

水利工程施工技术研究与应用

李 棒 吕 政

广西珠委南宁勘测设计院有限公司 广西 南宁 530000

摘 要: 本文旨在深入探讨水利工程施工技术的最新进展及其在实际工程中的应用情况。通过分析水利工程施工中的关键技术环节,包括地基处理、混凝土浇筑、坝体构建、防渗技术及施工管理等方面,揭示了技术创新对于提高工程质量、缩短工期、降低成本的重要性。特别关注了智能化、信息化技术在水利工程施工中的融合应用,如BIM技术、远程监控系统等,这些技术的应用极大地提升了施工效率和项目管理水平。通过对具体案例的分析,本文展示了技术优化与实践结合的成果,为水利工程的可持续发展提供了理论依据和技术参考。

关键词: 水利工程; 施工技术; 地基处理; 防渗技术; BIM技术; 施工管理

引 言

水利工程作为国家基础设施建设的重要组成部分,对于防洪、灌溉、发电、航运等多方面具有不可替代的作用。随着科技的进步和社会经济的发展,水利工程施工面临着更高的要求,如提高工程安全性、延长使用寿命、减少环境影响等。因此,研究并应用先进的施工技术成为提升水利工程质量和效率的关键。本文首先概述了水利工程施工的基本特点与挑战,随后详细探讨了关键施工技术及其最新进展,最后通过实例分析展示了技术的应用效果,旨在为未来的水利工程建设提供科学指导和实践经验。

1 水利工程施工基本特点与挑战

1.1 基本特点

水利工程施工首先以其规模宏大而著称,这些项目往往跨越广阔的地域,涉及大量的土石方开挖、填筑、混凝土浇筑等作业,对人力、物力、财力的需求极为庞大。其次,技术复杂性是其另一重要特征,水利工程融合了水力学、地质学、结构工程学、环境科学等多学科知识,施工过程中需运用高精度的测量技术、先进的施工机械、智能化的管理系统等多种技术手段。此外,环境影响显著也是不可忽视的特点,水利工程的兴建和运营会对河流生态系统、地下水位、土地利用等产生深远影响,因此,环境保护和生态恢复成为施工中的重要考量。

1.2 面临的挑战

在水利工程施工过程中,面临的挑战同样严峻且多样。首先,地质条件的复杂性是一大难题,不同的地质结构、岩层分布、土壤特性等都会对施工造成直接影响,特别是地基不稳定、滑坡、泥石流等地质灾害的发生,更是对施工安全的严重威胁。其次,渗漏问题是水利工程中的常见问题,无论是坝体、堤防还是隧洞,都

需严格控制渗漏,否则将直接影响工程的安全性和使用效果。再者,施工难度大也是一大挑战,水利工程往往需要在恶劣的自然条件下进行,如高温、寒冷、多雨、强风等,这些不利条件大大增加了施工的难度和风险。此外,环境保护要求高也是近年来水利工程施工面临的新挑战,随着社会对生态环境保护意识的增强,如何在施工过程中减少对环境的影响,实现绿色施工,成为施工管理者必须面对的问题^[1]。

2 关键施工技术及其进展

2.1 地基处理技术及其进展

地基处理技术主要包括高压旋喷桩、深层搅拌桩、强夯法、换填法、桩基等多种方法。其中,高压旋喷桩和深层搅拌桩作为近年来广泛应用的两种新技术,具有显著的优势和广泛的应用前景。高压旋喷桩技术通过高压旋喷设备将水泥浆或化学浆液以高速旋转的方式喷入土层中,与土体混合后形成固结体,从而增强地基的承载力和抗渗性。这种技术特别适用于软土地基和松散土层,能够有效提高地基的强度和稳定性。近年来,高压旋喷桩技术不断得到改进和优化,如采用更高效的喷浆设备、更精确的控制系统等,使得施工效率和质量得到了显著提升。深层搅拌桩技术则是通过深层搅拌设备将水泥或石灰等固化剂与地基土进行强制搅拌,使土体发生化学反应并固化,形成具有高强度和良好稳定性的加固体。这种技术适用于处理淤泥质土、粉质粘土等软土地基,能够显著改善地基的力学性质。随着技术的不断发展,深层搅拌桩的施工深度不断增加,加固效果也更加显著,同时施工过程中的噪音和振动也得到了有效控制。除了高压旋喷桩和深层搅拌桩外,强夯法也是一种常用的地基处理方法。它通过重锤的自由落体运动对地基进行冲击夯实,使土体密实度增加,承载力提高。强

夯法适用于处理砂性土、粉土、粘性土等多种类型的地基，具有施工简单、效果显著等优点。近年来，强夯法的技术参数和施工工艺也得到了不断优化和完善，使得其在水利工程施工中的应用更加广泛^[2]。此外，换填法和桩基等地基处理方法也在水利工程施工中得到了广泛应用。换填法是通过将地基表层不良土层挖除，然后回填具有良好物理力学性质的土层或材料，以改善地基的承载力和稳定性。桩基则是通过在地基中打入桩体，将建筑物的荷载传递到较深的土层或岩层上，从而确保建筑物的安全稳定。

2.2 混凝土浇筑技术

混凝土浇筑是水利工程中的核心环节之一，其技术水平和施工质量直接关系到工程结构的耐久性和安全性。近年来，随着材料科学、机械技术和智能化控制技术的不断进步，混凝土浇筑技术取得了显著的发展，其中自密实混凝土、泵送混凝土等高效浇筑技术的广泛应用，结合智能温控系统，为混凝土的质量和大规模浇筑的顺利进行提供了有力保障。自密实混凝土技术是一种通过优化混凝土配合比，使混凝土在无需振捣或仅需轻微振捣的情况下就能自动填充模板并达到密实状态的技术。这种混凝土具有良好的工作性能和自密实性能，能够有效减少浇筑过程中的气泡和孔隙，提高混凝土的密实度和强度。在水利工程中，自密实混凝土特别适用于结构复杂、钢筋密集的部位，如大坝、闸墩等，能够显著提高施工效率和质量。泵送混凝土技术则是利用混凝土泵将混凝土通过管道输送到浇筑部位的技术。这种技术具有浇筑速度快、施工效率高、劳动强度低等优点，特别适用于大体积混凝土的浇筑。在水利工程中，泵送混凝土技术广泛应用于坝体、堤防、隧洞等结构的浇筑，能够大幅缩短施工周期，降低施工成本^[3]。为了确保混凝土的质量和大规模浇筑的顺利进行，智能温控系统的应用也显得尤为重要。大体积混凝土在浇筑过程中会产生大量的水化热，如果控制不当，很容易导致混凝土开裂。智能温控系统通过实时监测混凝土内部的温度分布和变化，及时调整浇筑速度和采取降温措施，如埋设冷却水管、喷洒冷水等，以有效控制混凝土的温度梯度和最高温度，从而避免温度裂缝的产生。

2.3 坝体构建技术

坝体构建技术是水利工程中的核心环节，直接关系到水库的蓄水能力、防洪效果以及整体安全性。随着科技的进步和工程实践的不断深入，现代坝工技术如碾压混凝土坝（RCCD）、面板堆石坝等应运而生，这些技术不仅极大地提高了施工速度，还显著增强了坝体的耐久

性和安全性。碾压混凝土坝（RCCD）是一种采用振动碾压干硬性混凝土进行筑坝的技术。与传统的常态混凝土坝相比，RCCD具有施工速度快、成本低、机械化程度高、温控要求相对较低等显著优势。通过优化混凝土配合比、改进施工工艺和使用高效能的碾压设备，RCCD技术能够在保证坝体质量的同时，大幅缩短施工周期。此外，RCCD坝体还具有良好的抗渗性和耐久性，能够有效抵御水流侵蚀和长期运行带来的各种挑战。面板堆石坝则是一种由堆石体作为支撑结构，并在其上游面设置钢筋混凝土面板作为防渗结构的坝型。这种坝型充分利用了堆石体的抗压性能和面板的防渗性能，具有结构简单、施工方便、造价低廉等优点。面板堆石坝技术通过精确的计算和设计，确保了坝体的稳定性和安全性，同时也在国内外众多水利工程中得到了广泛应用^[4]。特别是在高山峡谷、地形险峻的地区，面板堆石坝凭借其灵活适应地形的能力，成为了理想的坝型选择。除了碾压混凝土坝和面板堆石坝外，现代坝工技术还包括了多种其他类型的坝型，如拱坝、重力坝等，它们各自具有独特的优势和适用范围。在实际工程中，根据工程需求、地质条件、施工条件等多种因素，综合选择最合适的坝型和技术方案，是确保坝体构建质量和安全性的关键。

2.4 防渗技术

防渗技术是水利工程中至关重要的一环，直接关系到工程的蓄水能力、运行安全和长期稳定性。近年来，随着材料科学、施工技术和管理理念的不断进步，防渗墙、土工合成材料、化学灌浆等防渗技术得到了广泛应用，有效解决了水利工程的渗漏问题，显著提高了工程的整体防水性能。防渗墙技术是通过在坝体或地基中构建连续的防渗墙体，以阻断水流渗透路径，达到防渗目的。防渗墙可以采用钢筋混凝土、塑性混凝土、黏土等多种材料，根据工程需求和地质条件进行灵活选择。这种技术具有防渗效果好、施工周期短、适应性强等优点，在水利工程中得到了广泛应用。土工合成材料是一种新型的高分子材料，具有轻质、高强、耐腐蚀、易施工等显著特点。在水利工程中，土工合成材料被广泛应用于防渗、排水、加筋等多个方面。通过铺设土工合成材料防渗层，可以有效阻止水流渗透，提高工程的防水性能。同时，土工合成材料还具有良好的柔韧性和适应性，能够适应复杂的地形和地质条件。化学灌浆技术则是通过注浆设备将化学浆液注入地层或结构裂缝中，利用浆液的化学反应和固化作用，形成连续的防渗屏障。化学灌浆技术具有施工灵活、防渗效果好、适用范围广等优点，特别适用于处理细小裂缝和复杂地层的渗漏问题。

2.5 智能化施工技术

随着信息技术的飞速发展,智能化施工技术逐渐成为水利工程领域的新趋势。其中,BIM(建筑信息模型)技术的应用尤为突出。BIM技术通过构建三维数字模型,实现了设计、施工、运维全生命周期的信息集成和共享。在水利工程中,BIM技术可以帮助工程师更加直观地理解工程结构,优化施工方案,减少设计变更和返工,提高施工效率和质量。此外,无人机、机器人等智能设备的使用也为水利工程施工带来了革命性的变化。无人机可以用于地形测绘、施工监测、安全检查等多个方面,具有高效、准确、安全等优点。机器人则可以在复杂或危险的环境中执行施工任务,如焊接、喷涂、搬运等,提高了施工的精度和效率,同时降低了人工成本和安全风险。

3 施工管理与信息化

在现代水利工程施工中,施工管理与信息化的融合已成为提升项目整体管理水平的关键。项目管理软件、远程监控系统等先进技术的应用,不仅实现了资源配置、进度控制、质量控制和安全管理智能化,还极大地提高了施工效率,降低了项目风险,确保了工程的顺利进行。项目管理软件是施工管理的核心工具,它集成了项目计划、资源管理、进度控制、成本控制、质量管理、安全管理等多个模块。通过项目管理软件,项目经理可以实时掌握项目的整体情况,包括各项任务的完成情况、资源的分配和使用情况、成本的支出情况等。同时,软件还能根据项目的实际进度和资源配置情况,自动调整项目计划,确保项目按时按质完成。在质量控制方面,项目管理软件可以记录质量检测数据,生成质量报告,帮助管理人员及时发现并解决问题。远程监控系统则是施工管理信息化的另一重要手段。通过安装在施工现场的各类传感器和摄像头,远程监控系统可以实时收集施工现场的数据,如温度、湿度、风速、设备运行状态等,并将这些数据传输到管理中心。管理人员可

以通过电脑或手机等终端设备,远程查看施工现场的实时情况,及时发现并处理潜在的安全隐患。同时,远程监控系统还可以对施工现场进行24小时不间断的监控,确保施工过程的顺利进行。在实现资源优化配置方面,项目管理软件和远程监控系统能够共同发挥作用。通过实时分析施工现场的数据,管理人员可以更加准确地判断资源的需求量和使用时间,从而合理安排资源的采购、调配和使用^[5]。这不仅可以避免资源的浪费和短缺,还能提高资源的利用效率,降低项目的成本。在进度控制方面,项目管理软件可以根据项目的实际情况,自动调整施工计划,确保各项任务按时完成。同时,远程监控系统可以实时监测施工进度,及时发现并处理施工进度滞后的问题,确保项目按时交付。在质量控制和安全管理方面,项目管理软件和远程监控系统同样发挥着重要作用。通过记录和分析质量检测数据和安全隐患数据,管理人员可以及时发现并解决质量和安全问题,确保施工过程的顺利进行和工程的安全性。

结束语

总结水利工程施工技术的发展趋势和应用成效,强调技术创新与信息化融合对未来水利工程的重要性。提出加强技术研发、推广智能化技术应用、注重环境保护等建议,为水利工程的可持续发展指明方向。

参考文献

- [1]房友慧.水利工程堤防防渗施工技术的应用[J].长江技术经济,2021,5(S1):58-60.
- [2]谭伯秋.水利工程中堤防护岸工程施工技术[J].科学技术创新,2021(05):134-135.
- [3]马超.水利工程堤防防渗施工技术应用研究[J].建筑技术开发,2020,47(17):35-36.
- [4]黄朝旭.水利工程堤防防渗施工技术[J].珠江水运,2020(16):53-54.
- [5]刘汉青.水利工程堤防防渗施工技术应用探究[J].科技风,2020(23):131.