UV 固化丙烯酸酯压敏胶的制备及性能探析

郝晓鹏
浙江冠豪新材料有限公司　浙江嘉兴　314000

【摘　要】本研究制备了一种UV固化丙烯酸酯压敏胶，考察其配方设计与工艺参数对力学性能、粘接性能及耐水性能的影响。结果显示，合理调整单体比例、固化条件与涂布工艺，可显著提升材料的拉伸强度、剥离强度与耐湿性能。该压敏胶在不同基材与环境条件下均表现出良好的粘附稳定性与可剥离性，具备广泛应用潜力。

【关键词】UV固化；丙烯酸酯；压敏胶；制备；性能

Preparation and properties of UV-cured acrylic pressure-sensitive adhesive

Hao Xiaopeng
Zhejiang Guanhao New Material Co., LTD., Jiaxing, Zhejiang 314000

【Abstract】This study developed a UV-cured acrylic pressure-sensitive adhesive and investigated the effects of formulation design and process parameters on its mechanical, bonding, and water resistance properties. The results indicate that by appropriately adjusting the monomer ratios, curing conditions, and coating techniques, the material's tensile strength, peel strength, and moisture resistance can be significantly enhanced. This pressure-sensitive adhesive demonstrates excellent adhesion stability and peelability across various substrates and environmental conditions, showing great potential for widespread application.

【Key words】UV curing; acrylic ester; pressure sensitive adhesive; preparation; performance

压敏胶是一类无需加热或溶剂挥发、在常温常压下即具备良好粘附性能的高分子材料，广泛应用于电子封装、医疗敷料、标签印刷及汽车制造等多个领域。随着功能性材料与环保工艺的发展，紫外光（UV）固化技术因其高效、节能、低污染等优点，逐渐成为压敏胶制备的重要方向。丙烯酸酯类压敏胶因其优良的柔韧性、粘附性和调控性，被广泛研究与应用于高性能 PSA 的开发中。传统热固化或溶剂型压敏胶存在固化时间长、溶剂残留及环境污染等问题，而 UV 固化丙烯酸酯压敏胶可在短时间内实现高效交联，显著改善制品的粘附性能与耐老化性能，同时减少对环境的影响。因此，研究其配方与工艺对性能的调控机制，具有重要的理论意义与工程应用价值。

1 实验部分

1.1 实验原料

本研究所使用的主要化学试剂如下：丙烯酸-2-乙基己酯（2-ethylhexyl acrylate，2-EHA）、甲基丙烯酸（methacrylic acid，MAA）、丙烯酸-2-羟乙酯（2-hydroxyethyl acrylate，HEA）、丙烯酰胺（acrylamide，AM）、己二醇二丙烯酸酯（1，6-hexanediol diacrylate，HDDA）以及光引发剂 2-羟基-2-甲基-1-苯基丙酮（commonly known as Darocur 1173）。其中，2-EHA、MAA、HEA 和 AM 皆为工业级纯度，HDDA 为分析纯级别，光引发剂为工业级产品。

1.2 实验仪器与设备

本研究所用实验设备配置如下：初粘力测试仪由高铁科技股份有限公司制造，用于评估压敏胶的初始黏附性能；180° 剥离强度测试仪及持粘力测试仪均由济南兰光机电技术发展中心提供，分别用于测试胶粘剂的剥离性能和耐久黏附力；电子分析天平由北京赛多利斯仪器系统有限公司生产，用于压敏胶各组分配比的精准控制；紫外固化光源设备来自广东东莞拓翼电子有限公司，采用高能紫外灯，波长匹配所用光引发剂的吸收特性，保障固化反应；实验所用涂布装置由天津市材料实验机厂提供，用于制备膜层一致的压敏胶样品。在实验开始前，所有设备均按照操作规范完成校准与性能检测。

1.3 制备 UV 固化丙烯酸酯压敏胶

制胶反应在配置有机械搅拌器、冷凝回流系统、温度监

控装置、氮气保护装置以及滴液漏斗的五口圆底烧瓶中进行。首先，按照设计配比，依次将丙烯酸–2–乙基己酯（2–EHA）、甲基丙烯酸（MAA）、丙烯酸–2–羟乙酯（HEA）及丙烯酰胺（AM）注入反应釜，并在通入氮气的条件下将体系加热至约 75□℃。随后，向体系中缓慢加入预先配制好的三种丙烯酸酯类单体混合液总量的 8%，维持反应 1 小时以启动预聚反应。在避光环境下，于 4 小时内缓慢滴加剩余混合单体以及按比例加入的交联剂与光引发剂，滴加过程中维持冷凝系统正常运行，并缓慢升温稳定反应速率。聚合反应结束后，将所得粘胶体均匀刮涂于经处理的 PET 薄膜基材表面，控制涂层厚度为 50□μm，并在距离光源 10□cm 处，使用功率为 1000□W 的紫外照射装置进行辐照交联固化。最终，获得性能稳定的 UV 固化型丙烯酸酯压敏胶膜材。

2UV 固化丙烯酸酯压敏胶的性能探析

2.1 力学性能测试

（1）拉伸强度、屈服应力测定

测试 UV 固化丙烯酸酯压敏胶在不同工艺参数下的力学性能，考察拉伸强度与屈服应力的变化规律。结果表明，适当提高固化温度并延长光照时间，有助于提升材料的拉伸强度与屈服应力；在光源选择方面，匹配合适波长的紫外光可增强光引发剂的活性，改善整体力学性能；配方设计方面，调控软、硬单体及官能团单体的比例，可实现拉伸强度与屈服应力的同步优化。实验还发现两项指标之间呈现较强正相关性，说明其在反映压敏胶力学行为方面具有一定的一致性。

（2）抗拉延寿命测试

制备具有一致厚度与物理性能的压敏胶薄膜，并在设定的 UV 固化条件（包括光强、固化时间及温湿环境）下固化成型。采用精密拉伸设备对样品进行动态拉伸循环测试，通过测定不同拉伸应变与拉伸速率下的抗拉强度与伸长率。测试结果显示，该类压敏胶具有良好的形变恢复性与粘接稳定性，其抗拉延寿命表现出较高的循环耐受阈值，能够在多次机械负载下维持较为稳定的性能指标。

（3）粘涩动能比例分析

实验选取聚对苯二甲酸乙二醇酯等不同接收与粘附基材，结合动态接触角测试与剥离—剪切复合载荷分析，在精确控制温湿度与固化时间等条件下进行粘结性能测试。结果显示，不同基材间的表面能差异显著影响粘涩动能比例，从而揭示了基材表面特性与压敏胶微观结构之间的耦合关系。

2.2 粘接性测试

（1）胶带拉脱强度测试

在 UV 固化丙烯酸酯压敏胶的粘接性评估中，胶带拉脱强度测试是衡量其粘附性能和耐剥离能力的核心手段。实验中将标准尺寸的胶粘带准确固定于电子拉力机夹具内，并依据相关规范设定拉伸速率与行程参数。测试过程中，设备以恒定速度拉伸胶带，实时记录所受拉力变化，直至胶带断裂时获得最大拉脱力值，每个样品需进行多次独立测量并取平均值。该方法不仅能够定量反映胶粘材料的初始粘附强度，还可作为配方优化和工艺改良的技术依据，有助于提升压敏胶在复杂工况下的粘接稳定性与使用寿命。

（2）180 度剥离强度测试

180 度剥离强度测试主要用于表征胶层在垂直方向受力时的粘合强度。该测试采用标准试片，将其一端固定于剥离夹具中，另一端与剥离基材密贴，随后以恒速将试片反向拉起至 180 度方向，记录剥离过程中所需的力值，从而量化粘附性能。采用一致的固化条件、加载速率及接触材料，且试片表面常覆盖一层高摩擦材料以避免滑动误差。该方法反映压敏胶在静态条件下的界面结合力，但其结果仍需与角度剥离、湿热老化等多维测试结合，评估胶粘剂在复杂应用环境中的表现。180 度剥离测试虽具较高的代表性，却不能独立反映产品的长期稳定性及耐环境性能，仍需配合多参数体系进行分析。

（3）撕开速度的影响研究

撕开速度是影响 UV 固化丙烯酸酯压敏胶粘接性能的关键变量之一，直接关系到胶粘剂的粘合强度、可剥离性及使用稳定性。设定不同撕开速度进行测试发现，随着撕裂速率的提高，胶粘剂的粘合强度呈下降趋势，主要由于界面剥离速率加快使材料间结合时间缩短。同时，可剥离性则随撕开速度的增加而增强，高速剥离有助于减少残留胶层，提升材料可逆粘附性。在具体应用中应合理选择撕裂速度，以在粘合力与易剥性之间取得平衡，优化产品性能。在高速剥离条件下，胶膜的力学稳定性可能面临衰减，需结合力学疲劳与材料降解行为进行进一步研究。

2.3 耐水性能测试

（1）水蒸汽渗透性分析

水蒸汽渗透性是衡量 UV 固化丙烯酸酯压敏胶防水性能的核心指标。在受控温湿环境中测定单位时间内水蒸汽透过胶层的量，研究分析了该类胶粘剂的水蒸汽屏蔽能力。实验

发现，渗透性能受配方结构、膜层厚度、表面形貌及环境参数等多重因素影响，其中，适当调整树脂比例与涂布方式可显著降低水蒸汽通量，提升其防护效果；优化固化工艺亦有助于提高胶膜致密性，从而增强其水分阻隔能力。未来应进一步探索温度波动、紫外老化等环境变量对其渗透性的影响机制，以推动高防护等级压敏胶产品的开发。

（2）环境湿度对粘接效果的影响

环境湿度对UV固化丙烯酸酯压敏胶的粘接性能具有显著影响。通过在不同相对湿度（RH）条件下（照射强度100□mW/cm²，照射时间30秒）进行粘接实验，结合24小时稳定放置与 180° 剥离强度测试，评估了湿度对胶粘性能的影响。结果表明，粘接强度随湿度上升呈先增后降趋势，当相对湿度为50%时胶带表现出最佳的粘接效果；超过此阈值后，表面吸湿导致界面润滑及固化效率降低，进而削弱胶粘强度，甚至加速老化过程。湿度不仅影响固化反应的进行程度，还通过调控界面微结构进而左右粘接质量。在实际应用中应合理控制环境湿度，以确保胶层性能的稳定性与可靠性。

（3）耐水老化实验

评估UV固化丙烯酸酯压敏胶的耐水老化性能，通过老化前后样本的多维性能对比，分析在长期湿热环境中的稳定性。利用万能材料试验机测定其拉伸强度与断裂伸长率，采用标准剥离强度测试方法，检测基材间的粘附性能变化，若胶黏剂具备电性能要求，还进一步测试电阻率与介电常数等参数。试验结果显示，各项指标在老化处理后均呈现不同程度的衰减，说明水分侵入及长期湿热作用对胶体结构与界面粘结有明显影响。为提高数据的代表性与可靠性，建议每项测试至少设置三个重复样本，并进行多次重复试验。

2.4 耐候性测试

（1）加速老化测试条件

研究采用高低温交变试验箱开展加速老化实验，结合温度循环与紫外线辐射，模拟实际使用环境中的热应力与光老化影响。具体设置为在60□° C条件下进行500次以上的加热—冷却循环，并辅以UV光源持续照射。根据产品的应用需求，循环次数可延伸至1000次、3000次及以上，测试过程中定期检测胶体的剥离强度、粘附性及硬度等关键性能参数，实验结果可用于评定压敏胶的耐久性表现。

（2）耐候性评价标准

丙烯酸系UV光固化压敏胶的耐候性评价是衡量其在复杂环境中长期服役能力的重要手段，常用方法包括紫外辐射加速老化测试，模拟自然光照条件，观察样品在长时间UV照射下的粘附力、拉伸强度及外观变化；盐雾试验用于再现海洋性环境，评估胶体在高盐雾腐蚀下的粘结稳定性；湿热处理通过暴露于高温高湿条件考察其性能衰减趋势；气候箱老化则综合模拟温湿度与光照循环，提供多因素协同应力评估；此外，摩擦与剥离测试用于验证日常使用中粘附性能的保持性，耐溶剂测试则检验胶体对常见化学介质如水、醇、油等的抵抗力。

（3）实网球测试

基于网球拍击球环境的实网球测试，实验中将胶层均匀涂敷于球拍接球面，依照标准流程进行多轮击球操作，记录反弹高度、接触面积及胶层的磨损与老化情况。该测试可反映压敏胶在动态冲击和频繁摩擦条件下的粘附强度、弹性恢复能力与耐磨抗老化特性。

结束语

综上所述，UV固化丙烯酸酯压敏胶凭借其优异的光固化效率、粘接性能及环境适应能力，具有广阔的工程应用前景。未来研究可围绕绿色可降解原料的引入、界面结构调控机制以及与智能传感器、电子器件的集成性能展开，推动该类功能性胶粘材料向更高附加值方向发展。

参考文献

[1]陈榕珍，成荣明，李国庆，等.UV固化聚丙烯酸酯压敏胶的制备及其性能研究[J].中国胶粘剂，2006，15（8）.
[2]谢正瑞，刘晓暄，崔艳艳.紫外光固化丙烯酸酯压敏胶研究进展[J].中国胶粘剂，2013，22（8）.
[3]余双，张群朝，蒋涛.UV固化丙烯酸酯压敏胶的制备及性能研究[J].胶体与聚合物，2014（3）.

作者简介：郝晓鹏，出生年月：1987年4月11日，男，汉族，籍贯：河南，职务：技术研发部总监，职称：工程师，学历：硕士，研究方向：材料化工。