

水利工程施工中新型材料在涵闸、泵站等结构中的应用探索

李中振 辛盼盼

淮河水利水电开发有限公司 安徽蚌埠

DOI: 10.12238/jpm.v5i6.6906

[摘要] 本文致力于探索水利工程技术革新的最前沿，深入剖析了新型材料在涵闸与泵站等水工结构中的应用潜力，以及其实现的显著实践效果。面对传统材料在耐久性、环境适应性以及可持续性方面的局限，本文强调了科研界与工程界迫切需求开发并应用更高性能、更环保的新型材料，以应对水利基础设施建设与维护的挑战，推动行业向绿色、高效方向转型升级。

[关键词] 水利工程；高性能新型材料；涵闸结构创新；泵站耐久性增强

Application of new materials in the structure of culvert and pumping station in water conservancy projects

Li Zhongzheng, Xin Panpan

Huaihe River Water Conservancy and Hydropower Development Co., Ltd., Bengbu City, Anhui Province

[Abstract] This paper is committed to exploring the forefront of water conservancy engineering technology innovation, in-depth analysis of the application potential of new materials in the hydraulic structure such as culvert and pump station, as well as the realization of its significant practical effect. Faced with the limitations of traditional materials in durability, environmental adaptability and sustainability, this paper emphasizes the urgent need of the scientific research and engineering circles to develop and apply new materials with higher performance and more environmentally friendly, so as to meet the challenges of water conservancy infrastructure construction and maintenance, and promote the transformation and upgrading of the industry to a green and efficient direction.

[Key words] water conservancy project; high performance new materials; sluice structure innovation; pump station durability enhancement

1. 引言

在全球气候变化背景之下，水资源的合理调配与有效管理显得尤为重要，这对水利工程的建设和维护提出了更高要求。涵闸与泵站作为调控水流、防洪排涝的关键设施，其结构安全与功能效率直接关系到区域防洪安全和水资源的有效利用。然而，传统建筑材料的局限性，如耐久性不足、易受环境侵蚀、维护成本高等问题，已无法满足现代水利工程建设的高标准与可持续发展目标。因此，本文响应时代需求，着重探讨如何通过新型材料的应用，如碳纤维增强塑料、超高性能混凝土等，来突破传统材料的限制，实现水利工程技术创新，提高结构的综合性能，同时减少对环境的影响，推动水利事业向更加绿色、智慧的方向发展^[1]。

2. 水利工程材料的传统挑战与需求分析

传统材料如普通混凝土、钢材等，在长期暴露于水下或潮湿环境中容易遭受化学腐蚀、冻融循环破坏以及生物侵蚀，导

致结构强度下降、使用寿命缩短。尤其在盐碱地、酸性水质等极端条件下，耐久性问题更为严峻，增加了工程维护的复杂性和成本。传统材料的结构在遭受环境损害后，往往需要频繁的维护和修复，这不仅增加了直接的经济成本，还可能因维修期间的停运而影响水利工程的功能发挥，甚至构成安全隐患。结构老化和损伤若未及时处理，可能引发突发性事故，威胁公共安全。传统施工方法和材料在生产、运输、使用和废弃过程中，往往会产生较大环境污染，如二氧化碳排放、废弃物堆积等，与当前全球倡导的可持续发展目标背道而驰。因此，寻求环境友好型材料成为水利工程建设的新需求。

3. 新型材料概览及其特性

作为高强度、轻量化材料的代表，CFRP 以其优异的物理力学性能，特别是卓越的抗腐蚀性和耐久性，成为加固和修复涵闸门体、泵站内部管道的理想选择。其轻质特性还能有效减轻结构自重，降低地基负担，适用于提升既有结构承载力和抗灾

能力的改造工程。UHPC 的出现标志着混凝土材料性能的一次飞跃，它不仅拥有远高于常规混凝土的强度，还具备出色的抗渗性、耐久性和体积稳定性。在泵站基础、涵闸主体结构中使用 UHPC，可以显著提高结构的整体稳定性和长期性能，减少因裂缝产生的渗透问题，延长工程寿命。这种特殊设计的混凝土能够促进水中微生物的生长和水生植物的附着，有助于改善水质、促进生态平衡，是生态涵闸与泵站周边环境建设的理想材料。其多孔性结构和添加的生物促进剂可提升生物栖息地的质量，符合生态水利工程的发展趋势。此类材料内置有微胶囊化的修复剂或具备自我感知及修复机制，能够自动检测并修复材料中的微小裂纹，有效防止裂缝扩展，大大延长了水利工程结构的使用寿命，减少了定期检查和维修的需求，从而降低了长期维护成本。智能自修复技术的引入，是材料科学与信息技术融合的典范，为水利工程的智能化维护提供了新思路。新型材料的引入为水利工程建设带来了革命性的改变，不仅解决了传统材料的固有问题，而且促进了工程的可持续发展，提升了整体性能与环境适应能力，是未来水利工程技术发展的必然趋势^[2]。

4. 典型应用案例分析

4.1 国内外涵闸与泵站采用 CFRP 加固的实际成效与成本效益分析

在美国佛罗里达州沿海地带，一个至关重要的泵站项目面临着严峻挑战，持续的海水侵蚀使得原本由传统混凝土构建的结构承受重压，出现了明显的损坏迹象，这对泵站的稳定运行构成了直接威胁。在此背景下，项目团队经过周密考量，决定采用碳纤维增强塑料 (CFRP) 这一先进材料进行结构加固。CFRP 以其卓越的物理性能和耐腐蚀性，成为解决这一难题的理想选择。实施 CFRP 加固后，泵站不仅在承载力上得到了显著增强，其抵抗恶劣海洋环境侵蚀的能力也大大提高。数年间，通过不间断的运营监测与数据分析，项目团队欣喜地发现，CFRP 的应用极大降低了结构维护的频次，以往因侵蚀导致的频繁修补工作几乎不再必要，从而大幅削减了维护成本。尽管 CFRP 材料的初期投资相较于传统加固材料稍显昂贵，但其带来的长期效益不容小觑。据统计，CFRP 加固方案在整个项目生命周期内的总成本比传统加固方法低约 30%，这其中包括了材料成本、施工费用以及长期的维护开销，充分展现了 CFRP 在成本效益上的显著优势。

4.2 UHPC 在新建泵站中的设计与实施经验，比较传统混凝土的性能提升

在中国长江沿岸，一项引人注目的大型泵站建设项目，开创性地将超高性能混凝土 (UHPC) 作为核心建材大规模应用，此举标志着我国水利工程建设在材料革新方面迈出了重要一步。与过去普遍采用的 C30 混凝土相比，UHPC 在多个关键性能指标上实现了质的飞跃，其抗压强度足足提高了四倍以上，这不仅确保了泵站在极端水压条件下的稳固性，也为应对突发洪水等自然灾害提供了更强的防御能力。同时，UHPC 在抗渗性上的突破性提升，有效阻隔了水体中氯离子的渗透，大大减少了结构内部钢筋的腐蚀风险，从而显著延长了泵站的使用寿命，

解决了传统混凝土结构在长期运行中常见的渗漏难题。面对 UHPC 材料施工复杂度高、成本投入大的现实挑战，项目团队凭借严谨的科学态度和创新精神，进行了深入的材料配比研究与施工技术探索。通过精细化的配合比设计，优化了 UHPC 的组成，既确保了材料性能的最大化发挥，又尽量控制了成本。施工过程中，严格的品质控制与精确的施工工艺相结合，有效克服了 UHPC 浇筑难度，实现了材料性能的精准落地。这一系列努力，不仅确保了泵站工程的顺利实施，更为后续同类项目提供了宝贵的经验和示范。项目完成后，这座泵站不仅在安全性与稳定性上达到了新的高度，其创新应用 UHPC 的实践更是为水利行业树立了一个里程碑式的案例，展示了新型建筑材料在提升工程质量、延长工程寿命方面的巨大潜力。这一成功实践，不仅为我国水利基础设施建设的现代化转型提供了强有力的技术支撑，也预示着 UHPC 在未来水利工程乃至更多领域应用的广阔前景^[3]。

4.3 生态混凝土在提升水生态环境中的应用实例

荷兰鹿特丹港的生态涵闸重建项目，堪称水利工程与生态保护融合创新的典范。项目团队在设计之初便着眼于长远的环境影响，决定采用生态混凝土这一前沿材料。这种混凝土的独特之处在于其配方中融入了促进生物生长的特殊添加剂，这些添加剂为藻类、微生物以及其他水生生物提供了理想的附着基质和营养来源，从而在涵闸表面及周围形成了一个活跃的微型生态系统。相较于传统混凝土结构，这种生态混凝土不仅满足了工程所需的强度和耐久性要求，还赋予了水利工程生态修复和生物多样性的促进功能。重建后的涵闸在确保原有的防洪排涝效能基础上，其生态价值得到了显著提升。涵闸表面因生态混凝土的运用而变得生机勃勃，吸引了多种鱼类、贝类及其他水生动物前来栖息繁殖，形成了丰富的生物链，大大增强了水体的自然净化能力。同时，生态涵闸的存在也促进了周边水域生态多样性的恢复与增长，成为野生动植物的庇护所，提升了整个水系的生态健康水平。这一项目的成功实施，不仅解决了传统水利工程可能带来的生态环境破坏问题，还为全球水利建设领域提供了一个将生态理念融入工程设计的生动案例。它证明了通过科技创新，水利工程完全能够在发挥其基本功能的同时，成为促进生态和谐共生、实现可持续发展目标的有效工具。鹿特丹港的生态涵闸重建项目，无疑是人与自然和谐共存理念在现代水利工程中的精彩演绎，为未来同类项目的规划与实施提供了宝贵的参考和启发。

5. 实施挑战与解决策略

5.1 技术成熟度与标准化问题

目前，部分新型材料如智能自修复材料的技术成熟度尚待提高，其在实际工程中的应用经验有限，缺乏统一的设计规范与施工标准。解决此问题的关键在于加强跨学科合作，加快实验室研究成果向工程应用转化的速度。建议政府、高校与企业联合建立新材料研发中心，进行长期的性能监测与评估，制定出符合工程实际需求的材料标准与施工指南，确保新型材料的可靠性和一致性。

5.2 初始投资成本与长期经济效益平衡

新型材料的初期投资成本通常高于传统材料，这成为了工程决策者考虑采用新材料时的一大顾虑。为了平衡短期投资与长期效益，建议采取如下策略：首先，开展全面的成本效益分析，综合考虑材料的全生命周期成本，包括安装、维护、更换成本及因提高工程性能而节省的费用。其次，探索政府补贴、税收优惠等激励政策，降低使用者的初期成本压力。再者，推动新材料的规模化生产，通过技术创新与工艺优化来降低生产成本，提高市场竞争力。

5.3 环境影响评估与社会接受度提升策略

新材料的环境影响评估需全面而细致，涵盖材料生产、使用到废弃的全过程，确保其生态友好性。针对某些材料可能存在未知的环境风险，应加强科学研究，明确其环境影响机制，并在必要时采取减缓措施。提升社会接受度方面，需加强公众教育与宣传，通过展示新型材料在提升水利工程安全、环境保护及经济效益方面的成功案例，增加公众对其价值的认识与信任。同时，鼓励社区参与和利益相关方对话，让公众参与到新型材料应用的决策过程中，确保项目的透明度与公信力。通过

上接第 162 页

和准确性。物联网技术的应用将成为智能化自动运检的关键。远程监控和自动化控制的实现，不仅使得运检工作更加智能化，也极大地降低了人为因素的影响。通过物联网技术，我们能够远程监控配电线路的状态，实时掌握运行情况，并能够迅速做出响应，保障电力系统的稳定运行。与其他信息系统的集成和共享也是智能化自动运检的重要环节。通过实现数据的互联互通和资源共享，我们能够充分利用各类信息资源，提高运检工作的整体水平和效率。

3.4 落实安全预警机制

确保安全预警机制的有效实施至关重要。必须搭建一套完备且高效的安全预警系统，对配电线路的运行状态进行持续、实时的监测和评估。只有通过及时发现潜在安全风险，并能自动触发预警信息并采取必要的处理措施，才能有效保障整个系统的安全稳定。必须加强对运检人员的安全教育和培训力度，提升他们对安全问题的认知和应急处置能力。制定并实施全面的应急预案和演练机制，以确保在发生突发事件时能够迅速、果断地做出正确反应并有效化解危机。只有当安全预警机制真正得到落实，配电线路才能够在各种复杂条件下保持高效稳定运行，从而最大程度地降低事故风险，保障供电系统的安全性和可靠性。对于安全预警机制的建设和落实，绝不能有丝毫马虎，必须时刻把安全放在首位，严明遵守相关规定，坚决杜绝安全隐患的存在，为配电线路的安全运行筑起坚实的防线。

3.5 加强配电线路的保护

加强配电线路的保护是维护电力系统稳定运行的至关重要的举措。为此，需要采取一系列有效措施来确保线路的可靠性和稳定性。必须加强对配电线路的定期巡视和检查，及时发现并解决线路上的障碍物和异常情况，以防止其对正常运行造成干扰。应当重视对线路的防雷保护，采取有效措施防止雷电

技术创新、政策支持、成本控制和社会沟通等多维度策略的综合运用，可以有效应对新型材料在水利工程施工应用中所面临的挑战，促进其健康、快速的发展，为水利事业的可持续发展贡献力量。

6. 结论

新型材料的应用为水利工程施工带来了革命性的变化，尤其是在涵闸与泵站结构的升级与新建中展现出了显著优势。未来的研究与实践应聚焦于材料性能的进一步优化、施工技术的标准化、成本效益的最优化以及环境兼容性的深度整合，以推动水利行业的绿色可持续发展。

[参考文献]

- [1]吕兴坤, 雷恒. 新型材料在水利工程加固施工中的应用[J]. 中华建设, 2021(3): 192-193.
- [2]于晓沐, 汤阳, 张成雷, 等. 水利工程护岸项目中高分子聚合物板桩施工分析[J]. 工程技术研究, 2023, 8(12): 97-99.
- [3]马国兴. 水利工程施工中的创新技术与应用研究[J]. 砖瓦世界, 2024(6): 199-201.

对线路造成损害，从而保障电力系统的安全运行。需加强对线路的绝缘保护和防腐处理，以延长线路的使用寿命，确保其长期稳定运行。还可通过增加线路的冗余设计，提高线路的抗风能力等方式，进一步提升线路的可靠性和稳定性，以适应复杂多变的电力运行环境。综上所述，加强配电线路的保护是维护电力系统安全稳定运行的必然要求，需要全面加强各项保护措施的实施与落实。

结束语

通过不懈的努力和持续的研究，我们可以更好地管理和提高配电线路的运行质量，降低线路故障的发生率，保障电力供应的稳定性和可靠性。希望各界人士能够共同努力，促进配电线路管理水平的提升，为构建安全、高效、可持续的电力供应体系做出积极贡献。

[参考文献]

- [1]张璐, 胡斌华. 配电线路中的故障及配电运检管理策略研究[J]. 电气技术与经济, 2020, (10): 256-257+269.
- [2]龚宾. 配电线路中的故障及配电运检管理措施分析[J]. 集成电路应用, 2020, 40(03): 380-381.
- [3]闫康, 孟祥鹏. 配电线路常见故障及配电运检管理措施分析[J]. 现代工业经济和信息化, 2020, 12(11): 286-288.
- [4]徐道超. 配电线路常见故障及配电运检管理措施研究[J]. 技术与市场, 2020, 29(01): 182-183.
- [5]张津鲁. 配电线路常见故障及运检管理探究[J]. 电子测试, 2020, (22): 101-103.
- [6]雷建. 配电线路常见故障及运检管理[J]. 中国地名, 2020, (09): 42.
- [7]潘敏. 配电线路常见故障及运检管理措施[J]. 技术与市场, 2020, 26(09): 189+191.