

实用 防腐蚀技术

中国化工装备总公司
中国化工防腐蚀技术协会 组织编写
河北省石化厅
倪永泉主编

化学工业出版社

实用防腐蚀技术

中国化工装备总公司、中国化工防腐蚀技术协会、
河北省石化厅 组织编写

倪永泉 主编

化学工业出版社

(京) 新登字 039 号

实用防腐蚀技术

中国化工装备总公司、中国化工防腐蚀
技术协会、河北省石化厅 组织编写

倪永泉 主编

责任编辑：李志清

封面设计：黄思宇

*

化学工业出版社出版发行

(北京市朝阳区惠新里 3 号)

煤炭工业出版社印刷厂印刷

煤炭工业出版社印刷厂装订

新华书店北京发行所经销

*

开本 $787 \times 1092^{1/32}$ 印张 $11^{1/4}$ 字数 255 千字

1994 年 2 月第 1 版 1994 年 2 月北京第 1 次印刷

印数 1—10, 300

ISBN 7-5025-1331-0/TQ · 743

定价 8.80 元

内 容 提 要

《实用防腐蚀技术》一书（可与电视讲座配套使用），分别介绍了腐蚀给国民经济造成的危害；防腐施工前的技术准备、对防腐基体的预处理，砖板衬里、橡胶衬里、玻璃钢及其衬里、硬聚氯乙烯塑料制化工设备、软聚氯乙烯塑料衬里、涂料施工、衬铅与搪铅、热喷涂锌、铝及其合金等施工技术，以及所用原材料、性能、规格、配方，中间检验、后处理、终检与修复，质量控制及安全技术。书中还介绍了工程验收的意义及过程。最后专辟一章对其它防腐蚀新产品、新技术以及防腐施工单位进行介绍。

本书（及电视讲座）可作为考核防腐蚀施工人员的实用教材。

书中第一章由刘小光编写，第二、三、十二章由段福田编写，第四章由郭长荣编写，第五章由劳添长编写，第六章由赵连明编写，第七、八、九章由倪永泉编写，第十章由王君恒编写，第十一章由李金伟编写，第十三章由忻英娣、冯小侠负责整理。

该书主要供从事防腐蚀施工的技工、技师、设计人员及管理人员使用，也可供大、中专院校有关专业师生参考。

《实用防腐蚀技术》编写单位和编委会人员名单

编写单位：中国化工装备总公司、中国化工防腐蚀技术协会、河北省石化厅

编 委：(以姓氏笔划为序)

王印海	冯小侠	刘小光	刘作藩
忻英娣	劳添长	张允任	陈庆林
倪永泉	徐秀芬	魏宝明	

序

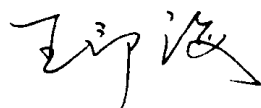
中国化工装备总公司、中国化工防腐蚀技术协会、河北省化工厅和化工出版社联合编辑的《实用防腐施工技术》电视片及配套教材，是一部很值得推广学习的好教材。以电教片与教材相结合的形式讲授实用防腐施工技术，生动形象并具有很强的实用性和针对性。它的发行将对整个化工行业（包括煤化工、石油化工、冶金化工、医药化工、轻化工、日用化工等）普及防腐教育，推动我国化工防腐事业的发展起着积极的作用。

众所周知，腐蚀问题在国民经济各部门中已经表现得越来越突出，化工行业尤其严重。据有关部门和国外发达国家的统计，每年由于腐蚀所造成的直接损失大约就占国民生产总值的4%。腐蚀所造成的年直接损失远远超过了当年车祸和自然灾害给人们所带来的损失，而间接损失更是难以计算。腐蚀还造成能源和资源的无端浪费，阻碍新技术、新工艺的发展，危及人身安全，造成环境污染。

腐蚀问题和化工生产是相伴而生的，要实现化学工业的发展，人们就要不断解决出现的各种各样的腐蚀问题，随之，腐蚀与防护科学也就蕴育而生了，而且逐渐发展成为一门综合性科学技术。我国防腐蚀工作从50年代开始，目前已发展成一个门类齐全、内容庞大、跨行业、跨部门的新型行业。但是，防腐企业普遍规模较小，服务领域还比较窄，技术水平、产品质量与先进国家还有很大差距，特别是国内化工防腐工程队伍还比较分散，缺乏素质较高的管理人才和技术人才。为此，对化

工企业和新型防腐业的广大职工进行防腐知识的普及教育以及近代腐蚀与防护技术的推广应用就显得十分必要和紧迫。

希望化工企业高度重视防腐工作，支持防腐工作，也希望从事防腐业的同志们团结奋进，励精图治，不断应用新技术，开拓新领域，去开创化工防腐工作的新局面，为化工现代化作出新的贡献。

A handwritten signature in black ink, appearing to read '王印海' (Wang Jinhai). The signature is fluid and stylized, with the first character '王' being particularly prominent.

一九九三年十一月

出版前言

本教材及电视片是我国防腐蚀技术领域第一部以教材与影视相结合的形式讲授实用防腐施工技术，它的出版目的是全面普及腐蚀科学知识，推广近代腐蚀与防护技术，提高我国防腐蚀技术水平，以减少腐蚀造成的国民经济损失。

本教材及电视片，是由防腐界中具有丰富理论知识及实践经验的防腐专家编写而成。文字简明扼要，画面形象逼真，有很强的实用性和教育性。在教材及电视片中收集了国内最典型的防腐施工范例，选用了大量准确、可靠、翔实的防腐数据资料，同时还吸收了部分国外的先进技术，详细拍摄了防腐施工操作现场，以生动形象的画面图象表现出正确的施工方法，并指出了不正确的施工方法及其危害性。它所涉及的对象主要是从事防腐蚀施工的技工、技师、设计人员和管理人员，也可供大中专院校有关专业师生参考使用。

本教材共分为十三个章节，基本上包括了全过程的防腐施工内容，其防腐施工要求全部符合国家现行标准规范。电视片放映时间约 6 小时（2 盘）。

本教材及电视片在编写拍摄工作中得到许多老领导、老专家以及工厂、研究院所和大中专院校等单位的热情帮助和指导，特别是编辑部的同志作了大量的工作，在此表示衷心的感谢。

由于编写拍摄时间仓促，加上缺乏经验，该教材及电视片中肯定存在不少缺点和错误，衷心希望大家提出宝贵意见，以

便再版时改正、完善。

中国化工防腐蚀技术协会秘书处
中国化工装备总公司非金属防腐部
《实用防腐施工技术》编写组
一九九三年十一月于北京

目 录

第一章 总论	1
一、腐蚀的危害	1
二、全国腐蚀控制的重要性	2
三、贯彻、执行行业标准	5
第二章 施工前的技术准备	9
一、施工准备	9
二、各级人员职责范围	12
三、施工安全防范措施	14
四、防腐蚀基体检查要点	18
第三章 防腐蚀基体表面的预处理	21
一、金属表面预处理等级	21
二、金属表面预处理方法	24
三、混凝土表面预处理	28
四、防腐蚀施工前的基体保护	29
第四章 砖板衬里	32
一、砖板衬里技术概述	32
二、耐腐蚀胶泥	33
三、耐腐蚀砖板	52
四、衬里结构	61
五、砖板衬里施工	69
六、砖板衬里的质量控制与安全技术	75
参考文献	77
第五章 橡胶衬里	78
一、概述	78

二、橡胶料	79
三、橡胶衬里施工	89
四、橡胶衬里质量检测	113
五、衬胶层缺陷修补	115
六、衬胶安全技术	116
参考文献	117
第六章 玻璃钢及其衬里	118
一、玻璃钢的定义与分类	118
二、防腐蚀用玻璃钢树脂、纤维的规格要求	118
三、成型工艺	126
四、手糊玻璃钢衬里胶料配制与施工	129
五、整体玻璃钢缠绕成型技术	134
六、玻璃钢的质量检验	139
七、缺陷修复	141
八、施工安全技术	143
参考文献	145
第七章 硬聚氯乙烯塑料制化工设备	146
一、硬聚氯乙烯塑料的性能	147
二、硬聚氯乙烯塑料的管、板、焊条的规格与性能	154
三、硬聚氯乙烯塑料的二次加工技术	159
四、硬聚氯乙烯塑料制化工设备组装工艺	174
五、硬聚氯乙烯塑料设备的质量检验	178
参考文献	179
第八章 软聚氯乙烯塑料衬里技术	180
一、软聚氯乙烯塑料及其性能	180
二、软聚氯乙烯塑料衬里施工	183
三、质量检验	194
四、施工安全技术	194
第九章 涂料施工技术	195
一、涂料的基本知识	195

二、涂料施工方法	200
三、常用防腐蚀涂料的性质与施工	209
四、涂层的作用及病态的防止方法	230
五、涂料施工检测仪器及使用	239
参考文献	246
第十章 衬铅与搪铅	247
一、铅的一般性能及应用	247
二、铅焊工艺技术	249
三、铅板衬里	255
四、搪铅	260
五、衬铅与搪铅的质量检查	265
六、衬铅与搪铅施工的安全技术	267
参考文献	268
第十一章 热喷涂锌、铝及其合金	269
一、概述	269
二、热喷涂锌、铝及其合金线材的规格与质量要求	271
三、热喷涂用氧气、乙炔及压缩空气的技术要求	273
四、热喷涂锌、铝及其合金的设备	274
五、施工技术	276
六、涂层质量检验	280
七、热喷涂施工安全技术	283
参考文献	285
第十二章 工程验收	286
一、验收队伍的组成	286
二、交工验收准则与交工验收必须提交的资料	288
三、返修与验收记录、试验报告的格式	289
四、防腐蚀施工成品、半成品的检验与各种检测仪器的 性能	290
第十三章 部分实用防腐蚀新产品新技术及防腐蚀施工企 业介绍	291

I. 部分实用防腐蚀新产品、新技术	291
一、FP, FV, FPZ, FVZ 系列增强聚丙烯、聚偏二氟乙烯泵 ...	291
二、玻璃化工设备	297
三、钢衬玻璃产品	304
四、铸石、胶泥产品	306
五、玻璃钢制品	313
II. 防腐蚀施工企业介绍	328

更

置

第一章 总 论

一、腐蚀的危害

长期以来，人们只知道火灾，水灾、风灾，地震等自然灾害会给人类带来巨大的损失，而不知道还有一个不以气候和地理位置为转换的更大的“自然灾害”，那就是腐蚀。腐蚀造成的损失比其它自然灾害造成的损失加起来还大得多。例如美国1975年由于腐蚀损失700亿美元，相当于国民生产总值的4%，而火灾、水灾、风灾和地震等自然灾害造成的损失总共才123亿美元。

全世界每10吨钢铁中就有3吨因腐蚀而报废，其中一吨完全变成无用的铁锈而无法回收。这就是说全世界每年生产的6亿吨钢铁中有6千万吨完全损失掉，这相当于10个宝山钢铁厂全年的产量，相当于全中国钢铁的总产量。

人们以为腐蚀只是生锈而已，其实生锈只是腐蚀的一种形式，而且是最不具危险的形式。实际上腐蚀的形式多种多样，有的腐蚀使材料均匀减薄，逐渐失去强度而报废，这叫做均匀腐蚀。而有的腐蚀只发生在材料的局部或内部，这叫做局部腐蚀。局部腐蚀有很多形式，有的局部腐蚀从设备和材料外表看还十分完好，可是其内部强度已经完全丧失。例如晶间腐蚀、应力腐蚀破裂和腐蚀疲劳，它们是最具危险性的腐蚀形式，不仅会造成巨大的经济损失，而且会造成惨重的人身死亡事故。1967年美国俄亥俄桥突然塌入河中，死亡46人，经查明其原因是钢

梁产生应力腐蚀破裂和腐蚀疲劳。1965年美国路易斯安娜州输气管道因应力腐蚀破裂着火死亡17人。

人们熟悉的阿波罗飞船，它遨游太空，飞行了38万公里，成功地在月球着陆。可是谁知道飞船上贮存四氧化二氮燃料的容器会产生严重的应力腐蚀破裂。这个问题使很多腐蚀工作者绞尽了脑汁，最后在里面添加了一种缓蚀剂才控制住了腐蚀。不然的话，登月计划还不知道要推迟多少年才能实现。

由此可见，腐蚀不仅吞噬大量的钢材，破坏大量的设备，威胁人类的生命，而且还阻碍科学技术的发展。腐蚀真是人类的大敌。

二、全面腐蚀控制的重要性

所谓腐蚀，就是材料在周围环境介质作用下造成的破坏。为了防止腐蚀，人们长期以来采用了各种各样的防腐蚀的措施。例如刷涂料、衬橡胶、塑料、各种砖板、玻璃钢及各种耐蚀合金，或者是将整个设备的结构材料换成更耐腐蚀的各种金属材料或非金属材料，特别是非金属材料，例如塑料、玻璃钢、石墨、陶瓷、搪瓷、玻璃等。采用这些防腐蚀的方法和防腐蚀的材料需要投入大量的资金。是否一经采用就万事大吉了呢？完全不是。实际上从方案设计或结构设计、试验研究、施工制造、开车运行到检修维护很多环节中有一个环节失控，不把关，都会功亏一篑，使大量的投资付之东流，而重新施工往往要付出比原来的防腐蚀投资还大得多的昂贵代价。因此，要使防腐蚀工作达到预期的效果；就必须控制好每一个环节，这就叫做全面腐蚀控制。

首先看一看方案或结构设计的重要性。有一个工厂，其设备和管道选用硬聚氯乙烯塑料，从物料的主要成分和使用的温

度、压力看应该没有什么问题，但是后来整个系统的设备、管道被溶胀破坏。原来是因为物料中含有少量的乙醚事先没有引起重视。而聚氯乙烯并不耐醚类有机物的腐蚀。又有一个工厂有一大批碳钢槽，内涂酚醛涂料。为了加强底部耐物料磨损的能力，在底部衬一层不锈钢，侧面仍刷酚醛。结果开车后几个月槽壁纷纷被腐蚀穿孔。工厂以为是涂层施工质量不好，便进行了更为严格的施工，但是不久又遭同样的穿孔破坏。原来是因为涂层本身很难避免出现微小的针孔，这些微小针孔下露出的碳钢基体和大面积的不锈钢槽底之间形成电偶而产生电偶腐蚀。造成这种错误是因为不懂腐蚀的基本知识。如果在不锈钢槽底上也涂刷一层酚醛漆以减少不锈钢的暴露面积，则这种电偶腐蚀作用将会大大地减轻。由此看来，要设计好正确的防腐蚀方案还必须熟悉腐蚀的基本知识和材料的基本性能，否则会造成不必要的损失。这些基本知识和基本性能都有现成的书籍资料可以查阅，但是这些资料是否包罗万象，都能回答你提出的所有问题呢？不是。就拿材料的耐腐蚀性能来说吧，书上只列出了一些主要介质的数据，而在生产上遇到的介质成千上万，并且不是单一的成分，这就迫使我们在查阅资料的基础上还要作一些必要的试验研究，这就是全面腐蚀控制中的另一个重要环节——试验研究。前面所举的阿波罗飞船燃料容器的腐蚀问题的解决就是一个典型的腐蚀研究的例子。当然那是一个高层次的研究课题，和我们的距离似乎遥远了一些。实际上防腐蚀工作总是渗透着试验研究。例如在配制树脂胶泥时，到了一批新货，细心的施工人员往往要先测定粘度等有关性能或调配一点小样品做个试验，然后再大面积施工，这种试验虽小，也是一种研究，是最低限度的一种研究。事实上由于树脂和固化剂物料的差异造成树脂不固化或固化太快而发脆的例子屡见不

鲜，说明研究的确是一个重要的环节。

下面一个环节就是施工制造。这是最为重要的一个环节。大多数的非金属防腐蚀工程失败，其问题都出在这一个环节上。有一个石油化工厂花 30 万元外包工进行管道内壁涂料防腐，开车不久涂层就纷纷脱落，返工时还需要把原来不合格的涂层去掉，结果造成比 30 万元大得多的损失。原因是涂刷前表面预处理不合格。有一个冶炼厂购进一大批大口径衬四氟管道，未正式开车管道已经报废，其原因是四氟衬里层出现裂纹，损失 30 多万元。某氯碱厂外包工进行环氧玻璃钢衬里，施工队偷工减料，树脂用量过少，玻璃布露头造成盐酸渗漏，使贮槽外壳被腐蚀烂穿。这方面的例子真是举不胜举。

继施工以后的一个重要环节就是开车运行和维护。任何一种防腐蚀的方法、产品或材料都不是万能的，都只能在一定的条件下才能发挥作用。例如硬聚氯乙烯塑料最高使用温度不能超过 65°C ，聚丙烯塑料最低使用温度不能低于 -10°C ，松衬的聚四氟乙烯管道不能在负压下工作等，在开车运行期间都必须严格控制操作条件，如果操作指标超过了防腐蚀材料或设备承受的能力，施工质量再好也会毁于一旦。例如河南某硫酸厂二氧化硫喷射器衬红砖防腐，施工并没有问题，但红砖只耐干燥的而不耐湿的二氧化硫气体，结果由于操作不慎带进大量水分不仅破坏了红砖，而且又腐蚀烂穿了碳钢基体金属。

由此看来，以上所述的几个环节任何一个出了问题都有可能造成整个工程的失败。要使防腐蚀工程成功，必须重视每一个环节、也就是说要对设计、研究、施工制造、运行维护都要进行严格的控制，缺一不可。