

UDC

中华人民共和国国家标准



P

GB 50474 – 2008

隔热耐磨衬里技术规范

Technical code for heat-insulation and
wear-resistant linings

2008 – 12 – 15 发布

2009 – 07 – 01 实施

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

隔热耐磨衬里技术规范

Technical code for heat-insulation and
wear-resistant linings

GB 50474 - 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: 2009年7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 198 号

关于发布国家标准 《隔热耐磨衬里技术规范》的公告

现批准《隔热耐磨衬里技术规范》为国家标准,编号为 GB 50474—2008,自 2009 年 7 月 1 日起实施。其中,第 4.1.1、5.4.3、6.6.2、9.0.1 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
二〇〇八年十二月十五日

前 言

本规范是根据建设部“关于印发《2006 年工程建设标准规范制订、修订计划(第二批)》的通知”(建标[2006]136 号)的要求,由中国石油化工集团公司组织天津金耐达筑炉衬里有限公司、中国石化集团洛阳石化工程公司会同中国石化工程建设公司、西南科技大学材料学院、中国石化集团第四建设公司共同编制完成。

本规范在编制过程中,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,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。

本规范主要内容有:总则、术语、衬里设计、衬里材料、衬里施工、质量检验、补衬与修补、衬里烘炉、工程验收等。

本规范中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,由天津金耐达筑炉衬里有限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,随时将意见和建议反馈给天津金耐达筑炉衬里有限公司(地址:天津市大港区世纪大道 180 号,邮政编码:300270),以便在今后修订时参考。

本规范主编单位、参编单位和主要起草人:

主 编 单 位: 天津金耐达筑炉衬里有限公司

中国石化集团洛阳石化工程公司

参 编 单 位: 中国石化工程建设公司

西南科技大学材料学院

• 1 •

中国石化集团第四建设公司

主要起草人：郭世云 苏延秋 张海滨 顾月章 葛春玉
张世成 李 丽 房家贵 秦彦晰 严 云
汪庆华

目 次

1 总 则	(1)
2 术 语	(2)
3 衬里设计	(4)
3.1 一般规定	(4)
3.2 衬里结构的选择	(4)
3.3 典型衬里结构	(6)
3.4 锚固件的类型与布置	(10)
3.5 衬里厚度	(15)
4 衬里材料	(17)
4.1 一般规定	(17)
4.2 锚固件	(17)
4.3 钢纤维	(18)
4.4 不定形耐火材料	(19)
4.5 衬里混凝土	(19)
5 衬里施工	(22)
5.1 一般规定	(22)
5.2 金属表面处理	(23)
5.3 锚固件安装	(23)
5.4 衬里混凝土搅拌	(26)
5.5 施工缝	(26)
5.6 浇注法施工	(27)
5.7 喷涂法施工	(29)
5.8 手工捣制法施工	(29)
5.9 特殊部位施工	(30)

5.10	衬里混凝土养护	(31)
5.11	成品保护	(32)
6	质量检验	(33)
6.1	一般规定	(33)
6.2	衬里材料检验	(34)
6.3	除锈质量	(35)
6.4	锚固件安装检验	(35)
6.5	衬里混凝土检验	(36)
6.6	工程试样	(37)
7	补衬与修补	(39)
8	衬里烘炉	(40)
8.1	一般规定	(40)
8.2	衬里烘炉制度	(40)
9	工程验收	(43)
附录 A	龟甲网技术条件	(44)
附录 B	衬里施工作业人员操作技能考核方法	(45)
附录 C	喷涂衬里混凝土含水率测试方法	(47)
	本规范用词说明	(48)
	附:条文说明	(49)

1 总 则

1.0.1 为保障石油化工催化裂化装置反应再生系统设备隔热耐磨衬里工程的质量,满足催化裂化装置长周期运行和安全稳定生产的需要,制定本规范。

1.0.2 本规范适用于催化裂化装置反应再生系统设备的隔热耐磨衬里设计、施工及验收。

1.0.3 隔热耐磨衬里设计、施工及验收除应执行本规范外,尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术 语

2.0.1 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。

2.0.2 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。

2.0.3 隔热耐磨衬里 heat-insulated and wear-resistant lining

在反应再生系统设备的器壁上由衬里混凝土和锚固件所构成的牢固附着在器壁上的稳定结构,简称衬里。

2.0.4 锚固件 anchor

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。

2.0.5 衬里混凝土 lining concrete

不定形耐火材料和水或其他液体拌和后的物料,按规定的方法施工,并在规定的条件下养护凝固,达到隔热、隔热耐磨、耐磨、高耐磨等性能要求的混凝土。

2.0.6 不定形耐火材料 monolithic refractory

由骨料、细粉和结合剂及添加剂组成的混合料,以交货状态直接使用或加入水或其他液体拌和后使用。

2.0.7 衬里材料 lining material

构成隔热耐磨衬里的金属和非金属材料的总称。

2.0.8 衬里烘炉 lining baking

隔热耐磨衬里按规定的温度和时间进行升温、恒温及降温并

形成稳定结构的过程。

2.0.9 冷壁 cold wall

反应再生系统设备中,有隔热性能衬里的设备和管道器壁。

2.0.10 热壁 hot wall

反应再生系统设备中,无隔热性能衬里的设备和管道器壁。

3 衬里设计

3.1 一般规定

3.1.1 衬里结构、衬里材料、施工要求应根据工艺过程、操作条件、不同部位的工况及金属构件膨胀对衬里的影响、环保、节能及经济因素综合等确定。

3.1.2 确定金属外壁温度时,不应产生金属器壁的露点腐蚀。

3.1.3 设备过渡段、设备开口、特殊部位及异形结构部位等处的衬里锚固钉应加密。

3.1.4 龟甲网隔热耐磨双层衬里的反应再生系统设备宜设置阻气圈,沿轴向间距宜为 1500~2000mm。

3.1.5 特殊部位和异形结构部位的衬里结构应绘制节点详图。

3.2 衬里结构的选择

3.2.1 隔热耐磨衬里应根据衬里结构和衬里混凝土的性能分为下列形式:

- 1 龟甲网隔热耐磨双层衬里[图 3.2.1(a)]。
- 2 龟甲网耐磨或高耐磨单层衬里[图 3.2.1(b)]。
- 3 无龟甲网隔热耐磨双层衬里[图 3.2.1(c)]。
- 4 无龟甲网隔热耐磨单层衬里[图 3.2.1(d)]。
- 5 无龟甲网耐磨或高耐磨单层衬里[图 3.2.1(e)]。

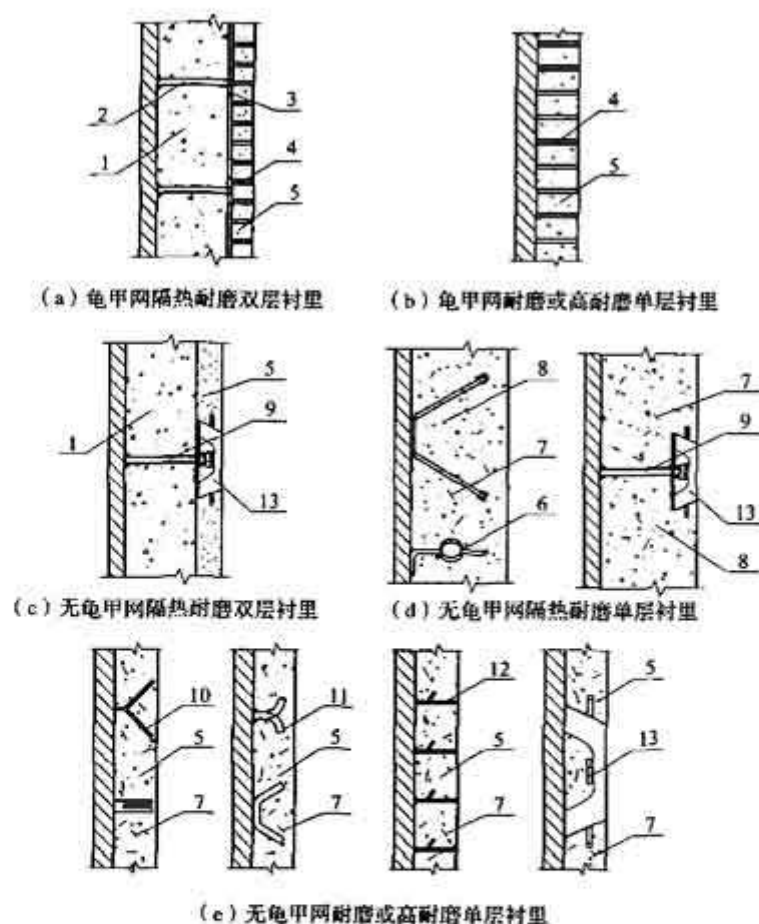


图 3.2.1 隔热耐磨衬里结构

1—隔热混凝土;2—柱形锚固钉;3—端板;4—龟甲网;5—耐磨/高耐磨混凝土;
6— Ω 形锚固钉;7—钢纤维;8—隔热耐磨混凝土;9—柱型螺栓;10—Y形锚固钉;
11—V形锚固钉;12—S形锚固钉;13—圆拉型圆环

3.2.2 下列反应再生系统设备的衬里结构,宜采用无龟甲网隔热耐磨单层衬里:

- 1 再生器。
- 2 烧焦罐、脱气罐。

- 3 外取热器。
- 4 提升管反应器 Y 形部位。
- 5 三级旋风分离器。

3.2.3 下列反应再生系统设备的衬里结构,宜采用龟甲网式无龟甲网隔热耐磨双层衬里:

- 1 孔板降压器。
- 2 冷壁料腿。
- 3 滑阀。
- 4 冷壁旋风分离器。

3.2.4 下列反应再生系统设备的衬里结构,宜采用龟甲网隔热耐磨双层衬里,也可采用无龟甲网隔热耐磨单层衬里:

- 1 反应(沉降)器。
- 2 提升管反应器。
- 3 斜管。
- 4 烟道。

3.2.5 下列反应再生系统设备及工况与其类似的部位衬里结构,宜采用龟甲网高耐磨单层衬里:

- 1 热壁旋风分离器。
- 2 热壁稀相管。
- 3 热壁料腿。

3.2.6 受高气速冲刷的下列部位的衬里结构,应采用龟甲网式无龟甲网高耐磨单层衬里:

- 1 空气分布管或分布板。
- 2 提升管反应器的热电偶套管等。

3.2.7 滑阀出口处等受冲刷磨损严重的部位,宜采用龟甲网隔热耐磨双层衬里,耐磨层应采用高耐磨混凝土,并应加厚耐磨层。

3.3 典型衬里结构

3.3.1 衬里后直径小于或等于 500mm 的衬里设备或管道,宜分

段设计,并应分段施工。分段长度宜为 1000mm,各段端口应采用承插结构,并应符合下列要求:

- 1 龟甲网隔热耐磨双层衬里应设置挡板与承插衬套[图 3.3.1(a)]。
- 2 无龟甲网隔热耐磨单层或双层衬里应设置承插衬套[图 3.3.1(b)]。
- 3 无龟甲网隔热耐磨双层衬里应设置承插衬套[图 3.3.1(c)]。
- 4 接口处衬里最大间隙宜为 6mm。
- 5 整体组焊应在分段衬里烘干后进行,并应在接口处挡板间加填耐火陶瓷纤维毯。

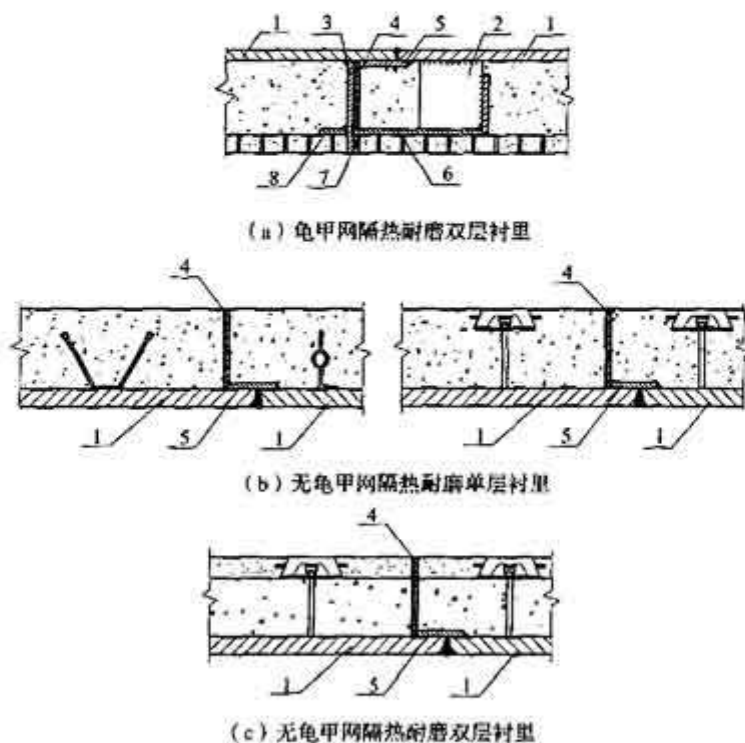


图 3.3.1 分段衬里端口承插结构示意图

1—设备或管道;2—连接板;3—挡板;4—耐火陶瓷纤维毯;
5—承插衬套;6—固定套筒;7—衬里挡板;8—固定板

3.3.2 龟甲网隔热耐磨双层衬里的龟甲网与衬里挡板连接处应设置固定板,固定板的宽度宜为 30~50mm,厚度宜为 6mm。固定板应与衬里挡板相焊,龟甲网应与固定板、衬里挡板相焊(图 3.3.2)。

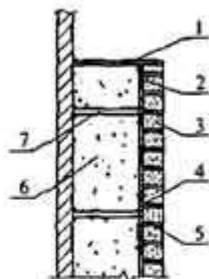


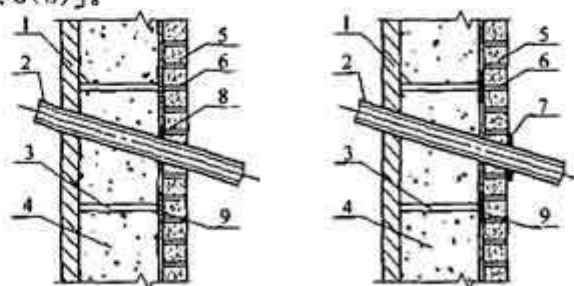
图 3.3.2 龟甲网与固定板、挡板相焊示意

1—衬里挡板;2—固定板;3—耐磨混凝土;4—端板;
5—龟甲网;6—隔热混凝土;7—柱型锚固钉

3.3.3 龟甲网隔热耐磨双层衬里的插入管或构件与龟甲网相交处,应设置固定板或衬里护板,并应将插入管或构件与龟甲网相焊,且应符合下列规定:

1 插入管公称直径大于或等于 100mm 时,应在龟甲网内加固定板[图 3.3.3(a)]。

2 插入管公称直径小于 100mm 时,应在龟甲网外加衬里护板[图 3.3.3(b)]。



(a) 在龟甲网内加固定板 (b) 在龟甲网外加衬里护板

图 3.3.3 龟甲网与插入管的连接

1—衬里挡板;2—插入件;3—柱型锚固钉;4—隔热混凝土;5—耐磨混凝土;
6—龟甲网;7—衬里护板;8—固定板;9—端板

3.3.4 隔热耐磨双层衬里与无龟甲网隔热耐磨单层衬里的人孔、装卸孔及接管内壁等处的衬里挡板应开设膨胀缝(图 3.3.4),并符合下列规定:

- 1 外缘无缺口的衬里挡板应用于公称直径小于 450mm 的开孔。
- 2 外缘带缺口的衬里挡板应用于公称直径大于或等于 450mm 的开孔。
- 3 龟甲网固定板遇衬里挡板的膨胀缝处应断开。
- 4 衬里挡板的膨胀缝与外缘缺口应沿圆周均布,并应符合下列规定:

- 1) b 值宜取 150~230mm。
- 2) c 值宜取 $B/3$,也可取 20mm。
- 3) R 值宜取 40~60mm。

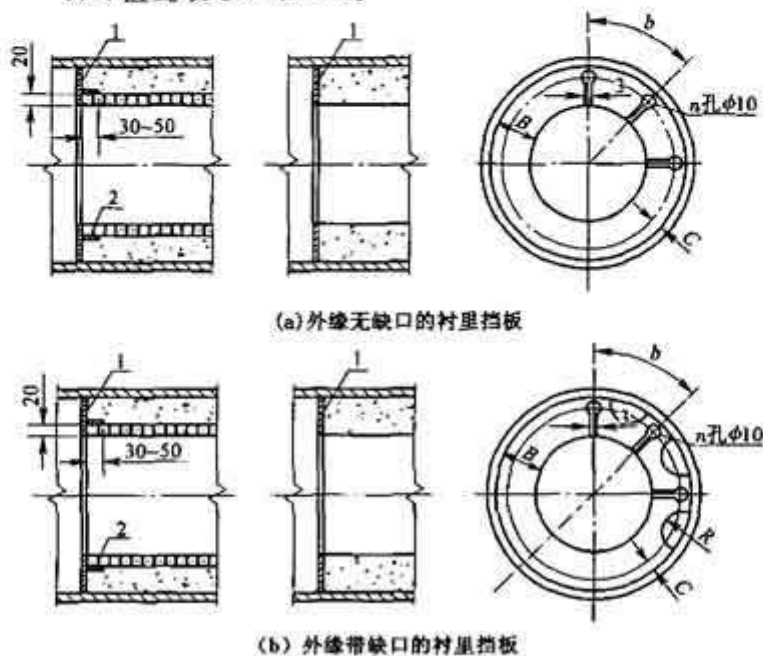


图 3.3.4 衬里挡板示意

1—衬里挡板;2—龟甲网固定板

3.3.5 对穿过无龟甲网隔热耐磨衬里的接管或构件应外包耐火陶瓷纤维纸,并应设置护板保护。护板宽度大于 50mm 时,应开膨胀缝(图 3.3.5),且应符合本规范第 3.3.4 条第 4 款的规定。接管或构件外包耐火陶瓷纤维纸的包扎厚度应符合表 3.3.5 的规定。

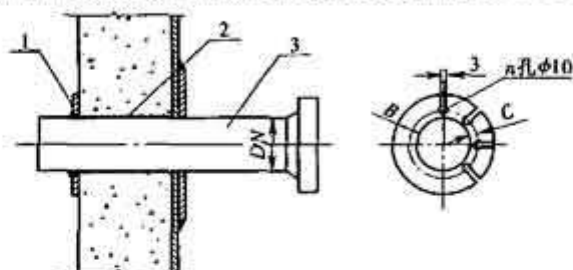


图 3.3.5 接管外包陶瓷纤维纸

1—护板;2—耐火陶瓷纤维纸;3—接管或构件

表 3.3.5 接管或构件外包耐火陶瓷纤维纸的包扎厚度(mm)

接管外径(DN)	陶瓷纤维纸厚度(δ)
<168	2
219~356	3
406~610	5
711~1016	6

3.4 锚固件的类型与布置

3.4.1 龟甲网隔热耐磨双层衬里的锚固件应采用柱型锚固钉、端板和龟甲网,并应符合下列要求:

- 1 柱型锚固钉的规格尺寸应符合图 3.4.1-1 的规定。
- 2 端板的规格尺寸应符合图 3.4.1-2 的规定。
- 3 柱型锚固钉布置应符合图 3.4.1-3 的规定。

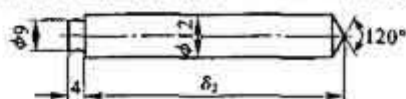


图 3.4.1-1 柱型锚固钉

δ_2 —隔热层厚度(mm)

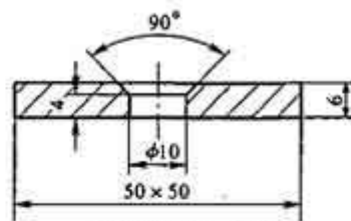


图 3.4.1-2 端板

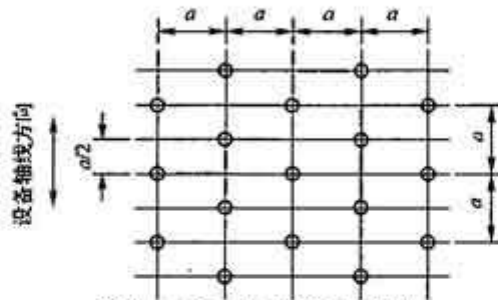


图 3.4.1-3 柱型锚固钉布置

4 龟甲网的规格宜为 1200mm×3000mm, 钢带厚度宜为 1.75mm 或 2mm, 宽度宜为 20mm 或 25mm。

5 龟甲网典型结构形式应符合图 3.4.1-4 的规定, 当采用其他结构形式时, 应在设计文件中规定。

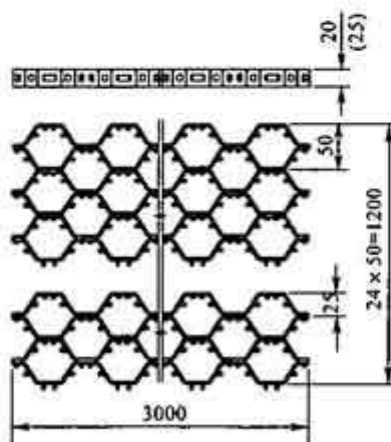


图 3.4.1-4 龟甲网

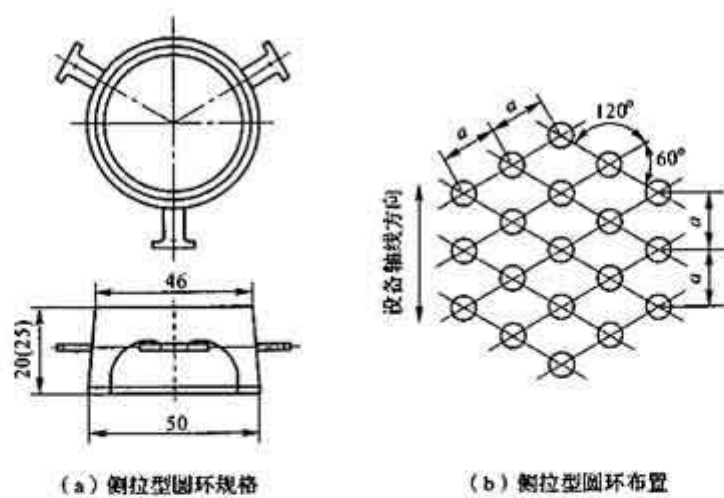


图 3.4.3-2 侧拉型圆环

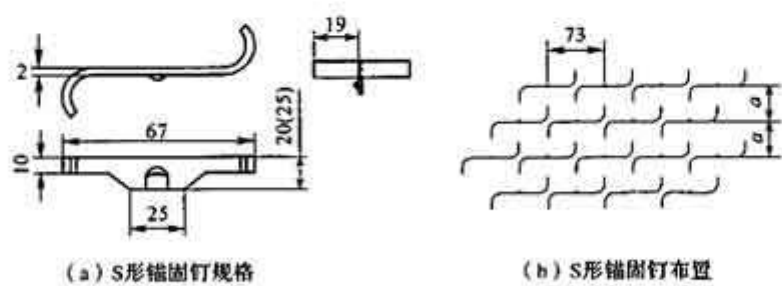


图 3.4.3-3 S形锚固钉

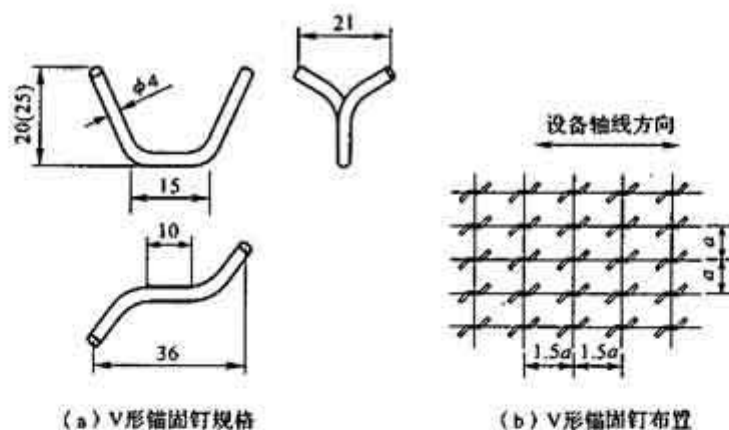


图 3.4.3-4 V 形锚固钉

3.4.4 无龟甲网隔热耐磨双层衬里的锚固件应采用双层侧拉型圆环(图 3.4.4),双层侧拉型圆环布置应符合图 3.4.3-2(b)的规定。

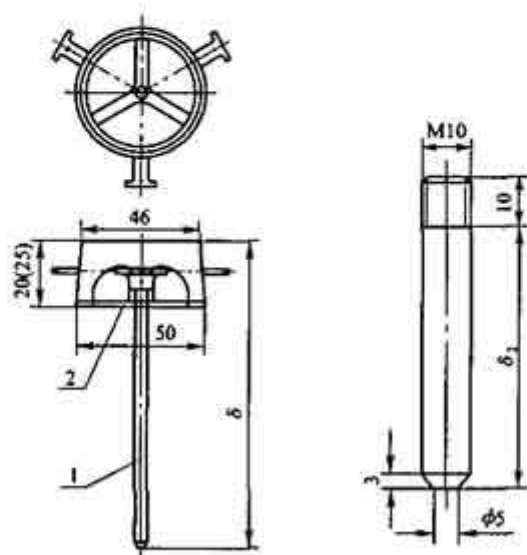


图 3.4.4 双层侧拉型圆环

1—柱型螺栓;2—侧拉型圆环; δ —隔热耐磨衬里总厚度; δ_1 —隔热层厚度

3.4.5 每平方米衬里锚固件的用量应符合表 3.4.5 的规定。

表 3.4.5 锚固件用量

锚固件类型	使用部位	衬里总厚度 (mm)	间距 a (mm)	用量 (个/ m^2)
柱型	筒体、封头、过渡段及直径较大的开孔接管	任意	200~250	16~25
Ω 形	卧式筒体、顶封头、过渡段(上小下大)及开口接管	任意	150~200	25~45
	立式筒体、过渡段(上大下小)及底封头	任意	200~250	16~25
Y 形	异形结构部位	≤ 25	40	525
V 形	异形结构部位	≤ 25	40	420
S 形	异形结构部位	≤ 25	45	300
单层侧拉型 圆环	任意	≤ 25	90	143
双层侧拉型 圆环	任意	≥ 100	120	80

注: 双层侧拉型圆环布置间距为顶面中心间距, 用量亦按顶面计算。

3.5 衬里厚度

3.5.1 龟甲网隔热耐磨双层衬里的耐磨或高耐磨混凝土厚度宜为 26mm 或 31mm; 无龟甲网隔热耐磨双层衬里的耐磨或高耐磨混凝土厚度宜为 20mm 或 25mm; 受冲刷磨损严重部位的高耐磨混凝土厚度应符合本规范第 3.2.7 条的规定。

3.5.2 无龟甲网隔热耐磨单层衬里的厚度不宜小于 80mm; 龟甲网、无龟甲网耐磨或高耐磨单层衬里的厚度宜为 20mm 或 25mm。

3.5.3 衬里总厚度可按下式计算:

$$\delta = \frac{(t_1 - t_w)\lambda_2}{(t_w - t_0)\alpha_0} - \frac{\lambda_2}{\lambda_1}\delta_1 + \delta_i \quad (3.5.3)$$

式中 t_1 ——介质温度($^{\circ}\text{C}$);

t_0 ——当地年平均大气温度($^{\circ}\text{C}$);

t_w ——设备或管道金属器壁壁温($^{\circ}\text{C}$);

α_0 ——金属器壁与空气间的对流和辐射传热系数 $[\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})]$;

δ ——衬里总厚度(m);

δ_1 ——耐磨或高耐磨混凝土厚度(m);

λ_1 ——耐磨或高耐磨混凝土导热系数 $[\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})]$;

λ_2 ——隔热混凝土导热系数 $[\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})]$ 。

3.5.4 双层衬里隔热混凝土厚度应为衬里总厚度减去耐磨或高耐磨混凝土厚度。

4 衬里材料

4.1 一般规定

4.1.1 衬里材料必须有质量证明文件。不定形耐火材料还应有产品使用技术条件。

4.1.2 衬里锚固件材料的化学成分和力学性能应分别符合现行国家标准《耐热钢棒》GB/T 1221、《不锈钢热轧钢带》GB/T 4230和《不锈钢热轧钢板》GB/T 4237的有关规定。

4.1.3 龟甲网技术条件应符合本规范附录 A 的规定。

4.2 锚固件

4.2.1 端板、柱型锚固钉的材质应采用 0Cr13。

4.2.2 Y 形锚固钉、V 形锚固钉、S 形锚固钉及 Ω 形锚固钉的材质应采用 0Cr18Ni9。

4.2.3 双层侧拉型圆环(包括柱型螺栓)的材质宜采用 0Cr13 或 0Cr18Ni9;单层侧拉型圆环的材质应符合下列规定:

- 1 器壁为碳钢或铬钼钢时应采用 0Cr13。
- 2 器壁为不锈钢时应采用 0Cr18Ni9。

4.2.4 用于双层衬里的龟甲网材质应采用 0Cr13;用于单层衬里的龟甲网材质应符合下列规定:

- 1 器壁材质为碳钢或铬钼钢时应采用 0Cr13。
- 2 器壁材质为不锈钢时应采用 0Cr18Ni9。

4.2.5 锚固钉材质采用 0Cr13 时,应以退火状态供货,且其硬度值不应大于 180 HB。

4.3 钢 纤 维

4.3.1 钢纤维材质应采用铬镍不锈钢,化学成分和物理性能应符合表 4.3.1 的规定,并应符合下列要求:

- 1 介质温度小于或等于 800℃时应采用 Cr18-Ni8 型。
- 2 介质温度大于 800℃时应采用 Cr25-Ni20 型。

表 4.3.1 钢纤维材质化学成分和物理性能

项 目		Cr18-Ni8 型	Cr25-Ni20 型
化学成分 (%)	C	≤0.25	≤0.25
	Si	≤1.5	≤1.7
	S	≤0.03	≤0.03
	P	≤0.04	≤0.04
	Mn	≤1.5	≤1.0
	Ni	6~11	19~21
	Cr	16~19	24~26
物理性能	抗拉强度 (MPa)	≥520	≥520
	屈服强度 (MPa)	≥205	≥205
	伸长率(%)	≥40	≥40
	熔点范围 (℃)	1400~1455	1400~1455

4.3.2 钢纤维的形状宜采用弓形,弓形钢纤维直径宜为 0.2~0.4mm,成型后长度宜为 25~30mm;也可采用横截面为月牙形钢纤维,规格应为 0.2mm×1.0mm×25mm。

4.3.3 每立方米衬里混凝土钢纤维的掺入量宜为 40~50 kg。

4.3.4 钢纤维不得沾有油污。

4.4 不定形耐火材料

4.4.1 不定形耐火材料质量证明文件应包括下列内容:

- 1 产品标准的编号和名称、牌号。
- 2 级别、批号、交货状态、重量、件数。
- 3 产品出厂实测的各项特性数据,包括体积密度、耐压强度、抗折强度、线变化率、导热系数、三氧化二铝和三氧化二铁含量及常温耐磨性等实测值。
- 4 检验印章。
- 5 生产厂家及生产日期。
- 6 有效期。

4.4.2 不定形耐火材料产品使用技术条件应包括下列内容:

- 1 集料的组成及结合剂性能。
- 2 施工方法、工艺要求及技术参数。
- 3 衬里烘炉参数。

4.4.3 不定形耐火材料的包装与储存应符合下列规定:

- 1 不定形耐火材料的包装应采用防潮袋,包装袋上应标明产品名称、牌号、生产批号、生产日期、有效期、重量及生产厂名、地址等。
- 2 结合剂和集料应分开包装,单件重量偏差不得大于2%。
- 3 集料含水率应符合下列要求:
 - 1)耐磨料不得大于1%。
 - 2)隔热耐磨料不得大于3%。
 - 3)隔热料不得大于5%。
- 4 不定形耐火材料应按产品名称、牌号和生产批号标识,分区存放在干燥、通风处,且应防止日晒、雨淋和受潮。

4.5 衬里混凝土

4.5.1 衬里混凝土的类别、级别、性能指标应符合表 4.5.1 的规定。

表 4.5.1 衬里混凝土类别、级别、性能指标

类别	级别	热面 温度 (℃)	体积 密度 (kg/m³)	耐压 强度 (MPa)	抗折 强度 (MPa)	线变 化率 (%)	导热 系数 [W/ (m·K)]	三氧 化二铝 (%)	三氧 化二铁 (%)	常温 耐磨性 (cm³)
高耐磨	A 级	110	≤3100	≥80.0	≥10.0	—	—	≥85	≤1.0	≤5
		540	≤2950	≥80.0	≥10.0	0~ -0.3	—			
		815	≤2950	≥80.0	≥10.0	—	—			
耐 磨	B1 级	110	≤2500	≥60.0	≥8.0	—	—	≥50	≤2.5	≤12
		540	≤2450	≥50.0	≥7.0	—	—			
		815	≤2450	≥50.0	≥7.0	0~ -0.2	≤0.90			
	B2 级	110	≤2300	≥40.0	≥6.0	—	—			
		540	≤2250	≥30.0	≥5.0	—	—			
		815	≤2250	≥30.0	≥5.0	0~ -0.2	≤0.80			
隔热耐 磨	C1 级	110	≤1800	≥40.0	≥7.0	—	—	≥35	≤3.0	≤18
		540	≤1750	≥35.0	≥6.0	—	0.45~ 0.55			
		815	≤1750	≥35.0	≥5.0	0~ -0.2	0.50~ 0.59			
	C2 级	110	≤1600	≥35.0	≥5.0	—	—	≥30	≤5.0	≤20
		540	≤1550	≥30.0	≥4.0	—	0.35~ 0.42			
		815	≤1550	≥25.0	≥3.0	0~ -0.2	0.40~ 0.49			
	C3 级	110	≤1400	≥20.0	≥3.0	—	—	≥30	≤5.0	≤20
		540	≤1350	≥15.0	≥2.5	—	0.26~ 0.35			
		815	≤1350	≥15.0	≥2.5	0~ -0.2	0.34~ 0.40			

续表 4.5.1

类别	级别	热面温度 (℃)	体积密度 (kg/m ³)	耐压强度 (MPa)	抗折强度 (MPa)	线变化率 (%)	导热系数 [W/(m·K)]	三氧化二铝 (%)	三氧化二铁 (%)	常温耐磨性 (cm ³)
隔热	D1级	110	≤1100	≥8.0	≥2.5	—	—	—	—	—
		540	≤1050	≥7.0	≥2.0	0~ -0.2	≤0.25			
	D2级	110	≤1000	≥7.0	≥2.0	—	—			
		540	≤950	≥6.0	≥1.5	0~ -0.2	≤0.23			

注：性能指标为未掺入钢纤维时的测定值。

4.5.2 衬里混凝土的性能测试或试验应符合下列规定：

1 体积密度应按国家现行标准《致密耐火浇注料显气孔率和体积密度试验方法》YB/T 5200 的有关规定执行。

2 抗折强度和耐压强度应按国家现行标准《致密耐火浇注料常温抗折强度和耐压强度试验方法》YB/T 5201 的有关规定执行。

3 线变化率应按国家现行标准《致密耐火浇注料线变化率试验方法》YB/T 5203 的有关规定执行。

4 导热系数应按国家现行标准《耐火材料导热系数试验方法（水流量平板法）》YB/T 4130 的有关规定执行。

5 常温耐磨性应按现行国家标准《耐火材料常温耐磨性试验方法》GB/T 18301 的有关规定执行。

6 氧化铝和氧化铁的含量应按现行国家标准《铝硅系耐火材料化学分析方法》GB/T 6900 的有关规定执行。

4.5.3 衬里混凝土拌和用水宜为生活饮用水，水温应根据施工环境确定，宜为 10~25℃。使用其他洁净水时，氯化物的含量不应大于 50mg/L，pH 值宜为 6.5~7.5。

5 衬里施工

5.1 一般规定

5.1.1 施工单位应编制施工技术方案,并应按规定的程序批准,且应建立质量保证体系和质量检验制度。

5.1.2 衬里工程施工前应进行图纸会审。修改设计和材料变更应征得设计单位同意,并取得确认文件。

5.1.3 施工单位应对衬里施工人员所从事作业的能力进行确认。支模浇注法施工的振捣人员和喷涂法施工的操作人员应经过培训,并应考核合格后上岗作业。衬里施工作业人员操作技能考核要求应符合本规范附录 B 的规定。

5.1.4 施工的设备应经监理单位或建设单位确认后投入使用。

5.1.5 衬里施工作业的环境温度宜为 5~35℃。施工过程应采取防止曝晒和雨淋的措施,并应有良好的通风和照明。

5.1.6 衬里施工环境温度高于 35℃时,应采取降温等措施;环境温度低于 5℃时,应采取冬期施工措施。

5.1.7 衬里施工应在设备中间验收后进行,并应具备下列条件:

- 1 衬里材料检验合格。
- 2 隐蔽工程验收合格。
- 3 插入管管口已采取临时封塞措施。

5.1.8 衬里混凝土施工宜连续进行,当施工中断时应留设施工缝。

5.1.9 隔热耐磨衬里施工的安全技术和劳动保护应符合现行国家标准《石油化工建设工程施工安全技术规范》GB 50484 的有关规定。

5.2 金属表面处理

- 5.2.1 金属表面应采用喷砂(丸)除锈,局部可采用动力工具除锈。
- 5.2.2 除锈后应将作业面清理干净,金属表面在衬里施工前应防止雨淋。
- 5.2.3 Ω 形锚固钉软质橡胶帽的安装和位于衬里内部的接管及其他构件耐火陶瓷纤维纸的包扎,应在除锈后进行。
- 5.2.4 双层侧拉型圆环柱型螺栓的螺纹,在除锈前应采取保护措施。

5.3 锚固件安装

- 5.3.1 锚固件的焊接应符合国家现行标准《钢制压力容器焊接规程》JB/T 4709 的有关规定。
- 5.3.2 焊后进行热处理的设备,应在热处理前将锚固件焊接完毕。
- 5.3.3 锚固钉和侧拉型圆环安装时距器壁焊缝不宜小于 50mm,并应符合下列要求:
 - 1 柱型锚固钉与器壁应圆周满焊,并应与器壁垂直。
 - 2 Ω 形锚固钉应在直段两侧焊接,每侧焊缝长度不应小于 25mm。
 - 3 Y形锚固钉应在宽面两侧满焊。
 - 4 V形锚固钉应在直段两侧满焊。
 - 5 S形锚固钉应在长边两侧满焊,并应与器壁垂直。
 - 6 单层侧拉型圆环应在侧拉圆环外壁每 120°焊接一段,每段焊缝长度不应小于 20mm。
 - 7 双层侧拉型圆环的柱型螺栓与器壁应圆周满焊,并应与器壁垂直,其侧拉圆环应在隔热混凝土施工后安装。
- 5.3.4 龟甲网隔热耐磨双层衬里的柱型锚固钉应先与端板焊接,并应采用双面焊(图 5.3.4),端板应紧贴锚固钉的台肩,并应垂直于锚固钉。

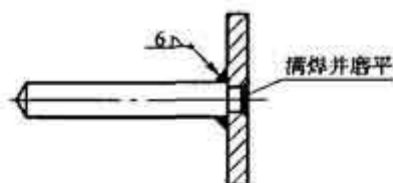


图 5.3.4 柱型锚固钉与端板双面焊示意

5.3.5 龟甲网下料应预先放样并留有搭接余量, 剪断时应采用断丝剪, 不得热切割。

5.3.6 龟甲网液压成型时, 其走向应与钢带的长度方向一致, 其结扣不得断裂、脱扣。个别结扣松动时应沿龟甲网深度方向满焊固定。

5.3.7 龟甲网拼接可采用端点拼接或平行拼接(图 5.3.7)。

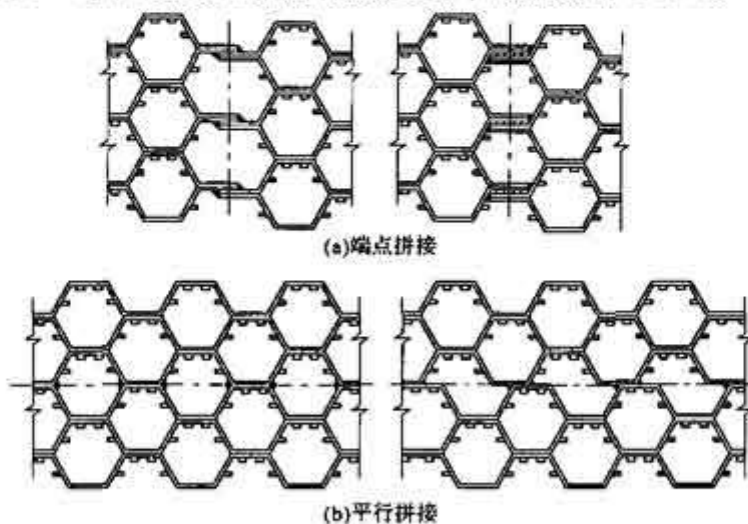


图 5.3.7 龟甲网拼接形式

5.3.8 直接焊接在器壁上的龟甲网, 其拼接可采用图 5.3.8 的形式, 也可采用图 5.3.7 的形式。龟甲网与器壁焊接时, 焊缝应布置在两龟甲网的拼接处和两条钢带交角处(图 5.3.8), 但不得在龟甲网钢带结扣处。每排网孔应隔孔焊接, 龟甲网端部应全部与器

壁焊接。

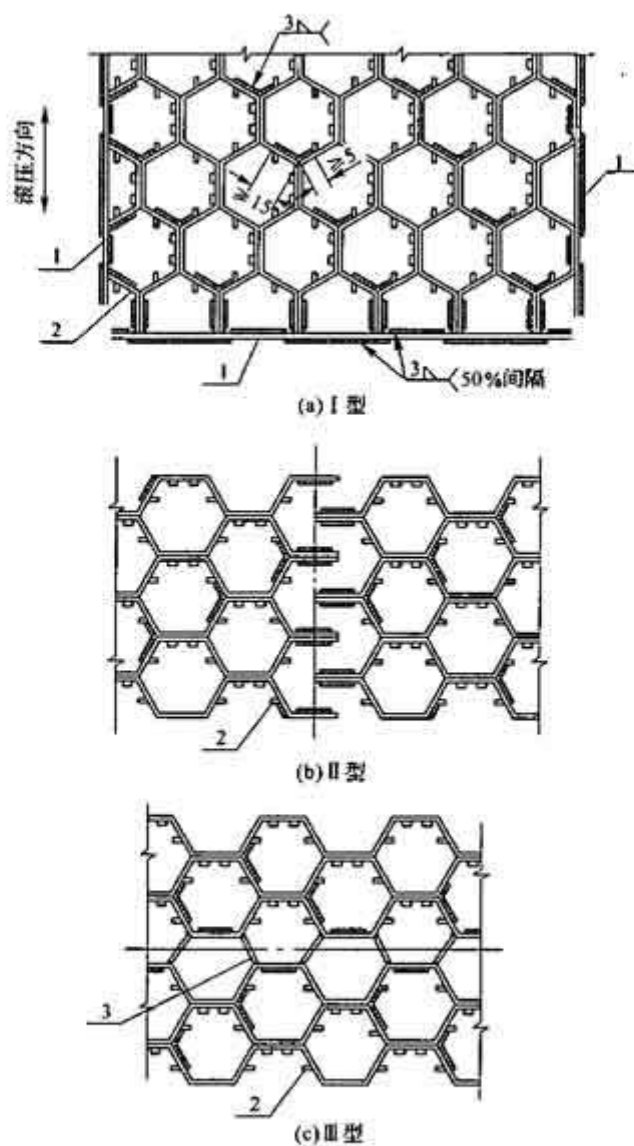


图 5.3.8 与器壁焊接的龟甲网拼接及焊缝布置示意

1—挡板; 2—龟甲网; 3—拼接板条

5.3.9 龟甲网拼接应符合下列规定:

- 1 拼接处的网孔面积不得小于基本网孔的 $1/2$, 且不得大于 $4/3$ 。
- 2 相邻两张龟甲网纵向拼缝应错开 300mm 以上。
- 3 龟甲网安装后结扣的间隙及错边不得大于 0.5mm。
- 4 龟甲网直接焊在器壁上时, 应与器壁贴紧, 间隙不得大于 1mm。

5.3.10 锚固件施焊表面以及周围 10mm 范围内不得有水、铁锈、油污、积渣和其他杂物。

5.3.11 锚固件所有角焊缝和搭接焊缝的焊脚高度不应小于较薄件的厚度, 且应连续焊。

5.4 衬里混凝土搅拌

5.4.1 衬里混凝土搅拌应使用强制式搅拌机。盛装衬里混凝土的器具应清洁。

5.4.2 衬里混凝土搅拌应按产品使用技术条件的规定执行。拌合物应分散均匀、颜色一致、无泌水离析现象, 且不得混入杂物。拌合物稠度可根据产品使用技术条件并结合现场的温度、湿度、运输距离和施工工艺调整, 但不得超过产品使用技术条件规定的范围。

5.4.3 搅拌合格的衬里混凝土应在产品使用技术条件规定的时间内使用, 严禁二次加水搅拌。

5.4.4 掺入钢纤维时, 钢纤维分布应均匀, 不得有成团现象。

5.4.5 采用半湿法机械喷涂施工, 不定形耐火材料搅拌时应预润湿, 宜为粉料包裹骨料, 且应边搅拌边用, 不得有成团结块现象。

5.5 施 工 缝

5.5.1 衬里施工遇到下列情况之一时, 应留设施工缝:

• 26 •

- 1 卧置手工捣制施工。
 - 2 分段施工。
 - 3 施工间断时间超过衬里混凝土初凝时间。
- 5.5.2 施工缝应留设在两排锚固钉中间,衬里混凝土的接口形式应符合图 5.5.2 的规定;双层衬里的隔热混凝土与耐磨混凝土接口相错距离不应小于 200mm。

分段衬里的设备和管道,其接口每侧宜预留 200mm 不衬;龟甲网、侧拉型圆环衬里每侧应预留不少于三排的网孔或侧拉型圆环。

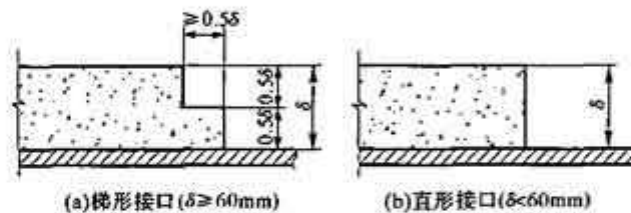


图 5.5.2 衬里混凝土接口形式

- 5.5.3 施工缝恢复施工应符合下列规定:
- 1 接合面处松动或残余的衬里混凝土应清除。
 - 2 水硬性结合衬里混凝土的接合面应充分湿润。
 - 3 化学结合衬里混凝土的接合面应均匀涂刷一层结合剂溶液。

5.6 浇注法施工

- 5.6.1 浇注法可用于 Ω 形锚固钉无龟甲网隔热耐磨单层衬里的施工。
- 5.6.2 模板支设完成后应经监理人员检查确认,模板及其支设应符合下列规定:
- 1 模板应具有足够的强度、刚度和稳定性,应承受隔热耐磨混凝土自重和侧压力以及施工过程中所产生的其他荷载。
 - 2 模板表面应光滑、结构简单、装拆方便。
 - 3 模板支设时,衬里厚度的允许偏差应为 $\pm 5\text{mm}$ 。

4 模板接缝应对齐、无错边、密封、不漏浆,模板表面应涂刷脱模剂。

5 采用插入式振捣器振捣时,每环支模高度不应超过1000mm。

6 封头、开孔接管或分段衬里设备和管道的接口等部位应采用异形模板或斜模。

5.6.3 施工过程中,隔热耐磨混凝土的运输、浇注、模板支设等全部时间不应超过隔热耐磨混凝土的初凝时间。同环模板中,隔热耐磨混凝土应分层连续均匀浇注,并应在下层隔热耐磨混凝土初凝前将上层的隔热耐磨混凝土浇注和振捣完毕,且应符合下列规定:

1 隔热耐磨混凝土运输过程不得离析。

2 每层浇注高度不应大于300mm。

3 每环模板宜预留50~100mm,并应待上一环模板安装后再浇注。

5.6.4 采用插入式振捣器振捣时,振捣棒应有插入深度的标记,并应符合下列规定:

1 振捣棒移动间距不应大于锚固钉间距。

2 除施工缝外,振捣棒插入下层隔热耐磨混凝土的深度不应小于50mm。

3 每一振点的振捣时间应使隔热耐磨混凝土表面呈水平,并不应再沉落,且不应呈现出浮浆。

4 振捣时不得漏振,不得过度振捣,不得发生离析现象。

5 振捣时振捣棒不宜碰撞模板和定位件。

5.6.5 当采用平板振捣器振捣时,其移动间距应保持振捣器平板覆盖已振实部分的边缘,且不应小于50mm。

5.6.6 拆模时间应符合下列要求:

1 侧模(不承重模板)应在隔热耐磨混凝土强度达到设计强度等级的50%后拆除。

2 底模(承重模板)应在隔热耐磨混凝土强度达到设计强度

等级的 70%后拆除。

5.7 喷涂法施工

5.7.1 喷涂法可用于直径大于或等于 2m 的设备和管道衬里的隔热混凝土、隔热耐磨混凝土、耐磨混凝土施工。

5.7.2 喷涂作业前应进行试喷,并应在合格后进行正式喷涂作业。

5.7.3 喷涂作业应分段分片自下而上一次喷到设计厚度,并应及时检查厚度、清除过厚的部分和整形找平。隔热耐磨混凝土、耐磨混凝土在找平后还应压实。

5.7.4 喷涂作业宜采用半湿法工艺,加水预润湿的材料应在 30min 内用完。

5.7.5 喷涂作业应连续进行,喷涂面应均匀,不得出现干料夹层或流淌现象,并应随时清理附着在器壁和支承件上的回弹料。

5.7.6 喷涂作业不得使用回弹料。

5.7.7 停喷时应先停料,再停机、停水,最后停风。

5.7.8 喷涂作业应控制衬里混凝土的含水率,含水率的测试频率每台班不得少于 2 次,含水率的测试方法应符合本规范附录 C 的规定。

5.8 手工捣制法施工

5.8.1 手工捣制法可用于下列衬里施工:

- 1 隔热耐磨双层衬里。
- 2 耐磨或高耐磨单层衬里。
- 3 其他受条件限制的衬里。

5.8.2 设备和管道的衬里卧置分瓣施工时,每瓣施工弧度不宜大于 $2\pi/3$,并应符合下列规定:

- 1 下瓣施工应在每瓣施工完毕且停放时间超过 12 h 后进行。
- 2 翻转时,衬里混凝土不得产生裂纹。

5.8.3 隔热混凝土手工捣制施工应随时检查衬里厚度, 并应捣实找平, 且应符合下列规定:

- 1 端部下部的隔热混凝土应逐个捣实, 端板表面应清理干净。
- 2 当采用双层侧拉型圆环时, 柱型螺栓螺纹应清理干净。

5.8.4 耐磨或高耐磨混凝土手工捣制施工应符合下列规定:

1 每次填入龟甲网网孔内和侧拉型圆环内、外的耐磨或高耐磨混凝土, 应一次填满并捣实, 且应使其表面与龟甲网或侧拉型圆环平齐。

2 耐磨或高耐磨混凝土不得有鼓胀、流淌、扒缝和麻面等缺陷。

3 施工中断时, 应将未施衬的龟甲网、侧拉型圆环孔内残料清理干净。

5.8.5 当受条件限制无龟甲网隔热耐磨单层衬里局部采用手工捣制法施工时, 应将隔热耐磨混凝土填满捣实找平。

5.8.6 采用手工捣制法施工时, 不得在衬里混凝土表面撒水泥细粉抹光。

5.9 特殊部位施工

5.9.1 无龟甲网隔热耐磨单层衬里采用浇注法施工时, 对于两段已衬筒体之间的接口应支斜模浇注(图 5.9.1), 并应振捣密实和切除多余部分。

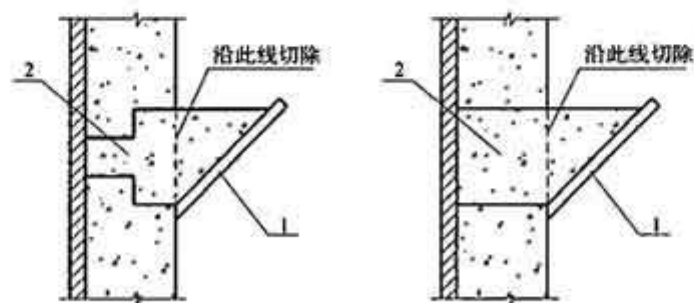


图 5.9.1 接口斜模浇注示意

1—斜模, 2—接口

5.9.2 提升管反应器 Y 形段、斜管与器壁相交处的异形部位, 衬里结构为无龟甲网隔热耐磨单层衬里时(图 5.9.2), 应采用支模浇注法施工。锚固钉在相贯线位置应加密布置。模板为异形模板时, 拆模后应将相贯线部位的隔热耐磨混凝土表面用砂轮打磨成圆滑过渡。

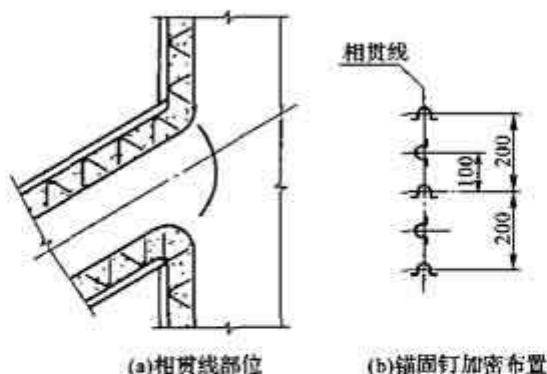


图 5.9.2 斜管与器壁相交处的衬里结构示意图

5.9.3 顶封头衬里宜翻转后仰置在地面上施工。当衬里结构为无龟甲网隔热耐磨单层衬里时, 应采用支模浇注法施工, 底部平缓部位应用平板振捣器捣实, 四周应用插入式振捣棒振实。

5.9.4 无龟甲网隔热耐磨单层衬里在设备和管道的变径位置, 应支锥形模板采用浇注法施工, 不得采用手工捣制法施工。

5.10 衬里混凝土养护

5.10.1 水硬性结合衬里混凝土施工后, 养护应符合下列规定:

1 采用手工捣制法或喷涂法施工的衬里混凝土, 应在施工后用手轻按不沾泥浆时, 开始雾湿养护, 且不应少于 48h。

2 采用浇注法施工的衬里混凝土, 宜在浇注完毕 2~4h 后向模板淋水降温, 拆模后雾湿养护不应少于 48h。

3 低水泥衬里混凝土施工后, 应立即用塑料薄膜覆盖其表面, 并应在空气中自然养护 48h。

5.10.2 化学结合衬里混凝土施工后,在空气中自然养护时间不应少于 3d,并应保持干燥通风,空气的相对湿度不宜大于 70%。

5.10.3 衬里混凝土养护期间,环境温度应符合本规范第 5.1.5 条的规定。

5.11 成品保护

5.11.1 衬里施工完毕,应由衬里施工单位负责对成品进行保护。

5.11.2 设备和管道在衬里施工后需进行吊装或翻转时,应在衬里施工前采取防止衬里开裂的措施。

5.11.3 分段衬里的设备和管道应在衬里混凝土养护完毕后进行运输、吊装和组焊。

5.11.4 已完成衬里施工的设备和管道在衬里烘炉前,不宜在器壁上进行焊接作业。

5.11.5 衬里施工完成后或在工程中间交接后未能按时进行衬里烘炉的设备和管道,跨越冬季时,应采取冬期保护措施。

6 质量检验

6.1 一般规定

6.1.1 衬里材料应经检验合格后使用，当有下列情况之一时不得使用：

1 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。

2 实物标识与质量证明文件标识不符。

3 要求复验的材料未经复验或复验不合格。

6.1.2 衬里施工应执行工序的自检和专职人员检查制度，并应有检查记录。上道工序未经验收确认不得进入下道工序施工，隐蔽工程未经检查确认不得进行隐蔽施工。工程隐蔽应有检查记录。

6.1.3 衬里工程质量检验项目应符合表 6.1.3 的规定。

表 6.1.3 衬里工程质量检验项目

项目	检验内容	检验方法	性质
金属锚固件	材质	审查质量证明文件、 抽样检验	主控项目
	规格型号	测量	一般项目
	包装、件数	清点	一般项目
不定形耐火材料	性能指标	审查质量证明文件、 抽样检验	主控项目
	包装、件数	清点	一般项目
除锈	表面处理质量	观察	一般项目
锚固钉安装	垂直度偏差	测量	一般项目
	高度偏差	测量	一般项目
	间距偏差	测量	一般项目
龟甲网安装	龟甲网拼接	目测、测量	一般项目
	平整度	测量	一般项目

续表 6.1.3

项目	检验内容	检验方法	性质
焊接	角焊缝焊脚尺寸	量具、锤击检查	一般项目
	焊接接头外观质量	目测	一般项目
衬里混凝土 搅拌	搅拌质量	观察、检查记录	一般项目
衬里混凝土 施工	密实度	锤击检查	一般项目
	施工缝	量具	一般项目
	外观质量	观察	一般项目
	厚度	量具	一般项目
衬里混凝土 养护	养护条件	观察、检查记录	一般项目
工程试样	性能指标	审查检测报告	主控项目

6.2 衬里材料检验

6.2.1 金属锚固件的材质应符合本规范第 4.2 节的规定,其规格型号应符合本规范第 3.4 节的规定;钢纤维应符合本规范第 4.3 节的规定;不定形耐火材料应符合本规范第 4.4 节的规定。

6.2.2 不定形耐火材料应由采购单位进行检验试验,检验试验应在有资质的试验室进行。

6.2.3 衬里锚固件应按类型、材质和规格型号分批抽样检验,并应符合下列规定:

- 1 龟甲网抽样数量应为 1 张。
- 2 其他的抽样比例应为 1%,且不应少于 10 件。

6.2.4 不定形耐火材料的抽样检验应符合下列规定:

1 应按同名称、同牌号和同生产批号进行编批,每批数量不得大于 50t,供货不足 50t 时也应按一批计。

2 每批应为一个取样单位,并应有代表性,袋装散状材料每批应至少从 5 袋中等量抽取不小于 20kg 的样品。

3 检验项目应包括体积密度、线变化率、导热系数、耐压强

度、抗折强度和三氧化二铝、三氧化二铁的含量。

4 检验结果有一项不合格时，应加倍取样复验，仍有指标不合格时，则该批材料应为不合格。

6.2.5 不定形耐火材料储存期不得大于生产厂家提供的有效期。

6.3 除锈质量

6.3.1 采用喷砂(丸)除锈等级应达到现行国家标准《涂装前钢材表面锈蚀等级和除锈等级》GB/T 8923 规定的 Sa1 级。

6.3.2 采用动力工具除锈等级应达到现行国家标准《涂装前钢材表面锈蚀等级和除锈等级》GB/T 8923 规定的 St2 级。

6.4 锚固件安装检验

6.4.1 锚固钉、端板安装质量应符合下列规定：

1 焊缝表面不得有咬肉、气孔、夹渣、弧坑和未熔合等缺陷，并不得残留熔渣和飞溅物。锚固钉与器壁的角焊缝焊脚高度应符合表 6.4.1 的规定，且应符合下列规定：

- 1)应用 0.5 kg 手锤逐个敲击，锚固钉应发出铿锵的金属声。
- 2)柱形锚固钉和柱形螺栓应每 4m² 抽查一个，并应锤击该钉端部，且应保证打弯 90°不断裂。

2 柱型锚固钉与端板的焊接，其焊缝表面质量应符合本条第 1 款的规定，高于端板上表面的焊肉应磨平，角焊缝焊脚高度不应小于 6mm。

3 锚固钉安装的质量标准应符合表 6.4.1 的规定。

表 6.4.1 锚固钉安装的质量标准(mm)

锚固钉类型	垂直度	高 度	间 距	与器壁角焊缝 焊脚高度
柱型锚固钉、侧拉型圆 环双层锚固钉柱型螺栓	2	±1	±5	≥6
Ω 形锚固钉	4	±2	±5	≥6

• 35 •

续表 6.4.1

锚固钉类型	垂直度	高 度	间 距	与器壁角焊缝 焊脚高度
V形锚固钉	2	±2	±3	≥4
S形锚固钉	2	±2	±3	≥3
Y形锚固钉	2	±2	±3	≥3
楔拉型圆环单层锚固钉	—	—	±3	≥3

6.4.2 龟甲网的安装质量应符合下列规定：

1 龟甲网与端板应逐块焊接,每个焊道的焊缝长度不得小于20mm,且每块端板上的焊缝总长度不得小于40mm。

2 龟甲网拼接处的每一端头应沿网深全焊,并应将高出龟甲网的焊肉磨平。

3 龟甲网与插入管或构件相接处的每一个网边与固定板均应焊接,焊缝长度不得小于20mm。

4 直接焊在器壁上的龟甲网应符合本规范第5.3.8条的规定,其长焊道不应少于15mm,短焊道不应少于5mm。

5 龟甲网与端板或器壁的焊缝焊脚高不应小于3mm,焊缝表面应符合本规范第6.4.1条第1款的规定。

6 龟甲网表面应用1m长的钢板尺沿轴向检查,间隙不应大于2mm。

7 龟甲网表面应用弧长等于筒体衬里后的半径的1/4且弦长不小于300mm的样板沿环向检查,间隙不应大于5mm。

6.5 衬里混凝土检验

6.5.1 衬里混凝土的密实度应用0.5kg手锤,并应以350mm的间距轻轻敲击检查,声音应铿实、清脆、无松动、无空鼓声。

6.5.2 衬里混凝土的外观质量应符合下列要求：

1 隔热混凝土表面应平整、厚度均匀;端板下的隔热混凝土应密实,不得有空洞。

2 隔热耐磨混凝土表面应平整密实,不得有疏松和蜂窝麻面等缺陷。

3 耐磨或高耐磨混凝土表面应平整密实,不得有麻面,与龟甲网接合处不得有裂缝等缺陷。

4 衬里烘炉前,衬里混凝土不得有贯穿性裂纹,收缩性裂纹的宽度不得大于 0.5mm。

6.5.3 衬里混凝土的厚度允许偏差应符合下列规定:

1 隔热混凝土厚度允许偏差应为 $\pm 2\text{mm}$ 。

2 隔热耐磨混凝土厚度允许偏差应为 $\pm 5\text{mm}$ 。

3 无龟甲网耐磨或高耐磨混凝土厚度允许偏差应为 0~2mm。

4 龟甲网耐磨或高耐磨混凝土表面应与龟甲网平齐,厚度允许偏差应为 0~0.5mm。

6.5.4 衬里烘炉后,衬里混凝土裂纹的表面宽度不得大于 3mm,且不得有贯穿性裂纹。

6.6 工程试样

6.6.1 衬里混凝土工程试样的制作应符合下列要求:

1 单项工程的每种材料或配合比,每 20m^3 应作为一批制作工程试样,不足此数亦应作为一批。

2 单项工程采用同种材料或配合比分多次施工时,每次施工应制作工程试样。

3 每个设备位号或管道编号及补衬处不应少于一批。

4 工程试样的尺寸应为 $160\text{mm} \times 40\text{mm} \times 40\text{mm}$,工程试样应制作两组,每组应为三条。

5 工程试样的制作、养护应与衬里工程相同条件。

6.6.2 衬里混凝土工程试样的检测项目应包括下列内容:

1 110°C 烘干后的体积密度、抗折强度和耐压强度。

2 高耐磨、耐磨、隔热耐磨混凝土 815°C 烧后的体积密度、抗

折强度和耐压强度及线变化率。

3 隔热混凝土 540℃ 烧后的体积密度、抗折强度和耐压强度。

6.6.3 衬里混凝土工程试样的检测应符合本规范第 4.5.2 条的规定，检测结果应符合本规范表 4.5.1 的规定。

7 补衬与修补

7.0.1 分段组焊的衬里设备和管道的衬里接口补衬,应在接口焊缝及锚固钉安装检验合格后进行。

7.0.2 下列衬里混凝土修补时,修补处应凿露出3个以上相邻的锚固件,修补断面宜凿成内“八”字:

- 1 隔热耐磨混凝土。
- 2 无龟甲网耐磨或高耐磨混凝土。
- 3 隔热混凝土。

7.0.3 龟甲网耐磨或高耐磨混凝土修补时,修补处应凿露出3个以上相邻的龟甲网孔。

7.0.4 补衬与修补所用的材料、配合比、养护方法宜与原衬里施工时相同,也可采用性能不低于原衬里材料的快干修补料。

7.0.5 衬里补衬、修补与原衬里接缝的处理应符合本规范第5.5.3条的规定。

8 衬里烘炉

8.1 一般规定

8.1.1 衬里烘炉应由建设单位负责,设计、施工、监理单位参加,并按确定的烘炉方案进行。

8.1.2 衬里烘炉应平稳操作,烘炉时间不得少于本规范第 8.2 节的规定,并应控制升温、降温速度和所需时间及恒温温度和所需时间,且降温时不得强制冷却。

8.1.3 衬里烘炉应做好记录,并应绘制烘炉曲线。

8.1.4 已完成衬里烘炉的设备和管道,又发生衬里局部补修时,补修后的升温操作应在养护结束后进行,且可采用本规范第 8.2 节规定的升温速度上限值。

8.2 衬里烘炉制度

8.2.1 当催化裂化装置反应再生系统设备衬里烘炉采用多个设备串联或并联进行时,应按各设备离热源的距离控制升、降温速度和时间,使每台设备衬里烘炉制度应符合表 8.2.1-1、表 8.2.1-2 和表 8.2.1-3 的要求。

表 8.2.1-1 水硬性结合衬里烘炉制度

温度区间(℃)	升、降温速度(℃/h)	所需时间(h)
常温~150	5~10	13~26
150±5	0	24
150~315	10~15	11~17
315±5	0	24
315~540	20~25	9~12
540±5	0	24
540~常温	≤25	≥21

表 8.2.1-2 化学结合衬里烘炉制度

温度区间(℃)	升、降温速度(℃ / h)	所需时间(h)
常温~150	≤ 10	≥ 13
150 $\pm$ 5	0	8
150~315	≤ 30	≥ 6
315 $\pm$ 5	0	10
315~540	≤ 25	≥ 9
540 $\pm$ 5	0	24
540~常温	≤ 25	≥ 21

表 8.2.1-3 多种结合形式共存衬里烘炉制度

温度区间(℃)	升、降温速度(℃ / h)	所需时间(h)
常温~150	≤ 5	≥ 26
150 $\pm$ 5	0	24
150~315	≤ 5	≥ 33
315 $\pm$ 5	0	24
315~540	≤ 8	≥ 29
540 $\pm$ 5	0	24
540~常温	≤ 25	≥ 21

8.2.2 衬里设备和管道在热处理炉内进行衬里烘炉时,其衬里烘炉制度应符合表 8.2.2-1、表 8.2.2-2 和表 8.2.2-3 的规定。

表 8.2.2-1 水硬性结合衬里烘炉制度

温度区间(℃)	升、降温速度(℃ / h)	所需时间(h)
常温~110	5~10	9~18
110 $\pm$ 5	0	24
110~315	10~15	14~21
315 $\pm$ 5	0	24
315~常温	≤ 25	≥ 12

表 8.2.2-2 化学结合衬里烘炉制度

温度区间(℃)	升、降温速度(℃ / h)	所需时间(h)
常温~60	≤ 10	≥ 6
60 ± 5	0	8
60~110	≤ 10	≥ 5
110 ± 5	0	8
110~315	≤ 30	≥ 7
315 ± 5	0	10
315~常温	≤ 25	≥ 12

表 8.2.2-3 多种结合形式共存衬里烘炉制度

温度区间(℃)	升、降温速度(℃ / h)	所需时间(h)
常温~110	≤ 5	≥ 18
110 ± 5	0	24
110~315	≤ 5	≥ 41
315 ± 5	0	24
315~常温	≤ 25	≥ 12

9 工程验收

9.0.1 衬里施工过程中为后一工序覆盖的部位必须进行隐蔽工程验收。

9.0.2 衬里工程施工完毕,交付衬里烘炉前应进行工程中间验收。

9.0.3 衬里烘炉结束,并经建设单位、监理单位、设计单位和施工单位共同检查确认后,应及时办理工程交工验收。

9.0.4 衬里工程交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 的有关规定编制交工技术文件,并应提供下列资料:

- 1 工程变更一览表。
- 2 材料质量证明文件和复验报告。
- 3 隐蔽工程记录。
- 4 质量检验记录。
- 5 衬里工程试样检验报告。
- 6 衬里烘炉记录。
- 7 竣工图。

附录 A 龟甲网技术条件

A.0.1 制造龟甲网的坯料应为平直的钢带,且不得有裂纹、气泡、夹杂物。切口处不得有分层、毛刺。划痕和麻点的深度不得超过厚度的允许负偏差。

A.0.2 钢带冲压成型后,所有转角处不得有裂纹。

A.0.3 相邻的成型钢带用结扣连接,两钢带应贴紧,结扣上的板边不得有裂纹。

A.0.4 龟甲网结扣应牢固贴紧,相邻两钢带间隙和错边不得大于 0.3mm;表面应平齐,并应以 1m 直尺检查,间隙不得大于 1mm。

A.0.5 龟甲网可用 1.75mm 或 2mm 厚的钢带制作,其材质应为 0Cr13、0Cr18Ni9,并应符合现行国家标准《不锈钢热轧钢带》GB/T 4230 的有关规定。

附录 B 衬里施工作业人员操作技能考核方法

B.0.1 施工单位应对衬里工程施工作业人员的操作技能进行培训,其中对浇注法施工的振捣人员和喷涂法施工的操作人员应进行操作技能考核,并应在合格后参加衬里施工。

B.0.2 已经通过操作技能考核的人员,中断衬里施工超过一年,再进行施工作业前应重新考核。

B.0.3 操作技能考核应采用模拟施工过程进行。

B.0.4 浇注法施工振捣人员考核应符合下列规定:

1 应制作一块 1000mm×1000mm 的试板,试板厚度不宜小于 10mm,锚固钉的种类及布置应符合本规范第 3.4 节的规定。

2 试板与地面应成 60°角固定,施衬面应向下,模板固定应牢固。

3 应分三次浇注,浇注高度宜为 300mm,并应同步振捣。

4 试板浇注完毕后,养护和模板拆除应符合本规范第 5.10 节的规定。

B.0.5 喷涂法施工操作人员考核应符合下列规定:

1 应制作一块 1000mm×1000mm 的试板,试板厚度不宜小于 10mm,锚固钉的种类及布置应符合本规范第 3.4 节的规定,并应在周边加与衬里厚度相同的挡板。

2 试板应与地面成 45°角,试板中点距地面的距离应为 1.8m,施衬面应向下放置并固定牢固。

3 试板喷涂完毕后,养护应符合本规范第 5.10 节的规定。

B.0.6 试板衬里混凝土符合下列规定时为合格:

1 表面应平整密实,并应无疏松、无蜂窝麻面、无收缩性裂纹等缺陷。

2 厚度应均匀,厚度允许偏差应为 $\pm 5\text{mm}$ 。

3 应用 0.5kg 手锤,并应以 350mm 间距轻轻敲击检查,其声音应铿实、清脆,且不得有空鼓声。

附录 C 喷涂衬里混凝土含水率测试方法

C.0.1 衬里结构为龟甲网耐磨混凝土时,应将表层刮去 5mm 后在衬里上取 1~2kg 喷涂料;其他衬里结构应将喷涂表层刮去 30mm 后,在衬里上取 4~5kg 喷涂料,再用四分法取样 200g,并应烘干或焙烧至恒重。

C.0.2 含水率可按下式计算,试验结果应取两次计算所得数值的算术平均值:

$$W = \frac{200 - m}{m} \times 100\% \quad (\text{C.0.2})$$

式中 W ——衬里混凝土的含水率(%);

m ——干样的质量(g)。

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

隔热耐磨衬里技术规范

GB 50474 - 2008

条文说明

目 次

1	总 则	(53)
2	术 语	(54)
3	衬里设计	(55)
3.1	一般规定	(55)
3.2	衬里结构的选择	(55)
3.3	典型衬里结构	(56)
3.4	锚固件的类型与布置	(56)
3.5	衬里厚度	(57)
4	衬里材料	(61)
4.1	一般规定	(61)
4.3	钢纤维	(61)
4.4	不定形耐火材料	(61)
4.5	衬里混凝土	(62)
5	衬里施工	(63)
5.1	一般规定	(63)
5.3	锚固件安装	(64)
5.4	衬里混凝土搅拌	(64)
5.5	施工缝	(65)
5.6	浇注法施工	(66)
5.7	喷涂法施工	(66)
5.8	手工捣制法施工	(66)
5.9	特殊部位施工	(67)
5.10	衬里混凝土养护	(67)
5.11	成品保护	(67)

6	质量检验	(68)
6.1	一般规定	(68)
6.2	衬里材料检验	(68)
6.3	除锈质量	(68)
6.4	锚固件安装检验	(68)
6.5	衬里混凝土检验	(69)
6.6	工程试样	(69)
7	补衬与修补	(70)
8	衬里烘炉	(71)
8.1	一般规定	(71)
8.2	衬里烘炉制度	(71)
9	工程验收	(72)

1 总 则

1.0.2 本规范适用范围限制在催化裂化装置反应再生系统设备,是基于目前的催化裂化装置反应再生系统设备内介质温度皆小于800℃,按本规范要求的隔热耐磨衬里,完全可满足要求。

2 术 语

除本规范规定的术语外,其他有关不定形耐火材料的术语见《不定形耐火材料分类》GB/T 4513,有关催化裂化装置反应再生系统设备等方面的术语可参见《催化裂化装置反应再生系统设备施工及验收规范》SH 3504。

3 衬里设计

3.1 一般规定

3.1.2 催化裂化装置反应再生系统设备衬里根据结构和作用分为龟甲网隔热耐磨双层衬里、龟甲网耐磨或高耐磨单层衬里、无龟甲网隔热耐磨双层衬里、无龟甲网隔热耐磨单层衬里、无龟甲网耐磨或高耐磨单层衬里等。衬里设计时,需考虑设备内介质中酸性成分的露点腐蚀。酸性成分的露点温度由建设单位或设计单位的工艺部门提供。在确定设备壳体壁温时,应根据操作温度及环境条件综合考虑,以避免露点腐蚀的产生。

3.1.4 采用龟甲网隔热耐磨双层衬里的设备和管道内衬里习惯上设置阻气圈(即油气或烟气阻气圈)。在设备制造厂衬里且又需长距离运输的设备和管道内衬里结构中设置阻气圈是有必要的,此时阻气圈起的是设备刚性的作用。其他如工期较紧,衬里养护时间较短,且又存在强力组装的可能性时,也需考虑在这些设备和管道内衬里的结构中设置阻气圈。

3.2 衬里结构的选择

3.2.1 由于侧拉型圆环锚固钉目前使用日渐成熟,尤其在无法支模浇注的单层或双层隔热耐磨衬里时,有较大的优越性,故本规范增加了采用双层侧拉型圆环的无龟甲网隔热耐磨单层或双层衬里。另外根据多年来的实践经验,无龟甲网耐磨或高耐磨单层衬里的锚固钉种类在 Y 形锚固钉的基础上增加了 V 形锚固钉、S 形锚固钉以及侧拉型圆环。

3.2.3 根据近几年的经验,对于孔板降压器、冷壁旋风分离器等衬里易损部位,采用双层侧拉型圆环的无龟甲网隔热耐磨双层衬

里,其使用效果并不亚于龟甲网隔热耐磨双层衬里,因此将这类部位的衬里结构由龟甲网隔热耐磨双层衬里调整为隔热耐磨双层衬里,即增加了采用双层侧拉型圆环的隔热耐磨双层衬里结构。

3.2.4 反应(沉降)器、提升管反应器、催化剂输送用斜管等使用龟甲网隔热耐磨双层衬里及无龟甲网隔热耐磨单层衬里都有丰富的经验,故本规范推荐两种方法均可采用。

3.2.5 热壁旋风分离器、热壁稀相管、热壁料腿等推荐采用龟甲网高耐磨单层衬里,不推荐在热壁旋风分离器、热壁稀相管等部位使用侧拉型圆环衬里结构。

3.3 典型衬里结构

3.3.1 小直径的设备和管道(衬里后直径小于 500mm),因施工空间的限制可进行分段衬里施工。根据多年施工经验,分段长度 1000mm 左右较为合适。但随着技术的进步,在专用设备的使用下,一次性整体不分段衬里的施工质量会更好一些。图 3.3.1 为推荐的几种典型的衬里分段结构,也允许采用其他成熟可靠的衬里分段结构。

应强调的是,非现场衬里的设备,运输或整体组焊应在分段衬里养护完毕且烘干到一定程度后进行。

3.4 锚固件的类型与布置

3.4.2 总结近年使用经验,将 Ω 形锚固钉的塑料帽改为软质橡胶帽。

3.4.3 增加了耐磨或高耐磨单层衬里用 S 形及 V 形锚固钉的结构简图及布置图。

3.4.5 根据各家的使用经验, Ω 形锚固钉的使用数量由 25 个/ m^2 (一般场合)或 45 个/ m^2 (需加密场合)调整为 16~25 个/ m^2 (一般场合)或 25~45 个/ m^2 (需加密场合),具体布置应在设计文件中明确;增加了 S 形及 V 形锚固钉的用量要求;更改了侧拉型圆

环用量的计算方法。

3.5 衬里厚度

3.5.3 根据传热学理论,衬里高度和宽度是厚度的 10 倍以上时可近似为一维传热。为了简化计算,按平板一维稳态传热学理论对衬里总厚度进行估算,这是因为若与圆筒传热相比:

当内径为 $\phi 1000\text{mm}$ 时,两者的热阻相差 13.1%;

当内径为 $\phi 2000\text{mm}$ 时,两者的热阻相差 6.5%;

当内径为 $\phi 3000\text{mm}$ 时,两者的热阻相差 4.3%;

当内径为 $\phi 5000\text{mm}$ 时,两者的热阻相差 1.3%;

因此,对大直径的圆筒形容器来说,用平板一维稳态传热学理论对其衬里厚度进行估算在工程上是允许的。

由图 1 可知,当多层平板壁两侧有两种不同温度(t_0, t_1)时,则热量由高温流体通过多层平板壁传给低温流体,这是一种综合传热过程,包括以下三个传热过程:

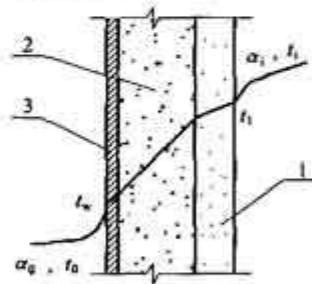


图 1 多层平板壁传热

1—耐磨混凝土层;2—隔热混凝土层;3—金属器壁

高温流体与平板壁内表面之间的对流换热和辐射换热;

多层平板内部的导热;

平板壁外表面与低温流体(空气)之间的对流换热和辐射换热;

对于稳定传热,其热流量关系式见式(1):

$$q = q_1 = q_2 = q_3 \quad (1)$$

式中 q ——稳定热流量;

q_1 ——高温流体对平板壁的对流和辐射热流量之和;

q_2 ——多层平板之热流量;

q_3 ——平板表面向低温流体(空气)的对流和辐射热流量之和。

对于催化裂化装置而言,由于催化剂对衬里壁的湍流和冲击作用,高温流体向平板壁的辐射相对于对流来说是很小的,为了简化计算予以忽略不计。而对流传热系数 α_1 是比较难确定的数值,因为有许多原始数据无法获得,需要做较多的测试工作,现仅根据1982年洛阳石油化工工程公司在洛阳炼油实验厂同轴催化装置做的一次标定:

当催化剂密度 $\rho = 96 \text{ kg/m}^3$ 时, $\alpha_1 = 226 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$;

当催化剂密度 $\rho = 88 \text{ kg/m}^3$ 时, $\alpha_1 = 233 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$ 。

从取热盘管K值再生器内介质对盘管壁的对流传热系数 $\alpha = 420 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$,根据上述对流辐射传热系数的范围,我们曾用镇海炼化公司高热阻衬里的实测温度进行了反算:

当对流传热系数 $\alpha_1 = 233 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$ 时,隔热混凝土厚度 $\delta_2 = 34.6 \text{ mm}$;

当对流传热系数 $\alpha_1 = 350 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$ 时,隔热混凝土厚度 $\delta_2 = 34.8 \text{ mm}$ 。

由此可见,热介质与衬里内表面的对流传热系数 α_1 增大 $117 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$ 时,隔热混凝土厚度仅增加 0.2 mm ,所以热介质与衬里内表面间的对流换热和辐射换热热阻可以忽略不计,即可以把热介质的温度 t_1 当成衬里内表面的温度 t_i (也就是说,假定 $t_1 = t_i$),这样计算工程上是可以接受的。同时,由于金属器壁导热系数相对较大,即也可假定金属器壁内、外表面温度相等。

根据上述假定,可以得到公式(2)、(3)、(4)三个方程,整理后得到公式(5):

$$q_2 = \frac{t_1 - t_2}{\delta_1} \cdot \lambda_1 \quad (2)$$

$$q_2 = \frac{t_2 - t_w}{\delta_2} \cdot \lambda_2 \quad (3)$$

$$q_3 = a_0 (t_w - t_0) \quad (4)$$

$$\delta = \frac{(t_1 - t_w) \lambda_2}{(t_w - t_0) a_0} - \frac{\lambda_2}{\lambda_1} \delta_1 + \delta_2 \quad (5)$$

式中 t_1 ——介质温度(℃);
 t_0 ——当地年平均温度(℃);
 t_w ——设备或管道金属器壁温度(℃);
 t_2 ——耐磨混凝土层外表面(即隔热混凝土层内表面)温度(℃);
 a_0 ——金属器壁与空气间的对流和辐射传热系数[W/(m²·K)];
 δ ——衬里总厚度(m);
 δ_1 ——耐磨混凝土厚度(m);
 δ_2 ——隔热混凝土厚度(m);
 λ_1 ——耐磨混凝土导热系数[W/(m·K)];
 λ_2 ——隔热混凝土导热系数[W/(m·K)]。

金属器壁与空气间的对流和辐射传热系数 a_0 的值可用公式(6)、(7)和图2来确定。根据近几年的实际壁温测量,在 a_0 取 15 W/(m²·K) 时,计算壁温与实测壁温值吻合较好,但该值为油漆外表面的温度,金属器壁外表面的温度比油漆外表面的温度要高 30~50 ℃。

$$a_0 = a_c + a_r \quad (6)$$

$$\Delta t = t_w - t_0 \quad (7)$$

式中 t_w ——设备或管道金属器壁温度(℃);
 t_0 ——当地年平均温度(℃);
 a_0 ——金属器壁与空气间的对流和辐射传热系数。

$[W/(m^2 \cdot K)]$;

α_c ——金属器壁与空气间的对流传热系数 $[W/(m^2 \cdot K)]$;

α_R ——金属器壁与空气间的辐射传热系数 $[W/(m^2 \cdot K)]$;

Δt ——金属器壁与空气温度差 $(^{\circ}C)$ 。

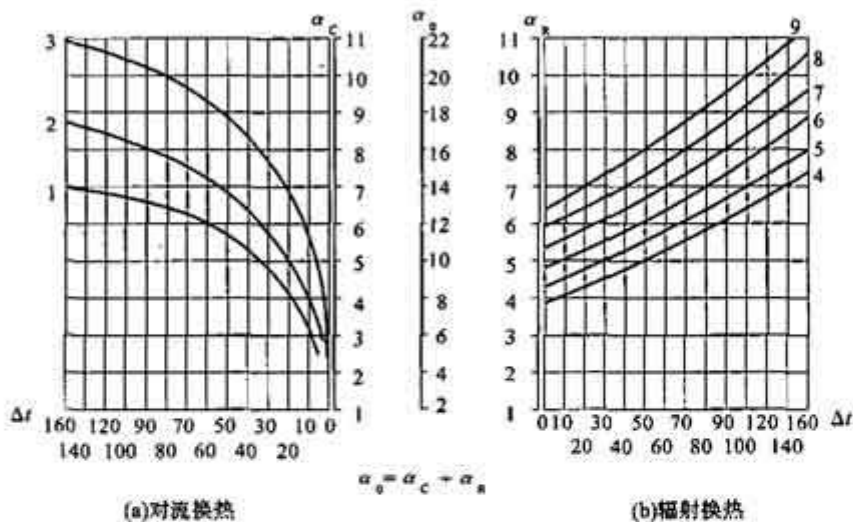


图 2 器壁与空气间的对流和辐射传热系数

曲线 1—垂直平面;曲线 2—散热面向上;曲线 3—散热面向下;

曲线 4— t_0 取 $0^{\circ}C$;曲线 5— t_0 取 $10^{\circ}C$;曲线 6— t_0 取 $20^{\circ}C$;

曲线 7— t_0 取 $30^{\circ}C$;曲线 8— t_0 取 $40^{\circ}C$;曲线 9— t_0 取 $50^{\circ}C$

4 衬里材料

4.1 一般规定

4.1.1 衬里质量应从材料质量验收抓起,衬里材料质量是保证衬里质量和使用寿命的前提条件。质量证明文件能全面反映材料性能,衬里材料必须有质量证明文件。本条为强制性条文。

4.1.2 锚固件是受力元件。其作用是使衬里牢固地联结在器壁上,从而增加衬里的整体强度。锚固件不同材质有不同的耐高温等级,衬里锚固件材料的化学成分和力学性能应符合本条提出的现行国家标准的有关规定。

4.3 钢纤维

4.3.2 钢纤维常规采用熔抽法生产的月牙形钢纤维,但近几年用不锈钢丝为原料生产的弓形钢纤维使用越来越广泛,且效果较好,故本规范将之纳入。

4.4 不定形耐火材料

4.4.1 本条要求是对本规范 4.1.1 条的补充,规定了不定形耐火材料质量证明文件的内容。产品的特性数据的实测值是质量证明文件的重要内容,不定形耐火材料在使用过程中承受高温和物理化学作用,应具有抗高温使用能力;在常温下也应具有强度;为了满足上述要求,对不定形耐火材料应做本条规定的特性的数据测试。

有时效性的材料,超过保管期造成性能下降应重新检验。如铝酸盐水泥为胶结剂的耐火浇注料,由于水泥的有效保管期为三个月,故贮存时间超过三个月的耐火浇注料应重新检验,性能指标

达到设计要求时才可使用。水泥吸湿结块,不应使用。由于催化裂化装置长周期运行的要求,且介质中酸性物质增多,在材料检验时,对衬里混凝土常温耐磨性,三氧化二铝和三氧化二铁含量检验要求是必要的。

4.4.2 不定形衬里材料通常是袋装混合料,生产厂不提供集料和结合剂配比,只提供水料比。近年来不定形衬里材料技术发展较快,不同品种的不定形衬里材料有不同配方,即使同一产品不同生产厂在配方上也有差异。不定形耐火材料中广泛使用微粉和外加剂技术,产品性能有较大提高,施工方法和工艺有新的要求。因此,施工方法、工艺要求应在产品使用技术条件中阐明,作为施工单位施工技术管理的依据。产品使用技术条件应包括本条规定的内容。

衬里材料中不同品种的结合剂,衬里的烘炉曲线不一样。在产品使用技术条件中应提供衬里烘炉参数,作为建设单位制定烘炉方案的依据之一。

4.5 衬里混凝土

衬里混凝土按其性能分为隔热混凝土、耐磨混凝土、高耐磨混凝土、隔热耐磨混凝土和钢纤维耐磨混凝土、钢纤维隔热耐磨混凝土等。表 4.5.1 给出了对催化裂化装置反应再生系统设备所用衬里混凝土性能的最低要求,衬里混凝土性能指标测试时的最低热面温度为 110℃。

近年来衬里浇注料的技术发展较快,各项性能有了很大提高,并结合催化裂化装置的工艺要求,对其性能作了调整,其中隔热、耐磨混凝土体积密度减小,耐压强度提高。这体现了衬里料向轻质高强低收缩的方向发展,调整性能的主导思想是增加隔热性、耐磨性,并防止隔热混凝土层被掏空的现象发生。

高耐磨衬里的材料导热系数不做材料检测评定指标,仅供设计计算壁温时参考。

5 衬里施工

5.1 一般规定

5.1.1 施工组织设计或施工技术方案是指导施工的质量管理文件,而衬里混凝土施工是不能由后续检测验证而在交付使用之后问题才显现的过程。因此,衬里施工前,施工单位应编制切实可行的施工组织设计或施工技术方案,建立质量保证体系并进行充分的工程质量策划,与各方就衬里施工及质量和检验取得共识并形成文件,在工程实践中指导施工。

5.1.2 设计图纸的质量是保证工程顺利进行的重要因素,施工前建设单位应组织设计单位对施工单位进行设计交底,施工单位应按设计图纸进行施工,当施工中有结构或材料变更通告单时必须征得设计单位同意并形成文件。

5.1.3 衬里施工人员的技术素质是影响衬里工程质量的重要因素,对从事工程施工的操作人员,施工单位首先应对其技术能力进行确认,并对浇注法施工的振捣人员和喷涂法施工的操作人员的操作技能考核作出了规定,考核可由建设单位、监理单位、施工单位商定。

5.1.4 施工设备也是影响施工质量的一个重要因素,施工单位应使投入的施工设备处于完好状态,并得到建设单位或监理人员的确认。

5.1.5 衬里施工的环境温度也是影响衬里质量的一个重要因素。当环境温度低于 5°C 时,会明显影响衬里混凝土的强度发展,温度更低时还有可能造成冻害。当环境温度高于 35°C 时,一方面会影响衬里混凝土的凝结硬化,另一方面也会影响衬里混凝土的常温强度,本条对环境条件作出了规定。

5.1.7 衬里混凝土施工成型后很难再进行拆除和改变,即使进行

局部拆除和改变也会影响衬里的整体质量。因此,设备中间验收方面的内容进行了必要删减。

5.1.8 衬里混凝土施工应尽量减少施工缝,主要考虑施工缝处衬里间前、后工作层的结合效果没有整体成型的质量好,在规范中说明是必要的。

5.1.9 施工现场应全面推行 HSE 管理,为了使具体要求表达的详尽,其具体的实施要求见现行国家标准《石油化工建设工程施工安全技术规范》GB 50484。

5.3 锚固件安装

5.3.1 锚固件的安装质量直接影响衬里混凝土的最终工程质量,根据多方意见,增加锚固件的焊接技术要求是必要的。

5.3.3 因为衬里锚固结构发展的需要,在衬里结构中新增加了 V 形锚固钉和 S 形锚固钉,在此明确这两种锚固钉的焊接要求是必要的。

5.3.4 锚固钉与端板采用双面焊是在总结多年来衬里使用过程中的正反两方面经验的基础上,对端板与锚固钉的焊接方式达成的共识。采取这一措施将消除端板与锚固钉之间的薄弱环节,有利于提高龟甲网双层衬里的质量,这已被近年来的施工实践所证明。

5.3.5 龟甲网下料采用热切割时会改变龟甲网金属材料的晶体结构,影响龟甲网的拼接质量,在施工现场屡见不鲜,应引起足够的重视。

5.3.7、5.3.8 为了使表达更具有针对性,避免不必要的重复,推荐了龟甲网双层隔热耐磨衬里最常用的龟甲网拼接方式,但也不排斥已经实践证明的其他的拼接方式,如采用加垫金属板条的方式。

5.4 衬里混凝土搅拌

5.4.1 目前国内衬里材料供应商提供的衬里料多数都采用掺加

超细粉、外加剂等先进技术。为了使超细粉、外加剂等充分发挥作用,必须加大搅拌力度,采用强制式搅拌是一种切实可行的措施。

5.4.2 因为不同的衬里混凝土对搅拌的要求不同,本条强调了衬里混凝土的搅拌应按产品使用技术条件的规定执行,并对衬里混凝土的搅拌表观质量进行强调以利于在不同搅拌条件下更好地控制搅拌质量。

5.4.3 本条是强制性条文。袋装衬里料搅拌时加水量对耐火浇注料的施工性能和热工性能影响很大,必须严格计量。衬里混凝土在满足施工和易性条件下,水尽量少用,用水量多会造成粒度偏折,干燥后成为多孔组织,强度降低。

衬里混凝土一次搅拌量应根据初凝时间和施工需要确定,边搅边用,失去施工和易性的衬里混凝土在开始初凝时失去施工性,不准二次加水搅拌再用,应废弃。

5.4.4 钢纤维在衬里混凝土中均匀分布是关系到发挥钢纤维的增强增韧作用的关键。确保钢纤维在衬里混凝土中均匀分布的方法有许多种,各种方法都有其长处,目的是使钢纤维在衬里中均匀分布。

5.5 施 工 缝

5.5.1 多年来的实践证明,衬里质量问题大多是由于衬里施工缝的留设不当造成的。因此,施工缝的留设是一个非常重要的问题,应引起足够的重视。为了使表达更加准确,避免产生歧义,本条对需要留设施工缝的几种情况作了规定。留设施工缝的依据就是施工中中断间隔超过衬里混凝土的凝结硬化时间。

5.5.3 施工缝施工质量的好坏直接影响衬里工程的质量,应引起足够的重视。本规范推荐的方法是经实践证明行之有效的方法。本规范鼓励用户在此规定的基础上,积极采取其他能够增强新旧衬里间的结合力的方法,同时针对现有衬里料结合剂的常用种类,着重强调了水硬性和化学结合两种衬里料对施工缝恢复施工

的规定。

5.6 浇注法施工

5.6.1 在无龟甲网隔热耐磨单层衬里中采用的锚固钉的形式很多,并不是每种锚固钉结构都能采用浇注法施工工艺,本条对浇注法施工适用范围进行界定是必要的,增加了针对性。

5.6.3 衬里混凝土搅拌后都存在初凝和终凝时间,当衬里混凝土超过初凝时间后再进行浇注法施工是无法保证衬里混凝土的整体质量的,本条对隔热耐磨混凝土浇注法的时间进行规定是必要的。

5.7 喷涂法施工

5.7.1 喷涂法施工工艺不是每种衬里结构都能采用,本条对喷涂法的适用范围进行界定是必要的。

5.7.2 因喷涂法施工比较复杂,喷涂设备和操作人员的技能对喷涂质量影响很大,喷涂前进行试喷是必要的。

5.7.8 衬里料的含水率对衬里工程质量的重要性是不言而喻的。为了消除作业者人为原因而带来的影响,在喷涂过程中加强对过程的质量控制是必要的。本条要求的测试频率是一个最低要求,本规范也鼓励规范使用者探讨提高含水率的测试频率的可能性。

5.8 手工捣制法施工

5.8.1 手工捣制法施工工艺简单,适用范围比较广,所以本条对该方法的适用范围也进行了界定。

5.8.4~5.8.6 耐磨混凝土手工捣制法施工靠人工逐个将龟甲网孔或侧拉型圆环内捣实,一次填入量应在衬里混凝土初凝前全部捣实,超过初凝时间尚未捣实部分、施工中断龟甲网孔或侧拉型圆环孔内存在残料及表面撒干水泥细粉抹光都无法保证衬里寿命。为此要求龟甲网孔或侧拉型圆环应一次填满,逐孔捣实,随填随捣,填入量必须在衬里混凝土初凝前捣实。

• 66 •

5.9 特殊部位施工

5.9.1、5.9.2 两段已衬无龟甲网隔热耐磨衬里的筒体的接口衬里及斜管和筒体相交相贯线部位的衬里是容易出现质量问题的部位。这些部位的施工,过去常用涂抹法施工,实践证明,这种方法存在一定的不足。采用支斜模浇注已经近几年的实践证明,对衬里的质量有保证。

5.10 衬里混凝土养护

5.10.1~5.10.3 衬里养护工序对衬里质量的重要性是不言而喻的,但由于衬里材料供应商所生产衬里料集料组成和结合剂性能各有不同,故本规范所提出的养护要求只是一个最低要求。当衬里材料供应商对所供的衬里料有特殊要求时,应按衬里材料供应商的产品使用技术条件执行。

5.11 成品保护

5.11.1~5.11.5 成品保护贯穿衬里施工的全过程,是一个重要环节,总结现场施工经验,明确了已衬里的设备和管道从衬里施工完成后至衬里烘炉前的全过程由施工单位负责对衬里采取保护措施。同时提出了成品保护环境的要求,分段衬里设备和管道进行运输、吊装和组焊的要求,筒节和封头衬里后吊装或翻转时防止衬里开裂的要求及未能按时烘炉的设备和管道保存的要求,还特别强调了已衬里的设备和管道在衬里烘炉前不得进行焊接作业。

6 质量检验

6.1 一般规定

6.1.1 衬里材料到货后应进行验收,其质量标识和特性数据应符合本规范第4.4.1条和第4.5.1条的要求。衬里材料的验收包括对衬里供货商提供的衬里材料由第三方进行的检验试验结果和施工单位在衬里施工前对施工衬里材料进行的检验结果。未经验收或验收不合格的材料不得使用。

6.1.2 隐蔽工程被隐蔽后,表面上无法看到的施工工序,很难再进行检查其符合性,因此,规定未经检查确认不得进行隐蔽施工,并应有检查确认的见证文件。

6.1.3 表6.1.3中作为一般项目性质的检验项目也应给予充分的重视。具体操作按本规范第6.2~6.6节的规定执行。

6.2 衬里材料检验

6.2.2 检验应由取得资质的检验试验单位进行。

6.2.5 储存期是指产品生产日期到投入使用时的日期的时间,而不是出库或到货日期。储存期应考虑施工的周期,并留有一定的富余时间。如果超过储存期,则不能使用。

6.3 除锈质量

6.3.1、6.3.2 规定对衬里混凝土覆盖金属面、龟甲网和锚固钉的除锈等级,以保证其在衬里施工中与衬里混凝土良好的结合。

6.4 锚固件安装检验

6.4.1、6.4.2 总结多年的施工经验,给出了锚固件安装的质量标

• 68 •

准、检验要求。

6.5 衬里混凝土检验

6.5.2 衬里混凝土的外观质量是衬里质量检查的重要环节。本条给出了衬里混凝土外观质量标准 and 检验要求。

本规范第 5.3.4 条规定柱型锚固钉和端板是焊好后再焊到器壁上,端板下方的隔热混凝土在施工中不易塞实,因此强调施工中不得有空洞。

6.5.4 衬里烘炉后对裂纹的要求是根据目前国内施工单位总的施工水平规定的,如果严格按规范施工和养护,是能达到衬里质量要求的。

6.6 工程试样

6.6.2 由于衬里混凝土在材料检验时,已做导热系数和化学分析检测,故衬里混凝土工程试样仅做本条规定的物理力学检测内容,衬里混凝土工程试样检测项目合格,代表隔热耐磨衬里质量合格。本条为强制性条文。

7 补衬与修补

7.0.1~7.0.4 本章规定了补衬与修补的接口处的衬里混凝土处理和对锚固件的要求,且衬里接口补衬处由于施工环境的限制,施工质量很难达到整体施工时的质量,而养护更是难以保证。因此,施工单位和监理方对衬里接口补衬和养护要充分重视。

8 衬里烘炉

8.1 一般规定

8.1.1~8.1.4 明确衬里烘炉由建设单位负责,衬里烘炉方案应由建设单位根据本规范及所采用衬里供货商提供的产品使用技术条件确定,设计、监理和施工单位参加。衬里烘炉的关键是严格按确定的方案进行,平稳操作,保证升温、降温速度和所需时间及恒温温度和所需时间。规定了烘炉应绘制烘炉曲线,也给出了特定情况的烘炉要求。

8.2 衬里烘炉制度

8.2.1 总结了设备和管道隔热耐磨衬里烘炉的实际操作经验,规定了三种结合剂情况下的热处理制度。当催化裂化装置反应再生系统衬里设备采用多个设备串联或并联进行衬里烘炉时,由于各设备离热源的距离不同,升温的速度存在差别,烘炉温度慢慢往150℃靠拢,到达这一温度后,升温速度和恒温时间能控制自如。因此,将初始恒温度定为150℃为系统设备串联或并联进行衬里烘炉的热处理制度。

对某段热源流动不畅或难以流动的空间,应采取适当延长烘炉时间和设置放空口等措施。

8.2.2 给出单体衬里设备和管道及分段衬里的小直径设备和管道在热处理炉内进行衬里烘炉的三种结合剂情况下的热处理制度。

9 工程验收

9.0.1 隐蔽工程验收是质量控制的重要工序,被后一工序覆盖的部位未经验收,覆盖后无法再进行质量验证,如隔热耐磨龟甲网双层衬里施工时,器壁除锈后焊锚固钉,一定要在锚固钉焊接质量检验合格后,才可施工隔热层。隔热层施工后,锚固钉被完全覆盖。在锚固钉焊接和隔热层衬里两道工序间必须进行中间交工检验,即隐蔽工程验收。隐蔽工程验收不合格,不准进行下道工序。隔热层施工后,焊龟甲网,再做耐磨层衬里。在龟甲网焊接合格检验后,才可施工耐磨层衬里。龟甲网焊接和耐磨层衬里之间应进行中间交工检查,即隐蔽工程验收。衬里施工过程中为后一工序覆盖的部位进行隐蔽工程验收作为强制性条文,必须严格执行。

9.0.2~9.0.4 衬里设备和管道交付烘炉前应进行中间验收,衬里烘炉结束应在建设、设计、施工、监理单位共同检查确认后办理交工验收,并对隔热耐磨衬里的交工技术文件作了规定。