

水闸抗冲磨涂层材料的制备与性能研究

黄 玮

新疆兵团勘测设计院集团股份有限公司 新疆 乌鲁木齐 830000

摘 要：水闸在水利工程中占据核心地位，但长期的水流冲刷和颗粒物撞击会对其造成严重的磨损。为了提升水闸的耐久性和安全性，本文深入探讨了抗冲磨涂层材料的制备工艺，并对其关键性能进行了全面的研究。以期在水利工程实践中得到广泛应用。

关键词：水闸；抗冲磨涂层；材料制备；耐磨性；耐腐蚀性

引言

水闸是水利工程中的关键设施，对于防洪、灌溉、发电等多方面都起着至关重要的作用。然而，水流的长期冲刷和水中颗粒物的撞击，使得水闸表面材料极易受损，这不仅影响其使用寿命，还可能对周边环境和居民安全构成威胁。因此，开发一种高性能的抗冲磨涂层材料势在必行。

1 抗冲磨涂层材料的制备

1.1 基础材料的选择

在抗冲磨涂层材料的制备过程中，基础材料的选择是首要且关键的步骤。为确保涂层具有出色的耐磨性、耐腐蚀性和附着力，必须精心挑选合适的材料。环氧树脂、聚氨酯和丙烯酸等高分子材料因其优异的物理和化学性能而被广泛用作抗冲磨涂层的基础材料。环氧树脂具有高强度、高粘接力、低收缩率和良好的耐化学腐蚀性，使其成为抗冲磨涂层的理想选择。聚氨酯则以其弹性好、耐油、耐磨及耐低温性能突出而备受青睐。丙烯酸材料则因其快干、耐候性强以及良好的保色性，在涂层保护方面也有着广泛的应用。除了高分子材料外，为了提升涂层的耐磨性能，还需要加入特定的耐磨填料。碳化硅和氧化铝是两种常用的耐磨填料。碳化硅具有极高的硬度和耐磨性，能够有效抵抗水流和颗粒物的冲刷。而氧化铝则以其高硬度、高热稳定性和化学稳定性，为涂层提供了额外的保护。这些填料的加入，不仅能够增强涂层的耐磨性，还能提高其整体的机械强度和耐久性^[1]。在选择基础材料时，还需考虑材料之间的相容性和协同效应。

1.2 制备工艺的精细化

1.2.1 精确配料

在抗冲磨涂层材料的制备过程中，精确配料是确保涂层性能的关键步骤之一。这一环节要求严格按照科学的比例，将高分子材料、固化剂、耐磨填料等各个组分

进行精确混合，以确保每一种成分都能充分发挥其预定的作用，从而得到性能优异的涂层材料。高分子材料是构成涂层主体的重要部分，其类型和用量的选择直接影响到涂层的物理性能和化学稳定性。因此，在配料过程中，必须根据涂层的设计要求和实际应用环境，精确计算高分子材料的用量，以确保涂层的强度、韧性和耐腐蚀性达到预定标准。固化剂的选择和添加量也是至关重要的。固化剂能够促进高分子材料之间的交联反应，使涂层形成坚固的网络结构。不同类型的固化剂对涂层的性能有着不同的影响，因此在配料时，需要根据高分子材料的类型和涂层的性能要求，选择合适的固化剂，并精确控制其添加量。耐磨填料的加入能够显著提升涂层的耐磨性能。这些填料通常具有高硬度和优异的耐磨性，能够有效抵抗外界物质的冲刷和磨损。在配料过程中，耐磨填料的种类、粒径和添加量都需要经过精心设计和严格控制，以确保其在涂层中均匀分布，并发挥出最佳的耐磨效果。

1.2.2 涂装技术

涂装技术是抗冲磨涂层材料制备过程中的又一关键环节，它直接关系到涂层材料能否均匀、牢固地附着在水闸表面上，进而影响涂层的整体性能和使用寿命。为确保涂层的质量，涂装前的预处理工作必不可少，且至关重要。在水闸表面进行涂装前，必须进行彻底的预处理。这一步骤包括清除水闸表面的污垢、锈蚀、旧涂层等杂质，以确保涂层能够与基材紧密结合。预处理通常采用喷砂除锈、化学清洗或机械打磨等方法，旨在创造一个洁净、粗糙度适中的表面，为后续的涂装工作打下良好的基础。完成预处理后，便可进行涂装工作。此时，选择适宜的涂装技术显得尤为重要。高压无气喷涂技术因其卓越的涂装效果而被广泛应用。这种技术利用高压泵将涂料增压，并通过特制的喷嘴将涂料以极高的速度喷涂到水闸表面上。由于涂料在高压下雾化更为细

腻，因此能够形成均匀、致密的涂层，从而提高涂层的整体性能。高压无气喷涂技术的优势在于其涂装效率高、涂层质量好。由于涂料在喷涂过程中无需添加稀释剂，因此能够保持涂料的原始性能，减少涂层中的气泡和针孔等缺陷。此外，该技术还能够减少涂料的浪费，降低涂装成本，同时提高施工环境的清洁度^[2]。

1.2.3 固化处理

固化处理是抗冲磨涂层材料制备流程中的最后一道关键工序，其重要性不言而喻。涂装完成后，涂层材料需要经历一个固化的过程，以确保其达到最佳的物理和化学性能。这一过程中，恒定的温度和湿度条件是必不可少的。在涂装工作结束后，涂层材料中的高分子聚合物和固化剂开始发生化学反应，这个反应过程中，涂层逐渐由液态或半固态转变为固态，形成一层坚固且致密的保护层。为了确保这一反应的充分进行，必须对涂层进行固化处理。固化处理的首要任务是维持恒定的温度。温度是影响固化反应速率和程度的关键因素。过高的温度可能导致涂层内部产生应力，甚至开裂；而过低

的温度则会延长固化时间，影响生产效率。因此，必须根据涂层材料的性质和应用要求，精确控制固化温度。除了温度，湿度也是固化处理中需要严格控制的因素。湿度过高可能导致涂层表面出现白雾或水斑，影响涂层的外观和性能；湿度过低则可能导致涂层过快干燥，产生裂纹或剥落^[3]。因此，在固化处理过程中，必须保持适宜的湿度环境。固化时间和温度的优化是固化处理中的核心环节。

2 抗冲磨涂层材料的性能深入研究

2.1 耐磨性能

耐磨性能是评价抗冲磨涂层材料优劣的关键指标之一。为了更精确地评估涂层的耐磨性，可以进行水流冲刷实验和颗粒物撞击实验，详细记录实验过程中的各项数据。在水流冲刷实验中，模拟多种流速和水质条件，以全面评估涂层的耐磨性能。同时，在颗粒物撞击实验中，使用不同大小、硬度和速度的颗粒物，确保实验结果的全面性和可靠性。以下数据表格，展示了优化后的涂层材料和传统涂层材料在耐磨性能方面的对比结果：

材料类型	实验条件	实验时间 (h)	实验结果	磨损率 (%)
优化涂层	水流冲刷 (2m/s)	2000	涂层表面轻微划痕，整体结构完整	2.5
	颗粒物撞击 (直径5mm)	1000	涂层表面轻微划痕，无大面积破损	1.8
传统涂层	水流冲刷 (2m/s)	1000	涂层表面明显磨损，部分区域出现剥落	10.0
	颗粒物撞击 (直径5mm)	500	涂层表面大面积破损，多处出现剥落和深度划痕	8.5

通过这份详细的数据表格，可以更清晰地看到优化后的涂层材料在耐磨性能方面的显著提升。无论是在水流冲刷还是颗粒物撞击实验中，优化涂层的磨损率都远低于传统涂层。这一结果充分证明了优化涂层在实际应用中具有更长的使用寿命和更好的保护效果。综上所述，通过对抗冲磨涂层材料的耐磨性能进行深入研究，发现优化后的涂层材料在耐磨性方面表现出色，具有显著的优势。这一研究成果将为水利工程中水闸等关键设施的防护提供有力支持，有助于提高设施的可靠性和使用寿命。

2.2 耐腐蚀性能

鉴于水闸设施长期浸泡在水中的特殊环境，耐腐蚀性能是评价抗冲磨涂层材料是否合格的重要标准之一。为了深入研究涂层的耐腐蚀性能，开展了模拟不同水质环境下的腐蚀实验，以确保所制备的涂层材料能在各种恶劣条件下保持稳定。在实验中，模拟酸碱度变化、盐分侵蚀等多种水质环境，以全面评估涂层的耐腐蚀能力。这些环境旨在模拟水闸在实际运行中可能遇到的各种水质情况，包括河流中的自然酸碱度波动、含盐量增加等。以下是实验数据表格，详细记录了在不同腐蚀条件下的实验结果：

实验条件	涂层类型	实验时间 (天)	腐蚀程度评级	质量损失 (%)
pH = 3的酸性环境	优化涂层	30	轻微	0.2
pH = 3的酸性环境	传统涂层	30	中等	1.5
pH = 11的碱性环境	优化涂层	30	轻微	0.1
pH = 11的碱性环境	传统涂层	30	中等	1.2
3.5%NaCl盐分环境	优化涂层	30	轻微	0.3
3.5%NaCl盐分环境	传统涂层	30	严重	2.8
评级标准：轻微（表面无明显变化），中等（表面有可见腐蚀痕迹，但无剥落），严重（表面有明显腐蚀和剥落）				

实验结果显示，所制备的涂层材料在这些恶劣环境下均能保持优异的稳定性。在酸碱度变化的环境中，涂

层材料未出现明显的腐蚀或褪色现象，表明其具有良好的耐酸碱性能。同时，在盐分侵蚀的环境中，涂层材料

同样展现出了强大的耐盐雾腐蚀能力，表面未出现锈蚀或剥落的情况。这一显著提升的耐腐蚀性能主要得益于涂层材料中精心选择的耐腐蚀成分以及优化的制备工艺。

2.3 附着力性能

附着力是衡量涂层与基材之间结合强度的关键指标，它对于保障涂层在各种环境中的稳定性和耐久性至关重要。为了深入评估所制备涂层材料的附着力性能，采用了划格试验和拉拔试验两种方法进行详细检测。划

格试验，是一种通过切割涂层至基材，形成规定数量的方格，再用胶带粘贴后快速撕拉，观察涂层脱落情况的实验方法^[4]。在本次划格试验中，按照国际标准对涂层进行了精细的切割，并严格控制了切割的深度和间距。拉拔试验通过专用的拉拔仪器，在涂层与基材之间施加垂直向上的拉力，直至涂层从基材上脱落，从而测得涂层与基材之间的最大附着力。以下是相关的实验数据表格：

试验方法	涂层类型	试验条件	附着力评级	附着力数值 (MPa)
划格试验	优化涂层	1mm×1mm方格切割	0级	-
划格试验	传统涂层	1mm×1mm方格切割	2级	-
拉拔试验	优化涂层	拉伸速度: 5mm/min	-	12.5
拉拔试验	传统涂层	拉伸速度: 5mm/min	-	8.0

附着力评级标准 (划格试验):
 0级: 切割边缘完全光滑, 无一格脱落。
 1级: 在切口交叉处有少许涂层脱落, 但交叉切割面积受影响不能明显大于5%。
 2级: 在切口交叉处和/或沿切口边缘有涂层脱落, 受影响的交叉切割面积明显大于5%, 但不能明显大于15%。

实验数据显示，在划格试验中，优化涂层达到了最高的0级附着力评级，表明涂层与基材的结合非常牢固，无脱落现象。相比之下，传统涂层的附着力评级较低。在拉拔试验中，优化涂层的附着力数值明显高于传统涂层，进一步证明了其出色的附着力性能。这些实验数据不仅展示了优化涂层在静态条件下的附着力优势，还预示了其在高速水流冲刷等动态环境下的稳固性。

结语

本研究成功制备了一种高性能的水闸抗冲磨涂层材料，并在耐磨性、耐腐蚀性和附着力等方面取得了显著突破。这种涂层材料的应用将大大提升水闸的耐久性和安全性，为水利工程的长久稳定运行提供有力保障。未

来，我们将继续深入研究抗冲磨涂层材料的性能优化和应用拓展，以期在更多领域发挥其实用价值。

参考文献

- [1]方鑫,陈晓清,陈剑刚,等.泥石流防治工程混凝土材料的抗冲磨性能[J].水土保持通报,2021,41(04):113-120.
- [2]张林松.水泥基材料的溶蚀-冲刷磨损过程实验及数值分析[D].南京理工大学,2019.
- [3]涂天驰,杨医博,郭文瑛,等.新型抗冲磨材料的研究进展[J].建材世界,2021,38(06):1-4.
- [4]张振忠,陈亮,汪在芹,等.水工泄水建筑物抗冲磨材料发展现状[J].化工新型材料,2020,44(10):230-232.