

低玻璃化温度丙烯酸聚氨酯涂料的制备

张勇, 成建强

(海洋化工研究院有限公司, 山东 青岛 266071)

摘要: 通过嵌入 Cardura E10P 对丙烯酸树脂进行改性, 设计合成 $T_g=37$ °C 的丙烯酸树脂。单体配比采用 FOX 优化, 并利用基团贡献法计算羟基丙烯酸、固化剂和混合溶剂的溶解度参数, 为丙烯酸聚氨酯分子设计和应用提供了理论支持。试验结果显示, 其制备的丙烯酸聚氨酯面漆的低温固化性、耐化学介质性、耐候性及光泽保留性优异, 在涂料领域呈现出广泛的应用前景。

关键词: 丙烯酸; 聚氨酯; 玻璃化温度; 溶解度参数

中图分类号: TQ633 **文献标志码:** A **文章编号:** 1007-9548(2025)03-0001-05

Preparation of Low Glass Transition Temperature Acrylate Polyurethane Coating

ZHANG Yong, CHENG Jian-qiang

(Marine Chemical Research Institute Co., Ltd., Qingdao 266071, Shandong, China)

Abstract: Acrylic resin was modified by embedding Cardura E10P to design and synthesize acrylic resin with $T_g=37$ °C. The monomer ratio was optimized by FOX, and the solubility parameters of hydroxyacrylic acid, curing agent and mixed solvent were calculated by group contribution method, which provided theoretical support for the molecular design and application of acrylic polyurethane. The experimental results show that the acrylic polyurethane topcoat prepared by it has excellent low-temperature curing, chemical resistance, weather resistance and gloss retention, and presents a wide application prospect in the field of coatings.

Key words: acrylic; polyurethane; glass transition temperature; solubility parameters

0 引言

双组分羟基丙烯酸聚氨酯面漆, 凭借继承了丙烯酸涂料的卓越耐候性和保光特性, 同时融合了聚氨酯涂料在低温固化及耐化学品方面的显著优势, 成为业界公认的极具发展潜力的涂料种类之一^[1]。

新癸酸缩水甘油酯(Cardura E10P)是一种高度支化的含有 10 个碳原子的羧酸类叔碳酸类缩水甘油酯。其具有疏水大基团特性, 与极性溶剂相容性极佳, 表现出优异的耐酸、耐碱性, 户外稳定性好, 能够改善涂膜的光泽、丰满度、化学稳定性、耐热性、柔韧性和硬度。

在本次研究中, 我们通过使用 Cardura E10P 对丙烯酸树脂进行改性, 成功研制出一种固体含量较高且

涂膜丰满的丙烯酸聚合物。进一步应用了 FOX 公式来确定丙烯酸聚合物单体的最佳配比, 并计算了聚合物、固化剂(异氰酸酯)以及涂料制备中使用的混合溶剂的溶解度参数^[2-3]。为了确保混合溶剂与聚合物的良好相容性, 根据溶解度参数的匹配原则对混合溶剂的配方比例进行了优化。这项研究为丙烯酸分子设计和实际应用提供了一定的理论基础。基于这一理论, 我们开发出了性能优异的低玻璃化温度丙烯酸聚氨酯涂料, 该涂料在低温固化、耐化学性、耐候性和光泽保持性等方面均表现出色, 显示了其在涂料行业的广泛应用前景。

1 试验部分

1.1 主要原材料

引发剂二叔戊基过氧化物(DTAP), 化学纯; 链转移剂十二硫醇(DDM), 山东裕康; 醋酸丁酯(BAC)、丙二醇甲醚醋酸酯(PMA)、二甲苯(XY), 市售工业品; 固化剂 HDI 三聚体 N3300, 科思创; 有机铋 BCAT-E20,

收稿日期: 2024-11-13

作者简介: 张勇(1986—), 男, 本科, 工程师, 主要从事防滑、耐磨涂料的研发工作。E-mail: ssgmzhangyong@163.com。

广州优润;有机膨润土 958,德谦化学;聚酰胺蜡浆 MT 6900-20,太原美特翔;气相二氧化硅 AS-200,沈阳化工。

1.2 试验过程

1.2.1 丙烯酸聚合物的合成工艺

合成羟基丙烯酸聚合物配方见表 1。

表 1 丙烯酸聚合物的配方

| 名称 | $T_g/^\circ\text{C}$ | 质量分数/% |
|------------------------|----------------------|--------|
| 甲基丙烯酸甲酯(MMA) | 105 | 13~25 |
| 丙烯酸丁酯(BA) | -54 | 10~20 |
| 新癸酸缩水甘油酯(Cardura E10P) | 33 | 20~25 |
| 甲基丙烯酸羟乙酯(HEMA) | 55 | 7~10 |
| 苯乙烯(St) | 100 | 20~25 |
| 丙烯酸(AA) | 106 | 5~10 |
| 二叔戊基过氧化物(DTAP) | | 1~3 |
| 十二硫醇(DDM) | -60 | 1~2 |

根据表 1 配方,首先将 Cardura E10P 和一些溶剂添加到装有搅拌器、冷凝器、温度控制系统和加料漏斗的玻璃烧瓶中。然后在加料漏斗中混合所有单体、链转剂和部分 DTAP。利用电热套将反应温度升至 75°C ,开始恒速滴注混合溶液,使反应温度始终处于恒定状态,保证滴注工作在 1.5~2 h 内完成。将剩余的 DTAP 加入,保温 2 h,继续反应,直至树脂产品达到所需固态物质的含量。所得丙烯酸聚合物的技术指标见表 2。

表 2 丙烯酸聚合物技术指标

| 检测项目 | 检测结果 |
|---|-------|
| 固体分/% | 70.1 |
| $T_g/^\circ\text{C}$ | 37 |
| 数均分子量(M_n) | 4 500 |
| 黏度/($\text{mPa}\cdot\text{s}$) | 520 |
| 酸值/($\text{mgKOH}\cdot\text{g}^{-1}$) | 3.0 |
| 羟值/($\text{mgKOH}\cdot\text{g}^{-1}$) | 115 |

1.2.2 涂料的制备过程

A 组分的制备按照表 3 配方,在调漆罐中加入丙烯酸聚合物、触变剂,调节高速搅拌机转速至 400~500 r/min,搅拌 10 min;依次加入颜填料、抗氧剂、分散剂等助剂和部分稀释剂,调节搅拌机转速至 1 800~2 000 r/min,预分散 20 min 至物料均匀混合,使用砂磨机研磨至细度小于 $30\ \mu\text{m}$ 。加入剩余物料,高速搅拌分散 15 min,通过滤网过滤得到 A 组分。

1.2.3 制板与性能检测

样板制备:在 $(23\pm 2)^\circ\text{C}$ 环境下,将两组分按比例混合均匀,加入适量稀释剂调整至适宜黏度。采用有气喷涂,空气压力保持在 0.6~0.8 MPa,喷涂所需的涂层

样板。

表 3 A 组配方

| 原料 | 质量分数/% | 原料 | 质量分数/% |
|--------|---------|-----|---------|
| 丙烯酸聚合物 | 40~60 | 流平剂 | 0.1~0.5 |
| 颜填料 | 15~30 | 消泡剂 | 0.1~0.5 |
| 紫外线吸收剂 | 1~2 | 触变剂 | 0.6 |
| 抗氧剂 | 1~2 | 催化剂 | 0.06 |
| 分散剂 | 0.1~0.5 | 稀释剂 | 20~40 |

性能检验:各项性能以相应的国家标准方法进行检测,主要检测附着力、柔韧性、耐冲击性、耐酸碱性、耐盐雾性和加速光老化性能等。

2 结果与讨论

2.1 丙烯酸聚合物的单体选择与配比

丙烯酸聚合物的单体根据 T_g 的高低差异,可分为高 T_g 的硬单体和低 T_g 的软单体。硬单体在室温下表现出硬脆特征,而软单体则因其低 T_g 而具备柔软性。本试验选用硬单体 MMA、St 为聚合物提供硬度和拉伸强度^[4];选用软单体 BA 为聚合物提供柔韧性和延伸性;少量的 AA 和 HEMA 作为功能性单体赋予涂膜与底材的粘接力,并为固化交联提供羟基。通过精确控制软单体和硬单体的配比,可以合成具有特定 T_g 的丙烯酸聚合物。聚合物的 T_g 可由 FOX 方程估算:

$$\frac{1}{T_g} = \sum_{i=1}^n \frac{W_i}{T_{gi}}$$

式中: T_g 为聚合物的玻璃化温度,K; W_i 为 i 单体的质量分数,%; T_{gi} 为 i 单体的玻璃化温度,K,各单体的 T_g 见表 1。

本试验设计的丙烯酸聚合物目标 T_g 为 37°C ,结合树脂试验数据,运用 FOX 方程计算出各单体配比,结果见表 4。

表 4 单体配比

| 单体 | MMA | BA | E10P | St | HEMA | AA |
|--------|-----|----|------|----|------|----|
| 质量分数/% | 15 | 20 | 25 | 25 | 8 | 7 |

采用差示扫描量热(DSC)法测得丙烯酸聚合物的 T_g 为 36.8°C ,与设计值基本相近。

2.2 丙烯酸聚合物溶解度参数的计算

溶解度参数的计算通常采用基团贡献法。 δ 方程为 $\delta^2 = \delta_d^2 + \delta_p^2 + \delta_h^2$,式中 δ_d 为色散溶解度参数, δ_p 为极性溶解度参数, δ_h 为氢键溶解度参数^[5]。 δ 的分量又可用以下公式求得:

$$\delta_d = \sum F_{di}/V, \delta_p = \sqrt{\sum F_{pi}^2}/V, \delta_h = \sqrt{E_{hi}/V},$$

式中： F_{di} 、 F_{pi} 、 E_{hi} 分别为色散力、偶极力和氢键力分量的基团贡献值^[6]。

本文中所使用的物质内聚能的化学基团贡献值 F_{di} 、 F_{pi} 、 E_{hi} 及基团摩尔体积 V_i 见表 5^[7]。

表 5 化学基团贡献值及摩尔体积

| 官能团 | $F_{di}/$ ($J^{1/2} \cdot cm^{3/2} \cdot mol^{-1}$) | $F_{pi}/$ ($J^{1/2} \cdot cm^{3/2} \cdot mol^{-1}$) | $E_{hi}/$ ($J \cdot mol^{-1}$) | $V_i/$ ($cm^3 \cdot mol^{-1}$) |
|--------------------|--|--|-------------------------------------|-------------------------------------|
| —CH ₃ | 420 | 0 | 0 | 33.5 |
| —CH ₂ — | 270 | 0 | 0 | 16.1 |
| =CH ₂ | 400 | 0 | 0 | 28.5 |
| —CH< | 80 | 0 | 0 | -1.0 |
| >C< | -70 | 0 | 0 | -19.2 |
| —O— | 100 | 400 | 3 000 | 3.8 |
| —OH | 210 | 500 | 20 000 | 10.0 |
| —OH 双取代 | 210 | 500 | 20 000 | 13.0 |
| >C=O | 290 | 770 | 2 000 | 10.8 |
| —COO— | 390 | 490 | 7 000 | 18.0 |
| —COOH | 530 | 420 | 10 000 | 28.5 |
| —NH— | 160 | 210 | 3 100 | 4.5 |
| —N< | 20 | 800 | 5 000 | -9.0 |
| —CONH— | 450 | 980 | 5 000 | 9.5 |
| —CON< | 310 | 1 110 | 5 100 | -7.7 |
| —NCO | 310 | 1 110 | 7 000 | 35.0 |

摩尔分数加权平均法可简便地估算聚合物溶解度参数 δ 及其子参数 δ_d 、 δ_p 、 δ_h 。其公式为 $\delta = \sum \delta_i \varphi_i$ ， φ_i 为 i 组分的摩尔分数。基于此，我们已经得出了丙烯酸单体的摩尔体积和溶解度参数的数值，具体见表 6。

表 6 各单体摩尔体积和溶解度参数

| 单体 | $V_i/$ ($cm^3 \cdot mol^{-1}$) | $\delta_d/$ ($J^{1/2} \cdot cm^{-3/2}$) | $\delta_p/$ ($J^{1/2} \cdot cm^{-3/2}$) | $\delta_h/$ ($J^{1/2} \cdot cm^{-3/2}$) | $\delta/$ ($J^{1/2} \cdot cm^{-3/2}$) |
|------|-------------------------------------|--|--|--|--|
| MMA | 94.3 | 16.54 | 5.20 | 8.62 | 19.36 |
| BA | 127.3 | 15.87 | 3.85 | 7.42 | 17.94 |
| E10P | 220.2 | 16.58 | 2.87 | 6.74 | 18.13 |
| HEMA | 103.0 | 18.35 | 6.80 | 16.19 | 25.40 |
| St | 98.4 | 19.41 | 1.12 | 0 | 19.44 |
| AA | 56.0 | 18.04 | 7.5 | 13.36 | 23.67 |
| 聚合物 | | 17.60 | 4.00 | 6.93 | 19.33 |
| HDI | | 14.88 | 6.48 | 11.07 | 19.65 |

2.3 固化剂溶解度参数的估算及配比

2.3.1 固化剂溶解度参数的估算

根据图 1 HDI 三聚体的分子结构可以计算出其溶解度参数。HDI 三聚体的分子结构可以拆分为 6 个—NCO、18 个—CH₂—、3 个—N<、3 个>C=O，通过查表 5 可计算 HDI 三聚体的溶解度参数 δ 为 19.65。

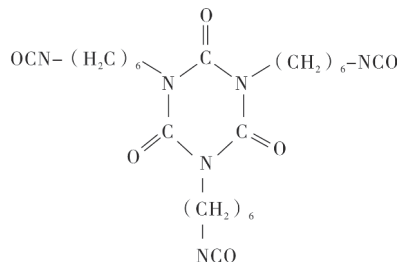


图 1 HDI 三聚体的分子结构

2.3.2 R 指数对涂膜性能的影响

在丙烯酸聚氨酯涂料固化过程中，由于固化剂中的—NCO 基团容易与水反应，为保障固化交联的成效，通常维持 R 指数（—NCO 与—OH 的物质的量比）在 1.0 以上。但是，若 R 指数设定过高，不仅会提高成本，还可能增加交联密度，从而影响涂层的性能。本研究筛选了 R 指数在 1:1 至 1.2:1 之间的配比，并对涂膜的物理性能进行了检测，具体测试结果见表 7。

表 7 不同 R 指数下涂层的物理性能

| 测试项目 | $n(-NCO):n(-OH)$ | | | | |
|-----------|------------------|--------|-------|--------|-------|
| | 1:1 | 1.05:1 | 1.1:1 | 1.15:1 | 1.2:1 |
| 表干时间/min | 52 | 48 | 45 | 42 | 46 |
| 实干时间/h | 3.3 | 3.1 | 3.1 | 3.0 | 3.2 |
| 光泽(60°)/% | 87.3 | 91.5 | 93.4 | 94.2 | 92.9 |
| 耐冲击性/cm | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 |
| 柔韧性/mm | ≤1 | ≤1 | ≤1 | ≤1 | ≤2 |
| 附着力/MPa | 6.9 | 7.8 | 8.0 | 8.3 | 7.8 |
| 铅笔硬度 | 2H | 2H | 2H | 2H | 2H |

根据表 7 数据，所选配比下的涂层展现出优异的物理特性。进一步分析表明， R 值的变动对涂层干燥速率的影响有限，数值变化不大。当—NCO 含量逐渐提高时，涂膜的交联程度也跟着提升，有效降低了孔隙率，让涂膜更加致密；固化反应更加完全，促进了涂料在固化过程中的流动性，降低表面瑕疵，从而提高涂层的光泽度和硬度，以及提升对底材的粘接力。当—NCO 的量超过所需时，过剩的—NCO 将不可避免地与水分子或羧基产生反应，甚至发生自聚合等次级反应，这会导致产物的分子量降低，生成 CO₂ 造成涂膜针眼、气泡等缺陷，导致涂膜表面粗糙，降低光泽度，影响涂膜的致密性^[8]；同时涂膜表现出脆性，柔韧性减小，不利于对底材的渗透，影响黏附能力。综合考量，本试验最终选择 R 指数为 1.1 的配比。

2.4 混合溶剂溶解度参数的估算及选择

涂料配方设计过程中，选择合适的溶剂是至关重要的一环。在筛选溶剂时，必须综合考虑其溶解度参数 (δ_d 、 δ_p 、 δ_h)，还需评估溶剂的蒸发速度、黏度、表面张力

及潜在的毒性等特性, 这些因素共同影响涂料的稳定性、施工性能以及成膜后的性能表现。基于这些考量, 可以确定最适合的溶剂种类, 溶解度参数可以参考表 8 中的数据。

表 8 溶剂及混合溶剂的溶解度参数

| 溶剂 | $\delta_d/$ ($J^{1/2} \cdot cm^{-3/2}$) | $\delta_p/$ ($J^{1/2} \cdot cm^{-3/2}$) | $\delta_h/$ ($J^{1/2} \cdot cm^{-3/2}$) | $\delta/$ ($J^{1/2} \cdot cm^{-3/2}$) | 摩尔 分数 |
|---------|--|--|--|--|----------|
| BAC | 15.72 | 3.69 | 6.35 | 17.35 | 0.2 |
| PMA | 15.95 | 4.71 | 10.65 | 19.75 | 0.5 |
| XY | 17.72 | 1.03 | 3.07 | 18.02 | 0.3 |
| 混合溶剂 | 16.44 | 3.40 | 7.52 | 18.40 | |
| 聚合物 | 17.60 | 4.00 | 6.93 | 19.33 | |
| HDI 三聚体 | 14.88 | 6.48 | 11.07 | 19.65 | |

丙二醇甲醚醋酸酯(PMA)具有独特的分子结构, 它包含烷基、醚键和羰基官能团, 其中羰基形成了酯基^[9]。这种分子结构同时具备非极性和极性区域, 使得 PMA 在溶解非极性和极性物质时均能展现出出色的效果。尽管 PMA 作为丙烯酸树脂的优良溶剂, 但为克服单一溶剂的限制, 在评估其溶解性、挥发速度及成本因素后, 最终选择了 PMA、BAC 和 XY 的混合溶剂体系。经计算, 该混合溶剂的溶解度参数 δ 为 18.40。

2.5 催化剂的选择

在涂料固化过程中, HDI 三聚体的 T_g 为 $-67\text{ }^\circ\text{C}$, 当其与丙烯酸聚合物混合时, 会导致涂膜的初始 T_g 降低, 从而延缓了涂膜的干燥速率, 微量催化剂对调整固化时间具有显著的影响。胺类催化剂对脂肪族异氰酸酯的催化效果不强, 并且容易促使异氰酸酯与水发生反应生成 CO_2 , 这通常会导致涂膜的弹性降低, 以及涂膜内部和表面出现大量针孔。因此, 胺类化合物并不适合作为本研究体系的催化剂。尽管有机锡催化剂(例如辛酸亚锡)展现出较好的催化性能, 但它们需要在更为精确的反应条件下使用, 以防止发生过度反应或副反应。此外, 有机锡化合物对生物神经系统有毒性, 并对环境造成污染。相比之下, 有机铋催化剂的活性较为温和, 产生的副反应较少, 且具有低毒性和环保特性, 通过调整其用量, 可以有效替代有机锡催化剂。本试验选择有机铋 BCAT-E20 作为催化剂, 通过研究不同剂量对涂膜性能的影响(见图 2), 从而找到涂膜干燥速度与力学性能的最佳平衡点。

试验结果表明, BCAT-E20 的适量增加显著降低了涂层的表干时间, 并先提升后降低了其附着力。具体地, 当 BCAT-E20 的添加量为 0.06% 时, 涂层的表干时间缩短至 36 min, 附着力达到 8.4 MPa, 涂层的固化速度在保持良好的力学性能下得到显著提高。这一现象

可以解释为: 适量的 BCAT-E20 能加速涂层内部的交联反应, 促进交联键的形成, 增强涂层的分子间作用力, 从而使涂层结构更致密。然而, 由于催化剂分子尺寸较小, 过量的催化剂可能破坏涂层结构的连续性, 影响其力学性能。同时, 随着催化剂含量的增加, 体系黏度升高, 对涂膜性能也可能产生不良影响。

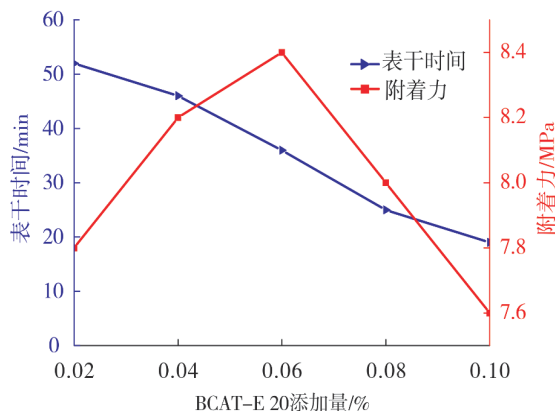


图 2 BCAT-E20 添加量对表干时间、附着力的影响

2.6 触变剂的选择

为使涂料制备过程中原料易于分散, 防止涂料贮存过程中颜填料沉降, 涂装过程中涂膜流挂等问题, 添加触变剂是行之有效的方案。本试验选用适合本体系的有机膨润土 958、聚酰胺蜡浆 MT 6900-20 和气相二氧化硅 AS-200 进行性能对比, 其中聚酰胺蜡浆已用溶剂活化, 具体结果见表 9。

表 9 触变剂性能测试

| 项目 | 触变剂类型 | | | |
|---------------------|-------|------|------------|--------|
| | 空白 | 958 | MT 6900-20 | AS-200 |
| 黏度(涂-4 杯)/s | 32 | 62 | 78 | 92 |
| 流挂膜厚/ μm | 60 | 100 | 130 | 150 |
| 光泽(60°)/% | 94.2 | 93.4 | 93.8 | 92.8 |
| 热贮存 15 d 状态 | 硬沉淀 | 软沉淀 | 轻微分层 | 分层 |

表 9 数据显示, AS-200 在防止流挂方面表现最佳, 但黏度较高, 不利于长期贮存; 958 黏度最低, 导致抗流挂性能不佳, 失光最多, 热贮存出现分层; 相比之下, MT 6900-20 抗流挂比 AS-200 略差, 黏度适宜, 光泽和贮存稳定性方面均表现优异。MT 6900-20 富含形成强力氢键的极性基团羟基和酰胺基^[10], 使聚酰胺蜡分子在不受剪切力的情况下, 相互缠绕形成网状结构, 以提供抗流挂和抗沉降的性能; 网状结构在受到剪切力时可发生断裂, 转变为离散的针状, 并在剪切力消失后重新交联成网状。这一缓慢的恢复过程为湿膜提供了额外的流动和自平时间, 有效避免了流挂问题, 展现

出卓越的施工性能。试验验证表明,将聚酰胺蜡浆 MT 6900-20 的质量分数控制在 0.6%,可获得最佳的防沉降和触变效果,具体试验结果见表 10。

表 10 不同聚酰胺蜡添加量测试结果

| 项目 | w(MT6900-20)/% | | | | | |
|---------------------|----------------|------|----------|--------|--------|--------|
| | 0 | 0.2 | 0.4 | 0.6 | 0.8 | 1.0 |
| 流挂膜厚/ μm | 50 | 80 | 110 | 130 | 145 | 160 |
| 光泽(60°)/% | 94.2 | 94.0 | 93.8 | 93.8 | 93.5 | 93.0 |
| 热贮存 15 d 状态 | 硬沉淀 | 软沉淀 | 分层 | 轻微分层 | 轻微分层 | 良好 |
| 涂膜状态 | 严重流挂 | 局部流挂 | 涂膜略不平整光滑 | 涂膜平整光滑 | 涂膜出现橘皮 | 涂膜严重橘皮 |

表 11 涂料及涂膜性能检测

| 项目 | 设计指标 | 检测结果 | 检测标准 |
|--------------------------------------|--|--|----------------|
| 容器中状态 | 搅拌后均匀无结块 | 搅拌后均匀无结块 | 目视 |
| 外观 | 正常 | 正常 | 目视 |
| 细度/ μm | ≤ 40 | 30 | GB/T 1724—1979 |
| 不挥发物含量/% | ≥ 50 | 65 | GB/T 1725—2007 |
| 表干时间/h | 2 | 2 | GB/T 1728—2020 |
| 实干时间/h | 24 | 4 | GB/T 1728—2020 |
| 光泽(60°)/% | 商定 | 93.8 | GB/T 9754—2007 |
| 附着力(拉开法)/MPa | ≥ 4 | 8.4 | GB/T 5210—2006 |
| 铅笔硬度 | $\geq \text{F}$ | 2H | GB/T 6739—2006 |
| 耐弯曲性/mm | 2 | 1 | GB/T 6742—2007 |
| 耐冲击性/cm | 50 | 50 | GB/T 1732—2020 |
| 耐碱性(20 g/L NaOH) | 168 h 无异常 | 168 h 无异常 | GB/T 9274—1988 |
| 耐酸性(50 g/L H_2SO_4) | 168 h 无异常 | 168 h 无异常 | GB/T 9274—1988 |
| 耐盐雾性 | 1 000 h 不起泡、不生锈、不开裂、不脱落 | 2 000 h 不起泡、不生锈、不开裂、不脱落 | GB/T 1771—2007 |
| 耐人工气候老化性 | 1 000 h 不起泡、不生锈、不开裂,粉化 1 级,变色 2 级,失光 2 级 | 2 000 h 不起泡、不生锈、不开裂,粉化 0 级,变色 1 级,失光 1 级 | GB/T 1865—2009 |

3)通过试验得出 R 指数为 1.1,催化剂、触变剂添加量分别为 A 组分的 0.06%、0.6%时,制得了固含量高、低温固化、耐化学品、耐候性和保光性等方面表现出色的丙烯酸聚氨酯涂料。

参考文献:

[1] 王永奎,殷加伟,颜维虎,等.高固低黏型丙烯酸树脂的合成及应用[J].现代涂料与涂装,2023,26(4):14-16.
 [2] CHEN S, XU C, MA M, et al.Application of solubility parameters in the preparation of PMMA with permanent antistatic, high toughness, and excellent optical properties[J].Polymers for Advanced Technologies,2021,32(9):3750-3758.
 [3] RASZEWSKI Z, CHOJNACKA K, MIKUIEWICZ M. Preparation and characterization of acrylic resins with bioactive glasses[J].Scientific Reports,2022,12.

2.7 丙烯酸聚氨酯面漆的性能

合成的丙烯酸聚合物加入试验确定的最优配比的填料、助剂及溶剂与 N3300($-\text{OH}/-\text{NCO}=1:1.1$)配制的涂料及涂膜性能见表 11。

3 结语

1)利用 FOX 公式得出制备目标 T_g 为 37°C 的丙烯酸树脂所需单体比例,经实物测量与设计目标一致。

2)通过基团贡献法计算了丙烯酸聚合物、固化剂及混合溶剂的溶解度参数,这些参数对于丙烯酸树脂及其双组分涂料的配方设计至关重要。溶解度参数有助于深入理解溶剂、溶剂与涂料膜物质之间的相互作用,为提升涂膜的整体质量提供了理论指导。

[4] 张鑫,董群峰,姚飞,等.高固低黏羟基丙烯酸树脂二级分散体的合成研究进展[J].现代涂料与涂装,2022,25(6):11-14.
 [5] 孙志娟,张心亚,黄洪,等.溶解度参数的发展及应用[J].橡胶工业,2007,54(1):54-58.
 [6] 王鹏旭.超声声学效应在酚类物质绿色提取中的作用机制研究[D].重庆:西南大学,2020.
 [7] 董雪茹,刘大壮,杨勋兰,等.聚马来酸酐的溶解性及与其他树脂相容性研究[J].粘接,2004,25(1):1-3.
 [8] 束树军.羟基丙烯酸分散体在水性双组分聚氨酯涂料中的应用研究[J].现代涂料与涂装,2022,25(5):1-6.
 [9] 薛超霞.水性 PE/PP 油墨用低温自交联丙烯酸酯树脂的研究[D].广州:华南理工大学,2014.
 [10] 江拥,杨汝良,余伟巨,等.一种地坪涂料用填料及其制备方法:CN111574881A[P].2020-08-25.