

# 水性聚脲技术研发进展与市场应用前景

路 玲 林焕章(山东世纪联合新材料科技有限公司, 山东 淄博 255000)

**摘要:**本文详细阐述了水性聚脲技术的研发进展,包括其合成方法、性能特点以及在多个领域的应用情况。通过对水性聚脲技术发展历程的回顾,分析了不同阶段的关键技术突破。同时,探讨了水性聚脲在汽车、建筑、生物医药等领域的应用前景,以及该技术在发展过程中面临的挑战,如施工难度大、成本高等问题,并提出相应的应对策略,以期推动水性聚脲技术的进一步发展和应用。

**关键词:**水性聚脲;研发进展;市场应用前景

中图分类号:TQ323.8 文献标识码:A 文章编号:1674-5167(2025)012-0004-03

## Research and development progress and market application prospects of waterborne polyurea technology

Lu Ling Lin Huanzhang(Shandong Century United New Materials Technology Co., Ltd., Zibo Shandong 255000, China)

**Abstract:** This article elaborates on the research and development progress of waterborne polyurea technology, including its synthesis methods, performance characteristics, and applications in multiple fields. By reviewing the development history of waterborne polyurea technology, key technological breakthroughs at different stages were analyzed. At the same time, the application prospects of waterborne polyurea in automotive, construction, biomedicine and other fields were discussed, as well as the challenges faced by this technology in the development process, such as high construction difficulty and high cost. Corresponding strategies were proposed to promote the further development and application of waterborne polyurea technology.

**Keywords:** water-based polyurea; R&D progress; Market application prospects

聚脲涂料作为一种新型涂料,自20世纪80年代研制成功以来,凭借其优异的性能在众多领域得到了广泛应用。随着环保要求的日益严格,涂料水性化成为重要的发展趋势,水性聚脲技术应运而生。水性聚脲以水为分散介质,具有低VOC排放、环保等优点,同时,从经济角度来看,其成本控制和经济效益对于其市场推广和可持续发展具有重要意义。近年来,水性聚脲技术在研发和应用方面都取得了显著进展,深入研究水性聚脲的市场应用前景与经济相关因素,有助于更好地把握这一材料在市场中的发展趋势,为企业决策和行业发展提供参考依据。

## 1 水性聚脲技术研发进展

### 1.1 水性聚脲技术发展历程

聚脲涂料产品在二十世纪六七十年代在国外已开始研究,但早期应用并不广泛。进入二十一世纪后,国内开始对聚脲进行深入研究和改进,同时喷涂设备技术不断提升,为聚脲产品的应用提供了更好的条件。伴随国内对节能降耗的要求和涂料水性化的大趋势,企业和科研机构开始对聚脲涂料进行水性化研究<sup>[1]</sup>。经过多年努力,水性聚脲产品逐渐研发成功,并在一些领域进行了测试和应用。

### 1.2 水性聚脲的合成方法

水性聚脲是一种聚氨酯材料,其合成原理为异氰

酸酯与含有OH基团的聚醚、聚酯等在水中发生水解反应,生成聚脲分子链。其中,异氰酸酯是一种含有NCO基团的有机化合物,而聚醚、聚酯等则是含有OH基团的高分子材料。水性聚脲的合成需要控制一定的反应条件,包括温度、pH值、反应时间等。一般来说,反应温度在20℃~40℃之间,pH值在7~9之间,反应时间为2~4小时。水性聚脲的合成步骤主要包括以下几个环节:首先,将异氰酸酯和含有OH基团的高分子材料分别加入不同的反应釜中,再加入一定量的水进行预处理。然后,将两个反应釜中的预处理液缓慢地混合在一起,同时控制反应温度、pH值和反应时间,使反应发生水解反应,生成聚脲分子链。最后,根据需要,可以添加一些助剂或改变反应条件,以调整水性聚脲的性能。

### 1.3 影响水性聚脲性能的因素

众多因素会对水性聚脲的性能产生影响。研究表明,涂膜机械强度随IPDI与聚醚胺D2000比值的提高而增大;—NCO与—NH<sub>2</sub>比值越接近1,且乙二胺基乙磺酸钠含量为5%以上时,乳液越稳定;固化剂加入量越大,涂膜力学性能和耐水性越好,实验中加入3%效果最佳。此外,水性聚脲中化学结构也是影响其性能的关键因素。异氰酸酯的含量越高,聚脲涂层的交联密度越大,耐腐蚀性能越好。但过高的异氰酸酯

含量可能会导致涂层脆性增加，影响其附着力和耐冲击性。异氰酸酯硬段结构刚性越大，聚脲涂层的耐腐蚀性越好，刚性的异氰酸酯硬段可以提供机械强度和耐磨损性，提高涂层的抗划伤和抗冲击能力；而柔性的异氰酸酯硬段可以提高涂层的柔韧性和耐候性，但可能会影响其耐化学腐蚀性。另外，异氰酸酯与多元醇反应速率中，反应速率较快的异氰酸酯可以快速固化涂层，形成致密的交联网络，从而提高耐腐蚀性能；反应速率较慢的异氰酸酯可以延长涂层的固化时间，有利于涂层的流平和渗透，提高涂层与基材的粘结力。

#### 1.4 水性聚脲的性能特点

水性聚脲具有多种优异性能。在干燥速度方面，水性聚脲涂料的涂膜干燥情况伴随温度的升高干燥时间逐步变短，在60–80℃范围内水性聚脲涂料的涂膜干燥与溶剂型接近，但在低温条件下干燥性比较差。鉴于此，在实际的汽车部件测试中，建议水性聚脲涂料在70℃低温烘烤20–25min，涂膜完全可以达到装配要求。在混合时间对粘度的影响上，水性聚脲涂料粘度随着混合时间的延长而增长，在15min内粘度增长缓慢，15min以后粘度增长非常快，在实际的汽车部件生产应用中双组份涂料的混合使用期可设定在10min内以保证应用的安全性。此外，水性聚脲涂料的涂膜性能优异、涂膜耐液体介质性能优异、涂膜耐盐雾性、耐候性良好，涂膜性能达到溶剂型聚脲产品的指标，符合水性化整体要求。

### 2 水性聚脲的市场应用前景

#### 2.1 进一步优化原材料的采购

首先，在开发新型原材料中，通过加大研发投入，寻找新型、价格更为合理且性能优良的原材料来部分替代现有成本较高的原材料。例如，探索新型的生物基原材料，既符合环保趋势，又可能在成本上具有优势。其次，拓展原材料供应渠道。除了现有的供应商，积极开拓新的供应渠道，引入更多竞争，降低对少数供应商的依赖。例如与新兴的原材料生产企业建立合作，获取更有竞争力的价格。此外，可以利用大数据预测原材料价格，借助大数据分析技术，对原材料市场价格走势进行精准预测。根据预测结果，合理安排原材料的采购时机和采购量，避免因价格波动带来的成本增加。

#### 2.2 创新生产工艺

积极引入人工智能、物联网等技术实现生产过程的智能化控制。通过实时监控生产设备的运行状态和生产数据，实现精准生产，减少生产过程中的浪费和次品率，提高生产效率，从而降低单位产品的生产成本。通过研发和采用更加绿色环保的生产工艺，不仅能减少对环境的影响，还可能降低生产过程中的能耗

和废弃物处理成本<sup>[2]</sup>。例如，探索水相法、无溶剂法等新型生产工艺，提高原子利用率，减少副产物的产生。此外，还可以推动水性聚脲生产从间歇式向连续化生产转变。连续化生产可以提高设备的利用率，减少生产过程中的启停次数，降低能源消耗和设备维护成本，同时提高产品质量的稳定性。

#### 2.3 产品研发与设计优化

在产品研发阶段，注重功能集成设计，使水性聚脲产品能够同时满足多种需求，减少客户为实现多种功能而额外增加的成本。例如，开发兼具防水、防腐、保温等多种功能的水性聚脲产品，提高产品的性价比。同时，在满足客户定制化需求的同时，注重产品的标准化设计。通过标准化的模块设计和生产，提高生产效率，降低定制化带来的成本增加，实现定制化与标准化的良好平衡。

#### 2.4 供应链管理强化

积极探索与上下游企业建立深度的战略合作伙伴关系，共同开展成本控制活动。例如，与供应商共同研发降低原材料成本的方案，与客户合作优化产品包装和运输方式，降低物流成本。同时，优化库存管理，采用先进的库存管理系统，如零库存管理（JIT）或经济订货量（EOQ）模型，合理控制原材料和成品的库存水平。减少库存积压占用的资金和仓储成本，同时避免因库存不足导致的生产中断。进一步整合物流资源，优化物流配送路线和运输方式。通过共同配送、循环取货等模式，提高车辆的装载率，降低单位产品的物流成本。

#### 2.5 市场与销售策略调整

通过市场调研和分析，精准定位目标市场和客户群体，制定针对性的市场营销策略。避免盲目推广导致的营销成本浪费，提高营销投入的回报率。除了传统的销售渠道，积极拓展电商平台、网络直播等新兴销售渠道。利用互联网的优势，扩大产品的销售范围，降低销售中间环节的成本，提高产品的市场覆盖率。

### 3 水性聚脲技术面临的挑战

#### 3.1 施工难度大

水性聚脲材料具有较高的粘度和快速固化的特点，这使得施工人员在操作过程中需要严格控制混合比例和施工时间。一旦比例失调或施工时间过长，就可能导致材料浪费、涂层质量下降等问题。此外，水性聚脲对基层的清洁度和干燥度要求极高，否则会影响涂层的附着力和使用寿命。这些因素都增加了水性聚脲技术的施工难度，对施工人员的技术水平和经验要求较高。

#### 3.2 环境因素影响大

水性聚脲技术的施工效果受到环境因素的影响较

大。例如，施工温度过低会导致材料固化速度减慢，影响施工进度和质量；而温度过高则可能使材料过快固化，造成涂层内部应力增大，降低使用寿命。此外，湿度过大也会影响涂层的干燥和固化效果。这些因素都增加了水性聚脲技术施工的不确定性和风险。

### 3.3 法规和标准不完善

目前，关于水性聚脲技术的法规和标准还不够完善。一方面，缺乏针对水性聚脲材料的具体法规和标准，导致市场监管不力；另一方面，一些现有的法规和标准可能无法完全适应水性聚脲技术的特点和需求。这些因素都限制了水性聚脲技术的进一步发展和应用。

### 3.4 低温干燥性能有待进一步提高

尽管水性聚脲在干燥速度方面有一定优势，但在低温条件下，其涂膜干燥性仍然比较差，这限制了其在一些寒冷地区或低温环境下的施工和应用。需要进一步研究改进，提高其在低温环境下的干燥性能。

## 4 水性聚脲技术面临挑战的应对策略

### 4.1 提高施工技术水平

针对水性聚脲技术施工难度大的问题，可以采取以下措施提高施工技术水平：一是加强施工人员的培训和教育，提高其技术水平和经验；二是推广先进的施工设备和工具，如自动化喷涂设备等，以提高施工效率和质量；三是制定详细的施工规范和标准操作流程，规范施工行为和质量要求。通过这些措施的实施，可以降低施工难度和风险，提高涂层质量和使用寿命。

### 4.2 加强环境适应性研究

针对水性聚脲技术受环境因素影响大的问题，可以加强环境适应性研究。一方面，可以开展针对不同环境条件下的水性聚脲材料性能研究和测试工作，以了解其在不同环境下的表现特点和规律；另一方面，可以开发新型的水性聚脲材料或添加剂来提高其对环境因素的适应性。例如，可以开发低温固化型水性聚脲材料或添加抗湿剂等来提高其在低温和高湿环境下的表现性能<sup>[3]</sup>。

### 4.3 完善法规和标准

针对水性聚脲技术法规和标准不完善的问题，可以积极呼吁相关部门和企业加强法规和标准建设。一方面，可以借鉴国内外先进经验和做法，制定和完善针对水性聚脲材料的法规和标准；另一方面，可以加强市场监管和执法力度，打击假冒伪劣产品和不正当竞争行为。同时，还可以加强行业自律和协作机制建设，共同推动水性聚脲技术的健康发展和应用。

### 4.4 加强低温性能研究

加大对水性聚脲低温干燥性能的研究投入，通过添加特殊的助剂、改进配方等方式，提高其在低温环

境下的干燥速度和质量。例如研究开发一些能够促进低温固化的催化剂或添加剂，改善水性聚脲在低温条件下的成膜性能。

## 5 水性聚脲技术的发展趋势

### 5.1 环保化

随着全球对环保问题的日益关注和重视，水性聚脲技术也将朝着更加环保的方向发展。一方面，可以开发新型的水性聚脲材料或添加剂来降低其生产和使用过程中的环境污染；另一方面，通过对废弃物的回收和处理工作，可以有效地减少资源浪费和环境污染。这些措施的实施将有助于推动水性聚脲技术的可持续发展和应用。

### 5.2 高性能化

随着科技的进步和需求的不断提高，水性聚脲技术也将朝着更高性能的方向发展。一方面，可以通过改进生产工艺和配方来提高水性聚脲材料的性能表现；另一方面，可以开发新型的水性聚脲材料或复合材料来满足不同领域和场合的需求<sup>[4]</sup>。例如，可以开发具有更高强度、更好耐磨性、更强耐化学腐蚀性的水性聚脲材料来满足特殊领域的需求。

### 5.3 智能化

随着智能化技术的不断发展和应用领域的不断扩大，水性聚脲技术也将朝着更加智能化的方向发展。一方面，可以通过智能化设备和技术来提高施工效率和质量；另一方面，可以通过智能化监测和管理系统来实时监测和控制涂层的质量和性能表现。这些措施的实施将有助于推动水性聚脲技术的智能化升级和应用。

## 6 结论

水性聚脲技术作为一种环保型高性能材料技术，具有广阔的市场应用前景和发展潜力。然而，在实际应用过程中也面临着一些挑战。本文深入分析了水性聚脲技术面临的挑战，并提出了相应的应对策略。未来随着科技的不断进步和环保理念的不断深入，相信水性聚脲技术将会得到更广泛的应用和推广，同时我们也需要不断关注和研究水性聚脲技术的新发展和新趋势以推动其不断创新和进步。

## 参考文献：

- [1] 刘建, 梁慧, 朱泽文, 等. 聚脲类水工混凝土防护涂层研究进展 [J]. 四川水力发电, 2024, 43(01):13-16.
- [2] 徐飞. 水工混凝土喷涂纯聚脲防护技术的应用研究 [J]. 内蒙古水利, 2022, (11):39-40.
- [3] 王家宇, 杜官本, 杨红星, 等. 聚乙烯亚胺与尿素合成高支化聚脲及其胶接性能 [J]. 林业工程学报, 2022, 7(2):97-102.
- [4] 姚旭, 姚伯龙, 宋健, 等. 水性光固化聚脲的制备与性能研究 [J]. 化工新型材料, 2023, 51(4):102-107, 114.