

石油·化工实用防腐蚀技术

第 12 册

耐腐蚀砖板衬里

兰州化学工业公司化工机械研究所组织编写

燃料化学工业出版社

内 容 简 介

“石油、化工实用防腐蚀技术”一书共包括：金属腐蚀基本理论；电化学保护和缓蚀剂；耐腐蚀金属材料；金属镀层及衬里；金属和非金属腐蚀试验方法；表面处理技术；树脂和玻璃钢；塑料；橡胶衬里；防腐蚀涂料；不透性石墨；耐酸砖板衬里；耐酸陶瓷、玻璃、搪瓷和木材；建筑结构防腐蚀等部分。全套书分册出版。

本册是“耐腐蚀砖板衬里”部分，由太原化工厂、沈阳化工机械实验厂编写。本书较详尽地叙述耐腐蚀砖板衬里的结构和施工技术，以及耐腐蚀砖板和胶合剂的品种、规格、性能和选用。对砖板衬里设备的使用、维修以及原材料分析检验，也作了介绍。

本书可供从事石油、化工防腐蚀工作的工人、技术人员参考，也可供大专院校及中专有关专业师生参考。

石油、化工实用防腐蚀技术

第 12 册

耐腐蚀砖板衬里

(只限国内发行)

兰州化学工业公司化工机械研究所组织编写

燃料化学工业出版社 出版

(北京安定门外和平北路16号)

燃料化学工业出版社印刷二厂 印刷

新华书店北京发行所 发行

开本 $850 \times 1168^{1/32}$

印张 $5\frac{1}{2}$

字数 139 千字

印数 1—12,850

1974年8月第1版

1974年8月第1次印刷

书号 15063·内516(化-84) 定价 0.70 元

(只限国内发行)

书号：15063·内516(化-84)

定 价： 0.70 元

毛主席语录

在生产斗争和科学实验范围内，人类总是不断发展的，自然界也总是不断发展的，永远不会停止在一个水平上。因此，人类总得不断地总结经验，有所发现，有所发明，有所创造，有所前进。

人的正确思想是从那里来的？是从天上掉下来的吗？不是。是自己头脑里固有的吗？不是。人的正确思想，只能从社会实践中来，只能从社会的生产斗争、阶级斗争和科学实验这三项实践中来。

打破洋框框，走自己工业发展道路。

前 言

建国二十三年来,石油、化工战线上的广大革命职工在毛主席的无产阶级革命路线指引下,高举“工业学大庆”光辉旗帜,团结战斗,使石油、化学工业迅速改变了旧社会遗留下来的极端落后的面貌,并以飞快的速度向前发展。

随着石油、化学工业的发展,石油、化工设备的防腐蚀工作得到了重视,近年来发展很快,成绩很大。从事石油、化工防腐蚀工作的广大职工,发扬“自力更生”、“艰苦奋斗”的革命精神,使防腐蚀工作从无到有,从小到大,至今已形成比较完整的体系。特别是无产阶级文化大革命以来出现了设备防腐和材质革新相结合、设备防腐和设备维修相结合、群众性防腐和专业队伍防腐相结合的新局面。

工程塑料、玻璃钢、不透性石墨、硅酸盐材料等非金属材料,已经广泛并有效地用来制作各种石油、化工设备,这大大地扩大了耐腐蚀材料的来源,并成为我国防腐蚀工作的一个特色。

我国冶金工业部门研制了一系列适合我国资源条件的耐腐蚀钢种,并在石油、化工生产上有成效地应用;喷、镀、渗、涂、衬等防腐蚀施工方法已为广大防腐蚀工作人员所掌握,并广泛运用;近年来,电化学保护和缓蚀剂等防腐技术也得到了相应的发展。所有这些,解决了现场许多设备腐蚀问题,有力地促进了石油、化工生产的发展。

防腐蚀工作是杜绝生产中的跑、冒、滴、漏和保证设备连续运转、安全生产的重要手段之一,也是贯彻执行建设社会主义总路线多快好省地发展石油、化学工业的一项有力措施。防腐蚀工作由于其重要性愈益受到重视,防腐蚀群众运动正以更大的规模向深度和广度发展。

为适应石油、化学工业防腐蚀工作的进一步发展,为满足广大防腐蚀工人、技术人员学习、掌握腐蚀基础理论和防腐蚀技术

知识的要求，我们受燃料化学工业出版社的委托，组织有关生产厂矿、科研设计部门和高等院校等28个单位编写了本书。本书旨在全面地总结二十多年来我国石油化工战线防腐蚀施工技术经验，力求内容适合国情、简明实用。在编写过程中，我们遵照毛主席“群众是真正的英雄”的教导，分赴全国各地100多个单位进行了调查，并带稿下厂，组织以工人为主体的三结合审查，虚心向工人同志请教，充分听取各方面的意见。编审工作得到了各个单位广大工人、干部和技术人员的大力支持和帮助，在此我们谨向有关单位和同志表示感谢！

由于防腐蚀技术涉及的范围比较广泛，我们编写这样一本综合性的科技图书，经验不足，水平有限，一定存在缺点和错误，希望广大读者批评指正。

〈石油、化工实用防腐蚀技术〉编审组

参加编写单位：

化工机械研究所

太原化工厂

大连化工厂

大连工学院

吉林染料厂

锦西化工厂

北京化工学院

北京化工厂

兰州炼油厂

天津染化五厂

吉林化工研究院

吉林省应用化学研究所

化工第八设计院

上海焦化厂

沈阳化工机械实验厂

北京化工搪瓷厂

宜兴非金属化工机械厂

四平市玻璃厂

上海第六制药厂

广州市化工研究所

广州氮肥厂

重庆塑料厂

涂料研究所

兰州化肥厂

兰州合成橡胶厂

第五化工建设公司

锦州石油六厂

兰州化工厂

目 录

绪论

第一章 耐腐蚀砖板的种类、性能和规格	3
第一节 天然岩石	4
一、花岗岩	5
二、文石	6
三、天然岩石的规格	7
四、天然岩石粉料	7
第二节 人造铸石	7
一、辉绿岩铸石	8
二、玄武岩铸石	9
三、铸石材料的规格	9
第三节 耐酸陶瓷材料	11
一、化工陶瓷的性能	11
二、化工陶瓷材料的规格	13
第四节 不透性石墨材料	16
一、不透性石墨的性能	16
二、不透性石墨材料的规格	17
第二章 胶合剂	20
第一节 硅质胶合剂	20
一、硅质胶合剂的性能	21
二、硅质胶合剂的原料	26
三、硅质胶合剂的配制	28
四、硅质胶合剂的硬化和酸化处理	30
五、硅质胶合剂性能的改进	32
第二节 酚醛树脂胶合剂	35
一、酚醛胶合剂的性能	35

二、酚醛胶合剂的原材料	39
三、酚醛胶合剂的配制	42
第三节 改性酚醛树脂胶合剂	44
一、环氧改性酚醛胶合剂	44
二、糠醇改性酚醛胶合剂	45
三、酚醛—有机硅、酚醛—环氧—有机硅胶合剂	46
第四节 呋喃系树脂胶合剂	47
一、糠醇胶合剂	49
二、糠酮胶合剂	50
三、糠酮甲醛胶合剂	54
四、环氧改性糠酮胶合剂	56
五、呋喃系胶合剂应用实例	59
第五节 环氧树脂胶合剂	59
一、环氧胶合剂的原料	60
二、环氧胶合剂配方	61
三、环氧胶合剂的性能和应用	62
第六节 沥青胶合剂	64
一、沥青胶合剂的性能与配比	64
二、施工	68
三、沥青胶合剂耐腐蚀性能	70
第七节 硫胶合剂	70
一、硫胶合剂的原料及配比	70
二、硫胶合剂的性能	71
三、硫胶合剂的熔制	72
四、施工方法	73
第三章 衬里结构和材料的选择	74
第一节 对基体设备的要求	74
第二节 衬里结构和选择	76
一、单层衬里结构	77
二、双层衬里结构	77
三、三层衬里结构	78
四、复合衬里	79

五、传热计算	81
第三节 各种类型设备的衬里结构	85
一、贮槽	85
二、塔设备	88
三、反应罐	89
四、管道与管件	91
第四节 衬里材质选择	91
一、砖板材料的选择	91
二、胶合剂的选择	92
第四章 衬里施工节点选择	95
第一节 砖板的排列与胶合缝	95
一、设备本体砖板排列原则	95
二、胶合缝	99
三、砖板形状选择	100
第二节 各部位节点选择	103
一、器壁与底连接部位	103
二、底与顶盖	104
三、法兰部位	106
四、衬管部位	113
五、支承	118
六、设备节点选择实例	118
第五章 衬里施工技术	120
第一节 衬里常用设备与工具	121
一、筛灰机	121
二、和灰机	121
三、砖板切割机	122
四、砂轮切割机	123
五、热处理炉(烘房)	124
六、衬砌工具	124
第二节 衬里一般施工技术	124
一、施工准备	124
二、设备衬里一般方法	125

三、辉绿岩铸石衬里施工程序	133
四、酚醛胶泥衬砌砖板施工程序	135
五、受压砖板衬里设备的施工	136
六、衬里施工操作中常見缺陷及其修复	139
七、衬里施工安全技术	141
第六章 砖板衬里设备的使用	143
第一节 砖板衬里使用注意事项	143
第二节 砖板衬里设备的检修	144
第三节 砖板衬里设备的应用实例	146
附录 常用原材料的分析检验及消耗定额	148
一、水玻璃模数和比重的调整	148
1. 水玻璃模数的计算	148
2. 水玻璃中氧化钠和二氧化硅的测定	149
3. 水玻璃模数调整方法	150
4. 水玻璃比重测定	152
5. 水玻璃比重的调整	153
二、合成树脂的分析检验	153
1. 酚醛树脂和呋喃树脂的分析	153
2. 环氧树脂环氧值的测定	154
三、耐酸填料的分析检验	155
1. 填料中水分的测定	155
2. 填料细度的测定	156
3. 填料中氟硅酸钠含量的测定	156
4. 填料耐酸度的测定	157
5. 石墨粉分析	157
6. 氟硅酸钠掺入量的确定	158
四、胶合剂分析检验	158
1. 胶合剂物理机械性能的测定	159
2. 胶合剂耐腐蚀性能的评定	160
五、耐腐蚀砖板的主要物理性能及耐腐蚀性能的测定	161
1. 容重测定	161
2. 比重测定	161

3. 孔隙率测定	161
4. 吸水率测定	162
5. 渗透率测定	162
6. 耐酸度测定	162
7. 耐腐蚀性的评定	162
六、砖板衬里施工中常用原材料的制备	163
1. 桐油钙松香	163
2. 快干漆	163
3. 硫酸乙酯	164
4. 盐酸乙酯	164
七、砖板衬里施工消耗定额	165
八、各种筛网对照表	166

绪 论

耐腐蚀砖板衬里是石油、化学工业生产中最常用的防腐蚀方法之一。通过选择不同品种和性能的砖板和胶结材料,选择合理的衬里结构,可以有成效地防止多种强腐蚀介质对设备的腐蚀,可以解决容器、贮槽、塔器和反应罐等多种设备的防护问题。由于广泛采用非金属材料,其中包括耐腐蚀砖板和硅质及合成树脂胶合剂,成功地代替和节约了大量铅、铝、铜有色金属和各种耐酸不锈钢材。

砖板衬里是在金属或混凝土等设备内壁,用胶合剂衬砌耐腐蚀砖板等块状材料,将腐蚀介质同基体设备隔离,从而起到防腐蚀作用。由于砖板材料来源方便,施工工艺简单,容易掌握和便于推广,砖板衬里防腐蚀技术在化工、轻工、石油、冶金等工业部门应用很广。在化学工业中,硫酸、氯碱、染料中间体等腐蚀问题比较突出的生产,采用砖板衬里方法防护的设备,约占全部防腐蚀设备的一半左右。

由于可以用多种耐腐蚀材料进行衬里,砖板衬里设备可以耐大部分酸、碱、盐和许多有机介质的腐蚀,并且可以在很多苛刻腐蚀条件下使用。例如:

1. 强氧化性介质。浓硫酸、浓硝酸、铬酸、高锰酸等介质具有极强的氧化性,硅质胶泥(水玻璃胶泥)衬耐酸砖板的结构,可以耐这类介质的作用。例如97%浓硝酸贮槽,采用砖板衬里防腐结构代替铝罐,经长期使用,效果良好。

2. 湿氯气、氯油等强腐蚀性介质。例如食盐电解生产中的氯气冷却工序、氯水脱氯装置,操作温度80~100℃,采用砖板衬里结构,使用期可达6~8年。

3. 高温腐蚀环境。例如二氯甲烷反应器,介质为天然气和

氯气，反应温度 $380\sim 420^{\circ}\text{C}$ ，选用合金钢也有困难。采用硅质胶泥衬砌石墨板的衬里结构，运转五年经检查设备状况良好。

石墨砖板，由于导热性良好，可以作夹套反应罐的防腐蚀衬里。例如苯酚钠分解器，原用铅管导热冷却，使用2~3个月即腐蚀穿孔。改用夹套冷却，罐内壁衬浸渍石墨砖板，用改性酚醛胶泥粘结，已使用9年，状况良好，仍继续使用。

4. 承受压力或真空。例如糠醛二次水解锅，操作压力达13公斤/厘米²，温度 180°C ，介质主要为稀硫酸、乙酰丙酸，采用砖板衬里防腐结构，运转情况良好。很多减压蒸馏釜、反应锅等在600毫米汞柱的真空度下操作，采用砖板衬里防腐蚀，效果良好。

耐腐蚀砖板衬里设备的缺点是：施工工期长；施工后设备增重较大；不能承受冲击、振动以及温度急变；施工工序大部分为手工操作，劳动强度大。此外，砖板衬里结构上的缺点是整体性不够，稳定性差，由于有上千条的胶合缝，容易由于施工质量问题和使用维护不当发生渗漏。

近几年来，由于工程塑料和玻璃钢等新型非金属材料的发展以及在防腐蚀工程上的广泛应用，砖板衬里设备所占比例有所下降，但是，在强氧化性介质、受压和高温的腐蚀环境中，砖板衬里仍是主要的防护措施之一。

第一章 耐腐蚀砖板的种类、性能和规格

砖板衬里所用的主要材料是各种耐腐蚀砖、板、管等。整个衬层通过胶合剂将单独的砖、板、管连接成一体。衬里层的砖板排列基本结构见图12—1。

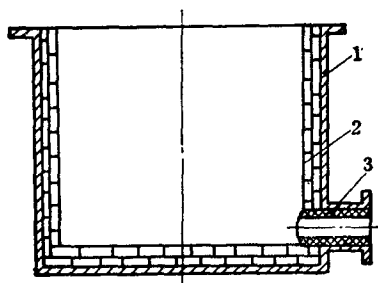


图 12—1 设备衬里的砖板排列

1—钢壳；2—砖板衬层；3—衬管

耐腐蚀砖板以无机材料为主，最常应用的有天然岩石、人造铸石、化工陶瓷、不透性石墨等。分类如下：

耐腐蚀砖板

天然岩石			人造铸石		化工陶瓷		石墨	
花岗石	文石	长石	辉绿岩铸石	玄武岩铸石	陶制块材	瓷制块材	浸渍石墨	压型石墨

砖与板之间没有严格的界限，一般长与宽在 200 毫米左右。

厚30毫米以上称为砖，厚度小于30毫米称为板。

天然岩石、浸渍石墨材料与人造铸石砖板的表面形状，均为平面或弧形平面。陶瓷砖板可有各种形状表面，以增加粘结强度。

由于化工设备、建筑物、构筑物的防腐蚀需要，作为衬砌用砖板的种类和质量也不断的增加。目前砖板种类很多，常见的品种如下：

1. 砖 有标型砖（标准砖）、普型砖、楔形砖，异型及特异型砖。

标型砖的标准尺寸为 $230 \times 113 \times 65$ 毫米。

普型砖有多种规格。

楔型砖分双面及单面端楔或侧楔。

异型砖有球面砖、弦形砖、多角砖、镶砖、丁字砖等，用以衬砌各种特殊要求的防腐设备。

2. 板 有普通耐腐蚀板、带釉面砖板、波纹形、弧面形等。

3. 管 有普通型、带凸缘形、带槽形以及斜接口等。

第一节 天然岩石

天然岩石产于自然界，我国各省都有优质的石材。耐酸岩石是由各种矿物组成，其化学成分为氧化硅、氧化铝、氧化钙、氧化镁、氧化铁等。耐腐蚀性能决定于二氧化硅的含量。常见的耐腐蚀性能良好天然岩石的品种有花岗岩、中性长石、辉绿岩、玄武岩、文石等。这些岩石中二氧化硅含量在55%以上。

天然耐酸岩石石材应具备以下条件：

1. 具有均匀的化学组成，不得夹有杂质。
2. 耐酸度应在95%以上（耐酸度测定见本章第七节）。
3. 浸酸后抗压强度不应低于浸酸前的85%。
4. 结构致密，不得有明显气孔。

天然耐酸岩石的用途有以下三方面：

1. 可直接用作设备衬里材料，也可单独砌筑各种酸贮槽、反应器、塔设备等。

2. 可作为建筑物或设备基础防腐蚀材料、铺砌耐酸地坪等。

3. 加工各种粒度的粗细骨料及粉料, 做耐腐蚀填料用。

以氧化钙、氧化镁等化学成分为主的石材, 有大理石, 白云石, 它们具有耐碱性, 但在化工防腐蚀工程中很少使用。常用的耐酸岩石有花岗岩、文石等。

采用天然耐酸岩石的优点在于能就地取材, 缺点是开采、搬运不便, 因多系手工操作, 至使大量生产受到一定限制。

一、花岗岩

花岗岩在化工防腐蚀上已有使用数十年的历史, 在酸性介质中使用, 效果很好。例如在 $200\sim 300^{\circ}\text{C}$ 下, 稀硫酸和硝酸混酸介质, 采用花岗岩板材衬里, 可使用2年; 用花岗岩衬砌的贮槽宽1.3米, 长2.3米, 高0.75米, 贮存含盐酸的有机介质, 效果良好; 用花岗岩石材砌筑的, 18米^3 的亚硫酸氢钠贮槽, 使用情况也很好; 1958年我国试制的花岗岩离心泵, 排送酸性污水, 使用寿命很长。单独用花岗岩砌筑的硝酸吸收塔, 已有使用十余年的历史, 目前存在的问题是使用了3~4年后硅质胶泥缝局部渗漏, 这可从

表 12-1 花岗岩的化学组成

产 地	SiO_2	Al_2O_3	$\text{Fe}_2\text{O}_3\cdot\text{FeO}$	CaO	MgO	$\text{Na}_2\text{O}\cdot\text{K}_2\text{O}$
普 兰 店	70.30	18.07	1.49	2.95	0.96	8.07
广 宁 寺	71.25	17.55	0.86	1.18	0.50	8.83
吉 林 西 阳	75.50	15.01	1.94	0.77	0.12	—
江 蜜 峰	76.28	14.30	2.32	0.61	0.11	—

表 12-2 花岗岩的物理机械性能

产 地	比 重	容 重 克/厘米 ³	吸水率 %	抗 压 强 度 公斤/厘米 ²		抗弯强度 公斤/厘米 ²	热膨胀系数
				顺 纹	切 纹		
广 宁 寺	2.64	2.61	0.23	2339.3	381.3	215	7.6×10^{-6}
霄 岛	2.67	2.59	0.38	—	—	—	—
吉林西阳	2.66	2.61	0.14	—	—	—	—
江 蜜 峰	2.69	2.67	0.27	—	—	—	—

施工方法和结构方面着手改进。

我国一些地区花岗岩的化学组成、物理机械性能和化学稳定性见表12—1、表12—2及表12—3。

表 12—3 花岗岩石材化学稳定性

介 质 名 称		浓 度 %	温 度 ℃	耐 蚀 性 能
硫	酸	98	60	耐
硝	酸	65	沸腾	耐
盐	酸	36	60	耐
氟 硅	酸	—	—	不耐
氢 氟	酸	—	—	不耐
氧 化	氮	任意	100	耐

用于衬里的花岗石块状材料,一般选择含二氧化硅大于70%,耐酸度大于98%的优质石材。花岗岩加工困难,是其最大的缺点。

二、文石*

文石是我国山西省出产的一种耐酸性能良好的天然石材,耐酸度达97%,化学组成是以二氧化硅为主,此外还含有氧化钛、氧化钙、氧化镁等。岩石构造呈薄片纹路,质软,易于机械加工。解放后发现了文石这些优良的性能后,才大量应用于防腐蚀工程,目前已有应用十余年的经验。文石适用于耐酸工程的衬里、复面和做防腐蚀地坪,能耐浓硫酸、浓硝酸、稀盐酸、浓磷酸、醋酸、混酸以及溴水等介质的腐蚀。但对温度90℃以上的盐酸、碱液不稳定。

文石使用在漂粉塔衬里、电解槽盖(防湿氯气腐蚀)、酸槽衬里等方面,均取得了良好的防腐蚀效果。

文石的物理机械性能

容 重 克/厘米³

2.8~2.9

* 指防腐蚀工程上采用的一种硅酸盐矿物,不是通常所说的属于碳酸盐矿物的文石。

吸水率 %	0.3~0.8
硬度 (莫氏硬度)	2.5~3
抗压强度 公斤/厘米 ²	
顺纹	500
切纹	1000
热稳定性 (200℃骤冷至20℃)	28次未裂
(350℃骤冷至20℃)	5次未裂
熔点 ℃	1300
耐酸度 %	>97

文石板易加工成所需要的形状，可钻孔、刨槽，可加工成长1~2米异形板材，这一优点是其它天然石材所不及的。

三、天然岩石的规格

目前各石材厂尚无统一标准，一般按图纸要求加工，可参照以下尺寸（单位均为毫米）：

料石 按图纸要求加工；

石砖 500×500×65；500×500×110；500×500×130；
230×113×65；220×110×65

石板 180×110，厚15~20；180×70，厚15~20；
150×150，厚15~20；100×100，厚15~20

四、天然岩石粉料

天然岩石粉状物是耐腐蚀胶合剂的良好填料，主要品种有花岗岩粉、石英粉、硅石粉、辉绿岩粉、长石粉等。此外经过高温煅烧的石英粉（称煅烧石英粉）也常用来作填料。以下粉料规格可供参考：

中细 80目、100目；

细 120目、140目、180目。

第二节 人造铸石

人造铸石是用天然岩石经熔化、浇注而成的一种耐磨、耐腐蚀材料。在硫酸、硝酸、盐酸等酸性介质中极稳定，在稀碱液