

第 13 届国际腐蚀会议译文选集

中国石油天然气总公司规划设计总院 编译

石油工业出版社



内 容 提 要

本书选译了第 13 届国际腐蚀会议的有关石油工业腐蚀与防腐学科的 47 篇论文。内容涉及该学科的发展动态及基础研究、评价及管理、阴极保护、防腐层、化学药剂、测试技术、环境开裂腐蚀,以及混凝土等方面,反映了国际石油工业腐蚀与防护科学与技术发展的新动向、新理论、新技术和新管理方法。

本书可供从事石油腐蚀与防护专业的科研、设计和管理的工程技术人员学习参考,也可供大专院校有关专业师生学习使用。

图书在版编目 (CIP) 数据

第 13 届国际腐蚀会议译文选集/中国石油天然气总公司
规划设计总院编译.

北京:石油工业出版社,1998.7

ISBN 7-5021-2294-X

I. 第...

II. 中...

III. ①腐蚀-研究-国际学术会议-文集

②防腐-国际学术会议-文集

IV. TG17-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (98) 第 12294 号

石油工业出版社出版

(100011 北京安定门外安华里二区一号楼)

石油工业出版社印刷厂排版印刷

新华书店北京发行所发行

*

787×1092 毫米 16 开本 20 $\frac{1}{4}$ 印张 520 千字 印 1—1000

1998 年 7 月北京第 1 版 1998 年 7 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5021-2294-X/TE·1911

定价: 40.00 元

《第 13 届国际腐蚀会议译文选集》

编 审 委 员 会

主 任 委 员：石宝珩

副主任委员：翁维琬 傅诚德

委 员：张孝文 邱贤明 梁树魁 江士昂 翁永基 吴荫顺
陈 立 张清玉 张俊义 卢绮敏 曾昭懿

编 译 组

组 长：卢绮敏

组 员：江士昂 翁永基 吴荫顺 陈 立 张清玉 张俊义

前 言

为加强腐蚀与防护技术交流，中国石油天然气总公司组织参加了 1996 年 11 月 25 日至 29 日由国际腐蚀委员会（ICC）举办、在澳大利亚墨尔本召开的第 13 届国际腐蚀会议。代表团在会议期间进行了技术交流、参观了产品展览会。

由 ICC 定期（每三年召开一次）举办的国际腐蚀会议是在世界腐蚀领域中进行的有较大影响的学术交流活动。此次会议有来自世界各地的 455 名代表，发表论文 450 篇。该会议论文涉及阴（阳）极保护、防腐层、缓蚀剂、土壤腐蚀、海水腐蚀等 28 个专题，针对工业领域有：石油、石油化工、建筑、海洋、水利等会议论文。既有基础理论的研究成果，又有工业应用的新技术；既有世界腐蚀与防护科学、技术未来发展的分析，又有当今理论和技术的阐述。可以说该会议论文涉及的内容多、代表性强、应用面广。

为了跟踪世界腐蚀与防护技术的发展，交流会议成果，受中国石油天然气总公司科技发展局的委托，由石油规划设计总院负责组织有关单位翻译、出版此会议论文集的译文选集。经研究，在结合石油工业应用的基础上，筛选出了具有创新性、导向性、实用性的 47 篇论文。这些论文基本上反映了国际上石油腐蚀与防护科学及技术发展的新动向、新理论、新技术、新管理方法，对我国石油工业腐蚀与防护科学及技术的发展有借鉴及指导作用。本论文集的出版，可为从事石油腐蚀与防护技术研究和生产管理等有关部门的工程技术人员提供一部内容丰富的参考资料。

论文的翻译、出版是在编委会的领导下，由编译组组织了华北石油设计院、管道局、石油工程技术研究院、石油大学、北京科技大学、石油规划设计总院 6 个单位的有关人员分头翻译、校对，初稿完成后由石油规划设计总院教授级高工江士昂、石油大学教授翁永基、北京科技大学教授吴荫顺、石油工程技术研究院副总工程师陈立对译文有关部分进行了审查。石油规划设计总院副院长、教授级高级工程师翁维珑，副总工程师张孝文，高级工程师卢绮敏负责全书的组织及全面审核工作。最终由编委会的领导对全书进行审定。

在此我们特别要感谢 13 届国际腐蚀会议的承办者及其论文集的出版者——第 13 届国际腐蚀会议委员会及澳大利亚腐蚀协会（Australasian Corrosion Association）为译文选集的出版提供的大力支持和帮助，从而使得本译文选集能在短期内得以出版，与读者见面。

由于编译的水平有限，有不妥之处，望读者批评指正。

中国石油天然气总公司规划设计总院

1997.9

目 录

动态及基础研究

作为工业生态学的腐蚀科学与技术·····	(3)
基础腐蚀研究是前进, 退步, 还是停滞不前·····	(8)
防腐蚀技术信息 ·····	(16)
意大利国家腐蚀调查项目 (NCIP) 的进展情况 ·····	(22)
美国为 ISO CORRAG 项目提供的八年暴露试验数据的分析 ·····	(28)

评价及管理

炼油厂厂外旧管道的风险管理 ·····	(39)
通过管理条件评估延长地下旧设施寿命 ·····	(47)
钢质管理、储罐腐蚀与防护评价及预测方法研究 ·····	(56)
室内环境下腐蚀性评估方法比较 ·····	(60)
地下管线点蚀统计分析 ·····	(68)

阴极保护

100mV 衰减准则及氧扩散的影响 ·····	(77)
干扰电流腐蚀的计算机预测 ·····	(82)
阴极绝缘保护技术在地下金属构筑物的应用 ·····	(89)
宏电池腐蚀阴极保护不足的危害 ·····	(99)
深阳极系统完整设计、安装及操作手册的简介·····	(103)
孔蚀和缝隙腐蚀保护电位意义·····	(106)
用模拟程序分析地下导体的阴极保护·····	(110)
牺牲阳极在辽东湾海泥中的电化学性能·····	(115)
程序设计在腐蚀技术上的应用·····	(121)

防腐层

为什么防腐层有时会失效·····	(131)
防腐层及防腐层体系的预期寿命与经济比较·····	(138)
防腐层失效调查剖析·····	(144)
腐蚀性调查在不同腐蚀区域选择防腐层方面的应用·····	(150)
储罐涂装的质量和效益要求·····	(158)
用计算机选择防腐层及规范·····	(165)
钢质水管道环氧化合物内防腐质量控制新方法·····	(171)
持续发展的主调——高固体分和水基型涂料·····	(175)

钢结构的维修涂装·····	(182)
基层对防护层电化学响应的影响·····	(191)
化学药剂	
在采油过程中所用 CO ₂ 缓蚀剂的评价 ·····	(201)
中性水介质中缓蚀剂的开发、应用和作用机理·····	(208)
咪唑啉型缓蚀剂结构和缓蚀性能的理论与实践研究·····	(214)
高温, 高 CO ₂ 分压下作用于预腐蚀表面的缓蚀剂评价 ·····	(218)
微生物腐蚀的抑制·····	(226)
测试技术	
用试件/盐桥探头对阴极保护电位的实验室及现场测试 ·····	(233)
阴极保护远程监测的技术进展·····	(238)
确定电化学腐蚀参数的数字技术·····	(242)
用电阻探头进行高温腐蚀监测·····	(247)
用电位的瞬时衰减量值计算腐蚀参数·····	(256)
炼油厂的腐蚀监测·····	(263)
环境开裂腐蚀	
中强钢氢致开裂的预测·····	(275)
近中性 pH 值条件下高压管线的应力腐蚀开裂 ·····	(283)
土壤造成管道钢 SCC 可能性的分析 ·····	(290)
混凝土	
因钢筋腐蚀引起混凝土结构性能退化的评估方法·····	(297)
高含盐环境中钢筋混凝土损坏的研究·····	(305)
钢筋混凝土结构中牺牲阳极阴极保护的研究·····	(312)
维修钢筋混凝土结构前进行诊断的重要性·····	(318)

动态及基础研究

THE UNIVERSITY OF CHICAGO

作为工业生态学的腐蚀科学与技术

Tomomi Murata^①

李久青 译 吴荫顺 审校

摘要 近年来,我们已经认识到,随着世界人口的增长,如果我们还继续以现有的生产和消费速度利用自然资源,必然会限制经济的增长。为了人类社会持续发展,我们不得不重新考虑人类社会工业生产活动的作用和影响,并寻求对环境负责的和谐关系。1994年,由美国工程院主办的第一届国际“工业生态学”会议在加利福尼亚举行,会议内容涉及原材料、建筑、汽车、电子等大多数工业领域。会议的主要目的,首先是论证由工业活动引起的环境问题,这些工业活动包括由生产过程、运输、建设、各种服务到最后工业废物(更准确地称为工业残留物)的再利用或再循环;其次讨论我们地球上的环境负担减到最小的可能解决方法以及促进自然资源的有效利用。为了达到这些目的,提出用“生命周期评价”(LCA—Life Cycle Assessment)作为一种定量评价工业产品的新方法,评价时使用了在整个生命周期中的生命周期能和生命周期二氧化碳排放量等术语。但是会议有一种一致的意见是,按照对环境的贡献,把LCA作为在市场上比较类似产品的工具仍显得为时过早,因为材料或产品被转变成或构造成最终废物的系统边界问题使现有数据仍有很多不确定性。再者,各国的工业法则,例如电费也是彼此不同的。在此期间,有人提出在有关工业中,把大部分工业副产品或废物制成新产品,例如可将钢铁工业的炉渣制成水泥。以上谈到的共生合作在数量上仍是有限的。随后的几年中,情况已经有了很大的变化:实践ISO 14000s——把环境考虑与工业过程和产品相结合的指南——在全球市场上变得越来越有影响,例如环境管理('95)、环境审查('95)、环境报告与标记('97)、环境特性(198)和LCA('98)。本文的目的在于指明腐蚀科学和技术在促进持续发展中的重要性。无论是在以电子装置为代表的微观系统中,还是像桥梁和建筑物那样的宏观系统中,在工业产品的全部生命周期中都需要系统的腐蚀防护。

1 工业生态学(IE),“21世纪的腐蚀”的主题思想

T. E. Graedel 和 B. R. Allenby 最近已经对工业生态学做出了很好的定义:

“工业生态学是一种方法,借助于这种方法人类可以经过深思熟虑并理性地接近和保持在一个所希望的承受能力上,以保持经济、文化和技术的持续发展。

它是一种方法论,可利用这种方法论对从原料到产品以至最终的废弃物的整个材料循环进化优化,从而实现对资源、能量和资金的最佳配置。^[1]”

IE是一个新概念,其含意不但可以用于工业,而且可以用于社会、经济、政治、教育,对于人道地研究和发展技术尤为有用。世界上的问题往往是跨越专业、跨越工业部门和文化背景的,因此在解决这些问题时,我们必须打破存在于科学和工程领域的壁垒进行联合或开展密切的合作。

① Nippon Steel Corporation.

我认为，腐蚀科学和技术就是涉及材料和周围环境间相互作用的工业生态学，需要若干专业的联合。腐蚀的关键特性，如随机和不断变化的倾向，是类似生命系统的自然属性。

人们发现，为了使社会能持续发展，越来越多的社会和文化体系正进入到工程系统中来，影响着工业产品的价值，并因此鼓励与环境共生的方法。从对世界法规新浪潮的反响可以看出国家间的文化差异。像产品义务（PL）、责任管理（CS）和 ISO 14000 这样的全球法规，代表了社会个体在发展阶段的任务和责任。我们的任务是建立适用于一个指定产品生命周期的新的参考系和评价方法，LCA 便是一个好的实例。

在以全球网络考虑世界问题时，必须理解其它国家的文化背景，由此我们经常可以发现与不同文化相联系的人类智慧以及对未来的开拓精神。

2 生命周期评价（LCA）和腐蚀防护

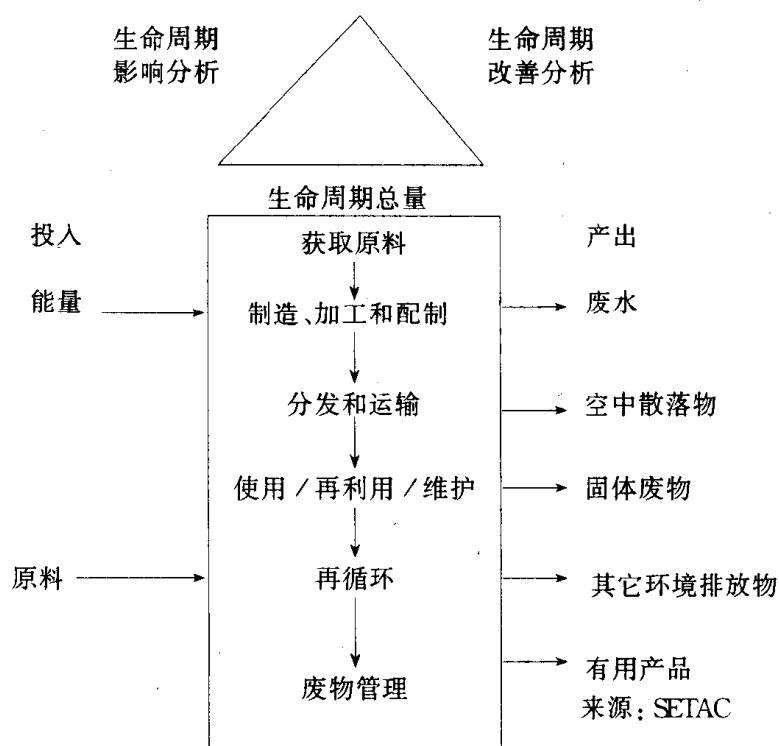


图1 生命周期评价（LCA）

一个指定产品的 LCA 的基本方法可用图 1 示意说明，它包括：（1）总量分析，（2）影响分析，（3）改善分析。总量分析是对一个指定产品从原料到废物管理的生命周期之投入—产出的资料，因此被称作“从摇篮到坟墓的分析”。可以用“腐蚀破坏”，而不需用“包含的能量”和/或“CO₂ 排放量”的观点，来进行这一分析。

在系统的总量数据基础上选择最好的解决方法，而不是局部的或暂时的解决方法，这取决于“影响分析”做出的判断。对于环境问题，目前这种方法有分散的倾向，而且花费时间。另一方面，可以由工业经验、来自世界的信息以及有些时候我们道德上的决定做出改善分析。

腐蚀防护已成为一门系统技术。像在油、气生产系统这种腐蚀性很强的环境中，用于腐蚀防护的投资很大，因为腐蚀在经济上起主要作用。但是在诸如海水、地下水、潮湿和干燥的生活环境这种比较温和的环境中，从一个指定产品的生命周期来看，腐蚀防护只是局部的和暂时的。在这种场合，虽然由维修和意外的短寿命所引起的全部腐蚀损失对社会而言是巨大的损失，但在具有竞争性的市场上，初始价格是重要的。

图 2 根据能量、空气污染、水污染和固体废物对不同的软饮料包装进行了比较说明。对于一种短生命周期的盛装流动液体的产品，再利用或再循环的可能性是关键技术之一。仅凭这一信息，你可能还不能对啤酒的包装做出选择，还需要有关包括一个社会收集系统的再循环的信息，此外要了解在当地有没有某一种材料以及供应指数。供应指数被定义为一种元素的世界使用率同它在世界上的储量的比值。

现在，为了使钢罐的一端容易打开，采用了铝合金，这造成再循环中额外的能量消耗。如果我们能用某种方法，比如说脆化的方法，破坏钢罐的底部，那么对世界的贡献将是巨大的。人们已经系统地研究了在流体产品的整个生命周期中的防腐、环境卫生保护及安全措施的设计。

人们将采用新开发的玻璃瓶铸模材料，这种铸模材料是一种 Fe-Al-Cu 合金。采用这种新材料可以大大减少铸模的腐蚀损失和玻璃瓶的表面缺陷、提高生产率并减小瓶子的重量，以利于降低运费。

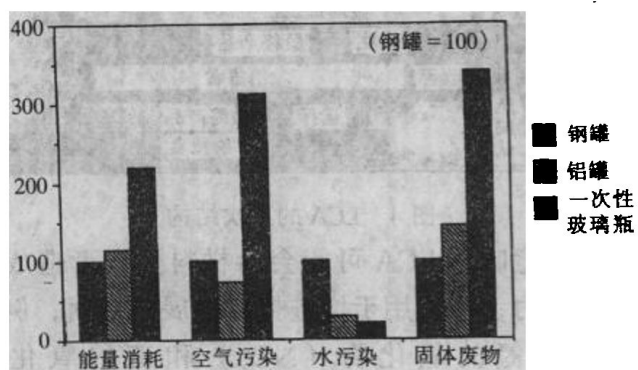


图 2 软饮料的 LCA (日本消费者合作工会)

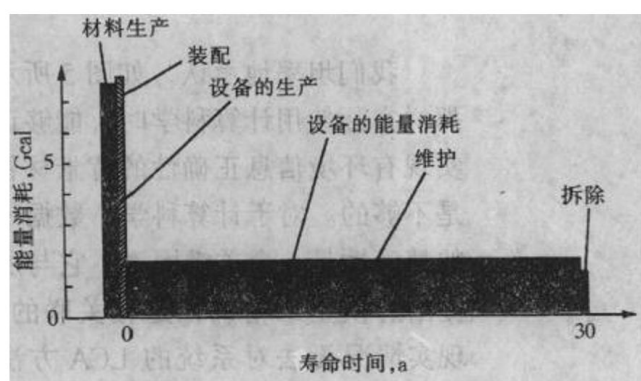


图 3 房屋和建筑的生命周期能量消耗

$$1 \text{ Gcal} = 4.1868 \times 10^9 \text{ J}$$

腐蚀防护，其设计寿命预期可达一二百年。

在报告中我们将介绍一些大型、永久性设施的例子（如日本正在设计的 Mega 水上机场系统）以及世界上最长的吊桥的腐蚀防护的实践。通过 LCA 分析，可以更清楚地向公众说明腐蚀的含意。

对日本的标准住房建筑的总量分析，作为一般产品的 LCA 的例子示于图 3。它清楚地表明，由材料生产和建设所造成的初始开支或能量消耗与它们生命的其余部分相比，仍然是较小的。我们还将根据原始设计中的空调和所使用的材料对能量消耗做精确的分析。眼下，由于一些环境法规即将出台，所以对于房屋、建筑和汽车行业非常需要有一种无铬酸盐处理的腐蚀防护技术。

在考虑到防止地震的安全设计，考虑到生命周期费用随着延长寿命带来的节约，考虑到无需因拆掉混凝土而节省了额外开支，使用钢梁进行社会基础设施建造并坚持进行

3 LCA 体系，模型和数据库的不连续性

正如在这篇报告的开始所提到的，IE 对于一个指定产品的全部生命周期的方法论。由于在不同的生产者之间存在着如图 4 那样的层次关系，因此靠近生产线尾部的生产者可以有较多的选择。

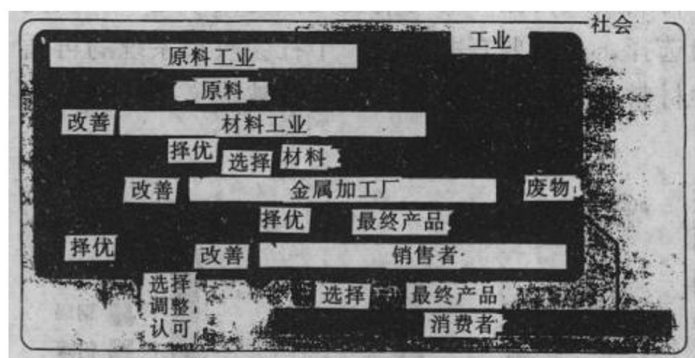


图 4 LCA 的层次结构

这意味着 LCA 可能会给材料生产者造成较大的压力，除非用于增进持续发展的费用，例如为减少氮的氧化物 (NO_x) 和硫的氧化物 (SO_x) 所需的费用，能在市场价格中（所谓的转嫁价值）支付。照此办理的话，在未来的经济中就要考虑环境的价值，从而市场无形的手将把 IE 引导到一个积极的方向上去。

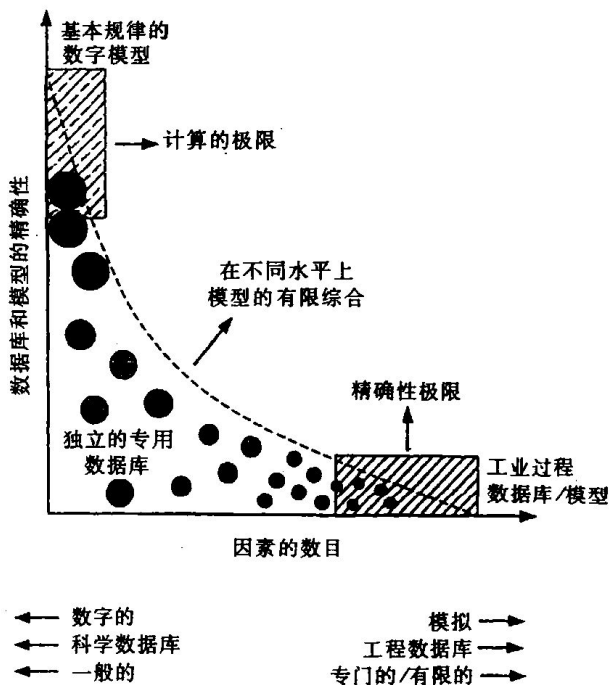


图 5 数据库和模型适用范围的分类

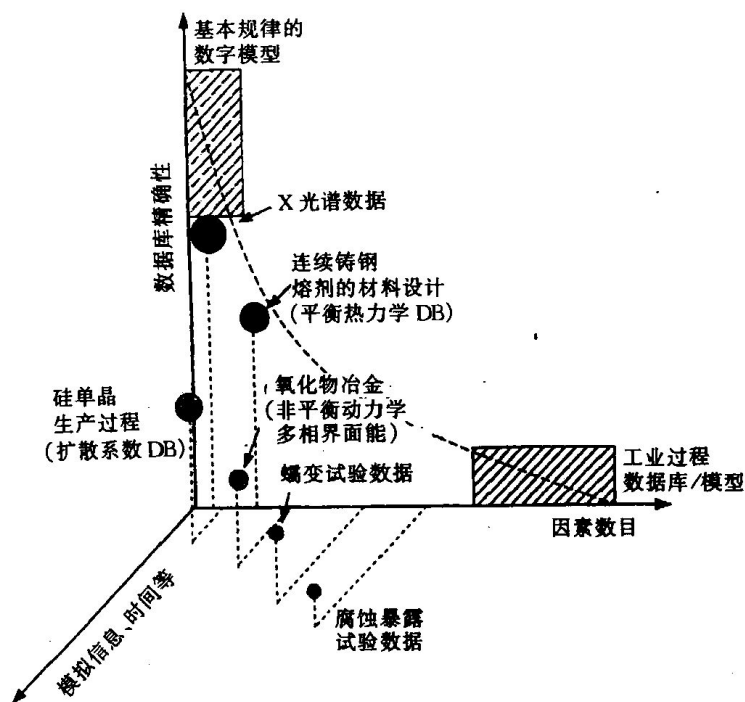


图 6 数据库和模型与时间和环境的关系

我们坦率地承认，如图 5 所示那样实际使用计算科学时，能够证实有环境信息正确性的背景材料是不够的。对于计算科学，数据库的精确性是一个关键因素，它与所提出的模型的精确性是相关联的。现实情况无法对系统的 LCA 方法提供支持。

为了对寿命和维修进行预报，我们需要建立腐蚀防护的数据库系统。现已有许多专门的模型和数据库，但不能兼容通用。如果在图 6 中加上时标，可以实际应用的数据和模型还要少得多。

4 腐蚀防护的国际网络及其对持续发展的贡献

为了将来的持续发展,我们共同面对着全球性的问题。其中的一个问题是在大多数情况下,除铁和铝以外的主要工业金属元素的供应指数均低于 50 年,其中也包括设计耐蚀材料和腐蚀防护所需要的元素,如钴、铬、钼、镍、铜、锡和锌^[2]。

现在或许是我们所有的人遵循工业生态学思考腐蚀的重要性的时候了,例如获得工业应用所需要的那些元素的可能性、通过 LCA 定量评价基础结构总费用的降低、以经济可行的方法进行较长寿命的设计,以及为工业产品的整个生命周期开发腐蚀防护系统。为了下一代,我们这些专业工程师和科学家能为社会的延续做出我们的贡献。

5 小 结

(1) 对产品整个生命循环而言,IE 的概念和 LCA 的实践在鉴别隐蔽的腐蚀问题和对它们进行评价时,对腐蚀界是非常有用的。在 LCA 的实践中,应把腐蚀损失和可能的预防措施综合考虑。

(2) 大型结构或大量产品腐蚀防护系统的公布,作为达到持续发展的关键技术具有社会意义。

(3) 为了使腐蚀预测更可靠,特别是对那些寿命为一二百年的腐蚀防护系统的预测更可靠,我们需要开展国际合作,以科学地认识腐蚀现象,建立评价材料和结构性能的可靠数据库。

参 考 文 献

- [1] T. E. Graedel and B. R. Allenby, *Industrial Ecology*, Prentice Hall, 1995
- [2] B. R. Allenby and D. J. Richard ed., *"The Greening of Industrial Ecosystems"*, National Academy Press., 1994

(原文载于 13th ICC Paper 001)

基础腐蚀研究是进步，退步，还是停滞不前

Jerome Kruger^①

杜翠薇 陈 卓 译 吴荫顺 审校

摘要 本文通过回顾过去 50 多年来有关基础腐蚀科学的专题研讨会和会议，考察了 20 世纪末基础腐蚀研究的状况。考察按时间顺序由以下几个时间段组成：“过去”——35~40 年前，“现在”——最近 5 年至今，“将来”——当代腐蚀科学研究前沿。

1 引 言

我选择的课题相当具有挑战性，它关系到腐蚀科学研究的一个领域，而这是我整个事业的中心。基础腐蚀研究（腐蚀科学）就是力图提高我们对腐蚀控制过程的认识，从而为控制材料腐蚀——腐蚀工程的持久性目标——提供新方法和改进已有的方法。

对一个腐蚀科学工作者来说，该课题的难点在于已有一些人研究，而你在研究该课题时要尽量不加入个人观点以免产生偏见。我将尽力避免带有个人偏见的评价，可能不完全成功。也许，将来会有其他人致力于更客观的评价。然而，我认为，看一看一个从事基础腐蚀研究并致力于发展腐蚀科学的人的个人观点，会有所启迪的。

2 方 法

为了便于研究，我准备分几个时间段来考察腐蚀科学家在“过去”和“现在”时段的工作。为此，我选择的“过去”时间段为 35~40 年前，“现在”时间段为最近 5 年左右。第一批“数据”来源于 1961 年（“过去”）举行的第 1 届国际金属腐蚀会议^[1]和 1993 年举行的第 12 届国际腐蚀会议^[2]（注意会议名称的变化）的比较，1957 年举行的第 1 届国际金属钝化研讨会^[3]和 1994 年举行的第 7 届国际钝化研讨会——金属钝化和半导体^[4]（注意研讨会名称的变化）。

除了选用在这两种国际会议上发表的一些腐蚀科学论文，还将考察四个指定的领域。因为不能对所有或绝大多数腐蚀基础课题都进行研究，所以一些同样是重要的课题（如高温氧化），未予论述。选中的四个研究领域是腐蚀科学界感兴趣的，更重要的是我们曾为之大加争论。这些领域通常是有争议的，因而也最有意义，在我看来也是最重要的。这四个研究领域是全面腐蚀、钝性及其破坏、应力腐蚀开裂、点蚀和缝隙腐蚀。将通过考察所采用的技术、所建议采用的概念以及令腐蚀科学界振奋的新型材料来讨论这些研究领域。这些基础领域的考察，都基于我并不完整的记忆和个人的观点。我将回到 30~40 年前去考察“过去”的研究情况。

① Department of Materials Science and Engineering, The Johns Hopkins University.

考察了“过去”和“现在”之后，我将对未来做一些推测，也许有些草率甚至牵强（毕竟我不具有任何预言的天赋）。这么做仅仅是要考察一下某些当今比较前沿的课题，这些课题，在我个人看来正在开辟新的天地，因而可能指出未来的方向。这些研究将被称作“未来发展的里程碑”。

3 过去和现在的国际腐蚀会议和国际钝化研讨会

我的信息来源于会议和专题研讨会。这里选用两种会议来陈述在每个给定时间段内进行的基础腐蚀研究。这两种会议，正如前面所提到的是国际腐蚀会议和国际钝化研讨会。选择后者是因为本人大部分研究工作都致力于该领域，而且我个人看来，钝化是腐蚀研究许多基本方向的代表之一。所有的腐蚀归根到底都是由我们称之为钝化膜的保护膜发生破裂而引起的。

3.1 第一届国际金属腐蚀会议——伦敦，1961

从基础研究部分选出的代表性论文：

- (1) A1 阳极氧化层多孔结构的电子光学研究——M. G. Holló（应用电子显微镜研究起控制腐蚀作用的薄膜）；
- (2) 我对于腐蚀的兴趣所在——D. A. Vermiyea（表面的晶格结构、缺陷与腐蚀）；
- (3) 影响气体与金属初始反应的因素——M. Wyn Roberts（在低温下应用真空技术研究氧化薄膜的形成）；
- (4) 钝化金属点蚀的电化学研究——U. F. Franck（点蚀产生的现代电化学研究）。

3.2 第12届国际腐蚀会议——休斯顿，1993

从各个部分选出的代表性论文：

- (1) 空位凝聚是钝性的先兆——D. Macdonald（点蚀产生的新理论）；
- (2) Ni 表面钝化膜的原子结构——Marcus, Talah, Maurice（运用先进的表面分析技术研究钝化膜）；
- (3) 非晶态铬—钒用铅锡黄铜合金的耐蚀性——Hashimoto, Kim, Akiyama, Habazaki, Kawashima, Asami（运用先进技术研究新型合金金属玻璃）；
- (4) 一种平面滑移材料 TSCC 的全塑性微裂纹模型——Flanagan, Wang, Zhu, Lichter（穿晶应力腐蚀开裂机理的新理论）；
- (5) 运用 X 射线吸收光谱法原位研究钝化膜的化学性质——Davenport, Vardwell, Isaacs, MacDougall（需用同步加速器 X 射线辐射源的新型表面分析技术的应用）。

3.3 第一届国际金属钝化研讨会——Heiligenberg，1957

选出的代表性论文：

- (1) 钝化膜的结构——K. Huber（钝化膜结构的早期研究）；
- (2) 铁在铬酸盐溶液中的钝性 I：钝化膜的结构与成分——M. Cohen, A. F. Beck（应用阴极还原技术测定钝化膜的结构与成分）；
- (3) 合金的电子分布与钝性——H. H. Uhlig（合金钝化新理论）；
- (4) 热力学及电化学动力学在研究钝化现象中的应用——M. Pourbaix（Pourbaix 图在钝化和全面腐蚀研究中的早期应用）；
- (5) 通过高频下测量电极阻抗研究金属的钝性——B. N. Kabanov, D. I. Leikis

(交流阻抗技术在钝化研究中的应用)。

3.4 第7届钝化研讨会：金属的钝化与半导体——Clausthal, 1994

选出的代表性论文：

(1) 钝化膜的 STM 和 AFM 研究——P. Marcus, V. Maurice (隧道扫描显微镜和原子力显微镜在钝性研究中的应用)；

(2) 确定钝化膜成分的方法：XPS, AES 及 SIMS 的最新动态——D. Landolt, P. Schmutz, H. J. Mathieu (运用先进的表面分析技术测定钝化膜的成分)；

(3) 钝化层的电子结构：新计算方法及其结果——N. Yu and J. W. Halley (电子结构理论发展中的新计算方法)；

(4) 单电极电位的物理概念——N. Sato (电极电位的电化学新概念)；

(5) 运用椭圆反射测量术研究 $(\text{Fe}_{1-2}\text{Cr}_2)_{83}\text{B}_{17}$ 玻璃态金属的钝化——D. Huerta, K. E. Heusler (玻璃态金属合金钝化的原位光学研究)；

(6) 用扫描电镜得到奥氏体不锈钢点蚀位置的原位离子成像——H. Tanabe, Y. Yamura, T. Misawa (运用新技术研究伴随钝化膜破裂的点蚀的产生)。

3.5 “过去”和“现在”的会议比较

“过去”和“现在”会议的最大区别(上面给出的几篇论文还没有完全体现出来)在于是否运用了有效的电化学和非电化学新技术，特别是“现在”的会议。“现在”，出现了非常有效的新型光谱技术和显微技术的萌芽，这些光谱技术和显微技术利用的是电磁辐射(从红外线到 X 射线)、电子、中子、质子以及正电子。电化学技术则得益于新型测量仪器(如快速恒电位仪)和计算机的应用。交流阻抗技术的大量运用尤其得益于这些设备。

尽管从对“过去”和“现在”会议的比较，可以看出主要的进步是采用了大量有效的新技术来更好地研究腐蚀过程，但新理论和新材料也在发展。下一部分，将讨论基础研究的 4 个指定领域，同样采用对“过去”和“现在”的会议进行比较的方式。

4 四个研究领域的考察

要考察的 4 个研究领域：(1) 全面腐蚀；(2) 钝性及钝性的破坏；(3) 应力腐蚀；(4) 点蚀和缝隙腐蚀。

4.1 “过去”阶段

4.1.1 全面腐蚀

在美国一次哥尔登腐蚀研讨会上，提出并讨论了最新的腐蚀研究，其中引人注目的是“过去”对于全面腐蚀的认识。发言人谈及他的腐蚀研究方法——极化曲线及其相应结果。他宣称这已足够，并相信腐蚀研究中不需要“图片摄像”，换句话说就是不需要那时已经能够实现的光学或电子光学显微镜来检查腐蚀表面。

进一步的全面腐蚀研究包括以下方面，但并不局限于此：

恒电位仪在腐蚀研究中的应用——恒电位技术是大约 50 年前引入的，并且引发了大量的腐蚀研究。它是研究腐蚀反应非常有用的一种工具，因为用它可以选择一个恒定电位，从而设定了所研究的腐蚀反应的驱动力，以此来研究腐蚀过程。

单晶体表面的研究——实际上，它是一种新材料。在单晶表面可以进行深入研究，因为这些表面可以揭示结构对腐蚀过程的影响。这仍是基础腐蚀研究中很有效的方法。

异常价态，“差异效应”——这是一个很有争议的领域。锰是对其进行了广泛研究的主要元素。用法拉第定律，人们可以探测到意外的材料损失，一些腐蚀科学家归因于一种异常价态。这种解释受到另一些人的反对，他们认为腐蚀过程中观察到的失重比预计的大是他们所谓的“碎块”效应造成的（从腐蚀表面脱落的金属小颗粒或晶粒），并不存在异常价态。

缓蚀理论——不少研究人员致力于发展关于有机缓蚀剂的结构与它们对提高缓蚀率的作用的概念，另一些研究则致力于无机缓蚀剂的进一步研究。后者主要是由研究钝化膜（无机缓蚀剂，如重铬酸钾产生的膜）性质的科研人员在进行。

用直流和交流技术进行腐蚀电化学研究——腐蚀研究中引入了诸如电化学阻抗谱图、循环伏安法、脉冲技术等电化学方法是已“过去”阶段的事，是恒电位仪新功能的产物。

Pourbaix 图——“过去”的主要进展之一是发展和运用了 Pourbaix 图。这些图价值不菲，功能卓著，展示了腐蚀热力学性质，并且可以据此确定可能发生的腐蚀反应的条件。

“过去”的其它进展——“过去”阶段另两个值得一提的进展是添加贵金属对钛合金腐蚀的影响和冷加工对腐蚀的影响。

4.1.2 钝性和钝性的破坏

吸附膜（二维膜）理论和氧化膜（三维膜）理论之争——虽然展开讨论不多，但这个理论过去乃至现在都颇多争议。对于钝化膜的性质持两种相反观点，即 Uhlig and Kolotyrkin 学校的观点（化学吸附氧的二维膜）和 U. R. Evans 学校的观点（三维氧化物膜）。

用电子衍射技术研究钝化膜的结构和成分——“过去”期间，电子衍射技术（大多数情况下用电子显微镜）的应用逐渐频繁。这一强有力的工具被用于测定金属或合金表面极薄的钝化膜的结构和成分。

钝化膜形成和破裂的动力学——电化学技术、微电流检测技术和光学（椭圆测量术）技术用于钝化膜生长和破裂速度的原位研究，以获得对钝化膜形成机理的深入了解。

用放射性示踪元素确定钝化膜中新物质的进入——这些技术可以测定进入钝化膜的合金元素（如 Cr）或破坏性离子（如 Cl^- ）。

钝化性缓蚀剂的钝化机理——传统类型的铬酸盐缓蚀剂和原子时代的特效缓蚀剂（高铈酸盐，由于其不可多得而尚待研究）的缓蚀机理都进行了广泛的研究。

用椭圆测量术研究钝性的破坏——用光学技术、椭圆术光谱和传统椭圆测量术可以原位观察到氯离子在钝性破坏阶段进入钝化膜，这时点蚀初始发生阶段结束。

其它进展——另一个引人注目的进展是把电子排布理论引入合金钝化和钝化膜成分的阴极还原研究中。

4.1.3 应力腐蚀

膜破裂—修复理论——这一理论仍有许多拥护者。该理论认为应力使膜破裂，其修复速度（再钝化速度）决定开裂是否发生。

引入慢应变速率和断裂力学方法——腐蚀科学家用这两种方法来探求应力腐蚀的电化学特性（该特性决定了保护膜修复或再钝化速度）和一定几何形状的试样上外加应力的力学特性（该特性通过控制试样的应变速率来影响钝化膜的破裂速度）。这两种方法不仅仅是腐蚀科学家的工具，而且为腐蚀工程师提供了一种检测合金的应力腐蚀开裂敏感性的有效方法。

其它发展——对应力腐蚀的复杂过程的进一步研究还包括：确认氢的重要作用、氢脆机理的理论、微观结构的作用，例如无析出区、裂纹微观环境的影响以及应力腐蚀开裂中堆积