

石油·化工实用防腐蚀技术

第 5 册

腐蚀试验方法

兰州化学工业公司化工机械研究所组织编写

燃料化学工业出版社

石油、化工实用防腐蚀技术

第 5 册

腐蚀试验方法

兰州化学工业公司化工机械研究所组织编写

燃料化学工业出版社

内 容 简 介

“石油、化工实用防腐蚀技术”一书共包括金属腐蚀基本理论；电化学保护和缓蚀剂；耐腐蚀金属材料；金属镀层及衬里；金属和非金属试验方法；表面处理技术和涂料；树脂和玻璃钢；塑料；橡胶衬里；不透性石墨；耐酸砖板；陶瓷、玻璃、搪瓷和木材；建筑结构防腐蚀等部分。全套书分册出版。

本册是“腐蚀试验方法”部分，由吉林化工研究院、吉林省应用化学研究所、兰州化学工业公司化工机械研究所编写。除介绍金属和非金属材料的一般腐蚀试验方法之外，还叙述了金相显微分析，电化学测量，晶间腐蚀、应力腐蚀、氢脆等特殊腐蚀试验方法，现场挂片、模拟和实物试验方法，天然条件下的腐蚀试验及其他腐蚀试验方法。非金属材料耐腐蚀性能试验方法，重点放在塑料方面，对其他几种常见的非金属材料的耐腐蚀性能试验方法也作了介绍。

本书可供从事石油、化工防腐蚀的技术员、实验室工人参考，也可供大专院校有关专业师生参考。

石油、化工实用防腐蚀技术

第 5 册

腐 蚀 试 验 方 法

(只限国内发行)

兰州化学工业公司化工机械研究所组织编写

燃料化学工业出版社 出版

(北京安定门外和平北路16号)

燃料化学工业出版社第二印刷厂 印刷

新华书店北京发行所 发行

开本 $850 \times 1168\frac{1}{32}$ 印张 $3\frac{7}{8}$

字数96千字 印数1—11,550

1974年6月第1版 1974年6月第1次印刷

书号15063·内514 (化-82) 定价0.50元

毛主席语录

在生产斗争和科学实验范围内，人类总是不断发展的，自然界也总是不断发展的，永远不会停止在一个水平上。因此，人类总得不断地总结经验，有所发现，有所发明，有所创造，有所前进。

人的正确思想是从那里来的？是从天上掉下来的吗？不是。是自己头脑里固有的吗？不是。人的正确思想，只能从社会实践中来，只能从社会的生产斗争、阶级斗争和科学实验这三项实践中来。

打破洋框框，走自己工业发展道路。

前 言

建国二十三年来,石油、化工战线上的广大革命职工在毛主席的无产阶级革命路线指引下,高举“工业学大庆”光辉旗帜,团结战斗,使石油、化学工业迅速改变了旧社会遗留下来的极端落后的面貌,并以飞快的速度向前发展。

随着石油、化学工业的发展,石油、化工设备的防腐蚀工作得到了重视,近年来发展很快,成绩很大。从事石油、化工防腐蚀工作的广大职工,发扬“自力更生”、“艰苦奋斗”的革命精神,使防腐蚀工作从无到有,从小到大,至今已形成比较完整的体系。特别是无产阶级文化大革命以来出现了设备防腐和材质革新相结合、设备防腐和设备维修相结合、群众性防腐和专业队伍防腐相结合的新局面。

工程塑料、玻璃钢、不透性石墨、硅酸盐材料等非金属材料,已经广泛并有效地用来制作各种石油、化工设备,这大大地扩大了耐腐蚀材料的来源,并成为我国防腐蚀工作的一个特色。

我国冶金工业部门研制了一系列适合我国资源条件的耐腐蚀钢种,并在石油、化工生产上有成效地应用;喷、镀、渗、涂、衬等防腐蚀施工方法已为广大防腐蚀工作人员所掌握,并广泛运用;近年来,电化学保护和缓蚀剂等防腐技术也得到了相应的发展。所有这些,解决了现场许多设备腐蚀问题,有力地促进了石油、化工生产的发展。

防腐蚀工作是杜绝生产中的跑、冒、滴、漏和保证设备连续运转、安全生产的重要手段之一,也是贯彻执行建设社会主义总路线多快好省地发展石油、化学工业的一项有力措施。防腐蚀工作由于其重要性愈益受到重视,防腐蚀群众运动正以更大的规模向深度和广度发展。

为适应石油、化学工业防腐蚀工作的进一步发展,为满足广大防腐蚀工人、技术人员学习、掌握腐蚀基础理论和防腐蚀技术

知识的要求，我们受燃料化学工业出版社的委托，组织有关生产厂矿、科研设计部门和高等院校等28个单位编写了本书。本书旨在全面地总结二十多年来我国石油化工战线防腐蚀施工技术经验，力求内容适合国情、简明实用。在编写过程中，我们遵照毛主席“**群众是真正的英雄**”的教导，分赴全国各地100多个单位进行了调查，并带稿下厂，组织以工人为主体的三结合审查，虚心向工人同志请教，充分听取各方面的意见。编审工作得到了各个单位广大工人、干部和技术人员的大力支持和帮助，在此我们谨向有关单位和同志表示感谢！

由于防腐蚀技术涉及的范围比较广泛，我们编写这样一本综合性的科技图书，经验不足，水平有限，一定存在缺点和错误，希望广大读者批评指正。

〈石油、化工实用防腐蚀技术〉编审组

参加编写单位：

化工机械研究所

太原化工厂

大连化工厂

大连工学院

吉林染料厂

锦西化工厂

北京化工学院

北京化工厂

兰州炼油厂

天津染化五厂

吉林化工研究院

吉林省应用化学研究所

化工第八设计院

上海焦化厂

沈阳化工机械实验厂

北京化工搪瓷厂

宜兴非金属化工机械厂

四平市玻璃厂

上海第六制药厂

广州市化工研究所

广州氮肥厂

重庆塑料厂

涂料研究所

兰州化肥厂

兰州合成橡胶厂

第五化工建设公司

锦州石油六厂

兰州化工厂

目 录

前言

第一章 金属材料的腐蚀试验方法.....5-1

第一节 工业金属实验室一般腐蚀试验方法5-1

一、试件的准备5-1

1. 试件材质和尺寸5-1

2. 试件表面的处理5-2

二、试验设备和装置5-3

三、试验条件5-5

1. 试验介质5-5

2. 试件的支放5-6

3. 试验时间5-6

四、腐蚀产物的清除5-6

1. 机械法5-7

2. 化学法5-7

3. 阴极去膜法5-8

五、结果的评定5-9

第二节 金相显微分析方法5-10

一、金相显微分析操作步骤5-10

1. 样品的制备5-10

2. 金相显微观察5-13

二、金相显微分析在腐蚀试验中的应用5-15

第三节 电化学测量方法5-16

一、电位—时间曲线法5-16

1. 电位—时间曲线的测量5-16

2. 电位—时间曲线的应用5-20

二、极化曲线法5-22

1. 原理5-22

2. 恒电流极化曲线法5-25

3. 恒电位极化曲线法5-31

第四节 特殊腐蚀试验方法5-40

一、晶间腐蚀试验方法	5-40
1. 试样的制备	5-40
2. 试验方法	5-42
3. 试验装置与操作条件的控制	5-42
4. 评定方法	5-46
5. 试验方法的适用范围	5-54
二、应力腐蚀破裂试验方法	5-55
1. 试件加力的方法	5-55
2. 试件应力的测定	5-60
3. 侵蚀介质的选择与加速试验	5-64
4. 评定方法	5-65
三、硫化氢腐蚀裂开(氢脆)试验	5-66
1. 化学充氢—弯曲法	5-66
2. 化学充氢—拉伸法	5-67
3. 电化学充氢—拉伸法	5-69
4. 恒负荷下的腐蚀裂开试验	5-70
第五节 现场挂片、模拟和实物试验方法	5-70
一、现场挂片试验	5-70
1. 腐蚀情况及影响因素的调查	5-71
2. 挂片设备及部位的确定	5-71
3. 挂片试样	5-73
二、现场模拟试验	5-74
三、现场实物试验	5-76
第六节 天然条件下的腐蚀试验方法	5-77
一、大气腐蚀试验方法	5-77
1. 大气腐蚀试验站	5-77
2. 大气腐蚀样品的制备及测定	5-79
二、海水腐蚀试验	5-80
1. 海水腐蚀试验方法	5-80
2. 海水腐蚀试验站的建立	5-80
3. 样品的制备、试验条件及样品的检查	5-81
三、土壤腐蚀试验	5-81
1. 试样	5-82
2. 试验点的确定	5-82

3. 试件的埋藏	5-82
4. 埋藏点的管理及试件的挖掘	5-83
第七节 其他腐蚀试验方法	5-84
一、高温高压腐蚀试验	5-84
二、煤气—硫化氢—水蒸汽的加压腐蚀试验	5-86
三、点腐蚀试验	5-87
四、电偶腐蚀试验	5-88
五、室内人工加速腐蚀试验	5-88
1. 湿热试验法	5-88
2. 盐雾喷雾试验法	5-89
3. 气体腐蚀试验	5-92

第二章 非金属材料耐腐蚀性能试验方法

第一节 塑料耐腐蚀性能试验方法

一、试验方法标准的选择	5-93
二、试验方法	5-94
1. 测定腐蚀前后试样的重量变化率	5-94
2. 测定腐蚀前后机械性能变化率	5-101
3. 应力腐蚀试验	5-104
三、试验结果的评定	5-104
1. 应力腐蚀试验结果的评定	5-104
2. 腐蚀后强度变化的评定	5-104
3. 腐蚀后重量变化的评定	5-104

第二节 橡胶耐腐蚀性能试验方法

一、适用范围	5-107
二、试样	5-107
三、试验操作	5-108
四、试验结果及其评定	5-108

第三节 涂料耐腐蚀性能试验方法

一、试验设备	5-109
二、试验方法	5-109

第四节 胶泥耐腐蚀性能试验方法

一、试样	5-110
二、试验操作与试验结果的计算	5-111

第五节 陶瓷耐腐蚀性能试验方法	5-111
一、耐酸度和耐碱度的测定方法	5-111
二、块状材料耐腐蚀性能试验	5-112
三、测定腐蚀前后机械性能的变化	5-112
第六节 搪瓷耐腐蚀性能试验方法	5-112
一、外观检查法	5-113
二、定量测定法	5-113
1. 试验准备	5-113
2. 试验方法	5-113
3. 试验结果计算及允许误差	5-114
4. 耐腐蚀性能指标	5-114

第一章 金属材料的腐蚀试验方法

金属材料的腐蚀试验方法是研究金属腐蚀的一项重要手段,通过它不但可以鉴定某种金属材料在特定介质中耐蚀还是不耐蚀的结论,而且可以获得腐蚀理论方面的一些知识,进一步发展耐蚀金属材料与防腐措施,推动防腐工作的进一步发展。

金属材料腐蚀试验方法的基本原理是根据金属腐蚀前后重量的变化、机械性能的变化、组织结构的变化或者是腐蚀过程中电极过程的变化等等,来测定腐蚀速度和研究腐蚀的机理。现在我们将分节对这些腐蚀试验方法进行叙述。

第一节 工业金属实验室一般 腐蚀试验方法

本试验方法的基本原理是根据金属腐蚀前后重量、机械性能及其他性能(如金属的光泽、表面状态等)的变化,来测定腐蚀过程的速度与判断材料耐腐蚀的程度。

一、试件的准备

1. 试件材质和尺寸

根据试验的要求,试件材质的化学成分、金相组织状态等要有代表性。试验时不要再用已用过的试件。如要用,应将用过的试件去掉一层表面,以消除原金属表面状态的影响。

试件的大小、形状决定于试验的目的、材料的性质和试验时所采用的装置。为了消除边界效应的影响,要求试件的表面积对重量的比要大,边缘面积对总面积的比要小。通常采用薄的方形、圆形试件可达到此目的。为了便于除去腐蚀产物,测量表面

积以及便于加工, 要求其形状简单。通常试验室所用的试件如表 5—1 所示。

表 5—1 腐蚀试验试件规格

试 件 形 状	试 件 尺 寸	备 注
方 形	50 × 25 × (2~3) 毫米	试件上可钻小孔, 便于 固定在试验支架上
圆 形	φ30~40 × (2~3) 毫米	

试件的数量, 同一试验应不少于三个平行试件。

如果腐蚀效应由机械性能 (如抗拉强度等) 的变化来决定, 应将未试验的空白试件与腐蚀后的试件作对比。机械性能的测定按材料试验的标准规定进行。

2. 试件表面的处理

为了消除金属表面原始状态的差异, 以获得均一的表面状态, 试件需要打磨。一般是由粗砂纸到细砂纸, 或在磨光机上打磨表面到一定的光洁度, 或直接在磨床上加工。金属的工业腐蚀试验, 并不要求表面有很高的光洁度 (如▽7), 而通常要求试件间有较一致的光洁度。如果制作试件时的机械加工已使表面状态符合试验要求, 则此步可以省略。

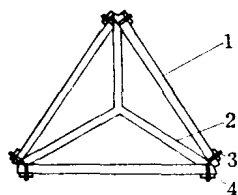
试件要用钢印打上记号, 记号在腐蚀试验中应不易消失。若打记号后产生明显的应力腐蚀和局部腐蚀现象, 则可用另外的方法 (如放置试件的顺序) 编号。编号后精确地测量试件的表面积, 准确度一般要求在 ± 1 % 范围内。

试件须用不含漂白粉的洗涤剂擦洗, 水冲或者用毛刷、软布清除表面沾附的残屑、油污, 然后再用适当的溶剂如无水酒精、丙酮清洗脱脂, 用滤纸吸干, 用干净纸包好, 放入干燥器内干燥, 10~24 小时后即可。也可用电吹风机 (冷风) 吹干。将干燥的试件放在分析天平上称重, 准确度应达 0.1 毫克。应注意的是, 清洗后要迅速干燥, 对于活泼金属的试件, 应避免水洗; 并避免用毛巾或纱布拭干而重新沾上油脂和棉絮造成误差。

二、试验设备和装置

试验设备、装置的选择与设计，要符合生产实际，要便于操作，便于取样、分析。试验时可利用现代化的仪器设备，也可因陋就简，土法上马，充分发挥试验者的主观能动性。下面介绍的是试验室较常用的几种仪器。

室温或80℃以下的全浸或半浸试验，可在带盖的烧瓶或广口瓶中进行，以防止溶液的蒸发和沾污。



搅拌器与试件支架
(试件的安放方法)

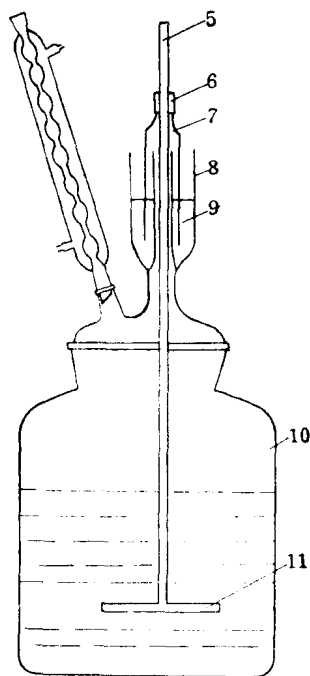


图 5-1 动态腐蚀试验装置

1—试件；2、3—搅拌器；4—固定试件的压帽（用氟塑料板或耐蚀橡皮做成）；5—搅拌棒；6—橡皮套；7—搅拌器套管；8—搅拌器外套管；9—密封液（如水银）；10—广口瓶；11—搅拌器与试件支架

动态腐蚀试验，可用图5-1的装置，试件固定于装置的搅拌器上。

交变浸渍试验，可应用带腐蚀轮的试验装置，如图5-2所示。试件可装于轮的末端。

沸腾腐蚀试验，可用图5-3所示的带有迴流冷凝器的广口瓶或大口三角瓶式的玻璃仪器进行（如晶间腐蚀试验装置）。图5-4

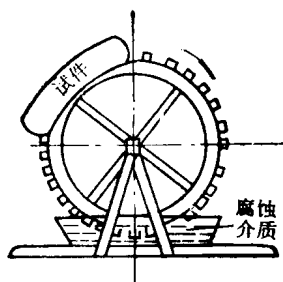


图 5-2 腐蚀轮（交变浸渍试验）试验装置

5—6的装置；阳极保护腐蚀试验，可用图5—7的装置。详见“电化学保护和缓蚀剂”分册。

所示为用于这一目的的铁制或其他材料制的装置，它由迴流冷凝器，500~5000 毫升的夹套蒸馏釜、通气管、温度计套管组成，可用于工厂试验室。

大于 400℃ 的高温腐蚀试验，可以采用图5—5的高温腐蚀试验装置。

阴极保护腐蚀试验，可用图

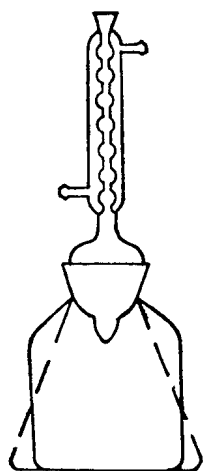


图 5-3 广口瓶或三角瓶式腐蚀试验器

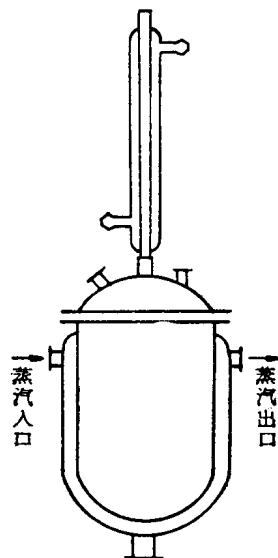


图 5-4 铁制高温腐蚀试验釜

应该指出，上面所介绍的一些试验仪器大多是用玻璃制成的。如果试验介质能腐蚀玻璃时，就需要选用其它耐腐蚀的材料。如在做氢氟酸腐蚀试验时，采用聚四氟乙烯或聚乙烯容器，在做高温氢氧化钠腐蚀试验时，用银作容器。加温装置，可以用水浴

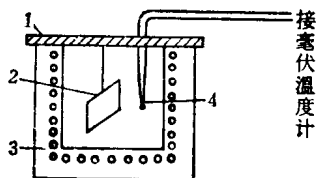
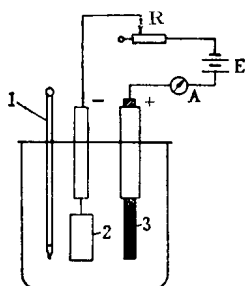
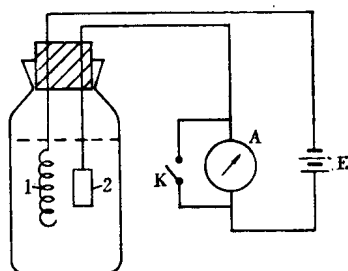


图 5-5 高温腐蚀试验装置

1—石棉盖；2—试件；3—电炉丝；4—热电偶

图 5-6 阴极保护时腐蚀
试验装置示意图1—温度计；2—试件；3—石墨电极；
A—电流计；E—电池；R—可变电阻图 5-7 阳极保护时腐蚀试
验装置示意图1—铂电极；2—试件；K—开关；
A—电流计；E—电池

(90℃以下)、油浴(300℃以下)或砂浴(400℃以下)。常用电炉、煤气加热。采用水银接点温度计、电子继电器、调压变压器等来控制温度，使温度恒定、均匀。

三、试验条件

试验时，温度、压力、介质浓度等试验条件的选择，应根据生产实际情况决定。为了缩短试验时间而进行“加速”试验，可提高介质的浓度、温度，增大搅拌速度等。

1. 试验介质

试验介质可直接取自生产现场，或按现场介质成分配制。配制试验溶液时，应考虑到有害杂质的影响。试验过程中同时还要尽量防止溶液蒸发，发生催化与分解反应，以避免引起介质浓

度、成分和体积的变化。

2. 试件的支放

试件支放应根据试验装置而定。支放时必须保证试件间、试件与支架、试件与容器间的绝缘，不让发生接触腐蚀。同时，还应保证试件表面与介质充分接触。支架应耐介质腐蚀，它可以用玻璃或聚乙烯、聚四氟乙烯（棒条、薄膜或线）等制作。在一个容器里最好放入同一种试件，避免几种材料放在一起而影响试验结果。因为一种金属的腐蚀产物可能影响另一种金属的腐蚀速度，例如铜试件的腐蚀产物会减缓不锈钢的腐蚀，但却加速铝的腐蚀。

试件的装载密度（试件的总表面积对介质的体积比）一般最好与实际情况相符合。

3. 试验时间

试验时间应根据腐蚀规律、试验的性质和目的而定。自然，时间越长，越接近生产实际，得出越可靠的结果。但试验时间也不能无限延长，通常一般材料的试验期限是48、100、200小时（2~8天）。试验时间的考虑是：

（1）腐蚀严重的材料，可进行短期试验。如试验中溶液的颜色发生显著变化，金属迅速溶解，表面积严重减小，试件成片剥落或穿孔，试验就可停止。

（2）生成保护膜的材料，通常要进行长期试验。像铅在硫酸中的溶解，开始腐蚀速度大，等生成保护膜后，腐蚀速度就变得小了。这就需要进行长期试验。在某些介质中，对那些存在边界条件（既可处在稳定的活化区，也可稳定在钝化区）的合金材料，为了观察保护膜成长、破裂前后腐蚀速度的变化，也可能要进行长期试验。

四、腐蚀产物的清除

腐蚀产物的清洗原则是应除去试件上所有的腐蚀产物，而只能去掉最小量的基体金属。有些金属的表面膜附盖牢固，极难去

掉，则可以不除去。通常除去腐蚀产物的方法有机械法、化学法及电解去膜法等。可根据腐蚀产物的疏松程度和具体情况（如试验要求，实验室条件等）选用。

1. 机械法

腐蚀产物疏松，例如土壤、工业大气的腐蚀产物，可用刷子或软橡皮擦洗。

2. 化学法

用去膜剂去膜，再用水冲洗。表5—2列出了常用的几种去膜剂。此法方便、空白失重小，但每一种材料都要选择适当的去膜剂，应用的范围不广。

表 5—2 常用的几种化学去膜剂

材 料	去 膜 剂	时间, 分	温度, °C	注
铝及铝合金	70%硝酸 2%氧化铬的磷酸溶液	2~3 10	室温 78~85	处理后轻擦
铜及铜合金	15~20%盐酸 5~10%硫酸	2~3 2~3	室温 室温	处理后轻擦 "
铅及铅合金	10%醋酸 5%醋酸铵	10 5	沸腾 热	处理后轻擦, 除去 氧化铅 处理后轻擦, 除去 氧化铅或硫酸铅
铁及铁合金	15%氧化铬 + 1%铬 酸银溶液	15	沸腾	处理后轻擦
铁 及 钢	20%氢氧化钠 + 200 克锌粉 浓盐酸 + 50 克/升氯 化锡 + 20 克/升三氯化锡	5 直至清 净为止	沸腾 冷	" "
不 锈 钢	10%硝酸	"	60	要防止带入氯离子
镁及镁合金	15%氧化铬 + 1%铬 酸银溶液	15	沸腾	处理后轻擦
锡和锡合金	15%磷酸钠溶液	10	"	"
锌	100 克/升氢氧化钠 饱和醋酸铵溶液	15 直至清 净为止	室温 "	" "