

# 新型材料在水工建筑中的应用研究

文 / 郭瑶瑶 黄河勘测规划设计研究院有限公司天津设计院

**摘要:** 本文首先介绍了水工建筑的基本特点与要求, 强调了其对高性能、长寿命及环境友好性材料的需求。随后, 概述了新型材料的定义、特点、分类及发展趋势, 指出其在水工建筑中的高适用性。接着, 详细阐述了高性能混凝土、新型防水材料、复合材料及智能材料在水工建筑中的具体应用, 如防渗工程、结构加固及水工监测等, 展现了新型材料带来的技术革新与性能提升。同时, 文章也指出了新型材料应用面临的技术难点, 如与传统材料的兼容性、施工技术与工艺及成本控制等, 并提出了相应的解决方案。

**关键词:** 新型材料; 水工建筑; 高性能混凝土; 新型防水材料; 复合材料

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.05.029

## 引言

在当今社会, 随着经济的快速发展和人口的不断增长, 水资源的管理与利用显得尤为关键。水工建筑, 作为水利工程的核心组成部分, 承担着蓄水、防洪、灌溉、发电等多重任务, 对于保障国家水资源安全、促进经济社会可持续发展具有举足轻重的地位。然而, 传统的建筑材料与施工技术已难以满足现代水工建筑对高性能、长寿命及环境友好性的迫切需求。

近年来, 随着材料科学的飞速进步, 一系列新型材料应运而生, 它们以优异的物理、化学性能, 为水工建筑的设计与施工带来了前所未有的变革。这些新型材料不仅具有高强度、高耐久性、抗渗性好等显著特点, 还能够有效降低施工难度, 提高工程质量, 甚至实现结构的智能化监测与维护。因此, 探索新型材料在水工建筑中的创新应用, 已成为当前水利工程领域的研究热点。

## 一、水工建筑的基本特点与要求

### (一) 水工建筑的定义与分类

水工建筑, 顾名思义, 是指与水利工程相关的各类建筑物和构筑物, 它们是人类为了合理开发、利用、保护和管理水资源而建造的重要基础设施。水工建筑种类繁多, 按照其功能和用途, 大致可以分为蓄水建筑(如水库、水坝)、输水建筑(如渠道、管道)、泄水建筑(如溢洪道、泄水闸)、水力发电建筑(如水电站厂房)、港口与航道建筑(如码头、船闸)以及水工隧洞等。这些建筑物不仅在水利工程中发挥着关键作用, 而且也是国家经济发展和人民生活的重要保障。

### (二) 水工建筑的环境特点

水工建筑所处的环境通常较为复杂且多变, 这对其设计与施工提出了严峻挑战。首先, 水工建筑往往直接暴露于自然环境中, 受到水文、地质、气候等多种因素的影响。例如, 河流的流量、水位变化、泥沙含量等水文条件会直接影响水工建筑的安全与稳定; 地质条件则决定了建筑地基的稳固性, 以及是否需要采取特殊的地基处理措施; 而气候条件, 如降雨、风速、温度等, 也会对建筑材料的耐久性、抗风压能力等提出要求。此外, 水工建筑还需考虑长期受水浸泡、冲刷、腐蚀等特殊环境因素的影响, 因此对其材料的防水性、抗渗性、耐腐蚀性有着极高的要求。

## (三) 水工建筑对材料的要求

鉴于水工建筑所处环境的复杂性和功能的特殊性, 其对建筑材料提出了严格的要求。首先, 材料必须具备良好的耐久性, 能够长期抵抗自然环境中的物理、化学侵蚀, 保持结构的稳定性和完整性。其次, 抗渗性是水工建筑材料不可或缺的性能之一, 因为任何渗漏都可能导致结构损坏、功能失效甚至安全事故。因此, 材料必须能够有效阻止水分渗透, 确保建筑内部的干燥和安全。此外, 水工建筑还需要材料具备足够的力学性能, 如抗压、抗拉、抗剪等强度指标, 以满足结构承载和变形控制的需求。同时, 随着环保意识的增强, 水工建筑对材料的环保性也提出了更高要求, 即材料应具备可回收性、低污染性等特点, 以减少对自然环境的影响。综上所述, 水工建筑对材料的要求是多方面的、综合性的, 旨在确保建筑的安全、稳定、耐久和环保。

## 二、新型材料的概述与分类

### (一) 新型材料的定义与特点

新型材料, 是指在传统材料基础上, 通过科技创新和工艺改进而研发出的具有优异性能或特殊功能的一类材料。这些材料在物理、化学、力学或生物学等方面展现出不同于传统材料的独特性质, 为各行各业的发展带来了新的机遇。新型材料的特点主要包括: 高性能化, 即具有更高的强度、硬度、韧性、耐磨性、耐腐蚀性或抗老化性; 功能化, 如导电、导热、磁性、光学、声学等特殊性能; 轻量化, 通过优化材料结构或采用新型合金、复合材料等手段降低材料密度, 实现轻量化效果; 以及智能化, 即材料能够感知外界刺激并作出响应, 如形状记忆材料、自修复材料等。这些特点使得新型材料在诸多领域, 包括水工建筑, 具有广泛的应用前景。

### (二) 新型材料在水工建筑中的适用性

水工建筑因其特殊的工况和环境要求, 对材料的选择尤为严格。新型材料凭借其优异的性能和多样化的功能, 在水工建筑中展现出了极高的适用性。首先, 高性能混凝土等新型建筑材料能够显著提高水工建筑的耐久性和抗渗性, 延长工程使用寿命; 其次, 新型防水材料如防水涂料、防水卷材等, 能够有效解决水工建筑中的渗漏问题, 保障工程安全; 再者, 复合材料如碳纤维增强复合材料(CFRP)、玻璃纤维增强复合材料(GFRP)等, 因其轻质高强、耐腐蚀、易施工等特点, 被广泛应

用于水工建筑的加固、修补和新建工程中；最后，智能材料如形状记忆合金、压电材料等，虽然在水工建筑中的应用尚处于探索阶段，但其潜在的监测、预警和自适应功能为水工建筑的智能化管理提供了可能。

### （三）新型材料的分类

新型材料种类繁多，按照其性能和用途的不同，可以大致分为以下几类：一是高性能结构材料，如高强度钢、铝合金、钛合金等，它们具有优异的力学性能和加工性能，适用于承受高负荷、高应力的水工建筑结构；二是新型功能材料，如导电材料、导热材料、磁性材料、光学材料等，这些材料在水工建筑的监测、控制、通信等方面具有潜在应用；三是新型复合材料，如碳纤维复合材料、玻璃纤维复合材料、陶瓷基复合材料等，它们结合了不同材料的优点，具有轻质、高强、耐腐蚀等特性；四是智能材料，如形状记忆材料、压电材料、磁致伸缩材料等，这些材料能够感知外界刺激并作出响应，为水工建筑的智能化提供了新途径。

### （四）新型材料的发展趋势

随着科技的不断进步和需求的日益增长，新型材料的发展趋势呈现出以下几个特点：一是绿色化，即开发环保、可再生的新型材料，减少对自然资源的依赖和环境的污染；二是智能化，通过集成传感器、执行器等元件，实现材料的自我感知、自我决策和自我修复功能；三是多功能化，即开发具有多种功能于一体的新型材料，以满足水工建筑等复杂工程对材料性能的多元化需求；四是高性能化，不断提高材料的力学性能、耐久性和抗渗性等关键指标，以满足更高标准的工程要求。此外，新型材料的研发还将更加注重跨学科、跨领域的合作与创新，推动材料科学与水利工程、环境科学、信息技术等多学科的深度融合与发展。

## 三、新型材料在水工建筑中的具体应用

### （一）高性能混凝土在水工建筑中的应用

高性能混凝土因其高强度、高耐久性和良好的抗渗性，在水工建筑中具有广泛的应用。在水利工程建筑物中，如水库、大坝、堤防和渠道等，高性能混凝土能够承受更大的荷载和压力，提高工程的稳定性和安全性。例如，在水库大坝的建设中，高性能混凝土的高强度和抗渗性能够确保坝体的稳定性和安全性。同时，其抗冻融性和抗老化能力也保证了水利工程建筑物在长期使用和外界环境影响下的耐久性和稳定性。此外，高性能混凝土在堤防的建设中也发挥着重要作用。其抗渗性和耐久性能够确保堤防墙和堤身结构的安全性和稳定性，有效防止河流或海洋泛滥带来的危害。在渠道的建设中，高性能混凝土常用于渠道壁和渠底结构的建设，以保障农业灌溉和城市供水的顺利进行。高性能混凝土的应用不仅提高了水利工程的安全性、稳定性和可靠性，还降低了后期的维修和修缮成本，从而提升了水利工程的经济效益。随着技术的不断进步和人们对建筑材料性能要求的不断提高，高性能混凝土在水工建筑中的应用前景将更加广阔，为水利工程的可持续发展做出更大贡献。

### （二）新型防水材料在防渗工程中的应用

防渗工程作为水工建筑安全防线的关键环节，其成



图一 高性能混凝土坝体

功与否直接关乎整个建筑的使用寿命与效能。在这一领域，新型防水材料的涌现为防渗设计带来了革命性的改变。防水涂料，凭借其出色的渗透力与黏结强度，能深入基材表面形成无缝、致密的防水层，有效抵御水分侵袭，且施工灵活，适应性强。防水卷材则通过精密的搭接技术与严格的密封处理，构建起一道连续、可靠的防水屏障，无论面对何种复杂形状的防渗结构，都能游刃有余。而防水砂浆，则是强度与防水性的完美结合，既保留了传统砂浆的承重能力，又融入了先进的防水材料技术，特别适用于那些既需承受重载又需严格防水的关键部位。这些新型防水材料的应用，不仅大幅提升了防渗工程的可靠度与耐久性，更在施工效率、成本控制及环保性能上实现了显著优化，为水工建筑的防渗设计提供了更为丰富、高效的解决方案，助力构建更加坚固、持久的水利设施。



图二 防水施工

### （三）复合材料在结构加固中的应用

随着水工建筑长期承受自然环境与运行荷载的考验，结构老化、腐蚀及荷载变化导致的安全隐患日益凸显。在此背景下，复合材料，尤其是碳纤维增强复合材料（CFRP）与玻璃纤维增强复合材料（GFRP），凭借其轻质高强、卓越耐腐蚀性及便捷施工性，在水工建筑的结构加固领域大放异彩。这些高性能材料可通过粘贴、缠绕等高效施工方式，紧密贴合于受损的混凝土、钢铁

或木质结构上，不仅显著提升了结构的承载能力，还极大增强了其抗震性能与耐久性。以大坝为例，面对裂缝这一常见病害，复合材料能精准封闭裂缝，恢复并增强大坝的整体结构强度；而在闸门加固方面，复合材料以其轻质优势替代传统钢板，有效减轻了结构自重，同时其出色的抗腐蚀性能确保了闸门长期稳定运行。复合材料加固技术不仅施工迅速、对原有结构干扰小，更在提升加固效果、延长使用寿命方面展现出无可比拟的优势，为水工建筑的安全运维提供了强有力的技术支撑。

#### （四）智能材料在水工监测中的应用

智能材料，作为现代科技的前沿产物，正逐步革新着水工建筑的监测与预警体系。形状记忆合金，这一神奇的材料，能够敏锐地感知环境温度的细微变化，并据此产生精确的变形反应，为水工建筑内部的温度分布及应力状态提供了直观的监测手段。与此同时，压电材料以其独特的机电转换特性，高效地将结构的微小振动或变形转化为可测量的电信号，或反向工作，为结构健康监测开辟了新的维度。光纤传感器，则利用光的传输特性，通过精确测量光信号在传输过程中的变化，实现了对结构应力、温度、位移等多重参数的实时监测，其高精度与长距离传输能力，极大地提升了监测的广度与深度。

这些智能材料被巧妙地嵌入水工建筑的结构内部或紧密附着于表面，如同建筑的“神经网络”，24小时不间断地守护着结构安全。它们不仅显著增强了水工建筑的安全性及可靠性，使得潜在的安全隐患得以早期发现与及时处理，还为工程的日常维护、性能评估及决策制定提供了翔实的数据支持与科学依据，推动了水工建筑管理向智能化、精准化迈进。

#### 四、新材料应用的技术难点与解决方案

##### （一）新材料与传统材料的兼容性

在新材料应用于水工建筑的过程中，一个显著的技术难点在于其与传统材料的兼容性。由于新材料往往具有独特的物理、化学性质，与传统材料在力学性能、热学性能、电化学性能等方面可能存在较大差异，这导致两者在结合时容易产生界面不兼容、应力集中、化学反应等问题。为了解决这一难题，研究者们采取了多种措施。一方面，通过研发特殊的界面处理剂或黏结剂，改善新材料与传统材料之间的黏结性能，确保两者能够紧密结合、协同工作。另一方面，优化结构设计，采用过渡层或渐变层等设计手法，减少因材料性质差异带来的应力集中现象。此外，还可以利用计算机辅助设计和仿真分析技术，对新材料与传统材料的结合部位进行精细化设计和优化，以确保结构的整体性能和稳定性。

##### （二）新材料的施工技术与工艺

新材料的应用不仅要求材料本身具有优异的性能，还需要与之相匹配的施工技术和工艺。然而，由于新材料往往具有特殊的加工和成型要求，传统的施工技术和工艺可能无法满足其需求。例如，高性能混凝土的浇筑和振捣需要严格控制施工参数，以确保混凝土的密实度和强度；新型防水材料的施工则需要精确控制涂

层厚度和均匀性，以保证防水效果。为了解决这些问题，施工单位需要不断学习和掌握新型材料的施工技术和工艺，加强施工人员的培训和教育。同时，还需要与材料供应商紧密合作，共同研发适合新型材料的施工设备和工具，提高施工效率和质量。此外，还可以利用现代科技手段，如自动化施工设备、智能监控系统等，实现施工过程的精准控制和实时监测，确保新材料的应用效果达到最佳。

##### （三）新型材料的成本控制与经济性分析

新材料虽然具有优异的性能和广泛的应用前景，但其成本往往较高，这成为制约其大规模应用的主要因素之一。为了降低新材料的成本并提高其经济性，可以从多个方面入手。首先，通过优化材料配方和生产工艺，提高材料的生产效率和产品质量，从而降低生产成本。其次，加强材料研发与应用的产学研合作，推动技术创新和成果转化，降低材料的技术成本。同时，还可以考虑采用规模化生产、集约化经营等方式，降低材料的采购和物流成本。在经济性分析方面，需要综合考虑新材料的应用效果、使用寿命、维护成本等因素，与传统材料进行全面对比。通过建立经济评价模型和指标体系，对新材料的应用进行量化分析和评估，为其在大规模水工建筑中的应用提供科学依据和决策支持。

#### 结论

新材料在水工建筑中的应用展现了巨大的潜力和优势，不仅提升了工程的技术性能和经济效益，也为行业的绿色发展提供了新的方向。然而，新材料的应用也面临着技术难点、成本控制、环境影响等多方面的挑战。通过深入研究新材料与传统材料的兼容性、优化施工技术和工艺、加强成本控制与经济性分析，我们可以有效克服这些技术难题，推动新材料在水工建筑中的更广泛应用。同时，对新材料的环境影响和可持续性进行全面评估，确保其在带来技术进步的同时，也能实现环境保护和可持续发展的目标。

#### 参考文献

- [1] 李珍. 水工建筑物混凝土新型防护材料研究与应用[C]// 中国水利学会地基与基础工程专业委员会. 2023水利水电地基与基础工程技术创新与发展. 长江水利委员会长江科学院; 国家大坝安全工程技术研究中心, 2023: 11.
- [2] 王小婷. 新型涂层材料提高水工混凝土耐久性的试验研究[D]. 河北农业大学, 2022.
- [3] 李家正. 高延性水泥基复合材料在水工结构中的应用构想[J]. 长江科学院院报, 2023, 40(02): 1-6+26.
- [4] 李海宁, 晁永莲. GMT新材料在泄水建筑物修复中的应用研究[J]. 水利规划与设计, 2021, (12): 108-112.
- [5] 李珍, 冯菁, 韩炜, 等. 水工建筑物混凝土新型防护材料研究与应用[J]. 长江科学院院报, 2021, 38(10): 140-147.

作者简介：郭瑶瑶，1998年1月，女，汉族，山西临汾人，本科，中级职称，研究方向：水利水电工程。