



中华人民共和国石油化工行业标准

SH/T 3507—2005
代替SH 3507—1999

石油化工钢结构工程施工及验收规范

Specification for the construction and acceptance
of steel structure in petrochemical engineering

2006-01-17 发布

2006-07-01 实施

中华人民共和国国家发展和改革委员会 发布

目 次

前言.....	
1 范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和定义.....	1
4 总则.....	2
4.1 一般要求.....	2
4.2 排料与放样.....	2
4.3 号料.....	3
4.4 材料切割与边缘加工.....	3
4.5 制孔.....	4
4.6 矫正和成型.....	5
4.7 构件与零部件的验收及存放.....	5
5 材料.....	6
5.1 一般规定.....	6
5.2 钢材.....	7
5.3 焊接材料.....	7
5.4 连接用紧固标准件.....	7
5.5 其他材料.....	7
6 管筒制造.....	8
6.1 筒节制作.....	8
6.2 筒节组装.....	8
7 塔架制造.....	8
8 框架和管廊制造.....	9
8.1 构件的组对要求.....	9
8.2 端部铣平和磨擦面处理.....	10
9 焊接.....	10
9.1 焊前准备.....	10
9.2 施焊要求.....	10
9.3 质量检验.....	11
9.4 热处理.....	11
10 除锈与涂装.....	11
10.1 除锈.....	11
10.2 防腐涂料涂装.....	12
10.3 防火涂料涂装.....	12
11 钢结构的安装.....	13
11.1 一般规定.....	13
11.2 基础验收.....	13
11.3 塔架安装.....	14

11.4 管筒安装.....	16
11.5 框架和管廊安装.....	16
12 工程验收.....	18
附录 A (规范性附录) 焊缝质量标准.....	19
附录 B (规范性附录) 构件尺寸的允许偏差.....	21
附录 C (资料性附录) 推荐热处理工艺.....	25
用词说明.....	26
附：条文说明.....	27

前 言

本规范是根据原国家经贸委《关于下达 2002 年石化行业标准制修订项目计划的通知》(国经贸厅行业[2002]36 号),由中国石化集团宁波工程公司对原《石油化工钢结构工程施工及验收规范》SH 3507 - 1999 进行修订而成。

本规范共分 12 章和 3 个附录,其中附录 A、附录 B 为规范性附录,附录 C 为资料性附录。

本规范与《石油化工钢结构工程施工及验收规范》SH 3507 - 1999 (上一版本)相比,主要变化如下:

- 增加了“术语和定义”一章;
- 修改了有关技术参数;
- 删除了附录 D,将原附录 D 有关内容变更为标准条文;
- 删除了附录 E,增加了规范性引用文件一章;
- 删除了有关铰腕制造的内容;
- 对形位公差和计量单位均按现行国家标准进行了修订;
- 增加了压型金属板制造和安装方面的有关内容;
- 增加了防火涂料施工方面的有关内容。

本规范以黑体字标志的条文为强制性条文,必须严格执行。

本规范由中国石化集团施工规范管理站管理,由中国石化集团宁波工程有限公司负责解释。

本规范在实施过程中,如发现需要修改补充之处,请将意见和有关资料提供给管理单位和主编单位,以便今后修订时参考。

管理单位:中国石化集团施工规范管理站

通讯地址:天津市大港区世纪大道 180 号

邮政编码:300270

电 话:022 - 63862927/63862301

传 真:022 - 63862301/63863645

主编单位:中国石化集团宁波工程有限公司

通讯地址:浙江省宁波市镇海区俞范东路 811 号

邮政编码:315207

主要起草人:李宗德 黄 峰

本规范于 1987 年首次发布,于 1999 年第一次修订,本次为第二次修订。

石油化工钢结构工程施工及验收规范

1 范围

本规范规定了管筒、塔架、框架和管廊等钢结构的施工要求和质量标准，适用于碳素结构钢、低合金结构钢和不锈钢制作的石油化工钢结构工程的施工及验收。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本规范的引用而构成本规范的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包括勘误的内容）或修订版均不适用于本规范，然而，鼓励根据本规范达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本规范。

GB/T 1720 漆膜附着力测定法

GB/T 8923 涂装前钢材表面锈蚀等级和除锈等级

GB 9978 建筑构件防火喷涂材料性能试验方法

GB 12612 多功能钢铁表面处理液通用技术条件

GB 50205 - 2001 钢结构工程施工质量验收规范

JB/T 4730.1 承压设备无损检测 第1部分：通用规定

JB/T 4730.3 承压设备无损检测 第3部分：超声检测

JB/T 4730.5 承压设备无损检测 第5部分：渗透检测

SH 3503 石油化工工程建设交工技术文件规定

SH 3505 石油化工施工安全技术规程

CECS 24 90 钢结构防火涂料应用技术规程

国质检锅[2003]248号 特种设备无损检测人员考核与监督管理规则

3 术语和定义

GB 50205—2001 确立的以及下列术语和定义适用于本规范。

3.1

管筒 welded barrel

由钢板滚制组焊成的管形构件，如火炬筒体、塔架管形主肢等。

3.2

塔架 flare structure

由管形构件或型材制作的零部件焊接或螺栓连接组成的稳定结构体系，如火炬塔架等。

3.3

框架 frame

用于支承设备或作为大型设备的操作平台，由型材制作的零部件焊接或螺栓连接组成的稳定结构体系，如加氢装置反应框架等。

3.4

管廊 pipe rack

由型材制作的零部件焊接或螺栓连接组成的支承工艺管道的排架体系，如装置总图管廊等。

4 总则

4.1 一般要求

4.1.1 石油化工钢结构（以下简称钢结构）工程施工单位应具备相应的钢结构工程施工资质，并应有施工组织设计或施工方案等施工技术文件。

4.1.2 钢结构工程施工应执行设计文件和本规范的规定，变更设计文件或材料代用，应经原设计单位同意，并取得证明文件。

4.1.3 钢结构的制作及安装与质量检验，必须采用经计量检定、校准合格的计量器具。

4.1.4 钢结构的制作及安装，应进行工序检验，上道工序合格后方可进行下道工序。

4.1.5 施工单位对首次采用的钢材、焊接材料、焊接方法及焊后热处理等，应进行焊接工艺评定。

4.1.6 无损检测人员应按《特种设备无损检测人员考核与监督管理规则》考试合格。

4.1.7 参加钢结构焊接的焊工，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。

4.1.8 当设计文件无规定时，钢结构焊缝质量标准应符合本规范附录 A 的规定。钢结构焊缝的无损检测方法及内部缺陷的评定应符合 JB/T 4730.1、JB/T 4730.3、JB/T 4730.5 的规定。

4.1.9 钢结构的制作及安装施工的安全技术和劳动保护应执行 SH 3505 的规定。

4.1.10 合同规定或设计文件要求预拼装的构件，出厂前应进行自由状态的预拼装，预拼装验收应有施工单位代表参加。

4.2 排料与放样

4.2.1 塔架结构的型钢腹杆接长时，接长长度不宜小于 1.0m。腹杆长度小于 12m 时，接头不宜多于 1 处；大于或等于 12m 时，接头不宜多于 2 处。

4.2.2 塔架主肢采用型钢组合时，主肢各组合型钢接长的对接焊缝不应在同一截面上，其相互间距应大于 100mm。塔架各主肢接长的对接焊缝不应在同一截面上，其相互间距应大于 300mm。

4.2.3 焊接 H 型钢翼缘板应按长度方向拼接，焊缝可垂直于长度方向；当腹板宽度大于 800mm 时，腹板宽度方向可拼接，拼接宽度不得小于 300mm，与长度方向拼接缝为 T 字型，且宽度方向拼接焊缝间距不应小于 200mm。

4.2.4 焊接 H 型钢翼缘板拼接长度不应小于 2 倍的板宽；腹板拼接长度不应小于 600mm。翼缘板与腹板、翼缘板与翼缘板的拼接焊缝的间距均应大于 200mm。

4.2.5 管筒筒节应采用直缝卷管，单个筒节长度不应小于 500mm，筒节直径大于 500mm 时，可有两条纵向焊缝，两纵缝的间距应大于 200mm，两相邻筒节纵向焊缝的间距应大于壁厚的 3 倍，且不得小于 100mm。

4.2.6 节点、牛腿、加劲肋、连接孔与对接焊缝的间距设计文件无要求时，应符合下列规定：

- a) 节点边缘与拼接焊缝间距应大于 500mm；
- b) 牛腿与拼接焊缝的间距应大于 300mm；
- c) 加劲肋与拼接焊缝的间距应大于 100mm；
- d) 连接孔边缘与拼接焊缝的间距应大于 100mm。

当肋板尺寸较大、且肋板垂直于拼接焊缝时，允许肋板跨焊缝，肋板压焊缝处应断开不焊。

4.2.7 放样平台应稳固、平整，表面不得有妨碍放线的焊瘤、附着物及杂物。放样时应按制造工艺要求预留切割、加工裕量或焊接收缩量，放样工作完成后应进行复查确认。

4.2.8 放样和样板（样杆）尺寸允许偏差见表 1；塔架、框架主体实样尺寸允许偏差见表 2。

表 1 放样和样板（样杆）的允许偏差

项 目	允许偏差值
平行线距离和分段尺寸，mm	± 0.5
宽度、长度，mm	± 0.5
对角线长度差，mm	1.0
孔距，mm	± 0.5
角度，°	$\pm 1/3$

表 2 塔架、框架主体实样尺寸允许偏差

单位：mm

项 目	允许偏差值
杆件长度	± 0.5
对角线长度差	1.0
各节间距	± 2.0
两主肢间距	0.5
宽度、长度	± 2.0
杆件汇交点偏离	2.0

4.3 号料

4.3.1 号料前应核对材料规格与材质，并对钢材变形进行矫正，钢材矫正后的允许偏差应符合本规范附录 B 的要求。弯曲构件号料或孔眼划线应在弯曲加工成型，并经工序检验确认合格后进行。

4.3.2 零件采用样板、样杆号料时，号料样板、样杆制作后应进行校准，并经检验人员复验确认后使用。使用过程中应对样板、样杆进行保护，保持量值准确，当发现失准时应立即停止使用，对用其完成号料的零部件进行追溯复验。

4.3.3 钢尺号料的允许偏差见表 3。

表 3 钢尺号料允许偏差

单位：mm

项 目	允许偏差值
两相邻孔心距	± 0.5
孔边距	± 1.0
孔中心线间距	± 0.5
孔中心偏离	0.5
宽度、长度	± 1.0
对角线长度差	1.0

4.4 材料切割与边缘加工

4.4.1 碳素结构钢的作业环境温度低于 -16℃ 或低合金结构钢的作业环境温度低于 -12℃ 时，不得进行剪切、冲孔。

4.4.2 钢材切割面或剪切面应无裂纹、夹渣、分层和大于 1mm 的缺棱。

4.4.3 火焰切割与机械剪切尺寸其允许偏差应符合表 4 的规定。火焰切割宜采用自动或半自动切割

机切割。

表 4 气体切割与机械剪切尺寸的允许偏差

单位: mm

项 目			允许偏差值
宽度、长度	气 割	手工或自动切割	± 2.0
		精密切割	± 1.0
	机械剪切		± 1.5
切割端面垂直度	气割、剪切		2.0
切割面平面度	气 割		$t/20$ 且不大于 2.0
割纹深度	气 割		0.5
局部缺口深度	气 割		1.0
注： t 为厚度。			

4.4.4 塔架管型主肢或管型腹杆与节点板相贯时, 榫缝宽度的允许偏差为 ${}^{+2.0}_{0}$ mm, 榫缝切割面应进行打磨修整。塔架管形腹杆两端相贯线制作时, 其马鞍形断面沿腹杆周向的相对扭转不应大于 3.0 mm。

4.4.5 对于需要进行边缘加工的钢板, 其刨削裕量不应小于 2.0 mm; 钢板边缘及坡口加工的允许偏差应符合表 5 的规定。

表 5 边缘及坡口加工的允许偏差

项 目	允许偏差值
加工边直线度, mm	$L/3000$ 且不大于 2.0
相邻两边夹角, °	± 0.1
加工面垂直度, mm	$t/4$ 且不大于 0.5
坡口角度, °	± 2.5
坡口钝边, mm	± 1.0
加工表面粗糙度 R_a , μm	12.5
注: L 为加工边长度, mm。	

4.5 制孔

4.5.1 A、B 级螺栓孔孔壁表面粗糙度 R_a 应不大于 $12.5 \mu\text{m}$ 。其允许偏差应符合表 6 的规定。

表 6 A、B 级螺栓孔径允许偏差

单位: mm

螺栓孔直径 D	允许偏差值
$D \leq 18$	$+0.18$ 0
$18 < D \leq 30$	$+0.21$ 0
$D > 30$	$+0.25$ 0

4.5.2 C 级螺栓孔的孔壁表面粗糙度 R_a 应不大于 $25 \mu\text{m}$ 。普通螺栓的螺栓孔允许偏差应符合表 7 的规定。高强度螺栓的螺栓孔允许偏差应符合表 8 的规定。

4.5.3 螺栓孔孔距的允许偏差, 应符合表 9 的规定。

4.5.4 螺栓孔边缘不得有裂纹、毛刺和大于 1.0 mm 的其他缺陷。

4.5.5 高强螺栓孔不得采用气割扩孔, 机械扩孔应征得设计同意。

表 7 普通螺栓的螺栓孔允许偏差

单位: mm

项 目	允许偏差值
螺栓孔直径	+ 1.0 0
螺栓孔圆度	2.0
螺栓孔垂直度	3t/100 且不大于 2.0

表 8 高强度螺栓的螺栓孔的允许偏差

单位: mm

项 目	允许偏差值						
螺栓公称直径	12	16	20	22	24	27	30
螺栓孔直径	13.5	17.5	22	24	26	(30)	33
孔 径	+ 0.43 0		+ 0.52 0		+ 0.84 0		
圆 度	1.00		1.50				
孔壁倾斜度	不大于板厚的 3%且不大于 2.0						
多层板叠组合中心线倾斜度	不大于板厚的 3%且不大于 3.0						

表 9 螺栓孔孔距的允许偏差

单位: mm

项 目	允许偏差值			
螺栓孔距	500	501 ~ 1200	1201 ~ 3000	> 3000
同一组内任意两孔间距离	± 1.0	± 1.2	—	—
相邻两组的端孔间距离	± 1.2	± 1.5	± 2.0	± 3.0
任意两螺栓孔间距离	± 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。 注 2: 对接接头在拼接板一侧的螺栓孔为一组。 注 3: 在两相邻节点或接头间的螺栓为一组, 但不包括注 1、注 2 所表述的螺栓孔。 注 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。				

4.6 矫正和成型

4.6.1 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, 加热温度不应超过相变温度。低合金结构钢在加热矫正后应自然冷却。

4.6.2 零部件冷矫正和冷弯曲的最小曲率半径和最大弯曲矢高应符合表 10 的规定。

4.6.3 零部件矫正和成型的允许偏差应符合附录 B 的规定。

4.6.4 塔架主肢和腹杆矫正后, 侧向直线度偏差和挠曲部分的长度之比不应大于 1/1 000, 且全长直线度偏差不应大于 4.0mm。

4.7 构件与零部件的验收及存放

4.7.1 工厂制作的零部件、构件应标注件号。零部件应装箱, 箱内应有装箱清单, 重要的零部件还应有关的安装说明等。

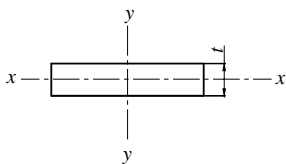
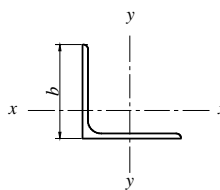
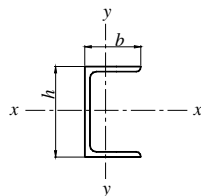
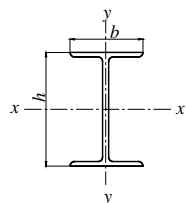
4.7.2 工厂制作的构件出厂时, 制造单位应提供质量证明文件, 其内容包括:

a) 原材料的质量证明文件或试验、复验报告;

- b) 零部件、构件的产品检验记录；
- c) 焊接质量无损检测报告；
- d) 高强度螺栓抗滑移系数试验报告；
- e) 防腐涂料涂装检验记录；
- f) 热处理报告；
- g) 竣工图和相关设计文件。

4.7.3 构件经检查验收后，应根据组装顺序分别存放。存放构件的场地应平整，并设置垫木或垫块。箱装零部件、连接用紧固标准件宜在库内存放，对易变形的构件应采取多点支垫措施。

表 10 冷矫正和冷弯曲的最小曲率半径和最大弯曲矢高 单位：mm

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。						

5 材料

5.1 一般规定

5.1.1 用于钢结构的材料应具有质量证明文件，其规格、特性数据应符合相应产品标准和订货技术条件的要求，进口材料尚应符合合同规定标准的要求。

5.1.2 当材料有下列情况之一时，不得使用：

- a) 质量证明文件的特性数据不符合产品标准或订货技术条件；
- b) 对质量证明文件的特性数据有异议；
- c) 实物标识与质量证明文件标识不符；
- d) 要求复验的材料未经复验或复验不合格。

5.2 钢材

5.2.1 钢材表面或端面上不得有裂纹、结疤、折叠、气泡、夹杂和分层。表面锈蚀、凹陷或划痕等缺陷深度不应超过产品相应标准允许的厚度负偏差的 1/2。钢材表面锈蚀等级不应低于 GB/T 8923 规定的 C 级。

5.2.2 钢材应按钢号和规格分别存放，不锈钢应与碳钢隔离。

5.2.3 当设计文件对材料有低温冲击韧性要求时，产品质量证明文件必须具有夏比“V”形缺口低温冲击韧性试验值。

5.2.4 塔架主肢的钢材应按批进行抽样复验，每批不少于一组。

5.3 焊接材料

5.3.1 焊接材料的存放应符合下列规定：

- a) 焊接材料库应控制其温度和湿度，库内温度不宜低于 5℃，相对湿度不应大于 60%；
- b) 焊接材料应按牌号和规格分别存放，存放位置与地面和墙面的距离应不小于 300mm。

5.3.2 受潮变质、药皮破损、焊芯生锈的焊条和生锈的焊丝以及受潮结块的焊剂不得使用。

5.3.3 氩气的纯度应在 99.96% 以上；二氧化碳气体纯度应在 99.5% 以上，含水量不应超过 0.005%。

5.4 连接用紧固标准件

5.4.1 钢结构连接用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，应分别随箱带有扭矩系数和紧固预拉力的检验报告。

5.4.2 施工前应对高强度大六角头螺栓连接副的扭矩系数和扭剪型高强度螺栓连接副的预拉力值按 GB 50205 - 2001 中附录 B 的规定进行复验。

5.4.3 螺栓、螺母和垫圈到货验收合格后，应按材质、规格和型号分别存放，并防止锈蚀和损伤。

5.5 其他材料

5.5.1 压型金属板成型后表面不应有裂纹，不应有明显的凹凸和皱褶。

5.5.2 有涂层、镀层的压型金属板成型后，涂、镀层不应有肉眼可见的裂纹、剥落和擦痕等缺陷。

5.5.3 压型金属板的尺寸允许偏差应符合表 11 的规定。

表 11 压型金属板的尺寸允许偏差

单位 :mm

项 目		允许偏差值
波 距		± 2.0
波 高	截面高度 ≤ 70	± 1.5
	截面高度 > 70	± 2.0
侧向弯曲	在测量长度 l_1 的范围内	20.0
注： l_1 为测量长度，指板长扣除两端各 0.5m 后的实际长度（小于 10m）或任选的 10m 长度。		

5.5.4 钢结构防火涂料的技术性能应有具有资质的检测机构的检测报告，检验方法应符合 GB 9978 的规定。钢结构防火涂料的粘结强度、抗压强度应符合 CECS24 : 90 的规定。

5.5.5 防腐涂料开启后，不应存在结皮、结块、凝胶等现象。

5.5.6 管筒上波形补偿器应符合下列规定：

- a) 筒口周长允许偏差为 $\pm 6 \text{ mm}$ ；
- b) 焊缝经煤油渗透试验合格，并有试验记录。

6 管筒制造

6.1 筒节制作

6.1.1 筒节滚弧时，圆弧度的允许偏差应不大于 2mm ，测量样板应符合下列规定：

- a) 筒节内径 $d \leq 1600\text{mm}$ ，弦长为 $9d/10$ ；
- b) 筒节内径 $d > 1600\text{mm}$ ，弦长为 1500mm 。

6.1.2 筒节组对的允许偏差应符合表 12 的规定。

表 12 筒节组对的允许偏差

单位：mm

项 目		允许偏差值
错 边		$t/4$ 且不大于 3.0
端面对管轴的垂直度		2.0
直 径		$\pm d/500$ 且不大于 ± 5.0
圆 度	塔架、框架结构	$d/200$ 且不大于 5.0
	其 他	$d/100$ 且不大于 25.0
注： t 为筒节壁板厚度。		

6.1.3 焊接接头纵缝棱角应用弦长等于 $d/6$ 且不小于 300mm 样板检查，其值不应大于 $(t/10+2)\text{mm}$ ，且不大于 4mm 。

6.1.4 当两相邻筒节厚度差大于或等于 3mm 时，应按本规范 9.1.2 条的要求对坡口处进行削边处理。

6.2 管筒组装

6.2.1 管筒构件尺寸的允许偏差应符合表 13 的规定。

表 13 管筒构件外形尺寸的允许偏差

单位：mm

项 目		允许偏差值
错 边		$t/4$ 且不大于 3.0
相邻筒节周长之差		6.0
直线度		$L/1500$ 且不大于 25.0
管筒长度 L		$\pm L/1000$ 且不大于 ± 5.0
注： t 为钢板厚度，当相邻筒节壁板厚度不等时为薄板厚度。		

6.2.2 用长度不小于 300mm 的直尺检查焊接接头环缝棱角，其允许偏差为 $(t/10+2)\text{mm}$ ，且不大于 5.0mm 。

7 塔架制造

7.1 当塔架主肢为管筒结构时，管筒纵向焊缝应避开节点板。当纵向焊缝不能避开节点板时，应按本

规范 9.3 条的要求将节点板覆盖部分及两端各延伸 100mm 部分焊缝进行 100% 的射线或超声检测。

7.2 塔架主肢及腹杆采用不同厚度 (或宽度) 的钢板、不同直径的钢管、圆钢分别对接时, 均应有平滑的过渡段, 过渡段应符合下列规定:

- a) 钢板过渡段长度应符合本规范 9.1.2 条的要求;
- b) 钢管或圆钢过渡段的长度不得小于直径差的 2 倍。

7.3 主肢的柱脚底板焊接后, 其平面度偏差不应大于 3.0mm。

7.4 采用法兰连接的塔架结构, 法兰支承面应平整, 承插法兰内径与钢管外径之差不得大于 4.5mm, 且其组对间隙不得大于 3.0mm。

7.5 两主肢上相互连接的法兰螺栓孔位置应相互对准, 中心偏移不得超过 2.0mm。

7.6 所有围焊的转角处必须连续施焊。

7.7 钢结构管筒构件的敞口处应封堵, 并进行密封焊。

8 框架和管廊制造

8.1 构件的组对要求

8.1.1 H 型钢翼缘板和腹板对接缝组对的允许偏差应符合下列规定:

- a) 厚度方向对口错边量 t 应不大于 $t/10$, 且不大于 1mm (见图 1);
- b) 宽度方向的组对错位量 b :
 - 1) 腹板应不大于 1.0mm;
 - 2) 翼板应不大于 2.0mm (见图 2)。

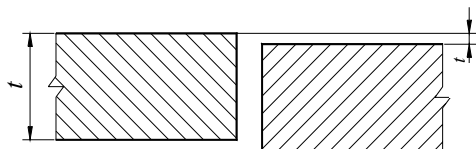


图 1 对接厚度错边量示意

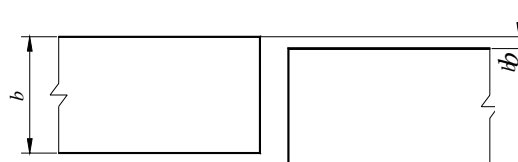


图 2 对接宽度错位量示意

8.1.2 H 型钢翼板和腹板应先进行拼接焊缝的组焊, 所有拼接缝焊后应进行矫平, 每米范围内局部平面度允许偏差为:

- a) 当板厚 $t < 14\text{mm}$ 时, 不大于 3.0mm;
- b) 当板厚 $t \geq 14\text{mm}$ 时, 不大于 2.0mm。

8.1.3 H 型钢翼缘板和腹板侧向弯曲的允许偏差为:

- a) 长度 $L \leq 6\text{m}$ 时, 不大于 3mm;
- b) 长度 $L > 6\text{m}$ 时, 不大于 4mm。

8.1.4 H 型钢的组对应在专用胎具上进行, 组对允许偏差应符合下列规定:

- a) 腹板中心偏差应不大于 1.0mm;
- b) 翼缘板对腹板的垂直度允许偏差为翼缘板宽度的 1/100, 且不大于 2.0mm。

8.1.5 H 型钢焊接完毕后应进行矫形, 矫正后的尺寸允许偏差应符合本规范附录 B 的规定。

8.1.6 组焊成构件的 H 型钢柱, 应在翼缘板和腹板上作出中心线标记。

8.1.7 构件的组对宜在胎具上进行, 组对尺寸应符合下列规定:

- a) 牛腿、连接件的标高允许偏差为 $\pm 2.0\text{mm}$, 中心线偏移的允许值为 2.0mm;
- b) 柱截面中心线与柱底板中心线偏移允许值为 2.0mm;

- c) 有角度的连接板的组对，应采用样板检查。
- 8.1.8 钢柱和梁外形尺寸的允许偏差应符合本规范附录 B 的规定。
- 8.1.9 钢平台、钢梯和防护栏杆的外形尺寸的允许偏差应符合本规范附录 B 的规定。
- 8.2 端部铣平和摩擦面处理
- 8.2.1 构件端部铣平的允许偏差应符合表 14 的规定。

表 14 端部铣平的允许偏差		单位：mm
项 目	允许偏差值	
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	$l/1\,500$	
注： l 为铣平端面的测量长度。		

8.2.2 高强度螺栓连接摩擦面的处理应符合本规范 11.5 条的有关规定。

9 焊接

9.1 焊前准备

- 9.1.1 焊条、焊剂在使用前应按焊接工艺指导书或焊材说明书上的要求进行烘焙；焊条烘干后应放在 100 ~ 150 的恒温箱中随用随取；焊丝在使用前应清除油污与浮锈。
- 9.1.2 不等厚对接焊件组对坡口处相对厚度差 t 大于或等于 3.0mm 时，应按图 3 进行削边处理。

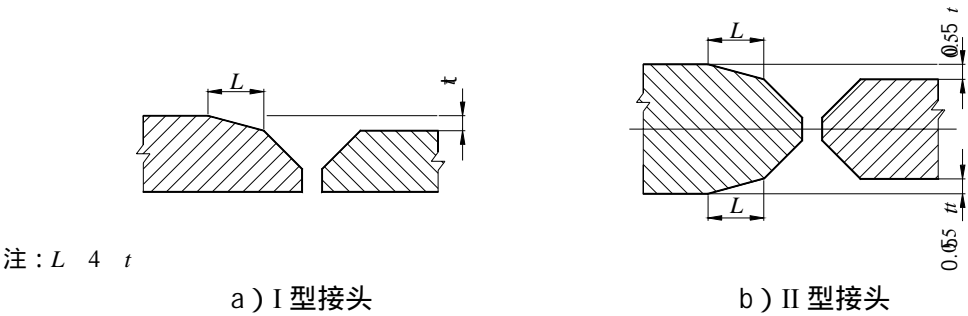


图 3 不等厚焊件的削边处理

- 9.1.3 除本规范 6.1.2 条、6.2.1 条及 8.1.1 条规定外，其余等厚对接焊件组对的错边量不应大于板厚的 10%，且不大于 2.0mm。
- 9.1.4 焊接接头坡口两侧各 20mm 范围内应清除泥污和浮锈，不锈钢接头坡口两侧各 100mm 范围内应涂上防飞溅涂料。
- 9.1.5 有预热要求的钢材，预热应在焊道中心两侧各不小于三倍焊件厚度且不小于 100mm 的范围内进行，预热温度及层间温度应符合焊接工艺指导书的规定。
- 9.1.6 T 形接头、十字接头、角接头焊接应采用防止板材撕裂的焊接工艺措施。
- 9.2 施焊要求
- 9.2.1 定位焊应与正式焊接的焊接工艺相同。

9.2.2 施焊环境出现下列情况之一且无有效防护设施，不得施焊：

- a) 焊条电弧焊时，风速大于或等于 8m/s；气体保护电弧焊时，风速大于或等于 2m/s；
- b) 雨、雪环境下；
- c) 相对湿度大于 90%；
- d) 焊件温度低于 - 20℃。

9.2.3 当焊件温度为 - 20℃ ~ 0℃ 且无预热要求时，应在施焊处 100mm 范围内预热至 15℃ 以上。

9.2.4 焊接 H 型钢翼缘板、腹板的对接焊缝、T 型接头焊缝和筒形结构的纵缝、环缝宜采用埋弧焊。其他钢结构的焊缝宜采用 CO₂ 气体保护焊。

9.2.5 埋弧焊应设置引弧板和熄弧板。

9.2.6 与母材焊接的工卡具其材料宜与母材化学成分相同或相近。拆除工卡具时不应损伤母材，拆除后应将残留焊疤打磨修整至与母材表面平齐。标准抗拉强度下限值大于或等于 540MPa 的钢材工卡具拆除打磨后应进行表面无损检测。

9.2.7 焊条电弧焊时，不得在坡口以外的母材表面引弧。焊接中应注意引弧和熄弧处的质量，收弧时应将弧坑填满，多层焊的层间接头应错开，并控制层间温度。

9.2.8 对接焊缝宜采用双面焊。当管筒采用单面焊时，宜采用氩弧焊打底、焊条电弧焊填充盖面或在焊口处设置垫板焊接。

9.2.9 要求无损检测的焊缝，若被其他构（部）件覆盖或由于邻近构（部）件的安装影响无损检测时，应在无损检测合格后覆盖或安装邻近构（部）件。

9.2.10 碳弧气刨应由经过培训的人员担任。刨槽应顺直，并用砂轮打磨修整刨槽表面。

9.2.11 焊缝质量不合格时，应查明原因并进行返修。同一部位返修次数不应超过二次，当超次返修时，应编制返修工艺措施。

9.3 质量检验

9.3.1 无损检测应在焊缝外观质量检查合格后进行。低合金钢的焊缝应在焊完 24h 后进行无损检测。

9.3.2 焊缝的质量检验项目和要求当设计文件无规定时，应按本规范附录 A 的规定进行检验。

9.3.3 当焊缝检测发现超标缺陷时，对该焊工不合格焊缝加倍检测。加倍检测又发现有超标缺陷时再加倍检测，仍有超标缺陷则应对该焊工的同一批焊缝进行 100% 检测。

9.3.4 当设计文件无规定时，H 型钢翼缘板的对接焊缝采取 45° 斜接且为熔透焊时，可不进行无损检测。

9.4 热处理

9.4.1 热处理应在焊缝外观质量检查 and 无损检测以及几何尺寸检验合格后进行。

9.4.2 对热处理易发生变形的构件，应采取支撑或加固措施。

9.4.3 焊缝局部热处理时，加热范围为焊缝两侧各不小于焊缝宽度的三倍且不小于 100mm，加热区以外 100mm 范围内应予以保温。

9.4.4 设计文件无要求时，常用钢材推荐的焊后热理工艺参见附录 C。

10 除锈与涂装

10.1 除锈

10.1.1 钢结构构件涂装前的除锈，应在质量检验合格后进行。

10.1.2 当设计文件无规定时，碳素钢和低合金钢的钢结构构件表面应采用喷射或抛射除锈，除锈等级应不低于 Sa2 级；钢结构的安装焊缝可采用动力工具除锈，除锈等级应不低于 St3 级。

10.1.3 除锈等级应与涂料种类相适应，并按表 15 要求选用。

表 15 除锈等级与涂料种类的适应性

除锈等级	涂 料 类 型							
	洗涤底漆	有 机富锌漆	无 机富锌漆	油性涂料	醇酸涂料	环氧沥青	环氧树脂	氯化橡胶涂料
St2	x	x	x			x	x	x
St3			x					
Sa2			x					
Sa2.5								
注： 表示适用， x 表示不适用。								

10.1.4 当钢构件采用化学除锈方法时，应选用具备除锈、磷化或钝化两种以上功能的处理液，其质量应符合 GB 12612 的规定。

10.1.5 钢构件除锈完成且经检验合格后，应在 4h 内涂刷底漆。

10.2 防腐涂料涂装

10.2.1 涂装前应对被涂表面进行清理，将污物、浮尘清除干净，经检查合格后方可涂装。

10.2.2 涂装时的环境温度和相对湿度应符合涂料产品说明书的要求，当产品说明书无要求时，环境温度以 5 ~ 38 为宜，相对湿度宜不大于 80%。

10.2.3 施工环境应通风良好，遇雨、雾、雪、强风天气不得进行露天涂装。构件表面有结露时不得涂装。

10.2.4 当设计文件对涂层厚度无要求时，涂装应不少于两道底漆、两道面漆。涂层干漆膜总厚度，室外宜为 150 μm；室内为 130 μm；其允许偏差为 - 25 μm。

10.2.5 底漆、中间过渡漆、面漆应根据产品说明书的要求配套使用。不同厂家的涂料混配使用时应通过试验确定。

10.2.6 高强度螺栓连接处的防腐处理当设计文件无要求时，应在螺栓头、螺母、垫圈和连接板周边涂刷与钢结构所用涂料同基的厚浆型涂料或打腻子封闭。

10.2.7 钢构件铣平的端面，在铣平后应涂刷清漆保护。

10.2.8 涂底漆前，组装符号、安装焊缝两侧各 50mm 范围内的构件表面以及构件应加以保护，下列部位不得涂刷涂料：

- a) 高强度螺栓连接摩擦面；
- b) 柱脚底板与基础接触面；
- c) 全封闭的构件内表面；
- d) 设计要求不涂漆的部位。

10.2.9 涂装时表面应干燥，涂层应均匀，不得误涂、漏涂。涂层表面应平滑无痕，颜色一致，无针孔、起皱、气泡、流坠、粉化和脱皮等现象。涂刷面层时应顺流向涂刷。

10.2.10 多层涂刷时，前一道漆膜实干后，方可涂刷下一道涂料（过氯乙烯漆除外）。判断漆膜实干的方法可以手指用力按漆膜不出现指纹为准。

10.2.11 有涂层附着力要求的钢结构，应进行涂层附着力测试。在检测范围内，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要求。涂层附着力测试的检查数量按构件数抽查 10%且不少于三件，每件测三处，检测方法按 GB/T1720 的规定。

10.3 防火涂料涂装

10.3.1 薄涂型防火涂料的涂层厚度应符合有关耐火极限的设计文件要求。厚涂型防火涂料的涂层厚度应保证 80%及以上面积符合有关耐火极限的设计文件要求,且最薄处厚度不应低于设计文件要求的 85%。

10.3.2 薄涂型防火涂料涂层表面裂纹的宽度应不大于 0.5mm;厚涂型防火涂料涂层表面裂纹的宽度应不大于 1mm。

10.3.3 防火涂料涂装基层不应有油污、灰尘和泥砂等污垢。

10.3.4 防火涂料涂层应闭合、无脱层、空鼓、明显凹陷、粉化松散和浮浆等缺陷,乳突应剔除。

10.3.5 防火涂料涂层厚度的检查数量按涂装构件数的 10%且不少于三件。

11 钢结构的安装

11.1 一般规定

11.1.1 安装前,对在吊装时易于变形的构件应进行强度与稳定性校核验算。临时加固结构施工技术要求应与正式施工相同。

11.1.2 钢结构安装前应具备下列条件:

- a) 设计文件齐全;
- b) 基础已经验收;
- c) 构件已经验收;
- d) 已按施工技术文件要求进行了技术交底。

11.1.3 构件安装不得强力组装,安装螺栓孔不得用气割扩孔。已安装构件应按施工程序及时找正。不得在未经找正的构件上安装设备及管道等。

11.1.4 钢结构找正后,未作永久性固定前,柱脚底板不得进行二次灌浆。

11.2 基础验收

11.2.1 基础应由监理单位组织基础施工单位和钢结构安装施工单位进行中间交接验收,并应符合下列规定:

- a) 基础表面应有清晰的中心线和标高标记;
- b) 基础施工单位应提交基础测量记录,包括基础位置及方位测量记录;
- c) 基础检查部位和质量标准见表 16。

表 16 基础及地脚螺栓位置的允许偏差

单位:mm

检 查 部 位		允许偏差值
塔架或管筒结构的基础中心		20.0
塔架主肢基础支承面中心		5.0
框架和管廊柱子基础支承面中心		3.0
框架或管廊相邻两柱子基础中心间距		± 3.0
一次浇注的基础支承面标高		0 - 20
二次找平的水泥砂浆或细石混凝土支承面	标 高	± 2.0
	水平度	$L/200$ 且不大于 4.0
支承面埋件	标 高	± 2.0
	水平度	$L/200$ 且不大于 3.0

表 16 基础及地脚螺栓位置的允许偏差(续)

单位: mm

检 查 部 位		允许偏差值
垫铁或混凝土垫块支承面标高	同一支承面	± 1.0
	不同支承面	± 2.0
地脚螺栓	螺栓中心距(在根部和顶部两处测量)	± 2.0
	螺栓中心对基础轴线距离	± 2.0
	顶端标高	+ 20 0
	螺纹长度	+ 20 0
注: L 为支承面长度。		

11.2.2 用垫铁安装时,基础表面应凿麻,垫铁设置处应铲平,并符合下列规定:

- a) 垫铁组应设置在靠近地脚螺栓(锚栓)的柱脚底板加劲板或柱肢下;
- b) 每根地脚螺栓(锚栓侧)应设置 1 组~2 组垫铁,每组垫铁不宜超过 4 块;
- c) 垫铁与基础面和柱底面的接触应平整、紧密;
- d) 采用成对斜垫铁时,其叠合长度不应小于垫铁长度的 3/4;
- e) 混凝土二次浇灌前垫铁组垫铁间应定位焊固定。

11.2.3 钢结构安装前,螺栓外露部分应涂油脂防锈并妥善保管。

11.3 塔架安装

11.3.1 塔架最下节的组装,应在基础验收合格后进行。

11.3.2 塔架在整体吊装或分段吊装前,应将底部和吊点部位作刚性封固,并校准两段塔架间的相互连接尺寸。

11.3.3 塔架两相交刚性腹杆应在同一平面上,在平面内的位置偏移应不大于 4.0mm,偏移平面的位置偏差不应大于 2.0mm。

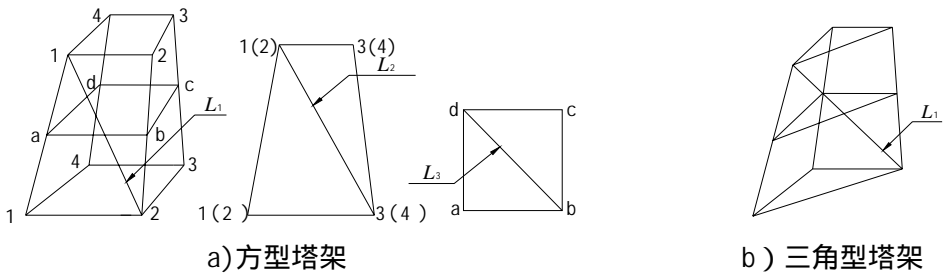
11.3.4 塔架组装后,各杆件轴线应汇交节点,允许偏差为 5.0mm。

11.3.5 塔架任一分段组装或散装成段后,其尺寸允许偏差应符合表 17 的规定。塔架分段尺寸如图 4 所示。

表 17 塔架分段组装允许偏差

单位: mm

项 目	允许偏差值
竖面对角线长度差	$L_1/1000$ 且不大于 10
空间对角线长度差	$L_2/1000$ 且不大于 15
任一横截面对角线长度差	$L_3/1000$ 且不大于 8.0
塔架分段高(长)度	5.0
塔架分段主肢顶面相对高差	2.0



L_1 —分段组装竖面设计对角线长； L_2 —分段组装空间设计对角线长； L_3 —总装后任一横截面设计对角线长

图 4 塔架分段尺寸示意

11.3.6 塔架全部组装完毕后，其尺寸允许偏差应符合表 18 的规定。塔架整体尺寸如图 5 所示。

表 18 塔架总装允许偏差 单位：mm

项 目	允许偏差值
竖面对角线长度差	$L_4/1\,000$ 且不大于 15
空间对角线长度差	$L_5/1\,000$ 且不大于 20
任一横截面宽度	± 5.0
任一节间距	± 3.0
注：竖面、空间对角线长度，可将塔架分两段测量。	

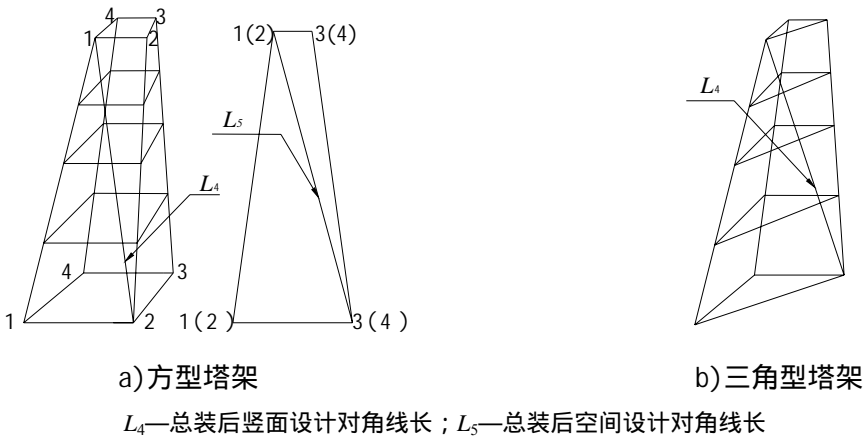


图 5 塔架整体尺寸示意

11.3.7 塔架各杆件焊接后，主肢直线度偏差应不大于长度 1/1 000，且不大于 4.0mm，其他杆件的允许偏差应符合下列规定：

- a) 杆长 $L \leq 10\text{m}$ 时，直线度允许偏差为 5.0mm；
- b) 杆长 $L > 10\text{m}$ 时，直线度允许偏差为 8.0mm。

11.3.8 塔架平台梁的中心位置、水平度和梁顶面标高允许偏差应符合下列规定：

- a) 中心位置允许偏差为 4.0mm；
- b) 水平度允许偏差为梁长的 1/1 500，且不大于 5.0mm；
- c) 同跨间内、同一横截面内梁顶面标高允许偏差为 $\pm 3.0\text{mm}$ 。

11.3.9 塔架安装后的垂直度及高度允许偏差应符合下列规定：

- a) 高度小于或等于 60m 时，垂直度允许偏差为高度的 1/1 500，且不大于 25mm；
- b) 高度大于 60m 时，垂直度允许偏差为高度的 1/2 500，且不大于 50mm；

c) 塔架安装完毕后，总高度允许偏差为 $\pm 50.0\text{mm}$ 。

11.3.10 塔架钢平台、钢梯和防护栏杆安装的允许偏差应符合表 19 的规定。

表 19 钢平台、钢梯和防护栏杆安装的允许偏差 单位 :mm

项 目	允许偏差值
平台高度	± 15.0
平台梁水平度	$l/1000$ 且不大于 20.0
平台支柱垂直度	$h/1000$ 且不大于 15.0
承重平台梁侧向弯曲	$l/1000$ 且不大于 10.0
直梯垂直度	$l/1000$ 且不大于 15.0
斜梯踏步水平度	5.0
栏杆高度	± 5.0
栏杆立柱间距	± 10.0
注： h 为平台支柱高度， l 为直梯和平台梁长度。	

11.4 管筒安装

- 11.4.1 管筒现场组装前，应按施工技术文件的要求设置支撑点，防止筒体变形。
- 11.4.2 带耐热衬里层的管筒吊装时，应采取防止衬里在吊装中产生裂纹、脱落的措施。
- 11.4.3 管筒设有点火、助燃或火炬头及其更换等装置时，应在地面安装检查合格后吊装。
- 11.4.4 独立式管筒的缆风绳应及时固定，使各绳受力均匀。
- 11.4.5 管筒安装后的垂直度及高度允许偏差应符合下列规定：
 - a) 高度小于或等于 60m 时，垂直度允许偏差为高度的 $1/1500$ ，且不大于 25 mm；
 - b) 高度大于 60m 时，垂直度允许偏差为高度的 $1/2500$ ，且不大于 50 mm。
 - c) 总高度允许偏差为 $\pm 50.0\text{mm}$ 。

11.4.6 独立式管筒结构的直线度偏差应不大于管筒高度的 $1/1000$ ，且不大于 25mm。

11.5 框架和管廊安装

- 11.5.1 地面拼装的框架和管廊结构焊缝要求进行无损检测时，无损检测合格后吊装。
- 11.5.2 钢结构节点采用螺栓连接时，每个安装节点定位螺栓的数量应计算确定，但每个节点的定位螺栓不得少于 2 个。
- 11.5.3 定位螺栓的最小长度，应保证螺栓拧紧后露出螺纹。安装螺栓的长度，应保证螺栓拧紧后外露螺纹不少于 2 个螺距。
- 11.5.4 紧固节点螺栓时应从中心到边缘按顺序对称拧紧。
- 11.5.5 端铣平面应接触均匀，接触面积不应小于 70%。
- 11.5.6 承受剪力载荷的螺栓，其螺纹不得在受剪范围之内。
- 11.5.7 设计文件要求顶紧的节点，接触面紧贴面积应不少于 70%，且边缘最大间隙不应大于 0.8mm。
- 11.5.8 高强度螺栓连接副的验收应符合本规范 5.4 条的有关规定。
- 11.5.9 高强度螺栓的穿入方向应一致，且应自由穿入螺栓孔。
- 11.5.10 高强度螺栓连接应复验所附试件的抗滑移系数值，合格后进行安装。
- 11.5.11 高强度螺栓连接时，构件的摩擦面应保持干燥，不得在雨、雪中作业。
- 11.5.12 高强度螺栓应分二次拧紧，初拧结束后应进行一次复拧。初拧、复拧扭矩值各为终拧扭矩值的 50%，设计文件无规定时，终拧扭矩值按公式（1）计算。

$$T_c=K \cdot P_c \cdot d.....(1)$$

式中：

T_c ——终拧扭矩值，N·m；

K ——扭矩系数，取 0.13；

P_c ——标准预拉力值，kN；

d ——螺栓公称直径，mm。

11.5.13 紧固高强度螺栓的测力扳手，应在作业前校准，且应在每拧完 100 个螺栓后校正一次，其扭矩误差不得大于 $\pm 3\%$ 。

11.5.14 每个节点的高强度螺栓都拧到规定的扭矩值后，应在指定部位打上装配工的钢印号，并作醒目标记。

11.5.15 扭剪型高强度螺栓，以拧掉尾部梅花卡头为终拧结束，但断裂位置只允许在梅花卡头与螺纹连接的最小截面处。

11.5.16 用扭矩扳手终拧的螺栓，应用经过标定的扭矩扳手抽查扭矩值，抽查数量为该节点螺栓总数的 10%，且不少于 1 个。检验所用的扭矩扳手其扭矩精度误差应不大于 3%。如发现不合格，应扩大检查 10%。如仍有不合格，则整个节点的高强度螺栓应重新拧紧。

11.5.17 扭矩检查应在螺栓终拧后 1h~24h 之内完成。

11.5.18 高强度螺栓安装完毕后，应用锤敲击法对高强度螺栓逐个进行检查，不得有漏拧螺栓。锤重宜为 0.25kg~0.50kg。

11.5.19 高强度螺栓施工应有施工记录，包括高强度螺栓连接副扭矩与复验记录、抗滑移系数试验记录及扩孔记录等。

11.5.20 当设计文件规定钢桁架的拱度要求时，桁架跨中拱度的允许偏差为桁架长度的 1/5 000；当设计文件未作规定时，桁架跨中拱度的允许偏差为 $^{+10}_{-5}$ mm。

11.5.21 吊车梁和吊车桁架不得下挠。

11.5.22 框架和管廊安装的允许偏差应符合表 20 的规定。

表 20 框架、管廊安装允许偏差

单位：mm

项 目		允许偏差值
柱轴线对行、列定位轴线的平行偏移和扭转偏移		3.0
柱基准线标高		± 3.0
柱直线度		$H/1\,000$ 且不大于 10.0
柱垂直度	高度 $H \leq 10\,000$	$H/1\,000$
	高度 $H > 10\,000$	$H/1\,000$ 且不大于 20.0
相邻层间两柱对角线长度差		5.0
相邻柱间距离		± 3.0
梁标高		± 3.0
梁水平度		$L/1\,000$ 且不大于 5.0
梁中心位置偏移		2.0
相邻梁间距		± 4.0
竖面对角线长度差		15.0
任一截面对角线长度差		15.0
注：L—梁的长度；H—柱子高度。		

11.5.23 压型金属板应在支撑构件上搭接，搭接长度不小于表 21 规定的数值。

表 21 压型金属板在支撑构件上的搭接长度

单位：mm

项 目		搭接长度
截面高度大于 70	屋面	400
	墙面	150
截面高度小于或等于 70	屋面坡度小于 1/10	300
	屋面坡度大于或等于 1/10	250
	墙 面	150

11.5.24 压型金属板安装应平整、顺直，板面不应有施工残留物和污物。檐口和墙面下端应呈直线，不应有未安装零件的孔洞。

11.5.25 压型金属板安装的允许偏差应符合表 22 的规定。

11.5.26 钢平台、钢梯和防护钢栏杆安装的允许偏差应符合本规范 11.3.10 条的规定。

表 22 压型金属板安装的允许偏差

单位：mm

项 目		允许偏差值
屋 面	檐口与屋脊的平行度	10.0
	压型金属板波纹线对屋脊的垂直度	$L/1000$ 且不大于 20.0
	檐口相邻两块压型金属板端部错位	5.0
	压型金属板卷边板件最大波浪高	4.0
墙 面	墙板波纹线的垂直度	$H/1000$ 且不大于 20.0
	墙板包角线的垂直度	$H/1000$ 且不大于 20.0
	相邻两块压型金属板的下端错位	5.0
注：L 为屋面半坡或单坡的长度；H 为墙面高度。		

12 工程验收

12.1 施工单位在施工过程中应及时进行中间检查确认，为后一工序覆盖的部位应进行隐蔽工程验收。

12.2 施工单位按工程合同规定的范围全部完工后，应及时向建设/监理单位办理交工验收手续，提供交工技术文件。

12.3 钢结构交工技术文件应按 SH 3503 的要求汇编，用表格式宜采用合同规定或建设工程项目所在地建设行政主管部门的规定。

附录 A
(规范性附录)
焊缝质量标准

表 A.1 给出了焊缝分类、检验项目及评定标准；表 A.2 给出了焊缝外观质量检验标准；表 A.3 给出了对接焊缝外形尺寸允许值；表 A.4 给出了贴角焊缝外形允许偏差；表 A.5 给出了 T 型接头 K 形焊缝外形尺寸允许偏差。

表 A.1 焊缝分类、检验项目及评定标准

序号	结构及焊缝名称		无损检测			外观及外形尺寸检查						
			方 法	比例 %	评定标准 及等级	方 法	比例 %	质量标准				
1	框架、塔架 结构	卷管主肢环焊缝	超声检测	100	JB/T 4730.3 级	目测 尺量	100	外观质量见 表 A.2 中一级 外形尺寸见 表 A.3 中一级 及表 A.4、 表 A.5				
		型钢组合主肢接长对接焊缝										
		预应力腹肢对接焊缝										
		被覆盖的焊缝										
	H 型钢结构	梁与柱连接盖板全熔透焊缝										
		翼板对接焊缝 ^a										
2	塔架结构	卷管主肢纵焊缝	超声检测	20	JB/T 4730.3 II 级	目测 尺量	100	外 观 质 量 见 表 A.2 中二级 外 形 尺 寸 见 表 A.3 中二级 及表 A.4、表 A.5				
		型钢组合主肢纵焊缝	超声检测	20								
		刚性腹杆对接焊缝 ^b	超声检测	20								
		主肢节点板焊缝	渗透检测	100	JB/T 4730.5 II 级							
	管筒结构	工厂焊缝	超声检测	20	JB/T 4730.3 II 级							
		安装环焊缝										
	H 型钢结构	腹板对接焊缝 ^a	超声检测	50								
		T 型接头 K 形焊缝 ^c	超声检测	50								
	3	腹板与节点板角焊缝		—	—				—	目测 尺量	100	外 观 质 量 见 表 A.2 中三级 外 形 尺 寸 见 表 A.3 中三级 及表 4、表 A.5
		H 型钢 T 型接头角焊缝										
柱脚底板角焊缝												
4	操作平台焊缝		—	—	—							
注 1：超声检测数量均按每名焊工所焊焊缝的数量计算。												
注 2：未列入表中的焊缝（如 H 型钢梁与牛腿、塔架主肢法兰连接的焊缝等），由设计根据焊缝在结构中的重要程度确定级别。												
注 3：由于结构等原因，当焊缝不能采用超声检测时，可采用射线检测，III 级合格。												
^a 被覆盖的焊缝及其两端各延伸 100 mm 范围内均应作无损检测。												
^b 指与构件轴线垂直的焊缝。												
^c 检测构件二端及中部。												

表 A.2 焊缝外观质量检验标准

项 目		质 量 标 准		
		一级	二级	三级
气 孔		不允许	不允许	直径小于或等于 1.0 mm 的气孔,在 1 000 mm 长度范围内不得超过 5 个
咬 边	不要求修磨的焊缝	不允许	深度不超过 0.5 mm, 累计总长度不超过焊缝长度的 10%, 连续长度不超过 100mm。	深度不超过 0.5 mm
	要求修磨的焊缝	不允许	不允许	—
注: 焊缝金属表面不得有裂纹、夹渣、焊瘤、烧穿、弧坑等缺陷。				

表 A.3 对接焊缝外形尺寸允许值

单位: mm

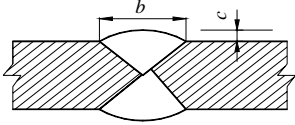
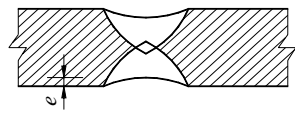
项目	示 意 图			允 许 值		
				一级	二级	三级
焊缝余高		c	b < 20	0 ~ 2	0 ~ 2	0 ~ 3
			b ≥ 20	0 ~ 3	0 ~ 3	0 ~ 4
焊缝凹面值		e	0	0.5	每 100 mm 焊缝内缺陷总长度不大于 25 mm	

表 A.4 贴角焊缝外形尺寸允许偏差

单位: mm

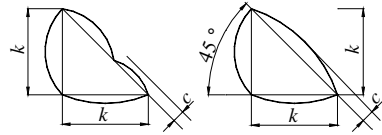
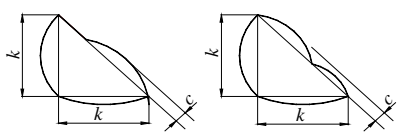
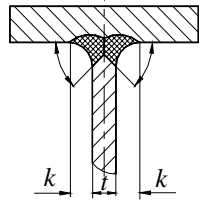
项目	示 意 图		允 许 值		
			$k \leq 6$	$k > 6$	
焊脚高			c	$+1.5$ 0	$+3.0$ 0
焊缝余高			c	$+1.5$ 0	$+2.0$ 0
注： k 大于 8.0 mm 贴角焊缝的局部脚尺寸，允许比设计的要求值低 1.0 mm，但缺陷部分总长不得超过焊缝总长的 10%。					

表 A.5 T 型接头 K 形焊缝外形尺寸允许偏差

单位: mm

示 意 图	允 许 偏 差 值	
	角度 °	焊角高度 k mm
	55 ± 5	+1.5 0
注: k 取 t/2, t 为薄板厚度。		

附录 B
(规范性附录)
构件尺寸的允许偏差

表 B.1 给出了钢材矫正后的允许偏差；表 B.2 给出了焊接 H 型钢的允许偏差；表 B.3 给出了钢柱和梁外形尺寸的允许偏差；表 B.4 给出了钢平台、钢梯和防护钢栏杆外形尺寸的允许偏差。

表 B.1 钢材矫正后的允许偏差

单位：mm

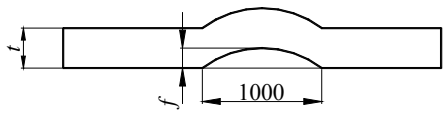
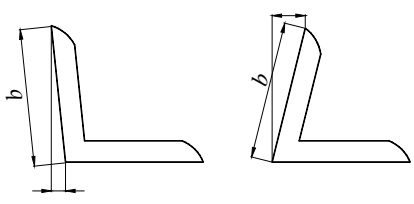
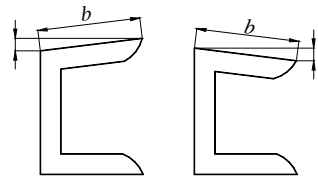
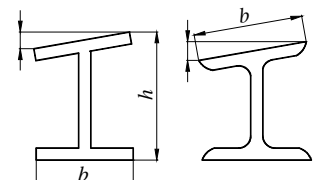
项 目		允许偏差值	图 例
钢板的局部 平面度 f	$t \leq 14$	1.5	
	$t > 14$	1.0	
型钢弯曲矢高		$L/1000$ 且不大于 5.0	—
角钢肢的垂直度 Δ		$b/100^a$	
槽钢翼缘对腹板的垂直度 Δ		$b/80$	
工字钢、H 型钢翼缘板对腹板的垂直度 Δ		$b/100$ 且不大于 2.0	
注：L 为测量长度，			
^a 双肢柱接角钢的角度不得大于 90° 。			

表 B.2 焊接 H 型钢的允许偏差

单位 mm

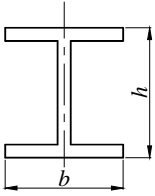
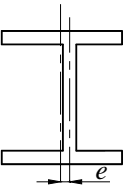
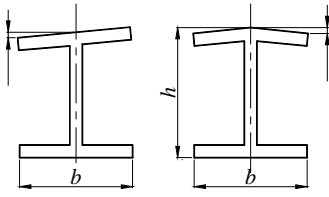
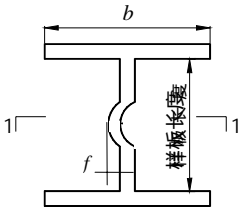
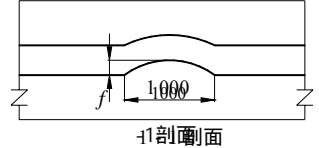
项 目		允许偏差值	图 例
截面高度 h	$h < 500$	± 2.0	
	$500 \leq h \leq 1000$	± 3.0	
	$h > 1000$	± 4.0	
截面宽度 b		± 3.0	
腹板中心偏移 e		2.0	
翼缘板垂直度		$b/100$ 且不大于 3.0	
弯曲矢高		$L/1000$ 且不大于 5.0	—
扭 曲		$h/250$ 且不大于 5.0	—
腹板局部平面度 f	$t < 14$	3.0	 
	$t \geq 14$	2.0	
长度 L		± 3.0	—

表 B.3 钢柱和梁外形尺寸的允许偏差

单位: mm

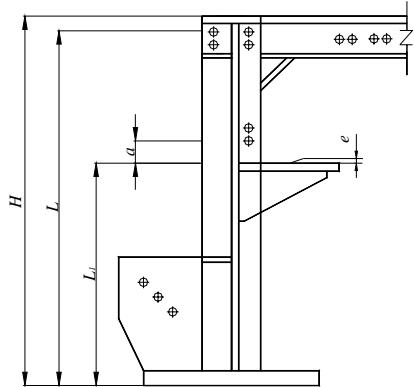
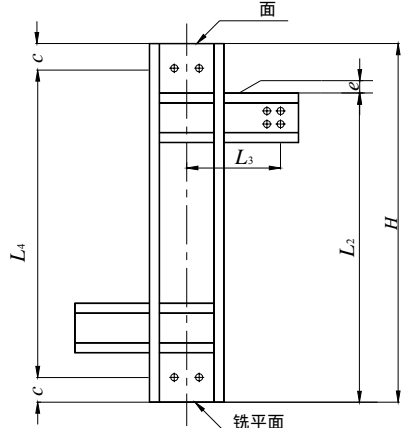
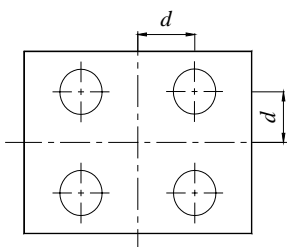
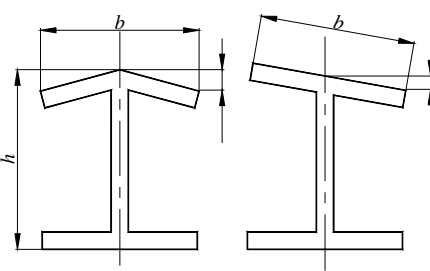
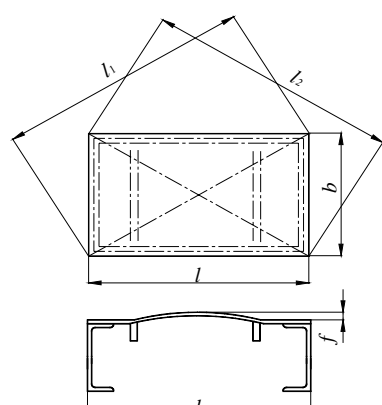
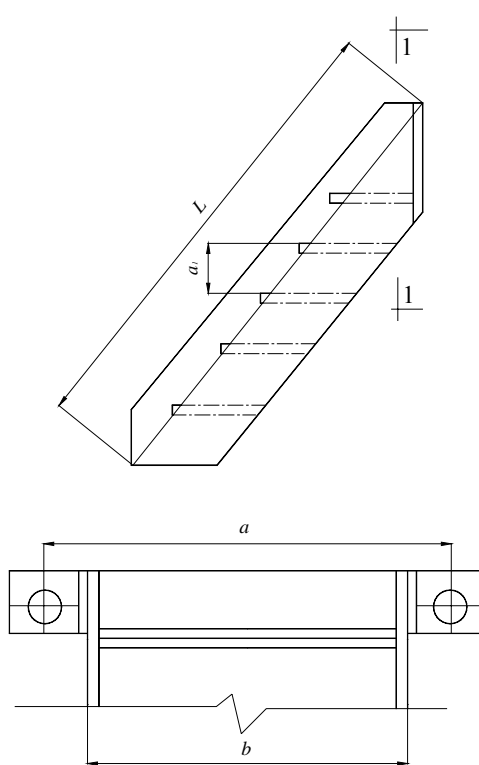
项 目			允许偏差值	图 例
单节钢柱	柱底面到柱端与梁连接的最上一个安装孔距离 L		$\pm L/1500$ ± 12.0	
	柱底面到牛腿支承面距离 L_1		$\pm L_1/2000$	
	受力支托表面到第一个安装孔距离 a		± 1.0	
	柱身弯曲矢高		$H/1000$	
	柱身扭曲	牛 腿	3.0	
		其他处	8.0	
多节钢柱	一节柱高度 H		± 3.0	
	两端最外侧安装孔距离 L_4		± 2.0	
	柱底铣平面到牛腿支承面的距离 L_2		± 2.0	
	铣平面到第一个安装孔距离 c		± 1.0	
	柱身弯曲矢高		$H/1000$	
	一节柱的柱身扭曲		$h/250$	
	牛腿端孔到柱轴线距离 L_3		± 3.0	
牛腿面的翘曲 e			2.0	—
柱脚底板平面度			5.0	—
柱脚螺栓孔中心线对柱轴线的距离 d			3.0	
柱和梁翼缘板对腹板的垂直度		连接处	1.5	
		其他处	$b/100$ 且不大于 4	
柱和梁截面几何尺寸		连接处	± 3.0	
		其他处	± 4.0	
梁 长	两端高强螺栓连接		0 - 2	
	与柱直接焊接		0 - 2	

表 B.4 钢平台、钢梯和防护钢栏杆外形尺寸的允许偏差

单位: mm

项 目	允许偏差	图 例
平台长度 L 和宽度 b	± 5.0	
平台两对角线差 $ l_1-l_2 $	6.0	
平台支柱高度	± 3.0	
平台支柱弯曲矢高	5.0	
平台表面平面度 ^a	6.0	
梯梁长度 L	± 5.0	
钢梯宽度 b	± 5.0	
钢梯安装孔距离 a	± 3.0	
钢梯纵向挠曲矢高	$L/1\,000$	
踏步间距 a_1	± 5.0	
栏杆高度	± 5.0	
栏杆立柱间距	± 10.0	
^a 在 1m 范围内测量。		

附录 C
(资料性附录)
推荐热处理工艺

C.1 钢结构焊接接头热处理应在焊后及时进行，焊后热处理推荐工艺参数参见表 C.1。

表 C.1 焊后热处理推荐工艺参数

钢 号	需焊后热处理的厚度 t mm		焊后热处理温度
	焊前不预热	焊前预热	
碳素钢	> 32	> 38	600 ~ 640
Q345	> 30	> 34	600 ~ 640
Q390	> 28	> 32	540 ~ 580

C.2 焊后热处理应按确定的热处理规范参数严格控制升温、恒温 and 降温过程，并应符合下列规定：

- a) 300 以下升温速度不限，加热升温至 300 后，加热速度不应超过 $5125/t$ /h，且不小于 50 /h；
- b) 升温至热处理温度后进行恒温过程，最短恒温时间：
 - 1) 当板厚 t 小于或等于 50mm 时，为 $t/25$ h，但不低于 0.5 h；
 - 2) 当板厚 t 大于 50mm 时，为 $(150+t/100)$ h；
- c) 在恒温期间，各测点温度均应在热处理范围内，其差值不大于 50 ；
- d) 恒温后的冷却速度不应超过 $6500/t$ /h，且不小于 50 /h；冷却至 300 以下可在空气中自然冷却。

用 词 说 明

对本规范条文中要求执行严格程度用的助动词，说明如下：

（一）表示很严格、非这样做不可并具有法定责任时，用的助动词为“必须”(must)；

（二）表示要准确地符合规范而应严格遵守时，用的助动词为：

正面词采用“应”(shall)；

反面词采用“不应”或“不得”(shall not)；

（三）表示在几种可能性中推荐特别合适的一种，不提及也不排除其他可能性，或表示是首选的但未必是所要求的，或表示不赞成但也不禁止某种可能性时，用的助动词为：

正面词采用“宜”(should)；

反面词采用“不宜”(should not)；

（四）表示在规范的界限内所允许的行动步骤时，用的助动词为：

正面词采用“可”(may)；

反面词采用“不必”(need not)。

中华人民共和国石油化工行业标准

石油化工钢结构工程施工及验收规范

SH/T 3507—2005

条 文 说 明

2005 北 京

目 次

3 术语和定义	29
4 总则	29
4.1 一般要求	29
4.2 排料与放样	30
4.3 号料	30
4.4 材料切割	30
4.5 制孔	30
4.6 矫正和成型	30
4.7 构件与零部件的验收及存放	30
5 材料	31
5.1 一般规定	31
5.2 钢材	31
5.3 焊接材料	31
5.4 连接用紧固标准件	31
5.5 其他材料	31
6 管筒制造	32
7 塔架制造	32
8 框架和管廊制造	32
9 焊接	32
9.1 焊前准备	32
10 除锈与涂装	33
10.1 除锈	33
10.2 防腐涂料涂装	33
10.3 防火涂料涂装	35
11 钢结构的安装	35
11.1 一般规定	35
11.2 基础验收	35
11.3 塔架安装	35
11.4 管筒安装	36
11.5 框架和管廊安装	36

3 术语、定义

本规范给出了 4 个有关钢结构工程施工及验收方面的特定术语，该部分术语都是从钢结构工程施工质量及验收的角度赋予其涵义的。《钢结构工程施工质量验收规范》GB50205 - 2001 确立的术语和定义适用于本规范。

4 总则

4.1 一般要求

4.1.1 本条是对从事钢结构工程的施工企业进行资质和质量管理体系进行检查，强调市场准入制度，是管理方面的要求。

4.1.2 钢材是钢结构工程的主体材料，而且大部分均作为受力构件使用，其材质和规格的变更将直接影响设计和使用效果。为了保证工程质量，在钢结构制作及安装中，如需设计变更或材料代用时，必须经设计同意并签署变更文件。

4.1.3 钢结构的制作、安装和质量检验用的计量器具必须检定合格的计量器具，且保证在检定有效期内使用。本条为强制性条文。

不同计量器具具有不同的使用要求，同一计量器具在不同使用状况下，测量精度不同，因此要求严格按有关规定正确操作计量器具。

4.1.4 钢结构制造工序往往较长，有时因上道工序未经检验流入下道工序，而致使下道工序造成难以弥补和纠正的缺陷，甚至会造成整个钢结构报废。本条强调了工序检验的重要性，防止不合格品的发生。

4.1.5 只有经焊接工艺评定合格的焊接工艺才能应用到钢结构施工实践，施工单位应根据本单位的需要，对其首次采用的钢材、焊材、焊接方法、焊后热处理等选择《建筑钢结构焊接技术规程》JGJ81 或《钢制压力容器焊接工艺评定》JB4708 进行焊接工艺评定，且应按合格焊接工艺评定来制定施焊工艺。

4.1.6 无损检测人员应由国家授权的专业考核机构考核合格的人员担任，并按考核合格项目权限从事无损检测和审核工作。

4.1.7 焊工考试是保证焊工技术水平达到符合焊接质量要求的有效要素。凡参加钢结构焊接的焊工，可按《现场设备、工业管道焊接工程施工及验收规范》GB50236 或 JGJ81 的规定进行考试，并取得相应的合格证书；已按《锅炉压力容器压力管道焊工考试与管理规则》考试并取得焊接合格证的焊工可免试相应的合格项目。施工单位可根据本单位的需要选择焊工考试标准。

焊工考试合格项目的有效期为 3 年。连续 6 个月以上中断焊接作业的焊工，应重新进行相应项目的操作技能考试。本条为强制性条文。

4.1.8 钢结构焊缝的无损检测当设计图样未作具体规定时，其检验方法应以超声检测为主。其检测标准推荐采用《承压设备无损检测》JB/T4730.1、JB/T4730.3、JB/T4730.5。

钢结构焊缝的内部缺陷分级，根据《钢结构设计规范》GB50017 规定，焊缝缺陷质量等级分为一、二、三级。一、二级焊缝需进行内部缺陷检查，对应于 JB/T4730.3 中的 II、III 级。本规范附录 A 规定的一、二级焊缝检测标准与上述规定相一致。

4.1.9 钢结构制作和安装中对于劳动保护和安全方面的内容，石化行业已有相应的规范作出具体规定，故应遵照执行。

4.1.10 有预组装要求的钢结构，请安装单位参加预组装验收，可达到安装单位了解构件制造精度和

组装技术关键，做到心中有数目的，有利于现场施工。

4.2 排料与放样

4.2.1~4.2.2 塔架结构的号料规定塔架主肢接长长度不宜小于 1.0m，并且对接焊缝不应布置在同一水平面上，是为避免焊缝交叉和缺陷的相对集中。

4.2.3~4.2.4 焊接 H 型钢在石油化工中应用越来越普遍，并且向大型化趋势发展，钢板的长度和宽度有限，大多需要拼接，由于翼缘板与腹板相连有两条角焊缝，因此翼缘板不应再设纵向接缝，只允许按长度方向拼接，也可按 45° 斜向拼接，而腹板在长度和宽度方向均可拼接，为避免焊缝交叉和焊缝缺陷的相对集中，拼接缝宜为“T”字形。

4.2.5 为提高材料利用率，规定直径大于或等于 500mm 时，允许拼接，并规定拼接板最小宽度不得小于 200mm。

4.2.6 当因跨焊缝的肋板断开不焊而影响焊缝强度时，可适当加大肋板的规格尺寸或采用双肋板进行补强。

4.3 号料

零部件号料的尺寸将直接影响钢结构最终成型的质量，因此对零部件号料作出具体规定是有必要的。

4.4 材料切割

4.4.1 规定机械剪切和冲孔的最低作业环境温度，主要是为了避免低温造成的脆裂事故；

4.4.2 钢材切割面或剪切面的裂纹、夹渣、分层和缺棱等缺陷在割后都能较明显地显现出来，一般观察（用放大镜）检查即可；但有特殊要求的气割面或剪切时，除观察外，必要时应采用渗透检测或超声检测。

4.4.3 在施工现场，钢板表面经气体切割后，其切割面一般不进行机械加工，对切割端面的垂直度、切割面平面度、割纹深度、局部缺口深度等在规范中要加以限制是必要的；

4.4.4 为了保证塔架管形主肢或腹杆同与其相贯接点板间的焊缝间隙和焊缝质量，对榫缝宽度尺寸和榫缝切割面作出具体规定是必要的；

4.5 制孔

4.5.1 为了与现行国家标准 GB 50017 一致，保证加工质量，对 A、B 级螺栓孔的质量作了规定。A、B 级螺栓孔的精度偏差和孔壁表面粗糙度是指先钻小孔，组装后绞孔或铣孔应达到的质量标准。条文中 R_a 是根据现行国家标准《表面粗糙度参数及其数值》GB/T 1031 确定的。

4.5.2 C 级螺栓孔包括普通螺栓孔和高强度螺栓孔。现行国家标准 GB 50017 规定摩擦型高强度螺栓孔径比杆径大 1.5mm~2.0mm，承压型高强度螺栓孔径比杆径大 1.0mm~1.5mm 并包括普通螺栓。条文中 R_a 是根据现行国家标准 GB/T 1031 确定的。

4.6 矫正和成型

4.6.1 钢结构零部件的矫正和成型是通过冷矫正和冷弯曲或热矫正和热成型。对冷矫正和冷弯曲的最低环境温度进行限制，是为了保证钢材在低温情况下受到外力时不致产生冷脆断裂。

4.6.2 钢材及零部件的冷矫正和冷弯曲的最小曲率半径和最大弯曲矢高的规定是根据钢材的特性、工艺的可行性以及成型后外观质量的限制而作出的。

4.7 构件与零部件的验收及存放

钢结构尺寸大、构件和零部件数量多，通常在特定的预制场地进行加工，然后运至现场组对安装，故对零部件的验收和保管应引起重视，以避免出现现场混乱现象，影响工程进度和质量。因此本条内容重点强调构件标识、大型构件的防变形和小型零部件的装箱。

5 材料

5.1 一般规定

5.1.1 钢结构用钢材因其品种多,代用料也多,其性能是否满足设计要求,不仅要提供产品质量证明书,而且其性能指标还应符合设计文件和合同规定的材料标准。另外,各国进口钢材标准不尽相同,所以规定对进口钢材应按设计和合同规定的标准验收。

5.1.2 在工程实际中,出现本条规定的情况之一的材料,且无其他检验或复验文件证明材料的适用性时,该批材料不得使用。本条为强制性条文。

5.2 钢材

5.2.1 钢板的厚度、型钢的规格尺寸是影响承载力的主要因素,进场验收时重点抽查钢板厚度和型钢规格尺寸是必要的。由于许多钢材基本上是露天堆放,受风吹雨淋和污染空气的侵蚀,钢材表面会出现麻点和片状锈蚀,但钢材表面的锈蚀程度应不超过现行国家标准。当采取有效修补措施修补时,修补后必须经质量检验部门检查确认。

5.2.3 当设计文件对材料有低温冲击韧性要求时,钢厂或钢结构制造厂应具有夏比“V”形缺口试样的低温冲击韧性试验报告。本条为强制性条文。

5.2.4 塔架主肢是塔架的主要受力件,因此应对钢材按批进行复验。

5.3 焊接材料

5.3.1 为避免焊接材料受潮变质,对焊接材料的储存条件作出规定是必要的。

5.3.2 焊条、焊丝及焊剂等保管不当,出现受潮、变质、药皮破损、焊丝生锈、焊剂结块时,不仅影响操作的工艺性能,而且会对焊接接头的理化性能造成不利影响,不得在工程中使用。本条为强制性条文。

5.3.3 焊接用保护气体的纯度是保证焊接质量的关键因素,因此对保护气体的纯度作出规定是必要的。

5.4 连接用紧固标准件

5.4.1~5.4.2 高强度大六角头螺栓连接副的扭矩系数和扭剪型高强度螺栓连接副的紧固轴力(预拉力)是影响高强度螺栓连接质量最主要的因素,也是施工的重要控制过程,因此要求生产厂家在出厂前要进行检验,且出具检验报告,还要求在使用前进行复验。复验用的螺栓应在施工现场待安装的螺栓批中随机抽取,每批应抽取8套连接副进行复验。

5.4.3 螺栓、螺母和垫圈等连接用的紧固标准件不仅分类存放,而且还应进行必要的保护是施工必须做到的基本要求。

5.5 其他材料

5.5.1~5.5.3 鉴于金属压型板系列产品更多地是在石油化工钢结构中使用,这些产品在进场时,均应按条文要求进行验收。

5.5.4~5.5.6 钢结构防腐用的涂料、稀释剂和固化剂的质量直接影响防腐的效果,故应符合设计文件的要求,且供货商应提供符合设计文件的检测证明文件。

钢结构的防火涂料的品种和技术性能应符合设计文件的要求,且供货商应提供具有资质的检测机构检测的符合现行有关标准的检测证明文件。

防火涂料工程具有专业性的技术标准验收,本条文提出《钢结构防火涂料应用技术规程》CECS24作为石化钢结构防火涂料施工的技术依据,检验方法按《建筑构件防火喷涂材料性能试验方法》GB9978执行。

钢结构的防火涂料和防腐涂料的进场验收除审核质量证明文件外,还要开桶抽查。开桶抽查除检

查涂料结皮、结块和凝胶等现象外，还应与质量证明文件对照检查涂料的型号、名称、颜色及有效期等。

6 管筒制造

管筒结构适用于火炬筒、排气筒和塔架结构、框架结构、管廊结构等用钢板卷制的筒形构件。其中塔架结构、框架结构的无损检测执行附录 A 焊缝分类、检测项目及评定标准一、二类中的相应标准。

为保证卷管的整体尺寸，首先必须保证每个单节的几何尺寸，因而规定了单节筒节的允许偏差。规定了相邻筒节周长之差，可有效控制环缝组对时错边。

比原规范增加了相邻筒节壁厚相差 3 mm 以上时的削边处理要求。

7 塔架制造

塔架结构高度高，受力大，在石油化工工程建设中属于重要构筑物，在钢结构工程施工中有特殊性，故对工程用料的质量应严格控制，除了执行本规范第 5 章的规定外，针对塔架特点和行业标准《石油化工企业排气筒和火炬塔架设计规范》SH3029 的规定，提出了相应的要求。

节点板覆盖焊缝的情况下，规定被覆盖焊缝应经无损检测，可以消除隐患，保证焊缝质量，避免使用中由于焊缝内部缺陷扩张而危及结构安全。在施工中经常有不同厚度、不同直径的钢板、钢管或圆钢对焊的情况，要求平滑过渡，改善构件受力情况。

8 框架和管廊制造

当焊接 H 型钢采用工厂制造时，往往由于焊接 H 型钢的制造单位没有获得钢结构的安装图而无法保证拼接焊缝与牛腿、加劲肋、连接孔等的间距，故要求采购焊接 H 型钢的单位，除向焊接 H 型钢的制造单位提供规格尺寸和技术条件的要求外，还需提供与焊接 H 型钢连接的牛腿、加劲肋、连接孔等具体位置的图样。

在原规范的基础上增加了钢平台、钢梯的组对尺寸允许偏差要求。

9 焊接

9.1 焊前准备

9.1.1 焊接材料对焊接质量的影响重大，强调使用前的烘焙状态应符合产品说明书及焊接工艺文件的规定，这是保证焊接质量的必要手段。

9.1.6 对 T 形接头、十字接头、角接头焊接推荐采用以下防止板材撕裂的焊接工艺措施：

- a) 采用对称退步施焊或对称间断施焊；
- b) 采用低强度焊条在母材板面上先堆焊塑性过渡层；
- c) 采用低氢型、超低氢型焊条或气体保护电弧焊施焊；
- d) 适当提高预热温度施焊。

10 除锈与涂装

10.1 除锈

10.1.1 钢结构的使用耐久性与构件的除锈质量和涂装有极大的关系，由于锈蚀造成钢构件表面层层剥落而厚度减薄，直接影响钢结构的使用寿命，因此涂装前必须进行彻底的除锈，并在钢结构制作完成且经质量检验合格后进行。

10.1.2 以往设计文件对钢构件的除锈方法与除锈等级是不提要求的，这样会造成施工现场对除锈质量缺乏认定的依据和工序验收的标准。为防止钢结构的腐蚀，延缓其腐蚀速率，保证涂装工程质量，规定除锈等级，这是设计、制造、使用单位共同的责任。选择合理的除锈方法与确定适当的除锈质量等级，应从经济、技术因素进行综合权衡。鉴于当前许多设计文件仍未对除锈方法及等级提出要求，本规范提出了相应的要求，按本规范施工。

本规范结合石油化工钢结构所处的大气环境及实际状态，按照钢结构构件以及钢结构的安装焊缝分别确定了除锈方法及除锈等级，实际执行中可根据国家标准 GB/T 8923 所附的除锈等级样板照片对照检查。

10.1.3 由于不同的除锈方法所达到的除锈质量等级是不同的，然而不同涂料的湿润性和浸透性的差异，就决定了不同的涂料对钢材表面的除锈质量等级也是不同的，因此本条提出了不同类型的涂料与除锈方法和除锈质量等级的适应性关系。正文表 15 中规定了除锈质量等级不应低于 St2。Sa2.5 是工程中普遍使用的除锈等级，适用于各种涂料。正文表 15 中所规定的 St2 除锈等级对洗涤底漆、有机高锌漆、无机富锌漆、环氧沥青、环氧树脂、氯化橡胶涂料是不适用的，这是由于手工除锈等级的不彻底性，使上述涂料不易附着于钢材表面，短期内就易使涂层起壳和难以浸透。

10.1.4 当钢构件被油脂污染时，采用喷射、抛射除锈或动力除锈均难以达到除锈及去油污的目的，此时应采用化学除锈方法，要求选用包括钝化、磷化的多功能表面处理液，以保证处理的效果。常用化学除锈工艺见表 1。

表 1 常用化学除锈工艺参考表

方 法	清洗液（质量比） %	清洗液温度	清洗时间 min	适用范围
溶剂法	200 号溶剂的煤油	常温	洗净为止	一般油污
碱洗法	氢氧化钠 3 磷酸三钠 5 硅酸钠 3 水 89	90	40	含少量油污
	氢氧化钠 5 磷酸三钠 10 硅酸钠 10 水 75	90	40	含大量油污

10.1.5 钢材表面如有结露或淋雨，极易产生锈蚀，并且锈蚀速度很快，应及时重新除锈，否则涂层漆膜附着力差，严重影响涂层膜的牢固性和漆膜质量。

10.2 防腐涂料涂装

10.2.1 涂装前被涂物表面的处理清洁程度是影响涂料贴固紧密的重要因素，因此强调在表面除锈的基础上，还要在涂装前清除表面污物、浮尘，并经检查合格后方可进行涂装工序。

10.2.2、10.2.3 环境温度与相对湿度直接影响涂装质量，本条规定了涂装时的环境温度以 5 ~ 38

为宜。如果涂装在室内无阳光直接照射的情况进行，钢材表面温度要比气温高 2 ~ 3 ；如果涂装在室外具有阳光照射的条件下进行，钢材表面温度比气温要高出 8 ~ 12 左右，而一般漆膜的耐

性只在 40℃ 以下,当超过 43℃ 时,钢材表面上涂装的漆膜就容易产生气泡而局部鼓起,使附着力降低。低于 0℃ 时在室外钢材表面涂装容易使漆膜冻结而不易固化,所以对环境温度进行了限制。

相对湿度过大,钢材表面有露点凝结,漆膜附着力差。实践证明最佳涂装时间为日出后 3h 为宜,此时钢材表面的结露基本干燥,空气中的相对湿度保持在 80%以下,日落 3h 内停止(室内作业不限),此时空气中的相对湿度尚未回升,钢材表面尚存的温度不会导致露点形成。如果能积极采取措施,在室内环境下进行涂装作业,对提高涂装质量是有益的。

10.2.4 涂料选用、涂装遍数和涂层厚度应由设计文件中加以明确规定,然而近年来,多数图纸设计都没有详尽明确的交待。本条文考虑到设计文件无明确要求时,规定了漆膜总厚度的要求,本条给出了涂层干漆膜的参考厚度。其依据是参考若干涂料品种在环境温度 25℃,湿度小于 70%的条件下的厚度提出的,涂层干漆膜形成的厚度是随着不同涂料性能而不同的;在室外环境与室内条件的漆膜厚度也不相同,所以提出涂漆膜总厚度的室外和室内的参考控制值,并且其允许偏差值定为 $-25\mu\text{m}$ 。

10.2.5 底漆、中间过渡漆与面漆的使用应根据设计文件或由生产厂家产品使用说明书的规定,不能随意选用。这是由于漆种的化学性能、溶合性能是否相溶的缘故。即使是同一名称、同一品牌的涂料,如果是不同厂家出品,由于成分不一,也不能随意混合使用,在不得已的情况下,应经过试验合格后,方允许混和使用。

10.2.6 高强螺栓连接时构件的接触面是经过表面加工的,其接触面的抗滑移系数应该达到设计文件规定的规定值。设计文件无明确要求的情况下,施工者应在螺栓头、螺母、垫圈和连接板四周涂刷快干红丹漆封闭,其目的在于保护和防锈。

10.2.7 钢结构铣平的端面通常是处于结构受力或传力的重要部位,其表面精度要求较高。为防止端面加工后产生锈蚀,影响端面支承质量,在构件端面加工铣平后,应立即涂刷清漆。

10.2.8 由于施工中,特别是在钢构件预制场预制的构件不分对象地将钢构件都涂刷上涂料,影响安装质量。因此规定了四个部位不应涂漆,即高强螺栓连接接触面、柱脚底板与基础接触面、全封闭的构件内表面及其他不应或设计要求不涂漆的部位,这也给工序验收提供了规范性依据。但是近年来,高强螺栓连接摩擦面也常有涂漆的设计结构被采用,故本条第一款仅指除设计要求涂漆外的高强度螺栓摩擦面。

10.2.9 均匀的涂层是防止金属锈蚀的基本条件之一,涂层均匀的含义是底漆、面漆的道数与厚度均匀符合设计文件要求,且漆膜的外观质量符合本规范要求,特别强调的是不得漏涂,因为漏涂会造成金属锈蚀从一点突破,锈蚀渗透扩散延伸,在施工作业中因漏涂而造成的锈蚀是常见的。钢结构涂漆后几个月出现的局部生锈就是漏涂造成的(也有除锈质量不好造成),因此本规范给予强调。

为保护涂层表面平滑无痕,涂刷面层时应顺着油漆流向涂刷,不应垂直于油漆流向涂刷,防止刷毛痕迹露于涂层表面,并且要检查涂层表面出现的针孔、气泡、起皱、流坠、粉化、起皮和局部破损等质量问题。

10.2.10 漆膜实干的鉴别,目前国内还没有定量检定手段和方法,根据多年的现场工作经验,以手指用力按压漆膜以不出现指纹为准。涂层是分层涂刷的,前一道漆膜实干后方可进行下一道涂层操作。如果上一道漆膜不干,而涂刷下一道漆膜,就会造成两层漆膜混杂,漆膜层数与厚度的控制就会失去意义,并且面漆也就难以覆盖底漆。表 2 显示的是几种常温涂料的表干和实干时间参考表。

表 2 几种常温涂料的表干和实干时间参考表

单位：h

涂料品种	表干时间	实干时间
各色醇酸磁漆	12	18
红丹油性防锈漆	8	36
灰铝锌醇酸磁漆	6	24
铝铬红环氧酯防锈漆	4	24
铝铁酚醛防锈漆	3	24

由于过氯乙烯漆干燥极快，漆膜即使不等实干涂刷下一道涂层，附着与结合也是良好的。

10.2.11 涂层附着力是反映涂装质量的综合性指标，其测试方法简单易行，通过该项检查以综合评价整个涂装工程质量。

10.3 防火涂料涂装

10.3.1 由于石油化工装置有防火要求，装置又具有易燃、易爆的特点，要求喷涂防火涂料的钢结构日益增多，如球罐支柱、管廊钢柱、部分装置区钢结构等。防火涂料的涂层厚度是保证耐火极限的先决条件，因此涂刷作业应保证防火涂料的涂层厚度。

10.3.2 防火涂料的涂层表面裂纹过大，在事故环境中将使热量迅速传递到涂层深部，降低耐火时间，故需将涂层表面裂纹宽度予以限定。

10.3.3 钢结构表面的油污、灰尘和泥砂使防火涂料与基层粘结力降低，甚至出现内部空洞，降低防火涂料的使用寿命和耐火时间。

10.3.4 均匀的涂层是防止防火层失效的基本条件之一，涂层均匀特别强调的是不得漏涂，因为此漏涂会造成事故状态时热量从一点突破，并迅速扩散延伸，在施工作业中漏涂是常见的。因此本规范给予强调，并且要检查涂层表面出现的脱层、空鼓、明显凹陷、粉化松散、和浮浆等质量问题。

11 钢结构的安装

11.1 一般规定

11.1.1 石油化工装置用的管筒结构、塔架结构以及大型框架结构等在吊装过程中容易发生变形，尤其在采用组合吊装或整体吊装时，吊装时构件受力和使用时大不相同。为防止吊装构件损坏，必须事先进行必要的强度和稳定性校核验算，并采取相应的临时加固措施，加固措施的施工技术要求应和正式工程要求相同，避免因施工质量不良引起加固失效，造成吊装安装事故。

11.1.3 ~ 11.1.4 钢结构安装过程强力组装、乱割乱焊的现象严重影响工程质量，应予以严格限制。强调钢结构施工程序，不得在未找正的钢结构构件上安装设备、管道以及对未作永久性固定的钢结构进行二次灌浆等，都是保证工程质量安全的重要手段。

11.2 基础验收

11.2.1 工程项目实行监理制后，基础验收工作应由监理单位组织。

11.2.3 基础螺栓外露部分最易在施工中受到损伤，故强调防锈及保护措施。

11.3 塔架安装

11.3.1 塔架结构通常采用分节组装，其最下节组装尺寸应与基础位置相符，以减少安装时的困难，所以应在基础验收合格后进行。

11.3.2 ~ 11.3.9 塔架底部和吊点位置的加固是保证塔架吊装安全的重要措施。塔架组装尺寸偏差过大，会造成受力不均，难以达到设计使用条件，所以对组装精度作了具体的规定。塔架安装后整体垂

直度应在塔架各个竖面中心线处测量，各个竖面中心线的垂直度均应符合 11.3.9 条的规定。

11.4 管筒安装

管筒结构主要指成管筒状的高耸结构，如独立式烟囱，无外围支撑结构的排气筒、火炬等，其特点是壁薄、长细比大，故组装和吊装时结构刚度往往不足，易产生变形，安装后还需要有缆风绳固定。同时，管筒结构上内部往往有耐热衬里，有些还有膨胀节、火炬头等外加部件，因此根据管筒结构的特点对组焊、吊装时的重点技术要求作出规定，以保证施工安全和工程质量。

11.5 框架和管廊安装

11.5.8、11.5.19 规定了高强度螺栓连接的技术要求。高强度螺栓连接在石油化工钢结构中应用已日益普遍，对高强螺栓连接接头的施工质量往往未引起重视，从而对结构的受力带来不良影响。故根据近年来颁布的有关标准规范，对高强螺栓安装作了具体的规定，其中高度螺栓连接副施工扭矩检验、高度螺栓连接副扭矩系数复验以及高度螺栓连接摩擦面的抗滑移系数检验应遵照 GB50205 - 2001 附录 B 的要求执行。

11.5.21 起拱度或不下挠度均指吊车梁安装就位后的状况，因此吊车梁在工厂制作完成后，要检验其起拱度或下挠度，应与安装就位的支承状况基本相同，即将吊车梁立放并在支承点处将梁垫高一点，以便检测或消除梁自重对拱度或挠度的影响。本条为强制性条文。