

第一章 涂料配方设计的一般原则

涂料，通俗的讲，就是涂覆在被涂物件表面并能形成牢固附着的连续薄膜的材料。被涂覆的物件表面可以是金属的如钢、铝、铁、铜及其合金等，也可以是非金属的如混凝土、砖石、木器，塑料、纸张等，通称为基材或底材——即被涂基材的材质不同。这些被涂覆的物件既可以用于室内，也可室外；既可以在通常的环境条件下使用，又可以在恶劣环境条件下使用（如高温、低温、高湿度、盐雾、强紫外光等）——即使用环境不同。其作用既可以是起简单的装饰作用，如用于建筑的内墙、外墙和地板涂料等，也可以是起保护作用，如船舶、管道、化工设备、木材等的防腐蚀，也可以是赋予被涂物件某种特殊功能，如防火涂料、防水涂料、导电涂料、隐身涂料、防辐射涂料、示温涂料、隔热涂料、防霉涂料等。大多数情况下，则同时要求涂料具有其中的两种或所有的 3 种作用，如汽车涂料、飞机涂料、家用电器涂料、船舶涂料等既要求装饰美观又要有保护作用；用于军事上的舰艇、战斗机、轰炸机、导弹等既要有装饰和保护作用，又要有隐身或伪装作用——即涂料的作用不同。

涂料涂覆基材材质的不同，使用环境的不同和涂料作用的不同使涂料的研究开发较塑料和橡胶更具挑战性，配方设计的影响因素更加复杂，如，与塑料和橡胶不同，涂料一般不能单独作为工程材料使用，它总是涂覆在物件表面上与被涂物件一起使用，因此涂膜与被涂物件的界面作用力是涂料配方设计所要考虑的一个重要的影响因素。

总的来说，涂料的配方设计需要考虑下列几方面。

成膜物质——树脂的化学性质和物理性能，如室温干燥固化还是反应固化，柔软性 / 硬度比，与被涂基材的粘结性，耐候性，耐 UV 性，防腐蚀性等；

挥发物——溶剂和稀释剂的物理化学性质，如挥发速度，沸

点，对树脂的溶解性，毒性和闪点等；

颜料和助剂性质，如颜料的着色力，遮盖力，密度，与基料的混容性（分散性），耐光性，耐候性和耐热性等；助剂的特殊功能如防沉、防流挂、防桔皮、消泡，帮助颜料润湿分散，改善涂料的施工性和成膜性用的流平剂、增稠剂、成膜助剂、固化剂、催干剂等；

涂覆的目标和目的，如基材的材质，是高档产品（如轿车、飞机、精密仪器仪表等）还是中低档产品（如家用电器、内外墙、桥梁、塑料、纸张等）。是一般的装饰，还是起保护作用，还是赋予被涂物件某种特殊功能；

成本考虑，包括原材料的成本，生产成本，贮存和运输成本等。用于高档产品的涂料，其性能要求更高些，价格可以较贵些；用于低档产品的涂料，性能可以稍差些，价格则可以便宜些；

⑥ 竞争力因素，明确本公司所设计的涂料配方产品是市场上的全新产品还是其他公司已有类似的产品，若是后者，则比较本公司所设计的产品与该产品在性能和价格上的优势，包括涂料本身的性能如固含量，粘度，密度，PVC，贮存期等；使用性能如遮盖力，需要几涂才能达到所需的性能要求，是常温干燥还是升温反应固化成膜；漆膜的性能如柔软性/硬度比，与基材的附着力大小，耐候性，耐UV性，耐酸碱性，耐化学药品性，耐溶剂性，耐污性，耐温性和耐湿性等。以确定本公司所设计的产品是否在某一或某几个主要性能上优于市场上现有的同类产品或性能近似但价格上有很大的优势。

具体的说，在涂料的配方设计中，常常涉及：原材料更换；降低成本；产品改进；新产品开发；新的原材料利用；新技术等。

一、原材料更换

在涂料的配方设计和生产中，由于价格或运输或其他方面的原因，常常遇到配方中的某一种或某几种原材料的货源发生临时或长久的更动。虽然为同一种原材料，但必须牢记不同的生产厂家由于生产工艺的不同，质量检测控制的标准和手段差异以及自动化程度的高低，所生产出来的原材料的性能可能不完全相同，有时甚至会有很大

的差异，例如具有相似油度、组成、固含量 / 粘度比的两种长油度醇酸树脂是否有类似的酸值和羟值；同是金红石型钛白粉，其纯度、细度、吸油度或遮盖力是否完全相同或几乎完全相同；同一级石油熔剂是否有相同的沸点范围、芳香族含量和溶剂性等。如有不同，是否会对涂料的主要性能产生很大的差异。换句话说，涂料的主要性能对原材料不同的接受程度到底有多大，一般的建议是原材料的采购尽量固定在二、三家经常提供同一原材料的生产厂商，以免性能发生较大的变化而导致涂料配方和涂料生产的失败，万一必须更换原材料厂商，必须得到该供应商所提供的该原材料的物理化学性能，必要时需要进行实验比较，若性能差异较大，需要对原来的配方进行必要的调整或重新设计。

二、成本降低

涂料配方设计者的作用是以最低的成本设计符合性能要求的配方和产品，因此，在涂料配方设计中要常常注意下列几个问题。

现在的配方其产品性能是否高于客户所要求的或对手所提供的产品的性能，是否可以牺牲某些方面的性能以降低成本而又保持产品达到或略高于客户所要求的性能。

② 现在的配方可否通过二、三或更多的现有产品的简单共混以达到所需要的性能。

涂料中的添加剂用量少，但多数价格较贵，每种添加剂在该配方中是否都是必需的：另外选择分散剂是否以消除或减少消泡剂的使用；涂料贮存在金属容器中需要加入防腐剂，改用塑料容器后，有无必要仍加入防腐剂。

涂料的流变性能能否通过仔细选择树脂体系或体质颜料来控制而不需要加入防流挂剂或增稠剂等。

通常，对于一个配方体系，树脂体系和颜料是成本的两个主要方面：配方中为得到产品性能要求所选择的树脂是否是最经济的体系；是否可以用价格较高的树脂体系但可以用较高的 PVC 以降低总的树脂用量。颜料，尤其是 TiO_2 ，价格较贵，能否进一步通过提高分散程度来降低其用量而又保持足够的遮盖力，一般的经验是，对于溶剂

型涂料的低粘度树脂溶液中，高于通常的羟值或酸值，其遮盖力与额外加 5%~10% TiO_2 的相当；而对于乳胶型涂料体系，利用更有效的颜料润湿剂和分散剂和避免在分散过程中使用高粘度溶液有利于大大降低 TiO_2 的用量。另外必须注意的是配方中总的原材料成本还取决于总的固含量，这样，能否降低 5%~10% 的固含量而又不影响其应用性能，如使用较高粘度的树脂或在乳胶漆中使用较高分子量的聚合物可以适当降低固含量而又不影响其遮盖力、膜厚度和膜性能。

三、产品改进

产品的改进主要是指产品某一或某几个方面性能的改进，通常伴随着整个原材料成本的升高，或以牺牲其他方面的性能作代价。一般的程序是：

查看以前的实验记录是否已有配方的性能与所要求的接近（包括性能和成本），必要时可再作一些补充实验进行对比，看能否避免重新设计整个配方；

尽可能的借鉴其他渠道的经验和配方，以减少产品改进所需的工作量；

如果 、 均不可行，则下一步就得确定一下现在的产品配方中哪些原材料对所要求的性能无明显的影响，在重新设计配方时可暂时维持为不变量，哪些原材料对所要求的性能有大的影响，一般尽可能减少可变变量的数目以简化配方设计；

最简单的方法是增加某一组分的用量，或改变某两组分的用量比，或用某一组分的性能更高级别的原材料取代现有级别的原材料，并通过必要的实验室小试比较是否已达到所需要的性能要求；

⑤ 当改变现有组分的用量或组分间的用量比仍不能达到所需要的性能要求时，就要考虑添加某一新的组分或用其他某一组分（如树脂、颜料、添加剂等）代替现在配方中相应组分进行实验比较；

⑥ 一旦改性的产品配方确定，就要进行放大实验并与现有产品性能进行全面比较，必要时还可能进行配方设计微调。

四、新产品开发

在新产品开发的配方设计中，首先要注意是否仅是公司的新产

品；是否仅是现有产品的改进和发展；是否仅是对现有产品进行成本降低

一旦上述 3 种情况被排除，则就是进行真正新的产品配方设计，通常有下列几个步骤。

配方基本组成的确定（见表 1-1）

表 1-1 配方基本组成

组分类型	组 分	使用等级	组分类型	组 分	使用等级
树脂	主要树脂 改性树脂	视要求而定	助剂	消泡剂	视要求而定
颜料	TiO ₂ 着色颜料 防锈涂料 体质颜料			润湿和分散剂	
	溶剂			主溶剂 稀释剂 其他	

并不是每一组分都需要，根据性能要求、用途和成本等来选用上述某些组分作为起始配方基本组分。

用量范围的确定

配方的基本组成确定以后，下一步就是初步确定各组分的用量范围。一般的，典型的涂料配方为：

总的质量固含量：50%~60%

总的体积固含量：30%~45%

PVC/成膜物质比：40%~50% 或 0.9~1.1:1

密度：约 1.5

各组分的典型用量详见后面有关章节。

性能测试

确定了配方的基本组成和用量后，下面就是测定根据这个配方所制备的涂料性能如流变性；干燥/固化条件；光泽性如 20°/45°/60°的光泽度；硬度；对比率；颜色；其他特殊性能要求。比较这些性能与所要求涂料性能上的差异以进一步调节配方中各组分的用量或增添某一新的组分，完善涂料配方至性能和成本符合要求为止。

五、新原材料的使用

涂料行业与其他化工行业一样，常常会碰到厂商推荐新的原材料，这时从事涂料配方设计和产品开发的人员必须注意：

这种新的原材料能否改性现有产品的性能；

② 能否帮助进一步降低产品的成本而又不损害涂料的性能；

能否帮助开发一个全新的产品；

这种原材料在车间是否容易处理。

可以根据厂商所推荐的配方和用量比进行系列实验看该原材料能否使用。

六、新技术

新技术的发明和发现总是令人具有挑战性和令人感兴趣的，这包括新的制备方法，新原材料的开发使用，新设备在涂料中的应用或现有设备的改进，新产品的开发，涂料新的施工方法等。

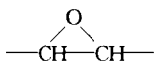
总之，利用最低的成本研究开发出性能最能满足（注意并不一定超过）要求的适用产品是涂料配方设计的基本原则。

第二章 树脂的品种和性能及其选择

涂料用树脂的品种很多，性能各异，主要包括环氧树脂，聚氨酯树脂，醇酸/聚酯树脂、丙烯酸树脂、氨基树脂等，选择涂料用树脂主要基于树脂的结构和性能，被涂敷基材的种类（木质基材、金属、砖石、皮革等）和使用环境（室外、室内、高温、低温、UV环境、酸碱条件等）以及性能/价格比等因素。

第一节 环氧树脂

环氧树脂^[1,2]主要是指含环氧基团的聚合物：



一般相对较贵，只有性能要求较高时才使用，其典型的性能有较好的耐化学药品性，尤其是耐碱性；对各种基材有极好的粘性；极好的韧性、硬度和柔软性；优良的耐水性。

大多数环氧树脂需要固化形成交联网状结构以形成有用的涂膜，交联反应可以通过环氧基团也可以通过羟基基团反应。

涂料用环氧树脂环氧当量大多在 180~3200 之间：环氧当量为 180~475 之间的环氧树脂主要用于双组分低温固化体系；环氧当量为 700~1000 的环氧树脂主要用于环氧酯体系；环氧当量为 1500~3200 的环氧树脂主要用在高温烤漆，分子量在 50000 以上的可直接用作热塑性涂料。目前市面上环氧树脂主要是双酚 A 型环氧树脂，由双酚 A 和环氧氯丙烷聚合而成，其聚合度，分子量、环氧当量 (E.E.W) 和熔点之间的关系如表 2-1 所示。

一、环氧树脂固化体系及其在涂料配方设计中的选择

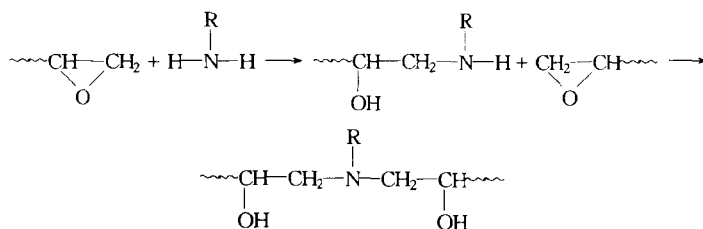
1. 环氧树脂/胺固化体系

一元脂肪胺与环氧基团反应，生成二元胺，二元胺进一步与环氧

表 2-1 环氧树脂物理性质之间的关系

n	分子量	E. E. W	熔点/℃
0~1	350~600	170~310	<40
1~2	600~900	310~475	40~70
2~4	900~1400	475~900	70~100
4~9	1400~2900	900~1750	100~130
9~12	2900~3750	1750~3200	130~150

基团反应生成三元胺。



一般，一元脂肪胺挥发性太高而选用分子量较高的多元胺，反应在室温下进行。多元胺作固化剂，虽然活性高，固化时间短，但固化时放热量大，施工时限短，在湿度较大的条件下，漆膜易泛白、桔皮、缩孔，且多元胺有刺激性和臭味，可以用胺与单分子或二聚脂肪酸反应生成端氨基聚酰胺代替多元胺作固化剂，端氨基聚酰胺/环氧树脂有好的粘结性和柔软性。环氧树脂/胺肪胺体系具有最高的耐溶剂性。

脂环族多元胺的活性较脂肪族多元胺的低，室温固化时需加入催化剂（如水杨酸）。环氧树脂/脂环胺体系的漆膜具有很吸引人的外观，主要用于墙体装饰和地板光亮漆。

芳香胺的活性则又低于脂环胺的活性，通常需要 200℃ 温度固化，室温固化时同样需要加入催化剂，其固化环氧树脂的漆膜具有玻璃状外观和极好的耐酸性。

2. 环氧树脂/酸酐固化体系

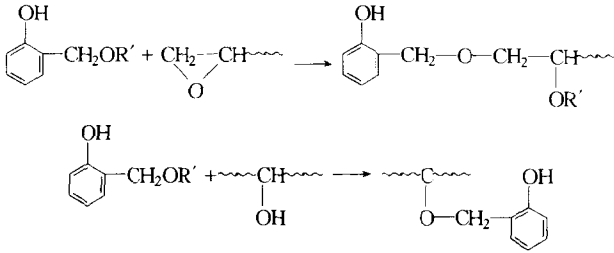
多元酸与环氧基团的固化反应无商业意义，但酸酐与环氧树脂的固化反应则是非常重要的一类固化反应，其反应顺序为

a. 酐开环生成半酐

所用环氧树脂的分子量为 3000~10000，反应需在酸催化剂存在下或在 100 以上温度下进行。

4. 环氧树脂 / 酚醛树脂固化体系

固化反应主要通过环氧树脂中的羟基或环氧基团与酚醛树脂上的羟基或烷氧基之间的反应进行的：



$R' = H$ 或烷基基团

与氨基树脂作固化剂一样，酚醛树脂也可进行自缩聚反应。反应同样需要在高温下进行。其漆膜具有极好的耐食品性、耐化妆品性和耐药品性，可用作这类商品瓶的“黄金般清漆”。这样以氨基树脂或酚醛树脂作环氧树脂的固化剂时，常生成复杂的交联固化涂膜。

5. 环氧树脂 / 异氰酸酯固化体系

异氰酸酯与环氧树脂的羟基反应生产聚氨酯。反应在室温下进行，其固化速度比多元胺作固化剂的更快，固化温度更低。所用环氧树脂的分子量为 3000~20000。固化漆膜具有极好的耐化学性。环氧树脂 / 异氰酸酯固化体系主要用作船舶的底漆。

总之，环氧树脂的固化反应可分为室温固化和高温固化。室温固化的固化剂主要有脂族多元胺、多元胺加成物和聚酰胺。多元胺包括乙二胺、二乙三胺、三乙四胺和四乙基五胺以及一些脂环胺。以多元胺加成物代替多元胺，固化速度减小，但固体涂膜的韧性和柔软性更好。以聚酰胺作固化剂，涂膜的强度、冲击强度、粘结性、保光性和柔软性好于其他低温固化剂，但耐化学品性和耐溶剂性则稍逊于其他低温固体体系。异氰酸酯也是室温固化剂。

高温固化的固化剂主要有芳香胺、酸酐、氨基树脂和酚醛树脂：最常用的芳香胺有 4,4'-二苯氨基甲烷和邻苯二胺，固化温度可达

200℃，固化漆膜的物理性能和耐化学药品性能优良；酸酐是仅次于多元胺的最常用的固化剂，主要有邻苯二甲酸酐、1,2,4-苯三酸酐、六氢化邻苯二甲酸酐，甲基六氢化邻苯二甲酸酐等，固化温度较高，漆膜的耐化学药品性较多元胺或氨基树脂固化体系的差，但漆膜的热变形温度较好。氨基树脂和酚醛树脂作固化剂，可以得到极硬、柔软性和耐化学品性好的漆膜，除了与环氧树脂固化反应外，这类固化剂本身可发生交联反应，所得的漆膜既含有环氧树脂又含有固化剂树脂的特性，这类固化剂主要有三聚氰胺甲醛、脲醛和酚醛树脂。

在酸作催化剂下，固化温度仍需 100 以上。

一般，氨基树脂，尤其是三聚氰胺甲醛树脂，所需固化温度较酚醛树脂的低，漆膜颜色较浅但较酚醛树脂贵，酚醛树脂固化的漆膜热稳定性较高且耐化学品性和耐溶剂性优异；脲醛树脂通常用于非酯类涂料中，三聚氰胺树脂常用于环氧酯的固化体系中。

表 2-2 总结了一些常用环氧树脂 / 固化剂体系及其应用。

表 2-2 一些常用环氧树脂 / 固化剂体系及其应用

固化剂	固化机理		树脂类型	分子量	典型应用	
多元胺和端氨基聚酰胺	通过环氧基团固化	室温固化	液态	400	双组分。重防腐涂料和地板涂料	
端氨基聚酰胺和多元胺加成物			固态-1			1000
潜固化多元胺			固态-2			
酚醛固化剂			固态-3	2000	粉末涂料	
氨基树脂	固态-4	2000	环氧酯，作工业面漆和易拉罐涂料			
酚醛树脂	通过羟基基团固化			热固化	固态-5	
氨基树脂		固态-6				
酸酐		固态-7	4000		卷材涂料	
酚醛树脂		固态-8			易拉罐涂料和面漆	
异氰酸酯		高分子量环氧	5000		树脂	双组分聚氨酯底漆（低温固化）
氨基树脂						10000
酚醛树脂						

注：固态 -1~8 表示分子量增大。

环氧树脂可以通过向分子链上引进羧基或氨基，再分别以碱或酸中和，制成水性环氧树脂，用作电泳底漆，所用环氧树脂的分子量为

1000~2000。也可以与丙烯酸酯、甲基丙烯酸酯、苯乙烯、丙烯酸或甲基丙烯酸反应，再以氨中和，制成水性环氧树脂，所用环氧树脂的分子量为 3000~4000，以氨基树脂作固化剂，漆膜具有好的粘结性和柔软性，主要用作啤酒和饮料罐涂料。

环氧树脂也可以通过有机硅氧烷、煤焦油进行改性。

表 2-3 进一步总结了一些环氧树脂体系的性能，可供选择树脂时使用。

表 2-3 一些环氧树脂体系的性能

性能	脂肪胺 固化	聚酰胺 固化	芳香胺 固化	酚醛固 化	有机硅 改性	煤焦油改性环氧		水性环氧 树脂
						胺固化	聚酰胺 固化	
物理性能	硬	韧	硬	硬	中硬	硬(脆)	韧	韧
耐水性	好	很好	很好	极好	好-极好	极好	极好	尚可-好
耐酸性	好	尚可	很好	极好	好	好	好	尚可
耐碱性	好	很好	很好	极好	好	好	很好	尚可
耐盐性	很好	很好	很好	极好	很好	很好	很好	尚可-好
耐溶剂性								
芳香族碳氢化合物	很好	尚可	很好	很好	好	差	差	差-尚可
脂肪族碳氢化合物	很好	好	很好	很好	很好	好	好	好
含氧类溶剂	尚可	差	好	很好	尚可	差	差	差
耐温性/℃	95	95	120	120	120	95	95	95
耐候性	尚可， 粉化	好，粉 化	好	尚可	很好， 耐粉化	尚可	尚可	好
耐久性	很好	很好	很好	很好	很好	很好	很好	好
最好的特性	强耐腐 蚀性	耐水耐 碱性	耐化 学性	耐化 学性	耐水耐 候性	耐水性	耐水性	容易 使用
最差的特性	再涂性	再涂性	固化慢	空气固 化很慢	再涂性	黑色， 再涂性	黑色， 再涂性	需适当成 膜助剂
再涂性	难	难	难	难	难	难	难	难
主要应用	化学 环境	水浸	化学 环境	化工 管道	耐候	水浸	水浸	大气 腐蚀

颜料的选用无特别要求，但含酸性物质体系，应避免使用碱性颜料和金属颜料，加入颜填料一般延长所需的固化时间。

环氧树脂仅溶于高极性溶剂如酮、酯和醚类，这类溶剂普遍较贵，可加入廉价溶剂如二甲苯、甲苯、石油溶剂等作稀释剂。

二、双组分环氧树脂涂料的配方设计

低温固化双组分环氧树脂主要用于工业重维修涂料、工业地板涂料、船舶维修涂料和贮罐涂层。

酚醛固化环氧树脂主要用于饮料和食品罐头涂料、桶和管道涂料、漆包线漆和浸渍清漆。

氨基树脂固化环氧树脂主要用于颜色要求高的场合和广泛用于罐头涂料、家电底漆和金属家具面漆。

几种固化体系的典型配方设计如下：

多元胺固化体系

组 成	质量/g	组 成	质量/g
环氧树脂 (E.E.W.450)	52.0	甲基乙基酮	10.2
流平助剂	2.9	混合二甲苯	21.2
正丁醇	9.8	二乙三胺	2.6
乙二醇二丁醚	1.3		

聚酰胺固化体系

组 成	质量/g	组 成	质量/g
环氧树脂 (E.E.W.500)	20	甲基乙基酮	15
聚酰胺 (胺值 90mg KOH/g) (60%固含量)	50	混合二甲苯	15

脲醛固化体系

组 成	质量/g	组 成	质量/g
环氧树脂 (E.E.W.1500)	21	正丁醇	17
脲醛树脂 (70%固含量)	30	甲基异丁基甲醇	15
混合二甲苯	17		

注：固化温度 180℃，固化时间 30min。

三、环氧酯树脂及其涂料配方设计

环氧酯树脂是环氧树脂涂料最常用的树脂品种之一，为环氧树脂和植物油脂肪酸的反应产物。与醇酸树脂类似，可分为长油度、短油度或中油度，或分为气干型和烘烤型。比醇酸树脂贵，但其颜色、柔软性、粘结性和耐化学品性比醇酸树脂好。

其典型的制备反应

环氧酯树脂与醇酸树脂相比，具有下列优点为：

粘结性、柔软性、耐化学品性、保色性好。

其综合性能虽逊于双组分环氧树脂，但仍具有下列优点。

成本低、快速烘干固化、更好的颜料性、长的贮存期。

可用作：汽车底漆；家电底漆；管形涂层；容器涂料；船舶涂料；地板密封漆和面漆；金属装饰清漆；金属家具漆；工业维修底漆和面漆。

典型的配方举例如下：

气干型富锌金属底漆

组 成	质量/g	组 成	质量/g
环氧酯树脂 A (50%混合二甲苯溶液)	12.9	芳烃混合溶剂	1.6
锌粉	79.7	膨润土	0.8
混合二甲苯	4.8	环烷酸钴 (6% 钴)	0.05
		环烷酸钙 (4% 钙)	0.15

环氧酯 / 三聚氰胺家电底漆

组 成	质量/g	组 成	质量/g
环氧酯树脂 B (55%固含量，二甲苯溶剂)	59.0	灯黑	0.5
二氧化钛	17.0	三聚氰胺甲醛树脂 (66%固含量)	23.5

颜料首先分散在环氧酯树脂中，然后加入三聚氰胺树脂。

环氧酯树脂底漆

组 成	质量/g	组 成	质量/g
环氧酯树脂 C (55%固含量)	30.8	铬酸锌	0.9
红色氧化铁	9.8	膨润土	0.8
绿色氧化铁	2.4	混合二甲苯	35.5
黑色氧化铁	4.9	环烷酸锰 (6% 锰)	0.1
硫酸钡	14.8		

汽车烘烤底漆

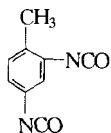
组 成	质量/g	组 成	质量/g
环氧酯树脂 D	25.0	滑石粉	6.3
脲醛树脂	2.5	高岭土	6.3
红色氧化铁	8.0	铝粉	0.6
硫酸钡	11.1	二甲苯	40.2

第二节 聚氨酯树脂

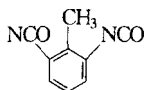
在分子结构中含有氨基甲酸酯重复链节的高分子化合物称为聚氨酯树脂^[3,4]，由多异氰酸酯和多元醇加成聚合而成。

一、原料的性能及选择

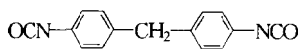
常用的多异氰酸酯有甲苯二异氰酸酯（TDI），二苯甲烷二异氰酸酯（MDI）



2,4-TDI



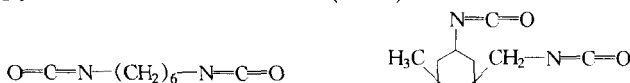
2,6-TDI



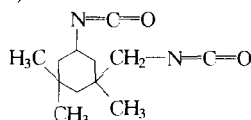
MDI

芳香族二异氰酸酯的最大缺点是涂膜长期暴露在阳光下易变黄，主要是从异氰酸酯基衍变成的芳环端氨基易被氧化。对于 MDI，其亚甲基也可以夺氢反应发生氧化，生成醌亚胺结构，因此，MDI 涂料比 TDI 涂料泛黄更严重。

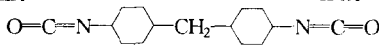
脂肪族多异氰酸酯有六亚甲基二异氰酸酯（HDI），不变黄，但活性较芳香族二异氰酸酯低，漆膜硬度不及芳香族二异氰酸酯的聚氨酯漆膜。其他脂肪族二异氰酸酯有异佛尔酮二异氰酸酯（IPDI）、二环己基甲烷二异氰酸酯（H₁₂MDI）、四甲基苯二亚甲基二异氰酸酯（TMXDI）和甲基苯乙烯异氰酸酯（TMI），结构式如下：



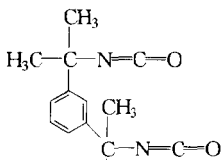
HDI



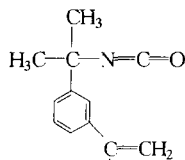
IPDI



H₁₂MDI



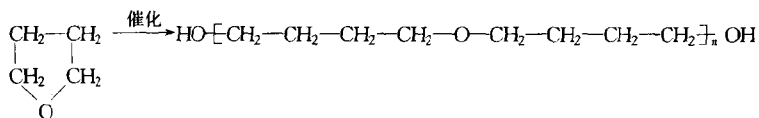
TMXDI



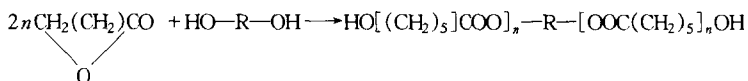
TMI

HDI的聚氨酯涂膜具有突出的耐候性和装饰性，在涂料工业中获得了非常广泛的应用。由于其蒸气压较高，毒性较大，一般以其低聚物形成存在，如 HDI 缩二脲或 HDI 三聚体；TMXDI 虽然已含有苯环，但异氰酸酯基官能团并未与苯环共轭，因而表现为脂肪族异氰酸酯的特性，并且 TMXDI 不存在与异氰酸酯基相连接的活泼亚甲基氢，因此，TMXDI 的涂膜具有极好的耐候性、耐久性、耐水解性、保光保色性和突出的断裂伸长率。H₁₂MDI、IPDI 和 TMXDI 主要用于制备低聚体、端羟基聚氨酯和封闭型异氰酸酯。

最常用的多元醇为由直链脂肪二元酸合成的端羟基聚酯，其聚氨酯漆膜具有极好的韧性，聚醚多元醇一般多用于聚氨酯发泡而少用于聚氨酯涂料中，但由四氢呋喃催化聚合生成的聚亚丁基二元醇，其聚氨酯漆膜具有好的物理性能。



羟基己酸内酯与二元醇反应，生成窄分子量分布的端羟基聚酯，其突出的优点是无水生成。



另一类常用的多元醇为含羟基丙烯酸酯和丙烯酸改性聚酯，具有极好的颜色稳定性和物理性能。

多异氰酸酯和二元醇或多元醇的反应均需加入催化剂，最常用的催化剂有碱性催化剂，主要是三元胺或能产生三元胺的物质。常用三元胺的活性比较如表 2-5 所示。

表 2-5 三元胺催化剂的活性

胺	PKb	丁醇/异氰酸酯相对速率
三甲基胺	9.9	2.2
二甲ethyl胺	10.2	1.6
二ethyl甲基胺	10.4	1.0
三ethyl胺	10.8	0.9
三ethyl二胺 (DABCO)	8.2	3.3