聚氨酯粉末涂料

张华东 (leegia workroom ，安徽 242000)

摘要：主要介绍了聚氨酯粉末涂料的特性及组成、配方设计机理，以及目前重点研究的几种类型，再与其他的耐候型粉末涂料做了简单的比较。

关键词：聚氨酯；无光体系；透明；低温体系

聚氨酯粉末涂料是由羟基聚酯、封闭型多氰酯、颜填料及助剂等组成的热固性粉末涂料。于 20 世纪 80 年代进入使用阶段，其户外曝晒性和物理机械性能均可与纯聚酯 /TGIC 粉末涂料相媲美。此类粉末涂料目前广泛应用于日本和美国市场，主要应用在汽车部件、空调设备、道路栅栏、铝型材、家用电器等产品的涂装上。

1 聚氨酯粉末涂料的特性及组成

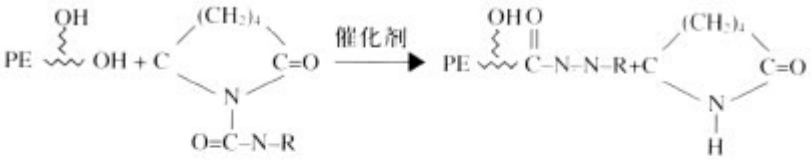
1.1 聚氨酯粉末涂料的特性

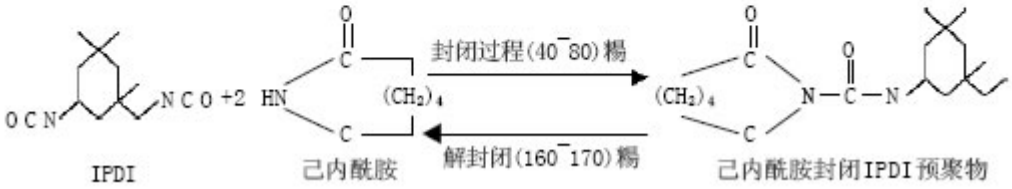
作为一种主要耐候性粉末涂料的产品，聚氨酯粉末涂料具有以下的优势：①粉末涂料固化前有充分的流平时间，体系粘度低，所以涂膜流平性特别好，可以与液体涂料相媲美，此性能得益于聚氨酯体系里的固化交联温度高；②配制范围 较宽，可以通过改变羟基聚酯（结构、羟值）和固化剂（ -NCO ）或其它含量来调整；③粉末涂料的喷涂性优异；④涂膜的耐磨性和耐化学药品性很好，耐候性同聚酯 /TGIC 体系；⑤粉末涂料储存稳定性很好。

目前，国内粉末涂料厂家很少选用此类型的粉末涂料，除固化剂价格昂贵外，此类型的粉末涂料还存在如下缺点：①在固化成膜过程中，要释放封闭剂，造成烘烤环境的空气污染，气味难闻。所以要在固化设备上加有回收封闭剂的处理 装置；②涂膜不宜过厚，否则易使涂膜产生针孔、气泡等毛病；③烘烤固化温度高。

1.2 聚氨酯粉末涂料的组成

聚氨酯粉末涂料的配制是利用聚酯树脂中的羟基（ R-OH ）与异氰酸酯（ R - N = C = O ）反应来完成，此交联反应会生成氨基甲酸酯键，异氰酸酯中的芳香族，由于耐候性差，很少选用，常选用脂肪族的异佛尔酮二异氰酸酯（ IPDI ）和 己二异氰酸酯（ HDI ）做固化剂。二异氰酸酯在常温下大部分是具有挥发性的液体， R - N = C = O 非常活泼，极易与羟基聚酯发生化合物反应，所以，应用于聚氨酯粉末涂料的异氰酸酯固化剂都必须预封闭，主要是为了避免在烘烤前与羟基聚酯反应，等加热一定温度后异氰酸酯就会解封闭，与羟基聚酯树脂反应形成立体网状结构涂膜。目前，最常用的体系是基于只在高于 170 ℃ 以上才发生反应的己内酰胺封闭的异佛尔酮二异氰酸酯（ IPDI ），反应机理如下：





除了己内酰胺封闭外，还有如二氮丁酮基、环己酮肟等来封闭，寻求综合性比较优异的封闭剂， Bayer 、Degussa-Huels 公司处于此行业中的领先地位。

1.3 聚氨酯粉末涂料的配方

聚氨酯粉末涂料配方的设计是根据羟基聚酯、封闭异氰酸酯、催化剂、颜填料、助剂等组合配制，见表 1 。

将表 1 配方组分进行称量、预混合、挤出、压片、破碎、粉碎、过筛、喷涂、烘烤，便可以得到性能优良的聚氨酯粉末涂料。

表 1 聚氨酯粉末涂料配方

原 料	质量份
羟基聚酯	50
封闭异氰酸酯	12
催化剂	0.2
流平剂	1
填料	25
颜料	10
安息香	0.4
其它助剂	
总量	100

2 聚氨酯粉末涂料的几种类型

2.1 哑光聚氨酯粉末涂料

哑光聚氨酯粉末涂料，主要是靠固化反应期间引起不规则反应速率和微观结构粗糙程度形成的涂膜，当然实际应用技术应用于降低聚氨酯粉末涂料的光泽还应包括：使用填料；加入微粉蜡之类不相混溶的材料；使用具有两种不同活性的粉末的混拼物；一种树脂与两种不同的固化剂的配制；两种不同树脂与一种固化剂的配制；使用分散的活性消光剂；使用两种树脂和两种固化剂配制等等。

一些厂家哑光聚氨酯粉末涂料的配方见表 2 。

表 2 哑光聚氨酯粉末涂料配方

原 料	质量份
聚氨酯树脂（高羟值）	117
聚氨酯树脂（低羟值）	273
封闭异氰酸酯	243
流平剂	10
无光填料	250
安息香	4
蜡粉	10
其它助剂	40
颜料	60

用表 2 配方可得光泽度为 5 ° 左 右的聚氨酯粉末涂料，根据高羟值树脂与低羟值树脂的比例、填料的品种及加入量，可以调整涂膜光泽。商家常用的另一种消光手法，是通过运用两种固化剂，一方面是使带有羟基的聚氨酯和己内酰胺封闭的异氰酸酯进行反应；另一方面使固化交联其羧基的聚氨酯进行反应，该种方法所制得的成品性能也比较稳定。

2.2 透明聚氨酯粉末涂料

正由于聚氨酯粉末涂料具有优异的流平性和光泽，粉末涂料涂装的工业应用日益增多，尤其近年来粉末涂料涂装进入汽车涂料领域。例如现在部分汽车的铝轮毂喷涂大多数采用罩光清漆或者透明粉末涂料，聚氨酯透明粉末涂料作为一种比较优异聚酯型涂料，其优点在于：①涂膜透明清晰、不泛黄、不起雾；②涂膜流平性佳，涂膜丰满度好；③耐溶剂性能好；④耐擦伤性能优异。透明聚氨酯粉末涂料由羟基聚酯、封闭异氰酸酯、催化剂、助剂等组合配制，其配方见表 3 。

表 3 透明聚氨酯粉末涂料配方

原 料	质量份
羟基聚酯	30～80
封闭异氰酸酯	15～20
催化剂	0.1～0.2
流平剂	0.5～1.0
消泡剂	0.3～0.5
其它	1～2

需要说明的是，在选择原材料的时候要考虑聚氨酯与固化剂的反应活性及清晰度，还应筛选具有高透明性的流平剂及其它助剂，同时要注意生产工艺，防止交叉污染的产生。

相信随着国内粉末涂料技术的日趋完善和粉末涂料原材料供应商提供性能不断提高的原料，国产粉 末涂料清漆完全有可能满足轿车涂装的各项技术性要求。

2.3 内封闭低温交联固化体系

基于粉末涂料的发展方向，以及性能方面的考虑，开发内封闭低温交联固化体系已成为聚氨酯粉末涂料的研

究重点。因为外封闭型 IPDI 的烘烤过程会释放出挥发性的己内酰胺，造成针孔、气泡等弊病，对环境也存在影响。新兴的内封闭的 IPDI 技术，是在烘烤过程中，热分解生成 NCO 基，再与羟基聚酯树脂反应，其反应机理如下：



此内封闭型的 IPDI 固化体系所得涂膜性能优越，只是光泽及流平性较外封闭型 IPDI 差。

聚氨酯粉末涂料的低温固化， 从两方面出发，一是选择合适的固化剂，即适当的 IPDI 及封闭剂，催化剂的控制，另一方面即选择合适的树脂。

2.4 聚氨酯粉末涂料及耐候型粉末涂料

随着科技进步和人民生活水平的提高，户外耐候型粉末涂料以优良的保光保色性而倍受涂料工业界同仁所青睐，其应用领域越来越广泛，所占市场份额将会有较大的增加，据 2002 年世界粉末涂料产量统计，户外类型的粉末涂料占到粉末涂料总量的 38.5% 。

对于各种耐候型粉末涂料，其特点和性能比较见表 4 。

3 结 语

聚氨酯粉末涂料具有优良的涂膜、极佳的性能，已经在建材外用部件和空调等家电领域获得了广泛应用，在我国，聚氨酯粉末涂料的性能正在被人们所认识，所占的比 例会逐步增加。

表 4 各种耐候型粉末涂料比较

体 系	特 点		性 能				应用领域
	优 点	不 足	外观	机械性能	耐化学品性	耐候性	
聚酯/TGIC	占耐候型粉末涂料市场的35%～40%	TGIC有一定毒性，国外已限制使用	8	8	7	8	户外设施，型材
聚酯/Primid	Primid是目前性能最接近TGIC类的无毒替代品，占耐候型粉末涂料市场的30%～35%	该体系涂层致密性不够，易泛黄	6	8	7	8	建材
聚酯/PT910	TGIC替代型固化剂	耐热性、耐候性比TGIC略差	8	7	8	6	沙滩椅
聚酯/Link1174	甘脲类固化剂，用于固化羟基聚酯，占耐候型粉末涂料市场的5%～8%	固化过程有甲醇放出，易出现针孔、气泡，储存稳定性较差	7	8	8	8	灯饰
聚酯/有机硅	以硅氧键O-Si-O为主键链，有良好的综合性能		7	7	9	9	发动机
聚酯/氨基甲酸酯	综合性能优良，占耐候型粉末涂料市场的15%～20%	固化时释放封闭剂，气味难闻	10	7	9	8	高档建材，外用
聚酯/丙烯酸	涂层的各项性能优异，尤其是光滑度、饱满度	无光体系的抗冲击差	9	7	7	9	汽车领域，灯具
丙烯酸/癸二酸	特殊的保光保色性，附着力优异，易于薄涂		9	9	8	9	汽车轮毂的面漆
氟树脂	优良的耐酸雨、臭氧、紫外线，户外使用年限长	颜料不易分散，涂膜表面光泽低	8	8	10	10	高档建筑材料

注： 1 级表示最差， 10 级表示最好。