


防腐涂料生产 与应用技术



编著

陈人金

● 中国建材工业出版社

防腐涂料生产与应用技术

沈钟吕 周 山 陈人金 编著

中国建材工业出版社

(京) 新登字177号

内 容 提 要

该书全面系统地介绍了目前国内生产的各种防腐涂料。书中详细地介绍了各种防腐涂料的配方、性能指标等有关数据和用途。并对防腐涂料的施工和应用技术与注意事项都有详细的说明。可供从事防腐涂料的研究、生产以及施工人员使用，亦可作为大专师生教学参考用书。

防腐涂料生产与应用技术

中国建材工业出版社

(北京百万庄国家建研局内·邮编100831)

新华书店科技发行所发行·全国新华书店经售

北京市海淀区东华印刷厂印刷

开本787×1092毫米 1/32 印张：6.125 字数：13.6千字

1994年10月第一版

1994年10月第一次印刷

印数1~5000册

ISBN 7-80090-079-7/TB·26 定价5.80元

序 言

金属材料与外界的化学反应引起的消损在我国约占同其工农业总产值的2%左右，石化部门高达3.97%。1980年鞍钢仅腐蚀所造成的经济损失相当于同年利润的7%，1990年扬子石化公司仅管道保温外护层——锌皮腐蚀穿孔，每次维修和更新费用近百万元。金属腐蚀遍及国民经济许多部门，在节能降耗要求下，防腐蚀对于提高工业、建筑业的资源利用率，增加经济效益显得越来越重要。所以“七五”时期防腐涂料的生产与应用得到飞跃发展。根据防腐专家们计算，推广应用1万吨防腐涂料，可为国家节约资金2.5亿元，节约原料2万吨，节约标煤1万吨，经济效益十分明显。太原钢铁公司动力厂15万m³煤气柜开始使用船底漆作为防腐涂层耗资21万元，使用一年多锈蚀严重，1986年改用江苏省武进化工防腐材料厂生产的氯磺化聚乙烯涂料，总费用19万元，至今已用四年，还可使用1~2年，相比之下，前者年维修费是20万元后者仅4.7万元，用户涂刷一次可省费用100万元左右。《防腐涂料生产与应用技术》虽是一本小册子，但它是国内第一本比较系统地总结了国内防腐涂料多年生产与应用技术的专著，它的内容来自实践，深入浅出，可对一般实践起指导作用。无疑阅读这本书对广大从事这方面工作的将有所裨益。并将为我国防腐事业作出自己的贡献。特为之序。

许溶烈

目 录

| | |
|--------------------------|-------|
| 第一章 绪论 | (1) |
| 第二章 金属腐蚀原理 | (3) |
| 一、金属腐蚀概念..... | (3) |
| 二、化学腐蚀基本原理..... | (3) |
| 1.金属表面膜概念..... | (4) |
| 2.生成表面保护膜的条件..... | (4) |
| 3.表面膜形成过程及成长规律..... | (5) |
| 4.影响表面膜的因素..... | (6) |
| 三、电化学腐蚀基本原理..... | (7) |
| 1.腐蚀电池..... | (7) |
| 2.影响金属电化学腐蚀的因素..... | (8) |
| 第三章 防腐蚀涂料种类 | (11) |
| 一、防腐蚀涂料的特点和作用..... | (11) |
| 1.防腐蚀涂料特点..... | (11) |
| 2.防腐蚀涂料的作用..... | (12) |
| 二、酚醛树脂防腐涂料..... | (18) |
| 1.酚醛耐酸涂料..... | (14) |
| 2.醇溶性热固型酚醛防腐涂料..... | (15) |
| 三、环氧防腐涂料..... | (17) |
| 1.胺固化环氧防腐涂料..... | (17) |
| 2.聚酰胺固化环氧防腐涂料..... | (19) |
| 3.环氧沥青防腐涂料..... | (19) |
| 4.无溶剂环氧防腐涂料..... | (21) |
| 5.环氧酚醛防腐涂料..... | (22) |

| | |
|-------------------|------|
| 6. 粉末环氧防腐涂料 | (24) |
| 四、 乙烯树脂防腐涂料 | (24) |
| 1. 过氯乙烯防腐涂料 | (25) |
| 2. 氯醋共聚树脂防腐涂料 | (27) |
| 3. 氯乙烯、偏氯乙烯防腐涂料 | (28) |
| 五、 聚氨酯防腐涂料 | (30) |
| 1. 多羟基化合物固化的聚氨酯涂料 | (30) |
| 2. 烘干型封闭聚氨酯涂料 | (35) |
| 3. 湿固化聚氨酯涂料 | (37) |
| 4. 催化湿固化聚氨酯涂料 | (39) |
| 六、 呋喃树脂防腐蚀涂料 | (40) |
| 1. 呋喃树脂主要品种 | (40) |
| 2. 呋喃系列防腐涂料 | (43) |
| 七、 橡胶类防腐涂料 | (46) |
| 1. 氯化橡胶防腐涂料 | (46) |
| 2. 氯丁橡胶防腐涂料 | (47) |
| 3. 丁基橡胶防腐涂料 | (49) |
| 4. 氯磺化聚乙烯防腐涂料 | (50) |
| 八、 国内外防腐涂料新品种 | (66) |
| 1. 新型氟树脂防腐涂料 | (66) |
| 2. 氯化聚醚防腐涂料 | (67) |
| 3. 玻璃鳞片防腐涂料 | (68) |
| 4. 耐高温防腐涂料 | (69) |
| 5. 氯化聚丙烯防腐涂料 | (70) |
| 6. 高固体份防腐涂料 | (71) |
| 7. 水性防腐涂料 | (71) |
| 8. 无机防腐涂料 | (72) |
| 第四章 涂料质量检测 | (73) |
| 一、 物理形态检测项目 | (74) |

| | |
|-------------|------|
| 1. 外观 | (74) |
| 2. 细度 | (74) |
| 3. 粘度 | (75) |
| 4. 比重 | (76) |
| 二、涂料组成检测项目 | (76) |
| 1. 固体含量 | (76) |
| 2. 酸值 | (76) |
| 三、储存性能检测项目 | (77) |
| 1. 结皮性 | (77) |
| 2. 贮存稳定性 | (77) |
| 四、涂料施工性能检测 | (78) |
| 1. 遮盖力 | (78) |
| 2. 使用量 | (79) |
| 3. 涂刷性 | (79) |
| 4. 流平性 | (80) |
| 5. 干燥时间 | (80) |
| 6. 打磨性 | (81) |
| 五、涂料的涂膜性能检测 | (81) |
| 1. 外观 | (81) |
| 2. 光泽 | (81) |
| 3. 厚度 | (82) |
| 4. 硬度 | (83) |
| 5. 弹性(柔韧性) | (84) |
| 6. 冲击强度 | (85) |
| 7. 附着力 | (86) |
| 8. 耐磨性 | (88) |
| 9. 耐水性 | (88) |
| 六、涂膜的特殊性能检测 | (89) |
| 1. 耐化学腐蚀性 | (89) |

| | |
|--------------------|---------|
| 2.耐热性 | (89) |
| 3.耐寒性 | (89) |
| 4.耐高低温度变化性 | (90) |
| 5.耐候性 | (90) |
| 6.耐湿热性 | (92) |
| 7.耐盐雾性 | (92) |
| 8.防霉性 | (93) |
| 9.耐油性 | (94) |
| 七、仪器分析检测 | (94) |
| 1.电子显微镜 | (94) |
| 2.气相色谱 | (95) |
| 3.X射线衍射 | (95) |
| 4.红外光谱 | (97) |
| 第五章 防腐蚀涂料施工 | (98) |
| 一、涂料品种的选择 | (98) |
| 二、表面处理 | (99) |
| 三、非金属材料的表面处理 | (100) |
| 1.木材及木制品表面处理 | (100) |
| 2.水泥混凝土表面处理 | (101) |
| 四、金属材料的表面处理 | (102) |
| 1.脱脂除油 | (102) |
| 2.除锈 | (104) |
| 3.表面化学处理 | (112) |
| 4.焊接部位涂装前的预处理 | (114) |
| 5.旧涂膜的清除 | (115) |
| 五、涂装工艺 | (116) |
| 1.涂料的调配 | (116) |
| 2.施工的环境要求 | (116) |
| 3.涂装方法 | (117) |

| | |
|-------------------------|---------|
| 4. 涂层结构 | (122) |
| 5. 涂层厚度 | (122) |
| 6. 涂料及涂膜的缺陷及其防止措施 | (124) |
| 第六章 防腐蚀涂料应用实例 | (129) |
| 一、涂装方案的设计原则 | (129) |
| 二、应用实例 | (130) |
| 第七章 防蚀涂膜的维修方法 | (134) |
| 一、更新涂装期的确定 | (134) |
| 1. 从外观上判断 | (134) |
| 2. 用仪器评定 | (137) |
| 二、更新涂装的设计与施工 | (138) |
| 1. 底材处理 | (139) |
| 2. 涂料以及涂装 | (140) |
| 第八章 涂料生产及使用中安全技术 | (142) |
| 一、涂料生产中的安全技术 | (142) |
| 1. 防火、防爆 | (142) |
| 2. 防毒、防尘 | (143) |
| 3. 三废治理 | (146) |
| 二、涂料贮存、运输中的安全技术 | (147) |
| 1. 涂料的贮存 | (147) |
| 2. 涂料的运输 | (148) |
| 三、涂料使用中的安全技术 | (149) |
| 附录: | |
| 一、涂料名词术语解释 | (151) |
| 二、涂料中常用溶剂的理化常数表 | (170) |
| 三、各种白色颜料的性能表 | (171) |
| 四、各种彩色颜料性能表 | (162) |
| 五、各种粘度换算表 | (173) |

| | |
|-------------------------------------|---------|
| 六、涂料使用量估算表····· | (174) |
| 七、钢材表面除锈等级标准规定····· | (176) |
| 八、国内外除锈等级对照表····· | (176) |
| 九、常用金属表面处理方法····· | (177) |
| 十、非金属表面处理方法····· | (178) |
| 十一、不同金属对底漆选择表····· | (179) |
| 十二、各种天然及合成树脂比重与体积 (或容积) 换算表····· | (179) |
| 十三、各种颜料及体质颜料比重与体积 换算表····· | (180) |
| 十四、常用防腐涂料的主要性能比较····· | (182) |
| 十五、各种涂料施工时禁止的温度和湿度····· | (184) |
| 十六、容积换算表····· | (184) |
| 主要参考文献 | |

第一章 绪 论

在工农业生产以及交通运输各部门中，金属材料及制品的使用是不可缺少的，但是这些材料和制品在使用环境影响下，往往会遭受腐蚀的威胁，特别是在石化、化肥、农药、医药等等生产中的一些设备常常要与各种酸、碱、盐、溶剂等介质接触，使之受到腐蚀，严重缩短设备使用时间，影响正常、安全生产，给国民经济带来很大损失。据报导，国外由于腐蚀所造成的直接经济损失占同期国民生产总值的1.5%~4.2%，世界上每年因腐蚀造成直接损失约为700亿美元。据日本防锈防蚀技术协会调查资料表明：日本国因腐蚀造成直接损失约为2兆5000亿日元。我国因腐蚀造成直接损失约占同期工农业生产总值2.3%，每年金属腐蚀损失量约占当年金属产量的1/10，数字惊人。1980年鞍钢仅腐蚀造成的损失相当于同年利润的7%；1980年大庆油田管道因腐蚀穿孔约有11150处，更换管道262公里，耗资数千万元。由此可见，防腐蚀工作对于国民经济的发展具有极为重要的意义。

防腐蚀的方法有许多种，例如可选择耐腐蚀的金属材料；采用金属保护层；采用非金属耐腐蚀材料；电化学保护法；改造工艺和设备结构；添加缓蚀剂；采用涂料保护层等方法。但在各种方法中，防腐蚀涂料保护方法占了绝对优势，如日本在各种防蚀措施费用中涂料防护约占63%。这主要是因为采用涂料防蚀，具有选择范围广，适应性强，施工方便，对施工对象的形状和尺寸大小限制少，对新建施工对

象的防蚀，其初期投资额比其他防蚀方法低，较为经济合理。

随着科学的进步和涂料工业的发展，近年来开发了不少性能优良的防蚀涂料，如氯磺化聚乙烯防腐蚀涂料等。同时，开展了施工技术研究，使防腐蚀工作者完全有可能按照不同腐蚀环境，不同用途、不同目的，分别选择适当的涂料品种和施工方法来达到预期的防腐蚀效果。

第二章 金属腐蚀原理

一、金属腐蚀概念

通常我们把金属材料的变质损坏称为腐蚀。金属的腐蚀破坏一般具有以下两个特点：一是破坏总是从金属表面开始，然后或快、或慢向里面深入。二是在大多数场合下金属的腐蚀破坏与外形改变往往同时发生，因此会影响金属设备连续和安全地使用。为此了解腐蚀机理，控制腐蚀速度，采取防腐蚀措施，从而达到延长金属设备使用期限以及扩大应用范围之目的。

关于金属腐蚀的分类根据不同情况有不同的分类方法，如果按腐蚀特征分类可分为：1) 全面腐蚀。2) 局部腐蚀（包括点腐蚀、斑形腐蚀、溃疡腐蚀、晶粒间腐蚀等）。如果根据腐蚀介质情况来分类可将金属腐蚀分为两大类：一是化学腐蚀；二是电化学腐蚀。

二、化学腐蚀基本原理

所谓化学腐蚀是金属在干燥气体和非电介质溶液中发生的腐蚀。这种腐蚀所生成的产物是金属表面形成不同厚度的膜，一般称为表面膜，这种表面膜对金属的腐蚀速度影响很大，所以研究表面膜的性质及产生规律，对了解化学腐蚀本质和防护是非常重要的。

1. 金属表面膜概念

金属和干燥气体或非电解质溶液作用时，能产生厚度不同的膜，这种膜可以用肉眼看得出来，例如加热过的钢板往往会产生各种各样的“氧化色”，从加热的一端起呈黄色、橙色、红色、绛红色、紫色、兰色等等，这是由于钢板产生了厚度不同的氧化膜，发生不同程度的光干扰所致。还有我们日常所用的铝锅、使用一段时间后就会产生银灰色的氧化膜，该膜能起保护作用，使铝表面不再被进一步腐蚀。

如上所述这种由于金属与介质相互作用，在金属表面生成一层腐蚀产物能把金属表面遮盖起来，从而降低金属腐蚀速度的表面薄膜称为表面保护膜。但是并不是在所有场合下金属与介质作用都能生成表面保护膜，只有当腐蚀产物所形成的薄膜能留在金属表面，而且该表面膜不与介质发生作用，此时表面膜才能起到保护作用。如果金属表面生成的膜完全没有保护作用，则腐蚀过程进行与膜生长无关。

2. 生成表面保护膜的条件的

金属表面膜要起保护作用，除了生成的腐蚀产物不与介质发生作用外，还要具备保护膜体积大于金属被腐蚀部份的体积，即 $V_{\text{氧化膜}} > V_{\text{金属}}$

式中： $V_{\text{氧化膜}}$ ：为氧化膜体积；

$V_{\text{金属}}$ ：为金属被腐蚀部份体积；

据资料报导，当 $\frac{V_{\text{氧化膜}}}{V_{\text{金属}}} > 1$ 时生成膜才可能是完整的。

当 $1 < \frac{V_{\text{氧化膜}}}{V_{\text{金属}}} < 2.5 \sim 3$ 时表面膜才有比较好的保护性能。

一些常用金属的 $V_{\text{氧化膜}}/V_{\text{金属}}$ 的比值列表如下：

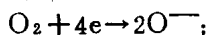
| 金属名称 | 生成氧化物 | $V_{\text{氧化膜}}/V_{\text{金属}}$ |
|------|--------------------------------|--------------------------------|
| Mg | MgO | 0.81 |
| Pb | PbO | 1.29 |
| Al | Al ₂ O ₃ | 1.28 |
| Sn | SnO ₂ | 1.34 |
| Zn | ZnO | 1.57 |
| Cu | Cu ₂ O | 1.70 |
| Fe | Fe ₂ O ₃ | 2.40 |

$V_{\text{氧化膜}}/V_{\text{金属}} > 1$ 这是表面膜具有保护性能的必要条件，但不是唯一条件，表面膜能起较好保护作用，还应具备以下条件：

1. 膜在介质中稳定。
2. 膜与金属结合力强。
3. 膜与金属有近似的热膨胀系数。

3. 表面膜形成过程及成长规律

金属表面与气体介质接触时，金属中自由电子与氧分子作用生成氧离子，即：



金属失去电子成为金属离子即 $\text{Me} - 2e \rightarrow \text{Me}^{2+}$ ；

金属离子和氧离子相互作用生成氧化物表膜，即 $\text{Me}^{2+} + \text{O}^- \rightarrow \text{MeO}$ ；氧化膜生成后电子和金属离子穿过氧化膜向外扩散，电子与氧分子作用生成氧离子，而氧离子由于体积大，不易向内扩散，故在氧化物表面上与扩散过来的金属离子作用生成氧化膜，金属表面氧化物薄膜就以这样的方式生长下去。

从上可知氧化膜生长速度取决于电子穿过氧化膜的速度，而电子扩散速度则与氧化膜厚度和导电率有关，薄膜电阻小，电子扩散速度快，生成氧化膜速度亦快；表面膜越薄，电子扩散速度快，生成氧化膜速度亦快，表面膜越厚，电子扩散速度慢，氧化膜生长速度就慢。

4. 影响表面膜的因素

(1) 内应力对表面膜的影响

一般金属氧化膜的密度总是比金属小，所以在生成氧化膜时会发生体积增大，因而在平行于金属表面的方向产生压应力，同时还产生力图使保护膜脱离金属的垂直于金属表面的拉应力，这样即使在恒温情况下，膜中亦存在着内应力，膜愈厚，内应力愈大，当内应力大于膜的强度时，膜就会出现裂纹，当内应力大于膜与金属结合力时，膜就会从金属表面脱落下来。

(2) 温度变化对表面膜的影响

一般情况下氧化膜与金属的热膨胀系数不一样，所以当温度变化时，可能使膜破裂，甚至脱落，这与温度变化速度关系很大，如加热或冷却速度快，表面膜破坏也加快，反之则缓慢。

(3) 机械应力对表面膜的影响

金属设备或零件在工作时由于受静力、冲击等负荷引起机械应力，这种外应力也会加速表面膜的破裂或脱落。

(4) 介质运动速度对表面膜的影响

当介质流速很大时，表面氧化膜由于受气流冲击就会使其破裂较快。反之则表面膜破裂减慢。

三、电化学腐蚀基本原理

一般来讲金属的化学腐蚀是比较少，大部份金属的腐蚀均是电化学腐蚀，它是金属表面形成局部电池而引起的电化学反应。金属的电化学腐蚀过程与金属和电介质的性质有密切关系，当金属和电介质溶液接触时，组成金属晶格的离子由于受到极性分子（或其他电介质）的作用，在金属表面将会出现两个不同的反应区：一是金属变成金属离子而溶解，并释放出电子的反应区，二是由于氢离子还原和氢氧根离子生成而消耗电子的反应区，结果会在金属和溶液界面形成带有正负电荷的双电层，当金属带负电时，金属就被溶解亦即被腐蚀了。

1. 腐蚀电池

我们知道金属在电介质溶液中具有不同的电极电位，如果将两块金属锌板和铜板插在硫酸溶液中，由于锌电位低，铜电位高，因此在它们之间存在一定的电位差，若用导线将它们连结起来，就会有电流产生，电子就从锌板流向铜板，如图1所示：

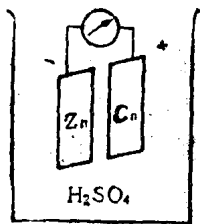


图1

通常电极电位低的电极作为电池的阳极，电极电位高的