

某高速公路 A3 合同段后张法预应力 砼连续箱梁施工技术方案

一、工程简介

南阳至内乡段高速公路土建工程第 A3 合同段(K21+200~K33+300), 其中扣除镇平互通式立交主线(K24+800~K26+500), 及镇平服务区(K31+400~K32+800)长度, 主线全长 9 公里。其中赵河大桥及 G207 锡海线跨线桥上部构造分别采用 25 米和 30 米后张法预应力砼连续箱梁, 具体情况如下:

桥梁名称	结构类型	跨径	斜交角度	箱梁数量
K29+506.5 赵河大桥	装配式部分 预应力砼连续箱梁	12--25	70 °	120
MRK26+129.7 锡海线跨线桥	装配式部分 预应力砼连续箱梁	30--30	110°	30

其中 25m 箱梁 120 片, 30m 箱梁 30 片, 共有预应力箱梁 150 片。为了加快施工进度, 保证施工质量, 本工程预应力箱梁采取统一在 K26+450 处的箱梁预制场进行集中预制。

二、施工工艺

制作底座--制作水磨石底模--钢筋、钢绞线加工安装及波纹管定位--侧模板安装--浇筑底板砼--安装内模--浇筑剩余部分砼--拆模板--砼

养生—预应力筋张拉—孔道压浆—砼养生—封锚起吊—养生

三、箱梁预制场的布置

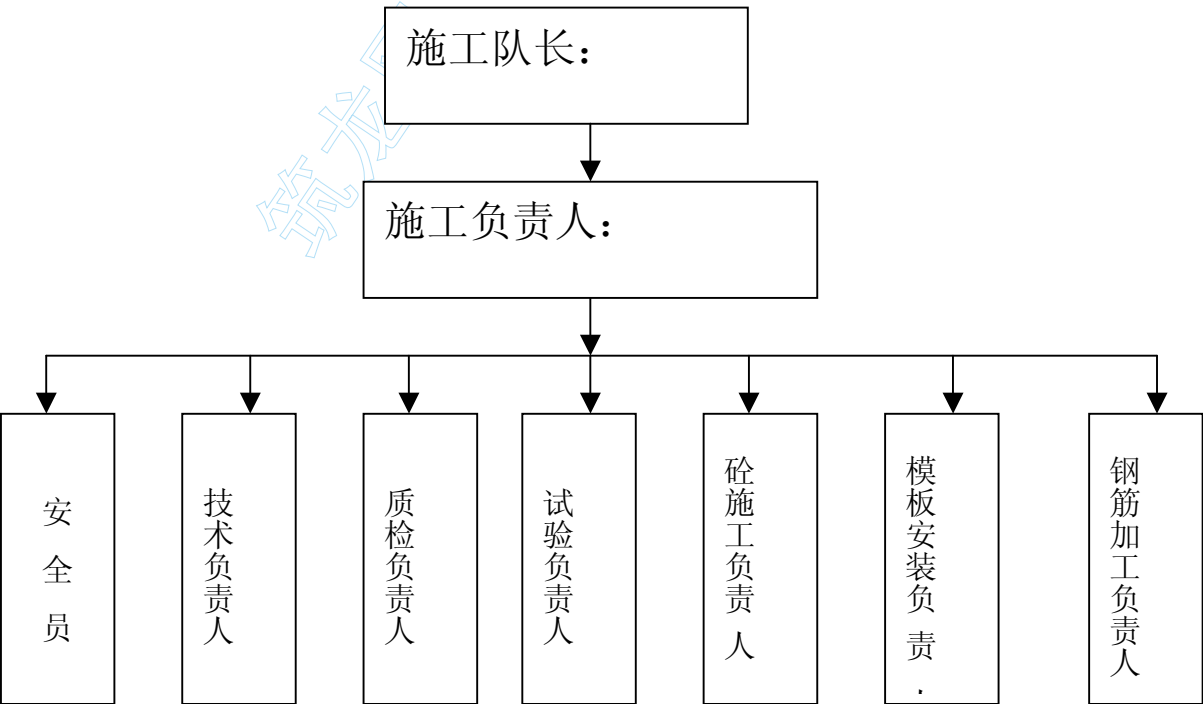
合理的布置各种临时设施，对施工场地进行硬化，建筑临时房屋、配电房（并配备 200KW 发电机组 1 套）及材料存储场地。设置临时排水设施，将施工时的废水通过处理后排向福庄村耕地沟沟底。为了保证工期及施工质量，共设 6 套台座，3 套钢模板，配置 BX——500 交流电弧焊机 3 台；钢筋弯曲机、钢筋调直机各 1 台；混凝土振捣配套设备 20 套；200T 油顶 2 个；电动油泵 2 台；穿心式钢绞线单张拉机 1 台；震动梁 1 套；压浆机 1 套；2 套 100T 门架；2 套 750 型混凝土搅拌机及自动上料仪 1 套；水泥采用散装水泥；配备两 2 个水泥存储罐。

四、施工进度安排

本工程计划 2005 年 6 月 17 日开工，2006 年 2 月 30 日完工。

五、施工组织机构及人员分工

本工程由第一施工队负责施工，施工队队长宋学俭，施工负责人毕清志，负责后张法预应力箱梁施工的全面工作。箱梁预制组织机构及人员分工如下：



六、箱梁预制施工方案

(一) 张拉台制作

钢筋混凝土底模：混凝土地坪上做 20 cm 厚的钢筋混凝土，原浆压光抹平，沿箱梁长度方向每 1 m 预留一个对拉螺栓孔。在底胎膜两侧各埋设一条 5 cm 槽钢，槽钢内设橡胶条，墙包底结构。这种底模平整度好、坚固、无沉陷、顶面平整光洁，侧面顺直，侧模与底模之间止浆效果好，易拆装，耐周转，且成本不高。

注意事项：

- A、 底板严禁使用砂浆找平。
- B、 底板采取水磨石底模，保证其表面平整光滑，两侧边为直线且平行；
- C、 千斤顶中心线与预应力管口的轴线一致。

(二) 千斤顶校验

千斤顶校验委托具有校验能力的南阳市质量技术监督检验测试中心进行千斤顶的校验，并计算出与设计张拉力相应的油表读数。

在施工过程中如发生下列情况时，都重新进行校验，确保张拉力准确：

- A、 千斤顶使用超过 6 个月或 200 次；
- B、 千斤顶漏油或千斤顶检修后；
- C、 张拉过程中，油表时停时走不稳定；
- D、 钢绞线实测伸长值与理论伸长值相差超过标准规定值时；
- E、 油压表指针不回零或调换千斤顶油压表时。

(三) 钢绞线下料

1、钢绞线采购

按照设计标准及业主文件要求订购湖北福星科技股份有限公司的钢绞线及中国开封市预应力股份有限公司的锚具，钢绞线和锚具进行、场后，先进行外观检查，合格后按规定在监理工程师见证下取样，送具有相应资质的国家金属制品质量监督检验中心(郑州)进行检验，全部合格后方可下料用于工程中。

2、钢绞线存放

钢绞线设专门仓库存放，要保证通风良好，地面硬化，四周排水畅通，钢绞线盘下垫方木。不同批次的钢绞线分开存放。

3、钢绞线下料

钢绞线经抽检合格后方准下料加工，下料时要逐根检查外观质量是否符合标准，不合格者剔出，该盘钢绞线如外观不合格，则该盘钢绞线不准使用。下料在专门的下料台上进行，钢绞线上不得粘有泥土，并将油污擦洗干净。下料严格按照“设计长度+工作长度=所需长度”的原则，用砂轮机切割，切割之前先在切口两侧各 5cm 处用细扎丝捆好，以免切开后钢绞线散乱。将下好料的钢绞线用编束器绑扎成束，确保本束的几根钢绞线平顺、长度一致。编好的钢绞线束要及时穿束，不要长时间暴露在空气中，应随下料随编束随用，对于锈蚀严重的钢绞线要剔除不用。

（四）钢筋制作、绑扎及钢波纹管定位

进场的钢筋必须有出厂合格证，并进行外观检查。所有进场的钢筋均应进行取样试验，合格后方可使用。钢筋堆放时，距离地面应大于 50cm，料堆应覆盖严密，堆放时按级别、型号、规格、厂家及进场时间分别挂牌存放。

1、钢筋制作及加工

（1）钢筋要调直、除锈，下料、弯制要准确，加工好的半成品钢筋

要分类挂牌存放。

(2) 钢筋骨架在绑扎模架上绑扎成型。模架的相关部位要标出主筋、箍筋、变截面位置及骨架长度。绑扎完成经核对无误后进行点焊和绑扎，点焊节点数应大于骨架总节点数的 $2/3$ ，下翼缘部分的节点必须全部点焊。

(3) 钢筋的接头，均不得采用绑扎接头。制作钢筋骨架时钢筋的交叉点可用 22# 铁丝绑扎结实。钢筋焊接前，必须根据施工条件进行试焊，合格后方可进行正式施焊。钢筋接头采用搭接电弧焊时应做成双面焊缝，且两钢筋搭接端部应预先折向一侧，使两接合钢筋轴线一致。接头双面焊缝的长度不应小于 $5d$ (d 为钢筋直径)。电弧焊接钢筋弯曲处的距离不小于 10 倍钢筋直径，也不宜位于构件的最大弯矩处。

(4) 钢筋骨架必须具有足够的刚度和稳定性，以便在运送、吊装和浇筑混凝土时不致松散、移位变形，必要时可在钢筋骨架的某些接点加以焊接或增设加强钢筋。

(5) 绑扎边梁钢筋骨架时，应按设计要求预埋防撞护栏的联接钢筋及其它预埋件。

(6) 绑扎好的钢筋骨架经检验合格后，用 $\phi 22$ 钢管焊制的双三角架作扁担，用龙门吊吊装入模。

(7) 为保证混凝土保护层厚度，在钢筋骨架外侧绑扎水泥砂浆垫块。

(8) 波纹管布设采用短筋固定的方法，严格控制其坐标。具体做法：将每处先用三根短定位钢筋点焊成“U”型状，并与腹板钢筋网焊接牢固，其间放置波纹管，然后在波纹管上面另外焊接一根短钢筋使其形成“井”字结构。这样既可防波纹管下落，也可防其上浮。定位钢筋直线段每 1 m 一道，定位钢筋曲线段每 0.5m 一道。定位钢筋的水平坐标标示在底胎膜边口上，竖向坐标用定尺短钢筋来定位。

(9) 钢筋安装工艺流程

绑扎底板和腹板钢筋——布设正弯矩波纹管——安装侧模、芯模——绑扎顶板钢筋——布设负弯矩波纹管

(五) 模板的制作与安装

1、底模：采用水磨石底板，并在每片梁的梁头左右各 2m 范围内加设钢筋网，防止放张过程中，因应力集中而导致底模断裂。

2、内模：为了保证箱梁几何尺寸准确，芯模必须有足够的刚度；为了既保证质量，又能周转使用，同时有利于抑制上浮，经综合比较，采用钢结构组合模板作芯模，使用效果较好。

3、外模：箱梁外侧模采用大型定型钢模板，每 3 m 长一段，模板支架采用型钢焊接。为了保证外侧模的表面光洁度，对外侧模表面进行以下处理：

- A、 铲除芯模板表面的氧化物；
- B、 用砂轮手工磨光；
- C、 用棉布团对板面进行抛光处理，使板面全部露出光泽；
- D、 涂油保养；
- E、 使用前除油，涂脱模剂。

模板安装之前，应先拼装，并进行统一编号，然后吊装放入梁槽。立模应从一端开始进行。模板安置位置、尺寸准确，牢固可靠。确保在浇筑混凝土和振捣过程中不变形，不移位。待板底混凝土浇筑完后，安装内模，然后绑扎上部面板钢筋，最后进行混凝土施工作业。

4、安装模板顺序为：刷脱模剂—贴接缝止浆双面胶—安装侧模—安装内模。

5、防止内模上浮

内模上浮是箱梁施工中常遇到的问题，它严重影响构件的截面尺寸，采用在芯模顶部施加一组垂直压力的方法，防止芯模上浮。即：在横向槽钢上栓接钢管，钢管抵在芯模顶板上，槽钢两端用紧固螺栓拉结在两侧外模钢支撑上，两侧外模钢支撑与底模固定。

6、防止内模的左右位移

为了固定内模使其不偏移轴线位置，采用高强混凝土块和木楔将内模与外侧模顶牢，在浇筑混凝土时将木楔逐步拿走。

内模的底板采用活动板，将内模的底板做成分块活动板，浇筑底板混凝土前将底板掀起，待浇筑完底板混凝土后，将内模底板放下，固定后，接着浇筑腹板混凝土。采用活动板后，就可以将钢筋、模板全部安装好，一次性浇筑混凝土，这样既可保证混凝土的质量，又大大提高工效。

7、翼缘板侧模

翼缘板外侧钢筋根数多、密度大，可采用定型橡胶带留齿口的方法固定钢筋，橡胶带有很好的止浆效果，还可以周转使用，这种工艺比钉木板条、海绵堵塞的工艺优越得多。在橡胶带外侧再用木板条或钢模支撑，保证侧边位置不变形。

8、工作孔模板

为了保证负弯矩锚垫板的倾角，固定外伸钢筋位置，防止漏浆，工作孔模板采用定型钢模，并夹橡胶带。该模板通过其上面的槽钢与外侧模板支架相连，以固定位置。

9、封头模板

封头模板采用定型钢模，表面倾角与设计锚垫板倾斜角度一致；边跨

梁封头模板增加锚具盒模板，锚具盒用螺丝连接在封头模板上，以利于拆除。采用钢模板，形状好、耐周转。

模板安装完毕后，应对其平面位置、截面尺寸，及稳定性进行检查，自检合格并经监理工程师抽检合格后方可浇筑混凝土，浇筑时如发现模板有超过允许偏差变形时，应及时纠正处理后，方可继续施工。

10、脱模剂：

浇筑混凝土前，模板应涂刷脱模剂，混凝土外露面模板的脱模剂应采用同一品种，不得使用易粘在混凝土上或可以引起混凝土变色的废机油，本工程决定采用纯机油。

（六）原材料控制

1、水泥：水泥采用 52.5#普通硅酸盐水泥，每批进场的水泥要有出厂合格证并按批量抽样送中心试验室进行试验，经试验合格并出具试验报告后方可投入使用。不同厂家、不同批量的水泥严禁混放，更不得混用。水泥的库存时间不得超过 3 个月，超过 3 个月应重新取样试验，并按试验出具的标号使用。

2、碎石：对选好的料场要先进行取样试验，合格后方可批量进料。料场选好后应尽可能固定不变，不同料场的石子不得混放，更不能混用，也不得交替使用在工程中。砂石堆放必须用砼硬化地面并且矮墙作成隔仓。碎石的物理力学指标必须符合规范要求。

3、砂：含泥量及物理力学性能必须符合规范要求，堆放场必须用砼硬化地面，不得直接堆放在土地面上。

（七）、砼的施工

1、混凝土拌和及运输

预制厂采用二台 750L 强制式拌和机进行拌和，原材料采用配料仪控制上料，以保证配合比准确。

混凝土拌和物应拌和均匀，颜色一致，不得有离析和泌水现象。

随时检查测定混凝土拌和物的坍落度，以保证混凝土有良好的粘聚性、和易性。

混凝土运输采用机动三轮车配合龙门架运输至浇筑现场，采用吊钩吊放入模。

2、混凝土配合比

(1) 箱梁混凝土坍落度不宜大，但由于钢筋密，并有波纹管等，也不宜过小。太大则很难消除外表面的气泡、水斑、砂线等缺陷；太小则混凝土密实度很难保证，一般为 7 ~ 9 c m 为宜；石子粒径大或针片状含量超标，易产生云斑，应严格控制。

(2) 搅拌要均匀。可适当加长搅拌时间，这样可以消除由于外加剂拌和不均匀等原因引起的色斑。

(3) 混凝土弹性模量一定要满足设计要求，如果偏小，容易使张拉后的拱度超过设计要求。

3、混凝土浇筑混凝土浇筑采用一次成型工艺，由一端向另一端全断面推进，或者由中间同时向两端推进。同断面浇筑顺序为底板、腹板、顶板，分段分层循环推进，每段约 3 m 长，在前一段混凝土初凝前浇筑下一段混凝土，段与段之间不产生冷缝。

4、浇筑底板混凝土

底板浇筑从端头及顶板预留工作孔下灰，用 5 0 插入式振捣棒振捣，插点均匀、严密、不得漏振。底板浇筑完成一段后，将芯模部分的活动

模板压紧、固定，立即浇筑腹板混凝土。

5、腹板混凝土浇筑

腹板混凝土浇筑采用对称分层下灰的方式进行，分层厚度不得大于 30cm，腹板混凝土的振捣采用复合振捣的方法，先用插钎 特别是波纹管底部，再用振捣棒插入振捣，最后采用外侧附着振捣器振捣。腹板混凝土浇筑务必注意：混凝土的下料和振捣，两腹板必须同步对称进行，以避免芯模偏位。

6、顶板混凝土浇筑

浇筑完一段腹板混凝土，拆走芯模压件后，浇筑该段顶板。顶板混凝土采用二次振捣工艺，以防止出现松顶现象。浇筑顶板混凝土时应注意控制好顶板厚度、平整度和坡度。

(1) 用插入式振捣棒对称均匀振捣胶囊二侧混凝土，然后浇筑面板混凝土，用插入式振捣棒振捣密实，最后用平板式振捣器振平。待砼面定浆后对梁体顶面进行划槽拉毛处理。

拉毛处理采用垂直于路线定向划槽，槽深 0.5~1cm，为保证空心板与桥面铺装混凝土良好地结合，划槽横贯空心板面，每延米不少于 10~15 道。

(2) 使用插入式振捣器时，移位间距不应超过振捣器作用半径的 1.5 倍，插入下层混凝土 5-10cm。与侧模保持 5-10cm，每一处振捣完毕后应边振捣边徐徐提出振动棒，应避免振动棒碰撞模板、钢筋及其他预埋件。平板振动器以能覆盖已振密实部分 10cm 左右为宜。混凝土振捣工作应有专人全过程负责振捣，避免漏振、过振和内模偏位、上浮现象的发生。

(3) 在浇筑期间有专人检查支架、模板、钢筋和预埋件等稳固情况，

且一次浇筑振捣成型。

(4) 对每一振动部位，必须振动到该部位混凝土密实为止。密实的标志是混凝土停止下沉，不再冒出气泡，表面呈现平坦、泛浆。

(5) 在预应力构件封端处及钢筋密集地带应予以重点振捣，防止漏振现象的发生。

(6) 每槽梁根据技术规范，试验规程制取试件，并编号放入梁槽与大梁同步养生。

7、拆模及封端

A、内模抽取的早晚，影响着箱梁的形成：拆除过早，混凝土下沉坍落，使空心板形成裂缝，甚至空洞。过晚，混凝土凝固，造成内模与混凝土粘结，不容易拆除，拆除时间随天气气温而变化，一般在混凝土浇筑 12--24 h 后，可拆除内模。

B、侧模可以在混凝土强度达到 2.5Mpa 以上方可进行拆模。

8、梁头封锚

梁头封锚采用砼预制块作为内模板，在大梁外侧安装模板后进行砼浇筑。砼采用不低于 C30 的砼，其厚度要求不小于 30cm。

9、预应力箱梁养护

(1)、混凝土浇注成型后，混凝土构件应在混凝土终凝后 1--2 小时内用麻袋或塑料薄膜覆盖，并洒水保湿，混凝土面应经常保持湿润。养护时间不得小于 14 天。

(2)、养护用水应同施工用水水质一样洁净。

(3)、当气温低于+5° C 时，不得洒水，并采取一定的保温措施。

(八)、预应力钢绞线的张拉

进场的钢绞线必须有出厂合格证，并进行外观检查。所有进场的钢绞线均应进行取样试验，合格后方可使用。钢筋堆放时，距离地面应大于 20cm，料堆应覆盖严密，堆放时按级别、型号、规格、厂家及进场时间分别挂牌存放。

1、后张法张拉程序：对张拉设备进行检查，合格后方可进行钢绞线张拉。

钢绞线的张拉程序为： $0 \longrightarrow \text{初应力} (10\% \sigma_k) \longrightarrow \sigma_k$
 $\xrightarrow{\text{(持荷 2min)}} \text{(锚固)}$

2、后张法的操作程序及应力控制

根据施工设计图纸要求单根钢绞线的张拉力为 195.3KN。钢绞线先用穿心式张拉机在千斤顶后逐根将钢绞线张拉到初应力 ($10\% \sigma_k$)，在钢绞线做记号，做为量测伸长量的起点。然后采用 2 台 200 吨千斤顶在箱梁两头同时分级张拉至设计预应力值。测量、记录预应力的伸长量，并核对实测值与理论计算值，其误差应在 $\pm 6\%$ 范围内。如不符合规定，则查清原因及时处理。张拉满足要求后，锚固预应力筋，千斤顶回油至零，伸长值从初应力 σ_0 开始量测，钢绞线的实际伸长值除量测伸长值外，还应加上从 0 到 σ_0 的伸长值。以上检查全部合格后，用锚具进行锚固。

锚具必须分批进行外观检查，不得有裂纹、伤痕、锈蚀，尺寸不得超过允许偏差。对锚具的强度、硬度、锚固能力有质量疑点时，应按有关规定进行检验，符合要求时才能验收和使用。

3、预应力筋张拉采用双控检测，即控制张拉力的表读数和伸长值。以应力控制为主，伸长值进行校核制。理论伸长值 Δ_L (mm) 计算公式采用：

$$\Delta_L = \frac{P_p * L}{A_p * E_p}$$

$$P_p = \frac{P (1 - e^{-(kx + \mu \theta)})}{Kx + \mu \theta}$$

式中： P_p —预应力筋平均张拉力，单位：N。

L —预应力筋长度，单位：mm。

E_p —预应力筋弹性模量，单位：N/mm²。

A_p —预应力筋截面面积，单位：mm²。

P —预应力筋张拉端的张拉力，单位：N。

x —从张拉端至计算截面的孔道长度，单位：m。

θ —从张拉端至计算截面曲线孔道部分切线的夹角之和，单位：rad。

k —孔道每米局部偏差对摩擦的影响系数。

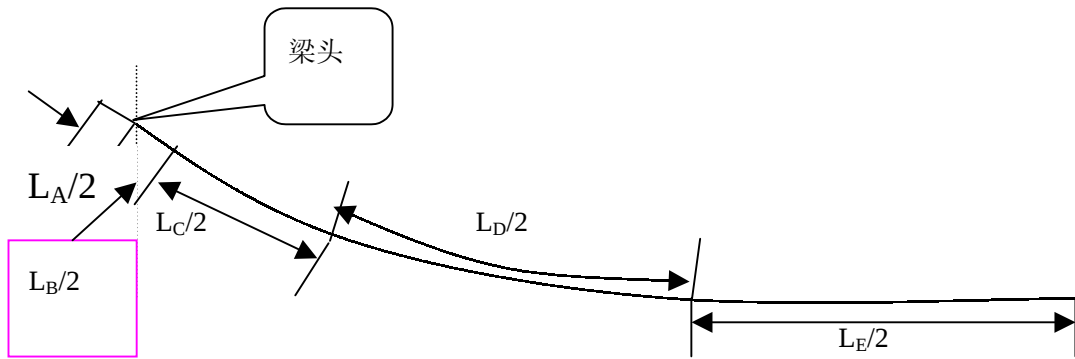
μ —预应力筋与孔道壁的摩擦系数。

实际伸长值： $\Delta_L = \Delta_{L1} + \Delta_{L2}$

Δ_{L1} —从初应力至最大张拉力间的实测伸长值

Δ_{L2} —初应力以下的推算伸长值，采用初应力的理论伸长值。

钢束构造示意图如下：



A、跨 N1 钢束的总长度为 25.46m，其详细的伸长值计算如下：

$$P_p = \frac{P (1 - e^{-(kx + \mu \theta)})}{Kx + \mu \theta} = \frac{195.3 \times 10^3 * (1 - e^{-(0.0025 * 12.2 + 0.2 * 0.12)})}{0.0025 * 12.2 + 0.2 * 0.12} = 190.9 \text{ kN}$$

$$P_p = \frac{P (1 - e^{-(kx + \mu \theta)})}{Kx + \mu \theta} = \frac{195.3 \times 10^3 * (1 - e^{-(0.0025 * 1.6 + 0.2 * 0.12)})}{0.0025 * 12.2 + 0.2 * 0.12} = 190.9 \text{ kN}$$

a、初应力伸长量计算：

$$\Delta_{LA} = \frac{P_n * 10\% * L}{A_p * E_p} = \frac{195.3 \times 10^3 * 10\% * 1.0 \times 10^3}{140 * 2.03 \times 10^5} = 0.7 \text{ mm}$$

$$\Delta_{LB} = \frac{P_n * 10\% * L}{A_p * E_p} = \frac{195.3 \times 10^3 * 10\% * 7.178 \times 10^3}{140 * 2.03 \times 10^5} = 5.2 \text{ mm}$$

$$\Delta_{LC} = \frac{P_n * 10\% * L}{A_n * E_n} = \frac{190.9 \times 10^3 * 10\% * 12.2 \times 10^3}{140 * 2.03 \times 10^5} = 8.2 \text{ mm}$$

$$\Delta_{LD} = \frac{P_n * 10\% * L}{A_p * E_p} = \frac{190.9 \times 10^3 * 10\% * 5.232 \times 10^3}{140 * 2.03 \times 10^5} = 3.5 \text{ mm}$$

$$\Delta_{L2} = \Delta_{LA} + \Delta_{LB} + \Delta_{LC} + \Delta_{LD} = 0.7 + 5.2 + 8.2 + 3.5 = 17.6 \text{ mm}$$

b、总的伸长量计算：

$$\Delta_{LA} = \frac{P_D * L}{A_p * E_p} = \frac{195.3 * 10^3 * 1.0 * 10^3}{140 * 2.03 * 10^5} = 7 \text{ mm}$$

$$\Delta_{LB} = \frac{P_D * L}{A_p * E_p} = \frac{195.3 * 10^3 * 7.178 * 10^3}{140 * 2.03 * 10^5} = 52 \text{ mm}$$

$$\Delta_{LC} = \frac{P_D * L}{A_p * E_p} = \frac{190.9 * 10^3 * 12.2 * 10^3}{140 * 2.03 * 10^5} = 82 \text{ mm}$$

$$\Delta_{LD} = \frac{P_n * L}{A_p * E_p} = \frac{190.9 * 10^3 * 5.232 * 10^3}{140 * 2.03 * 10^5} = 35 \text{ mm}$$

$$\Delta_{L2} = \Delta_{LA} + \Delta_{LB} + \Delta_{LC} + \Delta_{LD} = 52 + 82 + 35 + 7 = 176 \text{ mm}$$

B、中跨 N2 钢束的总长度为 25.53m，其详细的伸长值计算如下：

$$P_p = \frac{P (1 - e^{-(kx + \mu \theta)})}{Kx + \mu \theta} = \frac{195.3 * 10^3 * (1 - e^{-(0.0025 * 9.8 + 0.2 * 0.12)})}{0.0025 * 9.8 + 0.2 * 0.12} = 191.3 \text{ KN}$$

$$\Delta_{L2} = \frac{P_n * 10\% * L}{A_p * E_p} = \frac{191.3 * 10^3 * 10\% * 25.53 * 10^3}{140 * 2.03 * 10^5} = 17.2 \text{ mm}$$

$$\Delta_L = \frac{P_D * L}{A_p * E_p} = \frac{191.3 * 10^3 * 25.53 * 10^3}{140 * 2.03 * 10^5} = 172 \text{ mm}$$

C、 中跨 N3 钢束的总长度为 25.27m，其详细的伸长值计算如下：

$$P_p = \frac{P (1 - e^{-(kx + \mu \theta)})}{Kx + \mu \theta} = \frac{195.3 \times 10^3 * (1 - e^{-(0.0025 * 1.4 + 0.2 * 0.02)})}{0.0025 * 1.4 + 0.2 * 0.02} = 192.6 \text{ KN}$$

$$\Delta_{L2} = \frac{P_p * 10\% * L}{A_p * E_p} = \frac{192.6 * 10^3 * 10\% * 25.27 * 10^3}{140 * 2.03 * 10^5} = 17.1 \text{ mm}$$

$$\Delta_L = \frac{A_p * E_p}{P_p * L} = \frac{192.6 * 10^3 * 25.27 * 10^3}{140 * 2.03 * 10^5} = 171 \text{ mm}$$

D、 边跨 N1 钢束的总长度为 25.56m，其详细的伸长值计算如下：

$$P_p = \frac{P (1 - e^{-(kx + \mu \theta)})}{Kx + \mu \theta} = \frac{195.3 * 10^3 * (1 - e^{-(0.0025 * 12.2 + 0.2 * 0.12)})}{0.0025 * 12.2 + 0.2 * 0.12} = 191.8 \text{ KN}$$

$$\Delta_{L2} = \frac{P_p * 10\% * L}{A_p * E_p} = \frac{191.8 * 10^3 * 10\% * 25.56 * 10^3}{140 * 2.03 * 10^5} = 17.3 \text{ mm}$$

$$\Delta_L = \frac{P_p * L}{A_p * E_p} = \frac{191.8 * 10^3 * 25.56 * 10^3}{140 * 2.03 * 10^5} = 173 \text{ mm}$$

E、 边跨 N2 钢束的总长度为 25.58m，其详细的伸长值计算如下：

$$P_p = \frac{P (1 - e^{-(kx + \mu \theta)})}{Kx + \mu \theta} = \frac{195.3 \times 10^3 \times (1 - e^{-(0.0025 \times 9.8 + 0.2 \times 0.12)})}{0.0025 \times 9.8 + 0.2 \times 0.12} = 191.3 \text{ KN}$$

$$\Delta_{L2} = \frac{P_p \times 10\% \times L}{A_p \times E_p} = \frac{191.3 \times 10^3 \times 10\% \times 25.58 \times 10^3}{140 \times 2.03 \times 10^5} = 17.2 \text{ mm}$$

$$\Delta_L = \frac{P_p \times L}{A_p \times E_p} = \frac{192.0 \times 10^3 \times 25.58 \times 10^3}{140 \times 2.03 \times 10^5} = 172 \text{ mm}$$

F、边跨 N3 钢束的总长度为 25.42m，其详细的伸长值计算如下：

$$P_p = \frac{P (1 - e^{-(kx + \mu \theta)})}{Kx + \mu \theta} = \frac{195.3 \times 10^3 \times (1 - e^{-(0.0025 \times 1.4 + 0.2 \times 0.02)})}{0.0025 \times 1.4 + 0.2 \times 0.02} = 192.6 \text{ KN}$$

$$\Delta_{L2} = \frac{P_p \times 10\% \times L}{A_p \times E_p} = \frac{192.6 \times 10^3 \times 10\% \times 25.42 \times 10^3}{140 \times 2.03 \times 10^5} = 17.2 \text{ mm}$$

$$\Delta_L = \frac{P_p \times L}{A_p \times E_p} = \frac{192.6 \times 10^3 \times 25.42 \times 10^3}{140 \times 2.03 \times 10^5} = 172 \text{ mm}$$

钢束张拉的理论伸长值及张拉端张拉力

σ_K		$10\% \sigma_K$	$50\% \sigma_K$	$100\% \sigma_K$
张拉力 P_p (KN)		19.5	97.7	195.3
中跨 N1 钢束	张拉端张拉力 (KN)	19.6	97.8	195.5
	伸长值 (mm)			
中跨 N2 钢束	张拉端张拉力 P_p (KN)	19.6	97.8	195.5
	伸长值 (mm)			
中跨 N3 钢束	张拉端张拉力 P_p (KN)	19.6	97.8	195.5
	伸长值 (mm)			
边跨 N1 钢束	张拉端张拉力 P_p (KN)	19.6	97.8	195.5
	伸长值 (mm)			
边跨 N2 钢束	张拉端张拉力 P_p (KN)	19.6	97.8	195.5
	伸长值 (mm)			
边跨 N3 钢束	张拉端张拉力 P_p (KN)	19.6	97.8	195.5
	伸长值 (mm)			

注：1、表中张拉力为单根钢绞线的张拉力。

2、表中伸长值为 0 至所对应力的累计伸长量。

4、施工过程中箱梁张拉各阶段压力表读数详见附表。

5、张拉过程中要严格按操作程序及工艺流程进行，张拉时台座两端

不得站人，操作人员要站在台座侧面的油泵外侧面进行工作，以保安全。
明确分工，专人负责，要随时检查油压表及张拉设备。

6、预应力钢绞线张拉完毕后，与设计位置的偏差不得大于 5mm，同时不得大于构件最短边长的 4%，钢绞线在同一构件内滑丝、断丝数不得超过总数的 1%。

7、注意事项

- A、张拉过程中，做好张拉伸长值和油压表读数的记录；
- B、两个千斤顶张拉要同步，千斤顶的中心要和钢绞线中心及孔道中心重合。
- C、每块板中不允许有一根钢绞线断裂，每根钢绞线束中断丝不得超过两丝；
- D、锚具内缩量，两端之和不大于 5mm；
- E、张拉时，严禁非工作人员进场，操作人员不得站在张拉千斤顶后，以防飞锚，断丝伤人，高压油管拉头要紧密，并随时检查，以防喷油伤人。
- F、在张拉台的两端设置防护墙，防止飞锚伤人事故的发生。

(九)、箱梁存放

箱梁存放选用预制厂北侧的场地作为存梁场地，进行场地平整后。进行承梁台基础放样，下挖 30cm 后安装模板并浇 C20 素砼，基础为 50 cm *70cm(详见存梁场地平面图)。

标注生产日期、梁号。用龙门吊吊起箱梁，龙门吊行走，移板至存梁场，松钩存放。同时箱梁堆放不得超过一层。

预应力箱梁存放时间不得超过 60 天，否则应采取在箱梁上面放置重物进行预压等措施，防止产生过大的反拱。

(十)、压浆、封锚

①制浆

采用 42.5#普通硅酸盐水泥拌制水泥浆，水灰比 0.4~0.5，水泥浆的泌水率最大不得超过 3%，拌和后 3h 泌水率 $\geq$ 2%，泌水应在 24h 以内重新全部被浆吸回经试验选定配合比，水泥龄期 $\geq$ 1 个月。为保证灌浆密实，水泥浆内可掺入（通过试验）适量的膨胀剂，自由膨胀 $\geq$ 10%，不得掺入铝粉等可以锈蚀预应力钢材的膨胀剂。水泥浆应拌和均匀，粘稠度控制在 14~18s 之间。

②孔道准备

穿束、张拉、压浆应在 24h 内完成，否则采取孔道内灌入防腐蚀液的措施。灌浆前应先用高压水冲孔道的有害材料，对孔道内可能发生的油污等，采用对预应力筋和管道无腐蚀作用的中性洗涤液或皂液，用水稀释后进行清洗。最后用无油压缩空气吹干。

③水泥浆自拌制至压入孔道的延续时间，视天气情况而定，一般不应超过 30~45min。水泥浆在使用之前和压注过程要不停的搅拌，对于因延使用所致的流动度降低的水泥浆，不得通过加水来增加其流动度。压浆按从下到上的顺序进行，压浆过程应缓慢、均匀地进行，中途不得中断，并应将所有最高点的排气孔依次一一放开和关闭，使孔道内排气通畅。较集中和邻近孔道，宜尽量先连续压浆完成。不能连续压浆进，后压浆的孔道应压浆前用压力水冲洗通畅。

④压浆的最大压力应为 0.5~0.7Mpa，当孔道较长或采用一次压浆时，最大压力宜为 1.0Mpa。压浆应达到孔道另一端饱满和出浓浆，并应达到排气孔排出与规定稠度相同的水泥浆为止。为保证孔道中充满灰浆，关闭出浆口后，应保持不小于 0.5Mpa 的一个稳压期，该稳压期的持续时间不宜小于 2min。高温天气时，水泥浆温度 $\geq$ 32℃；低温时，用温水拌浆，梁体保温，气温低于 5℃时应在暖棚内进行压浆作业。按规定制作水泥浆检查试件。

⑤封锚

孔道压浆完毕后，应及时将锚具周围的水泥浆冲洗干净并对梁端砧进行凿毛处理。安装钢筋及模板之前应先将采用竹胶板组合模板，人工浇捣细石砧，砧标号应提高一级，浇筑后罩塑膜养护。封锚钢筋尽可能与梁肋钢筋焊接。

(十一)、移梁、存放

采用龙门吊移梁，吊点位置符合设计要求。存梁场内垫梁滑道位置应符合设计要求的吊、支点位置， 并要与吊、支点位置稍稍错开，以免架梁时“打架”。

(十二)、封端

箱梁堵头设置在箱梁连续端，堵头采用预制钢筋砼结构，堵头固定采用预制构件上 $\Phi 8$ 的吊环筋进行相接固定，然后将预制箱梁与堵头之间的缝隙用水泥砂浆填塞。

(十三)、内业资料整理及存档

内业资料当场填报，经监理工程师认可后，及时整理并归档存档。

六、质量保证措施

1、建立健全质量保证体系、质量管理和质量自检组织机构

(1) 质量保证体系

本工程质量管理保证体系的建立原则为：紧紧围绕投标承诺的质量创优目标，制订切实可行的质量创优规划，坚持“以人为本”的观点，通过政治思想工作，相应的组织保证措施和及时准确的质量管理信息系统，实现项目施工整个过程的质量控制。

(2) 质量管理组织机构

质量管理组织机构由项目经理牵头，由项目质检负责人、项目总工程师、项目经理部各部门负责人、各工程队队长及质检员、项目经理部的有关业务人员参加组成质量管理领导小组。形成内外贯通、纵横到位的质量管理组织体系。组织机构见《质量管理组织机构框图》。

质量自检组织机构由项目经理部质检负责人和安保部与技术部、试验室负责人组成。质检负责人全面负责质量检查和监督工作，在质量把

关方面直接对法人代表负责，在质量管理方面有一票否决权。

2、强化全员创精品意识

贯彻落实“百年大计，质量第一”的方针，对全体参建职工进行经常性的宣传教育，牢固树立“质量是企业的生命”的观念，强化创精品意识，以高起点、高标准、高水平、高速度的“四高”主导思想和精密组织，精细管理、精工细作、精湛工艺的“四精”措施组织施工，做到一次达优、一次验交。

3、建立创优组织和质量管理网络

成立以项目经理负总责的创优领导小组和以总工程师负责专责的技术质量管理体系，编制创优项目规划与措施，层层分解，责任落实到班组、个人；建立项目部、施工队、工班三级质量管理网络，实行岗位责任制；项目部设试验室、精测组，配足测试人员，配备先进的测试仪器。

4、加强施工技术指导，加大监控力度

配足各专业工程师、技术员与测试、质检人员，定岗定责。逐级进行技术交底。严格按设计图、相关的技术规范及操作规程要求进行施工。技术人员深入现场精心指导，测试与质检人员准确检测，严格把关。强化工序、工程、工艺质量控制。

5、落实各项规章制度

结合本工程实际，组织全体施工人员学习相关设计图纸、施工规范及操作规程，使全员明确标准，全方位有章可循，全过程措施到位。严格执行优质优价制、安全质量事故处罚制、质量否决制、标准试验室制、重要岗位一人审批制度等规定。落实设计变更、质量验评程序与奖罚、验工计量与计价质量签证、材料复试、质量事故报告、施工机械与人员

进退场报验，以及工序自检、互检、交接检的“三检制”，与工班初检、工程队复检、项目部终检的“三检制”等制度。

6、推行标准化施工作业

认真落实我单位已通过 ISO9002 认证的质量管理、质量保证标准，制定工序、工艺的质量予控措施，实行标准华作业法。每项工程都先写出详细的施工技术方案，经监理工程师认可后，进行施工。

7、组织技术攻关

结合工程实际组织技术攻关，改善施工工艺，努力消除质量通病，提高砼观感质量，促进提高分项、分部工程优良率。

8、严格把好材料的质量关

严格执行甲方要求的施工单位自购的主要材料其生产厂家须经业主及监理工程师认可的规定，全部材料均应有质保书。进场时，必须提供出厂合格证或产品技术鉴定书，严格进行材质、规格及外观检验，并按规定进行复试检验，经监理工程师确认达标后方可使用，杜绝使用假冒伪劣产品。

9、严格把好设备质量关

在准备投入本工程的机械设备中，一定要选性能和技能指标符合工程实际需要的、先进的、新型的机械设备。质量、性能良好的设备也是保证工程质量的重要因素之一。在优选机械设备的规格、型号、数量之后，还要保证上场机械的正常运转，现场还要配备专职维修人员，定期对设备进行保养，不定期对设备进行维修，保证机械设备的良好工作状态，不因设备问题造成质量事故。

10、强化计量工作，完善检测手段

项目部试验室配齐各种试验设备和计量器具及专职计量检测人员，配置先进的检测仪器，严格执行计量设备和器具检定规程，保证取值的准确性。试验人员深入工地跟班作业进行计量检测，保证检测数据的真实、准确，定期对各种计量检测试验器具进行维修、保养、检验标定。

健全工地计量管理制度，坚持挂牌施工，把好计量关。凡需计量的工序必须配备符合精度要求并经计量检验部门标定的计量器具，砼搅拌站采用电子自动计量配料设备，严格按施工配合比计量。

11、施工注意事项

(1) 模板要进行专门的设计，保证具有足够的强度、刚度和稳定性。模板由钢模加工厂制造，必须保证模板的各项精度要求。

(2) 模板拼接要平顺、严密、不漏浆、支撑加固要稳妥，保证模板垂直，支立好的模板经监理工程师检查合格后才能进行砼浇筑。

(3) 浇筑砼之前，排专人检查支架、模板、钢筋及预埋件的数量及安装位置是否准确。尤其是波纹管定位要严格按照图纸要求进行精确安装和固定。全部模板和钢筋应清刷干净，砼均匀性和坍落度要认真检查。应及时的清除模板内的杂物、积水及钢筋上污垢。

(4) 浇砼时，要有专人负责巡视检查，发现问题及时处理，防止跑、胀模现象发生。

(5) 为确保砼的外观质量，砼浇筑过程中试验人员应全过程旁站，随时抽查砼的坍落度及和易性，严格控制砼的水灰比，防止因砼的水比过大或过小而产生蜂窝、麻面及振捣不密实的发生。

(6) 砼浇后及时进行抹平，待定浆后进行拉毛处理。然后用塑料薄膜进行覆盖，防止因砼水分蒸发过快而形成干缩裂纹。

(7) 砼浇筑完成后，及时覆盖洒水养护。

七、安全生产措施

1、建立健全工地安全管理组织机构，定岗定责，责任到人(安全管理组织图附后)。

2、坚决贯彻执行国家颁布的“建筑安装安全技术操作规程”。

3、切实做好现场管理，道路要畅通，机具、材料堆放要整齐。

4、进入施工现场必须佩戴安全帽，佩带胸卡，严禁酒后施工。

5、所有电器设备要设防雨罩，同时安装漏电保护系统，机械操作有专人负责。

6、在张拉时梁头要设置防护墙，防止飞锚事故的发生。

7、安全员要认真负责，每班巡回检查不得少于 3 次，发现问题及时解决。

8、树立安全意识，不要追求速度，而存在安全隐患。

八、进度保证措施

(1) 建立强有力的指挥系统，加强领导。

(2) 选用具有丰富施工经验，信誉卓著，善打硬仗的专业施工队伍。

(3) 编制详细、可行、实施性的施工组织措施和施工计划。优化施工方案，充分利用现有人才，设备资源，确保工程按期完成。

(4) 尽量采用机械化施工，发挥机械施工效率高的优势。

(5) 在人员组织方面，安排钢筋、模板安装、砼施工四班人员进行流水作业，保证 2 天最低 1 片的进度。

(6) 进入冬季以前，及时配备冬季施工必要的防冻设备。确保冬季期间施工正常进行。

九、文明施工措施

1、建立组织机构

文明施工是我单位在在建工程综合素质考核的指标之一。确定文明施工的目标，进行“创一流”的宣传教育，举办“双文明达标”活动。

2、施工现场管理

(1)建立质量控制制度、施工安全制度、岗位责任制、现场管理制度、职工管理制度等。经常性检查，定期评比，奖惩分明，层层落实。

(2)现场管理有序，布置统一规划，施工区材料堆放整齐，场地平整，道路、排水畅通。制定工地规则，包含安全防卫、工程安全、工地出入制度、环境卫生、防火措施、周围及近邻环境保护的附加规则等。

(3)施工人员必须佩戴安全帽、上岗证、证件应附照片并写姓名、单位、岗位等。

(4)施工现场挂宣传标志，形成良好的文明施工氛围。

3、材料堆放场所：设备机具整洁：危险品按安全要求存放并专人管理登记；对砼拌合站及堆料场地进行硬化；现场材料分隔堆放，防止各种材料相互混淆；对钢材、水泥、木材等材料设置防雨设施和隔潮设施。

4、施工生产过程中的建筑垃圾清运指定地点，生产和生活污水进行处理后循环利用或排放，保证施工现场整齐、干净、卫生。

5、严格按照公安、消防部门的要求设置防火设施，定期对灭火器等防火设施进行检查，保证不影响当地群众正常生活及生产活动。

6、设备机具：择优选购，按需配备；登记造册，定期检修；坏的封修，缺件补齐；妥善保管，正确使用；规矩摆置，标识清楚。

7、建设良好的工地文化氛围，与当地群众协手共建文明工地，经常性地对职工进行文化素质教育，开展健康向上的文体活动，增强职工的文明意识。

8、处理好与当地群众的关系，积极开展多种形式的便民、爱民活动，搞好与驻地政府、群众的关系，积极参与当地精神文明建设，创造宽松良好的施工外部环境。

附件（略）1、质量管理组织机构图

2、箱梁预制施工工艺框图

3、箱梁各阶段张拉力读数表

4、存梁场地施工平面图

5、施工平面布置图

某高速公路 A3 合同段项目经理部

二 00 五年六月五日