

防腐蚀工程设计 与新型实用技术

● 崔维汉 著

● 山西科学技术出版社

实用新型合成材料
实用新型衬里材料
实用新型防腐涂料
实用新型氟塑料制品

带水施工的环氧固化剂
耐水的水玻璃胶泥
耐400℃高温涂料

腐蚀成功三要素：(1)正确设计 (2)正确选择
(3)正确施工。 每年减少腐蚀损失10%
就可为国家创收30亿元。

冬天零下5℃也可防腐蚀施工
鳞片状填料用途广泛
酸碱交替介质选材容易

防 腐 蚀 工 程 设 计 与 新 型 实 用 技 术

崔维汉 著

山西科学技术出版社

(晋)新登字5号

防腐蚀工程设计与新型实用技术

崔维汉 著

★

山西科学技术出版社出版

(太原并州北路十一号)

山西省新华书店发行

太原千峰科技印刷厂印刷

★

开本, 787×1092 1/32 印张, 15 字数, 319千字

1992年11月第1版 1992年11月太原第1次印刷

印数, 1—3150册

★

ISBN7—5377—0638—7

T·96 定价: 15.00元

内 容 简 介

本书详细介绍防腐蚀工程设计与选材、各种防护方法、选用原则以及近十年来有成效的防腐蚀新材料、新技术、新工艺、新设备，如耐高温涂料、耐腐蚀、耐候性能优良的高分子涂料、新型无机材料、新型合成树脂材料、可低温带水使用的环氧固化剂、含氟塑料等。其特点是所介绍的实用新型防腐蚀材料、防腐蚀技术，尽量详细叙述其反应机理、制备工艺、主要性能、配比、施工方法与应用效果等。

本书主要供石油化工、冶金、轻工、机械等工业部门从事建筑与设备防腐蚀科研、设计、管理、施工的工程技术人员参考；也可作为大专院校有关化工、冶金、建筑、防腐蚀等专业教师与学生以及从事防腐蚀施工的技师、高级工人参考。

新 书 介 绍

书名: 《中国防腐蚀工程师实用技术大全》

字数: 280万 出版: 山西科学技术出版社

主编 崔维汉 估价: 120元

全书共10篇50章 全面介绍耐腐蚀工程材料、防护方法、施工工艺,有关规范和检测标准。公开介绍主要防腐蚀材料制备工艺和500余个配方,集理论与实践之大成,是防腐蚀工作者盼望已久的大型工具书。

本书由中国腐蚀与防护学会和山西省腐蚀与防护学会组成编委会和编辑部,进行编辑工作,预计1993年下半年出版发行。

本书编辑部设在山西省太原市义井街15号502室
山西省腐蚀与防护学会,邮编: 030021 电话:
665206—2872。

ISBN 7—5377—0638—7

T·96 定价:15.00元

目 录

第1章 防腐蚀方法与材料选择.....	(1)
1.1 防腐蚀工程设计特点.....	(1)
1.2 防护方法选择.....	(3)
1.3 防腐蚀选材.....	(15)
第2章 防腐蚀工程设计原则.....	(39)
2.1 防腐蚀工程设计范围与原则.....	(39)
2.2 金属结构设备防腐蚀设计原则.....	(41)
2.3 非金属结构设备设计原则.....	(49)
2.4 涂料保护与衬里保护设备设计原则.....	(63)
2.5 建筑与构筑物防腐蚀设计原则.....	(68)
第3章 化工单元操作设备防腐蚀设计原则.....	(70)
3.1 槽罐设备.....	(70)
3.2 化工反应设备.....	(81)
3.3 流体输送防腐蚀设备.....	(101)
第4章 非金属结构设备设计计算.....	(119)
4.1 不透性石墨设备的设计计算.....	(119)
4.2 玻璃钢设备设计计算.....	(128)
4.3 塑料设备设计计算.....	(140)
4.4 实用新型技术的推广应用.....	(147)
第5章 实用新型合成树脂材料.....	(157)

5.1	CN—1低粘度酚醛树脂	(157)
5.2	二甲苯甲醛树脂	(166)
5.3	CY—4呋喃树脂	(177)
5.4	C—20环氧多功能固化剂	(189)
5.5	CF—1酚醛泡沫塑料	(202)
5.6	高分子合金修补剂	(211)
第6章	实用新型防腐蚀涂料	(221)
6.1	氯化橡胶厚浆型涂料	(221)
6.2	环氧煤焦沥青涂料	(226)
6.3	单组份交联型氯磺化聚乙烯涂料	(237)
6.4	WF—2型无机富锌漆	(243)
6.5	WL—3型无机铝粉高温漆	(250)
6.6	蓝石棉过氯乙烯树脂涂料	(254)
6.7	无毒钛金属聚合物涂料	(257)
6.8	国外防腐蚀涂料介绍	(264)
第7章	实用新型鳞片填料	(280)
7.1	鳞片填料的性质及用途	(280)
7.2	氯磺化聚乙烯玻璃鳞片涂料	(285)
7.3	合成树脂玻璃鳞片保护层	(290)
7.4	鳞片抗渗玻璃钢	(291)
7.5	鳞片应用配方设计	(295)
7.6	耐氢氟酸鳞片状衬里	(299)
7.7	国外重防蚀性玻璃鳞片保护层	(304)
第8章	实用新型防腐蚀衬里材料	(309)
8.1	缩合磷酸铝的制备与应用	(309)
8.2	氨基磺酸的性能和应用	(326)

8.3	1G—1耐酸胶泥和C—1酚醛树脂胶泥	(333)
8.4	钾水玻璃胶泥	(338)
8.5	丁基橡胶衬里(常温处理)	(341)
8.6	低温硫化与特种胶板	(348)
第9章	实用新型氟塑料制品	(358)
9.1	氟塑料制品的性能	(358)
9.2	氟塑料衬里管道	(365)
9.3	氟塑料离心泵与阀门	(375)
9.4	聚四氟乙烯覆盖材料	(383)
9.5	氟塑料列管式热交换器	(386)
第10章	防腐蚀工程设计、施工方案与典型事故	
	分析	(399)
10.1	游泳馆网球结构屋架防腐蚀方案	(399)
10.2	5万m ³ 煤气柜防腐蚀选材与施工组织	(402)
10.3	酸洗槽衬里损坏原因分析与改进	(408)
10.4	贮酒罐衬里层改进方案	(415)
10.5	100m ³ 浓硝酸贮池结构设计施工方案	(418)
10.6	几项电化学腐蚀事故分析	(429)
10.7	500m ³ 盐酸贮罐腐蚀原因分析与改进	(434)
附录:	生产厂家介绍	(445—470)
后记		(471)

第 1 章 防腐蚀方法与材料选择

1.1 防腐蚀工程设计特点

在国民经济各个部门中，金属腐蚀每年都要造成巨大的损失。据工业发达国家的统计，每年腐蚀损失占到国民经济总产值的3%左右，我国估计每年因腐蚀要损失共500亿元人民币，数字非常惊人。有人认为就物质损失而言，腐蚀损失远超过自然灾害带来的损失。因此，发展防腐蚀技术非常重要。随着生产力的发展，将会越来越受到有关部门的重视。

在不同的工业部门，不同的场合，对防腐蚀工程设计的要求与认识是有很大差异的。有的要求有数十年寿命，有的则由于找不到适应的材料是按小时计算的；防腐蚀所用方法多种多样，所用材料从天然石材到合成材料、到贵金属，千变万化。现代工业对防腐蚀的要求越来越高，同时也为防腐蚀技术不断提供着各种新型材料。

金属腐蚀纯理论研究可能使初学者感到枯燥无味，但是形形色色的防护方法，千差万变的耐腐蚀材料和施工工艺，却使每一个防腐蚀工作者感到知识贫乏，需不断的充实。过去曾大力推广的方法与材料则不断被新的技术代替或改进。要确保一个设计方案具有先进、可靠、科学、经济合理，就需要全面掌握新的知识。一个防腐蚀工作者要学会防腐蚀工

程设计, 不仅应当掌握腐蚀理论、防护方法、材料性能、施工工艺, 还应当了解生产工艺、设备结构、使用条件等一系列生产知识。

作为一个防腐蚀设计工作者首先要了解防腐蚀工程的特点。防腐蚀工程不同于一般传统材料的施工, 具有以下三个特点。

1. 防腐蚀工程造价较高, 每平方米造价上百元甚至数千元。例如在强腐蚀介质中采用复合衬里保护, 衬里厚度较大, 层数较多, 工程造价较高, 一些价格昂贵的合成材料或有色金属材料如聚四氟乙烯衬里, 其工程造价每平米高达数千元。设计时必需考虑到这一特点, 做到合理选材, 要根据各个因素拿出既可靠又经济的方案。

2. 防腐蚀工程使用的材料品种繁多, 每种材料都有不同的特性, 不可能有一种万能的材料来解决所有的腐蚀问题。必须了解各种材料的特性才能合理选材。但仅了解材料特点还不够, 还必须了解施工工艺, 同一种材料不同的施工方法其效果和应用范围有很大差异。如玻璃钢整体设备与衬里设备使用温度就不同, 因衬里设备存在温度应力问题; 同一种合成树脂作涂层保护和衬里保护时效果就不同, 涂层保护因微孔难以消除只应用在腐蚀不强烈的场合, 而用于衬里时, 就可承受较强烈的腐蚀条件与环境。

3. 防腐蚀工程施工多为手工施工, 其质量不仅取决于施工人员的技术素质与责任心, 也同设计有关。设计者要考虑手工施工的特点, 设备防腐表面必须能用手触及到, 设备防腐表面必须是平面、弧面, 不得有支架等焊接物, 否则衬里无法进行。密闭设备应开设两个人孔, 这是从施工人员安全

出发,因多数防腐蚀施工存在易燃易爆不安全因素。只有掌握防腐蚀工程的这些主要特点,才能设计出确实可行、经济合理的方案。

当前防腐蚀工程设计尚没有系统的材料,面对繁多的防腐蚀材料和防护方法,涉及多门学科,笔者试图用较少的篇幅,对防腐蚀工程设计做一概述,将近年来的研究成果和新型实用技术加以介绍和推广,以便提高设计水平,降低工程造价,延长设备寿命,减少腐蚀造成的损失。

1.2 防护方法选择

1.2.1 常用的防护方法

1. 防护方法的概念

防护方法是指防止金属腐蚀所采用的工业化方法。由于钢铁材料自17世纪工业革命以来就是国民经济各部门的主要结构材料。当前世界钢产量已达7亿余吨,但仍难以满足生产发展特别是第三世界的需求。预计到下一个世纪,钢铁仍然是占主导地位的结构材料。因此,防腐蚀主要指防钢铁材料腐蚀,防护方法主要针对防止钢铁材料腐蚀所采取的策略。随着现代化工业发展,冶金、有色金属、合成材料等结构材料具有钢铁材料所不具备的耐腐蚀特性而广泛用于工业中。习惯上我们把这些材料的应用当作一种防护手段,即代替钢铁材料以解决设备腐蚀问题。因此,防护的概念包括的范围是广泛的,我们的思路也就得宽阔些。例如我国用花岗岩、钢玉等天然石材解决现代氯碱工业、有色金属生产中电解槽、盖腐蚀问题,制作各种贮槽、反应塔及地坪、沟、槽等防腐蚀,使这一廉价的自然资源得到特殊的应用。

2. 常用的防护方法

①电化学保护法。系指防止金属在电解质溶液中腐蚀采用的电化学保护法，根据金属腐蚀机理，利用电化学原理，或阻止腐蚀的阳极过程，或阻止阴极过程进行而使腐蚀中止或减缓。主要有阴极保护法和阳极保护法。一般把牺牲阳极法也列入阴极保护方法中。

阴极保护采用外加阳极的电化学方法，被保护表面通以负电，接通电流后使阴极电位负值增加至电位差为零，而腐蚀中止。牺牲阳极则采用电极较负的金属，如锌铝，在电解质溶液中同被保护钢铁部件短路连接，形成电偶腐蚀。由于牺牲阳极电位较负，遭腐蚀；而被保护表面形成阴极，使腐蚀中止。只要定期更换阳极，就可防止被保护部位的腐蚀。阴极保护极适合在弱腐蚀介质中防止钢铁腐蚀。如海水、土壤浓度不大的碱以及盐溶液用阳极保护法防止钢铁腐蚀。在强酸、浓碱中被保护表面需较高的电流密度保护，以至每平方分米需数百以至上千安培电流，反而不经济。牺牲阳极则适合保护在弱电解质中的重要或价值昂贵的零部件。

阳极保护是在电解质溶液中被保护金属表面外加一定电位的电流，使表面钝化。这时，腐蚀电池的电阻无穷大，而使腐蚀电流为零。阳极保护用于表面能被钝化的金属防护，表面不能钝化的金属不能使用这一方法，否则阳极区被扩大，腐蚀反而加速。钢、不锈钢、合金表面可形成钝化膜，因此可用阳极保护的方面防止腐蚀。一些浓酸贮罐，接触盐碱介质的钢设备可用此法防护。

②缓蚀剂保护。在腐蚀介质中添加少量其它物质（一般1%左右），而阻止腐蚀继续进行，所添加的介质称为缓蚀剂。

用缓蚀剂防止金属腐蚀发生的方法叫缓蚀剂保护。缓蚀剂作用机理还不十分清楚,一般用吸附原理解释,该理论认为缓蚀剂具有选择性吸附。吸附在腐蚀电池阴极区而阻止腐蚀过程发生的称为阴极缓蚀剂,吸附在阳极区而阻止腐蚀过程发生的称为阳极缓蚀剂,有的则可分别在阳极区和阴极区阻止腐蚀继续发生。例如在稀硫酸中加入硫脲,20%盐酸中加入乌洛托品就可阻止对钢的腐蚀,保护效率可达95%以上。工业中一般使用合成出的效率较高的有机缓蚀剂,保护效率可达99%以上。也可采用无机物与有机合成缓蚀剂联合保护方法,使保护效率提高。或采用电化学保护,如阴极保护与缓蚀剂联合使用的方法。缓蚀剂保护用于石油开采、化工操作、金属酸洗除锈、循环水质稳定处理、金属制品防锈包装、机械工业用防锈油、军用器材封存、精密仪器仪表防气相腐蚀等多方面。

③金属表面用覆盖层保护。在金属接触腐蚀介质表面用涂、镀、衬砌等多种方法将腐蚀介质同金属表面隔离,达到保护或装饰的目的,这是防腐蚀方法中最重要、应用最广的一种防护方法。金属表面覆盖层可分金属覆盖保护层和非金属覆盖保护层。

a.金属表面覆盖层。金属表面覆盖层可分为镀层、搪焊层、衬里层、双金属层等保护层。

镀层中包括喷镀层、化学镀层、渗镀层,电镀层、浸镀层等多种,如钢表面喷铝、锌防大气、海水腐蚀,钢表面喷镀合金,提高耐热、耐蚀和耐磨性能。钢表面用化学镀镍等金属提高耐蚀性能,钢表面渗硅、渗碳提高硬度等。电镀广泛用于钢制品表面防锈并起到装饰效果,电镀还广泛应用于防腐蚀、耐磨,从日常生活制品到精密仪器仪表等方面均广

泛使用。最常见的如镀贵金属、镀有色金属铅、锌、铜、镍、铬等。热浸镀最常见的为锌、锡镀层。锌的电位极负，可以有效地防止钢的锈蚀。即使局部有微孔，也可起到护屏保护的作用。刷镀是近年来发展的一种有特殊作用的电镀层。

搪焊层最常使用的为搪铅或搪焊铅合金，用于复合衬里底层或防腐蚀的保护层。过去搪焊铅是普遍应用的防护方法。目前随着合成材料发展和新的防护方法的使用，搪铅与衬铅仅应用在个别生产系统设备防护上。

衬里层常用的有钢表面衬铅、衬不锈钢等保护方法，钢衬铅设备在硫酸生产设备防腐蚀方面应用较广。衬不锈钢除起到耐蚀防护作用外，还可用2~3mm 不锈钢衬里层代替不锈钢设备，起到节约不锈钢降低设备造价的目的。

双金属层是今后发展的方向，在延压钢板或制品时将两种不同材料金属复合，会起到保护基体材料的作用。

b. 非金属覆盖保护层。非金属覆盖保护层主要有涂层、胶泥保护层和衬里保护层三种，一般涂层厚度小于1mm，胶泥保护层厚度介于衬里层和涂层之间，衬里层厚度可由1~2mm至数百mm。

非金属涂层中有搪烧的无机涂层，如搪瓷、搪玻璃层，有塑料喷涂层（火焰喷涂或常温喷涂再经热处理烧结）。各种溶剂型涂料保护层是应用最普遍的防锈蚀方法，我国已有上千个涂料牌号。为提高溶剂型涂料的强度和抗渗性，近年来采用玻璃布增强和鳞片状玻璃填料改进了涂装效果，大大延长了寿命。塑料涂层、无机搪瓷保护层常用于各种化工设备内壁防护，可在强腐蚀介质中使用，搪瓷设备还应用在导热（夹套加热、冷却）的场合下。溶剂型涂料因涂层较薄，存在微孔，

适用于大气、海水及腐蚀不强烈的场所。近年来发展的无溶剂合成树脂涂料,成膜较厚,适用于一些腐蚀性较强的场所。

胶泥保护层国内早在50年代就已使用,如天津化工厂制作的我国第一台不透性石墨列管冷却器,采用浸渍石墨管与钢制花板粘接,花板就采用酚醛胶泥保护。当时的盐酸铁路槽车内衬橡胶保护层,在副产含苯盐酸中易溶胀损坏,也采用过酚醛胶泥保护层涂覆防护。近年来引进化工装置中有在混凝土槽表面用胶泥保护的实例。其工程造价较衬玻璃钢低,但尚未普遍推广使用。

非金属衬里保护层种类较多,如衬玻璃钢、衬橡胶、衬砖板、复合衬里等,采用粘结法。衬塑料目前常用挂衬法。每类衬里又有不同的材料和方法,如橡胶衬里,有天然橡胶板衬里,胶板贴衬后要经蒸汽硫化,合成胶板如丁基胶可常温贴衬后无需处理。丁腈——聚氯乙烯胶板可在混凝土表面贴衬,砖板衬里可用无机胶粘结剂和酚醛、呋喃、环氧、不饱和聚酯等四大类热固性合成树脂胶泥或互相改性胶泥衬瓷板、辉绿岩板、不透性石墨板等,可耐多种介质腐蚀,是用途最广的防护方法。

金属与非金属保护层分类如下:

金 属 保 护 层									
镀 层					搪 焊 层		衬 里 层		双 金 属 层
电 镀 层	喷 镀 层	热 浸 镀	化 学 镀	渗 镀	刷 镀	搪 铅 层	搪 铅 合 金 层	衬 铅 层	衬 不 锈 钢 层
									有 色 金 属 复 合 层
									合 金 复 合 层

非 金 属 保 护 层

涂 层			胶泥保护层		衬里层			
					砖板衬里	橡胶衬里	玻璃钢衬里	塑料衬里
无机涂层	溶剂型涂料	无溶剂树脂涂料	塑料涂层	合成树脂胶泥	改性树脂胶泥	合成树脂胶泥	无机胶粘剂	合成胶板
						天然胶板	酚醛玻璃钢	环氧玻璃钢
							呋喃玻璃钢	不饱和聚酯玻璃钢
								软塑料挂衬
								硬塑料内衬

④选择耐蚀合金、有色金属解决设备腐蚀问题。随着化学工业、石油化工与合成材料等工业的发展，很多反应是在高温、高压条件下进行的，设备腐蚀问题是难以选用传统结构材料解决的，现代冶金工业则提供了各种合金钢和有色金属结构设备。

有色金属铜、铅、镍、铝、锌等早已用于防硫酸、热碱、浓硝酸等介质腐蚀方面。如碱蒸发器使用铜管，稀硫酸输送泵和硫酸生产中电除雾器用铅或铅合金；防海水腐蚀用的黄铜设备；贮存硝酸用的铝罐等已有较长的历史。近几年有色金属不断得到应用，如镍用于固碱降膜蒸发设备，钛用于含次氯酸的设备防腐蚀，钽、铌、锆用于特殊腐蚀条件中。由于解决了腐蚀问题，而使新技术、新工艺得到应用，从而大大提高了生产效率。

此外，贵重金属如银制冷却器仍在个别生产系统中（如醋酸介质中）使用。

为适应我国目前生产力水平较低的国情和一些有色金属资源较缺的情况，近些年发展了低合金钢、节镍铬钢等新钢种，既解决了化肥、化工等生产设备腐蚀问题，又节约了资金。

选择有色金属与合金设备，既要考虑耐腐蚀性能，又要综合评定经济效果。从我国实际出发，必须将“好钢用在刀刃上”。凡能使用非金属材料解决腐蚀问题的，则首先考虑使用非金属耐腐蚀材料防护或制作整体设备。例如，可以使用不透性石墨材料代替银管冷却器；用玻璃管或石墨塑料管式冷却器代替氯碱工业中湿氯气冷却的钛管设备；用钢衬砖板设备代替铝罐贮存浓硝酸；用钢衬玻璃钢或塑料设备代替铅衬里或铅合金设备，防止稀硫酸腐蚀；使用硬聚氯乙烯吸收塔代替不锈钢硝酸吸收塔等等。这些实例在工业生产中都取得良好效果，不仅节省了投资，还节约了大量贵重的有色金属材料。

在选择有色金属与合金材料时还应注意介质特性，切不可乱用。如有的单位用不锈钢设备接触盐酸或氯离子介质，结果短期腐蚀损坏；使用镍制降膜蒸发器，当介质中含有次氯酸盐时，腐蚀则很强烈，钛制设备在湿氯气、次氯酸介质中则非常稳定，但在干燥氯气中则会强烈腐蚀；铝则不能接触氢氟酸介质，即使微量的氢氟酸，也会迅速腐蚀破坏。为此我们必须掌握各种金属材料的性能，才能正确使用，使之有20年以致数十年的寿命。

⑤选择非金属结构设备。非金属材料品种广泛，常用于工业生产制作整体耐腐蚀设备的有塑料设备、玻璃钢设备、不透性石墨设备、天然石材砌筑设备、陶瓷设备、玻璃设备等。塑料设备可直接注射成型，模压成型，如泵、阀等；工