

水利工程施工质量控制关键技术研究

刘欢

浙江江能建设有限公司, 浙江 杭州 310051

[摘要]水利工程是国民经济和社会发展的重要基础设施,其施工质量直接关系到工程安全与运行效益。文中从质量控制的重要性出发,分析了当前水利工程施工中质量管理体系不完善、施工过程控制不到位、原材料质量监管不足、信息化管理水平有待提高等突出问题,围绕施工测量与放样、地基处理、混凝土施工、土石方施工、防渗工程、金属结构安装六个方面阐述了质量控制关键技术,并从建立健全质量管理体系、强化施工全过程质量管控、加强材料与设备质量管理、提升施工技术 with 人员素质水平、推进信息化与智能化质量管理等方面提出了优化措施,为水利工程施工质量管控提供参考。

[关键词]水利工程; 施工质量; 质量控制; 关键技术; 金属结构安装

DOI: 10.33142/hst.v9i5.19883

中图分类号: TV51

文献标识码: A

Research on Key Technologies for Quality Control in Water Conservancy Engineering Construction

LIU Huan

Zhejiang Jiangneng Construction Co., Ltd., Hangzhou, Zhejiang, 310051, China

Abstract: Water conservancy engineering is an important infrastructure for national economic and social development, and its construction quality directly affects the safety and operational efficiency of the project. Starting from the importance of quality control, this article analyzes the prominent problems in current water conservancy engineering construction, such as incomplete quality management system, inadequate construction process control, insufficient supervision of raw material quality, and the need to improve information management level. It elaborates on the key technologies of quality control from six aspects: construction measurement and layout, foundation treatment, concrete construction, earthwork construction, anti-seepage engineering, and metal structure installation. Optimization measures are proposed from establishing a sound quality management system, strengthening quality control throughout the construction process, enhancing material and equipment quality management, improving construction technology and personnel quality level, and promoting information and intelligent quality management, providing reference for water conservancy engineering construction quality control.

Keywords: water conservancy engineering; construction quality; quality control; key technologies; installation of metal structures

引言

水利工程包括水库、大坝、水闸、渠道等,施工过程多、工序繁杂,受到水文地质条件的影响较大。水利工程属于国家基础设施体系的关键部分,施工管理水准同工程质量、安全以及运行效益有着直接联系。随着工程规模的增大和科技水平的提高,传统的以阶段性控制为主的施工管理方式已经不能满足现代水利工程建设对于系统化、精细化、智能化的要求。目前质量管理体系不健全、过程控制不到位、原材料把关不严、金属结构安装精度不足等问题比较突出。因此,对水利工程施工质量控制关键技术和优化途径进行梳理,对推进水利工程建设高质量发展有重

大意义。

1 水利工程质量控制的重要性

水利工程投资大、工期长、隐蔽工程多,施工质量的好坏直接影响到工程自身安全稳定以及下游人民的生命财产安全。2025年是水利工程建设质量提升三年行动的收官之年,为了加快质量强国建设步伐,进一步提高水利工程建设质量管理水平,推进数字化、智能化手段在质量控制中的深度应用已经形成行业共识。加强施工质量控制,建立勘察、设计、施工、验收全过程的质量管理体系,是保证水利工程安全运行的根本要求,也是推进水利事业高质量发展的主要保证。

2 水利工程施工质量控制存在的问题

2.1 质量管理体系不完善

目前很多水利工程的质量管理体系存在着制度不健全、执行不力的情况。有的项目质量管理制度只是停留在纸面上,并没有建立起有效的监督考核体系,在实际施工过程中很难起到约束的作用。目前施工管理中存在监理不规范、管理效率低、施工安全隐患等,严重影响工程质量的提高^[1]。一些施工单位的质量管理责任没有细化到具体的岗位上,出现质量问题的时候不能找到具体的责任人和责任环节,造成同类质量问题反复出现。另外,设计、施工、监理等各方面的质量控制没有形成有效的联动机制,造成信息传递不畅,质量管理体系整体效率受到影响。

2.2 施工过程控制不到位

施工过程控制不到位是造成水利工程质量差的主要原因。土石方开挖、混凝土浇筑、防渗墙施工、金属结构安装等工序的施工不按施工规范和工艺标准进行。有的施工单位为了赶工期而随意简化施工流程,对隐蔽工程的质量验收把关不严,造成质量隐患在后期运行中暴露出来。在金属结构安装方面,闸门、启闭机、压力钢管等部件的安装偏差超限、焊缝质量不达标、防腐涂层厚度不足等问题时有发生。按照规范标准施工,重视试验检测数据,加强人员行为和工序清单化管理,守好一线“质量关”是保证过程控制的基本要求。

2.3 原材料质量监管不足

原材料质量是水利工程施工质量的基础保证,但是目前部分项目的原材料监管存在明显的不足。一些施工单位对水泥、钢筋、外加剂等重要材料的进场检验不严格,原材料多批次检验不合格的现象时有发生。对砂石骨料含泥量、级配等重要指标的检测频率不够,对混凝土配合比的执行情况没有有效的监控。对于金属结构所用的钢板、焊材、高强螺栓、涂装材料等,同样存在进场检验不严、材质证明文件不全、复验批次不足等问题。建立不合格品台账和追溯制度,把好材料入口关,这是目前必须要加强的管理措施。另外一些项目的材料仓储管理不规范,不同批次的材料混放、过期的材料没有及时清理等问题时有发生,给工程质量造成一定的隐患。

2.4 信息化管理水平有待提高

水利工程施工质量管理工作信息化手段应用水平低。尽管 BIM、物联网、大数据等技术已经在一些大型工程上进行了试点应用,但是对于中小型水利工程来说普及率还比较低。随着水利工程规模和技术水平不断提高,施工质量精细化管理也成了保证工程安全、延长工程使用寿命、

提高资源配置效率的有效途径。但是大部分项目质量数据仍旧是用纸质形式保存,缺少了数据采集的及时性、完整性,导致质量问题的追溯分析缺少数据支撑^[2]。

3 水利工程施工质量控制关键技术

3.1 施工测量与放样控制技术

施工测量属于水利工程施工的前期工作,它的精度直接影响到后面施工质量的参照标准。基坑开挖时使用全站仪进行三维坐标定位,配合水准仪反复校核标高,保证尺寸误差和标高偏差均在规范允许的范围内。对渠道、大坝等线性工程要建立加密控制网,保证放样点位的平面位置和高程精度符合设计要求。测量工作要建立“自检+复测”双重校核制度,防止由于一次测量造成误差的累积。同时测量数据要及时整理归档,为以后施工提供可靠的依据。在复杂的地形中还要使用 GPS-RTK 等先进的测量技术来提高作业效率、精度。对于金属结构安装所涉及的闸门槽预埋件、启闭机基础螺栓等,应在测量放样阶段精确标定其中心线和高程控制点,为后续安装提供准确基准。

3.2 地基处理与基础施工质量控制技术

地基处理直接影响到上部结构是否稳定、安全。根据不同的地质条件选择合适的处理方案,水泥搅拌桩、高压旋喷桩、振冲加密等。分洪闸地基处理工程水泥搅拌桩工程量大、地质条件复杂,科学的试桩对后续大规模施工有良好的加固和可靠的实施基础。施工时要严格控制桩位、桩径、桩长等主要参数,成桩后采用钻孔取芯、标准贯入试验等方式检测地基承载力。地基处理及基础工程施工质量不符合标准要求的单元工程不得验收,只有严格控制好每一个工序,才能保证地基处理达到设计要求。对软土地基还要加强沉降观测,保证工后沉降符合规范要求。对于安装启闭机、大型闸门的混凝土基础,应重点控制基础顶面的平整度、预埋锚板的位置偏差,确保金属结构安装后受力均匀、运行平稳。

3.3 混凝土施工质量控制技术

混凝土是水利工程中最常用的一种建筑材料,混凝土的质量控制贯穿于原材料和成品的全部过程。首先应该对配合比进行优化,控制水胶比和单位用水量,保证混凝土具有良好的工作性和耐久性。混凝土浇筑时必须控制分层厚度、浇筑速度,防止出现冷缝或者离析;大体积混凝土要进行温度监控,合理布置冷却水管,控制好温升速率,防止温度裂缝。混凝土的养护也不能忽视,养护期间要保持合适的温湿度,保证混凝土强度正常发展。对于有抗渗、抗冻要求的部位,还要做专项性能检测,保证符合设计要求。混凝土施工前要加强对于原材料质量的检验,对水泥、

砂石骨料、外加剂、拌和用水等各项指标进行严格的检验，保证各项指标符合规范要求。施工期间要依靠试验检测手段来掌控混凝土坍落度、含气量以及强度发展状况，对于出现的问题及时作出施工参数的调整。对重要部位、隐蔽工程要实行全过程质量追溯，做好拌和、运输、浇筑、养护等各个环节的数据记载工作。工程完工后还要用钻芯检测、超声检测等方法对混凝土实体质量进行复核评价，从而提高水利工程结构的安全性、耐久性和运行可靠性。闸门槽、埋件周边的二期混凝土浇筑是金属结构安装的关键环节，应严格控制浇筑密实度，避免出现蜂窝、空洞，防止因混凝土收缩导致埋件变形。

3.4 土石方施工质量控制技术

土石方填筑要严格控制填筑料的级配、含水率及压实度，每层填筑完成后及时检测压实度，合格后方可进行下一层施工。开挖工程应遵循“自上而下、分层开挖”的原则，控制好开挖坡面的平整度和坡度，防止超挖或者欠挖。高边坡开挖时要根据地质情况及时采取支护措施，保证边坡稳定。填筑时应严格控制每层铺料厚度及碾压参数，碾压机具行进速度、碾压遍数、搭接宽度等均应按试验段施工工艺执行^[3]。土石方施工质量检测要覆盖所有施工单元，检测数据要真实、完整、可追溯。对重要的建筑物填筑还要做附加的质量检测，保证填筑密实度达到设计要求。金属结构安装所需的运输通道、吊装作业平台应进行专门的回填压实处理，确保其承载力满足重型吊装设备的安全运行要求。

3.5 防渗工程施工质量控制技术

防渗工程是保证水利工程蓄水、挡水的主要结构，施工质量的好坏直接影响到工程的防渗效果。防渗墙施工要对槽段划分、泥浆护壁、混凝土浇筑等环节加以控制。防

渗墙弹性波CT法检测是根据墙体内部波速分布来识别裂缝、夹泥等缺陷的一种方法，可以有效地对墙体的完整性以及均匀性进行检测。除防渗墙外，帷幕灌浆、高压旋喷截渗等防渗技术也被广泛应用到水利工程当中。防渗墙施工时要形成覆盖原材料检验、工序质量检验、单元工程质量检验的全过程质量控制体系。采用钻孔取芯、注水试验、声波CT等检测手段相结合的方式，可以对防渗工程质量进行全方位的评价。对帷幕灌浆还要做压水试验，检验其透水率是否符合设计要求。穿堤或者穿坝的金属结构管道、闸门埋件与防渗墙连接处是渗漏的薄弱环节，在施工过程中要重点检查止水铜片、橡胶止水带安装质量，保证与金属结构形成连续可靠的防渗体系。

3.6 金属结构安装质量控制技术

金属结构安装是水闸、泵站、溢洪道等水利工程的重要组成部分，主要包含平面闸门、弧形闸门、人字闸门、启闭机、压力钢管、拦污栅等部件的安装。安装前对预埋件位置、高程、平整度进行准确的复测，锚栓支架位置偏差不得超过±3mm。闸门安装时要控制好门体水平度、垂直度、止水中心对称度，门叶拼装后对接焊缝应按设计要求做无损检测（超声波或射线探伤），焊缝质量等级不得低于二级。启闭机安装时机座水平偏差不应大于0.5/1000，钢丝绳在卷筒上排列整齐，制动器间隙均匀，全程试车无异常振动和噪声。压力钢管安装时要控制好管口椭圆度、对口间隙、错边量，环焊缝焊接后做煤油渗透试验或者气压试验，涂装防腐层用测厚仪逐点检测，厚度偏差不得超过设计值的±10%。金属结构安装完毕后，应做无水启闭试验和带水启闭试验，检查闸门启闭力、止水严密性及锁定装置的可靠性。所有的安装检测数据要形成专门的档案，保证全过程可以追溯。

表1 金属结构安装主要质量控制标准

控制项目	允许偏差/质量要求	检测方法	检测频率
预埋件位置	中心偏差≤±3mm，高程偏差≤±2mm	全站仪、水准仪	逐件检测
闸门门体垂直度	≤门叶高度的1/1000，且≤4mm	吊线垂、钢尺	每门叶
闸门止水中心对称度	≤2mm	钢尺	每道止水
主焊缝无损检测	Ⅱ级合格（超声波或射线）	超声波探伤仪	100%主缝
启闭机机座水平度	≤0.5/1000	精密水准仪	每台
压力钢管椭圆度	≤0.01D（D为内径）	钢尺、卡尺	每节管口
防腐涂层厚度	≥设计值，偏差≤±10%	磁性测厚仪	每10m ² 不少于3点
无水启闭试验	启闭力≤1.1倍设计值，无卡阻	压力表、观察	全程
带水启闭试验	止水漏水量≤设计值	量测	全程

4 水利工程施工质量控制优化措施

4.1 建立健全质量管理体系

建立质量管理体系,是保证施工质量的根本前提。根据《建设工程质量管理条例》《水利工程施工质量管理规定》等法规规章,建立质量管理责任清单,明确各级、各单位的质量管理责任,把落实措施细化到工程建设质量管理的各个环节,责任到岗到人。应当明确工程项目和关键部位、关键环节的质量责任,建立施工过程质量责任标识制度,实行工程建设数字化成果交付、审查、存档,保证工程质量的可追溯性。金属结构安装工程应单独编制质量控制计划,明确焊接、安装、调试等关键工序的责任人及验收标准。依靠制度的系统化、责任的明细化来构建起一个涵盖全员、全过程的闭环质量管理体系,从而给质量目标的达成赋予制度支撑。

4.2 强化施工全过程质量管控

施工全过程质量控制要以关键工序、隐蔽工程为重点。必须严格执行首件工程认可制,以首件工程的施工质量为依据,进行大面积施工,为以后类似项目的施工验收提供标准,提高质量标准和施工工艺水平。对基坑开挖、混凝土浇筑、防渗墙施工、金属结构安装(如首节闸门吊装、首条主缝焊接)等重要工序实行旁站监理,施工前做好技术交底工作,使操作人员掌握工艺要求。施工期间要对质量验评和工程计量支付这两个主要业务实施智能控制,促使项目参建单位达成无纸化协同办公^[4]。隐蔽工程在隐蔽前必须经过监理验收合格并存有影像资料,保证质量验收的真实性、可追溯性。

4.3 加强材料与设备质量管理

材料、设备是工程质量的物质基础,必须从源头上把好质量关。应该建立采购、进场验收、仓储保管、使用追溯的全过程材料管理制度。加强材料的“量”控制,在材料验收过程中实行实时在线监督,钢筋、水泥等主要材料进场时要检查质量证明文件,并进行抽样检验,检验合格后方可使用。金属结构所用的钢板、焊材、高强螺栓、防腐涂料等,应严格核验材质证明文件,并按批次进行复验(如钢板力学性能、焊材工艺性、涂层附着力等),不合格材料一律退场。对混凝土拌和系统、起重设备等重要设备要定期校验、保养,保证设备正常运转。对金属结构安装用的吊装设备、焊接设备、检测仪器等,应建立专用台账并定期标定。应建立原材料可追溯制度以及混凝土生产

全过程质量控制体系,所有进场材料都要建立台账,做到来源可查、去向可追、责任可究的闭环管理。

4.4 推进信息化与智能化质量管理

信息化、智能化属于提高水利工程施工质量控制水平的新途径。应推进数字孪生技术同实体工程同步创建,达成数字孪生工程和实体工程同时验收、同时交付的目的。用物联网监测设备对混凝土温度、大坝变形、渗流渗压等主要参数进行实时采集,并开展动态分析。系统应用之后,混凝土生产合格率明显提高,质量问题数量明显减少,管理效率明显提高。依托 BIM 模型把施工技术标准、工艺工法和三维影像资料融合起来,达成施工过程、工艺、材料检测的全流程追踪。在金属结构安装中,可利用 BIM 模型模拟闸门吊装路径和预埋件定位,对焊缝检测报告、安装偏差数据实行数字化管理,实现从钢板下料至调试运行的全生命周期质量追溯。借助数字化管控手段的运用,把质量管理由“人工盯守”变为“智能监控”,达成质量控制的事前预防、过程受控、事后可追溯,给数字孪生水利工程感知体系创建赋予有力的质量支撑。

5 结语

水利工程施工质量控制属于全过程的系统性工作。就质量管理体系、过程控制、原材料监管、信息化水平等各方面的而言,需要对测量放样、地基处理、混凝土施工、土石方施工、防渗工程、金属结构安装等关键工序有系统的掌握,同时从体系完善、过程控制、材料设备、信息化智能化等各方面进行改善。以数字化、智能化为方向推进质量精细化转型,是保证水利工程安全长久运作的要道。

[参考文献]

- [1]刘东海.水利工程施工质量控制的关键因素与优化路径[J].城市建设理论研究(电子版),2025(25):36-38.
- [2]夏冬晨,周梦阳,葛冠男.水利工程施工阶段质量控制关键问题及对策分析[J].科技与创新,2026(8):143-145.
- [3]王耀,谭敏枚,纪德金.基于 BIM 技术的水利工程施工质量控制系统设计与应用[J].技术与市场,2026,33(2):100-103.
- [4]蔡先勇.水利工程施工中的质量控制与技术管理[J].水上安全,2026(3):169-171.

作者简介:刘欢,男,汉族,安徽黄山人,安徽科技学院本科毕业,研究方向为水利工程施工质量控制关键技术研究。