

国家标准分类号 ICS

中国标准文献分类号 CCS

中国石油和化工勘察设计协会团体标准

T/HGJ XXXXX—XXXX

HGJ

Engineering Technical Standard of Combined Lining with Anti- corrosion Carbon Brick

防腐蚀碳砖复合衬里工程技术标准

(征求意见稿-中文版)

202X -XX - XX 发布

202X -XX- XX 实施

中国石油和化工勘察设计协会 发布

目 次

1	范围	1
2	规范性引用文件	2
3	术语和定义	3
4	材料要求	4
4.1	一般规定	4
4.2	膨胀缝连接材料.....	7
4.3	半成品.....	8
5	设计	9
5.1	一般规定	9
5.2	基体准备	13
5.3	隔离层	14
5.4	服务层	15
5.5	设计选型	16
5.6	施工设计	17
6	施工	19
6.1	一般规定	19
6.2	施工.....	20
6.3	养护.....	20
7	质量检验	21
7.1	一般规定	21
7.2	质量检验.....	21
7.3	施工方文件.....	22
7.4	工程验收.....	23
8	施工安全和环保	26
8.1	施工安全	26
8.2	施工环保	27

9 维护和运行	28
9.1 维护和保养.....	28
9.2 运行管理	28

Contents

1	Scope	1
2	Normative references.....	2
3	Terms and definitions.....	3
4	Material Requirements.....	4
	4.1 General definitions.....	4
	4.2 Jointing materials for expansion joints.....	7
	4.3 Semi-finished products.....	8
5	Design	9
	5.1 General definitions.....	9
	5.2 Substrate preparation.....	13
	5.3 Sealing layer.....	14
	5.4 Service layer.....	15
	5.5 Design and type-selection.....	16
	5.6 Application design.....	17
6	Application	19
	6.1 General definitions.....	19
	6.2 Application.....	20
	6.3 Maintaience.....	20
7	Quality inspection and acceptance.....	21
	7.1 General definitions.....	21
	7.2 Quality inspection.....	21
	7.3 Application party documents.....	22
	7.4 Project acceptance.....	23
8	Application safety and enviromental protection.....	26
	8.1 Application safety.....	26
	8.2 Application enviromental protection.....	27

9	Maintaience and operation.....	28
9.1	Maintenance.....	28
9.2	Opetation management.....	28

1 范围

本文件适用于新建、改建和扩建的混凝土或金属工业设备的防腐蚀碳砖复合衬里工程的材料、设计、施工、检验与验收、安全与环保、运行和维护。

本文件适用于操作温度不高于 300℃ 的工业设备。其中使用压制型防腐蚀碳砖的复合衬里操作温度不超过 180℃。

本文件不适用于直接火焰加热、有剧烈震动或预应力的防腐蚀碳砖衬里工业设施和设备。

2 规范性引用文件

以下所引用的文件对于本文件的应用是必不可少的。对于有日期的参考文献，只适用被引用的版本。对于未注明日期的参考文件，适用参考文件的最新版本（包括任何修订）。

EN 14879-1 保护工业设备和植物免受腐蚀介质腐蚀的有机涂层系统和衬里 第 1 部分：基材的术语、设计和制备

EN 14879-2 保护工业设备和工厂免受腐蚀介质腐蚀的有机涂层系统和衬里 第 2 部分：金属部件上的涂层

EN 14879-3 保护工业设备和工厂免受腐蚀介质腐蚀的有机涂层系统和衬里 第 3 部分：混凝土上的涂层

EN 14879-4 保护工业设备和工厂免受腐蚀介质腐蚀的有机涂层系统和衬里 第 4 部分：金属构件上的衬里

EN 14879-5 工业设备和工厂保护的有机涂层系统和衬里防止腐蚀介质引起的腐蚀 第 5 部分：混凝土构件上的衬里

EN 14879-6 工业设备和工厂保护的有机涂层系统和衬里防止腐蚀介质引起的腐蚀 第 6 部分：砖板复合衬里

GB/T 8923.1 《涂覆涂料前钢材表面处理表面清洁度的目视评定第 1 部分：未涂覆过的钢材表面和全面清除原涂层后的钢材表面的锈蚀等级和处理等级》

GB 12523 《建筑施工场界环境噪声排放标准》

GB 12524 《建筑施工场界噪声测量方法》

GB 50204 《混凝土结构工程施工质量验收规范》

GB 50212 《建筑防腐蚀工程施工规范》

GB/T 50726 《工业设备及管道防腐蚀工程技术标准》

GB/T 2828.1 《抽样检验标准》

EN 1081 《地板防静电性能-垂直电阻/导电性》

GB/T 31838.4 《固体绝缘材料 介电和电阻特性 第四部分：电阻特性（DC 方法）绝缘电阻》

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件：

3.1 复合衬里

防护金属或混凝土遭受化学物质侵蚀的多层衬里系统。

注：在本文件中，分为隔离层和服务层。此两层合并防护，比单层服务更有效。

3.2 隔离层

应用在金属或混凝土表面的防护层，为复合衬里的底层。

3.3 服务层

复合衬砌系统的面层系统，由碳砖通过胶泥粘结在隔离层上，由胶泥和砖块共同组成。用于保护隔离层免受化学、机械和热负荷的直接接触。

3.4 半成品

碳砖，碳板，以及其它形状，如套管

3.5 接缝材料

用于填充半成品之间的胶泥

3.6 底铺材料

形成隔离层和服务层间底面的胶泥材料。

3.7 空缝

砖板之间的接缝，不填充胶泥。

3.8 结合缝

在隔离层和服务层间的胶泥层

3.9 灰缝

砖之间的胶泥缝

3.10 挤缝技术

砖和胶泥同时施工，同时将胶泥填充在砖之间接缝的技术

3.11 勾缝技术

将砖和砖之间的接缝保持开放，然后再填充胶泥的技术

4 材料要求

4.1 一般规定

4.1.1 防腐蚀碳砖衬里铺层结构图，见图 1。

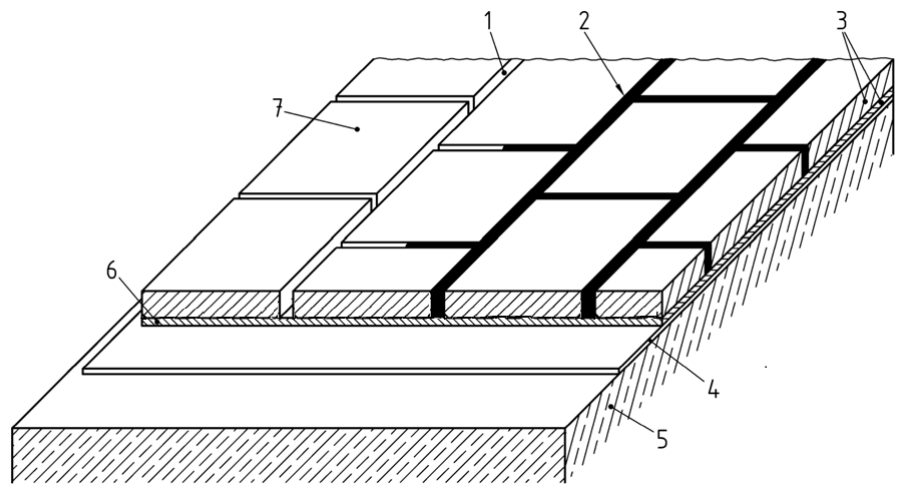


图 1-复合衬里结构图

1—空缝；2—灰缝；3—碳砖层；6 和 7 复合；

4—隔离层；5—基体；6—结合缝；7—碳砖

4.1.2 隔离层应符合 EN 14879-2 或 EN 14879-3 的涂层，EN 14879-4 或 EN 14879-5 的橡胶衬里。

4.1.3 垫层和接缝可使用以下材料树脂基胶泥,e.g.以环氧树脂（EP）、呋喃（FU）、苯酚甲醛（PF）、不饱和聚酯（UP）或乙烯基酯（VE）为基础。树脂基胶泥的一般特性见表 1。

表 1 树脂胶泥的一般特性

	胶泥基础				
	EP	FU	PF	UP	VE
组份数量	2 至 3	2 至 3	2 至 3	2 至 4	2 至 4
粘接剂	EP	FU	PF	UP	VE
填料	石英、碳、重晶石	石英、碳、重晶石	石英、碳、重晶石	石英、碳、重晶石	石英、碳、重晶石
固化剂	胺	有机酸	有机酸	有机的过氧化氢	有机的过氧化氢
促进剂				有机促进剂	有机促进剂
固化反应类型	加聚	缩聚	缩聚	聚合	聚合
凝胶时间 20 ° C, h	½到 1	½到 1	½到 1	½	½
固化时间 20 ° C, h	24	24	24	12	12

收缩率，按质量百分比	0.2 至 0.4	0.3 至 0.8	0.3 至 0.6	0.2 至 0.5	0.2 至 0.5
在 20 ° C 固化后可接触化学介质时间	2 到 7 天	2 到 7 天	2 到 7 天	1 到 7 天	1 到 7 天
可粘合： 陶瓷 碳 橡胶 热塑性塑料 —树脂基涂层	++ ++ -到+ ○到++	++ + -到+ ○到++	++ + -到+ ○到++	+ + ^a -到+ ○到++	+ + ^a -到+ ○到++
用于： 地面和墙壁 容器和储罐 化学负载 机械荷载 热负荷	++ + + ++ ○	++ ++ ++ ++ ++	++ ++ ++ ++ +	++ ++ + ++ +	++ ++ + ++ +
^a 配合底涂。 符号说明： ++ 非常好/非常合适 + 好/合适 ○ 良好/仅在特定条件下适用 - 差/不合适					

4.1.4 树脂胶泥的物理特性见表 2

表 2 树脂胶泥的物理特性

材料	密度，g/cm3	吸水率，%	抗压强度，N/mm2	弯曲强度，N/mm2	弯曲模量，在 104 N/mm2	热线性膨胀系数 $10^{-6}K^{-1}$	热稳定性 温度，Max (°C)
树脂胶泥 (矿物填料)	1、7-2、2	< 1	50-100	20-40	1-2	20-50	180
树脂胶泥 (碳填料)	1、4-2、0	< 1	50-100	20-30	约 0.8	20-30	250

4.1.5 一般材料特性

表 1 和表 2 中列出的一般特征来自不同制造商提供的信息，仅作为指南，因为粘合剂、催化剂、固化剂和填料的类型和组成不同，相关特性可能有很大差异。对适用性的评估应根据制造商的技术数据表进行参考。

4.1.6 树脂胶泥的物理特性

表 2 列出了树脂胶泥的物理性质。这些值只是参考类数据，因为粘结剂、硬化剂、促进剂和填料 types 和组成不同，以及老化条件和温度的影响性能可能造成影响。对适用性的评估应根据制造商的技术数据表进行参考。

4.1.7 耐化学性

参见表 3 的数据，仅作为参考选型使用。对适用性的评估应根据制造商的技术数据表。同时，介质温度和浓度的影响应充分考虑。

表 3 耐化学性

Group	Chemical type	Examples	Mortar based on				
			UP	VE	EP	FU	PF
I. Inorganic Chemicals							
1	Inorganic, non-oxidizing acids	HCl Hydrochloric acid	+	+	O	+	+
		H ₂ SO ₄ Sulphuric acid, up to 70 %					
		H ₃ PO ₄ Phosphoric acid					
2	Inorganic, oxidizing acids	HNO ₃ Nitric acid	+	+	O	O	O
		H ₂ SO ₄ Sulphuric acid, over 70 %					
		CrO ₃ ,H ₂ CrO ₄ Chromic acid					
		HClO ₃ Chloric acid					
3	Inorganic acids, dissolving SiO ₂	HF Hydrofluoric acid	+	+	+	+	+
		H ₂ SiF ₆ Hexafluorosilicic acid (contains HF)					
		HBF ₄ Tetrafluoroboric acid (contains HF)					
4	Salts	NaCl Sodium chloride	+	+	+	+	+
		FeSO ₄ Iron (II) sulphate					
		Na ₂ CO ₃ Sodium carbonate					
5	Bases	NaOH Sodium hydroxide	O	+	+	+	O
		KOH Potassium hydroxide					
		CaO,Ca(OH) ₂ Calcium oxide,calcium hydroxide					
		NH ₄ OH Ammonium hydroxide solution					
6	Oxidizing bases	NaOCl Sodium hypochlorite	+	+	O	O	—
II.Organic Chemicals							

7	Organic acids	HCOOH CH ₃ COOH CH ₂ ClCOOH (COOH) ₂ CH ₃ CHOHCOOH	Formic acid Acetic acid Chloroacetic acid Oxalic acid Lactic acid	+	+	O	+	+
8	Aliphatic hydrocarbons	C ₆ H ₁₄ C ₈ H ₁₈	Hexane Octane	+	+	+	+	+
9	Aromatic hydrocarbons	C ₆ H ₆ C ₇ H ₈ C ₆ H ₄ (CH ₃) ₂	Benzene Toluene Xylene	—	+	O	+	+
10	Alcohols	CH ₃ OH C ₂ H ₅ OH C ₄ H ₉ OH CH ₂ OH-CH ₂ OH	Methanol Ethanol Butanol Ethanediol	+	+	O	+	+
11	Ketones,esters	CH ₃ COCH ₃ C ₂ H ₅ COCH ₃ CH ₃ COOC ₂ H ₅	Acetone Methyl ethyl ketone(2 butanone) Ethyl acetate	—	O	O	+	+
12	Aldehydes	CH ₂ O	Formaldehyde	O	O	O	+	+
13	Aliphatic halogenated hydrocarbons	CH ₂ Cl ₂ C ₂ HCl ₃ C ₂ Cl ₃ F ₃	Dichloromethane Trichloroethylene Trichlorotrifluoroethane	—	O	—	+	+
14	Aromatic halogenated hydrocarbons	C ₆ H ₅ Cl ClC ₆ H ₄ CF ₃	Chlorobenzene Chlorobenzotrifluoride	—	O	—	+	+
15	Aliphatic amines	CH ₃ NH ₂ (C ₂ H ₅) ₃ N	Methylamine Triethylamine	O	+	—	+	+
16	Aromatic amines	C ₆ H ₅ NH ₂ Aniline		—	O	—	+	+
17	Phenols	C ₆ H ₅ OH CH ₃ C ₆ H ₄ OH	Pheno Cresol	—	O	—	+	+
18	Fats,oils	Vegetable and animal fats,oils		+	+	O	+	+
The information provided here is informative only. Key to symbols: + recommended - not recommended o recommended only under certain circumstances								

4.2 膨胀缝连接材料

4.2.1 混凝土基体的结构上必要的伸缩缝必须在复合衬砌中考虑， 由于工艺装置中的化学负

荷，伸缩缝需要进行特殊的设计。

4.2.2 一旦采用了复合衬里系统，系统中的伸缩缝应填充一种弹性复合材料，这些接缝填充组件可以是基于硅、聚硫化物或聚氨酯的弹性体或塑料。由于这些材料通常与使用的胶泥没有相同的耐受水平，需要定期对它们进行监测和维护。当应用得当时，连接材料至少要暂时能防止腐蚀介质穿透隔离层。

4.2.3 对适用性的评估应根据材料制造商的技术数据表。

4.3 半成品

4.3.1 一般要求

半成品与垫层、接胶泥一起形成了服务层。这应能够保护或减少隔离层免受化学、机械和热负荷的影响。对适用性的评估应根据制造商的技术数据表。

4.3.2 材料

4.3.2.1 防腐蚀碳砖

4.3.2.1.1 防腐蚀碳砖物理性能参考表 4 的规定。

表 4 防腐蚀碳砖物理性能

名称	类型	体积密度 kg/m ³	抗折强度 MPa	抗压强度 MPa	导热系数 W/(m·K)	灰分%	弹性模量 10 ⁴ N/mm ²	线膨胀系数 10 ⁻⁶ K ⁻¹	显气率%
烧结 碳砖	SJ-1	≥1650	≥20	≥65	2.0~8.0	≤3	0.5-1.5	3.0-4.0	<20
	SJ-2	≥1500	≥15	≥45	2.0~8.0	≤5	0.5-1.5	3.0-4.0	<22
压制 碳砖	YZ-1	≥1650	≥20	≥70	2.0~8.0	≤2	0.5-2.5	3.5-5.0	<10
	YZ-2	≥1600	≥15	≥50	2.0~8.0	≤5	0.5-2.5	3.5-5.0	<15

4.3.2.1.2 防腐蚀碳砖耐化学性能参考表 5 的规定。

表 5 防腐蚀碳砖耐化学性能

介质	实验温度℃	耐受性	
		烧结碳砖	压制碳砖
40%硝酸	40	耐	不耐
40%氢氟酸	40	耐	耐
混合酸，硝酸 25%，氢氟酸 10%，水 65%	40	耐	不耐
35%盐酸	80	耐	耐
75%磷酸	80	耐	耐
50%硫酸	80	耐	耐
50%氢氧化钾	80	耐	不耐
50%氢氧化钠	80	耐	不耐
注：测试周期为一周。其他测试介质及测试周期由供需双方协商确定。			

5 设计

5.1 一般规定

5.1.1 钢制容器和设备

5.1.1.1 基本要求：衬砖的钢制设备和容器首先应满足隔离层对钢基体的标准要求。对钢基体的要求应符合 DIN EN 14879-1 和 GB/T 50726 第 3.2 节的规定。

5.1.1.2 为了确保碳砖衬里的耐久性，钢基体还必须满足以下前提条件。

- 1) 钢制容器在结构设计上须确保一定的强度，在进行衬里施工后，不会因施加的恒载和预期的变化载荷下变形(如热膨胀、容器内容物、内部压力)。
- 2) 钢制容器的焊接应采用全焊透结构，在衬里施工前，应按要求进行泄漏或压力测试。
- 3) 钢基板表面不得有不平整的现象(如容器焊接时产生的焊瘤或未在容器内重新焊接的焊缝产生的凹槽)。
- 4) 焊缝要求：所有覆盖衬里的焊缝必须是连续平整且光滑的，见图 2。

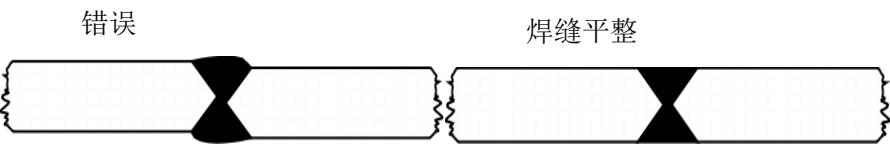
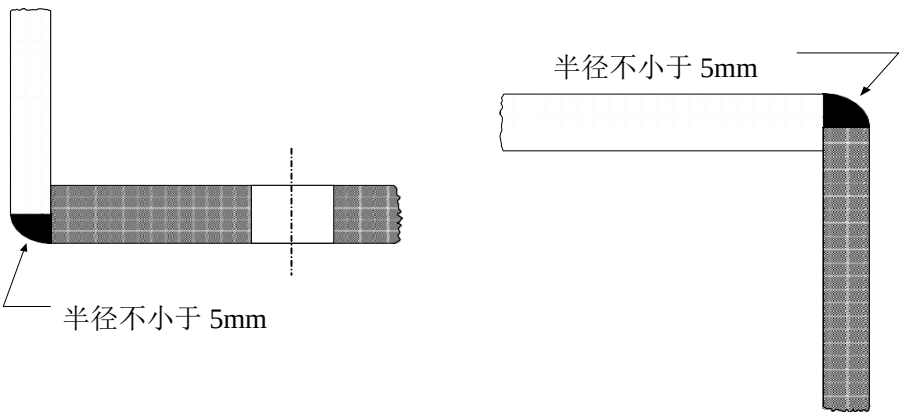


图 2 焊缝要求示意图

5) 边角要求：边角必须圆滑过渡，且倒角的圆弧半径不得小于 5mm。见图 3



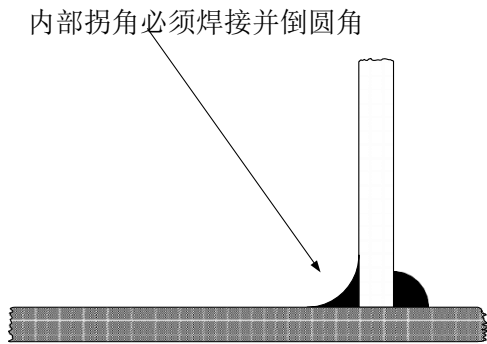


图 3 边角圆滑过渡示意图

5.1.1.3 平底设备

- 1) 对于平底设备，在基础上推荐采用下图标准结构设计：

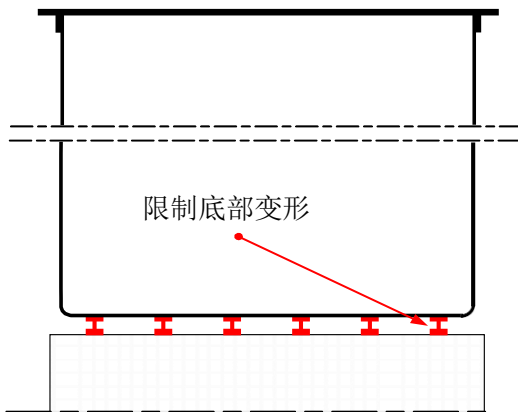


图 4 平底设备基础示意图

- 2) 在特殊情况下允许设备直接与平台接触支撑。

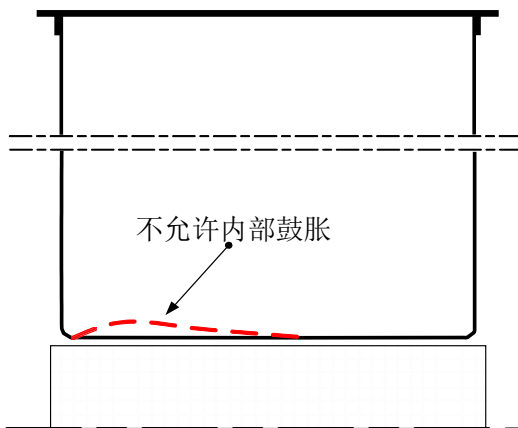


图 5 平底设备的全支撑基础示意图

- 3) 对于平面度的要求：
- 4) 在测试点之间的距离为 900-1500mm 时，允许的平面度偏差为 $\pm 5\text{mm}$ 。
- 5) 从一个测试点到下一个测试点的偏差不得超过最大允许偏差的一半。
- 6) 底部在其支撑上不能有弹性形变。

5.1.1.4 容器顶部

当顶部需要衬砖时，顶部必须采用凸形封头，封头与桶身需圆滑过渡，并为衬砖提供适当的支撑(如支撑梁)。

5.1.1.5 内部构件

如果有应力传递到钢壳，必须提供足够的加强来承受这种力。承载构件与钢制基体的连接处应进行局部应力评定。

传递到钢壳中的应力不得导致任何事实上导致结构的变形，并影响砖衬的稳定性。

内部耐腐蚀金属构件若需埋设在碳砖中，需对埋设处的载荷进行核算。

5.1.1.6 圆筒形设备

对于圆筒形设备，在最终制作完成后，圆筒段的圆度应满足衬砖的要求，圆柱形截面上的半径不得偏离平均值超过 $\pm 0.4\%$ ；对于直径超过 7500mm 的容器，最大偏差设置为 $\pm 15\text{mm}$ 。

一般情况下，圆的周长被细分为 16 等分来设置测试点。测试点之间的距离应大于圆周的 1/16，对于直径超过 7500mm 的容器，测试点之间的距离则需大于 1500mm。

因此，连续测试点的允许偏差为 $\pm 0.4\%$ 或不超过 15mm。

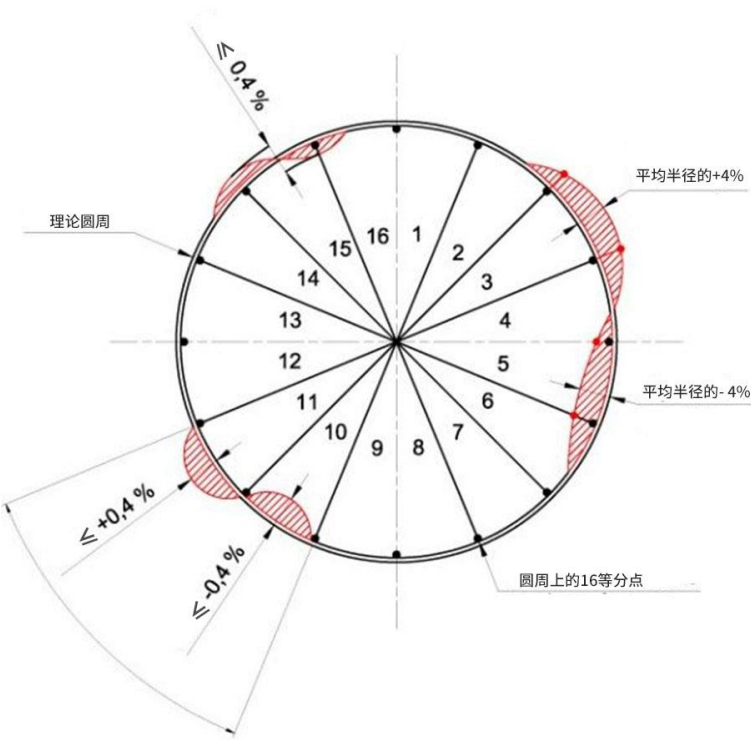
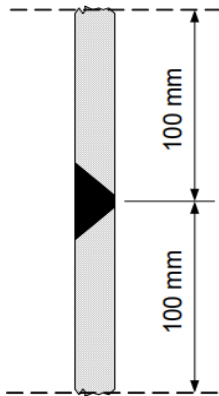


图 6 筒体圆度测量点示意图

在每个测量平面上，半径的平均值计算如下：

$$R = \frac{r1 + r2 + \cdots + r16}{16}$$

测量平面间距为 1000-2500mm，这些测量平面垂直于容器的轴线，必须距离筒体部分的焊缝上下至少 100mm，选取一个测量平面。



测量平面距焊缝 $\geq 100\text{mm}$

图 7 测量平面距离焊缝要求示意图

测量平面位置及数量：

对于高度达 2000mm 的容器:至少 2 个平面。

每个水平焊缝最多 1 个平面，最大间隔 2500mm。

5.1.1.7 水平矩形容器

水平壁部：

容器壁部的最大偏差为 $\pm 5\text{mm}$ ，测量点间距为 900-1500mm。

水平底部：

水平度允许偏差为 $\pm 5\text{mm}$ ，测量点间距为 900-1500mm。

5.1.2 混凝土容器和设备

5.1.2.1 待砌砖的容器的尺寸应进行静态计算，以限制结构变形，从而不会发生砖衬砌损坏的可能性。应特别注意减少混凝土的裂缝，这直接关系到与之相关的隔离层。考虑到隔离层的厚度和弹性，混凝土裂缝的宽度必须小于 0.3 毫米。

5.1.2.2 在计算混凝土结构时，应考虑工作温度和压力以及衬砖后可能产生的膨胀。应避免破坏性的抗拉强度。材料的特性应取自制造商的规格性能。

5.1.2.3 在温度较高和/或压力过大的情况下，将需要进行拉伸评估。可以参考实际应用。

5.1.2.4 所有进行防腐的混凝土要为指定的用途进行恰当的设计，并按规定的等级水平，倾斜或

平直（坦、缓）浇注以提供（形成）无蜂窝结构和尖锐突出物的均一表面，在表面预处理开始前，混凝土必须干燥、无油无尘，并且固化要充分，以接受保护性的面层。

5.1.2.5 为了防止水或者水蒸汽对衬里造成影响，如有必要应在基体外做好防水。如果持续有水的影响，仅仅涂覆沥青漆是不够的。同时混凝土的防水层也不足以阻止水分渗透。

5.1.2.6 所有的铁钉、肋材和其他的表面嵌入物要清除，铁钉不能破坏或割断，要求完全清除，突出的钢筋要切割至齐平面以下至少 12 mm。

5.1.2.7 混凝土基体表面应密实、平整，不得有地下水渗漏、不均匀沉陷、起砂、脱层、裂缝、蜂窝和麻面等缺陷。

5.1.2.8 砂浆和灰浆层应与混凝土基体要有良好的附着力和抗压强度。为了使其有良好的附着力，混凝土或灰浆层表面应比较粗糙。

5.1.2.9 混凝土表面、砂浆层以及灰浆层的强度必须满足内衬及相关设计的要求。推荐的混凝土的整体抗压强度应 $\geq 25\text{MPa}$ 。

5.1.2.10 为了提高混凝土、砂浆层的表面性能，需要对其进行轻度的喷砂、打磨、研磨以达到：

- 清除表面的污泥、油渍、松脱、杂质

- 气孔、蜂窝被暴露

- 使过于光滑的表面变得粗糙——由于模板表面或混凝土涂抹脱模剂等导致过于光滑

经适当预处理的混凝土表面应具有 40~60 目的砂纸表面特征。

5.1.2.11 混凝土表面的错边不应超过 2mm，错边应需要打磨平整。

5.1.2.12 混凝土基体的棱或槽（阴、阳角）应该做成圆角。圆角半径不小于 5mm。

5.1.2.13 混凝土基体的含水率，在深度为 20mm 的厚度层内，不能超过 4%。

5.1.2.14 保护层施工以前，新制混凝土最好养护 28 天以上。

5.1.2.15 含水率确认后且从表面预处理开始的一周内，应及时使用指定的底涂进行打底施工。

5.2 基体准备

基体符合 DIN EN 14879-1 和 GB/T 50726 的要求。

5.3 隔离层

5.3.1 隔离层应符合 EN 14879-2 和/或 EN 14879-3 的涂层，符合 EN 14879-4 和/或 EN 14879-5 的衬里或符合 GB/T50726 的衬里。

5.3.2 防腐蚀碳砖复合衬砌系统的隔离层用于混凝土构件的密封和裂缝桥接。由于在大多数情况下，服务层还可以保护密封层不直接暴露于化学、机械或热负荷下，因此只能通过测试整个系统来确定其适用性。

5.3.3 考虑到特殊要求和预期寿命，应选择全方位耐受最佳的隔离层和服务层的组合。通常，系统应满足预期负载的要求或（在特殊情况下）高于预期负载的要求。

1) 防泄漏

为防止流体泄漏，密封层应无针孔、夹杂物等缺陷，并应在所有需要保护的区域内连续进行。

2) 蒸气和/或液体的抗渗透性

隔离层应能抵御蒸汽和/或液体的渗透，即基体不得遭受化学侵蚀，加载时也不得脱落。

3) 耐化学性

隔离层与服务层结合时，应能充分抵抗化学品。隔离层——虽然不足以抵抗长期的直接暴露——但可以实现其功能，因为上面的服务层使侵蚀停滞，从而阻碍了与侵蚀媒介的直接接触，而减少了对隔离层的影响。

4) 抗机械载荷能力

隔离层必须具有足够的承载力，以吸收来自服务层上的机械应力，并在其加载下而不改变隔离层的结构或功能。这适用于静息载荷和滚动载荷，它们除了造成垂直压缩外，还可能引起水平应力。在这种情况下，加载频率很重要。在选择隔离层材料时，还应考虑基体收缩和蠕变变形、隔离层和服务层不同的热膨胀速率引起的应力以及混凝土基底裂缝影响（裂缝分类见 EN14879-1）

热稳定性

隔离层应具有足够的耐热性。在设计涂层或衬里系统时，应考虑磨损层的透热率和衬底的散热性能。如有疑问，应计算整个系统的热效应。

5) 抗老化性

服务层保护隔离层不受大多数可能导致过早老化的外部因素的影响。然而，隔离层的老化行为会受到长期高温的不利影响，应确保不会因该隔离层的脆性增加而造成附着力损失或无法

桥接裂缝产生。

6) 维护

隔离层应可以修复。

5.4 服务层

5.4.1 胶泥

5.4.1.1 一般在复合衬砌系统中，胶泥用于将隔离层连接到服务层，并连接服务层的防腐蚀碳砖，以及砖与砖之间。通常，胶泥与工艺介质直接接触。经过较长的运行时间后，砂浆底铺通常也会与介质接触。所使用的胶泥应根据预期的荷载进行选择，并考虑以下要求。

1) 耐化学性

将与该介质接触的胶泥应能抵抗该介质。应考虑接触介质的时间、介质的浓度和温度。

2) 抗机械载荷能力

胶泥应能够通过密封层将任何静态或动态机械载荷（包括振动）传递到基底，即使在同时的热载荷下也不会损坏。

特别应考虑具有沥青等热塑性性能的材料允许的温度表面耐压性能。

3) 热稳定性

胶泥应能抵抗任何预期的热负荷。特别要考虑的是胶泥将暴露的最高和最低温度、暴露的持续时间，以及温度变化速度和频率。

4) 收缩

在硬化时，胶泥的收缩程度取决于其特定的材料性质。在复合衬砌系统中，这种收缩和长度的变化都会受到阻碍，从而导致收缩应力。所使用的胶泥应与隔离层和服务层中的砖或浇注料粘结。可以通过额外的措施，如打磨、楔入或加底涂，可以改善附着力。

服务层不得有空腔或裂缝。收缩应力可以通过提高砖厚来减少。

5) 消散静电电荷的能力

可通过添加适当的材料(如：碳填充物)来消散静电电荷。

绝缘电阻（表面电阻）根据 GB/T 31838.4 用 100 V 直流电压测量。也可以参考 EN 1081。

5.4.2 防腐蚀碳砖

应依据防腐蚀碳砖耐受温度和介质，进行防腐蚀碳砖选型。

5.5 设计选型

5.5.1 选型一般规定

5.5.1.1 液体加载的类型和频率

表面防护系统的防护或隔离要求与其暴露的流体负载的类型和频率有关。暴露程度的分级如下：

0 级 不加载液体

1 级 零星接触液体液滴(e.g.实验室的地板，小单元的地板，墙壁)。

2 级 频繁、短期暴露在液体飞溅中，表面定期冲洗(e.g.封闭生产工厂的楼层)。

3 级 在操作期间出现的异常和有限的液体暴露(e.g.由于工厂故障)，例如，在二次容器中。

4 级 由于潮湿、凝结、水坑、滴流等原因，持续或频繁地暴露在一层液体中。g.生产厂、电镀厂或泵站的地 板)。

5 级 操作暴露于恒流体，没有娴熟的静水压力（e.g. 排水沟及其泵池、封闭通道和管道）。

6 级 容器不断地暴露在液体中（e.g.容器、坑）

5.5.1.2 热负荷

由介质效应或其他热源引起的热负荷会以以下方式影响表面防护系统的有效性：

1) 介质的侵蚀

升高温度提高介质的化学反应和扩散水平，以及挥发性物质在顶部空间的积累，增加了介质的侵蚀性。

2) 热应力

当温度偏离安装要求的温度范围时，会引起基体与表面防护系统之间的热应力，并可能导致剥离、裂纹等。这可能是由热介质或冷介质的直接作用，或由辐射热和极端环境温度造成的。

最大热负荷耐受应以摄氏度表示(°C)。

5.5.2 材料

5.5.2.1 隔离层材料选型

1) 隔离层涂层应符合 EN 14879-2 和 EN 14879-3 的要求，衬里应符合 EN 14879-4 和 EN 14879-5 的要求。

- 2) 在开始施工过程前，应规定设计细节，如设备的稳定性、喷嘴和法兰设计、地板排水管、与基础和墙壁的连接、管道的穿透处和伸缩缝。
- 3) 如有必要，在使用隔离层之前和使用期间，可使用保护腻子涂层或临时覆盖层进行保护，防止损坏。
- 4) 所有需要保护的区域的隔离层应连续，任何可能腐蚀的区域都应有效连接防护。

5.5.2.2 服务层选型

符合第 4 章的相关规定。

5.6 施工设计

5.6.1 对于垂直就位的圆柱形容器，砖一般应环形铺设，垂直接缝错开设计。而水平就位的圆柱形容器，纵向接缝通常应为连续的。通常，砖衬应适应容器的形状。多层布置时，上层的接缝应与下层的接缝在两个方向上相互错开。

明显弯曲的表面可衬以异形砖。垂直面砖砌自重应由设计吸收，胶泥的粘接强度应至少能够承受砖衬的自重。平墙的倾角应 $\geq 2\%$ 。

5.6.2 防腐碳砖衬里的厚度应符合以下规定：

- 1) 复合衬里应能耐受 80°C 的工况。当经常有超过 80°C 的工况时，砖板的最小厚度应为 40mm。
- 2) 当有机机械载荷与磨损情况时，衬里宜采用一层结构，且碳砖层厚度为 65mm。
- 3) 有自支撑要求的碳砖衬里厚度单层不宜小于 65mm。
- 4) 磨损严重区域的碳砖衬里可采用双层结构，每层厚度可采用 65mm。

5.6.3 衬砖接缝

为了砖衬里的有效性和耐用性，砖缝必须饱满，没有空洞和气囊。胶泥应很好地粘附在砖的侧面。应遵守制造商在这方面的说明。接缝宽度一般应在 3~8 毫米之间。

以下情况下，应要求更宽的接缝：

- 1) 如果考虑到所需膨胀的应力计算需要接缝宽度；
- 2) 如果接缝（根据现有经验）在操作过程中会受到冲击，并且随后可能必须重新填补；
- 3) 如果用于局部点的胶泥与衬砖时使用的砂浆不同，如局部点的胶泥修补。

较宽的接缝可以在衬砌时或随后填补。

除上述情况外，应进行窄的接缝。

5.6.4 砖缝的胶泥应在衬砖铺设的同时完成（即齐平铺设）。

5.6.4.1 后续的局部点填充的情况：要求在铺设砖块（插入楔块）时将接缝保持打开到所需的深度和足够的宽度。

5.6.4.2 局部点的填充时，砖缝深度应至少为 15 毫米。一次操作可填充约 15 毫米深的接缝；深度较大的接缝应在两次或两次以上操作中填充。

5.6.4.3 在衬砖时，应仔细刮掉砖侧面灰尘或污垢。 $\leq 15\text{ mm}$ 厚的碳板应平铺。

5.6.4.4 根据下图 8-1 衬砌时，接缝有效且耐用。如果是大直径的容器，则砖缝也需有适当宽度。

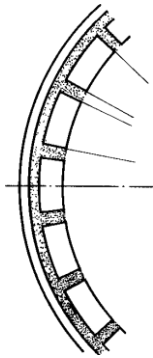


图 8-1 合适的砖缝结构

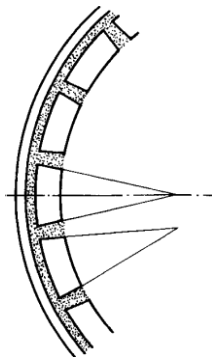


图 8-2 不合适的砖缝结构

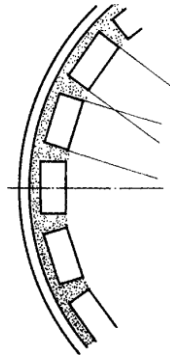


图 8-3 不合适的砖缝结构

如果安装曲率半径小于符合容器半径的异形砖，则其砖缝如图 8-2 所示。此种砖缝应该尽量避免。

如果胶泥不能可靠地填实，则应避免根部的砖缝比暴露侧的砖缝宽(见图 8-3)。

5.6.4 法兰连接

当衬砖部件用法兰连接时，壳体和砖砌体之间不应产生剪切应力。见图 9

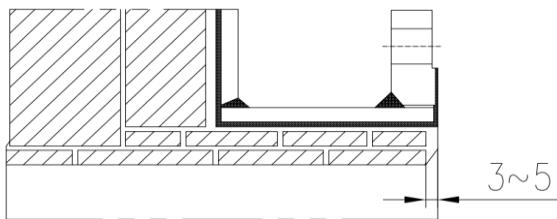


图 9- 接管法兰碳砖衬里示意

5.6.5 热稳定性

- 1) 碳砖层应具有足够的耐热性。在设计衬里系统时，应考虑砖层的热透射率和基材的散热性能。如有必要，应计算整个系统的传热性能。
- 2) 胶泥应能抵抗任何预期的热负荷。特别要考虑的是胶泥暴露的最高和最低温度、暴露的持续时间以及任何温度变化的速度和频率。
- 3) 偏离设计温度会导致基材和表面防护系统之间的热应力，并可能导致剥落、裂缝等。这可能是由于热或冷介质的直接作用，或辐射热和极端环境温度造成的。

6 施工

6.1 一般规定

6.1.1 施工单位应建立防腐蚀施工现场的质量管理体系和安全管理体系，并应具有健全的质量管理制度、安全管理制度和相应的施工技术。

6.1.2 衬砖作业人员应具有相关的专业知识和技能，并持有相关专业的上岗证或经过专业培训且考核合格。

6.1.3 施工前应对原材料和制成品进行抽样复检，其性能应符合本文件第 4 章的相关规定。

6.1.4 施工前应对基体进行检查验收，并办理工序交接手续。

6.1.5 施工前制定详细的施工方案，并对衬砖施工的人员进行技术交底。

6.1.6 设备基体和隔离层应该满足本文件的相关规定，施工前应对设备基体和隔离层进行检查。

6.1.7 碳砖施工的环境应符合下列规定：

- 1) 施工温度应为 10℃~30℃，相对湿度应不大于 80%。当温度低于 10℃时，应采取加热或保温措施，不应使用明火或蒸汽直接加热；
- 2) 当施工温度高于 30℃，应采取降温措施；
- 3) 衬砖施工场地应保持良好通风和光照
- 4) 树脂、固化剂、稀释剂等材料应密闭储存在阴凉、干燥的通风处，并应有防火措施。
- 5) 各种胶泥在施工过程中，当有凝固结块等现象时，不得继续使用。
- 6) 衬砖施工应做好隔离层防护，不得损伤隔离层。
- 7) 衬砖完成后，应对设备接管及人孔做好防护措施。

6.2 施工

6.2.1 在衬砖施工之前，应将设备放置于最终安装位置，并完成找平找正工作。

6.2.2 碳砖表面应该干净干燥，碳砖及被衬基体表面应无灰尘、水滴、油污、锈蚀和潮湿等现象。

6.2.3 衬砖施工开始前应进行粘结试验和性能评定来确定胶泥的各组分、配比及正确的配制程序或步骤。

6.2.4 胶泥配制应由专人采用专用工具执行，应是参加过粘结试验，且是配制胶泥粘结试验性能评定合格的人员。

6.2.5 胶泥应按照评定合格的比例进行混合且搅拌均匀，搅拌时间宜大于 5 分钟，具体配制要求应以制造商的规范为准。

6.2.6 衬砖施工开始前应根据衬砖图在施工位置先进行试排版，并编号定位。衬砖顺序应由低往高，阴角处立面砖应压住平面砖，阳角处平面砖应压住立面砖。衬砖施工应采用挤缝技术，底缝和对接缝胶泥应饱满密实。

6.2.7 立面衬砌时，在砌完一定高度时应停止衬砌，须待胶泥基本固化后受力不致变形时，再继续衬砌。立面最上一层应采用整砖施工。

6.2.8 立面衬砌宜在环向砌筑不大于 2m 的距离，预留不小于一块砖的空缝，待胶泥固化后，再补衬砖至该空缝。

6.2.9 确定平整度的过程中或要达到规定的高度（如拱顶的起始高度），砖的切割厚度不能大于整砖原始尺寸的 2/3。

6.2.10 衬砖施工不得使用宽度、长度小于原整砖 1/2 的砖或厚度小于原整砖 2/3 的砖。

6.3 养护

6.3.1 衬砖施工结束后，内衬层应保证足够的养护时间，已完工衬里应采取保护措施。

6.3.2 对于树脂胶泥，应根据制造商关于胶泥凝固时间和完全硬化时间的说明对碳砖衬里进行处理。

6.3.3 对于硅酸盐类胶泥，应根据制造商关于胶泥干燥时间和凝固时间的说明对碳砖衬里进行酸化等处理。

7 质量检验

7.1 一般规定

7.1.1 从业人员应经过培训，并经考核合格。

7.1.2 检测仪器、测试设备应经法定计量单位检定或校准。

7.1.3 量、器具应符合下列要求：

- 1) 精度值不应大于相应被测部位的尺寸最小偏差；
- 2) 被测项的数据应在有效量程范围内；
- 3) 测量环境宜为标准温度和标准相对湿度。

7.1.4 测试样本的选取应按本文件执行，当没有具体规定时，可按现行国家标准《抽样检验标准》GB/T 2828.1 的规定执行。

7.1.5 测试和检测记录应存档保留。

7.2 质量检验

7.2.1 防腐蚀碳砖衬里设备的钢制基体应符合本文件第 5.1.1 节的规定，防腐蚀碳砖衬里设备的混凝土基体应符合本文件第 5.1.2 节的规定。

7.2.2 防腐蚀碳砖衬里设备的隔离层应符合现行国家标准《工业设备及管道防腐蚀工程技术标准》GB/T 50726 的规定，并满足下列要求：

- 1) 隔离层表面应无针孔、褶皱、扯破、机械损伤及其他缺陷和不足；
- 2) 碳砖衬里施工前，应对隔离层进行完好性检测；
- 3) 当对隔离层的粘接性能存疑时，可在协商的情况下进行剥离试验来检测基体与隔离层的粘接强度。

7.2.3 防腐蚀碳砖衬里设备的碳砖与胶泥材料应符合本文件第四章的相关规定。

7.2.4 防腐蚀碳砖衬里层的检查应满足下列要求：

- 1) 设备的碳砖层外观应无起拱及开裂；
- 2) 胶泥砌筑的碳砖结合层应饱满密实、粘接牢固、固化完全；
- 3) 碳砖砌体平面应无滑移，碳砖砌体立面应无变形及开裂；
- 4) 碳砖之间的灰缝应饱满、无裂纹和气孔；
- 5) 单层碳砖应错缝，多层碳砖不应出现重叠缝；
- 6) 胶泥的固化度应符合本文件及施工方案要求。

7.2.5 防腐蚀碳砖衬里设备的碳砖表面尺寸应符合设计文件的要求，当设计无要求时，应符合下列要

求：

- 1) 壁部碳砖的总高度允许偏差应为设计值的 $\pm 0.5\%$ ，且最大不应超过 10mm；
- 2) 相邻碳砖之间的高度偏差应不大于 1mm；
- 3) 碳砖衬里表面平整度不应大于 4mm。

7.3 施工方文件

7.3.1 施工方文件应包括下列内容：

- 1) 设计和施工技术文件；
- 2) 原材料检验记录 and 文件；
- 3) 施工过程记录 and 文件；
- 4) 产品检验记录 and 文件。

7.3.2 设计和施工技术文件应包括下列内容：

- 1) 碳砖衬里排砖图；
- 2) 碳砖衬里施工方案；
- 3) 总装配图和碳砖厚度规格；
- 4) 详细的图纸和材料/零部件清单；
- 5) 压力容器应增加下列内容：
 - a) 必要的安全检查表；
 - b) 技术文件确认表。

7.3.3 原材料检验记录 and 文件应包括下列内容：

- 1) 碳砖的类型和来源证明；
- 2) 碳砖施工用辅材的型号、名称和成分证明；
- 3) 胶泥配方体系；
- 4) 原材料检验文件（包括产品出厂合格证、检测报告）。

7.3.4 衬砖过程质量控制

- 1) 衬砖施工时，应采用相同材料相同施工工艺同步制作胶泥质量检查试件。
- 2) 衬砖施工过程中，应随时检查灰缝饱满度和密实性，并应无裂缝和气孔。
- 3) 人孔和接管的套管不得突出法兰平面。
- 4) 灰缝固化后不得敲打衬里，不得在衬里上砍凿碳砖。
- 5) 返工拆砖时，不得用重物敲打，应使待拆除砖自然脱离墙体。
- 6) 胶泥的固化程度可采用白棉花团蘸丙酮擦拭胶泥表面，棉花无染色或粘挂现象。

7.3.5 施工过程记录 and 文件应包括下列内容：

- 1) 碳砖施工工艺评定；

- 2) 碳砖施工记录;
- 3) 胶泥的配比记录;
- 4) 中间检查记录;
- 5) 修补程序;
- 6) 所有试样清单。

7.3.6 产品检验记录和文件应包括下列内容:

- 1) 隔离层表面检查和验收记录;
- 2) 碳砖衬里的最终尺寸和外观检查记录;
- 3) 胶泥缝饱满度及固化情况的检验记录;
- 4) 压力容器应增加下列内容:
 - a) 一致性声明;
 - b) 一致性证书。

7.4 工程验收

7.4.1 一般规定

7.4.1.1 防腐蚀碳砖衬里施工完工后,建设单位应及时组织相关单位进行交工验收,未经验收合格的,不得投入生产使用。

7.4.1.2 防腐蚀碳砖衬里施工交工验收时,建设单位应检查和确认下列内容:

- 1) 施工范围和内容应符合合同规定;
- 2) 工程质量应符合设计文件、本文件质量检验的有关规定。

7.4.1.3 防腐碳砖衬里施工交工验收时,施工单位应向建设单位提交下列文件资料:

- 1) 施工方文件;
- 2) 建设单位要求的其他文件。

7.4.1.4 防腐碳砖衬里施工的质量验收程序应包括下列内容:

- 1) 施工单位在施工完成后应进行自检,并符合本文件的规定;
- 2) 施工单位自检合格后,应提前向相关方提交质量验收申请、并组织验收。

7.4.1.5 工程验收应以设计文件、施工图纸、标准规范及合同约定的要求进行,验收标准应明确,能够反映工程的实际质量状况。

7.4.1.6 工程验收应包括以下内容:

- 1) 材料质量及一致性;
- 2) 碳砖衬里施工工艺与实物的一致性;

- 3) 防腐蚀碳砖衬里的质量及稳定性;
- 4) 施工单位应提交的文件资料。

7.4.1.7 工程验收过程中应做好详细记录, 包括以下内容:

- 1) 工程验收过程中的检查项目及检查结果;
- 2) 工程验收过程中存在的问题及评价。

7.4.2 工程验收

7.4.2.1 防腐蚀碳砖衬里用材料应符合下列要求:

- 1) 防腐蚀碳砖及碳砖衬里施工用辅材应符合设计要求和相关标准;
- 2) 防腐蚀碳砖及碳砖衬里施工用辅材的产品出厂合格证、检测报告应完整有效;
- 3) 防腐蚀碳砖及碳砖衬里施工用辅材的物理性能、化学性能等指标应符合设计及规范要求, 当对材料质量存疑时, 可进行抽检检测。

7.4.2.2 防腐蚀碳砖衬里施工工艺应符合下列要求:

- 1) 防腐蚀碳砖衬里的砌筑工艺应符合施工方案及本文件的相关要求;
- 2) 碳砖之间的灰缝应符合本文件 5.6.3 的规定;
- 3) 单层碳砖应错缝, 多层碳砖不应出现重叠缝。

7.4.2.3 防腐蚀碳砖衬里的质量及稳定性应符合下列要求:

- 1) 防腐蚀碳砖衬里的平整度、灰缝饱满度应符合本文件 5.6.3 的要求;
- 2) 防腐蚀碳砖衬里表面不应存在空鼓、裂缝等质量缺陷;
- 3) 防腐蚀碳砖衬里间的胶泥的强度及固化度满足本文件第四章的要求;
- 4) 防腐蚀碳砖衬里表面应结构稳定, 无变形及裂缝。

7.4.2.4 施工单位应提交的文件资料应齐全。

7.4.2.5 对有特殊要求的防腐碳砖衬里施工工程进行验收时, 除执行本文件外, 还应按设计文件、合同规定或防腐产品说明书的要求进行检测。

7.4.2.6 防腐蚀碳砖衬里施工工程质量验收不合格时应进行整改, 整改应符合下列规定:

- 1) 对不合格项进行检测鉴定, 如鉴定评估不影响使用时, 可予以验收;
- 2) 对不合格项进行返工或返修, 并由施工单位自检合格后, 可提交质量验收申请重新进行验收;
- 3) 对不合格项进行检测鉴定, 如鉴定结果不满足设计要求, 但经原设计单位评估确认, 能够满足结构安全和使用功能要求的, 可予以验收;
- 4) 对不合格项进行返修或加固处理, 经双方协商进行技术处理方案整改, 其几何尺寸发生改变, 但满足安全和使用要求, 可予以验收。

7.4.2.7 防腐蚀碳砖衬里施工工程质量验收不合格时, 如通过整改处理后仍不能满足安全和使用功能

要求的工程，不应进行验收。

7.4.2.8 防腐蚀碳砖衬里施工工程质量验收不合格时，整改的相关文件资料应作为施工单位文件资料进行归档提交。

8 施工安全和环保

8.1 施工安全

8.1.1 防腐蚀碳砖工程的施工安全应符合 GB/T 50726-2023 中第 16 章和第 17 章的规定。

8.1.2 防腐蚀碳砖的施工应提前编制施工方案。

8.1.3 材料管理应符合下列要求：

- 1) 施工前必须对使用碳砖和胶泥材料进行检查，并应存放在库房内；
- 2) 置于露天的材料应有防雨防晒措施，并应远离热源。

8.1.4 施工作业环境应符合下列要求：

- 1) 在封闭的环境中进行衬砖作业时，应通风良好，并定期对施工环境进行检测。
- 2) 作业前，必须经过相关受限空间的作业许可，方可施工。施工过程中，必须遵守相关作业规定。

8.1.5 脚手架与工作平台的使用应符合下列要求：

- 1) 脚手架、工作平台、跳板、梯子等应符合相关法律法规的要求
- 2) 在作业前应检查无露头的钉子和尖角，无损坏隔离层。
- 3) 在平台上堆放的砖块数量应进行限制，不得超过平台允许的安全承载重量；
- 4) 在平台上衬砌时，应有隔离防护措施，严禁上下层平台交叉作业。当上下层作业无法完全错开时，应在上层作业区域设置专用的防护棚或其他隔离措施；在施工计划中，应明确各工序的作业顺序和时间安排。对于必须进行的交叉作业，应制定详细的作业计划和安全措施。
- 5) 脚手架的底部支撑脚应有承重载荷，不得损坏施工完成区域的衬里层。

8.1.6 防护装备的使用应符合下列要求：

- 1) 衬砖施工时，施工人员应根据作业环境穿戴好防护手套、防护鞋、安全帽、安全带等个人防护装备。
- 2) 碳砖施工现场应保持良好的通风，必要时应使用除尘设备，佩戴防尘、防毒口罩；
- 3) 切割砖块时，应佩戴防护眼镜。

8.1.7 施工现场必须按电气安全规定进行接电和接地，电源与电线必须安全可靠。

8.1.8 机械转动部分应有防护罩。

8.2 施工环保

8.2.1 防腐蚀施工中产生的固体废物的处理应采取防扬散、流失或其他防止污染环境的措施,并应堆放到现场指定的场所,并应及时清运出场。

8.2.2 防腐蚀施工中产生粉尘的场所应设封闭围挡或遮挡,并应采取降尘处理措施。

8.2.3 防腐蚀施工场所应按 GB 12523 和 GB 12524 的有关规定制定降噪措施。

8.2.4 防腐蚀施工中产生的污水应经沉淀后方可排放,废弃的油料、化学溶剂、酸液、碱液应集中处理,不得随意倾倒。

8.2.5 施工现场严禁焚烧各类废弃物。

9 维护和运行

防腐蚀碳砖衬里设备的运行参数应符合设计文件的规定，不得超范围使用。

9.1 维护和保养

9.1.1 定期检查应符合下列要求：

- 1) 定期对防腐蚀碳砖表面进行检查，以识别任何裂纹、剥落或腐蚀迹象。
- 2) 检查应每半年进行一次，或根据工程运行环境的恶劣程度进行调整。

9.1.2 清洁

- 1) 检查前清洁碳砖表面和胶泥缝，以去除粘附在上面的物质，去除可能导致腐蚀的化学物质和杂质。
- 2) 清洁工作应使用柔软的清洁工具和中性清洁剂，避免使用研磨性或腐蚀性物质。

9.1.3 碳砖衬里损伤时，应根据检查的结果，结合维护与运行记录，对损伤进行诊断，确定造成损伤原因。

9.1.4 根据损伤的原因，对于发现的损伤，应立即进行评估，并根据损伤程度采取相应的修复措施。

9.1.5 修复工作应由经过专业培训的技术人员执行，并使用与原工程材料性能相同或类似的修复材料。

9.1.6 具体检查和修复应按施工单位或材料生产厂家提供的维护操作手册进行。

9.2 运行管理

9.2.1 防腐蚀碳砖衬里设备运行时，运行期间的温度、压力和化学环境应符合设计规定。

9.2.2 任何超出正常运行范围的情况均应记录，并应采取相应的调整措施。

9.2.3 防腐蚀碳砖衬里设备运行时，应制定和执行标准操作规程。

9.2.4 操作人员应接受专业培训，了解工程特性、操作要求和应急措施。

9.2.5 应制定应急预案，以应对发生的泄漏、腐蚀加速或其他紧急情况。

9.2.6 应急响应团队应定期进行演练，确保在紧急情况下能够迅速有效地采取行动。

9.2.7 运行周期判定应符合下列要求：

- 1) 工程项目的质保期由合同双方书面约定，最短不宜低于工程竣工验收合格后一年。
- 2) 承包方应提供维护保养手册，手册应包含检修周期说明，备件型号及最小备件量，检查项

目，检查设备，检查方法及判定准则。

- 3) 质保期后的运行过程中，使用方依据承包方提供的维护保养手册及使用经验进行运行维护。

9.2.8 维护记录应包括检查、清洁、修复的日期、人员、发现的问题和采取的措施。维护记录应保存五年。

9.2.9 定期编制运行报告，内容应包括工程的运行状况、维护活动和任何异常事件。运行报告应归档管理。