

水利工程设计创新发展前景

苑译文 赵 萌

菏泽市水务集团有限公司 山东 菏泽 274000

摘 要：水利工程设计作为保障水资源安全与推动区域发展的核心环节，正面临气候变化、生态保护与社会需求升级的多重挑战。传统设计模式因技术滞后、生态考量不足及协同效率低下，难以适应复杂环境与多元化目标。本文从技术革新、理念转型与模式升级三方面，系统分析创新对水利工程设计质量、经济效益及生态社会效益的赋能作用，揭示BIM、数字孪生、人工智能等技术如何重塑设计架构，探讨生态优先与全生命周期管理如何驱动范式转变，并展望多技术融合、标准体系革新及跨界协同对行业未来的深远影响。

关键词：水利工程设计；创新实践；发展前景

引言：水利工程设计创新通过技术融合与理念革新，显著提升工程的质量、效益及可持续性。创新技术如BIM、数字孪生、人工智能及无人机重构了设计流程，实现精准模拟与协同优化；生态友好理念推动设计从功能导向转向生态综合效益，如自然河道修复与水资源循环利用。全生命周期管理与跨界协同模式突破传统局限，降低全周期成本并促进产业融合。研究旨在为水利工程设计现代化提供理论参考与实践方向。

1 创新对水利工程设计质量与效益的提升

创新在水利工程设计中发挥着关键作用，从设计质量、经济效益、社会效益和环境效益等以下多个维度实现显著提升。（1）在设计质量优化方面，创新主要体现在三个层面。一是精准性提升，通过BIM技术、数字孪生等创新手段，能够建立高精度三维模型，精准模拟水利工程运行场景，有效避免设计冲突。二是科学性增强，利用人工智能算法对海量数据进行分析，可优化工程结构与参数设计，确保设计方案科学合理。三是可靠性提高，创新的监测与预警设计，实时掌握工程运行状态，保障工程安全稳定。其评估指标包括设计方案的合理性、结构安全性、施工可行性等量化指标，以及专家评审的综合评价。（2）经济效益的提高主要依托创新技术与理念。一是创新设计可优化工程布局与施工工艺，减少材料浪费与施工成本。二是创新能提升工程运营效率，降低长期维护成本。智能监测系统的应用，及时发现并解决设备故障，减少停机损失。（3）社会效益和环境效益的增强。创新设计注重与周边社区的融合，完善水利设施的便民功能，提升居民生活质量，促进区域经济发展^[1]。在环境效益上，生态友好型设计理念的应用，最大程度减少工程建设对生态环境的破坏，保护生物多样性，实现水资源的可持续利用，为子孙后代留下绿水

青山。

2 传统水利工程设计的局限与挑战

传统水利工程设计在长期发展过程中，逐渐暴露出诸多局限与挑战，以下这些问题严重制约着水利工程的高质量发展。（1）在设计方法与技术手段层面，滞后性问题尤为突出。传统设计多依赖人工绘图与经验判断，设计人员通过二维图纸进行工程规划，不仅效率低下，还容易出现因沟通不畅导致的设计错误。在复杂工程结构设计中，二维图纸难以全面呈现空间关系，使得施工过程中常出现结构冲突、管线碰撞等问题，增加施工成本与工期延误风险。传统设计缺乏对动态模拟与数据分析的有效运用，无法精准预测工程运行过程中的各种情况，难以对设计方案进行科学优化。（2）面对复杂多变的自然环境与日益增长的社会需求，传统水利工程设计的适应性明显不足。随着全球气候变化，极端天气事件频发，洪涝、干旱等灾害的强度与频率发生显著变化，传统设计标准与方法难以应对这些不确定性。（3）在生态环境复杂的区域，传统设计未能充分考虑地质、水文、生物等要素的相互作用，容易引发工程安全隐患。社会对水利工程的需求已从单一的防洪、灌溉功能，拓展到生态保护、景观营造、休闲娱乐等多元化领域，传统设计模式难以满足这些新需求，导致工程建成后与社会发展脱节。在生态与社会影响考量方面，传统水利工程设计存在明显欠缺。过去设计往往侧重于工程的功能性实现，忽视对生态环境的保护。如一些大坝建设阻断了鱼类洄游通道，破坏水生生物栖息地，导致生物多样性下降；河道硬化工程虽然提高了行洪能力，但破坏了河流生态系统的自然调节功能，影响水质净化与生态平衡^[2]。在社会层面，传统设计对工程建设给周边居民带来的影响评估不足，征地拆迁补偿不合理、施工噪音与污

染等问题,容易引发社会矛盾,影响工程顺利推进与社会和谐稳定。

3 水利工程设计创新实践

3.1 新技术重塑水利工程设计架构

科技的飞速发展为水利工程设计带来了革命性变化,以下一系列新技术深度嵌入设计流程,彻底改变了传统设计模式。(1)建筑信息模型(BIM)技术的应用。打破了传统二维图纸信息碎片化、孤立化的局限。通过构建三维信息模型,将水利工程的结构、管线、设备等各类要素整合在统一平台上,形成可视化、参数化的数字化设计环境。在这个环境中,各专业设计人员可以基于同一数据源开展协同作业,实时共享设计信息,提前发现并解决不同专业间的设计冲突。如在大坝设计中,BIM技术能够直观展示坝体结构与机电设备、输水管道之间的空间关系,避免传统设计中因沟通不畅导致的错漏碰缺问题,显著提升设计精准度与效率。(2)数字孪生技术的兴起。为水利工程设计提供了强大的动态模拟与预测能力。该技术通过对物理实体进行数字化映射,在虚拟空间中构建与真实工程完全对应的数字模型。借助这一模型,设计人员可以模拟工程全生命周期内的各种运行状态,分析不同工况下工程的性能表现,如洪水演进过程、大坝应力变化等。基于模拟结果,能够对设计方案进行反复优化,确保工程在复杂环境条件下的安全性与可靠性,为设计决策提供科学、全面的数据支撑。人工智能与大数据分析技术的结合,进一步提升了水利工程设计的智能化水平。水利工程设计涉及海量的水文、地质、气象等数据,传统人工分析方式难以深入挖掘数据背后的规律。(3)人工智能算法与大数据分析技术的应用。能够对这些数据进行高效处理与深度挖掘,通过建立数学模型预测工程建设与运行过程中可能遇到的问题,如地质灾害风险、水资源变化趋势等。设计人员依据预测结果,可制定更具针对性和科学性的设计方案,降低工程风险,提高工程效益。(4)无人机与遥感技术在水利工程设计中的应用。无人机可快速获取工程区域的地形地貌、水文特征等数据,生成高精度三维地形模型,为工程选址和方案设计提供基础数据;遥感技术则能实现对大范围区域的动态监测,实时掌握水资源分布、生态环境变化情况,助力设计人员及时调整优化设计方案,增强设计的时效性与适应性。

3.2 生态与可持续理念引领设计范式革新

随着生态文明建设的推进,生态与可持续发展理念逐渐成为水利工程设计的核心指导思想,推动设计范式从单纯追求功能性向综合效益最大化转变。(1)在设

计理念层面,强调以尊重自然规律为前提开展工程规划与建设。如在河道整治设计中,摒弃过去硬质化改造的传统方式,采用生态护坡、自然蜿蜒河道等生态友好型设计手法。生态护坡通过植被与柔性材料的结合,既能稳固河岸,又能为水生生物提供栖息空间;自然蜿蜒河道的设计恢复了河流的自然形态,增强了河道的生态功能,提升水体自净能力,有效保护生物多样性。(2)水资源的可持续利用成为设计创新的关键方向。通过优化水资源配置方案,综合考虑水资源的时空分布、用水需求差异等因素,实现水资源的高效利用与循环产出。在工程选址与布局设计时,充分评估区域生态环境承载力,避免在生态敏感区进行大规模工程建设,降低对生态环境的破坏。注重水利工程与周边生态环境的融合,通过景观设计、生态修复等手段,将水利工程打造成为生态系统的有机组成部分,实现水利工程生态价值、社会价值与经济价值的有机统一。

3.3 设计流程与管理模式创新驱动效能提升

传统水利工程设计流程存在环节分割、协同性差等问题,严重制约设计质量与效率。以下创新变革后的设计流程与管理模式有效解决了这些弊端,显著提升了设计效能。(1)协同设计模式的引入。打破了专业壁垒,实现了多专业的深度融合。在传统设计模式下,各专业设计团队往往独立作业,信息传递不畅,容易导致设计冲突。而协同设计模式下,各专业设计人员在项目初期就共同参与,通过共享信息平台实时交流设计思路与方案,开展协同作业。这种模式促进了不同专业之间的知识碰撞与技术融合,提高了设计决策的科学性与合理性,大幅减少设计变更,加快项目推进速度。(2)全生命周期管理理念贯穿水利工程设计全过程。从项目前期规划、设计阶段,到施工建设、运营维护,进行统筹管理。在设计阶段,充分考虑施工可行性、运营维护需求,将这些因素纳入设计方案中,实现设计、施工、运营的无缝衔接。例如,在设计水利设施时,提前规划设备检修通道、预留监测设备安装位置,便于后期运营维护。这种管理模式有助于降低工程全生命周期成本,提高工程整体效益。(3)项目管理模式的创新。引入敏捷管理、精益管理等先进理念与方法,对项目组织架构与工作流程进行优化。敏捷管理强调快速响应变化,通过迭代式开发不断优化设计方案;精益管理注重消除流程中的浪费,提高资源利用效率^[3]。通过这些管理模式的应用,能够有效提升项目执行效率与管理水平,确保水利工程设计项目高质量完成。

4 水利工程设计创新的发展前景展望

4.1 多技术融合驱动设计智慧化深度拓展

区块链技术与物联网的结合,可构建安全可信的水利数据共享平台,保障水文、地质等关键数据在设计、施工、运维全链条的实时流通与不可篡改,解决跨部门、跨区域数据协同难题。边缘计算技术的应用,则能实现水利设施数据的本地化实时处理,降低数据传输延迟,使数字孪生模型对工程运行状态的模拟更加精准,助力设计方案的动态优化。生物技术与工程技术的交叉融合也将成为新趋势,利用仿生学原理设计水利设施结构,如模仿河蚌外壳的力学特性优化大坝结构,提升工程耐久性与生态适应性。

4.2 行业标准与规范体系加速革新

为适应创新发展需求,水利工程设计的行业标准与规范体系将迎来系统性升级。国家与行业协会将加快制定智能设计、生态修复等领域的技术标准,明确BIM模型交付标准、数字孪生平台建设规范,推动设计成果的标准化与互操作性。生态环境影响评价标准将进一步细化,要求在设计阶段必须进行生物多样性保护专项评估,量化工程对生态系统服务功能的影响指标。随着水利工程国际化合作增多,我国水利设计标准将加速与国际接轨,通过参与国际标准制定,输出中国创新技术与设计理念。

4.3 跨界协同与产业生态重构

水利工程设计创新将推动行业打破传统边界,形成跨界协同的产业生态。与城市规划、景观设计等领域的深度融合,将催生“水利+城市”“水利+文旅”等复合型项目。将防洪工程与城市滨水空间开发结合,设计兼具防洪、休闲、生态功能的城市海绵河岸;将水库工程与生态旅游融合,打造集水资源保护、科普教育、休闲观光于一体的水利风景区。设计企业将从单一服务提供商向全链条解决方案服务商转型,联合科研机构、高校、施工企业组建创新联合体,实现技术研发、设计优化、施工建造、运营维护的全流程协同。产业生态的

重构还将带动上下游产业链发展,促进新材料、智能设备、生态修复等产业的技术升级,形成以水利工程设计创新为核心的产业集群,为区域经济增长注入新动力。

4.4 人才培养与创新生态完善

为支撑创新发展,水利工程设计领域的人才培养体系将全面革新。高校将增设智能设计、生态水利等交叉学科专业,采用产学研合作模式,联合企业开展项目化教学,培养既懂工程技术又掌握前沿科技的复合型人才。行业内将建立常态化的继续教育机制,通过线上课程、技术培训、学术交流等方式,推动设计人员知识更新,适应技术迭代需求。政府与企业将加大对创新平台的建设投入,设立水利设计创新实验室、技术研发中心,鼓励设计师开展原创性技术研究与应用实践^[4]。通过完善知识产权保护、优化创新激励机制,激发行业创新活力,形成“人才驱动创新、创新反哺人才”的良性循环,为水利工程设计创新发展提供持久动力。

结束语:水利工程设计创新不仅是技术工具的迭代,更是行业思维与价值的重构。从精准设计到生态共生,从单点突破到全链协同,创新正推动水利工程向智慧化、绿色化、人本化方向演进。随着区块链、物联网与生物技术的深度融合,设计将实现数据驱动的动态优化;行业标准的升级与国际接轨将加速创新成果转化;而跨界产业生态与复合型人才的培养,则为行业注入持续活力。

参考文献

- [1]汪鑫.水利工程设计创新措施及发展前景分析[J].价值工程,2019,38(28):114-115.
- [2]龚启桂.水利工程设计创新措施及发展前景分析[J].建筑工程技术与设计,2021(20):1580.
- [3]尤志强.水利工程设计创新措施及发展前景分析[J].建筑工程技术与设计,2020(1):1541.
- [4]俞秀萍.水利工程设计创新措施及发展前景分析[J].建筑工程技术与设计,2020(19):33-34.