

ICS 13.030.40
J 88
备案号: J917—2009

DL

中华人民共和国电力行业标准

P

DL/T 5418 — 2009

**火电厂烟气脱硫
吸收塔施工及验收规程**

**Code for construction and acceptance of flue gas
desulphurization absorber of thermal power plant**



2009-07-22 发布

2009-12-01 实施

中华人民共和国国家能源局 发布

目 次

前言	IV
1 范围	1
2 规范性引用文件	2
3 术语和定义	4
4 总则	5
5 材料和成品件验收	6
5.1 金属材料验收	6
5.2 焊接材料验收	6
5.3 非金属衬里材料验收	7
5.4 成品附件验收	7
6 预制	8
6.1 一般规定	8
6.2 底板预制	10
6.3 壁板预制	12
6.4 顶板预制	13
6.5 构件预制	13
6.6 预组装	14
7 组装	15
7.1 一般规定	15
7.2 基础验收	15
7.3 基础划线	16
7.4 底板组装	16
7.5 壁板组装	17
7.6 加强筋的安装	20
7.7 顶板组装	20

DL/T 5418 — 2009

7.8	烟气进出口组装	21
7.9	塔体焊接附件组装	21
8	焊接	24
8.1	焊接工艺评定	24
8.2	焊工考核	24
8.3	焊接施工准备	25
8.4	焊接施工	25
8.5	推荐的焊接顺序	27
8.6	焊缝外观检查	28
8.7	焊缝无损探伤及严密性试验	29
8.8	缺陷修补	31
9	塔体验收	32
9.1	一般规定	32
9.2	塔体几何形状和尺寸检查	32
9.3	充水试验	33
10	玻璃鳞片树脂防腐	34
10.1	一般要求	34
10.2	基体处理	34
10.3	衬里施工	35
10.4	衬里检验	36
10.5	修补	37
11	橡胶衬里防腐	38
12	塔内件安装	39
12.1	一般规定	39
12.2	喷淋层安装	39
12.3	除雾器安装	41
12.4	搅拌系统安装	41
13	油漆与保温	42

前 言

本标准是根据《国家发展改革委办公厅关于印发 2006 年行业标准项目计划的通知》（发改办〔2006〕1093 号）安排制定的。

本标准的附录 A 为规范性附录，附录 B 为资料性附录。

本标准由中国电力企业联合会提出。

本标准由电力行业环境保护标准化技术委员会归口并解释。

本标准起草单位：江苏苏源环保工程股份有限公司、中国华电工程（集团）有限公司。

本标准主要起草人：孙克勤、杨素梅、徐延忠、郭庆伟、曲守信、付文兴、林飞。

本标准为首次发布。

本标准在执行过程中的意见或建议反馈至中国电力企业联合会标准化中心（北京市白广路二条一号，100761）。

1 范 围

本标准规定了火电厂湿法烟气脱硫装置中吸收塔施工及验收的技术要求。

本标准适用于火电厂湿法烟气脱硫装置中以普通碳素结构钢为主体结构材料、以玻璃鳞片树脂或橡胶为内防腐衬里的吸收塔施工及验收。吸收塔的范围包括塔壳体、塔内件以及所有焊接在塔外壳体上的附件或结构件。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准中的条款。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标准，然而，鼓励根据本标准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标准。

GB/T 983 不锈钢焊条

GB/T 985.1—2008 气焊、焊条电弧焊、气体保护焊和高能束焊的推荐坡口

GB 4053.1 固定式钢梯及平台安全要求 第1部分：钢直梯

GB 4053.2 固定式钢梯及平台安全要求 第2部分：钢斜梯

GB 4053.3 固定式钢梯及平台安全要求 第3部分：工业防护栏杆及钢平台

GB/T 4842 氩

GB/T 5117 碳钢焊条

GB/T 5118 低合金钢焊条

GB/T 5293 埋弧焊用碳钢焊丝和焊剂

GB/T 8110 气体保护电弧焊用碳钢、低合金钢焊丝

GB/T 8923.2 涂覆涂料前钢材表面处理 表面清洁度的目视评定 第2部分：已涂覆过的钢材表面局部清除原有涂层后的处理等级

GB/T 10045 碳钢药芯焊丝

GB/T 12470 埋弧焊用低合金钢焊丝和焊剂

GB/T 14957 熔化焊用钢丝

GB/T 17853 不锈钢药芯焊丝

GB 18241.4 橡胶衬里 第4部分：烟气脱硫衬里

- GB 50128 立式圆筒形钢制焊接储罐施工及验收规范
- GB 50236 现场设备、工业管道焊接工程施工及验收规范
- DL/T 679 焊工技术考核规程
- DL/T 868 焊接工艺评定规程
- DL/T 869 火力发电厂焊接技术规程
- DL 5009.1 电力建设安全工作规程 第1部分：火力发电厂
- DL/T 5072 火力发电厂保温油漆设计规程
- HGJ 32—1990 橡胶衬里化工设备
- HG/T 2537 焊接用二氧化碳
- HG/T 2640 玻璃鳞片衬里施工技术条件
- HG/T 3797 玻璃鳞片衬里胶泥
- HG 20202 脱脂工程施工及验收规范
- JB 4730 承压设备无损检测
- JB/T 4735 钢制焊接压力容器
- JB/T 4736 补强圈
- SJ/T 10743 惰性气体保护电弧焊和等离子焊接、切割用钨铈电极

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.0.1

吸收塔 absorber

使用物理、化学的处理方法，除去烟气中的 SO_2 的设备，是湿法烟气脱硫工艺中的主要单体设备。

3.0.2

玻璃鳞片 glass flake

外观形似鱼鳞片的玻璃薄片材料。

3.0.3

玻璃鳞片树脂 glass resin flake

以耐酸树脂为主要基料，以玻璃鳞片为骨料，以其他功能性助剂为填料的复合型树脂胶泥。

3.0.4

除雾器 mist eliminator

湿法脱硫工艺中，用于脱除湿烟气中夹带水分的设备。

4 总 则

- 4.0.1 吸收塔施工应严格按照设计文件进行，当需要修改设计文件时，必须取得原设计单位的书面认可。
- 4.0.2 施工时应按 DL 5009.1 的要求执行。

5 材料和成品件验收

5.1 金属材料验收

5.1.1 板材、管材、标准法兰、型材、紧固件、钢格板等金属材料应具有产品标识和质量合格证书，材料类型、规格及符合的标准应与设计文件的要求或合同的约定一致，无具体要求时，应按国家现行标准的相关规定或相应的国外标准进行验收。对于有异议的，应进行补充检验，并由具有相关资质的权威部门提供有效检验报告。

5.1.2 碳钢板材或合金板材在加工前应逐张进行外观检查，其外观质量应符合现行国家相应钢板标准的规定。

5.1.3 钢板表面锈蚀减薄量、划痕深度与钢板实际负偏差之和，应不大于相应钢板标准允许的负偏差值。

5.2 焊接材料验收

用于焊接的焊条、焊丝、焊剂及保护气体，应具有质量合格证明书，并应符合下列要求：

5.2.1 焊条应符合 GB/T 5117、GB/T 5118 和 GB/T 983 的规定；药芯焊丝应符合 GB/T 10045 和 GB/T 17853 的规定，氩弧焊使用的焊丝应符合 GB/T 14957 和 GB/T 8110 的规定。

5.2.2 钨极氩弧焊应使用符合 SJ/T 10743 的规定。

5.2.3 埋弧焊用焊剂应符合 GB/T 5293 和 GB/T 12470 的规定。

5.2.4 二氧化碳气体应符合 HG/T 2537 的规定；保护用氩气应符合 GB/T 4842 的规定。

5.2.5 进口的焊接材料，当国内无相关标准时，应按材料出口国的相关标准检查验收。

5.3 非金属衬里材料验收

5.3.1 非金属衬里材料应具有质量合格证书和产品标识，对毒性程度、挥发性及易燃易爆性应明确标明。

5.3.2 执行的标准应符合设计要求和双方合同的约定，其中，玻璃鳞片树脂应不低于 HG/T 3797 的规定，橡胶衬里不低于 GB 18241.4—2006 和 HGJ 32—1990 的规定。

5.3.3 运抵现场时外包装应完好，施工日期应在产品保质期内。

5.4 成品附件验收

5.4.1 与吸收塔直接相连的成品附件运抵现场后，外包装应完好。

5.4.2 安装前，应进行外观检查，并核对其品牌、型号、数量、规格、主要性能指标、主要材质、接口要求，结果应符合设计文件或双方合同的约定。

6 预 制

6.1 一 般 规 定

6.1.1 检验用的弧形样板的弦长应不小于 1.5m，直线样板的长度应不小于 1m，测量焊缝角变形的弧形样板弦长应不小于 1m。

6.1.2 钢板及构件预制前应进行表面喷砂处理，除锈等级应达到 GB/T 8293.4 的相关规定。

6.1.3 预制方法不应损伤母材或降低母材性能。

6.1.4 钢板切割及焊缝坡口加工应符合以下要求：

1 碳素钢板以机械加工或自动、半自动火焰切割加工为宜，合金钢板应以机械加工或等离子切割为宜，切割后的表面应打磨平整。

2 当环境温度低于 -16°C 时，普通碳素钢不得采用剪切方式加工、冷矫正或冷弯曲。

3 板厚大于 10mm 时，板边不宜采用剪切加工。

6.1.5 钢板坡口加工应平整，不得有夹渣、分层、裂纹等缺陷，火焰及等离子切割坡口产生的表面硬化层应去除。

6.1.6 塔体的焊接接头型式应采用对接接头。

6.1.7 焊接接头的坡口形式及尺寸，当设计图样无要求时，应按 GB/T 985 及 GB/T 986 的规定选用。纵缝气体保护焊及环缝埋弧焊的焊接接头形式，应符合下列要求：

1 纵缝气体保护焊的对接接头，厚度小于或等于 24mm 的钢板可采用单面坡口；厚度大于 24mm 的钢板宜采用双面坡口；坡口间隙 G 为 4mm~6mm，钝边 F 不大于 2mm，宽度 W 为 16mm~18mm（见图 6.1.7-1）。

2 环缝埋弧焊对接接头，厚度小于等于 12mm 的可采用单面坡

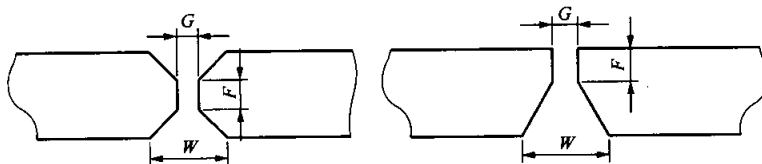


图 6.1.7-1 纵缝气体保护焊对接接头的型式

口；厚度大于 12mm 的宜采用双面坡口；坡口角度 α 为 $45^\circ \pm 2.5^\circ$ ，钝边 F 不大于 1mm，间隙 G 为 0~1mm（见图 6.1.7-2）。

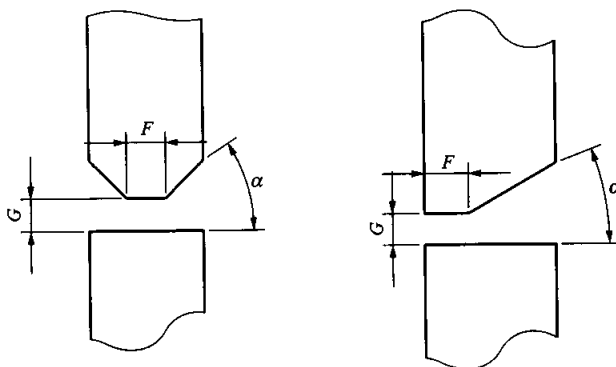


图 6.1.7-2 环缝埋弧焊对接接头的型式

6.1.8 吸收塔壳体上的开孔补强圈的弧度应与壳体一致，在任一点的间隙不得超过 1.5mm。补强圈的加工制作应符合 JB/T 4736 的要求。

6.1.9 禁止使用火焰切割来加工螺栓孔。

6.1.10 预制板或构件应有编号，编号应有防水性，不宜标记在需要防腐衬里的一侧。

6.1.11 所有预制构件在保管、运输及现场堆放时，应采取有效措施防止变形、损伤和锈蚀。高合金钢板及其零部件应与其他钢材分开存放，且应采取措保持表面的光洁。

6.1.12 以下资料应随预制件一起提供：

- 1 预制件清单，内容至少应包括名称、编号、材质、规格及数量。
- 2 材料质量合格证明书。
- 3 预制件检查记录。
- 4 排版图。
- 5 设计修改文件。

6.2 底板预制

6.2.1 底板应按设计图样的排版图排版（见图 6.2.1）。

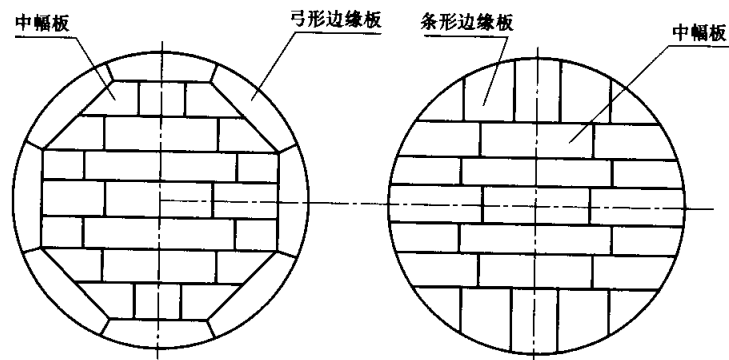


图 6.2.1 两种常见的底板排版图

6.2.2 设计图样无排版图时，底板的排版宜满足以下要求：

- 1 直径大于 12m 的吸收塔，底板宜采用弓形边缘板（见图 6.2.1），且弓形边缘板内侧沿半径方向至塔内壁的最小尺寸应不小于 700mm。
- 2 直径小于等于 12m 的吸收塔，底板可采用条形边缘板（见图 6.2.1），条形边缘板的最小直边尺寸应不小于 700mm。
- 3 中幅板（见图 6.2.1）的宽度不宜小于 1000mm，长度不宜小于 2000mm。

6.2.3 弓形边缘板的对接接头，宜采用不等间隙，外侧间隙 e_1 宜为 6mm~7mm，内侧间隙 e_2 宜为 8mm~12mm（见图 6.2.3）。

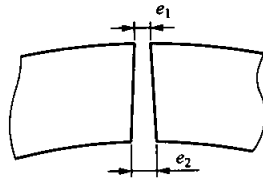


图 6.2.3 弓形边缘板对接接头间隙

6.2.4 底板弓形边缘板的尺寸允许偏差，应符合表 6.2.4 的规定，尺寸测量部位见图 6.2.4。

表 6.2.4 弓形边缘板的尺寸允许偏差 mm

测量部位	允许偏差
长度 AB 、 CD	± 2
宽度 AC 、 BD 、 EF	± 2
对角线之差 $ AD-BC $	≤ 3
弧形半径	$\leq \pm 2$

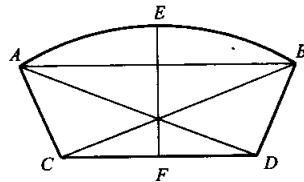


图 6.2.4 弓形边缘板测量部位

6.2.5 中幅板的尺寸偏差应符合表 6.2.5 中的规定，尺寸测量部位见图 6.2.5。

表 6.2.5 壁板、底板中幅板的尺寸允许偏差 mm

测量部位	板长 AB (CD) ≥ 6000	板长 AB (CD) < 6000
宽度 AC 、 BD 、 EF	± 1.5	± 1

表 6.2.5 (续)

测量部位		板长 AB (CD) ≥ 6000	板长 AB (CD) < 6000
长度 AB 、 CD		± 2	± 1.5
对角线之差 $ AD-BC $		≤ 3	≤ 2
直线度	AC 、 BD	≤ 1	≤ 1
	AB 、 CD	≤ 2	≤ 2

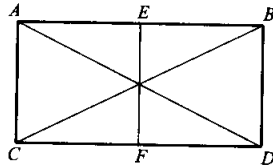


图 6.2.5 壁板与中幅板尺寸测量部位

6.2.6 厚度大于等于 12mm 的弓形边缘板, 应在两侧 (图 6.2.4 中 AC 、 BD) 100mm 范围内进行超声波检测, 结果达到 JB 4730 中 III 级要求为合格。

6.2.7 预制时应合理减少基础环板的拼接焊缝数量, 避免焊后变形过大。

6.3 壁板预制

6.3.1 塔体壁板应按设计图样的排版图预制, 当设计图样无排版图时, 应符合以下规定:

1 各圈壁板的纵向接头宜向同一方向逐圈错开, 错开间距宜为板长的 $1/3$, 且应不小于 500mm。

2 底圈壁板的纵向接头与塔底边缘板的对接接头之间的距离, 应不小于 200mm。

3 直径小于 12.5m 的吸收塔, 其壁板宽度应不小于 500mm, 长度应不小于 1000mm; 直径大于或等于 12.5m 的吸收塔, 其壁板宽度应不小于 1000mm, 长度应不小于 2000mm。

4 外壁环向加强筋的对接接头与壁板纵缝之间的距离,不得小于 200mm; 外壁纵向加强筋与壁板之间的角焊缝与壁板纵缝间的距离不得小于 200mm。

6.3.2 壁板的尺寸偏差应符合表 6.2.5 的规定, 尺寸测量部位见图 6.2.5。

6.3.3 钢板滚弧时起始和结束的两端弧度应严格控制, 必要时利用胎板对两端分别滚弧。

6.3.4 每片壁板预制完毕后, 应立置在水平台面上用样板检查。垂直方向用直线样板检查, 其间隙应不大于 2mm; 水平方向用弧形样板检查, 其间隙应不大于 3mm。

6.4 顶板预制

6.4.1 顶板应按设计图样的排版图排版。

6.4.2 顶板任意相邻焊缝的间距不得小于 200mm。

6.4.3 加强筋与顶板之间的角焊缝与顶板拼接焊缝之间的间距不得小于 200mm。

6.4.4 顶板用弧形样板或直线样板检查, 其间隙不得大于 3mm。

6.5 构件预制

6.5.1 弧形构件成型后, 用弧形样板检查, 其间隙不得大于 3mm; 放在平台上检查, 其翘曲变形不得超过构件长度的 0.1%, 且不得大于 4mm。

6.5.2 热煨成型的构件, 不应有过烧、变质现象, 其厚度减薄量不应超过 1mm。

6.5.3 构件预制时, 应考虑排水孔的布置。

6.5.4 塔内承重梁预制完成后, 应放在平台上检查, 其翘曲变形不得超过梁长度的 0.1%, 且不得大于 8mm。

6.5.5 塔内承重梁预制时, 宜在梁两端留检漏孔, 保证在塔外能够有效监测承重梁的腐蚀穿孔漏液情况。

6.6 预 组 装

6.6.1 每圈塔壁板预制完成后宜进行预组装，顶板和底板预制完成后宜进行整体预组装。预组装平台表面应清洁，平面度误差不大于 2mm；预组件安装应稳定、可靠。

6.6.2 每圈壁板周长允许偏差为对应塔体直径的 0.3%，最大允许偏差不超过 30mm。

6.6.3 底板周长允许偏差为底板直径的 0.3%，最大允许偏差不超过 30mm。

6.6.4 塔顶预组装时，底圈周长允许偏差为塔体直径的 0.3%，最大允许偏差不超过 30mm。

7 组 装

7.1 一 般 规 定

- 7.1.1 组装前，检查或核对预制件的名称、规格、数量、表面完好性、变形情况，必要时按第6章的规定复检。
- 7.1.2 组装前，应将预制件坡口周围的泥沙、铁锈、水及油污等清理干净。
- 7.1.3 组装及检验过程中使用的样板应与6.1.1的规定一致。
- 7.1.4 塔体组装时，对口错边量的检测以内壁为准。
- 7.1.5 拆除组装用的工卡具时，不得损伤母材。钢板表面的焊疤应打磨平滑。如母材有损伤，应按8.8的要求进行修补。

7.2 基 础 验 收

- 7.2.1 底板排版铺设前，应按土建基础设计文件对基础进行检查，且符合本节以下要求后方可安装。
- 7.2.2 基础表面应平整密实，无明显的凹凸、裂纹、孔洞和麻面。地脚螺栓孔内应清理干净，地脚螺栓应完好。
- 7.2.3 基础中心座标允许偏差为20mm，中心标高允许偏差为15mm，外径允许偏差为20mm。
- 7.2.4 自基础中心至基础周边拉水平线，每10m²范围内至少测2点，相邻两测点间的高度差应不大于2.5mm。所有测点中，最高与最低点的高度差应不大于15mm。
- 7.2.5 塔壁置于环梁上时，环梁表面每10m弧长内任意两点的高度差应不大于5mm；在整个环梁周长内，任意两点的高度差应不大于10mm，且环梁内半径不允许有正偏差。
- 7.2.6 塔壁之下无环梁时，以塔壁板圆周中心线为中心，宽度为

100mm 的环面内, 每 3m 弧长内任意两点的高度差应不大于 5mm, 且整个圆周长度内任意两点的高度差应不大于 12mm。

7.2.7 螺栓孔中心与基础中心的距离允许偏差应不大于 10mm。

7.2.8 吸收塔的基础宜设底板漏液显示结构。

7.3 基础划线

7.3.1 按平面图的方位, 在塔体基础上划出 2 条互相垂直的中心线, 中心点的偏差应不大于 10mm。

7.3.2 以基础中心为基准, 划基础圆周等分点 0° 、 45° 、 90° 、 135° 、 180° 、 225° 、 270° 方位, 标记清晰。

7.3.3 划出底板对接焊缝底部的垫板或型钢构件的中心线, 中心线位置的偏差应不大于 1.5mm。

7.4 底板组装

7.4.1 底板应与底部的垫板或型钢构件表面贴紧, 其间隙应不大于 1mm, 7.3.3 中所划的中心线应位于底板对接焊缝的中心。

7.4.2 底板对接接头的间隙, 当图样无要求时, 按表 7.4.2 的规定。

表 7.4.2 塔底板对接接头的间隙 mm

焊接方法		钢板厚度 δ	间隙
焊条电弧焊	不开坡口	$\delta \leq 6$	5 ± 1
	开坡口	$\delta > 6$	7 ± 1
埋弧自动焊	不开坡口	$\delta \leq 6$	3 ± 1
		$6 < \delta \leq 10$	4 ± 1
	开坡口	$10 < \delta \leq 16$	2 ± 1
		$\delta > 16$	3 ± 1
焊条电弧焊打底埋弧自动焊填充	开坡口	$10 < \delta \leq 22$	8 ± 2

表 7.4.2 (续)

焊 接 方 法		钢板厚度 δ	间 隙
气体保护焊	不开坡口	$\delta \leq 6$	3±1
		$6 < \delta \leq 10$	4±1
气体保护焊打底 埋弧焊填充	开坡口	$10 < \delta \leq 22$	4±1

7.4.3 底板焊接时，应有防变形措施。焊接完毕后，表面应平整无明显翘曲，每平方米范围内的平面度允许误差为 2mm。

7.4.4 不等厚对接焊缝应打磨出小于 1:6 的过渡坡。

7.4.5 底板组装过程中，应采取防雨雪措施，严禁水渗入或流入底板与基础面之间。

7.5 壁 板 组 装

7.5.1 壁板组装前，应对预制的壁板的尺寸及外形进行复验，合格后方可组装。需矫正时，应防止出现锤痕。

7.5.2 正装施工或倒装施工的第一圈壁板的安装应符合以下规定：

- 1 相邻两壁上口的水平偏差应不大于 2mm，在整个圆周上任意两点的水平偏差应不大于 6mm。
- 2 垂直偏差应不大于 3mm。
- 3 焊接完毕后，壁板 1m 高度处，内表面任意点直径的偏差应不大于塔体直径的 0.1%，最大应不超过 10mm。

7.5.3 除第一圈壁板外，其他各圈壁板的垂直度偏差应不大于该圈壁板高度的 0.3%。

7.5.4 壁板对接接头的组装间隙，当图样无具体要求时，参照表 7.5.4-1 和表 7.5.4-2 的规定执行。

表 7.5.4-1 壁板环向对接接头的组装间隙

mm

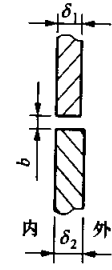
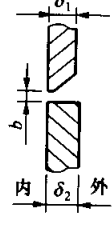
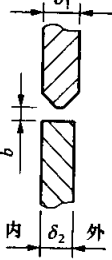
坡口型式	焊条电弧焊		埋弧焊	
	板厚	间隙	板厚	间隙
	$\delta_1 < 6$	$b = 2^{+1}_0$		
	$6 \leq \delta_1 \leq 15$ $15 < \delta_1 \leq 20$	$b = 2^{+1}_0$ $b = 3 \pm 1$	$\delta_1 \leq 12$	$b = 0^{+1}_0$
	$12 \leq \delta_1 \leq 38$	$b = 2^{+1}_0$	$12 < \delta_1 \leq 38$	$b = 0^{+1}_0$

表 7.5.4-2 壁板纵向对接接头的组装间隙

mm

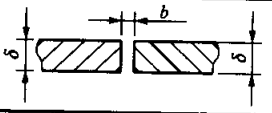
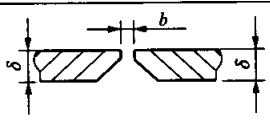
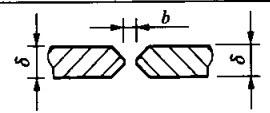
坡口型式	焊条电弧焊		气体保护焊	
	板厚	间隙	板厚	间隙
	$\delta < 6$	$b = 1^{+1}_0$		

表 7.5.4-2 (续)

坡口型式	焊条电弧焊		气体保护焊	
	板厚	间隙	板厚	间隙
	$6 \leq \delta \leq 9$	$b = 2 \pm 1$	$\delta \leq 24$	$b = 5 \pm 1$
	$9 < \delta \leq 15$	$b = 2^+_{-0}$		
	$12 \leq \delta \leq 38$	$b = 2^+_{-0}$	$\delta > 24$	

7.5.5 壁板组装时,内表面应保证齐平,错边量应符合下列规定:

1 纵向焊缝的对口错边量:当板厚小于 12mm 时,应不大于 1.0mm;当板厚大于或等于 12mm 时,应不大于板厚的 1/10,且最大不超过 1.5mm。

2 环向焊接接头错边量:当上圈壁板厚度小于 8mm 时,任何一点的错边量均不得大于 1.5mm;当上圈壁板厚度大于或等于 8mm 时,任何一点的错边量均不得大于板厚的 1/5,且不大于 2mm。

7.5.6 组装焊接后,纵焊缝的角变形用 1m 长的弧形样板检查,环焊缝的角变形用 1m 长的直线样板检查,结果应符合表 7.5.6 的规定。

表 7.5.6 塔壁焊缝的角变形和局部凹凸变形 mm

板厚	焊缝角变形	局部变形
$\delta \leq 12$	≤ 10	≤ 12
$12 < \delta \leq 25$	≤ 8	≤ 10
$\delta > 25$	≤ 6	≤ 8

7.5.7 组装焊接后,塔壁局部变形应平缓,不应有突然起伏,且应符合表 7.5.6 的规定。

7.5.8 按每 3 圈组装后作为 1 个塔段进行验评，每个塔段验评需测量直径、垂直度、水平度和标高。

7.5.8.1 直径

在塔段内圆周方向取 8 个~12 个等分点测量直径；直径允许偏差为塔体内径的 0.1%，且最大不超过 12mm。

7.5.8.2 垂直度

在塔段圆周方向取 8 个~12 个等分点测量，垂直度允许偏差应小于塔段高度的 0.1%，最大不超过 15mm。

7.5.8.3 水平度

在塔段上口圆周方向取 8 个~12 个等分点测量，水平允许偏差为 3mm。

7.5.8.4 标高

在塔段上口圆周方向取 8 个~12 个等分点测量，标高允许偏差为塔段高度的 0.1%，最大不允许超过 25mm。

7.6 加强筋的安装

7.6.1 环向加强筋标高允许偏差不大于 10mm，水平度允许偏差不大于 5mm。

7.6.2 竖向加强筋的垂直度允许偏差不大于 3mm，位置允许偏差不大于 10mm。

7.6.3 加强筋与塔体的焊缝与塔体拼接焊缝之间的距离应不小于 200mm。

7.7 顶板组装

7.7.1 顶板应按等分线对称组装。

7.7.2 顶板拼装时，焊缝对口错边量应不大于 1.2mm。

7.7.3 塔顶组装后，直径允许偏差为公称直径的 0.1%，且不大于 12mm。

7.7.4 塔顶安装标高允许偏差不大于 10mm，中心偏移量不超过

20mm。

7.7.5 加强筋间距的允许偏差为 6mm。

7.7.6 塔顶应采取有组织的排水方式，组装完毕后的顶板应能有效避免塔顶积水。

7.8 烟气进出口组装

7.8.1 烟气进口烟道倾角允许偏差为 0.2° 。

7.8.2 烟气进出口烟道加强筋的间距偏差应不大于 6mm。

7.8.3 烟气进出口的标高允许偏差为 5mm。

7.8.4 圆形烟道的组装应满足以下要求：

- 1 外径周长允许偏差为直径的 0.3%，且最大不超过 15mm。
- 2 焊缝对口错边量不大于 1.0mm。
- 3 内表面锤击深度不大于 1.0mm，最大局部凹凸不平度不大于 4mm，直径允差不大于直径的 0.1%。

7.8.5 矩形烟道的组装应满足以下要求：

- 1 烟道外端面长和宽的尺寸偏差不应超过 3mm。
- 2 焊缝对口错边量不大于 1.5mm。
- 3 内表面锤击深度不大于 1.5mm，最大局部凹凸不平度不大于 6mm。

7.8.6 烟气进出口的法兰距塔体中心线的距离偏差不应超过

10mm。

7.8.7 烟气进出口法兰的密封面应平整无明显的翘曲变形，不得有焊瘤，对接焊缝应磨平。法兰边缘的直线度允许偏差为 3mm。

7.8.8 烟道进出口组件应有足够的刚度，组装过程中，必要时应进行临时加固。

7.9 塔体焊接附件组装

7.9.1 喷淋层承重梁的安装应满足以下要求：

- 1 喷淋层承重梁标高的允许偏差为 3mm。

2 位于塔壁上的支座的标高允许偏差为 2mm。

3 喷淋层承重梁的上表面应平整，焊缝应磨平，平面度允许误差为 3mm。

4 同层相邻两承重梁之间的水平距离允许偏差为 5mm。

5 承重梁两端应有检漏孔，保证塔内承重梁腐蚀穿孔后，在塔外能够有效监测到。

7.9.2 除雾器承重梁的安装应满足以下要求：

1 除雾器承重梁的标高允许偏差为 3mm。

2 同层相邻两承重梁之间的水平距离允许偏差为 5mm。

3 承重梁上表面应平整，焊缝应磨平，平面度允许误差为 3mm。

7.9.3 开孔及接管的安装应满足以下要求：

1 塔体开孔的中心位置偏差应不大于 6mm，接管外伸长度偏差应不大于 5mm。

2 人孔、检修门、安装孔、观察门等应靠近平台扶梯，便于操作，且转动灵活、无阻滞或卡涩现象。

3 接管的法兰密封面应平整，不得有焊瘤或划痕。法兰的密封面应与接管的轴线垂直，其倾斜度应不大于法兰外径的 1%，且不超过 3mm。法兰的螺栓孔应跨中布置。

4 需现场做内防腐施工的接管不宜过长，应满足内部表面处理和防腐施工的空间要求。过长的细接管应考虑采用耐腐蚀的合金材料或非金属材料。

7.9.4 塔内焊接件的安装应考虑留出足够的防腐施工所需空间。

7.9.5 塔内外的焊接施工应在防腐施工开始前全部完成。对于管支架、平台及爬梯等在塔体上的锚固件，应按设计图纸在防腐施工前预先焊好。

7.9.6 搅拌器管座的安装：

1 管座的安装应能有效抵抗搅拌器振动对塔壁及其内防腐衬里层的破坏。

2 搅拌器管座标高及位置允许偏差均为 5mm；倾斜角度允许偏差按供货方的技术要求。

3 搅拌器与氧化空气管管口的相对位置按搅拌器供货方的技术要求。

4 接口应连接牢固，密封无泄漏。

7.9.7 梯子、平台和栏杆的安装：

1 位置允许偏差应不大于 10mm。

2 所有平台接口应平整，无突起，安装牢固平稳。

3 栏杆、扶手应无毛刺或尖锐棱角，焊接部位应打磨光滑，安装应牢固。

4 与吸收塔之间采用连续焊，焊缝应饱满。

5 平台、爬梯或支架同时与塔体和其他建构筑物刚性连接时，应考虑由温度变化引起的胀缩量补偿要求。

6 制作、安装与验收的其他要求按 GB 4053.1~GB 4053.3 的规定执行。

8 焊 接

8.1 焊接工艺评定

8.1.1 焊接施工前，施工单位应查询有无焊接工艺评定资料。如无评定资料或适用范围与该焊接工程不相符时，必须进行焊接工艺评定。

8.1.2 首次焊接的钢材，必须进行焊接工艺评定。

8.1.3 焊接工艺评定按 DL/T 868 的规定进行，同时应符合以下要求：

1 焊接工艺评定用的试件应采用对接接头试件及 T 形角焊接接头试件。对接焊接接头的试件应包括塔壁底圈壁板的立焊及横焊位置；T 形角焊接接头的试件，应由底圈壁板与底板边缘板组成的角焊接接头试件切取；T 形角焊接接头试件的制备和检验，应符合附录 A 的规定。

2 对接焊接接头的试件，应作拉伸和横向弯曲试验；当设计对母材冲击功有要求时，还应做冲击试验。

8.2 焊工考核

8.2.1 焊工应按照 DL/T 679 的规定参加焊工技术考核，取得焊工合格证书，并按照考试合格项目适用范围从事焊接工作。考核内容还应符合下列规定：

1 考试试板的接头型式、焊接方法、焊接位置及材质等应与施焊的吸收塔一致；

2 埋弧焊焊工除应进行埋弧焊平焊或横焊位置的考试外，还应进行手工电弧焊平焊位置的考试；

3 气电立焊焊工应通过立焊板状试板的考试；

4 试板必须进行外观检查、射线检测和冷弯试验；射线检测以不低于 JB 4730 规定的 II 级为合格。

8.2.2 按《锅炉压力容器焊工考试规则》考试合格并取得劳动部门颁发的相应钢材类别、组别和试件分类代号合格证的焊工可以从事吸收塔相应部位的焊接，不再考核。

8.3 焊接施工准备

8.3.1 焊接前，应根据焊接工艺评定报告等，编制焊接作业指导文件。

8.3.2 焊条、焊丝和焊剂应存放于干燥、通风良好、温度大于 5℃ 且相对空气湿度小于 60% 的库房内。

8.3.3 焊条和焊剂在使用前应按其说明书要求进行烘焙，重复烘焙不得超过两次。焊接重要部位的焊条，使用时应装入温度保持在 100℃~150℃ 的专用保温箱筒内，随用随取。

8.3.4 焊丝在使用前应清除锈、垢、油污。

8.3.5 气电立焊所使用的保护气体，水分质量含量应不超过 0.005%；使用前，应经预热和干燥。

8.3.6 焊接前应检查组装质量，清除坡口面及坡口两侧 20mm 范围内的泥沙、铁锈、水分和油污，并应充分干燥。焊件在组装前应将焊口表面及附近母材内、外壁的油、漆、垢、锈等清理干净，直至发出金属光泽。

8.4 焊接施工

8.4.1 定位焊及工卡具的焊接工艺应与正式焊接相同。引弧和熄弧都应在坡口内或焊道上。每段定位焊缝的长度不宜小于 50mm。

8.4.2 焊接中应保证焊道始端和终端的质量。始端应采用后退起弧法，必要时可采用引弧板。终端应将弧坑填满。多层焊的层间接头应错开，层间温度应符合焊接作业指导书的要求。

8.4.3 焊接过程中，焊工应检查焊接质量，及时消除焊道的表面

缺陷。

8.4.4 双面焊的对接接头在背面焊接前应清根。当采用碳弧气刨清根时，清根后应修整刨槽，磨除渗碳层。

8.4.5 在下列任何一种环境下焊接应采取有效的防护措施，否则不得进行焊接：

- 1 雨天或雪天。
- 2 手工焊时，风速超过 8m/s；气电立焊或气体保护焊时，风速超过 2.2m/s。
- 3 普通碳素结构钢焊接时环境温度低于-20℃。
- 4 焊接电弧 1m 范围内的大气相对湿度超过 90%。

8.4.6 普通碳素结构钢钢板厚度大于等于 20mm，焊接时需对钢材进行预热，而预热的温度，宜符合表 8.4.6 的规定。预热时应均匀加热。预热的范围不得小于焊缝中心线两侧各三倍板厚，且不小于 100mm。预热温度应采用测温笔或表面温度计在距焊缝中心线 50mm 处对称测量。焊前预热的焊缝，焊接层间温度应不低于预热温度。

表 8.4.6 钢材预热温度

钢 种	钢板厚度 mm	焊接环境气温 ℃	预热温度 ℃
普通碳素钢	$20 \leq \delta \leq 30$	-20~0	50~100
	$30 < \delta \leq 38$	-20~0	75~125

8.4.7 强度不同的钢材焊接时，宜选用与强度较低的钢材相匹配的焊接材料和采用与强度较高的钢材相应的焊接工艺。

8.4.8 衬里区域的所有焊缝除设计文件上另有规定外，应满足下列要求：

- 1 焊缝应是连续的，不得有间断，焊缝与母材之间应圆滑过渡。
- 2 采用玻璃鳞片树脂衬里时，焊缝余高应不大于 1.0mm；采用橡胶衬里时，焊缝余高应不大于 1.5mm。

3 角焊缝应打磨为凹形角焊缝。

4 所有锐利的边角以及陡然突起的外廓应打磨圆滑；圆角半径应满足设计文件和防腐施工的要求，一般情况下，板材厚度大于或等于 10mm 时，阳角圆角半径不小于 5mm，阴角圆角半径不小于 10mm。

5 对于在塔内形成空腔或局部小空间的结构，防腐施工难度大时，宜焊接封闭。

8.4.9 局部贴衬合金施工应满足以下要求：

1 基体表面应除油除锈，焊缝应打磨光滑；凹凸不平度不允许超过 1mm，棱角处应圆角过渡。

2 合金衬板应平整，不得有翘曲，与基体应紧密贴合，最大间隙不超过 1mm。

3 合金板的切割及坡口加工宜采用机械方法；当采用等离子切割时，应对切割区进行清理。

4 合金板组对前，应对接头两侧各 50 mm 范围内进行清理；油污宜用蒸汽脱脂，对不溶于脱脂剂的漆和其他杂物，可用氯甲烷、碱等清洗剂清洗，标记墨迹可用甲醇清除，干燥后方可焊接。

5 焊接应采用小线能量，保持电弧电压的稳定，并应采用短弧不摆动或小摆动的操作方法。

6 熔池为碳钢和合金钢材料混合的焊缝，不允许直接暴露在腐蚀环境中。

7 合金板接口及焊缝清理、打磨应采用专用工具，不得与其他钢材混用。

8.4.10 本标准中没有规定的内容，按 DL/T 869 的相关要求执行。

8.5 推荐的焊接顺序

8.5.1 推荐的底板焊接顺序

1 中幅板宜先焊短焊道，后焊长焊道；初层焊道宜采用分段退焊或跳焊法。

2 边缘板宜首先施焊靠外缘 300mm 部位；在底板与塔壁连接的角焊接接头焊完后，且在边缘板与中幅板之间的收缩缝施焊前，应完成剩余的边缘板对接焊；弓形边缘板的初层焊，宜采用焊工均匀分布，对称施焊方法；收缩缝接头的第一层焊接，宜采用分段退焊或跳焊法。

3 底板与塔壁连接的角焊接头，应在底圈塔壁板纵缝接头焊完后施焊，并由数对焊工从塔内、外沿同一方向进行分段焊接；初层的焊道，应采用分段退焊或跳焊法。

8.5.2 推荐的塔壁焊接顺序

1 塔壁的焊接，应先焊纵向接头，后焊环向接头；当焊完相邻两圈壁板的纵向接头后，再焊其间的环向接头；焊工应均匀分布，并沿同一方向施焊。

2 纵向接头采用气电立焊时，宜自下向上焊接；对接环向接头采用埋弧自动焊时，焊机应均匀分布，并沿同一方向施焊。

8.5.3 推荐的顶板焊接顺序

1 先焊内侧接头，后焊外侧接头。

2 径向的长焊道，宜采用间隔焊对称施焊方法，并由中心向外分段退焊。

3 焊接顶板与包边型钢时，焊工应对称均匀分布，并应沿同一方向分段退焊。

8.6 焊缝外观检查

8.6.1 所有焊缝应进行外观检查。必要时，应使用焊缝检验尺或 5 倍放大镜。外观检查前，应将熔渣、飞溅清理干净。

8.6.2 焊缝的表面质量，应符合下列规定：

1 焊缝的表面及热影响区，不得有裂纹、气孔、夹渣和弧坑等缺陷。

2 对接焊缝的咬边深度，不得大于 0.5mm；咬边的连续长度，不得大于 100mm；焊缝两侧咬边的总长度，不得超过该焊缝长度

的 10%。

3 防腐区域内焊缝的圆角应满足设计文件和防腐施工要求。

4 塔壁纵向对接焊缝不得有低于母材表面的凹陷；塔壁环向对接焊缝和吸收塔底板对接焊缝低于母材表面的凹陷深度，不得大于 0.5mm；凹陷的连续长度不得大于 10mm，凹陷的总长度不得大于该焊缝总长度的 10%。

8.7 焊缝无损探伤及严密性试验

8.7.1 一般规定：

8.7.1.1 焊缝无损检验应在焊缝打磨完成后进行。

8.7.1.2 从事吸收塔焊缝无损探伤的人员，必须具有国家相关部门颁发的与其工作相符合的资格证书。

8.7.1.3 局部抽检的焊缝，发现焊接质量不合格时，对同类的焊缝检测数量应加倍扩检，若扩检时仍有不合格焊缝，则要对同类焊缝全部检验并根据问题情况确定修补或报废。

8.7.2 底板焊缝按下列要求进行检验：

1 厚度大于或等于 10mm 的塔底板边缘板，每条对接焊缝的外端 300mm 范围内，应进行超声检测；厚度小于 10mm 的边缘板，每个焊工施焊的焊接接头，应至少抽查一条焊缝。

2 底板的 T 形焊缝根部焊道焊完后，在沿三个方向各 200mm 范围内，应进行磁粉检测，全部焊完后，再全部进行磁粉检测。

3 底板的所有焊缝采用真空箱法进行严密性试验，试验负压值不得低于 53kPa，无渗漏为合格。

8.7.3 壁板焊缝应进行下列检测：

1 底圈壁板当厚度小于等于 10mm 时，应从每条纵向焊缝中任取 300mm 进行射线检测；当厚度大于 10mm 且小于等于 25mm 时，应当从每条纵向焊缝中取两段 300mm 进行射线检测，其中一段应靠近底板。

2 其他各圈壁板纵向焊缝，每一焊工焊接的每种板厚，在最

初焊接的 3m 长焊缝的任意部位取 300mm 进行射线检测；以后不考虑焊工人数，对每种板厚在每 30m 长焊缝的任意部位取 300mm 进行射线检测，焊缝长度不足 30m 时按 30m 计。

3 环向对接焊缝，每种板厚（以较薄的板厚为准）在最初焊接的 3m 长焊缝的任意部位取 300mm 进行射线或超声检测；以后对于每种板厚，在每 60m 长焊缝的任意部位取 300mm 进行射线检测；上述检查均不考虑焊工人数。

4 厚度大于 25mm 的各圈壁板的纵向焊缝应全部进行射线检测或超声检测；厚度小于等于 10mm 的各圈壁板的 T 形焊缝 25% 进行射线检测或超声检测，且不少于 2 处；厚度大于 10mm 的各圈壁板的 T 形焊缝应全部进行射线检测或超声检测。

8.7.4 射线检测或超声波检测不合格时，应在该检测长度的两端延伸 300mm 作补充检测，但缺陷的部位距离底片端部或超声波检查端部 75mm 以上者可不再延伸。如延伸部位的检测结果仍不合格时，则该焊缝应 100% 检验。

8.7.5 当塔底边缘板的厚度大于等于 8mm，且底圈壁板的厚度大于等于 16mm 时，在底圈壁板与吸收塔底板的内外角焊缝焊完后，应对内角焊缝进行磁粉检测。

8.7.6 塔内承重梁的对接焊缝全部进行射线检测，当射线检测不能实现时，采用超声波检测。塔内承重梁与塔壁之间的角焊缝，全部进行磁粉检测。

8.7.7 塔体内部所有拆除工卡具的位置，待修补、打磨平滑后，应全部进行磁粉检测。

8.7.8 位于浆液池区的开孔补强板，当开孔直径大于 500mm 时，应对补强板进行严密性检测。由补强板信号孔通入 100kPa～500kPa 的压缩空气，无渗漏为合格。

8.7.9 无损检测的方法按 JB 4730 的规定进行，评判标准如下：

1 塔体对接焊缝的射线检测，III 级为合格，但厚度大于等于 25mm 时，II 级为合格。塔体对接焊缝的超声波检测，II 级为合

格。塔内承重梁对接焊缝的射线检测，Ⅱ级为合格，超声检测，Ⅰ级为合格。

2 磁粉检测按“表面检测”规定的缺陷等级评定，其中缺陷显示累积长度按Ⅲ级合格。

8.8 缺陷修补

8.8.1 塔体表面或受力结构件表面深度超过 0.5mm 的划伤、电弧擦伤、焊疤等有害缺陷，应打磨平滑。打磨修补后的钢板厚度，应不小于钢板名义厚度扣除负偏差值后的数值。缺陷深度或打磨深度超过 1mm 时，应进行补焊，并打磨平滑。

8.8.2 焊缝缺陷的修补，应符合下列规定：

1 焊缝表面缺陷超过本规范的规定时，应进行打磨或补焊。

2 焊缝内部的超标缺陷在焊接修补前，应探测缺陷的埋置深度，确定缺陷的清除面；清除的深度不宜大于板厚的 2/3；当采用碳弧气刨时，缺陷清除后应修磨刨槽。

3 返修后的焊缝，应按原规定的方法进行探伤，并应达到合格标准。

4 焊接的修补，必须严格按照焊接工艺进行，其修补的长度，至少超出缺陷两端各 10mm，且总长度不应小于 50mm。

5 同一部位的返修次数，不宜超过两次，当超过两次时，须经责任单位技术总负责人批准，并记录在检验报告中。

9 塔 体 验 收

9.1 一 般 规 定

- 9.1.1 检查所有与塔体焊接的附件，确认所有焊接施工已完毕，不得有遗漏。
- 9.1.2 检查所有塔体表面及焊接附件外观应无损伤和疤痕，冗余件应割除。
- 9.1.3 检查塔内防腐区域的阴阳角的圆角半径应满足本标准的规定。
- 9.1.4 塔体内表面应平整，凹坑应经补焊并打磨齐平；表面的瑕疵和腐蚀坑以及临时焊接产生的弧坑直径应不大于 2mm，深度不大于 0.5mm。

9.2 塔体几何形状和尺寸检查

- 9.2.1 塔壁总高度的允许偏差应不大于设计高度的 0.1%。
- 9.2.2 塔壁总直线度偏差不大于 20mm，任意 3000mm 高度范围内不得大于 3mm。
- 9.2.3 塔体安装垂直度允许偏差为塔体设计高度的 0.1%，且不大于 30mm。
- 9.2.4 其他几何形状及尺寸的检查要求按本标准第 7 章的相关要求检查。
- 9.2.5 钢平台、钢梯、栏杆的检验按 GB 4053.1~GB 4053.3 的规定。检查按钢平台总数抽查 30%，栏杆、钢梯按总长度各抽查 20%；但钢平台不应少于 2 个，栏杆不应少于 10m，钢梯不应少于 2 架。

9.3 充水试验

9.3.1 吸收塔组装焊接完毕后，宜在防腐施工之前进行充水试验。

9.3.2 充水试验前，所有与塔体焊接的附件应全部完工，所有焊缝检测及缺陷修补应完成。所有与严密性试验有关的焊缝，均不得涂刷油漆，经检查确认后再进行充水试验。

9.3.3 充水试验应采用淡水，水温应不低于 5℃。

9.3.4 充水试验中应加强基础沉降观测，如基础发生不允许的沉降，应停止充水，待处理后，再继续进行试验。

9.3.5 塔底的严密性，应以充水试验过程中塔底无渗漏为合格。若发现渗漏，应补焊后重新进行真空箱法试验并达到合格标准。

9.3.6 塔壁的强度及严密性试验，应以充水到设计最高液位并保持 48h 后，塔壁无渗漏、异常变形为合格。发现渗漏时，应放水使液面比渗漏处低 300mm 左右，再进行焊接修补。修补的焊缝应按本标准重新进行射线或超声检测，合格后继续进行试验。

9.3.7 基础的沉降观测，应符合下列规定：

1 在塔体下部每隔 10m 弧长，设一个观测点，点数宜为 4 的整数倍，且不得少于 4 点。

2 充水试验时，应按设计文件的要求对基础进行沉降观测。当设计无规定时，可快速充水到设计液位高度的 1/2，进行沉降观测，并应与充水前观测到的数据进行对照，计算出实际的不均匀沉降量。当未超过允许的不均匀沉降量时，可继续充水到设计最高液位的 3/4，进行观测。如仍未超过允许的不均匀沉降量，可继续充水到最高操作液位。分别在充水达最高液位后和保持 48h 后进行观测，如沉降量无明显变化，即可放水；当沉降量有明显变化时，则应保持最高操作液位，进行每天的定期观测，直至沉降稳定为止。

10 玻璃鳞片树脂防腐

10.1 一般要求

10.1.1 玻璃鳞片树脂防腐施工前，防腐施工单位应对塔体内部按 9.1 的要求进行检查确认。

10.1.2 玻璃鳞片树脂防腐施工前，防腐施工单位应清除塔内与防腐施工无关的物件。衬里施工开始后，不允许对防腐基体进行焊接、切割等动火作业。

10.1.3 防腐施工单位应编制详尽的防腐施工技术方案，内容至少包括施工安全措施、金属基体处理、施工料配制、衬里施工工艺、局部衬里加强措施、质量保证与检验、缺陷修复、材料储存及施工进度等。

10.1.4 防腐施工前，应对合金衬层、衬胶层以及其他易受损伤的表面进行保护。

10.1.5 施工方必须有应对雨雪、结露、高温、低温及空气湿度过大等天气突然变化的预案。

10.1.6 施工过程应有严格的防火、防爆和防中毒要求。

10.1.7 除本标准中规定的内容外，其他施工要求、质量评判标准和检验方法按 HB/T 2640 的规定。

10.2 基体处理

10.2.1 大面积基体处理宜采用喷射或抛射磨料的方法除锈和打磨粗糙度。

10.2.2 除锈前，应对基体表面的油污及较厚的锈层进行预处理，其方法如下：

- 1 基体表面附有较厚的氧化物、硅化物或有机物，可用火焰

灼烧然后用钢丝或刮刀除去。

2 基体表面附有酸、碱、盐等杂物，可用蒸汽或水冲刷除去，然后擦干。

3 金属表面附有油脂，可按 HG 20202 进行脱油、脱脂处理，或用碱液进行皂化处理。

10.2.3 施工作业时，应采取措施防止灰尘漫扬至作业区域之外。

10.2.4 施工环境相对湿度应小于 85%，基体表面温度应高于露点温度 3℃。

10.2.5 施工用的磨料应充分干燥，压缩空气应不含油分。

10.2.6 除锈等级至少应达到 GB/T 8923.2 的相关要求。

10.2.7 机械施工处理不到位的局部隐蔽区域，宜用手工工具处理，直至合格。

10.2.8 处理后的基体表面应彻底清扫干净。

10.2.9 基体处理的验收应重点检查接管内壁、塔壁开孔的边缘、棱角结构以及隐蔽部位。

10.2.10 基体处理检验合格后，必须按防腐技术要求及时刷涂底涂。

10.3 衬里施工

10.3.1 施工环境的要求：

1 施工环境温度环氧树脂在 10℃~30℃为宜，聚酯乙烯基酯树脂在 5℃~30℃为宜；施工基本表面温度应至少高于环境露点温度 3℃，环境相对湿度应小于 80%。

2 施工时塔内作业空间应保持良好的通风。

3 施工区域 10m 范围及其上下空间内严禁出现明火或火花。

10.3.2 一次配料应在料浆初凝前 10min 使用完毕，料浆初凝时间宜控制在 40min~50min。

10.3.3 重复使用的配料容器及施工工具，必须及时清理干净。

10.3.4 施工单位应在每道涂层充分硬化后进行中间检查并作记

录。中间检查至少包括外观和厚度检查，合格后再进入下道工序。外观检查以目视、指触方式确认无鼓泡、伤痕、流挂、凹凸不平、硬化不良等缺陷。

10.3.5 采用不同的材料或施工工艺时，应至少与施工过程同步制备一块试样，并做好标识。试样保存时间与防腐衬里的使用寿命相同。

10.3.6 在衬里施工过程中，至少每 2h 记录一次环境温度、基体表面温度、相对湿度和对应的露点温度，确认符合工艺要求后方可继续施工。

10.3.7 法兰密封面的衬里应平整光滑。

10.3.8 拐角、棱边、形状急剧变化处及受浆液冲刷处的衬里应采取加强措施，且衬里层应圆滑过渡。

10.4 衬 里 检 验

10.4.1 衬里表面应完好平整，无明显的凹凸、裂纹、波纹、鼓泡、流挂物、异物嵌入及机械损伤。

10.4.2 衬里表面 100% 进行电火花检测，检测电压和方法按双方约定，无具体约定时，按以下规定执行：

1 检测电压按每 1mm 衬里厚度 3000V~4000V 选取，总电压最高不超过 20 000V。

2 小面积、棱角、接缝及形状复杂部位，宜选用直型电极；检测面积较大且规则时，宜选用扇形电极。

3 被检测的衬里表面应清洁、干燥，探头的移动速度应不超过 500mm/s。

4 检测时，探头与衬里之间无火花出现且无报警，则认为衬里完好。

10.4.3 用专用诊锤敲击防腐表面，检测空鼓和衬里的密实度，无异常声音出现为合格。

10.4.4 底板的衬里每平方米至少用诊锤检测两处。

10.4.5 衬里总厚度允许偏差范围为-0.2mm~1.0mm。厚度检测每 2m²至少有一个测点。

10.4.6 对衬里采取局部加强措施的部位 100%进行检查,必要时在施工过程中跟踪即时检查。设计或施工技术要求中无具体要求时,要根据吸收塔运行情况,对浆液池底部、喷嘴雾化喷射影响区及浆液流速较大的管口附近区域重点检查,不能满足耐磨防冲刷要求的,需采取相应补救措施,并记入检查记录。

10.4.7 局部衬贴合金区域与碳钢防腐区的结合部应按设计要求进行检验,无相关要求时,碳钢的衬里应自然过渡到合金表面,过渡区宽度应不小于 50mm。

10.5 修 补

10.5.1 每层衬里施工完成后经检查厚度不足的,要及时补足厚度后再进入下道工序。

10.5.2 凸起、表面损伤、流挂等缺陷应打磨平滑,打磨后的厚度应不低于最低厚度要求。

10.5.3 漏电、鼓泡、空鼓剥离等缺陷区要清理到金属基体面,修补工艺严格按施工的相关技术要求执行。

10.5.4 所有修补处均应进行电火花检测、厚度检测和诊锤敲击检查。

10.5.5 脚手架支撑点或遮蔽处的防腐衬里修补与检查应与脚手架拆除同步实施。

11 橡胶衬里防腐

硫化橡胶衬板的技术要求、检验方法、检验规则按 GB 18241.4 的规定执行；与橡胶衬里相关的金属基体处理以及橡胶衬里施工与检验要求按 HGJ 32—1990 的规定执行。

12 塔内件安装

12.1 一般规定

- 12.1.1 塔内件安装前，应对塔内件覆盖处的衬里进行表面复查，确认无损伤破坏后方可安装。
- 12.1.2 安装过程中严禁动火，并应有完备的防火和灭火预案。
- 12.1.3 安装过程中应注意保护衬里，凡发生损坏的衬里，须详细记录并及时修补。
- 12.1.4 塔内件的连接宜采用可拆卸的活连接。所有固定的塔内件，应能承受烟气和浆液流体的冲击，抗振动，不允许有挪位、滑移、翻转趋势。
- 12.1.5 浆液泵入口管应采取措施避免异物进入。
- 12.1.6 所有内件安装时均应尽可能避免将来运行过程中的石膏堆积。
- 12.1.7 塔内件固定在防腐衬里面上时，两接触界面之间应垫软质缓冲垫。
- 12.1.8 所有塔内的紧固件或紧固结构应采取有效的防松措施。

12.2 喷淋层安装

12.2.1 浆液管安装

- 12.2.1.1 浆液管安装前，应核对质量检测报告，材料、制造工艺、规格、检验标准应符合双方的约定。
- 12.2.1.2 浆液管出厂前应对主管、支管及主要接头和法兰进行水压试验，试验压力按双方的约定，但不得小于设计压力的 1.25 倍。
- 12.2.1.3 浆液管为非金属管或已防腐的金属管时，不允许用钢质绳索直接吊运，应采用柔韧的非金属绳索。吊运时，不允许一端

触地拖动，并应轻吊轻放。

12.2.1.4 浆液管安装前应进行外观检查，满足以下要求：

- 1 接口应平整，无损伤或裂纹。
- 2 接管内外壁应完好无破损。
- 3 管道内无异物卡堵。
- 4 法兰面应光滑平整，不得有气泡或未黏结好的夹层，整个法兰面不得有挠曲。

12.2.1.5 浆液管不能直接安放在支座上，与支座之间应垫软垫片。

12.2.1.6 非金属管件之间在现场胶合黏结，应由制造单位的专业技术人员完成。

12.2.1.7 施工区域应保持良好的通风。

12.2.1.8 玻璃钢管件现场胶合黏结时，应防潮防水，环境温度一般不宜低于 5℃。环境温度大于等于 5℃时，可采取自然固化；当环境温度低于 5℃时，应采用调整原料配比或加热保温的方法促进固化。加热保温时，严禁使用明火。其他类型材料的浆液管现场胶合连接，应严格按照相关技术要求。

12.2.1.9 安装后浆液管轴线的位置允许偏差为 5mm。

12.2.1.10 除本标准的规定外，其余安装和验收要求按设计文件和制造单位提供的技术文件执行。

12.2.2 浆液雾化喷嘴安装

12.2.2.1 喷嘴安装前应进行外观检查，表面应无裂纹、豁口、疤痕等缺陷。

12.2.2.2 喷嘴与浆液管之间用法兰连接时，法兰面应垫软垫片。喷嘴与浆液管之间采用黏结连接时，应严格按相关黏结材料的施工工艺要求进行。

12.2.2.3 喷嘴的固定应牢靠，紧固件应拧紧。安装完毕后，所有紧固件应至少检查一遍。

12.2.2.4 喷嘴安装完毕后，应检查内部，确保无异物存留。

12.2.2.5 喷嘴安装完毕后，应按照图纸核对安装位置和方向，并

根据喷嘴的雾化角度检查喷射液是否对其周围结构件造成冲刷。对于可能造成冲刷的喷嘴应编号标识，由防腐施工单位依据此标识核查衬里是否已做好防腐耐磨的加强处理，并将所有检查结果和评判结论记录下来，作为验收文件的一部分。

12.3 除雾器安装

- 12.3.1 安装前，应检查除雾器覆盖区域的衬里有无破损。
- 12.3.2 安装过程中应注意保护衬里，如有破损，应详细记录并及时修补。
- 12.3.3 除雾器与支梁或支座之间应垫软垫片，除雾器放置在垫片上固定。
- 12.3.4 除雾器及其附属组件的固定应牢靠，在烟气或冲洗水的冲击下不允许发生移动或振动。
- 12.3.5 除雾器的布置应能防止烟气不经过除雾器发生短路逃逸，并能有效防止积水积垢。
- 12.3.6 除雾器组件应便于装拆，相应的人孔或检修孔应能容纳最大尺寸的组件自由进出，各级除雾器前后均应留有足够的检修空间。
- 12.3.7 冲洗水喷嘴的布置应确保所有除雾器表面均在冲洗范围内，在脱硫装置投运前应进行试喷检查确认。
- 12.3.8 除本标准的规定外，其他安装与验收要求按设计文件和制造单位提供的技术文件的相关内容执行。

12.4 搅拌系统安装

- 12.4.1 搅拌系统的安装应严格按照设计文件和制造单位的技术要求进行。
- 12.4.2 氧化空气管在塔内的固定应牢靠，应能够抵抗压缩空气和浆液旋流的冲击和激振作用。
- 12.4.3 搅拌器安装完毕后，应检查搅拌器转轴的安装方位和倾角以及氧化空气管和搅拌器的相对位置是否与技术要求一致。

13 油漆与保温

13.1 油漆之前应清除表面油污、杂质和锈斑，除锈等级应达到 GB/T 8923.2 中 S 的相关要求。

13.2 油漆应均匀密实，表面没有皱纹、龟裂、流挂等缺陷。

13.3 油漆品种及漆膜厚度应符合设计要求，当设计无要求时，应符合以下规定：

1 保温层覆盖的表面，宜涂刷 2 度防锈漆，干膜厚度为 $60\mu\text{m}\sim 80\mu\text{m}$ ；漆膜损坏处，用相同的漆进行修补，修补后的厚度为 $60\mu\text{m}\sim 80\mu\text{m}$ 。

2 裸露在大气中的塔壁、加强筋及接管表面，宜刷涂两度环氧底漆，再刷涂两度醇酸磁漆或环氧磁漆；平台、扶梯宜先刷涂两度云母氧化铁酚醛底漆，再刷涂两度云母氧化铁面漆；油漆干膜的总厚度不小于 $200\mu\text{m}$ 。

3 高温部位应刷涂耐高温的油漆。

13.4 设计文件要求对吸收塔保温时，按设计要求选取保温材料和施工。

13.5 保温材料的固定件应在塔体防腐施工开始前焊接完毕。

13.6 保温油漆的其他要求按 DL/T 5072 执行。

14 验收记录

14.1 吸收塔施工过程中及施工完毕后，总承包单位应会同建设单位（或受其委托的监理单位）和施工单位进行中间和最终检查、验收。

14.2 吸收塔施工及验收完毕后，施工单位或验收方至少应提供（但不限于）以下报告，有关本规范要求的施工记录及中间检查记录施工单位应整理保存，以备查询。

- 1 吸收塔基础检测报告。
- 2 吸收塔几何尺寸检测报告。
- 3 焊缝射线检测报告。
- 4 焊缝超声波检测报告。
- 5 焊缝磁粉检测报告。
- 6 强度和严密性试验报告。
- 7 基础沉降观测记录。
- 8 防腐衬里检测报告。
- 9 内件安装验收报告。
- 10 吸收塔交工验收证明书。

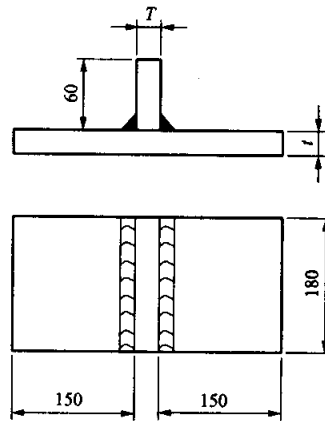
14.3 验收记录或报告的内容和表格形式参见附录 B。

附录 A
(规范性附录)

T形接头角焊缝试件制备和检验

A.1 本附录适用于验证吸收塔壁板与塔底边缘板之间角焊缝的焊接工艺能否满足使用性能要求，确保吸收塔长期安全运行。

A.2 试板应采用与吸收塔底圈壁板及塔底边缘板同材质、同厚度的钢板制成，其形状及尺寸见图 A.1。



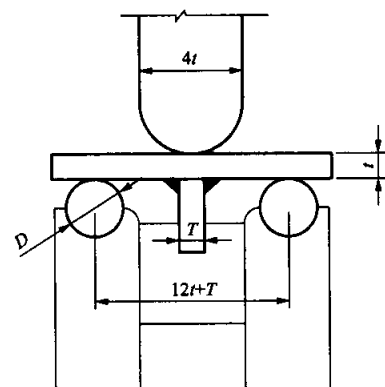
T —底圈罐壁板厚度； t —罐底边缘板厚度

图 A.1 T形接头角焊缝试板的形状和尺寸

A.3 试板的焊接工艺及焊脚应与吸收塔相同。角焊缝焊完一侧，应自然冷却至室温后，再焊接另一侧。

A.4 应采用机械方法由试板上切取试件。试件宽度应为 32mm，试件数量应为 2 件。

A.5 弯曲试验应在万能试验机上进行，弯模尺寸应按图 A.2 制备。



注：当 $t=6\text{mm}$ 时， $D=25\text{mm}$ ；
 当 $t=12\text{mm}$ 时， $D=50\text{mm}$ ；
 当 $t=19\text{mm}$ 时， $D=75\text{mm}$ ；
 当 $t=22\text{mm}$ 时， $D=85\text{mm}$ 。

图 A.2 弯曲试验的弯模尺寸

A.6 试件的板厚 T 应夹紧于导向十字头。缓慢加载，当载荷下降时应停止加载，观察有无裂纹产生。当出现裂纹时，应记录开始产生裂纹的变形角度 α 。当无裂纹时，应继续加载，直至变形角度 α 达到 60° （图 A.3）。

变形角度 α 应不小于 15° 。当不符合要求时，应调整焊接工艺或焊缝形状重新评定。

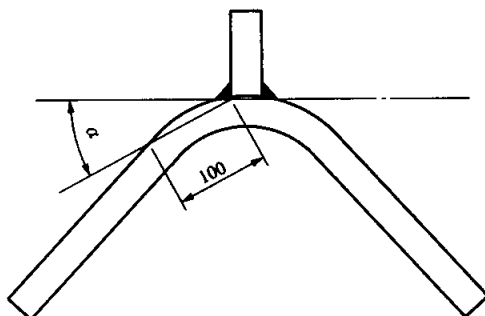


图 A.3 试件变形角度 α 的测量

附录 B
(资料性附录)
交工验收表格

B.1 吸收塔交工验收证明书见表 B.1。

表 B.1 吸收塔交工验收证明书

工程名称		工程编号	
KKS 编号		结构型式	
设计单位		施工单位	
开工日期		竣工日期	
工程质量评定：			
交工验收意见：			
建设单位	监理单位	总承包单位	施工单位
项目负责人：	项目负责人：	项目负责人：	项目负责人：
(公章) 年 月 日	(公章) 年 月 日	(公章) 年 月 日	(公章) 年 月 日

B.2 吸收塔焊缝射线检测报告表见表 B.2。

表 B.2 吸收塔焊缝射线检测报告

工程名称				报告日期		
工程编号				吸收塔 KKS 编号		
塔体材质				壁厚		
评判标准				管电流	曝光时间	
焦 距		管电压		象质计型号	胶片型号	
胶片尺寸		有效长度		增感方式	冲洗方式	
探伤长度: m 射线照相共 张, 其中纵缝: 张, 环缝: 张, 其他部位: 张。 I 级片 张, 占总片数 %; II 级片 张, 占总片数 %; III 级片 张, 占总片数 %。 (附探伤位置图)						
审核:				检验		
年 月 日				年 月 日		

B.3 焊缝射线检测记录见表 B.3。

表 B.3 焊缝射线检测记录

工程名称		吸收塔 KKS 编号		评片日期		
工程编号		吸收塔材质		评判标准		
底片号	检测部位	焊工号	底片		检测结果	评定级别
			灵敏度	黑度		
审核：		评片：		检测：		
年 月 日		年 月 日		年 月 日		

B.5 焊缝磁粉检测报告见表 B.5。

表 B.5 焊缝磁粉检测报告

工程名称		吸收塔 KKS 编号		报告日期	
工程编号		吸收塔材质		板厚	
评判标准				激磁方式	
仪器型号				灵敏度	
磁粉和 磁液配制				充水试验	前 后
探伤长度: m; 评定级别: 检测部位:					
审核:			检测:		
年 月 日			年 月 日		

B.6 吸收塔塔体几何尺寸检查记录见表 B.6。

表 B.6 吸收塔塔体几何尺寸检查记录

工程名称				吸收塔 KKS 编号			
吸收塔直径 mm				塔壁高度 m		结构形式	
检查项目		合格标准	检查点数	最大偏差	合格点数	合格率 %	
塔壁几何尺寸	高度偏差						
	局部凹凸变形	水平方向					
		垂直方向					
	垂直偏差						
	底圈半径偏差						
底板局部凹凸变形							
顶板局部凹凸变形							
其他记录							
说明：							
总承包单位		监理单位		施工单位			
现场代表		现场代表		质检员： 技术负责人：			
年 月 日		年 月 日		年 月 日			

B.7 吸收塔强度及严密性试验报告见表 B.7。

表 B.7 吸收塔强度及严密性试验报告

吸收塔 KKS 编号			吸收塔直径	
吸收塔材质			吸收塔结构形式	
试验项目		试验结果		日期
塔底	真空箱法			年 月 日
	充水试验			年 月 日
塔壁	充水试验			年 月 日
说明:				
总承包单位		监理单位		施工单位
现场代表		现场代表		质检员: 技术负责人:
年 月 日		年 月 日		年 月 日

B.9 吸收塔基础检查记录见表 B.9。

表 B.9 吸收塔基础检查记录

吸收塔 KKS 编号		日期	
吸收塔直径		吸收塔结构形式	
基础中心标高偏差 mm		基础中心坐标偏差 mm	
表面外观质量			
表面高低不平度			
环梁弧长表面高低不平度			
无环梁时塔壁底部基础面的不平度			
地脚螺栓孔位置偏差			
漏浆显示			
其他检测项目:			
评定结果及说明:			
总承包单位	监理单位	土建施工单位	吸收塔施工单位
现场代表	现场代表	现场代表	现场代表
年 月 日	年 月 日	年 月 日	年 月 日

B.11 吸收塔喷淋层安装工程质量检验评定表见表 B.11。

表 B.11 吸收塔喷淋层安装工程质量检验评定表

工程名称	吸收塔 KKS 编号		性质	主要		
工序	检验指标	性质	质量标准		质量检验记录	单项 评定
			合格	优良		
管及 管道 附件 检查	管外径、壁厚	一般				
	管外壁质量	一般				
	管内部清洁	主要				
安装	支吊架配制	一般				
	管线走向	一般				
	支座（架）布置	主要				
	喷嘴布置	一般				
	喷嘴法兰连接	一般				
	接口黏结	主要				
	管道固定及膨胀补偿情况					
评定结果及说明（应说明喷嘴是否对塔内件造成冲刷）：						
总承包单位		监理单位		安装单位		
现场代表		现场代表		现场代表		
年 月 日		年 月 日		年 月 日		

B.12 吸收塔除雾器安装工程质量检验评定表见表 B.12。

表 B.12 吸收塔除雾器安装工程质量检验评定表

工程名称		吸收塔 KKS 编号			性质		主要 单项 评定
工序	检验指标	性质	单位	质量标准		实际检测结果	
				合格	优良		
冲洗水 管道 检查	管外径	一般					
	管壁厚	一般					
	管内部清洁	主要					
	喷嘴安装	主要					
冲洗水 管支吊 架安装	支吊架配制	一般					
	管线固定情况	一般					
	支架布置	一般					
除雾器 安装	固定情况	主要	mm				
	表面平整度	主要					
	定位塞卡安装	一般					
	烟气有无短路逃逸	主要					
评定结果及说明:							
总承包单位		监理单位			安装单位		
现场代表		现场代表			现场代表		
年 月 日		年 月 日			年 月 日		

B.13 吸收塔内部装置承重梁安装工程质量检验评定表见表B.13。

表 B.13 吸收塔内部装置承重梁安装工程质量检验评定表

工程名称		吸收塔 KKS 编号		性质		主要 单项 评定	
工 序	检验指标	性质	单位	质量标准			实际检测结果
				合格	优良		
1	喷淋管承重梁标高偏差	主要	mm				
2	喷淋管承重梁的位置中心 线偏差按线性计量偏差	一般	mm				
3	喷淋管承重梁平面度误差	一般	mm				
4	喷淋管承重梁在支撑板内 与塔壁预留间隙	主要	mm				
5	各层喷淋管承重梁间垂直 距离偏差	主要	mm				
6	各层喷淋管承重梁间水平 距离偏差	主要	mm				
7	喷淋管道支座位置偏差	一般	mm				
8	喷淋管道支座标高偏差	一般	mm				
9	除雾器承重梁标高偏差	一般	mm				
10	除雾器承重梁安装水平距 离偏差	一般	mm				
11	除雾器承重梁平面度误差	一般	mm				
12	除雾器挡板与承重梁标高 偏差	一般	mm				
13	除雾器挡板水平度偏差	一般	mm				
评定结果及说明:							
总承包单位		监理单位		安装单位			
现场代表 年 月 日		现场代表 年 月 日		现场代表 年 月 日			

B.14 吸收塔玻璃鳞片防腐验收表见表 B.14。

表 B.14 吸收塔玻璃鳞片防腐验收表

工程名称			吸收塔 KKS 编号	
防腐面积			施工时间	
施工、验收标准和规范				
序号	验收项目	内 容	检验记录和结果	
1	材料检查			
2	外观			
3	厚度			
4	电火花			
5	敲击			
6	局部增强			
评定结果及说明:				
总承包单位		监理单位		施工单位
现场代表		现场代表		现场代表
年 月 日		年 月 日		年 月 日

B.15 吸收塔工程质量报验单见表 B.15。

表 B.15 吸收塔工程质量报验单

表号		编号	
工程名称		合同编号	
报验内容： <p style="text-align: right;">承包商（章） 负责人： 年 月 日</p>			
项目监理部查验意见： <p style="text-align: right;">监理工程师： 年 月 日</p>			
说明：本表一式三份，由承包商填写，经监理部门查验后，连同附件交项目法人、项目监理部、承包商各存一份。单项工程竣工报验时，也可用本表。			

火电厂烟气脱硫 吸收塔施工及验收规程

条 文 说 明

目 次

1 范围	64
2 规范性引用文件	65
4 总则	66
5 材料和成品件验收	67
5.1 金属材料验收	67
5.2 焊接材料验收	67
5.3 非金属衬里材料验收	67
5.4 成品附件验收	67
6 预制	68
6.1 一般规定	68
6.2 底板预制	69
6.3 壁板预制	69
6.4 顶板预制	69
6.5 构件预制	70
6.6 预组装	70
7 组装	71
7.1 一般规定	71
7.2 基础验收	71
7.3 基础划线	72
7.4 底板组装	72
7.5 壁板组装	73
7.7 顶板组装	73
7.8 烟气进出口组装	73
7.9 塔体焊接附件组装	74

8	焊接	75
8.1	焊接工艺评定	75
8.2	焊工考核	75
8.3	焊接施工准备	75
8.4	焊接施工	76
8.5	推荐的焊接顺序	76
8.6	焊缝外观检查	76
8.7	焊缝无损探伤及严密性试验	76
8.8	缺陷修补	77
9	塔体验收	78
9.1	一般规定	78
9.2	塔体几何形状和尺寸检查	78
9.3	充水试验	78
10	玻璃鳞片树脂防腐	80
10.1	一般要求	80
10.2	基体处理	80
10.3	衬里施工	81
10.4	衬里检验	81
10.5	修补	82
11	橡胶衬里防腐	83
12	塔内件安装	84
12.1	一般规定	84
12.2	喷淋层安装	84
12.3	除雾器安装	85
12.4	搅拌系统安装	85
13	油漆与保温	86
14	验收记录	87

1 范 围

湿法烟气脱硫工艺是火电厂烟气脱硫的主流工艺，目前占到了脱硫市场份额的85%以上。吸收塔基本上是以普通碳素结构钢为主体结构材料，以玻璃鳞片树脂为主体防腐材料，局部采用橡胶防腐衬里或贴衬合金，采用整体内衬合金的吸收塔在国内尚未见报道，整体采用橡胶衬里的吸收塔数量也很少。因此，本标准的适用范围如此界定，其他相近类型的塔可参照执行。

2 规范性引用文件

脱硫吸收塔兼具常压容器（或储罐）和衬里钢壳设备的特征，这两类设备的施工与验收均已有比较成熟的国家或行业标准，因此，在编写过程中，对于已被相关行业认可和接受的标准内容，本标准尽量借鉴、引用。在引用顺序上，优先引用国家标准，其次是电力行业标准，然后是其他行业标准。

4 总 则

4.2 需额外指出的是，玻璃鳞片树脂具有挥发性，易燃易爆；橡胶衬里、玻璃钢管、除雾器等非金属材料均为易燃材料，因此对施工有严格的防火、防爆方面的安全要求。另外，验收过程应同时按照 DL 5009.1 的相关要求严格执行。

5 材料和成品件验收

5.1 金属材料验收

钢材一般都有相应的国家标准，材料供方应为材料质量负完全责任，作为施工单位不应承担过多的钢板质量检查。故本标准只要求在现场对材料标准、合格证书、标识、材料外观等进行检查或确认。只有对材料质量有争议时，才要求按相关要求进行检查。

5.2 焊接材料验收

对焊条、焊丝、焊剂及保护气体等的选用及验收作了详细的规定。镍基合金是烟气脱硫中常用的耐腐蚀合金材料，基本上依赖进口，国内还没有相关的标准，且材料出口国的要求也不完全相同，本标准中很难给出统一的规定，故仍按目前的习惯做法，按材料出口国的相关标准检查验收。

5.3 非金属衬里材料验收

对于防腐材料，不同的供应商拥有不同的配料技术和施工工艺，且大多不公开，进行深层次的质量验收比较困难。为了规范防腐材料的质量要求，本标准要求玻璃鳞片树脂和橡胶衬里材料不低于现行的行业标准要求即可。

5.4 成品附件验收

成品件自身的内在质量不包含在本标准的验收范围内，在施工现场只检查外包装，确认运输过程没有损坏。安装前再核对其技术参数，确保符合设计文件的要求。

6 预 制

6.1 一 般 规 定

6.1.2 一般电厂火电机组的外观都比较鲜亮整洁，因此，脱硫塔作为脱硫装置的最核心设备，在外观上必然要与火电机组相协调。然而，大部分脱硫塔都是不设保温层的，而是在塔壳外壁喷防锈漆，一旦防锈漆损坏或脱落，金属基本极易锈蚀，影响外观。然而，吸收塔安装完成后，在喷漆前要进行比较彻底的基体处理是比较困难的。因此，本条要求在预制前进行表面喷砂处理，一方面可减少塔内防腐施工时基体处理的工作量，另一方面为塔外喷漆创造条件。

6.1.4 预制施工有时在现场进行，工作条件较差，在低温环境下对钢材进行冷加工容易出现裂纹。因此，参照 GB 50205《钢结构工程施工质量验收规范》制定了冷加工的最低环境温度。

6.1.5 采用火焰割坡口时，容易在坡口表面形成硬化层，为保证焊接质量，应去除硬化层。

6.1.6 吸收塔内部要做防腐衬里，要求内壁尽可能平整，因此要求焊接接头型式采用对接接头，不能采用搭接。

6.1.10 衬里施工时要对基体进行处理，因此，油漆与编号书写应尽量避免需做衬里的表面。

6.1.11 预制板尺寸一般较大，刚性较小，在保管、运输及现场堆放时，容易发生扭曲变形和曲率的变化，增加安装施工难度，因此要采取防变形措施。高合金板与其他钢板在一起，表面易发生损伤，而且会加速其他钢板腐蚀，高合金板的表面缺陷容易成为合金钢耐腐蚀的薄弱点，因此要求保持其表面的光洁。

6.1.12 规定了预制件完成后应提供的技术资料，以便于现场施工和验收。

6.2 底板预制

6.2.2 底板预制板的尺寸一般按设计排版的要求，但为了方便施工，设计者往往允许施工单位根据具体条件适当变动，所以此条对边缘板和中幅板的最小尺寸进行了限制，以免尺寸过小，造成焊接量过大，施工质量不易保证。

6.2.6 理论研究和实际应用表明，塔底弓形边缘板的对接焊缝附近是最易发生破坏的部位，因此，本条要求对该焊缝附近部位进行无损检测，以消除缺陷的存在。

6.3 壁板预制

6.3.1 限制焊接接头之间的距离，可以使相邻焊缝热影响区尽量避免叠加，有利于提高焊接质量；限制壁板最小尺寸是为了减少焊接和组装的工作量，从而保证质量，方便施工。

6.3.2 塔体由许多壁板组装焊接而成，只有对预制壁板的尺寸偏差加以限制，才能保证整个塔体的施工质量。

6.3.3 滚板时，钢板两端易残留小段直边，会造成较大的安装偏差，因此需严格控制。

6.3.4 实践证明，壁板预制完毕后，水平方向用弧形样板检查，间隙不大于 3mm 并不困难，但垂直方向上的间隙如果要求小于 2mm，有时多次滚板都难以达到。

6.4 顶板预制

6.4.4 顶板一般厚度较小，且多为扇形弧板，有时并不进行成形加工，为了减小预制难度，本条要求用弧形样板检查，间隙不得大于 3mm，要求适中。

6.5 构件预制

6.5.3 脱硫吸收塔一般不进行保温，塔外壁上的构件容易造成积水，特别是塔顶，最易积水。因此，应考虑排水孔的布置。

6.5.5 塔内承重梁承载着塔内附件，且一旦安装完毕后，不易检查。如果承重梁发生腐蚀穿孔，很难发现，直至发生内件坍塌。如果梁的结构设计得当，当腐蚀穿孔后梁内的浆液能够从梁端的检漏孔流出，可以马上发现，及时采取措施，避免重大事故。

6.6 预组装

6.6.2 预组装不是要求对整个塔体进行预组装，只要求对底板、每圈壁板和顶板分别进行预组装。预组装的目的是预先检查各组件在组装时是否有大的偏差。

7 组 装

7.1 一 般 规 定

7.1.4 塔内的防腐施工要求塔壁尽量光滑，因此，塔体拼装时的对口错边量的检测以内壁为准。

7.1.5 根据现场实际情况，拆除组装用的工卡具时，经常损伤基材而又不加以处理。在复杂应力情况下，损伤区易扩展形成裂纹，影响塔体安全。另外，如果在防腐区域，还会严重影响防腐的施工质量。

7.2 基 础 验 收

7.2.1 基础质量的好坏直接影响到吸收塔的安装质量，虽然基础施工不包含在本标准内，但本标准对基础施工后的表面质量提出了要求。

7.2.2、7.2.4 基础表面要求尽可能平整，主要是为了减小底板的局部变形。由于防腐材料玻璃鳞片树脂比较脆，因此底板发生变形易导致防腐层产生裂纹。

7.2.5、7.2.6 塔壁与底板之间的大角焊缝是吸收塔容易发生应力破坏的区域，对塔壁之下的基础表面凹凸程度提出较高要求，有利于大角焊缝区应力的均匀分布，提高了吸收塔的安全性。

7.2.8 吸收塔底板的防腐层发生破坏，塔内浆液会渗漏至基础和底板之间。但从目前吸收塔底板与基础的连接结构看，底板发生泄漏后，浆液被封闭在基础内，在短时间内很难发现，直至浆液将底板大面积腐蚀，最后流到基础之外才会发现。在做充水试验时，如果不设置泄漏显示结构，即使底板发生泄漏也难以发现。因此，建议在吸收塔基础内设漏液显示结构。

7.3 基础划线

7.3.1、7.3.2 划出中心线和圆周等分线有利于后续工序中组装以及检验的定位。

7.3.3 划出垫板或型钢支撑件的中心线，有利于底板组装时准确定位。

7.4 底板组装

吸收塔底板组装时，目前习惯上要求在底板下表面刷涂防腐涂料如沥青漆，而焊缝两侧 50mm 内不刷，以免焊接时烧坏。底板下表面的腐蚀首先发生在焊缝附近。焊缝附近不刷防腐涂料，而在其他部位刷，实际保护效果不佳。因此，本标准对底板下表面刷涂防腐涂料不作要求。

7.4.1 底板与垫板贴紧，可以保证焊接后底板与基础之间的间隙尽量小，减小翘曲变形的发生，既减小了变形引起的内应力，又可以防止底板变形过大导致衬里出现裂纹。这是因为衬里通常为玻璃鳞片树脂，其固化后呈脆性。

7.4.2 当采用带垫板的对接接头时，若对接接头的间隙过小，则不易焊透；间隙过大时，又不易控制焊接后的变形。

对于焊条电弧焊，接头间隙应保证焊条能以适当角度伸入间隙进行根部焊道的焊接。

对于埋弧自动焊，对接接头的间隙参照 GB 985.1—2008 的规定。

7.4.3 底板焊接时，如果焊接工艺和焊接顺序不当，会发生明显的焊接变形，严重时会导致焊缝开裂或底板扭曲，有的甚至拉脱底板锚固件。另外，底板过大的变形不但妨碍内防腐施工，且易导致防腐层开裂。

7.4.4 不等厚处打磨过渡坡，有利于内防腐施工。

7.4.5 底板与基础一般是封闭的，如果在安装时底板与基础间进

水，不但影响焊接质量，还会造成底板腐蚀，甚至造成底板鼓包。

7.5 壁板组装

7.5.1 壁板在运输、堆放过程中，容易发生变形。因此，组装前应进行必要的复验，以利于保证组装质量。

7.5.2 正装施工的底圈壁板和倒装施工的顶圈壁板均为塔壁组装的基准，它们的组装质量直接影响其他壁板的组装质量，因此应有同等要求。各项要求的指标是参照 GB 50128 的相关条款制定的。

7.5.4 壁板焊条电弧焊的坡口型式和组装间隙是参照 GB 985.1—2008 制定的。环缝的埋弧横焊和纵缝的气体保护焊的坡口型式和组装间隙是参照 GB 50128 的相关条款制定的。

7.5.5 壁板的组装错边量直接影响焊接质量和焊后的角变形，对内防腐的施工也有影响，因此，本标准作了较严的要求。

7.5.6、7.5.7 由于吸收塔属于薄壁钢壳体，且塔内附件重量大，塔壁易发生屈曲变形，同时，塔壁发生过大变形将导致内防腐层的开裂。因此，严格限制焊缝的角变形和塔壁的局部变形是必要的。本条的要求高于 GB 50128 的相关要求。

7.7 顶板组装

7.7.6 塔顶板通常为小坡度的锥顶。加强筋相互交叉，易形成积水区，因此，应考虑采取避免积水的措施。如不采取有组织的排水方式，塔顶的积水从塔壁四周自然流下，在塔壁上形成杂乱的水痕，影响外观，有时还会流落到塔四周的设备内，带来安全问题。

7.8 烟气进出口组装

7.8.7 烟气进出口法兰通常与柔性的烟道补偿器的法兰连接，法兰面需做防腐衬里，并有对水和烟气的密封要求。因此对法兰面的平整度与表面质量提出要求。

7.9 塔体焊接附件组装

7.9.1、7.9.2 承重梁通常为矩形截面，尺寸大时多为板材焊接而成。为了保证防腐衬层的施工质量及便于梁上组件的定位与固定，对承重梁的位置偏差与表面质量作了规定。

7.9.3.4 细长接管内部衬里施工比较困难，质量难以保证，检验也不方便。

7.9.5 防腐衬里易燃、不耐高温，因此，在衬里施工开始后，塔体不应再动火施工。在实际施工中，由于工期紧、设备到货不及时、施工工序有交叉以及不同施工单位之间的协调不一致，焊接工作往往不能及时完成。因此，建议将滞后焊接的组件，应预先焊好与塔体连接部分。

7.9.6 1 脱硫装置运行中经常出现搅拌器振动过大的情况，对机械密封、塔壁强度及内防腐层构成威胁。因此，要求管座与塔壁的连接刚性要大，能有效抵抗振动的不良影响。

7.9.6 2 3 搅拌器属于外购标准件，目前搅拌器的安装参数和要求均由设备供方提出，其中包括搅拌器与氧化空气管的相对位置。因此，本标准不作另外要求。

7.9.7 5 目前吸收塔的高度一般在 30m~40m 之间，在脱硫和不脱硫时，最大温差有时可达 50℃以上，有一定的热胀冷缩量。考虑到塔体平台通常与周边的建构物相连，如果刚性连接，易造成胀缩不协调，连接处发生破坏。

8 焊 接

8.1 焊接工艺评定

8.1.3 焊接工艺评定应满足 DL/T 868 的规定，但是该标准没有涉及烟气脱硫塔的内容，而脱硫塔最重要的焊缝在底圈壁板与底板边缘板之间的 T 型角焊接头区，该区焊缝受力复杂，应力集中，是最易发生应力破坏的区域，因此本标准在遵守 DL/T 868 的同时，对该焊缝的工艺评定提出了特别要求，并对该接头的制备和检验在附录 A 中专门作了规定。

8.2 焊工考核

8.2.1 焊工考核与电力行业的相关标准的规定一致，本条中附加的 4 条规定是专门针对脱硫吸收塔焊接制定的。焊工考核与 DL/T 679 的规定保持一致。但吸收塔又有其特殊性，因此，本标准又强调了考试试板的接头型式、焊接方法、焊接位置及材质均应适用于吸收塔的焊接，对埋弧焊焊工及气体保护焊焊工，也提出了要求。

8.3 焊接施工准备

8.3.2、8.3.3 焊接材料受潮后直接使用，水分在电弧的作用下会分解为氧和氢，严重降低焊缝质量。因此，焊条在使用前应按产品说明书进行烘干后使用。

8.3.5 控制水分含量的目的同 8.3.2，水分质量含量不应超过 0.005% 的指标参照 GB 50128。

8.3.6 焊接前清除坡口面及其两侧的污物是很重要的，否则直接影响焊缝质量，甚至诱发裂纹，特别是板厚较厚时。

8.4 焊接施工

8.4.4 背面清根的目的是获得完全熔透的焊缝。用碳弧气刨清根时，应用砂轮清理刨槽并磨除渗碳层，以提高焊缝质量。

8.4.5 禁焊的风速指标和相对湿度指标是引用 GB 50236 的数据；焊接环境气温指标与 GB 50128 的要求相同。

8.4.6 在现场施工中，经常发生焊接变形过大的问题，因此本标准参考了 JB/T 4735 的要求，对超过一定厚度的板材焊接提出了预热要求。如果焊接工艺评定结果与此条不同，可按焊接工艺评定的结果执行。

8.4.9 吸收塔的内衬合金多为镍基合金，由于镍及镍基合金表面存在难熔的氧化膜，如氧化镍，它的熔点为 2090℃，而镍的熔点只有 1446℃，如果焊前不采用适当的方法除去表面氧化膜，焊接时易使它成为焊缝的夹杂物，甚至影响焊接正常进行。另外，工件表面沾染的物质（油脂、油漆）也会带入熔池一些有害元素如 Pb、P、S 等，以致产生裂纹，所以焊前必须彻底清理干净。

通常合金衬板厚度较薄，在与碳钢焊接时，熔池内混有碳钢成分，使焊缝区的合金成分达不到要求，因此，不能暴露在腐蚀环境中。目前，施工中通常在该类焊缝表面再贴附小条的合金衬板。

8.5 推荐的焊接顺序

按顺序焊接的目的是降低焊接热应力，减小焊后变形。

8.6 焊缝外观检查

8.6.2 本条的焊缝外观质量参照了 GB 50236 中对接接头焊缝的表面质量标准 III 级的要求，同时考虑了吸收塔本身的特殊性。

8.7 焊缝无损探伤及严密性试验

8.7.2 底板焊缝检验参照 GB 50236 中储罐罐底焊缝的检验要

求。真空箱法的负压值不低于 53kPa 是引自日本的储罐标准，也是国内储罐焊缝检验时普遍采用的负压值。

8.7.3 塔壁板的对接焊缝的检验，与 JB/T 4735 的相关要求基本相当。

8.7.5 借鉴储罐的应用经验，塔壁底圈壁板和塔底边缘板的 T 形接头的塔内角焊缝的起裂点最易发生的部位应该是塔底边缘板一侧的焊趾部位。因此，本条对该焊缝提出了较严的检验要求。

8.7.6 塔内承重梁通常由板材拼焊制造，部分选用型钢对焊而成。由于其承载塔内附件的重量，负荷大，且不易发现，发生破坏后造成的危害大，因此，对塔内承重梁的焊接检验提出了高要求。

8.7.9 无损检测的方法和评判标准与国内现行的钢制焊接压力容器及立式圆筒形钢制焊接储罐的要求相一致，也是国内相关行业普遍被认可和执行的标准。

8.8 缺陷修补

本节条款只适用于制造、运输和施工过程中产生的各种缺陷，如果钢材在轧制过程中出现质量问题，应按相应的钢材技术条件或产品标准加以处理。

9 塔 体 验 收

9.1 一 般 规 定

由于塔体的防腐衬里施工对钢结构制造部分有特殊的要求，因此，该节主要是针对钢结构施工部分是否满足防腐施工的前提要求而制定的，以使后续的防腐施工具备条件。

9.2 塔体几何形状和尺寸检查

本节中的允许偏差指标要求略严于 GB 50236 的相关要求。主要是考虑到脱硫塔本体受力较普通储罐复杂，烟道进出口开孔范围大，运行工况复杂，且内部需要做防腐衬里，不但要求脱硫塔强度上不发生破坏，而且刚性要求也比较高。

9.3 充 水 试 验

9.3.1、9.3.2 充水试验的时间，应安排在防腐施工之前且焊接施工及验收全部完成后，以便于试验中发现问题及解决问题。有的单位为了赶工期，有时在防腐施工完成后再进行充水试验。由于防腐层的隔绝，充水试验不能检验整个塔体钢壳的严密性，且试验中一旦发生问题，不易返修。因此，充水试验的时间应选择在防腐施工之前。

9.3.5 据调查，目前大部分的吸收塔底板都是焊接在底部型钢框架上的，底板与基础面之间为完全封闭区域，没有设泄漏显示装置，在充水试验时即使底板发生泄漏，泄漏液也很难流到基础之外被发现，因此，建议在设计时参照储罐基础的做法，设置泄漏管，否则，底板的严密性只能完全靠真空箱法来保证，充水试验时无法检测。将来底板发生腐蚀穿孔，也很难及时发现。

9.3.7 基础的沉降观测究竟是由吸收塔安装单位还是由基础施工单位来承担，目前还没有统一的做法。如果设计图纸中没有注明，建议由双方共同完成。观测点的设置和沉降观测方法引自 GB 50236 中储罐充水试验的做法。

10 玻璃鳞片树脂防腐

10.1 一般要求

10.1.1、10.1.2 防腐衬里施工前，要求所有的钢结构件的焊接必须完成，基体表面的几何形状也要满足衬里要求。由于钢结构施工和防腐施工通常为两家不同的单位，因此应在两道工序的节点上进行检查。

10.1.3 衬里施工的具体工艺目前还不统一，不同的施工单位对原料选择、施工料配制、局部处理、质量保证等方面不尽相同，因此，该条要求施工方在施工前应提供完整的技术方案并经总承包方确认，作为对施工进行监督或检验的依据之一。

10.1.5 特殊天气会严重影响衬里的施工质量，因此必须有预防和应对的措施。

10.1.7 目前已有 HG/T 2640 和 HG/T 3797，但不是针对脱硫塔制定的，完全按照其执行，操作起来不方便。本标准中的规定内容主要是针对脱硫吸收塔而制定的基本内容，其余未规定部分，按以上两标准执行或按供需双方的约定。

10.2 基体处理

10.2.2 基体表面的处理非常重要，处理不好，会严重影响衬里的附着力，造成空鼓或脱落。

10.2.4 防腐衬里施工对湿度要求较高，如果湿度大，水分被封闭在衬里层内，不但影响附着力，而且当工作在热烟气中时，水分蒸发为气体，体积急剧膨胀，会造成衬里穿孔或起鼓脱落。

10.2.6 除锈和表面粗糙度要求都是为了提高衬里在基体表面的附着力。

10.2.7 从现场施工质量检查结果来看，基体处理时，塔内局部的隐蔽部位经常被遗漏或处理不到位。这些部位往往是首先发生防腐失效的地方，因此，局部的手工处理是必要的。

10.2.9 边角、小直径管内壁及其他隐蔽部位均不易进行基体处理，施工难度大，且几何形状突变，防腐质量难以保证，一直是防腐施工的薄弱环节，因此，要加强质量控制，做到100%检查。

10.3 衬里施工

10.3.1 玻璃鳞片树脂具有挥发性、易燃性和毒性，因此，塔内作业空间应保持有良好的通风，且严禁出现明火或火花。

10.3.2 料浆易凝固，因此对一次配料的使用时间作了限制。

10.3.4 衬里是多层分步施工的，因此在每层施工后应及时检验，以保证施工质量。

10.3.5 做试样是为了能够对防腐衬里施工质量进行详细的性能检验。由于衬里质量受工人素质、环境因素的影响比较大，因此应做试样以备检查。

10.3.6 环境因素易发生变化，因此需不断监测。

10.3.7 衬里多为手工施工，表面质量不佳，由于法兰面是密封面，因此对法兰面防腐后的表面质量要求高。

10.3.8 拐角、棱边、形状急剧变化处及受浆液冲刷处是衬里最易发生破坏的部位，因此应采取加强措施。

10.4 衬里检验

10.4.7 不同材料的衬里接合部应作特殊处理并重点检查，设计图纸应有详细技术要求，质量责任归属应明确。现场经常碰到的是合金钢与玻璃鳞片衬里的接合部，偶尔也有耐酸砖衬里与玻璃鳞片衬里的接合部。由于两种不同衬里材料通常由不同单位施工，接合部经常沦为“两不管”区域，从而成为抗腐蚀薄弱区。

10.5 修 补

10.5.4 修补处的质量往往不易完全保证，因此所有修补处应加强质量控制。

10.5.5 脚手架支撑点或遮蔽处的防腐修补容易被遗漏，且由于脚手架拆除后，不具备复检条件，因此应作为防腐衬里质量检验的重要控制点。

11 橡胶衬里防腐

橡胶防腐衬里技术在化工领域已比较成熟，应用时间长，相关规范也很完整，因此本标准不再做其他要求，只列出了须遵照的相关规范名称。

12 塔内件安装

塔内件是指除雾器、喷淋系统、氧化空气系统等活连接的内件，是在防腐衬里施工完成后才进行安装的。

12.1 一般规定

12.1.1、12.1.3 塔内件吊装定位过程中，有可能会碰损衬里层，且一旦安装后，损坏的衬里又不易发现，而且内件安装与衬里施工不是同一单位，因此应强调对防腐衬里的保护与复查。凡发生损坏的衬里，都须详细记录，适时修补。

12.1.2 内件多为非金属件，具有易燃性，对施工过程有防火要求。

12.1.4 塔内件受到烟气和浆液的冲击，易发生振动挪位、翻转等，严重者会造成松动、断裂或坠落，如时有发生氧化空气管断裂、除雾器坠落、冲洗水管振动、喷嘴掉落等，严重影响吸收塔的安全运行。因此，内件固定的情况应作为一个专项内容检查。

12.2 喷淋层安装

12.2.1.6 喷淋管一般为玻璃钢材料，现场胶合黏结专业性比较强，因此本标准规定应由制造单位的专业技术人员完成，不能由安装单位完成。

12.2.2 浆液雾化喷嘴安装

12.2.2.1 喷嘴材料多为碳化硅或三氧化二铝等材料，质脆，易损坏，因此，安装前应进行严格的外观检查。

12.2.2.2 喷嘴材质硬度大，多以法兰形式与管件相连，法兰之间垫软垫片，可以防止因夹紧力不均导致法兰断裂，同时起密封作用。

12.2.2.3 喷嘴受浆液冲击力比较大，运行过程中经常发生喷嘴掉

落的情况，因此，对喷嘴的紧固情况应作检查。

12.2.2.5 全国已发生多起因喷嘴冲刷造成塔壁或支梁腐蚀穿孔的问题，其主要原因有三种：首先是设计者对喷嘴的布置不合理，其次是施工时没有严格按设计安装，第三是受喷嘴冲刷部位的防腐层没有作耐磨增强处理。本条的目的是保证施工的正确性，同时对设计和防腐的正确性进一步核查。

12.3 除雾器安装

12.3.1、12.3.2 除雾器的安装过程有可能会损坏防腐层，因此应注意保护衬里，并及时检查和处理。

12.3.4 运行过程中发生过除雾器掉落的问题，因此本条强调固定应牢靠，在烟气或冲洗水的冲击下不允许发生移动。

12.3.7 除雾器最易发生的问题是石膏结垢造成的堵塞，其原因有三方面，一是工艺参数控制不当造成，二是除雾器本身结构设计的问题，三是冲洗不及时或不到位。在本标准中，应对喷嘴的安装进行检查，保证所有除雾器表面均能得到有效冲洗，在封塔前应进行试喷检查确认。

12.3.8 除雾器属非标产品，其自身的结构与制造均由供货方完成，因此，其安装与验收的其他方面的要求按供货方提供的资料。

12.4 搅拌系统安装

12.4.1 目前，搅拌系统本身完全由供货方设计和制造，包括搅拌系统的布置与安装方位也由供货方提出，因此在没有相关标准发布实施前，应严格按照制造单位的要求进行。

12.4.2 氧化空气管伸入塔内较长，长期受旋转的浆液的冲击，易造成断裂，因此应对其固定情况进行检查。

12.4.3 搅拌器的安装方位和倾角以及氧化空气管和搅拌器的相对位置均是有严格要求的，应符合设计文件或制造单位提供的技术文件的要求。

13 油漆与保温

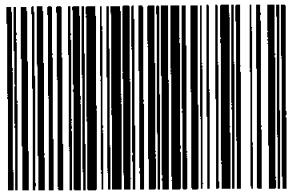
油漆与保温属常规施工,本节基本上参照了 DL/T 5072 的规定。

14 验收记录

14.1 吸收塔的验收不是一次完成的，应针对不同施工阶段确定验收节点，有许多验收内容只能在施工过程中完成。

14.2 列出的资料仅是竣工提交的基本内容，实施时可根据实际情况适当增删。

14.3 附录 B 中所列表格属资料性的，如业主方或监理单位另有规定，可按其指定的形式提交。



155083.2294

销售分类建议：规程规范/
电力工程/火力发电

DL/T 5418—2009

中华人民共和国电力行业标准

火电厂烟气脱硫

吸收塔施工及验收规程

DL/T 5418—2009

*

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路6号 100044 <http://www.cepp.com.cn>)

北京博图彩色印刷有限公司印刷

*

2009年12月第一版 2009年12月北京第一次印刷

850毫米×1168毫米 32开本 2.875印张 72千字

印数0001—3000册

*

统一书号 155083·2294 定价 **13.00** 元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签，加热后中心图案消失

本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究