

水利工程全生命周期质量检测体系构建与关键指标标准化研究

赵中亚¹, 党安华², 湛晓颖^{1*}

(1. 山东汇科检测技术服务有限公司, 山东 东营 257000;

2. 山东禹科检测技术有限公司, 山东 东营 257000)

摘要 水利工程是支撑国民经济发展和生态环境保护的基础性工程, 其质量安全直接影响到工程的功能正常发挥、人民的生命财产安全、水资源的合理利用和生态平衡的维护。目前, 水利工程质量检测工作还存在碎片化、阶段性脱节、指标不统一、标准不规范等现象, 不能满足全生命周期管理一体化的要求, 也制约工程质量控制水平的提高。本文以全生命周期管理理念为基础, 结合水利工程的特点, 对水利工程全生命周期质量检测体系的构建逻辑和实施路径进行研究, 构建一个科学合理、适用性强、可操作的质量检测指标分级和阈值标准体系, 以期为水利工程全生命周期质量控制提供参考, 促进水利工程质量检测工作的规范化、系统化、标准化发展, 保证水利工程长期稳定运行。

关键词 水利工程; 全生命周期; 质量检测体系; 关键指标; 标准化

中图分类号: TV5

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2026.12.026

0 引言

水利工程是调节水资源调配、抵御水旱灾害、改善生态环境、保证农业灌溉和工业用水的重要基础设施, 其质量安全有长期性、基础性、公益性特点, 关系到社会经济的可持续发展和生态环境的稳定。随着水利工程建设规模的不断增大, 工程种类越来越多, 对工程质量的要求也越来越高, 传统的阶段性、碎片化的质量检测方式已经不能适应工程全生命周期的质量保障需要, 存在着检测流程衔接不畅、检测指标不一致、标准不统一、各参与方协同不够等问题, 容易造成工程建设、运行、维护各个阶段出现质量隐患, 影响工程寿命和功能发挥。质量检测是水利工程质量控制的中心手段, 也是发现质量隐患、评价工程质量、保证工程安全的有效方式, 建立全生命周期的质量检测体系、实现检测关键指标标准化, 是解决目前存在的问题、提高质量控制水平的重要途径。因此, 本文从水利工程全生命周期质量检测体系的建立以及关键指标标准化入手进行系统的探究, 梳理相关的理论基础, 设计体系框架和运行机制, 制定标准化指标体系及应用方法, 为水利工程全生命周期质量控制提供科

学依据, 促进水利工程质量检测工作高质量发展。

1 水利工程全生命周期质量检测理论基础

1.1 全生命周期管理理念与水利工程适配性

全生命周期管理理念的核心就是把工程从规划设计到报废处置的全过程当作有机整体, 统筹各个阶段的管理目标、管理流程和管理资源, 达到工程全流程、全方位高效的管控目的, 其根本目的在于系统的、整体性的、持续性的, 打破各个阶段之间的管理壁垒, 使各个环节之间形成良好的衔接与闭环。水利工程具有建设周期长、涉及环节多、使用时间长、受自然条件影响大的特点, 它的质量控制不是单一阶段的任务, 而是在规划设计、施工建设、运行维护、报废处置等各个环节上都要进行质量控制, 每个阶段的质量状况都会对整个工程的总体质量以及长期运行的安全产生影响, 这就符合全生命周期管理理念中系统性、整体性的要求。

1.2 质量检测体系的核心理论与构建逻辑

水利工程质量检测体系的核心理论来源于质量管理理论、系统工程理论和过程控制理论, 质量管理理

作者简介: 赵中亚 (1994-), 男, 本科, 工程师, 研究方向: 水利工程质量检测。

*通信作者: 湛晓颖 (1991-), 女, 本科, 工程师, 研究方向: 水利工程质量检测。E-mail: dyhkc@126.com

论给体系建立提供的是质量管控的主要思路,即依靠标准、规范化的流程来提高质量;系统工程理论认为质量检测体系是有机整体,要统筹考虑各个部分之间的功能及联系,达到系统整体效率最大化的目的;过程控制理论重视对整个水利工程全周期各阶段检测工作实施精确管理,保证检测工作规范化、有效率。

1.3 检测指标标准化的核心内涵与原则

水利工程质量检测指标标准化的核心内涵是把水利工程全生命周期各个阶段质量检测的重要内容、检测方法、评价标准统一规范起来,形成科学、系统、通用的标准化体系,使各个阶段、各种情况下的质量检测工作具有一致性、可比性和规范性,防止由于检测指标不统一、标准不清造成检测结果偏差、质量评价失真的问题。检测指标标准化的主要目的就是通过统一的标准来提高质量检测工作科学性和规范性,保证检测出的结果可以真实地反映出工程的质量情况,给质量控制的决策提供可靠的信息,同时减少检测成本,提高检测效率,促进质量检测工作规范化、专业化的发展。

2 水利工程全生命周期质量检测体系构建

2.1 体系构建的总体目标与核心原则

水利工程全生命周期质量检测体系建立的总体目标就是根据水利工程全生命周期质量控制要求,创建包含检测模块、流程规范、保障机制、协同模式在内的科学、系统、高效的检测体系,实现对工程质量检测全过程、全方位、全链条的覆盖,保证检测数据的真实可靠、检测流程的规范有序、检测结果的科学公正,为水利工程质量安全决策提供支持,促进水利工程质量管控水平的全面提高,保证工程长期稳定地发挥其功能^[1]。体系建构的主要原则以总体目标为中心,系统性原则规定体系包含工程全生命周期各个阶段,综合考虑到各个阶段检测需要和流程对接,保证各个模块、各个环节相互配合;规范性原则要求体系内检测流程、检测方法、指标标准、操作规范等都符合有关要求,使检测工作做到标准化、规范化;实用性原则要求体系的设计要贴近工程实际情况,检测流程简捷高效,检测方法易学易用,可以满足各类水利工程的质量检测需求;协同性原则要求明确建设、设计、施工、检测、运维等各方面责任分工,创建协同治理模式,达成资源共享、信息共享、协同发力的目的;动态性原则要求体系在水利工程技术进步、质量控制要求改变、工程实践反馈等方面作出相应的调整,从而保持体系的适应性和持续性。

2.2 各阶段检测模块设计与流程衔接

水利工程全生命周期质量检测体系各阶段检测模块的设计以工程全生命周期为依据,根据各个阶段的质量控制重点设定相应的检测模块,并且注意各个模块之间流程的衔接,形成闭环管理。规划设计阶段检测模块主要是对工程设计方案的质量可行性和设计参数的合理性进行检测,重点检测设计方案是否符合相关规范要求、是否考虑工程质量与安全、是否适应自然环境和使用需求,为工程设计优化提供依据;施工建设阶段检测模块属于质量检测的重点部分,主要检测原材料质量、施工工序质量、分项分部工程质量,检测施工过程是否达到设计要求及施工规范的要求,及时发现施工过程中出现的质量问题并予以纠正,保证施工质量满足标准;运行维护阶段检测模块主要针对工程运行状态、结构完整性、功能发挥情况开展检测工作,定期开展常态化的检测和专项检测,在工程运行期间实时监控工程的状态,并及时发现工程运行过程中存在的质量问题,为后续的运维决策提供支持;报废处置阶段检测模块以工程报废前的质量状况、安全风险、环境影响为对象,对工程结构的完整性、安全性做出评价,预测工程报废后可能产生的环境影响,给报废处置方案的确定给予科学依据。

2.3 体系运行保障机制与协同管理模式

水利工程全生命周期质量检测体系高效运转需要完备的保障机制和科学的协同管理方式,两者互相支撑、互相促进,一起保证体系发挥出应有的效果^[2]。体系运行保障机制包括组织保障、制度保障、技术保障和人员保障,组织保障即成立专门的检测管理机构,明确各个参与方的职责分工,统筹安排检测工作开展,制度保障就是制订完整的检测管理制度、操作规程、质量评价标准等,对检测工作的各个方面进行规范,保证检测工作有章可循,技术保障是采用先进的检测技术和设备,改进检测方法,提高检测精度和效率,建立检测信息管理系统,实现检测数据的信息化管理以及共享,人员保障是加强检测人员的职业技能培训和职业道德教育,提高检测人员的专业素质和服务意识,保证检测工作的专业性和公正性。

3 质量检测关键指标标准化设计与应用验证

3.1 关键指标筛选与分级标准制定

水利工程质量检测关键指标筛选和分级标准的确定属于实现检测指标标准化的重要环节,筛选过程要以工程全生命周期各阶段的质量控制重点为依据,遵

循科学性、系统性、适用性的原则，根据质量检测体系的建立需要，在规划设计、施工建设、运行维护、报废处置等阶段的检测内容中，选出可以直接反映工程质量主要特征、影响工程安全及功能发挥的主要指标，剔除不必要的指标，从而形成简洁、高效、针对性强的关键指标体系^[3]。选择的关键指标既要考虑到共性又要重视个性，既有工程结构、材料性能、施工工艺、运行状态等各方面的关键因素，又有根据不同的水利工程项目特点添加的一些个性指标，保证指标体系的适应性。经过关键指标筛选之后，根据工程质量控制的要求来制定指标分级标准，按照指标对于工程质量安全的影响程度把关键指标分成不同的等级，并规定各等级的关键指标的主要管控要求，分出重点管控指标和一般管控指标，依照不同的等级分别制订差别化的检测频率、检测方式以及评价准则，对影响工程质量安全大的主要指标进行重点监控，保证质量控制的针对性和有效性，为后面指标量化和阈值确定打下基础。

3.2 标准化指标的量化方法与阈值确定

标准化指标的量化方法和阈值的确定是实现检测指标标准化、保证检测结果可比可评的重要环节，要根据关键指标的特点和性质来选择合适的量化方法，把定性的指标转换成量化的指标，把模糊的指标转化成具体的指标，使指标的量化结果能真实地、准确地反映出工程质量的好坏^[4]。对可以直接用检测手段得到的数据指标，根据检测技术和规范要求来确定统一的量化检测方法，明确检测步骤、检测仪器、操作规范，保证不同的检测主体使用相同的检测方法可以得到一致的检测结果；对于不能直接量化的定性指标，用分类描述、等级评分等方法进行量化，规定各个评分等级的判别标准，保证定性指标量化的科学性和一致性。在指标量化方法确定之后，根据水利工程质量控制要求、相关规范标准和工程实践经验来确定各个标准化指标的阈值，指标阈值是判断工程质量是否符合标准的重要依据，要考虑到科学性和适用性，既需要满足有关规范最低的要求，又要考虑工程长期运行的质量需求，对指标的合格阈值、预警阈值、不合格阈值做出规定，把合格、基本合格、不合格分为三个质量等级，并规定不同的阈值所对应的质量状况及相应的处置办法。

3.3 标准化体系的工程应用与有效性验证

标准化体系的工程应用和有效性验证是检验关键指标标准化体系科学性、适用性和可行性的过程，把建立起来的关键指标标准化体系应用到水利工程全生

命周期的质量检测实践中，在不同的工程阶段对检测提出的要求下，按照标准化的检测方法、指标分级、阈值要求来开展质量检测工作，收集检测数据，分析检测结果，检验标准化体系在实际应用中是否有效^[5]。按照标准体系要求开展各个阶段的检测工作，规范检测流程，统一检测方法，保证检测数据的真实、准确、一致。同时，对标准化体系的应用过程中的问题和不足进行整理总结，并不断改进和完善标准化体系。有效性验证从检测效率、检测质量、质量管控效果这三个方面展开，比较标准化体系实施前后检测工作的情况，检验标准化体系是否可以提高检测工作效率和规范性，是否可以准确发现工程质量隐患，是否可以有效地提高工程质量管控水平。

4 结束语

本文以水利工程全生命周期质量检测体系的创建及关键指标标准化为研究重点，整理出全生命周期质量检测相关理论基础，分析全生命周期管理理念和水利工程的契合度、质量检测体系的创建逻辑以及检测指标标准化的核心内涵和原则，形成包含总体目标、检测模块、保障机制和协同模式在内的水利工程全生命周期质量检测体系，设计出关键指标筛选、分级、量化、阈值确定的标准化流程，并通过工程实践证明标准化体系的有效性。研究结果表明，创建全生命周期的质量检测体系可以冲破传统阶段性的检测限制，完成工程质量的全过程、全方位控制，关键指标标准化可以提高检测工作规范化、科学化水平，保证检测结果的可比性可评性，为水利工程质量管控提供可靠支持。

参考文献：

- [1] 王涛,唐忠刚.水利工程技术管理痛点识别与系统化对策研究[J].价值工程,2025,44(35):109-112.
- [2] 夏冬晨,林海卫,周梦阳.水利工程施工与后期运行管理衔接机制研究[J].水上安全,2025(21):185-187.
- [3] 葛震,邢栋,祝晓迪.水利工程建设施工过程中的质量管理措施[J].城市建设理论研究(电子版),2025(31):196-198.
- [4] 钟海平.水利水电工程项目档案管理标准化体系构建研究[J].兰台内外,2025(28):67-69.
- [5] 唐云清.重大水利水电工程全生命周期质量管理探索与实践[J].中国水利,2025(09):42-49,27.