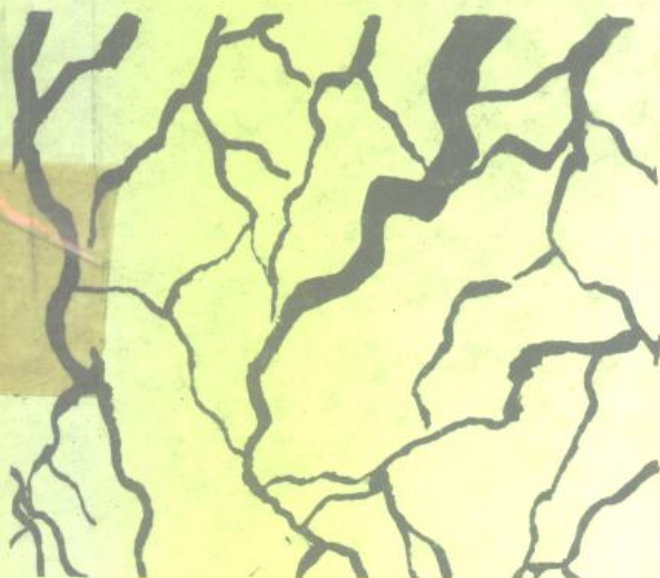
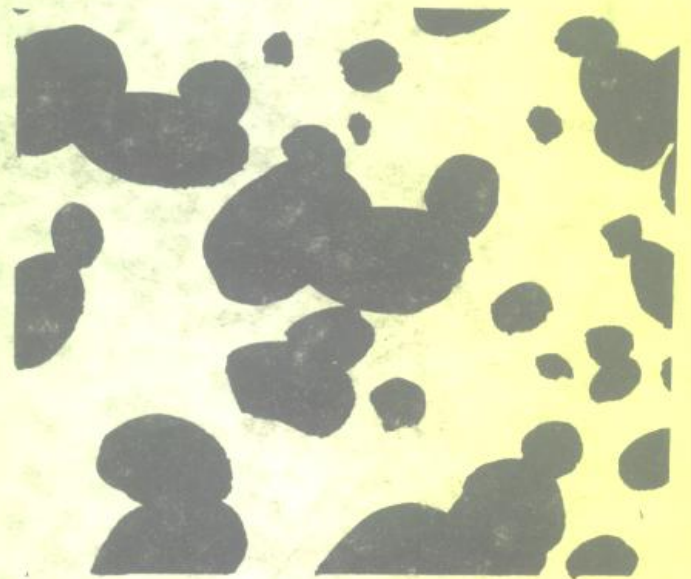


腐蚀与防护 技术基础

冶金工业出版社



腐蚀与防护技术基础

美国腐蚀工程师协会 编

朱 日 彰 等译

冶金工业出版社

内 容 提 要

本书译自“NACE BASIC CORROSION COURSE”一书。这是一本腐蚀科学与防护技术的基础读物。作者深入浅出地介绍了金属腐蚀的基本原理、金属及合金在各种不同环境中的腐蚀行为、各种防护技术、实验方法及失效分析，还介绍了一些目前行之有效的防护措施和有关数据。这对广大腐蚀科技工作者及有关管理干部都有参考价值。

本书可作为各类腐蚀与防护科技培训班的教材，也可作为国民经济各部门从事腐蚀与防护设计、研究和施工的工程技术人员学习腐蚀科技知识的函授与自学教材，对大专院校的师生也有一定的参考价值。

腐蚀与防护技术基础

美国腐蚀工程师协会 编

朱 日 彰 等译

冶金工业出版社出版

(北京北河沿大街嵩祝院北巷39号)

新华书店北京发行所发行

轻工业出版社印刷厂印刷

787×1092¹/₁₆ 印张 27¹/₂ 字数660千字

1987年2月第一版 1987年2月第一次印刷

印数00,001~3,950册

统一书号: 15062·4335 定价7.15元

译者序

进行腐蚀与防护技术的教育是减少由于腐蚀而造成的严重经济损失的重要手段，也是防腐蚀管理的重要内容。广泛地举办腐蚀科技讲座，普及腐蚀与防护的科技知识是控制腐蚀保护金属的重要措施。

多年来美国腐蚀工程师协会十分重视腐蚀与防护技术的培训和普及工作，编写了多种教材，举办了不同类型的讲座。本书就是美国腐蚀工程师协会组织编写的有关腐蚀与防护技术的教材之一。全书共分十七章，分别约请本分支学科的有关专家编写，深入浅出，内容丰富。在编写过程中作者尽量减少各类技术术语，避免不必要的数学推导，力求通俗易懂，讲究实效。本书是工程技术人员一本很好的腐蚀与防护技术的自学读物。

1980年，中国腐蚀与防护学会代表团应美国腐蚀工程师协会的邀请，去美国访问考察。该协会向我学会代表团赠送了本书（1979年第十次印刷本）。在中国腐蚀与防护学会理事长张文奇教授的推荐与指导下，北京钢铁学院金属腐蚀与防护教研室的部分教师将该书译成中文。

参加本书翻译工作的有朱日彰（第一、二、十七章），王光雍（第五、九章），沈卓身（第七、十五、十六章），徐金堃（第十、十一章），严广明（第三章），胡茂圃（第六章），过家驹（第四章），杨德钧（第八章），李永坤（第十二章），黄震中（第十三章），吴荫顺（第十四章）。朱日彰副教授负责总校，沈卓身同志参加了部分章节的校阅工作。王光雍同志为翻译本书作了许多组织工作。限于译者水平，译文可能有缺点和错误，请读者批评指正。

1983年3月

前 言

《腐蚀与防护技术基础》是在美国腐蚀工程师协会 (NACE) 指导下编写的。其目的是为该协会的全体会员以及那些有腐蚀问题的行业提供广泛进行腐蚀与防护教育的读物。

为了编写本教程, 由美国腐蚀工程师协会的两任前任主席: C. G. 芒杰, W. H. 伯顿以及顾问E. C. 格雷科和A. 瓦霍特组成了一个特别委员会。两年来, 该委员会在主席、美国密苏里-罗拉 (Missouri-Rolla) 大学A. 德布拉森纳斯教授的领导下做了大量的工作。作者们热心为协会的广大会员服务, 在准备这17章腐蚀与防护科技讲义时, 他们贡献出了许多宝贵的时间与精力。其目的是想编写成一本函授教材, 使全世界的人们都能利用。为此, 在编写时尽量使主题阐述得清楚明了, 而把所需附加的讲授降低到最小限度。

本书以大量的图表来阐明各种不同的情况, 并且通篇所用的语言通俗易懂, 尽量减少用数学推导和技术术语来讨论技术问题。当然, 有时稍微带有一些技术性也是需要的, 读者需要时可参阅本书第一章的附录B与腐蚀有关的科技词汇和附录C腐蚀科技术语。

美国腐蚀工程师协会十分感谢各位作者和编辑委员会的协助以使本书得以完成。我们相信, 由于作者们艰苦努力所获的硕果, 必然给国家、许多工业部门以及世界上许多利用本书的人带来好处。

A. 德布拉森纳斯

目 录

第一章	腐蚀学科领域及其术语	1
第二章	腐蚀导论	35
第三章	腐蚀化学和电化学	59
第四章	大气腐蚀	78
第五章	阴极保护原理	108
第六章	土壤腐蚀	145
第七章	水及水蒸气腐蚀	171
第八章	局部腐蚀	201
第九章	缓蚀剂的基本原理	215
第十章	应力腐蚀	240
第十一章	影响腐蚀的冶金因素	258
第十二章	高温腐蚀	276
第十三章	合金在高温下的行为	295
第十四章	防腐蚀涂层	334
第十五章	腐蚀试验	357
第十六章	耐腐蚀材料	390
第十七章	腐蚀的失效分析与对策	412

第一章 腐蚀学科领域及其术语

A. 德布拉森纳斯 M. 哈姆纳

当着手研究腐蚀问题时，可能很自然地想到，腐蚀是一种简单的单一反应，并且当你理解了它，就可能象关闭水龙头那样简单地克服它。

如果不考虑价值和可获性问题，我们可以选用最好的材料并以此为唯一的准则。但是，从实际出发，从家庭生活、工业、汽车等方面的经济实力出发，我们不能考虑用金或铂那样的材料，而应着眼于实用材料的范围。

在附录A中列出了铁和钢、铝合金及铜合金、塑料、陶瓷、木材、难熔金属、不锈钢以及很多其它现代的合金和高温合金等实用材料。它们都各有其优缺点。正确的选材只能对一定的使用目的而言，学习选材要靠实践和已有的知识。这也是我们希望读者能从本教程中学到的一部分内容。

从本教程中应该学到的另一部分重要的内容是腐蚀与控制腐蚀的原理。值得注意的是我们所讲的原理不只是一个。在第五章中我们将讨论阴极保护，这是一种极好的控制腐蚀的方法，在一定程度上它能象串接一个开关那样防止腐蚀，正如在畅流中的阀门一样。这种原理将在后面进行介绍。

大部分人是熟悉腐蚀的，特别是象铁栅栏生锈、“锡罐头”、钢桩或者船体的腐蚀以及船上装备的腐蚀，或者在图1上所示的铁钉的生锈。

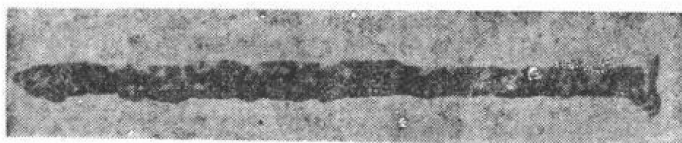


图 1-1 腐蚀的一般实例，普通铁钉的生锈。虽然大多数一般的工业制品都能产生这种自然现象，它却是一种复杂的现象

差不多每一个人都见过耸立着的钢架大桥或现代化的大楼。这些钢结构一般都涂有桔黄色或者淡红色的保护涂层，甚至在出钢厂前各部件都涂好了保护漆，其目的是为了防锈。即使这样，在安装之后，特别对桥梁结构，在其表面上再涂以其它材料。这两者都是为了外表美观和加强防止腐蚀。然而，低合金钢工艺的发展，允许建造不用涂层的钢结构，使用的这些合金^①在开始生成具有一定保护性的锈层之后，似乎完全停止了生锈。芝加哥市区有一座办公大楼的外部钢结构就是用这种低合金钢建造的（图1-2）。

管线是遭受腐蚀的另一种重要的设备类型。它包括家庭用水管（其腐蚀主要来自内部水以及地下水），天然气管线和输油管线。它们纵横交错地分布在美国国内。因此可以毫不夸大地说，几乎美国每一个人在各种不同程度上都会遇到腐蚀问题。

现在让我们给腐蚀下一个定义：

^① ASTM卡片A-242（参阅附录A表A7）。

腐蚀是物质（通常是金属）或其性能由于与环境发生反应所引起的变质。

应该指出，上述定义未提到化学或电化学字样，这是因为下面将要讨论的少数的腐蚀形态不包括这些过程。此外，上述定义承认除了金属之外，其它材料也可能被腐蚀。塑料、木材、陶瓷等的变质也应该是腐蚀工程师研究的对象，也应包括在腐蚀科技领域之内。

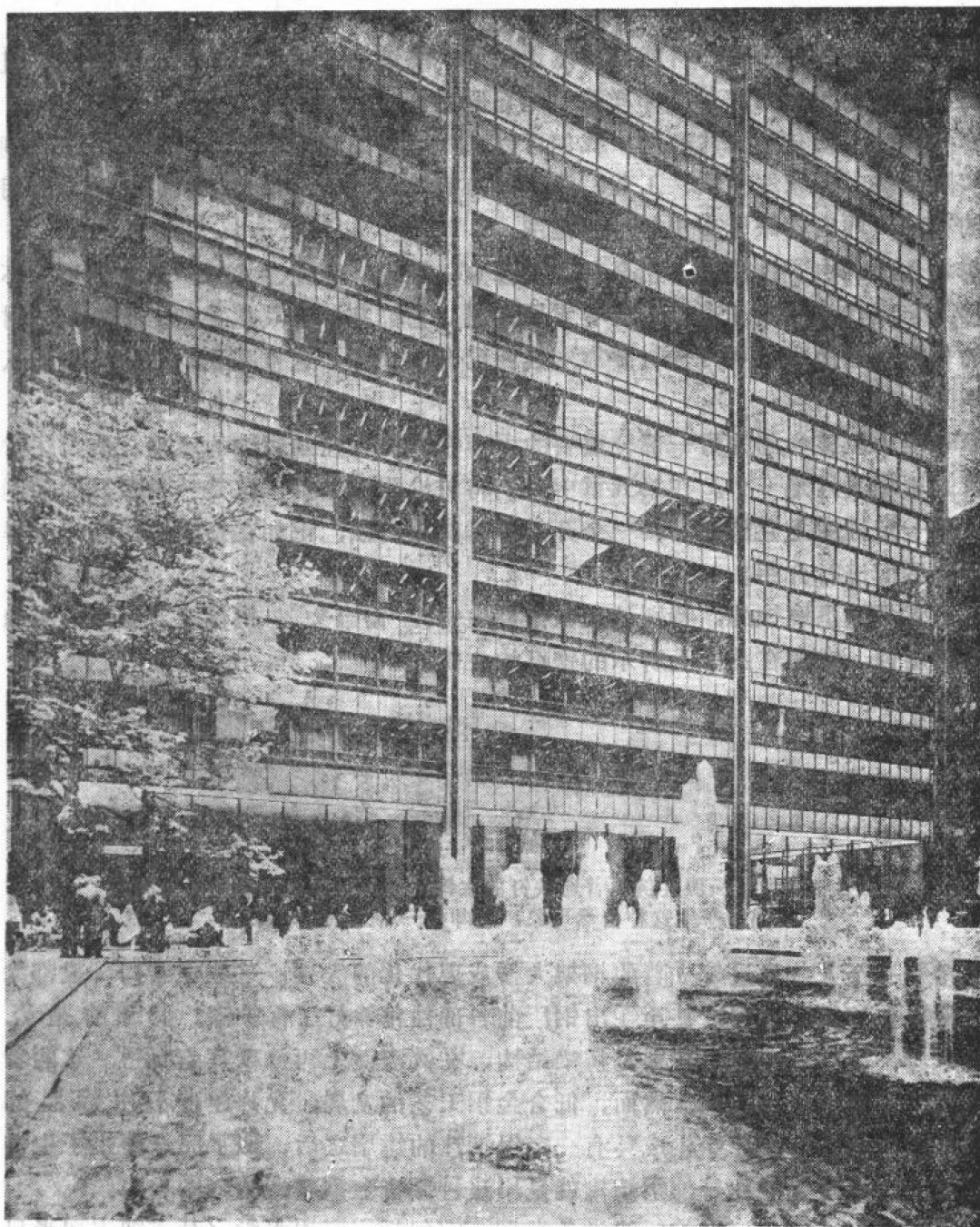


图 1-2 位于芝加哥城里未涂漆的钢结构的办公大楼的外观，悦目美观的黑褐色锈层是自然发展形成的，它成功地保护了底层的钢免于遭受腐蚀

最后，应该引起注意的是腐蚀能使材料的性能变坏以及材料本身变质。对某些腐蚀形态而言，表面上并没有什么重量的变化或者材料本身明显的变质，但是由于材料的性能已

经变坏或材料内部产生了一定的变化可能引起突然的事故。这些变化是不可能用一般的目测方法检验或者用重量变化的方法反映出来的。虽然这些情况可能不经常遇见，但是它们是一种重要的腐蚀形式，对于这些腐蚀工程师是应当熟悉的。

本教程的目的是要使那些具有少量，甚至不了解腐蚀科技知识的人们熟悉腐蚀基础理论和家庭内外或者在工业中一般常用的防腐蚀的实际知识。在讨论腐蚀过程中，令人遗憾的是必须使用一些在腐蚀领域以外很少用的技术术语，因此，我们也可以讲腐蚀科学也有自己的语言。

我们将给遇到的术语下定义，但也建议经常查阅在本章末的附录B中所列的简明腐蚀科技名词词汇。

这些定义不能认为是唯一正确的。也有其它一些定义，它们也可能更好一些。在附录B中给出的术语简明易懂，并且在技术上不象腐蚀专家们喜欢的那样完整。比较更科学一些的术语列在附录C中。许多委员会经过长期的争论（很少一致同意已准备好的定义）和努力得出了结论。即使这个结论我们认为是最好的，以后仍将会不断地改进。

因为现代腐蚀工程师或技术人员必须发现新的合适的材料以适应千变万化的腐蚀环境和温度范围，所以他们必须熟悉许多合金的性能以及其它象塑料、木材、橡胶、陶瓷、皮革、玻璃、石墨等可能代用的材料。由此可见，腐蚀科学的现代概念最近已扩展到非金属材料以及金属材料的变质方面来了。但是，由于金属无可置疑地仍是继续使用的主要工程材料，因此，本书将着重介绍金属材料的腐蚀行为。

一个很自然的问题是“在什么环境中产生腐蚀？”正确的答案应是“几乎任何环境中都能产生腐蚀，它取决于我们所选用的材料”。为了更加明确起见，从图1-3试图列出已知的产生腐蚀的各种不同环境。研究该图可能获得更满意的答案。

可能提出的下一个问题是共有多少种腐蚀类型，答案可能是不明确的。如表1-1所示，可能有各种不同的腐蚀类型，或者少到一种。这取决于你所指的不同的腐蚀类型是什么含意。一些作者引用2到3种，另一些人认为有8种，还有一些作者更保险地只说有“很少几种”。我们涉及的不同类型列在表1-1中。各种不同的腐蚀类型将以后再介绍。

遗憾的是，许多人在日常生活中及在工业中经常遇到腐蚀现象，认为这是不可避免的。实际上，暴露在腐蚀环境中的金属制件可能而且应当延长其寿命。因为腐蚀使材料逐渐地破坏，而更换变质的材料，要耗费许多资金，这是众所周知的。因而，控制腐蚀具有重大的经济意义^①。

据估计美国腐蚀和防腐蚀所需要的价值每年超过100~150亿美元。也就是说，腐蚀是一个很重要的课题。

许多关于腐蚀的研究都不断地指出了腐蚀的重要性，许多杂志与书籍发表了许多有关腐蚀科学方面的研究成果，并且引起了工业界、政府的研究机构和学术团体的重视。实际上，主编本教程的单位——美国腐蚀工程师协会就是其中之一。她成立于1943年，是从事腐蚀专业的学术组织。该协会已经成长壮大，现有会员7000余人，其总部设在休斯敦，工作人员有30余人。

① 据1978年美国国家标准局公布的数字，美国1975年一年由于腐蚀和防腐蚀造成经济损失为700亿美元。——译者

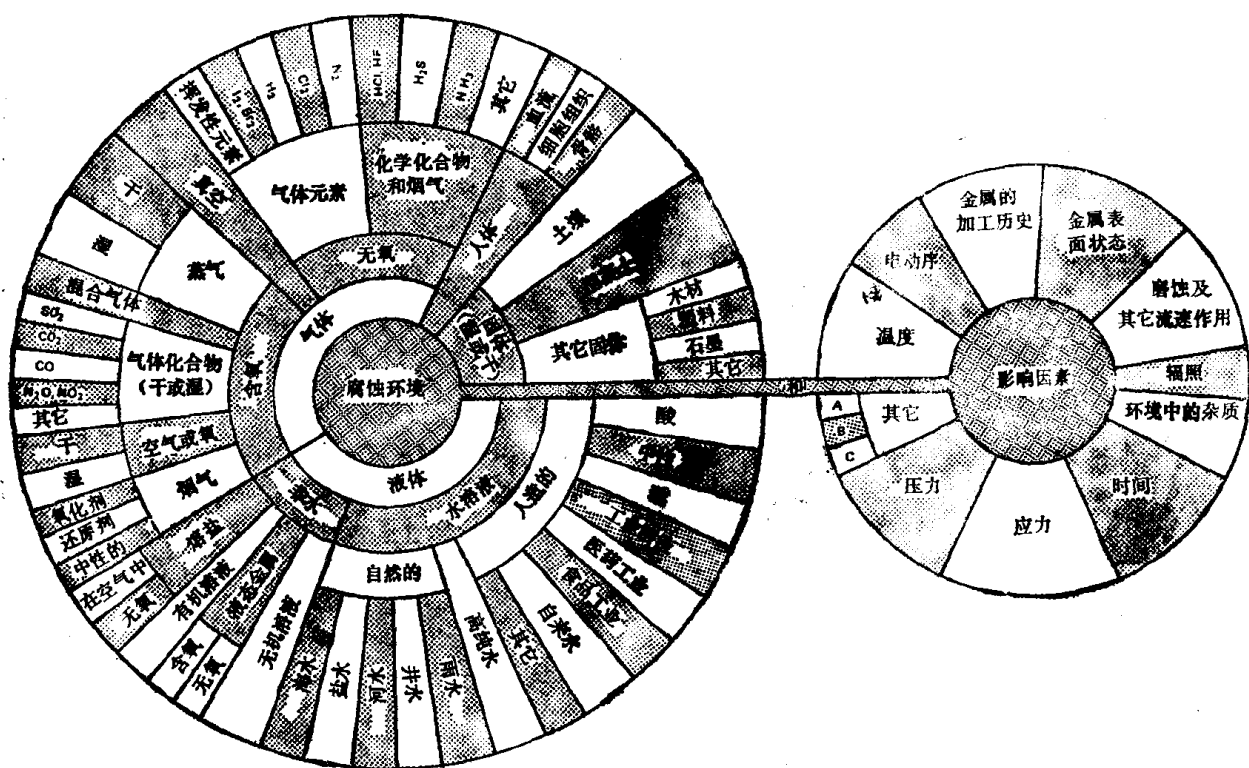


图 1-3 已知产生腐蚀的各种不同环境和具有重大影响因素的示意图

表 1-1 各种不同腐蚀类型

不同环境引起的腐蚀	气体腐蚀	局部腐蚀	在力学因素作用下的腐蚀	按不同机理构成的腐蚀
大气腐蚀、水溶液腐蚀、土壤腐蚀、海水腐蚀、真空腐蚀、液态金属腐蚀、熔盐腐蚀、污染腐蚀	加速氧化、内氧化硫化、氮化、失泽、灾难性腐蚀	电偶腐蚀、缝隙腐蚀、接触腐蚀、丝状腐蚀、双金属腐蚀、脱锌、晶间腐蚀、热偶腐蚀、分离、锈蚀、剥蚀、浓差腐蚀、氧浓差腐蚀、杂散电流腐蚀、不同金属的腐蚀、去质树枝状腐蚀、皮下腐蚀	应力腐蚀破裂、氢脆、冲蚀、碱脆、空泡腐蚀、季裂、破裂、磨蚀、腐蚀疲劳	电化学腐蚀、物理腐蚀、阳极腐蚀、阴极腐蚀

我们周围的腐蚀现象

所有的金属及合金都能够而且也确实普遍地被腐蚀了。环顾周围，我们就会发现，在我们周围都有腐蚀现象正在发生，但也能看到，某些金属完全未发生腐蚀。现在我们来简单地环顾并举出一些实例：

1. 如果你驾驶一辆汽车，看一看车的底部，你将发现车体以及消音器在不同程度上被腐蚀了。实际上，如果你看一下超过五年的轿车，不用看车的底部，看一看车体，就可以发现许多局部地方发生了腐蚀。甚至一度是光亮的缓冲器也显出了或是蚀孔，或是更严重的侵蚀。

2. 如果你注意下一座比较旧的房子的水管，特别是如果是用钢管，甚至于用镀锌管制成的水管上你都可能看到某些腐蚀现象。特别是在联接处，由于镀锌层可能已被破坏了。更易于被腐蚀；或者在黄铜阀的接头附近也能引起严重的腐蚀。

3. 钢或者马口铁制的屋顶，随着时间的延长生锈了，而较新的铝制屋顶，看起来很光亮，似乎完全不会被腐蚀。

4. 厨房用的炊具，虽然一般地看起来内部是光亮的，但是水线以下经常可以发现污损点，有时是点蚀。这也是腐蚀类型之一。

5. 在教堂和市政大楼的铜或黄铜制的屋顶上绿颜色的覆盖层也是腐蚀的结果。含铜的金属与大气中的某些成分反应时生成绿色的覆盖层，通常称为“铜绿”。实际上可以认为它是一层防锈层，并且能阻止继续反应，而且看起来也能使人满意。

6. 各种工业，特别是石油和化学工业都有许多腐蚀问题。这些问题都是工艺本身所特有的，大概不是所有的人都对此清楚。公司一般都设有一个专门的防腐蚀机构以保持工厂免于腐蚀事故。

7. 也许你曾乘坐过一个铝制的小船，虽然近看可能发现由于腐蚀造成的细小的孔，似乎腐蚀是微不足道的，因为它只不过是一些细小的孔，但是如果由此发展成为漏洞，那怕是一个很细小的漏洞，那么我相信你会同意这是十分严重的。凡是在电影《飘》中见过老的密西西比河中的“河皇后”号桨轮船的人们，十分震惊地得知该船停靠在圣路易斯码头上时船底下出现一个细小的孔，因而在1967年12月的一个凌晨它慢慢地沉到河底，再未浮出水面。图1-4的照片说明该船的困境。想打捞这一条历史性的船只的企图失败了。结果在几星期后该船破碎了。

8. 暴露在海水中的金属可能遭受到严重的腐蚀。在附录的表A1中作了说明并将在第七章中进行讨论。还可以举出许多其它的实例。我相信本书的许多读者都可能找到自己熟悉的例子。

各 类 金 属

在已知的105个元素（见附录C）中，大概有80个是金属。每种金属都有不同的力学、化学和物理性能，然而都能被腐蚀，其中每一种都可以在给定条件下用不同的方法被腐蚀到一定的程度。此外，80种金属中，大概有一半可通过合金化制成40000种以上的合金！无可置疑，过些年将研制成更多的合金。在附录A中列出了一些最重要的合金。

自 然 过 程

对产生腐蚀的事实，不必引起惊慌。差不多所有的材料暴露在“某些元素”中，随着时间的增长都必然地会引起变质。就象水从山上向山下流动一样，腐蚀也完全是一个自然过程。如果水往山上流或者停留在山傍不动，那倒是值得惊奇的。但是，利用我们的才干，我们可以使水往山上流或者保持不动。为了完成这一任务我们可以冰冻它，或者把它放入一个密封的容器（管道）并封住其底部。

换句话说，如果将铁暴露在大气和水中，我们将发现在几小时之内产生了锈层。这不必惊奇，也没有人认为是什么错误。事实上，它不被腐蚀或不生锈，那倒要引起注意，并且问一下为什么？

当然，如果用铜、黄铜、铝或不锈钢代替铁，达到给定的腐蚀程度所需要的时间可能更长一些，但是有些腐蚀仍在意料之中。此时是以铜、铝或者铬的氧化物代替了铁锈（氧化铁类型），它们的形成速度可能很慢，并且覆盖了整个裸露的金属。这种氧化物覆盖层

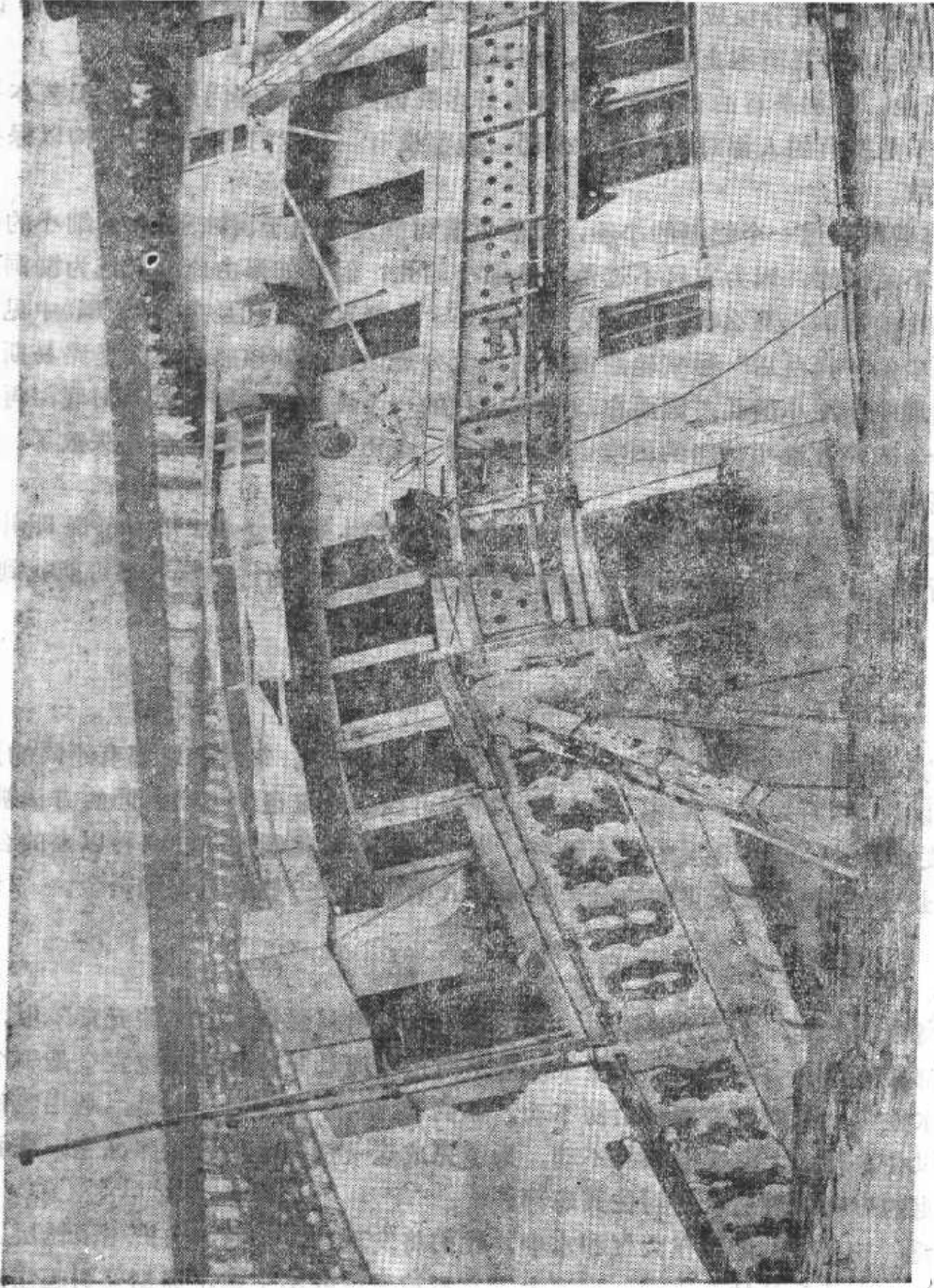


图 1-4 河皇后号船毁于奥尔曼河的圣路易斯码头。在水线以下的钢制船壳上因点蚀
发展成为一个孔洞，因此使这一著名的密西西比江船陷于困境

即使相当薄，也能形成一个不完全的屏障，阻止继续腐蚀，减缓腐蚀速度，甚至完全阻止腐蚀。

表面层的形成，不论是氧化物，碳化物，硫化物或者其它化合物，特别是如果该层能有效地将金属与环境隔开时，将是耐腐蚀的主要原因。这样一个自然形成的保护层必须能有效地阻止扩散和隔绝湿气。普通铁不能自然地形成有效的屏障，除非采取预防措施，不然氧和湿气仍可穿过锈层继续使其锈蚀导致破坏。腐蚀控制是预防铁及其合金腐蚀的主要措施。此处我们主要采取涂漆、电镀等措施，以在整个铁的表面上形成一个人工的保护层来延长其使用寿命。其它的保护措施我们将在以后的章节中加以讨论，并且形成了现代腐蚀控制的基础。

象不锈钢、钛和铝等一些金属材料经常是不需要涂漆的。这并不是因为这些金属是惰性的。而是因为空气中的氧能与它们分别在表面上形成一层氧化铬、氧化钛和氧化铝等表面保护层。虽然这些氧化物层非常之薄，以致用肉眼看不出来，但是我们还是能够测量出来并得到证实。如果这些一般“耐腐蚀金属”不能在整个表面上自然地形成这种覆盖层，那么它们对腐蚀将是敏感的。虽然相对说来是很少的，但仍然有一些不希望发生的实例存在。这是一些自然的过程，我们应当很好地了解它。

一些环境的腐蚀性比另一些环境的腐蚀性更强烈。但是也有例外。我们通常承认下面这些事实，例如：

1. 湿空气的腐蚀性比干空气大；
2. 热空气的腐蚀性比冷空气大；
3. 热水比冷水的腐蚀性大；
4. 污染的空气比干净空气的腐蚀性大；
5. 酸比碱的腐蚀性大；
6. 盐水比淡水的腐蚀性大；
7. 不锈钢较普通钢耐用；
8. 即使在很高的温度下，在真空中将不发生腐蚀；等等。

但是有一些例子，可以使上述每一项都是不正确的。包括最后一项在内，这在某种程度上可能是令人惊奇的。

选 材

为了某一特殊的应用，某一种合金可能优于其它合金。为了同一目的，除腐蚀以外仍有其它许多比腐蚀更重要的因素值得考虑。价格是一个重要的因素，这在前面已经指出过，也有许多其它的因素。它们可能是下列因素之一，也可能是下列几个因素的综合：

1. 价格；
2. 腐蚀性能；
3. 可焊性；
4. 成型性（弯曲性能，延展性等）；
5. 适当的力学性能（强度，冲击韧性，疲劳性能等）；
6. 高温和低温强度或者塑性；
7. 材料的市售情况及其供应形式；

8. 在系统中与其它材料的共存性;
9. 热学和电学性能;
10. 独特的性能, 例如, 低密度, 磁性或者特殊的核性能。

其中最主要的是前两条:

1. 价格;
2. 腐蚀性能。

众所周知, 选择什么材料不是一件简单的事情。在某些用途中, 木材是最好的材料, 其它很多用途中采用衬以塑料的金属管或贮槽, 或者衬以陶瓷的管; 在某些特殊用途中也经常采用特殊合金。虽然使人难以相信, 但现在应用的合金已超过了 3 万种。其中一些主要的合金列在附录 A 中。没有必要全部记住它们, 但是知道在什么地方能查到它们的牌号是很重要的。

这些材料的力学性能和腐蚀性能的变化范围是十分广泛的, 并且热处理对它们有很大的影响, 有关材料的腐蚀控制问题将在后面第 11 章中讨论。

腐 蚀 测 量

当发生腐蚀时, 最经常表现出的形式是增重或减重; 这是最普通的测量腐蚀程度的方法。当然, 在一个试样上的重量变化是于给定的条件下发生的, 即一块试样有两倍的面积, 将发生两倍的重量变化。因此, 必须考虑到随时间增长的重量变化。因为随着暴露时间的增长重量也有变化。因此重量法是最常用的方法。

1. 重量变化: 单位时间内单位面积上的增重或减重, 一般的度量方法是毫克/分米²·天, 经常用缩写 mdd 来表示。(1 毫克=1/1000 克, 1 分米=10 厘米, 差不多是 4 英寸)。

2. 尺寸变化: 单位时间内金属厚度的损失, 一般使用的单位是“密耳/年”, (1 密耳

表 1-2 把其它几种单位换算为毫克/分米²天或密耳/年的系数

换算为毫克/分米 ² 天		换算为密耳/年	
增 值	乘 数	增 值	乘 数
克/英寸 ² 小时	372,000	克/英寸 ² 小时	536,300/D
克/英寸 ² 天	15,500	克/英寸 ² 天	22,270/D
克/英寸 ² 年	42.5	克/英寸 ² 年	61/D
克/厘米 ² 小时	2,400,000	克/厘米 ² 小时	3,460,000/D
克/厘米 ² 天	100,000	克/厘米 ² 天	143,700/D
克/厘米 ² 年	274	克/厘米 ² 年	394/D
克/米 ² 小时	240	克/米 ² 小时	346/D
克/米 ² 天	10	克/米 ² 天	14.37/D
克/米 ² 年	0.0274	克/米 ² 年	0.0394/D
盎司/英寸 ² 天	439,200	盎司/英寸 ² 天	632,160/D
盎司/英尺 ² 天	3,050	盎司/英尺 ² 天	4,390/D
厘米/年	274 × D ^①	厘米/年	394
毫米/年	27.4 × D	毫米/年	39.4
英寸/年	696 × D	英寸/年	1000
密耳/年	0.696 × D	毫克/分米 ² 天	1.437/D

① D 为密度, 克/厘米³ (表 1-3 列出某些常用金属的密度)。

为1/1000英寸)。

在另外一些场合也应用其它的单位来表示，并且能很容易地转换成上述两种单位（表1-2）。

表 1-3 某些常用金属的密度

金 属	密度，克/厘米 ³	金 属	密度，克/厘米 ³
铝	2.70	304型不锈钢	7.92
铜	8.96	镁	1.74
铁	7.87	钛	4.5

腐蚀控制工作的进展

很久以前，在多数人们尚未意识到腐蚀问题时，已经有人组织起来致力于腐蚀的研究。英国科学促进会19世纪30年代资助一大笔经费对铸铁和可锻铸铁进行一系列的腐蚀试验。试验是由Robert Mallet领导进行的，并于1838年，1840年及1843年分别提出了报告。R. Mallet的研究是在有才华的科学家倍出的时代进行的。那时，科学家们正在进行物质性能的研究，并且由Volta、Hall、Faraday、de la Rive等人开创了电化学方面的理论。

1824年Humphrey Davy发表了关于英国海军军舰铜船底的阴极保护研究工作的结果。这些早期的试验工作为阴极保护的应用建立了实践的基础，并导致镀锌钢板的发展。

1906年组成了美国材料试验协会（ASTM）的U委员会进行了腐蚀方面的试验研究。之后不久，许多其它组织开始注意到腐蚀及其控制方法。

值得指出的是W. R. Whitney于1903年在美国化学学会的杂志上发表了关于腐蚀电化学特性的经典论文。他的著作推翻了当时被普遍接受的一种理论，该理论认为铁腐蚀时必须存在有碳酸气体。

美国电解委员会是研究影响腐蚀的因素的先驱者之一。该委员会1921年指出他们的初步报告已于1916年发表。这个委员会是由美国电气工程师学会，美国电气铁道协会，美国铁道工程协会，美国国家标准局等单位的代表组成。这些单位都遇到一些杂散电流对地下金属装置的严重腐蚀问题，特别是在带电的干线与城间铁道之间的地下通讯电缆的腐蚀的尤为严重。

在英国，钢铁学会的腐蚀委员会于1931年出版了第一期报告，并于1959年发表了第六期报告。1938年美国17个学术团体的代表组成了美国腐蚀协调委员会，其目的是协调学会之间的活动以避免重复工作。该委员会于1948年并入美国腐蚀工程师协会，并且更名为学会间的腐蚀控制协调委员会；它以半独立的方法起作用。这样坚持了10年后，由于文摘的出版，许多定期性会议的召开使技术情报可以比较容易的交流，从而使该委员会的存在失去了意义，因此才被解散。

虽然德国在第二次世界大战以前出版了一本关于腐蚀方面的杂志（Korrosion und Metallschutz），但是战争期间中断了。战后它以新的刊名（Werkstoffe und Korrosion）

出版。直到1945年美国腐蚀工程师协会出版了“腐蚀”杂志之后，它才开始在其它国家发行。从那之后，更多的关于腐蚀与腐蚀控制方面的杂志在澳大利亚、比利时、英国、法国、荷兰、意大利、日本、葡萄牙、苏联及瑞典相继出版。在美国由NACE出版了一本综合性腐蚀文摘，而在瑞典也由政府机构出版了一本腐蚀文摘。

除了美国腐蚀工程师协会专门积极地以腐蚀控制为中心开展活动之外，许多其它的科学的、工程的、政府的以及各种有关的传统组织也在致力于腐蚀控制方面的工作。这些学术团体中居领导地位的是美国金属学会，美国材料试验学会，美国化学学会和电化学学会。在政府所属机构中，国家标准局从1922年就开始从事腐蚀控制方面的研究工作。1945年11月美国国家标准局公布了关于地下腐蚀的C450公告之后，重新充实了许多数据，使之现代化，并于1957年4月以579号公告发表。

另外一些政府所属的有关腐蚀研究的著名单位是：原子能委员会，联邦房管局，国家航空航天局以及一些次要的研究机构。它们或多或少地也进行了一些有关腐蚀的研究工作。

科技团体和商业组织，特别是与金属有关的那些机构，都积极而广泛地参加有关腐蚀控制方面的活动。

腐 蚀 的 起 因

关于是什么因素引起大部分类型的腐蚀问题，几乎，或者完全是没有什么争论的。有关一般腐蚀的现代概念是牢固地建立在电化学理论上的，为描述构成大多数腐蚀过程的这些化学反应提出了各种模式和方程式。大体上电化学腐蚀要求有四个主要的因素：阳极、阴极、电解质和构成电流通路。这些将在以后的章节中进行详细讨论。由此腐蚀理论家就不得不考虑到无限小的范畴，需要考虑到分子的复合作用，考虑到离子、电子以及原子的能级。由此可见，构成腐蚀的三种基础学科是：

1. 化学
2. 电化学
3. 物理学

而这三门学科是由与离子、电子和原子的牵连程度而划分的。

例如，腐蚀反应的一般表示形式可用铁、水和氧之间的化学反应关系式来表示：



这表明铁与氧在纯水中的最初反应是形成氢氧化铁。如果其中任何一项完全不存在的话，腐蚀（生锈）就不可能产生。其原因将在以后的章节中加以解释。

当然，当与非纯水接触时，看来可能形成不同的腐蚀产物。返回来看一看图1-3，可以得出一个结论，确实如此，任何一种环境都可能引起腐蚀。

列在图的右边的影响腐蚀的因素能以有很大的差别。例如：

1. 温度的影响 正如在12及13章中将讨论的那样，高温增加了腐蚀速度。甚至于在接近室温的水溶液中，材料一端的温度高于另一端，则具有较高温度的另一端对另一端来讲构成了阳极。例如，当铁浸入充气的稀NaCl溶液中时，当金属的成分相同时，对较冷的金属来讲，热端是阳极。

2. 电位差 当暴露在同一介质中的两金属间产生电位差时，如在盐水中的锌和铁(参

阅下两章中在海水中的电位序),具有较高电位的金属(在该情况下是锌)将被腐蚀。而另一个较低电位的金属(在该情况下是钢)受保护。

3. 热处理 正如在后面几章中讨论的那样,很多合金的热历史(热处理)对其耐蚀性有很大的影响。

4. 表面状态 表面清洁度,有无表面膜以及表面上有无其它物质对腐蚀的发生和发展速度有很大的影响。

5. 磨蚀的影响 磨蚀本身不是腐蚀,但即使轻微的磨损也能破坏在基体表面上由腐蚀形成的保护膜。由此,暴露出的新鲜金属遭受腐蚀,从而加速了损伤。

6. 辐照 人们关于在介质中辐照对金属腐蚀的影响还知道的不多。已知少数试验表明,辐射只稍微加速腐蚀。

7. 杂质 这是一个极其重要的因素,在本书中给予了极大的关注。

8. 时间 随着时间的延长,腐蚀程度也自然地增加。在某些情况下它们之间呈线性关系。在许多实例中腐蚀速度下降;大量资料证明在第4章及第13章中所讨论的一些实例中,腐蚀速度随着时间的延长而增高。

9. 应力的作用 一般地讲,材料在拉应力作用下比在压应力作用下的腐蚀发生得较早,速度也较快,同时材料在应力作用下比不受应力的材料要腐蚀得快些,特别当所施加的负荷接近或超过屈服极限时,尤其如此。

10. 压力 众所周知,压力毫无例外地影响着材料的化学反应和氧化。因此这个因素必须考虑。

11. 其它 其它因素象工艺过程,工艺条件,等等方面的因素,因此变得更为复杂,其中少部分可分述如下:

(a) 氧差 表面的一部分暴露在通氧的溶液中,而另外一部分则处于缺氧的溶液中。如果形成一个电解池,则将产生腐蚀。

(b) 浓差 液体与金属表面接触时,当存在着腐蚀剂的浓差或pH值差时,通常处于不同溶液各区段间将显露出腐蚀电池。

(c) 生物因素的作用 生物和微生物组织从两方面影响腐蚀: I. 由于在表面上产生覆盖物和障碍物并由此引起的氧浓差电池; II. 由于从钢表面上吸收氢,从而去除了氢,就象腐蚀电池中的一个电阻那样起作用。一定的硫酸盐还原菌起作用,这样在钢的阴极附近形成硫酸导致加速腐蚀。

对那些愿意详细地研究腐蚀过程的电化学反应的人,可以参阅本章末所附的参考文献^[11~22]。

这些课题以及其它许多课题,在美国腐蚀工程师协会所出版的月刊“腐蚀”中,经常详细地进行讨论。在期刊中以及在“材料保护及性能”月刊中都可看到在不同水平上进行的讨论。同时在本章末所推荐的文献^[11~22]中也能找到不同的实际应用讨论。

工业与腐蚀控制

有些工业,由于它们处理的材料本身就是有毒的或是腐蚀性的(化学工业),易爆或是易燃的(如炼油工业),或是设备要在高温高压下工作(如蒸气发电装置)。因此,他们对腐蚀问题有极大的兴趣。这些工业中的许多工厂,如果腐蚀问题得不到控制就完全无法生