

石油·化工实用防腐蚀技术

第 10 册

# 耐 腐 蚀 涂 料

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 10 册

# 防 腐 蚀 涂 料

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；耐腐蚀砖板衬里；陶瓷、玻璃、搪瓷和木材；建筑结构防腐蚀等部分。并分册出版。

本册为“防腐蚀涂料”部分，由甘肃油漆厂涂料工业研究所、上海焦化厂、太原化工厂等单位编写。主要叙述石油、化工防腐蚀工程中常用的各种涂料的品种、性能、配比、施工方法以及涂料和涂层的主要检验方法。此外，对某些新型的防腐蚀涂料也作了介绍。

本书可供从事石油、化工防腐蚀工作的工人、技术人员参考，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 10 册

#### 防 腐 蚀 涂 料

(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印刷二厂 印刷

新华书店北京发行所 发行

\*

开本 850 × 1168  $1/32$  印张 5 $1/4$

字数 133 千字 印数 1—16,850

1975年4月第1版 1975年4月第1次印刷

书号15063·内616(化-167) 定价 0.67 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。

437666

## 前 言

建国二十五年来，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：**

兰州化学工业公司化工机械研究所	沈阳化工机械实验厂
太原化工厂	北京化工设备厂
大连化工厂	宜兴非金属化工机械厂
大连工学院	四平市玻璃厂
吉林染料厂	上海第六制药厂
锦西化工厂	广州市化工研究所
北京化工学院	广州氮肥厂
北京化工厂	重庆塑料厂
兰州炼油厂	甘肃油漆厂涂料工业研究所
天津染化五厂	兰州化肥厂
吉林化工研究院	兰州合成橡胶厂
吉林省应用化学研究所	兰州化学工业公司化工建设公司
四川省第一化工设计院	锦州石油六厂
上海焦化厂	兰州化工厂

# 目 录

绪论 .....	10-1
<b>第一章 涂料的组成和分类 .....</b>	<b>10-2</b>
第一节 涂料的组成和涂层结构 .....	10-2
一、主要成膜物质 .....	10-3
二、辅助成膜物质 .....	10-4
三、次要成膜物质 .....	10-6
四、涂层的结构 .....	10-7
第二节 涂料的分类 .....	10-9
第三节 对防腐蚀涂料的要求 .....	10-11
<b>第二章 防腐蚀涂料的品种和性能 .....</b>	<b>10-14</b>
第一节 酚醛树脂涂料 .....	10-14
一、热固型酚醛树脂涂料 .....	10-23
二、冷固酚醛树脂涂料 .....	10-25
三、苯酚-间苯二酚-甲醛树脂涂料 .....	10-27
四、环氧改性酚醛树脂涂料 .....	10-27
第二节 环氧树脂涂料 .....	10-30
一、634 环氧树脂涂料 .....	10-30
二、6101 环氧树脂涂料 .....	10-32
三、601 环氧树脂涂料 .....	10-35
四、酚醛树脂改性6101环氧树脂涂料 .....	10-38
五、丁氧基酚醛树脂改性 607 环氧树脂涂料 .....	10-39
六、H52-6 环氧酚醛防腐烘漆 .....	10-41
七、糠醇树脂改性 601 环氧树脂涂料 .....	10-42
八、糠醇单体改性 604 环氧树脂涂料 .....	10-45
九、糠酮树脂改性环氧树脂涂料 .....	10-47
十、环氧沥青涂料 .....	10-48
十一、油罐内壁防腐用环氧树脂涂料 .....	10-49
十二、环氧树脂粉末涂料 .....	10-51
第三节 呋喃树脂涂料 .....	10-54
一、热固型糠醇树脂涂料 .....	10-54

二、酸固化糠醇树脂涂料 .....	10-55
三、糠酮-甲醛树脂涂料 .....	10-57
四、环氧改性呋喃树脂涂料 .....	10-58
五、环氧酚醛改性呋喃树脂涂料 .....	10-61
第四节 乙烯防腐涂料 .....	10-61
一、过氯乙烯涂料 .....	10-62
二、聚氯乙烯涂料 .....	10-69
三、氯乙烯醋酸乙烯共聚树脂涂料 .....	10-71
第五节 聚氨酯涂料 .....	10-72
一、油改性聚氨基甲酸酯涂料 .....	10-74
二、湿固化型聚氨酯涂料 .....	10-74
三、封闭型聚氨酯涂料 .....	10-75
四、封闭型湿固化聚氨酯涂料 .....	10-76
五、催化固化型聚氨酯涂料 .....	10-78
六、羟基固化型聚氨酯涂料 .....	10-79
七、聚氨酯耐油涂料 .....	10-80
八、聚氨酯沥青涂料 .....	10-82
第六节 生漆与漆酚树脂涂料 .....	10-84
一、生漆 .....	10-84
二、自干型漆酚树脂涂料 .....	10-87
三、环氧改性漆酚树脂涂料 .....	10-89
第七节 沥青类涂料 .....	10-91
一、L50-1沥青耐酸漆 .....	10-92
二、L01-6沥青清漆 .....	10-93
三、铝粉沥青涂料 .....	10-93
四、L01-17 煤焦沥青清漆 .....	10-94
五、煤气柜防腐用沥青漆 .....	10-94
六、煤气柜外壁用沥青涂料 .....	10-95
七、耐热沥青涂料 .....	10-96
第八节 其它合成树脂涂料 .....	10-97
一、有机硅树脂涂料 .....	10-97
二、聚苯硫醚 .....	10-99
三、聚芳砜涂料 .....	10-102



四、聚苯并咪唑涂料 .....	10-102
五、聚酰亚胺涂料 .....	10-103
六、聚二苯醚涂料 .....	10-103
第九节 橡胶类涂料 .....	10-103
一、氯化橡胶涂料 .....	10-104
二、氯磺化聚乙烯涂料 .....	10-104
第十节 富锌涂料 .....	10-105
一、有机富锌涂料 .....	10-106
二、无机富锌涂料 .....	10-107
第十一节 防锈底漆与带锈底漆 .....	10-110
一、防锈底漆 .....	10-110
二、转化型带锈底漆 .....	10-115
三、稳定型带锈底漆 .....	10-118
<b>第三章 施工方法</b> .....	10-120
第一节 对被涂设备的要求 .....	10-120
一、对钢铁设备结构要求 .....	10-120
二、对设备表面的要求 .....	10-122
三、设备表面旧漆皮清除方法 .....	10-123
第二节 涂料施工 .....	10-124
一、涂刷 .....	10-124
二、喷涂 .....	10-131
三、设备涂漆实例 .....	10-138
第三节 安全技术 .....	10-142
一、防火防爆 .....	10-142
二、防毒 .....	10-143
三、密闭容器施工注意事项 .....	10-145
<b>第四章 涂料性能的测定</b> .....	10-146
第一节 试件要求与制作方法 .....	10-146
一、试件的规格要求 .....	10-146
二、试件的制作 .....	10-146
第二节 涂料物理性能和漆膜物理机械性能测定 .....	10-148
一、粘度测定 .....	10-148
二、涂层硬度测定 .....	10-150

三、柔韧性测定 .....	10-151
四、涂层冲击强度测定 .....	10-152
五、附着力测定 .....	10-153
第三节 涂料耐腐蚀性能测定 .....	10-155
一、耐汽油性能测定 .....	10-155
二、耐水性能测定 .....	10-155
三、耐腐蚀性能测定 .....	10-156
四、涂料曝晒试验 .....	10-157

## 绪 论

涂料广泛应用在国民经济各个部门，涂刷在物体表面，起到对各种材料的保护和装饰作用，也是防止黑色金属锈蚀的一种有效的防护方法。

我国使用涂料有悠久的历史，远在几千年以前，我国劳动人民就已在实践中掌握了天然植物漆树的种植、采集与炼制，像生漆、桐油早就用在建筑、船舶、车辆、生活用品等的保护和装饰上。但在解放前，和其他工业一样，涂料工业没有什么发展，品种不多，原料不配套，生产设备大部分依靠进口。解放后，特别是1958年以来，涂料战线上的广大职工在党和毛主席英明领导下，坚决贯彻“鼓足干劲，力争上游，多快好省地建设社会主义”总路线，艰苦奋斗，迅速改变了我国涂料工业的面貌，产品品种迅速增加，质量大幅度提高。最近十几年来，由于合成树脂工业的迅速发展，为涂料生产开辟了新的原料来源。涂料品种已达千余种，应用于石油、化工防腐的涂料品种，也由解放前的几种增加到百余种。

在石油、化工生产中，涂料不仅用于涂刷设备、管道、建筑物外壁，起保护、标志和装饰的作用，也常用来作设备内壁及构筑物的防腐蚀涂层。除了在金属表面涂复外，也可在混凝土、木材、塑料等非金属表面涂复。由于涂料具有施工简便、适应性广的优点，特别适用于像风机叶轮、离心机转鼓等转动设备和热交换器内外管壁的保护。但是，由于涂层较薄，在有冲击、冲刷、磨蚀作用以及强腐蚀介质中，涂层容易被破坏或脱落，这限制了涂料在设备内壁防腐蚀上的应用。在石油、化工防腐蚀上，采用的涂料以树脂漆类为主。本书主要介绍各种耐腐蚀的溶剂型涂料的品种和性能，一些塑料粉末涂料的品种、性能和施工方法参见本套书“塑料”部分。

用于石油、化工生产的各种耐腐蚀涂料，大多有定型产品供应，只有某些合成树脂漆类是施工前自行配制的。

# 第一章 涂料的组成和分类

## 第一节 涂料的组成和涂层结构

涂料的品种虽然很多，但从其组成大体可分为三个部分；即由主要成膜物质、辅助成膜物质和次要成膜物质组成（见表10—1）。

表 10—1 涂料组成

组 成	品 种	作 用	备 注
主要成膜物质	合成树脂 天然树脂 干性油与合成 树脂改性 油料	是构成涂层的基础，它决定了涂层的物理机械强度和耐腐蚀性能	各种合成树脂作主要成膜物质，是防腐蚀涂料的主要品种
辅助成膜物质	填料、稀释剂 体质颜料 固化剂 增塑剂 催干剂 改进剂	在成膜过程中起促进和辅助作用，不单独构成涂膜	加入稀释剂的各种溶剂型漆类，是当前主要的防腐蚀涂料品种，以便于用涂刷、喷涂、浸涂等方法施工
次要成膜物质	着色颜料	供设备外表面涂复起到防腐和装饰作用	根据环境选择色泽
	防锈颜料	改善底漆与金属结合力和延长涂层寿命	

上述三部分按其在涂膜中存在的状态又可分成固体分和液体分两种。固体分是涂料中能最后存在于涂膜中的成分，它包括油、树脂、填料、颜料等组分；液体分只存在于涂料中，而在形成涂

层的过程中挥发掉，不存在于涂膜中，构成挥发分的是各种溶剂。

## 一、主要成膜物质

### 1. 合成树脂

防腐蚀涂料中所用合成树脂品种很多，可分成缩合型树脂、聚合型树脂和元素有机树脂三类，其主要品种见本套书“合成树脂”部分。常用的缩合型树脂有酚醛树脂、环氧树脂、聚氨酯树脂等品种；聚合型树脂有过氯乙烯树脂、乙烯类树脂、聚乙烯醇缩醛、氯乙烯和醋酸乙烯共聚体和含氟树脂等；元素有机树脂如有机硅树脂。

缩合型树脂作主要成膜物质的涂料有二种，一种是热固型，需经升温才能固化，也称烘干型；一种是需要加入固化剂才能在室温固化，因固化剂是在使用前才能加入，所以这类涂料产品为双包装。

聚合型树脂涂料在室温下能迅速达到实干。

### 2. 天然树脂

常用的天然树脂中有沥青、生漆等。沥青涂料不仅耐腐蚀性良好，而且来源广泛，价格便宜；生漆是我国的特产，使用已有几千年历史。

### 3. 干性油改性合成树脂

合成树脂用干性油改性后，可提高涂层与金属的附着力，提高耐水、耐候性，增加光泽、硬度和弹性等，常在底漆中使用。

### 4. 油料

单独用油料作主要成膜物质的防腐涂料品种不多，除一些防锈底漆外。油料主要用来改性各种合成树脂以制取配套底漆。

所用的油多是由不同种类的脂肪酸和甘油化合而得的混合甘油酯所组成。

脂肪酸由于分子结构不同可以分为饱和脂肪酸和不饱和脂肪酸两大类，经测定表明，油类分子中所含不饱和双键的数目决定了油的干燥速度，双键数目越多，干燥速度越快。根据不饱和双

键的数目，可将油分为干性油、半干性油和不干性油，一般具有6个双键以上者称干性油，具有4~6个双键称半干性油，4个以下为不干性油。常用的干性油有桐油、亚麻子油、苏子油等。属于半干性油的有豆油、罌粟子油、葵花子油等。属于不干性油的有蓖麻油、椰子油、花生油等。如在油中加入催化剂，将油分子中的双键转变成共轭双键，或增加双键数目，可使干燥速度提高。例如蓖麻油经脱水处理，增加了双键，可从不干性油变成半干性油。

## 二、辅助成膜物质

### 1. 溶剂

溶剂在涂料中起到溶解和稀释树脂或油料的作用，以满足各种涂复工艺对涂料粘度的要求。不同品种的合成树脂或油料，对溶剂的要求也不同，一般是根据主要成膜物质的性能来选择的。对涂料用的溶剂有如下要求：

(1) 有良好的溶解性与挥发性，溶剂与主要成膜物质混溶要均匀，自涂料表面的挥发速度应符合施工要求。如果挥发过快会使涂层产生微孔，影响质量；挥发过慢会延长施工时间和涂层产生流淌现象。为了保证一定的挥发速度，常采用混合溶剂。

(2) 对涂料的各组分无化学变化发生。

(3) 低毒、价廉、原料易得。为保证施工使用时的安全，溶剂应是低毒，但实际上大部分溶剂都具有毒性和易燃易爆性。所以除尽量选择相对毒性较低的溶剂外，还应考虑改善施工环境、加强安全措施。溶剂在涂料中只起临时作用，在选用时也要从经济原则考虑，尽量选用价廉易得的溶剂。

溶剂分类和防腐蚀施工中常用溶剂的物理性能参见表10-2、10-3。

### 2. 增塑剂

涂料中加入增塑剂，可改善涂层的物理机械性能，提高韧性、弹性和耐寒性等。增塑剂的主要品种有苯二甲酸二丁酯、苯二甲酸二辛酯、磷酸三丁酯、磷酸三苯酯、磷酸三甲酚酯、氯化

表 10-2 溶剂分类

类 别	品 种	用 途
芳香类溶剂	苯、甲苯、二甲苯、 氯化苯	是合成树脂溶剂，能溶解乙烯类树脂、聚氨酯树脂等
醇类溶剂	乙醇、异丙醇、丁醇	是酚醛树脂、氨基树脂的溶剂
酮类溶剂	丙酮、环己酮、甲异 丙酮、丙叉基丙酮	是呋喃树脂、环氧树脂、乙烯类树脂的溶剂
酯类溶剂	醋酸乙酯、醋酸丁 酯、醋酸戊酯	是一些合成树脂的溶剂
醇醚类溶剂	乙烯乙二醇单乙醚 (俗称溶纤剂)	是环氧树脂、聚氨酯树脂的溶剂
石油溶剂	石油醚、汽油、松香 水	是油料、干性油改性树脂、生漆的溶剂
萜烯类溶剂	松节油、松油	是油料的溶剂(很少使用)

表 10-3 常用溶剂的物理性能

名 称	闪 点(°C)	沸 点(°C)	挥发率(25°C, 5毫升) 分
苯	8~11	79.6	12~15
甲 苯	3~7	110.7	36
二 甲 苯	17.1	139	81
丙 酮	-20~-18	56.1	5
醋酸乙酯	-4~-5	72.1	10.5
醋酸丁酯	21~25	126.5	65
醋酸戊酯	24.4	130.2	90
乙 醇	12.6	78.5	32
汽 油	10	80~150	15
煤 油	71~73.5	174~274	4000
松 节 油	30~35	140~200	450
松 香 水	27~38	150~240	440~450

联苯、氯化石蜡、萘等。有关增塑剂的性能和作用参见本套书“合成树脂”部分。

### 3. 固化剂

合成树脂涂料中，很多品种需要在加热过程中才能固化成

膜，当加入酸类、胺类或过氧化物等固化剂后，就可在室温下固化成膜。一般环氧树脂涂料选用胺类固化剂、呋喃树脂涂料选用酸类固化剂、不饱和聚酯树脂涂料选用过氧化物作固化剂。一些固化剂的性能和配制方法见本书第二章和本套书“合成树脂”部分。

#### 4. 催干剂

室温干燥的油料和一些树脂加入催干剂后，可促进油料的氧化和树脂的聚合，缩短干燥时间。如亚麻子油不加催干剂需5~6天才能干燥，加入催干剂后，12小时内就能干燥结膜。催干剂主要是钴、锰、铅、锌、钙等金属氧化物、盐类及其有机酸皂类。

#### 5. 填料

填料可提高涂层的物理机械强度及与金属的附着力。所以用于设备内壁防腐蚀的各种合成树脂涂料中常加入瓷粉、辉绿岩粉、石墨粉等惰性填料，以提高涂层的物理机械强度、附着力和耐腐蚀性能。其性能和规格参见本套书“砖板衬里”部分。

#### 6. 体质颜料

用于室内外工程的防腐蚀涂料中还常加入硫酸钡、滑石粉、云母粉、硅藻土、磁土、高岭土等体质颜料，用以增加涂层厚度，提高耐磨性和物理机械强度。

### 三、次要成膜物质

#### 1. 着色颜料

着色颜料除了给予涂层以各种色彩外，由于其具有良好的遮盖性，还可提高涂层耐日晒性、耐久性和耐候性能，有些颜料还可提高涂层的耐磨性能。常用的着色颜料是各种无机颜料和有机颜料，颜色有白、黄、绿、黑、红、蓝及金属色泽（铝粉）等。

#### 2. 防锈颜料

涂料中加入一些具有防锈性能的颜料后，可使涂层具有较好的防锈能力，从而在盐雾、湿热条件下延长涂层的寿命。防锈颜料是防锈底漆的重要原料，常用的品种如下：

(1) 红丹 它的主要化学成分是四氧化三铅 ( $Pb_3O_4$ )，由



于它在钢铁表面生成的铅酸铁薄膜具有化学抑锈作用，所以红丹底漆防锈效果很好。红丹是使用最久、用量最多的防锈颜料，但因铅材是重要的战略物资，又会引起施工人员中毒，所以目前正在研究其他品种的防锈颜料，以降低铅的用量。

(2) 铬黄 ( $4\text{ZnO}\cdot\text{CrO}_3\cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ) 它是浅黄色粉末，具有碱性，微溶于水。它具有化学抑锈作用，它能与钢铁结合生成铬酸铁而覆盖在钢铁表面，使钢铁表面钝化，不再产生锈蚀，目前主要用于制造轻金属（如铝）的防锈底漆。

(3) 氧化铁红 ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) 氧化铁红具有很强的遮盖力，也是着色颜料。氧化铁红对稀酸和碱液稳定，在涂层中起到增加强度、降低透水性能和防锈作用，使用比较广泛。

(4) 铝粉 铝粉比重小、质轻，能飘浮在涂层表面，成膜后具有良好的抗渗作用，能反射紫外光，具有延长涂层寿命的作用。由于铝粉耐温性能好，也常用作耐温涂料的填料。

此外常用的防锈颜料还有铝酸钙、铬酸锶、偏硼酸钡、云母氧化铁、锌粉等防锈颜料。

#### 四、涂层的结构

##### 1. 涂层的形成

涂料在基体材料表面形成的固体膜状物称为涂层，也称漆膜。涂层起到覆盖基体材料和隔离介质的作用。

涂料的形态不同，涂层形成的过程也不相同。含溶剂的液态涂料在基体材料表面涂复后，先形成液态薄层，然后溶剂逐渐挥发，与此同时在一定温度或固化剂作用下，逐渐由液态向固态转化形成涂层。固体粉末涂料附着在基体材料表面后，须加热使固体粉末达到熔化或塑化，使分散的颗粒结成一体，冷却后形成固态膜。

在基体材料表面获得一个连续、完整、密实无孔的涂层，需要经过多次涂复，这是因为单层涂层不足以覆盖基体材料表面凹凸不平处和缺陷处，再加上涂复后溶剂挥发，留下很多微孔，所以必须经多次涂复才成。对于各种溶剂漆类，不允许一次覆盖过