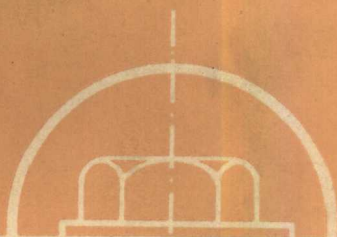


腐蚀控制与设计

[英] V. R. 普路德克 著



石油工业出版社

腐 蚀 控 制 与 设 计

〔英〕 V. R. 普路德克著

郑定绪 林衡 陈锡祚 译 佟吾卫 校

石 油 工 业 出 版 社

内 容 提 要

本书从实用观点出发, 阐明容器、管线、构架、船舶、机器等设备在设计与施工过程中所必须遵循的防腐原则及防腐措施。书中简要介绍了腐蚀原理和腐蚀分类, 详细阐明了材料的选用原则和防腐涂料的合理使用, 全面分析了与腐蚀有关的几何、力学、表面状况、环境条件等因素, 并用大量实例与插图将各种有利于防腐的合理设计与不合理设计进行对比, 帮助读者加深理解。最后, 书中分析了各种防腐措施的经济性。

本书可供石油、化工、船舶、冶金等行业从事工程设计与施工的技术人员学习, 也可供防腐专业的技术人员参考。

DESIGN AND CORROSION CONTROL

V. R. PLUDEK

First published 1977 by

THE MACMILLAN PRESS LTD.

*

腐 蚀 控 制 与 设 计

[英] V. R. 普路德克著

郑定绪 林衡 陈锡祚 译 佟吾卫 校

*

石油工业出版社出版

(北京安定门外外馆东后街甲36号)

人民交通印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

*

850 × 1168毫米32开本10⁵/₈印张 1 插页278千字印1—7,000

1983年2月北京第1版 1983年2月北京第1次印刷

书号: 15037·2394 定价: 1.35元

前 言

无可否认，以防止为目的的腐蚀控制，对腐蚀引起严重破坏的问题提供了最好的答案。为此，越来越多的腐蚀控制方案，被提到议事日程上来。如果在设计阶段就采取了适当的防止措施，那么，花在被腐蚀设备上的大笔维修费用，就可以节省下来。

在现代设计工作中，获得必不可少的防腐蚀综合知识是必要的。由于涉及的问题各种各样，靠任何一个设计者完全掌握它是绝对不可能的。因此，懂得腐蚀的常识，各专业部门之间的密切合作和相互交流，会有助于缩小腐蚀专家和工程设计人员之间现存的鸿沟。

防腐技术并不总是令人满意地符合设计工作的模式。因此，在达成协议和制订出妥善的方案之前，必须在人为因素和技术两个方面克服许多困难。职业的设计师们怀着他们自己固有的偏见，认为在他们的领域里腐蚀控制是没有必要的多余的负担。而腐蚀专家们对实用工程主体的设计往往不怎么了解，并且，往往由于受业务专长的限制而易于随便改变自己的主张。本书的主要目的，是阐述更多的防腐技术，少做防腐的研究，它比职业设计师能体现在图纸上的防腐知识范围要广泛，比一般职业设计者应付工作所需的防腐知识要深入。由一个统一的防腐计划严密组织起来的设计小组是非常有效的，这个计划包括：操作效率、可靠性、连续性和安全性，以及财政增益等方面的效能。

提供一本防腐技术手册，告诉设计小组的每一个成员做什么，这不是作者的意图，因为已经有许多极好的用于这一目的的书籍。确切地说，这本书的目的是要顺理循序地阐明，如何才能利用现存的经验，如何才能使各种专家之间的密切联系合理化，以使他们相互得益，并且给从事腐蚀控制的设计人员指出一条获

得优质设计成品的途径。

作者力求简明扼要地阐明其意见，这些意见是基于作者长期从事腐蚀控制的经验，而且这些经验曾被他的同事们满意地使用过。这本书不包括设计中腐蚀控制措施的所有方面，并且它也不是解决一切腐蚀问题的灵丹妙药。它使专门设计小组具有这样的能力，在解决周围环境腐蚀的实际问题时，可以发挥和有选择性地采用书中所提供的各种办法，以期达到有效地和经济地控制腐蚀的实际目的。

书中的插图和例证是特定设计的典型例子，因而不能当作规定的、不可改变的推荐意见来解释。对使用书中所介绍的方法，作者不承担责任，因为这些方法只是咨询性意见，而能否利用它则完全在于使用者自己的判断。

V. R. 普路德克

1976年

目 录

前言

第1章 基本理论	1
1.1 引言	1
1.2 目的	1
1.3 概论	1
1.4 钢的腐蚀	4
1.5 电位序	5
1.6 小结	6
第2章 术语解释	8
第3章 常见的腐蚀类型及防腐措施	19
3.1 引言	19
3.2 范围	19
3.3 气蚀损坏	20
3.4 浓差电池	21
3.5 磨蚀	21
3.6 腐蚀疲劳	24
3.7 摩擦腐蚀	25
3.8 电化腐蚀	26
3.9 高温腐蚀	28
3.10 氢损伤	29
3.11 晶间腐蚀	30
3.12 微生物腐蚀	31
3.13 坑点腐蚀	31
3.14 选择性腐蚀(浸蚀)	32
3.15 杂散电流的腐蚀	33
3.16 应力腐蚀破裂	35
3.17 热偶腐蚀	37
3.18 均匀腐蚀(全面腐蚀)	37

第4章 系统分析	39
4.1 引言	39
4.2 范围	40
4.3 组织工作	40
4.4 协作	41
4.5 情报的来源	45
4.6 分析	48
第5章 材料	50
5.1 引言	50
5.2 范围	50
5.3 通则	51
5.4 材料的鉴定	55
5.5 绝缘隔离材料选用指南	67
5.6 紧固件选用指南	68
5.7 对材料申请书的要求	69
第6章 材料的相容性	73
6.1 引言	73
6.2 范围	74
6.3 总则	75
6.4 结构和设备	87
6.5 管线系统	104
6.6 紧固件	113
6.7 封闭、密封和封装	114
6.8 电气设备和电子设备	114
6.9 电气设备的接地和连接	116
6.10 涂层、膜及其处理	119
6.11 化学材料的相容性	123
6.12 环境	124
6.13 杂散电流	124
6.14 行之有效的措施	128
第7章 几何因素	131
7.1 引言	131
7.2 范围	131

7.3	总则	131
7.4	构筑物和设备	133
7.5	管道系统	146
7.6	贮罐和容器	157
7.7	电气和电子设备	164
第8章	力学因素	166
8.1	引言	166
8.2	范围	167
8.3	通则	167
8.4	结构	172
8.5	设备	178
8.6	配管系统	182
8.7	震动的吸收	190
8.8	表面处理	192
8.9	电气和电子设备	194
第9章	表面因素	194
9.1	引言	196
9.2	范围	196
9.3	总则	196
9.4	结构	206
9.5	部件	212
9.6	管道	214
9.7	表面预处理	215
9.8	电气仪器和电子设备	221
第10章	防腐	223
10.1	引言	223
10.2	范围	224
10.3	一般原则	224
10.4	防腐结构	253
10.5	设备防腐	269
10.6	管线系统防腐	278
10.7	电气和电子设备防腐	296
第11章	维修可能性	302

11.1	引言	302
11.2	范围	303
11.3	总则	303
11.4	构件和设备 (见第7章)	304
11.5	预防与保护	308
第12章	经济性	312
12.1	引言	312
12.2	范围	313
12.3	总则	313
12.4	估价方法	317
12.5	结构	318
12.6	设备和管线	320
第13章	拟定防腐计划	323
13.1	引言	323
13.2	范围	323
13.3	总则	324
13.4	固有的可靠性	325
13.5	整体防腐的任务	326
13.6	检查设计	328

第1章 基本理论

1.1 引言

西方世界迅速提高的生活标准引起了经济结构的变化。不久以前,原材料是昂贵的而劳动力是廉价的,但是现在,我们已进入了这样的时代,劳动力的价值超过了原材料的价值。世界人口正在增加而原材料的资源在相对地减少。从社会学的观点来看,原材料的保护也是必要的,因为我们简直负担不起不断提高的检修费用,和用新设备替换旧的以及锈蚀设备所必须增加的费用。因此,必须注意节约原材料,尤其是当这样的替换能够避免,即由于有效的维护可不必进行更换的那些部位。

我们生活在技术发达的时代,因此,未加控制的腐蚀影响,不仅妨碍了防腐事业本身,而且也深刻地影响到人类及人类的经济和社会福利。

1.2 目的

使设计人员成为熟练的腐蚀工程师并不是这本腐蚀读物的目的。一开始就要设计者掌握它,那是过于苛求了。设计者应当从实验室、顾问、腐蚀工程师和其他专家们那里征求意见和搜集资料。

虽然如此,设计者至少应当尽力懂得腐蚀的基本理论,以使自己易于接受腐蚀控制的必要知识和理解将来专家提供的意见。

1.3 概论

(1) 所有的金属从热力学的观点来说都是不稳定的,而且易于和外界环境起反应而生成象氧化物和碳酸盐这样一类化合

物。这类反应涉及到电子的转移，因此称之为电化学反应。电子转移的活性随金属而异，电子转移的活性越高，金属越活泼。

(2) 金属的活性由它与酸的反应可以判定，如表1-1所示，而且可以把水看成是弱酸。由表1-1可知，铂最不活泼，而钠是最活泼的，锌相当容易失去电子，而铜就不这么容易。可以把阳极反应看作是腐蚀的一种形式，因为它们涉及到金属电子的转移。铂、金和银是通常所说的惰性金属，因为它们极不活泼。

表 1-1 金属与酸的反应

酸	钠	锌	铜	铂
冷水	可	不	不	不
稀盐酸	可	可	不	不
浓硝酸	可	可	可	不

(3) 从正常的意义上说，腐蚀涉及到金属与环境（通常是水和氧）间的电子转移，从而生成如氧化物一类的腐蚀产物。由于腐蚀产物一般是难于溶解的，而且可以在金属表面上形成保护膜，特别是铝和不锈钢的情况就是这样。因而，腐蚀的速率就不会按金属的活性所推测的那样快。另一方面，低碳钢的腐蚀产物

疏松而不能粘附，因此，腐蚀将继续进行下去。

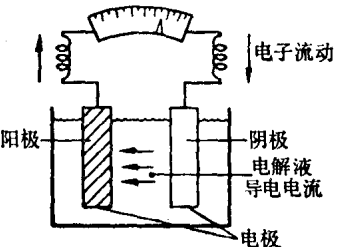


图 1-1

(4) 有可能把各种金属的活性估计得比按它们与酸反应所估计的更为准确。如果两种金属的一端用电线连在一起，它的另一端浸在普通的电解液中，那么，电子就从较活泼的金属流向

不太活泼的金属。使电子流动的电位可用伏特计进行测量。而且，伏特计的读数值愈高，则两种金属间活性差别就愈大。通常所说的电池就是这样的组合系统（图1-1），这两种金属叫做电极，失

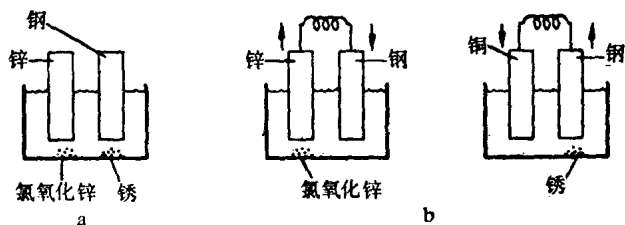


图 1-2

a—没接通电流时锌和钢的腐蚀；b—接通电流后，锌减轻了钢的腐蚀而钢却加速了钢的腐蚀

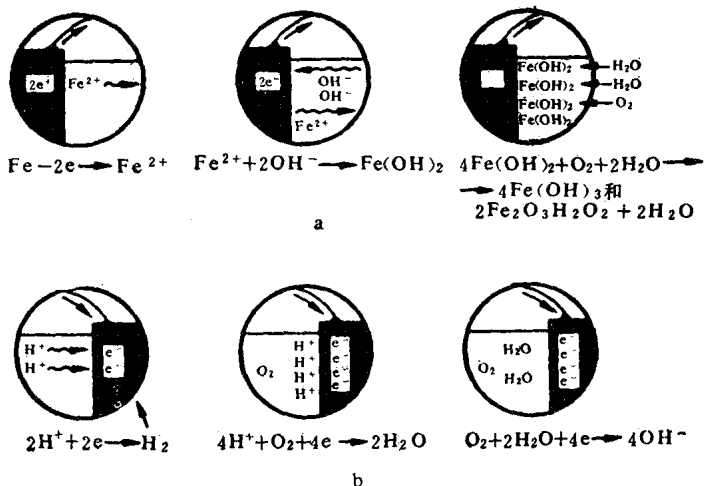


图 1-3

a—阳极反应，在阳极上产生氧化反应（腐蚀）；b—阴极反应，在阴极上产生还原反应（保护了金属）

去电子的金属叫做阳极，得到电子的金属叫做阴极。

(5) 失去电子意味着金属转化为它的化合物，于是，阳极因腐蚀而消耗掉，而阴极则没有变化(图1-2)。

(6) 腐蚀反应进行的不同阶段，详细地表示在图1-3中。阳极区域的铁失去电子。这些电子流过金属并与水和氧在阴极上生成的氢氧离子反应。来自阴极的氢氧离子与在阳极上形成的铁离子反应而生成氢氧化铁。氢氧化铁在有氧的条件下进一步氧化而生成水合氧化铁，也就是铁锈。

(7) 当阳极和阴极上腐蚀产物生成时，电位就趋于下降。阳极和阴极的电位互相趋向于平衡，腐蚀速率也就缓慢降低下来。这种电位的变化称为极化。在阴极上的极化通常比在阳极上的极化更强烈。氢气能覆盖阴极表面，从而降低阳极上的腐蚀速度，直到它和氧化合生成水被除去时为止(图1-4)。

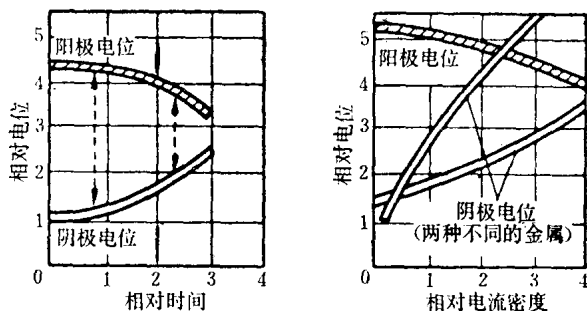


图 1-4

1.4 钢的腐蚀

当钢暴露在正常气候条件下时，即使它不与别的金属接通电流，仍会产生腐蚀(图1-5)。这个过程符合电化学腐蚀的基本原理，因为钢不是均匀的，有的区域包含有微量杂质。所以，在钢的晶界存在着电位差，同时，某些相对于其它区域来说是带正电性的区域受到腐蚀，而保护了阴极区域，就像两种不同金属的情

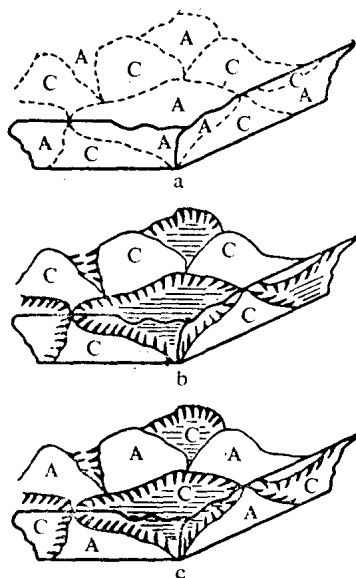


图 1-5

a—在一块钢的一个角上晶界的示意图，图中A表示阳极，C表示阴极；b—阳极区域的腐蚀导致蚀坑和该区钢材的消耗；c—钢的阳极区域的腐蚀暴露了新的晶界，这些新的晶界本来是不受腐蚀的阴极区域，这就导致了原来被保护的这些区域的腐蚀

况一样。

1.5 电 位 序

如果使用一种标准电极而把所有其它金属与之进行比较，那么，这些金属就能按它们的电极电位顺序排列起来。这就是众所周知的电位序，或者电化次序。图1-6表示了一些按电极电位递减顺序排列的普通金属。

钢，作为一种主要的结构材料被排列在图的中间。在一般环境中，排在标尺上的每一种金属，对于那些排在它下面的金属来说，都是阳极，所以，当用电解液把它们联系起来时，排列在上面的金属就会腐蚀。相反，每种金属对于排在它上面的那些金属来说，都是阴极，因此，当用电解液把它们联系起来时，排列在下面的金属将得到保护。

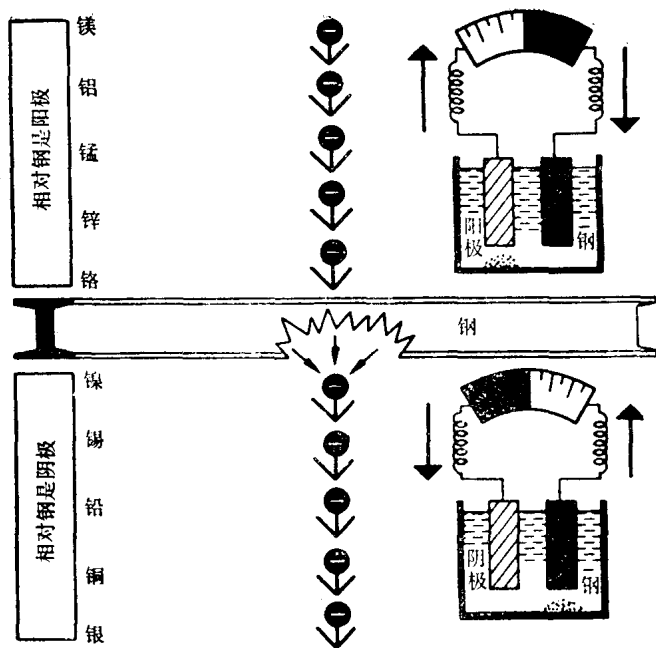


图1-6

1.6 小 结

腐蚀过程的基本原理可以概括如下：

(1) 通常，当金属发生腐蚀时，氧和水（电解液）必须存在（但有例外）。

(2) 腐蚀涉及到电子的转移，因而，在金属中有电流流动。

(3) 金属的腐蚀不会均匀地出现在整个表面上，而只在局部区域引起坑点腐蚀。

(4) 腐蚀产物，例如锈，可能在远离腐蚀起始点的某一距离处生成，也就是说，在阳极和阴极的产物结合的那一个点上形成。

(5) 高浓度的氧加速阴极的生成，紧靠阴极边缘的区域立

刻变成阳极而被腐蚀。当阴极的氧浓度增加或者阳极的氧浓度降低时，腐蚀过程都将加快。

(6) 在两种不同的金属之间，腐蚀反应的程度取决于它们之间的电位差、电解液、相隔距离和相对面积 (图1-7)。

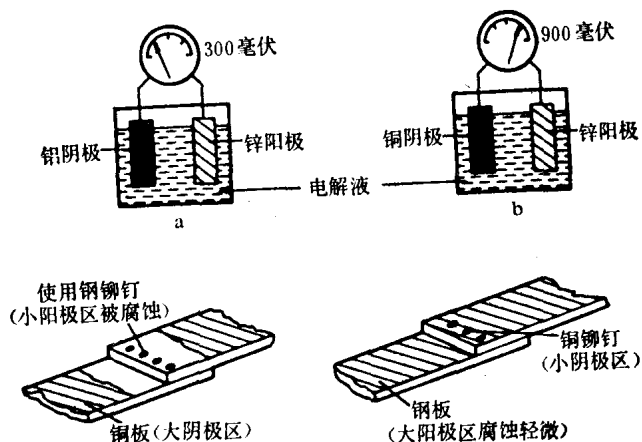


图 1-7

a — 轻微腐蚀； b — 较重的腐蚀

(7) 所有金属的表面上都有膜生成，这种膜给金属以一定程度的耐蚀能力，这种耐蚀能力取决于膜的性质。附有牢固粘着（不溶性）膜的材料比附有溶解性膜的材料有较高的耐蚀能力。膜的破坏将导致裸露金属的进一步腐蚀。

(8) 金属腐蚀受周围环境的影响。这种影响的程度与环境的物理状态、温度、浓度和工作条件（例如暴露的时间、渗透性、作用周期）有关。

(9) 金属的腐蚀受其冶金成分和显微结构的影响。

第2章 术语解释

腐蚀性 (active): 腐蚀的活性。

渗铝 (aluminising): 为了保护金属免于氧化和腐蚀, 在金属的表面上浸渍一层铝的处理工艺。

表面形状 (anchor pattern/surface profile): 钢件经喷砂处理或开槽加工后的轮廓线形状和粗糙度将影响金属膜或涂料层与基层之间的结合力。

阴离子 (anion): 带负电荷的离子, 它向原电池或伏打电池的阳极移动。

阳极 (anode): 一种电极, 在其表面会出现氧化物或溶液的某种化合物。

阳极极化强度 (anode polarisation): 电极通电时的电位与具有同样电极反应作用的电极平衡电位 (或稳定态电位) 之间的差值。

阳极缓蚀剂 (anodic inhibitor): 一种化学物质或某种物质的化合物, 该物质或化合物通过物理的、物理化学的或化学反应能够阻止阳极反应或氧化反应以及降低其反应速率。

阳极金属涂料 (anodic metallic coating): 一种完全或部分地由阳极金属构成的覆盖物, 它相对被覆盖的基层为阳极, 但要有足以抵销电化学反应的用量。

阳极保护 (anodic protection): 通以足够的阳极电流使金属的电极电位进入并保持在钝化状态, 从而使金属表面在某些环境中减少或降低腐蚀的一种技术。

阳极氧化 (anodising): 使金属在电解溶液中进行阳极氧化反应, 从而在金属表面上生成坚固的耐腐蚀的氧化膜。

基本电位 (base potential): 相当于电极电位表负值端的电