ICS
P 72
备案号:

SH

中华人民共和国石油化工行业标准

SH/T 3542—2007

石油化工静设备安装工程施工技术规程

Construction technical procedure for petrochemical static equipment installation work

2007-11-14 发布　　2008-05-01 实施

中华人民共和国国家发展和改革委员会　发布

目　　次

前言……Ⅲ
1　范围……1
2　规范性引用文件……1
3　总则……1
3.1　一般规定……1
3.2　设备安装文件与资料……2
4　施工准备……2
4.1　技术准备……2
4.2　现场准备……2
4.3　开箱检验……2
4.4　设备安装基准的确认及标识……3
4.5　成品保护……4
4.6　基础复测及表面处理……4
5　设备安装……7
5.1　一般规定……7
5.2　立式设备安装……8
5.3　卧式设备安装……8
5.4　换热设备安装……8
5.4.1　一般规定……8
5.4.2　管壳式换热器安装……9
5.4.3　套管式换热器安装……9
5.4.4　板片式换热器安装……9
5.4.5　板翘式换热器安装……9
5.5　空冷式换热器安装……9
5.6　地脚螺栓……10
5.7　垫铁……11
5.8　灌浆……11
5.9　塔类设备内件安装……12
5.9.1　一般规定……11
5.9.2　塔盘安装……15
5.9.3　塔盘气液分布元件安装……17
5.9.4　填料塔内件安装……18
5.10　安全附件安装……19
5.11　设备平台、梯子安装……19
5.12　清扫与封闭……20
6　试验……20
6.1　一般规定……20

6.2 试验压力……21
6.3 试验要求……22
6.3.1 液压试验……22
6.3.2 气压试验……22
6.3.3 换热设备耐压试验……22
6.3.4 气密性试验……23
6.3.5 充水试漏或煤油试漏……23
7 施工过程技术文件与交工验收……23
附录A（资料性附录）斜垫铁和平垫铁的规格……25
用词说明……27

前　言

本规程根据中华人民共和国国家发展和改革委员会办公厅《关于下达2004年行业标准项目计划的通知》（发改办工业[2004]872号），由中国石化集团第四建设公司编制。

本规程共分7章和1个资料性附录。

本规程主要内容包括：

——整体到货静设备安装的基本规定；

——设备开箱检验、设备安装基准的确认及标识、成品保护、基础复测及表面处理等要求；

——设备安装的工艺要求；

——塔类设备内件安装工艺要求；

——设备现场试验要求；

——交工技术文件要求。

本规程以黑体字标志的条文为强制性条文，必须严格执行。

本规程由中国石油化工集团公司施工技术中心站管理，由中国石化集团第四建设公司负责解释。

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

管理单位：中国石油化工集团公司施工技术中心站

通讯地址：天津市大港区世纪大道180号

邮政编码：300270

电　　话：022－63862927/63862301

传　　真：022－63862301/63863645

主编单位：中国石化集团第四建设公司

通讯地址：天津市大港区世纪大道180号

邮政编码：300270

主要起草人：肖　然　吴承均　张瑞环　陈亚新

本规程首次发布。

石油化工静设备安装工程施工技术规程

1 范围

本规程确定了整体静设备安装工艺和质量标准。适用于石油化工建设工程项目整体到货静设备（以下简称设备）及其内件、安全附件与附属梯子、平台的安装。

2 规范性引用文件

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

GB567 爆破片与爆破片装置

GB/T12241 安全阀 一般要求

GB50236 现场设备、工业管道焊接工程施工及验收规范

JB/T4730.2 承压设备无损检测 第2部分：射线检测

JB/T4730.3 承压设备无损检测 第3部分：超声检测

SH3505 石油化工施工安全技术规程

SH/T3515 大型设备吊装工程施工工艺标准

SH/T3536 石油化工工程起重施工规范

特种设备安全监察条例 中华人民共和国国务院令第373号

压力容器安全技术监察规程 质技监局锅发[1999]154号

特种设备作业人员培训考核管理规则 国质检锅[2001]202号

锅炉压力容器压力管道焊工考试与管理规则 国质检锅[2002]109号

关于特种作业人员安全技术培训考核工作的意见 安监管人字〔2002〕124号

3 总则

3.1 一般规定

3.1.1 从事设备安装的单位应具有与所承担工程内容相应的建筑业企业资质等级。

3.1.2 从事压力容器安装的单位应具有特种设备安装许可资格。

3.1.3 从事设备安装相关焊接的焊工应按GB50236或《锅炉压力容器压力管道焊工考试与管理规则》考试取得合格证。特种作业人员应按《关于特种作业人员安全技术培训考核工作的意见》经过培训取得相应的上岗资格证。特种设备作业人员应按《特种设备作业人员培训考核管理规则》的规定取得相应的上岗资格证。

3.1.4 计量器具经过检定/校准及计量验证，处于合格状态，并在有效检定期内。

3.1.5 周期检定的计量器具调转时应有检定/校准合格证书。

3.1.6 从事压力容器安装的施工单位应当按照《特种设备安全监察条例》要求在施工前向特种设备安全监督管理部门办理书面告知，并接受特种设备检测机构的监督检验。

3.1.7 静设备安装工程施工安全技术和劳动保护应执行SH3505的规定。

3.2 设备安装技术文件与资料

3.2.1 设备安装应具有下列资料：

a）设计文件；

b）产品质量证明文件；

c）标准规范；

d）施工技术文件。

3.2.2 产品质量证明文件应符合下列规定：

a）特性数据符合设计文件和相应制造标准的要求；

b）有复验要求的材料应有复验报告；

c）压力容器符合《压力容器安全技术监察规程》的规定。

3.2.3 压力容器的产品质量证明文件必须具有“锅炉压力容器产品安全性能监督检验证书”。

4 施工准备

4.1 技术准备

4.1.1 施工单位应参加设计交底和图纸会审。

4.1.2 施工单位应熟悉设计文件的技术要求，核查要点为：

a）设计文件规定的标准规范的适用性；

b）设备标定的安装方位与总平面图及配管专业图的一致性；

c）整体热处理设备的垫板与梯子平台安装图的一致性；

d）设备专用内件及安全附件安装图与设备总装配图一致性；

e）设备附属平台与其他联合平台连接的标高、方位和主要尺寸。

4.1.3 施工技术人员应根据设计文件、有关行政法规和标准规范及现场条件编制施工方案，施工方案应包括下列内容：

a）编制依据；

b）设备概况及施工特点；

c）施工方法；

d）主要资源需求计划和技术培训计划；

e）施工进度计划；

f）质量标准和保证措施；

g）HSE 保证措施；

h）施工过程质量控制记录的要求。

4.1.4 施工前应组织有关人员进行施工技术交底，使作业人员掌握施工工艺、关键工序、质量标准及安全防护要求。

4.2 现场准备

4.2.1 现场临建应按建设工程项目施工组织设计进行布置，并应符合安全技术要求。

4.2.2 根据施工方案配备施工设备、计量器具和专用工装并具备使用条件。

4.2.3 焊接材料库应配备烘干、除湿设施，库内的温度宜为 5 ℃～30 ℃，相对湿度不应大于 60%，并应建立焊接材料的检验、保管、烘干、发放和回收制度。

4.2.4 施工现场应配备消防、救护设备。

4.3　开箱检验

4.3.1　交付安装的设备、内件及安全附件应符合设计文件及订货合同的要求。

4.3.2　开箱检验应在有关人员参加下，按照装箱单清点与检查下列项目，并填写开箱检验记录：

a）箱号、箱数及包装情况；

b）设备名称、型号及规格；

c）内件及安全附件的规格、型号、数量；

d）产品质量证明文件。

4.3.3　设备外观质量应符合下列要求：

a）无表面损伤、无变形、无锈蚀；

b）焊接飞溅和工装卡具的焊疤已清除；

c）不锈钢、不锈钢复合钢制设备的防腐蚀面与低温设备的表面无刻痕和各类钢印标记；

d）不锈钢、钛、镍、锆、铝制设备表面无铁离子污染；

e）设备管口封闭；

f）充氮设备处于有效保护状态；

g）设备的方位标记、中心线标记、重心标记及吊挂点标记清晰；

h）防腐蚀涂层无流坠、脱落和返锈等缺陷。

4.4　设备安装基准的确认及标识

4.4.1　设备本体找正与找平的基准应符合下列规定：

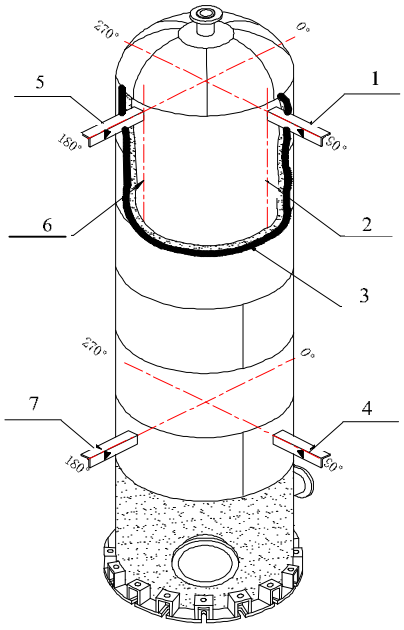
a）设备支座的底面作为安装标高的基准；

b）立式设备任意两条相邻的方位线作为垂直找正基准；

c）卧式设备两侧水平方位线作为水平度的测量基准。

4.4.2　立式设备安装前应在基准方位线作出观测标识；在地面进行隔热工程施工后，整体组合吊装的设备找正基准观测标识宜采用下列方法：

a）在方位线位置焊接/粘接角钢引出观测标识（见图1）；



1、4、5、7—观测标识角钢；2、6—方位线；3—保温层

图1　设备找正方位线引出

b）观测标识角钢的引出长度不大于隔热层厚度的2倍；

c）角钢焊接牢固且不得损伤设备本体；

d）角钢涂刷防腐涂料。

4.4.3 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。

4.4.4 对相互间有关联或衔接的设备，还应按关联或衔接的要求确定共同的找正、找平基准。

4.5 成品保护

4.5.1 设备管口或开口应封闭。

4.5.2 不锈钢、钛、镍、锆、铝制设备应与碳钢隔离，并应采取防止铁离子污染及焊接飞溅损伤的防护措施。

4.5.3 铝制设备、钛制设备、低温设备应采取防止表面擦伤的措施。

4.5.4 空冷式换热器管束应防止损伤管束翅片。

4.5.5 已进行热处理的设备应防止电弧或火焰损伤。

4.5.6 氮气保护的设备应定期检查氮气压力。

4.5.7 内壁抛光的设备应检查油脂保护状况。

4.5.8 不锈钢、钛、镍、锆、铝制设备在搬运、吊装等作业时，所使用的碳钢构件、索具等不得与设备壳体直接接触。

4.6 基础复测及表面处理

4.6.1 基础交付安装时，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表1～表3的要求进行相关数据的复测，并办理交接验收手续。

4.6.2 基础施工单位应在交付的基础上划出标高基准线、纵横轴线；有沉降观测要求的基础，应有沉降观测点。

4.6.3 设备基础应符合以下规定：

a）混凝土基础表面不得有油渍、疏松层、裂纹、蜂窝、空洞及露筋等缺陷；

b）基础各部分尺寸的偏差不得超过表1～表3的规定；

c）预埋地脚螺栓的螺纹应无损坏，且应有保护措施。

表1 块体式混凝土基础质量标准

单位：mm

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

表 1　块体式混凝土基础质量标准（续）　　单位：mm

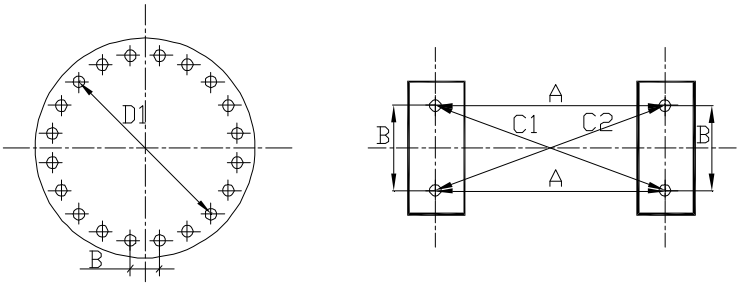
项次	检查项目			允许偏差值	检验方法
6	预埋地脚螺栓	标高（顶端）		+10 0	水准仪、水平尺、吊线坠和钢尺检查，见图 3
		垂直度		2	
		立式设备	螺栓中心圆直径 D_1	±5	
			相邻螺栓中心距 B（在根部和顶部两处测量）	±2	
		卧式设备	纵向中心距 A	±5	水准仪和钢尺检查，见图 3
			相邻螺栓中心距 B（在根部和顶部两处测量）	±2	
			对角线长度之差 $\lvert C_1-C_2\rvert$	5	
7	地脚螺栓预留孔	中心线位置		10	吊线坠、钢尺检查
		深度		+20 0	
		孔中心线垂直度		10	
8	预埋件	标高（平面）		+5 0	水准仪或水平尺、钢尺检查
		中心线位置		5	
		水平度		5	
注：X、Y 为相对轴线距离；D_1 为立式设备地脚螺栓中心圆直径；A 为卧式设备纵向地脚螺栓间距；B 为相邻地脚螺栓中心距；C_1 和 C_2 为卧式设备地脚螺栓对角线长。					

表 2　框架式混凝土基础质量标准　　单位：mm

项次	检查项目		允许偏差值	检验方法
1	基础坐标位置 X、Y（纵、横轴线）	基础	15	全站仪或经纬仪、钢尺检查
		柱、梁	8	
2	垂直度	每层	5	吊线坠、经纬仪、钢尺检查
		全高	H_1/1000 且不大于 20	
3	标高	层高	0 −10	水准仪、水平尺和钢尺检查
		全高	0 −20	
4	截面尺寸		+8 −5	钢尺检查
5	平面度		8	用 2 000 钢直尺检查
6	预埋设施中心线位置	预埋件	10	拉线、钢尺检查
		预埋地脚螺栓	2	
		预埋管	5	
7	预留孔中心线位置		10	拉线、钢尺检查
8	预埋管垂直度		$3h_1$/1 000	吊线坠、钢尺检查
注：X、Y 为相对轴线距离；H_1 为结构全高；h_1 为预埋管高度。				

表 3　钢构架式基础质量标准　　单位：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 X、Y（纵、横轴线）		20	全站仪或经纬仪、钢尺现场检查
		基础上平面的标高		±3	钢尺检查
		基础上平面的水平度		L_1/1000 且不大于 5	水准仪、水平尺和钢尺检查
		地脚螺栓孔	中心圆直径 D_1	±5	吊线坠、钢尺检查，见图 3
			相邻孔中心距 B	±2	
			孔中心线垂直度	h_1/250 且不大于 15	
2	卧式设备支座式基础	支座坐标位置 X、Y（纵、横轴线）		20	全站仪或经纬仪、钢尺现场检查
		支座上平面的标高		±3	钢尺检查
		支座上平面的水平度		L_2/1 000 且不大于 5	水平尺、钢尺检查
		支座的垂直度		H_2/1 000	吊线坠、钢尺检查
		地脚螺栓孔	纵向中心距 A	±5	钢尺检查，见图 3
			相邻孔中心距 B	±2	
			对角线长度之差 $\lvert C_1-C_2\rvert$	5	
注：X、Y 为相对轴线距离；D_1 为立式设备地脚螺栓中心圆直径；A 卧式设备纵向地脚螺栓间距；B 为相邻地脚螺栓中心距；C_1 和 C_2 为卧式设备地脚螺栓对角线长；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。					



a）立式设备基础　　b）卧式设备基础

图 2　设备地脚螺栓位置检验

4.6.4　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。水平度偏差不得大于 2 mm/m。混凝土基础抹面不得高出预埋板的上表面。

4.6.5　混凝土基础表面应进行处理，并符合下列规定：

a）放置垫铁处铲平；

b）除放置垫铁处外凿成麻面，以 100 mm×100 mm 面积内有 3 个～5 个深度不小于 10 mm 的麻点为宜。

5 设备安装

5.1 一般规定

5.1.1 设备吊装工艺及安全技术应符合 SH/T 3536 及 SH/T 3515 的规定。设备吊装前，应清除设备上的油污、泥土等脏物。吊装设备时应保持平稳，不得与已安装的设备和已完成的建、构筑物碰撞。就位后应拧紧地脚螺栓。

5.1.2 吊装带有膨胀节的设备时，膨胀节外部壳体上固定板或固定螺栓不得拆除或松开，并应对膨胀节进行保护，不得使其承受附加外力。安装找正并完成系统冲洗吹扫后，膨胀节外部壳体上固定板或固定螺栓应拆除或松开，使膨胀节能自由伸缩。

5.1.3 有滑动要求的设备安装时，应确认以下事项：

a）膨胀（收缩）的方向；

b）滑动端地脚螺栓在设备地脚螺栓孔中的位置；

c）连接外部附件用的螺栓在螺栓孔中的位置。

5.1.4 设备的标高和方位测量应符合以下规定：

a）设备的标高应以基础上的标高基准线为基准；

b）设备的方位应以基础上的纵、横轴线为基准。

5.1.5 设备找正、找平时，应用垫铁或其他专用调整件进行调整；不得用紧固或放松地脚螺栓的方法进行调整；不得用膨胀节来消除安装误差。

5.1.6 设计文件要求热态紧固或冷态紧固且无具体要求时，螺栓热态紧固或冷态紧固应符合下列规定：

a）螺栓热态紧固、冷态紧固温度及次数应符合表 4 的规定；

b）热态紧固或冷态紧固，应在保持表 4 要求温度 24 h 后进行；

c）紧固螺栓时，设备最大内压力应根据设计压力确定：

1）当设计压力小于或等于 6 MPa 时，热态紧固最大内压力为 0.3 MPa；

2）当设计压力大于 6 MPa 时，热态紧固最大内压力为 0.5 MPa；

3）冷态紧固应卸压后进行；

d）紧固应适度，并有安全技术措施。

表 4 螺栓热态紧固、冷态紧固作业温度及次数 单位：℃

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

5.1.7 现场拆装设备法兰连接时，法兰密封面应进行保护，垫片、螺栓应符合以下规定：

a）非金属垫片、金属缠绕式垫片、铁包垫片不得重复使用；

b）大直径垫片需要拼接时，应采用斜口搭接或迷宫形式；

c）铜、铝等金属垫片应进行退火处理；

d）设计温度高于 100 ℃或低于 0 ℃的设备，连接法兰的螺栓及螺母应涂以二硫化钼、石墨机油；

e）螺栓的紧固应对称均匀，松紧适度，紧固后螺栓的外露长度应均匀。

5.2 立式设备安装

5.2.1 设备运送至现场时，应按吊装方案要求的位置及方向、支撑点和支撑结构稳固放置。

5.2.2 高度大于20m的立式设备安装宜采用整体组合吊装的方法，即将平台梯子、附塔管线、涂漆、隔热层、电气、仪表等工程施工完毕，然后随塔体一起吊装。

5.2.3 立式设备安装的质量标准应符合表5的规定。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。

5.2.4 分段法兰连接的立式设备安装，应符合下列规定：

a）有预组装要求的设备，应进行预组装；

b）组装时筒体法兰密封面应清理干净，垫片及螺栓安装应符合本规程5.1.7条的规定。

c）每段设备安装找正允许偏差和组装后整体安装找正允许偏差应符合本规程表5的规定。

表5 立式设备安装质量标准

单位：mm

项次	检查项目		允许偏差值	检验方法
1	支座纵、横轴线位置	D_0≤2 000	5	吊线坠、经纬仪、钢尺检查
		D_0>2 000	10	
2	标高		±5	
3	垂直度	H≤30 000	H/1 000	
		H>30 000	H/1 000且不大于50	
4	方位	D_0≤2 000	10	
		D_0>2 000	15	
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。 注2：方位线沿底座圆周测量。				

5.3 卧式设备安装

5.3.1 卧式设备安装的质量标准应符合表6的规定。

表6 卧式设备安装质量标准

单位：mm

项次	检查项目		允许偏差值	检验方法
1	支座纵、横轴线位置		5	水准仪、透明塑料管、钢尺检查
2	标高		±5	
3	水平度	轴向	L/1 000	
		径向	$2D_0$/1 000	
注：L为卧式设备两端测点间的距离；D_0为设备的外径。				

5.3.2 轴向水平度偏差宜低向设备的排液方向；有坡度要求的设备，其坡度按设计文件要求执行。

5.3.3 滑动端支座接触面应涂润滑脂。地脚螺栓与相应的长圆孔两端的间距应符合膨胀要求；工艺配管完成后，应松动滑动端支座的螺母，使其与支座板面间留有1 mm～3 mm的间隙，然后再安装一个锁紧螺母。

5.4 换热设备安装

5.4.1 一般规定

5.4.1.1 立式换热器安装找正应符合设计文件要求和本规程表5的规定。

5.4.1.2 卧式换热器安装找正应符合设计文件要求和本规程表6的规定。

5.4.2 管壳式换热器安装

5.4.2.1 安装换热器连接管时，不得强力装配。

5.4.2.2 换热器抽芯检查时，抽芯机械应自动对中，且重心稳定，运转灵活。

5.4.2.3 吊装换热器管束时，不得用钢丝绳直接捆绑管束。管束水平放置时，应支撑在管板或支持板上。

5.4.2.4 换热器重叠安装时，应按制造厂的标识进行组装；重叠支座间的调整垫板应在试压合格后焊在下层换热设备的支座上。

5.4.3 套管式换热器安装

5.4.3.1 换热器安装时，应保证整体水平。测定水平度，应以换热器顶层换热管的上表面为基准。

5.4.3.2 测定换热器安装标高，应以支架底板的下平面为基准。测定单排管的垂直度，应以一根支架柱的外侧面为基准。

5.4.4 板片式换热器安装

5.4.4.1 组装时，应按产品技术文件的规定进行。

5.4.4.2 换热器上、下导杆的滑动表面应清洗干净，并涂润滑脂。

5.4.4.3 压紧板上的滚动轴承应清洁、转动灵活。检查合格后，应加润滑脂；在防爆环境中，应加防爆润滑脂。

5.4.4.4 组装后，管片侧面板边端应平齐。

5.4.4.5 安装夹紧螺柱前，应将夹紧螺柱清理干净，并涂上润滑脂；安装时，应交错对称均匀地拧紧夹紧螺柱，并随时检测夹紧尺寸。

5.4.4.6 安装后，两压紧板的平行度应符合表 7 的规定，且管片侧面的斜对角线标志应是一条直线。

表 7 压紧板质量标准

单位：mm

检查项目		允许偏差值	检验方法
平行度	L_3＜1000	≤2	钢尺检查
	L_3≥1000	＜3L_3/1000 且不大于 4	
注：L_3为压紧板夹紧尺寸。			

5.4.5 板翅式换热器安装

5.4.5.1 换热器安装时，在换热器支座与钢构架之间应按设计文件规定设置隔离垫块。

5.4.5.2 有脱脂要求的换热器，在气密性试验后，必须进行脱脂处理。

5.4.5.3 换热器安装完毕，且各通道干燥后，应用 0.02 MPa 的干燥氮气密封。

5.5 空冷式换热器安装

5.5.1 空冷式换热器（以下简称空冷器）安装前，应按产品技术文件和设计文件进行检查，合格后方可安装。

5.5.2 空冷器构架安装应符合以下规定：

a）构架的平面对角线之差应不大于 10mm；

b）立柱安装的质量标准应符合表 8 的规定；

c）构架顶横梁水平度允许偏差为横梁长度的 1/1000；

d）风筒安装尺寸的质量标准应符合表 9 的规定；

e）风机电动机座中心线位置偏差不得超过 2mm。

表 8　立柱安装的质量标准　　单位：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移	5.0	钢尺检查
2	各立柱柱顶标高	8	水准仪、钢尺检查
3	立柱挠曲矢高	H/1 000 且不大于 15	拉线、钢尺检查
4	立柱垂直度	H/1 000	吊线坠或经纬仪、钢尺检查
注：H 为立柱高度。			

表 9　风筒安装质量标准　　单位：mm

项次	检　查　项　目	风机叶轮直径　d			检验方法
		1 800＜d≤2 000	2 000＜d≤3 000	3 000＜d≤5 000	
		允许偏差值			
1	风筒直径	±2	±3	±4	钢尺检查
2	两端法兰盘平行度	4	5	6	
3	不圆度	2	3	4	
4	风筒内壁与风机叶片尖端的间距	2～6	3～8	4～12	

5.5.3　空冷器管束安装时，不得踩踏管束翅片，翅片不应有开裂、压弯等缺陷，安装后应松开侧梁上的滑动螺栓。

5.5.4　空冷器管束安装质量标准应符合表 10 的规定。

表 10　空冷器管束安装质量标准　　单位：mm

项次	项　　目	允许偏差值	检验方法
1	管束纵、横向中心位置	10	钢尺检查
2	空冷器管束与构架顶横梁漏气间隙	≤10	

5.5.5　空冷器的风机叶片应按制造厂的装配标记进行组装。

5.5.6　电动机及传动机构的安装、调整、试车应符合产品技术文件和设计文件的规定。

5.6　地脚螺栓

5.6.1　预留孔地脚螺栓埋设时，应清除孔内的杂物和积水，并符合下列规定（见图 3）：

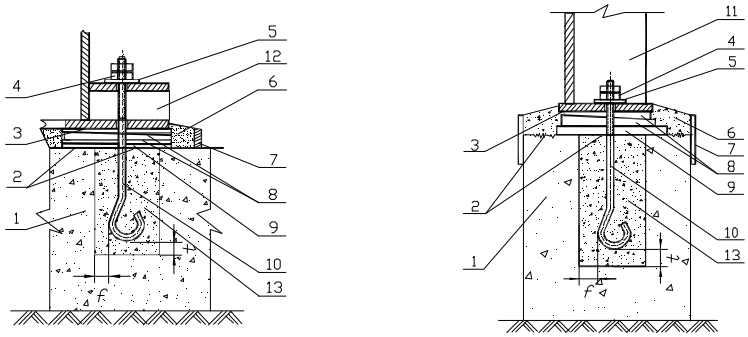
a）地脚螺栓在预留孔中应垂直；

b）地脚螺栓任一部位与孔壁的距离 f 应不小于 15 mm，与孔底的距离 t 宜大于 50 mm。

5.6.2　预留孔中的灌浆混凝土达到设计强度后，方可拧紧地脚螺栓。

5.6.3　设备就位时不得碰撞或损坏地脚螺栓及其螺纹。

5.6.4　地脚螺栓的螺母和垫圈应齐全，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应不少于 2 个螺距，且长度相同，螺纹外露部分应涂防锈脂。



a）立式设备基础　　b）卧式设备基础

1—基础；2—麻面；3—设备支座；4—螺母；5—垫圈；6—二次灌浆层；7—外模板；
8—斜垫铁；9—平垫铁；10—地脚螺栓；11—鞍座；12—裙座；13—一次灌浆层

图3　地脚螺栓、垫铁和灌浆层示意

5.7　垫铁

5.7.1　设备采用垫铁组找正、找平时，垫铁组位置及数量按下列规定设置，垫铁规格可按本规程附录A选用：

a）裙式支座每个地脚螺栓近旁应至少设置1组垫铁；

b）鞍式支座、耳式支座每个地脚螺栓应对称设置2组垫铁；

c）支柱式支座每个地脚螺栓近旁宜放置1组垫铁；

d）有加强筋的设备支座，垫铁应垫在加强筋下；

e）裙式、鞍式支座相邻两垫铁组的中心距不应大于500 mm；

f）垫铁组高度宜为30 mm～80 mm；

g）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。

5.7.2　设备找正时，锤击垫铁的力量应使相邻的垫铁组同时受力。设备找正后，各组垫铁均应被压紧，垫铁应露出设备支座底板外缘10 mm～30 mm，垫铁组伸入支座底板长度应超过地脚螺栓。垫铁组层间进行焊接固定。

5.7.3　每组垫铁的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，搭接长度应不小于全长的3/4。

5.7.4　安装在钢结构基础上的设备找正后，其垫铁与钢结构基础应焊牢。

5.7.5　与不锈钢、钛、镍、锆、铝制设备底座环直接接触的垫铁组，上面应有一块尺寸与垫铁相同的不锈钢、钛、镍、锆、铝制垫板或涂刷中性涂料隔离。

5.7.6　无垫铁安装应符合以下规定：

a）根据设备的重量和底座的结构确定临时垫铁、小型千斤顶或调整顶丝的位置和数量；

b）支撑顶丝用的临时垫板顶面水平度允许偏差为2 mm/m。

5.8　灌浆

5.8.1　灌浆前应对基础做如下处理：

a）清除预留孔中的杂物、积水；

b）用水将基础表面冲洗干净，保持湿润不少于24 h，灌浆前1 h吸干积水；

5.8.2　地脚螺栓预留孔的灌浆工作应在设备初找正后进行，捣固时应防止地脚螺栓倾斜。

5.8.3　二次灌浆应在设备找正、找平、隐蔽工程检验合格，且记录经确认后进行。二次灌浆前，应按图3所示设置外模板。

5.8.4　灌浆材料宜采用细石混凝土，其标号应比基础的混凝土标号高一级。无垫铁安装二次灌浆应采用微胀混凝土，并应制作同条件试块。

5.8.5　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。设备外缘的灌浆层应压实抹光，上表面应有向外的坡度，高度应低于设备支座底板边缘的上表面。

5.8.6　在混凝土养护期间，当环境温度低于5℃时，应采取防冻措施。

5.8.7　无垫铁安装的二次灌浆层达到设计强度的75%以上时，方可松掉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。

5.9　塔类设备内件安装

5.9.1　一般规定

5.9.1.1　塔盘安装应在塔体耐压试验合格并清扫干净后进行。塔内件表面不得有油污、挂渣、铁锈、泥沙及毛刺等杂物。

5.9.1.2　塔盘构件宜按下列顺序进行安装：

a）内部支撑件安装或复测；

b）降液板安装；

c）塔盘板安装；

d）气液分布元件安装；

e）清理杂物；

f）最终检查；

h）通道板安装；

g）人孔封闭。

5.9.1.3　到货的塔盘部件质量标准应符合表11和表12的规定：

表11　塔盘构件尺寸质量标准　　单位：mm

部件名称	长度允许偏差值	宽度允许偏差值	检验方法
塔盘板	0 −4	0 −2	钢尺检查
受液盘			
降液板			

表12　塔盘板允许弯曲度　　单位：mm

塔盘板长度	筛板、浮阀、圆泡罩塔盘板	舌形塔盘板	检验方法
＜1 000	2	3	拉线、钢尺检查
1 000～1 500	2.5	3.5	
＞1 500	3	4	

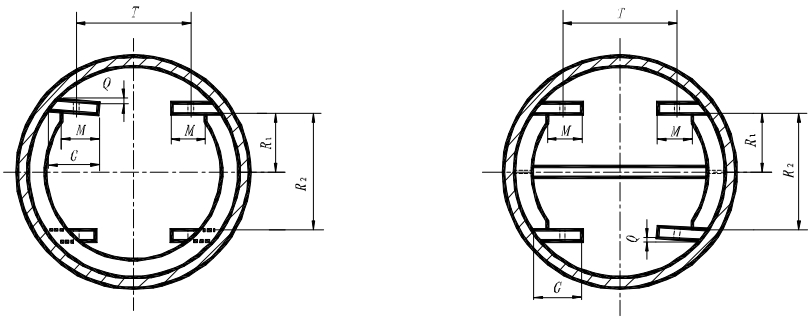
5.9.1.4　塔内部支撑件、降液板及受液盘安装质量应符合表13和表14的规定（见图4、图5、图6）。

表 13　塔内部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	支撑圈和支撑梁水平度	D_i≤1 600mm		3	6	玻璃管水准仪、钢尺、拉线均布检查
		1 600mm<D_i≤4 000mm		5	8	
		4 000mm<D_i≤6 000mm		6	12	
		6 000mm<D_i≤8 000mm		8	12	
		8 000mm<D_i≤10 000mm		10	12	
		D_i>10 000mm		12	12	
2	支撑圈间距	相邻两层之间	D_i≤4 000 mm	±3	4	
			D_i>4 000 mm		6	
		20 层中任意两层之间	D_i≤4 000 mm	±10	4	
			D_i>4 000 mm		6	
3	支撑梁	平面度	300mm 范围内	1	任意	
			全长范围内	L_l/1000 且不大于 5	[a]	
		中心线位置		2	[a]	
4	降液板的支持板	螺栓孔水平间距 T		≤3	4	玻璃管水准仪、钢尺、拉线均布检查
		支持板安装尺寸 M		≤±2M/100	4	
		支持板倾斜度 Q		≤±2G/100	4	
		支持板安装尺寸 R_1		≤±5 R_1/1000 且不大于±6	4	
		支持板安装尺寸 R_2		≤±5 R_2/1000 且不大于±12	4	
5	填料支撑结构件水平度			2Di/1000 且不大于 4	[b]	
注：D_i 为塔内直径；L_l 为支撑梁（件）长度；　G 表示降液板支持板的宽度。						
[a] 支撑梁在全长范围内的平面度和中心线位置应每件检验。 [b] 填料支撑结构件的水平度应每件检验。						

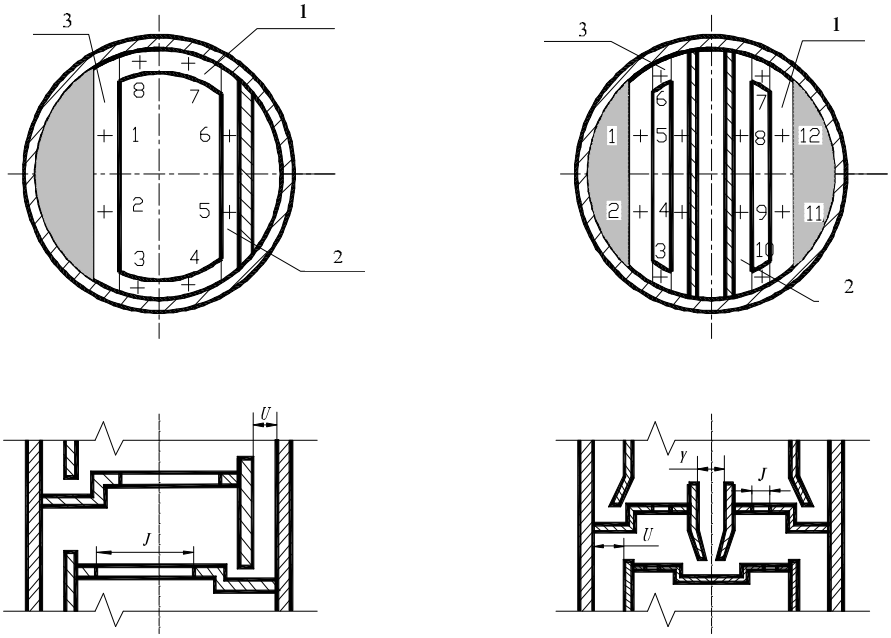
表 14　降液板、塔盘支撑件安装质量标准

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	降液板底边与受液盘上表面距离 F	±3	6	水平仪、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	



a）单溢流塔盘　　b）双溢流塔盘

图4　降液板的支持板安装偏差示意



a）单溢流塔盘　　b）双溢流塔盘

1—支撑圈；2—降液板支撑件；3—受液盘支撑件

图5　塔盘支撑件安装偏差示意

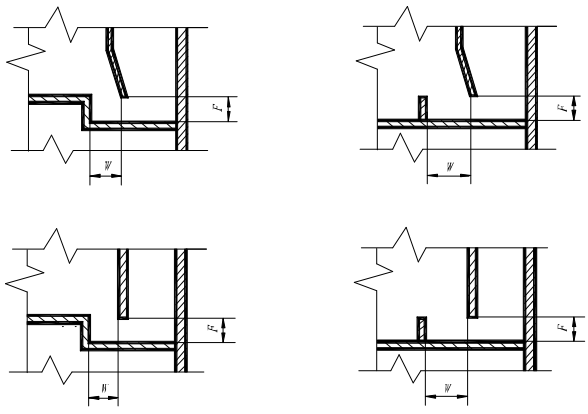


图6　降液板安装质量检查示意

5.9.2 塔盘安装

5.9.2.1 塔盘安装前宜在塔外按设计文件进行预组装，调整并检查塔盘组装尺寸与平整度。

5.9.2.2 塔盘卧装应在塔体水平度、支撑圈和支撑梁垂直度等调整合格后进行。塔体水平度质量标准见表15、支撑圈和支撑梁垂直度质量标准见表16；塔盘立装应在塔体垂直度与支撑圈和支撑梁水平度等调整合格后进行。塔体垂直度质量标准见本规程表 5、支撑圈和支撑梁水平度质量标准见本规程表13。

表15 塔体水平度质量标准

单位：mm

检查项目		允许偏差值	检验方法
塔体水平度	L_4≤30 000	L_4/1 000	水准仪、透明塑料管、钢尺检查
	L_4>30 000	L_4/1 000 且不大于50	
注： L_4为两端测点间的距离。			

表16 支撑圈和支撑梁垂直度质量标准

单位：mm

检 查 项 目		允许偏差值	检验方法
支撑圈和支撑梁垂直度	D_i≤1 600	3	钢尺、线坠、拉线检查
	1 600<D_i≤4 000	5	
	4 000<D_i≤6 000	6	
	6 000<D_i≤8 000	8	
	8 000<D_i≤10 000	10	
	D_i>10 000	12	

5.9.2.3 塔盘立装或卧装的测量工作，不应在塔体一侧受强阳光照射下进行。

5.9.2.4 塔盘安装人员应遵守下列规定：

a）一层塔盘的承载人数应符合表17的规定；

b）施工人员应穿干净的胶底鞋；

c）人孔及人孔盖的密封面及塔底管口应采取保护措施；

d）搬运和安装塔盘零部件时，应轻拿轻放，不得污染、不得变形损坏；

e）施工人员除携带该层紧固件和工具外，不得携带多余的部件；

f）每层塔盘安装完毕后，应进行检查，不得将工具等遗忘在塔内。

表17 一层塔盘允许承载人数

塔内径，mm	<1500	1500～2000	2001～2500	2501～3200	3201～4000	4001～5000	5001～6300	6301～8000	>8000
人数，个	2	2	3	4	5	6	7	8	9

5.9.2.5 塔盘安装的质量标准应符合表18的规定。

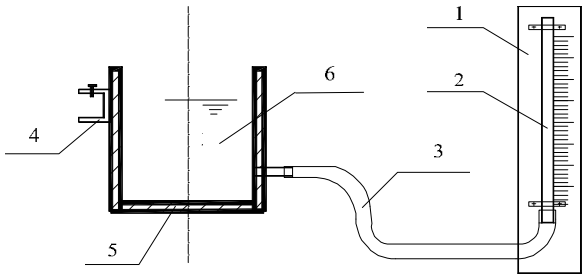
表 18　塔盘安装的质量标准

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	塔盘板 受液盘	300mm 范围内的平面度		2	任意	水准仪、钢尺、拉线检查
2	塔盘上表面水平度	D_i≤1 600mm		4	6	
		1 600mm<D_i≤4 000mm		6	10	
		4 000mm<D_i≤6 000mm		9	10	
		6 000mm<D_i≤8 000mm		12	10	
		8 000mm<D_i≤10 000mm		15	10	
		D_i>10 000mm		17	10	
3	溢流堰	堰高	D_i≤3 000mm	±1.5	6	
			D_i>3 000mm	±3	6	
		上表面水平度	D_i≤1 500mm	3	4	
			1 500mm<D_i≤2 500mm	4.5	6	
			D_i>2 500mm	6	8	
4	浮动喷射塔盘	梯形孔底面的水平度		$2D_i$/1 000	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。

注 2：Di 为塔内直径。

5.9.2.6　塔盘水平度可采用水准仪测量，也可采用自制的专用水平测量仪（见图 7）进行测量。立式安装的应逐层测量水平度，卧式安装的塔盘应在塔体安装合格后复测塔盘的水平度，并符合下列规定：



1—刻度尺；2—玻璃管；3—软胶管；4—固定卡子；5—贮液罐；6—水

图 7　专用水平测量仪测量水平度示意

a）卧装塔盘板水平度测量方法、测点位置及数量：

1）塔体水平放置在托轮上，测量塔盘板各测点与铅垂线的垂直距离，该距离的差值即为水平度偏差值；

2）测点位置在塔盘支撑件位置及塔盘板中心区域任取（图5），且应均布，测点数量及质量标准应符合本规程表18的规定；

b）立装塔盘板水平度测量方法、测点位置及数量：

1）塔盘水平度采用自制水平仪测量时（图7），将刻度尺下端放在塔盘板各测点上，其玻璃管液面计读数的差值即为水平度偏差值；

2）测点位置在塔盘支撑件位置及塔盘板中心区域任取（图5），且应均布，测点数量及质量标准应符合本规程表18的规定。

5.9.2.8 安装在塔盘上的卡子与螺栓的规格、位置、板样排列、板孔与梁距离、板与梁或支持圈搭接尺寸及密封填料等应符合设计文件的规定。

5.9.3 塔盘气液分布元件安装

5.9.3.1 F1型浮阀安装应检查下列项目，并应符合设计文件规定：

a）F1型浮阀安装时，应检测浮阀腿的高度、弯曲矢高，且表面不得有伤痕和毛刺；

b）F1型浮阀安装后，应检查浮阀腿在塔板孔内的挂连情况、浮阀腿煨弯长度及角度（或铆固）；

c）手从下面托浮阀时，上、下活动无卡涩，开度一致。

5.9.3.2 筛板安装应符合以下规定：

a）各层筛板的孔径与孔距均应符合设计文件要求；

b）筛板应无毛刺、无杂物。

5.9.3.3 舌型塔盘板安装应符合以下规定：

a）固定舌片在任何方向上的弯曲矢高不得超过0.5mm；

b）每层的塔盘板规格及舌片方向应符合设计文件规定。

5.9.3.4 浮动喷射塔盘托板、浮动板安装应符合以下规定：

a）托板、浮动板的弯曲矢高不大于1 mm，托板、浮动板的表面应无毛刺；

b）托板安装后，梯形孔底面的水平度偏差值不大于$2Di/1\,000$；托板平行度及间距偏差不大于1 mm；

c）浮动板安装后，应做转动和负荷试验；用手轻轻转动浮动板便可开启，开度一致，无卡涩现象。

5.9.3.5 圆泡罩安装应符合以下规定：

a）圆泡罩安装时，应调节泡罩高度，使同一层塔盘所有泡罩齿根到塔盘板上表面的高度符合设计文件规定，允许偏差为±1.5 mm；

b）圆泡罩安装后，泡罩与升气管的同心度不大于3 mm。

5.9.3.6 条形泡罩安装应符合以下规定：

a）条形泡罩相邻升气槽板中心距离允许偏差为±3 mm；任意中心距离允许偏差为±6 mm；

b）条形泡罩安装时，应调节泡罩高度，使同一层塔盘所有泡罩齿根到塔盘板上表面的高度符合设计文件规定，允许偏差为±1.5 mm；

c）条形泡罩安装后，泡罩与升气管的同心度不大于3 mm。

5.9.3.7 S型泡罩安装应符合以下规定：

a）S型泡罩可拆件安装时，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持圈固定，然后顺次安装S形元件，并用卡子将其紧固于支持圈上，最后安装边帽；

b）相邻S形泡罩安装中心偏差值不大于3 mm；

c）边帽与支持角钢的连接螺孔为长孔（见图8），可用于调整S形泡罩的安装误差，尺寸A调整范围见表19；

d）S形泡罩安装时，应调整泡罩高度，使同一层塔盘所有泡罩齿根到塔盘板上表面的高度符合设

计文件规定，允许偏差为±5 mm。

表 19　边帽尺寸 A 调整范围　　单位：mm

项　　目	塔内径 D_i	尺寸 A 调整范围
单流塔盘	1000～1400	60～80
	1600～2200	60～90
	2400～2800	60～100
双流塔盘	2800～4000	60～85
	4200～4800	60～90
	5000～5400	60～95
	5800～7000	60～100
	≥8000	60～110

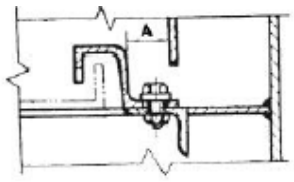


图 8　边帽调整范围

5.9.3.8　泡罩塔盘安装后，应将所有泪孔堵死，进行充水试验，充水后 10 min 内水面下降不大于 5 mm 为合格，合格后将泪孔穿通。

5.9.3.9　泡罩塔盘进行鼓泡试验时，应将水不断地注入受液盘内，在塔盘下部通入空气，风压不宜大于 100 mm 水柱，所有齿缝应均匀鼓泡，且泡罩不得有震动现象。

5.9.3.10　最终检查并确认合格后安装塔盘通道板。

5.9.4　**填料塔内件安装**

5.9.4.1　填料支撑结构安装应符合下列规定：

a）填料支撑结构安装后应平整、牢固，通道孔不得堵塞；

b）规则排列填料支撑结构安装后的水平度不得大于 $2D_i/1\,000$，且不大于 4 mm。

5.9.4.2　颗粒填料（环形、鞍形、鞍环形及其他）安装应符合下列规定：

a）颗粒填料应干净，不得含有泥砂、油污和污物，并清除破碎填料；

b）规则排列颗粒填料应靠塔壁逐圈整齐排列；

c）随意堆填颗粒填料应均匀填平，且不得出现架桥；

d）颗粒填料的填充体积及重量应符合设计文件要求。

5.9.4.3　丝网波纹填料安装应符合下列规定：

a）丝网波纹填料填充时，波纹方向应符合设计文件的规定，其允许偏差为±5°；

b）丝网波纹填料分块装填时，每层先填装靠塔壁一圈，然后逐圈向塔中间装填，每块用专用的夹具固定，填装时应压紧；

c）填料盘与塔壁应无空隙，塔壁液流导向装置应完好。

5.9.4.4　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要求。

5.9.4.5　液体分布装置安装应牢固，喷雾孔径（液流管）的大小和距离应符合设计文件要求；溢流槽支管开口下缘（齿底）应在同一水平面上，允许偏差为 2 mm；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、无泄漏。液体分布装置安装质量应符合表 20 的规定。

表 20　液体分布装置安装质量标准　　单位：mm

部件名称		检查项目			检验方法
		水平度	中心线偏差值	安装高度偏差值	
分布管/分布盘	D_i≤1500	3	3	3	水平仪、钢尺检查
	D_i>1500	4			
溢流盘/溢流槽		D_i/1 000 且不大于 4	5	10	
注：D_i 为塔内直径。					

5.9.4.6　除沫器安装的中心标高及水平度应符合设计文件规定；分块的丝网安装时彼此之间及与器壁之间均应挤紧。

5.10　安全附件安装

5.10.1　与设备直接连接的安全阀、爆破片等安全附件，除符合《压力容器安全技术监察规程》的要求外，尚应符合下列要求：

a）安全阀的试验调整与安装应符合 GB/T12241 的要求；

b）爆破片装置应符合 GB567 的要求，爆破片安装后不得翘曲或凹陷。

5.10.2　安全附件安装检查合格后，应填写安全附件安装检验记录。

5.10.3　液面计安装应符合产品技术文件规定。压力容器用液面计尚应符合《压力容器安全技术监察规程》的规定。

5.10.4　视镜玻璃固定时应均匀、对称地紧固螺栓。

5.11　设备平台、梯子安装

5.11.1　立式设备从下至上在筒体上划出各层平台标高位置及每层平台悬臂梁的位置。逐层由下向上安装，并同步完成栏杆、扶手和梯子的安装。

5.11.2　栏杆应横平竖直，栏杆扶手的转弯处应圆滑，花纹板平台排水孔应钻孔。

5.11.3　平台、梯子的螺栓安装方向应一致，螺栓露出螺母的长度应均匀。

5.11.4　平台、梯子安装质量应符合表 21 的规定。

表 21　平台、梯子安装质量标准　　单位：mm

项次	检　查　项　目	允许偏差值	检验方法
1	平台标高	±15	钢尺检查
2	平台梁水平度	L_1/1 000 且不大于 20	水平尺、钢尺检查
3	承重平台梁侧向弯曲	L_1/1 000 且不大于 10	拉线、钢尺检查
4	梯子宽度	$^{+5}_{0}$	钢尺检查
5	梯子纵向挠曲矢高	L_1/1 000	拉线、钢尺检查
6	梯子踏步间距	±5	钢尺检查
7	直梯垂直度	L_1/1 000 且不大于 15	吊线坠、钢尺检查

表 21　平台、梯子安装质量标准（续）　　单位：mm

项次	检　查　项　目	允许偏差值	检验方法
8	斜梯踏步水平度	5	水平尺、钢尺检查
9	栏杆高度	±5	钢尺检查
10	栏杆立柱间距	±10	钢尺检查
注：L_1为直梯和平台梁的长度。			

5.11.5　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表 22 的要求。

表 22　不进行无损检测的焊缝外观质量标准

检验项目	质 量 标 准	检验方法
裂纹	不允许	钢尺、焊缝检验尺、目测、放大镜检查
表面气孔	每50mm焊缝长度内允许直径不大于0.4d，且不大于3mm的气孔2个，孔间距不小于6倍孔径	
表面夹渣	深不大于0.2d，长不大于0.5d，且不大于20mm	
咬边	深不大于0.1d，且不大于1mm，连续长度不限	
未焊透	不大于0.2d，且不大于2mm。每100mm焊缝内缺陷总长不大于25mm	
根部收缩	不大于0.2mm＋0.04d，且不大于2mm，长度不限	
角焊缝厚度不足	不大于0.3mm＋0.05d，且不大于2mm，每100mm焊缝长度内缺陷总长度不大于25mm	
角焊缝焊脚不对称	不大于2mm＋0.2a	
余高	不大于1mm＋0.2d，且最大为5mm	
注：d为连接处薄板厚度，mm；a为焊脚高度，mm；d为对接焊缝宽度，mm。		

5.12　清扫与封闭

5.12.1　设备内部应进行清扫，内部不得有泥砂、木块、边角料和焊条头等杂物。

5.12.2　安装塔盘的塔类设备应由下向上逐层进行清扫，清扫合格后安装塔盘通道板。

5.12.3　设备封闭前应进行隐蔽工程验收，隐蔽检查合格后方可封闭人孔。

6　试验

6.1　一般规定

6.1.1　试验包括耐压试验（液压试验和气压试验）、气密性试验、充水试漏或煤油试漏等。

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

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

b）常压设备的焊接接头应按 JB/T4730.2 进行 25%射线检测或按 JB/T4730.3 进行超声检测；合格级别射线检测为Ⅲ级，超声检测为Ⅱ级；

c）有本单位技术总负责人批准的安全措施，并接受安全部门检查监督；

d）试压系统设置安全泄放装置。

6.1.3　下列设备施工现场可不再进行耐压试验：

a）同时符合以下条件的设备：

1）质量证明文件中证明已做过试验的设备；

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。

b）符合 a）项的规定，且使用正式紧固件和垫片的换热设备；

c）非金属衬里设备。

6.1.4 介质毒性程度为极度、高度危害或设计文件不允许有微量泄露的压力容器，必须进行气密性试验。

6.1.5 真空和外压设备以内压进行压力试验。

6.1.6 设备试验前，应对下列条件进行确认：

a）已安装的设备找正、找平工作已完成；

b）基础二次灌浆达到强度要求；

c）质量控制记录完整。

6.1.7 试验用压力表除符合本规程 3.1.4 条的规定外，尚应符合下列规定：

a）应在设备最高处和最低处各设置一块量程相同的压力表；

b）常压及低压设备压力表的精度等级不低于 2.5 级，中压及高压设备不低于 1.5 级；

c）压力表的量程不应小于 1.5 倍且不大于 3 倍的试验压力；

d）压力表的直径不小于 100 mm。

6.1.8 设备最高处设有排气口。

6.1.9 设备在耐压试验过程中，不得对受压元件进行任何修理。试验时发现的缺陷应在卸压后进行修复，缺陷消除后重新试验。

6.1.10 设计文件对设备受压元件有压差限制者，在试压全过程中应使该元件两侧压力均衡，并检查压差，且不得超过设计文件规定的压差值。

6.1.11 试验过程中，如果发现异常响声、压力突然下降、油漆剥落、加压装置发生故障等不正常现象时，应立即停止试验，查明原因并进行处理，合格后方可再次试验。

6.1.12 试验完成后，应拆除所有临时连接件，并按本规程 5.12 条的规定进行清扫和封闭。

6.2 试验压力

6.2.1 设计文件无规定时，试验压力应符合表 23 的规定。试验压力读数以设备最高处的压力表为准。

表 23 设备耐压试验和气密性试验压力 单位：MPa

设计压力 p	耐压试验压力		气密性试验压力
	液压试验	气压试验	
$p \leqslant -0.02$	$1.25p$	$1.15p$（$1.25p$）	p
$-0.02 < p < 0.1$	$1.25p\cdot[s]/[s]^t$ 且不小于 0.1	$1.15p\cdot[s]/[s]^t$ 且不小于 0.07	$p\cdot[s]/[s]^t$
$0.1 \leqslant p < 100$	$1.25p\cdot[s]/[s]^t$	$1.15p\cdot[s]/[s]^t$	p
注 1：表中 $[s]$ 表示设备元件材料在试验温度下的许用应力；$[s]^t$ 表示设备元件材料在设计温度下的许用应力。 注 2：设备受压元件所用材料不同时，取 $[s]/[s]^t$ 比值中较小者。 注 3：括号内的数值 $1.25p$ 仅适用于钢制真空塔式容器。			

6.2.2 立式设备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，并进行顶部应力校核。

6.3 试验要求

6.3.1 液压试验

6.3.1.1 试验介质宜采用洁净水。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 25 mg/L。

6.3.1.2 试验介质的温度应符合下列规定：

a）碳素钢、16MnR、15MnNbR 和正火 15MnVR 钢制设备液压试验时液体的温度不得低于 5 ℃；其他低合金钢制设备液压试验时液体的温度不得低于 15 ℃；

b）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。

6.3.1.3 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 30 min，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，符合下列条件为合格：

a）无渗漏；

b）无可见的变形；

c）试验过程无异常的响声。

6.3.1.4 在基础上作液压试验且容积大于 100 m^3 的设备，在充液前、充液 1/3 时、充液 2/3 时、充满液时、充满液后 24h 后和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。

6.3.2 气压试验

6.3.2.1 气压试验所用气体应为干燥、洁净的空气、氮气或其他惰性气体。对忌油或有防湿要求的设备，所用气体应符合设计文件的要求。

6.3.2.2 气压试验时的气体温度应符合如下规定：

a）碳素钢和低合金钢制设备不得低于 15 ℃；

b）其他材料制设备执行设计文件规定。

6.3.2.3 气压试验时，应按下列程序进行升压和检查：

a）缓慢升压至规定试验压力的 10%，且不得超过 0.05 MPa，保压时间不少于 5 min，对所有焊缝和连接部位进行初次泄漏检查；

b）初次泄漏检查合格后，继续缓慢升压至规定试验压力的 50%，如无异常现象，继续按规定试验压力的 10%逐级升压，直到试验压力，保压时间不少于 30 min，然后将压力降至规定试验压力的 87%，对焊接接头和连接部位进行全面检查；

c）设备试验过程无异常响声、无可见的变形、焊缝和连接部位等经肥皂液或其他检漏液检查无泄漏为合格。

6.3.3 换热设备耐压试验

6.3.3.1 对于在现场抽芯或组装的换热设备应根据换热器形式确定试压程序，合格标准应符合本规程 6.3.1.4 条的规定：

6.3.3.2 固定管板式、U 型管式、釜式重沸器（U 型管束）及填料函式换热设备先试壳程，再试管程：

a）试壳程时，检查壳体、换热管及其与管板的连接接头；

b）试管程时，检查管箱与管箱法兰密封。

6.3.3.3 浮头式换热设备先试管束，再试管程，最后再试壳程：

a）试管束时，检查管板连接接头及换热管；

b）试管程时，检查管箱、管箱法兰密封、小浮头密封；

c）试壳程时，检查外头盖及外头盖法兰密封。

6.3.3.4 釜式重沸器（浮头式管束）先试管束，再试管程，最后再试壳程：

a）试管束时，检查换热管及其与管板连接接头；

b）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；

c）试壳程时，检查壳体、管箱法兰及其与管板密封。

6.3.3.5 当管程试验压力高于壳程试验压力时，试压应执行设计文件规定。

6.3.3.6 重叠换热器检查管束及其与管板连接接头试验允许单台进行。管程及壳程试压应在重叠组装后进行。

6.3.3.7 其他类型换热设备试压程序和检查方式，应按设计文件或产品技术文件的规定进行。

6.3.4 气密性试验

6.3.4.1 气密试验应在压力试验合格后进行。对作气压试验的设备，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。

6.3.4.2 气密试验时的气体温度应符合本规程 6.3.2.2 条的规定：

6.3.4.3 气密试验时应将安全附件装配齐全。

6.3.4.4 气密试验时，压力应缓慢上升，达到试验压力后，至少保压 30 min，同时对焊缝和连接部位等用肥皂液或其他检漏液检查，无泄漏为合格。

6.3.5 充水试漏或煤油试漏

6.3.5.1 充水试漏应符合下列规定：

a）充水试漏前应将外表面清理干净，并使之干燥；

b）试漏的持续时间应根据检查所需时间决定，但不得少于 1 h；

c）试漏时，焊接接头及连接部位无渗漏为合格。

6.3.5.2 煤油试漏应符合下列规定：

a）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，凉干后，在焊接接头的另一面涂以煤油，使表面得到足够的浸润；

b）30min 后以白垩粉上没有油渍为合格。

7 施工过程技术文件与交工验收

7.1 设备安装应按工序和检验试验文件规定进行过程质量控制，并应按 SH/T3543 的规定记录。

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

7.3 设备安装按合同和设计文件全部完成后应及时向建设单位办理交工验收，并对下列资料进行确认：

a）开箱检验记录；

b）基础复测记录；

c）立式设备安装检验记录；

d）卧式设备安装检验记录；

e）釜类设备安装检验记录；

f）空冷式换热器构架安装记录；

g）空冷式换热器风机安装记录；

h）塔盘设备安装检验记录；

i）设备填充检验记录；

j）换热设备耐压/严密性试验记录；
k）设备耐压/严密性试验记录；
l）垫铁隐蔽记录；
m）隐蔽工程验收记录；
n）基础沉降观测记录；
o）安全附件安装检验记录；
p）防腐蚀工程质量验收记录；
q）设计修改文件；
r）竣工图。

7.4 设备安装交工技术文件应按合同和SH/T 3503的规定由责任单位编制审核，并向建设单位移交。

附录 A
（资料性附录）
斜垫铁和平垫铁的规格

A.1　设备垫铁按公式（式 A.1）计算所需面积，垫铁规格（见图 A.1）宜按表 A.1 选用，也可采用其他规格或加工精度的垫铁。

$$A \geqslant K \frac{(Q_1+Q_2)\times 10^4}{n\,R} \qquad \text{……（式 A.1）}$$

式中：

A—— 每一组垫铁的面积，mm^2；

K—— 安全系数，取 2.3；

Q_1—— 设备本体、附件及物料的重量，N；

Q_2—— 由于地脚螺栓拧紧所分布在该垫铁组上的压力，N；

n—— 垫铁组数；

R—— 基础混凝土的单位面积抗压强度，可取混凝土设计强度，MPa。

表 A.1　平垫铁与斜垫铁的规格　　单位：mm

项次	平垫铁			斜垫铁				
	L_c	L_k	材料	L_c	L_k	h_c	g	材料
1	100	50	普通碳素钢	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：选用垫铁时以表中平垫铁面积为准。

注 2：表中 L_c 为垫铁长度；　L_k 为垫铁宽度；　h_c 为斜垫铁加工端的厚度；　g 为斜垫铁加工面剩余宽度。

A.2　垫铁厚度 h_0 可按实际需要和材料情况以及本规程 5.7.1 条的规定选用。

A.3　斜垫铁与项次相同的平垫铁配合使用，其斜度宜为 1/10～1/20。

A.4　地脚螺栓拧紧所分布在垫铁组上的压力按公式（式 A.2）计算。

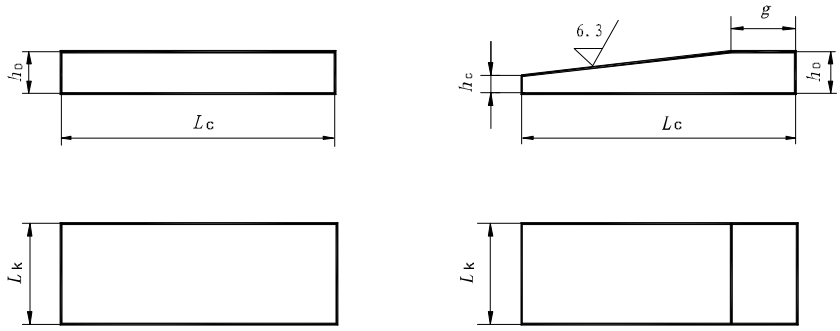
$$Q_2=\frac{\pi D_b^2[\sigma]n_1}{4} \quad \text{……（式 A.2）}$$

式中：

D_b—— 地脚螺栓根径，mm；

$[\sigma]$—— 地脚螺栓材料的许用应力，MPa；

n_1—— 地脚螺栓数量。



a）平垫铁　　b）斜垫铁

图 A.1　垫铁规格

用 词 说 明

对本规程条文中要求执行严格程度用的助动词，说明如下：

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

（二）表示要准确地符合规范而应严格遵守时，用的助动词为：

正面词采用“应”（shall）；

反面词采用“不”或“不得”（shall not）。

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

正面词采用“宜”（should）；

反面词采用“不宜”（should not）。

（四）表示在规范的界限内所允许的行动步骤时，用的助动词为：

正面词采用“可”（may）；

反面词采用“不必”（need not）。