

施工组织设计

全部

施工组织设计范本

筑龙网 WWW.ZHULONG.COM

目 录

施工组织设计范本	错误！未定义书签。
路基土石方工程	1
填方路基	1
挖方路基	10
软基处理	17
路基土石方施工方案实例	24
路面工程	37
基层、底基层及垫层	37
粒料类	37
无机结合料稳定类	53
沥青路面	86
水泥混凝土路面	108
沥青混凝土路面施工方案实例	139
桥梁工程	149
下部结构	149
上部结构	188
桥梁工程施工方案实例	217
隧道工程	232
山岭隧道的常规施工方法	232
开挖	232
出渣运输	232
初期支护	232
量测与监控	232
二次支护	232
盾构法施工	232
浅埋隧道施工	232
全断面掘进机施工	232
隧道工程施工方案实例	232
总体方案	232
洞口工程	233
洞身工程	234
排水及涵洞	253
防护工程	256
安全设施及预埋管线	259
绿化及环境保护工程	261
其他	261
施工工艺流程图（中文）	288
路基土石方工程	288
填方路基	288
挖方路基	290

软基处理	294
路面工程	296
基层、底基层及垫层	297
沥青路面	306
水泥砼路面	310
桥梁工程	311
下部结构	311
上部结构	317
隧道工程	336
排水及涵洞	336
防护工程	343
安全设施及预埋管线	345
绿化及环境保护工程	345

筑龙网 WWW.ZHULONG.COM

公路工程施工组织设计范本

路基土石方工程

填方路基

填方路基施工

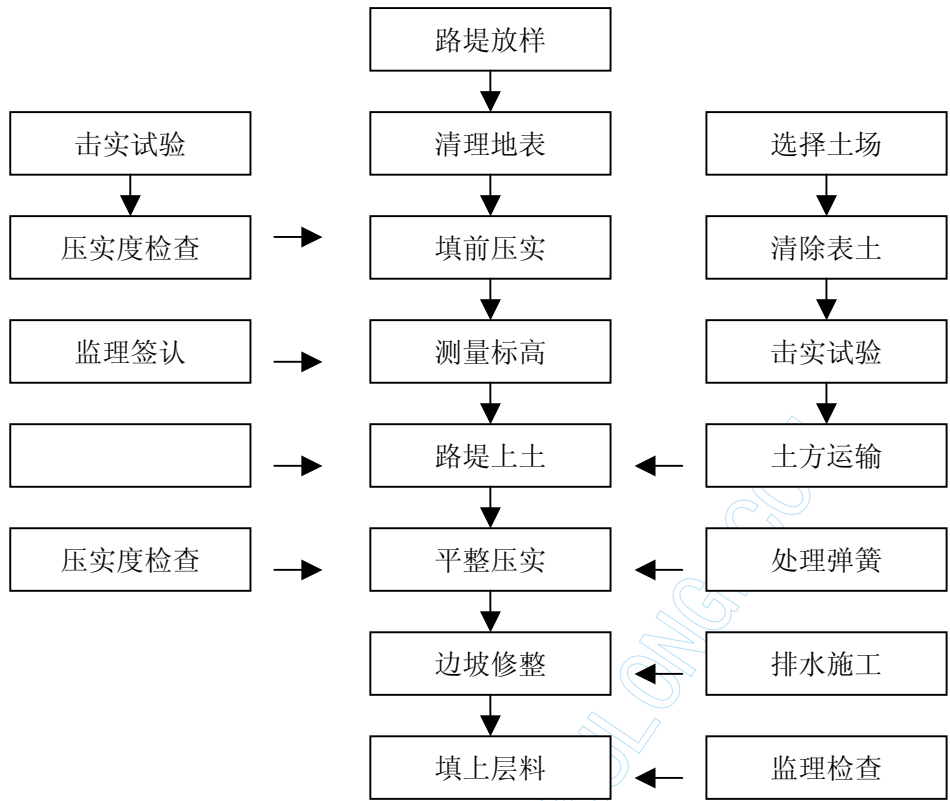
1 施工特征

路基填筑工程可用配套的机械化施工。形成挖、装、运、摊、平、压机械化流水作业，可保证路基填筑高质量，高速度的完成。

2 施工方法

- A. 恢复路基中线并加密中桩，测标高，放出坡脚桩，桩上注明桩号，标上填筑高度。
- B. 清除填方范围内的草皮，树根，淤泥，积水，并翻松，平整压实地基，经监理工程师认可，实测填前标高后，方能上土填筑路基。
- C. 选择的适宜的取料场，选择适宜的填筑材料，提前作好标准击实试验并经监理工程师批准。
- D. 地面横坡陡于 1: 5 时，原地面应挖成台阶后填筑，地面横坡陡于 1: 2.5 时，应作特殊处理，防止路堤沿基底滑动。
- E. 采用水平分层的方法填筑路堤，根据压实设备和技术规范确定压实厚度，一般控制每层压实厚度 20cm。
- F. 土方的挖、装、运均采用机械化施工，一般用挖装机械配备自卸汽车运土，按每延米用土量严格控制卸土，推土机把土摊开，平地机整平。
- G. 当路基填土含水量大于最佳含水量时可在路外晾、晒也可在路基上用铧犁翻拌晾晒；当含水量不足时，可用水车洒水补充，使填土达到最佳含水量的要求，确保达到压实度标准。
- H. 当路堤宽度、厚度和填土含水量等符合要求后，用压路机从路边向路中，从低侧向高侧顺序碾压。压实遵照先轻后重的原则，直到达到设计的压实度为止。
- I. 根据路堤的填筑高度，严格按规范要求检查压实度，每层填土都要资料齐全，并经监理工程师签认或旁站。
- J. 在雨季施工中，严防路堤积水，填筑层表面应适当加大横坡度，以利于排水，并注意天气预报，及时碾压成型，防止填土被雨水泡软。
- K. 进入初冬填筑路堤时，尽量昼夜连续施工，取土场进行覆盖，保证填土不受冻害影响，每天填筑的土层要当天碾压成型。
- L. 达到设计标高时要抓紧按设计要求整理路槽，修整边坡，防护，确保路堤填筑质量和稳定性。
- M. 设计在填方路段的桥涵构造物要提前施工，桥涵两侧填土应特别注意，填筑材料必须符合设计及规范要求，台背填方最好与路堤填方同步协调进行，桥台附近配合小型压实机械压实，台背回填和路堤填充方结合部要特别重视，如后填台背要挖台阶，保证压实度合格。雨季应防止地面水流入，如有积水要及时排除，确保台背压实质量，严防因桥头填土沉降而造成的跳车。
- N. 半填半挖路基和填挖交界处的路基，要结合挖方路基的施工要求进行，填方一般从低处开始，按距路基顶面的不同高度控制压实度标准，最后一层要翻松挖方地段，平整后和填方路段一起碾压成型路基。

3 工艺流程框图



4 主要机械设备：推土机，铲运机，挖土机，装载机，平地机，压路机，水车，自卸汽车，蛙式夯，气夯等。

粉煤灰路堤

1 施工特征

粉煤灰路堤是利用电厂的废料粉煤灰填筑路堤，粉煤干燥后松散，无粘性，填筑路堤时必须严格控制含水量并与路肩包边土协调施工。粉煤灰路堤填筑多数采用机械化联合施工。

2 施工方法

- A. 恢复路基中线并按 20m 加密中桩，测标高，放出粉煤灰填筑边桩和包边土坡脚桩，桩上注明桩号，标上填筑高度。
- B. 清除填方范围内的草皮，树根，淤泥，积水，并翻松，平整压实地基，经监理工程师检查认可，实测填前标高后，方能上粉煤灰填筑路基。
- C. 选择符合质量要求的粉煤灰和土，提前做好标准击实试验，并报监理工程师批准。
- D. 在平整压实的地基上，准确放出粉煤灰填筑线和包边土填筑线，以及排水沟的具体位置。在施工前做好排水系统的施工并保证排水沟不被路基填料和施工机械破坏，保持粉煤灰路堤的排水畅通。
- E. 按设计要求分层进行土质护坡和粉煤灰路堤填筑施工。要求配合紧密，包边土宽度和填筑粉煤灰宽度准确，包边土配合人工整修，粉煤灰用装载机和自卸汽车运到施工路段，用推土机，平地机摊铺，应在路堤中心和路堤边缘设置松铺厚度控制桩，控制摊铺厚度。
- F. 粉煤灰路堤采用水平分层填筑施工法。当分成不同作业段填筑时，先填地段应按 1:1 坡度分层留台阶，使每一压实层相互交叠衔接，搭接长度应大于 150cm，以保证相邻作业段接头范围的压实度。
- G. 粉煤灰的松铺系数应通过试验确定。无实测资料时，可按下列数值选用并在施工中调整。松铺系数大致为：

人工摊铺：1.5—1.7；

推土机摊铺：1.2—1.3；

平地机摊铺：1.1—1.2；

- H. 粉煤灰的含水量宜在灰场调整后再运到工地直接摊铺碾压，以达到提高工效之目的。已摊铺的粉煤灰因故造成过湿或过干，应晾晒或喷洒水份调整含水量，以达到最佳含水量。加水量可按下式计算：

$$Q=[L \times B \times H \times \rho_{LW} / (1+0.1W_0)] \times 0.01(W_1-W_0)$$

式中：Q—所需加水量 (Kg)

L—路段长度 (m)

B—路段宽度 (m)

H—松铺厚度 (m)

ρ_{LW} —松铺湿密度 (Kg/m³)

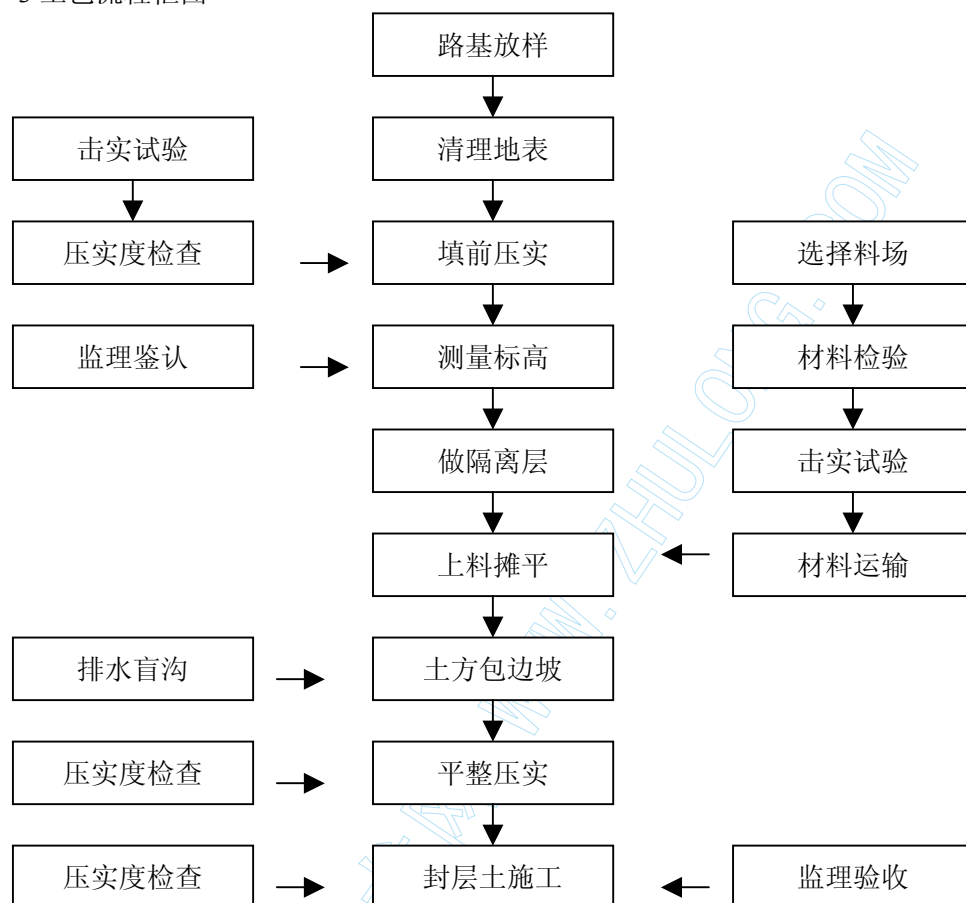
W_1 —粉煤灰原始含水量 (%)

W_0 —粉煤灰要求达到的含水量 (%)

- I. 摊铺后的粉煤灰必须及时碾压，做到当天摊铺，当天压实完毕，以防水份蒸发而影响压实效果。碾压时应使粉煤灰处于最佳含水量范围内。
- J. 粉煤灰路堤宜采用振动压路机碾压。压实厚度应根据压实机械种类和压实功能的大小而定，事前要进行试压试验。一般 20—30t 的中型振动压路机，每层压实厚度不大于 20cm，中型振动羊脚碾或 40—50t 的重型振动压路机，每层压实厚度不得大于 30cm。
- K. 粉煤灰碾压，应遵循先轻后重原则，对人工摊铺的灰层宜先用履带式机具或 8—12t 轻型压路机静压 1—2 遍，稳定后，用振动压路机碾压 3—4 遍。机械摊铺的灰层可直接用 20t 以上的中型或重型振动压路机碾压 3—4 遍，振动压路机压实后，再静压 1—2 遍。碾压完毕应及时检验压实度，符合规定要求后方可继续填筑上层。

- L. 碾压顺序应遵循先低后高的原则，直线段由土质边坡向路中心碾压，曲线段由弯道内侧向外侧碾压。碾压速度，稳压时采用 1 档（1.5——1.7Km/h）为宜，振动时宜用 2 档（2.0——2.5Km/h）速度碾压。压路机碾压轮迹应相互搭接。后轮必须超过两段的接缝。
- M. 铺筑上层时，应控制卸料汽车的行驶方向和速度。不得在下层灰面上调头、高速行驶、急刹车等，以免造成压实层松散。
- N. 对做好的粉煤灰堤要养护好，限制车辆行驶。晴天洒水润湿，防止表层干燥松散；雨天及时排水，以免影响上层铺筑。当长时间不能继续施工时，应进行表层复土封闭处理并碾压密实，做好路拱横坡，以利表面排水。

3 工艺流程框图



4 主要机械设备：推土机，装载机，平地机，压路机，水车，自卸汽车。

填石路堤

1. 施工特征

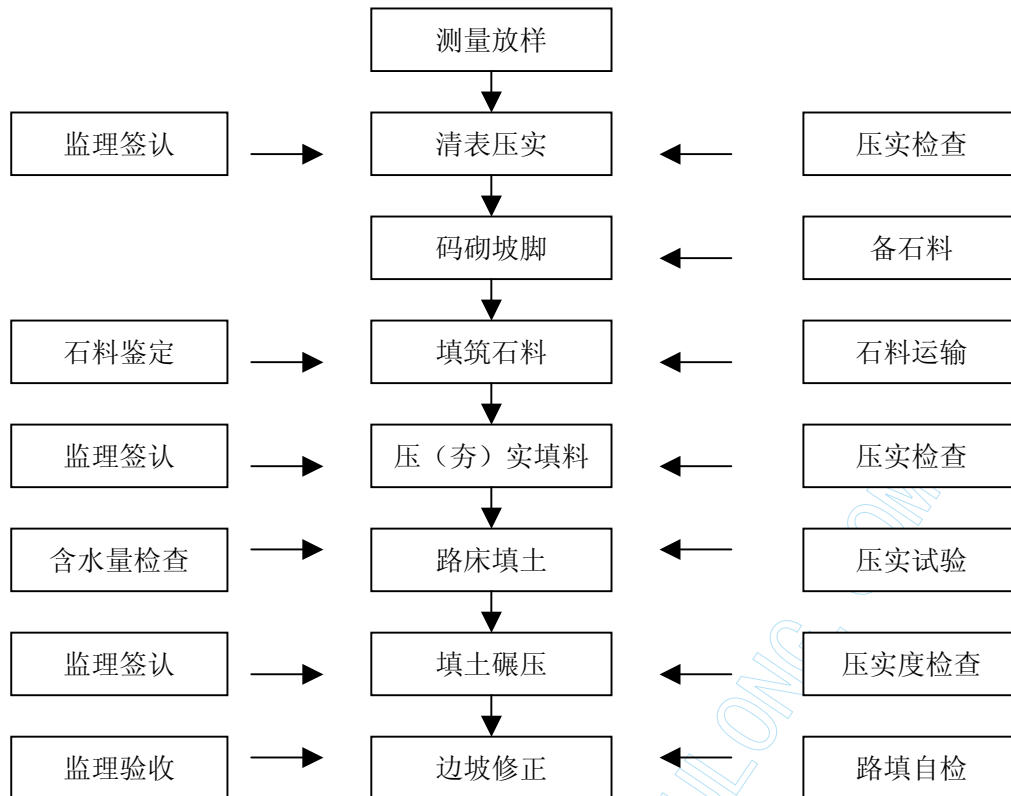
填石路堤是利用开采的石料填筑路堤，它与一般填土路堤不同，主要是石料粒径大，强度高，填筑和压实都有特殊要求。

2. 施工方法

- 恢复路基中线，并加密中桩，测标高，放出坡脚桩，桩上注明桩号，标上填筑高度。
- 清除填方范围内的草皮，树根，淤泥，积水，并平整压实经监理工程师认可，实测填前标高后，方可进行填石路基施工。

- c. 填石路堤的石料强度不应小于 15Mpa（用于护坡的不应小于 20Mpa）。填石路堤石料径最大不宜超过层厚的 2/3。
- d. 高速公路，一级公路和铺设高级路面的其他等级公路的填石路堤均应分层填筑，分层压实。高速公路，一级公路填筑厚度不宜大于 50cm，其他公路不宜大于 100cm。
- e. 填石路堤倾填前，路堤边坡坡脚应用粒径大于 30mm 的硬质石料码砌。填石路堤高度小于或等于 6m 时，其码砌厚度不应小于 1m；当高度大于 6m 时，码砌厚度不应小于 2m。
- f. 逐层填筑时，应安排好石料运输路线，专人指挥，按水平分层，先低后高，先两侧后中央卸料，并用大型推土机摊平。个别不平处应配合人工用细石块，石屑找平。
- g. 当块石级配较差，粒径较大，填层较厚，石块间的空隙较大时，可于每层表面的空隙里扫入石渣、石屑、中、粗砂，再以压力水将砂冲入下部，反复数次，使空隙填满。
- h. 人工铺填粒径 25cm 以上石料时，应先铺砌大块石料，大面向下，小面向上，摆平放稳，再用小石块找平，石屑塞缝，最后压实。人工铺填块径 25cm 以下石料时，可直接分层摊铺，分层压实。
- i. 填石路堤的填料如其岩性相差较大，则应将不同岩性的填料分层或分段填筑。如路堑或隧道基岩为不同岩种互层，允许使用挖出的混合料填筑路堤，但石料强度、粒径应符合规范规定。
- j. 高速公路及一级公路填石路堤路床顶面以下 50cm 范围内应填筑符合路床要求的土并分层压实，粒料最大粒径不得大于 10cm。
- k. 填石路堤选用工作质量 12t 以上的重型振动压路机，工作质量 2.5t 以上的夯锤或 25t 以上的轮胎压路机压（夯）实，当缺乏上述的压实机具时，可采用重型静载光轮压路机压实并减少每层填筑厚度和减小石料粒径，其适宜的压实厚度应根据试验确定，但不得大于 50cm。采用重型振动压路机或夯锤压实填石路堤时，可加厚至 1.0m。填石路堤压实时的操作要求，应先压两侧（即靠路肩部分）后压中间，压实路线对轮碾应纵向互相平行，反复碾压。对于夯锤应成弧形，当夯实密实度达到要求后，再向后移动一夯锤位置。行与行之间应重叠 40—50cm；前后相邻区段应重叠 100—150cm。
- l. 填石路堤的紧密程度应在规定深度范围内，以通过 12t 以上振动压路机进行压实试验，当压实层顶面稳定，不再下沉（无轮迹）时，可判为密实状态。采用重锤夯实时，可按重锤下落时不下沉而发生弹跳现象进行压实度检验。填石路堤顶面至路床顶面以下 50cm 范围内按填土压实要求施工。

3. 艺流程框图



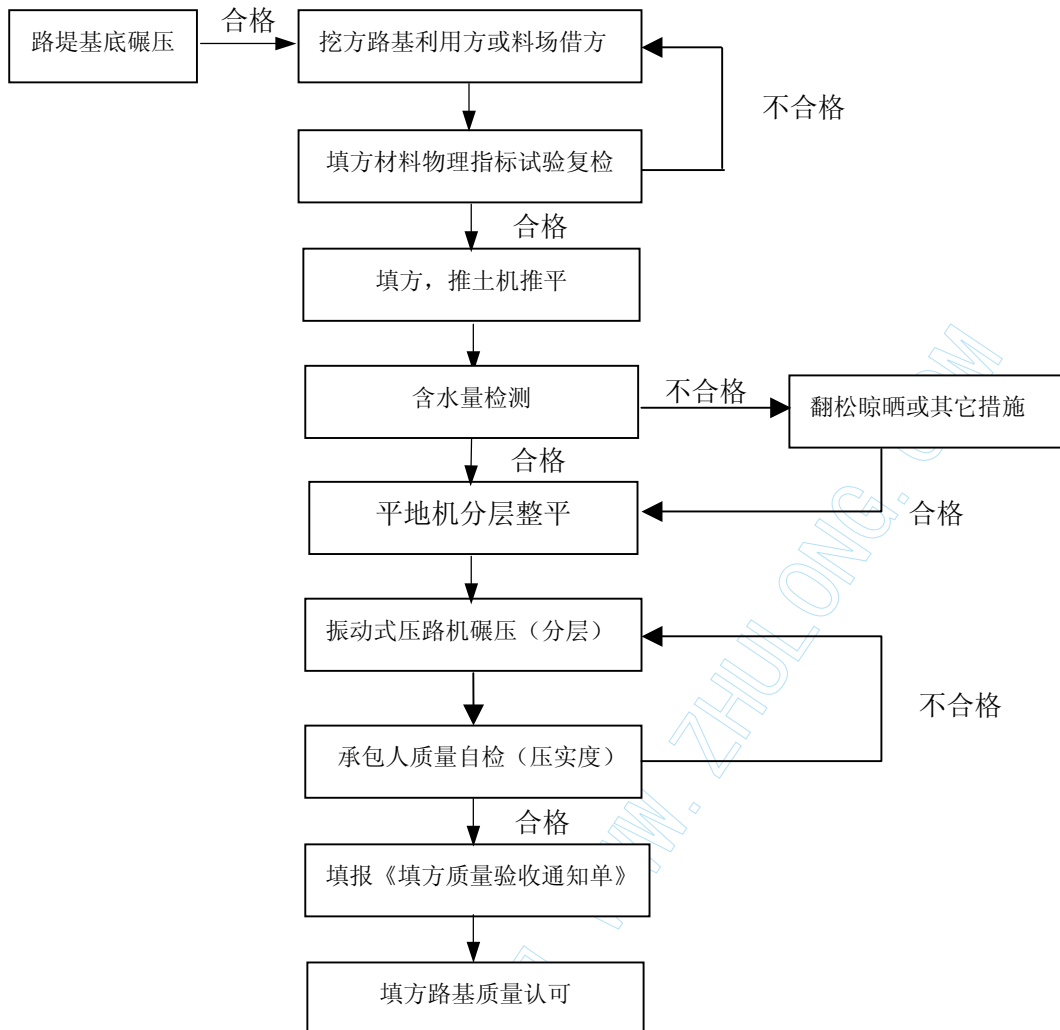
4. 机械设备：推土机，装载机，压路机，自卸汽车，2.5t 夯锤等。

路基压实

路基压实是保证路基质量的重要环节，路堤、路堑和路堤基底均应进行压实。

一、土质路基的压实

填土路堤压实施工工序流程如下图所示。



1. 铺筑试验路段确定路基压实的最佳方案

影响路基压实的主要因素有土的力学性质和压实功能、土的含水量、铺层厚度、土的级配以及底层的强度和压实度。路基碾压时，并不是这些因素独立起作用，而是这些因素共同起作用。因此高速公路进行路基施工时，应用不同的施工方案做试验路段，从中选出路基压实的最佳方案。

铺筑试验段需制订试验方案，其目的是在给定压路机的情况下，找出达到压实标准的最经济的铺层厚度和碾压次数。确切地说，就是寻求铺层厚度与碾压次数之比的极大值。试验路段位置应选择在地质条件、断面形式均具有代表性的地段，路段长度不宜小于 100cm。具体实施可以按以下步骤进行。

(1) 取代表性土样做重型击实试验，确定土的最佳含水量 ω 和最大干密度 ρ_{dmax} ，并绘制干密度与含水量的关系曲线。

(2) 根据土的干密度与含水量关系曲线控制土的含水量 ω 。

(3) 确定铺层厚度和碾压遍数。一般可根据压路机械的功能及土质情况确定铺层厚度，高速公路一般应按松铺厚度 30cm 进行试验，以确保压实层的匀质性。

砂性土需碾压次数少，粘性土需碾压次数多。光轮压路机碾压次数较高，轮胎式压路机次之，振动式压路机和夯击机次数最少。

通过试验段的铺筑及有关数据的检测，写出试验报告，最后确定土的适宜铺筑厚度、所需压实遍数及

填土的实际含水量，以利施工中掌握控制。

2. 根据土壤性质，选择确定压实机械

土壤的性质不同，有效的压实机械也不同。正常情况下，碾压砂性土采用振动压路机效果最好，夯击式压路机次之，光轮压路机最差；碾压粘性土采用捣实式和夯击式最好，振动式稍差。各种压路机都有其特点，可以根据土质情况合理选用。对于高速公路路基填土压实宜采用振动压路机或 35~50t 轮胎压路机进行。

3. 含水量的检测与控制

强度与稳定性主要是通过压实得以提高，压实度受含水量的制约，保证压实最佳的含水量才能取得最大干密度，也就是有效地控制含水量后，才能可靠地压实到压实度标准。土的含水量控制在高于压实最佳含水量碾压是确保正常施工的条件，但不能超过最佳含水量 1%，这时所得效果最好，施工中当需要对土采用人工加水达到最佳含水量时，所需要加水量可按下式估算： Q

$$m = (\omega - \omega_0) \frac{Q}{1 + \omega_0}$$

式中：m——所需加水量（kg）

ω_0 ——土原来的含水量（以小数计）；

ω ——土的压实最佳含水量（以小数计）；

Q——需要加水的土的质量（kg）

需要加的水宜在取土的前一天浇洒在取土坑内的表面，使其均匀渗入土中，也可将土运至路堤上后，用水车均匀适量地浇洒在土中，并用拌和设备拌和均匀。

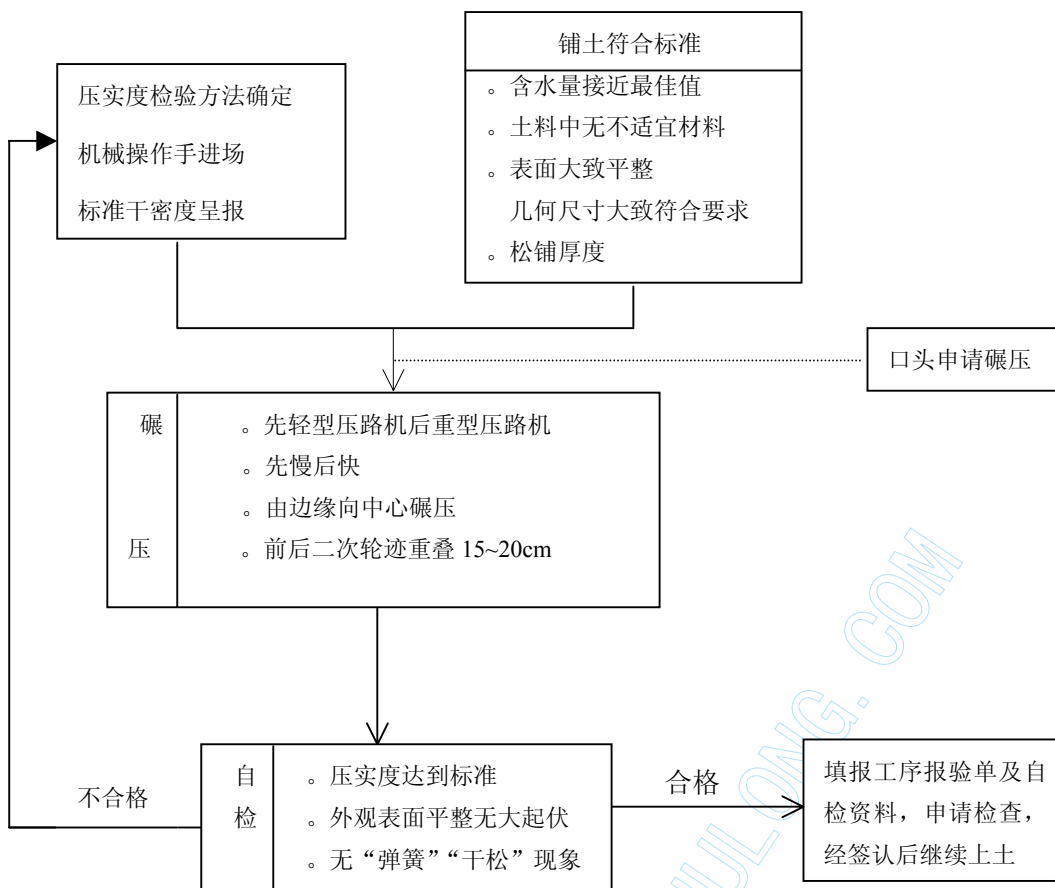
4. 压实施工

通过上述的准备工作，在确定了所采用的压实机械、需要的压实遍数、最佳含水最后，即可对路基进行压实施工。

碾压前，检查土的含水量是否合适，如果不合适，不要急于碾压，而是要采取处理措施，过湿就摊铺晾晒，过干则撒水润湿。开始时宜用慢速，最大速度不宜超过 4km/h；碾压时直线段由两边向中间，小半径曲线段由内侧向外侧，纵向进退式进行；横向接头对振动压路机一般重叠 0.4~0.5m，对三轮压路机一般重叠后轮宽的 1/2，前后相邻两区段（碾压区段之前的平整预压区段与其后的检验区段）宜纵向重叠 1.0~1.5m。应达到无漏压、无死角，确保碾压均匀。采用振动压路机碾压时，第一遍应不振动静压，然后先慢后快，由弱振至强振。

有大型运载车辆的标段，应合理安排行车路线，充分利用大型车辆对路基的压实作用。大型车辆轴载大，对路基具有压实作用，但是长时间在同一路线上行驶，会导致过度碾压，形成车辙，反而对路基有害。因此，施工时应尽量让车辆在路基全幅宽度内分开行驶。

高速公路填方路基压实施工流程见下图所示。



二、填石、土石及高填方路堤的压实

1. 填石路堤

填石路堤在压实之前，应用大型推土机摊铺平整。个别不平处应用人工配合以细石屑找平，使石块之间无明显高差台阶才便于压路机碾压。

填石路堤填料石块本身是密实而不能压缩的，压实工作是使各石块之间松散接触状变为紧密咬合状态。由于石块粒径较大，质量较大，必须选用工作质量 12t 以上的重型压路机、工作质量 2.5t 以上的夯锤或 25t 以上的轮胎压路机压（夯）实，才能达到规定的紧密状态。用振动压路机或夯锤压实能在压实时产生振动力和冲击力，可使石块产生瞬时振动而向紧密咬合状态移位，静载光轮压路机则很难产生这种功效，其压实厚度可达 1.0m。当缺乏上述两种压实机具，只能采用重型静载光轮压路机或轮胎压路机压实时，应减少每层填筑厚度和石料粒径。其适宜的压实厚度和粒径应通过试验确定，但不应大于 50cm。

填石路堤应先压两侧后压中间，压实路线对于轮碾应纵向互相平行，反复碾压。压实路线对夯锤应成弧形，当夯实密实程度达到要求后，再向后移动一夯锤位置。行与行之间应重叠 40~50cm；前后相邻区段应重叠 1.0~1.5m

填石路堤使用各种压实机具时的注意事项与压实填土路基相同，而填石路堤压实到所要求的紧密程度所需的碾压或夯压的遍数应经过试验确定。

2. 土石路堤

土石路堤的压实方法与技术要求，应根据混合料中巨粒土的含量多少确定。当混合料中巨粒土（粒径大于 200mm 的颗粒）含量多于 70% 时，其压实作业接近于填石路堤，应按填石路堤的方法和要求进行。当混合料中巨粒土的含量低于 50% 时，其压实作业接近于填土路堤，应按前述填土路堤的方法和要求进行。

3. 高填方路堤

高填方路堤的基底承受路堤土本身的荷载很大，因此对基底应进行场地清理，并按照设计要求的基底承压强度进行压实，设计无要求时，基底的压实度不应小于 90%。当地基松软仅依靠对原土压实不能满足设计要求的承压强度时，应进行地基加固处理，以达到设计要求。当基底处于陡峻山坡上或谷底时，应作挖台阶处理，并严格分层填筑压实。当地狭窄时，压实工作应采用小型的手扶式振动压路机或振动夯进

行。当场地较宽广时应采用自行式 12t 以上的振动压路机碾压。

挖方路基

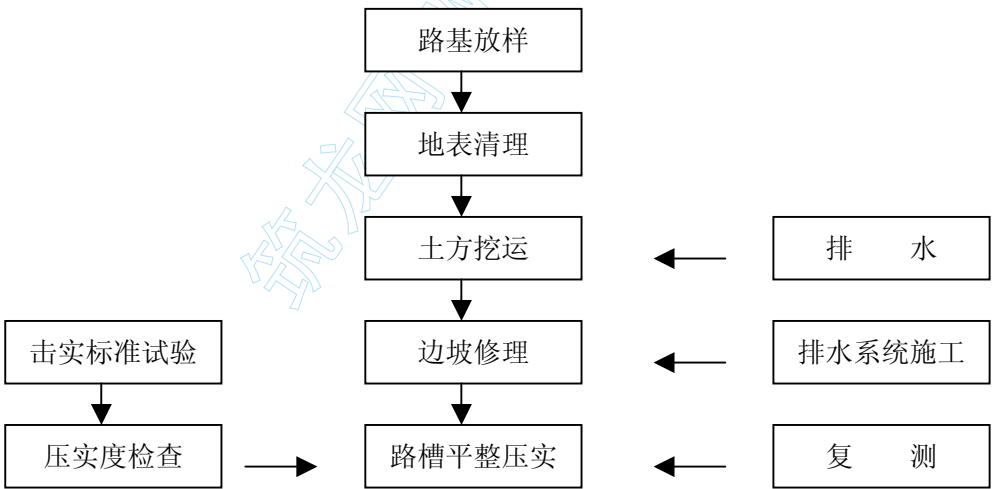
挖方路基施工

1 土方路基开挖

A. 施工方法

- a. 恢复定线，放出边线桩，对不同路段采取不同的施工方法。
- b. 对较短的路堑采用横挖方法，路堑深度不大时，一次挖到设计标高；路堑深度较大时，分成几个台阶进行开挖。
- c. 对较长的路堑采用纵挖法，其路堑宽度、深度不大时，按横断面全宽纵向分层开挖；对宽度、深度较大的路堑，采用通道式纵挖法开挖。
- d. 对超长路堑，采用分段纵挖法开挖。
- e. 路基土方开挖采用机械化施工方法：土方运距在 100m 左右，选用推土机挖运；运距在 500m 以内，使用拖式铲运机挖运；运距在 1km 以内，采用自行式大型铲运机挖运；大体积的土方远运，宜用挖装机配合自卸汽车施工。
- f. 路基开工前，应考虑排水系统的布设，防止在施工中线路外的水流入线内，并将线路内的水（包括地面积水、雨水、地下渗水）迅速排出路基，保证施工顺利进行。
- g. 对设计中拟定的纵横向排水系统，要随着路基的开挖，适时组织施工，保证雨季不积水，并及时安排边沟、边坡的修整和防护，确保边坡稳定。
- h. 路槽达到设计标高后，用平地机整平，刮出路拱，并预留压实量，最后用压路压实，检查压实度。

B. 工艺流程框图



C.主要机械设备：推土机，铲运机，挖土机，装载机，平地机，压路机，自卸汽车。

2 石方路基爆破开挖

A. 施工方法

- a. 恢复路基中线，放出边线，钉牢边桩。
- b. 根据地形，地质及挖深选择适宜的开挖爆破方法，制订爆破方案，作出爆破施工组织设计，报有关部门审批。

- c. 用推土机整修施工便道，清理表层覆盖土及危石。
- d. 在地面上准确放出炮眼（井）位置，竖立标牌，标明孔井号，深度，装药量。
- e. 用推土机配合爆破，创造临空面，使最小抵抗线方向面向回填方向。
- f. 炮眼按其不同深度，采用手风钻或潜孔钻钻孔，炮眼布置在整体爆破时采用“梅花型”或“方格型”，预裂爆破时采用“一字型”，洞室爆破根据设计确定药包的位置和药量。
- g. 在居民区及地质不良可能引起坍塌后遗症的路段，原则上不采用大中型洞室爆破。在石方集中的深挖路堑采用洞室爆破时，应认真设计分集药包位置和装药量，精确测算爆破漏斗，防止超爆、少爆或振松边坡，留下后患。
- h. 爆破施工要严格控制飞石距离，采取切实可行的措施，确保人员和建筑物的安全，如采用毫秒微差爆破技术，将一响最大药量控制为最深单孔药量，当最深梯段为 HT 时，单孔装药量 Q 按下式计算：

$$Q = e \cdot q \cdot HT \cdot W_d$$

其中：e——炸药换算系数

q——梯段爆破单位耗药量

W_d——最小抵抗线

- i. 控制爆破也可以采用分段毫秒爆破方法，其最大段用药量 Q 按下式计算：

$$R = (K/V)^{1/2} \cdot Q \cdot M$$

其中：K——与地质条件有关的系数

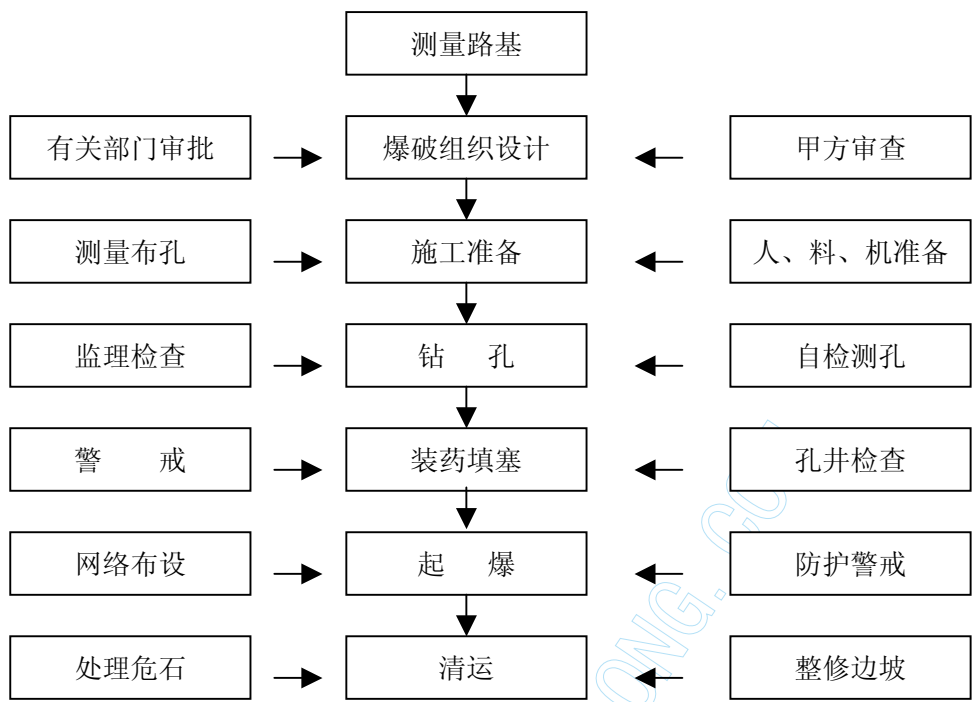
M——药量指数

V——爆破安全振动速度

R——建筑物距爆破中心距离

- j. 为确保边坡爆破质量，采用预裂爆破技术，光面爆破技术和排眼毫秒爆破技术，同时配合选择合理的爆破参数，减少冲击波影响，降低石料大块率，以减少二次破碎，利于装运和填方。
- k. 装药前要布好警戒，选择好通行道路，认真检查炮孔、洞室，吹净残渣，排除积水，做好爆破器材的防水保护工作，雨季或有地下水时，可考虑采用乳化防水炸药。
- l. 装药分单层、分层装药，预裂装药及洞室内集中装药。光眼装药后用木杆捣实，填塞粘土，洞室装药时，将预先加好的起爆体放在药包中心位置，周围填以硝酸安全炸药，用砂粘土填塞，填塞时要注意保护起爆线路。
- m. 认真设计，严密布设起爆网络，防止发生短路及二响重叠现象。
- n. 顺利起爆，并清除边坡危石后，用推土机清出道路，用推土机、铲运机纵向出土填方，运距较远时，用挖掘机装土，自卸汽车运输。
- o. 随时注意控制开挖断面，切勿超爆，适时清理整修边坡和暴露的孤石。
- p. 路基开挖至设计标高，经复测检查断面尺寸合格后，及时开挖边沟和排水沟，截水沟，经监理工程师验收合格后，按设计对边沟、边坡进行防护，边沟施工要做到尺寸准确，线型直顺，曲线圆滑，沟底平顺，排水畅通，浆砌护坡要做平整坚实，灰浆饱满。路槽整理要掌握好，不要留孤石和超爆，做到一次标准成型验收合格。

B. 工艺流程框图



C. 主要机械设备：空压机，手风钻，潜孔钻，推土机，装载机，平地机，压路机，自卸汽车，爆破仪表和设备。

挖方路基施工

一、挖方路基施工特点

挖方路基施工是路基工程中的一个重点。在山岭重丘地区修建高速公路，挖方路基常常是控制工程进度的关键。公路建成通车后，挖方路基地段又是养路部门养护的重点。由于挖方路堑是由天然地层构成的，天然地层在生成和演变的长期过程中，一般具有复杂的地质结构。处于地壳表层的挖方路堑边坡施工中受到自然和人为因素包括水文、水文地质、地面水、气候、地貌、设计与施工方案等的影响，比路堤边坡更容易发生变形破坏。

路基出现的病害大多发生在路堑挖方地段上，诸如滑坡、崩塌、落石、路基翻浆等。路基大断面的开挖施工，破坏了原有的山体平衡，施工方案选择不合理，边坡太陡，废方堆弃太近，草坡栽种、护面铺砌及挡墙施工不及时，排水不良等都会引起路堑边坡失稳、滑坍，严重时甚至影响整个工程进度，这是挖方路基施工中经常出现的问题。施工人员应从设计审查、施工方案选择、现场地质水文调查多方面把关，切实搞好挖方路基施工。

二、挖方路基施工前准备工作

1. 征地拆迁工作

征地拆迁工作是路基施工准备阶段的主要工作，其范围可分为临时设施用地（包括生活区、生产区、临时道路用地）和路基施工设计边线占地两部分。施工单位进场前应提供给业主一份施工用地平地平面位

置图,说明使用用途、需拆迁建筑物的结构类型、建筑面积以及其它构造物的规格、数量。

2.测量放样

施工恢复定线测量及施工放样是施工准备阶段的主要技术工作,承包单位根据设计图纸、监理工程师书面提供的各导线点坐标及水准点标高进行复测,闭合后将复测资料交监理工程师审核。承包人应根据监理工程师批准的定线数据进行施工放线。按规范中规定,路基施工前,应根据设计图、施工工艺和有关规定恢复的路线中线桩、钉出路基用地界桩、路堑坡顶、边沟、取土坑、护坡道、弃土堆等的具体位置桩。道路中线桩直线部分每20m一个,每100m设一个永久性固定桩,曲线部分除20m设一整里程桩外,曲线的起点、终点、圆缓点、缓圆点都应设置固定桩。在中线桩施测后,进行横断面测量,然后根据路基横断面图及实测标高进行边桩放线。在挖方断面的坡顶点位置上,钉挖断面的边桩,边桩上应注明里程、挖深(m),左右边桩以拼音字头或英文字头表示。一般在距边桩一定距离的外方,设栓(护)桩,以备边桩丢失后及时恢复。同时导线点、水准点应设立特殊标志,进行保护以免施工中遭到破坏。

承包人经过准确放样后,应提供放样数据及图表,报监理工程师审批。经批准后方可进行清表开挖。测量精度应满足交通部颁有关公路工程验收标准或合同规定标准。

3.施工前的复查和试验

路基施工前,施工人员应对路基工程范围的地质水文情况进行详细调查,通过取样试验确定其性质和范围,并了解附近既有建筑物对特殊土的处理方法。对有岩石的地段要掌握岩层风化、龟裂程度,岩层的层理、节理、片理状态,对于易崩落地带的断层和地质变化区段的情况尤应给予特别的重视。

土工试验取样一般按设计文件提供的资料每一种土类取样不少于三组;也有按桩号取样进行土工常规或试验的。

《公路路基施工技术规范》(JTJ033-95)规定,挖方、借土场用做填料的土应进行下列试验项目,其试验方法按《公路土工试验规程》(JTJ051-93)办理:

- (1)液限、塑限、塑性指数、天然稠度和液性指数;
- (2)颗粒大小分析试验;
- (3)含水量试验;
- (4)密度试验;
- (5)相对密度试验;
- (6)土的击实试验;
- (7)土的强度试验(CBR值);
- (8)有机质含量试验(必要时);
- (9)易溶盐含量试验(必要时)。

4.开挖前路堑的排水设施

由于水是造成路堑各种病害的主要原因,所以不论采取何种开挖方法,均应保证开挖过程中及竣工后的有效排水。应做到:

- (1)在路堑开挖前做好截水沟,土方工程施工期间应修建临时排水沟。
- (2)临时排水设施与永久性排水设施相结合,流水不得排于农田、耕地,污染自然水源,也不得引起淤积和冲刷。
- (3)路堑施工时应注意经常维修排水沟道,保证流水畅通。渗水性土质或急流冲刷地段的排水沟应予以加固,防渗防冲。水文地质不良地段,必须严格搞好堑顶排水。
- (4)引走一切可能影响边坡稳定的地面水和地下水,在路堑的线路方向上保持一定的纵向坡度(单向或双向)以利排水。

三、土方路堑的开挖

1.土方路堑的开挖方式

土方路堑开挖根据路堑深度和纵向长度,开挖方式可以分为横挖法、纵挖法及混合式开挖法三种。

(1)横挖法

对路堑整个横断面的宽度和深度从一端或两端逐渐向前开挖的方式称为横挖法或一层横向全宽挖掘法，适用于开挖深度小且较短的路堑。

多层横向全宽挖掘法适用于开挖深而短的路堑，土方工程数量较大时，各层应纵向拉开，做到多层、多方向出土，可安排较多的劳动力和施工机械，以加快施工进度。每层挖掘深度根据工作方便和施工安全而定，人力横挖法施工时，一般 1.5~2.0m；机械横挖法施工时，每层台阶深度可加大到 3m~4m。横挖法适用于机械化施工，以推土机堆土配合装载机和自卸车运土较为有利，边坡修整和施工排水沟由人力与平地机修刮完成。

(2)纵挖法

分层纵挖法：沿路堑全宽以深度不大的纵向分层挖掘前进的作业方式称为分层纵挖法，本法适用于较长的路堑开挖。施工中当路堑的长度较短（不超过 100m），开挖深度不大于 3m，地面较陡时，宜采用推土机作业，其适当运距为 20~70m，最远不宜大于 100m，当地面横坡较平缓时，表面宜横向铲土，下层的土宜纵向推运；当路堑横向宽度较大时，宜采用两台或多台推土机横向联合作业；当路堑前傍陡峻山坡时，宜采用斜铲堆土。

通道纵挖法：沿路堑纵向挖掘一通道，然后将通道向两侧拓宽，上层通道拓宽至路堑边坡后，再开挖下层通道，按此方向直至开挖到挖方路基顶面标高，这是一种快速施工的有效方法，通道可作为机械通行、运输土方车辆的道路，便于土方挖掘和外运的流水作业。

分段纵挖法：沿路堑纵向选择一个或几个适宜处，将较薄一侧路堑横向挖穿，将路堑在纵方向上按桩号分成两段或数段，各段再纵向开挖。本办法适用于路堑过长，弃土运距过远的傍山路堑，或一侧的堑壁不厚的路堑开挖，同时还应满足其中间段有经批准的弃土场、土方调配计划有多余的挖方废弃的条件。

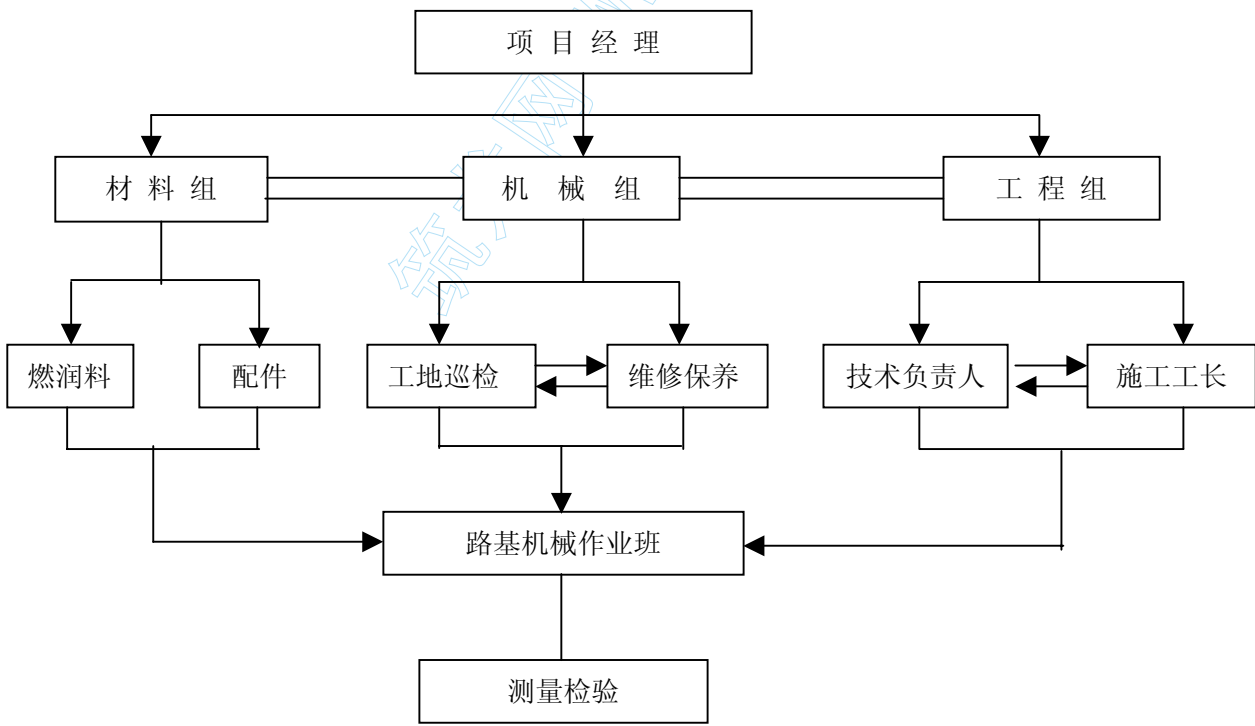
(3)混合式开挖法

即将横挖法与通道纵挖法混合使用，适用于路堑纵向长度和挖深都很大时，先将路堑纵向挖通后，然后沿横向坡面挖掘，以增加开挖坡面。每一个坡面应设一个机械施工班组进行作业。

2.挖方路基机械化施工

高速公路路基施工的特点是，合同工期要求短，质量要求高，标段内工程土方量相对较大，同时由于土方施工作业受季节影响，因此，必须很好地组织机械化施工。

(1)项目机械化施工组织机构



(2)机械配套及选型

高速公路，质量要求高，工期紧，任务重，填筑土方运距远，要真正做到合理的机械配套，除考虑到工程数量、施工方案、工期、技术标准要求、当地的水文地质情况、本单位的实际情况外，还要考虑到设备的适应性、先进性、经济性和可靠性。

a.设备的适应性、可靠性

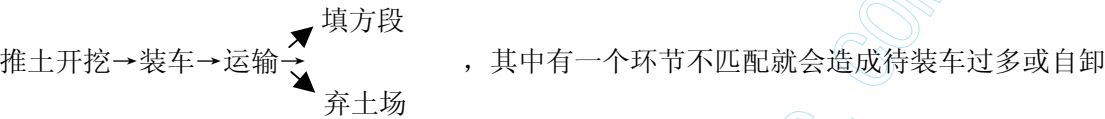
土方运距：当土方的运输距离小于 100m 时，选用推土机；100~500m 或 >500m 时应选自卸车运土。

施工条件的要求：机械设备要满足场地的作业条件。

机械组合尽可能并列化：这里指的是主要设备最好能配备 2 台以上，这样平时可以多开工作面，加快施工进度。一旦因机械故障停机时，2 台（或多机时）可以及时调整，不至造成全面停工，这在工程施工中是经常遇到的问题。

b.同一流程上各种机械的生产率应相互匹配

在土方工程施工中往往是多种机械联合作业，例如挖方施工作业程序，



C.科学地进行机械保养与维修

由于土方施工灰尘大，对推土机、装载机、自卸车的空气滤芯双套配置，收工后将灰尘大的滤芯交机械修理班。将已经吹洗干净的滤芯取回，以求得在机械正常运转情况下的最大生产能力。

D.保证燃油料和机械配件的供应

燃油料的供应是机械施工的保证，工地柴、汽油的供应一般有两个渠道，交通方便的地方请加油站在工地设点，加油站负责日常加油定期结算；工地交通不便时，可经有关部门批准在工地设地下油罐及加油泵，由专人管理。油罐的储量要满足用油高峰期的需要，并与石油供应商建立好供应合同。在油库附近要严禁烟火，做好治安防火工作。对加油管理应有相应的办法和制度。

除此之外，为保证工地用油（有些大型设备收工后停在工地），必须配备有专用的加油车辆加油车辆，加油车辆每天提早到达工地，开工前为工地机械加好油。工程施工准备阶段，就进场的设备与配件的供应进行市场调查，询价选定供货商以保证机械修理换件能在最短时间内解决，提高机械的使用率。

(3)土方机械施工机械配置

土方机械配置表（一）

机械名称	规格型号	数量（台）	用途	产地	备注
推土机	TY220	1	推土	国产	运距为 300m 时，日产量可达 1500m³/8h 平均运距 500~1000m 时，为 1000m³/8h，此时可增加运输车辆调整产量
	TY120	1	推草皮	国产	
推土机	红旗 100	1	拖羊角碾	天津	
装载机	ZL150	2	装土	厦门	
自卸汽车	日野 14t	4	运土	日本	
平地机	GPS11A-1	1		日本	

土方机械配置表（二）

机械名称	规格型号	数量（台）	用途	产地	备注
推土机	TY220	1	推土	国产	平均运距为 500m 时，日产量可达 1200m³/台
	红旗 100	1	推草皮	天津	
装载机	ZL50	1	装土	厦工	
	ZL140	1	装土	临沂	
自卸车	黄河 8t	6	运土	济南	

土方机械配置表（三）

机械名称	规格型号	数量（台）	用途	产地	备注
推土机	D85	1	推土	日本	平均运距为 500m 时，日产量可达 1600m ³ /台班
	D7H	1	推土	日本	
装载机	FL330	1	装土	美国	
	FL230	1	装土	美国	
自卸车	三菱 15t	8	运土	日本	

土方机械配置表（四）

机械名称	规格型号	数量（台）	用途	产地	备注
推土机	D8U	1	推土机集堆	美国卡特匹勒	D8U 单机生产率 1634m ³ /8h，征山 200 单机生产率 876 m ³ /8h，运土距离为 1000~2000 m
	征山	1		中国	
装载机	CAT973	2	装土单机生产率 870m ³ /8h	美国卡特匹勒	
	CAT950	1	单机生产率 710m ³ /8h	美国卡特匹勒	
	CAT936	1	单机生产率 590m ³ /8h	美国卡特匹勒	
运土机	卡玛斯 5511	5	载重 10t 运距 1.5km 以内	俄罗斯	
	红岩（10t）	2		中国	
	日野（12t）	9	运距 1.0km 内	日本	

（4）注意事项：

a.作业面段落的划分：路基土石方机械施工都是流水作业，作业面设置是否合理直接影响工程进度、机械效率和质量要求。较为合理的做法是，每一个土方机械作业班应设置 2~3 个作业面，每个作业面长 150~200m，日完成土方量 1000m³~2000m³ 之间，汽车运输道路应保证装车，会车不受影响，做好排水工作。

b.每一配套组内必须配有一名机械保养工，以便随时进行检修，或配有专用维修车辆，工地通过对讲机联系，发现故障，及时维修。

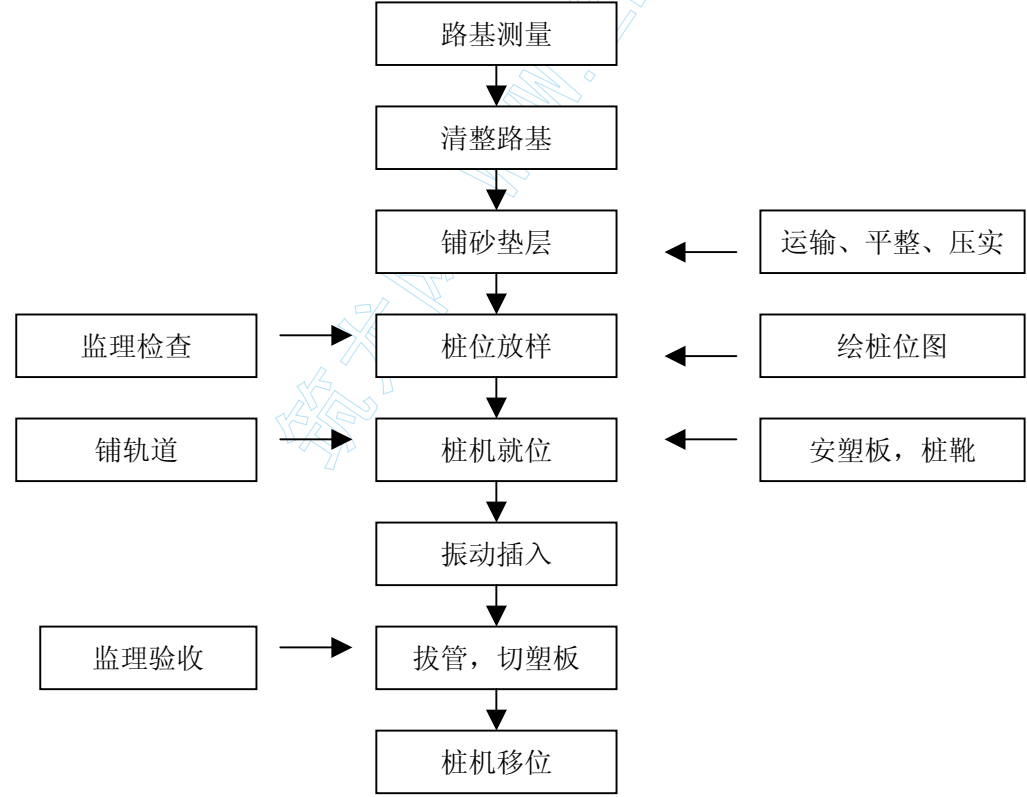
c.严格执行机械操作、驾驶、保养、安全各项规章制度和交通部已颁布《公路筑养路机械操作规程》（人民交通出版社，1996）。

软基处理

竖向塑料排水板施工

- A. 施工方法
- a. 恢复中线，放出作业路段边桩，清理平整原地基。做好排水系统，保证排水通道畅通以利于软土排水固结。
 - b. 将质量合格的砂运至施工现场，按计算用量卸料，用人工配合推土机按设计厚度铺设砂垫层并压实。
 - c. 绘制方格网图并现场放样，用方格网控制，标示插板位置，使板距误差控制在允许范围内。
 - d. 选择插板机（有轮胎式，链条式，轨道式），机上应刻有明显的进尺标志。如选用轨道式插板机时，要事先铺设与路基中线垂直的轨道。
 - e. 就位插板机，调好机架的平整度和套管的垂直度，使排水板的垂直度偏差控制在允许范围内。
 - f. 将排水板插入套管，起动振动锤，将套管和排水板压入土中。
 - g. 排水板进尺长度要定够，不允许使用搭接延续的排水板。排水板的入土深度不得小于设计深度。
 - h. 输送滚轴反转，松开排水板，套管上提，排队水板留在土中满足设计深度，套管上提时，跟带排水板的长度不大于 50cm。
 - i. 在地面以上 20cm 处切断排水板，移向下一孔位施工。
 - j. 一个作业段插板完成后移走插板机，整平砂垫，埋位板头，尽快转入下一工序的施工。

B. 工艺流程框图



主要机械设备：插板机，推土机，发电机，自卸汽车。

塑料排水板施工

对表土进行清理整平，在达到规定压实度的基底上，铺设第一层砂砾垫层（即 1/2 厚度）为减小对原地面的扰动，计算好砂砾垫层的方量，集中铺设 1.0m 高，11m 宽的砂道，然后推平碾压，再进行塑料排水板施工，同时安排土工格栅的施工，施工中要注意保证土工格栅的搭接长度，土工格栅施工结束后，铺设第二层砂砾层，同样铺设一条砂道然后推平碾压。该方法的实施被证明可以减少对已打设的塑料排水板的损坏和不扰动地基。

第一层砂砾填筑完毕后，在其上面按照设计图纸指示绘制方格网，在塑料排水板位置标设小竹签，然后在定位处将塑料排水板打入，再在上面铺设土工格栅和砂砾层。

塑料排水板施工注意事项和解决方法：

①塑料排水板施工采用链条式插板机施工，在插板机上装设有人操作的机械平衡装置，保证设备的平衡度和垂直度，控制已完工塑料排水板的垂直度。

②塑料排水板的打设

在钻机上做标志以控制深度，在塑料板的跟带问题上，对插板的头部作一改进，用竹签封头。在经过我单位以往塑插板的施工中，未发现一例跟带，保证了塑料排水板的有效深度。

③打设后外露的排水板弯贴于铺筑好的下半层砂砾上，外露的长度视砂砾层的厚度而定，但保证塑料排水板的顶部伸入砂砾层不小于 20cm，使其与砂砾石贯通，保证排水畅通，并尽快铺筑第一层土工格栅及上层砂砾，整平碾压，减少塑料排水板的外露污染。保证排水性能。

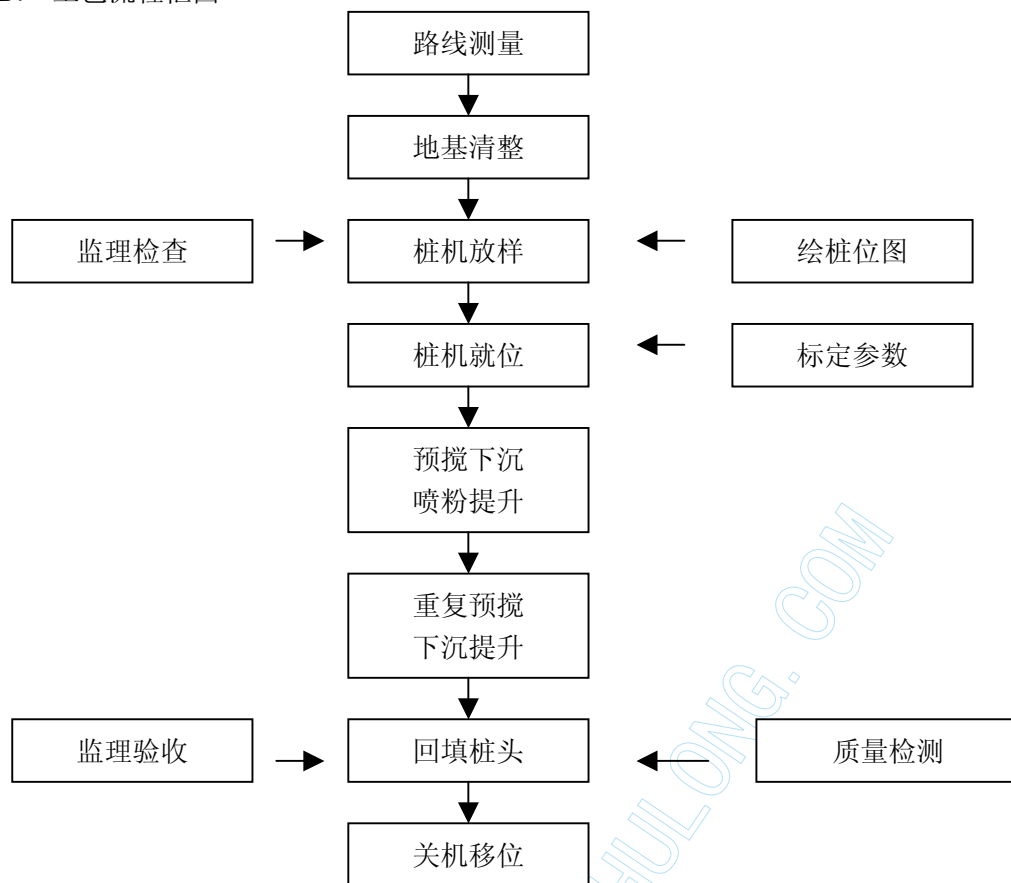
④对打设过程中，插板跟出的泥土随时带随时捡，确保砂砾层的排水板的清洁。

粉体喷射搅拌桩施工

A. 施工方法

- a. 恢复中线，放出施工路段边线桩，清理平整原地基使之满足粉喷搅拌桩现场施工要求。
- b. 测量绘制方格网图，准确定出桩位，其偏差不应超过设计规定。
- c. 标定输灰泵的输灰量，灰粉到达喷灰口的时间，预搅下沉速度，喷灰搅拌提升速度，重复搅拌下沉速度，重搅拌提升速度等施工参数，并进行试桩，使其强度达到设计要求。
- d. 桩机，设备安装就位，调好平整度及导向架的垂直度，使粉体喷射搅拌桩的垂直度符合设计要求。
- e. 搅拌机预搅下沉，下沉过程中一般不冲水，如遇坚硬土层必须适量冲水时，要报经监理工程师批准，并考虑冲水对桩身强度的影响。
- f. 预搅下沉至设计深度后，起动输灰泵，将符合质量要求的固化材料（水泥或石灰），按设计用量、次数、速度，在规定深度，经喷灰口边续喷射，搅拌机械连续搅拌，并提升至距地面 0.5m 处。
- g. 重复搅拌下沉至桩底，再重复搅拌提升至距地面 0.5m，最后用水泥土回填桩头，并压实养护。
- h. 设专人记录泵送固化材料的时间，用量以及搅拌机每次下沉或提升所需的时间，如不符合预定的工艺规定，应采取措施，进行调整，确保成桩质量。
- i. 关闭搅拌机械，移向下一桩位。

B. 工艺流程框图



主要机械设备：桩机及附属设备，发电机

粉喷桩施工方法

利用已有机耕路和村道，在电力没有架通的情况下，尽快安排柴油发电机作为 GPD-5 型粉喷桩机的动力施工，争取早开工、早结束，以利路基填筑，延长路基沉降期，减少工后沉降，使全段施工流畅进行。在施工粉喷桩前 7 天做好一切准备工作，并将制定的施工技术措施，一切材料的样品，试验报告和机械设备情况提交监理工程师审批同意后，再开始施工。

粉喷桩施工，在按照施工规范规定对表土进行清理平整，并达到规定压实度的基础上，根据设计图纸进行桩位放样，并用小竹桩在实地定位，然后安放粉喷桩机械就位，钻进至桩底标高，边喷水泥边搅拌，提升至离地面 50cm 处，重复搅拌下沉至桩底，重复搅拌提升至离地面 50cm 以下，关闭搅拌机械、移位进行下一桩施工。

粉喷桩施工采用 GPD-5 型带计算机控制的粉喷桩机施工，可以严格控制喷粉量，使之达到规范的要求。施工前先进行成桩试验，数量不少于 5 根，以掌握对该区段的成桩工艺及各项技术参数，其内容如下：

(1) 满足设计要求的喷粉量和施工工艺参数，即：钻进速度、提升速度、搅拌速度和均匀度、气体流量、空气压力等。

(2) 掌握各种土质下钻进下沉和钻杆提升的困难程度及喷粉情况，以确定合适的技术措施。

(3) 成桩 7 天后进行开挖检查，用目测法、轻便触探、取芯试检查桩体成型情况，搅拌均匀程度，检查深度 1.0m，28 天后进行无侧限抗压强度检验，取样深度在桩顶下 0.5m、1.5m 处截取。

在确定原定施工工艺和水泥土配合比可以满足设计要求时，试桩完毕，原则应重复试验，直至合格。

粉喷桩施工过程中应当注意如下事项：

a 随时复核桩位和桩架垂直度，以确保桩位和成桩垂直度。

b 严格控制喷粉时间和停喷粉的连续性。增强控制手段，使用计算机控制，确保喷粉量和均匀度，严禁在尚未喷粉的情况下提升钻杆作业，随时检查储粉罐内的储灰量，保证储灰量比一根桩的用量多 50kg

以上，以防喷粉中断。

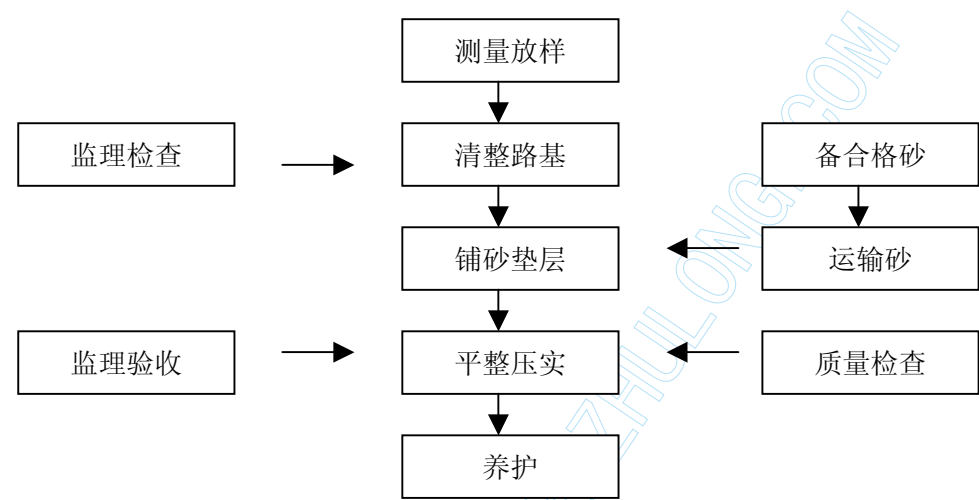
c 如遇停电、机械故障等原因，喷粉中断时，及时记录中断深度和时间，在 12 小时内采取补喷措施，否则采取补桩措施。

砂垫层施工

A. 施工方法

- a. 恢复中线，放出路段边线桩。清理平整路基，使之具有合格的平整度和路拱度。
- b. 用自卸汽车将质量合格的中粗砂运至路段选用适宜的机具按设计厚度分层整平、洒水、压实。
- c. 砂垫层施工过程中，严防尘土、泥土和杂物污染，对受到污染的部分必须返工或更换。
- d. 砂垫层的高程、厚度、干密度、平整度渗透系数也应符合要求必须符合设计要求。
- e. 砂垫层成活后，应及时洒水养护，限制人员、机动车通行，并尽快安排下一道工序的施工。

B. 工艺流程框图



C. 主要机械设备：水车，自卸汽车，推土机，装载机，平地机，压路机。

砂垫层施工

对表土进行清理和平整，在达到规定压实度的基底上铺设第一层砂砾垫层，为减小对原地面的扰动，计算好砂砾垫层的方量，集中铺设 1.0m 高 6.6m 宽的砂道，然后推平碾压至设计规定的压实度后，施工土工格栅，施工时要注意保证土工格栅的搭接长度。土工格栅施工结束后，铺设第二层砂砾层，同样铺设一条砂道，然后推平碾压。

砂垫层施工应注意：

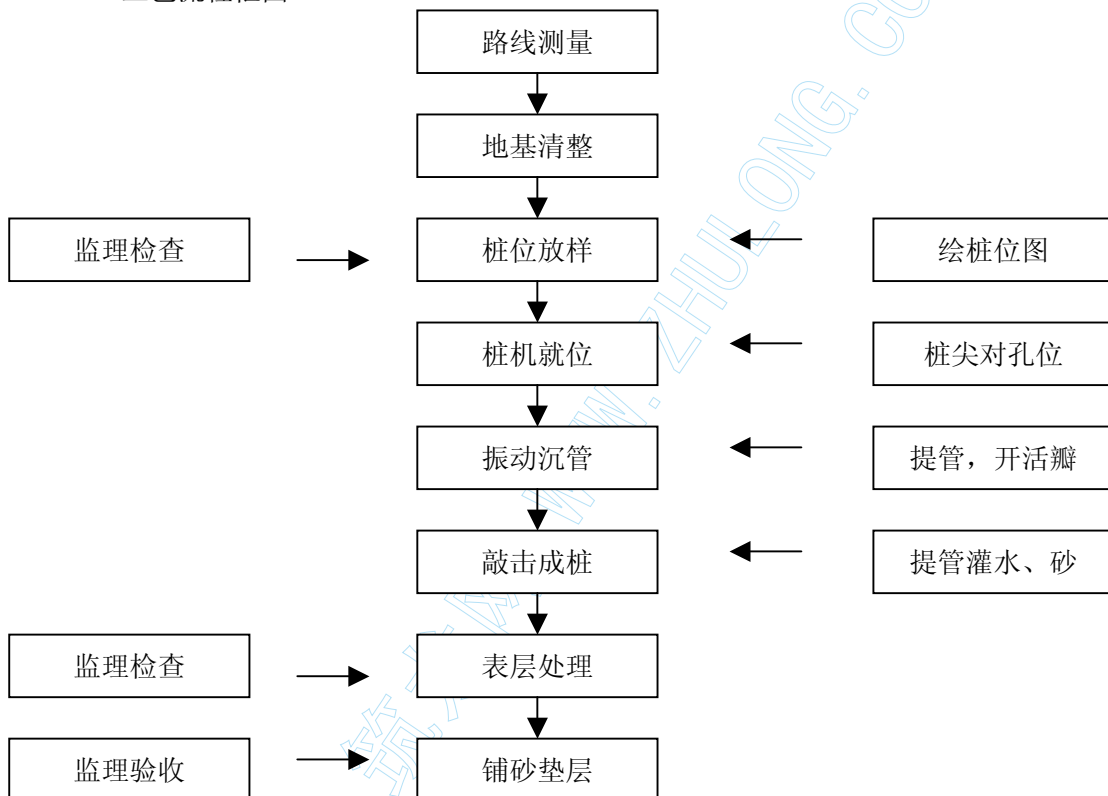
- a. 砂砾垫层材料应符合规范要求。
- b. 铺设时应从路基中间向横向两侧摊铺，厚度应均匀一致，并满足设计要求。
- c. 铺设宽度应达至设计要求的位置。
- d. 应防止泥土、杂物等污染。

砂桩施工

A. 施工方法

- 恢复中线，放出路段的边线桩，清理平整作业现场。做好排水系统，保证路基内的水被挤出后能迅速的排出路基。
- 测绘布设桩位平面图，准确放出桩位并编号。
- 将装有振动器的多功能打桩架在孔位就位，将装有桩尖的钢管对准孔位定位。
- 起动振动器，使钢管下沉到要求深度后上拔 0.5—1.0m，清除桩尖真空吸力，并张开活瓣。
- 提起振动器和桩帽，从钢管上口交替入水、砂，同时徐徐提管敲击，使砂加速下落，并不断投料使之形成桩柱。
- 灌砂数量和提管速度要紧密配合，通过计算确定每分钟灌砂数量和提管高度，保证砂桩连续、密实。
- 移动桩机，平整砂桩顶地面，铺筑砂垫层。

B. 工艺流程框图



主要机械设备：沉管机，发电机，自卸汽车，装载机。

砂桩施工方法

①施工机具：采用振动打桩机，下部装活瓣钢桩靴的桩管成桩。

②施工工艺：

整平原地面→机具定位→加料压密→拔管→机具移位。

③施工应注意的事项：

a 原材料用砂采用中、粗砂，大于 0.5mm 的砂的含量占总重应在 50%以上，含泥量不应大于 3%，渗透系数不应小于 $5 \times 10^{-3} \text{cm/s}$ ，并将其中植物、杂质除尽。

b 因砂的含水量对桩体密实度有很大的影响，本合同段采用一次拔管法施工，应使用饱和砂。

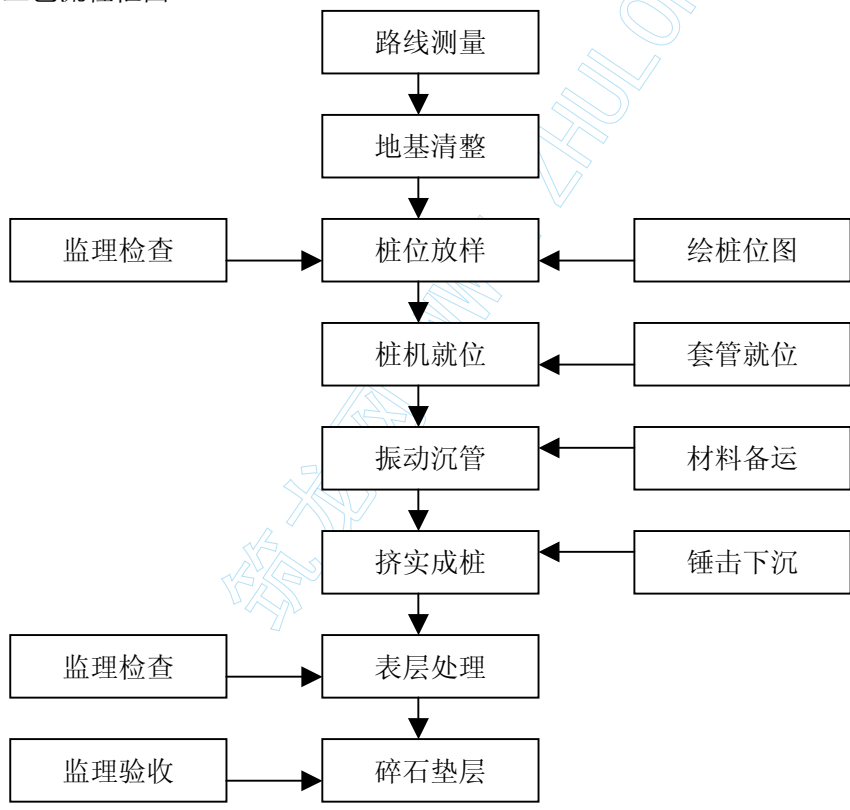
c 成桩后砂桩的相对密度大于 0.7，并根据砂的含水量控制填砂量，实际填砂量不应小于设计值，如果实际灌砂量未达到设计用量要求时，应在原桩位将桩管打入，补充灌砂后复打 1 次，或在旁边补桩 1 根。

- d 桩管就位应垂直，桩靴闭合，将桩管沉入规定深度的土层中，将料斗插入桩管斗口，向管内灌砂，边振动边拔出桩管。振动拔管 50cm，停拔继振 20 秒，如此重复进行至桩管拔出地面。
- e 砂桩大面积施工前进行成桩试验，取得施工工艺和技术参数，用以控制拔管速度和上覆压重。
- f 桩体在施工中应确保连续、密实。在软弱粘性土中成型困难时，可隔行施工，各行中也可间隔施工。

挤实碎石（砂）桩

- A. 施工方法
- a. 恢复中线，放出路段边线桩，清理平整施工段地基表面。做好排水系统，保证排水通道的畅通。
 - b. 测绘挤实碎石桩平面图，准确放出桩位并编号。
 - c. 将沉管机就位，套管对准桩孔，提起芯管从外围或路基二侧向路中间顺序进行沉管。
 - d. 按设计填料量填筑碎石，锤击下沉至设计深度。
 - e. 提起芯管，填注碎石至钟，锤击套管芯管，将碎石挤出套管，提起套管芯管。
 - f. 两次填筑碎石，锤击芯管，使碎石挤实，直至形成碎石桩柱。
 - g. 挤实碎石桩的质量以填料量和密实电流控制。直径为 0.5m 的碎石桩的碎石置换量约 0.224m³，锤击挤密的密实电流控制在 40——50A。施工时应作好记录，使桩身密实度达到设计要求。
 - h. 施工路段打桩结束后，平整桩顶及周围地面，除去浮土压实，再铺筑 25cm 碎石垫层压实。

B. 工艺流程框图



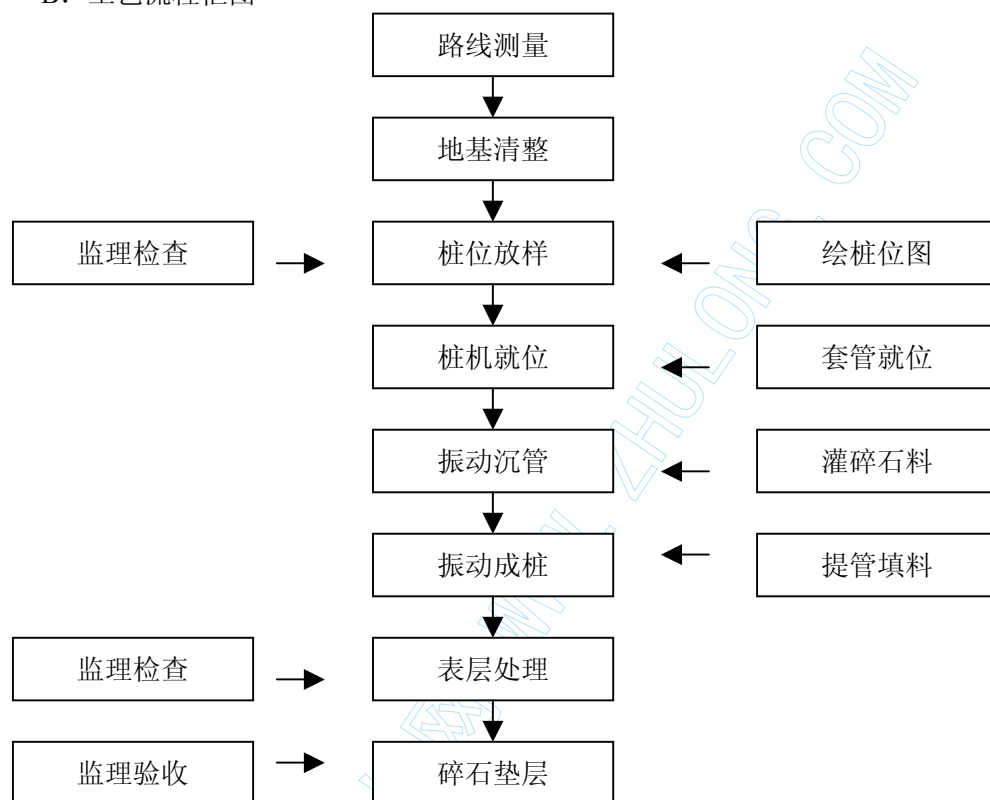
C、主要机械设备：沉管机，发电机。

振实碎石（砂）桩

A. 施工方法

- 恢复中线，放出路段边线桩，清理平整施工作业面。做好排水系统，保证排水渠道的畅通。
- 测绘布设桩位平面图，准确放出桩位并编号。
- 沉管机就位，将装有垂直振动器的套管，对准桩孔就位，振动下沉。
- 将碎石灌入套管中，振动套管上下运动，使填料下沉。
- 边提管，边填料，边振动，使之形成密实桩柱，同时复核填料数量，使其和设计用量的差值必须符合设计规定。
- 清理桩顶及周围地面，填土压实后，再铺筑砂石垫层并进行压实。

B. 工艺流程框图



C. 主要机械设备：沉管机，发电机。

软土路堤沉降观测要求

- 沉降观测点的精度要求：为保证沉降观测的精度，要求采用三等水准测量方法进行观测，并做到以下几点：
 - 每次观测前，必须对水准仪进行校验。
 - 为了消除观测中的某些系统误差，每期观测要做到四个固定，即：固定观测人员、固定仪器及水准尺、固定测点及转点、固定后视尺。
 - 转点位置必须使用尺垫，禁止用砖石代替尺垫。
 - 每次观测段长度原则上要求不小于路堤底宽的 2 倍，即 80m 左右。视距不等差应小于 3m，前后累计差应小于 6m。若沉降点离水准点很近，前期视距离不超过 15m，一次安置仪器的不等差略大时，可采用固定测站的方法，使观测具有相同的三角影响，这样可以抵消不等差较大引起的高程误差。
 - 水准闭合环线或支线水准路线，其允许闭合差为 $\pm 12 \sqrt{L}^{1/2}$ 或 $4n^{1/2}$ （L 为水准路线长度，以公里计；

- n 为测站数)。
- f. 外业手簿是长期保存和使用的基本资料,要认真记录及保存。
- g. 各期观测沉降资料要汇总并分析。

B. 施工期沉降观测

软基处理前,按设计要求加工地面沉降仪和连续沉降仪等观测仪器,要求刻度清晰,便于观测。利用打桩机或地质钻机将连续沉降仪打入地基持力层,地面沉降仪在砂垫层施工时直接埋在层内,随着路堤分层填高,沉降杆也一节节接长,并做好保护。沉降仪设置后,按设计要求定期观测,在整个施工期掌握路堤填筑,要求变形速率控制在 10—20mm/d 之间均可进行施工。

C. 预压沉降期观测

路堤填筑完成至路面施工之日,中间的间隔时间为路堤的预压沉降期,为观测路堤的沉降,在不小于 1000m 的路堤顶部每 100m,在路中心的两侧路肩内缘各设一固定木桩,埋深 50cm,在接近桥台处,桩距可适当加密,按设计要求定时用水准仪观测水平标高,掌握沉降情况。一般开始时每周观测一次,中间半月观测一次,最后每月观测一次,规定连续两个月观测沉降速度小于 5mm/月,认为路堤稳定,可进行路面基层施工;连续两个月观测沉降速度小于 3mm/月,认为基层施工加载后是稳定的,方可进行面层施工。

为观测位移,另在以上间隔的二侧路堤坡脚外 5m 外设立砼标桩,埋深 2m。选择三个不同的固定点,每日定时用经纬仪分别观测各标桩的位移变化,通过以上观测记录的分析,确定沉降完成的日期。

路基土石方施工方案实例

路基土石方工程施工方案

一、施工准备

1、交接线路中桩,复核 GPS 点,进行路线贯通测量,内容包括导线、中线及高程的复测,水平点的复查与增设,横断面的测量与绘制等,然后送交监理工程师核查,核对无误后进行现场放样测量,放出路基中桩、边桩,并标注路基挖填高度,以及取土坑、借土场、弃土场等的具体位置,并提交监理工程师检查批准。

2、填料试验:取土场的填料取有代表性的土样进行试验,试验方法按《公路土工试验规程》(JTJ051-93)执行。试验项目如下:

- (1) 液限;
- (2) 塑限;
- (3) 颗粒大小分析试验;
- (4) 含水量试验;
- (5) 土的承载比试验(CBR)值;
- (6) 有机质含量试验;
- (7) 易溶盐含量试验。

把调查和试验结果以书面形式报告监理工程师备案。如所调查和试验的结果与图纸资料不符时,提出解决方案报监理工程师审批。

3、调查施工范围内的地质、水文、障碍物、文物古迹的详细情况。

4、调查沿线电缆、光缆及管线位置、埋深,按设计要求进行改移或埋设明显标志。

5、修建临时排水设施,做到永临结合,以保证施工场地处于良好的排水状态。

6、场地清理:施工前将路基用地范围内的树木、灌木、垃圾、有机物残渣及原地面以下 10-20cm 内

的草皮和表土清除。对妨碍视线、影响行车的树木、灌木丛等进行砍伐或移植及清理。将树根全部挖除，清除的垃圾由装载机配备汽车运至指定堆放区，场地清除完后全面进行填前碾压，使密实度达到设计要求。

7、拆除工程：根据现场的实际情况、施工、交通需要，制定确实可行的拆除方案，经监理工程师批准后，按设计和规范要求进行拆除工作，拆除一些钢筋砼结构物、砖石砌体结构物、拦水坝、急流槽等。

8、规化作业程序、机械作业路线，做好土石方调配方案。

二、铺筑试验段

开工前，在熟悉设计文件的基础上，进行现场核对和施工调查，按照有关规定进行试验后，把试验结果以书面形式报告监理工程师，待监理工程师审批后，按照监理工程师给定的各种土质参数如：松铺系数，压实厚度等，根据不同的地质条件，分别选择有代表性的路段，铺筑面积不小于 $20\text{m} \times 20\text{m}$ 作为试验段，试验时记录：压实设备的类型、最佳组合方式；碾压遍数及碾压速度、工序；每层材料的含水量等。绘制填料厚度、含水量、压实方法、压实遍数与设计指标相关的规律曲线，确定施工最佳参数。在现场试验时直到该种填料达到规定的压实度，各种质量检查达到标准为止。将试验结果报监理工程师批准后，确定标准化施工工艺以指导施工。施工过程中如填料、压实机械发生变化时，重新做试验，取得准确参数。

三、施工方法

（一）施工原则

施工时，按照《公路路基施工技术规范》(JTJ033-95) 组织安排。

1、路基施工，集中力量连续快速施工，分段完成；

2、冬季施工时，不安排路基填筑施工，雨季尽量不进行路基填筑施工。

3、作好截防排水措施，填筑面横向设置 3% 左右流水坡度，雨前碾压，路堤两侧做好排水沟及坡面防护；

4、对施工用水、生活用水严格管理，防止地表水渗入和冲刷边坡。

（二）路堤填筑

1、填土路基

施工中采取横断面全宽、纵向分层填筑方法施工。填料采用挖掘机配合自卸汽车运输，推土机、平地机进行摊铺，分层填筑，振动压路机碾压。按“四区段、八流程”作业法组织各项作业均衡进行，合理安排施工顺序、工序进度和关键工序的作业循环，做到挖、装、运、卸、压实等工序紧密衔接连续作业，尽量避免施工干扰，做到路基施工的正规化、标准化。

详见《路基填筑施工工艺框图》

（1）填方路基按路基平行线分层控制填土标高，分层进行平行摊铺，保证路基压实度。每层填料铺设的宽度每侧超出路堤设计宽度的 30cm，以保证修整路基边坡后的路堤边缘有足够的压实度。不同土质的填料分层填筑，且尽量减少层数，每种填料层总厚不得小于 50cm，路堤填筑至路床顶面最后一层的压实层厚度不小于 10cm。

（2）路基填土高度小 80cm（包括零填）时，对于原地清理与挖除之后的土质基底，将表面翻松深 30cm，然后整平压实，其压实度不小于 95%。路基填土高度（不包括路面厚度）大于 80cm 时，路堤基底整平处理并在填筑前进行碾压，其压实度不小于 90%。

（3）地面自然横坡或纵坡陡于 1:5 时，将原地面挖成台阶，台阶宽度不小于 1m，用小型夯实机具加以夯实。台阶顶作 2% 的内倾斜坡，且台阶保持无水。

（4）加宽旧路堤时，沿旧路堤边坡挖成内倾 2%、高 1m、宽 2m 的台阶。所用填料与旧路堤相同或选用透水性较好的材料。

（5）路基填筑分几个作业段施工时，两个相邻段交接处不在同一时间填筑，则先填段按 1:1 坡度分层留台阶；如两段同时施工，则分层相互交叠衔接，其搭接长度不小于 2m。

（6）用透水性较小的土填筑路堤时，将含水量控制在最佳含水量 $\pm 2\%$ 范围内，当填筑路堤下层时，其顶部做成 4% 的双向横坡，填筑上层时，不覆盖在由透水性较好的土质所填筑的下层边坡上。

（7）路基填土要求洒水至最佳含水量碾压，对路基填土的土质严格按设计要求取用，对土质不满足 CBR 值要求的进行换填，在指定的取土场取土进行路基填筑。

（8）填方高度小于 8 米时边坡率为 1:1.5，大于 8 米时，每 8 米设 2 米宽的护坡道，边坡率为 1:1.5。

(9) 雨季填筑路堤时, 保证随挖、随运、随填、随压, 每层填土表面筑成 2~3% 的横坡, 并在雨前和收工前将铺填的松土碾压密实。

(10) 零填顶面以下 0-30cm 范围内的压密度, 不小于 95%。如果不符合要求, 翻松再压实, 使压实度达到规定的要求。

(11) 旧路改造主要利用旧路路段, 填方段根据旧路基填土及病害和程度不同采用不同的工程措施, 密实度及 CBR 值达不到要求的段落, 将旧路基按要求部分挖除, 并换填 CBR 值满足要求的填料; 有层间水的挖方段落, 底基层以下换填 60cm 砂砾垫层并设盲沟; 土质不良地段, 将旧路基全部挖除, 然后填筑满足 CBR 值的填料。

2、填石路堤

(1) 修筑填石路堤, 将石块逐层水平填筑, 分层厚度不大于 50cm。石块最大粒径不得超过压实厚度的 2/3, 大面向下摆放平稳, 紧密靠拢, 所有缝隙填以小石块或石屑, 在填筑的同时, 边坡用硬质石料码砌, 厚度不小于 1m, 在路床顶面以下 50cm 的范围内铺填有适当级配的砂石料, 最大粒径不超过 10cm。超粒径石料应进行破碎使填料颗粒符合要求。

(2) 填石路堤使用振动压路机分层洒水压实, 压实时继续用小石块或石屑填缝, 直到压实层顶面稳定, 不再下沉(无轮迹)、石块紧密、表面平整为止。

(3) 施工中压实度由现场试验确定的压实遍数控制。

3、路堤填筑时的注意事项:

(1) 河沟路堤填土, 连同护道在内一并分层填筑, 可能受水浸淹部分的填料, 应选用水稳性好的土料。

(2) 路堤修筑范围内, 原地面的坑、洞、墓穴等, 用原地的土或砂性土回填, 并按规定进行压实。

(3) 路堤基底原状土的强度不符合要求时, 进行换填。

(4) 路基施工中为防止雨水冲刷边坡, 在路基两侧 20m 左右做临时泄水槽, 槽底铺塑料布, 路肩做挡土埝, 以利于雨水排出。

4、结构物处的回填施工

(1) 进行结构物处回填施工时, 配备专职质检人员, 增加自检频率, 确保工程质量。

(2) 结构物处的回填, 回填时圬工强度的具体要求及回填时间, 按《公路桥涵施工规范》(JTJ041-89) 有关规定执行。

(3) 回填材料选用透水性材料如砂砾、碎石、矿渣等, 或半刚性材料等, 填料的粒径不超过 5cm。台背采用砂砾掺灰填筑, 石灰剂量需根据试验数据确定, 其压实度不小于 JTJ051-93 重型压实标准确定的最大干容重的 95%。

(4) 涵背填土顺线路方向长度, 顶部距翼墙尾端不小于台高加 2m, 底部距基础内缘不小于 2m, 涵洞填土长度每侧不小于 2 倍孔径。

(5) 结构物处的填土分层填筑: 每层松铺厚度不超过 15cm。结构物处的压实度从填方基底或涵洞顶部至路床顶面均为 95%。

(6) 当工作面较大时用重型机械按规范操作碾压, 局部区域辅助小型夯实机具进行压实。结构物处回填土分层压实后随机抽检压实度, 压实度不低于《技术规范》中规定值 95%。

(7) 台背回填时, 派专人负责, 使用专门的机具挂牌划线施工, 每层填筑进行照相, 并附检测资料存档。

(三) 路堑开挖

1、土方开挖:

(1) 施工前按图恢复中线, 复测断面、测设出开挖边线, 并鉴定即有边坡是否稳定, 如不稳定, 采取必要的加固防护措施。

(2) 做好堑顶截排水, 并随时注意检查。临时排水设施与永久性排水设施相结合。

(3) 土方开挖以机械为主, 分段进行。每段自上而下分层开挖, 并及时用人工配合挖掘机整刷边坡, 对不便机械施工的地段采用人力开挖。

(4) 开挖过程中, 派专人仔细调查开挖坡面稳定情况, 发现问题及时加固处理, 同时做好地下设备

的调查和勘察工作。

(5) 土方地段的路床顶面标高, 考虑因压实而产生的下沉量, 其值由实验确定。路床顶面以下 30cm 的压实度不小于 95%。

(6) 加强测量控制, 边坡随开挖随成型, 保持边坡平顺。

(7) 冬季施工时, 开工未挖完的土质路堑、基坑时, 将开挖面表层翻松 30-40cm, 耙平作为保温层防冻; 已开挖完的, 表层预覆松土或草袋上覆松土, 待继续施工时再清除。土方开挖完毕, 立即施工上部结构, 防止基底冻结; 如有工艺间歇, 按冬季防护办法处理。冻土的一次松碎量, 应根据挖去能力和气候条件确定, 连续挖掘清除, 随挖随运, 避免重新冻结。基坑回填作好土质保温, 防止地基周边和基坑四周的土受冻。

(8) 雨季开挖土路堑时, 分层进行开挖, 每层底面设大于 1% 的纵坡, 挖方边坡沿边坡预留 30cm 厚, 待雨后再整修到设计边坡线, 开挖路堑在距基顶面 30cm 时停止开挖, 待雨季后再挖到设计标高。

(9) 土方开挖时, 对地下管线、缆线、文物古迹和其他构造物做好妥善保护。

(10) 在居民区附近开挖土方时, 采取有效措施保证居民及施工人员的安全, 并为附近居民的生活提供有效的临时便道或便桥。

2、石方开挖

依据设计图纸, 根据取土场距离既有线及居民区位置的远近, 石方开挖采用两种方法。

(1) 取土场距离既有线和居民区较远时, 石方爆破作业以小型及台阶法松动爆破为主, 边坡地段预留 2-3 米采用光面爆破。石方路堑的路床顶面标高必须符合设计图纸要求, 高出部分辅以人工凿平。超挖部分按监理工程师批准的填料, 回填并碾压压实稳固。

①爆破施工

a、开凿作业面, 清除地表杂物和覆盖土层。

b、布孔: 根据设计要求放出开挖轮廓线和各炮孔孔位, 并予以编号, 插木牌逐孔写明孔深、孔径、倾斜角方向及大小。

c、钻孔: 钻孔是爆破质量好坏的重要一环, 严格按爆破设计的位置、方向、角度进行钻孔, 先慢后快。钻孔过程中, 必须仔细操作, 严防卡钻、欠钻、漏钻和错钻。装药前必须检查孔位、深度、倾角是否符合设计要求, 孔内有无堵塞、孔壁是否有石块以及孔内有无积水。如发现孔位和深度不符合设计要求时, 进行补孔或透孔。严禁少打眼, 多装药。清除孔口周围的碎石、杂物, 对于孔口岩石破碎不稳固段, 进行维护, 避免孔口形成喇叭状。钻孔结束后封盖孔口或设立标志。

d、装药: 严格按设计的炸药品种、规格及数量进行装药。

e、炮孔堵塞: 炮孔堵塞长度大于最小抵抗线, 堵塞材料采用 2/3 砂和 1/3 粘土堵塞。

f、爆破网路敷设: 网路敷设前检验起爆器材的质量、数量、段别并编号、分类, 严格按设计敷设网路敷设, 严格遵守《爆破安全规程》中有关起爆方法的规定, 网路经检查确认完好, 起爆点设在安全地带。

g、起爆: 网路检测无误, 防护工程检查无误, 各方警戒正常情况下在规定时间内, 指挥员即可命令起爆。起爆采用非电起爆。

h、安全检查爆破完成间隔规定时间后, 安全检查无误, 即可进行机械施工。

i、总结分析: 爆破后对爆破效果进行全面检查, 综合评定各项技术指标是否合理, 进一步确认已暴露岩石结构, 产状、地质构造、岩石物理力学性质, 综合分析岩石单位耗药量, 作好爆破记录, 聘请有经验的爆破专家进行分析、总结, 对下一循环爆破作业进行优化。

②保证安全、质量的技术措施

a、用塑料导爆管非电起爆技术, 起爆系统不受雷电干扰, 安全可靠。

b、采用微差爆破技术, 改善破碎质量和控制爆破振动, 在环境复杂的地段, 为了确保附近的建筑设施不受振动的影响, 采用孔内、孔外相合的微差起爆形式, 做到孔与孔、排与排之间都有一定的时间间隔, 最大限度地降低爆破振动, 使爆区附近的建筑设施振动速度控制在国家爆破规定安全范围内。

c、采用先进的爆破技术, 对于石质坚硬, 整体较好的岩石进行爆破时, 应用宽距离爆破技术, 通过增大孔距、减小排距, 充分利用炸药能量, 在单孔爆破面积和单位耗药量不变的情况下, 可以改善破碎质量。

d、为了确保边坡的稳定和平整度，除坚持采用光面爆破外，根据实际情况，适当增大边坡保持层。在石质较差地段，进行深孔爆破时，要减小梯段高度，实行微差爆破，尽量减少爆破药量和分段药量，以免扰动山体。

e、从开始装药，即设置安全警戒，防止非作业人员进入现场。网路连接后，工作人员逐渐撤离，警戒员、防护人员在指定地点就位，实行区段临时封闭，防止人、车等进入施爆区。

(2) 当取土场距离既有线和居民区较近时，爆破断面临近既有线，安全施工要求高，难度大。为确保既有线行车安全，施工中采取浅孔松动爆破和双层排架防护。

①爆破施工方法

a、双层防护排架搭设

施工作业时在临近既有线一侧，按要求选择适当位置钻孔埋设 $\phi 32$ 地锚，锚杆长度为1.5米，埋设深度为1米，间距为2米。排架立管套住地锚杆，纵向管距1米，前、后管距40厘米，排架横管间距2.0米，内侧挂竹排，同时设剪刀撑、水平支撑杆。水平支撑杆设锚杆与边坡锚固，锚杆长1.3米，埋设深为1米，间、排距为4米 \times 4米，拉筋为 $\phi 12$ 钢丝绳。

开挖作业面的形成及爆破方法：将开挖断面分成若干个梯形三角台阶，纵向从两端向中间控爆，横向台阶的工作面一般与线路方向形成60-70度夹角，以使最小抵抗线方向背离既有线方向。根据边坡设计要求，光爆地段采取间隔装药、微差爆破等方法进行施工。

b、炮位覆盖措施

炮孔覆盖：购置废旧车胎编制柔性炮被覆盖于炮位上。这种覆盖材料有较高的强度、弹性和韧性，不易折断，并有一定的重量，不易被爆炸气浪抛起，而且这种材料可反复使用、易修补、经济实惠。要求胶皮炮被厚度不得小于1厘米，编织要严实，四面用钢丝扎紧加固。

土袋覆盖加压：在柔性炮被上方加压土袋，并对有可能出现危险滚石的地段加设钢丝绳网或布鲁克网防护，钢丝绳网或布鲁克网四周设锚杆拉紧。以防止滚石危及既有线行车安全。土袋均采用工地废弃水泥编织袋装土，严禁装石子，以免飞石伤人。

炮孔阻塞：炮孔阻塞长度应大于或等于最小抵抗线，阻塞材料采用沙土堵塞。

c、布孔形式

孔眼布置采用浅眼、深孔、预裂及多排微差挤压爆破四种方法布置炮孔。

d、爆破方法

采用边坡纵向台阶与横向台阶形成约70度夹角的三角槽式爆破方法。其方法为先在开挖路堑横向从上至下形成若干个梯形台阶并与边坡光爆面形成一个约70度的三角形溜槽，竖直角应大于60度，台阶宽度高度均为2米，台阶布孔方式为双排布孔。靠既有线一侧采用预留防护墙微差爆破的方法，防护墙高为1.5米左右，厚度为2米左右，微差分段为：前排1段，后排3段，单排炮孔使用同段；设计边坡一侧为了达到光爆效果前排为5段，后排为7段，此台阶为纵向台阶，在起爆时可与横向台阶同时起爆。在台阶形成过程中纵向台阶不应过长，纵向台阶的尾部一定要超过垂直既有线方向横向台阶的头部防护。爆破后的爆碴顺三角溜槽清至底部，用小型运输车人工装卸弃除。设计边坡随工作面向前推进而形成，外边防护墙也随工作面向前推进逐渐消失，防护排架也随工作面向前推进逐渐拆迁重搭。

e、爆破工作程序

每一轮爆破施工前，先由技术负责人编制施工设计，并在现场作好对各工序施工负责人的交底工作。各工序施工负责人在施工中严格按此设计操作，每一道工序完毕后应履行签字手续，做到责任到人。现场技术负责每一道工序的监控工作。

在钻孔与装药施工中，发现与设计不相符，工序负责人可与现场负责人及现场技术负责人讨论，确定最佳施工方案，并在爆破工作记录表的变更说明中注明。

装药工序施工前，由现场负责人对炮孔进行抽查，并认真填写“炮孔检查记录表”，如符合要求，方可进行装药，否则严禁装药。

当各工序都进行完毕后，由现场负责人、技术负责人、安全负责人及相关旁站人员作最后检查，确认可以施爆后，履行签字手续。

现场负责人向防护人员发出开始警戒指令，并鸣笛，对人员进行清场。由现场负责人向防护人员询问

情况，确认安全后，由现场负责人向起爆员发出“起爆”指令（注意：起爆网路与起爆器此时方能进行连接），同时鸣笛并向防护人员发出起爆指令。

起爆后，由技术负责人与安全负责人到现场进行检查，确认安全后，由现场负责人向两端防护人员发出解除警戒命令。如出现险情，现场负责人应立即组织抢险工作，在相关旁站人员确认安全后，方可由现场负责人向防护人员发出解除警戒命令。同时，由现场负责人组织出碴施工。

现场负责人组织技术负责人、安全负责人、各工序负责人及相关旁站人员参加在现场讨论会，对此次爆破的效果进行分析，总结经验，并作爆破工作记录。

技术负责人进行现场勘察，进行下一轮爆破的施工准备工作。

f、控爆施工注意事项

严格控制爆碴的破碎程序：要求爆破后的岩石达到“碎而不抛”、“松动而不散”或“预裂无飞”的效果。

严格控制爆破松动范围：要求施工放样要准确无误，爆破后的断面尺寸与设计尺寸相符。光爆地段在爆破作业过程中光爆效果要满足设计要求，爆破后的边坡平顺而稳定，半孔率不小于 90%。

严格控制爆破四害：爆破地震波、空气冲击波、噪声和飞石。

控制滚石：该控爆段山体上部存在危石，在施爆前，必须对其进行加固或处理，确认安全后方可进行爆破施工。

控制飞石：爆破飞石是炸药爆炸后的多余能量对石头产生作用的结果。为控制爆破飞石，在施工中主要采取取优孔径、孔深、孔数、孔距、排距和炸药单耗，采用合适的装药方法和起爆方式，提高炮孔的阻塞质量，以达到每个炮孔所产生的爆破能量与炮孔周围介质所需能量相等，达到松动而无剩余能量造成飞石。

加大装药的分散合理性：将炸药理进行分散化和微量化处理，采取“密布孔，浅打眼，少装药”的方法将总装药量“化整为零”，合理地、微量地分布在多孔之中，以达到降低爆破地震波、空气冲击波、噪音和飞石的危害。

选择最优抵抗线方向：在最小抵抗线方向，爆破地震强度最小，反方向最大，侧向居中。然而，在最小抵抗线方向上，又是碎块飞散的主导方向。为了综合减震和控制飞石，应使被保护的构造物或边坡居于最小抵抗线两侧位置，分四个控爆作业面若干个台阶沿山体两端向中间推进。

②施工安全防护措施

a、防护排架在搭设过程中要设专职质检员亲临现场指导施工，并设专职安全员解决搭设过程中可能会出现的安全问题。当排架分段搭设完毕后要经技术负责人检查评定验收后方可投入使用。

b、防护排架任何一个断面的高度保证高出爆破作业面至少 3 米。

c、堑坡顶部爆破边坡坡面形成后，按间距约 5 米设置揽风绳，揽风绳采用钢丝绳制作，并用 $\Phi 32$ 钢筋锚固于边坡坡面上。

d、在爆破施工现场按规定选择适当位置设置爆破标志牌。

e、炮位覆盖柔性炮被，上另压一层土袋，并对有可能出现滚石的地段加设钢丝绳网或布鲁克网防护。

f、为防止出现意外事故，爆破作业现场准备抢险接触网杆、钢钎、大铁锤等必备材料并在起爆之前组织足够的抢险人员待命。

g、为防止爆破作业过程中意外险情影响车辆运行安全，在施工爆破作业现场设防护人员，防护员配备一面红色信号旗，信号旗要求用塑料胶带粘接，在出现特殊意外险情时拦停车辆。

3、弃方

(1) 运至指定的弃土场进行弃土，并按要求确定合理的堆放形式和坡脚加固处理方案，以及排水系统的布置方式。

(2) 做到弃土堆堆置整齐、美观、稳定、排水顺畅，对其周围的建筑物、排水及其它任何设施不产生干扰和损坏。

(3) 弃方时，采取行之有效的措施使运输和堆放对环境皆不造成污染。

4、边沟的开挖

(1) 边沟开挖的位置、断面尺寸和沟底纵坡必须符合设计图纸要求，按照从下游出口向上游的顺序

进行开挖。

(2) 在超高路段，边沟沟底纵坡与曲线前后沟底衔接良好，保证曲线内侧没有积水 and 外溢。

(3) 路堑与路堤连接处，边沟要缓顺引向路堤两侧的自然沟，保证路基附近不产生积水。

5、填挖过渡段施工

全线填方与挖方交界处全部铺设 $50 \times 15.3\text{m}^2$ 的土工格栅，规格为 $25.4 \times 25.4\text{mm}$ ，经向及纬向抗拉强度 50KN/M^2 ，土工格栅铺在土基与砂垫层之间。

(1) 施工方法

①施工时先平整场地，清除基底，铺设砂垫层，含泥量小于 3%。确保地面平整及地下水顺利流出堤外。

②沿路堤底部横向满铺土工格栅。铺设时注意铺设方向和搭接宽度，满足规范要求。土工格栅每层应包裹填料，其长度不小于 1.0m。

③格栅铺完后，及时填筑填料，避免阳光长时间直接曝晒，一般不大于 48h。从沟部开始向中间填土，碾压机械、工程车辆不直接走行在格栅上。每层的垂直位置，严格按设计图纸铺设，误差不超过规范碾压层厚的 1/2，填土按 1m 每周的速度上升，当孔隙承压力达到临界值时，停止填土。

(2) 注意事项

①使格栅最大强度方向与最大受力方向一致。

②避免浪费。

③格栅的切割量与缝接量严格控制。

④沟内曲线处铺设布局要合理。

(四) 路基整修

1、按设计图纸要求检查路基的中线位置、宽度、纵坡、横坡、边坡及相应的标高。

2、土质路基用机械刮土补土，人工配合机械碾压的方法整修成型，深路堑边坡整修按设计要求的坡度自上而下进行刷坡，严禁在边坡上以土贴补。

3、在整修需加固的坡面时，预留出加固位置，对填土不足或边坡受雨水冲刷形成小冲沟的地段，采取边坡挖台阶，分层填补，仔细夯实的方法处理。

4、填土路基两侧超填的宽度予以切除，边坡缺土时，要挖成台阶，分层填补夯实。

5、挂线进行边沟整修，路基整修完毕后，堆于路基范围的废弃土料弃置指定的弃土场。

。

路基土石方施工方案

1 土工格栅施工方法

为防止填挖方结合部出现裂缝，在填挖方结合部 50 米范围内铺设土工格栅。

1.1 铺设土工格栅时，要拉直平顺、紧贴下承层，重叠、缝合、锚固符合要求。

1.2 土工格栅强度最大方向垂直于线路方向，搭接长度为横向不小于 50mm，纵向不小于 100mm，搭接处用细铁丝绑扎牢固。借重力或插钉使筋材固定于地面，不得因填土而移动。

1.3 填料高度不足 1m 时，机械不应在路幅内掉头。

2 填土路基的施工方法

2.1 填土路基试验段的施工方法

(1) 对选取的填料按要求完成各项指定试验，应按《公路土工试验规定》规定的方法对土类进行颗粒分析、液限、化学分析和击实试验。

(2) 选定土方路基试验段，对选定的试验段的地表清除腐植土后，进行填筑试验。

(3) 填方试验段施工方法

①测量放线，抄平基底，按试验摊铺厚度在现场摊铺，并控制摊铺厚度。

②用推土机粗平后，现场抄平调整摊铺厚度，用平地机整平，并按设计作出路拱。

③用重型振动压路机碾压，先轻后重，先慢后快，先两侧后中央，相邻两次压实，要求轮迹相互重叠40~50cm，防止漏压或互不重叠，整个土层压实一遍后再重复碾压。路基边缘压实采用与路线成45°角碾压，既保证路基密实度，又确保操作安全。

用重型击实的试验办法，采用核子密度仪测定第六遍以后的路基压实度，做好详细记录，分清压实度达到90%、93%、95%的碾压遍数，确定填土路基施工的工艺参数。

2.2 路基土方填筑的施工方法

在试验路段完成并报请监理工程师同意后，本标段的路基填土施工即可根据试验段确定的施工工艺参数组织施工。

(1) 原地表处理：根据规范规定，清理后的地面及其基底压实度、地面横坡等均应符合规范要求，除特殊要求要保留的植被和保留物外，在公路用地范围内的所有树木，树根、灌木和垃圾均应予清除运走。原地表面土、草皮严格按图纸要求或监理要求的深度和范围清除。地表清理完毕后再进行基底压实，直至满足规范要求。原地面横坡陡于1:5的填方路堤和路基拓宽的填方路段，要将原地面及旧路边坡挖成台阶。

(2) 填料应分层填筑，不得混填。路基的填筑厚度应不超过30cm，每层填料的铺设宽度，每侧均应较设计路基宽填30cm。

(3) 碾压检测：根据试验段提供的资料，利用重型振动压路机，按标准碾压方法及检测方法进行碾压、检测。

(4) 路基修整：路基填至设计标高后，用平地机修整出路拱，使路基表层平整度、坡度、宽度符合规定要求。

(5) 边坡修整：放出路基边线桩，按设计规范要求，刷去超填部分，修整折点，修整后达到转折处棱线明显，直线平直，曲线圆顺。

路基填筑施工工艺详见《路堤填筑施工工艺框图》。

2.3 半挖半填路堤施工

(1) 按基底处理方法做好基底处理，填挖交界处或自然坡陡于1:5时，应将原地面挖成台阶，台阶宽度应大于1米，并将顶部做成2%~4%的内倾斜坡。

(2) 严禁从高处倒土石方，土石方松铺应从底层开始，根据路段地形情况分别采用水平分层填筑或纵向分层填筑，松铺厚度严格控制在30cm以内。

(3) 采用重型振动压路机进行压实，并随时进行路基密实度检测，发现问题立即找出原因并进行整改。

(4) 对因为填土宽度较小，不能使用重型压路机的地段，采用小型夯实设备，如液压振动夯进行夯实。

2.4 涵侧填筑

(1) 挖基土应根据具体情况由试验确定其是否可用作回填料，不能作为回填料的必须远弃。

(2) 涵侧填土必须分层对称均衡填筑，分层厚度以不大于15厘米为宜，并严格夯实。在压路机不能碾压到的边角处，必须采用液压振动夯等机具碾压。涵顶填土超过1米后，方许机械通过。

(3) 涵侧填筑材料采用设计规定的渗水材料，回填时严格控制压实度，要求自上而下压实度均不得小于95%。

(4) 涵背回填应在涵身混凝土（砌体）强度达到100%设计强度时，方可两侧对称进行。

3. 路基开挖施工方法

3.1 土质路基开挖

3.1.1 采用机械开挖，机械开挖不到的边角采用人工开挖。边坡坡面人工整修。

3.1.2 开挖前对整个挖方段测量放样，并埋设必要的护桩，以后每开挖3米左右重新测量一次，进行收坡，严防超挖和损伤边坡。

3.1.3 机械开挖时预留20-30cm的边坡保护层，该保护层由人工开挖以保证边坡的坡率和平整度。有边坡防护地段在防护工程施工前开挖该保护层。

3.1.4 路基开挖至设计标高0.3m时停止机械开挖，待边坡防护和堑底水沟施工完后与边坡土方、水沟

土方一起施工，采用人工开挖，小型拖拉机运输。

3.2 石质路基开挖

3.2.1 浅孔松动爆破

由于地形、地貌、开挖深度、断面形式和周围环境不同，故采用浅孔松动爆破的开挖方法施工。

(1) 适用条件

对于石质软弱的软石，次坚石开挖深度在 3-10m，数量集中的路段，且对建筑物影响不大，拟在线路中心两侧采用分台阶的浅孔爆破。如图 2：

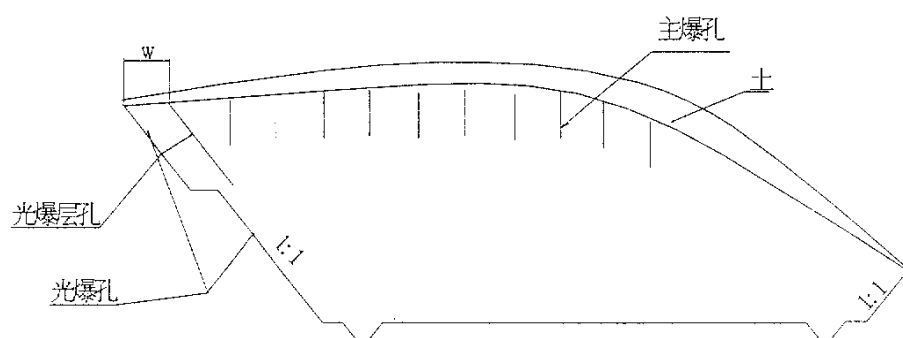


图 2

(2) 布眼方法

采用垂直眼，以台阶形式向前推进，排列形式以多排矩形、长方形、梅花形排列。

(3) 钻爆参数

钻孔直径 $d=\Phi 38\sim 42\text{mm}$

最小抵抗线 $w=1.0\sim 1.2\text{m}$

孔距 $a=1.0\sim 1.2\text{m}$

排距 $b=w=1.0\sim 1.2\text{m}$

孔深 $H=2\sim 2.5\text{m}$

单位耗药量 $K=0.3\sim 0.4\text{kg/m}^3$ （根据岩石类型通过试验确定）

每孔装药量 $Q=K \cdot w \cdot a \cdot H$ （前排）或 $Q=K \cdot a \cdot b \cdot H$ （后排）

(4) 装药结构

使用Φ32mm 的乳胶炸药（或 2#岩石硝铵炸药），采用连续装药或分层间隔装药，若采用分层装药，其上下层药量之比为 6：4，堵塞长度一般为 0.6~0.8m，中间间隔一般为 0.3~0.4m。如图 3《连续装药结构示意图及分层装药结构示意图》。

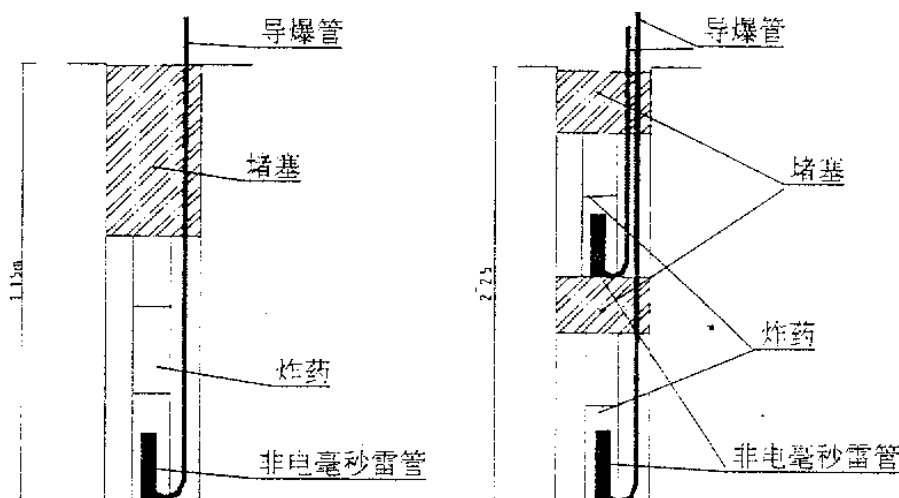


图 3 连续装药结构示意图及分层装药结构示意图

（5）起爆网路及联结

孔内采用非电毫秒延期雷管起爆系统起爆，电雷管或火雷管引爆，起爆网路采用 1~15 段非电毫秒延期雷管孔内微差爆破，以簇联方法（一把抓）串并联起爆网路。

（6）警戒及安全措施

①按照爆破安全规程，安全距离为 200 米。

②对周围建筑物的保护，必须控制最大一次（最大一段）用药量，并对地震波安全距离进行检算。

$$R_{\text{安全}} = Q \left(\frac{K}{V} \right)^{1/a}$$

式中：Q—最大一次用药量（最大一段用药量）kg

V—地震安全速度，cm/s

K、a—与地区有关的系数和衰减指数。

③个别飞石采用对爆破体用草袋或胶帘覆盖。

④加强对火工品的使用和管理。

3.2.2 边坡浅孔光面爆破

（1）适用条件

当石方开挖接近边坡坡面 3~4m 时，应采用浅孔光面爆破。

（2）炮孔布置

沿边坡设计开挖线，打一排 1：1 的斜眼（光爆眼），炮孔间距根据岩石的性质现场确定。一般为 E=0.8~1.0m（或间距 0.4~0.5 打一排眼，每隔一个装药，中间形成导向眼），再选定光爆层的厚度 w（最小抵抗线），其光爆孔的密集系数用 k 值表示：即 k=E/w。K 值的大小，与爆破的平整、效果有很大关系，一般 K<1，通常 k=0.8 左右为最佳。根据 w 的确定再按规定要求钻眼。

（3）钻爆参数

光爆孔

钻孔直径 d=Φ38~42mm。

孔距 E=0.8~1.0m（或 0.4~0.5m 中间留导向孔）

孔深 L 为 1：1 的斜眼，根据台阶高度而定，一般炮眼深度 2~2.5m 炮眼的长度为 $(2 \sim 2.5) \sqrt{2}$

单位耗药量： $Q = K \cdot E \cdot L$
一般 K=0.4~0.5kg/m²

集中装药度：一般为 0.25~0.3kg/m

不偶合系数：一般应大于 2，但不能小于 1.5，故采用 $\Phi 38\sim 42\text{mm}$ 的钻孔应采用 $\Phi 25\text{mm}$ 的小药卷。

(4) 装药结构

装药结构一般以三部分组成：孔口堵塞段，正常装药段和孔底加强段，一般为连续装药结构或分层装药结构，堵塞长度为炮孔长度的 1/3~1/4。为克服底部阻力，也可在底部放置 1~2 卷 $\Phi 32\text{mm}$ 的标准药卷，以增强其作用，具体见图 4 《光爆孔装药结构示意图》。

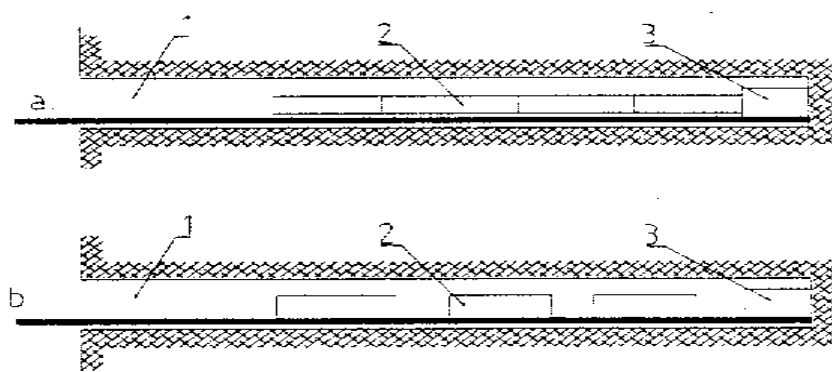


图 1 光爆孔装药结构示意图

a-连续装药 b-间断装药

1-堵塞、2-正常装药、3-底部加强药

(5) 起爆及联结

光爆孔应同时起爆，起爆顺序以主爆孔先爆，光爆层孔后爆，最后光爆孔同时同段起爆。如光爆孔使用导爆索起爆时效果更好。联结方法也是采用簇联（一把抓）。

(6) 光爆层孔

光爆层孔是光爆孔内侧的炮孔（也称内圈炮孔）也是用 1:1 的斜眼，按光爆层的厚度 w 布一排炮孔，它在光爆孔前爆，其它各种参数与一般爆破参数相同。

3.2.3 深孔松动爆破

(1) 适用条件

当石方数量比较集中，且开挖深度大于 10m 以上，对装载、运输能发挥高效率的地段，宜采用深孔松动爆破。

(2) 台阶要素、钻孔形式及布孔方法

根据开挖的深度来确定台阶的数量，也可一次到位，台阶要素见图 5《台阶要素示意图》。

①台阶要素

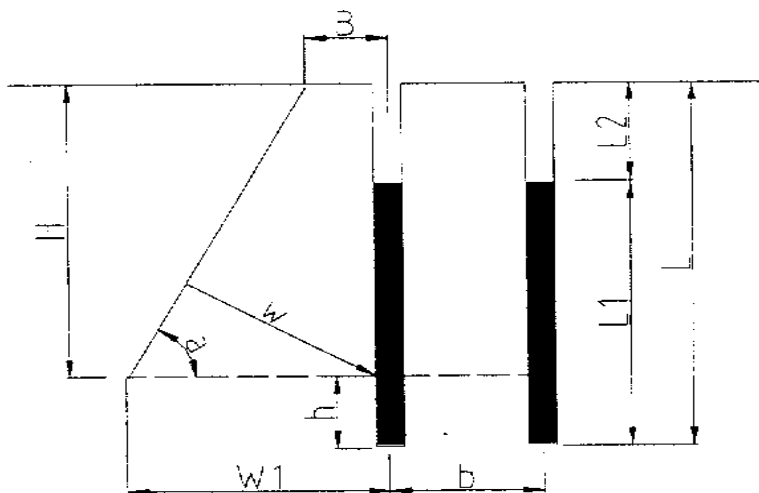


图 5 台阶要素示意图

H 为台阶高度，W1 为前排钻孔的底层抵抗线，L 为钻孔深度，L1 为装药长度，L2 为堵塞长度，h 为超深，a 为台阶坡面角，b 为排距，B 为台阶上眉线至前排孔口的距离，W 为炮孔的最小抵抗线。

②钻孔形式

深孔爆破一般采用垂直炮孔，在路基边坡处根据坡率采用倾斜孔。

③布孔方式

布孔方式采用多排孔布置，成方形、矩形、三角形（梅花形），最好以等边三角形布孔最为理想。

（3）深孔爆破参数

①孔径孔深

当采用液压潜孔钻机，孔径通常为 $\Phi 64$ 、 $\Phi 80$ 、 $\Phi 100\text{mm}$ 等，孔深由台阶高度和超深确定。

②台阶高度和超深

根据铲运设备及潜孔钻机的选型，根据本标段实际情况，一般采用 $H=6\sim 8$ 米，也可以一次打到标高（10~15 米）。

为克服台阶底盘岩石的夹制作用，使爆后不留根，底面形成平整的底部，一般 h 为钻孔直径的 5~8 倍。

③底盘抵抗线

一般经验公式为

$$W1 \leq H \cdot \tan a + B$$

$$\text{或 } W1 = (0.7 \sim 0.9) H$$

④孔距和排距

$$a \leq W1$$

$$b = a \cdot \sin 60^\circ = 0.87a$$

⑤堵塞长度

为提高爆破效果和充分发挥炸药能量的利用率，合理确定堵塞长度是一重要因素。堵塞过长、过短，均对爆破效果不利，故一般堵塞长度为孔径的 20~40 倍。

⑥单位炸药耗用量

根据岩石的性能，炸药的种类，自由面条件，起爆方式和运输方式的要求，合理的单位炸药耗用量需通过试验，在实践中验证，一般深孔爆破参考数值：软石为 $k=0.3\sim 0.4\text{kg/m}^3$ 、次坚石为 $k=0.4\sim 0.5\text{kg/m}^3$ 。

⑦每孔装药量

$$Q = k \cdot a \cdot W1 \cdot h \text{ (第一排)}$$

$$\text{或 } Q = k \cdot a \cdot b \cdot h \text{ (第二排及以后)}$$

(4) 微差爆破

深孔松动爆破宜采用孔内和孔外微差爆破。

①孔内微差，爆孔内根据爆破顺序分别采用 1~15 段非电毫秒延期雷管装药。利用簇联方法（一把抓）进行，火雷管或电雷管引爆，各种孔内微差爆破的起爆方法见图 6《几种常用的起爆方法》。

②孔外微差，孔内全部采用导爆索装药结构，再根据设计爆破顺序，串联各排后按装 1~15 段非电毫秒延期雷管，采用簇联（一把抓）之法，再进行火雷管或电雷管引爆。

③装药结构、警戒、安全措施

对于装药结构、警戒、安全措施及对建筑物地震波的影响，与浅孔松动爆破相同。

④边坡光面爆破

对于边坡深孔光面爆破与浅孔光面爆破相同，在施工过程中，应进行边坡光面爆破设计，确保边坡的稳定性。

其施工工艺见路基石方爆破施工工艺框图。

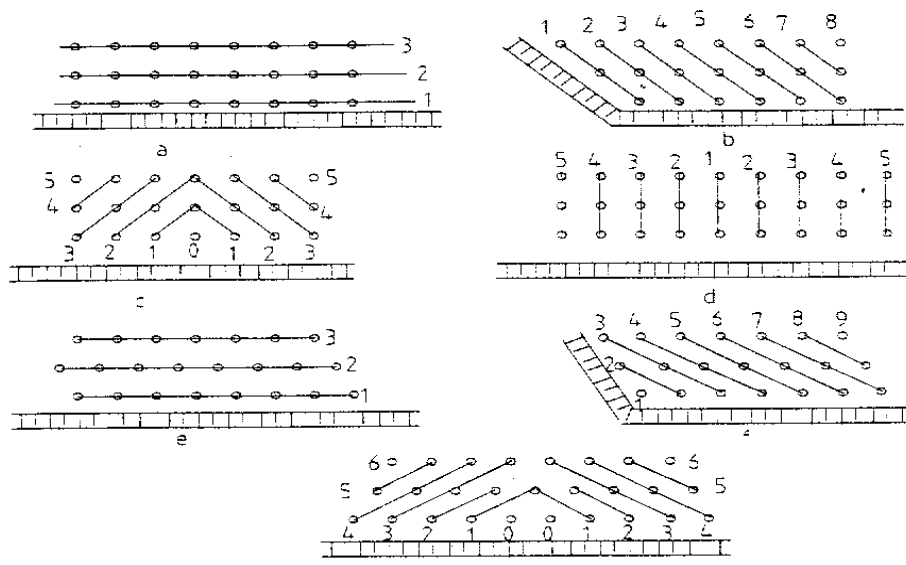


图 6 几种常见的起爆方法

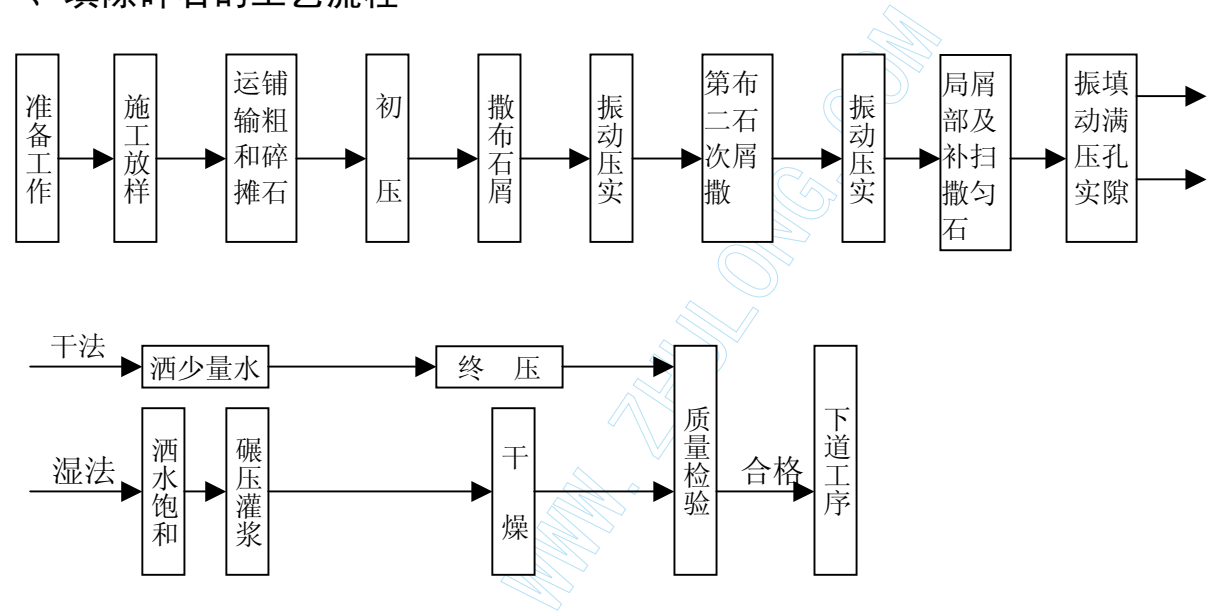
路面工程

基层、底基层及垫层

粒料类

填隙碎石

一、填隙碎石的工艺流程



二、施工准备

- 1. 向驻施工现场监理单位报送“基层开工报告单”，经同意后方可进行基层施工。
- 2. 土基、垫层、底基层及其中埋设的各种沟、管等隐蔽构筑物，必须经过自检合格，报请驻场监理单位检验，签字认可后，方可铺筑其上面的基层。

三、施工放样

- 1. 恢复中线，每 10m 设标桩，桩上划出基层设计高和基层松铺的厚度。
松铺厚度=压实厚度×松铺系数
- 2. 中心线两侧按路面设计图设计标桩，推算出基层设计标高后，在标桩上划出基层设计高和松铺高度。这样做是为了使基层的高度，厚度和平整度达到质量标准。

四、备料

- 1. 根据基层、底基层的宽度、厚度及松铺系数（1.20~1.30），碎石最大粒径与压实厚度之比为 0.5 左右时，系数取 1.3，比值较大时，系数接近 1.20。计算各段需要的粗碎石数量，并按施工平面图堆放。
- 2. 填隙料的用量约为粗碎石重量的 30%~40%。

五、铺筑试验段

填隙碎石基层正式施工前应铺筑试验段，其目的与级配砾石基层相同。

六、运输和摊铺粗碎石

1. 在摊铺段两侧先培土，以控制基层的宽度和厚度，再每隔一定距离铺筑盲沟，考虑雨后排出基层积水。
2. 碎石装车时，应控制每车料的数量基本相等。
3. 卸料时，通常有专人指挥，严格控制卸料距离，避免铺料过多或不够。
4. 用平地机或其它合适的机具，将粗碎石均匀地摊铺在预定的宽度上，可辅以人工配合。表面应力求平整，并有规定的横坡。
5. 检验松铺材料层的厚度是否符合预计要求，必要时应进行减料或补料工作。

七、撒铺填隙料和碾压

1. 干法施工

①初压。用 8t 两轮压路机碾压 3~4 遍，使粗碎石稳定就位，碾压时，由边向中、由低向高进行。在第一遍碾压后，应再次找平。初压结束，表面应平整，并具有要求的纵、横坡度。

②撒铺填隙料。用石屑撒布机或类似的设备将干燥的填隙料均匀地摊铺在已压稳的粗碎石层上，松厚 25cm~30cm；也可用自卸汽车运送石屑至粗碎石层上，由人工摊铺，用人工进行扫匀。

③用振动压路机慢速碾压，将全部填隙料振入粗碎石的孔隙中。

④再次撒布填隙料。松厚 2.0cm~2.5cm，人工扫匀。

⑤再次碾压。用振动压路机碾压，对局部填隙料不足之处，人工进行找补，并将多余的填隙料用扫帚扫到不足之处。

⑥碾压后，如表面仍有未填满的孔隙，则还需要补撒填隙料，并用振动压路机继续碾压，直到全部孔隙被填满为止。宜在表面先洒少量水，洒水量在 3kg/m^2 以上，再用 12t 以上三轮压路机碾压 1~2 遍。在碾压过程中，不应有任何蠕动现象。

2. 湿法施工

①开始的工序与干法施工相同。

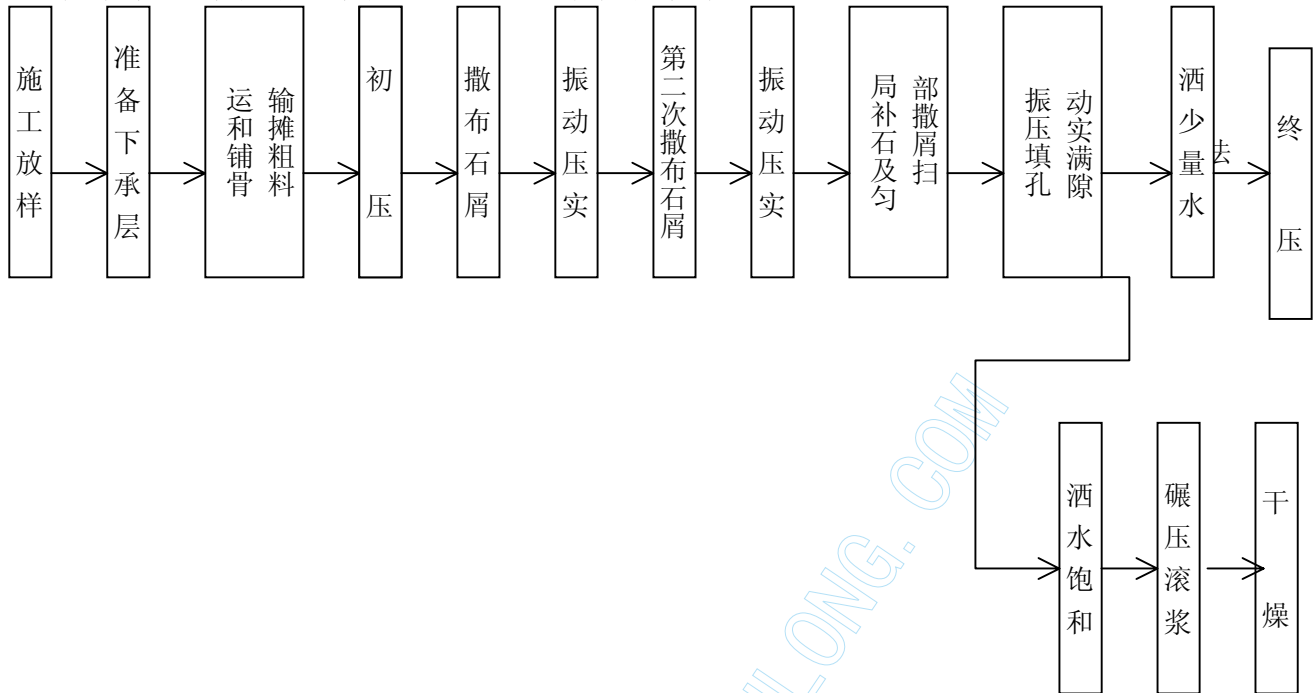
②当粗碎石层表面孔隙全部填满后，立即用洒水车洒水，直到饱和，但不能泡软土基。

③用 12t 以上三轮压路机跟在洒水车后面进行碾压，在碾压过程中，将湿填隙料继续扫入所出现的孔隙中，洒水和碾压应一直进行到细集料和水形成粉砂浆为止。粉砂浆应有足够的数量以填塞全部孔隙。

④干燥。碾压后的基层要留待一段时间，让水分蒸发。

填隙碎石

填隙碎石基层（底基层）施工工艺流程如图所示。



填隙碎石工艺流程图

1. 准备工作

1) 准备下承层

(1) 基层的下承层是底基层及其以下部分。底基层的下承层可能还包括垫层。下承层表面应平整、坚实、具有规定的路拱，没有任何松散的材料和软弱地点。

(2) 下承层的平整度和压实度应符合规范要求。

(3) 土基不论路堤或路堑，必须用 12~15t 三轮压路机或等效的碾压机械进行碾压（压 3~4 遍）。在碾压过程中，如发现土过干、表层松散，应适当洒水；如土过湿、发生“弹簧”现象，应采取挖开晾晒、换土、掺石灰或粒料等措施进行处理。

(4) 对于底基层，根据压实度检查（或碾压检验）和弯沉测定的结果，凡不符合设计要求的路段，必须根据具体情况，分别采用补充碾压、加厚底基层、换填好的材料、挖开晾晒等措施，使达到标准。

(5) 底基层上的低洼和坑洞，应仔细填补及压实。底基层上的搓板应刮除；松散处，应耙松洒水并重新碾压。

(6) 逐一断面检查下承层标高是否符合设计要求。下承层标高的误差应符合规范规定。

(7) 新完成的底基层或土基，必须按规范进行验收。凡验收不合格的路段，必须采取措施，使其达到标准后，方能在上铺筑基层或底基层。

(8) 在槽式断面的路段，两侧路肩上每隔一定距离（5~10m）应交错开挖泄水沟。

2) 测量

(1) 在下承层上恢复中线。直线段每 15~20m 设一桩，平曲线段每 10~15m 处设一桩，并在对应断面的路肩外侧设指示桩。

(2) 进行水平测量。在两侧指示桩上用红漆标出基层或底基层边缘的设计高。

3) 材料用量

(1) 碎石料。根据路段基层或底基层的宽度、厚度及松铺系数（1.20~1.30，碎石最大粒

径与层厚之比为 0.5 左右时，系数为 1.3；比值较大时，系数接近 1.2），计算各段需要的粗碎石数量。根据运料车辆的车厢体积，计算每车料的堆放距离。

(2) 填隙料。填隙料的用量约为碎石重量的 30%~40%。

2. 运输和摊铺粗碎石

(1) 碎石装车时，应控制每车料的数量基本相等。

(2) 在同一料场供料的路段，由远到近将粗碎石按计算的距离卸置于下承层上。卸料距离应严格掌握，避免料不够或过多，且料堆每隔一定距离应留一缺口，以便于施工作业。

(3) 用平地机或其他合适的机具将粗碎石均匀地摊铺在预定的宽度上，表面应力求平整，且在规定的路拱。同时摊铺路肩用料。

(4) 检验松铺材料层的厚度，看其是否符合预定要求。必要时，应进行成料或补料工作。

3. 撒铺填隙料和碾压

1) 干法施工

干法施工的填隙碎石特别适宜于干旱缺水地区施工，步骤如下。

(1) 初压。用 8t 两轮压路机碾压 3~4 遍，使粗碎石稳定就位，在直线段上，碾压从两侧路肩开始，逐渐错轮向路中心进行。在有超高路段，碾压从内侧路肩开始，逐渐错轮向外侧路肩进行。错轮时，每次重叠 1/3 轮宽。在第一遍碾压后，应再次找平。初压终了时，表面应平整，并且有要求的路拱和纵坡。

(2) 撒铺填隙料。用石屑撒布机或类似的设备将干填隙料均匀地撒铺在已压稳的粗碎石层上，松厚约 2.5~3.0cm。需要时，用人工或机械扫（滚动式钢丝扫）进行扫匀。

(3) 碾压。用振动压路机慢速碾压，将全部填隙料振入粗碎石间的孔隙中。如没有振动压路机，可用重型振动板。碾压方法同初压，但路面两侧应多压 2~3 遍。其压实厚度通常为碎石最大粒径的 1.5~2.0 倍，即 10~12cm。碾压后基层的固体体积率应不小于 85%，底基层的固体体积率应不小于 83%。

(4) 再次撒铺填隙料。用石屑撒布机或类似的设备将干填隙料再次撒铺在粗碎石层上，松厚约 2.0~2.5cm。用人工或机械扫匀。

(5) 再次碾压。用振动压路机进行碾压，碾压过程中，对局部填隙料不足之处，人工进行找补，将局部多余的填料用竹帚扫到不足之处或扫出路外。

(6) 振动压路机碾压后，如表面仍有未填满的孔隙，则还需补撒填隙料，并用振动压路机继续碾压，直到全部孔隙被填满为止。同时，应将局部多余的填隙料铲除或扫除。填隙料不应在粗碎石表面局部集中。表面必须能见粗碎石（如填隙碎石层上为薄沥青面层，应使粗碎石的棱角外露 3~5mm）。

(7) 设计厚度超过一层铺筑厚度，需在上再铺一层时，应将已压成的填隙碎石层表面的细料扫除一些，使表面粗碎石外露约 5~10mm。然后在上摊铺第 2 层粗碎石，并按上述（1）~（6）的工序进行。

(8) 填隙碎石表面孔隙全部填满后，用 12~15t 三轮压路机再碾压 1~2 遍。在碾压过程中，不应有任何蠕动现象。在碾压之前，宜在表面先洒少量水（洒水量一般在 3kg/m^2 以上）。

2) 湿法施工

(1) 开始的工序与干法施工（1）~（5）的步骤相同。

(2) 粗碎石层表面孔隙全部填满后，立即用洒水车洒水，直到饱和（应注意勿使多余水浸泡下承层）。

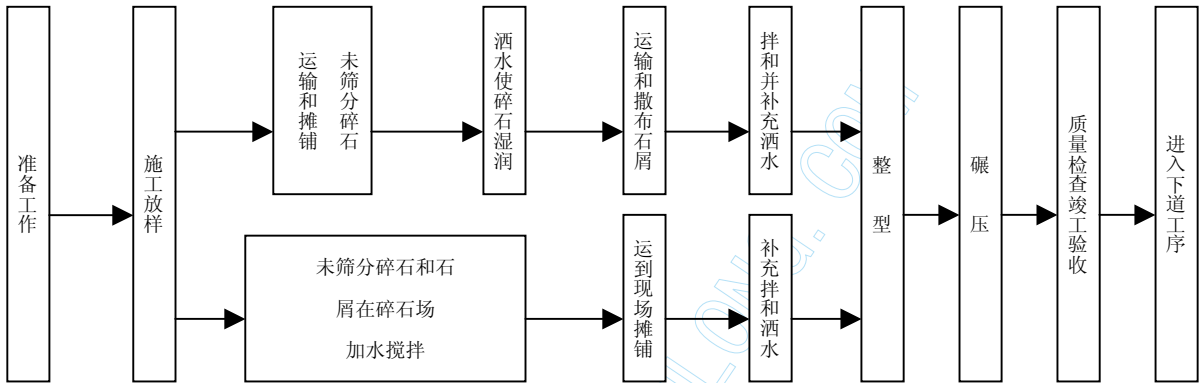
(3) 用 12~15t 三轮压路机跟在洒水车后面进行碾压。其压实要求及压实厚度与干法施工相同。在碾压过程中，将湿填隙料继续扫入所出现的孔隙中。需要时，再添加新的填隙料。洒水和碾压应一直进行到细集料和水形成粉砂浆为止。粉砂浆应有足够的数量，以填塞全部孔隙，并在压路机轮前形成微波纹状。

(4) 干燥，碾压完成的路段要留待一段时间，让水分蒸发。结构层变干后，表面多余的细料以及任何集中成一薄层的细料覆盖层，都应扫除干净。

(5) 设计厚度超过一层铺筑厚度，需在上再铺一层时，应待结构层变干后，在上摊铺第二层粗碎石，并重复上述(1)~(4)的工序。

级配碎石

一、级配碎石施工工艺流程图



二、准备工作

1. 向驻场监理单位呈报“基层开工报告单”，经同意后方可进行基层施工。
2. 土基、垫层、底基层及其中埋设的各种沟、管等隐蔽构筑物，必须经过自检合格，报请驻场监理单位检验，签字认可后，方可铺筑其上面的基层。
3. 各种材料进场前，应及早检查其规格和品质，不符合技术要求的不得进场。材料进场时，应检查其数量，并按施工平面图堆放，而且还应按规定项目对其抽样检查，检查结果报驻场监理单位。
4. 级配碎石基层正式施工前，应铺筑试验段。

三、施工放样

1. 恢复中心线，每10m设标桩，桩上划出基层设计高和基层松铺厚度。
$$\text{松铺厚度} = \text{压实厚度} \times \text{松铺系数}$$
2. 中心线两侧宜按路面设计图设置标桩，在桩上划出设计高和虚铺高度，这样做是为了使基层的高程、厚度和平整度达到质量标准。

四、计算材料用量

根据基层的厚度、宽度（按设计图纸）及预定的干密度，计算各段的干集料数量。

五、运输和摊铺集料

1. 在摊铺段两侧先培土（除挖方道槽外），以控制基层的宽度和厚度。
2. 可用自卸翻斗车运输集料。装车时，应控制每车料的数量相同。
3. 卸料距离应严格控制，通常由专人指挥卸料，避免铺料过多或不够。
4. 卸料和摊铺通常由远而近全断面摊铺，尽量不留纵缝。

5. 应事先通过试验确定集料的松铺系数,人工摊铺混合料时,其松铺系数约为 1.40~1.50,平地机摊铺混合料时,其松铺系数约为 1.25~1.35。

6. 检验松铺材料层的厚度,视其是否符合预计要求,必要时,应进行减料或补料工作。

7. 未筛分碎石摊铺、平整后,在其较潮湿情况下,向上运送石屑,用平地机并辅以人工将石屑均匀摊铺在碎石层上。

六、拌和整型

1. 拌和采用稳定土拌和机拌和级配碎石,也可采用平地机或多铧犁与圆盘耙相配合进行。用稳定土拌和机拌和时一般不少于 2 遍,用平地机一般需 6 遍。

用多铧犁与缺口圆盘耙相配合,用多铧犁在前面翻拌,圆盘耙在后面拌和,一般需拌 2~6 遍。

在拌和过程中,用洒水车洒足所需水分。拌和结束时,混合料的含水量应该均匀,并较最佳含水量大 1%左右,没有粗细颗粒离析现象。

2. 整型 用平地机对拌和的混合料进行整平、整型,并用拖拉机、平地机或轮胎压路机在初步整平的基层上快速碾压一遍,以暴露潜在的不平整,便于找补。通常整型要 1~2 次。

七、碾压

1. 整型后,当混合料含水量等于或略大于最佳含水量时,应立即用 12t 以上三轮压路机、振动压路机进行碾压,由两侧向中间碾压,直到达到规定的压实度。

2. 严禁压路机在已完成的或正在碾压的基层上“调头”或急刹车。

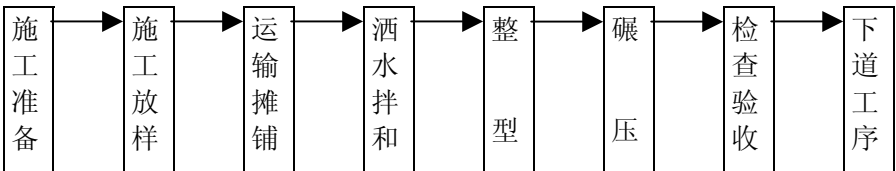
八、接缝的处理

两作业段的横缝衔接处,应搭接拌和。第一段拌和后,留 5m~8m 不进行碾压;第二段施工时,前段留下的未压部分与第二段一起拌和整平后进行碾压。

应尽量避免纵缝,在必须分两幅铺筑时,纵缝应搭接拌和。前一幅全宽碾压密实,在后一幅拌和时,应将相邻的前幅边部约 30m 搭接拌和,整平后一起碾压密实。

级配砾石基层

一、级配砾石施工的工艺流程图



二、施工准备

1、向驻施工现场监理单位报送“基层开工报告单”,经同意后方可进行基层施工。

2、土基、垫层、底基层及其中埋设的各种沟、管等隐蔽构筑物,必须经过自检合格、报请驻场监理单位检验、签字认可后,方可铺筑其上面的基层。

3、各种材料进场前,应及早检查其规格和品质,不符合技术要求的不得进场。材料进场时,应检查其数量,并按施工平面图堆放,而且还应按项目对其抽样检查,其抽样检

查结果，报驻场监理单位。

4、级配砾石基层正式施工、应铺筑试验段，其目的：

- (1) 确定集料的配合比例；
- (2) 确定材料的松铺系数；
- (3) 确定标准施工方法；
 - ①集料数量的控制
 - ②集料摊铺方法和适用机具；
 - ③合适的拌和机械、拌和方法、拌和深度和拌和遍数；
 - ④集料含水量的控制方法；
 - ⑤整平和整型的合适机具和方法；
 - ⑥压实机械的选择和组合、压实的顺序、速度和遍数；
 - ⑦拌和、运输、摊铺和碾压机具的协调和配合；
 - ⑧压实后的检查方法；
- (4) 确定每天作业段的长度；
- (5) 确定一次铺筑的合适厚度；
- (6) 培训管干优化劳动组合。

三、施工放样

1、恢复中心线，每 10m 设标桩，桩上划出基层设计高和基层松铺的厚度。

$\text{松铺厚度} = \text{压实厚度} \times \text{松铺系数}$

2、中心线两侧宜按路面设计标桩，测基层设计高，在标桩上划出基层设计标高和松铺高度，这样做是为了使基层的高度、厚度和平整度达到质量标准。

四、计算材料用量

根据基层的厚度、宽度（按设计图纸）及预定的干密度、计算各段的干集料数量。

五、运输和摊铺集料

- 1、在摊铺段两侧先培土（除挖方段路槽部分）以控制基层的宽度和厚度。
- 2、可用自卸翻斗车运输集料。装车时，应控制每车料的数量基本相同。
- 3、卸料距离应严格控制，通常由专人指挥卸料，避免铺料过多或不够。
- 4、卸料及摊铺通常由远而近，全断面摊铺尽量不留纵缝。
- 5、应事先通过试验确定集料的松铺系数：

$\text{松铺系数} = \text{松铺厚度} \div \text{压实厚度}$

人工摊铺混合料时其松铺系数约为 1.40~1.50；平地机摊铺混合料时，其松铺系数约为 1.25~1.35。

6、摊铺前应根据测量高程、松铺系数放样，控制好摊铺高度、平整度和宽度。

7、采用两种集料掺配时，应先运送摊铺主要集料，然后及时运送摊铺另一种集料。如粗、细两种集料最大粒径相差较大，应将粗集料摊铺并洒水后再摊铺细集料。摊铺时应使粗细颗粒分布均匀，并清除超径粒料及其它杂物。

六、拌和

- 1、通常采用多铧犁或平地机等机械拌和。
- 2、每段作业长度，多铧犁拌宜 100m~150m，平地机拌宜 300m~500m
- 3、第一遍从作业段中心开始，将混合料向内翻；第二遍从边缘开始将混合料向外翻。
- 4、拌和过程中，用分散水流洒足所需水分，一般要拌 6 遍。拌和结束时，混合料的含水量应该均匀，并较最佳含水量大 1%左右，没有粗细颗粒离析现象。

七、整型、碾压

- 1、根据测量放样对拌和好的混合料进行初步整型，整型作业可采取机械配合人工进行。
- 2、当集料含水量等于或略大于最佳含水量时，容易碾压密实，故应及时碾压。但雨后或

土基过分潮湿时，不得用 12t 以上重型压路机碾压，防止造成碾压翻浆。

3、碾型应遵循“先轻后重、由低向高、由边向中、先慢后快、适当重叠”的原则，即在碾压时，通常先用拖拉机或轻型压路机碾压 1~2 遍，然后用重型压路机碾压（一般 6~8 遍）。碾压时由低处向高处、由边缘向中间进行，且应适当重叠；轻型压路机重叠 15cm 左右；重型压路机宜重叠 1/2 轮宽。碾压速度应先慢后快，用重型压路机碾压时，其速度通常为：头两遍宜用 1.5km/h~1.7km/h，以后几遍宜用 2km/h~2.5km/h。当重型压路机碾压 4~5 遍，达到基本稳定时，必须再次进行测量整型（通常需进行 1~2 次），直到高程及平整度达到质量标准，当施工经验不多时，宜低不宜高，因为低了填混合料（细料）比较方便，如果高了，刨挖比较费时。整型后，还应及时碾压，直到压实度达到质量标准。

4、整型过程中，车辆和其他机械不得通行。在已完成的或正在碾压的地段，严禁压路机“调头”或急刹车。

5、横缝的处理，两作业段的横缝衔接处应搭接拌和：第一段拌和后，留 5m~8m 不进行碾压；第二段施工时，前段留下的未压部分，重新加水拌和，并同第二段一起碾压。

6、纵缝的处理。应避免纵向接缝。有时因某种原因可能出现纵向接缝，其处理方法是：沿作业段宽度分带作业时，其接茬处 1m 宽左右应予重复拌和并交错碾压，边部 2m 左右应增压 3~4 遍。

八、级配砾石基层、底基层质量标准和检验方法

外观要求：表面平整、密实、无细颗粒集中、无杂物和松散现象，用重型压路机碾压，无明显轮迹（轮迹小于 3mm）。

经施工单位自检合格后，报驻场监理单位，由监理单位抽检、认可签字后即基层、底基层检收合格，可进行下道工序施工。

级配砂砾底基层

- 准备下承层，检查验收路基或垫层，土基用 12—15T 三轮压路机或等效压路机进行碾压检验（压 2——3 遍）发现表面松散、弹簧及时进行处理，并按规范要求进行检查验收。
- 选择符合底基层集料级配范围要求质量合格的料场进行备料。
- 施工放样：恢复中线每 10m 钉一桩，并在两侧边缘外 0.33-0.5m 设边桩，进行水平测量，在边桩上用明显标记标出底基层边缘的设计标高。
- 事先通过试验段确定的松铺系数，并计算各段所需用数量，用自卸车运至施工现场均匀卸于下承层上，并及时进行摊铺。
- 用推土机、平地机将砂砾均匀摊铺在下承层上，表面力求平整，并有规定的路拱或横坡。及时检查含水量，不足时进行补洒，同时摊铺路肩用料。
- 用压路机在初平的路段上快速进行碾压一遍，以暴露潜在的不平整。
- 拉线检查标高，按设计高程每 10m 一个断面作三个标高点，作出明显标记，用自卸汽车配合人工或手推车进行找补整形。
- 平地机进行细平，整型并随时检查标高。（并预留一定沉降量）
- 采用振动压路机配合三轮压路机进行碾压，在碾压过程表面应随时保持湿润，并检查压实度，达到规范要求为止。
- 在未作上承层前严禁开放交通，应先行自检验收，对不合格处加以处治符合要求为止。

施工工艺:

检查验收下承层	备料	施工放样	砂砾运输	初平	洒水	稳压	细平	碾压	自检验收
---------	----	------	------	----	----	----	----	----	------

施工主要机械:

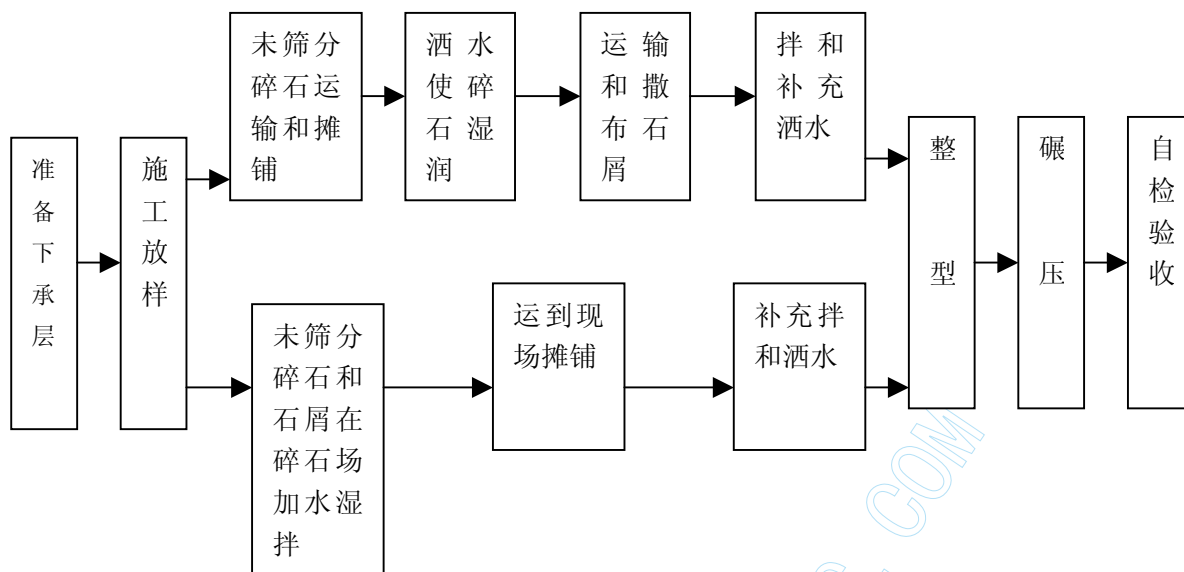
推土机, 平地机, 水车, 自卸汽车, 装载机, 压路机。

级配碎石底基层

A. 级配碎、砾石底基层路拌法

- 检查验收路基或垫层, 对土路基用 12——15T 三轮压路机或等效的压路机进行碾压检查, 发现表面松散、弹簧及时进行处理, 并按规范要求进行验收。
- 施工放样: 恢复中线每 10m 设一桩并在两侧边缘外 0.3——0.5m 设边桩, 进行水平测量并标出明显标记标出底基层边缘设计标高。
- 根据级配范围要求备料, 根据路段的宽度、厚度及预定的击实密度和松散干容量按确定的配合比分别计算各段所需的未筛分的碎石和石屑的数量或不同粒级碎石和石屑数量。
- 在料场洒水使未筛分碎石和石屑预定比例在料场混合, 同时洒水润滑以便减轻施工现场的拌和工作量和运输过程的离析现象。
- 集料运输, 用自卸汽车按需要数量均匀卸料堆放并及时摊铺。
- 以事先通过做试验段确定集料的松铺系数, 用推土机平地机将料均匀地摊铺在预定的宽度上, 并检查其松铺标高厚度视其是否符合设计要求, 进行减料或补料工作。
- 当采用不同粒级的碎石和石屑时, 将大料碎石铺在下面, 中碎石铺在大碎石层上, 小碎石铺在中碎石层上, 洒水使碎石湿润后再摊铺石屑。
- 用稳定土路拌机拌和两遍以上或用平地机、多铧犁、缺口圆盘耙配合进行拌和, 拌和深度直到级配碎石层底并挖坑检查, 拌和结束时, 混合料的含水量均匀并较最佳含水量大 1% 左右, 且没有粗细颗粒离析现象。
- 用平地机将拌和均匀的混合料按规定的路拱进行整平, 整型。
- 用拖拉机或压路机在已初平的路段上快速碾压一遍, 以暴露潜在的不平整。然后再用平地机进行精平和整形, 并随时拉线检查标高, 在整型过程中随时消除粗细颗粒离析现象。
- 含水量等于或略大于最佳含水量时立即用 12T 以上三轮压路机或振动压路机进行碾压至要求的密实度为止, 并及时做压实度检测。
- 作业段的衔接处搭接拌和, 第一段拌和后留 5——8m 不进行碾压, 第二段施工时再一起拌和整平碾压。
- 在未作上承层严禁开放交通, 应先自检验收, 对不合格处加以自治, 符合要求后方能交验计量支付。

施工工艺:



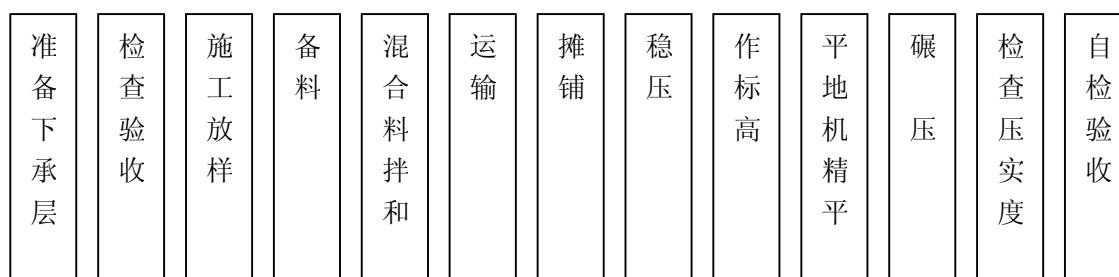
主要施工机械:

推土机, 平地机, 自卸汽车, 洒水车, 压路机, 装载机。

B. 级配碎石厂拌法

- 检查验收路基或垫层, 对土基用 12—15T 三轮压路机或等效的压路机进行碾压检查, 发现表面松散、弹簧及时进行处理, 并按规范要求进行验收。
- 做好配合比设计, 并按工程需要备足合格的原材料分别堆放。
- 选择原材料运输, 施工方便的场地设站, 用稳定土拌和机进行拌和, 在正式拌和混合料前对厂拌设备进行调试标定, 使混合料的颗粒组成和含灰量、含水量都达到规定的要求。
- 采用不同粒级的碎石和石屑, 按设计配合比在拌和机内拌制级配碎石混合料, 其含水量应大于最佳含水量的 1—2%。
- 施工放样: 恢复中线每 10m 设一中桩并在两侧边缘外 0.3—0.5m 钉边桩, 进行水平测量标出明显标记, 标出底基层边缘设计标高。
- 用自卸汽车按断面需要数量均匀卸料堆放, 并及时摊铺。
- 以事先通过做试验段确定的松铺系数, 用推土机、平地机将料均匀地摊铺在预定的宽度上, 并检查其松铺厚度、标高, 视其是否符合设计要求进行减料或补料。
- 用压路机在已初平的路段上快速碾压一遍, 以暴露潜在的不平整, 然后再用平地机进行精平和整形, 并随时拉线检查标高、横坡。
- 在含水量等于或略大于最佳含水量时立即用 12T 以上三轮压路机或振动压路机进行碾压至要求的密度为止, 并及时做压实度检测。
- 作业段的衔接处搭接拌和, 第一段拌和后留 5—8m 不进行碾压, 第二段施工时再一起拌和整平、碾压。
- 在未作上承层前严禁开放交通, 应先行自检验收, 对不合格处加以自治, 符合要求后方准交验计量支付, 进行上承层施工。

施工工艺:



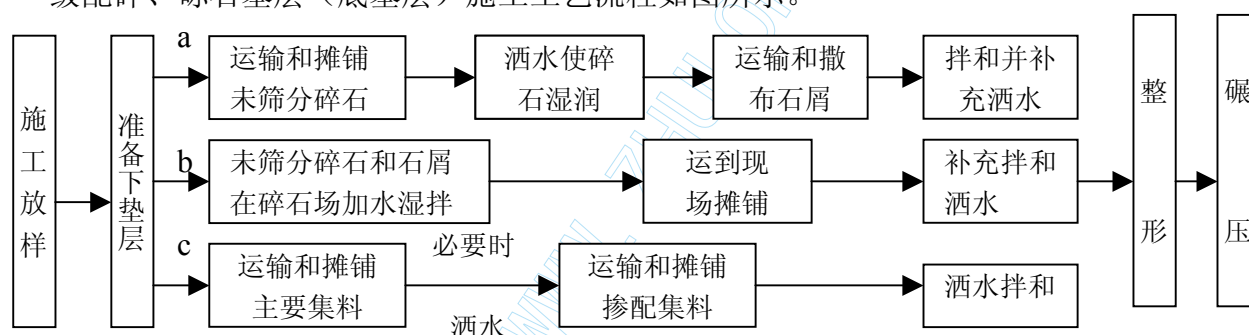
主要施工机械:

推土机, 平地机, 厂拌稳定土拌和机, 洒水车, 自卸汽车, 压路机, 装载机。

级配碎、砾石基层（底基层）施工

1. 路拌法施工

级配碎、砾石基层（底基层）施工工艺流程如图所示。



级配碎石、砾石基层（底基层）施工流程

a-级配碎石；b-级配砾石

1) 准备工作

(1) 准备下承层

①基层的下承层是底基层及其以下部分，底基层的下承层可能是土基也可能还包括垫层。下承层表面应平整、坚实、具有规定的路拱，没有任何松散的材料和软弱地点。

②下承层的平整度和压实度应符合规范的规定。

③土基不论路堤或路堑，必须用 12~15t 三轮压路机或等效的碾压机械进行碾压检验（压 3~4 遍）。在碾压过程中，如发现土过干、表层松散，应适当洒水；如土过湿、发生“弹簧”现象，应采取挖开晾晒、换土、掺石灰或粒料等措施进行处理。

④对于底基层，根据压实度检查（或碾压检验）和弯沉测定结果，凡不符合设计要求的路段，必须根据具体情况，分别采用补充碾压、加厚底基层、换填好的材料、挖开晾晒等措施，使达到标准。

⑤底基层上的低洼和坑洞，应仔细填补及压实。底基层上的搓板和辙槽，应刮除；松散处应耙松、洒水并重新碾压。

⑥逐一断面检查下承层标高是否符合设计要求。下承层标高的误差应符合规范要求。

⑦新完成的底基层或土基，必须按规范规定进行验收。凡验收不合格的路段，必须采取措施，达到标准后，方能在上铺筑基层或底基层。

⑧在槽式断面的路段，两侧路肩上每隔一定距离（5~10m）应交错开挖泄水沟。

(2) 测量

①在下承层上恢复中线。直线段每 15~20m 设一桩，平曲线段每 10~15m 设一桩，并在两侧路面边缘外 0.3~0.5m 设指示桩。

②进行水平测量。在两侧指示桩上用红漆标出基层或底基层边缘的设计高。

(3) 材料用量

①计算材料用量，根据各路段基层或底基层的宽度、厚度及预定的干压实密度，计算各段需要的干集料数量。对于级配碎石，分别计算未筛分碎石和石屑（细砂砾或粗砂）的数量，根据料场未筛分碎石和石屑的含水量以及所用运料车辆的吨位，计算每车料的堆放距离。

②在料场洒水加湿未筛分碎石，使其含水量较最佳含水量大 1% 左右，以减少运输过程中的集料离析现象（未筛分碎石的最佳含水量约为 4%）。

③未筛分碎石和石屑可按预定比例在料场混和，同时洒水加湿，使混合料的含水量超过最佳含水量约 1%，以减轻施工现场中的拌和工作量以及运输过程中的离析现象（级配碎石的最佳含水量约为 5%）。

(4) 机具

①翻斗车、汽车或其它运输车辆及平地机等摊铺、拌和机械。

②洒水车洒水或利用就近水源洒水。

③压实机械，如轮胎压路机、钢筒轮式压路机、振动压路机等。

④其他夯实机具，适宜小范围处理路槽翻浆等。

2) 运输和摊铺集料

(1) 运输

①集料装车时，应控制每车料的数量基本相等。

②在同一料场供料的路段，由远到近将料按要求的间距卸置于下承层上。卸料间距应严格掌握，避免料不够或过多，并且要求料堆每隔一定距离留一缺口，以便施工。当采用两种集料时，应先将主要集料运到路上，待主要集料摊铺后，再将另一种集料运到路上。如粗细两种集料的最大粒径相差较多，应在粗集料处于潮湿状态时，再摊铺细集料。

③集料在下承层上的堆置时间不宜过长。运送集料较摊铺集料工序只宜提前 1~2d。

(2) 摊铺

①摊铺前要事先通过试验确定集料的松铺系数（或压实系数，它是混合料的干松密度与干压实密度的比值）。人工摊铺混合料时，基松铺系数约为 1.40~1.50；平地机摊铺混合料时，其松铺系数约为 1.25~1.35。

②用平地机或其他合适的机具将集料均匀地摊铺在预定的宽度上，过宽的路（大于 22 m）适合分条进行摊铺，要求表面应平整，并具有规定的路拱。同时摊铺路肩用料。

③检验松铺材料的厚度，看其是否符合预计要求。必要时应进行减料或补料工作。

④级配碎石、砾石基层设计厚度一般为 8~16cm，当厚度大于 16cm 时，应分层铺筑，下层厚度为总厚度的 0.6 倍，上层为总厚度的 0.4 倍。

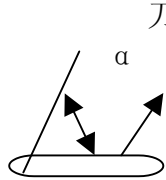
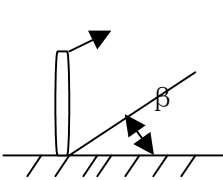
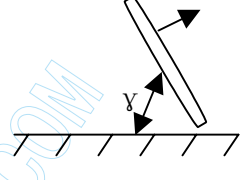
3) 拌和及整形

应采用稳定土拌和机拌和级配碎、砾石。在无稳定土拌和机的情况下，也可采用平地机或多铧犁与缺口圆盘耙相配合进行拌和。

(1) 用稳定土拌和机拌和。用稳定土拌和机拌和 2 遍以上。拌和深度应直到级配碎、砾石层底。在进行最后一遍拌和之前，必要时先用多铧犁紧贴底面翻拌一遍。

(2) 用平地机拌和。用平地机将铺好的集料翻拌均匀。平地机的作业长度一般为 300~500m，拌和遍数一般为 5~6 遍，拌和时平地机刀片的安装角度与位置如表所示。

平地机拌和级配碎、砾石基层时的刀片安装与位置

项 目	平面角 α (°)	倾角 β (°)	切角 γ (°)
干 拌	30~50	45	3
湿 拌	35~40	45	2
刀片安装示意图	 <p>Diagram showing the blade angle α relative to the travel direction.</p>	 <p>Diagram showing the blade inclination angle β relative to the ground.</p>	 <p>Diagram showing the blade cutting angle γ relative to the ground.</p>

(3) 用缺口圆盘耙与多铧犁配合拌和。用多铧犁在前面翻拌，圆盘耙跟在后面拌和，即采用边翻边耙的方法，共翻耙 4~6 遍。圆盘耙的速度应尽量快，且应随时检查调整翻耙的深度。用多铧犁翻拌时，第一遍由路中心开始，将碎石或砾石混合料往中间翻，同时机械应慢速前进。第二遍应是相反，从两边开始，将混合料向外翻。翻拌遍数应以双数为宜。

无论采用哪种拌和方法，在拌和的过程中都应用洒水车洒足所需的水分，拌和结束时，混合料的含水量应该均匀，并较最佳含水量大 1% 左右；没有粗细颗粒离析现象。如级配碎石或砾石混合料在料场已经混合，可视摊铺后混合料的具体情况（有无粗细颗粒离析现象），用平地机进行补充拌和。

拌和均匀后的混合料要用平地机按规定的路拱进行整平和整形（要注意离析现象），然后用拖拉机，平地机或轮胎压路机在已初平的路段上快速碾压一遍，以暴露潜在的不平整。再用平地机进行最终的整平和整形。在整形过程中，必须禁止任何车辆通行。

4) 碾压

整形后的基层，当混合料的含水量等于或略大于最佳含水量时，立即用 12t 以上三轮压路机（每层压实厚度不应超过 15~18cm）、振动压路机或重型轮胎压路机（每层压实厚度可达 20cm）进行碾压。直线段由两侧路肩开始向路中心碾压；在有超高的路段上，由内侧路肩开始向外侧路肩进行碾压。碾压时，后轮应重叠 1/2 轮宽；后轮必须超过两段的接缝处。后轮压完路面全宽时，即为一遍。碾压一直进行到要求的密实度为止。一般需碾压 6~8 遍。压路机的碾压速度，头两遍以采用 1.5~1.7km/h 为宜。以后用 2.0~2.5km/h 为宜，级配碎石或砾石基层在碾压中还应注意下列各点：

(1) 路面的两侧，应多压 2~3 遍。

(2) 凡含土的级配碎石、砾石基层，都应进行滚浆碾压，直压到碎石、砾石层中无多余细土泛到表面为止。滚到表面的浆（或事后变干的薄层土）应予清除干净。

(3) 碾压全过程均应随碾压随洒水，使其保持最佳含水量。洒水量可参考表中数量并结合季节洒水，待表面晾干后碾压，但薄于 10cm 时不宜摊铺后洒水，可在料堆上泼水，摊铺后立即碾压，直到达到要求的密实度。

碎石及砾石基层不同厚度、不同季节洒水量

厚度 (cm)	季 节 (温度)		说 明
	春秋季 (kg/m ²)	夏季 (kg/m ²)	
10	6~8	8~12	① 天然级配砂、砾石含水量未计入，施工时应扣除天然含水量； ② 一般天然级配砂、砾石含水量约 7% 左右； ③ 天然级配砂、砾石最佳水量为 5%~9%。
15	9~12	12~16	
20	16~20	16~20	
25	15~20	20~28	

(4) 开始时，应用相对较轻的压路机稳压，稳压两遍后，即时检测、找补，同时如发现砂窝或梅花现象应将多余的砂或砾石挖出，分别掺入适量的碎砾石或砂，彻底翻拌均匀，并补充碾压，不能采用粗砂或砾石覆盖处理。

(5) 碾压中局部有“软弹”、“翻浆”等现象，应立即停止碾压，等翻松晒干，或换含水量合适的材料后再行碾压。

(6) 两作业段的衔接处，应搭接拌和。第一段拌和后，留 5~8m 不进行碾压，第二段施工时，将前段留下未压部分，重新拌和，并与第二段一起碾压。

(7) 严禁压路机在已完成的或正在碾压的路段上调头和急刹车。

(8) 对于不能中断交通的路段，可采用半幅施工的方法。接缝处应对接，并保持平整密合。

2. 中心站集中拌和（厂拌）法施工

级配碎石混合料除上面介绍的路拌法外，还可以在中心站用多种机械进行集中拌和，如用强制式拌和机、卧式双转轴桨叶式拌和机、普通水泥混凝土拌和机等。

1) 材料

宜采用不同粒级的单一尺寸碎石和石屑，按预定配合比在拌和机内拌制级配碎石混合料。

2) 拌制

在正式拌制级配碎石混合料之前，必须先调试所用的厂拌设备，使混合料的颗粒组成和含水量都达到规定的要求。

在采用未筛分碎石和石屑时，如未筛分碎石或石屑的颗粒组成发生明显变化，应重新调试设备。

3) 摊铺

(1) 摊铺机摊铺。可用沥青混凝土摊铺机、水泥混凝土摊铺机或稳定土摊铺机摊铺碎石混合料，摊铺时，在摊铺机后面应设专人消除粗细集料离析现象。

(2) 自动平地机摊铺。在没有摊铺机时，可采用自动平地机摊铺碎石混合料。其步骤为：

① 应根据摊铺层的厚度和要求达到的压实干密度，计算每车碎石混合料的摊铺面积。

② 将混合料均匀地卸在路幅中央，路幅宽时，也可将混合料卸成两行；

③ 用平地机将混合料按松铺厚度摊铺均匀；

④ 设一个 3 人小组跟在平地机后面，及时消除粗细集料离析现象。对于粗集料窝和粗集料带，应添加细集料，并拌和均匀。对于细集料窝，应添加粗集料，并拌和均匀。

⑤ 整形与路拌法相同。

4) 碾压

用振动压路机、三轮压路机进行碾压，碾压方法与要求和路拌法相同。

5) 接缝处理

(1) 横向接缝。用摊铺机摊铺混合料时，靠近摊铺机当天未压实的混合料，可与第二天摊铺的混合料一起碾压，但应注意此部分混合料的含水量。必要时，应人工补充洒水，使其含水量达到规定要求。用平地机摊铺混合料时，每天的工作缝处理与路拌法相同。

(2) 纵向接缝。应避免产生纵向接缝。如摊铺机的摊铺宽度不够，必须分两幅摊铺时，宜采用两台摊铺机一前一后相隔约 5~8m 同步向前摊铺混合料。在仅有一台摊铺机的情况下，可先在一条摊铺带上摊铺一定长度后，再开到另一条摊铺带上摊铺，然后一起进行碾压。在不能避免纵向接缝的情况下，纵缝必须垂直相接，不应斜接，并按下述方法处理：

①在上一幅摊铺时，在靠后一幅的一侧用方木或钢模板做支撑，方木或钢模板的高度与级配碎石层的压实厚度相同；

②在摊铺后一幅之前，将方木或钢模、木板除去；

③如在摊铺前一幅未用方木或钢模板支撑，靠边缘的 30cm 左右难于压实，而且形成一个斜坡。在摊铺后一幅时，应先将未完全压实部分和不符合路拱要求部分挖松并补充洒水，待后一幅混合料摊铺后一起进行整平碾压。

3. 冬季施工

冬季进行级配碎、砾石基层（底基层）施工，在摊铺、碾压等工序上，须注意以下各点：

1) 摊铺

(1) 应缩短作业面，保证当日摊铺段当日碾压成活，不能当日摊铺次日碾压。

(2) 严格控制摊铺虚厚，每层虚厚不宜大于 30cm，并保持集料均匀，无粗细料离析现象。

(3) 冻块应破碎分散，避免大冻块集中。

(4) 摊铺平整后立即洒盐水，并随洒随压。盐水浓度及用量可参考下表。

氯盐溶液表

15℃时溶液 相对密度 (t/m ³)	氯化钠溶液冰点与含 量		氯化钙溶液冰点与含 量		备 注
	氯化钠溶 液冰点 (℃)	1kg 水掺 氯化钠量 (g)	氯化钙溶 液冰点 (℃)	1kg 水掺 氯化钙量 (g)	
1.01	-0.9	15	-0.6	13	①盐溶液浓度 应用比重计控 制； ②氯盐均指纯 氯盐
1.02	-1.8	30	-1.2	26	
1.03	-2.6	45	-1.8	37	
1.04	-3.5	60	-2.4	50	
1.05	-4.4	75	-3.0	63	
1.06	-5.4	90	-3.7	76	
1.07	-6.4	106	-4.4	90	
1.08	-7.5	123	-5.2	104	
1.09	-8.6	140	-6.1	117	
1.10	-9.8	157	-7.1	130	
1.11	-11.0	175	-8.1	144	
1.12	-12.2	193	-9.1	159	
1.13	-13.6	212	-10.1	173	
1.14	-15.1	231	-11.4	188	
1.15	-16.6	250	-12.7	202	
1.16	-18.3	270	-14.2	217	
1.17	-20.0	290	-15.7	233	
1.175	-21.2	301	-17.4	241	

级配碎石、砾石基层（底基层）冬期每平方米洒盐水量参考

施工气温 (℃)	设计厚度 (cm)	氯盐溶液用量 (kg/m ²)	氯盐浓度 (相对密度)	备 注
—2	10	5	1.03	结构厚度小于 10cm 时, 不宜洒水, 应预先在料堆上洒水, 摊铺后立即碾压, 避免干压。
	15	8		
	20	10		
—5	10	5	1.06	
	15	8		
	20	10		
—10	10	5	1.11	
	15	8		
	20	10		
—15	10	5	1.14	
	15	8		
	20	10		

2) 碾压成形

(1) 冬期碾压前必须仔细找平, 避免因过多的找补延长作业时间。

(2) 碾压时, 掌握先轻后重, 压路机碾轮宜重轮在前, 避免推移。

(3) 碾压成形后, 要保持干燥, 避免冷冻使表层疏松。

级配碎石、砾石基层施工完成、检测合格后, 要连续进行上层施工。如不能连续铺筑上层时, 要设专人进行洒水湿润养护。

级配碎石、砾石基层未洒透层沥青或未铺封层时, 不应开放交通, 特别要禁止履带车辆通行, 以保护表层不受损坏。

无机结合料稳定类

石灰、粉煤灰底基层（二灰）

- A. 路拌法：（只适用于底基层的第一层）
- a. 准备下承层，检查下承层的压实度，平整度，横坡度，高程，宽度等，对土基必须用 12—15T 三轮压路机或等效的压路机进行碾压检查（3—4 遍），如有表面松散、弹簧等现象必须进行处理。
 - b. 施工放样：恢复路中线每 10m 设一中桩并放出底基层边桩，进行水平测量并在边桩上准确标出实施层顶标高的明显标记。
 - c. 培路肩进行压实。
 - d. 按石灰与粉煤灰比例备经试验合格的石灰、粉煤灰，堆放在储料场。如采用生石灰块应提前 7—10 天进行充分消解并过筛。
 - e. 做好混合料的试验工作，以确定石灰含量，最佳含水量，标准干密度并做好试验段以确定施工工艺，松铺系数，机械配备数量，人员组织，压实遍数等。
 - f. 根据层厚、宽度、配比计算粉煤灰所需数量将粉煤灰均匀运至下承层上。
 - g. 用推土机，平地机将粉煤灰摊平并检查其厚度，如含水量不足及时进行补洒至略大于最佳含水量，用压路机进行稳压。
 - h. 采用袋装生石灰粉时根据配比计算每包所摊面积，画出方格人工均匀布灰，采用消解石灰时可采用方格法或码灰条方法人工布灰，石灰布的一定要均匀，并检查其厚度。
 - i. 用稳定土路拌机配合机动耙，多铧犁进行充分拌和，使混合料成为色泽一致，没有灰条、灰团和花面，并挖坑检查其是否拌到底，在拌和过程中应随时检查含水量，如含水量不足应补充洒水湿拌。
 - j. 检查其混合料的钙镁含量，如不足应及时补灰重拌。
 - k. 取样做无侧限压强试件。
 - l. 用胶轮压路机、拖拉机进行稳压 1—2 遍。
 - m. 用平地机进行整平，整型并随时拉线检查标高、横坡、路拱，并配合人工进行找补，按压实系数、预留沉降量。
 - n. 采用高频振动压路机配合三轮压路机进行碾压至达到压实度为止。如采用袋装生石灰粉应闷料 12 小时后进行碾压。
 - o. 路段成型后及时洒水养生，七天内保持其表面湿润，未作上承层之前严禁开放交通，并进行自检验收，对不合格处加以处治，符合要求后方能进行上承层施工。

施工工艺：

准 备 下 承 层	施 工 放 样	培 肩	备 粉 煤 灰	布 石 灰	拌 和	整 平 整 型	碾 压	养 生	自 检 验 收
-----------------------	------------------	--------	------------------	-------------	--------	------------------	--------	--------	------------------

石灰、粉煤灰，土底基层（二灰土）

A. 路拌法

- a. 准备下承层，检查下承层的压实度、平整度、横坡度、高程、宽度等，对土基必须用 12—15T 三轮压路机或等效的压路机进行碾压检查（3—4 遍），如果表面松散、弹簧等现象必须进行处理。
- b. 施工放样：恢复路中线每 10m 设一中桩并放出该层边线桩，进行水平测量，并在边桩上准确标出实施层顶标高，有明显标记。
- c. 培路肩并进行压实。
- d. 选择适宜做二灰土的土场，塑指在 12—20，备经试验合格的粉煤灰、白灰。生石灰要提前 7—10 天进行充分消解，并过筛。石灰应不低于 III 级。
- e. 做好二灰（石灰、粉煤灰）土的试验工作，以确定不同土场的石灰、粉煤灰、土的含量，以及最佳含水量最大干密度，并在正式实施前做好试验段工作，以确定施工工艺、松铺系数、机械设备数量、人员组织、压实遍数。
- f. 根据路段宽度、厚度及预定的压实密度计算干混合料重量：根据混合料的配合比、材料的含水量以及所用运料车辆的吨位计算各种材料的堆放距离和数量。
- g. 先将土运到路上并用推土机、平地机进行均匀摊平用轻型压路机碾压 1-2 遍，然后再运送并均匀摊铺粉煤灰，并用压路机碾压 1-2 遍，然后再布白灰。采用消解灰时按配比要求数量采用码灰条或画方格进行人工、均匀布灰，如采用袋装生石粉按每包石灰粉应布的面积画方格，人工均匀布灰，并进行检查。
- h. 采用稳定土拌和机配合多铧犁，旋转耕作机进行拌和，先进行干拌二遍以上，拌和深度直到稳定层底。并设专人随机检查拌和深度并及时反馈给拌和机操作手进行调整。保证没有素土夹层。
- i. 用洒水车将水均匀地喷洒在干拌后的混合料上。
- j. 拌和机紧跟在洒水车后面进行拌和，以减少水分流失。在洒水拌和过程中及时检查混合料的含水量，水分宜略大于最佳含水量 1% 左右。在拌和过程中要及时检查拌和深度和混合料的均匀程度，即达到混合料色泽一致，没有灰条、灰团和花面，且水分合适均匀。
- k. 首先用胶轮压路机碾压 1—2 遍，然后用平地机整平和整形，在平地机操作过程中随时拉线检查标高、横坡（路拱），并用人工配合找补，应预留沉降量。
- l. 整型后在混合料的含水量在大于最佳含水量 1—2% 时采用 15T 以上三轮压路机或振动压路机及时进行碾压。直到达到压实度为止，并及时进行检测。在碾压过程中应保持表面湿润。
- m. 每施工段末端 5—8m，不进行碾压，待下段施工时一并进行整平碾压。
- n. 养生，成活后立即洒水养生七天，经常保持湿润，并进行自检验收，对不合格处加以处治，符合标准要求后方准交验，计量支付。

施工工艺：

准备下承层	施工放样	运输和摊铺整平土	稳压土	运输和摊铺整平粉煤灰	稳压粉煤灰	布石灰	拌和洒水	整型	碾压	养生	自检验收
-------	------	----------	-----	------------	-------	-----	------	----	----	----	------

主要施工机械：

推土机，平地机，稳定土路拌机，自卸汽车，洒水车，压路机，装载机。

石灰、粉煤灰稳定碎石基层厂拌法施工

1、材料要求

碎石、石灰、粉煤灰除满足技术规范中的要求外，控制的要点是：

(1) 碎石：级配满足要求，最大粒径 31.5mm(方孔筛),不准有超粒径的石料,不准含有山皮土等杂质。

(2) 石灰：使用符合Ⅲ级以上技术指标的消石灰，存放时间不得大于 1 个月，消石灰必须过 10mm 的筛之后才能使用。

(3) 粉煤灰：使用时应将凝固的粉煤灰块打碎或过筛。粉煤灰中不准含有树根、杂草等杂质。

2、准备下承层

下承层必须满足相应的质量指标，对下承层进行彻底清扫，并适量洒水，保持下承层湿润，同时用石灰标出两条边线。外侧要培好路肩，中央分隔带可不另培土，否则绿化时需挖除重新换土。

3、拌和

拌和设备必须由二台 200t/h 以上拌合能力的拌和设备同时为一个摊铺作业点供料才准许开工生产。

(1) 粉煤灰、石灰应保持合适的含水量，要特别注意不准含水量过大造成结块、拌和时计量失准。雨季施工粉煤灰、石灰要采取覆盖措施。

(2) 拌和设备配料，计量功能齐全、有效，料仓或拌缸前应有剔除超粒径石料的筛子。

(3) 配料准确、拌和均匀。若为 0~31.5 的混合料，上料时必须码成大堆掺和均匀后上料，不准有明显的离析现象，随时对集料进行筛分，及时调整材料的配比。

(4) 拌和现场必须有一名试验员控制拌和时的含水量和各种材料的配比，随时抽查配比情况并记录。

(5) 各料斗应配备 1~2 名工作人员，时刻监视下料状况，并人为帮助料斗下料，不准出现卡堵现象，否则应及时停拌。

(6) 拌和时的含水量应较最佳含水量大 1~2%。

4、运输及摊铺

必须全幅一次性摊铺机摊铺（即两台摊铺机同时梯队形作业）。

(1) 用自卸汽车运料至摊铺现场。

(2) 摊铺前应使下承层保持湿润（用水车洒水）。

(3) 使用自动找平且具有震捣夯击功能的大功率摊铺机摊铺（如 ABG411、423、弗格勒 1800、2000 型等）。

(4) 两侧均设基准线，控制标高。

(5) 摊铺速度要均匀，摊铺应连续，尽量避免停机现象，否则将大大影响平整度。

(6) 设一名测量员随时检测摊铺后的标高，出来异常马上采取补救措施。

(7) 派专人用拌和好的二灰石屑，对摊铺后表面粗料集中的部位人工找补，使表面均匀。局部水分不合适的要挖除换填合适材料。

5、碾压

宜配备振动压路机 1~2 台、18~21 静态压路机 2~3 台、轮胎式压路机一台。

(1) 首先用震动式压路机静态碾压一遍，然后振动碾压至压实度（通过试验段确定合理的碾压遍数），18~21 静态压路机碾压 2~3 遍，达到表面密度无轮迹。

(2) 碾压应连续完成，碾压完规定的遍数后，试验员及时取样检测压实度，压实不足及时补压。

(3) 路肩一同碾压。

(4) 拌和至碾压成型的时间控制在 24 小时内（要求压实度检验一定要及时）。

6、检验

各项检验应在成型后的 48 小时内完成，标高、平整度等几何尺寸满足要求，标高合格率应达到 85%以上，达不到要求的部位，其高出的部分要刮除或洗刨。

检验时，首先进行外观检验，外观应无轮迹、无翻浆、表面均匀密实、无明显离析现象、边沿整齐、接头处理平顺。压实度、强度不合格的段落要返工处理。

7、养生

洒水养生 7 天，在此期间要经常保持其表面湿润，除洒水车外不准任何车辆通行（必须有断交措施，并插牌警示）。养生前三天应选择洒水车，不因喷头角度问题而对二灰碎石产生冲刷，造成局部坑槽。

8、接头处理

接头一律为垂直衔接，或用方木进行端头处理，或碾压后挂线直接挖除至标准断面，用三米直尺进行检验，以确认接头处理是否到位。

9、要点提示

- (1) 2 台以上拌和站同时拌和（拌和能力不小于 400t/h）。
- (2) 2 台或 2 台以上摊铺机整幅一次性摊铺。
- (3) 洒水养生期 7 天，该期间内除洒水车外禁止一切车辆通行，要有可靠的断交措施。
- (4) 拌和料配比要准确。
- (5) 多余废料不得抛弃路肩、边坡和中央分隔带上，应随时清出现场。
- (6) 处于养生期间的路段，必须设置明显的标志牌。

石灰、粉煤灰稳定碎石基层

1 施工方法：厂拌、摊铺机施工

- a. 选用稳定土拌和设备设站进行集中拌和，拌和站的位置要适宜，即考虑原材料的进场方便又要考虑成品料的运距。
- b. 检查验收下承层的压实度、平整度、横坡度、高程、厚度、宽度、无侧限压强，进行工序交接。
- c. 做好培路肩及施工前的清扫工作。
- d. 施工放样，恢复中线每 10m 钉一中桩，同时放出边桩，测出边桩顶标高并进行复核。
- e. 做好配合比设计，按配合比备足各种合格的原材料。
- f. 充分消解石灰（生石灰块）但不得水分过多，并过筛测定钙镁含量。
- g. 选择自震动及夯锤的摊铺机进行摊铺，以提高摊铺压实系数，减少碾压推移而造成平整度降低。
- h. 做好试验段以确定施工工艺，松铺系数，机械设备数量组合，人员组织，压实遍数以指导正常施工。
- i. 在正式拌制稳定土混合料之前调试厂拌设备，使之运转正常，配料计量准确，使混合料的颗粒组成含灰量、含水量都达到配合比的要求，拌和成品料要颜色一致均匀，方可正式投产。混合料的含水量控制视运距长短气候变化情况酌情大于最佳含水量的 1—2%，但不能太大，并及时取样做含水量检测及制作无侧限压强试件。
- j. 拌和料尽快运到摊铺现场，如运距远、天气不好，车上的混合料要覆盖以防雨淋，水分过分损失，并尽快摊铺碾压，成型。
- k. 基准线一定要拉紧，拉力应不小于 150kg，控制标高支架间距不超过 10m，同时基准线拉好后要仔细观察一下是否有误。

- l. 基准线无误后，摊铺机就位调好纵横坡仪熨平板垫好垫木，进行摊铺，摊铺速度应尽量与拌和机产量相适应均匀行驶，尽量减少停机，如一幅分两次摊铺其分段长度不宜过长，一般以 100m 为宜。在摊铺过程中随时检查高程及摊铺厚度。
- m. 选用大吨位压路机首先不震动稳压，然后震动碾压，后用胶轮压路机柔压。在碾压过程中表面应保持湿润。
- n. 摊铺机后设专人检查处理离析边角缺料现象。
- o. 及时进行压实度检测，不够时及时进行补压。
- p. 成活后及时进行洒水养生，七天内洒水养生并严禁开放交通。
- q. 先行自检验收，对不合格处加以自治，达到要求标准方准交验。

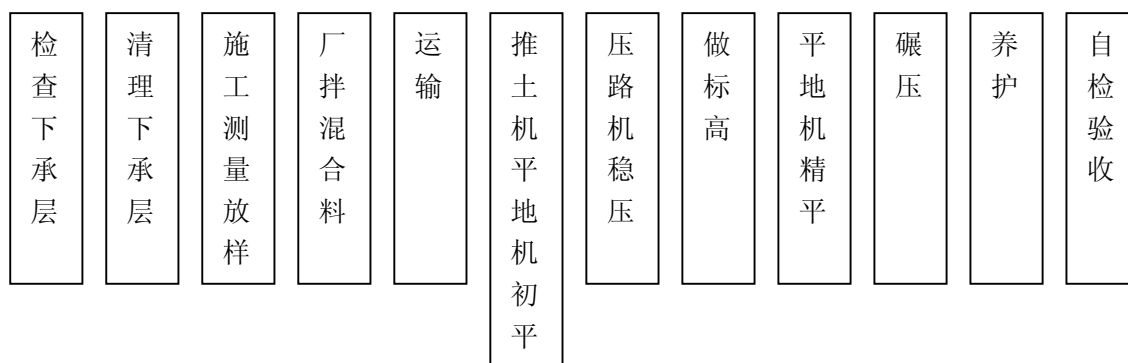
施工工艺：

检查下承层	清理下承层	施工测量放样	厂拌混合料	运输	拉基准线	摊铺	碾压	检测压实度	养护	自检验收
-------	-------	--------	-------	----	------	----	----	-------	----	------

2 施工方法：厂拌平地机施工

- a. 检查验收下承层的压实度，平整度，横坡度，高程，厚度，无侧限压强，进行工序交接。
- b. 施工测量放样，中线每 10m 钉一中桩，同时放出边桩，测出边桩顶标高并进行复核。
- c. 做好配合比设计，按配合比备足各种合格的原材料。
- d. 充分消解石灰（生石灰块）但不得水分过多，过筛并测定钙镁含量，如采用生灰粉只需经稳定土拌和机拌和后闷 12 小时即可。
- e. 选用稳定土拌和设备设站进行集中拌和，拌和站的位置要适宜，即要考虑原材料的进场方便又要考虑成品料的运距。
- f. 做好培路肩及施工前的清扫工作。
- g. 做好试验段以确定施工工艺，松铺系数，机械设备数量及组合，人员组织，压实遍数，分段长度以指导正常施工。
- h. 在正式拌制稳定土混合料之前调试厂拌设备，使之运转正常，配料计量准确，使混合料的颗粒组成、含灰量、含水量都达到配合比的要求，拌和成品料要均匀颜色一致，方可正式投产。混合料的含水量控制视运距长短、气候变化情况酌情大于最佳含水量的 1—2%，但不能太大，并及时取样做含水量检测及制作无侧限压强试件。
- i. 拌和料尽快运到摊铺现场按断面所需数量均匀堆放，如运距远、天气不好车上的混合料要覆盖以防雨淋、水分过分损失，并尽快摊铺碾压成型。
- j. 使用推土机将料初步摊平，平地机初平并进行稳压，再根据每 10m 的边桩标高拉线每断面设 3 个标高点，使用半砖头、木桩或白灰设置明显标志，然后平地机进行精平，在精平过程中人工随时清出标高点，并检查找补处理离析松散部位。
- k. 选用大吨位压路机，如采用震动压路机，先静压然后震动碾压，后用胶轮压路机柔压。在碾压过程中表面应保持湿润。
- l. 及时进行压实度检测不足时进行补压。
- m. 成活后及时进行洒水养生七天，经常保持湿润，并严禁开放交通。
- n. 先行自检验收，对不合格处加以处治，符合标准要求后方准交验。

施工工艺:



石灰、灰碴（粉煤灰、煤碴、矿碴、钢碴）稳定粒料基层

A. 路拌法：（只适用于底基层第一层）

- 准备下承层，检查验收下承层的压实度、平整度、横坡度、高程、平面尺寸并进行工序交接验收。
- 施工放样：恢复中线每 10m 放边线桩，抄平。
- 培路肩，并夯实。
- 做好配合比设计，并按施工能力确定工作段长度，以配合比需要，备足质量合格的原材料分堆堆放。
- 充分消解生石灰但不得水分过多，并把消解后的石灰过筛或采用袋装石灰粉。
- 用自卸汽车将粒料按需要数量运至路段均匀堆放，用推土机、平地机摊平，检查其厚度是否合格，进行稳压，再按配比需要将灰碴运至路段，均匀堆放，用推土机、平地机摊平，检查厚度，测定含水量；视含水量情况洒水或晾晒，合格后压路机稳压。
- 按设计用量打方格，码灰条将已过筛的石灰按量均匀洒布在灰碴层上，并检查其布灰厚度。
- 布灰后马上用路拌灰土拌和机配合机动耙，多铧犁全宽全深度充分拌和并随机挖坑检查，待颜色一致均匀为止，进行闷料。
- 检查其混合料含水量，含灰量如不足应及时补水、补灰，重新拌和，并及时取样做无侧限压强试件。
- 用平地机进行初平并进行稳压。
- 用每 10m 边桩上的标高横向拉线作出控制标高并用木砖、白灰作出明显标志，平地机进行精平。
- 复查标高、含水量合格后及时进行碾压，直至无明显轮迹经检测压实度合格后为止。构造物附近机械不能操作部位，用人工拌和小型压路机碾压。
- 工作末端要预留 3m 左右松散路段，下段施工时重新布灰，拌和，找平碾压，以达接缝平顺密实。
- 成活后及时洒水养生，湿养生不少于七天，在养生期间内不准开放交通。
- 先行自检验收，对不合格处加以处治达到标准要求方能交验。

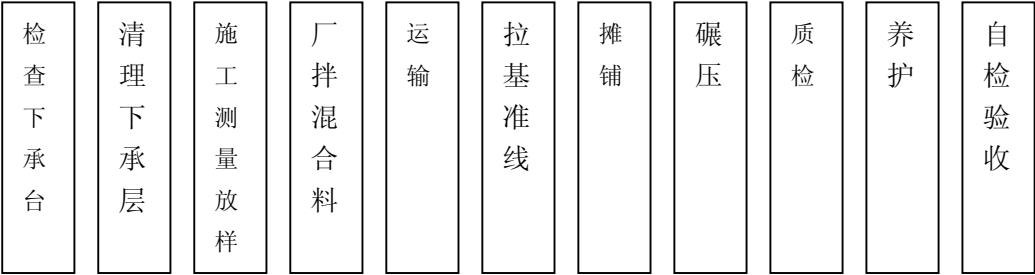
工艺流程：



B. 厂拌法：（适于做基层底基层上层）摊铺机施工

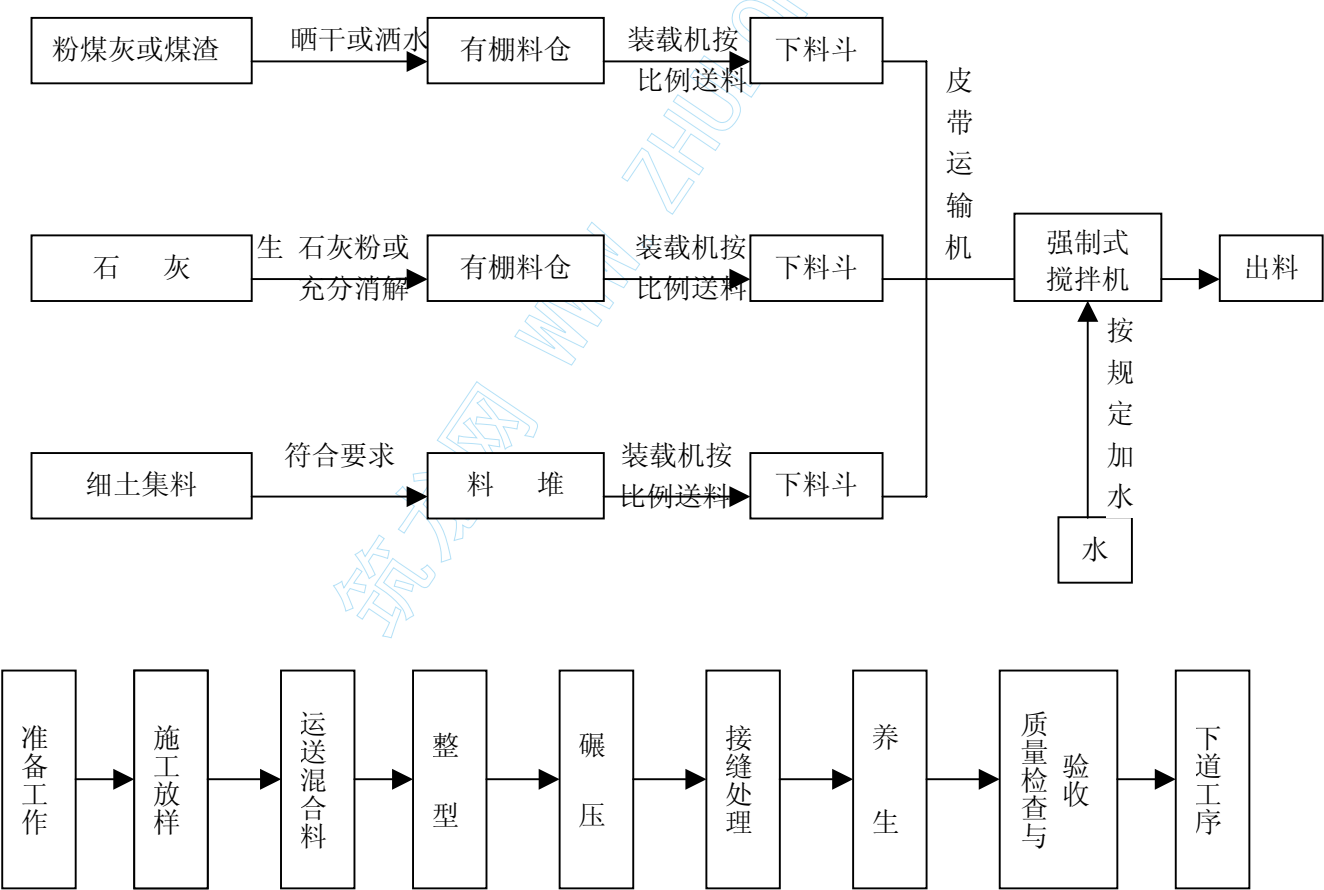
- 选用稳定土厂拌设备宜采用集中拌和，拌和站的位置选择要适宜，以尽量缩短成品料的运距。
- 检查验收下承层的压实度、平整度、高程、厚度、横坡度、平面尺寸、无侧限压强，并进行工序交接。施工前做好清理工作。
- 施工放样：恢复中线每 10m 钉一中桩，同时放出边桩，抄平。
- 做好配合比设计，按施工配合比备足合格的原材料。
- 充分消解白灰，但不得水分过多，并过筛，测定有效钙镁含量。
- 选择摊铺设备，尽量选择有震动及夯锤的摊铺机，以提高摊铺压实系数。
- 做好试验段，以确定施工工艺、松铺系数、机械设备数量、人员组织、压实遍数，以指导正常施工。
- 在正式拌制稳定土混合料之前，调试厂拌设备使之运转正常，配料是否准确，使混合料的颗粒组成、含水量、含灰量都达到设计配比的要求，拌和料要颜色一致、均匀，含水量视运距的长短、气候情况，应大于最佳含水量的 1—2%，但不能过大，并及时取样，做含水量测定及无侧限压强试件。
- 拌和料应尽快运到摊铺现场，如运距远，车上的混合料要覆盖，以防水分过分损失，并尽快摊铺碾压成型。
- 基准线钢丝一定要拉紧，拉力不小于 150kg，控制标高，固定支架距离不超过 10m，同时基准钢丝拉好后要仔细观察一下有无错误。
- 基准线无误后，摊铺机就位调整好纵、横坡，进行摊铺，摊铺速度与拌和机的生产能力应适应，摊铺速度均匀，尽量减少停机，在摊铺过程中随时检查高程及摊铺厚度。
- 摊铺机后设专人检查处理离析，边角缺料现象。
- 用大吨位振动压路机配合胶轮压路机、三轮压路机紧跟在摊铺机后及时进行碾压，在碾压过程中表面应保持湿润。
- 及时进行压实度检测，不够时及时进行补压。
- 先行自检验收，对不合格处加以自治达到标准要求，方能交验。

施工工艺：



石灰工业废渣厂拌施工

一、 石灰工业废渣的集中拌和流程



石灰工业废渣施工工艺流程图

二、准备工作:

1. 向驻施工现场监理单位报送“基层开工报告单”，经同意后方可进行基层施工。
2. 土基、垫层、底基层及其中埋设的各种沟、管道等隐蔽构造物必须经过自检合格，报请驻场监理单位检验，签字认可后，方可铺筑其上面的基层。
3. 各种材料进场前，应及早检查其规格和品质，不符合技术要求的不得进场。材料进场时，应检查其质量，并按施工平面图堆放，而且还应按规定项目对其抽样检查，其抽样检查结果，报驻场监理单位。
4. 正式施工前铺筑试验段。

三、施工放样

1. 恢复中心线，每 10 米设标桩，桩上划出基层设计高和基层松铺的厚度。
$$\text{松铺厚度} = \text{压实厚度} \times \text{松铺系数}$$
2. 中心线两侧按设计宽度标桩，并在桩上划出设计高和虚铺高度，这样做是为了基层的高程、厚度和平整度达到质量标准。

四、计算材料数量

根据基层的厚度、宽度（按设计图纸）及预定的干密度，计算各段的干集料数量。

五、拌和

石灰工业废渣混合料，可以在中心站用强制式拌和机，双转轴桨叶式拌和机等多种机械进行集中拌和。集中拌和必须做到：

1. 土块要粉碎，最大尺寸不应大于 15mm，粒径的尺寸符合要求；
2. 配料要准确；
3. 含水量要略大于最佳值（约 1%），使混合料运到现场摊铺后碾压时的含水量能接近最佳值；
4. 拌和要均匀。

六、运输和摊铺集料

1. 在摊铺段两侧先培土（道槽除外），以控制基层的宽度和厚度。
2. 用自卸翻斗车运输集料。装车时，应控制每车料的数量基本相同。
3. 卸料距离应严格控制，通常由专人指挥卸料，避免铺料过多或不够。
4. 卸料和摊铺时，通常由远而近全断面摊铺，尽量不留纵缝。
5. 事先通过试验，确定集料的松铺系数。二灰土的松铺系数约为 1.5~1.7；二灰集料的松铺系数约为 1.3~1.5；石灰煤渣土的松铺系数约为 1.6~1.8；石灰煤渣集料松铺系数约为 1.4；用机械拌和及机械整型时松铺系数为 1.2~1.3。

七、整型与碾压

1. 在摊铺过程中，随摊铺随整型，及时消除粗集料窝和粗集料带，可补充细混合料并拌和均匀。
2. 在初步整型的基础上，用机械快速碾压一遍，以暴露潜在的不平整，然后进行补平。
3. 在最佳含水量的范围内，用 12t 以上的三轮压路机，振动压路机进行碾压，由两侧向中间，直到达到规定的压实度。严禁压路机在已完成的或正在碾压的基层上调头或急刹车。

八、接缝的处理

横缝：压实后末端做成斜坡（可为 1：2），在第二天开始摊铺新混合料之前，应将留下的末端斜坡挖除，挖成一横向（与路面中心线垂直）垂直向下的断面，便可继续向前摊铺。挖出的混合料加水至最佳含水量拌均匀后，仍可使用。

纵缝：尽量避免纵缝，在不能避免纵缝情况下，纵缝必须垂直相接，严禁斜接，并尽可能减少纵缝的数量。

九、养生

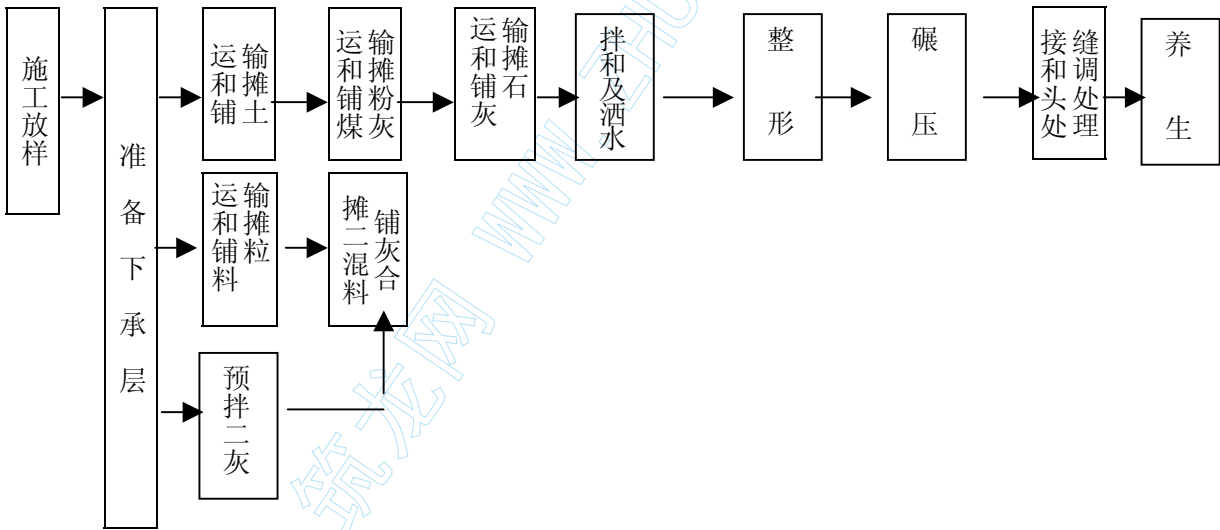
石灰工业废渣结构层碾压完成后的第二天或第三天开始养生，通常采用分散水流养生法。每天洒水的次数视气候条件而定，应始终保持表面潮湿，养生期一般为 7d。

如果采用消解的生石灰，可能石灰消解不透，在石灰工业废渣结构层中遇水膨胀，结构层表面出现鼓包。应挖除鼓包中的石灰块，再用细混合料填补，用轻型压路机碾压密实。

石灰工业废渣基层

（一）路拌法施工

石灰工业废渣的路拌法施工工艺流程如图所示。



石灰工业废渣工艺流程图（路拌法施工）

1、施工准备

（1）准备下承层

当石灰工业废渣用做基层时，要准备底基层；当石灰工业废渣用做底基层时，要准备土基。对下承层总的要求是：平整、坚实、具有规定的路拱，没有任何松散的材料和软弱地点。因此，对底基层或土基，必须按规范规定进行验收。凡验收不合格的路段，必须采取措施，使其达到标准后，方能在其上铺筑石灰工业废渣层。若底基层或土基因开放交通而受到破坏，则应逐一进行找平、换填、碾压等处理，使其达到标准，逐一断面检查下承层标高是否符合设计要求。在槽式断面的路段，两侧路肩上每隔一定距离（如 5~10m）应交错开挖泄水沟（或做盲沟）及时排出积水。保证底基层或土基的干燥。

(2) 测量

测量的主要内容是在底基或土基上恢复中线。直线段每 15~20m 设一桩，平曲线段 10m 设一桩，并在两侧边缘外 0.3~0.5m 设指示桩，然后进行水平测量。在两侧指示桩上用红漆标出石灰工业废渣边缘的设计高。

(3) 备料

①粉煤灰被运到路上、路旁或厂内场地后，通常露天堆放。此时，必须使粉煤灰含有足够的水分（含水量 15%~20%），以防飞场。特别在干燥和多风季节，必须使料堆表面保持潮湿，或者覆盖。如在堆放过程中，部分粉煤灰凝结成块，使用时，应将灰块打碎。

②土或粒料的准备。采备集料前，应先将树木、草皮和杂土清除干净。集料中的超尺寸颗粒应予筛除。应在预定采料深度范围内自上而下采集集料，不应分层采集，不应将不合格的集料采集在一起。对于粘性土，可视土质和机械性能确定土是否需要分筛。

③石灰的准备。石灰宜选在公路两侧宽敞而邻近水源且地势较高场地集中堆放。预计堆放时间较长时，应用土或其它材料覆盖封存。石灰应在使用前 7~10d 充分消解。1t 石灰消解需用水量一般为 500~800kg。消解后的石灰应保持一定的湿度，以免过干飞扬，但也不能过湿成团。消石灰宜过孔径 10mm 的筛，并尽快使用。

(4) 其它

①如路肩用料与石灰工业废渣层用料不同，应采取培肩措施，先将两侧路肩培好。路肩料层的压实厚度应与稳定土层的压实厚度相同。路肩上每隔 5~10m 应交错开挖临时泄水沟。

②计算材料用量，根据各路段石灰工业废渣层的宽度、厚度及预定的干压实密度，计算各路段需要的干混合料数量。根据混合料的配合比、材料的含水量、以及所用运料车辆的吨位，计算各种材料每车料的堆放距离。

2、运输和摊铺集料

集料运输和摊铺的方法和步骤是：

(1) 预定堆料的下承层在堆料前应先洒水，使其表面湿润。

(2) 材料装车时，应控制每车料的数量基本相等。

(3) 采用二灰混合料时，先将粉煤灰运到路上；采用二灰土时，先将土运到路上；采用二灰粒料时，先将粒料运到路上。在同一料场供料的路段内，由远到近按计算的距离卸置于下承层中间或上侧。卸料距离应严格掌握，避免料不够或过多。

(4) 料堆每隔一定距离应留一缺口，材料在下承层上的堆置时间不应过长。

(5) 应事先通过试验确定各种材料及混合料的松铺系数。

(6) 采用机械路拌时，应采用层铺法，即将先运到路上的材料摊铺均匀后，再往路上运送第二种材料，将第二种材料摊铺均匀后，再往路上运送第三种材料。

在摊铺集料前，应先在未堆料的下承层上洒水，使其表面湿润。然后再用平地机或其它合适的机具将料均匀地摊在预定的宽度上，表面应力求平整，并具有规定的路拱。粒料应较湿润，必要时先洒少量水。第一种材料摊铺均匀后，宜先用压路机碾压 1~2 遍，然后再运送并摊铺第二种材料。在二种材料层上，也应先用压路机碾压 1~2 遍，然后再运送并摊铺第三种材料。

3、拌和及洒水

(1) 机械拌和时，应采用稳定土拌和机或粉碎拌和机。在无专用拌和机械的情况下，也可采用平地机、多铧犁、旋转耕作机或缺口圆盘耙配合进行拌和。采用专用拌和机时，干拌一遍；采用其它机械时，干拌 2~4 遍。具体拌和方法是：

①用稳定土拌和机拌和两遍以上。拌和深度应直到稳定层底。应设专人跟随拌和机，随时检查拌和深度，严禁在底部留有“素土”夹层，也应防止过多破坏（以 1mm 左右为宜）下承层的表面，以免影响结合料的剂量以及底部的压实。在进行最后一遍拌和之前，必要时先用多铧犁紧贴底面翻拌一遍，直接铺在土基上的拌和层也应避免“素土”夹层。

②在没有专用机械的情况下，如拌和二灰稳定中粒土和细粒土，也可用旋转耕作机与多

铧犁或平地要相配合拌和 4 遍。先用旋转耕作机拌和，后跟铧犁或平地机将底部“素土”翻起。再用旋转耕作机拌和第 2 遍，用铧犁或平地机要将底部料再翻起。随时检查、调整翻犁的深度，使稳定土层全部翻透。严禁在稳定土层和下承层之间残留一层“素土”也应防止翻犁过深，过多破坏下承层的表面。

③在没有专用拌和机械的情况下，也可以用缺口圆盘耙与多铧犁或平地机相配合，拌和二灰稳定中粒土和粗粒土（但其拌和效果较差）。用平地机或铧犁在前面翻拌用圆盘耙跟在后面拌和，即采用边翻边耙的方法。圆盘耙的速度应尽量快，使二灰与集料拌和均匀。共翻拌四遍，开始的两遍不应翻犁到底，以防二灰落到底部。后面的两遍，应翻犁到底，随时检查、调整翻犁的深度，使稳定土层全部翻透。

（2）用洒水车将水均匀地喷洒在干拌后混合料上，洒水距离应长些，水车起洒处和另一端调头处都应超了拌和段 2m 以上。洒水车不应在正进行拌和的以及当天计划拌和的路段上调头和停留，防止局部水量过大。

（3）拌和机械紧跟在洒水车的后面进行拌和。洒水及拌和过程中，应及时检查混合料的含水量，水分宜略大于最佳含水量度 1%~2%，尤其在纵坡大的路段上应配合紧密，以减少水分流失。拌和过程中，要及时检查拌和深度，要使石灰工业废渣层全深都拌和均匀。拌和完成的标志是：混合料色泽一致，没有灰条、灰团、花面，没有粗细颗粒“窝”，且水分合适和均匀。对于二灰粒料，应先将石灰和粉煤灰拌和均匀，然后均匀地摊铺在粒料层上，再一起进行拌和。

3、整形与碾压

（1）整形

①混合料拌和均匀后，先用平地机初步整平和整形。在直线段，平地机由两侧向路中心进行刮平。在平曲线段，平地机由内侧向外侧进行刮平。需要时，再返回刮一遍。

②用拖拉机、平地机或轮胎压路机快速碾压 1~2 遍，以暴露潜在的不平整。

③再用平地机如前述那样进行整形，并用上述机械再碾压一遍。

④对于局部低洼处，应用齿耙将其表层 5cm 以上耙松，并用新拌和二灰混合料进行找补整平。再用平地机整形一次。

⑤每次整形都要按照规定的坡度和路拱进行。特别要注意接缝处的整平，接缝必须顺适平整。

在整形过程中，必须禁止任何车辆通行。

初步整形后，检查混合料的松铺厚度。必要时应进行补料或减料。二灰土的松铺系数约为 1.5~1.7，二灰粒料的松铺系数约为 1.3~1.5。人工摊铺石灰煤渣（土）的松铺系数为 1.6~1.8，石灰煤渣粒料为 1.40。钢渣石灰为 1.4~1.6，用机械拌和及机械整形时，松铺系数为 1.2~1.4。

（2）碾压

整形后，当混合料处于最佳含水量±1%时，进行碾压。其压实厚度与压实度要求与水泥稳定土相同。如表面水分不足，应适当洒水。

应用 12t 以上三轮压路机、重型轮胎压路机或振动压路机在路基全宽内进行碾压。直线段由两侧路肩向路中心碾压。平曲线段由内侧路肩向向外侧路肩进行碾压。碾压时，后轮应重叠 1/2 的轮宽；后轮必须超过两段接缝。后轮压完路面全宽时，既为一遍。碾压到要求的密实度为止。一般需碾压 6~8 遍。压路机的碾压速度，头两遍以采用 1 档（1.5~1.7km/h）为宜，以后用 2 档（2.0~2.5km/h）。在道路两侧，应多压 2~3 遍。

用 12~15t 三轮压路机碾压时，每层的压实厚度不应超过 15cm，用 18~20t 三轮压路机碾压时，每层的压实厚度不应超过 20cm。对于二灰土，采用能量大的振动压路机碾压时，或对于二灰土，采用振动羊足碾与三轮压路机配合碾压时，每层的压实厚度可根据试验适当增加。压实厚度超过上述要求时，应分层铺筑，每层的最小压实厚度为 10cm，下层宜稍厚。对

于二灰土，应采用先轻型、后重型路机碾压。

严禁压路机在已经完成的或正在碾压的路段上调头和急刹车，以保证稳定土层表面不受破坏。

碾压过程中，二灰稳定土的表面应始终保持湿润。如表面水蒸发得快，应及时补洒少量的水。如有弹簧、松散、起皮等现象，应及时翻开重新拌和，或用其它方法处理，使其达到质量要求。

在碾压结束之前，用平地机再终平一次，使其纵向顺适，路拱和超高符合设计要求。终平应仔细进行，必须将局部高出部分刮除并扫除路外，对于局部低洼之处，不再进行找补，留待铺筑面层时处理。

5、其它

1) 接缝和调头处理

(1) 横缝，两工作段的搭接部分，应采用对接式。前一段拌和整平后，留 5~8m 不进行碾压，后一段施工时，将前段留下未压部分，一起再进行拌和。如第二天接着向前施工，则当天最后一段的末端缝可按此法处理。如第二天不接着向前施工，则当天最后一段的工作缝应按下述方法处理：

①在石灰工业废渣拌和结束后，在预定长度的末端，挖一条横贯全宽的槽，槽内放两根与压实厚度等厚的方木（两根方木加在一起的长度等于铺筑层的宽度），方木的另一侧用素土回填 3~5mm 长，然后进行整形和碾压。

②继续往前施工时，紧接的作业段拌和结束后，除去顶木，用混合料回填。靠近顶木末端拌和的一小段，应人工进行补充拌和。

(2) 纵缝。石灰工业废渣层的施工应该避免纵向接缝，在必须分两幅施工时，纵缝必须垂直相接，其处理方法与石灰稳定土相同。

(3) 拌和机械及其它机械不宜在已压成的石灰工业废渣层上调头。如必须在上进行调头；应采取措施（如覆盖 10cm 厚的砂或砂砾），保护调头部分，使石灰工业废渣表层不受破坏。

2) 路缘处理

如石灰工业废渣层上为薄沥青路面，基层每边应较面层宽 20cm 以上。在基层全宽上喷洒透层沥青或设下封层。最好是满铺沥青面层，也可将沥青面层边缘以三角形向路肩抛出 6~10cm。

如设置路缘砖（块）时，必须注意防止路缘砖（块）阻滞路面表面水和结构层中水的排除。

3) 养护及交通管理

(1) 石灰工业废渣层碾压完成后的第二天或第三天开始养生。通常采用洒水养生法。每天洒水的次数视气候条件而定，应始终保持表面潮湿或湿润。养生期一般为 7d。也可借用透层沥青或下封层进行养生。

(2) 在养生期间，除洒水车外，应封闭交通。

(3) 养生期结束，应立即铺筑面层或做下封层。其要求与石灰稳定土相同。

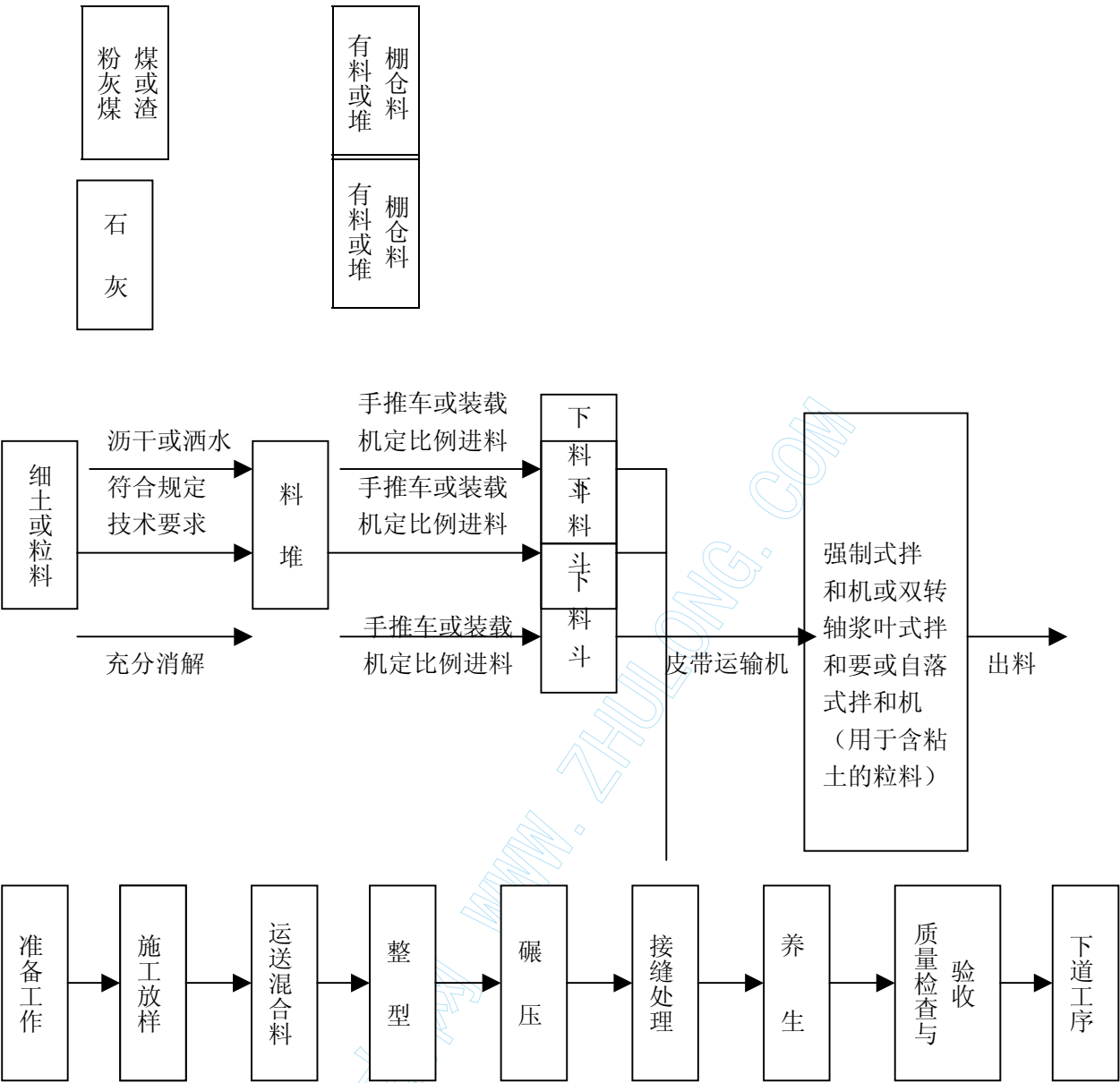
(4) 石灰工业废渣分层施工时，下层碾压完毕后，可以立即在铺筑另一层，不需专门的养生期。

（二）中心站集中拌和（厂拌）法施工

石灰工业废渣混合料可以在中心站用多种机械进行集中拌和。例如，强制式拌和机、双转轴桨叶式拌和机等。也可以用路拌机械或人工在场地上进行分批集中拌和。集中拌和时，必须掌握下列各个要点：土块、粉煤灰块要粉碎；配料要准确；含水量要略大于最佳值，使混合料运到现场、摊铺后碾压时的含水量能接近最佳值；拌和要均匀。

石灰工业废渣的集中拌和流程如图所示。

混合料的拌和、摊铺、碾压、养生及其它问题的外理与石灰稳定土相同。



石灰工业废渣集中拌和工艺流程

石灰、土稳定底基层

1 施工方法：路拌平地机施工

- 检查验收路槽的压实度、平整度、横坡度、高程、中线，路基宽度，弯沉值等，如底基层施工与路基不是连续施工，对路基必须用 12——15t 压路机进行碾压检查（3——4 遍）如有表面松散、弹簧等现象必须进行处理。
- 恢复中线每 10m 放出边线桩进行抄平。
- 培路肩并每隔一定距离开挖泄水沟。（最好与急流槽位置相同处）
- 选好土场，取样进行土的各项试验工作，尽量选塑性指数 12——20 的土，以便于粉碎，塑性指数偏大的粘性土要加强粉碎，粉碎后的土块最大尺寸不应大于 15mm，或采用两次拌和第一次 3——5% 石灰拌和闷 1——2 天进行砂化。再加入其余石灰进行第二次拌和。
- 采用生石灰时应在使用前 7——10 天进行充分消解并应过筛，石灰质量标准采用 III 级以下的生石灰。
- 做好混合料的组成设计，根据规范要求的强度标准，通过试验以确定已定各土场必须的或最佳的石灰剂量，和混合料的最佳含水量及最大干密度。
- 以不同取土场分段按厚度所需数量进行备土。
- 用推土机平地机依据松铺系数所确定的标高摊开整平，并检测其含水量，如含水量过大应进行翻晒。待含水量适宜时，先用轻型压路机稳压 1——2 遍。
- 根据配比确定的所需含灰量进行均匀布灰，如用生石灰粉采用方格法布灰，用消解灰采用码灰条办法人工计量布灰，灰布完后要认真检查灰布的是否均匀。
- 用稳定土路拌机配合机动耙，多铧犁将混合料充分拌和，使混合料成为色泽一致，没有灰条、灰团和花面，并挖坑检查是否拌到底。严禁第一遍拌和用铧犁一次耕到底。检查其含水量，含水量不足时进行补洒水。含水量偏大进行翻晒。
- 混合料拌和均匀后立即用平地机进行初平整型，用压路机碾压 1——2 遍，以暴露潜在不平，然后拉线作标高并用半砖头、白灰作出明显标记，用平地机配合人工进行精平，并随时检查标高，进行找补。
- 用大吨位三轮压路机或高频低震幅振动压路机配合三轮压路机及时进行碾压，并及时检查压实度。
- 每工作 1 台班末端要留出 3——5m 左右不碾压，在下段施工时重新布灰拌和整平碾压成活，使之接缝平顺致密。
- 路段成型后及时洒水养生，七天内保持其表面湿润。
- 应先行自检验收，对不合格处加以处治，符合标准要求后方准交验。

2 施工工艺：

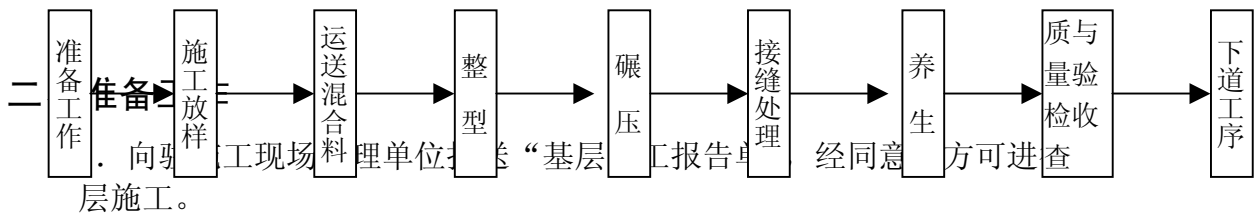
准备下承层	施工测量放样	备土	整平轻压	布石灰	拌和	整平稳压	做标高	平地机精平	碾压	养生	自检验收
-------	--------	----	------	-----	----	------	-----	-------	----	----	------

3 主要施工机械：

推土机，平地机，压路机，自卸汽车，装载机，水车，路拌稳定土拌和机。

石灰稳定土（粒料）厂拌

一、石灰稳定土的工艺流程



2. 土基、垫层、基层及其中埋设的各种沟、管等隐蔽构造物，必须经过自检合格、报请驻场监理单位检验、签字认可后，方可铺筑其上面的基层。
3. 各种材料进场前，应及早检查其规格和品质，不符合技术要求的不得进场。材料进场时，应检查其数量，并按施工平面图堆放，而且还应按规定项目对其抽样检查，其抽样检查结果，报驻场监理单位。
4. 正式施工前，铺筑试验段。

三、施工放样

1. 恢复中心线，每 10m 设标桩，桩上划出基层设计高和基层松铺的厚度。
$$\text{松铺厚度} = \text{压实厚度} \times \text{松铺系数}$$
2. 中心线两侧按设计标桩，测出基层设计高，在标桩上划出基层设计高和松铺高度，这样做是为了使基层的高度、厚度和平整度达到质量标准。

四、计算材料数量

根据结构层的厚度、宽度（按设计图纸）及预定的干密度，计算各段的干集料数量。

五、拌和

石灰稳定土可以在中心站用多种机械进行集中拌和，集中拌和时，必须做到：

1. 土块要粉碎，最大尺寸不应大于 15mm，粒料的尺寸要符合要求；
2. 配料要准确；
3. 含水量要略大于最佳值（约 1%），使混合料运到现场摊铺后碾压时的含水量能接近最佳值；
4. 拌和要均匀。

六、运输和摊铺集料

1. 在摊铺段两侧先培土，以控制结构层的宽度和厚度。
2. 用自卸翻斗车运输集料。装车时，应控制每车料的数量基本相同。
3. 卸料距离应严格控制，通常由专人指挥卸料，避免铺料过多或不够。
4. 卸料和摊铺时，通常由远而近全断面摊铺尽量不留纵缝。
5. 应事先通过试验确定集料的松铺系数。人工摊铺石灰土，松铺系数约为 1.65~1.70；人工摊铺石灰砂砾土，松铺系数约为 1.52~1.56。
6. 检验松铺材料层的厚度，视其是否符合预计要求。必要时，应进行减料或补料工作。

七、整型与碾压

1. 在摊铺过程中，随摊铺随整型，及时消除粗集料窝和精集料带，可补充细混合料并拌和均匀。

- 2. 在初步整型的基础上，用机械快速碾压一遍，以暴露潜在的不平整，然后进行补平。
- 3. 在最佳含水量的范围内，用 12t 以上的三轮压路机、振动压路机进行碾压，由两侧向中间，直到达到规定的压实度。严禁压路机在已完成的或正在碾压的基层上调头或急刹车。

八、接缝的处理

横缝：压实后末端做成斜坡（可为 1：2），在第二天开始摊铺新混合料之前，应将留下的末端斜坡挖除，挖成一横向（与道面中心线垂直）垂直向下的断面，便可继续向前摊铺。挖出的混合料加水至最佳含水量拌匀后，仍可使用。

纵缝：尽量避免纵缝，在不能避免纵缝情况下（如较大站坪的石灰稳定土施工），纵缝必须垂直相接，严禁斜接，并尽可能减少纵缝的数量。

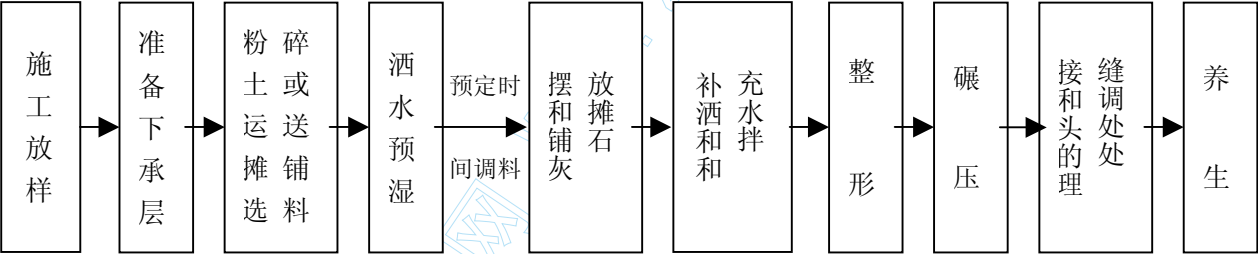
九、养生

在养生期间应保持一定的湿度，不应过湿或忽干忽湿。养生期不少于 7d，可采用洒水（分散水流）或采用不透水薄膜。每次洒水后，宜用两轮压路机将表层压实。

石灰稳定土基层

1. 路拌法施工

石灰稳定土基层施工工序流程如图所示



石灰稳定土基层施工流程

1) 准备工作

(1) 准备下承层

当石灰稳定土用作基层时，要准备底基层；当石灰稳定土用作底基层时，要准备土基。无论土基还是底基层，都必须按规范规定进行验收。凡验收不合格的路段，必须采取措施，使其达到标准后，方能在上铺筑石灰稳定土层。

在槽式断面的路段，两侧路肩上每隔一定距离（如 5~10m）应交错开挖泄水沟（或做盲沟）。

(2) 测量

在底基层或土基上恢复中线，直线段每 15~20m 设一桩，平曲线段每 10~15m 设一桩，并在对应断面的路肩外侧设指示桩。在两侧指示桩上用红漆标出石灰稳定土层边缘的设计高。

(3) 备料

①集料。采备集料前，应先将树木、草皮和杂土清除干净，并在预定采料深度范围内自上而下采集集料，不宜分层采集，不应将不合格材料采集在一起。如分层采集集料，则应将集料先分层堆放在一场上，然后从前到后（上下层一起装入汽车），将料运到施工现场。料中的超尺寸颗粒应予筛除。对于塑性指数小于 15 的粘性土，机械拌和时，可视土质和机械性

能确定土是否需要过筛。人工拌和时，应筛除 1.5cm 以上的土块。

②石灰。石灰宜选在公路两侧宽敞而邻近水源且地势较高的场地集中堆放。预计堆放时间较长时，应用土或其它材料覆盖封存，石灰堆放在集中拌和场地时，宜搭设防雨棚。石灰应在使用前 7~10d 充分消解。每吨石灰消解需用水量一般为 500~800kg。消解后的石灰应保持一定的湿度，以免过干飞扬，但也不能过湿成团。消石灰宜过孔径 10mm 的筛，并尽快使用。

③材料用量。根据各段石灰稳定土层的宽度、厚度及预定的压实度（换算为压实密度），计算各路段需要的干集料质量。根据料场集料的含水量和运料车辆的吨位，计算每车料的堆放距离。根据石灰稳定土层的厚度和预定的干容量及石灰剂量，计算每平方米石灰稳定土需用的石灰质量，并计算每车石灰的摊铺面积，如使用袋装生石灰粉，则计算每袋石灰的摊铺面积。计算每车石灰的卸放位置，即纵向和横向间距，或计算每袋石灰的纵横间距。

2) 运输及摊铺

(1) 运料

运料时，要注意：对预定堆料的下层在堆料前应先洒水，使其湿润。不应过分潮湿而造成泥泞；集料装车时，应控制每车料的数量基本相等；在同一料场供料的路段，由远到近将料按计算的距离（间距）卸置于下承层中间或上侧。卸料距离应严格掌握，避免料不够或过多；料堆每隔一定距离应留一缺口；集料在下承层上的堆置时间不应过长。运送集料较摊铺集料工序宜只提前 1~2d；在同料场集料做石灰稳定土时，如路肩用料与稳定土层用料不同，应采取培肩措施，先将两侧路肩培好。路肩料层的压实厚度应与稳定土层的压实厚度相同。在路肩上，每隔 5~10m 应交错开挖临时泄水沟。

(2) 摊铺集料

在摊铺集料时，应注意：事先通过试验确定集料的松铺系数。人工摊铺混合料时，其松铺系数可参考下表的值；在摊铺集料前，应先在未堆料的下承层上洒水使其湿润，不应过分潮湿而造成泥泞；对能封闭交通的道路，摊铺集料应在摊铺石灰的前一天进行。摊料长度应与施工日进度相同，以够次日加石灰、拌和、碾压成型为准。对不能封闭交通的道路以及雨季，宜在当天摊铺集料；用平地机或其它合适的机具将集料均匀摊铺在预定的宽度上，表面应力求平整，并有规定的路拱。摊铺过程中，应注意将土块、超尺寸颗粒及其它杂物拣除。如集料中有较多土块，亦应进行粉碎；检验松铺材料层的厚度，看其是否符合预计要求（松铺厚度=压实厚度×松铺系数）。必要时，应进行减料或补料工作。

混合料松铺系数参考值

材 料 名 称	松 铺 系 数	说 明
石灰土	1.53~1.58	现场人工摊铺土和石灰，机械拌和，人工整平
石灰土	1.68~1.70	路外集中拌和，运到现场人工摊铺
石灰土、砂砾	1.52~1.56	路外集中拌和，运到现场人工摊铺

(3) 摊铺石灰

摊铺石灰时，如粘性土过干，应事先洒水闷料，使土的含水量略小于最佳值。细粒土宜闷料一夜；中粒土和粗粒土，视细土含量的多少，可闷 1~2h。在人工摊铺的集料层上，用 6~8t 两轮压路机碾压 1~2 遍，使其表面平整，并有一定密实度。然后，按计算的每车石灰的纵横间距，用石灰在集料层上做卸置石灰的标记，同时划出摊铺石灰的边线，用刮板将卸置的石灰均匀摊开。石灰摊铺完后，表面应没有空白位置。量测石灰的松铺厚度，根据石灰的含水量和松密度，校核石灰用量是否合适。

3) 拌和与洒水

(1) 集料应采用稳定土拌和机拌和，拌和深度应达到稳定层底。应设专人跟随拌和机，随时检查拌和深度并配合拌和机操作员调整拌和深度，除直接铺在土基上的一层外，严禁在拌和层底部留有“素土”夹层。拌和应适当破坏（约 1cm 左右，不应过多）下承层的表面，以利上下层粘结。通常应拌和两遍以上（如使用的是生石灰粉，宜先用平地机或多铧犁紧贴下承层表面翻拌一遍。直接铺在土基上的拌和层也应避免“素土”夹层。

(2) 在没有专用机械的情况下，如为石灰稳定细粒土和中粒土，也可用农用旋转耕作机与铧犁或平地机相配合拌和四遍，但其拌和效果较差。先用旋转耕作机拌和，后用多铧犁或平地机将底部“素土”翻起。再用旋转耕作机拌和第二遍，多铧犁或平地机将底部料再翻起，并随时检查调整翻犁的深度，使稳定土层全部翻透。严禁在稳定土层和下承层之间残留一层“素土”，也应防止翻犁过深，过多破坏下承层的表面。还可以用缺口圆盘耙与多铧犁或平地机相配合，拌和石灰稳定细粒土、中粒土和粗粒土（但其拌和效果较差）。用平地机或多铧犁在前面翻拌，用圆耙跟在后面拌和，即采用边翻边耙的方法。圆盘耙的速度应尽量快，使石灰与集料拌和均匀。共翻拌 4~6 遍，开始的两遍不应翻犁到底，以防石灰落到底部，后面的几遍应翻犁到底。随时检查调整翻犁的深度，使稳定土层全部翻透。

(3) 在拌和过程中，及时检查含水量。用喷管式洒水车补充洒水，使混合料的含水量等于或略大于最佳值（视土类而定可大 1% 左右）洒水车距离应长些。水车起洒处和另一端调头处都应超出拌和段 2m 以上。洒水车不应在正进行拌和的以及当天计划拌和的路段上调头和停留，以防局部水量过大。拌和机械应紧跟在洒水车后面进行拌和。尤其在纵坡大的路段上更应配合紧密，减少水分流失。

(4) 在洒水过程中，要人工配合拣出超尺寸颗粒，清除粗细石料“窝”，以及局部过湿之处。拌和完成的标志是：混合料色泽一致，没有灰条、灰团和花面，没有粗细石料“窝”，且水分合适均匀。

(5) 拌和石灰加粘土的稳定碎石或砂砾时，应先将石灰土拌和均匀，然后均匀地摊铺在碎石或砂砾层上，再一起进行拌和。用石灰稳定塑性指数大的粘土时，由于粘土难以粉碎，宜采用两次拌和法。即每一次加 70%~100% 预定剂量的石灰进行拌和，闷放一夜，然后补足石灰用量，再进行第二次拌和。

4) 整形与碾压

(1) 整形

平地机整形。混合料拌和均匀后，先用平地机初步整平和整形。在直线段，平地机由两侧向路中心进行刮平。在平曲线段，平地机由内侧向外侧进行刮平。需要时，再返回刮一遍。用平地机或轮胎压路机快速碾压 1~2 遍。在用平地机整平前，应先用齿耙把低洼处表层 5cm 以上耙松，避免在较光滑的表面产生薄层找补的情况。用平地机进行整形后再碾压一遍。对于局部低洼处，应用齿耙将其表层 5cm 以上耙松，并用新拌的石灰混合料进行找补平整，再用平地机整形一次。每次整形都要按规定的坡度和路拱进行。特别要注意接缝处的整平，接缝必须顺适平整。

(2) 碾压

整形后，当混合料处于最佳含水量 $\pm 1\%$ 时（如表面水分不足，应适当洒水），立即用 12t 以上三轮压路机、重型轮胎压路机或振动压路机在路基全宽内进行碾压。直线段，由两侧路肩向路中心碾压。平曲线段，由内侧路肩向外侧路肩进行碾压。碾压时后轮应重叠 $1/2$ 的轮宽，后轮必须超过两段的接缝处。后轮压完路面全宽时即为一遍。碾压一直进行到要求的密实度为止。一般需 6~8 遍。压实的方式同路基碾压。碾压过程中，石灰稳定土的表面应始终保持湿润。如表面水蒸发得快，应及时补洒少量的水。如有“弹簧”、松散、起皮等现象，应及时翻开重新拌和，或用其它方法处理，使其达到质量要求。在碾压结束之前，用平地机再终平一次，使其纵向顺适，路拱和超高符合设计要求。终平应仔细进行，必须将局部高出部分刮除并扫出路外，对于局部低洼之处，不再进行找补，留待铺筑面层时处理。

5) 养生

(1) 石灰稳定土在养生期间应保持一定的湿度, 不应过湿。养生期一般不少于 7d。养生方法可视具体情况采用洒水、覆盖砂、低塑性土或沥青膜等。在养生期间石灰土表层不应忽干忽湿, 每次洒水后, 应用两轮压路机将表层压实。石灰稳定土层碾压结束后, 过 1~2d, 当其表层较干燥(如石灰土的含水量不大于 10%, 石灰粒料土的含水量在 5%~6%) 时, 可以立即喷洒透层油, 做下封层或铺筑面层。但初期应禁止重型车辆通行。

(2) 在养生期间未采用覆盖措施的石灰稳定土层上, 除洒水车外, 应封闭交通。在采用覆盖措施的石灰稳定土层上, 不能封闭交通时, 应限制车速不得超过 30km/h。如石灰稳定土分层施工时, 下层石灰稳定土碾压完后, 可以立即在上铺筑另一层石灰稳定土, 不需专门的养生期。

(3) 养生期结束后, 应立即喷洒透层沥青或做下封层, 并在 5~10d 内铺筑沥青面层。在喷洒透层沥青后, 应撒布 3~8 mm 或 5~10mm 的小碎(砾)石, 小碎石约撒 60% 的面积(不完全覆盖, 但均匀覆盖 60% 的面积, 露黑)。如喷洒的透层沥青能透入基层, 当运料车辆和面层混合料摊铺机在上行驶不会破坏沥青膜时, 可以不撒小碎石。如为水泥混凝土面层时, 也不宜让基层长期暴晒开裂。

6) 施工中应注意的问题

(1) 接缝和“调头”处的处理

两工作段的搭接部分, 应采用对接形式。前一段拌和后, 留 5~8m 不进行碾压。后一段施工时, 将前段留下未压部分, 一起再进行拌和。拌和机械及其它机械不宜在已压成的石灰稳定土层上调头。如必须在上进行调头, 应采取措施(如覆盖 10cm 厚的砂或砂砾) 保护调头部分, 使石灰稳定土表层不受破坏。

(2) 纵缝的处理

石灰稳定土层的施工应尽可能避免纵向接缝, 必须分两幅施工时, 纵缝必须垂直相接, 不应斜接。

一般情况下, 纵缝可按下述方法处理。在前一幅施工时, 在靠中央一侧用方木或钢模板做支撑, 方木或钢模板的高度与稳定土层的压实厚度相同。混合料拌和结束后, 靠近支撑木(或板) 的一条带, 应人工进行补充拌和, 然后进行整形和碾压。在铺筑另一幅时, 或在养生结束时, 拆除支撑木(或板)。第二幅混合料拌和结束后, 靠近第一幅的一条带, 应人工进行补充拌和, 然后进行整形和碾压。

(3) 路缘处理

如石灰稳定土层上为薄沥青面层, 基层每边应较面层展宽 20cm 以上。在基层全宽上喷洒透层沥青或设下封层, 沥青面层边缘以三角形向路肩抛出 6~10cm。如设路缘块时, 必须注意防止路缘块阻滞路面表面水和结构层中的水。

(4) 用石灰稳定低塑限指数的砂、粉性土的处理

用石灰稳定低塑限指数的砂性土和粉性土时, 碾压过程中容易起皮松散, 成形困难, 施工时要大量洒水, 分两阶段碾压。第一阶段, 洒水后用履带拖拉机先压 2~3 遍, 达到初步稳定。第二阶段, 待水分接近最佳含水量时, 再继续用 12t 以上压路机压实。当缺少履带拖拉机时, 洒水后, 先用轻型压路机碾压两遍, 然后覆盖一层素土, 继续用 12t 以上压路机压实。养生后, 将素土层清除干净。

(5) 通车路段的施工

对于不能中断交通的路段, 可采用半幅施工方法。接缝处应对接, 必须保持平整密合。同时, 要加强管理, 消除隐患, 确保工程质量。

2. 中心站集中拌和(厂拌)法施工

石灰稳定土可以在中心站用多种机械集中拌和, 如强制式拌和机、双转轴浆叶式拌和机等。集中拌和有利于保证配料的准确性和拌和的均匀性。

（1）备料

土块要粉碎，最大尺寸不应大于 15mm。集料的最大粒径和级配都应符合要求，必要时，应先筛除集料中不符合要求的颗粒。配料应准确，在潮湿多雨的地区施工时，还应采取措施保护集料，特别是细集料（含土）和石灰免遭雨淋。

（2）拌制

在正式拌制稳定土混合料之前，必须先调试所用的厂拌设备，使混合料的颗粒组成和含水量都达到规定的要求。集料的颗粒组成发生变化时，应重新调试设备。应根据集料和混合料的含水量及时调整向拌和室中添加的水量，拌和要均匀。

（3）运输

已拌成的混合料应尽快运送到铺筑现场。如运距远、气温高，则车上的混合料应加以覆盖，以防水分过多蒸发。

（4）摊铺及碾压

下承层为石灰稳定土时，应先将下承层顶面拉毛，再摊铺混合料。摊铺应采用沥青混凝土摊铺机、水泥混凝土摊铺机或稳定土摊铺机摊铺混合料。在没有以上摊铺机的情况下，可以用摊铺箱或自动平地机摊铺混合料。用摊铺机或摊铺箱摊铺时，要求拌和机与摊铺机的生产能力相协调。如拌和机的生产能力较低，则应用最低速度摊铺，以减少摊铺机停机待料的情况。在摊铺机后面应设专人消除粗细集料离析现象，特别是局部粗集料“窝”应该铲除，并用新混合料填补。摊铺后应用振动压路机、三轮压路机和轮胎压路机及时进行碾压。用平地机摊铺混合料时，根据铺筑层的厚度和要求达到的压实干密度，计算每车混合料的铺筑面积。将混合料均匀地卸在路幅中央，路幅宽时，可将混合料卸成两行。用平地机将混合料按松铺厚度摊铺均匀，设一个 3 人小组跟在平地机后面，及时消除粗集料“窝”和粗集料带（补充细混合料并拌和均匀）。整形、碾压及接缝处理，与路拌法相同。

（5）横向接缝处理

①用摊铺机摊铺混合料时，每天的工作缝应做成横向接缝。摊铺机应驶离混合料末端。

②人工将末端混合料处理整齐，紧靠混合料放两根方木，方木的高度与混合料的压实厚度相同，整平紧靠方木的混合料。

③方木的另一侧用砂砾或碎石回填 3m 长，其高度应高出方木几厘米。

④将混合料碾压密实。

⑤在重新开始摊铺混合料之前，将砂砾（或碎石）和方木除去，并将下承层顶面清扫干净和拉毛。

⑥摊铺机返回到已压实层的末端，重新开始摊铺混合料。

⑦如压实层末端未用方木作支撑处理，在碾压后末端成一斜坡，则在第二天开始摊铺新混合料之前，应将末端斜坡挖除，并挖成一横向（与路中心线垂直）垂直向下的断面。挖出的混合料加水到最佳含水量拌匀后仍可使用。

（6）纵向接缝

应避免纵向接缝。如摊铺机的摊铺宽度不够，必须分两幅摊铺时，宜采用两台摊铺机一前一后相隔约 8~10m 同步向前摊铺混合料，一起进行碾压。在仅有一台摊铺机的情况下，可先在一条摊铺带上摊铺一定长度后，再开到另一条摊铺带上摊铺，然后一起进行碾压。在不能避免纵向接缝的情况下，纵缝必须垂直相接，严禁斜接，并按下述方法处理。在前一幅摊铺时，在靠后一幅的一侧用方木或钢模板做支撑，方木或钢模板的高度与稳定土层的压实厚度相同。养生结束后，在摊铺另一幅之前，拆除支撑木（或板）。

（7）养生及路缘处理

方法同路拌法。

石灰稳定土基层路拌法施工

1、材料要求

土、灰除满足规范要求外，施工中控制点为：

- (1) 石灰应符合III级以上标准，石灰在使用前 10 天充分消解并过筛（10MM 筛孔）；
- (2) 消石灰存放时间宜控制在 2 个月以内；
- (3) 一个作业段内采用土质相同的土（击实标准和灰剂量相同），以便对压实度进行准确控制。

2、准备下承层

(1) 石灰土施工前，应对路槽进行严格验收，验收内容除包括压实度、弯沉、宽度、标高、横坡度、平整度等项目外，还必须进行碾压检验，即在各项指标都合格的路槽上，用 18-21T 压路机连续碾压 2 遍，碾压过程中，若发现土过干、表层松散，应适当洒水继续碾压；如土过湿、发生翻浆、软弹现象，应采用挖开晾晒、换土、外掺剂等措施处理。路基必须达到表面平整、坚实，没有松散和软弱点，边沿顺直，路肩平整、整齐。

(2) 按要求设置路面施工控制桩。

3、备土、铺土

用于石灰土的土必须符合规范要求，不含树皮、草根等杂物。备土前要用土培好路肩，路肩应同结构层等厚。

备、铺土分两种方法：

(1) 用汽车直接堆方备土

按照每平米的松土用量及每车的运土量，用石灰粉标出每车的卸土位置（划出方格），直接整齐地卸土于路槽上。但须注意备土时纵向必须成行，每车的运土量要基本准确，同一作业段内土质基本均匀一致。该方法有利于机械化施工，但备土数量不易准确控制。铺土时，先用推土机大致推土，然后放样用平地机整平，清余补缺，保证厚度一致，表面平整。

(2) 码条备土

用拖拉机等小型机械备土可采用此方法。

按照每延米的松土用量，分两条成梯形状均匀地码条于路槽上，用卡尺逐段验收备土数量。

备土时应在备土位置用石灰粉标出两条标线（码条的边沿位置），保证备土顺直，码条应均匀、数量准确。铺土时可直接用平地机均匀地将土铺开，保证表面平整、厚度一致。此备土法数量控制准确、摊土方便。

4、备灰、铺灰

备灰前，用压路机对铺开的松土碾压 1~2 遍，保证备灰时不产生大的车辙，严禁重车在作业段内调头。

备灰前应根据灰剂量、不同含水量情况下的石灰松方干容重及石灰土最大干容重计算每延米的石灰用量。

根据计算出的每延米石灰的松方用量，分两条成梯形状均匀地码条备灰，并用卡尺逐段验收数量，不准用汽车直接大堆备灰。

备灰前应事先在灰条位置标出两条灰线，以确保灰条顺直。

铺灰前应在灰土的边沿打出标线，然后将石灰均匀地铺撒在标线范围内，铺灰应用人工撒铺。

5、拌和

采用灰土拌和机拌和，铧犁作为辅助设备配合拌和。

(1) 土的含水量小，应首先用铧犁翻拌一遍，使石灰置于中、下层，然后洒水补充水份，并用铧犁继续翻拌，使水份分布均匀。考虑拌和、整平过程中的水份损失，含水量适当大些（根据气候及拌和整平时间长短确定），土的含水量过大，用铧犁进行翻拌晾晒。

(2) 水份合适后，用平地机粗平一遍，然后用灰土拌和机拌和第一遍。拌和时要指派专人跟机进行挖验，每间隔 5~10 米挖验一处，检查拌和是否到底。对于拌和不到底的段落，及时提醒拌和机司机返回重新拌和。

(3) 桥头两端在备土时应留出 2 米空间，将土摊入附近，拌和时先横向拌和两个单程，再进行纵向拌和，以确保桥头处灰土拌和均匀。

第二遍拌和前，宜用平地机粗平一遍，然后进行第二遍拌和。

若土的塑指高，土块不易拌碎，应增加拌和遍数，并注意下一次拌和前要对已拌和过的灰土进行粗平和压实，然后拌和，以达到拌和均匀，满足规范要求为准。压实的密度愈大，对土块的破碎效果愈好，采用此法可达到事半功倍的目的，否则即使再多增加拌和遍数也收效甚微。拌和时拌和机各行程间的搭接宽度不小于 10cm。对于桥头处拌和同样采用先横向拌和 2 个单程，再进行纵向拌和。

6、整平

用平地机，结合少量人工整平。

- (1) 灰土拌和符合要求后，用平地机粗平一遍，消除拌和产生的土坎、波浪、沟槽等，使表面大致平整。
- (2) 用震动压路机或轮胎压路机稳压 1~2 遍。
- (3) 利用控制桩用水平仪或挂线放样，石灰粉作出标记，样点分布密度视平地机司机水平确定。
- (4) 平地机由外侧起向内侧进行刮平。
- (5) 重复 (3) ~ (4) 步骤直至标高和平整度满足要求为止。灰土接头、桥头、边沿等平地机无法正常作业的地方，应由人工完成清理、平整工作。
- (6) 整平时多余的灰土不准废弃于边坡上。
- (7) 要点提示
 - 最后一遍整平前，宜用洒水车喷洒一遍水，以补充表层水份，有利于表层碾压成型。
 - 最后一遍整平时平地机应“带土”作业。
 - 切忌薄层找补。
 - 备土、备灰要适当考虑富余量，整平时宁刮勿补。

7、碾压

碾压采用振动式压路机和 18~21 三轮静态压路机联合完成。

- (1) 整平完成后，首先用振动压路机由路边沿起向路中心碾压（超高段自内侧向外层碾压），有超高段落由内侧起向外侧碾压，碾压采用大摆轴法，即全轮错位，搭接 15~20 厘米，用此法震压 6~8 遍，下层压实度满足要求后，改用三轮压路机低速 1/2 错轮碾压 2~3 遍，消除轮迹，达到表面平整、光洁、边沿顺直。路肩要同路面一起碾压。
- (2) 要点提示
 - 碾压必须连续完成，中途不得停顿。
 - 压路机应足量，以减少碾压成型时间，合理配备为振动压路机 1~2 台，三轮压路机 2~3 台。
 - 碾压过程中应行走顺直，低速行驶。
 - 桥头处 10 米范围内横向碾压。

8、检验

- (1) 试验员应盯在施工现场，完成碾压遍数后，立即取样检验压实度（要及时拿出试验结果），压实不足要立即补压，直到满足压实要求为止。
- (2) 成型后的两日内完成平整度、标高、横坡度、宽度、厚度检验，检验不合格要求采取措施予以处理。
- (3) 要点提示
 - 翻浆、轮迹明显、表面松散、起皮严重、土块超标等有外观缺陷的不准验收，应彻底处理。
 - 标高不合适的，高出部分用平地机刮除，低下的部分不准贴补，标高合格率不低于 85%，实行左中右三条线控制标高。
 - 压实度、强度必须全部满足要求，否则应返工处理。

9、接头处理

碾压完毕的石灰土的端头应立即将拌和不均，或标高误差大，或平整度不好的部分挂线重直切除，保持接头处顺直、整齐。

下一作业段与之衔接处，铺土及拌和应空出 2 米，待整平时再按松铺厚度整平。

桥头处亦按上述方法处理，铺土及拌和应空出 2 米，先横拌 2 遍再纵拌，待整平时再按松铺厚度整平。

10、养生

不能及时覆盖上层结构层的灰土，养生期不少于 7 天，采用洒水养生法，养生期间要保持灰土表面经常湿润。养生期内应封闭交通，除洒水车外禁止一切车辆通行。有条件的、对 7 天强度确有把握的，灰土完成后经验收合格，即可进行下道工序施工，可缩短养生期；但一旦发现灰土强度不合格，则需返工处理。

水泥稳定土

A. 路拌法：（仅适用于底基层的第一层）

- a. 检查验收清理下承层检查下承台的压实度，平整度，高程，横坡度，平面尺寸等，对土基必须用 12—15T 压路机或等效的压路机进行碾压检查（3—4 遍）如有表面松散、弹簧等现象必须进行处理。
- b. 施工放样：恢复路中线，放出边线桩，进行抄平，在边桩上准确标出实施层顶标高。

- c. 培路肩并压实。
- d. 按施工配合比备足质量合格的原材料。
- e. 做好试验段，以确定施工工艺，施工段长度，松铺系数，人员，机械配备数量，压实遍数，以指导正常施工。
- f. 计算材料数量，根据路拌层厚度、宽度、稳定土密度、土的湿容重和所用运料车的吨位，计算每车料的距离。应采用梅花形布料。
- g. 用推土机、平地机摊开整平，依据松铺系数，路拱横坡度，可拉线控制摊铺高程，并进行找补和稳压。与此同时应量测混合料含水量，使路拌后的混合料含水量略高于最佳含水量的 1—2%，否则采取洒水闷料。
- h. 根据配合比计算每包水泥的摊铺面积，画出方格人工布灰，或用机械（布灰机）按设计用量将水泥均匀洒布在处治面上。
- i. 用稳定土路拌机配合机动耙、多铧犁等机械将混合料充合拌合并挖坑检查，使混合料成为色泽一致，没有灰条、灰团和花面的匀质混合料。在拌和过程中应随时检查含水量，如含水量不足应补充洒水湿润。
- j. 混合料拌和均匀后，立即用平地机初平整型，用拖拉机、平地机或轮胎压路机立即快速碾压 1-2 遍以暴露潜在不平整，然后拉线做每 10m 一个断面三个标高，并用木桩、砖头、白灰做出明显标记，平地机配合人工依次进行精平并随时检查标高。
- k. 精平后应立即进行碾压，先胶轮后光轮，先轻型后重型再轻型。如为粗颗粒土可采用先轻型后振动再胶轮光面的方法。
- l. 工作段末端要留出 2-3m 左右松散料在下段施工时重新布灰拌和，整平，碾压成活使之接缝平顺致密。路段成型后及时洒水养生，混合料七天内保持其表面湿润，未做上基层，不宜开放交通，施工车辆通行时车速不得大于 30km/小时。
- m. 水泥稳定土要严格控制其成活时间，除应选择初凝时间长的低标号水泥外同时分段长度上要适当，施工要紧凑，总之从拌和至碾压完不得超过 3-4 小时。
- n. 对已成型的水泥稳定土底基层应进行内部自检验收。

路拌法工艺流程：



主要机械设备：

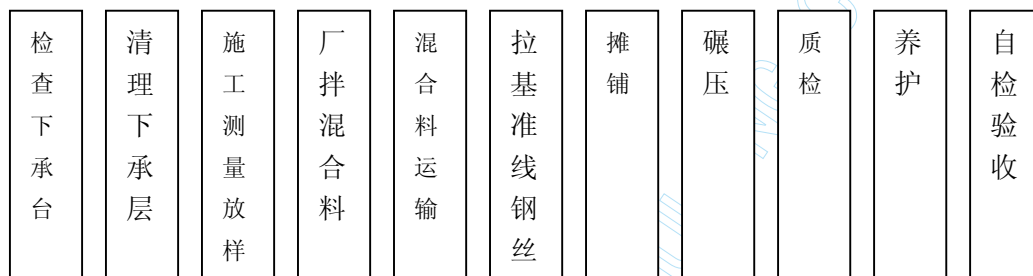
推土机，平地机，压路机，自卸汽车，水车，结合料洒布机，路拌稳定拌和机。

B. 厂拌法（适用于基层）

- a. 选用强制拌和机，双转轴浆叶式拌和机等厂拌设备进行集中拌和，拌和站的位置选择要适宜，以尽量缩短成品料的运距。
- b. 检查、验收清理下承层：检查下承层的压实度、平整度、横坡度、高程、厚度、平面尺寸以及无侧限压强，并进行工序交接。
- c. 施工放样：恢复中线每 10m 放边线桩，抄平等。
- d. 培路肩。
- e. 做好配合比设计，按施工配合比备足质量合格的原材料。水泥应选择 325 初凝时间长的。

- f. 做好试验段，以确定施工工艺、松铺系数、人员、机械配备及数量、压实遍数以指导正常施工。
- g. 在正式拌制稳定土混合料之前调试所用的厂拌设备，使混合料的颗粒组成、含灰量和含水量都达到规定的要求，拌和要均匀。含水量应大于最含水量 1—2%。
- h. 尽快将拌成的混合料运到铺筑现场。如运距远，车上的混合料应该覆盖，以防水分过分损失，并尽快摊铺碾压成型，从拌和到成活延迟时间不得超过 3—4 小时。
- i. 摊铺机应具有自动找平，震动夯的装置，如弗格勒，ABG 等。
- j. 拌和机与摊铺的生产能力应互相协调，摊铺速度均匀，尽量减少摊铺机停机等材料。
- k. 摊铺机后设专人消除粗细集料离析现象。
- l. 用振动压路机、三轮压路机、轮胎压路机紧跟在摊铺机后面及时进行碾压。
- m. 及时进行压实度检测不够时及时进行补压。
- n. 对已成型路段，应及时洒水养护，保持七天内表面湿润。不宜开放交通，特殊车辆需要行驶时，车速应限在 30Km/h 以内。
- o. 先行自检验收。对不合格部分加以处理达到标准要求。

工艺流程

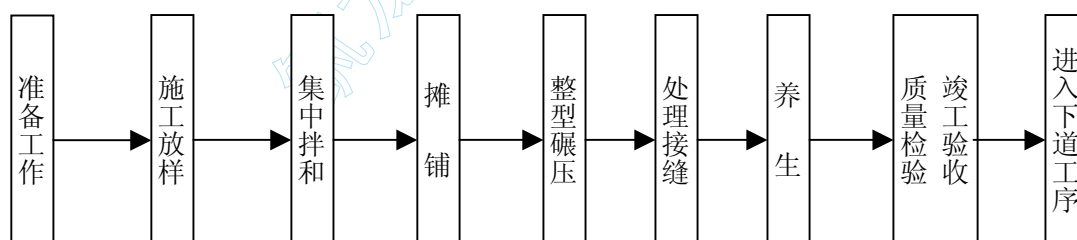


主要机械设备:

摊土机，厂拌稳定土拌和设备，稳定土摊铺机，胶轮压路机，震动压路机，洒水车，装载机，自卸汽车。

水泥稳定土（粒料）

一、水泥稳定土、粒料施工工艺流程图



二、准备工作

1. 向驻施工现场监理单位报送“基层开工报告单”，经同意后方可进行基层施工。
2. 路基、垫层、底层及其中埋设的各种沟、管等隐蔽构造物，必须经过自检合格，报请驻场监理单位检验，签字认可后，方可铺筑其上面的基层。
3. 各种材料进场前，及早检查其规格和品质，不符合技术要求的不得进场。材料进场时，应检查其数量，并按施工平面图堆放，而且还应按规定项目对其抽样检查，其抽样检查结果，报驻场监理单位。

4. 水泥稳定土基层施工前应铺筑试验段。

三、施工放样

1. 恢复中心线，每 10m 设标桩，桩上划出基层设计高和基层松铺的厚度。

$\text{松铺厚度} = \text{压实厚度} \times \text{松铺系数}$

2. 中心线两侧按路面设计图设计标桩，在标桩上划出基层设计高和松铺厚度，这样做是为了使基层的高度、厚度和平整度达到质量标准。

四、拌和

中心站集中拌和（厂拌）法施工，集中拌合时必须掌握下列要点：

1. 土块、粒料的最大尺寸应符合规定。
2. 配料必须准确。
3. 混合料的含水量要略大于最佳值，使混合料运到现场摊铺后碾压时的含水量不小于最佳值（比最佳值大 1% 左右）。
4. 拌和必须均匀。
5. 根据集料和混合料含水量的大小，及时调整用水量。

五、摊铺

1. 在铺筑段两侧先培土，以控制基层的宽度和厚度。
2. 应尽快将拌成的混合料，用自卸汽车运送到铺筑现场，装车时应控制每车料的数量基本相同。
3. 宜用摊铺机来摊铺混合料，也可用自卸汽车把混合料运到现场，由人工摊铺、整平。
4. 根据松铺系数（水泥稳定砂砾松铺系数约 1.30~1.35，水泥土松铺系数约 1.53~1.58，严格控制卸料距离。通常由专人指挥卸料，避免料多或不够。
5. 人工整平或机械整平时，要消除粗、细集料离析现象。

六、整型、碾压

1. 宜用平土机整型，也可用人工整型。（高速公路一般不容许人工整平）
2. 用轻型机械如拖拉机、平地机在初步整平地段，快速碾压一遍，以暴露潜在的不平整，再给予整型，通常整型要 1~2 次。
3. 对局部低洼处，应用齿耙将其表层 5cm 耙松，并用新拌的混合料进行找补、整平、严禁用贴“薄饼”的方法找平。
4. 在整型过程中，严禁任何车辆通行。
5. 整型后，立即用 12t 以上三轮压路机、重型轮胎压路机或振动压路机碾压。碾压时应控制车速，由近向中、由低向高碾压，直到达到所需的压实度。

在碾压过程中，基层表面应始终保持潮湿，如表层水蒸发较快，应及时补洒少量的水。如在碾压过程中有“弹簧”、松散、起皮等现象，应及时翻开重新拌和（加适量的水泥），或用其它方法处理，使基层达到质量要求。

七、横缝的处理

1. 用人工将末端混合料整型，横缝必须垂直整齐，紧靠混合料放两根方木，方木的高度应与混合料的压实厚度相同，整平紧靠方木的混合料。
2. 方木另一侧用砂砾或碎石回填约 3cm 长，其高度略高出方木几厘米。
3. 将混合料碾压密实。
4. 第二天重新摊铺混合料之前，将砂砾（或碎石）和方木除去将下承层顶面清扫干净后，重新开始摊铺混合料。

5. 也可将在前面的一段（约 2m~3m）不进行碾压，继续施工时，剔除未经压实的混合料，并将已碾压密实且高程和平整度符合要求的末段挖成一横向（与中心线垂直）的垂直向下的断面，然后再摊铺新的混合料。

八、纵缝处理

- 1. 尽量避免纵向接缝。
- 2. 在不能避免纵向接缝的情况下，纵缝必须垂直相接，严禁斜接。
- 3. 在前一幅摊铺时，在靠后一幅的一侧用方木或钢模板做支撑，基高度应与混合料压实厚度相同。
- 4. 在摊铺另一幅之前，拆除支撑，继续摊铺混合料，整型、碾压。

九、养生

- 1. 经压实后，检查压实度合格，立即开始养生，采用不透水薄膜保湿养生。
- 2. 养生期不宜少于 7d，养生期间应封闭交通。
- 3. 养生期结束，如不立即铺筑面层，则应延长养生期，不宜让基层长期暴晒而使基层开裂。

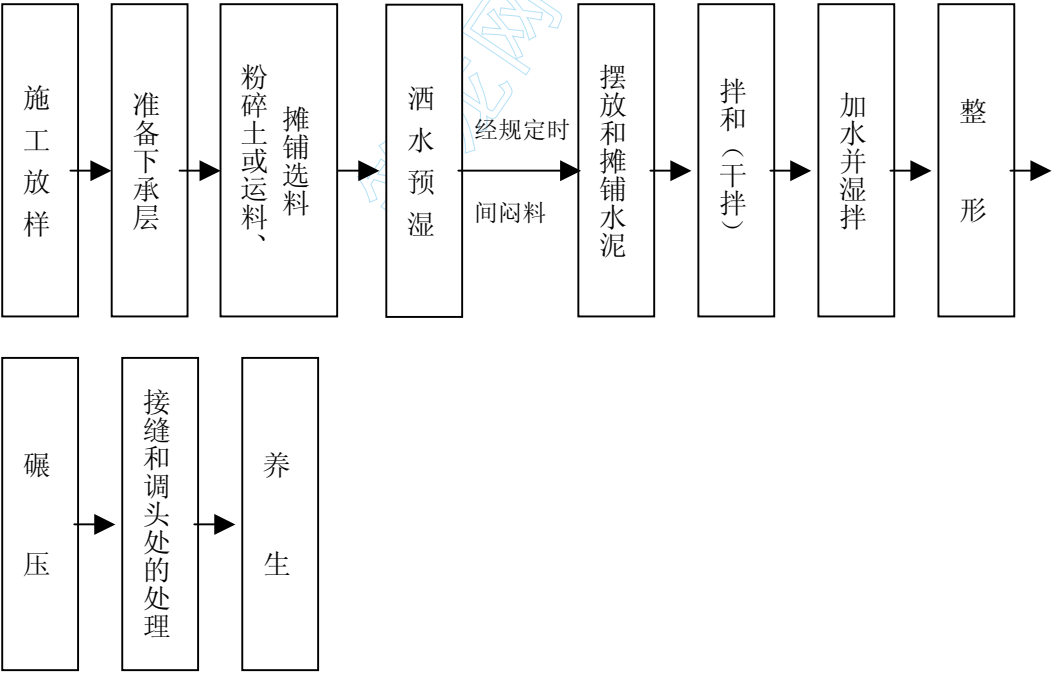
水泥稳定土基层

水泥稳定土施工时，必须采用流水作业法，使各工序紧密衔接。特别是要尽量缩短从拌和到完成碾压之间的延迟时间。所以在施工时应做延迟时间对强度影响的试验，以确定合适的延迟时间，并使此时水泥稳定土的强度仍能满足设计要求。

水泥稳定土基层的施工方法主要有路拌法和中心站集中拌和（厂拌）法两种。

1. 路拌法施工

水泥稳定土路拌法施工与石灰稳定土的施工相似，其工艺流程如图所示。



1) 准备工作

(1) 准备下承层

当水泥稳定土用作基层时，要准备底基层；当水泥稳定土用作底基层时，要准备土基。无论底基层还是土基，都必须按规范进行验收，凡验收不合格的路段，必须采取措施，使其达到标准后，方可铺筑水泥稳定土层。

如底基层或土基已遭破坏，则必须作如下处理：

①对土基必须用 12~15t 三轮压路机或等效的碾压机械进行碾压检验（压 3~4 遍）。在碾压过程中，如发现土过干、表层松散，应适当洒水；如土过湿，发生“弹簧”现象，应采取挖开晾晒、换土、掺石灰或粒料等措施进行处理。

②对于底基层，根据压实度检查和弯沉测定的结果，凡不符合设计要求的路段，必须根据具体情况，分别采用补充碾压、加厚底基层、换填好的材料、挖开晾晒等措施，使其达到标准。

③底基层上的低洼和坑洞，应仔细填补及压实，达到平整。底基层上的搓板和车辙，应刮除；松散处，应耙松洒水并重新碾压。

④逐一断面检查土基或底基层标高是否符合设计要求，平整度、压实度、路拱是否符合规定，且应没有任何松散的材料和软弱地点。

应注意在槽式断面的路段，两侧路肩上每隔一定距离（5~10m）应交错开挖泄水沟或做盲沟，以便排出路基积水。

(2) 测量

首先是在底基层或土基上恢复中线。直线段每 15~20m 设一桩，平曲线段每 10~15m 设一桩，并在对应断面路肩外侧设指示桩。

其次是进行水平测量。在两侧指示桩上用红漆标出水泥稳定土层边缘的设计高。

(3) 确定合理的作业长度

确定路拌法施工每一作业段的合理长度时，应考虑如下因素：水泥的终凝时间；延迟时间对混合料密实度和抗压强度的影响；施工机械和运输车辆的效率和数量；操作的熟练程度；尽量减少接缝；施工季节和气候条件。

一般宽 7~8m 的稳定层，每一流水作业段以 200m 为宜。但每天的第一个作业段宜稍短些，可为 150m。如稳定层较宽，则作业段应该再缩短。

(4) 备料

在采备集料前，应先将料场的树木、草皮和杂土和杂土清除干净。采集集料时，应在预定采料深度范围内自上而下进行，不应分层采集，不应将不合格的集料采集一起。

在集料中超尺寸颗粒应予筛除。对于粘性土，可视土质和机械性能确定土是否需要过筛。

(5) 计算材料用量

方法同石灰稳定土。

2) 集料运输与摊铺

方法与石灰稳定土施工基本相同。

3) 拌和

(1) 摊铺水泥

在人工摊铺的集料上，用 6~8t 两轮压路机碾压一遍，使其表面平整，然后按计算的每袋水泥的纵横间距，用石灰或水泥在集料层上做安放每袋水泥的标记，同时划出摊铺水泥的边线。水泥应当日用汽车直接送到摊铺路段，每袋水泥从汽车上直接卸在做标记的地点，检查有无遗漏和多余。运水泥的车应有防雨设备。打开水泥袋，将水泥倒在集料层上，用刮板将水泥均匀摊开。应注意使每袋水泥的摊铺面积相等，水泥摊铺完后，表面应没有空白，但也不过分集中。

(2) 干拌

①用稳定土拌和机拌和。拌和深度应达稳定层底。应设专人跟随拌和机，随时检查拌和深度并配合拌和机操作员调整拌和深度。严禁在拌和层底部留有“素土”夹层。应略破坏（约1cm左右）下承层的表面，以利上下层粘结。通常应拌和两遍以上。在最后一遍拌和之前，必要时可先用多铧犁紧贴底面翻拌一遍。直接铺在土基上的拌和层也应避免“素土”夹层。

②在没有专用拌和机械的情况下，也可用农用旋转耕作机与多铧犁或平地机相配合进行拌和。先用平地机或多铧犁（4铧犁或5铧犁）将铺好水泥的集料翻拌两遍，使水泥分布到集料中，但不翻犁到底，以防止水泥落到底部。第一遍由路中心开始，将混合料向中间翻，同时机械应慢速前进。第二遍相反，由两边开始，将混合料向外侧翻，接着用旋转耕作机拌和两遍再用多铧犁或平地机将底部料翻起。随时检查调整翻拌深度，使稳定土层全部翻透。严禁在底部留有“素土”夹层，也应防止过多破坏下承层的表面，通常应翻犁两遍，接着再用旋转耕作机拌和两遍，用多铧犁或平地机再翻犁两遍。

③在没有专用拌和机械的情况下，还可以用缺口圆盘耙与多铧犁或平地机相配合，拌和水泥稳定中粒土和粗粒土。用平地机或多铧犁在前面翻拌，用圆盘耙跟随在后面拌和，即采用边翻边耙的方法。圆盘耙的速度应尽量快，使水泥与集料拌和均匀。共翻拌4遍，开始的两遍不应翻犁到底，以防水泥落到底部。后面的两遍，应翻犁到底，随时检查调整翻犁的深度，使稳定土层全部翻透。

（3）洒水的湿拌

干拌过程结束时，特别是在用农业机械进行拌和的情况，如果混合料含水量不足，洒水车的数量应视水源远近而定，常用的洒水车仅两侧各有一个喷嘴，喷出的水量不均匀，不适宜用作路面施工。应在后面改接一根 $\Phi 50\text{mm}$ 、长约2m的横向水平钢管，管壁钻三排， $\Phi 4\text{mm}$ 的孔眼。洒水车不应使洒水中断，洒水距离应长些，水车起洒处和另一端调头处都应超出拌和段2m以上。洒水车不应在正进行拌和的以及当天计划拌和的路段上调头和停留，以防局部水量过大。洒水后，应再次进行拌和，使水分在混合料中分布均匀。拌和机械应紧跟在洒水车后面进行拌和，尤其在纵坡大的路段上应配合紧密，以减少水分流出。洒水及拌和过程中，应及时检查混合料的含水量，可采用含水量快速测定仪测定混合料的含水量。混合料的最佳含水量也可以在现场人工控制。最佳含水量时的混合料，在手中能紧捏成团，落在地上能散开，并应参考室内击实试验最佳含水量的混合料的状态。水分宜略大于最佳值，稳定粗粒土和中粒土，应较最佳含水量大0.5%~1.0%，稳定细粒土，较最佳含水量大1%~2%，不应小于最佳值，以补偿施工过程中水分的蒸发，并有利于减轻延迟时间的影响。在洒水拌和过程中，还要人工配合拣出超尺寸颗粒，消除粗细颗粒“窝”以及局部过分潮湿或过分干燥之处。拌和完成的标志是：混合料没有灰条、灰团和花面，没有粗细颗粒“窝”，且水分合适和均匀。

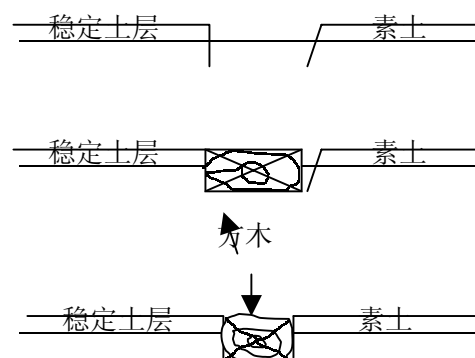
4）整形与碾压

同石灰稳定土。

5）接缝和“调头”处的处理

（1）当天两工作段的衔接处，应搭接拌和。第一段拌和后，留5~8m不进行碾压；第二段施工时，前段留下来压部分，要再加部分水泥重新拌和，并与第二段一起碾压。当天其余各段的接缝都可这样处理。

（2）应十分注意每天最后一段末端缝（工作缝）的处理。工作缝隙和“调头”处的处理如下图所示。在已碾压完成的水泥稳定土层末端沿稳定土挖一条宽约30cm的槽，直挖到下承层顶面。此槽与路的中心线垂直，靠稳定土的面应切成直线，而且应垂直向下。将两根方木（长度为水泥稳定土层宽的一半，厚度与其压实厚度相同）放在槽内，并紧靠着已完成的稳定土，以保护其边缘，不致遭第二天工作时的机械破坏。



横向接缝处理示意图

用原挖出的素土回填槽内其余部分。如拌和机械及其他机械必须到已压成的水泥稳定土层上“调头”，应采取措施保护“调头”部分。一般，可在准备用于“调头”的约 8~10cm 长的稳定土层上，先覆盖一张厚塑料布（或油毡纸），然后在塑料布上盖约 10cm 厚的一层土、砂或砾。第二天，摊铺水泥及湿拌后，除去顶木，用混合料回填。靠近顶木未能拌和的一小段，应人工进行补充拌和。整平时，接缝处的水泥稳定土应较已完成断面高出约 5cm，以便将“调头”处的土除去后，能刮成一个平顺的接缝。整平后，用平地机将塑料布上大部分土除去，注意勿刮破塑料布。然后人工除去余下的土，并收起塑料布。在新混合料碾压过程中，将接缝修整平顺。

（3）工作缝也可按下述方法处理：在水泥稳定土混合料拌和结束后，在预定长度的末端，按前述方法挖一条横贯全路宽的槽，槽内放两根与压实厚度等厚的方木，方木的另一侧用素土回填至 3~5cm 长，然后进行整形和碾压。第二天，邻接的作业段拌和结束后，除去方木，用混合料回填，靠近顶木未能拌和的一小段，应人工进行补充拌和。

（4）纵缝的处理。水泥稳定土层的施工应该避免纵向接缝，在必须分两幅施工时，纵缝必须垂直相接，不应斜接，并按下述方法处理：在前一幅施工时，在靠中央一侧用方木或钢模板做支撑，方木或钢模板的高度与稳定土层的压实厚度相同。混合料拌和结束后，靠近支撑木（或板）的一部分，应人工进行补充拌和，然后整形和碾压。在铺筑另一幅时，或在养生结束后，拆除支撑木（或板）。第二幅混合料拌和结束后，靠近第一幅的部分，应人工进行补充拌和，然后进行整平和碾压。

2. 中心站集中拌和（厂拌）法施工

水泥稳定土可以在中心站用强制式拌和机、双转轴桨叶式拌和机（卧式叶片拌和机）等厂拌设备进行集中拌和，塑性指数小，含土量少的砂砾土、级配碎石、砂、石屑等集料也可以用自落式拌和机拌和。其施工方法与石灰稳定土厂拌法施工基本相同，不作赘述。但应该注意的是：在摊铺过程中，如中断时间已超过 2~3h，又未按横向接缝方法处理，则应将摊铺机附近及其下面未经压实的混合料铲除，并将已碾压密实且高程和平整度符合要求的末端挖成一横向（与路线垂直）垂直向下的断面，然后再摊铺新的混合料。

3. 养生及路缘处理

1) 养生

水泥稳定土基层每一段碾压完成并经压实度检查合格后应立即开始养生，不应延误。但如水泥稳定土分层施工时，下层水泥稳定土碾压完后，过一天就可以铺筑上层水泥稳定土，不需经过 7d 养生期。但在铺筑上层稳定土之前，应始终保持下层表面湿润。为增加上下层之间的粘结性，在铺筑上层稳定土时，宜在下层表面撒少量水泥或水泥浆。此外，如水泥稳定土用作水泥混凝土路面板的基层，且面板是用小型机械施工的，则基层完成后不需养生就可铺筑混凝土面层。

水泥稳定土基层养生方法如下：

①用不透水薄膜或湿砂进行养生。用砂覆盖时，砂层厚 7~10cm，砂铺匀后，应立即洒水，并保持在整个养生期间砂的潮湿状态。也可以用潮湿的帆布、粗麻布、草帘或其他合适的材料覆盖，但不得用湿粘土覆盖。养生结束后，必须将覆盖物清除干净。

②采用沥青乳液进行养生。乳液应采作沥青含量约 35% 的慢裂沥青乳液，使其能透入基层几毫米深。沥青乳液的用量 $1.2 \sim 1.4 \text{ kg/m}^2$ ，宜分两次喷洒。乳液分裂后，宜撒布 3~8mm 或 5~10mm 的小碎（砾）石，小碎石约撒布 60% 的面积（不完全覆盖，但均匀覆盖 60% 的面积，露黑）。养生结束后，沥青乳液相当于透层沥青。也可以在完成基层上立即（或第二天）做下封层，利用下封层进行养生。

③无上述条件时，可用洒水车经常洒水进行养生，每天洒水的次数应视气候而定。整个养生期间应始终保持稳定土层表面潮湿，不应时干时湿。洒水后，应注意表层情况，

必要时，用两轮压路机压实。

除采用沥青养生外，养生期不宜少于 7d，如养生期少于 7d 就已做上承层，则应注意勿使重型车辆通行。若养生期间未采用覆盖等措施，除洒水车外，应封闭交通，若采用了覆盖措施，不能封闭交通时，应限制重车通行，其他车辆的车速不得超过 30km/h。

养生期结束后，应立即喷洒透层沥青或做下封层，并在 5~10d 内铺筑沥青面层。在喷洒透层沥青后，应撒布 3~8mm 或 5~10mm 的小碎（砾）石。如喷洒的透层沥青能透入基层，且运料车辆和面层混合料摊铺机在上行驶不会破坏沥青膜时，可以不撒小碎（砾）石。如面层为水泥混凝土时，也不宜让基层长期暴晒开裂。

水泥碎石基层厂拌法施工

1、材料要求

(1)水泥，普通硅酸盐水泥和矿渣水泥均可，终凝时间应在 6 小时以上，宜采用 325 散装水泥。快硬、早强水泥以及受潮结块变质的水泥不得使用。

(2)碎石，最大粒径 31.5mm（方孔筛）。一律采用规格料配制，不得使用 0~31.5 的混合料。

集料符合规范要求，软弱颗粒和针片状含量不超标，不含山皮土等杂质，各种材料堆放整齐，界限清楚。

2、准备下承层

水泥碎石施工前，应对下承层进行彻底清扫，清除各类杂物及散落材料，用土培好路肩，水泥碎石摊铺时，要保证下承层表面湿润。

3、拌和

拌和设备应有 3~4 个料斗，配有 30t 以上的散装水泥贮藏罐（一般为立式），必须具备 200t/h 以上的拌和设备至少 2 台以上同时向一个摊铺现场供料，否则不准生产。拌和设备必须能够准确控制各种材料的数量，保证配料精确，设备应性能良好，完好率高。

(1)集料必须满足级配要求

(2)料仓或拌缸前应有剔除超粒径石料的筛子。

(3)拌和现场须有一名试验员监测拌和时的水泥剂量、含水量和各种集料的配比，发现异常要及时调整或停止生产，水泥剂量和含水量应按要求的频率检查并做好记录。

(4)各料斗应配备 1~2 名工作人员，时刻监视下料情况，并人为帮助料斗下料，不准出现卡堵现象，否则应及时停止生产。

(5)拌和含水量应较最佳含水量大 1~2%。

4、运输摊铺

摊铺必须用 2 台自动找平具有振捣夯实功能的大功率摊铺机全幅一次性摊铺。

(1)用大型自卸汽车运拌和料至施工现场。

(2)摊铺前应对下承层洒水，使其表面湿润。

(3)两侧均设基准线、控制高程。

(4)摊铺机行进速度要均匀，中途不得变速（不管何时），其速度要和拌和机拌和能力相适应，最大限度地保持均速前进、摊铺不停顿、间断。

5、碾压

用振动式压路机 1~2 台和 18~21T 三轮压路机 2~3 台，及时进行碾压，其方法为首先用振动式压路机静态稳定一遍，然后振动碾压（使中下层达到压实度），最后用三轮压路机碾压，

达到要求的压实度，并保证表面无轮迹（碾压遍数和方法由试验段来确定）。

6、摊铺和碾压现场设专人检验，修补缺陷。

- (1)要有测量员盯在现场，不断检测摊铺和碾压后的标高（左、中、右）及时纠正施工中的偏差。
- (2)挖除大料窝点及含水量超限点，并换填合格材料。
- (3)用拌和好的水泥石屑对表面偏粗的部位进行精心找补。
- (4)对由于摊铺机停顿和碾压推移产生的壅包、壅坎，用铁夯人工夯除。
- (5)用三米直尺逐段丈量平整度，发现异常马上处理。
- (6)快速检测压实度，压实不足尽快补压。压实度控制时一定要留有余地，尽量多压 1~2 遍，自检时压实度按提高一个百分点掌握。

7. 检验

各项指标的检验应在 24 小时内完成，首先表面应均匀无松散等现象（最好跟踪检验）。各项质量指标应满足标准要求，它不仅影响对该层的质量评定，同时也会对沥青表面层的质量和经济效益产生较大的影响。压实度、强度不合格的应返工处理。平整度指标必须在做封层之前，会同驻地监理逐段进行检测。

要求在沥青面层施工前，对水泥碎石的标高逐段进行复测，凡高出标高部分，必须用洗刨机去除。

8、养生

养生是水泥稳定碎石非常重要的一道工序，它直接影响结构层的成型强度和表观质量，施工单位应设专人和专门设备进行养生。

- (1)洒水养生要不少于 7 天，且必须经常保持结构层表面湿润。
- (2)直接作封层进行养生，按工艺要求及时进行封层施工，但作封层前必须进行洒水养生。
- (3)养生期内（7 天）除洒水及封层施工车外，应彻底断交，必须有切实禁止车辆通行的强制措施（如设路障、专人看管等）。即使超过养生期末作封层前也必须断交。

9、接头处理

接头一律为垂直衔接，或用方木进行端头处理，或碾压后挂线直接挖除至标准断面，用三米直尺进行检验，以确认接头处理是否到位。

10、要点提示

- (1)自加水拌和到碾压完毕的延迟时间不大于 3 小时，即一定要在此时间段内完成施工和压实度检测。
- (2)养生期内或作封层前要彻底断交，措施必须跟上，此间若有违禁车通过，将视为缺陷工程，不予接收，这一点特别重要。
- (3)水泥碎石具有不可再塑性。所以施工时一定要精益求精，除洗刨外一切缺陷的修补都要在允许的延迟时间内完成。
- (4)摊铺过程中因故停机超过 2 小时，要按工作缝（接头）处理。
- (5)由于水泥碎石的时效性强，各项组织、准备一定要充分，衔接要紧密，施工要连续（一天只留一道工作缝，中午不间断），最大限度地减少施工损失，并提高质量。
- (6)废弃料不准抛撒在边坡、路肩及中央分隔带内。
- (7)不低于 200t/h 拌和设备至少二台以上同时拌和，两台摊铺机一次性全幅摊铺。
- (8)配料准确，尤其是水泥剂量更要准确（至关重要）。
- (9)雨季施工时，细料要覆盖，防止着雨结团，计量失准。

(10)处于养生期间内的路段，必须设置明显的标志牌。

沥青路面

沥青路面施工前的准备工作

施工前的准备工作主要有确定料源及进场材料的质量检验、施工机具检查、修筑试验路段等工作。

一、确定料源及进场材料的质量检验

1、沥青材料

在全面了解各种沥青料源、质量及价格的基础上，无论是进口沥青还是国产沥青，均应从质量和经济两方面综合考虑选用。对进场沥青，每批到货均应检验生产厂家所附的试验报告，检查装运数量、装运日期、定货数量、试验结果等。对每批沥青进行抽样检测，试验中如有一项达不到规定要求时，应加倍抽样做试验，如仍不合格，则退货并索赔。沥青材料的试验项目有：针入度、延度、软化点、薄膜加热、蜡含量、密度等。有时根据合同要求，可增加其它非常规测试项目。

沥青材料的存放应符合下列要求

①沥青运至沥青厂或沥青加热站后，应按规定分摊进行检验其主要性质指标是否符合要求，不同种类和标号的沥青材料应分别贮存，并应加以标记。

②临时性的贮油池必须搭盖棚顶，并应疏通周围排水渠道，防止雨水或地表水进入池内。

2、矿料

矿料的准备应符合下列要求：

①不同规格的矿料应分别堆放，不得混杂，在有条件时宜加盖防雨顶棚。

②合种规格的矿料到达工地后，对其强度、形状、尺寸、级配、清洁度、潮湿度进行检查。如尺寸不符合规定要求时，应重新过筛，若有污染时，应用水冲洗干净，待干燥后方可使用。

选择集料料场是十分重要的，对粗集料料场，重要是检查石料的技术标准能否满足要求，如石料等级、饱水抗压强度、磨耗率、压碎值、磨光值及石料与沥青的粘结力，以确定石料料场。实际中，有些石料虽然达到了技术标准要求，但不具备开采条件，在确定料厂时也应慎重考虑。对各个料场采取样品，制备试件、进行试验，并考虑经济性后确定。碎石受石料本身结构与加工设备（颚式或锤式轧石机）的影响较大，应先试轧，检验其有关指标，以防止不合格材料入场。

细集料的质量是确定料场的重要条件。进场的砂、石屑及矿粉应满足规定的质量要求。

二、施工机械检查

沥青路面施工前对各种施工机具应作全面检查，并应符合下列要求。

(1) 洒油车应检查油泵系统、洒油管道、量油表、保温设备等有无故障，并将一定数量沥青装入油罐，在路上先试洒、校核其洒油量，每次喷洒前应保持喷油嘴干净，管道畅通，喷油嘴的角度应一致，并与洒油管呈 $15^{\circ} \sim 25^{\circ}$ 的夹角。

(2) 矿料撒铺车应检查其传动和液压调整系统，并应事先进行试撒，以确定撒铺每一种规格矿料时应控制的间隙和行驶速度。

(3) 沥青混合料拌和与运输设备的检查。拌和设备在开始运转前要进行一次全面检查，注意联结的紧固情况，检查搅拌器内有无积存余料，冷料运输机是否运转正常，有无跑偏现象，仔细检查沥青管道各个接头，严禁吸沥青管有漏气现象，注意检查电气系统。对于机械传动部分，还要检查传动链的张紧度。检查运输车辆是否符合要求，保温设施是否齐全。

(4) 摊铺机应检查其规格和主要机械性能，如振捣板、振动器、熨平板、螺旋摊铺器、离合器、乱板送料器、料斗闸门、厚度调节器、自动找平装置等是否正常。

(5) 压路机应检查其规格和主要机械性能（如转向、启动、振动、倒退、停驶等方面的能力）及滚筒表面的磨损情况，滚筒表面如有凹陷或坑槽不得使用。

三、铺筑试验路段

高等级公路在施工前应铺筑试验段，铺筑试验段是不可缺少的步骤，应该成为一种制度。

其它等级公路在缺乏施工经验或初次使用重大设备时，也应铺筑试验段。试验段的长度应根据试验目的确定，宜为 100~200m，太短了不便施工，得不出稳定的数据。试验段宜在直线段上铺筑。如在其它道路上铺筑时，路面结构等条件应相同。路面各层的试验可安排在不同的试验段。

热拌热铺沥青混合料路面试验段铺筑分试拌及试铺两个阶段，应包括下列试验内容：

(1) 根据沥青路面各种施工机械相匹配的原则，确定合理的施工机械、机械数量及组合方式。

(2) 通过试拌确定拌和机的上料速度、拌和数量与时间、拌和温度等施工工艺。

(3) 通过试铺确定以下各项：

①透层沥青的标号与用量、喷洒方式、喷洒温度；

②摊铺机的摊铺温度、摊铺速度、摊铺宽度、自动找平方式等施工工艺；

③压路机的压实顺序、碾压温度、碾压速度及碾压遍数等压实工艺；

④确定松铺系数、接缝施工方法等。

(4) 验证沥青混合料配合比设计结果，提出生产用的矿料配比和沥青用量。

(5) 建立用钻孔法及核子密度仪法测定密实度的对比关系。确定粗粒式沥青混凝土或沥青碎石面层的压实标准密度。

(6) 确定施工产量及作业段的长度，制订施工进度计划。

(7) 全面检查材料及施工质量。

(8) 确定施工组织及管理体系、人员、通讯联络及指挥方式。

在试验段的铺筑过程中，施工单位应认真做好记录分析，监理工程师或工程质量监督部门应监督、检查试验段的施工质量，及时与施工单位商定有关结果。铺筑结束后，施工单位应就各项试验内容提出试验总结报告，并取得主管部门的批复，作为施工依据。

封层施工

1、材料

(1)沥青：封层沥青采用乳化沥青 PC-2、PA-2。制作乳化沥青的沥青材料要求：凡在施工现场生产乳化沥青的，其沥青材料一律采用同底面层相同的沥青（即进口 70#沥青）；场外生产的一律采用 100#石油沥青。

(2)集料：采用粗集料，其质量应满足封层粗集料技术规范要求。

2、施工要求

(1)封层施工前，基层顶面应彻底清扫干净，尤其是桥涵、通道面上，一定要清除灰浆等各种杂物，保持清洁，并保持适宜湿度，经监理检查合格并签认评测后进行。清扫最好用清扫机完成，局部要用水冲洗干净。标高的合格率不低于 85%，平整度满足要求。

(2)气候条件：洒布沥青材料的气温不能低于 15℃，且是稳定而上升的温度，风速适度，有雾或下雨不应施工。

(3)洒油率及碎石用量：用沥青洒布车一台（性能良好、洒布均匀、洒布量准确），按规定的量洒布沥青，石料宜用撒料机撒布。第一次喷洒浓度为 35%的乳化沥青，以加强渗透，乳化沥青用量 $1.0-1.2\text{kg/m}^2$ ； $C_{25,3}(S)$ 不低于 8.5；第二次洒铺浓度 50%的乳化沥青，用量 $1.0-1.2\text{kg/m}^2$ ； $C_{25,5}(S)$ 不低于 13。两次间隔时间以第一次洒布的乳化沥青破乳不粘轮胎为宜，第二次洒布乳化沥青破乳后应立即撒铺碎石，碎石用量 $4-5\text{m}^3/1000\text{m}^2$ ，碎石覆盖率 80%左右，其粒径 3-8mm，并用轻型压路机碾压 1-2 遍，乳化沥青洒布温度应不低于 50℃。第一次洒布后，应严格控制一切车辆的通行，第二次及撒铺碎石后，应严格按照 JTJ034-94《公路沥青路面技术规范》的要求执行。水泥碎石处于 7 天养生期内则禁止一切车辆通行，即使超出 7 天养生期也应控制交通，禁止非施工车辆通行，同时保证不对封层造成各种污染。

3、质量检查和验收

水泥碎石施工完成后，应立即组织质量检查和验收，处理质量缺陷，对合格的水泥碎石基层可在施工完毕的 2-5 天内进行封层的施工，完成封层的水泥碎石基层可停止洒水养生。

沥青表面处治路面

1. 施工程序

层铺法沥青表面处治施工，有先油后料和先料后油两种方法，其中以前者使用较多，现以三层式为例说明其工艺程序。

三层式沥青表面处治路面施工程序为：备料→清扫基层、放样和安装路缘石→浇洒透层沥青→洒布第一次沥青→撒铺第一次矿料→碾压→洒布第二层沥青→铺撒第二层矿料→碾压→洒布第三层沥青→铺撒第三层沥青→碾压→初期养护。

单层式和双层式沥青表面处治的施工程序与三层式相同，仅需相应地减少两次或一次洒布沥青、铺撒矿料与碾压工序。

1) 路面附属物的处理

(1)路缘石。城市道路的侧石（立式路缘石）、平石（卧式路缘石）和公路缘石（卧式路缘石）统称路缘石。侧石是指在城市道路中人行道或绿化带高出路面时，为保护和支承边缘用的立式路缘石；平石是指在城市道路中紧接侧石及路面边缘处，为起排水和保护路边用的卧式路缘石；缘石是指在公路上为使路面与路肩分界和保持路边用的卧式路缘石。路缘石应有足够的强度，抗风化和耐磨耗的能力，其表面应平整、无脱皮现象。

外路缘石有水泥混凝土、条石、块石等，应根据要求和条件选用。水泥混凝土路缘石持久变形尺寸（长、宽、高）偏差不得超过±5mm，外露面缺边、缺角长度不得大于 20mm，并不得多于一处。路缘石的施工应符合下列要求：

- ①路缘石应在沥青面层施工前铺砌；
- ②路缘石基础要坚固、稳定，可用水泥砂、石灰稳定土、石灰稳定工业废渣（土）以及砂砾等作为基础；
- ③石料或水泥混凝土路缘石铺砌后宜用水泥砂浆勾缝；
- ④公路路缘石铺砌后应及时回填或采取其它保护措施。

（2）雨水进出口。雨水进水口可分侧立式、平卧式两种。侧立式应设置在侧石的位置，平卧式应设置在平石的位置。平卧式进水口盖座外边缘与侧石边距离不得大于 5cm，并不得伸进侧石的边线。

（3）检查井。检查井包括雨水、污水、给水、煤气、电话、电缆等附属设施的检查井。检查井应在路面施工前安装，并经一定时间养护，待水泥砂浆硬化后才可铺筑路面。检查井盖板底座应铺砌牢固，四周应仔细夯实，盖板顶面标高应与路面标高一致。

2) 清扫基层

在表面处治层施工前，应将路面基层清扫干净，使基层矿料大部分外露，并保持干燥。对有坑槽、不平整的路段应先修补和整平，若基层整体强度不足，则应先予补强。

3) 浇洒透层沥青

透层是为使沥青面层与非沥青材料基层结合良好，在基层上浇洒乳化沥青、煤沥青或液体沥青而形成的透入基层表面的薄层。沥青路面的级配砂砾、级配碎石基层及水泥、石灰、粉煤灰等无机结合料稳定土或粒料的半刚性基层上必须浇洒透层沥青。

透层沥青宜采用慢裂的洒布型乳化沥青，也可采用中、慢凝液体石油沥青或煤沥青。透层沥青的稠度宜通过试洒确定，表面致密的半刚性基层宜采作渗透性好的较稀的透层沥青，级配砂砾、级配碎石等粒料基层宜采用较稠的透层沥青。各种透层沥青的品种和用量可按下表选定。

沥青路面透层及粘层材料的规格与用量

用 途		乳化沥青		规 格		煤 沥 青	
		规格	用量(L/m ²)	规 格	用量(L/m ²)	规 格	用量(L/m ²)
透 层	粒料基层	PC—2 PA—2	1.1~1.6	AL(M)—1(2) AL(S)—1(2)	0.9~1.2	T-1 T-2	1.0~1.3
	半刚性基层	PC—2 PA—2	0.7~1.1	AL(M)—1(2) AL(S)—1(2)	0.6~1.0	T-1 T-2	0.7~1.0
粘 层	沥青层	PC—3 PA—3	0.3~0.6	AL(R)—1(2) AL(M)—1(2)	0.3~0.5	T-3、T-4 T-5	0.3~0.6
	水泥混凝土	PC—3 PA—3	0.3~0.5	AL(R)—1(2) AL(M)—1(2)	0.2~0.4	T-3、T-4 T-5	0.3~0.5

透层应紧接在基层施工结束表面稍干后浇洒。当基层完工后时间较长，表面过分干燥时，应在基层表面少量洒水，并待表面稍干后浇洒透层沥青。

透层沥青应采用沥青洒布车喷洒，当用于表面处治或贯入式路面喷洒沥青的喷嘴不能保证喷洒均匀时，应更换喷嘴。在浇洒透层沥青时还应注意以下事项：

- ①浇洒透层前，路面应清扫干净，对路缘石及人工构造物应适当防护，以防污染；
- ②透层沥青洒布后应不致流淌，渗透入基层一定深度不得在表面形成油膜；
- ③如遇大风或即将降雨时，不得浇洒透层沥青；
- ④气温低于 10℃时，不宜浇洒透层沥青；

⑤应按设计的沥青用量一次浇洒均匀,当有遗漏时,应用人工补洒;

⑥浇洒透层沥青后,严禁车辆、行人通过;

⑦在铺筑沥青面层前,若局部地方尚有多余的透层沥青未渗入基层时,应予清除。

在无机结合料稳定半刚性基层上浇洒透层沥青后,应立即撒布用量为 $2\sim 3\text{m}^3/\text{km}^2$ 的石屑或粗砂。在无结合料稳定半刚性基层上浇洒透层沥青后,当不能及时铺筑面层,并需开放施工车辆通行时,也应撒铺适量的石屑或粗砂,此种情况下,透层沥青用量宜增加 10%。撒布石屑或粗砂后,应用 6~8t 钢筒式压路机稳压一遍。当通行车辆时,应控制车速。在铺筑沥青面层前如发现局部地方透层沥青剥落,应予修补,当有多余的浮动石屑或砂时,应予扫除。

透层洒布后应尽早铺筑沥青面层。当用乳化沥青作透层时,洒布后应待其充分渗透、水分蒸发后方可铺筑沥青面层,此段时间不宜少于 24h。

4) 洒布第一次沥青

在透层沥青充分渗透后,或在已做透层并已开放交通的基层清扫后,即可洒布第一次沥青。沥青的浇洒温度根据施工气温及沥青标号选择,石油沥青的洒布温度宜为 $130^{\circ}\text{C}\sim 170^{\circ}\text{C}$,煤沥青的洒布温度宜为 $80^{\circ}\text{C}\sim 120^{\circ}\text{C}$,乳化沥青在常温下洒布,当气温偏低,破乳及成形过慢时,可将乳液加温后洒布,但乳液温度不得超过 60°C ,在洒布过程中,如发现洒布数不足,有空白,缺边等应立即用人工补洒,有积聚现象应予刮除。

沥青洒布的长度应与矿料铺撒相配合,应避免沥青洒布后等待较长时间才铺撒矿料。

在每段接茬处,可用铁板或建筑纸等横铺在本段起洒点前及终点后,宽度为 1.0~1.5m。如需分两幅洒布时,应保证接茬搭接良好,纵向搭接宽度宜为 10~15cm。洒布第二次、第三次沥青,搭接缝应错开。

5) 铺撒第一次矿料

洒布第一次沥青后(不必等全段洒完),应立即铺撒第一次矿料(当使用乳化沥青时,集料撒布必须在乳液破乳之前完成)。其数量按规定一次撒足。局部缺料或过多处,用人工适当找补,或将多余矿料扫出。两幅搭接处,第一幅洒布沥青后应暂留 10~15cm 宽度不撒矿料,待第二幅洒布沥青后一起铺撒矿料。

无论机械或人工铺撒矿料,撒料后应及扫匀,普遍覆盖一层,厚度一致,不应露沥青。

6) 碾压

铺撒一段矿料后(不必等全段铺完),应立即用 6~8t 钢筒双轮压路机或轮胎压路机碾压。碾压时应从路边逐渐移至路中心,然后再从另一边开始压向路中心。每次轮迹重叠宽度宜为 30cm,碾压 3~4 遍。压路机行驶速度开始不宜超地 2km/h,以后可适当增加。

7) 第二层、第三层施工

第二层、第三层的施工方法和要求与第一层相同。但可采用 8~10t 压路机。当使用乳化沥青时,第二层撒布 S_{12} 碎石作嵌缝料后尚应增加一层封层料。其规格为 S_{14} ,用量为 $3.5\sim 5.5\text{m}^3/\text{km}^2$ 。

8) 初其养护

除乳化沥青表面处治应待破乳后水分蒸发并基本成形后方可通车外,其它处治碾压结束后即可开放交通。通车初期应设专人指挥交通或设置障碍物控制行车,使路面全部宽度获得均匀压实。成形前应限制行车速度不超过 20km/h。

在通车初期,如有泛油现象,应在泛油地点补撒与最后一层矿料规格相同的养护料(城市道路的养护料,宜在施工时与最后一遍料一起铺撒),并仔细扫匀。过多的浮动矿料应扫出路外,以免搓动其它已经粘着在位的矿料,当有其它破坏现象,应及时进行修补。

2. 施工要求

沥青表面处治施工应符合下列要求

(1) 沥青表面处治宜选择在一年中干燥和较炎热的季节施工,并宜在日最高温度低于 15°C 到来以前半个月结束。

(2) 各工序必须紧密衔接,不得脱节,每个作业段长度应根据压路机数量、洒油设备等来确定。当天施工的路段应当天完成,以免产生因沥青冷却而不能裹覆矿料和尘土污染矿料等不良后果。

(3) 除阳离子乳化沥青外不得在潮湿的矿料或基层上洒油。当施工中遇雨时,应待矿料晾干后才能继续施工。雨季施工应逐日了解气象预报,施工路段宜在雨前完成各项工序。

(4) 对于道路上的各种井盖座、侧、平台等外露部分以及人行道面等,洒油时应加遮盖,防止污染,影响路容路貌。

沥青贯入式路面

1、施工程序

沥青贯入式面层的施工程序为:备料⇒放样和安装缘石⇒清扫基层⇒浇洒透层或粘层沥青⇒铺撒主层集料⇒第一次碾压⇒洒布第一次沥青⇒铺撒第一次嵌缝料⇒第二次碾压⇒洒布第二次沥青⇒铺撒第二次嵌缝料⇒第三次碾压⇒洒布第三次沥青⇒铺撒封面集料⇒最后碾压⇒初期养护⇒封层。其中,备料、放样和安装路缘石、清扫基层、初期养护等工序与沥青表面处治路面相同,这里就其余工序分述如下。

1) 浇洒透层或粘层沥青

浇洒透层沥青前面已经介绍,这里介绍粘层。粘层是使新铺沥青面层与下层表面粘接良好的而浇洒的一种沥青薄层,适用于以下情况:

①旧沥青路面作基层时;

②在修筑沥青面层的水泥混凝土路面或桥面上;

③在沥青面层容易产生推移的路段(如陡坡、急弯及街道的交叉口和停车站等)的基层上;

④所有与新铺沥青混合料接触的侧面,如路缘石、雨水进水口、各种检查井。

粘层的沥青材料宜用快裂的洒布型乳化沥青,也可采用快、中凝液体石油沥青 1、(AL(R)—1、AL(R)—2、AL(M)—3、AL(M)—4、AL(M)—5)或煤沥青(T—3、T—4、T—5)。粘层石油沥青用量宜为 $0.4 \sim 0.6 \text{ kg/m}^2$,煤沥青宜比石油沥青用量增加 20%。

粘层沥青宜用沥青洒布车喷洒,喷洒粘层沥青应注意:

①要均匀洒布或涂刷,特别是在路缘石、雨水进水口,检查井等局部应用刷子人工涂刷均匀。对浇洒过量处应予以刮除;

②路面有杂物、尘土时应清除干净。当有沾粘的土块时,应用水刷净,待表面干燥后浇洒;

③当气温低于 10°C 或路面潮湿时,不得浇洒粘层沥青;

④浇洒粘层沥青后,严禁除沥青混合料运输车外的其它车辆、行人通过

2) 铺撒主层集料

摊铺集料应避免大、小颗粒集中,并应检查其松铺厚度。应严禁车辆在铺好的矿料层上通行。

3) 第一次碾压

主层矿料摊铺后应先用 $6 \sim 8 \text{ t}$ 的压路机进行初压,速度宜为 2 km/h ,碾压应自路边缘逐渐移向中心,每次轮迹重叠宜为 30 cm ,接着应从另一侧以同样方法压至路中心。碾压一遍后应检验路拱和纵向坡高,当有不符合要求时应找平再压,并宜碾压 2 遍,使石料基本稳定,无

显著移动为止。然后应用 10~12t 压路机（厚度大的贯入式路面可用 12~15t 压路机）进行碾压，每次轮迹应重叠 1/2 以上，并应碾压 4~6 遍，直至主层矿料嵌挤紧密，无显著轮迹为止。

4) 洒布第一次沥青

主层矿料碾压完毕后，即应洒布第一次沥青。其作业要求与沥青表面处治相同。当采用乳化沥青贯入时，为防止乳液下漏过多，可在主层集料碾压稳定后，先撒布一部分上一层嵌缝料，再浇洒主层沥青。乳化沥青在常温下洒布，当气温低，需要加快破乳速度时，可将乳液加温后洒布，但乳液温度不得超过 60° C。

5) 铺撒第一次嵌缝料

主层沥青洒布后，应立即趁热铺撒第一次嵌缝料，铺撒应均匀，铺撒后应立即扫匀，个别不足处应找补。当使用乳化沥青时，石料撒布必须在乳液破乳前完成。

6) 第二次碾压

嵌缝料扫匀后应立即用 8~12t 压路机进行碾压，轮迹重叠 1/2 左右，随压随扫，使嵌缝料均匀嵌入，宜碾压 4~6 遍，如因气温高，在碾压过程中发生蠕动现象时，应立即停止碾压，待气温稍低时再继续碾压。

碾压密实后，可洒布第二次沥青，铺撒第二次嵌缝料，第三次碾压，洒布第三次沥青，铺撒封层料，最后碾压，施工要求同上，最后碾压采用 6~8t 压路机，碾压 2~4 遍即可开放交通。

如果沥青贯入式路面表面不撒布封层料，加铺沥青混合料拌和层时，应紧跟贯入层施工，使上下成为一整体。贯入部分采用乳化沥青时，应待其破乳、水分蒸发且成形稳定后方可铺筑拌和层。当拌和层与贯入部分不能连续施工，又要在短期内通行施工车辆时，贯入层与贯入部分的第二遍嵌缝料应增加用量 $2\sim3\text{m}^3/\text{km}^2$ 。在摊铺拌和层沥青混合料前，应清除贯入层表面的杂物、尘土以及浮动石料，再补充碾压一遍，并应浇洒粘层沥青。

2、施工要求

对沥青贯入式路面施工要求与沥青表面处治基本相同。适度的碾压在贯入式路面施工中极为重要。碾压不足会影响矿料嵌挤稳定，且易使沥青流失，形成层次，上、下部沥青分布不均，但过度的碾压，则矿料易于压碎，破坏嵌挤原则，造成空隙减少，沥青难以下渗，形成泛油。因此，应根据矿料的等级、沥青材料的标号、施工气温等因素来确定各次碾压所使用的压路机质量和碾压遍数。

3、封层施工

封层是指在路面上或基层上修筑的一个沥青表面处治薄层，其作用是封闭表面空隙、防止水分浸入面层（或基层）、延缓面层老化、改善路面外观等。封层分为上封层和下封层两种。沥青贯入式作面层时，应铺上封层（在沥青面层以上修筑的一个薄层）；沥青贯入式作沥青混凝土路面的联结层或基层时，应铺下封层（在基层上修筑的一个薄层）；上封层适用于：在空隙较大的沥青层上，有裂缝或已进行填缝及修补后的旧沥青路面上。下封层适用于：在多雨地区采用空隙较大的沥青面层的基层上，在铺筑基层后。因推迟修筑沥青面层，且须维持一段时间交通（2~3 个月）时。

上封层的沥青材料宜用：道路石油沥青 A—100、A—140、A—180、AH—90、AH—110、AH—130；乳化沥青 PC—3、PA—3、BC—3、BA—3；煤沥青 T—5、T—6、T—7。下封层的沥青材料宜用：道路石油沥青 A—180、A—100、A—140、AH—110、AH—130；液体石油沥青 AL (M) —5、AL (M) —6 及 AL (S) —5、AL (S) —6；煤沥青 T—4、T—5、乳化沥青 PC—2、PA—2、BC—2、BA—2。

沥青的标号应跟据当地气候情况确定。封层的沥青用量：石油沥青宜为 $1.0 \sim 1.3 \text{kg/m}^2$ 上封层应采用低限，下封层应采用中高限；煤沥青用量宜增加 20%。

(1) 层铺法沥青表面处治铺筑上封层的集料质量应与沥青表面处治的要求相同，下封层矿料质量可酌情降低。矿料尺寸可采用 $3 \sim 5 \text{mm}$ 、 $3 \sim 10 \text{mm}$ 或 $8.5 \sim 10 \text{mm}$ 等。封层的矿料用量可根据矿料尺寸、形状、种类等情况确定，一般宜为 $5 \sim 8 \text{m}^3/\text{km}^2$ 。

(2) 拌和法沥青表面处治铺筑上封层及下封层，应按热拌沥青混合料方法及要求进行。当铺筑下封层时，宜采用 AC—5（或 LH—5）砂粒式沥青混凝土，厚度宜为 1.0cm。

(3) 采用乳化沥青稀浆封层作为上封层（不宜作新建的高速、一级公路的上封层）及下封层时，稀浆封层的厚度宜为 $3 \sim 6 \text{mm}$ 。稀浆封层混合料的类型及矿料级配，可根据处治目的、道路等级选择，铺筑厚度、集料尺寸及摊铺用量按表选用。

乳化沥青稀浆封层的集料级配及沥青用量

项 目	筛孔 (mm)	级配类型		
		ES—1	ES—2	ES—3
通过筛孔的质量百分率%	9.5		100	100
	4.75	100	90~100	70~90
	2.36	90~100	65~90	45~70
	1.18	65~90	45~70	28~50
	0.6	40~65	30~50	19~34
	0.3	25~42	18~30	12~25
	0.15	15~30	10~21	7~18
	0.075	10~20	5~15	5~15
沥青用量(油石比) (%)		10~16	7.5~13.5	6.5~12
适宜的稀浆封层平均厚度(mm)		2~3	3~5	4~6
稀浆混合料用量(kg/m^2)		3~5.5	5.5~8	78

注：①表中沥青用量指乳化沥青中水分蒸发后的沥青数量，乳化沥青用量可按其浓度计算；

②ES—1 型适用于较大裂缝的封缝或中、轻交通道路的薄层罩面处理，ES—2 型是铺筑中等粗糙度磨耗层最常用的级配，也可适用于旧路修复罩面；ES—3 型适用于高速、一级公路的表层抗滑处理，铺筑高粗糙度的磨耗层。

稀浆封层可采用慢裂或中裂的拌和型乳化沥青铺筑。当需要减缓破乳速度时，可掺加适量的氧化钙作外加剂。当需要加快破乳速度时，可采用一定数量的水泥或消石灰粉作填料。稀浆封层混合料中沥青乳液的用量可按表 9—15 的范围并通过试验确定。要求混合料的湿轮磨耗试验的磨耗损失不宜大于 800g/m^2 ；轮荷压砂试验的砂吸收量不宜大于 600g/m^2 。稀浆封层混合料的加水量应根据施工摊铺和易性的程度由稠度试验确定，要求的稠度应为 $2 \sim 3 \text{cm}$ 。

稀浆封层施工时应注意以下事项：

- ①应在干燥情况下进行施工，且施工时气温不应低于 10°C ；
- ②应用稀浆封层铺筑机施工。铺筑机应具有贮料、送料、拌和、摊铺和计量控制等功能。摊铺时应控制如集料、填料、水、乳液配合比例。当铺筑过程中发现有一种材料用完时，必须立即停止铺筑，重新装料后再继续进行。搅拌形成的稀混合料应符合质量要求，并有良好的施工和易性；
- ③稀浆封层铺筑机工作时应匀速前进，达到厚度均匀、表面平整的要求；
- ④稀浆封层铺筑后，必须待乳液破乳、水分蒸发、干燥成形后方可开放交通。

表面处治与贯入式路面机械化施工

沥青表面处治与沥青贯入式路面施工，所用的机械与设备主要是沥青洒布机和碎石（石屑）铺撒机，以及沥青罐车和压路机等。由于使用的机械单一。因此可以采用机械化流水作业法施工。

（一）沥青洒布车施工作业

1. 沥青洒布车分层洒布量的确定

沥青洒布车作分层洒布时，首先应根据要求确定每层的洒布量。沥青洒布量的多少与洒布车的行驶速度、洒布宽度以及沥青泵的生产率有关。其关系为：

$$Q_L = qvB$$

式中： Q_L —— 沥青泵的生产率，L/min；
 v —— 洒布车的行驶速度，m/min；
 B —— 洒布宽度，m；
 q —— 每平方米面积洒布量，L/m²。

依照公式，根据泵的生产率、洒布宽度即可确定洒布车行的驶速度。如表所列。

根据洒布量、泵生产率、洒布宽度确定洒布车行驶速度 v

洒布量 (L/m ²)	泵 生 产 率 (L/min)					
	1090	871	651	560	447	337
	洒 布 车 行 驶 速 度 (m/min)					
1.5	290	232	174	150	126	90
2	218	174	133	112	89	68
2.5	174	139	106	90	70	56
7	62	50	38	32	29	10

注：洒布宽度为 2.5m

如果沥青泵由独产的发动机来驱动，也应根据洒布宽度、泵生产率和洒布量来拟定洒布车的行驶速度。如果沥青泵是由汽车的分动箱来驱动，则应根据洒布宽度、泵生产率、以及汽车变速箱和分动箱的速比来计算其洒布量。此时，泵的生产率与汽车行驶速度成正比。计算后同样可以列出洒布车在各种工作速度时的洒布量。

设计好上述作业表后，将洒布宽度的各控制阀由洒布手控制，驾驶员按表列行驶速度工作，即可保证达到规定的洒油量。

2. 每次洒布路段长度的确定

为了便于施工，当沥青洒布量确定后，应进一步确定每一罐洒布路段长度，即：

$$L = \frac{VK}{qB}$$

式中： L —— 洒布路段长度，m；
 V —— 洒布车油罐容积，L；
 K —— 两洒布带重叠系数，一般取 0.90~0.95；
 B —— 洒布的路面宽度，m；
 q —— 单位面积洒布量，L/m²。

3. 沥青洒布车生产率的计算

沥青洒布车生产率主要视沥青的运距、洒布车的准备工作和施工组织而定。其生产率用下式计算：

$$Q_P = VK_H n_P$$

式中： Q_P ——沥青洒布车的生产率，L/d；
 V ——沥青洒布车油罐容量，L；
 K_H ——油罐充满系数，一般取 0.95~0.98；
 n_P ——洒布车每班洒布次数，按下式计算：

$$n_P = 60t_T K_B / \sum t$$

式中： t ——每天工作时间，h；
 K_B ——时间利用系数，一般取 0.85~0.90；
 t_T ——洒布车每一个循环所需时间，min；

$$t_T = t_1 + \frac{L_1}{v_1} + \frac{L_1}{v_2} + t_2 + t_3 + t_4$$

式中： t_1 ——加满油罐沥青所需时间，min；
 L_1 ——由沥青基地至工地的距离，km；
 v_1 ——洒布车重车行驶速度，km/min；
 v_2 ——洒布车空车行驶速度，km/min；
 t_2 ——洒布一罐沥青所需时间，min；
 t_3 ——洒布车两处调头倒车时间，min；
 t_4 ——准备洒布所需时间，min。

从上述过程中我们可以看出沥青表面处治或沥青贯入式施工就是利用洒布车在路面上喷洒一定的数量的沥青。同时也看出沥青洒布车用于洒布沥青的时间很短，而大部分时间都用于运输。这样不但影响了洒布车的利用率，同时也影响洒布工作的进行，增加了非生产辅助时间，由于长距离运行，必然增加洒布车的数量，这样就更不合理。为了更好的组织施工，减少洒布车的用量，目前大型工程中多用大型沥青保温罐进行运输和贮存，减少了沥青的运输距离，使洒布车的生产率大大提高。保温罐车的用量 n 可用下式计算：

式中： ——保温油罐容量，L；

$$n = \frac{Q}{t_T V K_H}$$

——保温油罐的充满系数；
 Q ——洒布车只进行洒布不进行距离运输时的生产率，L/d；
 t_T ——保温油罐往返工地与沥青基地之间一次所用时间，h。

（二）矿料铺撒机（摊铺机）施工作业

当沥青洒布车洒布沥青后，接着把自卸车运来的矿料送入矿料铺撒机（摊铺机）进行铺撒。

矿料铺撒机铺撒时，首先将装满矿料的自卸车驶至铺撒机的前方与之对接，然后汽车低速倒驶，并将车箱缓缓升起，使矿料均匀地落入铺撒机料斗，再经供料辊铺撒。当矿料铺撒完后，脱开连接，自卸车驶入料场装料。此后铺撒机与下一辆装满矿料的自卸车对接，继续上述作业。

铺撒机铺撒的矿料厚度，由站在操纵台上工作人员通过调节器来实现。

当使用自行式矿料铺撒机铺撒时，此时自卸车只需将矿料卸入铺撒机，铺撒机便可自行

铺撒。

沥青砼路面

A. 施工准备

- a. 选购经调查试验合格的材料进行备料，矿料应分类堆放，矿粉必须是石灰岩磨细而成，不得受潮，必要时做好矿料堆放场地的硬化处理和场地四周排水设施及搭设矿粉库房或储存罐。
- b. 做好配合比设计报送监理工程师审批，对各种原材料进行符合性检验。
- c. 在验收合格的基层上恢复中线（底面层施工时）在边线外侧 0.3-0.5m 处每隔 5-10m 钉边桩进行水平测量，拉好基准线，画好边线。
- d. 对下承层进行清扫，底面层施工前二天在基层上洒透层油。在中底面层上喷洒粘层油。
- e. 试验段开工前 28 天安装好试验仪器和设备，配备好的试验人员报请监理工程师审核。各层开工前 14 天在监理工程师批准的现场备齐全部机械设备进行试验段铺筑，以确定松铺系数、施工工艺、机械配备、人员组织、压实遍数，并检查压实度，沥青含量，矿料级配，沥青混合料马歇尔各项技术指标等。

B. 沥青混合料的拌和

- a. 各种集料分类堆放，每个料源均进行试验，按要求的配合比进行配料。
- b. 设置间歇式具有密封性能及除尘设备，并有检测拌和温度装置的沥青砼拌和站。
- c. 拌和站设实验室，对沥青砼的原材料的沥青混合料及时进行检测。
- d. 沥青的加热温度控制在规范规定的范围之内，即 150—170°C。集料的加热温度控制在 160—180°C；温拌料的出厂温度控制在 140—165°C。当温拌料出厂温度过高废弃。混合料运至施工现场的温度控制在不低于 120—150°C。
- e. 出厂的混合料须均匀一致，无白花料，无粗细料离析和结块现象，不符合要求时废弃。

C. 混合料的运输

- a. 根据拌和站的产量、运距合理安排运输车辆。
- b. 运输车车厢内保持干净，涂防粘薄膜剂。运输车配备覆盖棚布以防雨和热量损失。
- c. 已离析、硬化在运输车箱内的混合料，低于规定铺筑温度或被雨淋的混合料予以废弃。

D. 混合料的摊铺

- a. 根据路面宽度选用 1—2 台具有自动调节摊铺厚度及找平装置，可加热的振动熨平板，并运行良好的高密度沥青砼摊铺机进行摊铺。
- b. 底、中、面层采用走线法施工，表面层采用拖杠法施工。
- c. 摊铺机均匀行驶，行走速度和拌和站产量相匹配，以确保所摊铺路面的均匀不间断地摊铺。在摊铺过程中不准随意变换速度，尽量避免中途停顿。
- d. 沥青砼的摊铺温度根据气温变化进行调节。一般正常施工控制在不低于 110—130°C，不超过 165°C，在摊铺过程中随时检查并作好记录。
- e. 摊铺前将摊铺机的熨平板进行加热至不低于 65°C。
- f. 采用双机或三机梯进式施工时，相邻两机的间距控制在 10—20m。两幅应有 5—10cm 宽度的重叠。
- g. 在摊铺过程中，随时检查摊铺质量，出现离析、边角缺料等现象时人工及时补洒料，换补料。
- h. 在摊铺过程中随时检查高程及摊铺厚度，并及时通知操作手。
- i. 摊铺机无法作业的地方，在监理工程师同意后采取人工摊铺施工。

E. 混合料的压实

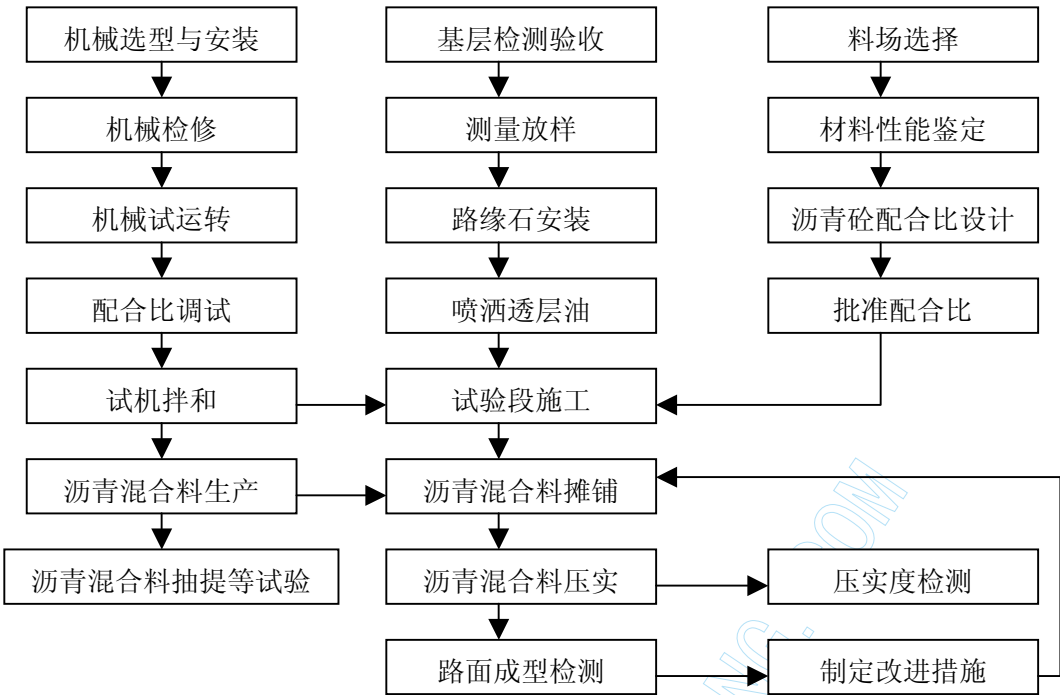
- a. 压路机采用二台—三台双轮双震压路机及 2—3 台总重量不小于 15T 胶轮压路机组成。
- b. 初压：采用双轮双振压路机静压 1—2 遍，正常施工情况下，温度应不低于 110°C 并紧跟摊铺机进行；复压：采用胶轮压路机和双轮双振压路机振压等综合碾压 4—6 遍，碾压温度多控制在 $80—100^{\circ}\text{C}$ ；终压：采用双轮双振压路机静压 1—2 遍，碾压温度应不低于 65°C 。边角部分压路机碾压不到的位置，使用小型振动压路机碾压。
- c. 碾压顺纵向由低边向高边按规定要求的碾压速度均匀进行。相邻碾压重叠宽度大于 30cm。
- d. 采用雾状喷水法，以保证沥青混合料碾压过程中不粘轮。
- e. 不在新铺筑的路面上进行停机，加水、加油活动，以防各种油料、杂质污染路面。压路机不准停留在温度尚未冷却至自然气温以下已完成的路面上。
- f. 碾压进行中压路机不得中途停留、转向或制动，压路机每次由两端折回的位置阶梯形随摊铺机向前推进，使折回处不在同一横断面上，振动压路机在已成型的路面上行驶关闭振动。

F. 接缝处理

- a. 梯队作业采用热接缝，施工时将已铺混合料部分留下 20—30cm 宽暂不碾压，作为后摊铺部分的高程基准面，后摊铺部分完成立即骑缝碾压，以除缝迹。
- b. 半幅施工不能采用热接缝时，采用人工顺直刨缝或切缝。铺另半幅前必须将边缘清扫干净，并涂洒少量粘层沥青。摊铺时应重叠在已铺层上 5—10cm，摊铺后将混料人工清走。碾压时先在已压实路面行走，碾压新铺层 10—15cm，然后压实新铺部分，再伸过已压实路面 10—15cm，充分将接缝压实紧密。
- c. 横接缝的处理方法：首先用 3m 直尺检查端部平整度不符合要求时，垂直于路中线切齐清除。清理干净后在端部涂粘层沥青接着摊铺。摊铺时调整好预留高度，接缝处摊铺层施工结束后再用 3m 直尺检查平整度立即用人工处理。横向接缝的碾压先用双轮双振压路机进行横压，碾压时压路机位于已压实的混合料层上伸入新铺层的宽为 15cm，然后每压一遍向铺混合料移动 15—20cm，直至全部在新铺层上为止，再改为纵向碾压。
- d. 纵向冷接缝上、下层的缝错开 15cm 以上，横向接缝错开 1m 以上。

G. 检查试验

- a. 按施工技术规范要求的频率认真作好各种原材料、施工温度、矿料级配、马歇尔试验、压实度等试验工作。
- b. 在施工过程中随时检查铺筑厚度、平整度、宽度、横坡度、高程。
- c. 所有检验结果资料报监理工程师审批和申报计量支付。



沥青面层施工

一、材料要求

材料堆放场地一定要按照要求进场硬化，其中表面层质石料的场地应用水泥砼硬化，防止泥土对材料污染；各种材料要堆放整齐，界限清楚。

1、粗集料

各种粗集料 $\geq 2.36\text{mm}$ 碎石要符合规范要求，集料色泽基本一致压碎值 $< 25\%$ ，对沥青粘附性 ≥ 4 级。特别强调：当其短边与长边或厚度与长度之比小于 $1:3$ 时均属针片状颗粒材料，其总含量应不大于 15% ，（不准使用颚式碎石机生产的石料，碎石应用锤式机生产），其检测方法应按《公路工程集料试验规程》JTJ058-94实测。不准含有山皮土和软弱颗粒。路面表面层粗集料采用玄武岩或安山岩等中、碱性岩石，依据下表的规格要求，各施工单位要根据石料厂所产碎石通过率分析（试样通过随机选点方法取得）计算各规格碎石提运比例。中、下面层集料宜采用石灰岩等碱性石料，并应具有良好的颗粒形状。

2、细集料

细集料采用坚硬、洁净、干燥、无风化、无杂质并有适当级配的优质天然砂或机制砂；若条件不具备时，也可加入硬质石料（玄武岩、安山岩等）生产的石屑，但其用量不得超过细集料总量的 50% ，其他岩质石屑不得使用（因山皮土含量高）。细集料应与沥青有良好的粘结能力，与沥青粘结性很差的天然砂及用花岗岩、石英岩等酸性石料破碎的机制砂不能用于沥青砼面层。细集料的泥土含量须小于 3% ，雨季要对细集料进行覆盖，防止雨淋。

3、填料

填料采用石灰岩或岩浆岩中的强基性岩石等憎水性石料经磨细得到的矿粉，原石料中不应含有泥土等杂质，拌和机采用干法除尘的粉尘可作为矿粉的一部分回收使用，其量不超过填料的 30% 。矿粉要求洁净。为提高沥青与石料的粘附性，经工程师批准，低标号水泥也可用作填料，其用量不宜超过矿料总量的 2% 。

4、沥青

沥青的各项指标均必须符合规定，要保证试验频率满足要求。沥青性能整套检验，每批到货至少试验一次，各施工单位和监理仅对沥青延度（15℃）、软化点、针入度进行日常的检查。沥青技术指标见下表：

沥青技术指标

项目		要求标准 AH-70	要求标准 AH-90
针入度（25℃、100g、5S）（0.1mm）		60-80	80-100
延度(5cm/min、15℃)(cm)		≥100	≥100
软化点(环球法)(℃)		44-54	42-52
闪点(coc)(℃)		≥230	≥230
含蜡量(蒸馏法)(%)		≤2	≤2
密度(15℃)(g/cm ³)		实测记录	实测记录
溶解度(三氯乙烯)(%)		≥99.0	≥99.0
绝对动力粘度(60℃)P		4000±1000	4000±1000
薄膜加热试验 163℃5h	质量损失(%)	≤0.8	≤1.0
	针入度比(%)	≥55	≥50
	延度(5cm/min,15℃)	实测记录	实测记录
	延度(5cm/min,15℃)	≥50	≥75

二、组成设计

1、目标配合比设计阶段

首先计算出各种材料的用量比例，配合成符合要求的矿料级配范围。

然后，遵照试验规程 JTJ052-93 和模拟生产实际情况，以 6 个不同的沥青用量(间隔 0.5%)，采用实验室小型沥青混合料拌和机与矿料进行混合料拌和成型及马歇尔试验(包括浸水马歇尔试验)测定的各项指标应符合下表所示的热拌沥青混合料马歇尔试验技术标准的要求，确定最佳期沥青用量。该阶段极为重要，应由技术过硬的试验工程师，在总工的指导下完成，要保证试验方法正确，结果可靠。以此矿料级配及沥青用量作为目标配合比，供确定各冷料仓向拌和机的供料比例，进料速率及试拌使用。该项工作是技术与经验的反映，为保险起见，应作平行试验。

热拌沥青混合料马歇尔试验技术标准

试验项目	标准要求
击实次数（次）	两面各 75
稳定度（KN）	>7.5
流值（0.1MM）	20~40
空隙率（%）	3~5
沥青饱和度（%）	70~85
残留稳定度（%）	>75

注：粗粒式沥青混凝土稳定度可降低 1KN。

2、生产配比设计阶段

必须从筛分后进入拌和机冷、热料仓的各种材料的进行取样筛分试验、调整，使生产时的各种材料满足目标配比的要求，以确定各热料仓的材料比例，供拌和机控制室使用，同时反复调整冷料仓进料比例以达到供料平衡，并取目标配合比设计的最佳沥青用量、最佳沥青用量 $\pm 0.3\%$ 等三个沥青用量进行马歇尔试验，确定生产配合比的最佳沥青用量，根据高速公路车辆渠化的要求，中、下面层的最佳沥青用量宜低于中值 0.2~0.3%，但不低于目标配合比所定沥青用量的底限。

3、生产配比验证阶段

拌和机采用生产配合比进行试拌并铺筑试验段，并用拌和的沥青混合料及路上钻取的芯样进行马歇尔试验和矿料筛分、沥青用量检验，检验生产产品的质量符合程度，由此确定生产用的标准配合比，作为生产控制的依据和质量检验的标准。标准配合比的矿料级配至少应包括 0.074MM、2.36MM、4.75MM 三档的筛孔通过率接近要求级配的中值。满足要求后，即作为生产配合比，施工过程中，不得随意更改，保证各项指标符合要求并相对稳定，标准偏差尽可能的小。

三、准备下承层

1、沥青面层施工前要对基层进行一次认真的检验，特别是要重点检查：标高是否符合要求（高出的部分必须用洗刨机刨除）；表面有无松散（局部小面积松散要彻底挖除，用沥青砼补充夯实，出现大面积松散要彻底返工处理）；平整度是否满足要求，不达标段应进行处理。以上检验要有检验报告单及处理措施和最终质量报告单。

2、作封层。

四、施工要求

1、试验路段

施工前要首先完成试验段（200m），用以确定以下内容：

- （1）确定合理的机械、机械数量及组合方式；
- （2）确定拌和机的上料速度、拌和数量、拌和温度等施工工艺；
- （3）确定摊铺温度速度、碾压顺序、温度、速度、遍数等；
- （4）确定松铺系数、接缝方法等；
- （5）验证沥青混合料配比；
- （6）全面检查材料及施工质量；
- （7）确定施工组织及管理体系、人员、通讯联络及指挥方式；
- （8）首先有计划，然后完成总结上报审批。

试验段的具体要求如下：

（1）在铺筑试验路之前 28 天，承包人应安装好本项工程有关的全部试验仪器和设备（包括沥青、混合料等室内外试验的配套仪器、设备及取芯机等），配备足够数量的熟练试验技术人员，报请工程师审查批准。

（2）在路面工程开工前 14 天，承包人应在工程师批准的现场，用备齐并投入该项工程的全部机械设备及每种沥青混凝土，以符合规范规定的方法铺筑一段长约 200M（单幅）的试验路。此项试验应在工程师的严格监督下进行。路面各层的试验可安排在不同的试验段。

（3）在拌和场应按 JTJ052-93 标准方法随机取样，进行沥青含量和集料筛分的试验，并在沥青混合料摊铺压实 12 小时后，按 JTJ052-93 标准方法钻芯取样进行压实度、厚度、施工孔隙率的检验，各种混合料抽样试验的频度见下表所示，或按工程师的指示办理。

试验路抽样试验项目及频率表

序号	检查项目	检测频率
1	厚度、密实度	取 9 处（随机取样）
2	沥青含量	取样 3 次
3	流值、孔隙率、饱和度、密度	1 次，每次一组试件
4	标高	5 个断面
5	平整度	整个路段
6	横坡度	5 个断面

(4) 试验的目的是用以证实混合料的稳定性以及拌和、摊铺、压实设备的效率、施工方法和施工组织的适应性。确定沥青混凝土的压实标准密度。要对混合料的松铺厚度、压路机碾压次序、碾压速度和遍数设专岗检查，总结出经验。

(5) 试验段路面完成后，承包人应写出书面报告，报请工程师审查批准。

(6) 批准的试验路面应同完成后的工程一起支付，如未能取得工程师的批准，该试验路面应由承包人破碎清除并重新铺筑和试验，其费用应由承包人负担。

2、施工设备

(1) 拌和

A、拌和厂应在其设计、协调配合和操作方面，都能使生产的混合料符合生产配合比设计要求。拌和厂必须配备足够试验设备的实验室，并能及时提供使工程师满意的试验资料。

B、热拌沥青混凝土宜采用间歇式有自动控制性能的拌和机拌制，能够对集料进行二次筛分，能准确地控制温度、拌和均匀度、计量准确、稳定、设备完好率高，拌和机的生产能力每小时不低于 200t/h。拌和机均应有防止矿粉飞扬散失的密封性能及除尘设备，并有检测拌和温度的装置。拌和设备要有成品贮料仓。

C、拌和楼应具有自记设备，在拌和过程中能逐盘显示沥青及各种矿料的用量及拌和温度。

D、拌和机热矿料二次筛分用的振动筛筛孔应根据矿料级配要求选用，其安装角度应根据材料的可筛分性、振动能力等由试验确定。

E、拌和设备的生产能力应和摊铺机进度相匹配，在安装完成后应按批准的配合比进行试拌调试，直到其偏差值符合下表所示的要求。

热拌沥青混凝土检测标准

序号	检测项目	规定值或允许偏差
1	大于 4.75mm 的筛余集料	±6%，且不超出标准级配范围
2	通过 4.75mm 集料	±4%，且不超出标准级配范围
3	通过 2.36mm 的集料	±2%
4	通过 0.075mm 的粉料	±1%
5	沥青用量（油石化）	±0.2%
6	空隙率	±0.5%
7	饱和度	±5%
8	稳定度、流值	按表“热拌沥青混合料马歇尔试验技术标准规定”

F、要具有 500T 的沥青贮存能力（散装沥青），要配备脱桶设备（能力要和拌和能力相适应）；沥青材料应采用导热油加温。

G、计量装置应由计量部门进行检验和校正准确。

H、应注意高速拌和楼振动筛筛孔，使每层筛网余石料大致相等，避免溢料和待料影响

产量。

(2) 运输设备

A、应采用干净有金属底板的载重大于 12 吨自卸翻斗车辆运送混合料，车槽内不得粘有机物质。为了防止尘埃污染和热量过分损失，运输车辆应备有覆盖设备，车槽四角应密封坚固。

B、沥青混和料运输车的运量应较拌和能力或摊铺速度有所富余，施工过程中摊铺机前方应有料车处于等待卸料状态，保证连续摊铺。

(3) 摊铺及压实设备

A、用 1~2 台摊铺机（两台中其中一台应为 12M）一次性整幅摊铺。摊铺机应具有自动找平功能，具有振捣夯击功能，且精度要高，能够铺出高质量的沥青层。整平板在需要时可以自动加热，能按照规定的典型横断面和图纸所示的厚度在车道宽度内摊铺。

B、摊铺混合料时，摊铺机前进速度应与供料速度协调，底面层、中面层和表面层的摊铺速度分别按 1.7m/min、2m/min、2.5m/min 控制。

C、摊铺机应配备整平板自控装置，其一侧或双侧装有传感器，可通过基准线和基准点控制标高和平整度，使摊铺机能铺筑出理想的纵横坡度。传感器应由参考线或滑撬式基准板操作。

D、横坡控制器应能让整平板保持理想的坡度，精度在±0.1%范围内。

E、压实设备应配有震动压路机 2 台、轮胎压路机 2 台，能按合理的压实工艺进行组合压实。

F、底面层摊铺机应用“走钢丝”参考线的方式控制标高，中、表面层摊铺机应用浮动基准梁（滑撬）的方式控制厚度。

3. 混合料的拌和

(1) 粗、细集料应分类堆放和供料，取自不同料源的集料应分开堆放，应对每个料源的材料进行抽样试验，并应经工程师批准。

(2) 每种规格的集料、矿粉和沥青都必须分别按要求的比例进行配料。

(3) 沥青材料应采用导热油加热，加热温度应在 160—170℃范围内，矿料加热温度为 170—180℃,沥青与矿料的加热温度应调节到能使拌和的沥青混凝土出厂温度在 150—165℃不准有花白料、超温料，混合料超过 200℃者应废弃,并应保证运到施工现场的温度不低于 140—150℃。沥青混合料的施工温度见下表所示。

沥青混合料的施工（℃）

沥青加热温度		160—170
矿料温度		170—180
混合料出厂温度		正常范围 150—165 超过 200 废弃
混合料运输到现场温度		不低于 140—150
摊铺温度	正常施工	不低于 130—140,不超过 165
	低温施工	不低于 140—150,不超过 175
碾压温度	正常施工	130—140 不低于 120
	低温施工	140—150 不低于 130
碾压终了温度		不低于 70

(4) 热料筛分用最大筛孔应合适选定，避免产生超尺寸颗粒。

(5) 沥青混合料的拌和时间应以混合料拌和均匀、所有矿料颗粒全部裹覆沥青结合料为

度，并经试拌确定，间歇式拌和机每锅拌和时间宜为 30—50s（其中干拌时间不得小于 5s）。

（6）拌好的沥青混合料应均匀一致，无花白料，无结团成块或严重的粗料分离现象，不符合要求时不得使用，并应及时调整。

（7）出厂的沥青混合料应按现行试验方法测量运料车中混合料的温度。

（8）拌好的沥青混合料不立即铺筑时，可放成品贮料仓贮存，贮料仓无保温设备时，允许的贮存时间应符合摊铺温度要求为准，有保温设备的储料仓储料时间不宜超过 6 小时。

4、混合料的运输

（1）从拌和机向运料车上放料时，应每卸一斗混合料挪动一下汽车位置，以减少粗细集料的离析现象。尽量缩小贮料仓下落的落距。

（2）当运输时间在半小时以上或气温低于 10℃时，运料车应用篷布覆盖。

（3）连续摊铺过程中，运料车应在摊铺机前 10—30cm 处停住，不得撞击摊铺机。卸料过程中运料车应挂空档，靠摊铺机推动前进。

（4）已经离析或结成不能压碎的硬壳、团块或运料车辆卸料时留于车上的混合料，以及低于规定铺筑温度或被雨淋湿的混合料都应废弃，不得用于本工程。

（5）除非运来的材料可以在白天铺完并能压实，或者在铺筑现场备有足够和可靠的照明设施，发天或当班不能完成压实的混合料不得运往现场。否则，多余的混合料不得用于本工程。

5、混合料的摊铺

（1）在铺筑混合料之前，必须对下层进行检查，特别应注意下层的污染情况，不符合要求的要进行处理，否则不准铺筑沥青砼。

（2）为消除纵缝，应采用一台摊铺机整幅摊铺或用两台摊铺机组成梯队联合摊铺的方法摊铺，两台摊铺机中应有一台为 12M。以保证摊铺的纵向搭接处于行车道与硬路肩的结合部，两台摊铺机的距离以前面摊铺的混合料尚未冷却为度，一般为 5-10M。相邻两幅的摊铺应有 5-10CM 左右宽度的摊铺重叠。

（3）正常施工，摊铺温度不低于 130-140℃ 不超过 165℃；在 10℃ 气温时施工不低于 140℃，不超过 175℃。摊铺前要对每车的沥青混合料进行检验，发现超温料、花白料、不合格材料要拒绝摊铺，退回废弃。

（4）摊铺机一定要保持摊铺的连续性，有专人指挥，一车卸完下一车要立即跟上，应以均匀的速度行驶，以保证混合料均匀、不间断地摊铺，摊铺机前要经常保持 3 辆车以上，摊铺过程中不得随意变换速度，避免中途停顿，影响施工质量。摊铺室内料要饱料，送料应均匀。

（5）摊铺机的操作应不使混合料沿着受料斗的两侧堆积，任何原因使冷却到规定温度以下的混合料应予除去。

（6）对外形不规则路面、厚度不同、空间受到限制等摊铺机无法工作的地方，经工程师批准可以采用人工铺筑混合料。

（7）在雨天或表面存有积水、施工气温低于是 10℃时，都不得摊铺混料。

混合料遇到水，一定不能使用必须报废，所以雨季施工时千万注意。底面层摊铺要在左右侧各设一条基准线，控制高程，其准线设置一定要满足精度要求，支座要牢固，测量要准确（应两台水准仪，同时观测）。中面层、表面层采用浮动基准梁摊铺（不具备该条件的不准摊铺）。

6、混合料的压实

（1）在混合料完成摊铺和刮平后应立即对路面进行检查，对不规则之处及时用人工进行

调整，随后进行充分均匀地压实。

(2) 压实工作应按试验路确定的压实设备的组合及程序进行，并应备有经工程师认可的小型振动压路机或手扶振动夯具，以用于在窄狭地点及停机造成的接缝横向压实或修补工程。

(3) 压实分初压、复压和终压三个阶段。压路机应以均匀速度行驶，压路机速度应符合下表的规定。

压路机碾压速度 (km/h)

碾压阶段 压路机类型	初压	复压	终压
钢筒式压路机	1.5-2.0	3.0	3.0
轮胎压路机	4.0
振动压路机	不振 1.5-2.0	振动 4-5	不振 2.0-3.0

初压：摊铺之后立即进行（高温碾压），用静态二轮压路机完成（2遍），初压温度控制在 $130^{\circ}\sim 140^{\circ}$ 。初压应采用轻型钢筒式压路机或关闭振动的振动压路机碾压，碾压时应将驱动轮面向摊铺机。碾压路线及碾压方向不应突然改变而导致混合料产生推移。初压后检查平整度和路拱，必要时应予以修整。

复压：复压紧接在初压后进行，复压用振动压路机和轮胎压路机完成，一般是先用振动压路机碾压 3~4 遍，再用轮胎压路机碾压 4~6 遍，使其达到压实度。

终压：终压紧接在复压后进行，终压应采用双轮钢筒式压路机或关闭振动的振动压路机碾压，消除轮迹（终了温度 $>80^{\circ}\text{C}$ ）。

(4) 初压和振动碾压要低速进行，以免对热料产生推移、发裂。碾压应尽量在摊铺后较高温度下进行，一般初压不得低于 130°C ，温度越高越容易提高路面的平整度和压实度。要改变以前等到混合料温度降低到 110°C 才开始碾压的习惯。

(5) 碾压工作应按试验路确定的试验结果进行。

(6) 在碾压期间，压路机不得中途停留、转向或制动。

(7) 压路机不得停留在温度高于 70°C 的已经压过的混合料上，同时，应采取有效措施，防止油料、润滑脂、汽油或其它有机杂质在压路机操作或停放期间洒落在路面上。

(8) 在压实时，如接缝处（包括纵缝、横缝或因其他原因而形成的施工缝）的混合料温度已不能满足压实温度要求，应采用加热器提高混合料的温度达到要求的压实温度，再压实到无缝迹为止。否则，必须垂直切割混合料并重新铺筑，立即共同碾压到无缝为止。

(9) 摊铺和碾压过程中，要组织专人进行质量检测控制和缺陷修复。压实度检查要及时进行，发现不够时在规定的温度内及时补压，在压路机压不到的其它地方，应采用手夯或机夯把混合料充分压实。已经完成碾压的路面，不得修补表皮。施工压实度检测可采用灌砂法或核子密度仪法。

7、 接缝的处理

(1) 铺筑工作的安排应使纵、横向两种接缝都保持在最小数量。接缝的方法及设备，应取得工程师批准，在接缝处的密度和表面修饰与其它部分相同。

(2) 纵向接缝应该采用一种自动控制接缝机装置，以控制相邻行程间的标高，并做到相邻行程间可靠的结合。纵向接缝应是热接缝，并应是连续和平行的，缝边应垂直并形成直线。

(3) 在纵缝上的混合料，应在摊铺机的后面立即有一台静力钢轮压路机以静力进行碾压。碾压工作应连续进行，直至接缝平顺而密实。

(4) 纵向接缝上下层间的错位至少应为 15cm。

(5) 由于工作中断，摊铺材料的末端已经冷却，或者在第二天恢复工作时，就应做 成一道横缝。横缝应与铺筑方向大致成直角，严禁使用斜接缝。横缝在相邻的层次和相邻的行程间均应至少错开 1m。横缝应有一条垂直经碾压成良好的边缘。在下次行程摊铺前，应在上

次行程的末端涂刷适量粘层沥青，并注意设置整平板的高度，为碾压留出适当预留量。

8、 质量要求

(1) 沥青面层施工过程中工程质量检查的内容和要求见下表：

沥青面层施工过程中工程质量检查的内容和要求

序号	检查项目		检查频率	试验方法
1	外观		随时	目测
2	接缝		随时	目测、用 3m 直尺测量
3	施工温度	出场温度	1 次/车	温度计测量
		摊铺温度	1 次/车	
		碾压温度	随时	
4	石料级配：与生产设计标准级配的差 $\geq 4.75\text{mm}$ $< 2.36\text{mm}$ $< 0.075\text{mm}$		每台拌和机 2 次/日 (上、下午各 1 次)	拌和厂取样，用抽取后的矿料筛分，应至少检查 0.075mm、2.36mm、4.75mm、最大集料粒径及中间粒径 5 个筛孔，中间粒径宜为：中粒式 9.5mm；粗粒式为 13.2mm。
5	沥青用量		每台拌和机 2 次/日 (上、下午各 1 次)	拌和厂取样，离心法抽提（用射线法沥青含量测定仪随时检查）
6	马歇尔试验稳定度、流值密度、空隙率		每台拌和机 1 次/日 每次 6 个试件	拌和厂取样成型试验
7	浸水马歇尔试验		必要时	拌和厂取样成型试验

(2) 施工过程中材料质量检查的内容与频率应符合下表的规定。

(3) 在完工的沥青混凝土面层上，单幅每 300m 随机钻取芯样 1 处，检验压实度、厚度和施工孔隙率。

(4) 所有取样和检验均应按照工程师的要求办理。承包人应在取样后 3 天内将试验结果提交给工程师检查。当试验结果表明需要做任何调整时，应在工程师的同意下进行。沥青混凝土面层的压实度应以马歇尔稳定度击实成型标准为准。

施工过程中材料质量检查的内容与频率

序号	材料	检查项目	检查频率
1	粗集料	外观（石料品种、扁、平细长颗粒、含泥量等）	随时
		颗粒组成、压碎值、磨光值、洛杉矶磨耗损失	必要时
		含水量、松方单位重	施工需要时
2	细集料	颗粒组成	必要时
		含水量、松方单位	施工需要时
3	矿粉	外观	随时
		含水量、 $< 0.075\text{mm}$ 含量	必要时
4	石油沥青	针入度、软化点、延度	每 100t 1 次
		含蜡量	必要时

(5) 质量标准

①实测项目：沥青混凝土面层的允许偏差及检查方法应符合下表的规定。

沥青砼面层检测标准

序号	检查项目		规定值或允许偏差	检查频率
1	压实度(%)		≥97%代表值 ≥96%极值	每 100 不少于 1 处
2	平整度 (mm)	标准差 σ	底面层:1.5mm 以内; 中面层:1.0 mm 以内; 表面层:0.7 mm 以内;	平整度仪:全线连续按每 100 米 计算 σ , 半幅往返各 1 次(超车 道和外侧的行车道)
3	弯沉值(0.01mm)		不大于允许值	用 5.4m 弯沉仪
4	抗滑	磨擦系数	符合设计	摆式仪每 100M 测 1 处或磨擦 系数测定车测试
		构造深度	构造深度>0.5mm	砂铺法:每 1000m 测 1 处
5	厚度 (mm)	代表值	总厚度-8 上面层-4	每 100M 测 1 处
		极值	总厚度-15 上面层 -8	
6	中线平面偏位 (mm)		20	经纬仪: 每 100 米不少于 4 个
7	纵断高程 (mm)		±10	水准仪: 每 100 米不少于 4 个
8	宽度 (mm)		±20	尺量: 每 100 米不少于 4 个
9	横坡度(%)		±0.2	水准仪: 每 100 米不少于 4 个 断面(每断面 3 点)
10	施工孔隙率		≤7%	钻芯取样,每 300m 1 处
11	油石比		±0.2%	拌和厂取样,离心法抽取,每台 拌和机 2 次/日

注:弯沉值、抗滑检测项目仅限于表面层

②外观鉴定

A、表面平整密实，不应有泛油、松散、裂缝、粗细集料集中等现象。存在缺陷的面积不得超过受检面积的 0.03%。

B、接茬应紧密平顺，烫缝不得枯焦。

B、面层与路缘石及其它构筑物应顺接，不得有积水现象。

D、表面无明显碾压轮迹。

9、施工过程中的注意事项

(1) 随时检测标高。

(2) 对局部出现的离析要人工筛料弥补。

(3) 对碾压产生的推拥现象，人工用夯夯除。

(4) 三米直尺逐段丈量平整度，尤其是接头，摊铺机停机、压路机换向部位要作为检测控制的重点。要采取横向碾压等方式，使平整度满足要求。

(5) 表面层原则上不准人工修补、处理，摊铺时发现混合料有问题需要将混合料彻底清除。

所以表面层施工一定要精益求精。我们要求，在表面层摊铺前，要对中面层进行彻底检查（主要是平整度，对平整度明显不好的部位采取洗刨、打磨、挖除找补等方法彻底处理，在中面层上处理掉一切问题）。要有完整的检测记录或检测报告，经监理工程师批准后方可铺筑表面层。

表面层一定要做到：表面平整均匀、色泽一致、构造深度、磨擦系数符合要求。（6）对平整度的要求是：底面层 $\sigma < 1.5$, 中面层 $\sigma < 1.0$, 表面层 $\sigma < 0.7$ 。我们将实施奖励政策, 优质优价。

10、要点提示

- 沥青砼面层是工程的精华部分，各单位一定要高度重视，从设备选型、技术准备、施工工艺、保证措施等各方面作好充分的准备，这是精品工程成败的关键，也是衡量各单位技术能力、水平高低、信誉悠关的事情。所以要算大帐，既算经济帐，又算政治帐，要舍得投入（设备、技术）。
- 设备要足量、性能良好（拌和能力 220 t/h，摊铺机至少 2 台）。
- 原材料一定要符合要求，严格把好进料关，不合格的料要坚决不进、坚决不用，坚决清除出场，万万不可放松。
- 确保配比准确。
- 底面层严格控制好标高。
- 中、表面层严格控制厚度、平整度。
- 施工压实度应派专人进行现场跟踪检测。
- 表面层铺筑前要完成除标线外的一切工程要对中面层进行平整度检测，尤其桥头、接头等部位，凡满足不了平整度标准要求或行车有明显感觉的要进行处理，直到达到要求。
- 不准对表面层带来任何污染。
- 沥青废料不准抛撒到边坡、路肩、中央分隔带上。
- 接缝一律采取垂直搭接，用切割机切割，用三米直尺检查，确保切割断面处于标准断面，接缝处搭接时要涂热沥青。
- 路缘石安装在水泥碎石基层完成后即可砌筑，但必须在表面层铺筑之前完成，并注意在碾压沥青底、中面层时不得将路缘石撞坏或错位。

水泥混凝土路面

水泥混凝土滑模施工方案

一、滑模摊铺施工的机械设备

根据招标文件和高速公路施工的要求,采用美国 CMI6004 水泥混凝土滑模式摊铺机进行滑模摊铺路面施工。CMI SF6004 滑模式摊铺机属于目前较先进的水泥路面施工机械,作业速度快,作业效率高,可以完成大工程量的路面施工任务,而且能充分保证质量。



CMI SF6004 摊铺水泥路面施工图

美国 CMISF-6004 滑模式水泥混凝土路面摊铺机主要技术性能参数:

发动机功率: 317KW
标准摊铺宽度: 3.7-7.5M
可选择摊铺宽度: 3.7-13.4M
摊铺厚度: 0-457MM
摊铺速度: 0-9M/MIN
行走速度: 0-19M/MIN
质量: 49440KG

美国 CIM 滑模式水泥混凝土摊铺机, 主要由发动机、液压动力、主机架、驱动履带、螺旋布料器、虚方控制板、液压振捣器、捣实板、成型模板、边模、路拱系统、浮动抹光板、液压控制系统及操作仪表等部分组成。

发动机: 采用卡特匹勒系列柴油发动机 DITA 提供动力源;

液压动力: 由发动机驱液压油泵系统, 包括: 螺旋布料器驱动泵、串列液压振捣器泵、压力补偿驱动泵、单级液压控制系统。

主机架: 可伸缩液压深入分断机架, 保证基本摊铺宽度, 配置的标准延伸件, 可保证增加宽度;

驱动履带: 四履带驱动系统;

螺旋布料器: 法兰连接, 可任意组合宽度, 大直径中间分隔安装, 可两边独立实现单双向驱动;

虚方控制板: 液压控制, 用以计量进入水泥的流量;

液压振捣器：标准配置的液压振捣器，各自独立流量控制，振频 10 000 r/ min

捣实板：液压驱动，可分段调整宽度，振频及振幅可调；

成型模板：标准结构安装，液压垂直升降调整摊铺厚度、宽度，超铺调整以控制坍落度；

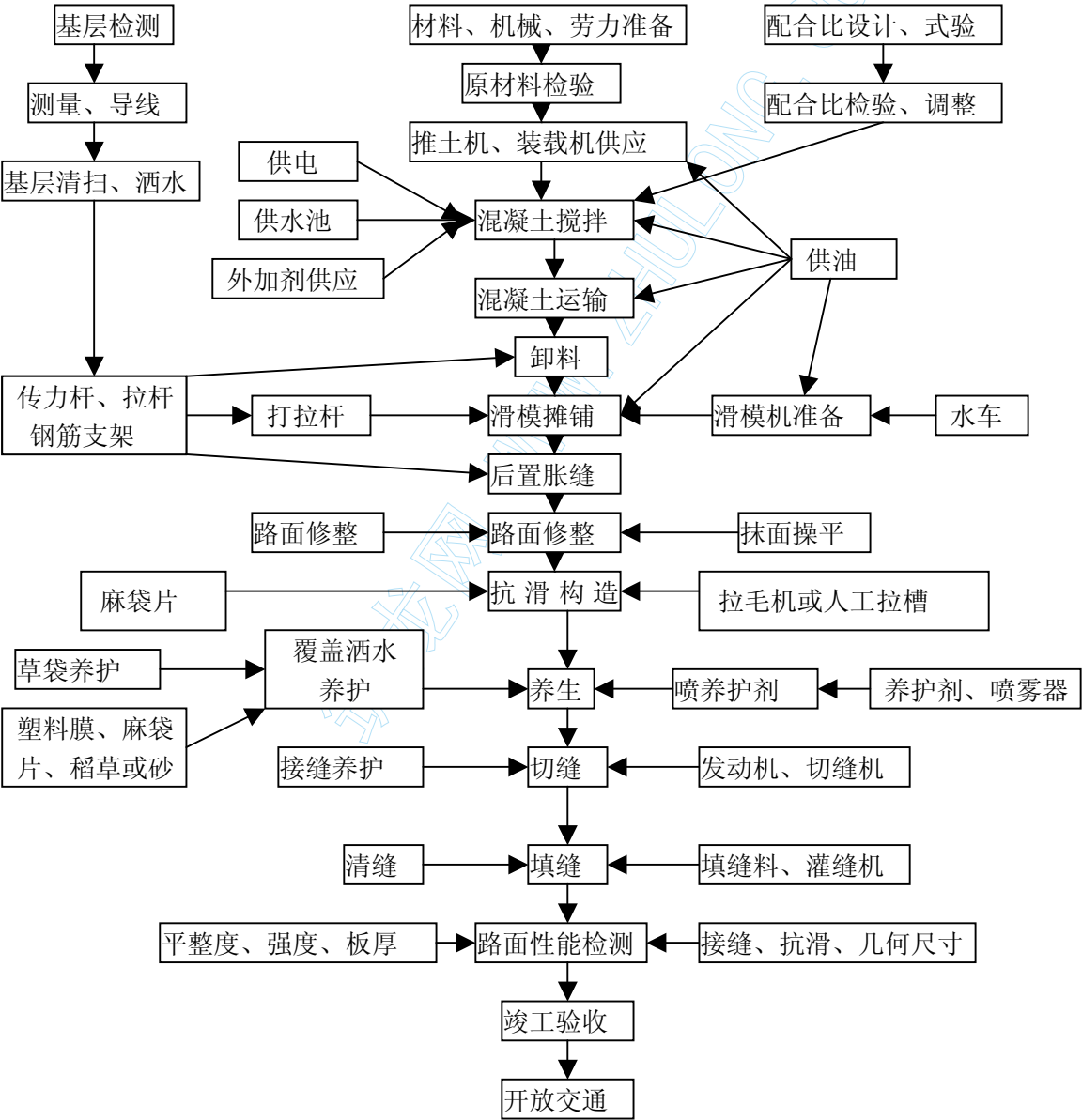
边模：液压控制调正依附基面；

路拱系统：液压控制调整可获得切线型，多点式或偏置型路拱；

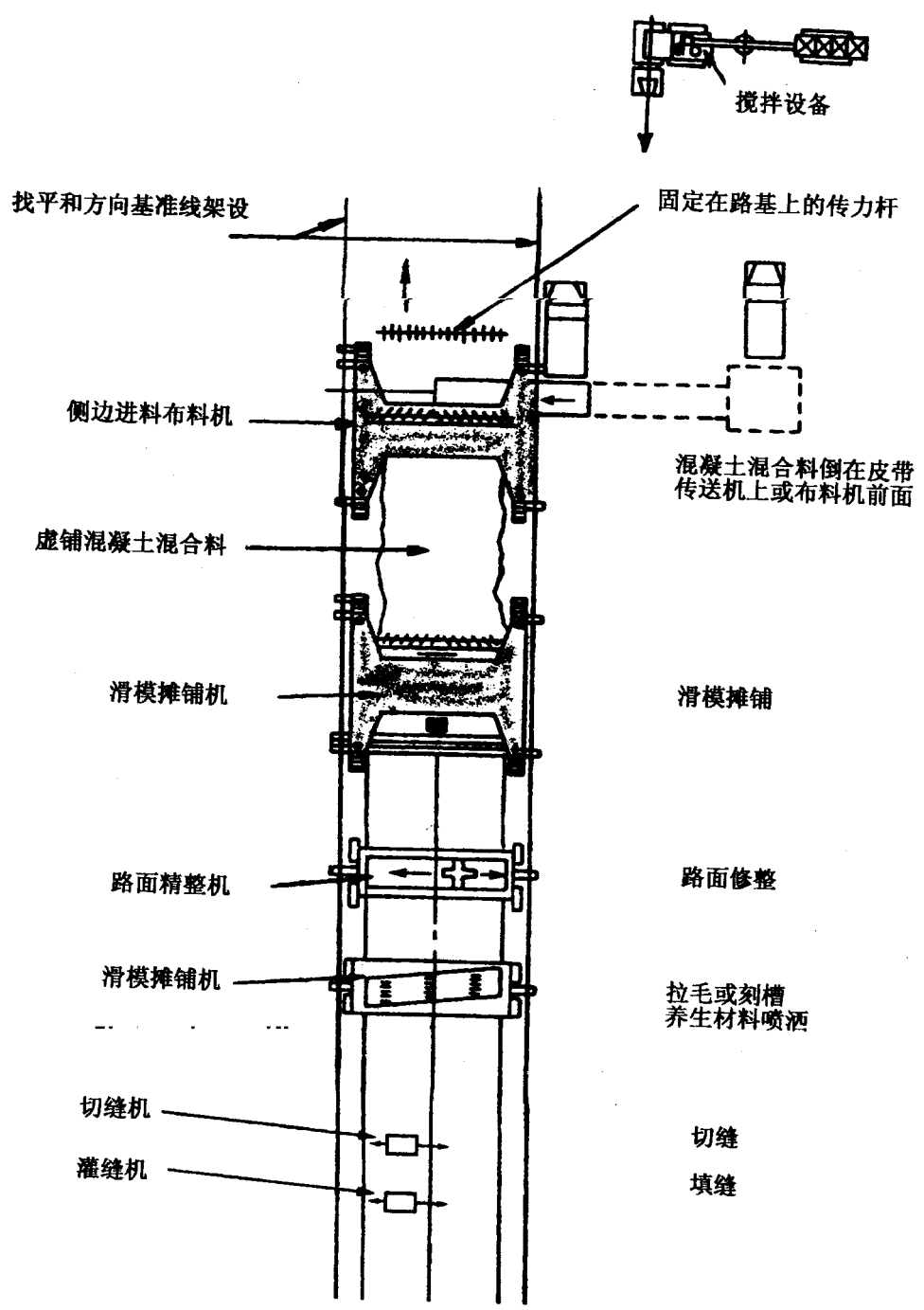
浮动抹光板：提供路面二次抹光及小误差修整；

液压控制系统：CMI 公司专利生产，全液压微调控制水平和转向，可选自动或手动方式操作。

二、滑模摊铺施工的工艺流程



滑模摊铺施工的工艺流程如上图所示，面层施工根据此流程网络图精心组织，有条不紊地进行施工，形象工艺流程图如下。



滑模施工工艺流程图

三、滑模式摊铺机施工准备

组织、技术准备

1. 为了有效地进行滑模式摊铺机的施工,防止在施工中出现不应有的差错和失误,首先对工程技术人员、施工组织人员、操作驾驶人员以及各辅助工种的工人进行不同层次的培训。同时必须贯彻安全生产的方针,加强安全教育,严格执行安全操作规程,制定安全技术措施。未经培训的人员不允许单独上岗。

2. 在施工前应组织公路施工设计、监理等部门进行技术交底,熟悉各种技术规范和相关标准,熟悉各种设计文件及应采用的各项技术措施。

3. 施工组织部门根据设计文件、合同任务、施工条件来确定自己的施工方案,编制滑模式摊铺机路面施工工艺详细流程,编制施工组织设计实施方案。

4. 滑模摊铺水泥混凝土路面施工时,必须建立高效快速的指挥生产的无线电通讯系统,在前台工长、测量组长、摊铺机长和后台工长、搅拌机长、材料供应、试验室主任、钢筋工、木工、后勤之间建立起快速反应的无线电通讯联系,统一由生产指挥长进行指挥调度。在指挥长因故不能到位时,必须委托前台或后台工长代理指挥长,进行统一调度,指挥生产。为了保证整个滑模摊铺系统的高效运行,各岗位的负责人必须对指挥长的调度命令发出落实指令,并对存在的问题和困难、调度命令的落实情况和完成时间等随时向指挥长进行报告。

施工现场准备

进行滑模摊铺施工之前,首先需要解决施工场地的水电供应、运输道路、生产和生活用房、通讯设备、工棚仓库、消防设施等;有碍于施工的建筑物、树木、沟渠、管线、电线杆等应在施工之前拆除或搬迁完毕;水泥混凝土拌和及原材料堆放场地的地基需要经过适当处理,以工作时装载机铲料时不将底部土铲入为原则;滑模摊铺施工道路上的各种桥涵、通道等构造物,在滑模式摊铺机进行施工前需要隔离交通,这就需要准备车辆通过的便道。

四、水泥混凝土用原材料

对水泥混凝土路面施工的原材料必须严格把关和保证供应。与原材料供应商签署路面施工的各种原材料的供应合同,根据滑模式摊铺机大规模快速施工的要求及时供应各种原材料;对供应的各种原材料取样,进行实验分析,提供严密的检验报告和相关的实验数据,报请监理方和业主审批。骨料应分级堆放,不得混杂,并要防止积水和尘土污染;水泥和外加剂要根据不同标号、品种、厂牌、出厂日期分开存放,严禁混合存放,并注意防水防潮。

粗骨料

搅拌水泥混凝土所需要的粗骨料应采用质地坚硬、强度高、耐磨耗、清洁干净的轧制碎石;严重风化及软弱骨料的含量应控制在 10%以内,超过此标准应该进行粗骨料坚固性检验,粗骨料中不能含有土块和泥块。粗骨料的技术要求应符合 GB97—87 的规定。

细骨料

细骨料应采用质地坚硬、清结干净、级配曲线在Ⅰ区、Ⅱ区的中粗砂、天然砂。

水泥

水泥混凝土用水泥应采用抗折强度高、收缩小、耐磨性好的硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥或道路硅酸盐水泥。水泥的化学成分、物理力学性能应符合国家标准《硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥、矿渣硅酸盐水泥》GB175—92、《道路硅酸盐水泥》GB13693—92、《矿渣、火山灰、粉煤灰硅酸盐水泥》GB1344—92 的规定。

选用的水泥必须通过实验室检验，并根据抗折强度检验结果是否达到路面交通量等级的设计要求，确定是否使用。水泥进场时必须附有检验证明，使用前应对水泥的安定性、凝结时间、标准稠度用水量、抗折强度、细度等主要技术指标的检验合格后，方可使用。水泥的存放期不得超过三个月。

夏季高温施工时，水泥的温度不宜高于 50℃；冬季低温施工时，水泥温度不宜低于 10℃。水泥混凝土出搅拌机的温度须在（10～35）℃之间。夏季高温施工时，新拌水泥混凝土的初凝时间不得小于 1h，否则必须对原材料进行降温，采取混凝土缓凝措施。

粉煤灰

滑模摊铺水泥混凝土路面工程用粉煤灰必须符合国家标准 GBJ146—90Ⅰ、Ⅱ级的粉煤灰各项技术要求，粉煤灰进货要有检验报告。

外加剂和养护剂

由于滑模摊铺水泥混凝土路面需要比其它施工方式较大的坍落度，所以必须采用外加剂满足水灰比（抗折强度和耐久性）和工作性（振动粘度）的要求。外加剂的应用应符合国家标准《混凝土外加剂应用技术规范》GBJ199—88 的规定。外加剂的掺用量参考厂家推荐剂量，并通过配合比实验来确定。

滑模摊铺水泥混凝土路面施工速度快，养护工作量大。养护方式应采用喷洒养护剂的方式，养护剂的品种、喷洒剂量、薄膜厚度等应根据 ASTM 养护剂标准实验方法，以满足保水率 85%为原则来确定。

拌和及养护用水

拌和及养护用水应采用饮用水。一般用水量定额：摊铺水泥混凝土以前的基层洒水约为（25～30）L/m²；搅拌水泥混凝土的用水约为 180 L/m³；故在施工前必须做好当地水源和给水、储水设备落实工作，若施工现场没有稳定的水源供应，应修建 1～2 个 200m³左右的蓄水池来保证水的供应。

路面用钢筋

滑模摊铺水泥混凝土路面施工钢筋包括钢筋网、角隅钢筋、传力杆、拉杆等，路面用钢筋应符合普通碳素结构钢 BG700—88 的技术要求。各类钢筋的加工规格、数量和设置应根据设计图纸来确定。

五、水泥混凝土配合比设计

基本原则

水泥混凝土配合比基本原则是要满足抗折强度、工作性能、耐久性能和经济性能四项要求，作为滑模摊铺路面施工来说，最重要的是工作性能。

1. 工作性能

滑模摊铺对水泥混凝土工作性能的要求有以下两条：

(1) 因为滑模摊铺路面时，水泥混凝土必须振动密实，禁止出现蜂窝麻面，所以对新拌水泥混凝土有一个最大振动粘度系数和最小坍落度的要求。

(2) 因为滑模摊铺水泥混凝土路面摊铺过后必须不塌边流角，所以对新拌水泥混凝土有一个最小振动粘度系数和最大坍落度的要求。

综上所述，滑模摊铺机进行摊铺作业时，水泥混凝土最佳工作性能的振动粘度系数为 $(150 \sim 500) \text{ N} \cdot \text{s}/\text{m}^2$ ；坍落度：对于砾石混凝土其值为 $(2 \sim 4) \text{ cm}$ ，对于碎石混凝土其值为 $(3 \sim 6) \text{ cm}$ 。

2. 耐久性

路面水泥混凝土满足耐久性的要求主要是反映在最大水灰比上：

(1) 对于公路、城市道路和厂矿道路，最大水灰比不能大于 0.50；

(2) 对于机场和高速公路，最大水灰比不能大于 0.46；

3. 经济性能

在满足上述三项技术要求的前提下，滑模摊铺水泥混凝土的配合比应贯彻尽可能经济合理的原则，一般情况下，单位水泥用量不应超过 $400 \text{ kg}/\text{m}^3$ 。

外加剂的使用

滑模摊铺水泥混凝土路面应采用引气剂和掺用减水剂，采用引气剂是为了保证新拌水泥混凝土最佳工作性能及路面混凝土抗折强度和耐久性的要求，其用量按照新拌混凝土含气量的 $4\% \pm 1\%$ 来确定。减水剂的掺用，在夏季施工时应采用缓凝型的，减水剂和引气剂、缓凝型减水剂和引气剂可复合掺用，但要注意掺用后不能发生沉淀，不能堵塞外加剂进口滤网。

确定配合比计算参数

配合比的计算参数包括水灰比、单位水泥用量、砂率和单位用水量。

1. 水灰比的估算

水灰比 S 可根据滑模摊铺水泥混凝土的试配抗折强度 R 、水泥胶砂的抗折强度 R_s 和粗骨料类型

按下式进行估算:

对于碎石:

$$R = -1.0079 + 0.3485R_s + 1.5684S$$

按照上式计算出的水灰比 S 还必须满足:

- (1) 对于公路、城市道路和厂矿道路, 最大水灰比不能大于 0.50;
- (2) 对于机场和高速公路, 最大水灰比不能大于 0.46;
- (3) 对于高寒地区有抗冻性要求的道路, 最大水灰比不能大于 0.45;

如果计算出的水灰比大于上述规定, 则取上述规定中允许的最大水灰比。

2. 单位水泥用量

采用 525 号普通硅酸盐水泥或道路硅酸盐水泥时, 滑模摊铺水泥混凝土的单位水泥用量控制在 $(300 \sim 500) \text{ kg/m}^3$ 范围内。

采用 425 号普通硅酸盐水泥、道路硅酸盐水泥或矿渣硅酸盐水泥时, 滑模摊铺水泥混凝土的单位水泥用量控制在 $(340 \sim 400) \text{ kg/m}^3$ 范围内。

3. 砂率

为了满足最佳工作性能和做表面抗滑构造的要求, 滑模摊铺水泥混凝土砂率与人工施工相比, 一般要大 2%~3%。

4. 单位用水量

滑模摊铺水泥混凝土的单位用水量 W 。可按照下列公式初步估算:

$$\text{碎石: } W_0 = 104.97 + 3.09h + 11.27S + 0.61S_p$$

式中: W_0 —单位用水量, kg/m^3 ;

h —坍落度, cm ;

S_p —砂率, %;

S —水灰比。

配合比计算

滑模摊铺水泥混凝土的配合比设计计算可按照假定容重法或绝对体积法进行计算, 按照绝对体积法进行计算必须计入含气量。

配合比的调整

1. 试配调整

对于在有引气剂和减水剂的条件下，估算出来的水灰比和单位用水量必须依据所用外加剂减水率进行试配调整，最终水灰比和单位用水量应满足各项技术要求。滑模摊铺水泥混凝土的水灰比一般在 0.38~0.46 之间；单位用水量一般在 (130~160) kg/m³ 之间。单位水泥用量（粉煤灰掺量）、砂率、粗骨料级配与数量、外加剂剂量则应根据水泥抗折强度、砂的细度模数、粗骨料的粒径，通过配制以达到最佳工作性能和试配抗折强度试验来确定。在采用假定容重法计算时，应根据实测容重调整水泥混凝土粗骨料用量和用砂量。

2. 施工调整

在施工过程中，试配调整确定的配合比除了单位用水量和外加剂掺量，其它参数不得随意变更。在施工现场，应根据具体砂、石的含水量的变化，在拌和时及时调整单位用水量，同时准确确定外加剂的浓度和剂量。外加剂宜配制成溶液再输入拌和机。在施工期间气温过高或低时，应调整减水剂的种类或剂量，达到新拌水泥混凝土所要求的高温初凝和低温终凝的要求。在调整减水剂的剂量时，必须在生产厂家提供的剂量范围内进行，若超出此范围，必须经过工作性能和抗折强度的检验。

六、水泥混凝土拌和

搅拌设备及计量误差要求

水泥混凝土搅拌设备的配套容量必须满足滑模式摊铺机的施工要求，搅拌设备的类型必须是强制式的，搅拌设备应能稳定可靠地供应足够的水泥混凝土拌和料。每个搅拌设备应用三个砂石料仓、两个水泥罐仓、一个外加剂池和充足的供水供电。

进入搅拌设备的各种原材料必须通过严格的试验检验，每个搅拌设备都必须用法定计量单位对各种原材料进行计量标定，计量允许误差要求如下：水泥：±1%；砂：±2%；粗骨料：±2%；水：±1%；外加剂：±2%。

滑模摊铺水泥混凝土的均匀性要好，不同次数搅拌的混凝土之间的塌落度误差要小于 2cm。要特别注意雨天或阵雨后必须及时按砂石含水量来调整加水量和砂石料重量，另外当发现砂石料堆上下层含水量不同时，亦要调整加水量。

水泥混凝土的搅拌时间

水泥混凝土的搅拌时间应根据混凝土搅拌均匀时的最少搅拌圈数来进行控制，以既达到要求的水泥混凝土强度，又经济的原则来确定。一般来说，立轴强制式搅拌设备搅拌圈数≥30 圈；双卧轴强制式搅拌设备搅拌圈数≥25 圈。一般立轴强制式搅拌时间在 (60~90) s。实际搅拌时，最短搅拌时间不低于低限值，最长搅拌时间不得超过高限值的两倍。

七、水泥混凝土的运输

水泥混凝土运输的最大允许时间

水泥混凝土运输的最大允许时间应根据实验提供的新拌水泥混凝土初凝时间和施工时的气温来确定。混凝土从搅拌机出料到浇筑完毕的最大允许时间：当施工气温在 $5^{\circ}\text{C}\sim 10^{\circ}\text{C}$ 时，最大允许时间为 2h；当施工气温在 $10^{\circ}\text{C}\sim 20^{\circ}\text{C}$ 时，最大允许时间为 1.5h；当施工气温在 $20^{\circ}\text{C}\sim 30^{\circ}\text{C}$ 时，最大允许时间为 1h；当施工气温在 $30^{\circ}\text{C}\sim 35^{\circ}\text{C}$ 时，最大允许时间为 0.75h。

水泥混凝土的运输距离

为了防止新拌水泥混凝土在运输过程中产生离析和分层现象，当采用自卸卡车运输水泥混凝土时，运输的最大距离在 $(10\sim 15)\text{km}$ 。路况好，道路畅通时取大值；道路颠簸不平，交通拥挤时取小值。当运输距离超过上述运距时，应采用水泥混凝土搅拌运输车来运输新拌水泥混凝土，并要求在运输途中车搅拌时间不小于总运输时间的 $2/3$ 。

水泥混凝土运输的紧急处置措施

新拌水泥混凝土在运输过程中要防止漏浆、漏料和污染。混凝土卸料时要防止产生离析。夏季和冬季施工，必要时应有遮盖措施。混凝土运输搅拌车和自卸卡车驾驶员必须明确新拌水泥混凝土的初凝时间。在运输途中由于各种原因超过初凝时间的混凝土不得卸到路面上进行滑模施工，而应卸到基层上作基层材料使用；新拌水泥混凝土一旦在车内停留超过了初凝时间，应采取紧急处置措施，清理车辆上少量残留混凝土，严禁硬化在车内。

八、水泥混凝土路面滑模施工

滑模摊铺施工拉线设置

滑模式摊铺机是沿着两侧（或一侧）的基准线来摊铺水泥混凝土路面的，因此基准线设置必须准确无误，所用的工具、测量仪器和基准线设施必须齐备。基准线准确是摊铺出的路面标高、横坡、纵坡、板厚、板宽、弯道等符合规范要求的最基本的保证。

基准线桩到摊铺路面边沿的距离应根据滑模式摊铺机侧模到传感器的位置而定，基准线桩必须牢固打入基层 $(10\sim 15)\text{cm}$ ，当打入困难时，应采用手电锤打孔后再打入。基准线桩纵向最大间隔为 15m。为保证与基层里程桩号一致，推荐拉线桩距离为 $(5\sim 10)\text{m}$ 。夹线臂到基层顶面的距离为 $(45\sim 75)\text{cm}$ 。基准线必须张紧，一般每侧基准线应施加 100kg 的拉力。一根拉线的最大长度为 400m，超过 400m 应采用两根拉线，用两个紧线器在一个接线桩上平顺连接。当滑模式摊铺机通过连接部位时，操作人员要特别注意水平传感的过渡。

基准线有单向坡双线式、单向坡单线式（后幅）、双向坡双向式三种。采用单向坡双线式基准线时，两根基准线间的横坡应与路面横坡一致；单向坡单线式基准线，要保证路面横坡与前幅路面一致，双向坡双向式的两根基准线是平行的，路拱则靠滑模式摊铺机调整后自动铺成。基准线和滑模摊铺的精度要求如下：

摊铺中线平面偏位：20mm；

路面宽度偏差：±20mm；

面板厚度偏差：-5mm，极值：-10mm；

纵断面高程偏差：±10mm；

横坡偏差：±0.15%；

前后幅纵缝高差：±2.5mm。

基准线设置好以后，禁止扰动，特别是正在摊铺作业时，严禁碰撞。风力达 5～6 级，基准线振动厉害时，应停止施工作业，防止出现波状的路面表面。

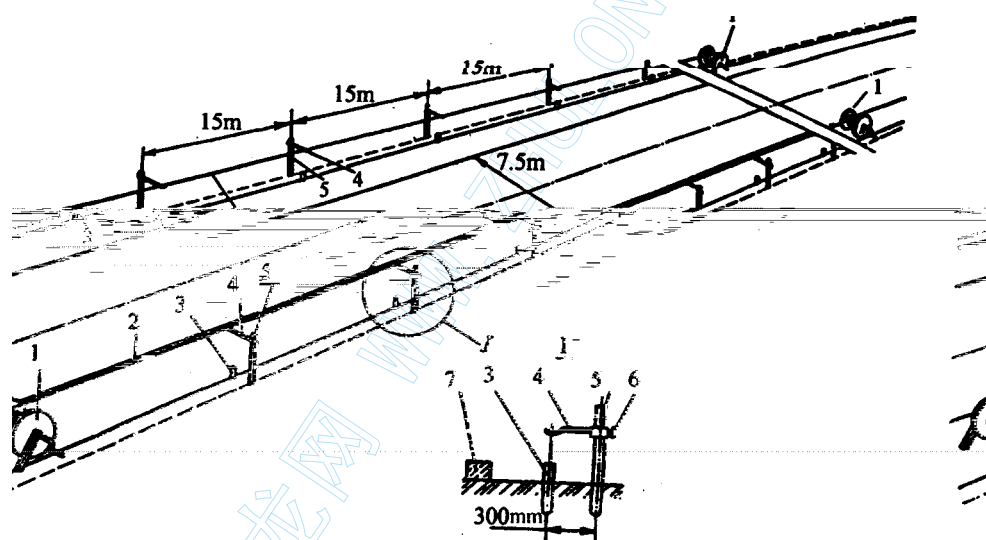


图 8-59 置示意图

1-绞盘;2-样线;3-水准仪桩;4-持线横杆;5-桩杆;6-固定夹;7-路面

滑模摊铺施工前的准备

使用滑模式摊铺机进行路面摊铺施工之前，应全面检查摊铺基层是否平整、清洁并湿润；基准线是否准确；工作缝支架和传力杆是否定位；纵缝拉杆板是否直，是否涂好沥青等。同时应对滑模式摊铺机进行彻底全面的保养检查：振动棒位置在挤压板最低点以上，中间间距为（35～45）cm；振动棒与摊铺机边沿不大于 25cm；挤压板前倾角为 5°；配有前后远近照明灯，以便于夜间施工作业。施工前，将滑模式摊铺机驶进待摊铺位置，测准摊铺底板的高程和坡度，将传感器挂到基准线上，检查传感器的灵敏度及反映是否正确无误。这一切准备完成后方可进行摊铺施工。

滑模摊铺施工

使用滑模式摊铺机进行摊铺施工时，必须有专人指挥车辆卸料，以便较准确地估计卸料位置。滑模摊铺前的水泥混凝土拌和料不得高于滑模摊铺机卸料板允许高度，亦不得出现卸料现象。要求供料与摊铺机速度协调，尽可能匀速摊铺，最大限度地减少摊铺施工中的停机次数。料位过高或过低时，可采用小型挖掘机或装载机进行初摊布料；用人工卸料时，用锹反扣，严禁抛掷和耢耙，以防止水泥混凝土产生离析。

在滑模摊铺施工过程中，操纵人员应随时观察新拌混凝土的稠度，并根据水泥混凝土的工作性来调整滑模摊铺机的作业速度和振动频率。当新拌水泥混凝土显得过稀时，应适当降低振动频率，降低机器作业速度。滑模摊铺机的作业速度应控制在 $(1\sim3)\text{ m/min}$ 范围内；振动频率应控制在 $(6000\sim11000)$ 范围内，最低振动频率不得低于 6000 r/min 。为防止水泥混凝土过振或漏振，开机前必须先开启振动棒。然后再行走；停机时应立即关闭振动棒。为防止振动棒空载振动而烧毁振动棒，严禁振动棒在水泥混凝土外面振动，同时要随时观察每个振动棒的振动情况及是否有漏油现象。

在滑模摊铺施工过程中，若出现新拌水泥混凝土供应不上情况时，滑模摊铺机停机等待的时间不能超过当时气温下新拌混凝土初凝时间的 $2/3$ 。在此时间内，应每隔 15 min 开动振动棒振动 3 min ；若超过此时间，为防止施工冷缝断板，应将滑模式摊铺机驶出摊铺位置，该点作为施工缝。

滑模式摊铺机进行整体式分幅施工路面时，必须配置自动或人工打纵缝拉杆的装置。分幅打进或整体植入的拉杆必须位于路面板厚中间位置。拉杆的高低误差不得大于 $\pm 2\text{ cm}$ ；横向误差不得大于 $\pm 5\text{ cm}$ ；分幅打入的拉杆必须到底，防止拉杆挂坏路面边沿。

分幅摊铺时，滑模摊铺机履带上前幅水泥混凝土路面的时间应在此路面养护 7 d 以后，最短时间不得小于 5 d 。同时，滑模摊铺机上路面一侧的履带底部必须铺橡胶垫，并且滑模摊铺机的底板不得挂坏前幅路面的边部。

滑模摊铺施工后的结束工作

滑模摊铺机施工作业完毕后，必须进行下述两项工作：

1. 将滑模式摊铺机驶离施工作业点，升起机架，将粘附在机器上的水泥混凝土用水清洗干净，并喷涂废机油防止锈蚀和粘接。滑模式摊铺机严禁不清洗，严禁留待下一班开工前硬敲粘连在机器上的水泥混凝土。
2. 做横向施工缝时，应铲除从摊铺机振动仓内脱离出来的纯砂浆，设置工作缝端模并用水准仪测量路面高程、坡度和平整度，传力杆设置要符合允许误差的要求。后幅工作缝要尽量与前幅缩缝、工作缝和胀缝对齐。在有设备条件时，也可切掉施工端部，钻孔插入传力杆。

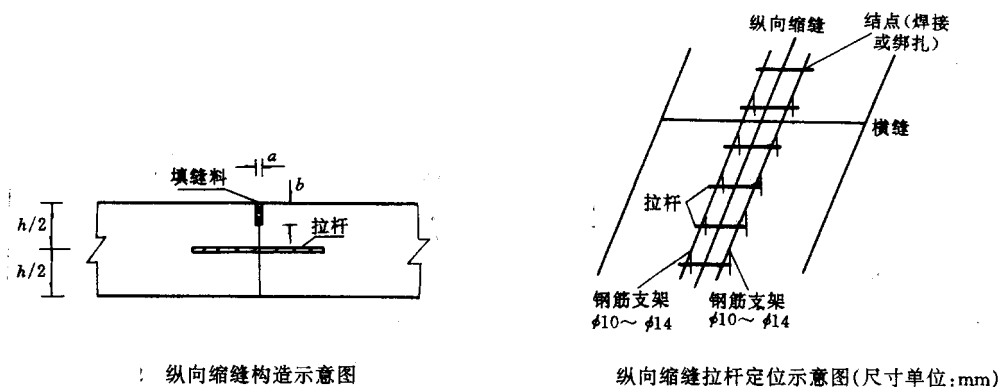
九、水泥混凝土路面接缝

滑模摊铺水泥混凝土路面接缝分纵向和横向两大类。纵缝又可分为纵向缩缝和纵向施工缝；横缝又可分为横向缩缝、胀缝和横向施工缝。

纵向缩缝

纵向缩缝的间距（即板宽）应根据滑模式摊铺机的摊铺宽度、路面宽度、车道宽度、车道分隔线位置、搅拌设备的拌和能力和运输车辆配置等综合确定，纵向缩缝的最大间距不能超过 4.5m。

当滑模摊铺机一次摊铺宽度大于 4.5m 时，必须设置纵向缩缝。纵向缩缝采用假缝加拉杆的构造形式，如图所示。



纵向缩缝中拉杆宜采用“拉杆安装附件”进行设置。当滑模式摊铺机本身未配置拉杆安装附件”时，拉杆宜采用钢筋支架沿路线纵向进行定位，支架形式如图所示。为防止推移变位，钢筋支架下部应锚固在基层上。

纵向施工缝

当滑模摊铺机一次摊铺宽度小于 4.5m 时，必须设置纵向施工缝。纵向施工缝采用平缝加拉杆的构造形式，如图所示。

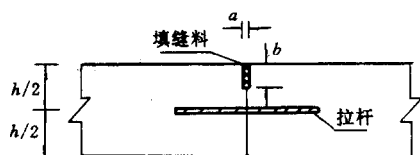


图 10-4 纵向施工缝构造示意图

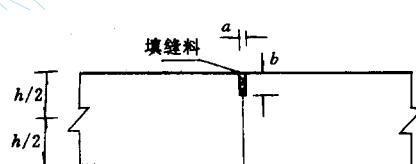


图 10-5 横向缩缝构造示意图

构造形式，如图所示。

纵向施工缝拉杆宜采用拉杆打入装置，根据拉杆形状可分为直线形方式和“L”形方式两种。当滑模式摊铺机向前推进时，将准备好的拉杆放置在机架上，再一根根放入拉杆安装槽中。拉杆设置间距“间距标尺”设定，并注意在施中根据水泥混凝土稠度变化调节汽锤气压值，一般为 (275.8~413.7) kPa [(40~60) PSI]，水泥混凝土坍落度越大，气压值应越小。“L”形拉杆在水泥混凝土硬化后应重新扳直。

横向缩缝

横向缩缝间距（即板长）可根据板厚 b ，由经验法来确定，即板长最大值不超过板厚的 24 倍；

或根据板长 L 与基层相对刚度半径 1 的比值来确定：即 $L/1 \leq 5.0$ 。一般横向缩缝间距为 $(4\sim5)$ m，最大不超过 6m，并且板宽与板长之比应控制在 $1:1\sim1:1.3$ 之间。

当基层为半刚性结构时，横向缩缝采用不设传力杆的假缝形式，如上图所示；在特重交通量或其它特殊要求的情况下，横向缩缝采用中央加设传力杆的假缝形式，如下图所示。

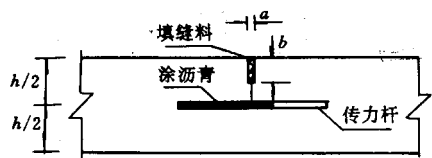


图 10-6 横向缩缝构造(加传力杆型)示意图

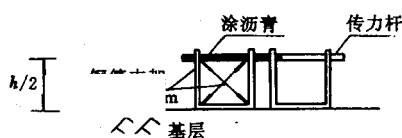


图 10-7 横向缩缝传力杆定位支架示意图

横向缩缝传力杆可采用滑模摊铺机传力杆设置附件插入或用钢筋支架装置设置。钢筋支架如上图所示，支架必须具有足够的刚度，并使用直径不小于 10mm 的钢钎将支架稳固地锚固在基层上。每只长约 4m 的钢筋支架至少需要 $(6\sim8)$ 根钢钎。钢钎锚固于基层的深度为 $(11\sim16)$ cm。

胀缝

胀缝只在桥涵、通道和其它固定构造物处、路面曲线纵坡变换处等位置上设置。胀缝的构造采用平缝加传力杆形式，如图所示。

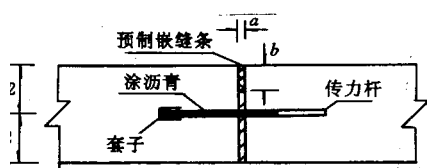


图 10-8 胀缝构造示意图

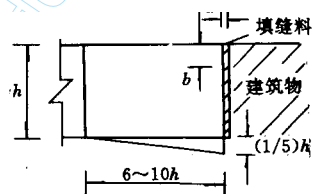
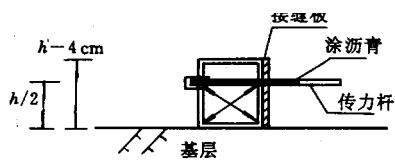


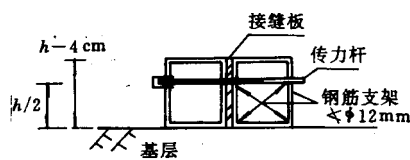
图 10-9 胀缝板边加厚型构造示意图

传力杆使用光面钢筋，为防止锈蚀并使之起隔离作用，钢筋一端 $2/3$ 范围内涂沥青。有涂层的端部安装聚丙烯套子，套子长 10cm，传力杆插入后顶端留 3cm 的空间作为面板热胀冷缩余地。为了便于滑模摊铺机通过，缝深为 4cm。与建筑物相接处的胀缝因无法设置传力杆，可采用如上图所示的板边加厚型。

胀缝分为两类：一类是位于桥梁通道等构造物的胀缝（I 类）；另一类是路段中间胀缝（II 类）。I 类胀缝应作为桥梁通道等构造物施工的一部分，即在构造物施工时预先设置，方法如图所示。



I 类胀缝传力杆安装示意图

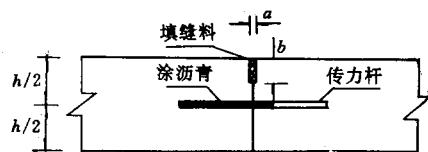


II 类胀缝传力杆安装示意图

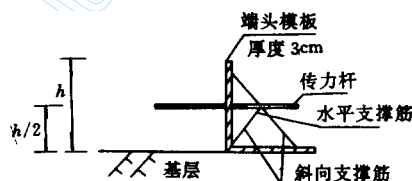
接缝板的材料宜采用聚乙烯泡沫塑料等压缩变形性能较好的材料。II类胀缝的设置是为了保证滑模摊铺路面的施工质量和摊铺的连续性，路段中间的胀缝宜采用前置法施工，如上图所示。预先加工好钢筋支架，将传力杆无涂层的一端焊在支架上，接缝板采用弯曲刚度较大的软木板，夹在两只支架之间。施工前运到现场，进行准确安装，并可采用细钢丝加以固定，待滑模式摊铺机摊铺至胀缝位置前方（1~2）m 处时，将支架搬至机前准确定位后，使用钢钎锚固在基层上，然后卸料，让滑模摊铺机直接通过。待水泥混凝土硬化后，使用切缝机按胀缝板宽度和位置切成缝槽，缝深达到胀缝板顶部。

横向施工缝

每天施工结束或水泥混凝土摊铺过程中断时，必须设置横向施工缝。横向施工缝为平缝加传力杆型，如图所示。



横向施工缝构造示意图



横向施工缝传力杆安装示意图

横向施工缝采用人工方法施工，必须认真仔细，以确保其质量。传力杆的设置方法如上图所示，施工前采用厚度为 3mm 的钢板加工端头模板，钢板高度与路面厚度相等，按照传力杆直径和间距在竖向钢板上钻孔，同时在水平支撑腰钢筋上加工传力杆安放槽，保证传力杆成水平状态。

切缝

横向缩缝必须用切缝机进行切缝。水泥混凝土切缝机上配有特殊形状的振动沉板、锯片式镶有合金钢砂轮和合金钢制的圆钢轮等。使用圆钢轮式切缝机来切缝时圆钢轮可以自由转动或加动力使其转动。由圆钢轮切划的接缝，由于和摊铺机上捣实机械配合而具有坚固而整齐的边缘。切缝应在混凝土尚未凝固之时进行，如果水泥混凝土凝固，硬度过高则不易切割，即使可以切割也容易造成边缘崩落，而使切缝扩大。

切缝时间采用度时积来控制，一般切缝时间的度时积必须在（350~500）℃h，主要根据外加剂或外掺剂的使用情况而定，最迟切缝时间不得超过 24h。实际施工时，可结合切缝的度时积采取一定的措施：如每隔（10~20）m 切一条；于当天晚上将前幅下部已经裂开的接缝对应的接缝切开；夜晚施

工以便避开高温时间等，以进一步减少断板率。另外在有条件的情况下，可采用软切缝方式，作为提前切缝、防止断板的技术措施。软切缝时间为水泥混凝土摊铺后人能够行走为标准。

切缝后应及时采用压缩空气、高压水或喷砂法进行接缝清理工作，确保缝壁和边部清洁，满足填缝要求。

传力杆的定位检测

传力杆安装完毕后必须进行抽测，抽测方式可采用挖开检查法，也可采用无损测试法，也可将这两种方法结合起来进行抽测。

十、水泥混凝土路面修整

路面修整的内容

滑模摊铺的水泥混凝土路面原则上不再修整，特别是禁止用加铺薄层的方式来修整水泥混凝土路面。但在下列情况下，允许进行局部少量的修整：

1. 滑模摊铺水泥混凝土路面时，可采用自动抹平板机械配件来消除气孔和石子带动的缺陷，以改善路面平整度。但自动抹光板压力不可过大。
2. 对拉杆挂环的侧边及边部局部塌边、流肩现象，应顶侧模进行修整。摊铺路面后幅的纵接缝处应进行适量修整，沾染在前幅路面上的砂浆和水泥混凝土应清除干净，并用钢刷刷出抗滑构造。
3. 对面板两边沿上角部的翘石、小裂缝、流浆现象，可用圆角抹修整光滑。后幅摊铺的纵缝，可用圆角抹修出灌缝槽，亦可锯出纵缝灌缝槽。
4. 应特别注意施工头部与桥面板的结合部和连续施工接头的平整度，施工头部应用水准仪抄平，接头应采用 3m 直尺边测量边修整，以保证这些部位具有良好的平整度。如果水泥混凝土已经硬化，发现这些部位的平整度不符合要求时，可用水磨石磨机研磨到平整度达到 3mm 以内。

施工差错的处理

施工差错要在水泥混凝土尚未硬化时及时处理。路面面层的高程误差应小于 $\pm 10\text{mm}$ ，板厚度误差应在 -10mm 以内；当高程误差在 $(\pm 10 \sim 20)\text{mm}$ 时，应视板厚度是否符合要求来决定是否进行处理；当面板标高误差均大于 20mm ，平均板厚度小于设计板厚 10mm 时，应尽早打掉面板厚度的一半或全部，然后再用人工摊铺到规定的板厚和标高，并注意振动密实，保证平整度符合要求。

十一、水泥混凝土路面抗滑构造

抗滑构造的技术要求

滑模摊铺水泥混凝土路面抗滑构造的技术要求如下：竣工时的路面抗滑构造深度 $\text{TD} \geq 0.8\text{mm}$ ，横向力系数 $\text{SFC} \geq 0.55$ ，5 年内必须分别能维持达到 $\text{TD} \geq 0.5\text{mm}$ ， $\text{SFC} \geq 0.45$ ，并要求抗滑构造深度均匀，

不损坏构造边棱，每耙之间与齿间距保持一致，不影响已经施工好的路面的平整度。

抗滑构造的制作

1. 滑模摊铺施工时，由机手检查布料的均匀情况，使滑模摊铺后的路面表面砂浆层厚度均匀，平均厚度 $\geq 4\text{mm}$ 。

2. 滑模式摊铺机后拖挂的麻袋片应尽量选择较厚较重的，以便形成足够的微观抗滑构造。麻袋片接触路面的拖行长度以 $(0.7\sim 1.5)\text{m}$ 为宜。人工修整过的表面，微观抗滑构造已经消失，必须再进行拖麻处理，以恢复微观抗滑构造。

3. 水泥混凝土路面抗滑构造的施工方式需要根据滑模摊铺的施工速度来选择：当滑模摊铺机的施工速度 $\geq 1\text{m/min}$ 时，水泥混凝土路面塑性刻槽必须选用机械化施工方式；当滑模式摊铺机的施工速度低于上述指标时，既可选择机械化施工方式，也可选择人工施工方式；当一次摊铺路面宽度大于 5.5m 时，必须选择机械化施工方式。

4. 必须要注意控制塑性刻槽的时间，从塑性刻槽完成至初凝时间间隔不得小于 20min 。最佳工作时间以刻槽后深度 $\geq 3\text{mm}$ ，槽壁不变形作为控制参考标准。当有泌水现象发生时，以水泥混凝土面板表面绝大部分水份挥发掉即进行刻槽为宜。

5. 滑模施工过程中出现人工设置施工缝、胀缝接头等特殊情况时，塑性刻槽应跟随滑模式摊铺机向前继续进行，让过此特殊段不得在此停顿过长时间，以免影响后面的施工。特殊段可单独进行刻槽处理。

6. 塑性刻槽控制规格为槽深 $\geq 3\text{mm}$ ，槽宽 $(3\sim 5)\text{mm}$ ，槽间距 $(20\sim 25)\text{mm}$ 。

7. 水泥混凝土路面表面的宏观抗滑构造制作完毕，应立即进行养生。在表面未达到足够强度前禁止人、畜、车辆上路。

十二、水泥混凝土路面养护

水泥混凝土路面滑模摊铺及表面抗滑构造制作完毕后，应及时进行养护。在养护初期，为了防止水泥混凝土被日晒雨淋，路面养护宜采用方便经济的喷洒养护剂或用塑料薄膜养护方式。也可采用覆盖能蓄水的如旧麻袋、草袋、草帘、稻草（但不能覆盖过早，否则路面上会残留麻袋等的痕迹）等洒水养护方式。对于规模大、速度快的滑模摊铺，不宜采用围水养护和盖砂洒水养护的方式。

喷洒了养护剂或做了抗滑构造的路面必须有专人保护，禁止人、畜、车辆等破坏路面。在达到设计强度的 40% 以后，撤除养护覆盖物后方可允许行人、自行车通行。

采用喷洒养护剂的养护方式，喷洒剂的喷洒厚度必须保证养护成膜。喷洒剂的品种和用量应根据 ASTM 标准实验方法来选择，满足保水率 $\geq 85\%$ 。保水率不合格或对水泥混凝土强度有影响的养护剂不得使用。养护剂的一般用量是每公斤原液喷洒 $(3\sim 4)\text{m}^2$ 路面左右。

采用塑料薄膜养护时，其厚度（韧度）要合适，在两块薄膜对接处，对接长度不得小于 1m 。塑

料薄膜在野外路面上必须盖严实，防止挂烂和被风吹破、掀起。

采用覆盖物洒水养护时，要及时洒水，洒水遍数应根据天气情况以保证覆盖物在养生期间始终处于潮湿状态：阴天每天洒水 1~2 遍；晴天每天洒水 2~3 遍。覆盖养期最少为 7d，人上路摆放覆盖物时不能踩坏路面的抗滑构造，亦不能让人、畜、自行车、车辆踩踏路面。

十三、水泥混凝土路面填缝

接缝填缝槽

接缝填缝槽的断面尺寸的确定既要保证所用的填缝材料变形时不达到极限状态，又要便于填缝施工，能保证质量要求。接缝填缝槽的形状为“高脚杯”形，一般采用切缝机分两次切割而形成。如果采用模具成形，必须使用不变形的钢制模具，并保证接缝两边的高差不大于 3mm。胀缝的填料槽要求壁面平直无锯齿形，并与下部设置的接缝板对称。

后置型橡胶填缝装置

后置型橡胶填缝装置适合于在滑模摊铺过程中采用前置法设置的胀缝填缝，胀缝填缝槽采用锯割方式形成，其施工过程如下：

1. 用空气压缩机或其它工具清除填料槽内的一切污染物，并保持干燥。
2. 用丙酮或苯等溶剂清洗填料槽缝壁的填料装置的粘接面，并应避免再次污染。
3. 用夹具将填缝装置压缩，使其小于缝宽，然后固定。夹具的安放间距为（30~40）cm。
4. 用改性环氧树脂胶粘剂或聚氨酯胶粘剂分别涂接缝两壁和填缝装置粘接面（夹具部位不涂），粘接剂膜的厚度为（0.5~1）mm。
5. 待粘接剂粘手或微粘手时，将填缝条放入接缝槽中。
6. 调整好平整度，依次取出夹具。
7. 用粘接剂修补填缝有缺陷的部位，并阻断交通进行养生，养生时间一般夏天为 6h，冬天 24h 即可通车。

橡胶填缝条

橡胶填缝条适合于在滑模摊铺施工中采用前置法设置的胀缝填缝。其施工过程如下：

1. 用棉纱蘸取少量丙酮将缝壁擦拭干净，并保持干燥。
2. 检查橡胶填缝条有无污染、破损、漏气现象以及长度是否与胀缝相符合等。检查完毕，用棉纱蘸取少量丙酮将橡胶填缝条擦试干净，尤其要注意擦拭侧壁的沟槽。
3. 将粘接剂挤到接缝壁的上部（1/2 深度以上），然后用灰刀将粘接剂均匀地分散涂布，使之在缝壁的上部形成一层连续的，厚度约为 1mm 的粘接剂膜。单边缝壁的粘接剂用量大约为 30g/m 左右。
4. 将填缝条胀缝的一端逐段嵌入缝隙，直到整条填缝条完全嵌入。在嵌入过程中，长度方向既不要拉伸，也不要压缩，要保持自然状态。

5. 填缝条全部嵌入胀缝后，立即将气门嘴内侧的夹持器松开，让空气进入双孔，使填缝条恢复原形状，使之与缝壁紧密贴合。

6. 为保证填缝条处于正确位置[要求低于路面（1~2）mm]，放气后必须立即调整填缝条的位置高度。位置太低时，可用起子往上挑；位置太高时，可用木条往下压。

7. 调整好填缝条在胀缝中位置后，应将气门嘴中的气门芯取出，把套在上面的小橡皮管拉下，套住气门芯的小孔。然后再插入气门嘴并锁紧，使之成为只进气、不出气的单向阀。同时用夹持器在气门嘴外侧夹紧填缝条，使之不漏气。然后再用打气枪充气，直到以双手紧捍填缝条仅有少许变形为宜。一般需要养生（12~24）h，当发现挤出路面的粘接剂由乳白色变为咖啡色，并且变得坚韧时即可通车。

8. 当粘接剂充分固化后，即可将伸出胀缝两端多余的填缝条头齐路面边沿剪掉，并收回气门嘴和夹持器，然后用少许闭孔海绵塞住填缝条的两个通孔，以免泥沙和碎石等杂物进入。

缩缝填缝

缩缝填缝可采用常温施工方式或热施工方式。其施工过程如下：

1. 清除接缝中砂石及其它污染物，必要时用水反复冲洗，并用压缩空气吹干。
2. 采用常温施工时，按供应商推荐的常温施工式填缝料的用量比例，将两组份材料用手提式电钻混合均匀备用。
3. 采用热施工时，按供应商推荐的热施工式填缝料的用量比例、安全加热温度和加热时间，将填缝料溶解备用。填缝料中的不溶物应彻底清除干净。
4. 将背衬材料塞入接缝填缝槽的底部，当供应商要求打底涂料时，应将接缝两壁打上底涂料后再灌填缝料。
5. 用灌缝枪或灌缝机徐徐将填缝料挤入接缝中。
6. 及时将流在路表面上的填缝料在未固化前清理干净，保持接缝表面清洁。
7. 冬天填缝施工时，填缝料应灌至距表面以下 5mm；夏天施工时可灌至与路表面平齐。冷施工型填缝料的养生期：冬天一般为 24h，夏天为（6~12）h；热施工型填缝料的养生期：冬天一般为（3~6）h，夏天为（1~2）h。养生期间要封闭交通。

水泥混凝土路面小型机具施工

水泥混凝土路面小型机具施工工序为：(1)选择拌和场地；(2)备料和混合料配比调整；(3)测量放样；(4)基层检验和整修；(5)支立模板和安设钢筋(拉杆和传力杆)；(6)拌和混凝土；(7)运输混凝土；(8)摊铺混凝土；(9)振捣混凝土；(10)提浆、刮平；(11)铺放过滤布与气垫薄膜吸垫；(12)真空处理；(13)机械抹平；(14)机械抹光；(15)表面制毛；(16)机械锯缝；(17)拆模；(18)填缝；(19)养护；(20)开放交通。

一、施工准备工作

施工前的准备工作包括选择混凝土拌和场地，材料准备及质量检查，混合料配合比检验与调整，基层的检验与整修等工作。

(一) 选择混凝土拌和场地

根据施工路线的长短和所采用的运输工具，混凝土可集中在一个场地拌制，也可以在沿线选择几个场地，随工程进展情况迁移。拌和场地的选择首先要考虑使运送混合料的运距最短。同时拌和场还要接近水源和电源。此外，拌和场应有足够的面积，以供堆放砂石材料和搭建水泥库房之用。

(二) 材料准备及其性能检验

根据施工进度计划，在施工前分批备好所需要的各种材料（包括水泥、砂、石料及必要的外加剂），并在实际使用前，对已选备的砂和石料抽样检测其含泥量、级配、有害物质含量、坚固性；对石子还应抽检其强度、针片状颗粒含量和磨耗等。如含泥量超过允许值，应提前1~2d 冲洗或过筛至符合规定为止，若其它项不符合规定时，应另选料或采取有效的补救措施。

已备水泥除应查验其出厂质量报告单外，还应逐批抽验其细度、凝结时间、安定性及3d、7d 和 28d 的强度等是否符合要求。为节省时间，可采用2h 压蒸快速测定方法测定推算。受潮结块的水泥禁止使用，另外，新出厂的水泥至少要存放一周后可使用。外加剂按其性能指标检验，并须通过试验判定是否适用。

(三) 混合料配合比检验与调整

混凝土施工前必须检验其设计配合比是否合适，如不合适，应及时调整。

(1) 和易性（工作性）检验与调整。按设计配合比取样试拌，测定其工作性（或坍落度），必要时还应通过试铺试验段检验。

(2) 强度的检验。按工作性符合要求的配合比，成型混凝土抗弯拉及抗压试件，养生28d 后测定强度，或压蒸4h 快速测定强度后推算28d 强度。强度较低时，可采用提高水泥标号、降低水灰比改善集料级配等措施。

除进行上述检验外，还可以选择不同用水量、不同水灰比、不同砂率或不同集料级配等配制混合料，通过比较，从中选出经济合理的方案。施工现场砂和石子的含水量经常变化，必须逐班测定，并调整其实际用量。

(四) 基层检验与整修

1. 基层检验

基层的宽度、路拱与标高、表面平整度、厚度和压实度等，均须检查其是否符合规范要求。如有不符之处，应予整修。在工程实践中，要求基层完成后，应加强养护，控制行车，使其不出现车槽。如有损坏应在浇筑混凝土板前采用相同材料修补压实，严禁用松散粒料填补。对半刚性基层，要注意把握整修时间，过迟难以整修且很费工。对加宽的部分，新旧部分的强度应一致。若在旧砂石路或沥青路面上铺筑混凝土路面时，所有旧路面的坑洞、松散等损坏，以及路拱横坡或宽度不符合要求之处，均应事先翻修、调整、压实。

2. 测量放样

测量放样是水泥混凝土路面施工的一项重要工作。首先应根据设计图纸放出中心线及边线，设置胀缝、缩缝、曲线起迄点和纵坡转折点等桩位，同时根据放好的中心线及边线，在现场核对施工图纸的混凝土分块线。要求分块线距窨井盖及其它公用事业检查井盖的边线保持至少 1cm 的距离，否则应移动分块线的位置。放样时为了保证曲线地段中线内外侧车道混凝土块有较合理的划分，必须保持横向分块线与路中心线垂直。对测量放样必须经常进行复核。包括在浇捣混凝土过程中，要做到勤测、勤核、勤纠偏。

3. 安设模板

基层检验合格后，即可安设模板。模板宜采用钢模，长度 3~4m，接头处应有牢固拼装配件，装拆应简易。模板高度应与混凝土面层板厚度相同。模板两侧铁钎打入基层固定。模板的顶面与混凝土板顶面齐平，并应与设计高程一致，模板底面应与基层顶面紧贴，局部低洼处（空隙）要事先用水泥浆铺平并充分夯实。无钢模时，也可采用木模，但厚度宜在 5cm 以上。

模板安装完毕后，宜再检查一次模板相接处的高差和模板内侧是否有错位和不平整等情况，高差大于 3mm 或有错位和不平整的模板应拆去重新安装。如果正确，则在内侧面均匀涂刷一薄层油或沥青，以便拆模。

二、混凝土的拌和与运输

（一）混凝土拌和

混凝土必须采用机械搅拌。搅拌站应合理布置拌和机和砂石、水泥等材料的堆放地点。力求提高拌和机生产率。搅拌机的容量应根据工程量在大小和施工进度配置，同时，施工工地须有备用的搅拌机和发电机组。

拌制混凝土的供料系统应尽量采用配有电子秤的自动计量设备，有困难时，最低限度也要采用集料箱加地磅的计量方法，而体积计量法难于达到计量准确的要求，应停止使用。采用自动计量设备时，在每天开始拌和前，应按混凝土配合比要求。对水泥、水和各种集料的用量准确调试后（特别应根据天气变化情况，测定砂石材料的含水量，以调整拌制时的实际用水量），输入到自动计量的控制存储器中，经试拌检验无误，再正式拌和生产。量配的精确度为：水和水泥：±1%；粗细集料：3%。外加剂应单独计量，精确度为±2%。每一工班至少应检查两次材料量配的精确度，每半天检查两次混合料的坍落度。

搅拌机的装料的顺序宜为：砂、水泥、碎（砾）石，或碎（砾）石、水泥、砂。进料后，边搅拌边加水。搅拌时间应根据搅拌机的性能和拌和物的和易性确定。混凝土拌和物的最短搅拌时间，自材料全部进入搅拌鼓起，至拌合物开始出料止的连续搅拌时间应符合下表的规定。搅拌最长时间不得超过最短时间的三倍。

混凝土拌合物最短搅拌时间

搅 拌 机 容 量		转速（转/min）	搅 拌 时 间（s）	
			低流动性混凝土	干硬性混凝土
自由式	400L	18	105	120
	800L	14	165	210
强制式	375L	38	90	100
	1500L	20	180	240

（二）混凝土运输

为保证混凝土的工作性，在运输中应考虑蒸发失水和水化失水（指水泥在拌和之后，开

始水化反应，其流动度下降），以及因运输的颠簸和振动使混凝土发生离析等。要减小这些因素的影响，其关键是缩短运输时间，并采取适当措施防止水份损失（如用帷布或其它适当方法将其表面覆盖）和离析。

混凝土拌和物可采用自卸机动车运输。当运距较远时，宜采用搅拌运输车运输，混凝土拌和物从搅拌机出料后，送至铺筑地点进行摊铺、振捣、抹面，直至浇筑完毕的允许最长时间，由试验室根据水泥初凝时间及施工气温确定，并应符合下表的规定。若时间超过限值，或者在夏天铺筑路面时，宜使用缓凝剂。

装运混凝土拌和物的过程中，还不应漏浆，并应防止离析。出料及铺筑时的卸料高度不应超过 1.5cm。当有明显离析时，应在铺筑时重新拌匀。运送用的车箱在每天工作结束之后，必须用水冲洗干净。

混凝土从搅拌机出料至浇筑完毕的允许最长时间

施工气温（℃）	允许最长时间（h）	施工气温（℃）	允许最长时间（h）
5~1	2	20~30	1
10~20	1.5	30~35	0.75

三、摊铺与振捣

（一）摊铺

摊铺混凝土前，应对模板的间隔、高度、润滑、支撑稳定情况和基层的平整、润湿情况、以及钢筋的位置和传力杆装置等进行全面检查。

混凝土混合料运送车辆到达摊铺地点后，一般直接倒入安装好侧模的路槽内，并用人工找补均匀，如发现有离析现象，应用铁锹翻拌。

混凝土板厚度不大于 24cm 时，可一次摊铺。大于 24cm 时，宜分两次摊铺，下层厚度宜为总厚度的 3/5。摊铺的松料厚度，应考虑振实的影响而预留一定的高度。具体数值，根据试验确定，一般可取设计厚度的 10%左右。

用铁锹摊铺时，应用“扣锹”的方法，严禁抛掷和搂耙，以防止离析。在模板附近摊铺时，用铁锹插捣几下，使灰浆捣出，以免发生蜂窝。

（二）安放加强钢筋

1. 安放钢筋网片

安放钢筋网片时，不得踩踏，应在底部先摊铺一层混凝土拌合物，摊铺高度应按钢筋网片设计位置预加一定的沉落高度。待钢筋网片安装好就位后，再继续浇筑混凝土。若安放双层钢筋网片时，对厚度不大于 25cm 的板，上下两层钢筋片可事先用架立筋扎成骨架后一次安放就位。厚度大于 25cm 的，上下两层钢筋网片应分两次安放。

2. 安放角隅和边缘钢筋

安放角隅钢筋时，应先在安放钢筋的角隅处摊铺一层混凝土拌合物。摊铺高度应比钢筋设计位置预加一定的沉落度。角隅钢筋就位后，用混凝土拌和物压住。

安放边缘钢筋时，应先沿边缘铺筑一条混凝土拌和物，拍实至钢筋设置高度，然后安放边缘钢筋，在两端弯起处，用混凝土拌和物压住。

（三）振捣

摊铺好的混凝土混合料，应迅即用平板振捣器和插入式振捣器均匀地振捣。平板振捣器的有效作用深度一般为 22cm 左右。不采用真空脱水工艺施时，宜采用 2.2kw 的平板振捣器；采用真空脱水工艺施工时，可采用功率较小的平板振捣器。插入式振捣器主要用于振捣面板的边角部、窨井、进水口附近，以及安设钢筋的部位，施工中宜先用频率 6000 次/min 以上的振捣器。

振捣混凝土混合料时，首先应用插入式振捣器在模板边缘角隅等平板振捣器振捣不到之处振一次（如面板厚度大于 22cm，则需用插入式振捣器全面顺序插振一次），同一位置不宜少于 20s。插入式振捣器移动间距不宜大于其作用半径的 1.5 倍，其至模板的距离不应大于其

作用半径的 0.5 倍，并应避免碰撞模板和钢筋。分两次摊铺的，振捣上层混凝土混合料时，插入式振捣器应插入下层混凝土混合料 5cm，上层混凝土混合料的振捣必须在下层混凝土拌和物初凝之前完成。其次，再用平板振捣器全面振捣。振捣时应重叠 10~20cm。同一位置振捣时，当水灰比小于 0.45 时，振捣时间不宜少于 30s；水灰比大于 0.45 时，不宜少于 15s，以不再冒气泡并泛出水泥浆为准。

混凝土在全振捣后，再用振动梁进一步拖拉振实并初步整平。振动梁往返施拉 2~3 遍，使表面泛浆，赶出气泡。振动梁移动的速度要缓慢而均匀，前进速度以 1.2 ~1.5m/min 为宜。对不平之处，应及时进铺以人工补填找平。补填时就用较细的混合料原浆，严禁用纯砂浆填补，振动梁行进时，不允许中途停留。牵引绳不可过短，以减少振动梁底部的倾斜，振动梁底面要保持平直，当弯曲超过 2mm 时应调查或更换，下班或不用时，要清洗干净，放在平整处（必要时将振动梁朝下搁放，以使其自行校正平直度），不得暴晒或雨淋。

最后再用平直的滚杠进一步滚揉表面，使表面进一步提浆并调匀。滚杠的结构一般是挺直的、直径 75 ~100mm 的无缝钢管，在钢管两端加焊端头板，板内镶配轴承，管端焊有两个弯头式的推拉定位销，伸出的牵引轴上穿有推拉杆。这种结构既可滚拉又可平推提浆赶浆，使表面均匀地保持 5~6mm 左右的砂浆层，以利密封和作面。设有路拱时，应使用路拱成形板整平。

如发现混凝土表面与拱板仍有较大高差，应重新补填找平，重新振滚平整。最后挂线检查平整度，发现不符合之处应进一步处理刮平，直到平整度符合要求为止。

四、真空脱水

真空脱水工艺是混凝土的一种机械吸水方法，被国外列为 70 年代混凝土施工 4 项新技术之一。目前，国内混凝土施工中也广泛推广使用此技术。由于真空吸水工艺利用真空负压的压力作用和脱水作用，提高了混凝土的密实度，降低了水灰比，从而改善了混凝土的物理力学性能，是解决混凝土和易性与强度的矛盾，减少水泥用量，节省工程投资，缩短养生时间，提前开放交通的有效措施。同时，由于真空脱水后的混合料含水量减少，使凝固时的收缩量大大减少，有效地防止了混凝土在施工期间的塑性开裂，可延长路面的使用寿命。

（一）配套机具

真空混凝土路面施工，一般以每一块件为单位，进行浇注摊铺、振动刮平、真空处理、机械抹光与制毛（压纹）4 个主要工序的连续流水作业。每一工序周期约为 25min，每班可完成 18 块左右，每一块件的全部操作时间约 100min。

以每班浇注 3.5 m 宽、100~120m 长路面为例，每一块件为 3.5m×5m×24cm 共 20~40 块，总混凝土量为 420~500m³，则需配套机械为：

400L 混凝土搅拌机	3 台（包括备用 1 台）
人工小翻斗车	10 台（供搅拌上料用）
1t 机动翻斗车	10 台（包括备用 2 台）
插入式振捣器	3 台（备用棒头 3 根）
平板振捣器	3 台（备用 1 台）
3.75 m 振动梁	2 台
切缝机	2 台
专用真空泵	2 台
气垫薄膜吸垫（3.5m×5m）	4 张
真空混凝土试模	1 套
抹光机	3 台（包括备用 1 台）
制毛机（压纹机）	1 台

（二）真空脱水工艺

真空脱水工艺主要工序如下。

1. 检查泵垫

脱水前，打开真空泵机组水箱盖，向真空室和集水室注入清水，使水面与箱内管口相平或略高一些，调节搭扣松紧，盖严箱盖，用 3~4mm 厚橡胶板堵住进水口，检查泵的空载真空度，泵表位应大于 650~700mmHg。再检查连接软管、吸垫表面、粘缝及管接头。如发现损坏、漏气、阻塞时，要迅速修补或更换。此外，还要检查粘结剂和修补用品以及常用的修理工具是否齐全。

2. 铺设吸垫

推荐采用 V₈₈ 型新型吸垫，可省去尼龙垫布。并吸均匀。其次，可采用 V₈₂ 型吸垫，它无需塑料网片，仅需尼龙垫片，吸水尚均匀。

推荐采用 V₈₈ 或塑料网格吸垫时，应先铺放尼龙布。要求布面拉平，少皱折，过长时可折叠放置，尼龙布比板面应略小 6~8cm（即密封带宽度），气垫薄膜比板面应略小 8~10cm。安放时，应用小擦刷沿密封边轻轻扫压一遍，开泵脱水的同时，再拉压一遍，以保证密封效果。如采用尼龙网格吸垫时，应铺设网片，周边与尼龙布对齐，每网片间还应搭接 2~3cm，最后铺上部吸罩，并接通接水桶。

3. 开泵脱水

开泵脱水，一般控制真空表 1min 内逐步升高到 400~500mmHg。最高值不宜大于 650~700mmHg。如在规定时间内（3min）内在到规定的真空度要求时，应立即查找漏气处进行补救。如使用密封带时，一般可略浇些水将密封边湿润，再轻轻扫压一下，如仍不见效，要采取修补或更换等措施。真空处理过程中，要认真记录真空度、脱水时间与脱水量，并观察各处气垫薄膜内水流状况，若发现局部水分移动不畅，可间隙短暂地掀起邻近的密封边，借此渗入少量空气，促使混凝土表层水份移动。当脱水达到规定时间（脱水时间一般为板厚(cm)的 1~1.5 倍，单位 min）要求后或已脱出规定水量（脱水率一般为 12%~15%）后，在吸垫四周位置要略微掀起 1~2cm，继续抽吸 10~15s，以脱尽作业表面及管路中余水。

卷起吸垫，移至下一块作业面上再继续进行真空脱水。每次吸垫位置应与前次重叠 20cm，以防漏吸，造成含水量分布不均。

4. 注意事项

真空脱水应注意如下事项：

（1）真空脱水的作业深度不宜超过 30cm，混合物的水灰比不宜大于 0.55；

（2）购置滤布和吸垫时应根据混凝土路面板块的大小，选择适当的尺寸。过大或过小都会影响脱水效果；

（3）真空操作人员必须站在自制的“工作桥”上行走，不准随意在吸垫上行走。不准穿硬底带钉的鞋子，最好穿胶鞋或球鞋操作；

（4）脱水时要作好脱水记录，把握好脱水时间和脱水均匀性，防止混凝土出现“弹簧层”和产生裂缝。

（5）吸垫存放或搬移时，应避免与带尖角的硬物接触。卷起或铺放吸垫时，应手拿担棍操作。以免吸垫损坏。

（6）每班施工完毕，应将吸垫洗干净，并冲净真空泵箱的沉积物，排净存水。

五、表面整修和防滑处理

（一）表面整修

1. 真空混凝土面板整修

采用真空工艺时，脱水后还应进行机械抹光、精抹、制毛等工序。

（1）机械抹光，圆盘抹光机粗抹或用振动梁复振一次能起匀浆、粗平及表面致密作用。它能平整真空脱水后留下的凹凸不平，封闭真空脱水后出现的定向毛细孔开口，通过挤压研磨作用消除表层孔隙，增大表层密实度，使表层残留水和浆体不均匀分布现象得到改善，以减少不匀收缩。实践证明，粗抹是决定路面大致平整的关键，因此应在 3m 直尺检查下进行。

通过检查，采取高处多磨、低处补浆（原浆）的方法进行边抹光边找平，用 3cm 直尺纵横检测，保证其平整度不宜大于 1cm。应注意的是抹光机进行的方向不同，其效果亦略有不同。顺路方向行进易保证纵向的平整，横路方向行进则纵向平整度效果略逊。

（2）精抹。精抹是路面平整度的把关工序。为给精抹创造条件，可在粗抹后用包裹铁皮的木搓或小钢轨（或滚杠）对混凝土表面进行拉锯式搓刮，一边横向搓、一边纵向刮移。为避免模板不平或模板接头错位给平整度带来的影响，横向搓刮后还应进行纵向搓刮（搓杆与模板平行搓刮），同时要附以 3cm 直尺检查。搓刮前一定要将模板清理干净。搓刮后即可用 3cm 直尺于两侧边部及中间三处紧贴浆面各轻按一下，低凹处不出现压痕或印痕不显，较高处印痕较深，据此进行找补精平。每抹一遍，都得用 3m 直尺检查，反复多次检查直至平整度满足要求为止。精抹找补应用原浆，不得另拌砂浆，更禁止撒水或水泥粉，否则不但易发生泌水现象，延长制毛间隔时间，还会因水灰比的不均匀，致使收缩不均匀。在较高温度下，还会出现表面网裂，路面成形通车后表层破皮脱落。

（3）制毛。制毛是为保持路面的粗糙度，提高路面的抗滑性能，但对路面平整度亦有一定影响。制毛一般采用压纹（或压槽）和拉毛（或拉槽）两种方法，但这两种方法各有利弊。压纹具有向下挤压致密作用，能增强路面的耐磨性，如果掌握得当，纹理顺直均匀（深度一般 0.6~1.0mm），比较美观。但纹理深浅均匀性很难掌握，因为它不但与压纹的时间有关，而且还与混凝土真空脱水的均匀性有关。在吸垫的四周，特别是密封带处，由于真空度分布较小，脱水较少，故压纹时间应长些，而吸垫中央部分真空度大，脱水多，所以压纹时间应短一些，这就造成了压纹时间上的矛盾。解决这一问题的办法是：以四周边混凝土适合压纹的时间为准。在板面中央等强度较高的部位，采用在压纹机上加载的办法解决。当混凝土脱水不够，强度较低时，应切忌压纹，否则在相邻两压纹机之间的路面上很容易形成不平整的一条鼓包。拉毛易疏松和破损表层，使表层 1~2mm 范围内密实度受到影响，不利于路面的耐磨性，但拉毛对平整度会有所改善。采用压纹的路面平整度，一般都不如拉毛的路面平整度好。

2. 普通混凝土面板整修

不采用真空脱水工艺时，应用大木抹多次抹面至表面无泌水为止，吸水抹面的各遍间隔时间参见下表。

普通混凝土路面板吸水抹面间隔时间

水泥品种	施工温度 (℃)	间隔时间 (min)	水泥品种	施工温度 (℃)	间隔时间 (min)
普通 水 泥	0	35~45	矿 渣 水 泥	0	55~70
	10	30~35		10	40~55
	20	15~25		20	25~40
	30	10~15		30	15~25

注：吸水抹面的间隔时间除同施工温度有关外，还受日照、风力、水泥用量等因素的影响，故实际操作时还需根据当时情况而定。

修整时，每次要与上次抹过的痕迹重叠一半。在板面低洼处要补充混凝土，并用 3m 直尺检查平整度。

抹面结束后，即可用尼龙丝刷（或拉槽器）在混凝土面层表面横向拉毛（槽）。

六、接缝施工

接缝是混凝土路面的薄弱环节，接缝施工质量不高，会引起板的各种损坏，并影响行车的舒适性。因此，应特别认真地做好接缝施工。

（一）纵缝

小型机具施工时，按一个车道的宽度（3.75~4.5m）一次施工，纵向施工缝一般采用平

缝加拉杆或企口缝加拉杆的形式。但在道口等特殊部位，一次性浇筑的混凝土板宽度可能会大于 4.5m，这就需要设纵向缩（假）缝。纵向假缝一般亦应设置拉杆。

缝纵拉杆应采用螺纹钢筋，设置在板厚的中间。并应避免将脱模剂（如沥青等）涂洒在拉杆上。

纵向施工缝拉杆可采用三种方式设置。第一种是在模板上设孔，立模后在浇筑混凝土之前将拉杆穿在孔内，这种方式缺点是拆模板较困难。第二种是把拉杆弯成直角形，立模后用铁丝将其一半绑在模板上，另一半浇在混凝土内，拆模后将露在已浇筑混凝土侧面上的拉杆弯直。第三种方式是采用带螺栓的拉杆，一半拉杆用支架固定在基层上，拆模后另一半带螺栓接头的拉杆同埋在已浇筑混凝土内的半根拉杆相接。

纵向缩（假）缝施工应预先将拉杆采用门型式固定在基层上，或用拉杆置放机在施工时置入。假缝顶面缝槽用切缝机切缝，缝宽为 3~8mm，深为 1/4~1/5 板厚，使混凝土在收缩时能从此缝向下规则开裂，防止因切缝深度不足引起不规则裂缝。

（二）横缝

1. 缩缝

横向缩缝可采用在混凝土凝结后（碎石混凝土抗压强度达到 6.2~12.0Mpa，砾石混凝土达到 9.0~12.0MPa）钮切或在混凝土铺筑时压缝的方式修筑。压缝法施工方法是：当混凝土混合料做面后，应立即用振动压缝刀压缝。当压至规定深度时，应提出压缝刀，用原浆修平缝槽，严禁另外调浆。然后，应放入铁制或木制嵌条，再次修平缝槽，待混凝土混合料初凝前泌水后，取出嵌条，形成缝槽。由于切缝可以得到质量比压缝好的缩缝，因此，应尽量采用这种方式。特别是高等级公路必须采用切缝法。其施工工艺为：

（1）切缝前应检查电源、水源及切缝机组试运转的情况，切缝机刀片应与机身中心线成 90° 角，并应与切缝线在同一直线上。

（2）开始切缝前，应调整刀片的进刀深度，切割时应随时调整刀片切割方向。停止切缝时，应先关闭旋扭开关，将刀片提升到混凝土板面上，停止运转。

（3）切缝时刀片冷却用水的压力不应低于 0.2Mpa。同时应防止切缝水渗入基层和土基。

（4）当混凝土强度达到设计强度的 25%~30%，即可进行切割，当气温突变时，应适当提早切缝时间，或每隔 20~40m 先割一条缝，以防因温度应力产生不规则裂缝。应严禁一条缝分两次切割的操作方法。

（5）切缝后，应尽快灌注填缝料。

这里应指出的是，切割时间要特别注意掌握好，切得过早，由于混凝土的强度不足，会引起粗集料从砂浆中脱落，而不能切出整齐的缝。切得过迟，则混凝土由于温度下降和水分减少而产生的收缩因板长而受阻，导致收缩应力超出其抗拉强度而在非预定位置出现早期裂缝。合适的切割时间应控制在混凝土获得足够的强度，而收缩应力并未超出其强度的范围内时。它随混凝土的组成和性质（集料类型、水泥类型和含量、水灰比等），施工时的气候等因素而变化。施工技术人员须依据经验并进行试切后决定。下表为大致的切缝时间范围。

经验切缝时间

昼夜平均温度（℃）	常规施工方法（h）	真空脱水作业（h）	昼夜平均温度（℃）	常规施工方法（h）	真空脱水作业（h）
5	45~50	40~45	20	18~21	12~15
10	30~45	25~30	25	15~18	8~11
15	22~26	18~23	30	13~15	5~7

2. 胀缝

胀缝应与路中心线垂直，缝壁必须垂直，缝隙宽度必须一致，缝中不得连浆。缝隙下部设胀缝板，上部灌胀缝填缝料。传力杆的活动端，可设在缝的一边或交错布置，固守后的传力杆必须平行于板面及路面中心线，其误差不得大于 5mm，传力杆的固定，可采用顶头木模固定或支架固定安装两种方法。

(1) 顶头木模固定传力杆安装方法。宜用于混凝土板不连续浇筑时设置的胀缝。传力杆长度的一半应穿过端头挡板，固定于外侧定位模板中，混凝土拌和物浇筑前应检查传力杆位置，浇筑时应先摊铺下层混凝土拌和物，并用插入式振捣器振实，并应在校正传力杆位置后，再浇筑上层混凝土拌和物。浇筑面板时应拆除顶头木模，并应设置胀缝板、木制嵌条和传力杆套管。

(2) 支架固定传力杆安装方法。宜用于混凝土板连续浇筑时设置的胀缝。传力杆长度的一半应穿过胀缝板和端头挡板，并应用钢筋支架固定就位，浇筑时应先检查传力杆位置，再在胀缝两侧摊铺混凝土拌和物至板面，振捣密实后，抽出端头挡板，空隙部分填补混凝土拌和物，并用插入式振捣器振实。

近年来，人们在施工中对该方法作了一些改进，其作法是：预先设置好胀缝板和传力杆支架，并预留好空间，为保证胀缝施工的平整度以及施工的连续性，胀缝板以上的混凝土硬化后用切缝机按胀缝的宽度切两条线，待填料时，将胀缝板以上的混凝土凿去，这种方法，对保证胀缝施工质量特别有效。

3. 施工缝

施工缝宜设于胀缝或缩缝处，多车道施工缝应避免设在同一横断面上。施工缝如设于缩缝处，板中应增设传力杆，其一半锚固于混凝土中，另一半应先涂沥青，允许滑动。传力杆必须与缝壁垂直。

(三) 接缝填封

混凝土板养护期满后应及时填封接缝。填缝前必须保持缝内清洁，防止砂石等杂物掉入缝内。常用的填缝方法有灌入式和预制嵌缝条填缝两种。

七、养生及拆模

(一) 养生

混凝土表面修整完毕后，应进行养生，使混凝土板在开放交通前具备足够的强度和质量。养生期间，须防止混凝土的水分蒸发和风干，以免产生收缩裂缝；须采取措施减少温度变化，以免混凝土板产生过大的温度应力；须管制交通，以防止人畜和车辆等损坏混凝土板的表面。

混凝土板的养生，可根据施工工地的情况及条件，选用湿治养生、喷洒成膜材料养生等方法。其养生时间按混凝土抗弯拉强度达到 3.5Mpa 以上的要求试验确定。通常，使用普通硅酸盐水泥时约为 14d，使用早强水泥时约为 2d，使用普通硅酸盐水泥时约为 14d。

在养生初期，为减少水分蒸发，避免阳光照射，防风吹和暴雨等，可以用活动的三角形罩棚将混凝土板全部遮起来。

1. 湿治养生

湿治养生由三个时期组成：防护层润湿期、保证混凝土凝固的蓄能期和含水量逐渐降低不产生收缩应力的终结期。

润湿期宜用草袋（帘）等，在混凝土终凝后覆盖于板的表面，每天均匀洒水，保持潮湿状态，但注意洒水时不能有水流冲刷。蓄能期内，每天对含水材料润湿 2~3 次；在昼夜温差大的地区，混凝土板浇筑 3d 内应采取保温措施，防止混凝土板产生收缩裂缝。终结期内，必须保证混凝土逐渐失水，与周围环境温度保持平衡。

混凝土板在养生期间和填缝前，应禁止车辆通行，在达到设计强度的 4% 以后，方可允许行人通行。养生期满后，方可将覆盖物清除，板面不得留有痕迹。

2. 喷洒成膜材料养生

喷洒成膜材料养生是将几种化工原料按一定比例配制成油状溶液，用喷洒机具喷（或刷）在混凝土表面溶液中挥发物挥发后形成一层较坚韧的纸状薄膜，利用薄膜不透水的作用，将混凝土中的水化热和蒸发水大部分积蓄下来自行养护混凝土的方法。这种方法可节约用水，在干旱地区或施工用水困难地区较为适用。目前常用的成膜材料有过氯乙烯树脂和氯偏乳液两种。

（二）拆模

拆模时间应根据气温和混凝土强度增长情况确定，采用普通水泥时，一般允许拆模时间见下表。

拆模应仔细，不得损坏混凝土板的边、角，尽量保持模板完好。拆模后不能立即开放交通，只有混凝土板达到设计程度时，才允许开放交通。当遇特殊情况需要提前开放交通时，混凝土板的强度应达到设计强度 80%以上，其车辆荷载不得大于设计荷载。

混凝土板允许拆模时间

昼夜平均气温 (°C)	允许拆模时间 (h)	昼夜平均气温 (°C)	允许拆模时间 (h)
5	72	20	30
10	48	25	24
15	36	30 以上	18

注：①允许拆模时间,自混凝土成形后至开始拆模时计算；

②使用矿渣水泥时，允许拆模宜延长 50%~100%。

水泥砼路面

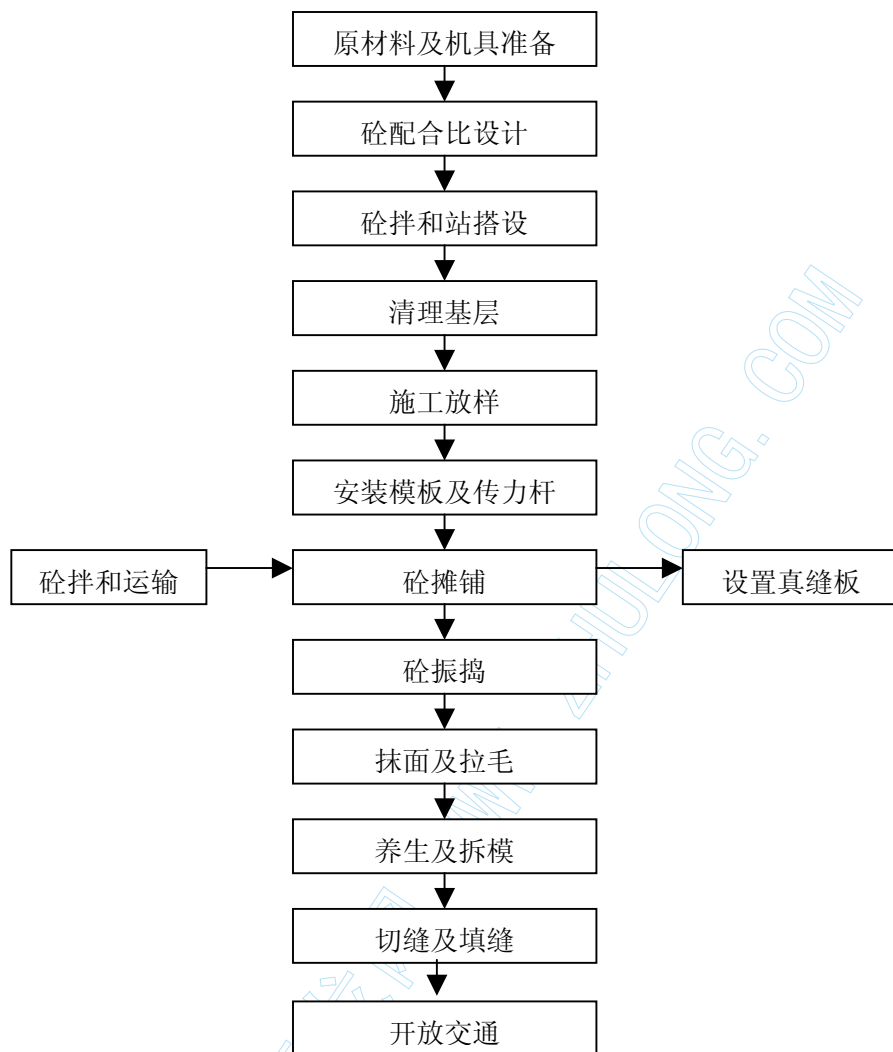
1 人工摊铺施工

- 按需要备足质量合格的 425#硅酸盐水泥，砂石料，外掺剂等原材料。
- 在适宜地点设置砼拌和站。
- 提前进行原材料试验，开工前一个月完成砼配合比设计报监理工程师审批。
- 在验收合格的基层上进行测量放样工作，并增设水准点，放出路面边线支设模板，定出板块分块位置，模板支架应牢固不变形。
- 检查复核模板标高，平面位置支立是否准确稳固，接头是否紧密平顺，是否前后错茬和高低不平等现象。
- 按设计要求安设钢筋网片，传力杆。
- 采用有自动计量装置的拌和机或一般机械拌和设备，并在施工前检查维修好施工机具设备，按配合比准确配料，严格控制水灰比及拌和时间进行拌和。
- 用自卸汽车或砼罐车将砼在规定时间内运至施工路段，质检合格后卸入工作面内。
- 用人工锹反扣将砼均匀摊铺于模板内尽量整平并预留振实高度。同时注意调好传力杆钢筋位置。
- 采用平板式辅以插入式振捣器均匀振捣。
- 按设计要求位置设置横向真假缝和纵向板边，角隅补强钢筋。
- 用全幅行夯配合人工找平振捣整平板面。
- 用电动抹平机辅以人工进行第一次抹平板面，进行真空吸水后待砼表面无泌水时再作第二次抹面，在抹面施工过程中随时检查其平整度，不合格的及时进行处理。
- 合理组织砼进料，横向施工缝尽量设在横向真假缝处。
- 在板面无波纹水迹时，用刷毛机横向拉毛、压缝滚压毛或在砼板有一定强度时，用塑料锯缝机，金刚石锯缝机作出横向纹理处治。
- 为防止风裂在干旱地区砼板成活后及时遮盖，当板面有一定硬度时及时进行养生，湿养不得少于 14 天。养生方法可采用：
 - 覆盖洒水养生
 - 围堰注水养生
 - 塑料薄膜养生
- 砼强度达到设计强度的 25%以上时（一般正常施工温度成活后 24 小时）便可拆模，拆模时

注意不得损坏砼。

- r. 当砼板体强度达到 6Mpa 或 190 个温度小时，可开始假缝的锯缝和填缝作业。
- s. 砼板达到设计强度时，可允许开放交通，开放交通前要将路面清扫干净，填好纵、横缝。

工艺流程：



主要施工机具：

水泥砼拌和机，自卸汽车，发电机，振捣器，电动抹平机，真空泵和锯缝机。

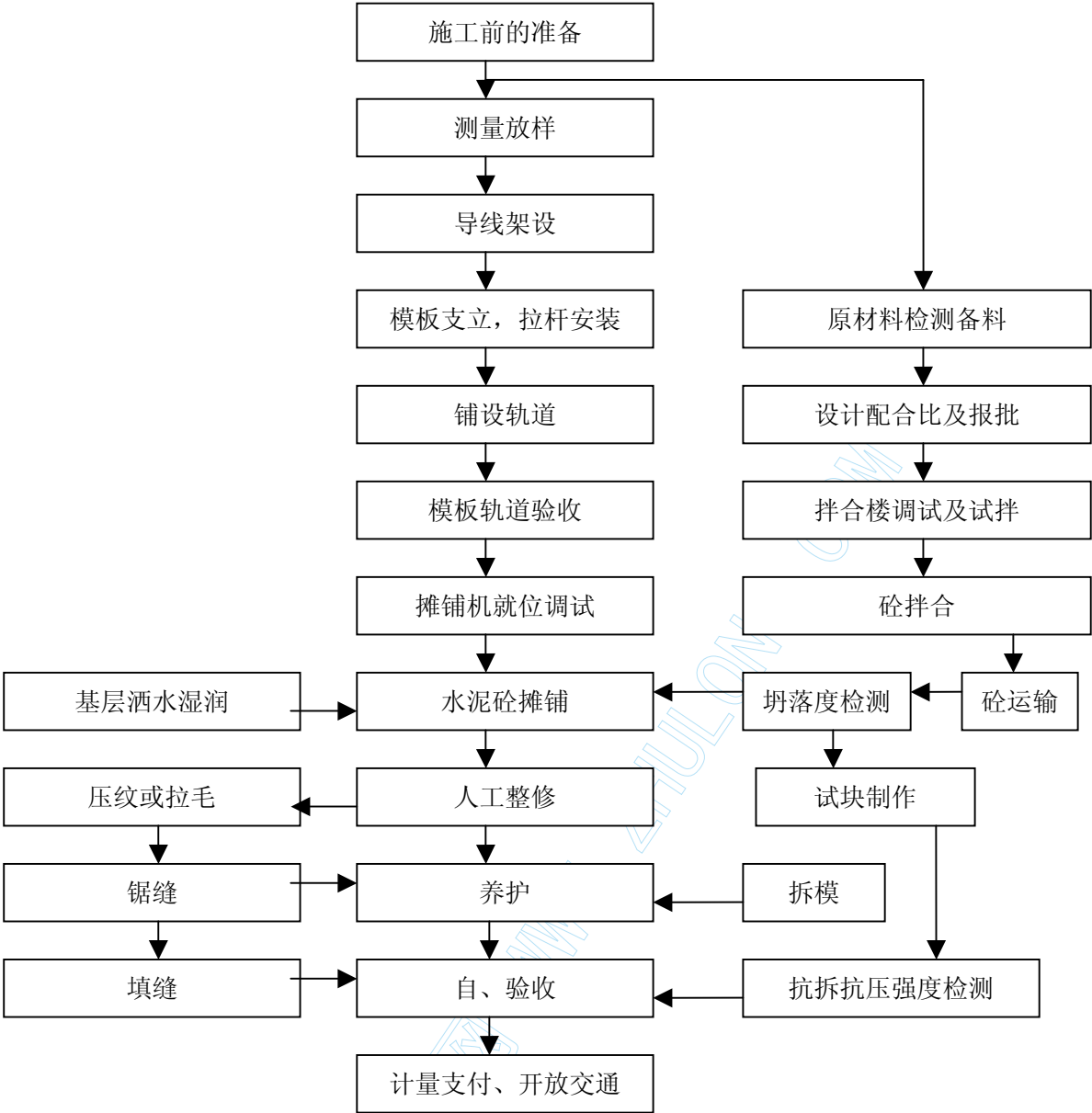
2 轨道式摊铺机水泥砼路面的施工

- a. 基层的检测验收：基层各项技术指标应符合设计和施工技术规范要求，如压实度、高程、横坡度、强度、宽度等。
- b. 施工前准备有足够的符合技术要求的原材料。
- c. 做好配合砼比设计，满足砼的设计抗压抗拆强度要求，耐久、耐磨、方便施工的和易性，以及就地取材，经济合理。
- d. 提前做好模板的加工与制作，制作数量应为摊铺机摊铺能力的 1.5--2.0 倍模板数量，以及相应的加固固定杆和钢钎。

- e. 测量放样：恢复定线，直线段每 20m 设一中桩，弯道段每 5--10m 设一中桩。经复核无误后，以恢复的中线为依据，放出砼路面浇筑的边线桩，用 3 寸长铁钉直线每 10m 一钉，弯道每 5m 一钉。对每一个放样铁钉位置进行高程测量，并计算出与设计高程的差值，经复核确认后，方可导线架设。
- f. 导线架设：在距放样铁钉 2cm 左右处，钉打钢钎（以不扰动铁钉为准）长度约 45cm 左右，打入深度以稳固为宜。进行抄平测量，在钢钎上标出砼路面的设计标高位置线（可用白粉笔）应准确为 $\pm 2\text{mm}$ 。然后将设计标高线用线绳拉紧栓记牢固，中间不能产生垂度，不能扰动钢钎位置要正确。
- g. 模板支立：依导线方向和高度立模板，模板顶面和内侧面应紧贴导线，上下垂直，不能倾斜，确保位置正确。模板支立应牢固，保证砼在浇注、振捣过程中，模板不会位移、下沉和变形。模板的内侧面应均匀涂刷脱模剂，不能污染环境和传力杆钢筋以及其他施工设备。安装拉杆钢筋时，其钢筋间距和位置要符合设计要求，安装牢固，保证砼浇注后拉杆钢筋应垂直中心线与砼表面平行。
- h. 铺设轨道：轨道可选用 12 型 I 字钢或 12 型槽钢均可，一般只需配备 4 根标准 I 字钢长度即可，向前倒换使用，并应将 I 字钢或槽钢固定在 $0.5\text{m} \times 0.15\text{m} \times 0.15\text{m}$ 的小型枕木上，枕木间距为 1 米。轨道应与中心线平行，轨道顶面与模板顶面应为一个固定差值，轨道与模板间的距离应保持在在一个常数不变。应保证轨道平稳顺直，接头处平滑不突变。
- i. 摊铺机就位和调试：每天摊铺前，应将摊铺机进行调试，使摊铺机调试为与路面横坡度相同的倾斜度。调整砼刮板至模板顶面路面设计标高处，检查振捣装置是否完好和其他装置运行是否正常。
- j. 水泥砼拌和：应设置 1—2 台能满足摊铺能力要求的能自动计量的水泥砼拌和楼。施工前，应具备足经检测合格的原材料，在保证砼具有良好施工和易性条件下，经批准后的优化配合比设计。砼的抗压、抗折强度完全保证满足设计标准要求。在砼拌和过程中，应保证原材料计量误差符合规范要求范围内，砼现场施工坍落度符合设计配合比的要求，保证砼搅拌均匀、不离析。
- k. 砼应优先选用水泥砼罐车运送。如不具备时，必须采用不漏浆的自卸反斗车运送，砼必须覆盖，防止水份蒸发和遭受雨淋。运输车辆应满足摊铺和拌和的需要，自卸车由拌和站运至摊铺现场不宜超过 30 分钟。当运至浇注地点的砼发生离析，泌水和坍落度不符合要求时，应进行二次搅拌合格后方可使用。
- l. 砼摊铺
 - (a) 摊铺前应对基层表面进行洒水润湿，但不能有积水
 - (b) 砼入模前，先检查坍落度，控制在配合比要求坍落度 $\pm 1\text{cm}$ 范围内，制作砼检测抗压抗折强度的试件。
 - (c) 摊铺过程中，间断时间应不大于砼的初凝时间。
 - (d) 摊铺现场应设专人指挥卸料，应根据摊铺宽度、厚度，每车砼数量均匀卸料，严格掌握不能亏料，可适当略有富余，但又不能太多，防止被刮到模板以外。
 - (e) 摊铺过后，对拉杆要进行整理，保证拉杆平行与水平，同时要用铝合金直尺进行平整度初查，确保砼表面平整不缺料。
 - (f) 每日工作结束，施工缝宜设在胀缝或缩缝处，按胀缝和缩缝要求处治。因机械故障或其他原因中断浇注时，可设临时工作缝。宜设在缩缝处按缩缝处理。
 - (g) 当摊铺到胀缝位置时，应按胀缝设计要求设置胀缝和安装传力杆，传力杆范围内的砼可用人工振实和整平。如继续浇注，摊铺机需跳开一块板的长度开始进行，留下部分待模板拆除并套上胀缝后用人工摊铺振捣成型。
 - (h) 摊铺机在摊铺时，两侧应各设 1 名辅助操作员，保证摊铺机运行安全和摊铺质量。
- m. 人工修整砼表面：
 - (a) 先用铝合金制成的振动梁进行振捣，消除摊铺机在摊铺、振捣、整平过程中留下的麻面。
 - (b) 用提浆棒（10cm 钢管制成）来回在砼面上滚动，保证砼表面水泥浆均匀分布。

- (c) 为防止锯缝不及时造成断板，应每隔三条锯缝先压一条缩缝。压缝板采用刚性好的钢板制成，板宽应与缩缝深度相同，板厚与缩缝的宽度相同，板长比摊铺面板宽稍短 1cm，做成刀形。在刀背上均匀焊接三个提手。压入前应将压缝板两侧涂刷脱模剂。在缩缝位置打入压缝板时，应严格控制顺直，压入深度比砼表面稍低 1cm 左右，将压缝板两侧隆起的砼抹平。在压缝板静止 1—1.5 小时（时间长短视施工时气温而定）然后先轻轻抬动几下压缝板，不要扰动两侧砼，2 小时左右提出压缝板（以提出压缝不变形为准）。
- (d) 在做压缝的同时，搭设工作踏板，用木抹进行人工抹光收浆后应无任何痕迹。并用铝合金直尺检测成型后的表面平整度和相邻两板高差，检测结果应符合规范要求。
- n. 压纹或拉槽：为使混凝土表面具有很好的抗滑性能，混凝土表面的纹理制作可采用压纹或拉槽的形式。应及时掌握压纹或拉槽的时机，一般以抹光收浆后半小时，用手指轻压有软感，水泥浆又不粘手为准，砼初凝之前完成。不管是压纹或拉槽，在施工时必须采用导向尺控制纹理的顺直，深度均匀，一般控制为 2—3mm 左右，不能有石子或粗粒砂浮于表面。压纹多采用木制压辊或铁制压辊，拉槽多采用塑料管制拉槽器或钢丝编制的拉槽器。
- o. 养护：一般路面纹理制作完成后半小时，即可进行，养护可采用喷洒养生剂或浇水两种形式，喷洒养护剂养生一次即可，以每平方米 0.2 升为准，应均匀喷洒，不得遗漏。如果采用浇水养生，必须保证 7 天之内 24 小时保证砼表面湿润，可用不污染砼表面覆盖物上浇水渗透养生。也可四周筑土围堰浇水养生，两种方法均应在锯缝完成后进行。以前可用喷雾器喷洒养生。
- p. 锯缝必须及时，不宜早不宜迟，过早锯缝口易起毛边，太晚锯缝困难会出现断板，一般可依据浇注时的温度乘以浇注后的时间达到 220°C 为准或砼抗压强度达 5Mpa，即可开始锯缝，锯缝间距应为面板宽度的 1.33 倍，间距太长容易产生断板现象。锯缝应顺直按划线进行，深度应符合设计要求，一般为板厚的 1/4 左右。锯缝后要及时用水冲洗干净，为填缝打好基础。
- q. 填缝：填缝料可用沥青玛蹄脂类及其它防水性能好的材料，填缝应及时，以防缝口缝壁受到污染，如用沥青类填缝不宜太满，只需灌入缝深的 2/3 即可，如用乳化沥青橡胶，氯丁橡胶等可低于路面 5mm。
- r. 拆模：当砼强度能够保证表面及棱角不受拆模损坏时方可拆模（一般砼抗压强度达到 2.5Mpa 时）。拆模时不得扰动拉杆钢筋和胀缝传力杆钢筋以及其他预埋件。
- s. 自检验收，计量支付，开放交通：路面经过养生后，砼强度达到设计强度 100% 时，首先通过自检验收，呈报计量支付，并开放交通。

主要工艺流程



主要施工机械：水泥砼拌合机、水泥砼运送罐车（自卸反斗车）、摊铺机、发电机、装载机、水车、锯缝机。

沥青混凝土路面施工方案实例

沥青混凝土路面施工

一、基本要求

为了能达到预期的质量指标和工期目标，将严格按照《公路路面基层施工技术规范》(JTJ034-93)，《公路沥青路面施工技术规范》(JTJ032-94) 和设计图纸的有关要求，结合以往的施工经验，周密组织，全机械化配套施工。

1、材料的拌和在搅拌站集中拌和。

2、材料的来源在材料用于工程 56 天前按规范要求选定，进行材料的标准试验和混合料配合比设计，并将结果提交监理工程师审批。

3、试验路段

(1) 无机结合料稳定类基层、底基层在正式开工前至少 28 天，沥青砼面层在正式开工前 14 天，在监理工程师批准的路段上，并在其监督下进行试验路段的铺筑。无机结合料稳定类基层、底基层试铺长度为 100-200m (一个车道)，沥青砼面层试铺长度为 50m-100m (单幅)。

(2) 无机结合料稳定基层、底基层现场压实试验，进行到监理工程师确认到规定压实度为止，其压实方法、压实机械类型、工序、压实系数、碾压次数和层厚、压实时混合料的含水量范围、干密度等均作详细书面记录，作为今后施工时现场控制的依据。

(3) 沥青混合料摊铺、压实 12 小时后，按 JTJ052-93 的标准方法进行密实度、厚度检验，其他检验项目在试验路段施工时从摊铺机中取样，抽样检验频率应符合下表的规定。如经试验合格，可作为今后施工的依据。

试验路段抽样检验项目和频度

检验项目	最少频率
厚度、密实度	每种混合料取 6 次
沥青含量、矿料级配	每种混合料取样 1 次
稳定度、流值、空隙率、饱和度、容重	每种混合料取样 1 次

4、雨季施工

- (1) 集中力量，分段铺筑，在雨前碾压坚实。
- (2) 随时疏通边沟，保证排水良好，并做好施工现场的防风雨的措施。
- (3) 在垫层或基层施工前，路基面始终保持合格状态。雨季期间，禁止路基或垫层通行车辆。

5、路面排水

施工现场配备良好的排水设施以便及时排除路表水，路表水排除时避免损坏路基或其他结构物。

二、施工方法

(一) 底基层施工采用集中厂拌，机械摊铺的方法施工。

1、二灰土稳定砂砾底基层施工

详见《路面底基层施工工艺框图》

(1) 备料：粉煤灰不含有团块，腐植质或其他杂质，其中 $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3$ 的含量不小于 70%，烧失量不大于 10%；石灰符合 JTJ-93 表 3.2.2 所规定的 III 级以上的要求。生石灰中 5mm 颗粒的最大筛余量要分别不大于干重的 17%和 20%，在用于工程之前 7-10 天，充分消解成能通过 10mm 筛孔的粉状，并尽快使用；砂砾的压碎值不大于 30%。

(2) 拌和

在正式拌和之前，先调试厂拌设备，然后进行拌和操作，拌和时充分拌和均匀，并根据原材料和混合料的含水量，及时调整加水量。

(3) 运输

运输车辆装载需均匀，在已完成的铺筑层整个表面上通过时，速度宜缓以减少不均匀碾压或车辙。在运距较远，气温较高的条件下，对车上的混合料进行覆盖，以防水分过多蒸发，保持装载均匀，以防止离析。

(4) 摊铺及碾压

①拌和好的混合料尽快进行摊铺，摊铺时，采用监理工程师批准的机械进行摊铺，严格松铺厚度，均匀地摊铺在要求的宽度上，混合料的含水量要高于最佳含水量 1%-2%，以补偿摊铺及碾压过程中的水分损失。

②经最终拌和及整型的混合料必须在全宽范围开始压实，并在当日完成碾压，当混合料达不到最佳含水量时，采用晾晒或补加水措施处理。

③为尽可能避免纵向接缝，采用两台机械前后相隔 8-10m 同步向前摊铺，一起进行碾压。

④对于出现的工作接缝，要在碾压段末端压成斜坡，接缝时将此工作缝切成垂直于路面及路中心线的横向断面，再进行下一施工段的摊铺和碾压。

⑤施工机械不得在已压成的层上“调头”，如果必须在其上进行，采取覆盖 10cm 厚的砂砾保护“调头”部分不受破坏。

(5) 养生

采取洒水养生，洒水次数随气候条件而定，一般每天 4-5 次，一般需养生 7 天。

(6) 质量控制

二灰土稳定砂砾底基层检查项目

项次	检查项目		规定值或允许偏差	检查方法
1	压实度 (%)		96	每 200m 检查 4 处
2	平整度 (cm)	标准值 σ	3	平整度仪：抽一车道连续检测，按每 100m 计算 6 处
		最大间隙 h	10	3m 直尺，每 200m 检查 2 处×10 尺
3	高程 (mm)		+5、-15	每 200m 用水准仪检查 4 处
4	宽度 (mm)		不小于设计值	尺量，每 200m 4 处
5	厚度 (mm)		-10	每 200m 每车道检查 1 点
6	横坡度 (%)		±0.2	每 200m 用水准仪量 4 个断面
7	抗压强度 (MPa)		≥1.0	按 JTJ071-94 附录 F

(7) 施工中应注意的问题

①严格控制配合比：混合料的组成设计严格按设计图纸和《公路路面基层施工技术规范》(JTJ034-93)要求进行。

②施工气温低于 5℃并有浓雾或降雨时，不进行底基层施工。

③底基层施工中确保排水畅通，表面不允许积水。

④底基层施工完成 10 天后再进行基层施工。

⑤底基层碾压完成后，进行养生，养生期不小于 7 天。养生期间行车速度限制在 30km/h 下，但禁止重型车辆和机械通行。

2、天然砂砾底基层

(1) 运输

①装料需均载，同一料场供应的路段内，卸料距离严格掌握，避免材料不足或过多。

②保证堆入的时间不长，运送材料较摊铺工序提前一、二天。

(2) 摊铺

①用平地机将材料均匀地摊铺在预定的宽度上，做到表面平整，具有规定的路拱。

②保证摊铺后的砂砾料无粗细颗粒离析现象，如果发生，则用平地机进行补充拌和，然后进行整平和整型。

(3) 碾压

①用轮胎压路机在初平的路段上快速碾压一遍，暴露出其潜在的不平整，再用平地机进行整平和整型。

②在整平和整型后，使其达到要求的路拱和纵坡，在全宽全厚范围内，保证其压实度在重型击实最大密度的 95%以上。

③在两段作业衔接处，第一段留下 5-8m 不进行碾压，第二段施工时，将前段留下未压部分与第二段一起碾压。

(4) 质量控制

天然砂砾底基层检查项目

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法（每幅车道）
1	压实度（代表值）（%）	≥95	按 JTJ071-94 附录 B 检查，每 200m ⁴ 处
2	平整度（mm）	20	3m 直尺：每 200m ² 处×10 尺
3	纵断高程（mm）	5、-20	水准仪：每 200m ⁴ 点
4	宽度（mm）	不小于设计值	尺量：每 200m ⁴ 处
5	厚度（代表值）（mm）	-15	按 JTJ071-94 附录 G 检查，每 200m 每车道 1 点
6	横坡（%）	±0.5	水准仪：每 200m ⁴ 个断面

(二) 二灰土稳定砂砾基层

采用集中厂拌，机械摊铺进行施工。

详见《路面基层施工工艺框图》

1、备料：粉煤灰不含有团块，腐植质或其他杂质，其中 $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3$ 的含量不小于 70%，烧失量不大于 10%；石灰符合 JTJ-93 表 3.2.2 所规定的 III 级以上的要求。生石灰中 5mm 颗粒的最大筛余量要分别不大于干重的 17%和 20%，在用于工程之前 7-10 天，充分消解成能超过 10mm 筛孔的粉状，并尽快使用；砂砾的压碎值不大于 30%。沿线基层用砂砾料级配不良，设计按掺配 0.05-1.5 厘米碎石 20%控制。

2、拌和

(1) 在正式拌和之前，先调试厂拌设备，然后进行拌和操作，拌和时充分拌和均匀，并根据原材料和混合料的含水量，及时调整加水量。

(2) 基层拌合场设置蓬布围场，防止石灰、粉煤灰拌和扬尘对居民及周围农田的影响。

3、运输

运输车辆装载需均匀，在已完成的铺筑层整个表面上通过时，速度宜缓，以减少不均匀碾压或车辙。在运距较远，气温较高的条件下，对车上的混合料进行覆盖，以防水分过多蒸发，保持装载均匀，以防止离析。

4、摊铺及碾压

(1) 拌和好的混合料尽快进行摊铺，摊铺时，采用监理工程师批准的机械进行摊铺，严格松铺厚度，均匀地摊铺在要求的宽度上，混合料的含水量要高于最佳含水量 1%-2%，以补偿摊铺及碾压过程中的水分损失。

(2) 经最终拌和及整型的混合料必须在全宽范围开始压实，并在当日完成碾压，当混合料达不到最佳含水量时，采用晾晒或补加水措施处理。

(3) 为尽可能避免纵向接缝，采用两台机械前后相隔 8-10m 同步向前摊铺，一起进行碾压。

(4) 对于出现的工作接缝，要在碾压段末端压成斜坡，接缝时将此工作缝切成垂直于路面及路中心线的横向断面，再进行下一施工段的摊铺和碾压。

(5) 施工机械不得在已压成的层上“调头”，如果必须在其上进行，采取覆盖 10cm 厚的砂砾保护“调头”部分不受破坏。

5、养生

采取洒水养生，洒水次数随气候条件而定，一般每天 4-5 次，一般需养生 7 天。

6、质量控制

详见《二灰土稳定砂砾基层检查项目表》。

7、施工中应注意的问题

(1)严格控制配合比:混合料的组成设计严格按设计图纸和《公路路面基层施工技术规范》(JTJ034-93)要求进行。

二灰土稳定砂砾基层检查项目表

项次	检查项目		规定值或允许偏差	检查方法
1	压实度 (%)		98	每 200m 检查 4 处
2	平整度 (cm)	标准值 σ	2	
		最大间隙 h	8	
3	高程 (mm)		+5、-10	每 200m 用水准仪检查 4 处
4	宽度 (mm)		不小于设计值	尺量, 每 200m 量 4 处
5	厚度 (mm)		-8	每 200m 每车道检查 1 点
6	横坡度 (%)		± 0.2	每 200m 用水准仪量 4 个断面
7	抗压强度 (MPa)		≥ 1.2	按 JTJ071-94 附录 F

(2)施工气温低于 5℃并有浓雾或降雨时,不进行基层施工。

(3)基层施工中确保排水畅通,表面不允许积水。

(4)基层碾压完成后,进行养生,养生其不小于 7 天。养生期间行车速度限制在 30km/h 下,但禁止重型车辆和机械通行。

(三)透层、粘层

1、工作面准备

(1)沥青拌合厂设置在远离人口稠密区的地方,防止对居民及周围农田造成影响。

(2)在喷洒前,准备浇沥青的工作面达到表面整洁且无尘埃。经监理工程师批准后,才能洒布沥青材料。

2、沥青材料加热

(1)沥青加热场地的布置、加热设备的配置和加热方法等,提交监理工程师审批。

(2)沥青加热设备具有足够的容量,一般应由融化、脱水、加温、保温贮存四部分组成,加温和保温贮存设备配置测温装置。

(3)严格控制沥青材料的加热温度不超过规定值,超过最高加热温度的沥青均做废弃处理,当天加热的沥青当天用完。

(4)所有用来贮备、输送和加热沥青材料的贮油管道蒸馏罐、增压罐和洒布机,随时保持干净和处于良好的工作状态,并在操作中避免被异物所污染。

(5)沥青加热场地做好防火安全和环保工作,配置消防设备。

3、沥青喷洒作业

(1)采用沥青洒布车均匀地洒布,洒油量、温度条件及洒布面积通过试验确定,并报请监理工程师审批认可。

(2)常疏通、清洗洒布机械和各种输油管道及喷嘴,以防阻塞,始终保持良好的工作性能。

(3)在沥青洒布工作开始前,选择适当地段,作沥青洒布试验,以验证不同单位面积沥青洒布量时的洒布车的行驶、油泵及变速箱排档位置。

(4)沥青材料均匀洒布,每车沥青开始洒布时对纵、横搭接处采取有效措施,以免沥青洒布不匀或洒布过量的现象。

(5)在洒布车无法作业的路段或部位,以及漏洒的部位均用手提式喷洒器进行喷洒或补洒。

(6)如果喷洒 48h 小时后或铺筑沥青面层前有局部尚有透层油未被完全吸收,则将未渗入基层的多余沥青予以清除。

(7)粘层沥青必须在铺筑覆盖前 24h 内洒布或涂刷。

4、养护

(1)洒过透层油的表面至少要养护 5 天,方能进行下一层施工。

(2)从养生期间到后一层铺筑完之前,洒过透层油的表面采用路帚拖扫的办法养护。

5、注意事项

(1) 养生期间, 一般情况下禁止开放交通, 但如果在沥青材料充分渗入之前需要开放交通, 为防止车轮粘油, 必须撒铺吸油材料, 以覆盖尚未完全吸收的沥青。

(2) 当气温低于 10℃、有降雨、风速过大和有雾时, 以及潮湿的基层上, 停止洒布沥青材料。

(3) 在洒布沥青材料时, 所有结构物、护栏、路缘石和其他附属构筑物的表面, 都加以覆盖保护, 以防溅上沥青材料。

(4) 除运送沥青混合料的卡车外, 任何车辆均不得在完成的粘层上通行。

(四) 沥青砼面层

采用集中厂拌, 热拌热铺进行施工。

详见《路面面层施工工艺框图》

1、工作面准备

(1) 基层表面保证干燥、整洁、无任何松散集料和尘土、污染物, 并整理好排水设施。

(2) 沥青拌合场设置在远离人口稠密区的地方, 防止对居民及周围农田造成影响, 其距离不少于 1km。

(3) 搅拌站符合国家有关环境保护、消防、安全等规定。

2、设备

(1) 拌和场设备

①拌和厂配备具有足够试验设备的试验室, 并能及时提供监理工程师满意的试验资料。

②拌和场选用 M220E250 沥青砼拌和站, 并配有自动控制和各种集料、沥青进料计量和测温装置, 同时配有产量不小于 220t/h, 并装有保温成品的贮料仓和二次除尘的设备。

③拌和设备的生产能量与摊铺进度和工程规模相匹配。

(2) 运料设备

采用自卸汽车, 自卸汽车具有紧密、清洁、光滑的底板和侧板, 并备有保温、防雨、防止尘埃污染的覆盖物。

(3) 摊铺与整平设备

摊铺与整平设备采用自动推进的全宽度摊铺机, 并配有电子调平系统、可调节振幅的振动夯具和振动整平板, 能确保达到规定的平整度和横坡度。

(4) 压实设备

压实设备配 9-16t 轮胎式压路机及 18-21t 光轮压路机。

3、拌和

(1) 粗、细集料分类堆放; 取自不同料源的集料和不同标号的沥青分别堆放。

(2) 拌和前对不同料源的粗、细集料、沥青均进行抽样检验, 经监理工程师批准后使用。

(3) 拌和时间以混合料拌和均匀, 所有颗粒全部裹覆沥青结合料为度, 并经试拌确定。间歇式拌和机每锅拌和时间控制要符合规范的规定。

(4) 沥青的加热温度, 石料加热温度、混合料的出厂温度, 保证运到施工现场的温度均符合 JTJ032-94 表 7.2.4 要求。

(5) 通过试验路段铺筑, 按监理工程师批准的沥青混合料配合比、进料速度、拌合时间先行试拌, 并调整到符合要求后, 再投入正常拌和, 试拌的混合料废弃。沥青混合料拌和均匀一致, 无花白、无粗细料分离和结块现象。

(6) 沥青混合料检验

①在拌和作业中, 对混合料进行抽样检验。

②在每次取样后 6 小时, 将试验结果提交给监理工程师。当试验结果表明需要作任何调整时, 都由监理工程师批准后进行。在未经调整前, 对有疑问的混合料不准使用。

(7) 所有过度加热、已炭化、起泡和含水的混合料均废弃。

4、运输

运送沥青混合料车辆的车厢底板面及侧板内壁洁净, 无有机物, 并涂刷一薄层油水(柴油: 水 1: 3)混合液, 不得有多余的油水混合液积聚在车厢底部。运至摊铺工地的混合料温度不低于规范规定的到现场

温度。不符合温度要求，或粘结成团块、已遭雨淋湿的混合料不得铺筑在道路上。

5、摊铺

(1) 沥青混合料摊铺前，检查下层的质量，下层质量符合要求后，铺筑沥青砼面层。

(2) 根据试验路段铺筑时测定的、并经监理工程师批准的松铺系数、摊铺机行驶速度和操作方法，将沥青混合料平整而均匀地摊铺在基层面上，并避免产生拖痕、断层现象。

(3) 沥青混合料的摊铺温度按规范要求控制好，并根据沥青标号、粘度、气温、摊铺层厚度选用。

(4) 采取全幅路面摊铺，以避免纵向施工接缝。

(5) 摊铺机无法摊铺部位，经监理工程师批准，采用人工摊铺。

(6) 雨天或表面有积水，及施工气温低于 10℃均不进行摊铺沥青混合料施工。运至摊铺工地的混合料温度低于 110℃或被雨淋湿的混合料应废弃。

(7) 摊铺混合料温度不低于 110-130℃，但不得超过 165℃。

6、压实

(1) 沥青混合料经摊铺整型后，立即进行充分、均匀的碾压。

(2) 压实工作按铺筑试验确定的压实设备组合的程序进行，并备有经监理工程师认可的小型振动压路机或手扶振动夯具，以用于路缘石边等狭窄部位的压实。

(3) 碾压作业在混合料处于能获得最大密实度的温度下进行，开始碾压温度一般不得低于 110℃，碾压终止温度钢轮压路机不得低于 70℃，轮胎压路机不得低于 80℃，振动压路机不得低于 65℃。

(4) 压实分为初压、复压和终压。压路机以均匀速度行驶，碾压行驶速度符合规定。

(5) 碾压采取纵向进行，并由混合料摊铺的低边向高边慢速均匀进行，相邻碾压带重叠宽度：双轮 30cm，三轮为后轮宽度的二分之一。

(6) 碾压期间，压路机不得中途停留、转向或制动。当压路机来回交替碾压时，前后两次停留地点相距 10m 以上，并驶出压实线 3m 以外。

(7) 在压实时，如接缝处（包括纵、横缝或其他施工缝）的混合料温度已不能满足碾压温度的要求，则采用加热器使混合料达到要求的碾压温度，再压实到无缝迹为止。

(8) 压路机避免停置在已碾压终止的路面上，并防止油料、润滑脂、汽油或其他有机杂质掉落在路面上。

(9) 未经压实即遭雨淋的沥青混合料全部清除，更换新料。

7、接缝

(1) 铺筑工作的安排使纵、横两种接缝都保持在最小数量。接缝的方法及设备，应取得监理工程师批准。在接缝处密度和表面修饰应与其他部分相同。

(2) 纵向接缝采用一种自动控制接缝机装置，以控制相邻行程间的标高，并做到相邻行程间可靠的结合。

(3) 纵向接缝保证是热接缝，且是连续和平行的，缝边整齐并形成直线。

(4) 保证纵向接缝与横坡变坡线的重合在 15cm 以内，与下层接缝错开 15cm 以上。

(5) 在纵缝上的混合料，在摊铺机的后面立即用一台钢轮静力压路机进行碾压，碾压工作连续进行，直至接缝平顺而密实。

(6) 当由于工作中断，摊铺材料的末端已经冷却，或者在第二天恢复工作时，要做成一道横缝。横缝与铺筑方向大致成直角，横缝在相连的层次和相邻的行程间均至少错开 1m。

8、质量控制

详见《沥青砼面层检查项目表》。

沥青砼面层检查项目表

项次	检查项目		规定值或允许偏差	检查方法（每幅车道）
1	压实度（%）		97（99*）	每 200m ² 1 处
2	平整度 (mm)	标准偏差 σ	0.7	平整度仪：全线连续按每 100m 计算 σ
		最大间隙 h	2.0	3m 直尺，每 200m ² 处×10 尺
3	弯沉值(0.01mm)		≤设计允许值	按 JTJ071-94 附录 H 检查
4	抗滑	摩擦系数	符合设计	摆式仪或摩擦系数测定车
		构造深度		砂铺法，每 200m ² 处
5	纵断面高程(mm)		±10	水准仪：每 200m ⁴ 点
6	宽度(mm)		不小于设计值	丈量，每 200m ⁴ 处
7	厚度 (mm)	总厚度	—8	每 2000m ² 1 点
		上面层	—4	
8	横坡（%）		±0.2	水准仪：每 200m ⁴ 断面
9	中线平面偏差(mm)		20	经纬仪：每 200m ⁴ 点

注：表内带*号者按试验路压实度为准。

（五）土路肩和挖路槽

路面铺筑完成后，进行土路肩施工，其施工方法及压实要求见土质路堤填筑中的相关规定。旧路改造时，先掘除旧路路面，然后挖路槽，验槽合格后再进行路面施工。

沥青混凝土路面工程施工方案

1. 石灰、粉煤灰稳定砂砾底基层施工方法

1.1 材料准备

1.1.1 石灰

①石灰要符合技术规范的要求。按 JTJ057-94 标准方法试验时，生石灰的 $\text{CaO}+\text{MgO}$ 含量对钙质生石灰不小于 70%（按干重计），对镁质生石灰应不小于 65%，对熟石灰应不小于 55%。生石灰中 5mm 颗粒的最大筛余量应不大于干重的 17%和 20%。

②石灰在用于工程之前 7~10 天，充分消解成能通过 10mm 筛孔的粉状，并尽快使用。

③石灰应设棚存放，并能防风避雨，在用于工程之前按 JTJ057-94 进行试验，不符合上述要求时，不得用于施工。

1.1.2 粉煤灰

①粉煤灰不能含有团块，腐植质或其他杂质，其中 $\text{SiO}_2+\text{Al}_2\text{O}_3$ 的含量不小于 70%，烧失量不得大于 10%。

②粉煤灰敞开堆存时，必须含有足够的水分，以防起尘。在运输时应保持潮湿并要加盖布蓬，以防止粉末飞扬，引起污染。

1.2 组织试验段施工

选择底基层试验路段。通过试验段确定机械组合、压实厚度、压实遍数及压实程序，试验路段达到规定要求并经监理工程师批准后，方可全面展开施工。

1.3 培土路肩：施工放样，人工整平。

1.4 拌合

1.4.1 采用厂拌，以减少石灰和粉煤灰的损失和对环境的污染。

1.4.2 混合材料按重量比例掺配，并以重量比加水，拌和时加水时间及加水量作好记录，以提交监理工程师检验。

1.4.3 当进行拌和操作时，稳定材料加入方式应能保证自始至终均匀分布于被稳定的土中，拌和

机内的死角，其中材料得不到充分搅动，应及时清除。

1.4.4 拌成的混合料的堆放时间不得超过 24h，当天拌成的混合料，当天运送到铺筑现场。

1.5 运输

1.5.1 采用自卸车运输混合料。

1.5.2 当厂拌离摊铺距离较远时，混合料在运输中要加以覆盖以防水份蒸发，保持混合料装载高度均匀，以防离析。

1.6 摊铺

采用机械摊铺，拌和好的混合料尽快摊铺，并且自第一次在拌和机内加水拌和，到完成压实工作的时间，不超过 4h，混合料的含水量高于最佳含水量 1~2%。

1.7 压实

采用 18~20t 三轮压路机碾压。经摊铺及整型的混合料应立即在全宽范围开始压实，并在当日完成碾压。

相邻工作段横向接缝的处理，压实层末端在碾压后成一斜坡，在下一段开始摊铺混合料前，应将末端斜坡挖除，并挖成大横向垂直向下的断面。

1.8 施工机械不得在已压成的底基层上“调头”，如必须在其上进行，应采取措施（如覆盖 10cm 厚的砂或砂砾）保护“调头”部分不受破坏。

1.9 养生

采用洒水养生法，养生时间不少于 7 天，养生期间应封闭交通。不能封闭时，将车速限制在 30km/h 以下，但禁止重型车辆通过。

2. 石灰、粉煤灰稳定砂砾基层施工方法

石灰、粉煤灰稳定砂砾基层施工方法与底基层施工方法相同。

3. 天然砂砾垫层施工方法

3.1 试验路段

选择砂砾垫层试验段，通过试验路段确定施工机械、松铺系数、施工方法、施工长度、一次铺筑的合适厚度等。

试验路段所使用和确认的材料、级配（配合比）颗粒组成、松铺系数、碾压机具、碾压程序、碾压遍数、碾压速度、压实标准和施工工艺等，应与正式施工时使用的相同。

3.2 用料计算与运输

3.2.1 根据路段垫层的宽度、试验确定的一次铺筑厚度及松铺系数，计算各段需要的底基层或垫层材料数量；根据运料车的装载体积，计算每车材料的堆放距离。

3.2.2 装车时，应控制使每车运料的数量基本相同。

3.2.3 卸料时，根据计算的堆放距离由远及近卸置在下承层上；卸料距离应严格掌握，避免材料不足或过多。料堆每隔一定距离留一缺口。

3.2.4 堆入材料的时间不宜过长。运送材料只宜较摊铺工序提前一、二天、并视天气是否晴朗而定。

3.3 摊铺

3.3.1 用平地机配合推土机将材料均匀地摊铺在预定的宽度上，表面力求平整，并具有规定的路拱。

3.3.2 检验松铺厚度是否符合要求，必要时应进行减料或补料。

3.3.3 摊铺后的砂砾料，应无粗细颗粒离析现象，否则，用平地机进行补充拌和，再进行整平和整型。

3.4 碾压

3.4.1 用拖拉机、平地机或轮胎压路机在初平的路段上快速碾压一遍，以暴露潜在的不平整，再用平地机进行整平和整型。

3.4.2 经过整平和整型，使垫层达到要求的路拱和纵坡，然后按试验路段所确认的压实施工方案，包括机具、程序、遍数、速度以及注意事项，在全宽范围内，将垫层均匀地压实至重型击实最大密度的 95% 以上。本标段计划采用 18~20t 三轮压路机碾压，每层压实厚度 20cm。

3.4.3 两段作业衔接处，第一段留下 5~8m 不进行碾压，第二段施工时，将前段留下未压部分与第二段一起碾压。

4. 透层、粘层的施工方法

上面层与下面层之间设置粘层沥青、沥青下面层与基层之间设透层沥青。

透层沥青采用慢裂的洒布型乳化沥青，粘层沥青采用快裂的洒布型乳化沥青。

4.1 准备工作

准备浇沥青的基层、下面层，应整洁而无尘埃。并经检验合格。

4.2 气候条件

洒布沥青材料的气温不应低于 10℃，且是稳定而上升的温度。风速适度，有雾或下雨不应施工。

4.3 沥青材料的加热

用作透层的液体沥青的加热温度不超过 100℃，用作粘层的石油沥青的加热温度不超过 170℃，超过规定温度应废弃。

4.4 喷洒温度

沥青材料的喷洒温度可比加热温度低 5~10℃。

4.5 洒油量

修建试验段，对透层、粘层的沥青用量通过试洒确定。

4.6 喷洒

4.6.1 沥青应采用沥青洒布车洒布。洒油量、温度条件及洒布面积均应在洒布前获得认可。

4.6.2 在喷洒交接处洒布沥青时应精心控制，使之不超过批准的洒油量。喷洒超量或漏洒或少洒的地方应予纠正。

4.6.3 喷洒区附近的结构物和树木表面应加以保护，以免溅上沥青受到污染。当其受到污染时，应予以清除。

4.6.4 如喷洒 48h 后或在铺筑沥青面层前局部尚有透层油仍未被完全吸收时，应将未渗入基层多余的沥青清除。

4.6.5 粘层沥青应在铺筑覆盖层之前 24h 内洒布或涂刷。

4.7 养护

4.7.1 洒过透层油的表面至少应养生 5d，方能进行下一层施工。

4.7.2 从养生期间到后一层铺筑完之前，洒过透层油的表面，应采用路帚拖扫的办法养护，并防止产生车辙。

4.7.3 养生期间，一般不应在已洒好透层油的路面上开放交通。如果在沥青材料充分渗入之前需要开放交通，为了防止车轮粘油，撒铺吸油材料，以覆盖尚未完全吸收的沥青。

4.7.4 除运沥青混合料的卡车外，任何车辆均不得在完成的粘层上通行。

5. 沥青砼下面层施工方法

5.1 工前技术准备

下面层施工前，按基层交工验收程序办理交工验收，经监理工程师批准后，进行路面下面层施工。下面层的施工高程按直线段 20m 一个桩，曲线段 10m 一个桩进行控制，放出路幅的路面下面层边缘线，并在下承层上作标记，以便摊铺控制层厚，从平、纵、横三个面控制下面层的平顺整齐。

5.2 拌和

严格按照生产配合比进行拌和。在拌和过程中严格控制沥青加热温度和矿料加热温度、出厂温度，专人负责抗剥落剂及矿粉的掺量，要保证拌和时间，使拌和后的沥青混合料均匀一致，无花纹、无离析和结团块等现象。沥青温度加热过高或混合料加热温度过高影响沥青与集料的粘结力时，混合料应废弃，带有花白料、离析和结块的混合料予以废弃。在施工过程中被雨水淋湿的混合料也废弃。每班抽样做沥青混合料性能、矿料组成和沥青用量检验，每班结束，清洁拌和设备，放空管道中的沥青，同时做好各项检查记录。

5.3 运输

沥青砼混合料使用自卸车进行运输。为防止沥青砼与车箱板粘结，应在车箱内涂一薄层油水（柴油与

水的比例为 1:3) 混合液, 不得有余液积聚在车箱底部。运输车在运输过程中, 为防止热量散失和防尘, 使用防尘保温布将混合料覆盖。运输中尽量避免急刹车, 以减少混合料离析。

5.4 摊铺

在摊铺之前, 路缘石、镶边石按图纸进行设置, 基础及后背填料必须夯实, 做到缝宽均匀, 线条面直, 砌筑牢固。

为消除纵向接缝, 采用全路幅摊铺。

摊铺机前至少有 5 辆料车时才开机, 开机后注意摊铺与供料速度相匹配, 保证供料仓内混合料饱满, 以保证开机后不停机。

摊铺时, 沥青混合料的温度控制在招标文件规定范围内。

在刚摊铺好的面层上禁止非工作人员行走或站立。派专人在摊铺机后检测摊铺厚度及温度。当发现摊铺表面局部粗糙时, 可以用 1cm 细筛筛细料, 而后压实, 当发现离析时, 应予以铲除, 并换新料整平后压料, 在此过程中, 铁锹用火烤热, 使用时一律反锹, 不得正铲抛料, 且操作人员脚上穿专门制作的木鞋, 决不允许将泥土带上面层, 也不允许将多余的料弃于路缘带及边坡上。

5.5 压实

5.5.1 混合料完成摊铺和刮平后立即检验宽度、厚度、平整度、路拱及温度, 对不合格之处应及时进行调整, 随后按试验路段确定的压实设备的组合及程序立即进行充分、均匀地压实。

5.5.2 压实分初压、复压和终压。

5.5.3 初压采用钢轮压路机或振动压路机(静压)。初压后检查平整度和路拱, 必要时应予修整。复压采用串联式双轮振动压路机或轮胎压路机。终压应采用光面钢轮压路机或振动压路机(静压)。

5.5.4 碾压作业时混合料温度, 初压温度不应低于 110℃, 碾压终了温度: 采用钢轮压路机碾压时不得低于 70℃; 采用轮胎压路机碾压时不得低于 80℃; 采用振动压路机碾压时不得低于 65℃。

5.5.5 碾压应纵向并由低边向高边慢速均匀地进行。相邻碾压至少重叠宽度为: 双轮压路机为 30cm, 三轮压路机为后轮宽度的二分之一。

5.5.6 碾压时, 压路机不得中途停留、转向或制动。当压路机来回交替碾压时, 前后两次停留地点应相距 10m 以上, 并应驶出压实起始线 3m 以外。

5.5.7 压路机不得停留在温度高于 70℃ 的已经压过的混合料上。同时, 应采取有效措施, 防止油料、润滑脂、汽油或其它杂质在压路机操作或停放期间洒落在路面上。

5.5.8 压实时, 如接缝处的混合料温度已不能满足压实温度要求, 应采用加热器提高混合料的温度达到要求的压实温度, 再压实到无缝迹为止。否则, 必须垂直切割混合料并重新铺筑, 立即共同碾压到无缝迹为止。

5.5.9 在沿着缘石或压路机压不到的其他地方, 应采用振动夯板。把混合料充分压实。已经完成碾压的路面, 不得修补表皮。

5.6 接缝处理

采用摊铺机全幅摊铺, 故无纵接缝。对于横接缝, 采用切割机切割, 并清洗干净; 在切口上涂粘层沥青, 而后铺筑新拌沥青混合料, 用 3m 直尺检测, 不平处人工找平, 而后碾压。

5.7 开放交通

沥青混合料成型并完全冷却后, 经监理工程师同意方可开放交通。

6. 沥青砼上面层施工方法

下面层经监理工程师验收合格洒布粘层后, 进行上面层的施工作业。上面层高程按 10m 一个桩进行控制, 其中竖曲线凹凸点附近按 5m 一个桩加密控制, 放出路面顶面幅宽的边缘线, 挂线控制层厚, 从平、纵、横三个断面上确保路面的平顺整齐。

按上面层沥青混合料的生产配合比进行混合料的生产、拌和、运输、摊铺和碾压, 其施工方法和施工工艺流程、检验标准与下面层基本一致。在施工过程中, 将注意上面层混合料的级配色泽、颗粒、质量和试验检测, 严格掌握混合料的碾压温度、平整度, 做到表面平整密实、无碾压轮迹、接缝紧密与分隔带缘石衔接平顺, 路面范围内无积水。

桥梁工程

下部结构

明挖扩大基础

施工方法

对刚性扩大基础的施工，一般均采用明挖，根据开挖深度、边坡土质、渗水情况及施工场地、开挖方式和施工方法可以有多种选择。

A. 放坡开挖

1. 测量放线：用经纬仪测出墩、台基础纵、横中心线，放出上口开挖边线桩，边坡的放坡率可参照下表：

坑壁土质	坑壁坡度	
	基坑顶缘无外载	基坑顶缘有外载
砂类土	1 : 1	1 : 1.25
碎石、卵石类土	1 : 0.75	1 : 1
亚粘土	1 : 0.6	1 : 0.75
软岩	1 : 0-0.25	1 : 0.33
硬岩	1 : 0	1 : 0

为避免雨水冲坏坑壁，基坑顶四周应做好排水，截住地表水，基坑下口开挖的大小应满足基础施工的要求，渗水的土质，基底平面尺寸可适当加宽 50cm-100cm，便于设置排水沟和安装模板，其它情况可放小加宽尺寸，不设基础模板时，按设计平面尺寸开挖。

2. 开挖作业方式以机械作业为主，采用反铲挖掘机配自卸汽车运输作业辅以人工清槽。单斗挖掘机（反铲）斗容量根据上方量和运输车辆的配置可选择 0.4~0.1 立方米，控制深度 4—6m。挖基土应外运或远离基坑边缘卸土，以免塌方和影响施工。
3. 基坑开挖前，依据设计图提供的勘探资料，先估算渗水量，选择施工方法和排水设备，采用集水坑排水方法施工时按集水坑底应比基坑底面标高低 50—100cm，以降低地下水位保持基底无水，抽水设备可采用电动或内燃的离心式水泵或潜水泵，采用人工降低地下水位。
- 井点法适用于基坑土质容易流砂的砂土层，不能用直接排水法的情况下。降低地下水位效果较好。在距基坑壁 1.0m 的土层内通过计算设置若干针形管，通过水泵从中抽水引起地下水位的下降，由于各集水井的作用使基坑范围地下水位下降，在施工过程中不断抽水，使基坑保持干燥无水。
4. 基坑开挖应连续施工，避免晾槽，一次开挖距基坑底面以上要预留 20—30cm，待验槽前人工一次清除至标高，以保证基坑顶面坚实。

5. 坑壁的支撑

坑壁的支撑方式可选以下几种：

- (1) 档板支撑：适用于基坑断面尺寸较小，可以边挖边支撑的情况，档板可竖或横立，板厚 5—6cm，加方木带，板的支撑用钢、木均可。
- (2) 喷射砼护壁是一种常用的边坡支护方法，在人工修整过的边坡上采用砼喷射机喷射砼，厚度一般为 5-10cm（或特殊设计），砼标号 C20，石子粒径 0.5-1.5cm，喷射法随着基坑向下开挖 1.0—2.0m，即开始喷射砼护壁，以后挖一节喷一节直到基底。
- (3) 围堰：在有地表水的地段，开挖基坑应设置围堰，根据施工的不同环境，水文情况，围堰可以采用土围堰、草（麻）袋围堰、木板或钢板桩围堰等多种型式，施工时应注重充分利用当地材料和现有设备，尽可能缩短工期，提高工效，保证安全。要求堰顶面至少高出施工期最高水位 0.5—1.0m，围堰应尽量减少压缩河床断面，要满足强度和稳定的要求。各类围堰简述如下：

- a. 土围堰适用于水深在 2.0m 以内，流速小于 0.5m / S 的情况下，围堰易采用松散的粘性土填筑，堰顶宽一般为 1-2m，临水面边坡 1: 2 — 1: 3，堰内最小边坡 1: 1，坡角距基坑边不小于 1. 0m，筑堰前应先清理堰底树根、草皮、石块等杂物，填土出水面应分层夯实。
- b. 草（麻）袋围堰：当水深在 2 — 4m，流速为 1 — 2m/s 的情况下，可采用草（麻）袋围堰，袋内装松散的粘性土，装土量为袋容量的 1/2 — 2/3，袋口缝合，土袋上、下层和内、外层应相互错缝，堰顶宽 1 — 2m，外侧边坡 1: 0.5 — 1: 1，内侧边坡 1: 0. 5 — 1: 0. 2，为减少渗水，增大围堰断面，袋间可填粘土心墙。
- c. 木板桩围堰：适用于水深在 4m 以内，河床为砂性土，粘性土，可以打进木板桩的土层，一般可采用单层木板桩，也可以采用中间夹土的双层木板桩，木板桩承受水压力应通过计算来决定，木板桩的榫口要求接缝密合，减少漏水，板厚 5 — 25cm 不等，木板桩可用锤击法打入，也可采用机械压入，木板桩所承受的水和土力可利用木板桩的导桩和内层的围图支撑，打入土层深度根据土质情况而定。
- d. 钢板桩围堰：对于水深在 5 — 6m 以上，砂类土、半干硬粘性土、碎石、卵石类土、风化岩等地层深水基础都可以选用，钢板桩围堰强度高，能承受较大的侧压力，插打钢板桩的顺序一般自上游分头插向下游，依靠导向设备先将全部钢板桩逐根插打到稳定深度，然后依次插打到设计深度，采用振动桩锤打桩时，要使用桩帽，保护桩头，为避免漏水，钢板桩的锁口部分应涂以锯沫、黄油混合物，进行密封。
- (4) 垂直开挖：许多城市立交桥因受场地和行车条件所限，基坑要进行垂直开挖，上口开挖面尺寸基本与基坑下口尺寸相同，为有效的保证基坑侧壁施工中的安全，并承受周边建筑和土产生的侧压力，桥梁基础开挖可选用长螺旋钻孔灌注桩护壁（起挡土墙作用），主要施工方法是：
- a. 施工准备：平整场地，填平夯实，测量放出基础开挖边线及钻孔桩桩位，并打上木桩标志。
- b. 施工工艺流程为：钻孔桩就位—调直钻架杆—对桩位—钻进、出土—停钻（读钻孔度）—提钻—测孔深、检查孔质量—放钢筋笼—浇灌砼。
- 长螺旋钻孔桩一般桩径为 30 — 80cm，桩长 6 — 15m，其特点是速度快，设备少，除一台钻机外，其余机具工地都可以现场解决，适用于地下水位以上的一般粘性土，砂土、杂填土地段（地下水位以下容易塌孔不宜采用）。

长螺旋钻孔桩主要工作参考如下表

机械名称	电动功率	钻进速度	外型尺寸（m）
履带式 LZ 型	30	2m/分	8.0×3.2×21.8
汽车式 QZ-4 型	17	1m/分	7.3×2.65

c. 基础砼浇注

- 1) 重要的基础构造物施工应先浇注大于 10cm 的砼垫层以便在其上支立模板、绑扎钢筋，砼垫层也有利于施工排水。
- 2) 基础施工时，应加强排水，保持在无水的条件下进行基础钢筋绑扎、模板安装。
- 3) 基础砼浇注前，干土基要洒水湿润，湿土基要铺以碎石垫层或水泥砂浆层，石质地基要清除松散粒料，才可浇注基础砼。
- 4) 砼浇注应连续进行，当必须间歇时，应在前层砼初凝之前将下层砼浇注完毕。
- 5) 在基底渗水严重的基坑中修筑基础，可先浇水下砼封底，待其达到要求强度时，排水清淤凿出新的砼顶面，再进行浇注。

d. 大体积砼的施工

1. 大体积砼具有以下特点：
 - (1) 砼结构物体积大，需要浇注大量的砼。
 - (2) 大体积砼常处于潮湿或与水接触的环境条件下，因此除满足强度外，还必须具有良好的耐久性和抗渗性，甚至耐侵蚀性和抗冲击能力。

- (3) 大体积砼强度等级高，水泥用量大，水化热和收缩容易造成结构的开裂。
- (4) 大体积砼由于其水泥水化热不容易很快消失，蓄热于内部，使温度升高较大，因此对温度进行控制，是大体积砼施工最突出的问题。一般当结构物最小尺寸在 3m 以上，单面散热面积最小尺寸在 75cm 以上，双面散热在 100cm 以上，水化热引起的最高温度与外界气温之差大于 25℃ 时，即可视为大体积砼施工。

2. 施工准备:

- (1) 水泥: 选用水化热低、初凝时间长的矿渣水泥 325#、425#。
- (2) 砂: 选用粗砂或中砂，含泥量 < 3%。
- (3) 石子: 0.5 — 3.2cm 粒径的碎石或卵石。
- (4) 外加剂: 可选用复合型外加剂和粉煤灰以减少绝对用水量 and 水泥用量，延缓凝结时间。
- (5) 施工配合比一般要求，水泥用量控制在 300Kg/m³ 以下，泵送砂率在 0.4—0.45 间，塌落度 10 — 14cm 为宜。
- (6) 夏季施工采用冷却拌和水或掺冰屑的方法，达到降低拌和温度的目的。夏季砂石料堆可设简易遮阳棚，必要时可向骨料喷水。
- (7) 砼搅拌: 加料顺序如下: 石子—水泥—砂子—(水+外加剂)，为使砼拌合均匀，自全部拌合料倒入搅拌筒中算起，搅拌时间应不少于 1.5 分钟。

3. 砼的浇注

(1) 砼必须分层浇注，分层捣实。根据基础不同情况，浇注方案可分为:

- a. 一次整体浇注: 采用全面分层法，即第一层全面浇注完毕后再浇注第二层，每层的间隔时间以砼未初凝为准，如此逐层进行。施工时从短边开始，沿长边进行，必要时也可以从中间或二边向中央进行。除此之外还可以选用分段分层和斜面分段的砼浇注方法。施工前，根据基础尺寸、砼数量、初凝时间，分层厚度，选择浇注方法和砼泵、罐车数量及相应的搅拌砼设备能力。如设计要求要敷设冷却水管，应适当增加一些构造钢筋，保证冷却水管有一定的稳定性。
- b. 分层浇筑: 当基础厚度较厚，一次浇筑砼方量过大时，可建议施工单位分层浇筑，分层的厚度 0.6—1.5m 为宜。分层的目的是通过增加表面系数，以利于砼的内部散热，层间的间隔时间从理论上讲应以砼表面温度降至大气平均温度为好，最小间隔时间应不小于砼内部最高温度出现以后，一般 5 — 14 天之间。上层浇筑前，应清除下层砼水泥薄膜和松动石子以及软弱砼面层，并进行湿润、清洗。

4. 大体积砼的水化热温度控制

- a. 选用低水化热的矿渣水泥或大坝水泥。
- b. 采用双掺技术，即在砼中掺加高效外加剂和粉煤灰。
- c. 掺加适量缓凝剂，延缓凝固时间。
- d. 在高温季节对砼用水、砂、石采取降温措施尽量降低砼入模温度。
- e. 严格控制砼的塌落度，在保证强度的前提下尽量减少水泥用量。
- f. 如设计要求在砼中埋设冷却水管，通过冷却降温进出水温差不宜大于 10℃，以防止水管周围产生温度裂缝。
- g. 保持砼内部温度与外界温差 < 25℃。

5. 砼的振捣

使用插入式振捣器，振捣方式可以垂直于砼面插入振捣棒，或与砼面成 40 — 50 倾角斜向插入振捣棒，振捣棒的使用要“快插慢拔”，每一个插点振捣时间以 20—30s 为宜，为保证砼质量最好采用复振措施。

6. 砼的养护

砼达到初凝后即开始进行塑料布覆盖，为防止砼脱水开裂，在塑料布上应再双层覆盖草袋，二层草袋迭缝，因一般砼浇筑后第 3、4 天内部温度最高，以后逐渐降低，所以覆盖的拆除不能过早、过快，一般以 10 天左右为宜。

7. 测温工作

- (1) 根据基础平面尺寸、厚度的不同情况,合理、经济地布设测温点,并绘制测温布置图。
- (2) 采用热电偶温度计和玻璃温度计共同测温方式,其敷设间距高度方向 50—80cm,平面方向 250—500cm。距边角和表面应大于 5cm。测温应有专人负责,每 4 小时一次。

注:上海在杨浦、徐浦大桥基础施工中,采用测温仪有 XQC—300 大型长图自动平衡记录仪和 WZG—010 铜热电阻温度传感器改装的定时全自动扩展装置进行微机监控。

8. 施工准备——清理和湿润模板——埋设测温装置——确定砼配合比——砼搅拌——砼运输——砼浇筑(分层)——振捣——砼养护——测温。

挖孔灌注桩基础

挖孔灌注桩施工作业环境以桩径 $>1.4\text{m}$,桩长 25m 以内无水或少水的密实土层和风化岩层为宜。

1、准备工作

平整场地→放中桩(包括护桩)→布置排水沟→桩位顶上搭雨棚→安装提升设备→修整出渣道路。

2、孔口开挖及衬砌

在地面按衬砌处理挖深 1m,安放模板,浇筑 C_{15} (或 C_{20}) 砼形成井圈,井圈上口即井台座比周围地面高出 20—30cm 以避免井口进水,开挖采用人工十字镐,用人力绞车提升出渣,每开挖 1 米衬砌 1 米,衬砌厚度 15—25cm,当开挖中遇到岩石可采用风钻或凿岩机钻炮眼小药量电引爆的浅眼爆炸法施工,要在炮眼附近加强支护,防止震坍孔壁,爆破后再采用人工清渣继续开挖,以这种方式循环进行施工,直至桩底设计标高。注意每次砼衬砌浇筑前都要将内模定位一次,以保证桩的垂直度和水平位置。

- 3、为保证施工安全,所有作业人员都必须配戴安全帽、安全绳。挖孔工作暂停时,孔口必须加盖。

4、孔内通风

在地面上用鼓风机或风扇(由试验决定),通过 $\phi 50$ 的塑料管不断的将新鲜空气运到孔底,中间停工再复工前将井底的空气也要彻底抽换。每次爆破后应随即进行通风排烟清孔,由负责人检查孔内无毒后,施工人员再下孔操作。

孔深超过 10m 时,应经常检查孔内二氧化碳浓度,如超过 0.3%,应增加通风措施。

5、排水

孔内如渗水量不大,可以采用人工排水,当挖到桩底时,可在桩位的一角挖一个 $0.6 \times 0.5 \times 0.5$ 的集水坑,用潜水泵抽水,渗水较大应边施工边采用抽水坑抽水,如同一墩台有几个桩孔同时施工,可以安排超前并挖,使地下水集中在一孔内排除。一般说砼衬砌有较好的防水作用,是挖孔桩护壁支撑的首选施工方案。

6、吊装钢筋笼及灌注桩身砼

钢筋笼的加工,吊装,接长,与钻孔灌注桩相同,砼浇筑由于桩孔内渗水情况不同,可选择不同的浇筑方法。

- 1) 当桩孔内基本无水时,采用常规的砼浇筑方法,有条件的地方最好使用砼输送泵泵送砼。
- 2) 当孔内渗水较快,但还能快速抽干渗水的桩孔,采用简易导管法施工。在桩基挖孔工作平台上,用钢管搭设一个高 6m 以上,能支承 1—2t 重的简易工作架,按灌注水下砼的方法,安好导管和漏斗(能容 0.2m^3 砼的小型漏斗,不放球)。将导管插到桩孔底部不留空位,上部用导链悬挂在简易工作架上,砼浇筑的准备工作就绪,用潜水泵进行孔内抽水,当抽到孔内水深只剩 10cm 左右时,提出潜水泵,立即向漏斗和导管内泵送砼,待导管内砼充满到漏斗面上时,用导链将导管出口上提 20cm,使导管内的砼迅速填充孔底并上升包围住导管,继续浇灌砼,当砼不再向孔底流动而上升到漏斗面上时,提升导管,使砼继续灌注,依照此方法循环,当

到一定高度时（接近导链顶），就拆除上面一节导管，随着砼面的不断上升，导管陆续拆除，当达到桩顶设计标高以上 10-20cm 时，即可排出表面积水，使用插入式振捣器对砼表面加以振捣，清除表面浮浆。此法留的桩头较短，砼的坍落度应控制在 16-18cm 左右。

3) 当渗水量很大 ($>6\text{mm/min}$ 时)，抽水施工有困难时，应采用钻孔灌注桩的下水砼浇筑法施工。

钻孔灌注桩基础

施工方法

1. 准备场地、测量放线：施工前应进行场地平整，清除杂物，钻机位置处平整夯实，准备场地，同时对施工用水、泥浆池位置，动力供应，砂石料场，拌和机位置，钢筋加工场地，施工便道，做统一的安排。

测量放线，根据设计图纸用经纬仪（或全站仪）现场进行桩位精确放样，在桩中心位置钉以木桩，并设护桩，放线后由主管技术人员进行复核，施工中护桩要妥善看管，不得移位和丢失。

2. 埋设护筒

护筒因考虑多次周转，采用 3—10mm 钢板制成，护筒内径，使用旋转钻机时比桩径大 10—20cm，使用冲击钻时比桩径大 20—30cm，埋置护筒要考虑桩位的地质和水文情况，为保持水头护筒要高出施工水位（或地下水位）1.5m，无水地层护筒宜高出地面 0.3—0.5m，为避免护筒底悬空，造成塌孔，漏水，漏浆，护筒底应坐在天然的结实的土层上（或夯实的粘土层上），护筒四周应回填粘土并夯实，护筒平面位置的偏差应不超 5cm。护筒埋置深度：在无水地区一般为 1—2 倍的护筒直径。在有水地区一般为入土深度与水深的 0.8—1.1 倍（无冲刷之前）。

3. 选择钻孔机械：

正循环钻机：粘性土、砂类土：砾、卵石粒径小于 2cm，钻孔直径 80-250cm，孔深 30—100m。

反循环钻机：粘性土、砂类土、卵石粒径小于钻杆内径 2/3，钻孔直径 80—250cm，孔深泵吸 $<40\text{m}$ ，气举 100m。

正循环潜水钻机：淤泥、粘性土、砂类土、砾卵石粒径小于 10cm，钻孔直径 60—150cm，孔深 50m。

全套管冲抓和冲击钻机：适用于各类土层，孔径 80—150cm，孔深 30—40m。在钻孔过程中，钻机（架）必须保持平稳，不能发生位移和沉陷。因此钻机安装就位时，底座应用枕木垫实塞紧，顶端用风绳固定平稳。

4. 制备泥浆应选用塑性指数 $IP>10$ 的粘性土或膨润土，对不同上层泥浆比重可按下列数据选用：

粘性土和亚粘土可以就地造浆，泥浆比重 1.1—1.2 间。

粉土和砂土应制备泥浆，泥浆比重 1.5—1.25：

砂卵石和流砂层应制备泥浆，泥浆比重 1.3—1.5。

5. 钻孔灌注桩施工

(1) 将钻机调平对准钻孔，把钻头吊起徐徐放入护筒内，对正桩位，启动泥浆泵和转盘，等泥浆输到孔内一定数量后，方可开始钻孔。具有导向装置的钻机开钻时，应慢速推进，待导向部位全部钻进土层后，方可全速钻进。

正循环钻机开孔时，应先启动泥浆泵和转盘，待泥浆进入孔内一定数量后，方可开始钻进。

用泵吸式反循环钻进时，钻头应距孔底 20—30cm，防止堵塞吸渣口，在接长钻杆时，应注意接头紧密，防止漏气、漏水和钻杆松脱。

用气举式反循环钻开孔时，钻杆必须在钻孔内埋入水中约 6m，才能扬水排渣。

反循环钻进时，必须注意连续补充泥浆，维持护筒内应有的水头，避免坍塌。

(2) 钻孔应连续进行，不得间断，视土质及钻进部位调整钻进速度。开始钻进及护筒刃脚部位或砂层、卵砾石层中时，应低档慢速钻进。钻进过程中，要确保泥浆水头高度高出孔外水位 0.5m 以上，泥浆如有损失、漏失，应及时补充，并采取堵漏措施。钻进过程中，每进 2-3m 应检查孔径、垂直度，在泥浆池捞取钻渣，以便和设计地质资料核对。

(3) 钻进时，为减少扩孔、弯孔和斜孔，应采用减压法钻进，使钻杆维持垂直状态，使钻头平稳回

转。

- (4) 终孔检查合格后，应迅速清孔，清孔方法有抽浆法（适用于孔壁不易坍塌的柱桩和摩擦桩、换浆法（用于正循环钻机）、掏渣法（适用于冲抓、冲击、成孔，掏渣后的泥浆比重应小于 1.3）。清孔时必须保证孔内水头、提管时避免碰撞孔壁。清孔后的泥浆性能指标，沉渣厚度应符合规范要求。

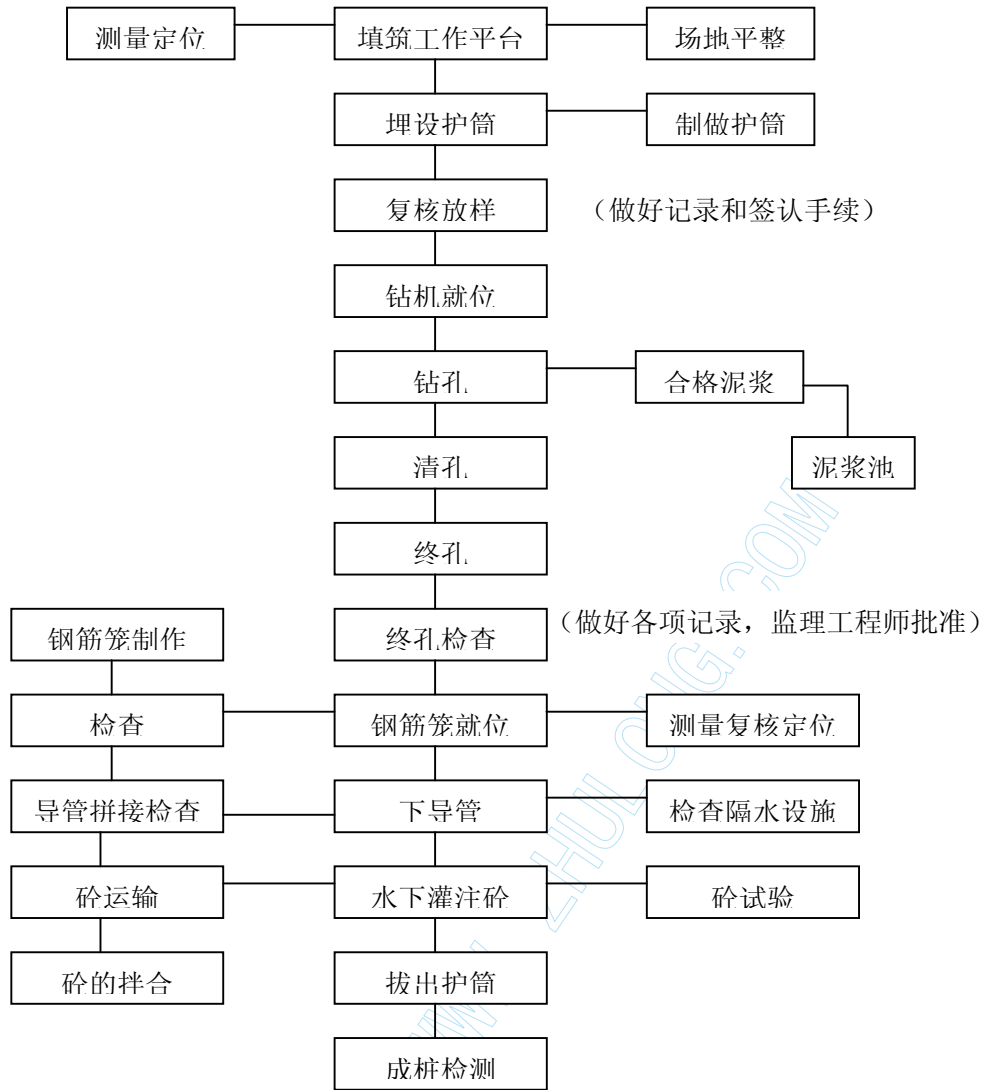
不论采用何种方法清孔排渣，都必须注意保持孔内水头，防止坍孔。

- (5) 清孔后用检孔器测量孔径，检孔器的焊接可在工地进行，监理工程师检验合格后，即可进行钢筋笼的吊装工作。
- (6) 钢筋笼骨架，焊接时注意焊条的使用一定要符合规范要求，骨架一般分段焊接，长度由起吊设备的高度控制，钢筋笼的接长，可采用搭接焊或套管冷挤压连接等方法，钢筋笼安放要牢固，以防在砼浇筑过程中钢筋笼浮起，钢筋笼周边要安放砼保护层垫块。
- (7) 水下砼采用导管法进行灌注，导管内径一般为 25—35cm，导管使用前要进行闭水试验（水密、承压、接头抗拉），合格的导管才能使用，导管应居中稳步沉放，不能接触到钢筋笼，以免导管在提升中将钢筋笼提起，导管可吊挂在钻机顶部滑轮上或用卡具吊在孔口上，导管底部距桩底的距离应符合规范要求，一般 0.25—0.4m，导管顶部的贮料斗内砼量，必须满足首次剪球灌注后导管端能埋入砼中 0.8—1.2m，施工前要仔细计算贮料斗容积，剪球后向导管内倾倒砼宜徐徐进行防止产生高压气囊。施工中导管内应始终充满砼。随着砼的不断浇入，及时测量砼顶面高度和埋管深度，及时提拔拆除导管，使导管埋入砼中的深度保持 2—6m 间。砼面检测锤随孔深而定，一般不小于 4Kg。
- (8) 每根导管内的水下砼浇筑工作，应在该导管首批砼初凝前完成，否则应掺入缓凝剂，推迟初凝时间。
- (9) 砼的坍落度应满足设计要求，砼浇筑应连续进行，为保证桩的质量，应留比桩顶标高出 0.5—1.0m 左右的桩头，处于干处的桩头，可在砼初凝后，终凝前清除。
- (10) 技术人员应对钻孔灌注桩各项原始记录及时整理签认。

6. 环保措施

为保护施工范围内的环境卫生、农田，钻孔桩废弃的泥浆应在施工完成后，用汽车或罐车将泥浆池（槽）中的泥浆清运到指定的排放地点。

7. 工艺流程



8. 主要机械设备

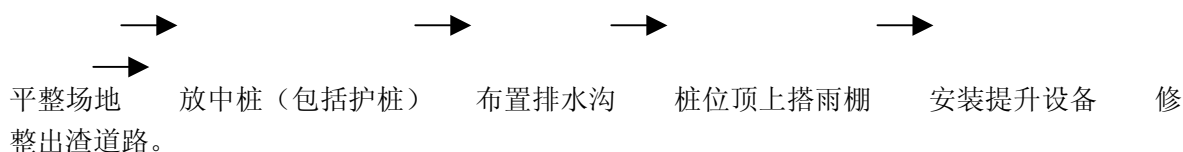
钻机、砼搅拌机、砼运输车、吊车、空压机、水泵、导管、泵车、装载机、电焊机、发电机、水车等。

附：钻机性能比较表如下：

钻机型号	成孔直径 m	钻深 m	转盘转速 r/min	最大钻矩 KN·M	主机功率 KW	钻机重 t
KR2500A(河北星河厂)	Φ1.8-2.5	80	20	50	2×22=44	32
KP2000(郑州勘探厂)	Φ1.5-2.0	100	63	39	45	20
S-500 (台湾)	Φ1.5-2.5	90	42	150	320	28
GPS-25(上海探矿厂)	Φ1.5-2.5	100	20	30	37	28
GPS-20(上海探矿厂)	Φ1.5-2.5	80	20	30	30	22

3. 2. 2 挖孔灌注桩施工作业环境以桩径 $>1.4\text{m}$ ，桩长 25m 以内无水或少水的密实土层和风化岩层为宜。

1、准备工作



2、孔口开挖及衬砌

在地面按衬砌处理挖深 1m ，安放模板，浇筑 C_{15} （或 C_{20} ）砼形成井圈，井圈上口即井台座比周围地面高出 $20\sim 30\text{cm}$ 以避免井口进水，开挖采用人工十字镐，用人力绞车提升出渣，每开挖 1m 衬砌 1m ，衬砌厚度 $15\sim 25\text{cm}$ ，当开挖中遇到岩石可采用风钻或凿岩机钻炮眼小药量电引爆的浅眼爆炸法施工，要在炮眼附近加强支护，防止震坍孔壁，爆破后再采用人工清凿继续开挖，以这种方式循环进行施工，直至桩底设计标高。注意每次衬砌浇筑前都要将内模定位一次，以保证桩的垂直度和水平位置。

3、为保证施工安全，所有作业人员都必须配戴安全帽、安全绳。挖孔工作暂停时，孔口必须加盖。

4、孔内通风

在地面上用鼓风机或风扇（由试验决定），通过 $\phi 50$ 的塑料管不断的将新鲜空气运到孔底，中间停工再复工前将井底的空气也要彻底抽换。每次爆破后应随即进行通风排烟清孔，由负责人检查孔内无毒后，施工人员再下孔操作。

孔深超过 10m 时，应经常检查孔内二氧化碳浓度，如超过 0.3% ，应增加通风措施。

5、排水

孔内如渗水量不大，可以采用人工排水，当挖到桩底时，可在桩位的一角挖一个 $0.6\times 0.5\times 0.5$ 的集水坑，用潜水泵抽水，渗水较大应边施工边采用抽水坑抽水，如同一墩台有几个桩孔同时施工，可以安排超前开挖，使地下水集中在一孔内排除。一般说砼衬砌有较好的防水作用，是挖孔桩护壁支撑的首选施工方案。

6、吊装钢筋笼及灌注桩身砼

钢筋笼的加工，吊装，接长，与钻孔灌注桩相同，砼浇筑由于桩孔内渗水情况不同，可选择不同的浇筑方法。

1) 当桩孔内基本无水时，采用常规的砼浇筑方法，有条件的地方最好使用砼输送泵泵送砼。

2) 当孔内渗水较快，但还能快速抽干渗水的桩孔，采用简易导管法施工。在桩基挖孔工作平台上，用钢管搭设一个高 6m 以上，能支承 $1\sim 2\text{t}$ 重的简易工作架，按灌注水下砼的方法，安好导管和漏斗（能容 0.2m^3 砼的小型漏斗，不放球）。将导管插到桩孔底部不留空位，上部用导链悬挂在简易工作架上，砼浇筑的准备工作就绪，用潜水泵进行孔内抽水，当抽到孔内水深只剩 10cm 左右时，提出潜水泵，立即向漏斗和导管内泵送砼，待导管内砼充满到漏斗面上时，用导链将导管出口，使导管内的砼迅速填充孔底并向上包围住导管提升 20cm ，继续浇灌砼，当砼不再向孔底流动而上升到漏斗面上时，提升导管，使砼继续灌注，依照此方法循环，当到一定高度时（接近导链顶），就拆除上面一节导管，随着砼面的不断上升，导管陆续拆除，当达到桩顶设计标高以上 $10\sim 20\text{cm}$ 时，即可排出表面积水，使用插入式振捣器对砼表面加以振捣，清除表面浮浆。此法留的桩头较短，砼的坍落度应控制在 $16\sim 18\text{cm}$ 左右。

3) 当渗水量很大（ $>6\text{mm}/\text{min}$ 时），抽水施工有困难时，应采用钻孔灌注桩的水下砼浇筑法施工。（见钻孔灌注桩一节）

钻孔灌注桩施工工艺

(1)先填写书面开工申请报告，经监理工程师批准后方可开工。

(2)以监理工程师签认的导线点为基准点，用全站仪放样。

(3)准确放出桩位后埋设护筒，经监理工程师复核无误后，用经纬仪引出桩位控制桩。

(4)钻孔拟采用回旋钻。钻机就位首先安装好钻架及起吊系统，将钻机调平。钻杆位置偏差不得大于 2 厘米，钻进中经常检查转盘，如有倾斜或位移，及时调整纠正。钻孔所用泥浆现场调制，储存在泥浆池中备用。钻进过程中要检查孔径和垂直度等并做好钻孔记录。

(5)清孔：钻孔深度符合设计要求后，迅速通知监理工程师验孔，合格后立即进行清孔。清孔采用换浆法。

(6)安设钢筋笼：钢筋笼按照设计图纸在钢筋班集中下料现场成型，根据需要长度分成 2-3 节，钢筋笼要焊接牢固，吊孔结实，主筋、箍筋位置准确。钢筋笼标高偏差不得大于±5 厘米。

(7)灌注水下砼采用拌合楼拌制，罐车运输，并输送至导管内。灌注前首先安装好导管。安装导管时应将连接螺栓对称拧紧，防止漏气。导管应随安装随放入孔中，直到导管底口距孔底 40 厘米左右为宜，然后安装好漏斗和提板软垫。

砼应严格按照批准的配合比进行拌合，拌合时严格控制材料计量、拌合时间、准确的砼水灰比、和易性和坍落度。

砼灌注时，计算好首批砼数量，保证将导管底口封住。正常灌注后，严禁中途停工。灌注时要经常探测砼面的高度，计算导管埋深，指挥导管的提升和拆除，作好记录。导管埋深应控制在 3-6 米，最大埋深不能超过 8 米。砼灌到最后，预留不小于 50 厘米的桩头，以确保桩顶砼质量。灌注时，做好砼试件，以便检验砼强度。

(8)当桩身砼强度达到 80%以上时，即可开挖桩头凿除多余部分，使桩顶砼表面符合要求。

水中钻孔灌注桩施工

水浅时，一般可采用土石围堰，木排架组成的便桥等方法，当河流较宽，或受涨落潮影响水位变化较大的深水中进行钻孔灌注桩施工时应先修筑施工便桥及施工平台，其常用的施工方法和材料为钢管桩及贝雷梁施工平台方案。

一、施工平台

1、施工方案（一）

本方案以钢管桩做为施工平台承重基础，顶面用贝雷架搭设施工平台，每个墩施工平面的平面尺寸为 12m*20m，要求布置两台冲孔机和主要设备，平台基础采用 14 根 Φ500 钢管柱，平台及平台间以贝雷人行桥连接。

因为淤泥软弱，残积土不成层，为保证钢管桩稳定，要求沉桩后立即焊上水平撑和十字风撑，形成整体，平台设计承受荷载为 100t。

施工选用 35t 吊车吊装，为保证拟上吊车的平台足够的稳定，应加大钢管桩的嵌岩深度，贝雷梁采用单层双排布置形式。

2、施工方案（二）

1) 平台：主跨墩平台位于黄河主河槽内，施工时钻机置于平台上钻孔，平台上部荷载按履-50 考虑（钻机选 QJ-250 型），平台的下部构造为钢筋砼钻孔灌注桩，顺桥向前看排桩，钻孔桩直径 Φ70cm，长 20m，上接 70cm*70cm 方柱，柱与柱之间用 2*136 工字钢与柱上预埋铁件焊牢，然后在每项柱顶上放置了排间距 45cm 的贝雷梁，柱与柱之间贝雷梁有自制的 ∠100*100*10 角钢交叉做横向联接系。贝雷上放 136 工字钢，放于节点位置（跨径 3.0），横梁放置时要照顾到桩位，留出桩施工位置以便下护筒钻孔，横梁放置后其上铺钢板桩做为桥面。

2) 便桥：

便桥下部同平台，桩长为 18m，上部采用下承式装配式钢桥（战备用的，外租），2 单层贝雷放置好后拉斜撑，上铺标准式横梁，纵梁，再上铺 5*10*380cm 木板做桥面板。（标准式横梁，纵梁

自铁路舟桥处租来)。

二、打设护筒

护筒长度根据水文地质情况而定，此处为 13M 长护筒用 $\delta=10\text{mm}$ 厚钢板制成，打设护筒时做了专用导向架，护筒沉放时应按桩位准确地定出位置，在导向架作用下，用 60t 振动锤震动下沉至设计标高。在施打过程中，注意震动锤的偏心，随时调整护筒的垂直度。该桥在黄河汛期为避免冲刷护筒底部，在平台四周汛期前打了钢板桩围堰，板桩底位于冲刷线以下 3 米。

厦门大桥采用钢筋砼护筒，外径 1.7m，内径 1.5m，节长 2m，节间预埋 8 片钢板以便焊接，下沉护筒采用定位导向架。(在+3.0m，+7.0m 标高处设置 2 道定位导向架，并在二道定位导向架间用 4 根轻轨连接做为纵向的定位导向架，以便护筒下沉更平顺)。

三、成孔：

安装钻孔前应先将护筒内的杂物清理干净，特别是掉下去的铁件，极易损伤钻头或扭断钻杆。钻机就位时钻头中收应对中护筒中心（护筒位置要正确），在开钻前先用膨胀土制备泥浆，泥浆比重为 1.2，（在粘土层可自行造浆，控制护筒水头，一般维持在 3m 左右。钻机钻进时，为了保证垂直度，避免斜孔，弯孔和扩孔现象，采用自然吊锤法，减压钻进，钻机的主吊钩始终承受部分钻机重，孔底承受钻压不得超过钻杆、钻头和压块的重力的 80%。

四、清孔，钢筋笼吊放，砼灌注与前叙钻孔灌注桩相同。

大直径桩柱施工（钻孔灌注桩柱）

系指桩径大于 250cm，大直径桩柱按其施工方法的不同可分为钻孔灌注桩柱，钻埋空心桩柱和挖空心桩柱三类。

1. 施工平台

- 1) 平台构造：钢管桩工作平台由钢管桩与纵横梁组成，钢管桩可用成品管或用 6mm-10mm 钢板卷制而成，采用振动下沉法安装到位。直径 0.5-1.2m 不等。纵梁常使用六四军用桁架、万能杆件桁架、贝雷桁架，使用时要注意设计钢管的跨径最好为节距的倍数，以提高支点的剪力。
- 2) 钢管桩施工：钢管的成品有热轧无缝钢管，有缝焊接管和螺旋焊接钢管三种，为便于长期周转使用，施工时多采用成品管，钢管分节，节的长度一般为 4-6m，节与节之间的钢法兰圈用电焊连接，以增加连接刚度。

钢管桩的底节刃脚处要贴焊钢板圈，离刃脚一定高度 h 要设内横隔板来提高垂直承载力，以便较容易外拔。

钢管桩常用震（拔）两用的震动锤，其技术规格如表 3-4-1。

双频率震动锤

震动力		400KN	600KN
项目			
电动功率（千瓦）		55	88
外形	长(cm)	90	112
	宽(cm)	90	88
	高(cm)	160	197
重量（KN）		40	50
启动功率（千瓦）		120	180
拔振动（KN）		150	250

钢管桩插打在软弱地层时宜用高频激震，深层或终振阶段宜使用低频激震，每次震动时间根据土质情况及震动机能力大小来定，一般不超过 10-15 分钟，震动时间过多对震动机的零部件易于磨损。钢管桩沉入施工的极限承载可参考下表：

表 3-4-2

土壤 \ 项目		桩周有限摩阻力 τ		桩尖极限承载力 σ_k	
		静止	震动	静止	震动
粘性土	$I_L \geq 1$	15-30	8-15	1000	600
	$1 > I_L \geq 0.65$	30-45	15-22	1600	900
	$0.65 > I_L \geq 0.35$	50-70	25-35	2200	1300
	$0.35 > I_L$	70-85	35-40	3000	1800
粉砂	中密	35-50	20-30	2500	2200
	密实	50-65	30-40	5000	4500
细砂	中密	50-65	30-40	3000	2700
	密实	65-80	40-50	5500	5000
粗砂	中密	70-90	55-70	3500	3100
	密实	90-105	70-85	6000	5400
砾石	中密	80-110	65-90	4000	3600
	密实	120-180	100-140	7000	6300

3) 钢管桩施工工序

- 定位旋测：在浮吊工作船进入墩位前，先经过测量将桩位用浮标形式定位，待定位船抛锚就位后，选用平台钢管桩中一根作定位桩，先行震入，以后再以此根做定位的标准。
- 施打顺序以浮吊移动方便为准，浮吊大致分为三类：汽车（履带）浮吊，桅杆浮吊，龙门浮吊，其中汽车浮吊是在钢驳船上装设汽车（履带）吊，考虑到震动锤的冲击力较大，为稳定起见，常将船尾（头）对准钢管桩，钢管桩安装了震动锤后，顶部用 4 根风缆固定，缆风绳可设在工作船上或已施打的钢管桩上，缆风绳的作用是控制钢管桩的竖向倾斜，钢管桩震沉到工作平台高程后停止，再接长，依次施工直到设计位置，一个平台的钢管桩要集中施打，才能发挥效率。
- 为提高大型高级钻机功效，在施工组织设计中至少要安排多套平台与钢管桩。
- 桩头处理：按平台设计标高将桩头割平，在端部相当于钢管 1 个直径 D 的深度内，焊一块水平隔板做底模板，再在端部焊顶盖板（20mm 厚）在其中心留 $\phi 20\text{mm}$ 孔来浇封头砼，藉以保证接头部位的平稳。
- 当平台钢管桩出水较高或流速较大时，钢管桩顶要设横梁，设剪力撑，形成框架，然后在横梁上安装纵桁梁，在纵桁梁节间支点上安置工字钢横梁，并用抱箍固定，在横梁上铺设木（竹）跳板，在此平台架设工作基本完成。

2. 钢护筒就位

1) 施工前的准备工作

护筒制作及运输到墩位 → 射水，吸泥机就位 → 振动沉桩锤，锤座就位 → 吊装机械，电源就位 → 操作平台完成（或定位船就位） → 导向架（或导向井框）就位 → 复测完成。

2) 接长护筒

- 将底节护筒装入导向架内，并用手拉葫芦调整中线位置，用夹具固定在平台上，再在其上吊放第二节，钢护筒顶底部各焊有一道水平回劲法兰圈采用电焊连接方式接长。二节完成后再放第三节，直至护筒长度大于水深后，再用吊车将护筒下沉到河床表面。
- 护筒放置在河床面上，上端用手拉葫芦固定在平台上，下端用钢丝绳在前方锚碇上牵引固定，防止水流冲偏。
- 护筒顶节和震动锤座牢固地连成一体（检接加焊接），在锤座底部接 4 根风缆，用以调整护筒倾斜。

3) 震动下沉

- 采用电动震动锤下沉护筒，当护筒顶距工作面 0.8m 左右时，停止振沉，解除锤座与顶节护筒连系，按同样步骤再接长护筒。

- b. 每锤击下沉 1m 左右都要进行护筒垂直度的检校，如护筒倾斜应停振，采用调整风缆方式纠正。
 - c. 施工中发现护筒有漏水孔洞，应采用钢板和环氧树脂封闭。
 - d. 护筒先桩锤自重下沉，待取得足够的稳定性后，再行振动下沉，避免在偏载作用下，形成严重倾斜偏位。
 - e. 当采用高压射水配合空气吸泥机吸泥振沉施工时，严防不对称射水，造成刃脚单边受力倾斜，应在护筒内土体全断面对称均匀冲淘，保留护筒内土体表面距刃脚下口 50-100cm 时再行振沉。
 - f. 当护筒下沉未能满足设计要求时，可采取以下几种办法：
 - ①护脚：在护筒外抛尼龙袋装砂砾或片石护筒底，以减少水流所产生的局部冲刷，此种方法常用在软弱土层上。
 - ②加强护壁：钻机在护筒下口几米范围内钻孔时，要使用粘度大的浓泥浆，（可渗入 10%水泥），而且钻进速度要慢，使泥浆渗入孔壁，形成一道化学膜护壁。
 - ③降低水头，采用油田泥浆：当护筒埋置深度不足水深度一半时，护筒内泥浆水头不能采用 2m 高，应取 0.5-1.0m，因此钻孔桩孔壁的稳定性差，在整个钻孔过程中都应采用高效油田泥浆护壁。
 - g. 护筒按要求应下沉到冲刷线以下，满足设计与规范要求。
- 4) 大直径桩用护筒施工常见事故处理

事故	事故原因	处理意见
护筒中心偏位与倾斜	<ul style="list-style-type: none"> □ 扩展挖造成单侧进尺快。 □ 地质层面硬度不均, 软的一侧进尺快。 □ 地质层面不平。 □ 护筒因过量单侧超挖而倾斜。 □ 孤石支撑单侧护筒造成振沉过程受力不均而倾斜。 □ 静压过程不均衡, 对称加重。 □ 沉桩锤与护筒两中心不在一直线上。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 加强施工管理, 严格操作程序。 ● 加载均衡、对称, 吹吸掏挖统一。 ● 偏位或倾斜的护筒不宜强力纠偏以免护筒失圆。应用射水排除另侧土体, 使护筒在重力作用下回位。 ● 用微爆法或取石工具, 冲击钻将孤石挤入周围土体等去掉障碍方法后, 再纠偏。 ● 太大的偏斜, 提出护筒, 再回填砂石, 粘土到偏位处以上一米左右, 静沉一段时间后重定位。
护筒漏水泥浆	<ul style="list-style-type: none"> □ 水头过高致反穿孔。 □ 钻进地层下伏粗卵石 (或砾石层) 加上泥浆性能差而漏浆。 □ 有承压水或潮汐变化的钻孔现象因水头、泥浆维护不够, 坍塌孔 (筒底) 而漏浆。 □ 护筒连接位置或加工过程未封闭孔洞而漏浆。 □ 护筒下口未落入不透水层或不透水层厚度不够, 由于孔内水头和泥浆指标控制失当, 造成倒灌或反穿孔。 □ 因床面受洪水或超常冲刷造成护筒部分埋入深度不够。 □ 振动或偏压护筒造成坍孔。 □ 回填土、杂填土因护筒未能穿过而漏浆。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 回填土、杂填土最好全护筒穿过。 ● 适当增加沉埋深度。 ● 调整水头高度和泥浆参数。 ● 填充护筒孔洞, 护筒底穿孔用外侧草袋泥包填充至相应标高。 ● 护筒外填砂压浆法稳定覆盖层, 增强防渗能力。 ● 冲击成孔施工时, 开孔时回填粘土、片石慢慢造孔, 进行堵塞。
护筒内外水头不稳	<ul style="list-style-type: none"> □ 水位涨幅过大的河流或潮汐影响河流。 □ 不稳定承压水影响。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 连通管船阀自动水头稳定系统。 ● 虹吸管自动水头稳定系统。 ● 泥浆船。 ● 不稳定的承压水地层一般采用承压水平平均高度过高的承压水柱高度将采用增重剂调节内水面到施工范围或换用其他成孔方法。

3. 泥浆系统

1) 泥浆的选择原则

泥浆类型的选择是水文、地质、桩柱结构、钻机性能、设备条件、材料条件和经济等因素综合比较后确定的。在地层稳定, 护筒能沉入稳定风化基岩时, 往往可以采用无泥浆的反循环清水钻进。

在浅水河滩和覆盖层较薄, 而护筒又难沉至基岩时, 考虑穿过覆盖层的孔壁安全, 往往使用泥浆。

当施工水深, 覆盖层较厚, 桩长且护筒不能沉至稳定风化岩层的大直径桩施工时, 应使用经过设计、试验而特别配制的高质量泥浆 (油田泥浆)。

2) 油田泥浆指标:

①造浆用材料

- a. 膨润土指以蛭脱石为主的粘土 $[\text{AL}_2\text{SiO}_{10}(\text{OH})_2]$ ，其特点是造浆率高，1 吨膨润土可造 $10\text{--}20\text{m}^3$ 泥浆，而 1 吨普通粘土，只能造 $1\text{--}4\text{m}^3$ 泥浆。
- b. 增粘剂：不增大泥浆比重 $\gamma=1.10$ 以内，而增加泥粘度，提高泥浆护壁，携渣，防止钻渣沉淀能力，必须采用增粘剂，主要有 PHP—聚丙烯酰胺（P.A.M）水解产物和 CMC—即羧甲基纤维素，都具有有效提高粘度功能。
- c. 分散剂：其作用是改善泥浆质量和再利用。常用的有：碱类：纯碱（ Na_2CO_3 ）掺量为水重的 0.1%–0.5%。复合磷酸盐类：常用六甲基磷酸钠（ $\text{Na}_6\text{P}_6\text{O}_{16}$ ）掺量为 0.1%–0.5%。
- d. 堵漏剂：当孔壁出现泥浆漏尖时，在钻孔泥浆中掺入锯木屑（水量的 1%–2%），水泥（ $17\text{kg}/\text{m}^3$ ），稻草末等堵漏剂。

②油田泥浆指标

对反循环钻孔而言，泥浆性能应遵循“三低一适当”的原则。即低密度，低失水，低含砂率，适当粘度。综合一般钻孔经验，泥浆性能参数表如下：

参数名称	单位	新鲜泥浆	钻进泥浆	终孔前泥浆
密度 γ	G/cm^3	1.01–1.05	<1.10	<1.05
粘度 T	S	22—25	20—22	22—23
API 失水 B	ml	<15	<20	<18
胶体率 S	%	100	98—100	98—100
含砂率 π	%	<1	<5	<2
酸碱度	PH	7—9	8—10	7—9

3) 造浆方法:

造浆时应按成孔施工进度要求，先提前准备足够的成浆材料，对聚丙烯酰胺应提前 24 小时预先水化（水温不大于 60°C ），所得水解后浓度在 1%左右，在造浆池中顺序加入以下材料：即：（1/2 水+1/2 膨润土+1/2 处理剂）——>（2/3 余水+1/2 膨润土）——>（1/2 处理剂）——>（1/3 余水）

要求：泥浆材料逐次加入。

4) 钻孔泥浆的施工管理

- a. 根据孔位地质的柱状图，确定在不同土层中钻进应采用的泥浆性能指标，并通过试验孔分析泥浆性能的适应情况，确定泥浆使用方案做为施工依据。
- b. 开钻时新鲜泥浆入孔应通过导管（或钻杆）从孔底灌入，置换钻孔上部清水。
- c. 在进入某一土层前，应调整泥浆参数，使抽检泥浆符合设计要求后，才允许继续进尺。切忌盲目进尺，尤其在易坍塌易漏失地层更应引起重视。
- d. 每次泥浆性能的调整是根据取样试验进行，关键是确定处理剂的加入量，应视试验结果和孔内泥浆数量以及泥浆循环速度确定，可在一个循环周期内均匀加完，切忌乱加。
- e. 在施钻过程中，应每隔 1—2 小时，测量一次泥浆性能。
- f. 终孔循环除砂后，从孔底灌入新鲜泥浆 3—5m 高，确保桩尖无沉淀。
- g. 泥浆应回收利用，经检测加入适量的碱和 PHP 等处理剂，使其符合设计后备用。

4. 成孔施工

1) 钻桩就位

- a. 打捞护筒内掉落的杂物铁件，以防开钻故障。
- b. 大直径钻头往往要先吊置护筒，并用倒链临时定位，钻机就位后再连接钻杆与钻头。

2) 护筒就位和造浆

- a. 将泥浆注入孔内并空钻同时调节泥浆各项指标。
- b. 气举反循环钻机开孔前先用正循环使其钻头吸渣孔上有 6—7m 以上的水柱。

3) 钻进

- a. 表面覆盖层进尺过快, 会造成孔壁不稳, 此段应减压钻进, (减压率 60——70%), 全断面一次成孔, 进入岩层后再行分次扩孔。
- b. 开钻先送风后转动一分钟后再降钻头, 不论是首钻还是续钻都应减压、低速, 慢给进。
- c. 接长钻杆前, 应先提起钻头离孔底 10cm, 继续排渣 4—5 分钟, 再将钻具上提接长钻杆。
- d. 钻杆连接端面要涂防水油, 放橡胶止水圈, 螺栓要对称平衡拧紧上牢。
- e. 钻进到设计标高时, 以钻杆长度核实孔深及标高, 并提起钻头 10cm, 回转继续清孔一个台班, 检验泥浆是否接近技术指标, (比重 1.05--1.08, 粘度 20--23 秒, PH8—10, 胶体率 99--100%, 含砂量应小于 4%)。
- f. 检验孔深标高及泥浆指标合格后, (监理验收), 再从钻杆中反灌油田泥浆到孔底 3—4m 高, 用以减少沉淀层厚度, 保证岩面的清洁。

4) 清孔方法

由于大直径桩, 桩底面积大, 孔底软垫层将严重影响工程质量, 因此在成孔的后期, 要专门做第二次清底的工作, 清底方法有三种:

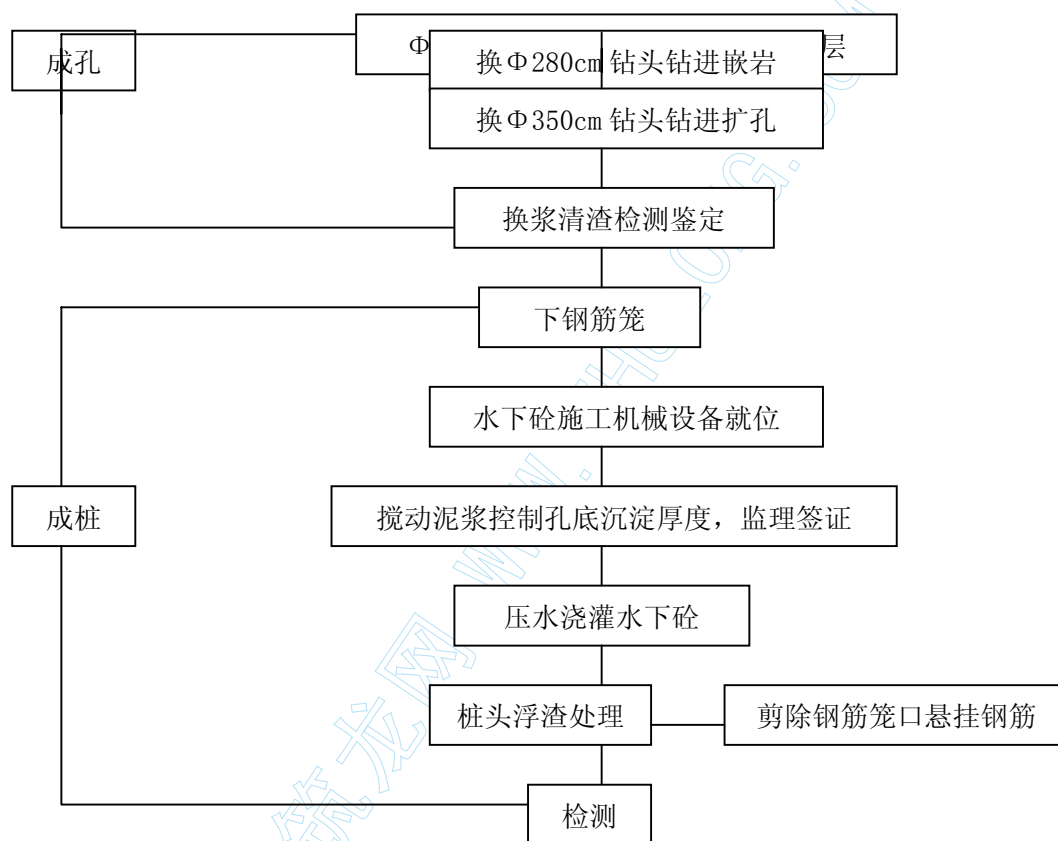
- a. 钻机空转清孔, 继续进行泥浆的循环, 使泥浆中的固相钻渣外排, 空转时间不少于 8 小时, 反复检查泥浆是否达到要求。
- b. 换浆悬浮法, 将优质泥浆自钻杆水笼头中灌入孔底, 换浆量至少应有 3—5m 高。
- c. 导管气压排浆: 可以用 $\Phi 50\text{mm}$ 钢管做导管, 在钢筋笼中插入, 送气后导管内形成气浆混合, 然后从导管中灌入 3—4m 高优质泥浆, 即可形成隔离层防止淤沙下沉, 接着浇注水下砼。

5) 成孔工艺流程

5. 变截面大直径桩分级扩孔施工

无承台: 变截面大直径钻孔桩其优点是节省材料, 结构受力明确, 施工速度快, 为解决施工中购置大直径钻机的高频费用, 可采用 $D < 250\text{cm}$ 的钻机进行分次扩孔施工, 其施工方法是:

- A. 某大桥设计桩径选用 $\Phi 300/\Phi 250\text{cm}$ 双柱结构, 成孔系选用普通的 GPS-15 型钻机 (扭矩为 1.8KM-m) 采用二级刮刀扩钻成孔。具体作法是先用 400KN 震动锤打插 $\Phi 380\text{cm}$ 钢护筒入土过冲刷线做第一级, 第二级为 $\Phi 300\text{cm}$, 施工分二次成孔, 第一次用 $\Phi 300\text{cm}$ 刮刀钻头, 钻孔深度为变截面端点。
- B. 107 国道某特大桥, 主桥墩为 $\Phi 500\text{cm}/\Phi 350\text{cm}$ 单排无承台变截面桩, 施工中外径为 550cm 护筒采用 8mm 厚钢板, 以二个定型板宽为节高, 节间用法兰盘焊接加固, 护筒刃脚加贴 50cm 高 10mm 厚钢板焊箍, 每节段护筒就位后用手拉葫芦控制定位, 以 600KN—1600KN 震动锤及反复吹砂方法使刃脚落在冲刷面下 3—4m。钻机选用武汉产 BDM-4 型气举反循环钻机, 9m³/min 柴油空压机。成功方法为采用优质膨润土配制 PHP 不分散低固相泥浆, $\Phi 500\text{cm}$ 段用导管高压水泵用于吸泥吹沙辅助下沉成孔, $\Phi 350$ 段采用 $\Phi 280\text{cm}$, $\Phi 350\text{cm}$ 牙轮钻头分级成孔, 其主要工艺流程如表



b. 大直径钻孔桩水下砼施工

1) 水下砼配料选择

与普通钻孔灌注桩相比，大直径桩砼要求有更好的和易性、较小的泌水性，水下砼配料选择应注意：

- ①水泥：宜使用初凝时间较长的水泥（>2.5h），并综合考虑强度，水化热，经济性，过高的水泥标号限制了用量，降低了砼的工艺特性。
- ②粗骨料：包括卵石和碎石两种，施工宜尽量优先选用酸性石料，其顺序是：石灰岩，白云岩，花岗岩，玄武岩，砂岩，石英岩等等。碎石通常采用二级级配，即 5—20mm，20—40mm，卵石可采用混合级配。
- ③细骨料：选用级配良好的中砂，含泥量<3%。
- ④砼外加剂：多采用缓凝剂，其作用在于降低水的表面能力，降低水化速度，延缓凝固时间，缓凝减水剂如下表

序号	比较项目	普通型	高效型
1	成分	木质素磺酸钙，钙化糖	萘磺化物
2	标准掺量		
3	作用机理	表面活性，吸附水泥表面阻止水化进行；由于本身亲水性，使扩散层水膜增厚，阻碍水化反应。	通过电质与水泥之间离子交换，来控制扩散层水膜厚度与水泥凝固时间的延缓。
4	延时（小时）	5—6	6—10
5	后期强度	有所降低	有所增长

使用时应坚持“提前配制，用前拌匀”制度，取量计量均要准确。

- ⑤外掺材料：多用粉煤灰或火山灰其质量与掺量按规范 GB1344-85 执行。

3) 砼浇筑

- a. 二次清孔：验孔合格后，开始灌注前，超厚的沉淀层，可用喷法（可在导管二侧夹箍 2 根 $\Phi 75\text{mm}$ 射水管或采用橡皮软管吸砂器在导管内吸取泥砂及钻渣）。
- b. 导管施工过程中应居中提升，为增大砼的流动扩散能力，也可在漏斗上安装附着振捣器的方法。注意导管使用前一定要进行认真检查，进行必要的水密，承压和接斗抗拉力试验。
- c. 钢筋笼骨架上浮往往是骨架底口位砼灌注速度太快，导管出口的砼对钢筋笼的冲击，顶升力造成的，因此当砼浇筑到此部位时，适当加大导管埋深，（当埋深到钢筋笼 2M 左右时）再一次性提管到钢筋笼内灌注。
- d. 孔口注意事项：
 - ①大直径变截面桩上部井孔往往直径更大，此时宜增大砼供应，增加导管埋深，以保证扩散时的半径。
 - ②桩孔内砼面上 5—10M 的泥浆，受水泥影响较大，且含渣土，渣土稠度增加，为增加砼上返力该部分泥浆可以部分抽走，并加水稀释。
- e. 首灌段桩直径大于 3.0m 时，宜采用小直径孔超深的方法减少首灌砼数量。
- f. 要求严格控制导管下口砼的超压力值，导管上口高出泥浆的控制高度一般 $\Phi 3\text{m}$ 桩 5—5.5m。
- g. 灌注工作应连续进行，全部工作在砼初凝前完成，使导管下口以上的砼始终处于塑性状态，导管埋深一般不少于 3m。
- h. 桩顶超灌高度一般 0.5-1.0m，采用水冲凿法和人工挖除多余桩头砼时，应预留 10-20cm 高度，然后解除钢筋笼的孔口吊点，防止初凝过程中钢筋参与砼受力而影响二者之间的握裹力。
- i. 整理好大直径钻孔灌注桩的各项原始记录。

附 1：大直径旋转钻孔性能参数表。

附 2：主要参数资料：所编桥涵施工手册“大直径桩施工公路桥涵施工技术规范——JTJ041——89”。

钢筋砼沉（打）入桩基础

一、锤击法（沉）桩施工

1. 整理场地：打桩机进场，因多数桩机需要在工地进行拼装，为保证桩机拼装就位，施工前应清理场地，修建临时便道。
2. 测量放线：沉入桩施工由于桩径较细，每一基础内桩的根数较多，现场施工用经纬仪放出墩（台）基础纵横轴线，并拉线，根据轴线位置放出桩位桩，并经复核、确认。施工中注意看管，及时复位。
3. 开挖排水沟，保证桩基施工时，基础内有良好的排水措施。
4. 桩锤的选择

沉入桩施工时，应适当选择桩锤重量，桩锤过轻，桩难以打下，效率低，还可能打坏桩头，所以常拟选重锤轻击，但桩锤过重，则动力、机具都加大，不经济。施工时桩重与锤重的比值可参照下表选择：

<div> <div>锤类</div> <div>土状态</div> <div>桩类别</div> </div>	单动汽锤		双动汽锤		柴油锤		坠锤	
	硬土	软土	硬土	软土	硬土	软土	硬土	软土
钢筋砼桩	1. 4	0. 4	1. 8	0. 6	1. 5	1. 0	1. 5	0. 35
木桩	3. 0	2. 0	2. 5	1. 5	3. 5	2. 5	4. 0	2. 0
钢桩	2. 0	0. 7	2. 5	1. 5	3. 5	2. 0	2. 0	1. 0

注：坠锤俗称“穿心钎”，由于效率低、不安全，已很少使用。

锤重选择参考表：

锤型		蒸汽锤（单动）（t）			柴油锤（t）				
		3—4	7	10	1.8	2.5	3.2	4	7
锤型	冲击部分重 t	3—4	5.5	9	1.8	2.5	3.2	4.6	7.2
资料	锤总重 t	3.5-4.5	6.7	11	4.2	6.6	7.2	9.6	18
锤冲击力（KN）		200-230	250-300	350-400	150-200	180-200	200-400	400-500	600-1000
常用冲程（M）		0.6-0.8	0.5-0.7	0.4-0.6	1.8-2.3	1.8-2.3	1.8-2.3	1.8-2.3	1.8-2.3
适用桩规格	预制方桩，管桩直径 cm	34-45	40-45	40-50	30-40	35-45	40-50	45-55	55-60
	钢管桩直径 cm				Φ40	Φ40	Φ40	Φ60	Φ90
粘性土	一般进入深度 m	1--2	1.5--2.5	2--3	1--2	1.5--2.5	2--3	2.5--3.5	2--3
	桩尖右达静力触探 P 平均值（Pma）	30	40	50	30	40	50	>60	>50
砂土	一般进入深度 m	0.5--1	1--1.5	1.5--2	0.5--1	0.5--1	1--2	1.5--2.5	2--3
	桩尖可达标准贯入击数 N 值	15--25	20--30	30--40	15--25	20--30	30--40	40--50	50
岩石（软质）	桩尖可强风化		0.5	0.5--1		0.5	0.5--1	1--2	2--3
	进入深中度风化度 m			表层			表层	0. 51	1--2
桩的常用控制贯入度（cm/10 击）		3--5			3--5			3--5	4--8
设计单桩极限承载力（KN）		600-1400	1500-3000	2500-4000	400-1200	800-1600	2000-3600	3000-5000	5000-10000

注：

- 1、适用于预制桩长度 20-40m，钢管桩长度 40-60m，且桩尖进入硬土层一定深度，不适用于桩尖处于软土层的情况。
- 2、标准贯入击数 N 值为未修正的数值。
- 3、本表仅供选锤时参考，不作为设计贯入度和承载力的依据。
- 4、作为满足设计承载力的贯入度应选用适当的动力式进行计算的。

5. 打（沉）桩工作（锤击）

- （1）钢筋砼预制桩的吊运，由于预制钢筋砼桩主筋都是沿桩长均匀分布的，所以吊运时吊点位置的正负弯矩应相等，一般桩在吊运时选择二个吊点，桩长 L，吊点距离每端应为 0.207L，接桩时单点起吊-M=+M 时，吊点设在 0.293L 处。
- （2）沉桩的顺序应由基础的一端向另一端进行。当桩基础平面尺寸很大时，也可由中间向两端进行。
- （3）在沉桩前应检查锤的重心与桩的中心是否一致，桩位是否正确，桩顶应采用桩帽，桩垫保护，以免打裂。
- （4）桩在起吊前，自桩尖向上应画尺寸线，画线的等分应满足打桩记录的要求。
- （5）桩开始击打时，应轻击慢打，随着桩的沉入，逐渐增大锤击的冲击能量。
- （6）随着桩入土深度的增加，贯入度会随之减少，因此在沉桩时，必须有专人做好打桩记录（按

规定的格式)。依据用动力公式计算出的下沉量/击次, 决定桩是否达到设计荷载力的要求。

遇有不正常情况时, 如桩身倾斜, 突然下沉, 桩顶破碎或桩身开裂, 锤回弹严重应停打, 探明原因再行施工。沉完一根桩后, 应立即进行检查, 确认桩身无问题再移动桩架。

- (7) 在浮船上进行水下打(沉)桩时, 浮船要锚固牢靠, 水面波浪超过二级时, 停止沉桩。
- (8) 管桩填充前, 应用吸泥机将桩内泥浆吸除干净, 用水泵将桩内水排出, 然后按设计要求填充。
- (9) 加桩: 如发现断桩等质量问题, 确认此桩质量不合格, 经监理工程师同意, 可在邻近的位置上加桩, 加桩按正常桩一样施工, 并做好加桩记录。
- (10) 复打: 是沉桩工作完成后, 经过一段时间有选择的进行复打, 以检验沉桩是否真正满足了设计贯入度, 复打的具体要求依标书的技术条款规定为准。
- (11) 接桩: 就地接桩宜在下截桩头露出地面(或水面)1m 以上进行, 接桩时上下二根桩应同一轴心, 接触面应平齐, 联接应牢固。
- (12) 沉好的基桩, 验收前不得截桩头, 验收后的桩头可用小锤开槽, 扩大加深将桩头截断或用破碎机切割。

二、射水沉桩施工

1. 射水下沉空心桩所需水后和耗水量

桩穿过的土层	沉入土中深度 (m)	射水嘴处需要的 水压 (Mpa)	每桩耗水量 (t/h)	
			管桩直径 (cm)	
			30—50	50--80
细砂、淤泥、松 砂土、软土	15—25	0.7—1.0	60-72	72—90
	25--35	1.0—1.5	72-120	90—150
	>35	1.5--2.0	120-180	150--210

2. 射水沉桩施工步骤

- 1) 按照计算长度配好射水管, 将各接头连接牢固, 装上弯管, 并与输水胶管接通, 进行通水试验。
- 2) 射水管装上导向环, 插入即将起吊的管桩, 然后在桩顶接上钢道桩。
- 3) 吊插管桩, 插正立稳后, 压上桩帽及桩锤, 吊装钢丝绳暂不解下, 即开启水阀, 开始射水冲刷桩尖下的土层, 使桩靠自重下沉。
- 4) 初期应控制桩身不使下沉过快, 以免阻塞水嘴, 并随时控制和校正桩的方向。
- 5) 下沉渐趋缓慢时, 可开锤轻击, 下沉转快, 停止锤击。
- 6) 桩下沉一定深度(8—10m)桩身稳定后, 可解下吊桩钢丝绳, 并逐步加大水压和锤的冲击功能, 加大进桩速度。
- 7) 接管接桩停水时, 应防止停水导致泥砂涌入桩内堵塞或卡住射水嘴。
- 8) 桩下沉至设计标高约 1m 时, 即停止射水, 拔出射水管, 用锤击或震动沉桩法使桩下沉到设计要求为止。
- 9) 一般在砂类卵石层或坚硬土层中以射水为主, 锤击振动为辅, 在亚粘土或粘土中射水沉桩时, 以锤击或震动为主, 射水为辅。

3. 射水沉桩的注意事项

- 1) 射水设备在正式使用前应加以试验检查, 以免中途发生故障。
- 2) 水泵应尽量靠近桩位, 减少水头损失。
- 3) 沉桩中不能任意停水, 如因停水射水管或管桩被堵塞, 可将射水管提起几十厘米, 再强力冲射疏通水管。
- 4) 细砂质土中用射水沉桩时, 注意不要下沉过快, 造成射水嘴堵塞或扭坏。
- 5) 射水管的进水管应设安全阀, 以防射水管万一被堵塞时, 使水泵设备损坏。

三、振动法沉桩施工

振动法沉桩施工是在桩上刚性连接一振动锤, 形成一振动体系, 由锤内几对轴上的偏心块相对旋转

产生振动力，使振动体系上下振动强迫与桩接触的土层相应振动，使土层强度下降，阻力减少，从而使桩在振动体系压重作用下沉入土中。

1. 几种振动锤的主要技术性能

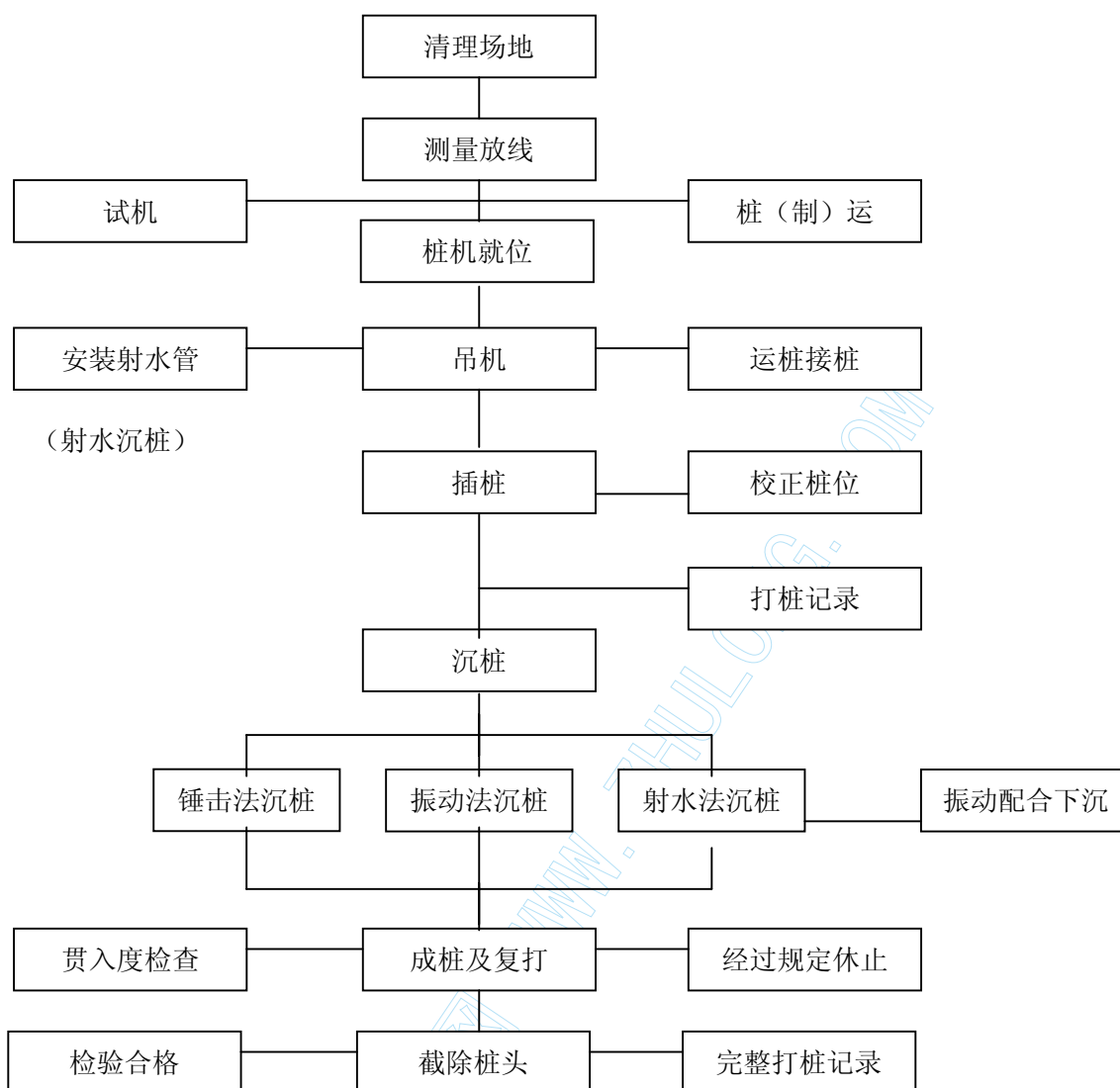
6-12 振动法沉桩 (3/3)							
II. 几种振动锤的主要技术性能							
性能 \ 型式	BII—1	BII—3	BII—5	VM2 — 1200A	VM2 — 4000A	VM2 — 12000A	VM4 — 10000A
最大偏心矩 N.cm	98066	231400	373000	129000	40200	117700	98100
负荷轴转速 r/min	408	408	1/000	1/250	920	510	1/100
振动力 KN	171	417	1/177	228	380	342	1/324
偏心距 cm	12.1	12.1	5.3				
空转时振幅 mm				7.4	11.6	22.1	11.8
电动机功率 kw	60	100	220	30	60	90	150
重量 KN	44127	75545	110318	17504	34537	53345	82860
注：生产国	苏、中	苏、中	苏、中	日本	日本	日本	日本

2. 振动沉桩施工

- 1) 施工前应对机械设备进行认真检查，确保机况良好，连接牢固，沉桩机和法兰盘连接螺栓必须拧紧，不能有间隙或松动。
- 2) 振动时间试验决定，一般不宜超过 10—15 分钟，在有射水配合时，振动时间可适当缩短，一般当振动下沉速度由慢变快，振动可由快变慢，如下沉速度小于 5cm/min，或桩头冒水、振动甚大而桩不下沉时，即应停振。
- 3) 每一根桩的振动下沉，应一气呵成，不可中途停顿或较长时间的间歇。
- 4) 振动沉桩主要适用于砂性土和粘性土，根据桩型和截面不同，振动桩下沉必须的振幅为：

桩型	砂性土	粘性土
钢板桩及下端开口的钢桩及截面小于 150cm ² 的其它桩	4-10mm	6-12mm
截面<800cm ² 的木桩和钢管桩（闭口）	6-12mm	8-15mm
下端开口的大直径钢筋砼管桩（管内配合挖土）	4-10mm	6-12mm

四、沉桩施工工艺流程



管柱基础

1、概况

管柱基础适用于深水，有潮汐影响，岩石起伏不平，无覆盖层或覆盖层很深的河床，（不适用于有严重地质缺陷的地区），水位的变化对管柱施工影响不大，如下沉管柱，钻岩及灌注水下砼可不受水位限制，全年均能施工。

管柱基础形式，基本上分为两类，一类是管柱下沉至坚硬的岩层，与岩层固接或铰接，成为柱式管柱；另一类管柱下沉至密实的土层，藉柱底承压力与柱周摩擦力共同受力，成为摩擦管柱。

管柱有钢筋砼管柱，预应力砼管柱，及钢管柱三种，前者适用于入土深度小于 25M 下沉振动力不大场所。

管柱系装配式构件，管节由上、下法兰盘通过螺栓连接，管柱的最底一节下边带有刃脚，刃脚的作用是使管柱穿越覆盖层切入基岩风化层。其高度一般 1.2-1.5m，管柱直径有 1.55m，3.0m，3.6m，5.0m，5.8m 几种，长度为 3—10M 不等。钢管桩的管节其长度为 12—16M。

管柱的现场存放用龙门吊机或现场用万能杆件拼装的龙门吊机起吊，轨道电动载运平车运输。

2、下沉管柱的导向和定位设备

1) 管柱下沉的导向设备一般分为两类，一为浅水中采用的导向框架，一为深水中采用的整体围笼。

围笼以圆形为主是管柱施工的主要施工设施。围笼结构主要由桁架（包括起吊主桁架，辅助吊篮桁架，平衡重桁架和侧桁架）。托架（包括起吊托架，辅助托架），内导环，外导环，吊篮（包括主吊篮，平衡重吊篮），锚柱，悬挂设备，导向架和导向木等组成。围笼结构中几个关键部件的作用和制造要点如下：

- a. 起吊托架：是起吊围笼及围笼下沉后将围笼支承在导向船厂上的支点，由角钢拼制而成。托架布置在垂直水流方向围笼对称中线两侧。
- b. 内，外导环：内导环承受内钢板桩传来的水压力，并与外导环共同控制钢板桩的位置。围笼桁架外圈第 I、IV、V 层的内导环为箱形截面，受力较大的第 II、III 层为 I 字形截面，外导环分布在第 I、III、V 层内导环与外导环由槽钢或由角钢分后弯制。
- c. 锚柱：是连接围笼与定位船钢丝绳拉缆的系缆点，当围笼未挂在定位管柱前时，围笼所受的水流冲击力，由拉缆传至定位船，固定围笼位置。锚柱由钢板焊成，内填 C30 砼。有潮水的河流，顶在围笼的上、下游方向各设二个锚柱。
- d. 平衡重吊点：是用以减少围笼的起吊重量，其位置在围笼上、下游各 2 个，每个吊点由上、下两组四门滑车组成，上滑车是定滑车，固定在导向船的联结梁上，下滑车是动滑车，安设在围笼平衡重挑梁上，挑梁伸出端安装滑车，伸出的距离使在下沉围笼时起吊的钢丝绳不与各层导环摩擦。

2) 围笼拼装

结构拼装分一次拼装及分层拼装，按围笼下沉重量及起吊设备能力而定，围笼拼装大致可分为以下几个工序：铺设工作台及放样——>拼装围笼桁架——>拼装导环——>拼装托架——>安装导向木——>安设围笼支座——>铺设顶面工作台——>检查验收。

3) 围笼定位设备及其布置

水上定位设备包括承托围笼的导向船组，控制围笼位置的定位船，以及锚，链，缆绳等锚碇装备。其作用量保证围笼的浮运就位，起吊下沉，定位和基础、墩柱的施工。

单向水流围笼定位设备主要设置在上游。

名称	单位	规格	数量	说明
定位船	艘	80t, 7m*26m	2	
导向船	艘	300t, 9m*30m	2	
定位船主锚	个	3-5t 铁锚式钢筋砼锚	8	
导向船边锚	个	3t 钢筋砼锚	2	基础采用地笼 2 个
定位船边锚	个	2t 钢筋砼锚	4	基础采用地笼 4 个
主锚链	条	Φ 75, 28m	8	
导向船边锚链	条	Φ 40, 28m	2	
定位船边锚链	条	Φ 55, 28m	4	
地龙锚链	条	Φ 35—75, 长 10—20m	6	
主锚缆	条	Φ 37, 长 250—320	8	
导向船边锚缆	条	Φ 37, 长 150—200	2	
定位船	条	Φ 28, 长 150m	4	
导向船地龙缆	条	Φ 37, 长 200—250m	2	
定位船地龙缆	条	Φ 28, 长 200m	4	
定位船拉导向船 缆	条	Φ 37, 长 140m	4	
定位船拉围笼缆	条	Φ 37, 长 150m	4	

4) 围笼起吊下沉

围笼起吊下沉方法主要是根据围笼重量及起吊设备能力而定，如起吊设备能力不足，还可以用浮箱充气辅助，常用的方法有：

①浮吊起吊下沉

这种方法适用于浮吊起吊能力大于围笼重量，仅须用两艘浮吊即可起吊围笼，不增加其他复杂的起吊设备，围笼为一次下沉。

②浮吊及定量辅助吊架起吊下沉

利用平衡重原理，在导向船的联结梁上设吊架 4 座，对称吊着围笼底层的平衡重下挑梁，吊架上挑梁的复式滑车组的钢丝绳一端吊平衡重，另一端缠在 5t 的绞车上，用以辅助浮吊起重能力的不足。

下沉步骤：

- 挂吊篮，并收紧吊钩钢丝绳，使浮吊处于开始受力状态。
- 将 4 个定量辅助吊架的绞车同时收紧，使平衡重处于将离船面情况。
- 解松围笼风揽。
- 浮吊及定量辅助吊架同时起吊，将围笼吊离船面，随着围笼的升高，平衡重也相应升高，但不得使围笼升高而平衡重降低。
- 拆除导向船与拼装船之间的木撑架及联结钢丝绳等，顺水流方向撤出拼装船。
- 两浮吊以相同速度下放围笼，同时以相应速度放松定量辅助吊架滑车组钢丝绳，控制平衡重高度。
- 将围笼下沉搁到导向船的围笼支架上，并调整到正确位置。
- 浮吊松钩，并将定量辅助吊架绞车端钢丝绳固定；使仍处于受力状态，以辅助托架受力。
- 在上、下游定位船上将围笼绳收紧，使围笼保持竖直状态。
- 注意事项：在有潮水双流向河流中，当流速小于 1.7m/s 时，可将浮吊横停放，但须将浮吊尾部用钢丝绳与上、下游定位船拉紧固定。四个平衡重不宜过早拆除，可以用以辅助托架受力。并可以调整围笼的水平度，平衡重最好等到围笼悬挂在定位管柱上后再行拆除。

5) 围笼定位

围笼下沉后，即开始定位工作，要日夜不间断进行，其定位的允许偏差若设计无明确规定时，不得大于 $H/100$ (H 为围笼底到水位高度)。围笼的平面位置是由导向船锚绳和定位船与导向船的联接缆绳来

调整控制，为了避免围笼倾斜，应注意下沉定位管柱的次序，首先应插下游 1——2 根管柱，再对称下插围笼直径两端其它的定位管柱。定位管柱应沉到规定深度，避免围笼挂上后，下沉其它管柱时，引起个别定位管柱下沉，导致围笼变形。

3、管柱下沉

管柱下沉的顺序，首先是下沉定位管柱，将围笼悬挂其上，然后下沉其余管柱，定位管柱的数量，单向水流采用 $\Phi 155\text{cm}$ 小直径管柱 8 根，双向水流时，为加快围笼的悬挂可采用 4 根定位管柱，选择其对应的 4 根管柱为辅助受力管柱。

1) 管柱下沉的方法和程序

下沉方法：根据土层情况可采取以下不同的施工方法：

- ①震动沉桩机震动下沉
- ②震动与管内除土下沉
- ③震动配合吸泥机下沉
- ④震动配合高压射水下沉
- ⑤震动配合射水，射风，吸泥下沉。

下沉施工程序：

- ①准备工作：在管柱下端安装钢刃脚。
- ②下沉作业：起吊管柱——>在围笼中插放管柱——>顺次接长管柱——>安装震动沉桩机——>震动下沉——>拆除震动沉桩机。（如采用射水，吸泥配合时，还包括射水管，吸泥管的安装、接长、射水、吸泥作业和拆卸射水、吸泥管等）。

附：各种震动力情况下不同土质下沉管柱的经验资料表 3-5-1

项别		1	2	3	4	5	6	7	8
1	穿过地质情况	砾砂 2-9m 砾砂夹小卵石 1.3m 砂夹小砾石及小卵石 2.3m	粗砂夹小卵石 4.9m	人 工 堆 土 2.9m 红 色 粘 土 3.6m	硬 砂 粘 土 1.4m	粉 砂 5.0m 细砂 10.0m 中 砂 4.5m	粉 砂 7.8m 淤泥质可塑粘土 4.0	细 砂 2.0m 黄土质砂粘土夹 2.0 卵石砂夹卵石 0.7	细 砂 3.2m 黄土质砂粘土 7.7 砂 夹 卵 石 0.5
2	管柱直径（m）	5.80	5.80	5.00	5.00	3.60	3.60	3.60	3.60
3	管柱长度（m）	15.00	15.00			20.75	20.75	20.75	20.75
4	振动体系重量（t）	106.00	106.00	72.00	81.00	90.00	90.00	90.00	90.00
5	入水深度（m）	6.5+4.0	4.9+4.0	6.50		19.50	11.80	12.20	11.40
6	应扣浮力（KN）	252.00	222.00	139.00		294.00	178.00	184.00	172.00
7	振动体系净重（t）	80.80	83.80	58.00	81.00	60.60	72.20	71.60	72.80
8	振动力（KN）	2500	1950	735/1470	2000	2500	2500	2500	2500
9	入土深度（m）	6.50	4.90	6.50	1.40	19.50	11.80	12.20	11.40
10	下沉方法	不吸泥不射水振动下沉	同左	同左	同左	同左	同左	同左	同左
11	刃脚下情况	刃脚承支	同左	同左	同左	同左	同左	同左	同左

2)

3) 下沉管柱主要机具和设备: 表 3-5-2

顺序	名称	规格	单位	深水		浅水		说明
				Φ 1.5 5M	Φ 3. 6M	Φ 3. 6M	Φ 5. 8M	
1	浮吊	30T	艘	1	1			起吊管柱、插射水管, 装吸泥机
	浮吊	75T	艘		1		1	起吊管柱
2	水上天车	130T 每台走行天车附起重小车二台	套		1			起吊管柱
3	龙门吊机	45T 装 5T 电动绞车二台	台			1		起吊管柱
4	吊机	25-35T	台			1	1	
5	振动打桩机	90 型	台	1				
	振动打桩机	160 型或 420 型	台			2	2	并联使用
	振动打桩机	中—250 型	台		4			每二台并联使用
6	空气吸泥机	Φ150MM 配吸泥管	套	2				管长根据水深覆盖层考虑
	空气吸泥机	Φ250MM	套		2	2	1	管长根据水深覆盖考虑
7	空气压缩机	9-23M3MIN 配蓄风筒、风包、风表等	台	1	4	3	2	吸泥供气
8	高压水泵	Φ150MM6-10 级配水包水表等	台	2	4	2	2	二台串联, 吸泥, 补水用
9	低压水泵	Φ150-250MM	台	1	2			抽水用
10	射水风管路设备	Φ75MM 包括分配阀 Φ15-25M 射水嘴、风嘴	套	2	2	2	1	管长根据水深覆盖考虑, 管数, 根据内外射水及射风考虑
11	发电机	320KVA	台	2	2	2	2	水泵振动打桩机等用
12	电焊机	交流	台	1	4	1	3	
13	氧气切割机		具	1	2	1	1	
14	桩帽	符合振动打桩机底座	个	1	2	1	1	
15	长桩设备	分甲、乙、丙式	套		6			
16	夹桩箍		套	2				
17	吊具		付	2	2	1	1	
18	卷扬机	5-7.5T 双滚筒磨擦式	台	4	12	4	4	抓泥, 吸泥
19	手摇绞车	5T				6	6	驳龙门架, 拉地垅
20	抓泥斗	0.4m3 双瓣式附抓泥架	台			9		
21	水下切割器		具	1	1			
22	潜水设备		套	1	1			
23	水泵船	400T 铁驳	艘	1	1	1	1	

3、管柱基岩钻孔及清孔

适用于设计需要管柱嵌固于岩盘时，管柱的基岩钻孔方法，一般采用冲击钻孔，也可采用旋转牙轮钻成孔。

各型冲击式钻机技术规格

表 3-5-3

顺序	主要规格		单位	钻机类型			
				YKC-30 型	YKC-31 型	门式汽动一型	卧式汽动二型
1	钻头最大重量		Kg	4500	5000	10000	7200
2	钻头钢丝绳直径		Mm	26	32	39	37
3	钻头冲程	最大	Mm	1000	900	1600	1400
		最小	Mm	500	700	1200	400
4	钻头冲击次数	最多	次/min	50	35	18	22
		最小	次/min	40	--	12	8
5	钻头最大直径		Mm	1300	1300	3000	3000
6	气缸直径		Mm			500	500
7	气缸压力		Mpa			70	50-70
8	空气消耗量		M3/min			30-40	20-23
9	提升钻头电动机卷扬机	起重能力	T			10	7.5
		滚筒直径	Mm			800	400
		转数	R/min			3.2	5.5
		卷扬速度	M/min			8.5-10	8.5-10
10	电动机	型号		AO-93/8 型	AM6117-6GW 型 MT-42-8	TZR 型	MT 型
		功率	W	40	115/40/16	60	60
11	钻机外形尺寸	长度	M	5.00	9.10	7.20	5.50
		宽度	M	2.84	5.20	4.12	4.20
		高度	M	12.00	9.30	11.25	12.90
12	钻机重量		T	11.10	25.00	13.50	27.25

1)冲击钻机钻孔

如管柱钻孔的基岩较坚硬时，除应采用较重的冲击钻头外，还需要配以能提升重的钻头及冲击频率高的钻机以加速成钻进速度。可选用表 3-5-3 所列各型冲击式钻机。

①钻孔前准备工作

a. 清除管柱内泥砂

b. 探测钻孔深度和岩盘情况：为了测定岩面是否平整和管柱刃脚是否沉至岩盘，须用高压射水（水压 1.5Mpa，射至岩面 0.5Mpa，冲刷 5 分钟）多点控制岩面标高，并记录各点位置及岩面标高。据以确定翻砂的措施。

c. 当发现管柱刃脚局部支承在岩盘上时，需采取以下措施后方可钻孔：

方法一：粘泥片石封底，依据管柱刃脚与最低岩面之差先投以等量粘泥块，其上再投片石和碎石，然后开动钻机，进行冲击，使粘泥块石堵塞漏缝。

方法二：水下砼封底：用水砼填平岩盘起伏，使刃脚与岩盘接触良好，此法比较可靠，但水下砼须经 3-4 天养护凝固后方可钻孔。

②钻孔中泥浆的使用

在钻孔过程中随时抛投粘土块，由于钻头的连续冲击作用，使钻孔中形成泥浆及钻渣的混合物，借以清除钻孔内的钻渣。泥浆比重在 1.1—1.5 之间。

③钻孔施工方法及步骤

- a. 在围笼式管柱顶安设钻机工作平台，并拉好安全网。
- b. 安装钻机时应使钻头中心对准管柱中心。
- c. 安装钻头，钢丝绳及风管等，每台钻机应配有备用钻头一个。
- d. 吸尽管内泥砂后立即投入粘土块及片石，粘土用量为片石体积的 3 倍。
- e. 放下钻头开钻时，注意调节钢丝绳长度，防止钻头打空。
- f. 继续钻进时，及时补投粘土块，适时清渣。
- g. 每钻进 1M，即用钢质检测器检查圆孔质量及深度。清除钻渣时，先取出钻头，再以杯形取碴筒提出钻渣。
- h. 探测孔底标高，进行检查，清理钻孔，终孔。

④管柱的清孔堵漏关系到封底水下砼能否与孔壁及钻孔岩壁良好结合，一般成孔方法为：

- a. 钻机工作结束后，用空气吸泥机辅以高压射水吸出孔内钻渣泥浆，在吸泥过程中用低压泵向管内注水，保持管柱内水位高于江面水位。
- b. 待孔内钻渣泥浆清除后，再用水与风力同时作用的清孔器将孔壁冲洗干净，连合孔底残存泥浆一起清除。
- c. 经过清孔后提清孔器，检查沉淀吊斗内渣物的体积，若吊斗内积存的渣物厚度不超过 1cm，认为合格。

5. 灌注管柱内水下砼

管柱下达岩盘经清孔堵漏，在管柱内安放钢盘骨架伸入钻孔中后，即灌注水下砼。

1) 灌注管柱水下砼施工程序

安放钢筋笼——>安放砼导管——>安放砼工作架及漏斗、储料槽——>灌注管柱内水下砼——>灌注完毕后拆除灌注工作台。

2) 水下砼施工要点

- a. 在开始灌注前，按例行规定全面检查导管，并进行升降试验。
- b. 导管口离钻孔底的高度应比导管内径大 10cm，导管应居中。
- c. 开始生产砼后，应及时掌握送入储料槽内的砼数量，安装好球塞，砼送入漏斗，开始射水，高压射水时间 10 分钟。
- d. 砼储备量达到要求后即停水，将射水管内水排除，剪球。
- e. 砼正常浇筑导管埋入砼内深度不得小于 1M，大于 4M。
- f. 做好砼试件及灌注记录工作。
- g. 浇筑过程中每间隔 15—30 分应测管内水下砼标高和导管底口标高，及时调整导管埋深。

6、管柱基础钢板桩围堰

钢板桩围堰是管柱承台及水下墩身部分施工时的防水围堰，其主要作用是灌注封底砼的模板和封底砼共同起防水的作用。其高度应高于施工水位 1M。

1) 钢板的插打

①在单向河流中安插钢板桩，自围笼上游的中心线上开始，由两侧对称向中游依次插入，到下游合拢。在有潮水的河流上，为减少水流阻力，采取从两侧面开始向上、下游插打，在另一侧面合拢。

②钢板桩插打作业步骤

- a. 安插钢板桩是使用浮吊的两个吊钩，将钢板桩从驳船上吊起，然后用两个吊钩起吊和下放，使钢板桩成垂直状态，脱出小钩移向安插位置，起吊前，锁口内嵌满黄油沥青混合物。
- b. 钢板桩就位下插，第一组钢板桩系沿导木下插（在围笼内导环上设置导向木），是整个围堰钢板桩的基准，要反复挂线检查，使其方向垂直准确，其余各桩组，以已插桩为准，对称锁口后，利用自重下沉。
- c. 每组钢板桩插完之后，用短钢筋头点焊固定在围笼顶层内导环上。
- d. 当钢板桩全部合拢后，用双动汽锤由上游及合拢处向围堰两侧逐次将钢板桩打到设计标高。

e. 每组钢板桩必须按编号插入正确的桩位，每组偏差应小于 $\pm 15\text{MM}$ 。

③钢板桩围堰的合拢措施

钢板桩围堰在合拢时，两侧锁口不一定平行，在一定范围内，可采用以下办法进行调整。

A. 在钢板桩顶端使用千斤顶或复式滑车组调整上、下敞口平行。

调整合拢的要点。

④插打钢板桩的主要机械设备列表

序号	名称	规格	单位	数量	说明
1	吊船	30 吨	艘	2	吊插桩用
2	铁方舟	80-400 吨	艘	3	运桩
3	拖轮	120 马力	艘	1	拖运钢板桩
4	桩帽		个	2	沉桩
5	沉桩锤		台	1	沉桩配全套附件
6	电焊机		台	1	
7	乙炔切割器		台	1	
8	链滑车	3-5 吨	台	2-4	
9	滑车	2 吨	只	4	
10	潜水设备		套	1	

⑤围堰内吸泥清基

钢板桩围堰内清基工作，采用吸泥机进行，每台吸泥面积为 $12—26\text{M}^2$ ，靠近钢板桩附近的泥砂较难吸出，可用潜水工以射水管（ $0.3-0.5\text{Mpa}$ ）的水压将泥砂冲移至吸泥机附近。

7、围堰内水下砼封底及抽水

一般水下砼施工，前面已多有叙述，此处着重介绍围堰内大面积水下砼封底有关问题：

1) 依据封底砼需要量，配置相应的水下砼拌和机械及起吊的吊斗，浮吊等设备。

2) 搭制工作台：灌注水下砼工作台高度一般为 8M ，用万能杆件拼成，其上设储料槽，下料槽及漏斗等。

3) 设置汇水井：水下砼封底面（达到一定强度），需进行抽水清基，为汇集积水，须设置汇水井，可用汽油筒内装黄沙，密封下沉就位，筒顶略高出封底砼顶面，用铁丝固定。

4) 导管的布置

①导管布置的原则是：

a. 流动半径 $3.5-4.0\text{m}$ 不得大于 5m 。

b. 各导管的流动范围大致相等。

②由于导管太长，万一灌注中发生堵塞，相邻导管可以投入工作，因此导管布置应较密一些。

5) 保证灌注水下砼的整体、密实性，应采取下列措施。

①采用分层往复灌注，即每次同时灌注 $3—5$ 根导管，由围堰上游逐步向下游推进，分层灌注 $2—3\text{M}$ 高一层，再返回灌注第二层。

a. 第一组 $2-1-3$ 导管剪球，灌注正常后，第二组 $4-6-5$ 导管剪球。

b. 第二组导管浇筑正常后，关闭第一组导管，第三组 $7-8-9$ 导管剪球。

c. 第二组从头至尾不停，第一组，第三组交叉开放，反复进行，实际同时最多开放 6 根导管进行灌注。

②采用分层往复灌注一定要在下层砼未达到初凝前浇筑上一层砼，必要时应掺加缓凝剂延长初凝时间。

③导管埋入砼中深度至少 1M 以上， $2—4\text{M}$ 为宜。

④砼坍落度采用 $18—20\text{CM}$ ，收尾时用 $20—22\text{CM}$ ，流动坡度控制在 $1/5—1/10$ 之间。

6) 围堰内抽水—应在封底砼达到规定强度后进行抽水。

a. 抽水前对钢板桩与导环之间的所有空隙用硬木楔或铁片进行填塞，水下部分由潜水员进行。

b. 刚开始抽水时，可利用吸泥管进行抽水，等抽不上来时，再将水泵放入围堰内抽水，同时应

配备从堰外向内灌水的水泵，一旦发生变形立即向堰内灌水，保持内外平衡。待检查处理后再抽水。

- c. 抽水过程中，须派专人对钢板桩和内导环进行观察，同时由专门人员进行堵漏，堵漏工作堰内外同时进行，堰内用棉絮，堰外用细煤碴和木屑混合物倒入漏水部分。

7) 围堰内水下灌注砼封底主要设备示例表：

序号	名称	规格	单位	数量	说明
1	砼拌和机	0.4m ³	台	8	
2	砼吊斗	2.0m ³	个	10	
3	浮吊		艘	3	
4	运输船		艘	4	
5	砼漏斗	1.1m ³	个	9	
6	砼导管	Φ 250MM	M	270	
7	附着式震捣器	1.0—0.5kw	台	9	防止卡管用
8	电动卷扬机	1—3T	台	4	
9	链滑车	3—5T	只	10	
10	灌注工作台		个	1	
11	木料		M3	7	工作台等使用

8) 附注：

①由于管柱施工定位和导向设备施工较复杂，70 年代江西九江长江大桥提出用双壁钢围堰加钻孔灌注桩的新结构，取代深水管柱基础。

②本章有关内容摘自新编《桥涵施工手册》第八章和公路施工手册桥涵上册。

沉井基础

一、施工前准备

- 1、详细调查了解水文地质情况，对沉井下沉所通过的地层地质构造，土层深度，特性，地勘孔位（每个沉井应至少有二个钻孔），以及河道通航，流水，高水位等各项水文资料。
- 2、清理场地
 - (1) 筑岛沉井在修围堰和筑岛前，应对墩位场地的孤石，杂草，树根，等杂物予以清除，并平整场地，对软硬不均的地表应换土或加固。
 - (2) 浮式沉井在浮运前，对河床标高，冲刷情况进行测定，对倾斜较大的河床面应整平。

二、沉井制作（砼及钢筋砼沉井制作）

- 1、筑岛：分无围堰的土岛和有围堰的岛（用砂夹卵石填筑）
 - (1) 土岛：适用于浅水，流速不大的场所，筑岛用料为砂及砾石，其外侧边坡不应陡于 1：2。为避免冲刷迎水面应堆码草袋。
 - (2) 围堰筑岛：各种围堰形式详见桩基施工。
- 2、砼及钢筋砼沉井制作

在岸滩式浅水中修造沉井，采用筑岛法施工，在深水中修造沉井，采用浮式沉井施工。

 - (1) 筑岛法施工沉井的制作
 - ①筑岛：依据设计图纸和桥位测量基线桩定出筑岛中心桩，整平，填实，筑岛顶面应高出施工水位 0.5m 以上。
 - ②铺设垫木：刃脚下应满铺垫木，一般使用长、短两种垫木相同布置，具体要求见下表：

序号	项目	要求
1	垫木材料	质量良好的短方木
2	垫木铺设方向	刃脚的直线修垂直铺设，圆弧段径向铺设
3	垫木下承压应力	应小于岛面允许压应力
4	刃脚下和隔墙下垫木应力	应基本上相等
5	铺垫次序	应先从各定位垫木开始向两边铺设
6	支撑排架下的垫木	应对正排架中心线铺设
7	铺垫顶平面最大高差	≧3cm
8	调整垫木高度	不应在垫木下塞石块，木块以免受力不均
9	相邻两垫木高差	≧0.5cm
10	垫木间空隙	填沙捣实
11	垫木埋入岛面深度	垫木高度的一半

垫木铺设数量计算公式 $n=G/(L*b*[σ])$

式中 $[σ]$ =基底土壤承压力

n =垫木根数

G =第一节沉井重

$L*b$ =垫木的长和宽

③沉井模板安装：首先精确放出沉井平面大样（弹线）。

- 外侧要刨光，拼接平顺。
- 模板安装顺序为：刃脚斜面及隔墙面模板——>井孔模板——>绑扎钢筋——>主外模——>调整各部尺寸——>全面紧固拉杆，拉箍，支撑等。
- 沉井模板支好后，须复核尺寸，位置，刃脚标高，井壁垂直度，检查模板支撑。
- 支立第二节以上各节模板时，应用圆钢拉杆，环箍加劲牢固，不易支撑于地面上，以防沉井浇筑中下沉造成跑模。

④沉井砼浇筑，养护及拆模

- 沉井砼灌注应沿四壁对称均匀进行，避免因高差产生不均匀下沉，每节沉井砼应一次浇完。
- 养护：正常洒水，覆盖。沉井顶面砼凿毛可在砼强度 $>2.5MP$ 时提早进行。
- 拆模：砼达到规定强度后即可拆模，拆模顺序为：井壁外侧面模板及井孔内侧模板——>隔墙下支撑及隔墙底模——>刃脚斜面下支撑及刃脚斜面模板。

拆模的注意事项：

- 隔墙及刃脚下支撑应对称依次拆模，由中向边进行。
- 拆模后，下沉抽垫前应刃脚回填密实，防止不均匀下沉。

⑤沉井接高注意事项

- 接高时底节顶面应高出地面 0.5-1.0m，应在下沉偏差允许范围内接高。
- 当沉井底节在偏斜状态时，严禁竖直向上接高，接高时各节的竖向中轴线应与下面的一节重合，外壁应竖直。

三、沉井下沉

沉井下沉主要是通过从井孔内挖土，清除刃脚下阻力，依靠自重克服井壁摩擦力下沉。下沉挖土方法有：

土质	下沉除土方法	说明
砂土	抓土吸泥	若抓土宜用两瓣式抓斗
卵石	吸泥，抓土	以直径大于卵石粒径的吸泥机吸泥为好，若抓斗宜选用四瓣式。
粘性土	吸泥，抓土	一般需辅以高压射水，冲碎土层
风化岩	射水，放炮	碎块可用抓斗或吸泥机取出

1) 排水开挖下沉

在稳定的土层中，渗水量小于 $1\text{m}^3/\text{m}^2\cdot\text{小时}$ ，可采用排水开挖下沉。

- a. 挖土时先将刃脚内侧的回填土分层挖去，定位承垫处的土最后挖除，一层挖完再挖第二层。
- b. 土质松软时，在分层挖回填土的过程中，沉井即逐渐下沉，当刃脚下沉至沉井中部土面大体齐平时，即可在中部先向下挖深 40-50cm，再向四周均匀扩挖，再分层挖除刃脚内侧的土台。
- c. 在坚硬的土层中，可先分段掏空刃脚，随即回填砂砾。即跳槽法开挖，最后挖定位承垫下的土（岩）层。
- d. 遇有岩层时，顺序开挖刃脚内侧和外侧，风化岩（或软岩）可用风镐，风铲挖除，硬岩层可以打眼爆破。

2) 不排水开挖下沉

①具体要求

- a. 井内挖土深度，一般根据土质而定，最深不应低于刃脚下 2m。
- b. 尽量加大刃脚对土的压力。
- c. 通过粉砂，细砂等松软地层时，不宜以降低井内水位而减少浮力的办法，促使沉井下沉。应保持井内水位比井外高 1—2m 以防止流砂涌向井内，引起沉井倾斜。
- d. 除了纠偏外，井内的土应由各井孔均匀清除，各孔内高差不超过 50cm。

②抓土下沉施工

抓土一般锅底比刃脚低 1—1.5m，刃脚周边不易坍落时，应采用高压水枪冲刃脚部位辅助下沉，多孔井时，每个井孔需配备一套抓土设备。出土方式可采用特制的挂勾甩土或利用井顶运输轨道（限于抓斗工作范围）。

3) 吸泥下沉

吸泥机有水力吸泥机，水力吸石筒及空气吸泥机。通常采用吊架或吊机维持其悬吊状态，管口垂直，并能在井内移动位置。吸泥时，其吸泥管口泥面高度一般为 0.15—0.5m。吸泥时应经常变换位置，提高吸泥效果，使井底泥面均匀下降，靠近刃脚及隔墙下的土层如不能向中间锅底自行坍落时，可用高压水枪射水冲击。吸泥操作水深不宜小于 5m，因此筑岛一段开始下沉时，可采用排水开挖或抓斗下沉方法，或向井内注水，增大吸泥深度。吸泥机工作时应经常调整吸泥管口距泥面的高度，以能经常吸出最稠的泥浆为准。工作时注意泥面变化，防止周边坍方埋住吸泥机，停吸时，应先将吸泥机提升一定高度后再关闭风阀。

4) 沉井的施工测量

①沉井顶面中心测量：在岸上导线点利用红外线测距仪，直接测出沉井中心位置或利用预先设置的基线三角网进行交汇法测出沉井中心位置，根据中心位置检查沉井各点下沉中的偏差，在施工中予以纠正。

②刃脚标高测量

- a. 沉井下沉前求出刃脚假定标高，下沉接高时，将刃脚底面标高返至井顶面。
- b. 接高测量：沉井接高时，其基准面也要逐节向顶面返，保持上、下基准面平行，竖向轴线垂直。
- c. 下沉深度测量：按实测顶面标高和量得的沉井高度，计算下沉深度标高。
- d. 当最后一节沉井，下沉至顶面露出水面 0.5m 时，应设置防水挡土墙围堰，再继续下沉至设计标高。

5) 沉井下沉过程中发生偏差的原因及预防措施

序号	产生原因	预防措施
1	筑岛被水流冲坏或沉井一侧的土被水流冲空	事先加强对筑岛的防护，对水流冲刷的一侧可抛卵石或片石防护
2	沉井刃脚下土层软硬不均	随时掌握地层情况，多挖土层较硬地段，对土质较软地段应少挖，多留台阶或适当回填和支垫
3	没有对称地抽出垫木或未及时回填夯实	认真制订和执行抽垫操作细则，注意及时回填夯实
4	除土不均匀，使井内土面高低相差过大	除土时严格控制井内泥面高差
5	刃脚下掏空过多，沉井突然下沉	严格控制刃脚下除土量
6	刃脚一角或一侧被障碍物搁住没有及时发现和处理	及时发现和处理障碍物，对未被障碍物搁住的地段，应适当回填或支垫
7	井外弃土或河床高低相差过大，偏土压对沉井的水平推移	弃土应尽量远弃，或弃于水流冲刷作用较大的一侧，对河床较低的一侧可抛土（石）回填
8	排水开挖时，井内大量翻沙	刃脚处应适当留有土台，不宜挖通，以免在刃脚下形成翻沙通道，引起沉井偏斜
9	土层或岩面倾斜较大，沉井沿倾斜面滑动	在倾斜面低的一侧填土挡御，刃脚到达倾斜岩面后，应尽快使刃脚嵌入岩层一定深度，或对岩层钻孔，以桩（柱）锚固
10	在软塑至流动状态的淤泥土中，沉井易于偏斜	可采用轻型沉井，踏面宽度宜适当加宽，以免沉井下没过快而失去控制

6) 沉井纠偏施工方法：请查阅公路桥涵施工手册有关章节。

四、沉井基底清理

沉井下到设计标高后，应进行基底清理以便封底。

1、排水清基

- 当沉井刃脚下岩面较平整，刃脚与岩面间空隙不大时（20cm 以内），可用 1：1 水泥砂浆封堵间隙后排水清基。
- 岩石风化层较多，清基时应将风化层全部凿除，然后由潜水工将刃脚与岩石间空隙部分泥砂软层清理干净，在刃脚内侧堆码一圈砂袋，作为封堵砂浆的内模，用塑料袋或桶盛 1：1 水泥砂浆（必要时可掺 2% 氟化钠）缓缓吊送给潜水工，由潜水工将砂浆倒内砂袋与刃脚的空間内进行封堵，施工应连续进行。待砂浆达到一定强度后抽水进行井内清基工作。

2、非岩石类土基底水下清基

基底设置在非岩石类土层上的沉井、井孔内、刃脚及隔墙下的土层均应进行清理，以形成封底锅底坑。清基时可采用射水，吸泥式抓泥交替进行。清基时应注意控制泥面高度以及不要过分扰动刃脚下土层，以免引起翻砂或下沉，基底范围内的浮泥松土不易超过 10cm，封底砼高度内的井壁及隔墙底面的粘泥应尽可能洗净。由潜水员和测量人员共同测定井孔底面标高。

五、沉井封底

可分为排水封底和不排水封底两种，依据井度渗水情况选用。不排水封底有三种方法：垂直导管法灌注水下砼，堆土灌浆法和装袋法灌注水下砼。

- 导管法灌注水下砼：其施工方法与钻孔桩水下砼基本要求相同，一般采用一根或多根导管砼时（或依次灌注）。

1) 导管平面布置：应使各导管的有效灌注半径互相搭接，并覆盖满基底全范围。一根导管的灌注

的范围可参考下表：

导管作用 半径 (m)	当宽：长=1：1 时		当宽：长=1：2 时		当宽：长=1：3 时	
	宽 和 长 (m)	面 积 (m ²)	宽 和 长 (m)	面积 (m ²)	宽 和 长 (m)	面积 (m ²)
3.0	4.2*4.2	17.6	2.7*5.4	13.6	1.9*5.7	10.8
3.5	5.0*5.0	25	3.1*6.2	19.2	2.2*6.5	14.3
4.0	5.6*5.6	31.4	2.5*7.1	24.8	2.5*7.5	18.7
4.5	6.3*6.3	39.8	4.0*8	32	2.8*8.4	23.5

2) 在井顶搭设灌注支架，悬挂储料斗、漏斗、导管，在灌注砼全部过程中，导管埋入砼的深度至少应保持 1.0—1.8m 以上（导管作用半径大，埋深亦大）。

3) 主要设备：

储料槽，串筒，漏斗，导管，震动器，导管提升设备，隔水球，检查锤，测深锤，抽水设备，射水设备，清孔设备，砼拌和、运输设备等。

4) 质量检查：可采用钻芯取样方法。

5) 沉井施工工艺流程：

六、水作业：请详见公路桥涵施工手册有关章节。

七、浮式沉井施工：同上。

承台施工

一、施工方法

(一) 围堰及开挖方式的选择

1. 当承台位置处于干处时，一般直接采用明挖基坑，并根据基坑状况采取一定措施后，在其上安装模板，浇注承台砼。
 2. 当承台位置位于水中时，一般先设围堰（钢板桩围堰或吊箱围堰）将群桩套在堰内，然后在堰内河底灌注水下砼封底，凝结后，将水抽干，使各桩处于干地，再安装承台模板，在干处灌注承台砼。
 3. 对于承台底标高位于河床以上的水中，采用有底吊箱或其它方法在水中将承台模板支撑和固定。如利用桩基，或临时支撑直接设置，承台模板安装完毕后抽水，堵漏，即可在干处灌注承台砼。
- 承台模板支承方式的选择应根据水深、承台的类型、现有的条件等因素综合考虑。

(二) 围堰

围堰的形式根据地质情况、水深、流速、设备条件等因素综合考虑，围堰类型及适用条件见下表

	堰的类型	适用条件
土石堰	土堰	适于水深<2 米，流速 ≤ 0.5 米/秒，河床不透水，宜在河边浅滩，如外坡有防护措施时，可不限小于 0.5 米/秒的流速。
	草（麻）袋堰	适于水深 3.5 米以内，流速 1.0-2.0 米/秒，河床不透水。
	木桩竹条堰	适于水深 1.5-7 米，流速 ≤ 2.0 米/秒，能打桩、不透水河床，盛产竹木地区。
	竹篱堰	适于水深 1.5-7 米，流速 ≤ 2.0 米/秒，能打桩、不透水河床，盛产竹木地区。
	竹笼堰	适用范围较广，盛产竹木地区
	堆石土堰	适用于河床不透水，多岩石的河谷，水流速在 3 米/秒以内。
木堰	木板堰	适用于水深 2 米，流速 ≤ 2.0 米/秒，较坚实土质河床，盛产木材地区。
	枋槎堰	适用于水深 2 米，流速 ≤ 2.0 米/秒，较坚实土质河床，盛产木材地区。
	木笼堰	适用于深水，急流，或有流水，深谷，险滩，河床坚硬平坦无覆盖层，盛产木材地区。
套箱	木（钢）套箱	适用于深水，流速 ≤ 2.0 米/秒，无覆盖层，平坦的岩石河床。
	钢丝网混凝土套箱	适用于深水，流速 ≤ 2.0 米/秒，无覆盖层，平坦的岩石河床。
板桩围堰	木板桩围堰	单层木板桩适用于水深在 2-4 米，能打下木板桩的土质河床；双层木板桩中填亚、粘土墙，适用于水深 4-6 米。
	钢板桩围堰	适用于深水或深基坑，较坚硬的土石河床，防水性能好，整体刚度性较强。
	钢筋混凝土板桩围堰	适用于深水或深基坑，各种土质河床，可作为基础结构的一部分，亦有采用拔除周转使用的，能节省大量木材。

（三）开挖基坑

1. 基坑开挖一般采用机械开挖，并辅以人工清底找平，基坑的开挖尺寸要求根据承台的尺寸，支模及操作的要求，设置排水沟及集水坑的需要等因素进行确定。
2. 基坑的开挖坡度以保证边坡的稳定为原则，根据地质条件，开挖深度，现场的具体情况确定，当基坑壁坡不易稳定或放坡开挖受场地限制，或放坡开挖工作量不经济时，可按具体情况采取加固坑壁措施，如挡板支撑，混凝土护壁，钢板桩，锚杆支护，地下连续壁等。
3. 基坑顶面应设置防止地面水流入基坑的措施，如截水沟等。
4. 当基坑地下水采用普遍排水方法难以解决，可采用井点法降水，井点类型根据其土层的渗透系数，降水的深度及工程的特点进行确定。

（四）承台底的处理

1. 低桩承台：当承台底层土质有足够的承载力，又无地下水或能排干时，可按天然地基上修筑基础的施工方法进行施工。当承台底层土质为松软土，且能排干水施工时，可挖除松软土，换填 10-30cm 厚砂砾土垫层，使其符合基底的设计标高并整平，即立模灌注承台砼。如不能排干水时，用静水挖泥方法换填水稳性材料，立模灌注水下砼封底后，再抽干水灌注承台砼。
2. 高桩承台：当承台底以下河床为松软土时，可在板桩围堰内填入砂砾至承台底面标高。填砂时视情况决定，可抽干水填入或静水填入，要求能承受灌注封底砼的重量。当底层土承载力小于 $0.15H$ 公斤/厘米² [H 为水中封底砼厚度（米）]，而围堰内水不易排干，填砂砾尚不能支承封底砼的重时，则应考虑提请监理和设计单位进行变更设计或降低承台到能承受封底砼重量的土层上，或提高承台采用吊箱围堰施工。

（五）模板及钢筋

在设置模板前应按前述做好承台底的处理，破除桩头，调整桩顶钢筋，作好喇叭口。模板一般采用组合钢模，纵、横楞木采用型钢，在施工前必须进行详细的模板设计，以保证使模板有足够的强度、刚度和稳定性，能可靠地承受施工过程中可能产生的各项荷载，保证结构各部形状、尺寸的准确。模板要求平整，接缝严密，拆装容易，操作方便。一般先拼成若干大块，再由吊车或浮吊（水中）安装就位，支撑牢固。钢筋的制作严格按技术规范及设计图纸的要求进行，墩身的预埋钢筋位置要准确、牢固。

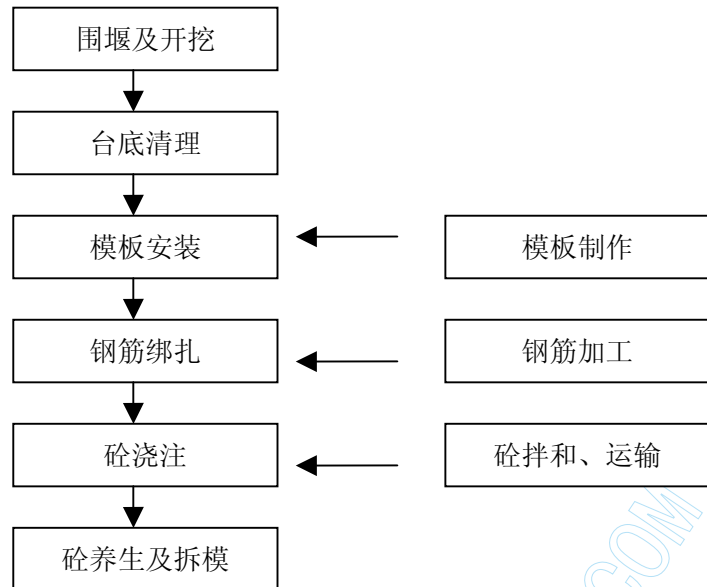
（六）砼的浇注

1. 砼的配制要满足技术规范及设计图纸的要求外，还要满足施工的要求。如泵送对坍落度的要求。为改善砼的性能，根据具体情况参加合适的砼外加剂。如减水剂、缓凝剂、防冻剂等。
2. 砼的拌和采用拌和站集中拌和，砼罐车通过便桥或船只运输到浇注位置。采用流槽、漏斗或泵车浇注。也可由砼地泵直接在岸上泵入。
3. 砼浇注时要分层，分层厚度要根据振捣器的功率确定，要满足技术规范的要求。
4. 大体积砼的浇注：随着桥梁跨度越来越大，承台的体积变得很大。越来越多的承台砼的施工必须按照大体积砼的方法进行。大体积砼的施工除遵照一般砼的要求外，施工时还应注意以下几点：
 - 1) 水泥：选用水化热低，初凝时间长的矿渣水泥，并控制水泥用量，一般控制在 300kg/m^3 以下。
 - 2) 砂、石：砂选用中、粗砂，石子选用 0.5-3.2cm 的碎石和卵石。夏季砂、石料堆可设简易遮阳棚，必要时可向骨料喷水降温。
 - 3) 外加剂：可选用复合型外加剂和粉煤灰以减少用水量和水泥用量，延缓凝结时间。
 - 4) 按设计要求敷设冷却水管，冷却水管应固定好。
- 5) 如承台厚度较厚，一次浇注砼方量过大时，在设计单位和监理同意后可分层浇注，以通过增加表面系数，利于砼的内部散热。分层厚度以 1.5m 左右为宜，层间间隔时间 5-14 天之间，上层浇注前，应清除下层水泥薄膜和松动石子以及软弱砼面层，并进行湿润，清洗。

（七）砼养生和拆模：

砼浇注后要适时进行养生，尤其是体积较大，气温较高时要尤其注意，防止砼开裂。砼强度达到拆模要求后再进行拆模。

二、工艺流程



三、主要机械设备

砼拌和机（站）、砼罐车、砼泵车、抽水机、吊车等。

墩、台身施工

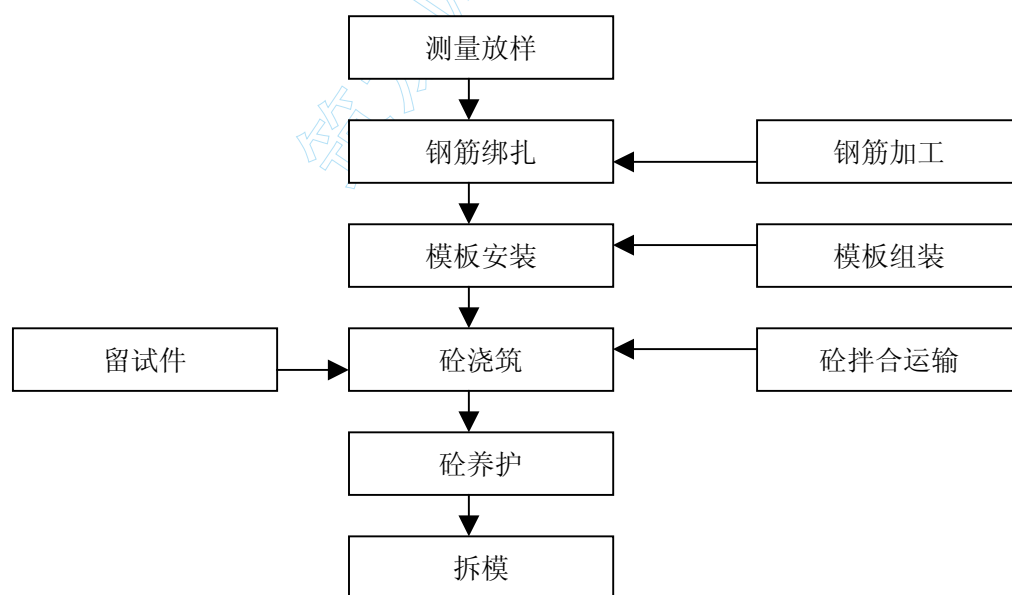
1 施工方法：

- 1) 在承台顶面准确放出墩台中线和边线，考虑砼保护层后，标出主钢筋就位位置。
- 2) 将加工好的钢筋运抵工地现场绑扎，在配置第一层垂直筋时，应使其有不同的长度，以符合同一断面筋接头的有关规定。随着绑扎高度的增加，用圆钢管搭设绑扎脚手架，作好钢筋网片的支撑并系好保护层垫块。
- 3) 条件许可时，可事先加工成钢筋网片或骨架，整体吊装焊接就位。
- 4) 将标准钢模组合成分块模板片，板片高度及宽度视墩台身尺寸和吊装能力确定。
- 5) 用夹具将 I 字钢立柱和板片竖向连接，横向销钉和槽钢横肋，将整个模板连成整体，安装就位，用临时支撑支牢，待另一面模板吊装就位后，用圆钢拉杆外套塑料管并加设锥形垫，外加垫块螺帽，内加横内撑，将二面模板横向连成整体，校正定位。
- 6) 端头模板要和墙面模板牢固连接，认真采取支撑、加固措施，防止跑模、漏浆。
- 7) 为保证模板的使用性能和吊装时不变形，模板必须有足够的强度、刚度和稳定性，事先进行认真的设计。
- 8) 施工脚手架用螺栓连接在立柱上，立柱下部设置可调斜撑，以确保模板位置的正确。
- 9) 安装直坡式墩台模板，为便于提升，宜有 0.5-1%模板高度的锥度，在制作模板时可根据锥度要求加工一定数量的梯形模板，为适应于空心墩台，还须制作收坡式模板。
- 10) 使用接装式模板修筑圆形、方形墩时，可视吊装能力，分节组拼成整体模板，以加快进度，保证质量及安全。
- 11) 统筹安排砼拌合站的位置，拌合站的拌合能力必须满足施工需要，原材料质量、砼施工配合比、

坍落度等必须符合设计要求。

- 12) 砼浇筑前应将模板内杂物、已浇砼面上泥土清理干净，模板、钢筋检查合格后，方可进行砼的浇筑。
- 13) 砼的水平运输视运距远近和方量大小可选用手推车、轻便轨道活底斗车、自卸汽车或砼拌合车。砼垂直运输常用各种吊机、扒杆、吊架、砼泵、砼泵车及皮带输送机等进行高墩台的砼浇筑。
- 14) 墩台身高度不大时，可搭设木板坡道，中间钉设防滑木条，用手推车运输砼浇筑。当墩台身高度较大，砼下落高度超过 2m 时，要使用漏斗、串筒。
- 15) 拼装式模板用于高墩台时，应分层支撑、分层浇筑，在浇筑第一层砼时，于墩台身内预埋支承螺栓，以支承第二层模板的安装和砼的浇筑。
- 16) 浇筑墩台砼通常搭设普通外脚手架，浇筑高墩台砼时，须采用简易活动脚手架或滑动脚手架。浇筑空心高墩台砼宜搭设内脚手，并兼作提升吊架。
- 17) 砼应分层、整体、连续浇筑，逐层振捣密实，轻型墩台需设置沉降缝时，缝内要填塞沥青麻絮或其它弹性防水材料，并和基础沉降保持顺直贯通。
- 18) 砼浇筑时要随时检查模板、支撑是否松动变形、预留孔、预埋支座钢板是否移位，发现问题要及时采取补救措施。
- 19) 砼浇筑完成应适时覆盖洒水养生，预松模板拉杆透水养生，拆模后也可采用喷洒养生剂、圈套塑料养生。
- 20) 浇筑轻型薄壁墩台，为防止出现砼裂缝，施工时应认真进行砼配合比设计，严格计量投料，精心施工，重视养生。为保持其墙体的稳定，砼浇筑后，要抓紧安排支撑梁砼的施工，以及上部构件的吊装，使整个构造物早日形成受力框架。
- 21) 高大的后仰桥台，为平衡偏心，应在浇筑台身砼之后，及时填筑台后路堤土方，防止桥台后倾或前滑。未经填土的台身露出地面的高度不得超过 4m，以防因偏心造成基底的不均匀沉陷。

2 工艺流程：



3 主要机械设备:

砼拌合机、吊车。

系梁、承台、墩台身、盖梁施工工艺

(1)基础开挖

先初步放样，划出系梁和承台边界，用机械配合人工开挖，人工清理四周及基底。对基底进行夯实，然后按图铺设砼垫层。

(2)测量放样

下部承台，系梁至墩台帽各部分开工前，进行准确中线放样，并在纵横轴线上引出控制桩，控制钢筋绑孔和模板调整，严格控制好各部顶面标高。

(3)钢筋下料成型及绑孔

钢筋由钢筋班集中下料成型，编号堆放，运输至作业现场，进行绑扎。钢筋均应有出厂质量证明书或试验资料方可使用。钢筋绑扎严格按图纸进行现场放样绑扎，绑扎中注意钢筋位置、搭接长度及接头的错开。钢筋绑扎成型后，按要求进行验收。

(4)支模板

承台和系梁模板均采用万能组合钢模拼装，用槽钢或角铁做肋。底口、中部、上部均用 $\phi 20$ 对拉螺杆，外侧用方木支撑固定。墩身采用工厂加工的定型钢模板。

盖梁、台帽模板均采用大尺寸钢模板。

模板拼装时严格按照设计图纸尺寸作业，垂直度、轴线偏差、标高均应满足技术规范规定。

盖梁、台帽施工中，及碗扣式支架做支架基础，支架支撑于系梁或承台上。支架顶用工字钢作横梁，上面铺设底模，然后进行侧模的拼装工作。

(5)浇注砼

钢筋、模板经监理工程师检查合格后，开始浇注砼。砼采取集中拌合，罐车运输。拌合中严格控制材料计量，并对拌合出的砼进行坍落度测定。

承台、系梁、墩台柱和墩台帽均采用吊车吊斗浇注。浇注中控制好每层浇注厚度，防止漏振和过振，保证砼密实度。砼浇注要连续进行，中间因故间断不能超过前层砼的初凝时间，砼浇注到顶面，应按要求修整、抹平。

(6)养生

砼浇注后要及时覆盖养生，经常保持砼表面湿润。

(7)模板拆除按照结构的不同和砼规定强度来决定，承台和系梁达到强度的 50%即可拆模板，墩身和盖梁底模需达到设计强度 70%以上方能拆除模板。

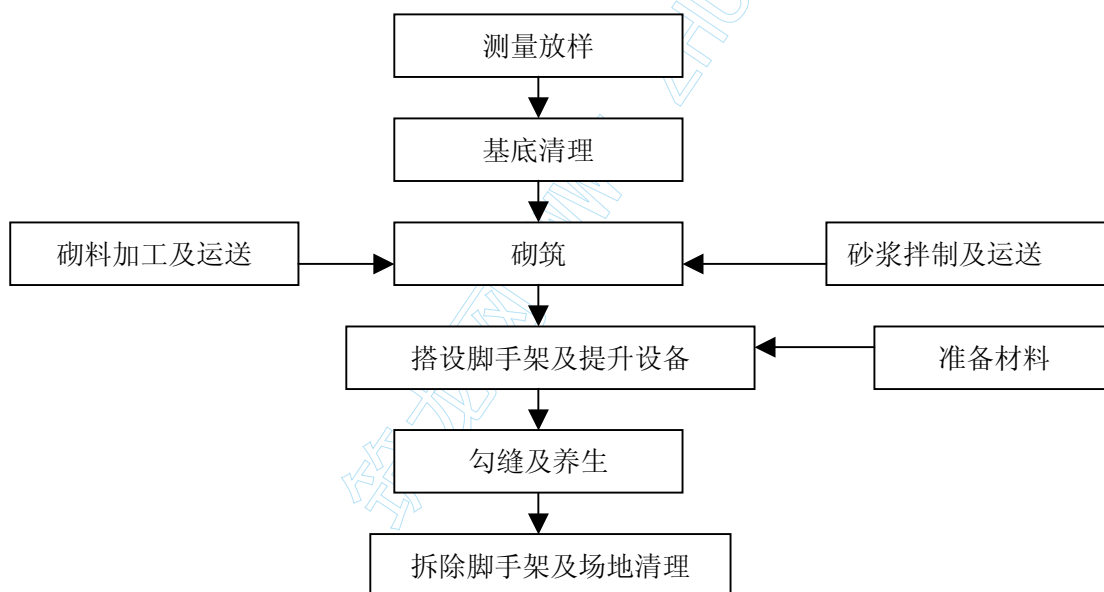
模板拆除时要小心按顺序拆卸，防止撬坏模板和碰坏结构。

砖、石、砼预制块墩台的砌浇

1 施工方法:

- 1) 准确测出墩台纵横向中线，放出实样、挂线砌浇。
- 2) 在砌筑墩台身的底层块时，如基底为岩石或砼时，应将其表面清洗干净，坐浆砌筑。如基底为土质时，应夯实，则不必坐浆。
- 3) 墩台身须分段分层砌筑，二相邻工作段的砌筑高差不宜超过 1.2m，分段位置以设在沉降缝或伸缩缝处为宜。
- 4) 砌筑用的石料应经过精细加工，分层分块编号，对号入座，砌筑时，较大石料用于下部，坐满砂浆后再依次砌筑上层，砌筑上层时，不得振动下层石料。
- 5) 砌筑斜面墩台时，斜面要逐层收坡，保证规定坡度。
- 6) 砼预制块砌筑顺序先从角石开始，竖缝用厚度比灰缝略小的铁片控制，缝内坐满灰浆，安砌后立即用扁铲捣实。
- 7) 砌块用砂浆粘结，不得直接接触，要使砌缝均匀整齐。
- 8) 随着砌体的升高，适时搭设脚手架，用以堆放材料及砂浆，施工脚手架有轻型固定式、梯子式、滑动升高式、简易活动式等数种，可根据具体情况选用。
- 9) 砌筑材料及砂浆的提升方法，在砌体不高时，可用简单马凳、跳板直接运送；砌体较高时，可用各种吊机、扒杆等小型起重设备运送。

2 工艺流程:



3 主要机械设备

灰浆拌和机、运输汽车。

上部结构

预应力砼连续箱梁的现浇施工

城市立交及高架桥、大型桥梁的引桥一般都在旱地，采用支架就地浇注应用得非常广泛，预应力砼连续箱梁的现浇相对讲设备简单，大部分的施工队伍都能广泛应用。

一、施工方法

1. 地基处理

地基处理的方式根据箱梁的断面尺寸及支架的型式对地基的要求而决定，支架的跨径大，对地基的要求就高，地基的处理形式就得加强，反之就可相对减弱。地基处理形式有①地基换填压实；②砼条形基础；③桩基础加砼横梁等。

地基处理时要做好地基的排水，防止雨水或砼浇注和养生过程中滴水对地基的影响。

2. 支架

用于砼箱梁施工的支架主要有①用万能杆件进行拼装；②强力支柱与桁架，工字钢的组合体系；③贝雷片拼装；④轻型门式支架；⑤其它钢木混合结构。确定采用何类支架必须根据现有材料设备情况及工程特点。目前轻型门型支架应用较多。

支架的布置根据梁截面大小并通过计算确定以确保强度、刚度、稳定性满足要求，计算时除考虑梁体砼重量外，还需考虑模板及支架重量，施工荷载（人、料、机等），作用模板、支架上的风力，及其它可能产生的荷载（如雪荷载，保证设施荷载）等。

支架应根据技术规范的要求进行预压，以收集支架、地基的变形数据，作为设置预拱度的依据，预拱度设置时要考虑张拉上拱的影响。预拱度一般按二次抛物线设置。

支架的卸落设备可根据支架形式选择使用木楔、砂筒、千斤顶、U型顶托等，卸落设备尤其要注意有足够的强度。

3. 模板

模板由底模、侧模及内模三个部分组成，一般预先分别制作成组件，在使用时再进行拼装，模板以钢模板为主，在齿板、堵头或棱角处采用木模板。

模板的楞木采用方钢、槽钢或方木组成，布置间距以 75cm 左右为宜，具体的布置需根据箱梁截面尺寸确立，并通过计算对模板的强度、刚度进行验算。

模板的支撑应该牢固，对于翼板或顶板采用框架式木支撑。对于一次性浇注砼的箱梁，内模框架由设置在底模板上的预制块支撑，预制块砼强度同梁体同标号。对于腹板模板，应根据腹板高度设置对拉性杆，对拉性杆宜采用塑料套管，以便拉杆取出，不得用气割将拉杆割断。箱梁砼是外露砼，要注意砼外观，各种接缝要紧密不漏浆，必要时在接缝间加密缝条。砼的脱模剂应采用清洁的机油、肥皂水或其它质量可靠的脱模剂，不得使用废机油。

在箱梁的顶板和模隔板上要根据施工需要设置人孔，以便将内模拆出。由于箱梁底，侧模板安装后，有钢筋、预应力筋，内模等多道工序，作业时间相对较长，往往等到浇注砼时，模板内有许多杂物，应采用空压机进行清理，并可在底模板的适当位置设备一块活动板，以便进行清理。

4. 普通钢筋、预应力筋

在安装并调好底模及侧模后，开始底、腹板普通钢筋绑扎及预应力管道的预设，砼一次浇注时，在底、腹板钢筋及预应力管道完成后，安装内模，再绑扎顶板钢筋及预应力管道。砼二次浇注时，底、腹板钢筋及预应力管道完成后，浇注第一次砼，砼终凝后，再支内模顶板，绑扎顶板钢筋及预应力管道，进行砼的第二次浇注。

普通钢筋及预应力筋按规范的要求做好各种试验，并报请工程师批准，严格按设计图纸的要求布设，对于腹板钢筋一般根据其起吊能力，预先焊成钢筋骨架，吊装后再绑扎或焊接成型，钢筋绑扎、焊接要符合技术规范的要求。

预应力管道采用镀锌钢带制作，预应力管道的位置按设计要求准确布设，并采用每隔 50 cm 一道的定位筋进行固定，接头要平顺，外用胶布缠牢，在管道的高点设置排气孔。

锚垫板安装前，要检查锚垫板的几何尺寸是否符合设计要求，锚垫板要牢固的安装在模板上。要使垫板与孔道严格对中，并与孔道端部垂直，不得错位。锚下螺旋筋及加强钢筋要严格按图纸设

置，喇叭口与波纹管道要连接平顺，密封。对锚垫板上的压浆孔要妥善封堵，防止浇注砼时漏浆堵孔。

预应力筋的下料长度要通过计算确定，计算应考虑孔道曲线长，锚夹具长度，千斤顶长度及外露工作长度等因素，预应力筋的切割宜用砂轮锯切割，预应力筋编束时，应梳理顺直，绑扎牢固，防止相互缠绞，束成后，要统一编号、挂牌，按类堆放整齐，以备使用。

预应力筋穿束前要对孔道进行清理。钢束较短时，可采用人工从一端送入即可。如钢束较长时，可采用金属网套法，先用孔道内预留铅丝将牵引网套的钢丝绳牵入孔道，再用人工或慢卷扬机牵引钢束缓慢引进。

5. 砼的浇注

箱梁施工前，应做砼的配合比设计及各种材料试验，并报请工程师批准，并根据实际情况进行综合比较确定箱梁砼采用一次、两次或三次浇注。

箱梁砼方量较大，砼拌和宜采用拌和站拌和，或采用若干拌和机组成拌和机组进行拌和，运输采用砼罐车运输，砼泵车泵送入模，砼浇注前必要对拌和站、泵车等设备进行认真的检修，确保机况良好，必要时要备有应急设备，以防设备障碍造成砼浇注过程中断。

砼浇注时要安排好浇注顺序，其浇注速度要确保下层砼初凝前覆盖上层砼。一般为防止桥墩与支架发生沉降差而导致墩顶处梁体砼产生裂缝，应自跨中向两边墩台连续浇注。砼分次浇注时，第二次砼浇注时，应将接触面上第一次砼凿毛，清除浮浆。

砼的振捣采用插入式振捣器进行，振捣器移动间距不超过其作用半径的 1.5 倍，并插入下层砼 5-10cm。对于每一个振动部位，必须振动到该部位砼密实为止，也不得超振。振捣时要避免振捣棒碰撞模板、钢筋，尤其是波纹管，不得用振捣器运送砼。对于锚下砼及预应力管道下的砼振捣要特别仔细，保证砼密实，由于该处钢筋密、空隙小，振捣棒一般要选用小直径的。

6. 张拉

在进行张拉作业前，必须对千斤顶、油泵进行配套标定，并每隔一段时间进行一次校验。有几套张拉设备时，要进行编组，不同组号的设备不得混合。

当梁体砼强度达到设计规定的张拉强度（试压与梁体同条件养生的试件）时，方可进行张拉。

箱梁预应力的张拉采用双控，即以张拉力控制为主，以钢束的实际伸长量进行校核，实测伸长值与理论伸长值的误差不得超过规范要求，否则应停止张拉，分析原因，在查明原因并加以调整后，方可继续张拉。后张法预应力筋张拉时的理论伸长值为 $\Delta L = PL/A_y E_g$ ，P 为预应力筋的平均张拉力，由于预应力筋张拉时，应先调整到初应力，再开始张拉和量测伸长值，实际伸长值为两部分组成，一是初应力至张拉控制应力部的实测伸长量，二是初应力时推算的伸长值，实际伸长值为两者之和。

张拉的程序按技术规范的要求进行，一般为

持荷 5 分钟

0——>初应力——> $105\sigma_k$ ——> σ_k

张拉过程中的断丝、滑丝不得超过规范或设计的规定，如超过应更换钢丝或采取其它工程师同意的补救措施。

张拉顺序按图纸要求进行，无明确规定时按分段、分批、对称的原则进行张拉。

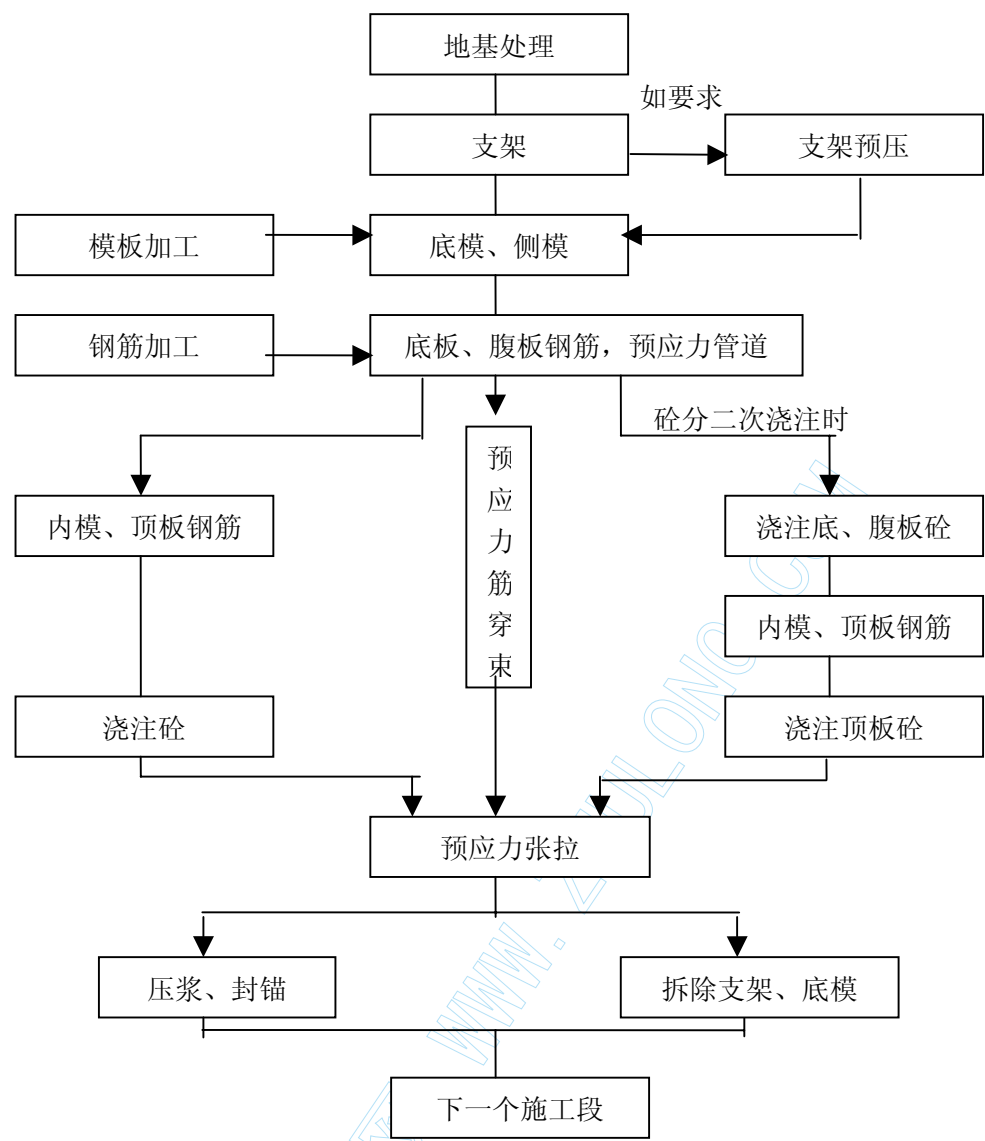
7. 压浆、封锚

张拉完成后要尽快进行孔道压浆和封锚，压浆所用灰浆的强度、稠度、水灰比、泌水率、膨胀剂挤量按施工技术规范及试验标准中要求控制。一般宜采用 525 普通硅酸盐水泥，水灰比 0.4—0.45，膨胀剂为铝粉，掺量为水泥重量的万分之一，铝粉需经脱脂处理。

压浆使用活塞式压浆泵缓慢均匀进行，压浆的最大压力一般为 0.5—0.7Mpa，当孔道较长或输浆管较长时，压力可大些，反之可小些。每个孔道压浆到最大压力后，应有一定的稳定时间。压浆应使孔道另一端饱满和出浆。并使排气孔排出与规定稠度相同的水泥浓浆为止。

压浆完成后，应浆锚具周围冲洗干净并凿毛，设置钢筋网，浇注封锚砼。

二、工艺流程



三、主要机械设备

支架、张拉设备、压浆设备、砼拌合设备、砼运输车、砼泵车、吊车等。

预应力箱梁滑模逐孔现浇施工

滑移式钢梁模架（简称滑模）施工，就是采用大型滑模设备，现场整孔全断面一次浇筑，逐跨推进，完成桥梁施工的新工艺。采用滑模施工无须在跨间设置落地支架，而是用整跨架立钢架来支撑模架，在墩顶现场完成模板安装，调整、钢筋绑扎、砼浇筑、张拉及养生等一系列工艺后，纵移钢架模架逐孔施工，周而复始地向前推进。

滑模施工方法适应于跨径 55m 左右，梁体平均单位重 20T/m，桥长较长（>800m），平曲线半径大于 700m 的预应力砼等截面连续箱梁的现浇施工。

一、施工方法

1. 准备工作

- (1) 滑模钢梁拼装：此项工作在首段砼箱梁浇注前进行，拼装工作场地约需（30*60）平方米。拼装前应根据浇筑梁段的跨径和工作缝的位置，确定滑模中支点钢筋梁的加固位置，然后用工字钢或厚钢板满焊加固。滑模前导梁可在首段浇筑孔内拼装，然后将滑模前移，拼装后导梁，最后

将滑模向前牵引在浇筑孔内就位。

- (2) 钢立柱安装，钢立柱是滑模钢箱梁的临时支承，它承受着钢箱及箱梁砣的重量，因此技术要求严格。钢立柱下的砣垫块，是用来支承调整钢立柱使用高度的临时结构物，要按计算高度提前浇筑或预制安装。
- (3) 中钢横梁的安装：在桥墩浇筑过程中顺桥向水平位置，预留 2 束-5-12 钢束管道（管道多少取决于受力情况）。在管内穿好钢绞线，将位于墩身前后的钢横梁张拉锚固，使中钢横梁与墩身及钢立柱连成整体，以提高钢立柱抵抗水平力的能力。
- (4) 托架滑撬：墩身两端钢立柱顶上安置托架，它放在纵梁上，以高强螺栓与纵梁相连，纵梁则与中钢横梁栓接。每个托架上安装 2 台 3000KN 和 2 台 1000KN 千斤顶，以千斤顶顶升钢箱至浇筑箱梁的正确位置。在托架上纵向相距 1.6 米安装两组滑撬，在每组滑撬上再安装两组 2 块聚四氟乙烯滑板。
- (5) 前后钢横梁安装：浇筑孔前方墩顶设支架或前钢横梁，滑模前钢桁导梁吊起支承在前钢横梁上。后钢横梁设于浇筑孔后方后浇筑悬壁段端部，用吊杆吊起支承滑模钢箱梁后端和后钢桁导梁。

2. 侧模安装就位

侧模安装是将侧模悬挂在滑模钢箱上，侧模就位实际上是将两侧面钢箱通过横向滑移装置向内侧滑至设计要求位置，以待安装底模。侧模与翼缘模板一般用防水胶合板镶面。

3. 安装底模

当钢箱及侧模就位后，将底模对号入座，逐块安装于侧模上。安装过程中，要注意底模与侧模联接处的平整度，销子要安装牢固。对于两块底模之间的间隙，要用木板和防水胶合板嵌紧，以防漏浆。

4. 支座安装

此项工作要在已做好的支座垫石上进行。

- ①根据箱梁砣收缩徐变，弹性变形，气温影响以及施工过程中箱梁的临时固定支座的设置，计算确定支座上滑板预编值。
- ②将支座砣垫石凿毛，在其上铺 2-3cm 厚与墩身标号相同的砂浆，然后立即将支座吊装就位，调整好标高后，并用砂浆填满捣实，锚固螺栓孔内的砂浆也同样捣固密实。

5. 预拱度设置与模板调整

当侧模及底模安装就位后，要调整各支点处的模板纵向标高，使钢箱模板处于浇筑砣时的正确位置，与此同时设置好预留拱度。预拱度的设置由安装在钢箱上的垫块和侧模连接处钢框架支立柱上的调整螺栓来完成，预拱度值由综合计算分析而定，预拱度理论值的计算主要考虑如下因素：

- ①钢箱的弹性变形；
- ②恒载；
- ③砣梁产生的弹塑性变形；
- ④支点沉降。

后方施工接缝处的侧模与底模，要通过后钢横梁和钢箱吊杆使之与已浇注的箱梁密贴，并用海绵条堵漏。

6. 绑扎底板及腹板钢筋

钢筋绑扎按设计及施工规范要求进行，在底板钢筋绑扎同时，要沿底模纵向安放两排砣预制块轨道座垫，并通过预留孔用螺栓将该座垫与底模固定，然后在底板钢筋绑扎完成后在底垫上铺设两道轻轨，轨道铺设完毕，然后开始腹板钢筋绑扎。在箱梁腹板钢筋绑扎接近完成时，要按设计图要求的位置，绑扎纵向预应力束管道定位筋，然后安装管道。管道要平顺。接长部分要用胶带纸裹紧。定位钢筋要编号，并与箱梁模板号相对应，其焊接位置由管道坐标计算而定。钢筋绑扎完成后要由质检人员检查，合格后方可进行下道工序施工。

7. 预应力系统安装

将钢绞线和穿束机等运到施工现场，放置在已完成的桥面上，将钢绞线从预应力管道一端穿至另一端，穿束时，两端工作人员要密切配合，控制好张拉预留长度（一般 60-80cm）。当穿到位置后，

用手提式电动砂轮锯将钢绞线垂直切断，一束钢绞线全部穿完后，要顺序完成锚固头的制作、联接器的安装、压浆管设置等工作。

8. 内模就位

首段箱梁的内模可由吊车直接吊入，以后各段内模就位均利用滑模前导梁的卷扬机，沿内模轨道拖拉就位。内模就位后，利用各自液压系统调整好内模板标高和外形尺寸，并用防浮螺栓将每节内模与底模上的砼预制块加以控制。内模安装好，并检查合格后，方可进行下一道工序。

9. 顶板钢筋绑扎

顶板钢筋绑扎要按设计及施工规范要求。绑扎过程中，同时按要求安装顶板横向预应力管道及压浆管、出浆管、泄水管的预埋件等。

10. 箱梁砼浇筑

砼浇筑采用泵送。其顺序为：首段梁从后端开始向前浇筑，其余各段均从前端向后端浇筑。每段梁在横断面上砼浇筑顺序为先浇底板，再浇腹板，最后浇顶板。

①底板砼浇筑

底板砼的浇注应超前腹板砼的浇注时间约 2.0-2.5 小时进行。即底板砼一般领先腹板砼 10-20m，浇筑时泵车输送管道通过内模预留窗口，将砼送入底板。下料时，一次数量不宜太多，并且要及时振捣，尤其边角处必须填满砼并振捣密实，以防浇筑腹板砼时冒浆。振捣时，先用插入式振捣器，然后用平板式振捣器将底板砼振平。振捣完，喷洒养生剂养生。

②腹板砼浇注

当超前浇筑的底板砼初凝（一般浇完 2 小时左右）时，即开始斜层浇筑腹板砼。两侧腹板砼要同步进行，以保持模板支架受力均衡。每层砼浇注厚度不得超过 50cm，且要振捣密实，严禁漏振和过振现象。振捣器采用插入式高频振捣器，每层砼必须在初凝之前及时覆盖新的砼，以确保腹板砼的连续性。

③顶板砼的浇筑

当腹板浇筑到箱梁腋部后，开始浇筑顶板砼。其顺序为先浇中间，后浇两侧翼缘板，但两侧翼板要同步进行。振捣时，先用插入式振捣器，再用行夯进行振捣整平。为控制桥面标高，必须按两侧模板标线高度进行砼浇筑。

在完成第二次抹面后，立即喷洒养生剂，覆盖养生。当砼达到初凝后，根据气候情况，另外采用塑料布，草袋或土工布覆盖并洒水养生。

④砼的技术要求

设计规范要求预应力砼的强度等级不得低于 40Mpa，因此仅以 50Mpa 为例，指出箱梁砼泵送施工的技术要求：

- a. 强度：不得低于设计强度 50Mpa
- b. 水灰比：宜小于 0.4
- c. 水泥标号：不得低于 525 号，富余系数不小于 1.13
- d. 坍落度：10-20cm 为宜
- e. 外加剂选用：宜根据性能要求由现场试验确定。

11. 内模脱模

当一段梁的砼全部浇筑完以后，一般 24 小时左右，即可脱内模拆除端模，操作时先拆卸侧模底角模，再利用内模液压系统将顶模两边的角模降缩，落降顶模，卸掉侧模栏杆，然后利用滑模前方的卷扬机牵引内模支架，沿轨道向前移，此时侧模收缩就位，待每节内模都脱离原位后，再将所有内模反向牵引 1—2m，让出张拉千斤顶所需的作业面，方完成内模卸脱工作。

12. 施加预应力和管道压浆

当箱梁砼达到设计强度的 80%后，一般控制在浇完砼 3 天，就可进行预应力张拉，张拉前要做好如下准备工作：

①检查钢束孔道是否畅通，将垫板喇叭口清理干净，然后用空压机吹清管道。

②安装锚头和夹片：将钢绞线逐根穿入锚头的孔眼内，然后将锚头顺着钢绞线推至锚垫板处，并

靠紧。将夹片套入钢绞线上，并推入锚头的锥形孔中。

③安装千斤顶，将与锚具规格相对应的限位板套在钢束上，并推至锚头处，将张拉千斤顶悬挂在一活动支架上，用两个梳形导向叉，将钢绞线疏分，使钢绞线的分布与千斤顶内的孔眼对准，在每根钢绞线端头均套上一个导向帽壳，使顺利穿过千斤顶盘孔。

④张拉与锚固：采用 VSL 预应力设备进行张拉。张拉时按拉力和延伸率双向控制，按设计要求的顺序进行张拉，将设计要求的张拉力分为三级，每一级张拉到要求时，均测量一次延伸量，重复张拉至设计控制力和相应的延伸量。将钢束的实际延伸量与计算值比较，其误差应小于 6%。张拉过程中，要及时作好记录，且记录要整齐、准确。

⑤管道压浆：张拉完 8 小时左右，即要压浆。压浆前，先将管道用空压机吸干净，并在锚头上要上封锚堵帽。压浆时，在管道束端设一控制开关，当管道末端冒出浓浆后，即可封锚，为使管道充满水泥浆，要保持 0.5-0.7Mpa 的压力一分钟，再按下控制开关，至此，压浆结束。压浆工作要一气呵成，中间不得停顿。所压灰浆应满足如下质量要求：

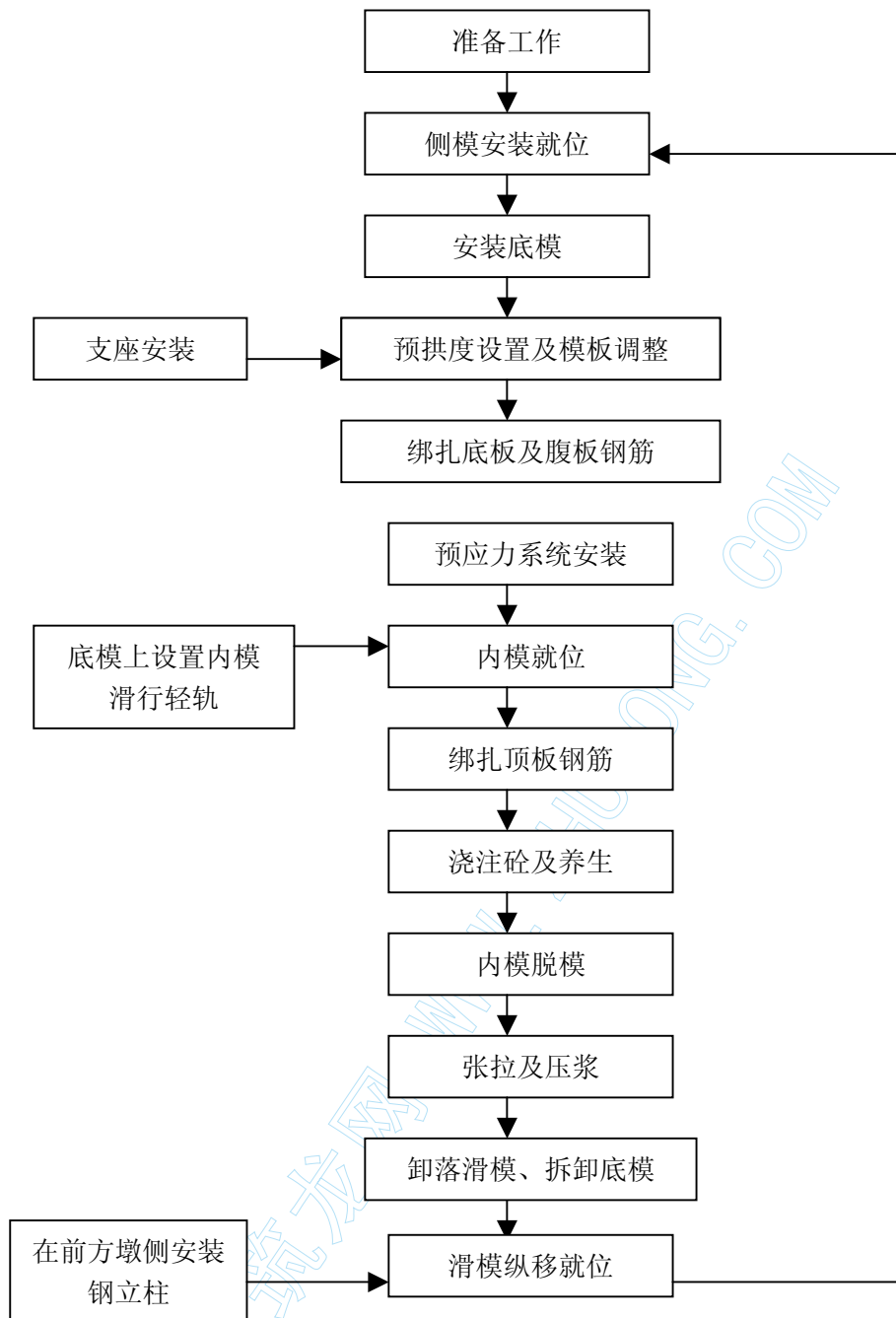
- a. 灰浆标号应为梁体砼标号的 80%
- b. 水灰比为 0.38
- c. 每立方米灰浆水泥用量不小于 1489kg
- d. 水泥浆掺入膨胀剂后的自由膨胀率为 5%
- e. 压浆稠度为 12'' --18''。

13. 落模拆底模及滑模纵移

当完成了纵向预应力能张拉后，解除底模与侧模的联接销钉，将各支点处的千斤顶回缩，使钢箱侧模板脱离砼箱梁（即落梁），然后逐块拆除底模板。

底模全部拆除后，通过设在三个支点处的横向装置，将钢梁向外侧横移到滑移轨道上，然后操纵滑模纵向滑移装置，使钢箱滑移至下一孔位置。滑移时，箱梁两侧钢箱要同步进行，前后相差不得超过 1.5m。且滑移时速度要平稳，不宜超过 4 米/分钟，且当时的风速不宜大于 20 米/秒。

二、工艺流程



三、主要机械设备

滑模整套设备、砼拌合站、砼运输车、砼泵车、吊车、装载机、张拉设备、水车、发电机、制管机、压浆机、车辆等。

附例：下表为某桥滑模施工所配备的主要机械设备表

序号	机械名称	规格型号	单位	数量	备注
1	滑模		套	2	
2	砼拌合站	35m ³ /h	台	1	
3	砼罐车	6-7m ³	台	4	
4	砼泵	50m ³ /h	台	2	泵车一台，地泵一台
5	插入式振捣器	高频	台	6	
6	平板式振捣器		台	1	
7	制管机	SD150	台	1	
8	穿束机	EMK	台	2	
9	压花机	LSP-4	台	1	
10	挤压机	PSZ	台	2	
11	张拉千斤顶	SA522/ZP460	台	3	
12	张拉千斤顶	SA512/St12	台	1	
13	张拉千斤顶	单根张拉	台	1	
14	高压油泵	EHPS-3/4	台	2	
15	压浆机		台	1	
16	发电机	200KW	台	1	
17	吊车	40t 履带吊	台	2	
18	装载机	950b 轮胎式	台	2	
19	载重汽车	4-8t	台	4	
20	空压机	6-9m ³ /h	台	1	
21	水车	12t	台	1	

预应力砼连续箱梁悬浇施工

预应力连续箱梁的悬浇施工，可以在不设支架和不使用大型吊机的情况下浇注大跨径预应力砼箱梁，目前应用得相当广泛。

一、施工方法

1. 施工准备

- (1) 挂篮设计及加工：挂篮是悬浇箱梁的主要设备，它是沿着轨道行走的活动脚手架及模板支架。就国内外现有的挂篮按结构形式可分为桁架式、三角斜拉带式、预应力束斜拉式、斜拉自锚式；按行走方式可分为滑移式和滚动式；按平衡方式可分为压重式和自锚式。对某一具体工程，应根据梁段分段情况，根据对挂篮重量的要求承受荷载及施工经验对挂篮进行认真详细的设计。除必须满足强度、刚度、稳定性要求外，还要使其行走、锚固方便可靠，重量不大于设计规定。挂篮由主桁架、锚固、平衡系统及吊杆、纵横梁等部分组成，由工厂或现场根据挂篮设计图纸精心加工而成。
- (2) 0#、1#块的施工：挂篮是利用已浇注的箱梁段，作为支撑点，通过桁架等主梁系统、底模系统，人为创造一个工作平台。对于 0#、1#挂篮没有支撑点或支撑长度不够，需采用其他方式浇注。一般采用扇形托架浇注。扇形托架可用万能杆件、贝雷片或其他装配式杆件组成，托架可支撑在桥墩基础承台上或墩身上。托架除须满足承重强度要求外，还须具有一定的刚度，各连续点应连接紧密，螺栓旋紧，以减少变形，防止梁段下沉和裂缝。

- (3) 临时固结：对于连续箱梁，梁与墩未固结在一起，施工时，两侧悬浇施工难以保持绝对平衡，必须在施工中采取临时固结措施，使梁具有抗弯能力。临时固结一般采用在支座两侧临时加预应力筋，梁和墩顶之间浇注临时砼垫块。将梁固结在桥墩上，使梁具有一定的抗弯能力。在条件成熟时，再采用静态破碎方法，解除固结。

2. 悬浇施工

- (1) 上挂篮：上挂篮前 0#、1#块必须是浇注完成并张拉，对支座作了临时固结措施。

为减小梁段上的作业，可根据起吊运输能力将挂篮杆件在加工场拼装成若干组件，再将挂篮组件吊至 0#、1#块梁段上进行组装。

在已浇筑的 0#、1#块箱梁顶面进行水平及中线测量，铺设轨道，组装挂篮，并将挂篮对称行走就位、锚固。

在底篮的两侧，前后端及外模两侧面均设置固定平台，内外模及箱梁前端设置悬吊工作台。

挂篮拼装完毕后，为验证挂篮的可靠性和消除其非弹性变形及其测出挂篮在不同荷载下的实际变形量，以便在挠度控制中修正立模标高，在第一次使用前对挂篮进行试压。试压的方式常用的有：水箱加载法、千斤顶高强钢筋加力法等。

- (2) 模板校正、就位

模板分为底模、外侧模及内模。底模支承吊篮底的纵、横梁上，外侧模一般由外框架预先装成整体，内模由侧模、顶模及内框架组成，内模的模板及框架因每一梁段均须修改高度，不宜做成整体。

根据箱梁截面的情况确定砼是一次浇注还是分次浇注，一次浇注时，应在顶板中部留一窗口，使砼由窗口进入箱内，分布到底模上。当箱梁较高时，应用减速漏斗向下传送砼，采用二次浇注时，先安装底模，侧模具及底板、侧板的普通钢筋、预应力筋，待浇注第一次砼后，再安装内模及顶板普通钢筋及预应力筋。

箱梁由根部至端部为二次抛物线，每浇筑一个梁段均须将底模提高一次，提高不多时，可采用支垫底模的方法，经几次提高后，高差变大时，须用提升吊篮的方法提高底模。

悬臂浇筑时，一个梁段高度的偏差对全孔有很大影响，而且随着梁段所浇筑数量的增加而逐渐下垂，梁段数量越增加，悬臂越长，下垂越多。因此，为保证箱梁的设计高度和挠度，各梁段的模板均须设置一定的预加抬高量，其预加抬高量根据设计规范要求及施工经验确定，并须及时的校对调整。

- (3) 普通钢筋，预应力管道

悬浇箱梁的普通钢筋及预应力管道除须满足一般施工工艺的要求外，要特别注意①预应力管道要严格按设计的要求布置，当与普通钢筋发生矛盾时，优先保证预应力管道的位置正确。②对预应力用的定位筋固定牢固，确保其保护层的厚度。③纵向管道的接头多，接头处理必须仔细，并要采取措施防止孔管堵塞。④由于纵向管道较长，一般要在管道中间增设若干个压浆三通，以便压浆时，可以作为排气孔或压浆孔，以保证孔道压浆密实。

- (4) 砼浇注

悬浇箱梁的砼标号一般都较高，必须认真做好砼的配合比设计，砼的拌和根据条件可采用陆上拌和，水上运输至现场，或直接在水上拌和。悬浇时，必须对称浇注，重量偏差不得超过设计规定的要求，浇注从前端开始逐步向后端，最后与已浇梁端连接。分次浇注时，第二次浇注砼前必须将首次砼的接触凿毛冲洗干净，对上、下梁段的接触面应凿毛、清洗干净。底、肋板的砼的振捣以附着式振捣器为主，插入式为辅，顶板、翼板砼的振捣以附着式为辅，插入式为主，辅以平板振捣器拖平。砼成型后，要适时覆盖，洒水养生。

- (5) 张拉，压浆

张拉前按规范要求对千斤顶、油泵进行标正，对管道进行清洗、穿束，准备张拉工作平台等。

当砼达到设计及规范要求的张拉强度后按设计规定先后次序、分批、对称进行张拉，严格按照张拉程序进行。张拉后按规范要求对管道进行压浆。

- (6) 拆模及移动挂篮

本梁段设计的张拉束张拉后，落底模，铺设前移轨道，移动挂篮就位，开始下一梁段的施工。

3. 合拢段的施工及体系转换

中间合拢段砼一段采用吊架最后浇筑，合拢浇筑前应及早调整二端悬浇梁段的中线及标高。合拢砼浇筑前要安装合拢段的劲性骨架和张拉临时束，确保合拢段砼强度未达到设计强度前不变形。并在合拢段两侧加压，随着合拢段砼的浇注逐步减压，保持合拢段砼浇注过程中荷载平衡。

为减少温度变化对合拢段砼产生拉压力，砼浇注时间选择一天最低气温时浇注，砼强度达到设计要求强度后，按顺序对称的进行张拉、压浆。在张拉压浆完成后及时的解除临时固结措施，将各墩临时支座反力转移到永久支座上，将梁体转换成连续梁体系。

4. 边跨施工

靠近桥台部位的梁段砼，一般采用支架现浇或采用在墩台旁设临时支柱，安装吊篮并进行浇注。当这一部分较短时，也可用吊架浇筑。

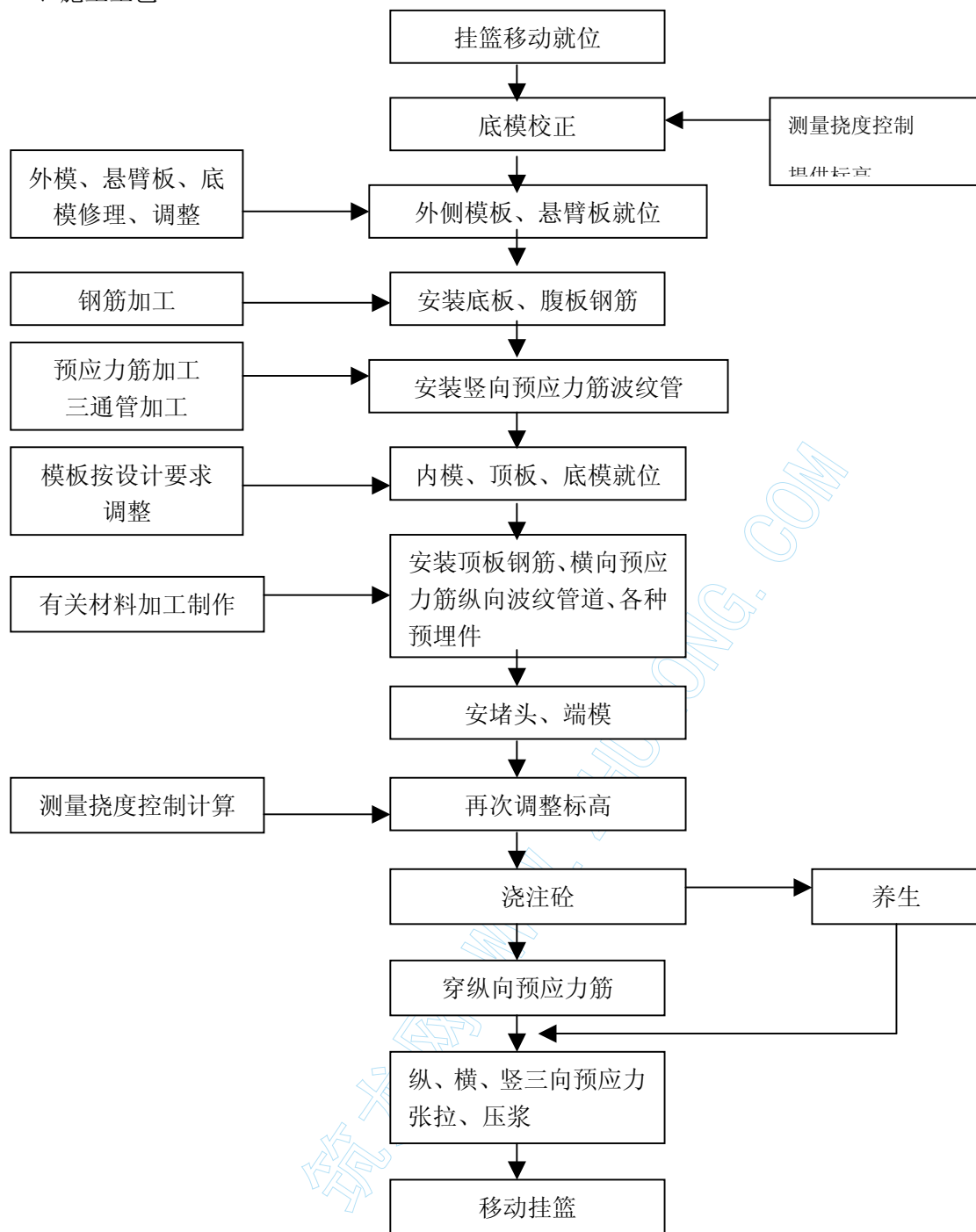
5. 施工挠度的控制及观测

悬浇施工梁体由于受自重、温度、外荷载等因素影响会产生挠度，砼自身的收缩、徐变等因素也会使箱梁产生标高变化，这种变化随着跨度的加大而增加。为了使成桥后的桥面线型达到或接近设计曲线，必须在悬臂浇注时进行标高控制，在施工中对已浇或准备浇注的箱梁各工序进行挠度、温度等观察，并以此随时调整悬浇段的立模标高。

立模标高控制值=箱梁顶面设计标高+设计施工预拱度+挂篮自重及浇注砼后的变形值±日照温差修正值。设计施工预拱值需进行修正，由于设计状态和实际施工状态的差异，为了达到设计的理论线型，必须通过实际测量资料的积累和分析，找出各阶段的挠度变化规律，以修正各项计算参数，使计算状态基本吻合实际，挂篮的变形值也要通过挂篮试压以及施工前几段产生的实际挠度数据进行修正，砼的收缩可用折合降低温度的方法处理。对于张拉值的修理，通过锚下应力损失理论公式以及实际观测值比较后决定。为尽量减小日照温差的影响，宜选择温度梯度较小的时候进行观察，另外，平衡力矩，施工荷载对砼标高也有影响，若两端荷载不一样，必然会产生一头低一头高的现象，施工中力求平衡施工，消除该项影响。同时在计算控制也考虑该项内容。

测点布置：在桥轴线及上、下腹板的中心轴线组成三条纵轴线，每段的前沿和三条纵轴的交叉点设置为测点。在 0#块上设置临时水准点，观测时间在挂篮就位、砼浇注前、砼浇注后、张拉后几个阶段都进行观察，对温度观测及应力的观测根据需要进行。

二、施工工艺



三、主要机械设备

挂篮、砼拌和、运输设备、砼泵车式地泵、张拉设备、压浆设备等。

预应力砼连续箱梁顶推

顶推法施工适应于截面等高，跨径 70-80m 以内，平曲线以竖曲线为同曲率的预应力砼连续梁。顶推法施工不受通车、通航及水情、气候的影响，梁段在桥头实行工厂化施工、质量、工期易于控制和保证。

一、施工方法

1. 施工准备

- (1) 根据桥跨数量、设备条件、场地情况及工期要求，确定预制、顶推的方案。
- (2) 在桥台后面的桥轴线位置的引道或引桥上设置预制场。对于纵坡小于 1.5% 的桥梁，预制场地设在上坡桥台后面，如纵坡大于 1.5% 则设在下坡的桥台后面。为了加速施工进度并有条件时，也可在桥两端设预制场地，从两岸相对顶推。如桥头引道直线长度受到限制，也可在引桥或靠岸一孔上设置“临空式”的预制台座。
- (3) 预制场布设时应考虑梁身分段和每段是全断面整体浇筑还是全断面分次浇筑的长度，梁身前面设导梁时，应考虑拼装导梁的场地，此外，还应考虑拼装第一跨预出时，梁体本身的稳定安全度。
- (4) 在引道上的预制场必须将地基先辗压密平，并采取排水措施，使其不沉陷、不积水，如地基承载力不足时，宜选用桩基础。在平整、密实的地基浇筑砼台座，砼基础台座尺寸必要满足强度、刚度、稳定性要求，在引桥上的预制台座、临时墩的墩的基础、装配式大梁、横梁、纵梁均应进行设计计算，使台座的强度、刚度（挠度及基础的沉降）和稳定性均符合设计要求。
- (5) 当用顶推修建的桥梁是设在竖曲线上时，台后预制段各台座支点的标高，应在同一半径的竖曲线圆弧轨迹上。
- (6) 为减小顶推时产生的内力，以节省临时张拉束，采用设置导梁、临时墩、墩旁临时撑架、斜缆索加固或两端对顶跨中合拢梁段等措施。
- (7) 系梁可用贝雷桁架或万能杆件拼制，并可在导梁底部用加劲弦杆或型钢分段加劲，导梁设置的长度一般为顶推跨径的 0.6-0.8 倍，刚度为主梁的 1/9-1/15。最好将导梁从根部至前端拼成变刚度或分段变刚度。主梁端部的顶板、底板内预埋厚钢板或型钢伸出梁端与导梁连接，主梁端应设横隔梁加固，导梁与箱梁接头处应用预应力束连接以防梁端接头处砼开裂。
- (8) 如跨径较大，现场条件允许时，可在设计跨径中间设置临时墩以减小顶推跨径，临时墩一般采用装配式空心钢筋砼柱，并利用斜拉索或水平索拉柱临时墩，锚碇在永久桥墩上，以加强临时墩抵抗水平力的能力。

2. 梁段预制

- (1) 梁段浇注可根据条件及技术要求采取一次全断面浇注或分底板、腹顶板两次浇注或底、腹、顶板三次浇注，可以等全断面完成后再向前顶推。
- (2) 模板多次重复周转，宜采用机械化装卸的钢模板，内模宜采用易于折叠和移动取出的构造形式，腹板下方底面的平整度要特别注意，以免影响顶推速度和损坏顶推工具滑板。
- (3) 按图纸要求及技术规范要求进行钢筋安装、预应力筋孔道定位及固定预埋件。
- (4) 浇注梁段砼：砼配制及浇注要严格按设计要求及技术规范的规定进行，应尽可能采用早强水泥或掺入减水剂，振捣时如采用插入振捣器，要防止触及底板及损坏预应力预留孔和预埋件位置变动。
- (5) 砼浇注完成后要适时进行养护，气候寒冷时，要采取保温措施，可能时要尽量采取蒸气养护，以使砼强度及早达到施工加预应力的强度，缩短顶推周期。

3. 张拉

- (1) 在每段箱梁砼达到设计强度的 80% 以上时，进行先期索的张拉，先期永久索必须进行压浆，临时索因顶推就位后须拆除，不需要压浆。
- (2) 全梁顶推就位后张拉后期索，拆除临时索，对于较长的预应力索采取连接器进行连接。

- (3) 先期永久索、临时索、后期索均应严格按设计规定进行张拉和拆除，不得随意增加或漏拆预应力索。
- (4) 预应力索的张拉压装方法和要求和一般后张预应力砼梁相同，其技术要求和质量标准按技术规范及图纸要求严格控制。

4. 顶推

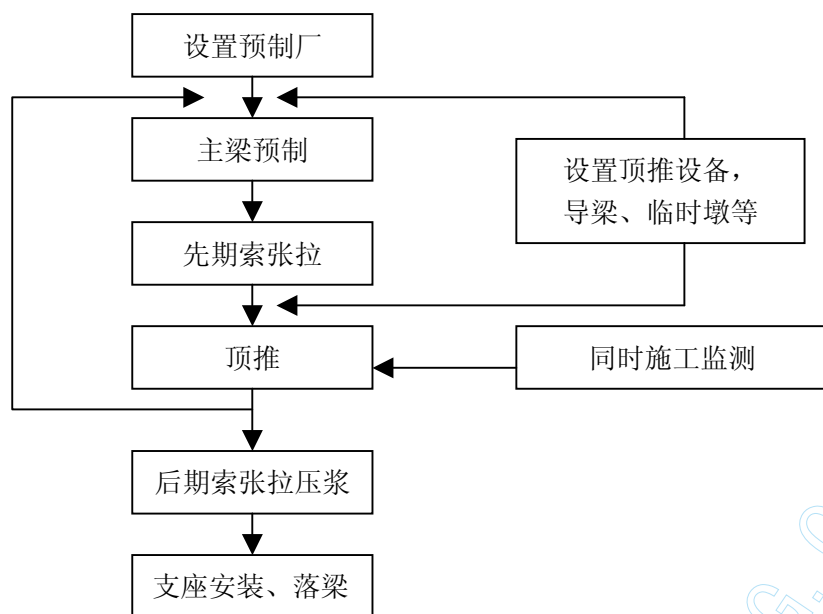
- (1) 顶推一般采用“多点顶推法”，即在各墩台均设置滑道、水平千斤顶及电动液压泵站，由主控制室统一控制各液压站同步运行。使箱梁在墩台的滑道上推进，最后就位。
- (2) 滑道、滑块：滑道采用不锈钢板构造，设置在每个墩的上、下游，箱梁腹板的下面，滑道要求有相应的平整度，滑道下的砼垫石强度要满足要求，滑道安装的精度必须达到设计或规范要求。滑块采用橡胶钢板组合制品，并可考虑采用聚四氟乙烯贴面，滑块要具有足够的抗压强度。
- (3) 水平千斤顶及电动液压站：根据梁段重量，计算每墩的垂直反力，再根据滑道的磨擦系数计算出每墩所需的水平拉力，由此选择水平千斤顶的规格及数量，千斤顶所使用油泵均配置远程控制电磁阀和换向阀，使多台水平千斤顶出力均匀，同步运行，并能分级调压，集中控制，使各墩的千斤顶同步运行。
- (4) 导向装置：采用横向螺旋千斤顶。在顶推过程中，为防止箱梁左右偏移，始终用经纬仪校准桥轴线，随时检查梁中心是否偏离，如有偏离立即通知进行纠偏。纠偏时用设在永久墩上横向螺旋千斤顶，通过设在顶部竖向轮控制。
- (5) 传力系统：水平千斤顶采用穿心式的，由一根高强螺紋钢筋作水平拉杆，（钢筋直径要使抗拉强度达到要求）。一端穿过千斤顶锚固在千斤顶活塞顶端，另一端穿过拉锚器用尾套进行锚固，拉锚器通过箱梁外侧的预埋钢板固定在箱梁上。拉杆两端的锚定：是一个锚环和一对设有内螺纹的楔块组成。
- (6) 顶推：启动水平千斤顶，拖动梁体在滑道上移动。顶推前要详细的检查各项准备工作情况，现场要设总指挥统一进行指挥。为防止各站水平千斤顶的出力相关太多，将每个站均分为几级根据各墩计算支反力调好压力，逐级进行加压，当所有水平千斤顶中有一台行程走完，触及限位开关时，则各千斤顶全部停止同时打开换向阀，千斤顶自动回油，准备下一个行程，直至就位。
- (7) 落梁：箱梁顶进预定桥跨后，按设计图张拉后期夹，拆除先期束非永久索，按相邻墩高差不超过设计规定位移值的原则分墩顶起箱梁，破除滑道，推移支座就位，安装下盘锚固螺栓，调整好支座标高，在支座下的螺栓孔内灌高标号的水泥浆，同时用高强度砼填灌支座上盘螺栓孔，待水泥浆及砼达到设计强度后分墩落梁于支座上。

5. 顶推监测

- (1) 顶推监测主要是监测墩台和梁体有关控制位置的应力和应变状态，以达到控制施工安全，验证施工与设计是否相符及积累经验数据的目的。
- (2) 对位移、挠度及沉降的监测可利用精密水准仪、经纬仪及水平标尺、垂直标尺进行，这些方法简单方便，容易做到，能直观的反映顶推变化情况，是控制和保证施工安全的主要手段。
- (3) 对应力、应变的测试，采用传感元件及电阻应变仪等仪器进行测试。
- (4) 当实测值与设计值相差较大时，要停止顶推，分析原因。

二、施工工艺

三、



四、主要机械设备

顶推设备、砼拌和、浇注设备、张拉及压浆设备、吊机等。

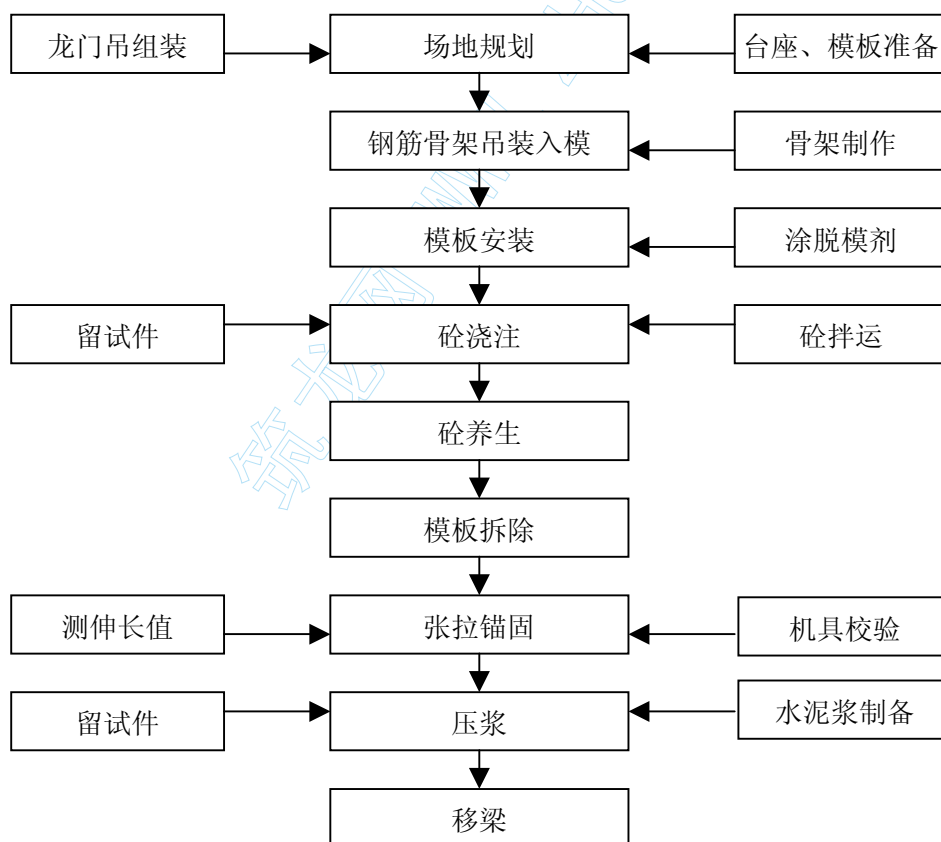
钢筋砼预应力 T 梁预制

1 施工方法:

- 1) 按施工需要规划预制场地，预制场地应整平压实，低洼不平处及软弱土质要处理改善，完善排水系统，确保场内不积水。
- 2) 根据预制梁的尺寸、数量、工期，确定预制台座数量、尺寸，台座用表面压光的砼筑成，应坚固不沉陷，确保底模沉降 $\geq 2\text{mm}$ ，台座上铺钢板底模或用角钢镶边代作底模。当预制梁跨大于 20m 时，要按规定设置反拱。
- 3) 根据施工需要及设备条件，选用塔吊或跨梁龙门吊作吊运工具，并铺设其行走轨道。
- 4) 统筹规划砼拌合站及水、电管路的布设安装。
- 5) 预制模板由钢板、型钢组焊而成，应有足够的强度、刚度和稳定性，尺寸规范、表面平整光洁、接缝紧密、不漏浆，试拼合格后，方可投入使用。
- 6) 在绑扎工作台上将钢筋绑扎焊接成钢筋骨架，把制孔管按坐标位置定位固定，如使用橡胶抽拔管要插入芯棒。
- 7) 用龙门吊机将钢筋骨架吊装入模，绑扎隔板钢筋，埋设预埋件，在孔道二端及最低处设置压浆孔，在最高处设排气孔，安设锚垫板后，先安装端模，再安涂有脱模剂的钢侧模，统一紧固调整和必要的支撑后交验。
- 8) 将质量合格的砼用砼拌合车运输，卸入吊斗，由龙门吊从梁的一端向另一端，水平分层，先下部捣实后再腹板、翼板，浇至接近另一端时改从另一端向相反方向顺序下料，在距梁端 3-4m 处浇筑合拢，一次整体浇筑成型。梁体砼数量较大时，采用斜向分段，水平分层方法连续浇筑。
- 9) 砼的振捣以紧固安装在侧模上的附着式为主，插入式振捣器为辅，振捣时要掌握好振动的持续时间、间隔时间和钢筋密集区的振捣，力求使砼达到最佳密实度而又不损伤制孔管道。

- 10) 砼浇注完成后要将表面抹平、拉毛，收浆后适时覆盖，洒水湿养不少于七天，蒸汽养生恒温不宜超过 60℃，也可采用喷洒养生剂养生。
- 11) 使用龙门吊拆除模板，拆下的模板要顺序摆放，清除灰浆，进行养护，以备再用。
- 12) 构件脱模后，要标明型号，预制日期及使用方向。
- 13) 将力学性能和表面质量符合设计要求的预应力钢丝或钢绞线按计算长度下料，梳理顺直，编匝成束，用人工或卷扬机或其它牵引设备穿入孔道。
- 14) 当构件砼达到规定强度时，安装千斤顶等张拉设备，准备张拉。
- 15) 张拉使用的张拉机及油泵、锚、夹具必须符合设计要求，并配套使用，配套定期校验，以准确标定张拉力与压力表读数间的关系曲线。
- 16) 按设计要求在二端同时对称张拉，张拉时千斤顶的作用线必须与预应力轴线重合，二端各项张拉操作必须一致。
- 17) 预应力张拉采用应力控制，同时以伸长值作为校核。实际伸长值与理论伸长值之差应满足规范要求，否则要查明原因采取补救措施。
- 18) 张拉过程中的断丝，滑丝数量不得超过设计规定，否则要更换钢筋或采取补救措施。
- 19) 预应力筋锚固要在张拉控制应力处于稳定状态时进行，其钢筋内缩量不得超过设计规定。
- 20) 预应力筋张拉后，将孔道中冲洗干净，吹除积水，尽早压注水泥浆，水泥浆的强度、稠度、水灰比、泌水率、膨胀剂掺量等必须符合设计或规范规定。
- 21) 压浆使用压浆泵从梁最低点开始，在梁二端压浆孔各压浆一次，直至规定稠度的水泥浆充满整个孔道为止。
- 22) 用龙门吊机将梁起吊移运至存放场。

2 工艺流程



3 主要机械设备

龙门吊机或塔吊、砼拌合机、拌合运输车、张拉、压浆设备。

预应力砼 T 梁预制及安装施工方法

（一）梁的预制

（1）场地布置

预制台座采用钢筋砼制梁台座。台座地基应作适当处理，以防台座下沉。靠近梁端部位的台座基础进行特别加固，因梁体张拉后跨中上拱，重量集中在梁体端部。

（2）模板加工、装拆

底模采用台座上铺 6mm 钢板，并在放支座附近留出活动块以便梁体起吊。侧模由侧板、支承侧板的水平肋、竖向肋、支托竖向肋的直撑、斜撑、振动器、固定架等构件组拼成整体，其长度为梁体横隔板的节间距离。

端模主要由紧贴梁端锚垫板的端面板及端模骨架组成，安装时连在侧模上。

为防止漏浆，模板各拼装块接缝处加垫橡胶条或海绵条，侧模与底模用穿过台座的拉杆拉紧。

模板的装拆用龙门吊上的电动葫芦起吊，安装后对各部位尺寸进行检查，拼装误差应符合设计及《规范》要求。

（3）钢筋加工及绑扎

①钢筋下料时先核对钢筋种类、直径、尺寸、数量、计算下料长度，然后用钢筋切断机截断。钢筋弯曲时在弯筋机上搭一个平台，然后按 1:1 的比例放大样，弯制后的钢筋经检查符合要求后挂牌存放在整洁的场地内，严防不同规格型号的钢筋混堆乱放。

②钢筋骨架绑扎

首先在底座上划好钢筋间距线。以控制布筋尺寸，然后绑扎底板纵筋及箍筋，从中间向两端绑扎腹板钢筋，最后绑扎端头筋。绑扎结束后要检查定位网位置，准确率要达到 100%，T 梁顶板钢筋要在模板安装后绑扎。

③砂浆垫块绑扎

砂浆垫块用模具制作，且中间预埋扎丝，以利绑扎。垫块要内实外美，厚度符合设计要求。

（4）波纹管预埋

安装波纹管道，对定位网钢筋检查，符合设计位置后与结构筋点焊牢固，然后穿入波纹管并绑扎牢固，波纹管应无孔洞，接头牢固。

（5）混凝土浇注

①砼浇注前，要检查模板接缝，拉杆螺栓，模板连接螺栓及底脚楔子，模板支立必须牢固可靠。

②砼拌和

砼拌和在自动计量拌和站进行，水泥、砂石料、外加剂及拌和用水的各项性能指标均符《规范》要求。在拌和过程中，注意砼的稠度，并严格控制水灰比，随时检查砼坍落度，若出现异常情况应立即查明原因并予以纠正。

③砼运输

砼拌和后用砼输送车运输，到达位置后卸入料斗内，用龙门吊机起吊入模。

④砼灌注

砼采用连续灌注法，斜向分段，水平分层，从梁的一端循序进展至另一端。T 梁灌注时先灌马蹄部位，后腹板和顶板，灌注时下料应均匀连续，不宜集中猛投而发生挤塞。在钢筋密集处，可短时使用插入式振动棒以辅助下料。砼灌注过程中，要随时检查模板加固情况，漏浆处及时堵塞。

⑤砼振捣

T 梁振捣使用附着式高频振捣器与插入式振捣棒相结合的振捣工艺，附着振捣器安装在侧模两侧，其相对位置互相错开，每侧呈梅花型布置，以便使振捣均匀，其布置间距 1.0-2.0 米。浇注 T 梁马蹄部位砼时，以附着式振捣器为主，每次振捣时间以砼不再下沉，无气泡上升，表面出现薄层水泥浆并有均匀的外

观和水平面为止。一般为 1-2 分钟。上翼缘板砼及腹板上部砼可用插入式振捣器振捣密实，再用平板式振捣器及时整平、收浆，终凝前梁顶面拉毛，以利梁顶面与桥面铺装层连接成整体。

在砼浇注过程中应随机取样制作试件，试件中至少二组随梁体同等条件养护，以测定张拉时强度。

(6) 砼养护

梁体砼采用自然养护的方法。在砼浇注完毕后，应静置 1-2 小时，先用麻袋，草帘等物覆盖砼顶面，然后浇水养护，养护期始终保持砼充分湿润。

(7) 预应力施工

①钢绞线下料编束

在钢筋加工场地留出 30×6 米的钢绞线加工区，整平地面，上铺 10cm 砼，在场地上按下料长度作出标记线。钢绞线用砂轮切割机切断后整理成束。每 1-1.5 米绑扎一束扎丝，并挂牌算出长度及设计编号，按编号分类堆放，钢束堆放时要防止弯折并有防雨措施。

②张拉设备校验

张拉设备在首次使用或使用期超过及修理后都应进行校验，校验方法是在反力框架上安装千斤顶、压力传感器，测定千斤顶张拉力与油表读数关系式（或关系曲线）。

③预施应力前准备工作

a、测试砼强度：25 米 T 梁砼强度达到设计要求 80%时才允许施加预应力。

b、清洗预应力筋孔道，用高压风枪及水将孔道冲洗干净清除孔道口。及锚板的水泥浆和杂物。

c、测定有关数据：张拉前对下列数据进行测定：

④张拉方法

预应力钢绞线采用力控制方法张拉时，应校核预应力钢绞线的伸长值，预应力钢绞线的实际伸长值，宜在初应力为 10%σ 时开始量测，但必须加上初应力以下的推算伸长值，并扣除混凝土构件在张拉过程中的弹性压缩值。

张拉吨位下的钢绞线理论伸长值计算：

$$\Delta L_i = \sigma_i \cdot L_i / E_g$$

式中：ΔLi—钢绞线的理论伸长量

Eg：——钢绞线的弹性模量

σi——钢绞线的平均应力（可近似取跨中截面与锚固截面钢绞线的平均应力值）

Li——钢绞线的长度（i 为钢绞线的编号）

⑤张拉顺序

张拉顺序遵循先下后上，左右对称的原则。

⑥张拉程序

0→10%σ_k→105%σ_k（持荷 5 分钟）记录伸长量→回油→锚固

⑦安全操作注意事项：

a、与张拉作业无关的人员严禁进入张拉现场。

b、张拉时，千斤顶后面不得站人，以防预应力钢绞线拉断或销具弹出伤人。

c、高压油泵有不正常情况时，应立即停车检查。

d、已张拉完而未压浆的梁，严禁剧烈震动，以防预应力钢绞线断裂酿成重大的事故。

(8) 压浆

①割除锚外钢绞线，采用砂轮切割机切割，切割应采取降温措施，如用石棉绳浸湿缠裹其根部。

②封锚：锚塞周围的钢绞线间隙应用环氧砂浆或水泥砂浆填塞，以免冒浆而损失灌浆压力。

③冲洗孔道：孔道在压浆前应用高压风吹去孔内杂物，保证孔道畅通。

④压浆顺序：自上而下，逐个进行。

⑤压浆程序：采用“一次压注法”由跨中向两端进行压浆，待两端出浓浆时，封闭出浆口，或由一端向另一端压浆，待另一端出浓浆时，封闭出浆口，并保压（6-8Kg/cm²）一分钟，尔后，关闭进浆口，使水泥浆在有压力状态下凝结，以保证压浆充满密实。

⑥水泥浆从拌制到压入孔道的间隔时间不得超过 40 分钟，在这个时间内，应不断搅样水泥浆。

⑦压浆后 48 小时内，必须保证构件温度不低于 5℃。

(9) 封端

①孔道压浆后应立即将梁端水泥浆冲洗干净，同时清除支承垫板、锚具上的油污，并将端面混凝土凿毛。

②按设计要求绑扎端部钢筋网。

③固定封端模板，立模后，校核梁体全长，其长度应在允许误差范围内。

④拌制封端混凝土，其配合比及强度要求应与梁体混凝土完全相同。

⑤灌注封端混凝土时，要仔细操作并认真捣固，务使锚具处的混凝土密实。

⑥静置 1-2 小时，带模浇水养护，脱模后继续浇水养护

(10) 移梁压浆后，待水泥浆达到规定强度后，拆除活动底模后，即可移梁，移梁时吊具兜住梁底，用龙门吊吊起移至存梁场地，存梁时垫木放在梁支座附近。

(二) “T” 梁安装方法

在安装 25 米 T 梁前，对已架好的前一跨，各个梁板横隔板接头，全部焊接在一起，使各 T 梁联接成一个整体，后在梁体上铺设枕木和轨道，枕木宽度应使运梁与轮压力分散在 3 片 25 米 T 梁以上，再经过这一跨对后一跨梁体进行运输及安装，梁起吊采用井式龙门架

(1) 安装设备

自制拼装式双导梁桥机，其构造为左右两组导梁，前后两个吊梁装置和牵引系统组成。

(2) 安装程序

1. 在路基上拼装双导梁架桥机；
2. 将导梁架移至待架孔，安装前后支腿，搭设中间枕木垛（减小导梁跨度），布置缆风绳；
3. 将 T 梁依次送入双导梁架桥机内，拴好钢丝绳，两端同时起吊；
4. 将 T 梁纵移至安装跨，临时稳固吊梁装置；
5. 准备好滚杠和托板，将梁缓缓落到托板上；
6. 将梁在墩顶横移到位；
7. 用千斤顶将梁顶起，抽出托板，滚杠及滑道钢板；
8. 安装支座；
9. 落梁至支座上；
10. 将梁临时固定，同时焊接翼板上的连接钢板；
11. 重复 3-10 步骤，将整孔梁全部架设完毕后，焊接横隔板连接板，全部焊接完成后，延长架桥机移动轨道和喂梁轨道，并将架桥机移至下一孔，依次类推直至架完全部梁；
12. 拆除双导梁架桥机。

(3) 贯通测量

安装前对全桥进行贯通测量，内容包括：各墩台的跨度及轴线的检核，支承垫石位置及高程检核。

——墩台轴线偏离不得大于 10mm，达不到要求的要做调整。

——支座顶面误差±10mm，超限者按下列几种情况处理；

①超高处应下凿后用砂浆抹平。

②欠高处：若欠 3cm 以上，用 $\Phi 6$ 钢筋网细石砼补平，若欠 1-3cm 范围内。用小石砼灌注，1cm 以内顶面不平着，用水灰比不大于 0.5 的水泥砂浆抹平。

——墩台间的跨径误差不大于±20mm，否则应做调整。

(4) 梁片检核

架梁前对成品梁的几何尺寸及制造技术资料全面检核，质量合格后统一编号待架。梁体的各项允许误差为：梁宽--10mm，梁长--10mm，梁端水平±6mm，竖直 1%，支座面偏差 2mm，梁高±5mm。

(5) 梁片安装

1. 安装前先将墩台支座处和梁底面处清理干净，并用环氧树脂砂浆调平。

2. 吊装前抹平的水泥砂浆必须干燥并保持清洁和表面粗糙；安放时使梁就位准确且与支座密贴。

3. 支座中线与主中线出现误差时，根据实际情况，均分误差。

(6) 吊梁就位

起吊梁时，确认各项设备及梁片无问题时方可安装。起吊时，梁体两端应平衡上升，横移同步。

起重钢丝绳的强度应足够，且接头应按捻插式制作，捻插长度不小于 1.5m。

捆梁钢丝绳与梁棱角处应设内方外圆的钢索鞍。钢丝绳应经常涂油保养并检查，钢丝绳断丝超过 5%，立即换用。

每片就位后，做好防倾倒处理并及时与相邻梁片焊接。

对施工的详细情况，作好全面记录，并用统一的表格形式将架梁日期、技术情况等认真填写。

3、安装注意事项：

①在安装过程中，要加强对安装设备的安全检查，使之始终处于完好状态。

②吊梁装置吊梁纵向移动过程中，要有专人观察轨道平车的运行情况，并严格控制两台牵引卷扬机的运行速度，使吊梁装置的左右两个轨道平车同步平稳移动，行进速度控制在 2-3 米/分钟。

③梁体惯性大，为了安全需设一台 8 吨制动卷扬机。

④吊装绳与梁接触处需夹垫硬木板以防损伤梁体。

⑤梁在墩顶横移过程中，两端的移动速度要保持一致。

⑥千斤顶顶梁和落梁，左右两测千斤顶要平衡进行。

⑦架桥机及运梁车在已架好的梁上通过时轨道枕木下铺设石碴，扩散轮位压力至 3 片 25m “T” 梁。

钢筋预应力先张法砼空心板梁预制

1 施工方法

1) 按预制需要，整平场地，完善排水系统，统筹规划砼的供应及水电管路的布设安装。

2) 根据梁的尺寸、数量、工期确定预制台座的长度、数量、尺寸，台座应坚固、平整、不沉陷，表面压光。

3) 承力台座由砼筑成，应有足够的强度、刚度和稳定性，钢横梁受力后，挠度不能大于 2mm。

4) 多根钢筋同时张拉时，其初应力要保持一致，活动横梁始终和固定横梁保持平行。

5) 在台座上注明每片梁的具体位置、方向和编号。

6) 将预应力筋（钢绞线）按计算长度切割，在失效段套上塑料管，放在台座上，线二端穿过定位钢板，卡上锚具，用液压千斤顶单束张拉，先张拉中间束，再向二边对称张拉。

7) 按技术规范或设计图纸规定的张拉强度进行张拉，一般为 $0 \rightarrow \text{初应力} \rightarrow 105\% \sigma_k \rightarrow \sigma_k$ （锚固），每阶段持荷 2 分钟。如端横梁刚度大，每根梁可采用同一张拉力值。

8) 张拉时断丝数量不得超过设计或规范规定，否则要处理更换。

9) 钢绞线张拉后 8 小时，开始绑扎除面板外的普通钢筋。

10) 使用龙门吊机将涂以脱模剂的钢模板吊装就位，分节拼装紧固，用花兰螺栓支撑，力求接缝紧密，防止漏浆、移位。

11) 用龙门吊机吊运砼，先浇底板并振实，振捣时注意不得触及钢绞线，当底板浇至设计标高，将经检查合格的充气胶囊安装就位，用定位箍筋与外模联系，上下左右加以固定，防止上浮，同时绑扎面板钢筋，然后对称、均匀地浇筑胶囊二侧砼，从砼开始浇注到胶囊放气时为止，其充气压力要始终保持稳定，最后浇筑面板砼，振平后，表面作拉毛处理。

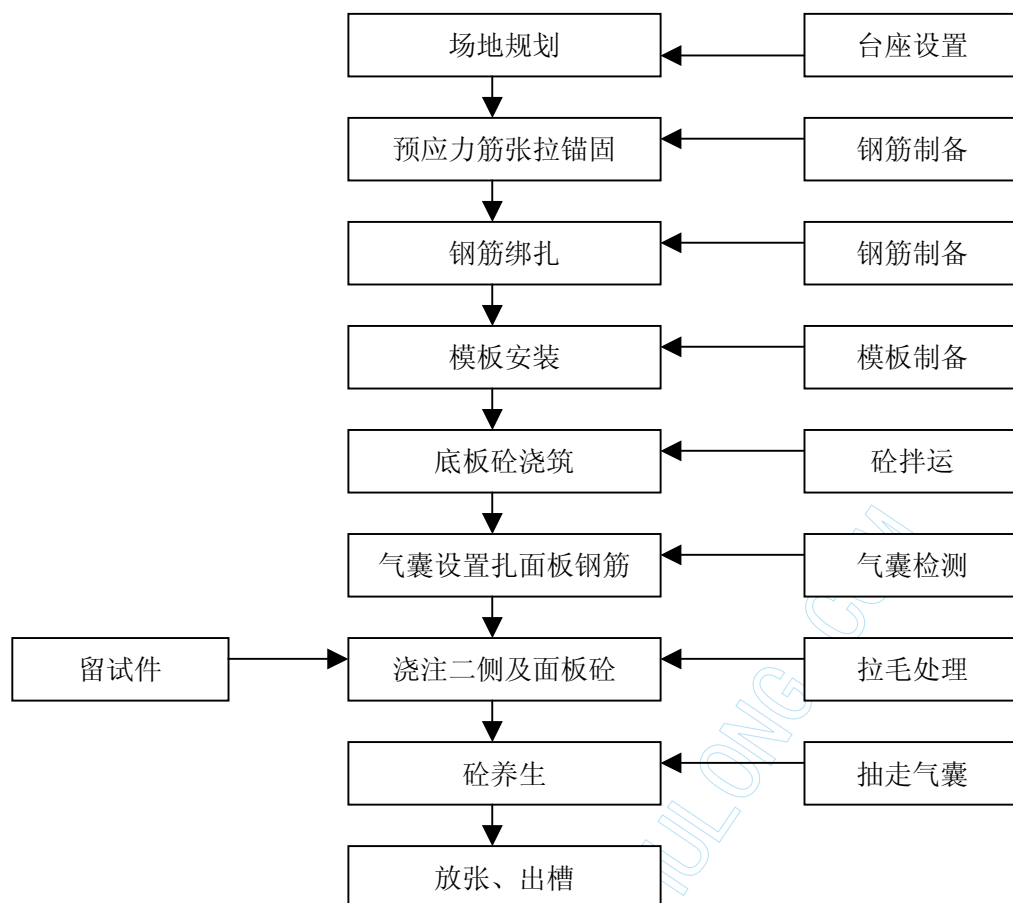
12) 适时安排砼的养生。

13) 砼浇完 6-8 小时，将胶囊放气抽走，洗净灰浆以备再用。

14) 砼达到规定强度时开始放张，放张时宜对称、同步。可采用砂箱法或千斤顶法，分数次完成。用砂箱法时，放砂速度要均匀一致。

15) 板梁松张后，用龙门吊机吊运出槽，按规定堆放。

2 工艺流程



3 主要机械设备

龙门吊机或塔吊、砼拌合机、砼拌合运输车、张拉设备。

预应力砼后张法施工

(1) 施工方案

预应力按后张法工艺施工，即在绑扎梁体钢筋时，予应力管道采用波纹管成孔，波纹管采用钢筋网定位，使其符合设计位置，然后用人工辅以吊机、卷扬机将钢束（钢绞线组合）穿入波纹管内，采用商品砼（40号；50号砼用泵车进行浇灌，待砼达到张拉强度。用千斤顶施加予应力，锚固、灌浆（压浆）、封端。

A、张拉要用双向张拉；

B、张拉千斤采用 YCL—420 型；

C、锚具要用 OVM 系列；

D、予应力钢绞线采用高强度、低松驰的 270 级钢绞线，直径 15.01MM 标准强度 $R_{yb}=1860\text{Mpa}$ 。

E、张拉前进行摩阻测试，根据实际 U 值进行调整，由设计部门决定张拉力。

F、根据设计规定顺序进行张拉。

(2) 注意事项

A、钢绞线进场，必须具有质量证明书，达到和超过设计规定 186 Mpa 的技术条件及现行标准（GB5224—85）的规定。

B、钢绞线进场后分批验收，检查有无损伤、锈蚀和油污，允许有轻微浮锈，但不得有肉眼可见麻坑。

C、钢绞线应逐盘进行机械性能检验，其性能符合标准。

D、钢绞线切割下料必须使用砂轮切割机，切口两端应用 20 号镀锌钢丝绑扎，以免切割后松散，编束时要

理顺钢绞线，用 20 号铅绑扎间距 2—3 米钢束两端 2 米区间距为 50CM，然后按设计图顺号挂牌编号。

E、钢束在施工过程中，严禁电焊火花碰到钢束。

F、根据设计要求采用 $\Phi 70\text{mm}$ 、 $\Phi 80\text{mm}$ 、 $\Phi 90\text{mm}$ 波纹管，波纹管必须绞结密实，无缝隙孔洞，在搬运过程中不能损坏。

梁头锚垫及金属套管必须与钢束垂直。

(3) 施工方法

A、制孔

制孔采用波纹管制孔，设置在梁内，沿钢束走向，用钢筋定位网支撑控制波纹管，其具体步骤如下：

a.制作定位网，用 $\Phi 10$ 钢筋焊成网格状，网格同波纹管外径。

b.安装定位网，定位网位置根据钢束几何要素图，钢束走向而定，间距为每隔 50cm 设一道，定位网下部支撑在底板垫块上，上部焊接在钢筋上，要求焊接牢固。

c.安装波纹管：定位网安装好后，将波纹管穿入定位网方格内，波纹管采用套接的方式，接好后用胶带封接口。

d.根据压浆需要设排气孔。

B、穿束

由于钢束较长且弯曲故须在砼浇灌前穿束，其施工步骤如下：

a.在梁两端搭设工作台，穿入端配备一台 5t 汽车吊，穿出端配一台慢速 5t 卷扬机。

b.首先将单根钢绞穿入孔道，出孔后将卷扬机牵引绳与钢绞线接，穿入端穿孔器与钢束连接。

C.用人工将钢束送入孔内，前面卷扬机慢慢拉动，后面人工向孔内送钢束吊起，直到钢束出孔。

C、砼浇灌

a.钢束穿好经监理工程师确认后开始浇灌砼，砼为商品砼，砼应连续浇灌，并按规定作好砼块。

b.浇灌中应经常检查波纹管线定位钢筋的变化情况及模板变化，及时处理。

c.浇灌砼前应在梁端平台设倒链机，在浇灌过程中每隔 30 分钟将每根钢束正反方向拖动一次。

d.砼振采用插入式振动器，严格按砼施工钢筋砼操作规程，振动器不得碰波纹管。

D、张拉

a.准备工作

按照设计要求要求砼达到张拉强度方可张拉，张拉按设计规定分批对称进行。

b.张拉前必须进行各孔阻测定，由设计院确定张拉控制力。

c.检查调试张拉设备。

b.张拉操作

(a)将每端钢绞线各股按顺序穿入锚环各孔。

(b)将工作锚装入垫板定位圈内，并紧贴锚垫板，插入夹片，用锤打紧。

(c)安装限位板，钢绞线从限位穿过进入千斤顶。

(d)安装千斤前，要求千斤顶轴线与钢绞轴线重合。

(e)安装工具锚

c.初张拉：10—30% σ_k ，回油，划线作标记（伸长量计算起点）为 LO。

d.继续张拉至控制拉力

箱梁两端同时分级加载即升压轮流进行，每级加载吨位为张拉力 20%，使张拉力逐步达到设计张拉吨位，测量伸长 L1，此时油泵继续开动维持不变压力，净停 5 分，两端同时顶压，顶销后，油泵回零，测回缩量，夹片外露量卸顶后测量。

e.质量要求

(a)张拉达到设计值后，钢绞线的伸长与计算值的误差应在 $\pm 6\%$ 以内，以满足张拉吨和伸长值双控要求。

(b)滑丝断束要求：断束中不超过一根，同一截面不超过钢丝总数 1%，每束滑丝不超过该束伸长值 2%。

(c)不符合 1 上述规定及时研究反映，研究处理。

(d)钢绞线锚固后，工作锚以外保留 5cm，多余用砂轮切割机切掉，用水泥包封。

f.管道压浆

(a)压浆应在张拉结束后不超过 24 小时,采用 40#水泥砂浆对予应力管道进行灌浆。

(b)压浆水泥用 525#普通硅酸盐水泥,水灰比不大于 0.4,水泥必须过筛(40—80 目),水泥浆应有足够流动性(可掺缓凝减水剂)。

(c)压浆应遵守下列规定:

①锚具出浆门必须出浓浆时才能关闭。

②孔道进浆阀门,保压力 0.6--0.7Mpa 持续 2 分钟无漏水时关闭。

③水泥砂浆初凝后方可卸压浆阀。

④压浆应一次完成,压浆中途发生故障,间隔时间不超过 40 分钟,否则用压力水冲洗干净,研究处理再继续灌浆。

(d)安全注意事项:

①穿束、张拉、压浆时,两端必须有联络措施(对讲机)

②张拉时千斤顶正前方不能站人。

③穿束、张拉、压浆时人要偏离孔道,防止意外。

④工作前作好安全交底工作,严格执行现场施工安全操作规程。

钢筋砼梁、板构件安装

1 施工方法

1) 构件达到规定强度时,用吊机移运至堆放场,在吊点位置下承垫横枕木,放置稳固。

2) 堆放构件的场应平整压实,不沉陷、不积水。

3) 构件应按吊装次序、方向水平分层堆放,标志向外,板梁平放,一般不宜超过三层,要逐层支撑牢固,层与层间要以垫木隔开,相邻构件间要留出适当宽度的通道。

4) 起吊梁板可用吊钩钩住吊环或通过预留孔用钢丝绳起吊,起吊时注意不得损伤砼。

5) 梁、板吊装前,应检查砼质量及截面尺寸,如有缺陷要及时修补,以免安装时发生困难。

6) 梁、板运输可用平板车或大型拖车,运输时构件要平衡放正,作用特制的固定架,防止倾复,并采取防止构件产生过大的负弯矩的措施,以免断裂。

7) 构件吊装前,在每片梁板二端要标出竖向中心线,并在墩台面上放出梁的纵向中心线、支座纵横中心线、梁板端位置横线以及每片梁板的具体位置。

8) 根据具体情况,选用不同的安装方法:

(1) 自行式吊机架设法:即直接用吊车将运来桥孔的梁板吊放到安装位置上。

①一台吊机架设法

②二台吊机架设法

③适用条件:平坦无水桥孔的中小跨径预制梁板安装

(2) 简易型钢导梁架设法:将用型钢组拼成的导梁移运到架设桥孔,在导梁上铺设轻轨,将砼梁用轨道平车运到桥孔,再用墩顶龙门吊机将梁横移就位,之后随着架梁的需要,移动导梁和龙门架。

适用条件:地面有水,孔数较多的中小跨径预制梁板安装。

(3) 联合架桥机架设法:采用钢导梁配合墩顶龙门、托架等完成预制梁的安装。在导梁上铺设钢轨,托架通过钢轨托运龙门吊机在墩顶就位,系好缆风绳,将预制梁装上平车运到桥孔导梁上,利用二个龙门吊装就位或完成横移,接着导梁前伸,用龙门将未吊装好的梁吊装就位,托架托运龙门吊机前移,用同样程序中吊装下孔。

适用条件:孔数较多的中型梁板吊装。

(4) 双导梁架桥机架设法:将轨道上拼装的架桥机推移到安装孔,固定好架桥机后,将预制梁由平车运至架桥机后跨,二端同时起吊,横移小行车置于梁跨正中并固定,将梁纵移到安装跨,固定纵移平车,用横移小平车将梁横移到设计位置下落就位,待一跨梁全部吊完,小行车置于梁跨正中固定,将梁纵移到安装跨,固定纵移平车,用横移小平车退到后端,前移架桥机,拆除前支架与墩顶联结螺栓,把前支架挂在鼻架上。重复上述程序进行下一跨梁的安装。

适用条件：孔数较多的重型梁吊装。

- (5) 跨墩龙门架架设法：预制梁由轨道平车运至桥孔一侧，用二台同步运行的跨墩龙门吊将梁吊起再横移到设计位置落梁就位。

适用条件：无水或浅水河滩，孔数较多的中型梁板安装。

- (6) 浮运、浮吊架梁：将预制梁用各种方法移装到浮船上，浮运到架设孔以后就位安装。浮运架设的方法有①将预制大梁装船浮运至架设孔起吊就位安装法②将预制大梁装载在一艘或两艘浮船中的支架枕木梁上，使梁底高度高于墩台支座顶面 0.2~0.3 米，然后浮船拖运至架设孔，充水入浮船，使浮船入水加深，降低梁底高度使大梁安装就位③浮船支架拖拉架设法：将梁的一端纵向拖拉滚移到岸边的浮船支架上，再按移动式支架架设法的方法拖拉浮船至安装位置，用龙门架或人字扒杆安装就位。

预制梁装船的方法有①用大吨位、大伸幅的吊车将梁从岸上吊装至浮船上②用大吨位、大伸幅的浮式吊机将梁从岸上吊至浮船上③用栈桥码头将预制梁纵向拖拉上船④用栈桥码头横移大梁上船。

大跨径钢管拱加工与现场预拼施工

1 钢管拱工厂加工制作

钢管拱的加工制作和现场安装质量直接决定着桥梁的功能和使用寿命。因此，应选择有资质、有能力、有经验和有条件的生产厂家在工厂内加工制作。当工厂内拼装场地和运输条件受到限制时，也可以选择工厂加工与现场预拼相结合的办法。

1.1 选材

钢材质量是钢管质量的基础，其机械性能和化学成分指标应符合《钢结构设计规范》(GBJ17-88) 的标准。由监理工程师和施工单位负责人对每批进场的钢材作质量检查，验证出厂合格证书和材质试验报告单。其它焊接加工材料应满足设计和《钢结构工程施工及验收规范》(GBJ205-83) 中的要求。

1.2 钢管卷制

根据施工图设计线形、座标表、预拱度表等文件资料，在工厂内预拼台座上将钢管拱(包括主拱管、缀板、腹杆、斜撑、横撑和 X 形撑)以 1:1 比例放出施工大样，量取各构件的设计下料尺寸，并对部分单元构件制作纸样。然后对主拱管 2.0 m 设计基本管节进行卷制。基本管节必须是整块钢板沿钢板压延方向卷制而成，采用半自动氧割机下料、滚床卷板机卷制。卷制前，应根据设计和规范要求将与钢管纵缝和环缝相对应的板边分别开好坡口，采用纵向氧吹双面坡口。纵缝在设置的专用夹具上分 3 次焊接。成形的钢管，要采用纠圆机整体校圆。在无应力状态下管口椭圆度控制在 3 mm 误差以内。

1.3 焊接

焊接施工以《钢结构工程施工及验收规范》(GBJ205-83) 的规定为标准。焊缝均按设计要求全部做超声波探伤检查和 X 射线抽样检查(抽样率大于 5%)。焊缝质量应达到二级质量标准的要求。焊接施工前，必须做焊接工艺试验评定，可参照《公路桥涵施工技术规范》(JTJ041-89) 附录 15-2 的要求进行。通过试验评定，确定各钢材焊接所需合理的焊条、焊剂、电流、电压、焊接方式及速度和焊缝的层数、平焊、立焊、仰焊的运条手法等，确定温度影响对构件几何尺寸及变形形态的影响程度，制定合理的焊接工艺与工艺规程，指导实际生产。

基本管节制作时，在卷制成管后先用手电焊打底，然后焊接管内 4.5 mm 厚，再用自动电焊机对管外自动焊接。纵缝略高于母材 1~2 mm。制作主拱管安装节段时，在加工胎架上先进行平面放置组装。胎架在竖直面内按施工拱轴线起拱。胎架长度不小于 30 m，用于钢管对接、上缀板和下缀板的组装焊接。钢管对接时，纵缝布置相互错开，环缝分布与管轴线严格垂直。环缝采用人工电焊打底，自动电焊成形。焊缝经检验合格后才进行缀板焊接。

单哑铃形钢管拱构件制作时,先焊接桁拱拱轴线内侧的缀板,然后焊接其外侧的缀板。在施工内侧缀板之前,须先将外侧缀板安装到位并手工电焊打底和定位。焊接过程中应注意胎架及构件自身的临时刚性定位和对称交错施焊,防止结构变形,减少初应力影响。

1.4 腹杆、横撑(X形撑)单件制作

根据厂内 1:1 比例放样及纸样,结合焊接工艺试验评定参数,进行 $\phi 400 \times 10$ mm 腹杆、 $\square \phi 500 \times 12$ mm 横撑(及 X 形撑)、 $\phi 299 \times 8$ mm 横联撑杆和隔板等构件的放样与下料。所有钢管构件均在指定工厂卷制成型。

1.5 防腐处理

全桥钢结构在出厂前均采用长效复合防护涂层技术进行防腐处理。处理方案为:水中各节段喷砂等级为国标 Sa3 级,干处各节段喷砂等级不低于 Sa2.5 级;防腐结构水中各节段第 1 层为 200 μ m 热喷锌,第 2 层为 75 μ m SZ-1G 无机富锌,第 3 层为 30 μ m SA-1 面漆,第 4 层为 20 μ m 881 聚胺脂饰锌面漆;防腐结构干处各节段第 1 层为 100 μ m 热喷锌,第 2 层为 30 μ m SZ-1G 面漆,第 3 层为 20 μ m 聚胺脂铝粉装漆。

构件经运输进场、现场预拼、起吊安装及最终成拱之后,对运输和施工过程中被损伤的防护层,应进行现场防护处理,确保钢管拱在 25~30 年内不受腐蚀(30 年后应进行第 2 次防腐处理)。

1.6 半成品构件的运输与存放

在工厂内将原材料依设计与施工要求加工成半成品的组合单元构件,并作长效防腐处理之后,再运入现场完成剩下的整体桁式拱结构的预拼焊接成型工作。根据施工安装顺序,统一对全桥钢管拱各半成品构件进行顺序编号、标记和存放。在转运、堆放过程中,严防构件被碰撞、挤压而变形或损伤。

2 钢管拱现场预拼

经过工厂加工制作、进到施工现场的钢管拱半成品组合单元主要有:单哑铃形主拱管、腹杆(及斜腹杆)、横撑、横联撑杆以及隔板、拱脚连接板等。这些单元构件进场后应按照拼装顺序分类堆放,逐一进行现场预拼与安装。

2.1 预拼台座制作

现场预拼按卧式组拼方案施工。预拼台座平面布置是根据设计图纸进行坐标换算后的控制参数来进行施工放样的。主拱管预拼台座纵向可同时制作相邻两节段。横撑(X形撑)预拼台座布置一组,先制作横撑,再改制 X 形撑。

台座为条凳式底座。在 25 m 长度范围内设置有 5 条横向条座。条座宽 80 cm。钢管端口支承处条座长 12.5 m,每节钢管中部条座长 7.0 m。台座采用 7.5 号浆砌片石材料,表面用水泥砂浆抹平以便测量放样。台座埋入地面 10~30 cm 深,要求地基密实、稳定。台座顶面高出地面 50 cm,并呈水平。施工时,按制作需要预埋定位钢板(位置依测量放样而定,为 500 mm \times 600 mm \times 12 mm 钢板)、胎架支承钢板以及备用锚环。

2.2 胎架制作

在预拼台座上制作稳固的刚性胎架。按施工大样尺寸并预留工作调节空间,用钢板(厚 10~16 mm)、型钢(180~220、100~160)焊拼成预拼构件的水平支承杆、垂直定位立杆和稳定限位斜撑。用经纬仪和水准仪控制胎架的水平与垂直精度。

2.3 主拱管定位

采用经纬仪按换算坐标在台座上放出主拱管的对接口投影线。采用场地龙门吊机将主拱管 2 个分片吊入胎架。在留有余长的主拱管两端放出对接口环缝样线。通过调整定位,使 2 个分片的管轴线水平间距为设计坐标值,单个分片上下主管中心线所在平面与胎架水平底线垂直,对接口环缝样线与台座上的对接口投影线重合。精确定位后用限位撑杆焊接固定在胎架上,再用仪器复查一遍。当几何尺寸精度控制合格后,割除端口长度余量(长度的确定应考虑焊接影响),打好坡口并打磨光滑,保证对焊能顺利进行。

2.4 现场预拼焊接

将已制备好的接头支撑杆准确焊拼到主拱管端口附近,距对接口约 30 cm。接头支撑杆组拼形式见图 3,并具有足够的刚性,以保持主拱管端口的对接几何尺寸。腹杆焊接按从下到上、先直腹杆后斜腹杆的顺序组拼,焊接时采取对称交错、分段反向顺序。组拼过程中,严格监测钢管拱的组拼尺寸误差。

由于现场焊接仰焊难度较大,为保证焊缝质量,在完成整个节段的平焊与立焊后,利用龙门吊机将预拼节段整体翻身,再焊接另一面焊缝。在翻身前的施工中要注意按要求对仰焊缝作手工电焊打底,并先组

拼焊好隔板,翻身过程中要轻柔、平缓,设置必要的支垫或拉绳,防止冲击和集中受力。翻身后对原仰焊进行平焊之前,抽样检查钢管拱截面的主要控制尺寸,预防变形。

预拼好的安装节段,起吊前要在地面焊接好各类吊装辅助构件,设置横联位置和测量控制标记,安装焊接检修通道。

2.5 相邻标准安装节段对接口地面处理

为了减少空中对焊精确对位的工作量和施工难度,预拼成型的安装节段必须作对接口的地面预接和必要的技术处理。由于钢管拱在制作的过程中会遇到各种因素的影响,主拱管的椭圆度误差客观存在,且两相邻节段接口的椭圆形态不一致。施工对接时,对接口钢板(管壁)相互错位现象普遍存在,错位值一般有1~5 mm、甚至可达到20 mm以上。为此,预拼现场每组合座上的两节钢管拱要在起吊前进行预接整圆,相互对应着设置夹具和记号,使每道对接口的4根钢管、8个接口端面钢管圆环的对接错位误差限制在 ± 1 mm内。起吊时,相邻节段解体后先吊走安装节段,再将后安装节段移位到已经吊走节段的原胎架位置上,再进行新一节段的预拼。这里,随着节段的推进,主拱管节段尺寸亦在随之变化,胎架上限位撑杆的位置亦需作相应的调整。

2.6 空中对焊

本桥钢管拱采取分节段焊接成拱。这对钢管拱的加工制作、现场预拼和空中对焊以及缆索吊装-扣定系统都提出了很高的技术要求,增大了整个安装工程的难度,同时大大延长了安装工期。钢管拱安装节段经缆索吊装就位后用预设接口定位钢筋(或钢板)进行初定位,根据经纬仪和水准仪(或全站仪)的线形控制指令,利用缆索吊机、横向稳定风缆和手拉葫芦对它进行竖、横、纵及旋转四维调整,使对接口两两吻合。对失圆误差和中心距微小误差,可利用钢质夹具空中整形,必要时可以采用千斤顶配合。对变形或错位较大,超出规定要求的接头,应采用钢板衬板(或预制备用的钢管环形箍)进行加强处理,确保成拱质量。

2.7 横撑(X形撑)现场预拼

横撑(X形撑)进场单元构件利用场地龙门吊机组拼焊制成安装桁式单片,利用缆索吊机安装。其现场预拼施工流程为:横撑(X形撑)通用台座和胎架制作、放样划线、弦管吊运定位、撑管组拼定位、焊接、检测、起吊外移、下一单元预拼。

3 钢管拱预制质量控制

3.1 焊缝质量

焊缝质量符合国标二级质量标准的要求《钢结构工程施工及验收规范》(GBJ205-83)

3.2 几何尺寸允许误差

(1) 钢管拱轴线:基本管节取直线,起弧方向允许偏差1 mm,起弧反向允许偏差0 mm;单哑铃形管节允许偏差 ± 2 mm;标准安装节段允许偏差 ± 3 mm;成桥后拱轴线允许偏差 ± 10 mm或 $\leq L/15\,000$ 。

(2) 横截面外形:钢管椭圆度 ± 3 mm或 $\leq 3/1\,000$;整体长和宽允许偏差-0 mm、+5 mm;四肢主拱管两条中心对角线长度允许偏差 ± 3 mm。

(3) 长度:基本管节为 ± 2 mm;单哑铃形管节为 ± 5 mm;安装成拱的各接口桩号(即拱跨纵坐标)允许偏差 ± 20 mm(限制安装节段的误差累积)。

(4) 断面安装垂直度:单条拱肋断面安装垂直度 ± 3 mm。

(5) 缀板焊接位置: ± 2 mm。

(6) 腹杆、斜杆组装:杆中线(管中线)与主拱管竖直对称面之间的偏离距离为 ± 2 mm;杆与主拱管连接的沿弧长方向的位置为 ± 5 mm。

3.3 防腐处理

防腐处理按设计要求和有关规范《钢结构工程施工及验收规范》(GBJ205-83)、《公路桥涵施工技术规范》(JTJ041-89)办理。

桥面工程施工

桥面工程内容包括防水层铺装、排水防水系统、防撞护栏安装、伸缩缝安装等。

桥面工程的施工顺序为:浇筑空心板梁湿接缝砼、安装泄水管,浇护栏砼、绑桥面铺装钢筋、浇筑桥

面砼、安装护栏、设置伸缩缝。

1. 浇注湿接缝砼、安装泄水管，浇筑湿接缝砼时首先清除结合面上的浮皮，并用水冲洗干净，湿接缝内砼必须振捣密实。

2. 护栏施工：在桥面上通过桥面中线测出护栏底座的外边缘，边缘应保持全桥平顺，保证桥面宽度。钢筋的绑扎焊接分段进行，拉线控制，模板采用滑移钢模，通过桥面进行加固，在浇筑砼前预埋好护栏支架埋件，并注意调平定位板。护栏座在伸缩缝处断开，另外接要求设置一道温度伸缩缝。

3. 桥面砼铺装施工：为使铺装层与梁体结合好，梁顶应在预制时拉毛，浇注湿接缝砼后再将桥面冲洗干净，绑扎钢筋用砼垫块把桥面钢筋垫起，安装泄水管，然后全桥面浇筑砼铺装层，用槽钢在桥面两侧立模进行防水铺装层浇筑，用真空吸水机组吸水，表面拉毛，以利与面层结合良好，伸缩缝按设计尺寸预留。

4. 护栏安装：栏杆支架及栏杆要安装顺直，支架栏杆焊接牢固。

5. 伸缩缝安装：伸缩缝材料、安装方法及技术要求严格按设计图及《技术规范》施工，并注意浇筑铺装层砼时留出伸缩缝安装槽口。

桥梁上部结构施工

1. 后张法预应力空心板梁

(1) 空心板梁预制施工工艺

①首先规划预制厂地，平整压实，处理好场地地基，按设计图纸铺设板梁底模。

②由钢筋班按图纸下料，制作钢筋，运到现场，在底板上按设计位置绑扎。

③波纹管用机械卷制，按设计长度连接，接头处用胶带缠牢，防止漏浆，按设计位置安放并牢固固定。

④板梁蕊模采用订购橡胶蕊模，内充空气，用定位钢筋将其固定。

蕊模安放前要进行充气检查，保证不漏气。

⑤模板采用大型钢模板整体拼装，模板侧模应支撑牢固，尺寸准确，保证顺直，上、下都要用螺栓拉牢，保证不变形，不漏浆。

⑥板梁砼采用 500L 以上强制式拌合机现场拌制，小翻斗车运输，人工输送入模，浇注砼时应注意浇注顺序和厚度，振捣时应避开波纹管 and 橡胶蕊模，防止因振捣不当而使胶囊上浮、变形。板梁砼浇注后应进行收浆抹面，并在定浆后进行二次抹面、拉毛。

⑦掌握好抽出蕊模的时间，及时将橡胶蕊模抽出洗净。

⑧板梁浇注后及时覆盖养生，保证砼的湿度。

⑨到一定强度后拆除模板，砼强度达到 100% 时穿钢绞线，用两端张拉法进行张拉，用校正好的千斤顶张拉，张拉顺序如下：

0→初拉力→ $1.05FK$ (持荷 5 分钟)→ FK FK 为张拉力

张拉采用应力和伸长量双控。当伸长量超过设计值 6% 时，应松张预应力，查明原因重新张拉。张拉初值控制在 10-25% 之间，取 10% 为拉力，预应力钢材伸长量为初拉力以后测得的伸长量，加初应力时推算伸长值。如有滑丝、断丝应按规范规定处理。

压浆机应能制造合格稠度的水泥浆，压浆机必须能以 0.7MPa 的常压连续作业。压浆停止时，压浆机要照常循环并搅拌。在泵的全部缓冲板上应装上 1.0mm 标准孔的筛式滤净器。压浆孔道应保持压力。压浆必须充满所有的波纹管。

按要求封锚，到强度后即可起吊出底模板。

(2) 预应力空心板梁安装

吊装前对桥位现场进行认真地平整压实。

板梁安装采用 2 台 30t 吊车，两端同时吊装，用拖挂车运输。板梁安装注意梁体位置摆放准确，支座安装正确，并使支座与板梁接触密实牢固。

(3) 桥面铺装

①桥面铺装前需现浇板梁间接缝砼并连接钢索张拉压浆后，才能进行桥面施工。

②绑扎桥面钢筋网，测量桥面控制标高，支模板，空压机清理板梁上杂物，并洒水湿润板梁。

③桥面铺装为连续钢筋混凝土，砼在拌和站集中拌和，罐车运输，泵车输送至桥面，插入式振捣器和平板振捣器振捣，行夯刮平。

④桥面铺装要控制好桥面砼标高和平整度，误差不大于 $\pm 10\text{mm}$ ，施工中在桥面钢筋上安放行夯钢管轨道，每隔三米测量一控制点，确保桥面标高，平整度和横坡度，桥面砼一定要进行二次收浆、拉毛，及时喷洒养生剂或其他方式养生以防开裂。

2. 现浇钢筋砼箱梁

(1) 钢筋混凝土箱梁施工工艺

①基础处理：箱梁施工前，首先将桥跨处场地推平、碾压，压实度达到 95%以上，个别软弱地基填以灰或砂砾，分层夯实，确保地基承载能力 $200\text{KN}/\text{平方米}$ 。然后根据支架设计间距放出支架基础位置，上铺 5 厘米细砂，在细砂上沿横桥向铺设钢板桩，钢板桩口朝上，做为支架条形基础。

②箱梁模板支架采用碗扣式满堂支架，支架在纵向每隔 1.2 米布设一道，横桥向在底板处间距 1.3 米，腹板下 0.3 米，翼缘板处 1.5 米。支架下部为螺旋调整底杆，顶端为螺旋调整顶托，长度分别为 50 厘米。碗扣支架搭设后，均有纵横向连杆，保证支架结构稳定。支架顶端用 50 型轻轨做为横梁。

③箱梁底模采用钢柜架式大型底模，上镶 4 厘米木板，木板上铺 2 毫米厚钢板，在支架搭设好后，根据桥轴线对支架进行调整，然后安装箱梁底模，并进行轴线和标高调整，均满足要求后再安装箱梁侧模板，侧模板从梁一端顺序安装，要求接缝严密，相邻模板接缝平整。箱梁侧模板采用柜架上镶高强防水胶合板，以确保箱梁外观质量，箱梁内模均采用木支架，组合钢模板和木模板拼装。

④支架、模板预压：用相当于浇筑段箱梁重量的 80%对支架模板进行预压，以消除支架体系的非弹性压缩。待此非弹性压缩稳定后即撤除预压。

⑤钢筋由钢筋班下料成型，先绑扎底板钢筋，再绑扎横隔板和腹板钢筋，绑扎定位牢固后，支内腹板模板和堵头模板，经驻地监理工程师中间检查合格后，方可浇筑砼。

⑥第一次浇注砼至腹板与翼缘板接合处，是指底板、腹板和横隔板的砼，砼在浇注中，采用拌合楼集中拌制、6 立方米罐车运输，砼泵车输送入模，插入式振捣器振捣，在浇注腹板时，要掌握好浇注厚度，浇注顺序由一端向另一端斜坡式浇注，振捣时要控制好时间，不要振坏模板。和翼缘板接合处要抹平，使二次浇注接头整齐美观。浇注后应及时养生。

⑦拆除内腹板模板，安装箱顶板底模，结构体系为钢（木）支撑组合钢模，在顺桥向每箱室零弯距点外顶板上予开一天窗，以便拆除和取出箱体顶板底模。

⑧绑扎顶板钢筋，设置控制砼面顶面标高点，经驻地监理工程师检查合格后，浇注第二次砼。浇注顶板砼时在顶板钢筋上布设行夯轨道，控制顶板标高，顶板表面一定要进行二次收浆抹面，拉毛，及时养生，防止大面积裂缝。

⑨在箱梁砼达到 80%设计强度以后，拆除内外模板支架体系。最后对于天窗采用吊模板，焊接钢筋网，用砼封死天窗口。

3. 后张法预应力 T 梁

(1) 梁预制

①首先规划预制场地，平整压实，处理好场地地基，按设计要求铺设底模，并在底模两侧埋设支撑模板的锚桩。

②由钢筋班按图纸下料，制作钢筋，运到现场，在底板上设计位置绑扎。

③波纹管用机械加工好，按设计长度连接，接头处用胶带缠牢，防止漏浆，按设计位置安放并牢固定位。

④模板采用工厂加工钢模板整体拼装，并在模板上设计安装附着式振捣器，上下口用螺栓拉紧，侧模支撑要牢固，尺寸要准确，保证不变形、不漏浆。

⑤T 梁砼采用 $25\text{m}^3/\text{h}$ 强制式拌合站现场拌制，小翻斗车运输，人工输送入模，浇注时应特别注意腹板处的砼浇注，掌握好附着式振捣器和插入式振捣器的振捣，保证不出现蜂窝麻面，不损坏波纹管。梁顶面要进行二次抹面、拉毛，并及时覆盖养生。

⑥其它预应力施工各工序与前面介绍的相同。

⑦计划铺设 15 个底模，加工 5 套侧模，预应力双龙门架起吊移梁。

(2) T 梁吊装

T 梁吊装拟采用双导梁、龙门架吊装。其步骤为：

a. 根据 T 梁重量设计导梁和龙门架、蝴蝶架，准备用贝雷梁拼装导梁和龙门架，导梁长 45 米。蝴蝶架用型钢加工。

b. 根据设计图纸在桥头拼装导梁、龙门架，加工蝴蝶架。

c. 在桥孔搭设导梁临时支墩，在墩台两侧搭设跨墩龙门支架。

d. 用卷扬机滚筒拖拉导梁就位。

e. 在桥头引道和导梁上铺设枕木轻轨。

f. 用蝴蝶架托龙门架就位。

g. 桥头预制厂用龙门架起吊 T 梁，装平车，卷扬机拖梁上桥。

h. 桥上龙门架起吊，横移就位 T 梁。

i. 导梁位置 T 梁先吊放在两侧已吊好的梁上。

j. 拖移导梁到前方第二孔。

k. 安装就位原导梁位置处 T 梁。

l. 铺设桥上枕木、轻轨。

m. 用蝴蝶架把龙门架移到第二孔。

n. 第二孔吊梁方法同第一孔相同，依此类推。

T 梁吊好后要支撑牢固，并连接起来。

(3) 桥面铺装

①支桥墩、横隔梁和两 T 梁翼缘板之间的模板，绑孔钢筋，浇注砼。先现浇梁间接缝砼。

②绑扎桥面钢筋网，测量桥面控制标高，支模板，空压机清理梁上杂物，并洒水湿润梁面。

③桥面铺装为连续钢筋砼，砼在拌和站集中拌合，罐车运输，泵车输送至桥面，插入式振捣器和平板振捣器振捣，行夯刮平。

④桥面铺装要控制好桥面砼标高和平整度，误差不大于 $\pm 10\text{mm}$ ，施工中桥面钢筋上安放行夯钢管轨道，每隔 3 米测量控制点，确保桥面标高、平整度和横坡度，桥面砼一定要进行二次收浆、拉毛，及时喷洒养生剂以防开裂。

桥梁工程施工方案实例

桥梁工程施工方案

1、施工方法

钻孔桩采取平地筑岛，埋设护筒，泥浆护壁，循环钻成孔（冲击钻配合），成孔后下钢筋笼，利用导管灌注水下砼。

2、施工工艺

详见《钻孔桩施工工艺框图》。

3、施工要点

（1）材料要求：

水泥、细集料、粗集料、水和附加剂、砼拌和、输送、养护符合《结构砼工程规范》的规定。

（2）导管灌注水下砼还应符合下列要求：

- ①水泥标号不低于 425#，初凝时间不低于 2.5h。
- ②粗骨料宜选优质级配良好的碎石
- ③骨料粒径不得大于导管 1/8 和钢筋最小净距的 1/4，同时不得大于 40mm。
- ④砂子选用级配良好的中砂。
- ⑤坍落度宜为 180~220mm。
- ⑥水灰比在 0.5~0.6，水泥用量不少于 350kg/m³。
- ⑦钢筋应符合《技术规范要求》。

（3）测量定位：

首先要平整场地，清除杂物，换除地表层软土，夯压密实。然后采用全站仪，根据桩位坐标放出钻孔桩的中心位置，并设立护桩，对护桩采取水泥砂浆加固，设立明显标志。

（4）埋设钢护筒：

钢护筒壁厚 $\geq 3\text{mm}$ ，高度为 3m，在护筒上、下端和中部的外侧各焊一道加劲肋，护筒内径比桩径大 30cm，护筒顶设出浆口，人工挖掘埋设法设置钢护筒，钢护筒的位置准确，不倾斜。埋设时，护筒中心轴线对正测量标定的桩中心，偏差不大于 5.0 厘米，倾斜度的偏差不大于 1%。护筒顶面高出地面 0.5 米，护筒埋深 2.5 米，护筒周围 1.0m 范围内采用粘土回填，夯实至护筒底 0.5m 以下，在护筒顶部焊吊耳。钻进过程中经常检查护筒是否发生偏移和下沉，并及时处理。

（5）钻机就位

钻机下部铺垫枕木，钻锥中心轴线对正桩位中心，对操作人员进行开钻前教育。机械移位由汽车吊配合。

（6）泥浆制备

拌制泥浆粘土严格选取，控制好含砂率，试验测试确定泥浆性能，相对密度 1.06-1.10，失水率 15-20 毫升/30 分钟，泥皮厚度小于 3 毫米/30min。粘度 18-28S。如不能满足要求，加膨润土重新试验确定。

（7）钻孔

桩的钻进分班连续作业，护筒内的泥浆顶面，始终保持高出筒外水位或地下水位 1.0-1.5m 以上。施工中经常测定泥浆性能，保证护壁效果。并做好详细的钻孔记录，经常注意土层的变化，查看地质资料。每进尺 3 米测钻杆的倾斜度，以便及时进行调整。钻孔桩时详细记录钻孔时间进度，地质状况等情况，按隐蔽检查记录表详细记录入册，列入竣工档案和监理工程师验证的依据，并随时核对地质情况。

（8）终孔

钻孔达到设计标高，对孔位、孔深、孔径、孔形倾斜度等情况，进行检查，满足要求后通知监理工程师进行成孔检验。

（9）清孔

采用换浆法清孔，采用比重仪控制，使泥浆比重达到规范要求。清孔后沉淀层厚度控制在 300mm，如

果清孔后 4 小时尚未开始浇筑混凝土则对孔底进行重新清理。清孔过程中始终保持孔内原有水头高度，以防塌孔。

（10）钢筋笼制作及安装：

钢筋及钢筋搭接、对接焊试件经力学检验合格后使用。钢筋除锈后，按图纸尺寸兼顾弯曲伸长量下料制作。制作钢筋笼时，确保其顺直，焊接牢固。为了使其在运输及吊运时，不散架，不弯形，在起吊位置设加强箍筋和吊环。钢筋笼分节制作，采用汽车吊安装就位，接头采用搭接焊或钢筋对头加帮条焊，接头按规范要求交错布置，为防止钢筋笼在砼浇筑过程中发生浮笼现象，设置地面框架固定钢筋笼。并在箍筋上每 2m 设不少于 4 对穿心圆式混凝土垫块。

（11）安设导管

导管使用无缝钢管，板厚 8mm，直径 250mm，中间节长 2m，底节长 4m，接头用法兰盘连接，底节导管下端没有法兰盘。导管使用前进行试拼、试压，不得漏水，并编号及自下而上标示尺度。

（12）灌注水下混凝土

砼灌注前应先试拌，选定配合比各种参数，严格控制砼的坍落度和和易性、连续性，防止卡管。采用直升导管法灌注水下混凝土。导管上设漏斗，漏斗下设隔水栓。开始时漏斗中储备足量的混凝土拌合物，其数量保证在切断隔水栓首批混凝土灌注下去后，导管下口埋入混凝土中 1-3m。以后连续快速灌注，混凝土拌合物通过导管进入已灌好的混凝土中，并始终保证导管口埋在混凝土中，（控制在 2m-6m 范围内）。让灌好的混凝土顶托着上面的泥浆和水逐步上升。为使灌注工作顺利进行，尽量缩短灌注时间，使整个灌注工作在首批混凝土初凝以前完成。

混凝土的坍落度采用 18cm-22cm，骨料采用河砂、碎石，粗骨料粒径采用 2cm-4cm。

水下混凝土灌注过程中，专人测量混凝土高度及导管埋入深度，并做好水下混凝土灌注记录。

砼灌注桩应高于设计标高 0.8m、待砼强度达到 75%，凿除桩头后再与系梁一起重新浇注完成。

截桩头及无损检测：

灌注混凝土基桩完成后 3 小时，超灌的混凝土用人工凿除，注意防止对桩基非清除部分损坏和扰动。对监理工程师指定要进行检测的桩，按规定进行无损检测或钻芯取样。

（二）墩柱、系梁、盖梁台身施工

1、施工方法

该桥墩设计桩顶系梁相接，柱顶设计盖梁，系梁及桥台施工采用挖掘机配合人工挖基，系梁、台基础采用砼型组合钢模，墩柱、台身采用砼型钢型一次性浇筑达到标高。

2、施工工艺

系梁、墩柱、盖梁台身施工采取分部进行，流水作业施工，即：挖基础→破桩头→立模→系梁钢筋→灌注砼→墩柱钢筋定位→墩柱放样定位→绑扎立柱钢筋→立墩柱模板→脚手架→盖梁模板→盖梁钢筋→墩柱、盖梁砼灌注→养生。

3、施工要点

承台基坑开挖采用挖掘机配合人工开挖，根据地下水位情况进行基坑排水，检测基坑底标高，进行基底处理，测量放样。

破桩头按设计图纸多余的钻孔桩头破掉，将钢筋头弯成喇叭口，并绑扎好，测量放样立系梁模板、绑系梁钢筋，经监理工程师检查后再进砼的灌注。

立墩柱模板之前应用全站仪进行精确的定位并弹出十字线，对系梁的标高认真的测量。

墩柱的钢筋绑扎搭接应按设计要求进行，模板和钢筋笼之间要垫好垫块，保证钢筋的保护层厚度。

立模板采用吊车和人力配合将整体钢模安装就位，外搭脚手架固定模板和盖梁模板的支撑，经监理工程师检查合格后开始灌注砼至盖梁顶部。

当砼强度达到 75%拆除底模，砼灌注完后 12 小时以内及时进行湿润法养护，养护时间不少于 7 天。

（三）空心板梁预制

1、预制场施工概述

预制场布置 4 条张拉台座，并配备一组 40T 龙门吊和一组 10T 龙门吊，进行模板的拼装、砼的浇筑和移梁等工作，并设相应的存梁区。同时设小型预制构件区预制涵洞盖板、涵管及其它小型预制构件。

预制场平面布置详见《预制场平面布置示意图》。

施工前将现场整平夯实，并浇筑 15cm 厚 C20 级混凝土，以方便地材的运输和储存。张拉台座为槽式台座，采用半埋入式。纵梁为 C35 级钢筋砼，纵梁两端各镶嵌一块 2cm 厚钢板，防止纵梁端部被破坏；固定横梁和移动横梁均由工字钢和加固肋板焊接而成；梁片底模全部采用固定式底模，即在两纵梁之间用 C25 砼作为底模基础，两侧面镶嵌角钢，并贴以橡胶条用以止浆，砼表面铺盖钢板，用以减小梁底磨擦。与制梁台座相对应的位置设存梁场，存梁场亦需整平夯实且需排水顺畅，根据梁板长度和梁板支撑点的位置布设存梁台座，存梁台座采用 C15 砼，断面为 25×25cm，且需注意存梁台座不得产生不均匀沉降。

为满足本工程砼施工质量，本合同段所需砼均由预制场内的砼搅拌站集中供应，搅拌站规模为 50m³/h。

2、劳动力安排

预制施工安排 120 人负责预制场施工，分成三个工班。第一工班负责钢筋加工及绑扎；第二工班负责模板加工及安装、第三工班负责砼浇注及养生。

3、先张法预应力砼空心板梁的预制

先张法预应力砼空心板的外模采用定型钢模，内模用充气芯模。张拉方法采取一端固定，一端整体张拉的方法，砼由拌和站集中供应，插入式振捣器振捣。

(1) 施工准备工作

平整压实地面，修筑张拉台座，张拉设备检查标定，作钢绞线检测，制作钢模板，订购芯模，为监理工程师提供实施性张拉施工方案等。

(2) 模板的制作、安装与拆除：

①模板的制作、安装与拆除：

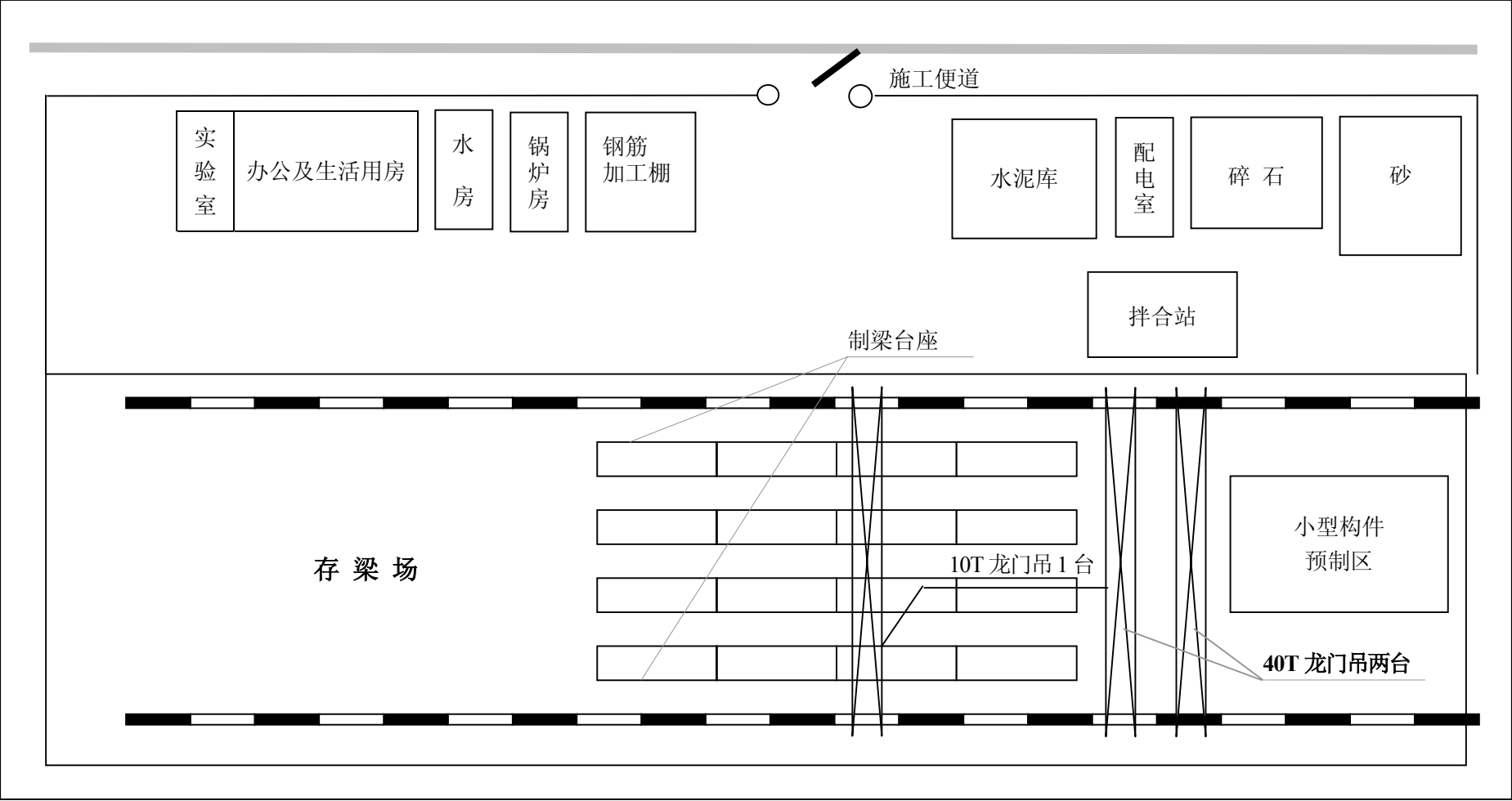
a、梁片外模采用定型组合钢模，内模采用充气芯模。模板各部位尺寸准确，表面光滑，无凹凸不平现象。为防止充气芯模在浇注砼时整体上浮，采用顶部压重法予以固定，严格控制芯模及钢筋骨架的位置，使其偏差符合设计要求。钢筋保护层采用垫块来保证。

b、模板的安装与钢筋的绑扎结合进行，钢筋骨架在底模上绑扎完毕后，支边模和端模。模板要支承牢固，误差在允许范围内。立模完毕经监理工程师检查合格并签字同意后进行下道工序施工。芯模安放要在底板砼浇注完成之后进行，在对芯模充气的同时进行顶板钢筋的绑扎。

c、模板的拆除对砼工程的外观及质量有很大的影响，在砼灌注前，模板上必须涂脱模剂辅助拆模，当砼强度大于 2.5Mpa 时，拆除不承重侧模，当砼强度大于 10Mpa 时，将芯模内的气体放出，并将芯模抽出。

②先张法预应力砼空心板梁施工，模板的制作除满足上述一般要求外，还有如下要求：

预制场平面布置示意图



a、先张台座的钢盖板作为预制构件的底模，要求地基不产生非均匀沉陷，底板制作必须平整光滑、排水畅通，为防止预应力筋放松梁体中段拱起，两端压力增大，梁位端部的底模增设 10mm 厚钢板，以满足强度要求和重复使用的要求。

b、端模预应力筋孔的位置要准确，安装后与定位板上对应的力筋孔要在一条直线上。由于施工中实际上存在此偏差，故制作端模时力筋孔径应比力筋实际直径增大 2mm。

c、先张法预应力砼板梁，预应力钢筋放松后板梁压缩量为 1%左右，为保证梁体外形尺寸，侧模制作要增长 1%。

(3) 钢筋及预应力筋的制作

①钢筋骨架的加工制作

钢筋的规格、型号必须符合设计要求，并且有出厂合格证和质量验收单，同时须经现场复检合格后方可使用。

钢筋加工前进行调查、除锈，钢筋的长度、弯折角准确，主筋接头用闪光对焊，焊接接头在构件中的位置符合设计要求及规范规定。

钢筋先将主筋点焊形成骨架，然后再细部绑扎。

钢筋骨架有足够的刚度，不易变形，且在浇筑时不得松散移位。同时，在钢筋与模板之间布置垫块以确保保护层厚度。

②预应力筋的制作

预应力筋采用钢绞线，其下料长度根据计算长度、工作长度和原材料试验数据确定，在台座张拉端和锚固端尽量用拉杆和连接器代替预应力筋，以减少预应力筋工作长度。

穿钢绞线。将下好料的钢绞线运到台座的固定端，采用向前推的方法穿束。钢绞线穿过横梁及塑料套管后在其前端安引导工具，以利于钢绞线沿直线前进。引导工具为一个钢管，前头做成固锥形状。穿束前各孔眼统一编号，对号入座，防止穿错孔眼。

③预应力筋张拉程序与操作

a、预拉前的准备工作

先张法梁的预应力筋在底模上整理好后，利用两端的纵梁对已加工好的预应力筋进行张拉。本工程中先张法梁采用一端固定，另一端整体张拉的方法进行施工。为了确保张拉预应力值满足设计要求，采用油表读数和伸长值双控制法。

张拉前，先安装定位板，检查定位板的力筋孔位置和孔径大小是否符合设计要求，然后将定位板固定在横梁上。再检查预应力筋数量、位置、张拉设备和锚具无误后，进行张拉。

b、张拉工艺

张拉程序：

先张法预应力筋张拉程序如下：

钢绞线 $0 \rightarrow \text{初应力} \rightarrow \sigma_{\text{com}}$ (持荷 2min 锚固)

σ_{com} ——张拉控制应力

调整预应力筋长度：安装好定位板后，将固定端与张拉端的工具锚环安装好，在张拉端用穿心式千斤顶对各根钢绞线进行预拉，在预拉时使每根预应力筋均匀受力，且使其保持拉直但不伸长的状态。

初始张拉：

一般施加 10%的张拉应力，将预应力筋拉直，锚固端和连接器处拉紧，在预应力筋上选定适当的位置刻画标记，作为测量延伸的基点。

正式张拉：

张拉时分级加载，每级荷载值为 20%控制应力。

持荷：

按预应力筋的类型选定持荷时间为 2min，使预应力筋完成部分徐舒，完成量约为全部量的 20%~25%，以减少钢丝锚固后的应力损失。

锚固：

补足或放松预应力筋的拉力至控制应力。测量、记录预应力筋的实际延伸量，并与理论计算值进行核

对，其误差要求在 $\pm 6\%$ 范围内，符合规定要求后，立即锚固，随后即可进行砼的浇注。

④张拉注意事项：

a、千斤顶必须同步顶进，使横梁保持平行移动，预应力筋均匀受力。当千斤顶的行程不能满足力筋伸长量要求时，可利用顶铁和顶块对力筋进行二次加载，即当预应力筋的伸长量达到千斤顶行程的 $2/3$ 左右时，将顶铁放入移动横梁与固定横梁之间，打开回油阀，使千斤顶回油，然后在千斤顶前端加入一定厚度的钢板做为顶块，继续分级加载拉至控制应力，顶块的厚度以终张拉时千斤顶行程达 $2/3$ 时为最佳。

b、持荷 2min，使预应力筋完成部分徐舒，以减少锚固后的应力损失。

c、补足力筋的拉力至控制力，测量、记录预应力筋的延伸量，并核对实测伸长值与理论计算伸长值，其误差在 $\pm 6\%$ 范围内，若不符合规定，找出原因及时处理。

d、为减少预应力松驰，可对预应力筋进行超张拉，但超张拉应力不得大于 $105\% \sigma_{com}$ 。

e、及时填写预应力张拉原始记录。

（4）预应力混凝土配料与浇筑

①预应力混凝土配料

预应力混凝土配料除符合普通混凝土有关规定外，还必须符合如下要求：

a、配制高强度等级的混凝土必须选择级配优良的配合比，本工程采用低塑性混凝土，坍落度 5~7cm，以减少因徐变和收缩所引起的预应力损失。

b、预应力混凝土所用的一切材料，必须全面检查，各项指标均要合格。

②预应力混凝土浇筑

a、混凝土浇筑前除按操作规程检查外，对先张构件还要检查台座受力、夹具、预应力筋数量、位置及张拉吨位是否符合要求等。砼采用拌和站集中拌和，砼的灌注采用 10T 龙门吊和 2 个容积为 $1m^3$ 的料斗，由梁中部开始向两端分层连续一次性灌注。采用插入式振捣器振捣，作业时注意振捣的时间和顺序，避免过振、漏振和离析，特别是振捣侧面砼时，要避免因过振而引起的芯模上浮，同时振捣时避免振捣器与预应力钢绞线直接接触，防止断丝。

b、混凝土浇筑除按正常操作规程施工外，还要注意以下事项：

先张构件使用振捣棒振捣时避免触及力筋，防止发生受振滑移和断筋伤人事故；

浇筑混凝土时防止内模上浮和偏位，随时检查定位箍筋和压块固定情况；

（5）砼的养生

为缩短砼的养护时间，加快模板的周转，本工程中所有先张构件均采用蒸汽养生。采用蒸汽养生要注意以下几点：

①开始加热时升温速度不能过快，每小时不得超过 $15^{\circ}C$ 。

②恒温温度与外界温度之差不得大于 $40^{\circ}C$ ，且恒温温度最高不得超过 $60^{\circ}C$ 。

③当砼强度达到设计强度后，即可结束恒温开始降温。降温速度也以每小时 $15^{\circ}C$ 为宜，当砼表面温度与外界温度之差不超过 $20^{\circ}C$ 时，即可结束降温，进行预应力筋的放松。

④在对砼进行加热时需注意，蒸汽不能直接喷在砼表面，以免砼局部受热，造成砼局部强度降低。

（6）预应力筋放松

当混凝土强度达到 100%后即可在台座上放松预应力筋。预应力筋放松采用千斤顶慢速回油法，放松时将回油阀打开，缓慢回油，逐渐放松预应力筋，放松过程与张拉过程相反进行。

预应力筋全部放松后，用砂轮机切去多余部分后进行封端砼施工。预应力筋的切割顺序，由放张端开始，逐次切向另一端。切割时由有效长度短的力筋开始对称进行。

（7）移梁与存梁

按设计的桥梁起吊位置用龙门吊将梁片移出预制区放入存梁区内，吊梁采用吊钩法，存放时注意下列事项：

①存梁场地要整平、压实且不可积水。

②梁片按起吊及安装次序堆放，并有适当通道，防止越堆吊运。

③所有梁片标以不易擦掉的记号，并准确记录砼浇筑、张拉的时间及日期，同时标注好梁片所用位置。

④梁片放置在垫木，吊环向上，标志向外，层与层之间以垫木隔开，各层垫木的位置在吊点处，上、

下层垫木必须在同一条竖直线上。

⑤梁片存入存梁区后，继续洒水养生。

⑥预制梁片与桥面铺装龄期之差不大于3个月。

(8) 施工技术要点：

①预制梁片时，中、边板交叉进行，并逐孔进行编号，做好记录。

②模板的安装和拆除均采用龙门吊，装拆时要注意：

a、在整个施工过程中要始终保持模板的完好状态，认真进行维修保养工作。

模板在吊运过程中，避免碰撞，严禁从吊机上将模板悬空抛落。

b、模板在首次使用时，对模板面认真进行除锈工作。除锈采用钢丝刷清除锈垢，然后涂刷脱模剂，脱模剂的涂刷要注意均匀，不遗漏。

c、拆装时，注意接缝处止浆垫的完好情况，若发现损坏及时更换，以保证接缝紧密，不漏浆。

③砼浇注施工要注意下列事项：

a、砼浇筑前对所有的操作人员进行详细的技术交底，并对模板和钢筋的稳固性及砼的拌和、运输、浇筑系统所需的机具设备是否齐全完好进行一次全面检查，符合要求后开始施工。

b、浇筑时，下料要均匀、连续，不要集中猛投而产生砼的阻塞。分段长度为4m~6m，分层下料厚度不超过30cm，上层砼必须在下层砼初凝之前覆盖，以保证接缝处砼的良好接合。

c、施工中随时注意检查模板、钢筋及各种预埋件的位置和稳固情况，发现问题及时解决。

d、浇筑过程中要随时检查砼的坍落度和干硬性，严格控制水灰比，不得随意增加用水量，前后台密切配合，以保证砼的质量。

e、每片梁除留足标准养护试件外，制作随梁同条件养护的试件3组，作为拆模、移梁等工序的强度控制依据。

f、梁片顶面进行拉毛，以利与桥面铺装良好结合。

g、认真填写砼浇筑施工原始记录。

(四) 梁片架设

本桥空心板梁、由预制场生产，当下部结构达到设计强度后，开始架梁，架梁之前先将梁中心线弹好，并量测板长、编号。然后在墩、台顶弹出中心线及梁端线，再按设计位置安放支座，最后用两台75T汽车吊完成吊装作业。

详见《桥梁安装施工工艺框图》。

(五) 桥面铺装

1、施工注意事项：

(1) 空心板梁与桥铺装砼的龄期施工间隔尽量缩短，以避免两者之间产生过大的收缩差。

(2) 桥面铺装在全桥宽上同时进行，为保证其与下面的砼构件紧密结合，对桥面铺装下面的砼进行，并用高压水冲洗干净。

(3) 砼铺装层预留好伸缩缝工作槽，沥青铺装层可不预留伸缩缝工作槽，但在安装伸缩缝前必须先进行切割沥青砼铺装所占的伸缩缝的位置。

2、砼铺装层

(1) 桥面铺装钢筋绑扎前，应进行清扫或用水冲洗，保证砼面无杂物及泥土。钢筋要调直，按规定间隔尺寸绑扎。

(2) 在浇注前对钢筋的焊接、模板等要认真检查合格后经监理工程师签证后，方能进行下道工序的施工。

(3) 砼在拌合站集中拌合，砼车运输，砼铺设要根据当时的气候、湿度等情况进行。砼铺设要均匀，其高度略高于完成的桥面标高，并用振动器压实以及整平板整平。

(4) 在修整之前清除表面的自由水，然后进行镏平、收浆、覆盖、养护工作。

(5) 在沥青砼铺装层施工前，视温度情况掌握刷毛时间，刷毛要均匀，厚度约2~3mm，并将其刷毛面清扫干净，覆盖继续养护，在养护期砼未达到设计强度前严禁通行。

3、防水层

铺设时，桥面板的表面要平整、干燥、干净，沿缘石或中间分隔带的边缘要封闭，以免桥面水渗入主体结构内。

4、泄水管

铺设时要避免堵塞泄水管，泄水管顶面与桥面铺装层底面齐平，下端按图纸施工。

5、沥青砼铺装层

- (1) 摊铺见路面热拌沥青砼面层的摊铺施工。
- (2) 在砼铺装层的强度达到设计等级的 70%以上时方能进行沥青砼层的铺装。
- (3) 沥青砼铺装层与路面沥青砼施工同时进行。

桥梁工程施工方法

1. 钻孔桩基础施工方法

1.1 钻孔场地平整

钻孔前平整场地，清除杂物，换除软土，夯打密实。钻机底座应置于坚实的填土上，以免产生不均匀沉降。场地的大小要能满足钻机的放置及混凝土运输设备等协调工作的要求。

1.2 护筒埋设

护筒用 5~8mm 的钢板制作，护筒内径较桩径稍大 30~40cm。护筒的埋设深度不小于 1.5m，护筒顶端高出地下水位 1.0~2.0m，同时高出施工地面 0.3m。护筒埋设应准确、稳定，护筒中心与桩位中心的偏差不得大于 50mm，倾斜度偏差不大于 1%，保证钻机沿着桩位垂直方向顺利工作，存储泥浆使其高出地下水位和保护桩孔顶部土层不致因钻杆反复上下升降、机身振动而导致坍孔。

1.3 钻机就位

立好钻架并调整和安设好起吊系统，将钻头吊起，徐徐放进护筒内。启动卷扬机把钻盘吊起，垫方木于钻盘底座下面，将钻机调平并对准钻孔，安装钻盘，钻杆位置偏差不大于 2cm。

1.4 泥浆制备

钻孔泥浆选用优质粘土，有条件时可优先采用膨润土制浆。为提高泥浆的粘度和胶体率可投入适量的烧碱或碳酸钠，浆液的比重、粘度、静切力、酸碱度、胶体率、失水等指标要符合该地层护壁要求，泥浆性能指标见下表《泥浆性能指标表》。

项目	相对密度	粘度(S)	失水量 β (ml/30 分)	胶体率	孔壁泥皮 厚(mm)	静切力	酸碱度 (PH)
指标	1.2~1.4	22~30	≤ 20	≥ 95	≤ 3	3-5	8~11

1.5 成孔

开钻时，要及时掌握地质变化情况，随时检查孔位中心、孔径、垂直度，发现问题及时处理，当钻孔深度达到设计深度后，要对钻孔的孔径、深度及垂直度做全面的检查，并填写检查表，对不合格的要通过修孔使其符合规范要求。

冲击中，如遇坚硬漂卵石，宜采用中、大冲程，操作时防止打空锤和大松绳。遇有表面不平整的漂石、硬岩时，应先投入粘土夹小片石，将表面垫平后钻进。冲击钻锥起吊和进出孔口时，严禁孔口附近站人，防止钻锥撞击发生伤人事故。

钻进过程中应及时排除钻渣，并添加粘土造浆，使钻锥经常冲击新鲜岩层。

1.6 清孔

清孔处理的目的是抽、换原钻孔内泥浆，降低泥浆的相对密度、粘度、含砂率等指标，清除钻渣，减少孔底沉淀厚度，防止桩底存留沉淀土过厚而降低桩的承载力，为在泥浆中灌注混凝土创造良好的条件。清孔时，孔内水位要保持在地下水位以上 1.0~1.5m。

1.7 吊放钢筋笼

吊放钢筋笼用吊车进行。注意不撞孔壁，防止坍孔，并防止将泥土杂物带入孔内，采用分段吊放，焊接钢筋笼时，先将下段挂在孔口，再吊上第二段进行搭接或帮条焊接，逐段焊接逐段下放。吊入后应校正轴线位置垂直度，勿使扭转变形。钢筋笼定位后，在 4h 内浇注完混凝土，防止坍孔。

吊放钢筋笼图详见图 7 《吊放钢筋笼作业示意图》。

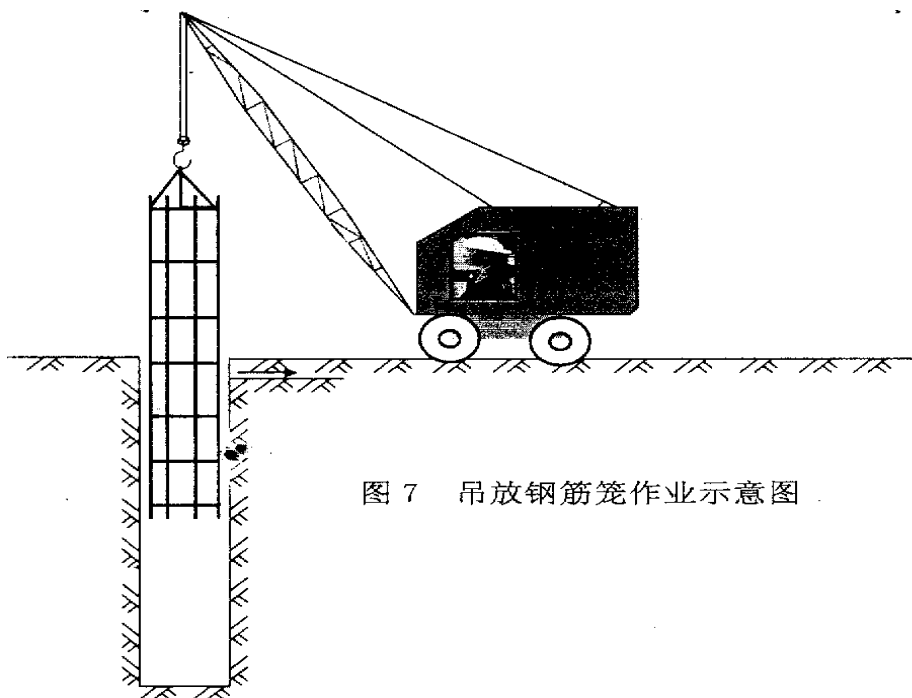


图 7 吊放钢筋笼作业示意图

1.8 导管插入

导管用直径 300mm 的钢管，壁厚 4mm，每节长 2.0~2.5m，配 1~2 节长 1~1.5m 短管，由管端粗丝扣、法兰螺栓连接，接头处用橡胶圈密封防水，灌注砼前要进行水压试验，检查接头处密封情况。混凝土浇注架由型钢做成，用于支撑悬吊导管，吊挂钢筋笼，上部放置混凝土漏斗，混凝土由进料斗经储料斗倒入漏斗，并随即卸入导管直接浇注。同时以一台吊车配合钻架吊放拆卸导管。

1.9 混凝土要求

粗骨料优先选用卵石，最大粒径不大于 40mm 且不大于导管内径的 1/8 及钢筋最小净距的 1/4。砂用级配良好的中砂。混凝土水灰比在 0.5~0.6，水泥用量不小于 350kg/m^3 ，含砂率为 40%~45%，坍落度为 18~20cm，扩散度为 34~38cm。混凝土初凝时间为 3~4h。

1.10 水下灌注

浇注时先灌入首批混凝土，其数量经过计算，能把泥浆从导管中排出，并能把导管下口埋入砼，其深度不少于 1.0m；开管用混凝土隔水栓，隔水栓预先用 8 号铁丝悬吊在混凝土漏斗下口，当混凝土装满漏斗后，剪断铁丝，混凝土即下入到孔底，排开泥浆；随着浇注连续进行，随浇随拔管，中途停息时间不超过 15min，在整个浇注过程中，出料口伸入先灌注的砼内至少 2m，且不得大于 6m，利用导管内混凝土的超压力使混凝土的浇注面逐渐上升，上升速度不低于 2m/h，灌注高度比设计桩顶标高高 0.5~1.0m。护筒待砼抗压强度达到 5mpa 时拆除。详见图 8 《隔水栓式导管法施工程序图》。

1.11 质检技术

1.11.1 钻孔灌注桩质检程序：钻孔灌注桩属于隐蔽工程，只有实行严格的质检手段，才能保证其质量。按照工程监理质检流程，在灌注桩工程开工前，承包单位必须向监理工程师申报分部、分项工程施工技术方案以及材料、设备进场情况和试验检测仪器等，经监理工程师签证批准后方可开工；承包单位接到开工令后，严格按照监理质检流程图进行施工。承包单位严格自检，各分项工程必须按照监理表格填报自检记录，经监理认可并在监理表格上签字后方可进行下一道工序的施工。

1.11.2 成孔检验：成孔检验的主要内容有孔径大小、成孔倾斜率、孔壁平整度和孔深、沉淀层厚度

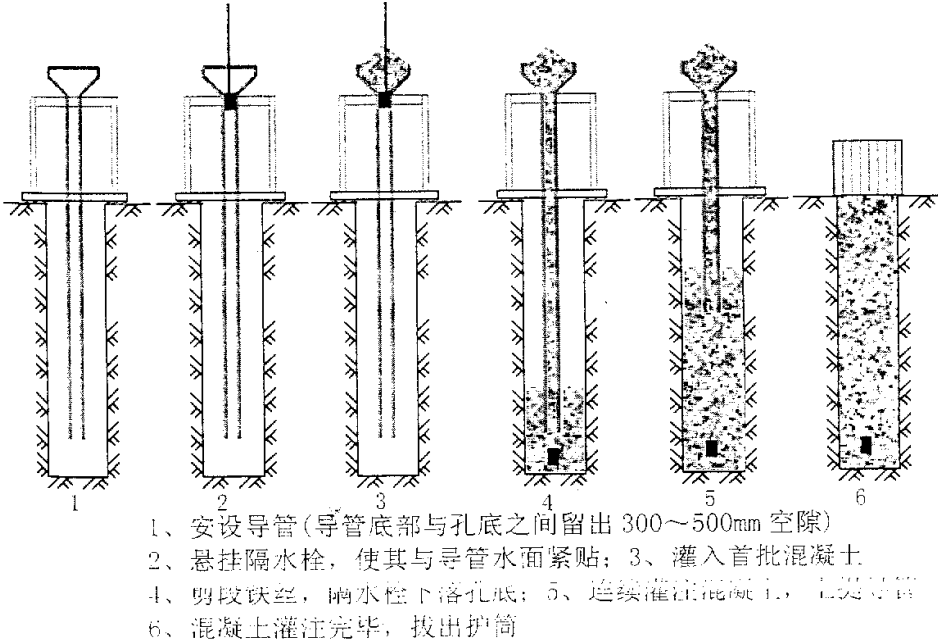


图 8 隔水栓式导管法施工程序图

等。我单位拟使用日本生产的 DM-68III 型测壁仪。该仪器使用超声波的发射与接收、根据时间的长短可反映出探头至孔壁的距离远近。从图 9《测壁仪工作原理图》上即可直接量取成孔后孔壁的下列各项数据：

- A、成孔轴线与设计孔轴线立面位置的偏差值。
- B、孔径的实测值，即两孔壁间刻划距离值，实际桩径要求不小于设计桩径。
- C、成孔深度。
- D、成孔倾斜度。
- E、成孔侧壁的平整度。

测壁仪检测的优点是：

- A、泥浆相对密度在 1.2 以下时，均可直接测量；
- B、从图象上可直接量取成孔质量特征值，既直观，又方便；

C、操作、测试简便，检测迅速、准确，但泥浆相对密度大于 1.2 时不适用，另外，冬季施工时，必须有保温措施。

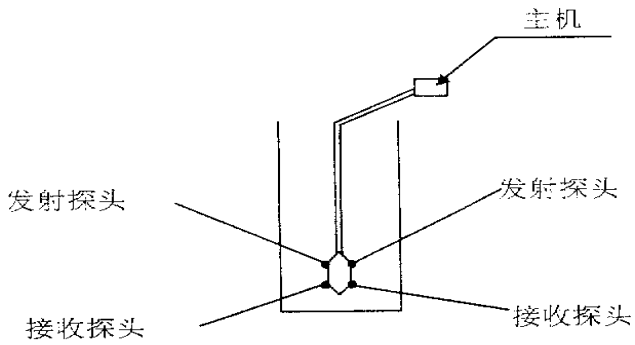


图 9 测壁仪工作原理图

1.11.3 基桩砼质量控制

A、根据规范规定或监理工程师的指示在下钢筋笼时安设声测管，超声波检测中发现有问题的孔桩必须按监理工程师的指示抽芯复检。

B、根据规范要求孔桩必须做 3% 的抽芯检查，抽芯长度必须超过孔底至少 50cm。

C、按规定做好每根孔桩的试件，配合监理工程师做好试验过程的旁站。

1.12 有关注意事项

在造孔时，要及时将孔内残渣排出孔外，以免孔内残渣太多，出现埋钻现象；为防扰动孔壁造成坍孔、扩孔、卡钻，应采取有效的技术措施；成孔中遇到斜孔、弯孔、坍孔、护筒周围冒浆等情况时，应停止施工，采取措施后再行施工；及时将清出的钻碴运出现场，防止污染施工现场及周围环境；浇注水下混凝土时，严禁导管提出混凝土面，派有专人测量导管埋置深度及管内外混凝土面的高差，及时填写水下混凝土浇注记录；在浇注过程中，当导管内混凝土不满含有空气时，后续的混凝土宜通过溜槽慢慢地注入漏斗和导管，不得将混凝土整斗从上面倾入导管内，以免导管内形成高压气囊，挤出接头间的橡胶垫而使导管漏水；同时，对浇注过程中的一切故障均应记录备案。

其施工工艺见《桥梁钻孔桩施工工艺框图》

2. 承台、系梁施工方法

承台施工作业流程为：放样开挖→凿桩头→桩身检测→浇筑垫层混凝土→绑扎钢筋→立模→浇筑混凝土→养护。

2.1 测设出承台位置，采用自然放坡方法，人工配合机械开挖，基坑底边距承台边缘线 1.0m，坡率 1:0.75~1.0。出现地下水时，坑底四周设排水沟及集水坑，用水泵抽到既有排水沟渠，保证基坑不集水。

2.2 基坑开挖后，立即凿除桩顶松散层，并进行基坑地基处理，整平夯实。

2.3 对桩身进行无损检测，经检验合格后再进行下道工序施工。

2.4 基坑超挖 15cm，先在基底铺筑 10cm 厚碎石垫层并夯实，再浇注 5cm 厚低标号砼，人工抹平做为承台底模，以解决底模的平整度和承载力的要求，保证底模质量，其宽度应比承台每侧宽 10cm，以便于立侧模。

2.5 底模混凝土浇筑后，在底模放出承台大样，进行钢筋绑扎。绑扎时调整好主筋与钻孔桩主筋的位置，钢筋外侧绑扎与混凝土同级别的砂浆垫块，以保证保护层厚度的要求。采用点焊固定时，不得烧伤主筋。安装成型的钢筋骨架稳固性、尺寸、位置、高程符合验收标准。同时，避免混凝土施工过程中踩踏钢筋。

2.6 钢筋绑扎完毕通过隐检后，进行侧模的支立。模板采用组合钢模板，利用坑壁进行支撑、固定。要保证模板平顺，严密不漏浆，模板表面涂刷脱模剂。

2.7 灌注混凝土

模板安装检验合格后，进行混凝土浇筑。混凝土分层浇筑，每层控制在 30cm 左右，连续作业一次完成。采用插入式振捣器振捣。

2.8 混凝土终凝后，及时覆盖养护。承台拆模后，四周基坑用原土分层夯填密实。

3. 桥梁墩台身施工

3.1 墩台施工

(1) 承台顶松散层凿除

在混凝土强度达到设计强度的 85% 后，用人工把承台顶（桩顶）松散混凝土凿除。

(2) 搭设墩柱施工脚手架

将地面压实后铺一层 5cm 厚碎石垫层并整平压实，采用碗扣式支架搭设施工脚手架，搭设宽度为桥梁全宽，以增加支架稳定性及用于盖梁施工。

(3) 钢筋制作安放

钢筋在固定地点下料加工运至施工现场安装，竖筋上端用脚手架管临时固定，测量控制垂直度。在竖筋外侧绑扎一定数量与墩台柱混凝土同标号的水泥砂浆垫块，以保证浇筑混凝土时墩柱钢筋的保护层厚度。

(4) 安装模板

模板安装前用砂纸、油石将表面铁锈、毛刺彻底打磨干净，达到手感如镜面，然后刷脱模剂。墩柱模板支撑牢固，接缝处压塞橡胶条，保证混凝土浇筑过程中不发生漏浆现象。

(5) 浇筑混凝土

砼一次浇筑成型。浇筑混凝土前，先用水泥浆湿润桩顶（或承台）混凝土面。采用插入式振动棒分层捣实。振动棒与侧模保持 5~10cm 的距离，浇筑混凝土过程，派专人检查模板情况，如有异常及时采取有效措施处理。

(6) 养护

混凝土终凝后，及时覆盖养护，拆模后采用塑料薄膜围护墩柱并继续养护，时间不少于 14 天。

3.2 盖梁施工

本标段盖梁利用墩柱施工搭设的支架，与墩柱施工一次立模。模板采用定型钢模，待墩柱混凝土浇筑完毕后，安装盖梁钢筋浇注砼。

其施工工艺详见《桥梁墩台身施工工艺框图》。

4. 先张法预应力砼空心板施工方法

按长线张拉台座设置，设两个 100m 张拉台座每片梁预应力筋同时张拉，同时放松。

4.1 张拉台座

施工中拟采用框架式台座：采用钢筋砼在现场整体浇筑，底板选择在硬地基上，若局部有软土需进行地基处理，压实平整地基后，铺设砾石层（碎石层），浇筑砼底板。严格控制底板标高，要求底板平整、光滑，可直接做底模板。其中横梁也可采用装配式型钢组合梁，现场只浇筑砼纵梁和系梁。

4.2 预应力筋的布置

4.2.1 钢绞线：将下好料的钢绞线运到台座的一端，采用向前推的方法穿束。钢绞线穿过端模及塑料套管后，在其前端安一个前端做成圆锥形的钢管作为引导工具，以利于钢绞沿直线前进，穿束前各孔眼应统一编号，对号入座，防止穿错孔眼。

4.2.2 粗钢筋：在绑钢筋架时同时放入梁体。

4.2.3 预应力筋有效长度以板中心线对称布置，失效段采用硬质塑料管套住。

4.2.4 为了安全起见，沿台座的横向每隔 3~5m 设一道钢筋压住张拉的预应力筋。

4.3 钢绞线张拉

其张拉顺序为：

0→初应力→1.05σ_k（持荷 5min）→0→σ_k（锚固）

4.3.1 准备工作

先张法梁的预应力筋在底模整理后，在台座上张拉。对于长线台座，预应力筋或预应力筋与拉杆、拉索的连接，必须先用连接器串连后才能张拉。拟采用一端张拉。另一端在张拉前设置好固定装置，或安放好预应力筋的放松装置。张拉前，应先安装定位板，检查定位板是否符合要求，然后固定在横梁上。

4.3.2 一般操作

(1) 调整预应力筋长度

采用螺丝杆锚具，拧动端头螺帽，调整预应力筋长度，使每根预应力筋受力均匀。

(2) 初始张拉

施加 10%的张拉应力，将预应力筋拉直，锚固端和连接器处拉紧，在预应力筋上选定适当的位置刻画标记，作为测量延伸量的基点。

(3) 正式张拉

①一端固定，一端单根张拉。张拉顺序由中间向两侧对称进行。单根预应力筋张拉吨位不可一次拉至超张拉应力。

②一端固定，一端多根张拉。千斤顶必须同步顶进，保持横梁平行移动，预应力筋均匀受力。分级加载拉至超张拉应力。

③一端单根张拉，一端多根张拉。先张拉单根预应力筋。

(4) 持荷

按预应力筋的类型选定持荷时间。

(5) 锚固

补足或放松预应力筋的拉力至控制应力，张拉满足要求后，锚固预应力筋，千斤顶回油至零。

4.4 模板制作与安装

外模板采用钢模，内模板为充气橡胶芯模，为防止胶囊上浮，每隔 40cm 用箍筋加以固定。模板除满足一般要求外，还要满足以下要求：

4.4.1 先张法制作预应力板梁，预应力钢筋放松后，板梁压缩量为 0.1% 左右，为保证梁体外形尺寸，侧模制作要增长 0.1%。

4.4.2 端模预应力筋孔的位置要准确，安装后与定位板上对应的力筋孔要在一条中心线上。

4.5 构件成型

砼施工采用半干硬性砼，外加减水剂，确保其砼的和易性，砼粗骨料粒径不大于 2cm，在拌合站集中拌合，砼输送泵送入模，振捣应密实均匀，不得漏振（特别是胶囊部砼，同时注意避免碰动预应力筋和胶囊膜），采用侧模安装附着式振动器主振，插入式振动器辅助的方法进行。浇筑过程中应连续进行，不可留有施工缝，边跨端预埋毛勒预埋件。

4.6 断筋放张

混凝土达到设计强度 80% 时即可放松受拉预应力筋（放张），放张速度不宜太快，采用砂箱放松。在预应力筋张拉前，放置的非张拉端。预应力筋全部放松后，可用高速磨切割轮割外露钢筋，切割时防止烧伤端部砼，应用砂浆封闭或涂刷防锈材料，防止生锈。

长线台座上预应力筋的切割顺序，宜由放张端开始，逐渐切向另一端。

断筋利用乙炔—氧气割炬将钢绞线由外向内对称逐渐加热，使钢绞线温度升高，从而使其力学性能得到改变，屈服点下降，由于张力的作用使补烘烤段的钢绞线不断产生伸长变形，然后切割钢绞线，先两侧，后中间对称放松，使之与混凝土表面平齐。

4.7 养护

养护是预制构件生产的一个重要环节，构件初凝后就洒水和覆盖草袋养护。当强度达到 80% 后，方可调离台座，板端应凿毛，以便结构连续。

4.8 静载试验

预制板在批量预制前，拟取中边板各一块进行静载试验，并在批量生产中，检验试块，以保证预制板质量。

4.9 厂内移梁

厂内移梁采用卷扬机和滚钢旱船，每个梁厂备卷扬机 2 台，自制滚钢旱船一套，用于厂内移梁。

其施工工艺详见《先张法预应力空心板施工工艺框图》

5. 后张法预应力 I 字梁施工方法

I 型梁在预制场集中预制，预制场场地应平整、坚实、清洁，并有排水措施；底模采用预制台座，台座下用 15cm 厚碎石垫层，上设 5cm 厚 C20 砼。

5.1 钢筋加工

5.1.1 钢筋调直：Φ8、Φ10 盘条用单控冷拉调直，I 级钢筋冷拉伸长率 < 2%。

5.1.2 钢筋连接：闪光对焊。

5.1.3 钢筋切断：用切断机切断，并以槽钢切口横加挡板台架控制下料长度。

5.1.4 钢筋弯曲：弯筋机成型。

5.1.5 定位网制作：在 40×4mm 扁钢模具上，用 Φ6 圆筋电弧焊接成型。成型误差 ≥ 2mm，以确保张拉管道定位准确。

5.1.6 钢筋骨架绑扎与安装

整体绑扎：在绑扎台位上整体一次绑扎。台位上的纵横角钢割口，以控制纵向筋及箍筋位置，纵向角钢可翻转，以便钢筋骨架起吊，用 Φ40 钢筋钻孔插短筋，以控制腹板部位水平筋高度，钢筋间距 2m，可插入 Φ50 预埋钢管内。

整体吊装：绑扎台上空横向设置两根 H25 吊车梁，将一片梁的成型钢筋吊架，用自制的钢筋吊架用钢筋钩挂住，分别由两台 5T 倒链起吊，借助吊车梁上的行走小车的导向滑轮，将钢筋骨架放到自制运输

车上，然后推送到梁台座旁，再由两台 5T 龙门吊吊放就位。

5.2 制孔

5.2.1 钢绞线孔道采用 $\Phi 72\text{mm}$ 、 $\Phi 65\text{mm}$ 两种规格的波纹管成孔，该孔道为永久性制孔管。

5.2.2 管道定位：采用定位网法，控制张拉管道不超出设计位置，误差小于 6mm。

5.2.3 波纹管防堵措施：①波纹管下料时，切面应与其轴线垂直，并将切口修剪干净，不得有“毛刺”或变形；②波纹管使用前，应逐节检查其密封性，确保不漏浆；③套好波纹管。接头套管直径一般比波纹管大 5mm，波纹间距与波纹管一致，套管长度不小于 20cm，套接前做好标识，确保对顶到位；④固定好波纹管。波纹管应严格按照设计安装，并用 U 型固定环加以固定，固定环间距直线段不大于直径 12 倍，曲线段不大于波纹管 7 倍；⑤加工好束头。束头加工呈梭形，打磨圆顺。

5.3 钢模安装与拆除

5.3.1 钢模安装。先立端模，并将制孔波纹管分别穿入两端留孔内，基本就位。其中一端模先找准端线位置，并用底楔子固定，用斜支撑调正端模垂直度，依次做好两侧边模，固定好隔墙连接角钢和端部连接铁。用上、下拉杆加固模板的整体刚度，控制模板与纵向中线的间距，以及模板的垂直度，拼装完成后，由测量组按验标检测，使之符合设计与施工规范要求。

5.3.2 钢模拆除。梁体混凝土灌注完 2~4 小时后，即可拆除固定支承板、隔墙联结角钢等。待梁体混凝土强度达到设计强度的 80%，混凝土龄期达到 60 小时，即可拆除。

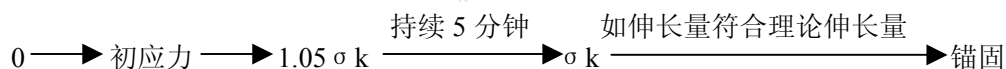
5.4 混凝土施工

梁体混凝土。由拌和站集中拌合，砼运输车运送，砼泵车泵入模内。由梁体一侧向另一侧连续浇筑，先浇筑梁底扩大端，再浇筑腹板。混凝土震捣：每片梁的两侧模外，梅花形布置附着式振动器，选用激振力 15KN、振动频率 2850 次/min 和振幅为 13mm 的振动器。灌注一片梁，每台震动器累计震动 8~12 次，累计震动时间为 310~410 秒，震动时间和次数，依混凝土密实度而调整，密实度标准是：钢模下部排气孔出浆，混凝土不再下沉，不再冒泡。特殊情况辅以插入式振捣器。

5.5 张拉工艺

本工程 I 字梁采用了 XM-15-6、XM-15-7、XM-15-8、和 XM-15-9 四种型号的预应力锚具，施工中将采用 YDC-2000 型张拉千斤顶进行预应力张拉。波纹管制孔后，应用清孔器检查及用水冲洗管道，当混凝土强度达到设计值的 85% 时方可进行张拉，张拉前的准备工作有：穿束、安装锚具、安装顶压器和千斤顶、接油路、安装工具。张拉采用超张拉，其两端需加强联系，保持同步。

张拉顺序



施工要点：

5.5.1 张拉前，千斤顶和油表应配套检验，正常情况下，千斤顶每月校正一次，油表每周校正一次。

5.5.2 张拉采用双控法，以油表读数为依据，以钢束伸长值作校对，实际伸长量与设计伸长量误差 $< \pm 6\%$ 。张拉顺序自上而下对称张拉。

5.5.3 若断丝、滑丝超过规定，应退锚重新张拉。

5.5.4 持荷时间观察油表，若压力下降，应补足至规定压力，再进行预压。

5.5.5 张拉完一片梁后，应立即测量梁的拱度。

5.5.6 割去多余的钢绞线时，切不可烧伤锚具。

5.5.7 当实际伸量与理论延伸值相差超过规范要求时，应按以下步骤检查：

(1) 检验张拉设备；

(2) 测定预应力钢绞线的弹性模量；

(3) 松张后再行张拉；

(4) 力筋加润滑剂，以减少摩阻损失，管道内可涂刷水溶性油剂，但在灌浆前须清除干净。

5.6 孔道压浆

压浆用 50# 水泥浆，用 525# 普通硅酸盐水泥配制，采用一次压浆工艺，由一端压入，至另一端冒浆时

停止压浆（压入端持压达 0.8Mpa）。若压入另一端不冒浆，则改由该侧同上法进行补压，其延续时间 45min。压浆时，拌浆机不得停止搅拌。压浆顺序自上而下逐孔进行，一片梁应连续压实。

其施工工艺见《后张法预应力 I 字梁施工工艺框图》。

6. 桥梁架设和桥面系施工方法

6.1 架梁

A、桥梁架设前，详细进行地形察看，确定运梁线路，汽吊停放位置，每片梁的起吊安装顺序，并将梁体进行编号。

B、桥梁架设施工技术措施

a、墩台顶面要精确画出支座中心位置、边线位置及每片梁端线位置、边线位置。

b、梁体砼达到设计强度后进行起吊运输，运输中作好桥梁的侧面支撑及底垫工作，注意支撑点位置不得超出允许支撑范围，并及时联接牢固，防止梁体倾覆。

c、梁体就位时要按画出的位置准确就位，支座要按设计位置安放，不得因碰撞移位，否则需起吊重新安装。

d、吊装时设专人指挥，统一协调。

e、梁体就位时，及时进行支撑和联接，防止发生梁体倾覆事故。

其施工工艺详见《桥梁安装施工工艺框图》。

6.2 桥面系工程

梁体架设完毕后，即可进行桥面系施工。施工前按规范将梁体顶面进行凿毛处理。首先吊模并用水泥砂浆将缝填塞密实，待砂浆强度达到要求后，浇筑企口缝细粒砼，而后现场绑扎桥面系钢筋，浇筑桥面砼。浇筑桥面砼时，伸缩缝位置按设计预留施工槽。

其施工工艺详见《桥梁安装施工工艺框图》。

6.3 护栏施工

桥面现浇砼施工完毕达到一定强度后，进行防撞栏施工，防撞墙在桥墩中心处断开，中间填充沥青麻絮。

6.3.1 测量放样

以桥面中线为基准向两边放出防撞墙边线，用墨线弹到桥面上，然后实测防撞墙边线处桥面标高，确定模板安装高度。

6.3.2 钢筋制作安装

钢筋在加工场制作成型后运至现场，吊上桥面安装，绑扎时加砼垫块，以保证防撞墙两侧砼保护层厚度，将墙体钢筋与桥面预留钢筋焊接。并按设计要求预埋管线、预埋件、排水设施。

6.3.3 模板制作、安装

防撞墙模板采用定型钢模，内侧面要磨光处理以保证光洁度，模板接缝间填塞海棉橡胶条，保证模板接拼吻合无缝隙，顶部按图设圆顺角，模板线型要求顺滑、顺接。

根据防撞墙的线位在墙内侧桥面在铺装时预先埋入 $\Phi 20$ 的短钢筋作为固定模板的受力点。模板顶部和底部用间距 50cm 的角钢和 $\Phi 16$ 对拉螺杆组合加固模板。模板安装后，仔细检查线型、标高及稳固性，达到要求后方可进行下一工序。

6.3.4 混凝土浇筑及养护

采用斜层法全断面一次完成。使用插入式振动棒振捣，先振捣墙体腰线以下部位，振捣密实后再振捣腰线以上部位，如此反复向前推进。当防撞墙顶部砼接近终凝时进行墙体顶面压光。混凝土浇筑 3 天后拆模，拆模后覆盖洒水养护 7 天。

7. 附属工程施工方法

7.1 台背回填采用砂砾分层填筑，每层厚度 15cm，采用光轮压路机和电动打夯机夯实，密实度逐层检测，确保台背回填实度不小于 95%，并建立施工台帐，详细记录，台背回填与路基搭接处挖宽度不小于 2m 的台阶，以保证搭接处的密实度，锥坡填土与台背回填同时进行。

7.2 待台背回填沉降稳定后，即可进行搭板施工，搭板采用现浇，每侧搭板分三次浇完，纵向施工两侧设置 $\Phi 20$ 钢筋拉杆，搭板与桥台接触面铺设油毡沥青垫层。

7.3 桥头锥体填土夯实后，刷坡，最后砌筑锥体护坡。锥体护坡、浆砌片石铺砌宜在填方基本稳定后施工，坡面须挂线，砌面要平顺，砌石时不允许边砌边补上，碎石垫层应按规定分层做好，并需边做碎石垫层边砌石。

砌筑所有石料、砂浆要符合设计要求，施工方法要严格按照施工规范进行。

隧道工程

山岭隧道的常规施工方法

开挖

出渣运输

初期支护

量测与监控

二次支护

盾构法施工

浅埋隧道施工

全断面掘进机施工

隧道工程施工方案实例

总体方案

（一）施工原则

采用大型施工机械配套施工，开挖出渣机械配套作业线、初期支护砼机械配套作业线与二次衬砌砼施工作业线相配合一条龙作业。软弱围岩坚持“短进尺、弱（不）爆破、快封闭、强支护、紧衬砌”的原则，开挖后仰拱及时跟上封闭成环。施工中进行超前地质预报，采用先进的量测探测技术对围岩提前做

出判断，拟定相应的施工方案。

（二）施工布置

土家湾隧道左右洞均采用对头单向施工，左、右洞口各布置一个隧道专业机械化施工队。隧道施工安排在冬季前完成洞门的开挖，并完成进洞施工。洞内施工开挖、出渣初期支护与二次衬砌模筑砼平行作业。隧道路面待贯通后中间向两侧洞口反向施工。根据地形地貌及工期要求，本隧道不设施工支洞。

（三）总体方案

根据土家湾隧道围岩情况及断面设计，结合本承包人现有技术装备力量 and 多年的隧道施工经验，确定对于 I、II 类围岩采用上弧导预留核心法施工，格栅钢架辅助支护。隧道出渣采用无轨运输。初期支护设施做到及时可靠，衬砌砼采用机械化作业，二次衬砌采用砼输送车、输送泵和全断面液压衬砌台车相配合的方案。施工过程中加强监测，及时处理分析数据（高速支护参数等）。开挖前做好超前地质预报、探测工作，根据围岩情况采取相应的施工方案。

洞口工程

（1）洞口施工工序

施工工序见洞口施工工序框图

（2）洞口开挖

隧道施工便道修至洞口附近后，近洞口侧 60M 范围内及两洞口中间地带，用装载机辅以挖掘机整平压实，修建供风、供水、供电设施，并用作材料存放场地和机械停放场地。

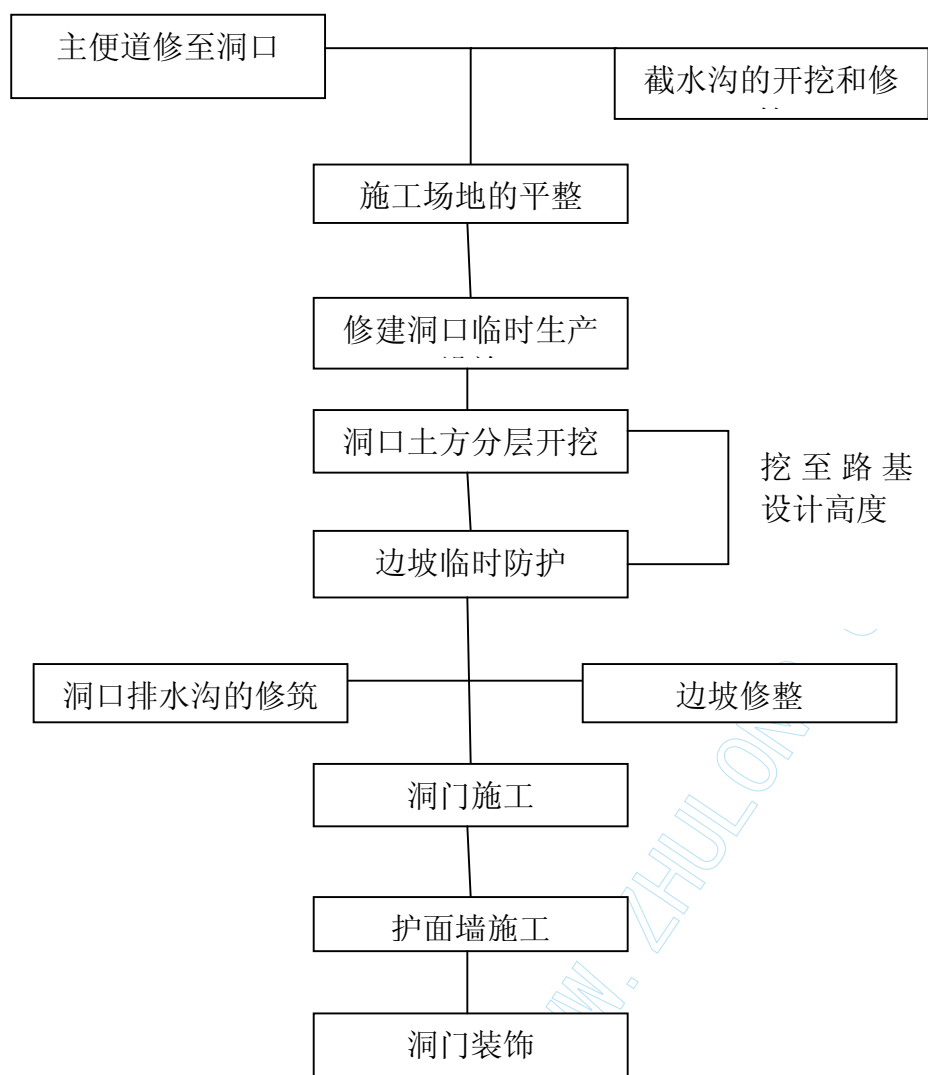
洞口及明洞在开挖过程自上而下分层开挖。施工机械以挖掘机为主，遇地层坚硬石质人工打眼松动爆破，运输采用 15t 太脱拉自卸车。

（3）边坡防护

洞口开挖后的边仰坡面按设计整修平整，及时按设计进行防护，以防风化、雨水渗透而坍塌或滑坡。

（4）洞门修筑

本隧道洞门修筑在进洞施工前完成，并完成明洞回填工作，作好洞口范围的排水工作，以确保洞口稳固、安全。



洞口施工程序框图

洞身工程

1、开挖方法

(1) 洞身采用上弧导预留核心法施工。

施工工序

见上弧导预留核心法施工示意图及上弧导预留核心法施工程序框图。

施工方法

上部弧导坑及边墙导坑以人工风镐或隧道挖装机开挖为主，辅以弱爆破，开挖后及时采取支护措施。上弧导出渣由隧道挖装机挖至下半断面后，装入自卸车运走，上断面挖渣用人工配合，核心土开挖采用控制爆破，核心开挖后立即施作仰拱，衬砌采用全断面液压衬砌台车，砼输送车配砼输送泵灌注。

循环图表

见上弧导预留核心法掘进作业循环图

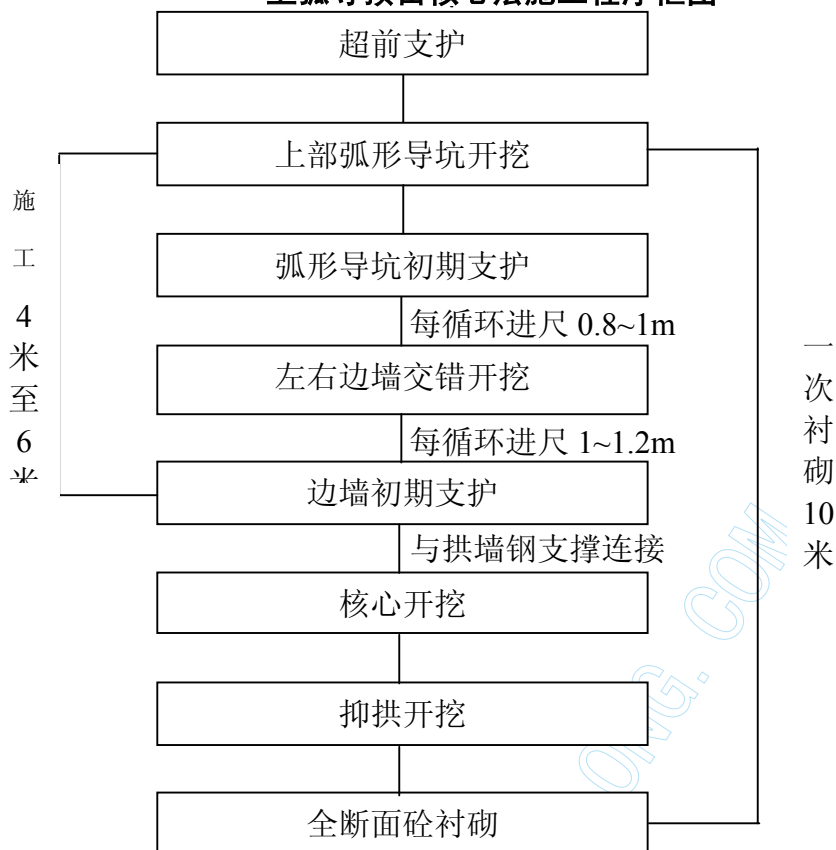
上弧导预留核心法掘进循环图

作业名称		作业时间 (分)	循环时间(分)										
			120	240	360	480	600	720	840	960	1080	1300	1230
上弧形导坑核心土开挖	测量放线	60	—										
	开挖	240	—	—	—								
	架格栅、模筑砼	420			—	—	—	—					
	超前锚杆	180							—	—			
	下台阶核心土深开挖	150								—	—		
	仰拱砼浇注	120									—	—	
	便桥架设	60										—	—
边墙导坑开挖	测量放线	60	—										
	开挖	240	—	—	—								
	架格栅、模筑砼	480			—	—	—	—	—				
	锚杆	120							—	—			

施工注意事项

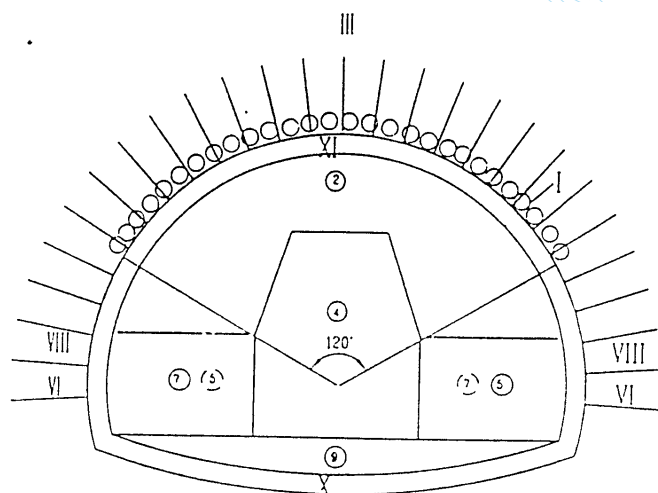
- 导坑开挖需进行爆破时，必须经工程师同意，反复检查支护安全可靠后，方可进行弱爆破。
- 左、右边墙导坑必须交错施工，不得两边同时开挖。边墙围岩较差时分两层开挖。

上弧导预留核心法施工程序框图



施工注意事项

a. 导坑开挖需进行爆破时，必须经工程师同意，反复检查支护安全可靠后，方可进行弱爆破。



施工工序:

1. 管棚施作(I).
2. 上断面开挖②, 并立即喷砼、施作注浆锚杆、格构钢架(III)
3. 开挖④部.
4. 跳马口开挖⑤⑦部, 并立即喷砼、施作注浆锚杆格构支架V
5. 开挖⑨部.
6. 施作仰拱砼(X).
7. 二次模筑砼整体浇筑(XI).

注: 取消管棚, 此法同样适用洞口段。

上弧导预留核心法施工示意图

b. 左、右边墙导坑必须交错施工，不得两边同时开挖。边墙围岩较差时分两层开挖。

c. 上部弧导坑比下断面开挖超前 5-7m，两工序可平行作业。

d. 核心土必须在初期支护封闭成环后再开挖，开挖时采用控制爆破措施以

免损坏初期支护。

e. 施工中认真进行围岩量测工作，根据对围岩变化的观测及量测数据，考虑高速支护参数。

(2) 深埋 类围岩段和车行横洞采用正台阶开挖法施工。

施工工序

见正台阶开挖法施工示意图及正台阶开挖施工程序框图。

施工方法

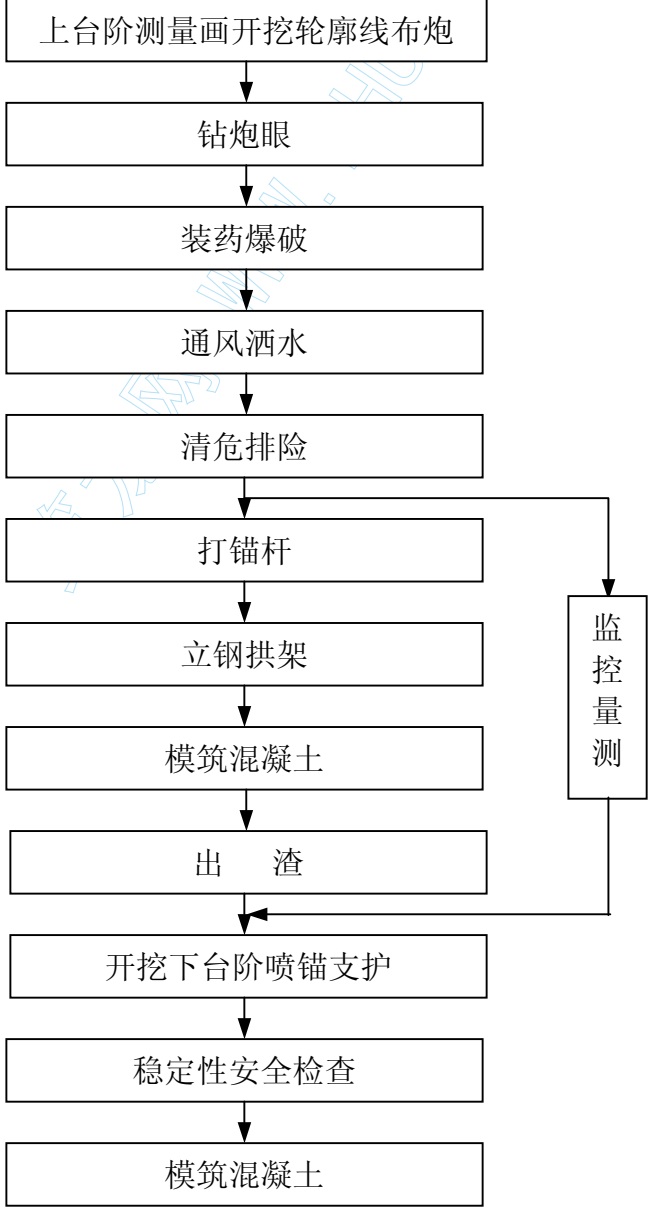
上台阶开挖采用凿岩机钻眼，塑料导爆管非电起爆系统、毫秒微差有序起爆，预留光爆层爆破。下半断面采用液压钻孔台车钻眼，光面爆破，上台阶由 ITC-312H 隧道挖装机装渣，下台阶由 CAT973 侧卸式装载机装渣，自卸车运渣。施工中合理调整工序，实行“钻爆、装渣、运输”机械化一条龙作业。隧道开挖后及时施作初期支护，下半断面开挖后仰拱紧跟。

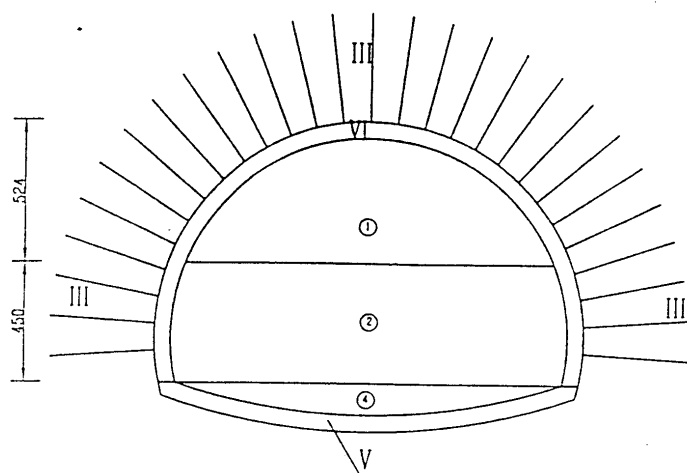
循环图表

根据隧道围岩、断面和配备机械情况，综合分析施工中每道工序的先后顺序及所需时间，绘制出形象直观的循环图表来显示此方法工序循环情况。

见正台阶法开挖作业循环图。

隧道正台阶施工作业程序图





- 施工工序:
1. 开挖①部, (布钻孔眼、分部装药一次爆破)。
 2. 施作与①部相应喷砼、锚杆等初期支护III。
 3. 开挖②部。
 4. 施作仰拱V。
 5. 二次模筑砼浇筑VI。

- 注: 1. 图中尺寸均以cm为单位。
2. 各工序之间衔接应紧凑、快速。
3. 本方法适用于I类围岩。
4. 施工过程中应加强监测, 根据实际情况各工序间距可作适当调整。

正台阶开挖法示意图

正台阶开挖法掘进作业循环图

作业名称	作业时间 (分)	循环时间(分)									
		120	240	360	480	600	720	840	960	1080	1150
测量放线	40	—									
上台阶超前支护	120	—									
上台阶打眼 爆破	150		—								
上台阶通风排烟	30			—							
上台阶出渣	120				—						
上台阶初期支护	150				—						
下台阶打眼、爆 破、通风	240					—					
下台阶出渣	180							—			
下台阶初期支护	120								—		

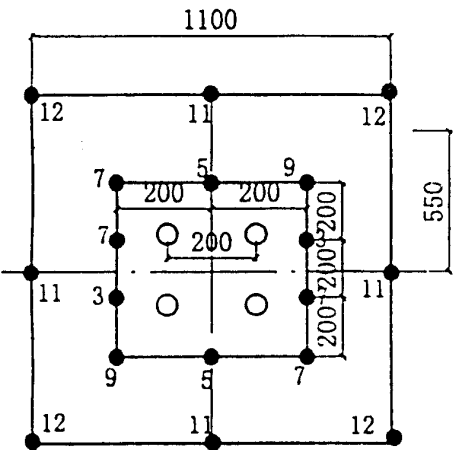
2. 光面爆破设计

(1) 爆破方法

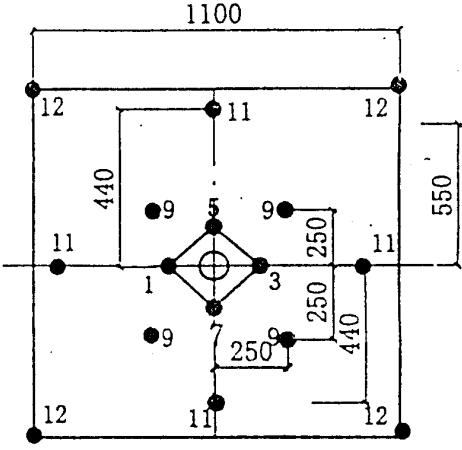
光面爆破采用直眼掏槽，小直径药卷间隔装药，见掏槽方式布置图及光面爆破装药结构图。起爆方式采用毫秒微差塑料导爆管有序起爆，采用合理的炮眼布置及光面爆破参数。

(2) 施工流程

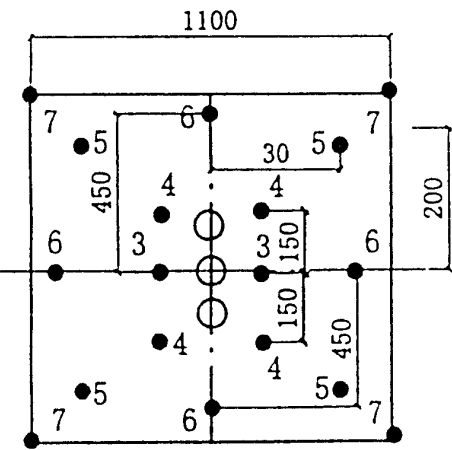
光面爆破施工流程见光面爆破施工工艺流程框图。



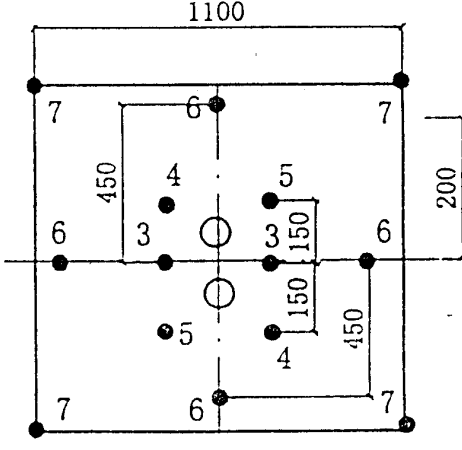
四中孔掏槽法



单中孔掏槽法



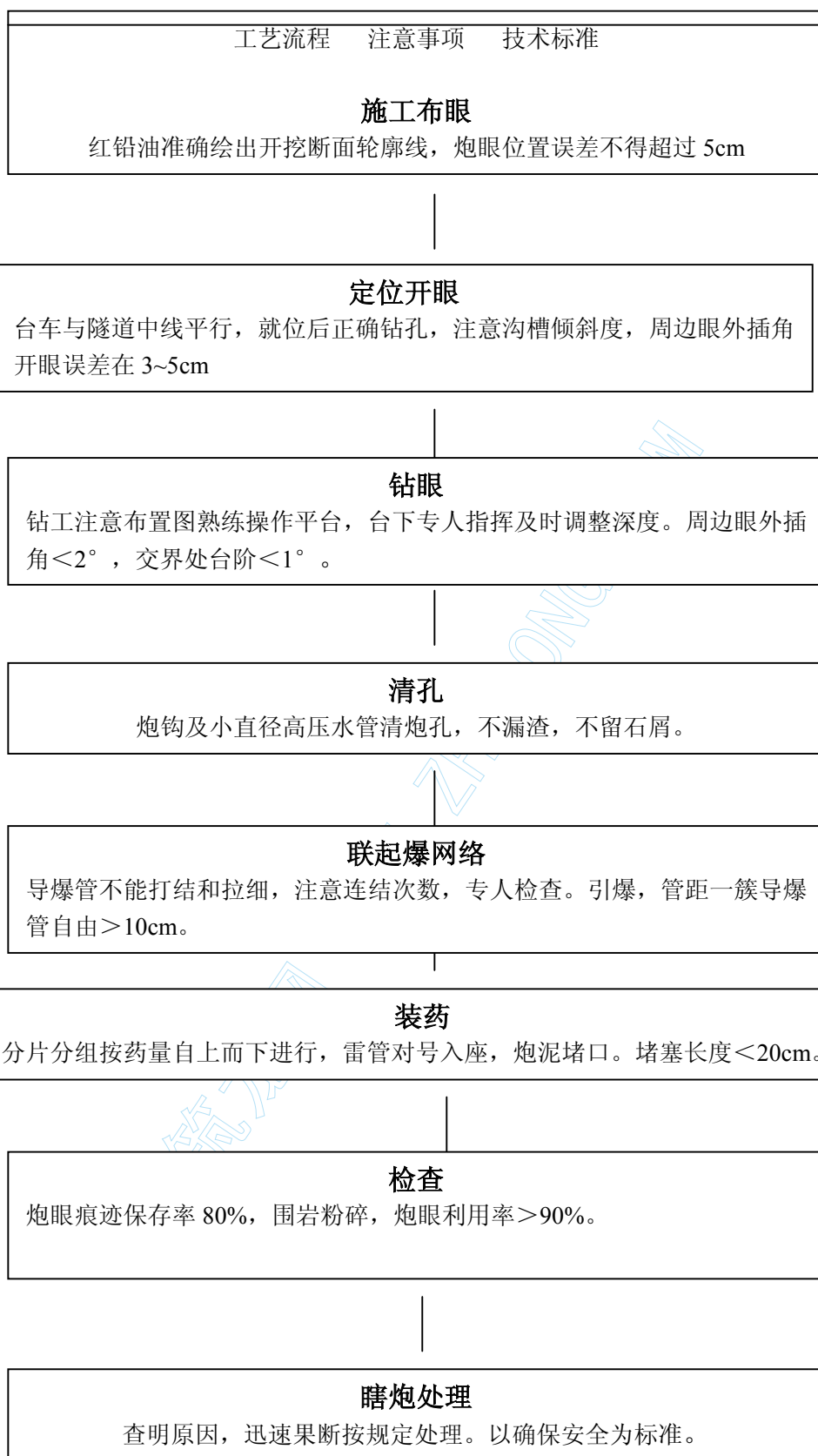
三中空孔掏槽法



二中空孔掏槽法

单位：cm

掏槽方式布置图



3. 装渣运输

(1) 施工机具、机械设备配置

上半断面出渣采用 ITC-312H 隧道挖装机装渣，3 台 5T 东风自卸汽车运渣。全断面开挖及下半断面开挖 CAT973 侧卸式装载机、CAT320 反铲挖掘机或隧道挖装机装渣，3-4 台 20T 自卸汽车或 4-5 台 15T 太脱拉自卸汽车运渣。

(2) 出渣调度安排

洞内开挖 1Km 以内时，出渣运输过程中在洞内安排 2 台车，1 台装渣，1 台等待；洞外 1 台驶往弃渣场，1 台在洞口等待。洞内开挖 1Km-1.5Km 以内时，出渣运输过程中在洞内安排 3 台车，1 台装渣，1 台等待，1 台行驶；洞外 1 台驶往弃渣场，1 台在洞口等待循环有序在进行，形成快速装运出渣线。洞内所有弃渣均运往路基作填料。

(3) 装渣运输循环时间

钻孔台车钻爆，每循环进尺 4m，开挖量按平均 $80\text{m}^3/\text{m}$ 计算，考虑松散系数 1.3，出渣量 416m^3 ，沃尔沃自卸车容量按 15 m^3 计，约需要 30 车运完，按 1 台装载机装 4 台自卸车计，约需 8 趟出完渣。装渣与运输比较，运输速度为时间控制点，按每循环车辆运行需 15-20 分钟计算，出渣共需 120-150 分钟，考虑工序衔接，机械维修保养和装渣数量差异等情况，装渣运输循环时间平均按 180 分钟计算。

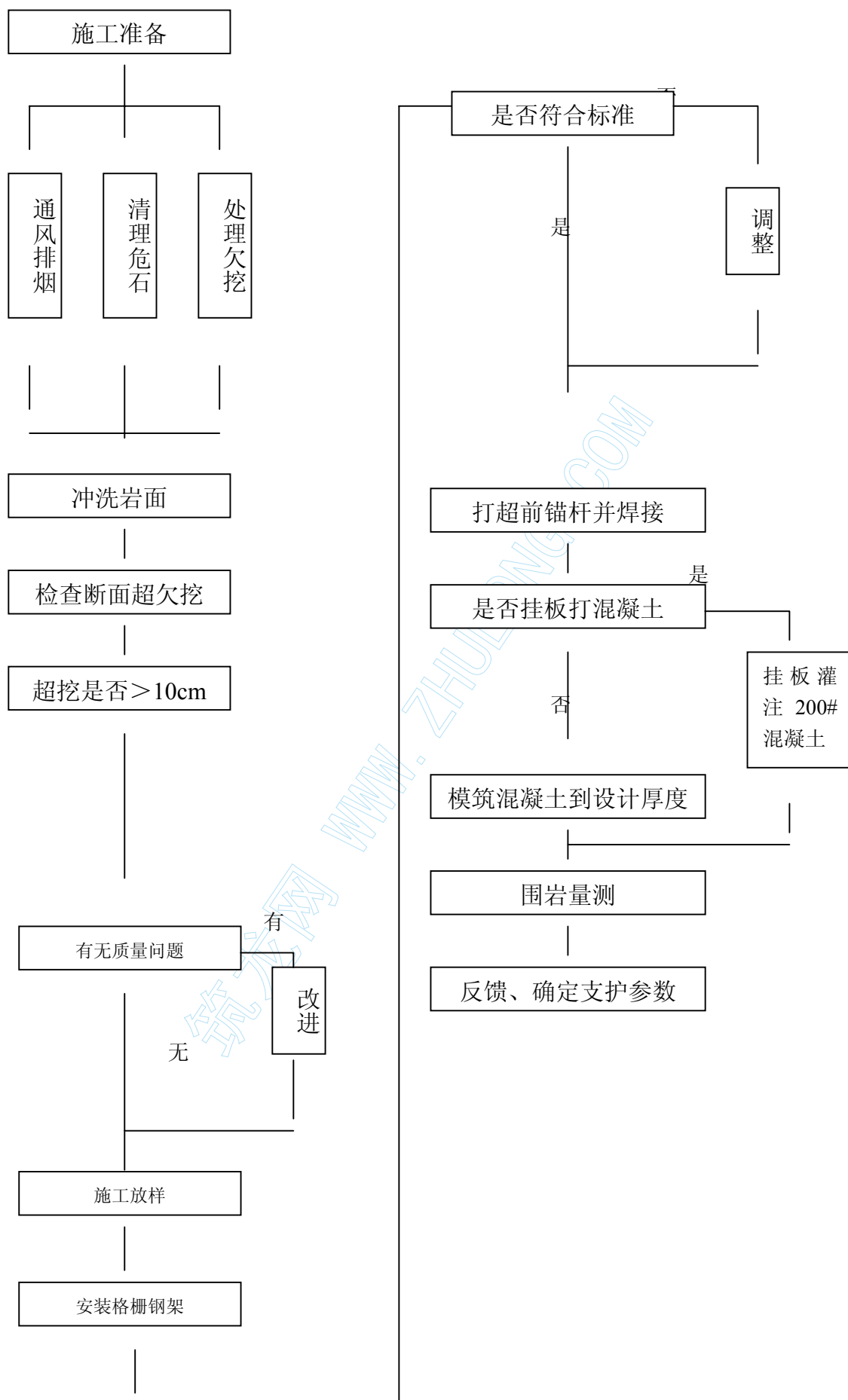
4. 初期支护

(1) 支护类型

本隧道初期支护共包括 R32 注浆锚杆、格栅钢架等型式，依据围岩类别及地表覆盖层厚度的不同而分别设置。施工支护紧随开挖面及时施工，以减少围岩暴露时间，控制围岩变形，防止围岩在短期内松弛。

(2) 施工工序

见初期支护施工流程图。



(3) R32 注浆锚杆施工

注浆锚杆将注浆管和锚杆的功能合二为一，实现了注浆与锚固的一体化，在止浆塞的作用下，利用锚杆的中心孔注浆使浆液极其饱满，在一定的注浆压力作用下浆液可充分地充填围岩孔隙和裂缝，进一步改良围岩，锚杆外表的可联结螺纹，增加了锚杆的抗拔力，有利于各种配件的使用，使垫板、螺母的安装较为简捷。R32 锚杆由锚头、全螺纹中空杆件、止浆塞垫板、螺母组成。

A、锚头：由特种工程塑料制成，尖头开口便于注浆，锚头体中后部有倒刺便于悬挂锚杆，尾部有螺纹与锚杆联接。

C、锚杆体：由优质天然钢管作基材，中空杆体可作注浆管，表面加工成连续螺纹，便于安装锚头、垫板、螺母，同时表面连续的螺纹提高了杆件与砂浆的握裹力。

B、止浆塞：注浆时封堵锚孔，实现有压注浆，改良围岩。

D、垫板：可将杆承受的荷载均匀地传递到围岩上。

E、螺母：将杆体与垫板锁定在一起，将杆体承受的荷载经过垫板传递到围岩。

技术参数

型号	直径 (mm)	壁厚 (mm)	锚固力 (KN/m)	重量 (Kg/m)	螺纹方向
R32	32	5	120	4.1	左旋

操作步骤

A、用凿岩机钻眼，用高压风清孔。

B、将安装好锚头的 R32 锚杆体插入锚孔，锚头上的倒刺将锚杆挂住。

C、在锚杆尾端安装止浆塞，垫板和螺母。

D、通过快速注浆接头将锚杆，尾端和万通高效压力注浆泵联接。

E、开始注浆，如需有压注浆改善围岩结构，只需压力达到设计压力即可。

(4) 格栅拱架施工

格栅拱架在洞外按设计加工成型，洞内安装，与锚杆焊成整体。格栅拱架间设纵向连接筋和定位系筋，拱架间以砼填平。拱架拱脚必须放在牢固的基础上，架立时垂直隧道中线，当格栅拱架和围岩之间间隙过大时设置垫块。

(5) 模筑砼施工

模筑砼在在锚杆、钢拱架安装后立即进行，尽快支护围岩。钢拱架间用砼填平，并按设计有足够的保护层。

5. 围岩监控量测

(1) 量测的目的

现场监控量测是施工的重要组成部分。为了掌握围岩在开挖过程中的动态和支护结构的稳定状态。必须进行现场监控量测，通过对量测数据的分析和判断，对围岩支护体系的稳定状态进行预测并据此确定相应的施工措施，以确保围岩结构的稳定。

(2) 量测项目

根据隧道的地质条件，围岩特点，设计考虑进行如下项目的量测：拱顶下沉量测、围岩周边收敛量测、锚杆抗拔试验、围岩内部位移量测、地表沉降观测和掌子面地质支护状态观测，施工中根据具体情况增加其它量测项目，以满足施工需要。

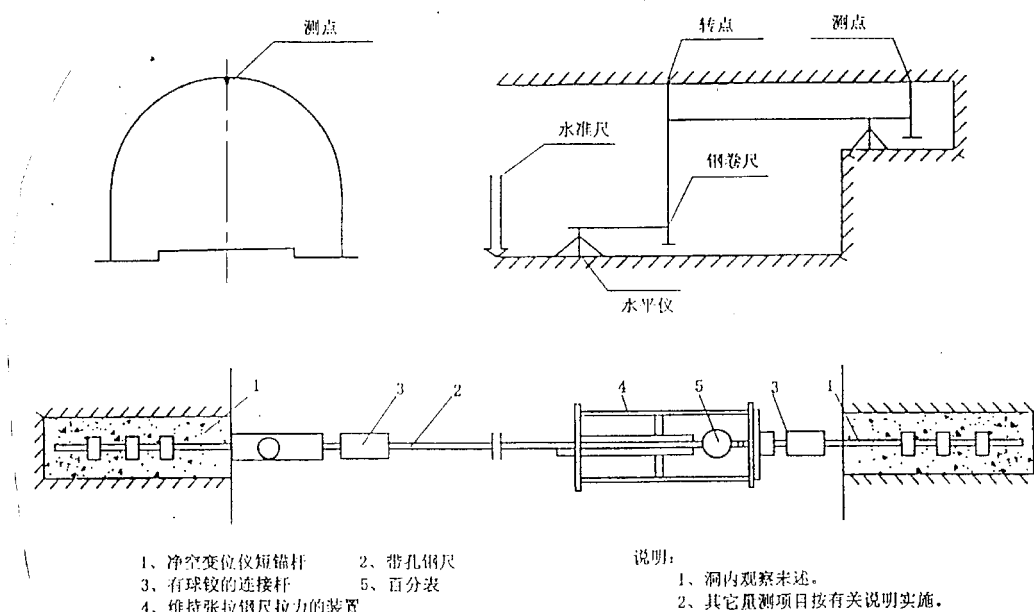
(3) 施工监控流程

见围岩施工监控流程框图。

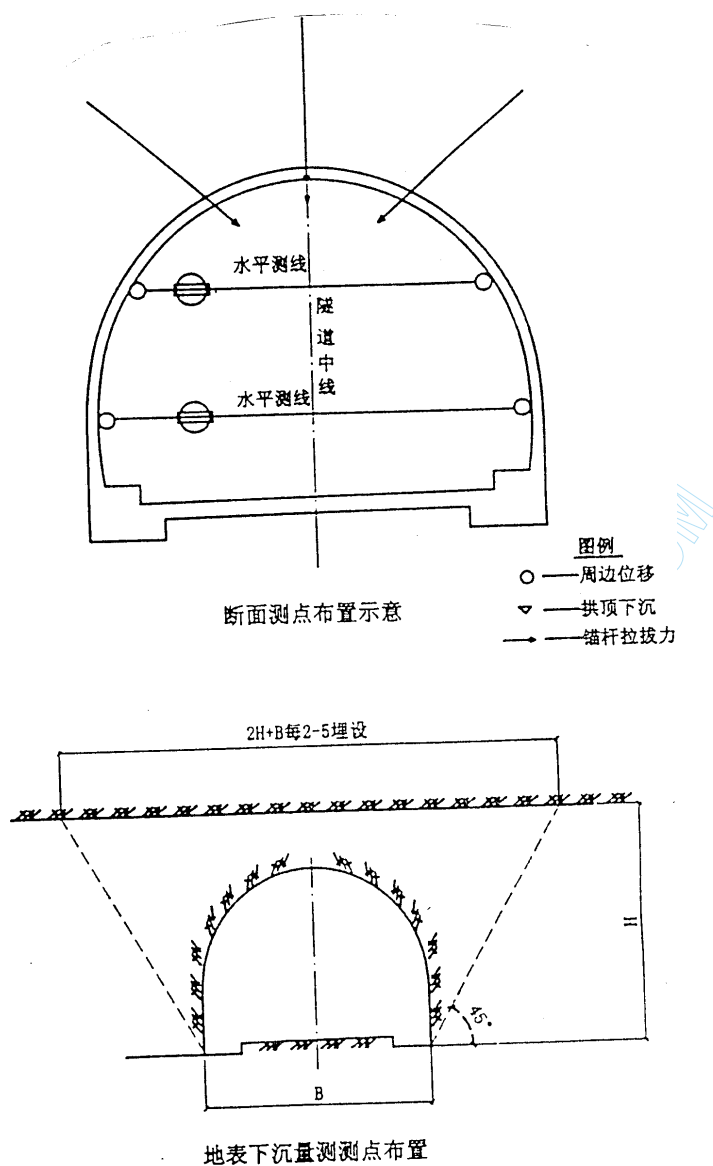
(4) 监控量测方法

隧道开挖支护时，及时埋入观测计或锚固件。拱顶下沉用精密水准仪悬挂钢卷尺进行量测，水平收敛用 ZW-3 型围岩收敛仪量测，锚杆抗拔试验用锚杆抗拔计，洞口浅埋段地表沉降观测采用精密水准仪，洞内外观察由有经验的工程师用地质罗盘、钢尺、地质锤等工具量测。

量测方法及仪器见附图，量测断面测点布置见附图。



主要量测方法示意图



量测断面测点布置图

(5) 测点布置及量测频率

洞内拱顶下沉与水平收敛量测点布置在同一断面内，断面间距：II类衬砌地段平均为5m。量测频率依据开挖后的时间、测点距开挖面的距离以及设计要求进行。

(6) 数据整理

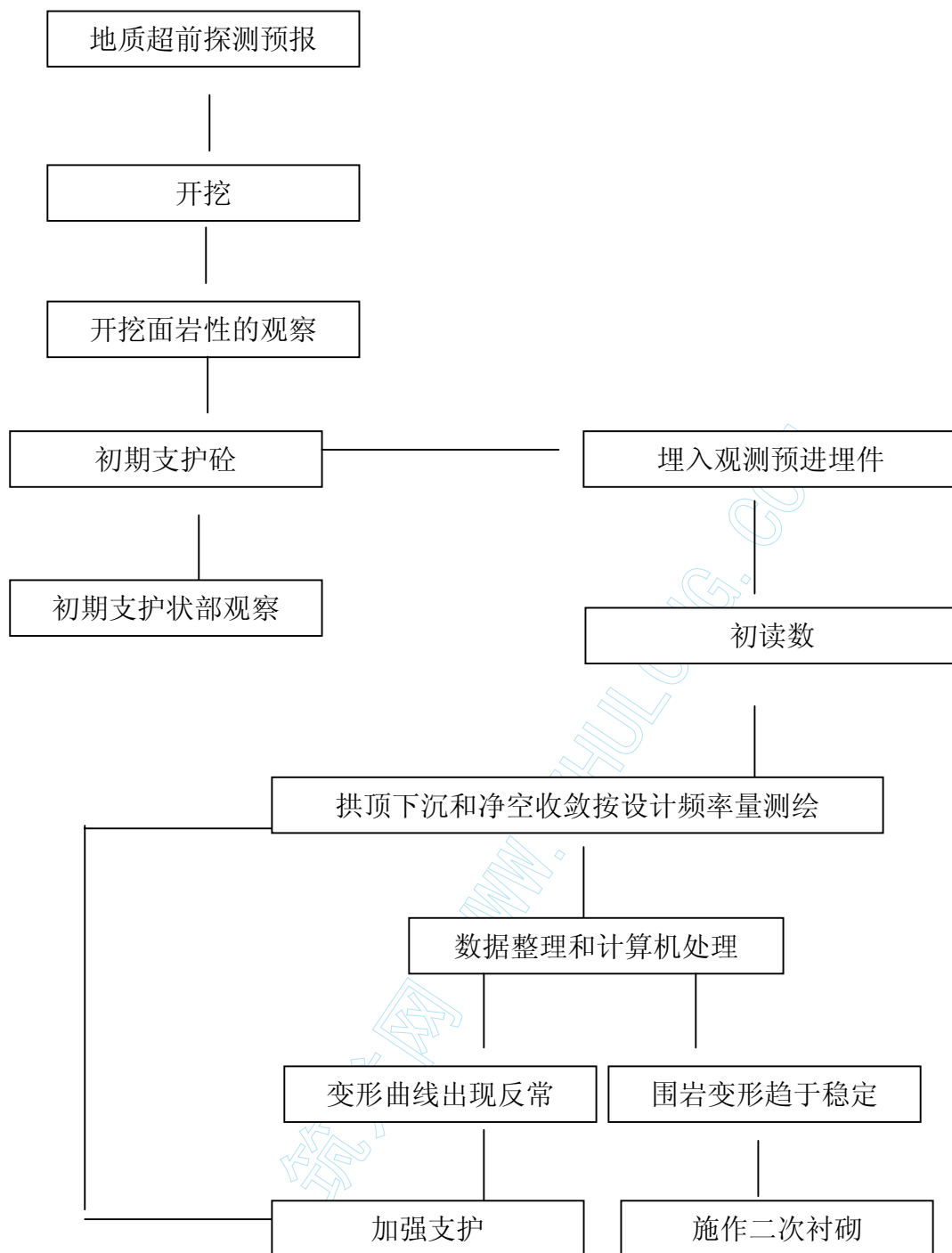
在取得量测数据后，将同一断面的各种量测数据互相印证，以确认量测结果的可靠性：对位移等物理量随时间变化的时态曲线进行回归处理，监视时态曲线的变化规律，利用电子计算机进行数据处理，分析围岩变形的空间

分布规律，了解围岩的稳定性特征。

(7) 信息反馈

用经验对量测情况进行信息反馈。通过对目测和位移量测结果的分析，对围岩稳定状态，施工方法和支护措施的安全情况进行评判，将评判结果反馈到设计和施工中，确定二次衬砌和仰拱施工时间，及时调整施工方法和支护设计参数。

筑龙网 WWW.ZHULONG.COM



围岩施工监控流程框图

6. 防水层铺设

(1) 洞外拼接

每次铺设防水层前，在洞外宽敞的平整场地上，将窄幅成品卷材拼接成大块，固化后备用。防水板长边的搭接宽度为 10cm，边涂刷胶粘剂边粘结，并用三合板和压碾在搭接处均匀擦压，以增加粘结密实度。

(2) 洞内悬挂

防水层在盲沟施工完成后进行铺设，铺设在专用水板吊挂台车上完成。防水层悬挂在 11 号铁丝上，铁丝一端固定在 12mm 的膨胀螺栓上。

(3) 铺设要求

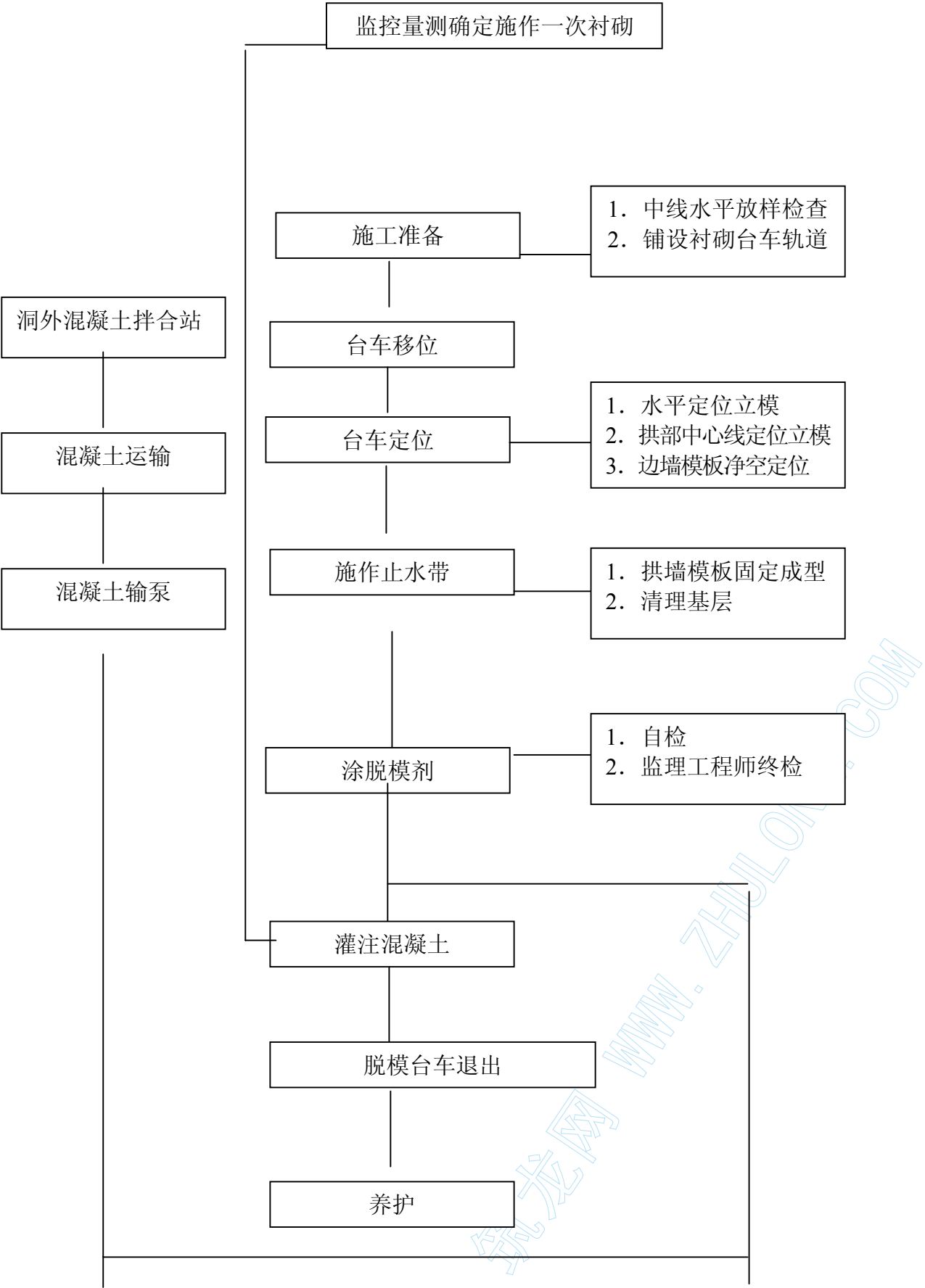
对于初期支护表面存在的外露钢筋头予以齐根切除，并用 1:2 的水泥砂浆抹平，以防顶破防水板。对初期支护表面存在的凹凸部分局部找平修补。环向盲沟设于有集中水流处，集中小股水流处设橡胶板盲沟，大股水流处设弹簧管盲沟，弹簧管数量根据水流大小而定，一般为 1-3 根，盲沟自上而下铺设，盲沟不得侵入衬砌内，否则凿槽埋设。纵横向排水管用塑料三通联接，接头处外缠止水带。

7. 二次衬砌施工

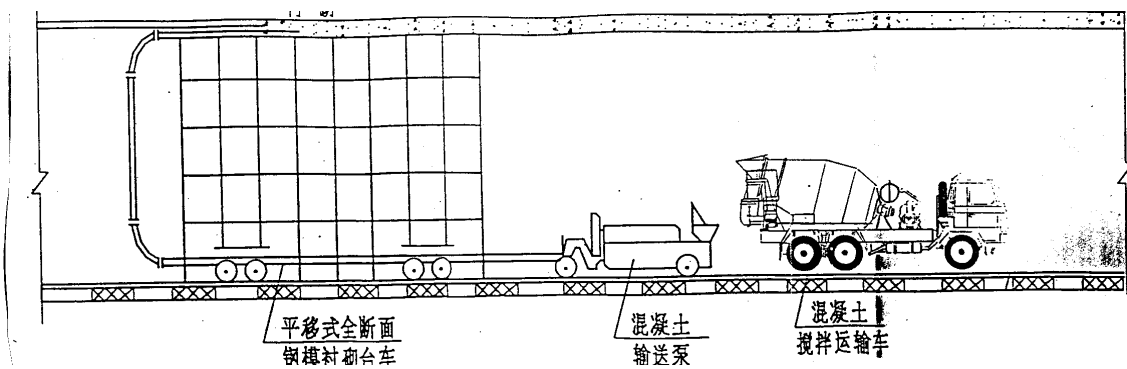
(1) 见二次衬砌施工程序框图。

(2) 循环图表

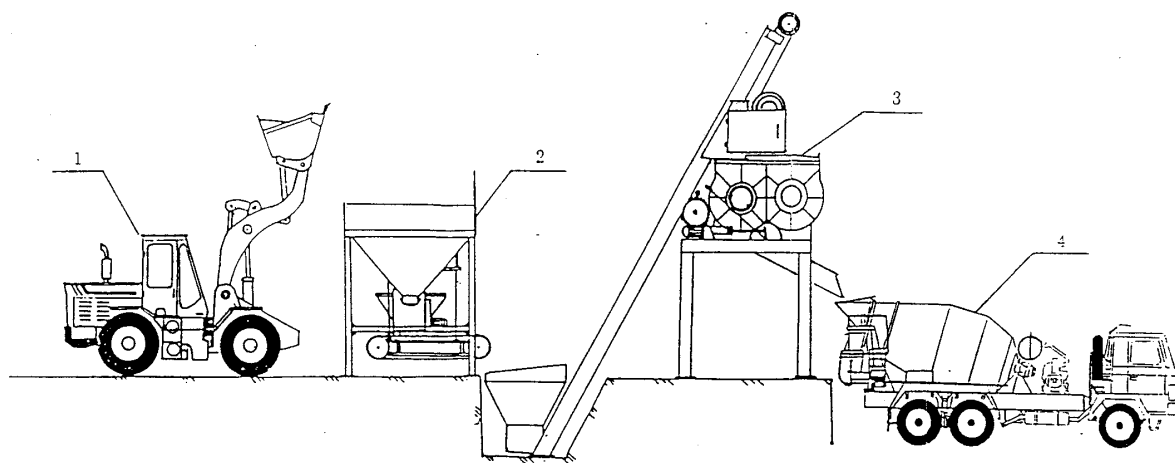
详见二次衬砌作业循环图。



二次衬砌施工程序框图



混凝土拌合站布置图

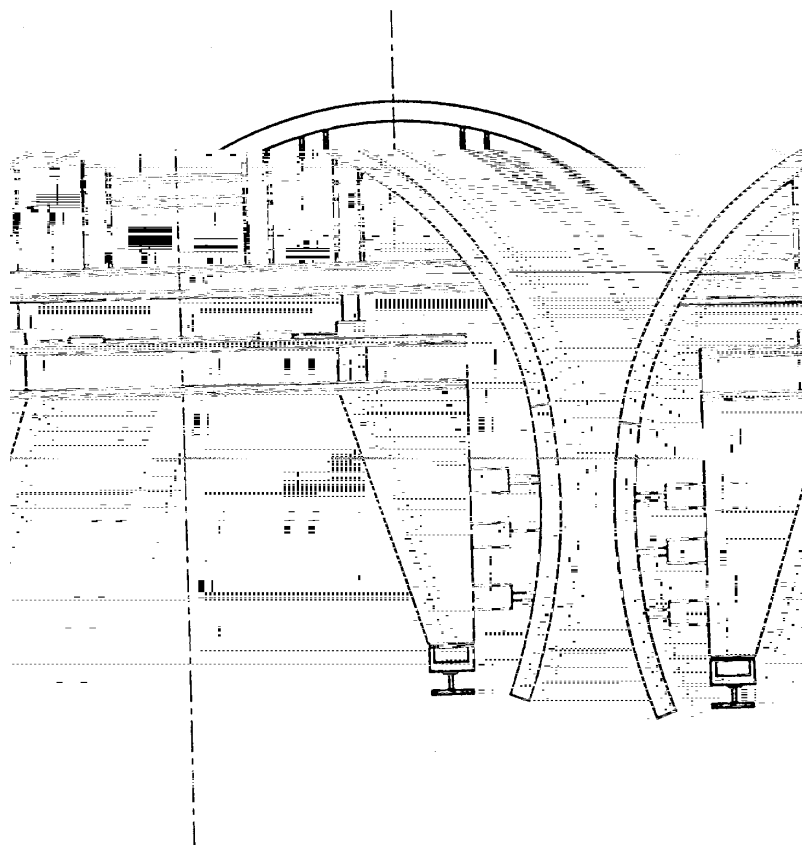


二次衬砌施工作业循环图

作业名称	作业时间(小时)	循环时间（时）									
		6	12	18	24	30	36	42	48	54	
测量放线	1										
模板台车就位	6										
风水管改修	3										
灌注砼	16										
养生	24										
脱模、清理	4										

（3）衬砌方式及机具

隧道二次衬砌模筑混凝土采用衬砌台车整体浇注，一次衬砌长度 8-12M。施工采用全断面液压衬砌台车。大块模板，台车与模板各成独立系统，可进行穿行式作业，也可进行平移作业。衬砌台车结构示意图



衬砌台车结构示意图

(4) 施工方法

两洞口各设一个混凝土自动计量集中拌合站，配两台 JS500 型拌合机和两台 PL800 自动计量配料机，砼采用三次投料拌合，砼搅拌运输车运输，砼输送泵灌注，附着式振动器振捣，插入式砼振动器辅助振捣。特殊地段分部衬砌时可用小型砼运输车运输，人工配合机械灌注。

(5) 施工安排

二次衬砌在初期支护和围岩收敛变形基本稳定后施做。衬砌前应做好防水板的铺设及各类预埋件、预留孔沟槽、管洞的设置。防水砼配合比严格按设计及规范执行，钢筋砼衬砌灌注前要做好钢筋的布设工作，钢筋角隅要加强振捣，两次衬砌间工作缝及沉降等要做止水带的安设工作。

8. 路面设施

(1) 水沟电缆槽

有仰拱地段水沟侧端与隧底填充同时灌注，仰拱与衬砌边墙间的工作缝在灌注砼时先凿毛，并在水沟内侧工作缝处凿毛后用 M10 水泥砂浆勾缝。无仰拱衬砌地段水沟侧墙在铺底前完成。

（2）洞内路面

洞内路面在隧道衬砌完成后由中间向洞口方向施工。砼铺筑采用 HBT 型辊轴式水泥砼路面摊铺整平机 2 台，分幅分块进行。纵缝间设拉杆，横缝间设传力杆。另配置 HQV 自行式路面切纹机 2 台，自行式切缝机 2 台，灌缝机 2 台配合施工。

排水及涵洞

涵洞及通道施工

一、石拱涵（包括拱通道）施工工艺

拱涵施工很重要的工作是按要求备好各种规格的石料才能开工，找好有技术的砌石队伍。

①首先要测量放样，放出控制桩的基础开挖边线。

②用挖掘机开挖基础，严格控制开挖标高，留一部分人工按要求开挖清理。详细放基础线，并请驻地监理检查，做地基承载力试验，符合要求才能砌筑。

③砌块石基础和墙身。要求横平竖直灰浆饱满，每 4 米左右留一上下贯通的沉缝。

④分层夯实填筑土牛拱，拱顶尺寸准确，最好抹水泥砂浆。

⑤砌块石拱圈，块石规格最好按设计尺寸加工，尤其是端头外露面要细致加工。沉陷缝与墙身基础一致。

⑥做胶泥防水层 15 厘米，沉陷缝迎水面内填 15 厘米水泥砂浆，外侧用胶。

⑦砌筑片石侧墙（外露面最好用块石）砌块石路缘石（缘石最好设计好尺寸，外露面细加工）。

⑧清理进出口，放八字墙尺寸，用片石砌筑基础和墙身（外露面最好用块石砌筑）。

⑨砌体砂浆达到设计号的 80%时挖土牛，并清理洞底铺砌基础。

⑩洞底和进出口用片石铺砌。洞内部分可以在填土牛以前铺砌。

台后和翼墙后一米内严禁用重型机械压实，可采用人工、电动夯对称分层压实，压实度达 95%以上。

按要求勾缝抹面。对于砌体要按时养生，保持砂浆湿润。

二、钢筋砼管涵施工工艺

管涵施工前，首先用经纬仪放出轴线和基础开挖线，用人工或机械开挖，接近设计标高时，再用人工进行清理修整，然后进行基底处理。

基础处理后，用经纬仪准确放出轴线，确定基础平面尺寸支基础模板，经轴线，标高检查无误后，浇注垫层砼。在基础施工时注意横坡和沉降缝的设置。然后养生、拆模。到一定强度采用吊车安装涵管。安装涵管内径平顺，管身应与基础管座接触密实，使管受力均匀。管缝不大于 1 厘米，并用沥青麻絮填塞。管节沉降缝与基础沉降缝一致，应用沥青麻絮塞实。管外侧接缝应用 20 号砼箍缝并很好的养生。

基础砼强度达到 80%时，支端墙模板，浇注砼。浇注砼时应注意模板支撑牢固及线型美观。端墙砼强度达到 70%时，进行灰土分层压实回填。然后做锥坡土体，砌片石，最后要整修交验。

三、箱涵施工工艺

箱涵和盖板施工的不同点是基础处理完后，打砼垫层，支底板模板，绑底板钢筋，浇注底板砼，底板砼强度达到 75%时，可绑墙身钢筋，支墙身模板和箱涵顶板底模，绑扎顶板钢筋，经检验合格后浇注墙身和顶板砼，在浇注过程中如有不便施工，可在墙身外侧留窗口，待砼浇至窗口处再封死。顶板砼浇注时要注意二次收浆抹面，并覆盖养生，砼强度达到设计号的 80%时才能拆顶板模板。箱涵没有盖板预制，吊装和桥面砼浇注工序，但箱涵模板支撑和砼浇注比较困难，应特别注意模板不沉隐变形和砼浇注质量。

四、通道施工工艺

应用经纬仪放出中线及基础开挖边线，用挖掘机挖基，人工清理基础及边坡，进行基础底基夯实。灰土处理，然后再精确放出基础平面尺寸，支模绑筋，经检验后，浇注砼基础。浇完后养护，拆基础模板。

基础砼强度达到 75%时，即可绑扎墙身钢筋，支墙身模板。墙身施工时应注意结合部凿毛、沉降缝的一致。墙身模板采用组合钢模板拼装，钢管肋，模板支好经检查后浇注砼，砼用吊车斗送入模板，插入式振捣器捣密实。浇注时要控制每层厚度为 30 厘米，持强度达到 80%时拆模。盖板集中在预制厂预制，模板采用钢模，盖板预制后在场内编号堆放。盖板养生强度达到设计标号的 80%时起吊堆放，并注意堆放支点位置。

台帽上经测量放出准确位置后才能安装盖板。而后浇注桥面砼，桥面砼要严格控制标高，横坡和平整度，并注意覆盖养生。

通道的回填严格按设计图纸和技术规范要求进行，分层夯实至设计标后，再进行搭板和边坡施工。

五、台背回填的施工方法

高速公路能否保持行车平稳、舒适，构造物台背回填质量有时起着很关键的作用。所以我们从事高等级公路的施工经验，强调和抓好构造物台背回填是我们高度重视的一道工序。

1.用于回填的全部材料，应符合技术规范的要求，填料既要能被充分压实，具备良好的透水性，且不含有草根、腐植物或冻土块等杂物。回填石灰土应按要求拌合。

2.回填应分层填筑，根据压实机型，一般控制在每层填厚不大于 10-15 厘米，分层填筑应尽量保证摊铺厚度均匀、平顺。在雨季回填时，填筑面应做成 3%-4%的坡度，以利于排水。

3.构造物的回填应遵照两边对称原则。并做到在基本相同的标高上进行，防止不均匀回填造成对构造物的损坏。

4.基坑的回填，应在排干积水的情况下作业，回填工作应得到监理工程师的同意。靠路基的坡度应当挖成台阶，以便于保证回填质量。

5.回填前，先与断面上划分回填层次，确定检测频率，填写检测记录。

6.填筑时要设专人负责，每一构造物谁负责回填要明确。

7.不同土质应分层填筑，不准混合用。回填土要经过选择，含水量要接近最佳含水量。

8.回填高度要按设计图规定施工，轻型桥（涵）台，在梁（板）未吊装前，不允许填过允许回填高度。

9.圆管涵顶部回填土高度必须大于 50 厘米时方可放行车辆，车辆通过圆管涵时要放慢和避免压坏圆管。

10.每层回填都要做压实度检验，压实度检验记录必须和填筑高度相等，并保证符合技术规范要求。

盖板通道、圆管涵施工方案

1. 钢筋混凝土盖板通道施工方法

1.1 基坑开挖

1.1.1 人工开挖

开挖工程量较小的土质基坑采用人工开挖，其开挖方法：土质基坑采用放坡开挖。弃土提升及运输方法采用人工挑运。

1.1.2 机械开挖配合人工刷坡检底

开挖工程量大的土质基坑采用挖掘机开挖人工配合刷坡检底的开挖方法，机械开挖时在设计基底高程以上保留不少于 20cm 厚度的土层由人工开挖检底。

1.2 涵基、涵台施工

涵基、涵台施工采用立模现浇的方法进行施工，砼集中搅拌。施工方法与桥梁墩台身施工方法基本相同。涵台每隔 4~6m 设一道沉降缝，沉降缝贯穿整个断面（包括基础），缝宽 1~2cm，缝内用沥青麻絮填充。

1.3 盖板的施工

本标段涵洞盖板计划由预制厂集中预制，然后用运输车运输到施工现场，吊车安装。盖板顶涂热沥青一层，铺油毛毡一层。

2. 钢筋混凝土圆管涵的施工方法

2.1 基坑开挖采用人工配合机械的形式进行开挖。开挖之前先进行精确的测量放线，画出开挖轮廓，确定开挖机具停放的位置及弃碴位置，开挖时采用放坡开挖，必要时进行坑壁防护。当基坑位于原有的灌溉水流的沟渠修筑时，要开挖临时通道保护好灌溉水流。

2.2 基槽开挖后，应紧接着进行垫层铺设。压实度应在 90%以上，按重型击实法试验测定。

2.3 基座的施工

基座可立模现浇，砼使用强制式砼搅拌机现场拌合，基座的尺寸应符合设计要求。管基砼可分两次浇筑，先浇筑管底以下部分，并预留管基厚度及安放管节座浆砼 2~3cm，待安放管节后再浇筑管底以上部分。

2.4 管节的安装

圆管涵的砼管节计划在专业预制厂购买，用汽车运输到施工现场进行安装。

管节从下游开始安装，使接头面向上游，每节涵管应紧贴于基座上，使涵管受力均匀，所有管节应按正确的轴线和坡度敷设。

2.5 接缝处理

涵管接缝宽度不应大于 10mm，严禁加大接缝来满足涵长的要求，应用沥青或其它具有弹性的不透水材料填塞接缝内、外侧，以形成一柔性密封层。

排水工程

排水工程要满足横向和纵向排水的要求，全线通过设置边沟、盖板式边沟、截水沟、急流槽、盲沟等构造物形成一套完整的排水系统。

1、施工注意事项

（1）对于纵向边沟，在施工时，沟型按照梯形截面规则开挖，夯实基底，达到密实度要求，并保证基底的干燥。

（2）在浆砌预制块时，预制块咬口紧密，嵌缝饱满、密实、勾缝平顺无脱落，缝宽一致。

（3）在施工时，边沟线形平顺，尽可能采用直线形，转弯处作成弧形，其半径不小于 10m，与桥涵进出口平顺衔接。

（4）为防止水流下渗和冲刷，截水沟进行严密的防渗和加固处理，地质不良地段和土质松软，透水性较大或裂隙较多的岩石路段，对沟底纵坡较大的土质截水沟及截水沟的出水口，采取必要加固措施，防

止渗漏和冲刷沟底及沟壁，出入口必须与其他设施平顺衔接。

(5) 平曲线处边沟施工时，沟底纵坡与曲线前后沟底纵坡平顺衔接，不允许曲线内侧有积水或外溢现象发生。曲线外侧边沟要适当加深，其增加值等于超高值，但曲线在坡顶时可不加深边沟。

2、施工方法

(1) 截水沟分 M7.5 号水泥砂浆砌片石和土沟两种，梯形边沟以 20 号砼预制块砌筑，厚 6cm，下铺 10cm 厚砂砾垫层，缝宽 1 厘米用 M10 水泥砂浆砌缝，预制块之间的三角区用 M10 砂浆补齐。

(2) 截水沟在路堑坡口外 5m 设置，土质挖方段设梯形截水沟；在路基填土高小于 60cm 和挖方路段设置边沟，采用梯形边沟，出水口处的自然沟采用 7.5 号浆砌片石铺砌，长 2m，厚 0.25m。

(3) 当土质良好，堑顶不高或水沟浆砌加固时，一般不小于 2m，边沟边缘至路堤侧的取土坑为 2m。

(4) 截水沟和边沟的下游出口段，应绕开路堤坡脚及桥台前锥体坡脚向外引出，以防止水流冲刷，如下方为弃土堆，其渗水条件差者，须以弃土堆外侧挖沟引出。

(5) 边沟底部坡度，要符合线路坡度和地形坡度，达到流水畅通，几何尺寸符合设计需求。

(6) 急流槽槽底设防滑平台，其水平间距为 2m，用 M7.5 砂浆砌筑片石，顶面抹 2cm 厚的 M10 水泥砂浆；边坡槽身由钢筋砼预制块拼装，下铺砂砾垫层，进水口用 M20 砼现浇。

(7) 盲沟：盲沟顶部作封闭层，在边沟砂砾垫层底部铺设双向土工布，采用颗粒级配均匀的砂砾作反滤层，在两侧铺好就位，中间填充碎石或砾石，包裹聚乙烯双壁打孔波纹管，管四周填以大于孔径的等粒径碎石，组成盲沟，底部设 M7.5 浆砌片石隔水板。

3、施工控制

(1) 施工时根据地形地表水流情况，开挖临时边沟，及堑顶截水沟，将水引排到路基施工以外，并核实排水设计数量。

(2) 地面排水设备的纵坡不小于 2‰。

(3) 盲沟、渗沟开挖后，引排疏干沟内积水，检查验收合格后及时安排下道工序施工。

(4) 沟底铺砌应置于稳定地层上，台阶连接处砌筑密贴，防止水下渗。

(5) 渗沟出口与纵向排水设施或挡土构筑物的衔接密贴牢固，保证渗沟排水畅通。

(6) 路堤（堑）边沟、截水沟在路基表层完工前必须配套完工。

防护工程

混凝土挡土墙施工工艺

1、基槽挖土方：本工程挖基槽土方采用人工配合挖掘机进行开挖。挖基配合墙体施工分段进行，先测量放线，定出开挖中线及边线，起点及终点，设立标桩，注明高程及开挖深度，用 1m³ 反铲挖掘机开挖，多余的土方装车外运弃土。在施工过程中，应根据实际需要设置排水沟及集水坑进行施工排水，保证工作面干燥以及基底不被水浸。

2、地基处理：当挖基发现有淤泥层或软土层时，需进行换土处理，报请监理工程师批准后，才能进行施工。

3、碎石垫层施工：根据设计图纸现浇钢筋砼挡土墙。基底铺 20 公分厚碎石垫层，并用打夯机夯入地基土。以增加基底摩擦系数。混凝土挡土墙的基础垫层为 C10 砼垫层 10 公分厚。

4、钢筋安装：

现浇钢筋基础先安装基础钢筋，预埋墙身竖向钢筋，待基础浇灌砼完后且砼达到 2.5Mpa 后，进行墙身钢筋安装。

预制钢筋砼挡土墙的基础钢筋分二次安装，第一次安装最底层的钢筋，基础达到一定强度，安装好预制墙身后，再安装第二阶的基础钢筋。

5、现浇砼基础：按挡土墙分段长，整段进行一次性浇灌，在清理好的垫层表面测量放线，立模浇灌。

6、现浇墙身砼：现浇钢筋砼挡土墙与基础的结合面，应按施工缝处理，即先进行凿毛，将松散部分的砼及浮浆凿除，并用水清洗干净，然后架立墙身模板，砼开始浇灌时，先在结合面上刷一层水泥浆或垫

一层 2—3 公分厚的 1: 2 水泥砂浆再浇灌墙身砼。

墙身模板采用光面七夹板拼装, 竖枋用 8×10cm 枋间距为 40cm, 用钢管作围楞, 用 8×10cm 的木枋作斜撑进行支撑, 侧模用 $\Phi 16$ 的螺栓对拉定位, 螺栓间距为 80cm, 螺栓穿孔可采用内径为 20—25cm 的硬塑料管, 拆模时, 将螺栓拔出, 再用 1:2 水泥砂浆堵塞螺栓孔, 墙身模板视高度情况分一次立模到顶和二次立模的办法, 一般 4 米高之内为一次立模, 超过 4 米高的可分二次立模, 亦可一次立模。当砼落高大于 2.0m 时, 要采用串筒输送砼入模, 或采用人工分灰, 避免砼产生离析。砼由砼搅拌站加工, 用砼运输车运至现场, 在墙顶搭设平台, 用吊机吊送砼至平台进行浇灌, 砼浇灌从低处开始分层均匀进行, 分层厚度一般为 30cm, 采用插入式振捣器振捣, 振捣棒移动距离不应超过其作用半径的 1.5 倍, 并与侧模保持 5—10cm 的距离, 切勿漏振或过振。在砼浇灌过程中, 如表面泌水过多, 应及时将水排走或采取逐层减水措施, 以免产生松顶, 浇灌到顶面后, 应及时抹面, 定浆后再二次抹面, 使表面平整。

砼浇灌过程中应派出木工、钢筋工、电工及试验工在现场值班, 发现问题及时处理。

砼强度件制作应在现场拌和地点或浇灌地点随机制取, 每工作班应制作不少于 2 组试件 (每组 3 块)。砼浇灌完进行收浆后, 应及时洒水养护, 养护时间最少不得小于 7 天, 在常温下一般 24 小时即可拆除墙身侧模板, 拆模时, 必须特别小心, 切莫损坏墙面。

7、伸缩缝、沉降缝及泄水孔的处理

现浇灌钢筋砼挡土墙的伸缩缝和沉降缝宽 2cm (施工时缝内夹 2 公分厚的泡沫板或木板, 施工完后抽出木板或泡沫板) 从墙顶到基底沿墙的内、外、顶三侧填塞沥青麻丝, 深 15cm。

挡土墙泄水孔为 $\Phi 10$ cm 的硬质空心管, 泄水孔进口周围铺设 50×50×50cm 碎石, 碎石外包土工布, 下排泄水孔进口的底部铺设 30cm 厚的粘土层并夯实。

护坡、护面墙、锥坡施工

在路基工程施工完毕后尽快进行防护工程的施工, 路基防护工程应做到表面平整、线型顺直、曲线圆滑, 不起皮脱落, 施工过程中不但要满足强度、耐用、安全和尺寸准确的要求, 还要满足规整的视觉感观效果。防护采用护坡、护面墙、锥坡三种形式。

(一) 护坡。

路线跨越冲沟不设构造物的坝式路堤段为防止“管涌”现象发生造成路基沉陷, 上下游均考虑边坡铺砌。

1、浆砌片石

(1) 石料的选择

砌筑用片石石质须坚硬, 片石用作镶面石和角隅石时选择表面较平整的材料, 尺寸较大者, 要加以修整。风化石料严禁用作砌筑。

(2) 砌筑施工要点

采用座浆法砌筑, 准确放线, 砌筑曲面作到曲面圆滑, 不能砌成折线面相连。分层砌筑, 砂浆饱满, 丁顺结合。

(3) 勾缝施工要点

勾缝砂浆严格按设计标号掌握, 砂子过筛, 用中细砂, 含泥量不得超过 0.5-1.0%, 水泥安定性等指标要符合要求。勾成凹缝, 勾出的缝面要平整光滑、密实、砂浆凝固到一定时再开始修整缝面, 施工中用括板保证缝条的宽度一致, 严格控制勾缝时间, 不得在低温下进行, 勾缝后加强养护, 防止局部脱落。

2、预制块

(1) 填方高度大于 4 米的路堤, 边坡采用 I 型砼预制块格状防护, 施工时先开槽, 然后铺砌砂砾垫层及砼土块并与边坡齐平, 方格中间植草;

(2) 预制块在预制场集中进行预制, 然后由汽车运至工地, 按要求进行砌筑。

3、填方高度小于 4 米的路堤, 边坡采用 II 型沙柳茎杆网格植草, 将沙柳的茎杆砍成 20 厘米的短节, 按每行 5 厘米的宽度栽成网格, 施工时先开挖沟槽, 然后将植物茎杆插入回填捣实, 形成网格后在坡面播撒草籽。

4、播撒草籽要选择适宜季节和适合当地生长的播种。

5、铺砌层的砂砾垫层材料，粒径一般不大于 50mm，含泥量不宜超过 5%，含砂量不宜超过 40%。垫层与铺砌层配合铺砌，随铺随砌。

（二）护面墙

公路沿线土质变化较大地段，对土质受风蚀后易疏松，挖深较大的路堑边坡设置了护面墙，稳定边坡，美化路容。

1、浆砌片石

一级墙身采用浆砌片石砌筑，具体见护坡浆砌片石施工。

2、预制块

二级墙身采用水泥砼预制块拼装

（1）预制块采用 C20 砼，C 型面板预留锚固孔，砌筑时用 $\Phi 16$ 钢筋锚固，钢筋长 80cm，并做好防锈处理。

（2）预制板上下层之间错缝拼装，预制板拼装留 10cm 砌筑缝，用 M10 水泥砂浆砌缝，纵向每隔两块 B 型板设一块 C 型板，D 型板为墙顶板，A 型板为底板，碎落台用 B 型板铺砌。

3、墙体每隔 15m 设一道伸缩缝，缝宽 2cm，内填 10cm 深沥青麻絮。

4、在浆砌片石墙身高出地面 30cm 处设置泄水孔，间距 3m，孔径 10cm。

5、墙顶处用原土夯实并作浆砌片石墙帽，以免受水流冲刷。

（三）锥坡

锥坡浆砌片石具体见浆砌片石护坡施工。

护面墙、预制块方格网护坡施工方案

1. 7.5 号浆砌片石一级墙身的施工方法

（1）砌体砌筑前应测量放样，施工时应立杆挂线或样板控制，并要经常复检验证，以保持线形顺适，砌体平整。

（2）护面墙修筑前应先清除边坡松动岩石，清出新鲜面；边坡上的凹陷部分挖成台阶后，应以墙体相同的圬工砌补，不可回填土石或干砌片石。

（3）墙背与坡面应密贴结合，砌体咬口紧密、错缝、砂浆饱满，不得有通缝、叠砌、贴砌和浮塞，砌体勾缝应牢固和美观。

（4）护面墙基础应设在可靠的地基上，埋置深度应在当地冻结线以下 0.25m；承载力不宜小于 300kPa。

（5）根据图纸规定的伸缩缝和沉降缝的长度，应分段砌筑，其泄水孔、耳墙、砂砾反滤层应与墙体同步进行。泄水孔可预留孔洞或埋设铁管；反滤层应砌高一层后，即行填筑一层，当达到耳墙位置时，清理边坡后先进行耳墙砌筑。

（6）护面墙砌体应自下而上逐层砌筑，直至墙顶。

2. C20 砼二级墙身的施工方法

（1）预制块在预制厂集中预制。

（2）预制块上下层之间错缝安装，预制块的拼装应留 1 厘米砌缝。

（3）C 型面板预制预留锚固孔，砌筑时用 $\Phi 16$ 钢筋锚固，钢筋长 80 厘米，并做好防锈处理。

3. 预制块方格网护坡施工方法

（1）路基填筑成形，按规范要求整修边坡，边坡报检合格后，方可进行下一步的护坡施工。

（2）测量放线，按放线的位置，挂线开槽，然后铺砌砂砾垫层砼块，安装砼预制块。

（3）勾缝：把砌缝剔进 2cm，1：1 砂浆勾成凹缝。

（4）砌筑过程中，砂浆试验组数应符合要求。

（5）护坡砌筑完成后，进行整理，以利于春天在拱内种植草皮。

安全设施及预埋管线

隔离栅施工组织设计方案

一、设备、人员动员周期和设备、人员、材料运到施工现场的方法。

1、在接到“中标通知书”后，立即按招标文件规定的程序和期限内提交履约保函、签署“合同协议书”。做好工程准备工作：施工机具设备配置、人员动员到位，并抵达现场。在接到监理工程师的开工令后立即开工，严格按照施工图设计、招标施工技术规范规定及指挥部、监理工程师要求认真组织施工，优质高效按期完成本合同工程施工任务。

2、设备、人员、材料利用公路和铁路运输运抵现场。

二、隔离栅项目的施工方案、施工方法。

1、严格认真按照施工图设计、招标文件技术规范规定、指挥部要求、监理工程师指示进行施工。

2、施工方案

(1)、测量放样：按图纸设计要求及实际地形、地物的情况进行施工放样，定出立柱中心线，按规定的坡度和线形修建隔离栅。

(2)、立柱埋设分段进行，先埋两端的立柱，然后拉线埋设中间立柱，从纵向看，立柱的轴线在一条直线上，不该有参差不齐的现象；从高度看，柱顶平顺，不应出现高低不平的情况。

(3)、一行隔离栅中如有断开处或在道路交叉口时，可按需要适当调整立柱间距，跨越河流时，当河两岸跨度小于6米，按图纸所示连接；当河两岸跨度大于6米，隔离栅做终止封闭连接设置。

(4)、立柱、支撑埋入混凝土基础中，设置临时拉索或支撑，把立柱固定于适当位置，直到混凝土硬化为止，在混凝土养生7天期间，禁止在立柱、拉索或支撑上安装或拉紧任何材料或部件。所有立柱按设计图要求和线形垂直埋设。

(5)、尺寸和型号符合设计要求的隔离栅网片，按图纸设计规定方式从立柱端部开始牢固安装到立柱上，所有网片均要绷紧而不变形，其安装高度符合图纸设计规定，隔离栅安装完毕，立柱基础进行最后压实处理。

(6)、在高压输电线穿越安装隔离栅的地方，隔离栅按电力部门的规定接上地线。

(7)、当电线平行于隔离栅且电线在上方附近时，应在每端或按不小于400m的间距埋设地线，接地电阻值小于10欧姆。

(8)、隔离栅一般顺着地形设置。必要时，需进行土工整平，以取得整齐外观。在低洼地区，当地面纵断面发生突变，无法保持规定的离地标高时，采用两根立柱调节高程或采用异形网片渐变过渡。在开挖或钻孔之后，所有立柱应按批准的方法埋设。隔离栅在改变方向的地方，立柱应设三向斜撑。

(9)、单侧每100m设立加固斜撑一处。

3、施工方法：测量放样利用仪器及钢卷尺放样。隔离栅立柱安装采用人工开挖基坑、混凝土现浇埋设，混凝土采用机械或人工拌和，隔离栅网片安装采用人工安装。

三、各分项工程的施工顺序

1、隔离栅施工顺序

测量放样→立柱混凝土埋设→隔离栅网片安装→校正→验收计量

四、确保工程质量和工期的措施

1、严格按照招标文件施工图纸设计、技术规范要求、监理工程师指示及有关国家质量检验标准，精心组织、合理科学施工，严格质量管理。

2、做到建立的质量管理体系与指挥部、监理工程师的质量控制要求相互协调一致。

3、全面质量管理与质量控制，从原材料、隔离栅生产、施工设备、人员、施工放样、施工组织设计、施工方案、标准试验、施工工艺检查、施工操作检查、质量检测项目的自检与抽检等全面质量控制。

4、加强工程检验管理，增加自检与抽检频率，确保检验器具符合规定，检验操作符合标准，检测结果数据可信。

5、严格进度管理：根据工程合同工期要求，并结合建设指挥部工期变动指示（如果有）和施工实际情况制定总的进度目标和各阶段进度计划。根据上阶段计划目标完成的质量和进度情况及时修正下阶段的进度目标计划，确保工程优质按期完工。

质量检验：

1、基本要求：

（1）、编织网片和刺铁丝网制作的隔离栅，安装后要求网面平整，无明显翘曲和凹凸现象，刺铁丝拉紧固定后的中心垂度小于 15mm。

（2）、金属立柱弯曲度小于 8mm/m，无明显变形、卷边或划伤。

（3）、编织网片、刺铁丝网、金属立柱、斜撑构件和连接件的材质、规格及防腐处理满足图纸要求，具有产品合格证并经工地检验后方可使用。

（4）、立柱按照图纸要求埋深。立柱与基础、隔离栅与立柱之间的连接应稳固。

（5）、隔离栅起终点端头封围符合图纸的要求。

（6）、立柱和基础的混凝土强度及几何尺寸严格按图纸要求进行施工。

2、检查项目

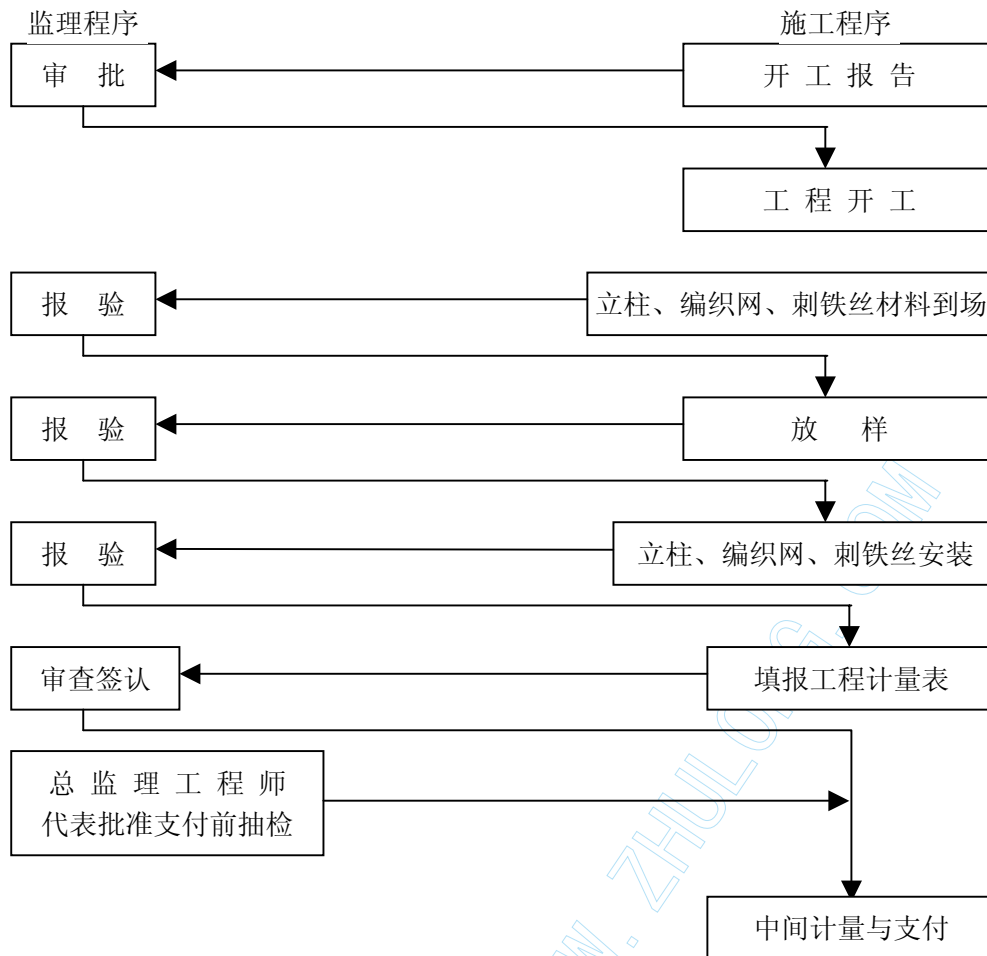
项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法
1	立柱竖直度（mm/m）	±8	直尺，垂线：每 100 根测 2 根
2	柱顶高度（mm）	±15	直尺：每 100 根测 2 根
3	立柱中距（mm）	±20	拉尺：每 100 根测 2 根
4	隔离栅顺直度（mm/m）	±8	拉线、塞尺：抽检 2%
5	混凝土强度（Mpa）	在合格标准内	见 JTJ071-98 附录 D

3、外观：

（1）、立柱混凝土密实平整，无裂缝、翘曲、蜂窝、麻面等表面缺陷；金属立柱无漏镀、露铁、流挂、滴瘤或多余结块和划伤等表面缺陷。

（2）、网面无锈蚀、擦伤等缺陷。

施工工艺框图



绿化及环境保护工程

其他

公路工程施工准备

一、施工现场准备

施工单位接到中标通知书后，在与业主签订合同的同时，开始施工现场准备工作，施工现场准备工作应做好以下几项工作：

（一）复查和了解现场

复查和了解现场的地形、地质、文化、气象、水源、电源、料源或料场、交通运输、通信联络以及城镇建设规划、农田水利设施、环境保护等有关情况。

对于扩（改）建工程，应将拟保留的原有通信、供电、供水、供暖、供油、排水沟管等地下设施复查清楚，在施工中要采取保护措施，防止损坏。

（二）确定工程用地范围。施工单位应根据施工图纸和施工临时需要确定工程用地范围，及在此范围内有多少土地，哪些是永久占地、哪些是临时占地，并与地方有关人员到现场一一核实（是荒地或是良田、

果园等)、绘出地界、设立标志。

(三)清除现场障碍。施工现场范围内的障碍如建筑物、坟墓、暗穴、水井、各种管线、道路、灌溉渠道、民房等必须拆除或改建,以利施工的全面展开。

(四)办妥有关手续。上述占地、移民和障碍物的拆迁等都必须事先与有关部门协商,办妥一切手续后方可进行。

(五)作好现场规划。施工单位按照施工总平面图搭设工棚、仓库、加工厂和预制厂;安装供水管线、架设供电和通信线路;设置料场、车场、搅拌站;修筑临时道路和临时排水设施等。在有洪水威胁的地区,防洪设施应在汛期前完成。

(六)道路安全畅通。道路施工需要许多大型的车辆机械和设备,原有道路及桥涵能否承受此种重载,需要进行调查、验算,不合要求的应作加宽或加固处理,保证道路安全畅通。

二、劳力、机具设备和材料准备

(一)劳力

道路施工需要大量劳动力,而且时间相对集中,因此,开工前落实劳动力来源,按计划适时组织进(退)场,是顺利开展施工、按期完成任务、避免停工或窝工浪费的重要条件之一。

目前公路工程施工劳力多为民工,组织民工队伍时做好以下工作:

(1)要注重素质。民工素质直接影响工程质量,民工队伍素质审查要严把“四关”,即政治素质、道德纪律、身体条件和技术水平四个方面。政治素质:主要看参加施工的动机,要有为社会主义建设作贡献、尽义务的意识,一切朝钱看的施工队伍是难以圆满完成任务的;道德纪律:主要看民工队伍的精神面貌、组织纪律性,要求是一支能吃苦耐劳、有组织、守纪律、过得硬、有领导的队伍;身体条件:道路工程施工劳动强度很大,作业时间长,有时要发扬连续作战的精神,没有健康的体格是难以完成任务的,故要选身强力壮以中青年为主的队伍;技术水平:应选择参加过公路工程施工的队伍,他们中有相对稳定的作业手、泥瓦工、木工、电工等技术工人,具有一定的独立施工能力。

(2)要注重教育。教育是先导,只有适时耐心的教育,才能使民工队伍的素质不断提高。教育内容要有针对性,包括:改革开放政策与形势教育、法制教育、作风纪律教育、文化技术教育等。特别是在开工前,对进场民工要进行集中教育。要把工程建设意义、任务情况、质量要求、效益情况交待给大家,使大家心中有数。从而感到工程施工责任重大、任务光荣、效益不错,从而安下心来,积极热情地投入施工。

(3)签订好施工合同。在市场经济条件下,民工参加工程建设,希望获得好的经济效益是无可非议的。要使民工安心施工,把精力集中到工程质量上来,必须按经济规律办事,改过去的任务分配制为合同制。合同内容应包含人员数量、工程数量、取费标准、质量标准、奖罚标准、施工进度、安全施工等方面。

(二)机具设备

公路工程施工需要大量的机械设备和运输车辆,其中大、中型机械设备和运输车辆更是施工的主力。在以往施工时,常因某一关键机械(或设备、车辆)跟不上而严重影响施工,造成很大浪费。这种现象多为准备工作不充分或计划不落实所致。因此,施工单位根据现有装备的数量、质量情况和周密的计划,分期分批地组织进场。其中需要维修、租赁和购置的,应按计划落实,并要适当留有备份,以保证施工的需要。

(三)材料

公路工程施工需要大量材料,除水泥、木材、钢材、沥青等主要外购材料外,还有砂、石、石灰等大宗的地方材料,材料费占到工程总费用的三分之二左右,因此,其费用高低直接关系到工程造价。同时,材料的品质、数量、以及能否及时供应也是决定工程质量和工期的重要环节。材料准备工作的要点是:品质合格、数量充足、价格低廉、运输方便、不误使用。在保证材料品质的前提下,本着就地取材的原则,广泛调查料源、价格、运输道路、工具和费用等,做好技术经济比较,择优选定,同时根据使用计划组织进场,力争节省投资。

三、技术准备

（一）熟悉图纸资料和有关文件

施工单位接受工程任务后，应全面熟悉施工图纸、资料及有关文件，参加业主工程主管部门或建设单位组织的设计交底和图纸汇审并作好记录。

（1）设计图纸是施工的依据，施工单位和全体施工人员必须按图施工，未经业主和监理工程师同意，施工单位和施工人员无权修改设计图纸，更不能没有设计图纸就擅自施工。

（2）施工单位应组织有关人员施工图纸和资料进行学习和自审，做到心中有数，如有疑问或发现差错应在设计交底和图纸汇审中提出，请上级给予解答。

（3）设计交底和图纸会审中，着重解决以下几个问题：

1. 设计依据与施工现场的实际情况是否一致。
2. 设计中所提出的工程材料、施工工艺的特殊要求，施工单位能否实现和解决。
3. 设计能否满足工程质量及安全要求，是否符合国家和有关规范、标准。
4. 施工图纸中土建及其它专业（水、电、通信、供油等）的相互之间有无矛盾，图纸及说明是否齐全。
5. 图纸上的尺寸、高程、轴线、预留孔（洞）、预埋件和工程量的计算有无差错、遗漏和矛盾。

（二）施工组织设计

根据设计文件、现场条件，各单位工程的施工程序及相互关系，工期要求以及有关定额等编制施工组织设计。

施工总平面图是施工组织设计中的重要组成部分，实践证明：其布局合理与否，不仅直接关系到是否便于施工，而且对工程造价、工期、质量，乃至与当地关系等方面都会产生很大的影响，因此，必须做好该项工作。

施工总平面的布局应符合下列要求：

- （1）应与现场的地物地貌相结合，做到布局合理、工程量少、便于施工及使用。
- （2）各项临时工程设施应尽可能与永久工程相结合，尽量不占或少占耕地，不应早占或占而不用，以便减少投资和节约用地。
- （3）临时排水、防洪设施，不得损害邻近的永久性建（构）筑物的地基与基础、挖（填）方区边坡以及当地的农田、水利设施等。

（三）技术交底

施工单位应根据设计文件和施工组织设计，逐级做好技术交底工作。

技术交底是施工单位把设计要求、施工技术要求和质量标准贯彻到基层以至现场工作人员的有效方法，是技术管理工作中的一个重要环节。它通常包括施工图纸交底、施工技术措施交底以及安全技术交底等。这项交底工作分别由高一级技术负责人、单位工程负责人、施工队长、作业班组长逐级组织进行。

施工组织设计一般先由施工单位总工程师负责向有关大队（或工区领导）、技术干部及职能部门有关人员交底，最后由单位工程负责人向参加施工的班组长和作业人员交底，并认真讨论贯彻落实。

（四）技术保障

对于施工难度大、技术要求高以及首次采用新技术、新工艺、新材料的工程、施工单位应根据工程特点，结合本单位的技术状况，制定相应的技术保障措施，做好技术培训工作，必要时应先进行试点，取得经验并经监理单位批准后推广。

工程质量保证措施

（一）、具体质量目标

不论是企业自检，还是业主、监理的中检、抽检、终检，任何时候都要努力实现本标段工程质量一次验收优良率 100%，决不允许出现不合格工程，坚决杜绝不合格项目，争取良好的信誉。

（二）、质量控制机构和创优规划

质量管理领导小组是整个工程质量管理的最高领导机构，由项目总经理、总工程师、副经理、质检部长、实验室主任、工程管理部部长组成，制定整个合同段工程质量创优规划、方针、措施。各施工队分别设质量管理现场领导组，由施工部长、质检部长、工程部长、主任工程师组成。质检部和试验室专职抓现场质量管理。施工队一级的质量管理机构在项目经理部质量管理小组领导下，制订本工段施工区段的创优措施，质量实施计划，并重在现场落实。施工队所属各施工班组根据自己的创优任务，拟定项目工程具体的分项实施计划，责任到人，严格要求，全员全过程质量控制。

（三）、强化质量意识，健全规章制度

1、建立施工组织设计审批制度

- A. 施工组织设计必须有项目经理、副经理、项目工程师、安全员、材料员、监理工程师等的签字。
- B. 施工组织设计必须在工程实施前 15 天报监理工程师和工程部，由工程管理部主任工程师审核后报总工程师审批。
- C. 施工组织设计必须经各级审批并最后由监理工程师审批后，并且按审批意见进行修改完善，方可进行施工。

2、技术复核、隐蔽工程验收制度

- A. 技术复核应在施工组织设计中编制技术复核计划，明确复核内容、部位、复核人员及复核方法。
- B. 一般公路工程技术复核内容见下表所示。

分部分项	技术复核的主要内容
路基土方开挖、填筑	测量定位的中线、标高、开挖口边线、填筑边线等
台身、台帽	位置、标高、尺寸、模板刚度、强度、预埋件、预留孔等
空心板、矩心板	模板尺寸、强度、砼配合比、冬季施工技术措施
大梁吊装施工	吊装设备运行指标、吊点、角度、承载能力、支座标高、位置。
防护施工	砌体砂浆、配合比、砌体轴线、标高、尺寸
排水工程	位置、尺寸

- C. 技术复核结果应填写《分部分项工程技术复核记录》，作为施工技术资料归档。
- D. 凡分项工程的施工结果被后道施工所覆盖，均应进行隐蔽工程验收。隐蔽验收的结果必须填写《隐蔽工程验收记录》。

3、技术、质量交底制度

技术、质量的交底工作是施工过程基础管理中一项不可缺少的重要工作内容，交底必须采用书面签证确认形式，具体可分为以下几方面：

- A. 项目经理必须组织项目部全体人员对照图纸进行认真学习，并同设计代表联系进行设计交底。
- B. 施工组织设计编制完毕并送业主和总监审批确认后，由项目经理牵头，项目工程师组织全体人员认真学习施工方案，并进行技术、质量、安全书面交底，列出关键分部工程和施工要点。
- C. 本着谁负责施工谁负责质量、安全工作的原则，各分管分项工程负责人在安排施工任务同时，必须对施工班组进行书面技术质量、安全交底，必须做到交底不明确不上岗，不签证不上岗。

4、二级验收及分部分项质量评定制度

- A. 分项工程施工过程中，各分管负责人必须督促班组做好自检工作，确保当天问题当天整改完毕。
- B. 分项工程施工完毕后，各分管负责人必须及时组织班组进行分项工程质量评定工作，并填写分项工程质量评定表交施工队长确认，最终评定由项目经理部的质检部专职质量员核定。
- C. 项目经理部每月组织一次施工队之间的质量互检，并进行质量讲评。
- D. 质检部对每个项目进行不定期抽样检查，发现问题以书面形式发出限期整改指令单，项目施工队负责在指定期限内将整改情况以书面形式反馈到质检部。

5、现场材料质量管理

- A. 严格控制外加工、采购材料的质量。

各种地方材料、外购材料到现场后必须由质检部和材料部有关人员进行抽样检查，发现问题立即与供货商联系，直到退货。

- B. 搞好原材料二次复试取样、送样工作。

水泥必须取样进行物理试验；钢筋原材料必须取样进行物理试验，有效期超过三个月的水泥必须重新取样进行物理试验，合格后方可使用。

6、计量器具管理

- A. 工程管理部 and 中心试验室负责所有计量器材的鉴定、督促及管理工作。
- B. 现场计量管理器具必须确定专人保管、专人使用。他人不得随意动用，以免造成人为的损坏。
- C. 损坏的计量器必须及时申报修理调换，不得带病工作。
- D. 计量器具要定期进行校对、鉴定；严禁使用未经核对过的量具。

7、工程质量奖罚制度

- A. 遵循“谁施工、谁负责”的原则，对各施工队，班组进行全面质量管理和追踪管理。
- B. 凡各施工队、班组、包工队在施工过程中违反操作规程，不按图施工，屡教不改或发生了质量问题，项目部有权对其进行处罚，处罚形式为整改停工，罚款直至赶出本工地。
- C. 凡各施工队、班组在施工过程中，按图施工，质量优良且达到优质，项目部对其进行奖励，奖励形式为表扬、表彰、奖金。
- D. 项目部在实施奖罚时，以平常检查、抽查、业主大检查、监理工程师评价等形式作为依据。

（四）、分部分项工程质量控制

1、路基土方施工质量控制

- A. 路基填筑严格按照试验段试验结果并经监理工程师批准的数据和填筑工艺组织施工。路基施工中除保证达到规范要求压实度外，还要达到层层找平，即每层均有一定的平整度，每层都要有路拱，随时阻止雨水聚积，影响填方质量。对路基填料随时检测含水量，偏低时洒水，偏高时晾晒，保证碾压时达到最佳含水量。路堤基底未经监理工程师验收，不得开始填筑，下一层填土未经工程师检验合格，上一层填土不得进行。
- B. 斜坡上填筑路基时，原地挖成台阶，台阶宽度不小于 1m，用小型压路机加以压实。
- C. 每层填料铺设的宽度，每侧应超出路堤的设计宽度 30cm，以保证修整路基边坡后的路缘有足够的压实度。
- D. 路堑开挖，无论是人工或机械作业，必须严格控制路基设计宽度，若有超挖，应用与挖方相同的土壤填补，并压实至规定要求的密实压，如不能达到规定要求，应用合适的筑路材料补填压实。
- E. 桥台背后、管涵两侧与顶部、锥坡与挡土墙等构造物背后的填土均应分层压实，每层压实的松铺厚度不宜超过 20cm。拱涵两侧的填土与压实和桥台背后与锥坡的填土与压实，均应对称地或同步进行。由于工作面限制和构造物受压影响，应尽量采用小型手扶式振动压路机，拱涵顶部 50cm 内须采用轻型静力压路机压实，以符合规定的压实度为准。

2、路基排水工程质量控制

- A. 边沟、截水沟、急流槽等排水设施的位置、断面、尺寸、坡度、标高及使用材料严格遵照设计图纸要求。
- B. 边沟线型美观，直线线形顺直，曲线圆滑。
- C. 砌体砂浆配比正确，砌筑紧密，嵌缝饱满、密实，勾缝平顺无剥落，缝宽一致。
- D. 沟槽开挖后即时平整夯拍密实，如土质干燥须洒水湿润，遇有空洞陷穴，应堵塞夯实。水泥砂浆随拌随用，砌筑完后注意养生，砌筑过程中随时注意沟底沟壁的平整坚实，砂浆要饱满，无空隙松动。

3、护面墙和挡土墙质量控制措施

- A. 严格挂线施工，保证护面墙坡面平整、密实、线型顺适。
- B. 浆砌砌体紧密、错缝，严禁通缝、叠砌、贴砌和浮塞。
- C. 为排水所设置的泄水孔位置应有利于泄水流向路侧边沟或排水沟并保持其畅通。
- D. 砌石工程材料符合《公路路基施工技术规范（JTJ033-95）》和招标文件要求。

4、桥梁基础质量控制

基坑开挖应避免超挖，已经超挖或松动部分，应将松动部分予以清除。挖至标高后不得长时间暴露、扰动或浸泡，而削弱其承载能力。挖至接近标高时，保留 10-20cm 一层（俗称最后一锹工）在基础施工前以人工突击挖除，并迅速检验，随即进行基础施工。

5、墩台施工质量控制

- A. 墩台的钢模板具有足够的强度、刚度和稳定性，可承受施工中可能产生的各项荷载，保证结构物各部尺寸、形状准确。桥台模板基本使用大尺寸钢模，板面平整，接缝严密不漏浆。
- B. 浇注墩台混凝土施工中，严格控制技术标准，切实保证混凝土的配合比、水灰比和坍落度等指标要求。

6、空心板、矩形板质量控制

- A. 浇筑预制大梁的场地，必须平整、坚实、避免低洼、积水。

- B. 浇筑预制大梁的模板尺寸、垫块、钢筋位置和预埋件的固定，均经检查符合设计、施工要求后，方可进行浇筑，并在浇筑过程中随时复查，防止跑模。
- C. 每块大梁的混凝土均一次浇筑完成，不得中途间断。
- D. 采用附着式振动器和插入式振捣棒组合振捣密实。
- E. 及时进行养护。

质量保证措施

质量是生命——是我单位生存、发展之本，更是我公司全体员工各自工作岗位上，始终坚守的信念，并在实施全过程中落实，确保该合同的顺利实施，确保高速公路的高质量管理体系的实施。

一、具体质量目标——争创国优，誓夺“优良工程”。

本标段质量一次验收优良率 100%，不允许出现评价不合格工程，坚决杜绝不合格项目，不论是自检，还是业主、监理工程师的中检、抽检、终检，任何时间都要达到 100% 的优良率，必须都要达到部优标准，争创国优，誓夺“优良工程”。

二、总则

（一）认真落实《公路工程施工企业质量自检体系管理暂行规定》，严格贯彻执行《高速公路建设工程优质优价实施办法》。

（二）整个工程及分项、分部工程按施工规定施工，按《施工监理程序和实施细则》进行检查。

1、质量领导小组定期抽查。

2、质检部配合驻地监理人员对分项、分部工程的检验和自检，起以作用。

（三）质量工程依据设计文件要求，交通部颁发的施工技术规程、规范、质量检查、验收标准，做到严格认真、准确及时，真实可靠、系统达标。

（四）质量指标以数据考评来起到把关，指导作用，并实行奖罚制度。

三、质量控制机构和创优规划

工程质量的优劣是关系到工程运营生产的百年大计的问题，也是关系到施工承包企业生死存亡、能否在市场竞争中取得胜利的根本问题，做为工程施工的承包商和项目经理，应该从领导和决策方面，以战略的眼光看待这一问题，为此我公司特建立质量保证体系附后，实施项目经理负责制。

质量管理领导小组是整个工程质量管理的最高领导机构，由项目总经理、总工程师、副经理、质检部长、实验室主任、工程管理部组成，制定整个合同段工程质量创优规划、方针、措施。各施工队分别设质量管理现场领导组，由施工队长、质检科长、工程科长、主任工程师组成。质检科和试验室专职抓现场质量管理。施工队一级的质量管理机构在项目经理部质量管理小组领导下，制订本工段施工区段的创优措施，质量实施计划，并重在现场落实。施工队所属各施工班组根据自己的创优任务，拟定项目工程具体的分项实施计划，责任到人，严格要求，全员全过程质量控制。对各段的施工难点、关键工序进行分析，选定有关课题，成立 QC 小组，积极展开工作。

四、完善自检体系，加强质量控制

在企业职工中树立“质量关系千万家、搞好质量人人抓”的观念，使其认识到质量工作的好坏与企业、个人利益的关系，把质量工作贯穿到施工的全过程中，深入到企业的每一个人，形成道道工序齐抓共管、上下自律，使工程质量始终处于受制度控制状态，严格按照公路规范和设计要求施工，ISO9002 族系列国家标准，按质量管理手册严格要求使各项工程质量落实到实处，推行投标人以行之有效的（技术管理条例）和（分项技术负责制），使基层单位技术工作规范化；推行全面质量管理，实行项目分解目标管理，对重大技术问题组织 QC 小组科学指导施工，积极推广新技术、新工艺、新材料，为质量全优的目标共同努力。

建立一系列责任制度，包括项目经理质量责任制、总工程师质量责任制、质检工程师责任制、试验人员责任制、测量人员责任制、生产班长责任制、操作人员责任制，施行每个管理员、操作人员都同工程质量紧密联系，到全员质量控制。针对施工过程、内容、程度制定不同的制度，严格执行施工组织设计审批制度、技术质量交底制度、工序交接制度、技术复核、隐蔽工程验收制度、二级验收及分部分项质量评定

制度、现场材料质量管理制度，并坚持作业人员定期质量教育和考核。施工前组织人员，对照工地实际情况，细致复核图纸，发现问题及时与工程师取得联系，在工程师的指导下，实行开工报告审批制、工地试验检测制、分阶段技术交底制、定期与日常质量教育检查制，并严格执行工程质量奖罚制度。

项目经理部建立严格的质量检查组织机构（机构图附后）全力支持和充分发挥质检机构人员的作用。主动接受监理工程师的监督和帮助，积极为监理工程师的生活提供和创造便利的条件。

五、工程项目质量管理

保证质量，重点是操作、控制上下功夫，必须严格履行下列程序：

1、建立良好的质量管理基础，狠抓工程技术工作。

工程技术工作以招标文件和合同规范和图纸为依据，参照工程量清单，制订相应的技术管理制度，做好施工组织设计，采用先进合理的施工工艺和技术，以保证质量目标的实现。

1) 熟悉合同条件中有关技术和质量要求和条款，有关这方面的合同条款，要做到了如指掌，严格遵照执行。

2) 熟悉设计图纸并建立审核把关制度，领会设计意图，对图示各结构以及轴位尺寸标高必须一一验证，并与实地核对，做到准确无误，以免出现缺陷返工浪费。

3) 熟悉并掌握施工技术规范和质量验收标准，施工承包合同中的技术规范和质量标准是提高工程技术管理的重要依据，该技术规范包括了工程项目规范和范围、施工工艺和方法、材料及设备的性能与指标，对施工过程起着指导和制约作用。

4) 做好施工组织与技术设计工作，指导施工进度。同时选择技术性、专业性强的精兵强将，采用高、先进技术和现代化的计算机管理手段，使人员和技术水平相协调，发挥出各自的积极作用。

5) 建立必要的技术规章制度，注意完善技术档案工作。严格执行工地现场的信息报告联络制度，工地会议制度、即时将有关合同文件、规范、图纸、变更令、会议纪要、信息、财务专帐分门别类归档保管。

6) 技术交底必须及时全面彻底，手续一律以书写形式出现，做到责任明确，由工程技术主管负责执行。根据工程特点设立测量组承担线型纵横轴线测量放线工作，放线时工程队的责任技术员参加，将定位桩交由施工技术人员负责保护。

7) 施工过程质量控制要做到工序层层把关，实验室负责实验配比及剂量配合及现场过磅，质检科除履行全面质检评定之外，还要配合驻地监理作好施工与监程序的资料工作，工程分项、分部的开工，施工中前后设计变更，工程质量现场把关、控制、逐项签认以及质量合格与否和质量隐患、事故等，均按《公路工程监理工作实施细则》执行。

1、树立一切为用户服务的观点，强调工程质量的全面管理，要围绕用户展开，建立行之有效的自我质量监督检查体系。

1) 确立“防检结合、以防为主、重在提高”的观点，不仅要工程质量的进行结构管理，更重要的是对原因的管理，对施工工艺方法及各施工环节进行检查，检验采购材料是否符合质量标准，检查预防施工工序和方法是否符合标准，对关键工种的操作技术，要对操作人员事先培训并进行技术评定，合格后才能上岗操作。

2) 树立“一切用数据说话”的观点。工程施工的质量要有定性的变化趋势的预测、分析和判断。

3) 严格执行砼标号操作细则，施行责任制，并设专门技术人员和质检人员负责技术指导和监督工作。

4) 认真做到检查凭证的签证工作。

施工过程中的系统检查、签证工作，是工程质量的保证，签证前要认真进行检查，合格后填写检查凭证并请监理工程师会同检查签证。

六、技术保证措施

1、工程开工前，必须按分部、分项工程编写完善的施工组织计划。对常规分部、分项工程编写标准施工组织设计和要点，特殊分部、分项工程要编写特殊施工组织设计和施工工艺及要点。施工组织设计和施工要点必须经主任工程师和监理工程师审核后方可执行。

施工工艺设计的主要内容包括：工程概况、主要工序施工方法和操作规程、施工大样图、结构计算、质量要求等级标准、试验测量的要求及方法、施工人员、材料和设备使用计划等。

2、加强施工技术管理，以施工组织设计为纲领，以施工工艺设计和施工要点为指导，以三级技术交

底、操作规程和工序交接检查制度为保证，严格各施工工序的控制与管理。对易产生问题或出现质量通病的部位要加大技术投入和管理力度，严格遵守操作规程及施工工艺流程。

3、为防止路基不均匀沉降、桥头跳车和桥面砼脱落，对路基土方工程实行压实度、弯沉值双控制；桥头填土采取特殊技术处理措施，按独立分项进行质量检测和评定；桥面水泥砼表面须经凿毛、涂刷粘层油后，方可摊铺沥青砼面层。

4、大型砼工程必须集中拌合，小型砼工程和高标号砂浆须机械拌合，零星砼及砂浆一律严格计量（严禁使用体积法）；T型主梁、工型梁、25m以上空心板梁及箱梁的预制或现浇工程、所有表露砼构件一律使用钢模板；严格控制预应力反拱度；确保梁桥面板的设计厚度。

5、按要求配置施工机械和试验检测设备，提高施工机械化水平、质量监测水平和各种设备的使用效率。

质量检查机构管理	
领导小组	
组	长：
副 组	长：
成	员：
专职质检员：	
兼职质检员：	

附-1 工序交接制度

为了保证工程按计划的进展，保证高速公路的高标准、高质量地建成，现制定以下制度：

一、 工程队请验报告

在分项工程施工前，工段负责人要根据设计图纸的图示认真熟悉，深入理解设计思想，以及对桩位尺寸、标高一一验证，并付诸于实施。实施过程中要按照《公路工程施工技术规范》要求，严格把关、严格控制，做到准确无误。项目完成后，认为合格的以书面形式向质检科打检验报告。

二、 工程的自检

质检科接到工段的请验报告后，根据该工程的基本要求，实测项目、外观签定，逐次进行检查，包括协调驻地监理共同检查。

三、 施工质量签认

质检科通过自检，根据《公路工程质量检验评定标准》、《施工监理程序 and 实施细则》及时填写自检记录表，确认工程质量的合格与否，如不合格时，在自检通知单上注明其不合格的情况及处理意见，及时反馈回工段。

四、 工序交接

工程队根据自检通知单，方可进行下道工序的施工，并和承包商单位实行工序交接后，对合格的工程，方可计量。注意如未自检，一律不准进行下道工序的施工，否则造成的后果责任自负。

本制度的考核参与效益工资考评。

此制度要求各施工人员、试验人员、质检人员务须遵照实行，并配合协调成为整体。

附-2 材料及成品、半成品构件质量控制

1、进场前的材料检查

订货前，提取样品向驻地监理报送拟购材料名称、规范、型号、产地、数量及使用的工程部位等。附有关材料性能试验报告及样品，征求监理工程师意见，监理工程师同意后订货、购料。

2、进场材料质量控制

按合同规定的项目和频率严格进行材料的试验工作，向监理工程师审批试验报告，积极配合监理工程师复核检验。

材料质量检查结果，作为有关工程审批申请开工报告的依据之一。

3、施工中材料质量控制

每次使用前，提前一天请示监理工程师，会同监理工程师现场察看，根据进场材料数量、规格及变化，在监理工程师指令下，做材料试验项目和测试频率，试验报告等，合格后方可使用。

4、外购成品及半成品构件

(1) 派人员赴现场考察供料方施工工艺及质量控制情况。

(2) 测试有关项目

(3) 签订合同前，向驻地监理工程师书面报告外购件计划，详列拟购件的名称、规格、数量及应用工程部位；构件生产厂名、地址、生产工艺及质量标准，产品质量检验证书及抽样测试技术报告。

5、材料及构件进场、储存及搬运

(1) 依据工程进展安排进场材料数量和规格。

(2) 搬运储存材料注意水泥防潮、钢筋防锈、砂石料应分类堆放，并处理地基以防混杂和污染；各类材料要设标签。

(3) 成品构件运输、堆放应符合规范规定的受力要求，避免产生不合理的附加应力，使构件弯曲、受损、开裂。

6、不合格材料

对不合格材料应重新审定，找出不合格的原因。对二次审定仍不合格的材料，加标签另行堆放或清理出场。

附-3 冬雨施工质量保证措施

该合同段工程是跨年度工程，根据施工进度计划安排，有部分工程需冬季施工，安排冬季施工的工程有桥梁钻孔灌注桩基础、下部工程施工，为了保证工程质量，特制定如下施工措施：

一、冬季施工措施

1、保证钻孔质量，需设暖棚保温。

2、砼施工时，要根据气温情况，尽量在白天施工，并在砼中加放防冻剂和早强剂，钢筋网焊接时应在零下 15℃以上进行，并对焊接点进行检测，以确保焊接质量。

3、在砼施工时，严格控制水灰比，对粗细骨料应设大棚保温，并在大棚内设火炕进行加热，砼用水必须加热，水泥采用保温法贮存。

4、涵洞砼用大棚加热保温养护，灌注桩的桩顶砼用土埋置，确保砼质量，在浇筑砼过程中，应做室内和室外不同温下的两种试件，以便检查砼质量，但该试件应做两次，以便对比。

二、雨季施工保证措施

1、成立防汛安全领导组，全面负责标段施工的防汛工作，在雨季施工时要组织防汛抢险队，设专人观察险情为防汛领导组织提供决策依据，同时对排洪处进行疏导，保证水流畅通。

2、雨季到来之前，做好施工现场及各种临时设施的防洪排水工作，进场的物资及怕水的材料堆放在较高的地方，并用蓬布盖好；对刚完工的砼工程，及时得用薄膜覆盖，防止其受到雨水的冲刷。

保证工期的主要措施

我公司为使该项目能以“四个一流”的标准按期完成，尽早发挥投资效益，我们主要采取下列措施：

1、指挥机构迅速成立及时到位

为加快本合同的建设，我公司将成立有力的合同段项目经理部，对内指挥施工生产，对外负责合同履行及协调联络。经理部主要成员已经确定，一旦中标，即可迅速到位行使职能。

2、施工力量迅速进场

实施本合同的施工队伍已选定，目前已开始熟悉投标图纸，中标后即可迅速进场，进行施工准备。机械设备将随同施工队伍迅速抵达，确保主体工程按时（或提前）开工。

3、施工准备抓早抓紧

尽快做好施工准备工作，认真复核图纸，进一步完善施工组织设计，落实重大施工方案，积极配合业主及有关单位办理征地拆迁手续。主动疏通地方关系，取得地方政府及有关部门的支持，施工中遇到问题影响进度时，将统筹安排，及时调整，确保总体工期。

4、施工组织不断优化

以投标的施工组织进度和工期要求为据，及时完善施工组织设计，落实施工方案，报监理工程师审批。根据施工情况变化，不断进行设计、优化，使工序衔接，劳动力组织、机具设备、工期安排等有利于施工生产。

5、施工调度高效运转

6、建立从经理部到各施工处的调度指挥系统，全面、及时掌握并迅速、准确地处理影响施工进度的各种问题。对工程交叉和施工干扰应加强指挥和协调，对重大关键问题超前研究，制定措施，及时调整工序和调动人、财、物、机，保证工程的连续性和均衡性。

7、强化施工管理，严明劳动纪律，对劳动力实行动态管理，优化组合，使作业专业化、正规化。

8、实行内部经济承包责任制。既重包又重管，使责任和效益挂钩，个人利益和完成工作量挂钩，作到多劳多得，调动施工队，个人的积极性和创造性。

9、安排好冬、雨季的施工

根据当地气象、水文资料，有预见性地调整各项工作的施工顺序，并作好预防工作，使工程能有序和不间断的进行。

10、加强机械设备管理

切实做到加强机械设备的检修和维修工作，配齐维修人员，配足常用配件，确保机械正常运转，对主要工序要储备一定的备用机械，确保机械化施工顺利进行。

11、确保劳力充足，高效

根据工程需要，配备充足的技术人员和技术工人，并采用各项措施，提高劳动者技术素质和工作效率。

安全文明生产及环境保护措施

公路工程施工中，保障施工人员的人身安全、工程的安全，以及避免工程施工对周围环境的干扰，加强环境保护，是我们对用户服务的又一承诺，在施工中，我们严格遵守国家的安全生产法规和环境保护法令，自觉保护劳动者生命安全，保护自然生态环境，力争展现出一个企业良好的形象，展示出我们生产管理的综合现代化水平。具体做好以下几点：

一、工程项目的安全与环境管理

1、工程项目施工的安全管理。加强现场管理，搞好工程的保卫、防盗，搞好永久工程和临时工程安全，防止发生安全事故，在每一个工程项目中，制订安全生产的组织措施，并制订严密的安全生产规程，留有足够的安全生产费用，购置安全生产的设备和器件，保证施工生产现场的紧急事故处理的开支。

2、加强安全生产教育和预防措施，为施工人员办理保险，并制订以下预防措施，以保证员工的安全健康。

1) 对于施工现场及其周围的高压电线、变压器等醒目的安全标志，对开挖地段又处于交通要道处，派专人看守，或有明显的标志，防止过往行人或车辆不注意发生事故。

2) 对于基础工程或土方开挖施工，要注意预防塌方发生，及时采取防护措施。

3) 结构工程施工中，高空或河上作业，应绑好安全网，带好安全帽，系好安全带，防止落人落物，对架板等设计，注意起吊的安全与平稳。

4) 对材料和设备储存的库房或堆放点，施工人员生活区，特别注意防火安全，备足够数量的消防器材、消防水管和消防栓等，以备急需。

5) 项目经理亲自抓安全生产和安全教育，定期召开安全生产会议，检查安全生产规章执行落实情况，建立安全生产奖惩制度，促使人人重视安全，安全生产有奖，使安全生产教育落到实处，得到好的成绩。

3、加强工程中的环境保护管理，促进安全生产，随时清除施工场地不必要的障碍物，设备、材料及各类存储物品安全堆放、紧紧有条，即要保持施工现场环境的清洁整齐，又对安全生产有利。

自觉遵守有关机构对卫生及劳动保护的要求，及时清洁工地上的废物、垃圾、水泥袋、废弃的模板等，在全部工程竣工移交之前，将任何场地或地表面恢复原状。减少由于不合格环境规定而导致的罚款和经济损失，创造良好的文明施工环境。

二、保证安全的主要措施

为杜绝重大事故和人身伤亡事故的发生，把一般事故减少到最低限度，确保施工的顺利进展，特制订安全措施如下：

1、建立安全保证体系，项目部和各施工队设专职安全员，专职安全员属质检科，在项目经理和副经理的领导下，履行保证安全的一切工作。

2、利用各种宣传工具，采用多种教育形式，使职工树立安全第一的思想，不断强化安全意识，建立安全保证体系，使安全管理制度化，教育经常化。

3、各级领导在下达生产任务时，必须同时下达安全技术措施检查工作时，必须总结安全生产情况，提出安全生产要求，把安全生产贯彻到施工的全过程中去。

4、认真执行定期安全教育，安全讲话，安全检查制度，设立安全监督岗，支付和发挥群众安全人员的作用，对发现事故隐患和危及到工程、人身安全的事项，要及时处理，作出记录，及时改正，落实到人。

5、施工临时结构前，必须向员工进行安全技术交底。对临时结构须进行安全设计和技术鉴定，合格后方可使用。

6、石方开挖，必须严格按施工规范进行，炸药、运输储存、保管都必须严格遵守国家和地方政府制订的安全法规，爆破施工要严密组织，严格控制药量，确定爆破危险区，采用有效措施，防止人、畜、建筑物和其它公共设施受到危害的损坏，确保安全施工。

7、架板、起重、高空作业的技术工人，上岗前要进行身体检查和技术考核，合格后方可操作。高空作业必须按安全规范设置安全网，拴好安全绳，戴好安全帽，并按规定配戴防护用品。

8、工地修建的临时房、架设照明线路、库房，都必须符合防火、防电、防爆炸的要求，配置足够的

消防设施，安装避雷设备。

三、安全管理制度

1、安全管理

(1) 建立、健全各级各部门的安全生产责任制，责任落实到人。各项经济承包有明确的安全指标和包括奖惩办法在内的保证措施。有劳务使用和机械租用安全生产协议书。

(2) 工人应掌握本工种操作技能，熟悉本工种安全技术操作规程。

(3) 施工组织设计

施工组织设计应有针对性的安全技术措施，经技术负责人审查批准。

(4) 进行全面的针对性的安全技术交底，受交底者履行签字手续。

(5) 安全检查

建立定期安全检查制度。有时间、有要求，明确重点部位、危险岗位。

安全检查有记录。对查出的隐患应及时整改，做到定人、定时间、定措施。

(6) 班组“三上岗、一讲评”活动

班组在班前须进行上岗交底、上岗检查、上岗记录的“三上岗”和每周一次的“一讲评”安全活动。对班组的安全活动，要有考核措施。

(7) 遵章守纪、佩戴标记。

2、施工用电

(1) 支线架设

A、配电箱的电缆线应有套管，电线进出不混乱，不容量电箱上进线加滴水弯。

B、支线绝缘好，无老化、破损和漏电。

C、支线应沿墙或电杆架空敷设，并用绝缘子固定。

D、过道电线可采用硬质护套管理地并作标记。

E、室外支线应用橡皮线架空，接头不受拉力并符合绝缘要求。

(2) 现场照明

A、一般场所采用 220V 电压。危险、潮湿场所和手持照明灯具应采用符合要求的安全电压。

B、照明导线应有绝缘子固定。严禁使用花线或塑料胶质线。导线不得随地拖拉或绑在脚手架上。

C、照明灯具的金属外壳必须接地或接零。单相回路内的照明开关箱必须装设漏电保护器。

D、室外照明灯具距地面不得低于 3m；室内距地面不得低于 2.4m。

(3) 架空线

A、架空线必须设在专用电杆上，严禁架设在树或脚手架上。

B、架空线应装设横担和绝缘子，其规格、线间距离、档距离等应符合架空线路要求，其电板线离地 2.5m 以上应加绝缘子。

C、架空线一般应离地 4m 以上，机动车道为 6m 以上。

3、大梁吊装施工

(1) 三保险（吊钩、绳筒、吊绳）五限位（吊钩高度、变幅、前后行走、起重力矩、驾驶室升降）必须齐全、灵敏、可靠。

(2) 操作人员、指挥人员必须持有效证件上岗。

(3) 严格按起重机使用说明安装、调试。

(4) 验算大梁实际重量和吊车最不利情况的最大荷载。

(5) 吊装之前必须经过荷重试吊合格后，方可正式使用，并按统一手势信号，在统一指挥下进行作业。

(6) 大梁达到设计吊装强度后才能予以吊装，并且按照设计吊点安装吊钩。

(7) 大梁安装就位之后，立即进行有效的支撑和连接。

4、各类路基土方施工机械安全措施

(1) 项目部机务科对工地所有机械统一定期进行安全检查，发现问题及时解决，消除不安全的因素。

(2) 各种机械设备均要制定安全技术操作规程，并认真检查落实情况。

(3) 机动车严禁无证驾驶。非机动机械需持操作证操作机械。

(4) 定期检查机械设备的安全保护装置和安全指示装置,以确保以上两种装置的齐全、灵敏、可靠。

(5) 机械操作人员必须听从施工人员的正确指挥,精心操作。但对施工人员违反操作规程和可能引起危险事故的指挥,操作人员有权拒绝执行,并及时向工地负责人反映。

5、安全管理网络

安全管理网络由项目经理牵头负责,由项目副经理、总工程师、主任经济师三条线分管共抓。项目副经理分管安全工程师和材料、机务部,具体进行安全措施的制订落实;总工程师分管工程部、质检部,从技术方案角度来落实安全生产措施;主任经济师分管财务部,主要考虑安全生产措施的预结算和资金。项目经理通过安全工程师,还要建立专职安全员和分包安全员责任制度,并由他们去抓好班组长和兼职安全员,将安全生产落实到人,保证项目的顺利实施。

四、文明生产、文明施工措施

为把本合同高速公路建设成一条环境优美的公路,我单位在施工中尽最大限度维护原来的地貌地形,保持原来的生态环境,在施工中,从以下面几方面加强文明施工管理。

1、现场布置

根据场地实际情况合理地进行布置,设施设备按现场布置图规定设置堆放,并随施工不同阶段进行场地布置和调整。最大限度地减少耕地占用。

2、道路和场地

施工区内道路通畅、平坦、整洁,不乱堆乱放,无散落物;构造物周围应设排水沟,四周保持清洁;场地平整不积水,无散落的杂物;场地排水成系统,并畅通不堵。施工废料集中堆放,及时处理。

3、班组场地清理

班组必须做好操作后场地清理,随作随清,物尽其用。在施工作业中,应有防止尘土飞扬、泥浆横流、混凝土洒漏、车辆沾带泥土运行等措施。建立考核制度,定期检查评分考核,成绩上牌公布。

4、材料堆放

砂石分类堆放成方,砌体料类成垛,堆放整齐。

5、周转设备存放

施工钢模、机具、器材等集中堆放整齐。专用钢模成套放置,零用钢模及零配件、脚手扣件分类分规格,集中存放。

6、水泥库

袋装、散装不混放,分清标号,堆放整齐,目能成数。有制度、有规定、专人管理,限额发放,分类插标挂牌,记载齐全而正确,牌物账相符。库容整洁,无“上漏下渗”。

7、构配件及特殊材料

混凝土构件分类、分型、分规格堆放整齐。大梁存放要注意地基承载处理和支垫点正确稳定。钢材分类集中堆放整齐。支座、垫板、预埋件等分门别类妥善保管。

三、环境保护措施

1、重视环境工作

为确保文明施工,促进施工顺利进行,我单位将采取以下环境保护措施。完善施工组织设计,把环境工作作为施工组织设计要求的组成部分,并认真贯彻执行施工的全过程。

2、加强环保教育

组织职工学习环保知识,加强环保意识,使大家认识到环境保护的重要性和必要性。

3、贯彻环保法规

认真贯彻各级政府的有关水土保持、环境保护方针、政策和法令,结合设计文件和工程特点,及时申报安全环境保护设计,切实按批准的文件组织实施。

4、强化环保管理

定期进行环境检查,及时处理违章事宜,主动联系环保机构,请示汇报环保工作,做到文明施工。

5、美化施工现地

场地废料、土石方废方处理,应按设计要求按工程师指定地点处理,防止水土流失。保持排水通道畅

通，工地干净卫生。施工中还尽量减少对周围绿化环境的影响和破坏。

6、消除施工污染

施工废水、生活污水不得排向水源、耕地、农田、灌溉渠道等，要采用渗井或其它措施处理。工地垃圾及时运往指定地点深埋，清洗集料机具或含有沉淀油污的操作水，采用过滤的方法或沉淀池处理，使生态环境受损减到最低程度。

安全机构管理领导组

组 长：
副 组 长
成 员：
专职安全员：
兼职安全员：

文明施工和环保的措施

为把本合同段工程建成一条环境优美的公路。我单位在施工中尽量最大限度维护原来的地貌地形，保持原来的生态环境，在施工中，从以下几方面加强施工管理：

1、现场布置

根据场地实际情况合理地进行布置，设施设备按现场布置图规定设置存放，并随施工基础、下部、上部等不同阶段进行场地布置和调整，最大限度地减少耕地占用。

2、道路和场地

工区内道路通畅、平坦、整洁，不乱堆乱放，无散落物；场地平整不积水，排水成系统，并畅通不堵；施工废料集中堆放，及时处理。

3、材料堆放

砂石分类堆放成方，砌体料归类成垛，堆放整齐。

4、周转设备存放

施工钢模、机具、器材等集中堆放整齐。专用钢模成套放置，专用钢模及零配件、脚手扣件分类分规格，集中存放。

5、水泥库

袋装、散装不混放，分清标号，堆放整齐，目能成数。有制度、有规定，专人管理，限额发放，分类插标挂牌，记载齐全而正确，牌物帐相符，库容整洁。

6、构、配件及特殊材料

砼构件分类、分型、分规格堆放整齐。空心板存放要注意地基承载处理和支垫点正确稳定。钢材、钢绞线分类集中堆放整齐。锚具、支座、垫板、预埋件等分门别类妥善保管。

7、消除施工污染

场地废料、土石弃方处理，应按设计要求，按监理工程师指定地点处理，防止水土流失，尽量减少对周围绿化的影响和破坏。施工废水、生活污水不得污染水源、耕地、农田、灌溉渠道，采用渗井或其它措施处理，工地垃圾及时运到指定地点。清洗集料，机具或含有油污的操作用水，采用过滤的方法或沉淀池处理，使生态环境受损降到最低程序。

环境保护与水土保持措施

一、综述

1、生态环境保护和水土保持是保证环境资源持续发展和有效利用的根本。我们在施工中，严格按照《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国水土保持法》、本项目《环境保护实施计划》和当地环境保护和水土保持的有关规定，依据招标文件，建立管理体系，对我单位公路施工活动范围内环境予以认真保护。

2、结合本合同段工程实际和自然环境保护特点，制定具体环境保护和水土保持措施并贯彻落实。

3、无条件地接受当地环保部门和工程师对施工过程中环保工作的监督、指导，积极改进环保、水保中存在的问题，文明施工。

4、借鉴我单位以往施工中环境保护和水土保持的经验，在施工过程中，全面规划、统一管理、严格执法、综合治理、合理利用、实现环境效益、社会效益和经济效益的统一。

5、宣传贯彻执行《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国水土保持法》和《环境保护实施计划》，加强对全体施工人员环境保护和水土保持方面的教育，提高全员环境保护和水土保持意识。

6、工作安排时，永临结合，因地制宜，最大限度减少施工对环境的破坏，保护环境，防止水土流失。

7、保护野生动、植物，严禁施工人员猎杀野生动物。

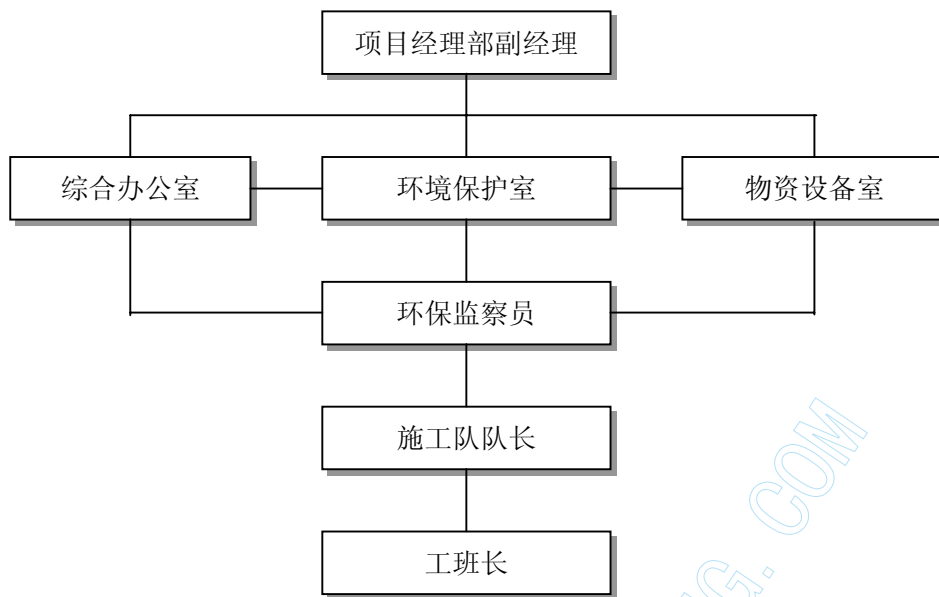
8、加大奖罚力度，坚持“谁污染，谁负责，谁治理”的原则。

二、管理体系及组织机构

1、建立专门机构、配齐专业人员。

建立相应的组织机构，设专职管理部门，配齐专业管理人员，聘请一名环保专家指导本标段的环境保护工作。项目部设环境保护室，专人负责本合同段工程的环境保护和水土保持工作，协调、检查、督促各施工队依法保护生态系统的平衡，杜绝污染。详见《环境保护及水土保持组织机构框图》。

环境保护及水土保持组织机构框图



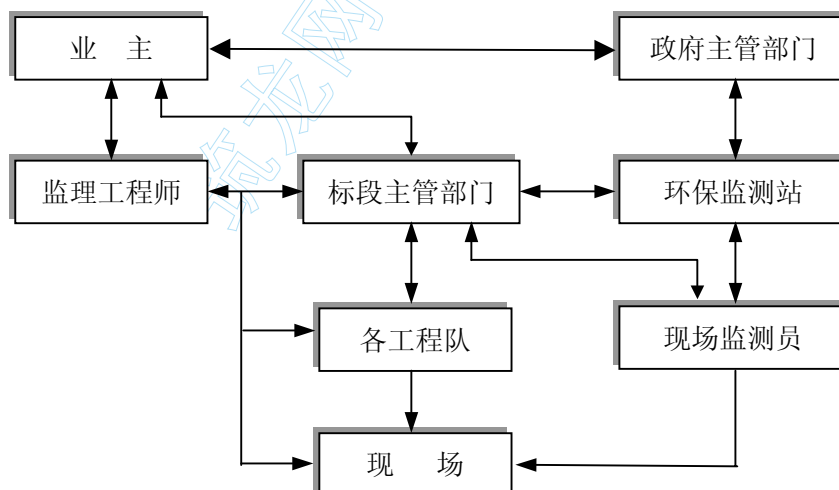
2、建立管理体系

进场后，积极与当地环保部门取得联系，了解有关环境保护、水土保持的规定和要求，制定合理的环境、水保措施和方案，并在施工中严格执行。建立环保、水保管理体系。详见《环境保持及水土保持管理体系框图》。

3、建立各种环境保护制度

(1) 环境保护检查制度。定期、不定期地进行环保及水保检查。采取群众与领导相结合，自查与互查相结合，定期与经常相结合，专业与综合检查相结合。

环境保护及水土保持管理体系框图



(2) 环境保护奖罚制度。采取严格的奖罚措施,通过强制的经济手段,对违反环境保护的单位和个人进行处罚,不断促进广大干部职工的环境保护意识。

(3) 环境保护责任追究制度。施工中实行环境保护责任追究制度,任何违反环境保护和水土保持有关规定,都要严格追究责任,一查到底。

三、生态保护及水土保持措施

(一) 生态环境保护

1、保护自然生态环境。

(1) 施工过程中,禁止侵占非施工用地。

(2) 设营、材料堆放、便道、机械车辆存放等场地设置合理。

(3) 保护公路用地范围之外的现有绿色植被,对永久工程施工区和临时工程施工区,地表清除必须特别注意,尽最大可能保护清理区域范围外的天然植被。因修建临时工程损坏了现有的绿色植被,在拆除临时工程时予以恢复。

2、防止混凝土散落。

设立混凝土集中拌和站,采用混凝土运输车、泵送,避免混凝土的随意散落。

3、防止土石方运输中的污染。

在土石方运输车辆斗部周边加焊钢板,避免土石方运输中洒落,防止造成道路与农田污染。

4、严防有害物质污染。

施工中严格加强对环境有害物质使用的管理,严防任何有害物质(如燃料、油料、沥青、化学品、污水、废料和垃圾以及土方等)污染水源、河流、水库、土地。机械设备加强保养,防止漏油造成污染;水上作业的钻机机械设备,加设毡布隔离油污,防止污染。

(二) 水土保持和废弃物处理。

1、防水和排水

(1) 尽早施作防护工程、排水工程。在需要排水的开挖区内作业,根据实际情况或根据工程师的指示设置地表排水系统,有组织排除开挖积水。施工期间,施工场地的排水始终保持良好状态,避免积水或冲蚀,防止施工造成的水土流失。

(2) 在雨季,路堤修筑从开挖、运料、填筑和压实均依法进行,每层填土的表面应设 2%—3%的横坡,不致造成积水。

2、冲刷与淤积

(1) 采取有效预防措施,防止施工占用的土地或临时使用的土地以及任何河流、水道、灌溉或排水系统的床底、沟底或堤岸、沟坡的土壤受到冲刷。

(2) 采取有效的措施,防止施工中开挖或冲刷产生的材料在任何河流、水道、灌溉或排水系统中产生淤积。

(3) 开挖或填筑的土质路基边坡及时铺设草皮或其它类型的防护,防止雨季到来时水流对坡面的冲刷而造成对排水系统的影响,减少对附近水体的污染。

3、废弃物的处理措施

(1) 施工营地和施工场地的生活垃圾集中堆放,定时消毒处置。对集中堆放的垃圾及废弃物的处理,要经当地环保部门或监理工程师的同意后,运至指定地点焚烧或掩埋。对施工作业的一般无毒无害废弃物及时运往弃渣场,或按工程师指示处理。

(2) 施工中废弃的易漂浮(如水泥袋、包装塑料薄膜、包装纸箱等)物品,及时收集清理,防止随风飘扬,使自然环境不受侵害。

(3) 废渣的堆积和废弃不影响排灌系统与排灌设施。

(4) 对弃石场地采取以下水土保持措施:

①对废土方的堆放点统筹安排,堆放点远离河道,不压盖植被,尽可能选择荒地;

②及时对弃土堆放进行整理成形,并在其表面进行植被的覆盖,种植草皮,灌木或树林;

4、取、弃土位置的控制和保护

对工程取、弃土场地,按设计要求进行防护、排水。若设计无防护的将边坡平整稳固、尽量平整造田,

不在设计取土场地外取土，不向设计范围外的场地弃方。工程施工完成后，占用场地按原样恢复或种草，取土场开挖面和废弃砂石存放地的裸露土地按设计或地方政府要求种草或护砌，防止流失。

5、避免石方爆破造成的林木、植被损害。

石方作业采取控制爆破，力求避免飞石对附件林木、植被物造成损害。确保周围村民、财物和作业人员人身安全。

（三）水和空气污染的预防措施

1、水的保护

（1）施工废水和生活污水的排放。

施工及生活污水或废水，经检验符合《污水综合排放标准》（GB8978-1996）规定方可排放，保证排水不增加河流或水域中的悬浮物或造成河道冲刷、水质污染。

施工废水：分别按有关要求沉淀、净化处理合格后，才允许排放，并不得排入农田、耕地、饮用水源、灌溉渠道和水库。桥梁钻孔灌注施工时排除的泥浆作妥善处理，不向河流或农田排放。

生活污水：采取二级生化或设化粪池净化处理，符合标准后排放。对生产、生活废水，避免直接排入农田、沟渠和河流，防止对河流产生污染。

（2）施工期间和完工之后，建筑场地、砂石料场地及时进行处理以减少对河道和溪流的侵蚀。

（3）清洗集料的用水或含有沉淀物的水在排放前进行过滤、沉淀或采用其它方法处理，以使沉淀物含量不大于施工前河湖中所达到的含量。

（4）施工期间，施工物料如沥青、水泥、油料、化学口堆放管理严格，防止雨季或暴雨将物料随雨水径流排入地表及相应的水域造成污染。

（5）施工机械应防止漏油，或施工机械运转中产生的油污水未经处理就直接排放或维修施工机械时油污水直接排放。

（6）不干扰河流、水道或现有灌溉或排水系统的自然流动。

2、空气污染的预防措施

（1）加强对尘埃的监控和管理，在施工期间，对施工通道、施工场地洒水处理，使尘土飞扬减到最低程序。

（2）容易起尘的细料和松散材料应予以覆盖或适当地洒水喷湿。这些材料在运输期间用帆布覆盖严密，载量适中，不超限运输。

（3）运转时有粉尘发生的施工现场，如水泥混凝土拌和场、大型轧石场、沥青拌和场等的投料器均应有防尘设备。

（4）施工设备选型时选择低污染设备，拌和设备有较好的密封。

（5）对易挥发物品（如汽油等）的存放位置要安全可靠、密闭，使用时尽量缩短溶器开启时间。并确保储、运不挥发、不泄露。

（6）加强对沥青混合料拌合厂污染的控制。在确定沥青混合料拌和厂的位置时，首先征得当地环境管理部门的同意，并报工程师备案。如果沥青混合料拌和在居民聚居区的上风向，则其位置保证离居民聚居区至少 1000m 以外。

（四）噪声控制措施

1、遵守《中华人民共和国环境噪声污染防治法》并根据《工业企业噪声卫生标准》对工程机械和运输车辆安装的消声器加强维护保养，尽量使其噪声降低到最低水平。

2、施工中，对混凝土拌和、钢筋加工、构件制作等比较集中和固定的机械设备作业场地，尽量选择避开人群密集的位置，实在难以避开时，高噪声的机械周围，搭建隔音屏障，阻止噪声传播。

3、轮流安排作业人员在高噪音区的作业时间，并给作业人员配备防噪音耳塞或其它防护用品。对距噪声源较近的施工人员，缩短其劳动时间。

（五）施工、临时驻地的环境管理

建立卫生管理机制，营造良好的环境。在施工现场和生活区设置便于定期清理的厕所和垃圾箱，经常性专人清理打扫，以防蚊、蝇滋生，同时，在生活区周围种植花、草、树木，绿化环境，保持营地和施工现场清洁卫生。生活用水符合世界卫生组织对饮用水的要求。

（六）加强环境保护，维持生态平衡的重点措施

为了在施工中保持生态平衡，保护环境，我们针对该合同段的地理环境和施工特点，制定以下重点环保措施：

1、大临工程的环境保护和水土保持措施。

大临设置科学布局，少占耕地，少破坏植被，减少水土流失。施工便道尽量利用原有道路，对新修道路的泥土和砂石不倒入河流、沟渠，防止沟渠、河流阻塞。便道所经过的沟、河修建永久临时结合的桥、涵，防止山洪爆发时影响排洪。

2、弃碴、取土场的保持措施。

（1）弃碴场、挡碴（土）墙、排水工序先行，并安排在开工之初或雨季之前全部竣工，保证施工质量创优，满足挡护、排洪的要求。

（2）弃碴、取土结束时，进行场地平整，并植树、种草绿化。

3、临时占用农田、耕地平整复耕的措施。

采取可靠措施保证原有交通的正常通行和维持沿线村镇的居民饮水、农田灌溉、生产生活管线的正常使用。对必须占用的农田、耕地，先将表层种植土铲运指定位置堆放。占用结束后全面清理干净所占场地，并将清理物运往指定地点。平整场地后，将原表层种植土重新拉回，撒播草籽，种植草皮。

4、居民区噪声控制措施。

（1）机械、车辆通过闹市、居民区时减速慢行，不鸣喇叭。

（2）合理安排施工程序，夜间避免安排大马力、高噪音的施工机具在人群密集区运转，减少机械车辆出入的频率。对无法避开的设置降噪或隔音设施，减少噪音干扰。

（3）为保护施工现场附近居民的夜间休息，对居民区 200m 以内的施工现场，不在夜间安排噪场很大（55db 以上）的机械施工。

文明施工的主要措施

在施工中，我单位将严格按照“集中施工、快速施工、文明施工”的十二字方针，把文明施工作为施工中的一个重点，以建立安全标准化工地为文明施工目标，总结我单位在其它工程施工中取得的经验，精心组织，合理安排，做到优质施工，文明施工。

一、健全机制，明确责任

项目经理作为文明施工的组织者，对现场文明施工负全权责任。现场文明施工的直接管理由项目经理部施工技术部负责，安全质量部负责监督检查。由项目经理和有关人员组成文明施工监督小组，按照文明施工细则每周检查，并在生产调度会上通报情况，提出整改措施。

二、文明施工措施

加强全体职工职业道德的教育，制定文明施工准则。在施工组织、安全质量管理和劳动竞赛中切实体现文明施工要求，发挥文明施工在工程项目管理中的积极作用。

1、推行施工现场标准化管理。

（1）严格按照技术规范施工，按操作规程作业；随时保持现场整洁，机械停放井然有序，原材料堆码整齐，各标志、标牌齐全规范；施工便道经常洒水，防止尘土飞扬；各工点严格执行工完场清制度，废料与垃圾及不再需要的临时设施应及时从现场清除、拆除并运走，保持施工现场整洁。

（2）实行持证上岗、挂牌施工制度。

通过职工教育培训，使全员均能熟练掌握相关的操作规程、技术标准和工作标准，经考试合格方可持证、挂牌上岗。对于第一次考试不合格，补考一次仍不合格的人员，坚决不予上岗。

施工现场设立工程简介、施工总平面布置图、安全质量宣传板，标明工程项目名称、范围、开竣工期限、工地负责人，设立监督电话，接受社会监督。

（3）施工内业资料齐全、数据可靠，办公室内按要求布置各类图表，及时反映现场状况及工程进度状况。

2、改善作业条件，保障职工健康。

采取有效的卫生防护措施，经常保持现场及驻地的整洁与卫生，为职工提供清洁的饮用水和合格的施工用水，以保护职工和工人的健康。做好施工人员的医疗保障工作，配备医务人员建立工地卫生所，并与当地卫生部门合作，防止传染病和准备常用急救药物。高温炎热季节施工时，采取一定的防暑降温措施。

3、深入调查，加强地下既有管线保护。

施工前主动调查了解，详细掌握施工范围内地下既有管线布局 and 数量，并与有关部门密切配合，做好光缆、电缆和输油管道、煤气管道等的保持和处理工作，在经过或邻近滇池湖泊等水利设施以及各类管线时，更要明确施工操作程序，采取必须的预防措施，避免发生堵塞、污染或损坏工程设施和各类管线。

4、做好已通车公路的保护工作。

在施工中对已通车公路和原有设施都进行妥善保护，不损坏原有设施。在运输中采取运输路线，选用运输车辆，限制和分配载运重量及其他合理措施，防止任何运输车辆因超过载重限制而损坏或损伤所通行的道路或桥梁。大型施工装备和超重件的运输，事先取得道路管理部门的许可。

5、不扰民及妥善处理地方关系。

合同段起讫点和固定工点设工程公告：施工便道干线和引入线设置明显规范的交通引导标志；爆破作业等特殊作业区，设安全防护员和安全防护标志；施工期间，经常对施工机械车辆通行的道路进行维修，确保道路晴雨畅通；加大工程建设意义的宣传力度，争取地方百姓对施工生产的大力支持。

6、广泛开展共建活动

与当地积极配合，加强对施工人员的全面管理，确保在施工地区内，施工人员无违纪违法现象发生。与当地政府和群众积极开展共建活动，积极推进精神文明建设，支持地方经济建设。自觉执行当地政府有关部门规定，施工中接受群众监督。

7、尊重当地民风民俗。

教育全体职工，加强对党的民族政策和地方法规、法令的学习，进一步在思想上提高认识，坚决执行党的民族政策，了解当地的民风、民人俗和乡土人情，充分认识到尊重民风、民俗是促进民族团结的需要，是维护国家安全稳定的保证。遵守地方法规，乡规民约，自觉尊重、遵守当地少数民族的宗教信仰和民风民俗习惯，不做有损于民风民俗的事，作加强民族团结的模范。

8、积极开展建家达标活动。

营房布置整齐划一，周围种植花草树木，创造良好的生活环境；在生活区设图书阅览室、文化娱乐室，丰富职工业余文化生活；在工地现场和生活区设置足够的临时卫生设施，每天清扫处理，保持清洁。

9、搞好廉政建设。

根据中共中央、国务院《关于实行党风廉政建设责任制的规定》、国务院办公厅《关于加强基础设施工程质量管理的通知》以及建设部关于《在交通基础设施建设中加强廉政建设的若干意见（试行）》等法规，严格执行《中华人民共和国招标投标法》，加强投标过程和工程施工、验收中的廉政建设，保证工程项目廉政目标的实现。

冬雨季施工及农忙季节的工作安排

（一）、雨季施工

雨季施工时，路基施工要做好排水工作；桥涵施工中注意钢筋的锈蚀及模板和支架的变形、下沉，做好水泥等材料的保管工作。

1、施工前的准备

雨季施工前应做好下列准备工作：

- ①对选择的雨季施工地段进行详细的现场调查研究，编制实施性的雨季施工组织计划；
- ②修好施工便道并保证晴雨畅通；
- ③住地、仓库、车辆机具停放场地、生产设施都应设在最高洪水位以上地点，并应与泥石流沟槽冲积

堆保持一定的安全距离。

④修建临时排水设施，保证雨季作业的场地不被洪水淹没并能及时排除地面水；

⑤贮备足够的工程材料和生活物资。

2、施工

a. 路堤填筑

场地处理；在填筑路堤前，应在填方坡脚以外挖掘排水沟，保持场地不积水。如果原地面松软，还应采取换填等措施进行处理。

填料选择；在路堤填筑时，应选用透水性好的碎石土、卵石土、砂砾、石方碎渣和砂类土作为填料。利用挖方土作填方时，应随挖随填及时压实。含水量过大无法晾干的土不得用作雨季施工填料。

填筑方法；路堤应分层填筑。每一层的表面，应做成2%~4%的排水横坡。当天填筑的土层应当天完成压实。防止表面积水和渗水，将路基浸软。如需借土填筑时，取土坑距离填方坡脚不宜小于3m，平原区顺路基纵向取土时，取土坑深度不宜大于1m。

路床排水；路堤填筑完成后，为防止路床积水，应在路肩处每隔5~10m挖一道横向排水沟，将雨水排出路床。

b. 路堑开挖

场地处理。路堑开挖前在路堑过坡顶2m以外修筑截水沟，并做好防漏处理。截水沟应接通出水口。

土方开挖方法；雨季开挖路堑宜分层开挖，每挖一层均应设置排水纵横坡。挖方边坡不宜一次挖到设计位置，应沿坡面留30cm厚。待雨季过后再整修到设计坡度。以挖作填的挖方应随挖、随运、随填。开挖路堑至路床设计标高以上30~50cm时应停止开挖，并在两侧挖排水沟。待雨季过后再挖到路床设计标高后压实。如果土的强度低于规定要求时，应超挖50cm，并用粒料分层回填并按路床要求压实。

石方开挖方法；雨季开挖石方路堑，炮眼应尽量水平设置，以免炸药受潮发生瞎炮。边坡应按设计坡度自上而下层层刷坡，并应随时核对其坡度是否合乎设计要求，使边坡在雨水冲刷时，能保持稳定。应尽量利用挖出的石渣，石渣必须废弃时，弃土堆应符合规定要求。

弃土堆；雨季施工开挖路堑的弃土要远离路堑边坡坡顶堆放。弃土堆高度一般不应大于3m。弃土堆坡脚到路堑边坡顶的距离一般不应小于3m，深路堑或松软地带应保持5m以上。弃土堆应摊开整平，严禁把弃土堆放在路堑边坡顶上。

c. 注意事项

雨季期间安排计划，应根据施工现场情况，对因雨易翻浆地段优先安排施工。对地下水丰富及地形低洼处等不良地段，优先施工的同时，还应集中人力、机具，采取分段突击的方法，完成一段再开一段，切忌在全线大挖大填。

施工坚持“两及时”，即遇雨要及时检查，发现路基积水尽快排除；雨后及时检查，发现翻浆要彻底处理，挖出全部软泥，大片翻浆地段尽量利用推土机等机械铲除，小片翻浆相距较近时，应一次挖能处理。填筑透水性好的砂石材料并压实。

（二）、农忙季节的工作安排

合理安排各施工项目的劳动力，将需要劳力少的项目和工序排在农忙季节，尽量雇用不受农忙干扰的长期劳力工和临时工，同时考虑提前留有足够的机动劳力，补充受影响工序等。

（三）、冬季施工安排

根据本标段的气候、地理情况，冬季较长，为节省工期，合理安排工程进度，冬季也安排部分项目的施工作业。主要有以下几方面：

1. 利用冬季水位较低的条件，安排构造物基础开挖和防护工程基础开挖，以及在河滩地段备砂砾料等。
2. 开挖路堑或使用开炸的石方作填石路基。
3. 完成梁板的安装工作。
4. 清理施工场地，并做好已完工程的防冻工作。

冬季和雨季施工安排

一、冬季施工安排

1、当昼夜平均气温在-3℃以下，且连续 10 天以上时，参照《公路路基施工技术规范》(JTJ033-95)“季节性路基施工”中冬季施工的有关规定，将安排施工的工程项目和施工方案报工程师批准。

2、路基工程冬季施工主要进行旧路基挖除弃方施工，而不进行路基填筑施工。

3、开工未挖完的土质路堑、基坑，将开挖面表层翻松 30-40cm，耙平作为保温层防冻，已开挖完的，表层预覆松土或草袋上覆松土，待继续施工时再清除。

4、冻土的一次松碎量，根据挖去能力和气候条件确定，连续挖掘清除，随挖随运，避免重新冻结。

二、雨季施工安排

1、项目经理部成立以项目经理为组长，相关部门成员及项目经理部主要成员参加的防汛领导小组，配置专门天气预报员，密切观察当地与上游地区的天气变化情况，及时采取防汛措施。

2、认真踏勘现场，深入调查当地地理、气象、水文环境，安全、经济、合理地确定营房、施工场地、施工便道位置，避免水灾侵害。

3、雨季施工前，根据现场具体情况确定可进行的雨季施工地段，编制实施性的雨季施工组织计划，提交工程师审查批准。

4、搞好临时排水设施的设计，以路基施工先排水、路堑施工先截水的原则进行，保持现场排水设施的畅通。加强雨季的成品、半成品保护工作，防止水灾发生。加强施工便道的养护和维修，确保雨季施工交通顺畅。

5、低洼地段、高填深挖地段和地质不良地段的土质路基，避开雨季施工。

6、雨季填筑路堤时，随挖、随运、随填、随压。每层填土表面筑成 2-3% 的横坡，并在雨前和收工前将铺填的松土碾压实。

7、雨季开挖土路堑时，分层进行开挖，每层底面保持大于 1% 的纵坡；挖方边坡沿边坡预留 30cm 厚，待雨季后再整修到设计边坡线；开挖路堑在距路基顶面 30cm 时停止开挖，待雨季后再挖到设计标高。

8、做好雨季施工工程材料和必备物资的储备工作。水泥库保证不漏雨，地面不反潮，四周设排水沟，严禁积水。先进库的水泥先用，水泥垛距离墙面大于 30cm，严禁露天堆放水泥。

9、施工安排上合理调配，路基填挖施工、明挖扩大基础施工，尽量避开雨季。

10、雨季路基施工重点做好施工单元防排水。填方段严格控制施工层路拱成形，填土与摊铺连续作业，且施工作业面不应太长，以免影响摊铺和碾压。遇急雨天气，雨前采用光轮碾临时碾压，羊足碾碾压过的路段要薄填一层，再用光轮碾碾压，以免积水。挖方段各个施工层开挖前先做两侧临时排水沟，且备好排水设备。开挖机械作业跨度合理安排，保证作业单元不积水。

11、桥梁在雨季施工做好雨季涨水准备，基础尽量安排在枯水季节。

12、混凝土圬工施工，均搭设防雨棚，遇大雨或暴雨时，停止施工。需连续灌注的混凝土，备足雨具作业，并调整施工配合比。做好的浆砌工程，为防止雨水冲刷砌缝掏走砂浆，用雨布覆盖。

13、雨季前，对所有用电设备进行安全检查，落实防雨措施，对现场机械设备停放做出安排，确保施工不受雨患影响。

14、取土场必须首先挖好排水沟、截水沟，另外，取土开挖深度一次到位，取土坑可作为临时积水坑

用。开挖时自排水沟位置依次开挖、并行操作，严禁随意开挖，以免给后期取土造成困难。

15、雨季施工及时测定砂石料的含水率，随时调整配合比，确保混凝土质量。计量秤定期校对精度及灵敏度，确保计量准确。

16、路面沥青混凝土施工，准备好运输沥青混合料汽车的苫布和工地摊铺地点的覆盖物等防雨设备，避免雨淋。雨天过后，待矿料和基层晾干后才能继续施工

农忙季节施工安排

1、为保证本合同段的施工工期，我单位在农忙季节及大型节假日按施工计划正常施工。

2、参加本工程的施工人员绝大部分为我单位内部职工。极少部分为与我单位长期签定劳务合同的劳务工。在农忙季节及大型节假日，劳务工按计划串休，保证本工程足够的施工人数，不影响正常施工。

3、施工高峰期再增加 20%-30%劳动力，并经过详细调查，从农闲的省份和地区雇用部分劳动力，确保施工进度。

4、已有的各种道路向所有车辆开放。在需要调节交通流的情况下，向公共交通开放本工程的一部分，并设置必要的路障、适当的照明、警告信号和标志牌等交通安全设施，保护本工程和公众的安全。

5、在安排和组织施工时，尽量减少各种车辆之间的干扰，必要时，适当考虑便道路面结构的改善和拓宽路面。

6、加强乡间道路的维修，确保农忙季节的安全和所需的养护。保证车辆通行，尽量减少施工车辆对农民运粮车辆的影响，为农民收割庄稼创造有利条件。

7、夜间施工加强噪音控制，尽量减少噪音，避免影响当地农民休息。

8、加强与当地政府和当地群众的联系，保持良好的合作关系，相互帮助，相互支持，减少相互干扰。

工程造价控制措施

施工企业参加工程建设的最终目的是在工期短、质量好的前提下，创造出最佳的经济效益。我单位将采取以下主要措施控制造价，获得效益。

一、严格把握材料的供应关。

对于量大的主材统一招标，零星材料要货比三家，选择质优价廉的材料，并严格把关，坚决刹住材料供应上的回扣风，决不允许损公肥私现象出现。同时对原材料的运输要进行经济比选，确定经济合理的运输方法，把材料费控制在投标价范围内。

二、科学组织施工，提高劳动生产率。

使用项目管理软件，经过周密、科学的分析做出具体计划，巧妙地组织工序间的衔接，有效地使用劳动力，尽量做到不停工、不窝工。施工中采用先进的工艺方法，提高机械化施工水平，力求达到劳动组织好，工效、机械利用率高，定额先进之目的，做到少投入多产出，最大限度地挖掘企业内部潜力。

三、完善和建立各种规章制度，加强质量管理，落实各种安全措施，要进一步改善和落实经济责任制，奖罚分明。

充分调动广大员工的积极性，开展劳动竞赛，提高事业心，增强责任感，杜绝因质量问题而引起的返工损失以及因安全事故造成的经济损失，控制造价，增加盈利。

四、加强经营管理，降低工程成本。

编制技术先进、经济合理的施工组织设计，实事求是地进行施工优化组合，人力、物资、设备各种资源精打细算，做到有标准、有目标。优化施工平面布置，减少二次搬运，节省工时和机械费用。临时设施尽可能做到一房多用，减少面积和造价，并尽量利用废旧材料，将临时设施费用降下来，部分临时设施租用民房以降低费用。科学地利用材料，采取限额领料制度，避免造成浪费，把废料降低到最低限度，从管理中出效益。

五、降低非生产人员的比例，减少管理费用开支。

管理人员力求达到善管理、懂业务、能公关，做到一专多能，减少非管理人员。实现项目部直接对施

工队，减少管理层次，实现精兵强将上一线，提高工作效率，以达到管理费用最低。

总之，要从管理中出效益，把工程造价控制在合理范围之内。

文物保护措施

在工程现场发掘出的所有文物、古迹以及具有地质研究或考古价值的其他遗迹、化石、钱币或物品，均属于国家财产，因此，在施工中，我们采取以下措施进行文物保护工作。

1、加强教育、提高全员的文物保护意识。

开工前组织全体施工人员进行文物保护重大意义、文物保护知识方面的教育，增强全体职工保护文物的自觉性和责任感。

2、开工前主动和地方文物保护部门进行联系，与当地群众进行文物保护方面的调查，对地上、地下是否有文物初步做到心中有数，以便超前、有针对性地做好工作。

3、一旦发现文物，我单位遵守国际咨询工程师联合会的有关规定，并采取必要的防护措施：

(1) 已开工的要立即停工保护现场，防止任何人员移动或损坏任何该类物品。

(2) 尽快向工程师、业主和文物保护部门汇报。

(3) 按照工程师、业主和文物保护部门的指令，积极协助处理。

(4) 文物保护部门处理完现场，并接到业主、工程师和文物保护部门可以继续施工的通知后才能重新开工。

4、不准随意乱刻、乱画、破坏文物，坚决打击、抵制贩卖文物活动。

5、临时设计、施工用地不占用文物保护控制区。凡属施工影响区域内的古树、古建筑要加以安全围护。

路面施工工程管理

一、实施管理四步曲

路面各层次施工均按下列程序进行：完成不少于 200 米的试验段

百姓宝善 经工程师



二、坚持文明施工、规范化施工

施工现场要保持整洁有序，坚持严格要求，照章办事，不折不扣地按照规范和有关的规定施工。

加强现场管理实现文明施工是实施精品工程的重要组成部分，是工程建设管理的重要环节。为加强这方面的工作，施工单位认真贯彻执行文明施工标准，并将其正式纳入考核评比内容中。施工单位要加大现场管理力度，把实现文明施工作为工程管理的重要内容，依据“文明施工标准”和自身情况，有针对性地制定出自身的现场管理和文明施工条例，并严格实施。

施工单位除每月要进行一次文明施工检查外（要有检查记录）要坚持日常的督促检查工作，不具备文明施工条件的不准开工、交工，坚决消除施工现场脏、乱、差现象，创造一个整洁有序、文明的施工环境。

文明施工条件规定如下：

1、生活区

- (1) 各种设施建设布局合理、整齐。
- (2) 宿舍、办公室、库房、工作间内干净、整洁，各类物品摆放整齐。
- (3) 区域内垃圾集中存放、定期清理。
- (4) 区域内不准明沟排放污水。
- (5) 区域内始终保持清洁、卫生、道路晴雨畅通、平坦。
- (6) 厕所定期消毒处理，便池加盖，保持清洁。
- (7) 区域内各类物品设备存放安置有序。
- (8) 区域内用电设备安全有效，线路符合标准，防火、灭火器材足量有效。

2、施工现场（包括沥青拌和场、基层稳定材料拌和场、预制厂、房建工地、桥涵施工工地、路面及工程施工现场、各种材料料场等工作场所）。

- (1) 施工人员要佩戴胸卡上岗，并坚守岗位。
- (2) 按要求设置各种标牌、标线，按规范施工。
- (3) 各种材料、物品、设备分类存放界限清楚，放置规矩，砂石料等地方材料要码方整齐堆放，主要材料要设标志牌。
- (4) 特殊设备、物品、材料要采取防潮、防雨、防晒、防火等措施不准因管理和存放不善而降低材料的使用性能。
- (5) 现场内不准有废料、垃圾等各类杂物存在（清理不过夜），经常保持清洁。
- (6) 道路畅通、平坦。
- (7) 现场内无不合格材料、无多余或杂乱无章的堆积物。
- (8) 现场内用电设备、安全、规范、防火、灭火器材足量而有效。
- (9) 施工人员无违章指挥、违章作业，施工工艺符合要求。现场文明整齐有序。
- (10) 路基、路面边沿顺直、边坡平滑、整齐。
- (11) 对工程的成品、半成品和在建项目，有积极的保护措施，使其免受损伤。
- (12) 不对工程的成品、半成品造成污染。

三、加强工程质量管理

施工单位必须建立起完善的质量保证体系和质量检验体系，有人专门研究质量问题，进行质量管理，不断改善施工工艺和管理方法，同时执行严格的自检制度，把质量控制的重点放到过程控制中去，每月进行一次综合检查，实行内部质量奖惩政策，坚持做到工序自控自检，经理部专控专检，使质量问题消除在生产过程中，避免酿成质量事故，促进工程质量上水平。

自控体系不健全、工作不得力，不得进行路面工序的施工。

四、加强路面施工质量的其它措施

1、设置路面施工控制桩

路面施工即将开始，为加强路面标高和平面位置的控制，便于施工放样和检查验收，提高路面的施工精度，路面开工前，必须在已验收的路基上设置控制桩，具体要求如下：

1、控制桩设置于路中心线上（中央分隔带中心）每 100 米不少于 4 个。该控制桩既控制平面位置又控制高程。

2、控制桩一律采用砼预制，断面尺寸为 $10 \times 10 \times 60\text{cm}$ ，预制时其内放置一根钢筋，外观较好。

3、控制桩埋设时，由路槽标高算起，下埋 30cm，外露 30cm。

4、在控制桩上端 10cm 处路线前进方向的迎面用红漆标写桩号。同时用红漆在控制桩的左侧标出石灰土设计标高线。在顶端用红漆标出中线位置。

5、控制桩设置时无论标高，还是平面位置，一定要保证精度，设置完成后要进行一次复测，确保定位准确万无一失，真正起到控制桩的作用。

2、确保试件养生条件

各种试件的试验结果是评价相关部分工程质量的依据，而养生条件又在很大程度上影响着试件的强度。为正确反映工程质量，

各种试件必须在标准的养生条件下进行养生，具体要求为：

（1）所有试件均必须在标准养生室内养生。标准养生室应具备温度调节和恒温功能（安装空调）、具备湿度调节功能。温度和湿度要调节在要求的范围内。

（2）每天两次记录养生室内的温度和湿度（早 8 点，晚 6 点各一次）。

（3）凡不具备上述养生条件的试验结果不予承认，试件强度将视为不合格。

3、硬化路面拌和场料场

路面基层拌和场和沥青面层拌和场需用大面积的材料堆放场地。而材料的放置条件又直接影响着材料质量，进而影响工程质量。为保证各种路用材料不受污染，保证拌和场整洁，同时减少材料的损失，对路用材料的存放场地进行硬化，具体要求为：

一、路面拌和场内存放的碎石、砂、石灰、粉煤灰等均不得直接堆放在原地面上，而必须对场地进行硬化。

二、硬化场地所用材料，可以是石灰土、二灰稳定风化岩、石灰土稳定风化岩等，层厚 15cm 以上（视原地面情况而定，以保证备料和施工过程中场地不受破坏，接触地面的材料不受污染为原则）。

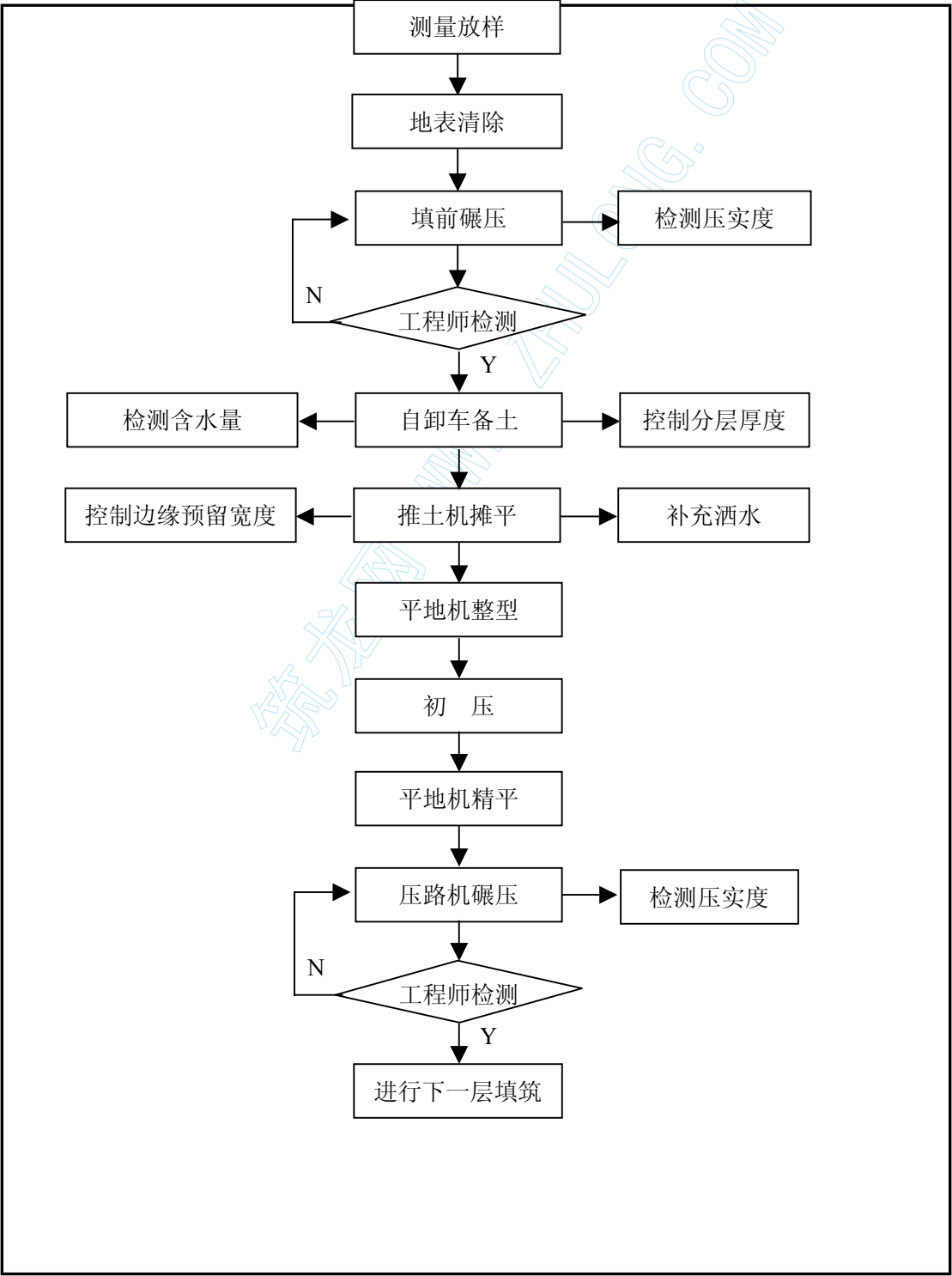
三、未作场地硬化的不准备料。

施工工艺流程图（中文）

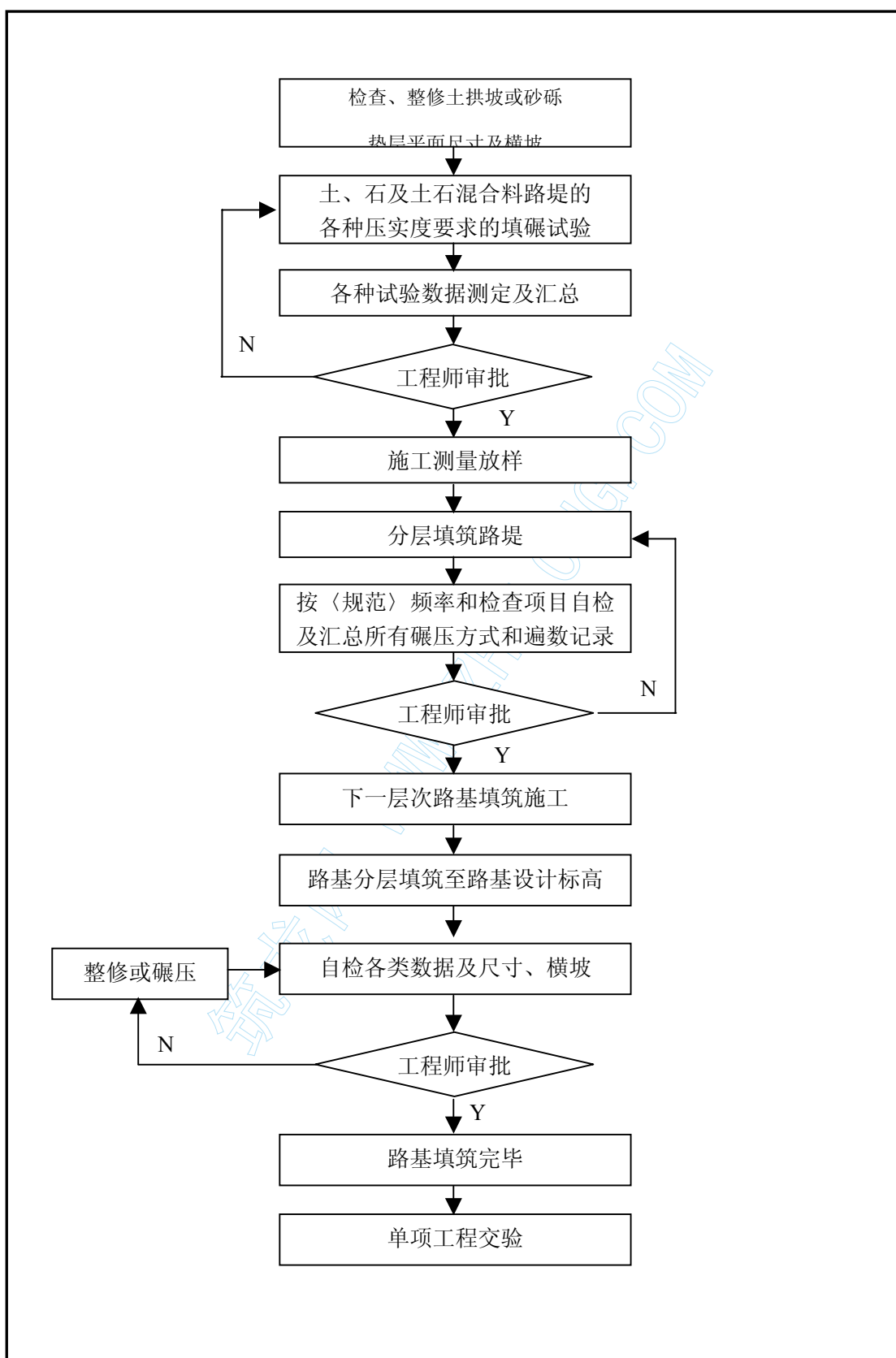
路基土石方工程

填方路基

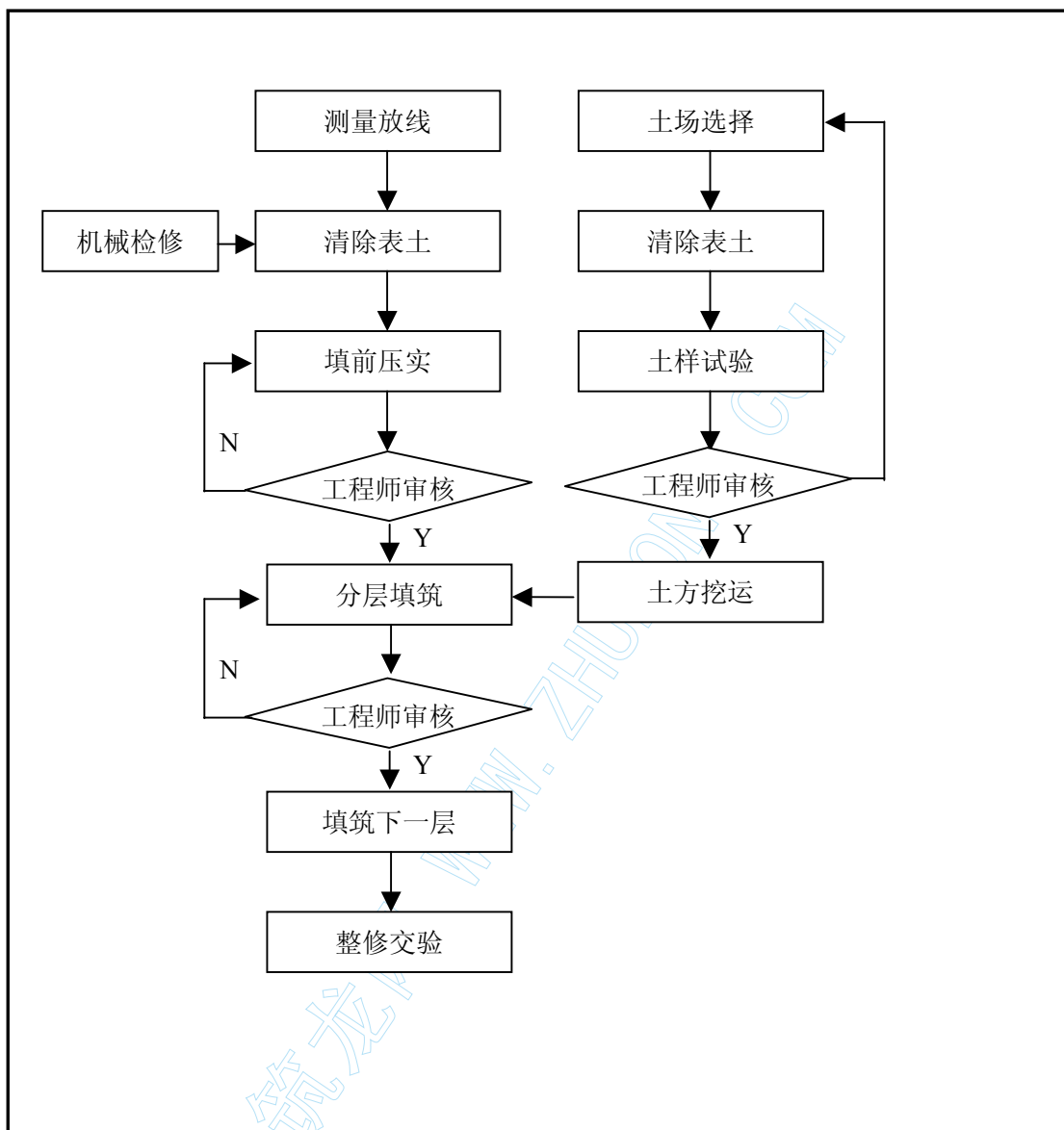
路基土方施工工艺框图



路基填筑施工工艺框图

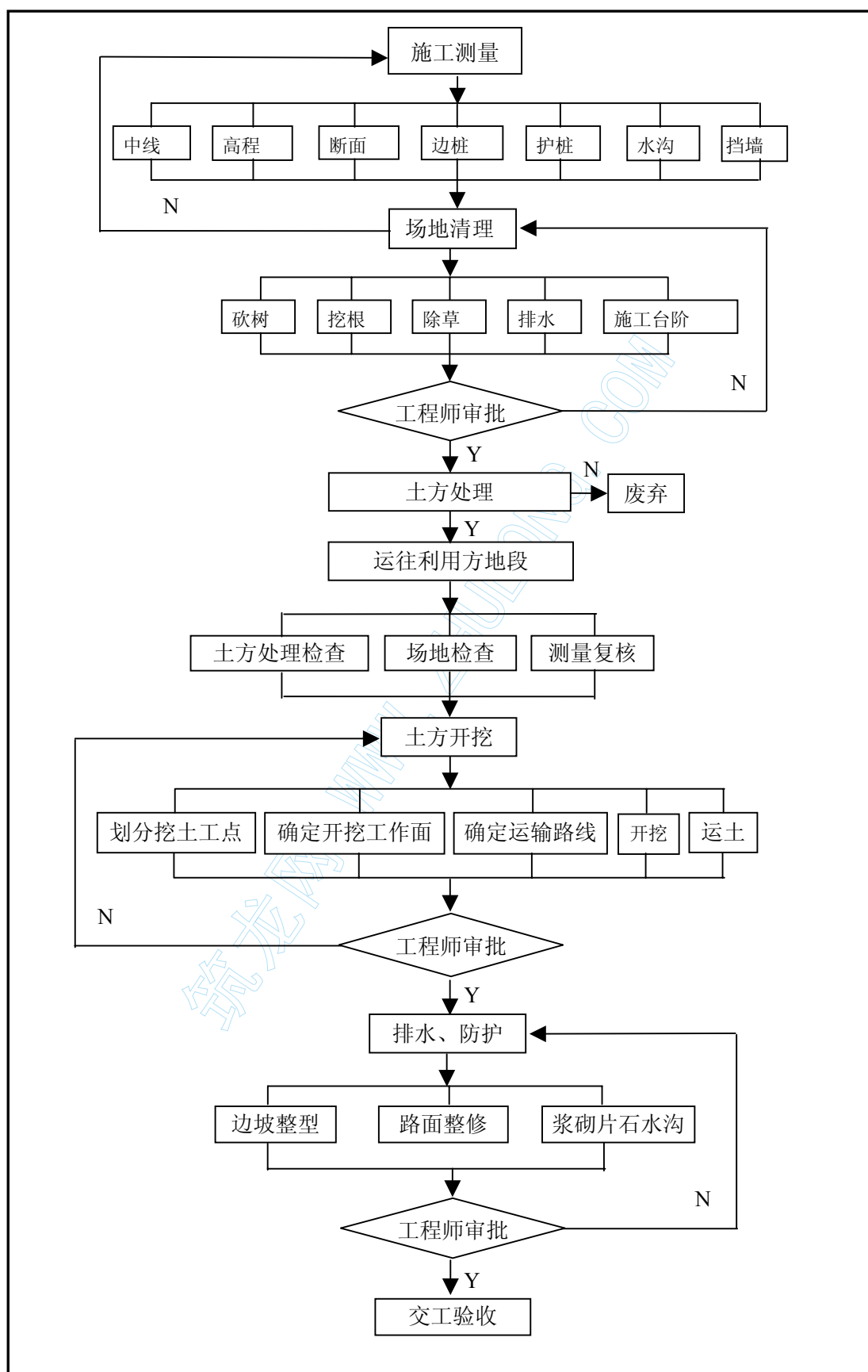


路基施工工艺框图

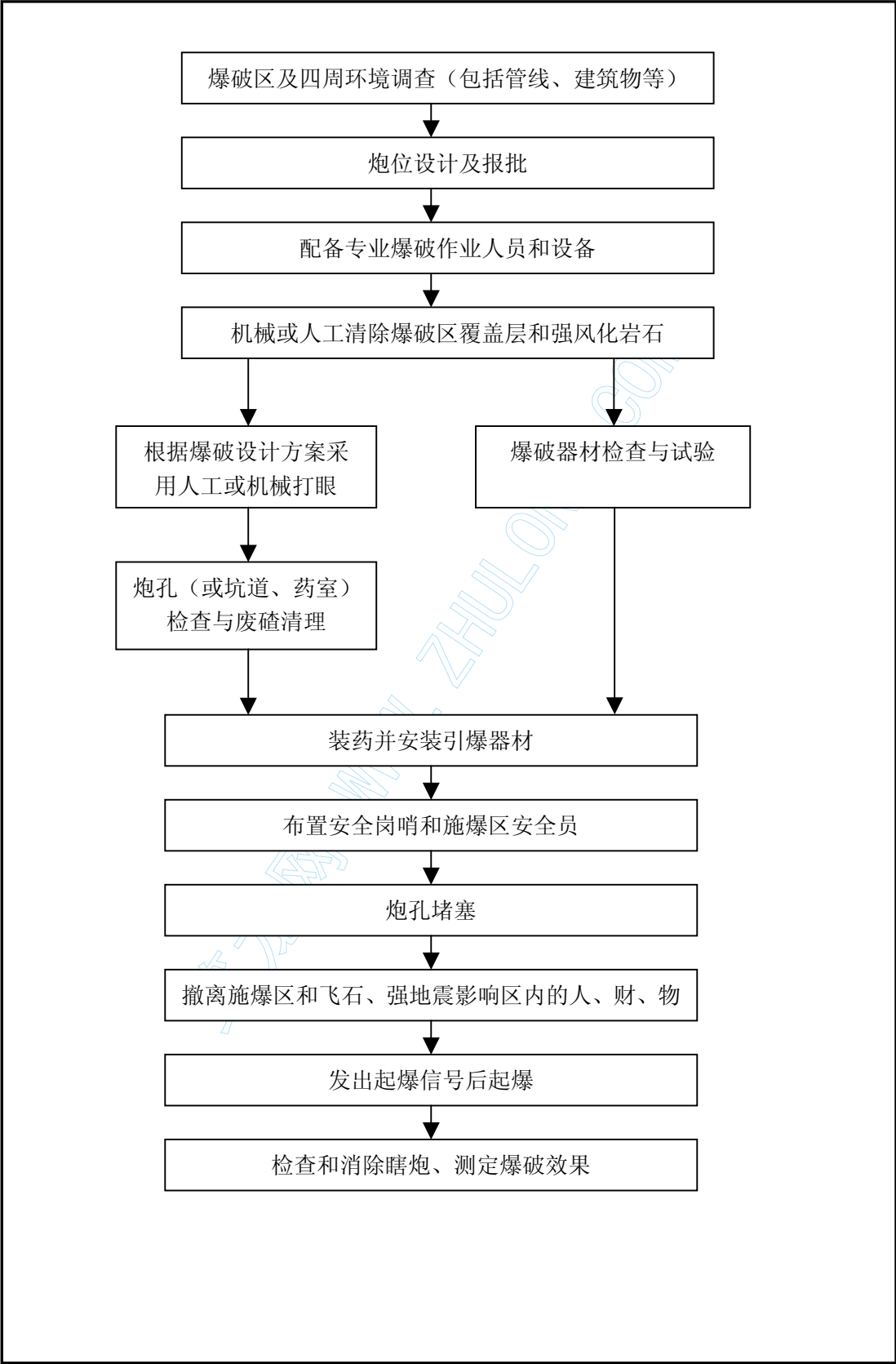


挖方路基

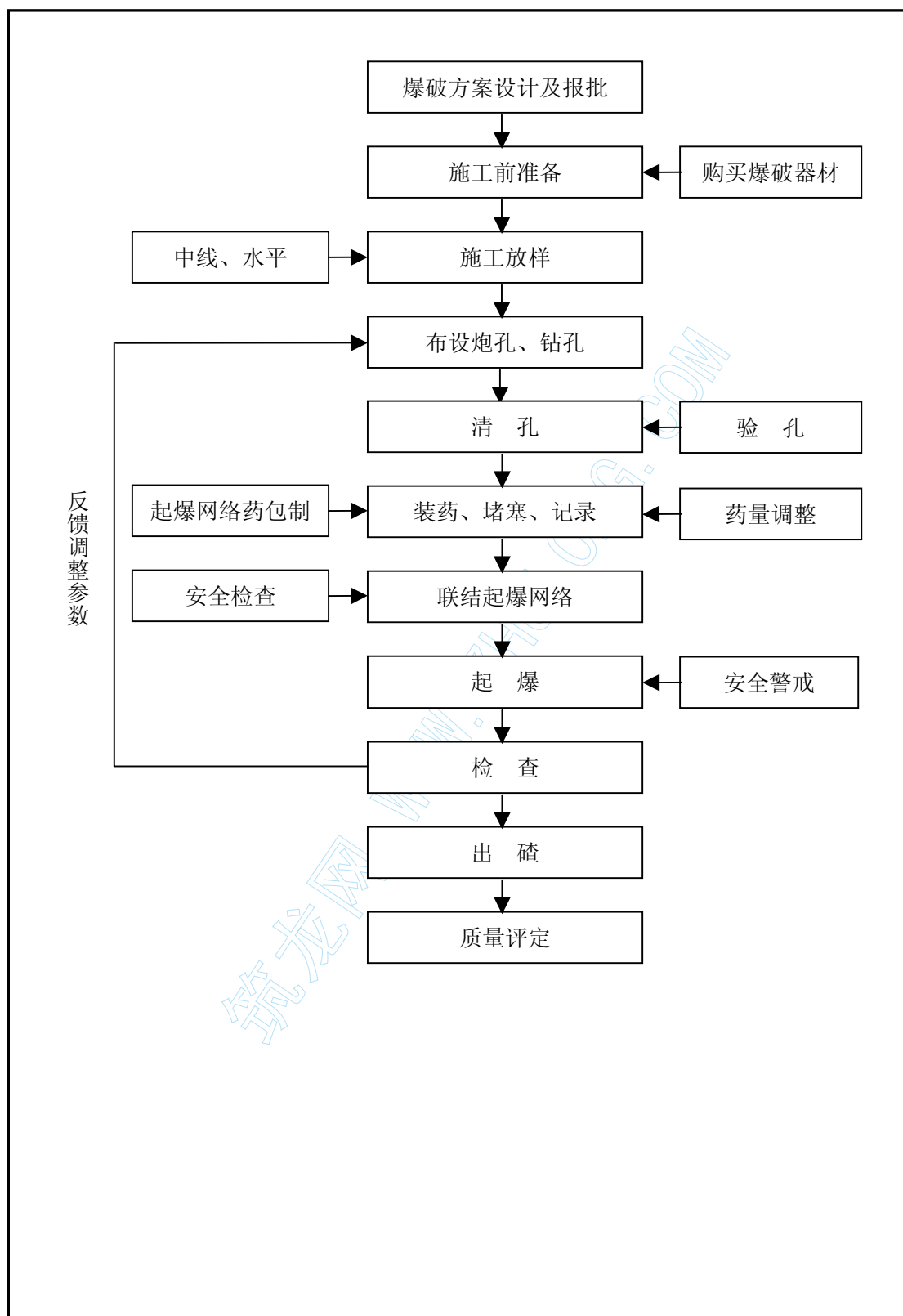
路基挖方施工工艺框图



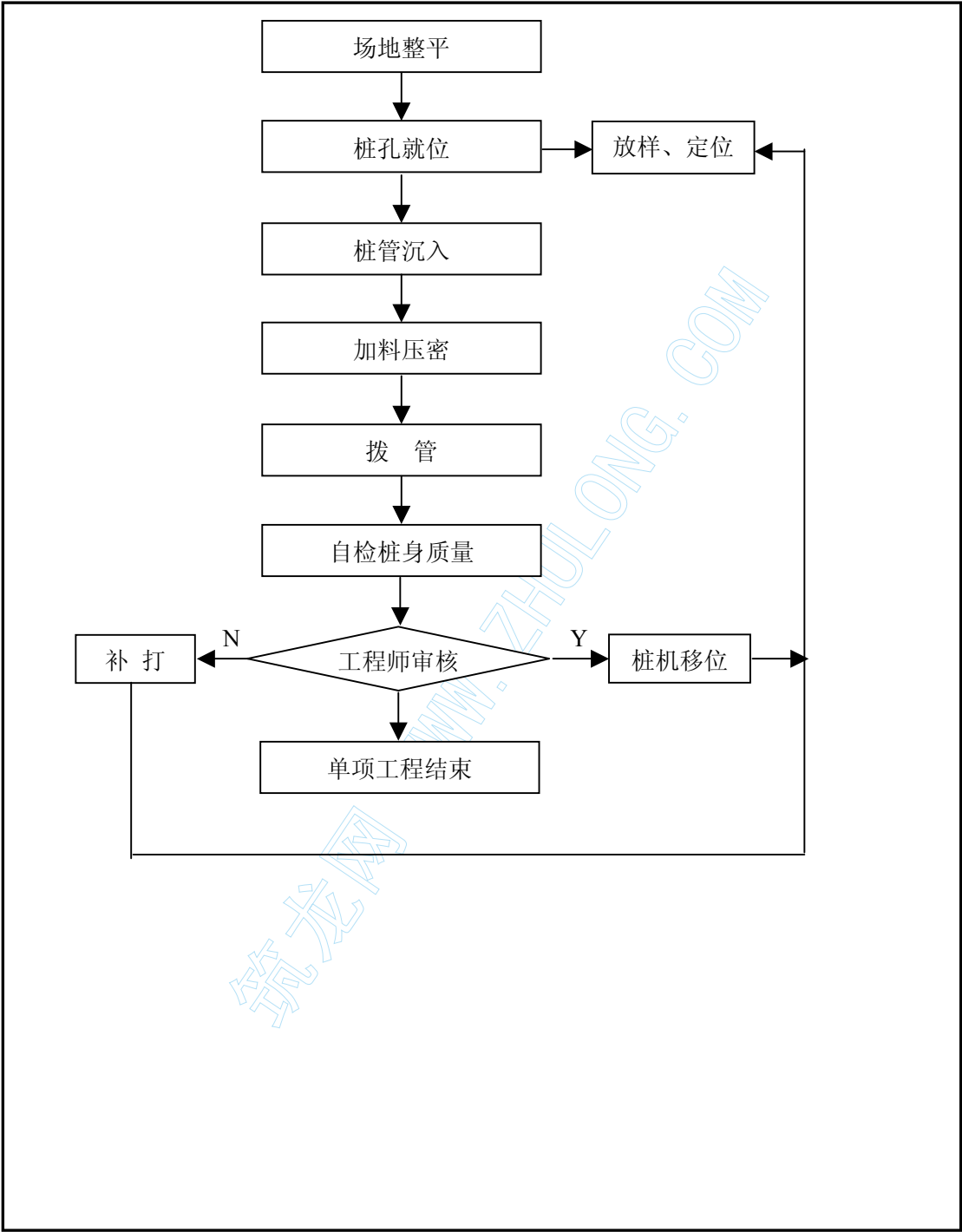
路基及石方爆破施工工艺框图



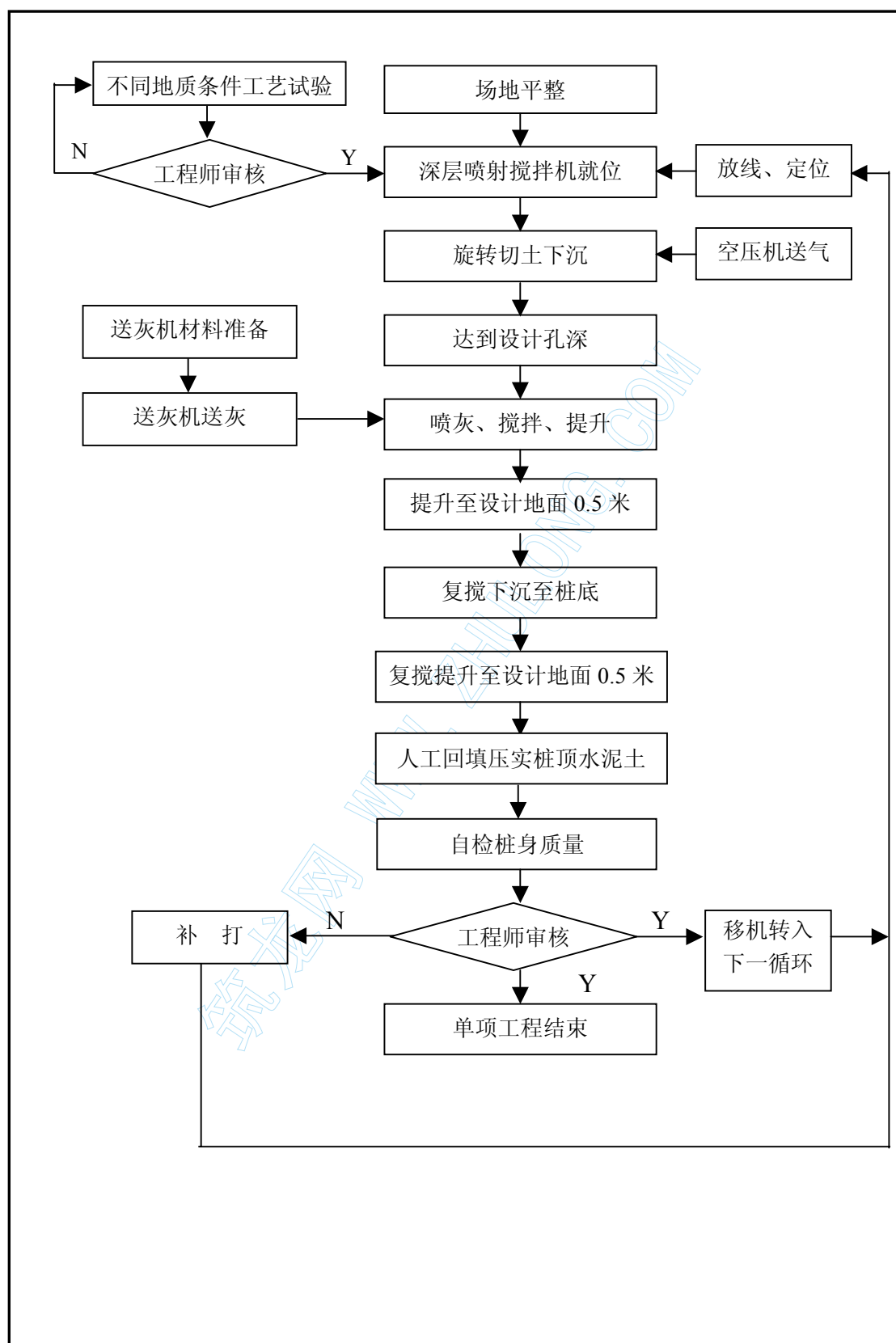
路基石方爆破施工工艺框图



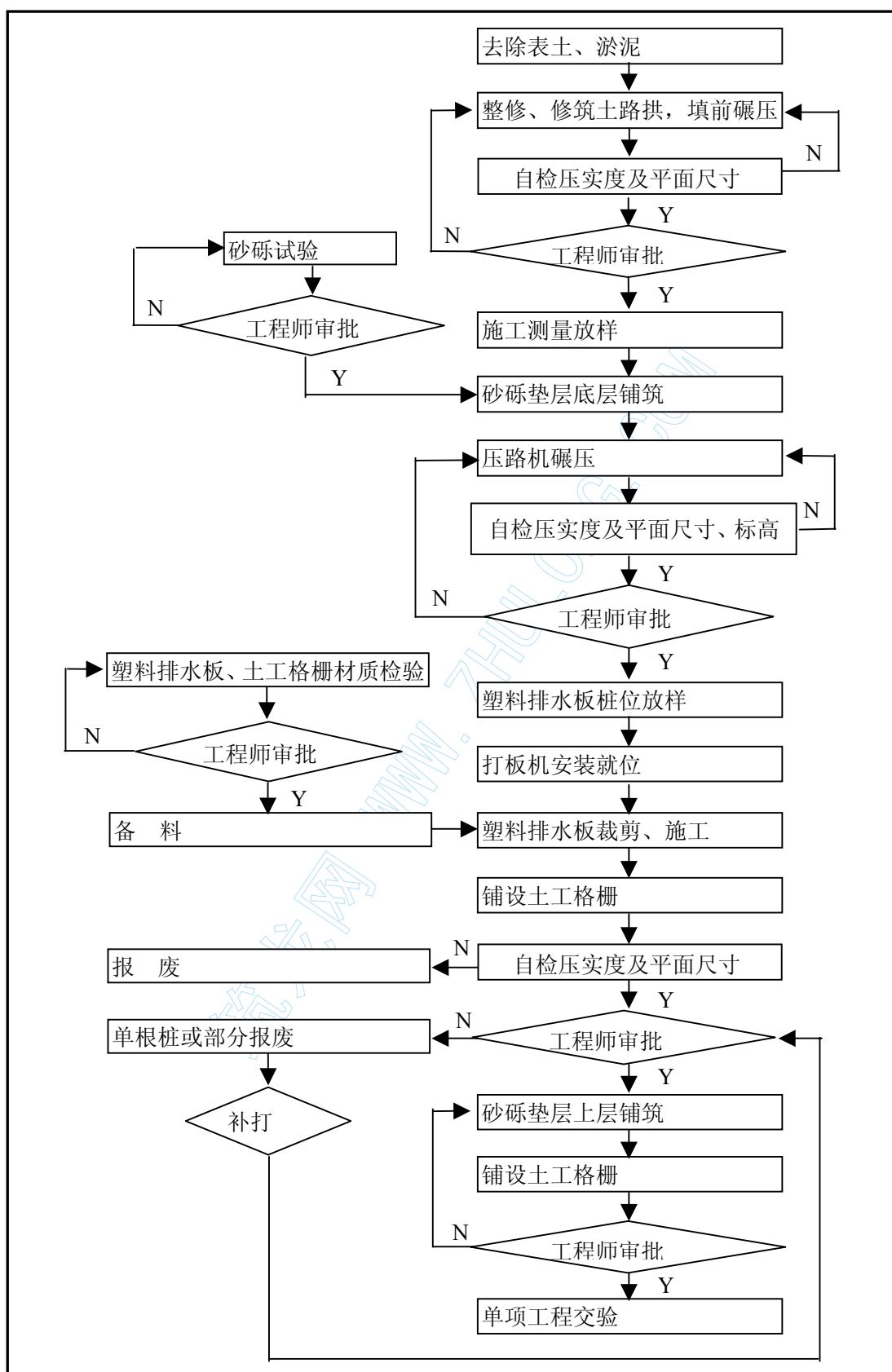
砂桩施工工艺框图



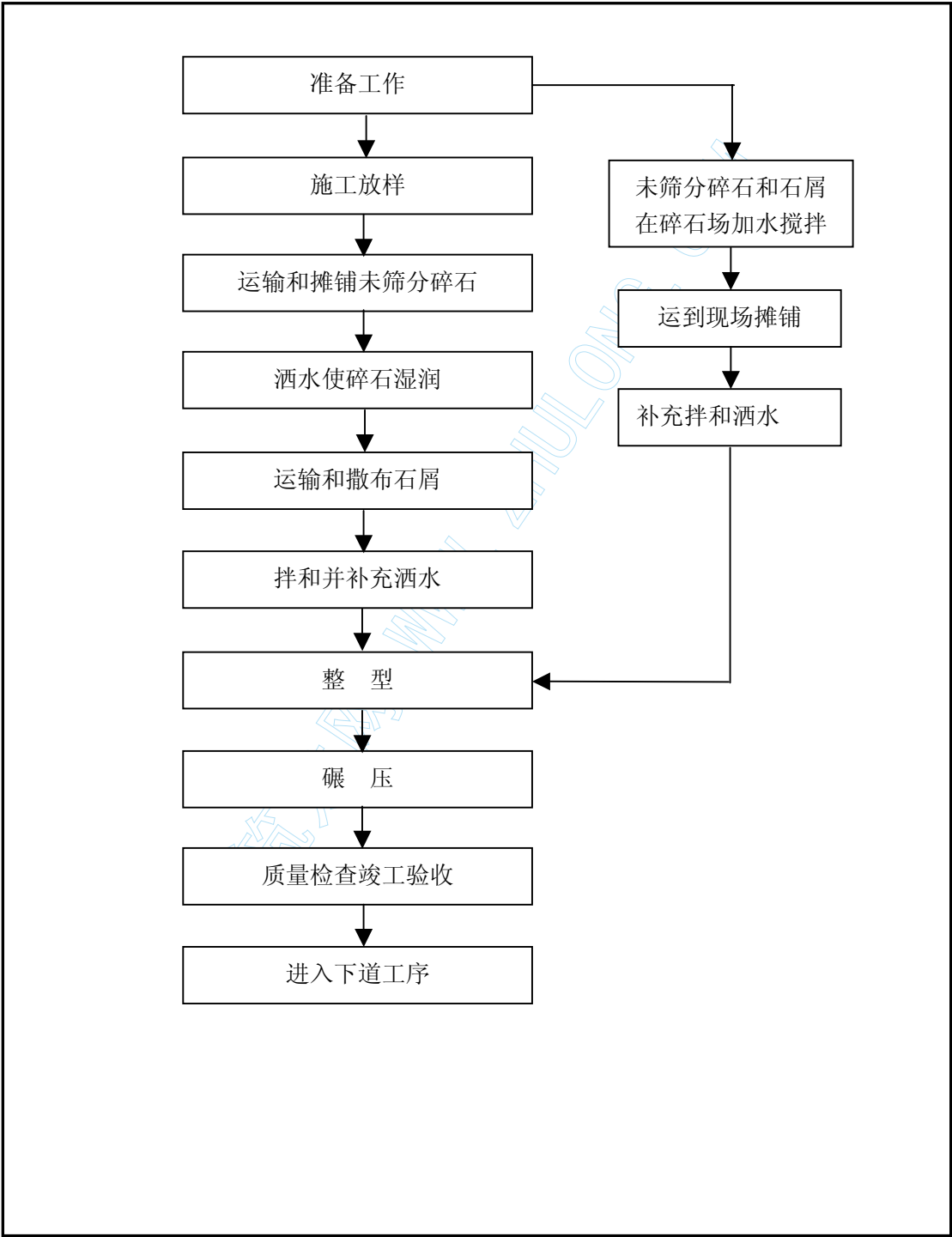
粉体喷射搅拌桩施工工艺框图



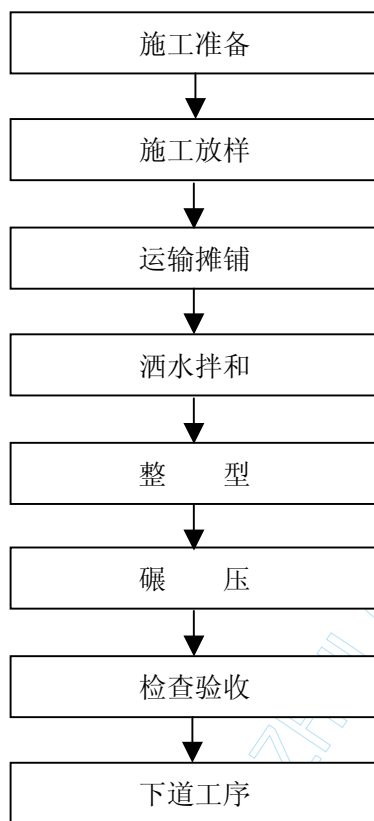
塑料插排桩施工工艺流程框图



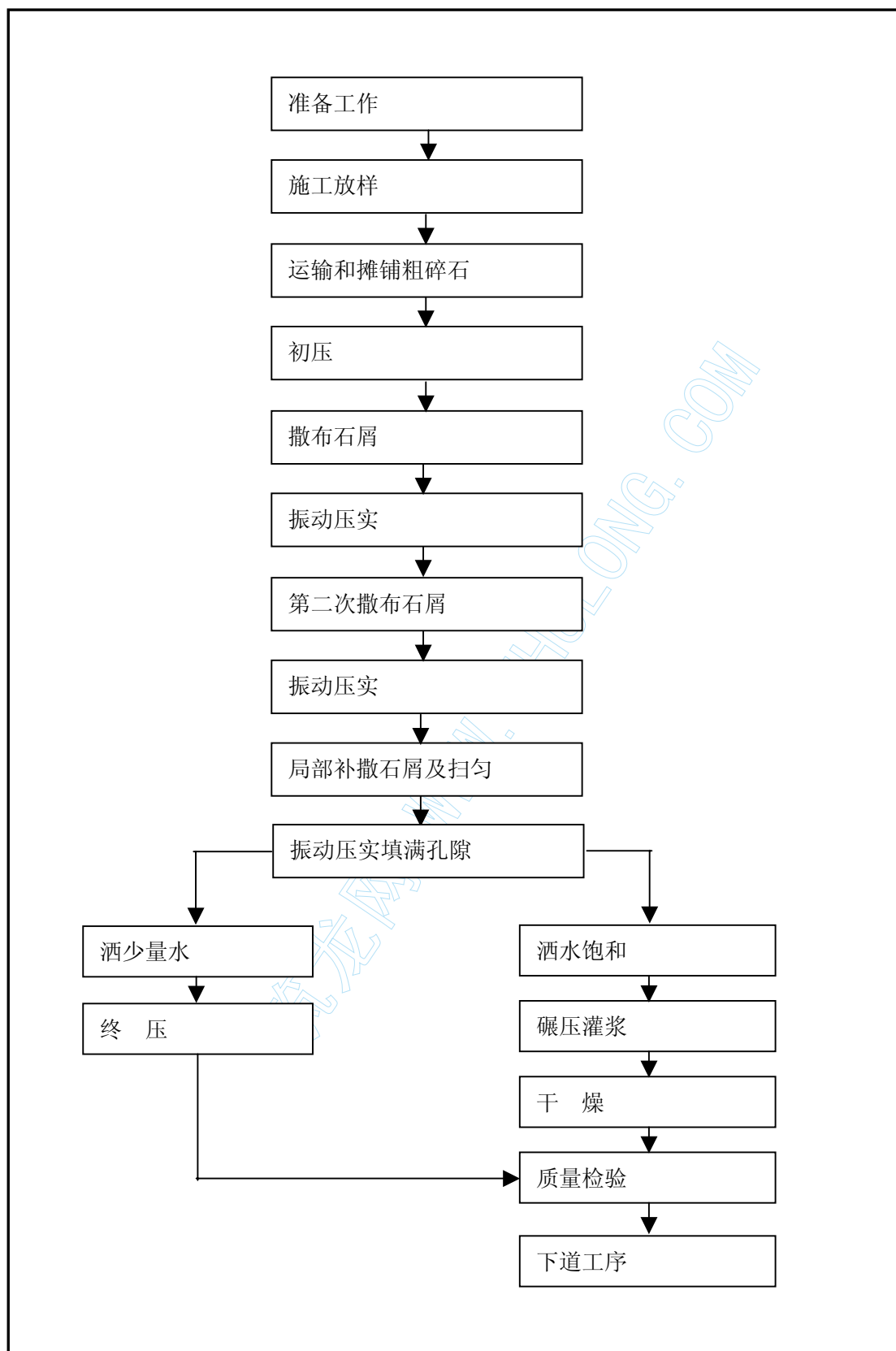
级配砾石施工工艺框图



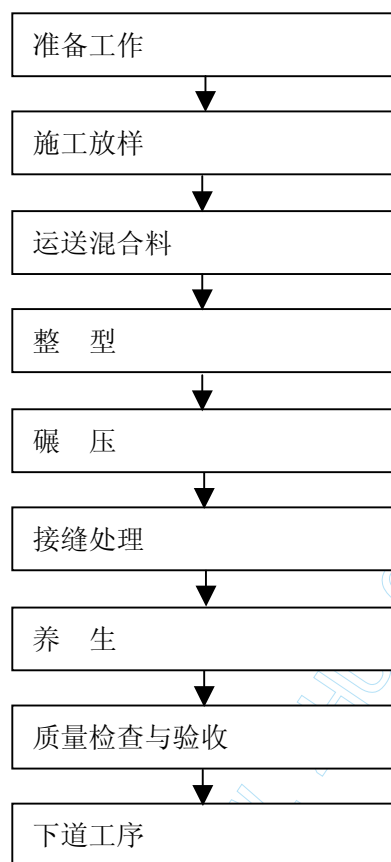
级配砾石施工工艺框图



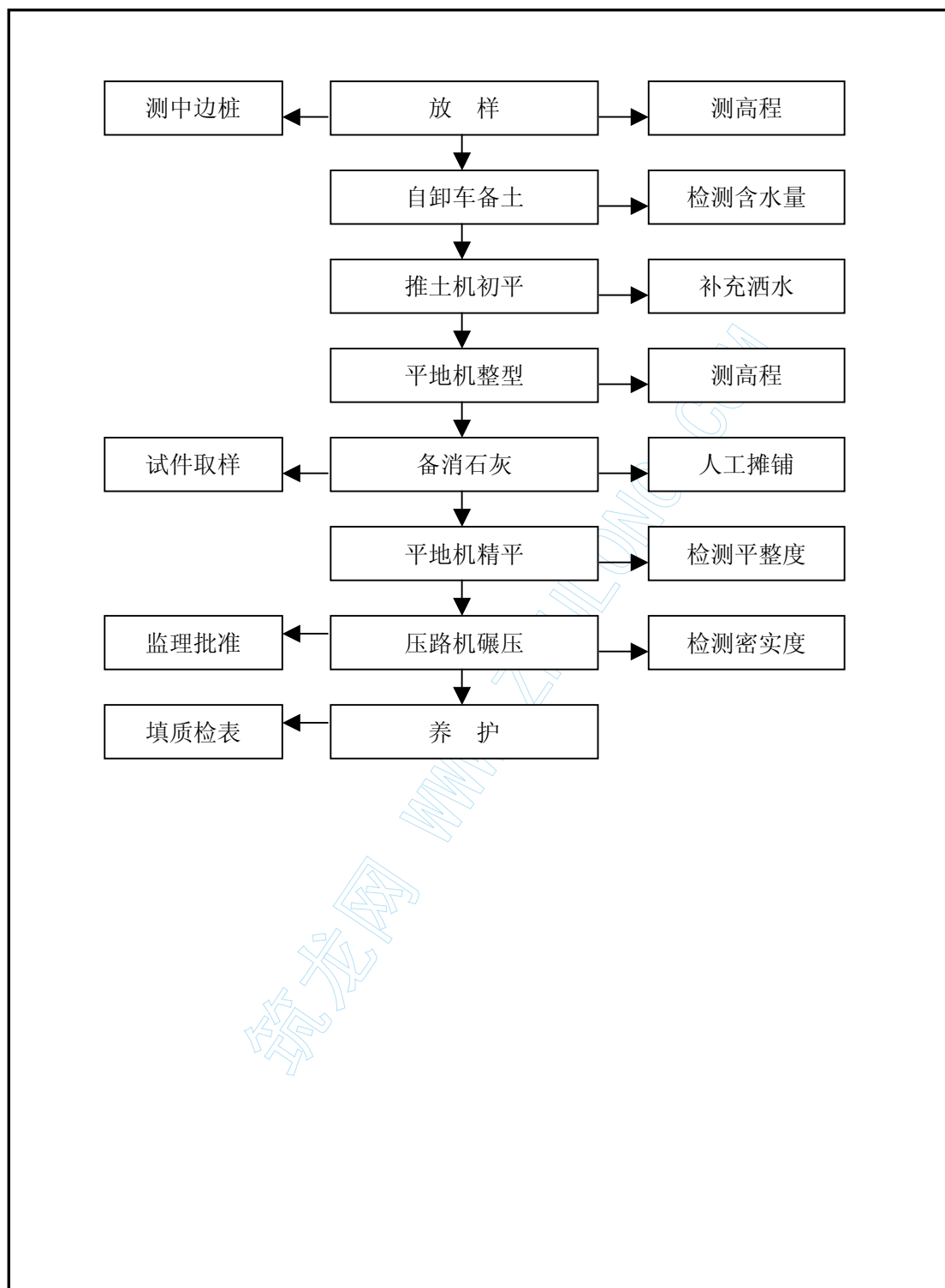
填隙碎石施工工艺框图



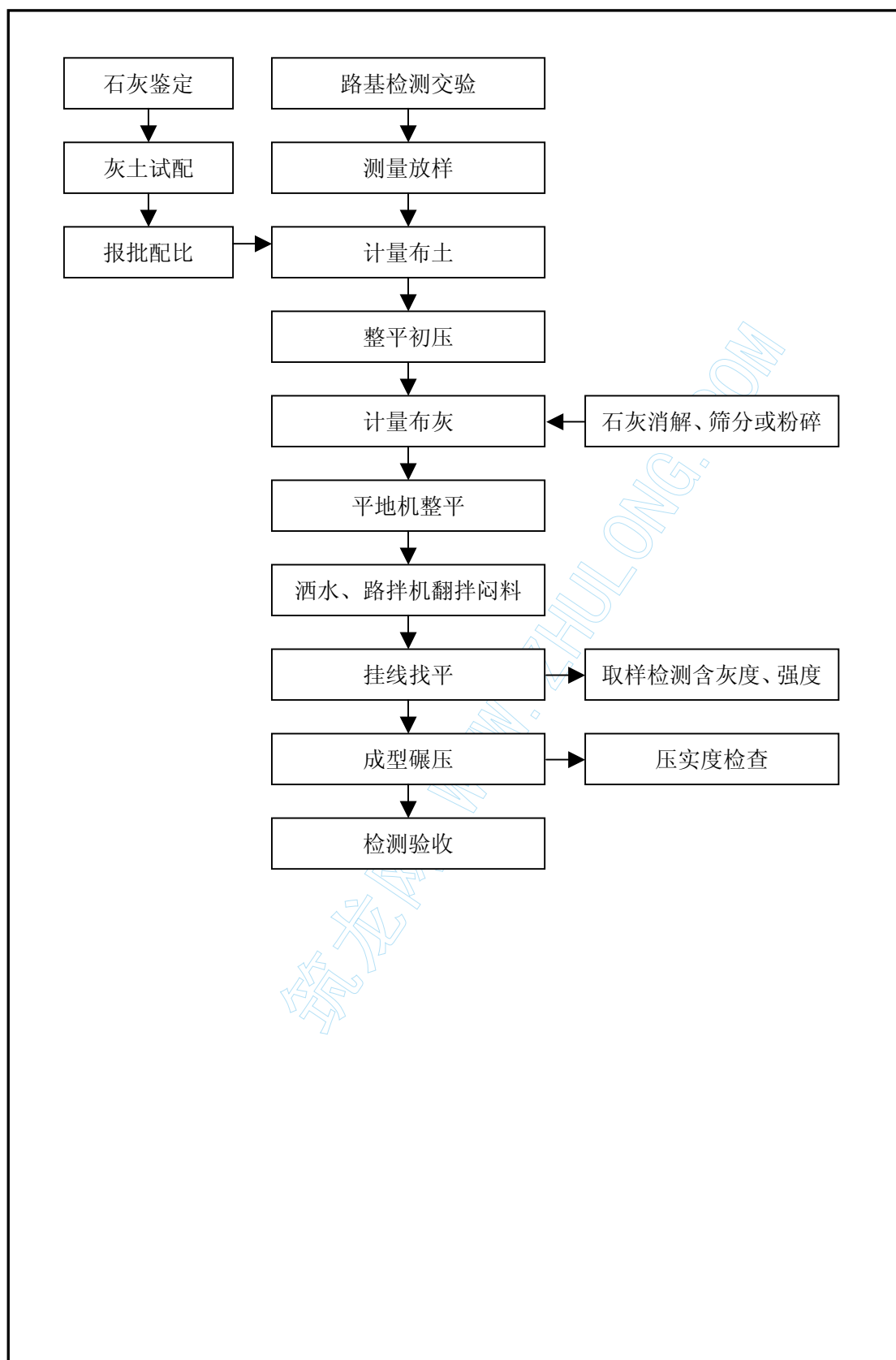
石灰稳定土厂拌施工工艺框图



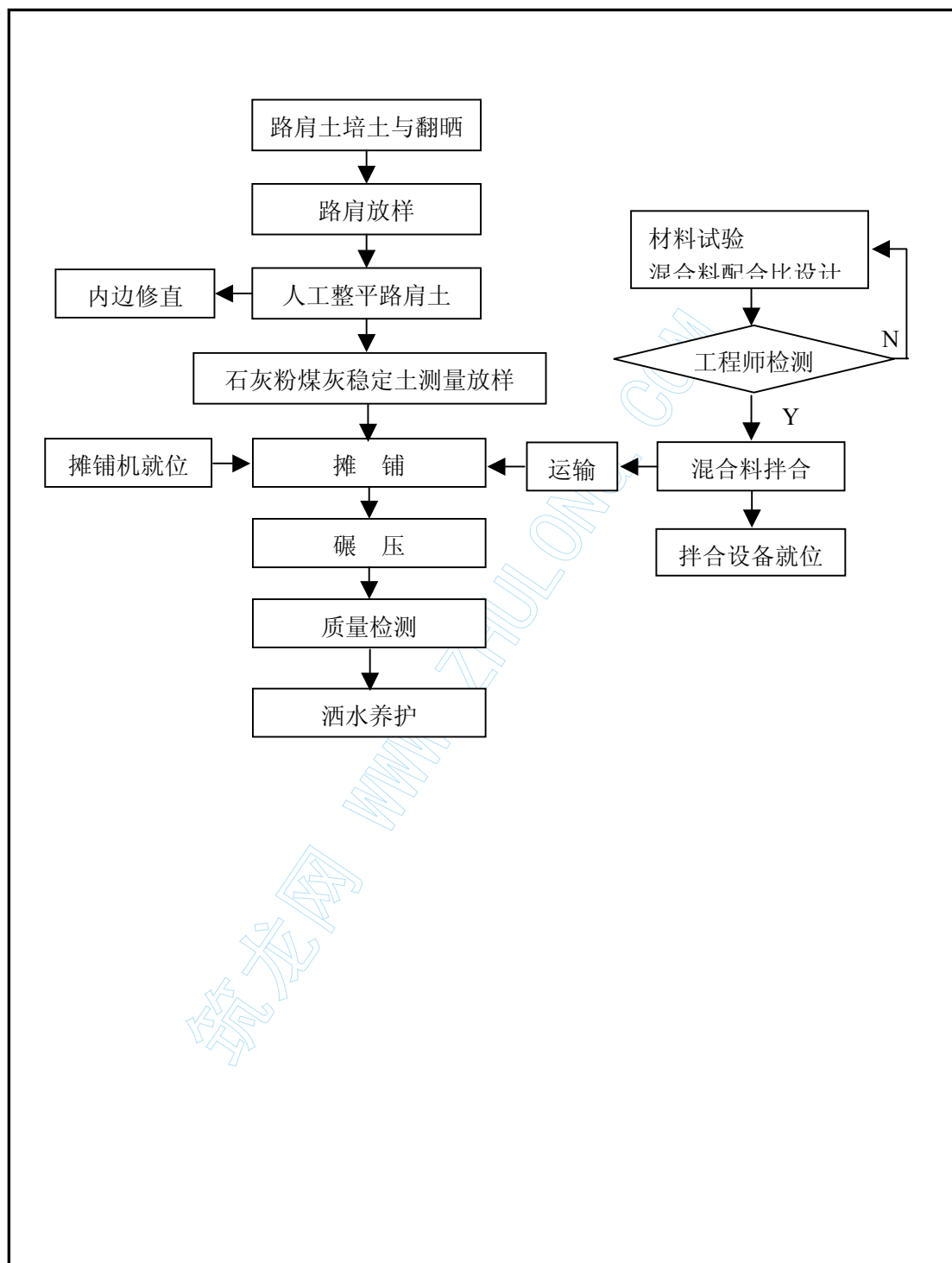
石灰稳定土基层路拌法施工工艺框图



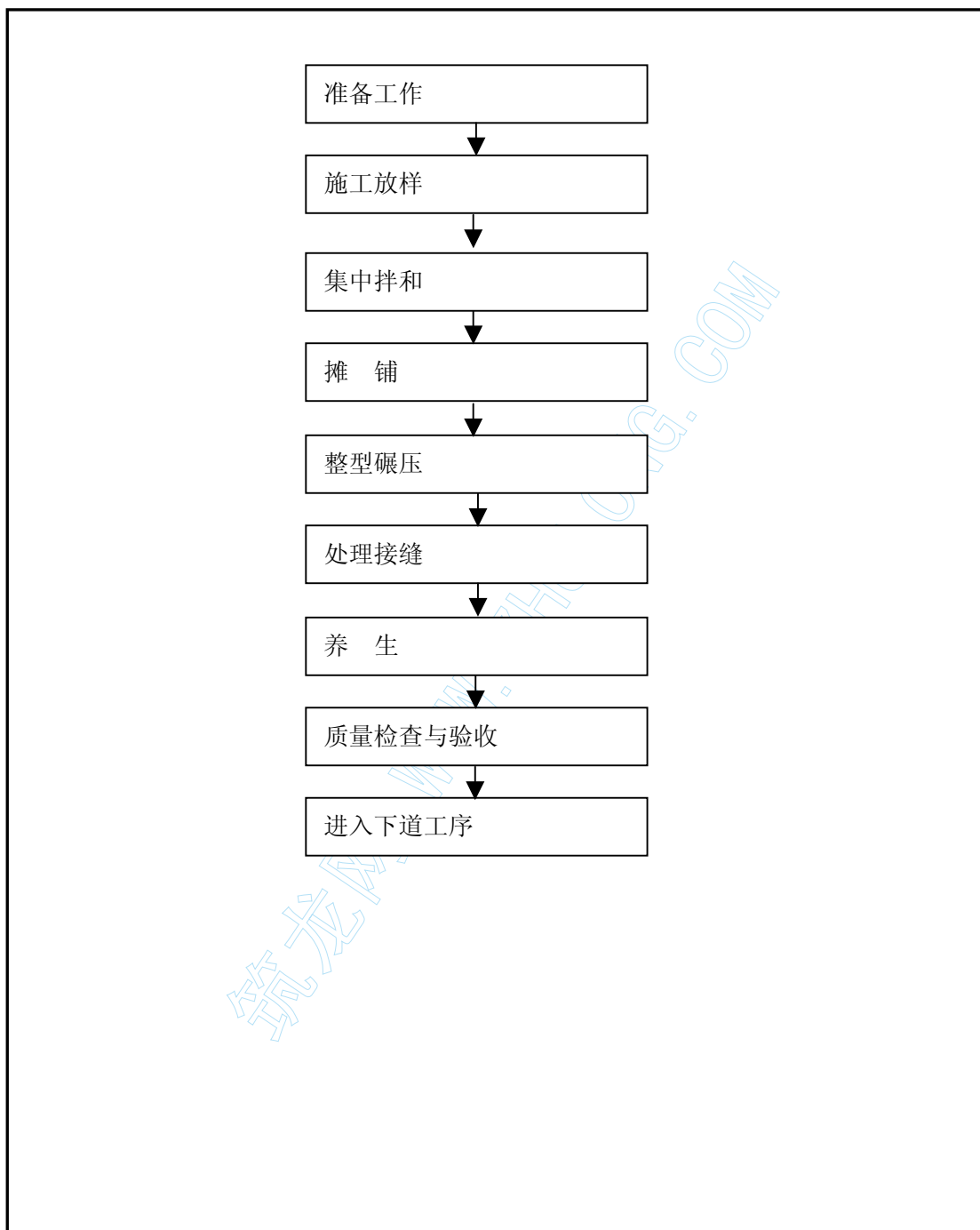
路拌法石灰稳定土基层施工工艺框图



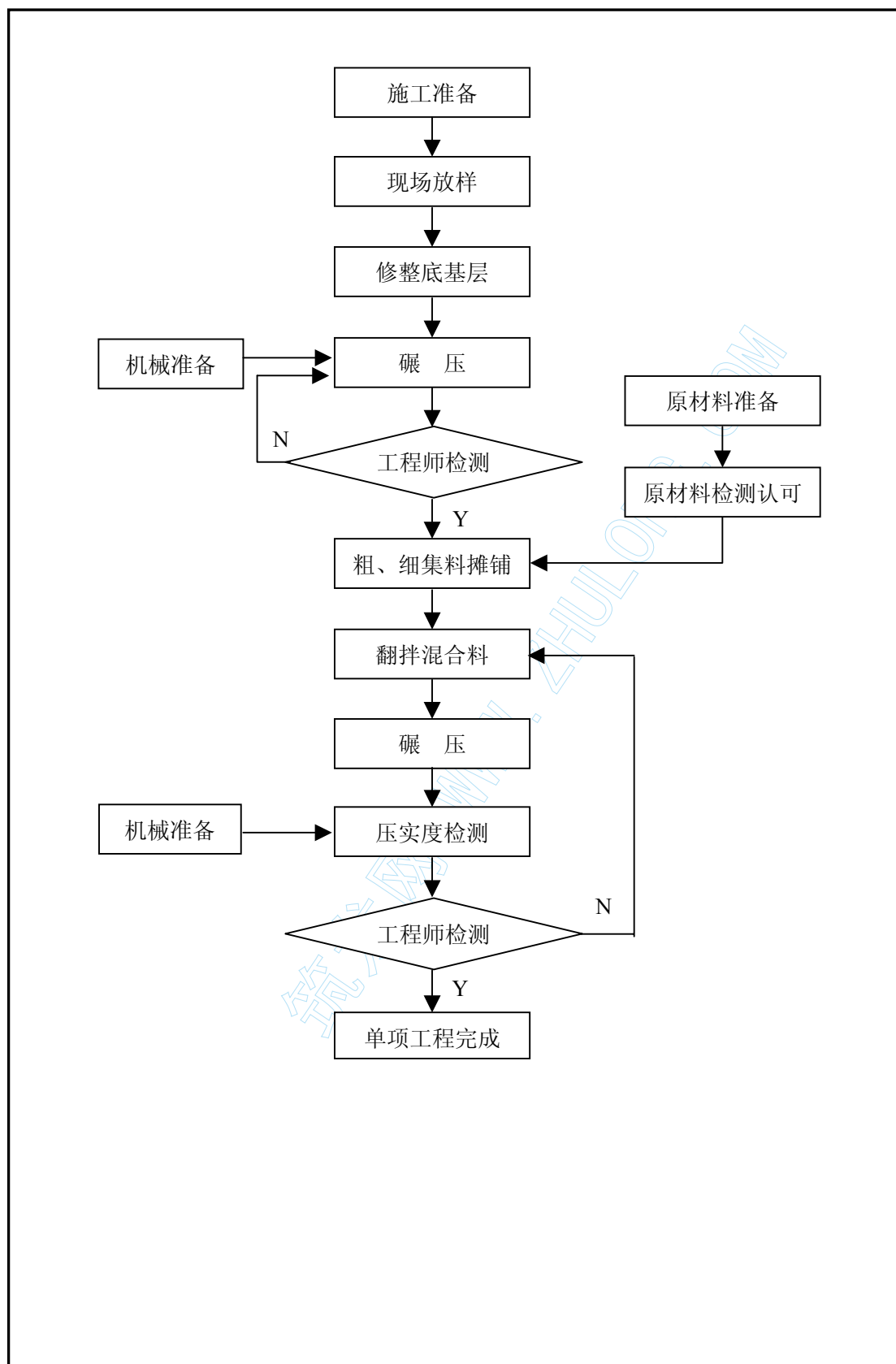
石灰粉煤灰稳定砂砾底基层、基层施工工艺框图



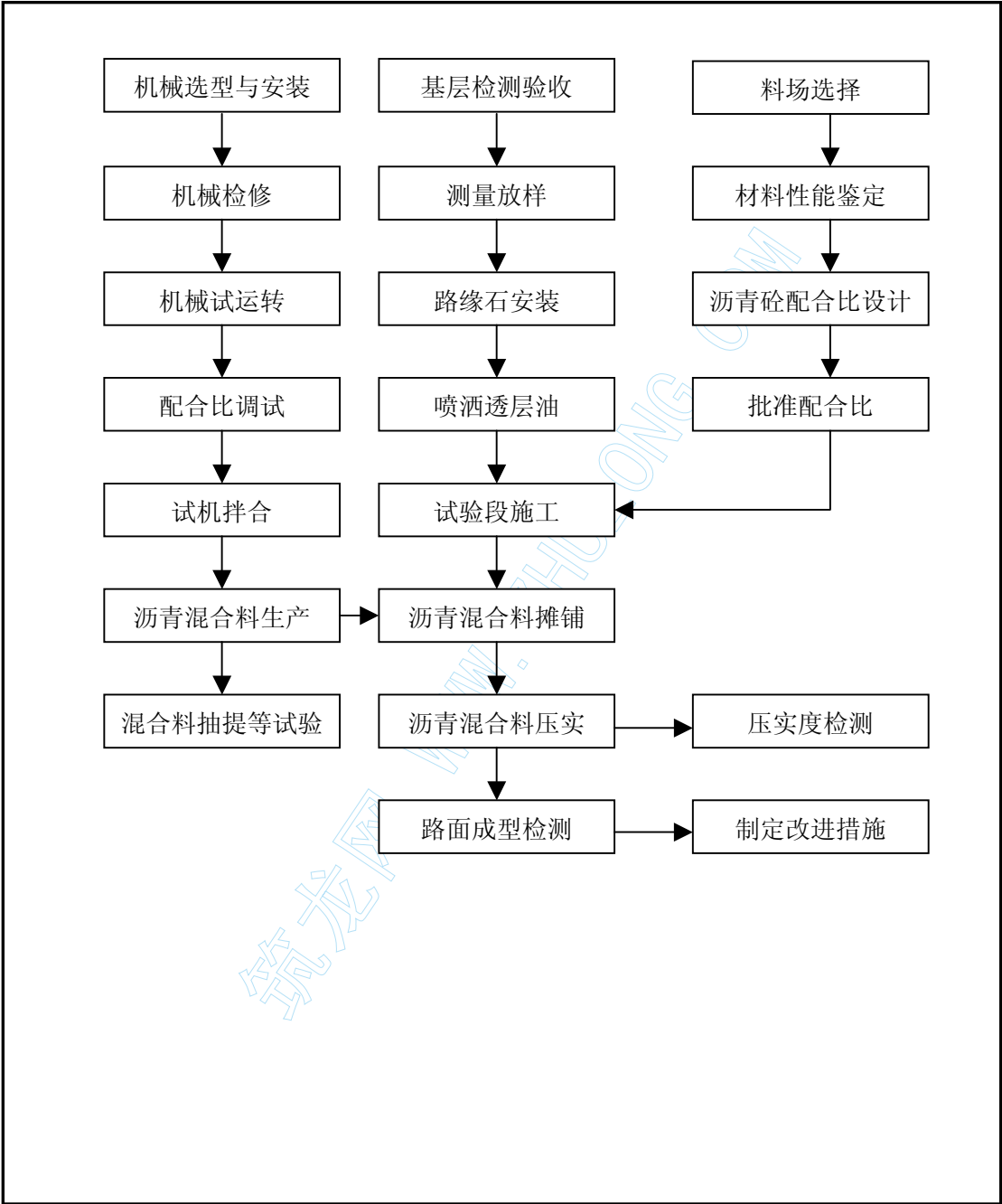
水泥稳定土、粒料厂拌施工工艺框图



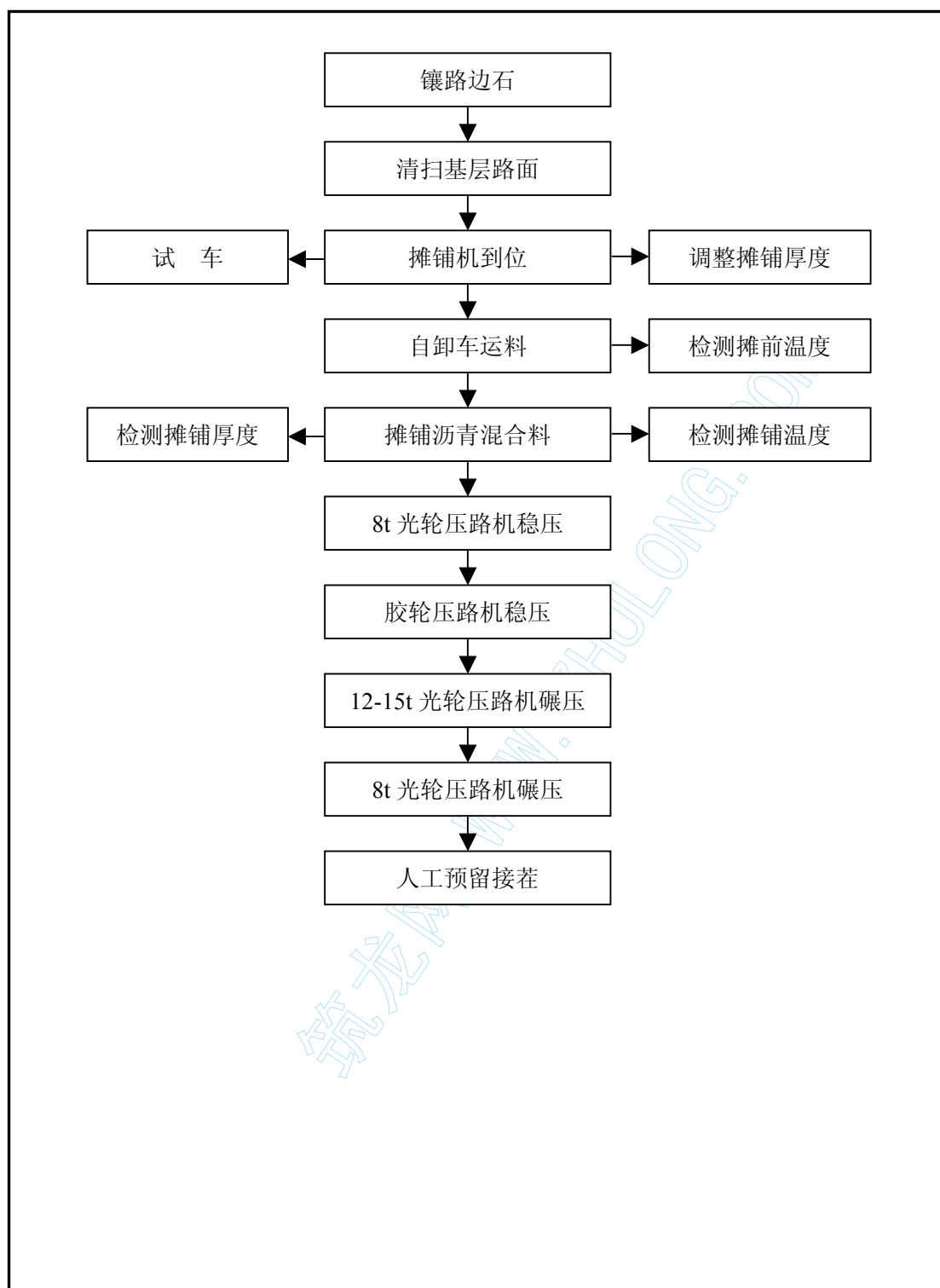
路面基层施工工艺框图



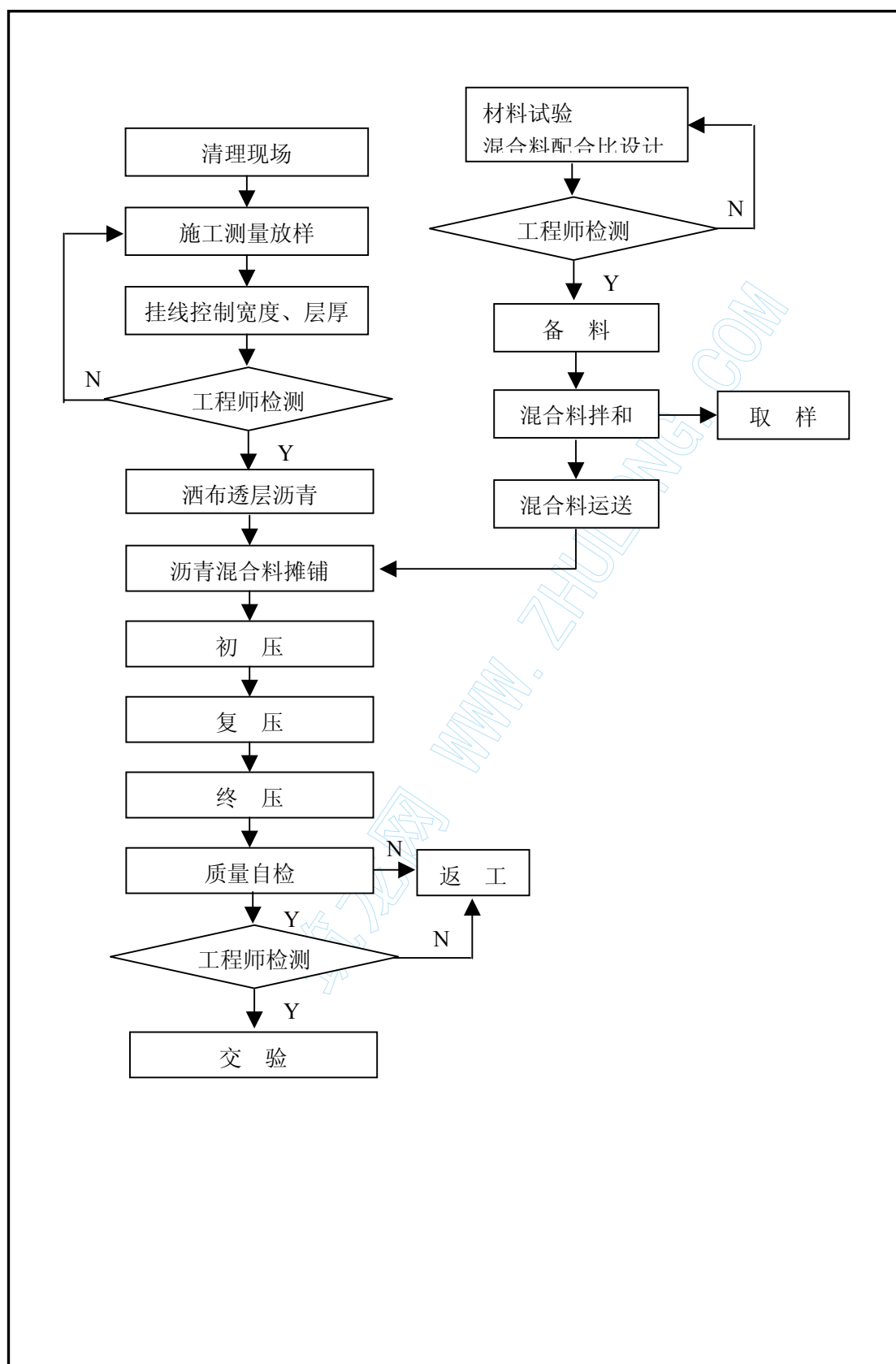
沥青路面面层施工工艺框图



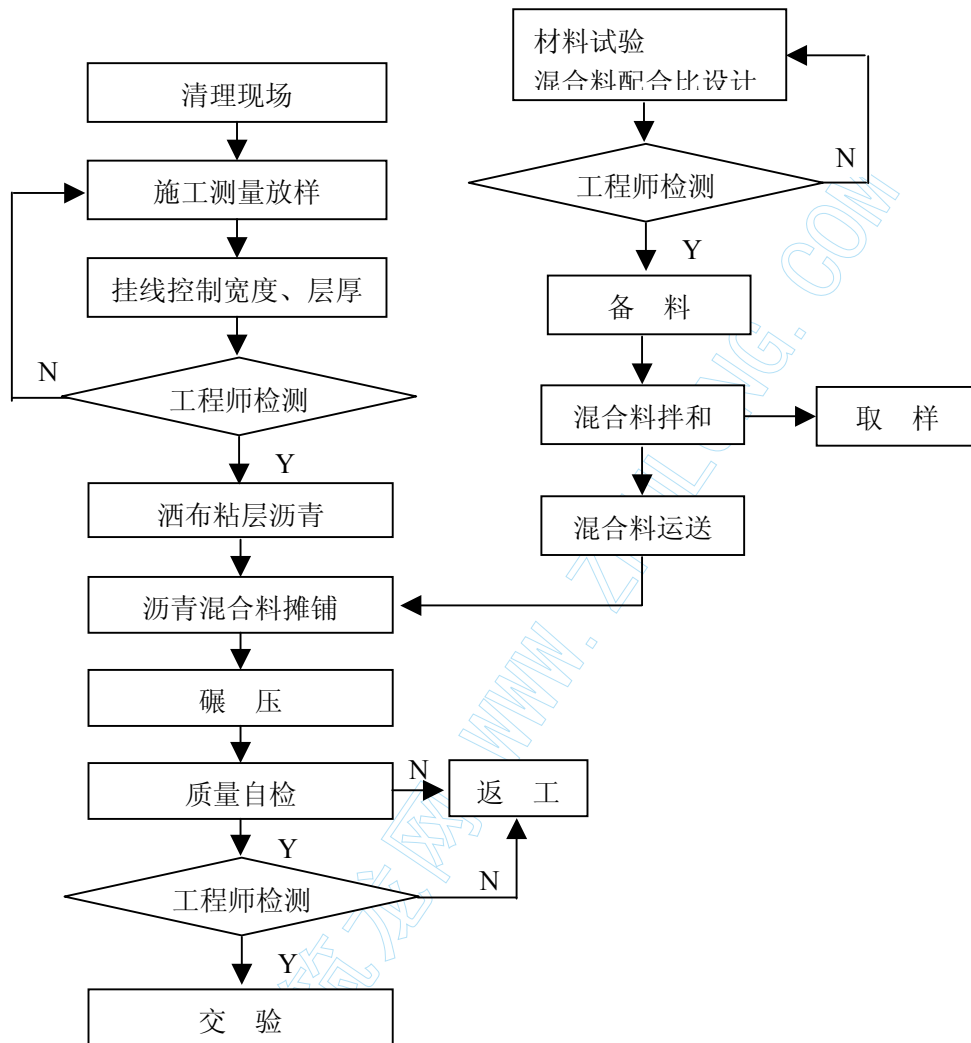
沥青路面面层施工工艺框图



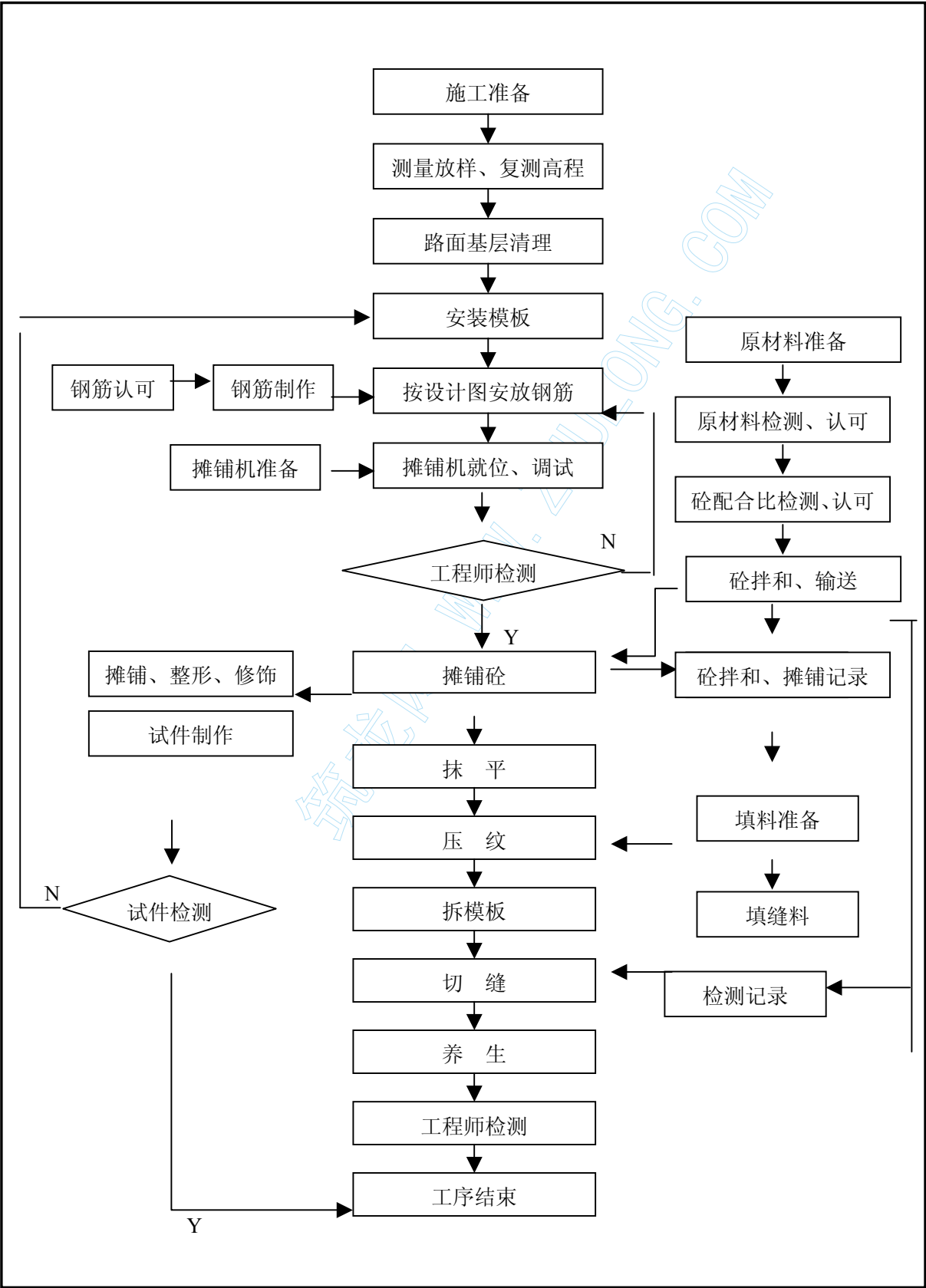
沥青混凝土下面层施工工艺框图



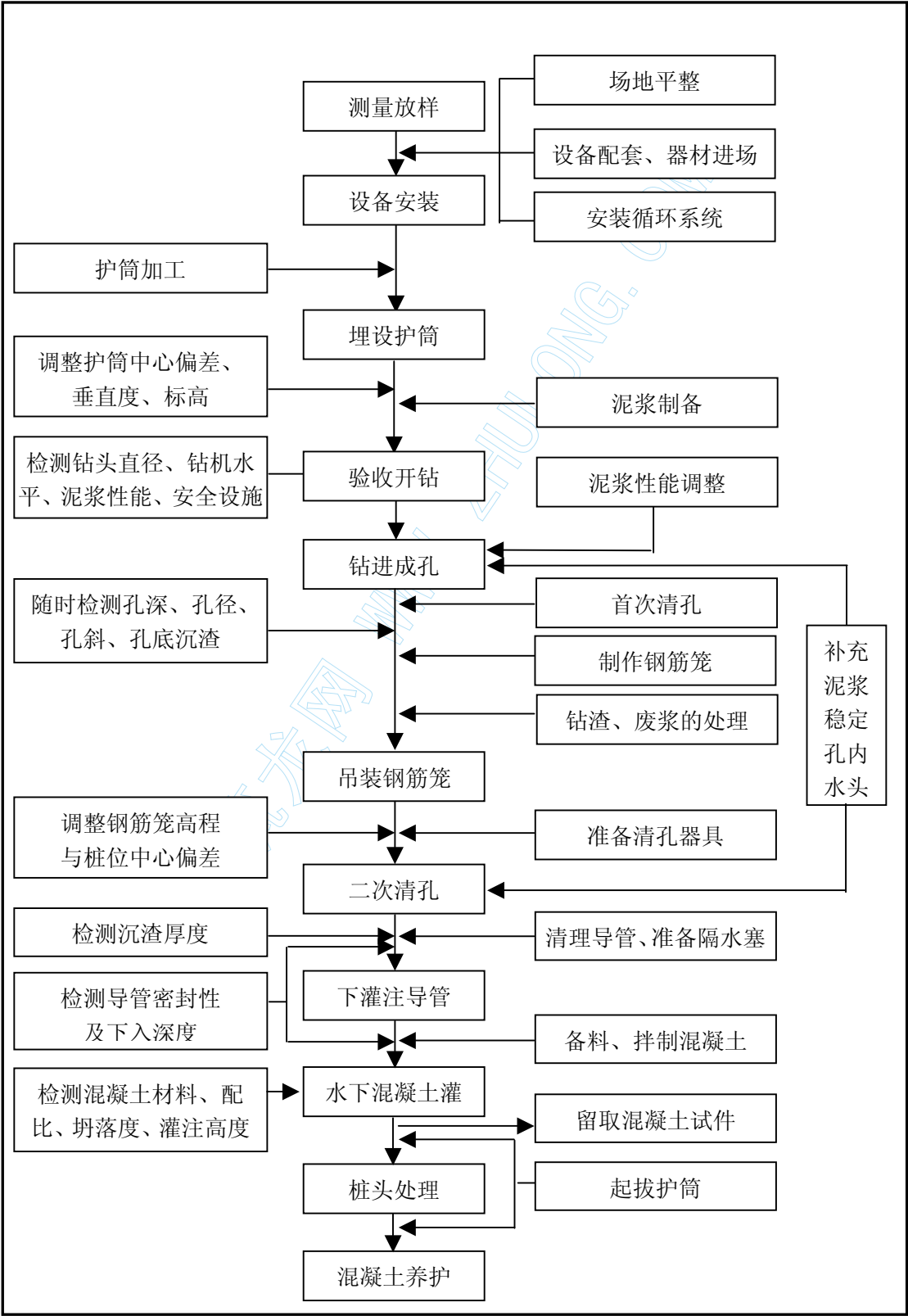
沥青混凝土上面层施工工艺框图



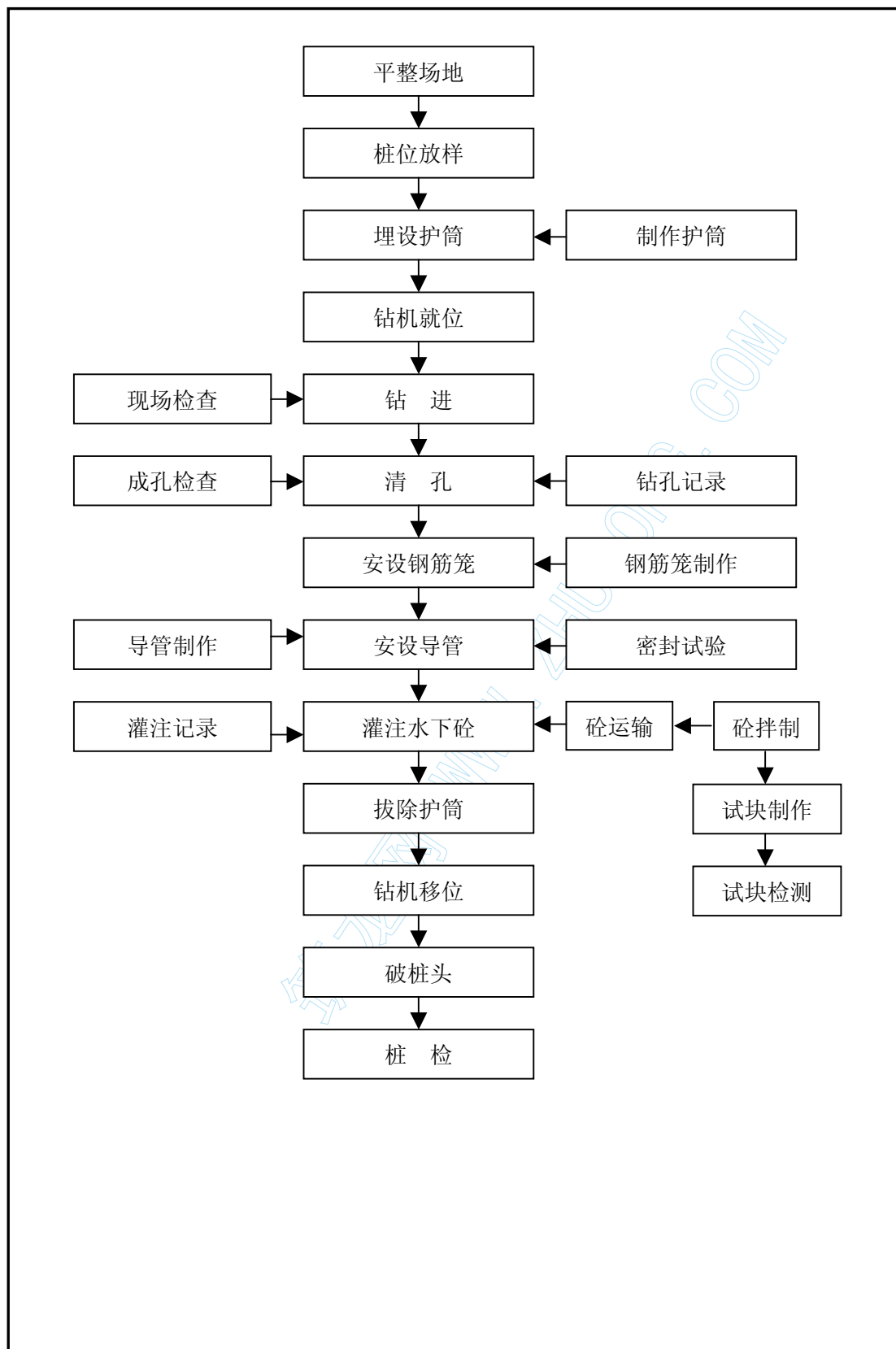
砼路面面层施工工艺框图



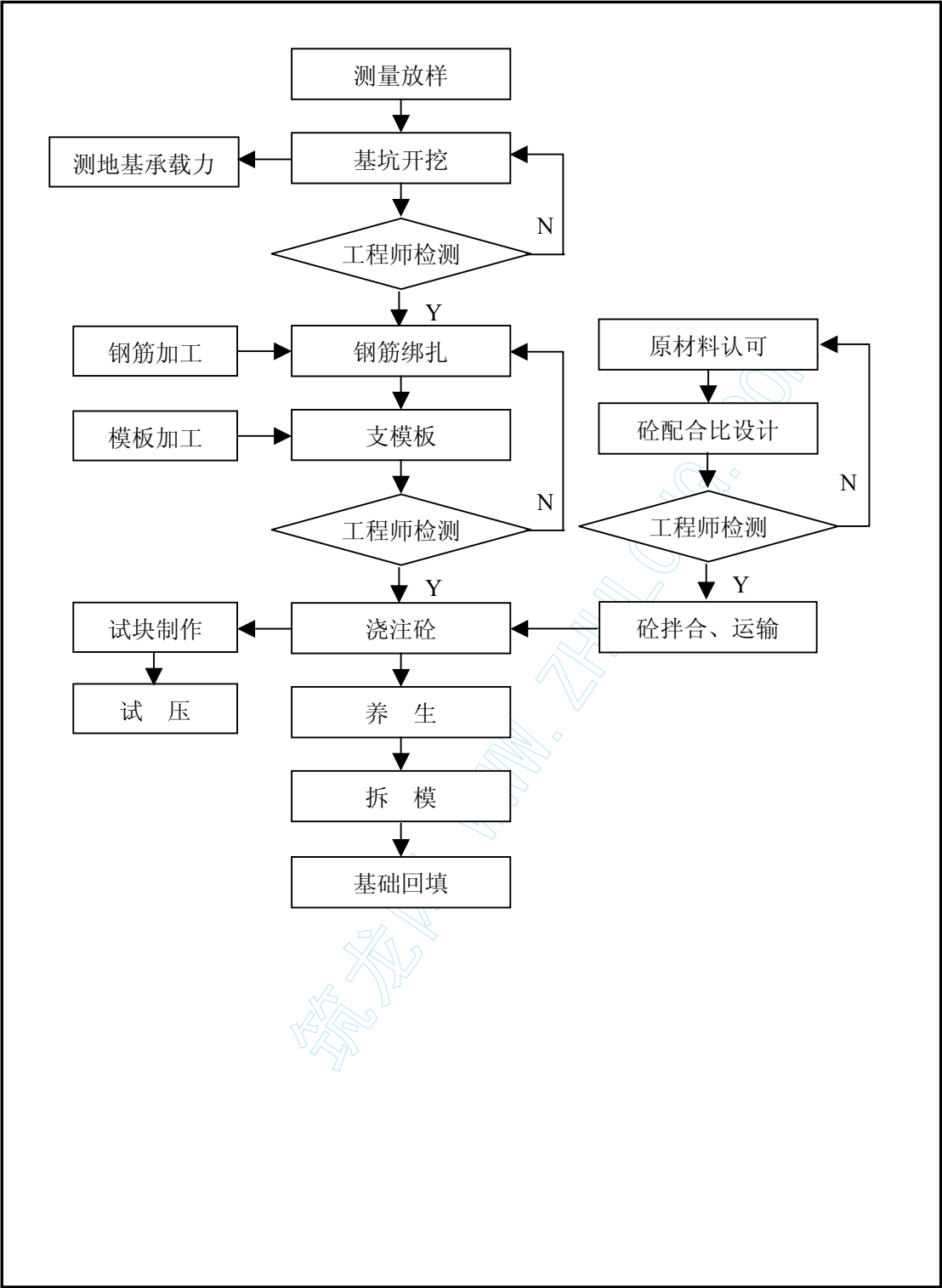
钻孔灌注桩施工工艺框图



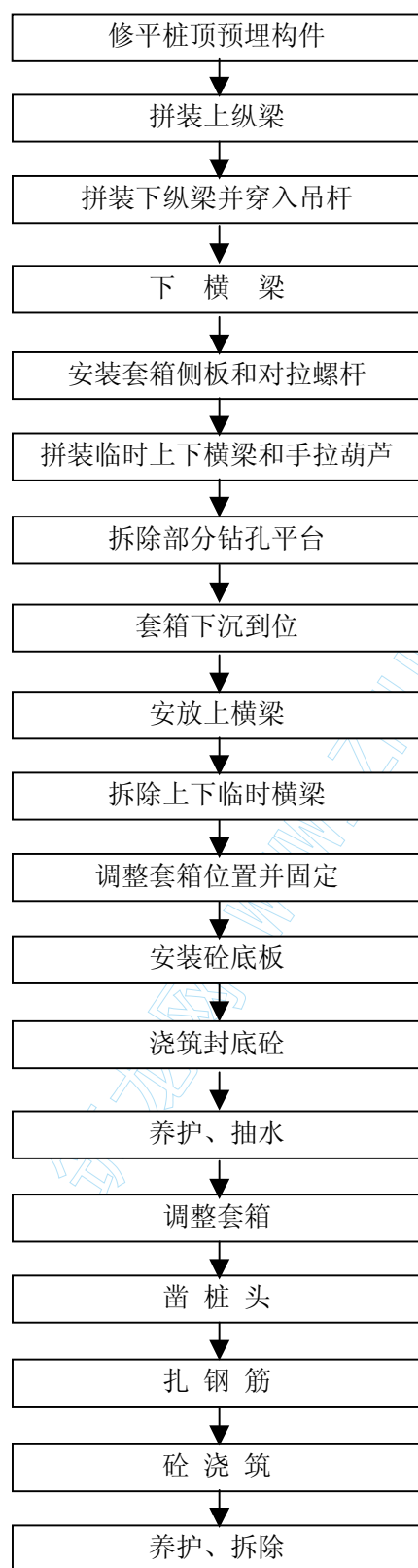
钻孔灌注桩施工工艺框图



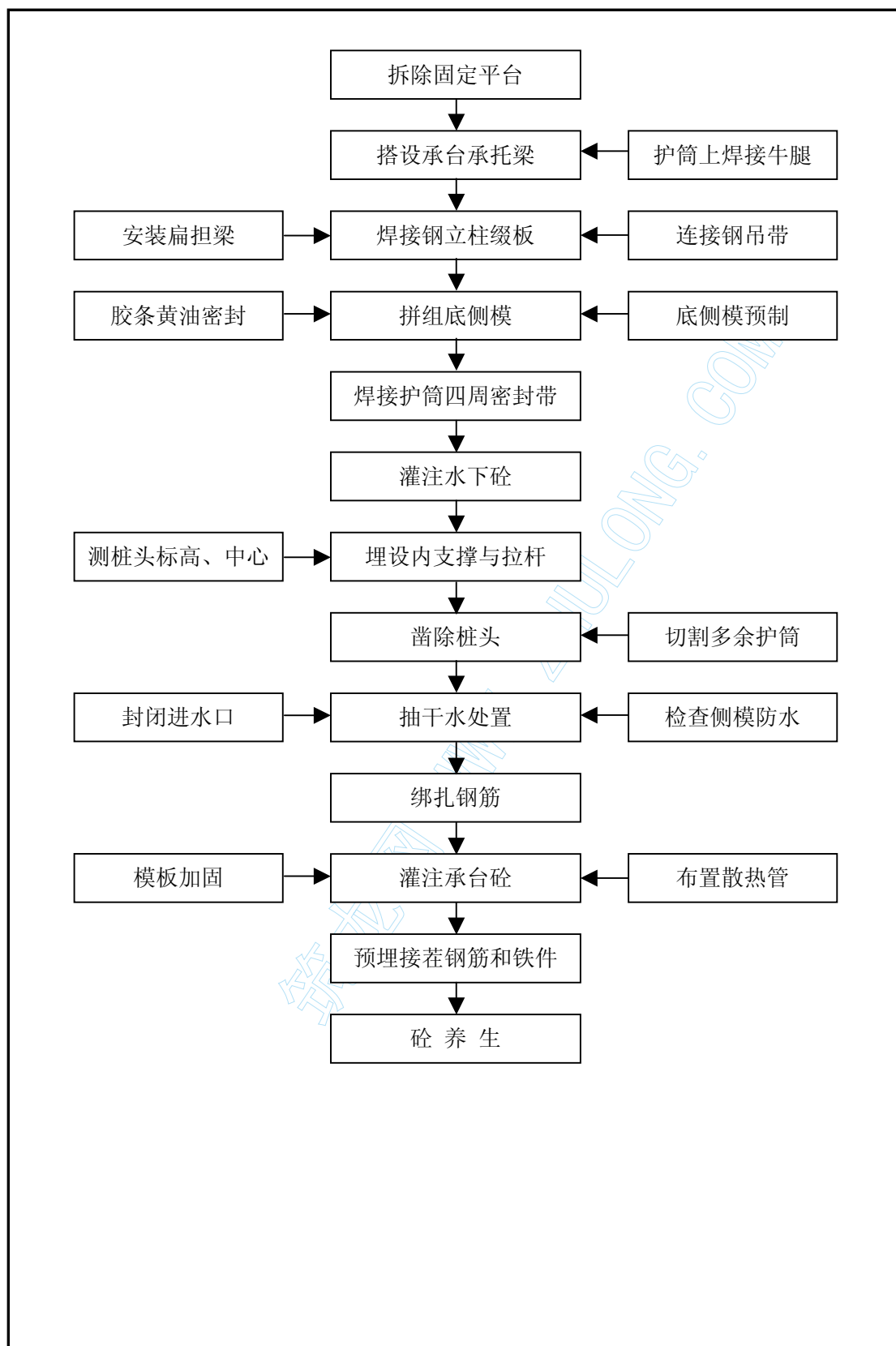
钢筋砼桥台扩大基础施工工艺框图



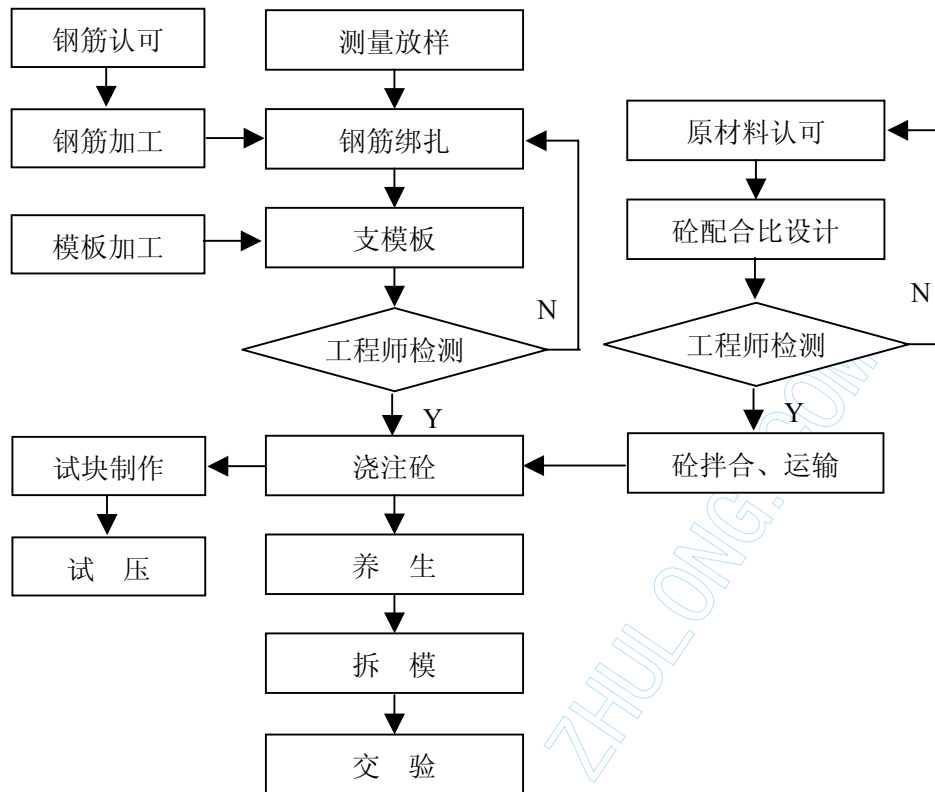
钢套箱拼装工艺框图



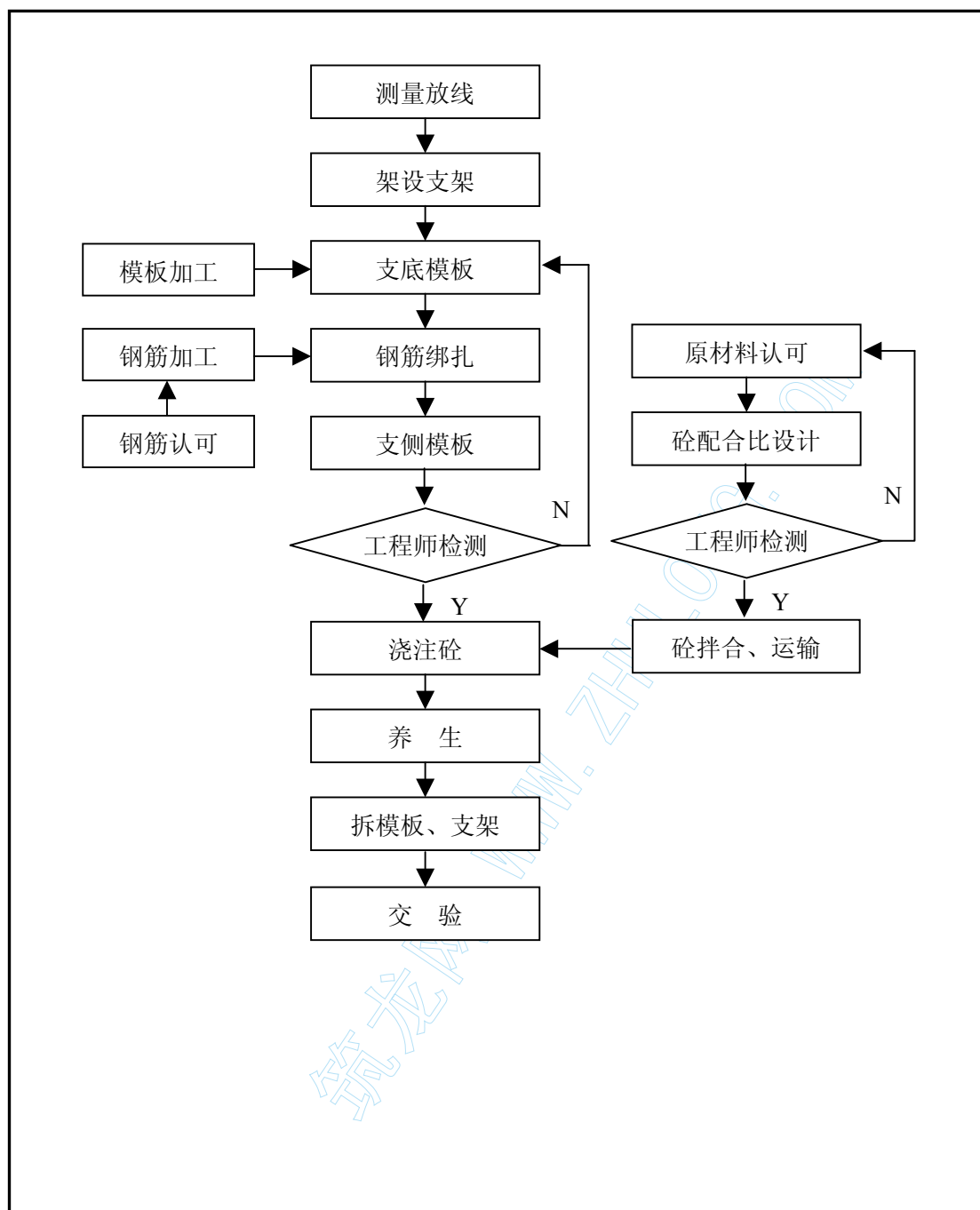
承台施工工艺框图



钢筋砼墩台身施工工艺框图

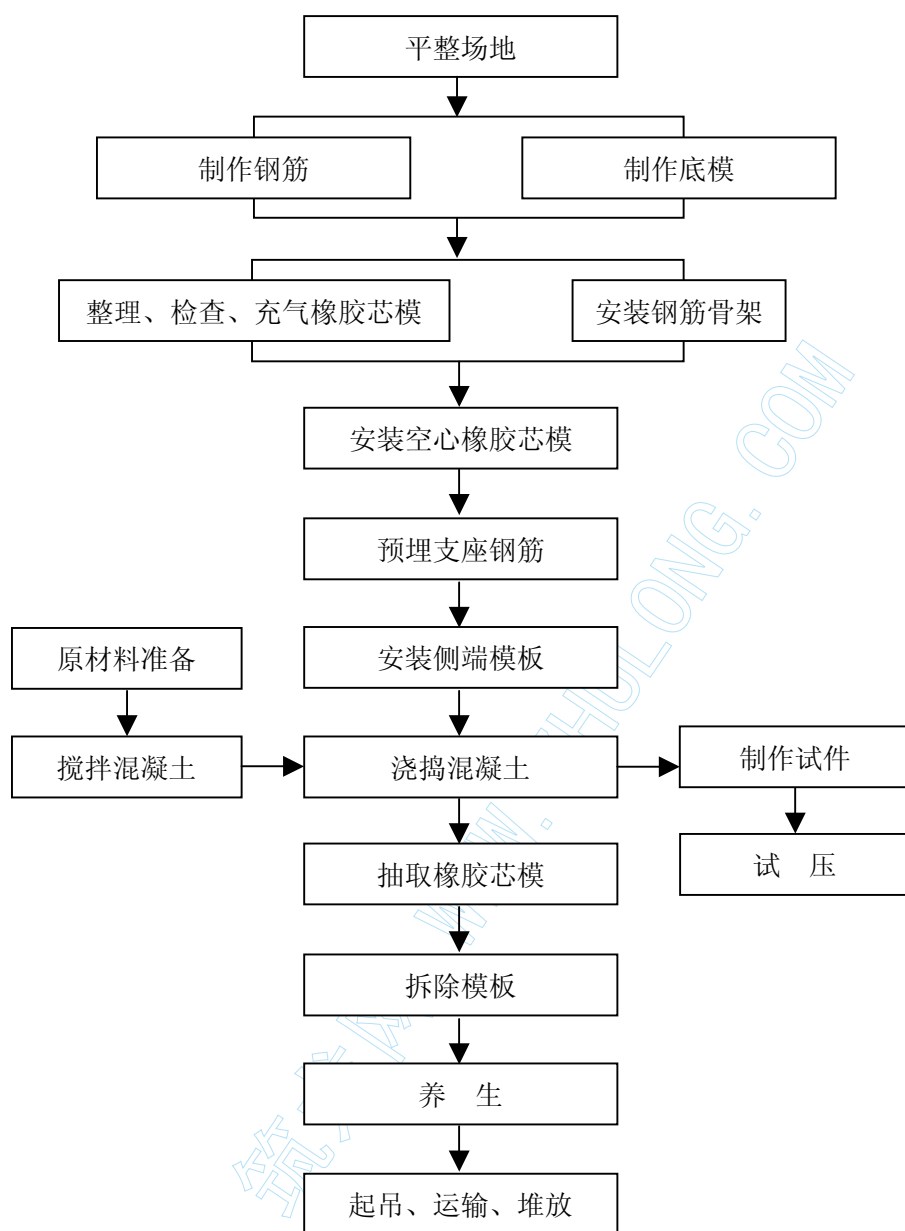


盖梁施工工艺框图

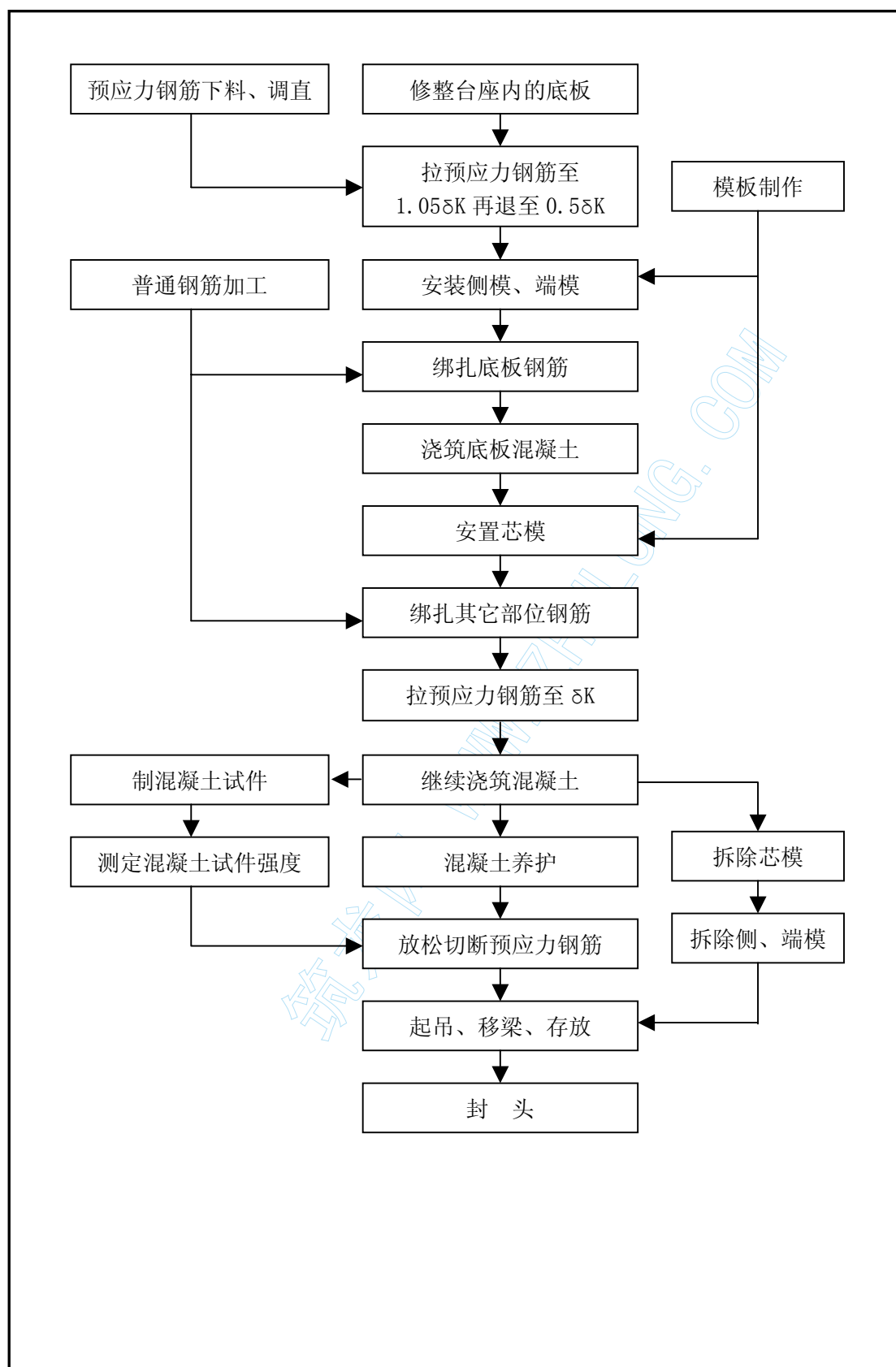


上部结构

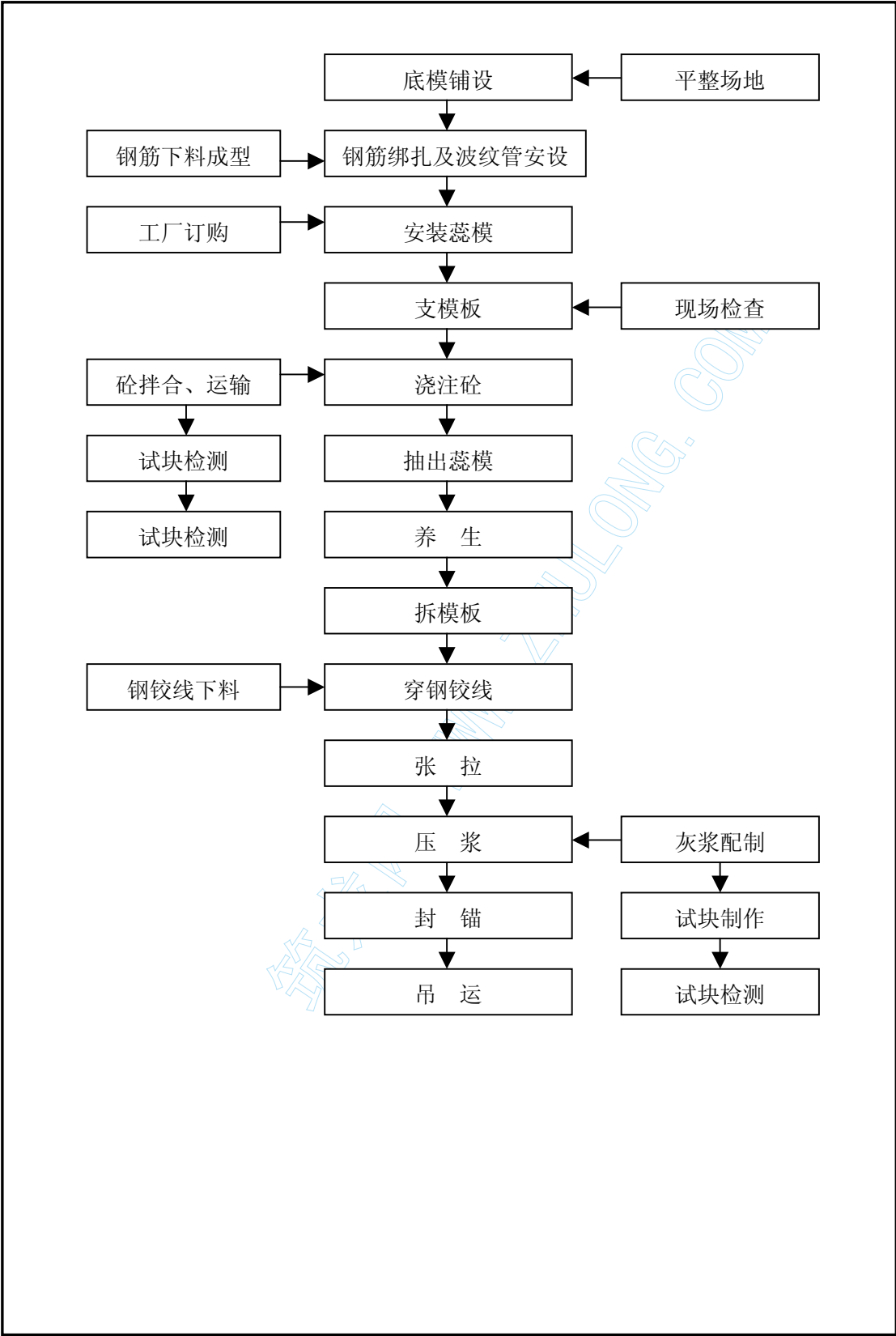
空心板梁施工工艺



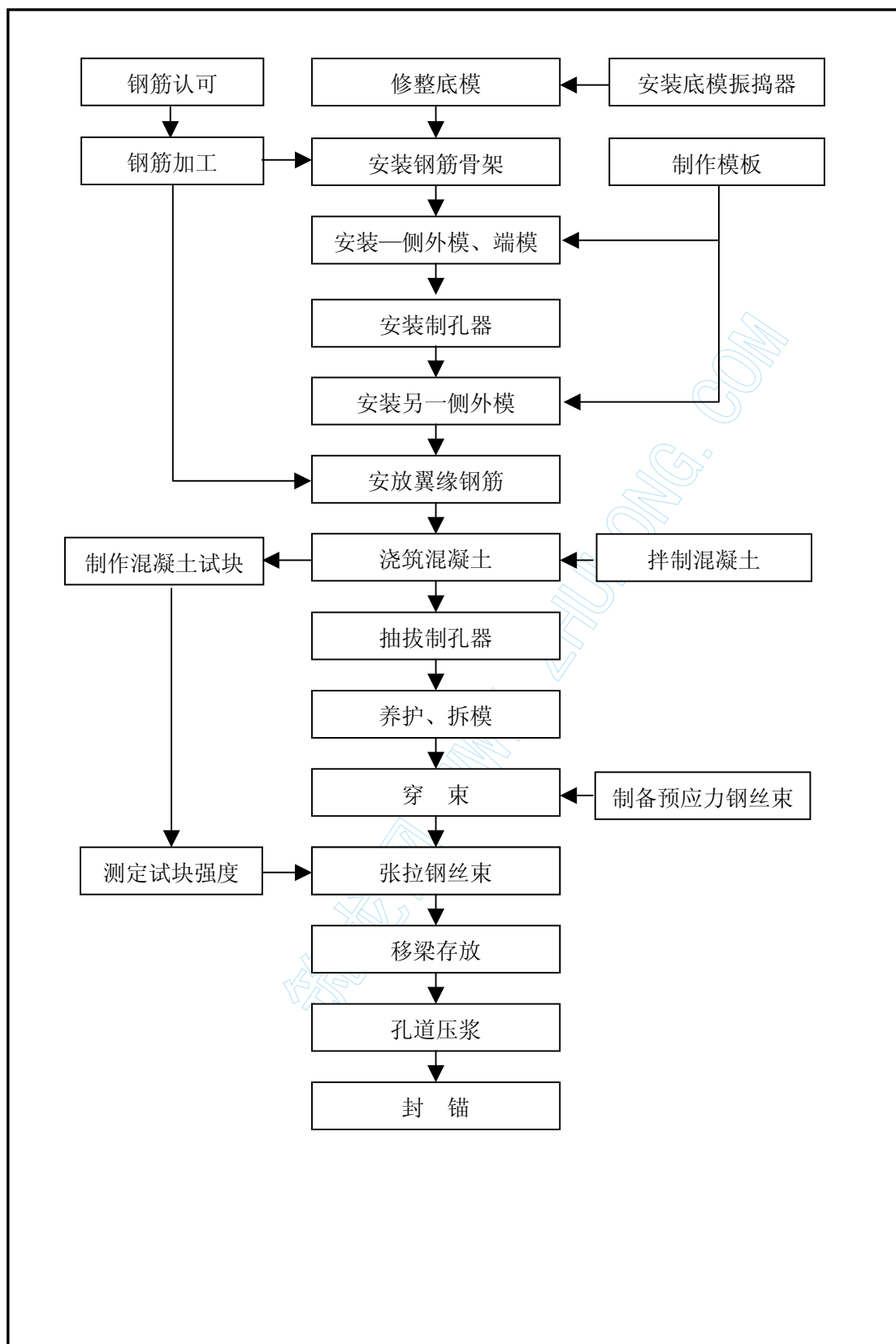
先张法预应力空心板施工工艺框



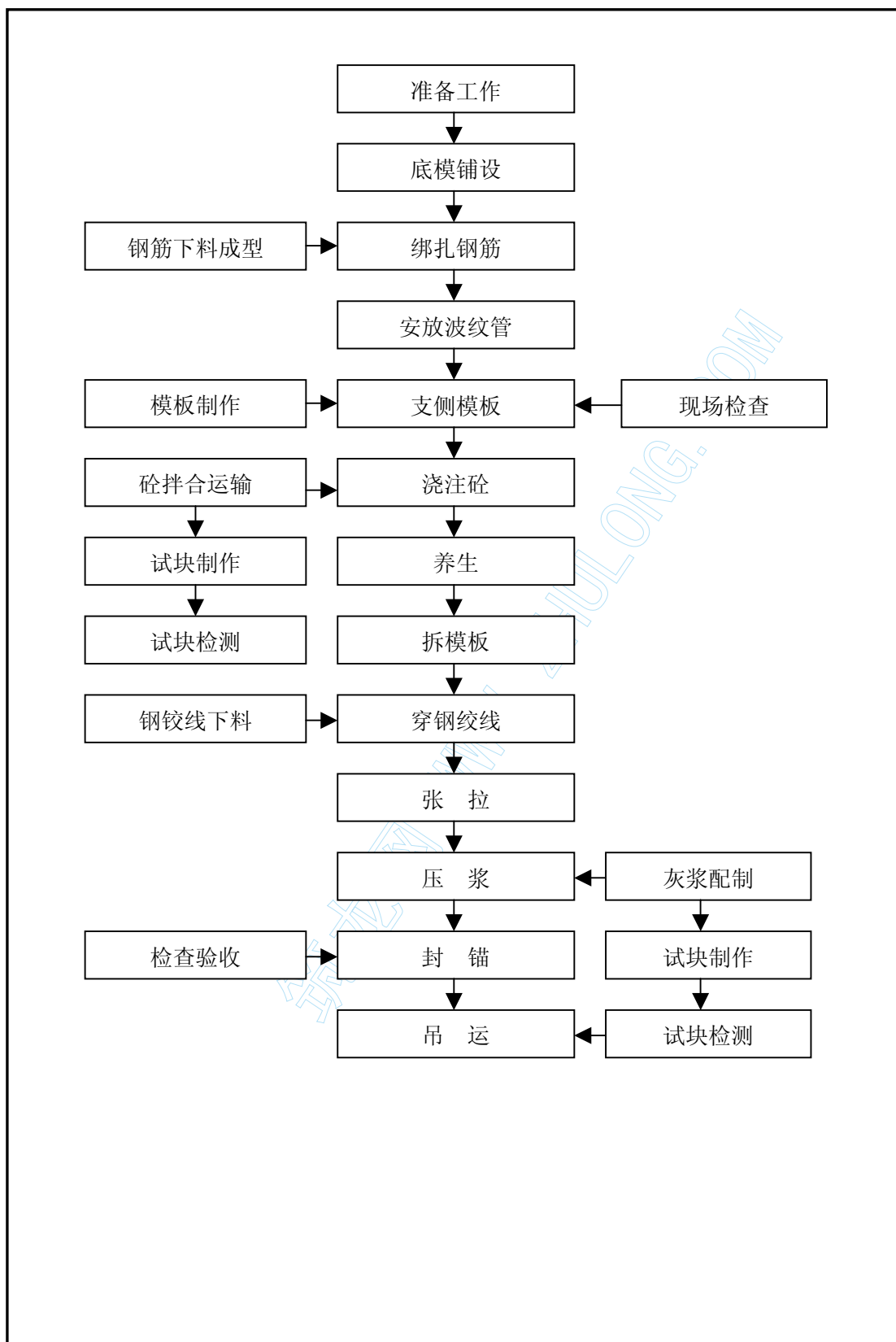
后张法预应力砼空心板梁预制施工工艺框图



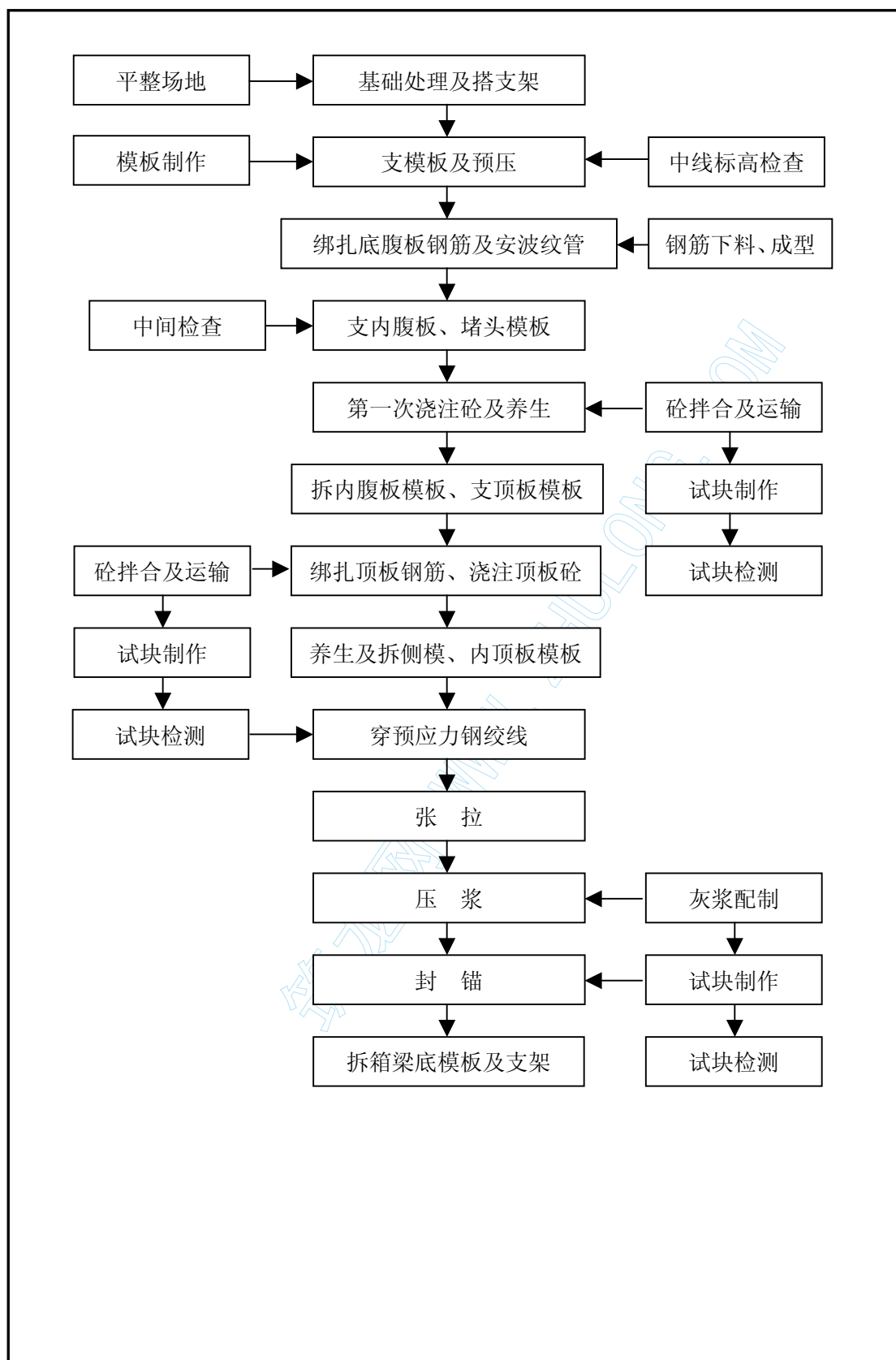
后张法 T 梁预制工艺框图



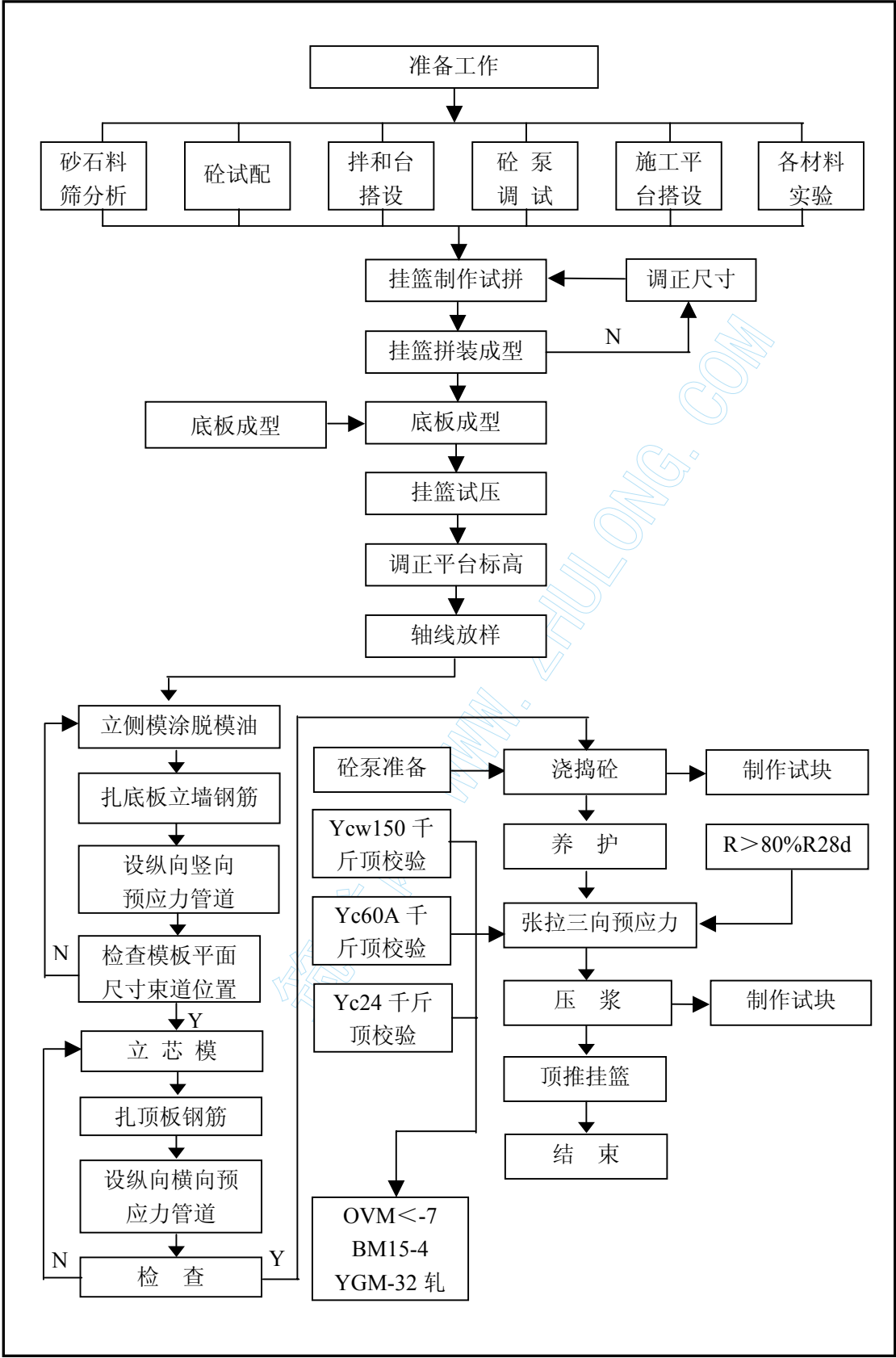
预应力 T 梁预制施工工艺框图



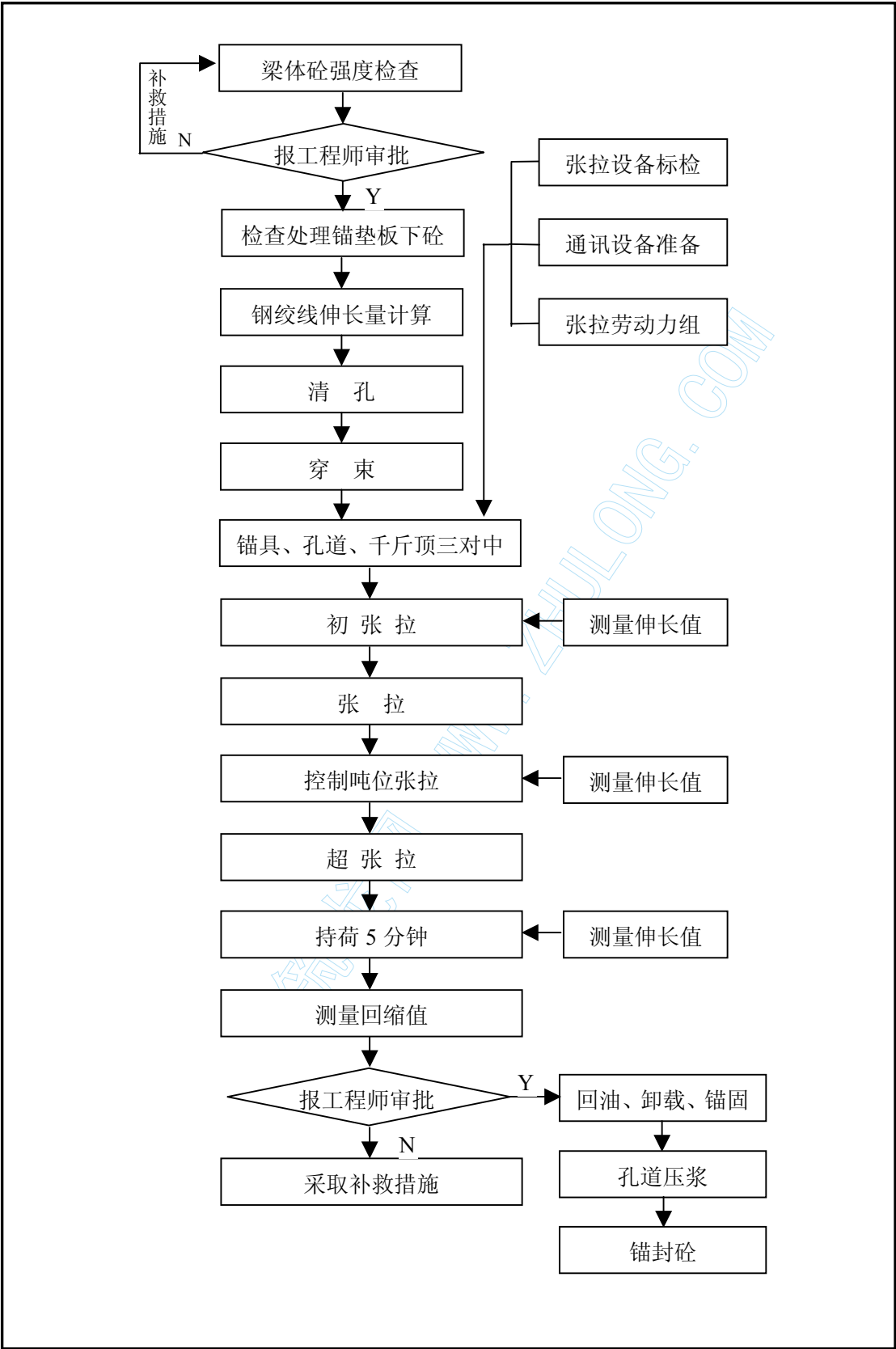
预应力钢筋混凝土箱梁施工工艺框图



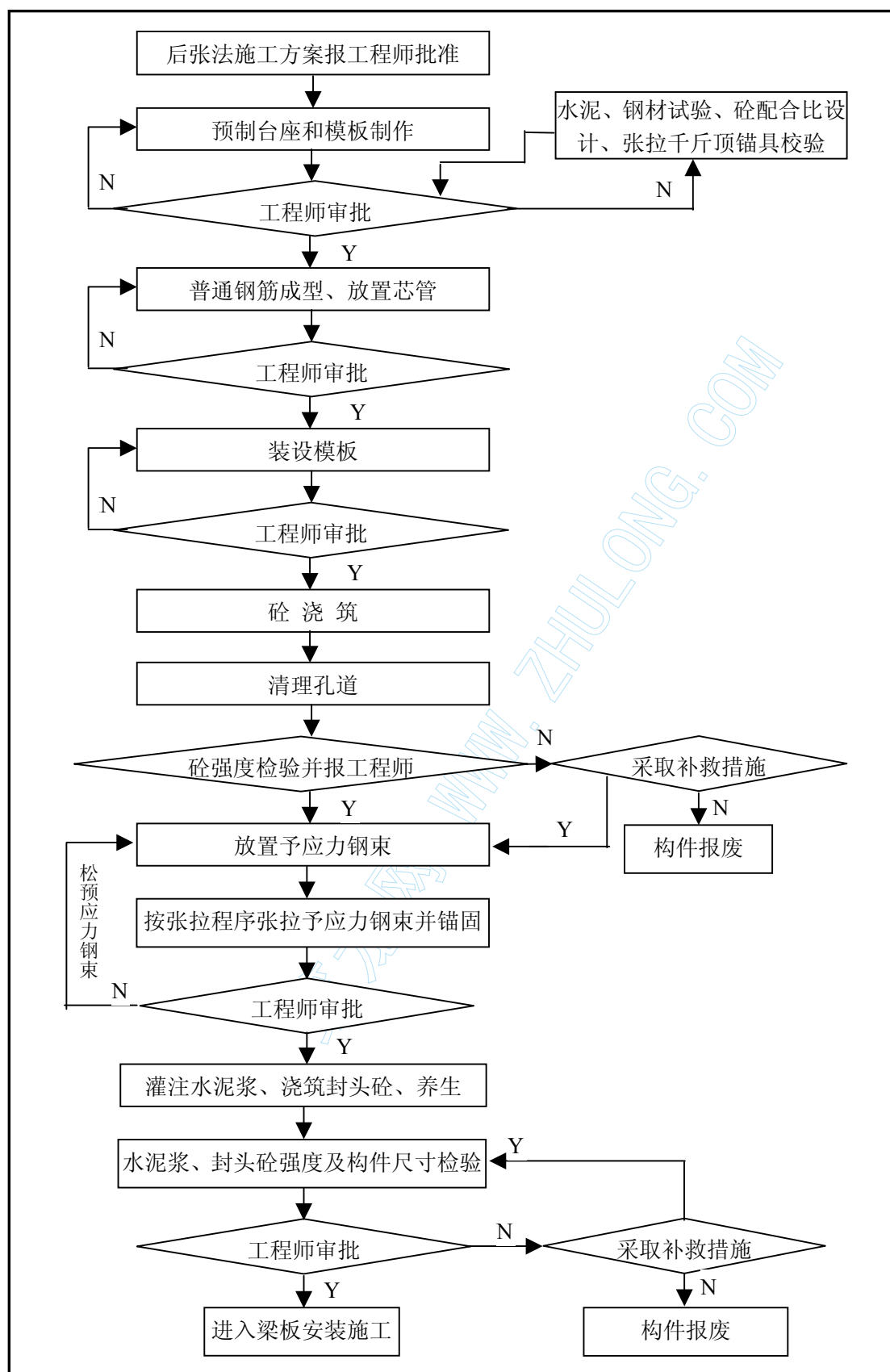
悬浇变截面箱梁工艺流程框图



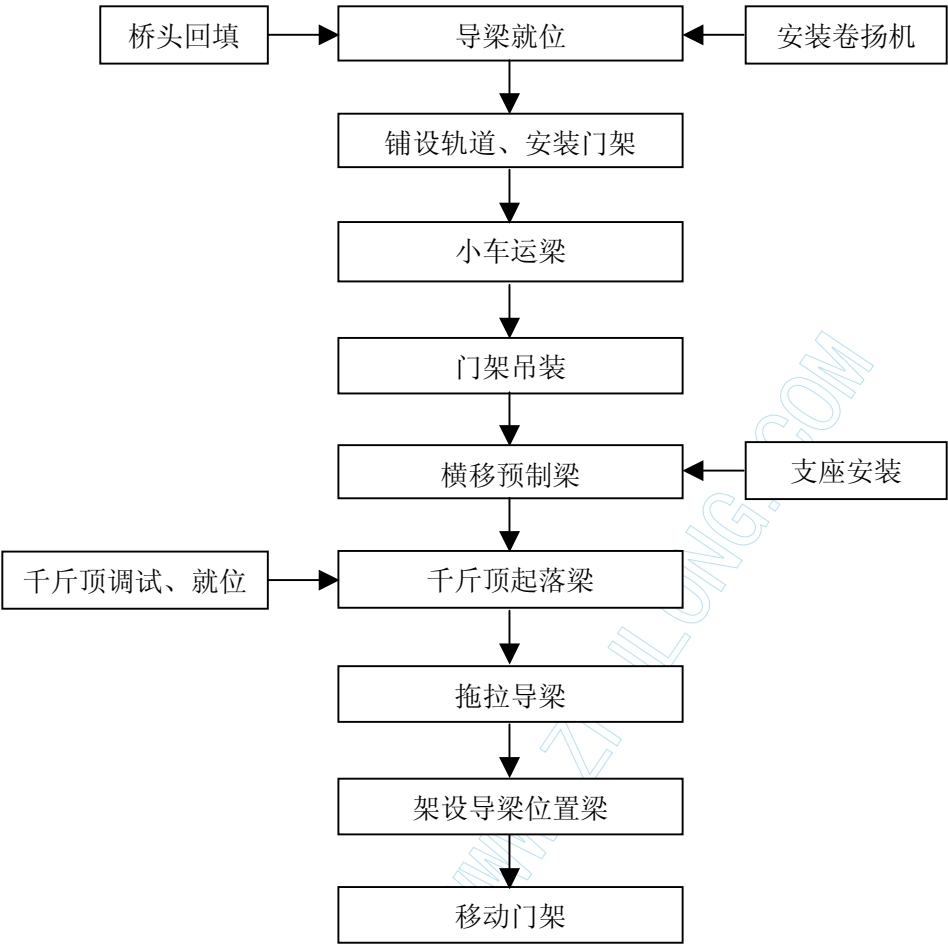
预应力张拉工艺框图



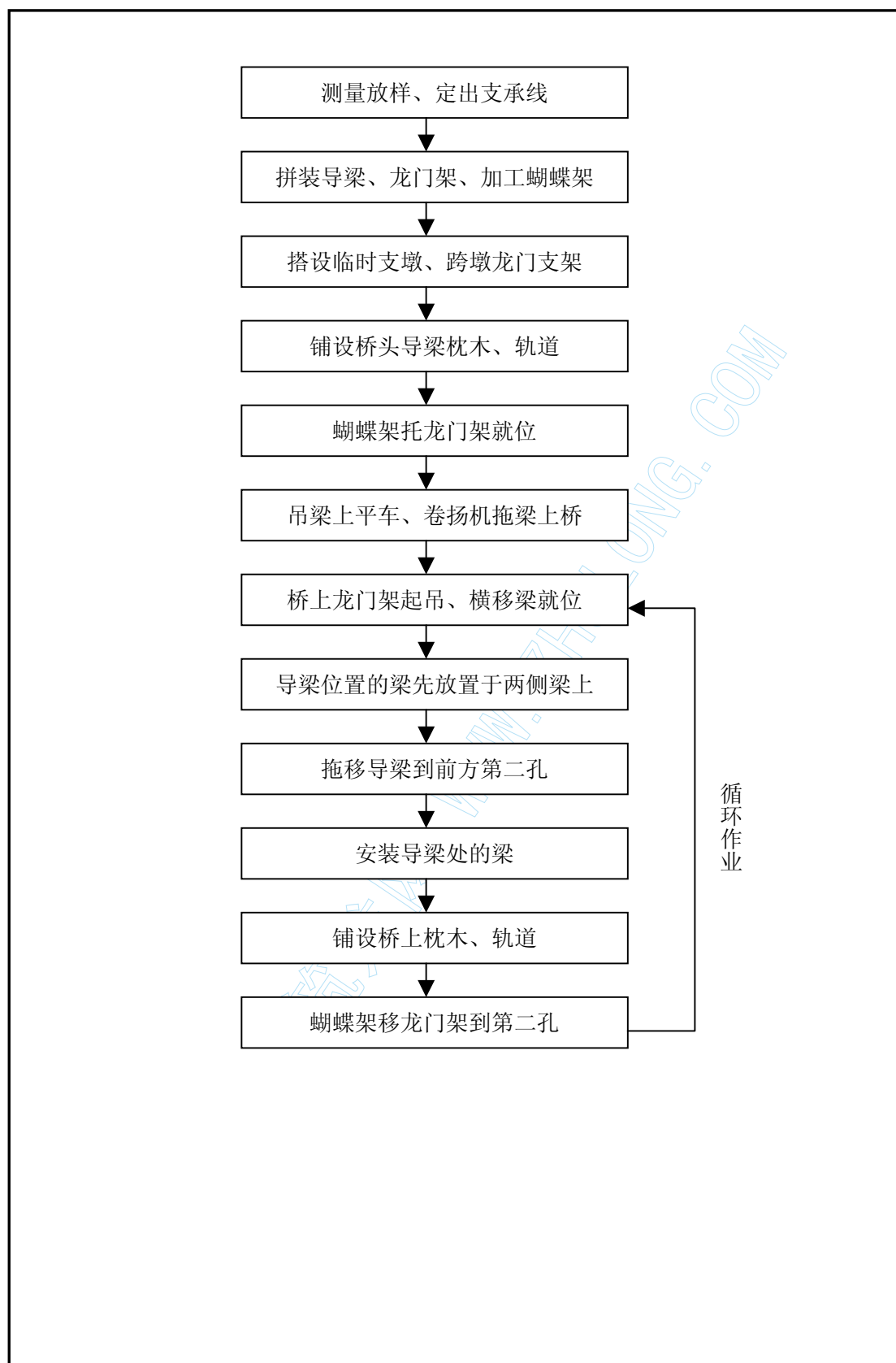
后张法预应力梁施工工艺框图



单导梁安装梁板施工工艺框图



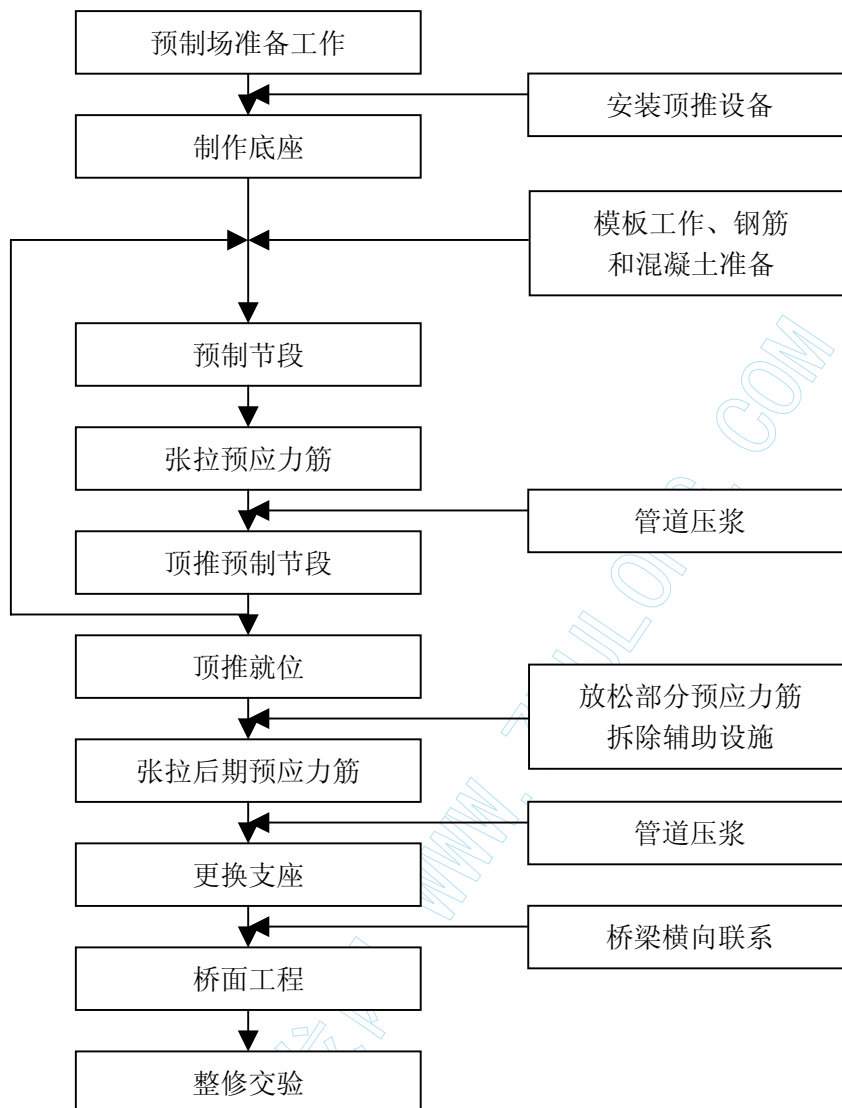
单导梁安装大梁施工工艺框图



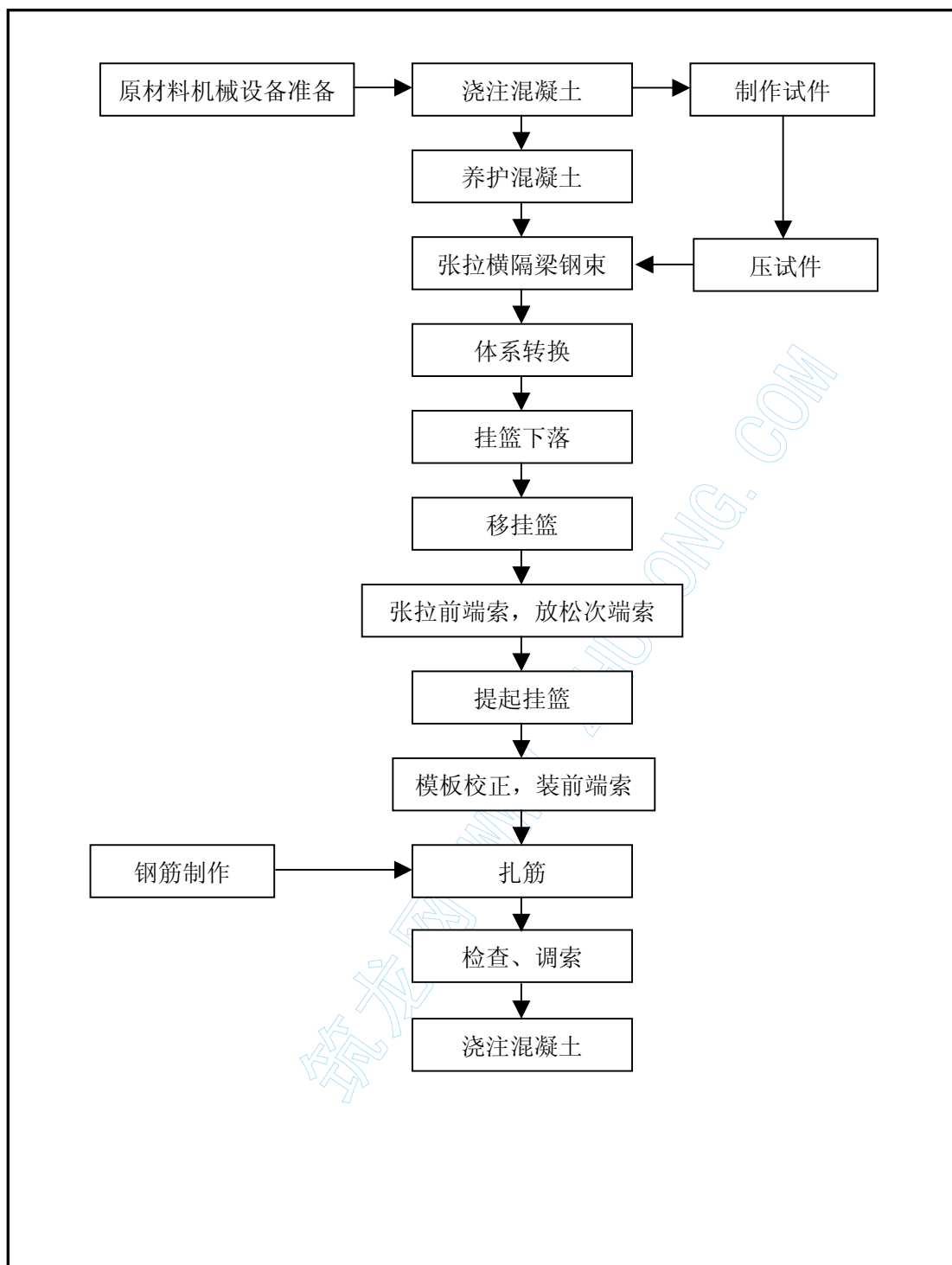
汽车吊架梁板施工工艺框图



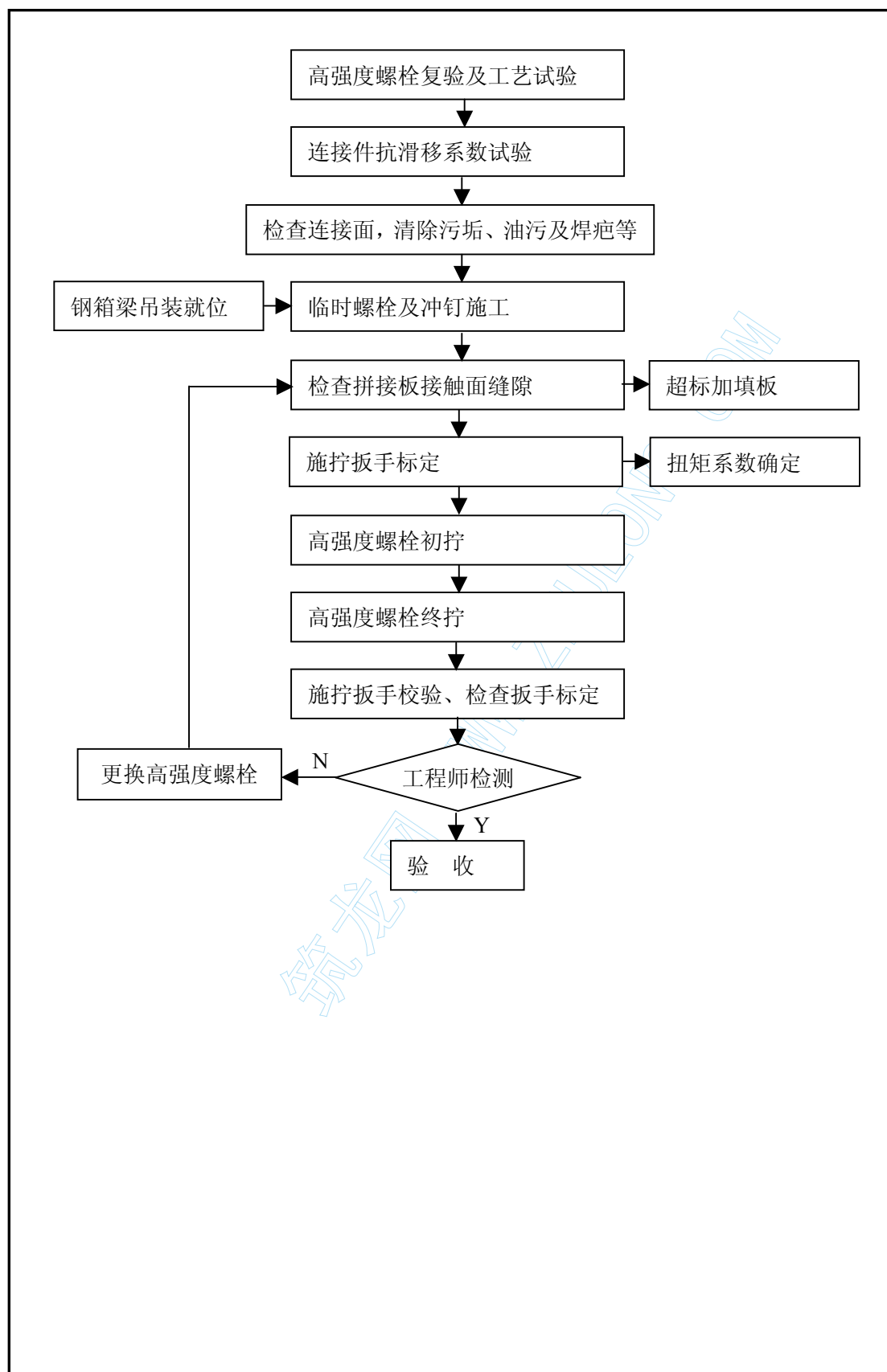
顶推法施工工艺框图



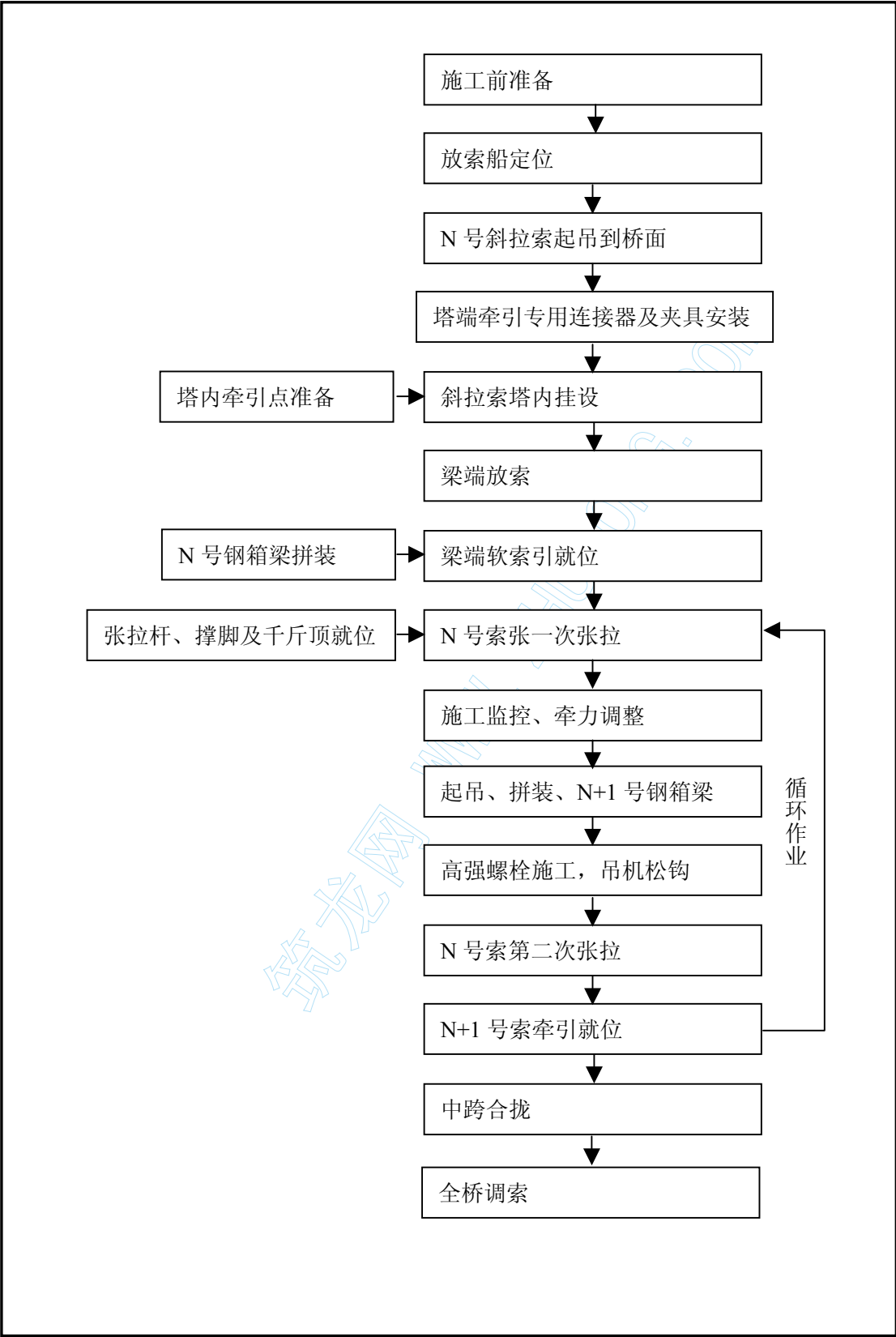
挂篮施工工艺流程



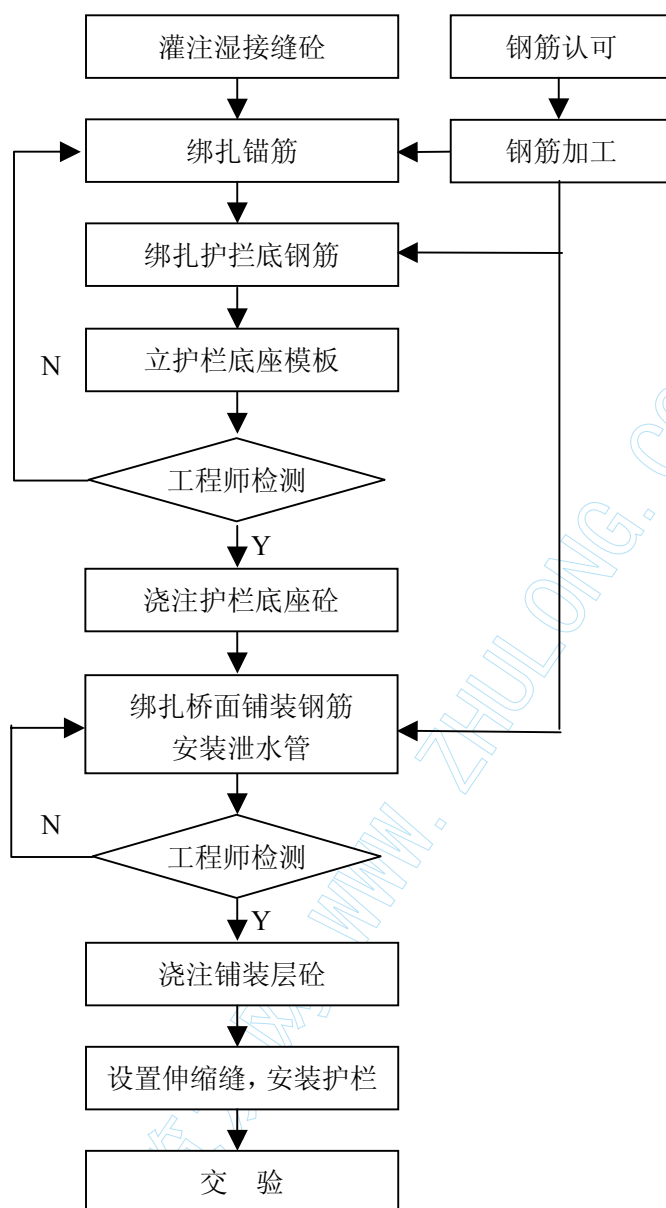
钢箱梁高强度螺栓施工工艺框图



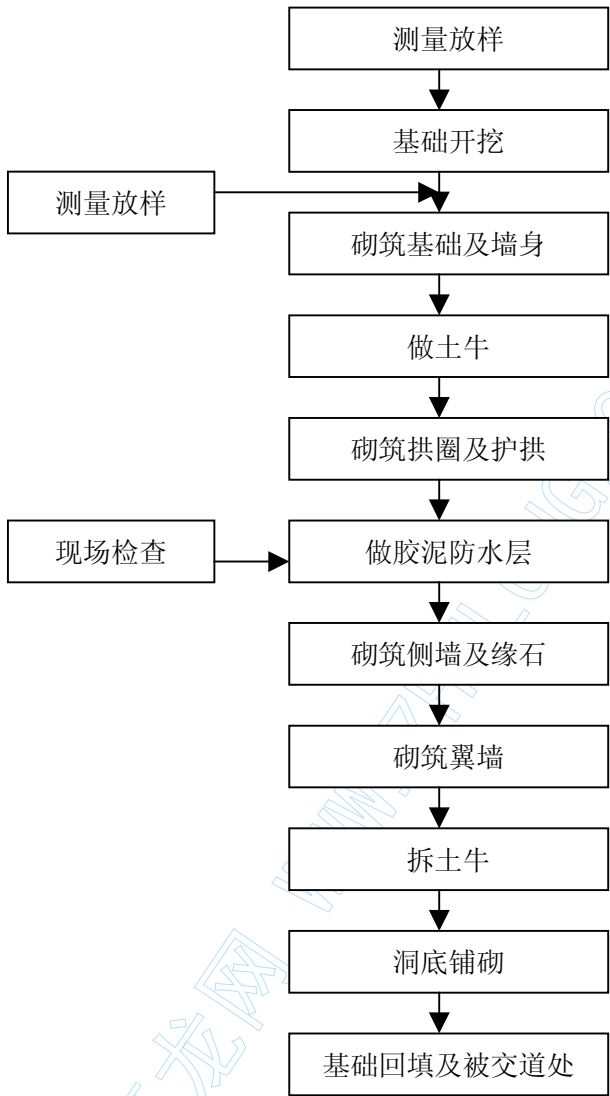
斜拉索施工工艺框图



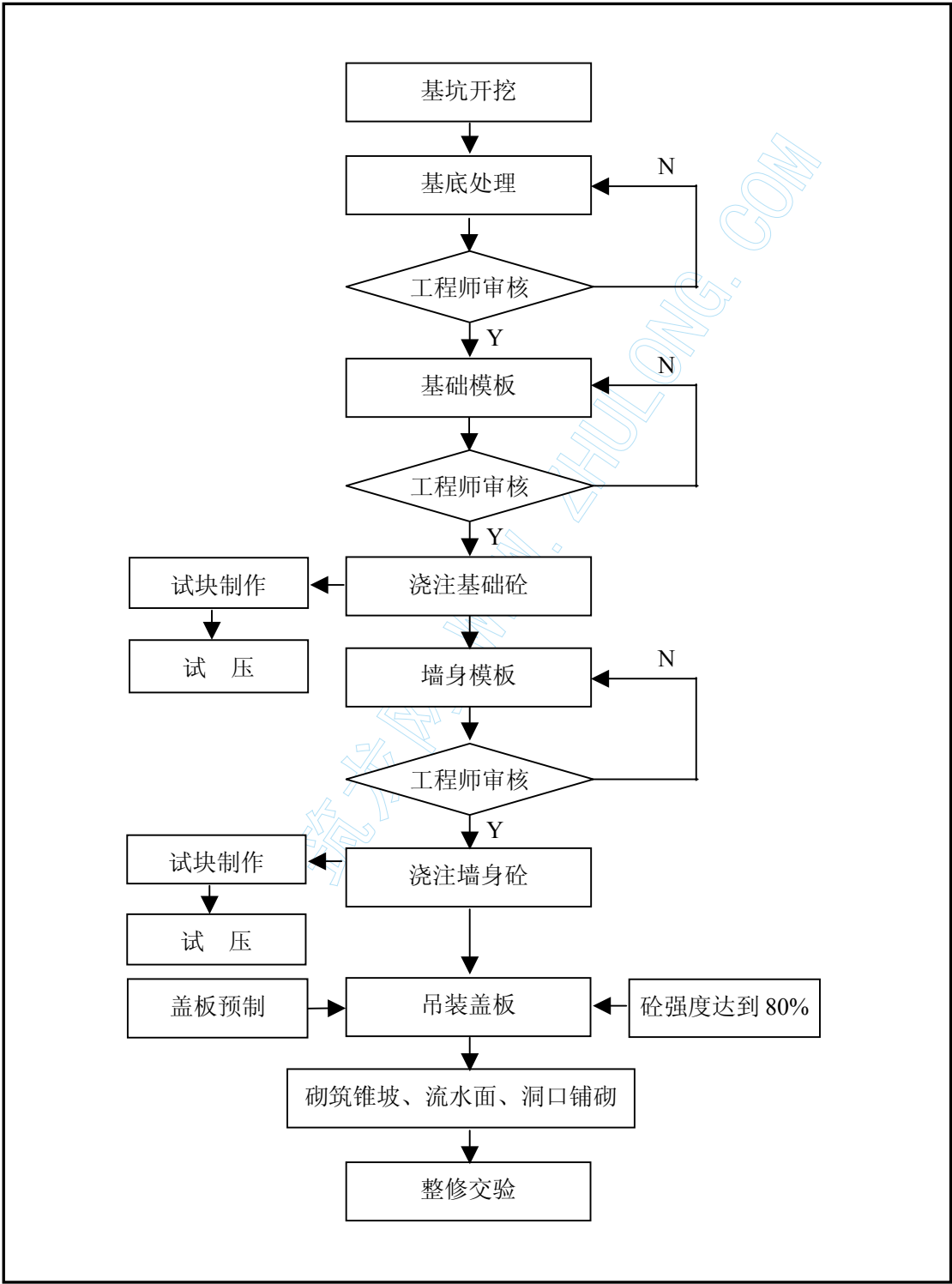
桥面工程施工工艺框图



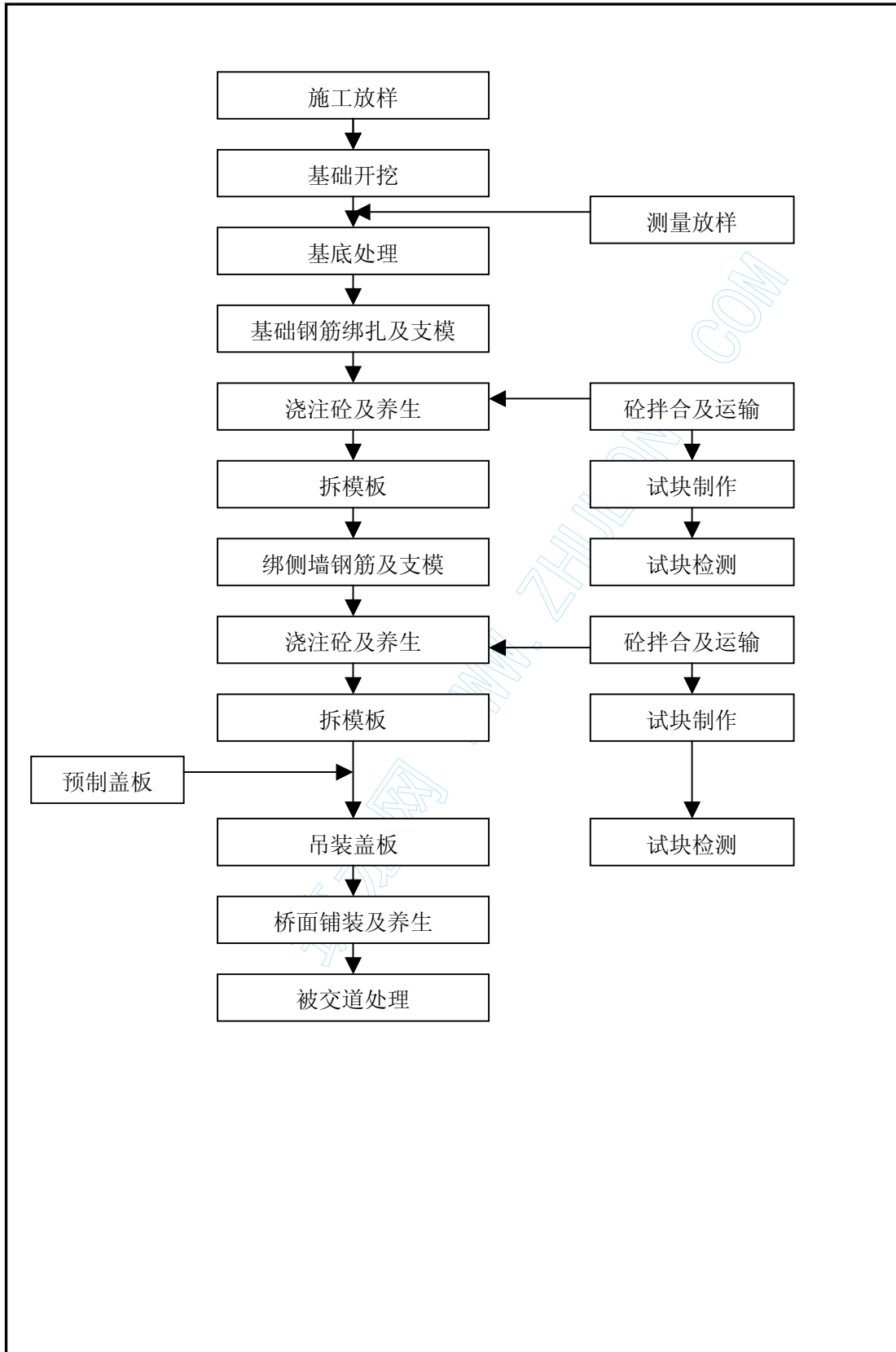
石拱桥施工工艺框图



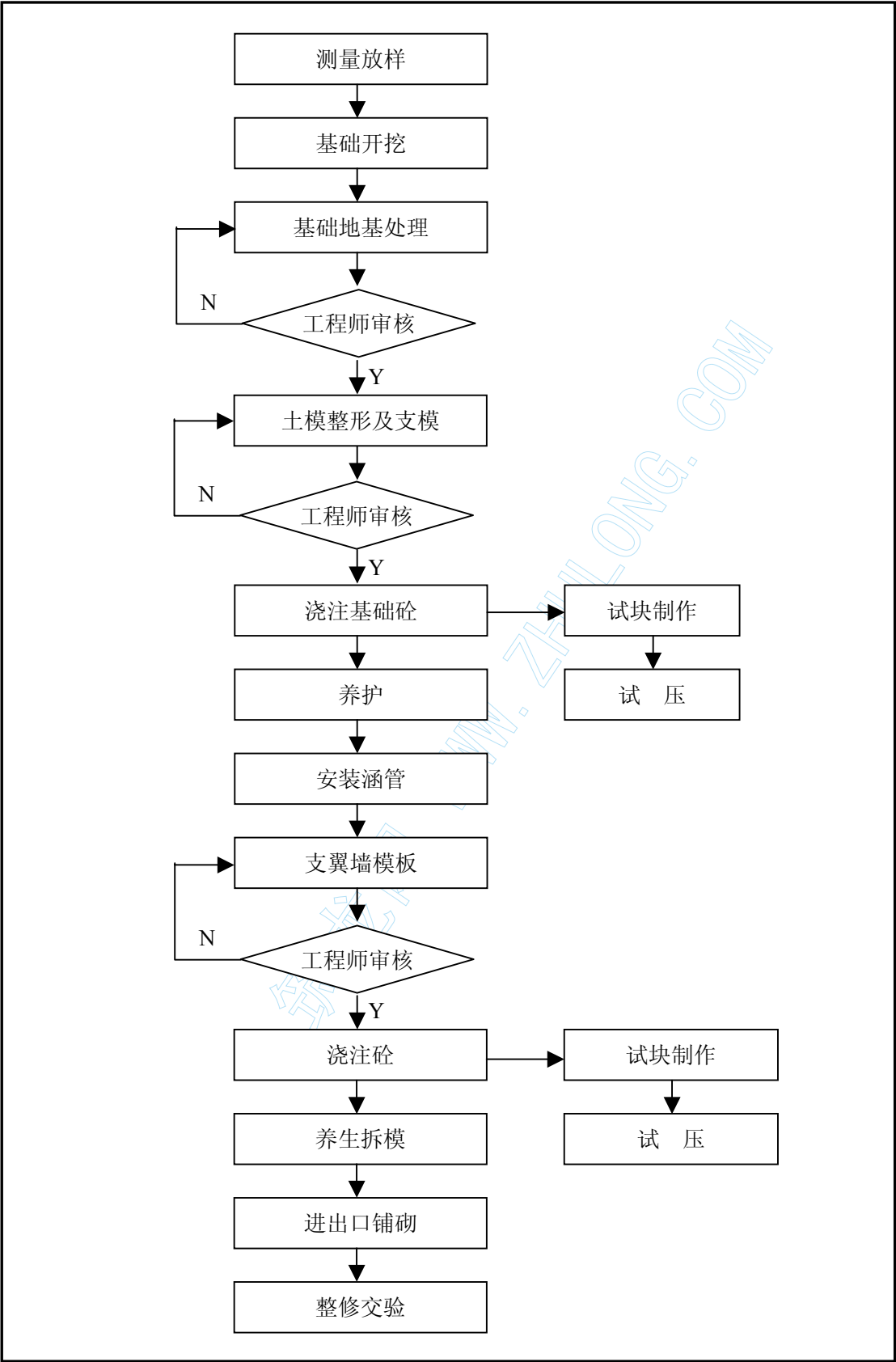
盖板涵施工工艺框图



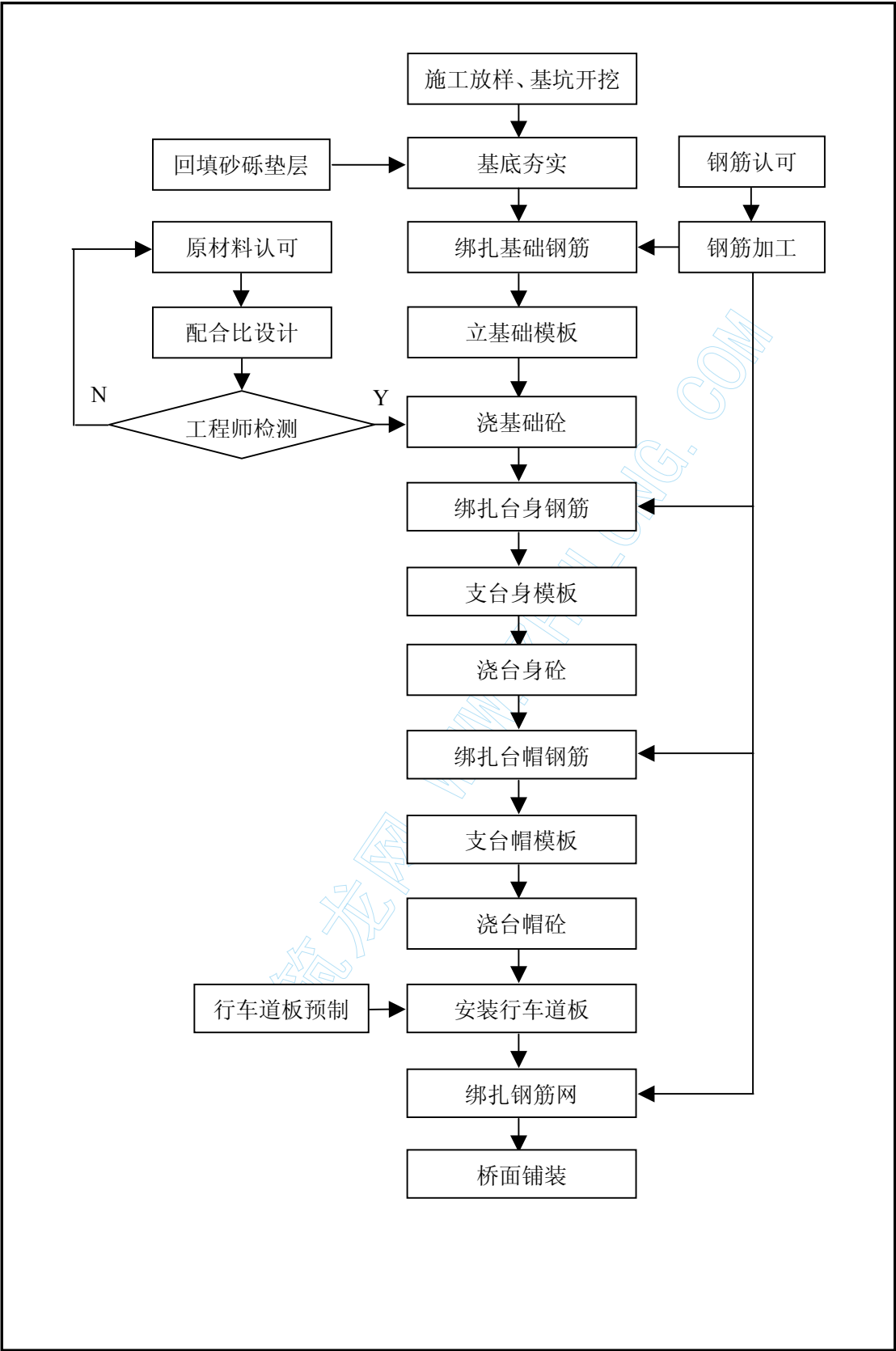
盖板通道施工工艺框图



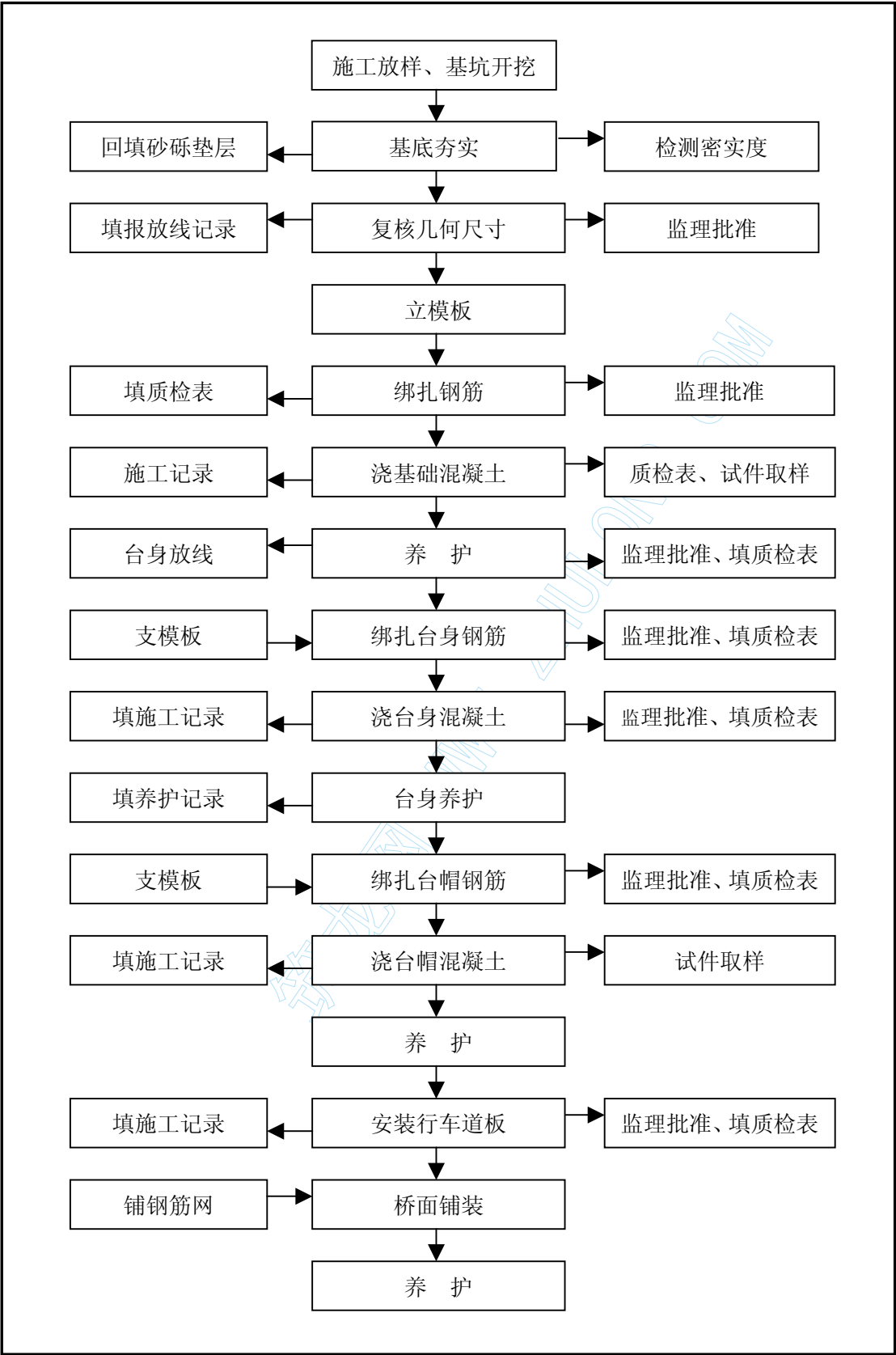
钢筋砼管涵施工工艺框图



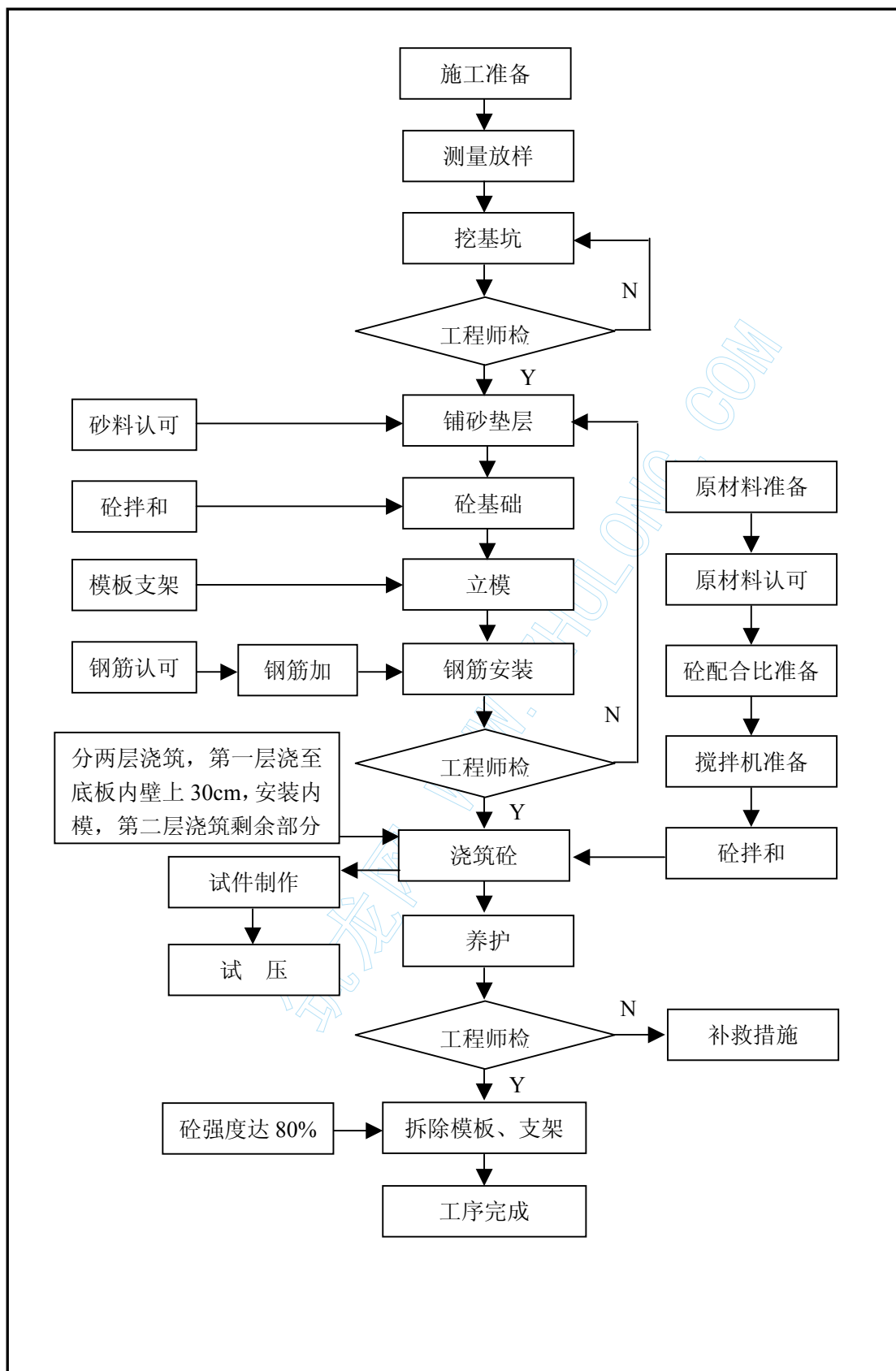
通道桥施工工艺框图



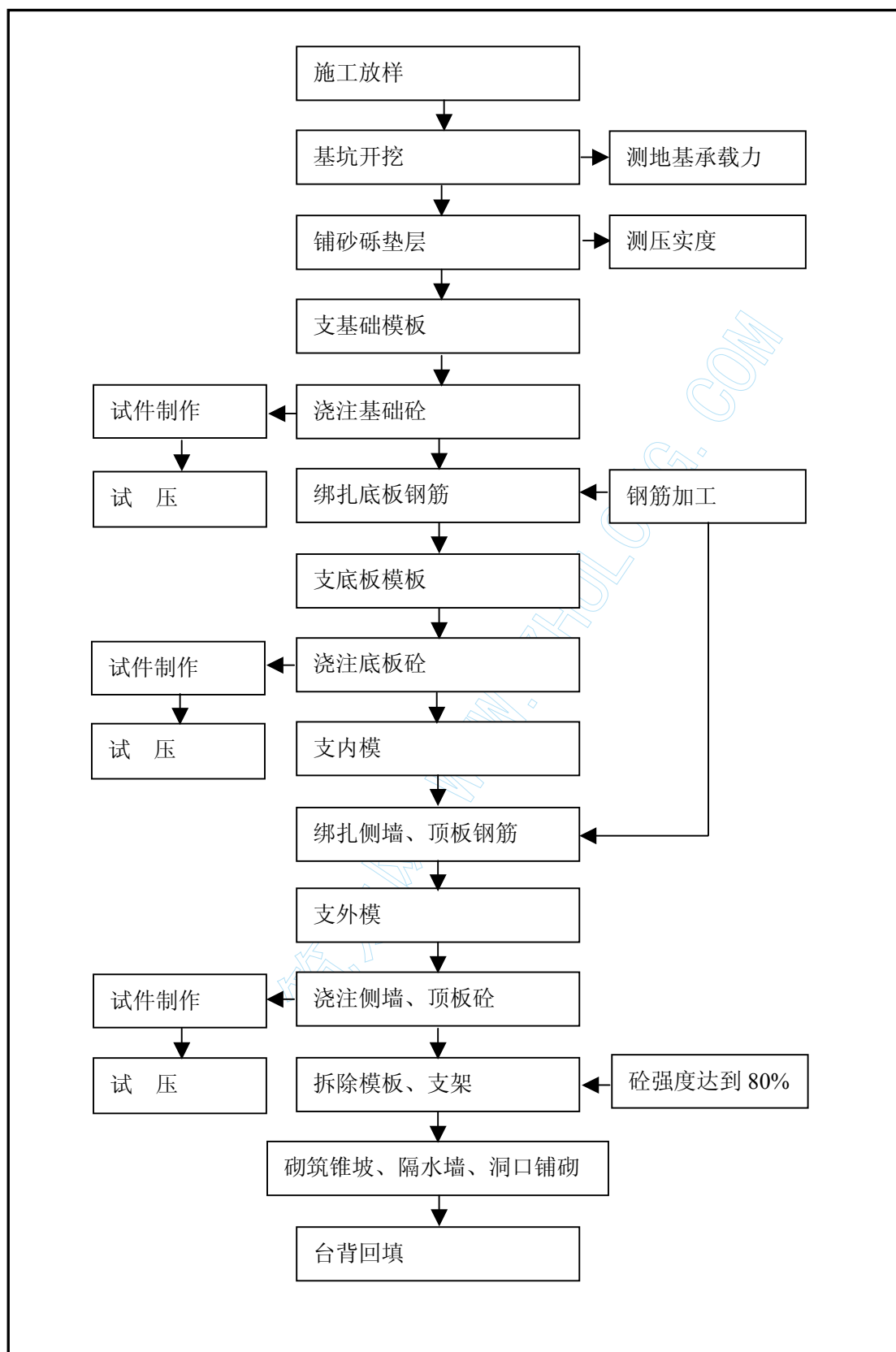
通道桥施工工艺框图



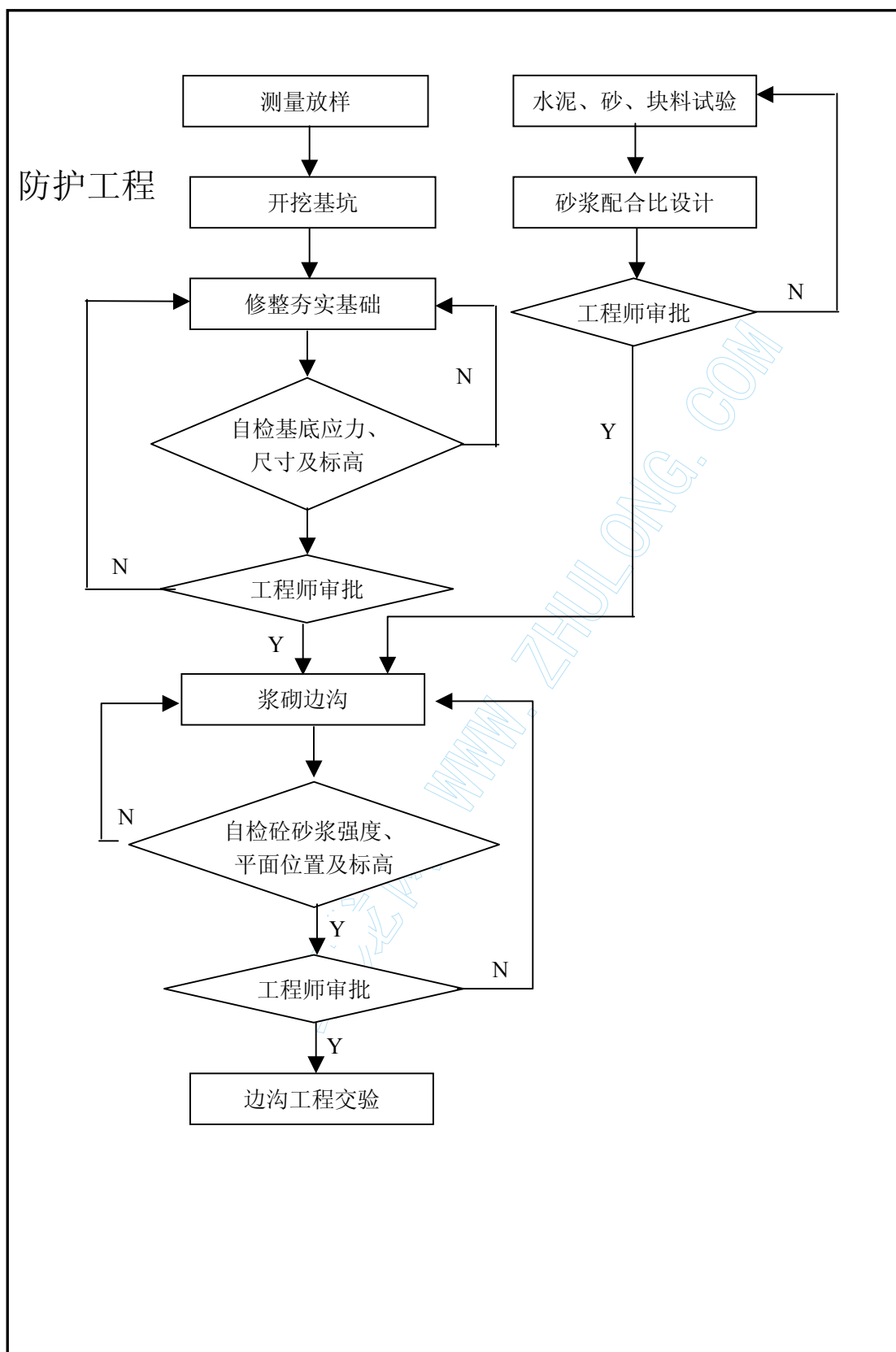
箱涵施工工艺框图



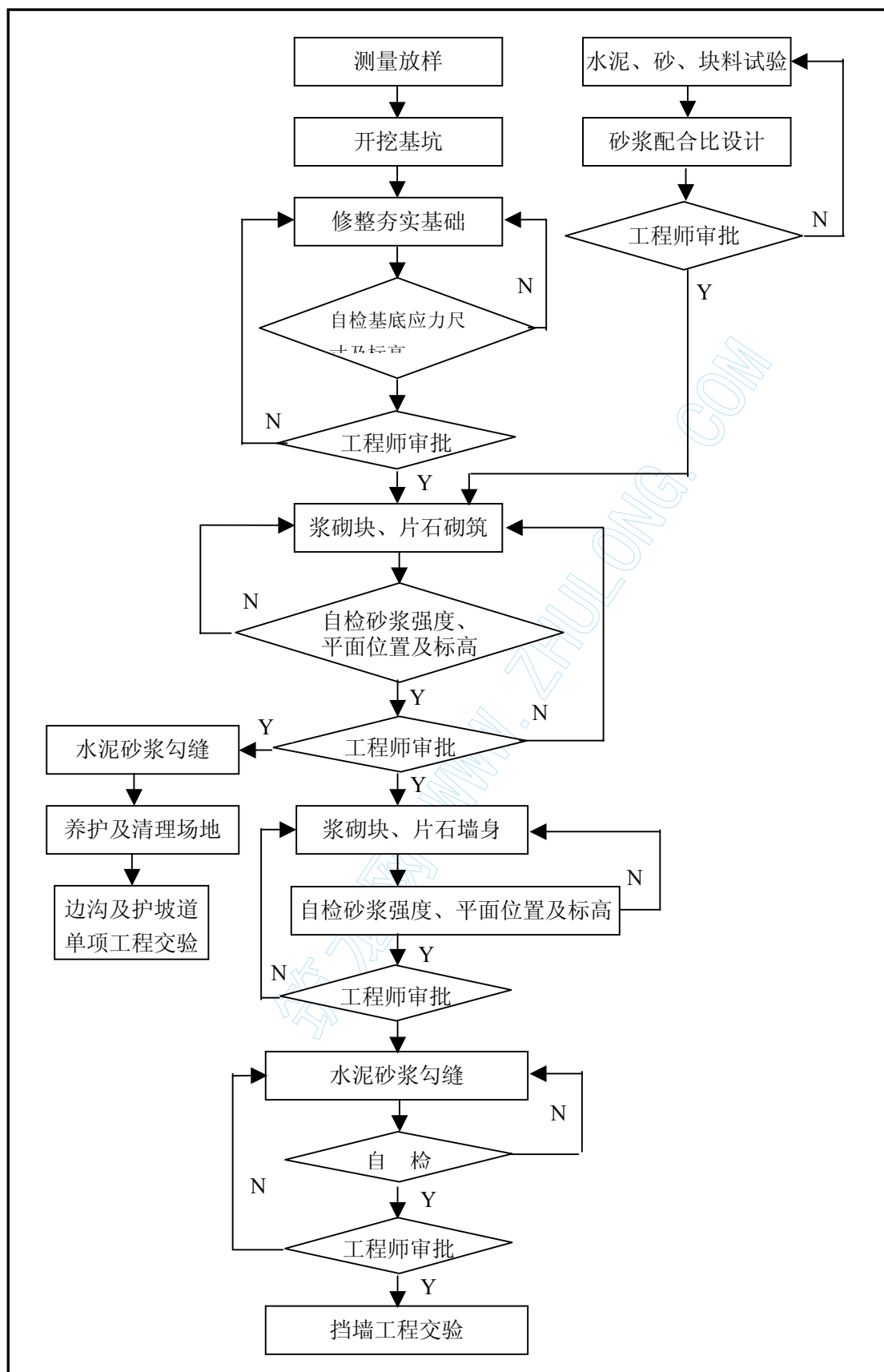
箱涵（通）施工工艺框图



浆砌边沟施工工艺框图



浆砌挡土墙施工工艺框图



安全设施及预埋管线

绿化及环境保护工程

筑龙网 WWW.ZHULONG.COM