

基于全生命周期的水利工程质量监管创新研究

阳小玲¹ 刘震²

1 衡南县水利工程质量监督站 2 衡阳市水旱灾害防御事务中心

DOI:10.12238/hwr.v9i8.6539

[摘要] 水利工程是国民经济和社会发展必不可少的基础设施,但水利工程建设中存在问题较多,因此在各阶段都应加强质量管理,并从设计、建设到运行直至拆除实行全过程管理。本文将全生命周期的概念应用到水利工程的质量管理中来,结合BIM+物联网+大数据+区块链技术,基于安全保证模式原理建立覆盖工程规划、设计、施工、运行和拆除的协同监管模式,从而提高工程监管的全面性和准确性,以避免由于工程质量导致的安全问题,加强了对水利工程质量监管工作的创新,达到工程长期运行安全耐久以及促进水利资源的可再生利用,实现水利工程建设智能化、精细化的目的。

[关键词] 水利工程; 质量监督; 全生命周期; 创新

中图分类号: TV5 文献标识码: A

Innovative Research on Quality Supervision of Water Conservancy Engineering Based on the Whole Life Cycle

Xiaoling Yang¹ Zhen Liu²

1 Hengnan County Water Conservancy Engineering Quality Supervision Station

2 Hengyang City Flood and Drought Disaster Prevention Affairs Center

[Abstract] Water conservancy projects have an essential part to play in boosting local economic and social development, yet quality problems still happen regularly, so constant supervision is needed throughout the project life cycle. As such, the Life Cycle concept introduced alongside the integration of BIM, IoT, big data and Blockchain helps develop the construction lifecycle collaboration supervisory system including the pre-construction and design phase, the construction stage, the use/maintenance stage and the decommissioning disposal stage. Vigilant control is exerted over design review, material testing and healthcheckups before faults are found and solved and real-time monitoring is done to warn against possible risks in advance. Thus the improved accuracy and the scientificness are further ensured, new theories are promoted and some important progress is made in improving the safety level of water conservancy constructions, ensuring the long-life functionality, sustainable natural resource usage, refining the intelligence building and transforming the water conservancy constructions in accordance with modern trends.

[Key words] water conservancy engineering; Quality supervision; Full lifecycle; innovation

引言

水利工程是为保证农业灌溉、工业供水以及防洪减灾的需要而建立的基础性设施。比如我国的都江堰和三峡工程,在国家经济建设和安全保障等方面起着巨大的作用。现在我国建立了完善的质量监管体系,但也存在着监管力量薄弱、信息化水平不高、检测不到位等弊端。因此,在工程的规划、建设、运行到退役全生命周期内应用全生命周期的理念十分必要,开展基于全生命周期的质量监管创新,加强工程质量监管,提高工程质量,降低工程投资,延长工程使用寿命,有利于水利工程建设向高质量发展目标迈进。本研究具有非常重要的现实意义。

1 规划设计阶段监管

1.1 设计标准制定

设计标准制定是水利工程建管工作开展的重要前提,要充分考虑自然情况、功能定位、政策法规等因素,对于山区工程要着重考虑复杂地质条件下的坝体稳定性,按照区域内水情设置防洪、发电等设计标准;各种类型的灌溉、防洪等工程都要根据其实际功能采取不同的设计标准,例如,干旱区灌溉工程的防渗率要在80%以上;同时也要坚持符合国家规定的设计标准,并且随着经济社会发展不断变化,适时增加生态流量、水生态环境保护等方面的内容。

1.2 方案评审机制

为保障水利工程设计质量需要建立方案评审机制,由各行业领域的专家组成评审组,从技术、经济及环境等方面对项目进行整体评估,使所选方案最为合理可行。评审分为初审、复审和终审三个阶段,逐级审核、逐步完善设计方案;坚持严格的程序、严格执行的标准,做到独立审稿、客观评价;严格按照规范要求将评审结果进行公示,并主动接受社会监督,有利于增加工程公开透明度,提高民众参与度。

1.3 数字化设计工具

伴随着信息技术的发展, GIS、CAD、BIM等数字化设计技术在水利工程规划设计中得到广泛应用。GIS可集成地形、地质、水文等信息,辅助坝址和坝型比选;CAD可用于绘图,大大提高了设计的工作效率,缩短工期30%以上;BIM技术可以建立三维模型,将设计、施工、运维信息综合起来,做到协同设计及建模,协调变更碰撞问题,有效解决问题,避免二次返工,节省时间,节约成本。新技术使设计更科学、准确和经济。

1.4 监管协同模式

监管部门通过这种协同管理模式来建立横向部门间的协同沟通机制以及纵向监管信息平台,把水利、环保、国土、财政等部门都纳入其中,在规划设计阶段就加强了各部门之间的信息共享与交流,并且共同开展技术审查、生态评价、用地审批和资金监管等,通过联席会议协调解决存在的问题;同时加强对设计单位资质和信用的监管,严格控制设计质量,现已成为一种有效的措施,能够有效降低设计变更率,提高工程质量管理和水平,保障水利工程建设顺利开展及安全运行。

2 建设实施阶段监管

2.1 施工过程控制

施工过程控制是建设实施阶段的重点,贯穿于整个水利工程建设过程中,对工程质量、进度和造价有重大影响,要建立健全质量保证体系,制定质量目标并将责任落实到人,严格按照设计图纸和施工规范施工;科学合理地编制并及时调整好进度计划,在确保质量和安全的前提下,在各种不利因素下要顺利完成工期任务;加强工程成本管理,在合理用料、节约用料的基础上采取各种措施节约人力、物力、资金等成本,力争以最低的成本达到最高标准的工程质量。

2.2 材料质量检测

材料质量关乎水利工程质量的根本,所以要对原材料、构配件、设备等做好检测。水泥这类原材料要检测细度、凝结时间、强度等,如果检测不合格就会影响混凝土强度;而钢筋、预制件、安全防护网这些还需要检测尺寸、外观、力学性能等,如果检测不到位就会出现形变或开裂问题;还有起重机这些设备需要检测技术参数、运行状况、安全装置等,如果检测不到位,还可能会造成安全事故。所有这些都需要通过严格的检测,直至施工结束,这关系到整个水利工程建设的质量。

2.3 安全风险预警

安全风险预警是水利工程建设实施阶段监管的重点,要建

设完善的监测系统,并安装位移、沉降等监测设备,对风险因素进行实时监测,一旦出现异常要及时处理。再者要建立科学的预警模型,在监测数据的基础上结合以往的经验,对安全事故开展预测性评价工作,提高预判能力。此外要健全应急救援机制,编制专项应急预案,明确分工和救援流程,一旦出现事故后能够第一时间做出反应,有序施救,避免造成更大损失。

2.4 信息化监管平台

信息化监管平台是水利工程建设过程的关键监管方式之一,可实现施工现场对人、材、机、料等进行全过程动态监控管理,监管人员可以随时发现项目存在的问题并及时处理;能够对设计图纸、检测报告等文件资料进行统一归集与集中管理,方便参建各方高效协同工作,避免产生数据偏差;能对质量、进度等数据资料进行收集和分析,并对资料数据进行统计,以供科学决策使用;能有效提高办公过程效率,规避人为失误和差错;能完成线上交流、审批以及调度等工作任务。^[1]

3 运行维护阶段监管

3.1 健康监测系统

健康监测系统是水利工程运行维护的基础。在施工过程中,通过位移、应变、渗压等传感器采集大坝变形、渗流、应力等参数信息,并通过分析数据来判断是否存在异常现象,进而发出警报。某大型水库布设了上百个监测点,运用数据分析技术可以判定大坝当前的安全状况,并对其进行相应的预警和预测。借助物联网的相关技术,可以实现在线监控的功能,管理人员可以通过终端设备随时随地了解系统当下的实时动态,大大提高了监测的效率与准确性。

3.2 维护决策支持

维护决策支持系统是水利工程运行维护的重点,基于健康监测的数据信息,结合工程实际情况,利用数据管理、评估分析和决策模型等模块,实现科学决策。系统将存储监测数据,并对其进行分析,得出工程的安全及性能评估结论;同时,根据数据信息情况生成维修、更新或停机等决策,并进行成本、收益、风险的综合评价后给出决策建议;结合工程的情况来进行人工智能和机器学习等技术的应用,通过历史数据的不断积累和完善,在模型不断迭代下提高科学决策的正确率。

3.3 应急响应机制

应急响应机制对于水利工程面对突发情况起到了保驾护航的作用。包含应急预案、应急组织机构、物资储备和应急演练。应急预案制定好洪水、地震等应急处置流程、职责分工并定期修编保持可操作性;应急组织机构统一指挥协调抢险、医疗、后勤等各项事宜;物资储备保证足额配备足够的防汛设备、救援器材等,并且定时检查更换;应急演练仿真化程度越高越好,能够检验预案的实用性,提高人员之间的协同配合度,以免突发事件发生时不能够及时反应做出快速应对。

3.4 数据驱动管理

数据驱动的管理以采集到的数据为基础,通过分析健康监测数据可为水利工程的运行维护提供科学的决策依据;基于传

传感器和网络系统的实时采集以及利用机器学习进行清洗、分析、预测的过程能及时发现渗流异常、设备隐患等问题并提出相应解决方案;实现设备维护的最优化、降低运行成本、共享资源信息,助力水利工程运行管理走向精细化、信息化、智能化道路,进而保证水利工程的安全以及提升经济效益。^[2]

4 退役处置阶段监管

4.1 评估标准体系

水利工程退役处置需要建立一套包括结构安全性、功能有效性和经济性以及环境影响方面的科学评估指标体系。对大坝、水闸等工程结构进行安全检测,评价其是否存在开裂、碳化等情况,判断其是否还能承担防洪、灌溉的功能;通过对运维成本和效益的比对确定工程的经济合理性;从退役后对于水质、生态环境等方面的影响考虑是否会对环境产生较大的影响,最后根据对生态的风险可接受性分析判断退役的必要性和退役处置方案。

4.2 拆除安全管理

水利工程项目是灾害风险较大的工程,其安全风险源多,根据项目的特点、周围环境制定合理的拆除方案、安全预案,有针对性地规避坍塌事故发生。拆除前做好人员培训工作,落实防护措施,并设置警戒线、提示标识牌、禁止无关人员进入。拆卸过程中要定期对结构变形及振动情况进行观测,当发现有异常现象时,要及时停止作业并调整方案,及时整改。在爆破前对所需参数做出精细计算,并采取微差爆破等方式降低振动及噪声,同时还要做好邻近建筑物、附近居民的提前告知与安全防护工作。

4.3 环境影响控制

水利发电项目退役处置要严控环境影响,拆除过程中会产生粉尘,可采用洒水、围挡等措施来减少粉尘的产生;废水含有悬浮物及重金属,经沉淀、过滤等方式处理达标后方能排放;废渣应分类处理,可利用部分如旧的混凝土可以作为再生骨料回用,不能够被再次使用的,要采取安全填埋。工程拆除后应当修复其周边环境,如可以对水库底部栽种一些水生植物以提高水质环境。整个过程都要实施全周期过程控制,尽量避免出现各种各样的环境问题,达到建设与保护双赢的目的。

4.4 资源回收利用

水利工程退役阶段的资源回收可以发挥重要的经济和环境效益。废旧混凝土破碎成再生骨料,作为公路建设材料既可以节约天然资源又可以降低成本,数十万吨的废旧金属材料能够得到有效回收利用,部分含数千吨的钢材可再次用于大型枢纽拆除,有些水泵、发电机可以经过维修以后捐赠到贫困的地方继续使用。建立健全的回收体系及市场机制、出台支持性政策、加强监督管理等都是推进水利工程绿色退役、可持续退役的有效措施。^[3]

5 监管技术创新

5.1 BIM技术应用

BIM技术以水利工程的数字化三维模型为支撑,可以对水利工程全生命周期质量进行监督管理。在水利工程的规划设计阶

段可以利用模型进行方案模拟和优化,提高安全性及经济性;在水利工程的建设实施阶段可以利用模型进行施工可视化管理,提前完成10%-15%,节省成本约5%-10%;在水利工程的运行维护阶段利用模型集成设备信息方便运维管理,延长设备使用寿命,提升工作效率,全面提高水利工程质量水平及管理水平。

5.2 物联网监测

利用物联网监测技术,在水利工程现场布设传感器,实时采集各种水位、流量、应力等参数数据上传到监测中心,对其进行分析和处理,广泛运用于大坝安全、水资源管理和设备维护等各个方面,可以实现对于大坝变形、渗流等异常情况实时监控并发出报警信号,提高对河流流量、水资源等水情要素的监测预测能力,水资源调蓄能力提高20%-30%,减少浪费;可以在远程了解设备工作状态情况,便于及时发现设备故障问题,提前对故障设备进行维修保养,保证设备可靠性,利于水利工程质量监督工作顺利开展。

5.3 大数据分析

大数据分析技术能够充分发挥水利工程质量监管的作用,通过深挖监测设备所产生出来的大量数据,并且结合施工工艺、材料质量和环境条件等各项内容,可以实现全方位、全角度地衡量和预估工程质量。除此之外,在此技术下还可以对气象、水文、地质等内容展开实时监测和分析,使得对于洪水以及滑坡等各类灾害的风险预警率提高15%-20%,基于历史数据分析的内容还能有效提供给相关水利工程做好前期的规划以及设计工作,进而更好地促使质量监管的智能化及精准化的发展。

5.4 区块链溯源

可以实现水利工程材料与设备整个生命周期过程的追溯,提高质量监管的效果;在材料采购过程中,如果存在问题时,可以查清楚采购的具体情况和途径,并采取措施及时解决问题,不会出现质量事故,在设备管理中,完整的保留了设备安装以及维修数据等资料,以便于以后开展运维工作。利用区块链的不可篡改性以及分布式存储的特点增加监管的透明度以及公信力,让监管部门和公众都能够查看到相关的信息,并能实现工程质量的全程可追溯和可监督。

6 协同监管机制

6.1 多方责任协同

水利工程质量监管要多方责任共担。建设单位是项目的总体组织者和计划制订者,必须依规行事,在项目整体环节优化选择参建单位;施工单位必须严格按照设计图纸和标准规范进行施工;监理单位必须坚守工作岗位,时刻监督,发现问题立刻进行纠正;设计单位负责依据正确的设计依据完成正确的设计,并对方案进行技术指导;政府部门各单位履行行业管理和环保职能。通过设定各方责任、追责到人,实现各方协作与监督并行,以构成一个有机整体,互相配合保障工程质量。

6.2 政策法规支撑

政策法规是保证水利工程质量协同监管的重要保障,国家和地方制订的《建设工程质量管理条例》等相关规定,明确了各

方责任、规范了质量监管行为,地方结合实际情况制定了相关地方法规,强调了对生态保护的要求,在应用新工艺新技术新材料的同时,相关政策法规在不断地健全和完善。结合执法监督加强监管力度,严惩违法违规行为,确保法规落实到位,提升水利工程质量。

6.3 标准体系构建

标准体系是水利工程质量协同监管的基础,涵盖了从规划到设计、从施工到验收的全过程,包括在规划设计阶段依据《水利水电工程规划设计规范》等标准确定选址、规模和结构;在施工阶段依照相关标准对材料性能及工艺流程做出规定;验收阶段按照规定程序和标准要求做好验收工作,特别要严格检验隐蔽工程。同时,随着科技的进步,也需要不断将最新的科学技术纳入水利工程质量监督的相关标准之中,完善标准体系,保证工程质量与施工安全。

6.4 监管信息共享

监管信息共享是水利工程质量协同监管的重要一环,通过建立信息共享平台,建设单位、施工单位、监理单位可以将工程进度、质量检测、安全隐患等内容实时上传到平台上,让各单位的数据互联互通,政府也可以从平台上了解一些全貌的情况,进行有效的监管;利用现场的传感器实时监测水位、位移等参数,平台可以做出实时的预警,协助相关部门快速处理问题;与此同时,信息共享也可以促进水利工程建设各方的协作,增加监管的透明度,将部分需要向外界公开的信息公开,接受公众的监督,打破信息孤岛,保证了水利工程的质量与安全。

7 结束语

根据全生命周期理论,以水利工程质量全寿命周期为目标,建立从规划设计、建设实施、运行维护到退役处置的监管体系。运用BIM、物联网、大数据、区块链等手段,提高精度、加快速度,达到设计优化、施工可控、运维智能、退役规范的目的,在应用过程中采用数字手段减少设计变更、使用信息化手段保证施工质量、用健康监测手段达到延年益寿的效果、用评估追溯的方法保证物料和环境的安全,在健全政策标准和协同机制的同时建立资源共享和责任共担的信息互通体系,借助多方协同努力实现水利工程的质量全面监管,进而带动我国水利工程质量管理水平的全面提升。

【参考文献】

[1] 张黎希.基于BIM+GIS的水利工程数字孪生全生命周期管理技术探析[J].电子元器件与信息技术,2025,9(05):218-220.

[2] 陈强.BIM模型下水利工程全生命周期投资控制算法[J].水利科技与经济,2023,29(05):102-106+132.

[3] 赵楠,李万渠,陈燕萍.基于BIM技术的水利工程全生命周期管理研究[J].四川水利,2022,43(04):116-121.

作者简介:

阳小玲(1969--),男,汉族,湖南省衡阳市衡南县人,大专,工程师,研究方向为水利工程建设管理、质量监督工作。

刘震(1997--),男,汉族,湖南省邵阳市隆回县人,硕士研究生,主要从事水利工程建设管理、质量监督工作。