

HEAVY-DUTY
COATINGS AND
APPLICATION

重防腐涂料与涂装

李荣俊 编著



化学工业出版社

HEAVY-DUTY COATINGS AND APPLICATION

重防腐涂料与涂装

李荣俊 编著



化学工业出版社

·北京·

本书是一本关于重防腐涂料与涂装技术的专著，是作者三十多年工作经验的总结。全书共15章，第1~5章介绍了腐蚀与防护基本理论以及重防腐涂料与涂装的相关知识，包括金属腐蚀机理、重防腐涂料、涂料性能检测、重防腐涂装技术、钢筋混凝土结构的腐蚀机理等，第6~15章分别介绍了不同领域典型的重防腐涂装技术，包括桥梁、港口、电力工程、石油化工、海洋石油平台、城市污水处理工程、建筑钢结构、机车、工程机械、集装箱领域的防腐配套体系、涂料的选择等实用技术。

本书对于从事重防腐涂装的技术人员有很好的参考价值。

图书在版编目 (CIP) 数据

重防腐涂料与涂装/李荣俊编著. —北京: 化学工业出版社, 2013. 8

ISBN 978-7-122-17874-9

I. ①重… II. ①李… III. ①防腐-涂料②防腐-涂漆 IV. ①TQ63

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 150521 号

责任编辑: 仇志刚 吴 昊
责任校对: 宋 夏

装帧设计: 张 辉

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 刷: 北京云浩印刷有限责任公司

装 订: 三河市前程装订厂

710mm×1000mm 1/16 印张 26¼ 字数 536 千字 2014 年 1 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888(传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 88.00 元

版权所有 违者必究

序

FOREWORD

如果不是加入海虹老人涂料公司，也许我从来没有机会接触防腐涂料，也很难有机会认识李荣俊老师。认识李老师是我加入海虹老人涂料公司第一天参加防腐涂料发展策略的准备会上，我诧异于年过古稀仍精神矍铄的李老师常常用其清晰的思路及洪钟般的气势提出自己观点的情景，我暗自庆幸公司有这般行业内重量级人物作后盾，我们岂有不胜之理。

加入赫普公司两个月后，一个在全球最大化工公司之一的朋友告诉我说海虹老人涂料公司对中国桥梁行业的技术标准作出了巨大贡献，我赶紧回来做功课才知道《公路桥梁钢结构防腐涂装技术条件》就出自于李老师之手，对李老师的敬意更深一层。后来才了解，除了桥梁，其他诸多行业如电力、储罐与管道、涂料与涂装等的技术标准都有李老师的领导或参与。一个人能在一个行业有所成就已实属不易，而能在如此多的行业中贡献卓越是一件多么了不起的事情！

后来和李老师紧密工作在一起，看到的不仅是他用自己深厚的功力给公司的重大项目做贡献，更看到的是他不遗余力地培养下一代接班人，还看到了一个老党员用其兢兢业业的敬业精神无声地影响着年轻人。李老师常常不辞劳苦参与行业标准的编写，参加各类学术会议，和团队一起参与各种重大项目投标或服务，我总是由衷地感动。李老师教会我们的不仅是做事更是做人，在他身上我们学到了活到老学到老的精神，学到了生命不息战斗不止的人生态度，学到了一丝不苟、严谨治学的风范。

加入海虹老人涂料公司三个月后到北京拜访李老师，他送给我一本《重防腐涂料与涂装技术》，我想应该是本书的雏形吧，我拜读大作后发现这本书对我由浅入深地了解防腐涂料有着巨大帮助，李老师从腐蚀与防护的基本原理出发，结合自己多年工作的实际经验，总结了重防腐涂料在桥梁、港口机械、电力工程、石油化工、海洋石油平台、城市污水处理工程、建筑钢结构、铁路机车等领域的应用，几

乎涵盖了重防腐涂料所有的应用领域，书中列举了大量的涂层配套体系，对于从事重防腐涂装的技术人员有很好的参考意义，而且李老师在书中还列举了很多自己关于重防腐涂料与涂装的观点和概念，具有很高的原创性。

《重防腐涂料与涂装》凝聚了李老师毕生心血，李老师将一个涂料人对涂料事业的认识、经验甚至感情都融入其中。无论是对涂料行业的技术人员，业务人员，市场营销人员，还是准备献身于涂料事业的年轻人都是不可多得的教科书，让我们翘首以待。

李老师让我为本书作序让我受宠若惊，我想就权当作晚辈对长辈的敬意和谢意吧。

海虹老人涂料（中国）有限公司

亚太区市场总监 李劲

2013年11月于上海

前言

FOREWORD

在我国，重防腐涂料的起步与改革开放基本同步，起步较晚，但是与重防腐涂料涂装紧密相关的造船、集装箱、城市基础设施建设、石油化工、能源、交通等的高速发展，也带动了重防腐涂料与涂装技术的进步。目前系统论述重防腐涂料与涂装方面的专著还比较少，本书是笔者在2009年主编的赫普（中国）有限公司内部读物《重防腐涂料与涂装》和应邀参与编写由化学工业出版社2010年出版的《涂料工艺》（第四版）有关章节的基础上，经过修改、补充而成。是笔者近三十年来在中国重防腐涂料与涂装市场中努力打拼所积累起来的实践经验与基本理论相结合的产物。

本书第1~5章介绍了腐蚀与防护基本理论以及重防腐涂料与涂装的相关知识，包括金属腐蚀机理、重防腐涂料、涂料性能检测、重防腐涂装技术、钢筋混凝土结构的腐蚀机理等，第6~15章分别介绍了不同领域典型的重防腐涂装技术，包括桥梁、港口、电力工程、石油化工、海洋石油平台、城市污水处理工程、建筑钢结构、机车、工程机械、集装箱领域的防腐配套体系、涂料的选择等实用技术。

书中笔者提出了一些对做好重防腐涂装工作的重要概念和理念，供读者参考：

- 从自然界能量守恒定律的高度认识金属腐蚀与防护问题，从而揭示金属腐蚀的本质；
- 提出涂装设计的概念与主要内容；
- 提出重防腐涂层配套体系设计五要素的概念，即腐蚀环境分析、防腐寿命、国内外相关标准、工况条件及性价比；
- 提出重防腐涂层可分为适用于大气环境下的多道涂层体系和适用于特种功能或特殊工况条件下的“底面合一”涂层体系两种形式；

- 强调涂装前表面处理是决定重防腐涂层质量诸多因素中的首要因素，而喷砂迄今仍是涂装前表面处理的最佳工艺选择。

这本书耗费了笔者太多的心血，在编写工作中得到了许多朋友的帮助，在此，我要特别感谢林绍基、徐国强、孙凌云、李华刚、Mahinda Pradeep、王键、吴浩波、李桂宁等诸位朋友的辛劳与支持！

我感谢海虹老人（中国）有限公司市场部总监李劲女士为本书撰写了序言。

由于笔者水平有限和时间仓促，遗漏和不妥之处难免，欢迎读者批评指正。

谢谢！

李荣俊 2013.10 于北京

目录

CONTENTS

第 1 章 金属腐蚀与防护简论 1

1

- 1.1 金属腐蚀及其危害 / 1
 - 1.1.1 金属腐蚀的定义 / 1
 - 1.1.2 金属腐蚀的危害性 / 1
- 1.2 金属腐蚀的分类 / 4
 - 1.2.1 化学腐蚀 / 4
 - 1.2.2 电化学腐蚀 / 6
 - 1.2.3 电化学腐蚀与化学腐蚀的区别 / 6
- 1.3 金属电化学腐蚀原理 / 7
 - 1.3.1 原电池和腐蚀电池 / 7
 - 1.3.2 金属电化学腐蚀热力学分析 / 9
 - 1.3.3 金属电化学腐蚀动力学分析 / 15
- 1.4 金属在自然环境中的腐蚀 / 18
 - 1.4.1 金属大气腐蚀 / 18
 - 1.4.2 金属在其他环境中的腐蚀 / 30
- 参考文献 / 38

第 2 章 重防腐涂料 39

2

- 2.1 重防腐涂料的特点 / 39
- 2.2 常用重防腐涂料 / 42
 - 2.2.1 防锈底漆 / 42
 - 2.2.2 中间漆/封闭漆 / 49
 - 2.2.3 普通面漆 / 52
 - 2.2.4 高性能面漆 / 58
 - 2.2.5 功能性防腐蚀涂料 / 69
 - 2.2.6 重防腐涂料固化机理 / 84

2.2.7 防腐蚀涂料的新发展 / 89

参考文献 / 115

第3章 涂料的性能与检测

117



- 3.1 涂料与涂膜性能指标体系 / 117
- 3.2 防腐涂料与涂膜性能指标编制依据 / 118
- 3.3 涂料与涂膜的检测 / 119
 - 3.3.1 取样与制板 / 119
 - 3.3.2 液态涂料性能检验 / 120
 - 3.3.3 涂料施工性能检验 / 123
 - 3.3.4 漆膜物理机械性能检验 / 126
 - 3.3.5 漆膜耐腐蚀性能的检测 / 134
 - 3.3.6 涂层耐候性试验 / 136
 - 3.3.7 漆膜特殊功能检测 / 139
- 参考文献 / 140

第4章 重防腐涂装技术

141



- 4.1 涂装前表面处理 / 141
 - 4.1.1 概述 / 141
 - 4.1.2 表面处理对涂层耐久性的影响 / 142
 - 4.1.3 金属表面的主要污染类型 / 144
 - 4.1.4 表面处理标准 / 144
 - 4.1.5 清洗 / 147
 - 4.1.6 酸洗 / 149
 - 4.1.7 金属表面的磷化和钝化处理 / 150
 - 4.1.8 锆盐处理技术 / 151
 - 4.1.9 金属表面的硅烷处理技术 / 152
 - 4.1.10 喷砂处理 / 156
- 4.2 重防腐涂装设计 / 163
 - 4.2.1 重防腐涂装设计主要内容 / 163
 - 4.2.2 涂层配套体系设计五要素 / 163
 - 4.2.3 重防腐涂层的两种形式 / 168
 - 4.2.4 ISO 12944《色漆和清漆——保护漆体系对钢结构的防腐保护》简介 / 169
- 4.3 重防腐涂装施工工艺要点 / 179
 - 4.3.1 涂装前的表面处理 / 179
 - 4.3.2 涂装工艺要点 / 179

- 4.3.3 关于涂装现场管理和安全文明生产 / 180
- 4.4 涂层缺陷分析与防治 / 181
 - 4.4.1 概述 / 181
 - 4.4.2 涂层缺陷的类型 / 183
- 参考文献 / 194

第5章 混凝土结构的腐蚀与防护

195



- 5.1 概述 / 195
- 5.2 钢筋混凝土结构的腐蚀机理 / 197
 - 5.2.1 物理作用 / 197
 - 5.2.2 化学腐蚀 / 198
 - 5.2.3 钢筋的电化学腐蚀 / 201
 - 5.2.4 生物腐蚀 / 202
- 5.3 钢筋混凝土腐蚀环境分析 / 202
- 5.4 混凝土结构腐蚀防护措施 / 203
 - 5.4.1 选用耐蚀水泥 / 203
 - 5.4.2 增加混凝土密实度和钢筋保护层厚度 / 204
 - 5.4.3 钢筋表面防腐处理 / 204
 - 5.4.4 涂装防护 / 204
- 5.5 混凝土防护涂层配套体系 / 206
 - 5.5.1 水上区混凝土结构表面 / 206
 - 5.5.2 浪溅区混凝土结构防护涂层配套 / 207
 - 5.5.3 水下混凝土防护涂层配套 / 207
- 5.6 混凝土结构防护涂装的特殊性和施工工艺要点 / 208
 - 5.6.1 混凝土涂装的特殊性 / 208
 - 5.6.2 主要引用标准 / 208
 - 5.6.3 施工工艺要点 / 209
- 参考文献 / 212

第6章 桥梁防腐涂装

213



- 6.1 中国桥梁防腐涂装的发展概况 / 213
- 6.2 桥梁的基本结构形式 / 214
- 6.3 桥梁腐蚀的危害性 / 215
- 6.4 桥梁防腐涂装 / 215
 - 6.4.1 涂装目的 / 215
 - 6.4.2 桥梁腐蚀环境分析 / 216
 - 6.4.3 桥梁防腐涂装设计 / 217

- 6.4.4 桥梁涂装标准 / 219
- 6.5 桥梁防腐涂装配套体系 / 221
 - 6.5.1 配套原则 / 221
 - 6.5.2 钢结构桥梁的配套体系 / 221
 - 6.5.3 自清洁涂料在桥梁上应用 / 227
 - 6.5.4 混凝土桥梁的配套体系 / 227
 - 6.5.5 国内主要大型桥梁涂装配套体系简介 / 228
- 6.6 桥梁涂装工艺流程 / 232
 - 6.6.1 钢桥涂装工艺要点 / 232
 - 6.6.2 钢箱梁涂装工艺流程 / 233
 - 6.6.3 混凝土主塔的涂装工艺流程 / 233
 - 6.6.4 浪溅区的涂装工艺流程 / 234
- 6.7 桥梁的维修涂装 / 234
 - 6.7.1 防腐涂层的失效分析 / 234
 - 6.7.2 维修涂装的依据 / 235
 - 6.7.3 维修涂装设计与施工 / 235
 - 6.7.4 维修涂装用涂料的选择 / 235
 - 6.7.5 维修涂装的施工 / 236
- 参考文献 / 236

第7章 港口机械与设备钢结构防护涂装

237

- 7.1 港口的分类以及港口设备的种类 / 237
 - 7.1.1 港口的分类 / 237
 - 7.1.2 港口设备的种类 / 237
 - 7.1.3 码头的分类以及相关设备 / 237
- 7.2 港口设备所处腐蚀环境的特点 / 238
- 7.3 港口机械与设备钢结构防护涂层配套体系 / 239
 - 7.3.1 钢结构外表面涂层配套体系 / 240
 - 7.3.2 钢结构内表面 / 241
 - 7.3.3 司机室、机房、电控室 / 242
- 7.4 码头钢管桩 / 243
 - 7.4.1 钢管桩的腐蚀特征 / 243
 - 7.4.2 钢管桩的重防腐涂料 / 244
- 7.5 港口机械与设备钢结构涂料的发展 / 247
- 参考文献 / 247

- 8.1 水电水工金属结构防腐涂装 / 249
 - 8.1.1 中国蕴藏着巨大的水力发电资源 / 249
 - 8.1.2 水工金属结构腐蚀危害和防腐对象 / 249
 - 8.1.3 水工金属结构腐蚀环境分析 / 250
 - 8.1.4 水工金属结构防腐蚀标准 / 253
 - 8.1.5 水工钢结构防腐涂料及其配套系统 / 253
- 8.2 风力发电设备的防腐涂装 / 258
 - 8.2.1 风力发电设备防腐蚀特点与相关标准 / 259
 - 8.2.2 风力发电机塔筒及其零部件的涂装典型方案 / 262
 - 8.2.3 风电叶片涂料 / 264
 - 8.2.4 国际上各大风能公司指定采用的涂料标准配套 / 266
- 8.3 火力发电站的防腐涂料 / 269
 - 8.3.1 火力发电站的常用防腐涂料 / 270
 - 8.3.2 火力发电厂防腐涂装配套体系 / 273
- 8.4 核电站的防腐涂装 / 275
 - 8.4.1 核电站环境特点及防腐要求 / 275
 - 8.4.2 核电站防腐涂料系统 / 276
- 参考文献 / 283

- 9.1 概述 / 284
 - 9.1.1 现代石油化工装置特点 / 284
 - 9.1.2 现代石油化工装置涂料与涂装 / 284
- 9.2 石油储罐防腐涂装 / 286
 - 9.2.1 常见储罐种类和储存介质 / 286
 - 9.2.2 技术要求和技术标准 / 287
 - 9.2.3 储罐内壁防腐 / 289
 - 9.2.4 储罐外壁防腐 / 293
 - 9.2.5 储罐防腐涂层配套 / 297
- 9.3 钢质石化管道的防腐涂装 / 300
 - 9.3.1 主要引用标准 / 300
 - 9.3.2 地上架空管线 / 302
 - 9.3.3 埋地管线外防腐 / 303
 - 9.3.4 钢质石油管道内壁防腐蚀涂层 / 310
- 9.4 石化装置防腐涂料与涂装 / 316

- 9.4.1 概述 / 317
- 9.4.2 涂装设计要求和技术标准 / 318
- 9.4.3 石化装置防腐涂料及其配套 / 318
- 9.4.4 石化装置涂装工艺要点 / 321
- 参考文献 / 323

第 10 章 海洋石油平台防腐涂装 324

- 10.1 离岸石油平台腐蚀环境分析 / 324
- 10.2 离岸石油平台设备和设施及其主要涂装部位 / 325
- 10.3 离岸石油平台防腐涂装标准及其对防腐寿命要求 / 329
- 10.4 离岸石油平台防腐涂料与涂层配套体系 / 329
 - 10.4.1 离岸石油平台常用涂料及其技术说明 / 330
 - 10.4.2 离岸石油平台涂层配套系统 / 334
- 10.5 涂装工艺 / 336
- 参考文献 / 339

第 11 章 城市污水处理工程的防腐涂装 340

- 11.1 混凝土结构的劣化 / 340
- 11.2 钢结构的腐蚀 / 342
- 11.3 城市污水处理工程防腐涂装配套体系 / 342
- 11.4 配套的技术说明 / 345
 - 11.4.1 污水中选用的涂料 / 345
 - 11.4.2 大气中选用的涂料 / 345
- 11.5 城市饮用水钢质管道涂装防腐配套 / 347

第 12 章 建筑钢结构防腐防火涂装 348

- 12.1 钢结构建筑主要类型 / 348
- 12.2 钢结构用钢材与加工 / 350
 - 12.2.1 钢结构用钢的种类 / 350
 - 12.2.2 钢材的原始状态 / 351
 - 12.2.3 钢结构的连接形式 / 352
- 12.3 民用建筑钢结构防腐、防火涂装的涂层体系的设计 / 353
 - 12.3.1 设计思路 / 353
 - 12.3.2 适用于大型钢结构建筑的防腐涂装体系 / 354
- 12.4 钢结构防火涂料 / 355

- 12.4.1 分类 / 356
- 12.4.2 防火涂料的防火机理 / 357
- 12.4.3 钢结构防火涂料的组成 / 357
- 12.4.4 防火涂料相关标准 / 358
- 12.5 防腐、防火复合涂装体系 / 361
- 12.5.1 复合配套体系 / 361
- 12.5.2 防腐/防火涂料的兼容性 / 362
- 12.6 防腐涂装施工的质量控制 / 363
- 12.7 钢结构在大型民用建筑应用实例和防腐涂装体系实例 / 363
- 12.7.1 钢结构在大型建筑中的应用实例 / 363
- 12.7.2 大型钢结构工程防腐涂装体系实例 / 364
- 参考文献 / 370

第 13 章 机车涂料与涂装 371

13

- 13.1 列车腐蚀环境的特殊性 / 371
- 13.2 国内列车涂料的相关标准 / 371
- 13.3 铁路机车车辆用涂料 / 372
- 13.3.1 车间底漆 / 372
- 13.3.2 铁路车辆用防锈底漆 / 373
- 13.3.3 铁路车辆用腻子 / 373
- 13.3.4 铁路车辆用中间漆 / 374
- 13.3.5 铁路车辆用面漆 / 375
- 13.4 铁路车辆用涂料配套 / 376
- 13.5 铁路车辆用涂料展望 / 377
- 13.6 铁路车辆涂装典型工艺卡 / 378
- 参考文献 / 380

第 14 章 工程机械防腐涂装 381

14

- 14.1 概述 / 381
- 14.2 工程机械涂料 / 382
- 14.2.1 我国工程机械涂料与涂装标准 / 382
- 14.2.2 常用涂料简介 / 387
- 14.3 涂装工艺 / 389
- 参考文献 / 391

15

- 15.1 概述 / 392
- 15.2 集装箱涂料 / 392
 - 15.2.1 性能特点 / 392
 - 15.2.2 集装箱涂料的认证 / 393
 - 15.2.3 常用集装箱涂料 / 394
- 15.3 集装箱涂层配套体系 / 395
- 15.4 集装箱涂料的发展方向 / 396
 - 15.4.1 概述 / 396
 - 15.4.2 集装箱水性漆及其涂层配套体系 / 397
- 15.5 集装箱涂装工艺要点 / 401
 - 15.5.1 常规工艺流程 / 401
 - 15.5.2 水性涂料施工特点 / 401
- 参考文献 / 403

第 1 章 金属腐蚀与防护简论

改革开放以来,我国基础设施建设规模宏大,成就斐然而举世瞩目。无论是大型钢结构桥梁、电力工程(含火电、水电、风电及核电)、石油化工工程(含大型石化装置、海洋钻井平台、大型石油储罐及长输管线工程等)、钢质集装箱、港口机械、工程机械以及以“鸟巢”、国家大剧院等为代表的大型建筑钢结构……如此众多而错综复杂的钢铁“艺术品”,在其制造、运营过程中,均面临着一个共同的问题——腐蚀与防护。什么是金属腐蚀,如何认识金属腐蚀,以及如何预防和防治金属腐蚀,便是本章要讨论的主要内容。

1.1 金属腐蚀及其危害

1.1.1 金属腐蚀的定义

关于金属腐蚀的定义有多种提法,埃文斯说:“金属腐蚀是金属从元素态转化为化合态的化学或电化学反应”;方坦纳说:“金属腐蚀是金属冶炼的逆过程”;尤力格说:“物质(或材料)的腐蚀是物质(或材料)受环境介质的化学或电化学反应而被破坏的现象”;中国工程院曹楚南院士则认为:“金属腐蚀是金属材料受到介质的作用而发生状态的变化,转变成新相从而遭受破坏的过程”。目前,比较认可的金属腐蚀的定义是:金属材料与周围环境相接触,相互间发生了某种反应而逐渐遭到破坏(或变质)的过程称作金属腐蚀。在大多数情况下,这种反应属于电化学反应类型,有些情况下则仅仅是单纯的化学反应过程或金属物理变化过程,而两种反应类型共生共存的情况也不少见。

金属腐蚀是普遍存在的自然现象。例如:钢材及其制品表面锈迹斑斑、钢锭表面的氧化皮、铝制品表面的白色粉末、铜制品表面生出铜绿等,都是金属腐蚀的结果。现代科学技术发展表明,金属腐蚀不仅是认识的,也是可以控制和减轻的。

1.1.2 金属腐蚀的危害性

金属腐蚀所造成的损失,不仅表现在使材料外形、色泽、力学性能等方面受到

破坏,更主要的是表现在使其制成品(如仪器仪表、机械装备及工程结构等)的质量等级下降,精度、灵敏度受损,影响使用价值甚至报废,个别情况下造成更严重事故。

1999年1月4日,我国西南某桥发生整体垮塌,造成40人死亡,14人受伤,直接经济损失631万元。倒塌原因与吊杆上部铆接处水泥灌浆不满,导致铆接处缝隙发生严重腐蚀有关。

广东某斜拉桥于1988年12月建成,1995年某日清晨一根钢索上段突然断裂。经分析其腐蚀产物中含有 $0.1\% \text{Cl}^-$ 和 $0.1\% \text{SO}_4^{2-}$,这些强腐蚀性介质的渗透浸蚀是其断裂的主要原因之一。

2003年10月14日,云南某水电站由于上游污水严重污染水力发电机组引起严重的腐蚀破坏,虽经多次大修仍无济于事,最终被迫宣布停产。

陕西某钢筋混凝土桥,建成仅7年,墩柱及桥面就发生严重损坏。现场观察发现,严重腐蚀的混凝土破裂、剥落,甚至成为灰白色的疏松粉粒。从结构上看,该混凝土结构致密,应该有较长的耐久性,但由于孔隙很少,腐蚀产物产生严重的体积膨胀导致混凝土破裂、剥落。

20世纪80年代初,北京某立交桥因冬季使用冰盐防冻,造成氯离子渗入钢筋混凝土,破坏表面钝化膜而腐蚀,致使立交桥提前失效而不得已整体拆建,斥资3000万元。

1980年5月21日,柏林国会大厦在建成23年后突然塌陷,一名记者被埋在废墟中死亡,分析原因是由于支撑屋顶的钢筋腐蚀断裂所致。

1967年12月15日,美国第35号高速公路上俄亥俄河上一座钢桥倒塌,31辆车落入河中,46人死亡,9人重伤。究其原因铸造钢制眼杆(eye-bar)时产生的裂纹最终引发应力腐蚀开裂和腐蚀疲劳导致钢结构断裂。

2004年8月9日,日本美滨核电站3号反应堆涡轮机配水管腐蚀穿孔引起高温高压蒸汽泄喷,导致4人死亡,7人受伤。

金属腐蚀危害极大,触目惊心,由以下几组数据可以看出。

- “1/3”与“1/10”

世界上每年钢铁产量约1/3因腐蚀报废,扣除回炉再生,净浪费高达1/10。

- “700亿美元”与“4.2%”

美国1978年发表年度腐蚀损失调查报告,1975年腐蚀损失700亿美元,约占全年GDP 4.2%,所消耗的能源约占全美能耗的4.5%。而当年全美汽车事故损失约300亿美元、火灾110亿美元、洪灾4.3亿美元、风灾7亿美元、地震4亿美元,以上合计损失425.3亿美元,仅为腐蚀损失的60%。报告同时指出,若充分利用现有防腐技术,可挽回其中100亿美元损失、节能20%。

- “114家企业”与“4.4亿元人民币”

据我国有关部门1980年,仅对石油、化工、冶金、化纤等114家企业不完全统计,腐蚀损失高达4.4亿元,约占被查企业总产值2.3%,其中56家石化企业