

# DB34

安 徽 省 地 方 标 准

DB 34/T 2224—2014

---

## 公路桥梁钢塔制造与安装技术规程

Technical specifications for manufacture and installation of steel tower of highway  
bridge

2014 - 12 - 17 发布

2015 - 01 - 17 实施

---

安徽省质量技术监督局 发布

## 前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准由安徽省交通运输厅提出并归口。

本标准起草单位：安徽省交通建设工程质量监督局、中铁宝桥集团有限公司、江苏中泰桥梁钢构股份有限公司、安徽省高速公路控股集团有限公司、安徽省交通规划设计研究总院股份有限公司、中铁大桥局集团有限公司、中交第二公路工程局有限公司。

本标准主要起草人：殷治宁、李军平、卞国炎、刘志刚、马增岗、吴义龙、殷永高、徐宏光、孙敦华、张保德、刘俊、杨敏、魏文江、欧阳祖亮、杨元录、李硕。

## 引 言

随着安徽省经济建设的发展，公路桥梁使用钢结构日益增多，特别在大跨径桥梁上得到广泛应用。目前，《公路工程质量检验评定标准 第一册 土建工程》（JTG F80/1—2004）关于钢结构制造与安装工程的质量指标及标准不能满足质量管理的需要。

为进一步加强安徽省公路桥梁钢结构制造与安装工程质量管理，统一钢结构制造与安装工程的质量检验标准和评定方法，规范公路桥梁钢结构制造与安装工程的质量控制指标和标准，促进施工单位、监理单位对关键工序或分项工程的施工质量是否合格进行检查判定，作为建设单位、政府质量监督部门对公路建设项目中桥梁钢结构制造和安装工程的质量检验和等级评定的依据。

针对此情况，在总结安徽省安庆长江公路大桥、马鞍山长江公路大桥及国内部分公路桥梁钢结构制造与安装质量管理经验的基础上，吸收了其成熟的技术和工艺，并结合安徽省公路桥梁钢结构工程施工实际，制定本标准。

# 公路桥梁钢塔制造与安装技术规程

## 1 范围

本标准规定了公路桥梁钢塔制造和安装规范的术语和定义、一般要求、材料和材料管理、零件制造、组装、焊接、焊接检验、矫正、机加工、预拼装、表面清理和涂装、节段验收、包装、存放与运输、节段安装、高强度螺栓管理、施工以及安全文明施工与环保。

本标准适用于公路桥梁钢塔制造和安装。也适用于钢塔节段及辅助设施的工厂制造、工地安装连接的质量验收。

## 2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB/T 226 钢的低倍组织及缺陷酸蚀检验法
- GB/T 714 桥梁用结构钢
- GB/T 1031-2009 产品几何技术规范(GPS) 表面结构 轮廓法 表面粗糙度参数及其数值
- GB/T 1228 钢结构用高强度大六角头螺栓
- GB/T 1229 钢结构用高强度大六角螺母
- GB/T 1230 钢结构用高强度垫圈
- GB/T 1231 钢结构用高强度大六角头螺栓、大六角螺母、垫圈技术条件
- GB/T 1591 低合金高强度结构钢
- GB/T 2650 焊接接头冲击试验方法
- GB/T 2651 焊接接头拉伸试验方法
- GB/T 2652 焊缝及熔敷金属拉伸试验方法
- GB/T 2653 焊接接头弯曲试验方法
- GB/T 2654 焊接接头硬度试验方法
- GB/T 3323 金属熔化焊焊接接头射线照相
- GB/T 4956 磁性基体上非磁性覆盖层 覆盖层厚度测量 磁性法
- GB/T 5210 色漆和清漆 拉开法附着力试验
- GB/T 6463 金属和其它无机覆盖层厚度测量方法评述
- GB/T 8923.1-2011 涂覆涂料前钢材表面处理 表面清洁度的目视评定 第1部分:未涂覆过的钢材表面和全面清除原有涂层后的钢材表面的锈蚀等级和处理等级
- GB/T 9286 色漆和清漆 漆膜的划格试验
- GB/T 10433 电弧螺柱焊用圆柱头焊钉
- GB/T 11345 焊缝无损检测 超声检测 技术、检测等级和评定
- GB/T 13288.2 涂覆涂料前钢材表面处理 喷射清理后的钢材表面粗糙度特性 第2部分:磨料喷射清理后钢材表面粗糙度等级的测定方法 比较样块法
- GB/T 14977 热轧钢板表面质量的一般要求

GB/T 16270 高强度结构用调质钢板  
HG/T 2458 涂料产品检验 运输和贮存通则  
JB/T 3223 焊接材料质量管理规程  
JB/T 6061 无损检测 焊缝磁粉检测  
JT/T 722 公路桥梁钢结构防腐涂装技术条件  
TB/T 1527 铁路钢桥保护涂装及涂料供货技术条件  
TB/T 2137 铁路钢桥栓接板面抗滑移系数试验方法  
TB 10212 铁路钢桥制造规范  
TBJ 214 铁路钢桥高强度螺栓连接施工规定  
YB/T 5149 铸钢丸  
YB/T 5150 铸钢砂

### 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

#### 3.1

**塔段 tower section**

根据制造和安装的需要，将整个钢塔柱分成若干节段进行制造、运输及吊装，这个节段称为塔段。

#### 3.2

**块体 block**

由侧壁板单元、边隔板单元、角隔板单元、角壁板、腹板（或边腹板）单元等组成的箱体单元。

#### 3.3

**板单元 panel unit**

组成节段的基本单元。板单元包括，壁板单元、腹板单元、隔板单元等。

#### 3.4

**部件 Component**

少量零件在组装成单元件前的局部组合。

#### 3.5

**零件 parts**

组成板单元的最小元件。其中，壁板单元、腹板单元、隔板单元中的板件、拼接板、加劲板等为主要零件，其余为次要零件。

### 4 符号

下列符号适用于本文件。

- B、b —— 宽度
- d —— 直径
- f —— 拱度、弯曲矢高
- H、h —— 截面高度
- K —— 焊脚尺寸
- L —— 长度
- S —— 间距
- t —— 厚度

## 5 制造的一般要求

- 5.1 制造厂应对设计图进行工艺性审查。当需要修改时，应取得原设计单位同意并签署设计变更文件。
- 5.2 制造厂应根据设计图绘制施工图并编制制造工艺，塔段制造应根据施工图和制造工艺进行。
- 5.3 塔段制造及验收应使用经计量检定合格的计量器具，并按有关规定进行操作。
- 5.4 自动焊、半自动焊、手工焊、CO<sub>2</sub> 气体保护焊等各种焊工和超声波探伤（UT）、射线探伤（RT）、磁粉探伤（MT）、着色探伤（PT）等无损检测人员都应通过考试并取得资格证书，且只能从事资格证书中认定范围内的工作。各种焊工如果停焊时间超过 6 个月，应对其重新考核。从事钢塔端面机加工的操作人员也应该培训考试持证上岗。
- 5.5 塔段制造前应进行焊接工艺评定，焊接工艺评定应遵照本规程附录 B 的规定。并根据评定报告确定焊接工艺，形成焊接工艺卡或作业指导书。编制作业指导书时应充分考虑母材的焊接性能、结构特点、使用条件、设计文件要求、设备能力和施工环境等因素。

## 6 材料及材料管理

### 6.1 材料

- 6.1.1 钢材应符合 GB/T 714、GB/T 1591、GB/T 16270 和设计文件的规定。
- 6.1.2 高强度螺栓连接副应符合 GB/T 1228、GB/T 1229、GB/T 1230、GB/T 1231 的规定。
- 6.1.3 圆柱头焊钉应符合 GB/T 10433 的规定。
- 6.1.4 焊接材料应符合设计文件的要求和现行标准的相关规定。
- 6.1.5 涂装材料应符合 JT/T 722 和涂装设计方案的规定。

### 6.2 材料管理

- 6.2.1 所有材料除应有生产厂家的质量证明书外，制造厂还应按相关标准抽样复验，复验合格方能使用。
- 6.2.2 钢材应按同一厂家、同一材质、同一板厚、同一出厂状态每 10 个炉（批）号抽验一组试件；若订货为探伤钢板，应抽取每种板厚的 10%（至少 1 块）进行超声波探伤。
- 6.2.3 钢板应涂色带标识，色带标识中每种颜色的宽度不宜小于 50 mm。
- 6.2.4 钢材表面质量应符合 GB/T 14977 的规定。若发现钢材缺陷需要修补时，应符合本规程附录 A 的规定。
- 6.2.5 焊接材料按进场顺序逐批随机抽样复验；焊接材料的质量管理应符合 JB/T 3223 的规定。
- 6.2.6 高强度螺栓连接副按进场顺序逐批随机抽样复验；进场后应按包装箱上注明的批号、规格分类保管，室内架空存放，堆放不宜超过五层。保管期内不得任意开箱，防止生锈和沾染污物。

6.2.7 涂装材料按进场顺序逐批随机抽样复验，同一批号超过 4000 升，增加一组试样。涂装材料的贮存应符合 HG/T 2458 的规定，应存放在专用库房内，不得使用超期贮存的涂料。

## 7 零件制造

### 7.1 预处理

钢材滚平或矫正后，其表面采用抛丸除锈，必须将表面油污、氧化皮和铁锈以及其他杂物清除干净。除锈等级应符合 GB/T 8923.1-2011 规定的 Sa 2.5 级。

钢材表面清理干净后，喷涂无机硅酸锌车间底漆一道。

### 7.2 作样

7.2.1 划线用尺，必须定期由国家认可的计量机构进行检定，合格后方可使用。

7.2.2 作样必须严格按照施工图和工艺文件的规定制作。对于形状复杂的零部件，在图中不易确定尺寸的，应通过放样校核后确定。样杆、样板必须写明零部件号、材质、规格、数量等。

7.2.3 样杆、样板必须按工艺规定预留加工余量及焊接收缩量，其制作允许偏差应符合表 1 的要求：

表1 样杆、样板制作允许偏差

单位：mm

序号	项 目	允许偏差
1	两相邻孔中心线距离	±0.5
2	对角线、两极边孔中心距离	±0.8
3	孔中心与孔群中心线的横向距离	0.5
4	宽度、长度	+0.5, -1.0
5	曲线样板上任意点偏离	1.0

### 7.3 号料

7.3.1 号料前应检查钢料的牌号、规格、外观质量，当发现钢料不平直，有锈蚀、油漆等污物影响号料质量时，应矫正、清理后再号料，号料几何尺寸误差 ±2.0 mm。

7.3.2 塔段的壁板和腹板及其纵向加劲肋，横梁的盖板、腹板及其纵向加劲肋，在号料时，其主要应力方向应与钢板轧制方向一致。塔段壁板、腹板和横梁盖板、腹板号料时应在规定位置打上材质、炉批号钢印，并作相应记录以便对其进行追溯。

### 7.4 切割与剪切

7.4.1 零件采用切割或剪切下料时，其边缘至少应满足下列条件之一：

- a) 边缘硬度不超过 HV350；
- b) 边缘不承受作用应力；
- c) 边缘全部熔入焊缝；
- d) 进行打磨或机加工，去掉 2 mm，或者虽不到 2 mm，但能证明边缘的硬度不超过 HV350；
- e) 进行适当的热处理，使边缘硬度降低，并用着色法或磁粉探伤证明切割边缘没有裂纹；
- f) 对于母材抗拉强度  $\sigma_b \leq 420$  MPa、厚度不大于 40 mm、且边缘是用切割机切割的。

7.4.2 切割工艺应根据其评定试验结果编制，切割表面不应产生裂纹。所有零件应优先采用精密(数控、自动、半自动)切割下料，切割面质量应符合表 2 的规定。

表2 精密切割边缘表面质量要求

项 目	用于主要零件	用于次要零件	备 注
表面粗糙度	$\sqrt{25}$	$\sqrt{50}$	GB/T 1031-2009 用样板检查
崩 坑	不允许	1 m 长度内允许有一处 1 mm	深度小于 2 mm 时,可磨修匀顺,当深度超过 2 mm 时,应先补焊,然后磨修匀顺
塌 角	允许有半径不大于 0.5 mm 的塌角		
切割面垂直度	$\leq 0.05 t$ , 且不大于 2.0 mm		t 为钢板厚度

7.4.3 采用数控切割机下料的零件编程时,要根据零件形状复杂程度、尺寸大小、精度要求等规定切入点和退出点、切割方向和切割顺序等,并应加入补偿量,以消除切割热变形的影响。采用数控及门式切割机精密切割下料时,尺寸精度必须达到  $-1 \sim +2.0$  mm 以内。

7.4.4 切割面硬度不得超过 HV350,切割面不得有裂纹等危害性缺陷。

7.4.5 采用普通切割机或手工焰切下料时,应根据施工图和工艺文件先作样(样板、样条、样杆),作样时应预留焊接收缩量、加工余量等。用样杆号料前,应对钢料进行矫正,并清理其表面的锈蚀、油漆等污物。

7.4.6 手工气割仅用于工艺特定或切割后仍需机加工的零件,气割后不再进行机加工的零件表面质量应符合表 3 的规定。

表3 手工气割切割面质量要求

单位: mm

项 目	构件分类	允许偏差	备 注
自由边缘	主要构件	0.20	
	次要构件	0.50	
焊接边缘	主要构件	0.20	
	次要构件	0.6	

7.4.7 剪切仅适用于次要零件或边缘需进行机加工的零件,剪切边缘应整齐,无毛刺、反口、缺肉等缺陷。钢板剪切质量要求应符合表 4 的规定。

表4 剪切质量要求

单位: mm

序号	项 目	允许偏差	备 注
1	板件宽度、长度	$\pm 2.0$	
2	局部缺口深度	$< 1.0$ (每米长度中不多于两处)	
3	切割面平直度	$0.05t$ 且 $\leq 2.0$	t 为钢板厚度

## 7.5 零件矫正

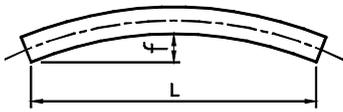
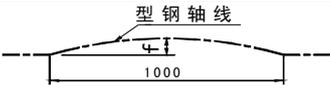
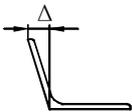
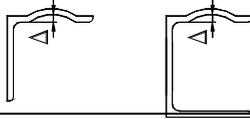
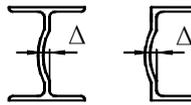
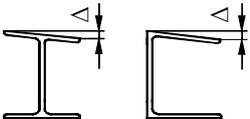
7.5.1 零件矫正宜采用冷矫,冷矫时的环境温度不应低于  $-5^{\circ}\text{C}$ 。矫正后的钢材表面不应有明显的凹痕或损伤。

7.5.2 采用热矫时,加热温度应控制在  $600 \sim 800^{\circ}\text{C}$ ,应缓慢冷却,不允许用水急冷;温度降至室温前,不允许锤击钢材。

7.5.3 零件矫正允许偏差应符合表 5 的规定。

表5 零件矫正允许偏差

单位：mm

零件	检查项目	简图	允许偏差	备注
板件	平面度		$f \leq 1.0$	每米范围
	直线度		$f \leq 2.0$	$L \leq 8000$
			$f \leq 3.0$	$L > 8000$
型钢件	直线度		$f \leq 1.0$	每米范围
	角钢肢垂直度		$\Delta \leq 0.5$	连接部位
			$\Delta \leq 1.0$	其他部位
	角肢平面度		$\Delta \leq 0.5$	连接部位
			$\Delta \leq 1.0$	其他部位
	工字钢、槽钢腹板平面度		$\Delta \leq 0.5$	连接部位
			$\Delta \leq 1.0$	其他部位
	工字钢、槽钢翼缘垂直度		$\Delta \leq 1.0$	连接部位
$\Delta \leq 2.0$			其他部位	

7.6 弯曲加工

7.6.1 钢材可通过冷、热加工弯曲或压制成形，但加工后其边缘不应产生裂纹，力学性能应不低于其标准规定。

7.6.2 凡冷弯零件在施工前须对边缘进行倒角处理，倒角半径为 R 2 mm。

7.6.3 主要零件冷弯时，环境温度不得低于 -5℃，内侧弯曲半径不得小于板厚的 15 倍，小于者必须热煨，热煨的温度应控制在 900℃ ~ 1000℃。

7.7 零部件划线

7.7.1 零部件划线应在平台上进行，划线精度允许偏差为 ± 0.5 mm。

7.7.2 精确划线号孔，允许偏差为 ± 0.5 mm。

7.8 边缘加工

7.8.1 零件的边缘、端头可保留锯切、剪切或焰切状态，也可进行刨铣加工，但经锯切、剪切或焰切后不再进行机加工的零件应磨去边缘的飞刺、挂渣，使切割面光滑匀顺。

7.8.2 焊接坡口可用火焰切割，也可用机械加工。焊接坡口的形状、尺寸及允许偏差应由焊接工艺评定确定，并应磨掉氧化皮。

7.8.3 对于工艺要求进行机加工的零件，其尺寸允许偏差应按工艺文件和图纸注明的要求执行。

7.8.4 机加工零部件应除去边缘飞刺，使表面光滑匀顺。

7.8.5 机加工零件的边缘加工深度不得小于 3 mm（当边缘硬度不超过 HV 350 时，加工深度不受此限），加工面粗糙度 Ra 不得大于 25  $\mu\text{m}$ 。

7.8.6 零件尺寸加工允许偏差应符合表 6 的规定。

表6 零件尺寸加工允许偏差

单位：mm

项 目	允许偏差	备 注
塔段壁板和腹板、横梁盖板和腹板	长度	$\pm 2$
	宽度	$\pm 2$
	板边直线度	$\leq 2$
横隔板	长度	$\pm 1$
	宽度	$\pm 1$
	对角线差	$\leq 2$
	板边直线度	$\leq 2$
	平面度	2/1000
U形肋	长度	$\pm 2$
	宽度	$\pm 1$
其它零件	长度	$\pm 2$
	宽度	$\pm 2$
	板边直线度	$\leq 2$

## 7.9 制孔

7.9.1 高强螺栓孔应采用钻孔样板或数控钻床钻孔的工艺方法，不得采用冲孔。

7.9.2 螺栓孔应钻制成正圆柱形，孔壁表面粗糙度 Ra 不得大于 25  $\mu\text{m}$ ，孔缘无损伤不平，无刺屑。

7.9.3 高强度螺栓孔径允许偏差应符合表 7 的规定。

表7 高强度螺栓孔径允许偏差

单位：mm

项 目	直径及允许偏差		
	M20	M24	M30
螺栓孔径	22	26	33
螺栓孔径允许偏差	0, +0.7		
圆度(最大和最小值之差)	1.5		
垂直度	不大于板厚 t 的 3%，且不得大于 2.0		

7.9.4 磨完后的钻头，应先在废料上试钻孔，经检验合格后方可在零部件上钻孔。

7.9.5 使用新安装或新检修的样板钻出的首件，或用样板在不同位置钻出的第一个杆件，均应该经检查人员检查合格后方可继续施钻。

7.9.6 螺栓孔孔距允许偏差应符合表 8 的规定。

表8 螺栓孔孔距允许偏差

单位：mm

定位方法	检查项目	允许偏差	说 明
用钻模钻孔	两相邻孔距	±0.5	采用配钻工艺的 孔群除外
	两组孔群中心线距	±0.8	
	孔群中心线与杆件中心线的横向偏移	1.5	
	同一杆件不同平面孔群中线纵横向偏移	1.0	
号钻的孔	两相邻孔距	±1.0	只适于临时构造 及附属设施等
	极边及对角线孔距	±1.5	
	孔中心与孔群中心线的横向偏移	1.5	

7.9.7 对于塔段调整接口的拼接板，应根据桥位塔段安装情况（包括空间姿态、线形等测量结果）进行配孔。

7.9.8 U肋拼接处，孔径允许偏差 + 0.7 ~ + 1.5 mm。

## 8 部件制造

### 8.1 一般规定

8.1.1 组装前应熟悉图纸和工艺文件，按图纸核对零件号、外形尺寸和坡口方向，确认无误后方可组装。

8.1.2 组装前，零件、部件应检查合格。

8.1.3 主要部件，应在平台或胎架上以纵、横基准线为基准进行组装。

8.1.4 对主要焊缝，当工艺要求采用埋弧自动焊接时，组装时须安装引、熄弧板，使焊缝的起、熄弧落在产品构件的焊缝之外，引、熄弧板的材质、厚度、坡口形式应与所对应焊件相同。

8.1.5 组装合格后的杆件，应在规定位置打上编号钢印（严禁用扁铲，损伤深度不超过 0.3 mm）。

8.1.6 首件完成制作后，必须经专职检验员检验合格，并经监理工程师验收合格后方可批量生产。

8.1.7 钢板需要接料时，接料宽度不得小于 200 mm；对接缝与加劲肋位置应最少错开 100 mm；当横向需要接料时，其接缝到最近一排螺栓孔中心线的距离不宜小于 100 mm。

8.1.8 采用埋弧自动焊、CO<sub>2</sub>气体保护焊及低氢型焊条手工电弧焊方法焊接的接头，组装前必须彻底清除待焊区域的铁锈、氧化皮、油污、水分等有害物，使其表面显露出金属光泽。

8.1.9 清除范围应符合图 1 的规定。

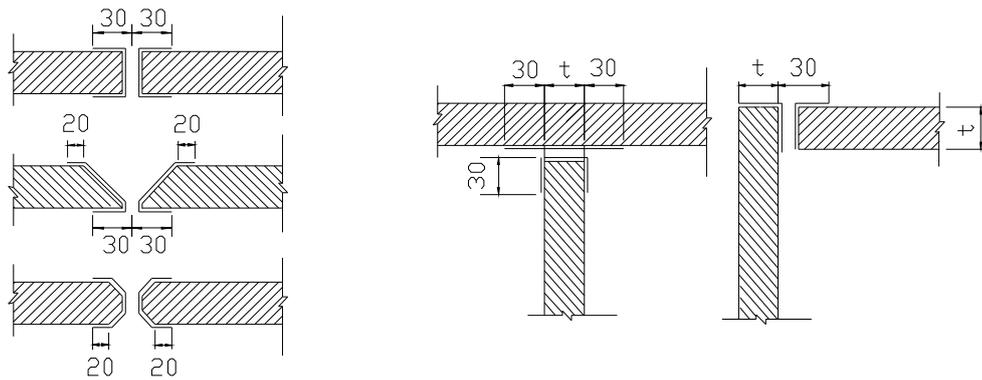


图1 组装前除锈范围

## 8.2 组装精度

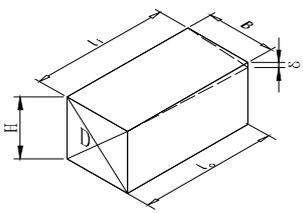
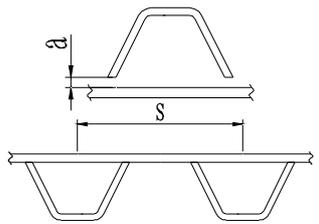
部件组装公差应符合表9 规定。

表9 部件组装允许偏差

单位: mm

序号	项 目	允许偏差	简 图
1	对接高低差 $\Delta$	0.5 ( $t < 25$ ) 1.0 ( $t \geq 25$ )	
	对接间隙 $b$	按工艺规定执行	
2	组装缝隙 $\Delta$	0.5, 局部1.0	
3	组装倾斜 $\Delta$	1.0	
4	壁板、腹板上纵肋间距 $S_1$ , 位置 $S_2$	端部及横隔板处: $\pm 1.0$ 其余: $\pm 2.0$	
	倾斜 $\Delta$	$\leq 2.0$	
5	磨光顶紧	$\leq 0.2$	

表9 (续)

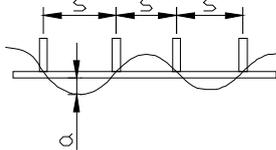
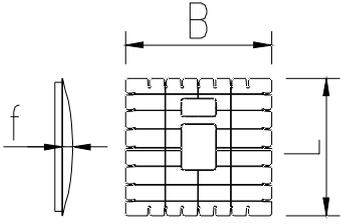
序号	项 目		允许偏差	简 图
6	块 体 塔 段 横 梁	断面高(H)	$\pm 2.0$ ※	
		断面宽(B)	$\pm 2.0$ ※	
		对角线长(D)之差	$\leq 3$	<p>注：因塔段及横梁两端需要加工或二次切割，故长度尺寸根据工艺文件确定；</p> <p>※ 该项根据经验及焊接收缩情况预留工艺量，具体由工艺文件给出。</p>
		扭曲( $\delta$ )	$\leq 3$	
		横隔板垂直度(h)	$\leq 2$	
		横隔板间距(s)	$\pm 2.0$	
7	U 肋	组装间隙(a)	0.5, 局部允许 1.0	
		U 肋中心距(s)	端部及横隔板处： $\pm 1.0$ 其余： $\pm 2.0$	

### 8.3 板单元组装精度

- 8.3.1 板单元应在工艺规定的组装胎架上进行组装，定期对组装胎架进行检查，满足要求后方可使用。
- 8.3.2 组装前应严格修整钢板的平整度，以保证板单元组装后的平整度。
- 8.3.3 板单元组装时严格控制纵肋间距，并使其与面板密贴。
- 8.3.4 采用合理的坡口形式，保证焊接质量。
- 8.3.5 板单元须在专用胎架（平台）上进行焊接，应采用合理的焊接顺序，严格控制焊接变形。
- 8.3.6 板单元组装允许偏差应符合表 10 规定。

表10 板单元组装允许偏差

单位: mm

部位	简图	项目	允许偏差
壁板、 腹板、 横梁上下盖 板、 腹板板块及 单元		长度	*
		宽度	2
		纵肋及竖肋间距 $s/\Sigma s$	1 2
		组装间隙	$\leq 0.5$
		横向平面度 $a$	$\leq s/300$
		四角不平度	$\leq 3$
		旁弯	$\leq 3$
横 隔 板 单 元		长度 $L$	1
		宽度 $B$	1
		对角线差	$\leq 2$
		横向平面度 $f$	$\leq 2$
		纵向平面度	$\leq 4$ (4 m 范围)
注: * 长度因两端有加工余量, 不作限制性规定。			

## 8.4 塔段组装

8.4.1 塔段由若干板单元和块体组成。

8.4.2 组装前应熟悉施工图及工艺文件, 依据施工图及技术文件核对每个零件、部件, 不允许使用未经检验或检验不合格的零、部件进行组焊。

8.4.3 塔段组装须在专用组装胎架上进行, 并用马板固定。在确保产品组装精度、控制变形的条件下尽量减少马板的数量。

8.4.4 马板焊接与定位焊要求相同, 在解除马板时不应伤及母材, 解除后应对马板定位焊位置按工艺要求进行处理。

8.4.5 组装后的塔段同一接缝两个端面各参数的允许偏差应同正或同负。

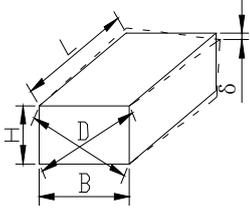
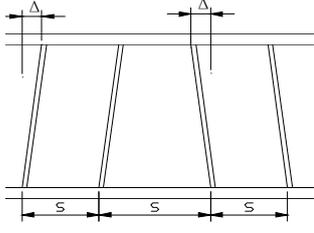
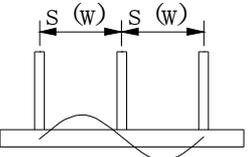
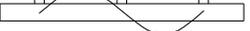
8.4.6 在塔段组装完成后, 经检验合格方可进行施焊。

8.4.7 在塔段组装过程中, 应由基准线控制每一个被安装部件的位置, 使其在允许的偏差范围内, 以保证塔段的整体尺寸精度。

8.4.8 块体、塔段及横梁组装允许偏差应符合表 11 的规定。

表11 块体、塔段及横梁组装允许偏差

单位：mm

序号	项 目		允许偏差	简 图
1	块体 塔段 横梁	长 L	※	
		高 H	±2	
		宽 B	±2	
		端口对角线相对差 (D)	≤3	
		扭曲 δ	≤3	
2	横隔板	垂直度 Δ	≤2	
		间距 S	±2	
3	旁弯		≤3	
4	壁板、腹板单元 纵肋间距	端部及隔板处	±1	
		其他部位	±2	
5	板 面 平面度	纵向	≤W/300	
		横向	≤S/500	
		连接部位	≤2	
注：*长度因两端有加工余量，不作限制性规定。				

## 8.5 定位焊

8.5.1 定位焊前应按图纸及工艺文件检查焊件的几何尺寸、坡口尺寸、根部间隙、焊接部位的清理情况等，如不符合要求不得定位焊。

8.5.2 定位焊不得有裂纹、夹渣、焊瘤、焊偏、弧坑、未焊满等缺陷。如遇定位焊开裂，必须先查明原因，然后清除开裂焊缝，并在保证构件尺寸的情况下重新焊接。

8.5.3 定位焊角焊缝的焊脚尺寸不得大于设计尺寸的一半；特殊要求的定位焊按照《焊接作业指导书》的规定执行。

8.5.4 定位焊应距设计焊缝端部 30 mm 以上，其长度一般为 60 mm ~ 100 mm，间距 400 mm ~ 600mm。

## 9 焊接

### 9.1 一般要求

9.1.1 焊工（包括定位焊）必须经过培训，并经考试、取得资格证书，且只能从事焊工考试资格认定范围内的工作；对有特殊要求的焊缝，还应进行专项考试，择优上岗。焊工应保持相对稳定，当焊工脱离焊接工作六个月以上时，应对其重新考核。

9.1.2 必须按经评审通过的焊接工艺评定报告编制焊接工艺。施焊时必须严格执行焊接工艺，焊接参数应在工艺规定的范围内调整，不得随意变更。

9.1.3 露天焊接工作必须采取防风防雨措施,焊接环境湿度应不大于 80%。低合金钢及桥梁用钢的焊接环境温度宜在 5℃以上,普通碳素钢的焊接环境温度宜在 0℃以上,当环境条件不满足要求时,应采取必要的工艺措施后进行施焊。

9.1.4 主要构件宜在组装后 24 小时内完成焊接,超过的可依据不同情况在焊接部位进行必要的清理或去湿处理后方可施焊。

9.1.5 焊前预热温度应通过焊接试验和焊接工艺评定确定。预热范围一般为焊缝每侧 100 mm 以上,距焊缝 30~50 mm 范围内测温。

9.1.6 焊前必须彻底清除待焊区域内有害物,必须把定位焊的飞溅、熔渣清理干净。施焊时,母材的非焊接部位不准引弧,施焊完的部件,应及时清除熔渣及飞溅物。

9.1.7 焊前应检查并确认所使用的设备工作状态正常,仪表良好,齐全可靠,方可施焊。

9.1.8 埋弧自动焊,应在距构件端部 80 mm 以外的引板上起、熄弧。

9.1.9 用 CO<sub>2</sub> 气体保护焊焊接时,要及时清除喷嘴上的飞溅物,且干燥器始终处于良好的工作状态。CO<sub>2</sub> 气体保护焊施工风力不宜大于 5 级,当风力影响到焊接质量时,必须采取相应措施后方可施工。

9.1.10 I 级焊缝焊后应记录杆件的名称、件号、焊缝位置、焊接日期、焊接规范、预热温度以及质量状况、操作者等相关信息,以便对其进行追溯。

9.1.11 针对焊接作业,应建立健全焊接岗位责任制度、安全用电制度、通风排尘制度等规章制度。

9.1.12 焊接后,必须用气割切掉两端的引板或产品试板,并磨平切口,且不得损伤母材。

## 9.2 焊接材料的使用

9.2.1 焊接材料应通过焊接工艺评定后确定。

9.2.2 焊接材料经检验合格后方可投入使用。

9.2.3 焊丝表面的油、锈必须清理干净后方可使用。

9.2.4 焊剂中不允许混入熔渣和脏物。

9.2.5 焊条、焊剂必须按规定烘干使用。

9.2.6 烘干后的焊接材料应随用随取。当从烘干箱取出的焊接材料超过 4 小时,应重新烘干后使用。焊条的再烘干次数不得超过两次。

9.2.7 气体保护焊所使用的 CO<sub>2</sub> 气体纯度应不小于 99.5%。

## 9.3 圆柱头焊钉焊接

9.3.1 进行圆柱头焊钉焊接施工的焊工必须经专项考试合格取得资格证书后方可上岗。

9.3.2 圆柱头焊钉的焊接必须按工艺进行。当环境温度低于 0℃或钢板表面潮湿时不得进行焊接。

9.3.3 圆柱头焊钉焊接前,应除去自身的锈蚀、油污、水分及其它不利于焊接的物质。受潮的瓷环使用前应在 150℃的烘箱中烘干 2 小时。

9.3.4 待焊圆柱头焊钉的钢板应处于水平位置,焊接部位应清除铁锈、氧化皮、油污、水分等有害物,使其表面显露出金属光泽,清理范围大于 2 倍圆柱头焊钉直径。

9.3.5 施焊圆柱头焊钉时,焊枪应与钢板表面垂直,在金属完全凝固前不得移动焊枪。

9.3.6 焊接圆柱头焊钉时,每日每班开始焊接前或更换一种焊接条件都必须按规定的焊接工艺试焊两个进行 30° 弯曲试验。若有一个破坏应重新试焊两个进行试验;若仍不符合要求,应调整焊接工艺参数重新试焊,直到合格为止。

## 9.4 焊缝返修及修磨

9.4.1 埋弧自动焊施焊时不宜断弧,如有断弧则必须将停弧处气刨或铲磨成 1:5 斜坡,并搭接 50 mm 再引弧施焊,焊后搭接处应修磨匀顺。

- 9.4.2 应采用碳弧气刨或其他机械方法清除焊接缺陷，在清除缺陷时应刨出利于返修焊的坡口，并用砂轮磨掉坡口表面的氧化皮，露出金属光泽。
- 9.4.3 焊接缺陷修补时，预热温度应按焊接工艺的规定再加 30℃ ~ 50℃，预热范围为缺陷周围不小于 100 mm 的全部区域。
- 9.4.4 壁板、腹板拼接板处纵向对接焊缝端部螺栓孔区域必须除去余高，保证拼接板的密贴。
- 9.4.5 返修的焊缝应修磨匀顺，并按原质量要求进行复检。返修次数不宜超过两次。如第二次返修不合格，需制定专项返修方案并报总监理工程师审批方可进行第三次返修或直接报废。
- 9.4.6 主要杆件横向对接焊缝的余高应按表 12 第 4 条的规定修磨处理。
- 9.4.7 焊缝缺陷的修补方法按表 12 执行。

表12 焊缝缺陷的修补方法

单位：mm

序号	焊接缺陷种类	焊接缺陷修补方法
1	误引弧	对直径 $\phi \leq 4$ ，深度 $h \leq 0.5$ 的缺陷用砂轮修磨匀顺； $\phi > 4$ ，深度 $h > 0.5$ 的缺陷，补焊后用砂轮修磨匀顺
2	咬边	深度 $0.3 \leq h \leq 0.5$ 处用砂轮修磨匀顺； 深度 $h > 0.5$ 处补焊后用砂轮修磨匀顺
3	焊缝表面高低不平、焊瘤	用砂轮修磨匀顺
4	未焊透、夹渣、气孔、凹坑、焊瘤等	用气刨或磨削清除后补焊并用砂轮修磨
5	焊接裂纹及弯曲加工时的边缘裂纹	查明原因，提出防治措施，清除裂纹，按补焊工艺补焊后修磨匀顺
6	烧穿	先在一面补焊，后再在另一面刨槽封底补焊
7	飞溅	铲除

- 9.4.8 焊缝超标缺陷经修补处理后，其质量要求应符合原焊缝的质量等级规定。
- 9.4.9 焊接裂纹的清除长度应由裂纹端向外延 50 mm，并刨成 1:5 的斜坡。
- 9.4.10 返修焊亦应严格按焊接工艺要求执行。
- 9.4.11 焊脚尺寸、焊波或余高等超出表 12 规定上限值的焊缝及小于 1 mm 且超差的咬边必须修磨匀顺，但不得将母材板厚消减 0.3 mm 以上。
- 9.4.12 焊脚尺寸不足时，可采用手工电弧焊或 CO<sub>2</sub> 气体保护焊进行返修补焊。
- 9.4.13 焊接圆柱头焊钉时，对没有获得完整 360°周边焊的圆柱头焊钉，可采用小直径低氢焊条进行补焊。补焊时要求预热温度 50℃ ~ 80℃，焊缝长度至少应在缺焊处每端扩出 10 mm，补焊焊角尺寸 6 mm。不合格的圆柱头焊钉应拆除重新焊接。
- 9.4.14 所有表面的修磨均应沿主要受力方向进行，使磨痕平行于主要受力方向。

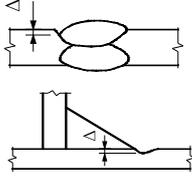
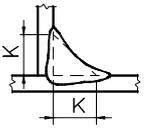
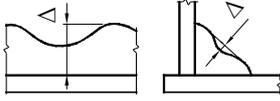
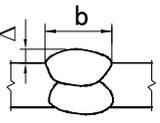
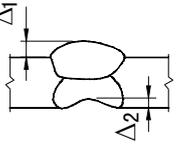
## 10 焊接检验

### 10.1 焊缝的外观检验

- 10.1.1 所有焊缝均应进行外观检查，焊缝不得有裂纹、未熔合、焊瘤、未填满和弧坑等缺陷。其质量应符合表 13 的规定。

表13 焊缝外观允许缺陷

单位: mm

序号	项目	简图	质量标准		
1	咬边		受拉部件纵向及横向对接焊缝		不容许
			受压部件横向对接焊缝		$\Delta \leq 0.3$
			主要角焊缝和受压部件纵向对接焊缝		$\Delta \leq 0.5$
			其他焊缝		$\Delta \leq 1$
2	气孔		横向及纵向对接焊缝		不允许
			主要角焊缝	直径小于 1	每米不超过 3 个, 其间距不小于 20
			其他焊缝	直径小于 1.5	
3	焊脚尺寸		埋弧焊 $K_0^{+2}$ , 手弧焊 $K_{-1}^{+2}$ , 手弧焊全长 10% 范围内容许 $K_{-1}^{+3}$ 。		
4	焊波		任意 25 mm 范围内 $\Delta < 2.0$		
5	余高 (对接)		$b < 15$ 时, $\Delta \leq 3$ ; $15 \leq b \leq 25$ 时, $\Delta \leq 4$ $b > 25$ 时, $\Delta \leq 4b/25$		
6	对接焊缝 余高 铲磨		$\Delta 1 \leq +0.5$ 不高于母材 0.5 $\Delta 2 \leq  -0.3 $ 不低于母材 0.3		

10.1.2 所有焊缝的外观检查均应在焊缝冷却至室温后进行。

## 10.2 焊缝的无损检验

10.2.1 无损检测人员必须持有资格证书、经监理工程师确认后方可上岗,且只能从事资格证书认定范围内的检验工作。

10.2.2 焊缝的无损检测应在焊缝外观检验合格且在施焊完成 24 小时后进行,对于厚度大于 30 mm 的高强度钢板焊接接头应在施焊 48 小时后进行无损检测。

10.2.3 焊缝的级别、检验方法及检验范围见表 14。

表14 焊缝的级别、检验方法及检验范围

焊缝部位	焊缝等级	探伤方法	探伤比例	探伤部位
钢塔壁板、腹板及横梁盖腹板纵、横向对接焊缝	I 级	超声波	100%	焊缝全长
		射线	10%	焊缝两端各 250~300 mm
底座板对接	I 级	超声波	100%	焊缝全长
锚箱与腹板及锚箱主受力板间熔透角焊缝	I 级	超声波	100%	
		磁粉	100%	
纵肋对接焊缝	II 级	超声波	100%	焊缝全长
横隔板对接焊缝	II 级	超声波	100%	焊缝全长
壁板与壁板, 横梁的腹板与翼缘间角焊缝	II 级	超声波	100%	每条焊缝的两端螺栓孔部位并延长 500 mm 及中间各随机抽探 1 m
		磁粉	100%	
腹板与壁板间坡口角焊缝	II 级	超声波	100%	每条焊缝的两端螺栓孔部位并延长 500 mm 及中间各随机抽探 1 m
		磁粉	100%	
横隔板与腹板、壁板间角焊缝	II 级	磁粉	30%	角焊缝全长
纵向加劲肋与壁板间角焊缝	II 级	磁粉	100%	每条焊缝的两端螺栓孔部位并延长 500 mm 及中间各随机抽探 1m
注: 表中探伤比例按焊接接头数量计。				

10.2.4 焊缝无损检验等级见表 15。

表15 焊缝无损检验等级

焊缝质量级别	探伤方法	无损检验等级
对接焊缝	超声波	B 级
	射线	B 级
熔透角焊缝	超声波	A 级
坡口角焊缝及角焊缝	超声波	A 级
	磁粉	

10.2.5 焊缝超声波探伤的距离-波幅曲线灵敏度见表 16 ; 焊缝超声波探伤缺陷等级评定应满足表 17 的规定; 其它技术要求应符合 GB/T 11345 的规定。

表16 超声波探伤的距离-波幅曲线的灵敏度

焊缝接头形式及验收等级	板厚 (mm)	判废线	定量线	判定线
对接焊缝 I、II 级	8~150	$\phi 3 \times 40-4\text{dB}$	$\phi 3 \times 40-10\text{dB}$	$\phi 3 \times 40-16\text{dB}$
角焊缝 II 级	10~25	$\phi 1 \times 2$	$\phi 1 \times 2-6\text{dB}$	$\phi 1 \times 2-12\text{dB}$
	>25~80	$\phi 1 \times 2+4\text{dB}$	$\phi 1 \times 2-4\text{dB}$	$\phi 1 \times 2-10\text{dB}$
全熔透角焊缝 I、II 级	8~150	$\phi 3 \times 40-4\text{dB}$	$\phi 3 \times 40-10\text{dB}$	$\phi 3 \times 40-16\text{dB}$
		$\phi 6^*$	$\phi 3^*$	$\phi 2^*$
坡口角焊缝 II 级	10~80	$\phi 3 \times 40-4\text{dB}$	$\phi 3 \times 40-10\text{dB}$	$\phi 3 \times 40-16\text{dB}$

注：① 角焊缝超声波探伤采用铁路钢桥制造专用柱孔标准试块或与其校准过的其它孔形试块；  
 ② 如超声波探伤已可准确认定焊缝存在裂纹，则应判定焊缝质量不合格；  
 ③ 符号\*表示纵波探伤的平底孔参考反射体尺寸。

表17 焊缝超声波探伤缺陷等级评定

单位：mm

焊缝接头形式及验收等级	板 厚	单个缺陷指示长度
对接焊缝 I 级	8~150	t/3, 最小可为 10, 最大不超过 30
对接焊缝 II 级		2t/3, 最小可为 12, 最大不超过 50
熔透角焊缝 I 级		t/3, 最小可为 10, 最大不超过 30
熔透角焊缝 II 级		2t/3, 最小可为 12, 最大不超过 50
坡口角焊缝 II 级		t/2, 最小可为 10, 最大不超过 30
角焊缝 II 级		t/2, 最小可为 10, 最大不超过 30
注1: 判定为裂纹、未溶合、未焊透（对接焊缝）等危害性缺陷者，应判为不合格；		
注2: t 为对接板厚度。		

10.2.6 对接焊缝的射线探伤应符合 GB/T 3323 的规定，射线照相质量等级采用 B 级（优化级）；焊缝内部质量应达到 II 级。

10.2.7 磁粉探伤检验按 JB/T 6061 规定执行，焊缝质量等级为 II 级。

10.2.8 当探伤人员能够判定为裂纹等危害性缺陷时，不受上述各条的限制均判为不合格。

10.2.9 进行局部超声探伤的焊缝，当发现裂纹缺陷或较多其它缺陷时，应扩大该条焊缝探伤范围，必要时可延长至全长。

10.2.10 对于用超声波探伤不能准确评定缺陷严重程度的对接焊缝，应补充进行射线检验，原则上以射线探伤结果来评定焊缝缺陷。

10.2.11 经超声波和射线两种方法检查的焊缝，当评定结果不一致时，两种方法必须达到各自的质量标准方可认为合格。

10.2.12 焊缝不合格部位必须进行返修，返修次数不宜超过两次，所有返修部位仍按原探伤方法进行 100% 的无损检测，并应达到相应焊缝的内部质量要求。

### 10.3 产品试板检验

10.3.1 对塔段壁板、腹板，横梁盖板、腹板纵向对接焊缝及桥位焊接接口制作产品试板。

10.3.2 做产品试板检验时，其材质、厚度、轧制方向及坡口形式必须与焊件相同，其长度应大于 400 mm，焊缝每侧宽度不得小于 200 mm。

10.3.3 产品试板的数量：每 10 条壁板、腹板横向对接焊缝做一组产品试板，每 20 条壁板、腹板纵向对接焊缝做一组产品试板。

10.3.4 产品试板经探伤合格后进行接头拉伸、焊缝金属低温冲击和侧弯试验。试样数量和试验结果应符合焊接工艺评定的有关规定。

10.3.5 产品试板合格标准应符合表 18 的规定。

表18 产品试板试样合格标准

试验内容	合格标准
接头拉伸	不低于母材标准
焊缝金属冲击	按国家标准
弯曲	180° 不裂

10.3.6 若试验结果不合格，可在原试板上重新取样再试验，如试验结果仍不合格，则应先查明原因，然后对其代表的焊缝作相应处理。

10.3.7 产品试板应组装在焊件上并同时施焊，当不能组焊在焊件上时，可采用与构件相同的焊接条件进行同时施焊。

#### 10.4 圆柱头焊钉焊接的检验

10.4.1 圆柱头焊钉焊接后应获得完整的 360° 周边焊缝。圆柱头焊钉焊缝的宽度、高度等尺寸应满足： $h_m \geq 0.2 d$ ； $h_{min} \geq 0.15 d$ ； $d_m \geq 1.25 d$ 。其中， $h_m$ 、 $h_{min}$  分别代表焊缝沿圆柱头焊钉轴线方向的平均高度和最小高度， $d_m$ 、 $d$  分别代表在钢板侧焊趾的平均直径和圆柱头焊钉直径。

10.4.2 应随机抽取各部位圆柱头焊钉总数的 3% 进行 30° 弯曲检验，弯曲后圆柱头焊钉的焊缝和热影响区不应有肉眼可见的裂纹。检验合格的圆柱头焊钉可保留其弯曲状态。

### 11 矫正

11.1 部件矫正时，应优先采用机械矫正方法，矫正时应缓慢加力，环境温度不宜低于 -5℃。

11.2 热矫时加热温度应控制在 600℃ ~ 800℃，不允许过烧，不宜在同一部位多次重复加热。

11.3 矫正后的板单元和塔段表面不应有凹痕和其它损伤。

11.4 板单元和塔段矫正后的尺寸允许偏差应符合表 10、表 11 的规定。

### 12 端面机加工

#### 12.1 划线及定位

12.1.1 塔段划线时应提前运入厂房，使各部位温度达到均衡。划线须选择温度差较小时段进行。

12.1.2 塔段机加工前应根据节段的受力状态、支点位置进行分析，以保证端面转角为 0 后，方可进行划线及定位操作。划线与定位前应先调整支点反力，使各点受力均匀。

#### 12.2 端面机加工

12.2.1 对从事塔段端面机加工人员进行岗前专项培训，操作人员须经过考核合格后方可上岗作业。

12.2.2 塔段机加工应根据设计规定的精度要求选择切削刀具、确定切削参数，并制定施工工艺及质量控制方法，上报监理工程师批准后，方可实施。

12.2.3 在加工场区应采取防护措施确保机加工环境的稳定，降低加工场区内的环境温差，防止阳光的直接照射及外部气流的侵入，造成机加工过程中塔段的热变形。

12.2.4 塔段在加工前，应设置定位工作平台。平台应具有足够刚度，并应设置精确的定位调整设备，其精度应满足端面机加工的要求。

12.2.5 塔段在端面切削加工前，应对刚度较小的局部进行加固。

- 12.2.6 在端面铣削前，应设专人对端铣刀盘进行检查，检查刀片的型号、磨损及卡固情况等是否满足端铣要求。严禁使用磨损较大或失效的刀具进行机加工。
- 12.2.7 机加工前，应对铣床的精度进行认真检测，在使用过程中，要严格按照要求对铣床进行维护保养，定期检修，确保其作业精度。
- 12.2.8 机加工前，应使机床处于热平衡状态。
- 12.2.9 机加工过程中，对端面铣平时产生的切削热，应给予必要的冷却措施。
- 12.2.10 机加工完成后，应用钢划针画出预拼装测点，并用颜色标识。
- 12.2.11 机加工完成后，应及时涂无机硅酸锌涂料进行防锈处理，并不得污染高强度螺栓栓合面。
- 12.2.12 机加工完成后，应对端面采用支撑牛腿等保护措施，避免塔段在运输和存放中端面损伤。
- 12.2.13 塔段端面机加工精度允许偏差应符合表 19 的规定。

表19 塔段端面机加工精度允许偏差

单位：mm

项 目	允许偏差	检测方法	备 注
长度(mm)	±2.0	钢尺	
平面度(mm)	0.08/m, 0.25/全平面	API	
表面粗糙度Ra	12.5 μ m	粗糙度测量仪或样块对比法	
塔段端面对轴线的垂直度 (顺桥向、横桥向)	1/10000	API	

## 13 预拼装

### 13.1 预拼装目的和方案

预拼装的目的是为了验证设计的正确性、制造工艺的合理性，实现塔段接口的精确匹配，修正塔段尺寸，箱口形状，调整拼装线形，避免桥位高空调整，减少高空作业难度和加快吊装进度，确保塔段顺利架设。通常钢塔段预拼方式有两种方案，一种是立式预拼装，另一种是水平预拼装。

### 13.2 立式预拼装

13.2.1 塔段制作完成后，应依次进行两两立式预拼装，并对端面接触率、螺栓孔的位置、轴线偏位等情况进行检查。

13.2.2 进行立式预拼装时应设置可靠的匹配安装工作平台，工作平台应具有足够的刚度及顶面平面精度，其刚度应满足在进行塔段立式预拼装时不会因荷载的增加产生变形，其平面精度应不小于钢塔柱端面加工精度。

13.2.3 立式预拼装检测须选择温度差较小时段进行。

13.2.4 立式预拼装前，应将塔段端面的封闭胶带进行拆除，并对端面上存留的残留物进行清除干净后方可进行。

13.2.5 金属接触率检查前应清除接触面边缘的机加工毛刺，避免其对金属接触率的影响。

13.2.6 金属接触率检查：以 0.04 mm 的塞尺插入深度不超过板厚的 1/3 为密贴，插入深度超过板厚的 1/3 为不密贴；测量点按设计规定执行，每个顶紧处都应有检查记录。

$$\text{金属接触率} = \frac{\text{密贴点数}}{\text{检测总点数}} \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

13.2.7 立式预拼装检测合格后，进行拼接板配制，并按不同的安装位置进行编号。

13.2.8 立式预拼装允许偏差应符合表 20 中的规定。

表20 塔段立式预拼装允许偏差

单位：mm

序号	项目	允许误差	测量方法	备注
1	预拼长度 (L)	$\pm 2.0 \times n$	钢尺	n—预拼装塔段数量
2	垂直度	1.5/10000	全站仪	
3	错边量	$\leq 2.0$	钢板尺	个别角点不大于 3 mm
4	端面金属接触率	壁板： $\geq 50\%$ 腹板： $\geq 40\%$ 加劲肋： $\geq 25\%$	塞尺	

### 13.3 水平预拼装

13.3.1 预拼装应在具有相当精度的测量仪器的控制下完成，重点控制钢塔整体直线度和线形。

13.3.2 依据施工图及技术文件核对每个塔段（横梁），不允许使用未经过检验或检验不合格的塔段进行水平预拼装。

13.3.3 水平预拼装应设置相应的预拼装支撑架，预拼装支撑架要有足够的刚度及平整度，其刚度应满足在进行塔段水平预拼装时不能因荷载的增加产生变形。

13.3.4 预拼装前，应认真做好各项准备工作，仔细检查预拼装架是否完好，安全设施是否可靠，所用工具、仪器是否处于良好状态。

13.3.5 预拼装应严格控制温度变化的影响，须在室内进行预拼装。

13.3.6 水平预拼装施工与检测均应在温度恒定时进行，并施加必要的轴向力，以保证端面金属接触率。

13.3.7 预拼装检测合格后，进行拼接板配制，严格按图编号，确保桥位安装对号入座。

13.3.8 组焊临时连接匹配件，并按规定打号。

13.3.9 塔段水平预拼装完成后，进行横梁与塔柱相邻节段的匹配，并对预拼装的长度、垂直度、旁弯、端面金属接触率、螺栓孔通过率、轴线偏位等状况进行检查，超差时进行调整。

13.3.10 金属接触率检查前，应清除接触面边缘的机加工毛刺，以减少对金属接触率的影响。

13.3.11 端面金属接触率检查：以 0.2 mm 的塞尺检查，其塞入面积不超过 25%。

13.3.12 用试孔器检查所有的螺栓孔，所有螺栓孔必须 100% 自由通过较设计孔径小 1.0 mm 的试孔器方可认为合格。

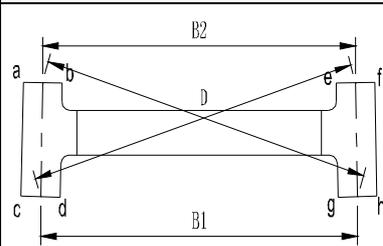
13.3.13 塔段水平预拼装允许偏差按表 21 执行。

表21 塔段水平预拼装允许偏差

单位：mm

序号	项目	允许误差	测量方法	备注
1	预拼长度 (L)	$\pm 2.0 \times n$	钢尺	n—塔段数量
2	垂直度	1.5/10000	全站仪	
3	错边量	$\leq 2.0$	钢板尺	个别角点不大于 3 mm
4	端面接触率	壁板： $\geq 50\%$ 腹板： $\geq 40\%$ 加劲肋： $\geq 25\%$	塞尺	

表21 (续)

序号	项目	允许误差	测量方法	备注	
5	塔段 与横 梁预 拼装	对角线 (D)	$\leq 3.0$	钢尺	 <p>注：塔段中心距由桥位测量结果确定。</p>
6		横梁水平度 (两端)	$\pm 3.0$	全站仪	
7		塔段中心距 (B1、B2)	$\pm 2.0$	钢尺	
8		错边量	$\leq 2.0$	钢板尺	

13.3.14 每次预拼装应进行检测，其结果应有详细记录。首次预拼装应组织专家进行鉴定。

#### 13.4 计算机模拟预拼装

每个塔段加工完成并经检验合格后，用高精度激光测量跟踪系统进行检测，检测的结果用于计算机模拟预拼装，其结果可以与实物预拼装结果比较，同时可指导塔段加工和预拼装。当预拼装结果与计算机模拟预拼装结果有较大差异时，应进行分析，并在以后塔段制作时作必要的修正处理。

### 14 表面清理和涂装

#### 14.1 涂装方案

钢塔的涂装方案应满足设计要求。

#### 14.2 除锈前钢板表面的处理

14.2.1 除锈前应对塔段自由边进行倒弧，圆弧半径约为 R2 mm。

14.2.2 用刮刀或砂轮机除去可见飞溅物。

14.2.3 咬边和气孔在喷砂前要修补并磨平。

14.2.4 所有的油、污物等要清除干净。

#### 14.3 喷砂除锈

14.3.1 喷砂除锈所用钢砂及钢丸应符合 YB/T 5149、YB/T 5150 的规定，钢砂和钢丸的配比为 30% 的 S 390 钢丸与 70% 的 G 25 钢砂混合使用，在使用过程中，还可根据喷砂后钢表面清洁度与粗糙度情况对配比进行调整。

14.3.2 喷砂除锈所用压缩空气必须不含水、油，保持清洁，油水分离器必须定期清理。

14.3.3 在喷砂除锈施工前，应对相对湿度、钢板温度、露点温度进行检测。空气相对湿度须低于 85%，金属表面温度要高于露点 3℃ 以上方可施工。

14.3.4 全面喷砂除锈后，对漏喷或不合格部位进行补喷砂，达到涂装所要求的标准；对所有钢板表面（包括脚手架上）的灰尘需采用吸尘器或高压空气清理干净。

14.3.5 除锈后应在 4 小时内（或钢板表面颜色未产生变化前）进行涂装，除锈后湿度较大时应缩短间隔时间。

#### 14.4 涂装

14.4.1 涂装环境要求：环氧富锌底漆温度不得低于 10℃，其余涂装环境温度在 5℃ ~ 38℃之间，相对湿度 85% 以下（当与油漆说明书不符时，应执行油漆相应产品施工说明书）。金属表面温度高于露点 3℃ 以上方可施工，涂装后 4 小时内应避免雨淋。

14.4.2 涂装施工前，制造厂和油漆供应商应进行专项涂装工艺试验，涂装工艺试验需报监理工程师确认，工艺试验合格后方可进行正式涂装施工。试板按塔段内、外表面涂装体系分别进行涂装施工和检查。

14.4.3 涂装材料、工艺要求应遵守下列规定：

- 1) 应按设计规定涂层体系配套进行喷涂，涂装材料、工艺及性能要求等亦应符合设计要求。涂料应按批次送具有资质的检验机构进行抽样检验。施工方案须符合油漆使用说明所规定的要求。
- 2) 涂装前应仔细确认涂料的种类、名称、质量及施工位置，制造厂应对批量油漆的主要性能指标进行检验。
- 3) 对双组份涂料要明确混合比例，并搅拌均匀、熟化后使用。混合后如超过使用期，则不得使用。
- 4) 工地焊缝处 50 mm 范围内不涂装，并采取有效措施进行保护。
- 5) 塔段在运输和安装过程中损坏的油漆应进行补涂，对大面积损伤的，必须重新喷砂并逐层修补。局部小面积损伤者用手工打磨，进行修补。

#### 14.5 涂装质量要求与检测

14.5.1 漆膜的外观要求平整、均匀、无气泡、裂纹，无严重流挂、脱落、漏涂等缺陷，漆膜颜色与比色卡相一致。

14.5.2 漆膜厚度按设计图纸规定，采用 GB/T 6463 的磁性测厚仪进行测量。涂装体系干膜厚度要求外表面满足双 90-10 规则，内表面满足双 85-15 规则。

14.5.3 漆膜附着力的检验采用 GB/T 9286 进行划格评级，内表面须达到 1 级以上、外表面须达到 0 级；采用拉开法测量时，其测量值必须符合产品说明书的要求。

14.5.4 涂装质量检验应符合表 22 。

表22 涂装质量检验要求表

工序	检测项目	测量方法	检验要求	检测数量	标准
除油	油污、杂质	目测	清除可见油污、杂质	全面	
喷砂	清洁度	图谱对照	Sa 2.5 (Sa 3.0)	全面	GB/T 8923.1
	粗糙度	表面粗糙度比较样板或粗糙度测量仪	Rz=40~60 μm 或 Rz=40~80 μm	全面	GB/T 13288.2
涂层	漆膜厚度	用磁性测厚仪	达到规定漆膜厚度	钢塔内外表面，以 10 m <sup>2</sup> 为一个测量单元，每个测量单元测 5 点，每个点附近测 3 次，取平均值。	TB/T 1527 GB/T 4956

表 22 (续)

工序	检测项目	测量方法	检验要求	检测数量	标准
涂层	附着力	划格法	≤1 级	每个塔段成品构件抽测一处	GB/T 9286
		拉开法	满足涂料产品说明书		GB/T 5210
	外观	目测	漆膜颜色与色卡一致, 漆膜无流挂、针孔、气泡、裂纹等缺陷; 铝涂层均匀、致密, 无未熔化大颗粒, 无漏喷现象	全 面	TB/T 1527
注: 漆膜厚度测量值外表面(内表面)必须满足双 90-10(85-15)规则, 即所测量值中必须 90%(85%)以上的测值达到规定的厚度要求, 另 10%(15%)厚度不达标的测值其厚度不得低于规定厚度的 90%(85%)。					

### 14.6 抗滑移系数试件与试验

14.6.1 抗滑移系数试件的设计、制作应符合 TB/T 2137 的规定。

14.6.2 抗滑移系数试件与塔段应为同一材质、同一摩擦面处理工艺、同批制造, 并在相同条件下运输、存放。

14.6.3 抗滑移系数试件批次应根据塔段数量和架设的时间而定, 在塔段出厂前, 按每八个接口做一批, 桥位安装按每四个接口做一批, 每批三组抗滑移系数试件。若塔段架设时间距出厂摩擦试件试验时间不超过 15 天, 则可同时计入桥位摩擦试件数量, 减少相应的桥位摩擦试件数量。

14.6.4 出厂时栓接表面抗滑移系数试验值应不小于 0.55, 安装前不小于 0.45, 抗滑移系数试验应符合 TB/T 2137 的规定。试验结果报监理工程师确认。如安装前抗滑移系数不符合要求, 应采取相应措施直至重新处理连接面。重新处理后, 应再次进行抗滑移系数试验, 确认抗滑移系数符合要求后方可安装。

## 15 塔段验收

15.1 塔段的出厂检验和验收应按施工图和本规程 14.2 ~ 14.6 条规定进行。

15.2 塔段的螺栓孔允许偏差应符合本规程第 6.9 章节的规定。

15.3 塔段的涂层质量应符合本规程第 13 章的规定。

15.4 塔段成品尺寸允许偏差应符合表 23 的规定。

表23 塔段成品尺寸允许偏差

单位: mm

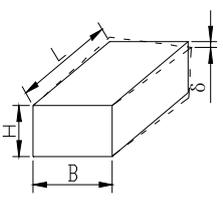
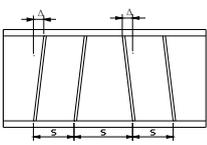
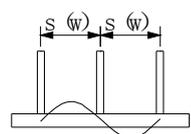
序号	项 目	允许偏差	简 图	备 注
1	长 L	±2		横梁根据经验及焊接实验收缩情况确定, 具体由工艺文件给出。
2	高 H	±2		用钢尺测量对角线, 检查测量值相对差
3	宽 B	±2		测点在两端横隔板与外壁板交点上
4	端口对角线相对差	≤3		
5	扭曲 δ	≤3		

表 23 (续)

序号	项 目	允许偏差	简 图	备 注	
6	横隔板垂直度偏差 $\Delta$	$\leq 2$		吊线锤测量	
7	横隔板间距偏差 S	$\pm 2$		用钢尺测量	
8	旁弯	$\leq 3$			
9	板 面 平面度	纵向	$\leq W/300$		W 为纵肋中心距 S 为隔板中心距
		横向	$\leq S/500$		
		连接部位	$\leq 2$		

### 15.5 塔段出厂或验收时，应提交下列文件：

- 产品合格证书；
- 钢材、焊材、涂料出厂质量证明及全部复验报告；
- 焊接工艺评定试验总结报告；
- 焊接产品试板的试验报告；
- 工厂高强螺栓摩擦面抗滑移系数试验报告；
- 焊缝无损检验报告；
- 焊缝重大缺陷修补检验记录；
- 预拼装记录（预拼装批次）；
- 涂装质量检测记录；
- 发送表和包装清单；
- 竣工图。

### 15.6 塔段出厂时应提供工地抗滑移系数试验用试件，随塔段发运至工地。

## 16 包装、标志、存放和运输

### 16.1 包装

16.1.1 包装应在涂层干燥后进行；包装应符合运输的有关规定，且使塔段表面不受损伤、不变形；

16.1.2 包装面保持清洁，防止污染。

16.1.3 小零件应分类打包，每件一般不超过 50 公斤。

16.1.4 包装箱上应标注构件、零件的名称、编号、重量，并应填写包装清单。

16.1.5 须栓合的零部件，应用螺栓栓紧，每处栓合螺栓不少于两个。

### 16.2 标志

16.2.1 板单元及其它构件、零件，除按规定打钢印外，还应在规定位置涂油号。

16.2.2 塔段预拼完后，应在规定位置打上钢印号，现场涂装完后，在规定位置用油漆涂塔段编号等相关信息。

### 16.3 存放

16.3.1 存放场地应坚实、平整，有排水设施，支撑处有足够的承载力。钢塔节段存放期间不得损伤加工端面。

16.3.2 板单元、零件、部件应离开地面分类存放。

16.3.3 支撑点应放在自重作用下不产生永久变形处。

### 16.4 运输

16.4.1 板单元、零部件厂内转运时，应采取防护措施，避免变形。

16.4.2 同类板单元多层堆放时，各层间垫块应在同一垂直面。其叠放时不宜过高，防止压伤下层板单元或出现安全事故。

16.4.3 由于运输过程中吊装环节较多，为防止吊装变形，应进行必要的包装防护。

16.4.4 塔段吊装运输时，应对机加工端面采取一定的保护措施。

16.4.5 塔段装船前应进行稳定性验算，其抗倾覆安全系数不小于 1.5。

16.4.6 塔段装船后，应用钢丝绳将其牢靠固定在运输船上。绑扎钢丝绳时，严防损伤塔段边缘。

### 17 工地安装

17.1 塔段运输到工地后，安装单位应按制造单位的发送表核对起数量，按照吊装顺序逐一进行吊装，到位后，用临时连接件等定位。

17.2 塔段吊装前应进行稳定性验算，对必要部位应进行临时加固，并应进行试吊，确认无误后方可起吊。

17.3 塔段起吊安装时，由专职安全员划定作业范围，严格控制现场人员，起重臂覆盖范围内不得站人。塔段应平稳起吊，待下口距待接节段高度约 1 m 时，利用塔段下口设置的对拉调节装置调整平面位置，以保证塔段顺利进入限位板内，再通过限位装置精确调整塔段位置。

17.4 塔段吊装时采用专用吊具，吊具应具备精确调节钢塔倾斜度功能，保证塔段连接时上下接口吻合。

17.5 塔段上口四个角安装限位装置，起限位及导向作用，以保证塔段对接时接口平整。调整接头处利用塔段设置调位装置，可采用可调丝杆或千斤顶对塔段进行精确调整，保证钢塔线型。

17.6 安装过程中，应根据上一塔段测量结果，结合厂内预拼数据，确定调整量，利用调整装置进行调整，并对拼接板进行匹配，最后完成连接。

17.7 当起重设备与钢塔通过附墙连接后，钢塔测量时将起重设备调整到平衡状态，以尽量减少附墙产生的水平力。

17.8 上下游塔柱间合理设置主动横撑，以在塔段安装过程中施加水平力顶推钢塔，使其线形控制在设计范围内，横撑设置位置、顶推力大小根据计算确定并报设计单位审批。施加顶力时，以线形控制为主，顶力只作参考。

17.9 塔段测量时考虑风力、温度、日照影响，选择凌晨温度平均、风力小时进行测量，以真实反映塔柱状态。测量时注意起重设备与塔段相互关系，当有附墙与钢塔相连时，必须将起重设备保持自身平衡，减少起重设备对钢塔的影响。

17.10 塔柱相对位置采用全站仪直接测量，倾斜率采用全站仪、激光准直仪测量，高程采用全站仪天顶测距法测量，接口金属接触率采用 0.04 mm 塞尺检查。所以检测项点均满足规范要求后，再施拧高强度螺栓。

17.11 塔段运输、安装过程中注意对接口摩擦面及其他表面油漆的保护，防止出现损伤，如有损伤，及时修补。

17.12 合理安排电梯、起重设备的同步上升工作，以保证塔段安装连续进行。

17.13 塔段工地安装精度允许偏差应满足表 24 规定。

表24 塔段工地安装精度允许偏差

单位：mm

序号	项 目		允许误差	测量方法	备 注
1	安装高度 (H)		$\pm 2 n$ , 且全部 $\leq 10$	全站仪	n 为钢塔节段数量
2	垂直度	桥轴向	1/4000	全站仪	
		垂直于桥轴向	1/4000		
3	塔柱中心距(B) (接头部位)		$\pm 4.0$ mm	全站仪	
4	对接口错边量		$\delta \leq 2$ mm	用尺测量	个别角点处 $\leq 3$ mm
5	横梁中心处标高的相对差		$\pm 6$ mm	水平仪测量	
6	金属接触率	塔柱壁板	$\geq 50\%$	塞尺测量	0.04 mm 塞尺检测
		塔柱腹板	$\geq 40\%$		
		加劲肋板	$\geq 25\%$		

## 18 高强度螺栓管理及施工

### 18.1 高强度螺栓管理

18.1.1 工厂对高强度螺栓、螺母、垫圈入库时应清点检查、分批号、分规格存放，要做好防潮、防尘工作，下面应以木板垫高通风，防止锈蚀和表面状况改变，入库后要建立明细库存表、发放登记表等。

18.1.2 高强度螺栓每批必须进行检验，检验合格后方可使用。

18.1.3 每套高强度螺栓组成：一个螺栓、一个螺母、二个垫圈，在安装时，螺栓头和螺母下配一个垫圈，垫圈放置时要注意将 45° 斜坡面贴近螺杆头及螺母支撑面。

18.1.4 库房必须按技术人员签发的领料单发料，螺栓要轻拿轻放，防止损坏螺纹。

18.1.5 领用高强度螺栓必须严格按施工图上标注的规格、数量领取，不得以短代长，也不能以长代短。

18.1.6 高强度螺栓的领取应根据当天施拧实际需用规格领取足够数量的高强度螺栓；在外场使用前开箱，用多少开多少箱。没有用完的高强度螺栓立即放入箱中封闭，不允许高强度螺栓在外场裸露过夜。

### 18.2 高强度螺栓连接的施工

18.2.1 施工前，高强度大六角头螺栓连接副应按出厂批号，每批不少于 8 套复验扭矩系数，其平均值和标准偏差应符合有关规定。扭矩系数平均值应在 0.110 ~ 0.150 范围内，标准偏差应小于或等于 0.010，同时应记录测试环境温度。施工时，应考虑环境温度、相对湿度变化对扭矩系数的影响。

18.2.2 塔段安装前，应清除飞边、毛刺等，摩擦面应保持干燥、整洁，不得在雨中作业。

18.2.3 安装前应复验摩擦面抗滑移系数，最小值不得小于 0.45，如不符合要求，应采取相应措施直至重新处理。重新处理后，应再次进行抗滑移系数试验，确认抗滑移系数符合要求后方可安装。

18.2.4 塔段安装时应使板层密贴，冲钉数量不宜少于螺栓孔总数的 10%，螺栓数量不宜少于螺栓孔总数的 20%。

18.2.5 高强度螺栓连接副的安装应在塔段位置调整准确后进行。高强度螺栓、螺母垫圈必须按生产厂提供的批号配套使用，不得改变其出厂状态。

18.2.6 安装高强螺栓时，螺栓应能自由穿入孔内，如遇螺栓不能自由穿入栓孔时，不得强行将螺栓打入，而应用绞刀进行修孔，修整后孔的最大直径应符合相关规范要求，不得用气割扩孔。对于铰孔或扩孔的节段及孔眼位置，应有施工记录备案。

18.2.7 安装高强螺栓时，被栓合板束的表面应垂直于螺栓轴线，否则应在螺栓垫圈下面加垫斜坡垫板。

18.2.8 当安装出现摩擦面间隙时，应按表 25 的要求处理。

表25 摩擦面间隙处理

序号	示意图	处理方法
1		$\delta < 1.0 \text{ mm}$ 时不予处理
2		$\delta = 1.0 \sim 3.0 \text{ mm}$ 时，将板厚一侧磨成 1:10 的缓坡，使间隙小于 1.0 mm。 用砂轮打磨时，应使打磨方向与受力方向垂直。
3		$\delta > 3.0 \text{ mm}$ 时加垫板，垫板厚度不小于 3 mm，垫板厚度和摩擦面处理方法应与构件相同。

18.2.9 高强度螺栓拧紧顺序，宜从螺栓群中间顺序向外侧进行拧紧，并应在当天全部终拧完毕。施拧时，不得采用冲击拧紧和间断拧紧。

18.2.10 高强度螺栓的拧紧分初拧、复拧和终拧依次进行。拧紧时应采用扭矩扳手，初拧、复拧扭矩一般都为终拧扭矩的 50%；设计预拉力、施加预拉力符合设计图规定。

18.2.11 高强螺栓连接副的拧紧方法分为扭矩法和扭角法。但在一般情况下，应优先采用扭矩法施工。

18.2.12 高强螺栓连接副的拧紧应在螺母上施拧。

18.2.13 每批高强度螺栓连接副的终拧扭矩应由公式（2）计算确定：

$$T_e = K * P_e * d \dots\dots\dots (2)$$

式中：

$T_e$  —— 终拧扭矩（Nm）；

$K$  —— 高强度螺栓连接副的扭矩系数平均值；

$P_e$  —— 高强度螺栓的施工预拉力；

$d$  —— 高强度螺栓公称直径（mm）。

18.2.14 终拧时，施加扭矩必须连续、平稳，螺栓、垫圈不得与螺母一起转动，如果垫圈发生转动，应更换高强螺栓连接副，按操作程序重新初拧、复拧、终拧。

18.2.15 高强度螺栓施拧按 TBJ 214 的规定执行。采用的扭矩扳手在每班作业前后均应进行标定，其扭矩误差不得大于使用扭矩的  $\pm 5\%$ ；使用前，检查扭矩扳手必须标定，其扭矩误差不得大于使用扭矩的  $\pm 3\%$ 。

18.2.16 电动扳手应与控制箱配套使用，并应独立供电或配置稳压电源。

18.2.17 每批高强度螺栓连接副的检查扭矩应由公式（3）计算确定：

$$T_{ch}=K \cdot P_{ch} \cdot d \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中：

- T<sub>ch</sub> —— 检查扭矩 (Nm) ；
- K —— 高强度螺栓连接副的扭矩系数平均值；
- P<sub>ch</sub> —— 高强度螺栓的设计预拉力；
- d —— 高强度螺栓公称直径 (mm) 。

**18.2.18** 高强度螺栓拧紧后的检查应设专职人员负责，并应在终拧 4 h 以后、24 h 之前完成扭矩检查。采用松扣、回扣法检查时，先在螺栓与螺母上划一细直线做标记，然后将螺母退回 30°，再用检查扭矩扳手把螺母重新拧至原来位置测定扭矩，该值应在 0.9 T<sub>ch</sub> ~ 1.1 T<sub>ch</sub> 范围内；

采用紧扣法检查时，用检查扭矩扳手拧紧螺母，测得螺母与螺栓刚发生微小相对转角的扭矩，该值应在 0.9 ~ 1.1 紧扣检查扭矩范围内。紧扣检查扭矩由试验确定，并在测定紧扣检查扭矩值时，应确认高强螺栓的预拉力的误差在设计预拉力的 ± 2% 范围内。

经过检查的螺栓，其不合格者不得超过抽验总数的 20%，如超过此值，应继续抽检，直至累计总数的 80% 合格为止。然后，对欠拧者补拧，超拧者更换后重新补拧。

**18.2.19** 应采用小锤（重约 0.3 Kg）敲击法对复拧后的全部高强度螺栓进行检查，以防漏拧。

**18.2.20** 终拧检查合格的螺栓，应作出规定的标记，并在螺栓、螺母、垫圈的外露部分立即涂上油漆。

**18.2.21** 高强螺栓的施拧应有下列施工、检查记录：

- 1) 高强度螺栓连接副的复验数据；
- 2) 栓接板面抗滑移系数试验数据；
- 3) 初拧扭矩、终拧扭矩；
- 4) 施拧扭矩扳手和检查扭矩扳手的标定、校正记录；
- 5) 各接口高强度螺栓连接副终拧扭矩；
- 6) 各节点高强度螺栓连接副终拧转角检查记录。

## 19 各种缺陷的修补

**19.1** 各种缺陷的修补方法，应按有关标准或工艺文件规定执行。

**19.2** 重大缺陷的修补，必须先查明原因，经质检人员、主管技术人员确认。制定的专项修补方案经项目总工程师批准后上报监理工程师同意。质检人员应作修补记录。

## 20 安全与环保

### 20.1 一般规定

**20.1.1** 本章适用于公路桥梁钢塔制造与安装工程的安全施工和施工过程中的环境保护。

**20.1.2** 在制定钢塔制造与安装施工组织设计和施工方案时，应同时制定保证施工安全和保护环境的技术方案。

### 20.2 安全施工

**20.2.1** 施工现场应按照“安全第一、预防为主、综合治理”的原则，施工前应对各种安全危险制因进行辨识和评估，并应在施工过程中有针对性的采取措施，预防事故发生；对危险性较大的工程应编制专项方案，对存在重大安全事故危险制因的工程，应预先建立重大事故应急预案；当施工中发生事故时，应迅速反应，按照应急预案的规定进行救援和处理，最大限度地降低事故损失。

- 20.2.2 施工现场使用的材料、工具、吊具、脚手架、梯子、安全带、安全网等应经有关人员验收合格后方可使用并应配足、配齐数量，机械应经过试运转并试吊认可后使用。
- 20.2.3 参加高空作业人员，必须挂好安全带并在进行垂直双层作业时应有相应的安全措施。
- 20.2.4 所有施工辅助结构应按施工工况进行设计验算，以保证结构有足够的强度、刚度和稳定性。
- 20.2.5 吊装的重量和重心位置，必须捆绑牢靠，吊具夹角不得大于 $60^\circ$ ，且应设防滑保险绳，并应拴上溜绳。棱角接触处应用胶皮垫好。
- 20.2.6 吊装时必须有固定的信号指挥。信号员应事先检查场地周围有无障碍。信号员、吊车司机、架梁人员要密切配合、指挥得当、操作准确。信号员的哨音手势和旗语应宏亮、正确、清楚，如遇妨碍司机视线处，应增加传递信号人员。吊物下面严禁站人。
- 20.2.7 预拼装或安装对孔时，应用冲钉和拼装撬棍的尖端探孔，严禁用手指伸进孔眼内检查，严禁用大锤猛击单个冲钉过孔，造成孔眼变形。平面拼装孔眼应用安全冲钉，防止冲钉坠落伤人。
- 20.2.8 在安装过程中要指定专人联系水文、气象部门获得有关信息，及时采取安全措施。风力达6级及以上时应停止施工。
- 20.2.9 线路应有专人养护维修，发现问题及时纠正，运梁车司机和领车信号员，应配备经过培训的专职人员。
- 20.2.10 冬季施工作业要特别做好防冻、防滑等安全防护工作。夜间作业用工作灯应使用安全电压。
- 20.2.11 工人进入喷砂房、涂漆房禁带火种。喷砂房、涂漆房中不准存放易燃、易爆物品，漆料应随用随领。施工期间，作业班长应协助安全员做好安全监护工作。
- 20.2.12 废弃含油纺织品统一收集存放，不得随意丢弃，更不能混入其它垃圾中，并注意存放点的防火工作。不同品种、不同牌号的油品应分别存放，分类保管，同时做好识别标识，定期进行油料盘点和仓库检查。油品搬运时不得撞击和严重磨擦，开启油桶时应用铜质工具，防止造成磨擦起火及环境污染。
- 20.2.13 进入油库人员，不得携带火柴、打火机等发火物和易燃物，严禁吸烟和使用明火，在油库的明显位置设置“严禁烟火”的防火标志，库内应保持通风良好。油品库房应配备适用的防火设施，做好防火、防爆工作，消防设施应定期检查，确保有效。

### 20.3 环境保护

- 20.3.1 针对可能对环境造成的不利影响，制定具体的预防方案并付诸实施，减少对原生态环境的改变，
- 20.3.2 降低对环境的污染。施工过程中应实施文明施工，完工后应及时清理各种施工垃圾，做到工完场清。
- 20.3.3 施工中应采取有效措施对空气污染和噪声污染进行控制，并应符合以下规定：
- 用于施工的各项临时设施、材料加工厂均宜远离居民区，并将其安置于下风区。当无法满足要求时，应采取必要的防尘、防噪措施。
  - 施工现场的主要临时道路宜经常洒水降尘。
  - 应采取必要的措施，降低由机械设备或工艺操作所产生的噪声。
  - 应控制施工设备废弃排放符合国家规定的环保标准。
- 20.3.4 施工应采取有效措施防止水土的污染和流失，并应符合以下规定：
- 施工现场的临时设施用地，应结合当地土地利用的规定，统筹综合考虑。
  - 施工时应严格控制污染源。
  - 设于水中的临时支架及基础应清除到河床面。
  - 对施工中废弃的钢木材料、边角料及其他物品等应集中回收处理。
- 20.3.5 施工时对自然生态环境进行必要的保护，并应符合下列规定：
- 施工应不破坏周边自然风貌和生态环境，当施工确有需要时，应采取适当的保护措施，降低或减少破坏程度；施工结束后，应按设计要求进行必要的恢复。

DB34/T 2224—2014

- 施工中不得破坏水生、陆生野生动物生息繁衍的水域、场所和生存条件。
- 对草木、林区应严格遵守护林防火规定，防止发生火灾。

附 录 A  
(规范性附录)  
钢材及加工缺陷的修补

### A.1 钢材及加工缺陷的修补方法

应符合表A.1 的规定。

表A.1 钢材及加工缺陷的修补方法

序 号	缺陷种类	修补方法
1	钢材表面麻坑划痕等	深度 0.3 mm~1 mm 的修磨匀顺, 超过 1 mm 时补焊后修磨匀顺
2	钢材端面局部层状裂纹	深度不超过 5 mm 时, 气刨、补焊后, 用砂轮修磨匀顺
3	气割边缘的缺口 (崩坑)	深度 2 mm 以内的, 用砂轮磨顺, 超过 2 mm 的, 磨出坡口补焊后修磨匀顺 (边缘加工且能加工掉的除外)
4	弯曲加工时产生的边缘裂纹	查明原因, 提出防止措施, 清除裂纹, 按补焊工艺补焊后修磨匀顺

### A.2 钢材缺陷焊接修补

钢材缺陷焊接修补时, 将缺陷部位清理干净, 采用焊条手工电弧焊进行修补, 焊后用砂轮修磨匀顺。焊接材料为: J507 Ni ( $\Phi$ 3.2、 $\Phi$ 4) 焊条, 按要求烘干, 焊接电流 170 A。

预热温度应符合表 A.2 的规定。

表A.2 钢材修补预热温度

钢 材	板厚范围 (mm)	预热温度 ( $^{\circ}$ C)
Q370qD	$\delta \leq 32$	不预热
	$32 < \delta \leq 40$	50 $^{\circ}$ C
	$40 < \delta \leq 60$	80 $^{\circ}$ C
	$\delta = 150$	120 $^{\circ}$ C
Q420qD	$\delta \leq 32$	不预热
	$32 < \delta \leq 40$	80 $^{\circ}$ C
	$40 < \delta \leq 60$	100 $^{\circ}$ C

**附 录 B**  
**(规范性附录)**  
**焊接工艺评定**

**B.1 一般要求**

B.1.1 焊接工艺评定（以下简称“评定”）是编制焊接工艺的依据。

B.1.2 评定条件应与产品条件相对应，评定必须使用与产品相同的钢材及焊接材料。

B.1.3 首次采用的钢材和焊接材料必须进行评定，已评定并批准的工艺，可不再进行评定；遇有下列情况之一者，应重新进行评定：

- 钢种改变；
- 焊接材料改变；
- 焊接方法和焊接位置改变；
- 衬垫改变；
- 焊接电流、焊接电压或焊接速度改变  $\pm 10\%$  以上；
- 预热温度低于规定值下限温度  $20^{\circ}\text{C}$  以上；
- 坡口形状和尺寸改变（坡口角度减少  $10^{\circ}$  以上，钝边增大  $2\text{ mm}$  以上，根部间隙变化  $2\text{ mm}$  以上）。

**B.2 试板**

B.2.1 试板宜选用碳、磷、硫等化学成分偏标准上限、及碳当量标准上限且冲击韧性偏标准下限的母材制备。

B.2.2 对接接头试板应按产品的每一板厚范围参照 TB 10212 的有关规定选择一种适合本工程的试板厚度。

B.2.3 T 型接头试板可按每一焊角尺寸参照 TB 10212 有关规定选择一种壁板、环板厚度组合。

B.2.4 试板长度应根据样坯尺寸、数量（含附加试样数量）等因素予以综合考虑，自动焊不得小于  $600\text{ mm}$ ，手工焊、 $\text{CO}_2$  气体（混合气体）保护焊不得小于  $400\text{ mm}$ 。

**B.3 试验及检验**

B.3.1.1 焊缝的外观质量应符合本规程第 9.1.1 条的规定。

B.3.1.2 样坯截取位置应根据焊缝外形及探伤结果，在试件的有效利用长度内做适当分布。试样加工前允许样坯冷矫正。

B.3.1.3 力学性能试验项目、试样数量及试验方法应符合表 B.1 的规定。

表B.1 力学性能试验项目、试样数量（个）

试件形式	试验项目	试样数量	试验方法
对接接头试件	接头拉伸试验	1	按相关标准 (GB/T 2650~2654) 执行
	焊缝金属拉伸试验	1	
	接头侧弯试验 ①	1	
	低温冲击试验	6 ②	
	接头硬度试验	1	
熔透角焊缝及棱角焊缝	焊缝金属拉伸试验	1	
	低温冲击试验	6 ②	
	接头硬度试验	1	
T型接头试件	焊缝金属拉伸试验	1	
	接头硬度试验	1	
注：① 弯曲角 $\alpha = 180^\circ$ 。			
注：② 缺口开在焊缝中心及融合线外 1.0 mm 处各 3 个。			

### B.3.2 试件制作以及力学试验验收应符合下列规定：

- 当拉伸试验结果（屈服强度、抗拉强度及拉棒的伸长率）不低于母材的标准时，则判为合格；当试验结果低于母材标准值，则允许从同一试件上再取一个试样重新试验，若试验结果不低于母材标准值，则可判为合格，否则判为不合格；
- 接头侧弯试验结束后，若受拉面上的裂纹总长不大于试样宽度的 15%，且单个裂纹长度不大于 3 mm，则判为合格；当试验结果未满足上述要求，则允许从同一试件上再取一个试样重新试验，若试验结果满足上述要求，则判为合格；否则判为不合格。
- 各种钢材焊接接头的冲击功应不低于母材的标准规定值。若冲击试验的每一组（3 个）试样试验结果的平均值不低于规定值，且任一试验结果不低于 0.7 倍的规定值，则判为合格。当试样结果未满足上述要求，允许从同一试件上再取一组（3 个）试样重新试验，若总计 6 个试验结果的平均值不低于规定值，且低于规定值的试验结果不多于 3 个（其中不得有两个以上的试验结果低于 0.7 倍的规定值，也不得有任一试验结果低于 0.5 倍规定值），则仍可判为合格，否则判定为不合格。
- 当焊接接头的硬度值不大于 HV 350 时，则判为合格，否则判为不合格。
- 力学性能试验结束后，若发现试样断口上有超差的缺陷，应查明产生该缺陷的原因并决定试验结果是否有效。

B.3.3 每一评定应作为一次宏观断面酸蚀试验，试验方法应符合 GB/T 226 的规定；单道焊缝成型系数应为 1.3~2.0。

## B.4 焊接工艺评定报告

### B.4.1 “评定”报告应包括下列内容：

- 母材和焊接材料的牌号、规格、化学成分和力学性能；
- 试板图；
- 试件的焊接条件及施焊工艺参数；
- 焊缝检验结果；

DB34/T 2224—2014

- 力学性能试验及宏观断面酸蚀试验结果;
  - 结论。
-