目　录

第一篇　最新船舶涂装新技术新工艺与涂装质量评价基础知识

第一章　涂料的组成与分类 ……（3）
第一节　涂料的组成 ……（3）
第二节　涂料的分类和命名 ……（6）
第三节　涂料分类品种简介 ……（7）
第二章　涂料的选用 ……（27）
第一节　涂料选择 ……（27）
第二节　涂料用量估算 ……（34）
第三节　涂料兑稀方法 ……（39）
第四节　涂层色彩设计 ……（40）
第三章　水性涂料 ……（43）
第四章　特种功能涂料 ……（72）
第一节　概述 ……（72）
第二节　隐身涂料 ……（73）
第三节　发光涂料 ……（80）
第四节　导电涂料 ……（84）
第五节　防火涂料 ……（90）
第六节　耐热涂料 ……（96）
第七节　烧蚀防热涂料……（101）
第八节　船舶防污涂料……（108）
第九节　阻尼涂料……（114）
第五章　涂料干燥与成膜……（117）
第一节　涂料成膜机理……（117）
第二节　涂膜干燥方法……（126）
第三节　烘干设备……（128）
第六章　涂料配方设计……（138）

第一节　颜料加入量……（138）
第二节　涂料流变性控制……（147）
第三节　涂料配方试验方法……（161）
第四节　配色……（171）
第七章　船舶涂料……（186）
第一节　船舶涂料概述……（186）
第二节　船舶涂料用主要成膜物质……（191）
第三节　车间底漆……（207）
第四节　防锈涂料……（217）
第五节　防污涂料……（232）
第六节　水线以上面层涂料……（242）
第七节　液舱涂料……（250）
第八节　船舶涂料的发展方向……（256）
第八章　特种船舶涂料与集装箱涂料……（258）
第一节　特种船舶涂料……（258）
第二节　集装箱涂料……（293）

第二篇　船舶涂装新技术新工艺

第一章　船舶涂装概述……（307）
第一节　船舶涂装的特点……（307）
第二节　船舶涂装工程……（310）
第三节　船舶涂装工程的现代化……（311）
第二章　涂装方法和装备……（314）
第一节　空气喷涂……（314）
第二节　高压无气喷涂……（323）
第三节　静电喷涂……（331）
第四节　粉末涂装……（339）
第五节　电泳涂装……（343）
第六节　自泳涂装……（356）
第七节　帘幕涂和辊涂……（358）
第八节　涂装方法选择……（362）
第九节　喷漆室……（365）
第三章　船舶涂装管理……（373）

第一节　膜厚管理……（373）
第二节　工程管理……（379）
第三节　材料管理……（386）
第四节　工时管理……（390）
第四章　溶剂型涂料的涂装工艺与设备……（394）
第一节　浸涂……（394）
第二节　高压空气喷涂……（396）
第三节　高压无气喷涂……（406）
第四节　静电涂装……（416）
第五章　船舶涂装设计……（428）
第一节　概述……（428）
第二节　涂装初步设计……（435）
第三节　涂装详细设计……（439）
第四节　涂装生产设计……（447）
第五节　关于船舶管系的颜色标记……（459）
第六章　刷涂、刮涂、滚刷涂新技术新工艺……（462）
第一节　刷涂新技术新工艺……（462）
第二节　刮涂新技术新工艺……（468）
第三节　滚刷涂新技术新工艺……（478）
第七章　浸涂、淋涂、辊涂与转鼓涂新技术新工艺……（483）
第一节　浸涂新技术新工艺……（483）
第二节　淋涂新技术新工艺……（492）
第三节　辊涂新技术新工艺……（497）
第四节　转鼓涂新技术新工艺……（501）
第八章　空气喷涂新技术新工艺……（503）
第一节　空气喷涂的原理与特点……（503）
第二节　空气喷涂枪的种类与构造……（504）
第三节　空气喷涂作业……（518）
第四节　喷枪的选择与维护……（534）
第五节　加热喷涂……（538）
第九章　高压无气喷涂新技术新工艺……（542）
第一节　高压无气喷涂设备的选用……（542）
第二节　涂装质量的控制……（550）

第三节　高压无气喷涂工艺……（551）
第四节　高压无气喷涂设备的使用与维护……（553）
第十章　粉末涂料及其涂装新技术新工艺……（556）
第一节　概述……（556）
第二节　粉末涂料……（562）
第三节　粉末涂料涂装工艺……（582）
第四节　粉末涂料涂装管理……（626）
第十一章　电泳涂装新技术新工艺……（630）
第一节　概述……（630）
第二节　电泳涂装的原理和特点……（631）
第三节　影响电泳涂装的因素及参数测定……（636）
第四节　电泳涂装设备……（647）
第十二章　成品油船与特殊涂装新技术新工艺……（663）
第一节　成品油船涂装的特殊性……（663）
第二节　成品油船涂装工程……（668）
第三节　有关特殊涂装的标准……（674）
第四节　特殊涂装用设备……（680）
第五节　特殊涂装工程管理……（684）
第十三章　水性涂料及其涂装新技术新工艺……（689）
第一节　乳胶涂料……（689）
第二节　水溶性涂料……（692）
第三节　电泳涂装工艺……（697）
第四节　电泳涂装设备与设计……（715）
第五节　电泳涂装的管理……（737）
第十四章　静电涂装新技术新工艺……（745）
第一节　概述……（745）
第二节　静电涂装的基本原理和特点……（745）
第三节　影响静电涂装的因素……（747）
第四节　静电涂装装置……（755）
第五节　特种静电涂装……（768）
第十五章　修缮涂装新技术新工艺……（773）
第一节　修缮涂装工程计划……（773）
第二节　表面处理方法……（774）

第三节　修缮涂装用涂料……（776）
第四节　修缮涂装配套系统……（778）
第五节　修缮涂装要领……（783）
第十六章　船舶涂装施工技巧实例……（788）
第一节　船舶分段涂装时的技巧及注意事项……（788）
第二节　船舶合拢后的二次涂装的特点及技巧……（790）
第三节　车间底漆的施工技巧……（791）
第四节　船底漆的涂装技巧……（792）
第五节　涂装水线漆时的注意事项及技巧……（794）
第六节　船壳漆的涂装技巧……（794）
第七节　甲板漆的施工特点及技巧……（795）
第八节　船舶上的各种标记涂写技巧……（797）
第九节　船舶典型的涂装实例……（798）

第三篇　船舶涂装质量评价与质量验收

第一章　涂料的质量标准……（807）
第一节　通用型底漆、清漆、磁漆……（807）
第二节　专用涂料……（814）
第二章　涂装工艺参数及其测定方法……（830）
第一节　预处理工艺参数……（830）
第二节　电泳涂装工艺参数……（833）
第三节　静电涂装工艺参数……（841）
第四节　涂装用水的质量……（843）
第五节　涂装环境温度、湿度……（846）
第三章　海洋和重防腐涂料的性能评价方法和标准……（848）
第一节　相关的常规性能测试方法……（848）
第二节　船底防污漆的筛选和性能评价……（855）
第三节　长效防腐涂料的加速测试方法及局限性……（860）
第四节　涂料耐大气老化性能的评价方法……（873）
第五节　功能型涂料技术标准……（878）
第四章　涂装前表面处理的质量检测与评价……（890）
第一节　涂装前处理的意义与脱脂……（890）
第二节　脱脂……（894）

第三节　磷化处理……（905）
第四节　涂装材料处理与涂装前处理设备和计算……（933）
第五章　涂装前钢材表面处理的质量评定……（978）
第一节　表面处理质量与涂层保护性能……（978）
第二节　钢材表面处理质量的评定……（983）
第六章　施工前涂料产品自身性能的检测……（996）
第一节　涂装质量标准制定……（996）
第二节　涂料性能的检测……（998）
第七章　涂装过程中的质量检测 ……（1005）
第一节　涂装过程中的质量检测标准检测 ……（1005）
第二节　涂装施工性能测定 ……（1006）
第八章　涂装后的质量检测 ……（1018）
第一节　涂装后质量检测的标准检测方法 ……（1018）
第二节　涂膜性能测试 ……（1019）
第九章　涂膜缺陷与对策 ……（1039）
第一节　流挂 ……（1039）
第二节　橘纹 ……（1042）
第三节　颗粒 ……（1045）
第四节　露底 ……（1046）
第五节　咬底 ……（1047）
第六节　发白 ……（1047）
第七节　拉丝 ……（1048）
第八节　缩孔 ……（1048）
第九节　气泡与气孔 ……（1049）
第十节　针孔 ……（1049）
第十一节　发花 ……（1050）
第十二节　浮色与渗色 ……（1050）
第十三节　闪光漆色调不均匀 ……（1051）
第十四节　剥落 ……（1052）
第十章　涂装工程质量验收 ……（1054）
第一节　涂装工程验收总则 ……（1054）
第二节　涂装设备的制造施工与验收 ……（1055）
第三节　管路系统的施工验收 ……（1056）

第四节　风机与泵的安装验收 …… (1056)
第五节　设备、管道的保温施工和验收 …… (1057)
第六节　输送设备的安装验收 …… (1058)
第七节　电控系统的安装施工验收 …… (1058)
第八节　涂装设备试运转 …… (1060)
第九节　涂装设备性能验收项目 …… (1060)

第四篇　船舶的腐蚀与防护新技术新工艺
第一章　船舶涂装与防蚀的规范和标准 …… (1065)
第一节　各国船级规范的要求 …… (1065)
第二节　涂装与防蚀的有关标准 …… (1077)
第二章　防腐蚀涂料 …… (1084)
第一节　概述 …… (1084)
第二节　防锈漆 …… (1091)
第三节　防腐蚀漆 …… (1115)
第四节　防腐蚀涂料应用举例 …… (1129)
第三章　船舶的腐蚀与防护 …… (1141)
第一节　金属腐蚀概述 …… (1141)
第二节　金属的化学腐蚀 …… (1146)
第三节　电化学腐蚀基本理论 …… (1150)
第四节　钢铁在海洋环境中的腐蚀 …… (1161)
第五节　船舶腐蚀 …… (1169)
第六节　船舶的防护 …… (1177)
第四章　重防腐蚀涂料与涂装 …… (1181)
第一节　重防腐蚀涂料 …… (1181)
第二节　重防腐蚀涂装工艺 …… (1189)
第三节　重防腐蚀涂料的最新进展 …… (1195)
第五章　海洋和重防腐涂料的涂装新技术新工艺 …… (1199)
第六章　二次除锈与表面清理 …… (1261)
第一节　二次除锈的方式 …… (1261)
第二节　二次除锈的工艺要求 …… (1268)
第三节　二次除锈的质量要求 …… (1269)
第四节　涂装前表面清理 …… (1271)

第五篇　船舶涂装安全技术措施与标准化管理

第一章　涂装作业安全标准化 …… (1275)
第一节　涂装作业安全标准体系 …… (1275)
第二节　涂装作业安全标准的推广应用 …… (1281)
第三节　涂装作业安全标准化发展趋势 …… (1286)
第二章　涂装“三废”处理及其处理技术 …… (1288)
第一节　废水治理 …… (1288)
第二节　废气处理 …… (1293)
第三节　废渣处理 …… (1314)
第三章　涂装作业危害因素 …… (1320)
第一节　涂装危害概述 …… (1320)
第二节　涂装物料主要危险特性 …… (1323)
第三节　涂料毒性危害的特点 …… (1326)
第四节　涂装作业工程危险有害因素 …… (1331)
第四章　涂装防火防爆安全技术 …… (1344)
第一节　防火防爆基本知识 …… (1344)
第二节　涂装作业中危险物质参数 …… (1346)
第三节　涂料的爆炸及火灾危险等级 …… (1352)
第四节　涂装作业爆炸危险场所的电气安全 …… (1358)
第五节　火灾、爆炸监测和灭火设施 …… (1361)
第五章　防尘防毒及通风净化 …… (1368)
第一节　概述 …… (1368)
第二节　涂装防毒的技术措施 …… (1373)
第三节　利用喷漆室防止喷漆中毒 …… (1377)
第四节　溶剂废气的净化方法 …… (1393)
第五节　涂装防尘安全技术措施 …… (1410)
第六章　涂装防噪声安全技术 …… (1424)
第一节　涂装作业噪声治理的一般原则 …… (1424)
第二节　涂装作业的噪声治理步骤 …… (1426)
第三节　气流噪声的治理 …… (1427)
第四节　高压风机噪声的治理 …… (1431)
第五节　汽－水冲击噪声的治理 …… (1433)
第六节　风管噪声的综合治理 …… (1435)

第一篇

最新船舶涂装新技术新工艺与涂装质量评价基础知识

第一章　涂料的组成与分类

第一节　涂料的组成

涂料的种类众多，但基本上都是由成膜物质、颜料、溶剂和助剂组成。有些涂料不含颜料，如清漆。有些涂料不含溶剂，如粉末涂料、辐射固化涂料。涂料的组成物如表 1－1－1 所列。

表 1－1－1　涂料的组成物

成膜物质	天然油脂	干性油：桐油、亚麻仁油、苏子油、脱水蓖麻油 半干性油：豆油、葵花油、玉米油、棉子油 不干性油：蓖麻油、椰子油、花生油
	天然树脂	虫胶、松香、沥青、天然漆
	人造树脂	硝基纤维、乙基纤维、氯化橡胶、石灰松香、甘油松香
	合成树脂	酚醛、无油醇酸、氨基、聚酯、丙烯酸、聚乙烯、环氧、聚酰胺、过氯乙烯、聚氨酯等
颜　料	着色颜料	无机：钛白粉、氧化锌、炭黑、铅铬黄等；有机：酞菁类、偶氮类等
	体质颜料	碳酸钙、硫酸钡、白炭黑、高岭土、硅灰石、云母粉、石膏粉、滑石粉
	功能颜料	防锈颜料、消光剂、防污剂、磁粉、导电颜料、玻璃微珠、润滑剂、防滑剂、耐磨剂、吸波颜料等
溶　剂	不同沸点	高沸点：150～200℃；中沸点：100～150℃；低沸点；＜100℃
	挥发速度	快速、中速、慢速、特慢速（相对乙酸丁酯（100）或相对于乙醚（1））
	化学组成	有机：脂肪烃、芳香烃、卤代烃、醇、酯、醚、酮；无机：水

助　剂	在涂料生产中发生作用	乳化剂、分散剂、润湿剂、消泡剂、引发剂、偶联剂
	在涂料生产储存中发生作用	防沉淀剂、防结皮剂、流变剂、杀菌防腐剂
	在涂料施工中发生作用	催干剂、流平剂、防缩孔剂、防流挂剂、成膜助剂、增稠剂、流变剂、润湿剂
	对涂膜性能发生作用	增塑剂、消光剂、增光剂、阻燃剂、防霉剂、增滑剂、防滑剂、耐磨剂、光稳定剂、导电剂、抗静电剂、防污剂

一、成膜物

成膜物也称基料或粘结剂，是形成涂膜的连续相的物质。它是决定涂膜性质的主要因素。在涂料的储存、运输期间内，成膜物不应发生明显的物理化学变化；涂装后，在规定条件下，涂料固化成膜。热塑性涂料的成膜物在成膜前就是聚合物。热固性涂料的成膜物是低聚物，交联成膜后形成聚合物膜。成膜物一般由天然油脂、天然树脂、合成树脂及无机物质构成。现代涂料有时使用单一品种的树脂作为成膜物，有时采用不同的树脂互相改性、互相补充，有时采用有机树脂与无机物共同组成成膜物。

二、颜料

颜料的颗粒大小约为 $0.2 \sim 100\mu m$，其形状可以是球状、鳞片状和棒状。一般通常用的颜料是 $0.2 \sim 10\mu m$ 的微细粉末，不溶于溶剂、水和油类。颜料能赋予涂料以颜色和遮盖力，提高涂层的机械性能和耐久性；有的能使涂层具有防锈、防污、磁性、导电等功能。

颜料按成分分类可分为无机颜料和有机颜料；依性能可分为着色颜料、体质颜料和功能性颜料。着色颜料应用广泛，品种也非常多。体质颜料的加入其目的并不在于着色和遮盖力，一般是作为填料来提高着色颜料的着色效果和降低成本。功能性颜料如防锈颜料、消光颜料、防污颜料、电磁波衰减

颜料等，发展很快，占有越来越重要的地位。

涂料的性能受颜料以下性能的影响：①颜料的形状；②颜料的颗粒大小及其分布；③颜料的体积分数；④颜料在涂料中分散的效果。

颜料体积分数（φ）和临界颜料体积分数（$\varphi_{临界}$）对涂料的性能有重要影响，表达式为

$$\varphi = \frac{\text{颜料的体积}}{\text{颜料的体积} + \text{固体基料的体积}} \times 100\%$$

上式中的固体基料系指涂料中不挥发基料。涂料和涂膜的许多性能随 φ 值的变化而逐渐发生变化，当 φ 超过某一特定数值时，这些性能会发生突变，这一特定的 φ 值称为临界颜料体积分数 $\varphi_{临界}$。$\varphi_{临界}$ 是涂料配方中的一个重要参数，其物理意义为：当达到 $\varphi_{临界}$ 时，涂膜中的颜料颗粒正好被涂料中的树脂基料所包围和润湿；当 φ 低于 $\varphi_{临界}$ 时，基料的数量除了包围、润湿颜料外还有多余；当配方中的 φ 高于 $\varphi_{临界}$ 时，则涂膜中的基料数量不足以包围和润湿所有的颜料，涂层的一些物理性能就会发生急剧的变化。

三、助剂

助剂是涂料中的辅助材料组分，能对涂料或涂膜的某一特定方面的性能起改进作用。不同品种的涂料，需要使用不同的助剂；而同一种类型的涂料为达到不同的目的，可能使用不同的助剂；一种涂料可能同时加入几种不同的助剂。总之，助剂的使用是根据涂料的不同要求而决定的。现代涂料的助剂有四类：①对涂料生产过程发生作用的助剂，如乳化剂、分散剂、润湿剂和消泡剂等；②在涂料储存过程中起作用，如防沉淀剂、防结皮剂等等；③在涂料施工成膜过程中发生作用，如催干剂、流平剂和防流挂剂等；④对涂料性能发生作用，如增塑剂、消光剂、阻燃剂、防静电剂、紫外光吸收剂、自由基捕获剂和防霉剂等。

助剂在涂料中往往用量很少，但作用显著，有“四两拨千斤”之功效。

四、溶剂

除了无溶剂涂料外，溶剂是各种液态涂料中的重要组分。溶剂具有溶解

或分散成膜物质为液态，降低涂料的粘度，使之易于施工涂布的作用。溶剂对于涂膜的形成与质量来说是很重要的。

习惯上所说的溶剂，包括了能溶解成膜物质的溶剂、能稀释成膜物质溶液的稀释剂和能分散成膜物质的分散剂。现代涂料中有些品种应用了一些既能溶解或分散成膜物质，又能在成膜过程中与成膜物质发生化学反应，形成新物质而存留于涂膜中的化合物。原则上它们也属于溶剂组分，被称为反应性溶剂或活性稀释剂。传统涂料中的溶剂通常是可挥发性液体，习惯上称为挥发分。水、无机化合物和有机化合物都可以作为溶剂，其中有机化合物品种最多，常用的有脂肪烃、芳香烃、醇、酯、醚、酮、氯烃类等，称为有机溶剂。

在一般的液体涂料中，溶剂的含量相当大。在热塑性涂料中，它一般约占 50%甚至 50%以上（体积比）；在热固性涂料中，它占 30% ~ 50%。有的溶剂在涂料生产中加入，有的在施工时加入，后者常称为稀释剂或稀料。有的涂料中所含的溶剂是单一溶剂品种，有的涂料使用多个溶剂品种。溶剂的选用除要考虑溶解性外，还要考虑到挥发速度、闪点、沸点等多种因素。有机溶剂在涂料生产尤其是施工中造成环境的污染以及资源的浪费，这是涂料发展中需要解决的问题。

第二节　涂料的分类和命名

涂料的品种繁多，有不同的分类和命名方法。现在通行的分类和命名方法有以下几种。

以涂料的形态分类：固态涂料，即粉末涂料；液态涂料，包括有溶剂涂料和无溶剂涂料两类。有溶剂涂料又分为溶剂型、溶剂分散型和水性涂料（包括水溶型、水乳胶型、胶体分散型）。无溶剂涂料包括通称的无溶剂型涂料和增塑剂分散型涂料（塑性溶胶）。

以涂料干燥方式分类：有挥发干燥型（非转换型）和转化干燥型（反应型）涂料两大类，后者可分为自干型、烘烤型、多组分分装型、蒸气固化

型、辐射固化型涂料等。

按涂层体系的层次分类：有底漆、腻子、中间漆、面漆、罩光漆等。

按涂膜光泽度分类：有光漆、半光漆和无光漆。

按涂料施工方法分类：有刷涂漆料、喷涂涂料、浸涂涂料、淋涂涂料、静电喷漆、电泳涂料等。

按施工对象分类：有汽车涂料、船舶涂料、飞机涂料、铅笔漆、罐头漆等。

按使用材质分类：钢铁用涂料，有色金属用涂料，纸张、皮革、混凝土、塑料用涂料等。

按涂膜性质分类：有罩光漆、防锈漆、绝缘漆、导电漆、可剥漆等。

按成膜物质种类分类：有酚醛、醇酸、氨基、硝基、环氧、丙烯酸、聚氨酯、聚酯树脂涂料等。

目前，世界上还没有统一的分类命名方法。我国采用 GB 2705－92《涂料产品分类、命名和型号》，以主要成膜物质为基础的分类方法，将涂料分为十七类，第十八类为辅助材料。命名原则是：

涂料命名 = 颜色和颜料名称 + 主要成膜物质名称 + 基本名称

如成膜物基料中含有多种成膜物时，选取起主要作用的成膜物质命名。必要时也可选两种成膜物质，主要成膜物质名称在前，次要者在后。

为了区别同一类型的各种涂料，名称之前应有型号。涂料型号以一个汉语拼音字母和几个阿拉伯数字组成，字母代号表示涂料类别，如 Y 为油脂漆，C 为醇酸漆；第一、二位数字表示涂料产品基本名称，如 01 为清漆、04 为磁漆、05 为粉末涂料等。

第三节　涂料分类品种简介

一、油脂涂料

油脂漆（代号 Y）是以干性油为主要成膜物的一类涂料。常用的干性油

有桐油、亚麻油、梓油等。将植物油经过精漂去除杂质后，根据需要选用不同的油料，在一定工艺条件下进行高温熬炼；使其发生氧化、聚合或加成等化学反应，增大油的相对分子质量和粘度，这样制得精制油，即纯油脂漆的成膜基料。在基料中加入催干剂，制得清油（亦称熟油）。精制油以不同的比例和颜料、填充料或其他辅料共同研磨，即制成各种油性调和漆、油性防锈漆及厚漆等。油脂漆易于生产，价格低廉，涂刷性好，涂膜柔韧。缺点是干燥慢，不适宜流水作业应用，机械性能欠佳，浸水易膨胀，不耐酸碱和有机溶剂，不能打磨抛光。

此类漆主要有清油、厚漆、调和漆和防锈漆四大类。清油可单独使用，作防水、防腐和防锈使用，也可用于调制厚漆和红丹防锈漆。厚漆一般用于要求不高的建筑物和水管接头处涂覆，也可给木器打底。油性调和漆用于一般金属、木器、建筑物的防护和装饰。油性防锈漆作钢铁底漆。由于性能所限，此类漆在涂料生产中比例趋于减少。

二、天然树脂漆

天然树脂漆（代号 T）是以干性植物油与天然树脂经过热炼制得漆料，加入颜料、催干剂、溶剂制成。可分清漆、磁漆、底漆、腻子等。这类漆原料易得、制造容易；价格低廉、施工方便、性能良好；其快于性、光泽、硬度、附着力、柔韧性等均比油性漆好。它可广泛用于质量要求不高的木器家具、工业及民用建筑、金属制品涂覆。其主要缺点是耐久性不佳。

涂料制造业目前所用天然树脂主要有松香、虫胶及我国特产天然大漆。所用油脂为桐油、梓油、亚麻仁油、豆油以及脱水蓖麻油等。

甘油松香是以松香与甘油酯化制得，它与干性油炼制的漆称为酯胶漆。酯胶漆干燥较快，光泽较好；但耐水性、耐酸碱性和耐候性较差。因其价廉，故成为天然树脂漆的主要品种，用于建筑物、门窗和木器。季戊四醇松香酯以松香和季戊四醇酯化制得，其各方面性能均优于甘油松香酯胶漆。

石灰松香与干性油炼制的钙脂漆，性能不如酯胶漆。

虫胶溶于酒精制成虫胶漆，干燥快，耐水性差，可用于木制品和木制品涂装打底。

生漆（大漆）是割取漆树树干所得的分泌物。其漆膜坚硬光亮，耐酸性、耐油性、耐水性、耐有机溶剂和耐土壤腐蚀性好，机械性能较好，但不耐碱。生漆加熟桐油配置的漆称为广漆或金漆，用于木器。生漆对金属附着力差，毒性大，施工、干燥较麻烦。

改性后制得的漆酚防腐涂料性能很好，如漆酚缩甲醛树脂涂料、漆酚环氧树脂涂料、漆酚苯乙烯树脂和漆酚有机硅树脂涂料。

三、酚醛树脂涂料

酚醛树脂漆（代号 F）类是以酚醛树脂为主要成膜物的涂料。其特点是干燥快、硬度高、耐水、耐化学腐蚀，但性脆、易泛黄，不宜做白漆。此类漆约占我国漆产量的 20%。按树脂种类分为如下四类：

（一）醇溶性酚醛树脂涂料

这种涂料以苯酚和甲醛缩合生成热塑性或热固性酚醛树脂，溶于乙醇制成清漆。热塑性产品可自干，并具有一定的耐汽油、耐酸、绝缘性，但漆膜脆，故用得少。热固性需烘干，亦可用固化剂自干，耐油、耐水、绝缘，但不耐强酸、强碱，可作防潮、绝缘和粘合用漆。

（二）油溶性酚醛树脂涂料

此类涂料用对叔丁酚或对苯基苯酚和甲醛反应制成树脂，热溶于油中，再和干性油及其他树脂共炼制成漆。其涂膜坚硬、干燥快、附着力好，除耐候性稍逊于醇酸树脂漆外，耐水、耐化学药品腐蚀性大大优于醇酸漆。它宜作为防腐涂料、罐头漆、绝缘漆、耐水漆和船用漆。

（三）改性酚醛树脂涂料

松香改性酚醛树脂涂料。以松香酸的不饱和环与酚醛缩聚物化合，再与

甘油酯化松香酸的羧基反应制成。这种树脂与干性油混合炼制，可制得不同油度的酚醛漆料，加入催干剂和颜料等可制成各种酚醛清漆、磁漆、调合漆等。其漆膜坚韧，干燥迅速，性能良好，比酯胶漆耐水性和耐久性强，耐候性不如醇酸磁漆。它价格低廉，广泛用于木器、家具、建筑物、机械、船舶和绝缘材料。该类涂料品种多，产量大，在酚醛树脂涂料产品中占重要地位。

丁醇改性酚醛树脂涂料。由热固性酚醛缩合物加丁醇进行醚化，再与环氧树脂或干性油混炼制成。其涂膜柔软，耐化学品腐蚀，常用于罐头内层、化工行业防腐蚀和电气绝缘。

（四）水溶性酚醛树脂涂料

将改性酚醛树脂和千性油热炼后加入顺酐改性，并用氨水中和制成水溶性酚醛树脂，再加入颜料、溶剂、催干剂料等制成电泳涂料。

四、沥青涂料

沥青涂料（代号 L）因其良好的防腐蚀性、绝缘性及装饰性和价格低廉，在涂料产品中占有一定的地位。沥青涂料以天然沥青和人造沥青为主要成膜物质。天然沥青选用高软化点的重质沥青；人造沥青有石油沥青和煤焦沥青。沥青溶于有机溶剂可制成防腐蚀沥青清漆。沥青加入干性油或合成树脂熬炼后再加辅助材料和溶剂可制成绝缘漆、底漆及用于自行车、小五金等金属制品的沥青烘烤漆。

沥青漆的优点：①涂膜光亮、平滑、丰满；②防水性好，对酸、碱、盐、化学药品有优良的稳定性；③具有一定的绝缘性和装饰性；④价廉，施工方便。其缺点是耐热性差，且只能是黑颜色。

几种沥青中煤焦沥青毒性较大，天然沥青毒性最小。沥青引起的毒害，主要是接触其粉尘或烟雾所致。沥青类防水涂料不应在室内装修中使用。

五、醇酸树脂涂料

醇酸树脂涂料（代号 C）所用醇酸树脂是以多元醇与多元酸和脂肪酸经过酯化缩聚而成的。醇酸树脂种类很多，生产出了众多型号、规格的醇酸树脂涂料。它是以醇酸树脂为主要成膜物的涂料。

涂料用醇酸树脂分三类：不干性油（如蓖麻油、椰子油和合成脂肪酸等）改性醇酸树脂；干性油（如脱水蓖麻油、亚麻油、大豆油、梓油、桐油等）改性醇酸树脂；无油醇酸树脂，如新戊二醇醇酸树脂、烯丙基醚醇酸树脂。

醇酸树脂涂料的性质与改性植物油的种类和油度的长短有关。油度一般分为短油（含油 30% ~ 45%）、中油（含油 46% ~ 55%）和长油（含油 56% ~ 70%）。不同油度对油改性醇酸树脂涂料性能的影响见表 1 - 1 - 2。

醇酸树脂漆漆膜丰满光亮，机械强度好，耐候保光好，附着力强，耐溶剂性、耐久性比较好，干燥快，价廉，施工性能好，但耐水性较差。醇酸树脂漆可以自干，也可以低温烘干。它是国内广泛应用的大众产品，被轻工、木器、车辆、船舶、桥梁、机电产品和建筑等行业普遍采用。

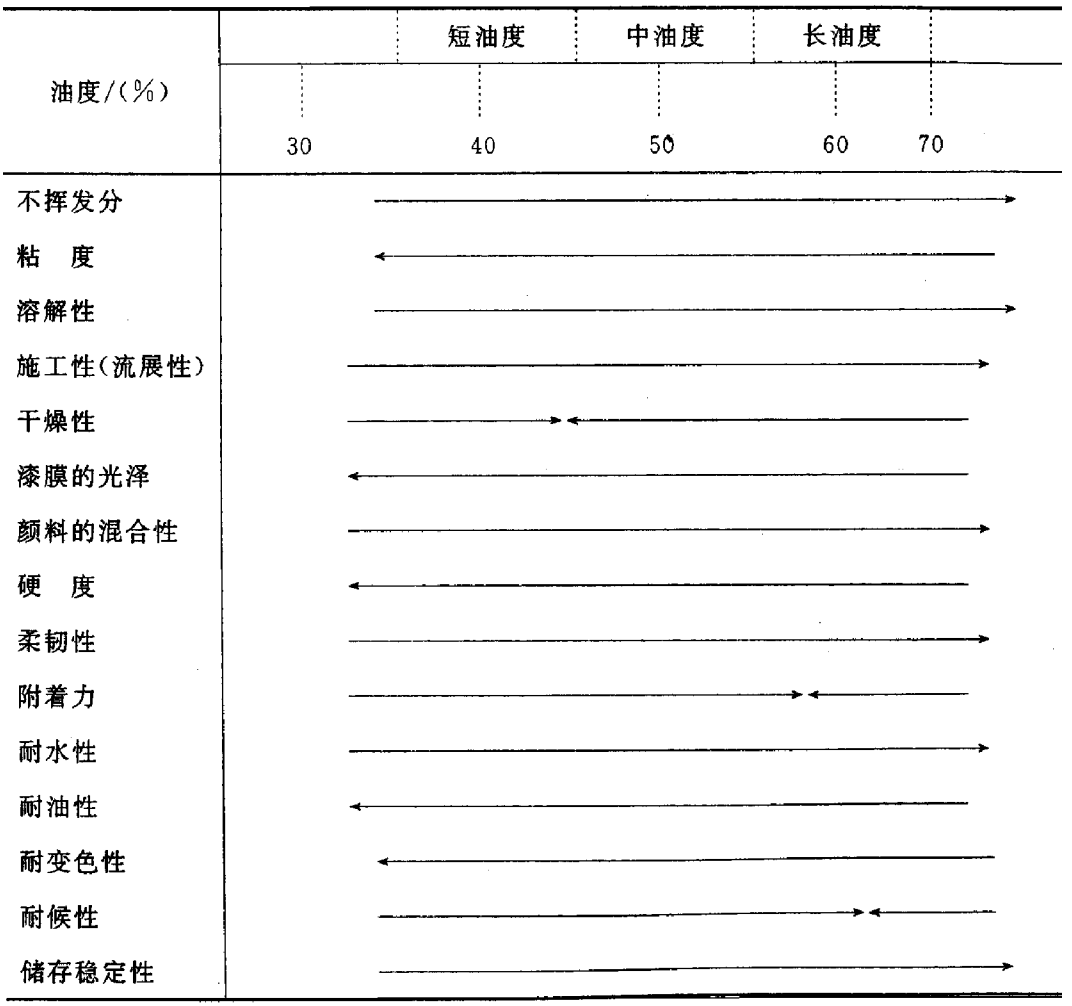
目前，醇酸树脂约占国外全部涂料用合成树脂的 40% 以上。国产涂料中醇酸树脂涂料加上含醇酸树脂的氨基、硝基、环氧树脂漆等涂料的产量大约占涂料总产量的四成，因此醇酸树脂及其涂料在涂料工业中占有重要地位。

六、氨基树脂涂料

氨基树脂涂料（代号 A）是以氨基树脂和醇酸树脂为主要成膜物质制成的性能优良的烘烤干燥成膜的涂料，在合成树脂涂料中占有很大的比例。常用氨基树脂有三种：三聚氰胺甲醛树脂、脲甲醛树脂和苯代三聚氰氨甲醛树脂。由单独氨基树脂加热固化所得的涂膜硬而脆，且附着力差，因此氨基树脂一般与基体树脂如醇酸树脂、聚酯树脂等配合，组成氨基树脂涂料。氨基树脂漆中氨基树脂作为交联剂，提高了基体树脂的硬度、光泽、耐化学性以及烘干速度，而基体树脂克服了氨基树脂的脆性，改善了附着力。氨基树脂

和醇酸树脂在较低温度下、短时间烘烤后发生了分子间交联反应，形成网状大分子三维结构涂层。其主要性能体现了醇酸树脂、氨基树脂的特点。

表 1－1－2　不同油度对油改性醇酸树脂涂料性能的影响



注：箭头方向表示提高、好。

氨基醇酸烘漆常用的醇酸树脂种类很多，大多采用短油度树脂。醇酸树脂的规格型号和树脂的配比会影响氨基醇酸烘漆的性能。

氨基树脂清漆色泽浅、光泽高，作为罩光漆使用时不影响色漆涂层的鲜

艳度，硬度高，有良好的电绝缘性。色漆外观丰满，色彩鲜艳，附着力优良，耐老化性好，耐磨耐用，耐化学药品性好，不易燃烧。它与磷化底漆、环氧底漆或磷化底材、各种电泳底漆配套使用可达到防盐雾、防潮湿、防霉（另加防霉剂）的“三防”要求，满足湿热带地区用漆的要求。它被广泛用于中级轿车、公共客车、货车、自行车、缝纫机、热水瓶、家用电器、仪器仪表、五金工具和机床等方面。为节省能源消耗，氨基树脂涂料正向低温烘干、快干的方向发展。

七、硝化纤维素涂料

硝化纤维素涂料（代号 Q）即硝基漆，俗称“喷漆”。其主要原料是硝化纤维素也就是硝化棉，它是由棉花纤维或棉籽短绒纤维经硝酸与硫酸硝化而成。涂料用硝化棉的含氮量在 12%左右（含氮量 12.5%～14%为无烟火药用，10%～11%为赛璐珞用）。硝基漆是由硝化纤维素与合成树脂、增塑剂溶于混和溶剂中调制而成。所用合成树脂分为硬树脂和软树脂。硬树脂如松香酸甘油酯树脂、松香改性顺丁烯二酸酐树脂等，它使涂膜光泽，硬度提高，有良好的抛光性能；软树脂如改性醇酸树脂、氨基树脂、环氧树脂、丙烯酸树脂等，这些树脂可显著提高涂膜耐候性、机械性能和光泽。

增塑剂是硝基漆中的另一重要组分，可以提高漆膜柔韧性和附着力，降低渗透性。增塑剂可分为溶剂型和非溶剂型两类：溶剂型中有苯二甲酸二丁酯、苯二甲酸二辛酯、磷酸二辛酯等；非溶剂型增塑剂主要有蓖麻油、氧化蓖麻油。硝基漆属挥发性干燥的涂料，故配方中溶剂组成直接影响涂料的溶解力、挥发速度、成膜性能、生产成本和公害程度。硝基漆的溶剂包括：①真溶剂，如乙酸丁酯、乙酸乙酯、丙酮。②助溶剂，如丁醇、乙醇。助溶剂本身不溶解硝化棉，但它们的加入可增加真溶剂对硝化棉的溶解度。③稀释剂：如甲苯、石油烃类。稀释剂不溶解硝化棉，仅起冲淡稀释作用和降低溶剂成本的作用。

硝基漆的最大特点是干燥迅速，施工后十分钟即可表干，能缩短工时，并且漆膜坚硬耐磨，有足够的机械强度和耐久性，便于打磨、抛光和上蜡，光泽好。缺点是固体含量低，干燥成膜薄，需要多道工序施工；施工时有大

量溶剂挥发，污染严重；在高湿环境下施工，漆膜易发白。硝基漆被广泛应用于机械、轻工产品、电器仪表、木器家具、铅笔、皮革等，是涂料产品中比较重要的一类品种。

八、纤维素酯和纤维素醚涂料

纤维素涂料（代号 M）是指除硝化棉以外的其他纤维素经过化学处理后所生成的以纤维素酯、纤维素醚作为主要成膜物质，依靠溶剂挥发而干燥的挥发性涂料。其品种有醋酸纤维素、醋酸丁酯纤维素、羟甲基纤维素、乙基纤维素和苯乙烯纤维素等。其性能特点是：①涂膜干燥快，一般在一小时内可完全实际干燥，有的品种干燥更快；②涂膜硬且坚韧耐磨；③耐久性良好，涂膜不易变色；④涂膜可打磨抛光，易修复、保养。缺点是固体含量低，需多次涂刷，原料不充足，国内品种和产销量都很少。

九、过氯乙烯树脂涂料

过氯乙烯树脂涂料（代号 G）其树脂是聚乙烯进一步氯化制成，氯含量可达 64%～65%。过氯乙烯结构饱和，侧基很少，能形成致密的耐腐蚀涂膜。以过氯乙烯树脂为主要成膜物，加上其他合成树脂及颜料、助剂、增塑剂和有机溶剂可组成挥发性涂料。其他合成树脂的改性可改善涂膜的附着力、光泽、丰满度和户外耐候性能。常用树脂有松香改性酚醛树脂、松香改性顺丁烯二酸酐树脂、醇酸树脂、丙烯酸树脂等。过氯乙烯清漆一般使用酯、酮、苯类混合溶剂，常用的是乙酸丁酯、丙酮和甲苯等。过氯乙烯漆忌醇类溶剂，不能和硝基漆稀释剂混用。

过氯乙烯漆具有很多优良的性能：干燥快，耐寒，有优良的耐腐蚀性，耐酸、碱和耐大多数盐溶液的腐蚀，耐大气曝晒，耐水性、防霉性强，适用于湿润地区作“三防”用漆，具有不延燃性，可配制成防火涂料。过氯乙烯漆耐热性差，一般适宜在 -30～60℃下使用，高于 145℃即分解。施工中溶剂释放缓慢。在未彻底干透前，涂膜较软，附着力不强，富有弹性；但当彻底干燥后，涂膜变硬，附着力增强。这种涂料固含量低，需多次喷涂。过氯

乙烯涂料对木材、纸张、水泥有良好的附着力，作为施工用漆易于修复、保养，可应用于各种车辆、机床、电工器材、医疗器械、化工机械、管道、设备、建筑物的防腐蚀和装饰性涂装，还可涂布在船舶、飞机、建筑物内部的木材、纤维制品上作为阻燃涂料。

十、乙烯树脂涂料

乙烯树脂涂料（代号 X）（简称烯树脂漆）是利用石油化工产品生产的各种高分子烯类树脂制成的涂料。乙烯树脂漆的品种较多（其中过氯乙烯、丙烯酸和橡胶漆自成系统），大部分属于挥发性涂料，具有快速自干的特点。其组成、性能、用途各不相同。按成膜树脂的不同分为十余种，例如：

（1）聚氯乙烯树脂涂料。聚氯乙烯在结构上有较少的侧基，结构紧密，化学稳定性高，但树脂溶解性和附着力差。该种涂料品种较少。各色聚氯乙烯磁漆，主要由聚氯乙烯树脂溶于环己酮而成，可用于涂装塑料制品和搪瓷玩具等。

（2）氯乙烯偏二氯乙烯（氯偏）共聚树脂涂料。该种涂料具有强度高、透气性小、柔韧、耐水、耐寒、耐化学腐蚀、难燃等特点，但耐光、耐热性欠佳。用于金属、木材、建材、纸张、织物、皮革和橡胶的防水、防火和防腐涂装。氯偏乳液涂料多用于建筑业。

（3）氯乙烯—醋酸乙烯（氯醋）共聚树脂漆。在氯醋共聚时加入部分顺酐或乙烯醇进行三元共聚，从而增强了附着力和溶解性，耐候性、耐水性、耐化学腐蚀性及其机械性能比过氯乙烯涂料略优。可用于要求耐腐蚀和耐候的化学设备、仪表装置、船舶和海上建筑物涂装。

（4）聚醋酸乙烯树脂涂料。聚醋酸乙烯乳胶涂料，是用醋酸乙烯单体经乳化聚合而制成的水分散性涂料，具有良好的保色性和附着力，可作为内墙涂料。以醋酸乙烯为主体的共聚乳液涂料性能得到提高，如醋酸乙烯丙烯酸共聚乳胶漆、醋酸乙烯—顺丁烯乙酸酯共聚乳胶漆等。

（5）聚乙烯醇缩醛树脂涂料。聚乙烯醇缩醛树脂是以聚醋酸乙烯在酸性或碱性催化剂作用下，被甲醇水解制成聚乙烯醇，再与醛缩合而制成。影响聚乙烯醇缩醛树脂性质的因素有：相对分子质量、水解度、醛的种类、缩醛

化程度。其种类有聚乙烯醇缩甲醛树脂、聚乙烯醇缩甲乙醛树脂和聚乙烯醇缩丁醛树脂。该种涂料具有很好的附着力、柔韧性、耐光性和耐热性等，适用于轻金属和电容器涂装。配制涂料时，聚乙烯醇缩醛树脂常与酚醛树脂、氨基树脂拼用制成绝缘漆、电容器漆，与防锈颜料配制成磷化底漆。

此外烯树脂漆还有聚苯乙烯焦油树脂、聚乙烯基乙炔树脂、聚多烯树脂、含氟乙烯树脂、氯化无规聚丙烯树脂涂料等品种。近年来，国内又开发出高氯聚乙烯（HCPE）树脂涂料。高氯聚乙烯树脂含氯量大于 65％具有优良的耐候性、耐臭氧性、耐燃性、耐油性和耐化学品性。高氯聚乙烯性脆，附着力差，不宜单独用于涂料，而应该用其他树脂改性。改性后的高氯聚乙烯涂料具有优良的机械性能和耐候性、保光性、耐磨性、耐燃性、防生物腐蚀性及良好的介电性能，是一种新的防腐蚀涂料品种。

十一、丙烯酸树脂涂料

丙烯酸树脂涂料（代号 B）是自 20 世纪 50 年代以来发展非常迅速的涂料新品种。丙烯酸树脂涂料是由丙烯酸和甲基丙烯酸酯类以及其他烯类单体聚合制成的树脂组成。通过选用不同的树脂结构，不同的配方、生产工艺以及溶剂、助剂，可以制成热塑性（挥发性）和热固性（交联固化）两大类涂料。它们又可分为溶剂型、水溶性型、水分散型、非水分散型、粉末型以及无溶剂型等多种品种的不同性能、多种用途的系列化丙烯酸树脂涂料。

用丙烯酸及甲基丙烯酸酯单体共聚制成的丙烯酸树脂，其主吸收峰处于太阳光谱范围之外，故用其制成的丙烯酸树脂涂料具有极为优良的耐光老化性和耐候性。同时丙烯酸改性树脂涂料有较好的耐酸、碱、盐和油脂性，耐热、耐腐蚀并具有“三防”性能，附着力强，坚硬，柔韧性好。由于其卓越的耐光性和耐户外老化性能，丙烯酸树脂涂料被大量用作轿车漆。丙烯酸聚氨脂涂料作为军用、民用飞机涂层被采用。此外，在轻工业的洗衣机和电冰箱等家用电器的外表、仪器仪表、金属家具、铝制品、塑料制品、建筑物的内外墙、纺织品、造纸业和卷材工业等领域都得到广泛应用。用热固性丙烯酸树脂涂料涂饰马口铁表面，不仅涂膜光亮美观，而且有很好的耐水、耐热和耐油脂性能，适宜用作罐头内外壁涂层，作为耐高温、高压蒸煮消毒器具

的保护装饰涂层和耐腐蚀涂层。

近 20 多年来，国外丙烯酸树脂涂料在产量和品种上都得到了很大发展。美国丙烯酸树脂涂料的产量已占到涂料总产量的二成以上，水性、粉末、高固体、光固化和电子束固化等新型涂料品种所占比例越来越大。可以预测，丙烯酸树脂涂料在中国是极具发展前景的大类品种。

十二、聚酯树脂涂料

聚脂涂料（代号 Z）是以聚酯树脂为主要成膜物的涂料。聚酯树脂是由多元酸与多元醇缩聚而成。因其所用多元醇和多元酸是否含不饱和双键而分成饱和聚酯和不饱和聚酯。

不饱和聚酯树脂是用不饱和二元酸（如顺丁烯二酸酐或反丁烯二酸酐）和二元醇（如乙二醇、内二醇）反应制得的直链高聚物，含不饱和基，如 $CH_2=CH-CH_2-$，$-CH=CH-$等。这种线型聚酯树脂与某一单体（如苯乙烯、丙烯酸酯、醋酸乙烯、三聚氰酸三烯丙酯等）的混合物，在引发剂和促进剂的存在下，可于常温下变为不溶物，共聚固化成膜。

改变各种醇类和酸类的品种和相对用量，可以得到一系列不同的高聚物。涂料工业用这种树脂制成无溶剂的不饱和聚酯树脂涂料。在不饱和聚酯树脂漆料中，加入一些光敏物质或直接把光敏物质与不饱和聚酯树脂聚合，可制成光聚合漆。光聚合漆的优点是在短时间内可以完全固化，储存方便，可以采用单组分体系，固化时苯乙烯单体的损失极少。它可以涂覆在胶合板、塑料、纸张等材料上。不饱和聚酯树脂漆作为无溶剂涂料已广泛应用于各领域，如用作化学储罐的涂层及木器涂料等。不饱和聚酯也是聚酯玻璃钢的原料。

不饱和聚酯涂料具有色泽好，漆膜硬度高，耐磨，保光，保色性好，具有一定耐热性、耐候性和耐温变性，以及耐弱酸、耐弱碱、耐溶剂性能，既可热固化，也可常温固化，无溶剂挥发，并可以一次涂装成较厚的涂层。其缺点是多组分包装，使用不方便，在金属上附着力一般，涂膜较脆，涂料的储存稳定性也不好，使用受到一定限制。使用最多的是不饱和聚酯清漆、磁漆和腻子。清漆主要用于高级木器（如钢琴、家具），居室木器装修和装饰

性要求高的轿车、自行车、缝纫机、电扇、仪器仪表、五金、塑料、玩具等的表面装饰。

饱和聚酯树脂是用苯二甲酸与二元醇、长链二元醇等制成。饱和聚酯树脂漆亦称无油醇酸漆，一般用三聚氰氨树脂作交联剂，制成聚酯烘漆，经烘烤固化。饱和聚酯漆漆膜坚韧、耐磨、耐热，宜作漆包线烘漆和电机、变压器、电器线圈绕组的浸涂绝缘烘漆。

十三、环氧树脂涂料

含有两个或两个以上环氧基团的树脂属于环氧树脂。环氧基团由一个氧原子和两个碳原子组成环，具有高度活泼性，故环氧树脂能与多种类型固化剂发生交联反应形成三维网状结构的高聚物。以环氧树脂为主要成膜物的环氧树脂涂料（代号 H），因其附着力强、耐化学腐蚀性好等优良性能，在涂料产品中占有重要地位。

环氧树脂漆按干燥方式可分为三大类：

（一）双组分常温干燥涂料（环氧基反应）

其中包括多元胺（脂肪胺、脂环胺、芳香胺）固化环氧树脂漆、聚酰胺树脂固化环氧树脂漆、胺加成物固化环氧树脂漆、胺类固化环氧沥青漆、胺类固化无溶剂环氧树脂漆和多异氰酸酯固化环氧树脂漆（羟基反应）。

（二）单组分烘干涂料

其中包括：环氧酚醛树脂漆（羟基反应）；环氧氨基树脂烘漆（羟基反应）；环氧/封闭多异氰酸酯涂料（羟基反应）；环氧氨基醇酸烘漆（羟基反应）；粉末涂料（环氧基反应），其中有环氧/双氰胺涂料、环氧/取代双氰胺涂料；环氧/酸性聚酯（Hybrid，杂交型）涂料；TGIC/酸性聚酯粉末涂料；其他环氧树脂漆，包括线型环氧树脂漆（挥发型）、辐射固化脂环族环氧树脂漆、水性环氧树脂漆。

（三）脂肪酸酯化型漆（常温干和烘干）

其中包括环氧酯漆（常温干和烘干）、环氧酯/合成树脂并用漆、苯乙烯改性环氧漆。

环氧树脂漆突出的性能是附着力强，特别是对金属表面的附着力更强，耐化学腐蚀性好。它具有较好的漆膜保色性、稳定性和电绝缘性。但双酚 A 环氧树脂户外耐紫外光性差，漆膜易粉化、失光，漆膜丰满度不好，不宜作高质量的户外用面漆和高级装饰性用漆。脂肪族环氧树脂可用于户外。环氧树脂漆是一种良好的防腐蚀涂料，广泛用于化工、造船、飞机、车辆、电工器材和其他工业领域，供机械设备、容器和管道等涂装。近年开发的环保性涂料，如水溶性环氧电泳漆、常温固化水稀释环氧树脂涂料、水性环氧酯涂料、无溶剂环氧树脂涂料和粉末环氧树脂涂料等进一步扩大了环氧树脂的应用领域。

十四、聚氨酯涂料

聚氨酯漆（代号 S）即聚氨基甲酸酯漆，其结构中含有相当数量的氨酯键。聚氨酯漆的树脂不像丙烯酸那样，是由丙烯酸单体聚合而成；虽然其分子结构中含有氨基甲酸酯的重复链节，但它并非由氨基甲酸酯单体聚合而成，而是由多异氰酸酯与含活性氢的化合物反应而成。聚氨酯漆的类型和品种很多，按其组成和成膜机理可分为：

（一）羟基固化型双组分聚氨酯涂料

这类涂料在聚氨酯涂料中综合性能最好，品种最多，产量最大，应用最广泛。其主要是以含异氰酸酯基的加成物和预聚物为 A 组分，含羟基的聚酯、聚醚、丙烯酸树脂或环氧树脂等为 B 组分，使用时按比例混合。聚酯型和羟基丙烯酸树脂的耐候性好；聚醚型的耐候性差，但耐水、耐碱较好；环氧型的耐腐蚀性好，耐候性差。A、B 组分的不同选择、搭配，可获得不

同性能的一系列涂料，适用于金属、木材、水泥、塑料、橡胶、皮革、织物、纸张等多种材料的涂装，可应用于飞机、轿车、铁道车辆、机床、家用电器、轻工产品、木器家具和石油化工设备管道、建筑、海上采油装置以及海洋结构等设施的防腐蚀涂装。

（二）催化固化型双组分聚氨酯涂料

以异氰酸酯预聚物为 A 组分，催化剂为 B 组分，用时按比例配制而成。其固化剂机理与湿固化聚氨酯相同。涂层干燥快，耐腐蚀性好，附着力强，耐磨，耐水，光泽好。常用于木材和金属的罩光以及混凝土表面涂装，也用于石油化工防腐蚀涂装。

（三）湿固化单组分聚氨酯涂料

它是由含羟基的聚酯、聚醚化合物和二异氰酸酯在异氰氨基适当过量的情况下反应制成，靠其分子中含有的活性异氰酸基和空气中的潮气作用而固化成膜。涂膜交联密度大，耐磨、耐油、耐水、耐化学腐蚀、抗污染，附着力和柔韧性也很好，易于在潮湿环境下施工。它用作潮湿地区的建筑物、地下工程、水泥、金属、砖石等物面的高性能防腐蚀涂料，也常作油管、油槽内部涂料。

（四）封闭型单组分聚氨酯涂料

此类涂料是用封闭剂将二异氰酸酯或其加成物上的游离－NCO 基团封闭起来，与多羟基组分混合在一起配成单组分涂料。使用时通过烘烤，使封闭剂解封，－NCO 基再生，和多羟基组分反应而固化成膜。封闭剂在烘烤中挥发，不残留在涂膜中，但污染空气。这类涂料稳定性好，毒性小，涂膜绝缘性极好，专作漆包线电绝缘涂料。

聚氨酯涂料具有多种优异性能，涂膜坚硬、柔韧、耐磨、光亮丰满、附着力强、耐油、耐酸、耐溶剂、耐化学腐蚀、电绝缘性能好、可低温和室温

固化，兼具保护性和装饰性，漆膜的弹性可根据需要而调节其成分配比。聚氨酯涂料可以制成溶剂型、液态无溶剂型、粉末、水性、单组分、双组分等多种形态，以满足不同需要。正因为如此，聚氨酯漆在国防、基建、化工防腐、车辆、飞机、木器、电气绝缘等方面都得到广泛的应用，新品种不断出现。它的价格较贵，一般多用于性能要求高的场所。有些聚氨酯漆中含有相当多的游离异氰酸酯，吸入人体有损健康，储存须密闭，施工时必须加强通风。固化后的聚氨酯涂层不含游离异氰酸基，对人体无毒无害。聚氨酯涂料是反应性很强的涂料，对环境敏感，对施工要求比较严格，配料比、熟化期、施工间隔等都需按规定执行。

十五、元素有机聚合物涂料

无素有机高分子化合物的结构主链上除碳、氮、氧、硫原子以外，还有其他元素的原子构成，系介于有机高分子和无机化合物之间的化合物。涂料中应用的主要是有机硅高聚物、有机氟高聚物及有机钛高聚物。元素有机聚合物涂料（代号 W）具有独特的耐高温性能和耐候性，并且绝缘性好、耐化学品腐蚀、耐水、耐寒，在航天航空、电气工程、核能及生活用品方面都具有重要的用途，成为一大类品种。

（一）有机硅树脂涂料

有机硅涂料是以有机硅聚合物或有机硅改性聚合物为主要成膜物的涂料。有机硅以 Si—O 键为主键，Si—O—Si 主链要到 350℃时才断裂，而一般有机高聚物在此温度下早已全部裂解，Si—O 键能达到 443.5kJ/mol，使有机硅与硅酸盐无机物结构单元相同，耐热性能非常好；同时有机硅因含有 Si—C 基而具有部分有机物的性质，这种双重性，使有机硅聚合物除具有耐热、耐燃性和坚硬性外，又有绝缘性、热塑性和可溶性等有机聚合物的特性。

有机硅涂料最大的特点是耐热性强。硅酸性树脂与耐温颜填料配合制成的涂料可在 200～300℃下长期使用；有机硅锌粉漆可长期耐 400℃高温；有

机硅铝粉漆能长期耐 500℃的高温，短期可达 600～800℃（200 小时），瞬间使用可耐 1200℃高温。同时其耐寒性也很好，－50℃时仍然有较高的柔韧性和冲击强度。有机硅涂料的另一个特点是耐候性非常好，有机硅改性聚酯树脂漆的保光性甚至优于氟树脂涂料。用有机硅对醇酸、氨基、丙烯酸树脂改性的涂料优于乙烯树脂和丙烯酸树脂涂料的性能，具有优良的耐候性、保光和保色性。有机硅涂料耐沸水和蒸汽，电绝缘性好，但价格较贵。它在电机、电器设备和电子器件的制造中占有极其重要的地位。其耐热等级是 180℃属 H 绝缘材料，介电常数、电击穿强度、绝缘电阻在－50～250℃内变动不大，在高低频率范围内均能使用，而且耐潮湿、耐酸碱、耐辐射、耐臭氧、耐电晕、耐燃且无毒。

有机硅树脂涂料可用于电动机、变压器的绝缘，还可用于电器电子元件、玻璃纤维、石棉编织物的涂覆，飞机和船舶发动机、炉灶、锅炉、船舶的烟囱、汽车的排气管的涂装，航天器表面烧蚀隔热涂层的涂装。有机硅改性醇酸涂料用于重防腐蚀漆、永久性钢铁结构建筑物（如高压输电铁塔、铁路桥梁、石油钻探设备等）的涂饰保护。有机硅改性聚酯漆可用于金属板材、建筑预涂装金属板、铝质屋面板等。有机硅涂料还可用于橡胶、塑料制品工业及金屑铸造、玻璃制品中的脱膜漆，防粘贴和塑料保护涂料。有机硅涂料有自干型也有烘烤型，有单组分也有双组分分装型。随着对性能、节能和环境保护越来越严格的要求，近年来也开发出许多新的有机硅涂料品种，如有机硅水性涂料（水溶性及乳液型）、耐热性能好的低温及常温固化有机硅涂料、无溶剂有机硅涂料、光固化有机硅涂料、电子束固化有机硅涂料、塑料表面耐擦伤硬膜涂料、光缆用玻璃纤维表面有机硅涂料、建筑用有机硅防水涂料等。

（二）有机氟树脂涂料

氟树脂是脂肪烃主链和侧链上的氢原子部分或全部被氟原子所取代的聚合物。它们是由含氟单体通过均聚和共聚，或含氟单体与乙烯共聚反应制得。有机氟树脂的种类众多，如聚四氟乙烯、聚四氟乙烯—六氟乙烯、聚偏氟乙烯、聚偏氟乙烯—三氟氯乙烯、聚三氟乙烯、聚三氟氯乙烯、四氟乙烯

—六氟丙烯共聚物及聚氟乙烯等。

有机氟树脂结构中的 C—F 键能极高，可达到 477kJ/mol，故热稳定性能非常好，一般可在 100～250℃长期使用，在 －80～－195℃下使用仍可保持一定的柔韧性。聚四氟乙烯具有宽广的耐高、低温性，长期使用温度为 －250～260℃，在 210℃使用可达一万小时，完全无燃烧性。氟原子对 C—C 链骨架具有屏蔽保护作用，故有机氟树脂有优良的化学稳定性，可耐酸、耐碱、耐有机溶剂、耐高温介质，甚至耐液态氧氧化。有机氟树脂耐候性非常好，有的涂层耐大气曝晒可达 25 年。

大多数有机氟树脂不燃烧，个别品种即使燃烧，本身也有自熄性。它们耐水性好，基本上不吸水，聚四氟乙烯、聚四氟乙烯—六氟丙烯吸水率为零。它的电性能优异，其性能不受工作环境温度、湿度、工作频率的影响。有机氟树脂表面能极低，附着力很小，摩擦系数也非常小，表面具有不粘性。

有机氟树脂涂料可以制成悬浮分散液型和溶剂型。悬浮分散液型涂料浸喷涂后，须进行干燥、高温或熔融塑化烧结；溶剂型涂料需多次喷涂成膜。粉状树脂可采用等离子喷涂涂装。

由于有机氟树脂涂料的优异特性，在涂料方面已得到许多的应用。美国第四代战斗机的蒙皮涂层使用了含氟涂料，寿命可达 10 年以上。不粘炊具涂料已被广泛应用。含氟涂料用于建筑物外表面金属基、混凝土表面等可具有优秀的耐候性和防污性能。聚四氟乙烯分散液浸渍玻璃纤维、石棉纤维可制作层压板。有机氟树脂涂料作为防腐蚀涂层应用非常广泛，如硫酸反应塔、盐酸洗浴塔内壁涂敷聚三氟氯乙烯比衬铅板、酚醛塑料、石棉胶泥衬里都更为耐久。有机氟树脂涂料可用作输油管涂层、抗盐雾的电器仪表零件涂层、食品机械表面和罐头内壁涂层等，利用其不粘性也可作脱模剂用。

（三）有机钛聚合物涂料

应用较多的是以正钛酸丁酯缩聚物溶液为漆基，加入改性树脂和铝粉，可耐 500℃高温的涂料。用锌粉作颜料，不仅可耐高温，而且还具有防锈蚀性能。

十六、橡胶涂料

橡胶涂料（代号 J）是以天然橡胶衍生物或合成橡胶为主要成膜物，与多种天然树脂或合成树脂和颜料、增塑剂、溶剂调配成不同类型和用途的涂料。所用树脂有天然树脂、松香树脂、酚醛树脂、醇酸树脂、丙烯酸树脂等。天然橡胶是具有高度不饱和性的聚合物，其相对分子质量高，成膜缓慢，易老化，不宜制涂料，须经化学处理，降低其相对分子质量，并改变分子不饱和性，制成天然橡胶衍生物，如氯化橡胶和环化橡胶等。可制造涂料的合成橡胶有丁苯橡胶、氯丁橡胶、氯化氯丁橡胶、氯磺化聚乙烯橡胶和聚硫橡胶等。主要有以下品种。

（一）氯化橡胶涂料

由天然橡胶经过塑炼解聚后，或异戊二烯橡胶溶于四氯化碳经过氯化反应生成氯化橡胶，工业制品含氯量一般为 60% ~ 67%。氯化橡胶经天然树脂或合成树脂及颜料、助剂改性制成氯化橡胶涂料。氯化橡胶涂料属挥发性漆，干燥快，可在 -20 ~ 50℃气温下施工，不受季节限制。一般单罐包装，使用方便。用该涂料易得厚涂层，一般每道干膜厚可达 55 ~ 85μm，最高一道干膜厚可达 120μm。氯化橡胶涂料具有良好的耐久性、耐候性和防腐蚀性能，其渗水率极低，耐酸、碱、盐水和盐雾性好，耐水、耐氧化剂，水蒸汽渗透性低。漆膜含氯量高，具有防霉和阻燃效果；但耐热性差，130℃分解，潮湿环境下 60℃开始分解，所以使用温度不宜超过 60℃，且其耐紫外线性能差，受紫外光照射容易引起漆膜开裂、老化等破坏现象。因此在涂料组分中，应考虑使用耐候性优良的合成树脂进行改性。

氯化橡胶涂料可分为钢铁结构用漆、墙面漆，主要用于严酷环境下钢铁防腐蚀，化工产品设备、港口水下及船舶用漆，抗化学药品漆及水泥建筑面漆；还可用作防火漆、路标漆和船底防污漆；清漆可用于木材、纸包装箱的防水、防潮等。

氯橡胶在生产过程中将橡胶溶解于四氯化碳通氯，其成品中残留较多的

四氯化碳，污染大气，受到各国限制，以至有些生产厂已经停产、减产或改进工艺。

（二）氯丁橡胶涂料

氯丁橡胶涂料成膜主要依赖“硫化”交联，常用的硫化剂是金属氧化物（如氧化锌与氧化镁），还需加入补强剂、促进剂、防老化剂等。亦可加入交联剂配成室温固化涂料，也常加入天然或合成树脂改善其成膜性能。氯丁橡胶涂层有优良的耐化学药品、耐候性、耐臭氧、耐热性、耐油和耐碱性等性能。但其颜色易变深，不宜制成白色或浅色漆。氯丁橡胶防腐蚀涂料可保护地下、水下或腐蚀介质和潮湿环境下的各种物件；可在化工生产设备、储槽、输送管道及船舶上涂装。氯丁橡胶可剥漆可在铝板、钢板的化学铣切时作保护层用。

（三）氯磺化聚乙烯橡胶涂料

氯磺化聚乙烯橡胶涂料（海伯隆）是聚乙烯溶解于四氯化碳，在偶氮二异丁腈的作用下与氯气和二氧化硫反应制成的可交联的弹性体。

在聚乙烯主链上有氯原子，可增强涂膜的抗油性、耐燃、耐溶剂性并可提高其物理机械性能。这种不含双键结构的完全饱和型橡胶具有优异的耐候性、抗老化性、耐臭氧性、耐化学品性和耐氧化剂性能。能在 120℃或更高温度下使用，在不加增塑剂情况下，－50℃也不会发脆。其吸水性低，具有优良的曲绕寿命。氯磺化聚乙烯橡胶涂料适用于电讯方面雷达天线罩的表面防护？室外和化工设备的钢架、桥梁、水泥墙面的耐化学腐蚀涂层，水库、水槽、污水池等防水设施和石油开采、炼油系统建筑、设备、输油管线耐油涂层及橡胶制品涂料。氯磺化聚乙烯涂料一般为双组分包装。溶剂挥发完即表干，但完全交联固化需要几天时间。

（四）丁苯橡胶涂料

丁苯橡胶（SBS）是苯乙烯—丁二烯—苯乙烯的嵌段共聚物，亦有橡胶

和塑料的特性，调整丁二烯和苯乙烯的比例可控制产品的软硬度。该种涂料干燥快、抗水、耐化学品腐蚀、耐磨性能好。可作为水泥地面漆、耐腐蚀漆、铝合金化学铣切临时保护涂料等。

十七、其他涂料

按主要成膜物质进行分类时，尚有一些涂料无法归纳进去，如以无机物为主要成膜物的无机涂料：无机富锌涂料、无机硅酸锌车间底漆和石油树脂涂料、聚酰亚胺漆、木器封底漆等。这些都统归入其他涂料（代号 E）。

无机富锌底漆应用比较广泛。它是由水玻璃和锌粉配制而成的，作为底漆既有物理屏蔽作用，又有阴极保护作用。该涂层坚硬耐磨、耐水、耐盐水、耐烟雾和耐湿热，且耐候性和耐久性好，长期曝晒不老化，吸热性好，适用范围 120～650℃，在 450℃下可长期使用。其缺点是柔韧性差，施工要求严格。它广泛用于黑色金属防腐蚀，如船舶、桥梁、油罐（槽）车、水槽、水塔、热交换器、海洋钢铁结构物等，使用寿命长。

十八、辅助材料

辅助材料为涂料的配套材料，包括各种涂料稀释剂（稀料）、催干剂、固化剂、防潮剂、脱漆剂和颜料分散助剂等。

第二章　涂料的选用

第一节　涂料选择

一、根据被涂产品的使用环境条件来选择

我国地域辽阔、气候差异很大，涂漆产品的使用环境具有多样性和多变性。例如：沿海与内陆、干热带与湿热带、地面与天空、室内与室外、地下工程与化工环境气氛等，涉及以下 10 个方面的环境因素。

（1）温差作用：热胀冷缩易造成涂膜起泡、开裂与脱落。

（2）紫外线辐射：在天空、海洋和沙漠环境中，涂膜易老化。

（3）酸、碱性气体：空气中含 SO_2、HCl、H_2S、NO_2、NH_3 及 O_2 时，涂膜易造受严重破坏。

（4）潮湿与雨水：涂膜吸水膨胀而鼓泡，造成基体过早腐蚀。

（5）霉菌作用：使涂膜遭受直接破坏。

（6）化学品腐蚀：酸、碱、盐、农药、化肥及其他化学品使涂膜遭受直接的严重破坏。

（7）生活品：像洗涤剂等会对涂膜产生一定的影响。

（8）机械作用：风沙、石击、摩擦和碰撞使涂膜产生磨蚀和开裂脱落。

（9）海洋盐分的作用：易造成基体过早腐蚀使涂膜起泡、脱落。

（10）机油和汽油：涉及涂膜的耐油、耐溶剂性问题。

因此，对各类涂层的耐寒、耐候性、耐湿热、耐盐雾、耐化学腐蚀、耐油、耐水、耐溶剂性、耐磨和抗冲击性等，提出了不同的要求，各类涂料的涂层性能和适用环境条件见表 1－2－1 和表 1－2－2。

表 1－2－1　各类涂料的涂层性能对比

涂料 \ 涂层性能			耐盐雾	耐酸性	耐碱性	耐汽油性	耐水性	附着力	柔韧性	耐磨性	硬度	抗冲击	最高使用温度/℃	耐候性	保光性	保色性	装饰性
酚醛			5	3	2	4	5	5	3	4	3	3	120～177	3	2	1	一般
沥青			5	3	4	1	5	5	5	2	3	5	70～93	2	—	—	一般
醇酸			5	1	1	3	2	5	5	3	3	4	100～93	4	4	3	好
氨基			4	2	3	4	3	5	4	4	5	4	100～150	5	4	4	优
硝基			5	3	1	3	3	2	2	2	4	2	65～82	3	3	5	好
过氯乙烯			5	5	5	4	5	2	5	2	4	3	60	4	4	4	较好
丙烯酸			5	2	3	3	4	4	5	2	4	5	180	5	5	5	优
环氧			5	3	4	5	4	5	3	4	5	4	150～200	2	2	2	较好
聚氨酯			5	3	4	5	5	5	5	5	4	4	150	4	5	4	优
聚酯			5	3	1	5	3	3	3	3	5	2	93	4	3	5	优
有机硅			5	3	4	2	5	2	2	2	3	3	200～500	4	5	5	好
粉末涂料	环氧		5	3	4	5	5	5	5	5	5	5	138～173	3	2	2	一般
	聚酯	热塑性	3	1	1	5	3	—	2	4	5	3	93	4	3	5	好
		热固性	5	3	1	5	—	—	5	—	5	5	232	4	4	5	好
	丙烯酸		5	2	3	4	5	4	4	4	4	4	121～173	5	5	5	优
	尼龙－12		4	1	3	5	3	4	4	5	4	5	82	3	3	4	一般
	聚乙烯		3	3	4	1	5	4	5	2	2	3	54	3	3	4	较好
	聚四氟乙烯		5	5	5	5	5	4	3	5	4	5	260	3	4	3	较好

注：5—优；4—好；3—较好；2—一般；1—差。

表 1－2－2　各类涂料的涂层适用的环境条件

环境条件	油性漆	沥青漆	酚醛漆	醇酸漆	氨基漆	硝基漆	过氯乙烯	环氧漆	丙烯酸	聚氨酯	有机硅
在一般大气条件下使用，对防腐和装饰性要求不高	√		√								
在一般大气条件下使用，但要求耐候性好				√	√	√	√		√	√①	
在一般大气条件下使用，但要求防潮防水性好		√	√				√	√	√	√	
在湿热条件下使用，要求有三防性（防湿热、防盐雾、防霉）			√		√		√	√	√	√	√
在化工大气条件下使用，或要求耐化学性较好		√	√				√	√		√	
在高温条件下使用											√

①脂肪族。

二、根据涂漆产品的材质来选择

用来制造各类产品的材料有钢铁、有色金属、木材、塑料（含复合材料）、皮革、橡胶、织物、纸张、玻璃、陶瓷等。由于各种材质的表面物理、化学性质的差别，对涂料的适应性就不一样，施工要求也不同。例如，绝大多数涂料对钢铁表面附着力强，但在铝和锌等轻金属表面上附着力很差，只能涂覆锌黄和锶黄底漆或预涂磷化底漆来改善附着力。

对木材来说，由于多孔性，涂料易渗透而被吸收、失光，必须预涂封闭剂。对某些塑料表面，易被涂料中溶剂溶胀，甚至溶解侵蚀，也会造成涂膜失光。但绝大多数塑料存在的问题是附着力太差，必须选用专用塑料底漆或采取其他措施。

不同的材料由于腐蚀机理和本身的抗腐蚀性能的差异，设计的涂层体系也是不一样的。不能把钢铁表面的涂层体系照抄硬搬到铸铁或轻金属甚至是

塑料表面上去。例如，钢铁表面的涂层体系一般是底漆 + 面漆（ + 清漆）；而铝金属表面的氧化膜有优良的防护性，只需着色后涂一道清漆便行。塑料主要是防止光老化，只需按色彩规划涂一道彩色面漆。

各类涂料与不同材质的适应性参见表 1 – 2 – 3。

表 1 – 2 – 3　涂料与材质的适应性

涂层性能 / 涂　料	钢铁	轻金属	塑料	木材	皮革	玻璃	织物
油脂漆	5	4	3	4	3	2	3
醇酸树脂漆	5	4	4	5	5	4	5
氨基树脂漆	5	4	4	4	2	4	4
硝基漆	5	4	4	5	5	4	5
酚醛树脂漆	5	5	4	4	2	4	4
环氧树脂漆	5	5	4	4	3	5	—
氯化橡胶漆	5	3	3	5	4	1	4
丙烯酸酯漆	4	5	4	4	4	1	4
氯醋共聚树脂漆	5	4	4	4	5	4	5
偏氯乙烯漆	4	4	5	4	5	—	5
有机硅漆	5	5	4	3	3	5	5
呋喃树脂漆	5	3	5	5	3	3	3
聚氨酯漆	5	5	5	5	5	5	5
醋丁纤维素漆	4	4	4	4	1	2	3
乙基纤维素漆	4	4	5	3	5	3	5

注：5—最好；1—最差。

三、选择的涂料应满足施工条件的要求

施工条件是指涂漆方法和涂膜干燥条件。应根据现有装备情况选用适宜涂料。通常，在设施简陋的情况下，一般选用自干涂料和快干涂料；在生产

量大幅度提高时，可配合设备改造选用高品质的烘漆等。另外，每一种涂料都有适宜的涂漆方法（见表 1－2－4），必须引起重视。例如，空气喷涂、静电喷涂和热喷涂同类涂料，虽然表面上差不多，实际有本质的差别。

表 1－2－4　各类涂料适宜的涂漆方法和干燥条件

涂　料	涂漆方法	干燥条件
油性漆	刷涂	自干，24h
酚醛漆	刷涂；浸涂，喷涂，高压无气喷涂	自干，18h
沥青漆	浇涂；刷涂，喷涂，热喷涂	自干，及低温烘干（100℃，≤1h）
醇酸漆	喷涂，高压无气喷涂，刷涂，浸涂	自干，（18～24h）及低温烘干（≤100℃，≤2h）
氨基漆	喷涂、浇涂，浸涂	烘干 90～150℃，1～2h
硝基漆	喷涂，热喷涂，高压无气喷涂；浸涂，静电喷涂	自干，1h
过氯乙烯漆	喷涂，热喷涂，高压无气喷涂；浸涂，静电喷涂	自干，3h
丙烯酸漆	喷涂，热喷涂，高压无气喷涂；浇涂，滚涂	自干，1h 及烘干（140℃）
胺固化环氧漆	喷涂；刷涂	自干，12h
环氧酯漆	喷涂；刷涂	自干（24h）及烘干
环氧酚醛漆	喷涂；刷涂，浸涂	烘干，180℃，1h
聚氨酯漆	喷涂；刷涂，浸涂	自干（24h）
有机硅漆	喷涂，刷涂；浸涂	自干及烘干
电泳漆	电泳涂漆	烘干，160～180℃，1h
粉末涂料	静电喷涂，流化床涂覆	烘烤

注“；”以前为最适宜的涂漆方法。

四、根据技术经济性来选择涂料

技术的可行性主要是指是否便于施工操作及能否保证质量稳定。譬如一

槽阴极电泳漆，工艺管理的技术要求很高，如果技术条件跟不上或疏于管理，很容易造成涂膜缺陷或槽液报废，最终导致巨大经济损失。

经济性主要从涂料成本、施工费用和涂层使用寿命几方面综合考虑。总的原则是不要功能过剩。例如农用车涂层的要求远比汽车涂层低得多，采用阳极电泳底漆足够，没必要采用阴极电泳漆；一般的塑料制品可用硝基或丙烯酸漆，没必要用聚氨酯漆。因此，选用的涂料性能应正好能满足使用要求，这样涂料成本较低。单涂层能满足要求的，就不采用复涂层，这可降低费用；使用期限长的，应选用高性能涂料，减少维护费用。例如火车机车和车厢，选用下列涂层体系：40～50μm 双组分环氧高固体分底漆（或芳香族聚氨酯底漆）、40μm 芳香族聚氨酯高固体分中涂及 40μm 脂肪族聚氨酯高固体分面漆，在炎热气候（如沙漠地区）条件下，最多可使用 30 年，期间只需几次局部维修和 1～2 次全面的面漆重涂。若用醇酸漆涂覆，最多 2 年就需全面修补。

优先选用省资源、省能源和低污染涂料，这从绿色会计学角度来看，也包含着一笔巨大财富。况且有时能够得到直接的经济效益，例如：厚 200～250μm 的桥梁钢架结构涂层，原采用三涂层体系（湿固化 PU 富锌底漆－PU 中涂－脂肪族 PU 面漆）都是固含量较低的传统溶剂性涂料。现采用环境性涂料，二涂层体系（湿固化 PU 富锌底漆－高固体分 PU 面漆）表面处理费用持平，材料费用增加 15%，但施工费用减少 15%～20%，总费用可减少 12%～14%，复合涂层的盐雾试验达 5000h，具有良好的防护性。

五、复合涂层各涂料应配套使用

由于单一涂层往往不能同时满足各项性能要求，故产品的防护和装饰一般都按复合涂层体系来进行设计。例如，汽车根据其豪华、高级、中档、普通诸等级，分别采取 5C5B、4C4B、3C3B 和 2C2B 的复合涂层体系。对于钢铁制品，具有优良性能的复合涂层都由底漆、中涂、面漆和罩光清漆构成。其他材质和制品也都有一定的复合涂层模式。

为了保证层间结合力和防止复合涂层出现缺陷，各层涂料必须配套使用。

同漆基的涂料，配套性良好；不同漆基的涂料，配套性往往不好，一般需改性来提高两者之间的结合力。

涂膜硬度和强度相一致的涂料，配套性较好。如果下层涂膜硬度太软，易发生起皱、脱落。强溶剂性面漆对耐溶剂性差的底层易产生“咬底”；若增加这类底层的颜填料分，则又可能避免咬底现象。

各层涂膜的涂料干燥方式也应相一致，以免某层涂膜交联过度导致性能劣化。

由于底漆侧重于防护作用，面漆侧重于装饰作用，故这两种涂料采用不同的基料配制。它们之间的配套性参见表 1－2－5，面漆之间的重涂配套应尽量采用同类涂料。

表 1－2－5　底、面漆之间的配套性

底漆＼面漆	油基漆	酚醛漆	沥青漆	醇酸漆	氨基漆	硝基漆	过氯乙烯漆	丙烯酸漆	环氧漆	聚氨酯漆	有机硅漆
油基漆	√	√		√							
酚醛漆		√	√	√	√	√	√				
沥青漆			√								
醇酸漆		√	√	√	√	√	√		√		
氨基漆					√						
硝基漆						√				√	
过氯乙烯漆							√	√		√	
丙烯酸漆						√	√	√			
环氧漆		√	√	√	√	√	√	√	√	√	
聚氨酯漆										√	

对于防护装饰性涂层厚度不要求很高的情况下，也可以选用复层涂料。如环氧/丙烯酸自层离涂料（heterophase and self－stratifying coatings）、环氧/氯化橡胶自层离维护涂料。它们只需涂覆一次，在成膜过程中自动发生二

相分离形成环氧防护性底层和丙烯酸面层。

第二节　涂料用量估算

当涂料调至施工粘度时，如果长时间放置，颜料会絮凝沉降，造成涂膜色泽不一致或光泽下降。对于快干性涂料，放置过程中溶剂大量挥发使粘度上升，导致喷涂雾化不良；对于双组分涂料，超过使用时间会胶化报废。为了避免这些现象的发生，待调稀的涂料量以当班用完为宜，最长不超过 3 天。因此需要对涂料用量进行估算，这包括计算法、统计法和实测法，以单位面积消耗量表示。

一、计算法求涂料需要量

根据各层涂膜的厚度、密度、涂料不挥发分和涂料利用率等参数，可按下式求得各层涂膜的涂料单位面积消耗量：

$$q_c = \delta\rho_F / (eS_0)$$

式中　q_c——各层涂膜单位面积原漆消耗量，g/m^2；

δ——涂膜厚度，μm；

ρ_F——涂膜密度，g/cm^3；

S_0——原漆固体分，%；

e——各涂漆方法的涂料利用率，%。

如果涂料是清漆，则涂膜密度可取表 1－2－6 所列的树脂密度近似值。

例 1　静电喷涂氨基清漆时，单位面积涂料需要多少？

解：静电喷涂时，涂料利用率 $e = 80\%$，氨基清漆的原漆固体分一般 45%，喷一道的涂膜厚度 $25\mu m$，氨基树脂的密度 $\rho_F = 1.25 g/cm^3$，

则　$q_c = 25 \times 1.25 / (45\% \times 80\%) = 86.8 (g/m^2)$

对于色漆来说，涂膜密度可由颜基比、树脂和颜料的密度计算求得：

$$\rho_F = (1 + PB) / (1/\rho_B + PB/\rho_P)$$

表 1－2－6　常用涂料的基料（按纯固体计）的密度

树　脂	密　度	树　脂	密　度
油脂	0.95	醇酸树脂	1.0
氨基树脂	1.25	环氧树脂	1.2
酚醛树脂	1.2	聚氨酯	1.2
硝基纤维素	1.7	氯化橡胶	1.7
乙烯基树脂	1.2	丙烯酸树脂	1.2
沥青	1.0	有机硅树脂	1.1
无机硅酸盐	2.7		

式中　PB——颜基比；

ρ_B——基料密度（参见表 1－2－6）；

ρ_P——颜填料的密度，可从颜料手册查得。含多种颜填料，需计算复合密度：

$$\rho_P = \sum W_i / \left(\sum W_i / \rho_{Pi}\right)$$

式中　W_i——i 颜填料的质量分数；

ρ_{Pi}——i 颜填料的密度。

例 2　用 8912 阴极电泳漆电泳涂漆时，单位面积涂料需要量是多少？

解：电泳涂漆时涂料利用率 $e = 95\%$。8912 电泳漆有以下指标：原漆固体分 50%，PB = 03，涂膜厚度 20μm。

阴极电泳漆系环氧树脂类，由表 1－2－6 查得 $\rho_B = 1.2$。底漆主要是炭黑和无机颜填料，平均以 $\rho_P = 1.8$ 计，

则　$$\rho_F = (1 + 0.3) / (1/1.2 + 0.3/1.8) = 1.3$$

则　$$q_c = (20 \times 1.3) / (50\% \times 95\%) = 54.7\ (g/m^2)$$

若同时知道颜基比（PB）和颜料体积浓度（PVC），则涂膜密度可按下式求得：

$$\rho_F = (PVC) \times (1 + 1/PB) \times \rho_P$$

对于油漆厂家生产的每个产品，一般都有体积固体百分数这项参数，则

$$q_c = 100 \times \delta d / eS_{vol}$$

式中　d——原漆密度；

S_{vol}——原漆体积固体百分数。

稀释剂的消耗量依下式求得：

$$q_T = (S_0/S - 1) \times q_c$$

式中　S——施工粘度下的涂料不挥发分，%。

若工件涂漆面积 F（m^2），则工件消耗原漆和稀释剂定额：

原漆　　$Q_c = q_c F$　（g/件）

稀释剂　　$Q_T = q_T F$　（g/件）

漆前处理剂的各化学药品消耗定额可按稀释剂一样来计算。

原材料的年需要量可按表 1－2－7 格式进行编制。

表 1－2－7　原材料的年需求量

序　号	材　料	年产规划 涂漆面积/m^2	单位面积消耗 /（g/m^2）	年需求量/t
	底漆（原漆） 中涂（腻子） 面漆（原漆） 清漆（原漆）			
	合　计			
	稀释剂 · · ·			
	合　计			
	漆前处理剂 · · ·			
	合　计			

二、统计法估计原材料消耗

根据原生产工艺的年度消耗量，或生产线的月度或年度材料消耗记录资料，除以月度或年度生产任务，得到单位消耗量。再乘上待设计的年生产纲领，就得到原材料的年需求量。

如果和原生产工艺比较，新设计的工艺比较先进，原材料利用率往往比较高，年需求量应乘以系数 k：

$$k = e_0 / e \quad (< 1)$$

式中　e_0——原生产工艺材料利用率；

e——新工艺的材料利用率。

如果用现生产线（或其他地方已建成的类似工艺的生产线）的数据计算，得到结果相对比较客观、准确。

三、实测法

对于一定面积的工件，经涂布后，求得单位消耗量。由于涂覆面积有限，再加上零部件的尺寸、形状对涂料利用率影响很大，因此实测结果和前面方法得到结果有一定偏离，仅作为参考。

各类涂漆方法的涂料利用率参见表 1－2－8。各类涂料的单位消耗量示例见表 1－2－9。

表 1－2－8　各涂装方法的涂料利用率

涂装方法	涂料利用率/%	涂装方法	涂料利用率/%
空气喷涂		电泳涂漆	≥95
大面积	50～60	粉末喷涂	≥90
管状、小件	15～30	高压无气喷涂	>80
静电喷涂	80～90	幕帘淋涂	95～100

表 1－2－9　各涂料和稀释剂消耗量示例①

涂　料	颜色	单位消耗量/（g/m^2）									
		空气喷涂②		高压无气喷涂		浸漆		静电喷涂		喷淋	
		油漆	稀料	油漆	稀料	油漆	稀料	油漆	稀料	油漆	稀料
醇　酸	褐色	80	12	60	6	69	14	62	19	62	6
	深绿	74	11	58	6	65	13	58	17	58	9
沥青清漆	黑色	77	12	58	6	65	13	58	17	58	9
过氯乙烯磁漆	灰色	155	62	101	30	—	—	—	—	—	—
氨基磁漆	锤纹	123	18	96	10	109	22	97	19	—	—
	各色	86	13	65	7	76	15	66	13	66	10
硝基磁漆	红色	117	117	77	54	—	—	—	—	—	—
	灰色	158	237	102	102	—	—	—	—	—	—
酚醛底漆	褐色	60	9	45	5	53	11	47	14	47	7
磷化底漆	X06－1	20（6～8μm）		—	—	—	—	—	—	—	—
环氧粉末	—	—	—	—	—	—	—	70～80（50μm）		—	—

①涂膜厚度 25μm。

②空气喷涂指中等复杂程度的中型零部件。

前处理剂的单位消耗可从厂家提供的产品技术指标中查得，没有的需要实测法求得，作为估算参数。

漆前处理剂包括：

酸洗除锈剂，H_2SO_4（d1.84）　　65～80g/m^2

中和剂，Na_2CO_3　　12～25g/m^2

脱脂清洗剂

表面调整剂

磷化剂

钝化封闭剂

涂漆过程中耗用的其他材料：

车底抗石击涂料（或阻尼涂料）：1700g/m^2（1～2mm 厚）

焊缝密封胶

防锈蜡（或抛光剂）

砂纸（打磨腻子用）：0～2#、0.04～0.05m^2/m^2 工件

水砂纸：打磨腻子用，220～360#、0.02～0.04m^2/m^2 工件

打磨面漆用，360～400#、0.05～0.06m^2/m^2 工件

绒布：擦灰，10～15m^2/m^2 工件

抛光，0.04～0.05m^2/m^2 工件

废水治理耗用药剂：

中和用酸

中和用 $Ca(OH)_2$

Na_2SO_3（铬酸还原剂）

$FeCl_3$ 凝聚剂

高分子絮凝剂

第三节　涂料兑稀方法

涂料调至施工粘度按以下步骤进行。

（1）核对涂料的品种、生产日期。对沉降性大的涂料可提前倒置一段时间，并适当晃动。

（2）开桶检查并搅均匀。检查主要是目测有无浑浊、变稠、胶化和沉淀现象。

（3）兑稀：在搅拌下，少量多次逐渐加入稀料，直到施工粘度。在稀释过程中，颜料絮凝沉降作用大的涂料（如黑漆、水性漆）要特别引起注意，防止局部过稀现象的发生。另外，水性漆在稀释过程中粘度变化还存在着反常行为。

（4）添加辅助材料：在施工前要添加的辅助材料主要是防潮剂、流平剂、催干剂等。

（5）过滤：底漆采用 120 目筛过滤；面漆采用 180 目筛过滤，或者先经

120 目过滤再经 180 目过滤。

（6）按涂漆的先后顺序，分别调稀底漆→面漆。对于硝基漆等快干涂料，要随调随用，保证涂膜厚度和色泽的一致性；双组分涂料混合后应在适用期内用完；施工时间长或沉降性大的涂料（如闪光漆、珠光漆等），施工期间应给与搅拌，确保涂膜色泽均匀一致。用漆量较大时，应采用带有恒温和搅拌循环的输漆罐，更大批量作业应采用供漆系统，使涂膜光泽、色泽和厚度始终都能保持一致。

第四节　涂层色彩设计

一、色彩的功能

由于不同色光对视神经刺激程度的差别，由此产生的视觉感会赋予以下一些功能。

（1）颜色感觉：红色、橙色、黄色等暖色，易使人兴奋、愉快或令人精神焕发；它们的醒目性则易引人注目和留意，很适合用作广告或标志色。蓝色、绿色、紫色等冷色，则使人安静、凉爽，紫色还往往显示高贵典雅本质。

（2）明度感觉：浅色显得明亮，使人感觉轻快、舒适；深色暗淡，则使人感到压抑、灰心。因此，室内宜采用浅色调，这样既增加了亮度，又使人心情舒畅，无论是工作还是休息，都使人感到很惬意。在阳光直射面，应采用冷色，避免因反射过强而刺眼；阴面宜采用暖色，使之有合协的环境氛围。

（3）疲劳感：暖色调的兴奋作用，若时间长了易引起疲劳。相反冷色调可以减轻人们长期工作的疲劳感，若用于生活环境中，则使人得到更好的休息。

（4）轻重感：浅色显得轻快，深色显得沉重。因此，上浅下深显得比较

稳定。如天花板用浅色、地面用深色，就显得协调稳定。

（5）远近感：明度高的红、黄、橙色，使人感到距离比较近；明度低的蓝色、绿色则使人感到疏远。将这两类明度高低不同的颜色巧妙地进行搭配，例如红、黄色点缀于浅蓝色或浅绿色背景色中，可使空间显得宽广、深远。

（6）色彩变化：色彩的变化更引人注目，给予人们更美丽、更奇异的动态感，使人感觉特别惊奇，更易激起人们的情绪而浮想联翩。例如用金属闪光漆或珠光漆装饰的物体，由于具有随角异色的多彩效应，产品显得更美丽动人、更引人注目；由于它的奇异装饰效果，物体显得更豪华气派。

二、色彩规划

由于色彩的视觉效果及其对人们心理的影响作用，对产品进行色彩规划就显得非常重要。但由于人们对色彩感受存在着差别，因此色彩规划就不能凭设计者个人的喜好来进行，而应从满足广大消费者的要求来考虑。因此，设计者事先必须摸清消费者的购买动机。一般来说，色彩规划应该考虑以下几大方面。

（1）色彩的注目性：要达到这个要求，产品的颜色搭配要鲜艳明亮、对比强烈，要有特异性，只有这样才能引起消费者的注意。

（2）色彩的审美性：颜色布局要协调平衡、鲜明有快感。

（3）色彩的感情性：将色彩的冷暖、轻重、柔硬感觉充分地运用于产品色彩搭配中，赋予感情性，使产品更具人性化、人情味。

（4）色彩的情绪性：白色象征纯洁、黑色象征庄重严肃、红色象征热情，黄色象征希望、绿色象征和平、蓝色象征理想、紫色象征高贵。利用色彩的情绪性，使产品具有各种情调。

（5）色彩的爱好性：根据人的年龄、性别、职业对色彩的不同爱好，在产品色彩设计中加以关注。

（6）色彩的合理性；针对产品的用途、功能、结构、材质、造型，合理地选择色彩和搭配，同时也要考虑它与所处环境的协调性。

对公用性产品、专用性产品则应利用色彩的标志作用。特别是在一个新

产品的推广、培育过程中，要充分运用色彩的标志作用，并随同产品一起成长，最终成为名牌标识的重要组成部分，使之产生更好的经济效益。因此，产品在创品牌过程中，色彩一旦确定不宜反复更改，这对产品的色彩规划设计提出了很高的要求。

第三章　水性涂料

水性涂料是涂料工业在严格的环境保护法规推动下，研制成的一类低污染涂料，它与高固分涂料和粉末涂料一起，标志着涂料生产提高到更高的技术水平。

一、水性涂料的类型及特点

（一）涂料用树脂水性化方法

水性涂料用树脂，通过三个途径赋予水性化：①在树脂分子链中引入胺基（或羧基），用酸（或碱）中和形成阳离子型（或阴离子型）树脂，能水溶或增溶分散于水中。②在树脂分子链引入一定数量的强亲水基团，如羧基、羟基、氨基、醚基、酰胺基等，自乳化而分散于水中。③外加乳化剂乳液聚合，或对树脂强制乳化形成水分散乳液。有时几种方式同时并用，以提高水分散性及水分散液的稳定性。

水性涂料虽然以水作分散介质，但为了提高树脂的水溶性，调节水性涂料的粘度及涂膜的流平性，需加入少量醇醚类有机助溶剂。

（二）水性涂料类型及性能比较

由于树脂水性化途径的不同，水性涂料体系通常分为三类：①水溶性；②胶束分散型；③乳液。大多数树脂都能形成这三种水分散形态，像醇酸、

丙烯酸都有这三种形状的产品。但是，同类树脂，由于不同形态下的聚合物相对分子质量及分散微粒的尺寸差别很大，其水性涂料的性能也大不相同。三类水性涂料的性能比较参见表 1－3－1。

表 1－3－1　水性涂料的性能比较

项　　目	乳　　液	胶束分散	水　溶　液
物理性能：			
外观	不透明	半透明	清澈透明
粒径/μm	0.1～1.0	0.01～0.1	＜0.01
相对分子质量	$0.1 \sim 1 \times 10^6$	$1 \sim 5 \times 10^4$	$5 \sim 10 \times 10^3$
粘度	稀，与相对分子质量无关	稀稠与相对分子质量相关	取决于相对分子质量
配方特性：			
颜料分散性	差	好～优	优
颜料稳定性	一般比其他的好	由颜料决定	由颜料决定
粘度控制	需增稠剂	加助溶剂增稠	由相对分子质量控制
成膜能力	需成膜助剂	好，需少量成膜助剂	优良
使用性能：			
施工粘度下的固体分	高	中等	低
光泽	最低	高	最高
抗介质性	优	好～优	差～好
坚韧性	最好	中等	最低
耐久性	优良	很好～优	很好

水性涂料产量最大的是建筑乳胶涂料，同类型热塑性乳胶也有部分作为工业维护涂料用于金属表面涂覆；在金属表面上用得最好的是热固性电泳涂料，工业化大批量涂底漆几乎都是采用电泳涂料，它是金属用水性涂料的主流。其他类型的水性涂料所占比例较少，但高品质的汽车装饰性水性面漆国外已开发成功，并在试用阶段。而常温干燥的水性涂料还不能满足重防蚀要求，但研究重防蚀水性环氧和水性聚氨酯常温干燥涂料有很大的潜力和更大的实际意义，因它们比溶剂性涂料，对材质表面和施工环境有更好的适应性。

（三）水性涂料的特点

水性涂料相对于溶剂性涂料，具有以下特点：

（1）以水作溶剂，节省大量资源；消除了施工时火灾危险性；降低了对大气污染；仅采用少量低毒性醇醚类有机溶剂，改善了作业环境条件。一般的水性涂料有机溶剂（占涂料）在 10%～15%之间，而现在的阴极电泳涂料已降至 1.2%以下，对降低污染节省资源效果显著。

（2）水性涂料在湿表面和潮湿环境中可以直接涂覆施工；对材质表面适应性好，涂层附着力强。

（3）涂装工具可用水清洗，大大减少清洗溶剂的消耗。

（4）电泳涂膜均匀、平整、展平性好；内腔、焊缝、棱角、棱边部位都能涂上一定厚度的涂膜，有很好的防护性；电泳涂膜有最好的耐腐蚀性，厚膜阴极电泳涂层的耐盐雾性最高可达 1200h。

（四）水性涂料存在的问题

（1）水性涂料对施工过程中及材质表面清洁度要求高，因水的表面张力大，污物易使涂膜产生缩孔；

（2）水性涂料对抗强机械作用力的分散稳定性差，输送管道内的流速急剧变化时。分散微粒被压缩成固态微粒，使涂膜产生麻点。要求输送管道形状良好，管壁无缺陷。

（3）水性涂料对涂装设备腐蚀性大，需采用防腐蚀衬里或不锈钢材料，设备造价高。水性涂料对输送管道的腐蚀，金属溶解，使分散微粒析出，涂膜产生麻点，也需采用不锈钢管。

（4）烘烤型水性涂料对施工环境条件（温度、湿度）要求较严格，增加了调温调湿设备的投入，同时也增大了能耗。

（5）水的蒸发潜热大，烘烤能量消耗大。阴极电泳涂料需在 180℃烘烤；而乳胶涂料完全干透的时间则很长。

（6）沸点高的有机助溶剂等在烘烤时产生很多油烟，凝结后滴于涂膜表

面影响外观。

（7）水性涂料存在耐水性差的问题，使涂料和槽液的稳定性差，涂膜的耐水性差。水性涂料的介质一般都在微碱性（pH7.5～8.5），树脂中的酯键易水解而使分子链降解，影响涂料和槽液稳定性，及涂膜的性能。

水性涂料虽然存在诸多问题，但通过配方及涂装工艺和设备等几方面技术的不断提高，有些问题在工艺上得到防止，有些通过配方本身得到改善和提高。

二、烘烤型水溶性涂料

烘烤型水溶性涂料经加热固化以后，涂膜性能和溶剂性涂料一样。其应用最广的一类是电泳底漆，另一类为水性浸漆、中涂及面漆等。

这类涂料的水溶性树脂，主要是通过在分子中引入可离子化基团而赋予水溶性；另外在分子链上含有较多的强极性基团，能增加水溶解性，像羟基、酰胺基等。但羟基、酰胺基的主要作用是赋予交联性。

水性中涂和面漆主要有丙烯酸和聚酯二大类，其中聚酯涂料有良好的韧性，作汽车中涂抗石击性和耐候性都很突出。

水性浸漆都是丙烯酸类的，作一般底漆或底、面合一涂层，有较好的防护性和装饰性。

（一）水性丙烯酸涂料

1. 成膜物质

水性丙烯酸涂料的水性树脂是由各类丙烯酸酯单体共聚而成，一般含（质量分数）5%～8%的（甲基）丙烯酸，经胺中和后赋予水溶性；引入（甲基）丙烯酸羟乙酯，赋予交联性。

这类水性树脂的相对分子质量$\overline{M_w}$25000～40000，比溶剂性树脂高（$\overline{M_w}$ 8000～10000），经水溶性六甲氧甲基三聚氰胺（HMMM）交联后，涂膜性能优于溶剂性烘漆。

2. pH 值的控制

虽然这类树脂的水解稳定性较好，但交联用的 HMMM 树脂对抗介质的水解稳定性有要求；实际上丙烯酸树脂分子链上的侧酯基水解后会影响涂膜的柔韧性。因此体系 pH 值同其他水性涂料一样，仍控制在 pH8～8.5 范围内。

这类树脂并非完全水溶，它只是通过离子化水溶性基团增溶而分散于水中，类似表面活性剂的增溶胶束和胶团，具有胶体溶液或乳液的性状，并使部分羧基被树脂分子固定在胶束内部，不能移动到胶束界面。因此，在用胺中和时，只需添加理论量 70%的胺就能使体系 pH 达 8～8.5，再多加将使体系碱性增强，影响稳定性。中和剂一般用高挥发性氨，提高干燥性。用胺类时要考虑到胺的氧化变色作用，一般氧化性：伯胺＞仲胺＞叔胺。胺类主要是用于电泳底漆中，并要求是低挥发性的。

3. 粘度控制

水性树脂用水稀释初期有反常的粘度升高，达最高粘度后又急剧下降。这一稀释峰对涂料施工影响很大，易造成涂膜过厚或流挂。从树脂本身来说，相对分子质量不易过高，否则对稀释后粘度增加有影响。在保证涂膜性能的情况下，降低相对分子质量对降低稀释峰、改善施工性还是有利的。

另外，选择适宜的助溶剂及用量，对降低稀释峰也有作用。对涂膜性能，树脂相对分子质量分布要窄，但对烘烤型面漆，相对分子质量适当宽点，能改善树脂的增溶分散性和施工性。但不管怎样，水性涂料在喷涂前加水稀释至施工粘度范围时，加很少量的水，就使粘度迅速下降。因此在调稀至施工粘度时，应格外小心。一般控制粘度比溶剂型涂料稍高，以免过稀导致流挂。

4. 烘烤条件控制

水性涂料的另一缺点是涂膜烘烤时易产生爆孔。采用低 T_g 温度（如 -8℃）树脂的涂膜不易爆孔，但温度还需根据涂膜使用性能来进行调整；添加高沸点助溶剂，能减少爆孔现象；在高湿度施工时，涂膜易爆孔，但湿度太低，涂膜流平性变差。一般地，水性涂料施工时，需控制温度、湿度，经闪干后，烘烤时慢慢升温，能避免爆孔现象。水性丙烯酸涂料的过烘烤性劣于聚酯涂料，一般于 140℃烘烤固化。由于水的潜热大，烘烤时间要比溶剂型涂料长。

5. 主要用途

水性丙烯酸涂料的优良耐候性，在汽车闪光涂层中也常用作底色漆。在色漆＋罩光体系中，它可用来替代溶剂型色漆。替代常规溶剂型色漆，能降低环境污染；替代高固体分色漆，则提高涂层耐候性。

对于其他各类金属制品，也是很好的低污染高装饰性涂料。同时也大大提高了作业安全性。

水性丙烯酸浸漆可用于汽车零部件的浸涂施工，代替溶剂型的沥青烘干底漆，提高涂膜的耐蚀性、硬度和施工安全性，降低烘烤温度和环境污染。另外也可作其他制品的底面合一浸涂。

用丙烯酸改性环氧的水性浸漆，可作车架浸涂用，提高产品的质量。

（二）水性聚酯涂料

1. 水性涂料的特点和应用

水性聚酯树脂的结构和溶剂型涂料类似，但羧基含量较多，经挥发性胺中和后，赋予水溶性而分散于水中；由于这类水性树脂的相对分子质量比溶剂型树脂高，经水溶性甲醚化三聚氰胺甲醛树脂交联后，涂膜硬而坚韧，特别适合于卷材用涂料和汽车用水性二道浆作中涂，能满足冲压成形和抗石击性的要求。作二道浆中涂时，对颜填料需精心选择，使之有良好的流平性、打磨性、耐潮性等。

水性聚酯涂料亦可用作汽车闪光涂料的底色漆，用水性丙烯酸微胶作流变控制剂，添加水性铝粉浆后，涂膜的闪光效果甚至优于最好的溶济型聚酯底色漆。对降低闪光漆溶剂散发污染起关键的作用。涂层的硬度、丰满光亮度及耐沾污性，也适于作轻工产品的装饰性面漆。

水性聚酯涂料在施工和干燥时，对温度、湿度和升温要求较严。一般控制在 25℃，相对湿度 60% ~ 70% 下喷涂，在此条件下闪干 5min ~ 10min，二段升温干燥。第一段控制于 80℃，防止爆孔；第二段于 160℃完全固化成膜。涂料耐过烘烤性好，用于卷材预涂，能在 200℃高温快速固化。

水性聚酯用环氧改性能改善涂膜附着力。这一产品像 Z13 – 30，各色环氧改性聚酯水性浸漆，固体分高，一次涂膜厚度可达 35μm，耐盐雾大于

300h，涂膜硬度 2H，附着力 2 级，耐冲击性 50cm，槽液稳定性在一年以上。这一涂料分底漆和底面合一两类，主要用于汽车车架及零部件浸涂，也适合于钢窗、电器仪表外壳的浸涂。

2. 水性浸漆的主要性能

几种水性浸漆的主要性能与溶剂型沥青漆对比结果见表 1－3－2。

表 1－3－2　几种水性浸漆的主要性能

	水性丙烯酸（北京红狮）	水性丙烯酸环氧	水性环氧酯（Z13－30）	溶剂性沥青烘漆（L06－33）
膜厚/μm	20～25	＞25	＞35	
硬度	0.59	H	＞2H	0.34
耐冲击性/cm	50	50	50	50
附着力（级）	1	1	2	1
盐雾试验/h	200	160①	≥300	80

①浸质量分数为 3%食盐水。

三、自干型水溶性涂料

自干型水溶性涂料主要是水溶性醇酸树脂涂料。早期的产品是马来化油，但这类涂料也存在很多问题，如干燥慢、涂膜硬度低、光泽和丰满度差、耐水性差，另外漆液的水解稳定性也有问题。

（一）成膜物质

水溶性醇酸自干涂料，一类是利用醇酸树脂含过量的羧基，经胺中和成盐赋予水溶性。但它的酯键很容易水解，漆液稳定性差。另一类是在醇酸树脂中引入强亲水性基团，如聚乙二醇。但干性差，涂膜软，耐水性差。同样地，连接聚乙二醇的酯键易水解，使漆液稳定性丧失。另外，有适宜粘度的水溶性树脂的相对分子质量低，涂膜干性差。

（二）涂料改性途径

水溶性醇酸自干涂料需通过改性，才有较好的使用性能。用甲阶酚醛树脂和聚乙二醇醚化，再和干性油（如桐油）缩合，并保留少量羧基，可减少聚乙二醇配比量，提高耐水性，并有很好的贮存稳定性（25℃，可达一年以上），性能同溶剂性醇酸漆，可用作（防锈）底漆和深色漆。由于酚醛树脂和高度不饱和油易泛黄，因此这类涂料不能配浅色漆。

用环氧基醚化改性后，可作为木器清漆、自干和快干工业维护涂料。

用偏苯三酸酐缩合，涂膜干性好，并提高稳定性。

引入烯丙基醚，能提高自干性，并有良好的稳定性和耐水性。

若用丙烯酸、异氰酸酯、或有机硅改性，能进一步提高涂料的水性化和涂膜的早期耐水性、干燥性、耐候性、柔韧性。可作底漆和面漆，涂膜性能优良，是很好的工业维护涂料。

用松香酯硬树脂改性的短油度水溶性醇酸面漆，有很好的快干性。在干燥过程中，硬树脂迁移到磁漆的最外层，大大提高涂层耐水性（可达200h）。除了通过树脂改性外，也可添加高挥发性胺、用丙二醇醚替代丁基溶纤剂作助溶剂，都能提高干燥性。控制涂料 $pH < 8.5$，防止树脂水解而使分子量下降，以免干燥性变差。

（三）主要用途

各类改性水溶性醇酸自干涂料，有短油度、中油度和长油度产品，应用于各个方面，有溶剂型涂料一样的使用性能：

短油度醇酸水性自干涂料：用于自干和快干防腐蚀底漆和面漆。

长油度醇酸水性自干涂料：对木材渗透性好，用于建筑和家庭外用耐久性面漆。

亚麻油类醇酸水性自干涂料：用作木材的透明清漆和透明底漆。

中油度醇酸水性自干涂料：是自干和快干工业维护底漆和面漆，亦可作高光泽农机面漆。

（四）施工性能

水溶性醇酸自干涂料可采用刷涂、淋涂、浸涂施工。利用金属催干剂，能在常温下干燥成膜，作工业用涂料时，可低温烘烤实现快干性。由于金属催干剂易使涂层发黄，对于短油度水溶性醇酸面漆，可用钛酸酯作干料，在胺挥发 pH 下降时，它与树脂的羟基发生反应而交联成膜，但耐水性增加有限。

四、乳胶涂料

（一）乳胶涂料的组成和特点

乳胶涂料是由水分散聚合物乳液和颜料水浆调和制成。

1. 聚合物乳液

聚合物乳液是由各类乙烯基单体，在乳化剂存在下，用自由基引发剂引发，乳液聚合得到很高相对分子质量的聚合物分散体。

这类乳液又分热塑性和交联性乳液二类。热塑性乳液像聚醋酸乙烯、聚丙烯酸乳液等，因相对分子质量高，成膜后有很好的使用性能。交联性的带有反应性基团，能常温交联或热固化成膜。乳胶涂料 90%以上是热塑性的，而少量的交联性乳液涂料主要用在金属的涂饰和防护方面。

部分聚合物乳液则是用乳化剂，将较低相对分子质量的可交联树脂，强制分散于水中形成树脂乳液，涂膜经固化交联后，使相对分子质量增高而赋予使用性能。像液体环氧树脂的水乳液、低相对分子质量氯磺化聚乙烯树脂的水乳液、某些聚氨酯乳液及醇酸树脂乳液等。环氧树脂乳液可用改性聚酰胺、酚醛－胺加合物、聚氨酯等固化交联；氯磺化聚乙烯树脂乳液可用金属氧化物硫化而固化交联。

2. 颜料水浆

乳胶涂料根据用途添加相应的着色颜料、填料和防锈颜料。由于聚合物

乳液在强机械作用力下会破坏乳胶稳定性，因此不用乳液作颜（填）料的展色剂研磨。通常是用颜料分散剂将颜料分散于水中制成颜料水浆，再调入乳液中形成乳胶涂料。

3. 成膜助剂

乳胶涂料必须添加成膜助剂，它是低挥发性的有机助溶剂，助溶剂在乳胶涂料成膜过程中，降低树脂的玻璃化温度，有利于胶团发生形变，促进胶粒间溶合，使之形成连续均匀的致密涂层。由于它能降低成膜温度，使涂料能在低于树脂玻璃化温度的环境温度下形成良好涂膜，所以称之成膜助剂。

4. 其他助剂

乳胶涂料根据其特点，一般还需加入增稠剂提高贮存稳定性和改善施工性能；加入消泡剂，改善涂膜外观；加入多元醇提高冻融稳定性；由于乳胶漆易长霉，还需加入防霉剂。对金属乳胶底漆，涂覆后易产生早期的“闪蚀”现象，需添加相应的“闪蚀”抑制剂。

乳胶涂料按用途分为建筑用乳胶涂料和金属用乳胶涂料两大类。建筑用乳胶涂料主要用于内墙和外墙及地面涂饰；金属用乳胶涂料可作工业维护涂料的底漆和面漆及某些机械产品上。乳胶涂料广泛应用的是热塑性乳聚型乳胶涂料。

5. 乳胶涂料的特点

（1）以水为分散介质，安全低污染，一般仅含 5% 以下的助溶剂，且是低毒性的；

（2）施工方便，剧涂、滚涂、喷涂均可，施工完后工具清洗方便；

（3）乳胶涂料透气性好，能在湿底材表面施工，也非常适合于湿热环境下施工；

（4）金属乳胶涂料用水稀释，无火灾危险性，非常适合于造船工业涂漆和焊接的交叉作业；

（5）涂料干燥快，允许在 0.5 ~ 2h 内重涂，大大缩短施工周期；

（6）乳胶涂料在施工粘度下的固体分高，一次涂覆涂膜厚，提高施工效率；

（7）乳液分散体系的树脂相对分子质量很高，涂膜耐候性好，并有很好的力学性能、耐碱性及耐水性。作建筑涂料有较好的光泽和装饰性；作金属

乳胶涂料有一般防护性能。

（8）乳胶涂料的缺点是低温成膜性差，一般需在 10℃以上施工；涂料假塑流动，易增稠，涂料流动性和湿膜流平性差；水挥发后粘度迅速上升，涂膜易产生气泡和针孔；水的表面张力大，涂料对基材的润湿性差。在制漆和使用过程中，强烈的机械作用力，会破坏乳胶涂料的稳定性，使涂料絮凝而变质。

6. 乳胶涂料的耐久性

因乳胶涂料的相对分子质量很高，若底漆和面漆都用乳胶涂料，在二底一面、涂层总厚度 100 ~ 150μm 时，耐久性在 5 年以上，优于溶剂型涂料。工业用乳胶涂料的耐候性见表 1 – 3 – 3。

表 1 – 3 – 3　工业用热塑性乳胶涂料的耐候性

应用（外表面）	面　　漆	底　　漆	曝晒年限①/a
天然气贮罐	丙烯酸乳胶涂料	无机富锌涂料	10
水塔	丙烯酸乳胶涂料	丙烯酸乳胶	9
化学贮槽	丙烯酸乳胶涂料	富锌涂层	12
	苯丙乳胶涂料	苯丙乳胶涂料	5②
浓酸槽	丙烯酸乳胶涂料	丙烯酸乳胶	12
腐蚀性槽车	丙烯酸乳胶涂料	丙烯酸乳胶	2
旧镀锌钢制桥梁	丙烯酸乳胶涂料	富锌涂层	3②

①墨西哥湾海边。

②西弗吉尼亚。

（二）热塑性乳胶涂料的成膜过程

在涂料中，树脂以悬浮微粒散布在水中，涂布后，水分逐渐蒸发，湿涂膜体积随之减小，树脂微粒逐渐彼此靠近而相互接触。如果环境温度高于涂料的最低成膜温度，则树脂微粒的变形能力大，树脂微粒能相互融合形成连续的涂膜，涂膜透明而坚韧，光泽高。

热塑性乳胶涂料的成膜过程见下图。

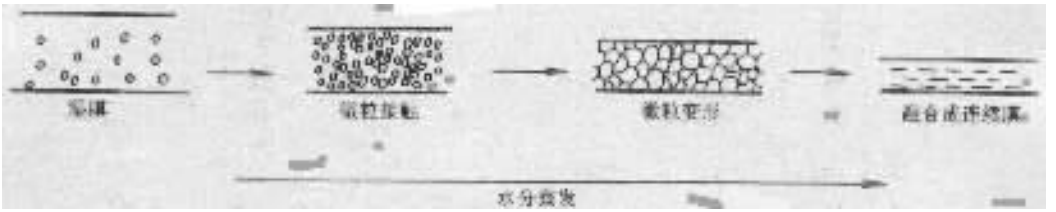


图　乳胶涂料成膜过程示意图

树脂微粒的变形能力与树脂的 T_g 温度高低有关。T_g 温度高，微粒的变形能力差，难融合。为了使涂膜有较高的力学性能，树脂应有较高的 T_g。在乳胶涂料中添加成膜助剂，能降低成膜期间树脂的 T_g，使涂料有较低的成膜温度。但乳胶涂料最低成膜温度一般约 10℃，若环境温度低于或接近于最低成膜温度时，则树脂微粒有较大的抗形变能力，难以融合，得到不连续涂膜，松散而不透明，无光泽。

环境湿度对乳胶涂料的干燥性影响很大。湿度过大，抑制湿涂膜中水份的蒸发；降低湿度、或加快空气的流通，有利水分的蒸发，涂膜的干燥速度加快。

乳胶涂料的表干快（$<2h$），实干约需 24h，彻底干透时间则很长，约 2 星期。但由于表干很快，重涂间隔时间较短。

（三）建筑乳胶涂料的品种和用途

建筑涂料普遍采用高分子量的热塑性乳胶涂料。

1. 聚醋酸乙烯乳胶涂料

它是用醋酸乙烯单体乳液聚合形成的均聚物乳液作为基料配成的乳胶涂料。树脂易水解，涂膜耐水性、耐候性差；外加增塑剂易老化。由于透气性好，一般用于内墙涂覆。

2. 聚醋酸乙烯 – 顺丁烯二酸二丁酯乳胶涂料

它用醋酸乙烯与顺丁烯二酸二丁酯乳液共聚形成的共聚物乳液配制而成。简称乙 – 顺乳胶涂料。顺丁烯二酸二丁酯起内增塑作用，老化性优于聚

醋酸乙烯乳胶涂料，是价格适宜的外墙涂料。

由于耐碱性比聚醋酸乙烯乳胶涂料好，可直接涂于水泥砂浆面层上。

3. 聚醋酸乙烯 – 丙烯酸酯乳胶涂料

用醋酸乙烯和丙烯酸酯类单体乳液聚合形成的共聚乳液作为基料，加入颜填料和其他助剂配制而成。简称乙 – 丙乳胶涂料。

它有较好的耐候性，优于聚醋酸乙烯乳胶涂料或乙 – 顺乳胶涂料。可作内墙有光涂料，也是价格适宜、性能较好的外墙涂料。

用不同的丙烯酸酯类单体合成，可得到弹性好、附着力好、耐洗刷性好的涂层。

4. 苯乙烯 – 丙烯酸乳胶涂料

它用苯乙烯单体和各类丙烯酸酯单体乳液聚合形成的共聚乳胶涂料。简称苯丙乳胶涂料。

这类涂料性能比乙 – 丙乳胶涂料还好。它有较高的耐候性和抗黄变性，色彩鲜艳，外观好。并有良好的耐碱性、耐水性、耐湿擦洗性，涂膜附着力强，价格比纯丙烯酸乳胶涂料低，在外墙涂料中应用较广。

5. 丙烯酸系乳胶涂料

它是由各类丙烯酸系单体乳液聚合得到的纯聚丙烯酸酯乳胶调配而成。

这类涂料的耐候性最好，保光、保色性优异，价格较高，是优质外墙涂料，也可作高档的内墙涂料。

6. 氯乙烯 – 醋酸乙烯 – 丙烯酸酯乳胶涂料

基料由氯乙烯、醋酸乙烯和丙烯酸丁酯乳液聚合得到的三元共聚物乳液。由它配制的涂料简称氯 – 醋 – 丙乳胶涂料。

该乳液偏弱酸性，配漆时需调至弱碱性。其涂层有一定的耐水，耐碱性和抗黄变性，是中档外墙涂料。

这一涂料具有自洁性。涂层表面微粉化后，在雨水冲刷下，能使表面沾污物一起除去。

7. 氯乙烯偏二氯乙烯共聚乳胶涂料

基料由氯乙烯和偏二氯乙烯乳液聚合形成共聚乳液。涂料简称氯 – 偏共聚乳胶涂料。

这类涂料的耐光性差，但耐水性、耐油性、耐化学性好，水气渗透率

低。可作地下工程的防潮涂料。作外墙涂料耐候性差，易粉化。但价格较低，其乳液常和乙－丙乳胶一样，加较多填料用于配制厚浆乳胶涂料，涂刷不平的外墙表面。

除了上述乳液聚合型乳胶涂料外，在建筑乳胶涂料中还可用环氧树脂和过氯乙烯树脂外加乳化剂，强制乳化的乳液涂料。

环氧乳胶涂料可用液态环氧树脂来乳化，固化剂用聚酰胺，采用双口喷枪喷涂，涂层有很好的耐久性、防水性。但价格较贵、施工麻烦。

过氯乙烯乳胶涂料含溶剂量较少，气味小，涂层具有溶剂性过氯乙烯涂料的基本特征。

（四）金属乳胶涂料

1. 制备金属乳胶涂料的要求

金属乳胶涂料与建筑乳胶涂料相比，在乳液合成、助剂的选用和涂料配制方面有更严格的要求。

有些乳液聚合物，像聚醋酸乙烯，易水解产生酸性物质醋酸，它能产生自催化作用，进一步增加水解，促进金属的腐蚀；氯乙烯－偏氯乙烯树脂易分解产生 HCl。因此，这些乳胶不宜用来配制金属乳胶底漆。苯丙或丙烯酸乳液，由于综合性能好，常用来配制金属乳胶涂料。用磺酸盐类表面活性剂和过硫酸盐引发剂，乳液聚合的这些乳胶，配成的金属乳胶底漆，防蚀性差。而用各类水溶性助剂，使涂膜的耐水性、耐溶剂性、光泽、干性及流平性受到很大影响。因此，在乳液合成和涂料配制时，应采用多功能的助剂，减少助剂品种和用量，减少助剂对防蚀性的影响。

在金属乳胶涂料中，助剂种类有乳化剂、分散剂、消泡剂、防冻剂、增稠剂、pH 调节剂等。

采用磷酸酯类乳化剂，乳液有良好的机械稳定性，同时有良好的分散性和防锈性。用 2－氨基－2－甲基－1－丙醇作 pH 调节剂，它同时具有 pH 调整、防锈和颜料分散性功能。且没有氨或一般胺的臭味，作业性好；同时没有一般胺的氧化变色作用。用量在 2.5% 以下，不影响涂膜的耐水性。

炔二醇的消泡作用显著，润湿性强，同时有防“闪锈”和酸蚀作用，及流平作用，也是多功能添加剂，能提高乳液的稳定性、防止涂膜弊病。用氧化还原引发剂体系替代一般的过氧型引发剂，减少端基硫酸根含量，提高涂膜的防腐蚀性能，并使乳液聚合反应平稳，合成过程易控制和调节。

金属乳胶涂料为了提高干燥性，常用高挥发性的氨来中和，由于湿涂膜干燥，早期氨的迅速挥发，导致 pH 迅速急剧下降，在酸性条件下，金属易产生“闪锈”现象。这是金属乳胶涂料经常出现的一个严重问题。可添加铬酸胍或重铬酸铵作“闪锈”抑制剂。也可用醇胺替代氨进行中和，或采用带有防腐蚀基团的单体来合成乳液。

金属乳胶底漆的防锈颜料可采用铬酸锌钾。用浅色的碱式铬酸锌和白色的磷酸锌配合，可调配色彩鲜艳的乳胶防锈涂料，并有较好的防腐蚀性。

2. 金属乳胶涂料的品种与用途

金属乳胶涂料的主要品种是苯丙乳胶涂料和丙烯酸乳胶涂料。可替代一般大气环境中使用的醇酸涂料及其他溶剂性涂料。

苯丙乳胶涂料有较好的抗“闪锈”、耐盐雾性，良好的附着力，用碱式铬酸锌和氧化铁配成防锈底漆，可作为工业维护涂料和车间用底漆。

乳胶涂料对镀锌钢板有优良的附着力，可不经化学转化处理直接涂于镀锌钢板表面。因此少量的建材用镀锌卷板是用乳胶防锈涂料作预涂，用于大型建设工程房顶屋面材料。如 SP825 苯丙金属乳胶防锈底漆，在宝钢屋面用镀锌板表面涂覆，三年仅轻度粉化；罩 C04－42 醇酸磁漆后，涂膜完好无损。这类苯丙乳胶涂料的性能指标见表 1－3－4。

表 1－3－4　苯丙乳胶涂料性能指标

项　目	指　标	项　目	指　标
粘度（涂－4 杯）s	25～60	柔韧性/mm	1
干燥性/h 表干	≤1	耐冲击性/cm	50
（25℃）实干	≤24	耐盐水（24h）	无变化
烘干（105℃）/h	1	耐硝基漆	不咬底、不渗色

丙烯酸乳胶涂料比苯丙乳胶涂料有更好的耐候性。用不同的丙烯酸酯类单体共聚可得性能各异的乳液和乳胶涂料。乳胶涂料的成膜温度高，涂膜水气迁移率高，耐湿热性好；若成膜温度低，则涂膜耐盐雾性好，防锈能力强。

普通的丙烯酸乳胶涂料，可作为一般大气环境中的工业维护底漆。若用抗“闪锈”性基团的单体合成，涂料本身有很好的抗“闪锈”性。

优良的丙烯酸乳胶涂料，在通常的成膜温度下（10℃），干燥后的涂膜有很好的硬度，是普通丙烯酸乳胶涂料的2倍，涂层的防护性很好，涂膜坚韧耐久，并耐化学药品，抗潮湿和耐溶剂性。可作为化工、海洋、及沿海气氛中的船舶、钻探设备及类似金属结构件的防腐蚀维护涂料，也适合于交通运输工具和工业设备的维修。

乳胶防锈涂料由于施工适应性强，而应用广泛。在机床表面，乳胶防锈底漆可替代溶剂性过氯乙烯底漆，并有更好的防锈性、耐候性，施工性也好得多。用苯丙乳液配成的乳胶腻子，由于透气性好，可以厚涂，缩短涂漆周期。而干性、耐油性、填坑性及与上下层结合力完全能满足机床涂漆要求。乳胶二道底漆则涂于乳胶腻子表面，有良好的耐化学性，能与过氯乙烯、聚氨酯等机床用面漆配套。机床行业应用乳胶底涂层系列涂料进行涂装，大大改善了作业环境，提高施工效率，保证了机床的涂层质量。

乳胶涂料对底材的适应性广，除了洁净钢铁和镀锌表面有良好的附着力外，也常用于锈蚀钢铁表面的带锈涂装。

3. 交联性金属乳胶涂料

常温干燥乳胶涂料普遍存在耐水性差的问题。可通过二方面来解决：一是采用交联性乳液；二是采用反应性表面活性剂作乳化剂和颜料分散剂。

常温交联性乳胶涂料，以强制乳化的品种涂膜性能较好，有良好的金属防腐蚀能力。如：胺固化的环氧乳胶涂料、氯磺化聚乙烯乳胶涂料、醇酸乳胶涂料等等。

醇酸乳胶涂料是用共轭不饱和脂肪酸缩合阴离子或非离子型物质作反应性乳化剂，强制乳化的一般醇酸树脂，加金属催干剂，常温干燥时乳化剂和基料相互交联成膜，耐水性与溶剂型醇酸漆相当。

氯磺化聚乙烯乳胶防腐蚀涂料，用金属氧化物硫化而交联成膜。涂料的最低成膜温度 8℃，常温下表干 1h，实干 24h，耐冲击性 50cm，划格附着力 100%，柔韧性 1mm，对金属有优良的防腐蚀性能。

带羧基的乳聚型乳胶涂料，也是常温交联性乳胶涂料。在常温干燥时，随着中和剂氨的挥发，树脂中的羧基与涂料中多价金属盐的金属离子络合，产生交联，能明显提高涂膜的耐水性。交联性能顺序 $Cr^{3+} \gg Ca^{2+} > Zn^{2+} > Al^{3+} > Mg^{2+}$。

含 N－羟甲基酰胺基的乳液，添加对甲苯磺酸铵，在氨挥发后产生酸催化作用，能常温交联；若树脂中含有羧基，在氨挥发后，产生自催化作用，亦能室温交联。

用丙烯酸环己烯酯、丙烯酸烯丙酯、或干性油的烯基缩合物单体，进行乳液共聚，用金属催干剂配制乳胶涂料，涂膜在常温下自氧化聚合而交联。

乳聚型的常温交联型乳胶涂料的涂膜性能增加有限，且有些贮存期短，应用较少。加热固化的乳聚型交联性乳胶涂料的性能则高得多。

带有 N－（甲氧甲基）丙烯酰胺、或 N－（异丁氧甲基）丙烯酰胺的乳胶涂料，在 120～140℃、或 170℃能自缩合形成均匀交联涂膜；带 OH 和 COOH 的乳胶涂料，在 140℃能和 HMMM 树脂缩合，形成界面交联涂膜。这些烘烤型乳胶涂料分成低温（100～120℃）、中温（130～150℃）和高温（160～170℃）三档，可作为流平性良好的汽车中涂，防护性、装饰性良好的汽车零部件、汽车底盘、农机、重型车辆、卷材预涂、工业机械、户外贮罐和容器、钢制家俱、电器及某些日用品的涂装。

交联性乳液和热塑性乳液配合，可制得填隙交联涂膜，即热塑性树脂填充于自交联聚合物中，使涂膜具有均一张力松弛模式，提高涂层的冲击韧度、弹性、以及干燥性和耐水性等。如热塑性苯丙乳液和自交联丙烯酸乳液配合，掺入适宜的填料，配制汽车乳胶腻子，可与溶剂性腻子媲美，有更好的耐冲击性、弹性、涂刮性和打磨性，并解决了浸水溶胀问题。

乳胶涂料由于表面活性剂的存在，不能根本解决耐水性问题，在恶劣环境条件下，常温交联环氧乳胶涂料等，作重防腐蚀涂料还不能胜任，但仍有很大潜力。

五、阳极电泳涂料

（一）阳极电泳涂料的组成及特点

1. 涂料组成

阳极电泳涂料是国外于20世纪60年代投入工业应用的涂料新品种。成膜物质是带羧基的阴离子型聚合物，用碱性物质中和而赋予离子性，增溶分散于水中。中和剂常用有机胺和无机碱，像乙醇胺、三乙醇胺、三乙胺、KOH等。

这类树脂与颜（填）料、各类助剂形成稳定的水分散体系，在直流电场作用下，带负电荷的树脂裹覆着颜料，一起向阳极泳动并沉积在阳极表面。因此这类涂料称之阳极电泳涂料。

电泳涂漆同时经过电泳、电解、电沉积、电渗四个过程，在金属表面形成含水率极低、相当高电阻的致密涂膜。沉积过程的电化学反应表示如下：

阳极反应

$$H_2O \longrightarrow 2H^+ + \frac{1}{2}O_2\uparrow + 2e$$

$$Fe^{\circ} \longrightarrow Fe^{2+} + 2e$$

树脂沉积反应

$$RCO_2^- + H^+ \longrightarrow RO_2H\downarrow$$

$$2RCO_2^- + Fe^{2+} \longrightarrow (RCO_2)_2Fe\downarrow$$

$$2RCO_2^- \longrightarrow R-R\downarrow + 2CO_2 + 2e$$

2. 阳极电泳涂料的特点

（1）涂膜均匀、光滑平整，附着力强；在棱边、焊缝缝隙中、箱形体的内外表面都可涂上较均匀的涂膜，防腐蚀性得到显著改善。

（2）槽液固体分低，表面粘附带出量少，涂料利用率高达90%～95%。

（3）电泳涂料用水作分散介质，节省资源，降低空气污染、消除了发生火灾的危险性，改善了作业环境条件。

（4）涂覆效率高，特别适合于大批量流水线自动化生产。

（5）电泳涂装设备复杂，投资费用大。

（6）有废水产生，并且必须进行处理。

（7）工件表面金属离子的溶出，使涂膜颜色加深；电解产生的氧气易使树脂被氧化，影响了阳极电泳涂膜的防腐蚀性和装饰性，并且不适合于浅色漆。

（二）阳极电泳涂料的要求

对阳极电泳涂料的要求主要包括三大方面，即涂料的稳定性、涂料的泳透力和库仑效率、及涂膜性能。

1. 阳极电泳涂料的稳定性

阳极电泳涂料的稳定性包括三个方面，即原漆的贮存稳定性、槽液的存放稳定性及槽液边续使用的稳定性。

原漆的贮存稳定性要求在常温存放一年或 40 ~ 60℃加速存放稳定一个月。

槽液存放稳定性由于工作槽液固体分很低（≈10%），其稳定性远比原漆低得多，颜料容易沉降，树脂稀释后也变得不稳定。一般要求 10% ~ 20%固体分的工作槽液，在 40 ~ 50℃能存放一个月。

槽液连续使用的稳定性，一般要求在更新 15 ~ 20 次时，槽液的各项工艺特性参数（如泳透力、库仑效率等）仍在许可范围内，且涂膜的外观和防腐蚀性仍为合格，它客观反映了实际生产的经济性要求。

2. 电泳涂料泳透力和库仑效率

阳极电泳涂料的泳透力是指在阳极工件的内表面、凹面及缝隙内等背离或远离阴极的部位，电沉积时涂料的涂覆能力。泳透力的好坏影响到这些部位的防腐性能。

泳透力与涂料中树脂的品种和相对分子质量大小、及涂料配方有关系。若涂膜的电阻大，槽液的电阻小，则能提高泳透力。泳透力跟电沉积电压、时间及槽液不挥发分成正比。如果电泳涂料的破坏电压高，工作电压也可提高，泳透力也就能升高。

电泳涂料除了要求泳透力高外，也应有良好的电沉积特性，即涂料中各组分应按比例均匀地沉积。这主要是颜料和基料、树脂和交联剂要以恒定的比例沉积析出。否则影响涂膜的外观和性能。一般对颜基比、颜填料组成、槽液 pH 值，及助溶剂含量进行分析来判定。

电泳涂料电沉积时的库仑效率是指消耗单位电量能沉积析出的涂膜当量，它表征着涂料沉积时的电流效率，或能量消耗水平。一般阳极电泳涂料的库仑效率在每库仑（15～20）mg 之间，即（15～20）mg/C 之间。

3. 阳极电泳涂膜的性能

阳极电泳涂膜主要是作防腐蚀底层。除要求涂膜厚薄均匀、光滑平整外，更重要的是要求有一定的防腐蚀能力。一般阳极电泳涂膜的耐盐雾性在 240～400h 之间。

阳极电泳涂膜的防腐蚀性，受到树脂特性（带有羧基）和电泳特性（阳极金属离子的溶出）的影响，防腐蚀能力不可能进一步提高，但适合于一般防护性要求的农机、车辆、自行车及其他轻工产品的工业化流水线自动涂装作业。

（三）阳极电泳涂料的品种和性能

阳极电泳涂料早期的品种有马来化油和环氧酯、酚醛改性马来化油、醇酸、环氧酯及纯酚醛等。由于它们的稳定性差，涂膜易返粗，泳透力低，耐蚀性差，现主要采用聚丁二烯阳极电泳涂料。

1. 马来化油及改性马来化油阳极电泳涂料

马来化油电泳涂料的基料是用不饱和油与马来酸酐热加合，而赋予水溶性。

这类涂料的涂膜较软、耐水性、耐腐蚀性差。需用环氧树脂、酚醛树脂等进行改性，或用不饱和单体加合来改性。

酚醛树脂改性能提高涂膜耐蚀性，但酚醛树脂易发黄，涂膜于 150℃烘 1h 干燥成膜。

苯乙烯和马来化油的不饱和双键加合，能提高涂料的泳透力，但耐溶剂性下降。

2. 醇酸阳极电泳涂料

国内第一个阳极电泳涂料品种是铁红醇酸电泳漆（3020#），由于酯键的耐碱水解性差，贮存稳定性差，槽液使用寿命很短，仅 10d 左右，且泳透力低，最终电流变大、电解剧烈、气泡多，涂膜粗糙及有针孔，防蚀性差。

3. 环氧酯电泳涂料

环氧酯基料是由环氧树脂和不饱和油酸酯化形成环氧酯，再与马来酸酐加合接上羧基，经胺中和后有水溶性。制得涂料泳透力仍然较低，耐盐水（w_{NaCl}3%溶液，40℃），24h 无变化。

若基料中酸酐再与环氧树脂部分酯化，泳透力能提高 1.5 倍。

定型产品有 H08－1（黑）、H08－2（铁红）环氧酯电泳漆。

4. 纯酚醛树脂电泳漆

酚醛电泳涂料槽液稳定，电沉积性好，涂膜平整光滑，但耐蚀性仍然有限。定型产品有 F08－1、F08－2 酚醛电泳涂料。

例如 F08－9 棕黄纯酚醛电泳涂料用于车身涂装，施工电压 130～150V，泳透力 70%，膜厚 18～25μm，车身内表面约 12μm，烘烤条件 150～160℃，20min，涂膜柔韧性 1mm，硬度 0.58，耐冲击性 50cm，附着力 1 级，磷化后耐盐雾 64h 无变化。

5. 聚丁二烯阳极电泳涂料

聚丁二烯树脂和马来酸酐加合，并经碱中和后，赋予水溶性。这类电泳涂料有较高的泳透力，更好的耐腐蚀性，价格低于环氧酯类而得到广泛应用。它作为第二代阳极电泳涂料已代替第一代的马来化油、环氧酯及酚醛阳极电泳涂料。

这类涂膜通过氧化聚合交联，干燥快，但涂膜易泛黄，只能作为底漆。

聚丁二烯铁红电泳漆的主要性能指标见表 1－3－5。

对聚丁二烯阳极电泳涂料，进一步改进，在磷化处理后，电泳涂漆，耐盐雾性可达 240～400h。

环氧酯阳极电泳涂料虽然不如聚丁二烯阳极电泳涂料，但由环氧酯、半酯化马来化油和丙烯酸树脂复合制成的新型阳极电泳涂料，涂膜经 OH、CO_2H 交联固化，有良好的综合性能。主要性能指标见表 1－3－6。

表 1－3－5　聚丁二烯铁红电泳漆的性能指标

项　　目	指　　标	项　　目	指　　标
槽液连续使用稳定性：（$w_{固体分}$ 15%，pH7.5～9.0）周期	≥10	固化条件/℃·h	140×1
		厚度/μm	20～26
施工电压/V	60～100	涂膜外观	铁红色，平整光滑
泳透力（HG21198—79）/cm	13～16	耐盐水 w_{NaCl} 3%/h	>48

表 1－3－6　丙烯酸改性环氧酯阳极电泳漆性能

项　　目	指　　标	项　　目	指　　标
施工电压/V	150～250	耐冲击性/cm	50
泳透力/cm	18	附着力（划格法）（%）	100
膜厚/μm	25	盐雾试验/h	400
烘烤条件/℃·min	170×30		

这一产品的优良防护性能，除作底漆外，也可作为汽车车架、底盘零部件的一道电泳涂装。

6．丙烯酸阳极电泳涂料

这类涂料的基料是由丙烯酸酯，含羟基丙烯酸酯和丙烯酸单体共聚形成相对分子质量高、相对分子质量分布窄的带羟基和羧基的树脂，经挥发性低的胺中和后，赋予水溶分散性。用水溶性适宜的甲丁混醚氨基树脂作交联剂，在电泳涂漆时，它们能按比例沉积析出，烘烤时丙烯酸树脂的羟基与氨基树脂交联，形成耐候性优良的电泳涂膜，且防腐蚀性良好。

这类涂料作为清漆，涂膜无色透明，可用于铝材的装饰保护；亦适合于配制白色漆和浅色漆，可用于自行车、家用电器、及轻工产品的涂装。主要性能指标见表 1－3－7。

表 1－3－7　丙烯酸阳极电泳漆的性能指标

	清　　漆	色　　漆
施工电压/V	120～200	120～200

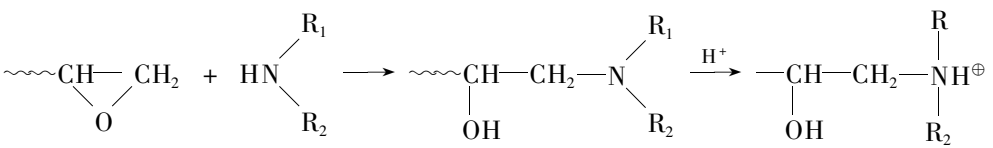
	清　　漆	色　　漆
泳透力（%）	—	> 50
烘烤条件/℃·min	180℃ × 30min	180℃ × 30min
涂膜外观	无色、透明	平整
光泽（60°）	> 90	
硬度（铅笔）	3H	2H
附着力（级）	1	1
耐候性（250h，失光率%）	≤25	≤25
耐盐雾/h	150①	150
耐冲击性/cm	—	50
柔韧性/mm	—	3

①铝材表面涂层，用酸性盐雾试验。

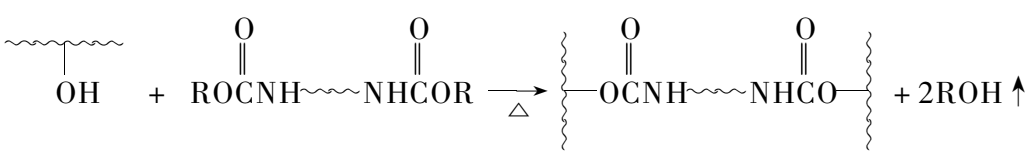
六、阴极电泳涂料

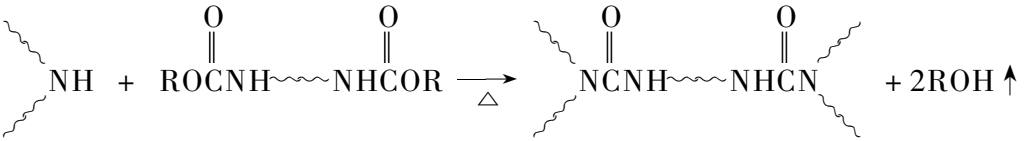
（一）阴极电泳涂料的组成

阴极电泳涂料是在树脂分子链中引入含 N、S、P 的基团，用酸中和形成鎓盐（铵、鏻、磷），能电离成阳离子聚合物而增溶分散于水中。一般都是利用铵赋予环氧树脂阳离子特征：



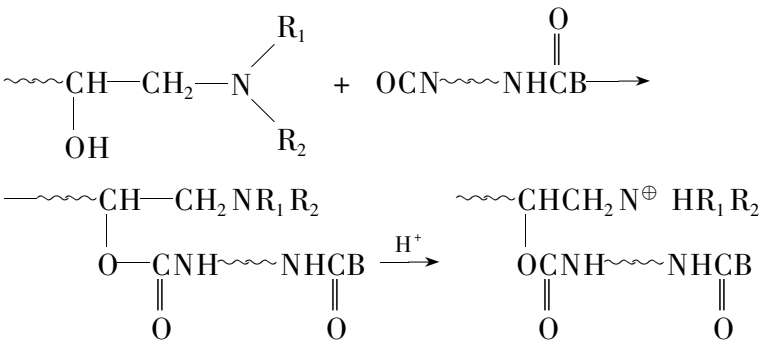
这类环氧季胺系阳离子电泳涂料，用封闭的异氰酸酯作交联剂，烘烤时，解蔽释放出活性异氰酸酯基团，与 OH 和 NH 反应而交联。



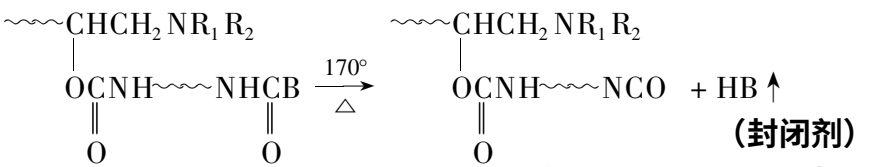


用丙烯酸缩水甘油醚与其他丙烯酸酯单体共聚，得到含环氧基的丙烯酸树脂，通过环氧基引入胺基，可制得阳离子型丙烯酸水分散树脂。用它制得阴极电泳涂料，可用氨基树脂交联，涂膜耐候性良好。

若环氧季胺用半封闭聚氨酯扩链，则得到聚氨酯型阳离子树脂：



烘烤时解蔽释放出 NCO



（封闭剂）

不论是哪一类阴极电泳涂料，除了用封闭异氰酸酯、氨基树脂交联外，也可用酚醛树脂作交联剂，但它的耐候性差，一般以前二种用得多。

阴极电泳涂料国外于 20 世纪 70 年代中期投入工业化应用，作底漆使用时，主要还是采用环氧季胺系。

阴极电泳涂料电泳沉积的电化学反应如下：

阴极

$$H_3^+O + 2e \longrightarrow H_2\uparrow + OH^-$$

$$\sim\sim N^{\oplus}HR_1R_2 + OH^- \longrightarrow \sim\sim NR_1R_2\downarrow + H_2O$$

这类涂料的中和剂一般采用甲酸、乙酸、乳酸等有机酸。颜料以 TiO_2 和体质颜料为主，另加有偏硅酸铅类防锈颜料。

（二）阴极电泳涂料的特点

阴极电泳涂料电泳涂装时，工件为阴极，金属表面不被溶解，且树脂中的胺基具有缓蚀作用。因此阴极电泳涂膜的防腐蚀能力，远比阳极电泳涂膜好得多，即使在不加防锈颜料的情况下，仍有很好的耐盐雾性能。在磷化处理以后电泳涂漆，耐盐雾能力达到 800～1200h，加上阴极电泳涂料的高泳透力，能满足汽车车身 10 年无穿孔腐蚀的防护要求，因而在汽车上得到广泛采用。

电泳涂料从阳极电泳涂料发展成阴极电泳涂料，也消除了阳极电泳涂膜经常产生的丝状腐蚀和疤痕腐蚀对涂层外观装饰性的影响；阴极电泳涂膜的良好展平性，赋予涂层高的鲜映性。新一代阴极电泳涂料的展平率达到 83%，涂膜粗糙度 R_a 在 0.2μm 以下。

厚膜阴极电泳涂料的推出（涂膜厚度达 35μm），能省去二道浆，简化涂装工艺；同时能提高棱边的耐腐蚀性。厚膜阴极电泳涂膜的耐盐雾性，可达 1000～1200h。

阴极电泳涂料相对于阳极电泳涂料，价格较高，设备投资大，工艺管理要求更严格。因此，阴极电泳涂料要求有良好的长期使用稳定性，以防槽液变质报废而造成损失；要有高的泳透力，使车身内腔、缝隙内都能均匀地涂上涂膜，，以达到产品的整体防护性要求；涂膜要有高的耐腐蚀性能，使之高投入、高技术水平的工艺装备能体现出实际价值。

（三）阴极电泳涂料的品种和性能

阴极电泳涂料分为二大体系。美国 PPG 体系，属双组分、水乳液型；德国 Hoechst 体系，属高固体分、单组分、水溶型。

国内市场上的阴极电泳涂料，属 PPG 系列的有 8603、HS－88、HB－2000；属 Hoechst 系列的有 G1083；国内自己开发的有 E11－99、H11－96、ST－2、8912 等。

几种阴极电泳涂料的性能对比见表 1－3－8。

表 1－3－8　几种阴极电泳涂料的性能对比

项目		品种				
		HS－88	HB－2000	G1083	8912	H11－96
原漆性能	颜色	灰	黑	灰	黑	黑
	组分	双组分	双组分	单组分	单组分	单组分
	固体分(%)	乳液 35±1，色浆 48±1	乳液 36±2，色浆 41±2	≥75	50±2	≥68
	细度/μm	乳液 20，色浆 30	<15	<12	≤30	≤30
	颜基比	0.30	—	0.5～0.6	0.3	—
	灰分(%)	21±3	—	27±3	—	—
	贮存温度/℃	>0	>0	－40～＋30	5～30	>0
	常温贮存稳定性/月	4	2	4	>1	4
槽液及使用性能	固体分(%)	19±1	19±1	19±1	18±1	19±1
	pH 值	6.7±0.3	6.6±0.2	5.9±0.3	6.5±0.3	6.0～6.3
	电导率/μS·cm	1200±300	1500±300	1500±300	1200±400	1000±400
	中和剂	乙酸	乙酸	甲酸	乙酸	乳酸
	MEQ 值	28±4	26±3	40～60	25±3	—
	溶剂含量(质量)(%)	2.5～4.5	2.5～3.5	3～9	2.5～4.5	—
	泳透力(%)	>75	>85	>13	≥65	≥70
	L 效果(水平面与垂直面)	无明显差别	无明显差别	无明显差别	无明显差别	无明显差别
	库仑效率/(mg/C)	25～30	>30	20～33	25～30	—
	加热减量(%)	<6	<4	<9	<10	—
	再溶性(%)	<10	<5	<10	<10	—
	施工电压/V	150～220	200±50	300±60	140～200	150～250
	破裂电压/V	>250	—	>360	≥240	—
	电泳时间/min	3	3	2～4	3	2～3
	槽液工作温度/℃	28±1	28±1	29±1	26±2	—
	烘干条件/℃·min	170×20	170×20	175×12	170×20	170×30
	杂质离子许可浓度(质量)/10^{-6}	Na^+ <25，Fe^{+++} <100<PO_4^{3-} <100	—	—	—	—
	槽液稳定性	合格①	更新期6个月	合格①	合格①	合格①

项　目		品　种				
		HS－88	HB－2000	G1083	8912	H11－96
漆膜性能	膜厚/μm	18～22	30±5	18～22	18～22	18～25
	外观(光滑平整性)	好	好	好	好	好
	附着力(级)	1	1	1	2	2
	耐冲击性/cm	50	40	50	50	50
	柔韧性/mm	1	—	1	1	1
	光泽(%)	>60	>50	—	>60	—
	杯突试验/mm	—	—	5	—	—
	耐(0.1N，H_2SO_4)/h	8	—	24	8	8
	耐(0.1N，HaOH)/h	8	—	24	8	8
	盐雾试验/h	>800	>1000	720	720	720

①敞口搅拌1个月，各项性能合格。

(四) 阴极电泳涂料的研究重点

目前阴极电泳涂料的研究重点：

(1) 低烘烤温度，采用低解蔽温度的封闭型异氰酸酯、及更有效的固化催化剂，以使烘烤温度由180℃降至140℃烘烤，实现底漆和中涂湿碰湿施工，于140℃同时加热固化，大幅度地降低能耗。

(2) 减少有机溶剂含量、降低污染和节省资源。现有阴极电泳涂料的有机溶剂含量普遍地降至1.2%以下。PPG的第五代阴极电泳涂料的有机溶剂含量，低至约0.6%，同时槽液仍然保持良好的稳定性。

另外，要采用非挥发性固化阴极电泳涂料，减少封闭型异氰酸酯烘烤时的挥发。

(3) 提高锐边的耐腐蚀性。现有的阴极电泳涂膜在烘干时，受表面张力的影响，工件棱边、尖角部位涂膜很薄，这些部位的防蚀性差。利用有机微胶流变改性剂，能保持涂膜烘烤时有高粘度，使棱边部位涂膜厚度达到15μm，具有良好的防腐蚀性。

（4）开发无铅阴极电泳涂料。Pb 在阴极电泳涂料中的作用为：提高涂膜防锈性、促进氨基甲酸乙酯的固化、防止铁质管道腐蚀对分散液稳定性的影响等作用。但 Pb 污染环境，避免使用的途径是提高树脂本身的防锈性能；采用无毒防锈颜料；改变固化方式和采用固化催化剂。

（5）开发耐候性良好的阴极电泳涂料。开发丙烯酸系阳离子树脂，配制耐候性、装饰性良好的丙烯酸阴极电泳涂料，涂膜光亮平滑，透明清澈，可用作金属精饰件的透明罩光涂层；添加彩色透明颜料，可得仿金镀等高装饰涂层；添加各类彩色颜料，涂膜色彩鲜艳。

采用复合膜技术，可得高耐候性、高耐蚀性的阴极电泳涂层。将表面张力不同的环氧胺树脂和丙烯酸系树脂复配阴极电泳涂料，涂膜在烘烤时，表面张力大的环氧成分附在金属表面，表面张力小的丙烯酸系成分，分离成为上层，形成复合膜，同时具有环氧的耐蚀性和丙烯酸的耐候性。

七、自泳涂料

自泳涂料及自泳涂装是新开发的涂料产品和涂装工艺，是类似电泳涂装的浸渍涂装技术，其槽液由含有颜（填）料的聚合物乳液、酸（HF）和氧化剂（H_2O_2 或重铬酸盐）组成。在金属件浸于槽液中时，表面被酸浸蚀，在界面产生多价金属离子，使聚合物胶团失去稳定性而沉积于金属表面。由于自泳涂料的特殊成膜过程，与电泳涂装相比，其涂装工艺有以下特点：

（1）节能。自泳沉积是一化学作用过程，不耗电能，比电泳沉积工艺节能约 50%。

（2）高防护性能。在自泳沉积过程中，化学转化处理和涂膜沉积同时进行，金属表面始终保持活化状态，涂膜附着力强，耐盐雾性能与阴极电泳涂层相当。

（3）自泳涂装省去了磷化处理过程。整个涂漆工艺过程缩短，涂装设备投资减少 30%～60%，占地面积减少 20%～50%。

（4）自泳沉积时间一般是 1～2min，有电泳涂装一样的涂装效率；槽液固体含量 5%～10%，漆件自槽液取出后，湿膜仍有很高的渗透性和反应性，表面粘附的槽液能继续发生化学作用而沉积，水冲洗掉的只是极少部

分，漆料利用率优于电泳漆，且不需要超滤回收设备。

（5）自泳涂装不存在泳透力问题。对复杂形状的任一表面，都能覆盖一层十分均匀的涂膜，厚度误差不超过 $\pm 1.3\mu m$，优于电泳涂装，有更好的外观装饰性。甚至在棱角部位，涂膜有同样的沉积能力，防护能力更佳。

（6）固化后涂层耐酸、耐碱。因此不必清除挂具上的涂膜，减轻清除工作量。

（7）涂料不含任何挥发性有机溶剂。从根本上消除了有机溶剂散发的污染问题。

（8）表面活性剂等水溶性助剂，不会与成膜物质一起沉积，根本上解决了乳胶涂料耐水性差问题。

但自泳涂料和电泳涂料一样，也存在着贮存稳定性的问题。特别是溶解金属离子在槽液中的持续积累，非常不利于槽液的稳定。从经济性考虑，槽液更新次数在 20 次以上才有实用价值，更新率在 1 周 ~ 半年以上。

第四章　特种功能涂料

第一节　概　　述

特种功能涂料是指除了具备传统的一般涂料的防护和装饰性能外，还具有某些特殊功能的表面涂料材料。涂料是对材料改性或赋予特殊功能最简便的方法，因此一旦对材料有某种特殊要求，首先考虑到的便是开发一种新的涂料。各种新的研究成果也最容易被吸收到涂料中来。特种功能涂料是涂料领域最活跃的部分，它与尖端科学技术的发展密切相关。与其直接有关的学科除无机化学、有机化学、高分子化学与物理、界面化学、化学工程之外，还涉及磁学、光学、声学、热学、机械—物理学、生物学、放射化学与辐射化学、电化学、腐蚀与防护以及航空、航天、航海、人体科学和军事学等学科。实际上，功能涂料已经成为极其活跃的一门新兴边缘学科——功能涂料学。

功能涂料的品种繁多，发展迅速。按功能的属性可分为光功能涂料、电磁功能涂料、热功能涂料、化学功能涂料、生物学功能涂料。机械—物理功能涂料以及界面功能涂料。有的功能涂料还同时具有两种特殊功能，如吸音、防火涂料，阻燃、绝缘涂料等。表 1－4－1 列出了上述各种功能涂料的一些主要品种。

表 1－4－1　功能涂料的分类及主要品种

类　别	主要品种
光功能涂料	发光涂料，荧光涂料，磷光涂料，光反射涂料，液晶涂料，防辐射涂料，伪装涂料，光刻胶，光敏涂料