

水利工程建设全过程管理机制与协同控制路径研究

马玉梅

新疆泓源供水有限公司

DOI:10.32629/hwr.v10i6.7021

[摘要] 本研究聚焦水利工程建设全过程管理机制与协同控制路径,旨在破解传统管理模式中责任模糊、信息割裂、风险应对滞后及管理效率低下等问题。通过理论分析与体系构建,提出四大核心路径:一是构建全生命周期责任追溯机制,以法律与合同条款明确各主体责任边界,借助数字化平台实现责任记录与追溯的刚性约束;二是建立跨阶段动态协同控制体系,通过统一数字化平台贯通全周期信息,强化目标协同与过程联动;三是完善多维度风险防控与应急联动机制,整合技术、管理、社会、环境风险防控,形成分级响应与协同处置网络;四是创新数字化驱动的智能管控模式,利用物联网、大数据与人工智能技术实现管理决策的数据赋能与实时优化。研究为水利工程建设管理现代化提供了系统性解决方案,推动管理向精细化、智能化与韧性化转型。

[关键词] 水利工程; 全过程; 管理

中图分类号: TV 文献标识码: A

Research on the Management Mechanism and Collaborative Control Path of the Whole Process of Water Conservancy Engineering Construction

Yumei Ma

Xinjiang Hongyuan Water Supply Co., Ltd.

[Abstract] This study focuses on the management mechanism and collaborative control path of the whole process of water conservancy engineering construction, aiming to solve the problems of vague responsibilities, information fragmentation, lagging risk response, and low management efficiency in traditional management models. Through theoretical analysis and system construction, four core paths are proposed: firstly, to establish a full lifecycle responsibility traceability mechanism, clarify the responsibility boundaries of each subject through legal and contractual terms, and use digital platforms to achieve rigid constraints on responsibility recording and traceability; The second is to establish a cross stage dynamic collaborative control system, which connects the entire cycle information through a unified digital platform, and strengthens target collaboration and process linkage; The third is to improve the multi-dimensional risk prevention and emergency linkage mechanism, integrate technology, management, social, and environmental risk prevention and control, and form a hierarchical response and collaborative disposal network; The fourth is to innovate the digital driven intelligent control mode, utilizing IoT, big data, and artificial intelligence technologies to empower and optimize management decisions in real-time. The research provides a systematic solution for the modernization of water conservancy engineering construction management, promoting the transformation of management towards refinement, intelligence, and resilience.

[Key words] water conservancy engineering; The entire process; management collaboration

引言

水利工程建设是国家重要民生工程,其管理水平直接影响工程质量和效益以及经济社会能否持续健康发展。而传统的管理模式由于阶段性、碎片化、信息封闭式、职责不明晰等原因已无法有效应对日益复杂的工程条件和不断出现的风险。本文基于全生命周期理念对水利工程建设全过程进行分析研究,提

出以责任可追溯性、实时互动合作、风险管理、数字化手段等四个方面为切入点来实现对水利工程建设全过程管理及协同控制的方法,从而形成贯穿整个工程建设周期包括规划、设计、施工和运行维护各方面的管理体系,促进我国水利事业更好更快地发展。

1 水利工程建设全过程管理的目标

水利工程建设全过程管理是以整个工程全生命周期最大综合效益为目标,在项目前期工作、设计、施工、竣工验收以及运行管理各个时期进行统一协调和控制的过程^[1]。在前期工作中,主要是对工程建设必要性、可行性和经济性进行分析研究,并结合当地水情特点、环境保护及社会发展需要确定合理的建设目标与任务;在设计中主要针对设计方案选择及风险管理问题,在多个方案对比基础上利用计算机仿真技术提高方案合理性并减少后期因设计原因导致变更费用支出,保证工程结构可靠性和功能完整性;在施工期间注重质量和进度及成本和安全之间的协调统一,在规范化施工、智能化监管以及精细化资源配置基础上做到按图施工、合法施工,避免质量问题及安全事故的发生;竣工验收环节依照相关规定和要求进行,保证工程质量、技术档案和功能满足设计规定,为后期运营做好准备;而运营管理部分利用信息化手段进行监控、预警并合理调度,提高使用寿命,改善工作效率,减少整个寿命周期内的投入。总体目的是达到“安全可靠、经济高效、生态友好、智能协同”的现代水利工程建设目标,促进水资源的有效开发与合理配置服务于社会经济发展。

2 水利工程建设全过程管理机制与协同控制路径

2.1 构建全生命周期责任追溯机制,强化主体责任闭环管理

水利工程是关系国家经济发展和社会稳定的重要工程,工程建设时间长、涉及单位多、技术要求高,在某一方面出现问题就有可能造成隐患。传统的管理方式下,责任不清、责任链条中断的现象时有发生,容易造成问题积累甚至发生安全事故。建立从规划设计到建设运营全过程的责任可追溯制度,是提高水利工程建设质量和安全保障的有效手段。

这个过程是“明确主体、界定范围、固化流程、动态记录”。“用法律、用合同划清各方的权利义务”,比如规划单位对于水文水资源论证的合理性以及前瞻性承担责任;设计单位对建筑物的安全性和适用性承担责任;施工单位对工程质量以及工程按时完成负有责任;监理单位则是对整个建设过程进行监管并最终验收把关的责任。只有责任明确才不会互相推诿,形成各负其责的工作机制。责任落实到每一个具体的人员以及工序上,制定一套规范的操作程序。在施工过程中,在技术交底、材料检查、隐蔽工程验收等每一个环节都需要明确负责人并签字,做到“事事有人负责,环环有据可查”。另外还可以利用一些信息化的技术,比如区块链、云计算等技术来建立一个无法被篡改的“电子责任链”,对所有设计变更、所有检测报告、所有工序验收都要及时上传并且保存记录,保证操作日志的真实性、完整性以及可追溯性。如用区块链固化审核程序就可以防止人为干预及信息篡改,达到真正的“过程留痕、责任可究”。而那些由于故意或者重大过失造成质量问题、安全事故或者环境污染的行为人,则应当依法予以严惩,起到警示作用。同时,将责任落实情况作为信用内容,与招投标、评优评先等挂钩,从而形成“守信受益、失信受损”良好局面^[2]。

2.2 建立跨阶段动态协同控制体系,打破信息孤岛与阶段壁垒

传统的水利工程建设项目管理以阶段为界进行划分,各个阶段各自作战、沟通不畅、目标脱节,造成设计变更频繁、施工返工率较高、运营维护不当等问题,增加项目投资的同时也影响整个工程的效果。因此,需要建立跨阶段动态协同控制机制,消除信息孤岛以及各阶段之间的障碍,使整个生命周期内各方共同协作工作,是促进水利工程优质高效发展的有效途径^[3]。

跨阶段动态协同控制体系的核心即以“信息共享-目标协同-过程联动”,建立贯穿工程项目从规划到设计、施工直至运营整个生命周期协同管理体系,消除各个阶段之间隔阂,达到信息、目标以及过程有效协同,解决目前存在问题。建立一个统一数字化工具有利于消除信息孤岛问题,在此基础上整合规划、设计、施工、运维等各方面重要信息及模型,使信息能够流通。其中,把BIM模型贯穿整个项目从设计到施工模拟、进度控制以及运维管理全流程,做到“一模到底”,可以很大程度上防止由于模型转换造成的信息损失或者精度降低的情况发生,在各个阶段都可以基于同一份BIM模型进行相关工作,保证信息流动的一致性和连续性。制定跨阶段的目标一致性要求,解决不同阶段之间目标不一致问题^[4]。在设计时考虑施工实际情况,平衡施工可行性和经济性,防止因为设计过于理想而导致施工困难加大、造价提高;而在施工过程中及时反映施工现场地质、水文等情况,供设计人员参考以便于后期不再出现过期的设计变更;在运维期间,根据施工资料、设备运转情况进行有针对性保养工作,提高运维水平延长设备寿命,达到各个目标环环相扣目的。加强过程联控,做到全方位灵活应对。以数字化工具发布工程进展、物资需求等内容,及时改变图纸下发时间以及原材料供货安排,保证施工顺利开展;运用物联网设备检测施工现场情况、建筑物承重状况等,一旦发现问题立即发出变更设计或者停止施工信号,从而做到“设计-施工-环境”之间的联控,降低施工风险^[5]。

2.3 完善多维度风险防控与应急联动机制,提升工程韧性

由于水利工程建设规模大、时间跨度长,在施工过程中会遇到复杂的地质环境以及多变的天气情况,还会受到社会各界的影响,存在诸多不确定性因素。而传统的风险管理方法大多是在事故发生之后进行补救,缺少预见性和整体性,不能很好地防止由突发事件引起的一系列问题的发生,可能会给工程带来损失的同时也会影响到附近居民的生命财产安全甚至破坏当地的自然环境。所以建立健全全方位的风险管理及应急管理措施,利用科学的方法来预防风险,提高应急反应的能力对于增强水利工程韧性和保障工程顺利进行有着重要的作用^[6]。

多维度风险防控及应急联动的关键,在于以预防为主、分级响应、协同处置为基础,建立覆盖技术、管理、社会、环境等方面全方位的风险防控体系,实现对风险预防、处置、反思、改进全流程管理,提高工程抵御不确定性风险的能力。通过对以往工程项目中出现的风险进行分析研究、借鉴专家学者的经验教训以及进行工程仿真模拟等方式,全方位地找出工程项目在规划、设计、施工、运营期间所面临的所有可能的问题。而其中的技

术风险有结构失稳、渗漏等问题;管理风险有关工期延误、费用超出预期等问题;社会风险有关拆迁补偿、百姓不满等问题;环境风险包括生态破坏、水土流失等生态影响。并且对各种风险发生可能性、影响程度以及危害后果进行准确判断,确定其风险级别,以便更好地采取防范措施。根据不同等级的风险设定不同的警戒线、责任人及处理方法,做到有的放矢、精细管理。比如,对于高风险地带加强巡视次数、进行密集监控,在此基础上布置预防设施;对于有一定危险性但不是很大的施工现场提高检测比例、严格把控施工过程,一旦发现问题立即解决;而对于较低风险的行为则只需一般监管、经常巡查就可以避免问题扩大化,使各种风险都得到有效控制。结合政府部门、建设单位、设计施工单位、附近居民区以及专业救援队伍,理清各方在突发事件中责任及配合机制,消除部门之间、个体之间的障碍。利用信息化手段,及时传递各种危险源的相关情况,在有突发事件时立即启动相应预案,迅速组织人力、物力、财力进行调配,有效组织群众撤离、消除隐患等活动,尽量减少突发事件带来的影响,做到上下一心、齐心协力应对突发事件。对每个风险事件处理全过程反思,剖析风险产生原因以及在处理过程中存在的问题,提炼总结风险防范及应对措施,有针对性地补充和完善风险防范制度,改进应急预案,修订风险预警指标,促进风险管理能力和应急管理不断提升,实现风险识别、预防、应对、反馈循环往复。

2.4创新以数字化为动力的智能化管理模式,使管理由“人治”转变为“数治”

以数字化推动智能化管理模式,是以数据采集、分析、决策、反馈形成一个整体链条,打造感知、认知、决策、执行智能化闭环,在整个管理过程中渗透数据,使管理更加精细化、智能化、高效化,摆脱传统依靠人力方式。建立全方位感知网是实现数据赋能的前提。利用物联网传感器、无人机巡查、卫星遥感等手段对施工现场各种信息进行全天候、全方位采集,包括但不限于地质条件、水文变化、天气预报、机械设备工作状况以及工人作业行为等,在深基坑处布设位移传感器以监测其安全性,在混凝土浇注区域部署温湿度传感器保证工程质量,在施工机械上安装定位及状态检测装置以便了解其运转情况,从而获取大量不同来源异构化数据集用于后续数据分析工作。基于大数据分析及人工智能算法,从大量的数据中发现隐藏的模式、联系以及异常情况,从而把大量的原始信息变成有价值的信息用于企业管理。利用机器学习的方法准确预测施工进度偏差,在出现问题时及时采取措施;利用计算机视觉的方法自动检测施工过程中的安全隐患问题并及时发出警告;利用自然语言处理的方法分析工程项目文件中可能存在的风险因素从而预防这些风险的发生以利于企业做出合理的判断而不是完全依靠人的经验和直

觉。将数据分析的结果以图形化的方式展现给管理者,在管理驾驶舱中用动态图、数据仪表盘等形式显示工程建设情况、存在的问题、资源配置等情况并提出相应的改进措施。根据对资源的需求与供给情况进行适时地改变施工进度安排,使资源能够得到充分利用;依据风险程度的不同而改变关注点,提高防范能力;依据机器的工作情况来提供保养方案,增加机器使用寿命,从而让决策由凭经验到基于数据的过程转变。利用互联网+智能设备将智能化管理系统所作出决定传达到一线操作人员手中,做到决策与实施紧密结合。利用AR眼镜在施工人员面前叠加正确操作说明,使施工更加标准。利用移动APP下发质量问题整改任务,明确整改内容及时间;使用自动化控制系统对设备进行控制,保证施工精度,使每一个决定都能够迅速落实、有效实施^[7]。

3 结束语

水利工程建设全过程管理和协同控制方法的研究与探索,是实现水利行业由“经验驱动”到“数据驱动”,由“阶段割裂”到“全周期协同”的重要途径。建立全过程责任倒查制度、跨阶段动态协同控制机制、全方位的风险防控网以及智能化数字化管理模式等,都可以大大加强水利工程建设过程中的精细化管理、智慧管理和韧性管理。今后还需要加强技术集成应用、健全相关法规政策、培养良好协作氛围,使管理理念真正落实到实践中去,从而促进我国水利工程建设进步与发展以及保障国家安全。

[参考文献]

- [1]杨雪锋.基于全过程管理的水利工程建设质量监督要点与控制策略研究[J].内蒙古水利,2025,(09):33-35.
- [2]潘炳德.基于全过程的水利工程质量安全监督要点研究[J].城市建设理论研究(电子版),2025,(22):37-39.
- [3]吴江冷.水利前期工作全过程质量评价管理办法的制定与应用[J].水上安全,2025,(04):88-90.
- [4]舒昆鹏.论水利工程质量管理的基本要求及管理措施[J].城市建设理论研究(电子版),2024,(28):55-57.
- [5]杨舒琳.探究全过程咨询服务在水利工程建设管理中的应用[J].水上安全,2024,(13):14-16.
- [6]亚森·纳斯尔,袁文艺.新疆水利工程项目代建管理实践与认识[J].水利规划与设计,2021,(07):55-57.
- [7]王学洲.基于“互联网+BIM”技术的水利工程管理策略研究[J].中国水运(下半月),2021,21(06):97-98.

作者简介:

马玉梅(1997--),女,东乡族,甘肃临夏人,水利助理工程师、大学本科、主要从事水利水电工程建设与管理工作。