

数字化技术在河道堤防工程设计中的创新应用

吴书彧

湖州南太湖水利水电勘测设计院有限公司 浙江 湖州 313001

摘要: 数字化技术在河道堤防工程设计中的创新应用, 显著提升设计的科学性、准确性和效率。通过无人机航拍、卫星遥感、GIS技术、数值模拟等手段, 实现地形地貌与水文地质勘察的精确化、防洪标准确定与堤线规划的智能化、堤防结构设计的精细化、河道整治与生态修复设计的生态化以及工程施工组织设计的最优化。这些创新应用不仅提高河道堤防工程的防洪能力和安全性, 还促进生态保护和可持续发展, 为水利工程建设提供新的思路和方法。

关键词: 数字化技术; 河道堤防工程; 创新应用

1 数字化技术体系及原理

1.1 地理信息系统 (GIS) 技术

地理信息系统 (GIS) 技术在河道堤防工程设计中扮演着至关重要的角色。GIS能够集成、存储、编辑、分析、显示和输出与地理相关的数据。在河道堤防工程中, GIS技术被广泛应用于地形地貌分析、水文条件模拟、洪水风险评估等环节。通过GIS, 可以直观地查看河道及其周边环境的空间分布特征, 进而精准定位堤防工程的关键位置。GIS还支持空间分析功能, 如缓冲区分析、叠加分析等, 这些功能有助于设计师评估不同设计方案对周边环境的影响, 从而选择最优方案。GIS技术的集成性和可视化特性, 极大地提高了河道堤防工程设计的效率和准确性。

1.2 计算机辅助设计 (CAD) 技术

计算机辅助设计 (CAD) 技术是河道堤防工程设计的核心工具之一。CAD软件提供了强大的绘图和编辑功能, 使设计师能够高效地完成堤防工程的平面布置图、纵断面图、横断面图等设计文件的绘制。通过CAD技术, 可以精确控制设计元素的尺寸、位置和比例, 确保设计方案的准确性和一致性。CAD还支持图层管理、属性定义和标注等功能, 这些功能有助于设计师组织和管理复杂的设计信息。在河道堤防工程设计中, CAD技术的应用极大地提高了设计效率, 缩短了设计周期。

1.3 数值模拟技术

数值模拟技术在河道堤防工程设计中具有不可替代的作用。通过数值模拟, 设计师可以模拟河道水流、河床演变、堤防稳定性等复杂的水文地质过程。这些模拟结果有助于设计师深入了解河道堤防工程的运行机制和潜在风险^[1]。数值模拟技术还可以提供丰富的数据支持, 如流速分布、水位变化、冲刷深度等, 这些数据对于优化设计方案、提高工程安全性具有重要意义。数值模拟

技术还具有灵活性和可扩展性, 可以适应不同规模和复杂度的河道堤防工程设计需求。

1.4 三维建模与虚拟现实 (VR)/增强现实 (AR) 技术

三维建模与虚拟现实 (VR)/增强现实 (AR) 技术在河道堤防工程设计中为设计师和决策者提供了全新的视角和体验。通过三维建模技术, 可以创建逼真的河道堤防工程模型, 这些模型不仅具有精确的空间结构和几何特征, 还能够模拟真实的光照、材质和纹理效果。结合VR/AR技术, 设计师和决策者可以“身临其境”地查看和评估设计方案。在VR环境中, 他们可以自由漫游于虚拟的河道堤防场景中, 观察不同视角下的工程效果; 在AR环境中, 他们可以将虚拟的设计元素叠加到真实环境中, 进行实时的交互和验证。这些技术不仅提高了设计的直观性和互动性, 还有助于发现潜在的设计问题并及时进行调整。

2 数字化技术在河道堤防工程设计中的优势

2.1 提高设计精度与效率

数字化技术在河道堤防工程设计中的首要优势在于显著提高设计的精度与效率。传统的设计方法往往依赖于手工绘图和计算, 这不仅耗时费力, 而且容易出错。相比之下, 数字化技术通过高精度的测量和计算工具, 如地理信息系统 (GIS)、遥感技术、激光扫描等, 能够获取更加准确的地形地貌、水文气象等数据信息。这些数据为设计提供了坚实的基础, 使得设计成果更加精确可靠。在河道堤防工程设计中, 数字化技术还通过计算机辅助设计 (CAD) 软件实现了设计过程的自动化和智能化。CAD软件不仅具备强大的绘图功能, 还能够进行复杂的计算和分析, 如水流模拟、结构稳定性分析等。这些功能极大地减轻了设计师的工作负担, 提高了设计效率。CAD软件还支持设计成果的快速修改和迭代, 使

得设计师能够迅速响应设计需求的变化,及时调整设计方案。数字化技术还通过集成化的设计平台,将设计、分析、模拟等环节紧密联系在一起,形成一个完整的设计流程。这种集成化的设计方式不仅提高设计效率,还确保了设计成果的一致性和完整性。在河道堤防工程设计中,这种优势尤为明显,因为工程往往涉及多个专业领域和复杂的环境因素,需要综合考虑多个方面的因素来制定设计方案。数字化技术的集成化设计方式使得这一过程变得更加高效和便捷。

2.2 优化工程方案

数字化技术在河道堤防工程设计中的另一个重要优势在于能够优化工程方案。通过数值模拟技术,可以模拟河道水流、河床演变、堤防稳定性等复杂的水文地质过程,从而深入了解工程运行机制和潜在风险。这些模拟结果不仅为设计师提供了丰富的数据支持,还帮助他们发现了传统设计方法难以发现的问题和隐患。基于数值模拟结果,可以对工程方案进行优化和调整。这些优化措施不仅提高了工程的安全性和可靠性,还降低了工程成本 and 环境影响。数字化技术还支持多方案比较和评估,设计师可以基于不同的设计理念和目标,制定多个备选方案,并通过数值模拟和对比分析等方法来评估各方案的优劣。这种多方案比较和评估的方式有助于设计师选择最优方案,确保工程设计的合理性和经济性^[2]。

2.3 增强可视化效果

数字化技术在河道堤防工程设计中的另一个显著优势在于增强了设计的可视化效果。通过三维建模技术,设计师可以创建逼真的河道堤防工程模型,这些模型不仅具有精确的空间结构和几何特征,还能够模拟真实的光照、材质和纹理效果。这些模型为设计师和决策者提供了直观的视觉体验,使他们能够更加清晰地了解工程的全貌和细节。结合虚拟现实(VR)和增强现实(AR)技术,设计师还可以将虚拟的设计元素叠加到真实环境中,进行实时的交互和验证。在VR环境中,可以自由地漫游于虚拟的河道堤防场景中,观察不同视角下的工程效果;在AR环境中,可以将虚拟的设计元素与真实环境进行融合,进行实时的对比和调整。这些技术不仅提高了设计的直观性和互动性,还有助于发现潜在的设计问题并及时进行调整。可视化的设计效果不仅有助于设计师和决策者更好地理解工程方案,还提高他们之间的沟通效率。通过直观的模型和动画演示,可以更加清晰地传达设计理念和目标;决策者也可以更加准确地评估工程方案的可行性和效果。这种可视化的沟通方式有助于减少误解和分歧,促进设计方案的顺利实施。

2.4 实现数据共享与协同设计

传统的设计方法往往存在数据孤岛和信息不对称的问题,导致设计过程中各个环节之间的沟通和协作效率低下,而数字化技术通过构建统一的数据平台和协同设计环境,打破这些障碍,实现设计数据的共享和协同设计。在数据共享方面,数字化技术通过云存储、数据库等技术手段,将设计过程中产生的各种数据和信息进行集中管理和存储。这些数据包括地形地貌数据、水文气象数据、设计成果数据等。通过数据共享平台,可以随时随地访问和获取所需的数据和信息,提高了数据的使用效率和准确性。在协同设计方面,数字化技术通过协同设计软件和工具,支持多个设计师和团队之间的实时沟通和协作。这些软件和工具不仅提供了丰富的协作功能,如在线编辑、批注、讨论等,还支持设计成果的实时同步和更新。这种协同设计的方式使得设计师能够更加方便地交流和分享设计思路和方法,共同解决设计过程中遇到的问题和挑战。协同设计还有助于提高设计成果的质量和一致性,确保工程设计的顺利实施。

3 数字化技术在河道堤防工程设计各环节的创新应用

3.1 地形地貌与水文地质勘察

在河道堤防工程设计的初步阶段,地形地貌与水文地质勘察是至关重要的环节。数字化技术在这一环节的创新应用,显著提升了勘察的精度和效率。通过无人机航拍、卫星遥感以及激光雷达扫描等高科技手段,可以迅速获取河道及其周边区域的地形地貌数据,这些数据不仅精度高,而且覆盖范围广,为后续设计提供了详实的基础资料。结合地理信息系统(GIS)技术,可以将这些数据与水文地质信息进行整合,形成三维可视化的地质模型,帮助设计师直观解地下水水位、土壤类型、岩层分布等关键信息,为后续设计决策提供科学依据。在数据处理和分析方面,数字化技术也展现了强大的能力^[3]。利用先进的算法和模型,可以快速处理和分析海量的勘察数据,识别潜在的地质灾害风险点,如滑坡、泥石流等,为堤防工程的设计提供预警和防范建议。数字化技术还支持实时数据更新和动态监测,能够及时发现和应对地质条件的变化,确保工程设计的时效性和准确性。

3.2 防洪标准确定与堤线规划

防洪标准确定与堤线规划是河道堤防工程设计的核心环节之一。数字化技术的应用,使得这一环节更加科学、高效。通过收集和分析历史洪水数据、气象预报信息以及河流水文特征,可以运用数值模拟技术,对洪水演进过程进行模拟和预测,从而确定合理的防洪标准和堤防工程的防洪能力。在堤线规划方面,数字化技术同

样发挥了重要作用,通过GIS技术和三维建模技术,可以将河道及其周边区域的地形地貌、水文地质、交通状况等信息进行集成和可视化展示,帮助设计师直观了解堤线规划的各种可能性和限制条件。在此基础上,运用空间分析功能,如缓冲区分析、叠加分析等,可以评估不同堤线方案对周边环境的影响,包括土地利用、生态影响、交通影响等,从而选择最优的堤线方案。

3.3 堤防结构设计

堤防结构设计是河道堤防工程设计的关键环节,直接关系到工程的安全性和耐久性。数字化技术在堤防结构设计中的应用,主要体现在以下几个方面:一是通过数值模拟技术,对堤防结构在洪水、风浪等极端条件下的受力情况进行模拟和分析,从而确定合理的结构形式和尺寸;二是利用计算机辅助设计(CAD)技术,进行堤防结构的精确绘制和标注,提高设计成果的准确性和可读性;三是通过三维建模技术,构建堤防结构的虚拟模型,进行可视化和交互式设计,帮助设计师更好地理解 and 优化结构设计方案。数字化技术还支持对堤防结构的稳定性和耐久性进行评估,通过运用有限元分析、可靠度分析等先进方法,可以对堤防结构的材料性能、结构强度、变形特性等进行全面分析,从而确保设计方案的合理性和安全性。

3.4 河道整治与生态修复设计

河道整治与生态修复设计是河道堤防工程设计的重要组成部分。数字化技术在这一环节的应用,主要体现在生态评估和修复方案的设计上。通过GIS技术和遥感技术,可以对河道的生态现状进行全面调查和评估,包括水质状况、生物多样性、生态景观等方面。在此基础上,结合生态修复理论和模型,可以制定科学合理的生态修复方案,如湿地恢复、植被重建、生态护岸等。数字化技术还支持对生态修复方案的效果进行模拟和预测。通过运用数值模拟技术,可以模拟修复方案实施后河道的水文条件、水质状况、生态景观等变化,从而评估修复方案的可行性和效果。

3.5 工程施工组织设计

工程施工组织设计是河道堤防工程设计的重要环节之一,直接关系到工程的施工进度和质量。数字化技术在工程施工组织设计中的应用,主要体现在施工进度计划、资源配置、施工监测等方面。通过运用项目管理软件,可以制定详细的施工进度计划,包括各个阶段的任务划分、时间节点、资源需求等,确保施工过程的顺利进行。在资源配置方面,数字化技术可以帮助施工单位优化人力、物力、财力等资源的配置,提高资源利用效率。通过数据分析和预测,可以准确估计施工过程中的资源需求,从而制定合理的资源采购和调配计划。数字化技术还支持对施工过程进行实时监测和反馈,及时发现和解决施工过程中的问题和挑战,确保工程质量和安全。数字化技术还可以应用于施工质量的控制和评估,通过运用先进的检测技术和方法,可以对施工过程中的各个环节进行实时监测和数据分析,从而及时发现和纠正质量问题,结合质量评估模型和指标体系,可以对施工质量进行全面、客观的评价,为工程验收和后续维护提供科学依据。

结束语

综上所述,数字化技术在河道堤防工程设计中的创新应用,是水利工程领域的一次深刻变革。它不仅提高设计的精度和效率,还优化设计方案,确保工程的安全性和耐久性。未来,随着数字化技术的不断发展和完善,其在河道堤防工程设计中的应用将更加广泛和深入,为水利工程建设带来更加显著的效益和贡献。期待数字化技术继续引领水利工程设计的新潮流,为构建更加安全、高效、生态的水利工程体系贡献力量。

参考文献

- [1]张晨,王建东,罗宵等.工程管理数字化关键技术研究进展[J].计算机应用,2023,43(S1):187-195.
- [2]孟然.基于BIM多元数字化协同技术赋能建筑设计发展[J].铁道工程学报,2023,40(04):84-88.
- [3]马淑仪,郭亚勋.数字化技术在建筑装饰工程设计与施工中的应用[J].住宅与房地产,2024,(20):126-128.