

合理的防腐蚀设计

[联邦德国] H. E. 毕勒 D. 维斯腾贝格 编

赵克清 译

陆震维 审校

化学工业出版社

内 容 提 要

本书汇集了联邦德国近年来的各种防腐蚀设计和防腐蚀规范。主要介绍了各种机电设备、管道等从设计、加工、包装、运输、货场存放、施工安装到使用、维修等各个环节可能出现的腐蚀类型、产生腐蚀的原因,并通过实例对照进一步说明了各种结构从设计至使用各环节应注意事项,应采取哪些长期的或临时的防护措施。对各种临时防护剂、包装、运输和存放要求列出了表格,供选择临时防护措施参考。

本书叙述简明扼要,实用性强,便于查找,具有工具书的特点。

本书可供从事机械设计、制造、安装的工程技术人员、研究人员,从事材料科学、电气技术的工程技术人员、企业管理人员、贮运业管理人员、大专院校有关专业的师生参考。

H. E. Bühler D. Wüstenberg

Korrosionsschutzgeachte Konstruktion 1987

Temporärer Korrosionsschutz von Ausrüstungen 1982

DECHEMA Deutsche Gesellschaft für chemisches

Apparatewesen e. V. Frankfurt

合理的防腐蚀设计

赵克清 译

陆震维 审校

责任编辑:刘威

封面设计:任辉

*

化学工业出版社出版发行

(北京和平里七十六号院)

化学工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所经销

*

开本850×1168¹/₃₂印张10¹/₄字数285千字

1990年6月第1版 1990年6月北京第1次印刷

印 数 1-2,500

ISBN 7-5025-0381-1/TQ·27

定 价7.10元

译者序

70年代中期的统计表明,西方工业国在金属工业中支出的1/5用于弥补腐蚀损失。摩擦和腐蚀耗费了工业国约4.5%的毛产值,在联邦德国相当于每年国民经济损失约700亿马克。此外,腐蚀产物还会危害人类生活与健康,因此引起人们对防护的重视。联邦德国研究技术部对此十分重视,正如部长Riesenhuber在一篇报告中所述:“……节约原料,特别对后代来说是我们的重大责任。正因为如此,我们越来越不允许由于生锈和腐蚀造成有价值的原料和能源的损失。作为先进的工业国,我们具有足够的科学技术设备,能够研究出用适当的结构、材料和保护方法减少腐蚀和摩擦造成的损失。这个任务需要跨学科的通力合作,以取得更大的成果,并尽快变为实践”。

据统计,如果设计人员、制造加工人员与企业管理人员考虑到防护,并正确运用已有的知识,可减少腐蚀损失。如在联邦德国现有腐蚀损失的25~30%是可以避免的。因此,普及和推广避免或减轻腐蚀的知识,对于设计人员、制造加工人员和企业管理人员是极其必要的。联邦德国科学研究技术部从1974年起着手这项工作,经过几年努力,于1981年基本完成这项工作,并不断补充了新的内容,这本书是到1984年为止的腐蚀防护设计汇编。关于它的内容,读者对象等在本书前言和使用说明中都有具体介绍。需要说明的是第七篇原由特集出版,译者这次将其合并。

本书前有详细的目录,设计人员无须掌握全书,只消花几分钟时间查阅目录找到有关章节,既可避免设计中的原则错误,使读者容易完成设计任务。所以它被列为联邦德国近年来腐蚀与防护方面的成就之一。考虑到目前国内从设计阶段就注意防腐蚀的书籍还很少,特译出本书,供参考。

本书在整理与翻译过程中,得到肖纪美教授、本书编辑之一的

Rahmel教授的大力支持，请教了有关专家赵克忠、徐福昆以及 Uhl 和Casselmann等，谨在此表示衷心地感谢。

在译文中将原文“设计措施”、“制造加工、验收、检验与维护”等与设计有关的部分合并“设计措施”标题之下，以节省篇幅。第七篇内容特殊 编写方式与前几篇不同。原书后索引略。

本书在翻译过程中难免出现错误和不当之处，欢迎批评指正。

赵克清

1985.9.22.

前 言

自从1974年联邦德国研究技术部要求编写“腐蚀与防护”的研究和开发纲要准备阶段以来,利用设计与制造加工技术措施防止腐蚀已成为本纲要的一个重点。按照当时的建议,在编写纲要时,合理的腐蚀防护设计这一选题是由腐蚀与防护研究开发第八设计小组承担的。在M. Litzkendorf (埃森)、F. C. Althoff (亚琛)和G. Oelsner (柏林)领导下,编写的设计时防止腐蚀的措施,包括下列各应用领域:

a. 设备设计

由M. Litzkendorf以及M. Schubert负责,前者在法兰克福德国化工设备协会研究所 (Dechema-Institut) 工作,自1978年以来在埃森的莱茵-威斯特伐技术监督协会 (TÜV) 工作。后者在法兰克福德国化工设备协会研究所工作。

b. 机器制造

由K. Zerweck 负责,在弗朗霍夫协会的生产技术与自动化研究所 (在斯图加特) 工作。

c. 管道设计

由H.-E. Bühler和B. Schubert等负责,在法兰克福德国化工设备协会研究所工作。

d. 临时防腐

由D. Wüstenberg和H. Gürol负责,在埃森的Krupp-Koppers公司工作。

e. 电气技术

由A. Jung 负责,在斯图加特大学精密机械系设计与制造加工研究所工作。

a到d各项工作到1981年已经完成 (e于1984年完成并合并到本汇编中——译注)。本汇编包括设备、机器制造、管道和电气技术。

临时防腐与包装的处理原则以特集形式由腐蚀专业小组出版，这次也收入本书中（译注）。

本书首先面向机器制造、材料科学和电气技术的设计人员和专业人员。

本书出版形式考虑到不断补充新内容的可能性。

为了完成本书，无数专业同事和机构参与了讨论、撰稿和校对并提出大量的建议，本书编辑人员对此表示衷心感谢。

编辑人员还特别衷心感谢 B. Schubert 先生对通用设计与专用设计部分做的编纂工作以及对修订工作所做的不断努力。

研究手段是由联邦德国研究技术部专为腐蚀与防护研究与开发而提供的，这里也表示衷心感谢。

尽管经过仔细工作和校对，本书难免存在错误，本书编辑人员欢迎指出并提出改进建议。

腐蚀专业小组

1981年夏于法兰克福

使 用 说 明

概述

“腐蚀是从绘图板开始的”——这句话基于下面的经验，即通过设计和制造时采取技术措施可避免或减轻金属材料的许多腐蚀损伤。本书力图以简明的形式描述各种类型的腐蚀特征，并给出设计与制造时在各领域中具体的防腐蚀措施，以及设备和零部件在贮运、安装过程中的防腐蚀措施（编注）。

实际上，既可通过一个构件、一个机器或一套设备的总设计措施，也可通过细节的具体设计措施达到防止腐蚀的目的。因此，本书优先面向于在一个构件的绘图阶段就必须考虑防止腐蚀的设计人员。它也面向于所有大学或专业学校的学生，使其在教育阶段就对这个问题的重视。

在编写本书时考虑到了现有的经验（文献，采访制造商、用户和财产保险公司），作了损伤分析。当然所给的防腐例子可能并未涉及每一个设计变数，但人们可从中进一步推导出有利的外型设计因素，避免原则错误。从这个角度出发，本书特别强调选择和使用所给出的设计和制造例子时，必须注意它所处的工作条件。最有利的设计可能往往需要较高的制造成本，所以人们可能并非在所有的工作条件下总选用成本较高的解决方案。另一方面要注意，腐蚀损伤可能由于需要修理和有限的使用寿命而导致更高的成本。

在使用防护措施时，应注意有关的标准和技术规则。

结构

本书包括下列各部分：

腐蚀类型（基础部分）

通用设计说明

各个具体应用领域的说明。

腐蚀类型（基础部分）是根据德国工业标准DIN50900第一部分，各种类型的腐蚀而编写的。为了理解各种类型的腐蚀原因和防护方法，这一部分是很重要的，它向读者介绍了腐蚀类型的基本知识。

通用设计部分给出了设计与制造的例子，它对于各应用领域或者至少可以说对大多数应用领域是有效的。其结构和各具体应用领域（如设备设计、机器制造、管道等腐蚀防护）是一样的。这两部分都指出了可能遭到一定类型腐蚀的构件的设计细节，并对照地给出了有利的、不太有利的或错误的例子。

腐蚀原因和影响因素

按德国工业标准DIN50900，腐蚀的定义是：

“腐蚀是一种金属材料与其环境的反应，它会引起材料出现可测出的变化，并导致损伤。这种反应在大多数情况下是电化学的，但其行为也可能是化学的或金属物理过程”。

所谓腐蚀损伤是指由于腐蚀而使构件、介质或环境的功能变差。

由于腐蚀反应而使材料发生变化，其结果是作为结构元件或使用对象的材料不再能完成一定的任务。

到目前为止，人们认为的腐蚀损伤主要是指每年可出现数十亿经济损失的一种损伤。近来越来越频繁地出现环境变差，从环境保护的角度出发，这同样也必须看成是腐蚀损伤。

腐蚀反应的地点首先是材料和腐蚀介质之间的相界处。在一个腐蚀系统中，对材料行为起决定作用的是化学成分，结构、机械应力和表面状态。材料的化学成分，也就是说，元素和化合物（统称为组分）的数量和类型，决定了材料的结构及对介质的行为。另外，结构还受制造厂和加工厂热处理或机械加工的影响，而这一点又决定了材料的机械性能。对于各现象过程，如出现各种类型选择腐蚀起决定作用的是不同相（如，高合金Cr-Ni钢的奥氏体相、铁素体相和马氏体相等）组成的材料结构和某些沉淀相（如，碳化物），或杂质（如，氧化物）的偏析。

除化学因素外，还有其它机械负荷，如拉应力、疲劳、磨损、摩擦等因素起作用，最终可出现一系列特殊的腐蚀现象。

因为腐蚀反应的决定过程是在材料和腐蚀介质之间的相界上进行的，所以材料表面状态有很大的意义。一般来说，许多金属的表面具有钝化层或氧化膜，它的化学组分、结构、孔隙度等对腐蚀行为起决定性作用。例如，通过实验很容易表明，这个覆层出现机械划伤或化学损坏往往导致腐蚀速度加快，并能引起局部腐蚀。

对于腐蚀介质同样有多种可能性。因此，人们不仅仅是把它分为液态、气态和固态，而是进一步区分为单相介质和多相介质，例如，液态-固态（含固体颗粒的液体）、液态-气态（如，含气泡的水或空泡液体）。多相状态往往是各种腐蚀形态的原因，如磨损腐蚀和空泡腐蚀。

除物态之外，从物理-化学角度出发，腐蚀介质的特征是由它的化学组成决定的。某些微量成分往往起决定性作用，如氯化物在引起点腐蚀和应力腐蚀开裂中所起的作用，含硫气体在高温腐蚀中所起的作用等。

反应条件决定着材料-腐蚀介质这一腐蚀系统的行为。除介质的化学组成外，介质的温度和流动状态也对腐蚀有重要影响。提高温度通常加快腐蚀速度。在流动状态下，腐蚀形态更复杂。有某些腐蚀形态易于在静态介质中出现如点腐蚀，另一些腐蚀形态则在介质流动态易于出现，如磨损腐蚀。在某些情况下，压力对反应速度也有影响。另外，对电化学腐蚀反应有特别重要影响的腐蚀参数是金属-介质相界的电极电位。在德国化学工业公司的材料表中列出了材料对大约1000种腐蚀介质的腐蚀行为。其中给出了实践中使用的复杂腐蚀系统的科学结果和实践经验。

设计和制造时采取有利的防护措施

通过在材料方面、介质方面或在金属-介质相界处采取适当的防护措施，可以避免腐蚀损伤。系统地研究腐蚀防护措施时，应充分利用上述三种可能性。这三种可能性之间存在某些关系。例如，对相界

有效的防护措施包括涂层和镀层。在采用这些措施时，必须使设计的外型与防护系统的类型一致。例如，人们常说适于涂层、适于电镀锌或适于热镀锌的设计。

除采用耐腐蚀的材料或适当的保护方法外，也需要采用设计上的防护措施。而耐蚀材料或防护法的选择应根据具体条件下的负荷情况（介质和其中的杂质，机械应力随时间和地点的变化过程，温度及机械、化学和热力学负荷的叠加等）决定。因为在不同的经济部门、腐蚀的原因和频率也不同，所以必须使辅助措施和设计相适应。此外，影响各类腐蚀的可能性是很不同的。例如，通过改变承受腐蚀材料的布局和外型，可使接触腐蚀和缝隙腐蚀大大加强或减小。

目 录

第一篇 腐 蚀 类 型

第一章 无应力负荷的腐蚀类型	1
第一节 大气腐蚀	1
第二节 均匀的表面腐蚀和坑腐蚀	2
第三节 点腐蚀	4
第四节 缝隙腐蚀	7
第五节 沉积腐蚀	8
第六节 接触腐蚀 (电流腐蚀)	9
第七节 选择腐蚀	11
第八节 磷化与高温腐蚀	13
第九节 三相交界处的腐蚀 (水线腐蚀)	14
第二章 有应力负荷同时作用的腐蚀类型	16
第一节 应力腐蚀开裂	16
第二节 氢脆	18
第三节 腐蚀疲劳	20
第四节 磨损腐蚀	22
第五节 空泡腐蚀	24
第六节 摩擦腐蚀	26
第三章 其它腐蚀类型	28
第一节 静态腐蚀	28
第二节 冷凝酸液的腐蚀 (露点腐蚀)	29
第三节 液滴冲击腐蚀	30

第二篇 通 用 设 计

第一章 联结	32
第一节 不同断面的焊接	32

第二节	可能形成缝隙的焊接	33
第三节	不同种类金属的铆接	35
第四节	外壳涂层钢板的焊接	36
第五节	封闭式销联接	37
第六节	用螺栓联接不同类型的金属	39
第七节	用螺栓联接时可能出现的腐蚀	40
第二章	结构元件	42
第一节	敞口型结构	42
第二节	敞口型材安装的位置	43
第三节	封闭式箱型截面支撑结构	45
第四节	中空型结构与塞棒	46
第五节	封底排液管	47
第六节	平底容器的支撑结构	49
第三章	容器与附件	51
第一节	给水管与排水管的位置	51
第二节	装饰品与铭牌	52

第三篇 设备设计

第一章	主体设备——壳体	54
第一节	壳体内部涂层	54
第二节	壳体上的接管（管道）	55
第三节	壳体外部加强筋	56
第四节	壳体或搅拌器的蛇管（安装方式）	57
第五节	搅拌器内部蛇管支架	59
第六节	搅拌器的抗流挡板	60
第七节	壳体或搅拌器外部封闭式全管蛇管	61
第八节	壳体或搅拌器外部半管式蛇管的焊接	62
第九节	绝热壳体的护板	64
第十节	绝热壳体支撑结构，支架	65
第十一节	绝热壳体底板上排液管的绝热	66
第十二节	壳体包覆的焊接与包覆材料	68
第十三节	壳体衬里的焊接与内衬板	69

第十四节	带衬里壳体上的安全孔 (布什孔)	70
第十五节	夹套的焊接	72
第十六节	夹套排液管	73
第十七节	双套管	74
第二章	接管	76
第一节	小接管的焊接	76
第二节	容器外侧面上的接管	77
第三节	插入器壁内的焊接接管	78
第四节	贯穿式接管的焊接	80
第五节	贯穿式封头接管	81
第六节	长贯穿式接管, 浸没管	82
第七节	管子、接管焊接时管壁的热影响	83
第三章	法兰	86
第一节	厚壁法兰上的螺栓	86
第二节	法兰扁平密封垫片	87
第三节	筒体上法兰的焊接	88
第四节	内部可焊接的法兰	89
第五节	伸入容器内部的法兰的焊接	90
第四章	底板	92
第一节	外部焊接的平底板	92
第二节	内部可焊接的平底板	93
第五章	内部构件——列管	95
第一节	管与管板的联接, 胀管	95
第二节	管与管板的焊接	96
第三节	管与管板的联接, 无缝隙焊接	97
第四节	导向板 (折流板) 上的孔与管壁间的缝隙	99
第五节	不锈钢与管板的联接	100
第六节	伸出管板的立式列管的管端	102
第七节	立式列管拱型表面的管板	103
第八节	内涂层管与管板的联接	104
第九节	外涂层管与管板的联接	106
第六章	外部焊接件	108
第一节	吊耳	108

第二节	支座	109
第三节	容器支脚	110
第四节	鞍型支座	111
第五节	耐蚀材料与碳钢或低合金钢的焊接	113
第六节	用螺栓联接不同种类的金属, 公共支撑结构	114
第七章	列管式热交换器与加热器	116
第一节	减小管振动的缓冲板	116
第二节	防止液滴冲击腐蚀和磨蚀的防冲板	117
第三节	减小管振动的导向板	118
第四节	高置式排液管	120
第五节	容器内的加热元件	121

第四篇 机器制造

第一章	轴与轮毂的联接	123
第一节	轴颈焊接	123
第二节	轴的过盈配合与粘结	124
第三节	多边形花键轴, 平键	125
第四节	平键的密封	126
第五节	锥形过盈联接	128
第六节	电机轴盖过盈联接	129
第七节	螺栓的位置及螺母处的缝隙	130
第二章	轴承	132
第一节	径向滑动轴承偏心轴套	132
第二节	轴向滑动轴承的止推轴颈	133
第三节	滚动轴承轴端缝隙的密封	134
第四节	小电机滚动轴承的弹簧圈	135
第五节	快速关闭螺栓	139
第六节	螺旋弹簧	138
第三章	板材	140
第一节	弯曲区	140
第二节	弯凸与凹槽	141
第三节	突边或型材	142

第四节	粘贴的绝热层	143
第五节	鼓风机叶片的固定	145
第六节	板材制皮带轮	146
第七节	轮缘的组装方式	147
第八节	铸铁外壳的加工表面	148

第五篇 管道设计

第一章	管道主体部分	149
第一节	弯管	149
第二节	渐缩管	150
第三节	焊接细管与多重弯曲补偿	151
第四节	T-型管	152
第二章	联接	154
第一节	焊接套筒接头	154
第二节	不同壁厚管的焊接	155
第三节	焊接套管与预焊接法兰盘	156
第四节	管道焊接	157
第五节	作为腐蚀件的中间法兰	159
第六节	法兰密封垫片	160
第七节	活套法兰盘	161
第三章	膨胀节与阀门	163
第一节	轴向膨胀节	163
第二节	联杆膨胀节	164
第三节	阀杆与手动闸	165
第四章	内部构件与外部构件	167
第一节	排管	167
第二节	喷嘴	168
第三节	管夹	169
第五章	室内采暖设备	171
第一节	循环泵	171
第二节	膨胀箱	172
第三节	混凝土内的管道与支座	173

第六篇 电气技术

第一章 电气元件	175
第一节 印刷电路板上元件的安置	175
第二节 接触器铁芯	176
第三节 绕组之间的绝缘材料	177
第四节 变压器铁芯	178
第五节 电动检测装置的铁芯与绕组	180
第六节 铁芯与电阻线的固定片	181
第七节 充有保护气体的小继电器及其接触器	182
第二章 外壳	184
第一节 通气、密封与铸造外壳	184
第二节 继电器外壳的通风	186
第三节 电池箱及其安放位置	187
第四节 塑料外壳后加工	188
第五节 甲醛基热塑性塑料	189
第六节 导线纵向移动的外壳的安装	190
第七节 外壳上有机械操纵件的气密	192
第八节 电气外壳的气密	193
第九节 开关和调节元件上覆盖膜片	194
第三章 电气触点	197
第一节 触点材料与应用范围	197
第二节 钎焊点	200
第三节 钎焊缝隙	201
第四节 簧片和支座的联接	203
第五节 电缆线联接	204
第六节 插接触点弹簧	205
第七节 导线夹紧联接	206
第八节 灯座触点	208
第九节 触点形状	209
第十节 弯曲触点支撑	210
第十一节 触点簧片的安置	211

第十二节 负载线路上触点的安置	213
第十三节 触点支撑上的贵金属镀层	214
第十四节 滑动触点	215
第四章 配电室电气安装	217
第一节 接线与绝缘	217
第二节 外界对触点的影响	218

第七篇 临时防腐

第一章 前言	220
第一节 本篇应用范围	220
第二节 目的	220
第三节 定义	221
第四节 防腐蚀系统	225
第二章 与大气和气候有关的腐蚀因素	228
第一节 大气和气候对腐蚀的影响	228
第二节 可锈蚀黑色材料的大气腐蚀	234
第三节 其它金属材料的大气腐蚀	237
第三章 表面清洁度	240
第一节 污染类型及其对腐蚀的作用	240
第二节 清洁剂和净化法	241
第三节 清洁度	247
第四节 检验方法	252
第四章 临时腐蚀防护措施	255
第一节 对临时腐蚀防护的要求	255
第二节 临时涂层	260
第三节 槽浴与充填	266
第四节 包装	270
第五节 库存	279
第五章 临时腐蚀防护的实例	289
第一节 管道	289
第二节 容器	291
第三节 循环泵	294