

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2026.06.028

聚丙烯酸酯胶黏剂及其改性研究进展

冷鹏

(山东城市建设职业学院, 山东济南 250103)

摘要: 聚丙烯酸酯胶黏剂作为一类环保且性能优异的高分子材料,在工程领域展现出广泛的应用潜力。本文介绍了聚丙烯酸酯胶黏剂有机改性、无机纳米粒子改性及复合改性的技术路径与研究现状,总结了多种表征手段在改性效果评价中的应用要点。指出单一改性存在相容性差、纳米粒子团聚、成本偏高及性能调控受限等问题,复合改性 with 绿色化聚合工艺是突破性能瓶颈的核心方向,应聚焦低成本高效改性体系、生物基原料与可降解设计、高固含量稳定制备及极端环境适配功能开发,推动聚丙烯酸酯胶黏剂向高性能、功能化、绿色化方向发展。

关键词: 聚丙烯酸酯胶黏剂;改性;环保;工程塑料;性能评价;表征方法

中图分类号: TQ437 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2026)06-0238-06

Research progress on polyacrylate adhesives and their modifications

LENG Peng

(Shandong Urban Construction Vocational College, Jinan 250103, China)

Abstract: Polyacrylate adhesives, as an environmentally friendly category of high-performance polymeric materials, demonstrate extensive application potential in the field of engineering. This paper introduced the technical approaches and current state of research regarding organic modification, inorganic nanoparticle modification, and composite modification of polyacrylate adhesives, and summarised the key points regarding the application of various characterisation methods in evaluating the effectiveness of these modifications. It is noted that single-modification approaches suffer from issues such as poor compatibility, nanoparticle agglomeration, relatively high costs, and limitations in performance control. Composite modification and green polymerisation processes represent the core strategies for overcoming these performance bottlenecks. Efforts should be focused on low-cost, high-efficiency modification systems, bio-based raw materials and biodegradable design, the stable preparation of high-solids content formulations, and the development of functionalities suited to extreme environments, thereby driving the advancement of polyacrylate adhesives towards high performance, functionalisation and environmental sustainability.

Keywords: polyacrylate adhesive; modification; environmental protection; engineering plastics; performance evaluation; characterization methods

在全球环保理念日益深化与工业生产需求持续升级的双重驱动下,绿色、高效、多功能的胶黏剂材料成为行业发展的核心方向。聚丙烯酸酯胶黏剂凭借以水为分散介质的环保优势、通过单体配比灵活调控性能的突出特点,以及优异的成膜性与黏接适配性,已从传统包装、建材领域逐步拓展至电子精密制造、汽车内饰装配、高端表面保护等多个高端应用场景,成为现代工业体系中不可或缺的关键材料。聚丙烯酸酯胶黏剂的核心价值不仅体现在环保性与应用广泛性上,更在于通过改性技术可实现其力学性能、耐环境性能及功能特性的定向优化,满足不同场景的个性化需求。然而,

传统聚丙烯酸酯胶黏剂仍面临冷脆热黏、耐水性不足、耐高温性差、力学性能有限等缺陷,限制了其在更高要求场景中的应用^[1]。为弥补这些不足,科研工作者开发了多种改性技术,通过有机、无机及复合改性等手段,显著提升了聚丙烯酸酯胶黏剂的综合性能^[2-3]。本文基于现有研究成果,系统梳理聚丙烯酸酯胶黏剂的改性进展、表征方法、应用现状及现存问题,旨在整合该领域的研究脉络与技术突破,为后续高性能、多功能、绿色化聚丙烯酸酯胶黏剂的研发与应用提供理论参考,推动其在更多新兴领域实现规模化应用。

通信作者: 冷鹏,副教授,研究方向为化工材料

收稿日期: 2026-03-17

引用格式: 冷鹏. 聚丙烯酸酯胶黏剂及其改性研究进展[J]. 工程塑料应用, 2026, 54(6): 238-243.

LENG Peng. Research progress on polyacrylate adhesives and their modifications[J]. Engineering Plastics Application, 2026, 54(6): 238-243.

1 有机改性技术研究进展

有机改性是聚丙烯酸酯胶黏剂性能定向升级的核心技术路径,通过引入聚氨酯、有机硅、有机氟、环氧树脂等功能组分,利用分子链结构设计、交联网络构建与界面作用调控,可针对性解决原生胶黏剂耐水性差、力学性能不足、温度敏感性高、附着力弱等关键缺陷,实现黏接强度、韧性、耐候性、耐高低温性及表面特性的协同提升,满足高端工程应用场景的严苛要求。

1.1 聚氨酯改性

聚氨酯改性能够实现聚丙烯酸酯胶黏剂力学性能与耐低温性能的协同改善,主要分为物理共混与化学改性两类,其中化学改性可形成核-壳等规整结构,显著提升体系相容性与稳定性。近年来相关研究持续推进,以三聚氰胺为交联剂合成双键封端水性聚氨酯,再通过原位聚合制备丙烯酸酯改性水性聚氨酯,可使胶黏剂的热稳定性、耐水性与黏接性能得到明显提升^[4];采用核/壳乳液聚合合法合成高分子量聚氨酯预聚物,再与丙烯酸酯单体及苯乙烯进行共聚,所得改性胶黏剂的黏结强度显著优于未改性水性聚氨酯^[5];通过水性聚氨酯与丙烯酸酯共聚并优化配方比例,可有效降低胶黏剂的温度敏感性,改善高低温适应能力^[6];采用后聚合、透析与真空旋转蒸发联用工艺,能够大幅降低聚氨酯-聚丙烯酸酯杂化乳液的挥发性有机化合物(VOC)含量,提升产品环保水平^[7];利用功能化氧化石墨烯对水性聚氨酯-丙烯酸酯体系进行改性,可有效提升胶膜的存储模量与耐磨性能^[8]。在聚氨酯改性体系中,化学改性相较于物理共混具备更稳定的改性效果,核-壳结构与交联剂的合理设计能够显著改善两相相容性,配合绿色后处理工艺可进一步降低体系VOC含量,满足环保应用要求,功能化纳米填料的引入能够为力学性能与耐磨性能的同步提升提供有效路径,为该领域的后续研究提供了可靠方向。

1.2 有机硅改性

有机硅改性是优化聚丙烯酸酯胶黏剂耐高低温性、耐水性及耐候性的关键技术,通过化学共聚并借助硅烷偶联剂可实现有机硅链段与聚丙烯酸酯分子链的共价键连接,稳定抑制相分离问题^[9-10]。以正硅酸乙酯和含羟基丙烯酸酯单体为原料,采用溶胶-凝胶法合成硅杂化中间体,再经端羟基硅油二次改性,可获得耐热性与黏接强度均大幅提升的胶黏剂产品^[11];采用种子半连续乳液聚合工艺制备硅氧烷改性聚丙烯酸酯压敏胶,可使产品同时具备高剥离强度、低残留、耐高温老化与优良耐水性^[10];通过合理分子设计制备硅氧烷改性聚丙烯酸酯低残留压敏胶,可借助红外光谱等表征手段证实硅氧键成功接枝到分子链^[12];系统探究液体组分对硅改性聚丙烯酸酯贴片黏接性能的影响,能够通过组分配比优化进一步提升黏接稳定性^[9];采用细乳液法制备梳状硅氧烷改性含氟丙烯酸酯共聚物,可有效改善体系相容性与表面性能^[13]。有机硅化学共聚改性可稳定提升耐水、耐候与耐高低温性能,

硅烷偶联剂选型与聚合工艺优化是控制改性效果的核心,硅-氟协同改性能够兼顾低表面能与体系稳定性,成为高端压敏胶与织物印花胶黏剂的重点改性方向。

1.3 有机氟改性

有机氟改性依托氟原子的高电负性与低表面能特性,可显著降低胶膜表面能,强化疏水与耐溶剂性能,核-壳结构设计能够减少含氟单体用量以平衡性能与成本。制备壳层富氟的核-壳聚丙烯酸酯乳液,可在低含氟单体用量下实现优异疏水效果^[14];研制氟改性聚丙烯酸酯印花涂料,能够有效提升织物的皂洗牢度与摩擦牢度^[15];基于氟化短支链结构制备超疏水氟化聚丙烯酸酯/SiO₂杂化涂层,可进一步强化疏水与耐污性能^[16];研究甲基丙烯酸六氟丁酯对核-壳聚丙烯酸酯压敏胶性能的影响,能够实现热稳定性与疏水性的协同优化^[17];制备氟硅改性聚丙烯酸酯黏合剂,可使所得胶膜水接触角达到较高水平、吸水率显著降低,在耐水性与织物印花适配性上表现突出^[18]。含氟单体共聚可显著提升疏水与耐溶剂性能,核-壳结构是实现性能与成本平衡的有效手段,氟-硅-无机纳米粒子三元复合改性可进一步提升表面性能与热稳定性,更适配高端防水、防污与耐介质场景。

1.4 环氧改性

环氧改性通过接枝共聚构建互穿网络结构,使体系兼具环氧树脂的高内聚强度、优异附着力与聚丙烯酸酯的良好柔韧性、耐候性,针对性解决耐水性与基材附着力不足的短板^[19-20]。采用环氧丙烯酸酯、端羧基丁腈橡胶改性环氧预聚物等多组分复配方式对丙烯酸酯结构胶进行优化,可大幅提升高温剪切强度、耐水稳定性与韧性^[21];采用乳液聚合法直接制备环氧改性丙烯酸酯聚合物,能够显著提升黏接强度、成膜完整性与耐玷污能力^[20];制备可固化型环氧改性乳液压敏胶,可使固化后产品对金属基材表现出良好黏接性能^[19];相关综述研究明确指出,环氧掺量与交联网络密度是调控改性压敏胶性能的关键因素^[22]。环氧改性可定向提升附着力与耐水性,互穿网络结构设计是改性核心,环氧与聚氨酯、硅氧烷等组分的复合改性,能够实现多性能协同提升,更适用于金属、工程塑料等高要求黏接场景。

2 无机改性技术研究进展

无机纳米粒子改性是聚丙烯酸酯胶黏剂性能升级的关键路径,通过引入纳米SiO₂、ZnO、TiO₂及蒙脱土等无机填料,借助其高比表面积、独特界面效应及优异理化特性,实现胶黏剂力学强度、热稳定性、耐水性及功能特性的协同优化。

2.1 纳米氧化物改性

纳米SiO₂、ZnO、TiO₂等氧化物是应用最广泛的无机改性粒子,经表面改性可改善在基体中的分散性,同时赋予体系多功能特性。通过乳液接枝聚合制备SiO₂基纳米复合材料并应用于超疏水织物,可同步提升材料耐水性与透气性能^[23];系统梳理纳米材料改性聚合物的团聚机理,提出表面偶联剂改性与分散剂联用可有效抑制SiO₂团聚,提升分散均

匀性^[24];制备聚丙烯酸酯/ZnO纳米复合乳胶膜,可使其热稳定性明显优于微米级ZnO改性体系^[25];采用微波水热法合成特殊形貌ZnO粒子,可使材料对常见致病菌表现出更优的抗菌活性^[26];制备无氟聚丙烯酸酯/SiO₂纳米复合超疏水棉织物,能够在保证环保性的同时实现高效疏水功能^[27]。纳米氧化物可显著强化力学、热稳定与多功能特性,粒子团聚是制约改性效果的关键,表面偶联剂处理、原位聚合等方式可有效提升分散性,其中ZnO可兼顾热稳定与抗菌功能,SiO₂侧重提升耐水与耐磨性能,在皮革、纺织、抗菌涂层等领域应用潜力突出。

2.2 层状硅酸盐改性

蒙脱土等层状硅酸盐经有机改性后,可在聚丙烯酸酯基体中形成插层或剥离型复合结构,显著提升体系力学强度、阻隔性、乳液稳定性与尺寸稳定性。制备含金属纳米复合黏土改性丙烯酸酯抗菌涂层,应用于鞋用皮革时可表现出优异抗菌性与耐水性^[28];采用无皂乳液聚合法制备有机凹凸棒土/聚丙烯酸酯纳米复合乳胶,可使黏土片层均匀分散并实现胶膜耐水与力学性能同步提升^[29];相关研究证实,剥离型层状硅酸盐结构可显著提升聚合物阻隔性与尺寸稳定性,且在高固含量体系下仍能保持低凝聚、高稳定状态,适配工业化生产需求^[30]。层状硅酸盐改性可实现低成本高性能提升,有机改性与原位乳液聚合是改善分散性的关键,在建筑、包装等对稳定性与成本敏感的胶黏剂领域应用前景广阔。

2.3 无机阻燃填料改性

无机阻燃填料能够赋予聚丙烯酸酯胶黏剂阻燃抑烟功能,满足建筑、电子、汽车等领域的防火安全要求。以氢氧化铝、三聚氰胺磷酸盐、季戊四醇为膨胀型阻燃剂,通过物理共混引入聚丙烯酸酯乳液,在优化配比下可有效提升氧指数、降低热释放速率与烟释放量,且对基础黏接性能影响较小^[31];开发兼具阻燃与火灾预警功能的木材涂料,可推动阻燃胶黏剂向功能化、智能化方向拓展^[32];制备无烷基酚聚氧乙烯醚、低温固化阻燃植绒胶,能够兼顾环保性、阻燃性与施工适配性^[33]。膨胀型阻燃剂的协同作用可形成致密炭层,阻燃效果最优且对黏接性能影响小,功能化阻燃设计能够实现阻燃与传感等多功能集成,适配高端阻燃应用场景,无卤、低烟、高效的绿色阻燃体系是未来重点发展方向。

3 复合改性技术研究进展

相较于单一改性技术,复合改性策略通过整合多种改性技术的性能优势,实现聚丙烯酸酯胶黏剂综合性能的协同增效,已成为该领域的重要发展方向。以氟硅协同改性为例,该技术兼具有机氟的高疏水特性与有机硅的优异耐候性能,以乙烯基含氟聚硅氧烷为改性单体,通过细乳液聚合法制备的改性乳液应用于分散染料印花工艺时,可显著提升织物的得色量与色牢度^[34];而采用乙烯基封端含氟聚硅氧烷改性聚丙烯酸酯制备的胶黏剂,其胶膜水接触角可达96.8%,吸水率仅为8.2%,在耐水性与织物印花适配性方面表现优异^[18]。

此外,聚合工艺的优化同样是提升改性效果的关键路径,无皂乳液聚合、超声辐照乳液聚合、Pickering乳液聚合等新型工艺已被广泛应用,采用无皂乳液聚合法制备氟硅丙烯酸酯有机/无机杂化乳液时,氟硅单体的引入可有效提高胶膜的耐热稳定性^[35];以纤维素纳米晶/羧甲基纤维素为稳定剂制备的复合乳液用于棉织物涂料印花,能够在保证织物良好透气性的同时,显著优化其摩擦牢度^[36-37]。

通过有机改性、无机改性及复合改性等多种途径,聚丙烯酸酯胶黏剂在力学性能、耐水性、耐高温性、功能性等均得到大幅提升。不同改性技术在性能提升效果、工艺复杂度及工程适用性方面各具优势,其合理组合与协同应用,为后续性能评价与应用适配研究提供了坚实基础,也为聚丙烯酸酯胶黏剂向高性能化、功能化方向发展奠定了技术支撑。

4 聚丙烯酸酯胶黏剂改性技术的性能评价与表征方法

聚丙烯酸酯胶黏剂改性技术的性能评价与表征方法已形成多维度、多层次的体系:化学结构表征为改性机理提供理论依据,力学性能评价保障实际使用需求,环境适应性和特殊功能表征拓展应用场景。准确、全面的性能评价与表征方法是优化改性工艺、保障产品质量的核心,其研究对于推动聚丙烯酸酯胶黏剂的技术升级具有重要意义。

化学结构表征是验证改性效果的基础环节,傅里叶变换红外光谱是最常用的技术手段。通过分析特征官能团的吸收峰变化,可明确改性剂与聚丙烯酸酯分子链的相互作用及化学键合情况,如硅氧烷改性体系中可检测到硅氧键的特征吸收峰^[12],环氧改性体系中能观察到环氧基团反应后的峰形变化^[21],而丙烯酸酯与聚氨酯复合体系中则会出现酯键和氨基甲酸酯键的特征信号^[4]。核磁共振波谱分析可进一步佐证改性剂的接枝效率,通过特征氢原子的化学位移变化定量分析改性程度^[12]。X射线衍射则用于探究改性后胶黏剂的结晶结构,丙烯酸酯作为硬段组分时会破坏聚氨酯等基体的有序排列,导致结晶峰强度和宽度发生改变,反映出分子链聚集态结构的变化规律^[4]。

力学性能评价直接关系到胶黏剂的实际应用效果,主要包括黏接强度、拉伸性能和硬度等指标。黏接强度通过剪切强度和剥离强度测试表征,剪切强度测试可采用电子万能试验机,依据相关国家标准对不同基材的黏接试样进行测定,环氧改性、木质素复合等体系均通过该方法验证了黏接性能的提升^[21,38];剥离强度测试则重点评估胶黏剂在界面剥离时的抵抗能力,尤其适用于薄膜、板材等柔性基材的黏接评价^[4]。拉伸强度和断裂伸长率通过哑铃形标准试样测试,反映胶黏剂的本体力学性能,改性剂的种类和用量会显著影响分子链的柔韧性和交联密度,进而导致拉伸性能的规律性变化^[12,31]。邵氏硬度计可快速测定胶膜的硬度,间接反映交联程度和刚性链段的分布情况^[4]。

环境适应性与稳定性表征是衡量改性胶黏剂实用价值的重要依据。耐水性测试通常采用浸水法,通过测定胶膜在

蒸馏水中浸泡后的吸水率变化,评价改性体系的疏水性能,硅氧烷改性、丙烯酸酯与聚氨酯复合等技术均通过该方法证实了耐水性的改善^[4,12]。热稳定性主要通过热重(TG)分析和差示扫描量热(DSC)表征,TG曲线可获取初始分解温度、最大分解速率温度和残渣率等参数,反映改性胶黏剂在高温环境下的质量保留能力,如木质素基复合体系在添加聚丙烯酸酯乳液后,低温区间的热稳定性得到提升^[38];DSC则用于测定玻璃化转变温度,评估分子链的运动活性和耐热潜力^[12]。此外,高温剪切强度测试和老化试验可模拟实际使用环境,全面评价胶黏剂在极端条件下的性能稳定性^[21,31]。

特殊功能性能表征需根据改性目标针对性开展。对于阻燃改性体系,极限氧指数测试可快速评估阻燃等级,锥形量热仪则能精准测定热释放速率、质量损失速率和烟释放速率等关键参数,结合扫描电镜观察燃烧后残炭层的微观形貌,分析阻燃机制^[31]。乳液型胶黏剂的粒径分布通过动态光散射测定,其平均粒径和分布宽度直接影响乳液稳定性和成膜质量,改性剂的加入会导致粒径发生规律性变化^[4,12]。凝胶含量和分子量分布测试可反映交联程度和分子链长度,凝胶渗透色谱用于测定分子量及其分布,而凝胶含量通过索氏提取法测定,二者共同为改性胶黏剂的内聚强度提供理论支撑^[12,38]。

乳液稳定性和环保性能表征在水性改性体系中尤为重要。离心沉淀法是评估乳液储存稳定性的常用方法,通过高速离心后观察分层、沉淀情况判断乳液均一性^[4,39];钙离子稳定性测试则用于评价乳液在实际应用中的抗干扰能力^[12,38]。环保性能主要通过VOC含量测定判断,采用气相色谱-质谱联用仪检测苯、甲苯等有害物质的释放量,验证改性体系的环保优势^[21,39]。

5 聚丙烯酸酯胶黏剂研究与应用的现存问题

尽管聚丙烯酸酯胶黏剂在各个领域获得了广泛应用,但其原生体系及改性过程中仍存在诸多亟待解决的问题,这些问题制约了其性能提升与应用拓展。

原生聚丙烯酸酯胶黏剂的性能缺陷较为显著,耐水性与耐溶剂性不足是其核心问题,这一特性导致其在潮湿或复杂介质环境中的使用寿命大幅缩短,难以满足严苛工况需求^[40]。同时,该类胶黏剂普遍存在“热黏冷脆”的温度敏感性,在高低温交替环境下,黏接强度与柔韧性会发生剧烈波动,限制了其在极端温度场景中的应用^[41]。成膜性能方面,部分体系成膜温度偏高、成膜时间较长,且成膜后易出现失光、透水性高等问题,影响了涂层的外观质量与使用效果^[17]。此外,原生体系的内聚强度、耐老化性及对低表面能基材的黏接能力有限,无法满足高端应用场景对胶黏剂综合性能的要求^[42]。溶聚法制备的聚丙烯酸酯胶黏剂还存在单体浓度低、聚合速度慢、收率及分子量不高的问题,生产过程中需增设溶剂回收及纯化工序,易造成污染且存在安全隐患^[17,27]。

各类改性方法在改善聚丙烯酸酯胶黏剂部分性能的同

时,也面临着各自的技术瓶颈。有机硅、有机氟改性虽能提升胶黏剂的耐候性与表面性能,但改性过程中乳液稳定性较差,有机硅与有机氟单体的反应活性难以匹配,易出现相分离现象,且改性剂成本较高,限制了规模化应用^[13]。环氧树脂、聚氨酯等树脂改性及共混改性时,存在不同组分相容性不佳、聚合过程中易出现相分离、改性后胶黏剂力学性能下降等问题,核壳结构改性中,核壳比例、壳层成分调控不当会导致抗剪切强度与剥离黏附力难以兼顾^[22]。纳米粒子改性时,纳米粒子的团聚问题尤为突出,尽管通过表面处理、添加分散剂等方式可缓解该问题,但仍难以实现纳米粒子在乳液中的长期稳定分散,进而影响改性效果的一致性^[24,30]。反应性乳化剂改性虽能改善胶膜耐水性及乳液稳定性,但乳化剂的反应活性、用量及与单体的相容性对改性效果影响显著,优化难度较大,且部分反应性乳化剂可能会影响胶黏剂的其他关键性能^[22]。复合改性虽提升了应用性能,但乳液液滴均一性较差,胶膜拉伸性能有所下降,得色量也受一定影响^[43];氟硅改性体系中改性剂用量过高会导致织物手感变硬,分子质量适配性差则易造成改性剂共聚效率低、胶膜氟硅分布不均,且氟硅改性后胶膜断裂功随分子质量上升呈下降趋势,整体性能调控仍需进一步优化^[18,34]。

在实际应用与工艺优化层面,聚丙烯酸酯胶黏剂同样面临诸多挑战^[44]。高固含量乳液的制备过程中,固含量提升与体系黏度控制存在矛盾,固含量增加易导致乳液凝胶暴聚,影响产品质量与储存稳定性^[22]。部分改性体系在应用中存在特殊问题,如表面保护膜用压敏胶黏剂易出现暗影残留,污染基材表面,而暗影产生的机理复杂,涉及单体聚合不完全、内聚强度不足、静电作用及水气影响等多个方面,解决难度较大^[45]。此外,聚合工艺参数(如引发剂种类与用量、搅拌转速、反应温度等)对胶黏剂性能的影响敏感,参数波动易导致产品性能不稳定,且部分改性工艺复杂、成本较高,难以实现工业化大规模生产^[41]。

6 结语与展望

聚丙烯酸酯胶黏剂凭借原料来源广泛、制备工艺简便、环境友好等优势,已在包装、建筑、纺织、医疗等多个领域实现规模化应用,成为胶黏剂行业的重要发展方向。通过单体配比优化、引发剂与乳化剂筛选、聚合工艺改进等基础研究,其黏接强度、成膜性、耐候性等核心性能不断提升,尤其在水性化、低VOC排放方面契合当前环保要求。改性技术的持续创新进一步拓展了其应用边界,有机硅、环氧树脂等改性方法有效改善了其耐水性、耐热性和力学性能,纳米粒子与复合改性则赋予其特殊功能,为高性能产品开发提供了技术支撑。

然而,该领域仍存在诸多亟待突破的瓶颈:部分改性方法存在合成条件苛刻、成本较高等问题,纳米粒子改性尚未实现工业化应用;水性聚丙烯酸酯胶黏剂的耐水性、耐溶剂性仍需提升,部分特种功能产品如耐高温、阻燃型胶黏剂的

性能与国际先进水平存在差距;聚合过程中单体残留控制、乳液稳定性保障等基础问题尚未完全解决。

未来研究应聚焦绿色化、高性能化、功能化三大方向:一是深化多重改性技术的有机结合,充分发挥不同改性方法的协同效应,开发低成本、环境友好的复合改性体系;二是加强新型功能单体、生物基原料与可降解材料的研发应用,推动胶黏剂向可持续方向发展;三是针对新能源、高端制造等领域的需求,开发特种功能性产品,拓展在航空航天、生物医药等高端领域的应用;四是优化聚合工艺与生产流程,实现制备过程的节能降耗与清洁生产。随着环保法规的日益严格与技术的不断进步,聚丙烯酸酯胶黏剂将在更多领域替代传统溶剂型产品,展现出广阔的市场前景与应用价值。

参考文献

- [1] ARONOVICH D A, et al. Reviews of Adhesion and Adhesives, 2021, 9 (1):65–122.
- [2] ASHRAF R, et al. Journal of Polymer Research, 2025, 32 (8). DOI: 10.1007/s10965-025-04530-w.
- [3] TIAN X Y, et al. Progress in Organic Coatings, 2024, 189. DOI: 10.1016/j.porgcoat.2024.108320.
- [4] 张洪礼,等.精细化工,2019,36(9):1 962–1 967.
ZHANG Hongli, et al. Acrylate Modified Crosslinked Waterborne Polyurethane Adhesive[J]. Fine Chemicals, 2019, 36(9): 1 962 – 1 967.
- [5] CHENG Y L, et al. Journal of Materials Engineering and Performance, 2026, 35 (9):8 525–8 536.
- [6] XIANG Y, et al. Chemical Engineering Journal, 2025, 508. DOI: 10.1016/j.cej.2025.160875.
- [7] XIA Z Y, et al. Journal of Cleaner Production, 2025, 532. DOI: 10.1016/j.jclepro.2025.146978.
- [8] LAI X J, et al. Journal of Applied Science and Engineering, 2022, 26 (6):759–769.
- [9] MACIEJEWSKI B, et al. Polymers, 2023, 15 (22). DOI:10.3390/polym15224355.
- [10] WANG F P, et al. Coloration Technology, 2022, 138 (3):291–303.
- [11] 王刚,等.精细石油化工,2019,36 (1):59–65.
WANG Gang, et al. Speciality Petrochemicals, 2019, 36 (1):59–65.
- [12] LI P J, et al. Journal of Applied Polymer Science, 2016, 133 (8). DOI:10.1002/app.42975.
- [13] 辛华,等.陕西科技大学学报,2021,39 (4):73–80.
XIN Hua, et al. Journal of Shaanxi University of Science & Technology, 2021, 39 (4):73–80.
- [14] CHENG S, et al. Journal of Applied Polymer Science, 2002, 85 (6):1 147–1 153.
- [15] 郑林禄,等.绥化学院学报,2020,40(05):140–143.
ZHENG Linlu, et al. Journal of Suihua University, 2020, 40 (5): 140–143.
- [16] LIU S Y, et al. Polymer, 2025, 333. DOI: 10.1016/j.polymer.2025.128657.
- [17] WU C B, et al. Iranian Polymer Journal, 2025, 34 (11): 1 917–1 928.
- [18] 邢平平,等.印染助剂,2017,34 (6):15–20.
XING Pingping, et al. Textile Auxiliaries, 2017, 34 (6):15–20.
- [19] CHANG H, et al. Preparation and characterization of the double-side adhesive tape with reactive properties and high thermal conductivity for electronic package[C]//2018 19th International Conference on Electronic Packaging Technology(ICEPT). Shanghai:IEEE,2018:319–323.
- [20] ZHOU S Y, et al. Polymers, 2025, 17(3). DOI: 10.3390/polym17030380.
- [21] 陈云传,等.化学与粘合,2014,36(4):271–273,294.
CHEN Yunchuan, et al. Chemistry and Adhesion, 2014, 36(4): 271–273, 294.
- [22] 尉晓丽,等.化工进展,2012,31(1):176–184.
YU Xiaoli, et al. Chemical Industry and Engineering Progress, 2012, 31(1):176–184.
- [23] LIU X L, et al. ChemistrySelect, 2021, 6(22):5 646–5 654.
- [24] 胡昌富,等.塑料科技,2025,53(11):195–201.
HU Changfu, et al. Plastics Technology, 2025, 53(11):195–201.
- [25] LIUFU S C, et al. Polymer Degradation and Stability, 2005, 87(1): 103–110.
- [26] MA J Z, et al. Ceramics International, 2013, 39(3):2 803–2 810.
- [27] XU L H, et al. Journal of Nanoscience and Nanotechnology, 2020, 20(4):2 292–2 300.
- [28] DERAKHSHAN P, et al. Surfaces and Interfaces, 2025, 74. DOI: 10.1016/j.surf.2025.107691.
- [29] ZHU Y H, et al. Journal of Coatings Technology and Research, 2025, 22(3):1 037–1 047.
- [30] 吴耀琴,等.鲁东大学学报(自然科学版),2023,39(1):71–82.
WU Yaoqin, et al. Journal of Ludong University (Natural Science Edition), 2023, 39(1):71–82.
- [31] 于向东,等.南京林业大学学报(自然科学版),2014,38(4): 140–144.
YU Xiangdong, et al. Journal of Nanjing Forestry University (Natural Sciences Edition), 2014, 38(4):140–144.
- [32] JIANG C Y, et al. Chemical Engineering Journal, 2026, 530. DOI: 10.1016/j.cej.2026.173419.
- [33] WU H T, et al. Journal of the Textile Institute, 2019, 110(6): 807–814.
- [34] 酆少奇,等.染料与染色,2019,56(6):35–38.
LI Shaoqi, et al. Dyestuffs and Coloration, 2019, 56(6):35–38.
- [35] JIANG J T, et al. Polymers for Advanced Technologies, 2021, 32 (2):641–650.
- [36] PINZON-MORENO D D, et al. Cellulose, 2025, 32(17):10 115–10 133.
- [37] MA D L, et al. Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects, 2025, 716. DOI: 10.1016/j.colsurfa.2025.136672.
- [38] 王森,等.化学与粘合,2018,40(4):231–234,273.

- WANG Sen, et al. *Chemistry and Adhesion*, 2018, 40(4): 231–234, 273.
- [39] 李殷. 常州工学院学报, 2023, 36(1):12–17.
- LI Yin. *Journal of Changzhou Institute of Technology*, 2023, 36(1):12–17.
- [40] STOKES-RODRIGUEZ K, et al. *Advanced Sustainable Systems*, 2025, 9(10). DOI:10.1002/adsu.202500444.
- [41] 罗啟权, 等. 广州化工, 2025, 53(23):54–58.
- LUO Qiquan, et al. *Guangzhou Chemical Industry*, 2025, 53(23): 54–58.
- [42] LIU R, et al. *Industrial Crops and Products*, 2022, 176. DOI: 10.1016/j.indcrop.2021.114390.
- [43] 章晓雨, 等. 涂料工业, 2017, 47(4):29–35.
- ZHANG Xiaoyu, et al. *Paint & Coatings Industry*, 2017, 47 (4): 29–35.
- [44] 张竞, 等. 中国印刷与包装研究, 2011, 3(3):9–14.
- ZHANG Jing, et al. *China Printing and Packaging Study*, 2011, 3(3):9–14.
- [45] 罗丹, 等. 精细化工, 2025, 42(1):215–23.
- LUO Dan, et al. *Fine Chemicals*, 2025, 42(1):215–223.

(上接第 220 页)

- [68] WANG Q, et al. *Acs Applied Materials & Interfaces*, 2022, 14(21): 24 197–24 212.
- [69] SELVARAJAN S, et al. *IEEE Access*, 2020, 8:68 219–68 225.
- [70] JACOB J, et al. *Inflammation and regeneration*, 2018, 38(1). DOI: 10.1186/s41232-018-0059-8.
- [71] ZHANG S, et al. *Acta Biomaterialia*, 2013, 9(7):7 236–7 247.
- [72] ZASZCZYŃSKA A, et al. *Micron*, 2025, 188. DOI: 10.1016/j.micron.2024.103743.
- [73] ZHIMING L. 3D Printed self-powered piezoelectric smart scaffolds for enhanced bone tissue regeneration[C]//The 2025 AIChE Annual Meeting. New York:AIChE, 2025:227c.
- [74] MAWAZI S M, et al. *Polymers*, 2024, 16(10). DOI: 10.3390/polym16101351.
- [75] ZHENG T, et al. *Journal of Materials Chemistry B*, 2020, 8(45): 10 221–10 256.
- [76] ZOU Z, et al. *Bioactive materials*, 2021, 6(6):1 839–1 851.
- [77] HE J, et al. *Carbohydrate Polymers*, 2021, 253. DOI: 10.1016/j.carbpol.2020.117198.
- [78] CHIESA I, et al. *ACS applied materials & interfaces*, 2022, 14(17):19 253–19 264.
- [79] HORAN R L, et al. *Biomaterials*, 2005, 26(17):3 385–3 393.
- [80] YANG J, et al. *Macromolecular Bioscience*, 2023, 23(10). DOI: 10.1002/mabi.202300105.
- [81] ZASZCZYŃSKA A, et al. *Materials*, 2021, 14(12). DOI:10.3390/ma14123149.
- [82] ZASZCZYŃSKA A, et al. *International Journal of Molecular Sciences*, 2024, 25(9). DOI:10.3390/ijms25094980.
- [83] SARKAR D, et al. *ACS Omega*, 2021, 6(43):28 710–28 717.
- [84] SULTANA A, et al. *Journal of Materials Chemistry B*, 2017, 5(35):7 352–7 359.
- [85] LE T T, et al. *Advanced Functional Materials*, 2022, 32(20). DOI: 10.1002/adfm.202113040.
- [86] KIM K, et al. *Nano Energy*, 2018, 48:275–283.
- [87] DELGADO-ALVARADO E, et al. *Nanomaterials*, 2022, 12(15). DOI:10.3390/nano12152549.