

水利工程关键工序施工质量控制要点探究

苏昭杰

河北省水利工程局集团有限公司，河北石家庄，050000；

摘要：本文聚焦水利工程关键工序质量控制，先明确关键工序的界定原则与分类，阐述其在工程安全、经济效能及行业发展维度的核心价值；再系统梳理共性与专项关键工序的质量控制要点，最后提出技术创新、体系完善、人员素养提升的保障路径。研究旨在为水利工程关键工序质量管控提供理论参考与实践指引，助力行业高质量发展。

关键词：水利工程；关键工序；施工质量控制

DOI：10.69979/3060-8767.26.05.055

水利工程是水资源安全与社会经济发展的重要基础设施，施工质量至关重要。关键工序是质量管控核心，其界定与管控成效影响多重效益。本文立足工程特性，探讨关键工序界定、控制要点及保障路径，为提质提供支撑。

1 水利工程关键工序的界定与质量控制价值

1.1 关键工序的科学界定

水利工程具有建设周期长、施工环境复杂等显著特征，施工质量直接关乎工程运行安全、水资源调配效率及周边生态环境稳定。关键工序作为施工核心环节，是对工程结构安全、使用功能实现及施工进度保障起决定性作用，且施工难度大、质量波动风险高、缺陷整改难度大的工序。基于工程类型多样性，关键工序可分为共性与专项两类：共性涵盖地基处理、混凝土浇筑等；专项依工程类型而定，如水库坝体碾压、水闸闸门安装等。

界定需遵循系统、科学、实用原则，采用“风险矩阵法+专家评审法”量化判定：通过分析工序质量影响程度、波动概率及整改成本构建风险矩阵划分等级，将高风险工序纳入管理；结合专家经验校验修正结果，确保界定精准，为质量控制奠定基础。

1.2 关键工序质量控制的核心价值

关键工序质量控制具有核心价值：工程安全维度，其质量直接决定结构稳定性与耐久性，是规避安全事故的核心举措；经济效能维度，可通过预防控制减少返工损耗，提升工程耐久性以降低运维成本，实现全生命周期效益最大化；行业发展维度，其管控水平是技术进步的重要标志，能推动新技术、新模式应用，助力行业高质量发展。

2 水利工程共性关键工序施工质量控制要点

2.1 地基处理工序质量控制

地基作为工程主体结构的承载基础，其稳定性直接

影响整体质量，地基处理因此成为首要关键环节。不同地质条件对应处理技术不同，但质量控制核心要点共性显著，包括施工前期勘察、过程管控与后期检测三大环节。

前期勘察需采用钻探、物探、原位测试等综合手段，全面查明地质构造、土层分布、承载力、地下水埋藏深度及渗透系数等参数；复杂地质区域需加密勘察点，确保数据准确有代表性。依据勘察结果编制专项处理方案，明确技术选型、施工参数、质量标准及安全措施，经专家评审核查可行性与针对性，规避勘察疏漏或方案不合理引发的质量隐患。

施工过程管控是地基处理质量控制的核心。以常见的软土地基处理技术（如水泥土搅拌桩、高压旋喷桩、塑料排水板堆载预压等）为例，水泥土搅拌桩施工需严格控制水泥掺量、搅拌桩垂直度、搅拌速度及提升速度，确保桩体均匀性与密实度；高压旋喷桩施工应重点管控喷射压力、喷嘴提升速度、旋转速度及浆液配比，避免出现断桩、夹泥等缺陷；塑料排水板堆载预压施工需保证排水板插入深度、间距符合设计要求，堆载分级进行，防止因加载过快导致地基失稳。施工过程中，应建立旁站监理制度，对关键施工参数进行实时监测与记录，及时发现并纠正施工偏差。

施工后检测是验证地基处理质量的关键手段。需依据设计要求与规范标准，采用静载试验、轻便动探、低应变法等检测方法，对地基承载力、桩体完整性、加固深度等指标进行检测。检测数量应符合规范要求，对检测结果不合格的区域，需查明原因并采取补桩、二次加固等处理措施，直至检测结果达标后，方可进入下道工序施工。

2.2 混凝土浇筑工序质量控制

混凝土是水利工程主体结构核心材料，浇筑工序涵盖制备、运输、浇筑、振捣、养护等子环节，各环节质量波动均可能影响结构强度、耐久性与抗渗性，是共性

关键工序的核心内容。当前,随着高性能混凝土与智能化施工技术发展,浇筑质量控制已从经验化向精准化、智能化转变,核心要点如下。

混凝土制备质量控制是基础。需严格把控原材料质量,水泥、骨料、外加剂、掺合料等原材料进场前必须进行抽样检测,确保其性能指标符合设计要求与规范标准。例如,水泥需检测强度、安定性、凝结时间等指标;骨料需控制含泥量、针片状含量、级配等参数;外加剂需验证其减水率、缓凝性、抗冻性等性能。同时,依据混凝土设计强度等级、工作性能要求及施工环境条件,进行精准配合比设计,通过试拌调整确定最优配合比,并在施工过程中根据原材料含水率变化实时调整搅拌用水量,确保混凝土拌合物的坍落度、扩展度等工作性能达标。搅拌过程中,需控制搅拌时间与搅拌顺序,保证混凝土拌合物均匀性。

混凝土运输与浇筑质量控制是关键。运输过程中需选择合适的运输设备(如混凝土搅拌运输车、泵送设备等),确保混凝土在运输过程中不发生离析、泌水现象,且运输时间控制在混凝土初凝时间以内。针对水利工程浇筑面积大、浇筑高度高的特点,应合理划分浇筑仓块,确定浇筑顺序与浇筑厚度,采用分层浇筑、分层振捣的方式进行施工。浇筑过程中,需控制浇筑速度,避免因浇筑过快导致模板受力过大或混凝土内部产生空隙。振捣环节应选用合适功率的振捣设备,遵循“快插慢拔、分层振捣”的原则,确保振捣密实,避免出现漏振、过振等问题。对于钢筋密集区域、预埋件周边等振捣难点区域,可采用小型插入式振捣器或附着式振捣器辅助振捣,保障振捣质量。

养护质量控制是保障。遵循“及时覆盖、持续保湿”原则,浇筑完成12小时内覆盖土工布、保湿膜等保湿材料;根据环境温度采取针对性措施,在高温环境加强通风降温,低温环境实施保温养护;普通混凝土养护时间不少于14天,高性能或特殊要求混凝土不少于28天,减少温度应力引发的收缩裂缝。

2.3 防渗工程施工质量控制

防渗性能是水利工程正常运行的关键指标,防渗工序包括防渗材料铺设、防渗墙施工、接缝防渗处理等,质量控制直接决定防渗效果,规避渗漏导致的水资源浪费与地基渗透破坏。

防渗材料质量控制是前提。常用的防渗材料包括土工膜、防渗涂料、止水带、混凝土防渗墙材料等,材料进场前需进行严格检测,核查材料的物理性能、力学性能、抗渗性能等指标。例如,土工膜需检测厚度、拉伸强度、撕裂强度、渗透系数等参数;止水带需验证其硬度、拉伸强度、扯断伸长率、耐老化性能等;防渗涂料

需检测固含量、黏度、抗渗压力等指标。同时,需加强材料存储管理,避免材料因日晒、雨淋、挤压等因素受损,影响其防渗性能。

防渗结构施工质量控制是核心。对于土工膜防渗铺设施工,需严格控制铺设基面的平整度与压实度,基面应平整、坚实、无尖锐杂物,压实度符合设计要求,避免土工膜被刺破。铺设过程中,土工膜应平铺展开,避免出现褶皱,膜与膜之间的搭接宽度需符合设计要求(通常不小于10cm),搭接缝采用热焊接方式连接,焊接过程中需控制焊接温度与焊接速度,确保焊缝密实。焊接完成后,需采用充气法进行焊缝检测,检测合格后方可进行下道工序施工。对于混凝土防渗墙施工,需控制成槽质量,确保槽壁平整、垂直度符合要求,成槽过程中需及时清除槽内沉渣,沉渣厚度不得超过设计限值。混凝土浇筑过程中,需控制浇注导管埋深,避免出现断桩、夹泥等缺陷,确保防渗墙连续性与密实性。

接缝防渗处理质量控制是关键。水利工程结构接缝(如坝体分缝、闸室伸缩缝、管道接口等)是渗漏的高发区域,需重点加强接缝防渗处理。接缝处应选用符合设计要求的止水材料,止水带安装需准确就位,固定牢固,避免出现偏移、扭曲等现象。接缝填充材料需按设计配比搅拌均匀,填充密实,确保接缝处无空隙。对于伸缩缝,需预留合理的伸缩量,避免因温度变化导致接缝开裂。施工完成后,需对接缝处进行渗漏检测,采用注水法或渗水试验等方法验证防渗效果,检测不合格的需及时进行整改。

3 水利工程专项关键工序施工质量控制要点

3.1 水库坝体碾压工序质量控制

坝体是水库工程核心挡水结构,碾压工序质量直接决定坝体密实度、承载力与抗滑稳定性,是专项关键工序。质量控制围绕碾压材料、参数、过程及检测四大核心环节展开。

材料质量控制是基础。对土料、砂砾石等碾压材料进场检测,核查颗粒级配、含水率、干密度等指标;控制土料最优含水率,规避弹簧土或压实不足问题;砂砾石需保障级配均匀,避免颗粒分离。材料分层摊铺,厚度符合设计要求(通常20-40cm),摊铺平整均匀。

参数确定与控制是核心。通过现场碾压试验确定碾压机械选型、碾压遍数、速度、错距等最优参数;施工中严格遵循参数施工,碾压机械按照“先轻后重、先慢后快、先边后中、分段碾压、错距搭接”原则作业,保障碾压无遗漏,搭接宽度符合要求(通常不小于1/3碾宽)。

检测管控是保障。碾压完成后及时采用环刀法、灌砂法、核子密度仪法等检测压实度,每碾压层每1000

m²至少检测3个点；不合格区域分析原因并补压，直至达标。同时加强碾压过程沉降观测，根据沉降量调整参数，保障碾压质量均匀性。

3.2 水闸闸门安装工序质量控制

闸门是水闸调节水流、控制水位的核心构件，安装质量直接影响启闭性能与防渗效果，是水闸工程专项关键工序。质量控制重点关注前期准备、吊装、调整固定及密封与启闭性能检测环节。

前期准备是前提。对闸门及启闭设备进场验收，核查型号、规格、数量及外观质量，确认出厂合格证、安装说明书等技术文件齐全；检测闸室导轨、止水座板等安装基础的平整度、垂直度、高程等指标；清理现场，打磨关键部位，创造良好安装条件。

吊装与调整是核心。根据闸门重量、尺寸及安装高度选择适配吊装设备，制定专项吊装方案；平稳起吊避免碰撞损伤，就位后精准调整垂直度、水平度、与导轨间隙及止水座板贴合度；通过调整支撑与导向装置，保障闸门垂直度偏差达标、导轨间隙均匀、启闭灵活，确保止水装置贴合牢固无偏移。

性能检测是保障。安装完成后采用注水或渗水试验检测密封性能，确保渗漏量符合要求；通过手动或电动操作检测启闭性能，核查启闭灵活性、平稳性、行程准确性及限位装置可靠性；对密封不严、启闭不灵活等问题及时整改，直至检测合格。

4 水利工程关键工序施工质量控制的创新路径与保障措施

4.1 创新质量控制技术应用

智能化、数字化技术与关键工序质量控制的深度融合，可显著提升管控精准性与效率。混凝土浇筑工序中，应用 BIM 技术构建三维模型模拟浇筑过程，优化仓块划分与浇筑顺序；采用智能振捣机器人结合传感器实时监测振捣参数，保障振捣均匀；通过温度监测系统与大数据分析预测温度应力，动态调整养护措施。

地基处理与防渗工程中，应用地质雷达、超声波等无损检测技术实时评估处理效果与结构完整性；利用无人机航拍结合图像识别技术监测坝体碾压轨迹与遍数，确保碾压全覆盖。闸门、机组安装等专项工序中，采用激光定位、全站仪精准测量提升安装精度；借助数字孪生技术构建施工数字模型，实现过程可视化、可追溯管控。

4.2 完善质量控制管理体系

健全的管理体系是质量控制的制度保障。建立“全员参与、全过程管控、全要素覆盖”的责任体系，明确建设、施工、监理、设计等各方质量责任，落实到具体岗位与个人。施工单位编制专项控制方案，明确目标、要点、检测方法与整改措施，加强巡检与旁站监理，形成“发现—整改—复核—销号”闭环机制。

监理单位强化关键工序监督，严格执行旁站监理，核查施工参数，验收材料设备，复核检测结果。建设单位统筹协调质量工作，定期组织专项检查，督促各方履职。建立质量信用评价机制，将施工单位关键工序管控表现纳入评价体系，实施激励与约束，营造重视质量的行业氛围。

4.3 强化施工人员技术素养

施工人员技术素养直接影响关键工序质量，需加强技术培训与安全教育。编制专项培训教材，组织岗前与在岗培训，重点讲解施工规范、质量要点、新型技术与设备操作方法，考核合格后方可上岗。通过案例分析、质量警示教育强化质量意识，树立“质量第一”理念。

组建专业质量检测队伍，配备齐全检测设备，定期开展技术培训与技能提升，确保检测人员具备扎实专业知识与熟练操作技能，提供精准检测数据，为质量控制提供可靠支撑。

5 结束语

水利工程关键工序质量控制是保障工程安全长效运行的核心举措，贯穿施工全过程。本文总结的界定方法、控制要点及保障措施，需结合工程实际灵活应用。未来，应持续推动智能化技术与质量管控深度融合，完善全链条管理体系，强化人员专业能力，全面提升水利工程建设质量，为水资源优化配置与水安全保障提供坚实支撑。

参考文献

- [1] 郑侃, 李波. 水利工程施工阶段的监理质量控制措施[J]. 大众标准化, 2025, (24): 16-18.
- [2] 呼磊, 郭腾. 基层水利工程施工质量管理中存在的问题及改进措施[J]. 散装水泥, 2025, (06): 171-173.
- [3] 董文昌, 王瑞锋. 水利工程施工中商品混凝土的质量控制方法[J]. 建材发展导向, 2025, 23(23): 4-6.
- [4] 张可. 水利工程建设中的质量控制关键节点分析[J]. 石河子科技, 2025, (04): 66-68.
- [5] 吴嫵. 水利工程施工质量检测与控制研究[J]. 工程技术研究, 2025, 10(09): 138-140.