

高职高专系列教材

化工腐蚀与防护

徐晓刚 主编

郑建国 主审

中国石化出版社

[HTTP://WWW.SINOPEC-PRESS.COM](http://www.sinopec-press.com)

高职高专系列教材

化工腐蚀与防护

徐晓刚 主编

郑建国 主审

中国石化出版社

内 容 提 要

本书重点介绍了防腐的基本原理、基本方法和基本技能。全书共分为两部分十一章,分别介绍了金属电化学腐蚀的基本原理、金属的局部腐蚀、金属在典型环境中的腐蚀、金属结构材料的耐蚀性能、非金属结构材料的耐蚀性能、影响金属腐蚀的因素、金属防腐方法的确定、正确选材与合理设计、覆盖层保护、电化学保护、缓蚀剂等内容。

本书是高等职业技术学院(校)化机等专业使用的专业教材,也可作为其他相关专业用教材以及有关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

化工腐蚀与防护 / 徐晓刚主编. —北京: 中国石化出版社, 2009

(高职高专系列教材)

ISBN 978-7-80229-826-2

I. 化… II. 徐… III. ①化工设备-腐蚀-高等学校: 技术学校-教材②化工设备-防腐-高等学校: 技术学校-教材 IV. TQ050.9

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 071542 号

中国石化出版社出版发行

地址:北京市东城区安定门外大街 58 号

邮编:100011 电话:(010)84271850

读者服务部电话:(010)84289974

<http://www.sinopec-press.com>

E-mail:press@sinopec.com.cn

金圣才文化发展(北京)有限公司排版

北京科信印刷厂印刷

全国各地新华书店经销

*

787×1092 毫米 16 开本 14.25 印张 349 千字

2009 年 6 月第 1 版 2009 年 6 月第 1 次印刷

定价:32.00 元

前言

《化工腐蚀与防护》是在学习了众多基础课和专业基础课的基础上开设的,是一门综合性和实用性均很强的专业技术学科。本课程的任务是着重研究结构材料(主要是金属材料)的腐蚀机理、腐蚀产生原因和影响因素及其在各种使用条件下的防腐方法。通过对本课程的学习,要求学生不仅要掌握腐蚀的基本概念、理论和规律,更重要的是注重应用,即不仅要掌握各种常见耐蚀金属材料和非金属材料的耐蚀特点和应用,而且要掌握各种常见防腐方法的应用。

依照优质核心课程建设标准,并根据对高职院校学生防腐技术和相关职业能力要求,在作者多年来为化机、储运等专业讲授《化工腐蚀与防护》理论课的基础上,结合作者多年从事金属防腐的实践经验和研究成果,经过不断总结、修改和创新,重新对教材进行了编写。本书具有以下特色:

① 由于本书是作为高职院校化机专业(非腐蚀与防护专业)的使用教材,因此,本书的指导思想是突出职业能力培养。以就业岗位的需要为主导,以职业技能培养为主体,根据实际工作任务,围绕职业能力和素质要求来进行课程体系的整合和教学内容的设置,充分体现理论和实践教学融为一体,充分体现理论教学为实践教学服务,充分体现工学结合、产教结合。

② 在进行本课程内容建设时,将结合石化生产的特点,将企业生产实际中应用的新知识、新技术、新工艺、新方法反映到教学内容中去。

③ 在课程内容设置上,在保留必要的理论知识的同时,将理论部分进一步简化,强化学生对各种防腐方法应用能力的培养,同时注重对学生分析问题、解决问题能力的培养。在本书第二部分各章之后,都增加了一些实例分析。

本书包括两大部分:

第一部分(绪论、第一章) 阐述金属腐蚀的基本原理。

第二部分 防腐应掌握的基本技能。其中包括:

基本技能一(第二章、第三章) 主要培养学生根据现场诊断,进行腐蚀类型和机理判断的能力。

① 设备腐蚀状态动、静态检测;

② 外观特征、腐蚀机理分析;

③ 腐蚀类型判断。

基本技能二(第四章~第七章) 主要培养学生根据腐蚀类型、机理,确定防腐方法的能力。

① 根据判断,会有针对性地采取防腐措施;

② 制定防腐方案(包括施工方案)。

基本技能三(第八章~第十一章) 主要培养学生具有实施各种防腐方法的能力。

- ① 会正确选材并了解防腐设计的要点、注意事项;
- ② 掌握表面覆盖层的应用及常用施工方法;
- ③ 了解电化学保护的方法、应用及设计、施工;
- ④ 会正确选择、使用缓蚀剂;

参加本书编写的有:兰州石化职业技术学院徐晓刚副教授(绪论、第一章、第二章、第三章、第六章、第七章、第八章、第九章)、丁文溪副教授(第四章、第五章);天华化工机械及自动化研究设计院王东林高级工程师(第十一章)、王振华工程师(第十章)。全书由徐晓刚副教授主编,天华化工机械及自动化研究设计院郑建国高级工程师(教授级)主审。作者在此对他们的辛勤工作表示衷心的感谢。

由于时间仓促,编者水平有限,书中缺点和不足之处在所难免,恳请指正,不胜感激。

目 录

第一部分 金属腐蚀的基本理论

绪论	(2)
一、腐蚀危害及防腐重要性	(2)
二、腐蚀的基本概念和本质	(4)
三、金属腐蚀的分类	(5)
四、金属腐蚀程度表示方法及耐蚀性评定	(7)
第一章 金属电化学腐蚀的基本原理	(9)
第一节 金属电化学腐蚀的基本概念	(9)
一、电化学腐蚀的特点及过程	(9)
二、金属腐蚀的电化学反应式	(10)
第二节 金属电化学腐蚀倾向的判断	(12)
一、电极电位	(12)
二、腐蚀倾向的判断	(16)
第三节 腐蚀电池	(17)
一、产生腐蚀电池的必要条件	(17)
二、腐蚀电池工作过程	(18)
三、腐蚀电池的类型	(19)
第四节 金属电化学腐蚀的电极动力学	(21)
一、腐蚀速度与极化作用	(21)
二、去极化作用	(24)
三、极化曲线	(25)
四、腐蚀极化图	(25)
五、混合电位理论	(29)
第五节 析氢腐蚀和耗氧腐蚀	(30)
一、析氢腐蚀	(30)
二、耗氧腐蚀	(32)
第六节 金属的钝化	(34)
一、钝化现象	(34)
二、钝化定义	(35)
三、钝化特性	(35)
四、钝化理论	(36)
五、影响金属钝化的因素	(37)
六、金属钝性的应用	(37)

第二部分 防腐的基本技能

基本技能一 根据现场诊断, 进行腐蚀类型、机理判断的能力	(39)
第二章 金属的局部腐蚀	(40)
第一节 局部腐蚀概述	(40)
第二节 电偶腐蚀	(41)
一、电偶腐蚀的概念	(41)
二、金属的电偶序与电偶腐蚀倾向	(42)
三、电偶腐蚀的影响因素	(43)
四、电偶腐蚀的防护措施	(44)
第三节 小孔腐蚀	(44)
一、孔蚀的概念及特征	(44)
二、孔蚀的影响因素	(45)
三、孔蚀的防护措施	(46)
第四节 缝隙腐蚀	(47)
一、缝隙腐蚀的概念及特征	(47)
二、缝隙腐蚀与孔蚀的比较	(48)
三、缝隙腐蚀的影响因素	(48)
四、缝隙腐蚀的防护措施	(49)
第五节 晶间腐蚀	(50)
一、晶间腐蚀的概念、特征及产生条件	(50)
二、晶间腐蚀的影响因素	(50)
三、晶间腐蚀的防护措施	(51)
第六节 应力腐蚀破裂	(51)
一、应力腐蚀破裂的概念、特征	(51)
二、影响应力腐蚀的因素	(53)
三、应力腐蚀的控制方法	(54)
第七节 腐蚀疲劳	(55)
一、腐蚀疲劳的概念及特征	(55)
二、腐蚀疲劳的影响因素	(56)
三、腐蚀疲劳的控制方法	(57)
第八节 磨损腐蚀	(57)
一、磨损腐蚀的概念及特征	(57)
二、磨损腐蚀的影响因素	(58)
三、磨损腐蚀的特殊形式	(59)
四、磨损腐蚀的控制方法	(60)
实例分析	(61)
第三章 金属在典型环境中的腐蚀	(63)
第一节 大气腐蚀	(63)
一、大气腐蚀类型及特点	(63)

二、大气腐蚀的影响因素	(64)
三、防止大气腐蚀的措施	(67)
第二节 海水腐蚀	(67)
一、海水腐蚀的特点	(68)
二、海水腐蚀的影响因素	(69)
三、防止海水腐蚀的措施	(70)
第三节 土壤腐蚀	(71)
一、土壤腐蚀的特点	(71)
二、土壤腐蚀的影响因素	(73)
三、土壤腐蚀的防止方法	(74)
第四节 金属在高温气体中的腐蚀	(74)
一、金属的高温氧化与氧化膜	(75)
二、影响金属高温氧化的因素	(76)
三、耐热金属结构材料	(78)
实例分析	(78)
基本技能二 确定防腐方法的能力	(78)
第四章 金属材料的耐蚀性能	(80)
第一节 金属耐蚀合金化原理	(80)
一、纯金属的耐蚀性	(80)
二、金属耐蚀合金化的途径	(80)
第二节 铁碳合金	(82)
一、合金元素对耐蚀性能的影响	(82)
二、铁碳合金的耐蚀性能	(83)
第三节 高硅铸铁	(86)
一、性能	(86)
二、机械加工性能的改善	(87)
三、应用	(87)
第四节 耐腐蚀低合金钢	(87)
一、耐腐蚀低合金钢的类别	(88)
二、合金元素对低合金钢耐腐蚀性的影响	(88)
三、耐大气腐蚀钢(耐候钢)	(88)
四、耐海水腐蚀低合金钢	(92)
五、耐硫酸露点腐蚀低合金钢	(92)
六、耐硫化氢应力腐蚀开裂低合金钢	(97)
七、抗氢、氮、氨作用低合金钢	(103)
第五节 不锈钢	(104)
一、概述	(104)
二、机理	(108)
三、主要合金元素对耐蚀性的影响	(108)
四、应用及经济评价	(111)
第六节 有色金属及其合金	(113)

一、铝及铝合金	(113)
二、铜及铜合金	(115)
三、镍及镍合金	(116)
四、铅与铅合金	(117)
五、钛及钛合金	(117)
第五章 非金属材料的耐蚀性能	(119)
第一节 概 述	(119)
一、一般特点	(119)
二、非金属材料的腐蚀	(120)
第二节 塑 料	(120)
一、定义及特性	(120)
二、组成	(121)
三、分类	(121)
四、聚氯乙烯塑料(PVC)	(122)
五、聚乙烯塑料(PE)	(123)
六、聚丙烯塑料(PP)	(124)
七、氟塑料	(124)
八、氯化聚醚(CPE)	(126)
九、聚苯硫醚(PPS)	(126)
第三节 防腐蚀涂料	(126)
一、涂料的种类和组成	(127)
二、常用的防腐蚀涂料	(128)
第四节 橡 胶	(128)
一、天然橡胶	(128)
二、合成橡胶	(129)
三、应用	(129)
第五节 硅酸盐材料	(130)
一、化工陶瓷	(130)
二、玻璃	(130)
三、化工搪瓷	(131)
四、辉绿岩铸石	(131)
五、天然耐酸材料	(131)
六、水玻璃耐酸胶凝材料	(131)
第六节 不透性石墨	(132)
一、种类及成型工艺	(132)
二、性能	(133)
三、应用	(133)
第七节 玻璃钢	(134)
一、主要原材料	(134)
二、成型工艺	(136)

三、耐蚀性能	(136)
四、应用	(137)
第六章 影响金属腐蚀的因素	(138)
第一节 金属材料的因素	(138)
一、金属的化学稳定性	(138)
二、合金成分的影响	(138)
三、金相组织与热处理的影响	(139)
四、金属表面状态的影响	(139)
五、变形及应力的影响	(139)
第二节 环境的影响	(139)
一、介质成分及浓度的影响	(139)
二、介质 pH 值对腐蚀的影响	(140)
三、介质的温度、压力对腐蚀的影响	(140)
四、介质的流动速度对腐蚀的影响	(141)
五、电偶的影响	(141)
六、环境的细节和可能变化的影响	(141)
七、结构因素的影响	(141)
实例分析	(142)
第七章 金属防腐蚀方法的确定	(143)
第一节 选择金属防腐方法的步骤	(143)
一、做好防腐工作的方法、要求	(143)
二、选择防腐方法的步骤	(143)
第二节 常用的防腐方法	(144)
一、防腐方法分类	(144)
二、防腐方法的选择应用	(144)
基本技能三 各种防腐方法的应用能力	(146)
第八章 正确选材与合理设计	(147)
第一节 正确选材	(147)
一、选材的原则	(147)
二、选材的基本要点	(148)
第二节 防腐蚀设计	(149)
一、设备设计中要考虑的几个主要问题及顺序	(149)
二、结构设计的原则	(149)
第三节 建设施工中的防腐原则	(151)
一、建设施工中的防腐通则	(151)
二、成型加工中引起的应力腐蚀与防止	(151)
三、焊接工艺中引起的应力腐蚀与防止	(151)
四、铸造工艺对腐蚀的影响与防止	(152)
五、工艺流程中的防腐蚀原则	(152)
实例分析	(152)

第九章 覆盖层保护	(154)
第一节 表面处理技术	(154)
一、钢铁表面处理对基底层的要求	(154)
二、钢铁表面处理工艺	(154)
三、钢铁表面处理质量要求及标准	(156)
四、非金属材料表面处理	(157)
第二节 金属覆盖层	(158)
一、概述	(158)
二、常用金属覆盖层工艺方法及应用	(159)
第三节 非金属覆盖层	(166)
一、概述	(166)
二、常用非金属覆盖层工艺方法及应用	(167)
* 第四节 表面转化、强化和薄膜技术	(185)
一、表面转化膜技术	(185)
二、表面改性强化技术	(187)
实例分析	(188)
第十章 电化学保护	(190)
第一节 阴极保护	(190)
一、阴极保护技术的分类、特点及适用领域	(190)
二、阴极保护的原理和基本参数	(192)
三、阴极保护系统	(195)
四、阴极保护应用实例	(198)
第二节 阳极保护	(199)
一、阳极保护的原理和分类、特点	(199)
二、阳极保护的基本参数	(199)
三、阳极保护技术的适用领域	(202)
四、阳极保护系统	(203)
五、阳极保护应用实例	(204)
第十一章 缓蚀剂	(206)
第一节 概述	(206)
一、缓蚀剂的定义及技术特点	(206)
二、缓蚀剂的分类	(207)
三、缓蚀剂的作用机理	(208)
第二节 缓蚀剂的选用	(210)
一、缓蚀剂的选择条件	(210)
二、缓蚀剂的筛选和评定	(211)
三、缓蚀剂应用中的注意事项	(211)
四、工业应用缓蚀剂的技术要求	(212)
五、缓蚀技术应用举例	(213)
参考文献	(215)

第一部分 金属腐蚀的基本理论

绪 论

一、腐蚀危害及防腐重要性

腐蚀问题遍及国民经济的各个部门，大量的材料、构件和设备因腐蚀而损坏报废。随着工业的迅速发展，腐蚀问题越来越严重。腐蚀给国民经济带来巨大的损失和危害。据统计，由于腐蚀而报废的金属设备和材料相当于金属年产量的 1/3，其中 2/3 的金属尚可回炉重新熔炼，剩下的 1/3，或者说约有 1/10 的金属材料因腐蚀而无法收回，可见腐蚀造成资源极大的浪费。

腐蚀对化工等企业的危害极大，不仅在于金属资源受到损失，还在于正常生产受到影响，因腐蚀造成的设备事故对职工人身安全也会带来严重的威胁。同时，腐蚀使金属设备产生破坏，提前报废，而金属设备的造价远远超过金属材料本身的价格。

腐蚀损失主要根据金属和非金属的消耗、防腐蚀费用、事故损失、停产损失等进行调查统计。

据一些工业发达的国家统计(表 0-1)，每年由于腐蚀造成的经济损失约占国民经济生产总值的 1%~4%。1998 年美国由于腐蚀造成的经济损失约为 2757 亿美元，占当年美国国民经济生产总值的 2.76%。1999 年我国国家石油化工局统计表明，我国上年因腐蚀造成的经济损失约为 2800 亿人民币，占当年国民经济生产总值的 4%，仅在石油和化学工业造成的经济损失每年就达 400 多亿元。

表 0-1 一些国家的年腐蚀造成的经济损失

国家名称	年 份	年腐蚀造成的 经济损失额	占国民经济 总产值/%	国家名称	年 份	年腐蚀造成的 经济损失额	占国民经济 总产值/%
英国	1957 ~ 1969 年	6 亿 ~ 135 亿英镑	3.5	日本	1974 ~ 1976 年	25509 亿日元	2 ~ 3
美国	1975 年	700 亿 ~ 800 亿美元	4.2 ~ 4.9		1997 年	52580 亿日元	
	1982 年	1260 亿美元		德国	1968 ~ 1969 年	190 亿马克	3 ~ 3.5
	1995 年	3000 亿美元			1982 年	450 亿马克	
	1998 年	2757 亿美元		中国(大陆)	2000 年	5019 亿人民币	5 ~ 6
					2004 年	8190 亿人民币	

腐蚀经济损失可分为直接损失和间接损失两类。

1. 直接损失

更换已腐蚀的设备、部件等所耗用的金属和非金属材料费用和制造费用，防腐蚀所需要的材料费和施工维修费等，统称为直接损失。

2. 间接损失

除直接损失外，因腐蚀涉及造成的其他损失称为间接损失。有些间接损失不易计算，往往被忽视，但它相对于直接损失来说危害更大。

间接损失主要由以下几方面组成：

① 停工停产。现代石油化工、化纤、冶金等生产装置的特点是大型化、连续化和自动化，在生产中设备因腐蚀造成系统停车会中断生产，造成损失。如上海石化总厂停产一天将

损失产值 500 万元左右。

② 物料损失。因设备或管道腐蚀使反应物料泄漏造成的损失很大，不仅造成原料损失，而且还会引起火灾、爆炸、中毒、环境污染等，腐蚀性物料还会引起化工建筑物、地面、地沟、设备基础的严重腐蚀。见图 0-1 ~ 图 0-5。

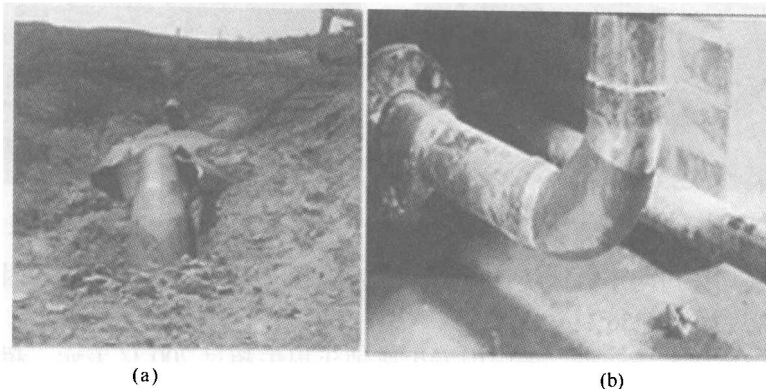


图 0-1 腐蚀引起的管道爆炸及泄漏

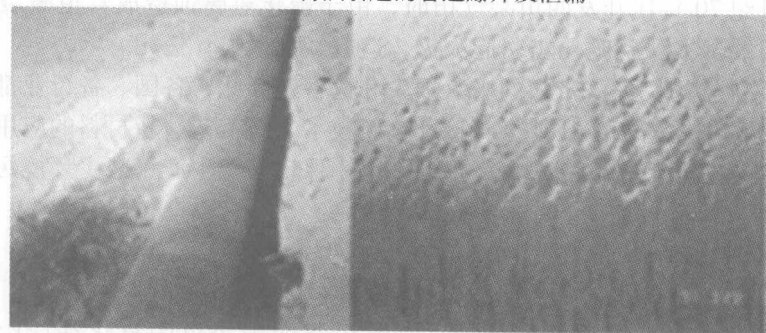


图 0-2 输油管线出现的严重腐蚀

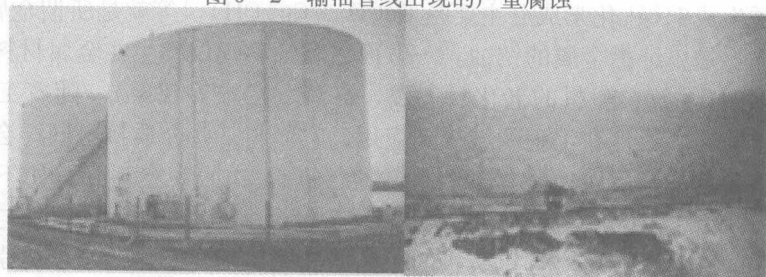


图 0-3 油罐罐底出现点蚀导致泄漏

③ 产品污染。因腐蚀影响产品质量，例如化纤产品因腐蚀物污染，色泽出现变化，使产品等级降低，甚至造成废品。

④ 效率降低。因腐蚀产物及结垢，会使换热器导热效率降低，从而增加水质处理和设备清洗的费用；管路因锈垢堵塞而不得不增大泵的容量；锅炉因腐蚀及结垢耗能损失增大。

⑤ 过剩设计。当难以预测腐蚀速度或尚无有效的防腐措施时，为了确保设备预期使用寿命，大多增加设备腐蚀裕量，从而造成设计保守，增大了设备费用。

国内外腐蚀损失实例：

① 据日本统计数据，日本年腐蚀损失 92 亿美元。其中化工腐蚀损失为 52 亿美元，占总损失的 56%。



图 0-4 设备支座出现的严重腐蚀

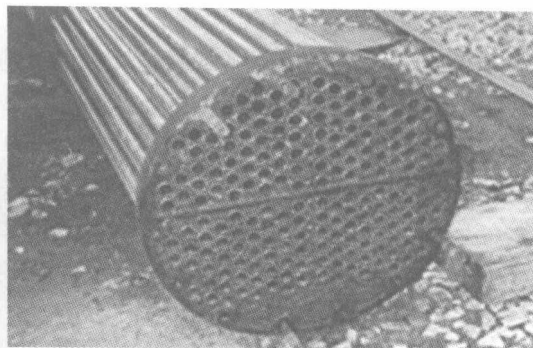


图 0-5 热交换器管板的腐蚀

② 据美国杜邦公司两年数据统计, 两年共发生设备事故 560 例, 其中因腐蚀造成的破坏 313 例, 占事故总数的 56%。

③ 据美国国家标准局调查, 美国因发生腐蚀年损失超过 700 亿美元, 超过了每年因水灾、火灾、风灾和地震造成的损失总和。

④ 在 20 世纪 70 年代开发四川某气田时, 由于硫化氢腐蚀造成管道破裂产生井喷, 大量天然气放空, 持续 6 天后遇雷击引起火灾, 造成经济损失 6 亿元。

由此可见腐蚀给国民经济带来的极大损失和危害, 因此, 各国、各行业都高度重视腐蚀问题。腐蚀问题的解决与否, 往往会直接影响新技术、新工艺、新材料的应用。搞好防腐工作对节省原材料、延长设备使用寿命、提高效率、保证安全生产、减少环境污染、促进新技术的应用和发展有着重大意义。

二、腐蚀的基本概念和本质

1. 腐蚀的定义

我们经常看到的自然现象中, 例如, 钢铁生锈变为褐色的氧化铁(化学成分主要是 Fe_2O_3), 铜生锈生成铜绿[化学成分主要是 $\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$]等就是所谓金属的腐蚀。

但是腐蚀并不是单纯指金属的锈蚀。一方面, 腐蚀不仅仅发生在金属材料上, 非金属材料也会发生腐蚀(如橡胶、塑料的老化、龟裂、溶解、溶胀等现象)。随着工业的发展, 各种非金属材料越来越广泛地在工程领域得到应用, 它们与某些介质接触同样会被破坏或发生变质; 另一方面, 有些金属腐蚀时并不生锈(或腐蚀形态肉眼观察不到, 如不锈钢的晶间腐蚀)。因此, 从广义的角度可将腐蚀定义为: 材料(包括金属和非金属)由于与它们所处的环境的作用而引起的破坏或变质。这里所指的环境的作用包括化学作用、电化学作用, 也包括化学-机械、电化学-机械以及生物、射线、电流等作用, 但不包括单纯机械作用所引起的材料的破坏。不过目前习惯上所说的腐蚀, 大多是指金属腐蚀, 这是因为从使用的数量、腐蚀损失的价值以及腐蚀学科研究的内容来说, 金属材料仍占主导地位, 因此金属腐蚀是研究的重点。金属腐蚀可定义为: 金属表面与其周围环境(介质)发生化学或电化学作用而产生的破坏或变质。

在此应注意以下几点:

① 材料腐蚀的概念应明确指出包括材料和环境两者在内的一个反应体系, 即必须说明材料在什么“介质”中, 因为不同材料在同一介质中或同一材料在不同介质中耐蚀性可能完全不同。例如, 碳钢在稀硫酸中腐蚀很快, 但在浓硫酸中相当稳定; 而铅则正好相反, 它在稀硫酸中很耐蚀, 而在浓硫酸中则不稳定。

② 单纯的机械破坏不是腐蚀，但在环境介质的共同作用下就可认为是腐蚀。从导致金属设备或零件损坏而报废的主要原因来看有三个方面的，即机械破坏、磨损和腐蚀。机械破坏从表面看来似乎仅是纯粹的物理变化，但是，在相当多的情况下常包括由于环境介质与应力联合作用下引起的所谓应力腐蚀破裂。磨损中也有相当一部分是摩擦与腐蚀共同作用下造成的，例如一些在流动的河水使用的金属结构常受到泥沙冲刷发生磨损，同时也可能受到腐蚀。这就是说在材料的大多数破坏形式中都有腐蚀产生的作用。

③ 腐蚀的作用是发生在材料/介质相界面上的反应。

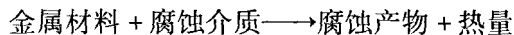
④ 生锈是腐蚀，但腐蚀不一定都生锈。

2. 金属腐蚀过程的本质

在自然界中大多数金属常以矿石形式，即金属化合物形式(稳定状态)存在，而腐蚀则是一种金属(不稳定状态)回到自然状态的过程。例如，铁在自然界中大多为赤铁矿(主要成分 Fe_2O_3)，而铁的腐蚀产物——铁锈，主要成分是 Fe_2O_3 ，可见，铁的腐蚀过程正是回到它的自然状态——矿石的过程。

由此可见，腐蚀的本质就是：单质状态的金属在一定的环境中经过反应自发地回到其化合物状态的过程。

金属化合物通过冶炼还原出金属的过程大多是吸热过程，因此需要提供大量的热量才能完成这种转变过程；而当在腐蚀环境中，金属变为化合物时却能释放能量，正好与冶炼过程相反。可用下式概括腐蚀过程：



这样，我们用热力学的术语来表述腐蚀过程：在一般条件下，单质状态的铁比它的化合物具有更高的能量。金属铁就存在着释放能量而变为能量更低的稳定状态化合物的倾向，这时能量将降低，过程自发进行。这个从不稳定的高能态变为稳定的低能态的腐蚀过程就像水从高处向低处流动一样，是自发进行的。

从能量观点来看，金属腐蚀的倾向也可以从矿石中冶炼金属时所消耗能量的大小来判断；冶炼时，消耗能量大的金属较易腐蚀，例如，铁、铅、锌等；消耗能量小的金属，腐蚀倾向就小，像金这样的金属在自然界中以单质状态(砂金)存在。但是，也有不少金属不是如此，例如铝冶炼时需要消耗大量的电能，但它在大气中却比铁稳定得多。这是由于金属腐蚀回复到它的化合状态，一般情况下仅是一种表面反应，并有很多途径使它受到阻碍。铝在大气中会形成一层致密的氧化铝保护膜覆盖在铝的表面，而氧及水汽可以渗透铁的锈层而继续腐蚀铁。

三、金属腐蚀的分类

金属腐蚀的现象与机理比较复杂，腐蚀分类方法也多种多样。为了便于了解规律、研究腐蚀机理，以寻求有效的腐蚀控制途径，现将常用的分类方法介绍如下：

1. 按照腐蚀环境分类

按照腐蚀环境可分为自然环境下的腐蚀和工业介质中的腐蚀。这种分类方法帮助我们按照金属材料所处的周围环境去认识腐蚀规律。

(1) 自然环境下的腐蚀

主要包括大气腐蚀、海水腐蚀和土壤腐蚀、微生物腐蚀；

(2) 工业介质中的腐蚀

主要包括酸、碱、盐及有机溶液中的腐蚀；高温高压水中的腐蚀。

2. 按照腐蚀过程的特点和机理分类

按照腐蚀过程的特点和机理可分为化学腐蚀、电化学腐蚀和物理腐蚀。

(1) 化学腐蚀

化学腐蚀是因金属与介质(非电解质)发生化学作用而引起的破坏或变质,其特点是在作用过程中没有电流产生。化学腐蚀又分为二类:

① 气体腐蚀。金属在干燥或高温气体中(表面上没有湿气冷凝)发生的腐蚀,称为气体腐蚀。如铁在干燥的大气中。

② 在非电解质溶液中的腐蚀。这是指金属材料在不导电的非电解质溶液(如无水的有机物介质)中的腐蚀。例如铝在四氯化碳、三氯甲烷或无水乙醇中的腐蚀。

(2) 电化学腐蚀

电化学腐蚀是因金属与电解质发生电化学作用而引起的破坏或变质,其特点是在作用过程中有电流产生。

电化学腐蚀是最普遍、最常见的腐蚀,将在后面重点讨论。

(3) 物理腐蚀

金属由于单纯的物理作用所引起的破坏称物理腐蚀。许多金属在高温熔盐、熔碱及液态金属中可以发生此类腐蚀。如盛放熔融锌的钢容器,铁被液态锌所溶解而被腐蚀。

3. 按照腐蚀破坏的形式分类

把腐蚀分为两大类:全面(均匀)腐蚀和局部腐蚀。

(1) 全面腐蚀

全面腐蚀是腐蚀分布在金属表面上,它可以是均匀的,也可以是不均匀的,但总的来说,腐蚀的分布相对较均匀。其特点是:重量损失较大但危险性较小,可按腐蚀前后质量变化或腐蚀深度变化来计算年腐蚀速率,并可依据腐蚀速率预测使用寿命或进行防腐蚀设计。

(2) 局部腐蚀

局部腐蚀是腐蚀作用仅局限在一定的区域,而金属其他大部分区域则几乎不发生腐蚀或腐蚀很轻微。其特点是:腐蚀的分布、深度和发展很不均匀,常在整个设备较好的情况下,发生局部穿孔或破裂而引起严重事故,所以危险性很大。

局部腐蚀又可分为:

① 小孔腐蚀(又称点蚀)。在金属某些部分被腐蚀成为一些小而深的圆孔,有时甚至发生穿孔,不锈钢和铝合金在含氯离子溶液中常发生这种破坏形式。

② 缝隙腐蚀。发生在铆接、螺纹连接、焊接接头、密封垫片等缝隙处的腐蚀。

③ 电偶腐蚀。两种不同电极电位的金属相接触,在一定的介质中发生的电化学腐蚀称为电偶腐蚀。电位较负的金属加速腐蚀,如热交换器的不锈钢管和碳钢管板连接处,碳钢在水中作为电偶对的阳极而被加速腐蚀。

④ 应力腐蚀破裂。石油化工设备因应力腐蚀破裂造成的损坏尤为突出,它在局部腐蚀中居前列。应力腐蚀破裂是指金属材料在拉应力和介质的共同作用下所引起的破裂,英语缩写为 SCC。

⑤ 晶间腐蚀。这种腐蚀发生在金属晶体的边缘上,金属遭受晶间腐蚀时,它的晶粒间的结合力显著减小,内部组织变得松弛,从而机械强度大大降低。通常晶间腐蚀出现在奥氏体不锈钢、铁素体不锈钢和铝合金构件中。