

水利工程协同设计模式对设计效率提升的效果研究

贾万伟¹, 陈淑青², 陈龙^{1*}

(1. 山东新汇建设集团有限公司, 山东 东营 257000;
2. 山东新汇建设集团有限公司济南分公司, 山东 济南 250000)

摘要 随着信息技术的快速发展与工程复杂程度的不断提升, 传统线性设计模式已无法满足现代水利工程高质量发展的期望。本研究深入剖析协同设计模式的理论基础与实践特征, 结合我国水利工程行业的特殊特征与发展情形, 系统梳理了目前设计过程中存在的效率瓶颈与限制要点。研究表明, 协同设计模式在缩短设计周期、提高设计品质、优化资源配置等方面呈现明显优势, 能有效处理传统设计模式中信息孤岛、沟通不畅、资源浪费等方面的难题, 通过构建科学合理的协同设计体系, 能实现跨专业、跨部门、跨地域的高效协同工作。

关键词 水利工程; 协同设计模式; 设计周期; 设计质量; 资源配置效率

中图分类号: TV222; TV51

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2026.03.039

0 引言

协同设计重视多专业、多参与方之间深度合作及信息分享事宜, 通过构建统一工作平台以及设定标准化的协作流程, 实现设计过程的全面优化^[1]。在水利工程对应的行业范畴, 鉴于项目一般会包含水文、地质、结构、机电等多个专业范畴, 且需要政府、设计院、施工单位等多相关方介入其中, 采用协同设计模式尤为重要。全面研究协同设计模式对设计效率提升的实际成效, 不仅对促进水利工程设计方法的创新突破有益, 还为关联行业提供了可借鉴的经验及参考途径。

1 水利工程协同设计模式的核心技术体系

1.1 协同设计模式的技术架构体系

水利工程协同设计以“云一边一端”三级架构作为不可或缺的核心支撑, 构建全流程的技术支撑体系, 云端采用分布式云原生的体系架构, 实现资源弹性调度以及海量数据的存贮, 采用负载均衡保障跨地域协同的稳定性; 边缘层投放计算节点, 就近处理如水文、地质这类实时数据, 减少数据传输压力并实现低延迟处理; 终端层适配工作站、移动设备等各式各样的终端, 为主流设计软件与协同平台的无缝对接提供支持, 采用插件化开发实现数据的实时同步功能, 架构体现出模块化、可扩展及高兼容的特点, 采用微服务将核

心功能拆分, 运用 IFC 等标准化接口冲破软件壁垒, 依靠 RBAC 权限机制保障数据不被泄露。

1.2 水利工程协同设计中核心技术模块及应用场景

核心技术模块夯实协同设计关键支撑, BIM 轻量化技术凭借几何压缩达成 GB 级模型快速载入, 实现多专业实时协同操作及冲突查检, 降低施工变更的潜在风险; 数据中台把水文、地质等多源数据进行统一整合, 完成标准化处理以后, 凭借大数据挖掘与机器学习生成设计的优化建议及质量缺陷预警内容; 实时协同技术把音视频会议、在线标注等功能集成在一起, 结合文件加速递传与移动 APP, 实现跨地域高效交流及现场实时配合; 设计自动化插件借助参数化建模迅速生成标准化构件, 和智能校验引擎一起核查设计合规性, 校验准确率达到 95%, 绘图效率跃增 60%。

1.3 协同设计技术落实关键环节与适配方案

实施进程需突破四大关键环节点, 数据标准化把 IFC 当作核心交换格式, 设定图层及构件的编码规矩, 结合版本管理系统防止数据出现混乱; 为实现跨地域协同, 采用 SD-WAN 优化网络传输, 采用 CDN 加速资源的下载过程, 通过 5G+ 北斗来实现施工现场数据的实时上传; 安全防护构建起“网络—数据—应用”三重体系, 采用加密存储及异常监测方法, 结合应急备用系统保证业务开展连续性; 软硬件适配时推荐采用高性

作者简介: 贾万伟 (1991-), 男, 本科, 工程师, 研究方向: 水利水电工程设计。

*通信作者: 陈龙 (1992-), 男, 本科, 工程师, 研究方向: 水利水电工程设计。E-mail: 1482001349@qq.com

能工作站,采用内存数据库以及GPU加速技术,加大模型渲染与数值模拟的效率,缩减设计分析的周期^[2]。基于此,构建跨专业协同校验机制,以BIM平台为依托构建多专业协同评审模块,实现建筑、结构、机电等专业模型的即时碰撞检查与问题追查。构建全生命周期的数据追溯管理体系,将设计参数、施工数据、运维信息等集成到统一数据库,保障数据从设计阶段到运维阶段无缝流转,按照项目规模的差异,制定分级适配性方案,小型项目可借助轻量化云协同平台,减少部署开支;大型复杂项目就构建本地化的私有云,兼顾运算的效能与数据的安全性。

2 水利工程协同设计模式现状与设计效率难点

2.1 我国水利工程协同设计模式现状

目前,我国水利工程协同设计正处于急速发展阶段,部分大型设计院和重点工程项目已开始探寻并采用协同设计理念。以三峡工程、南水北调这类重大水利工程为典型,此类项目在实际操作中积攒了协同设计经验,建立起较成熟的工作模式及技术体系。部分先进地区企业率先采用BIM技术,建成了基于三维模型的协同设计平台,在提升设计效率与质量上成效显著。然而,从整体发展水平的层面看,我国水利工程协同设计依旧处于起步发展阶段,面临区域发展不一致、技术水平参差不齐等问题。东部沿海发达地区在协同设计应用方面相对成熟,而中西部地区推广普及的程度还需进一步提高。大型国有设计院在此方面起步较早,投入力度较大,而中小型设计单位受资金、技术、人才等方面条件的制约,协同设计的应用程度还比较低^[3],政府部门在政策引导及支持方面发挥了关键作用,陆续发布了相关推动协同设计进步的政策手段,但具体的执行细则和配套措施还需进一步修整。

2.2 传统水利工程设计模式的效率瓶颈

传统水利工程设计模式采用的是按序串行作业方式,各类专业人员按照既定顺序去完成各自的设计任务,缺少有效的横向沟通与纵向配合机制,导致此工作模式设计周期过长,难以契合现代工程建设进度要求的问题。各专业人员之间信息传递主要靠纸质图纸和文档资料,而且传输速度慢,容易出现信息遗漏、失真等问题,给后续工作造成较大困扰。设计变更管理是另一突出难题,由于欠缺统一的信息平台和版本控制方式,当有专业人员提出设计方面的修改建议时,不易快速精准地通知到相关部门,容易出现修改意见滞后或彼此矛盾现象,这种状况不仅造成设计周期延长,还可能引起严重的质量问题与安全风险。质量控制环节

同样存在明显问题,传统的审查途径依靠人工检查与专家评议,效率欠佳且主观判断影响大,较难察觉深层次的设计缺陷和潜在的隐患。人力资源配置不合理也是制约设计效率提升的关键要素,在传统模式中各专业领域的人员工作彼此独立,不能做到人力资源的有效整合及灵活调配。当某个专业领域的人员面临着繁重的工作任务时,不易快速调用其他专业领域的人员协助开展,较易导致人力资源浪费以及工作负荷失衡的现象。此外,技术资源重复投入的问题同样明显突出,不同专业领域各自开展软件工具的采购与维护,缺少统一的规划与资源共享办法,增添了企业的运营花销。

2.3 协同设计模式面临的行业范畴障碍与挑战

尽管协同设计模式在理论上具有诸多优势,但在实际推广应用的过程中仍面临着行业内部的各种阻碍与难题。首要难题是观念转变,诸多从业人员习惯于传统的工作方式,对新技术新模式接纳度偏低,担心学习成本过高或者改变现有工作流程会带来不便。管理层对协同设计所带来的投资回报预期不清晰,缺少充足动力推进变革实施,技术标准不协调是阻碍协同设计发展的关键技术,各厂商提供的软件平台,在数据格式、接口协议、功能模块等方面存在差别,难以实现无缝对接及数据共享。行业内标准化水平不高,缺少权威性的技术规范以及评价体系,造成企业在挑选技术方案时无所适从。信息安全问题仍是一个不可忽略的挑战,协同设计平台将敏感数据和核心技术资料集中存储,若发生安全事件,可造成严重后果^[4]。人才短缺问题愈发明显,既掌握专业技术又了解协同设计理念的复合型人才极为匮乏,现有的教育培训体系未能跟上技术发展的步伐,人才培养的周期长、成本高,难以契合行业发展的需求。资金投入匮乏也是普遍存在的状况,尤其是针对中小型设计单位而言,打造完整的协同设计系统离不开大量资金的支持,而短期内较难看到明显的经济收益成果。

3 协同设计模式提升水利工程设计效率的成效及实证

3.1 设计周期缩短效果:依托流程优化实现效率提升

协同设计模式对设计流程进行重新梳理和优化重构,实现了设计周期明显缩短,传统串行设计流程被并行协同的工作模式所替代,多个专业可于同一时间点开展对应工作,大幅提升了整体工作效率,设计人员可实时查看其他专业的最新成果,及时对自身设计方案加以调整,防止因信息滞后而产生的返工与延误。

统一的信息平台消除了专业间的沟通壁垒,使问题反馈以及解决方案的确认变得更快速、更高效^[5]。流程标准化是协同设计提高效率的关键方法,通过拟定详细的工作流程规范及节点控制标准,确保各环节均有清晰可辨的责任人和严格的完成时间。自动化工具应用后进一步简化了重复性工作,诸如自动生成图纸名目单、自动排查图面的错误、自动统计工程数量等功能,使设计人员将更多精力放到创造性工作中,版本控制系统保证了全部参与方都可使用最新的设计资料,避免了因采用过期版本造成的错误及争议。项目管理的精细程度实现显著提升,管理者可依靠协同平台实时管控项目的进展状况,发现并处理难题。里程碑节点设定更为科学合理,阶段性成果验收的程序愈发规范透明,风险管理能力不断增强,通过对历史数据的分析与经验总结,建立完备的风险预警机制与应急应对预案,这些改进措施联合发挥功效,让整个设计周期实现有效压缩变短,项目交付时间大幅提前。

3.2 实现设计质量优化与返工率下降:间接效率提升范畴

协同设计模式在提高设计质量方面意义重大,多方面的质量控制机制和全角度的专业协同,降低了设计失误的概率以及返工频次。采用三维可视化技术,设计方案变得更加直观,便于各专业人员理解、把握设计意图,降低了因理解偏差引发的错误。检测功能会自动识别不同专业构件之间的空间冲突,预先查找并处理潜在问题,防止施工阶段出现重大变更,设计审查过程变得更具效率和全面性,多位专家可同时借助线上渠道审阅设计方案,提出修改思路并借助平台开展讨论对话。与传统会议审查相比,此集体智慧的汇聚手段更具优势,可从多个方面找出问题并给出改进办法。标准化的设计模板与参数库实现了设计成果的一致性和规范性,减小了人为因素引发的质量问题。智能校验工具可自动核查设计是否满足相关规范与标准要求,提升了审查的精准度与效率,质量追溯能力实现明显增强,各设计变更都明确详细记录与说明,便于后续分析和改进工作,利用建立质量问题数据库,可积累经验教训,为相似项目提供参考。客户的满意度持续提高,设计方案更贴近实际情形,修改次数明显变少,这些质量方面的改善虽然属于间接效率提升,但其对整体项目成功的重要意义不容忽视。

3.3 资源配置效率提升:人力、数据与技术资源整合后的效果

协同设计模式凭借先进的信息化手段实现了各类资源的高效整合与优化调配,大幅提高了资源的利用

水平,人力资源管理愈发科学合理,项目管理者可按照各专业的工作负荷情形灵活调配人员,规避人力资源闲置或者过度紧张的情况出现,跨专业协作变得更为便捷,技术人员可突破专业壁垒,参与到其他领域设计工作中,充分发挥个人专长和潜能^[6]。数据资源整合效果极佳,统一的数据管理平台实现了各类基础资料、设计成果、技术文档的集中归集和分类管理,数据的检索与调用变得更为便捷高效,设计人员可迅速找到自己所需信息,杜绝了重复收集与整理数据的工作,历史项目数据的价值实现充分挖掘,为新项目设计提供了极具价值的参考。数据分析能力稳步增强,依靠对大量项目数据做统计分析,可找出规律性问题并提出应对办法,技术资源整合水平稳步提升,企业可统一进行软件工具的采购与部署,防止重复投资引发资源浪费,技术培训工作在系统和规范方面更进一步,员工技能水平实现全面发展。创新成果转化效率显著提高,新技术新产品能更迅速地在实际项目里获得应用推广。供应链协同效应逐步显现,与供应商、合作伙伴之间的协作更加紧密高效,形成了良性循环的发展态势。

4 结束语

新时代,工程设计方法的重要创新对设计效率提升的积极作用已经得到充分验证和广泛认可。通过构建科学合理的协同工作机制,运用先进的信息技术手段,可切实解决传统设计模式中存在的各类效率瓶颈与质量问题。随着数字化转型深入推进以及智能化技术不断进步,协同设计于水利工程领域将发挥更为重要的功效,企业需积极革新,增加投入规模,不断优化协同设计体系,为促进水利工程高质量发展提供更大助力。

参考文献:

- [1] 柴周晓. BIM 技术在水利工程规划设计中的应用研究[J]. 水上安全, 2025(04):70-72.
- [2] 方勇. 水利工程建设稽察管理信息系统设计与实现[J]. 吉林水利, 2025(10):8-14.
- [3] 同 [2].
- [4] 胡翼. 智能化水利工程调度系统的设计与应用研究[J]. 水上安全, 2025(16):13-15.
- [5] 常婕. 基于 BIM 技术的水利工程设计与施工协同优化研究[J]. 河南水利与南水北调, 2025, 54(08):39-40.
- [6] 徐肖峰, 虞鸿, 董启朋, 等. 三维地质建模及在隧洞洞口协同设计中的探索与实践[J]. 水电能源科学, 2025, 43(06):79-82, 161.