

1 钢结构制作施工工艺标准

1.0 钢结构制作施工工艺标准

1.0.1 总则

1.0.1.1 适用范围

当前，建筑钢结构在我国得到蓬勃的发展，为了适应建筑钢结构发展的需要，确保工程质量，做到技术先进、经济合理、安全适用，制定本施工工艺标准。

本施工工艺标准适用于建筑钢结构的加工制作。

1.0.1.2 编制参考标准及规范

- (1) 《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99 — 1998
- (2) 《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205—2001
- (3) 《建筑钢结构焊接技术规程》JGJ 81—2002
- (4) 《钢结构高强度螺栓连接的设计、施工及验收规范》JGJ 82—91

1.0.2 术语符号

1.0.2.1 术语

- (1) 设计文件：设计图纸、施工技术要求和设计变更文件等的统称。
- (2) 材质证明书：由钢材生产部门或销售单位委托有资质的质量检测部门出具的某批钢材质量的证明文件。
- (3) 零件：组成部件或构件的最小单元，如腹板、翼缘板、连接板、节点板、加劲肋等
- (4) 部件：由若干零件组成的单元，如焊接 H 形钢、牛腿等。
- (5) 构件：由若干零件、部件组成的钢结构基本单元，如梁、柱、支撑等。
- (6) 抗滑移系数：高强度螺栓连接中，使连接件摩擦面产生滑动时的外力与垂直于摩擦面的高强度螺栓预拉力之和的比值。

(7) 预拼装：为检验构件是否满足安装质量要求而在安装前进行的拼装。

(8) 放样：按照技术部门审核过的施工详图，以 1：1 的比例在样板台上划出实样，求出实长，根据实长制成样板。

(9) 号料：以样板为依据，在原材料上划出实样，并打上各种加工记号。

1.0.2.2 符号

采用国家通用符号。

1.0.3 基本规定

1.0.3.1 钢结构工程施工单位应具备相应的钢结构工程施工资质，施工现场质量管理应有相应的施工技术标准、质量管理体系、质量控制及检验制度，施工现场应有经项目技术负责人审批的施工组织设计、施工方案等技术文件。

1.0.3.2 钢结构工程施工质量的验收，必须采用经计量检定。校准合格的计量器具。

1.0.3.3 钢结构工程应按下列规定进行施工质量控制：

(1) 采用的原材料及成品应进行进场验收。凡涉及安全、功能的原材料及成品应按国家相关标准、规范进行复验，并应经监理工程师（建设单位技术负责人）见证取样、送检。

(2) 各工序应按施工技术标准进行质量控制，每道工序完成后，应进行检查。

(3) 相关各专业工种之间，应进行交接检验，并经监理工程师（建设单位技术负责人）检查认可。

1.0.3.4 建筑钢结构的制作单位，应根据已批准的设计文件编制施工详图。施工详图应经原设计工程师会签及由合同文件规定的监理工程师批准方可施工。当需要修改时，制作单位应向原设计单位申报，经同意和签署文件后修改方可生效。

1.0.3.5 钢结构制作前，应根据设计文件、施工详图的要求以及制作单位的条件，编制制作工艺。制作工艺应包括：施工中依据的标准，制作单位的质量保证体系，成品的质量保证和为保证成品达到规定要求而制定的措施，生产场地的布置。采用的加工、焊接设备和工艺装备，焊工和检查人员的资质证明，各类检查项目表格和生产进度计划表。

制作工艺应作为技术文件经发包单位代表或监理工程师批准。

1.0.3.6 钢结构制作单位应在必要时对构造复杂的构件进行工艺性试验。

1.0.3.7 连接复杂的钢构件，应根据合同要求在制作单位进行预拼装。

1.0.4 施工准备

1.0.4.1 技术准备

(1) 图纸会审：进行图纸会审，与甲方、设计人员、监理充分沟通，了解设计意图。

(2) 审核施工图：根据工厂、工地现场的实际起重能力和运输条件，核对施工图中钢结构的分段是否满足要求；工厂和工地的工艺条件是否能满足设计要求。

(3) 详图设计：根据设计文件进行构件详图设计，以便于加工制作和安装。

(4) 加工方案及工装设计

1) 钢结构的加工工艺方案，由制造单位根据施工图及合同对钢结构质量、工期的要求编制，并经工厂（公司）总工程师审核，经发包单位代表或监理工程师批准后实施。

2) 根据构件特点和工厂实际情况，为保证产品质量和操作方便，应适当设计制作部分工装夹具。

(5) 组织必要的工艺实验，如焊接工艺评定等试验，尤其是对新工艺、新材料，要做好工艺试验，作为指导生产的依据。

(6) 编制材料采购计划。

1.0.4.2 材料要求

(1) 钢材

制作钢结构的钢材应符合下列规定：

1) 承重结构的钢材宜采用 Q235 钢、Q345 钢、Q390 钢和 Q420 钢，其质量应分别符合现行国家标准《碳素结构钢》GB / T700 和《低合金高强度结构钢》GB/T1591 的规定。当采用其他牌号的钢材时，尚应符合相应有关规定和要求。

2) 高层建筑钢结构的钢材，宜采用 Q235 等级 B、C、D 的碳素结构钢，以及 Q345 等级 B、C、D、E 的低合金高强度结构钢。当有可靠根据时，可采用其他牌号的钢材，但应符合相应有关规定和要求。

3) 下列情况的承重结构和重要结构不应采用 Q235 沸腾钢：

A. 焊接结构

a. 直接承受动力荷载或振动荷载且需要验算疲劳的结构。

b. 工作温度低于 -20°C 时，直接承受动力荷载或振动荷载但可不验算疲劳的结构以及承受静力荷载的受弯及受拉的重要承重结构。

C. 工作温度等于或低于 -30°C 的所有承重结构。

B. 非焊接结构

工作温度等于或低于 -20°C 直接承受动力荷载且需要验算疲劳的结构。

4) 承重结构的钢材应具有抗拉强度、伸长率、屈服强度和硫、磷含量的合格保证，对焊接结构尚应具有碳含量的合格保证。

焊接承重结构以及重要的非焊接承重结构的钢材还应具有冷弯试验的合格证。

对于需要验算疲劳的焊接结构的钢材，应具有常温冲击韧性的合格保证。当结构工作温度等于或低于 0°C 但高于 -20°C 时，Q235 钢和 Q345 钢应具有 0°C 冲击韧性的合格保证；对

Q390 钢和 Q420 钢应具有 -20°C 冲击韧性的合格保证。当结构温度等于或低于 -20°C 时，对 Q235 和 Q345 钢应具有 -20°C 冲击韧性的合格保证；对 Q390 钢和 Q420 钢应具有 -40°C 冲击韧性的合格保证。

对于需要验算疲劳的非焊接结构的钢材亦应具有常温冲击韧性的合格保证，当结构工作温度等于或低于 -20°C 时，对 Q235 钢和 Q345 钢应具有 0°C 冲击韧性的合格保证；对 Q390 钢和 Q420 钢应具有 -20°C 冲击韧性的合格保证。

注：重要的受拉或受弯的焊接构件中，厚度 $\geq 16\text{mm}$ 的钢材应具有常温冲击韧性的合格保证。

5) 当焊接承重结构为防止钢材的层状撕裂而采用 Z 向钢时，其材质应符合现行国家标准《厚度方向性能钢板》GB/T 5313 的规定。

6) 对处于外露环境，且对大气腐蚀有特殊要求的或在腐蚀性气态和固态介质作用于下的承重结构，宜采用耐候钢，其质量要求应符合现行国家标准《焊接结构用耐候钢》GB/T 4172 的规定。

7) 钢铸件采用的铸钢材质应符合现行国家标准《一般工程用铸造碳素钢》GB/T 11352 的规定。

8) 对属于下列情况之一的钢材，应进行全数抽样复验，其复验结果应符合现行国家产品标准和设计要求：

- A. 国外进口钢材；
- B. 钢材混批；
- C. 板厚 $\geq 40\text{mm}$ ，且设计有 Z 向要求的厚板；
- D. 建筑结构安全等级为一级，大跨度钢结构中主要受力构件所采用的钢材；
- E. 设计有复验要求的钢材；
- F. 对质量有疑义的钢材。

9) 钢板厚度、型钢的规格尺寸及允许偏差应符合其产品标准的要求，每一品种、规格抽查 5 处。

10) 钢材的表面外观质量除应符合国家现行有关标准的规定外，尚应符合下列规定：

当钢材的表面有锈蚀、麻点或划痕等缺陷时，其深度不得大于该钢材厚度负允许偏差值的 $1/2$ ；

a. 钢材表面的锈蚀等级应符合现行国家标准《涂装前钢材表面锈蚀等级和除锈等级》GB 8923 规定的 C 级及 C 级以上；

b. 钢材端边或断口处不应有分层、夹渣等缺陷。上述要求作全数观察检查。

11) 钢材应按种类、材质、炉（批）号、规格等分类平整堆放，并作好标记，堆放场地应有排水设施。

12) 钢材入库和发放应有专人负责，并及时记录验收和发放情况。

13) 钢结构制作的余料，应按种类、钢号和规格分别堆放，作好标记，记入台账，妥善保管。

(2) 焊接材料

1) 焊条应符合现行国家标准《碳钢焊条》GB/T 117、《低合金钢焊条》GB/T5118。

2) 焊丝应符合现行国家标准《熔化焊用钢丝》GB/T 14957、《气体保护电弧焊用碳钢、低合金钢焊丝》GB/T8110 及《碳钢药芯焊丝》GB / T 10045、《低合金钢药芯焊丝》GB/T7493 的规定。

3) 埋弧焊用焊丝和焊剂应符合现行国家标准《埋弧焊用碳钢焊丝和焊剂》GB/T 5293、《低合金钢埋弧焊用焊剂》GB/T 12470 的规定。

4) 气体保护焊使用的氩气应符合现行国家标准《氩气》GB/T 4842 的规定，其纯度不应低于 99.95%。

5) 气体保护焊使用的 M 氧化碳气体应符合现行国家标准《焊接用二氧化碳》GB/T2537 的规定。大型、重型及特殊钢结构工程中主要构件的重要焊接节点采用的二氧化碳气体质量应符合该标准中优等品的要求，即其二氧化碳含量（V / V）不得低于 99.9%，水蒸气与乙醇总含量（m / m）不得高于 0.005%，并不得检出液态水。

6) 大型、重型及特殊钢结构的主要焊缝采用的焊接填充材料应按生产批号进行复验。复验应由国家技术质量监督部门认可的质量监督检测机构进行。

7) 钢结构工程中选用的新钢材必须经过新产品鉴定。钢材应由生产厂家提供焊接性资料、指导性焊接工艺、热加工和热处理工艺参数、相应钢材的焊接接头性能数据等资料；焊接材料应由生产厂家提供贮存焊前烘焙参数规定、熔敷金属成分、性能鉴定资料及指导性施焊参数，经专家论证、评审和焊接工艺评定合格后，方可在工程中采用。

8) 焊接 T 形、十字形、角接头，当其翼缘板厚度等于或大于 40mm 时，设计宜采用抗层状撕裂的钢板。钢材的厚方向性能级别应根据工程的结构类型、节点形式及板厚和受力状态的不问情况选择。

钢板厚度方向性能级别 Z15、Z25、Z35 相应的含硫量、断面收缩率应符合表 1.0.4.2 规定：

钢板厚度方向性能级别及其含硫量、断面收缩率值 表 1.0.4.2

级别	含硫量≤ (%)	(ψ_2 %) 断面收缩率	
		三个式样平均值不小于	单个式样值不小于
Z15	0.01	15	10
Z25	0.007	25	15
Z35	0.005	35	25

(3) 紧固件

1) 钢结构工程所用的紧固件（普通螺栓、高强度螺栓、焊钉），应有出厂质量证明书，其质量应符合设计要求和国家现行有关标准的规定。

2) 普通螺栓可采用现行国家标准《碳素结构钢》GB700 中规定的 Q235 钢制成。

3) 高强度大六角头螺栓连接副包括一个螺栓，一个螺母和 2 个垫圈。对于性能等级为

8.8 级、10.9 级的高强度大六角头螺栓连接副，应符合现行国家标准《钢结构用高强度大六角头螺栓》GB/T 1228、《钢结构用高强度大六角螺母》GB/T 1229、《钢结构用高强度垫圈》GB/T 1230、《钢结构用高强度大六角头螺栓、大六角头螺母、垫圈技术条件》GB/T 1231。

4) 扭剪型高强度螺栓连接副包括一个螺栓，一个螺母和一个垫圈。对于性能等级为 8.8 级、10.9 级的扭剪型高强度螺栓连接副，应符合现行国家标准《钢结构用扭剪型高强度螺栓连接副》GB / T3632、《钢结构用扭剪型高强度螺栓连接副技术条件》GB/T 3633。

5) 焊钉应符合现行国家标准《圆柱头焊钉》GB 10433。

(4) 组合件

1) 钢网架节点中采用的焊接球、螺栓球、封板、锥头、套筒等组合件应符合现行产品标准《钢网架螺栓球节点、焊接球节点》JGJ 75.1。

2) 钢结构及其围护体系中用金属压型板应符合现行国家标准《建筑用压型钢板》GB / T12755、《铝及铝合金压型板》GB 6891。

(5) 材料管理

1) 钢结构工程所采用的钢材、焊接材料、紧固件、涂装材料等应附有产品的质量合格证明文件、中文标志及检验报告，各项指标应符合现行国家产品标准和设计要求。

2) 进场的原材料，除有出厂质量证明书外，还应按合同要求和有关现行标准在甲方、监理的见证下，进行现场见证取样。送样、检验和验收，做好记录，并向甲方和监理提供检验报告。

3) 在加工过程中，如发现原材料有缺陷，必须经检查人员。主管技术人员研究处理。

4) 材料代用应有制造单位事先提出附有材料质量证明书的申请书（技术核定单），向甲方和监理单位报审，经设计单位确认后后方可代用。

5) 严禁使用药皮脱落或焊芯生锈的焊条、受潮结块或已熔烧过的焊剂以及生锈的焊丝。焊钉表面不得有影响使用的裂纹。条痕、凹痕和毛刺等缺陷。

6) 焊接材料和螺栓应集中管理、建立专用仓库，库内要干燥，通风良好。

7) 涂料应符合设计要求，并存放在专用的仓库内，不得使用过期、变质、结块失效的涂料。

1.0.4.3 主要机具

参见表 1.0.4.3。

表 1.0.4.3

设备名称	设备型号	数量	设备能力
10t 桥式起重机	10t		
5t 桥式起重机	5t		
16t 门式起重机	MQ-16		
塔式起重机	60/80t.m		
16t 汽车起重机	QY16A		

10t 运输汽车	HY9140K		
型钢带锯机			
数控切割机			
多头直条切割机	CG1—4000		
型钢切割机	KT—462		
半自动切割机	CG1—30		
仿形切割机	CG2—150B		
圆孔切割机	KT—30		
数控三维钻床			
摇臂钻床	Z3040*16		
磁轮切割机	SAG—B		
车床	CA6140		
钻铣床	ZX—32		
坐标镗床	T4240		
相贯线切割机			
刨床	BH6070		
立式压力机	YA32—315		
卧式压力机	DC—315		
剪板机	JZQ16—2500		
端面铣床	TX50B		
滚剪倒角机	CD—20		
磁力电钻	RD—32A		
直流焊机	AX5—500		
交流焊机	BX1-500		
CO2 焊机	YM-500KR		
埋弧焊机	NZA—1000		
焊条烘干箱	HY704—4		
焊剂烘干箱	HJ—50		
电动空压机	4L—20		
柴油发电机	200KW		
喷砂机	PBS—100R		
喷漆机	GPQ9C		
叉车	CPQ—1B		
卷板机	CDW11HNC—50*2500		
焊接滚轮架	HGZ—5A		
翼缘矫正机	YTJ—50		
超声波探伤仪	ECHOPE220		
数字温度仪	RKCDP—500		
漆膜测厚仪	345FB—MKII		
数字钳形电流表	2003		
温湿度仪	WHM5		
焊缝检验尺	SK		

磁粉探伤仪	DA-400S		
游标卡尺			
钢卷尺	50m		
钢卷尺	30m		

1.0.4.4 作业条件

- (1) 完成施工详图，并经原设计人员签字认可。
- (2) 主要材料已经进场。
- (3) 施工组织设计、施工方案、作业指导书等各种技术准备工作已经准备就绪。
- (4) 各种工艺评定试验及工艺性能试验完成。
- (5) 各种机械设备调试验收合格。
- (6) 所有生产工人都进行了施工前培训，取得相应资格的上岗证书。

1.0.5 材料和质量要点

1.0.5.1 材料的关键要求

- (1) 钢结构使用的钢材、焊接材料、涂装材料和紧固件等应具有质量证明书，必须符合设计要求和现行标准的规定。
- (2) 进场的原材料，除必须有生产厂的出厂质量证明书外，并应按合同要求和有关现行标准在甲方、监理的见证下，进行现场见证取样、送样、检验和验收，做好检查记录。并向甲方和监理提供检验报告。
- (3) 钢结构工程的材料代用，一般是以高强度材料代替低强度材料，以厚代薄。
- (4) 钢结构工程使用的钢材，必须按要求进行力学性能实验，其检验项目应根据钢材材质进行确定，对于 B、C、D 三级的钢材应按要求进行冲击实验。
- (5) 高强度螺栓应按要求进行预拉力试验。

1.0.5.2 技术关键要求

- (1) 放样、号料应根据加工要求增加加工余量。
- (2) 制孔应注意控制孔位和垂直度。
- (3) 装配工序应根据构件特点制定相应的装配工艺及工装胎具。
- (4) 焊接工序应严格控制焊接变形。

1.0.5.3 质量关键要求

- (1) 样板、样杆应经质量检验员检验合格后，方可进行下料。
- (2) 大批量制孔时，应采用钻模制孔。钻模应经质量检验员检查合格后，方可使用。
- (3) 装配完成的构件应经质量检验员检验合格后，方可进行焊接。
- (4) 焊接过程中应严格按照焊接工艺要求控制相关焊接参数，并随时检查构件的变形情况；如出现问题，应及时调整焊接工艺。

1.0.5.4 职业健康安全关键要求

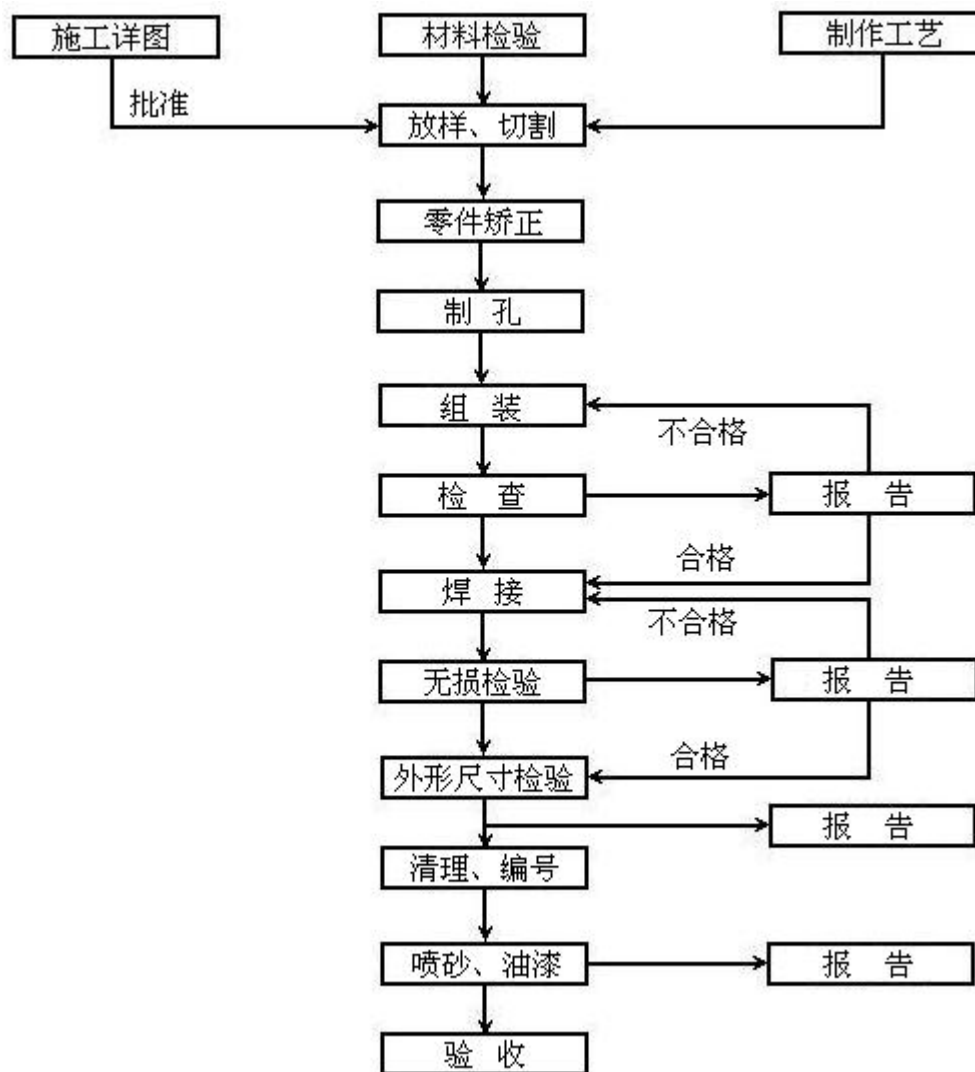
- (1) 建立各设备及工序的安全操作规程，并配备专职安全检验员，随时检查。发现问题，及时整改。
- (2) 定期组织相关部门进行安全大检查。

1.0.5.5 环境关键要求

- (1) 所有原材料及工程剩余材料应堆放整齐，不得随意乱放。
- (2) 应划分原材料和成品区域，不得混放。

1.0.6 制作施工工艺

1.0.6.1 工艺流程



1.0.6.2 制作工艺

(1) 放样、号料

1) 熟悉施工图，并认真阅读技术要求及设计说明，并逐个核对图纸之间的尺寸和方向等。特别应注意各部件之间的连接点、连接方式和尺寸是否一一对应。发现有疑问之处，应与有关技术部门联系解决。

2) 准备好做样板、样杆的材料，一般可采用薄钢板和小扁钢。

3) 放样需用的工具：尺、石笔、粉线、划针、划规、铁皮剪等。尺必须经过计量部门的校验复核，合格后方可使用。

4) 号料前必须了解原材料的材质及规格，检查原材料的质量。不同规格、不同材质的零件应分别号料。并依据先大后小的原则依次号料。

5) 样板、样杆上应用油漆写明加工号、构件编号、规格，同时标注上孔直径、工作线、弯曲线等各种加工符号。

6) 放样和号料应预留收缩量（包括现场焊接收缩量）及切割、铣端等需要的加工余量。
铣端余量：剪切后加工的一般每边加 3~4mm，气割后加工的则每边加 4~5mm。

切割余量：自动气割割缝宽度为 3mm，手工气割割缝宽度为 4mm（与钢板厚度有关）。
焊接收缩量根据构件的结构特点由工艺给出。

7) 主要受力构件和需要弯曲的构件，在号料时应按工艺规定的方向取料，弯曲件的外侧不应有样冲点和伤痕缺陷。

8) 号料应有利于切割和保证零件质量。

9) 本次号料后的剩余材料应进行余料标识，包括余料编号、规格、材质及炉批号等，以便于余料的再次使用。

10) 放样和样板、样杆允许偏差如表 1.0.6.2—1 所示：

11) 号料后允许偏差如表 1.0.6.2—2 所示：

放样和样板、样杆允许偏差 表 1.0.6.2.1

项目	允许偏差
平均线距离和分段尺寸	±1.0mm
对角线差 (L ₁)	±1.0mm
宽度、长度 (B、L)	±1.0mm
孔距 (A)	±1.0mm
加工样板角度 (C)	±0.2°

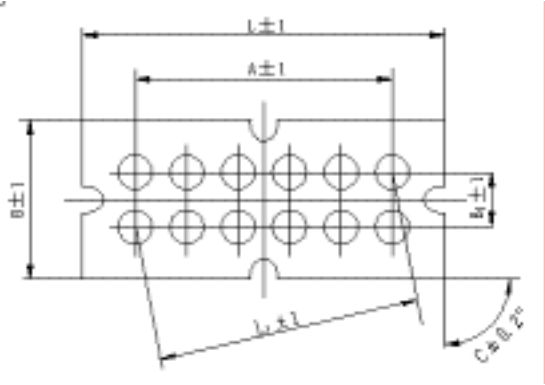


图 1.0.6.2—1 放样和样板/样杆允许偏差

号料后允许偏差 表 1.0.6.2 - 2

项目	允许偏差
零件外形尺寸	±1.0mm
孔距	±1mm

(2) 切割

1) 下料划线以后的钢材，必须按其所需的形状和尺寸进行下料切割。常用的切割方法有：机械切割：使用剪切机、锯割机、砂轮切割机等机械设备（主要用于型材及薄钢板的切割）。

气割：利用氧气—乙炔、丙烷、液化石油气等热源进行（主要用于中厚钢板及较大断面型钢的切割）。

等离子切割：利用等离子弧焰流实现（主要用于不锈钢、铝、铜等金属的切割）。

2) 剪切时应注意以下工艺要点：

A. 剪刀口必须锋利，剪刀材料应为碳素工具钢和合金工具钢，发现损坏或者迟钝需及时检修、磨砺或调换。

B. 上下刀刃的间隙必须根据板厚调节适当。

C. 当一张钢板上排列许多个零件并有几条相交的剪切线时，应预先安排好合理的剪切程序后再进行剪切。

D. 剪切时，将剪切线对准下刃口，剪切的长度不能超过下刀刃长度。

E. 材料剪切后的弯扭变形，必须进行矫正；剪切面粗糙或带有毛刺，必须修磨光洁。

F. 剪切过程中，切口附近的金属，因受剪力而发生挤压和弯曲，从而引起硬度提高，材料变脆的冷作硬化现象，重要的结构件和焊缝的接口位置，一定要用铣、刨或砂轮磨削等方法将硬化表面加工清除。

3) 锯切机械施工中应注意以下施工要点：

A. 型钢应经过校直后方可进行锯切。

B. 所选用的设备和锯条规格，必须满足构件所要求的加工精度。

C. 单件锯切的构件，先划出号料线，然后对线锯切，号料时，需留出锯槽宽度（锯槽宽度为锯条厚度加 0.5~1.0mm）。成批加工的构件，可预先安装定位挡板进行加工。

D. 加工精度要求较高的重要构件，应考虑预留适当的加工余量，以供锯切后进行端面精铣。

E. 锯切时，应注意切割断面垂直度的控制。

4) 气割操作时应注意以下工艺要点：

A. 气割前必须检查确认整个气割系统的设备和工具全部运转正常，并确保安全。在气割过程中应注意：

a. 气压稳定，不漏气。

b. 压力表、速度计等正常无损。

C. 机体行走平稳，使用轨道时要保持平直和无振动。

d. 割嘴气流畅通，无污损。

e. 割炬的角度和位置准确。

B. 气割时应选择正确的工艺参数（如割嘴型号、气体压力、气割速度和预热火焰能率等），工艺参数的选择主要是根据气割机械的类型和可切割的钢板厚度进行确定。

C. 切割时应调节好氧气射流（风线）的形状，使其达到并保持轮廓清晰、风线长和射力高。

D. 气割前，应去除钢材表面的污垢、油污及浮锈和其他杂物，并在下面留出一定的空间，以利于熔渣的吹出。气割时，割炬的移动应保持匀速，割件表面距离焰心尖端以 2~5mm 为宜。

E. 气割时，必须防止回火。

F. 为了防止气割变形，操作中应遵循下列程序：

- a. 大型工件的切割，应先从短边开始。
- b. 在钢板上切割不同尺寸的工件时，应靠边靠角，合理布置，先割大件，后割小件。
- c. 在钢板上切割不同形状的工件时，应先割较复杂的，后割较简单的。
- d. 窄长条形板的切割，采用两长边同时切割的方法，以防止产生旁弯（俗称马刀弯）。

5) 机械切割和气割的允许偏差见表 1.0.6.2-3、表 1.0.6.2-4。

机械切割的允许偏差 表 1.0.6.2 - 3

项目	允许偏差
零件宽度、长度	±3.0mm
边缘缺棱	1.0mm
型钢端部垂直度	2.0mm

气割的允许偏差 表 1.0.6.2.4

项目	允许偏差
零件的宽度、长度	±3.0mm
切割面平面度	0.05t,但大于 2.0mm
割纹深度	0.3mm
局部缺口深度	1.0mm

注： t 为切割面厚度。

(3) 矫正和成型

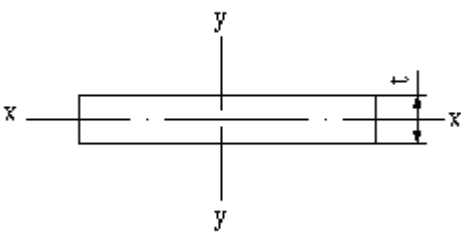
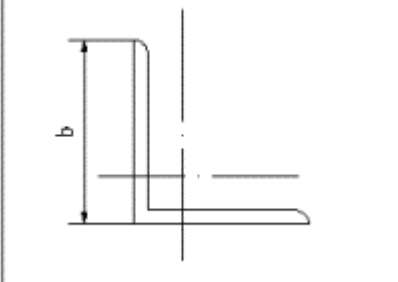
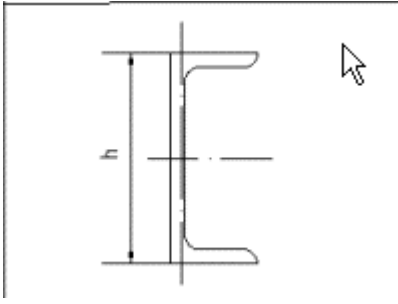
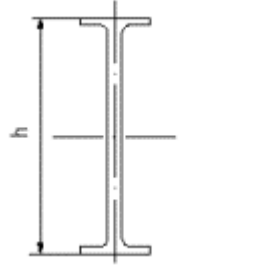
1) 碳素结构钢在环境温度低于-16℃、低合金结构钢在环境温度低于-12℃时，不应进行冷矫正和冷弯曲。碳素结构钢和低合金结构钢在加热矫正时，加热温度不应超过 900℃。低合金结构钢在加热矫正后应自然冷却。

2) 当零件采用热加工成型时，加热温度控制在 900~1000℃；碳素结构钢和低合金结构分别下降到 700℃和 800℃之前，应结束加工。

3) 矫正后钢材表面，不应有明显的凹面损伤，划痕深度不得大于 0.5mm，且不应大于该钢材厚度负允许偏差的 1/2。

4) 冷矫正和冷弯曲的最小曲率半径和最大曲矢高应符合表 1.0.6.2—5 的要求。

冷矫正和冷弯曲的最小曲率半径和最大弯曲矢高 (mm) 表 1.0.6.2 - 5

钢材类别	图例	对应轴	矫正		弯曲	
			r	f	r	f
钢板扁钢		x-x	50t	$l^2/400t$	25t	$l^2/200t$
		y-y (仅对扁钢轴线)	100b	$l^2/800b$	50b	$l^2/400b$
角钢		x-x	90b	$l^2/720b$	45b	$l^2/360b$
槽钢		x-x	50h	$l^2/400h$	25h	$l^2/200h$
		y-y	90b	$l^2/720b$	45b	$l^2/360b$
工字钢		x-x	50h	$l^2/400h$	25h	$l^2/200h$
		y-y	50b	$l^2/400b$	25b	$l^2/200b$

注: r 为曲率半径; f 为弯曲矢高; l 为弯曲弦长; t 为钢板厚度。

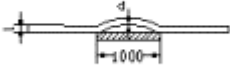
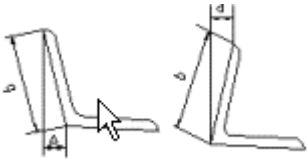
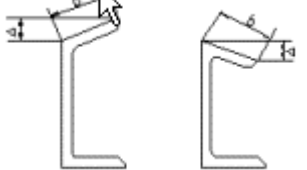
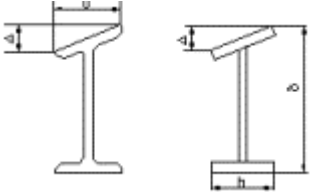
5) 钢材矫正后的允许偏差, 应符合表 1.0.6.2—6 要求

(4) 边缘加工

- 1) 气割或机械剪切的零件, 需要技能型边缘加工时, 其刨削量不应小于 2.0mm
- 2) 焊接坡口加工宜采用自动切割、半自动切割、坡口机、刨边等方法进行。
- 3) 边缘加工一般采用铣、刨等方式加工。边缘加工时应注意控制加工面的垂直和表面

粗糙度。

钢材矫正后的允许偏差表 1.0.6.2 - 6

项目		允许偏差（mm）	图例
钢板的局部平面度	$6 \leq t \leq 14$	$\Delta \leq 1.5$	
	$t > 14$	$\Delta \leq 1.0$	
型钢弯曲矢高		$l/1000$ 且部应大于 5.0	
角钢肢的垂直度	$\Delta \leq b/100$, 双肢栓接钢的角度不得大于 90		
槽钢翼缘对腹板的垂直度	$\Delta \leq b/80$		
工字钢 H 形钢翼缘对腹板的垂直度	$\Delta \leq b/100$ 且不大于 2.0		

4) 边缘加工允许偏差见表 1.0.6.2—7。

边缘加工允许偏差表 1.0.6.2 - 7

项目	允许偏差
零件宽度、长度	$\pm 1.0\text{mm}$
加工边直线度	$l/3000$ ，但不应大于 2.0mm
相邻两边夹角	$\pm 6'$
加工面垂直度	$0.025t$, 且不应大于 0.5mm
加工面粗糙度（B）	$50/\sqrt{\quad}$

(5) 管球加工

- 1) 螺栓球成型后，不应有裂纹、褶皱、过烧。
- 2) 钢板压成半圆球后，表面不应有裂纹、褶皱；焊接球其对接坡口应采用机械加工，对接焊缝打磨平整。

3) 钢管坡口的切割及相贯线的切割, 可采用相贯线自动切割机进行加工。

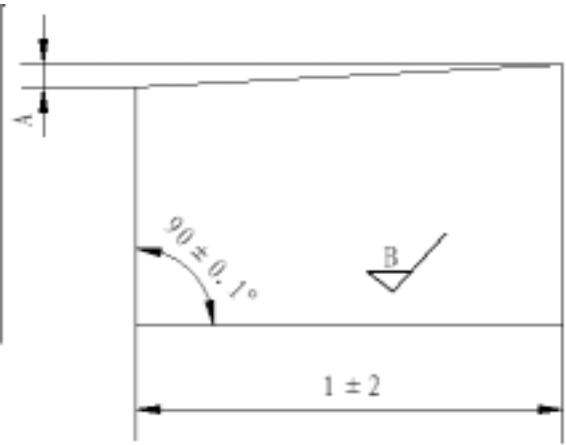


图 1.0.6.2—2 边缘加工允许偏差

4) 螺栓球加工的允许偏差应符合表 1.0.6.2—8 的规定。

螺栓球加工的允许偏差 (mm) 表 1.0.6.2 - 8

项目		允许偏差	检验方法
圆度	$d \leq 120$	1.5	用卡尺和游标卡尺检查
	$d > 120$	2.5	
同一轴线上两铣平面平行度	$d \leq 120$	0.2	用百分表 V 形块检查
	$d > 120$	0.3	
铣平面距球中心距离		± 0.2	用游标卡尺检查
相邻两螺栓孔中心夹角		$\pm 30'$	用分度头检查
两铣平面与螺栓孔轴线垂直度		$0.005r$	用百分表检查
球毛坯直径	$d \leq 120$	+2.0 -1.0	用卡尺和游标卡尺检查
	$d > 120$	+3.0 -1.5	

5) 焊接球加工的允许偏差应符合表 1.0.6.2—9 的规定

焊接球加工的允许偏差 (mm) 表 1.0.6.2 - 9

项目	允许偏差	检验方法
直径	$\pm 0.005d$ ± 2.5	用卡尺和游标卡尺检查
圆度	2.5	用卡尺和游标卡尺检查
壁厚减薄量	$0.13t$, 且不大于 1.5	用卡尺和测厚仪检查
两半球对口错边	1.0	用套模和游标卡尺检查

6) 钢网架 (桁架) 用钢管杆件加工的允许偏差应符合表 1.0.6.2—10 的规定。

钢网架 (桁架) 用钢管杆件加工的允许偏差 (mm) 表 1.0.6.2 - 10

项目	允许偏差	检验方法
----	------	------

长度	± 1.0	用钢尺和百分表检查
端面对管轴的垂直度	$0.005r$	用百分表 V 形块检查
管口曲线	1.0	用套模和游标卡尺检查

(6) 制孔

1) 采用钻模制孔和划线制孔两种方法。较多频率的孔组要设计钻模，以保证制孔过程中的质量要求。制孔前考虑焊接收缩量及焊接变形的因素，将焊接变形均匀地分布在构件上。

2) A、B 级螺栓孔（二类孔）应具有 H12 的精度，孔壁表面粗糙度 R_a 不应大于 $12.5 \mu m$ 。其孔径的允许偏差应符合表 1.0.6.2—11 的要求。

A、B 级螺栓孔孔径的允许偏差 (mm) 表 1.0.6.2 - 11

序号	螺栓公称直径、螺栓孔直径	螺栓公称直径允许偏差	螺栓孔直径允许偏差
1	10—18	0.00 —0.21	+0.18 0.00
2	18—30	0.00 —0.21	+0.21 0.00
3	30—50	0.00 —0.25	+0.25 0.00

3) C 级螺栓孔（Ⅱ类孔），孔壁表面粗糙度 R_a 不应大于 $25 \mu m$ 其允许偏差应符合表 1.0.6.2—12 的规定。

C 级螺栓孔（Ⅱ类孔）孔壁表面粗糙度允许偏差 (mm) 表 1.0.6.2 - 12

项目	允许偏差
直径	+1.0 0.0
圆度	2.0
垂直度	$0.03t$, 且不应大于 2.0

4) 螺栓孔孔距的允许偏差应符合表 1.0.6.2—13 的要求。

螺栓孔孔距的允许偏差 (mm) 表 1.0.6.2 - 13

螺栓孔距范围	≤ 500	501—1200	1201—3000	> 3000
同一组内任意两孔间距离	± 1.0	± 1.5	—	—
相邻两组的端孔间距离	± 1.5	± 2.0	± 2.5	± 3.0

注：1.在节点中连接板与一根杆件相连的所有螺栓孔为一组。

2.对接接头在拼接板一侧的螺栓孔为一组。

3.在两相邻节点或接头间的螺栓孔为一组，但不包括上述两款规定的螺栓孔。

4.受弯构件翼缘上的连接螺栓孔，每米长度范围内的螺栓孔为一组。

5) 螺栓孔孔距的允许偏差超过上表规定的允许偏差时，应采用与母材材质相匹配的焊

条补焊，并经超声波探伤（UT）合格后，重新制孔。

（7）摩擦面加工

1）采用高强度螺栓连接时，应对构件摩擦面进行加工处理。处理后的抗滑移系数应符合设计要求。

2）高强度螺栓连接摩擦面的加工，可采用喷砂、抛丸和砂轮机打磨等方法（注：砂轮机打磨方向应与构件受力方向垂直，且打磨范围不得小于螺栓直径的4倍）。

3）经处理的摩擦面应采取防油污和损伤保护措施。

4）制造厂和安装单位应分别以钢结构制造批进行抗滑移系数试验。制造批可按分部（子分部）工程划分规定的工程量每2000t为一批，不足2000t的可视为一批。选用两种及两种以上表面处理工艺时，每种处理工艺应单独检验。每批三组试件。

5）抗滑移系数试验用的试件应由制造厂加工，试件与所代表的钢结构构件应为同一材质、同批制作、采用同一摩擦面处理工艺和具有相同的表面状态，并应用同批同一性能等级的高强度螺栓连接副，在同一环境条件下存放。

6）试件钢板的厚度，应根据钢结构工程中有代表性的板材厚度来确定。试件板面应平整，无油污，孔和板的边缘无飞边、毛刺。

7）制作厂应在钢结构制作的同时进行抗滑移系数试验，并出具报告。试验报告应写明试验方法和结果。

8）应根据国家标准《钢结构高强度螺栓连接的设计、施工及验收规程》（JGJ82）的要求或设计文件的规定，制作材质和处理方法相同的复验抗滑移系数用的试件，并与构件同时移交。

（8）端部加工

1）构件的端部加工应在矫正合格后进行。

2）应根据构件的形式采取必要的措施，保证铣平端面与轴线垂直。

3）端部铣平的允许偏差，应符合表1.0.6.2-14的要求。

（9）钢结构构件的组装

1）钢结构构件组装的一般规定：

A. 组装前，工作人员必须熟悉构件施工图及有关的技术要求，并根据施工图要求复核其需组装零件质量。

端部铣平的允许偏差 表 1.0.6.2 - 14

项目	允许偏差
两端铣平时构件长度	±2.0
两端铣时零件长度	±0.5
铣平面的平面度	0.3
铣平面对轴线的垂直度	1/1500

B. 由于原材料的尺寸不够，或技术要求需拼接的零件，一般必须在组装前拼接完成。

C. 在采用胎模装配时必须遵循下列规定：

a. 选择的场地必须平整，并具有足够的刚度。

b. 布置装配胎模时必须根据其钢结构构件特点考虑预放焊接收缩量及其他各种加工余量。

C. 组装出首批构件后，必须由质量检查部门进行全面检查，经检查合格后，方可进行继续组装。

d. 构件在组装过程中必须严格按照工艺规定装配，当有隐蔽焊缝时。必须先行施焊，并经检验合格后方可覆盖。当有复杂装配部件不易施焊时，亦可采用边装配边施焊的方法来完成其装配工作。

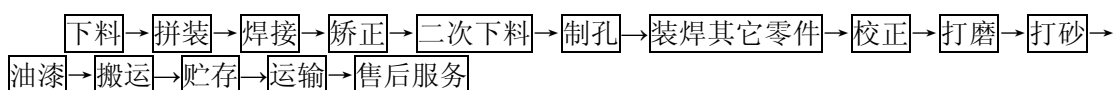
e. 为了减少变形和装配顺序，可采取先组装成部件，然后组装成构件的方法。

2) 钢结构构件组装方法的选择，必须根据构件的结构特性和技术要求，结合制造厂的加工能力、机械设备等情况，选择能有效控制组装质量、生产效率高的方法进行。

3) 典型结构组装

A, 焊接 H 形钢施工工艺

a 工艺流程



b. 工艺要求

a) 下料

①下料前应将钢板上的铁锈、油污清理干净，以保证切割质量。

②钢板下料宜采用多头切割机几块板同时下料，以防止零件产生马刀弯。

③钢板下料应根据配料单规定的规格尺寸落料，并适当考虑构件加工时的焊接收缩量。

④开坡口

采用坡口倒角机或半自动切割机，全熔透焊缝坡口角度如图 1.0.6.2.3（左）所示。熔透焊缝坡口角度如图 1.0.6.2—3（右）所示。

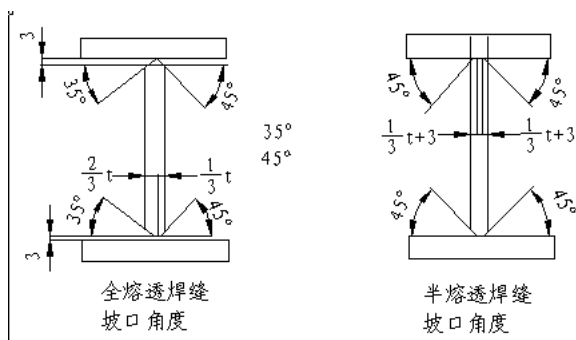
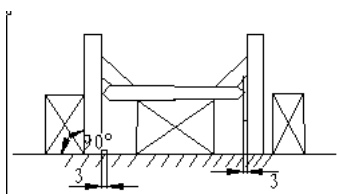


图 1.0.6.2-3 焊接 H 形钢全熔透和半熔透焊接缝坡口角度

⑤ 下料后，将割缝处的流渣清理干净，转入下道工序。

b) 装配 BH 梁装配在组装平台上进行，平台简如图 1.0.6.2-4。



装配前，应先将焊接区域内的氧化皮、铁锈等杂物清理干净；然后用石笔在翼缘板上划线，标明腹板装配位置，将腹板、翼缘板置于平台上，用楔子、角尺雕 BH 梁截面尺寸及垂直度，装配间隙控制在 2~4mm（半熔透焊缝、贴角焊不留间隙），点焊固定翼缘板，再用角钢点焊固定。点焊焊材材质应与主焊缝材质相同，长度 50mm 左右，间距 300mm，焊缝高度不得大于 6mm，且不超过设计高度的 2/3。

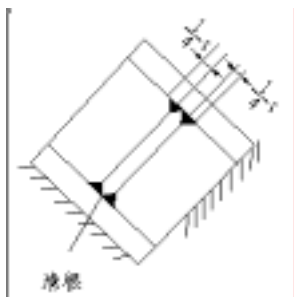
C) 焊接

①BH 梁焊接采用 CO₂ 气体保护焊打底，埋弧自动焊填充、盖面，船形焊施焊的方法。

②工艺参数应参照工艺评定确定的数据，不得随意更改。

③焊接顺序：

Ⓐ 打底焊一道；Ⓑ 填充焊一道；Ⓒ 碳弧气刨清根；Ⓓ 反面打底、填充、盖面；Ⓔ 正面填充、盖面焊。



简图如图 1.0.6.2-5。

具体施焊时还要根据实际焊缝高度，确定填充焊的次数，构件要勤翻身，防止构件产生扭曲变形。如果构件长度>4m，则采用分段施焊的方法。

d) 矫正

①BH 梁焊接后容易产生挠曲变形、翼缘板与腹板不垂直、薄板焊接还会产生波浪形等焊接变形，因此一般采用机械矫正及火焰加热矫正的方法矫正。

②机械矫正

矫正前，应清扫构件上的一切杂物，与压辊接触的焊缝焊点修磨平整。

使用机械矫正（翼缘矫正机）注意事项：构件的规格应在矫正机的矫正范围之内，即：翼缘板最大厚度≤50mm；翼缘板宽度=180～800mm；腹板厚度≤50mm；腹板高度>350mm 以上；工件材质：Q235（Q345 时被矫正板厚为 Q235 的 70%）

工件厚度与宽度须符合表 1.0.6.2—15 的对应关系：

表 1.0.6.2 - 15

翼板最大厚度（mm）	10～15	15～25	25～30	30～35	35～40	40～45
翼板宽度（mm）	150～800	200～800	300～800	350～800	400～800	500～800

当翼缘板厚度超过 30mm 时，一般要求往返几次矫正（每次矫正量 1～2mm）。

机械矫正时，还可以采用压力机根据构件实际变形情况直接矫正。

③火焰矫正注意事项：①根据构件的变形情况，确定加热的位置及加热顺序；②加热温度最好控制在 600～650℃。

e) 二次下料

目的：确定构件基本尺寸及构件截面的垂直度，作为制孔、装焊其他零件的基准。

当 BH 梁截面小于 750mm×520mm 时，可采用锯切下料，当 BH 截面大于 750mm×520mm 时，可采用铣端来确定构件长度。注意：二次下料时根据工艺要求加焊接收缩量。

f) 制孔：

①构件小批量制孔，先在构件上划出孔的中心和直径，在孔的圆周上（90° 位置）打四个冲眼，作钻孔后检查用，中心冲眼应大而深。

②当制孔量比较大时，要先制作钻模，再钻孔；制作钻模的原则：

①同一类孔超过 50 组；

②一组孔由 8 个以上孔组成；

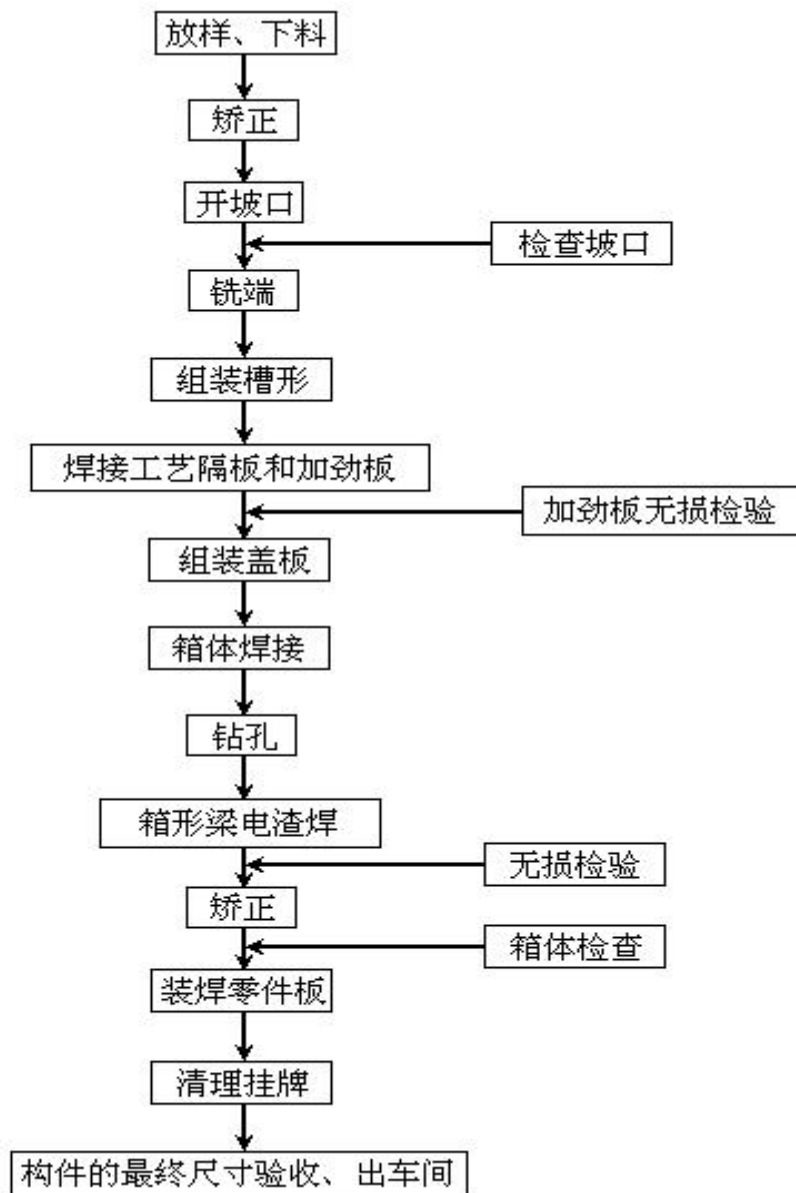
③重要螺栓孔。

③钻孔时，摆放构件的平台要平整，以保证孔的垂直度。

g) 装焊其他零件

h) 最后校正构件，将构件表面的焊疤、焊瘤、飞溅等杂物清理干净，即可出车间。

B. 箱形截面构件的加工工艺



a. 放样、下料

a)放样

应按照图纸尺寸及加工工艺要求增加加工余量（加工余量包含铣端余量和焊接收缩余量）。以下发的钢板配料表为依据，在板材上进行放样、划线。放样前应将钢材表面的尘土、锈皮等污物清理干净。

b) 下料

对箱体的四块主板（为了防止其马刀变形）采用多头自动切割机进行下料，对箱体上其他零件的厚度在大于 12mm 以上者采用半自动切割机开料，小于或等于 12mm 以下者采用剪床下料。气割前应将钢材切割区域表面的铁锈、污物等清理干净，气割后应清除熔渣和飞溅物。

b. 开坡口

根据加工工艺卡的坡口形式采用半自动切割机或倒边机进行开制。坡口一般分为全熔透和非全熔透两种形式。为了保证最终的焊接质量，对全熔透坡口的长度应在设计长度的基础上与非全熔透坡口相邻处适当加长。

坡口切割后，所有的熔渣和氧化皮等杂物应清理干净，并对坡口进行检查。如果切割后的沟痕超过了气割的允许偏差，应用规定的焊条进行修补，并与坡口面打磨平齐。

c. 矫正

对所下的板件用立式液压机进行矫正，以保证其平整度。对钢板有马刀弯者应采用火焰矫正的方法进行矫正，火焰矫正的温度不得超过 650℃。

d. 铣端、制孔

工艺隔板的制作：箱体在组装前应对工艺隔板进行铣端，目的是保证箱形的方正和定位以及防止焊接变形。

e. 箱体组装

组装前应将焊接区域范围内的氧化皮、油污等杂物清理干净。箱体组装时，点焊工必须严格按照焊接工艺规程执行，不得随意在焊接区域以外的母材上引弧。

a) 将箱体组装为槽形

先在装配平台上将工艺隔板和加劲板装配在一箱体主板上，工艺隔板一般距离主板两端头 200mm，工艺隔板之间的距离为 1000~1500mm，如图 1.0.6.2—6。此时所选主板根据箱形截面大小不同而有选择性：当截面 $\geq 800\text{mm} \times 800\text{mm}$ 时，选择任意一块主板均可；当截面 $< 800\text{mm} \times 800\text{mm}$ 时，则只能选择与加劲板不焊一边相对的主板。

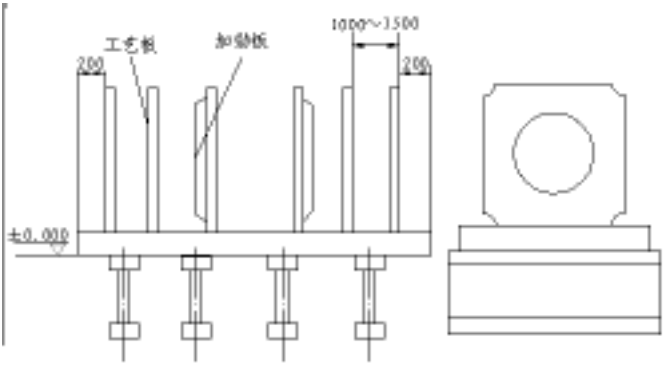


图 1.0.6.2—6 箱体组装 A

组装槽形：在组装槽形前应将工艺隔板、加劲板与主板进行焊接。将另两相对的主板组装为槽形，如图 1.0.6.2—7。

槽形内的工艺隔板、加劲板与主板的焊接：根据焊接工艺的要求用手工电弧焊或二氧化碳气体保护焊进行焊接。

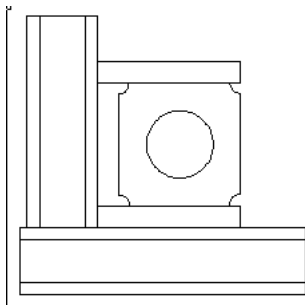


图 1.0.6.2—7 箱体组装 B

b) 组装箱体的盖板

在组装盖板前应对加劲板的三条焊缝进行无损检验，同时也应检查槽形是否扭曲，直至合格后方可组装盖板。

c) 箱体四条主焊缝的焊接

四条主焊缝的焊接应严格按照焊接工艺的要求施焊，焊接采用二氧化碳气体保护焊进行打底，埋弧自动焊填充盖面。在焊缝的两端应设置引弧和引出板，其材质和坡口形式应和焊件相同。埋弧焊的引弧和引出焊缝应大于 50mm。焊接完毕后应用气割切除引弧和引出板，并打磨平整，不得用锤击落。

对于板厚大于 50mm 的碳素钢和板厚大于 36mm 的低合金钢，焊接前应进行预热，焊后应进行后热。预热温度宜控制在 100~150℃ 预热区在焊道两侧，每侧宽度均应大于焊件厚度的 2 倍，且不应小于 100mm。高层钢结构的箱形柱与横梁连接部位，因应力传递的要求，设计上在柱内设加劲板，箱形柱为全封闭形，在组装焊接过程中，每块加劲板四周只有三边能用手工焊或 CO₂ 气体保护焊与柱面板焊接，在最后一块柱面板封焊后，加劲板周边缺一条焊缝，为此必须用熔嘴电渣焊补上。为了达到对称焊接控制变形的目的，一般留两条焊缝用电渣焊对称施焊。

f. 矫正、開箱体端头坡口

箱体组焊完毕后，如有扭曲或马刀弯变形，应进行火焰矫正或机械矫正。箱体扭曲的机械矫正方法为：将箱体的一端固定而另一端施加反扭矩的方法进行矫正，如图 1.0.6.2—8。对箱体端头要求开坡口者在矫正之后才进行坡口的开制。

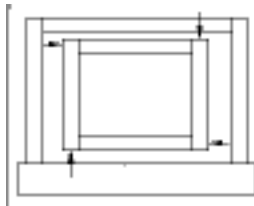


图 1.0.6.3—8 箱体组装

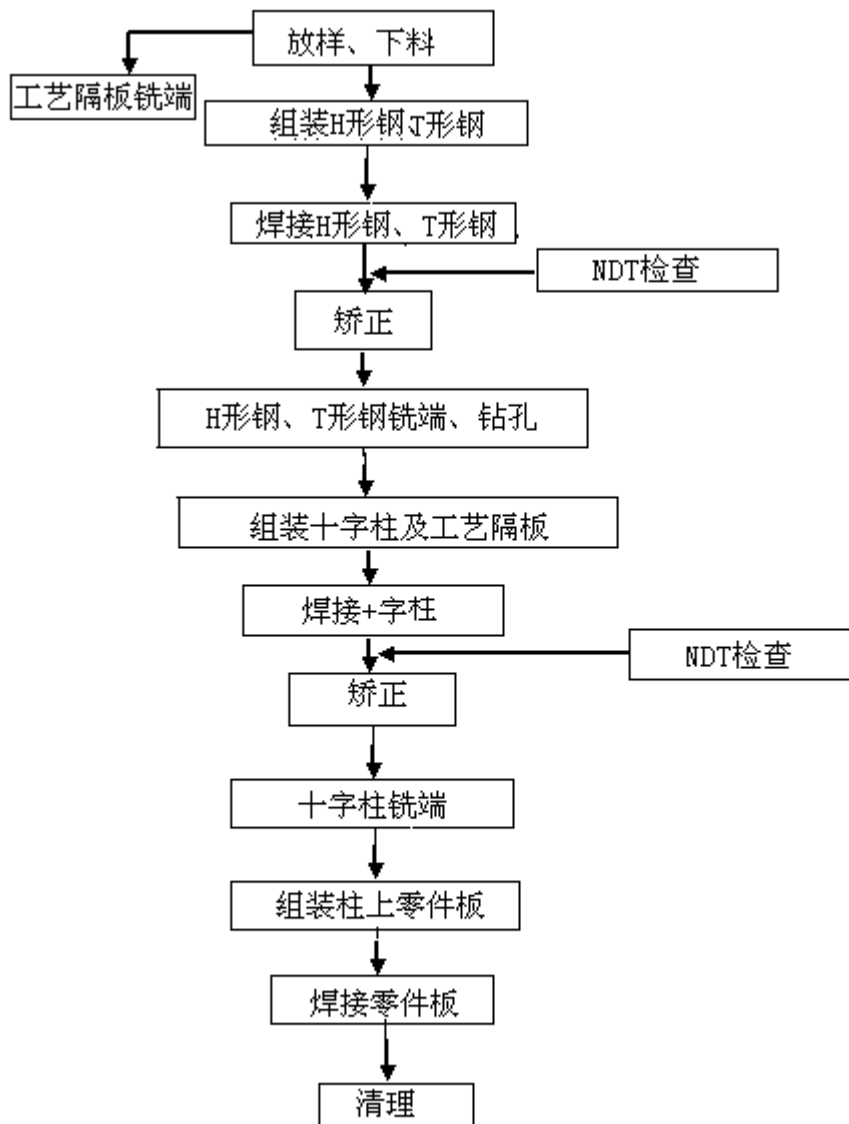
g. 箱体其他零件的组装焊接。

h. 构件的清理、挂牌以及构件的最终尺寸验收、出车间。

C. 劲性十字柱的加工工艺

十字柱加工流程图如下。

a. 下料：按照图纸尺寸及加工工艺要求增加的加工余量，采用多头切割机进行下料，以防止零件产生马刀弯。对于部分小块零件板则采用半自动切割机或手工切割下料。

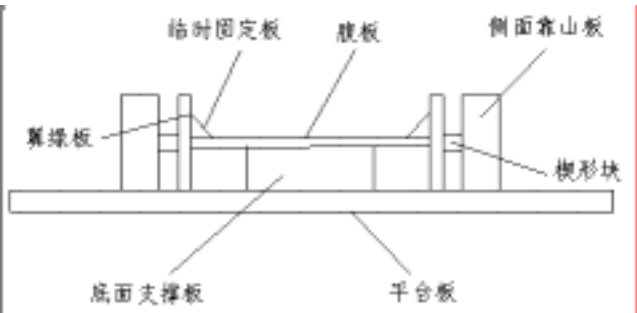


b. 开坡口：根据腹板厚度的不同，采用不同的坡口形式。具体坡口形式由技术部门编制相应的加工工艺卡。坡口采用半自动切割机进行开制。切割后，所有的流挂、飞溅、棱边等杂物均要清理干净，方可进行下道工序。

c. H 形钢和 T 形钢部件的制作

①H 形钢的制作

① 组装：坡口开制完成，零件检查合格后，在专用胎具上组装 H 形钢。组装时，利用直角尺将翼缘的中心线和腹板的中心线重合，点焊固定。组装完成后，在 H 形钢内加一些临时固定板，以控制腹板和翼缘的相对位置及垂直度，并起到一定的防变形作用。见图 1.0.6.2—9。



② 焊接：H 形钢的焊接采用你气体保护焊打底，埋弧自动焊填充、盖面的方式进行焊接。在焊接过程中要随时观察 H 形钢的变形情况，及时对焊接次序和参数进行调整。

③ 矫正：H 形钢焊接完成后，采用翼缘矫正机对 H 形钢进行矫直及翼缘矫平，保证翼缘和腹板的垂直度。对于扭曲变形，则采用火焰加热和机械加压同时进行的方式进行矫正。火焰矫正时，其温度不得超过 650℃。

②T 形钢的制作

T 形钢的加工，根据板厚和截面的不同，可采用不同的方法进行。一般情况下采用先组焊 H 型钢，然后从中间割开，形成 2 个 T 形钢的方法加工。切割时，在中间和两端各预留 50mm 不割断，待部件冷却后再切割。切割后的 T 形钢进行矫直、矫平及坡口的开制。如图 1.0.6.2—10：



图 1.0.6.2—10T 形钢的制作

③H 形钢、T 形钢铣端：矫正完成后，对 H 形钢和 T 形钢进行铣端。

d. 劲性十字柱的组装

① 工艺隔板的制作：在十字柱组装前，要先制作好工艺隔板，以方便十字柱的装配和定位。工艺隔板与构件的接触面要求铣端，边与边之间必须保证成 90° 直角，以保证十字柱截面的垂直度，见图 1.0.6.2—11。

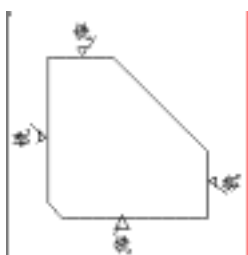


图 1.0.6.2—11 工艺隔板的制作

②首先检查需装配用的 H 形钢是否矫正合格，其外形尺寸是否达到要求经检查合格，并将焊接区域内的所有铁锈、氧化皮、飞溅、毛边等杂物清理干净后，方可开始组装十字柱。隔板的制作。

③将 H 形钢放到装配平台上，把工艺隔板装配到相应的位置。将 T 形钢放到 H 形钢上，利用工艺隔板进行初步定位，见图 1.0.6.2—12。

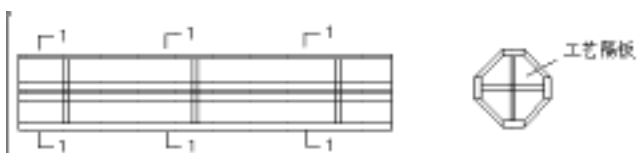


图 1.0.6.2—12 工艺隔板初步定位劲性十字柱

对于无工艺隔板而有翼缘加劲板的十字柱，先采用临时工艺隔板进行初步定位，然后用直角尺和卷尺检查外形尺寸合格后，将加劲板装配好，待十字柱焊接完成后，将临时工艺隔板去除，见图 1.0.6.2—13。

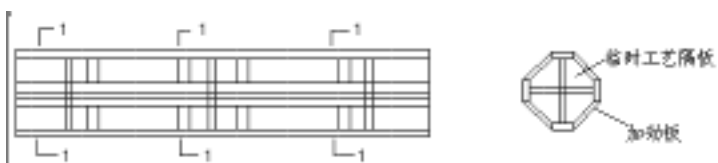


图 1.0.6.2.13 临时工艺隔板初步定位劲性十字柱

④利用直角尺和卷尺检查十字柱端面的对角线尺寸和垂直度以及端面的平整度。对不满足要求的进行调整。

⑤经检查合格后，点焊固定。

e. 劲性十字柱的焊接：采用 CO_2 地气体保护焊进行焊接。焊接前尽量将十字柱底面垫平。焊接时要求从中间向两边双面对称同时施焊，以避免因焊接造成弯曲或扭曲变形。

f. 十字柱的矫正：焊接完成后检查十字柱是否产生变形如发生变形，则用压力机进行机械矫正或米用火焰矫正，火焰矫正时，加热温度控制在 650°C 。扭曲变形矫正时，一端固定，另一端采用液压千斤顶进行矫正，见图 1.0.6.2—14。



g. 十字柱的铣端：矫正完成后，对十字柱的上端进行铣端，以控制柱身长度。

h. 十字柱铣端完成后，将临时工艺隔板去除，并将点焊缝打磨平整。

i. 清理：十字柱装配、焊接、矫正完成后，将构件上的飞溅、焊疤、焊瘤及其他杂物清理干净。

D. 圆管加工工艺

a. 卷管前应根据工艺要求对零件和部件进行检查，合格后方可进行卷管。卷管前将钢板上的毛刺、污垢、松动铁锈等杂物清除干净后方可卷管。

b. 对于 $>30\text{mm}$ 的钢板在零件下料时根据具体情况，在零件的相关方向增加引板。其引板的长度一般为 $50\sim 100\text{mm}$ 。

c. 卷管加工

①一般卷管工艺流程图

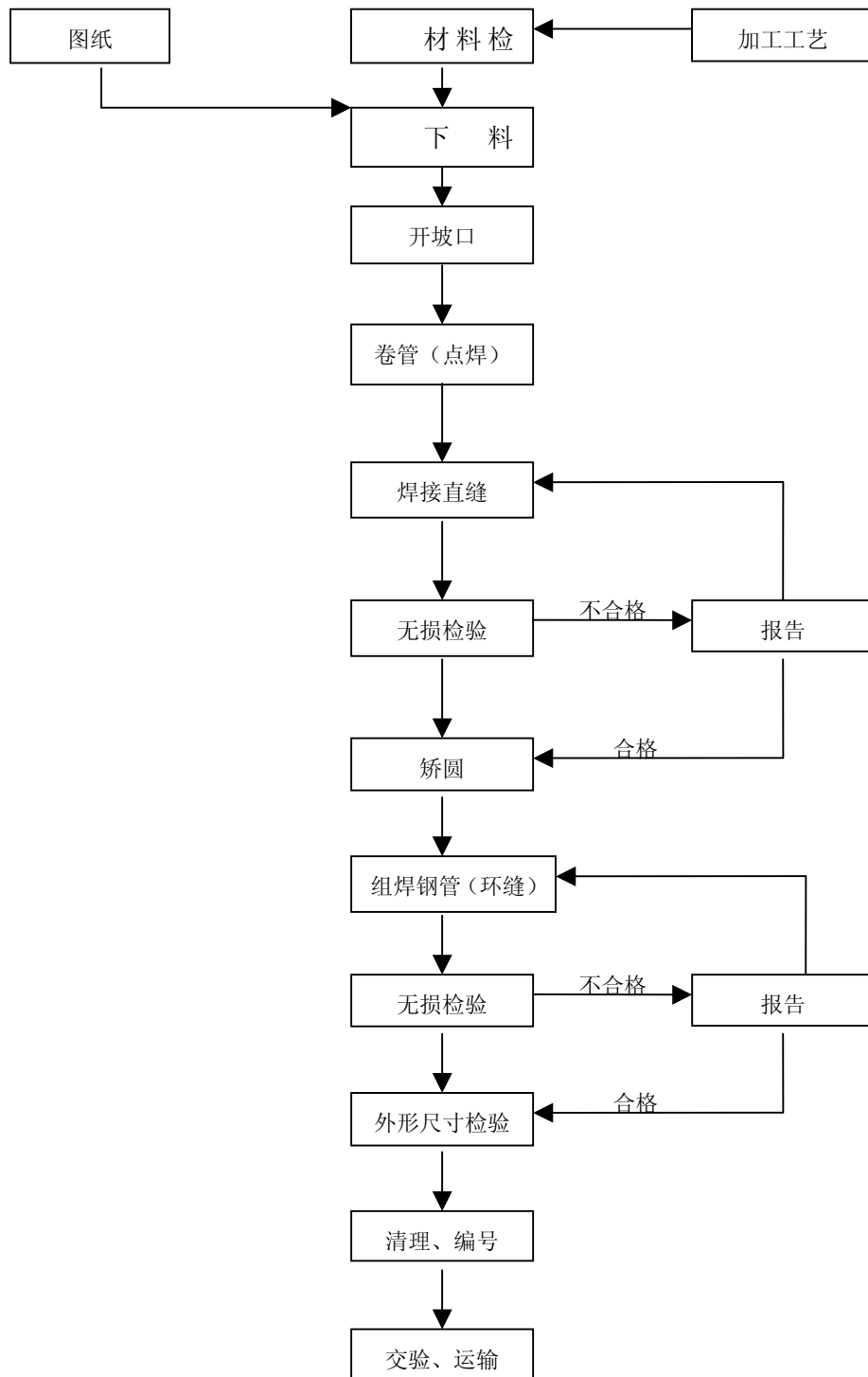
②卷管加工工艺流程说明

下料：

①以管中径计算周长，下料时加 2mm 的横缝焊接收缩量。长度方向按每道环缝加 2mm 的焊接收缩量。

②采用半自动切割机切割，严禁手工切割。

③切割的尺寸精度要求如表 1.0.6.2 — 16 。



气割后零件的允许偏差表 1.0.6 · 2 - 16

项目	允许偏差
零件的宽度、长度	±3.0mm
切割面平面度	0.05t 但不大于 2.0mm
割纹深度	0.2mm
局部缺口深度	1.0mm

开坡口：

- ① 一般情况下，16mm 以下的钢板均采用单坡口的形式，外坡口和内坡口两种形式均可。出于焊接方面的考虑，一般开外坡口，内部清根后焊接。
- ② 大于 16mm 的钢板（不含 16mm 的钢板）可开双坡口，也可根据设计要求开坡口。
- ③ 均采用半自动切割机切割坡口，严禁手工切割坡口。坡口切割完毕后要检查板材的对角线误差值是否在规定的允许范围内。如偏差过大，则要求进行修补。
- ④ 坡口的允许偏差要求如表 1.0.6.2—17。

坡口的允许偏差 表 1.0.6.2 - 17

项目	允许偏差
钝边	±2mm
角度	±0.5°
间隙	±2mm
坡口面沟槽	≤1mm

- ⑤ 坡口的加工方法可以采用磁力切割机沿管壁切割、采用半自动切割机在钢板上切割、采用坡口机切割钢板坡口。

卷管：

- ① 用 CDW11HNC—50×2500 型卷板机进行预弯和卷板。
- ② 根据实际情况进行多次往复卷制，采用靠模反复进行检验，以达到卷管的精度。
- ③ 卷制成型后，进行点焊，点焊区域必须清除掉氧化铁等杂质，点焊高度不准超过坡口的 2 / 3 深度。点焊长度应为 80～100mm。点焊的材料必须与正式焊接时用的焊接材料相一致。
- ④ 卷板接口处的错边量必须小于板厚的 10%，且不大于 2mm。如大于 2mm，则要求进行再次卷制处理。在卷制的过程中要严格控制错边量，以防止最后成型时出现错边量超差的现象。
- ⑤ 上述过程结束后，方可从卷板机上卸下卷制成形的钢管。

焊接：

③焊接材料必须按说明书中的要求进行烘干，焊条必须放置在焊条保温桶内，随用随取。

④焊接时，焊工应遵守焊接工艺规程，不得自由施焊，不得在焊道外的母材上引弧。

⑤焊接时，不得使用药皮脱落或焊芯生锈的焊条和受潮结块的焊剂及已熔烧过的渣壳。

⑥焊丝在使用前应清除油污、铁锈。

⑦焊条和焊剂，使用前应按产品说明书规定的烘焙时间和温度进行烘焙。保护气体的纯度应符合焊接工艺评定的要求。低氢型焊条经烘焙后应放入保温筒内，随用随取。

⑧焊前必须按施工图和工艺文件检查坡口尺寸、根部间隙，焊接前必须清除焊接区的有害物。

⑨埋弧焊及用低氢焊条焊接的构件，焊接区及两侧必须清除铁锈、氧化皮等影响焊接质量的脏物。清除定位焊的熔渣和飞溅；熔透焊缝背面必须清除影响焊透的焊瘤、熔渣，焊根。

⑩焊缝出现裂纹时，焊工不得擅自处理，应查出原因，制定出修补工艺后方可处理。

⑪焊缝同一部位的返修次数，不宜超过两次；当超过两次时，应按专门制定的返修工艺进行返修。

探伤检验：

①单节钢管卷制、焊接完成后要进行探伤检验。焊缝质量等级及缺陷分级应符合设计指导书中规定的《钢结构工程施工质量验收规范》的规定执行。

②要求局部探伤的焊缝，有不允许的缺陷时，应在该缺陷两端的延伸部位增加探伤长度，增加的长度不应小于该焊缝长度的 10%，且不应小于 200mm；当仍有不允许的缺陷时，应对该焊缝 100%探伤检查。

矫圆：

①由于焊接过程中可能会造成局部失圆，故焊接完毕后要进行圆度检验，不合格者要进行矫圆。

②将需矫圆者放入卷板机内重新矫圆器，或采用矫圆器进行矫圆。矫圆器可以根据实际管径自制，采用丝杆顶弯。

组装和焊接环缝：

①根据构件要求的长度进行组装，先将两节组装一大节，焊接环缝。

⑥ 环缝采用焊接中心来进行，卷好的钢管必须放置在焊接滚轮架上进行，滚轮架采用无级变速，以适应不同的板厚、坡口、管径所需的焊接速度。

⑦ 组装必须保证接口的错边量。一般情况下，组装安排在滚轮架上进行，以调节接口的错边量。

⑧ 接口的间隙控制在 2~3mm，然后点焊。

⑨ 环缝焊接时一般先焊接内坡口，在外部清根。采用自动焊接时，在外部用一段曲率等同外径的槽钢来容纳焊剂，以便形成焊剂垫。

⑩ 根据不同的板厚、运转速度来选择焊接参数。单面焊双面成型最关键是在打底焊接上。焊后从外部检验，如有个别成型不好或根部熔合不好，可采用碳弧气刨刨削，然后磨掉碳弧气刨形成的渗碳层，反面盖面焊接或埋弧焊（双坡口要进行外部埋弧焊）。

⑪ 焊接完毕后进行探伤检验，要求同前。

清理、编号：

⑫ 清理掉一切飞溅、杂物等。对临时性的工装点焊接疤痕等要彻底清除。

⑬ 在端部进行喷号，构件编号要清晰、位置要明确，以便进行成品管理。

⑭ 构件上要用红色油漆标注 X-X 和 Y-Y 两个方向的中心线标记。

钢构件组装允许偏差应符合国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》（GB 50205—2001）的要求。

（10）钢结构预拼装

1) 钢构件预拼装工程可按钢结构制作工程检验批的划分原则划分为一个或若干个检验批。

2) 预拼装所用的支承凳或平台应测量找平，检查时应拆除全部临时固定和拉紧装置。

3) 进行预拼装的钢构件，其质量应符合设计要求和相关国家标准的规定。

4) 钢结构制作单位应根据工程的结构特点及预拼装单元的结构特性，编制详细的预拼装方案。

5) 预拼装完成，经质量检验工程师、安装代表及甲方、监理检验合格后，方可拆除。

1.0.7 质量标准

1.0.7.1 主控项目

(1) 钢材

1) 钢材、钢铸件的品种、规格、性能等应符合现行国家产品标准和设计要求。进口钢材产品的质量应符合设计和合同规定标准的要求。

检查数量：全数检查

检验方法：检查质量合格证明文件、中文标志及检验报告等。

2) 对属于下列情况之一的钢材，应进行抽样复验，其复验结果应符合现行国家产品标准和设计要求：

- A. 国外进口钢材；
- B. 钢材混批；
- C. 板厚 $\geq 40\text{mm}$ ，且设计有 Z 向性能要求的厚板；
- D. 建筑结构安全等级为一级，大跨度钢结构中主要受力构件所采用的钢材；
- E. 设计有复验要求的钢材；
- F. 对质量有疑义的钢材；

检查数量：全数检查。

检验方法：检查复验报告。

(2) 焊接材料

(1) 焊接材料的品种、规格、性能等应符合现行国家产品标准和设计要求：

检查数量：全数检查。

检验方法：检查质量合格证明文件、中文标志及检验报告。

(2) 重要钢结构采用的焊接材料应进行抽样复验，复验结果应符合现行国家产品标准和设计要求：

检查数量：全数检查。

检验方法：检查复验报告。

(3) 焊接球

1) 焊接球及制造焊接球所用的原材料，其品种、规格、性能等应符合现行国家产品标准和设计要求：

检查数量：全数检查。

检验方法：检查质量合格证明文件、中文标志及检验报告等。

2) 焊接球焊缝应进行无损检验,其质量应符合设计要求,当设计无要求时应符合《钢结构工程施工质量验收规范》(GB 50205—2001)规定的二级质量标准。

检查数量:每一规格按数量抽查 5%,且不应少于 3 个。

检验方法:超声波探伤或检查检验报告。

(4) 切割

钢材切割面或剪切面应无裂纹、夹渣、分层和大于 1 mm 的缺棱。

检查数量:全数检查。

检验方法:观察或用放大镜及百分尺检查,有疑义时作渗透、磁粉或超声波探伤检查。

(5) 矫正和成型

1) 碳素结构钢在环境温度低于 -16°C 、低合金结构钢在环境温度低于 -12°C 时,不应进行冷矫正和冷弯曲。碳素结构钢和低合金结构钢在加热矫正时,加热温度不应超过 900°C 。低合金结构钢在加热矫正后应自然冷却。

检查数量:全数检查。

检验方法:检查制作工艺报告和施工记录。

(2) 当零件采用热加工成型时,加热温度应控制在 $900\sim 1000^{\circ}\text{C}$ 碳素结构钢和低合金结构钢在温度分别下降到 700°C 和 800°C 之前,应结束加工;低合金结构钢应自然冷却。

检查数量:全数检查。

检验方法:检查制作工艺报告和施工记录。

(6) 边缘加工

气割或机械剪切的零件,需要进行边缘加工时,其刨削量不应小于 2mm。

检查数量:全数检查。

检验方法:检查工艺报告和施工记录。

(7) 管、球加工

1) 螺栓球成型后,不应有裂纹、褶皱、过烧。

检查数量:每种规格抽查 10%,且不应少于 5 个。

检验方法:10 倍放大镜观察检查或表面探伤。

2) 钢板压成半圆球后,表面不应有裂纹、褶皱;焊接球其对接坡口应采用机械加工,对接焊缝表面应打磨平整。

检查数量:每种规格抽查 10%,且不应少于 5 个。

检验方法:10 倍放大镜观察检查或表面探伤。

(8) 制孔

A、B 级螺栓孔（I 类孔）应具有 H12 的精度，孔壁表面粗糙度 R_a 不应大于 $12.5 \mu m$ 。其孔径的允许偏差应符合表 1.0.7.1—1

A、B 级螺栓孔（I 类孔）孔径的允许偏差（mm）表 1.0.7.1 - 1

序号	螺栓公称直径、螺栓孔直径	螺栓公称直径允许偏差	螺栓孔直径允许偏差
1	10~18	0.00 -0.21	+0.18 0.00
2	18~30	0.00 -0.21	+0.21 0.00
3	30~50	0.00 -0.25	+0.25 0.00

C 级螺栓孔（II 类孔），孔壁表面粗糙度 R_a 不应大于 $25 \mu m$ ，其允许偏差应符合表 1.0.7.1—2 的规定

C 级螺栓孔（II 类孔）孔径的允许偏差（mm）表 1.0.7.1 - 2

项目	允许偏差
直径	+1.0 0.0
圆度	2.0
垂直度	$0.03t$ ，且不应大于 2.0

检查数量：按钢构件数量抽查 10%，且不少于 3 件。

检验方法：用游标卡尺或孔径量规检查。

（9）组装

吊车梁和吊车桁架不应下挠。

检查数量：全数检查。

检验方法：构件直立，在两端支承后，用水准仪和钢尺检查。

（10 端部铣平及安装焊缝坡口

端部铣平的允许偏差应符合表 1.0.7.1—3 的要求。

端部铣平的允许偏差（mm）表 1.0.7.1 - 3

项目	允许偏差
两端铣平时构件长度	± 2.0
两端铣平时零件长度	± 0.5
铣平面的平面度	0.3
铣平面对轴线的垂直度	$l/1500$

检查数量：按铣平面数量抽查 10%，且不应少于 3 个。

检查方法：用钢尺、角尺、塞尺等检查。

(11) 钢构件外形尺寸

钢构件外形尺寸主控项目的允许偏差应符合表 1.0.7.1—4 的规定。

钢构件外形尺寸主控项目的允许偏差 (mm) 表 1.0.7.1 - 4

项目	允许偏差
单层柱、梁、桁架受力之托（支承面）表面至第一个安装孔距离	±1.0
多节柱铣平面至第一个安装孔距离	±1.0
实腹梁两端最外侧安装孔距离	±3.0
构件连接处的截面几何尺寸	±3.0
柱、梁连接处的腹板中心线偏移	2.0
受压构件（杆件）弯曲矢高	$l / 1000$, 且不应大于 10.0

检查数量：全数检查。

检查方法：用钢尺检查。

(12) 预拼装

高强度螺栓和普通螺栓连接的多层板叠，应采用试孔器进行检查，并应符合下列规定：

- 1) 当采用比孔公称直径小 1.0 mm 的试孔器检查时，每组孔的通过率不应小于 85%。
- 2) 当采用比螺栓公称直径大 0.3mm 的试孔器检查时，每组孔的通过率应为 100%。

1.0.7.2 一般项目

按照国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》(GB 50205—2001) 的相关要求执行。

1.0.8 成品保护

1.0.8.1 钢结构构件成品的防护应满足以下要求：

- (1) 堆放场地平整、具有良好的排水系统。
- (2) 堆放场地应铺设细石，以防止雨水将泥土沾到构件上。
- (3) 最下一层构件应至少离地 300 mm。
- (4) 构件的堆放高度不应大于 5 层，每层构件摆放的枕木应尽量放置在同一垂直面上，以防止构件变形或倒塌。
- (5) 对于有预起拱的构件，其堆放时应使起拱方向朝下。
- (6) 对于有涂装的构件，在搬运、堆放时，不得在构件上行走或踩踏，以免破坏涂装质量。

1.0.9 安全环保措施

1.0.9.1 安全措施

(1) 必须按国家规定的法规条例，对各类操作人员进行安全学习和安全教育。特殊工种必须持证上岗。对生产场地必须留有安全通道，设备之间的最小间距不得小于 1.0m。进入施工现场的所有人员，均应穿戴好劳动防护用品，并应注意观察和检查周围的环境。

(2) 操作者必须严格遵守各岗位的操作规程，以免损及自身和伤害他人，对危险源应做出相应的标志、信号、警戒等，以免现场人员遭受损害。

(3) 所有构件的堆放、搁置应十分稳固，欠稳定的构件应设支撑或固结定位，超过自身高度构件的并列间距应大于自身高度。构件安置要求平稳、整齐。

(4) 索具、吊具要定时检查，不得超过额定荷载。焊接构件时不得留存、连接起吊索具。

(5) 钢结构制作中，半成品和成品胎具的制造和安装应进行强度验算，不得凭经验自行估算。

(6) 钢结构生产过程的每一工序所使用的氧气、乙炔、电源必须有安全防护措施，定期检测泄漏和接地情况。

(7) 起吊构件的移动和翻身，只能听从一人指挥，不得两人并列指挥或多人参与指挥。起重构件移动时，不得有人在本区域投影范围内滞留、停立和通过。

(8) 所有制作场地的安全通道必须畅通。

1.0.9.2 环保措施

(1) 噪声必须限制在 95dB 以下，对于某些机械的噪声无法根治和消除时，应重点控制并采取相应的个人防护，以免给操作者带来职业性疾病。

(2) 严格控制粉尘在 $10\text{mg} / \text{m}^3$ 卫生标准内，操作时应佩戴有良好和完善的劳动防护用品加以保护。

(3) 当进行射线检测时，应在检测区域内划定隔离防范警戒线，并远距离控制操作。

(4) 遵照国家或行业的各工种劳动保护条例规定实施环境保护。

1.0.10 质量记录

按照国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》(GB 50205—2001) 的相关要求执行。

2 钢结构安装施工工艺标准

2.1 单层钢结构安装施工工艺标准

2.1.1 总则

2.1.1.1 适用范围

此工艺标准适用于单层钢结构安装工程的主体结构、地下钢结构、檩条及墙架等次要构件、钢平台、钢梯、护栏等的施工。

2.1.1.2 编制参考标准及规范

- (1) 《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205—2001
- (2) 《钢结构设计规范》GB 50017—2003
- (3) 《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300—2001

2.1.2 术语、符号

2.1.2.1 术语

- (1) 零件：组成部件或构件的最小单元，如节点板、翼缘板等。
- (2) 部件：由若干零件组成的单元，如焊接 H 形钢、牛腿等。
- (3) 构件：由零件或由零件和部件组成的钢结构基本单元，如梁、柱、支撑等。
- (4) 抗滑移系数：高强度螺栓连接中，使连接件摩擦面产生滑动时的外力与垂直于摩擦面的高强度螺栓预拉力之和的比值。
- (5) 空间刚度单元：由构件构成的基本的稳定空间体系。
- (6) 预拼装：为检验构件是否满足安装质量要求而进行的拼装。

2.1.2.2 符号

- (1) Q ——重力；
- (2) q ——单位面积上的负荷；
- (3) K ——系数；
- (4) F ——堆放面积；

- (5) l ——长度;
- (6) h ——截面高度;
- (7) f ——侧向弯曲矢高;
- (8) H ——柱子高度。

2.1.3 基本规定

2.1.3.1 钢结构工程施工单位应具备相应的钢结构工程施工资质，施工现场质量管理应有相应的施工技术标准、质量管理体系、质量控制及检验制度，施工现场应有经项目技术负责人审批的施工组织设计、施工方案（或作业指导书）等技术文件。

2.1.3.2 钢结构施工必须采用经过计量检定、校验合格的计量器具。

2.1.3.3 钢结构工程质量验收应在施工单位自检的基础上，按照检验批、分项工程、分部（子分部）工程的程序进行。钢结构分部（子分部）工程中的分项工程划分应按照现行国家标准《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300—2001 的规定执行。每项钢结构分项工程可按一个或分成若干个检验批进行验收。

2.1.3.4 单层钢结构安装除执行本施工工艺标准外，尚应符合国家及行业的有关现行标准要求。

2.1.4 施工准备

单层钢结构安装工程施工准备阶段主要内容有：技术准备、机具设备准备、材料准备、作业条件准备等。

2.1.4.1 技术准备

技术准备工作主要包含：编制施工组织设计、现场基础准备。

（1）编制单层钢结构安装施工组织设计

主要内容包括：工程概况与特点；施工组织与部署；施工准备工作计划；施工进度计划；施工现场平面布置图；劳动力、机械设备、材料和构件供应计划；质量保证措施和安全措施；环境保护措施等。

在工程概况的编写中由于单层钢结构安装工程施工的特点，对于工程所在地的气候情况，尤其是雨水、台风情况要作详细的说明，以便于在工期允许的情况下避开雨期施工以保证工程质量，在台风季节到来前做好施工安全应对措施。

（2）基础准备

1) 根据测量控制网对基础轴线、标高进行技术复核。如地脚螺栓预埋在钢结构施工前是由土建单位完成的，还需复核每个螺栓的轴线、标高，对超出规范要求的，必须采取相应的补救措施。如加大柱底板尺寸，在柱底板上按实际螺栓位置重新钻孔（或设计认可的其他措施）。

- 2) 检查地脚螺栓外露部分的情况，若有弯曲变形、螺牙损坏的螺栓，必须对其修正。
- 3) 将柱子就位轴线弹测在柱基表面。
- 4) 对柱基标高进行找平。

混凝土柱基标高浇筑一般预留 50~60mm（与钢柱底设计标高相比），在安装时用钢垫板或提前采用坐浆承板找平。

当采用钢垫板做支承板时，钢垫板的面积应根据基础混凝土的抗压强度、柱脚底板下二次灌浆前柱底承受的荷载和地脚螺栓的紧固拉力计算确定。垫板与基础面和柱底面的接触应平整、紧密。

采用坐浆承板时应采用无收缩砂浆，柱子吊装前砂浆垫块的强度应高于基础混凝土强度一个等级，且砂浆垫块应有足够的面积以满足承载的要求。

2.1.4.2 机具设备准备

单层钢结构安装工程的普遍特点是面积大、跨度大，在一般情况下应选择可移动式起重设备如汽车式起重机、履带式起重机等。对于重型单层钢结构安装工程一般选用履带式起重机，对于较轻的单层钢结构安装工程可选用汽车式起重机。单层钢结构安装工程其他常用的施工机具有电焊机、栓钉机、卷扬机、空压机、倒链、滑车、千斤顶、高强度螺栓、电动扳手等。

常用履带式起重机和汽车式起重机的技术参数见附表。

2.1.4.3 材料准备

材料准备包括：钢构件的准备、普通螺栓和高强度螺栓的准备、焊接材料的准备等。

（1）钢构件的准备

钢构件的准备包括：钢构件堆放场的准备；钢构件的检验。

1) 钢构件堆放场的准备

钢构件通常在专门的钢结构加工厂制作，然后运至现场直接吊装或经过组拼装后进行吊装。钢构件力求在吊装现场就近堆放，并遵循“重近轻远”（即重构件摆放的位置离吊机近一些，反之可远一些）的原则。对规模较大的工程需另设立钢构件堆放场，以满足钢构件进场堆放、检验、组装和配套供应的要求。

钢构件在吊装现场堆放时一般沿吊车开行路线两侧按轴线就近堆放。其中钢柱和钢屋架等大件放置，应依据吊装工艺作平面布置设计，避免现场二次倒运困难。钢梁、支撑等可按吊装顺序配套供应堆放，为保证安全，堆垛高度一般不超过 2m 和三层。

钢构件堆放应以不产生超出规范要求的变形为原则。

2) 钢构件验收

在钢结构安装前应对钢结构构件进行检查，其项目包含钢结构构件的变形、钢结构构件的标记、钢结构构件的制作精度和孔眼位置等。在钢结构构件的变形和缺陷超出允许偏差时

应进行处理。

(2) 高强度螺栓的准备

钢结构设计用高强度螺栓连接时应根据图纸要求分规格统计所需高强度螺栓的数量并配套供应至现场。应检查其出厂合格证、扭矩系数或紧固轴力（预拉力）的检验报告是否齐全，并按规定做紧固轴力或扭矩系数复验。

对钢结构连接件摩擦面的抗滑移系数进行复验。

(3) 焊接材料的准备

钢结构焊接施工之前应对焊接材料的品种、规格、性能进行检查，各项指标应符合现行国家标准和设计要求。检查焊接材料的质量合格证明文件、检验报告及中文标志等。对重要钢结构采用的焊接材料应进行抽样复验。

2.1.5 施工工艺

2.1.5.1 吊装方法及顺序

单层钢结构安装工程施工时对于柱子、柱间支撑和吊车梁一般采用单件流水法吊装。可一次性将柱子安装并校正后再安装柱间支撑、吊车梁等构件。此种方法尤其适合移动较方便的履带式起重机。对于采用汽车式起重机时，考虑到移动不方便可以以 2~3 个轴线为一个单元进行节间构件安装。

屋盖系统吊装通常采用“节间综合法”（即吊车一次吊完一个节间的全部屋盖构件后再吊装下一个节间的屋盖构件）。

2.1.5.2 工艺流程图（见图 2.1.5.2）

2.1.5.3 单层钢结构安装工艺

单层钢结构安装主要有钢柱安装、吊车梁安装、钢屋架安装等。

(1) 钢柱的安装工艺

钢柱的安装方法：

一般钢柱的刚性较好，吊装时为了便于校正一般采用一点吊装法，常用的钢柱吊装法有旋转法递送法和滑行法。对于重型钢柱可采用双机抬吊。

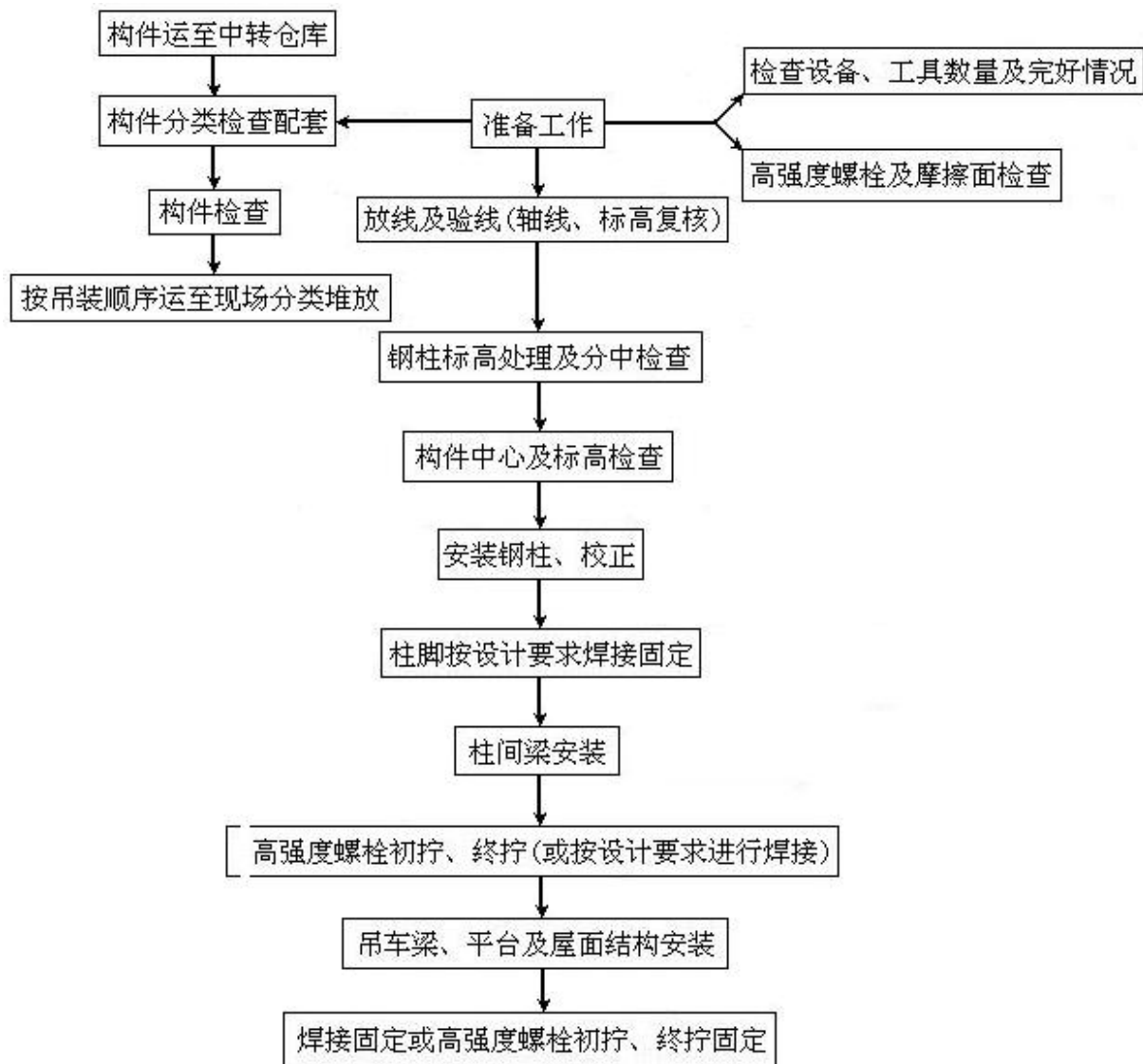


图 2.1.5.2 施工工艺流程图

杯口柱吊装方法：

- 1) 在吊装前先将杯底清理干净。
- 2) 操作人员在钢柱吊至杯口上方后，各自站好位置，稳住柱脚并将其插入杯口。
- 3) 在柱子降至杯底时停止落钩，用撬棍撬柱子，使其中线对准杯底中线，然后缓慢将柱子落至底部。
- 4) 拧紧柱脚螺栓。

在双机抬吊时应注意的事项：

- 1) 尽量选用同类型起重机。
- 2) 根据起重机能力，对起吊点进行荷载分配。

3) 各起重机的荷载不宜超过其起重能力的 80%。

4) 双机抬吊, 在操作过程中, 要互相配合, 动作协调, 以防一台起重机失重而使另一台起重机超载, 造成安全事故。

5) 信号指挥: 分指挥必须听从总指挥。

钢柱的校正

1) 柱基标高调整。根据钢柱实际长度, 柱底平整度, 钢牛腿顶部距柱底部距离, 重点要保证钢牛腿顶部标高值, 以此来控制基础找平标高。

2) 平面位置校正。在起重机不脱钩的情况下将柱底定位线与基础定位轴线对准缓慢落至标高位置。

3) 钢柱校正。优先采用缆风绳校正(同时柱脚底板与基础间间隙垫上垫铁), 对于不便采用缆风绳校正的钢柱可采用可调撑杆校正。

(2) 钢吊车梁的安装工艺

1) 钢吊车梁的安装

钢吊车梁安装一般采用工具式吊耳或捆绑法进行吊装。在进行安装以前应将吊车梁的分中标志引至吊车梁的端头, 以利于吊装时按柱牛腿的定位轴线临时定位。

2) 吊车梁的校正

钢吊车梁的校正包括标高调整、纵横轴线和垂直度的调整。注意钢吊车梁的校正必须在结构形成刚度单元以后才能进行。

A. 用经纬仪将柱子轴线投到吊车梁牛腿面等高处, 据图纸计算出吊车梁中心线到该轴线的理论长度 $l_{理}$ 。

B. 每根吊车梁测出两点用钢尺和弹簧秤校核这两点到柱子轴线的距离 $l_{实}$, 看 $l_{实}$ 是否等于 $l_{理}$ 以此对吊车梁纵轴进行校正。

C. 当吊车梁纵横轴线误差符合要求后, 复查吊车梁跨度。

D. 吊车梁的标高和垂直度的校正可通过对钢垫板的调整来实现。

注意吊车梁的垂直度的校正应和吊车梁轴线的校正同时进行。

(3) 钢屋架安装工艺

1) 钢屋架的吊装

钢屋架测向刚度较差, 安装前需要进行稳定性验算, 稳定性不足时应进行加固(参见图 2.5.3.1)。钢屋架吊装时的注意事项如下:

A. 绑扎时必须绑扎在屋架节点上, 以防止钢屋架在吊点处发生变形。绑扎节点的选择应符合钢屋架标准图要求或经设计计算确定。

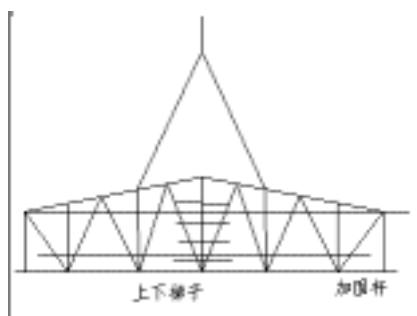


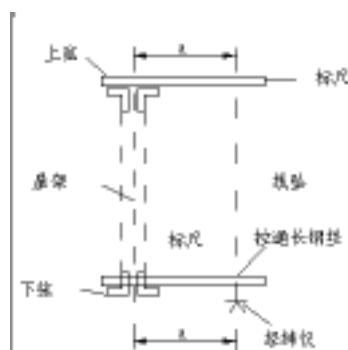
图 2.1.5.3-1 钢屋架吊装示意图

B. 屋架吊装就位时应以屋架下弦两端的定位标记和柱顶的轴线标记严格定位并点焊加以临时固定。

C. 第一榀屋架吊装就位后，应在屋架上弦两侧对称设缆风固定；第二榀屋架就位后，每坡用一个屋架间调整器，进行屋架垂直度校正，再固定两端支座处并安装屋架间水平及垂直支撑。

2) 钢屋架的校正

钢屋架垂直度的校正方法如下：在屋架下弦一侧拉一根通长钢丝（屋架下弦轴线平行）同时在屋架上弦中心线反出一个同等距离的标尺，用线坠校正。也可用一台经纬仪，放在柱顶一侧，与轴线平移 a 距离，在对面柱子上标出同样距离为 a 的点，从屋架中线处用标尺挑出 a 距离，三点在一个垂面上即可使屋架垂直（参见图 2.1.5.3-2）。



(4) 平面钢桁架的安装

平面钢桁架的安装方法有单榀吊装法、组合吊装法、整体吊装法、顶升法等。

一般来说钢桁架的侧向稳定性较差，在条件允许的情况下最好经扩大拼装后进行组合吊装，即在地面上将两榀桁架及其上的天窗架、檩条、支撑等拼装成整体，一次进行吊装，这样不但提高工作效率，也有利于提高吊装稳定性。

桁架临时固定如需用临时螺栓和冲钉，则每个节点应穿入的数量必需经过计算确定，并应符合下列规定：

- 1) 不得少于安装孔总数的 $1/3$ ；
- 2) 至少应穿两个临时螺栓；
- 3) 冲钉穿入数量不宜多于临时螺栓的 30% ；

4) 扩钻后的螺栓的孔不得使用冲钉。

钢桁架的校正方式同钢屋架的校正方式。

随着技术的进步，预应力钢桁架的采用越来越广泛，预应力钢桁架的安装分为以下几个步骤：

- 1) 钢桁架现场拼装；
- 2) 在钢桁架下弦安装张拉锚固点；
- 3) 对钢桁架进行张拉；
- 4) 对钢桁架进行吊装。

在预应力钢桁架安装时应注意事项：

- 1) 受施工条件限制，预应力筋不可能紧贴桁架下弦，但应尽量靠近桁架下弦；
- 2) 在张拉时为防止桁架下弦失稳，应经过计算后按实际情况在桁架下弦加设固定隔板；
- 3) 在吊装时应注意不得碰撞张拉筋。

(5) 门式刚架安装

门式刚架的特点一般是跨度大，侧向刚度很小。安装程序必须保证结构形成稳定的空间体系，并不导致结构永久变形。

2.1.6 质量标准

2.1.6.1 基础和支承面

- (1) 基础混凝土强度达到设计要求；
- (2) 基础周围回填夯实完毕；
- (3) 基础的轴线标志和标高基准点齐备、准确；

(4) 基础顶面直接作为柱的支承面和基础顶面预埋钢板或支座作为柱的支承面时，其支承面、地脚螺栓（锚栓）的允许偏差应符合表 2.1.6.1—1 的规定。

检查数量：抽查 10%，且不应少于 3 个。

检查方法：用经纬仪、水准仪、全站仪、水平尺和钢尺实测。

支承面、地脚螺栓（锚栓）位置的允许偏差（mm）表 2.1.6.1 - 1

项目		允许偏差
支承面	标高	±3.0
	水平度	l/1000
地脚螺栓（锚栓）	螺栓中心偏移	5.0

	螺栓露出长度	+30.0 0
	螺纹长度	+30.0 0
预留孔中心偏移		10.0

坐浆垫板的允许偏差 (mm) 表 2.1.6.1 - 2

项目	允许偏差	项目	允许偏差
顶面标高	0 -3.0	水平度位置	$l/1000$ 20.0

杯口尺寸的允许偏差 (mm) 表 2.1.6.1 - 3

项目	允许偏差
底面标高	0 -5.0
杯口深度	± 5.0
杯口垂直度	$H/100$, 且不应大于 10.0
位置	10.0

(5) 采用坐浆垫板时，坐浆垫板的允许偏差应符合表 2.1.6.1—2 的规定。

检查数量：抽查 10%，且不应少于 3 处。

检查方法：用经纬仪、水准仪、全站仪、水平尺和钢尺实测。

(6) 采用杯口基础时，杯口尺寸的允许偏差应符合表 2.1.6.1—3 的规定。

检查数量：抽查 10%，且不应少于 4 处。

2.1.6.2 钢结构质量检验

(1) 运输钢构件时，应根据钢构件的长度、重量选择车辆；钢构件在运输车辆上的支点、两端伸出的长度及绑扎方法均应保证钢构件不产生变形、不损伤涂层。

(2) 钢结构安装前应对钢构件的质量进行检查。钢构件的变形、缺陷超出允许偏差时应进行处理。检查标准见《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205—2001 中的附表。

(3) 钢结构采用扩大拼装单元进行安装时，对容易变形的钢构件应进行强度和稳定性验算，必要时采用加固措施。

采用综合安装时，应划分成若干独立单元。每一单元的全部钢构件安装完毕后，应形成空间刚度单元。

(4) 要求顶紧的节点，顶紧接触面不应小于 70%。用 0.3mm 厚的塞尺检查，可插入的面积之和不得大于接触顶紧面总面积的 30%；边缘最大间隙不得大于 0.8mm。

检查数量：抽查 10%，且不应少于 3 个。

检查方法：用 0.3mm 厚和 0.8mm 厚的塞尺现场检查。

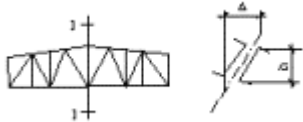
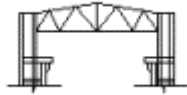
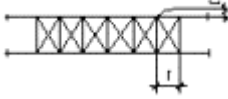

(5) 钢屋架、梁及受压杆件的垂直度和侧向弯曲矢高的允许偏差应符合表 2.1.6.2—1 的规定。

检查数量：抽查 10%，且不应少于 3 个。

检查方法：用吊线、拉线、经纬仪和钢尺现场实测。

(6) 单层钢结构主体结构的整体垂直度和整体平面弯曲的允许偏差应符合表 2.1.6.2—2 的规定。

钢屋架、梁及受压杆件垂直度和侧向弯曲矢高的允许偏差(mm) 表 2.1.6.2 - 1

项目	允许偏差		图例
跨中的垂直度	$H/250$,且不应大于 15.0		
侧向弯曲矢高 f	$l \leq 30\text{m}$	$l/1000$ 且不应大于 10.0	
	$30 < l \leq 60\text{m}$	$l/1000$ 且不应大于 30.0	
	$l > 60\text{m}$	$l/1000$ 且不应大于 50.0	

整体垂直度和整体平面弯曲的允许偏差 (mm) 表 2.1.6.2 - 2

项目	允许偏差	图例
主体结构的整体垂直度	$l/1000$,且不应大于 25.0	
主体结构的整体平面弯曲	$l/1500$,且不应大于 25.0	

检查数量：对主要立面全部检查。对每个检查的立面，除两列角柱外，尚应至少选取一列中间柱。

检查方法：采用经纬仪、全站仪等测量。

(7) 钢柱等主要钢构件的中心线及标高基准点等标志应齐全。

检查数量：抽查 10%，且不应少于 3 件。

检查方法：观察检查。

(8) 钢柱安装的允许偏差应符合 GB 50205—2001 附表的规定。

检查数量：抽查 10%，且不少于 3 件。

检查方法：用吊线、钢尺、经纬仪、水准仪等。

(9) 钢吊车梁或类似直接承受动力荷载的构件，其安装的允许偏差应符合《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205—2001 附表 E.0.2 的规定。

检查数量：抽查 10%，且不应少于 3 榀。

检查方法：用吊线、拉线、钢尺、经纬仪、水准仪等检查。

(10) 檀条、墙架等次要构件安装的允许误差应符合《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205—201 附表 E.0.3 的规定。

检查数量：抽查 10%，且不应少于 3 件。

检查方法：用吊线、钢尺、经纬仪等检查。

(11) 钢平台、钢梯、栏杆安装应符合现行国家标准《固定直梯》GB 4053.1、《固定式钢斜梯》GB 4053.2、《固定式防护栏杆》GB 4053.3 和《固定式钢平台》GB 4053.4 的规定。钢平台、钢梯、防护栏杆安装的允许偏差应符合 GB 50205—2001 附表 E.0.4 的规定。

检查数量：钢平台按总数抽查 10%，栏杆、钢梯按总长度抽查 10%，钢平台不应少于 1 个，栏杆不应少于 5m，钢梯不应少于 1 跑。

检查方法：用吊线、拉线、钢尺、经纬仪、水准仪等检查。

(12) 钢结构表面应干净，结构主要表面不应有疤痕、泥沙等污垢。

检查数量：抽查 10%，但不应少于 3 件。

检查方法：观察检查。

2.1.7 安全及环境保护

2.1.7.1 安全措施

(1) 在单层钢结构施工以前，应健全安全生产管理体系，成立以项目经理为首的安全管理小组。专职安全员持证上岗，各专业班组有兼职安全员，层层落实安全责任制。

(2) 根据工程的具体特点，作好切合实际的安全技术书面交底。定期与不定期地进行安全检查，经常开展安全教育活动，使全体员工提高自我保护能力。

(3) 吊装作业范围内，设立警戒线，并树立明显的警戒标志，禁止非工作人员通行；现场所有工作人员必须坚守工作岗位，听从指挥，统一行动，以确保安全。

(4) 根据工程特点，在施工以前要对吊装用的机械设备和索具、工具进行检查，如不符合安全规定则不得使用。

- (5) 现场用电必须严格执行 GB 50194—93、JGJ 46—88 等规定，电工需持证上岗。
- (6) 起重机的行驶道路必须坚实可靠，起重机不得停置在斜坡上工作，也不允许两个履带板一高一低。
- (7) 严禁超载吊装，歪拉斜吊；要尽量避免满负荷行驶，构件摆动越大，超负荷就越多，就可能发生事故。
- (8) 进入施工现场必须戴安全帽，高空作业必须系安全带，穿防滑鞋。
- (9) 吊装作业时必须统一号令，明确指挥，密切配合。
- (10) 高空操作人员使用的工具及安装用的零部件，应放入随身佩带的工具袋内，不可随便向下丢掷。
- (11) 钢构件应堆放整齐牢固，防止构件失稳伤人。
- (12) 要搞好防火工作，氧气、乙炔要按规定存放使用。电焊、气割时要注意周围环境有无易燃物品后再进行工作，严防火灾发生。氧气瓶、乙炔瓶应分开存放，使用时要保持安全距离，安全距离应大于 10m。
- (13) 在施工以前应对高空作业人员进行身体检查，对患有不宜高空作业疾病（心脏病、高血压、贫血等）的人员不得安排高空作业。
- (14) 做好防暑降温、防寒保暖和职工劳动保护工作，合理调整工作时间，合理发放劳保用品。
- (15) 雨、雪天气尽量不要进行高空作业，如需高空作业则必须采取必要的防滑、防寒和防冻措施。遇 6 级以上强风、浓雾等恶劣天气，不得进行露天攀登和悬空高处作业。
- (16) 施工前应与当地气象部门联系，了解施工期的气象资料，提前作好防台风、防雨、防冻、防寒、防高温等措施。
- (17) 基坑周边、无外脚手架的屋面、梁、吊车梁、拼装平台、柱顶工作平台等处应设临边防护栏杆。
- (18) 对各种使人和物有坠落危险或危及人身安全的洞口，必须设置防护栏杆，必要时铺设安全网。
- (19) 施工时尽量避免交叉作业，如不得不交叉作业时，不得在同一垂直方向上操作。下层作业的位置必须处于依上层高度确定的可能坠落范围之外，不符合上述条件的应设置安全防护层。

2.1.7.2 环境保护

- (1) 施工现场必须做到道路畅通无阻碍，排水通畅无积水，现场整洁干净，临建搭设整齐。
- (2) 施工现场应封闭，完善施工现场的出入管理制度。施工人员在现场佩戴工作卡，严禁非工作人员进入施工现场。
- (3) 在居民区附近施工时要避免夜间施工，以免施工扰民。

- (4) 施工现场材料、机具、构件应堆放整齐，禁止乱堆、乱放。
- (5) 对施工现场的螺栓、电焊条等的包装纸、包装袋应及时分类回收，避免环境污染。

2.1.8 质量记录

采用《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205—2001 中的有关记录表。

2.2 多层与高层钢结构安装施工工艺标准

2.2.1 总则

2.2.1.1 适用范围

当前，多层与高层建筑钢结构在我国蓬勃发展，充分体现了钢结构良好的综合经济效益和力学性能。为了适应多层与高层钢结构的发展需要，在钢结构工程施工中贯彻执行国家的技术经济政策，即在保证工程质量的基础上，贯彻技术先进、经济合理。安全适用原则，结合目前钢构件工厂加工、现场安装的特点，特制定本施工工艺标准。

本施工工艺标准用于指导多层与高层钢结构工程安装及验收工作。主要针对框架结构、框架-剪力墙结构、框架-支撑结构。框架-核心筒结构、筒体结构以及劲性混凝土和钢管混凝土中的钢结构，屋顶特殊节点框架构筑物等多、高层钢结构体系编写。多层与高层钢结构的安装施工除执行本施工工艺标准外，还应符合国家现行有关标准的规定。

2.2.1.2 编制参考标准及规范

- (1) 《钢结构设计规范》GB 50017—2003
- (2) 《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99—98
- (3) 《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205—2001
- (4) 《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300—2001
- (5) 《工程测量规范》GB 50025—93
- (6) 《建筑钢结构焊接技术规程》JGJ 81—2002
- (7) 《钢结构高强度螺栓连接的设计、施工及验收规范》JGJ 82—91
- (8) 《建筑施工高处作业安全技术规程》JGJ 80—91
- (9) 《建筑抗震设计规范》GB 50011—2001

2.2.2 术语、符号

2.2.2.1 术语

- (1) 设计文件：设计图纸、施工技术要求和设计变更文件等的统称。
- (2) 材质证明书：由钢材生产部门或销售单位委托有资质的质量检测部门出具的钢材质量的证明文件。
- (3) 零件：组成部件或构件的最小单元，如节点板、加劲肋、翼缘板等。
- (4) 部件：由若干零件组成的单元，如焊接 H 形钢、牛腿等。
- (5) 构件：由若干零件、部件或由零件和部件组成的钢结构基本单元，如梁、柱、支撑等。
- (6) 高强度螺栓连接副：高强度螺栓和与之配套的螺母、垫圈的总称。
- (7) 抗滑移系数：高强度螺栓连接中，使连接件摩擦面产生滑动时的外力与垂直于摩擦面的高强度螺栓预拉力之和的比值。
- (8) 预拼装：为检验构件是否满足安装质量要求而进行的拼装。
- (9) 空间刚度单元：由构件组成的基本的稳定空间体系。
- (10) 地脚螺栓：预埋在钢筋混凝土基础中的螺栓，用以固定柱子。
- (11) 翘曲：同时包括线位移和角位移的构件的组合变形，其特点是截面变形后不再保持在同一平面上。
- (12) 环境温度：安装时的现场温度。

2.2.2.2 符号

- (1) a —间距；
- (2) b —宽度或板的自由外伸宽度；
- (3) d —直径；
- (4) e —偏心距；
- (5) f —挠度、弯曲矢高；
- (6) H —柱高度；
- (7) H_i —各楼层高度；
- (8) h —截面高度；
- (9) h_e —角焊缝计算厚度；
- (10) l —长度、跨度；

- (11) R_a —轮廓算术平均偏差（表面粗糙度参数）；
- (12) r —半径；
- (13) t —板、壁的厚度；
- (14) Δ —增量；
- (15) K —系数。

2.2.3 基本规定

2.2.3.1 钢结构工程施工单位应具备相应的钢结构工程施工资质，施工现场质量管理应有相应的施工技术标准、质量管理体系、质量控制及检验制度，施工现场应有经项目技术负责人审批的施工组织设计、施工方案等技术文件。进行钢结构安装前，同设计单位认真交底，明确钢结构体系的力学模式、施工荷载、结构承受的动载及疲劳要求，做好保证结构安全的技术准备；有需要时，应进行钢结构安装的施工模拟。

2.3.2.2 熟悉安装现场周边环境，建立合理的测量控制网，编制满足构件空间定位精度要求的测量方案。

2.2.3.3 同监理单位联系，就专项施工工艺交底或委托有资质的单位检测，包括焊接工艺评定或焊缝检测，高强度螺栓检测或抗滑移系数复测，大型设备安装检测等关系结构安全的工艺。

2.2.3.4 钢结构工程安装质量不符合现行施工质量验收规范要求时，按规范规定进行处理。钢结构构件出厂要按现行标准检查并验收。

2.2.3.5 钢结构工程施工速度较快，在结构形成空间刚度单元后，应及时对构件按设计要求进行最终固定并做好保护工作。

2.2.4 施工准备

施工准备是一项技术、计划、经济、质量、安全、现场管理等综合性强的工作，是同设计单位、钢结构加工厂、混凝土基础施工单位、混凝土结构施工单位以及钢结构安装单位内部资源组合的重要工作。施工准备包括技术准备，资源准备，管理协调准备等内容。其程序如下图：

设计、合同要求质量、工期交底 → 编制施工组织设计→
编制资源使用计划→ 基础、钢构件、控制网检测→
现场施工水、电、构件堆场工作程序→ 相关单位协调工作程序→审批

2.2.4.1 技术准备

技术准备主要包括设计交底和图纸会审、钢结构安装施工组织设计、钢结构及构件验收标准及技术要求、计量管理和测量管理、特殊工艺管理等。具体如下：

- (1) 参加图纸会审，与业主、设计、监理充分沟通，确定钢结构各节点、构件分节细

节及工厂制作图，分节加工的构件满足运输和吊装要求。

(2) 编制施工组织设计，分项作业指导书。施工组织设计包括工程概况、工程量清单、现场平面布置、主要施工机械和吊装方法、施工技术措施、专项施工方案、工程质量标准、安全及环境保护、主要资源表等。其中吊装主要机械选型及平面布置是吊装重点。分项作业指导书可以细化为作业卡，主要用于作业人员“明确相应工序的操作步骤、质量标准、施工工具和检测内容、检测标准。

(3) 依承接工程的具体情况，确定钢构件进场检验内容及适用标准，以及钢结构安装检验批划分、检验内容、检验标准、检测方法、检验工具，在遵循国家标准的基础上，参照部标或其他权威认可的标准，确定后在工程中使用。

(4) 各专项工种施工工艺确定，编制具体的吊装方案、测量监控方案、焊接及无损检测方案、高强度螺栓施工方案、塔吊装拆方案、临时用电用水方案、质量安全环保方案。

(5) 组织必要的工艺试验，如焊接工艺试验、压型钢板施工及栓钉焊接检测工艺试验。尤其要做好新工艺、新材料的工艺试验，作为指导生产的依据。对于栓钉焊接工艺试验，根据栓钉的直径、长度及焊接类型（是穿透压型钢板焊还是直接打在钢梁上的栓钉焊接），要做相应的电流大小、通电时间长短的调试。对于高强度螺栓，要做好高强度螺栓连接副扭矩系数、预拉力和摩擦面抗滑移系数的检测。

(6) 根据结构深化图纸，验算钢结构框架安装时构件受力情况，科学地预计其可能的变形情况，并采取相应合理的技术措施来保证钢结构安装的顺利进行。

(7) 钢结构施工中计量管理包括按标准进行的计量检测，按施工组织设计要求的精度配置的器具，检测中按标准进行的方法。测量管理包括控制网的建立和复核，检测方法、检测工具、检测精度符合国家标准要求。

(8) 和工程所在地的相关部门进行协调，如治安、交通、绿化、环保、文保、电力等。并到当地的气象部门了解以往年份的气象资料，做好防台风、防雨、防冻、防寒、防高温等措施。

2.2.4.2 材料要求

材料要求包括劳动力、机械设备、钢构件、资源准备、连接材料、测量器具、现场平面规划、钢构件运输等准备工作。

多层与高层建筑钢结构的钢材，主要采用 Q235 的碳素结构钢和 Q345 的低合金高强度结构钢，国外进口钢的强度等级大多相当于 Q345，Q390。其质量标准应分别符合我国现行国家标准《碳素结构钢》GB 700 和《低合金高强度结构钢》GB/T 1591 的规定。当有可靠根据时，可采用其他牌号的钢材。当设计文件采用其他牌号的结构钢时，应符合相对应的现行国家标准。

多层与高层钢结构连接材料主要采用 E43、E50 系列焊条或 H08 系列焊丝，高强度螺栓主要采用 45 号钢、40B 钢、20MnTiB 钢，栓钉主要采用 ML15、DL15 钢。

(1) 品种规格

钢型材有热轧成型的钢板和型钢以及冷弯成型的薄壁型钢。

热轧钢板有：薄钢板（厚度为 0.35~4mm）、中厚钢板（厚度为 4.5~60mm）、超厚钢板（厚度>60mm），还有扁钢（厚度为 4~60mm、宽度为 30~200mm，比钢板宽度小）。

热轧型钢有：角钢、工字钢、槽钢、钢管等以及其他新型型钢。角钢分等边和不等边两种。工字钢有：普通工字钢、轻型工字钢和宽翼缘工字钢，其中宽翼缘工字钢也称“H”型钢。槽钢分普通槽钢和轻型槽钢。钢管有无缝钢管和焊接钢管。

1) 钢板现行国家标准《热轧钢板和钢带》GB/T709 规定了热轧钢板和钢带的尺寸、外形、重量及允许偏差。标准适用于宽度大于或等于 600mm，厚度为 0.35~200mm 的热轧钢板。

钢板表面质量应符合《碳素结构钢和低合金结构钢热轧厚钢板和钢带》GB / T3274 中的表面质量的要求。钢板和钢带不得有分层。

2) 对工字钢现行国家标准《热轧工字钢》GB / T706 规定了热轧工字钢的尺寸、外形、质量及允许偏差。

3) 角钢现行国家标准《热轧等边角钢》GB/T9787 和《热轧不等边角钢》GB/T9788 分别规定了热轧等边和不等边角钢的尺寸、外形、质量及允许偏差。

4) 槽钢现行国家标准《热轧槽钢》GB / T707 规定了热轧槽钢的尺寸、外形、质量及允许偏差。

5) 冷弯型钢现行国家标准《冷弯型钢技术条件》GB 6725 规定了冷弯型钢的尺寸、外形、质量及允许偏差。

6) 钢管现行国家标准《结构用无缝钢管》GB / T 8162 和《直缝电焊钢管》GB/T 13793 分别规定了无缝钢管和电焊钢管的尺寸、外形、质量及允许偏差。采用钢板制作的钢管应符合国家标准中的相应要求。

7) H 型钢现行国家标准《热轧 H 型钢和剖分 T 型钢》GB 11263 规定了 H 型钢的尺寸、外形、质量及允许偏差。国外进口的 H 型钢应充分研究其材质和力学性能，在检验合格条件下合理采用，焊接 H 型钢的制作应符合《焊接 H 型钢》YB 301 标准中的相应要求。

8) 花纹钢板现行国家标准《花纹钢板》GB/T 3277 规定了花纹钢板的尺寸、外形、质量及允许偏差。

9) 波形钢板现执行宝钢标准 BZJ 450。

(2) 厚度方向性能钢板

随着多层与高层钢结构的发展，焊接结构使用的钢板厚度有所增加，对钢材材性要求提出了新的内容—要求钢板在厚度方向有良好的抗层状撕裂性能，因而出现了新的钢材—厚度方向性能钢板。国家标准《厚度方向性能钢板》GB 5313 有这方面的专用规定。

(3) 现场安装的材料准备

1) 根据施工图，测算各主耗材料（如焊条、焊丝等）的数量，作好定货安排，确定进场时间。

2) 各施工工序所需临时支撑、钢结构拼装平台、脚手架支撑、安全防护、环境保护器材数量确认后，安排进场搭设、制作。

3) 根据现场施工安排,编制钢构件进场计划,安排制作、运输计划。对于特殊构件(如放射性、腐蚀性等)的运输,要做好相应的措施,并到当地的公安、消防部门登记。对超重、超长、超宽的构件,还应规定好吊耳的设置,并标出重心位置。

2.2.4.3 主要机具

在多层与高层钢结构安装施工中,由于建筑较高、大,吊装机械多以塔式起重机、履带式起重机、汽车式起重机为主。

(1) 塔式起重机

塔式起重机,又称塔吊,有行走式、固定式、附着式与内爬式几种类型。在高层钢结构安装中,塔式起重机是首选安装机械。塔式起重机由提升、行走、变幅、回转等机构及金属结构两大部分组成。塔式起重机具有提升高度高、工作半径大、动作平稳,工作效率高等优点。随着建筑机械技术的发展,大吨位塔式起重机的出现,弥补了塔式起重机起重量不大的缺点。

(2) 其他施工机具

在多层与高层钢结构施工中,除了塔式起重机、汽车式起重机、履带式起重机外,还会用到以下一些机具,如千斤顶、葫芦、卷扬机、滑车及滑车组、电焊机、熔焊栓钉机、电动扳手、全站仪、经纬仪等。

多层与高层钢结构工程施工中,钢构件在加工厂制作,现场安装,工期较短,机械化程度高,采用的机具设备较多。因此在施工准备阶段,根据现场施工要求,编制施工机具设备需用计划,同时根据现场施工现状、场地情况,确定各机具设备进场日期、安装日期及临时堆放场地,确保在不影响其他单位的施工活动的同时,保证机具设备按现场安装施工要求安装到位。

2.2.4.4 劳动力准备

所有生产工人都要进行上岗前培训,取得相应资质的上岗证书,做到持证上岗。尤其是焊工、起重工、塔吊操作工、塔吊指挥工等特殊工种。

2.2.5 材料和质量要点

2.2.5.1 材料的关键要求

在多层与高层钢结构工程现场施工中,安装用的材料,如焊接材料、高强度螺栓、压型钢板、栓钉等应符合现行国家产品标准和设计要求。 CO_2 、 C_2H_2 、 O_2 等应符合焊接规程的要求。并按要求进行必要的检验,如:焊缝检测,工艺评定,高强度螺栓检测及抗滑移系数检测,钢材质量复测等。

2.2.5.2 技术关键要求

在多层与高层钢结构工程现场施工中,吊装机具的选择,吊装方案、测量监控方案、焊

接方案等的确定尤为关键。

2.2.5.3 质量关键要求

在多层与高层钢结构工程现场施工中，节点处理直接关系到结构安全和工程质量，必须合理处理，严把质量关。对焊接节点处必须严格按无损检测方案进行检测，必须做好高强度螺栓连接副和高强度螺栓连接件抗滑移系数的试验报告。对钢结构安装的每一步都应做好测量监控。

2.2.5.4 职业健康安全关键要求

在多层与高层钢结构工程现场施工中，高空作业较多，必须编制安全方案，作好安全措施。高空作业必须使用“三宝”，必须作好“四口”的防护工作。组织员工定期进行体检。

2.2.5.5 环境关键要求

在多层与高层钢结构工程现场施工中，对于施工中和施工完后所产生的施工废弃物，如钢材边角料、废旧安全网等，应集中回收、处理。

对于焊接中产生的电弧光，应采取一定的防护措施。

2.2.5.6 协调准备

协调准备主要是按合同要求确定设计、监理、总包、构件制作厂、钢结构安装单位的工作程序，大型构件运输同相关部门协调，混凝土基础、预埋件、钢构件验收协调，混凝土同钢结构施工交叉协调等工作。

(1) 钢结构安装在建筑施工中是一项特殊工艺，协调工作量大，协调准备首先需要建立正常的工作程序，并在施工中落实。

(2) 同总包协调施工平面规划、测量控制网、混凝土基础及预埋件验收等内容，构件堆场及文明施工要求等。

(3) 同钢结构加工厂协调钢构件进场安排、加工顺序、配合预拼装、构件加工质量检查等内容。

(4) 超长、超高、超重钢构件运输路线、时间，同运输单位及交管部门协调，确保运输安全。

(5) 钢结构安装单位协调施工中不同专业人员的配合作业，协调劲性混凝土、钢管混凝土、组合结构混凝土施工间的交叉作业，达到资源的最佳配置。

2.2.6 钢结构安装施工工艺

2.2.6.1 工艺流程

多层与高层钢结构安装工艺流程图如图 2.2.6.1。

2.2.6.2 吊装方案确定

根据现场施工条件及结构形式，选择最优的吊装方案。

2.2.6.3 吊装概况

对工程的概况和吊装过程作一简述。

2.2.6.4 吊装机具选择

根据多层与高层钢结构工程结构特点、平面布置及钢构件重量等情况，钢构件吊装一般选择采用塔式起重机（塔吊）。在地下部分如果钢构件较重的，也可选择采用汽车式起重机或履带式起重机完成。吊装机具的选择是钢结构安装的重要组成部分，直接关系到安装的成本、质量、安全等。

2.2.6.5 起重机的选择

多高层钢结构安装，起重机除满足吊装钢构件所需的起重量、起重高度、回转半径外，还必须考虑抗风性能、卷扬机滚筒的容绳量、吊钩的升降速度等因素。

起重机数量的选择应根据现场施工条件、建筑布局、单机吊装覆盖面积和吊装能力综合决定。多台塔吊共同使用时防止出现吊装死角。

起重机械应根据工程特点合理选用，通常首选塔式起重机，自升式塔式起重机根据现场情况选择外附式或内爬式。行走式塔吊或履带式起重机、汽车吊在多层钢结构施工中也较多使用。

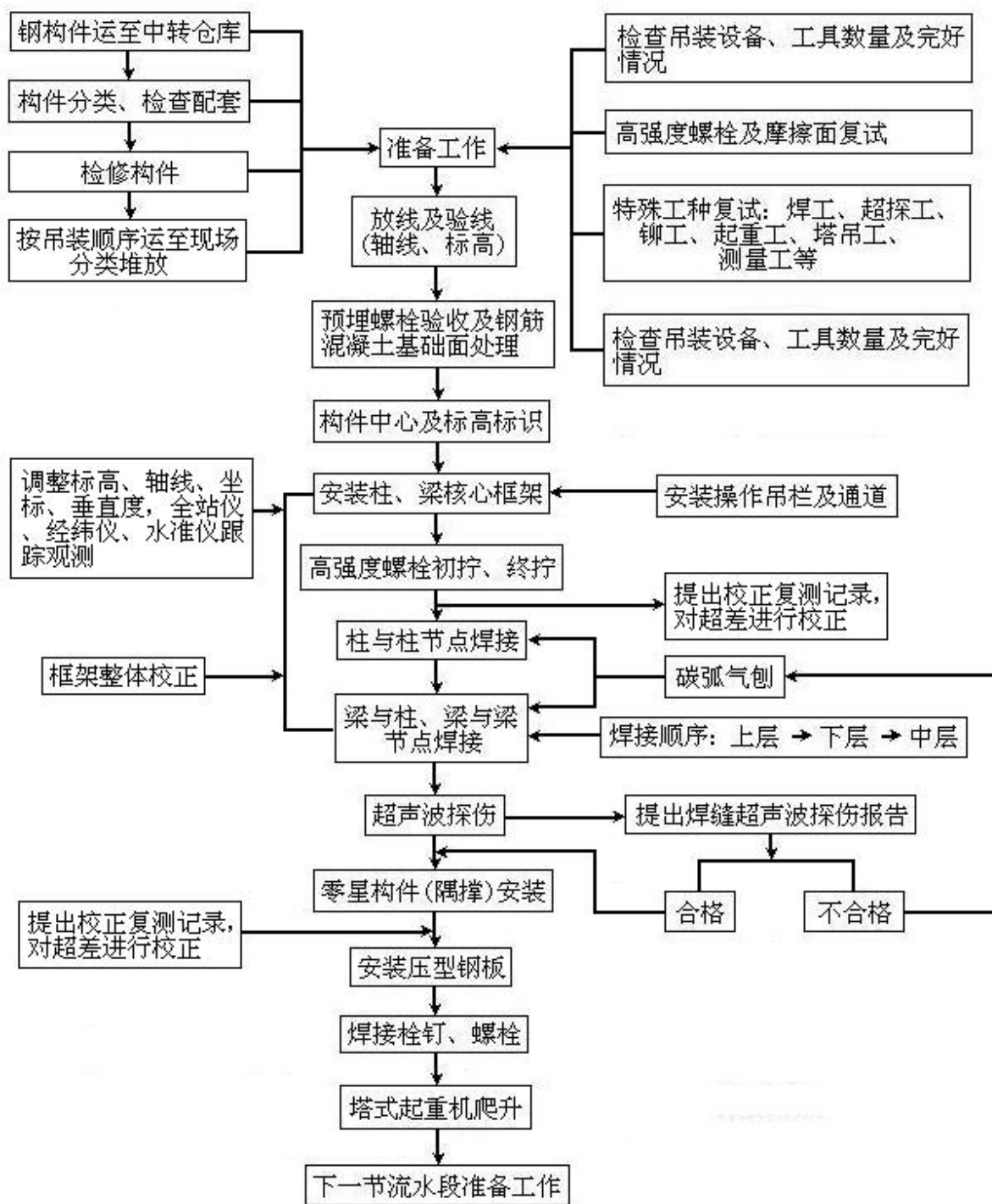


图 2.2.6.1 多层与高层钢结构安装工艺流程图

2.2.6.6 吊装机具安装

对于汽车式起重机直接进场即可进行吊装作业;对于履带式起重机需要组装好后才能进行钢构件的吊装;塔式起重机(塔吊)的安装和爬升较为复杂,而且要设置固定基础或行走式轨道基础。当工程需要设置几台吊装机具时,要注意机具不要相互影响。

（1）塔吊基础设置

严格按照塔吊说明书，结合工程实际情况，设置塔吊基础。

（2）塔吊安装、爬升

列出塔吊各主要部件的外形尺寸和重量，选择合适的机具，一般采用汽车式起重机来安装塔吊。

塔吊的安装顺序为：标准节→套架→驾驶室→塔帽→副臂→卷扬机→主臂→配重。

塔吊的拆除一般也采用汽车式起重机进行，但当塔吊是安装在楼层里面时，则采用拔杆及卷扬机等工具进行塔吊拆除。塔吊的拆除顺序为：配重→主臂→卷扬机→副臂→塔帽→驾驶室→套架→标准节。

（3）塔吊附墙计划

高层钢结构高度一般超过 100m，因此塔吊需要设置附墙，来保证塔吊的刚度和稳定性。塔吊附墙的设置按照塔吊的说明书进行。附墙杆对钢结构的水平荷载在设计交底和施工组织设计中明确。

2.2.6.7 钢结构吊装

（1）吊装前准备工作作业条件

在进行钢结构吊装作业前，应具备的基本条件如下：

- 1）钢筋混凝土基础完成，并经验收合格。
- 2）各专项施工方案编制审核完成。
- 3）施工临时用电用水铺设到位，平面规划按方案完成。
- 4）施工机具安装调试验收合格。
- 5）构件进场并验收。
- 6）劳动力进场

（2）吊装程序

多层与高层钢结构吊装，在分片分区的基础上，多采用综合吊装法，其吊装程序一般是：平面从中间或某一对称节间开始，以一个节间的柱网为一个吊装单元，按钢柱→钢梁→支撑顺序吊装，并向四周扩展，垂直方向由下至上组成稳定结构后，分层安装次要结构，一节间一节间钢构件、一层楼一层楼安装完，采取对称安装、对称固定的工艺，有利于消除安装误差积累和节点焊接变形，使误差降低到最小限度。

2.2.6.8 钢构件配套供应

现场钢结构吊装是根据方案的要求按吊装流水顺序进行，钢构件必须按照安装的需要供应。为充分利用施工场地和吊装设备，应严密制定出构件进场及吊装周、日计划，保证进场的构件满足周、日吊装计划并配套。

（1）钢构件进场验收检查

构件现场检查包括数量、质量、运输保护三个方面内容。

钢构件进场后，按货运单检查所到构件的数量及编号是否相符，发现问题及时在回单上说明，反馈制作厂，以便及时处理。

按标准要求对构件的质量进行验收检查，做好检查记录。也可在构件出厂前直接进厂检查。主要检查构件外形尺寸，螺孔大小和间距等。

制作超过规范误差和运输中变形的构件必须在安装前在地面修复完毕，减少高空作业。

（2）钢构件堆场安排、清理

进场的钢构件，按现场平面布置要求堆放。为减少二次搬运，尽量将构件堆放在吊装设备的回转半径内。钢构件堆放应安全、牢固。构件吊装前必须清理干净，特别在接触面、摩擦面上，必须用钢丝刷清除铁锈、污物等。

（3）现场柱基检查

安装在钢筋混凝土基础上的钢柱，安装质量和工效与混凝土柱基和地脚螺栓的定位轴线、基础标高直接有关，必须会同设计、监理、总包、业主共同验收，合格后才可进行钢柱的安装。

2.2.6.9 钢结构吊装顺序

多层与高层钢结构吊装按吊装程序进行，吊装顺序原则采用对称吊装、对称固定。一般按程序先划分吊装作业区域，按划分的区域、平行顺序同时进行。当一片区吊装完毕后，即进行测量、校正、高强螺栓初拧等工序，待几个片区安装完毕，再对整体结构进行测量、校正、高强螺栓终拧、焊接。接着进行下一节钢柱的吊装。组合楼盖则根据现场实际情况进行压型钢板吊放和铺设工作。

（1）吊装前的注意事项

- 1) 吊装前应对所有施工人员进行技术交底和安全交底；
- 2) 严格按照交底的吊装步骤实施；
- 3) 严格遵守吊装、焊接等的操作规程，按工艺评定内容执行，出现问题按交底内容执行。
- 4) 遵守操作规程，严禁在恶劣气候下作业或施工。
- 5) 吊装区域划分

为便于识别和管理，原则上按照塔吊的作业范围或钢结构安装工程的特点划分吊装区域间，便于钢构件平行顺序同时进行。

6) 螺栓预埋检查

螺栓连接钢结构和钢筋混凝土基础，预埋应严格按施工方案执行。按国家标准预埋螺栓标高偏差控制在+5mm 以内，定位轴线的偏差控制在±2mm。

（2）钢柱起吊安装

钢柱多采用实腹式，实腹钢柱截面多为工字形、箱形、十字形、圆形。钢柱多采用焊接对接接长，也有高强度螺栓连接接长。劲性柱与混凝土采用熔焊栓钉连接。

1) 吊点设置

吊点位置及吊点数根据钢柱形状、断面、长度、起重机性能等具体情况确定。吊点一般采用焊接吊耳、吊索绑扎、专用吊具等。

钢柱一般采用一点正吊。吊点设置在柱顶处，吊钩通过钢柱重心线，钢柱易于起吊、对线、校正。当受起重机臂杆长度、场地等条件限制，吊点可放在柱长 $1/3$ 处斜吊。由于钢柱倾斜，起吊、对线、校正较难控制。

2) 起吊方法

钢柱一般采用单机起吊，也可采取双机抬吊，双机抬吊应注意的事项：①尽量选用同类型起重机；②对起吊点进行荷载分配，有条件时进行吊装模拟；③各起重机的荷载不宜超过其相应起重能力的 80%；④在操作过程中，要互相配合、动作协调，如采用铁扁担起吊，尽量使铁扁担保持平衡，要防止一台起重机失重而使另一台起重机超载，造成安全事故；⑤信号指挥：分指挥必须听从总指挥。

起吊时钢柱必须垂直，尽量做到回转扶直。起吊回转过程中应避免同其他已安装的构件相碰撞，吊索应预留有效高度。

钢柱扶直前应将登高爬梯和挂篮等挂设在钢柱预定位置并绑扎牢固，起吊就位后临时固定地脚螺栓、校正垂直度。钢柱接长时，钢柱两侧装有临时固定用的连接板，上节钢柱对准下节钢柱

柱顶中心线后，即用螺栓固定连接板临时固定。

钢柱安装到位，对准轴线、临时固定牢固后才能松开吊索。

（3）钢柱校正

钢柱校正要做三件工作：柱基标高调整，柱基轴线调整，柱身垂直度校正。

依工程施工组织设计要求配备测量仪器配合钢柱校正。

1) 柱基标高调整（图 2.2.6.9）

钢柱标高调整主要采用螺母调整和垫铁调整两种方法。螺母调整是根据钢柱的实际长度，在钢柱柱底板下的地脚螺栓上加一个调整螺母，螺母表面的标高调整到与柱底板底标高齐平。如第一节钢柱过重，可在柱底板下、基础钢筋混凝土面上放置钢板，作为标高调整块用。放上钢柱后，利用柱底板下的螺母或标高调整块控制钢柱的标高（因为有些钢柱过重，螺栓和螺母无法承受其重量，故柱底板下需加设标高调整块—钢板调整标高），精度可达到 1mm 以内。柱底板下预留的空隙，可以用高强度、微膨胀、无收缩砂浆以捻浆法填实。当使用螺母作为调整柱底板标高时，应对地脚螺栓的强度和刚度进行计算。

对于高层钢结构地下室部分劲性钢柱，钢柱的周围都布满了钢筋，调整标高和轴线时，同土建交叉协调好才能进行。

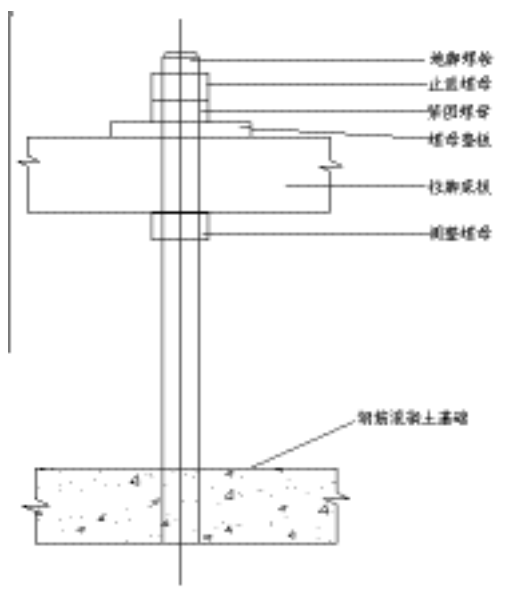


图 2.2.6.9 柱基标高调整示意

2) 第一节柱底轴线调整

钢柱制作时，在柱底板的四个侧面，用钢冲标出钢柱的中心线。

对线方法：在起重机不松钩的情况下，将柱底板上的中心线与柱基础的控制轴线对齐，缓慢降落至设计标高位置。如果钢柱与控制轴线有微小偏差，可借线调整。

预埋螺杆与柱底板螺孔有偏差，适当将螺孔放大，或在加工厂将底板预留孔位置调整，保证钢柱安装。

3) 第一节柱身垂直度校正

柱身调整一般采用缆风绳或千斤顶，钢柱校正器等校正。用两台呈 90° 的径向放置经纬仪测量。

地脚螺栓上螺母一般用双螺母，在螺母拧紧后，将螺杆的螺纹破坏或焊实。

4) 柱顶标高调整和其他节框架钢柱标高控制

柱顶标高调整和其他节框架钢柱标高控制可以用两种方法：一是按相对标高安装，另一种是按设计标高安装，通常是按相对标高安装。钢柱吊装就位后，用大六角高强螺栓临时固定连接，通过起重机和撬棍微调柱间间隙。量取上下柱顶预先标定的标高值，符合要求后打入钢楔、临时固定牢，考虑到焊缝及压缩变形，标高偏差调整至 4mm 以内。钢柱安装完后，在柱顶安置水准仪，测量柱顶标高，以设计标高为难。如标高高于设计值在 5mm 以内，则不需调整，因为柱与柱节点间有一定的间隙，如高于设计值 5mm 以上，则需用气割将钢柱顶部割去一部分，然后用角向磨光机将钢柱顶部磨平到设计标高。如标高低于设计值，则需增加上下钢柱的焊缝宽度，但一次调整不得超过 5mm ，以免过大的调整造成其他构件节点连接的复杂化和安装难度。

5) 第二节柱轴线调整

上下柱连接保证柱中心线重合。如有偏差,在柱与柱的连接耳板的不同侧面加入垫板(垫板厚度为 0.5~1.0mm),拧紧大六角螺栓。钢柱中心线偏差调整每次 3mm 以内,如偏差过大分 2~3 次调整。

注意:上一节钢柱的定位轴线不允许使用下一节钢柱的定位轴线,应从控制网轴线引至高空,保证每节钢柱的安装标准,避免过大的积累误差。

6) 第二节钢柱垂直度校正

钢柱垂直度校正的重点是对钢柱有关尺寸预检。下层钢柱的柱顶垂直度偏差就是上节钢柱的底部轴线、位移量、焊接变形、日照影响、垂直度校正及弹性变形等的综合。可采取预留垂直度偏差值消除部分误差。预留值大于下节柱积累偏差值时,只预留累计偏差值,反之则预留可预留值,其方向与偏差方向相反。

经验值测定:梁与柱一般焊缝收缩值小于 2mm;柱与柱焊

缝收缩值一般在 3.5mm,厚钢板焊缝的横向收缩值可按下列公式计算:

$$S=K \cdot A / T$$

式中 S—焊缝的横向收缩值, mm;

A—焊缝横截面面积, mm²;

T—焊缝厚度,包括熔深, mm;

K—常数,一般取 0.1。

日照温度影响:其偏差变化与柱的长细比、温度差成正比,与钢柱截面形式、钢板厚度都有直接关系。较明显观测差发生在上午 9~10 时和下午 14~15 时,控制好观测时间,减少温度影响。

安装标准化框架的原则:在建筑物核心部分或对称中心,由框架柱、梁、支撑组成刚度较大的框架结构,作为安装基本单元,其他单元依此扩展。

标准柱的垂直度校正:采用径向放置的两台经纬仪对钢柱及钢梁观测。钢柱垂直度校正可分两步:

第一步:采用无缆风绳校正。在钢柱偏斜方向的一侧打入钢楔或顶升千斤顶。在保证单节柱垂直度不超过规范的前提下,将柱顶偏移控制到零,最后拧紧临时连接耳板的大六角螺栓。

注意:临时连接耳板的螺栓孔应比螺栓直径大 4mm,利用螺栓孔扩大调节钢柱制作误差-1~+5mm。

焊缝横向收缩值见表 2.2.6.9。

第二步:安装标准框架体的梁。先安装上层梁,再安装中、下层梁,安装过程会对柱垂直度有影响,采用钢丝绳缆索(只适宜跨内柱)、千斤顶、钢楔和手拉葫芦进行调整其他框架柱依标准框架体向四周发展,其做法与上同。

(4) 框架梁安装

焊接横向收缩值 表 2.26.9

焊接坡口形式	钢材厚度 (mm)	焊缝收缩值 (mm)	构件制作增加长度 (mm)
柱与柱节点全熔透坡口	19	1.3~1.6	1.5
	25	1.5~1.8	1.7
	32	1.7~2.0	1.9
	40	2.0~2.3	2.2
	50	2.2~2.5	2.4
	60	2.7~3.0	2.9
	70	3.1~3.4	3.3
	80	3.4~3.7	3.5
	90	3.8~4.1	4.0
	100	4.1~4.4	4.3
梁与柱节点全熔透坡口	12	1.0~1.3	1.2
	16	1.1~1.4	1.3
	19	1.2~ 1.5	1.4
	22	1.3~1.6	1.5
	25	1.4~1.7	1.6
	28	1.5~1.8	1.7
	32	1.7 ~2.0	1.8

框架梁和柱连接通常为上下翼板焊接、腹板栓接；或者全焊接、全栓接的连接方式。

1) 钢梁吊装宜采用专用吊具，两点绑扎吊装。吊升中必须保证使钢梁保持水平状态。一机吊多根钢梁时绑扎要牢固，安全，便于逐一安装。

2) 一节柱一般有 2~4 层梁，原则上横向构件由上向下逐层安装，由于上部和周边都处于自由状态，易于安装和控制质量。通常在钢结构安装操作中，同一列柱的钢梁从中间跨开始对称地向两端扩展安装，同一跨钢梁，先安上层梁再装中下层梁。

3) 在安装柱与柱之间的主梁时，测量必须跟踪校正柱与柱之间的距离，并预留安装余量，特别是节点焊接收缩量。达到控制变形，减小或消除附加应力的目的。

4) 柱与柱节点和梁与柱节点的连接，原则上对称施工，互相协调。对于焊接连接，一般可以先焊一节柱的顶层梁，再从下向上焊接各层梁与柱的节点。柱与柱的节点可以先焊，也可以后焊。混合连接一般为先栓后焊的工艺，螺栓连接从中心轴开始，对称拧紧。钢管混凝土柱焊接接长时，严格按工艺评定要求施工，确保焊缝质量。

5) 次梁根据实际施工情况一层一层安装完成。

(5) 柱底灌浆

在第一节柱及柱间钢梁安装完成后，即可进行柱底灌浆。灌浆要留排气孔。钢管混凝土施工也要在钢管柱上预留排气孔。

(6) 补漆

补漆为人工涂刷，在钢结构按设计安装就位后进行。

补漆前应清渣、除锈、去油污，自然风干，并经检查合格。

2.2.6.10 多层与高层钢结构安装要点

(1) 总平面规划

主要包括结构平面纵横轴线尺寸、塔式起重机的布置及工作范围、机械开行路线、配电箱及电焊机布置、现场施工道路、消防道路、排水系统、构件堆放位置等。

如果现场堆放构件场地不足时，可选择中转场地。

(2) 塔式起重机选择

1) 起重机性能：塔式起重机根据吊装范围的最重构件、位置及高度，选择相应塔式起重机最大起重力矩（或双机抬吊起重力矩的 80%）所具有的起重量、回转半径、起重高度。除此之外，还应考虑塔式起重机高空使用的抗风性能，起重卷扬机滚筒对钢丝绳的容绳量，吊钩的升降速度。

2) 起重机数量：根据建筑物平面、施工现场条件、施工进度、塔吊性能等，布置 1 台、2 台或多台。在满足起重性能情况下，尽量做到就地取材。

3) 起重机类型选择：在多层与高层钢结构施工中，其主要吊装机械一般都是选用自升式塔吊，自升式塔吊分内爬式和外附着式两种。

(3) 人货两用电梯选择

一般配备一柱两笼式人货两用电梯。

(4) 测量工艺

选择合理的测量监控工艺，详见本标准。

(5) 钢框架吊装顺序

对竖向构件标准层的钢柱一般为最重构件，它受起重机能力、制作、运输等的限制，钢柱制作一般为 2~4 层一节。

对框架平面而言，除考虑结构本身刚度外，还需考虑塔吊爬升过程中框架稳定性及吊装进度，进行流水段划分。先组成标准的框架体，科学地划分流水作业段，向四周发展。

(6) 安装施工中应注意的问题

1) 在起重机起重能力允许的情况下，尽量在地面组拼较大吊装单元，如钢柱与钢支撑、层间柱与钢支撑、钢桁架组拼等，一次吊装就位；

2) 确定合理的安装顺序。构件安装顺序，平面上应从中间

核心区及标准节框架向四周发展，竖向应由下向上逐件安装；

3) 合理划分流水作业区段，确定流水区段的构件安装、校正、固定（包括预留焊接收缩量），确定构件接头焊接顺序，平面上应从中部对称地向四周发展，竖向根据有利于工艺间协调，方便施工，保证焊接质量，制定焊接顺序；

4) 一节柱的一层梁安装完后，立即安装本层的楼梯及压型钢板；楼面堆放物不能超过

钢梁和压型钢板的承载力；

5) 钢构件安装和楼层钢筋混凝土楼板的施工，两项作业相差不宜超过 5 层；当必须超过 5 层时，应通过设计单位认可。

(7) 焊接工艺

详见本标准焊接部分。

(8) 高强度螺栓施工工艺

详见本标准高强度螺栓部分。

(9) 劲性混凝土钢结构安装

劲性混凝土结构是在钢结构柱、梁周围配置钢筋，浇筑混凝土，钢构件同混凝土连成一体、共同作用的一种结构。

劲性混凝土结构分为埋入式和非埋入式两种。埋入式构件包括劲性混凝土梁、柱及剪力墙、钢管混凝土柱、内藏钢板剪力墙等；非埋入式构件包括钢—混凝土组合梁、压型钢板组合楼板。劲性混凝土结构的钢构件分为实腹式和格构式，以实腹式为主。

劲性混凝土结构框架一般分为劲性混凝土柱—劲性混凝土梁，劲性混凝土柱—混凝土梁结构两种形式，其中钢构件连接多采用高强度螺栓连接。

(10) 劲性混凝土结构施工工艺

基础验收 → 钢结构柱安装 → 钢结构梁安装 → 钢筋绑扎 → 支模板、浇混凝土

1) 劲性混凝土结构钢柱截面形式多为“十”、“L”、“T”、“H”、“O”、“口”形等几种形式，和混凝土接触面的熔焊栓钉多在钢构件出厂时施工完毕。构件运到施工现场，验收合格，安装、校正、固定，方法和框架结构相同。

2) 对于劲性混凝土中的钢结构梁的安装方法和框架梁安装方法一致。无框架梁的结构，为保证钢柱的空间位置，要增设支撑体系固定钢构件，确保钢柱安装、焊接后空间位置准确。钢结构梁上面的熔焊栓钉一般在工厂加工。无梁劲性混凝土钢柱和混凝土梁的连接较复杂，特别是箍筋和主筋穿柱和梁时位置较复杂，工艺交叉多，处理要细致，钢筋要贯通。混凝土梁的浇筑最好和柱混凝土浇筑错开，避免混凝土产生裂缝。

3) 钢结构构件安装完成后，进行钢筋绑扎、混凝土浇筑。对于钢管混凝土结构，每层楼的钢管柱安装、固定、校正后，采用合理的工艺确保焊接变形受控。然后绑扎钢筋，一般钢管柱内外设有柱端连接竖筋，穿柱、梁主筋，柱梁接点处加强环形钢筋等。钢管安装后，进入柱内绑扎环形箍筋，完成后进行下道工序。

4) 支模和浇筑混凝土

混凝土浇筑过程中，需要检查劲性混凝土柱、梁的空间位置，符合要求后，进行上层柱、梁施工。

2.2.6.11 测量监控工艺

（1）施工测量的重要性

测量工作直接关系到整个钢结构安装质量和进度，为此，钢结构安装应重点作好以下工作：

- 1) 测量控制网的测定和测量定位依据点的交接与校测。
- 2) 测量器具的精度要求和器具的鉴定与检校。
- 3) 测量方案的编制与数据准备。
- 4) 建筑物测量验线。

5) 多层与高层钢结构安装阶段的测量放线工作（包括平面轴线控制点的竖向投递，柱顶平面放线，传递标高，平面形状复杂钢结构坐标测量，钢结构安装变形监控等）。

（2）测量器具的检定与检验

为达到符合精度要求的测量成果，全站仪、经纬仪、水平仪、铅直仪、钢尺等必须经计量部门检定。除按规定周期进行检定外，在周期内的全站仪、经纬仪、铅直仪等主要有关仪器，还应每 2—3 个月定期检校。

全站仪：近年来，全站仪在高层钢结构中的应用越来越多，主要是因为全站仪测量可以保证质量要求和操作方便。在多层与高层钢结构工程中，宜采用精度为 2 S、3+3PPM 级全站仪。如瑞士 WILD、日本 TOPCON、SOKKIA 等厂生产的高精度全站仪。

经纬仪：采用精度为 2 S 级的光学经纬仪，如是超高层钢结构，宜采用电子经纬仪，其精度宜在 1/200000 之内。

水准仪：按国家三、四等水准测量及工程水准测量的精度要求，其精度为 $\pm 3\text{mm} / \text{km}$ 。

钢卷尺：土建、钢结构制作、钢结构安装、监理等单位的钢卷尺，应统一购买通过标准计量部门校准的钢卷尺。

使用钢卷尺时，应注意检定时尺长改正数，如温度、拉力等，进行尺长改正。

（3）建筑物测量验线

钢结构安装前，基础已施工完，为确保钢结构安装质量，进场后首先复测控制网轴线及标高。

1) 轴线复测

复测方法根据建筑物平面形状不同而采取不同的方法。宜选用全站仪进行。

矩形建筑物的验线宜选用直角坐标法。

任意形状建筑物的验线宜选用极坐标法。

对于不便量距的点位，宜选用角度（方向）交会法。

2) 验线部位

定位依据桩位及定位条件。

建筑物平面控制图、主轴线及其控制桩。

建筑物标高控制网及±0.000 标高线。

控制网及定位轴线中的最弱部位。

建筑物平面控制网主要技术指标见表 2.2.6.1.1。

建筑物平面控制网主要技术指标 表 2.2.6.11

等级	适用	测角中误差（″）	边长相对中误差
1	钢结构高层、超高层建筑	±9	1 /24000
2	钢结构多层建筑	±12	1 /15000

3) 误差处理

验线成果与原放线成果两者之差若小于 1 / 1.414 限差时，对放线工作评为优良。

验线成果与原放线成果两者之差略小于或等于 1 / 1.414 限差时，对放线工作评为合格（可不必改正放线成果或取两者的平均值）。

验线成果与原放线成果两者之差超过 1 / 1.414 限差时，原则上不予验收，尤其是关键部位；若次要部位可令其局部返工。

（4）测量控制网的建立与传递

根据施工现场条件，建筑物测量基准点有两种测设方法。

一种方法是将测量基准点设在建筑物外部，俗称外控法，它适用于场地开阔的工地。根据建筑物平面形状，在轴线延长线上设立控制点，控制点一般距建筑物（0.8～1.5）H（H 为建筑物高度）处。每点引出两条交会的线，组成控制网，并设立半永久性控制桩。建筑物垂直度的传递都从该控制桩引向高空。

另一种测设方法是将测量控制基准点设在建筑物内部，俗称内控法。它适用于场地狭窄、无法在场外建立基准点的工地。控制点的多少根据建筑物平面形状决定。当从地面或底层把基准线引至高空楼面时，遇到楼板要留孔洞，最后修补该孔洞。

上述基准控制点测设方法可混合使用，但不论采取何种方法施测，都应做到以下三点：

1) 为减少不必要的测量误差，从钢结构制作、基础放线、到构件安装，应该使用统一型号、经过统一校核的钢尺。

2) 各基准控制点、轴线、标高等都要进行三次或以上的复测，以误差最小为准。要求控制网的测距相对误差小于 1 / 25000，测角中误差小于 2″。

3) 设立控制网，提高测量精度。基准点处宜用钢板，埋设在混凝土里，并在旁边做好醒目的标志。

（5）平面轴线控制点的竖向传递

1) 地下部分：一般高层钢结构工程，地下部分大约 1～4 层深，对地下部分可采用外控法。建立井字形控制点，组成一个平面控制格网，并测设出纵横轴线。

2) 地上部分：控制点的竖向传递采用内控法，投递仪器采用激光铅直仪。在地下部分钢结构工程施工完成后，利用全站仪，将地下部分的外控点引测到±0.000m 层楼面，在±

0.000m 层楼面形成井字形内控点。在设置内控点时，为保证控制点间相互通视和向上传递，应避开柱、梁位置。在把外控点向内控点的引测过程中，其引测必须符合国家标准工程测量规范中相关规定。地上部分控制点的向上传递过程是：在控制点架设激光铅直仪，精密对中整平；在控制点的正上方，在传递控制点的楼层预留孔 300mm×300mm 上放置一块有机玻璃做成的激光接收靶，通过移动激光接收靶将控制点传递到施工作业楼层上；然后，在传递好的控制点上架设仪器，复测传递好的控制点，须符合国家标准工程测量规范中的相关规定。

（6）柱顶轴线（坐标）测量

利用传递上来的控制点，通过全站仪或经纬仪进行平面控制网放线，把轴线（坐标）放到柱顶上。

（7）悬吊钢尺传递标高

1）利用标高控制点，采用水准仪和钢尺测量的方法引测。

2）多层与高层钢结构工程一般用相对标高法进行测量控制。

3）根据外围原始控制点的标高，用水准仪引测水准点至外围框架钢柱处，在建筑物首层外围钢柱处确定+1.000m标高控制点，并做好标记。

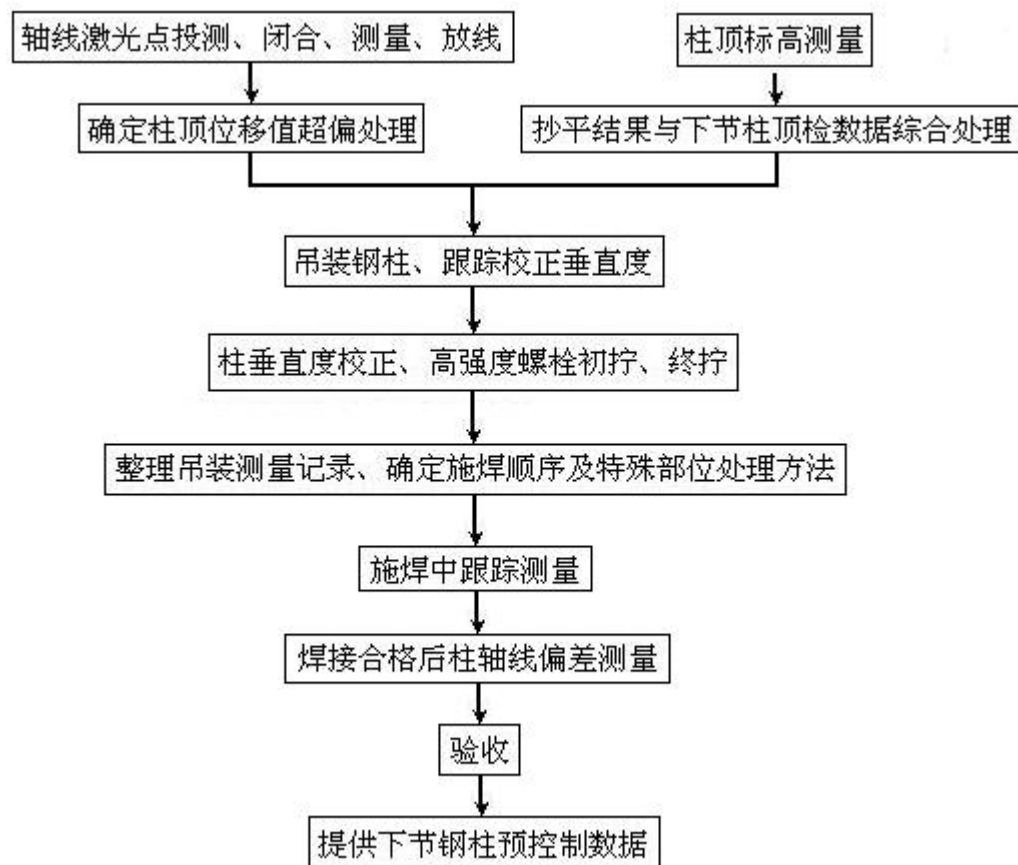
4）从做好标记并经过复测合格的标高点处，用 50m 标准钢尺垂直向上量至各施工层，在同一层的标高点应检测相互闭合，闭合后的标高点则作为该施工层标高测量的后视点并做好标记。

5）当超过钢尺长度时，另布设标高起始点，作为向上传递的依据。

（8）钢柱垂直度测量

1）钢柱垂直度测量一般选用经纬仪。用两台经纬仪分别架设在引出的轴线上，对钢柱进行测量校正。当轴线上有其他障碍物阻挡时，可将仪器偏离轴线 150mm 以内。

2）钢柱吊装测量流程图如图 2.2.6.11 所示：



3) 当某一片区的钢结构吊装形成框架后, 对这一片区的钢柱再进行整体测量校正。

4) 钢柱焊前、焊后轴线偏差测定。

5) 地下钢结构吊装前, 用全站仪、水准仪检测柱脚螺栓的轴线位置, 复测柱基标高及螺栓的伸出长度, 设置柱底临时标高支承块。

(9) 对钢结构安装测量的要求

1) 检定仪器和钢尺, 保证精度。

2) 基础验线。根据提供的控制点, 测设柱轴线, 并闭合复核。在测设柱轴线时, 不宜在太阳暴晒下进行, 钢尺应先平铺摊开, 待钢尺与地面温度相近时再进行量距。

3) 主轴线闭合, 复核检验主轴线应从基准点开始。

4) 水准点施测、复核检验水准点用附合法, 闭合差应小于允许偏差。

5) 根据场地情况及设计与施工的要求, 合理布置钢结构平面控制网和标高控制网。

(10) 钢结构安装工程中的测量顺序

测量工作必须按照一定的顺序贯穿于整个钢结构安装施工过程中, 才能达到质量的预控目标。

建立钢结构安装测量的“三校制度”。钢结构安装测量经过基准线的设立, 平面控制网的投测、闭合, 柱顶轴线偏差值的测量以及柱顶标高的控制等一系列的测量准备, 到钢柱吊

装就位，就由钢结构吊装过渡到钢结构校正。

1) 初校。初校的目的是要保证钢柱接头的相对对接尺寸，在综合考虑钢柱扭曲、垂偏、标高等安装尺寸的基础上，保证钢柱的就位尺寸。

2) 重校。重校的目的是对柱的垂直度偏差、梁的水平度偏差进行全面调整，以达到标准要求。

3) 高强度螺栓终拧后的复校。目的是掌握高强度螺栓终拧时钢柱发生的垂直度变化。这种变化一般用下道焊接工序的焊接顺序来调整。

4) 焊后测量。对焊接后的钢框架柱及梁进行全面的测量，编制单元柱（节柱）实测资料，确定下一节钢结构构件吊装的预控数据。

5) 通过以上钢结构安装测量程序的运行，测量要求的贯彻。

测量顺序的执行，使钢结构安装的质量自始至终都处于受控状态，以达到不断提高钢结构安装质量的目的。

2.2.7 多层与高层钢结构安装工程质量验收标准

2.2.7.1 基本规定

(1) 钢结构工程施工单位应具备相应的钢结构工程施工资质，施工现场质量管理应有相应的施工技术标准、质量管理体系、质量控制及检验制度，施工现场应有经项目技术负责人审批的施工组织设计、施工方案等技术文件。

(2) 钢结构工程施工质量的验收，必须采用经计量检定、校准合格的计量器具。

(3) 钢结构工程应按下列规定进行施工质量控制：

1) 采用的原材料及成品应进行进场验收。凡涉及安全、功能的原材料及成品应按规范规定进行复验，并经监理工程师（建设单位项目技术人员）见证取样、送样。

2) 各工序应按相应施工工艺标准进行质量控制，每道工序完成后，应进行检查。

3) 相关各专业工种之间，应进行交接检验，并经监理工程师（建设单位项目技术人员）检查认可，形成记录。未经监理工程师（建设单位项目技术人员）检查认可，不得进行下道工序施工。

(4) 钢结构工程施工质量验收应在施工单位自检的基础上，按照检验批、分项工程、分部（子分部）工程进行。钢结构分部（子分部）工程中分项工程划分应按照现行国家标准《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 5030—2000 的规定执行。钢结构分项工程应有一个或若干检验批组成，各分项工程检验批应按本工艺标准的规定进行划分。

(5) 分项工程检验批合格质量标准应符合下列规定：

1) 主控项目必须符合本工艺标准中的合格质量标准的要求。

2) 一般项目其检验结果应有 80% 及以上的检查点（值）符合本工艺标准合格质量标准的要求，且最大值不应超过其允许偏差值的 1.2 倍。

3) 质量检查记录、质量证明文件等资料应完整。

(6) 钢结构工程施工质量应按下列要求进行验收:

- 1) 钢结构工程施工质量应符合本标准和相关专业验收规范的规定。
- 2) 钢结构工程施工质量应符合工程勘察、设计文件的要求。
- 3) 参加工程施工质量验收的各方人员应具备规定的资格。
- 4) 工程质量的验收均应在施工单位自行检查评定的基础上进行。
- 5) 隐蔽工程在隐蔽前应由施工单位通知有关单位进行验收, 并形成验收文件。
- 6) 涉及结构安全的试件以及有关材料, 应按规定进行见证取样检测。
- 7) 检验批的质量应按主控项目和一般项目验收。
- 8) 对涉及结构安全和使用功能的重要分部工程应进行抽样检测。
- 9) 承担见证取样检测及有关结构安全检测的单位应具有相应的资质。
- 10) 工程的观感质量应由验收人员通过现场检查, 并应共同确认。

(7) 检验批的质量检验, 应根据检验项目的特点在下列抽样方案中进行选择:

- 1) 计量、计数或计量—计数等抽样方案。
- 2) 一次、二次或多次抽样方案。
- 3) 根据生产连续性和生产控制稳定性情况, 尚可采用调整型抽样方案。
- 4) 对重要的检验项目当可采用简易快速的检验方法时, 可选用全数检验方案。
- 5) 经实践检验有效的抽样方案。

(8) 在制定检验批的抽样方案时, 对生产方风险 (或错判概率 α) 和使用方风险 (或漏判概率 β) 可按下列规定采取:

- 1) 主控项目: 对应于合格质量水平的 α 和 β 均不宜超过 5%。
- 2) 一般项目: 对应于合格质量水平的 α 不宜超过 5%, β 不宜超过 10%。

(9) 当钢结构工程施工质量不符合本工艺标准中的质量标准的要求时, 应按下列规定进行处理:

- 1) 经返工重做或更换构 (配) 件的检验批, 应重新进行验收。
- 2) 经有资质的检测单位检测鉴定能够达到设计要求的检验批, 应予以验收。

3) 经有资质的检测单位检测鉴定达不到设计要求, 但经原设计单位核算认可能够满足结构安全和施工功能的检验批, 可予以验收。

4) 经返修或加固处理的分项、分部工程, 虽然改变外形尺寸但仍能满足安全使用要求, 可按处理技术方案和协商文件进行验收。

(10) 通过返修或加固处理仍不能满足安全使用要求的钢结构分部工程, 严禁验收。

2.2.7.2 一般规定

(1) 适用于多层与高层钢结构的主体结构、地下钢结构、檩条及墙架等次要构件、钢平台、钢梯、防护栏杆等安装工程的质量验收。

(2) 多层与高层钢结构安装工程可按楼层或施工段等划分为一个或若干个检验批。地下钢结构可按不同地下层划分检验批。

(3) 钢构件预拼装工程可按钢构件制作工程检验批的划分原则分为一个或若干个检验批。

(4) 预拼装所用的支承凳或平台应测量找平，检查时应拆除全部临时固定和拉紧装置。

(5) 进行预拼装的钢构件，其质量应符合设计要求和本标准合格质量标准的规定。柱、梁、支撑等构件的长度尺寸应包括焊接收缩余量等变形值。

(6) 安装柱时，每节柱定位轴线应从地面控制轴线直接引上，不得从下层柱的轴线引上。

(7) 结构的楼层标高可按相对标高或设计标高进行控制。

(8) 安装的测量校正、高强度螺栓安装、负温度下施工及焊接工艺等，应在安装前进行工艺试验或评定，并应在此基础上制定相应的施工工艺或方案。

(9) 安装偏差的检测，应在结构形成空间刚度单元并连接固定后进行。

(10) 安装时，必须控制屋面、楼面、平台等的施工荷载，施工荷载和冰雪荷载等严禁超过梁、桁架、楼面板、屋面板、平台铺板等的承载能力。

(11) 在形成空间刚度单元后，应及时对柱底板和基础顶面的空隙进行细石混凝土、灌浆料等二次灌浆。

(12) 吊车梁或直接承受动力荷载的梁其受拉翼缘、吊车桁架或直接承受动力荷载的桁架其受拉弦杆，不得焊接悬挂物和卡具等。

(13) 钢结构安装检验批应在进场验收和焊接连接、紧固件连接、制作等分项工程验收合格的基础上进行验收。

2.2.7.3 基础和支承面

(1) 主控项目

1) 建筑物的定位轴线、基础上柱的定位轴线和标高、地脚螺栓（锚栓）的规格和位置、地脚螺栓（锚栓）紧固应符合设计要求。当设计无要求时，应符合表 2.2.7.3—1 的规定。

检查数量：按柱基数抽查 10%，且不应少于 3 个。

检验方法：采用全站仪、经纬仪、水准仪和钢尺实测。

支承面、地脚螺栓（锚栓）位置的允许偏差（mm）表 2.2.7.3 - 1

项目		允许偏差
支承面	标高	±3.0

	水平度	L /1000
地脚螺栓（锚栓）	螺栓中心偏移	5.0
预留孔中心偏移		10.0

2) 多层建筑以基础顶面直接作为柱的支承面，或以基础顶面预埋钢板或支座作为柱的支承面时，其支承面、地脚螺栓（锚栓）位置的允许偏差应符合表 2.2.7.3—2 的规定。

坐浆垫板的允许偏差（mm）表 2.2.7.3 - 2

项目	允许偏差	项目	允许偏差
顶面标高	0.0 —0.3	水平度位置	I /1000 20.0

检查数量：按柱基数抽查 10%，且不应少于 3 个。

检验方法：采用全站仪、经纬仪、水准仪和钢尺实测。

3) 多层建筑采用坐浆垫板时，坐浆垫板的允许偏差应符合表 2.2.7.3—2 的规定。

检查数量资料全数检查。按柱基数抽查 10%，且不应少于 3 个。

检验方法：采用全站仪、经纬仪、水准仪和钢尺实测。

4) 当采用杯口基础时，杯口尺寸的允许偏差应符合表 2.2.7.3—3 的规定。

杯口尺寸的允许偏差（mm）表 2.2.7.3 - 3

项目	允许偏差
底面标高	0.0 —5.0
杯口深度（H）	±5.0
杯口垂直度	H /1000, 且不大于 10.0
位置	10.0

检查数量：按基础数抽查 10%，且不应少于 4 处。

检验方法：观察及尺量检查。

（2）一般项目

地脚螺栓（锚栓）尺寸的允许偏差应符合表 2.2.7.3—4 的规定。

检查数量：按基础数抽查 10%，且不应少于 3 处。

检验方法：用钢尺现场实测。

地脚螺栓（锚栓）尺寸的允许偏差（mm）表 2.2.7.3 - 4

项目	允许偏差
螺栓（锚栓）露出长度	±3.0

	0.0
螺纹长度	+30 0.0

2.2.7.4 预拼装

(1) 主控项目

高强度螺栓和普通螺栓连接的多层板叠，应采用试孔器进行检查，并应符合下列规定：

- 1) 当采用比孔公称直径小 1.0mm 的试孔器检查时，每组孔的通过率不应小于 85%。
- 2) 当采用比螺栓公称直径大 0.3mm 的试孔器检查时，通过率应为 100%。

检查数量：按预拼装单元全数检查。

检验方法：采用试孔器检查。

(2) 一般项目

预拼装的允许偏差应符合表 2.2.7.4 的规定。

检查数量：按预拼装单元全数检查

检验方法：见表 2.2.7.4.

2.2.7.5 安装和校正

(1) 主控项目

1) 钢构件应符合设计要求、规范和本工艺标准的规定。运输、堆放和吊装等造成的构件变形及涂层脱落，应进行矫正和修补。

检查数量：按构件数抽查 10%，且不应少于 3 个。

检验方法：用拉线、钢尺现场实测或观测。

2) 柱子安装的允许偏差应符合表 2.2.7.5—1 的规定。

检查数量：标准柱全部检查；非标准柱抽查 10%，且不应少于三根。

钢构件预拼装的允许偏差 (mm) 表 2.2.7.4

构件类型	项目	允许偏差	检验方法
多节柱	预拼装单元总长	±5.0	用钢尺检查
	预拼装单元弯曲矢高	L/1500 且不应大于 10.0	用拉线和钢尺检查
	接口错边	2.0	用焊接量规检查
	预拼装单元柱身扭曲	H/200,且不应大于 5.0	用拉线、吊线和钢尺检查
	顶紧面至任一牛腿距离	±2.0	用钢尺检查
梁、桁架	跨度最外两端安装孔或两端 支承面最外侧距离	+5.0 -10.0	

	接口截面错位		2.0	用焊接量规检查
	拱度	设计要求起供	$\pm L/5000$	用拉线和钢尺检查
		设计未要求起供	$L/2000$	
	节点处杆件轴线错位		4.0	划线后用钢尺检查
管构件	预拼装单元总长		± 5.0	用钢尺检查
	预拼装单元弯曲矢高		$L/1500$,且不应大于 10.0	用拉线和钢尺检查
	对口错边		$t/10$,且不应大于 3.0	用焊接量规检查
	坡口间隙		+2.0 -1.0	
构件平面 总体预拼 装	各楼层柱距		± 4.0	用钢尺检查
	相邻楼层梁与梁之间距离		± 3.0	
	各层间框架两对角线之差		$H/2000$,且不应大于 5.0	
	任意两对角线之差		$\Sigma H/2000$,且不大于 8.0	

检验方法：采用全站仪、经纬仪、水准仪和钢尺实测。

3) 钢主梁、次梁及受压杆件的垂直度和侧向弯曲矢高的允许偏差应符合表 2.2.7.5—1 的规定。

检查数量：按同类构件数抽查 10%，且不应少于 3 个。

检验方法：用吊线、拉线、经纬仪和钢尺现场实测。

4) 设计要求顶紧的节点，接触面不应少于 70% 紧贴，且边缘最大间隙不应大于 0.8mm。

检查数量：按节点数抽查 10%，且不应少于 3 个。

检验方法：用钢尺及 0.3mm 和 0.8mm 的塞尺现场实测。

5) 多层与高层钢结构主体结构的整体垂直度和整体平面弯曲的允许偏差应符合表 2.2.7.5—1 的规定。

检查数量：对主要立面全部检查。对每个所检查的立面，除两列角柱外，还应至少选取一列中间柱。

检验方法：对于整体垂直度，可采用激光经纬仪、全站仪测量，也可根据各节柱的垂直度允许偏差累计（代数和）计算。对于整体平面弯曲，可按产生的允许偏差累计（代数和）计算。

（2）一般项目

1) 钢结构表面应干净，结构主要表面不应有疤痕、泥沙等污垢。

检查数量：按同类构件数抽查 10%，且不应少于 3 件。

检验方法：观察检查。

2) 钢柱等主要构件的中心线及标高基准点等标记应齐全。

检查数量：按同类构件数抽查 10%，且不应少于 3 件。

检验方法：观察检查。

3) 钢构件安装的允许偏差应符合表 2.2.7.5—1 的规定。


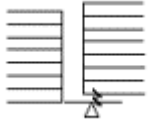
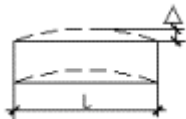
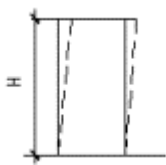
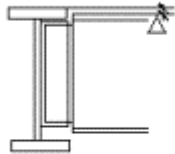
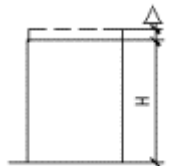
检查数量：按同类构件或节点数抽查 10%。其中柱和梁各不应少于 3 件，主梁与次梁连接节点不应少于 3 个，支承压型金属板的钢梁长度不应少于 5m。

检验方法：采用全站仪、水准仪、钢尺实测。

4) 主体结构总高度的允许偏差应符合表 2.2.7.5l 的规定。

多层与高层钢结构安装的允许偏差 表 2.2.7.5 - 1

项目	允许偏差 (mm)	图例
钢结构定位轴线	$\pm L/20000$ ± 3.0	
柱定位轴线	1.0	
地脚螺栓位移	2.0	
柱底座位移	3.0	
上柱和下柱扭转	3.0	
柱底标高	± 2.0	
单节柱的垂直度	$H/1000$ 10.0	
同一层柱的顶标高	± 5.0	

同一根梁两端的水平度		$(L/1000) + 3$ 10.0	
压型钢板在钢梁上的相邻列错位		≤ 15.0	
建筑物的平面弯曲		$L/1500 \leq 25.0$	
建筑物的整体垂直度		$(H/2500) + 10.0 \leq 50.0$	
主梁与次梁表面高度		± 2.0	
建筑物总高度	按向对标高安装	$\pm \sum_{i=1}^n (\Delta_h + \Delta_z + \Delta_w)$	
	按设计标高安装	$\pm H/1000$ ± 30.0	

注：表中， Δh 为柱的制造长度允许误差； Δz 为柱经荷载压缩后的缩短值； Δw 为柱子接头焊缝的收缩值；

检查数量：按标准柱列数抽查 10%，且不应少于 4 列。

检验方法：采用全站仪、水准仪、钢尺实测。

5) 当钢构件安装在混凝土柱上时，其支座中心对定位轴线的偏差不应大于 10mm；当采用大型混凝土屋面板时，钢梁（或桁架）间距的偏差不应大于 10mm。

检查数量：按同类构件数抽查 10%，且不应少于 3 榀

检验方法：用拉线和钢尺现场实测。

6) 多层与高层钢结构中檩条、墙架等次要构件安装的允许偏差应符合表 2.2.7.5—2 的规定。

墙架、檩条等次要构件安装的允许偏差 (mm) 表 2.2.7.5 - 2

项目		允许偏差	检验方法
墙架立柱	中心线对定位轴线的偏移	10.0	用钢尺检查
	垂直度	H/1000, 且不应大于 10.0	用经纬仪或吊线和钢尺检查
	弯曲矢高	H/1000, 且不应大于 15.0	用经纬仪或吊线和钢尺检查
抗风桁架的垂直度		H/250, 且不应大于 15.0	用吊线和钢尺检查
檩条、墙架的间距		± 5.0	用钢尺检查
檩条的弯曲矢高		L/750, 且不应大于 12.0	用拉线和钢尺检查
墙架的弯曲矢高		L/750, 且不应大于 10.0	用拉线和钢尺检查

注：H 为墙架、立柱、抗风桁架高度；

L 为檩条或墙架的长度。

检查数量：按同类构件数抽查 10%，且不应少于 3 件。

检验方法：用经纬仪、吊线和钢尺现场实测。

7) 多层与高层钢结构中钢平台、钢梯、栏杆安装应符合现行国家标准《固定式钢直梯》GB 4053.1、《固定式钢斜梯》GB 4053.2、《固定式防护栏杆》GB 4053.3、《固定式钢平台》GB 4053.4 的规定。钢平台、钢梯和防护栏杆安装的允许偏差应符合表 2.2.7.5—3 的规定。

钢平台、钢梯和防护栏杆安装的允许偏差 (mm) 表 2.2.7.5 - 3

项目	允许偏差	检验方法
平台高度	± 15.0	用水准仪检查
平台梁水平度	L/1000, 且不应大于 20.0	用水准仪检查
平台支柱垂直度	H/1000, 且不应大于 15.0	用经纬仪或吊线和钢尺检查
承重平台梁侧向弯曲	L/1000, 且不应大于 10.0	用拉线和钢尺检查
承重平台梁垂直度	H/250, 且不应大于 15.0	用吊线和钢尺检查
直梯垂直度	L/1000, 且不应大于 15.0	用吊线和钢尺检查
栏杆高度	± 15	用钢尺检查
栏杆立柱高度	± 15.0	用钢尺检查

注：L 为平台梁、直梯的长度；

H 为平台梁的高度、平台立柱的高度。

检查数量：按钢平台总数抽查 10%，栏杆、钢梯按总长度各抽查 10%，但钢平台不应少于 1 个，栏杆不应少于 5m，钢梯不应少于 1 跑。

检验方法：用经纬仪、水准仪、吊线和钢尺现场实测。

8) 多层与高层钢结构中现场焊缝组对间隙的允许偏差应符合表 2.2.7.5—4 的规定。

现场焊缝组对间隙的允许偏差 (mm) 表 2.2.7.5 - 4

项目	允许偏差	检验方法
无垫板间隙	+3.0	
	0.0	
有垫板间隙	+3.0	

	-2.0	
--	------	--

检查数量：按同类节点数抽查 10%，且不应少于 3 个。

检验方法：用钢尺现场实测。

2.2.7.6 竣工资料的整理

竣工资料包括以下内容：设计变更通知，设计交底记录，现场签证，竣工图，钢材材质证明，钢构件加工制作质量验收单，钢索用料材质证明，钢索、索头质保单及索体加工制作质量验收单，吊装、焊接、测量、探伤、抗滑移系数试验、高强度螺栓质保单、栓钉质保单，建设单位要求提供的其他资料。

竣工验收

按现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205—2001 的规定组织验收。

2.2.8 成品保护

2.2.8.1 成品保护是施工质量关键的一环。成品保护的具体措施是落实成品保护的关键，具体叙述如下：

(1) 防潮、防压措施

重点是高强度螺栓、栓钉、焊条、焊丝等，要求以上成品堆放在库房的货架上，最多不超过四层。

(2) 钢构件堆放措施

要求场地平整、牢固、干净、干燥，钢构件分类堆放整齐，下垫枕木，叠层堆放也要求垫枕木，并要求做到防止变形、牢固、防锈蚀。

(3) 施工过程中控制措施

不得对已完工构件任意焊割，对施工完毕并经检测合格的焊缝、接点板处马上进行清理，并按要求进行封闭。

(4) 交工前成品保护措施

成品保护专职人员按区域或楼层范围进行值班保护工作，并按方案中的规定、职责、制度做好所有成品保护工作。

2.2.9 安全环保措施

多层与高层钢结构安装工程在施工中要注意做好安全保护措施。特别是高空坠落、物体打击、电击伤人等安全事故在多高层钢结构安装中发生较多。做好安全与劳动保护是非常有必要的。

2.2.9.1 高空作业一般要求

(1) 高空作业的安全技术措施及其所需料具，必须列入工程的施工组织设计。

(2) 单位工程施工应建立相应的责任制。

施工前，逐级进行安全技术教育及交底，落实所有安全技术措施和人身防护用品，未经落实的不得进行施工。

(3) 高空作业中的设施、设备，必须在施工前进行检查，确认其完好，方能投入使用。

(4) 攀登和悬空作业人员，必须持证上岗，定期进行专业知识考核和体格检查。

(5) 施工中对高空作业的安全技术措施，发现有缺陷和隐患时，应及时解决；危及人身安全时，必须停止作业。

(6) 施工作业场所有可能坠落的物件，应一律先进行撤除或加以固定。

高空作业中所用的物料，应堆放平稳，不妨碍通行和装卸。

随手用的工具应放在工具袋内。

作业中，走道内余料应及时清理干净，不得任意抛掷或向下丢弃。

传递物件禁止抛掷。

(7) 雨天和雪天进行高空作业时，必须采取可靠的防滑、防寒和防冻措施。对于水、冰、霜、雪均应及时清除。

对高耸建筑物施工，应事先设置避雷设施，遇有 6 级以上强风、浓雾等恶劣天气，不得进行露天攀登和悬空高处作业。施工前到当地的气象部门了解情况，做好防台风、防雨、防冻、防寒、防高温等措施。暴风雪及台风暴雨前后，应对高空作业安全设施逐一加以检查，发现问题，立即加以完善。

(8) 钢结构吊装前，应进行安全防护设施的逐项检查和验收。验收合格后，方可进行高空作业。

2.2.9.2 临边作业

(1) 基坑周边，还未安装栏杆和栏板的阳台、料台与挑平台周边、雨篷与挑檐边，无外脚手架的屋面与楼层周边及水箱与水塔周边、桁架、梁上工作人员行走，柱顶工作平台，拼装平台等处，都必须设置防护栏杆。

(2) 多层与高层及超高层钢结构楼梯，必须安装临时护栏。顶层楼梯口应随工程进度安装正式防护栏杆。

(3) 井架与施工用电梯和脚手架等与建筑物通道的两侧边，必须设防护栏杆，地面通道上部应设安全防护棚。

(4) 各种垂直运输接料平台，除两侧设防护栏杆外，平台口还应设置安全固定或活动防护栏杆，接料平台两侧的栏杆，必须自上而下加挂安全立网。

(5) 防护栏杆具体做法及技术要求，应符合《建筑施工高处作业安全技术规程》(JGJ 80—91) 有关规定。

2. 2. 9. 3 洞口作业

进行洞口作业以及因工程和工序需要而产生的,使人和物有坠落危险或危及人身安全的其他洞口进行高空作业时,必须设置防护栏杆。

(1) 板与墙的洞口,必须设置牢固的盖板、防护栏杆、安全网或其他防坠落的防护设施。

(2) 电梯井口必须设防护栏杆或固定栅门,电梯井内应每隔两层、最多 10m 设一道水平安全网。

(3) 施工现场通道附近的多类洞口与坑槽等处,除应设置防护设施与安全标志外,夜间还应设红灯示警。

(4) 桁架间安装支撑前应加设安全网。

(5) 洞口防护设施具体做法及技术要求,应符合《建筑施工高处作业安全技术规程》(JGJ 80—91)有关规定。

2. 2. 9. 4 攀登作业

现场登高应借助建筑结构或脚手架上的登高设施,也可采用载人的垂直运输设备;进行攀登作业时,也可使用梯子或采用其他攀登设施。

(1) 柱、梁等构件吊装所需的直爬梯及其他登高用的拉攀件,应在构件施工图或说明内做出规定,攀登的用具在结构构造上,必须牢固、可靠。

(2) 梯脚底部应垫实,不得垫高使用,梯子上端应有固定措施。

(3) 钢柱安装登高时,应使用钢挂梯或设置在钢柱上的爬梯。钢柱安装时应使用梯子或操作台。

(4) 登高安装钢梁时,应视钢梁高度,在两端设置挂梯或搭设钢管脚手架。在梁面行走时,其一侧的临时护栏横杆可采用钢索,当改为扶手绳时,绳的自由下垂度不应大于 1/20,并应控制在 100mm 以内。

(5) 在钢屋梁上下弦登高操作时,对于三角形屋架应在屋脊处,梯形屋架应在两端设置攀登时上下的梯架。

钢屋架吊装前,应在上弦设置防护栏杆;并应预先在下弦挂设安全网,吊装完毕后,即将安全网铺设、固定。

2. 2. 9. 5 悬空作业

悬空作业应有牢靠的立足处,并必须视具体情况,设置防护栏网、栏杆或其他安全设施。

(1) 悬空作业所用的索具、脚手架、吊篮、吊笼、平台等设备,均需经过技术鉴定或验证方可使用。

(2) 钢结构的吊装,构件应尽可能在地面组装,并搭设临时固定、电焊、高强度螺栓连接等工序的高空安全设施,随构件同时安装就位,并应考虑这些安全设施的拆卸工作。

高空吊装大型构件前，也应搭设悬空作业中所需的安全设施。

(3) 进行预应力张拉时，应搭设站立操作人员和设置张拉设备用的牢固可靠的脚手架或操作平台。预应力张拉区域应指示明显的安全标志，禁止非操作人员进入。

(4) 悬空作业人员，必须系好安全带。

2.2.9.6 交叉作业

(1) 结构安装过程中，各工种进行上下立体交叉作业时，不得在同一垂直方向上操作。下层作业的位置，必须处于依上层高度确定的可能坠落范围半径之外；不符合以上条件时，应设置安全防护层。

(2) 楼层边口、通道口、脚手架边缘等处，严禁堆放任何拆下构件。

(3) 结构施工自二层起，凡人员进出的通道口（包括井架、施工用电梯的进出通道口等），均应搭设安全防护棚。高层超出 24m 的层次上的交叉作业，应设双层防护。

(4) 由于上方施工可能坠落物件或处于起重机起重臂回转范围之内的通道，在其受影响的范围内，必须搭设顶部能防止穿透的双层防护棚。

2.2.9.7 起重机

多层与高层钢结构施工中，起重机属大型机械，如发生事故，将会造成大量的人员伤亡和财产损失。在操作过程中，应严格按起重机械的操作规程操作，并采取必要可靠的措施，来保证起重机械的正常作业。

(1) 起重机的行驶道路，必须坚实可靠。起重机不得停置在斜坡上工作，也不允许起重机两侧履带一高一低。

(2) 严禁超载吊装。

(3) 禁止斜吊。

(4) 履带式起重机吊物时一般不能行走，如吊物时要行走，只能短距离行走，构件离地面 30mm 左右，且要慢行，将构件转至起重机的正前方。拉好溜绳，控制构件摆动。

(5) 熟悉起重机的性能，进行吊装作业。

(6) 双机抬吊，要根据起重机的起重能力进行合理的负荷分配（每台起重机的负荷不应超过其安全负荷的 80%），在操作时要统一指挥。在整个抬吊过程中两台起重机的吊钩滑车组均应保持铅垂状态。

(7) 绑扎构件的吊索须经过计算，所有起重工具应定期进行检查，对损坏的作出鉴定。绑扎方法应正确、牢靠，以防吊装中吊索破断或构件滑脱，使起重机失重而倾覆。

(8) 工作完毕轨道两端设夹轨钳，遇有台风警报，塔式起重机应拉好缆风。

(9) 保证机上和机下的信号一致。

(10) 按照操作规程经常对起重机械进行维修保养。

(11) 在使用行走式塔吊时，要保证轨道和地锚符合要求，避免因轨道和地锚不合要求而造成事故。

(12) 塔式起重机应安有起重量限位器、高度限位器、幅度指示器、行程开关等，防止安全装置失灵而造成事故。

(13) 群塔作业，两台起重机之间的最小距离，应保证在最不利位置时，任一台的起重臂不会与另一台的塔身、塔顶相碰，并至少有 2m 的安全距离；应避免两台起重臂在垂直位置相交。

2.2.9.8 防止高空坠落和物体落下伤人

(1) 为防止高处坠落，操作人员进行高处作业时，必须正确使用安全带。安全带一般应高挂低用。

(2) 安装构件时，使用撬杠校正构件的位置要安全，必须防止因撬杠滑脱而引起的高空坠落。

(3) 在雨期、冬期里，构件上常因潮湿或积有冰雪而容易使操作人员滑倒，应清扫积雪后再安装，高空作业人员必须穿防滑鞋方可操作。

(4) 高空操作人员在脚手板上通行时，应该思想集中，防止踏上探头板而从高空坠落。

(5) 操作人员必须戴安全帽。

(6) 高空作业人员使用的工具及安全带的零部件，应放入随身携带的工具袋内，不可向下丢掷。

(7) 在高空气割或电焊切割施工时，应采取措施防止割下的金属或火花落下伤人或引起火灾。

(8) 地面操作人员，尽量避免在高空作业的下方停留或通过，也不得在起重机的吊杆和正在吊装的构件下停留或通过。

(9) 构件安装后，必须检查连接质量，无误后，才能摘钩或拆除临时固定工具，以防构件掉落伤人。

(10) 设置吊装禁区，禁止与吊装作业无关的人员入内。

2.2.9.9 防止触电

(1) 随时检查电焊机的手把线，防止破损。电焊机的外壳应有接地保护。

(2) 使用塔式起重机或长吊杆的其他类型起重机时，应有避雷防触电设施。轨道式起重机当轨道较长时，每隔 20m 应加装一组接地装置。

(3) 各种起重机严禁在架空输电线路下面工作，在通过架空输电线路时，应将起重臂落下，并确保与架空输电线的垂直距离符合表 2.2.9.9 的规定。

起重机与架空输电线的安全距离 表 2.2.9.9

输电线电压 (KV)	与架空线的垂直距离 (m)	水平安全距离 (m)	备注
------------	---------------	------------	----

1	1.3	1.5	
1~20	1.5	2.0	
35~110	2.5	4	
154	2.5	5	
220	2.5	6	

(4) 电气设备不得超负荷运行。

(5) 手工操作时电工应戴绝缘手套或站在绝缘台上。

(6) 严禁带电作业。

2.2.9.10 防止氧乙炔瓶爆炸

(1) 氧乙炔瓶放置安全距离应大于 10m。

(2) 氧气瓶不应该放在太阳光下暴晒，更不可接近火源，要求与火源距离不小于 10m。

(3) 冬期施工时，如果瓶的阀门发生冻结，应该用干净的热布把阀门烫热而不可用火熏。

(4) 氧气与油也会引起爆炸，因此不能用油手接触氧气瓶，还要防止起重机或其他机械油落到氧气瓶上面。

2.2.9.11 安全管理

(1) 安全技术交底应包括以下内容：

1) 吊装构件的特征、重量、重心位置、几何尺寸、吊点位置、安装高度、安装位置、安装精度等。

2) 所选用起重机的主要机械性能和使用注意事项。

3) 指挥信号及信号传递系统要求。

4) 吊装方法、吊装顺序及进度计划安排。

(2) 各类起重机的操作人员和起重机指挥人员必须经过专门的操作技术和安全技术培训，并考核合格，取得操作证和指挥合格证，严禁无证操作起重机或指挥起重作业。

(3) 起重机具、起重机械各部件、起重机的路基、路轨等应定期检查，发现问题立即解决。

2.2.9.12 施工现场消防要点

(1) 施工现场的消防安全，由施工单位负责。建设单位应督促施工单位作好消防安全工作。

(2) 施工现场实行逐级防火责任制，施工单位应确定一名防火责任人，全面负责施工现场的消防安全工作。

(3) 消防施工组织设计应包括如下内容:

1) 建设工程位置、建设层数、面积、高度、跨度、结构模型、特点、施工工艺、方法、使用材料等。

2) 生产生活用火区(如锅炉房、茶炉房等)位置。

3) 各种临时建筑的位置、结构、防火距离和用途。

4) 易燃、可燃材料的存放地点、堆放体积等。

5) 工地消防给水管道、临时消防主管和室外消火栓的位置。

管径;消防车道宽度和消防泵的位置(包括泵的型号、规格),供电线路架设方位及电压等。

6) 配备消防器材的数量和种类。

(4) 施工现场应遵守下列规定:

1) 搭设的临时建筑,应符合防火要求,不得使用易燃材料。

2) 使用电气设备和化学危险物品,必须符合技术规范和操作规程,严格防火措施、确保安全,禁止违章作业。施工作业用火必须经过保卫部门审查批准,领取动火证,方可作业。动火证只在指定地点和限制时间内有效。

3) 施工材料的存放、保管,应符合防火安全要求,易燃材料必须专库储备;化学易燃品和压缩可燃性气体容器等,应按其性质设置专用库房分类堆放。

4) 安装电气设备,进行电、气切割作业等,必须由持证的电工、焊工操作。

5) 冬期施工使用电热器,须有工程技术部门提供的安全使用技术资料,并经施工现场防火负责人同意,重要工程和高层建筑冬期施工用的保温材料,不得采用可燃材料。

6) 施工中使用的化学易燃物品时,应限额领料,禁止交叉作业;禁止在作业场所分装、调料;禁止在工程内使用石油气钢瓶、乙炔发生器作业。

7) 非经施工现场消防负责人批准,任何人不得在施工现场内住宿。

8) 设置消防车道,配备相应的消防器材和安排足够的消防水源。

9) 施工现场的消防器材和设施不得埋压、圈占或挪作他用,冬期施工须对消防设备采取防冻保温措施。

(5) 施工现场存在重大火灾隐患,经消防监督机关指出后,不按期整改的,消防监督机关有权责令其停止施工,立即改进;属违反治安管理行为的,由公安机关依照“中华人民共和国治安管理处罚条例”处罚;对引起火灾,造成严重后果,构成犯罪的,依法追究刑事责任。

2.2.9.13 环保措施

在多层与高层钢结构工程施工中,虽无泥浆污物产生,但也会产生烟尘等。因此在施工中,也要注意加强环保措施。

(1) 在焊接节点处,用钢管搭设防护栏杆,在栏杆周围用彩条布围住,防止电弧光和焊接产生的烟尘外露。

(2) 对于工程施工过程中和完工后产生的废铁等,进行回收。

2.2.10 质量记录

2.2.10.1 钢结构(钢构件焊接)分项工程检验批质量验收记录应满足《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205—2001 中的有关规定。

2.3 压型金属板安装施工工艺标准

2.3.1 总则

2.3.1.1 适用范围

本工艺标准所指的压型金属板是指用于钢结构建筑的楼板的永久性支承模板。它既是楼盖的永久性支承模板,根据设计它还可以与现浇混凝土层共同工作,是建筑物的永久组成部分,习惯称为结构楼承板。本工艺标准适用于结构楼承板的施工。

2.3.1.2 编制参考标准及规范

(1)《钢结构工程施工质量验收规范》GB50205 — 2001

(2)《建筑用压型钢板》GB / T12755—91

2.3.2 术语

压型钢板(又称楼承板):镀锌薄钢板经辊压成型,其截面成梯形、倒梯形或类似形状的波形,在建筑中用于楼板永久性支撑模板,也可被选用为其他用途的钢板。

2.3.3 基本规定

2.3.3.1 压型钢板安装应在钢结构楼层梁全部安装完成、检验合格并办理有关隐蔽手续以后进行,最好是整层施工。

2.3.3.2 压型钢板应按施工要求分区、分片吊装到施工楼层并放置稳妥,及时安装,不宜在高空过夜,必须过夜的应临时固定。

2.3.3.3 压型钢板的几何尺寸、重量及允许偏差应符合《建筑用压型钢板》GB / T12755 的要求。

2.3.3.4 高空施工的安全走道应按施工组织设计的要求搭设完毕。施工用电的连接应符合安全用电的有关要求,严格做到一机、一闸、一漏电。

2.3.3.5 压型钢板的切割应用冷作、空气等离子弧等方法切割，严禁用氧气乙炔焰切割。

2.3.4 施工准备

2.3.4.1 技术准备

(1) 压型钢板的板型确认

楼承板施工之前，应当根据施工图的要求，选定符合设计规定的材料（主要是考虑用于楼承板制作的镀锌钢板的材质、板厚、力学性能、防火能力、镀锌量、压型钢板的价格等经济技术要求），板型报设计审批确认。

(2) 压型钢板排布图

根据已确认板型的有关技术参数绘制压型钢板排版图。简言之，所谓压型钢板排版图就是根据已经选定的板型宽度，根据结构设计的楼板承载要求及建筑分隔，在图纸上预先排布压型钢板，从而确定板材的加工长度、数量，给出材料编号和采购清单，实际施工时据此安装压型钢板。

压型钢板排版图应当包含以下内容：

标准层压型钢板排版图；

非标准层压型钢板排版图；

标准节点作法详图；

个别节点的作法详图；

压型钢板编号、材料清单等。

(3) 其他技术准备

1) 根据设计文件、施工组织设计和压型钢板的排版图的有关要求和内容编制压型钢板施工作业指导书和有关安全、技术交底文件，根据责任范围和施工内容下发到有关工段和个人，进行严格的作业交底。

2) 在铺设压型钢板之前应及时办理已经安装完毕的钢结构安装、焊接、接点处防腐等工程的隐蔽验收。

2.3.4.2 材料要求

(1) 材料种类

压型钢板施工使用的材料主要有焊接材料，如 E43XX 的焊条、用于局部切割的干式云石机锯片、手提式砂轮机砂轮片等。所有这些材料均应符合有关的技术、质量和安全的专门规定。

(2) 规格品种

由于压型钢板厚度较小，为避免施工焊接固定时焊接击穿，焊接时所采用的焊条直径可

采用 $\phi 2.5\text{mm}$ 、 $\phi 3.2\text{mm}$ 等小直径的焊条；

用于局部切割的云石机锯片和手提式砂轮机砂轮片的半径宜大于所使用的压型钢板波形高度。

2.3.4.3 施工机具

压型钢板施工的专用机具有压型钢板电焊机，其他施工机具有手提式或其他小型焊机、空气等离子弧切割机、云石机、手提式砂轮机、钣金工剪刀等。下面列出了几种小型等离子切割机的有关参数供参考：

空气等离子弧切割机型号、性能 表 2.3.4.3

型号	LG8-25	LG8-30K	LGK8-40
电源电压（V）	380	380	380
相数	3	3	3
额定电流（A）	25	30	28
切割厚度（mm）	≤ 8	≤ 8	≤ 8
气体压力（N/mm ² ）	0.35	0.3~0.5	0.3~0.5
气体流量（L/min）	80		
重量（kg）	50	53	50
外形尺寸（mm）		425×300×800	445×373×674

2.3.4.4 作业条件

（1）压型钢板施工之前应及时办理有关楼层的钢结构安装、焊接、节点处高强度螺栓、油漆等工程的施工隐蔽验收；

（2）压型钢板的有关材质复验和有关试验鉴定已经完成；

（3）根据施工组织设计要求的安全措施落实到位，高空行走马道绑扎稳妥、牢靠之后才可以开始压型板的施工；

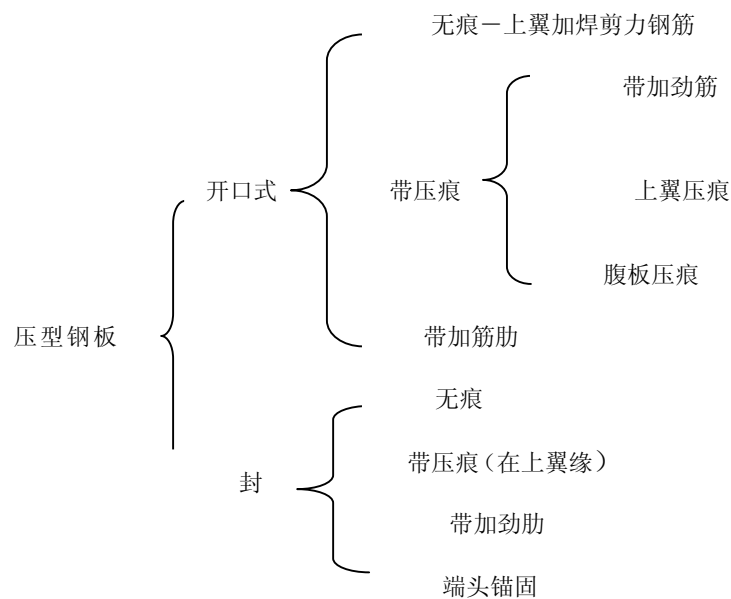
（4）安装压型钢板的相邻梁间距大于压型钢板允许承载的最大跨度的两梁之间，应根据施工组织设计的要求搭设支顶架

2.3.5 材料和质量要点

2.3.5.1 压型钢板的品种规格

（1）压型钢板的分类

根据压型钢板凹槽的开口出厂时是否封闭和是否有压痕我们把压型钢板分为开口式压型钢板和封闭式压型钢板，如下图所示



(2) 其他配件

其他配件包括堵头板、封边板等，用与选用的压型板同材质的镀锌钢板制作，对于封边板，由于往往用于楼板边的悬挑部分的底模，为避免混凝土浇筑时的变形，根据悬挑宽度往往应选用较厚的镀锌钢板或薄钢板弯制。

2.3.5.2 材料的关键要求

建筑工程上使用的压型钢板的尺寸、形式、板厚允许偏差应符合《建筑用压型钢板》GB / T12755 的要求；

1) 压型钢板几何尺寸应在出厂前进行抽检，对用卷板压制的钢板每卷抽检不少于 3 块；

(2) 压型钢板基材不得有裂纹，镀锌板不能有锈点；

(3) 压型钢板尺寸允许偏差：

1) 板厚极限偏差符合原材料相应标准；

2) 当波高<75mm 时，波高允许偏差±1.5mm，

当波高>75mm 时，波高允许偏差±2.0mm；

3) 波距允许偏差±2mm；

4) 当板长<10m 时，板长允许偏差 $\begin{smallmatrix} +5 \\ -0 \end{smallmatrix}$ mm，

侧向弯曲值<8mm；

当板长>10m 时，板长允许偏差 $\begin{smallmatrix} +10 \\ -0 \end{smallmatrix}$ mm，

侧向弯曲值 $<20\text{mm}$;

由于压型钢板在建筑中用于楼板永久性支撑模板并和钢筋混凝土叠合共同工作,因此我们不仅要求其力学、防腐性能,而且要求有必要的防火能力满足设计和规范的要求。

2.3.5.3 质量关键要求

压型钢板施工质量要求波纹对直,所有的开孔、节点裁切不得用氧气乙炔焰施工,避免烧掉镀锌层;

板缝咬口点间距不得大于板宽度的 $1/2$ 且不得大于 400mm ,整条缝咬合的应确保咬口平整,咬口深度一致;

所有的板与板、板与构件之间的缝隙不能直接透光,所有宽度大于 5mm 的缝应用砂浆、胶带等堵住,避免漏浆。

2.3.5.4 职业健康、施工安全的关键要求

要有可靠的防坠落措施避免施工人员高空坠落;

施工时两端要同时拿起,轻拿轻放,避免滑动或翘头;

施工剪切下来的料头要放置稳妥,随时收集,避免坠落;

施工时要铺设必要的人员交通用马道;

非施工人员禁止进入施工楼层,避免焊接弧光灼伤眼睛或晃眼造成摔伤,焊接辅助施工人员应戴墨镜配合施工;

下一楼层应有专人监控,防止其他人员进入施工区和焊接火花坠落造成失火。

2.3.5.5 环境保护关键要求

施工时应有可靠的屏蔽措施避免焊接电弧光外泄造成光污染;

夜间施工时不得敲击压型钢板,避免噪声。

2.3.6 施工工艺

2.3.6.1 工艺流程

压型钢板的安装工艺流程见图 2.3.6.1。

2.3.6.2 压型钢板与上下工序间的衔接

压型钢板与其他相关联的工序应按下列序流程进行施工:

钢结构隐蔽验收→搭设支顶架→压型钢板安装焊接→堵头板和封边板安装→压型钢板

锁口→检钉焊→清扫、施工批交验→设备管道、电器线路施工、钢筋绑扎→混凝土浇筑。

2.3.6.3 施工质量技术要点

(1) 压型钢板在装、卸、安装中严禁用钢丝绳捆绑直接起吊，运输及堆放应有足够支点，以防变形。

(2) 铺设前对弯曲变形者应矫正好。

(3) 钢梁顶面要保持清洁，严防潮湿及涂刷油漆未干。

(4) 下料、切孔采用等离子弧切割机操作，严禁用氧气乙炔切割。大孔洞四周应补强。

(5) 是否需搭设临时的支顶架由施工组织设计确定。如搭设应待混凝土达到一定强度后方可拆除。

(6) 压型钢板按图纸放线安装、调直、压实并点焊牢靠。要求如下：

1) 波纹对直，以便钢筋在波内通过；

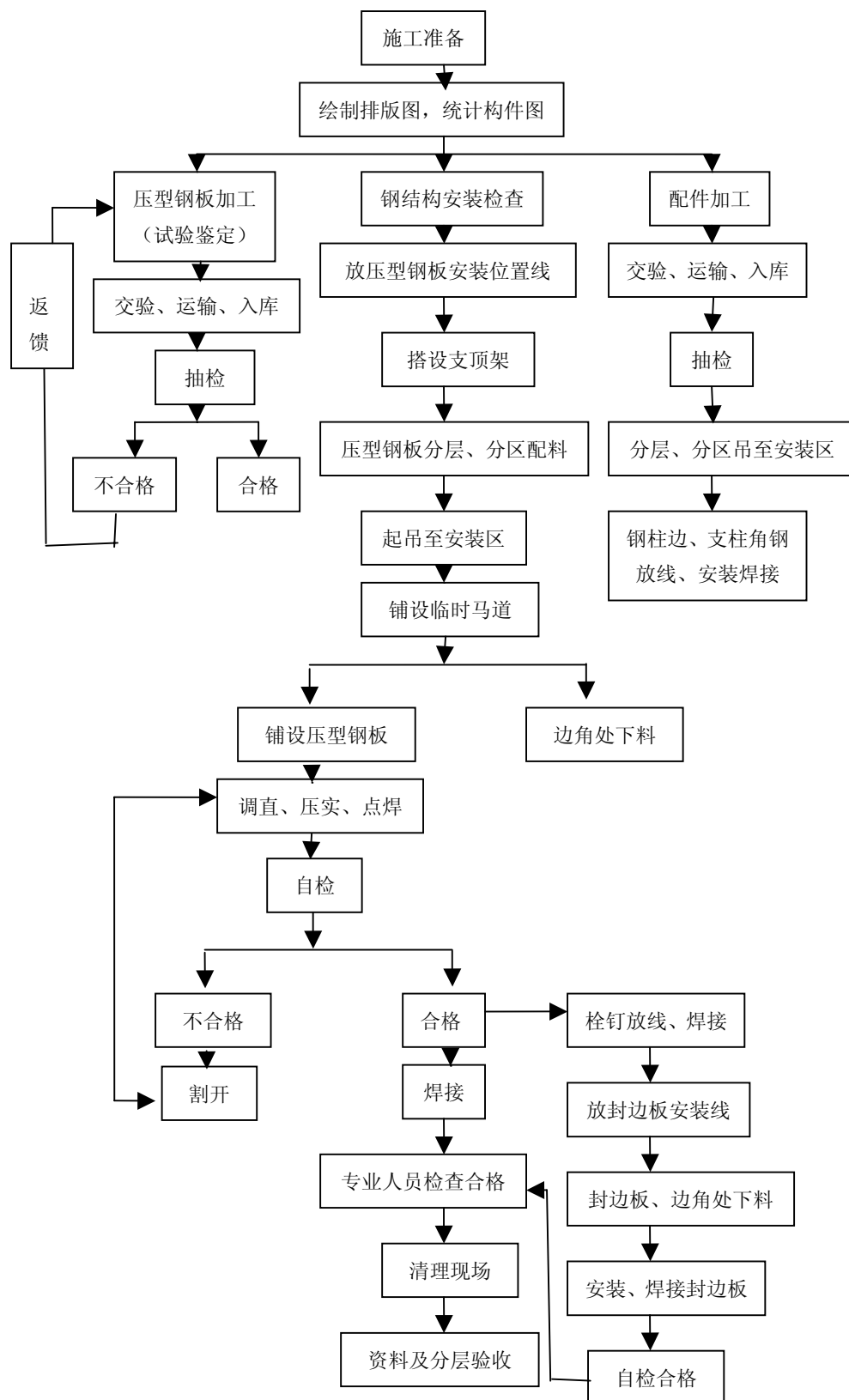


图 2.3.6.1 压型钢板安装工艺流程图

- 2) 与梁搭接在凹槽处，以便施焊；
- 3) 每凹槽处必须焊接牢靠，每凹槽焊点不得少于一处，焊接点直径不得小于 1cm。

(7) 压型钢板铺设完毕、调直固定后应及时用锁口机具进行锁口，防止由于堆放施工材料或人员交通，造成压型板咬口分离。

(8) 安装完毕，应在钢筋安装前及时清扫施工垃圾，剪切下来的边角料应收集到地面上集中堆放。

(9) 加强成品保护，铺设人员交通马道减少在压型钢板上的人员走动，严禁在压型钢板上堆放重物。

2.3.7 质量检验

2.3.7.1 主控项目

压型钢板与主体结构的锚固支承长度应符合设计要求且不得少于 50m。

检查数量：沿连接纵向长度抽查 10% 且不应少于 10m。

检查方法：目测和钢尺检查。

2.3.7.2 一般项目

压型钢板安装应平整、顺直，板面不应有施工残留物和污物，不应有未经处理的错钻孔洞。

检查数量：按面积抽查 10% 且不应少于 10m²。

检查方法：观察检查。

2.3.8 安全及环境保护

2.3.8.1 在压型钢板施工以前，应根据健全安全生产管理的要求做好安全技术交底，层层落实安全生产责任制。

2.3.8.2 定期与不定期的进行安全检查，经常开展安全教育活动，使全体职工提高自我保护能力。

2.3.8.3 现场用电必须严格执行 GB50194—93、JGJ46—88 等的规定，施工用电的接电口应有防雨、防漏电的保护措施，防止施工人员高空触电。

2.3.8.4 进入施工现场必须戴安全帽，高空作业必须系安全带，穿防滑鞋。

2.3.8.5 做好高空施工的安全防护工作，铺设专用交通马道，在工人施工的钢梁上方安装安全绳，工人施工时必须把安全带挂在安全绳上，防止高空坠落；在施工以前应对高空作业人员进行身体检查，对患有不宜高空作业疾病（心脏病、高血压、贫血等）的人员不得安排高空作业。

2.3.8.6 压型钢板施工时两端要同时拿起，轻拿轻放，避免滑动或翘头，施工剪切下来的料头要放置稳妥，随时收集，避免坠落。非施工人员禁止进入施工楼层，避免焊接弧光灼伤眼睛或晃眼造成摔伤，焊接辅助施工人员应戴墨镜配合施工。

2.3.8.7 施工时下一楼层应有专人监控，防止其他人员进入施工区和焊接火花坠落造成失火。

2.3.9 质量记录

压型钢板的施工记录应执行《钢结构工程施工质量验收规范》GB50205—2001 和《建筑工程施工质量验收统一标准》GB50300 的要求。

2.4 钢网架结构拼装施工工艺标准

2.4.1 总则

2.4.1.1 适用范围

网架结构是指工业与民用建筑屋盖及楼层的空间铰接杆件体系如双层平板网架结构、三层平板网架结构、双层曲面网架结构、组合网架结构，这里不包括悬挂网架、斜拉网架、预应力网架及杂交结构等。

2.4.1.2 编制参考标准及规范

- (1)《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300—2001
- (2)《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205—2001
- (3)《网架结构设计规程》JGJ 7—91
- (4)《网架结构技术规程》DBJ 08—52—96

2.4.1.3 网架结构常用形式

由平面桁架系组成的两向正交正放网架、两向正交斜放网架、两向斜交斜放网架、单向折线形网架。

由四角锥体组成的正放四角锥网架、正放抽空四角锥网架、棋盘形四角锥网架、斜放四角锥网架、星形四角锥网架。

由三角锥体组成的三角锥网架、抽空三角锥网架、蜂窝形三角锥网架。

从节点而言，常用的有焊接空心球节点（分加肋和不加肋，图 2.4.1.4—1）、螺栓球节点（图 2.4.1.4—2）两种，还有焊接钢板节点图 2.4.1.4—3 等。

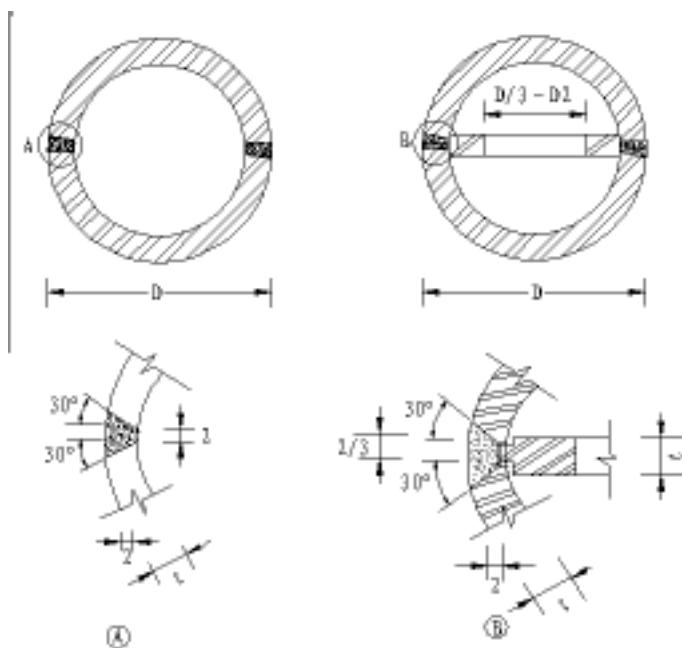


图 2.4.1.4-1 焊接空心球节点

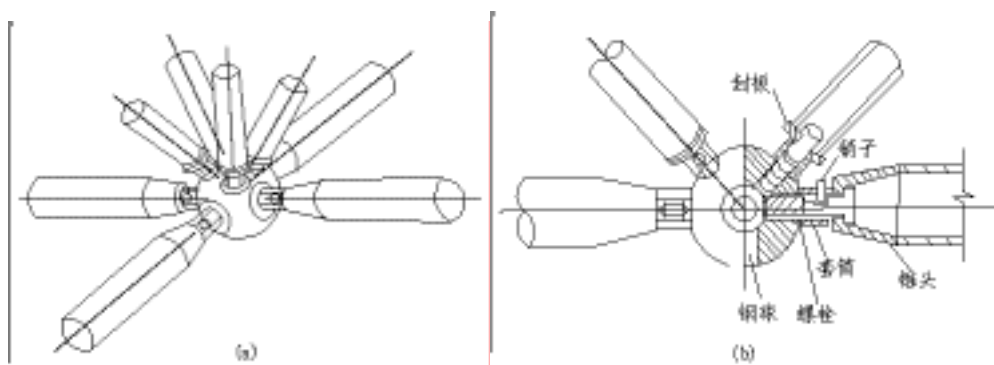


图 2.4.1.4-2 螺栓球节点

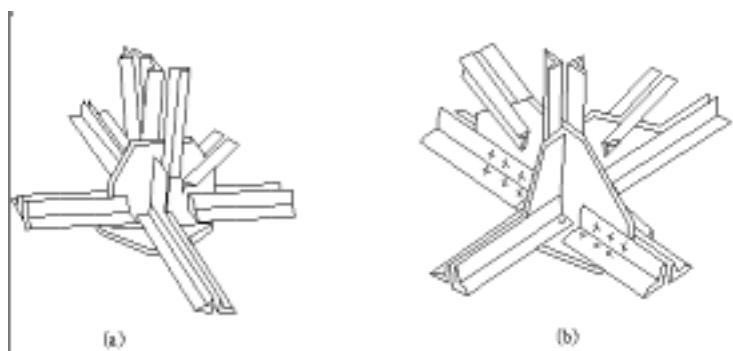


图 2.4.1.4-3 杆件与焊接板节点的连接

2.4.2 术语、符号

2.4.2.1 术语

(1) 小拼单元：钢网架结构安装工程中，除散件之外的最小安装单元，一般分平面桁

架和锥体两种类型。

(2) 中拼单元：钢网架结构安装工程中，由散件和小拼单元组成的安装单元，一般分条状和块状两种类型。

(3) 高强度螺栓连接副：高强度螺栓和与之配套的螺母、垫圈的总称。

(4) 预拼装：为检验构件是否满足安装质量要求而进行的拼装。

(5) 空间刚度单元：由构件构成的基本的稳定空间体系。

2.4.2.2 符号

(1) d ——直径；

(2) f ——挠度、弯曲矢高；

(3) h_e ——角焊缝计算厚度；

(4) r ——半径；

(5) K ——系数。

2.4.3 基本规定

2.4.3.1 钢结构工程施工单位应具备相应的钢结构工程施工资质，施工现场质量管理应有相应的施工技术标准、质量管理体系、质量控制及检验制度，施工现场应有经审批的施工组织设计、施工方案或作业指导书等技术文件。

2.4.3.2 钢结构工程施工质量的验收，必须采用经计量检定、校准合格的计量器具。

2.4.3.3 钢结构工程应按下列规定进行施工质量控制：

(1) 采用的原材料及成品应进行进场验收；凡涉及安全、功能的材料及成品应按本标准规定进行复验，并应经监理工程师（建设单位技术负责人）见证取样、送样；

(2) 各工序应按施工技术标准进行质量控制，每道工序完成后，应进行检查；

(3) 相关各专业工种之间，应进行交接检验，并经监理工程师（建设单位技术负责人）检查认可。

2.4.3.4 分项工程检验批质量标准应符合下列规定：

(1) 主控项目必须符合本规范的要求；

(2) 一般项目其检验结果应有 80% 及以上的检查点（值）符合本规范的要求，且最大值不应超过其允许偏差值的 1.2 倍；

(3) 质量检查记录、质量证明文件等资料应完整。

2.4.3.5 网架结构节点相当复杂时，应做 1:1 样板，无误后再正式投产。

2.4.3.6 网架结构杆件根据节点焊接形式，应考虑其长度尺寸因焊接收缩值。

2.4.3.7 网架结构拼装除执行本施工工艺标准外，还应符合国家及行业的有关现行标准要求。

2.4.4 施工准备

2.4.4.1 技术准备

- (1) 拼装前编制施工组织设计或拼装方案，保证网架焊接、拼装质量，必须认真执行。
- (2) 拼装过程所用计量器具如钢尺、经纬仪、水平仪等，必须经计量检验合格，并在有效期内使用。土建、监理单位使用钢尺必须进行统一调整，方可使用。
- (3) 焊工必须有相应焊接形式的合格证。
- (4) 对焊接节点（空心球节点、钢板节点）的网架结构应选择合理的焊接工艺及顺序，以减少焊接应力与变形。
- (5) 对小拼、中拼、大拼在拼装前宜进行试拼，检查无误，再正式拼装。

2.4.4.2 材料要求：钢材材质必须符合设计要求，如无出厂合格证或有怀疑时，必须按现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB50205—2001 的规定进行机械性能试验和化学分析经证明符合标准和设计要求后方可使用。

2.4.4.3 主要机具 参见表 2.4.4.3 表

2.4.4.3

序号	名称	规格	数量	用途
1	起重机	10t		拼装较大网片起重机根据情况而定，翻身就位
2	交直流电焊机	30~40KW		根据工期而定数量,拼装焊接
3	直流电焊机	21KW		根据工期而定数量,返修焊缝
4	气泵	0.5MP _a		根据工期而定数量,返修焊缝
5	砂轮	Φ100		打磨电焊飞溅
6	长毛钢丝刷	两排		去药皮
7	钢板尺	15cm		检查坡口尺寸
8	焊缝量规	多用		检查焊缝外观
9	烤箱	350~500℃		考焊条
10	保温筒	100C		保温焊条
11	氧乙炔烘烤枪			预热
12	经纬仪	J ₆		拼装,胎具测量
13	水准仪	自动调平		拼装过程中抄平
14	钢尺	30m		量距
15	盒尺	5.0m		量距
16	水平标尺	200cm		检查平整度
17	素具			拼装用

2.4.4.4 作业条件

- (1) 网架结构应在专门胎架上小拼，以保证小拼单元的精度和互换性。
- (2) 胎架在使用前必须进行检验，合格后再拼装。
- (3) 在整个拼装过程中，要随时对胎具位置和尺寸进行复核，如有变动，经调整后后方可重新拼装。
- (4) 网架的中拼装片或条块的拼装应在平整的刚性平台上进行。拼装前，必须在空心球表面用套模划出杆件定位线，做好定位记录，在平台上按 1:1 大样，搭设立体模来控制网架的外形尺寸和标高，拼装时应设调节支点来调节钢管与球的同心度。见图 2.4.4.4—1～图 2.4.4.4—6。

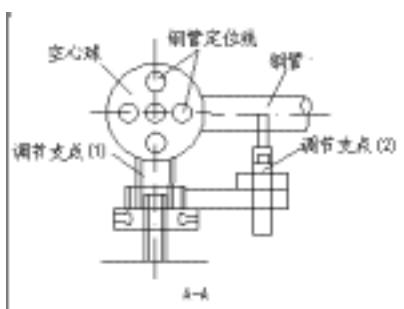


图 2.4.4.4—1

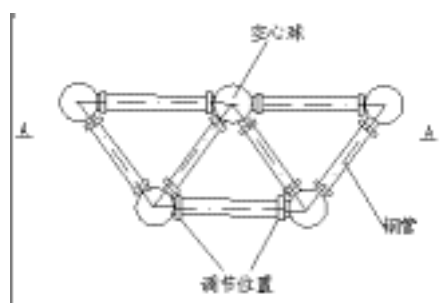


图 2.4.4.4—2

- (5) 焊接球节点网架结构在拼装前应考虑焊接收缩，其收缩量可通过试验确定，试验时可参考下列数值：

钢管球节点加衬管时，每条焊缝的收缩量为 1.5~3.5mm。

钢管球节点不加衬管时，每条焊缝的收缩量为 2~3mm。

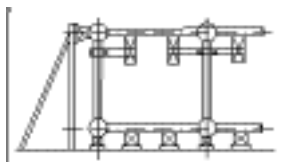


图 2.4.4.4—3 拼装和总拼的支点设置

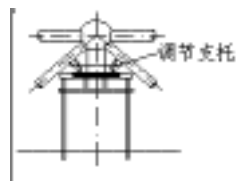


图 2.4.4.4—4 无竖杆的支点设置

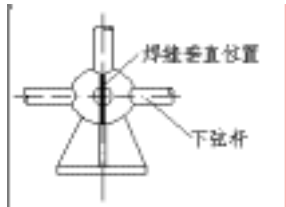


图 2.4.4.4—5

常用结构钢材手工电弧焊焊条选配示例 表 2.4.5.1 - 1

钢材							手工电弧焊焊条				
牌号	等级	抗拉强度 σ_b (MPa)	屈服强度 σ_s		冲击功		型号示例	熔敷金属性能			
			$\delta \leq 16$ (mm)	$\delta \leq 50 \sim 100$ (mm)	T (°C)	A _{kv} (J)		抗拉强度 σ_b (MPa)	屈服强度 σ_s (MPa)	延伸率 δ_5 (%)	冲击功 $\geq 27J$ 时 实验温度
Q235	A	375~460	235	205 [®]			E4303 ^①	420	330	22	0
	B				20	27	E4303 ^①				0
	C				0	27	E4328、				-20
	D				-20	27	E4315、E4316				-30
Q295	A	390~570	295	235			E4303 ^①	420	330	22	0
	B				20	34	E4315、 E4316、E4328				-30
											-20
Q345	A	470~630	345	275			E5003 ^①	490	390	20	0
	B				20	34	E5003 ^① 、E5015、			22	-30
	C			0	34	E5015、E5016					
	D			-20	34	E5018					
	E			-40	27	②					
Q390	A	490~650	390	330			E5015、B5016、	490	390	22	-30
	B				20	34	E5515-D3、-G	540	440	17	
	C				0	34	B5516-DE、-G				
	D				-20	34					
	E				-40	27	②				

Q420	A	520~ 680	420	360			E5515—D3、—G	540	440	17	—30
	B				20	34					
	C				0	34					
	D				—20	27					
	E				—40	27	②				②
Q460	C	550~ 720	460	400	0	34	E6015—D1、—G	590	490	15	—30
	D				—20	34	E6016—D1、—G				
	E				—40	27	②				

① 用于一般、非重大结构

② 由供需双方协议

③ $\delta > 60 \sim 100\text{mm}$ 时的 σ_s 。

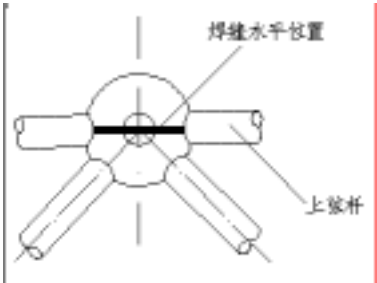


图 2.4.4.4-6

焊接钢板节点，每个节点收缩量为 2~3mm。

（6）对供应的杆件、球及部件在拼装前严格检查其质量及各部尺寸，不符合规范规定的数值，要进行技术处理后方可拼装。

2.4.5 材料和质量要点

2.4.5.1 材料的关键要求

（1）网架结构本身材质问题，在制作前必须按材质检验程序检验。

（2）网架在拼装过程中所用连接材料，如手工焊的焊条，高强度螺栓等应符合现行产品标准和设计要求。常用结构钢材手工电弧焊焊条选配示例见表 2.4.5.1-1，常用结构钢材 CO₂ 气体保护焊实芯焊丝选配示例见表 2.4.5.1-2，高强度螺栓施工预拉力(kN)见表 2.4.5.1-3。

常用结构钢材 CO₂ 气体保护焊[®]实芯焊丝选配示例 表 2.4.5.1 - 2

钢材		焊丝型号 示例	熔敷金属性能				
牌号	等级		抗拉强度 σ_b (MPa)	屈服强度 σ_s (MPa)	延伸率 δ_s (%)	冲击功	
						T (℃)	A _{kv} (J)
Q235	A	ER49-1 ^②	490	372	20	20	47

	B	ER50—6	500	420	22	—30	27
	C					—20	
	D						
Q295	A	ER49—1 ^②	490	372	20	20	47
	B	ER50—3	500	420	22	—20	27
Q345	A	ER49—1 ^②	490	372	20	20	47
	B	ER50—3	500	420	22	—20	27
	C	ER50—2	500	420	22	—30	27
	D						
	E						
	Q390	A	ER50—3	500	420	22	—20
B							
C							
D		ER50—2	500	420	22	—20	27
E		③	③			③	
Q420	A	ER55—D2	550	470	17	—30	27
	B						
	C						
	D						
	E	③	③			③	
Q460	C	ER55—D2	550	470	17	—30	27
	D						
	E	③	③			③	

- ①含 Ar—CO₂ 混合气体保护焊。
- ②用于一般结构，其他用于重大结构。
- ③按供需协议。
- ④表中焊材熔敷金属力学性能的单值均为最小值。
- 表中钢材及焊材熔敷金属力学性能的单值均为最小值。

高强度螺栓施工预拉力(KN) 表 2.4.5.1 - 3

性能等级	螺栓公称直径（mm）						
	M12	M16	M20	M22	M24	M27	M30
8.8 级	45	75	120	150	170	225	275
10.9 级	60	110	170	210	250	320	390

2.4.5.2 技术关键要求

- （1）网架结构在拼装过程中小拼、中拼都是给大拼（即总拼）打基础的。精度要高，否则累积偏差会超过规范值。尤其是对胎具，要经有关人员验收才允许正式拼装。
- （2）根据网架结构的节点形式、网格形式、起重机性能、现场条件等，制定出切实可行的小拼、中拼或大拼方案、测量方案、焊接方案。

2.4.5.3 质量关键要求

(1) 杆件、焊接球节点、焊接钢板节点等必须考虑焊接收缩量，影响焊接收缩量的因素较多，如：焊缝的长度和高度；气温的高低；焊接电流密度；焊接采用的方法，一个节点是经多次循环间隔焊成，还是集中一次焊成；焊工的操作技能等。

当秋、冬季，焊缝较宽、较厚时取大值，杆件下料前就应取得较准确的预留收缩量值。

(2) 杆件，焊接球，螺栓球制作质量应符合质量标准，才能确保拼装尺寸。

(3) 钢网架结构总拼完成后及屋面工程完成后应分别测量其挠度值，且所测的挠度值不应超过相应设计值的 1.15 倍。

检查数量：跨度 24m 及以下钢网架结构测量下弦中央一点；跨度 24m 以上钢网架结构测量下弦中央一点及各向下弦跨度的四等分点。

检验方法：用钢尺和水准仪实测。

小拼及中拼钢构件堆放应以不产生超出规范要求的变形为原则。

(4) 对焊接球节点的球—管杆件焊接、螺栓球节点的锥头—管杆件焊接，按有关标准进行外观检查 and 无损检测。对型钢节点的焊接，按焊接规范进行检查。

(5) 为保证网架拼装质量，每个工序都必须进行测量监控。

2.4.5.4 职业健康安全关键要求

网架小拼、中拼一般在现场地面进行。为防止电焊弧光伤害人的眼睛，应采取防护措施。大拼有时在地面，有时在高空进行。要认真执行高空安全操作规程，安全知识考核、体检，进现场必须将安全带、安全帽、工具袋配备齐全。

2.4.5.5 环境关键要求

网架拼装现场要做到工序完脚下清。

2.4.6 施工工艺

2.4.6.1 工艺流程

2.4.6.2 操作工艺

(1) 合理分割

即把网架根据实际情况合理地分割成各种单元体。

1) 直接由单根杆件、单个节点、一球一杆、两球一杆，总拼成网架。

2) 由小拼单元一球四杆（四角锥体）、一球三杆（三角锥体）总拼成网架。

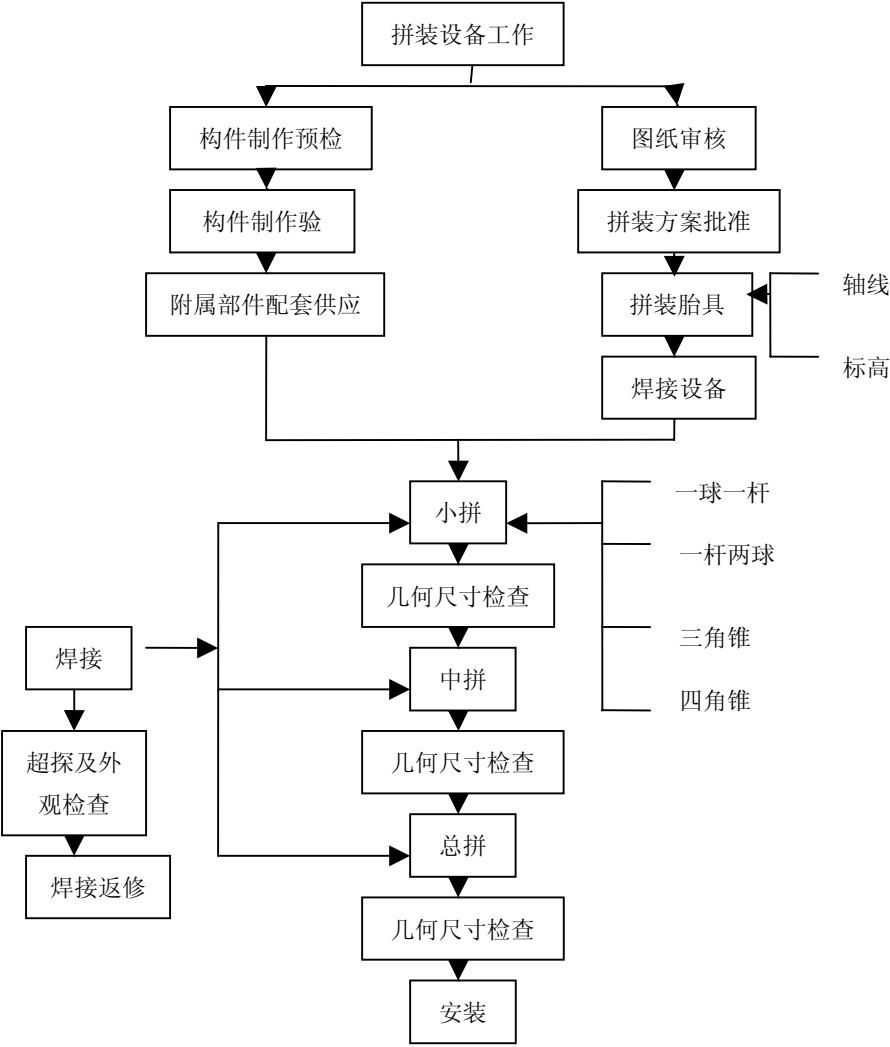
3) 由小拼单元→中拼单元→总拼成网架。

(2) 尽可能多地争取在工厂或预制场地焊接，尽量减少高空作业量。

(3) 节点尽量不单独在高空就位，而是和杆件连接在一起拼装，在高空仅安装杆件。

(4) 小拼单元

1) 划分小拼单元时，应考虑网架结构的类型及施工方案等条件，小拼单元一般可分为平面桁架和锥体型两种，如图 2.4.6.2-1



2) 小拼单元应在专门的拼装架上焊接，以确保几何尺寸的准确性，小拼胎架有平台型和转动型两种。

3) 斜放四角锥网架小拼单元的划分。将其划分成平面桁架型小拼单元，如图 2.4.6.2-2。则该桁架缺少上弦，需要加设临时上弦，以免在翻身、吊运、安装过程中产生变形。

4) 如采取锥体型小拼单元，见图 2.4.6.2-3，则在工厂中的电焊工作量就约占 75%，故斜放四角锥网架以划分成锥体型小拼单元较有利。

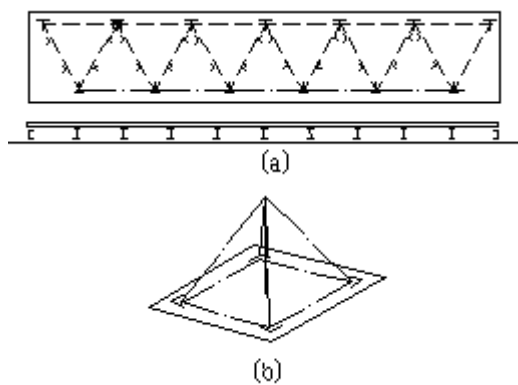


图 2.4.6.2-1 平台型胎具示意

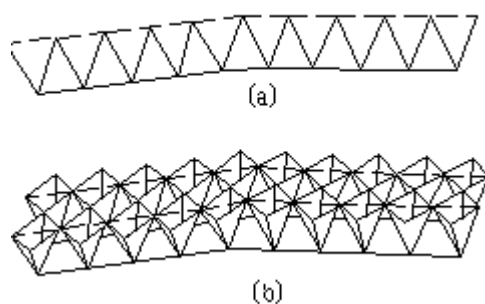


图 2.4.6.2-2 斜放四角锥网架的桁架型小拼单元及中拼单元

(a) 小拼单元(b) 中拼单元

5) 两向正交斜放网架小拼单元划分方案，考虑到总拼时标高控制方便，每行小拼单元的两端在同一标高上，如图

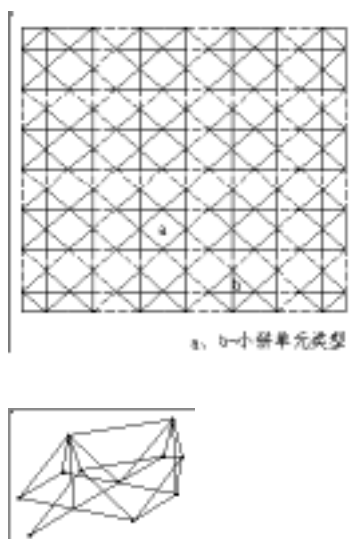


图 2.4.6.2-3 斜放四角锥网架的锥体型小拼单元

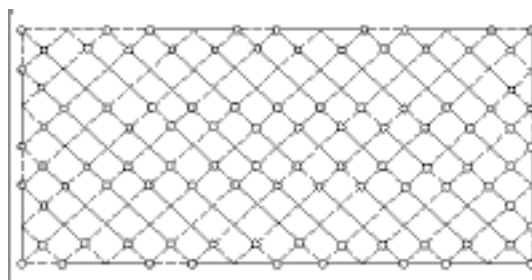


图 2.4.6.2—4 两向正交斜放网架小拼单元方案

(5) 网架单元预拼装

采取先在地面预拼装后拆开，再行吊装的措施。当场地不够，也可用“套拼”的方法，即两个或三个单元，在地面预拼装，吊去一个单元后，再拼接一个单元。

(6) 总拼顺序

1) 为保证网架在总拼过程中具有较少的焊接应力和便于调整尺寸，合理的总拼顺序应该是从中间向两边或从中间向四周发展，如图 2.4.6.2—5 (a)、(b)。

2) 对总拼时严禁形成封闭圈，因为在封闭圈中焊接，如图 2.4.6.2—5 (c)，会产生很大的焊接收缩应力。

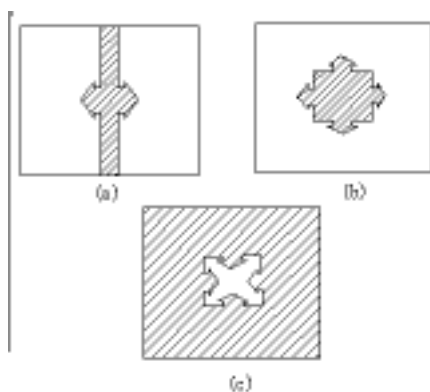


图 2.4.6.2—5 网架总拼顺序

(a) 从中间向两边拼装 (b) 从中间向四周拼接 (c) 封闭围焊拼接示意

3) 网架焊接时，一般先焊下弦，使下弦收缩而略上拱，然后焊接腹杆及上弦，即下弦→腹杆→上弦。如先焊上弦，则易造成不易消除的下挠度。

(7) 焊接

在钢管球节点的网架结构中，钢管厚度大于 4mm 时，必须开坡口，在要求焊缝等强的构件中，焊接时钢管与球壁之间必须留有 3~4mm 的间隙，为此应加衬管，这样才容易保证焊缝的根部焊透。

如将坡口（不留根）钢管与球壁顶紧后焊接，则必须用单面焊接双面成型的焊接工艺。在这种情况下为保证焊透，建议采用 U 形坡口，如图 2.4.5.2—6 进行焊接。

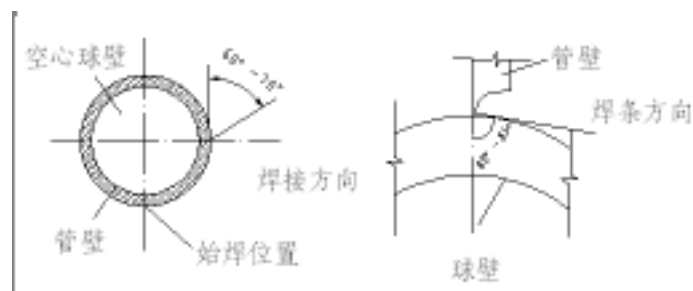


图 2.4.6.2—6 球—管横焊

(8) 焊缝检验

1) 为保证焊缝质量,对于要求等强的焊缝,其质量应符合现行《钢结构工程施工质量验收规范》GB50205—2001 二级焊缝质量指标。

2) 按二级焊缝外观检查。

3) 超声波无损检验。

网架规程中,对大中跨度钢管网架的拉杆与球的对接焊缝,其抽样检验数不少于焊口总数的 20%,具体检验质量标准可根据《钢网架焊接球节点焊缝超声波探伤及质量分级法》JG / T3034.1 所规定的要求进行检验。

螺栓球节点网架、锥头与管连接焊缝,超声波无损检验,具体检验质量标准可根据《螺栓球节点钢网架焊缝超声波探伤方法及质量分级法》JG / T3034.2 所规定的要求进行检验。

(9) 螺栓球节点网架的拼装

1) 螺栓球节点网架拼装时,一般是先拼下弦,将下弦的标高和轴线调整后,全部拧紧螺栓,起定位作用。

2) 开始连接腹杆,螺栓不宜拧紧,但必须使其与下弦连接端的螺栓吃上劲。如吃不上劲,在周围螺栓都拧紧后,这个螺栓就可能偏歪(因锥头或封板的孔较大),那时将无法拧紧。

3) 连接上弦时,开始不能拧紧。当分条拼装时,安装好三行上弦球后,即可将前两行调整校正,这时可通过调整下弦球的垫块高低进行;然后,固定第一排锥体的两端支座,同时将第一排锥体的螺栓拧紧。按以上各条循环进行。

4) 在整个网架拼装完成后,必须进行一次全面检查,看螺栓是否拧紧。

5) 正放四角锥网架试拼后,用高空散装法拼装时,也可在安装一排锥体后(一次拧紧螺栓),从上弦挂腹杆的办法安装其余锥体。

(10) 起拱

由于网架的刚度较好,在一般情况下,网架在使用阶段的挠度均较小,因此,当跨度在 40m 以下的网架,一般可不起拱(拼装过程中,为防止网架下挠,根据经验留施工起拱)。

网架起拱按线形分有两类,一是折线型如图 2.4.6.2—7 (a),二是圆弧形如图 2.4.6.2—7 (b)。

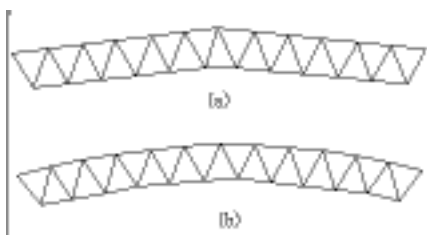


图 2.4.6.2—7 网架起拱方法

(a) 折线形起拱；(b) 圆弧形起拱

2) 网架起拱按找坡方向，分为单向起拱和双向起拱两种。

单向圆弧形起拱和双向圆弧形起拱，都要通过计算确定几何尺寸。

当为折线形起拱时，对于桁架体系的网架，无论是单向或双向找坡，起拱计算较简单。但对四锥或三角锥体系的网架，当单向或双向起拱时计算均较复杂。

(11) 防腐处理

1) 网架的防腐处理包括制作阶段对构件及节点的防腐处理和拼装后的防腐处理。

2) 焊接球与钢管连接时，钢管及球均不与大气相通，对于新轧制的钢管的内壁可不除锈，直接刷防锈漆即可；对于旧钢管内外均应认真除锈，并刷防锈漆。

3) 螺栓球与钢管的连接属于与大气相通的状态，特别是拉杆，杆件在受拉力后即变形，必然产生缝隙，南方地区较潮湿，水汽有可能进入高强度螺栓或钢管中，对高强度螺栓不利。

当网架承受大部分荷载后，对各个接头用油腻子将所有空余螺孔及接缝处填嵌密实，并补刷防锈漆。以保证不留渗漏水汽的缝隙。

螺栓球节点网架安装时，必须做到确实拧紧了螺栓。

4) 电焊后对已刷油漆局部破坏及焊缝漏刷油漆的情况，按规定补刷好油漆层。

2.4.7 质量标准

2.4.7.1 主控项目

(1) 小拼单元的允许偏差应符合表 2.4.7.1.1 的规定。

小拼单元的允许偏差 (mm) 表 2.4.7.1 - 1

项目		允许偏差
节点中心偏移		2.0
焊接球节点与钢管中心的偏移		1.0
杆件轴线的弯曲矢高		$L/1000$, 且不应大于 5.0
锥体型小拼单元	弦杆长度	± 2.0
	锥体高度	± 2.0
	上弦杆对角线长度	± 3.0

平面桁架型小拼单元	跨长	$\leq 24\text{m}$	+3.0 -7.0
		$\leq 24\text{m}$	+5.0 -10
	跨中高度		± 3.0
	跨中 拱度	设计要求起拱	$\pm 1/5000$
		设计未要求起拱	+10.0

注：1.11 为杆件长度。

2.1 为跨长。

检查数量：按单元数量抽查 5%，且不应大于五个。

检验方法：用钢尺和拉线等辅助量具实测。

(2) 中拼单元的允许偏差应符合表 2.4.7.1—2 的规定

中拼单元的允许偏差 (mm) 表 2.4.7.1 - 2

项目		允许偏差
单元长度 $\leq 20\text{m}$, 拼接长度	单跨	± 10.0
	多跨连续	± 5.0
单元长度 20m , 拼接长度	单跨	± 20.0
	多跨连续	± 10.0

检查数量：全数检查。

检验方法：用钢尺和辅助量具实测。

2.4.8 成品保护

2.4.8.1 成品保护范围

对小拼、中拼的成品件保护范围有：

(1) 杆件、空心球、螺栓球及其附件（高强度螺栓、锥头、无无纹螺母、销钉）焊条、焊丝等不得受潮。

(2) 成品件的底漆、面漆，以及高空总拼后的防火涂料不得磕碰。

(3) 对已检测合格的焊缝及时刷上底漆保护。

(4) 对小拼、中拼成品堆放时不得压弯。

2.4.8.2 成品保护职责

接工序分工明确，责任到人。

2.4.9 安全环保措施

2.4.9.1 高空散装法

- (1) 拼装支架必须符合稳定性要求，以确保安全生产。
- (2) 采用扣件式钢管脚手架做拼装支架，其结构形式应根据其工作位置、荷载大小、荷载情况、支架高度、场地条件等通过计算而定。
- (3) 拼装支架，在铺脚手板的操作层上，应设防护栏杆
- (4) 使用活动操作平台，要经过鉴定，安装牢固，设有防止活动架在滑移中出轨的挡块或安全卡。
- (5) 网架支座落位“精心组织，精心施工”，操作人员责任到人；出现问题，由分指挥向总指挥报告，由总指挥统一处理问题。

2.4.9.2 分条或分块安装法

- (1) 采用起重机安装时，要符合起重机安全操作规程。
- (2) 执行“高空散装法”安全措施。

2.4.9.3 高空滑移法

- (1) 高空拼装平台根据现场条件、支承结构特征、滑移方向、滑移重量、通过计算而定，以确保安全。
- (2) 中间设滑移轨道时，引起杆件变号，应采取临时加固措施，以防失稳，出安全事故。
- (3) 滑轨之间连接处，要打磨光滑，以防滑移过程中啃轨，引起安全事故。
- (4) 滑移及牵引设备索具要全面检查、试车，试滑，方可正式滑行。
- (5) 网架支座落位，要责任到人，统一指挥。

2.4.9.4 整体吊装法

- (1) 采用单机或多机抬吊时，要根据网架重量而定；当多机抬吊时，其额定起重能力乘以 0.75 系数。
- (2) 网架吊点位置、索具规格，起重机起吊高度、回转半径、起重量以及在吊装过程中网架结构杆件内力变化，都应详细计算而定。
- (3) 现场起重机行驶道路平整、坚实。
- (4) 起重机型号、起吊速度尽量统一；确保同步起升或下降。
- (5) 采用拔杆安装时，单根或多根拔杆（简称“拔杆集群”吊装法）要根据网架重量

而定，当拨杆集群吊装时其额定起重能力乘以 0.75 系数。

(6) 拨杆、起重滑轮组、索具、缆风绳，地锚、卷扬机、地基等均应验算，必要时可进行试验检查。

(7) 如支承柱上设有凸出构造（如牛腿等），需采取措施以防止网架在起升过程中被凸出构造卡住。

(8) 拨杆的拆除应确保网架结构的安全，按拆装方案进行施工。

(9) 卷扬机规格（卷筒直径和转速）尽量做到一致，线速度差不能太大，以防不同步造成事故。

2.4.9.5 整体提升法

(1) 设备安全措施

- 1) 在钢绞线承重系统增设多道锚具，如安全锚、天锚。
- 2) 每台提升油缸上装有液压锁，以防油管破裂，重物下坠。
- 3) 液压和电控系统采用连锁设计，以免提升系统由于误操作造成事故。
- 4) 控制系统具有异常自动停机，断电保护等功能。

(2) 现场安全措施

- 1) 雨天或五级风以上停止提升。
- 2) 钢绞线在安装时，地面应划分安全区，以避免重物坠落，造成人员伤亡。
- 3) 在正式施工时，也应划定安全区，高空要有安全操作通道，并设有扶梯、栏杆。
- 4) 在提升过程中，应指定专人观察地锚、安全锚、油缸、钢绞线等的工作情况；若有异常，直接报告控制中心。
- 5) 施工过程中，要密切观察网架结构的变形情况。
- 6) 提升过程中，未经许可不得擅自进入施工现场。

2.4.9.6 整体顶升法

(1) 确保钢柱的稳定。钢柱间缀条随提升，随拆随安，下部缀条安装后，立即进行最终固定。

(2) 为确保网架受力可靠，在屋盖试顶阶段，要对网架进行应力测试。

(3) 确保液压元件的可靠性，千斤顶出厂前，必须按设计荷载的 125% 试压；高压油泵、泵站、接头及高压胶管等，使用前均通过设计荷载的 125% 加压试验。

(4) 确保液压系统的安全、可靠。

(5) 停止工作时，在十字梁端与钢柱肢导向板之间，用钢楔卡紧，以防十字梁移动。

(6) 上、下小梁受力很大, 也较复杂, 为了增加它们承受偏心荷载的能力, 采用螺栓拉结。

(7) 五级以上大风, 停止顶升工作。

(8) 在施工组织与管理上, 要采取一系列措施, 系统、定岗定员、编制岗位责任制以及操作规划、编制操作程序。进行人员培训、现场演习、划定操作区域等。

2.4.10 质量记录

2.4.10.1 网架结构的制作、拼装、安装的每个工序均应进行检查验收。凡未经检查验收, 不得进行下道工序的施工; 安装完成后必须进行交工检查验收, 每道工序的检查验收均应做出记录并应汇总存档。网架结构工程的验收应在网架结构全部安装工作完成后进行。

2.4.10.2 网架交工验收时, 应检测网架的纵横向边长偏差、支承点的中心偏移和高度偏差及网架挠度值 (包括网架自重挠度及屋面工程完成后的挠度), 它们的允许偏差必须符合《网架结构工程质量检验评定标准》JGJ78—91 有关规定。

2.4.10.3 工程验收时, 网架制作安装单位尚应提供提交下列资料:

- 1) 网架结构竣工图和设计文件。
- 2) 设计变更文件和钢材代用证件。
- 3) 安装施工组织设计或施工方案。
- 4) 安装时所用钢材、连接材料和涂装材料等材料质量证明书和试 (复) 验报告。
- 5) 工厂制作的网架零部件产品合格证书。
- 6) 网架拼装各工序检测记录和质量评定资料。
- 7) 焊缝质量检验资料。
- 8) 高强度螺栓质量检验资料。
- 9) 总拼就位后检验记录和质量评定资料。
- 10) 网架安装后涂料检测记录和质量评定资料。
- 11) 组合网架中混凝土结构部分尚须按《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204—2002 有关规定提供相应验收资料。

2.5 钢网架结构安装施工工艺标准

2.5.1 总则

2.5.1.1 适用范围

- (1) 本标准适用于工业与民用建筑屋盖与楼层的平板型网架结构安装。安装方法应根

据网架受力和构造特点（如结构选型网架刚度、外形特点、支撑形式、支座构造等），在满足质量、安全、进度和经济效益的要求下，结合当地的施工技术条件和设备资源配备等因素，因地制宜、综合确定。

常用的工地安装方法有六种：高空散装法、分条或分块安装法、高空滑移法、整体吊装法、整体提升法和整体顶升法。见表 2.5.1.1-1。

网架安装方法及适用范围 **表 2.5.1.1-1**

安装方法	内容	适用范围
高空散装法	单杆件拼装	螺栓连接节点的各种类型网架
	小拼单元拼装	
分条或分块安装法	条状单元组装	两向正交、正放四角锥、正放抽空四角锥等网架
	块状单元组装	
高空滑移法	单条滑移法	正放四角锥、正放抽空四角锥、两向正交正放等网架
	逐条积累滑移法	
整体吊装法	单机、多机吊装	各种类型网架
	单根、多根拔杆吊装	
整体提升法	利用拔杆提升	周边支承及点支承网架
	利用结构提升	
整体顶升法	利用网架支撑柱作为顶升时的支撑结构	支点较少的多点支承网架
	在原支点处或其附近设置临时顶升支架	
备注	未注明连接节点构造的网架，指各类连接节点网架均适用	

（2）采用吊装、提升或顶升的安装方法时、其吊装或支点的位置和数量的选择应考虑下列因素：

- 1）宜与网架结构使用时的受力状况相接近。
- 2）吊点或支点的最大受力不应大于起重设备的负荷能力。
- 3）各起重设备的负荷宜接近。

（3）安装方法确定后，施工单位应会同设计单位按安装方法分别对网架的吊点（支点）受力、挠度、杆件内力、风荷载作用下提升或顶升时支承柱的稳定性和风荷载作用下的网架的水平推力等项进行验算，必要时应采取加固措施。

2.5.1.2 编制参考标准及规范

- （1）《建筑工程施工质量验收统一标准》GB50301—2001；
- （2）《钢结构工程施工质量验收规范》GB50205—2001；
- （3）《网架结构设计与施工规程》JGJ7—1999；

- (4) 上海市标准《网架结构技术规程》DBJ08—52;
- (5) 《建筑钢结构焊接技术规程》JGJ81—2002;
- (6) 《钢网架螺栓球节点》JGJ75.1
- (7) 《钢网架焊接球节点》JGJ75.2;
- (8) 《钢焊缝手工超声波探伤方法和探伤结果的分级》GB11345;
- (9) 《钢网架焊接球节点焊缝超声波探伤质量分级方法》JG/T3034.1;
- (10) 《钢网架螺栓球节点用高强度螺栓》GB / T16939。

2.5.2 术语、符号

2.5.2.1 术语

(1) 小拼单元：钢网架结构安装工程中，除散件之外的最小安装单元，一般分平面桁架和锥体两种类型。

(2) 中拼单元：钢网架结构安装工程中，由散件和小拼单元组成的安装单元，一般分条状和块状两种类型。

(3) 高强度螺栓连接副：高强度螺栓和与之配套的螺母、垫圈的总称。

(4) 预拼装：为检验构件是否满足安装质量要求而进行的拼装。

(5) 空间刚度单元：由构件构成的基本的稳定空间体系。

2.5.2.2 符号

(1) d ——直径;

(2) f ——挠度、弯曲矢高;

(3) h_e ——角焊缝计算厚度;

(4) r ——半径;

(5) K ——系数。

2.5.3 基本规定

2.5.3.1 钢结构工程施工单位应具备相应的钢结构工程施工资质，施工现场质量管理应有相应的施工技术标准、质量管理体系、质量控制及检验制度。施工现场应有经审批的施工组织设计、施工方案（或作业指导书）等技术文件。

2.5.3.2 当钢结构工程施工质量不符合《钢结构工程施工质量验收规范》GB50205—2001 要求时，应按其规定进行处理：

- (1) 经返工重做或更换构（配）件的检验批，应重新进行验收；
- (2) 经有资质的检测单位检测鉴定能够达到设计要求的检验批，应予以验收；
- (3) 经有资质的检测单位检测鉴定达不到设计要求，但经原设计单位核算认可能够满足结构安全和使用功能的检验批，可予以验收；
- (4) 经返修或加固处理的分项、分部工程，虽然改变外形尺寸但仍能满足安全使用要求，可按处理技术方案和协商文件进行验收。

2.5.3.3 通过返修或加固处理仍不能满足安全使用要求的钢结构分部工程，严禁验收。

2.5.4 高空散装法——施工准备

2.5.4.1 高空散装法——技术准备

- (1) 定义：高空散装法是指小拼单元或散件（单根杆件及单个节点）直接在设计位置进行总拼的方法。
- (2) 编制网架高空散装法施工组织设计。
- (3) 根据测量控制网对基础轴线、标高或柱顶轴线、标高进行技术复核，对超出规范要求的与总承包单位、设计、监理协商进行技术处理解决。
- (4) 当全支架拼装网架时，支架顶部常用木板或竹脚手板满铺，作为操作平台。这类铺板易燃，故如为焊接连接的网架，全部焊接工作均在此高空平台上完成，必须注意防火。
- (5) 悬挑法拼装网架时，需要预先制作好小拼单元，再用起重机将小拼单元吊至设计标高就位拼装。悬挑法拼装网架可以少搭支架，节省材料。但悬挑部分的网架必须具有足够的刚度，而且几何不变。
- (6) 螺栓球节点各种类型网架结构可采用此方法安装，焊接空心球节点网架也可采用此方法安装。
- (7) 高空散装法脚手架用量大，高空作业多，工期较长，需占建筑物场内用地，且技术上有一定难度。

2.5.4.2 材料要求

- (1) 网架安装前，根据《钢结构工程施工质量验收规范》GB50205—2001 对管、球加工的质量进行成品件验收，对超出允许偏差零部件应进行处理。
- (2) 网架结构用高强度螺栓连接时，应检查其出厂合格证，螺栓抗拉荷载及硬度检验报告。根据设计图纸要求分规格、数量配套供应到现场。
- (3) 网架结构安装前应对焊接材料的品种、规格、性能进行检查，各项指标应符合现行国家标准和设计要求，检查焊接材料的质量合格证明文件、检验报告及中文标志等。对重要钢结构采用的焊接材料应进行抽样复验。

2.5.4.3 主要机具

参见表 2.5.4.3。

主要机具 表 2.5.4.3

序号	名称	规格型号	单价	数量	用途
1	起重机	根据工程而定			杆件或拼装单元安装
2	千斤顶	5、10、20、30t			调节拼装支点高度
3	螺旋式调节器	5~10t			调节拼装支点高度
4	交流弧焊机	42Kv.A			焊接球节点与杆件焊接
5	直流弧焊机	28Kv.A			碳弧气刨修补焊缝
6	小气泵				配合碳弧气刨用
7	砂轮	$\phi 100\sim 120$			打磨焊接
8	全站仪				轴线测量
9	经纬仪				轴线测量
10	水准仪				标高测量
11	钢尺	30~50mm			测量
12	拉力计	10kg			测量
13	液晶测厚仪				空心球壁厚测量
14	液晶温度计				焊接预热温度
15	烤枪				焊接预热
16	气割工具				

2.5.4.4 作业条件

- (1) 根据正式施工图纸及有关技术文件编制的施工组织设计已审批。
- (2) 对使用的各种测量仪器及钢尺进行计量检验复验。
- (3) 根据土建提供的纵横轴线和水准点，进行验线有关技术处理完毕。
- (4) 按施工平面布置图划分为材料堆放区、拼装区、堆放区，构件按吊装顺序进场。
- (5) 场地要平整夯实、并设排水沟。
- (6) 在拼装区、安装区设置足够的电源。
- (7) 按方案搭好满堂脚手架设操作平台，并检查验收。
- (8) 将高空拼装支点的纵横轴线及标高测量好。
- (9) 检查成品件、零部件、几何尺寸、编号、数量（包括加工的附属零件）。
- (10) 做好有关测试及安全、消防准备工作。
- (11) 对参与网架安装人员如测量工、电焊工、起重机司机、指挥工等要持证上岗。

2.5.5 高空散装法——材料和质量要点

2.5.5.1 材料的关键要求

主要施工材料是扣件式钢管脚手架。

扣件的铸件材料应采用 GB94400 中所规定的力学性能不低于 KTH330—08 牌号的可锻铸铁或 GB11352 中 ZG 230—450 铸钢件制作。扣件和底座应符合《钢管脚手架扣件》GB15813 标准。

钢管应采用 GB699 中的 08F、08、10F、10、15F、15、20 和钢和 GBV700 中 Q195、Q215、Q235 等级为 A、B 的钢（沸腾钢，镇静钢）制造

常用钢管规格 $\phi 48\text{mm} \times 3.5\text{mm}$ 。

焊接与紧固材料见 2.5.4.2 要求（2）和（3）。

2.5.5.2 技术质量关键要求

（1）确定合理的高空拼装顺序

安装顺序应根据网架形式、支撑类型、结构受力特征、杆件小拼单元、临时稳定的边界条件、施工机械设备的性能和施工场地情况等诸多综合确定。

高空拼装顺序应能保证拼装的精度、减少积累误差。

1) 平面呈矩形的周边支承两向正交斜放网架。

A.总的安装顺序由建筑的一端向另一端呈三角形推进。

B.因考虑网片安装中，为防止累积的误差，应由屋脊网线分别向两边安装。

2) 平面呈矩形的三边支承两向正交斜放网架

A.总的安装顺序在纵横向应由建筑物的一端向另一端呈平行四边形推进，在横向应由三边框架内侧逐渐向大门方向（外侧）逐条安装（图 2.5.5.2—1）

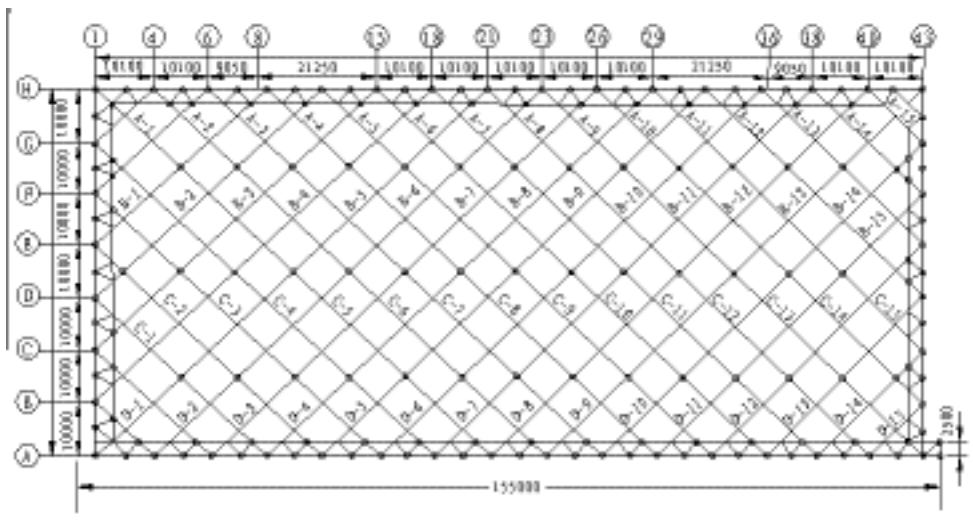


图 2.5.5.2-1 三边支承网架安装顺序

B.网片安装顺序可先由短跨方向，按起重机作业半径性能划分若干安装长条区（图 2.5.5.2-1）。网架划为 A、B、C、D、四个安装长条区按 A~D 顺序依次流水安装网架。

3）平面呈方形由两向正交正放桁架和两向正交斜放拱索桁架组成的周边支承网架。

总的安装顺序应先安装拱桁架，再安装索桁架。在拱索桁架已固定、且以形成能承受自重的结构体系后，再对称安装周边四角、三角形网架（图 2.5.5.2-2）。

4）平面呈椭圆形悬挑式钢罩棚网架

总的安装顺序是先在接近支承柱部分，因与看台较接近仍用高空散装法在脚手架上完成；而悬挑段与看台段较远，故先在地面上拼成块体（吊装单元），吊到高处通过拼装段与根部散装段组成完整的网架(图 2.5.5.2-3)。

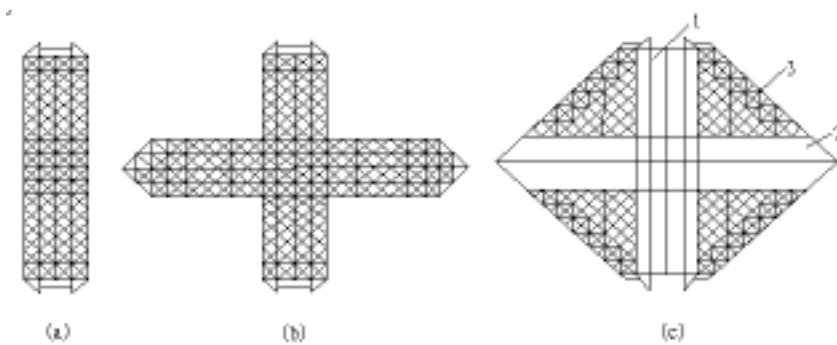


图 2.5.5.2-2 拱索支承网架安装顺序

(a)拱区域安装；(b)索区域安装 (c) 三角区安装

1—拱桁架；2—索桁架；3—网架

(2) 严格控制基准轴线位置，标高及垂直偏差，并及时纠正。

1)网架安装应对建筑物的定位轴线(即基准轴线)、支座轴线和支承的标高、预埋螺栓(锚栓)位置进行检查，做出检查记录，办理交接验收手续。见表 2.5.5.2。

2)网架安装过程中，应对网架支座轴线、支承面标高或网架下弦标高、网架屋脊线、檐

口线位置和标高进行跟踪控制。发现误差积累应及时纠正。

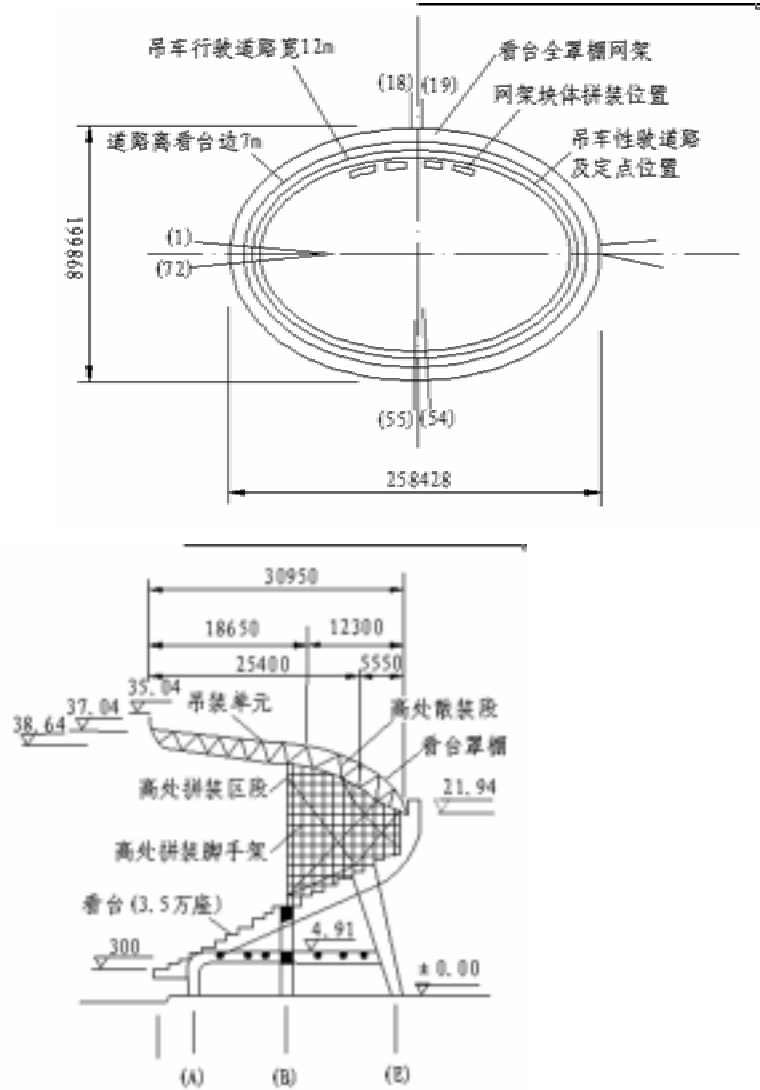
3)采用网片和小拼单元进行拼装时。要严格控制网片和小拼单元的定位线和垂直度。

4)各杆件与节点连接时中心线应汇交于一点，螺栓球、焊接球应汇交于球心。

5)网架结构总拼完成后纵横向长度偏差、支座中心偏移、相邻支座偏移、相邻支座高差、最低最高支座差等指标均应符合网架规程要求。

(3) 拼装支架的设置

网架高空散装法的拼装支架应进行设计和验算，对于重要的或大型的工程，还应进行试压，以确保其使用的安全可靠。拼装支架必须满足以下要求：



支承面、预埋螺栓（锚栓）的允许偏差（mm）表 2.5.5.2

项目		允许偏差
支承面	标高	0 -30
	水平度	$l / 1000$ (l —短边长度)
预埋螺栓(锚栓)	螺栓中心偏移	5.0
	螺栓露出长度	± 30.0 0
	螺纹长度	± 30.0 0
预留孔中心偏移		10.0
检查数量	按柱基数抽查 10%，且不少于 3 个	

1)具有足够的强度和刚度。拼装支架应通过验算，除满足强度要求外，还应满足单肢及整体稳定要求。图 2.5.5.2—4 所示为支架单肢失稳和整体失稳的示意图。

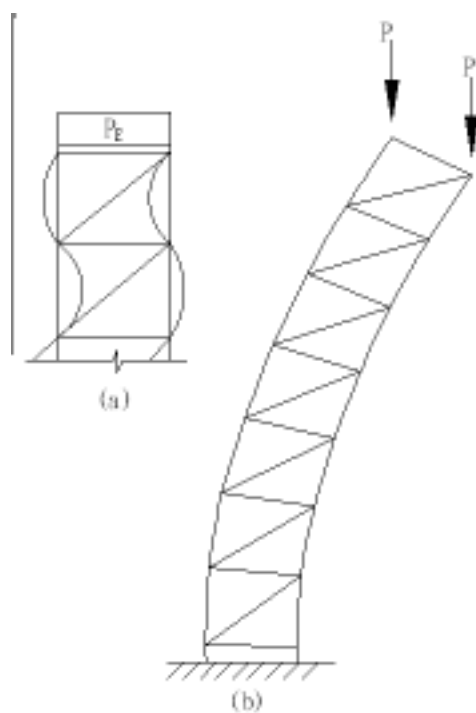


图 2.5.5.2—4 支架失稳示意图 (a) 单肢失稳 (b)

整体失稳

2)具有稳定的沉降量。支架的沉降往往由于支架本身的弹性压缩、接头的压缩变形以及地基沉降等因素造成。支架在承受荷载后必然产生沉降，但要求支架的沉降量在网架拼装过程中趋于稳定。必要时，用千斤顶进行调整。如发现支架不稳定下沉，应立即研究解决。

由于拼装支架容易产生水平位移和沉降，在网架拼装过程中应经常观察支架变形情况并及时调整。应避免由于拼装支架的变形而影响网架的拼装精度。

(4) 支撑点的拆除

1)拼装支撑点(临时支座)拆除必须遵循“变形协调，卸载均衡”的原则；否则临时支座超载失稳，或者网架结构局部甚至整体受损。

2)临时支座拆除顺序和方法：由中间向四周，中心对称进行，而防止个别支撑点集中受

力，宜根据各支撑点的结构自重挠度值，采用分区分阶段按比例下降或用每步不大于 10mm 等步下降法拆除临时支撑点。

3)拆除临时支撑点应注意事项：

检查千斤顶行程满足支撑点下降高度，关键支撑点要增设备用千斤顶。降落过程中，应统一指挥，责任到人，遇有问题由总指挥处理解决。

2.5.5.3 职业健康安全关键要求

网架结构采用高空散装法施工，将散件或小拼单元在高空逐件进行总拼，都是高空作业，为确保人身安全，应制定安全方案，作好安全防护措施，尽量避免立体交叉作业。

2.5.5.4 环境关键要求

- (1) 做到工序完脚下清。
- (2) 在安装过程中，尽量减小噪声。

2.5.6 高空散装法——施工工艺

2.5.6.1 工艺流程

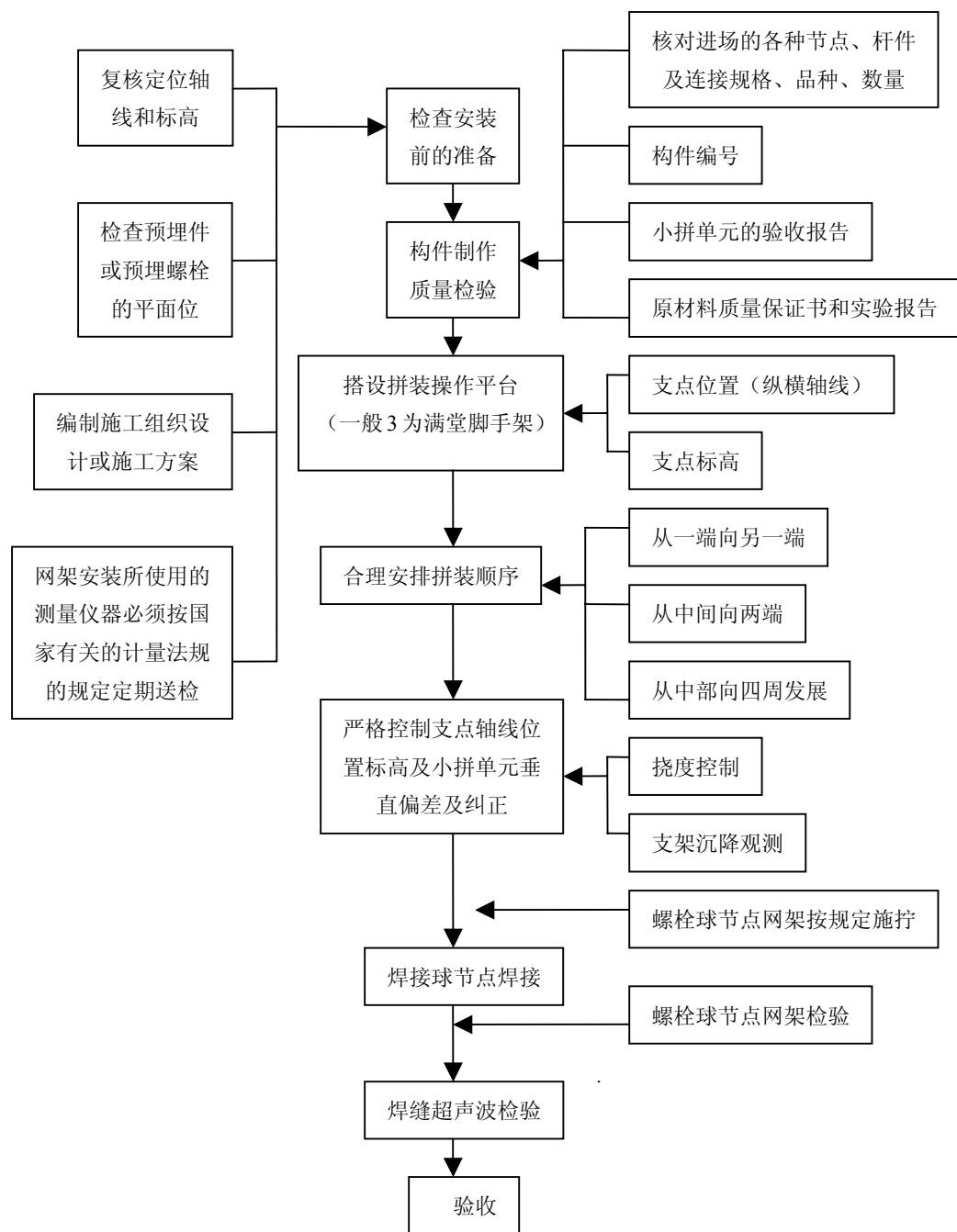
2.5.6.2 操作工艺

- (1) 螺栓球节点网架总拼

1)螺栓球节点的安装精度，取决于工厂制作的精度，如果尺寸有误，现场无法解决，只能运回加工厂处理。

2)严格按 2.5.5.2 中技术质量要点进行施工。

3)高空拼装时，一般从一端开始，以一个网格为一排，逐排步进。



拼装顺序为：下弦节点→下弦杆→腹杆及上弦节点→上弦杆→校正→全部拧紧螺栓。

校正前的各个工序螺栓均不拧紧。如经试拼确有把握时，也可以一次拧紧。

(2) 空心球节点网架总拼

1)空心球节点网架高空拼装是指小拼单元或散件(单根杆件及单个节点)直接在设计位置进行总拼。

2)为保证网架在总拼过程中具有较少的焊接应力和便于调整尺寸，合理的总拼顺序应该是从中间向两边或从中间向四周发展。

3)焊接网架结构严禁形成封闭圈，固定在封闭圈中焊接会产生很大的收缩应力。

4)为确保安装精度，在操作平台上选一个适当位置试拼一组，检查无误后，开始正式拼装。

网架焊接时一般先焊下弦，使下弦收缩而略向上拱，然后焊接腹杆及上弦；如果先焊上弦，则易造成不易消除的下挠度。

5)为防止网架在拼装过程中(因网架自重和支架刚度较差)出现挠度，可预先设施工起拱，一般在 10~15mm。

2.5.7 分条或分块安装法——施工准备

2.5.7.1 分条或分块安装法——技术准备

(1) 定义：分条或分块安装法，是指网架分成条状或块状单元，分别由起重机吊装至高空设计位置就位搁置，然后再拼装成整体的安装方法。所谓条状，是指网架沿长跨方向分割为若干区段，而每个区段的宽度可以是一个网格至三个网格，其长度则为短跨的跨度。所谓块状，是指网架沿纵横方向分割后的单元形状为矩形或正方形。每个单元的重量以现有起重能力能胜任为准。

(2) 这种方法具有如下特点：首先是大部分焊接、拼装工作量在地面进行，有利于提高工程质量，并可省去大部分拼装支架。其次是由于分条(块)单元的重量与现场有起重设备相适应，可利用现有起重设备吊装网架，有利于降低成本。此法易于在中小型网架中推广，但仍有一定的高空作业量。

(3) 当采用分条吊装法时，正放类网架一般来说在自重作用下自身能形成稳定体系，可不考虑加固措施，比较经济；斜放类网架分成条状单元后需要大量的临时加固杆件，不够经济；当采用分块吊装法时，斜放类网架只需在单元周边加设临时杆件，加固杆件较少。

2.5.7.2 材料要求(见 2.5.4.2 条)

2.5.7.3 主要机具(见 2.5.4.3 条)

2.5.7.4 作业条件(见 2.5.4.4 条)

(1) 检查条或块拼装平台，验收后可进行拼装。

(2) 检查条或块拼装几何尺寸，并验收合格。

(3) 根据施工组织设计搭设的支架操作平台，检查其承重支点等的牢固情况。

(4) 复核高空拼装支点的纵横轴线及标高。

2.5.8 分条或分块安装法——材料和质量要点

2.5.8.1 材料的关键要求(见 2.5.5.1 条)

(1) 承重支架除用扣件式钢管脚手架外,因为分条或分块安装法所用的承重支架是局部不是满堂的脚手架,所以也可以用塔式起重机的标准节或其他桥架、预制架。

(2) 塔式起重机的标准节或其他桥架、预制架钢材材质一般都是 Q235 钢和 Q345 钢。

2.5.8.2 技术质量关键要求

(1) 网架单元划分

网架分条分块单元的划分,主要根据起重机的负荷能力和网架的结构特点而定。其划分方法有下列几种:

1)网架单元相互靠紧,可将下弦双角钢分开在两个单元上。此法可用于正放四角锥等网架。图 2.5.8.2—1 为一正放四角锥网架分条实例。

2)网架单元相互靠紧,单元间上弦用剖分式安装节点连接。此法可用于斜放四角锥等网架(图 2.5.8.2—2)。

3)单元之间空出一个节间,该节间在网架单元吊装后再在高空拼装(图 2.5.8.2—3),可用于两向正交正放等网架。

图 2.5.8.2—4 所示为斜放四角锥网架块状单元划分方法工程实例,图中虚线部分为临时加固的杆件

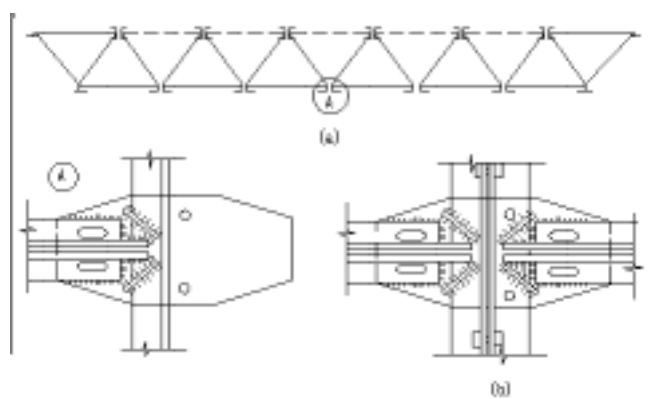


图 2.5.8.2—1 正放四角锥网架条状单元划分方法示例

(a) 网架条状单元; (b) 剖分式安装节点

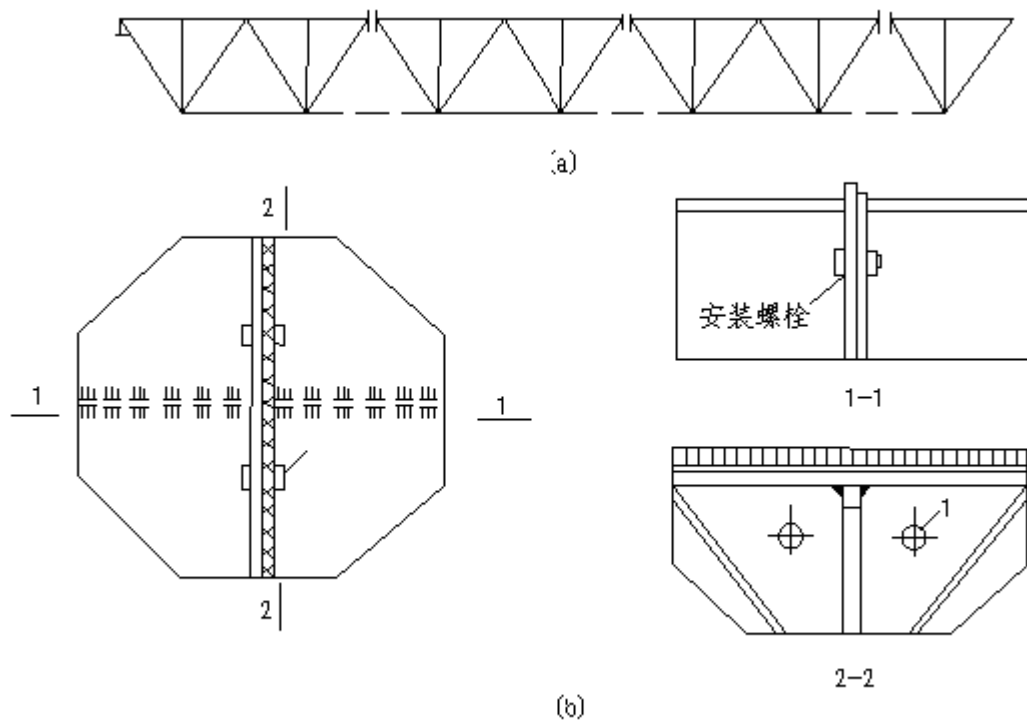


图 2.5.8.2-2 斜放四角锥网架条状单元划分方法示例

(a) 网架条状单元; (b) 剖分式安装节点

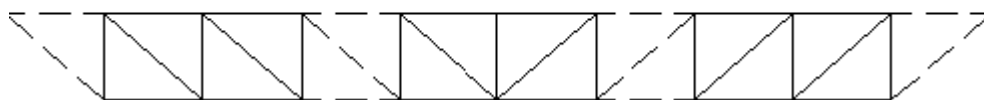


图 2.5.8.2-3 两向正交正放网架条状单元划分方法示例

注：实线部分为条状单元，虚线部分在高空后拼的杆件

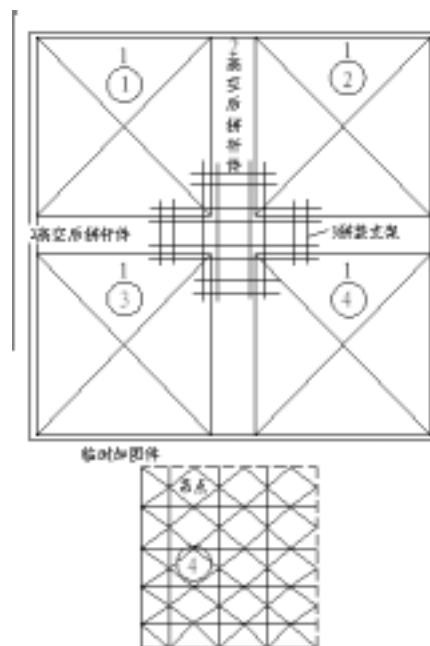


图 2.5.8.2-4 斜放四角锥网架块状单元划分方法示例

注：①～④为块状单元

当斜放四角锥等斜放类网架划分成条状单元时，由于上弦(或下弦)为菱形几何可变体系，因此必须加固后才能吊装。图 2.5.8.2—5 所示为斜放四角锥网架划分成条状单元后几种上弦加固方法。

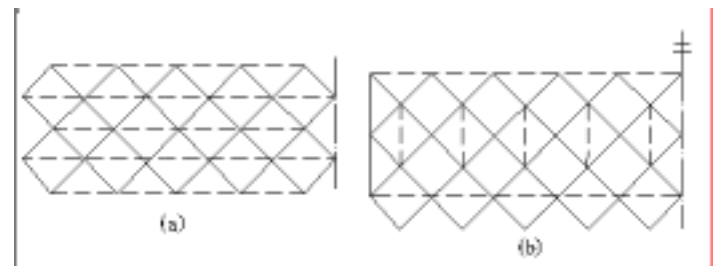


图 2.5.8.2—5 斜放四角锥网架上弦加固方案。

注：图中虚线部分为临时加固杆件

(2) 网架挠度的调整

条状单元合拢前应先将其顶高，使中央挠度与网架形成整体后该处挠度相同。由于分条分块安装法多在中小跨度网架中应用，可用钢管作顶撑，在钢管下端设千斤顶，调整标高时将千斤顶顶高即可，比较方便。图 2.5.8.2—6 所示为某工程分四个条状单元，在各单元中部设一个支顶点，共设六个点。每点用一根钢管和一个千斤顶。

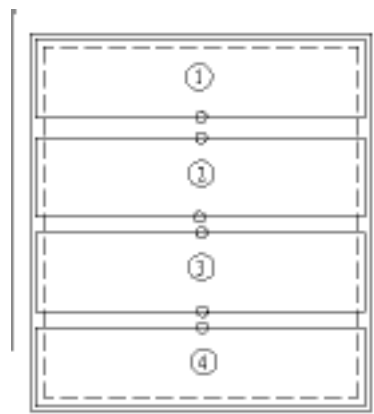


图 2.5.8.2—6 所示为某工程分四个条状单元安装后支顶点位置

一支顶点： ～ 一单元编号

如果在设计时考虑到分条安装的特点而加高了网架高度，则分条安装时就不需要调整挠度。

(3) 网架尺寸控制分条(块)网架单元尺寸必须准确，以保证高空总拼时节点吻合和减少偏差。

如前所述，一般可采取预拼装或套拼的办法进行尺寸控制。另外，还应尽量减少中间转运，如需运输，应用特制专用车辆，防止网架单元变形。

2.5.8.3 职业健康安全关键要求

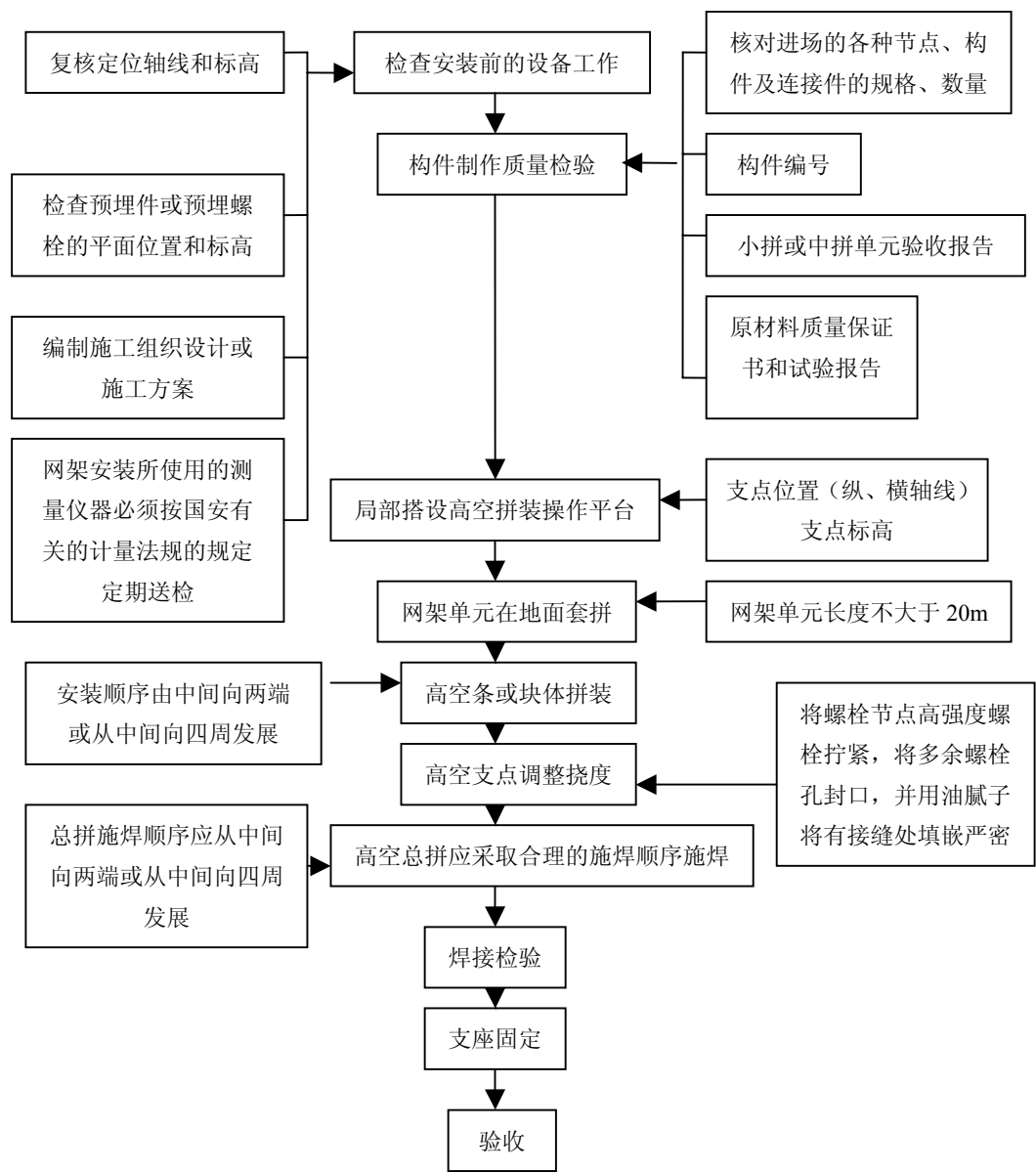
见 2.5.5.3 职业健康安全关键要求。

2.5.8.4 环境关键要求

见 2.5.5.4 环境关键要求。

2.5.9 分条或分块安装法——施工工艺

2.5.9.1 工艺流程



2.5.9.2 施工工艺

(1) 根据网架结构形式和起重设备能力决定分条或分块网架尺寸的大小，在地面胎架上拼装好，胎架应考虑起拱度。

(2) 分条或分块单元，自身应是几何不变体系，同时应有足够的刚度，否则应加固。

(3) 严格按技术质量要点进行施工。

(4) 分条或分块安装法经常与其他安装法相配合使用，如高空散装法、高空滑移法等方法中都可采用此法施工。

2.5.10 高空滑移法——施工准备

2.5.10.1 重高空滑移法——技术准备

(1) 定义：高空滑移法是指分条的网架单元在事先设置的滑轨上单条滑移到设计位置拼接成整体的安装方法。此条状单元可以在地面拼成后用起重机吊至支架上，在起重设备能力不足或其他情况下，也可用小拼单元甚至散件在高空拼装平台上拼成条状单元。高空支架一般设在建筑物的一端，滑移时网架的条状单元由一端滑向另一端。

(2) 高空滑移法按滑移方式可分为：

1) 单条滑移法(图 2.5.10.1—1a)。将条状单元一条一条地分别从一端滑移到另一端就位安装，各条之间分别在高空再行连接，即逐条滑移，逐条连成整体。

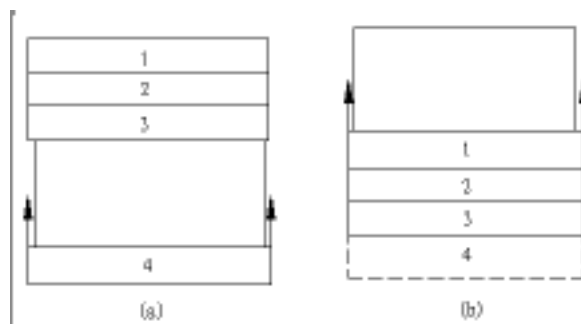


图 2.5.10.1—1 高空滑移法分类

(a) 单条滑移法；(b) 逐条积累滑移法

2) 逐条积累滑移法(图 2.5.10.1—1b)。先将条状单元滑移一段距离后(能连接上第二单元的宽度即可)，连接好第二条单元后，两条一起再滑移一段距离(宽度同上)，再连接第三条三条又一起滑移一段距离，如此循环操作直至接上最后一条单元为止。

3) 按摩擦方式可分为滚动式及滑动式两类。滚动式滑移即网架装上滚轮，网架滑移时是通过滚轮与滑轨的滚动摩擦方式进行的。滑动式滑移即网架支座直接搁置在滑轨上，网架滑移时是通过支座底板与滑轨的滑动摩擦方式进行的。

4) 按滑移坡度可分为水平滑移、下坡滑移及上坡滑移三类。如建筑平面为矩形，可采用水平滑移或下坡滑移；当建筑平面为梯形时，短边高、长边低、上弦节点支承式网架，则可采用上坡滑移。下坡滑移可省动力。

5)按滑移时外力作用方向,可分为牵引法及顶推法两类。牵引法即将钢丝绳绑扎于网架前方,用卷扬机或手扳葫芦拉动钢丝绳,牵引网架前进,作用点受拉力。顶推法即用千斤顶顶推网架后方,使网架前进,作用点受压力。

(3) 高空滑移法具有如下特点:

1)由于在土建完成框架、圈梁以后进行,而且网架是架空作业的,因此对建筑物内部施工没有影响,网架安装与下部土建施工可以平行立体作业,大大加快了工期。

2)高空滑移法对起重设备、牵引设备要求不高,可用小形起重机或卷扬机。而且只需搭设局部的拼装支架,如建筑物端部有平台可利用,可不搭设脚手架。

3)采用单条滑移法时,摩擦阻力较小,如再加上滚轮小跨度时用人力撬棍即可撬动前进。当用逐条积累滑移法时,牵引力逐渐加大,即使为滑动摩擦方式,也只需小型卷扬机即可因为网架滑移时速度不能过快($\leq 1\text{m/min}$),一般均需通过滑轮组变速。

(4) 适用范围:

1)高空滑移法可用于建筑平面为矩形、梯形或多边型等平面。

2)支承情况可为周边简支,或点支承与周边支承相结合等情况。

3)当建筑平面为矩形时滑轨可设在两边圈梁上,实行两点牵引。

4)当跨度较大时,可在中间增设滑轨,实行三点或四点牵引,这时网架不会因分条后加大网架挠度,或者当跨度较大时,也可采取加反梁办法解决。

5)高空滑移法适用于现场狭窄、山区等地区施工,也适用于跨越施工。如车间屋盖的更换,轧钢、机械等厂房内设备基础、设备与屋面结构平行施工。

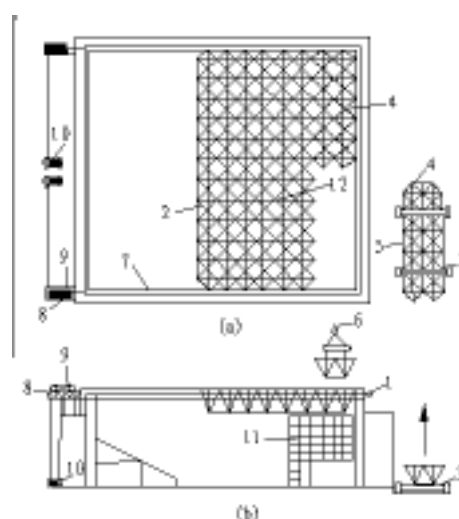


图 2.5.10.1—2 滑移安装网架结构工程实例

(a)平面; (b)剖面

1—天沟梁; 2—网架(临时加固杆件未示出); 3—拖车架; 4—一条状单元; 5—临时加固杆件; 6—起重机吊钩; 7—牵引绳; 8—反力架; 9—牵引滑轮组; 10—卷扬机; 11—脚手架; 12—部分式安装节点

2.5.10.2 拼装支架滑移法:网架两端支座间没有连系梁,而是单根柱支点承重,滑轨就无法安装,为此在拼装支架的下面设滑轨。滑动拼装支架。

按网架刚度定出分条网架单元在拼装支架上，按设计位置拼装好，降落拼装支点，将拼装支架往前滑移一个分条网架单元，再与已拼装好的网架拼接连接成整体的方法。

其他施工方法均与高空滑移法相同。

2.5.10.3 材料要求(见 2.5.4.2 条)

2.5.10.4 主要机具

参见表 2.5.10.4。

主要机具(详见 2.5.4.3 条) 补充 表 2.5.10.4

序号	名称	规格型号	单位	数量	用途
1	手扳葫芦	根据牵引重量而顶			网架滑行牵引
2	卷扬机	根据牵引重量而顶			网架滑行牵引
3	液压穿心式千斤顶	根据牵引重量而顶			网架滑行牵引
4	螺旋式千斤顶,液压千斤顶	根据牵引重量而顶			顶推网架滑行
5	牵引设备（滑车钢丝绳等）				网架滑行
6	滑道设置（四氟板、滚轮、导向轮刻度尺、角钢、槽钢等）				网架滑行

2.5.10.5 作业条件(见 2.5.4.4 条)

- (1) 检查拼装支架牢固情况，支点纵、横轴线及标高。
- (2) 检查牵引设备是否灵敏可靠，以防失控，影响工作。
- (3) 检查滑道设置，尤其是滑道拼接处要磨平，以防滑行时啃住，出安全事故。

2.5.11 高空滑移法——材料和质量要点

2.5.11.1 材料的关键要求(见 2.5.5.1 条)

(1) 拼装承重支架一般用扣件式钢管脚手架，如采用已建的建筑物上做操作平台，用槽钢等型钢做胎具即可。

(2) 滑道设置：根据网架大小，可用圆钢、钢板、角钢、槽钢、钢轨、四氟板、加滚轮等，一般为 Q235 钢。

(3) 牵引用的钢丝绳的质量和系数应符合有关规定。

2.5.11.2 技术质量关键要求

(1) 挠度控制

当单条滑移时，施工挠度情况与分条安装法相同。当逐条积累滑移时，滑移过程中仍然

是两端自由搁置的立体桁架。如网架设计时未考虑分条滑移的特点，网架高度设计得较小，这时网架滑移时的挠度将会超过形成整体后的挠度，可采用增加施工起拱度、开口部分增加三层网架、在中间增设滑轨等处理方法。

组合网架由于无上弦而是钢筋混凝土板，不允许在施工中产生一定挠度后又抬高等反复变形，因此，设计时应验算组合网架分条后的挠度值，一般应适当加高，施工中不应进行抬高调整。

(2) 滑轨与导向轮

1)滑轨。滑轨的形式较多，如图 2.5.11.2—1 所示，可根据各工程实际情况选用。滑轨与圈梁顶预埋件连接可用电焊或螺栓连接。



图 2.5.11.2—1 各种轨道形式

滑轨位置与标高，根据各工程具体情况而定。如弧形支座高与滑轨一致，滑移结束后拆换支座较方便。当采用扁钢滑轨时，扁钢应与圈梁预埋件同标高，当滑移完成后拆换滑轨时不影响支座安装。如滑轨在支座下通过，则在滑移完成后，应有拆除滑轨的工作，在施工组织设计应考虑拆除滑轨后支座落距不能过大(不大于相邻支座距离的 $1 / 400$)。当用滚动式滑移时，如把滑轨安置在支座轴线上，则最后有拆除滚轮和滑轨的操作(拆除时应：先将滚轮全部拆除，使网架搁置于滑轨上，然后再拆除滑轨，以减少网架各支点的落差)。但可将滑轨设置在支座侧边，不发生拆除滚轮、滑轨时影响支座而使网架下落等问题。

滑轨的接头必须垫实、光滑。当滑动式滑移时，还应在滑轨上涂刷润滑油，滑撬前后都应做成圆弧导角，否则易产生“卡轨”。

2) 导向轮。导向轮的主要作用是保险装置，在正常情况下，滑移时导向轮是脱开的，只有当同步差超过规定值或拼装偏差在某处较大时才碰上。但在实际工程中，由于制作拼装上的偏差，卷扬机不同时间的启动或停车也会造成导向轮顶上导轨的情况。

导向轮一般安装在导轨内侧，间隙 10—20mm，如图 2.5.11.2—2 所示。图 2.5.11.2—3 为导向轮顶住导轨时力学关系示意图。假定图中一号卷扬机领先，牵引力为 F_{t1} ，这时导向轮顶住导轨，顶力分别为 R_1 、 R_2 ，一号卷扬机担负着网架全部牵引力，这是最不利情况，顶力 R_1 或 R_2 可由下式计算求得（图中 F_2 为导向轮的摩擦力，现为滚动摩擦，可忽略）。

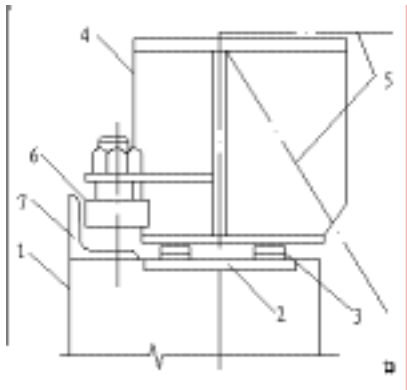


图 2.5.11.2-2 导轨与导向轮设置

1—圈梁；2—预埋钢板；3—滑轨；4—网架支座；5—网架杆件中心线；6—导向轮；7—导轨

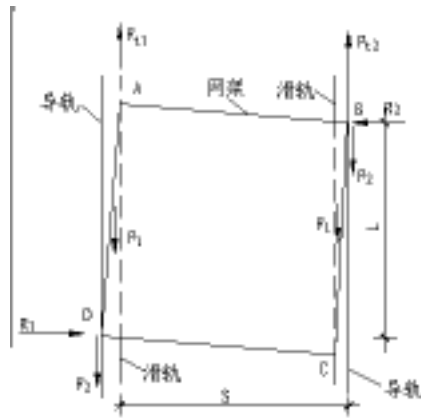


图 2.5.11.2-3 导向轮顶力计算简图

$$R_1 = \frac{(F_t - F_1)S}{L} \quad (2.5.11.2-3)$$

式中 F_t ——总牵引力， $F_t = F_{t1} + F_{t2}$ ；

F_1 ——边沿轨的摩阻力。

$$F_1 = \mu \cdot \xi \cdot G_{OK} / 2 \quad (2.5.11.2-2)$$

式中 μ ——磨擦系数，当滑动摩擦时 $\mu = 0.12 \sim 0.15$ ；滚动摩擦时， $\mu = 0.1$ ；

ξ ——阻力系数，取 $1.3 \sim 1.5$ ；

G_{OK} ——网架总自重标准值。

图中 S ——近似取网架跨度；

L ——近似取网架积累单元的前端至后端支座长度。

为了减少导向轮的顶力，可将两台卷扬机滑轮组连通如图（2.5.11.2-4），当其中一台启动或停车有先后时，在另一滑轮组的钢丝绳仍会产生相当大的拉力，只有两侧产生拉力差时，网架才会产生偏转，这时的顶力设为 R_1 ，由下式计算

$$R_1 = \frac{(F_{t3} - F_1)S}{L} \quad (2.5.11.2-3)$$

式中 F_{t3} ——先启动或后停车的滑轮组钢丝绳拉力，其他符号同前。

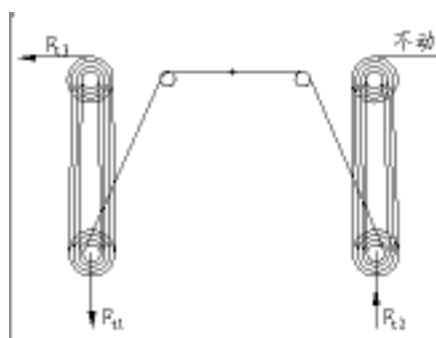


图 2.5.11.2—4 钢丝绳穿通后牵引力计算简图

(3) 牵引力与牵引速度

1) 牵引力。网架水平滑移时的牵引力，可按下列各式计算：当为滑动摩擦时

$$F_t = \mu_1 \cdot \zeta \cdot G_{ok} \quad (2.5.11.2-4)$$

式中 F_t ——总起动牵引力；

G_{ok} ——网架总自重标准值；

μ_1 ——滑动摩擦系数，钢与钢自然轧制表面，经粗除锈充分润滑的钢与钢之间可取 0.12~0.15；

ζ ——阻力系数，取值同式 (2.5.11.2-2)。

当为滚动摩擦时

$$F_t = \frac{K}{r_1} \frac{r}{r_1} (+ \mu_2) \cdot G_{ok}$$

式中 F_t ——总起动牵引力；

K ——滚动摩擦系数，钢制轮与钢之间取 0.5mm；

μ_2 ——摩擦系数在滚轮与滚轮轴之间，或经机械加工后充分润滑的钢与钢之间可取 0.1；

r_1 ——滚轮的外圆半径，mm；

r ——轴的半径，mm。

式 (2.5.11.2-3) 及式 (2.5.11.2-5) 计算的结果系指总的启动牵引力。如选用二点牵引滑移，将上列结果除以 2 得每边卷扬机所需的牵引力。工程实测结果表明，两台卷扬机在滑移过程中牵引力是不等的，在正常滑移时，两台卷扬机牵引力之比约 1 : 0.7，个别情况为 1 : 0.5。因此建议选用卷扬机功率应适当放大。

2) 牵引速度

为了保证网架滑移时的平稳性，牵引速度不宜太快，根据经验牵引速度控制在 1m / min 左右为宜。因此，如采用卷扬机牵引，应通过滑轮组降速。为使网架滑移时受力均匀和滑移平稳，当滑移单元积累较长时，宜增设钩扎点，图 2.5.11.2-5 所示为网架多点钩扎牵引示

意图。

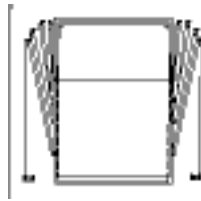


图 2.5.11.2—5 网架多点钩扎牵引滑移

(4) 同步控制

网架滑移时同步控制的精度是滑移技术的主要指标之一。当网架采用两点牵引滑移时，如不设导向轮，滑移要求同步主要是为了不使网架滑出轨道。当设置导向轮，牵引速度差（不同步值）应不使导向轮顶住导轨为准。当三点牵引时，除应满足上述要求外，还要求不使网架增加太大的附加内力，允许不同步值应通过验算确定。两点或两点以上牵引时必须设置同步监测设施。

当采用逐条积累滑移法并设有导向轮，两点牵引时，其允许不同步值与导向轮间隙、网架积累长度等有关，网架积累越长，允许不同步值就越小，其几何关系如图 2.5.11.2—6 所示。设当 B 、 D 点正好碰上导轨时为 A 、 B 两牵引点允许不同步的极限值，如 A 点继续领先，则 B 、 D 点愈易压紧，即产生 R_1 及 R_2 的顶力，网架就产生施工应力，这在同步控制上是不允许的。故当 B 、 D 两点正好碰上导轨时， A 、 B 两牵引点允许不同步值为 AE 用下式进行计算：

$$AE = \frac{AB \cdot AF}{AD} \quad (2.5.11.2-6)$$

式中 AF —两倍导向轮间隙；

AB —网架跨度；

AD —网架滑移单元长度。

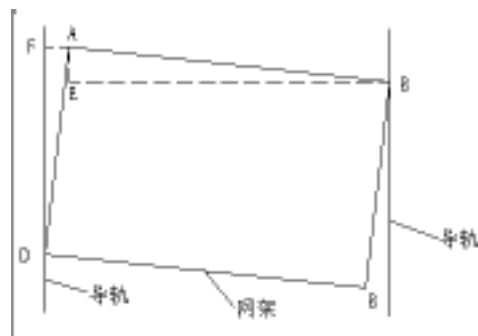


图 2.5.11.2—6 网架滑移时不同步值的几何关系

式中， AB 、 AF 是已定值，而 AE 与 AD 成反比，因此对积累滑移法， AE 值是个变数，随着网架的接长， AE 逐渐变小，同步要求就越高。

网架规程规定网架滑移时两端不同步值不大于 50mm，只是作为一般情况而言。各工程在滑移时应根据情况，经验算后再自行确定具体值，两点牵引时应小于上述规定值，三点牵引时经验算后确定。

控制同步最简单的方法是在网架两侧的梁面上标出尺寸，牵引时同时报滑移距离，但这种方法精度较差，特别是三点以上牵引时不适用。自整角机同步指示装置是一种较可靠的测量装置，这种装置可以集中于指挥台随时观察牵引点移动情况，读数精度为 1mm。

2.5.11.3 职业健康安全关键要求

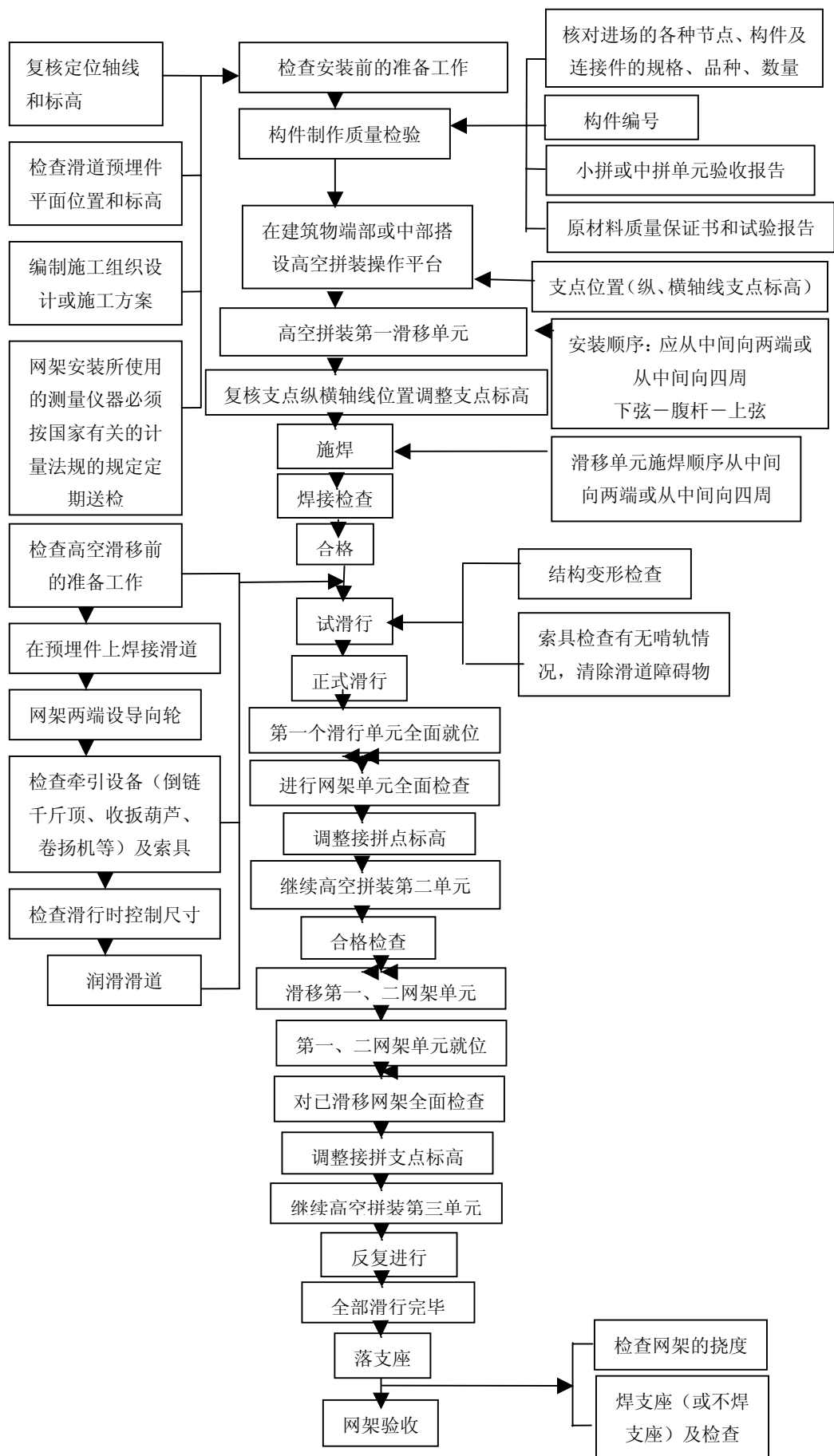
见 2.5.5.3 职业健康安全关键要求。

2.5.11.4 环境关键要求

见 2.5.5.4 环境关键要求。

2.5.12 高空滑移法——施工工艺

2.5.12.1 - 工艺流程



2.5.12.2 操作工艺

(1) 根据网架结构形式、现场周围环境、起重设备能力、网格尺寸等，选择滑移工艺。

高空滑移法：单条滑移、累积滑移、双滑道及多滑道滑移。

支架滑移法（下滑移法）：按支架宽度随拼装、随滑移（根据支架刚度而定双滑道还是多滑道滑）。

(2) 滑移单元自身必须是几何尺寸不变的体系，同时有足够的刚度，否则应进行加固。

(3) 严格按 2.5.11.2 中技术质量要点施工。

(4) 滑移准备工作完毕，进行全面检查无误，开始试滑 50cm；再检查无误后，正式滑移。

(5) 支座降落：当网架滑移完毕，经检查各部分尺寸标高、支座位置符合设计要求，开始用等比例提升方法，可用千斤顶或起落器抬起网架支承点，抽出滑轨，再用等比例下降方法，使网架平稳过渡到支座上，待网架下挠稳定，装配应力释放完后，即可进行支座固定。

2.5.13 整体吊装法——施工准备

2.5.13.1 整体吊装法——技术准备

1) 定义：网架整体吊装法，是指网架在地面总拼后，采用单根或多根拔杆、一台或多台起重机进行吊装就位的施工方法。

(2) 特点：网架地面总拼时就可以就地与柱错位或在场外进行。当就地与柱错位总拼时，网架起升后在空中需要平移或转动 1.0~2.0m 左右再下降就位，由于柱是穿在网架的网格中的，因此凡与柱相连接的梁均应断开，即在网架吊装完成后再施工框架梁。而且建筑物在地面以上的有些结构必须待网架安装完成后才能进行施工，不能平行施工。

(3) 当场地条件许可时，可在场外地面总拼网架，然后用起重机抬吊至建筑物上就位，这时虽解决了室内结构拖延工期的问题，但起重机必须负重行驶较长距离。就地与柱错位总拼的方案适用于用拔杆吊装，场外总拼方案适用于履带式、塔式起重机吊装。

(4) 适用范围：整体吊装法，适用于各种重型的网架结构，吊装时可在高空平移或旋转就位。

2.5.13.2 材料要求（见 2.5.4.2 条）

2.5.13.3 主要机具（见 2.5.4.3 条）补充如下

见表 2.5.13.3。

表 2.5.13.3

序号	名称	规格型号	单价	数量	用途
----	----	------	----	----	----

1	起重机	履带式、汽车式、塔式			网架吊装根据网架重量确定起重机型号、台数
2	拔杆				网架吊装根据网架重量确定拔杆型号、台数
3	吊装索具				

2.5.13.4 作业条件（见 2.5.4.4 条）

- （1）检查支座纵、横轴线及标高。
- （2）检查起重机设备按规定进行空载、带载和超载试验，确保安全、可靠。
- （3）检查拔杆、缆风、地锚、滑轮组等。

2.5.14 整体吊装法——材料和质量要点

2.5.14.1 材料的要求（见 2.5.4.2 条）

- （1）起重用的索具、滑轮组和缆风的钢丝绳等质量必须合格，钢丝绳的安全系数应符合规定。
- （2）地锚所用的道木、型钢、混凝土等材料必须符合有关规范规定。

2.5.14.2 技术质量关键要求

- （1）网架空中移位

采用多根拔杆吊装网架时，网架在空中移位的力学分析计算简图如图 2.5.14.2—1 所示。网架提升时（图 2.5.14.2—1a），每根拔杆两侧滑轮组夹角相等，上升速度一致，两侧滑轮组受力相等（ $F_{t1}=F_{t2}$ ）。

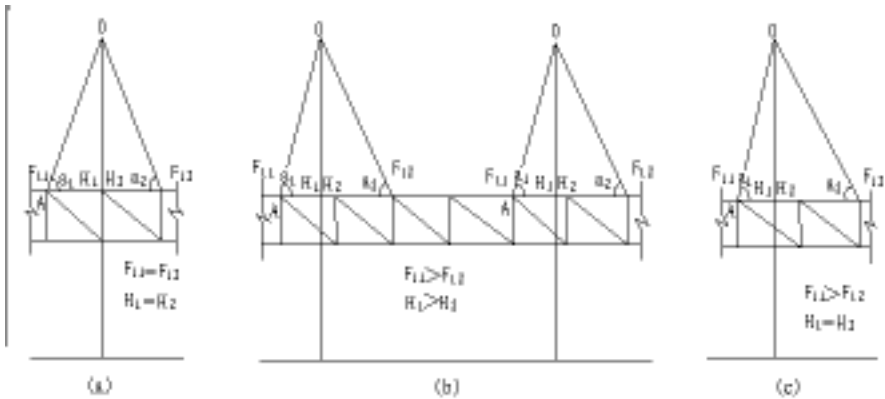


图 2.5.14.21 网架空中移位

其水平力也将相等（ $H_1=H_2$ ），网架只是垂直上升，不会水平移动。此时滑轮组的拉力为：

$$F_{t1}=F_{t2}=\frac{G}{2\sin \alpha_1} \tag{2.5.14.2-1}$$

式中 G —每根拔杆所担负的网架、索具等荷载；

F_{t1} 、 F_{t2} —一根拔杆两侧起重机滑轮组拉力；

α_1 —起重滑轮组与水平面的夹角。

网架在空中移位时（图 2.5.14.2—1b），每根拔杆的同一侧（如同为左侧或右侧）滑轮组钢丝绳徐徐放松，而另一侧滑轮组不动。此时放松一侧的钢丝绳因松弛而拉力 F_{t2} 变小，另一侧 F_{t1} 则由于网架重力而增大，因此两边的水平分力就不等（即 $H_1 > H_2$ ）而使网架移动或转动。

网架就位时（图 2.5.14.2—1c），即当网架移动至设计位置上空时，一侧滑轮组停止放松钢丝绳而处于拉紧状态，则 $H_1 = H_2$ ，网架恢复平衡。此时滑轮组拉力为：

$$\left. \begin{aligned} F_{t1}\sin\alpha_1 + F_{t2}\sin\alpha_2 &= G \\ F_{t1}\cos\alpha_1 &= F_{t2}\cos\alpha_2 \end{aligned} \right\} \quad 2.5.14.2-2$$

式中 α_2 —起重滑轮组与水平面的夹角。

网架空中移位时，由于一侧滑轮组不动，网架除平移外，还由于以 O 点为圆心， OA 为半径的圆周运动而产生少许下降，网架移动距离（或转动角度）与网架下降高度之间的关系，可用图解法或计算法确定。

网架空中滑移的运动方向，与拔杆及起重滑轮组布置有很大关系。图 2.5.14.2—2 所示是矩形网架采用 4 根拔杆成对称布置，拔杆的起重平面（即起重滑轮组与拔杆所构成的平面）方向一致，且平行于网架的一边。因此使网架产生的水平分力 H 都平行于网架的一边。网架即产生单向的位移。同理，如拔杆布置在同一圆周上，且拔杆的起重平面垂直于网架半径（图 2.5.14.2—3）。这时使网架产生运动的水平分力 H 与拔杆起重平面相切，由于水平切向力 H 的作用，网架即产生绕其圆心旋转的运动。

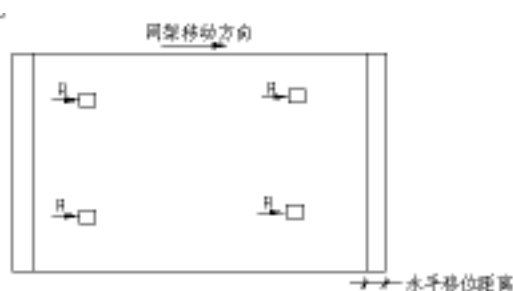


图 2.5.14.2—2 网架空中平移

对于中小跨度网架，可采用单根拔杆吊装，这时可通过调整缆风绳使拔杆吊着网架进行空中就位，或通过旋转拔杆使网架在空中转动就位。

（2）多拔杆的同步控制与折减系数

网架在提升过程中应尽量同步，即各拔杆以均匀一致的速度上升，以减少起重设备和网架结构不均匀受力，并避免网架与柱或拔杆相碰。相邻点提升高差宜控制在 100mm 以内，

或通过验算及试验确定。

(3) 缆风绳的初拉力

采用多根拔管整体吊装网架时，保持拔杆顶端偏移值最小，是顺利吊装网架关键之一。为此缆风绳的初拉力宜适当加大，但也应防止由此所起的拔杆与地锚负荷太大的问题。



图 2.5.14.2.3 网架空中旋转

(4) 多根拔杆或多机抬吊的折减系数及升降速度

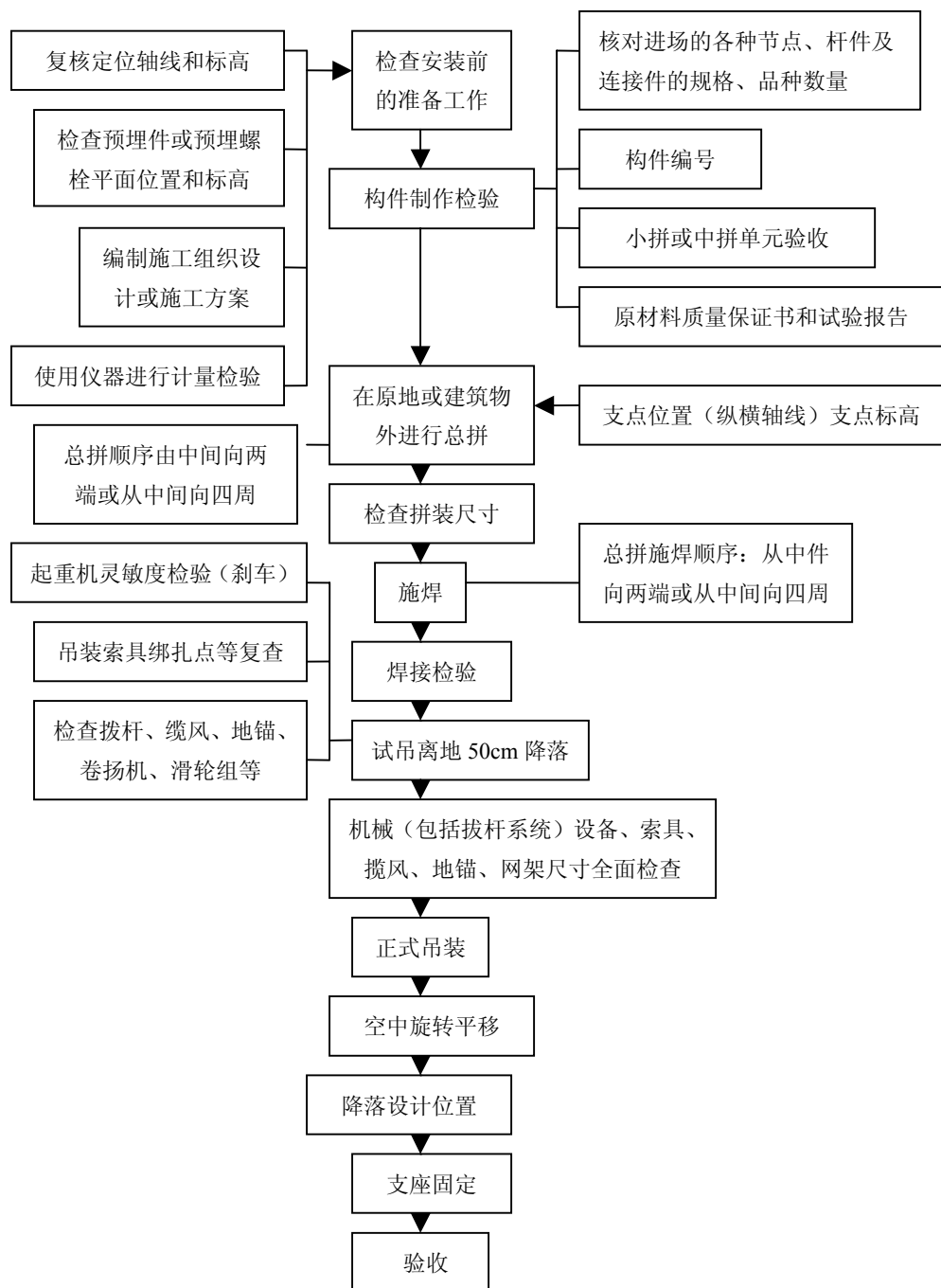
1) 当采用多台起重机（或多根拔杆）抬吊网架时，宜将额定负荷乘以折减系数 0.75，当采用四台起重机（或四根拔杆）将吊点连通成两组或三台起重机（或三根拔杆）吊装时，折减系数可适当放宽。

在工程实践中，往往遇到起重机的起重量由于乘以折减系数 0.75 后而满足不了吊装网架的要求，为此可采取措施，例如将每两台起重机的吊点穿通等方法，以适当放宽折减系数。

2) 多台起重机（或多根拔杆）吊钩升降速度控制：多台起重机（或多根拔杆）抬吊的关键是多台起重机（或多根拔杆）吊钩升降速度要一致；否则会造成起重机（或拔杆）超载、网架受扭等事故。

2.5.15 整体吊装法——施工工艺

2.5.15.1 工艺流程



2.5.15.2 操作工艺

- (1) 根据网架结构形式、起重机或拔杆起重能力，在原建筑物内或建筑物外侧进行总拼
- (2) 总拼及焊接顺序：从中间向四周或从中间向两端进行
- (3) 严格按 2.5.14.2 条技术质量要点进行施工。
- (4) 进行试吊——全面检查起重设备和拔杆系统、揽风、地锚、吊索、滑轮组、网架尺寸。

- (5) 正式起吊。
- (6) 空中位移、旋转—同步控制，确保安全。
- (7) 降落支座上，支座安装（纵横轴线，标高检查）。
- (8) 验收。

2.5.16 整体提升法——施工准备

2.5.16.1 定义

整体提升法是指在结构柱上安装提升设备提升网架。

2.5.16.2 整体提升法分类

(1) 单提网架法：网架在设计位置就地总拼后，利用安装在柱子上的小型设备（穿心式液压千斤顶）将网架整体提升到设计标高上然后下降就位、固定。

(2) 网架爬升法：网架在设计位置就地总拼后，利用安装在网架上的小型设备（穿心式液压千斤顶），提升锚点固定在柱上或拔杆上，将网架整体提升到设计标高，就位、固定。

(3) 升梁抬网法：网架在设计位置就地总拼，同时安装好支承网架的装配式圈梁（提升前圈梁与柱断开，提升网架完成后再与柱连成整体），把网架支座搁置于此圈梁中部，在每个柱顶上安装好提升设备，这些提升设备在升梁的同时，抬着网架升至设计标高。

(4) 升网滑模法：网架在设计位置就地总拼，柱是用滑模施工。网架提升是利用安装在柱内钢筋上的滑模用液压千斤顶，一面提升网架一面滑升模板浇筑混凝土。

2.5.16.3 技术准备

(1) 提升的几种方法：都是根据网架形式、重量，选用不同起重能力的液压穿心式千斤顶，钢绞线（螺杆）、泵站等进行网架提升。

(2) 提升阶段网架支承情况不变，对利用的结构柱一般情况不需要加固，如果柱顶上做出牛腿或采用拔杆（放提升设备或提升锚点），需验算结构柱稳定性，如果不够，对柱或拔杆采取稳定措施，如设缆风等。

(3) 为了更好地发挥整体提升法的优越性可将网架屋面板、防水层、顶棚、采暖通风及电气设备等全部在地面及最有利的高度上进行施工，可大大节省施工费用。

通过提升设备验算，当不能满足全部屋面结构整体提升时，也可安装部分屋面结构后再提升。

应当注意的是，为防止屋面结构安装后在提升过程中产生扭曲而造成局部出现裂纹，要采取必要的加固处理。

(4) 单提网架法和网架爬升法，都需要在原有柱顶上接高钢柱约 2—3m，并加悬挑牛腿以设置提升锚点。

(5) 单提网架法的操作平台设在接高钢柱上，网架爬升法的操作平台设在网架上弦平面上。

(6) 放好网架支座处的轴线及标高。

升梁抬网法网架支座应搁置在圈梁中部，升网滑模法网架支座应搁置在柱顶上，单提网架法、网架爬升法网架支座可搁置在圈梁中部或柱顶上。

(7) 网架整体提升法一般情况下适宜在设计平面位置地面上拼装后垂直提升就位。如网架垂直提升到设计标高后还需水平移动时，需另加悬挑结构结合滑移法施工就位到设计位置。

2.5.16.4 材料要求

(1) 钢绞线：(EVRONRM138—79) 标准， $\phi 15.24$ ，高强度低松弛钢绞线。

(2) 其他材料参见 2.5.4.2 条有关规定。

2.5.16.5 主要机具

除按 2.5.4.3 机具表外，补充机具如表 2.5.16.5。

2.5.16.6 作业条件

(1) 网架结构在地面就位拼好，检查验收完毕，其他附属结构及设备安装完毕，并通过验收。

主要机具 表 2.5.16.5

序号	名称	规格	数量	用途
1	拔杆	根据网架重量而定		爬升法用拔杆代替柱支承结构
2	穿心式千斤顶	40t, 100t, 200t		提升牵引设备数量按网架重量而定
3	锚具	DVM—15		固定锚、锚板和夹片
4	油泵	额定高压 260MP		给千斤顶供油的泵
5	控制房	2×2.4×2.3		分主控制房，从控制房

(2) 承重柱（包括接高钢柱）或拔杆（包括缆风）立好检查合格（特别是稳定性）。

(3) 提升系统就位，检查无误。

(4) 提升过程结构上障碍物清除。

(5) 核实网架高空就位后补安装的杆件、规格、数量。

(6) 参见 2.5.4.4 作业条件要求。

2.5.17 整体提升法——材料和质量要点

2.5.17.1 材料的关键要求

见 2.5.5.1 材料的关键要求。

2.5.17.2 技术质量关键要求

(1) 提升设备布置与负荷能力

网架整体提升，一般采用小机群（电动螺杆升板机、穿心式液压千斤顶等），其布置原则是：

1) 网架提升时受力情况应尽量与设计受力情况接近；

2) 每个提升设备所受荷载尽可能接近；

3) 提升设备的负荷能力应按额定能力乘以折减系数，电动螺杆升板机为 0.7~0.8；穿心式液压千斤顶为 0.5~0.6。升板机的折减系数主要考虑其安全使用性能，该机不宜负荷过大。该类液压千斤顶在液压管道及接头等较有把握时可适当提高负荷。但该类千斤顶的冲程非恒值，负荷大时冲程就小，负荷小时冲程就大，故使用时应注意使各千斤顶负荷接近，以利于同步提升。

(2) 网架提升的同步控制

网架提升过程中，各吊点间的同步差，将影响升板机等提升设备和网架杆件的受力状况，测定和控制提升中的同步差是保证施工质量和安全的关键措施。网架规程中规定当用提升机时，允许升差值为相邻提升点距离的 $1/400$ ，且不大于 15mm；当采用穿心式液压千斤顶时，为相邻提升点距离的回 $1/250$ ，且不大于 25mm。这主要是由设备性能决定的，因升板机的同步性能较穿心式液压千斤顶好。选用设备时应注意，刚度大的网架形式不宜用穿心式液压千斤顶提升。

由于各点提升差引起的内力值，可通过计算求得。

(3) 柱的稳定问题

当网架采用整体提升法施工时，应使下部结构在网架提升时已形成稳定的框架体系，否则应对独立柱进行稳定性验算，如稳定性不足，则应采取加固措施。一般可采取下列措施：

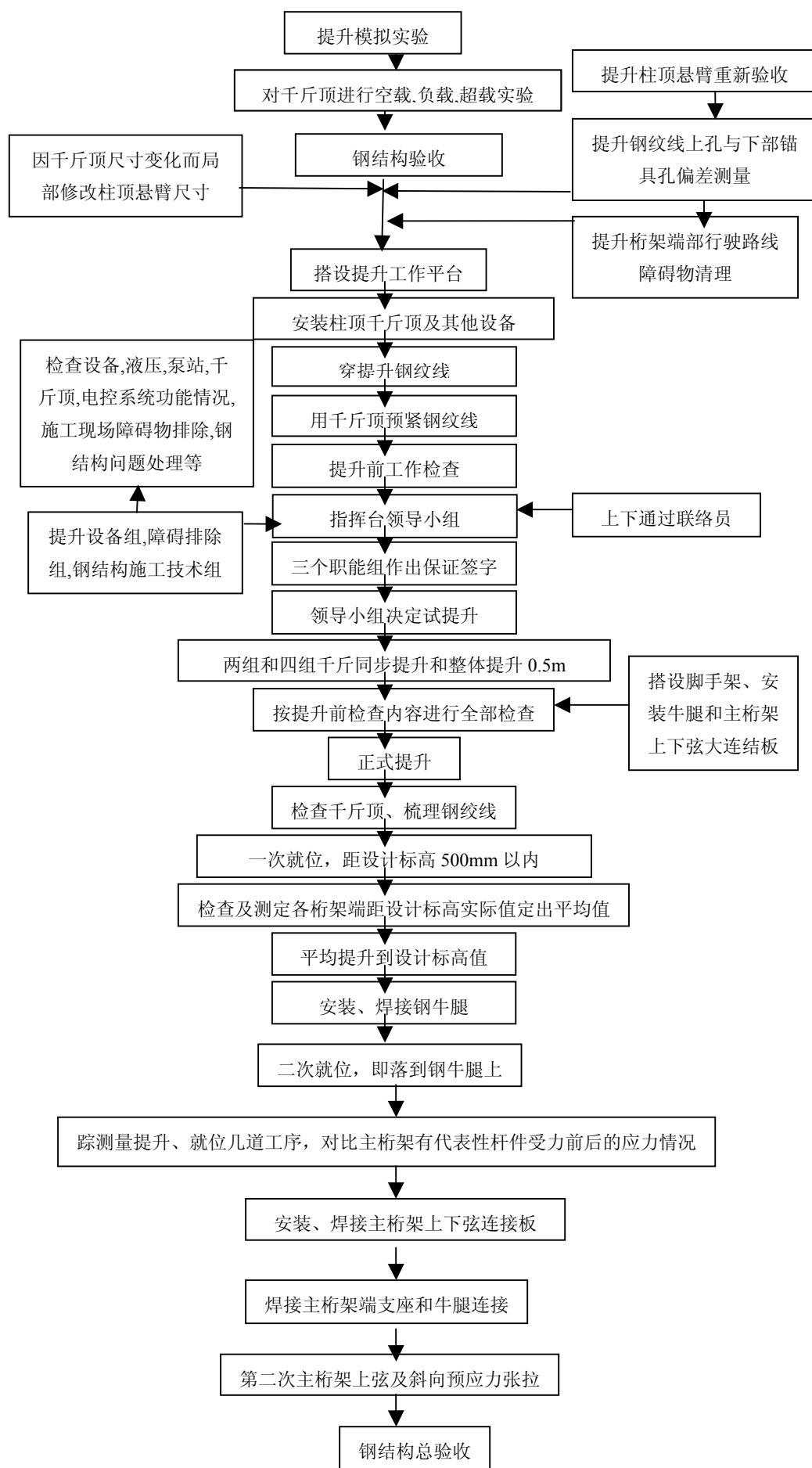
(1) 网架四角沿轴线方向每角拉二根缆风绳，以承受风力，减少柱子的水平荷载。缆风绳按相关规定计算拉设。

(2) 各柱间设置两道水平支撑与设计中的柱间支撑联系，以减少柱的计算长度。当采用升网滑模法施工时，当滑出模板的混凝土强度等级达到 C10 级以上后紧接着安装水平支撑，以确保柱子的稳定性。

(3) 当升网滑模时，可适当提高混凝土强度等级，控制滑升速度，不宜过快。应使新浇混凝土强度较快达到 C10 级。

2.5.18 整体提升法——施工工艺

2.5.18.1 工艺流程（以液压穿心式千斤顶放在柱顶上整体提升法为例）

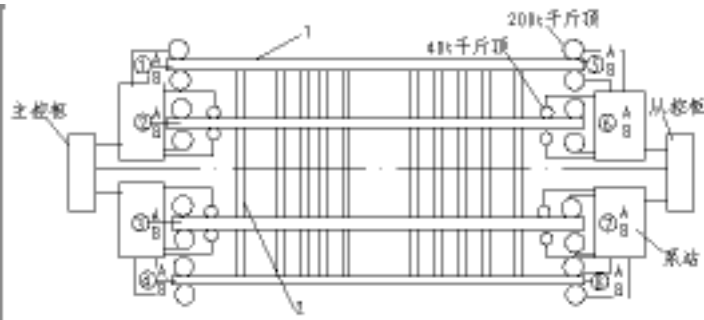


2.5.18.2 操作工艺(以北京西客站钢门楼 1800t 钢结构整体提升为例)

主次钢桁架、钢亭和部分施工荷载提升总重约 1818t,整体钢结构几何尺寸 43.8m×28.8m×49.725m,从+7.79m 提升至设计位置,升程 43.52m。

(1) 设备布置

提升设备布置依钢结构吊点位置而定,最简单的方案是按永久支承位置吊点。为此按照八个支承点布置相应的提升千斤顶,其平面布置如图 2.5.18.2-1



(2) 结构设计

根据提升总重为 1800t,计算出每个柱顶受力,确定主要提升设备千斤顶吨位和钢绞线的断面、根数选择,相应设计出提升柱顶几何尺寸。

1)千斤顶和钢绞线选择: 见表 2.5.18.2

千斤顶和钢绞线选择: 见表 2.5.18.2

提升点	提升重 (t)	千斤顶数量			Φ15.24 钢绞线布置数量			
		40t	200t	实际能力 (t)	根数			安全储备
					40t	200t	总数	
边桁架节点	153	—	2	336	—	18	36	4.38
中桁架端点	297	2	2	416	6	18	48	3.00

2) 柱顶部牛腿拉升节点图 2.5.18.2-2, 200t 和 40t 千斤顶在柱顶立面、平面布置。

(3) 主要关键问题

- 1) 钢柱增加高度 2m, 钢绞线提升最后长度为 10m 是最佳长度。
- 2) 两侧柱顶提升受力后, 通过计算水平位移为 1.44mm。
- 3) 主桁架下弦吊点处加横向支撑, 以增强主桁架端连接板的抗扭刚度。
- 4) 工作锚是第二安全保险装置, 安置工作锚位置的钢结构应加强。
- 5) 框架边柱顶吊装孔与主桁架端部吊装孔最大偏差为 28mm, 应采取多方面可靠措施, 确保施工顺利进行。
- 6) 由于主桁架端部两侧距钢框架劲性钢柱只有 40m, 所以主桁架制作长度偏差必须控制在 ±20mm 内。主桁架端部提升线路无障碍物,

(4) 千斤顶安装

1) 千斤顶的安装主要要求承座平面斜度 $\leq 3/1000$ ，在没有自动调整弧形支座时应 $\leq 1/1000$ 。

2) 油管接口和各电器接口朝向安装，其位置是有方向性的。

(5) 穿钢绞线

穿钢绞线有上穿法和下穿法两种，本工程是采用上穿法。

1) 准备工作

A. 千斤顶的上锚、下锚全处于松弛状态(上下锚控制油缸将锚提起)，千斤顶伸出100mm，利于预紧钢绞线时缩缸取下临时锚。

B. 安全锚用垫块垫起，处于松弛状态。

C. 千斤顶上部放一临时锚盘，钢绞线线孔与千斤顶孔对正。

D. 下部在提升钢结构锚具安装位置，将锚盘吊起(垫起)，并与下盖板留出300mm左右距离，锚盘与下盖板孔位相同。

穿线时先将带有导向钢绞线一端的钢丝调直。经过临时锚、上锚、下锚和安全锚，当检查各孔位无误时将钢绞线放入导线套。

2) 工艺

A. 将钢绞线放入导线套内，再将钢绞线插入千斤顶，同时安全锚下部有一人轻轻握住带导向套引线，不应向下拉，随钢绞线推力而动，以防钢绞线脱套。

B. 当钢绞线从安全锚下穿出时，将导向套引线取下。下放钢绞线直至接近固定锚时速度放慢。当还有4~5m时，穿入锚片随时锁紧。若再需下放时则先提起钢绞线，将锚片向上提再放下锁紧，直到钢绞线穿过。固定锚应进锚孔穿上锚片，钢绞线进入锚片压板孔定位。上部人员将松弛钢绞线拉紧。

C. 钢绞线顶出千斤顶500mm。

D. 穿钢绞线时千斤顶上部5人(一人负责通讯联络，一人负责放锚片，其他人员负责放线)，千斤顶下部2人(负责检查下锚、安全锚孔位，最后接导线套引线)，下部固定锚处3人(负责穿锚片，观察钢绞线下放，最后锁紧等工作)。

E. 穿线时要有良好的上下通讯联络，并事先规定好穿线的顺序，一般采用先内后外，顺时针或逆时针的顺序，也可采用按行列顺序号穿线。穿线时固定锚应与千斤顶相同。穿好的钢绞线拉开一定距离，防止打扭。

F. 按上述方法将一个千斤顶所有钢绞线穿好后，固定锚提起接近锚位打紧夹片，套上压板，旋入固定螺栓。检查后就可以进行预紧工作。

G. 预紧钢绞线：为了使每根钢绞线受力相同要预紧。预紧方法：在临时锚上放一个调锚盘，用YC20Q单锚千斤顶，将每根钢绞线拉至 $4N/mm^2$ ，预紧时应先内后外，对角操作。调好后，检查钢绞线穿向无误、没有打绞现象后，放下安全锚，油缸下锚紧缩缸。

(6) 梳理和导向

提升和爬升不同，要对千斤顶提起的钢绞线进行梳理导向，让其自由排出不受力，在不

图 2.5.18.2—2 200t 和 40t 千斤顶在柱顶上立面、平面布置

(8)提升过程

1)提升过程示意图(如图 2.5.18.2—3)

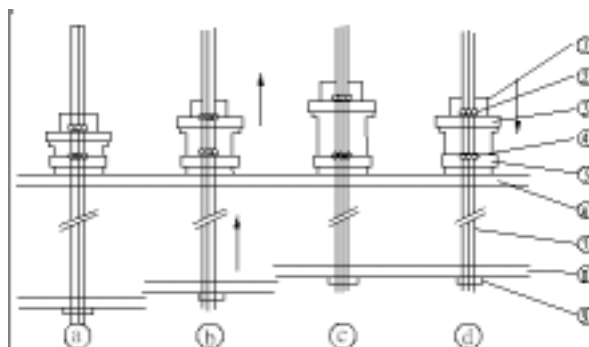


图 2.5.18.2—3 提升过程

- ①穿心式液压千斤顶；②上部夹具；③上部锚具；④下部夹具；⑤下部锚具；
⑥千斤顶支承点钢柱悬臂；⑦提升钢绞线；⑧被提升钢结构；⑨下部固定锚

2)操作要点

- A. 提升钢结构⑧由下部锚具⑤锚固，并由提升钢绞线⑦悬挂，下部夹具④已卡紧。
- B. 千斤顶①顶升，使被提升钢结构由上部锚具③承受，下部夹具④打开，使钢绞线自由通过下部锚具⑤滑动。被提升钢结构每小时提升 2.5~3m 左右。
- C. 在千斤顶顶升后，将被提升钢结构由下部锚具⑤承受，上部夹具②打开。
- D. 千斤顶回油，被提升钢结构由下部锚具⑤承受，而上部锚具③自由沿钢绞线滑下。

(9)下降过程

下降过程操作要点，同提升过程，只是顺序相反，被提升钢结构在千斤顶回油时降下。

1)第一次就位—平均提升到设计标高值：

整个钢结构提升接近设计标高 500mm 时，在各点组织人员进行监测，根据监测数据操作，测出并确定平均值。因为该工程八个支座标高并不相同，当个别千斤顶达到就位高度，即将个别泵组关机，使整个系统不能操作时，再采用单台手动调整，监测系统应力。

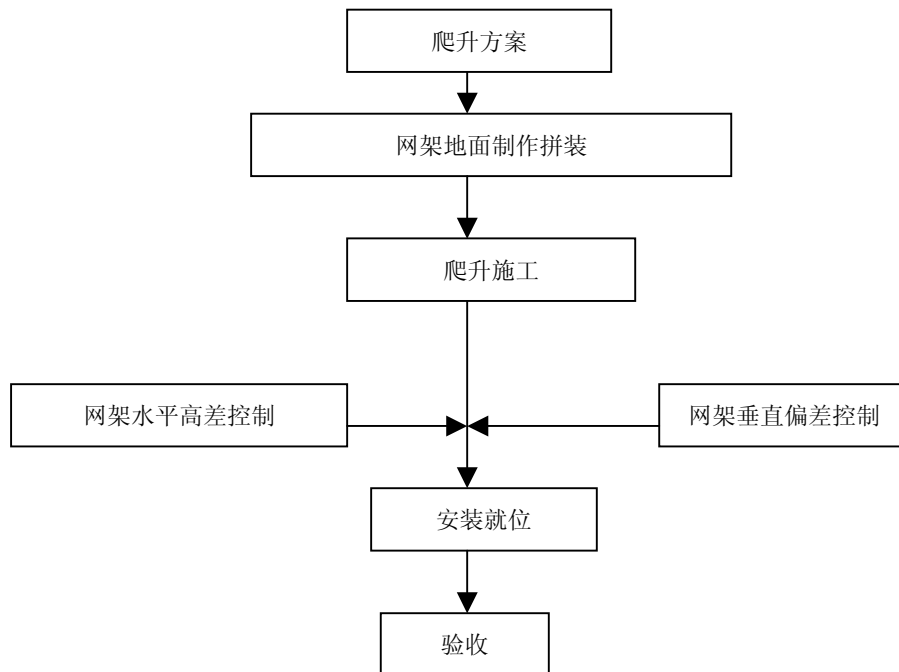
整个钢结构平均达到设计标高值后，安装焊接钢牛腿。

2)第二次就位——整体钢结构放在钢牛腿上：

上锚松升缸 200mm 左右，紧上锚继续升缸 500mm 左右，开下锚，安全锚打开。确认下锚打开和安全锚垫起后，缩缸，直至钢绞线松弛。安全锚回位，处于顶升状态时(锚板固定螺栓上加垫管，防止抽钢绞线时，将未抽动的钢绞线孔夹片松开)，上锚打开。此时可以松动固定锚板螺栓，取下锚片压板，依次拆下夹片，抽取钢绞线，然后将锚具、锚片、压板、夹片组装好。

此时钢结构八个支座已全部落在钢牛腿上。

2.5.18.3 液压千斤顶爬升法工艺流程



2.5.18.4 操作工艺

(1) 网架的制作与拼装分两步进行：

- 1) 第一步工厂制作，即在工厂进行全部杆件和节点的制作，并拼装成小单元后运至现场。
- 2) 第二步是现场组装，即在组装平台按合理的顺序进行组装，组装时要求全部杆件与节点用螺栓或点焊固定。
- 3) 组装后并经检查校正后方可焊接，焊接时宜从网架中央节点开始，呈放射状向四周展开，最后焊接网架支座节点。

(2) 爬升工序：整个爬升过程分试爬、正式爬升和就位爬升三步。

1) 试爬：根据结构特点确定合理的试爬高度，一般为离地面 500mm。待网架爬至试爬高度后，检查其变形和液压爬升系统、安装屋面系统，并检修爬道，必要时对支承柱进行加固处理。

2) 正式爬升：试爬检查就绪后，可按设计要求进行爬升，爬升速度宜控制在 $1\sim 3\text{m/h}$ 左右。

3) 就位爬升：就位爬升前应逐一检查液压设备、调整支座水平高差和校正吊杆垂直度，确认无误后即可按设计要求安装就位。

(3) 网架水平高差及垂直控制

1) 网架水平高差控制：网架平稳上升是保证网架整体爬升质量的关键，因此安装前必须对千斤顶进行检查和同步试验。另外，由于各支座的负载不均、各千斤顶的行程和回油下滑量不一，须采取有效措施及时进行局部调整。实践证明，爬升施工时宜每爬升 25cm 即对网架水平高差调整一次。

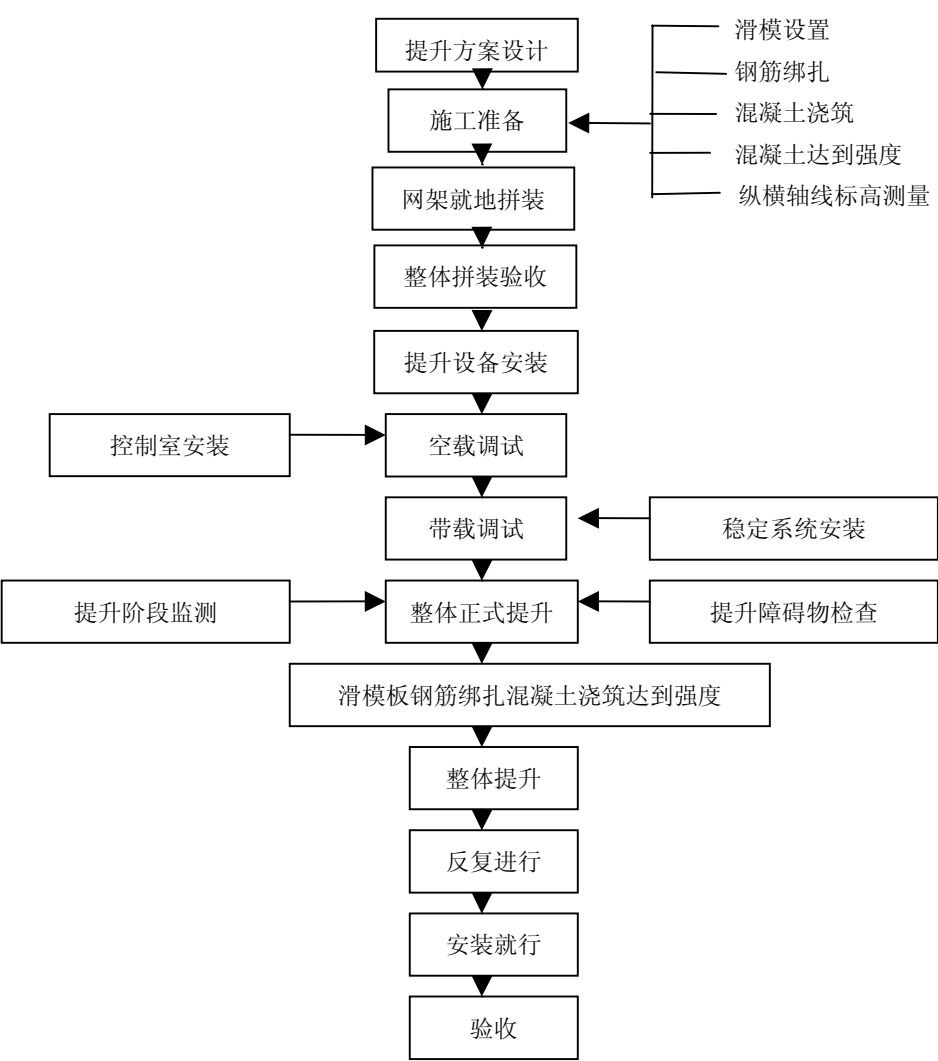
2)网架垂直偏差控制：由于吊杆自由长度大，网架爬升时左右摆动明显、支座节点板有靠柱现象，在柱两侧支座节点板上安装一对限位小滑轮，以控制其垂直偏差。实践证明，只要吊杆位置安装准确，支承柱表面平滑，网架在轻微摆动状态爬升时不会出现卡柱现象。

2.5.19 升网滑模法——施工工艺

2.5.19.1 定义

升网滑模法，即在柱子用滑模施工的同时，将网架结构整体提升到柱顶就位的方法。该方法优点在于：将柱子用滑模施工与网架整体顶升紧密结合同时进行，加快了施工速度；将大量网架拼装的高空作业在地面或低空进行，既安全又可靠。此法适合于标高在十几米的网架整体提升。

2.5.19.2 工艺流程



2.5.19.3 操作工艺

(1)“体外滑模”施工，也是升网滑模法。由于网架支座较大，滑模所采用的提升架和千斤顶无法设置在柱内，只能放在柱子外，这就形成全部“体外滑模”施工，因此“体外滑柱顶网”，施工的群柱稳定性，就成为滑模施工的重要问题。

(2)滑模同步提升难度大。因为网架整体提升时，要求各个支承点在提升过程中不能出现较大高差。

(3)千斤顶选择及油路布置：为使网架平稳上升，要求千斤顶尽量同步。因此，在选用千斤顶时要求其液压行程误差都控制在 0.5mm 以内，且每台千斤顶所承受的荷载尽量接近。具体数量根据每根柱子的支座反力、活载、自重及摩擦力等来确定。

油路布置：根据千斤顶布置的实际情况将油路分为几组，每组千斤顶的数量尽量相等，控制柜放在网架下中间位置的地面上，几组主油管的长度能满足千斤顶提升至最高处时的使用要求。

(4) 同步顶升措施

- 1)在千斤顶选用时，要求对其液压行程进行严格控制，确保行程误差控制在 0.5mm 内。
- 2)每台千斤顶通过调整针形阀作上升速度快慢调整，使每台千斤顶的爬升速度相近。
- 3)千斤顶顶升的高差，通过每台的限位环进行统一高度控制，正常限位高度一般为 300mm。
- 4)当每一柱子上两个提升架的千斤顶产生高差时，根据实际情况进行调整。

(5) 防止网架偏移措施

- 1)避免千斤顶打滑。施工前，要保证支承杆插正。施工过程中发现千斤顶打滑现象，要及时通过顶部的松卡装置进行支承杆垂直的调整。
- 2)保证支承杆稳定性。每滑一段(800mm)就对支承杆进行加固一道，确保其稳定性。

(6) 几项关键技术问题

1)提升设备布置及负载能力

- A. 网架提升时受力情况尽量与设计受力情况接近。
- B. 每个提升设备所受荷载尽可能接近，以利于同步提升。
- C. 提升设备的负载能力应按额定能力乘以折减系数，电动螺杆升板机为 0.7~0.8，穿心式千斤顶为 0.5~0.6。

2)网架提升的同步控制

网架提升过程中，各节点的同步差将会影响提升设备和网架杆件受力情况。因此测定和控制提升中的同步差，是保证网架安装质量和安全的关键措施。

当用升板机时，允许提升差值为相邻提升点距离的 $1/400$ ，且不大于 15mm；当用穿心式液压千斤顶时，为相邻提升点距离的 $1/250$ ，且不大于 25mm。

由于各点提升差对网架受力状况引起的内力值有时会出现反号情况,因此必须通过提升工况计算,如有拉杆变压杆的失稳情况,要妥善采取加固措施。

3)柱的稳定问题:采用提升时,应对下部结构(框架结构或独立柱)进行稳定性验算,如稳定性不够则应采取相应措施。

A. 网架四角沿轴线方向每角拉二根缆风绳承受风力,以减少柱子水平载荷。缆风绳一般按能抗七级风设计(根据工程所在地区及施工季节确定),平时放松,当风力超过五级时应停止提升,将缆风绳拉紧。

B. 各柱间设置水平支撑与设计中的柱间支承联系,以减小柱子的计算长度。采用滑柱顶网法时,当滑出模板的混凝土强度达到 C10 级以上后,应紧接着安装水平支撑,以确保柱子的稳定性。

C. 滑柱顶网时,可适当提高混凝土强度等级,控制滑升速度不宜过快,应使新浇的混凝土强度较快达到 C10 级。

2.5.20 整体顶升法——施工准备

2.5.20.1 定义

网架整体顶升法是把网架在设计位置的地面拼装成整体,然后用千斤顶将网架整体顶升到设计标高。

2.5.20.2 技术准备

(1) 顶升法利用原有结构柱作为顶升支架,也可另设专门的支架或枕木垛垫高。

(2) 顶升法一般用液压千斤顶顶升,设备较小,当少支柱的大型网架采用顶升方法施工时,也用专用的大型千斤顶。

(3) 除用专用支架外,顶升时网架支承情况与使用阶段基本一致。

(4) 顶升法是将千斤顶放在网架的下面,顶升行程路线必须设导向措施,以防网架顶升过程中网架发生偏转。

2.5.20.3 材料要求

(1) 顶升支架或枕木的材料应符合有关标准。

(2) 导向滑道一般用圆钢、槽钢、角钢等。

(3) 其他材料按 2.5.4.2 条规定执行。

2.5.20.4 主要机具

除按 2.5.4.3 机具表外,补充机具如表 2.5.20.4。

主要机具 表 2.5.20.4

序号	名称	规格	数量	用途
1	千斤顶	根据网架重量而定		顶升网架
2	油泵			顶升网架
3	控制柜			控制
4	专用支架			顶升支架
5	导向轮			导向系统

2.5.20.5 作业条件

- (1) 网架结构在地面就位拼好，检查验收完毕，其他附属结构及设备安装完毕，并通过验收。
- (2) 用原有结构柱作为顶升支架，或另设专门顶升支架，应进行稳定性验算。如果稳定性不够，则应进行加固或采取缆风措施，并经检查合格。
- (3) 选好和做好枕木垛，支搭牢固，作为千斤顶支座，地基满足要求验收合格。
- (4) 做好导向滑道，位置准确牢固。
- (5) 安装顶升设备，并经试顶，检查合格
- (6) 除以上内容外，遵照 2.5.4.4 作业条件执行。

2.5.21 整体顶升法——材料和质量要点

2.5.21.1 材料的关键要求

- (1) 对专用顶升支架，做千斤顶支座的枕木材料等，其材料质量必须符合有关质量标准。
- (2) 缆风用的钢丝绳、导向用的型钢均应符合有关标准。

2.5.21.2 技术质量关键要求

- (1) 顶升的同步控制及垂直上升
网架整体顶升时必须严格保持同步，如各支点间产生升差会造成下列影响。
 - 1)造成杆件内力和柱顶压力的变化。其影响程度与网架结构形式、顶升支点的间距、升差的大小等有关。网架刚度愈大、顶升点愈近、升差愈大，则对杆件内力影响就愈大，反之则小。网架规程中规定液压千斤顶负荷折减系数取 0.4~0.6，丝杆千斤顶取 0.6~0.8。网架整体顶升时，各项升点的允许升差值为相邻两个顶升用的支柱间距的 1 / 1000，且不大于 30mm。当一个顶升用的支撑结构有两个或两个以上千斤顶时，取千斤顶间距的 1 / 200，且不大于 10mm。

2)造成网架的偏移。

A. 影响网架偏移的主要因素是顶升时不同步造成的，其次是柱子的刚度。由顶升时不同步造成网架偏移值与网架的刚度和顶升点距离有关。网架的偏移，往往是这些因素的综合影响。网架偏移值和方向也是随机的，事先不易估计准确。纠偏方法也较麻烦。因此，在操作上应严格控制各项升点的同步上升，尽量减少偏移。

B. 设置导轨极为重要。导轨的作用不但使网架垂直地上升而且是安全装置。在顶升过程中不允许网架超标偏移。

C. 纠偏方法可以把千斤顶垫斜或反向升差，或将千斤顶平放，水平支顶网架支座等。

(2) 柱子稳定

当利用结构柱作为顶升的支承结构时，应注意柱子在顶升过程中的稳定性。

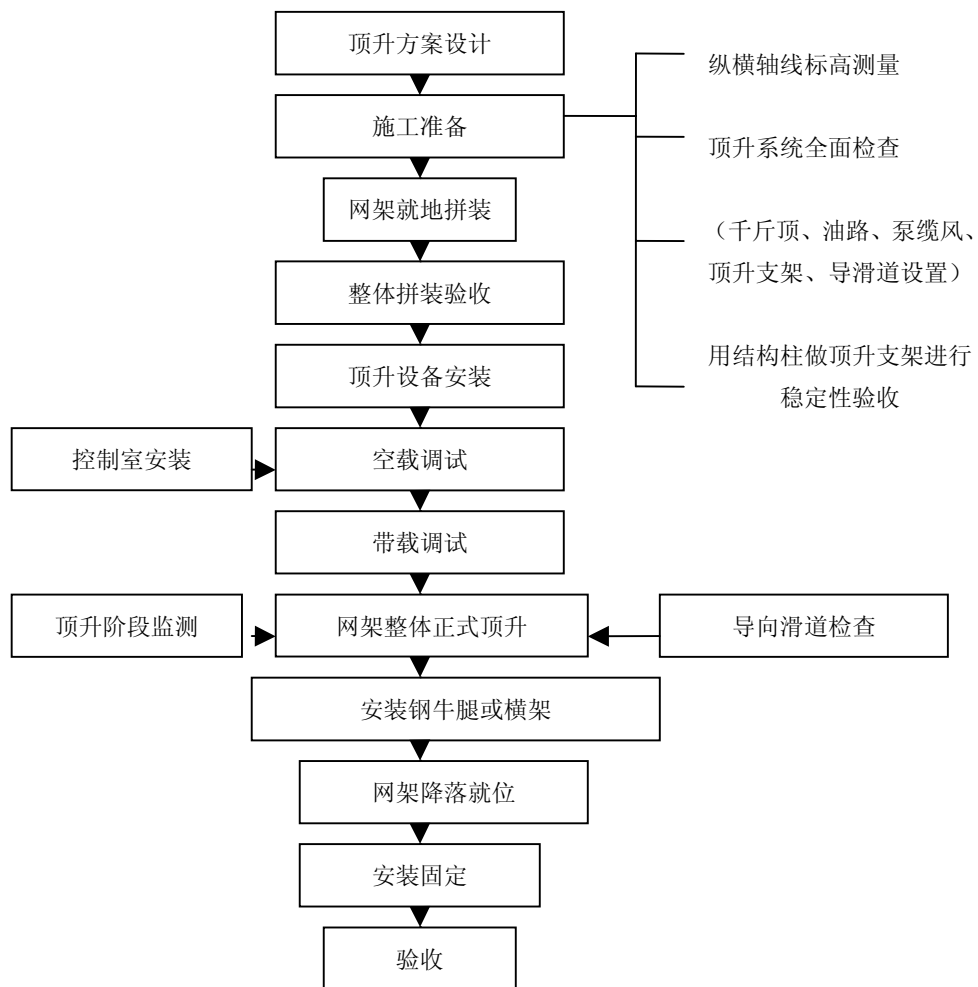
1)应验算柱子在施工过程中承受风力及垂直荷载等作用下的稳定性。

2)采取措施保证柱子在施工期间的稳定性。

3)及时连接柱间支撑、钢格构柱的缀板；当为钢筋混凝土柱时，如沿柱高度有框架梁及连系梁时，应及时浇筑混凝土。

2.5.22 整体顶升法——施工工艺

2.5.22.1 工艺流程艺流程



2.5.22.2 施工工艺(四支点网架整体顶升，某大型体育馆屋盖网架顶升概况)(图 2.5.22.2-1)

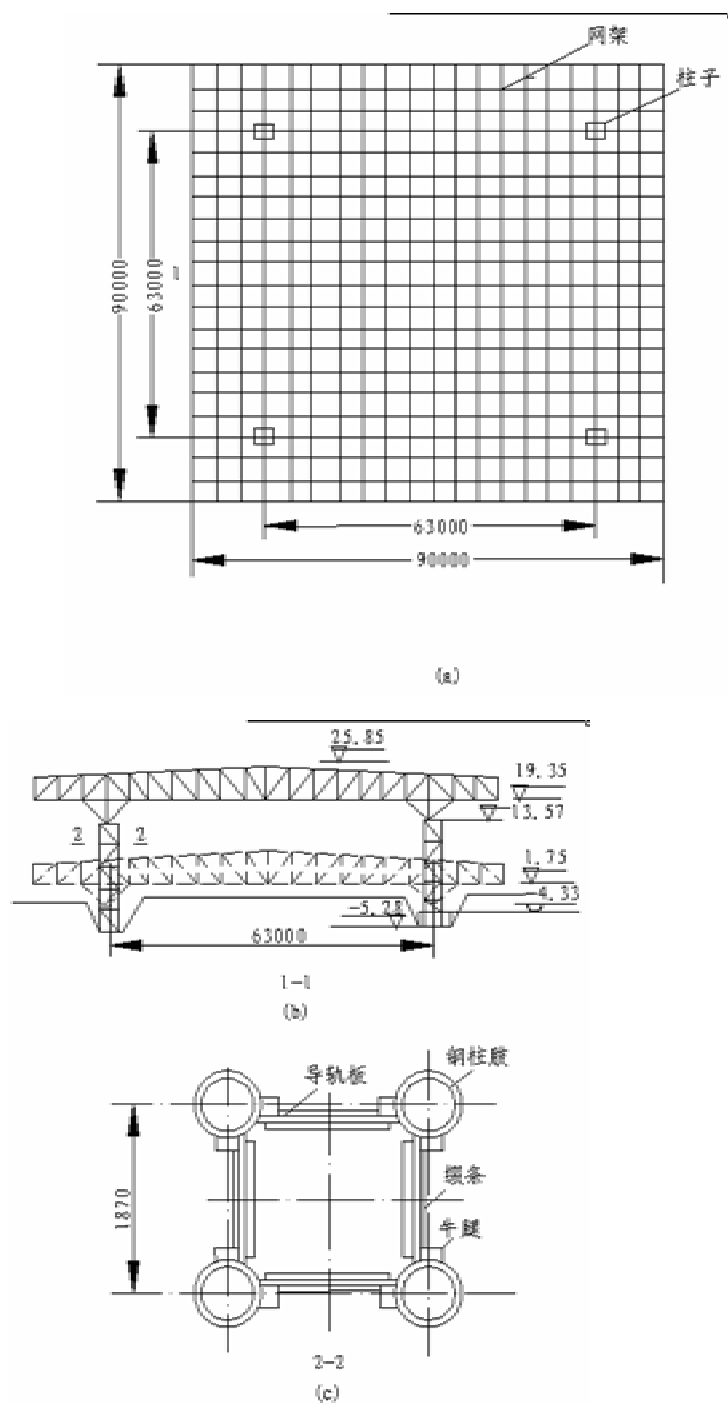


图 2.5.22.2—1 四支点网架整体顶升

(a) 平面；(b)剖面；(c)牛腿设置

(1) 网架拼装

1)就地进行大拼，拼成整个网架，拼装平面位置就是网架在水平面上的正投影位置。高度由拼成后网架支承在搁置于第一级牛腿的小梁上的条件确定。

2)地面上拼装墩的高度是 2m 左右。

3)拼装时，网架中部起拱 50mm，支座处未做处理。

4)网架拼成后，即按要求将围护结构及设备安装上去。

(2) 顶升设备

1)顶升时，一个支柱处各部位的结构组装见图 2.5.22.2—2。

2)网架球铰支座放在十字梁上，通过它将荷载交替地传给上小梁和下小梁，上下小梁的规格相同，都支承在钢柱的牛腿上，但其高程相差一个步距。

3)千斤顶放在上小梁与十字梁之间。所以在顶升状态，下小梁受力。在千斤顶回油时的搁置状态，上小梁受力。

4)钢牛腿步距 80cm，千斤顶有效行程 22cm。千斤顶要出顶若干次，才能完成一个步距。

5)配备了倒楼梯形的垫块，垫在下小梁上的称 b 垫。a、b 垫有滚轴沿悬臂部滚动。此外，还备有高 17.5cm 的 c 垫、高 10cm 的 d 垫以及高 5cm 的 e 垫供各项升程程序使用。

6)为了提升千斤顶，在十字梁与下横梁之间，还设有自提油缸。

7)屋盖顶升主要靠油压千斤顶。每个支柱配两台，共 8 台，屋盖顶升重量 1500t 平均每个千斤顶 187.5t，考虑出力系数 0.4，故选用 500t 千斤顶。顶头直径 300mm，工作行程 220mm 活塞杆上装有防止工作时回落的保险螺母。

8)每两台千斤顶为一组，由一个油泵供油，其性能应与千斤顶配套。将油泵、溢流阀、换向阀、节流阀等液压元件，组合在一起成为泵站。

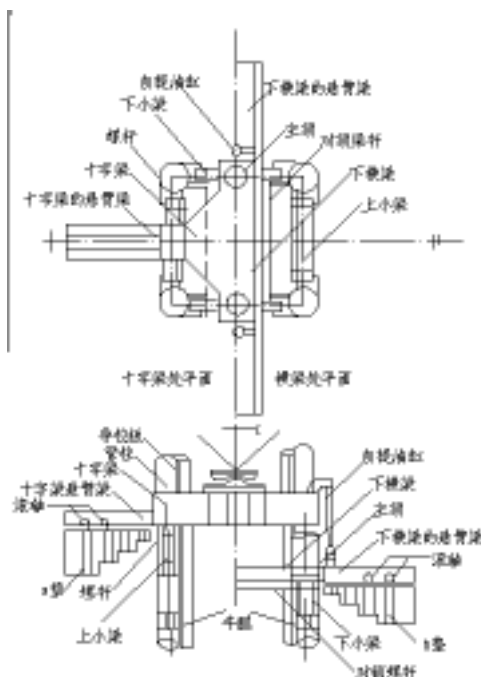


图 2.5.22.2—2 网架顶升组装示意

9)每个千斤顶，配备一个自提油缸。其规格应与顶升工艺配套。

(3) 顶升过程

从开始顶升到最后就位，可归纳为三种程序，即初始顶升程序、正常顶升程序和最终就位程序。其中反复循环最多的是正常顶升程序，另外两种都只有一个循环，每完成一个循环，

屋盖就升高了 80cm。

1)正常顶升程序。正常顶升透视图 2.22.2-3 所示。上、下小梁互相垂直,并相差一个步距。十字梁底面与下小梁相互垂直,并相差一个步距。十字梁底面与下小梁顶面之净空 80cm,比千斤顶与下横梁底板总高度 78cm 略有余量,保持这个余量,对保证顶升安全及顺利进行是非常重要的。

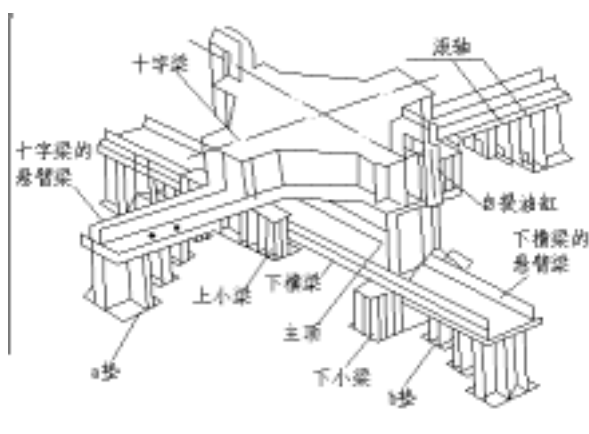


图 2.5.22.2-3 正常顶升透视图

正常顶升其过程如下:

- A. 首先顶升 17.5cm, 将 a 垫的第一个台阶推入十字梁与上小梁之间;
- B. 千斤顶回油, 十字梁搁置在 a 垫的这个台阶上。首次自提下横梁、千斤顶 17.5cm。将 b 垫的第一个台阶推入下横梁与小梁之间;
- C. 自提油缸回油, 下横梁、千斤顶支承在 b 垫的这个台阶上, 准备第二次顶升。如此反复循环四次, a、b 垫全部推入, 十字梁升高 70cm;
- D. 第五次千斤顶顶升 12cm, 将 a 垫推出, 把上小梁吊升到上级牛腿上, 千斤顶回油, 十字梁搁置在已升高一个步距的上小梁上;
- E. 提升下横梁推出 b 垫, 将下小梁吊升到上级牛腿上。自提油缸、下横梁、千斤顶支承在已升高一个步距的下小梁上。这个步距的正常顶升已经完成了。

2)初始顶升程序。网架拼装时,是支承在搁置于第一级牛腿的上小梁上。初始顶升程序与正常顶升程序基本相同。

3)最终就位程序。最后一步距顶升,要将十字梁四端在正常顶升时两两轮流受力的状态,过渡到同时均匀受力的就位状态。为此,钢柱最后一级牛腿的顶标高要严格控制。

(4)同步及纠偏。对同步及偏移必须控制在一个合适的范围内,顶升时对同步的要求:同柱一组两个千斤顶高差不得大于 1cm;四个支柱,最高与最低高差不得大于 3cm;网架就位后的验收标准:四个支承柱最高与最低高差不大于 5cm;网架支座中心对柱基轴线的水平位移 4.8cm。

1)为了满足上述要求,在同步控制方面的措施:

- A. 千斤顶使用前,空载调试。
- B. 千斤顶的出顶状态与出顶时间做到基本一致。

C. 每顶升 17.5cm 分四次完成。

D. 对每个千斤顶，配有一套光点指示系统。控制台可以及时采取有效措施，保持顶升同步。

E. 对钢柱各级牛腿标高，上下小梁支承处高度，a、b 垫各台阶的高度及其与悬臂部分所留的间隙必须严格检查，及时修正。

2)纠偏的措施:

A. 顶升前对网架拼装时支座的水平位移进行检查，做出记录。

B. 在网架的四个支柱附近及中心处确定五个固定点。每顶升一个步距，对这五个点的水平位移进行观测。

C. 每顶升一步距，测量十字梁四个端部与钢柱肢的导轨板的间隙，对照网架水平平面内的偏移。

D. 在顶升过程中，千斤顶要多次回油。回油操作亦应由总控制台统一指挥。

E. 如已发生偏移，且其值不大，则可以让千斤顶顶出时，略有倾斜，使之产生水平分力。亦可在十字梁与钢柱肢导向板之间塞以钢楔。此楔顶升时随之上升，回油时加以锤击，亦能起到防止和纠正偏移的作用。

F. 若偏移已发展到一定程度，则可用横顶法纠正。

2.5.23 质量标准

2.5.23.1 网架结构焊接

设计要求全焊透的一、二级焊缝应采用超声波探伤进行内部缺陷的检验，超声波探伤不能对缺陷做出判断时，应采用射线探伤，其内部缺陷分级及探伤方法应符合现行国家标准《钢焊缝手工超声波探伤方法和探伤结果分级法》GB11345 或《钢熔化焊对接接头射线照相和质量分级》GB3323 的规定。

焊接球节点网架焊缝、螺栓球节点网架焊缝及圆管 T、K、Y 形节点相贯线焊缝，其内部缺陷分级及探伤方法应分别符合国家现行标准《焊接球节点钢网架焊缝超声波探伤方法及质量分级法》JG / T3034.1、《螺栓球节点钢网架焊缝超声波探伤方法及质量分级法》JG / T3034.2、《建筑钢结构焊接技术规程》JGJ81 的规定。

一级、二级焊缝的质量等级及缺陷分级应符合表 2.5.23.1 的规定。

一，二级焊缝质量等级及缺陷分级 表 2.5.23.1

焊缝质量等级		一级	二级
内部缺陷超声波探伤	评定等级	II	III
	检验等级	B 级	B 级
	探伤比例	100%	20%
内部缺陷射线探伤	评定等级	II	III
	检验等级	AB 级	AB 级

	探伤比例	100%	20%
--	------	------	-----

注：探伤比例的计数方法应按以下原则确定：（1）对工厂制作焊缝，应按每条焊缝计算百分比，且探伤长度应不小于 200mm，当焊缝长度不足 200mm 时，应对整条焊缝进行探伤；（2）对现场安装焊缝，应按同一类型、同一施焊条件的焊缝条数计算百分比，探伤长度应不小于 200mm，并应不小于 1 条焊缝。

检查数量：全数检查。

检验方法：检查超声波或射线探伤记录。

2.5.23.2 管、球加工

（1）主控项目

1)螺栓球成型后，不应有裂纹、褶皱、过烧。

检查数量：每种规格抽查 10%，且不应少于 5 个。

检验方法：10 倍放大镜观察检查或表面探伤。

2)钢板压成半圆球后表面不应有裂纹、褶皱；焊接球其对接坡口应采用机械加工，对接焊缝表面应打磨平整。

检查数量：每种规格抽查 10%，且不应少于 5 个。

检验方法：10 倍放大镜观察检查或表面探伤。

（2）一般项目

1)螺栓球加工的允许偏差应符合表 2.5.23.2—1 的规定。

螺栓球加工的允许偏差(mm) 表 2.5.23.2—1

项目		允许偏差	检验方法
圆度	$d \leq 120$	1.5	用卡尺和游标卡尺检查
	$d > 120$	2.5	
同一轴线上两铣平面平行度	$d \leq 120$	0.2	用百分表 V 形块检查
	$d > 120$	0.3	
铣平面距球中心距离		± 0.2	用游标卡尺检查
相邻两螺栓孔中心线夹角		$\pm 30'$	用分度头检查
两铣平面与螺栓孔轴线垂直度		0.005r	用百表检查
球毛坯直径	$d \leq 120$	+0.2	用卡尺和游标卡尺检查
		-1.0	
	$d > 120$	+3.0	
		-1.5	

检查数量：每种规格抽查 10%，且不应少于 5 个。

检验方法：见表 2.5.23.2—1。

2)焊接球加工的允许偏差应符合表 2.5.23.2—2 的规定。

检查数量：每种规格抽查 10%，且不应少于 5 个。

检验方法：见表 2.5.23.2—2。

焊接球加工的允许偏差(mm) 表 2.5.23.2 - 2

项目	允许偏差	检验方法
直径	$\pm 0.005d$ ± 2.5	用卡尺和游标卡尺检查
圆度	2.5	用卡尺和游标卡尺检查
壁厚减薄量	$0.13t$ ，且不应大于 1.5	用卡尺和测厚仪检查
两半球对口错边	1.0	用套模和游标卡尺检查

3)钢网架(桁架)用钢管杆件加工的允许偏差应符合表 2.5.23.2—3 的规定。

检查数量：每种规格抽查 10%，且不应少于 5 个。

检验方法：见表 2.5.23.2—3。

2.5.23.3 支承面顶板和支承垫块

1)钢网架结构支座定位轴线的位置、支座锚栓的规格应符合设计要求。

钢网架(桁架)用钢管杆件加工的允许偏差 表 2.5.23.2 - 3

项目	允许偏差	检验方法
长度	± 1.0	用钢尺和百分表检查
端面对管轴的垂直度	$0.005r$	用百分表 V 形块检查
管口曲线	1.0	用套模和游标卡尺检查

检查数量：按支座数抽查 10%，且不应少于 4 处。

检验方法：用经纬仪和钢尺实测。

2)支承面顶板的位置、标高、水平度以及支座锚栓位置的允许偏差应符合表 2.5.23.3 的规定。

支承面顶板、支座锚栓位置的允许偏差(mm) 表 2.5.23.3

项目		允许偏差
支承面顶板	位置	15.0
	顶面标高	0 —3.0
	顶面水平度	$l / 1000$
支座锚栓	中心偏移	± 5.0

检查数量：按支座数抽查 10%，且不应少于 4 处。

检验方法：用经纬仪、水准仪、水平尺和钢尺实测。

3)支承垫块的种类、规格、摆放位置和朝向,必须符合设计要求和国家现行有关标准的规定。橡胶垫块与刚性垫块之间或不同类型刚性垫块之间不得互换使用。

检查数量:按支座数抽查 10%,且不应少于 4 处。

检验方法:观察和用钢尺实测。

4)网架支座锚栓的紧固应符合设计要求。

检查数量:按支座数抽查 10%,且不应少于 4 处。

检验方法:用钢尺实测。

2.5.23.4 总拼与安装

(1) 主控项目

1)对建筑结构安全等级为一级,跨度 40m 及以上的公共建筑钢网架结构,且设计有要求时,应按下列项目进行节点承载力实验,其结果应符合以下规定:

A. 焊接球节点应按设计指定规格的球及其匹配的钢管焊接成试件,进行轴心拉、压承载力试验,其试验破坏荷载值大于或等于 1.6 倍设计承载力为合格。

B. 螺栓球节点应按设计指定规格的球最大螺栓孔螺纹进行抗拉强度保证荷载试验,当达到螺栓的设计承载力时,螺孔、螺纹及封板仍完好无损为合格。

检查数量:每项试验做 3 个试件。

检验方法:在万能试验机上进行试验,检查试验报告。

2)钢网架结构总拼完成后及屋面工程完成后应分别测量其挠度值,且所测的挠度值不应超过相应设计值的 1.15 倍。

检查数量:跨度 24m 及以下钢网架结构测量下弦中央一点;

跨度 24m 以上钢网架结构测量下弦中央一点及各向下弦跨度的四等分点。

检验方法:用钢尺和水准仪测量。

(2) 一般项目

1)钢网架结构安装完成后,其节点及杆件表面应干净,不应有明显的疤痕、泥沙和污垢。螺栓球节点应将所有接焊缝用于油腻子填嵌严密,并应将多余螺孔封口。

检查数量:按节点及杆件数抽查 5%,且不应少于 10 个节点。

检验方法:观察检查。

2)钢网架结构安装完成后,其安装的允许偏差应符合表 2.5.23.4 的规定。

检查数量:除杆件弯曲矢高按杆件数抽查 5%外,其余全数检查。

检验方法:见表 2.5.23.4。

钢网架结构安装的允许偏差(mm) 表 2.5.23.4

项目	允许偏差	检验方法
纵向、横向长度	$l / 2000$ ，且不应大于 30.0 $-l / 2000$ ，且不应小于—30.0	用钢尺实测
支座中心偏移	$l / 3000$ ，且不应大于 30.0	用钢尺和经纬仪实测
周边支承网架相邻支座 高差	$l / 400$ ，且不应大于 15.0	用钢尺和水准仪实测
支座最大高差	30.0	
多点支承网架相邻支座 高差	$l_1 / 800$ ，且不应大于 30.0	

注:1. l 为纵向、横向长度。

2. l_1 为相邻支座间距。

2.5.24 成品保护

2.5.24.1 成品保护范围

对小拼、中拼的成品件保护范围有：

(1) 杆件、空心球、螺栓球及其附件(高强度螺栓、锥头、无纹螺母、销钉)、焊条、焊丝等不得受潮。

(2) 成品件的底漆，面漆，以及高空总拼后的防火涂料不得磕碰。

(3) 对已检测合格的焊缝及时刷上底漆保护。

(4) 对小拼、中拼成品堆放时不得压弯。

2.5.24.2 成品保护职责

按工序分工明确，责任到人。

2.5.25 安全环保措施

2.5.25.1 高空散装法

(1) 拼装支架必须符合稳定性要求，以确保安全生产。

(2) 采用扣件式钢管脚手架做拼装支架，其结构形式应根据其工作位置、荷载大小、荷载情况、支架高度、场地条件等因素通过计算而定。

(3) 拼装支架，在铺脚手板的操作层上，应设防护栏杆。

(4) 使用活动操作平台，要经过鉴定，安装牢固，设有防止活动架在滑移中出轨的挡块或安全卡。

(5) 网架支座落位“精心组织，精心施工”，操作人员责任到人，出现问题，由分指挥

向总指挥报告，由总指挥统一处理问题。

2.5.25.2 分条或分块安装法

- (1) 采用起重机安装时，要符合起重机安全操作规程。
- (2) 执行“高空散装法”安全措施。

2.5.25.3 高空滑移法

- (1) 高空拼装平台根据现场条件，支承结构特征，滑移方向、滑移重量、通过计算而定，以确保安全。
- (2) 中间设滑移轨道时，引起杆件变号，应采取临时加固措施，以防失稳出安全事故。
- (3) 滑轨之间连接处，要打磨光滑，以防滑移过程中啃轨，引起安全事故。
- (4) 滑移及牵引设备索具要全面检查、试车、试滑、方可正式滑移。
- (5) 网架支座落位，要责任到人，统一指挥。

2.5.25.4 整体吊装法

- (1) 采用单机或多机抬吊时，要根据网架重量而定，当多机抬吊时，其额定起重能力乘以 0.75 系数。
- (2) 网架吊点位置、索具规格，起重机起吊高度，回转半径、起重量以及在吊装过程中网架结构杆件内力变化，都应详细计算而定。
- (3) 现场起重机行驶道路平整、坚实。
- (4) 起重机型号，起吊速度尽量统一；确保同步起升或下降。
- (5) 采用拔杆安装时，单根或多根拔杆(简称“拔杆集群”吊装法)要根据网架重量而定，当拔杆集群吊装时其额定起重能力乘以 0.75 系数。
- (6) 拔杆，起重滑轮组、索具、缆风绳，地锚、卷扬机、地基等均应验算，必要时可进行试验检查。
- (7) 如支承柱上设有凸出构造(如牛腿等)，需采取措施以防止网架在起升过程中被凸出构造卡住。
- (8) 拔杆的拆除应确保网架结构的安全，按拆装方案进行施工。
- (9) 卷扬机规格(卷筒直径和转速)尽量做到一致，线速度差不能太大，以防不同步造成事故。

2.5.25.5 整体提升法

- (1) 设备安全措施

- 1)在钢绞线承重系统增设多道锚具，如安全锚、天锚。
- 2)每台提升油缸上装有液压锁，以防油管破裂，重物下坠。
- 3)液压和电控系统采用连锁设计，以免提升系统由于误操作造成事故。
- 4)控制系统具有异常自动停机，断电保护等功能。

(2) 现场安全措施

- 1)雨天或五级风以上停止提升。
- 2)钢绞线在安装时，地面应划分安全区，以避免重物坠落，造成人员伤亡。
- 3)在正式施工时，也应划定安全区，高空要有安全操作通道，并设有扶梯，栏杆。
- 4)在提升过程中，应指定专人观察地锚、安全锚、油缸、钢绞线等的工作情况。若有异常，直接报告控制中心。
- 5)施工过程中，要密切观察网架结构的变形情况。
- 6)提升过程中，未经许可不得擅自进入施工现场。

2.5.25.6 整体顶升法

(1) 确保钢柱的稳定。钢柱间缀条随提升，随拆随安，下部缀条安装后，立即进行最终固定。

(2) 为确保网架受力可靠，在屋盖试顶阶段，要对网架进行应力测试。

(3) 确保液压元件的可靠性，千斤顶出厂前，必须按设计荷载的 125%试压，高压油泵、泵站、接头及高压胶管等，使用前均通过设计荷载的 125%加压试验。

(4) 确保液压系统的安全可靠。

(5) 停止工作时，在十字梁端与钢柱肢导向板之间，用钢楔卡紧，以防十字梁移动。

(6) 上、下小梁受力很大，也较复杂，为了增加它们承受偏心荷载的能力，采用螺栓拉结。

(7) 五级以上大风，停止顶升工作。

(8) 在施工组织与管理上，要采取一系列措施，如明确指挥系统，定岗定员，编制岗位责任制以及操作规划，编制操作程序。进行人员培训，现场演习，划定操作区域等。

2.5.26 质量记录

2.5.26.1 网架结构的制作、拼装、安装的每个工序均应进行检查验收。凡未经检查验收，不得进行下道工序的施工；安装完成后必须进行交工检查验收，每道工序的检查验收均应做出记录并应汇总存档。网架结构工程的验收应在网架结构全部安装工作完成后进行。

2.5.26.2 网架交工验收时，应检测网架的纵横向边长偏差、支承点的中心偏移和高度偏差及网架挠度值(包括网架自重挠度及屋面工程完成后的挠度)，他们的允许偏差必须符合

合《网架结构

工程质量检验评定标准》JGJ78—91 有关规定。

2.5.26.3 工程验收时，网架制作安装单位尚应提供提交下列资料：

- (1) 网架结构竣工图和设计文件。
- (2) 设计变更文件和钢材代用证件。
- (3) 安装施工组织设计或施工方案。
- (4) 安装时所用钢材、连接材料和涂装材料等材料质量证明书和试(复)验报告。
- (5) 工厂制作的网架零部件产品合格证书。
- (6) 网架拼装各工序检测记录和质量评定资料。
- (7) 焊缝质量检验资料。
- (8) 高强度螺栓质量检验资料。
- (9) 总拼就位后检验记录和质量评定资料。
- (10) 网架安装后涂料检测记录和质量评定资料。
- (11) 组合网架中混凝土结构部分尚须按《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB50204—2002 有关规定提供相应验收资料。

3 钢结构焊接与连接施工工艺标准

3.1 钢结构手工电弧焊焊接施工工艺标准

3.1.1 总则

3.1.1.1 适用范围

本施工工艺标准适用于桁架或网架(壳)结构、多层或高层梁、柱框架结构等工业与民用建筑和一般构筑物的钢结构工程中。凡各工程的工艺中无特殊要求的结构件的手工电弧焊均应按本标准规定执行。

3.1.1.2 编制参考标准及规范

- (1) 《碳钢焊条》GB5117
- (2) 《低合金钢焊条》GB5118
- (3) 《气焊、手工电弧焊及气体保护焊焊缝坡口的基本形式与尺寸》GB985—88

- (4) 《钢结构工程施工质量验收规范》GB50205—2001
- (5) 《建筑钢结构焊接技术规程》JGJ81—2002

3.1.2 术语、符号

3.1.2.1 术语

- (1) 母材：被焊接的材料统称。
- (2) 焊缝金属：构成焊缝的金属，一般是熔化的母材和填充金属凝固形成的那部分金属。
- (3) 层间温度：多层焊时，停焊后继续焊之前，其相邻焊道应保持的最低温度。
- (4) 余高：高出焊趾连线部分的焊缝高度。
- (5) 定位焊缝：焊前为装配和固定焊接接头的位置而施焊的短焊缝。
- (6) 船形焊：T形、十字形和角接接头处于平焊位置进行的焊接。

3.1.2.2 符号

- (1) t —板厚；
- (2) a —间隙；
- (3) p —钝边；
- (4) L —长度；
- (5) α —坡口角度；
- (6) B —宽度；
- (7) C —余高；
- (8) d —错边量；
- (9) h_f —焊脚尺寸；
- (10) I —焊接电流；
- (11) ϕ —焊条直径。

焊接方法及焊透种类代号应符合表 3.1.2.2—1 的规定；
接头形式及坡口形状代号应符合表 3.1.2.2—2 的规定；
焊接面及垫板种类代号应符合表 3.1.2.2—3 的规定；

焊接方法及焊透种类代号 表 3.1.2。2 · 1

代号	焊接方法	焊透种类
----	------	------

MC	手工电弧焊接	完全焊透焊接
MP		部分焊透焊接
GC	气体保护电弧焊接 自保护电弧焊接	完全焊透焊接
GP		部分焊透焊接
SC	埋弧焊接	完全焊透焊接
SP		部分焊透焊接

接头形式及坡口形状代号 表 3.1.2.2 - 2

接头形式		坡口形状	
代号	名称	代号	名称
B	对接接头	I	I 形坡口
		V	V 形坡口
		X	X 形坡口
U	U 形坡口	L	单边 V 形坡口
		K	K 形坡口
T	T 形接头	U ¹	U 形坡口
		J ¹	单边 U 形坡口
C	角接头	注：1—当钢板厚度 $\geq 50\text{mm}$ 时，可采用 U 形或 J 形坡口	

焊接面及垫板种类代号 表 3.1.2.2 - 3

反面垫板种类		焊接面	
代号	使用材料	代号	焊接面规定
Bs	钢衬垫	1	单面焊接
B _F	其他材料的衬垫	2	双面焊接

焊接位置代号 表 3.1.2.2—4

代号	焊接位置	代号	焊接位置
F	平焊	V	立焊
H	横焊	O	仰焊

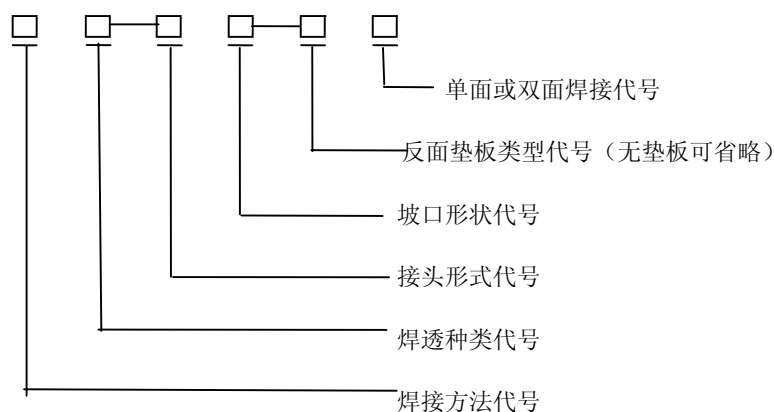
焊接位置代号应符合表 3.1.2.2—4 的规定；

坡口各部分尺寸代号应符合表 3.1.2.2—5 的规定；

坡口各部分尺寸代号 表 3.1.2.2—5

代号	坡口各部分的尺寸
t	接缝部位的板厚(mm)
b	坡口根部间隙(mm)
H	坡口深度(mm)
p	坡口钝边(mm)
a	坡口角度(°)

焊接接头坡口形式和尺寸标记应符合下列规定：



标记示例：

手工电弧焊、完全焊透、对接、I 形坡口、背面加钢衬垫的单面焊接接头表示为 MC—BI—B_s1。

3.1.3 基本规定

3.1.3.1 为在建筑钢结构焊接中贯彻执行国家的技术经济政策，做到技术先进、经济合理、安全适用、确保质量，制定本工艺标准。

3.1.3.2 本标准适用于工业与民用建筑钢结构中普通碳素结构钢和低合金结构钢焊接。

3.1.3.3 钢结构焊接，必须按施工图的要求进行，并应遵守现行《钢结构工程施工质量验收规范》GB50205—2001 的规定。

3.1.3.4 钢结构的焊接工作，必须遵守国家现行的安全技术和劳动保护等有关规定。

3.1.3.5 钢结构的焊接，除应执行本标准外，尚应符合国家现行的有关标准。

3.1.4 施工准备

3.1.4.1 技术准备

在构件制作前，工厂应按施工图纸的要求以及《建筑钢结构焊接技术规程》的要求进行焊接工艺评定试验。生产制造过程应严格按工艺评定的有关参数和要求进行，通过跟踪检测如发现按照工艺评定规范生产质量不稳定，应重做工艺评定，以达到质量稳定。

根据施工制造方案和钢结构技术规范以及施工图纸的有关要求编制各类施工工艺，工厂应组织有关部门进行工艺评审。

3.1.4.2 材料要求

(1) 建筑钢结构用钢材及焊接材料的选用应符合设计图的要求，并应具有钢厂和焊接材料厂出具的质量证明书或检验报告，其化学成分、力学性能和其他质量要求必须符合国家

现行标准规定。当采用其他钢材和焊接材料替代设计选用的材料时，必须经原设计单位同意。

(2) 钢材的成分、性能复验应符合国家现行有关工程质量验收标准的规定；大型、重型及特殊钢结构的主要焊缝采用的焊接填充材料应按生产批号进行复验。复验应由国家技术监督部门认可的质量监督检测机构进行。

(3) 钢结构工程中选用的新材料必须经过新产品鉴定。钢材应由生产厂提供焊接性资料、指导性焊接工艺、热加工和热处理工艺参数、相应钢材的焊接接头性能数据等资料；焊接材料应由生产厂提供贮存及焊前烘焙参数规定、熔敷金属成分、性能鉴定资料及指导性施焊参数，经专家论证、评审和焊接工艺评定合格后，方可在工程中采用。

(4) 焊接 T 形、十字形、角接头，当其翼缘板厚度等于或大于 40mm 时，设计宜采用抗层状撕裂的钢板。钢材的厚度方向性能级别应根据工程的结构类型、节点形式及板厚和受力状态的不同情况选择。

钢板厚度方向性能级别 Z15、Z25、Z35 相应的含硫量、断面收缩率应符合表 3.1.4.2—1 的规定。

钢板厚度方向性能级别及其含硫量、断面收缩率值 表 3.1.4.2 - 1

级别	含硫量≤(%)	断面收缩率(Ψ2%)	
		三个试样平均值不小于	单个试样值不小于
Z15	0.01	15	10
Z25	0.007	25	15
Z35	0.005	35	25

(5) 焊条应符合现行国家标准《碳钢焊条》(GB / T5117)、《低合金钢焊条》(GB / T5118)的规定。

(6) 除第 (5) 条规定外，焊接材料尚应符合下列规定：

- 1)焊条、焊丝、焊剂和熔嘴应储存在干燥、通风良好的地方，由专人保管。
- 2)焊条、熔嘴、焊剂和药芯焊丝在使用前，必须按产品说明书及有关工艺文件的规定进行烘干。
- 3)低氢型焊条烘干温度应为 350~380℃，保温时间应为 1.5~2h，烘干后应缓冷放置于 110~120℃的保温箱中存放、待用；使用时应置于保温筒中；烘干后的低氢型焊条在大气中放置时间超过 4h 应重新烘干；焊条重复烘干次数不宜超过 2 次；受潮的焊条不应使用。
- 4)焊条、焊剂烘干装置及保温装置的加热、测温、控温性能应符合使用要求。

(7)焊件坡口形式的选择

要考虑在施焊和坡口加工可能的条件下，尽量减小焊接变形，

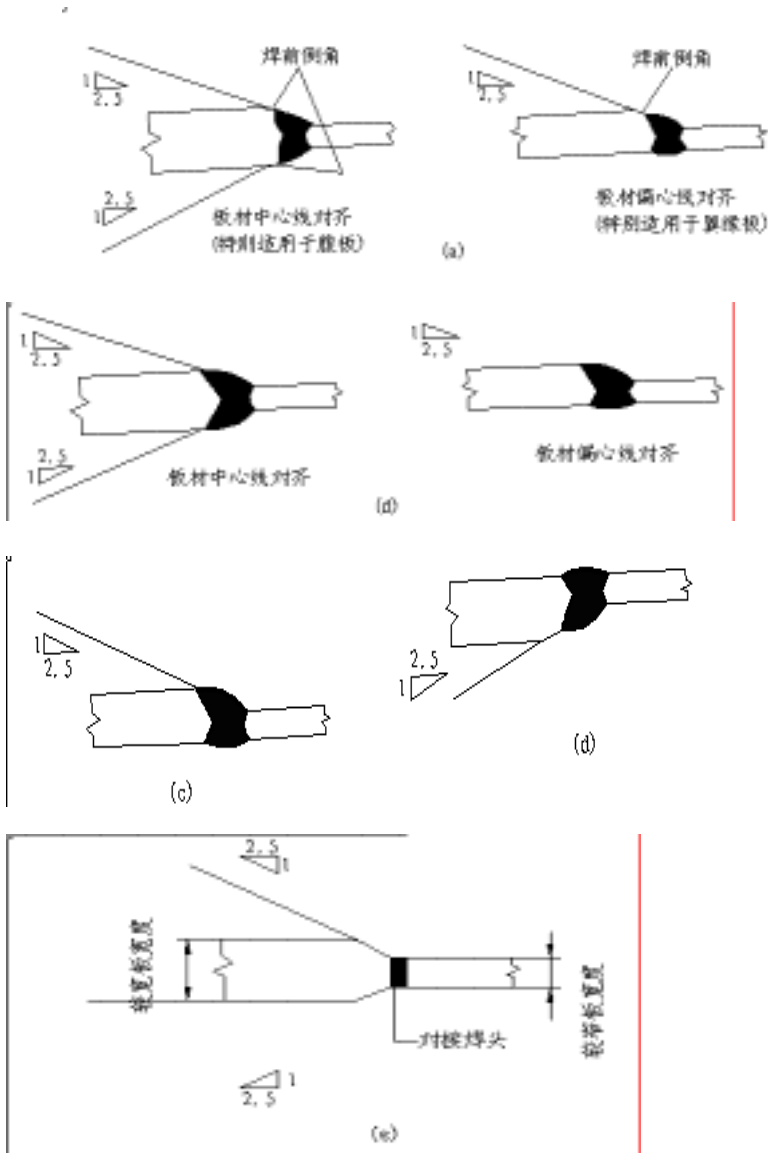
图 3.1.4.2 对接接头部件厚度、宽度不同时的平缓过渡要求示意

(a)板材厚度不同加工成斜坡；(b)板材厚度不同焊成斜坡状；(c)管材内径相同壁厚不同；(d)管材外径相同壁厚不同；(e)板材宽度不同

节省焊材，提高劳动生产率，降低成本。一般主要根据板厚选择(见《气焊、手工电弧焊及气体保护焊焊缝坡口的基本形式与尺寸》GB985—88)。

(8)不同厚度及宽度的材料对接时，应作平缓过渡并符合下列规定：

1)不同厚度的板材或管材对接接头受拉时，其允许厚度差值(t_1-t_2)应符合表 3.1.4.2—2 的规定。当超过表 3.1.4.2—2 的规定时应将焊缝焊成斜坡状，其坡度最大允许值为 1：2.5；或将较厚板的一面或两面及管材的内壁或外壁在焊前加工成斜坡，其坡度最大允许值应为 1：2.5(图 3.1.4.2)。



不同厚度钢材对接的允许厚度差(mm)

表 3.1.4.2 · 2

较薄板厚度 t_1	$\geq 5\sim 9$	10~12	>12
允许厚度差 t_1-t_2	2	3	4

2)不同宽度的板材对接时，应根据工厂及工地条件采用热切割、机械加工或砂轮打磨的方法使之平缓过渡，其连接处最大允许坡度值应为 1:2.5(图 3.1.4.2)。

3. 1. 4. 3 主要机具

焊接用机械设备表

表 3.1.4.3 - 1

设备名称	设备型号	数量	设备能力
电动空压机	4L—20		20m ³
柴油发电机	200kW		200kW
直流焊机	AX5—500		500A
交流焊机	BX1—500		500A
焊条烘干箱	HY704—4		
焊接滚轮架	HGZ—5A		5t
翼缘矫正机	YTJ—50		50mm

工厂加工检验设备、仪器、工具表 表 3.1.4.3 - 2

设备名称	设备型号	数量	设备能力
超声波探伤仪	ECHOPE220		10~500mm
数字温度仪	RKCDP—500		0~1300℃
膜测厚仪	345FB—MK II		0~1250 μ m
数字钳形电流表	2003		2000A,1000V
温湿度仪	WHM5		温 10~40℃, 湿 0~100℃
焊缝检验尺	SK		
磁粉探伤仪	DA—400S		
游标卡尺			0~150mm
钢卷尺	50m		
钢卷尺	30m		

3.1.4.4 作业条件

(1) 焊接作业区风速当手工电弧焊超过 8m/s、气体保护电弧焊及药芯焊丝电弧焊超过 2m / s 时, 应设防风棚或采取其他防风措施。制作车间内焊接作业区有穿堂风或鼓风机时, 也应按以上规定设挡风装置。

(2) 焊接作业区的相对湿度不得大于 90%。

(3) 当焊件表面潮湿或有冰雪覆盖时, 应采取加热去湿除潮措施。

(4) 焊接作业区环境温度低于 0℃时, 应将构件焊接区各方向大于或等于两倍钢板厚度且不小于 100mm 范围内的母材, 加热到 20℃以上后方可施焊, 且在焊接过程中均不应低于这一温度。实际加热温度应根据构件构造特点、钢材类别及质量等级和焊接性、焊接材料熔敷金属扩散氢含量、焊接方法和焊接热输入等因素确定, 其加热温度应高于常温下的焊接预热温度, 并由焊接技术责任人员制定出作业方案经认可后方可实施。作业方案应保证焊工操作技能不受环境低温的影响, 同时对构件采用必要的保温措施。

(5) 焊条在使用前应按产品说明书规定的烘焙时间和烘焙温度进行烘焙。低氢型焊条烘干后必须存放在保温箱(筒)内, 随用随取。焊条由保温箱(筒)取出到施焊的时间不宜超过 2h(酸性焊条不宜超过 4h)。不符上述要求时, 应重新烘干后再用, 但焊条烘干次数不宜超过 2 次。

(6) 焊接作业区环境超出本条第 (1)、(4) 款规定但必须焊接时, 应对焊接作业区设置防护棚并制订出具体方案, 连同低温焊接工艺参数、措施报监理工程师确认后方可实施。

3.1.5 材料和质量要求

3.1.5.1 材料的关键要求

- (1) 所用钢材及焊接材料均应符合设计图纸和规程的要求。
- (2) 焊接材料的品种、规格、性能等应符合现行国家产品标准和设计要求。
- (3) 重要钢结构采用的焊接材料应进行抽样复验，复验结果应符合现行国家产品标准和设计要求。
- (4) 焊条外观不应有药皮脱落、焊芯生锈等缺陷。

3.1.5.2 技术关键要求

焊工应严格按照焊接工艺及技术操作规程施焊。

3.1.5.3 质量关键要求

建筑钢结构焊接质量检查应由专业技术人员担任，并须经岗位培训取得质量检查员岗位合格证书。

3.1.5.4 职业健康安全关键要求

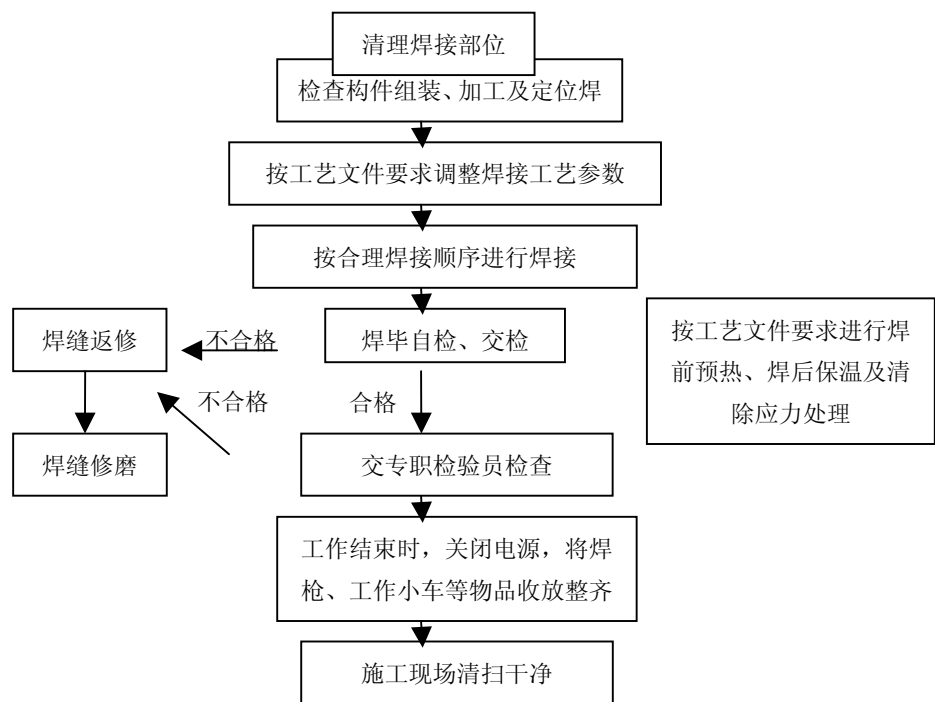
焊工须经安全知识培训并取得焊工合格证，禁止无证上岗。

3.1.5.5 环境关键要求

雪、雨天气时，禁止露天焊接。构件焊区表面潮湿或有冰雪时，必须清除干净方可施焊。在四级以上风力焊接时，应采取防风措施。

3.1.6 施工工艺

3.1.6.1 工艺流程



3.1.6.2 操作工艺

(1) 焊接参数的选择

1)焊条直径的选择

焊条直径主要根据焊件厚度选择，见表 3.1.6.2—1。多层焊的第一层以及非水平位置焊接时，焊条直径应选小一点。

焊条直径选择 表 3.1.6.2—1

焊件厚度(mm)	<2	2	3	4~6	6~12	>12
焊条直径(mm)	1.6	2	3.2	3.2~4	4~5	4~6

2)焊接电流的选择主要根据焊条直径选择电流，方法有两种：

方法一、查表：见表 3.1.6.2—2。

焊接电流选择 表 3.1.6.2 - 2

焊条直径(mm)	1.6	2.0	2.5	3.2	4.0	5.0	5.8
焊接电流(A)	25~40	40~60	50~80	100~130	160~210	200~270	260~300

注：立、仰、横焊电流应比平焊小 10%左右。

方法二、有近似的经验公式可供估算：

$$I=(30\sim55)\varphi$$

式中 φ —焊条直径，mm；

I —焊接电流，A

焊角焊缝时，电流要稍大些。

打底焊时，特别是焊接单面焊双面成形焊道时，使用的焊接电流要小；填充焊时，通常用较大的焊接电流；盖面焊时，为防止咬边和获得较美观的焊缝，使用的电流稍小些。

碱性焊条选用的焊接电流比酸性焊条小 10% 左右。不锈钢条比碳钢焊条选用电流小 20% 左右。

焊接电流初步选定后，要通过试焊调整。

3) 电弧电压主要取决于弧长。电弧长，则电压高；反之则低。在焊接过程中，一般希望弧长始终保持一致，并且尽量使用短弧焊接。所谓短弧是指弧长为焊条直径的 0.5~1.0 倍。

4) 焊接工艺参数的选择，应在保证焊接质量条件下，采用大直径焊条和大电流焊接，以提高劳动生产率。


5) 手工电弧焊工艺参数示例见表 3.1.6.2—3。













6) 坡口底层焊道宜采用不大于 4.0mm 的焊条，底层根部焊道的最小尺寸应适宜，以防产生裂纹。





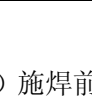

7) 在承受动载荷情况下，焊接接头的焊缝余高 C 应趋于零，在其他工作条件下， C 值可在 0~3mm 范围内选取。

8) 焊缝在焊接接头每边的覆盖宽度一般为 2~4mm。

手工电弧焊工艺参数示例 表 3.1.6.2 - 3

焊缝空间位置	焊缝断面示意图	焊件厚度或焊角尺寸 (mm)	第一层焊缝		以后各层焊缝		封底焊缝	
			焊条直径 (mm)	焊接电流 (A)	焊条直径 (mm)	焊接电流 (A)	焊条直径 (mm)	焊接电流 (A)
平对接焊缝		2	2	55—60			2	55—60
		2.5—3.5	3.2	90—120			3.2	90—120
		4.0—5.0	3.2	100—130			3.2	100—130
			4	160—200			4	160—210
			5	200—260			5	220—250
		5.6—6.0	4	160—210			3.2	100—130

			5	200—260			4	180—210
		>6.0	4	160—200	4	160—210	4	180—210
					5	220—280	5	220—260
		>12	4	160—210	4	160—210		
					5	220—280		
立 对 接 焊 缝		2	2	50—55			2	50—55
		2.5—4.0	3.2	80—110			3.2	80—110
		5.0—6.0	3.2	90—120			3.2	90—120
		7.0—10	3.2	90—120	4	120—160	3.2	90—120
			4	120—160				
		≥11	3.2	90—120	4	120—160	3.2	90—120
			4	120—160	5	160—200		
		12—18	3.2	90—120	4	120—160		
			4	120—160				
		≥19	3.2	90—120	4	120—160		
			4	120—160	5	160—200		
横 对 接 焊 缝		2	2	50—55			2	50—55
		2.5	3.2	80—110			3.2	80—110
		3.0—4.0	3.2	90—120			3.2	90—120
			4	120—160			4	120—160
		5.0—8.0	3.2	90—120	3.2	90—120	3.2	90—120
					4	140—160	4	120—160
		>9.0	3.2	90—120	4	10—160	3.2	90—120
			4	140—160			4	120—160
		14—18	3.2	90—120	4	140—160		
			4	140—160				
		>19	4	140—160	4	140—160		
仰 对 接 焊 缝		2					2	50—65
		2.5					3.2	80—110
		3.0—5.0					3.2	90—110
							4	120—160
		5.0—8.0	3.2	90—120	3.2	90—120		
					4	140—160		
		>9.0	3.2	90—120	4	140—160		
			4	140—160				
		12—18	3.2	90—120	4	140—160		
			4	140—160				
		>19	4	140—160	4	140—160		
平 角 接 焊		2	2	55—65				
		3	3.2	100—120				
		4	3.2	100—120				
			4	160—200				

缝		5.0—6.0	4	160—200				
			5	220—280				
		>7.0	4	160—200	5	220—280		
			5	220—280				
			4	160—200	4	160—200	4	160—200
					5	220—280		
立角接焊接		2	2	50—60				
		3.0—4.0	3.2	90—120				
		5.0—8.0	3.2	90—120				
			4	120—160				
		9.0—12	3.2	90—120	4	120—160		
			4	120—160				
			3.2	90—120	4	120—160	3.2	90—120
			4	120—160				
仰角接焊接		2	2	50—60				
		3.0—4.0	3.2	90—120				
		5.0—6.0	4	120—160				
		>7.0	4	120—160				
			3.2	90—120			3.2	90—120
			4	140—160			4	140—160

(2) 施焊前，焊工应检查焊接部位的组装和表面清理的质量，如不符合要求，应修磨补焊合格后方能施焊。焊接坡口组装允许偏差值应符合表 3.1.4.2—2～表 3.1.4.2—3 的规定。坡口组装间隙超过允许偏差规定时，可在坡口单侧或两侧堆焊、修磨使其符合要求，但当坡口组装间隙超过较薄板厚度 2 倍或大于 20mm 时，不应用堆焊方法增加构件长度和减少组装间隙。

(3) T 形接头、十字形接头、角接接头和对接接头主焊缝两端，必须配置引弧板引出板，其材质应和被焊母材相同，坡口形式应与被焊焊缝相同，禁止使用其他材质的材料充当引弧板和引出板。

(4) 手工电弧焊焊缝引出长度应大于 25mm。其引弧板和引出板宽度应大于 50mm，长度宜为板厚的 1.5 倍且不小于 30mm，厚度应不小于 6mm。

(5) 焊接完成后，应用火焰切割去除引弧板和引出板，并修磨平整。不得用锤击落引弧板和引出板。焊接时不得使用药皮脱落或焊芯生锈的焊条。

(6) 焊条在使用前应按产品说明书规定的烘焙时间和烘焙温度进行烘焙。低氢型焊条烘干后必须存放在保温箱(筒)内，随用随取。焊条由保温箱(筒)取出到施焊的时间不宜超过 2h(酸性焊条不宜超过 4h)。不符上述要求时，应重新烘干后再用，但焊条烘干次数不宜超过 2 次。

(7)不应在焊缝以外的母材上打火引弧。

(8) I、II类钢材匹配相应强度级别的低氢型焊接材料并采用中等热输入进行焊接时，板厚与最低预热温度要求宜符合表 3.1.6.2—4 的规定。

常用结构钢材最低预热温度要求 表 3.1.6.2 - 4

钢材牌号	接头最厚部件的板厚 t(mm)				
	$t < 25$	$25 \leq t \leq 40$	$40 < t \leq 60$	$60 < t \leq 80$	$t > 80$
Q235	—	—	60℃	80℃	100℃
Q295、Q345	—	60℃	80℃	100℃	140℃

注：本表适应条件：

- 1.接头形式为坡口对接，根部焊道，一般拘束度。
- 2.热输入约为 15~25KJ / cm。
- 3.采用低氢型焊条，熔敷金属扩散氢含量(甘油法)
E4315、E4316 不大于 8mL / 100g；
E5015、E5016、E5515、E5516 不大于 6mL / 100g；
E6015、E6016 不大于 4mL / 100g。
- 4.一般拘束度，指一般角焊缝和坡口焊缝的接头未施加限制收缩变形的刚性固定，也未处于结构最终封闭安装或局部返修焊接条件下而具有一定自由度。
- 5.环境温度为常温。
- 6.焊接接头板厚不同时，应按厚板确定预热温度；焊接接头材质不同时，按高强度、高碳当量的钢材确定预热温度。

实际工程结构施焊时的预热温度，尚应满足下列规定：

1)根据焊接接头的坡口形式和实际尺寸、板厚及构件约束条件确定预热温度。焊接坡口角度及间隙增大时，应相应提高预热温度。

2)根据熔敷金属的扩散氢含量确定预热温度。扩散氢含量高时应适当提高预热温度。当其他条件不变时，使用超低氢型焊条打底预热温度可降低 25~50℃。

3)根据焊接时热输入的大小确定预热温度。当其他条件不变时，热输入增大 5kJ / cm，预热温度可降低 25~50℃。电渣焊和气电立焊在环境温度为 0℃以上施焊时可不进行预热。

4)根据接头热传导条件选择预热温度。在其他条件不变时，T 形接头应比对接接头的预热温度高 25~50℃。但 T 形接头两侧角焊缝同时施焊时应按对接接头确定预热温度。

5)根据施焊环境温度确定预热温度。操作地点环境温度低于常温时(高于 0℃)，应提高预热温度 15~25℃。

(9)定位焊必须由持相应合格证的焊工施焊，所用焊接材料应与正式施焊相当。定位焊缝应与最终焊缝有相同的质量要求。钢衬垫的定位焊宜在接头坡口内焊接，定位焊缝厚度不宜超过设计焊缝厚度的 2 / 3，定位焊缝长度宜大于 40mm，间距 500~600mm，并应填满弧坑。定位焊预热温度应高于正式施焊预热温度。当定位焊缝上有气孔或裂纹时，必须清除后重焊。

(10)对于非密闭的隐蔽部位，应按施工图的要求进行涂层处理后，方可进行组装；对刨平顶紧的部位，必须经质量部门检验合格后才能施焊。

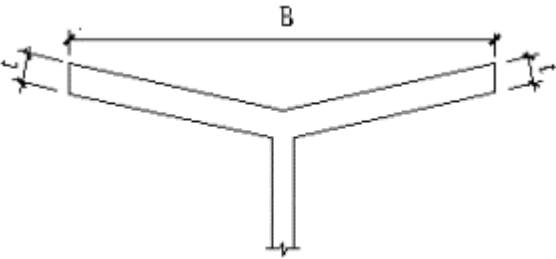
(11)在组装好的构件上施焊，应严格按焊接工艺规定的参数以及焊接顺序进行，以控制焊后构件变形。

1)控制焊接变形，可采取反变形措施，其反变形参考值见表 3.1.6.2—5。焊接收缩量参见表 3.1.6.2—6。

2)在约束焊道上施焊，应连续进行；如因故中断，再焊时应对已焊的焊缝局部做预热处理。

3)采用多层焊时，应将前一道焊缝表面清理干净后再继续施焊。

焊接反变形参考数值 表 3.1.6.2 - 5

板厚 t (mm)	f(mm) (α+2)/2 反变形角度 (平均值)	B(mm)											
		150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700
													
12	1° 30'40"	2	2.5	3	4	4.5	5						
14	1° 22'40"	2	2.5	3	3.5	4	5	5.5					
16	1° 4'	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4	4.5	5	5		
20	1°	1	2	2	2.5	3	3.5	4	4.5	4.5	5	5	
25	55'	1	1.5	2	2.5	3	3	3.5	4	4	4.5	5	5
28	34'20"	1	1	1	1.5	2	2	2	2.5	2.5	3	3.5	3.5
30	27'20"	0.5	1	1	1	1.5	1.5	2	2	2	2.5	2.5	2
36	17'20"	0.5	0.5	0.5	1	1	1	1	1.5	1.5	1.5	1.5	2
40	11'20"	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	1	1	1	1	1	1

焊接收缩量 表 3.1.6.2 - 6

结构类型	焊件特征和板厚	焊缝收缩量(mm)
钢板对接	各种板厚	长度方向每米焊缝 0.7； 宽度方向每个接口 1.0

实腹结构及焊接 H 形钢	断面高小于等于 1000mm 且板厚 小于 25mm	四条纵焊缝每米共缩 0.6, 焊透梁高收 缩 1.0; 每对加劲焊缝, 梁的长度收缩 0.3
	断面高小于等于 1000mm 且板厚 大于 25mm	四条纵焊缝每米共缩 1.4, 焊透梁高收 缩 1.0; 每对加劲焊缝, 梁的长度收缩 0.7
	断面高大于 1000mm 的各种板厚	四条纵焊缝每米共缩 0.2, 焊透梁高收 缩 1.0; 每对加劲焊缝, 梁的长度收缩 0.5
格构式结构	屋架、托架、支架等轻型桁架	接头焊缝每个接口为 1.0; 搭接贴角焊缝每米 0.5
	实腹柱及重型桁架	搭接贴角焊缝每米 0.25
圆筒形结构	板厚小于等于 16mm	直焊缝每个接口周长收缩 1.0; 环焊缝每个接口周长收缩 1.0
	板厚大于 16mm	直焊缝每个接口周长收缩 2.0; 环焊缝每个接口周长收缩 2.0

(12)因焊接而变形的构件, 可用机械(冷矫)或在严格控制温度的条件下加热(热矫)的方法进行矫正。

1)碳素结构钢在环境温度低于-16℃、低合金结构钢在环境温度低于-12℃时, 不应进行冷矫正和冷弯曲。碳素结构钢和低合金结构钢在加热矫正时, 加热温度不应超过 900℃。低合金结构钢在加热矫正后应自然冷却。

检查数量: 全数检查。

检验方法: 检查制作工艺报告和施工记录。

2)当零件采用热加工成型时, 加热温度应控制在 900~1000℃; 碳素结构钢和低合金结构钢在温度下降到 700℃和 800℃之前, 应结束加工; 低合金结构钢应自然冷却。

检查数量: 全数检查。

检验方法: 检查制作工艺报告和施工记录。

3.1.7 质量标准

3.1.7.1 主控项目

(1) 焊接材料的品种、规格、性能等应符合现行国家产品标准和设计要求。

检查数量: 全数检查。

检验方法: 检查焊接材料的质量合格证明文件、中文标志及检验报告等。

(2) 重要钢结构采用的焊接材料应进行抽样复验, 复验结果应符合现行国家产品标准和设计要求。

检查数量：全数检查。

检验方法：检查复验报告。

(3) 焊条、焊丝、焊剂、电渣焊熔嘴等焊接材料与母材的匹配应符合设计要求和国家现行行业标准《建筑钢结构焊接技术规程》JGJ81 的规定。焊条、焊剂、药芯焊丝、熔嘴等在使用前，应按其产品说明书及焊接工艺文件的规定进行烘焙和存放。

检查数量：全数检查。

检验方法：检查质量证明书和烘焙记录。

(4) 焊工必须经考试合格并取得合格证书。持证焊工必须在其考试合格项目及其认可范围内施焊。

检查数量：全数检查。

检验方法：检查焊工合格证及其认可范围、有效期。

(5) 施工单位对其首次采用的钢材、焊接材料、焊接方法、焊后热处理等，应进行焊接工艺评定，并应根据评定报告确定焊接工艺。

检查数量：全数检查。

检验方法：检查焊接工艺评定报告。

(6) 设计要求全熔透的一、二级焊缝应采用超声波探伤进行内部缺陷的检验，超声波探伤不能对缺陷作出判断时，应采用射线探伤，其内部缺陷分级及探伤方法应符合现行国家标准《钢焊缝手工超声波探伤方法和探伤结果分级法》GB11345 或《钢熔化焊对接接头射线照相和质量分级》GB3323 的规定。

焊接球节点网架焊缝、螺栓球节点网架焊缝及圆管 T、K、Y 形节点相贯线焊缝，其内部缺陷分级及探伤方法应分别符合国家现行标准《焊接球节点钢网架焊缝超声波探伤方法及质量分级法》JB/T 3034.1、《螺栓球节点钢网架焊缝超声波探伤方法及质量分级法》JB/T3034.2、《建筑钢结构焊接技术规程》JGJ81 的规定。

一级、二级焊缝的质量等级及缺陷分级应符合表 3.1.7.1 的规定。

检查数量：全数检查。

检验方法：检查焊缝探伤报告。

一级、二级焊缝的质量等级及缺陷分级 表 3.1.7.1

焊缝质量等级		一级	二级
内部缺陷超声波探伤	评定等级	II	III
	检验等级	B 级	B 级
	探伤比例	100%	20%
内部缺陷射线探伤	评定等级	II	III
	检验等级	AB 级	AB 级
	探伤比例	100%	20%

注：探伤比例的计数方法应按以下原则确定：

(1) 对工厂制作焊缝，应按每条焊缝计算百分比，且探伤长度应不小于 200mm，当焊缝长度不足 200mm

时,应对整条焊缝进行探伤;

(2)对现场安装焊缝,应按同一类型、同一施焊条件的焊缝条数计算百分比,探伤长度应不小于 200mm,并应不小于 1 条焊缝。

(7)焊缝表面不得有裂纹、焊瘤、烧穿、弧坑等缺陷。一级、二级焊缝不得有表面气孔、夹渣、弧坑裂纹、电弧擦伤等缺陷;且一级焊缝不得有咬边、未焊满等缺陷。

检查数量:每批同类构件抽查 10%,且不应少于 3 件;被抽查构件中,每一类型焊缝按条数抽查 5%,且不应少于 1 条;每条检查 1 处,总抽查数不应少于 1 处。

检验方法:观察检查或使用放大镜、焊缝量规和钢尺检查;当存在疑义时,采用渗透或磁粉探伤检查。

(8)T 形接头、十字接头、角接接头等要求熔透的对接和角对接组合焊缝,其焊脚尺寸不应小于 $t/4$ (图 3.1.7.1a、b、c);设计有疲劳验算要求的吊车梁或类似构件的腹板与上翼缘连接焊缝的焊脚尺寸为 $t/2$ (图 3.1.7.1d),且不应大于 10mm。焊脚尺寸的允许偏差为 0~4mm。

检查数量:资料全数检查;同类焊缝抽查 10%,且不应少于 3 条。

检验方法:观察检查,用焊缝量规抽查测量。

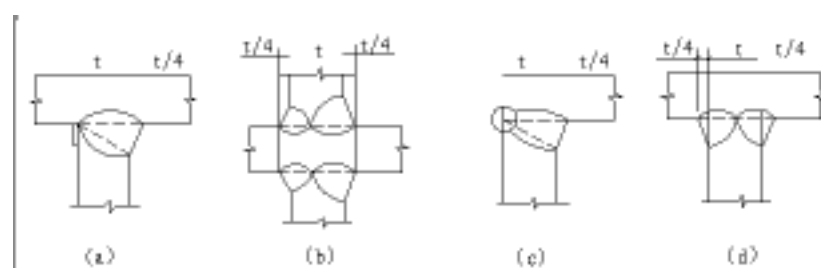


图 3.1.7.1

3.1.7.2 一般项目

(1)焊条外观不应有药皮脱落、焊芯生锈等缺陷;焊剂不应受潮结块。

检查数量:按量抽查 1%,且不应少于 10 包。

检验方法:观察检查。

(2)对于需要进行焊前预热或焊后热处理的焊缝,其预热温度或后热温度应符合国家现行有关标准的规定或通过工艺试验确定。预热区在焊道两侧,每侧宽度均应大于焊件厚度的 1.5 倍以上,且不应小于 100mm;后热处理应在焊后立即进行,保温时间应根据板厚按每 25mm 板厚 1h 确定。

检查数量:全数检查。

检验方法:检查预、后热施工记录和工艺试验报告。

(3)二级、三级焊缝外观质量标准应符合表 3.1.7.2—1 的规定。三级对接焊缝应按二级焊缝标准进行外观质量检验。

检查数量:每批同类构件抽查 10%,但不应少于 3 件;被抽查构件中,每一类型焊缝

应按条数各抽查 5%，但不应少于 1 条；每条检查 1 处，总抽查处不应少于 10 处。

检验方法：观察检查或使用放大镜、钢尺和焊缝量规检查。

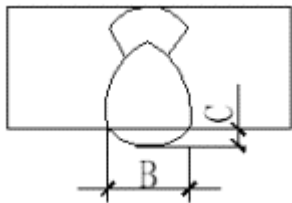

二级、三级焊缝外观质量标准(mm) 表 3.1.7.2—1

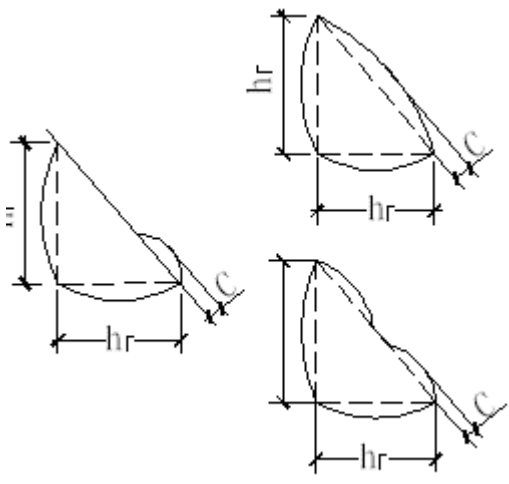
项目	允许偏差	
缺陷类型	二级	三级
为焊满(指不足设计要求)	$\leq 0.2 + 0.02t$ ，且 ≤ 1.0	$\leq 0.2 + 0.04t$ ，且 ≤ 2.0
	每 100.0 焊缝内缺陷总长 ≤ 25.0	
根部收缩	$\leq 0.2 + 0.02t$ ，且 ≤ 1.0	$\leq 0.2 + 0.04t$ ，且 ≤ 2.0
	长度不限	
咬边	$\leq 0.05t$ ，且 ≤ 0.5 ；连续长度 ≤ 100 ，两侧咬边总长度 \leq 总抽查长度的 10%	$\leq 0.1t$ ，且 ≤ 1.0 ，长度不变
弧坑裂纹	—	允许存在个别长度 ≤ 5.0 的弧坑裂纹
电弧擦伤	—	允许存在个别电弧擦伤
接头不良	缺口深度 $0.05t$ ，且 ≤ 0.5	缺口深度 $0.1t$ ，且 ≤ 1.0
	每 1000.0 焊缝不应超过 1 处	
表面夹渣	—	深 $\leq 0.2t$ ，长 $\leq 0.5t$ ，且 ≤ 20.0
表面气孔	—	每 50.0 焊缝长度内允许直径 $\leq 0.4t$ 且 ≤ 3.0 的气孔 2 个，孔距 ≥ 6 倍孔径

注：表内 t 为连接处较薄的板厚。

(4) 焊缝尺寸允许偏差应符合表 3.1.7.2—2 的规定。

焊缝尺寸允许偏差(mm) 表 3.1.7.2—2

序号	项目	图例	允许偏差	
1	对接焊缝余高 C		一、二级	三级
			$B < 20$: $0 \sim 3.0$ $B \geq 20$: $0 \sim 4.0$	$B < 20$: $0 \sim 4.0$ $B \geq 20$: $0 \sim 5.0$
2	对接焊缝错边 d		$d < 0.15t$ ，且 ≤ 2.0	$d < 0.15t$ ，且 ≤ 3.0
3	焊脚尺寸 h_f		$h_f \leq 6.0$: $0 \sim 1.5$ $h_f > 6.0$: $0 \sim 3.0$	

4	角焊缝 余高 c		$h_r \leq 6:0 \sim 1.5$ $h_r > 6:0 \sim 3.0$
---	-------------	---	---

注：1. $h_r > 8.0\text{mm}$ 的角焊缝其局部焊脚尺寸允许低于设计要求值 1.0mm ，但总长度不得超过焊缝长度 10% 。
2.焊接 H 形梁腹板与翼缘板的焊缝两端在其两倍翼缘板宽度范围内，焊缝的焊脚尺寸不得低于设计值。

检查数量：每批同类构件抽查 10% ，且不应少于 3 件；被抽查构件中，每一类型焊缝应按条数各抽查 5% ，但不应少于 1 条；每条检查 1 处，总抽查处不应少于 10 处。

检验方法：用焊缝量规检查。

（5）焊成凹形的角焊缝，焊缝金属与母材间应平缓过渡；加工成凹形的角焊缝，不得在其表面留下切痕。

检查数量：每批同类构件抽查 10% ，且不应少于 3 件。

检验方法：观察检查。

（6）焊缝感观应达到：外形均匀，成型良好，焊道与焊道、焊道与基本金属间过渡平滑，焊渣和飞溅物清除干净。

检查数量：每批同类构件抽查 10% ，但不应少于 3 件；被抽查构件中，每种焊缝按数量各抽查 5% ，总抽查处不应少于 5 处。

检验方法：观察检查。

3.1.8 成品保护

3.1.8.1 构件焊接后的变形，应进行成品矫正，成品矫正一般采用热矫正，加热温度不宜大于 650°C ，构件矫正应符合表 3.1.8.1 的要求：

表 3.1.8.1

项目	允许偏差
柱地板平面度	5.0
桁架、腹杆弯曲	1/1500 且不大于 5mm，梁不准下挠
桁架 、腹杆扭曲	$H/250$ 且不大于 5.0mm
牛腿翘曲	当牛腿长度 ≤ 1000 时为 2
	当牛腿长度 >1000 时为 3

3.1.8.2 凡构件上的焊瘤、飞溅、毛刺、焊疤等均应清除干净。

3.1.8.3 零、部件采用机械矫正法矫正，一般采用压力机进行。

3.1.8.4 根据装配工序对构件用钢印将构件代号打入构件翼缘上，距边缘 500mm 范围内。构件编号必须按图纸要求编号进行标识，编号要清晰、位置要明显。

3.1.8.5 应在构件打钢印代号的附近，在构件上挂铁牌，铁牌上用钢印打号来表明构件编号。

3.1.8.6 用红色油漆标注中心线标记并打钢印。

3.1.8.7 钢构件制作完成后，应按照施工图的规定及《钢结构工程施工质量验收规范》进行验收，构件外形尺寸的允许偏差应符合上述规定中的要求。

3.1.8.8 钢结构件在工厂内制作完毕后，根据合同规定或业主的安排，由监理进行验收。验收合格者方可安排运输到现场。验收要填写记录报告。

3.1.8.9 验收合格后才能进行包装。包装应保护构件不受损伤，零件不变形，不损坏，不散失。

3.1.8.10 包装应符合运输交通部门的有关部门规定，超限构件的运输应在制作之前向有关交通部门办理超限货物运输手续。

3.1.8.11 现场安装用的连接零件，应分号捆扎出厂发运。

3.1.8.12 成品发运应填写发运清单。

3.1.8.13 运输由钢结构加工厂直接运输到现场。根据现场总调度的安排，按照吊装顺序一次运输到安装使用位置，避免二次倒运。

3.1.8.14 超长、超宽构件安排在夜间运输，并在运输车前后设引路车和护卫车，以保证运输的安全。

3.1.9 安全环保措施

3.1.9.1 认真贯彻执行国家有关安全生产法规，认真贯彻执行有关施工安全规程。同时结合公司实际，制定安全生产制度和奖罚条例，并认真执行。

3.1.9.2 牢固树立“安全第一”的思想，坚持预防为主的方针，对职工经常进行安全生产教育。定期开展安全活动，充分认识安全生产的重要性，掌握一定的安全生产知识，对职工进行安全生产培训。在安全生产上，一定要克服麻痹思想。

3.1.9.3 所有施工人员必须戴安全帽，高空作业必须系安全带。

3.1.9.4 所有电缆、用电设备的拆除、车间照明等均由专业电工担任，要使用的电动工具，必须安装漏电保护器，值班电工要经常检查、维护用电线路及机具，认真执行 JGJ46—88 标准，保持良好状态，保证用电安全。

3.1.9.5 各种施工机械编制操作规程和操作人员岗位责任制，专机专人使用保管，特殊

工种必须持证上岗。

3.1.9.6 氧气、乙炔气、CO₂ 气要放在规定的安全处，并按规定正确使用，车间、工具房、操作平台等处设置足够数量的灭火器材。电焊、气割时，先注意周围环境有无易燃物后再进行工作。

3.1.9.7 做好防暑降温、防风、防雨、防台风和职工劳动保护工作。

3.1.9.8 起重指挥要果断，指令要简单、明确。按“十不吊”操作规程认真执行。

3.1.9.9 定期进行安全大检查。

3.1.9.10 库房材料成堆、成型、成色进库，整洁干净。钢材必须按规格品种堆放整齐；油漆材料、焊材等辅助材料要存放在通风库房，并堆放整齐。

3.1.9.11 保持车间整洁干净，成品、半成品、零件、余料等材料要分别堆放，并有标识以便识别。

3.1.9.12 要使食堂、厕所等特殊部位保持清洁。防止流行性病毒的传播，积极采取预防措施，保证职工健康。

3.1.9.13 场容整洁，宣传标志、安全标志醒目。

3.1.9.14 加强现场消防，治安保卫工作。

3.1.9.15 对施工人员进行文明施工教育，加强职工的文明施工意识。

3.1.9.16 实行区域管理，划分责任范围，定期进行文明施工检查。

3.1.9.17 废料要及时清理，并在指定地点堆放，保证施工场地的清洁和施工道路的畅通。

3.1.10 质量记录

钢结构(钢构件焊接)分项工程检验批质量验收应按表 3.1.10 进行记录。

钢结构(钢构件焊接)分项工程检验批质量验收记录 表 3.1.10

工程名称		检验批部位			
施工单位		项目经理			
监理单位		总监理工程师			
施工依据标准		分包单位负责人			
主控项目		合格质量标准	施工单位检验评定记录	监理(建设)单位验收记录或结果	备注
1	焊接材料进场				
2	焊接材料复验				
3	材料匹配				
4	焊工证书				
5	焊接工艺评定				
6	内部缺陷				

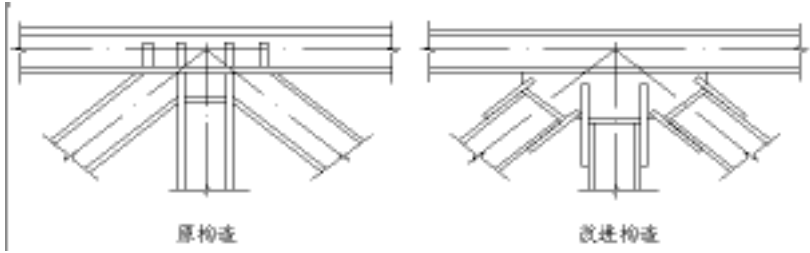
	坡口设计不良; 焊道熔敷顺序不当; 操作手势不良	
裂纹	焊件表面污染, 焊条吸潮, 母材及填充金属 内含有较多杂质; 接头刚性过大; 预热及焊后热处理规范不当; 焊接规范参数不当; 焊接材料选择不当;	焊缝金属不连续, 裂纹尖端应力 集中, 在承受交变或冲击载荷 时, 裂纹迅速扩展, 导致接头断 裂
焊瘤	焊接规范不当, 电流过大, 焊速过慢; 焊条角度及操作手势不当; 焊接位置不利	焊缝截面突变, 形成尖角, 应力 集中, 降低接头疲劳强度

附录 2 当设计对厚板有 Z 向性能要求时的焊接工艺措施

(1) 选择合理的焊接节点连接形式

应选择合适的节点连接形式, 以减小局部区域由于焊缝收缩而引起的应力集中或尽量避免钢板 Z 向受拉。

- 1)在满足要求焊透深度的前提下, 采用较小的焊接坡口角度及间隙。
- 2)在角接接头中, 采用对称坡口或偏向侧板的坡口, 减小板厚方向承受的收缩应力。
- 3)采用对称坡口, 减小焊接收缩应力。
- 4)在 T 形或角接接头中, 不应在板厚方向受焊接拉应力的板材的端部设置焊缝, 而应使该板厚方向受拉的板材端部伸出接头焊缝区。
- 5)在 T 形、十字形接头中采用过渡段, 以对接接头取代 T 形、十字形接头。
- 6)对大型连接节点, 建议采用下图的构造设计来避免或减少厚度方向的应变。



(2) 焊材及母材选择

- 1)对有特殊部位的部位, 可选用 Z 向延性性能好的钢材。
- 2)在满足受力要求的前提下, 尽可能选择屈服强度低的焊条。

(3) 使用涂层和垫层

采用软金属丝(一般为低强度的焊条)做垫层, 使收缩变形发生在焊缝中。或在节点焊缝处涂焊一层低强高延性焊接金属, 让焊缝收缩变形发生在涂焊金属中。

(4) 防止层状撕裂的工艺措施

- 1) T形焊接时，在母材板面用低强度焊材先堆焊塑性过渡层。
- 2) 厚板焊接时，可采用低氢型、超低氢型焊条或气体保护焊施焊，并适当提高预热温度。
- 3) 当板厚在 80mm 以上时，对 II 类或 II 类以上钢材箱形柱角焊缝，板边火焰切割面宜用机械方法去除淬硬层。
- 4) 对大尺寸熔透焊，可采用窄焊道焊接技术，并选择合理的焊道次序，以控制收缩变形。焊接过程中，应用锤击法来消除焊缝残余应力。

3.2 钢结构埋弧自动焊焊接施工工艺标准

3.2.1 总则

3.2.1.1 适用范围

本标准适用于桁架或网架(壳)结构、多层或高层梁、柱框架结构等工业与民用建筑和一般构筑物的钢结构工程中。

3.2.1.2 编制参考标准

- (1) 《焊接用钢丝》GB1300
- (2) 《埋弧焊焊接接头的基本形式与尺寸》GB986
- (3) 《钢结构工程施工质量验收规范》GB50205—2001
- (4) 《建筑钢结构焊接技术规程》JGJ81—2002
- (5) 《碳素钢埋弧焊用焊剂》GB5293

3.2.2 术语、符号

3.2.2.1 术语

- (1) 母材：被焊接的材料统称。
- (2) 焊缝金属：构成焊缝的金属，一般是熔化的母材和填充金属凝固形成的那部分金属。
- (3) 层间温度：多层焊时，停焊后继续焊之前，其相邻焊道应保持的最低温度。
- (4) 余高：高出焊趾连线部分的焊缝高度。
- (5) 定位焊缝：焊前为装配和固定焊接接头的位置而施焊的短焊缝。
- (6) 船形焊：T形、十字形和角接接头处于平焊位置进行的焊接。

3.2.2.2 符号

焊接方法及焊透种类代号应符合表 3.2.2.2—1 规定；

接头形式及坡口形状代号应符合表 3.2.2.2—2 规定；

焊接面及垫板种类代号应符合表 3.2.2.2—3 规定；

焊接方法及焊透种类代号 表 3.2.2.2 - 1

代号	焊接方法	焊透种类
MC	手工电弧焊接	完全焊透焊接
MP		部分焊透焊接
GC	气体保护电弧焊接 自保护电弧焊接	完全焊透焊接
GP		部分焊透焊接
SC	埋弧焊接	完全焊透焊接
SP		部分焊透焊接

接头形式及坡口形状代号 表 3.2.2.2 - 2

接头形式		坡口形状	
代号	名称	代号	名称
B	对接接头	I	I 形坡口
		V	V 形坡口
		X	X 形坡口
U	U 形坡口	L	单边 V 形坡口
		K	K 形坡口
T	T 形接头	U1	U 形坡口
		J1	单边 U 形坡口
C	角接头	注：1 当钢板厚度 $\geq 50\text{mm}$ 时，可采用 U 形或 J 形坡口	

焊接位置代号应符合表 3.2.2.2—4 规定；

坡口各部分尺寸代号应符合表 3.2.2.2—5 规定；

焊接面及垫板种类代号 表 3.1.2.2 - 3

反面垫板种类		焊接面	
代号	使用材料	代号	焊接面规定
Bs	钢衬垫	1	单面焊接
BF	其他材料的衬垫	2	双面焊接

焊接位置代号 表 3.1.2.2—4

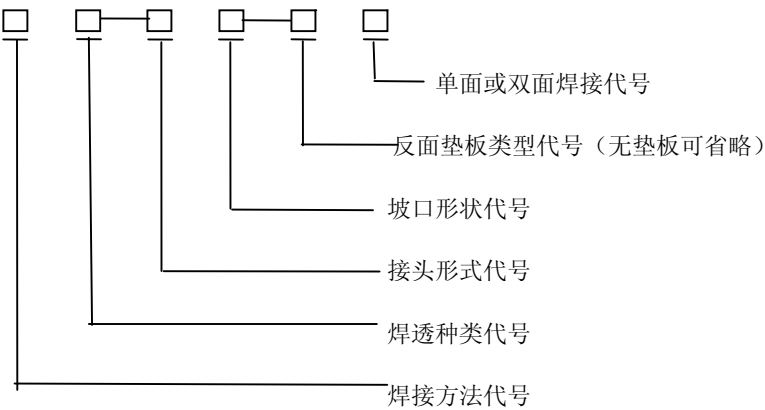
代号	焊接位置	代号	焊接位置
F	平焊	V	立焊

H	横焊	O	仰焊
---	----	---	----

坡口各部分尺寸代号 表 3.1.2.2—5

代号	坡口各部分的尺寸
t	接缝部位的板厚(mm)
b	坡口根部间隙(mm)
H	坡口深度(mm)
p	坡口钝边(mm)
a	坡口角度(°)

焊接接头坡口形式和尺寸标记应符合下列规定：



标记示例：

埋弧焊、完全焊透、对接、I 形坡口、背面加钢衬垫的单面焊接

接头表示为 SC－BI－B_sl。

3.2.3 基本规定

3.2.3.1 为了在建筑钢结构焊接中贯彻执行国家的技术经济政策，做到技术先进、经济合理、安全适用、确保质量，制定本工艺标准。

3.2.3.2 本标准适用于工业与民用建筑钢结构中普通碳素结构钢和低合金结构钢的焊接。

3.2.3.3 钢结构焊接，必须按施工图的要求进行，并应遵守现行《钢结构工程施工质量验收规范》GB50205－2001 的规定。

3.2.3.4 钢结构的焊接，必须遵守国家现行的安全技术和劳动保护等有关规定。

3.2.3.5 钢结构的焊接，除应执行本标准外，尚应符合国家现行的有关标准。

3.2.4 施工准备

3. 2. 4. 1 技术准备

在构件制作前,工厂应按招标文件的要求以及有关钢结构制作技术规范的要求进行焊接工艺评定试验。生产制造过程将严格按工艺评定的有关参数和要求进行,通过跟踪检测如发现按照工艺评定规范生产质量不稳定,将重做工艺评定,调整规范,以达到质量稳定要求。

根据施工制造方案和钢结构技术规范以及招标文件的有关要求编制各类施工工艺,工厂应组织有关部门进行工艺评审。

3.2.4.2 材料要求

(1) 建筑钢结构用钢材及焊接材料的选用应符合设计图纸的要求,并应具有钢厂和焊接材料厂出具的质量证明书或检验报告,其化学成分、力学性能和其他质量要求必须符合国家现行标准规定。当采用其他钢材和焊接材料替代设计选用的材料时,必须经原设计单位同意。

(2) 钢材的成分、性能复验应符合国家现行有关工程质量验收标准的规定;大型、重型及特殊钢结构的主要焊缝采用的焊接填充材料应按生产批号进行复验。复验应由国家技术监督部门认可的质量监督检测机构进行。

(3) 钢结构工程中选用的新材料必须经过新产品鉴定。钢材应由生产厂提供焊接性资料、指导性焊接工艺、热加工和热处理工艺参数、相应钢材的焊接接头性能数据等资料;焊接材料应由生产厂提供贮存及焊前烘焙参数规定、熔敷金属成分、性能鉴定资料及指导性施焊参数,经专家论证、评审和焊接工艺评定合格后,方可在工程中采用。

(4) 焊接 T 形、十字形、角接接头,当其翼缘板厚度等于或大于 40mm 时,设计宜采用抗层状撕裂的钢板。钢材的厚度方向性能级别应根据工程的结构类型、节点形式及板厚和受力状态的不同情况选择。

钢板厚度方向性能级别 Z15、Z25、Z35 相应的含硫量、断面收缩率应符合表 3.1.4.2—1 的规定。

(5) 埋弧焊用焊丝和焊剂应符合现行国家标准《埋弧焊用碳钢焊丝和焊剂》(GB / T5293)、《低合金钢埋弧焊用焊剂》(GB / T12470)的规定。

(6) 除第(5)条规定外,焊接材料尚应符合下列规定:

1) 焊条、焊丝、焊剂和熔嘴应储存在干燥、通风良好的地方,由专人保管。

2) 焊条、熔嘴、焊剂和药芯焊丝在使用前,必须按产品说明书及有关工艺文件的规定进行烘干。

3) 实心焊丝及熔嘴导管应无油污、锈蚀,镀铜层应完好无损。

4) 焊条、焊剂烘干装置及保温装置的加热、测温、控温性能应符合使用要求。

(7) 焊件坡口形式的选择

要考虑在施焊和坡口加工可能的条件下,尽量减小焊接变形,提高劳动生产率,降低成本。一般主要根据板厚选择(见《气焊、手工电弧焊及气体保护焊缝坡口的基本形式与尺寸》GB985—88)。

(8) 不同厚度及宽度的材料对接时,应作平缓过渡并符合下列规定:

1)不同厚度的板材或管材对接接头受拉时，其允许厚度差值(t_1-t_2)应符合表 3.1.4.2—2 的规定。当超过表 3.1.4.2—2 的规定时应将焊缝焊成斜坡状，其坡度最大允许值为 1：2.5；或将较厚板的一面或两面及管材的内壁或外壁在焊前加工成斜坡，其坡度最大允许值应为 1：2.5(图 3.1.4.2)。

2)不同宽度的板材对接时，应根据工厂及工地条件采用热切割、机械加工或砂轮打磨的方法使之平缓过渡，其连接处最大允许坡度值应为 1：2.5(图 3.1.4.2)。

3.2.4.3 主要机具

焊接用机械设备表 表 3.2.4.3 - 1

设备名称	设备型号	数量	设备能力
埋弧焊机	NAZ-1000		1000A
焊剂烘干箱	HJ-50		5m ³
柴油发电机	200kw		200kw
焊接滚轮架	HGZ-5A		5t
翼缘矫正机	YTJ-50		50mm

工厂加工检验设备、仪器、工具表 表 3.1.4.3 - 2

设备名称	设备型号	数量	设备能力
超声波探伤仪	ECHOPE220		10～500mm
数字温度仪	RKCDP—500		0～1300℃
膜测厚仪	345FB—MK II		0～1250pm
数字钳形电流表	2003		2000A,1000V
温湿度仪	WHM5		温 10～4012，湿 0～100%
焊缝检验尺	SK		
磁粉探伤仪	DA—400S		
游标卡尺			0～150mm
钢卷尺	50m		
钢卷尺	30m		

3.2.4.4 作业条件

(1)用于埋弧焊的焊剂应符合设计规定。焊剂在使用前应按产品说明书规定的烘焙时间和烘焙温度进行烘焙，不得含灰尘、铁屑和其他杂物。

(2)焊前应对焊丝仔细清理，去除铁锈和油污等杂质。

(3)焊接作业区的相对湿度不得大于 90%。

(4)当焊件表面潮湿或有冰雪覆盖时，应采取加热去湿除潮措施。

(5)焊接作业区环境温度低于 0℃时，应将构件焊接区各方向大于或等于两倍钢板厚度且不小于 100mm 范围内的母材，加热到 20℃以上后方可施焊，且在焊接过程中均不应低于这一温度。实际加热温度应根据构件构造特点、钢材类别及质量等级和焊接性、焊接材料

熔敷金属扩散氢含量、焊接方法和焊接热输入等因素确定，其加热温度应高于常温下的焊接预热温度，并由焊接技术责任人员制定出作业方案经认可后方可实施。作业方案应保证焊工操作技能不受环境低温的影响，同时对构件采用必要的保温措施。

3.2.5 材料和质量要求

3.2.5.1 材料的关键要求

- (1) 所用钢材及焊接材料均应符合设计图纸和规程的要求。
- (2) 焊接材料的品种、规格、性能等应符合现行国家产品标准和设计要求。
- (3) 重要钢结构采用的焊接材料应进行抽样复验，复验结果应符合现行国家产品标准和设计要求。
- (4) 焊剂不应受潮结块。

3.2.5.2 技术关键要求

焊工应严格按照焊接工艺及技术操作规程施焊。

3.2.5.3 质量关键要求

建筑钢结构焊接质量检查应由专业技术人员担任，并须经岗位培训取得质量检查员岗位合格证书。

3.2.5.4 职业健康安全关键要求

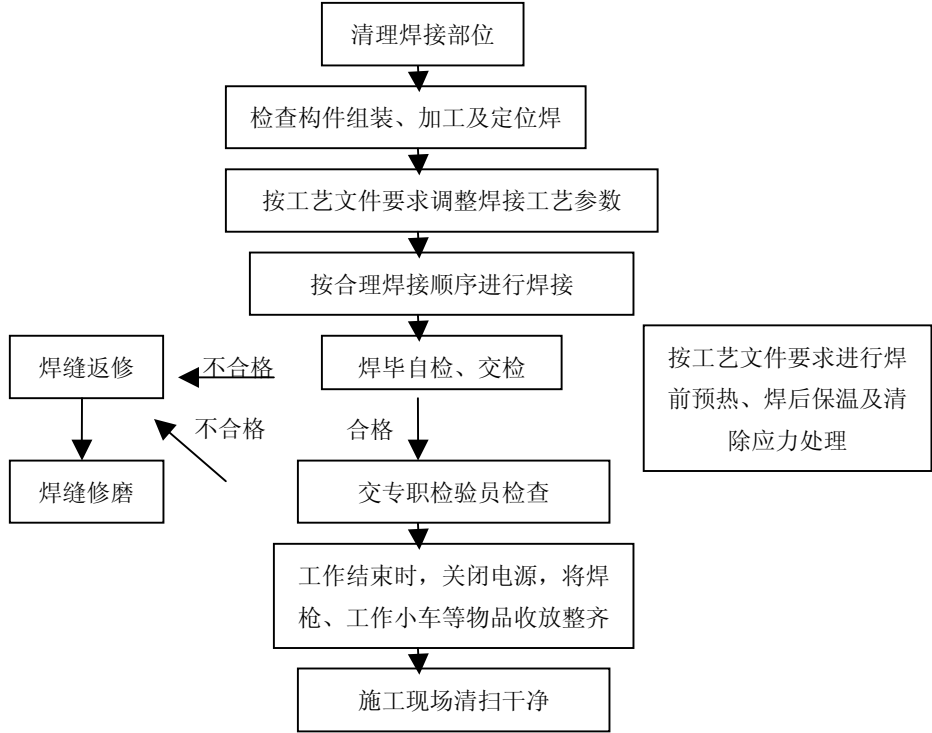
焊工须有合格证及施焊资格，禁止无证上岗。

3.2.5.5 环境关键要求

雪、雨天气时，禁止露天焊接。构件焊区表面潮湿或有冰雪时，必须清除干净方可施焊。在四级以上风力焊接时，应采取防风措施。

3.2.6 施工工艺

3.2.6.1 工 艺 流 程



3.2.6.2 操作工艺

(1) 埋弧自动焊工艺参数选择

1)焊丝直径可根据焊接电流选择合适的焊丝直径，见表 3.2.6.2－1。

不同直径焊丝适用的焊接电流范围表 3.2.6.2—1

焊丝直径(mm)	2	3	4	5	6
电流密度(A / mm ²)	63~125	50~85	40~63	35~50	28~42
焊接电流(A)	200~400	350~600	500~800	700~1000	820~1200

」

电弧电压电弧电压要与焊接电流匹配，可参考表 3.2.6.2－2

电弧电压与焊接电流的配合 表 3.2.6.2—2

焊接电流(A)	600~700	700~850	850~1000	1000~1200
电弧电压(V)	36~38	38~40	40~42	42~44

注：焊丝直径 5mm，交流。

(2) 埋弧自动焊工艺参数示例

- 1)不开坡口留间隙双面焊工艺参数，见表 3.2.6.2—3。
- 2)对接接头埋弧自动焊宜按表 3.2.6.2—4 选定焊接参数。
- 3)厚板深坡口焊接工艺参数，见表 3.2.6.2—5。
- 4)搭接接头的埋弧自动焊宜按表 3.2.6.2—6 选定焊接参数。
- 5)T 形接头的单道埋弧自动焊焊接参数宜按表 3.2.6.2—7 选定。
- 6) 船形 T 形接头的单道埋弧自动焊焊接参数宜按表 3.2.6.2—8 选定。

不开坡口留间隙双面埋弧自动焊工艺参数




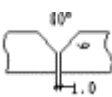
表 3.2.6.2—3

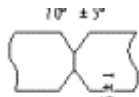
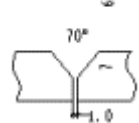
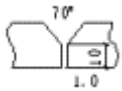
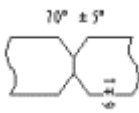
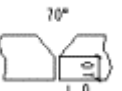
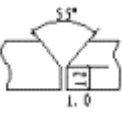
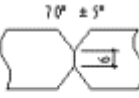
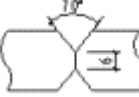
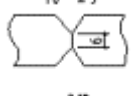
焊件厚度 (mm)	装配间隙(mm)	焊接电流 (A)	焊接电压(V)		焊接速度(m/h)
			交流	直流反接	
10~12	2~3	750~800	34~36	32~34	32
14~16	3~4	775~825	34~36	32~34	30
18~20	4~5	800~850	36~40	34~36	25
22~24	4~5	850~900	38~42	36~38	23
26~28	5~6	900~950	38~42	36~38	20
30~32	6~7	950~1000	40~44	38~40	16

注：焊剂 431，焊丝直径 5mm。

两面采用同一工艺参数，第一次在焊剂垫上施焊。

对接接头埋弧自动焊参数 表 3.2.6.2 - 4

板厚 (mm)	焊丝 直 径	接头形式	焊接顺序	焊接参数		
				焊接电流(A)	电弧电压(V)	焊接速度(m / min)
8	4		正	440~480	30	0.50
			反	480~530	31	
10	4		正	530~570	31	0.63
			反	590~640	33	
12	4		正	620~660	35	0.42
			反	680~720	35	
14	5		正	830~850	36~38	0.42
			反	600~620	35~38	


16	4		正	530~570	31	0.63
	5		反	590~640	33	0.42
			正	620~660	35	0.41
			反	680~720		
18	5		正	850	36~38	0.33
			反	800		0.46
20	4		正	780~820	29~32	0.33
	5		反	700~750	36~38	0.46
20	6		正	925	36	0.45
			反	850	38	
22	6		正	1000	38~40	0.40
			反	900~950	37~39	0.62
24	4		正	700~720	36~38	0.31
	5		反	700~750		
			正	800	34	0.3
			反	900	38	0.27
28	4		正	825	30~32	0.27
30	4		正	750~800	36~38	0.30
	6		反	800~850	36	0.25
			正	800		
			反	850~900		

厚壁多层埋弧焊工艺参数 表 3.2.6.2—5

接头形式	焊丝直径(mm)	焊接电流 (A)	电弧电压(V)		焊接速度
			交流	直流	
	4	600~7100	36~38	34~36	0.4~0.5

			4	600~7100	36~38	34~36	0.4~0.5	
			5	700~800	38~42	36~40	0.45~0.55	
搭接接头埋弧自动焊工艺参数 表 3.2.6.2—6								
板厚 (mm)	焊脚 (mm)	焊丝 直径 (mm)	焊接参数			a (mm)	α (°)	简图
			焊接电 流(A)	电弧电 压(A)	焊接速度 (m/mim)			
6		4	530	32~34	0.75	0	55~60	
8	7	4	650	32~34	0.75	1.5~2.0	55~60	
10	7	4	600	32~34	0.75	1.5~2.0	55~60	
12	6	5	780	32~35	1	1.5~2.0	55~60	

T 形接头单道埋弧自动焊焊接参数 表 3.2.6.2 - 7

焊脚 (mm)	焊丝 直径 (mm)	焊接 电流 (mm)	电弧 电压 (V)	焊接速 度 (m/min)	送丝速 度 (m/min)	a (mm)	b (mm)	α (°)	简图
6	4~5	600~ 650	30~ 32	0.7	0.67~ 0.77	2~ 2.5	≤1.0	60	
8	4~5	650~ 770	30~ 32	0.42	0.67~ 0.83	2.0~ 3.0	1.5~ 2.0	60	

船形位置 T 形接头的单道埋弧

自动焊焊接参数 表 3.2.6.2 - 8

焊脚(mm)	焊丝直径(mm)	焊接电流(A)	电弧电压(V)	焊接速度 (m/min)	送丝速度 (m/min)
6	5	600~700	34~36		0.77~0.83
8	4	675~700	34~36	0.33	1.83
	5	700~750	34~36	0.42	0.83~0.92
	4	725~750	34~36	0.27	2.0
	5	750~800	34~36	0.3	0.9~1

(3) 除按以上各条确定焊接参数外，焊接前尚应按工艺文件的要求调整焊接电流、电弧电压、焊接速度、送丝速度等参数后方可正式施焊。

(4) 施焊前，焊工应检查焊接部位的组装和表面清理的质量，如不符合要求，应修磨补焊合格后方能施焊。焊接坡口组装允许偏差值应符合表 3.2.4.2—2~表 3.2.4.2—3 的规定。坡口组装间隙超过允许偏差规定时，可在坡口单侧或两侧堆焊、修磨使其符合要求，但当坡

口组装间隙超过较薄板厚度 2 倍或大于 20mm 时，不应用堆焊方法增加构件长度和减少组装间隙。

(5) T 形接头、十字形接头、角接接头和对接接头主焊缝两端，必须配置引弧板引出板，其材质应和被焊母材相同，坡口形式应与被焊焊缝相同，禁止使用其他材质的材料充当引弧板和引出板。

(6) 非手工电弧焊焊缝引出长度应大于 80mm。其引弧板和引出板宽度应大于 80mm，长度宜为板厚的 2 倍且不小于 100mm，厚度应不小于 10mm。

(7)焊接完成后，应用火焰切割去除引弧板和引出板，并修磨平整。不得用锤击落引弧板和引出板。

(8)厚度 12mm 以下板材，可不开坡口，采用双面焊，正面焊电流稍大，熔深达 65%～70%，反面达 40%～55%。厚度大于 12～20mm 的板材，单面焊后，背面清根，再进行焊接。厚度较大板，开坡口焊，一般采用手工打底焊。

(9)填充层总厚度低于母材表面 1～2mm，稍凹，不得熔化坡口边。

(10)盖面层使焊缝对坡口熔宽每边 3mm±1mm，调整焊速，使余高为 0～3mm。

(11)不应在焊缝以外的母材上打火引弧。

(12)除电渣焊、气电立焊外，Ⅰ、Ⅱ类钢材匹配相应强度级别的低氢型焊接材料并采用中等热输入进行焊接时，板厚与最低预热温度要求宜符合表 3.2.6.2-9 的规定。实际工程结构施焊时的

预热温度，尚应满足下列规定：

常用结构钢材最低预热温度要求 表 3.2.6.2 - 9

钢材牌号	接头最厚部件的板厚 t(mm)				
	t<25	25≤t≤40	40<t≤60	60<t≤80	t>80
Q235	—	—	60℃	80℃	100℃
Q295、Q345	—	60℃	80℃	100℃	140℃

注：本表适应条件：

- 1.接头形式为坡口对接，根部焊道，一般拘束度。
- 2.热输入约为 15～25kJ / cm。
- 3.采用低氢型焊条，熔敷金属扩散氢含量(甘油法)
E4315、E4316 不大于 8mL / 100g；
E5015、E5016、E5515、E5516 不大于 6mL / 100g；
E6015、E6016 不大于 4mL/100g。
- 4.一般拘束度，指一般焊缝的接头未施加限制收缩变形的刚性固定，也未处于结构最终封闭安装或局部返修焊接条件下面具有一定自由度；
- 5.环境温度为常温；
- 6.焊接接头板厚不同时，应按厚板确定预热温度；焊接接头材质不同时，按高强度、高碳当量的钢材确定预热温度。

1)根据焊接接头的坡口形式和实际尺寸、板厚及构件约束条件确定预热温度。焊接坡口角度及间隙增大时，应相应提高预热温度。

板厚 t (mm)	f (mm) (a+2)/2 反变形角度 (平均值)	B (mm)											
		150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700
		<p>The diagram shows a Y-shaped cross-section. The top horizontal width is labeled 'B'. The width of the two side arms at the top is labeled 'b'. The thickness of the side arms is labeled 'c'. The central stem has a downward-pointing arrow indicating its direction.</p>											

12	1° 30'40"	2	2.5	3	4	4.5	5						
14	1° 22'40"	2	2.5	3	3.5	4	5	5.5					
16	1° 4'	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4	4.5	5	5		
20	1°	1	2	2	2.5	3	3.5	4	4.5	4.5	5	5	
25	55'	1	1.5	2	2.5	3	3	3.5	4	4	4.5	5	5
28	34'20"	1	1	1	1.5	2	2	2	2.5	2.5	3	3.5	3.5
30	27'20"	0.5	1	1	1	1.5	1.5	2	2	2	2.5	2.5	3
36	17'20"	0.5	0.5	0.5	1	1	1	1	1.5	1.5	1.5	1.5	2
40	11'20"	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	1	1	1	1	1	1

焊接收缩量 表 3.2.6.2 - 11

结构类型	焊件特征和板厚	焊缝收缩量(mm)
钢板对接	各种板厚	长度方向每米焊缝 0.7; 宽度方向每个接口 1.0
实腹结构及焊接 H 形钢	断面高小于等于 1000mm 且板厚小于 25mm	四条纵焊缝每米共缩 0.6, 焊透梁高收缩 1.0; 每对加劲焊缝, 梁的长度收缩 0.3
	断面高小于等于 1000mm 且板厚大于 25mm	四条纵焊缝每米共缩 1.4, 焊透梁高收缩 1.0; 每对加劲焊缝, 梁的长度收缩 0.7
	断面高大于 1000mm 的各种板厚	四条纵焊缝每米共缩 0.2, 焊透梁高收缩 1.0; 每对加劲焊缝, 梁的长度收缩 0.5
结构式结构	屋架、托架、支架等轻型桁架	接头焊缝每个接口为 1.0; 搭接贴角焊缝每米 0.5
	实腹柱及重型桁架	搭接贴角焊缝每米 0.25
圆筒形结构	板厚小于等于 16mm	直焊缝每个接口周长收缩 1.0; 环焊缝每个接口周长收缩 1.0
	板厚大于 16mm	直焊缝每个接口周长收缩 2.0; 环焊缝每个接口周长收缩 2.0

2)当零件采用热加工成型时, 加热温度应控制在 900~1000℃; 碳素结构钢和低合金结构钢在温度下降到 700℃和 800℃之前, 应结束加工; 低合金结构钢应自然冷却。

检查数量: 全数检查。

检验方法: 检查制作工艺报告和施工记录。

3.2.7 质量标准

3.2.7.1 主控项目

(1) 焊接材料的品种、规格、性能等应符合现行国家产品标准和设计要求。。

检查数量: 全数检查。

检验方法: 检查焊接材料的质量合格证明文件、中文标志及检验报告等。

(2) 重要钢结构采用的焊接材料应进行抽样复验，复验结果应符合现行国家产品标准和设计要求。

检查数量：全数检查。

检验方法：检查复验报告。

(3) 焊条、焊丝、焊剂、电渣焊熔嘴等焊接材料与母材的匹配应符合设计要求和国家现行行业标准《建筑钢结构焊接技术规程》JGJ81 的规定。焊条、焊剂、药芯焊丝、熔嘴等在使用前，应按其产品说明书及焊接工艺文件的规定进行烘焙和存放。

检查数量：全数检查。

检验方法：检查质量证明书和烘焙记录。

(4) 焊工必须经考试合格并取得合格证书。持证焊工必须在其考试合格项目及其认可范围内施焊。

检查数量：全数检查。

检验方法：检查焊工合格证及其认可范围、有效期。

(5) 施工单位对其首次采用的钢材、焊接材料等，应进行焊接工艺评定，并应根据评定报告确定焊接工艺。

检查数量：全数检查。

检验方法：检查焊接工艺评定报告。

(6) 设计要求全熔透的一、二级焊缝应采用超声波探伤进行内部缺陷的检验，不能对缺陷作出判断时，应采用射线探伤，其内部缺陷分级及探伤方法应符合现行国家标准《钢焊缝手工超声波探伤方法和探伤结果分级法》GB11345 或《钢熔化焊对接接头射线照相和质量分级》GB3323 的规定。

一级、二级焊缝的质量等级及缺陷分级应符合表 3.2.7.1 的规定。

检查数量：全数检查。

检验方法：检查焊缝探伤报告。

一级、二级焊缝的质量等级及缺陷分级 表 3.2.7.1

焊缝质量等级		一级	二级
内部缺陷超声波探伤	评定等级	Ⅱ	Ⅲ
	检验等级	B 级	B 级
	探伤比例	100%	20%
内部缺陷射线探伤	评定等级	Ⅱ	Ⅲ
	检验等级	AB 级	AB 级
	探伤比例	100%	20%

注：探伤比例的计数方法应按以下原则确定：(1) 对工厂制作焊缝，应按每条焊缝计算百分比，且探伤长度应不小于 200mm，当焊缝长度不足 200mm 时，应对整条焊缝进行探伤；(2) 对现场安装焊缝，应按同一类型、同一施焊条件的焊缝条数计算百分比，探伤长度应不小于 200mm，并应不小于 1 条焊缝。

(7) 焊缝表面不得有裂纹、焊瘤、烧穿、弧坑等缺陷。一级、二级焊缝不得有表面气孔、

夹渣、弧坑裂纹、电弧擦伤等缺陷；且一级焊缝不得有咬边、未焊满等缺陷。

检查数量：每批同类构件抽查 10%，且不应少于 3 件；被抽查构件中，每一类型焊缝按条数抽查 5%，且不应少于 1 条；每条检查 1 处，总抽查数不应少于 10 处。

检验方法：观察检查或使用放大镜、焊缝量规和钢尺检查，当存在疑义时，采用渗透或磁粉探伤检查。

(8)T 形接头、十字接头、角接接头等要求熔透的对接和角对接组合焊缝，其焊脚尺寸不应小于 $t/4$ (图 3.2.7.1a、b、c)；设计有疲劳验算要求的吊车梁或类似构件的腹板与上翼缘连接焊缝的焊脚尺寸为 $t/2$ (图 3.2.7.1d)，且不应大于 10mm。焊脚尺寸的允许偏差为 0~4mm。

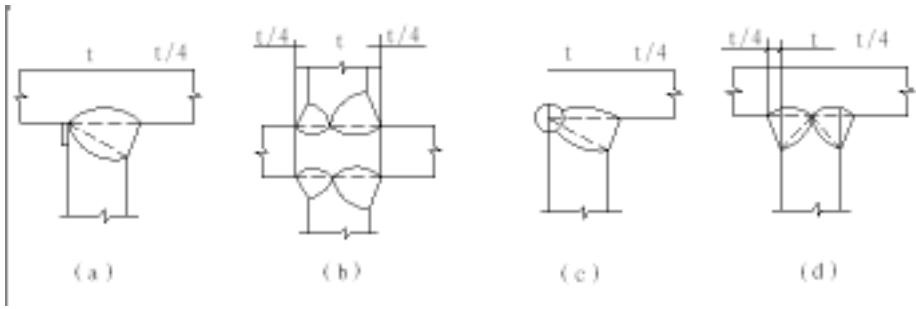


图 3.2.7.1

检查数量：资料全数检查；同类焊缝抽查 10%，且不应少于 3 条。

检验方法：观察检查，用焊缝量规抽查测量。

3.2.7.2 一般项目

(1) 焊条外观不应有药皮脱落、焊芯生锈等缺陷；焊剂不应受潮结块。

检查数量：按量抽查 1%，且不应少于 10 包。

检验方法：观察检查。

(2) 对于需要进行焊前预热或焊后热处理的焊缝，其预热温度或后热温度应符合国家现行有关标准的规定或通过工艺试验确定。预热区在焊道两侧，每侧宽度均应大于焊件厚度的 1.5 倍以上，且不应小于 100mm；后热处理应在焊后立即进行，保温时间应根据板厚按每 25mm 板厚 1h 确定。

检查数量：全数检查。

检验方法：检查预、后热施工记录和工艺试验报告。

(3) 二级、三级焊缝外观质量标准应符合表 3.2.7.2—1 的规定。三级对接焊缝应按二级焊缝标准进行外观质量检验。

检查数量：每批同类构件抽查 10%，但不应少于 3 件；被抽查构件中，每一类型焊缝应按条数各抽查 5%，但不应少于 1 条；每条检查 1 处，总抽查处不应少于 10 处。

检验方法：观察检查或使用放大镜、钢尺和焊缝量规检查。

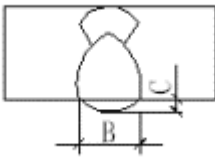
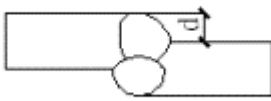
二级、三级焊缝外观质量标准(mm) 表 3.2.7.2 - 1

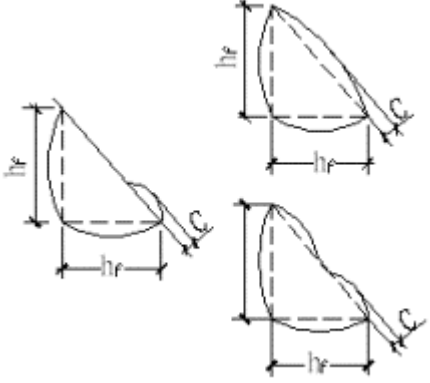
项目	允许偏差	
缺陷类型	二级	三级
为焊满(指不足设计要求)	$\leq 0.2+0.02t$, 且 ≤ 1.0	$\leq 0.2+0.04t$, 且 ≤ 2.0
	每 100.0 焊缝内缺陷总长 ≤ 25.0	
根部收缩	$\leq 0.2+0.02t$, 且 ≤ 1.0	$\leq 0.2+0.04t$, 且 ≤ 2.0
	长度不限	
咬边	$\leq 0.05t$, 且 ≤ 0.5 ; 连续长度 ≤ 100 , 两侧咬边总长度 \leq 总抽查长度的 10%	$\leq 0.1t$, 且 ≤ 1.0 , 长度不变
弧坑裂纹	—	允许存在个别长度 ≤ 5.0 的弧坑裂纹
电弧擦伤	—	允许存在个别电弧擦伤
接头不良	缺口深度 $0.05t$, 且 ≤ 0.5	缺口深度 $0.1t$, 且 ≤ 1.0
	每 1000.0 焊缝不应超过 1 处	
表面夹渣	—	深 $\leq 0.2t$, 长 $\leq 0.5t$, 且 ≤ 20.0
表面气孔	—	每 50.0 焊缝长度内允许直径 $\leq 0.4t$, 且 ≤ 3.0 的气孔 2 个, 孔距 ≥ 6 倍孔径

注：表内 t 为连接处较薄的板厚。

(4) 焊缝尺寸允许偏差应符合表 3.1.7.2—2 的规定。

焊缝尺寸允许偏差(mm) 表 3.2.7.2 - 2

序号	项目	图例	允许偏差	
			一、二级	三级
1	对接焊缝 余高 C		$B < 20$: $0 \sim 3.0$ $B \geq 20$: $0 \sim 4.0$	$B < 20$: $0 \sim 4.0$ $B \geq 20$: $0 \sim 5.0$
2	对接焊缝 错边 d		$d < 0.15t$, 且 ≤ 2.0	$d < 0.15t$, 且 ≤ 3.0
3	焊脚尺寸 h_f		$h_f \leq 6$: $0 \sim 1.5$ $h_f > 6$: $0 \sim 3.0$	

4	角焊缝余高 C		$h_f \leq 6:0 \sim 1.5$ $h_f > 6:0 \sim 3.0$
---	-----------	---	---

注：1. $h_f > 8.0\text{mm}$ 的角焊缝其局部焊脚尺寸允许低于设计要求值 1.0mm ，但总长度不得超过焊缝长度 10% ；
2. 焊接 H 形梁腹板与翼缘板的焊缝两端在其两倍翼缘板宽度范围内，焊缝的焊脚尺寸不得低于设计值。

检查数量：每批同类构件抽查 10% ，且不应少于 3 件；被抽查构件中，每一类型焊缝应按条数各抽查 5% ，但不应少于 1 条；每条检查 1 处，总抽查处不应少于 10 处。

检验方法：用焊缝量规检查。

（5）焊成凹形的角焊缝，焊缝金属与母材间应平缓过渡；加工成凹形的角焊缝，不得在其表面留下切痕。

检查数量：每批同类构件抽查 10% ，且不应少于 3 件。

检验方法：观察检查。

（6）焊缝感观应达到：外形均匀，成型良好，焊道与焊道、焊道与基本金属间过渡平滑，焊渣和飞溅物清理干净。

检查数量：每批同类构件抽查 10% ，但不应少于 3 件；被抽查构件中，每种焊缝按数量各抽查 5% ，总抽查处不应少于 5 处。

检验方法：观察检查。

3.2.8 成品保护

3.2.8.1 构件焊接后的变形，应进行成品矫正，成品矫正一般采用热矫正，加热温度不宜大于 650°C ，构件矫正应符合下列要求：

项目	允许偏差
柱底板平面度	5.0
桁架、腹杆弯曲	$1 / 1500$ 且不大于 5mm , 梁不准下挠
桁架、腹杆扭曲	$h / 250$ 且不大于 5.0mm
牛腿翘曲	当牛腿长度 ≤ 1000 时为 2
	当牛腿长度 > 1000 时为 3

3.2.8.2 凡构件上的焊瘤、飞溅、毛刺、焊疤等均应清理干净。要求平的焊缝应将焊缝余高磨平。

3.2.8.3 零、部件采用机械矫正法矫正，一般采用压力机进行。

3.2.8.4 根据装配工序对构件标识的构件代号，用钢印打入构件翼缘上，距端 500mm 范围内。构件编号必须按图纸要求编号，编号要清晰、位置要明显。

3.2.8.5 应在构件打钢印代号的附近，在构件上挂铁牌，铁牌上用钢印打号来表明构件编号。

3.2.8.6 用红色油漆标注中心线标记并打钢印。

3.2.8.7 钢构件制作完成后，应按照施工图的规定及《钢结构工程施工质量验收规范》进行验收，构件外形尺寸的允许偏差应符合上述规定中的要求。

3.2.8.8 钢结构件在工厂内制作完毕后，根据合同规定或业主的安排，由监理进行验收。验收合格者方可安排运输到现场。验收要填写记录报告。

3.2.8.9 验收合格后才能进行包装。包装应保护构件不受损伤，零件不变形，不损坏，不散失。

3.2.8.10 包装应符合运输交通部门的有关部门规定，超限构件的运输应在制作之前向有关交通部门办理超限货物运输手续。

3.2.8.11 现场安装用的连接零件，应分号捆扎出厂发运。

3.2.8.12 成品发运应填写发运清单。

3.2.8.13 运输由钢结构加工厂直接运输到现场。根据现场总调度的安排，按照吊装顺序一次运输到安装使用位置，避免二次倒运。

3.2.8.14 超长、超宽构件安排在夜间运输，并在运输车前后设引路车和护卫车，以保证运输的安全。

3.2.9 安全环保措施

3.2.9.1 认真贯彻执行国家有关安全生产法规，认真贯彻执行有关施工安全规程。同时结合公司实际，制定安全生产制度和奖罚条例，并认真执行。

3.2.9.2 牢固树立“安全第一”的思想，坚持预防为主的方针，对职工经常进行安全生产教育。定期开展安全活动，充分认识安全生产的重要性，掌握一定的安全生产知识，对职工进行安全生产培训。在安全生产上，一定要克服麻痹思想。

3.2.9.3 坚持所有进入车间的人员必须戴安全帽，每天上班前检查车间用气体的安全措施。

3.2.9.4 搞好安全用电。所有电缆、用电设备的拆除、车间照明等均由专业电工担任，要使用的电动工具，必须安装漏电保护器，值班电工要经常检查、维护用电线路及机具，保持良好状态，保证用电安全。

3.2.9.5 各种施工机械编制操作规程和操作人员岗位责任制，专机专人使用保管，特殊工种必须持证上岗。

3.2.9.6 切实搞好防火。氧气、乙炔气、CO₂ 气要放在规定的安全处，并按规定正确使用。

用，车间、工具房、操作平台等处设置足够数量的灭火器材。电焊、气割时，先注意周围环境有无易燃物后再进行工作。

3.2.9.7 做好防暑降温、防风、防雨、防台风和职工劳动保护工作。

3.2.9.8 起重指挥要果断，指令要简单、明确。按“十不吊”操作规程认真执行。

3.2.9.9 定期进行安全大检查。

3.2.9.10 库房材料成堆、成型、成色进库，整洁干净。钢材必须按规格品种堆放整齐；油漆材料、焊材等辅助材料要存放在通风库房，并堆放整齐。

3.2.9.11 保持车间整洁干净，成品、半成品、零件、余料等材料要分别堆放，并有标识以便识别。

3.2.9.12 要使食堂、厕所等特殊部位保持清洁。防止流行性病毒的传播，积极采取预防措施，保证职工健康。

3.2.9.13 场容整洁，宣传标志、安全标志醒目。

3.2.9.14 加强现场消防，治安保卫工作。

3.2.9.15 对施工人员进行文明施工教育，加强职工的文明施工意识。

3.2.9.16 实行区域管理，划分责任范围，定期进行文明施工检查。

3.2.9.17 切实加强火源管理。车间禁止吸烟，电、气焊及焊接作业时应清理周围的易燃物，消防工具要齐全，动火区域要安放灭火器，并定期检查。

3.2.9.18 废料要及时清理，并在指定地点堆放，保证施工场地的清洁和施工道路的畅通。

3.2.9.19 做好成品的外观及形体保护，减少污染。

3.2.10 质量记录

钢结构(钢构件焊接)分项工程检验批质量验收应按表 3.2.10 进行记录。

钢结构(钢构件焊接)分项工程检验批质量验收记录 表 3.2.10

工程名称		检验批部位		
施工单位		项目经理		
监理单位		总监理工程师		
施工依据标准		分包单位负责人		
主控项目		合格质量标准	施工单位检验评定记录	监理(建设)单位验收记录或结果
1	焊接材料进场			
2	焊接材料复验			
3	材料匹配			
4	焊工证书			

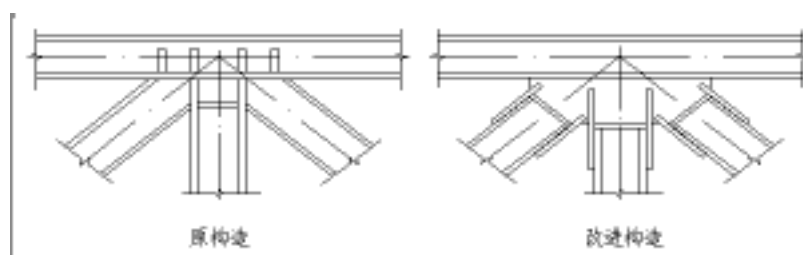
形 不 良	堆积高度 过大	1.电流过大而电压过低 2.上坡焊时倾角过大 3.环缝焊接位置不当 (相对于焊件的直径和 焊接速度)	防止: 消除:	1.调节规范 2.调整上坡焊倾角 3.相对于一定的焊件直径和焊 接速度, 确定适当的焊接位置 去除表面多余部分, 并打磨圆 滑
	焊缝金属 满溢	1.焊接速度过慢 2.电压过大 3.下坡焊时倾角过大 4.环缝焊接位置不当 5.焊接时前部焊剂过少 6.焊丝向前弯曲	防止: 消除:	1.调节焊速 2.调节电压 3.调整下坡焊倾角 4.相对于一定的焊件直径和焊 接速度, 确定适当的焊接位置 5.调整焊剂覆盖状况 6.调节焊丝矫直部分 去除后适当刨槽并重新覆盖
	中间凸起 而两边凹 陷	药粉圈过低并有粘渣, 焊接时熔渣被粘渣拖 压	防止: 消除:	提高药粉圈, 使焊剂覆盖高度 达 30~40mm 1.提高药粉圈, 去除粘渣 2.适当补焊或去除重焊
	咬边	1.焊丝位置或角度不正 确 2.焊接规范不当	防止: 消除:	1.调整焊丝 2.调节规范, 去除夹渣 补焊
	未熔合	1.焊丝未对准 2.焊缝局部弯曲过甚	防止: 消除:	1.调整焊丝 2.精心操 去除缺陷部分后补焊
	未焊透	1.焊接规范不当(如电 流过小, 电压过高) 2.坡口不合适 3.焊丝未对准	防止: 消除:	1.调整规范 2.修整坡口 3.调节焊丝 去除缺陷部分后补焊, 严重的 需整条返修
	内部 夹渣	1.多层焊时, 层间清渣 不干净 2.多层分道焊时, 焊丝 位置不当	防止: 消除:	1.层间清渣彻底 2.每层焊后发现咬边夹渣必须 清除修复 去除缺陷部分后补焊
	气孔	1.接头未清理干净 2.焊剂潮湿 3.焊剂(尤其是焊剂垫) 中混有垃圾 4.焊剂覆盖层厚度不当 或焊剂斗阻塞 5.焊丝表面清理不够 6.电压过高	防止: 消除:	1.接头必须清理干净 2.焊剂按规定烘干 3.焊剂必须过滤、吹灰、烘干 4, 调节焊剂过滤层高度, 疏 通焊剂斗 5.焊丝必须清理, 清理后应尽 快使用 6.调节电压 去除缺陷部分后补焊
	裂纹	1.焊件、焊丝、焊剂等 材料配合不当	防止:	1.合理选配焊接材料 2.选用合格焊丝

	2.焊丝中含碳、硫量较高 3.焊接区冷却速度过快而致热影响区硬化 4.多层焊的第一道焊缝截面过小 5.焊缝形状系数太小 6.角焊缝熔深太大 7.焊接顺序不合理 8.焊件刚度大	消除:	3.适当降低焊速以及焊前预热和焊后缓冷 4.焊前适当预热或减小电流,降低焊速(双面焊适用) 5.调整焊接规范和改进坡口 6.调整规范和改变极性(直流) 7.合理安排焊接顺序 8.焊前预热和焊后缓冷 去除缺陷部分后补焊
焊穿	焊接规范及其他工艺因素配合不当	防止: 消除:	选择适当规范 缺陷处修整后补焊

附录 2 当设计对厚板有 Z 向性能要求时的焊接工艺措施

(1) 选择合理的焊接节点连接形式应选择合适的节点连接形式,以减小局部区域由于焊缝收缩而引起的应力集中或尽量避免钢板 Z 向受拉。

- 1)在满足要求焊透深度的前提下,采用较小的焊接坡口角度及间隙。
- 2)在角接接头中,采用对称坡口或偏向侧板的坡口,减小板厚方向承受的收缩应力。
- 3)采用对称坡口,减小焊接收缩应力。
- 4)在 T 形或角接接头中,不应在板厚方向受焊接拉应力的板材的端部设置焊缝,而应使该板厚方向受拉的板材端部伸出接头焊缝区。
- 5)在 T 形、十字形接头中采用过渡段,以对接接头取代 T 形、十字形接头。
- 6)对大型连接节点,建议采用下图的构造设计来避免或减少厚度方向的应变。



(2) 焊材及母材选择

- 1)对有特殊部位的部位,可选用 Z 向延性性能好的钢材。
- 2)在满足受力要求的前提下,尽可能选择屈服强度低的焊条。

(3) 使用涂层和垫层

采用软金属丝(一般为低强度的焊条)做垫层,使收缩变形发生在焊缝中。或在节点焊缝处涂焊一层低强度高延性焊接金属,让焊缝收缩变形发生在涂焊金属中。

(4) 防止层状撕裂的工艺措施

- 1)T 形焊接时,在母材板面用低强度焊材先堆焊塑性过渡层。

2) 厚板焊接时,可采用低氢型、超低氢型焊条或气体保护焊施焊,并适当提高预热温度。

3) 当板厚在 80mm 以上时,对 II 类或 II 类以上钢材箱形柱角焊缝,板边火焰切割面宜用机械方法去除淬硬层。

4) 对大尺寸熔透焊,可采用窄焊道焊接技术,并选择合理的焊道次序,以控制收缩变形。焊接过程中,应用锤击法来消除焊缝残余应力。

3.3 钢结构熔嘴电渣焊焊接施工工艺标准

3.3.1 总则

3.3.1.1 适用范围

本施工工艺标准适用于桁架或网架(壳)结构、多层或高层梁柱框架结构等工业与民用建筑和一般构筑物的钢结构工程中。

3.3.1.2 编制参考标准及规范

- (1) 《焊接用钢丝》GB1300
- (2) 《钢结构工程施工质量验收规范》GB50205—2001
- (3) 《建筑钢结构焊接技术规程》JGJ81—2002

3.3.2 术语、符号

3.3.2.1 术语

- (1) 母材: 被焊接的材料统称。
- (2) 焊缝金属: 构成焊缝的金属,一般是熔化的母材和填充金属凝固形成的那部分金属。
- (3) 层间温度: 多层焊时,停焊后继续焊之前,其相邻焊道应保持的最低温度。
- (4) 定位焊缝: 焊前为装配和固定焊接接头的位置而施焊的短焊缝。

3.3.2.2 符号

I —电流。

3.3.3 基本规定

3.3.3.1 为在建筑钢结构焊接中贯彻执行国家的技术经济政策,做到技术先进、经

济合理、安全适用、确保质量，制定本工艺标准。

3.3.3.2 钢结构焊接，必须按施工图的要求进行，并应遵守现行《钢结构工程施工质量验收规范》GB50205—2001 的规定。

3.3.3.3 钢结构的焊接工作，必须遵守国家现行的安全技术和劳动保护等有关规定。

3.3.3.4 钢结构的焊接，除应执行本标准外，尚应符合国家现行的有关标准。

3.3.4 施工准备

3.3.4.1 技术准备

在构件制作前，工厂应按施工图纸的要求以及《建筑钢结构焊接技术规程》的要求进行焊接工艺评定试验。生产制造过程应严格按工艺评定的有关参数和要求进行，通过跟踪检测，如发现按照工艺评定规范生产质量不稳定，应重做工艺评定，以使质量稳定。

根据施工制造方案和钢结构技术规范以及招标文件的有关要求编制各类施工工艺，组织有关部门进行工艺评审。

3.3.4.2 材料要求

(1) 钢材及焊接材料应按施工图的要求选用，其性能和质量必须符合国家标准和行业规定的规定，并应具有质量证明书或检验报告。如果用其他钢材和焊材代换时，须经设计单位同意，并按相应工艺文件施焊。

(2) 按指定焊丝的牌号和规格使用。

3.3.4.3 主要机具

焊接用机械设备表 表 3.3.4.3 - 1

设备名称	设备型号	数量	设备能力
熔嘴电渣焊机			
焊剂烘干箱	HJ—50		5m ³
柴油发电机	200KW		200KW
焊接滚轮架	HGZ—5A		5t
翼缘矫正机	YTJ—50		50mm

工厂加工检验设备、仪器、工具表 表 3.3.4.3 - 2

设备名称	设备型号	数量	设备能力
超声波探伤仪	ECHOPE220		10~500mm
数字温度仪	RKCDP—500		0~1300℃
膜测厚仪	345FB—MKII		0~1250μm
数字钳形电流表	2003		2000A,1000V

温湿度仪	WHM5		温 10~40℃，湿 0~100℃
焊缝检验尺	SK		
磁粉探伤仪	DA—400S		
游标卡尺			0~150m
钢卷尺	50m		
钢卷尺	30m		

3.3.4.4 作业条件

(1) 熔嘴电渣焊不允许露天作业。当气温低于 0℃，相对湿度大于或等于 90%，网路电压严重波动时不得施焊。

(2) 焊接区应保持干燥、不得有油、锈和其他污物。

(3) 熔嘴电渣焊焊剂在使用前应按产品说明书规定的烘焙时间和烘焙温度进行烘焙，不得含灰尘、铁屑和其他杂物。烘干温度一般为 250℃，时间 2h。

4) 熔嘴孔内受潮、生锈或沾有污物时不得使用。

5) 熔嘴不应有明显锈蚀和弯曲，用前 250℃、1h 烘干，在左右存放和待用。

6) 焊丝的盘绕应整齐紧密，没有硬碎弯、锈蚀和油污。焊丝盘上的焊丝量最少不得少于焊一条焊缝所需焊丝量。

7) 所有焊机的各部位均应处于正常工作状态。

8) 焊机的电流表、电压表和调节旋钮刻度指数的指示正确性和偏差数要清楚明确。

9) 保证电源的供应和稳定性，避免焊接中途断电和网压波动过大。

10) 施焊前，焊工应复核焊接件的接头质量和焊接区域的坡口、间隙、钝边等的处理情况。当发现有不符合要求时，应修整合格后方可施焊。

3.3.5 材料和质量要求

3.3.5.1 材料的关键要求

(1) 焊接材料的品种、规格、性能等应符合现行国家产品标准和设计要求。

(2) 重要钢结构采用的焊接材料应进行抽样复验，复验结果应符合现行国家产品标准和设计要求。

(3) 熔嘴不应有明显锈蚀和弯曲；焊剂不应受潮结块。

(4) 所用钢材及焊接材料的规格、型号、材质以及外观检查，均应符合设计图纸和规程的要求。

3.3.5.2 技术关键要求

焊工应严格按照焊接工艺及技术操作规程施焊。

3.3.5.3 质量关键要求

建筑钢结构焊接质量检查应由专业技术人员担任，并须经岗位培训取得质量检查员岗位合格证书。

3.3.5.4 职业健康安全关键要求

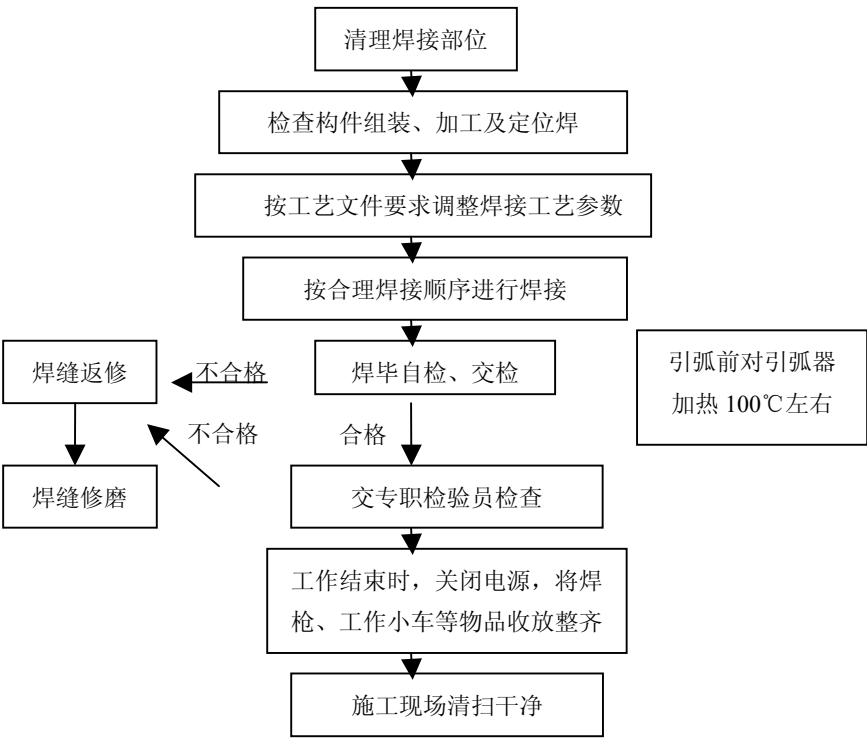
焊工须有合格证及施焊资格，禁止无证上岗。

3.3.5.5 环境关键要求

熔嘴电渣焊不允许露天作业。当气温低于 0℃、相对湿度大于或等于 90%、网路电压严重波动时不得施焊。

3.3.6 施工工艺

3.3.6.1 工艺流程



3.3.6.2 操作工艺

(1) 施焊前，检查组装间隙的尺寸，装配缝隙应保持在 1mm 以下；当缝隙大于 1mm

时，应采取措施进行修整和补救。

(2) 检查焊接部位的清理情况，焊接断面及其附近的油污、铁锈和氧化物等污物必须清除干净。

(3) 焊道两端应按工艺要求设置引弧板和熄弧板。

(4) 安装管状熔嘴并调整对中，熔嘴下端距引弧板底面距离一般为 15~25mm。

(5) 焊接电流的选择可按下述经验公式进行计算：

$$I=KF$$

式中 I ——平均焊接电流，A；

F ——管状熔嘴截面积， mm^2 ；

K ——比例系数，一般取 5~7。

(6) 在保证焊透的情况下，电压尽可能低一些。焊接电压一般可在 35~55V 之间选取。

(7) 引弧时，电压应比正常焊接过程中的电压高 3~8V，渣池形成后恢复正常焊接电压。

(8) 焊接速度可在 1.5~3m/h 的范围内选取。

(9) 常用的送丝速度范围为 200~300m/h，造渣过程中选取 200m/h 为宜。

(10) 渣池深度通常为 35~55mm。

(11) 焊接启动时，慢慢投入少量焊剂，一般为 35~50g，焊接过程中应逐渐少量添加焊剂。

(12) 焊接过程中，应随时检查熔嘴是否在焊道的中心位置上，严禁熔嘴和焊丝过偏。

(13) 焊接电压随焊接过程而变化，焊接过程中随时注意调整电压。

(14) 焊接过程中注意随时检查焊件的炽热状态，一般约在 800℃(樱红色)以上时熔合良好；当不足 800℃时，应适当调整焊接工艺参数，适当增加渣池内总热量。

(15) 当焊件厚度低于 16mm 时，应在焊件外部安装铜散热板或循环水散热器。

(16) 焊缝收尾时应适当减小焊接电压，并断续送进焊丝，将焊缝引到熄弧板上收尾。

(17) 熔嘴电渣焊不作焊前预热和焊后热处理，只是引弧前对引弧器加热 100℃左右。

(18) 在组装好的构件上施焊，应严格按焊接工艺规定的参数以及焊接顺序进行，以控制焊后构件变形。

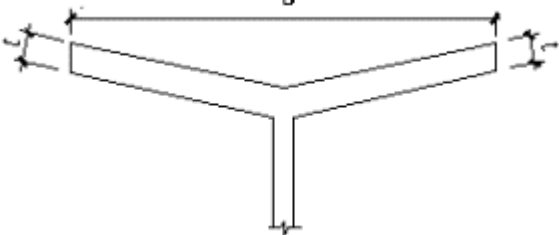
(19) 因焊接而变形的构件，可用机械(冷矫)或在严格控制温度的条件下加热(热矫)的方法进行矫正。

1) 普通低合金结构钢冷矫时，工作地点温度不得低于-16℃；热矫时，其温度值应控制在 750~900℃之间。

2) 普通碳素结构钢冷矫时工作地点温度不得低于-20℃；热矫时其温度不得超过 900℃。

3) 同一部位加热矫正不得超过 2 次，并应缓慢冷却，不得用水骤冷。

焊接反变形参考数值 表 3.3.6.2 - 1

板厚 t (mm)	f(mm) (a+2)/2 反变形角度 (平均值)												
		150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700
													
12	1° 30'40"	2	2.5	3	4	4.5	5						
14	1° 22'40"	2	2.5	3	3.5	4	5	5.5					
16	1° 4'	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4	4.5	5	5		
20	1°	1	2	2	2.5	3	3.5	4	4.5	4.5	5	5	
25	55'	1	1.5	2	2.5	3	3	3.5	4	4	4.5	5	5
28	34'20"	1	1	1	1.5	2	2	2	2.5	2.5	3	3.5	3.5
30	27'20"	0.5	1	1	1	1.5	1.5	2	2	2	2.5	2.5	2
36	17'20"	0.5	0.5	0.5	1	1	1	1	1.5	1.5	1.5	1.5	2
40	11'20"	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	1	1	1	1	1	1

焊接收缩量 表 3.3.6.2—2

结构类型	焊件特征和板厚	焊缝收缩量(mm)
钢板对接	各种板厚	长度方向每米焊缝 0.7; 宽度方向每个接口 1.0
实腹结构 及焊接 H 型钢	断面高小于等于 1000mm 且板厚小于 25mm	四条纵焊缝每米共缩 0.6, 焊透梁高收缩 1.0; 每对加劲焊缝, 梁的长度收缩 0.3
	断面高小于等于 1000mm 且板厚大于 25mm	四条纵焊缝每米共缩 1.4, 焊透梁高收缩 1.0; 每对加劲焊缝, 梁的长度收缩 0.7
	断面高大于 1000mm 的各种板厚	四条纵焊缝每米共缩 0.2, 焊透梁高收缩 1.0; 每对加劲焊缝, 梁的长度收缩 0.5
结构式结构	屋架、托架、支架等轻型桁架	接头焊缝每个接口为 1.0; 搭接贴角焊缝每米 0.5
	实腹柱及重型桁架	搭接贴角焊缝每米 0.25
圆筒形结构	板厚小于等于 16mm	直焊缝每个接口周长收缩 1.0; 环焊缝每个接口周长收缩 1.0
	板厚大于 16mm	直焊缝每个接口周长收缩 2.0; 环焊缝每个接口周长收缩 2.0

3.3.7 质量标准

3.3.7.1 主控项目

(1) 焊接材料的品种、规格、性能等应符合现行国家产品标准和设计要求。

检查数量：全数检查。

检验方法：检查焊接材料的质量合格证明文件、中文标志及检验报告等。

(2) 重要钢结构采用的焊接材料应进行抽样复验，复验结果应符合现行国家产品标准和设计要求。

检查数量：全数检查。

检验方法：检查复验报告。

(3) 焊条、焊丝、焊剂、电渣焊熔嘴等焊接材料与母材的匹配应符合设计要求和国家现行行业标准《建筑钢结构焊接技术规程》JGJ81 的规定。焊条、焊剂、药芯焊丝、熔嘴等在使用前，应按其产品说明书及焊接工艺文件的规定进行烘焙和存放。

检查数量：全数检查。

检验方法：检查质量证明书和烘焙记录。

(4) 焊工必须经考试合格并取得合格证书。持证焊工必须在其考试合格项目及其认可范围内施焊。

检查数量：全数检查。

检验方法：检查焊工合格证及其认可范围、有效期。

(5) 施工单位对其首次采用的钢材、焊接材料、焊接方法、焊后热处理等，应进行焊接工艺评定，并应根据评定报告确定焊接工艺。

检查数量：全数检查。

检验方法：检查焊接工艺评定报告。

(6) 设计要求全熔透的一、二级焊缝应采用超声波探伤进行内部缺陷的检验，超声波探伤不能对缺陷作出判断时，应采用射线探伤，其内部缺陷分级及探伤方法应符合现行国家标准《钢焊缝手工超声波探伤方法和探伤结果分级法》GB11345 或《钢熔化焊对接接头射线照相和质量分级》GB3323 的规定。

一级、二级焊缝的质量等级及缺陷分级应符合表 3.3.7.1 的规定。

检查数量：全数检查。

检验方法：检查焊缝探伤报告。

(7) 焊缝表面不得有裂纹、焊瘤、烧穿、弧坑等缺陷。一级、二级焊缝不得有表面气孔、夹渣、弧坑裂纹、电弧擦伤等缺陷；且一级焊缝不得有咬边、未焊满等缺陷。

检查数量：每批同类构件抽查 10%，且不应少于 3 件；被抽查构件中，每一类型焊缝按条数抽查 5%，且不应少于 1 条；每条检查 1 处，总抽查数不应少于 10 处。

一级、二级焊缝的质量等级及缺陷分级 表 3.3.7.1

焊缝质量等级		一级	二级
内部缺陷超声波探伤	评定等级	II	III
	检验等级	B 级	B 级
	探伤比例	100%	20%
内部缺陷射线探伤	评定等级	II	III
	检验等级	AB 级	AB 级
	探伤比例	100%	20%

注：探伤比例的计数方法应按以下原则确定：

(1) 对工厂制作焊缝，应按每条焊缝计算百分比，且探伤长度应不小于 200mm；当焊缝长度不足 200mm 时，应对整条焊缝进行探伤；

(2) 对现场安装焊缝，应按同一类型、同一施焊条件的焊缝条数计算百分比，探伤长度应不小于 200mm，并应不小于 1 条焊缝。

检验方法：观察检查或使用放大镜、焊缝量规和钢尺检查；当存在疑义时，采用渗透或磁粉探伤检查。

(8)T 形接头、十字接头、角接接头等要求熔透的对接和角对接组合焊缝，其焊脚尺寸不应小于 $t/4$ (图 3.3.7.1a、b、c)；设计有疲劳验算要求的吊车梁或类似构件的腹板与上翼缘连接焊缝的焊脚尺寸为 $t/2$ (图 3.3.7.1d)，且不应大于 10mm。焊脚尺寸的允许偏差为 0~4mm。

检查数量：资料全数检查；同类焊缝抽查 10%，且不应少于 3 条。

检验方法：观察检查，用焊缝量规抽查测量。

3.3.7.2 一般项目

(1) 二级、三级焊缝外观质量标准应符合表 3.3.7.2 的规定。三级对接焊缝应按二级焊缝标准进行外观质量检验。

检查数量：每批同类构件抽查 10%，但不应少于 3 件；被抽查构件中，每一类型焊缝应按条数各抽查 5%，但不应少于 1 条；每条检查 1 处，总抽查处不应少于 10 处。

检验方法：观察检查或使用放大镜、钢尺和焊缝量规检查。

二级、三级焊缝外观质量标准(mm)表 3.3.7.2

项目	允许偏差	
缺陷类型	二级	三级
为焊满(指不足设计要求)	$\leq 0.2+0.02t$ ，且 ≤ 1.0	$\leq 0.2+0.04t$ ，且 ≤ 2.0
	每 100.0 焊缝内缺陷总长 ≤ 25.0	
根部收缩	$\leq 0.2+0.02t$ ，且 ≤ 1.0	$\leq 0.2+0.04t$ ，且 ≤ 2.0
	长度不限	
咬边	$\leq 0.05t$ ，且 ≤ 0.5 ；连续长度 ≤ 100 ，两侧咬边总长度	$\leq 0.1t$ ，且 ≤ 1.0 ，长度不变

	≤总抽查长度的 10%	
弧坑裂纹	—	允许存在个别长度≤5.0 的弧坑裂纹
电弧擦伤	—	允许存在个别电弧擦伤
接头不良	缺口深度 0.05t, 且≤0.5	缺口深度 0.1t, 且≤1.0
	每 1000.0 焊缝不应超过 1 处	
表面夹渣	—	深≤0.2t, 长≤0.5t, 且≤20.0
表面气孔	—	每 50.0 焊缝长度内允许直径≤0.4t 且≤3.0 的气孔 2 个, 孔距≥6 倍孔径

注：t 为连接处较薄的板厚。

（2）焊成凹形的角焊缝，焊缝金属与母材间应平缓过渡；加工成凹形的角焊缝，不得在其表面留下切痕。

检查数量：每批同类构件抽查 10%，且不应少于 3 件。

检验方法：观察检查。

（3）焊缝感观应达到：外形均匀，成型良好，焊道与焊道、焊道与基本金属间过渡平滑，焊渣和飞溅物清理干净。

检查数量：每批同类构件抽查 10%，但不应少于 3 件；被抽查构件中，每种焊缝按数量各抽查 5%，总抽查处不应少于 5 处。

检验方法：观察检查。

3.3.8 成品保护

3.3.8.1 构件焊接后的变形，应进行成品矫正，成品矫正一般采用热矫正，加热温度不宜大于 650℃，构件矫正应符合表 3.3.8.1 的要求：

表 3.3.8.1

项目	允许偏差
柱底板平面度	5.0mm
桁架、腹杆弯曲	L / 1500 且不大于 5mm, 梁不准下挠
桁架、腹杆扭曲	H / 250 且不大于 5.0mm
牛腿翘曲	当牛腿长度≤1000 时为 2mm
	当牛腿长度>1000 时为 3mm

3.3.8.2 凡构件上的焊瘤、飞溅、毛刺、焊疤等均应清理干净。要求平的焊缝应将焊缝余高磨平。

3.3.8.3 零、部件采用机械矫正法矫正，一般采用压力机进行。

3.3.8.4 根据装配工序对构件标识的构件代号，用钢印打入构件翼缘上，距端 500mm 范围内。构件编号必须按图纸要求编号，编号要清晰、位置要明显。

3.3.8.5 应在构件打钢印代号的附近，在构件上挂铁牌，铁牌上用钢印打号来表明构件编号。

3.3.8.6 用红色油漆标注中心线标记并打钢印。

3.3.8.7 钢构件制作完成后，应按照施工图的规定及《钢结构工程施工质量验收规范》进行验收，构件外形尺寸的允许偏差应符合上述规定中的要求。

3.3.8.8 钢构件在工厂内制作完毕后，根据合同规定或业主的安排，由监理进行验收。验收合格者方可安排运输到现场。验收要填写记录报告。

3.3.8.9 验收合格后才能进行包装。包装应保护构件不受损伤，零件不变形，不损坏，不散失。

3.3.8.10 包装应符合运输交通部门的有关部门规定，超限构件的运输应在制作之前向有关交通部门办理超限货物运输手续。

3.3.8.11 现场安装用的连接零件，应分号捆扎出厂发运。

3.3.8.12 成品发运应填写发运清单。

3.3.8.13 运输由钢结构加工厂直接运输到现场。根据现场总调度的安排，按照吊装顺序一次运输到安装使用位置，避免二次倒运。

3.3.8.14 超长、超宽构件安排在夜间运输，并在运输车前后设引路车和护卫车，以保证运输的安全。

3.3.9 安全环保措施

3.3.9.1 认真贯彻执行国家有关安全生产法规，认真贯彻执行有关施工安全规程。同时结合公司实际，制定安全生产制度和奖罚条例，并认真执行。

3.3.9.2 牢固树立“安全第一”的思想，坚持预防为主方针，对职工经常进行安全生产教育。定期开展安全活动，充分认识安全生产的重要性，掌握一定的安全生产知识，对职工进行安全生产培训。在安全生产上，一定要克服麻痹思想。

3.3.9.3 坚持所有进入车间的人员必须戴安全帽，每天上班前检查车间用气体的安全措施。

3.3.9.4 搞好安全用电。所有电缆、用电设备的拆除、车间照明等均由专业电工担任，要使用的电动工具，必须安装漏电保护器，值班电工要经常检查、维护用电线路及机具，保持良好状态，保证用电安全。

3.3.9.5 各种施工机械编制操作规程和操作人员岗位责任制，专机专人使用保管，特殊工种必须持证上岗。

3.3.9.6 切实搞好防火。氧气、乙炔气、CO₂气要放在规定的安全处，并按规定正确使用，车间、工具房、操作平台等处设置足够数量的灭火器材。电焊、气割时，先注意周围环境有无易燃物后再进行工作。

3.3.9.7 做好防暑降温、防风、防雨、防台风和职工劳动保护工作。

- 3.3.9.8 起重指挥要果断，指令要简单、明确。按“十不吊”操作规程认真执行。
- 3.3.9.9 定期进行安全大检查。
- 3.3.9.10 库房材料成堆、成型、成色进库，整洁干净。钢材必须按规格品种堆放整齐；油漆材料、焊材等辅助材料要存放在通风库房，并堆放整齐。
- 3.3.9.11 保持车间整洁干净，成品、半成品、零件、余料等材料要分别堆放，并有标识以便识别。
- 3.3.9.12 要使食堂、厕所等特殊部位保持清洁。防止流行性病毒的传播，积极采取预防措施，保证职工健康。
- 3.3.9.13 场容整洁，宣传标志、安全标志醒目。
- 3.3.9.14 加强现场消防，治安保卫工作。
- 3.3.9.15 对施工人员进行文明施工教育，加强员工的文明施工意识。
- 3.3.9.16 实行区域管理，划分责任范围，定期进行文明施工检查。
- 3.3.9.17 废料要及时清理，并在指定地点堆放，保证施工场地的清洁和施工道路的畅通。
- 3.3.9.18 做好成品的外观及形体保护，减少污染。

3.3.10 质量记录

钢结构(钢构件焊接)分项工程检验批质量验收应按表 3.3.10 进行记录。

钢结构(钢构件焊接)分项工程检验

批质量验收记录 表 3.3.10

工程名称			检验批部位		
施工单位			项目经理		
监理单位			总监理工程师		
施工依据标准			分包单位负责人		
主控项目		合格质量标准	施工单位检验 评定记录	监理(建设)单位验 收记录或结果	备注
1	焊接材料进场				
2	焊接材料复验				
3	材料匹配				
4	焊工证书				
5	焊接工艺评定				
6	内部缺陷				
7	组合焊缝尺寸				
8	焊缝表面缺陷				
一般项目		合格质量标准	施工单位检验 评定记录	监理(建设)单位验 收记录或结果	备注

1)对有特殊部位的部位,可选用 Z 向延性性能好的钢材。

2)在满足受力要求的前提下,尽可能选择屈服强度低的焊条。

(3) 使用涂层和垫层

采用软金属丝(一般为低强度的焊条)做垫层,使收缩变形发生在焊缝中。或在节点焊缝处涂焊一层低强高延性焊接金属,让焊缝收缩变形发生在涂焊金属中。

(4) 防止层状撕裂的工艺措施

1)T 形焊接时,在母材板面用低强度焊材先堆焊塑性过渡层。

2)厚板焊接时,可采用低氢型、超低氢型焊条或气体保护焊施焊,并适当提高预热温度。

3)当板厚在 80mm 以上时,对 II 类或 II 类以上钢材箱形柱角焊缝,板边火焰切割面宜用机械方法去除淬硬层。

4)对大尺寸熔透焊,可采用窄焊道焊接技术,并选择合理的焊道次序,以控制收缩变形。焊接过程中,应用锤击法来消除焊缝残余应力。

3.4 钢结构焊钉焊接施工工艺标准则

3.4.1 总则

3.4.1.1 适用范围

本标准适用于各类钢结构工程中的抗剪件、预埋件及锚固件,公称直径为 6~22mm 的焊钉(圆柱头焊钉、熔焊栓钉、剪力钉)。

3.4.1.2 编制参考标准及规范

(1)《圆柱头焊钉》GB10433

(2)《建筑钢结构焊接技术规程》JGJ81—2002

(3)《钢结构工程施工质量验收规范》GB50205—2001

3.4.2 基本规定

3.4.2.1 为保证施工焊接电源的电压稳定性,熔焊栓钉机的电源应单独布设;

3.4.2.2 施工前应进行焊接工艺评定,选择合格的焊接工艺进行施工。

3.4.3 施工准备

3.4.3.1 技术准备

施工单位应进行焊接工艺评定，结果应符合设计要求和国家现行的有关标准的规定。

根据工艺评定、设计和图纸深化的结果编制施工作业指导书，做好施工技术交底。

3.4.3.2 材料要求

根据栓钉的安装位置，熔焊栓钉适用的瓷环可分为穿透型的瓷环和普通瓷环。直接在压型钢板上安装的栓钉应使用穿透型的瓷环，在钢梁上安装的栓钉应使用普通型的瓷环。根据作业条件施工前应进行烘烤除湿。

3.4.3.3 施工机具

栓钉施工主要的专用设备为熔焊栓钉机。表 3.4.3.3 列出了日产 JSS—2500 型熔焊栓钉机的主要参数。

JSS - 2500 型熔焊栓钉机参数表 表 3.4.3.3

项目	参数
适用电压(V)	380±10%
电源频率(Hz)	50/60
电功率(电容量)(kV·A)	225
最大输出电压(V)	100
作用时间调节范围(s)	0.1~1.9
输出电流调节范围(A)	500~2500
适用的栓钉直径(mm)	8~25
适用温度(℃)	0~40
重量(kg)	420
外形尺寸(mm)	1080×630×825

其他最常用配合施工的工具为角向磨光机，用于安装栓钉时去除钢梁上的非导电型油漆。

熔焊栓钉施工时还必须配套安排焊接工艺特性较好的中型焊机(交直流均可)用于栓钉的补焊。

3.4.3.4 作业条件

钢结构构件表面的油漆应清除，没有露水、雨水、油及其他影响焊缝质量的污渍。空气相对湿度不大于 85%。

根据作业条件，施工所使用的栓钉和配套使用的瓷环应烘烤除湿。

3.4.4 材料和质量要点

3.4.4.1 材料的关键要求

(1) 焊钉化学成分如表 3.4.4.1—1 所示。

表 3.4.4.1—1

材料	化学成分(%)				
	C _{max}	Si _{max}	Mn	P _{max}	S _{max}
普碳钢	0.20	0.10	0.3~0.6	0.04	0.04

(2) 焊钉机械性能如 表 3.4.4.1—2 所示。

表 3.4.4.1—2

抗拉强度(N / mm ²)		屈服点(N / mm ²)	延伸率(%)
min	max	min	min
400	550	240	14

焊钉尺寸符合图 3.4.4.1 及表 3.4.4.1—3 所示。

(3) 焊钉经表面处理，其表面不允许有影响使用的裂纹、条痕、凹坑和毛刺等。

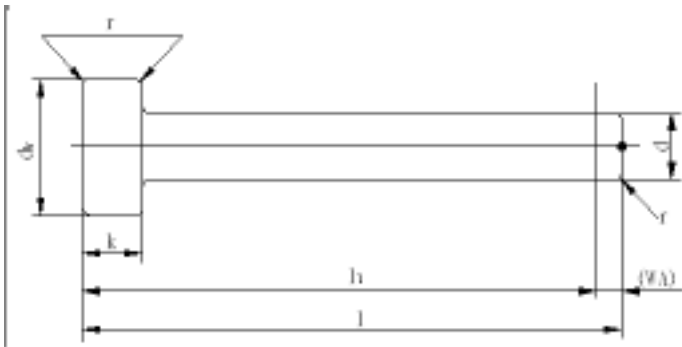


图 3.4.4.1

单位:mm 表 3.4.4.1—3

d	公称	6	8	10	13	16	19	22		
	min	5.76	7.71	9.71	12.65	15.65	18.58	21.58		
	max	6.24	8.29	10.59	13.35	16.35	19.42	22.42		
d_k	min	10.65	15.35	18.35	22.42	29.42	32.5	35.5		
	max	11.35	14.65	17.65	21.58	28.58	31.5	34.5		
k	min	5.48	7.58	7.58	10.58	10.58	10.58	12.7		
	max	5.00	7.00	7.00	10.00	10.00	12.00	12.00		
r	min	2	2	2	2	2	3	3		
WA(参考)		4	4	4	4	4	4	4		
公称长度 l_1		40	50	80	100	120	130	150	170	200

3.4.4.2 技术关键要求

(1) 应采用具备自动调节功能的焊接设备进行焊接，并采用独立的电源供电。如果两个或多个焊钉枪在同一焊接电源上使用，应采用联动互锁装置保证一次只有一把焊钉枪能使用，这样电源就只能在焊钉焊完后才开始下一次焊接。

(2) 焊接电压、电流、时间及焊钉枪提起和插下等参数应根据焊钉制造厂及设备制造厂的说明来进行。

3.4.4.3 质量关键要求

(1) 由于熔焊栓钉机的用电量很大，为保证焊接质量和其他用电设备的安全，必须单独设置电源。

(2) 每个焊钉都要带有一个瓷环来保护电弧的热量以及稳定电弧。电弧保护瓷环要保持干燥，如果表面有露水和雨水痕迹则应烘干后使用。

(3) 操作时，要待焊缝凝固后才能移去焊钉枪。

3.4.4.4 职业安全 and 环境保护的关键要求

(1) 由于熔焊栓钉机在已安装完毕的压型板上施工作业，移动频繁，因此应铺设专用的交通马道，供熔焊栓钉机转移工位之用。

(2) 为保证其他用电设备的安全用电和正常使用，应尽量安排在其他设备不使用的時候施工(如夜间施工)。

(3) 施工完毕，完全冷却之后应及时清除瓷环，集中处理。

3.4.5 施工工艺

3.4.5.1 工艺流程

熔焊栓钉施工工艺流程见图 3.4.5.1。

3.4.5.2 施工作业要点

(1) 正式焊接前试焊 1 个焊钉，用榔头敲击使剪力钉弯曲大约 30°，无肉眼可见裂纹方可开始正式焊接，否则应修改施工工艺；

(2) 每天的焊接完的焊钉都要从每根梁上选择两个栓钉用榔头敲弯约 30°，无肉眼可见裂纹方可继续焊接，否则应修改施工工艺；

(3) 如果有不饱满的或修补过的栓钉，要弯曲 15° 检验。榔头敲击方向应从焊缝不饱满的一侧进行。

进行弯曲试验合格的焊钉如结果合格，可保留弯曲状态。

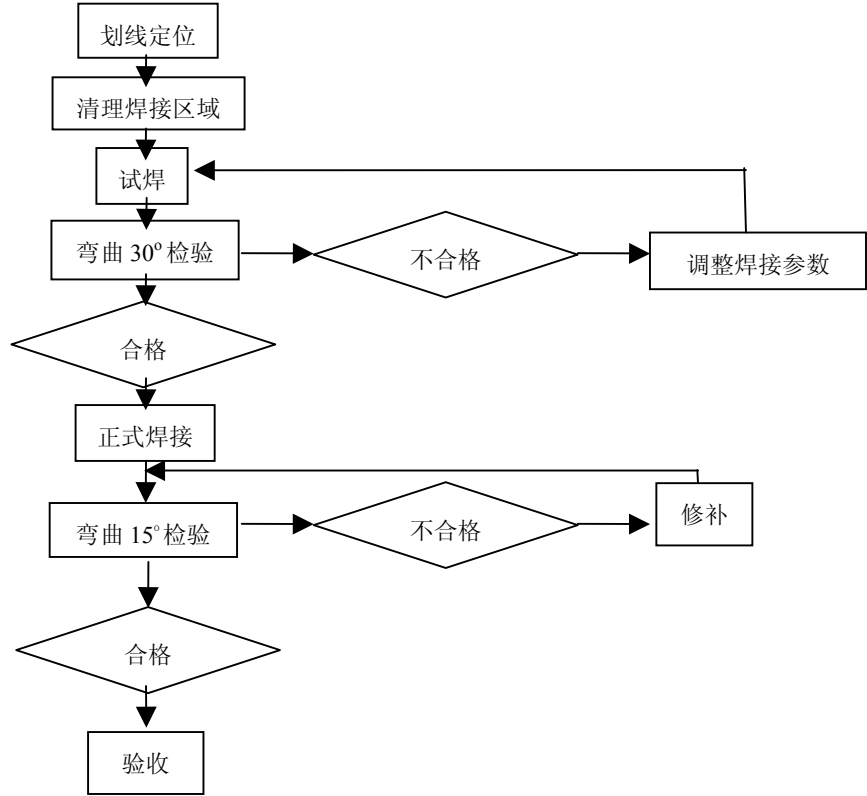


图 3.4.5.1 熔焊栓钉施工工艺流程图

3.4.6 质量检验

3.4.6.1 主控项目

（1）对焊钉和钢材焊接进行焊接工艺评定，其结果应符合设计要求和国家现行有关标准的规定。瓷环应按其产品说明书进行烘焙。

检验数量：全数检查。

检验方法：检查焊接工艺评定报告和烘焙记录。

（2）焊钉焊接后应进行弯曲试验检查，其焊缝和热影响区不应有肉眼可见的裂纹。

检查数量：每批同类构件抽查 10%，且不应少于 10 件；被抽查构件中，每件检查焊钉数量的 1%，但不应少于 1 个。

检验方法：焊钉弯曲 30° 后用角尺检查和观察检查。

3.4.6.2 一般项目

焊接完成后的焊钉跟部焊缝应均匀，焊脚立面的局部未熔合或不足 360° 的焊脚应进行

补焊。

检验数量：按焊钉总数的 1% 进行抽查，且不少于 10 个。

检验方法：观察检验。

3.4.7 安全环保措施

3.4.7.1 焊接操作工人应佩戴防护眼罩，穿防护服装。

3.4.7.2 单独进行施工电源布设。

3.4.7.3 焊接电源及焊钉枪要求接地可靠。

3.4.7.4 焊接时防止飞溅的熔渣引起火灾。

3.4.8 质量记录

熔焊栓钉的施工记录应执行《钢结构工程施工质量验收规范》GB50205—2001 和《建筑工程施工质量验收统一标准》GB50300—2001 的要求。

3.5 钢结构二氧化碳气体保护焊

3.5.1 焊接施工工艺标准

3.5.1.1 适用范围

本施工工艺标准适用于桁架或网架(壳)结构、多层或高层梁、柱框架结构等工业与民用建筑和一般构筑物的钢结构工程中。标准规定了碳素结构钢和低合金高强度钢的二氧化碳气体保护焊的基本要求。凡各工程的工艺中无特殊要求的结构件的二氧化碳气体保护焊均应按本标准规定执行。

3.5.1.2 编制参考标准及规范

- (1) 《二氧化碳气体保护焊用焊丝》GB8110
- (2) 《建筑钢结构焊接技术规程》JGJ81—2002
- (3) 《气焊、手工电弧焊及气体保护焊焊缝坡口的基本形式与尺寸》GB985—88
- (4) 《钢结构工程施工质量验收规范》GB50205—2001

3.5.2 术语、符号

3.5.2.1 术语

- (1) 母材：被焊接的材料统称。
- (2) 焊缝金属：构成焊缝的金属，一般是熔化的母材和填充金属凝固形成的那部分金属。
- (3) 层间温度：多层焊时，停焊后继续焊接之前，其相邻焊道应保持的最低温度。
- (4) 余高：高出焊趾连线部分的焊缝高度。
- (5) 定位焊缝：焊前为装配和固定焊接接头的位置而施焊的短焊缝。
- (6) 船形焊：T 形、十字形和角接接头处于平焊位置进行的焊接。

3.5.2.2 符号

- (1) t —板厚；
- (2) a —间隙；
- (3) p —钝边；
- (4) L —长度；
- (5) α —坡口角度；
- (6) B —宽度；
- (7) C —余高；
- (8) d —错边量；
- (9) h_f —焊脚尺寸；
- (10) I —焊接电流；
- (11) ϕ —焊条直径。

焊接方法及焊透种类代号应符合表 3.5.2.2—1 的规定；

接头形式及坡口形状代号应符合表 3.5.2.2—2 的规定；

焊接面及垫板种类代号应符合表 3.5.2.2—3 的规定；

焊接位置代号应符合表 3.5.2.2—4 的规定；

坡口各部分尺寸代号应符合表 3.5.2.2—5 的规定。

焊接方法及焊透种类代号 表 3.5.2.2—1

代号	焊接方法	焊透种类
MC	手工电弧焊接	完全焊透焊接
MP		部分焊透焊接
GC	气体保护电弧焊接	完全焊透焊接
GP		部分焊透焊接
SC	埋弧焊接	完全焊透焊接

SP		部分焊透焊接
----	--	--------

接头形式及坡口形状代号 表 3.5.2.2—2

接头形式		坡口形状	
代号	名称	代号	名称
B	对接接头	I	I 形坡口
		V	V 形坡口
		X	X 形坡口
U	U 形坡口	L	单边 V 形坡口
		K	K 形坡口
T	T 形接头	U ¹	U 形坡口
		J ¹	单边 U 形坡口
C	角接头	注：1—当钢板厚度≥50mm 时，可采用 U 形或 J 形坡口	

焊接面及垫板种类代号 表 3.5.2.2 - 3

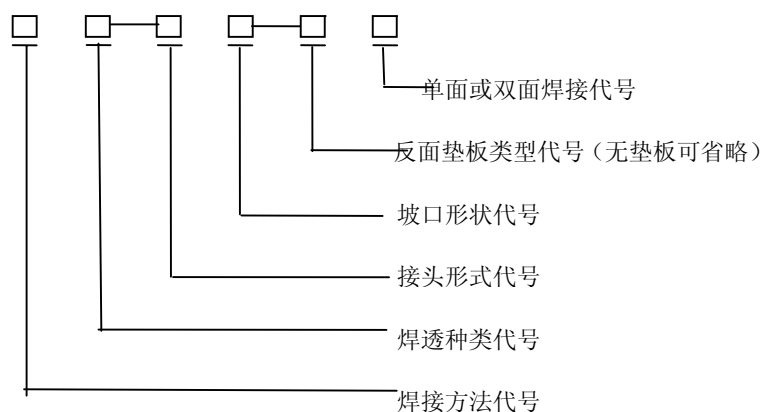
反面垫板种类		焊接面	
代号	使用材料	代号	焊接面规定
Bs	钢衬垫	1	单面焊接
B _F	其他材料的衬垫	2	双面焊接

焊接位置代号 表 3.5.2.2—4

代号	焊接位置	代号	焊接位置
F	平焊	V	立焊
H	横焊	O	仰焊

坡口各部分尺寸代号 表 3.5.2.2—5

代号	坡口各部分的尺寸
t	接缝部位的板厚(mm)
b	坡口根部间隙(mm)
H	坡口深度(mm)
p	坡口钝边(mm)
α	坡口角度(°)



标记示例：

二氧化碳气体保护焊、完全焊透、对接、I形坡口、背面加钢衬垫的单面焊接接头表示为 GC—BI—B_{sl}。

3.5.3 基本规定

3.5.3.1 为在建筑钢结构焊接中贯彻执行国家的技术经济政策，做到技术先进、经济合理、安全适用、确保质量，制定本工艺标准。

3.5.3.2 本标准适用于工业与民用建筑钢结构中普通碳素结构钢和低合金结构钢的焊接。

3.5.3.3 钢结构焊接，必须按施工图的要求进行，并应遵守现行《钢结构工程施工质量验收规范》GB50205—2001 的规定。

3.5.3.4 钢结构的焊接工作，必须遵守国家现行的安全技术和劳动保护等有关规定。

3.5.3.5 钢结构的焊接，除应执行本标准外，尚应符合国家现行的有关标准。

3.5.4 施工准备

3.5.4.1 技术准备

在构件制作前，工厂应按施工图纸的要求以及《建筑钢结构焊接技术规程》的要求进行焊接工艺评定试验。生产制造过程应严格按工艺评定的有关参数和要求进行，通过跟踪检测如发现按照工艺评定标准生产质量不稳定，应重做工艺评定，以达到质量稳定。

根据施工制造方案和钢结构技术规范以及招标文件的有关要求编制各类施工工艺，工厂应组织有关部门进行工艺评审。

3.5.4.2 材料要求

(1) 建筑钢结构用钢材及焊接填充材料的选用应符合设计图的要求，并应具有钢厂和焊接材料厂出具的质量证明书或检验报告，其化学成分、力学性能和其他质量要求必须符合

国家现行标准规定。当采用其他钢材和焊接材料替代设计选用的材料时，必须经原设计单位同意。

(2) 钢材的成分、性能复验应符合国家现行有关工程质量验收标准的规定；大型、重型及特殊钢结构的主要焊缝采用的焊接填充材料应按生产批号进行复验。复验应由国家技术监督部门认可的质量监督检测机构进行。

(3) 钢结构工程中选用的新材料必须经过新产品鉴定。钢材应由生产厂提供焊接性资料、指导性焊接工艺、热加工和热处理工艺参数、相应钢材的焊接接头性能数据等资料；焊接材料应由生产厂提供贮存及焊前烘焙参数规定、熔敷金属成分、性能鉴定资料及指导性施焊参数，经专家论证、评审和焊接工艺评定合格后，方可在工程中采用。

(4) 焊接 T 形、十字形、角接接头，当其翼缘板厚度大于或等于 40mm 时，设计宜采用抗层状撕裂的钢板。钢材的厚度方向性能级别应根据工程的结构类型、节点形式及板厚和受力状态的不同情况选择。

钢板厚度方向性能级别 Z15、Z25、Z35 相应的含硫量、断面收缩率应符合表 3.1.4.2—1 的规定。

(5) 焊丝应符合现行国家标准《熔化焊用钢丝》(GB / T14957)、《气体保护电弧焊用碳钢、低合金钢钢丝》(GB / T8110)及《碳钢药芯焊丝》(GB / T10045)、《低合金钢药芯焊丝》(GB / T17493)的规定。

(6) 气体保护焊使用的二氧化碳气体应符合国家现行标准《焊接用二氧化碳》(HG / T2537)的规定，大型、重型及特殊钢结构工程中主要构件的重要焊接节点采用的二氧化碳气体质量应符合该标准中优等品的要求，即其二氧化碳含量(V / V)不得低于 99.9%，水蒸气与乙醇总含量(m / m)不得高于 0.005%，并不得验出液态水。

(7)除第 (5)、(6) 条规定外，焊接材料尚应符合下列规定：

1)焊条、焊丝、焊剂和熔嘴应储存在干燥、通风良好的地方，由专人保管。

2)焊条、熔嘴、焊剂和药芯焊丝在使用前，必须按产品说明书及有关工艺文件的规定进行烘干。

3)实心焊丝及熔嘴导管应无油污、锈蚀，镀铜层应完好无损。

4)二氧化碳气体保护电弧焊所用的二氧化碳气瓶必须装有预热干燥器。

(8)焊件坡口形式的选择

要考虑在施焊和坡口加工可能的条件下，尽量减小焊接变形，节省焊材，提高劳动生产率，降低成本。一般主要根据板厚选择(见《气焊、手工电弧焊及气体保护焊焊缝坡口的基本形式与尺寸》GB985—88)。

(9)不同厚度及宽度的材料对接时，应作平缓过渡并符合下列规定：

1)不同厚度的板材或管材对接接头受拉时，其允许厚度差值 $(t_1 - t_2)$ 应符合表 3.1.4.2—2 的规定。当超过表 3.1.4.2—2 的规定时应将焊缝焊成斜坡状，其坡度最大允许值为 1 : 2.5；或将较厚板的一面或两面及管材的内壁或外壁在焊前加工成斜坡，其坡度最大允许值应为 1 : 2.5(图 3.1.4.2)。

2)不同宽度的板材对接时,应根据工厂及工地条件采用热切割、机械加工或砂轮打磨的方法使之平缓过渡,其连接处最大允许坡度值应为 1:2.5(图 3.1.4.2)。

3.5.4.3 主要机具

焊接用机械设备表 表 3.5.4.3 - 1

设备名称	设备型号	数量	设备能力
埋弧焊机	4L-20		20m ³
焊剂烘干箱	200KW		200KW
柴油发电机	YM-500KR		500A
焊接滚轮架	HGZ—5A		5t
翼缘矫正机	YTJ—50		50mm

工厂加工检验设备、仪器、工具表 表 3.5.4.3 - 2

设备名称	设备型号	数量	设备能力
超声波探伤仪	ECHOPE220		10~500m
数字温度仪	RKCDP—500		0~1300℃
膜测厚仪	345FB—MK II		0~1250 μm
数字钳形电流表	2003		2000A,1000V
温湿度仪	WHM5		温 10~40℃, 湿 0~100%
焊缝检验尺	SK		
磁粉探伤仪	DA—400S		
游标卡尺			0~150m
钢卷尺	50m		
钢卷尺	30m		

3.5.4.4 作业条件

(1) 焊接作业区风速当手工电弧焊超过 8m / s、气体保护电弧焊及药芯焊丝电弧焊超过 2m / s 时,应设防风棚或采取其他防风措施。制作车间内焊接作业区有穿堂风或鼓风机时,也应按以上规定设挡风装置。

(2) 焊接作业区的相对湿度不得大于 90%。

(3) 当焊件表面潮湿或有冰雪覆盖时,应采取加热去湿除潮措施。

(4) 焊接作业区环境温度低于 0℃时,应将构件焊接区各方向大于或等于二倍钢板厚度且不小于 100mm 范围内的母材,加热到 20℃以上后方可施焊,且在焊接过程中均不应低于这一温度。实际加热温度应根据构件构造特点、钢材类别及质量等级和焊接性、焊接材料熔敷金属扩散氢含量、焊接方法和焊接热输入等因素确定,其加热温度应高于常温下的焊接预热温度,并由焊接技术责任人员制定出作业方案经认可后方可实施。作业方案应保证焊工操作技能不受环境低温的影响,同时对构件采用必要的保温措施。

(5) 焊接作业区环境超出本条第 (1)、(4) 款规定但必须焊接时,应对焊接作业区设

置防护棚并制订出具体方案，连同低温焊接工艺参数、措施报监理工程师确认后方可实施。

3.5.5 材料和质量要求

3.5.5.1 材料的关键要求

- (1) 焊接材料的品种、规格、性能等应符合现行国家产品标准和设计要求。
- (2) 重要钢结构采用的焊接材料应进行抽样复验，复验结果应符合现行国家产品标准和设计要求。
- (3) 所用钢材及焊接材料的规格、型号、材质以及外观检查，均应符合设计图纸和规程的要求。

3.5.5.2 技术关键要求

焊工应严格按照焊接工艺及技术操作规程施焊。

3.5.5.3 质量关键要求

建筑钢结构焊接质量检查应由专业技术人员担任，并须经岗培训取得质量检查员岗位合格证书。

3.5.5.4 职业健康安全关键要求

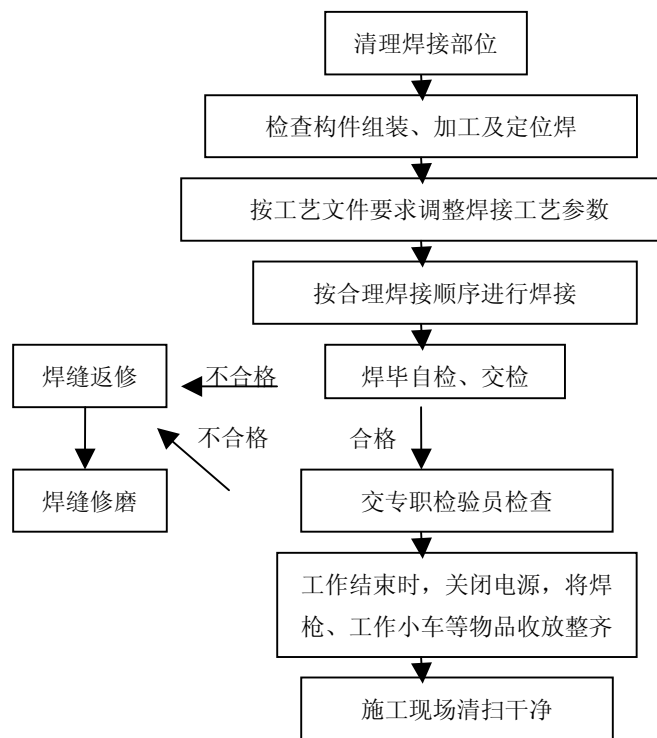
焊工须有合格证及施焊资格，禁止无证上岗。

3.5.5.5 环境关键要求

雨、雪天气时，禁止露天焊接。构件焊区表面潮湿或有冰雪时，必须清除干净方可施焊。在四级以上风力焊接时，应采取防风措施。

3.5.6 施工工艺

3.5.6.1 工艺流程



3.5.6.2 操作工艺

(1) 焊丝直径的选择根据板厚的不同选择不同的直径，为减少杂含量，尽量选择直径较大的焊丝，见表 3.5.6.2—1。

焊丝直径的选择 表 3.5.6.2 - 1

母材厚度	≤4	>4
焊丝直径	Φ0.5~ Φ1.2	Φ1.0~ Φ2.5

(2) 焊接电流和电弧电压的选择，见表 3.5.6.2—2。

常用焊接电流和电弧电压的范围 表 3.5.6.2 . 2

焊丝直径(mm)	短路过渡		细颗粒过渡	
	电流(A)	电压(V)	电流(A)	电压(V)
0.5	30~60	16~18		
0.6	30~70	17~19		
0.8	50~100	18~21		
1.0	70~120	18~22		
1.2	90~150	19~23	160~400	25~38
1.6	140~200	20~24	200~500	26~40
2.0			200~600	27~40
2.5			300~700	28~42
3.0			500~800	32~44

注：最佳电弧电压有时只有 1~2V 之差，要仔细调整。

(3) 典型的短路过渡焊接工艺参数，见表 3.5.6.2—3。

(4) 细颗粒过渡的电流下限值及电弧电压范围，见表 3.5.6.2—4。

(5) $\Phi 1.6$ 焊丝 CO_2 半自动焊常用工艺参数，如表 3.5.6.2—5。

不同直径焊丝典型的短路过渡焊接工艺参数 表 3.5.6.2—3

焊丝直径(mm)	$\Phi 0.8$	$\Phi 1.2$	$\Phi 1.6$
焊接电流(A)	100~110	120~135	140~180
电弧电压(V)	18	19	20

不同直径焊丝细颗粒过渡的电流下限值及电弧电压范围 表 3.5.6.2—4

焊丝直径(mm)	$\Phi 1.2$	$\Phi 1.6$	$\Phi 2.0$	$\Phi 3.0$	$\Phi 4.0$
焊接电流(A)	300	400	500	650	750
电弧电压(V)	34~45				

$\Phi 1.6$ 焊丝 CO_2 半自动焊常用工艺参数 表 3.5.6.2—5

熔滴过渡形式	焊接电流(A)	电弧电压(V)	气体流量(L / min)	适用范围
短路过渡	160	22	15~20	全位置焊
细颗粒过渡	400	39	20	平焊

(6) 半自动焊时，焊速不超过 0.5m / min。

(7) 二氧化碳气体保护焊必须采用直流反接。

(8) 施焊前，焊工应检查焊接部位的组装和表面清理的质量，如不符合要求，应修磨补焊合格后方能施焊。焊接坡口组装允许偏差值应符合表 3.5.4.2—2~表 3.5.4.2—3 的规定。坡口组装间隙超过允许偏差规定时，可在坡口单侧或两侧堆焊、修磨使其符合要求，但当坡口组装间隙超过较薄板厚度 2 倍或大于 20mm 时，不应用堆焊方法增加构件长度和减少组装间隙。

(9) T 形接头、十字形接头、角接接头和对接接头主焊缝两端，必须配置引弧板引出板，其材质应和被焊母材相同，坡口形式应与被焊焊缝相同，禁止使用其他材质的材料充当引弧板和引出板。

(10) 气体保护电弧焊焊缝引出长度应大于 25mm。其引弧板和引出板宽度应大于 50mm，长度宜为板厚的 1.5 倍且不小于 30mm，厚度应不小于 6mm。

(11) 焊接完成后，应用火焰切割去除引弧板和引出板，并修磨平整。不得用锤击落引弧板和引出板。

(12) 打底焊层高度不超过 4mm，填充焊时焊枪横向摆动，使焊道表面下凹，且高度低于母材表面 1.5~2mm；盖面焊时焊接熔池边缘应超过坡口棱边 0.5~1.5mm，防止咬边。

(13) 不应在焊缝以外的母材上打火、引弧。







(14)除电渣焊、气电立焊外，Ⅰ、Ⅱ类钢材匹配相应强度级别的低氢型焊接材料并采用中等热输入进行焊接时，板厚与最低预热温度要求宜符合表 3.5.6.2—6 的规定。实际工程结构施焊时的预热温度，尚应满足下列规定：

常用结构钢材最低预热温度要求 表 3.5.6.2 - 6

钢材牌号	接头最厚部件的板厚 $t(\text{mm})$				
	$t < 25$	$25 \leq t \leq 40$	$40 < t \leq 60$	$60 < t \leq 80$	$t > 80$
Q235	—	—	60℃	80℃	100℃
Q295、Q345	—	60℃	80℃	100℃	140℃

注：本表适应条件：

- 1.接头形式为坡口对接，根部焊道，一般拘束度；
- 2.热输入约为 15~25KJ / cm；
- 3.采用低氢型焊条，熔敷金属扩散氢含量(甘油法)
E4315、E4316 不大于 8mL / 100g；
E5015、E5016、E5515、E5516 不大于 6mL / 100g；
E6015、E6016 不大于 4mL / 100g；
- 4.一般拘束度，指一般角焊缝和坡口焊缝的接头未施加限制收缩变形的刚性固定，也未处于结构最终封闭安装或局部返修焊接条件下而具有一定自由度；
- 5.环境温度为常温；
- 6.焊接接头板厚不同时，应按厚板确定预热温度；焊接接头材质不同时，按高强度、高碳当量的钢材确定预热温度。
 - 1)根据焊接接头的坡口形式和实际尺寸、板厚及构件约束条件确定预热温度。焊接坡口角度及间隙增大时，应相应提高预热温度。
 - 2)根据熔敷金属的扩散氢含量确定预热温度。扩散氢含量高时应适当提高预热温度。当其他条件不变时，使用超低氢型焊条打底预热温度可降低 25~50℃。二氧化碳气体保护焊当气体含水量符合本标准第 3.5.4.2（6）条的要求或使用富氩混合气体保护焊时，其熔敷金属扩散氢可视同低氢型焊条。
 - 3)根据焊接时热输入的大小确定预热温度。当其他条件不变时，热输入增大 5kJ / cm，预热温度可降低 25~50℃。电渣焊和气电立焊在环境温度为 0℃以上施焊时可不进行预热。

板厚 (mm)	焊丝直径 (mm)	接头形式	装配间隙 (mm)	层数	焊接参数					备注
					焊接电流 (A)	电弧电压 (V)	焊接速度 (m/min)	焊丝外伸 长 (mm)	气体流量 (L/min)	
6	1.2		1.0~1.5	1	270	27	0.55	12~14	10~15	d 为焊丝直径
	1.6		1	1	400~430	36~38	0.80~	16~22	15~20	
	1.2		0~1	2	190 210	19 30	0.83	15	15	
	2.0		1.6~2.2	1 ~ 2	280~300	28~30	0.25 0.30~ 0.37	10d 但 不大于 40	16~18	
8	1.2		1~1.5	2	120~130	26~27	0.3~0.5	12~40	20	用铜垫板单面焊双坡型采用陡降外特性
	1.6		1	2	130~140	28~30	0.4~0.5	16~22	20~25	
	1.6		1.9~2.2	2	350~380	35~37	0.7	10d 但	16~18	
	2.0		1.9~2.2	2	400~430 450 350~360	36~38 41 6~38	0.48 0.40	不大于 40 10d 但 不大于 40	16	
8	2.0		1.9~2.2	3	400~420	34~36	0.45~0.5	10d 但	16~18	采用陡降外特性用铜垫板单面焊双成型用铜垫板双面焊双成型
	2.0		1.9~2.2	1	450~460	35~36	0.40~	不大于 40	16~18	
	2.5		1.9~2.2	1	600~650	41~43	0.47 0.40	10d 但 不大于 40 10d 但 不大于 40	20	
9	1.6		1.00~1.5	1	420 340	38	0.5 0.45	16~22	20 20	
	1.6			2	360	33.5 34		15		
10	1.2		1~1.5	2	130~140	20~30	0.3~0.5	15	20	V 形坡口
				2	280 ~300 300~320	30 ~ 33 37~ 39	0.25 ~ 0.30 0.70~ 0.82			
					300~320	37~39	0.70~	15	20	
					600~650	37~38	0.82 0.60	10d 但 不大于 40	20	
12	1.2		0~1.5	2	400~430	36~38	0.5	16~22	20~	自动焊或
	1.6		1.8~2.2	2	280~300	20~30	0.70	10d 但	26.7	

4)根据接头热传导条件选择预热温度。在其他条件不变时，T形接头应比对接接头的预热温度高 25～50℃。但 T 形接头两侧角焊缝同时施焊时应按对接接头确定预热温度。

5)根据施焊环境温度确定预热温度。操作地点环境温度低于常温时(高于 0℃)，应提高预热温度 15～25℃。

(15)定位焊必须由持相应合格证的焊工施焊，所用焊接材料应与正式施焊相当。定位焊缝应与最终焊缝有相同的质量要求。钢衬垫的定位焊宜在接头坡口内焊接，定位焊缝厚度不宜超过设计焊缝厚度的 2 / 3，定位焊缝长度宜大于 40mm，间距 500～600mm，并应填满弧坑。定位焊预热温度应高于正式施焊预热温度。当定位焊缝上有气孔或裂纹时，必须清除后重焊。

(16)对于非密闭的隐蔽部位，应按施工图的要求进行涂层处理后，方可进行组装；对刨平顶紧的部位，必须经质量部门检验合格后才能施焊。


(17)焊接工艺参数示例

1)焊丝 CO₂ 焊全熔透对接接头焊件的焊接工艺参数，见表 3.5.6.2—7。

2)焊丝 CO₂ 焊 T 形接头贴角焊焊件的焊接工艺参数，见表 3.5.6.2—8。

Φ1.2 焊丝 CO₂ 焊全熔透对接接头焊件的焊接工艺参数 表 3.5.6.2 - 7

Φ1.2 焊丝 CO₂ 焊 T 形接头贴角焊焊件的焊接工艺参数 表 3.5.6.2 - 8

接头形式	板厚 (mm)	焊丝直径(mm)	焊接参数				焊角尺寸(mm)	焊丝对中位置	备注
			焊接电流 (A)	电弧电压 (V)	焊接速度 (m/min)	气体流量 (l/min)			
	1.6	0.8~1.0	90	19	0.50	10~15	3.0		
	2.3	1.0~1.2	120	20	0.50	10~15	3.0		
	3.2	1.0~1.2	140	20.5	0.50	10~15	3.5		
	4.5	1.0~1.2	160	21	0.45	10~15	4.0		
	≥5	1.6	260~280	27~29	0.33~0.43	16~18	5~6		焊1层
	≥5	2.0	280~300	28~30	0.43~0.47	16~18	5~6		焊1层
	6	1.2	230	23	0.55	10~15	6.0		

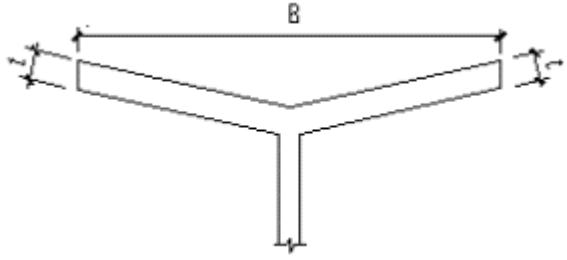
	6	1.6	300~320	3705		20	5.0		
	6	1.6	340	34		20	5.0		
	6	1.6	360	39~40	0.58	20	5.0		
	6	2.0	340~350	35		20	5.0		
	8	1.6	390~400	41		20~25	6.0		
	12.0	1.2	290	28	0.50	10~15	7.0		
	12.0	1.6	360	36	0.45	20	8.0		
	1.2	0.8~1.2	90	19	0.5	10~15		1	
	1.6	1.0~1.2	120	19	0.5	10~15		1	
	2.3	1.0~1.2	130	20	0.5	10~15		1	
	3.2	1.0~1.2	160	21	0.5	10~15		2	
	4.5	1.2	210	22	0.5	10~15		2	
	6.0	1.2	270	26	0.5	10~15		2	
	8.0	1.2	320	32	0.5	10~15		2	

(18)在组装好的构件上施焊，应严格按焊接工艺规定的参数以及焊接顺序进行，以控制焊后构件变形。

1)控制焊接变形，可采取反变形措施，其反变形参考值见表 3.5.6.2—9。 焊接收缩量参见表 3.5.6.2—10。

焊接反变形参考数值 表 3.5.6.2 - 9

板厚 t	f(mm)	B (mm)											
		150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700

(m m)	$(a+2)/2$ 反变形角度 (平均值)												
12	1° 30'40"	2	2.5	3	4	4.5	5						
14	1° 22'40"	2	2.5	3	3.5	4	5	5.5					
16	1° 4'	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4	4.5	5	5		
20	1°	1	2	2	2.5	3	3.5	4	4.5	4.5	5	5	
25	55'	1	1.5	2	2.5	3	3	3.5	4	4	4.5	5	5
28	34'20"	1	1	1	1.5	2	2	2	2.5	2.5	3	3.5	3.5
30	27'20"	0.5	1	1	1	1.5	1.5	2	2	2	2.5	2.5	2
36	17'20"	0.5	0.5	0.5	1	1	1	1	1.5	1.5	1.5	1.5	2
40	11'20"	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	1	1	1	1	1	1

焊接收缩量 表 3.5.6.2 - 10

结构类型	焊件特征和板厚	焊缝收缩量(mm)
钢板对接	各种板厚	长度方向每米焊缝 0.7; 宽度方向每个接口 1.0
实腹结构及 焊接 H 型钢	断面高小于等于 1000mm 且板厚小于 25mm	四条纵焊缝每米共缩 0.6, 焊透梁高收缩 1.0; 每对加劲焊缝, 梁的长度收缩 0.3
	断面高小于等于 1000mm 且板厚大于 25mm	四条纵焊缝每米共缩 1.4, 焊透梁高收缩 1.0; 每对加劲焊缝, 梁的长度收缩 0.7
	断面高大于 1000mm 的各种板厚	四条纵焊缝每米共缩 0.2, 焊透梁高收缩 1.0; 每对加劲焊缝, 梁的长度收缩 0.5
格构式结构	屋架、托架、支架等轻型桁架	接头焊缝每个接口为 1.0; 搭接贴角焊缝每米 0.5
	实腹柱及重型桁架	搭接贴角焊缝每米 0.25
圆筒形结构	板厚小于等于 16mm	直焊缝每个接口周长收缩 1.0 环焊缝每个接口周长收缩 1.0
	板厚大于 16mm	直焊缝每个接口周长收缩 2.0; 环焊缝每个接口周长收缩 2.0

2)在约束焊道上施焊,应连续进行;如因故中断,再焊时应对已焊的焊缝局部做预热处理。

3)采用多层焊时,应将前一道焊缝表面清理干净后再继续施焊。

(19)因焊接而变形的构件,可用机械(冷矫)或在严格控制温度的条件下加热(热矫)的方法进行矫正。

1)碳素结构钢在环境温度低于-16℃、低合金结构钢在环境温度低于-12℃时,不应进

行冷矫正和冷弯曲。碳素结构钢和低合金结构钢在加热矫正时，加热温度不应超过 900℃。低合金结构钢在加热矫正后应自然冷却。

检查数量：全数检查。

检验方法：检查制作工艺报告和施工记录。

2)当零件采用热加工成型时，加热温度应控制在 900～1000℃；碳素结构钢和低合金结构钢在温度下降到 700℃和 800℃之前，应结束加工；低合金结构钢应自然冷却。

检查数量：全数检查。

检验方法：检查制作工艺报告和施工记录。

3.5.7 质量标准

3.5.7.1 主控项目

(1) 焊接材料的品种、规格、性能等应符合现行国家产品标准和设计要求。

检查数量：全数检查。

检验方法：检查焊接材料的质量合格证明文件、中文标志及检验报告等。

(2) 重要钢结构采用的焊接材料应进行抽样复验，复验结果应符合现行国家产品标准和设计要求。

检查数量：全数检查。

检验方法：检查复验报告。

(3) 焊条、焊丝、焊剂、电渣焊熔嘴等焊接材料与母材的匹配应符合设计要求和国家现行行业标准《建筑钢结构焊接技术规程》JGJ81 的规定。焊条、焊剂、药芯焊丝、熔嘴等在使用前，应按其产品说明书及焊接工艺文件的规定进行烘焙和存放。

检查数量：全数检查。

检验方法：检查质量证明书和烘焙记录。

(4) 焊工必须经考试合格并取得合格证书。持证焊工必须在其考试合格项目及其认可范围内施焊。

检查数量：全数检查。

检验方法：检查焊工合格证及其认可范围、有效期。

(5) 施工单位对其首次采用的钢材、焊接材料、焊接方法、焊后热处理等，应进行焊接工艺评定，并应根据评定报告确定焊接工艺。

检查数量：全数检查。

检验方法：检查焊接工艺评定报告。

(6) 设计要求全熔透的一、二级焊缝应采用超声波探伤进行内部缺陷的检验，超声波探伤不能对缺陷作出判断时，应采用射线探伤，其内部缺陷分级及探伤方法应符合现行国家标准《钢焊缝手工超声波探伤方法和探伤结果分级法》GB11345 或《钢熔化焊对接接头射线照相和质量分级》GB3323 的规定。

焊接球节点网架焊缝、螺栓球节点网架焊缝及圆管 T、K、Y 形节点相贯线焊缝，其内部缺陷分级及探伤方法应分别符合国家现行标准《焊接球节点钢网架焊缝超声波探伤方法及质量分级法》JB/T 3034.1、《螺栓球节点钢网架焊缝超声波探伤方法及质量分级法》JB/T 3034.2、《建筑钢结构焊接技术规程》JGJ81 的规定。

一级、二级焊缝的质量等级及缺陷分级应符合表 3.5.7.1 的规定。

一级、二级焊缝的质量等级及缺陷分级应符合 表 3.5.7.1

焊缝质量等级		一级	二级
内部缺陷超声波探伤	评定等级	II	III
	检验等级	B 级	B 级
	探伤比例	100%	20%
内部缺陷射线探伤	评定等级	II	III
	检验等级	AB 级	AB 级
	探伤比例	100%	20%

注：探伤比例的计数方法应按以下原则确定：

- 1.对工厂制作焊缝，应按每条焊缝计算百分比，且探伤长度应不小于 200mm；当焊缝长度不足 200mm 时，应对整条焊缝进行探伤。
- 2.对现场安装焊缝，应按同一类型、同一施焊条件的焊缝条数计算百分比，探伤长度应不小于 200mm，并不应小于 1 条焊缝。

检查数量：全数检查。

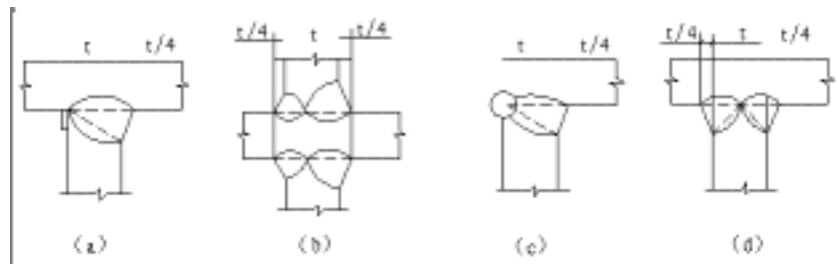
检验方法：检查焊缝探伤报告。

(7)焊缝表面不得有裂纹、焊瘤、烧穿、弧坑等缺陷。一级、二级焊缝不得有表面气孔、夹渣、弧坑裂纹、电弧擦伤等缺陷；且一级焊缝不得有咬边、未焊满等缺陷。

检查数量：每批同类构件抽查 10%，且不应少于 3 件；被抽查构件中，每一类型焊缝按条数抽查 5%，且不应少于 1 条；每条检查 1 处，总抽查数不应少于 10 处。

检验方法：观察检查或使用放大镜、焊缝量规和钢尺检查，当存在疑义时，采用渗透或磁粉探伤检查。

(8)T 形接头、十字接头、角接头等要求熔透的对接和角对接组合焊缝，其焊脚尺寸不应小于 $t/4$ (图 3.5.7.1a、b、c)；设计有疲劳验算要求的吊车梁或类似构件的腹板与上翼缘连接焊缝的焊脚尺寸为 $t/2$ (图 3.5.7.1d)，且不应大于 10mm。焊脚尺寸的允许偏差为 0~4mm。



检查数量：资料全数检查；同类焊缝抽查 10%，且不应少于 3 条。

检验方法：观察检查，用焊缝量规抽查测量。

3.5.7.2 一般项目

(1) 焊条外观不应有药皮脱落、焊芯生锈等缺陷；焊剂不应受潮结块。

检查数量：按量抽查 1%，且不应少于 10 包。

检验方法：观察检查。

(2) 对于需要进行焊前预热或焊后热处理的焊缝，其预热温度或后热温度应符合国家现行有关标准的规定或通过工艺试验确定。预热区在焊道两侧，每侧宽度均应大于焊件厚度的 1.5 倍以上，且不应小于 100mm；后热处理应在焊后立即进行，保温时间应根据板厚按每 25mm 板厚 1h 确定。

检查数量：全数检查。

检验方法：检查预、后热施工记录和工艺试验报告。

(3) 二级、三级焊缝外观质量标准应符合表 3.5.7.2—1 的规定。三级对接焊缝应按二级焊缝标准进行外观质量检验。

二级、三级焊缝外观质量标准(mm) 表 3.5.7.2 - 1

项目	允许偏差	
缺陷类型	二级	三级
为焊满(指不足设计要求)	$\leq 0.2 + 0.02t$ ，且 ≤ 1.0	$\leq 0.2 + 0.04t$ ，且 ≤ 2.0
	每 100.0 焊缝内缺陷总长 ≤ 25.0	
根部收缩	$\leq 0.2 + 0.02t$ ，且 ≤ 1.0	$\leq 0.2 + 0.04t$ ，且 ≤ 2.0
	长度不限	
咬边	$\leq 0.05t$ ，且 ≤ 0.5 ；连续长度 ≤ 100 ，两侧咬边总长度 \leq 总抽查长度的 10%	$\leq 0.1t$ ，且 ≤ 1.0 ，长度不变
弧坑裂纹	—	允许存在个别长度 ≤ 5.0 的弧坑裂纹
电弧擦伤	—	允许存在个别电弧擦伤
接头不良	缺口深度 $0.05t$ ，且 ≤ 0.5	缺口深度 $0.1t$ ，且 ≤ 1.0
	每 1000.0 焊缝不应超过 1 处	
表面夹渣	—	深 $\leq 0.2t$ ，长 $\leq 0.5t$ ，且 ≤ 20.0
表面气孔	—	每 50.0 焊缝长度内允许直径 $\leq 0.4t$ 且 \leq

		3.0 的气孔 2 个，孔距 ≥ 6 倍孔径
--	--	-----------------------------

注：表内 t 为连接处较薄的板厚。

检查数量：每批同类构件抽查 10%，但不应少于 3 件；被抽查构件中，每一类型焊缝应按条数各抽查 5%，但不应少于 1 条；每条检查 1 处，总抽查处不应少于 10 处。

检验方法：观察检查或使用放大镜、钢尺和焊缝量规检查。

(4) 焊缝尺寸允许偏差应符合表 3.5.7.2—2 的规定。

检查数量：每批同类构件抽查 10%，且不应少于 3 件；被抽查构件中，每一类型焊缝应按条数各抽查 5%，但不应少于 1 条；每条检查 1 处，总抽查处不应少于 10 处。

检验方法：用焊缝量规检查。

(5) 焊成凹形的角焊缝，焊缝金属与母材间应平缓过渡；加工成凹形的角焊缝，不得在其表面留下切痕。

检查数量：每批同类构件抽查 10%，且不应少于 3 件。

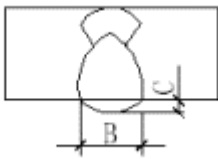

检验方法：观察检查。

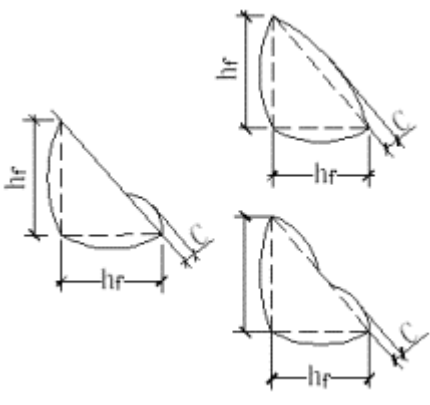
(6) 焊缝感观应达到：外形均匀，成型良好，焊道与焊道、焊道与基本金属间过渡平滑，焊渣和飞溅物清除干净。

检查数量：每批同类构件抽查 10%，但不应少于 3 件；被抽查构件中，每种焊缝按数量各抽查 5%，总抽查处不应少于 5 处。

检验方法：观察检查。

焊缝尺寸允许偏差(mm) 表 3.5.7.2 - 2

序号	项目	图例	允许偏差	
			一、二级	三级
1	对接焊缝余高 C		B<20: 0~3.0 B \geq 20: 0~4.0	B<20: 0~4.0 B \geq 20: 0~5.0
2	对接焊缝错边 d		d<0.15t, 且 \leq 2.0	d<0.15t, 且 \leq 3.0
3	焊脚尺寸 h _f		h _f \leq 6:0~1.5 h _f >6:0~3.0	

4	角焊缝 余高 C		$h_f \leq 6:0 \sim 1.5$ $h_f > 6:0 \sim 3.0$
---	-------------	---	---

注：1. $h_f > 8.0\text{mm}$ 的角焊缝其局部焊脚尺寸允许低于设计要求值 1.0mm ，但总长度不得超过焊缝长度 10% 。
2.焊接 H 形梁腹板与翼缘板的焊缝两端在其两倍翼缘板宽度范围内，焊缝的焊脚尺寸不得低于设计值。

3.5.8 成品保护

3.5.8.1 构件焊接后的变形，应进行成品矫正，成品矫正一般采用热矫正，加热温度不宜大于 650°C ，构件矫正应符合表 3.5.8.1 的要求：

表 3.5.8.1

项目	允许偏差
柱底板平面度	5.0
桁架、腹杆弯曲	1 / 1500 且不大于 5mm，梁不准下挠
桁架、腹杆扭曲	H / 250 且不大于 5.0mm
牛腿翘曲	当牛腿长度 ≤ 1000 时为 2
	当牛腿长度 > 1000 时为 3

3.5.8.2 凡构件上的焊瘤、飞溅、毛刺、焊疤等均应清除干净。要求平的焊缝应将焊缝余高磨平。

3.5.8.3 零、部件采用机械矫正法矫正，一般采用压力机进行。

3.5.8.4 根据装配工序对构件标识的构件代号，用钢印打入构件翼缘上，距端 500mm 范围内。构件编号必须按图纸要求编号，编号要清晰，位置要明显。

3.5.8.5 应在构件打钢印代号的附近，在构件上挂铁牌，铁牌上用钢印打号来表明构件编号。

3.5.8.6 用红色油漆标注中心线标记并打钢印。

3.5.8.7 钢构件制作完成后，应按照施工图的规定及《钢结构工程施工质量验收规范》进行验收，构件外形尺寸的允许偏差应符合上述规定中的要求。

3.5.8.8 钢构件在工厂内制作完毕后，根据合同规定或业主的安排，由监理进行验收。验收合格后方可安排运输到现场。验收要填写记录报告。

3.5.8.9 验收合格后才能进行包装。包装应保护构件不受损伤，零件不变形，不损

坏，不散失。

3.5.8.10 包装应符合运输交通部门的有关部门规定，超限构件的运输应在制作之前向有关交通部门办理超限货物运输手续。

3.5.8.11 现场安装用的连接零件，应分号捆扎出厂发运。

3.5.8.12 成品发运应填写发运清单。

3.5.8.13 运输由钢结构加工厂直接运输到现场。根据现场总调度的安排，按照吊装顺序一次运输到安装使用位置，避免二次倒运。

3.5.8.14 超长、超宽构件安排在夜间运输，并在运输车前后设引路车和护卫车，以保证运输的安全。

3.5.9 安全环保措施

3.5.9.1 认真贯彻执行国家有关安全生产法规，认真贯彻执行有关施工安全规程。同时结合公司实际，制定安全生产制度和奖罚条例，并认真执行。

3.5.9.2 牢固树立“安全第一”的思想，坚持预防为主方针，对职工经常进行安全生产教育。定期开展安全活动，充分认识安全生产的重要性，掌握一定的安全生产知识，对职工进行安全生产培训。在安全生产上，一定要克服麻痹思想。

3.5.9.3 所有施工人员必须戴安全帽，每天上班前检查焊接用气体的安全措施。

3.5.9.4 所有电缆、用电设备的拆除、车间照明等均由专业电工担任，要使用的电动工具，必须安装漏电保护器，值班电工要经常检查、维护用电线路及机具，认真执行 JGJ46—88 标准，保持良好状态，保证用电安全。

3.5.9.5 各种施工机械编制操作规程和操作人员岗位责任制，专机专人使用保管，特殊工种必须持证上岗。

3.5.9.6 氧气、乙炔气、CO₂气要放在规定的安全处，并按规定正确使用，车间、工具房、操作平台等处设置足够数量的灭火器材。电焊、气割时，先注意周围环境有无易燃物后再进行工作。

3.5.9.7 做好防暑降温、防风、防雨、防台风和职工劳动保护工作。

3.5.9.8 起重指挥要果断，指令要简单、明确，按“十不吊”操作规程认真执行。

3.5.9.9 定期进行安全大检查。

3.5.9.10 库房材料成堆、成型、成色进库，整洁干净。钢材必须按规格品种堆放整齐；油漆材料、焊材等辅助材料要存放在通风库房，并堆放整齐。

3.5.9.11 保持车间整洁干净，成品、半成品、零件、余料等材料要分别堆放，并有标识以便识别。

3.5.9.12 要使食堂、厕所等特殊部位保持清洁。防止流行性病毒的传播，积极采取预防措施，保证职工健康。

- 3.5.9.13 场容整洁，宣传标志、安全标志醒目。
- 3.5.9.14 加强现场消防、治安保卫工作。
- 3.5.9.15 对施工人员进行文明施工教育，加强职工的文明施工意识。
- 3.5.9.16 实行区域管理，划分责任范围，定期进行文明施工检查。
- 3.5.9.17 废料要及时清理，并在指定地点堆放，保证施工场地的清洁和施工道路的畅通。
- 3.5.9.18 做好成品的外观及形体保护，减少污染。

3.5.10 质量记录

钢结构(钢构件焊接)分项工程检验批质量验收应按表 3.5.10 进行记录。

钢结构(钢构件焊接)分项工程检验批质量验收记录表 3.5.10

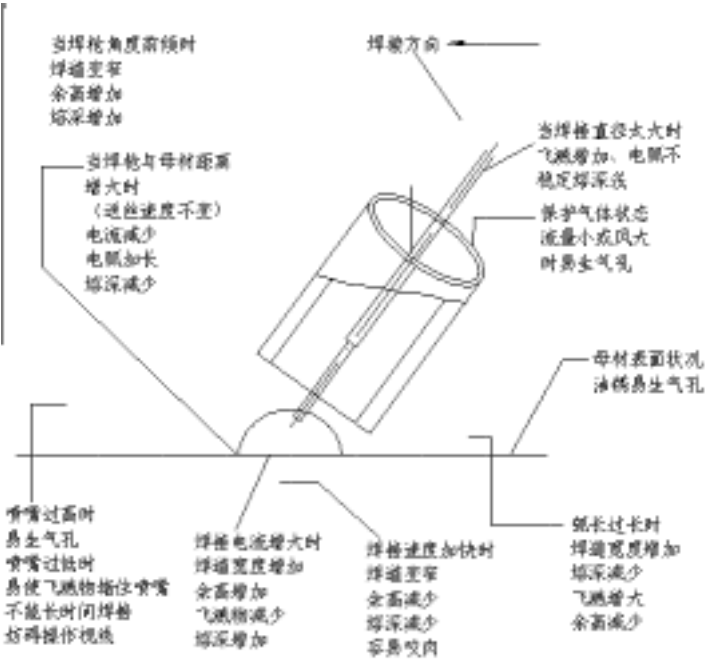
工程名称			检验批部位		
施工单位			项目经理		
监理单位			总监理工程师		
施工依据标准			分包单位负责人		
主控项目		合格质量标准	施工单位检验 评定记录	监理(建设)单位 验收记录或结果	备注
1	焊接材料进场				
2	焊接材料复验				
3	材料匹配				
4	焊工证书				
5	焊接工艺评定				
6	内部缺陷				
7	组合焊缝尺寸				
8	焊缝表面缺陷				
一般项目		合格质量标准	施工单位检验 评定记录	监理(建设)单位 验收记录或结果	备注
1	焊接材料进场				
2	预热和后热处理				
3	焊缝外观质量				
4	焊缝尺寸偏差				
5	凹形角焊缝				
6	焊缝感观				
施工单位检验 评定结果	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div> 班组长： 或专业工长： 年 月 日 </div> <div> 质检员： 或项目技术负责人： 年 月 日 </div> </div>				

监理(建设) 单位验收结 论	监理工程师(建设单位项目技术人员): 年 月 日
----------------------	---------------------------------

附加说明

附录 1 各种因素对焊缝形状的影响

1. 工艺参数对焊缝形状的影响，见附图。



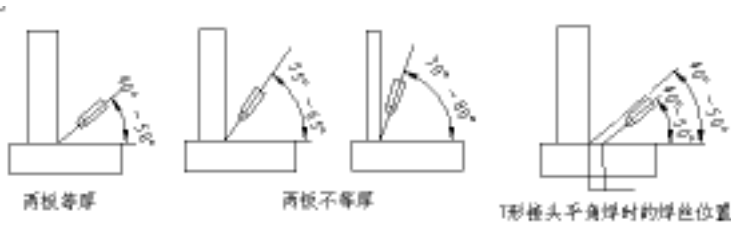
附图 工艺参数对焊缝形状的影响

2. 其他因素对焊缝形状的影响

1)引弧 引弧前要求焊丝端头与焊件保持 2~3mm 的距离。还要注意剪掉粗大的焊丝端头，因为球状端头的存在等于是加粗了焊丝直径，并且该球面端头覆盖了一层氧化膜，对引弧不利。为清除未焊透、气孔等引弧的缺陷，对接焊应采用引弧板，或在距板材端部 2~4mm 处引弧，然后缓慢引向接缝的端头，待焊缝金属熔合后，再以正常焊接速度前进。

2)熄弧 一条焊缝焊完后，应注意将收尾处的弧坑填满。如收尾时立即断弧则会形成低于焊件表面的弧坑，过深的弧坑会使焊道收尾处的强度减弱，并且容易造成应力集中而产生裂纹。

3)T 形接头焊接时，易产生咬边、未焊透、焊缝下垂等现象。为了防止这些缺陷，在操作时，除了正确执行焊接工艺参数，还要根据板厚和焊角尺寸来控制焊丝的角度。如果焊角尺寸为 5mm 以上，可将焊丝水平移开离夹角处 1~2mm，见下图。



4) 焊角尺寸小于 8mm 时, 可以采用单层焊。焊角尺寸小于 5mm 时, 可用直线移动法和短路过渡法进行匀速焊接。焊角尺寸在 5~8mm 之间时, 可采用斜圆圈形送丝法进行焊接。

5) 焊角尺寸在 8~9mm 时, 焊缝可用两层两道焊, 第一层用直线移动送丝法施焊, 电流稍偏大, 以保证熔深足够。第二层, 电流稍偏小, 用斜圆圈形左焊法施焊。焊角尺寸大于 9mm 时, 可用多层多道焊。无论是多层多道焊或是单层单道焊, 在操作中使每层的焊角在该层中从头到尾一致, 保证均匀美观, 其起始端和收尾端的操作要领同前面所述。

附录 2 当设计对厚板有 Z 向性能要求时的焊接工艺措施

(1) 选择合理的焊接节点连接形式:

应选择合适的节点连接形式, 以减小局部区域由于焊缝收缩而引起的应力集中或尽量避免钢板 Z 向受拉。

1) 在满足要求焊透深度的前提下, 采用较小的焊接坡口角度及间隙。

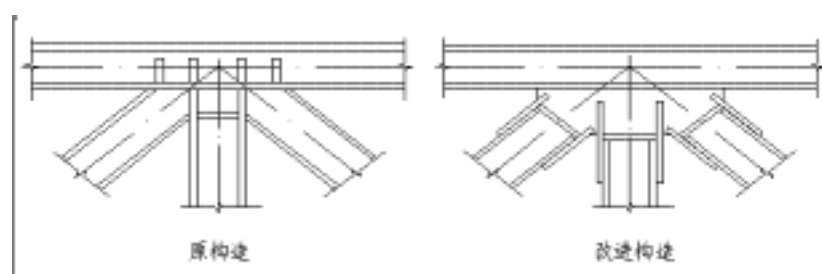
2) 在角接接头中, 采用对称坡口或偏向侧板的坡口, 减小板厚方向承受的收缩应力。

3) 采用对称坡口, 减小焊接收缩应力。

4) 在 T 形或角接接头中, 不应在板厚方向受焊接拉应力的板材的端部设置焊缝, 而应使该板厚方向受拉的板材端部伸出接头焊缝区。

5) 在 T 形、十字形接头中采用过渡段, 以对接接头取代 T 形、十字形接头。

6) 对大型连接节点, 建议采用下图的构造设计来避免或减少厚度方向的应变。



(2) 焊材及母材选择:

1) 对有特殊要求的部位, 可选用 Z 向延性性能好的钢材。

2) 在满足受力要求的前提下, 尽可能选择屈服强度低的焊条。

(3) 使用涂层和垫层:

采用软金属丝 (一般为低强度的焊条) 做垫层, 使收缩变形发生在焊缝中或在节点焊缝处涂焊一层低强高延性焊接金属, 让焊缝收缩变形发生在涂焊金属中。

(4) 防止层状撕裂的工艺措施:

1) T 形焊接时, 在母材板面用低强度焊材先堆焊塑性过渡层。

2) 厚板焊接时, 可采用低氢型、超低氢型焊条或气体保护焊施焊, 并适当提高预热温度。

3) 当板厚在 80mm 以上时, 对 II 类或 II 类以上钢材箱形柱角焊缝, 板边火焰切割面宜用

机械方法去除淬硬层。

4) 对大尺寸熔透焊, 可采用窄焊道焊接技术, 并选择合理的焊道次序, 以控制收缩变形。焊接过程中, 应用锤击法来消除焊缝残余应力。

3.6 高强度螺栓连接施工工艺标准

3.6.1 总则

3.6.1.1 适用范围

本工艺标准适用于工业与民用建筑钢结构工程中的高强度螺栓连接的施工。

3.6.1.2 编制参考标准及规范

- (1) 《钢结构工程施工质量验收规范》GB50205—2001
- (2) 《钢结构高强度螺栓连接的设计、施工及验收规范》(JGJ82—91)
- (3) 《钢结构用高强度大六角头螺栓》GB1228
- (4) 《钢结构用高强度大六角头螺母》GB/1229
- (5) 《钢结构用高强度垫圈》GB1230
- (6) 《钢结构用大六角螺栓、大六角螺母、垫圈技术条》GB1231
- (7) 《钢结构用扭剪型高强度螺栓连接副》GB3632—1995。
- (8) 《钢结构用扭剪型高强度螺栓连接副技术条件》GB3633—1995

3.6.2 术语、符号

3.6.2.1 符号

- (1) TC——施工扭矩 ($\text{N}\cdot\text{m}$)
- (2) K——高强度螺栓连接副的扭矩系数平均值, 该值由复验测得的合格的平均扭矩系数代入。
- (3) P_c ——高强度螺栓施工预拉力 (kN);
- (4) d ——高强度螺栓螺杆直径 (mm)。

3.6.3 基本规定

3.6.3.1 高强度螺栓应在钢结构吊装完毕、按照设计和施工规范的要求矫正到位、

检查合格之后开始施工。

3.6.3.2 高强度螺栓的制孔按表 3.6.3.2—1 的要求选配,高强度螺栓连接构件制孔允许偏差见表 3.6.3.2—2,高强度螺栓的孔距和边距值见表 3.6.3.2—3,高强度螺栓连接构件的孔距允许偏差见表 3.6.3.2—4。

高强度螺栓孔径选配表 表 3.6.3.2 - 1

螺栓公称直径(mm)	12	16	20	22	24	27	30
螺栓孔直径(mm)	13.5	17.5	22	24	26	30	33

注：承压型连接（如柱或抗剪桁架的压杆连接）中的高强度螺栓孔径可按表中值减少 0.5~1.0mm

高强度螺栓连接构件制孔允许偏差 表 3.6.3.2 - 2

名称		直径及允许偏差(mm)						
螺栓	直径	12	16	20	22	24	27	30
	允许偏差	±0.43		±0.52			±0.84	
螺栓孔	直径	13.5	17.5	22	(24)	26	(30)	33
	允许偏差	+0.43		+0.52		+0.84		
		0		0		0		
圆度(最大和最小直径差)		1.00		1.50				
中心线倾斜度		应不大于板厚的 3%且单层板不得大于 2.0mm 多层板叠组合不得大于 3.0mm						

高强度螺栓的孔距和边距值 表 3.6.3.2 - 3

名称	位置和方向		最大值(取两者的较小值)	最小值
中心间距	外排		8d ₀ 或 12t	3d ₀
	中间排	构件受压力	12d ₀ 或 18t	
		构件受拉力	16d ₀ 或 24t	
中心至构件边缘的距离	顺内力方向		4d ₀ 或 8t	2d ₀
	垂直内力方向	切割边		1.5d ₀
		轧制边		1.5d ₀

注：1.d₀ 为高强度螺栓的孔径；t 为外层较薄板件的厚度。

2.钢板边缘与刚性构件(如角钢、槽钢等)相连的高强度螺栓的最大间距，可按中间排数值采用。

3.设计有规定时按设计要求采用。

高强度螺栓连接构件的孔距允许偏差 表 3.6.3.2 - 4

项次	项目		螺栓孔距(mm)			
			<500	500~1200	1200~3000	>3000
1	同一组内任意两孔间	允许偏差	±1.0	±1.2	—	—
2	相邻两组的端孔间		±1.2	±1.5	+2.0	±3.0

注：孔的分组规定：

1.在节点中连接板与一根杆件相连的孔划为一组。

2.接头处的孔：通用接头——半个拼接板上的孔为一组；阶梯接头——两接头之间的孔为一组。

3.在两相邻节点或接头间的连接孔为一组，但不包括 1、2 所指的孔。

4.受弯构件翼缘上，每 1m 长度内的孔为一组。

3.6.4 施工准备

3.6.4.1 技术准备

(1) 高强度螺栓长度的选用

高强度螺栓紧固后，以丝扣露出 2~3 扣为宜，一个工程的高强螺栓，首先按直径分类，统计出钢板束厚度，根据钢板束厚度，按下列公式选择所需长度：

螺栓长度=板束厚度+附加长度

螺栓长度小于 100mm 取整为 5mm 的倍数，余数 2 舍 3 进，螺栓长度大于 100mm 可以取为 10mm 的整倍数进行归类。

高强度螺栓的附加长度可参考表 3.6.4.1—1。

高强度螺栓的附加长度 表 3.6.4.1 - 1

螺栓直径(mm)	12	16	20	22	24	27	30
大六角高强度螺栓(mm)	25	30	35	40	45	50	55
扭剪型高强度螺栓(mm)		25	30	35	40		

(2) 施工轴力与终拧力矩的换算

表 3.6.4.1—2 和表 3.6.4.1—3 列出了一般国产和进口(日本产)高强度螺栓允许的施工轴力。设计给出了轴力时按设计要求施工，如设计未给出高强度螺栓的轴力要求，可按该表选用，施工轴力比设计轴力一般要增加 10%。

国产大六角高强度螺栓施工轴力（单位：KN）表 3.6.4.1 - 2

螺栓的性能等级 螺栓轴力 螺栓直径（mm）	8.8S		10.9S	
	设计轴力	施工轴力	设计轴力	施工轴力
M12	45	50	55	60
M16	70	75	100	110
M20	110	120	155	170
M22	135	150	190	210
M24	155	170	225	250
M27	205	225	290	320
M30	250	275	355	390

进口（日本）高强度螺栓的轴力（单位:KN）表 3.6.4.1 - 3

螺栓等级 螺栓直径	F8t		F10t		F11t	
	设计轴力	施工轴力	设计轴力	施工轴力	设计轴力	施工轴力
M16	85.2	93.7	10.6	11.7	11.2	12.3
M20	13.3	14.6	16.5	18.2	17.4	19.1
M22	16.5	18.2	20.5	22.6	21.6	23.8
M24	19.2	21.1	23.8	26.2	25.1	27.6

对于大六角高强度螺栓，施工时必须把施工轴力换算为施工扭矩作为施工控制参数。大六角头高强度螺栓施工扭矩可由下式确定：

$$T_c=K \cdot P_c \cdot d$$

式中 T_c —施工扭矩，N·m；

K —高强度螺栓连接副的扭矩系数平均值，该值由复验测得的合格的平均扭矩系数代人；

P_c —高强度螺栓施工预拉力，kN；

d —高强度螺栓螺杆直径，mm。

（3）高强度螺栓安装前的试验

高强度螺栓使用前，应按《钢结构工程施工质量验收规范》GB50205 的有关规定对高强度螺栓及连接件至少进行以下几项检验：

1) 高强度螺栓连接副扭矩系数试验

大六角头高强度螺栓，施工前按每 3000 套螺栓为一批（不足 3000 套的按一批计），复验扭矩系数，每批复验 8 套。其平均值应为 0.110~0.150，标准偏差小于或等于 0.010。

扭矩系数的试验方法如下：将螺栓穿入轴力计，在测出螺栓预拉力 P 的同时，应测定出加于螺母上的施拧扭矩值 T ，并按下式计算扭矩系数 K

$$K = \frac{T}{P \cdot d}$$

式中 T —施拧扭矩，N·m；

d —高强度螺栓的公称直径，mm；

P—螺栓预拉力，kN。

进行连接副扭矩系数试验时螺栓预拉力值应符合表 3.6.4.1—4 的规定。

螺栓预拉力值范围(KN) 表 3.6.4.1 - 4

螺栓规格(mm)		M16	M20	M22	M24	M27	M30
预拉	10.9S	93~113	142~177	175~215	206~250	265~324	325~390
力值 P	8.8S	62~78	100~120	125~150	140~170	185~225	230~275

扭剪型高强度螺栓连接副当采用扭矩法施工时，其扭矩系数亦按上述规定确定。

2) 紧固轴力试验；

扭剪型高强度螺栓施工前，按每 3000 套螺栓为一批(不足 3000 套的按一批计)，每批复验 8 套高强螺栓的紧固轴力，其平均值和变异系数应符合表 3.6.4.1—5 的规定

扭剪型高强度螺栓紧固轴力及变异系数 表 3.6.4.1 - 5

螺栓直径(mm)		16	20	(22)	24
每批紧固轴力 平均值	公称(kN)	109	170	211	245
	最大(kN)	120	186	231	270
	最小(kN)	99	154	191	222
紧固轴力变异系数		≤10%			

。

3) 连接件的摩擦系数(又称抗滑移系数)试验及复验：

采用与钢构件同材质，同样摩擦面处理方法，同批生产，同等条件堆放的试件，每批三组，由钢构件制作厂及安装现场分别作摩擦系数试验。试件数量，以单项工程每 2000t 为一批，不足 2000t 者视作一批。试件的具体要求和检验方法按照 GB50205—2001 的有关要求。

(4) 作业指导书的编制和技术交底

施工前应当根据本工艺标准的质量技术要求结合工程实际编制专项作业指导书，用书面的形式、根据工作范围、作业要求交底到每一个施工人员。针对不同的施工和管理人员，技术交底书应明确其施工安全、技术责任，使之清楚地知道他的上道工序应达到的质量要求，使用哪些特殊的施工方法，施工过程中发现问题按照什么途径寻求技术指导和援助，需要达到的施工质量标准，如何交接给下一施工工序等，使整个施工进程良性有序。

3.6.4.2 施工机具

高强度螺栓施工最主要的施工机具就是力矩扳手，根据施工对象分别有：

(1) 扭剪型高强螺栓用扳手

目前我们在市场上常见的日本产扭剪型高强度螺栓扳手的性能参数见表 3.6.4.2—1。

日本产扭剪型高强度螺栓用扳手的性能 表 3.6.4.2 - 1

型号	适用螺	扭矩范	电源	电流	消耗功	空载转	重量	扳子总	套管个数
----	-----	-----	----	----	-----	-----	----	-----	------

	栓 M	围 (N.m)	电压 (V)	(A)	率(W)	数 (r/min)	(kg)	长 (mm)	规格	数量
LSR— 22HD	16	900	200	7.5	1400	16	8.4	350	M16	1
	20								M20	1
	22								M22	1
LSR— 24HD	22	1150	200	10	1850	16	12.4	375	M22	1
	24								M24	1

(2) 扭矩型高强度螺栓扳手(大六角螺栓适用)

电动扭矩扳手一般由机体、扭矩控制盒、套筒、反力承管器、漏电保护器组成，常用的电动扭矩扳手性能参见表 3.6.4.2—2。

电动扭矩扳手性能 表 3.6.4.2 - 2

产地	型号	电流电压 (V)	电流频率 (Hz)	电流 (A)	消耗功率 (W)	空载转数 (r/min)	扭矩范围 (N.m)	重量 (kg)
日本	NR—12T ₁	200	50/60	6.8	1300	17	400~1200	9.5
国产	PIBD—150	220	50	4	880	8	400~1500	12
	P1BD—160	220	50	4.3	950	8	400~1600	10

(3) 通用机具、手动工具

为提高施工效率，一般还可以选用风动扳手进行初拧，根据风动扳手的标称扭矩调节空气压力即可初步设定扳手的输出扭矩，用于螺栓的初拧，可大大提高施工效率。

其他必备的工具具有：检测合格的力矩扳手(其中至少一把应送有关部门进行校准，在施工中一般不用于直接施工，专用于其他施工工具的校准和施工检测)、手动棘轮扳手、橄榄冲子(俗称过眼冲钉，形似橄榄)、力矩倍增计、手锤等。

3.6.4.3 作业条件

(1) 施工前应根据工程特点设计施工操作吊篮，并按施工组织设计的要求加工制作或采购；

(2) 高强度螺栓的有关技术参数已按有关规定进行复验合格；抗滑移系数试验合格；

(3) 钢结构安装的刚度单元内的框架构件已经吊装到位，校正合格后应及时进行高强度螺栓的施工。

3.6.5 材料和质量要点

3.6.5.1 高强度螺栓的关键要求

高强度螺栓的规格、数量应根据设计的直径要求，按长度分别进行统计，根据施工实际需要的数量多少、施工点位的分布情况、构件加工质量、运输损坏情况、现场的储运条件、工程难度等因素，考虑 2%~5% 的损耗，进行采购。

施工使用的高强度螺栓必须符合《钢结构用高强度大六角头螺栓》(GB / T1228)、《钢结构用高强度大六角螺母》(GB / T1229)、《钢结构用高强度垫圈》(GB / T1230)、《钢结构用大六角螺栓、大六角螺母、垫圈技术条件》(GB / T1231)、《钢结构用扭剪型高强螺栓连接副》(GB / T3632)、《钢结构用扭剪型高强螺栓连接副技术条件》(GB / T3633)以及其他有关标准的质量要求。

高强度螺栓连接副必须经过以下试验,符合规范要求时方可出厂:

- (1) 材料、炉号、制作批号、化学成分与机械性能证明或试验数据。
- (2) 螺栓的楔负荷试验。
- (3) 螺母的保证荷载试验。
- (4) 螺母及垫圈的硬度试验。
- (5) 连接副的扭矩系数试验(注明试验温度)。大六角头连接副的扭矩系数平均值和标准偏差;扭剪型连接副的紧固轴力平均值和标准偏差。

采购交货时应将上述试验资料及相关资料(产品规格、数量、出厂日期、装箱单等)随产品交购置方。

3.6.5.2 高强度螺栓施工质量的关键要求

安装高强度螺栓前作好接头摩擦面清理,不允许有毛刺、铁屑、油污、焊接飞溅物,用钢丝刷沿受力垂直方向除去浮锈。摩擦面应干燥,没有结露、积霜、积雪。并不得在雨天进行安装。

使用的扭矩扳手应按规定进行校准,班前应对定扭矩扳手进行校核,合格后方可使用。

高强度螺栓应自由穿入螺栓孔内。扩孔时,铁屑不得掉入板层间。扩孔数量不得超过一个接头螺栓孔的 $1/3$,扩孔直径不得大于原孔径再加 2mm。严禁用气割进行高强度螺栓的扩孔工作。

严格按照从中间向四周扩展的顺序,执行初拧、(复拧)、终拧的施工工艺程序,严禁一步到位的方法直接终拧。

3.6.5.3 高强度螺栓施工技术的关键要求

施工前应对大六角头螺栓的扭矩系数、扭剪型螺栓的紧固轴力和摩擦面抗滑移系数进行复验,合格后方允许施工。

一个接头上的高强度螺栓,应从螺栓群中部开始安装,逐个拧紧,每拧一遍均应用不同颜色的油漆做上标记,防止漏拧。高强度螺栓的紧固顺序从刚度大的部位向不受约束的自由端进行,从中间向四周进行,以便板间密贴。

3.6.5.4 职业健康和施工安全关键要求

高强度螺栓施工高空移动频繁,应有可靠的措施既保证操作的安全,又方便施工人员转移工位。

施工中拧下来的扭剪型高强度螺栓的梅花头要随拧随收集，严防坠落，严禁高空抛洒。

3.6.5.5 环境保护关键要求

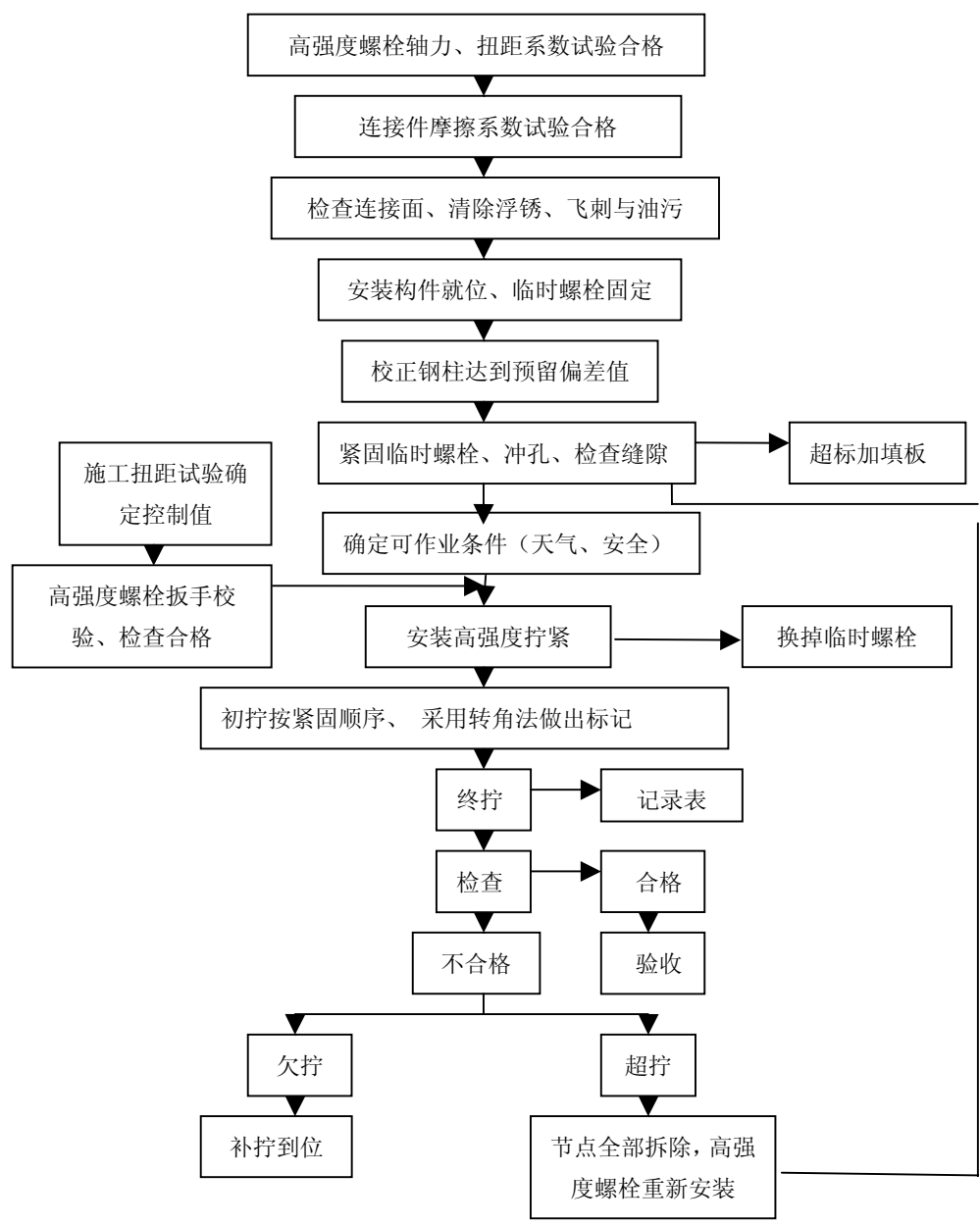
施工中如使用风动工具时应避免噪声污染。

施工中拧下来的扭剪型高强度螺栓的梅花头，要随拧随收集到地面集中存放和处理。

3.6.6 施工工艺

3.6.6.1 工艺流程

高强度螺栓施工应严格遵循以下工艺流程：



3.6.6.2 操作工艺要求

(1) 高强度螺栓的储存

1) 高强度螺栓连接副由制造厂按批号,一定数量同一规格配套后装为一箱(桶),从出厂至安装前严禁随意开包。在运输过程中应轻装、轻卸,防止损坏,防雨、防潮。当出现包装破损、螺栓有污染等异常现象时,应及时用煤油清洗,并按高强度螺栓验收规程进行复验,经复验扭矩系数或轴力合格后,方能使用。

2) 工地储存高强度螺栓时,应放在干燥、通风、防雨、防潮的仓库内,并不得损伤丝扣和沾染脏物。连接副入库应按包装箱上注明的规格、批号分类存放。安装时,要按使用部位,领取相应规格、数量、批号的连接副,当天没有用完的螺栓,必须装回干燥、洁净的容器内,妥善保管并尽快使用完毕,不得乱放、乱扔。

3) 使用前应进行外观检查,表面油膜正常无污物的方可使用。

4) 使用开包时应核对螺栓的直径、长度。

5) 使用过程中不得雨淋,不得接触泥土、油污等脏物。

(2) 高强度螺栓的紧固方法

高强度螺栓的紧固是用专门扳手拧紧螺母,使螺杆内产生要求的拉力。

1) 大六角头高强度螺栓一般用二种方法拧紧,即扭矩法和转角法:

扭矩法分初拧和终拧二次拧紧。初拧扭矩用终拧扭矩的 0%~50%,再用终拧扭矩把螺栓拧紧。如板层较厚,板叠较多,初拧的板层达不到充分密贴,还要在初拧和终拧之间增加复拧,复拧扭矩和初拧扭矩相同或略大。

转角法也分初拧和终拧二次进行。初拧用定扭矩扳手以终拧扭矩的 30%~50%进行。使接头各层钢板达到充分密贴,再在螺母和螺栓杆上面通过圆心画一条直线,然后用扭矩扳手转动螺母一个角度,使螺栓达到终拧要求。转动角度的大小在施工前由试验统计确定。

2) 扭剪型高强度螺栓紧固也分初拧和终拧二次进行:

初拧用定扭矩扳手,以终拧扭矩的 30%~50%进行,使接头各层钢板达到充分密贴,再用电动扭剪型扳手把梅花头拧掉,使螺栓杆达到设计要求的轴力。对于板层较厚,板叠较多,安装时发现连接部位有轻微翘曲的连接接头等原因使初拧的板层达不到充分密贴时应增加复拧,复拧扭矩和初拧扭矩相同或略大。

(3) 高强度螺栓的安装顺序

一个接头上的高强度螺栓,应从螺栓群中部开始安装,逐个拧紧。初拧、复拧、终拧都应从螺栓群中部开始向四周扩展逐个拧紧,每拧一遍均应用不同颜色的油漆做上标记,防止漏拧。

接头如有高强度螺栓连接又有电焊连接时,是先紧固还是先焊接应按设计要求规定的顺序进行,设计无规定时,按先紧固后焊接(即先栓后焊)的施工工艺顺序进行,先终拧完高强度螺栓再焊接焊缝。

高强度螺栓的紧固顺序从刚度大的部位向不受约束的自由端进行,同一节点内从中间向

四周，以使板间密贴。

(4) 高强度螺栓施工注意事项

高强度螺栓施工时应注意以下事项：

- (1) 螺栓穿入方向以便利施工为准，每个节点整齐一致；
- (2) 螺母、垫圈均有方向要求，螺栓、螺母均标有级别与生产厂家；
- (3) 已安装高强度螺栓严禁用火焰或电焊切割梅花头；
- (4) 因空间狭窄，高强度螺栓扳手不宜操作部位，可采用加高套管或用手动扳手安装；
- (5) 高强度螺栓超拧应更换并废弃换下来的螺栓，不得重复使用；
- (6) 安装中的错孔、漏孔不允许用气割开孔，错孔应严格按《钢结构工程施工质量验收规范》(GB50205—2001)和《钢结构高强度螺栓连接的设计、施工及验收规范》(JGJ82—91)的要求进行处理；
- (7) 当气温低于-10℃时停止作业；当摩擦面潮湿或暴露于雨雪中，停止作业；
- (8) 高强度螺栓的包装、运输与使用中应尽量保持出厂状态；
- (9) 施工前必须对扭矩扳手进行标定；终拧时，大六角螺栓应按施工扭矩施拧，扭剪型螺栓用专用电动扳手施拧，拧掉梅花头；
- (10) 高空施工时严禁乱扔螺栓、螺母、垫圈及尾部梅花头，应严格回收，以免坠落伤人；
- (11) 施拧后应及时涂防锈漆；
- (12) 对于露天使用或接触腐蚀性气体的钢结构，在高强度螺栓拧紧检查验收合格后，连接处板缝应及时用防水或耐腐蚀的腻子封闭；
- (13) 要求初拧、复拧、终拧在 24h 内完成；
- (14) 母材生浮锈后在组装前必须用钢丝刷清除掉；
- (15) 再次使用的连接板需再次处理；
- (16) 连接板叠的错位或间隙必须按照《钢结构工程施工质量验收规范》GB50205—2001 要求进行处理，确保结合面贴实。

3.6.7 质量检验

3.6.7.1. 主控项目

(1) 钢结构用高强度螺栓连接副其品种、规格、性能等应符合现行国家产品标准和设计要求，出厂时应附带产品合格证明文件、中文标志及检验报告。高强度大六角头螺栓连接副和扭剪型高强度螺栓连接副出厂时分别随箱带有扭矩系数和紧固轴力(预拉力)的检验报告。

(2) 高强度大六角螺栓连接副应按标准 3.6.4.1 条复验扭矩系数并符合本条规定，提

出复验报告。

(3) 扭剪型高强度螺栓连接副应按本标准 3.6.4.1 条复验紧固轴力(预拉力), 检验结果应符合本条规定, 并提出检查复验报告。

(4) 钢结构制作和安装单位应按本标准 3.6.4.1 条分别进行高强度螺栓连接摩擦面的抗滑移系数试验和复验, 现场处理的构件摩擦面应单独进行摩擦面抗滑移系数试验, 其结果应符合设计要求, 并提出试验报告和复验报告。

(5) 高强度大六角头螺栓紧固检查, 用 0.3~0.5kg 的小锤逐颗敲击螺栓, 检查其紧固程度, 防止漏拧。对每个节点螺栓数的 10%, 但不小于 1 颗进行扭矩抽检, 检查时先在螺杆和螺母上面划一直线, 松动螺母 60°测得的扭矩应在 $(0.9 \sim 1.1) T_{ch}$ 范围内, T_{ch} 按下式计算:

$$T_{ch} = K \cdot P \cdot d$$

式中 T_{ch} ——检查扭矩, N·m;

K ——高强度螺栓连接副扭矩系数;

P ——高强度螺栓设计预拉力, kN;

d ——螺栓公称直径, mm。

如有不符合上述规定的节点, 应扩大 10%进行抽检, 如仍有不符合规定者, 则整个节点应重新紧固并检查。对扭矩低于下限值的螺栓应进行补拧; 对超过上限值的应更换螺栓。扭矩检查应在 1h 后进行, 并应在 24h 以内检查完毕。

(6) 对扭矩扳手扳前扳后必须进行校核, 其误差不得大于 3%, 并作记录。

(7) 扭剪型高强度螺栓紧固检查, 以目视确认螺栓梅花卡头被专用扳手拧掉, 即判定终拧合格; 对不能采用专用扳手紧固的螺栓, 应按高强度大六角头螺栓检验方法检查, 不得采用专用扳手以外的方法将螺栓的梅花头取掉。

3.6.7.2 一般项目

(1) 高强度螺栓连接副应按包装箱配套供应, 包装箱上应标明批号、规格、数量及生产日期。螺栓、螺母、垫圈外表面应涂油保护, 不应出现生锈和沾染脏物, 螺纹不应损伤, 按 5%箱数抽查。

(2) 对建筑结构安全等级为一级、跨度 40m 及 1)2_k 的螺栓球节点钢网架结构, 其连接高强度螺栓应进行表面硬度试验, 对 8.8 级的高强度螺栓其硬度为 HRC21~29; 10.9 级高强度螺栓其硬度应为 HRC32~36, 且不得有裂缝, 按规格抽查 8 只。

(3) 高强度螺栓连接副的施拧顺序和初拧、复拧扭矩应符合设计要求及本标准 3.6.6.2 条的规定, 全数检查并作记录。

(4) 高强度螺栓连接副终拧后, 螺栓丝扣外露应为 2~3 扣, 其中允许有 10%的螺栓丝扣外露 1 扣或 4 扣, 抽查 5%且不少于 10 个。

(5) 高强度螺栓连接摩擦面应保持干燥、整洁, 不应有飞边、毛刺、焊接飞溅物、焊疤、氧化铁皮、污垢等, 除设计要求外摩擦面不应涂漆, 应全面检查。

(6) 高强度螺栓应自由穿入螺栓孔。高强度螺栓孔不应采用气割扩孔，扩孔数量应征得设计同意，扩孔后的孔径不应超过 $1.2d$ (d 为螺栓直径)。

(7) 螺栓球节点网架总拼完成后，高强度螺栓与球节点应紧固连接，高强度螺栓拧入螺栓球内的螺纹长度不应小于 $1.0d$ (d 为螺栓直径)，连接处不应出现间隙、松动、未拧紧情况。

3.6.8 安全及环境保护

3.6.8.1 安全措施

- (1) 在钢结构施工以前，应建立健全安全生产管理体系，层层落实安全生产责任制；
- (2) 根据工程的具体特点，作好切合实际的安全技术书面交底。定期与不定期的进行安全检查，经常开展安全教育活动，使全体职工提高自我保护能力；
- (3) 现场用电必须严格执行 GB50194—93、JGJ46—88 等的规定，高强度螺栓施工机具的接电口应有防雨、防漏电的保护措施，防止施工人员触电；
- (4) 进入施工现场必须戴安全帽，高空作业必须系安全带，穿防滑鞋；
- (5) 高空操作人员使用的工具及安装用的零、部件，应放入随身携带的工具袋内，不可随便向上下丢抛。手动工具如棘轮扳手、梅花扳手等应用小绳拴在施工人员的手腕上，拧下来的扭剪型螺栓梅花头应随手放入专用的收集袋内，避免坠落伤人；
- (6) 作好高空施工的安全防护工作，设计和制作标准化的高强度螺栓施工用安全吊篮，要求吊篮安全牢靠轻便，便于工人施工转场；
- (7) 施工前应对高空作业人员进行身体检查，对患有不宜高空作业疾病(心脏病、高血压、贫血等)的人员不得安排高空作业。

3.6.8.2 环境保护和文明施工

- (1) 使用风动或其他噪声较大的工具、机具施工时要尽量避免夜间施工，以免噪声扰民。
- (2) 拧下来的扭剪型高强度螺栓梅花头要集中堆放，统一处理。

3.6.9 质量记录

高强度螺栓安装质量验收应提供的书面记录有：

- (1) 高强度螺栓连接副出厂合格证和复验记录；
- (2) 高强度螺栓接头摩擦面处理和抗滑移系数试验报告；
- (3) 高强度螺栓安装初拧、复拧、终拧质量检查记录及扭矩扳手的检查数据；
- (4) 施工批质量检查验收单。

3.7 普通紧固件连接施工工艺标准

3.7.1 总则

3.7.1.1 使用范围

本施工工艺标准适用于钢结构制作和安装中作为永久性连接的普通螺栓、自攻钉、拉铆钉、射钉等的连接施工。

3.7.1.2 编制参考标准及规范

《钢结构工程施工质量验收规范》GB50205—2001

3.7.2 术语、符号

3.7.2.1 术语

- (1) 普通紧固件：本标准中是指结构连接施工中所用的普通螺栓、自攻钉、拉铆钉、射钉等的总称。
- (2) 普通螺栓连接：将普通螺栓、螺母、垫圈和连接件连接在一起，形成的一种连接形式。
- (3) 预拼装：为检验构件是否满足安装质量要求而进行的拼装。

3.7.3 施工准备

3.7.3.1 技术准备

- (1) 熟悉图纸，掌握设计对普通螺栓、自攻钉、拉铆钉、射钉等普通紧固件的技术要求。
- (2) 分规格统计所需的普通紧固件数量。

3.7.3.2 材料要求

(1) 普通螺栓

1) 螺栓按照性能等级分 3.6、4.6、4.8、5.6、5.8、6.8、8.8、9.8、10.9、12.9 等十一个等级，其中 8.8 级以上螺栓材质为低碳合金钢或中碳钢并经热处理，通称为高强螺栓，8.8 级以下(不含 8.8 级)通称为普通螺栓。

2) 普通螺栓按产品质量和制作公差的不同，分有 A 级和 B 级(精制螺栓)、C 级(粗制螺

栓)。钢结构用连接螺栓,除特殊注明外,一般即为普通粗制 C 级螺栓。常用螺栓技术规格有:六角头螺栓—C 级(GB5780)和六角头螺栓—全螺纹—C 级(GB5781)。

3)普通螺栓作为永久性连接螺栓,当设计有要求或对其质量有疑义时,应进行螺栓实物最小拉力荷载实验,试验方法见 GB50205—2001 附录 B。检查数量为每一规格螺栓随机抽查 8 个,其质量应符合现行国家标准《紧固件机械性能螺栓、螺钉和螺柱》GB3098 的规定。

4)A 级、B 级精制螺栓连接是一种紧配合连接,目前基本上已被高强度螺栓连接所替代。

(2) 自攻钉、拉铆钉、射钉

连接薄钢板采用的自攻钉、拉铆钉、射钉等其规格尺寸应与被连接钢板相匹配。

3.7.3.3 主要机具

(1)普通螺栓主要施工机具为普通扳手。根据螺栓的不同规格、不同操作位置可选用双头呆扳手、单头梅花扳手、套筒扳手、活扳手、电动扳手等。

(2)自攻钉施工根据其不同种类(规格),可采用十字形螺丝刀、电动螺丝刀、套筒扳手等。

(3)拉铆钉施工机具主要有手电钻、拉铆枪等。

(4)射钉施工机具主要为射钉枪。

3.7.3.4 作业条件

(1)构件已经安装调校完毕。

(2)高空进行普通紧固件连接施工时,应有可靠的操作平台或施工吊篮。需严格遵守《建筑施工高处作业安全技术规范》(JGJ80—91)。

(3)被连接件表面应清洁、干燥,不得有油(泥)污。

3.7.4 质量要点

3.7.4.1 技术关键要求

(1)普通螺栓作为永久性连接螺栓时,应符合下列要求:

1)螺栓头和螺母下面应放置平垫圈,以增大承压面积。

2)每个螺栓一端不得垫两个及以上的垫圈,并不得采用大螺母代替垫圈。螺栓拧紧后,外露丝扣不应少于 2 扣。

3)对于设计有要求防松动的螺栓、锚固螺栓应采用有防松装置的螺母(即双螺母)或弹簧垫圈,或用人工方法采取防松措施(如将螺栓外露丝扣打毛)。

4)对于承受动荷载或重要部位的螺栓连接,应按设计要求放置弹簧垫圈,弹簧垫圈必须设置在螺母一侧。

5)对于工字钢、槽钢类型钢应尽量使用斜垫圈,使螺母和螺栓头部的支承面垂直于螺杆。

(2) 螺栓间的间距确定既要考虑连接效果(连接强度和变形),同时要考虑螺栓的施工方便,通常情况下螺栓的最大、最小容许距离见表 3.7.4.1。

螺栓的最大、最小容许间距 表 3.7.4.1

名称	位置和方向			最大容许间距(取两者的较小值)	最小容许间距
中心间距	任意方向	外排		$8d_0$ 或 $12t$	$3d_0$
		中间排	构件受压力	$12d_0$ 或 $18t$	
			构件受拉力	$16d_0$ 或 $24t$	
中心到构件边缘距离	顺内力方向			$4d_0$ 或 $8t$	$2d_0$
	垂直内力方向	切割边			$1.5d_0$
		轧制边	高强度螺栓		
			其他螺栓或铆钉		$1.2d_0$

注：1. d_0 为螺栓的孔径， t 为外层较薄板件的厚度。
2.钢板边缘与刚性构件(如角钢、槽钢等)相连的螺栓或铆钉的最大间距，可按中间排的数值采用。
3.螺栓孔不得采用气割扩孔。对于精制螺栓(A、B级螺栓)，螺栓孔必须钻孔成型，同时必须是Ⅰ类孔，应具有H12的精度，孔壁表面粗糙度 R_a 不应大于12.5um

3.7.4.2 质量关键要求

为使普通螺栓连接接头中的螺栓受力均匀，螺栓的紧固次序应从中间开始，对称向两边进行；对于大型接头应采用复拧，即两次紧固方法，保证接头内各个螺栓能均匀受力。

3.7.4.3 职业健康安全质量要求

- (1) 项目应建立安全管理体系并认真开展安全管理工作。
- (2)高空作业操作平台(或施工吊篮)的制作及架设应有经审批的施工方案(或作业指导书)。
- (3) 上下多层立体交叉作业时应有可靠防护措施，避免高空落物伤人。

3.7.5 施工工艺

普通紧固件连接施工工艺流程见图 3.7.5

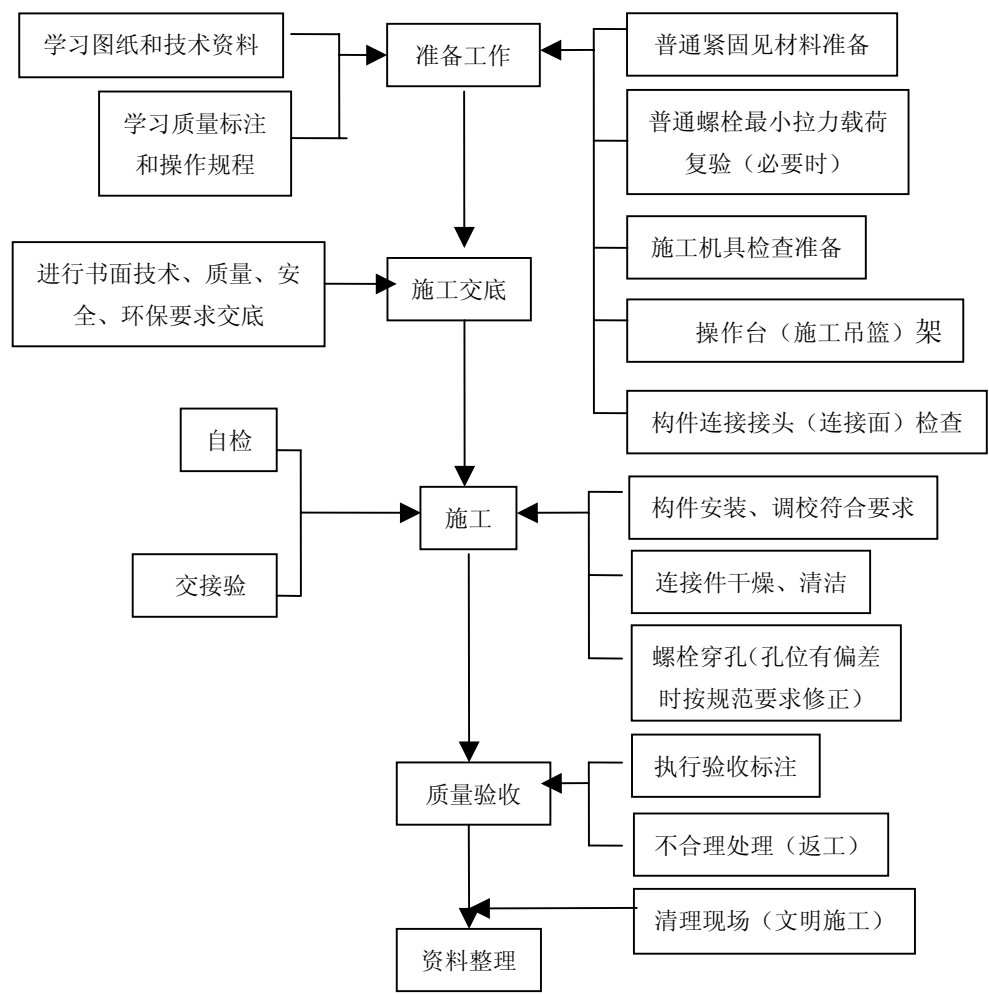


图 3.7.5 施工工艺流程图

3.7.6 质量检验

3.7.6.1 主控项目

(1) 普通螺栓、自攻钉、拉铆钉、射钉等紧固标准件及其螺母、垫圈等标准配件，其品种、规格、性能等应符合现行国家产品标准和设计要求。

全数检查产品的质量合格证明文件、中文标志及检验报告等。

(2) 普通螺栓作为永久性连接螺栓时,当设计有要求或对其质量有疑义时,应进行螺栓实物最小拉力载荷复验,试验方法见 GB50205—2001 附录 B,其结果应符合现行国家标准《紧固件机械性能螺栓、螺钉和螺柱》GB3098 的规定。

每一规格螺栓抽查 8 个,检查螺栓实物复验报告。

(3) 自攻钉、拉铆钉、射钉等其规格尺寸应与被连接钢板相匹配,其间距、边距等应符合设计要求。

按连接节点数抽查 3%,且不应少于 3 个。

3.7.6.2 一般项目

(1) 永久性普通螺栓紧固应牢固、可靠,外露丝扣不应少于 2 扣。可用锤击法检查。即用 0.3kg 小锤,一手扶螺栓(或螺母)头,另一手用锤敲,要求螺栓头(螺母)不偏移、不颤动、不松动,锤声比较干脆;否则,说明螺栓紧固质量不好,需重新紧固施工。

按连接节点数抽查 15%,且不应少于 3 个。

(2) 自攻钉、拉铆钉、射钉等与连接钢板应紧固密贴,外观排列整齐。

用小锤敲击检查连接节点数的 15%,且不应少于 3 个。

3.7.7 安全环保措施

3.7.7.1 高空施工作业人员应符合高空作业体质要求,并取得登高上岗证。

3.7.7.2 高空施工作业人员应佩带工具袋,常用手工工具(如:手锤、扳手、小撬棍等)应放在工具袋中,不得放在结构件(如:钢梁、压型钢板)上或易失落的地方,防止失落伤人。

3.7.7.3 地面操作人员,应尽量避免在高空作业的下方停留或通过,防止高空坠物伤人。

3.7.7.4 严格遵守《施工现场临时用电安全技术规程》JGJ46—88、《建筑工程施工现场供用电安全规范》GB50194—93 等安全用电规范。

3.7.7.5 钢结构是良好导体,施工过程中应做好接地工作。

3.7.7.6 雨天及钢结构表面有凝露时,不宜进行普通紧固件连接施工。

3.7.7.7 合理安排作业时间。用电动工具拧紧普通螺栓紧固件时,在居民区施工时,要避免夜间施工,以免施工扰民。

3.7.7.8 施工现场普通螺栓等的包装纸、包装袋应及时分类回收,避免环境污染。

3.7.8 质量记录

钢结构(普通紧固件连接)分项工程检验

批质量验收记录 表 3.7.8

工程名称				检验批部位	
施工单位				项目经理	
监理单位				总监理工程师	
施工依据标准				分包项目负责人	
主控项目		合格质量标准 (按本标准)	施工单位检验 评定记录或结果	监理(建设) 单位验收记录或结果	备注
1	成品进场	第 3.7.6.1—1 条			
2	螺栓实物复验	第 3.7.6.1—2 条			
3	匹配及间距	第 3.7.6.1—3 条			
一般项目		合格质量标准 (按本标准)	施工单位检验 评定记录或结果	监理(建设) 单位验收记录或结果	备注
1	螺栓紧固	第 3.7.6.2—1 条			
2	外观质量	第 3.7.6.2—2 条			
施工单位检验评定结果		班组长： 或专业工长 年 月 日 质检员： 或项目技术负责人： 年 月 日			
监理(建设)单位验收结论		监理工程师(建设单位项目技术人员)： 年 月 日			

4 钢结构涂装施工工艺标准

4.1 钢结构防腐涂料涂装施工工艺标准

4.1.1 总则

4.1.1.1 范围

本施工工艺标准适用于建筑钢结构工程中钢结构的防腐蚀涂层涂装施工工艺。

4.1.1.2 参考标准及规范

(1)《钢结构工程施工质量验收规范》GB50205—2001;

(2)《涂装前钢材表面锈蚀等级和除锈等级》GB8923。

4.1.2 术语、符号

4.1.2.1 术语

环境温度：防腐涂料涂装施工时现场温度。

4.1.3 基本规定

4.1.3.1 钢结构防腐涂料稀释剂和固化剂等材料的品种、规格、性能应符合现行国家产品标准和设计要求，应具备产品出厂合格证。

4.1.4 施工准备

4.1.4.1 技术准备

- (1) 图纸会审工作已经完成，具有图纸会审纪录。
- (2) 根据设计文件要求，编制施工方案、技术交底等技术文件。
- (3) 根据工程特点及施工进度，进行技术交底。

4.1.4.2 材料要求

(1) 品种规格

建筑钢结构工程防腐材料的选用应符合设计要求。

建筑钢结构防腐蚀材料有底漆、中间漆、面漆、稀释剂和固化剂等。

建筑钢结构工程防腐涂料有油性酚醛涂料、醇酸涂料、高氯化聚乙烯涂料、氯化橡胶涂料、氯磺化聚乙烯涂料、环氧树脂涂料、聚氨酯涂料、无机富锌涂料、有机硅涂料、过氯乙烯涂料等。

(2) 质量要求

各种防腐蚀材料应符合国家有关技术指标的规定，应具有产品出厂合格证明。当有特殊要求时应有相应的检验报告。

防腐蚀涂料的品种、规格及颜色选用应符合设计要求。

4.1.4.3 主要工具(见表 4.1.4.3)

钢结构防腐涂装工程主要机具表 表 4.1.4.3

序号	机具名称	型号	单位	数量	备注
----	------	----	----	----	----

1	喷砂机		台	使用数量根据 具体工程量确 定	喷砂除锈
2	回收装置		套		喷砂除锈
3	气泵		台		喷砂除锈
4	喷漆气泵		台		涂漆
5	喷漆枪		把		涂漆
6	铲刀		把		人工除锈
7	手动砂轮		台		机械除锈
8	砂布		张		人工除锈
9	电动钢丝刷		台		机械除锈
10	小压缩机		台		涂漆
11	油漆小桶		个		涂漆
12	刷子		把		涂漆

4.1.4.4 作业条件

- (1) 油漆工施工作业应持有特殊工种作业操作证。
- (2) 防腐涂装工程前，钢结构工程已检查验收，并符合设计要求。
- (3) 防腐涂装作业场地应有安全防护措施，有防火和通风措施，防止发生火灾和人员中毒事故。
- (4) 露天防腐施工作业应选择适当的天气，大风、遇雨、严寒等均不应作业。

4.1.5 材料和质量要点

4.1.5.1 材料的关键要求

- (1) 钢结构防腐涂料、稀释剂和固化剂等材料的品种和性能应符合现行国家产品标准和设计要求。
- (2) 使用前，防腐材料检查及验收应按照国家现行相关标准进行。

4.1.5.2 技术关键要求

- (1) 施工技术方案及技术交底内容完善。
- (2) 钢材表面除锈等级及除锈方法。
- (3) 防腐涂料涂装方法及措施。

4.1.5.3 质量关键要求

- (1) 防腐涂料原材料质量控制。
- (2) 钢材表面除锈处理质量控制。

(3) 防腐涂料涂装质量控制。

4.1.5.4 职业健康安全关键要求

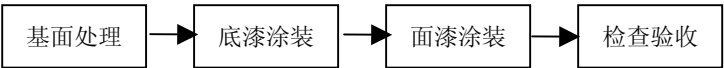
- (1) 施工人员安全保护，防止中毒事故发生。
- (2) 防火防爆措施要齐全。

4.1.5.5 环境关键要求

- (1) 喷射除锈应采取防护措施，防止灰尘污染。
- (2) 涂料不得随意倾倒，防止污染环境和水源。

4.1.6 施工工艺

4.1.6.1 工 艺 流 程



4.1.6.2 操作工艺

(1) 基面清理

1) 建筑钢结构工程的油漆涂装应在钢结构制作安装验收合格后进行。

2) 油漆涂刷前，应采取适当的方法将需要涂装部位的铁锈、焊缝药皮、焊接飞溅物、油污、尘土等杂物清理干净。

3) 基面清理除锈质量的好坏，直接影响到涂层质量的好坏。因此涂装工艺的基面除锈质量等级应符合设计文件的规定要求。钢结构除锈质量等级分类执行《涂装前钢材表面锈蚀等级和除锈等级》GB8923 标准规定。

4) 为了保证涂装质量，根据不同需要可以分别选用以下除锈工艺。

油污的清除方法根据工件的材质、油污的种类等因素来决定，通常采用溶剂清洗或碱液清洗。清洗方法有槽内浸洗法、擦洗法、喷射清洗和蒸汽法等。

钢构件表面除锈方法根据要求不同可采用手工除锈、机械除锈、喷射除锈、酸洗除锈等方法。各种除锈方法的特点见表 4.1.6.2—1。

各种除锈方法的特点 表 4.1.6.2 - 1

除锈方法	设备工具	优点	缺点
手工、机械	砂布、钢丝刷、铲刀、尖锤、平面砂轮机、动力钢丝刷等	工具简单、操作方便、费用低	劳动力强度大、效率低、质量差、只能满足一般的涂装要求

喷射	空气压缩机、喷射机、油水分离器等	工作效率高、除锈彻底、能控制质量、获得不同要求的表面粗糙度	设备复杂、需要一定操作技术、劳动强度较高、费用高、污染环境
酸洗	酸洗槽、化学药品、厂房等	效率高、适用大批件、质量较高、费用较低	污染环境、废液不易处理，工艺要求较严

(2) 涂料涂装方法

合理的施工方法，对保证涂装质量、施工进度、节约材料和降低成本有很大的作用。所以正确选择涂装方法是涂装施工管理工作的重要组成部分。

常用涂料的施工方法见表 4.1.6.2—2。

常用涂料的施工方法表 表 4.1.6.2 - 2

施工方法	适用涂料的特性			被涂物	使用工具或设备	主要优缺点
	干燥速度	黏度	品种			
刷涂法	干性较慢	塑性小	油性漆 酚醛漆 酚醛漆等	一般构件及建筑物，各种设备管道等	各种毛刷	投资少，施工方法简单，适于各种形状及大小面积的涂装；缺点是装饰性较差，施工效率低
手工滚涂法	干性较慢	塑性小	油性漆 酚醛漆 酚醛漆等	一般大型平面的构件和管道等	滚子	投资少，施工方法简单适用大面积物的涂装；缺点同刷涂法
浸涂法	干性适当，流平性好 干燥速度适中	触变形好	各种合成树脂涂料	小零件、设备和机械部件	浸漆槽、离心及真空设备	设备投资较少，施工方法简单，涂料损失少，适用于构造复杂构件；缺点是流平性不太好，有流挂现象，污染现场，溶剂易挥发
空气喷涂法	挥发快和干燥适中	黏度小	各种硝基漆、橡胶漆、建筑乙烯漆、聚氨酯漆等	各种大型构件及设备管道	喷枪、空气压缩机、油水分离器 等	设备投资较小，施工方法较复杂，施工效率较涂刷法高；缺点是消耗溶剂量大，污染现象，易引起火灾
雾气喷涂法	具有高沸点溶剂的涂料	高不挥发分，有触变性	厚浆型涂料和高不挥发分涂料	各种大型钢结构、桥梁、管道、车辆和船舶等	高压无气喷枪、空气压缩机等	设备投资较大，施工方法较复杂，效率比空气喷涂法高，能获得厚涂层；缺点是也要损

						失部分涂料，装饰性较差
--	--	--	--	--	--	-------------

1) 刷涂法操作工艺要求

油漆刷的选择：刷涂底漆、调合漆和磁漆时，应选用扁形和歪脖形弹性大的硬毛刷；刷涂油性清漆时，应选用刷毛较薄、弹性较好的猪鬃或羊毛等混合制作的板刷和圆刷；涂刷树脂漆时，应选用弹性好，刷毛前端柔软的软毛板刷或歪脖形刷。

使用油漆刷子，应采用直握方法，用腕力进行操作；涂刷时，应蘸少量涂料，刷毛浸入油漆的部分应为毛长的 $1/3 \sim 1/2$ ；

对干燥较慢的涂料，应按涂敷、抹平和修饰三道工序进行；

对于干燥较快的涂料，应从被涂物一边按一定的顺序快速连续地刷平和修饰，不宜反复涂刷；

涂刷顺序，一般应按自上而下、从左向右、先里后外、先斜后直、先难后易的原则，使漆膜均匀、致密、光滑和平整；

刷涂的走向，刷涂垂直平面时，最后一道应由上向下进行；刷涂水平表面时，最后一道应按光线照射的方向进行；

刷涂完毕后，应将油漆刷妥善保管，若长期不使用，须用溶剂清洗干净，晾干后用塑料薄膜包好，存放在干燥的地方，以便再用。

2) 滚涂法操作工艺要求

涂料应倒入装有滚涂板的容器内，将滚子的一半浸入涂料，然后提起在滚涂板上来回滚涂几次，使棍子全部均匀浸透涂料，并把多余的涂料滚压掉；

把滚子按 W 形轻轻滚动，将涂料大致的涂布于被涂物上，然后滚子上下密集滚动，将涂料均匀地分布开，最后使滚子按一定的方向滚平表面并修饰；

滚动时，初始用力要轻，以防流淌，随后逐渐用力，使涂层均匀；

滚子用后，应尽量挤压掉残存的油漆涂料，或使用涂料的稀释剂清洗干净，晾干后保存好，以备后用。

3) 浸涂法操作工艺要求

浸涂法就是将被涂物放入油漆槽中浸渍，经一定时间后取出后吊起，让多余的涂料尽量滴净，再晾干或烘干的涂漆方法。适用于形状复杂的骨架状被涂物，适用于烘烤型涂料。建筑钢结构工程中应用较少，在此不做过多叙述。

4) 空气喷涂法操作工艺要求

空气喷涂法是利用压缩空气的气流将涂料带入喷枪，经喷嘴吹散成雾状，并喷涂到被涂物表面上的一种涂装方法。

进行喷涂时，必须将空气压力、喷出量和喷雾幅度等参数调整到适当程度，以保证喷涂质量。

喷涂距离控制：喷涂距离过大，油漆易落散，造成漆膜过薄而无光；喷涂距离过近，漆膜易产生流淌和橘皮现象。喷涂距离应根据喷涂压力和喷嘴大小来确定，一般使用大口径喷枪的喷涂距离为 200~300mm，使用小口径喷枪的喷涂距离为 150~250mm。

喷涂时，喷枪的运行速度应控制在 30~60cm / s 范围内，并应运行稳定。

喷枪应垂直于被涂物表面。如喷枪角度倾斜，漆膜易产生条纹和斑痕。

喷涂时，喷幅搭接的宽度，一般为有效喷雾幅度的言一言，1/4~1/3 并保持一致。

暂停喷涂工作时，应将喷枪端部浸泡在溶剂中，以防涂料干固堵塞喷嘴。

喷枪使用完后，应立即用溶剂清洗干净。枪体、喷嘴和空气帽应用毛刷清洗。气孔和喷漆孔遇有堵塞，应用木钎疏通，不准用金属丝或铁钉疏通，以防损伤喷嘴孔。

5) 无气喷涂法操作工艺要求

无气喷涂法是利用特殊形式的气动或其他动力驱动的液压泵，将涂料增至高压，当涂料经由管路通过喷枪的喷嘴喷出后，使喷出的涂料体积骤然膨胀而雾化，高速地分散在被涂物表面上，形成漆膜。

喷枪嘴与被涂物表面的距离，一般应控制在 300~380mm 之间。

喷幅宽度：较大物件 300~500mm 为宜，较小物件 100~300mm 为宜，一般为 300mm。

喷嘴与物件表面的喷射角度为 30° ~80° 。

喷枪运行速度为 30~100cm / s。

喷幅的搭接宽度应为喷幅的 1/6~1/4。

无气喷涂法施工前，涂料应经过过滤后才能使用。

喷涂过程中，吸入管不得移出涂料液面，应经常注意补充涂料。

发生喷嘴堵塞时，应关枪，取下喷嘴，先用刀片在喷嘴口切割数下(不得用刀尖凿)用毛刷在溶剂中清洗，然后再用压缩空气吹通或用木钎捅通。

暂停喷涂施工时，应将喷枪端部置于溶剂中。

喷涂结束后，将吸入管从涂料桶中提起，使泵空载运行，将泵内、过滤器、高压软管和喷枪内剩余涂料排出，然后利用溶剂空载循环，将上述各器件清洗干净。

高压软管弯曲半径不得小于 50mm，且不允许重物压在上面。

高压喷枪严禁对准操作人员或他人。

(3) 涂装施工工艺及要求

1) 涂装施工环境条件的要求

环境温度：应按照涂料产品说明书的规定执行。

环境湿度：一般应在相对湿度小于 80%的条件下进行。具体应按照涂料产品说明书的规定执行。

控制钢材表面温度与露点温度：钢材表面的温度必须高于空气露点温度 3℃ 以上，方可进行喷涂施工。露点温度可根据空气温度和相对湿度从表 4.1.6.2—3 中查得。

零点值查对表 表 4.1.6.2 - 3

环境温度(℃)	相对湿度 (%)								
	55	60	65	70	75	80	85	90	95
	—7.9	—6.8	—5.8	—4.8	—4.0	—3.0	—2.2	—1.4	—0.7
5	—3.3	—2.1	—1.0	0.0	0.9	1.8	2.7	3.4	4.3
10	1.4	2.6	3.7	4.8	5.8	6.7	7.6	8.4	9.3
15	6.1	7.4	8.6	9.7	10.7	11.5	12.5	13.4	14.2
20	10.7	12.0	13.2	14.4	15.4	16.4	17.4	18.3	19.2
25	15.6	16.9	18.2	19.3	20.4	21.3	22.3	23.3	24.1
30	19.9	21.4	22.7	23.9	25.1	26.2	27.2	28.2	29.1
35	24.8	26.3	27.5	28.7	29.9	31.1	32.1	33.1	34.1
40	29.1	30.7	32.2	33.5	34.7	35.9	37.0	38.0	38.9

在雨、雾、雪和较大灰尘的环境下，必须采取适当的防护措施，方可进行涂装施工。

2) 设计要求或钢结构施工工艺要求禁止涂装的部位，为防止误涂，在涂装前必须进行遮蔽保护。如地脚螺栓和底板、高强度螺栓结合面、与混凝土紧贴或埋入的部位等。

3) 涂料开桶前，应充分摇匀。开桶后，原漆应不存在结皮、结块、凝胶等现象，有沉淀应能搅起，有漆皮应除掉。

4) 涂装施工过程中，应控制油漆的黏度、稠度、稀度，兑制时应充分地搅拌，使油漆色泽、黏度均匀一致。调整黏度必须使用专用稀释剂，如需代用，必须经过试验。

5) 涂刷遍数及涂层厚度应执行设计要求规定。

6) 涂装间隔时间根据各种涂料产品说明书确定。

7) 涂刷第一层底漆时，涂刷方向应该一致，接槎整齐。

8) 钢结构安装后，进行防腐涂料二次涂装。涂装前，首先利用砂布、电动钢丝刷、空气压缩机等工具将钢构件表面处理干净，然后对涂层损坏部位和未涂部位进行补涂，最后按照设计要求规定进行二次涂装施工。

9) 涂装完成后，经自检和专业检并作记录。涂层有缺陷时，应分析并确定缺陷原因，及时修补。修补的方法和要求与正式涂层部分相同。

4.1.7 质量标准

4.1.7.1 主控项目

(1) 钢结构防腐涂料、稀释剂和固化剂等材料的品种、规格、性能和质量等，应符合现行国家产品标准和设计要求。

检查数量：全数检查。

检查方法：检查产品质量合格证明文件、中文标志及检验报告等。

(2) 涂装前钢构件表面除锈应符合设计要求和国家现行有关标准的规定。处理后的钢材表面不应有焊渣、焊疤、灰尘、油污、水和毛刺等。当设计无要求时，钢构件表面除锈等级应符合表 4.1.7.1 的规定。

检查数量：按构件数抽查 10%，且同类构件不应少于 3 件。

检查方法：用铲刀检查和用现行国家标准《涂装前钢材表面锈蚀等级和除锈等级》GB8923 规定的图片对照观察检查。

各种底漆或防锈漆要求最低的除锈等级 表 4.1.7.1

涂料品种	除锈等级
油性酚醛、醇酸等底漆或防锈漆	St2
高氯化聚乙烯、氯化橡胶、氯磺化聚乙烯、环氧树脂、聚氨酯等底漆或防锈漆	Sa2
无机富锌、有机硅、过氯乙烯等底漆	Sa2 $\frac{1}{2}$

(3) 涂料、涂装遍数、涂层厚度均应符合设计要求。当设计对涂层厚度无要求时，涂层干漆膜总厚度应为：室外应为 150 μm ，室内应为 125 μm ，其允许偏差为 -25 μm 。每遍涂层干漆膜厚度的允许偏差为 -5 μm 。

检查数量：按构件数抽查 10%，且同类构件不应少于 3 件。

检查方法：采用干漆膜测厚仪检查。每个构件检测 5 处，每处的数值为 3 个相距 50mm 测点涂层干漆膜厚度的平均值。

(4) 不得误涂、漏涂，涂层应无脱皮和返锈。

检查数量：全数检查。

检查方法：目视观察检查。

4.1.7.2 一般项目

(1) 钢结构防腐涂料的型号、名称、颜色及有效期应与其产品质量证明文件相符。

检查数量：按桶数抽查 5%，且不应少于 3 桶。

检查方法：观察检查。

(2) 防腐涂料开启包装后，不应存在结皮、结块、凝胶等现象。

检查数量：按桶数抽查 5%，且不应少于 3 桶。

检查方法：观察检查。

(3) 涂层应均匀，无明显皱皮、流坠、针眼和气泡等缺陷。

检查数量：全数检查。

检查方法：观察检查。

(4) 当钢结构处于有腐蚀介质环境或外露且设计有要求时，应进行涂层附着力测试，在检测处范围内，当涂层完整程度达到 70% 以上时，涂层附着力达到合格质量标准的要求。

检查数量：按照构件数抽查 1%，且不应少于 3 件，每件测 3 处。

检查方法：按照现行国家标准《漆膜附着力测定法》GB1720 或《色漆和清漆、漆膜的划格试验》GB9286 执行。

(5) 构件补刷涂层质量应符合规定要求，补刷涂层漆膜应完整。

检查数量：全数检查。

检查方法：观察检查。

(6) 涂装完成后，钢构件的标识、标记和编号应清晰、完整。

检查数量：全数检查。

检查方法：观察检查。

4.1.8 成品保护

4.1.8.1 钢构件涂装后，应加以临时围护隔离，防止踏踩，损伤涂层。

4.1.8.2 钢构件涂装后，在 4h 之内如遇大风或下雨时，应加以覆盖，防止沾染灰尘或水汽，避免影响涂层的附着力。

4.1.8.3 涂装后的钢构件需要运输时，应注意防止磕碰，防止在地面拖拉造成涂损坏。

4.1.8.4 涂装后的钢构件勿接触酸类液体，防止咬伤涂层。

4.1.9 安全环保措施

防腐涂装施工所用的材料大多数为易燃物品，大部分溶剂有不同程度的毒性。为此，防腐涂装施工中防火、防爆、防毒是至关重要的，应予以十二分的关注和重视。

4.1.9.1 防火措施

(1) 防腐涂料施工现场或车间不允许堆放易燃物品，并应远离易燃物品仓库。

(2) 防腐涂料施工现场或车间，严禁烟火，并有明显的禁止烟火的宣传标志。

(3) 防腐涂料施工现场或车间，必须备有消防水源或消防器材。

(4) 防腐涂料施工中使用擦过溶剂和涂料的棉纱、棉布等物品应存放在带盖的铁桶内，并定期处理掉。

(5) 严禁向下水道倾倒涂料和溶剂。

4.1.9.2 防爆措施

(1) 防腐涂料使用前需要加热时，采用热载体、电感加热等方法，并远离涂装施工现场。

(2) 防腐涂料涂装施工时，严禁使用铁棒等金属物品敲击金属物体和漆桶，如需敲击应使用木制工具，防止因此产生摩擦或撞击火花。

(3) 在涂料仓库和涂装施工现场使用的照明灯应有防爆装置，临时电气设备应使用防爆型的，并定期检查电路及设备的绝缘情况。在使用溶剂的场所，应禁止使用闸刀开关，要使用三相插头。防止产生电火花。

(4) 所有使用的设备和电气导线应良好接地，防止静电聚集。

(5) 所有进入防腐涂料涂装施工现场的施工人員，应穿安全鞋、安全服装。

4.1.9.3 防毒措施

(1) 施工人员应戴防毒口罩或防毒面具。

(2) 对于接触性侵害，施工人员应穿工作服、戴手套和防护眼镜等，尽量不与溶剂接触。

(3) 施工现场应做好通风排气装置，减少有毒气体的浓度。

4.1.9.4 高空作业时，应戴好安全带，并应对使用的脚手架或吊架等临时设施进行检查，确认安全后，方可施工。

4.1.9.5 施工使用的工具，应随手放入工具袋内，不得随意乱扔、乱放。

4.1.10 质量记录

本工艺标准应具备以下的质量记录：

(1) 钢结构底漆涂层材料产品合格证或质量证明书。

(2) 钢结构面漆涂层材料产品合格证或质量证明书。

(3) 钢结构(防腐涂料涂装)分项工程检验批质量验收记录。

4.2 钢结构防火涂料涂装施工工艺标准

4.2.1 总则

4.2.1.1 范围

本施工工艺标准适用于建筑钢结构的厚涂型和薄涂型防火涂料涂装施工工艺。

4.2.1.2 参考标准及规范

- (1)《钢结构工程施工质量验收规范》GB50205—2001
- (2)《涂装前钢材表面锈蚀等级和除锈等级》GB8923
- (3)《钢结构防火涂料通用技术条件》GB14907
- (4)《钢结构防火涂料应用技术规程》CECS24：90

4.2.2 术语、符号

4.2.2.1 术语

环境温度：防火涂料涂装施工时现场温度。

4.2.3 基本规定

4.2.3.1 钢结构防火涂料的选用应符合《钢结构防火涂料通用技术条件》GB14907和《钢结构防火涂料应用技术规程》CECS24：90 标准规定和设计要求。

4.2.3.2 所选用防火涂料应是经主管部门鉴定合格，并经当地消防部门批准的产品。

4.2.3.3 各种防火涂料应符合国家有关技术指标的规定，应具有产品出厂合格证。

4.2.3.4 防火涂料涂装前，钢结构工程已检查验收合格，并符合设计要求和规范规定。

4.2.3.5 防火涂料涂装前，钢构件表面除锈及防锈底漆涂装应符合设计要求和国家现行有关规范规定，并经验收合格后方可进行防火涂料涂装。

4.2.4 施工准备

4.2.4.1 技术准备

- (1) 图纸会审工作已经完成，具有图纸会审纪录。
- (2) 根据设计文件要求，编制防火涂料涂装施工方案、技术交底等技术文件。
- (3) 根据工程特点及施工进度，进行技术交底。

4.2.4.2 材料要求

- (1) 品种规格

防火涂料按照涂层厚度可划分为两类：

B 类：薄涂型钢结构防火涂料，涂层厚度一般为 2～7mm，有一定的装饰效果，高温时涂层膨胀增厚，具有耐火隔热作用，耐火极限可达 0.5～2h，又称为钢结构膨胀防火涂料。

H 类：厚涂型钢结构防火涂料，涂层厚度一般为 8～50mm，粒状表面，密度较小，热导率低，耐火极限可达 0.5～3h，又称为钢结构防火隔热材料。

(2) 质量要求

各种防火涂料应符合国家有关技术指标的规定，应具有产品出厂合格证。

4.2.4.3 主要工具 (见表 4.2.4.3)

钢结构防火涂装公称主要机具表 表 4.2.4.3

序号	机具名称	型号	单位	数量	备注
1	便携式搅拌机		台	根据实际工 程量确定	配料
2	压送式喷涂机		台		厚涂型涂料喷涂
3	重力式喷枪		台		薄涂型涂料喷涂
4	空气压缩机	0.6—0.9m ³ / min	台		喷涂
5	抹灰刀		把		手工涂装
6	砂布		张		基层处理

4.2.4.4 作业条件

(1) 防火涂料涂装施工作业应由经消防部门批准的施工单位负责施工。

(2) 防火涂料涂装前，钢结构工程已检查验收合格，并符合设计要求。

(3) 防火涂装前，钢构件表面除锈及防锈底漆应符合设计要求和国家现行有关规范规定，应彻底清除钢构件表面的灰尘、油污等杂物。

(4) 防火涂装前，应对钢构件防锈涂层碰损或漏涂部位补刷防锈漆，防锈漆涂装经验收合格后方可进行防火涂料涂装。

(5) 钢结构防火涂料涂装应在室内装饰之前和不被后续工程所损坏的条件下进行。施工前，对不需要进行防火保护的墙面、门窗、机械设备和其他构件应采用塑料布遮挡保护。

(6) 涂装施工时，环境温度宜保持在 5～38℃，相对湿度不宜大于 90%，空气应流动。露天涂装施工作业应选择适当的天气，大风、遇雨、严寒等均不应作业。

4.2.5 材料和质量要点

4.2.5.1 材料的关键要求

(1) 钢结构防火涂料材料的品种和技术性能应符合现行国家产品标准和设计要求。

(2) 钢结构防火涂料应具备国家质量检测检验机构对产品的耐火极限检测报告和理化、

力学性能检测报告。

(3) 钢结构防火涂料应具有消防监督部门颁发的消防产品生产许可证和该产品的合格证。

4.2.5.2 技术关键要求

- (1) 施工技术方案及技术交底内容完善。
- (2) 钢材表面除锈及防锈底漆涂装应符合设计要求和国家现行有关规范规定。
- (3) 施工单位具备消防部门批准的施工准许证明文件，应由经培训合格的专业操作人员施工。

4.2.5.3 质量关键要求

- (1) 防火涂料原材料质量控制。
- (2) 钢材表面除锈及防锈漆涂装质量控制。
- (3) 防火涂料涂装的涂层厚度和质量控制。

4.2.5.4 职业健康安全关键要求

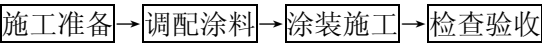
- (1) 施工人员安全保护措施，包括个人防护用品配备与使用以及施工安全生产措施等。
- (2) 施工机具使用方法及措施，防止机械伤害事故发生。
- (3) 高空作业安全措施，防止高空坠落等事故发生。

4.2.5.5 环境关键要求

- (1) 防火涂料喷涂前应采取防护措施，防止污染其他构件、半成品等。
- (2) 涂料不得随意倾倒，防止污染环境和水源。

4.2.6 施工工艺

4.2.6.1 工艺流程



4.2.6.2 操作工艺

- (1) 施工准备
- 1)按照上述第 4.2.4.4 条规定进行基面处理、检查验收。

2)按照设计要求，采购防火涂料原材料并验收。

3)按照工程实际情况配备相应的施工人员和施工机具。

(2) 厚涂型钢结构防火涂料涂装工艺及要求

1)施工方法及机具

一般采用喷涂方法涂装，机具为压送式喷涂机，配备能够自动调压的空压机，喷枪口径为 6~12mm，空气压力为 0.4~0.6MPa。

局部修补和小面积构件采用手工抹涂方法施工，工具是抹灰刀等。

2)涂料配制

单组分湿涂料，现场采用便携式搅拌器搅拌均匀；单组分干粉涂料，现场加水或其他稀释剂调配，应按照产品说明书的规定配比混合搅拌；双组分涂料，按照产品说明书规定的配比混合搅拌。

防火涂料配制搅拌，应边配边用，当天配制的涂料必须在说明书规定时间内使用完。搅拌和调配涂料，使之均匀一致，且稠度适宜。既能在输送管道中流动畅通，而喷涂后又不会产生流淌和下坠现象。

3)涂装施工工艺及要求

喷涂应分若干层完成，第一层喷涂以基本盖住钢材表面即可，以后每层喷涂厚度为 5~10mm 一般为 7mm 左右为宜。

在每层涂层基本干燥或固化后，方可继续喷涂下一层涂料，通常每天喷涂一层。

喷涂保护方式、喷涂层数和涂层厚度应根据防火设计要求确定。

喷涂时，喷枪要垂直于被喷涂钢构件表面，喷距为 6~10m，喷涂气压保持在 0.4~0.6MPa。喷枪运行速度要保持稳定，不能在同一位置久留，避免造成涂料堆积流淌。喷涂过程中，配料及往喷涂机内加料均要连续进行，不得停顿。

施工过程中，操作者应采用测厚针检测涂层厚度，直到符合设计规定的厚度，方可停止喷涂。

喷涂后，对于明显凹凸不平处，采用抹灰刀等工具进行剔除和补涂处理，以确保涂层表面均匀。

4)质量要求

涂层应在规定时间内干燥固化，各层间粘结牢固，不出现粉化、空鼓、脱落和明显裂纹。

钢结构接头、转角处的涂层应均匀一致，无漏涂出现。

涂层厚度应达到设计要求；否则，应进行补涂处理，使之符合规定的厚度。

(3) 薄涂型钢结构防火涂料涂装工艺及要求

1)施工方法及机具

一般采用喷涂方法涂装，面层装饰涂料可以采用刷涂、喷涂或滚涂等方法，局部修补或

小面积构件涂装。不具备喷涂条件时，可采用抹灰刀等工具进行手工抹涂方法。

机具为重力式喷枪，配备能够自动调压的空压机，喷涂底层及主涂层时，喷枪口径为 4～6mm，空气压力为 0.4～0.6MPa；喷涂面层时，喷枪口径为 1～2mm，空气压力为 0.4MPa 左右。

2)涂料配制.

单组分涂料，现场采用便携式搅拌器搅拌均匀；双组分涂料，按照产品说明书规定的配比混合搅拌。

防火涂料配制搅拌，应边配边用，当天配制的涂料必须在说明书规定时间内使用完。

搅拌和调配涂料，使之均匀一致，且稠度适宜，既能在输送管道中流动畅通，而喷涂后又不会产生流淌和下坠现象。

3)底层涂装施工工艺及要求

底涂层一般应喷涂 2～3 遍，待前一遍涂层基本干燥后再喷涂后一遍。第一遍喷涂以盖住钢材基面 70%即可，二、三遍喷涂每层厚度不超过 2.5mm。

喷涂保护方式、喷涂层数和涂层厚度应根据防火设计要求确定。

喷涂时，操作工手握喷枪要稳定，运行速度保持稳定。喷枪要垂直于被喷涂钢构件表面，喷距为 6～10mm。

施工过程中，操作者应随时采用测厚针检测涂层厚度，确保各部位涂层达到设计规定的厚度要求。

喷涂后，喷涂形成的涂层是粒状表面，当设计要求涂层表面平整光滑时，待喷涂完最后一遍应采用抹灰刀等工具进行抹平处理，以确保涂层表面均匀平整。

4)面层涂装工艺及要求

当底涂层厚度符合设计要求，并基本干燥后，方可进行面层涂料涂装。

面层涂料一般涂刷 1～2 遍。如第一遍是从左至右涂刷，第二遍则应从右至左涂刷，以确保全部覆盖住底涂层。

面层涂装施工应保证各部分颜色均匀、一致，接槎平整。

4.2.7 质量标准

4.2.7.1 主控项目

(1) 钢结构防火涂料的品种和技术性能应符合设计要求，并应经过具有资质的检测机构检测符合现行国家有关标准的规定和设计要求。

检查数量：全数检查。

检查方法：检查产品的质量合格证明文件、中文标志及检验报告等。

(2) 防火涂料涂装前钢构件表面除锈及防锈漆涂装应符合设计要求和国家现行有关标准的规定。

检查数量：按构件数抽查 10%，且同类构件不应少于 3 件。

检查方法：表面除锈用铲刀检查和用现行国家标准《涂装前钢材表面锈蚀等级和除锈等级》GB8923 规定的图片对照观察检查。底漆涂装用干漆膜测厚仪检查，每个构件检测 5 处，每处的数值为 3 个相距 50mm 测点涂层干漆膜厚度的平均值。

(3) 钢结构防火涂料的粘结强度和抗拉强度应符合国家现行《钢结构防火涂料应用技术规程》CECS24：90 标准的规定。检查方法应符合国家现行《建筑构件防火喷涂材料性能试验方法》GB9978 标准的规定。

检查数量：每使用 100t 或不足 100t 薄涂型防火涂料应抽检一次粘结强度；每使用 500t 或不足 500t 厚涂型防火涂料应抽检一次粘结强度和抗拉强度。

检查方法：检查复验报告

(4) 薄涂型防火涂料的涂层厚度应符合有关耐火极限的设计要求。厚涂型防火涂料涂层的厚度，80%及以上面积应符合有关耐火极限的设计要求，且最薄处厚度不应低于设计要求的 85%。

检查数量：按同类构件数抽查 10%，且均不应少于 3 件。

检查方法：采用涂层厚度测量仪、测厚针和钢尺检查。测量方法应符合国家现行标准《钢结构防火涂料应用技术规程》CECS24：90 的规定和《钢结构工程施工质量验收规范》GB50205—2001 标准中附录 F 的规定。

(5) 薄涂型防火涂料涂层表面裂纹宽度不应大于 0.5mm；厚涂型防火涂料涂层表面裂纹宽度不应大于 1mm。

检查数量：按同类构件数抽查 10%，且均不应少于 3 件。

检查方法：观察和用尺量检查。

4.2.7.2 一般项目

(1) 钢结构防火涂料的型号、名称、颜色及有效期应与其产品质量证明文件相符。开启后，不应存在结皮、结块、凝胶等现象。

检查数量：按桶数抽查 5%，且不应少于 3 桶。

检查方法：观察检查。

(2) 防火涂料涂装基层不应有油污、灰尘和泥沙等污垢。

检查数量：全数检查。

检查方法：观察检查。

(3) 防火涂料不应有误涂、漏涂，涂层应闭合无脱层、空鼓、明显凹陷、粉化松散和浮浆等外观缺陷，乳突已剔除。

检查数量：全数检查。

检查方法：观察检查。

4.2.8 成品保护

4.2.8.1 钢构件涂装后，应加以临时围护隔离，防止踏踩，损伤涂层。

4.2.8.2 钢构件涂装后，在 24h 之内如遇大风或下雨时，应加以覆盖，防止沾染灰尘或水汽，避免影响涂层的附着力。

4.2.8.3 涂装后的钢构件应注意防止磕碰，防止涂层损坏。

4.2.8.4 涂装前，对其他半成品做好遮蔽保护，防止污染。

4.2.8.5 做好防火涂料涂层的维护与修理工作。如遇剧烈震动、机械碰撞或暴雨袭击等，应检查涂层有无受损，并及时对涂层受损部位进行修理或采取其他处理措施。

4.2.9 安全环保措施

4.2.9.1 安全生产和劳动保护是全面质量控制的重要保证，施工中应严格执行国家和企业有关安全和劳动保护法规。

4.2.9.2 高空作业必须系安全带，防止高空坠落等事故发生。

4.2.9.3 溶剂型防火涂料施工时，必须在施工现场配备消防器材，严禁现场明火，并有明显的禁止烟火的警示标志。

4.2.9.4 施工人员进入施工现场应戴安全帽、口罩、手套和防尘眼镜等个人防护用品。

4.2.9.5 防火涂料应储存在阴凉的仓库内，仓库内温度不宜高于 35℃，不应低于 5℃，严禁露天存放或日晒雨淋。

4.2.9.6 涂装施工前，做好对周围环境和半成品的遮蔽保护工作，防止污染环境。

4.2.10 质量记录

本工艺标准应具备以下的质量记录：

- (1) 钢结构防火涂料产品质量证明书及各项检验和试验报告。
- (2) 隐蔽工程验收记录。
- (3) 涂装检测资料。
- (4) 钢结构(防火涂料涂装)分项工程检验批质量验收记录。
- (5) 设计变更、洽商记录。