

# 武汉广播电视中心大楼钢结构

## 施工方案

编制单位： 武汉建工第二建筑有限公司

武汉建工特种工程有限公司

编 制 人： 刘宣传 徐金圣 阎建海

【评语】该方案在钢结构方面非常典型，普通钢结构的各种技术特点、技术措施编写得较为齐全，前期准备、连接等工艺描述清楚，指导性较强。但对吊装工艺缺乏实质内容：如何吊装、吊装顺序、单件吊装重量等。如果能有施工节点图就更加全面了。

# 前言

武汉广播电视中心大楼坐落于汉口建设大道青年路口，建筑面积为74462m<sup>2</sup>，其结构形式为钢筋混凝土框架—筒体剪力墙结构，主楼30层，其中地下室两层为停车场，局部区域为一层设备用房，裙楼5~6层，塔楼24层为办公用房，塔楼上部为8层钢结构功能用房，顶部为直升机停机坪。其建筑标高为164.8m，在主楼前面30层顶部装有钢结构电视发射塔，塔顶标高为198m。其钢结构涉及较多如：裙楼屋面钢结构、顶层屋面钢结构、顶楼钢结构发射塔等，钢结构的制作和吊装是施工的技术难点之一。

## 一、钢结构的制作

### （一）材质控制

1. 向正规生产厂家订购钢材、焊材。而且必须具备原始材质证明(物理性能、化学成份)及出厂合格证。
2. 钢材进厂后按批量进行抽样复试，凡复检不合格的坚决不投入使用。
3. 钢材进料前由质检部门对其表面状态(锈、麻坑等缺陷)按规范标准严格把关，凡超标者不得投产使用。
4. 焊材在使用前按规范进行烘焙处理。
5. 焊丝使用前认真进行油污、除锈处理。

### （二）板材的号料与切割

1. 翼、腹板的号料与切割，均编程输入德国进口的SXE·P500型数控切割机上完成。切割面的表面粗糙度达  $\sqrt{25}$ 。
2. 其他部分板件均由放样工制作样板号料，用半自动切割机或龙门剪床进行切割，切割面的表面粗糙度达  $\sqrt{50}$ ，几何尺寸严格控制在规范允许的范围内。

### （三）板材的校平、矫正和边缘加工

1. 翼、腹板校平、矫正在国产辊压平机上完成，平面度不大于0.5‰。厚度为25mm以上或超宽板件的校平采用人工火焰校正法，平面度不大于1‰。

2. 钢柱支座板及其他厚板的校平、矫正采用机械(500t油压机或100t摩擦压力机)、火焰方法进行,平面度不大于1‰。凡图纸或工艺要求的板材边缘加工和焊接坡口的加工均在12m刨边机或单臂刨上完成。加工后的宽度公差 $\pm 1\text{mm}$ ,表面粗糙度达。

#### (四) 圆管和型钢的校直、轧弯

1. 各种规格的钢管以采购专业厂家的产品为主,部分非标钢管采取工厂内自行轧制。

2. 管件及型钢件的矫直均在100t液压矫直机上完成,加工后的构件直线度不超过1‰。

3. 型钢轧弧采用100t型钢校压机轧制,其弧度标准用样板控制。

4. 钢管的接长按标准《套管对接接头》形式。

#### (五) 钢板的直线对接和变截面对接

1. 所有对接接头必须按国家标准规定的形式进行坡口加工。

2. 为保证对接板件的直线度,拼接时必须以中轴线为基准,并经专职人员复查后方可点焊。

3. 根据板料的不同厚度,分别采用半自动埋弧焊和 $\text{CO}_2$ 气体保护焊进行双面施焊(注:反面必须清根)。

4. 所有对接焊缝必须按规定比例数进行超声波或按设计要求进行焊缝检测。

#### (六) 构件的拼装、焊接、整理

1. 箱形、H形构件的拼装在专用模胎内进行,几何尺寸经质检员检测合格后方可施焊。

2. 箱形构件主焊缝采用 $\text{CO}_2$ 气体保护自动焊小车施焊,H型构件主焊缝采用半自动埋弧焊进行船形焊,支座焊缝和其它连接焊缝均采用 $\text{CO}_2$ 气体保护焊。

3. 栓钉焊采用专用电弧螺柱焊机施焊。

4. 各种类型焊接必须严格按照焊接工艺卡片制订的技术参数实施。

5. H形构件的焊后整理、矫正在1000t油压机上进行。其公差要求按国标GBJ 205-83《钢结构工程施工及验收规范》严格控制。

6. 箱形构件的焊接变形量由焊接工艺控制，并满足《钢结构工程施工及验收规范》中允差要求。

### **（七）连接孔的加工与摩擦面处理**

1. 所有连接孔均采用成品号孔，用钻模、钻套在摇臂钻床上进行制孔。
2. 高强度螺栓摩擦面的加工采取喷丸方式进行，摩擦系数满足设计要求。
3. 有摩擦面要求的构件出厂时，要有三组与构件同材质、同处理方法的试件，以作工地对摩擦系数的复验之用。
4. 处理后的眼孔及摩擦面用胶布加以保护，避免油污影响摩擦面。

### **（八）除锈和油漆**

1. 所有构件涂漆前均采取喷丸方式除锈。
2. 涂料品种按设计要求选用。
3. 采用滚筒手工方式涂刷。

### **（九）工装、计量器具质量和标准控制**

1. 工装平台的主要工作面平整度用仪器测量，平整度不超过1%。
2. 装配胎具经质检部门复测批准方可投入使用。
3. 胎具在使用过程中定期予以复查，若发现变形，必须立即修复，方可重新投入使用。
4. 生产用所有量具必须经质检部门计量核准后方可投入使用，并按公司规定必须定期复验。
5. 质检部门的计量器具、卷尺施工前与土建、安装单位进行校对，核准偏差，做好标记，并以此作为检查验收的专用标准。

### **（十）制作过程中的质量控制**

1. 经放大样后制作的样板样杆，经质检部门检验合格批准后方可投入使用。
2. 任何零件经质检部门首检合格后方可批量下料，且下料过程中的抽查率不低于10%，不合格零件决不允许流入下道工序。
3. 组装件必须经质检部门复查签证后方可进行施焊。
4. 所有焊缝严格按照设计总要求进行检查，确保焊接质量符合设计要求。
5. 当生产与质检部门发生意见不一致时，由主管技术部门(主管工程师)裁

决。

6. 在对图纸有疑问时，应由公司主管技术部门立即向设计单位申报，经确认后方可继续生产。

### （十一）焊接工艺评定及焊接工艺方案

1. 对不同结构形式、不同材质的焊接形式均进行同等条件下的焊接工艺评定，严格执行《建筑钢结构焊接规程》JGJ81-2002。

2. 根据焊接工艺评定结果编制合理的焊接工艺方案，确保构件焊接质量符合设计要求。

### （十二）编号、标记

1. 所有构件均用白油漆在便于观察的位置写上编号。
2. 安装用轴线采用白油漆在构件上下端四方做好明显标记。

### （十三）运输

1. 对8m长以内的构件采用挂车搭码墩的方式运输。
2. 对18m长以内的较长构件采用单车加炮筒车的方式运输。
3. 用枕木或废轮胎将构件垫牢，并用钢丝绳紧固器捆扎牢靠。
4. 运输前办好超长件通行证，并在尾部挂危险标记和信号灯。

## 二、钢结构安装施工准备

### （一）工程内容

钢结构为-0.050m至198m的主楼、裙楼、主楼天线塔钢结构等五个部分，主要内容如下：

1. 0.050~19.950m钢立柱(23.022t)

主楼-0.050~19.950m钢立柱 $\phi 800 \times 12$ ，16Mn钢管共6根，最重件4.772t，裙楼19.450m平面梁上钢立柱 $\phi 500$ 。梁上柱的长度根据不同轴线变化。

2. 裙房钢构架(位于19.5m屋面上，A-1~A-19, A-E~A-M轴间)

屋面构架梁之间的连接均为刚接，构架结构与柱的连接为铰接，钢材Q235B。

8.8级摩擦型高强螺栓，摩擦面抗滑移系数 $\mu \geq 0.4$ ，表面喷砂处理。

(1) 纵梁：长度1.4m~38.8m不等，工56C/工32A /HK600C，最重件4807 kg；

(2) 外圈梁：结构形式HK600C /CH20A/工56C最重件7309 kg；

(3) 横梁最重件5717总重99427kg。

3. 主楼137.4，150.0，154.8平面钢结构，(总重71.772t，钢材Q235B)

(1) 主梁6根，结构形式□250×550×16，长21.0 m，单重4.2t

(2) 次横纵梁78根，工35A，最长件8.0m，重0.63t

(3) 外圈梁36根，工35A，椭圆弧型，最长件8.2m，重0.492t

#### 4. 联廊钢结构

联廊由钢管柱(含混凝土柱内钢管)和桁架(含梁桁架间主梁、次纵横梁、混凝土梁内钢件)组成联廊长37.96m，跨度22.6m，宽6.7m共五层，顶层标高30.77m、桁架钢材Q345。

(1) 钢管柱(含混凝土柱内钢管、钢件)部分

混凝土柱内钢管 $\phi 600 \times 8$ ，共8根，最长件18.525m，重2.192t，共重17.39t；钢管柱 $\phi 500 \times 18$ ，共28根，最长件16.725m，重3.713t，共重61.572t；

(2) 桁架(含梁桁架间主梁、次纵横梁、混凝土梁内钢件)部分

桁架组合件共12件，最长件22.822m，重17.956t，共重135.472t；混凝土梁内钢件(JXL-1/2)H350×700×12×20，共8根，最长件6.765m，单重1.189t，共重8.92t。

主梁□400×800×28 [10.325~14.825(三~四层)] H200×360×8×12共27根，长6.765m，重3.4t，共重91.8t。

次纵横梁H200×360×8×12 (H300×500×10×12)，长6.765m，共40根，最重件0.649t，总重376.717t。

联廊桁架上弦H500×700×16×25下弦H500×700×16×20立柱H400×500×10×16斜撑H550×550×16×20合重5.801t。

#### 5. 主楼天线塔钢结构

塔顶标高198.0m，塔底标高137.4m，塔身暂估为 $\phi 2000 \times 22$ 共60.40m，重50t。

### (二) 主要技术要求

材料包括钢材、焊接材料、高强度螺栓、压型钢板、栓钉等，均应完全符合

《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205—2001 中规定、《建筑钢结构焊接规程》JGJ81—2002第2章及《钢结构高强度螺栓连接的设计施工及验收规程》JGJ82—91第3章之要求。

### 1. 钢材

(1) 主要受力构件(柱、剪力墙筒体、框架梁、转换梁、转桁架等)采用Q345B钢。

(2) 主要受力构件(次梁、斜撑等)采用Q235B钢。钢材的抗拉强度实测值与屈服强度实测值的比值不应小于1.2, 钢材应有明显的屈服台阶且伸长率应大于20%。钢材应有良好的可焊性和合格的冲击韧性。

(3) 厚度大于等于40mm的钢材, 板厚方向(即Z方向)截面收缩率不应小于国家标准《厚度方向性能》(GB 50313)关于Z15级规定的容许值且其含硫量应不超过0.01%。

### 2. 焊接材料

(1) 施工所用的焊条、焊丝、焊剂等均应与主体金属强度相适应。当两个不同强度的钢材焊接时可采用与较低强度钢材相适应的焊条。

(2) 两个不同型号的钢材互焊或者用国产焊接材料焊接进口钢材等情况下, 应作焊接工艺评定并根据试验确定二者的相容性及其焊接工艺和焊接参数。

### 3. 高强度螺栓

螺栓为10.9级摩擦型大六角头高强度螺栓, 摩擦面抗滑移系数不小于0.45(特别注明者除外), 摩擦面采用GB 50205—2001 中规定进行试验, 其试验结果须送施工监理单位认可。

### 4. 压型钢板

压型钢板为镀铝锌闭口型压型钢板, 其屈服强度 $F_y \geq 235 \text{ N/mm}^2$ ,

### 5. 栓钉

栓钉(剪力钉)其钢号为Q235, 经冷加工制作而成, 其性能等指标应符合《圆柱头焊钉》GB 10433的规定。

## (三) 施工要求

严格按照《钢结构工程施工质量验收规范》(GB 50205—2001)、《建筑钢结构焊接规程》(JGJ81—2002)、《钢结构高强度螺栓连接的设计施工及验收规



程》(JGJ82—91第1章、第3章)的要求进行施工,设计说明和以上规范不统一时,应按四者中要求最严格者执行。

施工前应仔细核对施工图上所有尺寸,对复杂构件桁架进行放样和试拼装确认准确无误后方可进行施工。

凡结构图与其他工种图纸发生矛盾时应及时通知设计单位,由相关工种设计人员处理解决。

施工过程中,当施工荷载超过设计荷载时,必须采取切实有效措施以确保构件安全。

所有高强螺栓孔均采用钻孔制孔的方法,未经许可不得现场扩孔,并应严格遵守《钢结构工程施工质量验收规范》(GB 50205—2001)的要求。

施工时,在混凝土达到设计强度前,应采取措施保证钢梁的稳定及挠度满足规范要求,必要时可设置临时支撑。

除非结构图上专门注明,不允许在钢结构构件上开洞、埋盒等。

#### (四) 安装要求

安装施工前,应详阅全部施工图,根据结构特点、现场情况和施工能力制定一个包括施工方法、施工步骤、施工管理并能确保安装质量和安装精度以及安装安全的计划。该计划必须经施工监理认可后方可施工。

安装单位应对运到现场的每一构件进行检查和验收,确认符合质量标准后方可安装。经验收的构件要妥善保管,对高强螺栓摩擦面须特别保护,确保高强螺栓的抗剪强度达到设计要求。

安装单位在每层施工前,应对已完成的结构进行全面测量,并做好记录,以确保构件间距、层高、垂直度、水平平整度符合规范的要求。柱子垂直度的控制应由地面引出基准线避免误差叠加。应小心仔细,以免损伤构件。钢构件现场安装时,应确保结构的稳定并确保结构不会产生永久变形。

高强螺栓连接的钢构件之间,不得使用垫板,不得随意扩孔,每个螺栓旋紧分初拧和终拧。初拧时扭矩控制值应是终拧时扭矩的30%~50%。一组高强螺栓拧紧的次序应是:先中间,同时逐渐向两侧进行。

#### (五) 涂层要求

钢结构母材表面的锈蚀度要求为A级,加工后的所有外露钢结构构件必需彻



底除锈，除锈等级为Sa2.5。

外露钢结构构件需涂水性无机富锌底漆防锈，厚度为 $50 \times 2 \mu\text{m}$ ，水性无机富锌涂料的耐久年限要求30年以上，底漆外涂以环氧封闭漆，对未喷涂防火涂料的钢构件外需另加面漆。

室内外露钢结构构件需按消防规范要求喷涂防火涂料，柱、转换柱、转换桁架的耐火等级为3h，梁、斜撑的耐火等级为2h，楼板的耐火等级为1.5h。

（六）施工准备

1. 施工现场条件准备

道路已形成。平面混凝土浇灌已完成，其混凝土强度达75%以上。施工用单独电源(最大负荷220kVA)安全可靠，并有足够的施工照明。安装施工现场清理干净，道路畅通，临时铺路用钢板(厚24mm)600m<sup>2</sup>、枕木30m<sup>3</sup>准备完备。按钢结构安装平面布置预留图配合土建预留，预埋铁板上按要求焊接锚点。

2. 技术准备

施工组织设计、施工方案已获批准。各专业工程师熟悉图纸、规范、施工组织设计和施工方案，进行技术交底。作好特殊工种的岗前培训，联系有资质单位做抗滑移系数试验和高强螺栓扭矩系数试验,做出焊接工艺试验和评定、确定焊接工艺及有关技术参数，并和制作厂统一量具。

3. 劳动力组织（现场安装人员配备详见表1）

现场安装人员配备表 表1

工 种	人 数	工 种	人 数
钢结构安装工	30	电焊工	25
熟练执证起重工	18	熟悉技术配合人员	30
机具维修人员	2	现场临时电工	2
测量工	4	钳工	6
油漆工	12	起重指挥	2
起重安全技术监督员	2		

4. 安装机具准备

（1）安装机具严格按本方案配置，不得任意变动，如需变动必须经方案编

制人员认可。方案中未明确规定的起重机具应严格按安全操作规程和有关规范要求选用。

(2) 搭设必要的脚手架和拼装焊接操作平台。

(3) 吊装刚架拼装制作严格按图要求制作，其制作拼装质量应符合有关规范要求。

(4) 使用的机具(卷扬机、滑轮组、手动葫芦等)应严格检查、维修，并符合《施工机械设备使用保养规程》、《施工机械设备完好标准》及《化工工程建设起重施工规范》HGJ201-83要求，不得留有任何隐患。

(5) 塔吊、吊车、卷扬机型号性能良好、完善。

(6) 安装施工机具见主要吊装施工机具表表2。

### 三、钢结构安装

#### (一) 统一要求

##### 1. 钢构件运输和存放

钢构件应根据钢结构的安装顺序，进行编号分单元成套供应。运输钢构件时，应根据钢构件的长度、重量选用车辆；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。钢构件存放场地应平整坚实，无积水。钢构件应按种类、型号、安装顺序分区存放；钢构件底层垫枕应有足够的支承面，并应防止支点下沉。相同型号的钢构件叠放时，各层钢构件的支点应在同一垂直线上，并应防止钢构件被压坏和变形，不符合设计及验收标准的钢构件不得运至现场。

##### 2. 材料和钢构件的要求和验收

###### (1) 材料和钢构件

钢结构工程所采用的钢料、焊接材料、连接材料和涂装材料，应具有质量证明书，并应符合设计要求和国家标准、规范的规定，并按国家标准、规范的规定进行抽样检验。

钢构件、半成品应符合国家标准、规范的规定外，尚应符合监理的规定。

###### (2) 钢构件现场验收

钢构件在运输到现场后，应按照施工图和《钢结构工程施工质量验收规范》

(GB50205—2001)的规定验收。按构件明细表核对进场的构件，查验产品合格证和设计文件。

钢构件外形尺寸的允许偏差应符合GB 50205-2001规范附录C的规定。钢构件外形应标注构零件的名称、编号、中心线、控制基准线、重量、重心和吊点位置等标记、应有必要的安装定位板(器)。

构件的包装符合运输的有关规定，应保护构件摩擦面、涂层不受损伤，保证构件、零件不变形、不损坏、不散失。

螺纹应涂防锈剂并应包裹。传力铰平面和轴孔的内壁应涂抹防锈剂，铰轴和铰轴孔应采取保护措施。

### (3) 钢构件出厂应提交的资料

产品合格证；施工图和设计变更文件，设计变更的内容应在施工图中相应部位注明；钢构件加工图，制作中对技术问题处理的协议文件。

所用钢材、连接(焊材、螺栓等)材料和涂装材料的质量证明书和必要的试验报告。

焊接工艺评定报告(首次采用的钢材、焊接材料、焊接方法、焊后热处理等时)。

高强度螺栓摩擦面抗滑移系数实测、试验报告。

焊缝无损检验报告及涂层检测资料。

主要构件验收记录；构件发运和包装清单。

## (二) 钢结构安装和校正

钢结构安装必须按本方案进行，并必须保证结构的稳定性和不导致永久性变形。

安装前，应按构件明细表核对进场的构件，清除构件表面上的油污、冰雪、泥沙和灰尘等杂物。安装过程中的制孔、组装和焊接等工序施工应符合本方案中的规定。

钢结构安装前应对建筑物和构件的定位轴线、基础轴线和标高等进行检查。

钢结构安装前，应对钢构件的质量进行检查。构件的变形、缺陷超出允许偏差时，应报监理后进行处理和校正。进行钢构件拼装前，应清除飞边、毛刺、焊接飞溅物，摩擦面应保持干燥、整洁，不得在雨中作业。

钢结构安装时，对容易变形的钢构件应进行强度和稳定性验算，采取加固措施。钢构件安装就位后，应立即进行校正、固定。安装完毕后的钢构件应形成稳定的空间体系。

构件安装吊点必须经计算确定。利用安装好的钢结构吊装其它构件时，应进行验算，采取相应措施，并应征得相关单位同意。

钢结构安装、校正时，应考虑风力、温差、日照等外界环境和焊接变形等因素的影响，采取相应的调整。

柱、梁、支撑等构件的长度尺寸应包括焊接收缩余量和荷载使柱产生的压缩变形值。柱安装时，每节柱的定位轴线应从地面控制轴线直接引上。楼层和柱的标高符合设计要求，允许偏差应符合GB 50205-2001的规范附录E中的规定。同一楼层的全部构件安装、校正、连接完毕并验收合格后，方可从地面引放上一节柱的定位轴线。

连接和固定：构件的连接接头，应经检查合格后方可紧固或焊接。焊接和高强度螺栓并用的连接时，应按先高强度螺栓连接后焊接的顺序施工。

安装使用的临时螺栓数量，应根据安装过程所承受的荷载确定。永久性的普通螺栓连接：每个螺栓一端不得垫2个及以上的垫圈。螺栓拧紧后，外露螺纹不少于2个螺距。螺栓扩孔必须按设计和规范进行，不得气割扩孔。

焊接应按《钢结构的现场安装焊接》的有关规定进行。

高强度螺栓连接按《高强度螺栓施工》的有关规定进行。

### （三）测量和定位

1. 测量用全站仪或DJJ2-2激光经纬仪、DS<sub>3</sub>水准仪和一级钢尺进行。

2. 平面轴线坐标的确定

（1）复核现有建筑平面上的轴线及钢结构基准线控制点的精度。

（2）用仪器从平面基准线(点)测量出各个钢构件的平面定位轴线，并在各个钢构件安装位置附近处用红油漆作好标记。钢构件定位纵、横轴线允许误差1mm。

（3）利用测量基准线，用钢尺量测钢柱的X轴、Y轴线。测量数据应加上温度校正。

温度校正量  $\Delta L = L \times (22 - t) 0.0012 / \text{m}^{\circ}\text{C}$  (mm)

t: 大气温度 (°C)      L: 测量长度 (m)。

### 3. 标高的测定及传递

标高采用水准仪从高程控制点向待测构件上定出定位标高,用红油漆作好标记,标高测量的允许误差为 $\pm 2\text{mm}$ 。利用连通管复测各构件标高。

### 4. 桁架测量

垂直度在桁架各分段两端头处用线坠和钢尺测量。标高、拱度用水准仪量测。直线度用激光经纬仪量测。测量应为安装过程中和安装完毕解除支撑后的测量。

### 5. 质量保证要点

(1) 根据图纸,计算各构件的轴距理论值,反复、交叉、测量检查各个构件定位轴线、间距、标高是否正确,能否保证到结构安装精确无误。若不正确,找出原因,进行调整。

(2) 使用检测合格的测量器具,专人测量,专人复核,保证尺寸正确。

## (四) 主楼-0.050~19.950m钢立柱安装(23.022t)

主楼-0.050~19.950m钢立柱KZ1A(B)  $\phi 800 \times 12$ , 16Mn钢管共6根,最重件4.772t。

安装方法:检查混凝土结构基础坑的尺寸、标高、轴线位置。检查钢柱,弹分中心线、标高线并做出标识和测量线。在钢柱的上端焊接调整钢柱的垂直度用的缆风绳锚点。采用塔吊进行钢柱吊装,首先吊装A-6轴的KZ1A钢柱,其次吊装A-7轴的KZ1B钢柱,最后吊装A-11轴的KZ1A钢柱。钢柱吊装落位后,系好缆风绳进行临时稳固。调整好钢柱的标高、轴线位置,然后用缆风绳调整好柱的垂直度。再次复测柱的标高、轴线位置、垂直度。垂直度用经纬仪和铅锤线坠在X轴、Y轴方向进行控制,使其偏差值不超过 $H/1000$ 且不大于10 mm;立柱定位轴线偏差不得超过1mm;地层钢柱底轴线与定位轴线偏差不大于3mm;以上尺寸调整合格后,将垫板、螺母上好,再用经纬仪和铅锤线坠复测垂直度并调整合格(符合GB 50205-2001规范中的要求),正确无误后用电焊将钢柱与基础坑的钢筋以及调整用的钢垫铁间焊接牢固。

## (五) 裙房顶钢结构安装

(19.5m/24.0m屋面上,A-1~A-19,A-E~A-M轴间)裙房顶屋面钢构架梁之间



的连接均为刚接，构架结构与柱的连接为铰接，钢材Q235B、8.8级摩擦型高强螺栓，摩擦面抗滑移系数 $\mu \geq 0.4$ ，表面喷砂处理。因A14~A19轴的纵梁长度超过22m，不便运输，故工厂只能分为两段制造，吊到裙房顶屋面上进行拼装。构件吊装采用塔吊进行。

裙房顶屋面钢构架分成三个分区进行安装：A-14~A-19，A-13~A-7，A-6~A-1轴。

安装顺序为：

- (1) A-14轴纵梁和A-15轴纵梁，纵梁间的横梁；
- (2) A-16轴纵梁，纵梁间的横梁；
- (3) 最后进行外圈梁安装；
- (4) 其他分区类似进行；

安装方法：

检查混凝土轴线尺寸、标高尺寸划出轴线、标高定位线。吊钢件运至顶屋面上。在顶屋面上用枕木作为支墩，利用千斤顶进行纵梁的拼接。拼接完毕后按工艺作业指导书进行焊接及焊接接头的无损探伤。合格后报监理检验。

纵梁吊到混凝土柱上后，立即进行调整和固定。

纵梁间的横梁安装时先用普通螺栓进行固定，两纵梁间的横梁都安装完毕后，复核测量安装的尺寸，无误后用高强螺栓换下普通螺栓并按工艺作业指导书拧紧。

## （六）联廊钢结构安装

联廊由钢管柱(含混凝土柱内钢管)和桁架(含梁桁架间主梁、次纵横梁、混凝土梁内钢件)组成联廊长37.96m，跨度22.6m，宽6.7m共五层，顶层标高30.77m、桁架钢材Q345。

### 1. 安装流程

工厂检查构件尺寸 → 联廊构件运至0.000m平面卸车 → 检查并弹分中心线做出标识，检查桁架和连接板的螺栓孔 → 搭设钢桁架支撑和操作平台 → 安装联廊钢管柱部分 → 吊装桁架下弦，调整、定位并用普通螺栓连接 → 钢桁架下弦整体调整、校正，检查起拱、轴线、垂直度、位置偏差 → 无误后换高强螺栓连接，按规定顺序拧紧 → 吊装桁架第一结点间的弦间腹杆并用普通螺栓连接



→ 调整校正无误后换高强螺栓连接 → 顺序吊装下一结点间的弦间腹杆 → 吊装桁架上弦整体调整、校正,检查无误后换高强螺栓连接,按规定顺序拧紧 → 依次进行第二层桁架结构安装 → 安装自检合格后报监理检验 → 检验合格后撤除支撑和操作平台 → 检测钢桁架的垂直度、轴线偏差、位置偏差和下弦挠度。

## 2. 钢构件吊装

钢构件吊装使用40t和120t汽车吊进行。钢构件吊装准备工作完毕后,必须经起重安全技术监督员、起重指挥及有关技术人员对吊装机具、索具、缆绳锚点等进行全面检查,检查认可后方可进行试吊。(单车吊装参照此方法进行试吊)

(1) 采用双车抬吊,试吊时起重指挥应控制两台40t吊车起升速度一致、配合协调。观测人员应观测钢梁及吊车起升变化。

(2) 当钢梁起升高度到100mm时,停止起吊,停止10min;对各吊点、缆绳、钢梁、等部位进行检查,检查观测正常后,在离地100~500mm内反复升降两次,并施加一定晃动,确认可靠后,方可正式起吊。

(3) 使用40t和120t汽车吊进行构件吊装时,必须严格按照控制在吊车安全使用范围内,不得超负荷起吊重物。

## (七) 主楼137.4, 150.0, 154.8平面钢结构安装

(总重71.772t, 钢材Q235B)

主楼平面钢结构采用塔吊吊装

安装顺序为:

1. 主梁( $\square 250 \times 550 \times 16$ , 长21.0 m)安装;
2. 中部次横纵梁安装;
3. 两边次横纵梁安装;
4. 钢格栅安装。

## (八) 主楼天线塔钢结构安装

1. 塔顶标高198.0m,塔底标高137.4m,塔身暂估为 $\phi 2000 \times 22$ 共60.40m,重50t。

2. 主楼天线塔钢结构安装采用“高塔倒装工艺”,此“高塔倒装工艺”是我公司传统的成熟的工艺。

3. 在标高150m的塔身稳固平台上用四根 $\phi 377 \times 8$ 长16m(标高150到166m)钢管再搭设成一方框型吊装钢架, 钢管间用型钢连接, 每根钢管上安装一套H20 $\times$ 4D滑轮组, 3t级卷扬机牵引。吊装钢架上用四根 $\phi 273 \times 8$ 长14m(标高166到170m)钢管再搭设成一方框型稳固钢架, 钢管间用型钢连接。

4. 天线塔在工厂制造成3.6m的分段。塔吊将其从地面吊至标高137.4m楼面, 并水平运至吊装钢架底部。首先用滑轮组一卷扬机系统将天线塔顶节(标高198到194.4m分段)吊起, 然后将第二节推入其下面, 对位校正后组焊。组焊完毕后将顶节和第二节一同吊起。把第三节塔身推入其下面, 对位校正组焊。如此进行天线塔的倒装法安装。

5. 当倒装天线塔的最后几节时除利用方框型稳固钢架进行垂直度调整以外, 还适当加上配重以保持重心平衡。

6. 天线塔的面漆穿插进行。

### (九) 钢结构工程验收

1. 钢结构安装允许偏差应符合GB 50205附录E的规定。

2. 钢结构的验收, 可在钢结构的全部完成或分层分单元完成后进行。在每一个流水段一节柱的高度范围内全部构件安装、校正、焊接、栓接完成并自检合格后应作隐蔽工程验收; 全部钢结构安装、校正、焊接、栓接完毕自检合格后应作钢结构安装工程的竣工验收。

3. 工程验收应提交下列资料:

- 1) 钢结构工程竣工图和设计文件, 工厂制作构件的出厂合格证;
- 2) 安装过程中形成的与工程技术有关的文件;
- 3) 安装所采用的钢材、连接材料和涂料等材料质量证明书或试验、复验报告;
- 4) 焊接工艺评定报告, 焊接质量检验报告;
- 5) 高强度螺栓抗滑移系数试验报告和检查记录;
- 6) 隐蔽工程验收记录(含分段验收记录), 工程中间检查交接记录;
- 7) 设计要求的钢结构试验报告、结构安装检测记录及安装质量评定资料。

## 四、钢结构的现场安装焊接

### (一) 焊接规定要求

#### 1. 焊缝质量检验等级要求规定

(1) 在工厂制造和在现场安装的坡口全焊透焊缝、坡口部分焊透焊缝均为一级焊缝。

(2) 在工厂制造的柱构件所有焊缝(包括贴角焊缝)均为一级焊缝。

(3) 现场安装中抗弯节点上、下翼缘的焊缝、上下柱拼接节点焊缝、连接板焊缝均为一级焊缝, 现场安装中的贴角焊缝(除特别注明外)均为二级焊缝。

(4) 在工厂制造的梁中连接板、加劲肋连接板贴角焊缝为二级焊缝。

#### 2. 焊材

(1) 本工程所用的焊条、焊丝、焊剂等均应与主体金属强度相适应。当两个不同强度的钢材焊接时可采用与较低强度钢材相适应的焊条。

(2) 两个不同型号的钢材互焊或者用国产焊接材料焊接进口钢材等情况下, 应作焊接工艺评定并根据试验确定二者的相容性及其焊接工艺和焊接参数。

#### 3. 焊接要求

(1) 所有焊接均应严格按照《建筑钢结构焊接规程》(JGJ81-2002)的要求进行施工。

(2) 工厂焊接应尽量采用自动焊接或半自动焊接。现场焊接可采用手工焊接, 但应严格按照操作进行。工厂焊接的焊缝应尽量使大部分构件处于平焊位置。

(3) 在焊接作业之前, 应将使用的焊条焊丝焊剂及辅助材料、焊接设备, 焊接程序、对焊接变形采取的措施、焊接试验情况及焊工情况送施工监理认可严禁无合格证书的人员上岗操作。

(4) 焊件坡口必须符合设计图纸和有关技术要求, 凡未达到要求的均应进行修正。

(5) 在厚板焊接中, 施工单位(包括制作及安装单位)进行足够的焊接试验, 采取一切必要的措施, 避免焊接冷裂纹、延迟裂纹的产生。其措施包括焊前预热、焊后缓慢冷却或后热, 认真清除焊丝及坡口的油锈及水分、焊条严格烘干等。

(6) 焊接顺序的选择应遵循以下原则:

应使焊接变形和收缩量最小；

应使焊接过程中加热量平衡；

收缩量大的焊接部位先焊，收缩量小的焊接部位后焊；

尽量采用对称焊接。

(7) 焊接过程做好记录

(8) 所有焊缝检查标准按《钢结构工程施工质量验收规范》(GB 50205—2001)和《建筑钢结构焊接规程》(JGJ81—2002)要求进行，当上述检查发生疑问时须进行着色、磁粉探测的复查。

## (二) 焊接概况

1. 本工程钢结构焊接构件类型主要为框架柱安装接头构造，采用加垫板大间隙单边坡口全熔透的厚钢板焊接，母材为 Q345和Q235B。

2. 焊缝形式主要为全熔透对接焊缝，焊接位置为横焊等。

3. 焊缝质量等级按JGJ81—2002中，所有的全熔透坡口焊缝、所有的对接坡口焊缝及对接焊缝(包括直对接接头、T型接头、角接接头、十字接头)均为一级焊缝，除一级焊缝外的钢桁架、梁、柱的所有焊缝为二级焊缝，其余均为三级焊缝。

4. 一级焊缝除外观检查外，所有焊缝均应作内部缺陷超声波探伤检验并以2%的X光检测，超声波检验在外观检查后进行。

5. 二级焊缝除全部外观检查外，受拉焊缝全部进行超声波检查，受压焊缝可抽查焊缝长度的5%，有疑点时用X光复查，三级焊缝需作外观检查，具体按GB 50205—2001的要求执行。

6. 需进行超声波探伤的焊缝，其探伤标准应符合GB 11345-89《钢结构焊缝手工超声波探伤方法和结果分级》中一级焊缝评定等级为Ⅱ级，检验等级B级。二级焊缝评定等级为Ⅲ级，检验B级为合格。

7. 对接焊缝的X射线探伤按《钢熔化焊对接接头射线照相和质量分级》(GB3323)的Ⅲ级为合格。

## (三) 施工准备

1. 技术准备

(1) 图纸会审

(2) 技术交底

(3) 主要交底依据

1) 施工图纸及设计说明

2) 《建筑钢结构焊接规程》JGJ81-2002

3) 《钢结构工程施工质量验收规范》(GB 50205—2001)

4) 《钢熔化焊对接接头射线造相和质量分级》GB3323

5) 《钢结构焊缝手工超声波探伤方法和结果分级》GB11345

6) 焊接工艺试验和评定

7) 焊缝检测设备

2. 劳动力和机具需用计划

(1) 人员 焊工20人

(2) 机具 (详见表2)

主要吊装施工机具表

表2

序号	名称	型号规格	数量	备注
1	电焊机	ZX7-400	12台	
2	电焊机	AX-500焊机	2台	
3	电焊机	AX-300	4台	
4	焊条烘干箱		2台	
5	焊条保温桶		20个	
6	角向砂轮磨光机		12台	
7	尖头锤		20把	
8	空压机	6m/min	1台	备用
9	数字钢号		1套	
10	英文字母钢号		1套	
11	焊接检验尺		2把	
12	远红外线热处理仪	DWK-A-120	1台	
13	红外线加热板		10块	

#### （四）焊工

1. 现场安装施焊焊工采用经专项培训持有锅炉压力容器焊工合格证，并在有效期内的合格焊工担任。
2. 从事工程焊接工作的焊工名单及其资格审定，应在施工开始前报主管的焊接工程师，获得批准后方可上岗从事焊接工作。

#### （五）焊接材料

1. 焊接材料的选取，应与焊接母材相适应，从化学成分和机械性能两个方面考虑，以保证焊缝与母材等强。Q235钢材焊条采用E4303型(T422)，厚度大于20mm的厚钢板，采用E4315(T427)。Q345钢用E5015(T507)焊条，规格分别为 $\phi 3.2$ ， $\phi 4\text{mm}$ 、 $\phi 5\text{mm}$ 。
2. 焊条在使用前，必须按规定进行烘焙，低氢型焊条在高温烘干箱中烘干，加热到380℃后保温1.5h，再在烘箱中降温到110℃后保存。使用时从烘箱中取出后立即放入100~110℃的焊条保温筒中，并须在4h内用完。剩余焊条如未用完立即放回焊条保温筒中保存，且须重新烘干后方可使用。但焊条烘干次数不得超过两次。
3. 施工现场焊条的烘焙，由专人负责，并做好烘焙记录。
4. 焊接材料必须有质量证明书。无质量证明书的焊接材料，一律不准在工程中使用。
5. 焊接材料应放在干燥、通风处并在施工现场设置专门的焊材防潮存贮场所，分类保管焊接材料和辅材。由专人负责保管，焊芯生锈，药皮脱落的焊条严禁使用。

#### （六）焊前准备

1. 施焊前对30mm以上厚板焊接时，为防止母材厚度方向出现层状撕裂，对母材焊道中心线两侧各2倍板厚加30mm区域内进行超声波探伤检查，母材中不得有裂纹、夹层及分层缺陷存在。
2. 焊工在焊前应首先熟悉图纸，焊接工艺文件，施焊前领取施工任务单，明确各自担任的焊接工作施焊方法、技术要求和验收标准，作好焊前技术准备。
3. 焊工在焊前应复查组装质量、构件的组装尺寸、点焊质量和焊接区的处



理情况，如不符合要求，应修整合格后方可施焊。

4. 焊缝坡口的处理：施焊前，应清除焊接区域内的油、锈和漆皮等污物，同时根据施工图要求检查坡口角度和平整度，对受损和不符合要求的部位进行打磨和修补处理。

5. 焊工在施焊前，应在试板上按规定调整好电流，不得直接在构件上试电流大小，操作中由项目施工员及专职检查员随时检查。

6. 焊工准备好焊条保温筒、清渣工具、手动砂轮和各种工具，以保证焊接工作的正常进行。

7. 雨后焊接前，应对焊口进行火焰烘烤处理。

### （七）焊接方法和技术要求

#### 1. 预热

（1）厚度大于等于25mm的Q345钢施焊前进行预热，预热温度为100~150℃，预热区为焊缝两侧不小于150mm的区域。

（2）凡须预热的构件，焊前采用红外加热板低温预热器在距焊缝两侧各150mm范围内进行焊前预热和焊后加热保温措施。（不能采用红外加热板低温预热器进行焊前预热的部位可采用焊割枪进行）

（3）施工现场红外加热板低温预热器设专人操作并保养，并作好记录。

#### 2. 焊接变形的约束控制

（1）钢骨柱焊接采用两台焊机对称施焊；

（2）钢桁架与钢骨柱焊接时，采用单台焊机先下后上施焊；

（3）所有构件的焊接应分层施焊，层数视板厚而定；

（4）作好现场焊接记录，总结变形规律，综合进行防变形处理；

（5）施焊要求三同（同方向、同速度、同工艺参数）。

#### 3. 焊接

（1）现场安装口箱型梁及工字梁等，根据设计要求采用大间隙加垫板单面坡口角度35° 钝边2mm, 焊缝间隙7mm 的全熔透焊缝型式的现场组焊。

（2）为控制焊接变形，箱型梁采用两台电焊机分别以相等的速度同时进行对称施焊，采用相同的焊接规范安装施焊。

（3）工字梁接头的焊接，由一名焊工先焊腹板处，腹板焊接完后，由两名

焊工分别对称位置以相等的速度同时进行上翼缘板、下翼缘板施焊。

(4) 梁与柱接头的焊接，宜先焊梁下翼缘板，再焊接梁上翼缘板，先焊梁的一端，待其冷却至常温后，再焊另一端，不宜对一根梁的两端同时施焊。接头处腹板为高强螺栓连接，翼缘为焊接时，宜先栓后焊。焊工应仔细认真，确保焊接质量。

(5) 定位点焊：组装时的定位点焊应由持合格证的焊工施焊，点焊用的焊条，与正式施焊时相同。点焊高度不宜超过8mm，点焊长度应大于40mm，间距为300~350mm，并应填满弧坑。要求过渡平滑，与母材融合良好，不得有气孔、裂纹，否则应清除干净后重焊。严禁由拼装工进行定位点焊。

(6) 打底焊接采用分段焊，焊200mm，间距200mm，焊条采用 $\phi$  4mm。

(7) 中间层焊接和罩面层焊接采用多层多道方法，中间各层焊接焊条采用 $\phi$  5mm, 罩面层焊接焊条采用 $\phi$  4mm。

(8) 多层焊接应连续施焊，每一层焊道焊完后应及时清理并检查，如发现有影响焊接质量的缺陷，应清除后再施焊，焊道间接头应平缓过渡和错开。

(9) 各焊缝转角处宜连续绕角施焊，焊成凹形的角焊缝，焊缝金属与母材间应平缓过渡。

4. 焊接工艺参数（见表3）

焊接工艺参数表 表3

序号	位置 (层数)	焊材类型	焊材规格 (D)	焊接电流(A)	焊接电压(V)	电流极性
1	定位焊	E 5015	4.0	130—160	30—32	直流反接
2	打底焊	E 5015	4.0	180—190	30—32	直流反接
3	填充焊	E 5015	5.0	200—220	30—32	直流反接
4	罩面焊	E 5015	4.0	180—200	30—32	直流反接

5. 后热处理

厚度大于20mm的Q345钢焊后需做后热处理，采用红外加热板低温预热器进行，消除残余应力及溢出残留氢。后热处理的温度和时间可按下表4：

后热处理温度和时间

表4

钢 种	后热温度	后热时间
低合金结构钢	200~300℃	1h/每30mm板厚

热处理于焊后立即进行。在距焊缝两侧各150mm范围内进行焊后加热保温措施，按规定时间保温，然后使焊件缓慢冷却至常温。

## （八）焊接检查

1. 本工程焊接检查分为三部分：即焊前检查、焊中检查和焊后检查。焊工自检后应由专职检查员检查，专职检查员专检后，对三部分检查结果做出详细记录。

2. 焊前检查：检查拼装间隙尺寸坡口角度和钝边的尺寸、电焊质量和牢固性、焊件表面清洁度、预热范围和温度以及焊条的烘干情况及记录。

3. 焊接过程中的检查：检查焊接顺序、焊接位置、胎具的使用。焊接材料的牌号和规格，电流、电压、焊速，设备种类和施焊方法以及焊道的清理情况。

4. 焊后检查：

（1）焊接完毕，焊工应清理焊缝区的熔渣和飞溅物，并检查焊缝外表质量。

（2）外观检查：在焊接完成24h进行100%外观检查。用肉眼、低倍放大镜、检测量具检查所有焊缝表面有无裂纹、夹渣、焊瘤、烧穿和针状气孔等缺陷并检查焊缝几何尺寸以及成型情况是否符合要求。

（3）内部检查：外观检查合格后应由专职检查人员作超声波探伤检查，探伤比例一级100%，Ⅱ级为合格。并以单件焊件焊缝总长的2%作X射线检查，Ⅲ级为合格，以检查焊缝内部质量。

（4）检验标准：按照设计要求和《规范》要求检查验收。

（5）焊缝质量等级及缺陷分级见下表5。

焊缝质量等级及缺陷分级(mm)

表5

焊缝质量等级		一级	二级
内部缺陷 超声波	评定等级	Ⅱ	Ⅲ
	检验等级	B级	B级
	探伤比例	100%	20%
外观缺陷	未焊满(指不足设计要求)	不允许	小于 $(0.2+0.02t)$ 且小于等于1.0 每100.0焊缝缺陷总长小于等于25.0
	根部收缩	不允许	$0.2+0.02t$ 且小于等于1.0 长度不限

	咬边	不允许	小于0.05t且小于等于0.5;连续长度小于等于100.0,且焊缝两侧咬边总长小于等于10%焊缝全长
	裂纹、弧坑、电弧擦伤、焊瘤、表面夹渣、表面气孔	不允许	
	飞溅	清除干净	
	接头不良	不允许	缺口深度小于等于0.05t且小于等于0.5每米焊缝不得超过一处

### (九) 返修工艺

1. 超声波检查有缺陷的焊缝，应从缺陷两端加上50mm作为清除部分，也可用碳弧气刨清除缺陷并以与正式焊缝相同的焊接工艺进行补焊，同样的标准和方法进行复检。
2. 焊缝出现裂纹时，焊工不得擅自处理，应报技术部，在分析裂纹产生原因后，定出修补措施后，方可处理。焊缝同一部位的返修次数，不宜超过两次
3. 碳弧气刨的工艺参数见下表6。

碳弧气刨工艺参数

表6

碳棒直径 (mm)	电弧长度(mm)	空气压力 (MPa)	电流极性	电 流 (A)	气刨速度 (m/min)
6	1~2	0.39~ 0.59	直流反接	280~300	0.5~1.0
8	1~2	0.39~0.59	直流反接	350~400	1.0~1.2

### (十) 焊接注意事项及要求

1. 凡遇有大雾、大风或雨雪时，要采取有效防护措施。风力大于5级应设防风措施，否则不得施焊。不得在露天焊接，被焊件表面应保持干燥，焊接坡口面在高低温条件下产生的冷凝水在焊接开始前必须清除。
2. 严禁在焊缝以外母材上打火引弧。必要时设置专项引弧板。
3. 焊接工作完毕后，焊工应清除熔渣进行自检，并在所焊缝的适当位置打上焊工代号，以备考查。
4. 焊工应随身带焊缝测量器，随时测量所焊焊缝的形状和尺寸。

### (十一) 安全注意事项

1. 钢结构施焊过程中应始终贯彻执行“安全第一、预防为主”的方针。
2. 架空施焊前应搭设安全操作平台，高空施焊带好安全带。

3. 施焊场地应无易燃易爆物品，并配备消防器材。
4. 使用的焊机应一机一闸并配备漏电保护安全接地接零等，使用焊机闸刀应侧面操作。
5. 施焊的焊工应具有劳动部门颁发的安全操作许可证。

## 五、高强度螺栓施工

### （一）高强度螺栓施工程序（详见图1）

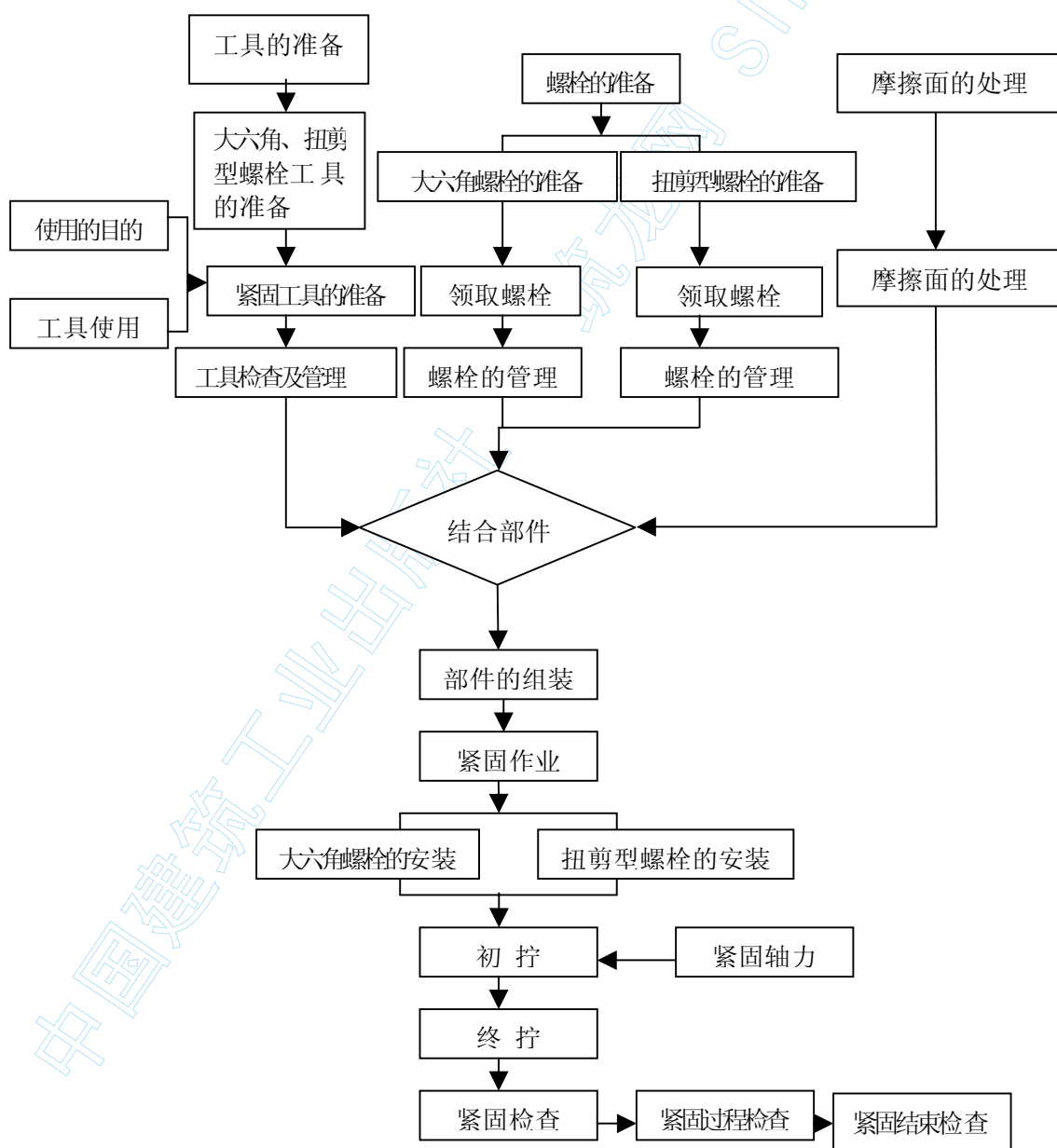


图1 高强度螺栓施工程序

## （二）高强度螺栓的供应与保管

### 1. 供应

高强度螺栓连接副，由制造厂按批配套制作供货，有出厂合格证。高强度螺栓连接副的型式、尺寸及技术条件，均应符合GB1228-1231-91(大六角)的规定。使用组合应符合国家标准规定，高强度螺栓连接副在同批内要配套储运供应。高强度螺栓连接副，在装车、卸车和运输及保管过程中要轻装、轻放，防止包装箱损坏、损伤螺栓。

### 2. 仓库保管

高强度螺栓连接按包装箱注明的规格、批号、编号、供货时期进行清理，分类保管，存放在室内仓库中、堆积不要高于3层以上，室内防潮，长期保持干燥、防止生锈和被脏物沾污，防止扭矩系数发生变化。其底层应距地面高度不小于300mm。工地安装时，应按当天需要高强度螺栓的数量发放。剩余的，要妥善保管。不得乱扔、乱放，损伤螺纹，被脏物沾污。开箱后发生有异常现象时应进行检验，检验标准按国家标准GB1228—1231—91(大六角)的有关规定进行，经鉴定合格后再进行使用。

## （三）现场检测

1. 摩擦面高强度螺栓设计采用喷砂处理，摩擦面的摩擦系数应大于等于0.45，在构件出厂前，制作单位应按批作抗系数试验，并出具试验报告，出厂时应按批附三套与构件相同材质、相同处理方法的试件。安装单位应在现场检查验收，主要检查经处理的摩擦面是否采取防油污和损伤的保护措施，在运输过程中摩擦面是否有损伤，并复验抗滑移系数。安装前须经检查合格后才能进行组装。

### 2. 螺栓孔

高强度螺栓连接孔处的钢板表面应平整清洁，无焊后飞溅，无毛刺，无油。高强度螺栓孔应与图纸一致，如发生错孔，只允许铰刀扩张，一个节点中扩孔数不宜多于该节点孔数的1/3，扩孔后的直径不得大于原孔径2mm，严禁用气割扩孔。

## （四）螺栓施工

### 1. 节点处理

高强度螺栓连接应在其结构架设调整完毕后，再对结合件进行矫正，消除结



合件的变形、错位和错孔，板束结合摩擦面要贴紧后，进行安装高强度螺栓。为了结合部板束间摩擦面贴紧，结合良好，先用临时普通螺栓和手动扳手紧固，达到贴紧为止。在每个节点上穿入临时螺栓的数量应由计算决定，一般不得少于高强度螺栓总数的 $1/3$ ，最少不得少于两个临时螺栓。冲打穿入栓的数量不宜多于临时螺栓总数的3%。不允许用高强度螺栓兼临时螺栓，以防止损伤螺纹，引起扭矩系数的变化。

## 2. 螺栓安装

高强度螺栓安装在节点全部处理好后进行；高强度螺栓穿入方向要一致。一般应以施工便利为宜，对于箱形截面部件的结合部，全部从内向外插入螺栓，在外侧进行紧固。如操作不便，可将螺栓从反方向插入。严禁强行穿入螺栓；如不能穿入时，螺孔应用绞刀进行修整，用绞孔修整前应对其四周的螺栓全部拧紧，使板叠密贴后再进行。修整时应防止铁屑落入板叠缝中。绞孔完成后用砂轮除去螺栓孔周围的毛刺，同时扫清铁屑。往构件连接点上安装的高强度螺栓，要按设计规定选用同一批量的高强度螺栓、螺母和垫圈的连接副，一种批量的螺栓、螺母和垫圈不能同其他批量的螺栓混同使用。

## 3. 螺栓紧固

高强度螺栓紧固时，应分初拧、终拧。

(1) 初拧：由于钢结构的制作、安装等原因发生翘曲、板层间不密贴的现象，当连接点螺栓较多时，先紧固的螺栓就有一部分轴力消耗在克服钢板的变形上，先紧固的螺栓则由于其周围螺栓紧固以后，其轴力分摊而降低。所以，为了尽量缩小螺栓在紧固过程中由于钢板变形等的影响，采取缩小互相影响的措施，规定高强度螺栓紧固时，至少分二次紧固。第一次紧固称之为初拧。初拧轴力一般宜达到标准轴力的50%。

(2) 终拧：对安装的高强度螺栓作最后的紧固，称之为终拧。终拧的轴力值以标准轴力为目标，并应符合设计要求。考虑高强度螺栓的徐变和终拧时预拉力的损失，根据试验，一般为设计预拉力的5%—10%。

## 4. 拧紧顺序

每组高强度螺栓拧紧顺序应从节点中心向边缘依次施拧，使所有的螺栓都能有效起作用。

(五) 高强度螺栓紧固完毕的检查

1. 对于大六角高强度螺栓终拧检查在终拧后1h到24h内完成，先用3kg小锤敲击每一个螺栓螺母的一侧，同时用手指按住相对的另一侧，以检查高强度螺栓有无漏拧。对于扭矩系数的检查，每个节点先在螺杆端面和螺母上画一直线，然后将螺母拧松60°，再用扭矩扳手重新拧紧，使二线重合，此时测得的扭矩值应在0.9Tch~1.1Tch范围内，Tch按下式计算；

$$Tch=k \times P \times d=0.13 \times 0.03$$

式中 Tch—检查扭矩（单位N·m）

P—高强度螺栓设计预拉力

如发现有不符合标准的，应再扩大检查10%。如仍有不合格者，则整个节点的高强度螺栓应重新拧紧。

2. 高强度大六角螺栓复检的抽查量，宜为每个作业班组和每天终拧完毕数量的15%。如不合格，应对当天终拧完毕的螺栓，全部进行复查。欠拧、漏拧必须全部补拧。超拧的必须全部更换。

六、主要施工机械

(一) 检查设备与手段（详见表7）

检查设备与手段一览表 表 7

序号	部位	检测设备与手段	数量	检测单位
1	钢材	化学成分分析	抽样	检测中心
2	焊材	化学成分分析	抽样	检测中心
3	局部测量	经纬仪、水准仪	全数	自检、监理抽检
4	焊缝	X射线探伤仪、 超声波探伤仪	规定	自检、监理抽检
5	构件长度	钢卷尺+弹簧秤	全数	自检、监理抽检
6	构件挠度	钢片尺、钢丝等	全数	自检、监理抽检

7	钢件厚度	测厚仪、游标卡尺		自检、监理抽检
8	零件加工尺寸	游标卡尺、内径千分尺		

## (二) 主要安装施工机具 (详见表8)

主要安装施工机具一览表

表 8

序号	名称	规格	数量	单位	备注
1	卷扬机	3t	4	台	
2	滑轮组	H20×4D	8	个	
3	千斤顶	10 t 20t	16	个	
4	手动葫芦	5t; H=6m	8	个	
5	手动葫芦	2t; H=6m	8	个	
6	手动葫芦	10t; H=6m	8	个	
7	开口滑轮	5t	16	个	
8	卸扣	16t、10t、5t	各10	个	
9	钢丝绳	6×37+1-19.5-160	4	280m	5t卷扬机走绳
10	钢丝绳	6×37+1-22-160	1000	m	
11	钢丝绳	6×37+1-19.5-160	1000	m	调整\稳固缆绳
12	钢丝绳	6×37+1-15.5-160	1000	m	
13	钢丝绳	6×37+1-26.0-160	200	m	绑扎、吊索
14	无缝钢管	Φ325×10; 20*	64	m	吊装刚架
15	无缝钢管	Φ273×8; 20*	56	m	稳固刚架
16	型钢	不等	4	t	
17	枕木		30	m <sup>3</sup>	
18	滚杠	2.5m; Φ108×10	100	根	
19	液压汽车吊	40t	2	台	
20	液压汽车吊	120t	1	台	
21	支承平台	重28t	2	套	安装钢桁架用
22	脚手架		1600	m <sup>2</sup>	
23	逆变焊机	ZX7—400S	20	台	

24	直流焊机	AX—500	2	台	
25	热处理机	DWK-A-120	1	台	加热板10块
26	自控烘箱	YZH <sub>2</sub> —40	2	个	
27	焊条保温桶	W—3	20	只	
28	碳弧气刨	W—500	2	只	
29	空压机	0.6m <sup>3</sup> ~1.0m <sup>3</sup>	2	台	
30	角向磨光机		10	台	
31	测温笔		6	只	
32	电动扭矩扳手	MR-20	4	台	
33	手动扭矩扳手		4	台	
34	经纬仪水准仪		2	台	
35	钢卷尺	50m, 100m	2	把	
36	弹簧秤		2	把	
37	角向砂轮机		12	台	

(注：机具按实际需要调整)

## 七、安全措施

(1) 严格执行各项安全管理制度和安全操作规程、标准、规范，并做好各项安全防护措施，严格“三宝、四口”防护。严格现场安全用电，严格执行安全用电的规定。高空作业搭设安全脚手架、安全护栏和安全网进行防护，作业人员必须戴安全带。

(2) 吊装作业区应设警戒线，作明显标志，并设专人负责。吊装工作严禁非施工人员进入或通过吊装区域。

(3) 正式吊装前进行试吊，检查吊装机具、绳索、锚固点的工作情况。确认无误后，方可正式吊装。吊装动作平稳，多台卷扬机共同工作时，启动停止动作要协同一致，避免工件振动和摆动。就位后及时找正找平，工件固定前不得解开吊装索具。吊装过程中如因故暂停，必须及时采取安全措施，并加强现场警戒，尽快排除故障，不得使工件长时间处于悬吊状态。

(4) 参加吊装的人员必须坚守岗位，服从命令听统一指挥，对不明确的信号应立即询问，严禁凭猜测进行操作。现场岗位人员必须具备必要的起重知识，

并熟悉有关规程、规范。

(5) 主要构件吊装应尽量在上午进行，其他吊装工作应尽量在白天进行，避免在夜间作业。夜间作业必须具备足够可靠的照明。严禁在风力四级和四级以上进行吊装，雨雪天气也不得进行吊装作业。

(6) 吊装时，施工人员不得在工件下面、受力绳索具附近及其他有危险的地方停留。吊装时任何人不得随工件或吊装机具升降，特殊情况必须随同升降时，必须采取可靠的安全措施并经有关负责人批准。

(7) 构件吊装应有钳工、电工等负责维护吊装机具设备，停止工作时应确保切断电源。

(8) 所有施工人员必须佩带安全帽，高空作业必须有安全带。

(9) 严禁酒后作业和生产瞎指挥，严禁强行违章操作。