



# 中华人民共和国石油化工行业标准

SH/T 3601—2009

## 催化裂化装置反应再生系统设备 施工技术规范

Regulation for construction technology of reactor-regenerator  
system equipment of catalytic cracking unit



2009-12-04 发布

2010-06-01 实施

中华人民共和国工业和信息化部 发布

## 目 次

前言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 总则	2
5 材料与附属设备、两器内件的检验	3
5.1 材料	3
5.2 附属设备、两器内件	3
5.3 连接管道	4
5.4 其他附件	4
6 施工准备	4
6.1 技术准备	4
6.2 施工现场准备	4
6.3 工装设备准备	5
7 工厂化制造	5
7.1 一般规定	5
7.2 下料	5
7.3 坡口加工	6
7.4 壳体预制	6
7.4.1 筒体预制	6
7.4.2 封头瓣片预制	7
7.4.3 封头瓣片预组装	8
7.5 两器内件预制	9
7.5.1 汽提挡板	9
7.5.2 油气阻挡圈	9
7.5.3 分布管	9
7.5.4 汽提盘管	9
7.5.5 盘管煨制	9
7.5.6 旋风分离系统预制	9
7.6 预制加工件出厂	9
8 壳体组焊	10
8.1 一般规定	10
8.2 筒体组焊	10
8.3 封头组焊	11
8.4 开孔接管	12
8.5 壳体总体尺寸检验	12
9 两器内件组焊	13
9.1 旋风分离系统	13

9.2 分布管	13
9.3 提升管与待生立管	14
9.4 集气室	14
9.5 其他内件	14
10 焊接及检验	14
10.1 一般规定	14
10.2 焊接材料	15
10.3 焊接工艺	15
10.4 外观检验	16
10.5 无损检测	17
10.6 焊后热处理	18
11 安装	18
11.1 设备安装	18
11.1.1 基础交安	18
11.1.2 地脚螺栓	20
11.1.3 垫铁布置	20
11.1.4 设备安装测量基准与质量标准	20
11.1.5 灌浆	21
11.2 附属设备安装	21
11.2.1 三级旋风分离器	21
11.2.2 四级旋风分离器	21
11.2.3 辅助燃烧室	21
11.2.4 提升管反应器	21
11.3 连接管道安装	21
11.3.1 斜管、烟道组焊	21
11.3.2 膨胀节安装	22
11.3.3 滑阀安装	22
11.3.4 支吊架安装	22
12 耐压试验和气密性试验	22
12.1 开孔接管角接接头检查	22
12.2 内、外取热管耐压试验	22
12.3 气密性试验	22
13 施工过程技术文件	23
附录 A (资料性附录) 常见催化裂化装置几种型式	24
附录 B (资料性附录) 同轴式沉降器、再生器施工程序	27
附录 C (资料性附录) 并列式沉降器、再生器施工程序	28
用词说明	29



## 前 言

本规程是根据国家发展和改革委员会办公厅《2006 年行业标准项目计划》(发改办工业[2006]1093 号),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、惠生工程(中国)有限公司编制。

本规程共分 13 章和 3 个资料性附录。主要包括:

- 适用范围;
- 施工准备的基本要求;
- 工厂化制造的质量要求;
- 现场组焊的施工技术和质量要求;
- 施工过程技术文件要求。

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,如发现需要修改或补充之处,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

传 真:022—63862301

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

参编单位:惠生工程(中国)有限公司

通讯地址:上海浦东张江高科技园区张衡路 1399 号

邮政编码:201203

电 话:021—50791228

传 真:021—58952223

主要起草人:张瑞环 肖 然 陈亚新 龚志雄

主要审查人:郭 建 邸长友 汪庆华 郭 海 杨龙须 杨正海 焦选宁 高宏岩 安增勤  
孙树雄 李万杰

本规程为首次发布。



# 催化裂化装置反应再生系统设备施工技术规范

## 1 范围

本规程规定了催化裂化装置反应再生系统设备工厂化制造、现场组焊、安装、检验等过程控制的施工技术和质量要求。

本规程适用于石油化工建设工程新建、扩建和改建项目催化裂化装置反应再生系统设备的施工。

## 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。

- GB 150 钢制压力容器
- GB 50236 现场设备、工业管道焊接工程施工及验收规范
- GB 50474 隔热耐磨衬里技术规范
- GB 50484 石油化工建设工程施工安全技术规范
- JB 4708 压力容器焊接工艺评定
- JB/T 4730.2 承压设备无损检测 第2部分：射线检测
- JB/T 4730.3 承压设备无损检测 第3部分：超声检测
- JB/T 4730.4 承压设备无损检测 第4部分：磁粉检测
- JB/T 4730.5 承压设备无损检测 第5部分：渗透检测
- JB 4744 钢制压力容器产品焊接试板的力学性能检验
- SH 3022 石油化工设备和管道涂料防腐蚀技术规范
- SH/T 3503 石油化工建设工程项目交工技术文件规定
- SH/T 3504 催化裂化装置反应再生系统设备施工质量验收规范
- SH/T 3523 石油化工铬镍奥氏体钢、铁镍合金和镍合金管道焊接规程
- SH/T 3543 石油化工建设工程项目施工过程技术文件规定
- TSG R0004—2009 固定式压力容器安全技术监察规程
- 国质检锅[2002]109号 锅炉压力容器压力管道焊工考试与管理规则
- 国质检锅[2003]248号 特种设备无损检测人员考核与监督管理规则

## 3 术语和定义

### 3.1

**催化裂化装置 catalytic cracking unit**

以重质油品为原料，通过催化剂作用完成催化裂化反应，生产轻质油品和化工原料的炼油生产装置。

### 3.2

**反应再生系统设备 reactor-regenerator system equipment**

催化裂化装置中带隔热耐磨衬里的设备、管道及其附件的统称。也称衬里设备和管道。

注：反应再生系统设备包括反应（沉降）器、提升管反应器、再生器、烧焦罐、脱气罐、外取热器、旋风分离器、孔板降压器、斜管、滑阀、烟道及料腿、稀相管、空气分布管（板）等。

3.3

**两器 twain implement**

反应再生系统中反应（沉降）器和再生器的简称。

3.4

**附属设备 auxiliary facility**

反应再生系统中提升管反应器、外取热器、外旋风分离器系统、辅助燃烧室等设备的统称。

3.5

**连接管道 connecting piping**

连接反应再生系统设备的斜管、烟道等带衬里的管道及烟机入口管道。

注：斜管包括再生催化剂斜管、待生催化剂斜管、循环斜管等。

3.6

**两器内件 twain implement accessory**

两器中汽提挡板、油气阻挡圈、提升管、待生立管、分布管、内取热器、汽提盘管、集气室及旋风分离系统等统称。

3.7

**旋风分离系统 cyclone separation circuit**

旋风分离器、料腿、翼阀、防倒锥及拉杆等组成的催化剂分离系统。

3.8

**锚固件 lining anch firmware**

固定在反应再生系统设备器壁上，保持隔热耐磨衬里结构稳定性的组合件。

3.9

**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。

3.10

**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。

4 总则

4.1 催化裂化装置反应再生系统设备施工应符合设计文件和本规程的规定。本规程的施工质量与检验要求符合 SH/T 3504 的规定。常见催化裂化装置几种型式见附录 A。

4.2 压力容器安装或现场组焊的施工单位应在施工前向工程所在地特种设备质量监督管理部门办理书面告知，并在施工过程中接受监督检查。

4.3 从事无损检测人员应按《特种设备无损检测人员考核与监督管理规则》进行考核，取得资格证书后，方能承担与资格证书的种类和技术等级相应的无损检测工作。

4.4 从事压力容器焊接的焊工必须按《锅炉压力容器压力管道焊工考试与管理规则》进行考试，取得相应的合格项目。焊接作业的钢材种类、焊接方法和焊接位置等应与本人考试合格的项目相符。

4.5 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/校准周期内使用。

4.6 反应再生系统设备中，压力容器现场组焊还应执行 GB 150 和 TSG R0004—2009《固定式压力容器安全技术监察规程》的有关规定。

4.7 反应再生系统设备衬里的施工质量及安装施工对衬里的保护应符合 GB 50474 的有关规定。

4.8 反应再生系统设备施工的安全技术、劳动保护应执行 GB 50484 的有关规定。

4.9 反应再生系统设备涂料防腐施工应执行 SH 3022 的规定。

4.10 材料、零部件及焊接材料与附属设备及附件到货应按 SH/T 3504 的规定进行验收。



## 5 材料与附属设备、两器内件的检验

### 5.1 材料

5.1.1 到货的主体材料、零部件材料及焊接材料应有质量证明文件，应按设计文件和产品标准的规定进行检查和验收，并符合以下规定：

- a) 质量证明文件应包括材料牌号、炉号、规格、化学成份、力学性能及供货状态等内容；
- b) 质量证明文件的特性数据不符合产品标准及订货技术条件或对其数据有异议时不得使用；
- c) 实物标识与质量证明文件标识不符时不得使用；
- d) 要求复验的材料未经复验或复验不合格时不得使用；
- e) 钢材表面或断面上不得有裂纹、结疤、折叠、气泡、夹杂和分层。对钢材表面划痕深度用测厚仪测量，不应大于钢板厚度负偏差值；
- f) 药皮破损、焊芯生锈的焊条和表面锈蚀、油污未经清除的焊丝及受潮结块的焊剂不得使用。

5.1.2 钢材按钢种、钢号和规格分别存放，下部用支垫物与地面隔离。不锈钢与碳素钢不得接触，且不得混装混放。

5.1.3 焊接材料应存放在专用储存库（室）内，配置烘干、去湿设施，并建立焊接材料保管、烘干、发放、回收等管理制度；

### 5.2 附属设备、两器内件

5.2.1 附属设备、两器内件应有产品质量证明文件，并应有符合本规程 5.1.1 条要求的材料质量证明文件；压力容器产品质量证明文件还应符合 TSG R0004—2009《固定式压力容器安全技术监察规程》的要求。

5.2.2 制造厂已完成衬里的附属设备应有符合 GB 50474 规定的衬里材料质量证明文件、衬里混凝土试块检验报告和衬里烘炉制度与实际衬里烘炉曲线。

5.2.3 翅片式外取热器到货后宜立即找正后验收，并应符合以下规定：

- a) 采用吊线坠方法测量取热管的蒸发管与设备法兰面垂直度应不大于 3 mm；
- b) 拉线检查蒸发管全长直线度应不大于 6 mm；
- c) 空气分布管平面度应不大于 5 mm，支管与主管的垂直度应不大于 3 mm；
- d) 导向圈与取热管导管之间沿设备径向的间隙允许偏差为  $\pm 0.5$  mm。

5.2.4 联箱式外取热器应按以下规定进行检验：

- a) 管束长度允许偏差为  $\pm 5$  mm；
- b) 拉细钢丝测量取热管、蒸汽管全长直线度应不大于 5 mm；
- c) 联箱两端面距离允许偏差为  $\pm 2$  mm；两联箱距离允许偏差为  $\pm 3$  mm。

5.2.5 立式三级旋风分离器单管的长度偏差应符合设计文件规定。单管的产品质量证明文件中应有单管逐根进行压降测试的结果。除设计文件另有规定外，在相同进气量下所测压降之差不得大于 5%。

5.2.6 提升管应采用拉细钢丝测量提升管直线度为其长度的 1/1 000 且不大于 20 mm。坡口的质量与检验方法应符合本规程 7.3 条的规定。

5.2.7 旋风分离器的喇叭口、螺旋部位的龟甲网安装应均匀平滑过渡，不得有截面突然改变和凸凹不平的现象，并应符合以下规定：

- a) 筒体直段的长度允许偏差为  $\pm 3$  mm，直径允许偏差为正偏差且不应大于 2 mm，同一断面上最大直径与最小直径之差不得大于设计直径的 0.5%；
- b) 用 300 mm 钢直尺沿母线检查锥体表面局部凸凹值不得大于 1 mm，锥体下端插入灰斗内的长度允许偏差为正偏差且不应大于 5 mm；
- c) 一级旋风分离器和二级旋风分离器接口处端面纵向中心线应与筒体直段轴线平行，出、入口应有预组装记录，对应边长度允许偏差为：
  - 1) 一级为负偏差且不应小于 -2 mm，二级为正偏差且不应大于 2 mm；



- 2) 出、入口对角线长度相对差不大于 2mm;
  - d) 旋风分离器总长允许偏差为 $\pm 8\text{mm}$ , 同一级任意两个旋风分离器总长之差不得超过 6mm;
  - e) 用 5 倍以上放大镜检查粗旋风分离器入口分叉管堆焊层表面应平整, 不得有裂纹。
- 5.2.8 翼阀应按以下规定进行检验, 翼阀验收后应恢复到制造厂原有的成品保护状态:
- a) 阀体斜管端面、折翼板表面应平整;
  - b) 折翼板启闭应灵活, 接合面密贴无缝隙;
  - c) 吊环孔边缘应呈圆形, 孔和吊环间的间隙不得小于 3mm;
  - d) 吊环应圆滑, 接口处应磨光, 表面粗糙度为  $R_a 3.2\mu\text{m}$ ;
  - e) 折翼板与阀体两中心应重合, 其允许偏差应不大于 5mm;
  - f) 检查出厂质量证明文件, 翼阀应有制造厂静态试验安装角度的报告。
- 5.2.9 内取热管应无机械损伤、无可见的变形, 管端封闭保护良好。
- 5.3 连接管道
- 5.3.1 拉线检查斜管、烟道的直线度, 应符合本规程 11.3.1.2 条的规定。
- 5.3.2 斜管、烟道分段处端口平面度为其外径的 1/1 000, 且不大于 2mm;
- 5.3.3 斜管、烟道坡口的质量应符合本规程 7.3 条的规定。
- 5.4 其他附件
- 5.4.1 膨胀节的临时约束应有标识, 膨胀节无损伤, 两端坡口与设计文件要求一致。
- 5.4.2 滑阀包装应完好, 阀板应处于完全关闭状态。

## 6 施工准备

### 6.1 技术准备

#### 6.1.1 安装施工应具备下列技术资料:

- a) 设计文件;
  - b) 施工技术文件, 包括:
    - 1) 施工组织设计;
    - 2) 施工技术方案或施工技术措施;
    - 3) 焊接工艺文件;
    - 4) 检验试验文件;
  - c) 有关施工标准规范。
- 6.1.2 施工人员应熟悉设计文件和有关技术法规, 施工前应通过施工图会审、参加设计交底等方式明确相关专业工程的要求。
- 6.1.3 施工单位应有按 JB 4708 的要求进行评定的焊接工艺。焊接技术人员应根据焊接工艺评定报告结合实践经验编制焊接工艺文件。
- 6.1.4 施工技术文件应按本单位文件控制程序审批, 文件修改应执行原审批程序。

### 6.2 施工现场准备

#### 6.2.1 施工现场平面布置应按施工技术文件中的布置图进行, 并应包含以下内容:

- a) 施工电源与线路、施工道路、供排水系统、供气设施;
  - b) 材料、附件及半成品件堆放场;
  - c) 工器具房和材料库;
  - d) 预制场地、组装平台、工装设备的摆放位置;
  - e) 消防道路、消防设施、应急通道;
  - f) 大型起重机械行走路线、大型设备摆放位置、大型起重机械吊装站位。
- 6.2.2 施工现场地面应平整, 施工道路与地基处理应符合运输车辆行走与起重机械吊装作业要求, 作

业区域不得积水。

6.2.3 供电线路电压应稳定，系统运行的总电压降不得大于 10%。

### 6.3 工装设备准备

6.3.1 工装设施包括组装工卡具、临时支架、吊耳、吊装机索具等的强度、刚度应经计算确定。

6.3.2 进入现场的设备应处于完好状态。

6.3.3 检验试验设备应经校准；周期检定的计量器具调转时应附有检定/校准合格证书。

6.3.4 用电设备应有触电保护设施。

## 7 工厂化制造

### 7.1 一般规定

7.1.1 工厂化制造的壁板、封头等预制加工件应根据设计文件和材料规格绘制排板图，排板图应有设备位号、排板编号、板的规格、板的材质、焊缝编号、方位线、接管位置等标识，并符合下列规定：

- a) 筒节长度应不小于 300mm，相邻筒节纵向接头焊缝应相互错开，距离应大于钢板厚度的 3 倍，且不小于 100mm；
- b) 封头采用瓣片和顶圆板拼接形式时，焊缝方向应是径向和环向的；瓣片应用整板制造，且球形封头瓣片最小宽度应不小于 500mm；
- c) 封头各种不相交的拼接焊缝中心线间距应不小于封头钢板厚度的 3 倍，且不小于 100mm；
- d) 根据制造工艺和焊接工艺要求确定加工余量和焊接收缩量；

7.1.2 预制件上应有排板编号、方位线等醒目标识，且与排板图一致。箱装预制件还应有装箱单。

7.1.3 样板制作完成后应进行标识和校准，并报质量检查人员检查确认。校准的样板在使用过程应妥善保管。

7.1.4 制造、组装及检验过程中所使用的样板宜采用 0.5mm~0.7mm 厚的镀锌铁皮制作，样板周边光滑平整，并标识预制加工件的名称与编号。

7.1.5 钢材号料前应核对钢板的材质、规格，并水平放置。号料时先定出基准线，然后划出长度、宽度的切割线，经复查后，在切割线上作出标记，并在线内侧 100mm 处划出检查线，同厚度的零部件号料时，宜根据各零部件的规格统一排料，并按排板图上的标识，在板上标注设备编号、排板编号及板的规格等标识。

7.1.6 板材表面的局部缺陷应进行修磨，修磨深度不应超过板厚的负偏差，修磨处表面应平滑过渡。

### 7.2 下料

7.2.1 壁板预制宜采用净料法，下料周长应按公式 (1) 计算。

$$L = \pi (D_i + \delta) - ne + na \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中：

$L$  —— 壁板下料周长，mm；

$D_i$  —— 设备内径，mm；

$\delta$  —— 壁板厚度，mm；

$n$  —— 单圈壁板数量；

$a$  —— 每条焊缝收缩量，mm；

$e$  —— 对接接头间隙，mm。

7.2.2 净料法下料时，每圈壁板最后一张板的预制长度应计入各张壁板长度误差累计之和。

7.2.3 下料方法宜采用机械加工，也可采用火焰切割。

7.2.4 先拼板后成形的封头，其拼接焊缝的内表面及影响成型质量的外表面在成形前应打磨与母材齐平。

7.2.5 筒节、封头成形后的壁厚应不小于设计名义厚度减去钢板负偏差，球形封头应逐张测厚。

- a) 薄板厚度不大于 10mm, 两板厚度差超过 3mm;  
 b) 薄板厚度大于 10mm, 两板厚度差大于薄板厚度的 30% 或超过 5mm。

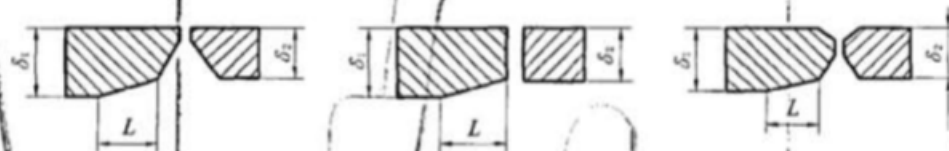


图 1 焊接接头削薄厚板边缘示意

#### 7.4 壳体预制

##### 7.4.1 筒体预制

7.4.1.1 筒体板、裙座筒体板滚圆前, 距纵向接头焊缝 300 mm 范围内板端应进行预弯, 用弦长等于筒体内径 1/6 且不小于 1000mm 的样板检查, 其曲率偏差不得大于 1mm。

7.4.1.2 滚制过程中, 应使钢板检查线与辊轴平行或垂直。

7.4.1.3 筒节板分片加工的曲率偏差不得大于 3mm, 距纵向接头焊缝 300mm 范围内曲率应符合本规程 7.4.1.1 条规定。

7.4.1.4 分片加工的筒节板, 按每种规格的筒节应取其总数的 20% 且不少于一节进行预组装, 并符合下列要求:

- 同一筒节各板宽相对差应小于 2mm;
- 每圈筒节外圆周长累计允许偏差为  $\pm 10$ mm, 相邻筒节外圆周长相对差应小于 10 mm;
- 每个件号筒体的各筒节高度累计允许偏差为筒体高度的 1/1000, 并不得大于 30 mm, 且不应有负偏差。



## 7.4.2 封头瓣片预制

## 7.4.2.1 球形封头瓣片 (见图 2) 预制加工质量应符合下列要求:

- a) 长度方向弦长  $L$  允许偏差为  $\pm 2.5$  mm;
- b) 宽度方向弦长  $A$ 、 $B$ 、 $E$  允许偏差为  $\pm 2$  mm;
- c) 对角线弦长  $C$  相对差为 3 mm;
- d) 两对角线应在同一平面上, 其垂直距离不得大于 5 mm;

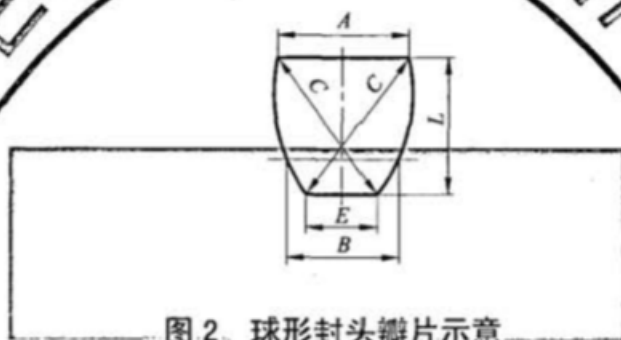


图 2 球形封头瓣片示意

- e) 当球壳板弦长大于或等于 2000 mm 时, 用弦长不小于 2000 mm 的样板检查; 当球壳板弦长小于 2000 mm 时, 用弦长不小于球壳板弦长的样板检查, 曲率 (样板与球壳板的间距  $e$ ) 允许偏差均不得大于 3 mm (见图 3)。



图 3 球瓣片曲率偏差检查示意

## 7.4.2.2 椭圆形封头瓣片 (见图 4) 加工质量应符合下列要求:

- a) 长度方向弧长  $L$  允许偏差为  $\pm 2.5$  mm;
- b) 宽度方向弧长  $A$ 、 $B$  允许偏差为  $\pm 2$  mm;
- c) 对角线弦长  $C$  相对差为 3 mm。

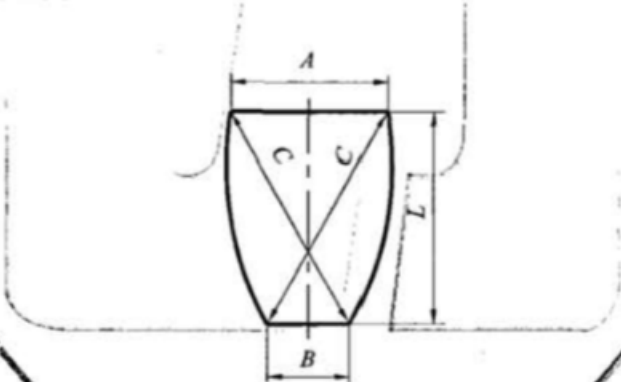


图 4 椭圆形封头瓣片示意

## 7.4.2.3 锥形过渡段和锥形封头瓣片 (见图 5) 加工质量应符合下列要求:

- a) 长度方向弧长  $L$  允许偏差为  $\pm 2.5$  mm;
- b) 宽度方向弧长  $A$ 、 $B$  允许偏差为  $\pm 2$  mm;
- c) 对角线弦长  $C$  相对差为 3 mm。

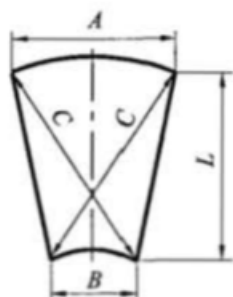


图5 锥形封头瓣片示意

## 7.4.3 封头瓣片预组装

7.4.3.1 组装胎面应找平, 其基准面水平度应小于 1 mm。

7.4.3.2 不得强力调整对接接头的间隙、错边量、棱角。

7.4.3.3 组装合格后, 应按排板图重复确认排板编号、焊缝编号及四条方位线等标记和距坡口边缘 50 mm 处的组装线。

7.4.3.4 球瓣片预组装质量应符合下列要求:

- a) 对口间隙应符合设计文件或焊接工艺文件的要求;
- b) 对口错边量不大于板厚  $1/4$ , 且不得大于 3 mm, 当两板厚度不等时, 不应计入两板厚度的差值;
- c) 组对后, 用弦长  $L$  不小于 1 000 mm 的样板 (见图 6) 检查, 棱角  $E$  不应大于 3 mm;
- d) 环口各瓣片端面应在同一平面内, 其偏差不应大于 2 mm; 环口圆度为其内径的 0.5%, 且不大于 25 mm; 环口直径允许偏差为  $\pm 3$  mm; 上、下环口外圆周长允许偏差为  $\pm 10$  mm, 高度允许偏差不应大于 2.5 mm。

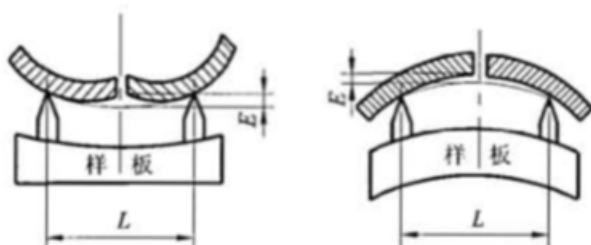


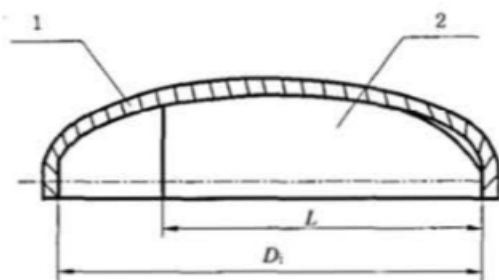
图6 球瓣片预组装后棱角检查示意

7.4.3.5 锥形过渡段和锥形封头瓣片预组装质量应符合下列要求:

- a) 对口间隙及错边量应符合本规程 7.4.3.4 a)、b) 项的要求;
- b) 组对后用弦长不小于  $1/6$  内径, 且不小于 300 mm 的内样板或外样板检查, 其对接接头棱角  $E$  应不大于 2 mm 加板厚的  $1/10$ , 且不大于 5 mm;
- c) 折边锥形封头直边部分的纵向皱折深度不大于 1.5 mm; 过渡区转角半径不得小于设计文件的规定值;
- d) 环口的端面、圆度、直径、周长及高度允许偏差应符合本规程 7.4.3.4 d) 项的要求。

7.4.3.6 椭圆形、碟形封头预组装质量应符合下列要求:

- a) 组装后用弦长  $L$  大于或等于  $3/4$  封头内径  $D_i$  的样板, 且样板应垂直于被检查表面检查, 其内表面的形状偏差 (图 7) 不得大于其内径的 1.25%, 当封头内径大于 4 000 mm 时不得大于其内径 1%;
- b) 封头直边不得有纵向皱折, 其高度允许偏差应不大于 5 mm, 且不小于 -3 mm;
- c) 其余形状和尺寸的允许偏差符合本规程 7.4.3.4 条的要求。



1—封头；2—样板

图7 封头内表面形状偏差检查示意

## 7.5 两器内件预制

### 7.5.1 汽提挡板

7.5.1.1 环形挡板宽度允许偏差为 $\pm 2\text{mm}$ ，下口直径与提升管间隙允许偏差应不大于 $2\text{mm}$ 。

7.5.1.2 环形挡板沿圆周长度方向应无扭曲，上、下口圆度为直径的 $5/1000$ ，端面应在同一平面内，其偏差应不大于 $3\text{mm}$ 。

### 7.5.2 油气阻挡圈

7.5.2.1 宽度允许偏差应不小于 $-2\text{mm}$ ，外径允许偏差应不小于 $-2\text{mm}$ 。

7.5.2.2 表面平面度应不大于 $5\text{mm}$ 。

### 7.5.3 分布管

7.5.3.1 环状分布管整体平面度为 $\pm 5\text{mm}$ ，弯曲半径允许偏差为 $\pm 10\text{mm}$ 。

7.5.3.2 树枝状分布管的支管与主管出厂前应进行预研口。

7.5.3.3 喷嘴与分布管组后角度用与喷嘴外露部分等高，且与设计文件要求相同的角度样板和钢尺检查，其偏差应不大于 $1\text{mm}$ 。

### 7.5.4 汽提盘管

7.5.4.1 分布管整体平面度为 $\pm 5\text{mm}$ 。

7.5.4.2 空气环弯曲半径允许偏差为 $\pm 10\text{mm}$ 。

7.5.4.3 喷嘴与空气环角度应符合设计文件要求。

### 7.5.5 盘管煨制

7.5.5.1 管子弯制后，管壁表面不应有裂纹、分层、皱折、过烧等缺陷。

7.5.5.2 管壁减薄量应小于管壁的 $15\%$ 。

7.5.5.3 弯曲半径允许偏差为 $\pm 5\text{mm}$ 。

### 7.5.6 旋风分离系统预制

7.5.6.1 旋风分离器本体应按设计文件要求进行预制，其各部位的尺寸允许偏差值均应符合设计文件的规定。

7.5.6.2 旋风分离器的本体和灰斗供货状态应按合同要求进行预制，安装单位可根据预制深度进行整体或分段安装。

7.5.6.3 一、二级旋风分离器出厂前应进行预组装，且应保证一、二级旋风分离器中心线距离偏差为 $\pm 2\text{mm}$ ，合格后应做出明显的组装标识。

7.5.6.4 料腿的外形尺寸和焊缝质量应符合设计文件要求，有折弯的料腿应标注件号和方位线。

7.5.6.5 拉杆下料时应按设计文件要求预留调节余量。

7.5.6.6 翼阀制造应按设计文件要求进行，出厂前做好安装角度的测量标识。

## 7.6 预制加工件出厂

7.6.1 预制加工件出厂应有质量证明文件，质量证明文件应包括下列内容：

- a) 产品主要受压元件使用材料一览表（含焊接材料）；



- b) 产品制造变更报告;
- c) 材料超声检测报告;
- d) 焊接试板力学性能和弯曲性能试验报告;
- e) 外观及几何尺寸检验报告;
- f) 焊缝无损检测报告;
- g) 焊缝返修记录和超次返修的批准文件;
- h) 焊缝编号及焊工代号的说明文件;
- i) 排板图;
- j) 热处理记录;
- k) 总体尺寸检验记录。

7.6.2 分片出厂的筒体、封头、两器内件等预制加工件应有预组装记录。

## 8 壳体组焊

### 8.1 一般规定

8.1.1 壳体组装前应对预制加工件进行下列验收:

- a) 按本规程 7.6 条规定核查产品质量证明文件;
- b) 对零部件、半成品进行清点, 检查外观质量和几何尺寸。

8.1.2 预制件运到现场后, 应按设备编号、包装编号、组装顺序分别存放。

8.1.3 壳体组装前, 应将坡口及连接部位的污物、水及氧化层清除干净。

8.1.4 拆除工装卡具时, 不得损伤母材, 且应打磨平滑。

8.1.5 壳体应按排板图所规定的顺序、位置进行组装, 且不应强力进行组装。

8.1.6 同轴式或并列式两器壳体组装宜采用“筒体预制成段, 地面衬里, 分段正装, 内件同步跟进”的安装工艺。同轴式沉降器、再生器施工程序参见附录 B; 并列式沉降器、再生器施工程序参见附录 C。

### 8.2 筒体组焊

8.2.1 组装平台宜在基础附近铺设, 平台尺寸宜根据两器直径确定。

8.2.2 按排板图分别进行裙座、筒节、上、下封头组装, 组焊成型并检查合格后按吊装方案要求组焊成吊装段。

8.2.3 裙座按下列程序组焊:

- a) 将分瓣底座环板在平台上组对成一体, 对称焊接底座环板对接接头焊缝, 并应采取防变形措施;
- b) 焊后测量平面度, 变形较大时用机械或加热方式矫形;
- c) 裙座筒体组焊, 检查合格后进行裙座筒体与底座环连接角接接头组焊;
- d) 加强筋板组焊。

8.2.4 筒节组焊宜在平台上进行, 先在平台上按组对筒体的内径划一圆周线, 每隔 200mm~300mm 焊一块三角形挡板, 用吊车按排板图顺序围板组装, 用卡具调整错边量, 壁板端面应在同一平面上, 相邻两板上口水平度不得大于 1mm, 检查合格后进行定位焊。

8.2.5 筒节组焊时, 立缝内侧宜采用弧板控制角变形; 对于直径较大、刚性较差的筒节, 内部加十字或米字支撑临时加固, 并实测焊接前、后周长, 做出方位线标记。

8.2.6 与上、下封头、过渡段等相连接的筒节组焊时应测量组焊成型的封头、过渡段的实际周长。

8.2.7 采用正装或倒装法将各筒节组对成筒体吊装段。组对时以标记的一条方位线为基准, 用卡具调整间隙及错边量, 合格后进行焊接及无损检验。组焊成筒体吊装段后应将本段上开孔接管、内件支撑、临时吊耳等安装焊接完。

8.2.8 筒体纵向、环向焊接接头对口错边量  $b$  (图 8) 应符合表 2 的规定。

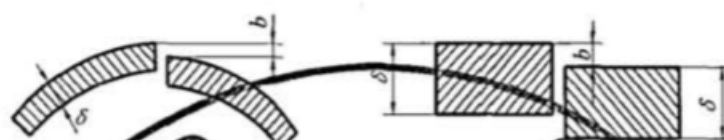


图8 焊接接头对口错边量

表2 焊接接头对口错边量

单位: mm

对口处钢材厚度 $\delta$	纵向对接接头	环向对接接头
	对口错边量 $b$	
$\delta \leq 12$	$\leq \delta/4$	$\leq \delta/4$
$12 < \delta \leq 20$	$\leq 3$	$\leq \delta/4$
$20 < \delta \leq 40$	$\leq 3$	$\leq 5$
$40 < \delta \leq 50$	$\leq 3$	$\leq \delta/8$
$\delta > 50$	$\leq \delta/16$ 且不大于 10	$\leq \delta/8$ 且不大于 10

注: 环向焊接接头两侧钢材厚度不等时, 测量对口错边量  $b$  不计入两板厚度的差值。

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

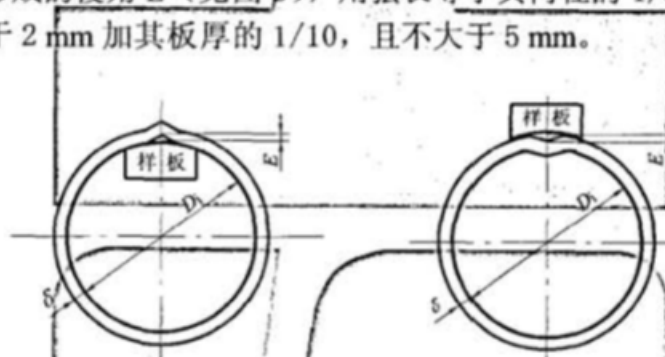
8.2.10 焊接接头纵向形成的棱角  $E$  (见图 9), 用弦长等于其内径的 1/6, 且不小于 300mm 的内样板或外样板检查不得大于 2mm 加其板厚的 1/10, 且不大于 5mm。

图9 焊接接头纵向形成的棱角检查示意

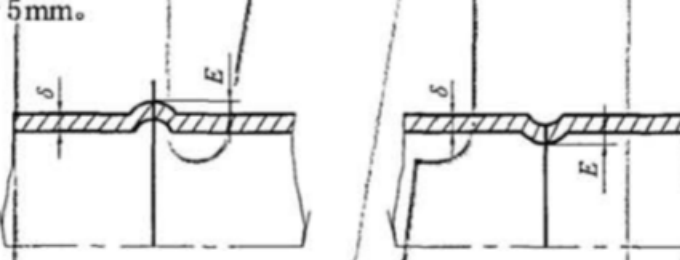
8.2.11 焊接接头环向形成的棱角  $E$  (见图 10), 用长度不小于 300mm 的直尺检查, 其棱角不得大于 2mm 加其板厚的 1/10, 且不大于 5mm。

图10—焊接接头环向形成的棱角检查示意

8.2.12 筒体直线度为筒体长度的 1/1000。当筒体长度大于 15m 时, 直线度应小于或等于  $0.5L/1000$  加 8mm ( $L$ : 筒体长度)。

8.2.13 筒体总长度允许正偏差为筒体总长度 2/1 000, 且不得大于 50mm, 不应有负偏差。

## 8.3 封头组焊

8.3.1 在钢平台上按图放样划出组装基准圆, 并作好标记, 组对时要预留焊接收缩量。

8.3.2 将基准圆按分瓣数进行等分, 在距等分线约 100mm 处点焊定位板, 每个瓣片定位板不宜少于 2 块。在组装基准圆内, 设置组对胎具, 胎具高度及直径根据封头尺寸确定, 胎具表面应按本规程 7.4.3.1



条的要求找好水平。

8.3.3 在组装胎具上做出4条方位线,围板在 $0^{\circ}$ 、 $180^{\circ}$ 方位线同时沿同一方向对称进行,用工卡具使瓣片紧靠定位板和胎具。

8.3.4 对口间隙应符合焊接工艺文件的要求,组装的允许偏差应符合本规程7.4.3条的有关规定。焊后的质量要求应符合本规程8.2.8条~8.2.11条规定。

8.3.5 对于直径较大、刚性较差的封头,内部加十字或米字支撑临时加固,并采用弧形板加固控制焊接变形。

8.3.6 在上封头距封头大口500mm范围内宜划出集气室或旋风分离器的安装基准圆,做出明显标记。

#### 8.4 开孔接管

8.4.1 将各段筒体平稳立置于平台或垫木上,按排板图画出 $0^{\circ}$ 、 $90^{\circ}$ 、 $180^{\circ}$ 、 $270^{\circ}$ 四条方位线及基准圆。

8.4.2 以基准圆为准,按接管的外径、管口方位、标高尺寸画出各段上的接管开孔位置,检查无误后用记号笔标注。

8.4.3 筒体组焊成吊装段后应及时进行开孔和接管安装。所有开孔宜先制作开孔样板,样板经检查无误后方可使用。

8.4.4 筒体焊缝上不宜开孔,若不可避免时,应将被覆盖处焊缝磨平,且以开孔中心为圆心,1.5倍开孔直径的范围内的焊缝进行100%射线检测,执行标准与合格等级应符合本规程10.5条的规定。

8.4.5 开孔补强圈影响开孔接管的焊接时,补强圈可分成2块~3块,每块补强圈上应有一个信号孔,且信号孔不得堵塞。每块补强圈应与筒体紧密贴合。

8.4.6 开孔补强圈若与筒体变截面交界处的焊道相碰时,可以割除部分补强圈。保留部分的补强圈的宽度应不小于设计宽度的2/3。

8.4.7 法兰面应垂直于接管或设备的主轴中心线,垂直度偏差不得超过法兰外径的1% (法兰外径小于100mm时,按100mm计算),且不得大于3mm。除设计文件另有要求外螺栓孔应跨中。

8.4.8 设备开孔方位允许偏差为 $\pm 5\text{mm}$ ,标高允许偏差为 $\pm 5\text{mm}$ 。所有不和设备垂直的开孔接管,其斜管安装角度与其检查样板之间的间隙应不大于样板长度的1/100。人孔、装卸孔安装方位与安装标高允许偏差为 $\pm 10\text{mm}$ 。

8.4.9 开口接管伸入设备内部的长度允许偏差为正偏差,且不应大于5mm。

8.4.10 封头上反应物出口或烟气出口的中心与并列式两器稀相段筒体中心线偏移不得大于6mm。

8.4.11 同轴式两器底部塞阀开孔宜在待生立管安装找正后,吊线坠测定实际位置再进行开孔,塞阀开孔与待生催化剂立管的下段中心允许偏差(同心度)应不大于2mm。

#### 8.5 壳体总体尺寸检验

8.5.1 壳体圆度应不大于设备筒体内直径的1%,且应不大于25mm。

8.5.2 壳体直线度应符合表3的规定。

表3 壳体直线度质量标准

单位: mm

检查项目		允许偏差值
任意3000长度		3
全长	$H \leq 15000$	$H/1000$
	$H > 15000$	$0.5H/1000$ 加8
注: $H$ ——筒体高度。		

8.5.3 壳体高度允许偏差应符合表4的规定。



表 4 壳体高度允许偏差

单位: mm

检查项目		允许偏差值
上、下两封头焊缝之间的距离 $H$	$\leq 30\,000$	$+1.3H/1\,000$ 且不超过 $+20$
	$> 30\,000$	$+40$
底座环底面至筒体下封头与筒体连接焊缝的距离 $H_1$		$\pm 2.5 H_1/1\,000$ 且不超过 $\pm 6$

8.5.4 焊接接头质量和棱角应符合本规程 8.2.10 条、8.2.11 条和第 10 章的规定。

## 9 两器内件组焊

### 9.1 旋风分离系统

9.1.1 一、二级旋风分离器正式安装前宜在平台上进行预组装, 组装后中心线距离允许偏差为  $\pm 2\text{mm}$ 。预组装合格后, 将接口处作好标记。

9.1.2 旋风分离器安装前宜先临时悬挂在器壁上, 也可从装卸孔进入。旋风分离器安装应符合下列规定:

- 旋风分离器组装焊接后, 其垂直度应不大于  $5\text{mm}$ , 一级旋风分离器入口标高允许偏差为  $\pm 5\text{mm}$ ;
- 旋风分离器现场组焊焊缝及二级旋风分离器出口管与集气室的焊缝, 除设计文件另有规定外, 只进行外观检验;
- 旋风分离器吊杆中心到旋风分离器本体主轴线距离的偏差不得大于  $3\text{mm}$ 。

9.1.3 料腿下端与分布管(板)垂直距离允许偏差为  $\pm 20\text{mm}$ 。料腿与旋风分离器间的接口及料腿间的接口应熔透焊。

9.1.4 料腿拉杆不得强力组装。拉杆应熔透焊, 每层拉杆中心线应在同一水平面上, 各拉杆水平度为  $2\text{mm/m}$ 。

9.1.5 旋风分离器检修平台支持角钢一端的螺母应拧紧, 另一端螺母拧紧后再松回半个螺距, 用第二个螺母锁紧。

9.1.6 翼阀的安装角度、出口方向、折翼板与固定板间隙应符合设计文件要求, 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。

9.1.7 翼阀或防倒锥至分布管(板)的距离允许偏差为  $\pm 10\text{mm}$ 。

9.1.8 防倒锥安装水平度为  $4\text{mm/m}$ 。

9.1.9 除设计另有规定外, 旋风分离器吊挂安装应符合下列要求:

- 吊挂方位允许偏差应不大于  $5\text{mm}$ ;
- 标高允许偏差为  $\pm 5\text{mm}$ ;
- 吊挂安装垂直度不得大于  $1\text{mm}$ ;
- 吊挂焊缝应饱满、平滑, 且无裂纹、无夹渣、无咬肉等缺陷, 焊缝表面应进行  $100\%$  渗透检测, 执行标准与合格等级应符合规程 10.5 条的规定。

### 9.2 分布管

9.2.1 主风分布管宜在筒体组段时同步组装, 也可在壳体组焊安装完。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, 并应进行表面渗透检测; 分布主管与支管的连接焊缝也应进行表面渗透检测, 执行标准与合格等级应符合本规程 10.5 条的规定。

9.2.2 树枝状分布管安装应符合下列要求:

- 树枝状分布管的标高允许偏差为  $\pm 5\text{mm}$ ;
- 各组分布管水平度应符合表 5 的要求。

表5 树枝状分布管水平度质量标准

单位: mm

1. **Introduction**

2. **Background**

3. **Methodology**

4. **Results**

5. **Discussion**

6. **Conclusion**

7. **References**

8. **Appendix**

9. **Index**

10. **Index**

11. **Index**

12. **Index**

13. **Index**

14. **Index**

15. **Index**

16. **Index**

17. **Index**

18. **Index**

19. **Index**

20. **Index**

21. **Index**

22. **Index**

23. **Index**

24. **Index**

25. **Index**

26. **Index**

27. **Index**

28. **Index**

29. **Index**

30. **Index**

31. **Index**

32. **Index**

33. **Index**

34. **Index**

35. **Index**

36. **Index**

37. **Index**

38. **Index**

39. **Index**

40. **Index**

41. **Index**

42. **Index**

43. **Index**

44. **Index**

45. **Index**

46. **Index**

47. **Index**

48. **Index**

49. **Index**

50. **Index**

51. **Index**

52. **Index**

53. **Index**

54. **Index**

55. **Index**

56. **Index**

57. **Index**

58. **Index**

59. **Index**

60. **Index**

61. **Index**

62. **Index**

63. **Index**

64. **Index**

65. **Index**

66. **Index**

67. **Index**

68. **Index**

69. **Index**

70. **Index**

71. **Index**

72. **Index**

73. **Index**

74. **Index**

75. **Index**

76. **Index**

77. **Index**

78. **Index**

79. **Index**

80. **Index**

81. **Index**

82. **Index**

83. **Index**

84. **Index**

85. **Index**

86. **Index**

87. **Index**

88. **Index**

89. **Index**

90. **Index**

91. **Index**

92. **Index**

93. **Index**

94. **Index**

95. **Index**

96. **Index**

97. **Index**

98. **Index**

99. **Index**

100. **Index**

b) 外集气室与封头对应开口方位允许偏差应不大于 3mm。

### 9.5 其他内件

9.5.1 环形挡板安装应符合下列要求:

- a) 相邻环形挡板安装间距允许偏差为 $\pm 5\text{ mm}$ ，累计允许偏差为 $\pm 10\text{ mm}$ ；  
b) 内环形挡板的外口与内提升管外壁间距、外环形挡板的内口与汽提段壳体内壁间距的允许偏差均为负偏差且应不小于 $-5\text{ mm}$ 。

9.5.2 油气阻挡圈安装应符合下列要求:

- a) 油气阻挡圈水平度应不大于 5mm;  
b) 油气阻挡圈间距允许偏差为  $\pm 10$  mm, 遇环向焊缝时, 可将间距缩短或延长 50 mm;  
c) 油气阻挡圈中间不允许间断, 遇到开孔接管时, 把油气阻挡圈断开再与接管焊成一体。

9.5.3 蒸汽盘管安装水平度为其直径的  $1/1\,000$ , 立管的垂直度为其高度的  $1/1\,000$ , 且应不大于  $10\text{ mm}$ 。

9.5.4 塞阀开向应与待生立管下口对中,其同轴度应不大于2mm。

## 10 焊接及检验

## 10.1 一般规定

10.1.1 设备筒体的焊接可采用焊条电弧焊、熔化极气体保护焊、埋弧焊,内件及接管焊接宜采用焊条电弧焊,小直径筒体焊接宜采用氩弧焊打底。施焊前应按不同部位与资源情况确定施焊方法,并按本规程 6.1.3 条规定编制焊接工艺文件。

10.1.2 定位焊和焊缝返修宜采用与正式焊接相同的焊接工艺,也可采用经评定合格的焊接工艺。

10.1.3 焊接设备应有防护设施及可靠的接地, 并保持良好工作状态。

10.1.4 焊接环境出现下列任一情况时,未采取防护措施不得施焊:



- a) 气体保护焊风速大于 2 m/s; 其他焊接方法风速大于 8 m/s;
- b) 焊件温度低于  $-20^{\circ}\text{C}$ ;
- c) 相对湿度大于 90%;
- d) 雨、雪环境。

10.1.5 当焊件温度为  $-20^{\circ}\text{C} \sim 0^{\circ}\text{C}$  时, 对无预热要求的焊件应在始焊处 100mm 范围内预热到  $15^{\circ}\text{C}$  以上。

10.1.6 焊接不锈钢及铁镍合金时, 焊工应使用不锈钢材料制作的刨锤、钢丝刷等工具, 打磨焊缝应用不锈钢专用砂轮片。

10.1.7 衬里前, 将被衬里覆盖部位的所有焊接接头的焊接和检验工作全部完成并办理交接手续。

## 10.2 焊接材料

10.2.1 焊接材料必须具有质量证明文件。

10.2.2 焊接材料应按焊接工艺文件要求进行烘干、存放。

10.2.3 焊接材料设专人负责烘干、保管、发放, 焊工每次领用的焊接材料的规格、型号牌号、数量、使用部位应予以记录。

10.2.4 焊接材料库房应有温度与湿度调节设施, 温度不低于  $5^{\circ}\text{C}$ , 相对湿度不大于 60%, 离地面与墙面应大于 300mm, 不同规格不同材质应分类存放, 并定期检查和记录。

10.2.5 施焊过程中焊条应存放在保温筒内, 并应在 4h 内用完, 未用完的焊条应重新烘干, 重复烘干次数不应超过 2 次。

10.2.6 使用前焊丝表面的油污及氧化层应清理干净。

10.2.7 焊接过程中未熔化的埋弧焊焊剂可以回收再利用, 在重复使用前, 应将熔渣和其他杂物分离并加入不少于 50% 的新焊剂均匀混合。

## 10.3 焊接工艺

10.3.1 焊接应采用评定合格的焊接工艺, 焊接线能量应控制在焊接工艺文件给定的范围内。

10.3.2 焊前应彻底清理焊缝坡口及附近表面的油、锈、泥等污物, 宜用砂轮机打磨见金属光泽。焊接不锈钢时, 坡口两侧各 100mm 范围内应涂上白垩粉或其他防飞溅涂料。

10.3.3 定位焊宜在清根侧进行, 定位焊焊道长度宜为 30mm~50mm, 焊道高度 5mm~8mm, 间距宜为 400mm 左右。不应在焊道以外的地方引弧, 收弧处不应有裂纹。

10.3.4 采用多层焊时, 层间接头应错开 50mm 以上。

10.3.5 焊前预热的焊接接头, 预热温度及层间温度应符合焊接工艺文件的规定, 施焊过程中应控制层间温度, 当焊接两种不同类别的钢材组成的焊接接头时, 预热温度按要求高的钢材选用。预热可采用电加热或火焰加热, 加热范围应符合下列规定:

- a) 碳素钢和低合金钢加热范围为焊接接头中心线两侧各不小于 3 倍壁厚;
- b) 标准抗拉强度下限值大于或等于 540MPa 钢及铬钼钢加热范围为焊接接头中心线两侧各不小于 3 倍壁厚, 且不小于 100mm。

10.3.6 对于奥氏体不锈钢和铁镍合金的焊接, 宜采用多道焊, 且采用小电流、短电弧、不摆动或小摆动的操作方法。每层焊道接头应错开, 错开间距应符合本规程 10.3.4 条的要求, 每一焊道完成后应彻底清除焊道表面的熔渣, 并消除各种表面缺陷。

10.3.7 当焊接吊挂板及烟气出口的铁镍合金管时, 宜采用在焊缝两侧加装冷却铜块或采用其他措施减少焊缝的高温停留时间, 加快焊缝冷却速度。

10.3.8 焊接中应控制收弧和引弧处的质量, 引弧应在引弧板或坡口内进行, 收弧时应将弧坑填满, 并用砂轮机将收弧处修磨平整。

10.3.9 采用碳弧气刨时, 应将刨槽的氧化层打磨干净露出金属光泽; 奥氏体不锈钢、铁镍合金不得采

用电弧气刨。

10.3.10 每条焊缝宜一次连续焊完，当因故中断焊接时，应根据工艺要求采取保温缓冷或后热等防止产生裂纹的措施，再次焊接前应检查焊层表面，确认无裂纹后，方可按原工艺要求继续施焊。

10.3.11 焊接工艺文件对焊接接头有后热要求时，后热应在焊后立即进行，后热温度宜为 200℃～350℃，保温时间应不少于 30min。

10.3.12 压力容器现场组焊必须制备产品焊接试板。产品焊接试板的尺寸、试样截取和数量、试验项目、合格标准和复验要求应符合 JB 4744 的规定。

10.3.13 对有裂纹倾向的材料根部焊道，清理后应做渗透检测。

10.3.14 施焊后，焊工在焊缝附近标识其代号，施工员应在排板图上标识焊工代号。

10.3.15 与设备壳体焊接的吊耳、工卡具等工件应符合下列规定：

- a) 材质应与设备壳体相同或同一类别号；
- b) 采用评定合格的焊接工艺；
- c) 连接板与设备壳体的角焊缝采用连续焊缝且不拆除时，应在雨水不易流入的部位留出通气孔；
- d) 设备壳体焊接有预热要求的，施工应符合本规程 10.3.5 条规定，预热范围不小于工件周边 150mm；
- e) 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负偏差。

10.3.16 焊缝缺陷修补与焊缝缺陷返修按以下规定进行：

- a) 焊缝表面缺陷修磨深度不应低于该部位钢板表面，且应打磨平滑；
- b) 焊接修补的预热温度应取上限；
- c) 焊缝内部缺陷应进行返修，返修焊缝应重新检测，其质量要求与原焊缝相同；
- d) 同一部位返修次数不宜超过 2 次；超次返修应有按本单位质量管理程序经技术总负责人批准的措施，并有返修记录；
- e) 缺陷可采用机械方法清除，也可采用碳弧气刨方法清除，采用碳弧气刨时应符合本规程 10.3.9 条的规定。

10.4 外观检验

10.4.1 压力容器焊接接头外观质量应符合以下规定：

- a) 不得有裂纹、气孔、夹渣、未熔合、未填满、弧坑和熔合性飞溅物；
- b) A、B 类接头焊缝余高  $e_1$ 、 $e_2$ （见图 11）应符合本规范表 6 的规定；

表 6 焊缝余高质量标准

单位：mm

标准抗拉强度下限值大于或等于 540MPa 钢、 铬钼耐热钢				其他钢材			
单面坡口		双面坡口		单面坡口		双面坡口	
$e_1$	$e_2$	$e_1$	$e_2$	$e_1$	$e_2$	$e_1$	$e_2$
0~0.1 $\delta_s$ 且不大于 3	0~1.5	0~0.1 $\delta_{s1}$ 且不大于 3	0~0.1 $\delta_{s2}$ 且不大于 3	0~0.15 $\delta_s$ 且不大于 4	0~1.5	0~0.15 $\delta_{s1}$ 且不大于 4	0~0.15 $\delta_{s2}$ 且不大于 4
注 1：表中 $\delta_s$ ——焊接接头处钢材厚度； $\delta_{s1}$ 、 $\delta_{s2}$ ——焊接接头处坡口钝边两侧的钢材厚度。 注 2：表中计算值小于 1.5 时，取 1.5。							





图 11 A、B 类焊接接头焊缝余高测量示意

- c) C、D 类接头的焊脚高度，设计文件无规定时，取薄焊件厚度；
- d) 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；
- e) 下列焊缝表面不得有咬边：
- 1) 标准抗拉强度下限值大于或等于 540 MPa 钢；
  - 2) 铬钼耐热钢；
  - 3) 奥氏体不锈钢、铁镍合金；
  - 4) 焊缝系数为 1.0 的对接焊接接头。

10.4.2 压力容器 A、B 类焊接接头对口错边量应符合本规程 8.2.8 条要求。

10.4.3 焊接接头纵向形成的棱角与环向形成的棱角符合本规程 8.2.10 条、8.2.11 条的要求。

10.4.4 除本规程 10.4.1 条以外的焊接接头外观质量标准应符合表 7 的规定。

表 7 常压容器焊接接头外观质量标准

检验项目	质量标准
裂纹	不允许
表面气孔	每 50 焊缝长度内允许直径不大于 $0.3\delta$ 且不大于 2 的气孔 2 个，孔间距不小于 6 倍孔径
表面夹渣	深度不大于 $0.1\delta$ ，长度不大于 $0.1\delta$ 且不大于 10
咬边	深度不大于 $0.05\delta$ 且不大于 0.5，连续长度不大于 100 且焊缝两侧咬边总长度不大于焊缝全长的 10%
未焊透	不加垫单面焊允许值不大于 $0.15\delta$ 且不大于 1.5。在 $6\delta$ 焊缝长度内缺陷总长不超过 $\delta$
根部收缩	不大于 0.2 加 $0.02\delta$ 且不大于 1，长度不限
角焊缝厚度不足	不大于 0.3 加 $0.05\delta$ 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 加 $0.15a$
余高	不大于 1 加 $0.2b$ 且最大为 5

注： $\delta$ ——母材厚度； $a$ ——焊脚高度； $b$ ——焊缝宽度。

## 10.5 无损检测

10.5.1 焊接接头无损检测应在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。

10.5.2 射线检测执行 JB/T 4730.2 的规定，其检测技术不应低于 AB 级；超声检测执行 JB/T 4730.3 的规定，其检测技术不应低于 B 级；磁粉检测执行 JB/T 4730.4 的规定；渗透检测执行 JB/T 4730.5 的规定。

10.5.3 除设计文件另有规定外，焊接接头无损检测的比例与合格级别应执行下列规定：

- a) 焊缝系数为 1.0 的对接焊接接头, 进行 100%射线检测, II 级合格;
- b) 除本条 a) 项以外的对接焊接接头进行 20%射线检测, III 级合格;
- c) 先拼板后成型的封头拼接接头, 应在成型前按本条 a)、b) 项规定进行射线检测合格, 在成型后进行 100%磁粉检测, I 级合格;
- d) 设备与裙座角接焊缝、同轴式两器汽提段与壳体角接焊缝、内集气室筒体与壳体角接焊缝的根部及表面均应进行 100%渗透检测, I 级合格;
- e) 有热裂纹倾向的焊接接头根部与焊缝表面应进行 100%表面无损检测, I 级合格;
- f) 缺陷修磨或补焊处的表面、吊耳和工卡具等拆除处的焊痕表面应进行 100%表面检测, I 级合格;
- g) 被补强圈、支座、垫板、内件等覆盖的焊接接头应进行 100%射线检测, II 级合格;
- h) 有热裂纹倾向的承压焊缝热处理后再进行 20%表面无损检测, I 级合格。

10.5.4 公称直径大于或等于 250mm 或壁厚大于 28mm 的接管与长颈法兰、接管与接管对接焊接接头应进行射线检测; 公称直径小于 250mm 且壁厚小于或等于 28mm 的接管与长颈法兰、接管与接管对接焊接接头可进行渗透检测, 其检测比例及合格级别应与壳体对接焊接接头要求相同。

10.5.5 焊接接头采用超声检测的比例与合格级别应符合下列规定:

- a) 进行 100%超声检测的对接接头焊缝, I 级合格;
- b) 进行局部超声检测的对接接头焊缝, II 级合格。

10.5.6 进行局部无损检测的焊接接头, 当发现不合格时, 应在该缺陷两端的延伸部位增加检测长度, 且每侧不得小于 250mm; 若仍不合格, 则该焊工焊接的焊接接头做 100%无损检测。

## 10.6 焊后热处理

10.6.1 设备热处理前所有焊接接头的焊接与检验工作应全部完成, 设备加热区域清理干净。

10.6.2 现场组焊设备采用炉内整体或分段热处理时, 应符合 GB 150 的规定。

10.6.3 当设备整体热处理时, 宜采用将设备置入封闭炉内整体加热, 也可在设备内加热, 同时进行外部保温的热处理方式。

10.6.4 环缝及接管的焊后热处理宜采用局部电加热方法。加热带内任意一点温度应不低于焊后热处理规定的温度, 加热带以外部分应采取保温措施防止产生有害的温度梯度。

10.6.5 对接焊缝局部热处理加热宽度, 每侧不应小于焊缝宽度的 3 倍; 接管与壳体或其他焊接部件角接焊缝的局部热处理, 加热范围不应小于 6 倍壳体厚度。

10.6.6 局部热处理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不大于 4.5m, 且每条焊缝不少于 2 点。

10.6.7 局部热处理操作按下述要求进行, 时间与温度曲线记录应采用自动记录仪记录:

- a) 升温至 300℃后, 升温速度不得超过 80℃/h;
- b) 300℃以上升温 and 降温时, 任意两测点的温差不得大于 120℃;
- c) 恒温时间按壳体厚板对接接头焊缝厚度计算, 每 25mm 保持 1h, 且不应少于 1h;
- d) 恒温时, 任意两测点的温差不宜大于 65℃;
- e) 降温时, 300℃以上降温速度不得超过 50℃/h;
- f) 降温至 300℃以不时可在空气中自然冷却。

## 11 安装

### 11.1 设备安装

#### 11.1.1 基础交安

11.1.1.1 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 8~表 10 的要求进行相关数据的复测。



单位: mm

于 20

单位: mm

允许偏差值  
0 且不大于 5  
± 5  
± 2  
且不大于 15

单位: mm

允许偏差值  
20  
0  
-20  
5  
10  
+10  
0  
± 5  
± 2  
2  
10  
+20  
0  
10  
+ 5  
0

6	预埋件	中心线位置	10
		平直度	5

- 11.1.1.2 基础施工单位应在交付的基础上划出标高基准线和纵、横中心线。
- 11.1.1.3 钢构架式基础在灌浆混凝土强度达到设计文件要求、焊接与检验工作完成后方可进行安装作业。
- 11.1.1.4 基础混凝土表面不得有油渍及疏松层，并按下列规定进行表面处理：
- 放置垫铁处应铲平；
  - 除放置垫铁处以外凿成麻面，以  $100\text{mm} \times 100\text{mm}$  面积内有 3 个~5 个深度不小于 10mm 的麻点为宜。
- 11.1.2 地脚螺栓
- 11.1.2.1 预埋地脚螺栓中任意两螺栓露出基础表面的高度差不得大于 2mm；螺纹应无损坏、无锈蚀，且有保护措施。
- 11.1.2.2 预留孔地脚螺栓的安装要求：
- 螺栓应垂直，与孔壁间距宜大于 15mm，与孔底的距离宜大于 50mm；
  - 螺栓上的油脂、铁锈和污垢应清除干净。
- 11.1.2.3 预埋套管的地脚螺栓孔中心位置、套管的垂直度应符合本规程表 8 的规定。
- 11.1.2.4 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，且露出长度均匀一致。螺纹外露部分应涂防锈脂。
- 11.1.3 垫铁布置
- 11.1.3.1 垫铁均布在地脚螺栓的两侧，并靠近地脚螺栓，有加强筋的设备支座，垫铁应垫在加强筋下；相邻两垫铁组的中心距不宜大于 500mm。
- 11.1.3.2 每组垫铁的块数不应超过 5 块，放置平垫铁时，最厚的放在下面，成对使用的斜垫铁应放在平垫铁上面。两斜面相对使用，搭接长度不应小于全长的 3/4；垫铁组高度宜为 30mm~80mm。
- 11.1.3.3 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，垫铁应露出设备底座底板外缘 10mm~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。
- 11.1.3.4 安装在钢构架基础上的设备找正后，其垫铁与钢结构基础应焊接固定。
- 11.1.4 设备安装测量基准与质量标准
- 11.1.4.1 设备支座的底面作为安装标高的测量基准。
- 11.1.4.2 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。
- 11.1.4.3 卧式设备两侧水平方位线作为水平度的测量基准。
- 11.1.4.4 设备安装的质量标准应符合本规程表 11 的规定。高度超过 20m 时，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。方位线沿底座圆周测量。

表 11 设备安装质量标准

单位：mm

项次	检查项目		允许偏差值
1	标高		$\pm 5$
2	垂直度		$H/1000$ 且不大于 20
3	水平度		轴向 $H/1000$ ，径向 $2D_0/1000$
4	方位	$D_0 \leq 2000$	10
		$D_0 > 2000$	15

注： $D_0$  为设备的外直径， $H$  为设备两端部测点间的距离。



### 11.1.5 灌浆

11.1.5.1 灌浆前应用水将基础表面冲洗干净,保持湿润不应少于 24h。地脚螺栓预留孔灌浆前 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。

11.1.5.2 灌浆材料宜采用细石混凝土,其强度等级应比基础的混凝土强度等级高一级。

11.1.5.3 设备灌浆面应与底座环上表面平齐。外缘的灌浆层应压实抹光,上表面应略有向外的坡度,高度应略低于设备底座板边缘的上表面。

### 11.2 附属设备安装

#### 11.2.1 三级旋风分离器

11.2.1.1 立管式三级旋风分离器上、下隔板安装方位按圆周测量,允许偏差应不大于 5mm。上、下隔板间对应管孔同轴度应不大于 2mm。

11.2.1.2 立管式三级旋风分离器分离单管垂直度不得大于 3mm,任意两相邻分离单管导向叶片旋向相反,排气管与单管的同轴度应不大于 1mm。

11.2.1.3 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,水平度应不大于 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  $\pm 0.25^\circ$ 。

11.2.1.4 分离单管安装时,根据其压降试验值,相邻单管的压降应相近。对于立管式三级旋风分离器,应将压降大的分离单管布置在内圈,压降较小的分离单管布置在外圈;对于卧管式三级旋风分离器,应将压降大的分离单管布置在上层,压降小的分离单管布置在下层。

11.2.1.5 三级旋风分离器内的膨胀节应按设计文件的要求进行预拉伸。

11.2.1.6 吊筒与筒体的同轴度为三级旋风分离器筒体内径的 1/1 000。

#### 11.2.2 四级旋风分离器

11.2.2.1 四级旋风分离器安装垂直度应不大于 5mm。

11.2.2.2 旋风分离器与烟道接口组焊质量符合本规程 11.3.1 条要求。

#### 11.2.3 辅助燃烧室

11.2.3.1 弹簧支座安装时,顶面标高与设计标高偏差为  $\pm 2\text{mm}$ 。弹簧支座安装找正过程中不得拆除固定板。

11.2.3.2 辅助燃烧室出口管与再生器空气入口主管组装时,其同轴度允许偏差应不大于 6mm。

11.2.3.3 燃烧器安装前进行复验,其中心与法兰面垂直度允许偏差为油枪长度的 1/1 000。

#### 11.2.4 提升管反应器

11.2.4.1 环缝组焊质量符合本规程 8.2.8 条、8.2.11 条和 8.2.13 条的规定。

11.2.4.2 安装后垂直度偏差应不大于 20mm。

11.2.4.3 进料喷嘴外套管的中心线应汇交于一点,其位置允许偏差应不大于 2mm,角度允许偏差为  $\pm 0.5^\circ$ 。

### 11.3 连接管道安装

#### 11.3.1 斜管、烟道组焊

11.3.1.1 对口错边量允许偏差符合表 12 的规定。

表 12 错边量允许偏差

单位: mm

对口处母材厚度 $\delta_s$	对口错边量
$\delta_s \leq 6$	$\leq \delta_s/4$
$6 < \delta_s \leq 10$	$\leq \delta_s/5$
$\delta_s > 10$	$\leq \delta_s/10+1$

11.3.1.2 斜管、烟道安装不得出现折弯,直线度为长度的 1/1 000,且不大于 20mm。

### 11.3.2 膨胀节安装

11.3.2.1 膨胀节的拉杆、铰链板、平衡环、销轴等主要受力部件，不得随意拆除、更改和更换。

11.3.2.2 波形膨胀节的预拉伸或预压缩、铰链膨胀节的预变位应按设计文件要求进行。膨胀节连接短节端面与管道端面应平口相接，并应与管道保持同轴。

11.3.2.3 波形膨胀节的装运螺栓在运输、吊装和安装过程中不得拆除。大拉杆结构固定螺母不得松动；波形膨胀节临时约束应在系统气密前按设计文件要求进行拆除。

11.3.2.4 不得强力组装膨胀节，不得用膨胀节的变形来补偿安装偏差。铰链膨胀节安装时，铰链板与管道轴线平行，方位正确。

11.3.2.5 膨胀节运输、安装过程中采取保护措施防止机械损伤和电弧擦伤，并做好成品保护。

11.3.2.6 膨胀节导流筒方向应与设计文件规定的方向一致。

### 11.3.3 滑阀安装

11.3.3.1 阀杆应保持水平，位置便于操作。

11.3.3.2 阀体与烟道不得强力组对，组焊过程中阀板应处于完全关闭状态。

11.3.3.3 恒力弹簧吊架安装之前不得对滑阀进行调整。

11.3.3.4 滑阀安装后在烟道内进行作业时，阀板应处于关闭状态且不得有异物进入滑道内。

### 11.3.4 支吊架安装

11.3.4.1 设备与管道安装后及时调整固定支吊架，支吊架安装位置应准确，安装应牢固，并处于设计文件规定的受力状态。

11.3.4.2 弹簧支吊架安装高度与弹簧安装荷载（刻度值）应符合设计文件要求，不得采取调整弹簧支吊架螺杆设定高度的方法补偿安装偏差，并做好记录。

11.3.4.3 导向支架或滑动支架的滑动面洁净平整，不得有歪斜和卡涩现象；对热位移管道和设备吊点或支点应在位移反方向。

11.3.4.4 设备与支架间的垫板应与支架焊接牢固。临时固定件应在系统气密试验前按设计文件要求拆除。

11.3.4.5 滚轮安装方向应与设计文件规定的方向一致。

## 12 耐压试验和气密性试验

### 12.1 开孔接管角接接头检查

12.1.1 开孔补强圈应通入 0.4 MPa~0.5 MPa 的压缩空气并涂刷中性发泡剂进行焊缝质量的检查，无渗漏为合格。

12.1.2 无补强圈接管与设备壳体的角焊缝应进行煤油试漏检查。

### 12.2 内、外取热管耐压试验

12.2.1 耐压试验前焊接与检验工作应全部完成。

12.2.2 试压宜采用工业用水，对奥氏体不锈钢材质水中氯离子含量不应大于 25 mg/L。

12.2.3 试验压力按设计文件要求，取热管为碳钢时试验介质温度不得低于 5℃，取热管为铬钼钢时试验介质温度不得低于 15℃。

12.2.4 试验时高点设排气口，充液时取热管内的空气排净。试验过程中保持观察表面的干燥。

12.2.5 试验时压力缓慢上升达到规定试验压力后，停压时间应不少于 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检查。无渗漏、无变形为合格。

### 12.3 气密性试验

12.3.1 试压前所有焊接及检验工作全部完成，所有管孔已封闭。

12.3.2 气密试验压力执行设计文件规定，试验介质用洁净干燥的压缩空气或仪表风。

12.3.3 试验时压力应缓慢上升，达到规定试验压力后，对所有焊接接头和连接部位进行泄漏检查，无泄漏为合格。



### 13 施工过程技术文件

13.1 反应再生系统设备施工应按检验试验文件规定进行过程质量控制，并按 SH/T 3543 的规定进行记录。

13.2 施工过程中应进行施工质量检查确认，审查相关资料，隐蔽工程未经验收不得进行后续施工。

13.3 工程完工后，应将设备内部清理干净，进行联合检查，确认合格后封闭所有开孔。

13.4 工程验收时，应对下列资料检查确认：

- a) 基础复测记录；
- b) 设备开箱检验记录；
- c) 立式设备安装检验记录；
- d) 卧式设备安装检验记录；
- e) 催化反应（沉降）器附件安装检验记录；
- f) 催化再生器附件安装检验记录；
- g) 隐蔽工程记录；
- h) 设备耐压/严密性试验记录；
- i) 防腐工程质量验收记录；
- j) 隔热耐磨衬里质量检验记录；
- k) 基础沉降观测记录；
- l) 工程变更一览表；
- m) 竣工图。

13.5 现场组焊压力容器还应确认下列资料：

- a) 合格焊工登记表；
- b) 无损检测人员登记表；
- c) 排板图；
- d) 产品主要受压元件使用材料一览表（含焊接材料）；
- e) 压力容器外观及尺寸检验报告；
- f) 设备开孔接管检查记录；
- g) 现场组焊设备焊接工作记录；
- h) 产品焊接试板力学性能和弯曲性能检验报告；
- i) 设备热处理报告；
- j) 无损检测报告。

13.6 现场安装的压力容器安装单位应出具“锅炉压力容器安装质量证明书”。现场组焊的压力容器安装单位应取得“锅炉压力容器产品安全性能监督检验证书”。

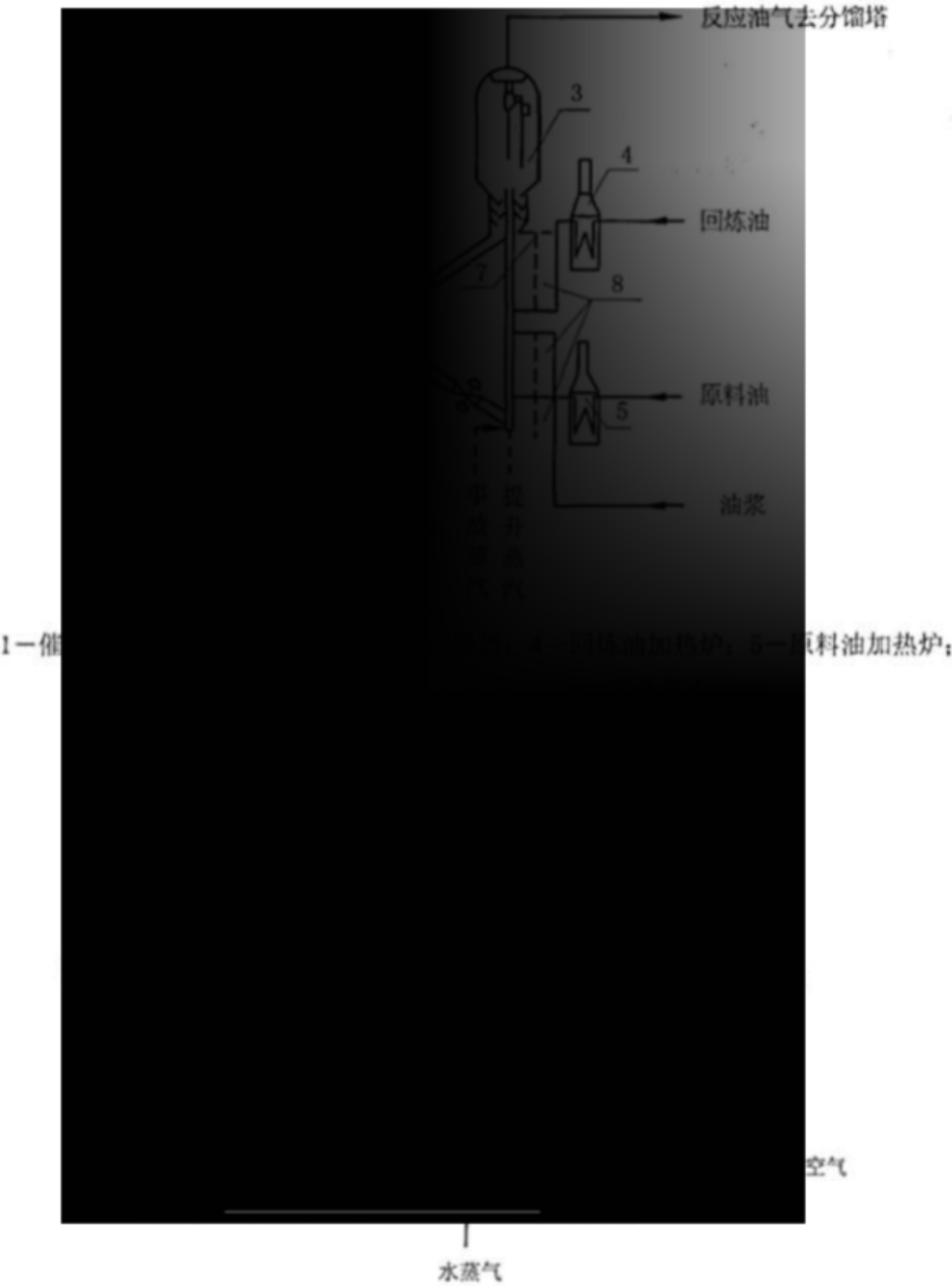
13.7 交工技术文件按合同规定的工程范围和 SH/T 3503 的规定，由责任单位负责编制、审核，并向建设单位移交。



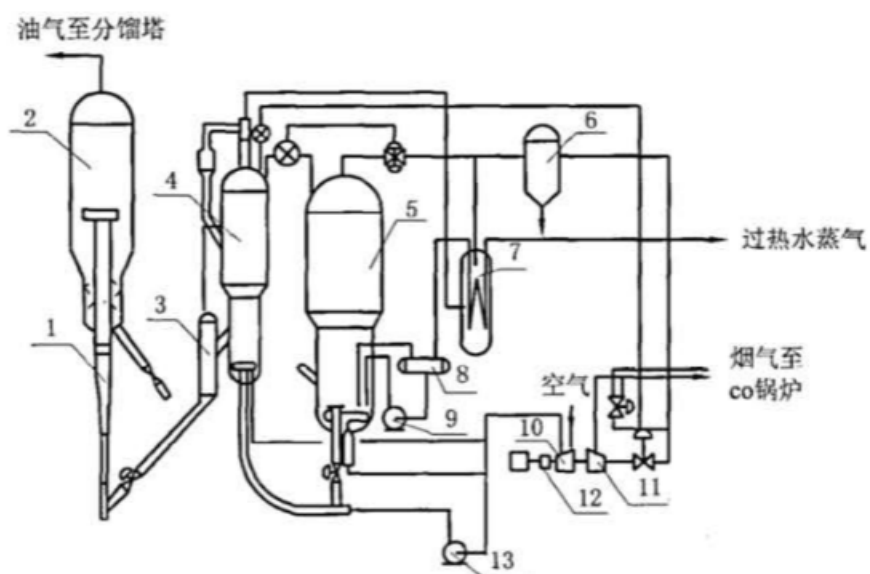
附录 A  
(资料性附录)

常见催化裂化装置几种型式

图 A. 1～图 A. 6 分别给出了高低并列式催化裂化装置示意、等高并列式催化裂化装置示意、有取热设施的双器两段催化裂化装置示意、同轴式催化裂化装置示意、带烧焦罐再生的提升管催化裂化装置示意、后置烧焦罐两段再生催化裂化装置示意。

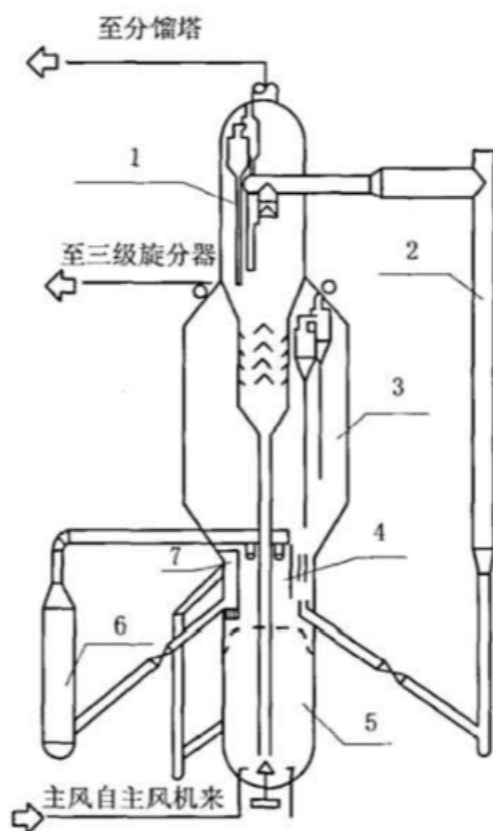


1—分馏塔；2—反应器；3—再生器  
图 A. 2 等高并列式催化裂化装置示意



1—提升管；2—反应器；3—脱气罐；4—二级再生器；5—一级再生器；6—三级旋风分离器；7—蒸汽过热器；  
8—汽包；9—水泵；10—主风机；11—烟机；12—电动机/发电机；13—增压鼓风机

图 A.3 有取热设施的双器两段催化裂化装置示意



1—沉降器；2—提升管；3—再生器；4—二段；5—一段；6—外取热器；7—溢流区

图 A.4 同轴式催化裂化装置示意



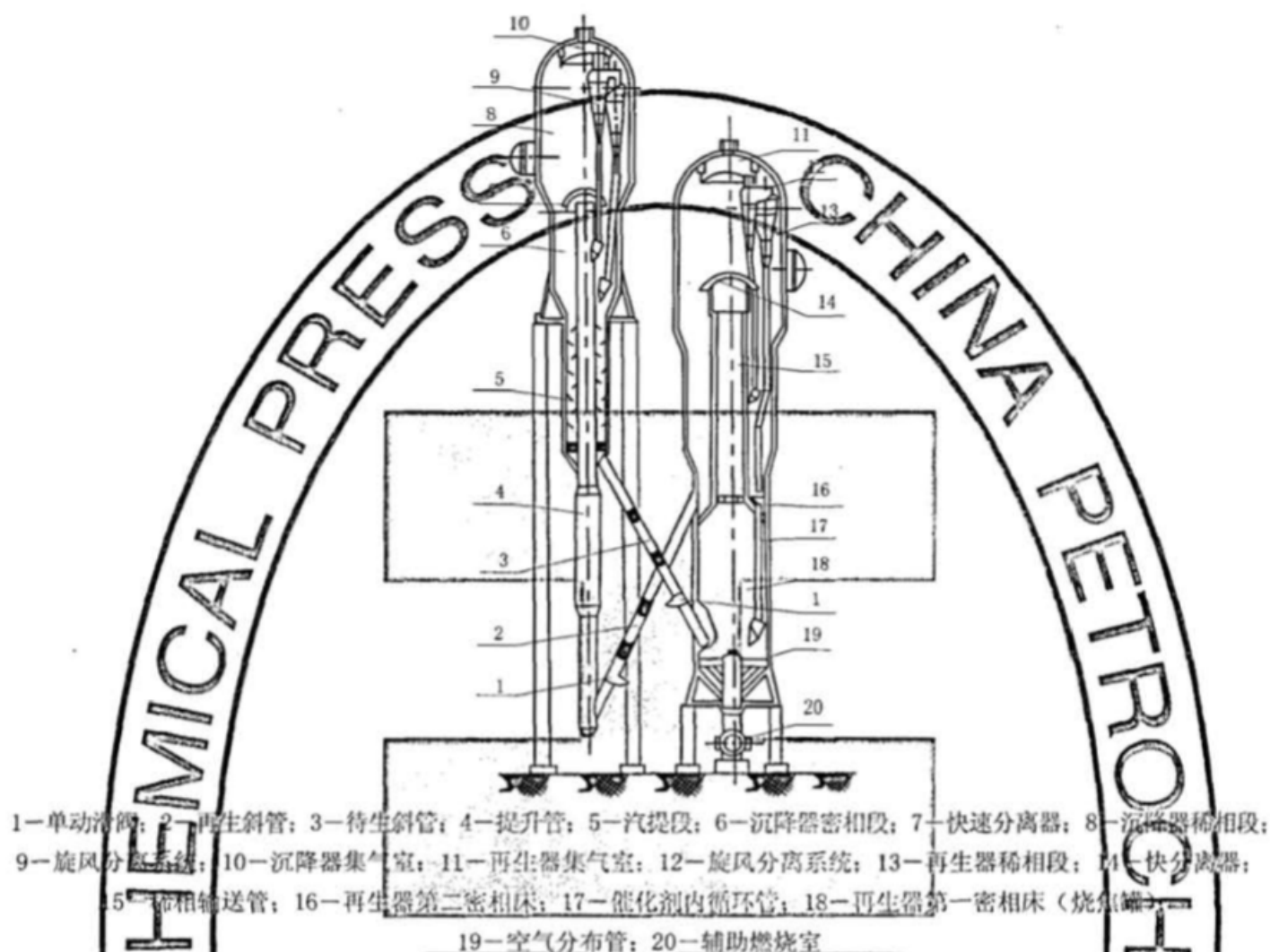
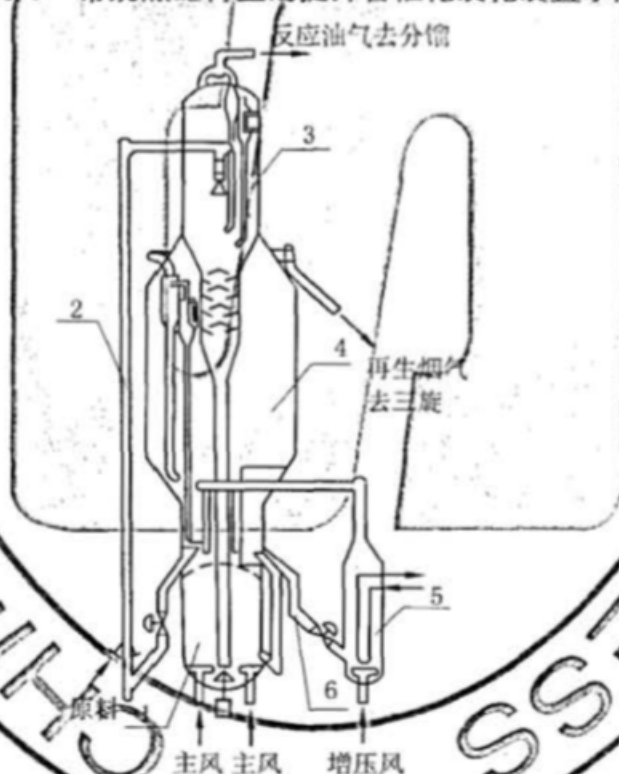


图 A.5 带烧焦罐再生的提升管催化裂化装置示意



1—烧焦罐；2—提升管反应器；3—沉降器；4—再生稀相；5—外取热器；6—外循环管

图 A.6 后置烧焦罐两段再生催化裂化装置示意

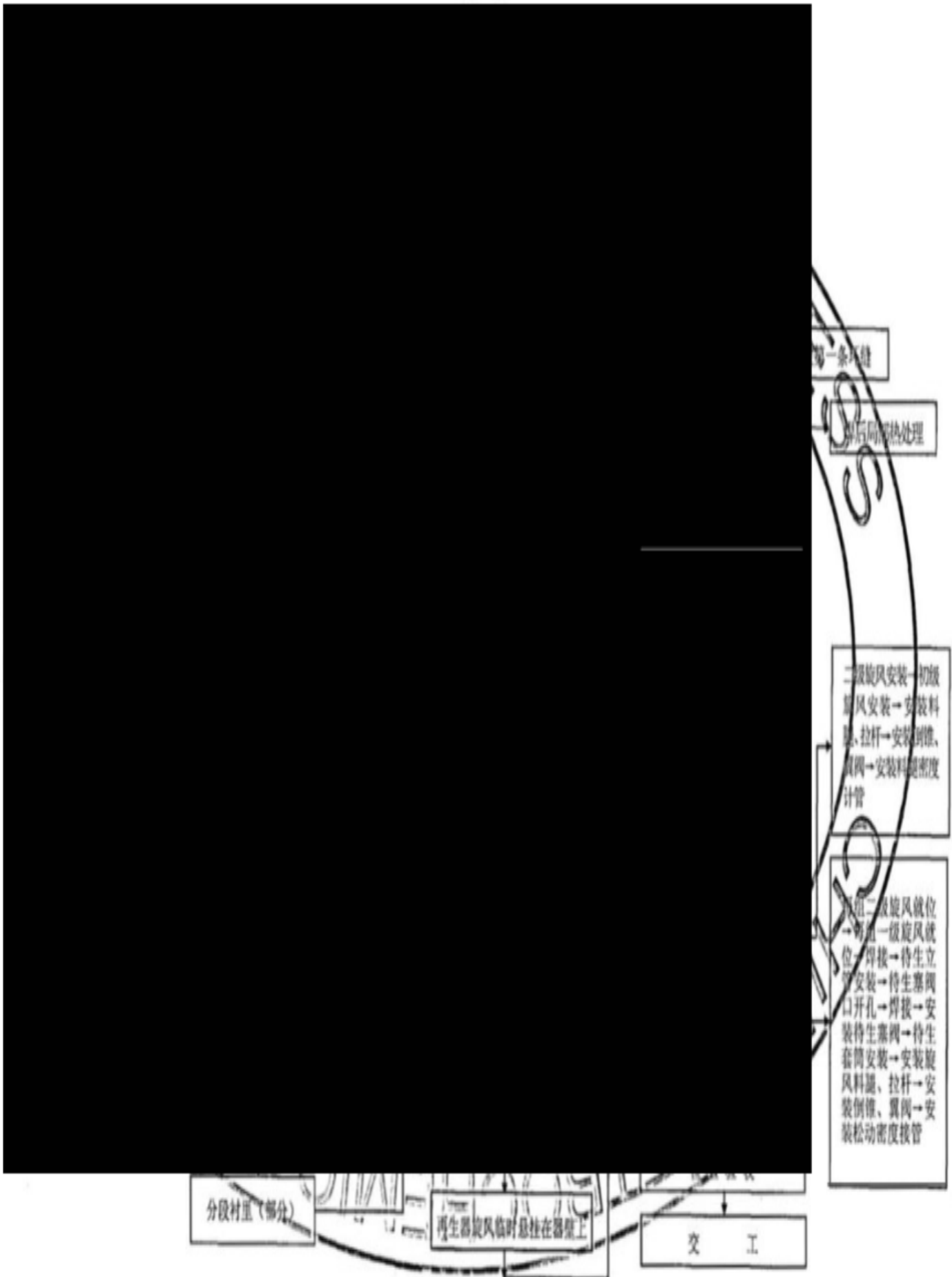


图 B.1 同轴式沉降器、再生器施工程序



附 录 C  
(资料性附录)  
并列式沉降器、再生器施工程序

图 C.1 给出了并列式沉降器、再生器施工程序。

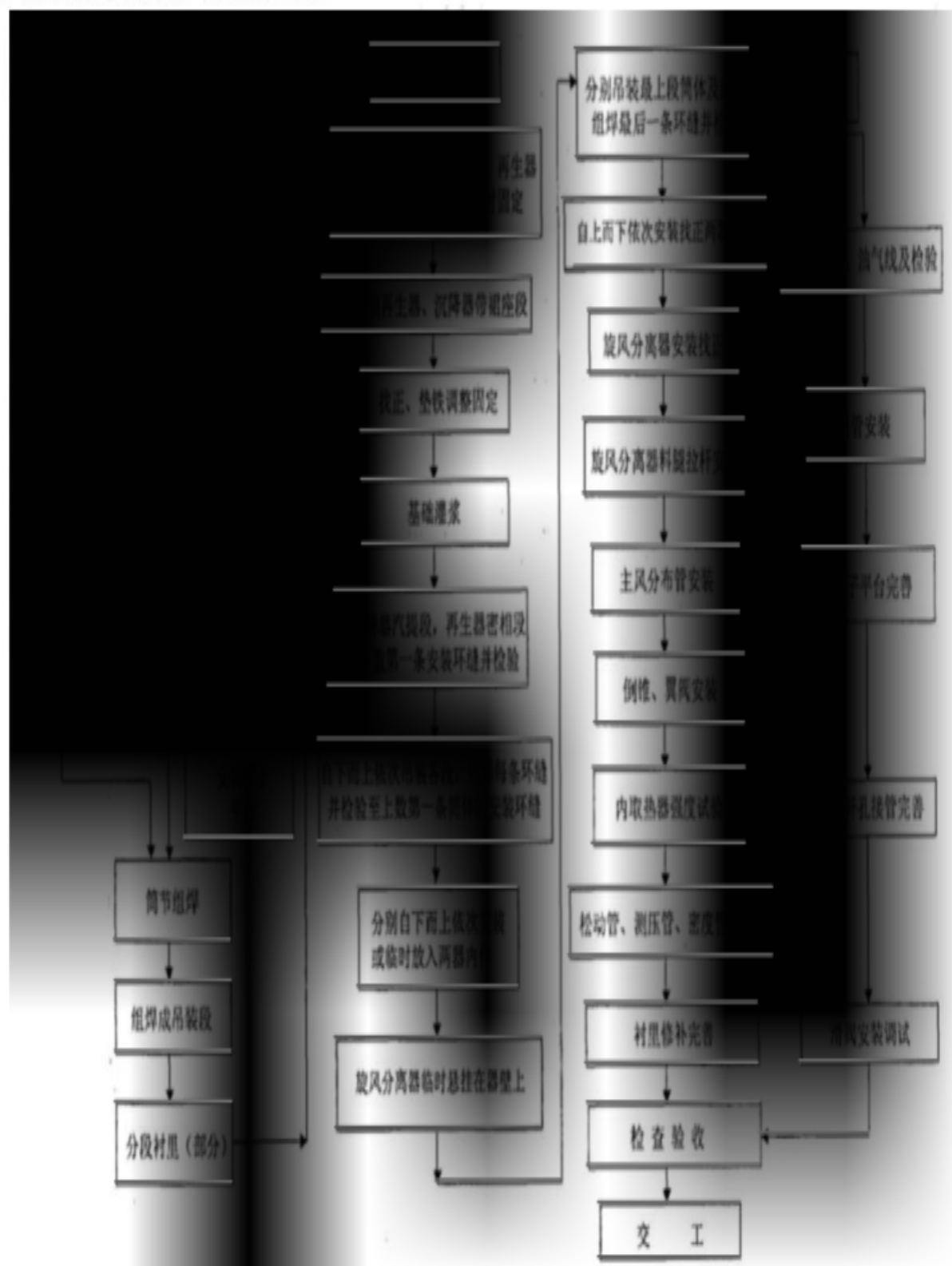


图 C.1 并列式沉降器、再生器施工程序

## 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）表示要求很严格、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程而应严格遵守时，用的助动词为：

正面词采用“应”（shall）；

反面词采用“不应”或“不得”（shall not）。

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

正面词采用“宜”（should）；

反面词采用“不宜”（should not）。

（四）表示在规程的界限内所允许的行动步骤时，用的助动词为：

正面词采用“可”（may）；

反面词采用“不必”（need not）。



中 华 人 民 共 和 国  
石 油 化 工 行 业 标 准  
催化裂化装置反应再生系统设备施工技术规程  
SH/T 3601—2009

\*

中国石化出版社出版  
中国石化集团公司工程标准发行总站发行  
地址：北京市东城区安定门外大街 58 号  
邮编：100011 电话：(010) 84271850  
石化标准编辑部电话：(010) 84289937  
读者服务部电话：(010) 84289974  
<http://www.sinopec-press.com>  
E-mail: [press@sinopec.com.cn](mailto:press@sinopec.com.cn)  
版权专有 不得翻印

\*

开本 880×1230 1/16 印张 2.25 字数 64 千字  
2010 年 5 月第 1 版 2010 年 5 月第 1 次印刷

\*

书号：155114·0161  
(购买时请认准封面防伪标识)