

水利枢纽工程设计的创新思路与实践研究

刘学敏¹ 李 琮²

1. 赤峰市水利规划设计研究院 内蒙古 赤峰 024000

2. 赤峰市水利事业发展中心 内蒙古 赤峰 024000

摘要: 随着科技的进步和社会的发展,水利枢纽工程设计面临着新的挑战与机遇。本文旨在探讨水利枢纽工程设计的创新思路与实践,分析传统设计方法的局限性,并提出一系列创新策略,以期对未来水利枢纽工程的设计提供理论指导和实践参考。

关键词: 水利枢纽工程设计; 创新思路; 实践研究

引言

水利枢纽作为重要的水利工程设施,对于水资源的调节、蓄存、利用及防洪减灾等方面发挥着关键作用。然而,传统的设计方法逐渐暴露出效率低、成本高、环境影响大等问题。因此,探索水利枢纽工程设计的创新思路显得尤为重要。

1 传统水利枢纽工程设计的局限性

1.1 设计效率低下

传统水利枢纽工程的设计方法,往往过度依赖于人工进行繁琐的计算和绘图工作。这种设计方式不仅耗时费力,而且难以适应现代工程建设对高效、快速响应的需求。特别是在面对复杂地形、地质条件或大规模水利枢纽工程时,人工计算和绘图的速度与准确性都显得力不从心,从而严重影响了设计的整体效率和进度。

1.2 成本高昂难以控制

在传统设计流程中,由于存在大量的重复劳动和较高的错误率,导致设计成本难以得到有效控制。一方面,设计师需要反复核对和修改设计图纸,增加了不必要的工作量;另一方面,由于人工操作的局限性,设计中难免出现疏漏和错误,这些都需要在后续施工过程中进行修正,从而进一步推高了工程成本。此外,传统设计方法在材料选用、结构优化等方面的考虑也可能不够充分,导致工程造价的上升。

1.3 生态环境影响显著

传统水利枢纽工程设计往往过于注重工程本身的功能性和经济性,而忽视了生态环境保护的重要性。在设计过程中,可能未充分考虑工程对周边生态系统的影响,如水流改变、湿地破坏、生物多样性减少等。这些环境问题不仅会对当地生态环境造成不可逆的损害,还可能引发一系列生态危机,如水土流失、生态失衡等,从而对水利枢纽工程的长期运行和效益发挥产生负面影响

响^[1]。因此,传统水利枢纽工程设计在生态环境保护方面的局限性亟待得到重视和改进。

2 水利枢纽工程设计的创新思路

2.1 引入现代信息技术

在水利枢纽工程设计的创新之路上,现代信息技术的引入无疑为行业带来了革命性的变革。其中,地理信息系统(GIS)与遥感技术(RS)的巧妙结合,为工程设计的精准化、科学化提供了强有力的技术支持。GIS技术以其强大的空间数据处理能力,能够整合并分析地形、地貌、水文、地质等多源数据,为水利枢纽工程的选址提供科学依据。通过构建三维地形模型,设计师可以直观地了解工程区域的地形特征,从而优化工程的布局和设计方案。同时,GIS还能进行空间分析,如流域划分、洪水淹没模拟等,为工程的防洪、排涝等功能设计提供精准的数据支持。而遥感技术(RS)则通过卫星或无人机等高空平台,获取工程区域的高分辨率影像数据。这些数据不仅包含了丰富的地表信息,还能反映地表的动态变化。结合GIS技术,设计师可以对遥感影像进行解译和分析,进一步了解工程区域的水文、植被、土壤等状况,为工程的生态环境保护和恢复设计提供有力依据。此外,人工智能(AI)技术的引入,更是为水利枢纽工程设计带来了前所未有的智能化水平。AI技术能够处理和分析海量的气象、水文、地质等数据,通过建立预测模型,准确预测洪水、干旱等自然灾害的发生概率和强度。这不仅提高了设计的准确性和可靠性,还为工程的防灾减灾设计提供了科学依据。同时,AI技术还能辅助设计师进行方案优化和决策制定,提高设计的效率和质量。

2.2 强调生态环境保护

在水利枢纽工程设计的创新思路中,强调生态环境保护是一个至关重要的方面。为了实现这一目标,设计师们开始将生态恢复技术巧妙地融入工程设计之中,

以期最大限度地减少对生态环境的负面影响，并促进生态系统的恢复与和谐共生。生态恢复技术的运用，主要体现在对湿地保护和植被恢复的高度重视上。湿地作为自然界中极具生态价值的系统，具有净化水质、调节气候、提供生物栖息地等多重功能。在水利枢纽工程的设计过程中，设计师们会充分考虑如何保护和恢复湿地生态系统。例如，通过合理规划工程布局，避免对湿地造成直接破坏；同时，在工程周边设立缓冲区，种植适宜的水生植物，以恢复湿地的生态功能。此外，对于因工程建设而受损的植被区域，也会采取人工种植和自然恢复相结合的方式，促进植被的快速恢复，减少水土流失，维护生态平衡^[2]。除了生态恢复技术外，鱼类洄游通道的设计也是保护生物多样性、强调生态环境保护的重要举措。水利枢纽工程的建设往往会阻断河流的自然流动，对水生生物的迁徙和繁殖造成严重影响。为了解决这一问题，设计师们会在工程设计中专门设置鱼类洄游通道，如鱼梯、鱼道等，为水生生物提供迁徙的通道。这些通道的设计会充分考虑水生生物的生物学特性和迁徙习性，确保它们能够顺利穿越工程区域，继续完成其生命周期中的重要活动。通过这一设计，不仅保护了水生生物多样性，还维护了河流生态系统的完整性和稳定性。

2.3 倡导多学科协同设计

在水利枢纽工程设计的创新思路中，倡导多学科协同设计是一个至关重要的方向。这一理念强调打破传统学科界限，促进地质学、地理学、水文学、生态学、工程学等多个学科之间的深度交叉与融合，以形成更具创新性、实用性和可持续性的设计方案。跨学科合作是多学科协同设计的核心。水利枢纽工程作为一项复杂的系统工程，其设计过程中需要综合考虑地质条件、地形地貌、水文特征、生态环境等多重因素。通过地质学家对地质结构的深入分析，可以确保工程选址的安全性和稳定性；地理学家则能提供详尽的地形地貌数据，为工程的布局和优化提供科学依据；水文学家则能准确预测水文变化，为工程的防洪、排涝等功能设计提供有力支持。同时，生态学家的参与则能确保工程设计充分考虑生态环境保护的需求，实现工程建设与生态环境的和谐共生。这种跨学科的合作模式，能够汇聚各领域专家的智慧 and 力量，共同攻克设计难题，推动水利枢纽工程设计的创新与发展。除了跨学科合作外，社会参与和民主决策也是多学科协同设计不可或缺的一环。水利枢纽工程作为关乎公共利益的基础设施项目，其设计方案的合理性和可接受性至关重要。因此，在设计过程中，应鼓

励公众参与讨论，充分听取他们的意见和建议。这不仅能够增强公众对工程的了解和信任，还能确保设计方案更加贴近实际需求，提高其社会接受度和可持续性。同时，通过民主决策的方式，可以平衡各方利益诉求，确保工程设计的公正性和合理性。

2.4 应用新材料与新工艺

在水利枢纽工程设计的创新实践中，新材料与新工艺的应用无疑为提升工程品质、增强效能注入了新的活力。其中，高性能混凝土与自动化监测与控制技术的引入，便是这一创新趋势的典型代表。高性能混凝土作为一种新型建筑材料，以其卓越的耐久性、高强度和优异的抗渗性，在水利枢纽工程中展现出了巨大的应用潜力。相较于传统混凝土，高性能混凝土在配制过程中更加注重原材料的选择与配比，通过添加特殊添加剂和优化工艺参数，使得其物理力学性能得到显著提升。在水利枢纽工程中，采用高性能混凝土可以有效延长建筑物的使用寿命，减少因材料老化、侵蚀而导致的维修和更换成本。同时，其高强度特性也确保了建筑物在极端气候和地质条件下的稳定性和安全性，为工程的长期稳定运行提供了有力保障。而自动化监测与控制技术的引入，则是水利枢纽工程管理维护领域的一大革新^[3]。通过布设各类传感器和监测设备，实时采集工程运行过程中的各项关键数据，如水位、流量、压力、温度等，并借助先进的通信技术和数据处理算法，实现对工程状态的远程监控和智能分析。这一技术的应用，不仅能够及时发现并预警潜在的工程安全隐患，为应急响应和决策支持提供科学依据，还能够通过自动化控制系统实现对工程设备的精准调控，确保工程在安全、高效的状态下稳定运行。此外，自动化监测与控制技术还能够大幅降低人工干预的频率和强度，提高管理维护的效率和准确性，为水利枢纽工程的长期可持续发展奠定坚实基础。

3 水利枢纽工程设计创新实践中的挑战与对策

3.1 技术标准与规范的及时更新

随着新材料、新工艺和新技术的不断涌现，水利枢纽工程设计的标准与规范必须与时俱进。首先，应建立快速响应机制，当新技术或新材料出现时，相关机构应迅速组织专家进行评估，确定其对现有标准与规范的影响，并及时进行修订或补充。其次，加强国际合作与交流，借鉴国际先进经验，引入国际标准化组织（ISO）等国际机构的最新标准，提升我国水利枢纽工程设计标准的国际化水平。此外，还应加强对标准与规范执行情况的监督与检查，确保其在设计实践中的有效实施。

3.2 资金投入与政策支持的强化

水利科技创新是水利枢纽工程设计创新的核心驱动力。政府应设立专项科技创新基金,重点支持水利枢纽工程设计领域的关键技术研发、成果转化和示范应用。同时,制定更加具体的政策措施,如税收减免、研发补贴、市场准入优先等,激励企业加大研发投入,推动技术创新。此外,政府还应加强与国际金融机构的合作,争取国际资金支持,为水利枢纽工程设计的创新实践提供多元化的资金来源。在政策支持方面,还应完善知识产权保护制度,保护创新者的合法权益,激发创新活力。

3.3 人才培养与引进的加强

水利枢纽工程设计创新需要高素质、复合型人才。为了加强人才培养,应与高校、科研机构建立紧密的产学研合作关系,共同开设水利工程设计创新课程,培养具备跨学科知识、创新思维和实践能力的人才。同时,鼓励在校学生参与水利枢纽工程设计的实际项目,通过实践锻炼提升能力。在人才引进方面,应优化人才引进政策,提供具有竞争力的薪资待遇、职业发展机会和生活保障,吸引国内外优秀人才加盟。此外,还应建立人才激励机制,对在水利枢纽工程设计创新中做出突出贡献的人才给予表彰和奖励,激发他们的创新热情。

4 案例分析:百色水利枢纽通航设施工程实践

广西百色水利枢纽通航设施工程,作为全球首个集省水船闸与升船机于一体的通航枢纽,其设计与建设过程无疑是一次技术创新的壮举。该项目在长达十余年的前期论证与精细设计中,面对了前所未有的挑战:沿线需开挖形成的高边坡多达10余处,且高度介于80至150米之间,地质结构复杂多变,技术攻克难度极大。为了有效应对这些挑战,项目团队展现出了卓越的创新精神与科研实力。他们自主研发了一套三维开挖辅助设计与信息管理系统,这一系统不仅实现了设计数据的三维可视化,还通过智能化算法优化了开挖方案,大幅提升了设计的精确性与效率。更为重要的是,项目团队创新性地采用了“内外业协同设计”模式,将现场勘查、数据收集与室内设计紧密结合,确保了设计方案的实用性与可行性,全面提升了设计成果的质量^[4]。在方案设计阶段,项目团队更是紧跟时代步伐,巧妙融合了4G/5G技术、先

进的感知技术以及物联网技术。这些技术的应用,使得报港、缴费、过闸管理等环节实现了智慧化、一站式服务。具体来说,船只可以通过移动网络进行远程报港,大大节省了时间成本;缴费过程也实现了电子化,提高了支付的便捷性;而过闸管理则通过物联网技术实现了智能化调度,有效避免了船只的拥堵与等待,从而显著提高了通航效率。百色水利枢纽通航设施工程的这些创新实践,不仅为项目的顺利推进提供了有力支撑,也为我国乃至全球水利枢纽工程的设计与建设提供了宝贵的经验与启示。它充分证明了在复杂地质条件下,通过技术创新与智能化应用,我们完全有能力克服重重困难,打造出既安全又高效的水利枢纽工程。这一工程的成功实施,无疑是我国水利工程建设史上的一个里程碑,也为未来水利枢纽工程的创新发展指明了方向。

结语

水利枢纽工程设计的创新是推动水利事业事业发展的重要动力。通过引入现代信息技术、强调生态环境保护、倡导多学科协同设计以及应用新材料与新工艺等措施,可以有效提升水利枢纽工程的设计效率和质量,降低环境影响,实现水资源的可持续利用。未来,随着科技的不断进步和政策的持续支持,水利枢纽工程设计将迈向更加智能化、绿色化、多功能化和国际化的发展方向。

参考文献

- [1]张倩,陈婧,杜轶.绰勒水利枢纽下游内蒙古灌区五道河子灌域田间工程创新设计[J].内蒙古水利,2024,(02):94-95.
- [2]杨应军,刘涛,包芬芬.东庄水利枢纽工程施工组织设计[J].黑龙江水利科技,2022,50(11):119-123.
- [3]曾令华,朱勤,陈辉煌,等.观景口水利枢纽坝枢工程设计[J].中国水利,2021,(19):28-31.
- [4]陆民安,卢义骈,罗继勇.百色水利枢纽工程勘测设计创新[C]//中国大坝工程学会,西班牙大坝委员会.国际碾压混凝土坝技术新进展与水库大坝高质量建设管理——中国大坝工程学会2019学术年会论文集.广西壮族自治区水利电力勘测设计研究院,;2019:11.