



21世纪学科发展丛书·材料科学

丛书主编 周光召

金属设备的 卫士

山东教育出版社

21世纪学科发展丛书·材料科学

丛书主编 周光召

金属设备的卫士

江苏工业学院图书馆
藏书章

杜元龙 著

山东教育出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

金属设备的卫士/杜元龙著. — 济南: 山东教育出版社,
2001

(21 世纪学科发展丛书/周光召主编)

ISBN 7-5328-3342-9

I. 金… II. 杜… III. 防腐 - 基本知识
IV. TG174.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 14347 号

21 世纪学科发展丛书·材料科学

丛书主编 周光召

金属设备的卫士

杜元龙 著

出 版 者: 山东教育出版社

(济南市纬一路 321 号)

邮 编: 250001

电 话: (0531) 2023919

网 址: <http://www.sjs.com.cn>

发 行 者: 山东省新华书店

印 刷 者: 山东新华印刷厂临沂厂

版 次: 2001 年 4 月第 1 版第 1 次印刷

印 数: 1—3000

规 格: 850mm × 1168mm 32 开本

印 张: 6.625

插 页: 6

字 数: 141 千

I S B N 7-5328-3342-9/N·32

定 价: 15.20 元

(如印装质量有问题, 请与印刷厂联系调换)

前言

《二十一世纪学科发展丛书》编辑委员会

金属腐蚀是金属及其结构物/制件表面与其所处环境介质之间的化学反应、电化学反应或物理溶解(如金属在液态金属中的物理溶解)所引起的破坏或变质,它是金属在环境作用下所患的“疾病”。它广泛存在于我们日常生活、国民经济和国防建设的各个部门。它往往会造成巨大的经济损失和严重的社会后果。因此,金属腐蚀防护受到各个国家和各部门的普遍重视。

金属腐蚀过程不仅受到化学、冶金因素的影响,而且,还受到金属的各种结构因素和各种环境因素的影响,包括:应力、振动、冲刷、磨擦与磨损等力学/机械学因素;细菌、人体植入环境等生物学因素等。不仅腐蚀科学的形成,建立在化学、物理、冶金学、表面科学、力学、机械学和生物学等相关学科的基础上,而且,相关科学技术与腐蚀科学的相互渗透,又在很大程度上影响着腐蚀科学的发展。因此,就其学科特点而论,金属腐蚀与防护是一门跨学科的技术科学。因此,其防护技术也有相同的特点。

作为《二十一世纪学科发展丛书》之一的本分册,将通过一些典型事例,向读者介绍这门学科与国民经济与

国防建设的密切关系。同时,介绍相关的一些分别适用于不同情况的各种腐蚀防护技术。此外,探讨了这门学科发展的趋势。

全书共分十七章,第一章至第三章,分别论述了腐蚀科学的学科特点、学科发展的几个阶段以及它与社会发展的密切关系。第四章简单介绍了学科的热力学和动力学基础。第五章至第十章,相继论述了金属和合金,分别在结构因素、冶金因素、力学因素、生物学因素和混凝土这一特殊环境因素影响下的各种腐蚀破坏和防护技术,以及它们对国民经济、国防建设和社会发展的影响。第十一章介绍了金属在大气、海水和土壤等自然环境条件下的腐蚀和防护。第十二章通过一些典型案例,介绍了工程结构的设计、选材、施工、检测、评价、剩余寿命预测和维修保养等,构成防护系统工程各个环节。第十三章至第十六章,分别介绍了金属腐蚀各种表面防护的单元技术。第十七章,讨论了学科发展几个最活跃的方面。

由于诸事繁杂,编写又过于仓促,疏漏与不妥之处,请读者予以指正。谢谢!

杜元龙

金属腐蚀与防护国家重点实验室
国家金属腐蚀工程技术研究中心
中国科学院金属研究所

《21 世纪学科发展丛书》编辑委员会、 出版委员会名单

一、丛书主编、副主编

主 编:周光召

常务副主编:张玉台

副 主 编:徐善衍 常志海 张 泽 宋南平
宫本欣 马 阳

二、丛书编辑委员会

主 任:庄逢甘

副主任:闵桂荣 杨 乐 张 泽 宫本欣 马 阳

委 员:(按姓氏笔画排序)

王 铸 孙永大 刘 珩 朱道本 仲增墉
陈学振 张 鲁 汪稼明 李慧政 金明善
周 济 胡序威 赵 逊 相重扬 徐世典
谢荣岱 薛全福

各分册编审委员会主任(名单略)

三、丛书出版委员会

主 任:宫本欣

副主任:陈学振 张 鲁 李慧政

委 员:(按姓氏笔画排序)

王 铸 王昭顺 尹 铭 史 彬 刘传喜
张力军 宋德万 隋千存 董 正 韩 春
鲁颖淮

序

周光召

人类已跨进了新的千年，21 世纪的曙光将给全球带来灿烂辉煌的新篇章。回顾过去的 20 世纪，科学技术的创新与进步引发了人类经济、社会的巨大变革，由此又带来了全球翻天覆地的变化。马克思曾在《资本论》中指出：“生产力的发展，归根结底总是来源于发挥着作用的劳动的社会性质，来源于社会内部的分工，来源于智力劳动特别是自然科学的发展”，人类社会实践有力地证实了这一精辟论断。

随着科学技术在近现代的蓬勃发展，新思维、新理念、新发现推动着新兴学科、交叉学科不断涌现。许多传统学科一方面派生出新的分支学科，另一方面又在与其他学科的融合中形成新的综合性学科。展望 21 世纪，信息科学技术、生物科学技术、纳米科学技术将成为发展迅速，带动社会经济科技快速进步的前沿学科。环境、能源、材料、航天、海洋等科学技术将继续发展，解决人类面临的持续发展课题。社会进步和经济发展的需求为人类今后如何驾驭科学技术的骏骑，如何继续攀登科技巅峰提出了新的课题。

一个国家的科技水平不仅体现在少数科学家的科技成就中，更要体现在广大群众对科学技术的理解、掌握和应用之中。“科技先行，以人为本”有赖于公众科技文化素质整体水平的提高。因此，弘扬科学精神、传播科学知识和科学方法

就成为科技工作者又一不可推卸的、任重而道远的职责。中国科学技术协会作为党领导下的科技群团组织，肩负着促进学科发展、推动科技进步和普及科学知识、提高全民科技文化素质的重要责任。编写《21 世纪学科发展丛书》是使这种重要责任有机融合的一次新尝试。科学普及的对象可分为若干社会群体，其中青少年群体的科普教育尤为重要，因为他们是 21 世纪的后备人才，是攀登科技高峰的生力军。让广大青少年了解自然科学和技术科学的发展历程、卓越成就，对人类文化、社会、经济发展的巨大贡献，培养他们对科学技术的兴趣、爱好，以及为科技事业献身的精神，是老一辈科技工作者义不容辞的责任，也是我们编撰此套丛书的初衷所在。因此，专家学者们对编著此套丛书表现了极大的热情与关注。68 个全国性学会参与了丛书的组织编写，很多院士、知名科学家在百忙中亲自挥笔，运用通俗的语言、生动的描绘、深入浅出的方式，将科学的奥秘揭示给读者。全套丛书介绍了 60 多个不同学科的起源、发展历程、著名科学家、重大科技成就，以及未来学科发展的态势，为广大读者特别是高中以上文化程度的各阶层读者提供了一套科学性、知识性、前瞻性、趣味性和可读性相统一的科普读物。希望通过浏览这套丛书，不仅能够帮助广大青少年读者拓宽知识领域，而且对于他们选择未来发展方向起到引导和参考作用。同时，此套丛书通俗易懂，也适合其他不同社会群体的干部与公众阅读。丛书将由山东省出版总社于 2001 年分两批出版发行。

跨入 21 世纪的中华民族将面临重新崛起的机遇和挑战，衷心地祝愿充满希望的一代丰获知识的硕果，为我国的繁荣富强贡献出才智和力量，作出无愧于伟大中华的重大业绩！

2001 年 1 月 16 日



a. 正视图



b. 顶视图

图1 油井套管的腐蚀穿孔和裂开



a. 外侧



b. 内侧

图2 早期腐蚀穿孔的油管形貌

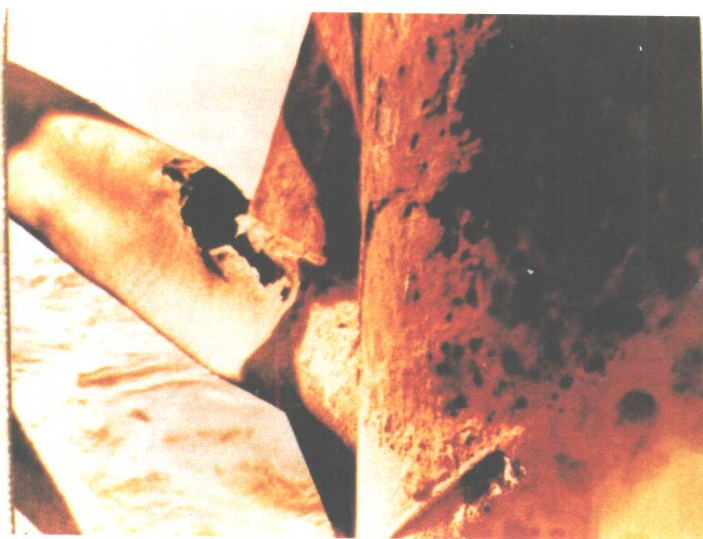


图3 平台管节点的腐蚀穿孔

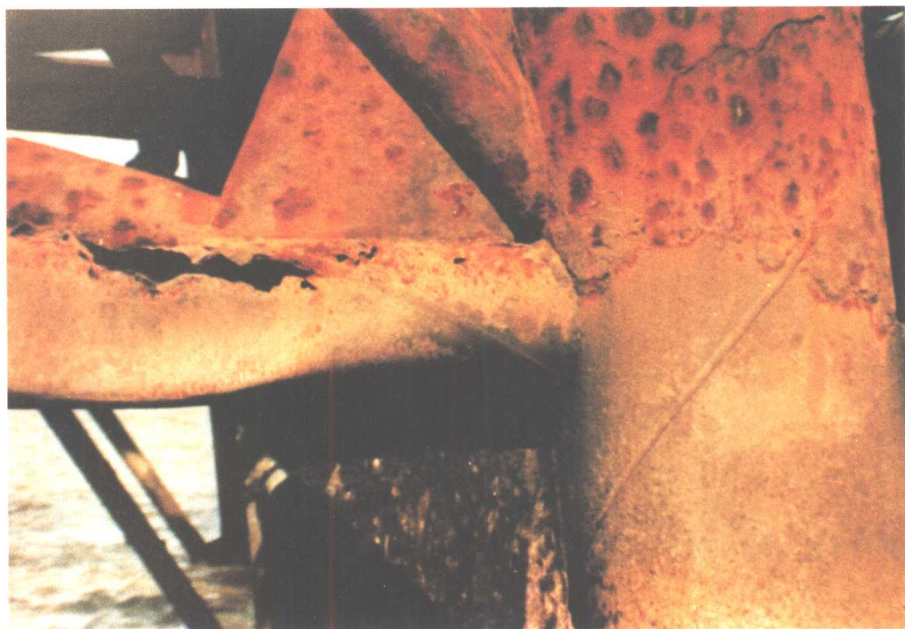


图4 平台管节点的腐蚀裂开



图5 钢板仓顶腐蚀和早期的腐蚀穿孔



图6 某供热主管底部的早期腐蚀穿孔



图 10 水平安装的某供热主管内壁底部呈蘑菇状的沉积物



图 18 经过多相流磨蚀前后新、旧抽油杆的对比

目 录

第一章 金属腐蚀是一门边缘学科	1
第一节 金属腐蚀——金属在环境作用下所患的“疾病”.....	2
第二节 金属腐蚀——冶金的逆过程.....	2
第三节 影响金属腐蚀的各种因素.....	3
第四节 金属腐蚀是一门跨学科的技术科学.....	3
第五节 腐蚀科学是金属的医学.....	4
第六节 腐蚀防护与环境保护.....	5
第七节 人类社会发展中的三个重要方面——医学、环境科学与腐蚀科学	5
第二章 学科发展的几个阶段	7
第一节 在久远的古代就有精湛的表面防护技术.....	8
第二节 腐蚀科学的建立.....	9
第三节 腐蚀科学的发展	10
第四节 腐蚀科学在我国的发展	11
第三章 金属腐蚀与社会发展	13
第一节 造成巨大的经济损失和影响经济发展	

.....	14
第二节 阻碍资源开发与正常生产	18
第三节 引起突发的恶性破坏事故,造成严重的 社会后果	20
第四节 影响战备	21
第五节 潜伏着恶性事故的隐患	23
第六节 金属腐蚀也有可用之处	24
第四章 腐蚀的热力学与动力学基础	27
第一节 腐蚀的可能性——腐蚀的热力学问题	28
第二节 腐蚀的现实性——腐蚀的动力学问题	32
第三节 可能腐蚀,不一定发生腐蚀	37
第五章 结构因素影响下的腐蚀破坏	43
第一节 电偶腐蚀	45
第二节 点腐蚀	48
第三节 缝隙腐蚀	50
第四节 丝状腐蚀	53
第六章 冶金因素影响下的腐蚀破坏	57
第一节 晶间腐蚀	58
第二节 脱合金腐蚀	60
第七章 力学因素影响下的腐蚀破坏	63
第一节 应力腐蚀裂开(SCC)	64
第二节 腐蚀疲劳(CF)	67
第三节 氢脆	69
第四节 氢腐蚀	72
第五节 磨蚀	74
第六节 冲击腐蚀	75
第七节 空蚀	76

第八节	振蚀	77
第九节	剥蚀	78
第八章	生物学因素影响下的腐蚀破坏	81
第一节	微生物腐蚀	82
第二节	生物医学金属材料的腐蚀	85
第九章	高温氧化和热腐蚀	89
第一节	高温腐蚀	90
第二节	热腐蚀	92
第十章	钢筋混凝土结构的腐蚀	95
第一节	钢筋混凝土是一种特殊的腐蚀电解质	96
第二节	氯离子——混凝土中钢筋发生腐蚀的 罪魁祸首	97
第三节	混凝土中钢筋腐蚀萌生和扩展的 临界条件	98
第四节	混凝土中加速钢筋腐蚀的影响因素	98
第五节	混凝土中钢筋的腐蚀防护	101
第十一章	金属在自然环境中的腐蚀	107
第一节	大气腐蚀	108
第二节	土壤腐蚀	112
第三节	海洋腐蚀	117
第十二章	金属腐蚀疾病的“预防”——腐蚀防护	123
第一节	精心设计	124
第二节	合理的选材——工业装置/设备使用寿 命期内总费用的全分析(LCC)	128
第三节	正确施工	136
第四节	适时的检测与维修保养(IRM)	139

第十三章 金属和合金的耐蚀性	145
第一节 金属和合金的耐蚀性	146
第二节 不锈钢	148
第三节 铜和铜合金	150
第四节 铝和铝合金	152
第五节 钛和钛合金	154
第六节 锆和锆合金	156
第七节 镍和镍合金	156
第八节 钴基合金	158
第九节 硅铁和硅镍合金	158
第十四章 镀层、涂层与衬里	161
第一节 镀前表面预处理	163
第二节 金属镀层	163
第三节 无机涂层	169
第四节 有机涂层	171
第五节 设备的盔甲——衬里	173
第十五章 电化学保护	175
第一节 阴极保护	176
第二节 阳极保护	183
第十六章 缓蚀剂	185
第一节 钝化剂	187
第二节 有机缓蚀剂	189
第三节 气相缓蚀剂	192
第十七章 学科发展动态——几个最活跃的方面	193
第一节 金属/腐蚀介质界面反应的原位 研究	194
第二节 在腐蚀环境中结构的可靠性	195
第三节 腐蚀的在线检测/评价/设备的维修	

	保养和剩余寿命预测	195
第 四 节	材料优选的新方法——LCC 法	196
第 五 节	防护系统工程学(Terotechnology) ...	197
第 六 节	腐蚀防护与环境保护	198
第 七 节	微生物腐蚀	198
第 八 节	腐蚀防护的计算机辅助设计	199
第 九 节	钢筋混凝土结构的腐蚀防护	200
第 十 节	海洋工程结构的腐蚀防护	200
第十一节	防护涂层和镀层的新发展	201
第十二节	缓蚀剂的新发展	202