

UDC

中华人民共和国国家标准



P

GB 50461 - 2008

石油化工静设备安装工程施工质量 验收规范

Code for quality acceptance of static equipment
installation in petrochemical engineering

2008 - 11 - 12 发布

2009 - 05 - 01 实施

S/N:1580177•139



9 158017 713909 >



统一书号:1580177•139

定 价:14.00 元

中华人民共和国住房和城乡建设部
中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局

联合发布

中华人民共和国国家标准

石油化工静设备安装工程施工质量
验收规范

Code for quality acceptance of static equipment
installation in petrochemical engineering

GB 50461 - 2008

主编部门：中国石油化工集团公司

批准部门：中华人民共和国住房和城乡建设部

施行日期：2 0 0 9 年 5 月 1 日

中国计划出版社

2009 北 京

中华人民共和国住房和城乡建设部公告

第 163 号

住房和城乡建设部关于发布国家标准 《石油化工静设备安装工程施工质量 验收规范》的公告

中华人民共和国国家标准
石油化工静设备安装工程施工质量
验收规范

GB 50461-2008

☆

中国石油化工集团公司 主编

中国计划出版社出版

(地址:北京市西城区木樨地北里甲 11 号国宏大厦 C 座 4 层)

(邮政编码:100038 电话:63906433 63906381)

新华书店北京发行所发行

世界知识印刷厂印刷

现批准《石油化工静设备安装工程施工质量验收规范》为国家
标准,编号为 GB 50461—2008,自 2009 年 5 月 1 日起实施。其
中,第 4.3.4、5.4.3、6.1.3、7.0.2 条为强制性条文,必须严格
执行。

本规范由我部标准定额研究所组织中国计划出版社出版发
行。

中华人民共和国住房和城乡建设部

二〇〇八年十一月十二日

850×1168 毫米 1/32 2.75 印张 67 千字

2009 年 4 月第 1 版 2009 年 4 月第 1 次印刷

印数 1—10100 册

☆

统一书号:1580177·139

定价:14.00 元

前 言

本规范是根据建设部建标函〔2005〕124 号文件《2005 年工程建设标准规范制订、修订计划(第二批)的通知》,由中国石油化工集团公司组织中国石化集团第四建设公司,会同中国石化集团第二建设公司、南京扬子石油化工工程有限责任公司、石油化工工程质量监督总站扬子石化分站等单位共同编制。

在编制过程中,编制组开展了专题研究,进行了比较广泛的调研,总结了近几年来石油化工工程建设的实践经验,坚持了“验评分离、强化验收、完善手段、过程控制”的指导原则,并以多种形式征求了有关设计、施工、监理等方面的意见,对其中主要问题进行了多次讨论,最后经审查定稿。

本规范的主要内容有:静设备安装的基本规定;基础复测及处理、地脚螺栓、垫铁的规定;静设备安装质量验收标准;静设备现场组焊的质量验收标准;试验要求;工程交工要求。

本规范以黑体字标志的条文为强制性条文,必须严格执行。

本规范由住房和城乡建设部负责管理和对强制性条文的解释,由中国石油化工集团公司负责日常管理工作,由中国石化集团第四建设公司负责具体技术内容的解释。本规范在执行过程中,请各单位结合工程实践,认真总结经验,注意积累资料,随时将意见或建议反馈给中国石化集团第四建设公司(地址:天津市大港区世纪大道 180 号,邮政编码:300270,E-mail:pfccjsc@126.com)。

本规范主编单位、参编单位和主要起草人:

主 编 单 位: 中国石化集团第四建设公司

参 编 单 位: 中国石化集团第二建设公司

南京扬子石油化工工程有限责任公司

石油化工工程质量监督总站扬子石化分站

主要起草人：肖 然 张瑞环 吴承均 葛春玉 陈亚新

郑祥龙 孙桂宏 郭书诠 梅宝祥

目 次

1	总 则	(1)
2	术 语	(2)
3	基本规定	(3)
3.1	资质要求	(3)
3.2	计量器具	(3)
3.3	压力容器安装工程的监督检验	(3)
3.4	设备安装技术文件	(4)
3.5	设备开箱检验	(4)
3.6	设备安装测量基准的确认及标识	(5)
3.7	成品及半成品保护	(6)
4	设备安装	(7)
4.1	基础复测及处理	(7)
4.2	地脚螺栓	(11)
4.3	垫铁	(12)
4.4	安装通则	(13)
4.5	灌浆	(15)
4.6	内件安装	(16)
4.7	安全附件安装	(16)
4.8	平台、梯子安装	(17)
4.9	清洗、清理与封闭	(18)
5	设备现场组焊	(20)
5.1	一般规定	(20)
5.2	组装元件检验	(21)
5.3	组装	(30)

5.4	焊接	(34)
5.5	热处理	(37)
5.6	焊接接头形状尺寸和外观质量	(38)
5.7	无损检测	(41)
5.8	设备总体形状尺寸检验	(44)
6	试 验	(46)
6.1	一般规定	(46)
6.2	液压试验	(48)
6.3	气压试验	(49)
6.4	气密性试验	(49)
6.5	充水试漏或煤油试漏	(50)
7	工程交工	(51)
附录 A	平垫铁与斜垫铁	(53)
附录 B	空冷式换热器构架安装质量标准	(55)
附录 C	塔类设备内件安装质量标准	(56)
附录 D	催化裂化装置反应再生系统设备内件安装 质量标准	(61)
附录 E	管式换热设备耐压试验	(65)
本规范用词说明		(66)
附:条文说明		(67)

1 总 则

1.0.1 为加强石油化工建设工程质量管理,统一石油化工静设备(以下简称设备)安装工程施工质量验收的要求,保证设备安装质量,制定本规范。

1.0.2 本规范适用于石油化工建设工程整体安装设备和现场组焊设备及其专用内件、安全附件、设备附属梯子、平台等安装工程施工质量的验收。

本规范不适用于立式圆筒形储罐、气柜和非金属设备施工质量的验收。

1.0.3 本规范各条款除注明检查数量外,均应全数检查。

1.0.4 设备安装工程施工质量验收除应符合设计文件和本规范外,尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术 语

2.0.1 石油化工静设备 petrochemical static equipment

石油化工生产装置、辅助设施和公用工程的反应设备、分离设备、换热设备、储存设备的统称,分为压力容器和非压力容器两类。石油化工静设备包括本体及本体与外管道连接的第一道环向焊缝的焊接坡口、螺纹连接的第一个螺纹接头、法兰连接的第一个法兰密封面及开孔的封闭元件、紧固件及补强元件等。

2.0.2 方位线 orientational reference line

为检验设备制造和安装质量,在设备内壁或外壁用 0° 、 90° 、 180° 、 270° 标识的纵向母线。

2.0.3 基准圆周线 base circumferential line

为检验设备制造和安装质量,在设备内壁或外壁特定位置给出的垂直于轴线的平面与器壁的交线。

3 基本规定

3.1 资质要求

3.1.1 从事设备安装、现场组焊和无损检测等施工单位应具有与所承担工程内容相应的专业资质。

检验方法:检查企业资质证书。

3.1.2 从事设备焊接的焊工、无损检测人员应按国家现行有关标准和规定考试取得合格证,且只能从事与资格相应的作业。

检验方法:检查人员资格证书。

3.2 计量器具

3.2.1 计量器具应经过检定、校准或验证,处于合格状态,并在有效检定期内使用。

检验方法:检查计量器具检定标志。

3.2.2 周期检定的计量器具调转时,应有检定、校准合格证书。

检验方法:检查计量器具检定证书。

3.3 压力容器安装工程的监督检验

3.3.1 从事压力容器现场组焊、安装的施工单位在施工前应书面告知工程所在地特种设备安全监督管理部门。

检验方法:检查“特种设备现场组焊、安装告知书”。

3.3.2 从事压力容器现场组焊、安装的施工单位应接受工程所在地有资质的检验检测机构的监督检验。

检验方法:检查“锅炉压力容器安装质量证明书”、“锅炉压力容器产品安全性能监督检验证书”。

3.4 设备安装技术文件

3.4.1 设备安装应具有下列技术文件:

- 1 设计文件。
- 2 设备质量证明文件。
- 3 标准规范。
- 4 施工技术文件。

检验方法:检查相关文件。

3.4.2 设备质量证明文件应符合下列规定,压力容器质量证明文件尚应符合《压力容器安全技术监察规程》的要求:

- 1 内容与特性数据符合设计文件。
- 2 有复验要求的材料应有复验报告。

检验方法:检查相关资料。

3.5 设备开箱检验

3.5.1 设备、内件和安全附件应符合设计文件和订货合同的要求。

检验方法:检查相关资料。

3.5.2 开箱检验应在有关人员参加下按照装箱单清点并检查下列项目:

- 1 箱号、箱数及包装。
- 2 设备名称、型号及规格。
- 3 设备质量证明文件。
- 4 设备内件及安全附件的规格、型号、数量。

检验方法:检查设备开箱检验记录。

3.5.3 设备外观质量应符合下列要求:

- 1 无表面损伤、变形及锈蚀。
- 2 工装卡具的焊疤已清除。
- 3 设备管口封闭。

4 不锈钢及复合钢板制设备的防腐蚀面、低温设备表面不应有刻痕和各类钢印标记。

5 奥氏体不锈钢制设备、钛和钛合金制设备、锆和锆合金制设备、铝和铝合金制设备表面应无铁离子污染。

6 防腐蚀涂料无流坠、脱落和返锈。

7 充氮设备处于有效保护状态。

检验方法:对设备实体进行检查。

3.5.4 现场组焊设备组装元件尚应按本规范第5章的规定进行检查。

3.5.5 设备的方位线标记、重心标记及吊挂点等标记应清晰。

检验方法:对设备实体进行检查。

3.6 设备安装测量基准的确认及标识

3.6.1 设备安装测量基准应符合下列规定:

- 1 设备支座的底面作为安装标高的基准。
- 2 立式设备任意两条相邻的方位线作为设备垂直度测量基准。
- 3 卧式设备两侧水平方位线作为水平度的测量基准。
- 4 套管式换热器以顶层换热管的上表面作为水平度的测量基准,以支架底板的底面作为安装标高的测量基准,以一根支架柱的外侧面作为单排管垂直度的测量基准。
- 5 球形储罐以赤道线作为水平度的测量基准,以支柱在球形储罐径向和周向两个方向纵向母线作为垂直度的测量基准。

6 对相互衔接的设备,还应按衔接的要求确定测量基准。

检验方法:对设备实体进行检查。

3.6.2 现场装配内件的立式设备,其内壁的基准圆周线作为水平度的测量基准。

检验方法:检查设备内壁基准圆周线。

3.7 成品及半成品保护

3.7.1 奥氏体不锈钢制设备、钛和钛合金制设备、锆和锆合金制设备、铝和铝合金制设备应与碳钢隔离,并采取防止铁离子污染的措施。

检验方法:观察检查。

3.7.2 钛和钛合金制设备、锆和锆合金制设备、铝和铝合金制设备及低温设备不得有表面擦伤。

检验方法:观察检查。

3.7.3 设备管口或开口应封闭。

检验方法:观察检查。

3.7.4 空冷式换热器,管束翅片不得损伤。

检验方法:观察检查。

3.7.5 已进行热处理的设备不得有电弧损伤。

检验方法:观察检查。

3.7.6 氮气保护的设备应保持规定的氮气压力。

检验方法:观察检查。

3.7.7 内壁抛光的设备应有油脂保护。

检验方法:观察检查。

4 设备安装

4.1 基础复测及处理

4.1.1 当基础交付安装时,基础混凝土强度不得低于设计强度的75%。基础施工单位应提交测量记录及技术资料,安装单位应按本规范第4.1.3条的要求进行相关数据的复测。

检验方法:检查基础质量检验记录 and 同条件混凝土试块检验报告。

4.1.2 基础施工单位应在交付的基础上画出标高基准线和纵、横中心线;有沉降观测要求的基础,应有沉降观测点。

检验方法:检查基础实体。

4.1.3 块体式混凝土基础质量应符合表4.1.3-1~表4.1.3-3的规定。

表 4.1.3-1 块体式混凝土基础质量标准(mm)

项次	检查项目		允许偏差值	检验方法
1	基础坐标位置(纵、横轴线)		20	全站仪或经纬仪、钢尺实测
2	基础各不同平面的标高		0 -20	水准仪、钢尺实测
3	基础上平面外形尺寸		±20	钢尺实测
	凸台上平面外形尺寸		0 -20	
	凹穴尺寸		+20 0	
4	基础平面度(包括地坪上需要安装设备的部分)	每米	5	水准仪或水平尺、钢尺实测
		全长	10	
5	侧面垂直度	每米	5	经纬仪或吊线坠、钢尺实测
		全高	10	

续表 4.1.3-1

项次	检查项目		允许偏差值	检验方法
6	预埋地脚螺栓	标高(顶端)	+10 0	水准仪或水平尺、 钢尺实测
		螺栓中心圆直径	±5	
		相邻螺栓中心距(在根部和顶部两处测量)	±2	
		垂直度	2	
7	地脚螺栓预留孔	中心位置	10	吊线坠、钢尺实测
		深度	+20 0	
		孔中心线垂直度	10	
8	预埋件	标高(平面)	+5 0	水准仪或水平尺、 钢尺实测
		中心线位置	10	
		水平度	10	

表 4.1.3-2 框架式混凝土基础质量标准(mm)

项次	检查项目		允许偏差值	检验方法
1	基础坐标位置 (纵、横轴线)	基础	15	全站仪或经纬仪、 钢尺现场实测
		柱、梁	8	
2	垂直度	每层	5	吊线坠、经纬仪、 钢尺实测
		全高	$H/1000$ 且 不大于 20	
3	标高	层高	0 -10	水准仪、钢尺实测
		全高	0 -20	
4	截面尺寸		+8 -5	钢尺实测
5	平面度		8	用 2m 钢直尺检查

续表 4.1.3-2

项次	检查项目		允许偏差值	检验方法
6	预埋设施中心线位置	预埋件	10	拉线、钢尺测量
		预埋地脚螺栓	2	
		预埋管	5	
7	预留孔中心线位置		10	拉线、钢尺测量
8	预埋管垂直度		$3h_1/1000$	吊线坠、钢尺测量

注: H_1 为结构全高; h_1 为预埋管高度。

表 4.1.3-3 钢构架式基础质量标准(mm)

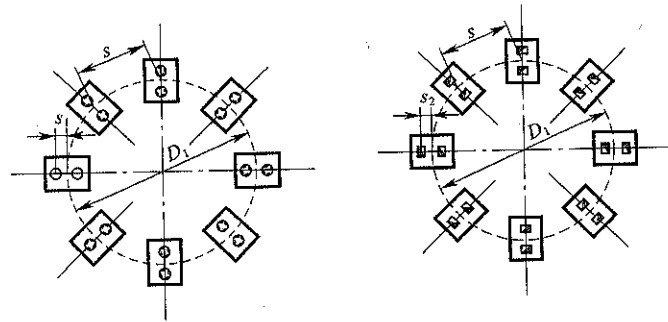
项次	检查项目		允许偏差值	检验方法	
1	立式设备支撑梁式基础	基础坐标位置(纵、横轴线)	20	全站仪或经纬仪、钢尺现场实测	
		基础上平面的标高		±3	钢尺实测
		基础上平面的水平度		$L_1/1000$ 且不大于 5	水准仪、水平尺和钢尺实测
		地脚螺栓孔	中心距	±2	吊线坠、钢尺实测
			孔中心线垂直度	$h_2/250$ 且不大于 15	
2	卧式设备支座式基础	基础坐标位置(纵、横轴线)	20	全站仪或经纬仪、钢尺现场实测	
		基础上平面的标高		±3	钢尺实测
		基础上平面的水平度		$L_2/1000$ 且不大于 5	水准仪
		基础的垂直度		$H_2/1000$	吊线坠
		地脚螺栓孔中心距		±2	钢尺实测

注: L_1 为梁的长度; h_2 为上、下两地脚螺栓孔间的距离; L_2 为支座的长度; H_2 为支座高度。

4.1.4 卧式设备滑动端基础预埋板的上表面应光滑平整,不得有挂渣、飞溅物。水平度为 2mm/m。混凝土基础抹面不得高出预埋板的上表面。

检验方法:用水准仪、水平尺现场测量。

4.1.5 球形储罐基础各部位(图 4.1.5)施工质量偏差应符合表 4.1.5 的规定。



(a) 地脚螺栓基础 (b) 地脚螺栓预留孔基础

图 4.1.5 球形储罐基础各部位尺寸检查示意

表 4.1.5 球形储罐基础质量标准

项次	检查项目			允许偏差值		检验方法
				单位	数值	
1	基础中心圆直径 D_1	球形储罐容积 $<1000\text{m}^3$	mm		± 5	钢尺实测
		球形储罐容积 $\geq 1000\text{m}^3$	mm		$\pm D_1/2000$	
2	基础方位			(°)	1	
3	相邻支柱基础中心距 S			mm	± 2	
4	支柱基础上的地脚螺栓中心与基础中心圆的间距 S_1			mm	± 2	
5	支柱基础上的地脚螺栓预留孔中心与基础中心圆的间距 S_2			mm	± 8	
6	基础标高	采用地脚螺栓固定的基础	各支柱基础上表面的标高	mm	$-D_1/1000$ 且不低于 -15	
			相邻支柱的基础标高差	mm	4	
		采用预埋地脚板固定的基础	各支柱基础地脚板上表面标高	mm	0 -6	
			相邻支柱基础地脚板标高差	mm	3	

续表 4.1.5

项次	检查项目		允许偏差值		检验方法
			单位	数值	
7	单个支柱基础上表面的水平度	采用地脚螺栓固定的基础	mm	5	水准仪、水平尺和钢尺实测
		采用预埋地脚板固定的基础	mm	2	

注: D_1 为球形储罐内直径。

4.1.6 基础混凝土表面不得有油渍及疏松层,并符合以下规定:

- 1 放置垫铁处应铲平。
- 2 放置垫铁处以外应凿成麻面,以 $100\text{mm} \times 100\text{mm}$ 面积内有 3~5 个深度不小于 10mm 的麻点为宜。

检验方法:观察检查,现场用钢尺实测。

4.2 地脚螺栓

4.2.1 地脚螺栓的螺纹应无损坏、无锈蚀,且应有保护措施。

检验方法:观察检查。

4.2.2 预留孔地脚螺栓的埋设应符合以下规定:

- 1 地脚螺栓在预留孔中应垂直。
- 2 地脚螺栓任一部位与孔壁的距离不应小于 15mm,与孔底的距离应大于 50mm。

检验方法:观察检查和用钢尺现场实测。

4.2.3 预留孔中的混凝土达到设计强度后,方可拧紧地脚螺栓。

检验方法:检查灌浆试块强度报告。

4.2.4 地脚螺栓的螺母和垫圈齐全,锁紧螺母与螺母、螺母与垫圈、垫圈与设备底座间的接触应良好。紧固后螺纹露出螺母不应少于 2 个螺距。螺纹外露部分应涂防锈脂。

检验方法:观察检查和锤击检查。

4.3 垫 铁

4.3.1 设备采用垫铁组找正、找平时,垫铁规格宜按本规范附录 A 选用,并按下列规定设置垫铁组:

1 裙式支座每个地脚螺栓近旁应至少设置 1 组垫铁;鞍式支座、耳式支座每个地脚螺栓应对称设置 2 组垫铁;球形储罐支柱式支座,每个地脚螺栓近旁应对称设置 2 组垫铁;其他支柱式支座每个地脚螺栓近旁宜放置 1 组垫铁。

2 有加强筋的设备支座,垫铁应垫在加强筋下。

3 相邻两垫铁组的中心距不应大于 500mm。

4 垫铁组高度宜为 30~80mm。

检验方法:现场观察和用钢尺现场实测。

4.3.2 设备找正后,各组垫铁均应被压紧,垫铁之间和垫铁与支座之间应均匀接触,垫铁应露出设备支座底板外缘 10~30mm,垫铁组伸入支座底板长度应超过地脚螺栓。垫铁组层间应进行焊接固定。

检验方法:用 0.25kg 手锤锤击检查。

4.3.3 支柱式设备每组垫铁的块数不应超过 3 块,其他设备每组垫铁的块数不应超过 5 块;斜垫铁下面应有平垫铁,放置平垫铁时,最厚的放在下面,薄的放在中间;斜垫铁应成对相向使用,搭接长度不应小于全长的 3/4。

检验方法:观察检查及用尺检查。

4.3.4 焊后进行整体热处理的球形储罐,在支柱底板与垫铁组之间应设置滑动底板。

检验方法:观察检查。

4.3.5 安装在钢构架基础上的设备找正后,其垫铁与钢构架基础应焊牢。

检验方法:观察检查。

4.4 安装通则

4.4.1 立式设备安装质量应符合表 4.4.1 的规定。

表 4.4.1 立式设备安装质量标准(mm)

项次	检查项目	允许偏差值	检验方法
1	支座纵、横中心线位置	$D_0 \leq 2000$	用吊线坠、经纬仪、钢尺现场实测
		$D_0 > 2000$	
2	标高	± 5	
3	垂直度	$H \leq 30000$	
		$H > 30000$	
4	方位	$D_0 \leq 2000$	
		$D_0 > 2000$	

注:1 D_0 为设备的外直径, H 为立式设备两端部测点间的距离。

2 高度超过 20m 的设备,其垂直度的测量工作不应在一侧受阳光照射或风力大于 4 级的条件下进行。

3 方位线沿底座圆周测量。

4.4.2 分段法兰连接的立式设备,组装时筒体法兰密封面应清理干净。组装成整体后筒体的直线度应符合本规范表 5.2.9-3 的规定,安装质量应符合本规范表 4.4.1 的规定。

4.4.3 卧式设备安装质量应符合表 4.4.3 的规定。

表 4.4.3 卧式设备安装质量标准(mm)

项次	检查项目	允许偏差值	检验方法
1	支座纵、横中心线位置	5	用水准仪或 U 形管水平仪、钢尺现场实测
2	标高	± 5	
3	水平度	轴向 $L/1000$	
		径向 $2D_0/1000$	

注:1 L 为卧式设备两端测点间的距离, D_0 为设备的外径。

2 轴向水平低点宜与设备的排液方向一致;有坡度要求的设备,其坡度按设计文件要求执行。

4.4.4 卧式设备滑动端地脚螺栓宜处于支座长圆孔的中间,位置偏差应偏向补偿温度变化所引起的伸缩方向;支座滑动表面清理干净,并涂润滑剂;设备配管结束后,松动滑动端支座地脚螺栓螺母,使其与支座板面间留有1~3mm间隙,并紧固锁紧螺母。

检验方法:观察检查和用塞尺检查。

4.4.5 直连式设备安装应按制造厂的标识进行组装,其安装质量应符合本规范表4.4.3的规定。设备支座间的调整垫板应焊在下层设备的支座上。

检验方法:观察检查。

4.4.6 套管式换热器安装应保证整体水平,其安装质量应符合本规范表4.4.3的规定。

4.4.7 板片式换热器上、下导杆滑动表面和夹紧螺杆表面应清洗干净,并涂润滑脂。压紧板上的滚动轴承应清洁、转动灵活,并加润滑脂;在防爆环境中,应加防爆润滑脂。

夹紧螺杆安装应交错对称均匀拧紧,管片侧面板边端处应平齐,压紧板安装后平行度应符合下列要求:

- 1 压紧板夹紧尺寸小于1000mm时为2mm。
- 2 压紧板夹紧尺寸大于或等于1000mm时为4mm。

检验方法:观察检查和用钢尺实测。

4.4.8 空冷式换热器安装后应松开管箱与侧梁连接的滑动螺栓。空冷式换热器管束安装质量应符合表4.4.8的规定。空冷式换热器构架施工质量应符合本规范附录B的有关规定。

表 4.4.8 空冷器管束安装质量标准 (mm)

项次	检查项目	允许偏差值	检验方法
1	管束纵、横向中心位置	10	用钢尺检查
2	空冷器的漏气间隙	≤10	

4.4.9 球形储罐安装质量应符合表4.4.9的规定。

表 4.4.9 球形储罐安装质量标准 (mm)

项次	检查项目		允许偏差值	检验方法
1	支柱垂直度	$H_3 \leq 8000$	12	在球形储罐径向和周向两个方向用线坠、钢尺或经纬仪测量
		$H_3 > 8000$	$1.5H_3/1000$ 且不大于15	
2	赤道线水平度		±3	用水准仪或U形管水平仪、钢尺现场实测,测点不少于6点

注: H_3 为支柱高度。

4.4.10 带有膨胀节的设备,其膨胀节外部壳体上固定板或固定螺栓在系统冲洗吹扫后方可拆除或松开。

检验方法:观察检查。

4.4.11 设计文件要求热态、冷态紧固且设计文件无规定时,螺栓热态紧固或冷态紧固应符合下列规定:

- 1 紧固作业温度及次数应符合表4.4.11的规定。
- 2 螺栓热态紧固或冷态紧固应在保持操作温度24h后进行。
- 3 紧固时设备最大内压力应符合下列规定:
 - 1) 设计压力小于或等于6MPa时,热态紧固最大内压力为0.3MPa。
 - 2) 设计压力大于6MPa时,热态紧固最大内压力为0.5MPa。
 - 3) 冷态紧固应卸压。

表 4.4.11 螺栓热态紧固、冷态紧固作业温度及次数 (°C)

设备操作温度	一次紧固温度	二次紧固温度
250~350	操作温度	—
>350	350	操作温度
-20~-70	操作温度	—
<-70	-70	操作温度

4.5 灌 浆

4.5.1 灌浆前应用水将基础表面冲洗干净,保持湿润不应少于

24h。地脚螺栓孔灌浆前 1h 应吸干积水,清除预留孔中的杂物。二次灌浆应在设备找正、找平、隐蔽工程检验合格后进行。

检验方法:观察检查及隐蔽工程记录。

4.5.2 采用垫铁安装的设备二次灌浆材料宜采用细石混凝土,其强度等级应比基础混凝土强度等级高一级。无垫铁安装的设备二次灌浆材料应采用微胀混凝土,并制作同条件试块。

检验方法:观察检查及试块。

4.5.3 地脚螺栓预留孔或二次灌浆层灌浆应一次完成。立式设备裙座内部灌浆面应与底座环上表面平齐。设备支座底板外缘的灌浆层应压实抹光,上表面应略有向外的坡度,高度应略低于设备支座底板边缘的上表面。

检验方法:观察检查。

4.5.4 无垫铁安装的二次灌浆层达到设计强度的 75% 以上时,方可松开顶丝或取出临时支撑件,并复测设备水平度,检查地脚螺栓的紧固程度,将支撑件的空隙用与二次灌浆同样的灌浆料填实。

检验方法:检查试件强度试验报告。

4.6 内件安装

4.6.1 设备内件安装前应清除表面油污、焊渣、铁锈、泥沙、毛刺等杂物。设备内部应清扫干净。

检验方法:观察检查。

4.6.2 塔类设备内件的复验及安装质量应符合本规范附录 C 的有关规定。

4.6.3 催化裂化装置反应再生系统设备内件安装质量应符合本规范附录 D 的有关规定。

4.7 安全附件安装

4.7.1 安全阀安装前,应按设计文件规定进行调试。调试后的安全阀应加铅封,并封堵端口。

检验方法:观察检查和检查安全阀调试报告。

4.7.2 压力表液位计、流量计、测量仪表等安装前应经校验合格并加封印。安全附件安装应朝向便于观察的位置。

检验方法:观察检查和检查检定报告。

4.8 平台、梯子安装

4.8.1 焊接要求预热的设备,与其相焊的平台、梯子连接件焊前应按设备焊接工艺要求进行预热。

检验方法:观察检查。

4.8.2 焊后进行热处理的设备,与其相焊的平台、梯子的连接件应在热处理之前焊接完。

检验方法:观察检查。

4.8.3 平台、梯子安装质量应符合表 4.8.3 的规定。

表 4.8.3 平台、梯子安装质量标准(mm)

项次	检查项目	允许偏差值	检验方法
1	平台标高	± 10	钢尺检查
2	平台梁水平度	$3L_1/1000$ 且不大于 10	水平尺检查
3	承重平台梁侧向弯曲	$L_1/1000$ 且不大于 10	钢尺检查
4	平台表面平面度	± 5	用 1m 钢直尺检查
5	梯子宽度	$\begin{matrix} +5 \\ 0 \end{matrix}$	钢尺检查
6	梯子纵向挠曲矢高	$L_1/1000$	拉线、钢尺检查
7	梯子踏步间距	± 5	钢尺检查
8	直梯垂直度	$3h_3/1000$ 且不大于 15	吊线坠、钢尺检查
9	斜梯踏步水平度	5	水平尺检查
10	栏杆高度	± 5	钢尺检查
11	栏杆立柱间距	± 10	钢尺检查

注: L_1 为梁的长度, h_3 为直梯高度。

检查数量:按平台、梯子总数 10% 抽查,且不少于 1 个。

4.8.4 与设备本体相焊的焊缝,其外观质量应符合设备本体焊缝质量要求;其他焊缝外观质量不得低于本规范表 5.6.2-2 的要求。

4.9 清洗、清理与封闭

4.9.1 设备酸洗、钝化处理后质量检验方法和合格标准应符合下述规定:

1 酸洗和钝化并用水冲洗后,用 0.01% 甲基橙精溶液滴于设备酸洗钝化后的表面,以不出现红色为合格。

2 钝化膜的检验在同条件下进行表面处理的试板上进行,将赤血盐 10g 溶于 500mL 水中,加 10mL 浓硫酸和 20mL 浓盐酸,稀释至 1000mL 作为试液滴于被清洗的表面,0.5~1min 内不出现深蓝色为合格。

检验方法:观察检查。

4.9.2 奥氏体不锈钢设备水冲洗用水的氯离子含量不应超过 25mg/L。

检验方法:检查水质氯离子含量报告。

4.9.3 设备脱脂质量检验方法和合格标准应符合下述规定:

1 直接法:

1) 用清洁干燥的白滤纸擦拭设备内壁及其内件,纸上应无油脂痕迹。

2) 用波长为 320~380nm 的紫外线灯照射,脱脂表面应无紫蓝色荧光。

2 间接法:

1) 蒸汽吹扫脱脂时,盛少量蒸汽冷凝液于器皿内,放入一粒直径不大于 1mm 的纯樟脑,以樟脑粒不停旋转为合格。

2) 用有机溶剂或浓硝酸脱脂时,取脱脂后的溶液或酸分析所含油或有机物不应超过 0.03%。

4.9.4 铝和铝合金制设备化学清洗后不得有水迹或碱迹。

检验方法:观察检查。

4.9.5 钛和钛合金制设备化学清洗后用铁氰化钾或菲绕啉($C_{12}H_3N_2$)溶液涂敷(或喷涂)或用含上述溶液的滤纸贴在设备表面上,溶液或滤纸应无变色。

4.9.6 设备封闭前内部应进行清理,不得有附着物及杂物。

检验方法:观察检查。

4.9.7 设备清洗或清理合格后应进行封闭。充氮保护的设备,氮气压力不应小于 0.02MPa。

检验方法:观察检查和检查“隐蔽工程记录”。

5 设备现场组焊

5.1 一般规定

5.1.1 设备现场组焊除符合本规范第 3.5 节规定外,尚应具有下列资料:

- 1 焊接工艺评定报告和焊接工艺文件。
- 2 焊接材料质量证明文件。
- 3 设备排板图。

检验方法:检查相关资料。

5.1.2 压力容器焊接工艺评定应按国家现行标准《钢制压力容器焊接工艺评定》JB 4708 的规定执行,非压力容器焊接工艺评定可按现行国家标准《现场设备、工业管道焊接工程施工及验收规范》GB 50236 的规定执行。低温压力容器焊接工艺评定应按现行国家标准《钢制压力容器》GB 150 的规定执行,并增加焊缝和热影响区的低温夏比(V 型缺口)冲击试验。

检验方法:检查焊接工艺评定报告。

5.1.3 组装元件上的材料代号、组装(排板)编号等标识应与排板图相一致。

检验方法:按排板图现场检查。

5.1.4 若在基础上组装设备,混凝土基础应符合本规范第 4.1.1 条和第 4.1.6 条的规定。

5.1.5 焊条使用前应按说明书或焊接工艺文件要求进行烘烤。

检验方法:检查焊条烘烤记录。

5.1.6 球形储罐采用焊条电弧焊时,焊条应按批号进行熔敷金属扩散氢含量复验和药皮含水量测定,并应符合表 5.1.6 的要求。扩散氢含量试验应符合现行国家标准《电焊条熔敷金属中扩散氢

测定方法》GB/T 3965 的有关规定。

表 5.1.6 低氢型焊条熔敷金属扩散氢含量和药皮含水量质量标准

焊条型号	扩散氢含量(mL/100g)		药皮含水量(%)
	甘油法	气相色谱法或水银法	
E4315 E4316	≤4	—	≤0.35
E5015 E5016	≤4	≤10	≤0.35
E5015-X E5016-X	≤4	—	≤0.25
E5515-X E5516-X	≤3	≤10	≤0.2
E6015-X E6016-X	≤2	≤7	≤0.15
E7015-X E7016-X	≤2	≤4	≤0.15
E8016-C1 J607RH	≤2	≤4	≤0.15

检验方法:检查“焊条扩散氢含量复验报告”。

5.1.7 低温设备受压元件组装过程中不得有导致产生缺口效应的刻痕。

检验方法:观察检查。

5.2 组装元件检验

5.2.1 球形封头瓣片、椭圆形与碟形封头瓣片、锥形封头瓣片以及球壳板外形尺寸,应符合下列要求:

1 球形封头瓣片、球壳板的曲率(图 5.2.1-1)应符合表 5.2.1-1 的规定。

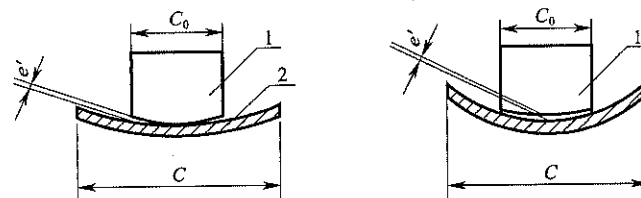


图 5.2.1-1 球形封头瓣片、球壳板曲率检查示意

1—样板;2—球形封头瓣片、球壳板

表 5.2.1-1 球形封头瓣片、球壳板曲率质量标准(mm)

瓣片弦长 C	样板弦长 C_0	允许间隙 e'	检验方法
<1500	1000	≤ 3	样板、钢尺检查
$1500 \leq C < 2000$	1500		
≥ 2000	2000		

2 锥形封头瓣片用 300mm 钢板尺沿母线检查,其局部平面度为 1mm。

3 球壳板(图 5.2.1-2)、球形封头瓣片(图 5.2.1-3)、椭圆形与碟形封头瓣片(图 5.2.1-4)、锥形封头瓣片(图 5.2.1-5)的尺寸偏差应符合表 5.2.1-2 的规定。

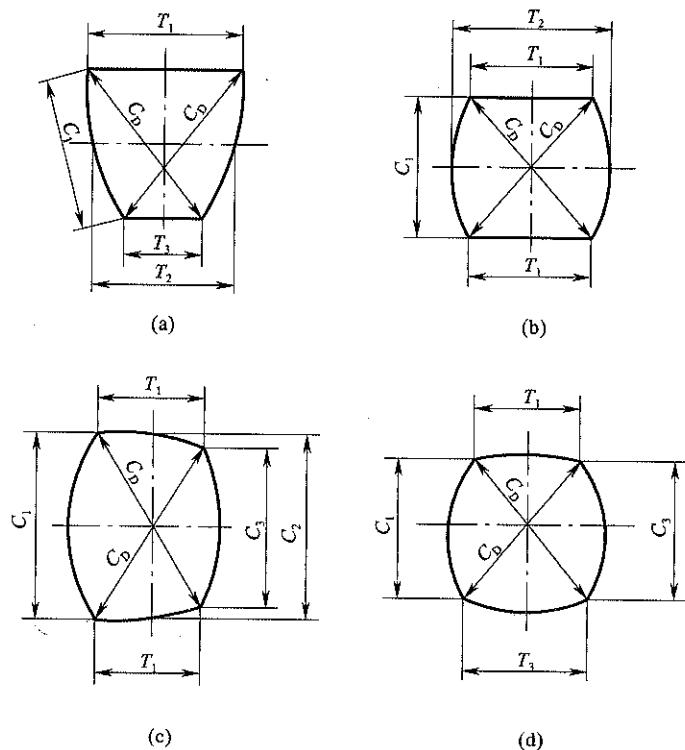


图 5.2.1-2 球壳板几何尺寸检查

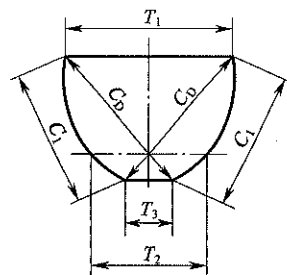


图 5.2.1-3 球形封头瓣片几何尺寸检查示意

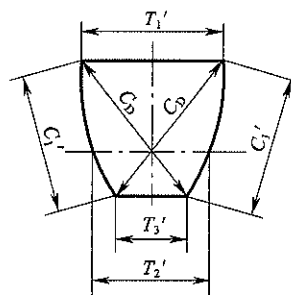


图 5.2.1-4 椭圆形与碟形封头瓣片几何尺寸检查示意

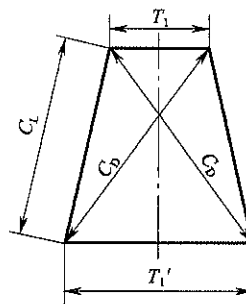


图 5.2.1-5 锥形封头瓣片几何尺寸检查示意

表 5.2.1-2 球壳板、封头瓣片几何尺寸质量标准 (mm)

测 量 项 目	允许偏差值				检 验 方 法
	球壳板	封头瓣片			
		球形封头	椭圆形与碟形封头	锥形封头	
长度方向弦长 $C_1、C_2、C_3$	±2.5	±2.5	—	—	钢尺、拉线检查
任意宽度方向弦长 $T_1、T_2、T_3$	±2.0	±2.0	—	—	
对角线弦长 C_D	±3.0	±3.0	±3.0	±3.0	
对角线间的垂直距离	5	—	—	—	
弧长 C'_1	—	—	±2.5	—	
弧长 $T'_1、T'_2、T'_3$	—	—	±2.0	—	
母线长 C_L	—	—	—	±2.5	
弧长 T'_1	—	—	—	±2.5	

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,直边高度 h_i (图 5.2.5) 允许偏差为 $-5\%h_i \sim +10\%h_i$ 。直边倾斜度应符合表 5.2.2 的规定,测量时不应计入直边增厚部分。

表 5.2.2 封头直边倾斜度质量标准 (mm)

封头公称直径 DN	直边高度 h_i	倾斜度		检验方法
		向外	向内	
≤ 2000	25	1.5	1.0	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
> 2000	40	2.5	1.5	
—	> 40	$6\%h_i$ 且 不大于 5	$4\%h_i$ 且 不大于 3	

5.2.3 椭圆形、碟形、折边锥形及球形封头几何尺寸应符合以下规定:

1 封头外圆周长偏差应符合表 5.2.3 的规定。

表 5.2.3 封头质量标准 (mm)

公称直径 DN	钢材厚度 δ_s	外圆周长允许偏差值	检验方法
$3000 \leq DN < 5000$	$12 \leq \delta_s < 22$	+12 -9	用钢尺在封头直边部分测量
	$22 \leq \delta_s < 60$	+18 -12	
	$\delta_s \geq 60$	+24 -15	
$5000 \leq DN < 6000$	$16 \leq \delta_s < 60$	+18 -12	
	$\delta_s \geq 60$	+24 -15	
$6000 \leq DN < 7800$	$16 \leq \delta_s < 60$	+21 -15	
	$\delta_s \geq 60$	+27 -18	
≥ 7800	$16 \leq \delta_s < 60$	+24 -18	
	$\delta_s \geq 60$	+30 -21	

2 封头圆度为 $0.5\% D_i$, 且不大于 25mm; 当 δ_s/D_i 小于 0.005, 且 δ_s 小于 12mm 时, 圆度为 $0.8\% D_i$, 且不大于 25mm。

检验方法: 用钢尺在封头端口实测内直径, 取最大值与最小值之差值。

3 封头总高度允许偏差为 $-0.2\% D_i \sim +0.6\% D_i$ 。

检验方法: 在封头任意两直径位置上拉紧钢丝, 在钢丝交叉处垂直测量封头总高度。

5.2.4 无折边锥形封头几何尺寸应符合以下规定:

1 封头直径偏差应符合表 5.2.4-1 的规定。

表 5.2.4-1 无折边锥形封头直径质量标准 (mm)

公称直径	< 800	800~ 1200	1300~ 1600	1700~ 2500	2600~ 3100	3200~ 4200	4300~ 6000	6100~ 10000	> 10000
封头直径允许偏差	2	3	4	5	6	6	8	8	10

检验方法:用钢尺在封头端口实测等距离分布的4个内直径。

2 封头圆度为 $0.5\% D_i$, 且不大于 15mm。

检验方法:用钢尺在封头端口实测内直径,取最大值与最小值之差值。

3 封头总高度允许偏差应符合表 5.2.4-2 的规定。

表 5.2.4-2 无折边锥形封头总高度质量标准(mm)

公称直径	<800	800~1200	1300~1600	1700~2500	2600~3100	3200~4200	4300~6000	6100~10000	>10000
封头高度	4	6	8	12	16	20	24	25	25
允许偏差									

检验方法:在封头任意两直径位置上拉紧钢丝,在钢丝交叉处垂直测量封头总高度。

5.2.5 椭圆形、碟形、球形封头内表面形状偏差(图 5.2.5),外凸不得大于 $1.25\% D_i$;内凹不得大于 $0.625\% D_i$ 。

检验方法:用弦长 L 等于封头内直径 $3D_i/4$ 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,允许样板避开焊缝进行测量。

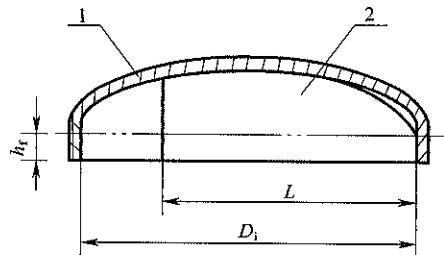


图 5.2.5 封头形状偏差检查示意

1—封头;2—样板

5.2.6 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。

检验方法:用样板、钢尺现场检查。

5.2.7 分片到货的筒体板片应用弦长等于设计直径的 $1/4$ 且不

小于 1000mm 的样板检查板片的弧度,间隙不得大于 3mm。

检验方法:将筒体板片立置在平台上,用样板和钢尺检查。

5.2.8 筒体板对接接头两侧钢材厚度不等并符合下列条件时,应按图 5.2.8-1~图 5.2.8-3 所示型式之一对焊接接头进行检查:

1 薄板厚度 δ_1 小于或等于 10mm,两板厚度差 T_c 大于 3mm。

2 两板厚度差 T_c 大于薄板厚度 δ_1 的 30% 或超过 5mm。

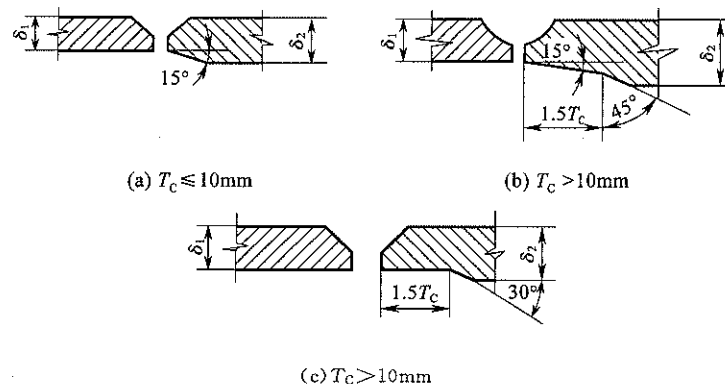


图 5.2.8-1 内壁尺寸不相等的不等厚对接接头示意

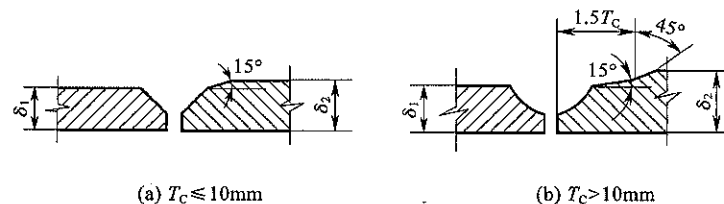


图 5.2.8-2 外壁尺寸不相等的不等厚对接接头示意

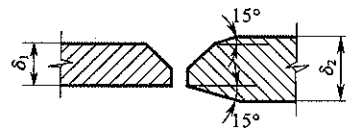


图 5.2.8-3 内外壁尺寸均不相等的不等厚对接接头示意

5.2.9 分段到货的设备筒体应符合下列要求:

1 分段处的圆度应符合表 5.2.9-1 的规定。

表 5.2.9-1 筒体圆度质量标准(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。

2 D_i 为设备筒体内直径。

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

3 分段处外圆周长偏差应符合表 5.2.9-2 的规定,且对接接头两侧外圆周长差应符合本规范第 5.3.1 条环向焊缝对口错边量要求。

表 5.2.9-2 外圆周长质量标准(mm)

公称直径	<800	800~1200	1300~1600	1700~2400	2600~3000	3200~4000	4200~6000	6200~7600	>7600
允许偏差值	± 5	± 7	± 9	± 11	± 13	± 15	± 18	± 21	± 24

4 分段处端面不平度不应大于 $D_i/1000$,且不大于 2mm。

5 每段筒体高度及各段筒体累计高度偏差应符合本规范表 5.8.1 的规定。

6 每段筒体直线度应符合表 5.2.9-3 的规定。

表 5.2.9-3 筒体直线度质量标准(mm)

检查项目	允许偏差值
任意 3000 长度	3
全长	$H \leq 15000$
	$H > 15000$

注: H 为筒体高度。

检验方法:用钢尺、拉线测量。

5.2.10 压制成形的封头瓣片、球壳板,其最小厚度不应小于名义厚度减钢板厚度负偏差。

检验数量:每一封头瓣片检测 3 点;球壳板按数量的 20% 抽检,且每带不少于 2 块,上、下极各不少于 1 块,所检每张球壳板的检测点数不少于 5 点。

检验方法:用测厚仪复验,检查检测报告。

5.2.11 分片或分段到货设备坡口表面不得有裂纹、分层、夹渣等缺陷。低温钢、标准抗拉强度下限值大于或等于 540MPa 钢及铬钼钢经火焰切割的坡口表面,应进行磁粉检测或渗透检测。

检查数量:分片到货的壳体 20% 抽查。

检验方法:观察检查和进行磁粉检测或渗透检测。

5.2.12 球壳板周边 100mm 范围内应进行全面积超声检测。现场复测检测方法和结果判定应符合国家现行标准《承压设备无损检测 第 3 部分:超声检测》JB/T 4730.3 II 级的规定。

检查数量:不少于球壳板总数的 20% (厚度大于 20mm 的低温球形储罐为 40%),且每带不少于 2 块,上、下极各不少于 1 块。

检验方法:超声检测或检查检测报告。

5.2.13 球形储罐支柱及支柱组焊质量应符合下列规定:

- 1 支柱全长 L_s 长度允许偏差为 $\pm 3\text{mm}$ 。
- 2 支柱全长直线度为 $L_s/1000$,且不大于 10mm。
- 3 支柱与底板应垂直(图 5.2.13),其允许偏差为 2mm。

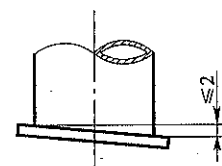


图 5.2.13 支柱与底板垂直偏差示意

4 支柱轴线位置偏移不应大于 2mm。

检验方法:测量或检查检验报告。

5.2.14 随设备到货的零部件不应有变形及锈蚀,并符合下列规定:

- 1 法兰、接管、人孔和螺栓等应有材质标记。
- 2 法兰、人孔的密封面不得有影响密封的损伤。
- 3 焊缝不得有裂纹。

检验方法:观察检查。

5.3 组 装

5.3.1 筒体板组对错边量应符合表 5.3.1 的规定。

表 5.3.1 组对错边量质量标准(mm)

母材厚度 δ	允许偏差值		检验方法
	纵向焊缝	环向焊缝	
$\delta \leq 12$	$\leq 1/4\delta$	$\leq 1/4\delta$	用焊缝检验尺测量
$12 < \delta \leq 20$	≤ 3	$\leq 1/4\delta$	
$20 < \delta \leq 40$	≤ 3	≤ 5	
$40 < \delta \leq 50$	≤ 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	

5.3.2 单面焊接的焊缝内壁错边量不应大于 2mm。

检验方法:用焊缝检验尺检查。

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

检验方法:用焊缝检验尺检查。

5.3.4 球壳板组对错边量 b 不应大于球壳板厚度的 $1/4$,且不得大于 3mm(图 5.3.4-1);当两板厚度不等时,不计入两板的差值(图 5.3.4-2)。

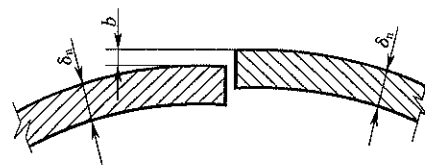


图 5.3.4-1 等厚度球壳板组装时的对口错边量示意

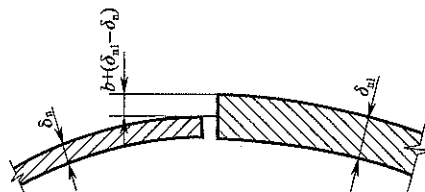


图 5.3.4-2 不等厚度球壳板组装时的对口错边量示意

5.3.5 筒体板对接纵焊缝棱角度 E (图 5.3.5-1)和环焊缝棱角度 E (图 5.3.5-2),均不应大于 $(\delta_n/10+2)$ mm,且不应大于 5mm。

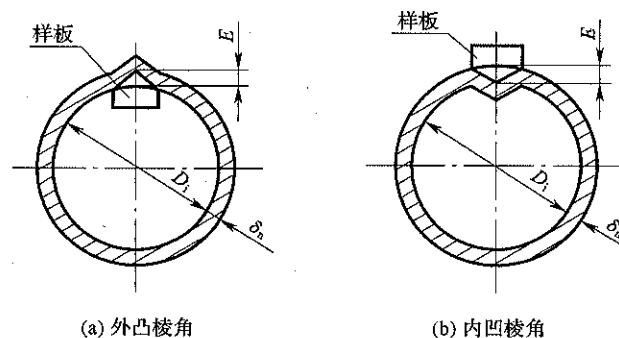


图 5.3.5-1 对接纵焊缝棱角度检查示意

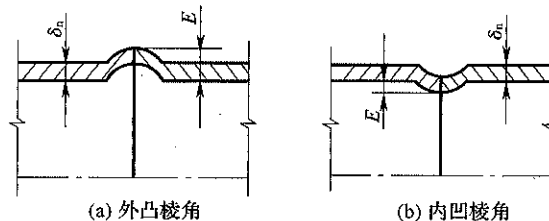


图 5.3.5-2 对接环焊缝棱角度检查示意

检验方法:纵缝棱角用弦长等于 $D_i/6$ 且不小于 300mm 的内样板或外样板和钢尺检查;环缝棱角用 300mm 钢直尺检查。

5.3.6 球壳板组装后的棱角度 E (图 5.3.6)不应大于 7mm。棱角度应按式(5.3.6-1)和(5.3.6-2)计算。

$$E = l_1 - l_2 \quad (5.3.6-1)$$

$$l_2 = |R_i - R_0| \quad (5.3.6-2)$$

式中 E ——棱角度(mm);

l_1 ——最大棱角处球壳板与样板的实测径向距离(mm);

l_2 ——标准球壳与样板的半径差的绝对值(mm);

R_i ——球壳的设计内(外)半径(mm);

R_0 ——样板的设计内(外)半径(mm)。

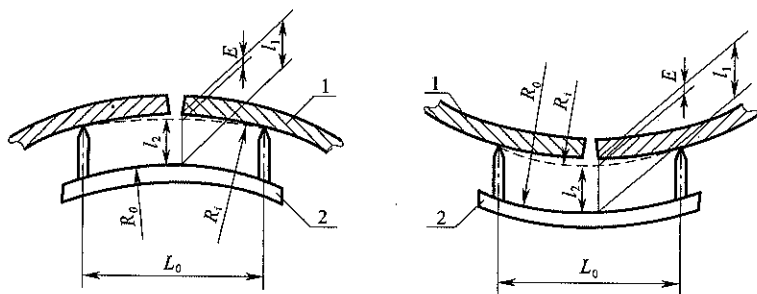


图 5.3.6 球壳板组装后棱角度检查示意

1—样板;2—球壳

检查数量:焊缝每 500mm 检查一点。

检验方法:用弦长 L_0 不小于 1m 的样板测量或检查检验报告。

5.3.7 下列相邻焊缝间距离不应小于 3 倍壁厚,且不小于 100mm:

1 相邻筒节的纵焊缝或封头拼接焊缝与相邻筒节纵焊缝。

2 球形储罐相邻两带的纵焊缝或球形储罐极带拼接焊缝与

温带纵焊缝。

3 球形储罐支柱和球壳的角焊缝与球壳板的对接焊缝。

4 球形储罐人孔、接管、补强圈、连接板等和球壳的连接焊缝与球壳板的对接焊缝。

检验方法:按排板图用钢尺检查。

5.3.8 设备内件与筒体焊接的焊缝边缘至筒体环焊缝边缘的距离不应小于该处筒体壁厚,且不小于 50mm。

检验方法:按排板图用钢尺检查。

5.3.9 被内件、密封结构覆盖的焊缝应打磨至与母材平齐。

检验方法:观察检查。

5.3.10 设备开口、接管安装质量应符合表 5.3.10 的规定。

表 5.3.10 设备开口、接管安装质量标准(mm)

检查项目		允许偏差值	检验方法
开口中心标高及位置	接管	±5	钢尺、拉线现场检查
	人孔	±10	
接管法兰面至设备外壁距离		±2.5	钢尺现场检查
接管法兰面与接管或筒体中心线的垂直度	$D_i \leq 200$	±1.5	角尺、钢尺现场检
	$D_i > 200$	±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	查 ±1.5	
	对应接管外伸长度差	1.5	
	法兰面垂直度	0.5% D_L	
	对应法兰平面度	2	

注: D_i 为法兰内直径, D_L 为法兰外缘直径。

5.3.11 开孔补强圈与壳体紧密贴合,开孔补强圈若与壳体变截

面交界处的焊道相碰时,可以割除部分补强圈,保留补强圈的宽度不应小于设计宽度的 2/3。补强圈覆盖的焊缝应磨平。信号孔不得堵塞。

检验方法:观察检查。

5.3.12 支座、裙座的组装应符合下列要求:

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

2 底座环、裙座与设备本体轴线允许偏差为 5mm。

3 裙座与设备本体相接处,如遇到拼接焊缝时,应在裙座上开出豁口。

检验方法:按排板图用钢尺现场检查。

5.3.13 球形储罐组焊后壳体最大内径与最小内径之差应小于球形储罐设计内径的 3%,且不应大于 50mm。其他设备组焊后壳体最大直径与最小直径之差应符合下列规定:

1 壳体同一断面上最大内径与最小内径之差不应大于该断面内径的 1%,且不大于 25mm。

2 当被检断面位于开孔中心一倍开孔内径范围内时,则该断面最大内径与最小内径之差不应大于该断面内径的 1%与开孔内径的 2%之和,且不大于 25mm。

检验方法:拉线测量或检查检验报告。

5.4 焊 接

5.4.1 焊接环境出现下列任一情况时,未采取防护措施不得施焊:

- 1 焊条电弧焊时风速大于 8m/s。
- 2 气体保护焊时风速大于 2m/s。
- 3 相对湿度大于 90%。
- 4 雨、雪环境。

5 焊件温度低于 -20°C 。

检验方法:用风速仪、电子点温计、湿度计现场检查或检查记录。

5.4.2 当焊件温度为 $-20\sim 0^{\circ}\text{C}$ 时,应在始焊处 100mm 范围内预热到 15°C 以上。

检验方法:用点温计测量。

5.4.3 现场组焊的压力容器必须按照《压力容器安全技术监察规程》的要求制备产品焊接试板。产品焊接试板的尺寸、试样截取数量和试验项目、合格标准和复验要求应符合国家现行标准《钢制压力容器产品焊接试板的力学性能检验》JB 4744 的规定。

检验方法:检查产品焊接试板试验报告。

5.4.4 定位焊缝焊接应采用评定合格的焊接工艺,并由合格焊工施焊。定位焊缝的长度、厚度和间距应符合表 5.4.4 的规定。

表 5.4.4 定位焊缝质量标准(mm)

焊件厚度 δ	定位焊缝厚度	定位焊长度	定位焊间距	检验方法
$\delta \leq 20$	≤ 6	≥ 30	300~400	用钢尺检查
$\delta > 20$	≤ 8	≥ 50	400~500	

5.4.5 焊接热输入应根据焊接工艺确定,下列材料的焊接应控制热输入:

- 1 低温钢。
- 2 标准抗拉强度下限值大于或等于 540MPa 钢。
- 3 厚度大于 38mm 的碳素钢。
- 4 厚度大于 25mm 的低合金钢。

检验方法:观察检查或检查焊接记录。

5.4.6 要求焊前预热的焊缝,预热温度及层间温度应符合焊接工艺文件的规定。预热时加热范围应符合下列规定:

1 碳素钢和低合金钢对口中心线两侧,每侧不小于三倍壁厚。

2 标准抗拉强度下限值大于或等于 540MPa 钢及铬钼钢对口中心线两侧,每侧不小于 3 倍壁厚,且不小于 100mm。

检验方法:观察检查。

5.4.7 与设备壳体焊接的吊耳、工卡具等工件,应符合以下规定:

1 材质应与设备壳体相同或同一类别号。

2 采用正式焊接工艺或经评定合格的焊接工艺。

3 连接板与设备壳体的角焊缝是连续焊缝时,应在雨水不易流入的部位留出通气孔。

4 设备壳体焊接有预热要求的,工件焊接应进行预热,预热温度取上限值,预热范围为工件周边 150mm。

5 热处理及耐压试验后,不得在设备本体上焊接工件。

6 工件拆除时不应损伤母材,拆除后应对其焊缝的残留痕迹进行打磨修整,修磨的深度不应大于该部位钢材厚度的 5%,且不应大于 2mm。

检验方法:检查相关资料。

5.4.8 焊缝返修应符合以下规定:

1 焊缝返修应按评定合格的焊接工艺进行。

2 焊缝表面缺陷修磨深度不应大于该部位钢材厚度的 5%,且不应大于 2mm,并应打磨平滑或修磨成具有 1:3 及以下的缓坡。

3 焊接修补时如需预热,预热温度应取上限。

4 返修焊缝质量要求与原焊缝相同。

检验方法:检查相关资料。

5.4.9 压力容器同一部位焊缝返修次数不超过两次;超过两次的,返修措施应经单位技术总负责人批准,返修次数、部位和返修情况应记入设备的质量证明文件。

检验方法:检查相关资料。

5.5 热 处 理

5.5.1 现场组焊设备的整体或分段采用在炉内加热方法进行热处理应符合现行国家标准《钢制压力容器》GB 150 的规定。

检验方法:按 GB 150 的规定现场检查。

5.5.2 现场组焊设备的焊缝可采用局部热处理方法进行。热处理的加热范围以焊缝中心为基准,对接接头焊缝每侧不应小于钢材厚度的 2 倍;角接头焊缝每侧不应小于钢材厚度的 6 倍。加热区以外 100mm 范围应进行保温。

检验方法:现场检查,实测实量。

5.5.3 测温点应均匀布置在热处理设备表面,测温点的间距不宜大于 4.5m,且每组产品试板上应设一个测温点。

检验方法:现场检查,实测实量。

5.5.4 球形储罐采用内燃法进行热处理时,测温点应沿经线和纬线均匀布置,相邻两纬线测温点宜在经线方向上错开,测温点的总数应不少于表 5.5.4 的规定,其布置除应符合本规范第 5.5.3 条规定外,还应符合下列规定:

1 在上、下人孔与极板环焊缝 200mm 范围内应各设 1 个测温点。

2 烟气出口处应设置 1 个测温点。

检验方法:现场检查,实测实量。

表 5.5.4 球形储罐测温点数

球罐容积(m³)	50	120	200	400	650	1000	1500
测温点数(个)	8	10	10	14	22	25	36
球罐容积(m³)	2000	2500	3000	4000	5000	6000	8000
测温点数(个)	47	48	51	64	75	82	100

注:表中测温点数未包括产品试板上和烟气出口处的测温点。

5.5.5 影响球形储罐整体热处理的零部件,应在热处理后再与球

形储罐连接固定。

检验方法：现场检查。

5.5.6 热处理操作应符合下列规定，温度曲线记录应采用自动记录仪记录：

1 升温至 300℃ 后，升温速度不得超过 80℃/h，最小可为 50℃/h。

2 300℃ 以上升温 and 降温时，任意两点的温差不得大于 120℃。

3 恒温时，任意两点的温差不宜大于 65℃。

4 300℃ 以上时，降温速度不得超过 50℃/h，最小可为 30℃/h。

5 300℃ 以下出炉或拆除保温时，应在静止空气中冷却。

检验方法：现场检查，实测和检查热处理报告。

5.6 焊接接头形状尺寸和外观质量

5.6.1 压力容器焊接接头外观质量应符合以下规定：

1 不得有裂纹、气孔、夹渣、未焊透、未熔合、未填满、弧坑和熔合性飞溅物。

检验方法：观察检查。

2 A、B 类焊接接头焊缝余高 e_1 、 e_2 (图 5.6.1) 应符合表 5.6.1 的规定。

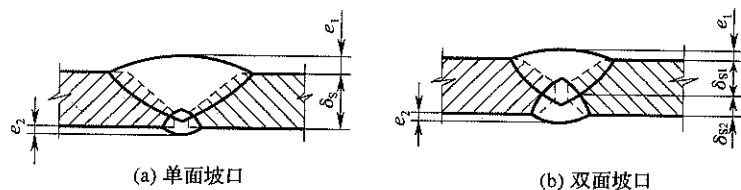


图 5.6.1 A、B 类焊接接头焊缝余高 e_1 、 e_2 示意

表 5.6.1 焊缝余高质量标准 (mm)

低温钢标准抗拉强度 下限值大于或等于 540MPa 钢 铬钼钢				其他钢材				检验 方法
单面坡口		双面坡口		单面坡口		双面坡口		钢尺 或焊缝 检验尺 测量
e_1	e_2	e_1	e_2	e_1	e_2	e_1	e_2	
0~0.1 δ_s 且 ≤ 3	0~1.5	0~0.1 δ_{s1} 且 ≤ 3	0~0.1 δ_{s2} 且 ≤ 3	0~0.15 δ_s 且 ≤ 4	0~1.5	0~0.15 δ_{s1} 且 ≤ 4	0~0.15 δ_{s2} 且 ≤ 4	

注：1 δ_s 为焊接接头处钢材厚度； δ_{s1} 、 δ_{s2} 为焊接接头处坡口钝边两侧的钢材厚度。

2 表中百分数计算值小于 1.5 时，按 1.5 计算。

3 C、D 类焊接接头的焊脚高度，设计文件无规定时，取焊件中较薄者之厚度。补强圈厚度大于或等于 8mm 时，其焊脚高度不应小于补强圈厚度的 70%，且不应小于 8mm。

检验方法：用焊缝检验尺检查。

4 下列设备焊缝表面不得有咬边，其他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%：

- 1) 用标准抗拉强度下限值大于或等于 540MPa 钢制造的设备。
- 2) 铬钼钢制造的设备。
- 3) 奥氏体不锈钢制、钛和钛合金制设备、锆和锆合金制设备。
- 4) 球形储罐。
- 5) 低温设备。
- 6) 焊接接头系数 ϕ 取为 1 的设备。

检验方法：观察检查，用钢尺、焊缝检验尺检查。

5.6.2 非压力容器焊接接头外观质量应符合下列规定：

1 设计文件要求进行局部射线检测或超声检测的焊缝，其外观质量应符合表 5.6.2-1 的规定。

2 设计文件不要求进行局部射线检测或超声检测的焊缝，其外观质量应符合表 5.6.2-2 的规定。

表 5.6.2-1 局部无损检测的焊缝外观质量标准 (mm)

检验项目	质量标准	检验方法
裂纹	不允许	观察检查, 钢尺、焊缝检验尺检查
表面气孔	每 50 焊缝长度内允许直径不大于 0.3 δ , 且不大于 2 的气孔 2 个, 孔间距不小于 6 倍孔径	
表面夹渣	深不大于 0.1 δ , 长不大于 0.1 δ , 且不大于 10	
咬边	深不大于 0.05 δ , 且不大于 0.5, 连续长度不大于 100, 且焊缝两侧咬边总长不大于 10% 焊缝全长	
未焊透	不加垫单面焊允许值不大于 0.15 δ , 且不大于 1.5。缺陷总长在 6 δ 焊缝长度内不超过 δ	
根部收缩	不大于 0.2+0.02 δ , 且不大于 1, 长度不限	
角焊缝厚度不足	不大于 0.3+0.05 δ , 且不大于 1, 每 100 焊缝长度内缺陷总长度不大于 25	
角焊缝焊脚不对称	不大于 2+0.15 a	
余高	不大于 1+0.2 d , 且最大为 5	

注: δ 为母材厚度; a 为设计焊缝厚度; d 为焊缝宽度。

表 5.6.2-2 不进行无损检测的焊缝外观质量标准 (mm)

检验项目	质量标准	检验方法
裂纹	不允许	观察检查, 钢尺、焊缝检验尺检查
表面气孔	每 50 焊缝长度内允许直径不大于 0.4 δ , 且不大于 3 的气孔 2 个, 孔间距不小于 6 倍孔径	
表面夹渣	深不大于 0.2 δ , 长不大于 0.5 δ , 且不大于 20	
咬边	深不大于 0.1 δ , 且不大于 1, 连续长度不限	
未焊透	不大于 0.2 δ , 且不大于 2.0。每 100 焊缝内缺陷总长不大于 25	
根部收缩	不大于 0.2+0.04 δ , 且不大于 2, 长度不限	
角焊缝厚度不足	不大于 0.3+0.05 δ , 且不大于 2, 每 100 焊缝长度内缺陷总长度不大于 25	
角焊缝焊脚不对称	不大于 2+0.2 a	
余高	不大于 1+0.2 d , 且最大为 5	

注: δ 为母材厚度; a 为设计焊缝厚度; d 为焊缝宽度。

5.7 无损检测

5.7.1 现场组焊设备焊接接头无损检测应在形状尺寸及外观检验合格后进行, 有延迟裂纹倾向的材料应在焊接完成 24h 后进行; 有再热裂纹倾向的材料应在热处理后再增加 1 次, 并符合下列规定:

1 压力容器壁厚小于或等于 38mm 时, 其对接接头宜采用射线检测; 当不能采用射线检测时, 也可采用超声检测。

2 压力容器壁厚大于 38mm 或壁厚大于 20mm 且材料标准抗拉强度下限值大于或等于 540MPa 的对接接头, 当采用射线检测, 每条焊缝还应附加进行 20% 的超声检测; 当采用超声检测, 每条焊缝还应附加进行 20% 的射线检测; 附加局部检测应包括所有焊缝交叉部位。

3 采用射线检测时, 其检测技术等级不应低于国家现行标准《承压设备无损检测 第 2 部分: 射线检测》JB/T 4730.2 规定的 AB 级; 采用超声检测时, 其检测技术等级不应低于国家现行标准《承压设备无损检测 第 3 部分: 超声检测》JB/T 4730.3 的 B 级。

检验方法: 检查无损检测报告。

5.7.2 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 钢材厚度 δ_s 大于 30mm 的碳素钢、Q345R。
- 2 钢材厚度 δ_s 大于 25mm 的 20MnMo 和奥氏体不锈钢。
- 3 钢材厚度 δ_s 大于 16mm 的 15CrMoR、15CrMo; 其他任意厚度的铬钼钢。
- 4 标准抗拉强度下限值大于或等于 540MPa 钢。
- 5 进行气压试验的容器。
- 6 盛装毒性为极度危害或高度危害介质的容器。
- 7 第三类压力容器。
- 8 第二类压力容器中易燃介质的反应压力容器和储存压力

容器。

9 设计压力大于 5.0MPa 的压力容器。

10 设计选用焊缝系数为 1.0 的压力容器。

11 符合下列条件之一的钛和钛合金、锆和锆合金、铝和铝合金制造的压力容器：

1) 介质为易燃或毒性程度为极度、高度、中度危害。

2) 设计压力大于或等于 1.6MPa。

12 使用后无法进行内、外部检验或耐压试验的压力容器。

13 设计文件要求 100% 射线或超声检测的容器。

检验方法：检查无损检测报告。

5.7.3 除本规范第 5.7.2 条规定以外的压力容器，对其 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；铁素体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 焊缝交叉部位。

2 被补强圈、支座、垫板、内件等覆盖的焊接接头。

3 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。

4 嵌入式接管与圆筒或封头对接连接的焊接接头。

检验方法：检查无损检测报告。

5.7.4 压力容器公称直径大于或等于 250mm 或壁厚大于 28mm 的接管与长颈法兰、接管与接管对接连接的 B 类焊接接头，其无损检测比例及合格级别应与压力容器壳体主体焊缝要求相同；公称直径小于 250mm 且壁厚小于或等于 28mm 的接管与长颈法兰、接管与接管对接连接的 B 类焊接接头，可进行磁粉检测或渗透检测。

检验方法：检查无损检测报告。

5.7.5 凡符合下列条件之一的部位，应对其表面进行 100% 磁粉检测或渗透检测：

1 堆焊表面。

2 符合本规范第 5.7.2 条第 3、4、6、7 款压力容器上的 C 类和 D 类焊接接头表面。

3 低温钢、标准抗拉强度下限值大于或等于 540MPa 钢及铬钼钢制设备的缺陷修磨或补焊处的表面、卡具和拉肋等拆除处的焊痕表面。

检验方法：检查无损检测报告。

5.7.6 球形储罐在耐压试验前应对现场焊接接头表面进行 100% 磁粉检测或渗透检测，耐压试验后进行 20% 磁粉检测或渗透检测复验。

检验方法：检查无损检测报告。

5.7.7 非压力容器焊接接头内部质量检验应符合设计文件的要求。

检验方法：检查无损检测报告。

5.7.8 无损检测应按国家现行标准《承压设备无损检测》JB/T 4730.1~JB/T 4730.5 的规定进行质量评定，并应符合下列规定：

1 按本规范第 5.7.2 条要求（第 8、9 款除外）进行无损检测的压力容器，当采用射线检测时合格级别为 II 级；当采用超声检测时合格级别为 I 级。

2 除本条第 1 款规定外的压力容器，当采用射线检测时合格级别为 III 级；当采用超声检测时合格级别为 II 级。

3 磁粉检测和渗透检测的合格级别为 I 级。

4 钛和钛合金制设备、锆和锆合金制设备、铝和铝合金制设备合格级别按设计文件规定。

检验方法：检查无损检测报告。

5.7.9 对焊接接头无损检测时发现的不允许缺陷，应清除干净后

进行补焊,并对补焊处用原规定的方法进行检验,直至合格。对规定进行局部无损检测的压力容器焊接接头,当发现有不允许的缺陷时,应在该缺陷两端的延伸部位增加检查长度,增加的长度为该焊接接头长度的 10%,且不小于 250mm。若仍有不允许的缺陷时,则对该焊接接头做 100%检测。

检验方法:检查焊缝返修记录和无损检测报告。

5.8 设备总体形状尺寸检验

5.8.1 设备现场组对焊接完毕后应对设备总体形状尺寸进行下列检验:

- 1 设备筒体圆度应符合本规范表 5.2.9-1 的规定。
- 2 设备筒体直线度应符合本规范表 5.2.9-3 的规定。
- 3 设备筒体高度偏差应符合表 5.8.1 的规定。

表 5.8.1 筒体高度允许偏差(mm)

检查项目		允许偏差值	检验方法
上、下两封头焊缝之间的距离 H	≤ 30000	$\pm 1.3H/1000$ 且不超过 ± 20	钢尺实测
	> 30000	± 40	
底座环底面至筒体下封头与筒体连接焊缝的距离 H_4		$\pm 2.5H_4/1000$ 且不超过 ± 6	

- 4 设备筒体棱角度应符合本规范第 5.3.5 条的规定。
- 5 设备接管安装质量应符合本规范表 5.3.10 的规定。

5.8.2 球形储罐焊接后形状尺寸检查应符合以下规定:

- 1 棱角度不得大于 10mm。

检验方法:用弦长不小于 1m 的样板测量或检查检验报告。

2 两极间的内直径、赤道截面的最大内直径和最小内直径三者之间相互之差,应小于设计内径的 7/1000,且不大于 80mm。

检验方法:钢尺或激光测距仪测量,检查检验报告。

3 两极间的内直径、赤道截面的最大内直径和最小内直径与设计内直径之差,应小于设计内径的 7/1000,且不大于 80mm。

检验方法:钢尺或激光测距仪测量,检查检验报告。

4 对支柱垂直度进行复测,应符合本规范第 4.4.9 条的规定。

6 试 验

6.1 一般规定

6.1.1 现场组焊的设备进行耐压试验前,应对下列条件进行确认:

- 1 设备本体及与本体相焊的焊接和检验工作全部完成。
- 2 需要进行焊后热处理的设备,热处理工作已完成。
- 3 设备开孔补强圈焊缝用 0.4~0.5MPa 的压缩空气检查焊接接头质量合格。
- 4 已安装的设备找正、找平工作已完成。
- 5 基础二次灌浆达到设计强度要求。
- 6 施工质量资料完整。
- 7 试压方案已经批准。

检验方法:检查相关资料,观察检查。

6.1.2 下列设备现场安装后可不再进行耐压试验:

- 1 同时符合以下条件的整体到货设备:
 - 1)质量证明文件证明已做过耐压试验。
 - 2)在运输过程中无损伤和变形。
 - 3)有气体保护要求的设备,处于有效保护状态。
- 2 符合本条第 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。

检验方法:检查相关资料,观察检查。

6.1.3 耐压试验应采用液压试验,若采用气压试验代替液压试验时,必须符合下列规定:

- 1 压力容器的焊接接头进行 100%射线或超声检测,执行标准和合格级别执行原设计文件的规定。

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

3 有本单位技术总负责人批准的安全措施。

4 试压系统设置安全泄放装置。

检验方法:检查相关资料,观察检查。

6.1.4 试验用压力表应符合下列规定:

- 1 应在设备最高处和最低处各设置一块量程相同并经检定合格的压力表。
- 2 设备设计压力小于 1.6MPa 时,压力表的精度等级不应低于 2.5 级;设计压力大于或等于 1.6MPa 时,不应低于 1.5 级。
- 3 压力表的量程不应小于 1.5 倍且不应大于 3 倍的试验压力;压力表的直径不应小于 100mm。

检验方法:检查压力表检定报告,观察检查。

6.1.5 真空设备和外压设备应以内压进行耐压试验,差压设备耐压试验时应检查压差,其值均不得超过设计文件的规定值。

检验方法:检查试验报告。

6.1.6 试验压力应符合表 6.1.6 的规定。试验压力读数应以设备最高处的压力表为准。

表 6.1.6 设备耐压试验和气密性试验压力(MPa)

设计压力	耐压试验压力		气密性试验压力	检验方法
	液压试验	气压试验		
$p \leq -0.02$	$1.25p$	$1.15p(1.25p)$	p	观察检查或查看“设备耐压和气密性试验报告”
$-0.02 < p < 0.1$	$1.25p \cdot [\sigma]/[\sigma]^t$ 且不小于 0.1	$1.15p \cdot [\sigma]/[\sigma]^t$ 且不小于 0.07	$p \cdot [\sigma]/[\sigma]^t$	
$0.1 \leq p < 100$	$1.25p \cdot [\sigma]/[\sigma]^t$	$1.15p \cdot [\sigma]/[\sigma]^t$	p	

注:1 表中 $[\sigma]$ 表示设备元件材料在试验温度下的许用应力(MPa); $[\sigma]^t$ 表示设备元件材料在设计温度下的许用应力(MPa)。

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 $[\sigma]/[\sigma]^t$ 比值中较小者。

3 括号内的数值 1.25p 仅适用于钢制真空塔式容器。

6.1.7 立式设备以卧置进行液压试验时,试验压力应为立置时的试验压力加液柱静压力,并应对设备顶部进行应力校核。

6.2 液压试验

6.2.1 试验介质宜采用工业用水。奥氏体不锈钢设备用水作介质时,水质氯离子含量不得超过 25mg/L。试验介质也可采用不会导致发生危险的其他液体。

检验方法:检查水质检定报告或其他液体化学成分分析和物理性能报告。

6.2.2 试验介质的温度应符合下列规定:

1 碳素钢、Q345R、Q370R 制设备液压试验时,液体温度不得低于 5℃;其他低合金钢制设备液压试验时,液体温度不得低于 15℃。

2 由于板厚等因素造成材料无延性转变温度升高及其他材料制设备液压试验时,液体的温度按设计文件规定执行。

检验方法:用测温仪测量。

6.2.3 液压试验时,设备外表面应保持干燥,当设备壁温与液体温度接近时,缓慢升压至设计压力;确认无泄漏后继续升压至规定的试验压力,保压时间不少于 30min;然后将压力降至规定试验压力的 80%,对所有焊接接头和连接部位进行全面检查,符合下列规定为合格:

- 1 无渗漏。
- 2 无可见的变形。
- 3 试验过程无异常的响声。

检验方法:观察检查或检查试验报告。

6.2.4 对在基础上作液压试验且容积大于 100m³ 的设备,液压试验的同时,在充液前、充液 1/3 时、充液 2/3 时、充满液后 24h 时、放液后,应作基础沉降观测。基础沉降应均匀,不均匀沉降量应符合设计文件的规定。

检验方法:检查基础沉降观测报告。

6.2.5 换热设备耐压试验程序及检验见附录 E。

6.3 气压试验

6.3.1 气压试验所用气体应为干燥、洁净的空气、氮气或惰性气体。

6.3.2 气压试验时的气体温度应符合如下规定:

1 碳素钢和低合金钢制设备,气压试验时气体温度不得低于 15℃。

2 其他材料制设备,气压试验时气体温度按设计文件规定。

检验方法:用温度计或测温仪测量。

6.3.3 气压试验时,应按下列程序进行升压和检查:

1 缓慢升压至规定试验压力的 10%,且不超过 0.05MPa,保压 5min,对所有焊缝和连接部位进行初次泄漏检查。

2 初次泄漏检查合格后,继续缓慢升压至规定试验压力的 50%,观察有无异常现象。

3 如无异常现象,继续按规定试验压力的 10%逐级升压,直至达到试验压力止,保压时间不少于 30min,然后将压力降至规定试验压力的 87%,对所有焊接接头和连接部位进行全面检查。

4 试验过程无异常响声,设备无可见的变形,焊缝和连接部位等用检漏液检查,无泄漏为合格。

检验方法:观察检查或检查试验报告。

6.4 气密性试验

6.4.1 气密试验应在耐压试验合格后进行。对进行气压试验的设备,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。

检验方法:检查试验报告。

6.4.2 气密试验时的气体温度应符合本规范第 6.3.2 条的规定。

6.4.3 气密试验时应将安全附件装配齐全。

检验方法:观察检查。

6.4.4 气密试验时,压力应缓慢上升,达到试验压力后,保压时间不应少于 30min,同时对焊缝和连接部位等用检漏液检查,无泄漏为合格。

检验方法:观察检查或检查试验报告。

6.5 充水试漏或煤油试漏

6.5.1 充水试漏应符合下列规定:

1 充水试漏前应将焊接接头的外表面清理干净,并使之干燥。

2 试漏的持续时间应根据检查所需时间决定,但不得少于 1h。

3 焊接接头无渗漏为合格。

检验方法:观察检查或检查试验报告。

6.5.2 煤油试漏应符合下列规定:

1 煤油试漏前应将焊接接头能够检查的一面清理干净,涂以白垩粉浆,晾干后,在焊接接头的另一面涂以煤油,使表面得到足够的浸润。

2 30min 后以白垩粉上没有油渍为合格。

检验方法:观察检查或检查试验报告。

7 工程交工

7.0.1 建设工程项目按合同规定完成设备安装全部工程后,应及时办理工程验收。本规范第 7.0.3 条和第 7.0.4 条规定的记录各栏目内容应填写清楚、完整,字迹端正,各签章栏内应有签名或盖上质检人员的印记。

检验方法:检查相关资料。

7.0.2 施工过程中应及时进行工序检查确认,并审查相关资料;被后一工序覆盖的部位必须进行隐蔽工程验收。

检验方法:检查隐蔽工程记录。

7.0.3 工程验收时,应对下列资料检查确认:

1 竣工图。

2 设备基础复测记录。

3 开箱检验记录。

4 立式设备安装检验记录。

5 卧式设备安装检验记录。

6 塔盘安装检验记录。

7 设备填充检验记录。

8 催化反应/沉降器附件安装检验记录。

9 催化再生器附件安装检验记录。

10 隐蔽工程记录。

11 空冷式换热器构架安装记录。

12 安全阀调整试验记录。

13 垫铁隐蔽记录。

14 设备耐压/严密性试验报告。

15 基础沉降观测记录。

16 工程变更一览表。

17 工程联络单。

检验方法:检查相关资料。

7.0.4 现场组焊设备尚应确认下列资料:

1 合格焊工登记表。

2 无损检测人员登记表。

3 排板图。

4 现场组焊压力容器焊接材料一览表。

5 现场组装记录。

6 设备开孔接管检查记录。

7 现场组焊设备焊接工作记录。

8 压力容器外观及几何尺寸检验报告。

9 设备热处理报告。

10 设备无损检测报告。

11 球形储罐焊后几何尺寸检查记录。

12 焊接接头表面质量检查记录。

13 压力容器产品试板力学性能和弯曲性能检验报告。

14 焊工分布图。

检验方法:检查相关资料。

7.0.5 压力容器安装单位应出具“锅炉压力容器安装质量证明书”。

检验方法:检查相关资料。

7.0.6 现场组焊的压力容器应取得工程建设项目所在地“锅炉压力容器产品安全性能监督检验证书”。

检验方法:检查相关资料。

7.0.7 设备安装工程竣工验收应按国家现行标准《石油化工建设工程项目交工技术文件规定》SH/T 3503 的有关规定,由责任单位编制工程交工技术文件,并向建设单位移交。

检验方法:检查交工技术文件。

附录 A 平垫铁与斜垫铁

A.0.1 设备垫铁按下式计算所需面积,垫铁规格按表 A.0.1、图 A.0.1 选用。

$$A \geq K \frac{(Q_1 + Q_2) \times 10^4}{nR} \quad (\text{A.0.1})$$

式中 A ——每一组垫铁的面积(mm^2);

K ——安全系数,取 2.3;

Q_1 ——设备试验时的总重量(N);

Q_2 ——地脚螺栓拧紧所施加在该垫铁组上的压力(N);

n ——垫铁组数;

R ——基础混凝土抗压强度,可取混凝土设计强度(MPa)。

表 A.0.1 平垫铁与斜垫铁的规格(mm)

项次	平垫铁		斜垫铁			
	L_c	L_k	L_c	L_k	h_c	g
1	100	50	110	45	≥ 3	4
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

续表 A.0.1

项次	平垫铁		斜垫铁			
	L_c	L_k	L_c	L_k	h_c	g
12	340	100	360	80	≥ 6	14
13	400	100	420	80	≥ 8	14

注:1 如有特殊要求,可采用其他规格或加工精度的垫铁。

2 选用垫铁时以表中平垫铁面积为准。

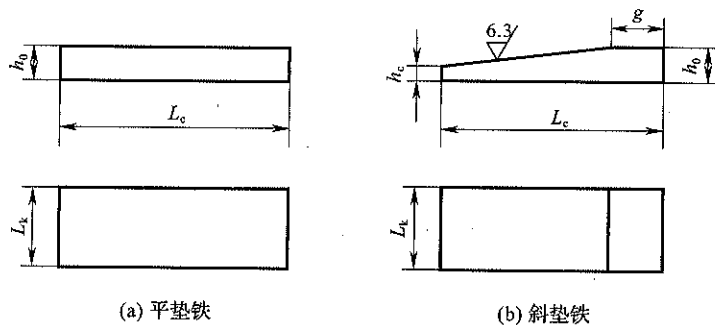


图 A.0.1 垫铁规格

A.0.2 垫铁厚度 h_0 可按实际需要及材料情况决定。斜垫铁的斜度宜为 $1/10 \sim 1/20$ 。

A.0.3 斜垫铁与项次相同的平垫铁配合使用。

A.0.4 地脚螺栓拧紧所分布在垫铁组上的压力按下式计算。

$$Q_2 = \frac{\pi D_b^2 [\sigma] N}{4} \quad (\text{A.0.4})$$

式中 D_b ——地脚螺栓螺纹的小径(mm);

$[\sigma]$ ——地脚螺栓材料的许用应力(MPa);

N ——地脚螺栓数量。

附录 B 空冷式换热器构架安装质量标准

B.0.1 空冷式换热器构架安装质量应符合以下规定:

- 1 构架的平面对角线之差不应大于 10mm。
- 2 立柱安装质量应符合表 B.0.1 的规定。

表 B.0.1 立柱安装质量标准(mm)

项次	检查项目	允许偏差值	检验方法
1	柱脚底座中心线与定位轴线的偏差	5.0	钢尺检查
2	立柱基准点标高	+5.0 -8.0	
3	立柱挠曲矢高	$H_5/1000$ 且不大于 15	拉线检查
4	立柱垂直度	$H_5/1000$	吊线坠或经纬仪、钢尺检查

注: H_5 为立柱高度。

B.0.2 风筒安装质量应符合表 B.0.2 的规定。

表 B.0.2 风筒安装质量标准(mm)

序号	检 查 项 目	风机叶轮直径			检 验 方 法
		1800~2000	2000~3000	3000~5000	
		允许偏差值			
1	直径	±2	±3	±4	钢尺检查
2	两端法兰盘平行度	4	5	6	
3	圆度	2	3	4	
4	风筒内壁与风机叶片尖端的间距	2~6	3~8	4~12	

附录 C 塔类设备内件安装质量标准

C.0.1 塔类设备(以下简称塔)内部支撑件(图 C.0.1)安装质量应符合表 C.0.1 的规定。

表 C.0.1 塔内部支撑件安装质量标准

项次	检查项目(mm)		允许偏差值 (mm)	每层最少 测量点数量	检验方法	
1	支撑圈 和支撑梁 水平度	$D_i \leq 1600$	3	6	U形 管水平 仪、钢 尺、拉 线均布 检查	
		$1600 < D_i \leq 4000$	5	8		
		$4000 < D_i \leq 6000$	6	12		
		$6000 < D_i \leq 8000$	8	12		
		$8000 < D_i \leq 10000$	10	12		
		$D_i > 10000$	12	12		
2	支撑圈 间距	相邻两层 之间	$D_i \leq 4000$	4		
			$D_i > 4000$	6		
		20层中 任意两层 之间	$D_i \leq 4000$	4		
			$D_i > 4000$	6		
3	支撑梁	平面度	300 范围内	1		任意
			全长 范围内	$L_1/1000$ 且 不大于 5		—
		中心线位置		2		—
4	降液板 的支持板	螺栓孔水平间距 T		≤ 3		4
		支持板安装部位 M		$\pm 2M/100$		
		支持板倾斜度 Q		$\pm 2G/100$		
		支持板安装位置 R_1		$\pm 5R_1/1000$ 且 不大于 ± 6		
		支持板安装位置 R_2		$\pm 5R_2/1000$ 且 不大于 ± 12		
5	填料支撑结构件水平度		$2D_i/1000$ 且 不大于 4	—		

- 注:1 D_i 为塔内直径; L_1 为支撑梁(件)全长; G 表示降液板支持板的宽度。
2 支撑梁在全长范围内的平面度和中心线位置应每件检验。
3 填料支撑结构件的水平度应每件检验。

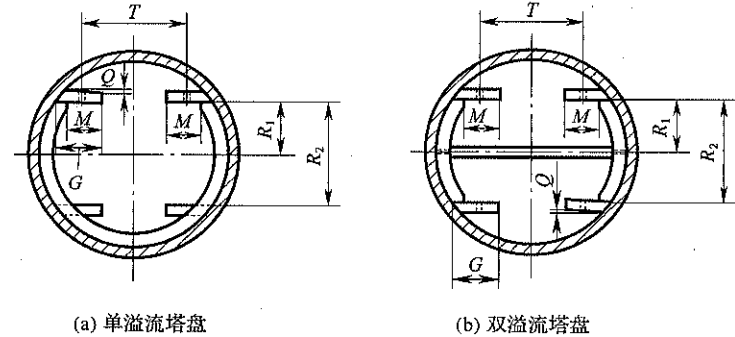


图 C.0.1 降液板的支持板安装检查示意
检验数量:按内件总层数的 20% 检查。

C.0.2 降液板、塔盘支撑件(图 C.0.2-1、图 C.0.2-2)安装质量应符合表 C.0.2 的规定。

表 C.0.2 降液板、塔盘支撑件安装质量标准

项次	检查项目	允许偏差值 (mm)	每层最少测量点数量	检验方法
1	降液板底部与受液盘上表面距离 F	± 3	6	U 形管水平仪或水准仪、钢尺检查
2	降液板底部立边与受液盘立边的距离 W	$+5$ -3	6	
3	中间降液板间距 Y	± 6	2	
4	降液板上部立边至塔内壁的径向最大距离 U	± 6	1	
5	固定在降液板上的塔盘支撑件与支持圈的水平度	$+1$ -0.5	4	
6	固定在降液板上的塔盘支撑件间的距离 J	± 3	4	

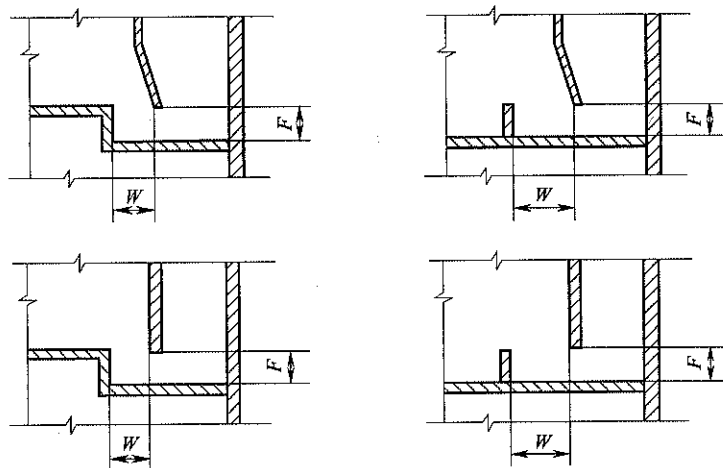


图 C.0.2-1 降液板安装检查示意

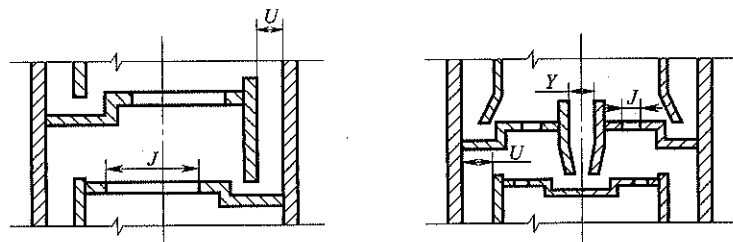


图 C.0.2-2 降液板、塔盘支撑件安装检查示意

检查数量:按内件总层数的 20% 检查。

C.0.3 塔内件表面不得有油污、挂渣、铁锈、泥沙及毛刺等杂物。

检查数量:按内件层数 20% 抽查;

检验方法:观察检查。

C.0.4 塔盘安装质量应符合表 C.0.4 的规定。

表 C.0.4 塔盘安装质量标准

项次	检查项目 (mm)		允许偏差值 (mm)	每层最少测量点数量	检验方法
1	塔盘板	300 范围内的平面度	2	任意	水准仪、钢尺、拉线均布检查
	受液盘				

续表 C.0.4

项次	检查项目 (mm)		允许偏差值 (mm)	每层最少测量点数量	检验方法
2	塔盘上表面水平度	$D_i \leq 1600$	4	6	U 形管水平仪或水准仪、钢尺、拉线均布检查
		$1600 < D_i \leq 4000$	6	10	
		$4000 < D_i \leq 6000$	9	10	
		$6000 < D_i \leq 8000$	12	10	
		$8000 < D_i \leq 10000$	15	10	
		$D_i > 10000$	17	10	
3	溢流堰	堰高	$D_i \leq 3000$	± 1.5	6
			$D_i > 3000$	± 3	6
		上表面水平度	$D_i \leq 1500$	3	4
			$1500 < D_i \leq 2500$	4.5	6
			$D_i > 2500$	6	8
4	浮动喷射塔盘	梯形孔底面的水平度	$2D/1000$	4	
		托板、浮动板平面度	1	4	
5	圆形、条形泡罩	与升气管同心度	3	10	
		齿根到塔盘上表面距离	± 1.5	10	

注:1 塔盘板包括筛板塔盘、浮阀塔盘、泡罩塔盘、舌形塔盘等。

2 D_i 为塔内直径。

C.0.5 塔盘固定螺栓应紧固,卡子安装位置应准确,密封垫片搭接应均匀。

检验方法:观察检查,0.25kg 小锤锤击检查和钢尺检查。

C.0.6 塔盘安装应符合以下规定:

- 1 浮阀、浮舌、浮动喷射塔板的浮动板应上、下活动灵活。
- 2 浮舌、舌片方向符合设计文件规定。
- 3 浮动喷射塔板的浮动板应闭合严密。
- 4 同一层塔盘板的泡罩位置应在同一水平面上并紧固均匀、牢固。

检验方法:观察检查及用手托动检查。

C.0.7 丝网波纹填料安装质量应符合表 C.0.7 的规定。

表 C.0.7 丝网波纹填料安装质量标准

项次	检查项目	允许偏差值	检验方法
1	丝网波纹填料波纹片的波纹方向	设计文件要求	观察检查
2	丝网波纹填料与塔中心线的夹角	5°	用粉线拉出轴线后用角度尺检查
3	液体分布装置的溢流支管开口下缘水平偏差	±2mm	U形管水平仪检查
4	网块与筒体内壁、网块与网块要相互紧贴	无缝隙	观察检查

C.0.8 填料填充质量应符合以下规定:

1 填料应干净,排列方式、高度和充填的体积符合设计文件要求。

2 规则排列的填料应按规定排列整齐,乱堆的颗粒填料松紧度适当,表面平整。

检验方法:观察检查。

附录 D 催化裂化装置反应再生系统设备内件安装质量标准

D.0.1 反应/沉降器和再生器(以下简称“两器”)内固定料腿的拉杆应焊牢,每层拉杆中心线应在同一平面上。

检验方法:现场拉线检查。

D.0.2 翼阀的安装角度、出口方向、折翼板与固定板间隙应正确,翼阀折翼板与固定板两对口面应平整,吊环的接口应磨光且圆滑,阀板开启灵活、能自由下落闭合。

检验方法:根据翼阀冷态试验报告测量及用手拨动折翼板试开启灵活度。

D.0.3 主风分布管的主管与再生器壳体接口处的角焊缝应熔透焊,并进行百分之百磁粉检测或渗透检测,应无裂纹、无夹渣。分布主管与支管的连接焊缝应进行煤油试漏。

检验方法:现场观察及检查试验报告。

D.0.4 与设备壳体焊接的内件、附件应在衬里施工前全部组焊完毕。旋风分离器系统、分布管、同轴式两器的待生催化剂立管安装质量应符合表 D.0.4 的规定。

表 D.0.4 内件/附件安装质量标准

项次	检查项目		允许偏差值		检验方法
			单位	数值	
1	旋风分离器系统	一级旋风分离器入口标高	mm	±5	钢尺检查
		拉杆水平度	mm/m	2	水平尺检查
		旋风分离器的垂直度	mm	5	吊线坠检查
		旋风分离器本体组装同轴度	mm	4	
		料腿下端的位置	mm	±20	钢尺检查
		翼阀安装角度	°	±0.5	特制角度水准仪

续表 D.0.4

项次	检查项目		允许偏差值		检验方法	
			单位	数值		
1	旋风分离器系统	翼阀或防倒锥至分布管(板)的距离		mm	±10	钢尺检查
		吊挂安装方位		mm	5	钢尺检查
		吊挂安装标高		mm	±5	U形管水平仪和钢尺
		吊挂安装垂直度		mm	1	吊线坠检查
		防倒锥底面安装水平度		mm/m	4	U形管水平仪和钢尺
2	分布管	环形分布管水平度		mm	$D_2/1000$ 且不大于10	水平尺检查
		树枝状分布管水平度	$D_3 \leq 1600\text{mm}$	mm	3	
			$1600\text{mm} < D_3 \leq 3200\text{mm}$	mm	4	
			$D_3 > 3200\text{mm}$	mm	5	
		树枝状分布管标高		mm	±10	U形管水平仪和钢尺
3	同轴式“两器”的待生催化剂立管垂直度		mm	2	拉线、吊线坠检查	

注: D_2 为环形分布管最外圈盘管的中心直径; D_3 为树枝状分布管外圆直径。

D.0.5 集气室安装质量应符合表 D.0.5 的规定。

表 D.0.5 集气室安装质量标准(mm)

项次	检查项目		允许偏差值	检验方法
1	内集气室	与壳体同心度	$1.5D_4/1000$ 且 不大于 5	用吊线坠、U形管水平仪进行检查
		水平度		
		开孔中心位置	3	
2	外集气室	与设备的同轴度	10	吊线坠检查
		方位	15	

注: D_4 为集气室直径。

D.0.6 挡板(图 D.0.6)安装质量应符合表 D.0.6 的规定。

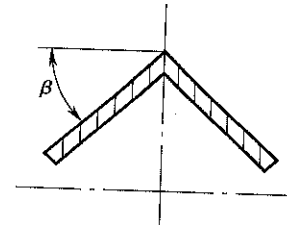


图 D.0.6 人字挡板安装角度示意

表 D.0.6 挡板安装质量标准

项次	检查项目			允许偏差值		检验方法	
				单位	数值		
1	人字挡板	水平距离	相邻	mm	±5	用钢尺、水准仪、角度水准仪检查	
			累计	mm	±10		
		垂直距离	相邻	mm	±5		
			累计	mm	±10		
		同一标高人字挡板顶端水平度			mm		5
		安装角度 β			°		±2.5
2	环形挡板	安装间距		mm	±5	用钢尺检查	
		累计安装间距		mm	±10		
		挡板内口与提升管外壁间距		mm	+10 0		
		内环形挡板外口与汽提段壳体 内壁间距					

D.0.7 油气阻挡圈安装质量应符合下列要求:

- 1 水平度为 5mm。
- 2 位置应错开环向焊缝 50mm。
- 3 中间不允许间断,遇到开孔接管时,把油气阻挡圈断开再与接管焊成一体。

检查数量:按全数的 20% 抽查。

检验方法:观察及用水准仪、钢尺检查。

D.0.8 蒸汽盘管水平度为其中心直径的 $1/1000$,立管的垂直度为立管高度的 $1/1000$,且不大于 10mm 。

检验方法:用 U 形管水平仪、吊线坠及钢尺检查。

D.0.9 立管式三级旋风分离器上、下隔板安装时方位允许偏差为 5mm ,上、下隔板间对应管孔同轴度为 2mm 。

检验方法:用线坠、钢尺检查。

D.0.10 立管式三级旋风分离器分离单管垂直度为 3mm ,两相邻分离单管导向叶片方向正确,排气管与单管的同轴度为 1mm 。

检验方法:用线坠、钢尺检查。

D.0.11 卧管式三级旋风分离器分离单管的定位点应在同一水平面内,水平度为 5mm ;相邻分离单管夹角允许偏差为 $\pm 0.25^\circ$,分离单管与水平面的倾角允许偏差为 $\pm 0.25^\circ$ 。

检验方法:用水准仪、角度尺检查。

D.0.12 分离单管安装位置应符合下列要求:

- 1 相邻单管压降相近。
- 2 对于立管式三旋,其压降大的分离管布置在内圈,压降小的分离管布置在外圈。
- 3 对于卧管式三旋,其压降大的分离管布置在上层,压降小的分离管布置在下层。

检验方法:按压降试验值现场观察检查。

D.0.13 三旋内的膨胀节预拉伸应符合设计文件要求。

检验方法:测量检查。

D.0.14 烟气入口中心管与筒体以及吊筒与筒体的同轴度为三旋筒体内径的 $1/1000$ 。

检验方法:现场拉尺检查。

D.0.15 整体到货的三旋就位后,分离单管复测要求应符合本规范第 D.0.10 和第 D.0.11 条的规定。

检验方法:检查分离单管复测记录。

附录 E 管式换热设备耐压试验

E.0.1 管式换热设备应按下列程序进行耐压试验和检查:

- 1 固定管板式、U 形管式换热器先试壳程,后试管程:
 - 1) 试壳程时,检查壳体、换热管及其与管板连接接头。
 - 2) 试管程时,检查管箱和管箱法兰密封。
 - 2 浮头式换热设备先试管束,后试管程,再试壳程:
 - 1) 试管束时,检查管板连接接头及管束。
 - 2) 试管程时,检查管箱、管箱法兰密封、小浮头密封。
 - 3) 试壳程时,检查外头盖及外头盖法兰密封。
 - 3 釜式重沸器(浮头式管束)先试管束,后试管程,再试壳程:
 - 1) 试管束时,检查管板连接接头及管束。
 - 2) 试管程时,检查管箱及其与管板的密封,检查小浮头及其与管板的密封。
 - 3) 试壳程时,检查壳体、管箱法兰及其与管板密封。
 - 4 当管程试验压力高于壳程试验压力时,管束与管板连接接头耐压试验应执行设计文件规定或按供需双方商定的方法进行。
 - 5 重叠换热设备检查管束及其与管板连接接头试验可单台进行。管程及壳程耐压试验应在组装后进行。
- 检验方法:检查试验报告。

E.0.2 换热设备耐压试验合格标准应符合本规范第 6.2.3 条的规定。

本规范用词说明

1 为便于在执行本规范条文时区别对待,对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,在正常情况下均应这样做的用词:

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”;

表示有选择,在一定条件下可以这样做的用词,采用“可”。

2 本规范中指明应按其他有关标准、规范执行的写法为:“应符合……的规定”或“应按……执行”。

中华人民共和国国家标准

石油化工静设备安装工程施工质量 验收规范

GB 50461 - 2008

条文说明