

备案号: J2401—2017

中华人民共和国化工行业标准



HG/T 20275—2017

---

# 化工设备工程施工及验收规范

Code for construction and acceptance of chemical equipment  
installation engineering

2017-07-07 发布

2018-01-01 实施

---

中华人民共和国工业和信息化部 发布

中华人民共和国化工行业标准

# 化工设备工程施工及验收规范

**Code for construction and acceptance of chemical equipment  
installation engineering**

HG/T 20275—2017

主编单位：中国化学工程集团公司

中国化学工程第七建设有限公司

全国化工施工标准化管理中心站

批准部门：中华人民共和国工业和信息化部

实施日期：2018 年 1 月 1 日

# 中华人民共和国工业和信息化部

# 公 告

2017 年 第 32 号

工业和信息化部批准《塑料经编遮阳网》等 238 项行业标准（标准编号、名称、主要内容及实施日期见附件），其中轻工行业标准 49 项、化工行业标准 30 项、石化行业标准 44 项、冶金行业标准 57 项、有色金属行业标准 34 项、稀土行业标准 10 项、黄金行业标准 6 项、航空行业标准 1 项、建材行业标准 2 项、汽车行业标准 2 项、通信行业标准 3 项；批准《家用和类似用途电器的溶出物限值和试验方法》1 项轻工行业标准修改单，现予公布。行业标准修改单自发布之日起实施。

附件：8 项化工行业工程建设标准编号、标准名称和实施日期

中华人民共和国工业和信息化部

二〇一七年七月七日

附件：

8 项化工行业工程建设标准编号、标准名称和实施日期

序号	标准编号	标准名称	被代替标准编号	实施日期
70	HG/T 20222—2017	铝及铝合金焊接技术规程	HGJ 222—1992	2018-01-01
71	HG/T 20223—2017	铜及铜合金焊接及钎焊技术规程	HGJ 223—1992	2018-01-01
72	HG/T 20203—2017	化工机器安装工程施工及验收规范（通用规定）	HG 20203—2000	2018-01-01
73	HG/T 20275—2017	化工设备工程施工及验收规范		2018-01-01
74	HG/T 20691—2017	高压喷射注浆施工技术规范	HG/T 20691—2006	2018-01-01
75	HG/T 20709—2017	复合桩基础设计规范		2018-01-01
76	HG/T 20710—2017	刚度可控式桩筏基础设计规范		2018-01-01
77	HG/T 20638—2017	化工装置自控工程设计文件深度规范	HG/T 20638—1998	2018-01-01



# 前 言

本标准是根据工业和信息化部（工信厅科〔2009〕104号文）《关于印发2009年第一批工业行业标准制修订计划的通知》，由中国石油和化工勘察设计协会组织中国化学工程集团公司、中国化学工程第七建设有限公司、全国化工施工标准化管理中心站等单位制定。

本标准编制组经调查研究，总结实践经验，同时参考了有关国际标准和国外先进标准，并广泛征求意见，最后制定了本标准。

本标准共分7章和5个附录，主要技术内容包括总则、术语、设备安装通用规定、设备内件安装与清洗封闭、设备现场组装、压力试验、工程验收等。

本标准由中国石油和化工勘察设计协会提出并归口。

本标准由中国化学工程第七建设有限公司负责具体技术内容的解释。在执行过程中如有意见或建议，请与中国化学工程第七建设有限公司联系（地址：四川省成都市龙泉驿区龙都南路537号，邮编：610100，电话：028-68897777）。

本标准主编单位、参编单位、主要起草人和主要审查人：

**主 编 单 位：**中国化学工程集团公司

中国化学工程第七建设有限公司

全国化工施工标准化管理中心站

**参 编 单 位：**中国化学工程第十一建设有限公司

陕西化建工程有限责任公司

**主要起草人：**汪寿建 黄俊斌 彭安明 王 伟 孙 逊 关 维 张西民

徐志强 李丽红 李胜奇 廖良斌 代 云

**主要审查人：**胡富申 程 志 张光伟 李 宁 张杰民 李文蔚

廖翼翔 高玉欣 王丽霞



# 目 次

1	总则	(1)
2	术语	(2)
3	设备安装通用规定	(3)
3.1	施工准备	(3)
3.2	基础验收及处理	(3)
3.3	开箱、验收和保管	(4)
3.4	找正与找平	(5)
3.5	地脚螺栓与垫铁	(6)
3.6	二次灌浆	(9)
3.7	设备安装的其他要求	(9)
3.8	附属构件和附件	(11)
4	设备内件安装与清洗封闭	(12)
4.1	一般规定	(12)
4.2	塔盘安装	(12)
4.3	其他内件安装	(19)
4.4	填料充填和填料压板的安装	(21)
4.5	设备的清洗	(21)
4.6	设备封闭	(22)
5	设备现场组装	(23)
5.1	一般规定	(23)
5.2	到货检验	(23)
5.3	坡口检查和加工	(26)
5.4	组对	(26)
5.5	焊接	(29)
5.6	预热和热处理	(30)
5.7	焊接检验	(30)
5.8	现场返修工程	(34)
6	压力试验	(35)
6.1	一般规定	(35)
6.2	试验压力	(36)
6.3	耐压试验	(37)

6.4 气密试验 .....	( 38 )
7 工程验收 .....	( 39 )
附录 A 垫铁规格 .....	( 40 )
附录 B 混凝土配方 .....	( 41 )
附录 C 混凝土在不同温度下强度增长率表 .....	( 43 )
附录 D 常用早强剂掺量限值表 .....	( 44 )
附录 E 酸洗钝化液配方 .....	( 45 )
本标准用词说明 .....	( 47 )
引用标准目录 .....	( 48 )
附：条文说明 .....	( 49 )

# Contents

1	General provisions .....	(1)
2	Terms .....	(2)
3	General purpose requirement for equipment installation .....	(3)
3.1	Construction preparation .....	(3)
3.2	Acceptance and treatment for foundation .....	(3)
3.3	Unpack, acceptance, keeping .....	(4)
3.4	Aligning and leveling .....	(5)
3.5	Ground bolt and pad .....	(6)
3.6	Secondary grouting .....	(9)
3.7	Other requirement of equipment installation .....	(9)
3.8	Attached component parts, accessories .....	(11)
4	Installation, washing and sealing for equipment internals .....	(12)
4.1	General requirement .....	(12)
4.2	Installation and acceptance for tower tray .....	(12)
4.3	Installation of other internals .....	(19)
4.4	Fill up of filling, installation of hold-down plate .....	(21)
4.5	Washing of equipment .....	(21)
4.6	Sealing of equipment .....	(22)
5	Site assembling .....	(23)
5.1	General requirement .....	(23)
5.2	Examination for arrival goods .....	(23)
5.3	Inspection and processing for grooves .....	(26)
5.4	Assembling .....	(26)
5.5	Welding .....	(29)
5.6	Preheating and heating treatment .....	(30)
5.7	Welding examination .....	(30)
5.8	Site repairing project .....	(34)
6	Pressure test .....	(35)
6.1	General requirement .....	(35)
6.2	Testing pressure .....	(36)
6.3	Testing of pressure resistance .....	(37)

6.4 Testing method of airtight .....	(38)
7 Project acceptance .....	(39)
Appendix A pad specification .....	(40)
Appendix B Concrete mix ratio .....	(41)
Appendix C Increasing rate table of concrete strength under the different temperature .....	(43)
Appendix D Limiting table for additive amount of early-strength admixture in common use .....	(44)
Appendix E Recipe for acid pickling passivation solution .....	(45)
Explanation of wording in this code .....	(47)
List of quoted standards .....	(48)
 Addition:Explanation of provisions .....	 (49)

# 1 总 则

- 1.0.1 为提高化工设备安装工程施工技术和管理水平,确保工程质量,制定本标准。
- 1.0.2 本标准适用于下列常压、中低压、高压化工设备安装的施工及验收:
  - 1 化工装置的换热、分离、反应和储存设备的安装;
  - 2 设计温度高于-40℃的钢制焊接设备的现场组装;
  - 3 衬里设备、金属设备和非金属设备的现场拼装;
  - 4 设计压力低于 0.1MPa 的设备和真空设备的安装。
- 1.0.3 本标准不适用于下列化工设备的安装:
  - 1 用直接火焰加热的设备;
  - 2 经常搬运的设备;
  - 3 受辐射作用的设备;
  - 4 球形储罐的现场组装和常压储罐的现场制作。
- 1.0.4 化工设备工程的施工及验收除应符合本标准要求外,尚应符合国家现行有关标准的规定。



## 2 术 语

### 2.0.1

**找正 alignment test**

按本标准或设计文件规定调整设备方位和标高。

### 2.0.2

**找平 level horizontal type equipment or adjust vertical type equipment's verticality**

按本标准或设计文件规定调整卧式设备的水平度或调整立式设备的垂直度。

### 2.0.3

**组装 assembling**

主要采用焊接形式连接分段设备的装配方法。

### 2.0.4

**拼装 fitting-up**

由主法兰连接的分段设备现场装配方式。

### 2.0.5

**返修 repairing**

对现场施工过程中产生缺陷进行的处理工作。

### 2.0.6

**现场返修工程 site repairing works**

到场设备因制造或包装运输产生缺陷，由制造厂家或业主委托进行的现场返修。



### 3 设备安装通用规定

#### 3.1 施 工 准 备

- 3.1.1 施工单位应建立质量管理体系，并具有健全的质量管理制度。
- 3.1.2 设计图纸及相关技术文件应齐全，施工图纸已会审。
- 3.1.3 施工方案应已批准，技术及安全交底已完成。
- 3.1.4 施工环境、道路、水、电、气、通信应符合施工要求。
- 3.1.5 安装时所使用的计量器具或检测仪器应在检定或校准的有效期内。

#### 3.2 基础验收及处理

- 3.2.1 基础交接验收应符合下列规定：
  - 1 基础施工单位应提交测量记录和其他施工技术资料。
  - 2 基础表面或建筑（构筑）物上应有标高基准线和纵横中心线标记。
  - 3 设计文件规定作沉降观测的设备基础应有沉降观测水准点，并提交原始检测数据。
- 3.2.2 设备安装基础应符合下列规定：
  - 1 基础外观不得有裂纹、蜂窝、空洞和露筋缺陷。
  - 2 设备基础的允许偏差应符合表 3.2.2 的规定。
  - 3 基础混凝土强度应符合设计文件规定。周围土方应回填和夯实，表面应平整，地脚螺栓的螺纹部分应无损坏和锈蚀。
  - 4 高塔设备基础施工时，设备地脚螺栓与定位模板的组装应检查合格并定位后，再进行基础浇注施工；模板中心线与基准线的允许偏差应为 $\pm 5\text{mm}$ 。

表 3.2.2 设备基础的允许偏差

单位：mm

序号	偏 差 名 称		允许偏差	备 注
1	基础坐标位置（纵、横轴线）		20	
2	基础各不同平面的标高		0 -20	
3	基础上平面外形尺寸		$\pm 20$	
	凸台上平面外形尺寸		-20 0	
	凹穴尺寸		0 +20	
4	基础上平面的水平度	全长	5	
		每米	10	
5	竖向偏差	全长	5	
		每米	20	

表 3.2.2 (续)

序号	偏差名称		允许偏差	备注
6	预埋地脚螺栓	标高(顶端)	0 +10	
		中心距(在根部和顶部两处测量)	±2	
7	预留地脚螺栓孔	中心位置	10	
		深度	0 +20	
		孔壁垂直度	10mm/m	
8	预埋活动地脚螺栓锚板标高	标高	0 +20	
		中心位置	5	
		水平度(带槽的锚板)	5	
		水平度(带螺纹孔的锚板)	2	
9	预埋铁件	标高	-5 0	
		中心位置	5	
		水平度	2	
10	基础沉降观测点			观察

### 3.2.3 基础表面处理应符合下列规定：

- 1 基础表面应清洁、干净，不得有油污或疏松层。
- 2 预留地脚螺栓孔内的杂物应清除干净。
- 3 放置垫铁处和周边 50mm 范围内应铲平，铲平部位水平度偏差不应大于 2mm/m，其他部位应铲出麻面。

### 3.2.4 重型设备的垫铁应采用座浆法施工，并符合下列规定：

- 1 施工前应将设备基础冲洗干净，并清除积水。
- 2 选用比设备基础强度高一级的砂浆配比。
- 3 垫铁顶面水平度的允许偏差应小于 2mm/m，顶面标高与设备底面实际安装标高应相符，允许偏差应为±2mm。
- 4 应将垫铁四周的砂浆抹成 45°光坡后再进行养护，当砂浆强度达到设计强度的 75%以上时，方可安装设备。

### 3.2.5 除重型设备和塔类设备外，可采用压浆法安装垫铁；小型设备可采用无垫铁安装。

### 3.2.6 有特殊要求的基础，应按设计文件规定执行。

## 3.3 开箱、验收和保管

### 3.3.1 设备开箱应在建设单位或总承包单位、监理单位、安装单位和制造厂家共同参加下，按装箱单和设计文件，检查与清点下列项目，并填写设备《开箱检验记录》：

- 1 箱号、箱数和包装情况；
- 2 设备名称、类别、型号和规格；

- 3 设备外形尺寸和管口方位；
  - 4 设备内件及附件的规格、尺寸和数量；
  - 5 表面损坏、变形和锈蚀状况；
  - 6 产品质量证明文件、安装说明书和随机技术文件。
- 3.3.2 压力容器设备应核查下列资料：
- 1 竣工图纸；
  - 2 压力容器产品合格证、产品质量证明文件、产品铭牌的拓印件或复印件；
  - 3 特种设备制造监督检验证书；
  - 4 有热处理要求的应提供设备的热处理状态和禁焊说明。
- 3.3.3 对高压设备的主要部件应逐一进行检查，并应符合下列规定：
- 1 开盖检查，不得有伤痕、锈蚀和变形。
  - 2 设备的主要几何尺寸、机械加工质量和管口方位尺寸应符合设备装配图纸的要求。
  - 3 设备密封面、密封垫的型式和尺寸应符合设计图纸要求，密封面应光洁无污，无机械损伤、径向刻痕和锈蚀缺陷。
  - 4 设备衬里表面没有凸起、开裂或其他损坏现象。
  - 5 设备的紧固螺栓、螺母加工尺寸应准确、表面光洁，并无裂纹、毛刺和凹陷缺陷。
- 3.3.4 设备的存放、保管应符合下列规定：
- 1 存放地点应平整清洁，无积水和腐蚀性气体。
  - 2 有色金属设备、衬里设备、搪瓷设备不得与钢制设备混合堆放。
  - 3 衬胶设备不得阳光直接照射。
  - 4 对于有充填保护气体的设备应定期检查气体压力，不得有气体泄漏现象。
  - 5 对于已充填填料的设备应按随机技术文件要求运输和存储，设备不得倾倒。
  - 6 设备法兰应采用盲板封堵。
  - 7 高压法兰、柔性或易碎材料的法兰面应装保护盲板，不得损坏法兰密封面。
  - 8 重型设备的摆放位置和方位应满足吊装运输要求。
  - 9 易损易失零部件应按类别、规格存放在库房内。

### 3.4 找正与找平

- 3.4.1 设备安装基准线的标识应符合下列规定：
- 1 应按设计图纸画定安装基准线及定位基准标记；对相互间有关联或衔接的设备应按要求确定共同的基准。
  - 2 设备的方位标记、重心标记不符合安装要求时，应重新标识。
  - 3 有内件装配要求设备内壁的基准圆周线应与设备轴线相垂直。
- 3.4.2 设备找正与找平时，调整和测量的基准应符合下列规定：
- 1 设备裙式支座、耳式支座、支架的底面标高应以基础上的标高基准线为基准。



- 2 设备的中心线位置应以基础上的中心划线为基准。
  - 3 立式设备的方位应以基础上距离设备最近的中心划线为基准。
  - 4 立式设备的铅垂度应以设备两端部的测点为基准。
  - 5 卧式设备的水平度应以设备的中心划线为基准。
- 3.4.3 设备找正与找平的补充测点宜在下列部位选择：
- 1 主法兰口；
  - 2 水平或铅垂的轮廓面；
  - 3 设计文件或随机技术文件指定的基准面或加工面。
- 3.4.4 设备的找正与找平应符合下列规定：
- 1 找正与找平应在同一平面内互成直角的两个或两个以上的方向进行。
  - 2 高度超过 10m 的立式设备，其铅垂度的调整和测量工作不宜在一侧受阳光照射及风力大于 4 级的条件下进行。
  - 3 设备找平应采用垫铁或其他专用调整件进行调整。
- 3.4.5 设备安装的允许偏差应符合表 3.4.5 的规定。

表 3.4.5 设备安装的允许偏差

单位：mm

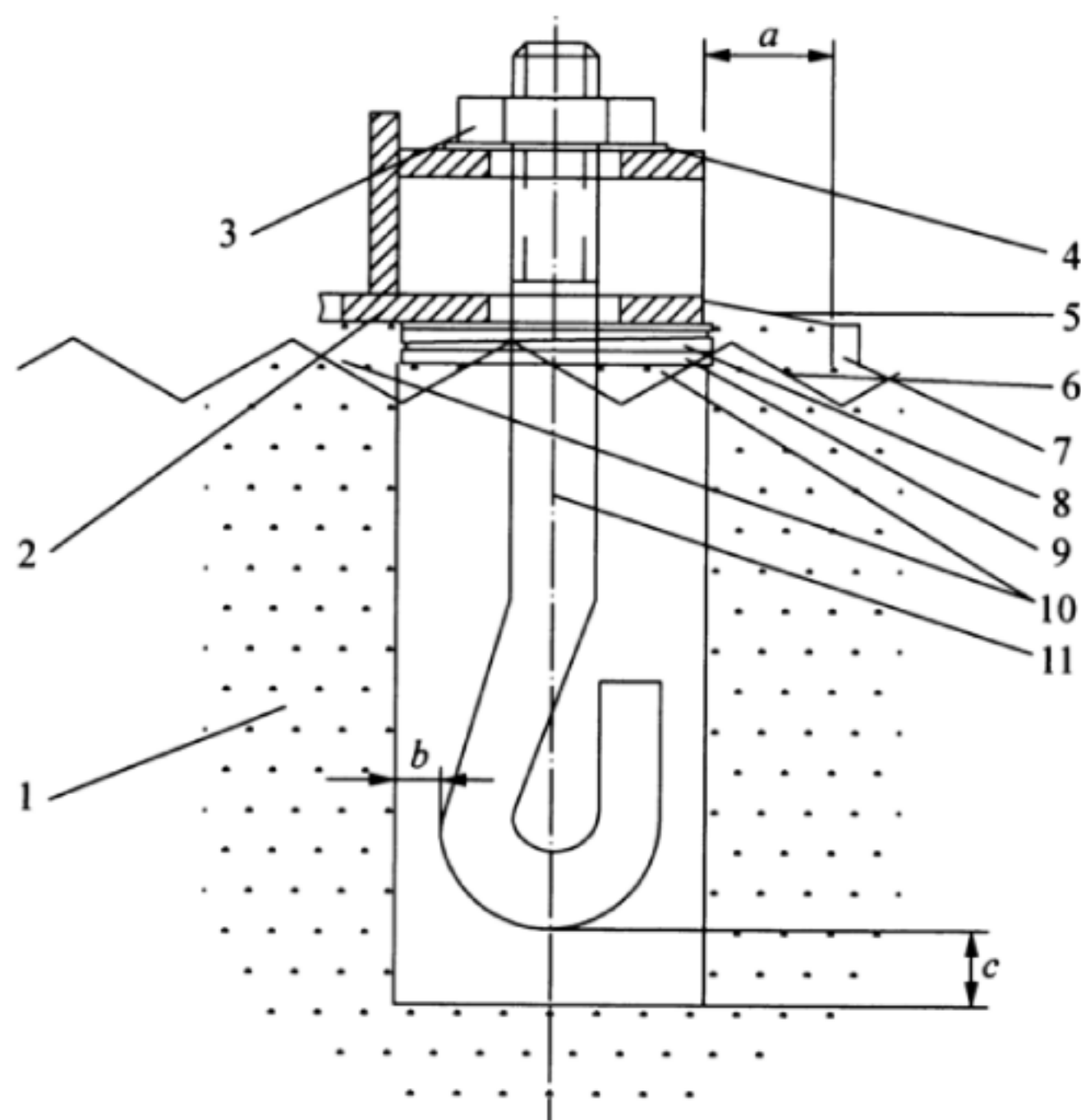
检 查 项 目	允 许 偏 差			
	一 般 设 备		与机械设备衔接的设备	
	立 式	卧 式	立 式	卧 式
中心线位置	$D \leq 2000$ 为 5 $D > 2000$ 为 10	5	3	3
标高	$\pm 5$	$\pm 5$	$\pm 3$	$\pm 3$
水平度	—	轴向为 $L/1000$ ，径向为 $2D/1000$	—	轴向为 $0.6L/1000$ ，径 向为 $D/1000$
铅垂度	$h/1000$ 且不得超过 30	—	$h/1000$	—
方位	沿底座环圆周测量， $D \leq 2000$ 为 10 $D > 2000$ 为 15	—	沿底座环 圆周测量为 5	—
注 1：石墨设备、与衬胶管道相连的设备安装允许偏差应按与机械设备衔接的设备的規定执行。 注 2： $D$ ——设备外径； $L$ ——卧式设备两支座间距离； $h$ ——立式设备两端部测点。 注 3：设备长度、高度等不包括裙式支座、耳式支座、支架等。				

3.4.6 当设计文件对坡度无规定时，水平度宜低向设备的排泄方向；对于高温或低温设备，位置偏差宜偏向补偿温度变化所引起的伸缩方向。

### 3.5 地脚螺栓与垫铁

3.5.1 预留孔地脚螺栓的埋设应符合下列规定：

- 1 地脚螺栓的铅垂度允许偏差不得大于螺栓长度的 5/1 000。
- 2 地脚螺栓与孔壁的距离（见图 3.5.1）不得小于 20mm。
- 3 地脚螺栓底部与孔底的距离（见图 3.5.1）不得小于 80mm。
- 4 地脚螺栓上的油脂和污垢应清理干净，螺纹外露部分应涂抹油脂。
- 5 螺母与垫圈、垫圈与设备底座间的接触应良好。
- 6 拧紧螺母后，螺栓螺纹部分应露出 1.5~3 个螺距。



- 1——地坪或基础；2——设备底座底面；3——螺母；4——垫圈；5——灌浆层斜面；  
 6——灌浆层；7——外模板；8——成对斜垫铁；9——平垫铁；10——麻面；11——地脚螺栓；  
 a——设备底座外边缘与灌浆层外边缘的距离；b——地脚螺栓与孔壁的距离；  
 c——地脚螺栓底部与孔底的距离

图 3.5.1 地脚螺栓垫铁和灌浆部分示意图

3.5.2 化学螺栓、膨胀螺栓、预埋铁件和地脚螺栓的安装除应符合本标准 3.5.1 的规定外，尚应符合下列规定：

- 1 化学螺栓的钻孔深度、孔径和固化时间应符合产品说明书的规定。
- 2 膨胀螺栓的规格应符合设计文件的规定，施工时应根据螺栓规格选取钻头孔径，孔深应大于膨胀管长度，并应清除孔内杂物。

3 安装在预埋铁件或钢支座上的地脚螺栓，焊接形式应符合设计文件的规定，当设计文件无规定时，焊接高度应按板厚和螺栓直径的最小值选取，直径大于 20mm 的螺栓宜开坡口。

3.5.3 安装在弹簧支架或吊架上的设备应按设计文件调整弹簧压缩或伸长量。管道配管和负载后，应再次检查弹簧压缩或伸长量，应符合设计文件规定，并复查设备水平度或垂直度。

3.5.4 地脚螺栓应配一个螺母和一个垫圈，高度大于 20m 的立式设备，宜增加一个锁紧螺母，地脚螺栓的紧固应均匀对称。

3.5.5 在工作温度下经受膨胀或收缩的卧式设备，滑动侧的地脚螺栓应先紧固，当设备安装和管线连接完成后，再松动螺母留出 0.5~1.0mm 的间隙，然后将锁紧螺母再次紧固，并应保持这一间隙。当采用滑动底板时，设备支座的滑动面应进行清理，并应涂刷润滑剂。

3.5.6 与震动机械相连接的设备，地脚螺栓的紧固应按设计文件或随机技术文件要求进行。

3.5.7 设备用垫铁的选用应符合下列规定：

1 非直接承受负荷的平垫铁和斜垫铁，可按本标准附录 A 选用。

2 直接承受负荷的垫铁面积应按式 (3.5.7-1) 和式 (3.5.7-2) 计算，然后可按本标准附录 A 选用：

$$A \geq C \frac{G_1 + G_2}{nR} \quad \dots\dots\dots (3.5.7-1)$$

$$G_2 = \frac{\pi d_0^2}{4} [\sigma] n' \quad \dots\dots\dots (3.5.7-2)$$

式中：

$A$ ——组垫铁的面积 ( $\text{m}^2$ )；

$C$ ——系数， $C=2.3$ ；

$G_1$ ——设备、附件及物料等的总重量 (N)；

$G_2$ ——全部地脚螺栓紧固后，作用在垫铁上的螺栓紧固力 (N)；

$d_0$ ——地脚螺栓根径 (m)；

$[\sigma]$ ——地脚螺栓材料的许用应力 (MPa)；

$n'$ ——地脚螺栓的数量；

$n$ ——垫铁组的数量 (视地脚螺栓的数量和设备底座的刚性程度，现场选定)；

$R$ ——基础或地坪混凝土的抗压强度 (MPa)。

3.5.8 直接承受负荷垫铁组的位置和数量应符合下列规定：

1 每个地脚螺栓近旁至少应有一组垫铁，垫铁组应靠近地脚螺栓。

2 相邻两组垫铁的间距不应大于 500mm。

3 有加强筋的设备底座，垫铁应布置在加强筋下。

3.5.9 采用平垫铁或斜垫铁找平时，应符合下列规定：

1 直接承受负荷的垫铁组应使用成对斜垫铁，两垫铁的斜面应相向使用，搭接长度不应小于全长的 3/4，偏斜角度不应超过  $3^\circ$ ；斜垫铁下面应有平垫铁。

2 每一组垫铁的数量不应超过 4 块，并不宜采用薄垫铁。放置平垫铁时，最厚的应放在下面，最薄的应放在中间，调整后各块垫铁焊接应牢固，铸铁垫铁可不焊接。

3 每一组垫铁放置应整齐平稳，接触应紧密；垫铁表面的油污应清除干净；设备找平后，各组垫铁均应压紧，可采用 0.25kg 手锤轻击检查，不得松动。



- 4 中小型设备的垫铁组高度应为 30~60mm, 大型设备的垫铁组高度应为 50~100mm。
- 5 设备调整后, 垫铁应露出设备支座底板外缘 10~20mm; 垫铁组伸入长度应超过地脚螺栓。
- 6 设备二次找正检查合格后将各垫铁采用焊接固定, 为防止焊接变形影响设备安装精度, 宜采用花焊。
- 7 安装在金属结构上的设备找平后, 其垫铁与金属结构焊接应牢固, 带孔垫铁可不焊接。采用焊接底座形式的, 应按设计文件执行。
- 8 设计文件规定直接与预埋铁件焊接的设备, 焊接部位和预埋铁件宜采用水泥砂浆抹面或涂刷防腐涂料。

### 3.6 二次灌浆

- 3.6.1 设备经初步找正与找平后, 可进行地脚螺栓预留孔的灌浆工作; 预留孔灌浆后, 混凝土强度达到设计强度的 75%以上时, 方可进行设备的最终找正、找平及紧固地脚螺栓的工作。
- 3.6.2 设备安装允许偏差和隐蔽工程经检查合格后, 方可进行二次灌浆。与成型管道相连的设备可在管道预装后再进行二次灌浆, 其安装允许偏差应符合本标准 3.4.5 的规定。
- 3.6.3 灌浆前, 灌浆处应采用水清洗湿润。环境温度低于 0℃时, 应采取防冻措施。基础表面不应有积水。
- 3.6.4 灌浆前应安设外模板, 外模板至设备支座外缘的距离不应小于 60mm。一台设备应一次灌完, 不得分次浇灌; 地脚螺栓预留孔也应一次灌满至基础毛面高度, 不得分次浇灌; 设备外缘的灌浆层应平整美观, 应有向外的坡度, 高度应低于设备支座底板边缘的上表面。
- 3.6.5 对于二次灌浆后无法排除裙座积水的设备, 应埋设直径大于 25mm 的排水管, 排水管宜采用直管。
- 3.6.6 地脚螺栓预留孔及二次灌浆, 宜采用细碎石混凝土浇注, 混凝土标号应比基础或地坪的混凝土标号高一级; 灌浆时, 应捣固密实, 地脚螺栓不得歪斜。二次灌浆用混凝土配方可按本标准附录 B 选用。
- 3.6.7 中小型设备灌浆层的厚度应为 30~60mm, 大型设备应为 50~100mm。
- 3.6.8 当混凝土养护环境温度低于 5℃时, 应采取防冻措施。要求早强的混凝土, 早强剂可按本标准附录 D 选用。
- 3.6.9 对于有特殊要求的基础, 灌浆及抹面应按设计文件或随机技术文件要求执行。
- 3.6.10 当设计文件无规定时, 玻璃钢设备和衬胶设备的基础宜充填流质砂浆或铺沙。

### 3.7 设备安装的其他要求

- 3.7.1 当设备安装环境和操作条件的温差较大时, 应符合下列规定:
  - 1 膨胀或收缩的数值和方向不应受到外部的阻碍。

2 固定侧地脚螺栓应紧固，滑动侧地脚螺栓在滑动孔中的位置不应阻碍设备膨胀或收缩，地脚螺栓的螺母与设备底座应留有间隙。

3 固定外部附件用的螺栓和螺栓孔，不得阻碍设备的膨胀或收缩。

3.7.2 要求热紧或冷紧的高温或低温设备，在试运行时应按下列规定进行热紧或冷紧：

1 设备热紧、冷紧的温度和次数应符合表 3.7.2 的规定。

2 热紧或冷紧应在保持操作温度 24h 后进行。

3 紧固螺栓时，当设计压力小于或等于 6MPa 时，热紧最大内压力应为 0.3MPa；设计压力大于 6MPa 时，热紧最大内压力应为 0.5MPa；冷紧应在卸压后进行。

4 热紧时应有保证操作人员安全的技术措施。

表 3.7.2 设备热紧、冷紧的温度和次数

设备操作温度/℃	一次热紧、冷紧温度/℃	二次热紧、冷紧温度/℃
250~350	操作温度	—
> 350	350	操作温度
-20~-70	操作温度	—
< -70	-70	操作温度

3.7.3 设备垫片的安装应符合下列规定：

1 非金属和金属缠绕垫片不得重复使用。

2 大直径垫片需要拼接时，应采用斜口或迷宫形式搭接。

3 垫片安装时，可涂刷石墨粉、二硫化钼油脂或石墨机油。

4 铜、铝金属垫片安装前应进行退火处理。

3.7.4 设备的螺栓安装应符合下列规定：

1 螺栓加工尺寸应准确，表面应光洁，无裂纹、毛刺、凹陷。

2 筒体与法兰的相对位置应安装准确，所有的螺栓在不受附加外力的情况下能顺利穿入。

3 紧固螺栓前，应先用均匀的紧固力将螺母初步拧紧。

4 紧固螺栓时，应沿直径方向对称均匀紧固，直至所有螺母紧固达到设计文件或随机技术文件的要求。

5 不锈钢、合金钢的螺栓和螺母，设计温度高于 100℃或低于 0℃的设备法兰及接管法兰上的螺栓及螺母，有大气腐蚀的露天装置、有介质腐蚀的设备法兰及接管法兰上的螺栓及螺母均应涂刷二硫化钼油脂、石墨机油或石墨粉。

6 螺栓的紧固应对称均匀，紧固后螺栓的外露长度宜为 2 个螺距。

3.7.5 铝设备的安装除应符合本节有关要求外，尚应符合下列规定：

1 铝设备的钢制零部件应去除锈蚀并涂刷防锈剂。

2 铝设备要求在现场翻边的管口，翻边口应平整，不得产生开裂；翻边处有焊缝时，应先加热，加热温度宜为 180~200℃。



- 3 铝设备安装完成后，应拆除其膨胀节外部设备壳体上的固定板或固定螺栓。
  - 4 需现场衬铝的设备，其基层钢板的表面处理、铝板的清洗、衬里工艺及检验要求，均应按设计文件或随机技术文件规定执行。
- 3.7.6 衬里、搪瓷、陶瓷、铸铁、石墨的设备安装除应符合本节有关规定外，尚应符合下列规定：
- 1 搬运设备时，可选取设备的吊耳、罐耳、支腿作为受力点；应轻起轻落，不得震动和碰撞；搬运时不得拖曳、滚动或撬动，堆放时不得有额外的荷重。
  - 2 搪瓷衬里设备表面不得有损坏；陶瓷、铸铁、石墨设备不得有裂纹缺陷。
  - 3 紧固螺栓时，应按对角线对称紧固，用力应均匀，且不得一次完全紧固。
  - 4 安装搪瓷设备的卡子时，卡子应完整无缺，发现损坏应立即更换。
  - 5 带有搅拌器的搪瓷设备，搅拌器应按设计文件或随机技术文件要求进行试运转；运转无异常现象后，方可与罐体装配；防松零件应可靠、有效。
  - 6 法兰式陶瓷塔、石墨塔设备的螺栓紧固工作，应在全部塔节安装完毕，且铅垂度调整后进行调整，安装铅垂度允许偏差应符合表 3.7.6 的规定。
  - 7 严禁在衬里设备外壁直接焊接切割。
  - 8 在衬里设备附近动火应采取防止设备衬里层受损的措施。

表 3.7.6 陶瓷塔、石墨塔安装铅垂度允许偏差

单位：mm

设备名称	铅垂度允许偏差
法兰式塔	$\leq 2h/1\,000$
承插式塔	$\leq 3h/1\,000$
注：h——塔全高。	

- 3.7.7 当设计文件或随机技术文件无规定时，铜设备、各种衬里设备和铸造设备应按本标准第 3 章的有关规定执行。
- 3.7.8 未经设计批准，不得在安装的设备上焊接吊耳或临时支承件。

### 3.8 附属构件和附件

- 3.8.1 附属构件的安装应符合下列规定：
- 1 设备的平台、梯子、支架的现场组装和制造应按设计文件或随机技术文件的规定执行。
  - 2 在腐蚀环境中的附属构件应按设计文件或随机技术文件的规定进行防腐。
- 3.8.2 在设备本体上焊接的绝热支承件、支承环钩钉、托架和紧固螺栓的焊接工作应在防腐蚀涂装、衬里及试压之前进行；焊接应符合现行国家标准《现场设备、工业管道焊接工程施工规范》GB 50236 的有关规定。
- 3.8.3 爆破片安装时，安装方向应符合介质流向，爆破片安装后不得翘曲或凹陷。
- 3.8.4 液面计、视镜的安装应符合设计文件或随机技术文件的规定。

## 4 设备内件安装与清洗封闭

### 4.1 一般规定

#### 4.1.1 现场安装应符合下列规定：

- 1 内件安装应在设备本体安装完毕，压力试验合格，并应清扫干净后进行。
- 2 塔盘立装时应在塔体铅垂度与支撑圈水平度调整后进行，卧装时应在塔体水平度、支撑圈铅垂度调整后进行。

3 安装内件时，设备内部应设置通风设施，并符合密闭空间安全管理要求。

#### 4.1.2 塔内件安装时，塔盘板、降液板、横梁应有防止变形、损坏和腐蚀的措施。

#### 4.1.3 内件安装前应清除表面油污、焊渣、铁锈、泥沙和毛刺，塔盘零部件宜编注安装序号。

#### 4.1.4 塔盘安装前在塔外应进行预组装。

#### 4.1.5 安装塔盘人员应遵守下列规定：

- 1 一层塔盘的承载人员不宜超过表 4.1.5 的规定。

表 4.1.5 一层塔盘的承载人员

塔内径 mm	< 1 500	1 500~ 2 000	2 000~ 2 500	2 500~ 3 200	3 200~ 4 000	4 000~ 5 000	5 000~ 6 300	6 300~ 8 000	> 8 000
人员	2	2	3	4	5	6	7	8	9

- 2 施工人员应穿戴干净的软底鞋和专用工作服。

- 3 塔板上不得施加集中载荷，载荷宜用木板分散，受力点应在梁上。

- 4 应对人孔、人孔盖、密封面和塔底管口采取保护措施。

- 5 内件装填过程中，不得损伤设备本体。每装填一层塔盘，应对该层采取保护措施。

- 6 施工人员除携带该层紧固件和所需工具外，不得携带多余的部件；每层塔盘安装完毕要进行检查，不得遗留工器具及其他物件。

### 4.2 塔盘安装

#### 4.2.1 塔盘安装宜采用由下至上逐层立装。

#### 4.2.2 塔盘板、降液板、受液板的尺寸允许偏差应符合表 4.2.2 的规定。

表 4.2.2 塔盘板、降液板、受液板的尺寸允许偏差

单位：mm

部 件 名 称	长度允许偏差	宽度允许偏差
塔盘板、受液板、降液板	0 -4	0 -2

4.2.3 塔盘支承点的安装应符合下列规定：

- 1 卧装应在塔体水平度和支撑圈铅垂度调整后进行；卧装时，塔盘上易掉落的部件应在塔体安装就位后再进行安装。
- 2 立装应在塔体铅垂度和支撑圈水平度调整后进行。
- 3 支撑圈安装允许偏差应符合表 4.2.3 的规定。

表 4.2.3 支撑圈安装允许偏差 单位：mm

项 目	塔 体 内 径	允 许 偏 差
支撑圈上表面水平度	$D \leq 1\,600$	$\leq 3$
	$1\,600 < D \leq 4\,000$	$\leq 5$
	$4\,000 < D \leq 6\,000$	$\leq 6$
	$6\,000 < D \leq 8\,000$	$\leq 8$
	$8\,000 < D \leq 10\,000$	$\leq 10$

4.2.4 塔盘支撑圈水平度和间距的复测应符合下列规定：

- 1 卧装时，塔体应水平放置，在塔体端部作一垂直于整个塔体纵向轴线的基准圆周线，测量支撑圈上表面各测点与基准圆周线的距离，其支撑圈水平度偏差值应符合本标准表 4.2.3 的规定。
- 2 立装时，塔体安装合格后，应将水平仪的储液罐固定在上一层支撑圈上或特设的支架上，刻度尺下端应放在支撑圈测点上（见图 4.2.4-1）。

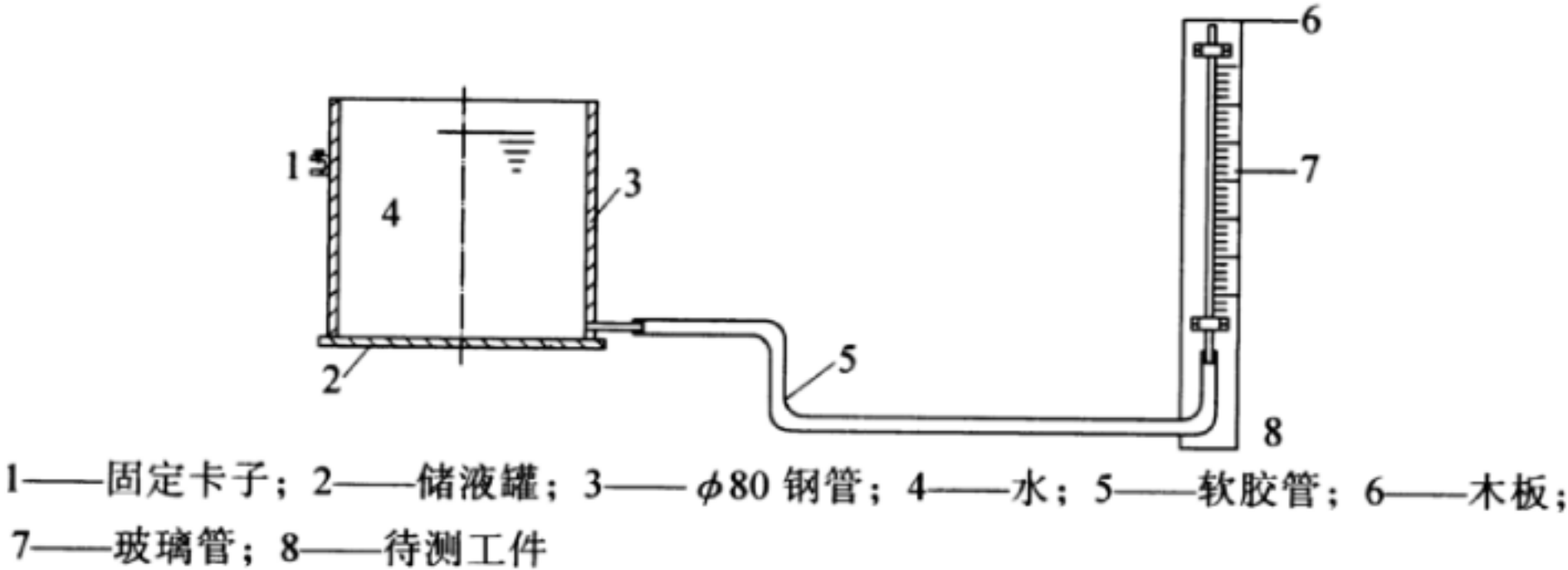


图 4.2.4-1 用水平仪测量支撑圈水平度

- 3 塔盘支撑圈水平度复测点位置和数量应按图 4.2.4-2 选取。

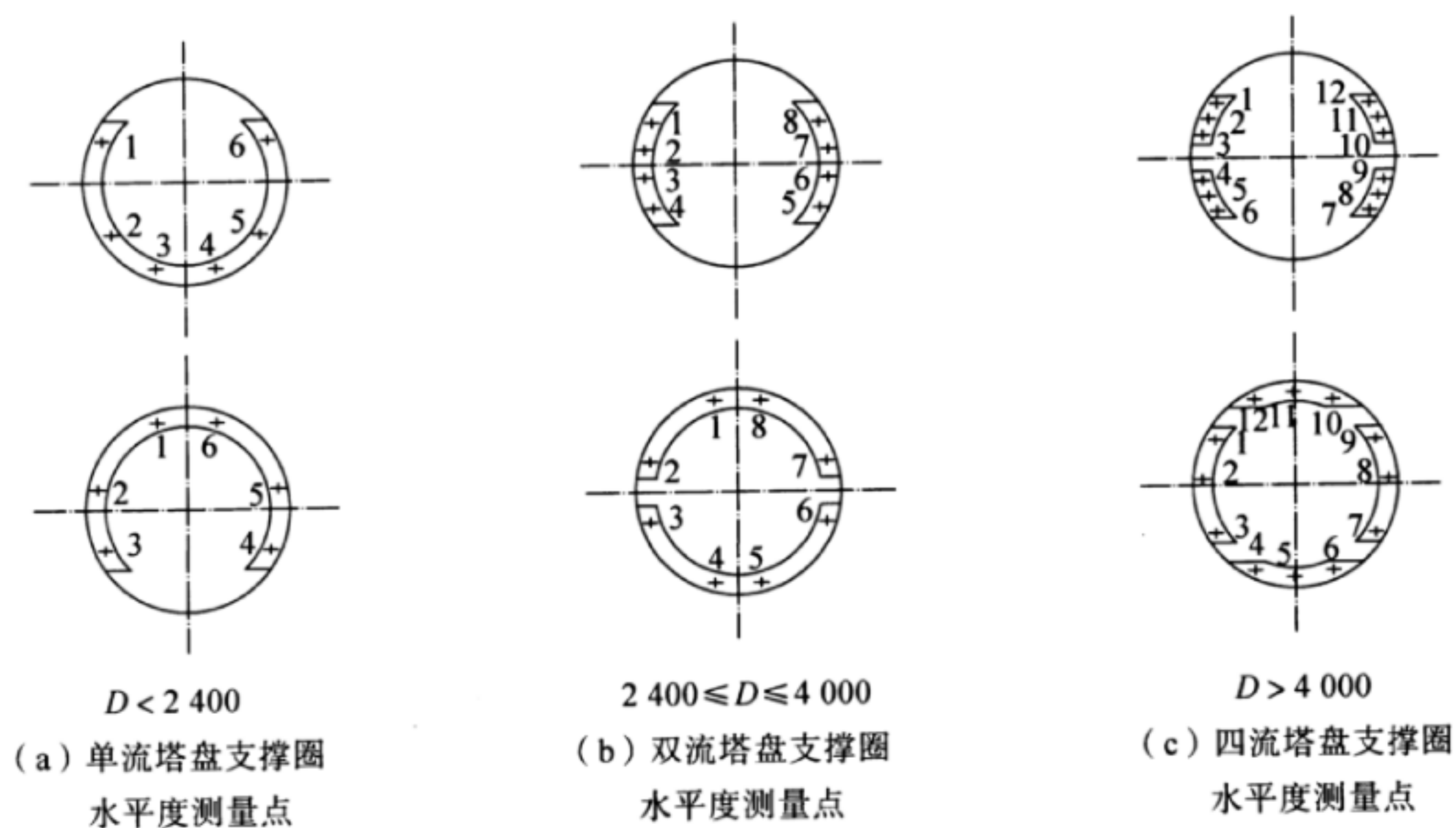


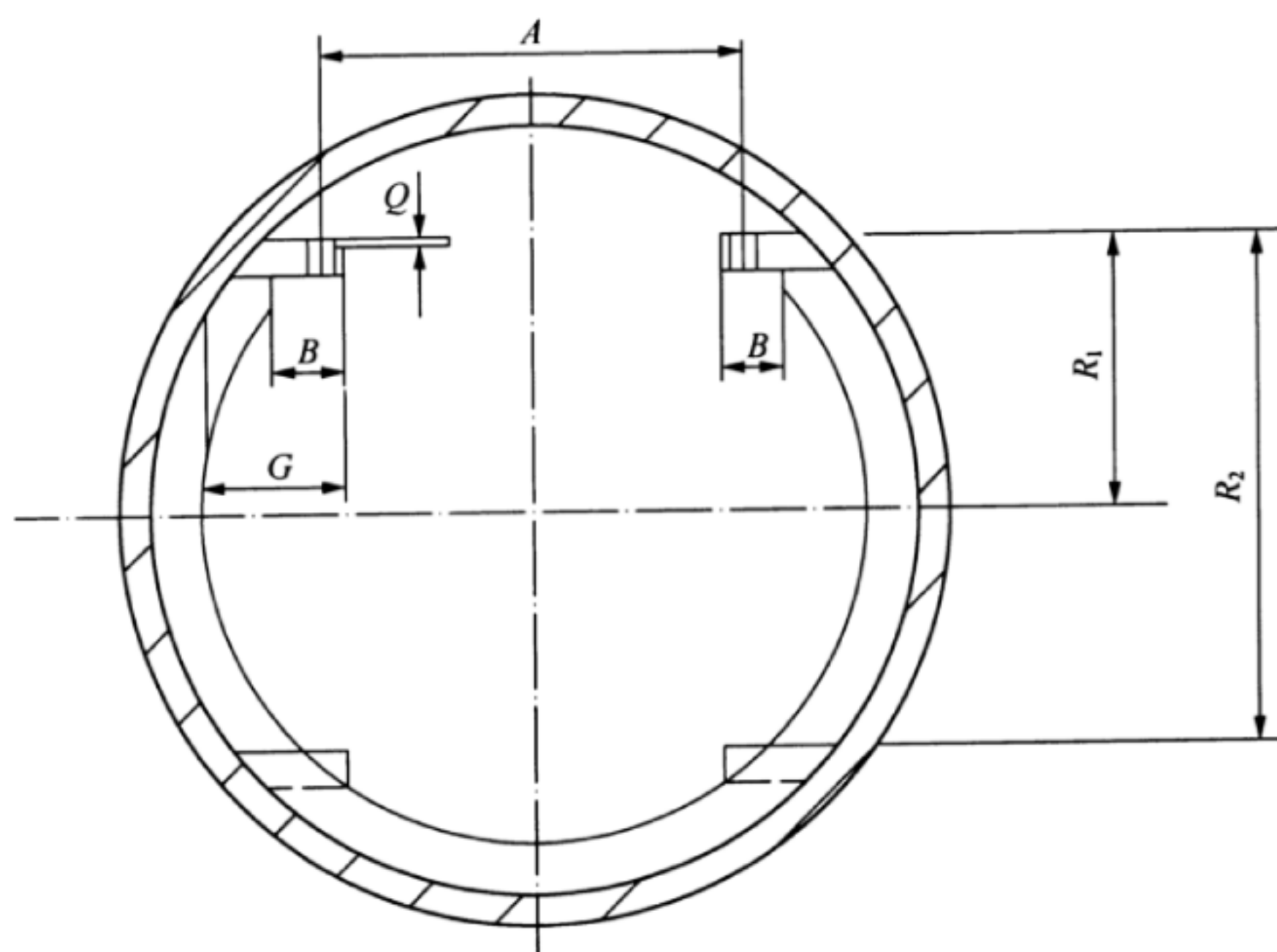
图 4.2.4-2 塔盘支撑圈测量点位置及数量

4 支撑圈在 300mm 弦长上的局部水平度偏差不得大于 1mm，支撑圈表面水平度偏差应符合表 4.2.3 的规定。

5 相邻两层支撑圈间距的允许偏差应为  $\pm 3\text{mm}$ ，每 20 层内任意两层支撑圈间距的允许偏差应为  $\pm 10\text{mm}$ 。

4.2.5 降液板的安装应符合下列规定：

1 降液板的支撑板安装（见图 4.2.5-1）应符合下列规定：

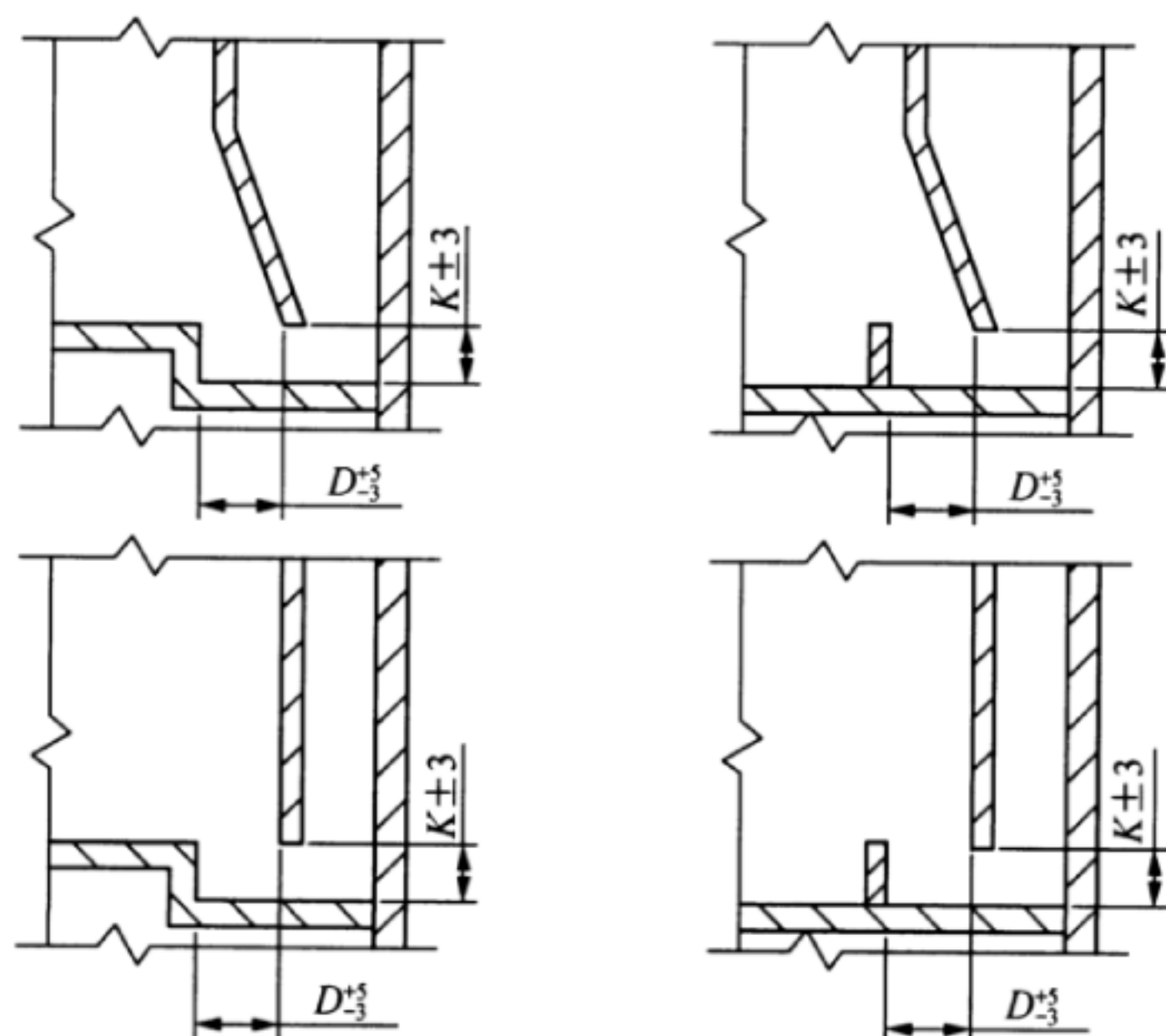


A——螺栓孔水平距离；B——支撑板安装部位；Q——支撑板倾斜度；  
R<sub>1</sub>——支撑板安装位置；R<sub>2</sub>——支撑板安装位置

图 4.2.5-1 降液板的支撑板安装

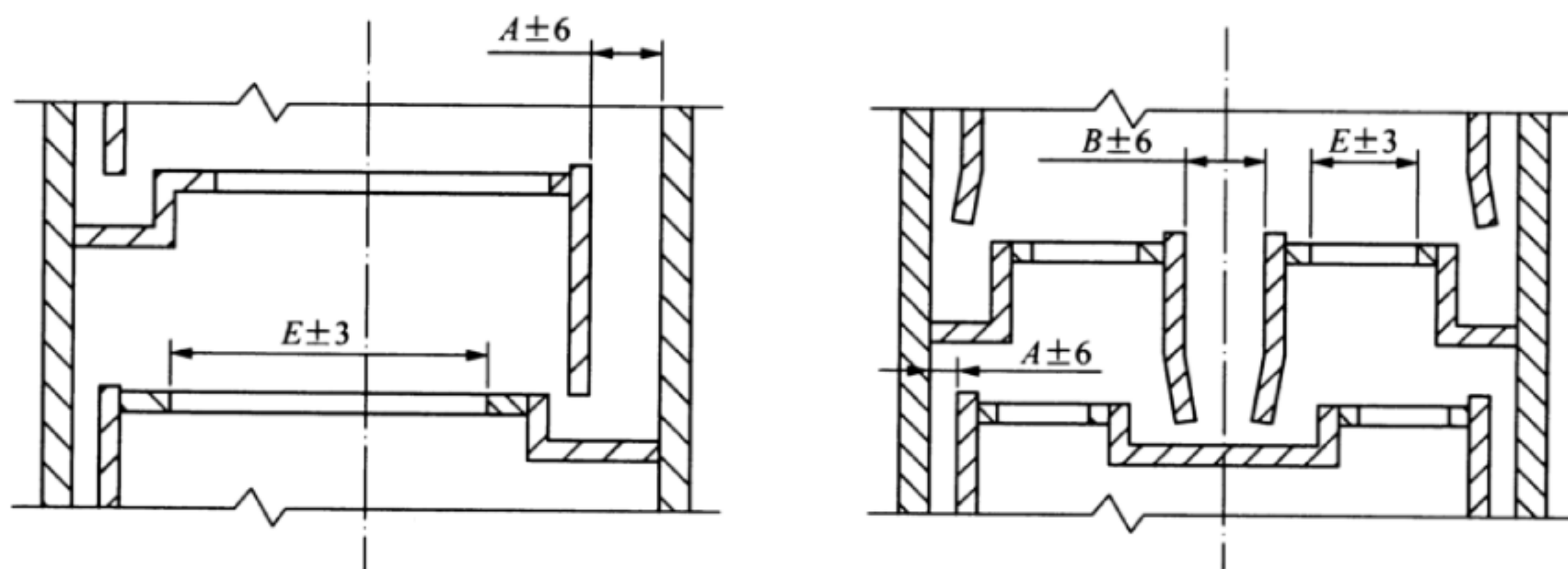


- 1) 螺栓孔水平距离的允许偏差应为 $\pm 3\text{mm}$ ;
  - 2) 支撑板安装部位的允许偏差应为 $\pm 2B/100$ ;
  - 3) 支撑板倾斜度的允许偏差为 $\pm 2G/100$ ;
  - 4) 支撑板安装位置允许偏差为 $\pm 5R_1/1\,000$ , 且不大于  $6\text{mm}$ ;
  - 5) 支撑板安装位置允许偏差为 $\pm 5R_2/1\,000$ , 且不大于  $12\text{mm}$ 。
- 2 降液板安装应符合下列规定:
- 1) 降液板的螺孔距离允许偏差应为 $\pm 1\text{mm}$ ;
  - 2) 降液板低端与受液盘上表面垂直距离允许偏差应为 $\pm 3\text{mm}$ ;
  - 3) 降液板与受液盘立边或进口堰边的水平距离允许偏差应为 $^{+5}_{-3}\text{mm}$ ;
  - 4) 降液板与塔内壁通过设备中心垂直距离允许偏差应为 $\pm 6\text{mm}$  (见图 4.2.5-2);
  - 5) 中间降液板间距允许偏差应为 $\pm 6\text{mm}$  (见图 4.2.5-3)。



$K$ ——降液板低端与受液盘上表面垂直距离;  $D$ ——降液板与受液盘立边或进口堰边的水平距离

图 4.2.5-2 降液板与塔内腔安装允许偏差



$A$ ——降液板与塔内壁通过设备中心垂直距离;  $B$ ——中间降液板间距;  $E$ ——塔盘板两端支撑板间距

图 4.2.5-3 中间降液板安装允许偏差

3 固定在降液板上的塔板支承件，其上表面与支撑圈上表面应在同一水平线上，允许偏差应大于-0.5mm，且应小于+1.0mm。

#### 4.2.6 横梁安装应符合下列规定：

1 横梁表面的水平度在 300mm 长度内不得大于 1mm，总长弯曲度允许偏差为梁长度的 1/1 000，且不得大于 5mm。

2 横梁安装的中心位置与设计位置的偏差不得大于 2mm。

3 横梁安装后上表面与支撑圈表面应在同一水平面上。

#### 4.2.7 受液盘安装应符合下列规定：

1 受液盘尺寸的允许偏差应符合本标准表 4.2.2 的规定；

2 受液盘的局部水平度在 300mm 长度内不得大于 2mm。当受液盘的长度小于或等于 4m 时，弯曲度不得大于 3mm；长度大于 4m 时，弯曲度不得大于其长度的 1/1000，且不得大于 7mm。

#### 4.2.8 塔盘板安装应符合下列规定：

1 分块式塔盘板安装应符合下列规定：

1) 塔盘板两端支撑板间距允许偏差应为 $\pm 3\text{mm}$ ；

2) 塔盘板尺寸允许偏差应符合本标准表 4.2.2 的规定；

3) 塔盘板局部不平度在 300mm 长度内不得大于 $\pm 2\text{mm}$ ，塔盘板的弯曲度应符合表 4.2.8-1 的规定；

表 4.2.8-1 塔盘板的弯曲度

单位：mm

塔盘板长度	弯 曲 度	
	筛板、浮阀、圆泡罩、塔盘	舌形塔盘
< 1 000	2.0	3.0
1 000~1 500	2.5	3.5
> 1 500	3.0	4.0

4) 塔盘板的安装应在降液板、横梁的螺栓紧固后进行，应先组装两侧弓形板，再由塔壁两侧向塔中心循序组装塔盘板；

5) 塔盘板安装时，应先临时固定，待调整各部位尺寸与间隙符合要求后，再用卡子、螺栓进行紧固；

6) 每组装一层塔盘板，应用水平仪校准塔盘水平度，水平度合格后，应将通道板放在塔板上。

2 塔盘板水平度的测量应符合下列规定：

1) 卧装塔盘板水平度测量时，塔体应水平放置，测量塔盘板各测点与铅垂线的距离，测点位置及数量应按图 4.2.8 选取；

2) 立装塔盘板水平度测量时，应将水平仪（见图 4.2.4-1）的刻度尺下端放在塔盘板各测点上，测点位置及数量应按图 4.2.8 选取；

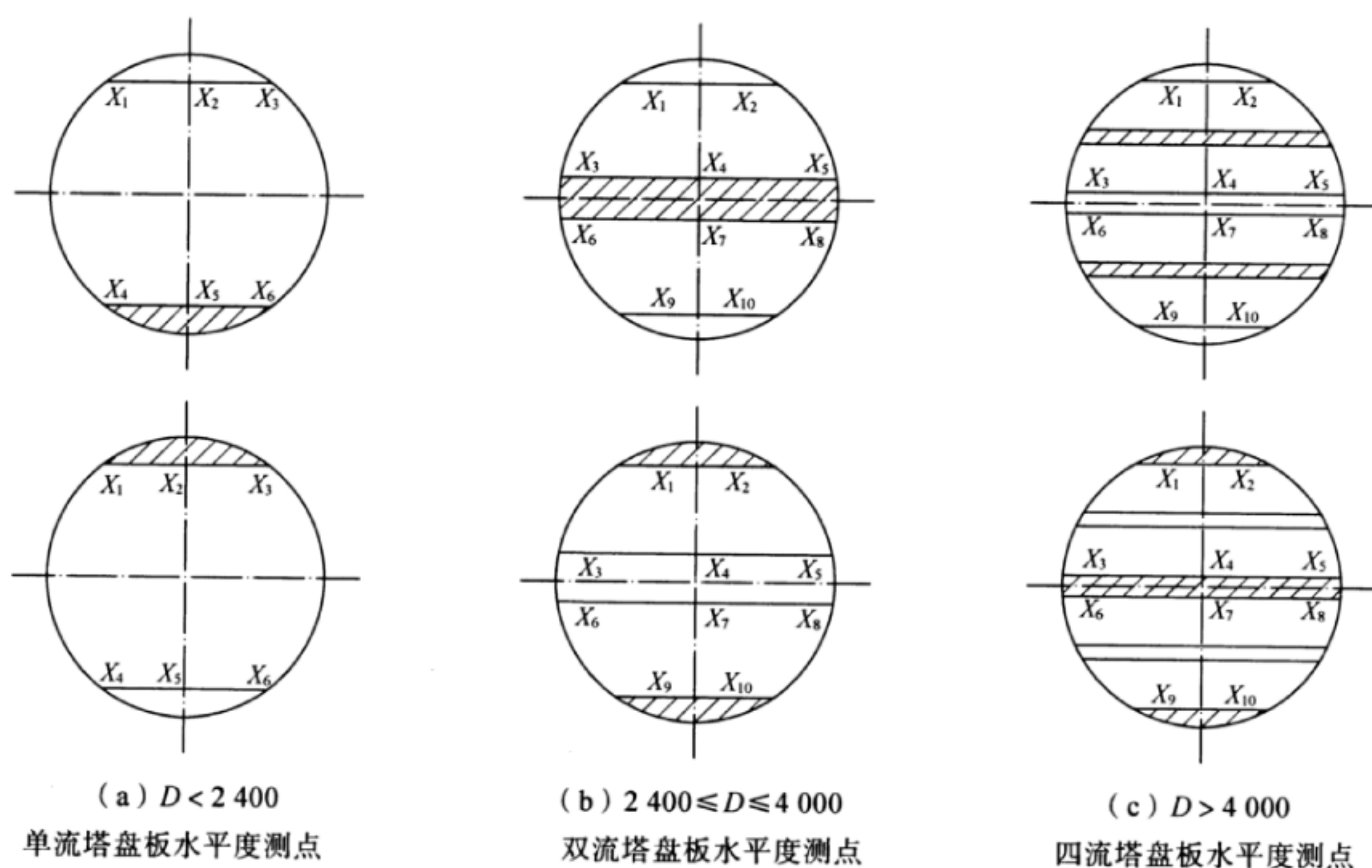


图 4.2.8 塔盘板水平度测点位置

3) 塔盘面水平度的允许偏差应符合表 4.2.8-2 的规定；

表 4.2.8-2 塔盘面水平度的允许偏差

单位：mm

塔 体 内 径	水平度允许偏差
$\leq 1600$	4
$1600 < D \leq 4000$	6
$4000 < D \leq 6000$	9
$6000 < D \leq 8000$	12
$8000 < D \leq 10000$	15

注 1：测量塔盘面的水平度时，应在与液流方向垂直的直线上进行。  
注 2：液流方向上的塔盘面倾斜时，出口端应低于入口端。

4) 安装在塔盘面上的卡子、螺栓的规格、位置、紧固度应符合设计文件的规定；板与梁或支撑圈焊接尺寸及密封填料应符合设计文件或随机技术文件的规定。

3 整块式塔盘板安装应符合下列规定：

- 1) 整块式塔盘板宜立装；
- 2) 塔盘支撑圈处筒体不圆度的允许偏差应符合表 4.2.8-3 的规定；
- 3) 塔盘支撑圈处的塔体内壁应平整，焊缝高出母材部分应磨平。

表 4.2.8-3 筒体不圆度的允许偏差

单位：mm

塔受压形式	筒 体 部 位	不 圆 度 $e$
内压	筒体	$\leq 1\% D_G$ 且不大于 25
外压	筒体	$\leq 0.5\% D_G$ 且不大于 25
内、外压	塔盘处	$\leq 0.5\% D_G$ 且不大于 25



#### 4.2.9 溢流堰安装应符合下列规定：

1 溢流堰顶端水平度允许偏差应符合表 4.2.9-1 的规定；溢流堰高度允许偏差应符合表 4.2.9-2 的规定。

表 4.2.9-1 溢流堰顶端水平度允许偏差

单位：mm

塔 盘 直 径	允 许 偏 差
$D \leq 1\,500$	3.0
$1\,500 < D \leq 2\,500$	4.5
$D > 2\,500$	6.0

表 4.2.9-2 溢流堰高度允许偏差

单位：mm

塔 盘 直 径	允 许 偏 差
$D \leq 3\,000$	$\pm 1.5$
$D > 3\,000$	$\pm 3.0$

2 组装可调进口堰时，应对进口堰与降液板的间隙进行调整；进口堰固定后，应在其两端安装调整板，并用螺栓固定；进口堰与塔壁应无间隙。

#### 4.2.10 塔盘气液分布元件的安装应符合下列规定：

##### 1 浮阀安装应符合下列规定：

- 1) 浮阀的重量、浮阀腿的高度、弯曲度应符合随机技术文件的规定，表面不得有划痕和毛刺；
- 2) 浮阀腿在塔板孔内的挂连、浮阀腿折弯长度及角度应符合设计文件的规定；从下边检查托起浮阀时，开度应一致，并无卡涩现象。

2 安装筛板时，各层筛板的孔径与孔距均应符合设计文件的规定；筛板孔边应无毛刺，孔中应无杂物。

3 安装舌形塔盘时，固定舌片在任何方向上的弯曲度不得大于 0.5mm；舌形塔板的规格及蛇片方向应符合设计文件的规定。

##### 4 安装浮动喷射塔盘应符合下列规定：

- 1) 托板、浮动板弯曲度的允许偏差不应大于 1mm，托板、浮动板的表面应无毛刺；
- 2) 托板安装后，梯形孔底面水平度的允许偏差不应大于  $2D/1\,000$ ；托板平行度及间距的允许偏差不应大于 1mm；
- 3) 安装浮动板后，应做转动和负荷试验；转动浮动板，开度应一致，并应无卡涩现象。

##### 5 圆泡罩的安装应符合下列规定：

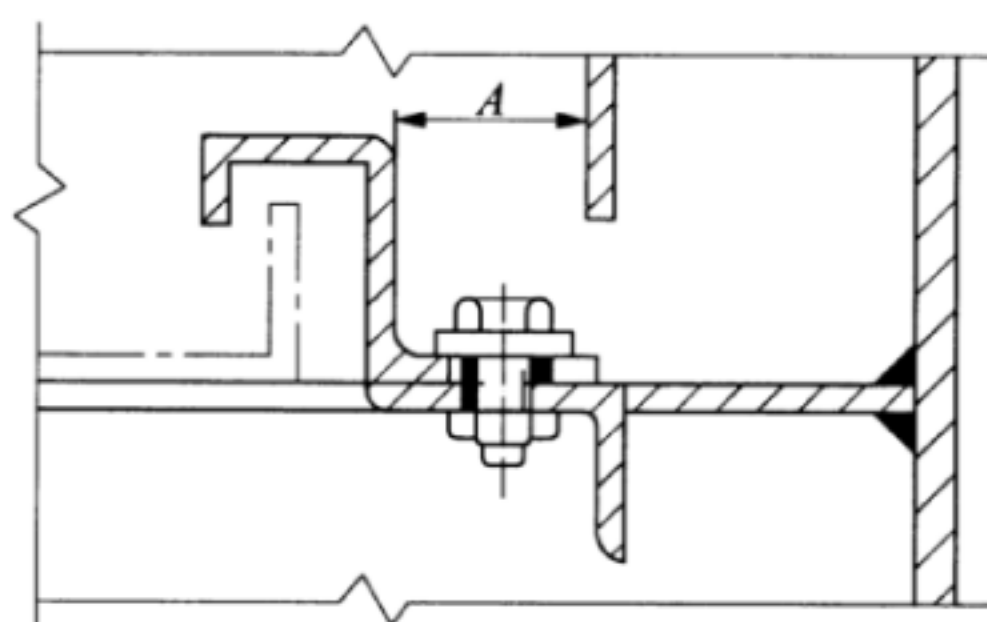
- 1) 安装圆泡罩时，应调节泡罩高度，同一层塔盘所有泡罩齿根到塔盘上表面的高度应符合设计文件或随机技术文件的规定，其允许偏差应为  $\pm 1.5\text{mm}$ ；
- 2) 泡罩与升气管的不同心度不得大于 3mm。

##### 6 条形泡罩安装应符合下列规定：

- 1) 相邻升气槽板中心距离的允许偏差应为  $\pm 3\text{mm}$ ；任意中心距离的允许偏差应为  $\pm 6\text{mm}$ ；



- 2) 条形泡罩安装时, 应调节泡罩高度, 同一层塔盘所有泡罩齿根到塔盘上表面的高度应符合设计文件或随机技术文件的规定, 其允许偏差应为 $\pm 1.5\text{mm}$ ;
  - 3) 泡罩与升气管的不同心度不得大于  $3\text{mm}$ ;
  - 4) 泡罩上角钢的螺栓孔与塔盘板螺栓孔位置应一致, 允许偏差不得大于  $1\text{mm}$ 。
- 7 S 形泡罩安装应符合下列规定:
- 1) S 形泡罩可拆件安装时应先将 L 形槽板用螺栓固定在降液板上, 两端用卡子将其与支撑圈固定。再顺次安装 S 形元件, 并用卡子将其紧固于支撑圈上, 最后安装边帽;
  - 2) 相邻 S 形泡罩安装中心的允许偏差应为  $3\text{mm}$ , 任意中心距离的偏差应不大于  $6\text{mm}$ ;
  - 3) 边帽与支持角钢的连接螺孔应为长孔 (见图 4.2.10), 可调整 S 形泡罩的安装误差, 降液板到第一个 S 形泡罩的距离应符合表 4.2.10 的规定;



A——降液板到第一个 S 形泡罩的距离

图 4.2.10 边帽调整范围

- 4) S 形泡罩安装时, 应调整泡罩高度, 同一层塔盘所有泡罩齿根到塔盘板上表面的高度应符合设计文件或随机技术文件的规定, 其允许偏差应为 $\pm 5\text{mm}$ 。

表 4.2.10 降液板到第一个 S 形泡罩的距离

单位: mm

单流塔盘	塔内径 $D$	1 000~1 400	1 600~2 200	2 400~2 800
	$A$	60~80	60~90	60~100
双流塔盘	塔内径 $D$	2 800~4 000	4 200~4 800	5 000~5 400
	$A$	60~85	60~90	60~95
	塔内径 $D$	5 800~7 000	8 000	—
	$A$	60~100	60~110	—

### 4.3 其他内件安装

#### 4.3.1 反应器的触媒筒和内部热交换器安装时, 应符合下列规定:

- 1 触媒筒和内部热交换器连接后, 连接螺栓应对称均匀紧固, 其内筒组对后总平直度允许偏差不得大于  $2\text{mm}$ 。
- 2 触媒筒装入设备后, 应调整内、外筒的同轴度, 最大允许偏差不得大于  $2\text{mm}$ 。

- 3 温度计管的膨胀间隙及内筒与上下盖之间的间距应符合设计文件的规定。
- 4.3.2 反应器设备内电加热器的安装应符合下列规定：
- 1 电加热器的绝缘性、耐压性和升温试验应符合设计文件或随机技术文件的规定。
  - 2 电加热器试验前应先吹扫干净，焊缝不得有损坏，绝缘物应完整。
  - 3 电加热器本体及其零件分别进行干燥后，可先进行单体绝缘试验，再进行单体耐压试验，合格后方可进行整体组对。
  - 4 组对后的电加热器应检查本体的平直度，并进行整体的绝缘和耐压试验。
  - 5 电加热器的升温试验，按设计文件或随机技术文件的规定执行，当无规定时，实验温度可为 800~900℃，在试验温度下应保持 10 分钟，并进行下列检查：
    - 1) 无局部过热及炉丝伸长现象；
    - 2) 焊缝表面无缺陷；
    - 3) 电炉丝与承重结构无短路；
    - 4) 绝缘无损坏；
    - 5) 电气性能数据符合要求。
  - 6 升温试验时的升温速度应缓慢，每小时升温应小于 200℃。试验合格后应降温，降温速度每小时应小于 200℃。降温至 300℃时应切断电源，并自然冷却。
  - 7 试验合格的电加热器应妥善保管，不得受潮或被酸碱、油脂、灰尘污染。
- 4.3.3 液体分布装置安装应符合下列规定：
- 1 溢流槽支管开口下缘应在同一水平面上，允许偏差应为±2mm。
  - 2 宝塔式喷头各个分布管应同心，分布盘底面应位于同一水平面上，并与轴线相垂直，盘表面应平整光滑，无渗漏。
  - 3 液体分布装置位置安装允许偏差应符合表 4.3.3 的规定。

表 4.3.3 液体分布装置位置安装允许偏差

单位：mm

部 件 名 称	水 平 度	中心线	安 装 高 度
分布管	$D \leq 1500$ 时：3	3	3
分布盘	$D > 1500$ 时：4		
莲蓬喷头	安装轴线偏差最大不超过 1	3	3
液流盘	$D/1000$ ，且不大于 4	5	10
液流槽			
宝塔喷头	安装轴线偏差最大不超过 1	3	3

- 4 喷头及其他分布装置安装应牢固；液体分布装置安装后应做喷淋试验。喷淋试验时，喷淋应均匀，喷孔不得堵塞，不得有摆动现象。

4.3.4 除沫器安装应符合下列规定：

- 1 除沫器丝网结构应按设计文件规定铺设，当设计无规定时可采用平铺，每层之间皱纹方向应错开；安装时分块的丝网之间与器壁之间均应压紧，无间隙。

- 2 除沫器安装的位置、标高及水平度应符合设计文件的规定。

#### 4.4 填料充填和填料压板的安装

- 4.4.1 填料充填时，除应按设计文件或随机技术文件的规定执行外，尚应符合下列规定：

- 1 填料支承的安装应平整、牢固，填料干净，无泥沙及污物。
- 2 装填工作应在设备压力试验及吹扫干净后进行。
- 3 装填应均匀，高度应符合设计文件规定；装填瓷环时宜向设备内注水，装填后应将水排净，并吹干。

- 4.4.2 填料支撑结构安装应符合下列规定：

- 1 填料支撑结构应平整、牢固，通道孔不得堵塞。
- 2 填料支撑结构排列应规则，安装后的水平度不得大于设备内径的  $2/1\,000$ ，且不应大于 4mm。

- 4.4.3 颗粒填料的安装应符合下列规定：

- 1 颗粒填料应干净，不得含有泥沙、油污和污物，并应清除破碎填料。
- 2 设计文件规定规则排列时，应靠设备内壁逐圈整齐排列。
- 3 设计文件无规定时，应均匀填平，不得出现架桥现象。

- 4.4.4 丝网波纹填料安装应符合下列规定：

- 1 丝网波纹填料填充时，波纹方向应符合设计文件的规定，其允许偏差应为  $\pm 5^\circ$ 。
- 2 丝网波纹填料分块装填时，每层先填装靠设备内壁一圈，再逐圈向设备中间装填，每块应用专用夹具固定，填装时应压紧。

- 3 填料盘与设备内壁应无空隙，设备内壁液流导向装置应完好。

- 4.4.5 填料床层压板的规格、重量、安装中心线及水平度应符合设计文件的规定；压板应对填料限位，且不得对填料层施加附加力。

#### 4.5 设备的清洗

- 4.5.1 设备清洗、吹扫应符合下列规定：

- 1 设备安装后应清除内部的铁锈、灰尘和杂物。
- 2 设备吹扫应制定吹扫方案，并应符合下列规定：
  - 1) 吹扫气体进口压力不得高于设备的工作压力，进出口压力差不得大于设计文件或随机技术文件的规定值；
  - 2) 因热膨胀影响安装及损坏构件的设备，不得采用蒸汽进行吹扫；
  - 3) 忌油设备的吹扫气体中不得含有油脂；
  - 4) 吹扫时，距离气体出口 150~200mm 处应放置白滤纸或白布，时间不少于 5min，白滤纸或布上应无油点、灰尘和污物。
- 3 奥氏体不锈钢设备采用水冲洗后，应将水清除干净。当无法清除干净时，水中氯离子含量不得超过  $25 \times 10^{-6}$ 。



4 要求进行蒸煮、升温钝化处理的设备，应符合设计文件或随机技术文件的规定。

#### 4.5.2 设备的酸洗钝化应符合下列规定：

1 设备进行酸洗钝化时，宜采用酸洗钝化液浸泡的方式，并应定期对浸泡液进行测试和化验。

酸洗钝化液可按本标准附录 E 选取。

2 不宜采用液体浸泡的，应采用涂刷酸洗钝化膏。酸洗膏可按本标准附录 E 选取。

3 设备酸洗时应去除焊缝及母材表面的飞溅、焊药和灰尘。

4 酸洗时应拆卸设备上的碳钢件，对不能拆卸的应采取保护措施。

5 酸洗和钝化应用清水冲洗干净。

6 酸洗钝化后对钝化表面应采取保护措施，不得焊接和打磨。

7 酸洗废液的排放，应符合现行国家标准《污水综合排放标准》GB 8978 的有关规定。

#### 4.5.3 设备的脱脂应符合现行行业标准《脱脂工程施工及验收规范》HG 20202 的有关规定。

### 4.6 设备封闭

4.6.1 设备清洗、吹扫、脱脂、内件调整检查及充填结束后，应由施工单位、监理单位、建设单位三方共同检查，确认合格并在记录上签字后，方可封闭。

4.6.2 密封垫安装时，法兰密封面和密封垫的型式应匹配，密封面应光洁，无机械损伤、径向划痕和锈蚀。

4.6.3 铜、铝制垫圈进行热处理后宜用细砂纸沿圆周方向打磨，不得有径向沟槽、砂眼、裂纹及局部过热现象。

4.6.4 金属与非金属组合垫、受压后产生永久变形的垫片不得重复使用。

4.6.5 安装密封垫时，宜在垫片的接触面上均匀涂抹与介质不起化学反应和污染产品的涂料或润滑剂。

4.6.6 密封垫应安装平正，不得偏斜或中心偏移。

4.6.7 设计压力大于 10MPa 的设备紧固次数不应少于 6 次，直至紧固力矩或螺栓伸长值符合设计文件和随机技术文件的规定。

4.6.8 当设计文件或随机技术文件未给出螺栓紧固力或螺栓伸长值时，可按现行行业标准《钢制压力容器强度计算规定》HG 20582 确定螺栓的紧固力。

4.6.9 螺栓紧固后，上、下端盖法兰与筒体法兰之间的间隙和平行度采用铝垫圈时允许偏差应不大于 0.3 mm，采用钢垫圈时应不大于 0.1mm。

## 5 设备现场组装

### 5.1 一般规定

5.1.1 设备现场组装应具有下列资料：

- 1 焊接工艺评定报告和焊接作业指导书。
- 2 焊接材料质量证明文件。
- 3 设备排版图。
- 4 设备制造厂家提供的全套质量证明文件和设备预组（拼）装记录。

5.1.2 焊接工艺评定应按现行行业标准《承压设备焊接工艺评定》NB/T 47014 的有关规定执行。

5.1.3 属于第三类压力容器的现场设备，制造商应提供组装卡具。

5.1.4 从事设备焊接的焊工应按现行国家标准《现场设备、工业管道焊接工程施工规范》GB 50236 有关考试的规定取得合格证。

### 5.2 到货检验

5.2.1 现场设备组装前，施工单位应对其尺寸和制造质量进行复验，对复验不合格的结果应提交建设单位或总承包商。

5.2.2 椭圆形、碟形、折边锥形封头的直边不得存在纵向皱折，封头直边高度允许偏差应为直边高度的 $-5\%\sim 10\%$ 。封头直边倾斜度的允许偏差应符合表 5.2.2 的规定，测量时不应计入直边增厚部分。

表 5.2.2 封头直边倾斜度的允许偏差

单位：mm

封头公称直径 $DN$	直边高度 $h_f$	倾 斜 度	
		向 外	向 内
$\leq 2\,000$	25	1.5	1.0
$> 2\,000$	40	2.5	1.5
其他		$6h_f\%$ ，且不大于 5.0	$4h_f\%$ ，且不大于 3.0

5.2.3 椭圆形、碟形、折边锥形和球形封头几何尺寸应符合下列规定：

- 1 封头外圆周长允许偏差应符合表 5.2.3 的规定。
- 2 封头圆度的允许偏差应不大于封头直径的  $0.5\%$ ，且不大于 25mm；当钢材厚度和封头直径的比值小于 0.005，钢材厚度小于 12mm 时，圆度允许偏差应不大于该封头直径的  $0.8\%$ ，且不大于 25mm。

表 5.2.3 封头外圆周长允许偏差

单位: mm

公称直径 $DN$	钢材厚度 $\delta_s$	外圆周长允许偏差值
$3\,000 \leq DN < 5\,000$	$12 \leq \delta_s < 22$	+12 -9
	$22 \leq \delta_s < 60$	+18 -12
	$\delta_s \geq 60$	+24 -15
$5\,000 \leq DN < 6\,000$	$16 \leq \delta_s < 60$	+18 -12
	$\delta_s \geq 60$	+24 -15
$6\,000 \leq DN < 7\,800$	$16 \leq \delta_s < 60$	+21 -15
	$\delta_s \geq 60$	+27 -18
$\geq 7\,800$	$16 \leq \delta_s < 60$	+24 -18
	$\delta_s \geq 60$	+30 -21

3 封头总高度允许偏差应为封头直径的-0.2%~+0.6%。

5.2.4 测量椭圆形、蝶形、球形封头内表面形状偏差(见图 5.2.4),外凸不应大于封头直径的 1.25%,内凹应不大于封头直径的 0.625%。

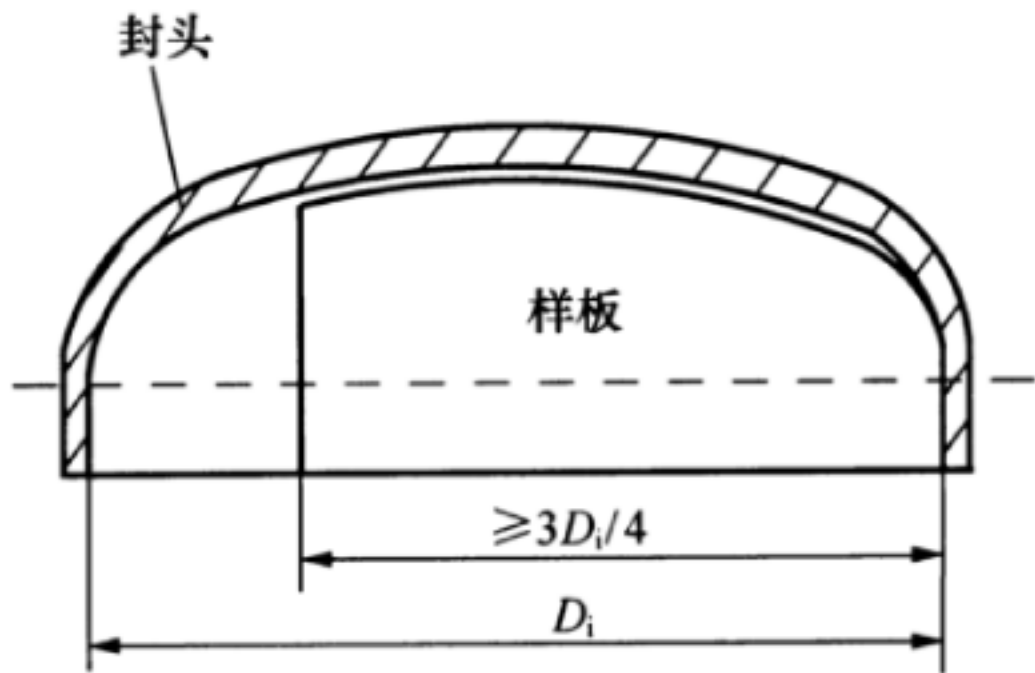


图 5.2.4 封头内表面形状偏差

5.2.5 碟形封头、折边锥形封头过渡区转角内半径不得小于设计文件的规定值。

5.2.6 分片到货的筒体板片应用弦长等于设计直径的 1/4,且不应小于 1000mm 的样板检查板片的弧度,间隙不得大于 3mm。

5.2.7 分段到货的设备筒体应符合下列规定:

- 1 分段到货设备筒体圆度的允许偏差应符合表 5.2.7-1 的规定。

表 5.2.7-1 设备筒体圆度的允许偏差

单位: mm

设备受压形式	允许偏差值
内压	$\leq 1\% D_i$ , 且不大于 25
外压	$\leq 0.5\% D_i$ , 且不大于 25
注 1: 测量筒体圆度时应避开焊缝、附件或其他隆起部位; 有开孔补强时, 测量位置距补强圈距离应大于 100mm。 注 2: $D_i$ 为设备筒体内径。	

2 筒体的凹凸处应平滑过渡, 其凹入深度应以母线为基准测量, 不得超过该处长度或宽度的 1%。

3 分段处外圆周长允许偏差应符合表 5.2.7-2 的规定, 且对接接头两侧外圆周长差应满足环焊缝对口错边量要求。

表 5.2.7-2 分段处外圆周长允许偏差

单位: mm

公称直径	< 800	800~ 1 200	1 300~ 1 600	1 700~ 2 400	2 600~ 3 000	3 200~ 4 000	4 200~ 6 000	6 200~ 7 600	> 7 600
外圆周长 允许偏差值	$\pm 5$	$\pm 7$	$\pm 9$	$\pm 11$	$\pm 13$	$\pm 15$	$\pm 18$	$\pm 21$	$\pm 24$

4 分段处端面不平度应不大于设备筒体内径的 1/1 000, 且不大于 2mm。

5 每段筒体直线度允许偏差应符合表 5.2.7-3 的规定。

表 5.2.7-3 每段筒体直线度允许偏差

单位: mm

检 查 项 目		允 许 偏 差 值
任意 3 000 长度		3
全长	$H \leq 15\,000$	$H/1\,000$
	$H > 15\,000$	$0.5H/1\,000 + 8$
注: $H$ ——筒体高度。		

6 筒体长度允许偏差应符合表 5.2.7-4 的规定。

表 5.2.7-4 筒体长度允许偏差

单位: mm

检 查 项 目		允 许 偏 差 值
上、下两封头焊缝之间的距离 $H$	$\leq 30\,000$	$\pm H/1\,000$ 且不超过 $\pm 20$
	$> 30\,000$	$\pm H/1\,000$ 且不超过 $\pm 40$
底座环底面至筒体下封头与筒体连接焊缝的距离 $H_4$		$\pm 2.5H_4/1\,000$ 且不超过 $\pm 6$



### 5.3 坡口检查和加工

5.3.1 坡口尺寸和质量应符合设计文件的规定，不得有裂纹、分层和夹渣。

5.3.2 坡口加工应符合下列规定：

- 1 坡口加工应按工艺要求进行。当设计文件对坡口无要求时，应按现行国家标准《现场设备、工业管道焊接工程施工规范》GB 50236—2011 附录 C 的规定选用。
- 2 用火焰切割的坡口应将熔渣清除干净，并将凹凸不平处打磨平整。
- 3 标准抗拉强度下限值大于 540MPa 的钢材及铬钼低合金钢材的坡口加工宜采用机械加工。

### 5.4 组 对

5.4.1 筒体组对错边量应符合下列规定：

- 1 筒体组对错边量允许偏差应符合表 5.4.1 的规定。

表 5.4.1 筒体组对错边量允许偏差

单位：mm

母材厚度 $\delta$	对口错边量允许偏差值	
	纵向焊缝	环向焊缝
$\delta \leq 12$	$\leq 1/4 \delta$	$\leq 1/4 \delta$
$12 < \delta \leq 20$	$\leq 3$	$\leq 1/4 \delta$
$20 < \delta \leq 40$	$\leq 3$	$\leq 5$
$40 < \delta \leq 50$	$\leq 3$	$\leq 1/8 \delta$
$\delta > 50$	$\leq 1/16 \delta$ 且不大于 10	$\leq 1/8 \delta$ 且不大于 20

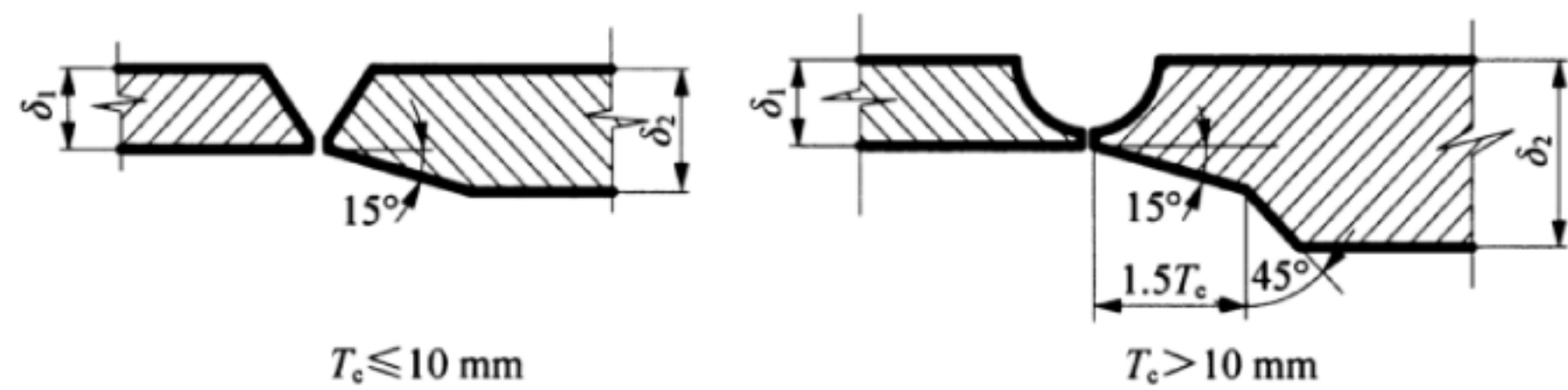
- 2 单面焊接的焊缝内壁错边量应不大于 2mm。

- 3 复合钢板组对应以复层表面为基准，错边量不大于复层厚度的 50%，且不大于 2mm。

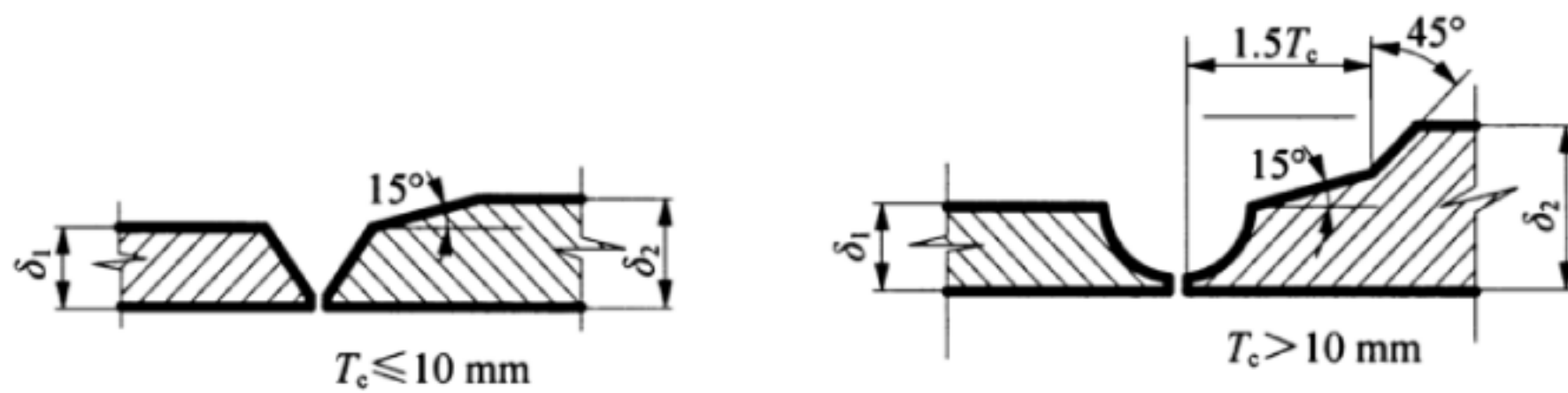
5.4.2 筒体板对接接头两侧钢材厚度不同并符合下列条件之一时，应按不等厚对接接头（见图 5.4.2）进行检查：

- 1 薄板厚度小于或等于 10mm，两板厚度差应大于 3mm。
- 2 两板厚度差应大于薄板厚度的 30% 或大于 5mm。

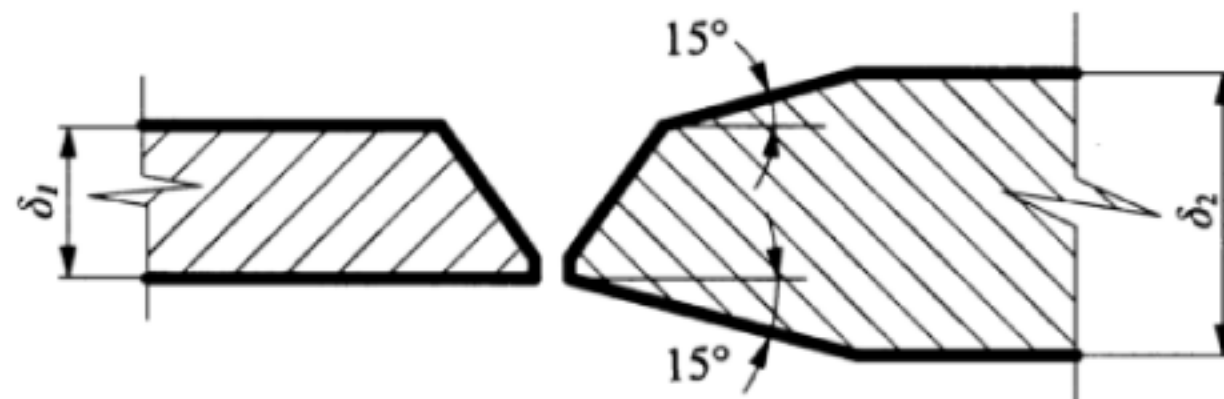




(a) 内壁尺寸不相等



(b) 外壁尺寸不相等

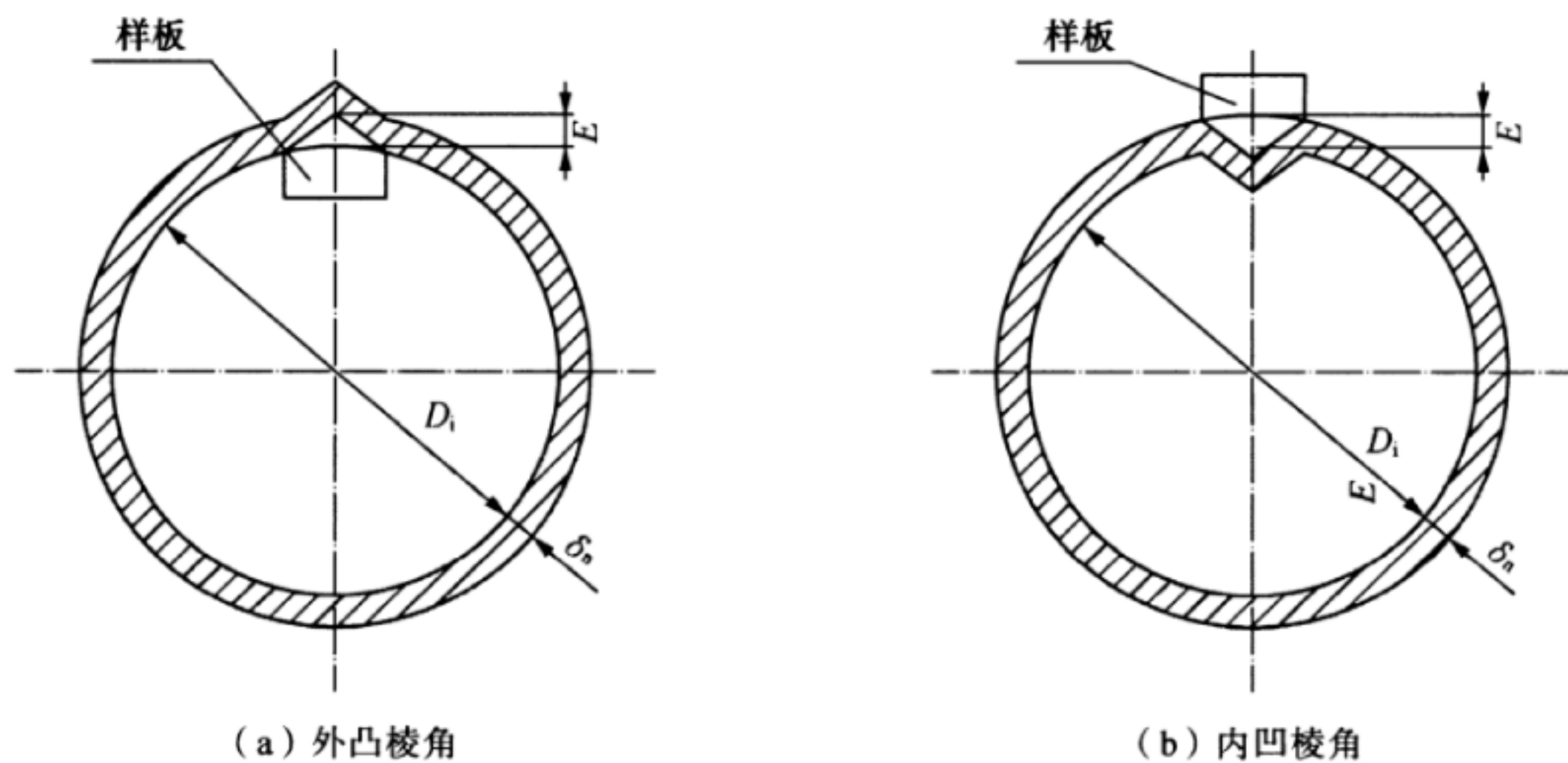


(c) 内、外壁尺寸不相等

$T_c$ —— $\delta_2$ 与 $\delta_1$ 之差； $\delta_1$ ——薄板厚度； $\delta_2$ ——厚板厚度

图 5.4.2 不等厚对接接头

5.4.3 筒体组对时对接纵焊缝处的棱角度(见图 5.4.3-1)和对接环焊缝处的棱角度(见图 5.4.3-2), 应均不大于  $(\delta_n/10+2)$  mm, 且不大于 5mm。



$E$ ——焊缝处的棱角度； $\delta_n$ ——筒体厚度

图 5.4.3-1 对接纵焊缝处的棱角度

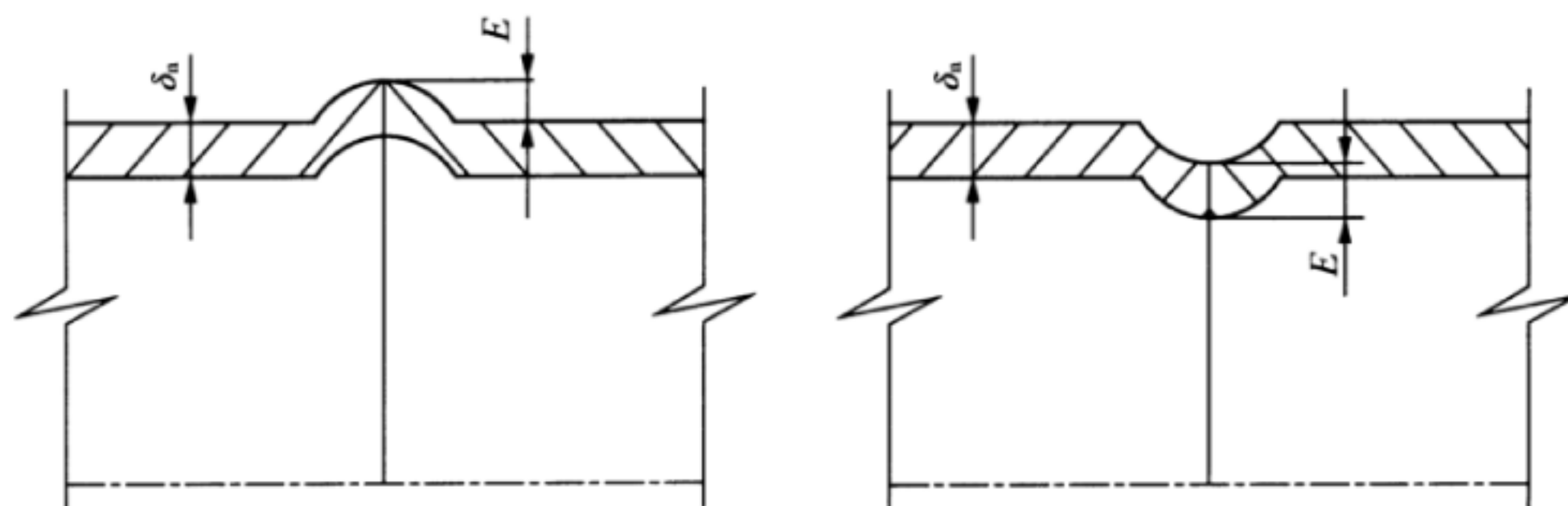


图 5.4.3-2 对接环焊缝处的棱角度

5.4.4 相邻筒节的纵焊缝或封头拼接焊缝与相邻筒节纵焊缝的间距应不小于 3 倍壁厚，且不小于 100mm。

5.4.5 设备预焊件与筒体焊接的焊缝边缘至筒体环焊缝边缘的距离应不小于该处筒体壁厚，且不小于 50mm。

5.4.6 被内件、密封结构覆盖的焊缝应打磨至与母材平齐。

5.4.7 设备开口、接管安装允许偏差应符合表 5.4.7 的规定。

表 5.4.7 设备开口、接管安装允许偏差

单位：mm

检 查 项 目		允 许 偏 差 值	
开口中心标高及位置	接管	±5	
	人孔	±10	
接管法兰面至设备外壁距离		±2.5	
接管法兰面与接管或筒体中心线的垂直度		$D_i \leq 200$	1.5
		$D_i > 200$	2.5
液面计		接口中心标高	±3
		对应接口周向位置	1.5
		对应接口间的距离	±1.5
		对应接管外伸长度差	1.5
		法兰面垂直度	$0.5D_L\%$
		对应法兰平面度	2.0
注： $D_i$ 为法兰内直径； $D_L$ 为法兰外缘直径。			

5.4.8 开孔补强圈应与壳体紧密贴合，当开孔补强圈与壳体变截面交界处的焊道相碰时，可割除部分补强圈，保留的补强圈宽度不应小于设计宽度的 2/3。被补强圈覆盖的焊缝应磨平，信号孔不得堵塞。

5.4.9 当必须在焊缝上开孔或开孔补强时，应对开孔直径 1.5 倍或开孔补强板直径范围内的焊缝进行无损检验，确认焊缝合格后方可进行。

5.4.10 组装和安装基准线标识应符合下列规定：

- 1 设备现场组对时，应设置设备安装找正的标高基准线，并宜在裙座上标识。

2 立式设备应根据排版图和接管在设备成 90°两个方向的上、中、下处标出 3 个标识点作为组对和安装的基准点。

5.4.11 支座、裙座组装应符合下列规定：

1 分片到货的底座环组焊后平面度允许偏差应为 3mm；接口处地脚螺栓孔中心距允许偏差应为 $\pm 2\text{mm}$ ；地脚螺栓孔中心圆直径允许偏差应为 $\pm 2\text{mm}$ 。

2 底座环、裙座与设备本体轴线允许偏差应为 5mm。

3 当支座、裙座与设备本体相接处遇到拼接焊缝时，应在支座、裙座上开出豁口。

5.4.12 复合钢板组装及设备校正应符合下列规定：

1 当复层加基层厚度小于 19mm 时，对接坡口形式应采用单面 V 形外坡口。

2 复合钢板设备的坡口宜在设备制造厂内加工成型。

3 焊接前应对坡口进行 100%着色检查。当材料有分层、裂纹缺陷时，应立即清除，再对缺陷重新检查，直至合格。

4 环焊缝组装间隙应为 2~3mm，错边量不应大于钢板复层的 50%，且不大于 2mm。

5.4.13 采用卧式组对的设备，组对基础应满足设备重量和试验时的负荷要求，不得在组对过程中发生超过设计允许值的不均匀基础沉降。

5.4.14 需要热处理的设备立式组对时，热处理过程中设备筒节的承压强度应满足材料的强度要求；水压试验时基础的承载力应符合设计文件的规定。

## 5.5 焊 接

5.5.1 焊件组对前，应将坡口及其内外侧表面不小于 20mm 范围内的污物、毛刺清理干净，且不得有裂纹、夹层；钛、铝、镍合金的清理范围应不小于 50mm。对奥氏体不锈钢设备，焊接时应采取防止焊渣飞溅措施。

5.5.2 定位焊缝应符合下列规定：

1 定位焊缝应采用评定合格的焊接工艺，并由合格焊工施焊。

2 定位焊缝的长度宜为 30~50mm，引弧和熄弧点应在焊道内。当发现裂纹缺陷时，应清除重焊。

3 有预热要求的焊缝，定位焊缝也应按相同要求预热，预热范围应为焊缝两侧不小于 3 倍壁厚，且不小于 100mm。

5.5.3 组装时，吊耳、卡具焊缝的焊接应符合下列规定：

1 应采用与设备壳体相同或焊接性能相似的材料与焊材；焊接工艺应与设备的焊接工艺相同。

2 有预热要求的，工卡具焊接应按正式焊缝要求进行预热，预热范围不宜小于工件周边 150mm。

3 工卡具的焊接及拆除应在热处理及耐压试验之前进行。

4 工卡具拆除后，应对焊疤进行打磨修整，其修磨处的壳体厚度应不小于设计文件规定的厚



度，对不符合设计文件规定厚度的应按焊接工艺进行补焊，并打磨平整。

5 低温钢、铬钼钢和标准抗拉强度下限值大于或等于 540MPa 的钢材焊制的设备，其工卡具拆除部位应进行磁粉或渗透检测。表面探伤检查的范围，宜从工卡具焊缝周边向外延伸应不少于 10mm。

5.5.4 焊接材料应按设计文件规定或焊接工艺规程选用。焊材应按说明书规定进行烘烤和存放。

5.5.5 设备的焊接应按本标准 5.5 和现行国家标准《现场设备、工业管道焊接工程施工规范》GB 50236 的有关规定进行。

5.5.6 产品焊接试板的尺寸、试样截取和数量、试验项目、合格标准及复验要求应符合现行行业标准《承压设备产品焊接试件的力学性能检验》NB/T 47016 的有关规定。

## 5.6 预热和热处理

5.6.1 当设计文件对现场设备的预热无规定时，除应符合现行国家标准《现场设备、工业管道焊接工程施工规范》GB 50236 的有关规定外，尚应符合下列规定：

1 预热应在坡口两侧均匀进行，不得局部过热。

2 坡口每侧的预热宽度，碳素钢及低合金钢应不小于壁厚的 3 倍，标准抗拉强度下限值大于或等于 540MPa 的钢材及铬钼钢材，应不小于 3 倍壁厚，且不应小于 100mm。

3 预热后，焊接应连续进行；中断后再次焊接时应重新预热。

4 当焊件温度低于 0℃ 时，应在始焊 100mm 范围内预热到 15℃ 以上。

5.6.2 当设计文件无规定时，现场设备的热处理除应符合现行国家标准《现场设备、工业管道焊接工程施工规范》GB 50236 的有关规定外，尚应符合下列规定：

1 现场组焊设备的焊缝，可采用局部热处理方法。局部热处理宽度，每侧加热宽度不应小于钢材厚度的 2 倍，接管或与其与壳体相连的焊缝每侧加热宽度不应小于钢材厚度的 6 倍。

2 现场设备的整体热处理，应按设计文件或随机技术文件的规定执行。

3 测温点应均匀布置在热处理设备表面，相邻测温点的间距宜小于 4.5m；产品焊接试板应单独设 1 个测温点，温度曲线记录宜采用自动记录仪。

4 现场设备热处理后，应进行焊接接头的硬度检查。碳素钢焊缝和热影响区的硬度值不宜大于母材硬度的 120%，合金钢不宜大于母材硬度的 125%。热处理后，硬度值超过上述规定的焊缝，应重新进行热处理。

5.6.3 标准抗拉强度下限值大于或等于 540MPa 的钢材和有裂纹敏感性铬钼钢材料焊后应及时进行热处理，当不能及时进行热处理时，应在焊接后立即均匀加热至 300~350℃，恒温 15min 后应缓慢冷却。加热范围与热处理范围应相同。

## 5.7 焊接检验

5.7.1 现场设备组装焊接后，设备总体几何尺寸的允许偏差应符合表 5.7.1 的规定。



表 5.7.1 设备总体几何尺寸的允许偏差

检 验 项 目			允许偏差/mm
壳体同一断面上最大内径与最小内径之差			不大于该断面最大内径的 1%（对锻焊容器为 1‰）且不大于 25
直 线 度	任意 3 000mm 长度		3
	全长	$H \leq 15\,000$	$H/1\,000$
		$H > 15\,000$	$0.5H/1\,000+8$
壳体 长度	上、下两封头焊缝之间的距离 $H \leq 30\,000$		$\pm H/1\,000$ 且不超过 $\pm 20$
	上、下两封头焊缝之间的距离 $H > 30\,000$		$\pm H/1\,000$ 且不超过 $\pm 40$
圆度（内压设备）			$\leq 1\%$ 设备筒体内直径，且不大于 25
注： $H$ ——筒体高度。			

5.7.2 焊接接头的外观检查应符合下列规定：

- 1 表面不得有裂纹、未焊透、未熔合、弧坑、未填满和肉眼可见的夹渣。
- 2 焊缝与母材应圆滑过渡。
- 3 角焊缝的外形应呈凹形圆滑过渡。
- 4 按疲劳分析设计的压力容器应去除纵、环焊缝的余高，焊缝表面与母材表面应平齐。
- 5 压力容器焊接接头余高应符合下列规定：
  - 1) A、B 类焊接接头（见图 5.7.2）焊缝余高的允许偏差应符合表 5.7.2-1 的规定；

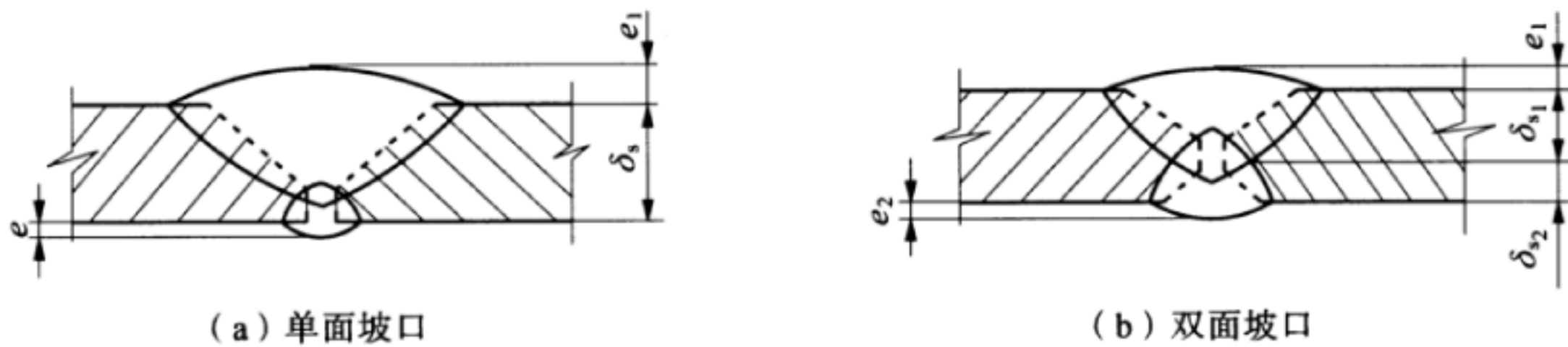


图 5.7.2 A、B 类焊接接头

表 5.7.2-1 焊缝余高的允许偏差 单位：mm

低温容器用钢材、标准抗拉强度下限值 $\sigma_b > 540\text{MPa}$ 的钢材、Cr-Mo 低合金钢钢材				其 他 钢 材			
单 面 坡 口		双 面 坡 口		单 面 坡 口		双 面 坡 口	
$e_1$	$e_2$	$e_1$	$e_2$	$e_1$	$e_2$	$e_1$	$e_2$
$0 \sim 0.1 \delta_s$ 且 $\leq 3$	$0 \sim 1.5$	$0 \sim 0.1 \delta_{s1}$ 且 $\leq 3$	$0 \sim 0.1 \delta_{s2}$ 且 $\leq 3$	$0 \sim 0.15 \delta_s$ 且 $\leq 4$	$0 \sim 1.5$	$0 \sim 0.15 \delta_{s1}$ 且 $\leq 4$	$0 \sim 0.15 \delta_{s2}$ 且 $\leq 4$
注 1： $\delta_s$ 为焊接接头处钢材厚度； $\delta_{s1}$ 、 $\delta_{s2}$ 为焊接接头处坡口钝边两侧的钢材厚度。							
注 2：表中百分数计算值小于 1.5 时，按 1.5 计算。							

2) 设计文件对 C、D 类焊接接头的焊脚高度无规定时，应取焊件中较薄者。补强圈厚度大于或等于 8mm 时，焊脚高度应取补强圈厚度的 70%，且不小于 8mm。

6 设备焊缝表面咬边深度不得大于 0.5mm，咬边连续长度不得大于 100mm，焊缝两侧咬边的总长度不得超过该焊缝长度的 10%，下列设备焊缝表面不得有咬边：

- 1) 标准抗拉强度下限值大于或等于 540MPa 的钢材制造的设备；
- 2) 铬钼钢制造的设备；
- 3) 奥氏体不锈钢、钛材、镍材和锆材制造的设备；
- 4) 复合钢板；
- 5) 低温设备；
- 6) 焊接接头系数为 1 的设备。

7 非压力容器焊接接头外观质量应符合表 5.7.2-2 的规定。

表 5.7.2-2 非压力容器焊接接头外观质量

检验项目	局部无损检测焊缝外观质量标准	不要求无损检测焊缝外观质量标准
裂纹	不允许	
表面气孔	每 50mm 焊缝长度内允许直径 $\leq 0.3\delta$ ，且 $\leq 2\text{mm}$ 的气孔为 2 个，孔间距 $\geq 6$ 倍孔径	每 50mm 焊缝长度内允许直径 $\leq 0.4\delta$ ，且 $\leq 3\text{mm}$ 的气孔为 2 个，孔间距 $\geq 6$ 倍孔径
表面夹渣	深 $\leq 0.1\delta$ ，长 $\leq 0.3\delta$ ，且 $\leq 10\text{mm}$	深 $\leq 0.2\delta$ ，长 $\leq 0.5\delta$ ，且 $\leq 20\text{mm}$
咬边	深 $\leq 0.05\delta$ ，且 $\leq 0.5\text{mm}$ ，连续长度 $\leq 100\text{mm}$ ，且焊缝两侧咬边总长不大于 10%焊缝全长	深 $\leq 0.1\delta$ ，且 $\leq 1\text{mm}$ ，连续长度不限
未焊透	不加垫单面焊允许值 $\leq 0.15\delta$ ，且 $\leq 1.5\text{mm}$ 。缺陷总长在 6 $\delta$ 焊缝长度内不超过 $\delta$	$\leq 0.2\delta$ ，且 $\leq 2.0\text{mm}$ 。每 100 焊缝内缺陷总长不大于 25mm
余高	$\leq 1 + 0.2d$ ，且最大为 5mm	

5.7.3 现场组焊设备的无损检测应符合下列规定：

- 1 现场组焊设备焊接接头的无损检测应在形状尺寸及外观检验合格后进行。
- 2 有延迟裂纹倾向的材料应在焊接完成 24h 后进行无损检测。
- 3 有再热裂纹倾向的材料应在热处理后进行无损检测。
- 4 标准抗拉强度下限值大于或等于 540MPa 的低合金钢制压力容器，在耐压试验后，应对焊接接头进行表面无损检测。

5.7.4 无损检测方法的选择应符合下列规定：

- 1 压力容器对接接头应采用射线或超声检测，超声检测包括衍射时差法超声检测、可记录的脉冲反射法超声检测和不可记录的脉冲反射法超声检测；当采用不可记录的脉冲反射法超声检测时，应采用射线或衍射时差法超声波检测作为附加局部检测。
- 2 有色金属压力容器对接接头应优先采用射线检测。
- 3 管座角焊缝、管子-管板焊接接头、异种钢焊接接头、具有再热裂纹倾向或者延迟裂纹倾向的焊接接头应进行表面检测。
- 4 铁磁性材料制压力容器焊接接头的表面检测应优先采用磁粉检测。

5.7.5 除设计文件或随机技术文件有特殊规定外，无损检测的数量和合格标准应符合下列规定：

- 1 凡符合下列条件之一的压力容器及受压元件，应对其 A 类和 B 类焊接接头进行 100%射线



或超声检测：

- 1) 设计压力大于或等于 1.6MPa 的第三类压力容器。
- 2) 按分析设计标准制造的压力容器。
- 3) 采用气压试验或气液压组合压力试验的压力容器。
- 4) 焊接接头系数为 1.0 的压力容器及使用后无法进行内部检验的压力容器。
- 5) 标准抗拉强度下限值大于或等于 540MPa 的低合金钢制压力容器钢材厚度大于 20mm 时，对接接头应采用与原无损检测方法不同的检测方法进行局部检测，该局部检测应包括所有的焊缝交叉部位。
- 6) 钢材厚度大于 30mm 的碳素钢、Q345R。
- 7) 钢材厚度大于 25mm 的 15MnV、15MnVR、20MnMo 和奥氏体不锈钢。
- 8) 钢材厚度大于 16mm 的 12CrMo、15CrMoR、15CrMo；其他材质的 Cr-Mo 低合金钢。
- 9) 盛装毒性为极度危害或高度危害介质的容器。
- 10) 设计文件规定进行 100%射线或超声检测的容器。

2 除本标准 5.7.4 规定以外的压力容器，A 类和 B 类焊接接头应进行局部射线或超声检测，检测方法应按设计文件执行。检测长度不得少于各焊接接头长度的 20%，且不小于 250mm；碳钢和低合金钢制低温容器，局部无损检测的比例应大于或等于 50%。下列部位的焊接接头应全部检测，其检测长度可计入局部检测长度之内：

- 1) 焊接接头交叉部位及被其他元件覆盖的焊缝部分；
- 2) 以开孔中心为圆心，1.5 倍开孔直径为半径的圆中所包容的焊接接头；
- 3) 嵌入式接管与圆筒或封头对接连接的焊接接头。

3 公称直径大于或等于 250mm 的压力容器接管对接接头的无损检测方法、检测比例和合格级别应与压力容器壳体主体焊接接头规定相同；公称直径小于 250mm 的对接接头，应进行磁粉检测或渗透检测，其合格级别应符合现行行业标准《承压设备无损检测》NB/T 47013 规定的 I 级，其无损检测方法、检验比例和合格级别应符合设计文件的规定。

4 凡符合下列条件之一的部位，应对表面进行 100%磁粉或渗透检测：

- 1) 堆焊表面；
- 2) 本标准 5.7.5 第 1 款中 1)、2)、3)、4)、5)、8)、10) 容器上的 C 类和 D 类焊接接头表面；
- 3) 低温设备、标准抗拉强度下限值大于或等于 540MPa 的钢材，Cr-Mo 低合金钢材经火焰切割的坡口表面和设备的缺陷修磨或补焊处的表面，卡具拆除处的焊痕表面；
- 4) 复合钢板的复合层焊接接头；
- 5) 标准抗拉强度下限值大于或等于 540MPa 的钢材和 Cr-Mo 低合金钢制容器焊接接头经水压试验后应对焊接接头表面作 20%的磁粉检测，当发现有裂纹时，则应对焊接接头作 100%的磁粉检测。

5.7.6 当采用射线和超声组合检测时，质量要求和合格级别应按国家现行有关标准的规定执行，

并均应合格。

5.7.7 无损检测应按现行行业标准《承压设备无损检测》NB/T 47013 的有关规定执行，质量要求和合格级别应符合下列规定：

1 采用射线检测时，其检测技术不应低于 AB 级；采用超声检测时，其检测技术不应低于 B 级。

2 100%射线检测的焊接接头，Ⅱ级应为合格；局部检测的，Ⅲ级应为合格，不得有未焊透。

3 100%超声检测的焊接接头，Ⅰ级应为合格；局部检测的，Ⅱ级应为合格。

4 磁粉和渗透检测Ⅰ级应为合格。

5 铝材、锆材、镍材、钛材制设备合格级别应符合设计文件的规定。

5.7.8 规定必须进行局部无损检测的焊接接头，每台设备每一名焊工所焊的焊缝，应按规定比例进行抽查。每台设备检测长度不得少于 200mm。

5.7.9 凡经无损检测的焊接接头，不合格部位必须返修；返修后应按原规定方法进行无损检测。

5.7.10 经局部无损检测的焊接接头，当在检测部位发现超标缺陷时，应在缺陷两端的延伸部位进行不少于 250mm 的补充检测，当仍有不允许的缺陷时，则应对整条焊接接头进行 100%检测。

## 5.8 现场返修工程

5.8.1 焊缝返修应按评定合格的焊接工艺进行。

5.8.2 焊缝修补需预热时，预热温度应取上限。

5.8.3 设备表面缺陷及工卡具焊疤应采用砂轮清除，修磨深度应不大于该部位钢材厚度的 5%，且不大于 2mm，并应打磨平滑或加工成不大于 1:3 的缓坡；修磨深度超过规定值时，应进行焊接修补。

5.8.4 焊接修补后的母材表面应无裂纹、未熔合、焊瘤、气孔和夹渣，修补后焊缝表面应打磨平缓，焊缝余高应小于 2mm。

5.8.5 焊缝内部缺陷返修时，清除的缺陷深度不得超过板厚的 2/3，若清除到板厚的 2/3 时还残留缺陷，应在该状态下从背面清除缺陷后再进行焊补。

5.8.6 同一部位返修次数不宜超过两次；当超过两次时，返修措施应经施工单位技术总负责人批准，并应记录返修次数、部位和返修情况。

5.8.7 要求焊后热处理的设备，应在热处理前返修；在热处理后还需返修时，返修后应再做热处理。



## 6 压力试验

### 6.1 一般规定

6.1.1 设备安装后应进行压力试验。设计文件或随机技术文件规定进行气密试验的设备，应在耐压试验合格后进行。

6.1.2 下列设备安装前，可不做耐压试验：

1 同时符合以下条件的整体到货设备：

- 1) 产品质量证明文件证明已做过耐压试验；
- 2) 有气体保护要求的设备，处于有效保护状态；
- 3) 在运输过程中无损伤和变形。

2 符合本标准 6.1.2 中第 1 款的规定，且使用正式紧固件和垫片的换热设备。

3 非金属衬里设备。

6.1.3 除设计文件或随机技术文件规定可用气体代替液体进行耐压试验外，不得采用气压试验；当采用气压试验代替液压试验时，应符合下列规定：

1 压力容器的焊接接头应进行 100%射线或超声检测，执行标准和合格级别应符合原设计文件的规定。

2 非压力容器的焊接接头应进行 25%射线或超声检测，合格级别射线检测应为Ⅲ级、超声检测应为Ⅱ级。

3 进行气压试验前，应制订安全措施，经设计文件同意和施工单位技术总负责人批准后，方可进行试验。

4 试压系统应设置安全泄放装置。

6.1.4 压力试验前，应审查下列资料：

1 设备出厂产品质量证明书。

2 设备附件及内件质量证明书。

3 设计修改和现场补修记录。

4 对现场组装设备还应审查下列资料：

- 1) 材质合格证；
- 2) 设备组装记录；
- 3) 焊接工艺记录；
- 4) 热处理记录；
- 5) 无损检测报告。

6.1.5 设备进行耐压试验前的准备工作应符合下列规定：

- 1 应熟悉设备结构和技术要求。
  - 2 对设备内部已进行清洗检查、封闭良好，并有封闭记录的设备可不进行揭开清洗检查。
  - 3 检查几何形状、焊缝、连接件及衬垫、紧固螺栓应符合设计文件或随机技术文件的要求，管件及附属装置应齐备，操作应灵活、正确，紧固件应紧固完毕。
  - 4 设计文件上注明不进行试验压力的部件，试验前应拆除或用盲板隔离。
  - 5 进行液压试验时，必须核算地基或基础的承载能力，设备的支承和固定应牢固，不得损坏基础或设备。
  - 6 设备最高处应设排气口，充液时应将设备内的空气排尽。
  - 7 试压用的临时盲板应符合强度要求。
- 6.1.6 现场设备应在无损检验后进行压力试验；需热处理的设备应在热处理后进行压力试验；在压力试验前，应用压缩空气检查开孔补强圈焊缝质量，气体压力取该处可承受的最高压力，且不应超过 0.5MPa。
- 6.1.7 设备在压力试验过程中，不得对压力试验元件进行任何处理；当发现缺陷时应卸压后再消除，消除后应重新进行压力试验。
- 6.1.8 设计文件对设备受压元件有明确压差限制的，在升压、稳压和卸压过程中，应使两侧压力平衡，不得超过设计压差值。
- 6.1.9 在基础上进行液压试验且容积大于 100m<sup>3</sup> 的设备或设计文件有规定进行基础沉降观测时，应符合下列规定：
- 1 在设备充液前、充液至 1/3、充液至 2/3、充满液后 24h 和放液后，应按预先标定的测点作基础沉降观测，并应做好“基础沉降记录”。
  - 2 基础沉降应均匀，不均匀沉降量应符合设计文件的规定。
- 6.1.10 进行压力试验时，应装设两块压力表，压力表应装设在最高处和最低处，试验压力应为设在最高处的压力表读数，立式设备卧置进行液压试验时，试验压力应为立置试验压力加设备液柱静压力。
- 6.1.11 试验用压力表的表盘刻度最大量程应为试验压力的 1.5~3 倍。试压用压力表精度应不低于 1.6 级，并经校验合格。
- 6.1.12 压力试验过程中，当发现异常响声、压力突然下降、涂层剥落或加压装置发生故障时，应立即停止试验，并查明原因，处理完毕后继续进行压力试验。
- 6.1.13 压力试验完成后，应拆除试压用的辅助部件。
- 6.1.14 压力试验时应有施工技术人员及质量、安全部门的人员参加，并书面通知监理单位、建设单位参加。

## 6.2 试 验 压 力

- 6.2.1 耐压试验的试验压力应符合设计文件或随机技术文件的规定。液压试验时，不应小于设计压力的 1.25 倍；气压试验时，不应小于设计压力的 1.15 倍。

6.2.2 设备耐压试验和气密试验压力应符合表 6.2.2 的规定。

表 6.2.2 设备耐压试验和气密试验压力

单位: MPa

设计压力	耐压试验压力		气密性试验压力
	液压试验	气压试验	
$p \leq -0.02$	$1.25p$	$1.15p(1.25p)$	$p$
$-0.02 < p < 0.1$	$1.25p[\sigma]/[\sigma]'$ 且不小于 0.1	$1.15p[\sigma]/[\sigma]'$ 且不小于 0.07	$p[\sigma]/[\sigma]'$
$0.1 < p < 100$	$1.25p[\sigma]/[\sigma]'$	$1.15p[\sigma]/[\sigma]'$	$p$
注 1: $[\sigma]$ 为设备元件材料在试验温度下的许用应力 (MPa); $[\sigma]'$ 为设备元件材料在设计温度下的许用应力 (MPa)。 注 2: 设备受压元件 (圆筒、封头、接管、法兰及紧固件等) 所用材料不同时, 应取受压元件 $[\sigma]/[\sigma]'$ 比值较小者。 注 3: 括号内的数值 $1.25p$ 仅适用于钢制真空塔式容器。			

6.2.3 设计温度高于试验介质温度时, 试验压力应按式 (6.2.3) 计算:

$$p' = np \frac{[\sigma']}{[\sigma]} \quad \dots\dots\dots (6.2.3)$$

式中:

$p'$ ——试验压力 (MPa);

$p$ ——设计压力 (MPa);

$[\sigma']$ ——试验温度下设备材料的许用应力 (MPa);

$[\sigma]$ ——设计温度下设备材料的许用应力 (MPa);

$\frac{[\sigma']}{[\sigma]}$ ——比值最高不超过 1.80;

$n$ ——耐压试验系数, 液压试验时  $n$  取 1.25, 气压试验时  $n$  取 1.15。

### 6.3 耐压试验

6.3.1 设备的液压试验应符合下列规定:

- 1 液压试验应在设备涂装、绝热施工之前进行。
- 2 用水作为试压介质时, 应采用洁净水。奥氏体不锈钢制设备或用奥氏体不锈钢做衬里的设备用水进行试验时, 水中氯离子含量不得超过  $25 \times 10^{-6}$ 。
- 3 采用石油蒸馏产品进行液压试验, 试验温度应低于石油产品的闪点。
- 4 碳素钢、Q345R、Q370R 钢制设备液压试验时, 温度不得低于  $5^{\circ}\text{C}$ 。其他低合金钢制设备液压试验时, 液体温度不得低于  $15^{\circ}\text{C}$ 。当板厚等因素造成材料脆性转变温度升高时, 应提高试验液体温度。其他钢种的设备液压试验温度应符合设计文件的规定。
- 5 水压试验时, 设备外壁应干燥。试验环境温度不宜低于  $5^{\circ}\text{C}$ , 当低于  $5^{\circ}\text{C}$  时应采取防冻措施。对低压大型设备, 试验时不得因温度骤变或设备泄漏产生内部负压。



6 设备充满液体后，应待设备壁温与液体温度相同后，方可缓慢升压到规定的试验压力，并应保压 10min，再将压力降到设计压力，稳压 30min，设备应无变形、泄漏或微量渗透。

7 液压试验完毕，应缓慢降压。以水为试验介质时，试验后应及时将水排尽。

6.3.2 设备的气压试验应符合下列规定：

1 气压试验所用的气体应为干燥洁净的空气、氮气或其他惰性气体。对忌油或有防湿要求的设备，应采用无油干燥气体。

2 碳素钢和低合金钢制设备，试验介质温度不应低于 15℃，其他钢种的设备，试验介质温度应符合设计文件的规定。

3 气压试验时，应缓慢升压至规定试验压力的 10%，且不应超过 0.05MPa，保压 5min，对所有焊缝和连接部位进行初次泄漏检查合格后，继续缓慢升压至规定试验压力的 50%，观察无异常现象后，继续按规定试验压力的 10%逐级升压，直至达到试验压力，保压时间不应少于 30min，再将压力降至设计压力，并对所有焊接接头和连接部位进行全面检查合格后，再缓慢泄压。

#### 6.4 气密试验

6.4.1 设备气密试验宜与管道系统气密试验同时进行，并按现行国家标准《工业金属管道工程施工规范》GB 50235 的有关规定执行。

6.4.2 气密试验前，设备上的安全装置、压力计、液面计和全部内件均应装配齐全。

6.4.3 气密试验所用气体应为干燥、洁净的空气、氮气或其他惰性气体；对要求脱脂的设备，应采用无油气体。气体温度不应低于 5℃。

6.4.4 气密试验时，缓慢升压至设计压力，保持 30min，应无泄漏。

6.4.5 气密试验可在气压试验压力降到气密试验压力后一并进行。



## 7 工 程 验 收

7.0.1 化工设备安装工程竣工后，建设单位或监理单位应组织有关单位进行检查和验收。

7.0.2 工程验收时，施工单位应按现行行业标准《化学工业工程建设交工技术文件规定》HG 20237提交交工技术文件。

附录 A 垫铁规格

表 A 垫铁规格 单位: mm

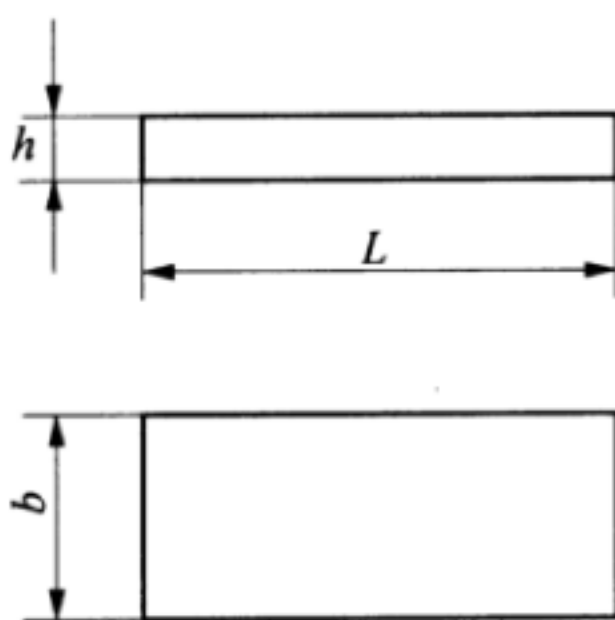
项次	平 垫 铁			斜 垫 铁				
	<i>L</i>	<i>b</i>	材料	<i>L</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>a</i>	材料
1	100	50	普通碳素 钢及铸铁	110	45	≥3	4	普通 碳素钢
2	100	60		110	50	≥3	4	
3	120	50		130	45	≥3	6	
4	120	65		130	55	≥3	6	
5	140	65		150	55	≥4	8	
6	160	65		170	55	≥4	8	
7	180	65		200	55	≥4	8	
8	180	75		200	65	≥5	10	
9	200	75		220	65	≥5	10	
10	250	75		270	65	≥6	12	
11	300	100		320	80	≥6	12	
12	340	100		360	80	≥6	14	
13	400	100		420	80	≥8	14	

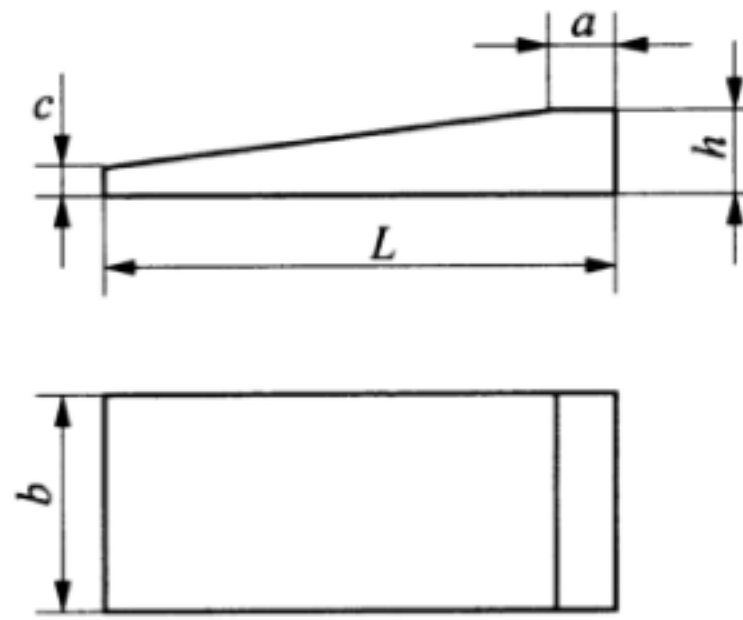
注 1：厚度 *h* 可按实际需要及材料情况确定；斜垫铁斜度宜为 1/10~1/20；铸铁平垫铁厚度，最小应为 20mm。

注 2：斜垫铁应与项次相同的平垫铁配合使用。

注 3：当有特殊要求时，可采用其他规格或加工精度的垫铁。

注 4：垫铁面积  $A=L \times b$ ，选用垫铁时以表中平垫铁为准。





## 附录 B 混凝土配方

B.0.1 二次灌浆用普通混凝土配方应符合表 B.0.1 的规定。

表 B.0.1 二次灌浆用普通混凝土配方

混凝土 标号	水泥 标号	石子粒径/mm		塌落度/mm	每 m <sup>3</sup> 混凝土材料用量/kg			
					水泥	中砂	石子	水
C20	P·O 32.5R	卵石	5~15	10~30	336	599	1 280	185
				40~60	354	571	1 280	195
	P·O 42.5R	碎石	5~15	10~30	290	645	1 280	185
				40~60	305	620	1 280	195
	P·O 32.5R	卵石	5~15	10~30	345	675	1 230	200
				40~60	362	648	1 230	210
	P·O 42.5R	碎石	5~15	10~30	298	722	1 230	200
				40~60	314	696	1 230	210
C30	P·O 32.5R	卵石	5~15	10~30	463	492	1 260	185
				40~60	487	458	1 260	195
	P·O 42.5R	碎石	5~15	10~30	394	561	1 260	185
				40~60	415	530	1 260	195
	P·O 32.5R	卵石	5~15	10~30	465	585	1 260	200
				40~60	488	552	1 260	210
	P·O 42.5R	碎石	5~15	10~30	400	650	1 260	200
				40~60	420	620	1 260	210
注 1: 水泥应符合现行国家标准《通用硅酸盐水泥》GB 175—2007/XG2—2015 (国家标准第 2 号修改单) 的有关规定。								
注 2: 砂材料应符合现行国家标准《建设用砂》GB/T 14684 的有关规定。								
注 3: 石子材料应符合现行国家标准《建设用卵石、碎石》GB/T 14685 的有关规定。								
注 4: 二次灌浆用的混凝土应使用机械搅拌, 搅拌时间应大于或等于 3min。								

B.0.2 无收缩及微膨胀混凝土配方应符合表 B.0.2。

表 B.0.2 无收缩及微膨胀混凝土配方

膨胀剂系列	UEA	AEA	HEA	ZY	备 注
膨胀剂掺和比 %	6~10	8~12	6~10	6~8	以水泥用量为基数
限制膨胀率 %	0.02~0.04	0.02~0.06	0.02~0.04	≥-0.020	空气中的限制膨胀率
水灰比	0.31				
水泥（P·O52.5R）	497kg/m <sup>3</sup>				
水	154kg/m <sup>3</sup>				
中砂	647kg/m <sup>3</sup>				
卵石（5mm~15mm）	1 151kg/m <sup>3</sup>				
减水剂	3.98kg/m <sup>3</sup>				0.8%
某 UEA 型膨胀剂试样数据参数表					
掺和比率 （以水泥重量为基准）	膨胀效果（水中）		28 天强度	备 注	
	7 天膨胀率	28 天膨胀率			
6%	0.031	0.04	57.9MPa		
8%	0.036	0.056	51.8MPa		
10%	0.042	0.081	44.3MPa		
注 1：无收缩及微膨胀混凝土（砂浆）的配制，宜采用硅酸盐或普通硅酸盐水泥。					
注 2：应按厂家的使用说明书确定膨胀剂的配合比。					
注 3：现行国家标准《混凝土膨胀剂》GB 23439 规定空气中 21 天的限制膨胀率，Ⅰ型应为大于等于-0.02%、Ⅱ型应为大于或等于-0.01%；28 天抗压强度应为大于或等于 40MPa。					

B.0.3 无收缩及微膨胀砂浆应符合表 B.0.3。

表 B.0.3 无收缩及微膨胀砂浆配方

膨胀剂系列	UEA	备 注
膨胀剂掺和比	80kg/m <sup>3</sup>	10 %
灰砂比	1.25	
水泥（P·O42.5R）	800kg/m <sup>3</sup>	（普通硅酸盐水泥）
水	用水量以砂浆的稠度达到 100mm±10mm 为宜	
中砂	1 086kg/m <sup>3</sup>	
萘系高效减水剂	6.4kg/m <sup>3</sup>	0.8 %
参考强度	69MPa	28 天
参考膨胀率	0.036 %	
注：无收缩及微膨胀混凝土（砂浆）配制，宜采用硅酸盐或普通硅酸盐水泥。		



## 附录 C 混凝土在不同温度下强度增长率表

表 C 混凝土在不同温度下强度增长率表

水泥种类	养 护 期	平均温度/℃							
		1	5	10	15	20	25	30	35
		混凝土达到强度的百分比/%							
P·O(普通硅酸盐水泥) 32.5R/42.5R	3 天	17/15	22/20	30/25	35/32	42/38	48/42	50/48	55/52
	5 天	21/26	30/30	35/38	45/45	50/52	55/57	60/62	65/67
	7 天	27/32	35/40	45/48	50/55	58/62	65/68	70/72	75/75
	10 天	35/40	45/50	53/60	60/68	70/75	75/78	80/82	85/85
	15 天	45/52	55/62	63/72	72/80	80/90	90		
	28 天	66/68	70/78	80/85	90/90	100/100			
P·P(火山灰质硅酸盐水泥)和 P·S (矿渣硅酸盐水泥) 32.5R/42.5R	3 天	5/5	8/10	12/15	15/20	22/23	28/25	35/33	45/40
	5 天	11/12	15/16	22/25	28/30	35/35	42/40	50/45	60/52
	7 天	15/15	25/23	32/32	35/40	45/45	53/50	62/55	70/62
	10 天	20/23	35/34	42/45	50/52	58/58	68/63	75/68	85/75
	15 天	30/34	43/45	55/60	65/68	75/75	82/87	90/85	/90
	28 天	40/45	62/65	78/80	90/90	100/100			

## 附录 D 常用早强剂掺量限值表

表 D 常用早强剂掺量限值表

混凝土种类	使用环境	早强剂品种	掺量限值占水泥重量的百分比/%
预应力混凝土	干燥环境	硫酸钠 三乙醇胺	1.0 0.05
钢筋混凝土	干燥环境	氯离子[Cl <sup>-</sup> ] 硫酸钠 与缓凝减水剂复合的硫酸钠 三乙醇胺	0.6 2.0 3 0.05
	潮湿环境	硫酸钠 三乙醇胺	1.5 0.05
有饰面要求的混凝土		硫酸钠	0.8
素混凝土		氯离子[Cl <sup>-</sup> ]	1.8
注 1：在预应力混凝土中，由其他原材料带入的氯盐总量，应不大于水泥重量的 0.1%；在潮湿环境下的钢筋混凝土中，应不大于水泥重量的 0.25%。 注 2：表中氯盐含量是以无水氯化钙计算。			

## 附录 E 酸洗钝化液配方

E. 0. 1 不锈钢酸洗钝化液配方应符合表 E.0.1 的规定。

表 E.0.1 不锈钢酸洗钝化液配方

溶液	配 方 一					配 方 二				
	名 称	浓度 %	温度	浸洗时间 min	后处理	名 称	浓度 %	温度	浸洗时间 min	后处理
酸洗液	硝酸 ( $\gamma=1.42$ )	20	常温	30~40	取出后 以流动 清水洗 净使呈 中性	硝酸	25	常温	30~40	取出后 以流动 清水洗 净使呈 中性
	氢氟酸	5				盐酸 ( $\gamma=1.42$ )	1			
	水	75				水	74			
钝化液	硝酸 ( $\gamma=1.42$ )	5	常温	见钝化膜 为止	—	硝酸	40~50	常温	15~30	—
	重铬酸钾	2				水	60~50			
	水	93								
酸洗钝 化液	硝酸	20		15~30	—	硝酸	10~15	常温	60~90	—
	氢氟酸	10								
	水	70				水	90~85			

E. 0. 2 碳素钢及低合金钢设备酸洗、中和、钝化液配方应符合表 E.0.2 的规定。

表 E.0.2 碳素钢及低合金钢设备酸洗、中和、钝化液配方

溶液	流 动 法									浸 泡 法				
	配 方 一					配 方 二				配 方				
	名称	浓度 %	温度	时间 min	pH	名称	浓度 %	时间 min	pH	名称	浓度 %	温度	时间 min	pH
酸洗液	盐酸	9~10	常温	45	—	盐酸	12~16	120	—	盐酸	12	常温	120	—
	乌洛托品	1				乌洛托品	0.5~0.7			乌洛托品	1			
中和液	氨水	0.1~1	60℃	15	> 9	碳酸钠	0.3	—	—	氨水	—	常温	5	—
钝化液	亚硝酸钠	12~14	常温	25	10~11	亚硝酸钠	5~6	动态 30, 再静态 120	7.2~7.3	亚硝酸钠	—	常温	15	10~11
	氨水	—												
注：配方二温度参照配方一。														

E. 0. 3 不锈钢耐酸钢设备酸洗膏配方应符合表 E.0.3 的规定。

表 E.0.3 不锈钢耐酸钢设备酸洗膏配方

名称	盐酸 (γ=1.19)	水	硝酸 (γ=1.42)	膨润土
数量	20ml	100ml	30ml	150g



## 本标准用词说明

- 1 为便于在执行本标准条文时区别对待，对于要求严格程度不同的用词说明如下：
  - 1) 表示很严格，非这样做不可的用词：  
正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”。
  - 2) 表示严格，在正常情况下均这样做的用词：  
正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”。
  - 3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的用词：  
正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”。
  - 4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的用词，采用“可”。
- 2 标准中指定应按其他有关标准、规范执行时的写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

## 引用标准目录

- [1] 《工业金属管道工程施工规范》GB 50235
  - [2] 《现场设备、工业管道焊接工程施工规范》GB 50236—2011
  - [3] 《通用硅酸盐水泥》GB 175—2007/XG2—2015（国家标准第2号修改单）
  - [4] 《污水综合排放标准》GB 8978
  - [5] 《建设用砂》GB/T 14684
  - [6] 《建设用卵石、碎石》GB/T 14685
  - [7] 《混凝土膨胀剂》GB 23439
  - [8] 《脱脂工程施工及验收规范》HG 20202
  - [9] 《化学工业工程建设交工技术文件规定》HG 20237
  - [10] 《钢制化工容器强度计算规定》HG 20582
  - [11] 《承压设备产品焊接试件的力学性能检验》NB/T 47016
  - [12] 《承压设备焊接工艺评定》NB/T 47014
  - [13] 《承压设备无损检测》NB/T 47013
-

中华人民共和国化工行业标准

# 化工设备工程施工及验收规范

HG/T 20275—2017

条文说明

# 目 次

编制说明 .....	(51)
1 总则 .....	(52)
2 术语 .....	(53)
3 设备安装通用规定 .....	(54)
3.1 施工准备 .....	(54)
3.2 基础验收及处理 .....	(54)
3.3 开箱、验收和保管 .....	(54)
3.4 找正与找平 .....	(55)
3.5 地脚螺栓与垫铁 .....	(55)
3.6 二次灌浆 .....	(55)
3.7 设备安装的其他要求 .....	(56)
3.8 附属构件和附件 .....	(56)
4 设备内件安装与清洗封闭 .....	(57)
4.1 一般规定 .....	(57)
4.2 塔盘安装 .....	(57)
4.3 其他内件安装 .....	(58)
4.4 填料充填和填料压板的安装 .....	(58)
4.5 设备的清洗 .....	(58)
4.6 设备封闭 .....	(59)
5 设备现场组装 .....	(60)
5.1 一般规定 .....	(60)
5.2 到货检验 .....	(60)
5.3 坡口检查和加工 .....	(60)
5.4 组对 .....	(61)
5.5 焊接 .....	(61)
5.6 预热和热处理 .....	(61)
5.7 焊接检验 .....	(62)
5.8 现场返修工程 .....	(62)
6 压力试验 .....	(63)
6.1 一般规定 .....	(63)
6.2 试验压力 .....	(63)
6.3 耐压试验 .....	(64)
6.4 气密试验 .....	(64)
7 工程验收 .....	(65)



## 编 制 说 明

《化工设备工程施工及验收规范》HG/T 20275—2017,经中华人民共和国工业和信息化部 2017 年 7 月 7 日以第 32 号公告批准发布。

本标准在编制过程中进行了广泛的调查研究,总结了我国化工设备施工及质量验收的实践经验,参考了国外先进技术标准,并广泛征求了有关设计、施工、监理及生产单位的意见。

为便于广大设计、施工、科研等单位有关人员在使用本标准时能正确理解和执行条文规定,《化工设备工程施工及验收规范》编制组按章、节、条顺序编制了本标准的条文说明,对条文规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项进行了说明,但是本条文说明不具备与标准正文同等的法律效力,仅供使用者作为理解和把握标准规定的参考。

# 1 总 则

1.0.2 本条规定了适用范围，第 1 款规定的化工设备主要包括以下种类：

工艺范围	示 例
反应设备	反应器、发生器、反应釜、分解锅、分解塔、聚合釜、变换炉、蒸煮锅、蒸煮球
换热设备	废热锅炉、热交换器、冷却器、冷凝器、蒸发器、加热器、硫化器、硫化锅、蒸煮器、蒸压釜
分离设备	染色器、分离器、过滤器、集油器、缓冲器、储能器、洗涤器、吸收塔、铜洗塔、干燥塔
存储设备	各种型式的储槽、储罐

## 2 术 语

2.0.1~2.0.6 术语条文定义所描述的内容更加准确和完善,同时符合现阶段化工设备安装的实际情况。

### 3 设备安装通用规定

#### 3.1 施工准备

3.1.4 施工环境应做到水、电、气、路、排水和通信畅通，场地平整，即通称的六通一平。

#### 3.2 基础验收及处理

3.2.1 实践证明很多单位在基础、其他预制构件的中间交接中执行不认真，导致设备安装时数据不符，严重影响设备安装进度，甚至安装质量。

3.2.2 现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204—2015 规定地脚螺栓标高最大允许偏差是+20mm，本标准规定为+10mm，主要是为保证地脚螺栓安装后螺帽露出长度统一整齐。

设备基础地脚螺栓定位模板通常是与设备裙座螺栓孔配钻，正确使用定位模板可有效保证螺栓安装精度。

3.2.4 重型设备就位时对垫铁承载力要求高，采用座浆法施工垫铁可以减小对设备基础的冲击和破坏。

3.2.5 采用压浆法施工的每组垫铁只用一对斜垫铁，可有效节约资源。随着灌浆技术的提高，越来越多的化工设备安装采用无垫铁安装形式，可以节约资源，降低能耗。无垫铁施工参见现行行业标准《化工机器安装工程施工及验收规范（通用规定）》HG/T 20203—2017 附录 B “无垫铁安装”。

3.2.6 化工设备类型众多，且不断出现新的安装形式，本条特别对此进行了说明。

#### 3.3 开箱、验收和保管

3.3.1 开箱检验的目的是将制造单位和安装单位责任分清。本条规定了机组、材料的开箱检验应共同参加的单位和开箱检查内容及工作要求，为安装做好准备。

3.3.2 属于压力容器的设备随机资料非常重要，应严格按照规范要求进行核查。

3.3.3 高压设备密封件的质量是设备安全运行的关键，本条特别进行了说明。

3.3.4 本条主要阐述设备堆放中应注意的问题，存放时不按此条规定执行容易造成设备损坏。存放和保管地点应考虑设备、零件、附件和备件的形式；所用材料的性能和表面的光洁程度；存放时间和气候条件、环境条件（应无灰尘、腐蚀性气体等）。保管人员应经常检查设备，防止受潮、锈蚀或变形等不良现象。其中重型设备的存放应按照方案规定的位置摆放，设备与基础的远近、方位应符合运输吊装要求；多台设备存放时，应在存放位置清晰标示设备名称等都是为了保证设备顺利安装。



### 3.4 找正与找平

- 3.4.1 本条规定设备安装基准线的要求。第3款规定是为了保证设备内件的安装精度，防止设备过度倾斜造成基础载荷不均发生事故外，还是保证设备内件水平度的重要因素。
- 3.4.2 本条规定了工程施工中常用的设备安装基线的选取办法。
- 3.4.3 本条规定设备找正与找平的补充测点的选取位置。
- 3.4.4 本条规定了设备找正和找平的外部环境和找正方法。其他专用调整件指无垫铁安装时使用的顶丝、螺纹千斤顶和厂家随机专用工具。
- 3.4.6 本条对水平度的规定是为了便于排污。位置偏差宜偏向补偿温度变化所引起的伸缩方向，主要是指地脚螺栓在长孔的位置。

### 3.5 地脚螺栓与垫铁

- 3.5.1 本条规定地脚螺栓安装通用要求。其中第3款是为了保证地脚螺栓和混凝土密实结合在一起；并增强螺栓的抗腐蚀性。
- 3.5.2 化学螺栓、膨胀螺栓对孔径尺寸和孔的清洁度要求较高，否则安装质量容易出现问题。
- 3.5.3 安装在弹簧支架或吊架上的设备一般是在线设备，需要防止管道安装产生应力作用在设备上。为防止设备移位，管道配管完毕，去掉弹簧定位销管线工作状态时再复查设备水平度和垂直度。
- 3.5.4 对于高度大于20m的立式设备，地脚螺栓增加一个锁紧螺母，是为了防止风载或震动造成螺母松动。
- 3.5.5~3.5.6 本条规定特殊情况下地脚螺栓的紧固情况，目的都是防止设备受到损坏。
- 3.5.7 本条规定了垫铁面积计算方法。
- 3.5.8~3.5.9 垫铁的安装质量是设备安装质量的保证，本条规定了垫铁安装方法。

### 3.6 二次灌浆

- 3.6.1~3.6.2 本条规定的施工工序主要是保证设备安装找正、找平过程中的稳定性；与衬里管道相连设备规定管道预装后再实施二次灌浆，是为便于管道安装。
- 3.6.3~3.6.4 灌浆处用水清洗湿润是避免灌浆料中水分被干燥基础吸收过多，基础表面出现裂纹。设备外缘的灌浆层应有向外的坡度，高度略低于制作底板上表面，主要是为了防止底座积水腐蚀。
- 3.6.5 埋设排水管，防止设备裙座因积水腐蚀。
- 3.6.6~3.6.9 附录B所选的各种配方供施工单位参考，实际使用时应首先选用当地经检验认可的配合比。灌浆厚度不易太薄，是防止灌浆不密实。
- 3.6.10 玻璃钢设备和衬胶设备底部一般不能承受集中载荷，充填流质砂浆或铺沙是保证设备底部受力均匀。执行该条款应注意：应根据设计标高预先在设备基础上铺沙，铺沙宜堆成锥形中心标高略高于设计标高20~30mm，设备就位后复查设备标高高于设计标高5~10mm，并检查沙的充填情

况。如设备底座充填不满，应起吊设备重新铺沙，重新吊装，符合要求后在设备底座外侧用混凝土砂浆设置环带防止沙流失。

### 3.7 设备安装的其他要求

3.7.6 本条涉及的化工设备受外力容易发生损坏，运输安装中应防止冲击载荷。内件等应有放松装置，避免脱落损坏设备工作面层。

### 3.8 附属构件和附件

3.8.3 爆破片安装方向错误运行时容易导致安全事故，安装时应检查安装方向符合介质流向。

## 4 设备内件安装与清洗封闭

### 4.1 一般规定

4.1.1 为防止二次污染，内件安装应在设备本体安装完毕，压力试验合格并清扫干净后进行；塔盘立装时塔体铅垂度与支撑圈水平度应在调整后进行，卧装时应在塔体水平度与支撑圈铅垂度调整后进行，是为了确保塔盘安装后塔盘的水平度在允许误差范围内；安装内件时，设备内部属于密闭空间，应设置通风装置，防止发生中暑、中毒、窒息事故。

4.1.2 塔盘板、降液板、横梁有防止变形、损坏、腐蚀的措施，可确保塔盘安装后的水平度、降液板安装的各项偏差在允许偏差范围内。

4.1.3 塔的内件安装前，应注意在塔外清除内件表面油污、焊渣、铁锈、泥沙及毛刺等杂物后再搬运到塔内安装，是为了防止杂物进入设备。塔盘零部件形状尺寸相似，为避免混用，宜编注序号，主要为方便塔内施工人员进行安装。

4.1.4 由于塔体内空间狭小，光线不足，施工人员操作十分困难。塔盘安装前在塔外进行预组装，容易对外形尺寸及质量进行检查。

4.1.5 施工人员穿戴干净的软底鞋是为了防尘和防滑，穿专用工作服是为了防止静电事故；塔盘上不得施加集中载荷，确保塔盘不因集中载荷而发生变形；人孔、人孔盖、密封面及塔底管口应采取保护措施，防止密封面受损伤及划痕，安装搬运内件时应轻拿轻放，防止碰撞弄脏，避免变形损坏；每装一层塔盘，对该层进行保护，防止上层塔盘及工具掉下撞击已安装好的下层塔盘而发生变形；对携带进入塔内的施工工具进行登记，确保进出塔内的施工机具数量一致。

### 4.2 塔盘安装

4.2.1 塔盘采用由下至上逐层立装，可确保不影响最后安装及安全的前提下，从多个人孔进入同时开展。

4.2.3 卧装时，塔盘易掉落部件应在塔体安装就位后再进行安装，主要是为了防止塔吊装就位时易掉落部件在吊装过程中脱落。

4.2.4 卧装时，各层支撑圈上表面测点必须以同一条圆周线为基准线，避免产生累计误差，造成各层支撑圈之间的距离不相等。

立装时，玻璃管液面计读数的差值即为支撑圈水平度偏差值；卧装时，测量支撑圈各测点与铅垂线的垂直距离，该距离的差值即为其水平度偏差值。

支撑圈水平度复测点的数量为每层最少测量点数量。

支撑圈在 300mm 弦长上的局部水平度偏差表示任意 300mm 长度内均应符合要求。

4.2.5 降液板、支撑板的各项允许偏差，主要是为了保证单位时间内的降液量。



4.2.7 受液盘的水平度是指任意 300mm 范围内的水平度。

4.2.8 塔盘板安装前，首先确认支撑圈安装是否正确，支撑圈的调整可用锤子或专用工具。

安装塔盘板时，应先从边板开始，逐渐由两侧向中间安装，最后安装中间板；分布器及内伸接管与塔盘安装同时完成。

测量塔盘水平度时，应在阴天或早晚太阳未直射塔体时进行，塔盘水平度的允许误差值是为了确保各项工艺参数。

4.2.9 本条规定溢流堰的顶端水平度和高度允许偏差是为了保证液面高度符合设计要求，保证气液交换充分。

4.2.10 本条对塔盘气液元件进行规定是为了保证各元件开度一致，既实际气流通道与设计一致，保证气液进行充分交换。

### 4.3 其他内件安装

4.3.1 含有触媒筒和内部的热交换器的反应器在运行时会发生热膨胀。为了增强反应器的触媒筒和内部的热交换器连接的密封性能，并保证热膨胀不受阻，特做本条规定。

4.3.3 液体分布器安装不符合设计要求将影响液体喷淋效果，降低气液交换能力。

4.3.4 除沫器安装时固定牢固，压紧扁钢时一定要压紧网块，是为了避免投入使用后松脱。丝网之间和与器壁之间无间隙是防止泡沫从间隙穿过，造成除沫不彻底。

### 4.4 填料充填和填料压板的安装

4.4.1 本条规定是为了保持填料干净不受污染。为防止填料的二次污染，填料的装填工作应在设备压力试验合格并吹扫干净后进行；装填瓷环之前向设备内注水，将瓷环从水面上方轻轻倒入水中，使瓷环从水中漂浮下落，可以减少瓷环的破损及变形，增加散装填料的均匀性。

4.4.3 颗粒填料中的泥沙、油污、污物及破碎填料会增大塔内部阻力，且容易产生堵塞，所以安装前应保证填料的干净且无破碎填料；第 2、3 款的规定是为了使塔内部的气液分布均匀，提高塔的分离效率。

4.4.4 丝网填料盘外径一般较设备内径小，安装时应使填料盘与设备内壁之间无空隙，否则壁流严重会影响填料的分离效果。

4.4.5 在大塔中，分块组装的填料会产生移动，所以需要安装压板来对填料进行限位，但填料压板应自由放置于填料层上端，靠自身重量将填料压紧，不得对填料层施加多余的附加力，否则容易使填料破碎。

### 4.5 设备的清洗

4.5.1 本条规定了设备清洗吹扫的基本要求。其中由于蒸汽吹扫易产生冷收缩、热膨胀，故热膨胀影响安装及损坏构件的设备，不得用蒸汽进行吹扫；奥氏体不锈钢材料的设备，若采用水冲洗，易因氯离子[Cl<sup>-</sup>]的聚积而发生设备的应力腐蚀破裂（SCC），所以水冲洗一般应采用去离子水进行冲



洗。因此余水不能排尽时，规定水中氯离子含量不得超过  $25 \times 10^{-6}$ 。

4.5.2 定期对浸泡液进行测试和化验，是为了检验酸洗液是否还保持在规定的浓度，否则会影响处理效果；由于碳钢的基铁会与酸液起反应，故对设备进行酸洗之前，应将设备上面的碳钢件进行拆除或采取防范隔离措施。

4.5.3 设备脱脂施工已经编制行业规范，相关要求应按现行行业标准《脱脂工程施工及验收规范》HG 20202 执行。

#### 4.6 设备封闭

4.6.1 在工程施工中，设备清洗、吹扫、脱脂及内件调整检查和充填，都是很重要的工序。设备封闭后往往就进入单机试车工作，因此封闭后原则上不能随意打开。

4.6.2 如果法兰密封面的表面质量达不到要求，即使加大螺栓预紧力，也容易产生泄漏。

4.6.3 铜、铝制垫圈热处理后用细砂纸沿圆周方向打磨，主要是打磨掉氧化层，使其显示出本色，检查表面是否有裂纹；由于铜、铝金属热传导快，局部过热会引起局部裂纹。

4.6.4 使用受压后产生永久变形的垫片，无弹性变形来弥补法兰接合面的不平度，会使法兰密封面无法全部封闭而产生漏液。

4.6.5 密封垫片上均匀涂抹涂料或润滑剂，是为了使密封垫上形成一层均匀、附着力牢固的保护层，使密封垫与接合面接合更加紧密，起到密封作用，也避免垫片和法兰面黏合在一起无法拆卸。

4.6.6 垫片应安装平正，不得偏斜，是为了保证受压均匀，避免泄漏，同时避免垫片伸入法兰内受介质冲蚀及引起涡流。

4.6.7 设计压力大于 10MPa 的设备紧固次数不少于 6 次，是为了确保设备对称、均匀紧固，避免设备因紧固时受力不均而产生偏斜引起泄漏。

4.6.9 螺栓紧固后，上、下端盖法兰与筒体法兰间隙，铝垫圈的误差要比钢垫圈的误差大，是因为铝垫圈塑形大，强度低，容易密封，允许误差过小，容易被损坏。

## 5 设备现场组装

### 5.1 一般规定

5.1.1 本条对现场设备组装需要的资料作出明确规定。

5.1.2 本条明确现场组装设备需用的焊接工艺评定的标准。

5.1.3 由于第三类压力容器材质一般较特殊，现场一般没有相同材料的工装卡具。使用不同材质的工装容易导致工装焊接处母材化学成分发生变化，影响容器力学性能，而现场采用堆焊工装强度不容易保证，因此要求设备供货厂家提供第三类压力容器的组装卡具。

### 5.2 到货检验

5.2.2 封头直边检验方法一般为：在封头直径方向拉一根钢丝，用直角尺的一直角边与拉紧的钢丝重合，另一直角边与封头直边靠紧，测量直角尺与封头间的最大距离即为封头直边倾斜度。

5.2.3 封头圆度偏差检验方法为：用钢尺在封头端口实测等记录分布的四个内直径，最大值与最小值之差作为封头圆度偏差。封头高度允许偏差检验方法一般为：在封头任意两直径位置拉紧钢丝，在钢丝交叉处垂直测量钢丝间距即为封头高度差。

5.2.4 椭圆形、蝶形、球形封头内表面形状偏差的检验方法为：用弦长等于封头内直径  $3/4D_i$  的内样板垂直于待测表面，测量样板与封头内表面间的最大间隙。对拼接制成的封头，为避免拼接焊缝偏差影响，样板避开焊缝进行测量（见图1）。

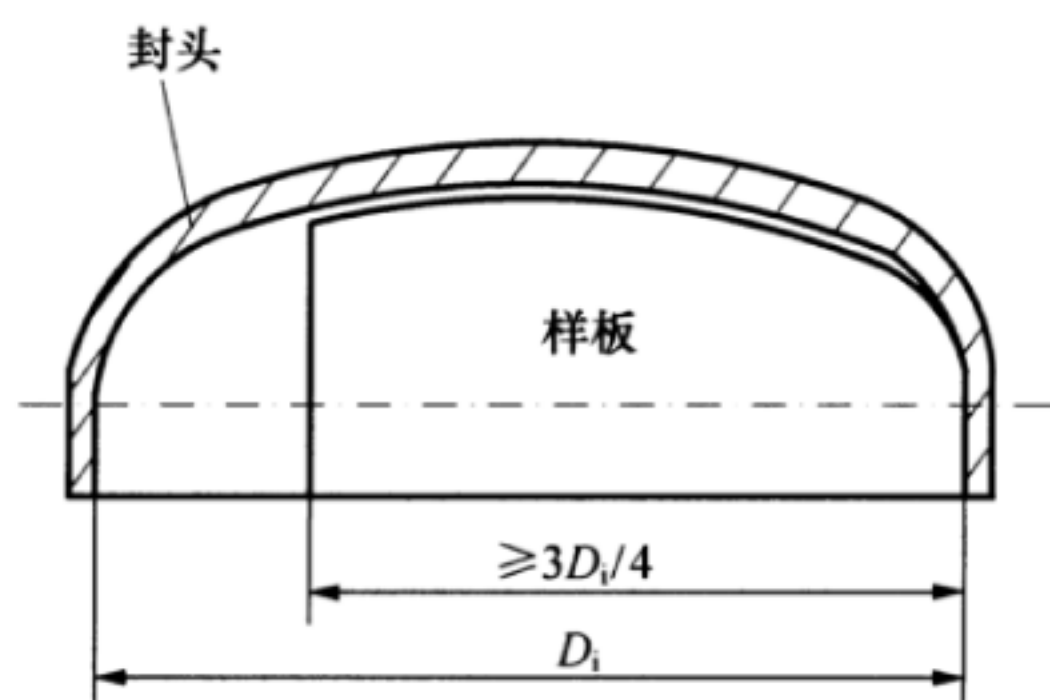


图1 封头形状偏差检查示意

5.2.6~5.2.7 规定了分段、分片到货筒体检查要求。规定测量避开焊缝和补强圈是为了保证测量数据的准确性。

### 5.3 坡口检查和加工

5.3.1 本条只对半成品的坡口质量作出规定。坡口加工属于供货厂家的职责，现场组装单位可根据供货单位的坡口检查记录进行查对，同时对坡口的外观质量进行检查。

## 5.4 组 对

- 5.4.1 本条规定错边量允许偏差主要为防止焊后出现较大变形。
- 5.4.2 为减少不等厚壁对接的应力集中,应保证厚边采用  $15^\circ$  的角度过渡以保证等厚。
- 5.4.3 检查纵缝棱角度的内样板或外样板的弦长应为  $D_i/6$  且不小于 300mm。
- 5.4.4 规定焊缝最小间距,是为防止焊接热影响区母材金属晶粒粗大,降低母材力学性能。
- 5.4.7 规定设备开口、接管安装允许偏差是为了保证设备外接部件或设备的水平度或垂直度,防止液位计、温度计等接口伸出长度偏差过大影响测量数据的有效性。
- 5.4.8 本条规定是避免焊缝重叠,热影响区母材金属晶粒粗大,降低母材力学性能。
- 5.4.11 分片到货的支座、裙座组对后各项允许偏差将影响设备本体组对尺寸偏差,施工中应予以注意。
- 5.4.12 复合钢板施工中最易出现问题的是复合层出现分层,施工中应重点检查,局部缺陷可采用打磨、堆焊等方式处理。
- 5.4.14 在工程实际中立式设备施工应注意出现的两个问题:一是由于热处理时筒体因温度升高,许用应力下降而造成筒体变形甚至倒塌;二是水压试验时未考虑试压介质的重量导致设备基础被破坏。

## 5.5 焊 接

- 5.5.1 焊件坡口及其内外侧表面的油、漆、锈、毛刺、镀锌层等污物和有色金属表面的氧化膜的存在,对焊接质量影响很大。
- 5.5.2 由于定位焊缝承受很大的组对应力,定位焊缝过短、过薄、易撕裂,存在缺陷的可能性较大。这些缺陷在焊接过程中常常不能全部熔化,而保留在新的焊道中,形成根部缺陷。因此对定位焊缝应进行清理检查,对发现的缺陷进行打磨处理和修整,再重焊。
- 5.5.3 吊耳、卡具处的焊缝容易产生焊接缺陷,严重影响产品质量,因此焊接要求与正式焊接相同。对低温钢、铬钼钢和标准抗拉强度下限值大于或等于 540MPa 的钢材焊制的设备,工卡具拆除部位更容易出现裂纹,故应进行表面无损检测。
- 5.5.4 焊条不按说明书要求进行烘烤、存放,焊接时容易出现大量气孔。

## 5.6 预热和热处理

- 5.6.1 预热的主要目的是降低钢材的淬硬程度,延缓焊缝的冷却速度,以利于氢的逸出和改善应力条件,从而降低接头的延迟裂纹倾向。提高预热温度常常会恶化劳动条件,使生产工艺复杂化,过高的预热还会降低接头韧性,因此规定了焊前预热区域和预热温度。

预热区域范围并非仅是焊缝和热影响区,还要考虑焊件的散热问题,以保证焊件焊接时的焊缝和热影响区温度符合要求。而焊件的散热程度与焊件材质和尺寸(表面积和壁厚)有关。本条规定的预热区域范围是最低要求,实际预热的加热范围要结合焊件的实际情况确定。



5.6.2 本条所涉及的焊后热处理是指“将焊接区或其在金属的相变点以下均匀加热到足够高的温度，并保持一定时间，然后均匀冷却的过程”，即对接头进行高温回火，主要作用是降低接头残余应力。

通过焊后热处理可以松弛焊接残余应力，软化淬硬区，改善组织，减少含氢量，提高耐蚀性，尤其是提高某些材料的冲击韧性，改善力学性能及蠕变性能。但是焊后热处理的温度过高，或者保温时间过长，反而会使焊缝金属结晶粗化，碳化物聚集或脱碳层厚度增加，从而造成力学性能、蠕变强度及缺口韧性下降。

5.6.3 有延迟裂纹倾向的钢材，一般要求焊后及时热处理，以防止延迟裂纹的产生。焊后及时进行热处理可减少焊缝中氢气的有害影响，降低焊接残余应力，避免焊接接头中出现马氏体组织，从而防止氢致裂纹的产生。

## 5.7 焊接检验

5.7.1 焊后几何尺寸检查是防止出现较大的焊接变形，造成应力集中，甚至影响设备内件无法安装。

5.7.2 设备在进行无损检测之前，焊接接头的表面应经外观检查合格，否则会影响无损检测结果的正确性和完整性，造成漏检，或给评定带来困难。A类、B类、C类、D类焊接接头是按《钢制压力容器》GB/T 150的规定划分。

5.7.3 对于有延迟裂纹倾向的材料，如低合金高强钢、铬钼合金钢，焊后容易产生延迟冷裂纹，该延迟裂纹不是焊后立即产生，而是在焊后几小时至十几小时或几天后才出现。若无损检测安排在焊后立即进行，就有可能使容易产生延迟裂纹材料的焊缝检测变得毫无意义。因此，本条规定：有延迟裂纹倾向的材料，无损检测应在焊接完成24h后进行。对有再热裂纹倾向的材料，在焊接和热处理之后都有出现再热裂纹的可能，无损检测应在热处理后进行。

5.7.4 本条规定的焊接接头各种无损检测方法直接引用《固定式压力容器安全技术监察规程》TSG R0004的有关规定。

5.7.5 本条规定了无损检测的数量和合格标准。

5.7.6 射线检测和超声检测技术特点不一样，合格的级别的主要依据指标也有所区别，不应将射线检测和超声检测的检测结果等同，而应分别按各自的质量要求和合格级别去要求。

5.7.8 设备的焊接质量与每一名施焊焊工有关，因此应对每一名焊工的焊缝进行抽检。

## 5.8 现场返修工程

5.8.1~5.8.7 焊接返修的焊接工艺评定是返修质量的重要保证之一，焊缝返修应按评定合格的焊接工艺进行。对表面缺陷、内部缺陷的打磨、修补做了规定。同时对同一部位的返修次数做了明确的规定。



## 6 压力试验

### 6.1 一般规定

6.1.1 设备的压力试验应包括耐压试验和气密试验。耐压试验用以验证设备在受压时无局部膨胀、延伸变形或泄漏。气密试验用以验证设备有无微小的气体泄漏，主要是验证设备盲板、接管阀门等是否泄漏。

6.1.2 本条规定了可以不做耐压试验的条件。由于耐压试验属于破坏性试验，不宜重复做。

6.1.3 耐压试验的目的是检验设备承压部件的强度，试验时有破裂的可能性。由于相同体积、相同压力的气体爆炸时所释放出的能量要比液体大得多，为减轻耐压试验时破裂所造成的危害，所以试验介质应首先选用液体。本条对气压试验代替液压试验时，对制造质量的检验、制定安全措施、设置安全装置等事项进行了规定。

本条第 3 款规定的“施工单位技术总负责人”是指具有法人资格的总承包单位或施工承包单位的技术总负责人。

6.1.5 耐压试验前的准备工作是试验工作的重要环节。其中第 5 款的规定主要是防止液压试验时基础负荷大于设计值出现沉降、倾斜或坍塌。

6.1.6 热处理是消除制造组对造成的应力，应在压力实验前完成。接管与筒体、补强圈与接管、补强圈与筒体多采用角焊缝，缺陷不易检查，补强圈通压缩空气检漏是最适宜的检查方法。

6.1.7 设备压力试验中带压处理试压原件是非常危险的，试压中发生的缺陷不得带压处理。

6.1.8 试验过程中要防止有不同压力等级的部件出现超出设计压差，主要是防止壳程和管程压差过大，损坏设备。

6.1.9 沉降观测是检验设备基础的一个关键环节，出现不均匀沉降超出设计允许值，如继续充水可能导致不均匀沉降加速，造成设备倾斜或基础坍塌。

6.1.10 本条主要是考虑设备所充液体的静压力，以保证设备上部件的试验压力达到要求值。

6.1.11 由于设备试压中升压设备出口压力较高，如果压力表的量程过小，容易出现指针翻转或读数不准。

6.1.12 出现条文中的情况时通常容易发生事故，应停止试验进行全面检查，检查项目主要包括有无泄漏、筒体有无变形、加压装置是否堵塞、压力表显示是否正确。

### 6.2 试验压力

6.2.3 本条是对第 6.2.2 条的细化，规定了具体计算公式。

### 6.3 耐 压 试 验

6.3.1 本条规定了液压试验的流程和注意事项。

- 1 本规定是为了便于焊缝和筒体的检查。
- 2 防止氯离子对奥氏体不锈钢造成腐蚀。
- 3 防止出现闪爆。
- 5 外壁干燥便于检查设备是否有泄漏。低压设备产生负压容易造成设备变形。
- 6、7 规定了液压试验的升压步骤，升压的每个阶段都应认真检查有无泄漏、变形等。

6.3.2 本条规定了气压试验的流程和注意事项。

气压试验由于介质压缩比很大，一旦出现事故后果严重，应在升压每个阶段仔细检查。

### 6.4 气 密 试 验

6.4.1 设备经过耐压试验，本体不容易出现泄漏，通常为检查盲板、手孔盖，人孔盖，安全阀、压力表等处法兰泄漏，因此可与管道系统气密一起进行。

6.4.2 设备上的安全装置、压力计、液面计和全部内件均是设备运行的必备件，法兰处需要检查密封性能，安全装置如安全阀、爆破片等是防止设备过载的安全保证措施。

6.4.3 规定气密介质类型是为了防止气密介质在高压下发生化学反应，对容器造成损坏。

## 7 工 程 验 收

7.0.2 工程交接资料统一按现行行业标准《化学工业工程建设交工技术文件规定》HG 20237 的规定执行。