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
（北京百万庄国家建材局内 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m^3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

所调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介质溶液作用时，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

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$V_{氧化膜} > V_{金属}$

式中：$V_{氧化膜}$：为氧化膜体积；

$V_{金属}$：为金属被腐蚀部份体积；

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

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

一些常用金属的$V_{氧化膜}$与$V_{金属}$的比值列表如下：

金属名称	生成氧化物	$V_{氧化膜}/V_{金属}$
Mg	MgO	0.81
Pb	PbO	1.29
Al	Al_2O_3	1.28
Sn	SnO_2	1.34
Zn	ZnO	1.57
Cu	Cu_2O	1.70
Fe	Fe_2O_3	2.40

$V_{氧化膜}/V_{金属}>1$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：

$O_2+4e\rightarrow 2O^{--}$；

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

金属离子和氧离子相互作用生成氧化物表膜，即$Me^{++}+O^{--}\rightarrow MeO$；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：

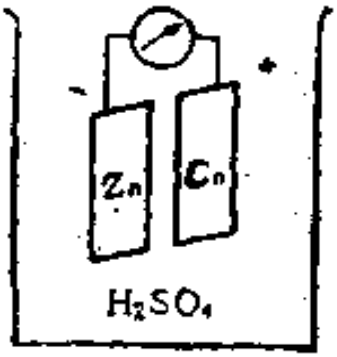


图1

通常电极电位低的电极作为电池的阳极，电极电位高的

电极作为阴极，在锌板阳板上进行阳极反应，是使锌不断溶解失去电子以离子形式转入溶液中即氧化过程：

$Zn-2e\rightarrow Zn^{++}\uparrow$

在铜板阴极上进行阴极反应，是使溶液中氢离子接受电子还原成氢分子，即还原反应，

$2H^{+}+2e\rightarrow H_2\uparrow$

整个电池反应是：$Zn+2H^{+}\rightarrow Zn^{++}+H_2\uparrow$

从上述反应清楚表明了锌遭受了电化学腐蚀。由此可知电化学腐蚀是金属与电介质溶液发生反应，形成腐蚀电池而引起的。进行腐蚀反应的动力是阳板和阴板之间的电位差，电位差越大，流动于两极间电流越大，腐蚀速度越快，反之则腐蚀速度减慢。

同样，同一种金属与相同电介质溶液接触也会引起腐蚀电池，以暴露在空气中铁为例加以说明：

$Fe-2e^{-}\rightarrow Fe^{++}$（阳极反应）

$O_2+H_2O+4e^{-}\rightarrow 4OH^{-}$（阴极反应）

$2Fe+3/2O_2+n\cdot H_2O\rightarrow Fe_2O_3\cdot nH_2O$

铁失去电子变成了氧化铁，发生了电化学腐蚀。

此外，同一种金属与相同电介质不同浓度的溶液接触时，由于溶液浓度不同而构成浓差电池也会造成腐蚀。在浓差电池中与较稀溶液接触的金属，其电位较低成为阳极而被溶解，遭到腐蚀。如化工生产中常见的蒸发器底部接触浓溶液成为阴极，它的上部接触稀溶液成为阳极，而受到腐蚀。

2、影响金属电化学腐蚀的因素

影响金属电化学腐蚀速度的因素通常可分为内在因素和外在因素两大类：

（1）内在因素：

金属元素化学性质的影响　不同金属的化学活泼性是不同的，因而其腐蚀速度也不同。一般讲化学活泼性低的金属如金、银、铂等化学稳定性强，具有良好的抗腐蚀能力，而化学活泼性高的金属如锂、钾等化学稳定性差，抗腐蚀性能也极差，但也有例外，如金属铝化学活泼性虽高，但由于表面易氧化生成一层致密的表面保护膜。所以亦具有一定抗腐蚀性。对于容易形成表面保护膜的金属，其耐腐蚀性与表面保护膜性质有关。对于不易形成表面保护膜的金属，其耐腐蚀性与本身化学活泼性，热力学稳定性有关。

合金成份影响　在工业、农业、交通运输各部门使用的金属制件往往不是纯金属，而是合金。合金的耐腐蚀性与合金的成份、组成有一定的影响。

固熔体合金的耐腐蚀性与合金元素的组成有一特殊关系，比如该固熔体合金有二种金属元素组成，一个组份是稳定的，一个组份是不稳定的，经多次试验证明当稳定组份的金属元素为1/8，2/8，3/8……n/8（n为1～7整数）原子分数时，该固熔体合金的耐腐蚀性能提高。通常称此规律为n/8定律，或称为稳定性台阶规律。

两相或多相合金的耐腐蚀性受各组份之间电位差影响很大，如各组份之间电位差大则合金的耐腐蚀性越差，各组份之间电位差越小，则合金的耐腐蚀性越好。

内应力影响　金属制件、设备在制造过程中，由于受冷热加工而变形产生内应力，在内应力集中的地方，不仅会加速腐蚀，而且在很多场合下，还会产生晶间腐蚀。

金属表面状态的影响　众所周知，表面粗加工的金属零件比精加工的金属零件容易腐蚀，这是因为表面粗糙，坑坑

往往容易形成氧化的浓差腐蚀电池，导致金属腐蚀，或者是由于表面粗糙使生成的表面膜不均匀、不致密，以致表面膜失去保护作用，使金属遭受腐蚀。

（2）外界因素

介质的pH值对金属腐蚀的影响　介质的pH值对金属腐蚀的影响视不同金属而有所不同。例如金、铂的腐蚀速度与pH无关；铝、铜的腐蚀则随酸性增加，碱性增加，腐蚀速度均加快，如铁的腐蚀速度随碱性增加而降低，随酸性增加而加快。

溶解度、浓度对金属腐蚀的影响　在中性盐溶液中，金属的腐蚀速度与腐蚀产物的溶解度有关，腐蚀产物的溶解度越低，腐蚀速度越慢，反之则腐蚀速度加快。金属腐蚀速度还与溶液中盐的浓度有关，如溶液中盐的浓度越高，则导电速度增加，腐蚀速度也加快，反之腐蚀速度减慢。

溶液温度对金属腐蚀的影响　据资料介绍大多数金属的腐蚀速度随温度升高而加快，这是因为温度升高，溶液中离子迁移速度加快，所以加快了金属腐蚀速度。反之则减慢金属腐蚀速度。

第三章　防腐蚀涂料种类

一、防腐蚀涂料的特点和作用

1.防腐蚀涂料的特点

金属腐蚀和防腐蚀是一门新兴的学科，它的研究对象是腐蚀发生的原因及其防护方法。通常采用防腐方法主要有以下几种：选择耐腐蚀的金属材料（如复合钢板、合金、不锈钢、有色金属等）；采用金属保护层；采用非金属耐蚀材料及保护层（如玻璃、搪瓷衬里、陶瓷）；添加缓蚀剂；电化学保护；采用防腐蚀涂料保护层等等方法。

使用防腐涂料防止金属腐蚀已有很久历史，目前虽然金属防腐蚀方法研究有很大进展，防护方法有上述各种可供选择，但是防腐涂料仍然是最广泛应用的防腐蚀措施之一，究其原因是因为防腐涂料具有如下的特点：

（1）防腐涂料的品种比较多，选择范围广，可根据不同防腐要求，选择不同涂料品种。

（2）不受被处理物件的形状，大小和材质的限制，适应性较强。

（3）施工简单方便，不需要复杂的施工设备。

（4）涂层的修整和重涂都比较容易。

（5）涂层的颜色可任选多种，便于标志和区分。

（6）在复杂的腐蚀环境下，它可以与具他防腐蚀措施配合使用。例如可与阳极保护配合。

（7）成本费和施工费较低。

（8）施工周期短，可直接现场施工，对生产影响小。

然而防腐蚀涂料由于涂层较薄，机械强度较差，在使用过程中容易损坏，同时由于涂料用的树脂其耐腐蚀性和耐温性有一定限制，故目前在强介质腐蚀，高温等情况下采用涂料防腐蚀还不能完全达到要求，但只要注意正确地选择涂料品种，精心地施工，使用涂料防腐蚀仍能获得满意的结果。

2.防腐蚀涂料的作用

防腐蚀涂料除了有一般涂料共性之外，还应具有对腐蚀介质的良好稳定性；具有良好的抗渗性；优良的电绝缘性。由于防腐蚀涂料具有上述特性，所以它不仅仅是机械地把腐蚀介质和金属表面隔离分开起到保护作用，而且还由于成膜物的性质，以及所使用的颜料、填料、各种助剂等多方面的因素，使防腐涂料具有物理和电化学的保护作用。

（1）屏蔽作用：防腐涂料是一种高分子溶液或分散液，通过一定的涂装方法，涂在物体表面，经过干燥或固化形成涂膜，从而防止外界的腐蚀性介质接触涂膜下的金属表面，避免了金属的腐蚀。从电化学的角度考虑，屏蔽性良好，渗透性差的涂膜，使腐蚀电池难以形成，电极反应难以进行，起到了保护作用。

（2）缓蚀、钝化作用：防腐涂料中除含有成膜物之外，还根据需要加入各种颜料，如加入碱性颜料，当水份或酸性物质通过涂膜进行渗透时，碱性颜料便将这些物质中和，使涂膜和金属界面保持微碱性，使金属钝化，从而显示出防蚀作用，有的颜料还能与成膜物中的脂肪酸反应生成金属皂起缓蚀剂作用。如加入可溶性颜料（铬酸锌等铬酸盐类

颜料），这些颜料与水份接触，就有铬酸根离子溶解出来，以它的强氧化作用使金属表面钝化，从而起到防腐蚀作用。

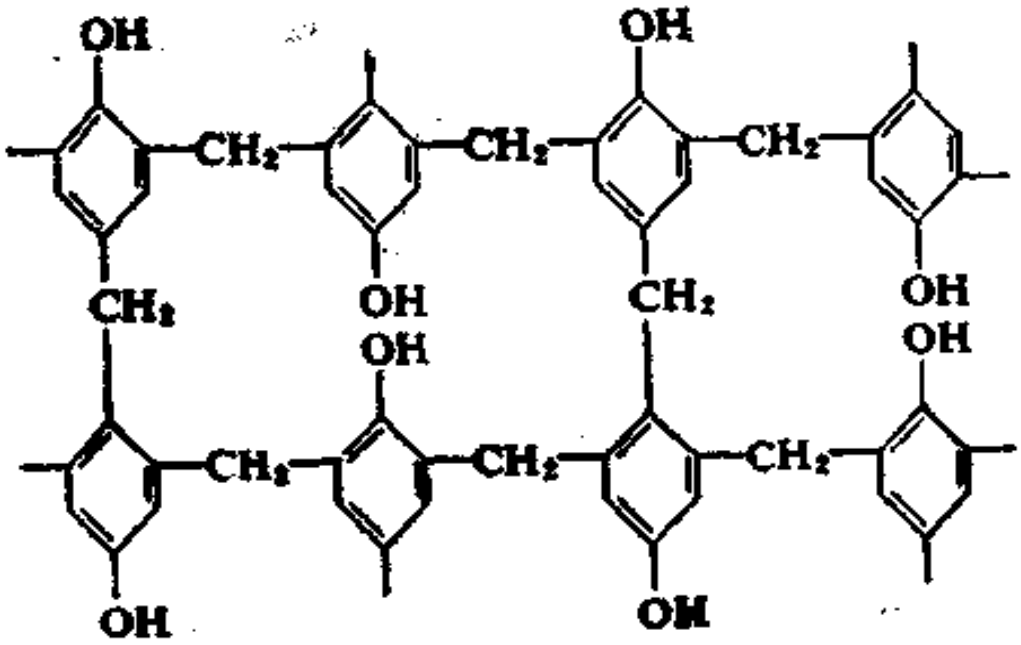
（3）电化学作用：在防腐蚀涂料中如含有大量金属锌粉时，则形成一个由锌粉和底材钢板组成的微电池，在电化学上锌是比钢铁更活泼的金属，所以电流就从锌向钢铁流动，含锌涂层成为阳极，钢铁成为阴极，从而保护了钢铁不受腐蚀。

二、酚醛树脂防腐涂料

酚醛树脂防腐蚀涂料是由酚和醛的缩聚产物酚醛树脂加上溶剂、颜料、填料、助剂等加工而成的溶剂型涂料，由于它具有原料易得，价格低廉，制造工艺简单，防腐蚀性能较好等特点，所以它是防腐蚀涂料中较好的和用量较大的品种。

酚醛树脂是由有一个碳原子的次甲基（$-CH_2$）把刚性的酚核联接而构成的，带有大量的极性酚羟基。因此分子链的内旋转很困难，分子的柔顺性很差，刚性较大，硬而脆是其特点。它依靠分子上的羟甲基进一步反应固化，可以转变成网状的立体结构，其结构可表示如下：

这种网状立体结构的大分子是由C—C键构成的，对于各种化学介质的作用较为稳定，由于结构致密，涂层结构的气孔少，透气性小，涂膜的屏蔽隔离作用很好，所以酚醛涂料的防腐蚀性能较好，特点是其耐酸性尤为特出，对于各种中等浓度的无机酸均很稳定，并耐各种盐溶液和有机溶液的侵蚀。但是在它的分子结构中因有大量酚羟基，易于和碱反应，生成酚盐，所以耐碱性较差，甚至在碱性盐溶液中也不稳定。



酚醛防腐涂料的涂膜，硬而脆，内聚力较大，故对金属附着力不好，因此底层最好使用其他底漆或与其他树脂混合使用效果较好。

酚醛防腐蚀涂料，通常分为两类，一种是以油改性酚醛树脂为主体，即通常称为的“耐酸涂料”；另一种是以醇溶性热固型酚醛树脂为基材的防腐蚀涂料。

1.酚醛耐酸涂料

酚醛耐酸涂料能耐室温下的较低浓度的硫酸、磷酸及各种酸性盐溶液的腐蚀。涂膜的机械性能较好，可自干，也可烘干。耐水性优于一般的醇酸涂料，但对于碱和氧化性酸则不耐蚀。该涂料可适用于作为木材和钢铁表面的一般防护。现将常用配方举例如下：

重量%

原料名称	黑色涂料	白色涂料	红色涂料
酚醛耐酸基料	54.95	53.98	56.80
硫酸钡	33.00	24.29	31.24
甲胺苯红	—	—	5.11
钛白粉	—	13.52	—
炭黑	2.75	—	—
催干剂	1.10	0.11	1.17
200*号溶剂汽油	8.20	2.10	5.68

注：酚醛基料是由松香改性酚醛树脂30公斤、桐油30公斤、松香铅皂2公斤，经熬炼，然后加入38公斤200号溶剂汽油，稀释而制成的基料。

2. 醇溶性热固型酚醛防腐涂料

醇溶性热固型酚醛防腐涂料是由醇溶性热固型酚醛树脂的乙醇溶液，添加各种颜料、填料配制而成的，往往是由使用单位根据需要自行配制，可得到各种用途的防腐涂料。

（1）耐水、水蒸汽、油的酚醛防腐涂料

在热固型酚醛清漆中加入一定量的锌粉、铝粉，利用铝粉的屏蔽性和锌粉的阴极保护作用，使涂层具有良好的耐水、耐水蒸汽、耐油性，而且该涂层的耐温性很好，可在130℃长期使用，故适宜于作为热交换器的防护涂层。具体配方如下：

重量%

原料名称	配方1	配方2
热固型酚醛清漆(50%)	68.02	77.51
锌粉浆(35%乙醇溶液)	20.01	14.75
铝粉	10.97	7.74

（2）耐强腐蚀介质的酚醛防腐涂料

它是一种由酚醛清漆加上各种隋性填料配制而成的防腐涂料。大多是由使用单位在使用前根据需要自行配制。具体配方举例如下：

重量%

原料名称	配方1	配方2
热固型酚醛清漆(50%)	70.43	70.43
甲苯	10.57	10.57
萘	6.33	6.33
石墨粉(200目)	12.67	—
瓷粉(或高岭土)	—	12.67

该涂料操作步骤是先在反应釜中加入甲苯，在50℃左右投入萘，待溶解后加入清漆，在30～40℃下边搅拌边加入填料混合均匀，即得所需防腐涂料。

据资料介绍，该涂料对于100℃的60%H_2SO_4、32%HCl、沸腾的醋和乙醇都有较好的稳定性。但耐碱性较差。该涂料如应用于涂装大型设备时，为防止涂层龟裂，保证涂膜质量，应涂一层要晾干3～5小时，然后才能慢慢升温干燥，且温度递升速度要慢，从60℃升到105℃大约需10余个小时，最后一层要在150℃下热处理，然后再慢慢降温。如果采用酸固化剂，如对甲苯磺酸、苯磺酰氯或硫酸乙酯，在常温或60℃左右涂层就能固化。但酸对金属底材有腐蚀作用，并且影响涂层的附着力，同时酸固化的涂层，针孔多，又较脆，所以作为涂层来说一般尽可能不采用酸固化干燥，最好采用环氧或环氧酯底漆配套使用。

三、环氧防腐涂料

环氧防腐涂料是由以环氧树脂为成膜物质加上一定量颜料、填料、助剂、溶剂等配制而成的涂料。因环氧树脂是由环氧氯丙烷和双酚基丙烷在碱作用下缩聚而成的高聚物，其含有极性高而不易水解的脂肪羟基和醚键，故涂膜耐化学性好。又因为其结构是刚性的苯环和柔性的烃链交替排列，因而涂膜的物理机械性能也较好。当然由于极性基团存在使漆膜会有一定的亲水性，但如果配方合适，由于链结构的隔离作用，也能得到耐水性良好的涂膜。

在环氧防腐涂料中，应用最广泛的是胺类或其衍生物固化的环氧防腐涂料或沥青环氧防腐涂料。无溶剂环氧防腐涂料近年来已有所应用。粉末环氧涂料虽然对施工要求严，但因其利用率高和施工效率高近年发展颇为[illegible]水乳化环氧防腐涂料目前正在开发研制中，它[illegible]有发展[illegible]的。

1.胺固化环氧防腐涂料

该类涂料是利用氨基和环[illegible]基反应进行交联固[illegible]的。常用的胺是脂肪族多元胺如乙二胺、二乙烯三胺、多乙烯多胺、已二胺等。乙二胺挥发性大，因而施工中会产生较多的有害气体，但由于价格低廉，故目前还仍有采用。在使用时应考虑到挥发损失，应适当增加乙二胺用量。一般1当量环氧树脂配用1.2～1.5活性氢原子当量的乙二胺。其他胺类挥发性较小，用量不宜过多，按当量计一般过量0～20%。

胺固化环氧防腐涂料附着力好，耐化学品性能好，尤以耐碱为突出，并耐醇类和烃类溶剂。

（1）乙二胺丙酮固化环氧防腐涂料

乙二胺丙酮固化环氧防腐涂料配方举例如下：

重量%

组　份	原料名称	用　量
树脂组份（甲组份）	环氧树脂E-42	50
	甲苯	15
	辉绿岩粉	25
固化剂组份（乙组份）	乙二胺	3.5～5
	丙酮	3.5～5

该涂料成本低廉，固体份高，两组份分别配制，自配自用，操作方便，据资料介绍在16～20%碳化氨水贮槽内壁刷两道，保护期达二年以上。但涂膜较脆，只能用于涂装静止设备。

（2）乙二胺固化环氧防腐涂料

乙二胺固化环氧防腐涂料的配方举例如下：

重量%

组　份	原　料	用　量	
		面层涂料	底层涂料
树脂组份（甲组份）	环氧E-44(50%二甲苯液)	60	56
	铁红	—	25
	锌铬黄	—	5
	滑石粉	5	5
	三氧化二铬	20	—
	二甲苯二丁醇(7：3)	12	6.2
固化剂组份（乙组份）	乙二胺(50%酒精溶液)	3.0	2.8
	颜料/树脂，重量比	5/6	5/4
	环氧基/(H)，当量比	1	1

上述涂料配套使用，物理和机械性能及耐化学品性能均较佳，耐热碱性能尤为突出。

2. 聚酰胺固化环氧防腐涂料

聚酰胺的分子量较前述的脂肪胺大，挥发性小，对皮肤刺激也小，毒性也小，因而用它固化的环氧防腐蚀涂料则施工毒性低，但由于聚酰胺反应活性小，所以固化慢，施工期较长。

该类防腐蚀涂料涂膜柔韧，抗冲击性、耐水性、耐潮性及对金属的湿润性均较好，可应用于表面潮湿或带锈的金属表面涂装，但耐酸、耐碱性较胺固化的涂料稍差。配方举例如下：

重量%

组份	原料	用量	
		面层涂料	底层涂料
树脂组份（甲组份）	E-20环氧树脂(50%溶液)	48.0	46.6
	云母氧化铁	25.0	26.7
	铝粉浆(65%)	5.0	4.0
	锌铬黄	—	3.3
	二甲苯二丁醇(7∶3)	12.9	9.6
固化剂组份(乙组份)	聚酰胺300*	9.1	9.8
	颜料/树脂，重量比	6/5	7/5
	胺基/环氧基，当量比	1	1.12

3. 环氧沥青防腐涂料

该类涂料既具有环氧树脂较好的附着力、机械强度、耐溶剂性，又具有煤焦沥青较好的耐酸、耐碱、耐水性，是一种优

良的防腐蚀涂料品种，可应用于化工设备和道管内壁，地下管线外壁，水利工程设施等方面，下面介绍两个配方实例：

（1）胺固化环氧沥青防腐蚀涂料：

重量%

组份	原料	用量	
		面层涂料	底层涂料
树脂组份（甲组份）	E-20环氧树脂(50%溶液)	61.6	32.4
	煤焦沥青(60%溶液)	34.6	12.9
	云母氧化铁	—	29.8
	锌铬黄	—	3.4
	铝粉浆(非漂浮型65%)	—	1.7
	二甲苯：丁醇：环已酮(6：3：1)	—	17.8
固化剂组份（乙组份）	乙二胺(50%酒精液溶)	3.8	2.0
	环氧/沥青，重量比	1.5	2.1
	颜料/树脂，重量比	—	1.43
	环氧基/(H)，当量比	1	1

（2）聚酰胺固化环氧沥青防腐蚀涂料：

重量%

组份	原料	用量			
		清漆	面层	中层	底层
树脂组份（甲组份）	E-20环氧树脂	28.0	19.6	11.2	11.3
	轻质碳酸钙	—	15.8	31.5	30.2
	铁红	—	5.2	10.5	11.3
	四盐基锌铬黄	—	—	—	7.5
	煤焦沥青	25.0	24.5	14.0	6.7
	甲苯：环已酮：二甲苯：醋酸酯(4：3：2：1)	23.0	25.1	27.2	27.4

续表

组　份	原　　料	用　量			
		清漆	面层	中层	底层
固化剂组份（乙组份）	聚酰胺300*	7.0	4.9	2.8	2.8
	二甲苯	7.0	4.9	2.8	2.8
	环氧/沥青，重量比	0.8	0.8	0.8	1.7
	颜料/树脂，重量比	—	0.43	2.33	2.35
	环氧/聚酰胺，重量比	4	4	4	4

上述配方涂料适用于地下输油管的外壁防腐，在60～70℃下耐盐、耐碱性、耐地下水，而且抗渗透性好，附着力强，同时施工性能优于胺固化的环氧沥青防腐涂料。

4. 无溶剂环氧防腐涂料

该类涂料与传统的溶剂型涂料相比，具有节约溶剂，安全不易燃烧、毒性小、施工效率高等等优点，但涂刷性较差，涂层附着力有所下降，故应用于防腐蚀施工时，最好能以溶剂型涂料打底。

该涂料主要用于水下及潮湿表面涂装，不仅有防腐蚀作用，还有堵缝，防渗作用，下面介绍一个配方实例：

（1）聚酰胺固化无溶剂环氧涂料

重量%

组　份	原　料	用　量
树脂组份（甲组份）	E-51环氧树脂	25.0
	滑石粉	23.3
	中铬绿	1.5
	亚磷酸三苯酯	0.2

续表

组　份	原　料	用　量
固化剂组份（乙组份）	聚酰胺300*	35.0
	滑石粉	9.5
	重晶石粉	5.0
	中铬绿	0.5
	颜料/树脂，重量比	6/4
	环氧基/胺基，当量比	0.7

该涂料为膏状物，可在落潮时抹在经手工除锈的海洋钢结构的潮差区，能在海水溅泼或海水中形成厚涂层，附着力牢固，能抗冲击和震动。

（2）胺加成物固化的环氧无溶剂涂料

重量%

组　份	原　料	用　量
树脂组份（甲组份）	E-44环氧树脂	64.0
	异辛基缩水甘油醚	19.2
固化剂份（乙组份）	丁基缩水甘油醚：二乙基三胺(1：1)	15.3
	2，4，6—三(二甲氨基)甲基苯酚	1.5

上述涂料可应用于地下混凝土油缺表面作为耐油防渗涂层。

5.环氧酚醛防腐涂料

环氧酚醛防腐涂料是利用环氧树脂的环氧基在高温下能与酚醛树脂的酚羟基和羟甲基交联，并生成网状立体结构的涂层，在常温下可制成稳定的单组份涂料。该涂料既具有环

氧良好的附着力、强韧性、耐碱性，又具有酚醛良好的耐酸性、耐热性，故其是一种较好的防腐蚀涂料。配方举例如下：

（1）低分子量环氧酚醛防腐蚀涂料

重量%

原　料	用　量		
	清　漆	石墨底层涂料	铝粉底层涂料
E-44(或E-35，E-31)	3.5～1.5	3.5～1.5	3.5～1.5
酚醛清漆	3～7	3～7	3～7
石墨粉	—	2	—
铝粉	—	—	2
丙酮	3.5～1.5	3.5～1.5	3.5～1.5

以上配方可现配现用。施工时一般采用一道底层，二至四道清漆配套，每层在150℃下烘2小时，最后180℃烘2小时。

（2）高分子量环氧酚醛防腐涂料

重量%

原　料	用　量	
	清漆	乳白涂料
E-03	25	23.0
酚醛树脂	17.3	14.1
环氧酯	3.7	3.4
钛白粉	—	10.0
硅油1%溶液	—	0.5
双丙酮醇	—	5.0
二甲苯	12.5	16.0
醋酸丁酯	5.5	—
丁醇	5.0	—
环已酮	37.0	28.0

注：酚醛树脂为丁醇醚化的醇溶性酚醛树脂。
环氧酯为环氧E-12的蓖麻油酸酯。

上述涂料须在160～180℃下固化40分钟。涂膜坚韧，耐酸、耐碱和耐溶剂。

6.粉末环氧防腐涂料

粉末涂料是近几年内才发展起来的品种，由于其具有涂料利用率高、毒性小、施工效率高，一次涂刷单道厚度大，涂层致密等优点，故近年来发展颇为迅速，产量连年上升，广泛应用于轻工、家电、机电等产品防腐蚀。但由于要采用静电喷涂或流化床施工，又需高温固化，因而仅限于中小工件、设备的成批涂装。配方举例如下：

重量%

原　　料	用　　量
E-06	39.4
E-20	26.2
钛白粉	4.85
炭黑	0.1
碳粉	22.0
白炭黑	0.60
聚乙烯醇缩丁醛	5.3
酞菁兰	0.05
双氰胺	2.5

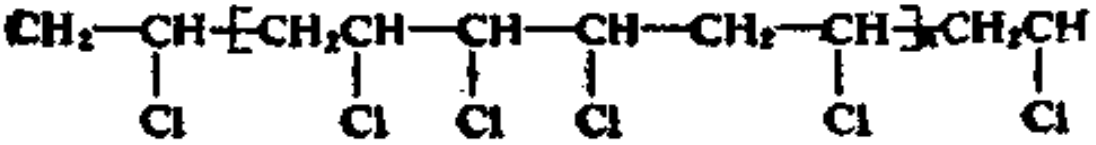
四、乙烯树脂防腐涂料

乙烯树脂防腐蚀涂料主要是指以氯乙烯、醋酸乙烯、乙烯、丙烯等单体制成的树脂为成膜物，添加溶剂、颜料、填料等加工而成的涂料。其中过氯乙烯涂料已大量生产和应用，氯醋共聚树脂或氯乙烯与偏氯乙烯共聚树脂也有一定量应用，

还有氯化聚乙烯和氯化聚丙烯具有较好溶解性能，化工部涂料研究所做了大量研究工作，是一个值得开发、推广的品种。

1.过氯乙烯防腐涂料

过氯乙烯是由聚氯乙烯再度氯化而得的产品，其结构式如下：



该树脂外观为白色或淡黄色颗粒状，能溶于芳烃和酮、酯的混合溶剂。由于结构饱和而侧基较小，故配成涂料后能形成致密的耐化学药品的涂膜。但对光、热稳定性差，长期使用不宜超过60℃，对金属附着力也稍差，必须通过配套使用，如在底层涂料中添加醇酸树脂，可增加附着力。由于该涂料原料来源丰富、耐腐蚀性较好，故在防止化工大气腐蚀方面获得大量应用。

过氯乙烯防腐涂层能耐多种化学药品，其耐化学腐蚀性能列表如下：

介质	浓度(%)	温度(°C)	耐腐蚀性
硫酸	25	50	耐
硫酸	50	50	耐
硫酸	80	50	耐
盐酸	30	50	耐
盐酸	30	＜70	较耐
磷酸	50	50	耐
硝酸	50	50	耐
油酸		20	耐酸

续表

介质	浓度(%)	温度(°C)	耐腐蚀性
亚硫酸	稀溶液	25	较耐
亚硫酸	浓溶液	<70	耐
醋酸	80	<45	耐
草酸	任何浓液		耐
氢氧化钠	40	50	耐
氢氧化钠	40	70	较耐
氢氧化钠	10	50	耐
氢氧化钙	饱和	<70	耐
氢氧化钾	饱和	<70	耐
二氧化硫		35	耐
二氧化碳	水溶液	常温	耐
氯化钙		50	耐
硫酸钠		<70	耐
次氯酸钠	120g/L	60	较耐
过氧化钠		20	不耐
汽油		50	耐
机油		50	耐
植物油		50	耐
动物油		50	耐
水		50	耐
丁醇	100	50	耐
乙醇	98	50	耐
海水		50	耐
食盐水	饱和	50	耐
氨气	低浓度	35	耐
氨水	浓		耐
甲醛	40	25	耐

过氯乙烯防腐蚀涂料配方举例如下：

重量%

原　料	用　量				
	清漆	白漆	绿漆	铁红底漆	锌黄底漆
过氯乙烯树脂	12.0	10.84	11.20	9.3	14.T
苯二甲酸二丁酯	1.25	2.49	3.0	2.9	4.7
五氯联苯	1.25	—	—	—	—
磷酸三甲酚酯	1.0	—	—	—	—
中油度亚麻油醇酸	—	4.25	4.50	5.0	6.0
环氧氯丙烷	0.4	—	—	—	—
蓖麻油酸钡	—	0.19	0.19	—	—
合成脂肪酸钡	—	—	—	—	—
钛白粉	—	10.93	—	—	—
铬绿	—	—	11.0	—	—
铁红	—	—	—	23.0	—
硫酸钡	—	—	—	13.3	—
滑石粉	—	—	—	1.5	4.3
锌铬黄	—	—	—	—	15.5
氧化锌	—	—	—	—	7.5
醋酸乙酯	—	—	—	—	10.0
醋酸丁酯：丙酮：甲苯 (10：15：75)	84.16	71.30	70.11	45.0	37.0
固体(%)	16	29	30	55	63

2. 氯醋共聚树脂防腐涂料

众所周知，聚氯乙烯树脂由于烃链上只有小而分离的氯侧基，故化学稳定性高，结构致密，但溶解性差，附着力低，不宜单独作为涂料的成膜物，当氯乙烯与醋酸乙烯共聚后，因引入了醋酸酯基而改进了溶解性，同时起到了内增塑

作用，但也相应降低了化学稳定性。一般用来作为涂料成膜物的共聚树脂中含醋酸乙烯15～17%，使其能适当提高溶解性，而不显著降低化学稳定性。将此树脂部分皂化，则可因羟基的存在而改进附着力。以氯乙烯和少量醋酸乙烯、顺丁烯二酸配制得的三元共聚物为成膜物制取的防腐涂料在国外特别是前苏联应用较为广泛，国内尚只有少量应用。氯醋共聚树脂防腐涂料配方举例如下：

重量%

原　料	用　量			
	清漆	灰漆	白漆	底漆
氯醋共聚树脂	16	20	—	—
氯醋共聚树脂部份皂化物	—	—	15	15
磷酸三甲酚酯	—	—	—	3
苯二甲酸二丁酯	—	4.0	—	—
苯二甲酸二辛酯	1.5	—	2	—
E-51	0.5	—	0.5	—
E-42	—	0.6	—	—
红丹	—	—	—	22
钛白粉	—	6.0	110.0	—
炭黑	—	0.1	—	—
丙酮	22.30	11.5	118.5	—
甲乙酮	—	—	—	30
环已酮	13.3	23.1	112.5	—
醋酸丁酯	5.4	—	5.0	—
甲苯	—	34.7	—	30
二甲苯	41.0	—	36.5	—
固体(%)	18	30	28	40
颜料/树脂，重量比	—	0.248	0.388	1.22

该类防腐蚀涂料性能近似过氯乙烯防腐涂料，耐候性及柔韧性较过氯乙烯涂料好，可用来作为钢结构防化学气体腐蚀涂料。

3. 氯乙烯、偏氯乙烯防腐涂料

氯乙烯与偏氯乙烯按一定比例共聚（一般为60:40）所得树脂具有一定结晶性和良好的溶解度，用该共聚树脂加一定量颜料、填料、溶剂可配制成耐化学气体的防腐涂料，该涂料除有类似乙烯树脂的化学稳定性外，还有较好的气密性、抗渗透性、柔韧性和附着力。配方举例如下：

重量%

原料	用量		
	清漆	面漆	底漆
氯乙烯偏氯乙烯共聚树脂	20	19.8	18.2
铁红	—	9.9	—
红丹	—	—	14.5
环烷酸钡	—	—	—
甲苯	49.0	35.7	37.0
丙酮	14.2	10.3	11
醋酸丁酯	16.8	11.5	12
云母粉	—	—	36.5
滑石粉	—	9.9	3.65
炭黑	—	0.4	—
环氧氯丙烷	—	2.5	—
固体(%)	20	4.0	40
颜料/树脂，重量比	—	1.0	1.2

五、聚氨酯防腐涂料

聚氨酯是由多异氰酸酯为多羟基化合物聚合而得的树脂。多异氰酸酯有芳香族和脂肪族两大类，由于芳香族价廉易得，反应活性又大，故在防腐蚀涂料中大多采用芳香族异氰酸酯。由于氨基甲酸酯键节有较高极性又有化学惰性以及异氰酸酯高度活性，使有充分手段可按需要调整结构，故用聚氨酯为成膜物质配制而成的防腐蚀涂料具有优良耐化学腐蚀性、抗渗透性、耐磨性、坚韧性、附着力等特性。

聚氨酯涂料按固化机理一般分为五类：

（1）氧固化聚氨酯改性油（单组份）；

（2）多羟基化合物固化多异氰酸酯的加成物或预聚物（双组份）；

（3）多羟基化合物固化封闭型多异氰酸酯的加成物或预聚物（单组份）；

（4）湿固化多异氰酸酯预聚物（单组份）；

（5）催化湿固化多异氰酸酯预聚物（双组份）。

从防腐蚀性能考虑，第一类聚氨酯油防腐蚀性能较差，故不予介绍。

1.多羟基化合物固化的聚氨酯涂料

该类防腐蚀涂料为双组份，一含氰酸基，另一含羟基，临用前配合。其涂膜性能主要受组份结构；分子量；异氰酸和羟基当量比；固化温度等因素影响。一般讲该类涂料具较好耐化学腐蚀性能。具体耐化学介质性能列表如下：