

水利工程施工质量通病成因及精细化管控策略研究

马小峰

上海宏波工程咨询管理有限公司江苏分公司 江苏 宿迁 223800

摘要：水利工程作为关乎国计民生的基础设施，其施工质量直接影响防洪、灌溉、供水等核心功能的发挥。本文以水利工程施工质量通病为研究对象，系统梳理按工程结构类型划分的通病类型及核心特征，从人为、材料与设备、技术与工艺、环境与地质、管理与制度五个维度深度剖析成因。在此基础上，构建涵盖施工全流程的精细化管控体系，明确各阶段管控重点与保障措施，并针对大坝、渠道、水闸等不同类型工程提出差异化管控策略。研究成果可为水利工程施工质量管控提供科学指导，助力提升工程质量水平，推动水利行业高质量发展。

关键词：水利工程；质量通病；精细化管控

引言：水利工程是保障国民经济发展和生态安全的重要基石，其建设质量与人民生命财产安全、区域经济社会稳定密切相关。随着我国水利建设规模不断扩大，工程建设难度逐步提升，施工质量通病问题愈发凸显，还可能引发安全事故。传统质量管控模式存在管控粗放、针对性不足等弊端，难以适应新时代水利工程高质量建设的需求。本文深入研究水利工程施工质量通病的类型、成因及精细化管控策略，旨在破解质量管控难题，为水利工程施工质量提升提供切实可行的解决方案，具有重要的理论与实践意义。

1 水利工程施工质量通病核心类型与特征

1.1 按工程结构类型划分的质量通病

水利工程结构复杂，不同类型结构的质量通病呈现显著差异。挡水建筑物中，大坝与水闸是核心设施，常见通病包括裂缝、渗漏、强度不足及沉降不均。大坝裂缝多分为干缩裂缝、温度裂缝与结构裂缝，干缩裂缝多因混凝土养护不及时产生，温度裂缝源于浇筑温差过大，结构裂缝则与受力不均相关；渗漏问题涵盖坝体、基础及接触渗漏，多由防渗结构缺陷或施工漏洞导致。输水建筑物以渠道和管道为主，衬砌剥落、冻胀破坏、渗漏及断面变形较为普遍，北方地区渠道因冻融循环易出现衬砌开裂剥落，软土地基渠道则易发生断面变形与淤积堵塞。泄水建筑物如溢洪道、泄水闸，易出现冲刷磨损、空蚀破坏及闸门启闭故障，高速水流冲击是引发冲刷与空蚀的主要原因。配套建筑物中，泵站与涵洞常存在设备安装偏差、混凝土缺陷及密封不严等问题，直接影响设备运行稳定性与工程功能发挥^[1]。

1.2 质量通病的核心特征

水利工程施工质量通病具有鲜明的共性特征，首要表现为普遍性，混凝土裂缝、渗漏等问题在各类水利工程中

均频繁出现，无论是大型水库还是小型灌区渠道，都难以完全规避。其次是隐蔽性，部分通病如基础渗漏、内部结构裂缝等，初期症状不明显，需借助专业检测手段才能发现，一旦察觉往往已造成一定程度的结构损伤，治理难度极大。再者是关联性，单一质量通病可能引发连锁反应，例如大坝表面裂缝若未及时处理，会逐渐深入内部形成结构裂缝，进而导致渗漏，渗漏又会加剧结构侵蚀，最终影响工程安全。最后是顽固性，部分通病治理后易复发，如渠道衬砌冻胀破坏，即便进行修补，若未从根本上解决冻胀诱因，次年仍可能出现同类问题，需长期持续管控。这些特征使得质量通病治理成为水利工程施工管理的长期难题。

2 水利工程施工质量通病成因深度剖析

2.1 人为因素

人为因素贯穿施工全流程，是质量通病核心诱因。施工人员中，部分一线作业人员技能不足，对关键工序操作规范不熟，如混凝土振捣不密实、钢筋间距偏差，且质量意识薄弱，存在侥幸心理，忽视细节管控。部分项目质量管控体系不完善、责任模糊，现场监管流于形式，对关键工序和隐蔽工程检查不到位，决策失误，如盲目压缩工期、选不合理方案。设计人员部分设计方案有缺陷，未结合现场地质水文条件针对性设计，结构选型或参数取值不合理，导致施工中易出现质量问题。

2.2 材料与设备因素

材料与设备质量是引发质量通病的重要物质因素。材料上，部分施工单位为降成本选用不合格原材料，配合比设计不合理，储存与使用不规范，影响材料性能，导致结构强度不足、耐久性下降等问题。部分企业使用老化、精度不足的设备，调试与维护不到位，如搅拌机搅拌不均、模板支护设备刚度不够，设备运行易故障，影

响施工精度、效率及质量稳定性^[2]。

2.3 技术与工艺因素

技术与工艺不足制约施工质量。施工工艺上，核心工序施工不规范普遍存在，如混凝土浇筑、防渗层铺设、基础处理不当，易引发质量问题。技术交底环节，部分项目流于形式，施工人员理解偏差，操作违规。应急处置能力不足，发现轻微隐患未科学处理，导致隐患扩大。

2.4 环境与地质因素

水利工程多建设在野外环境，环境与地质条件复杂多变，对施工质量影响显著。自然环境方面，极端天气是重要诱因，高温天气下混凝土水分蒸发过快，若养护不及时易产生干缩裂缝；严寒天气会导致混凝土受冻，强度增长受阻，出现冻胀裂缝；暴雨天气易引发基坑积水、边坡坍塌，影响基础施工质量；大风、暴雨还会干扰露天作业，导致施工精度下降。地质条件方面，施工现场地质复杂多样，若存在软土地基、断层、溶洞等不良地质现象，且未进行充分处理，会导致基础承载力不足，引发工程沉降、倾斜等问题；地下水位过高会增加基础施工难度，易出现基坑涌水、边坡失稳等情况；地质勘察数据不准确，会导致设计方案与实际地质条件不符，施工中易出现质量隐患。

2.5 管理与制度因素

管理与制度不完善是质量通病频发的根本保障性因素。管控体系上，部分项目未建立全流程机制，参建单位协同不畅。制度执行上，质量责任、奖惩等制度执行不到位，隐蔽工程验收、材料检验等流于形式。且缺乏常态化质量检查与改进机制，难以形成闭环管理。

3 水利工程施工质量精细化管控体系构建

3.1 精细化管控的核心原则

水利工程施工质量精细化管控遵循四大原则，全流程覆盖原则，管控涵盖施工准备、过程、验收及运维初期全阶段，打破局限，规避隐患。精准化定位原则，针对不同工程和工序质量通病，制定差异管控措施，明确控制点与标准，实现精准管控。责任化落实原则，建立“全员参与、层层负责”体系，明确各主体和岗位质量职责，签订责任书，确保责任到人、可追溯。数据化支撑原则，依托智能技术采集全流程质量数据，通过分析动态研判质量状况，为决策提供依据，推动管控从“经验驱动”向“数据驱动”转变。

3.2 施工准备阶段精细化管控

施工准备阶段是质量管控的源头，需做好全方位精细化管控。前期调研与设计优化方面，开展详细的现场勘察，精准掌握地质水文、气候等环境条件，为设计提

供可靠数据；组织设计、施工、监理等多方进行图纸会审，重点核查设计方案的合理性与可行性，针对可能引发质量通病的设计缺陷进行优化；结合工程特点开展质量通病风险预判，制定专项预防方案。建立原材料全流程检验机制，严格执行进场检验、存储监控、使用复核流程，不合格材料严禁进场；优化材料采购渠道，选择资质齐全、信誉良好的供应商；对施工设备进行全面排查，确保设备性能达标，重点核查混凝土搅拌机、振捣棒等关键设备的精度与稳定性，做好设备调试与备案管理^[3]。开展针对性技能培训与质量意识教育，提升施工人员操作水平与责任意识；实施分层级、全覆盖的技术交底，详细说明施工工艺、质量标准、通病防控要点，确保施工人员准确理解。编制精细化施工组织设计与专项施工方案，明确各工序管控要求；严格方案审批流程，组织专家进行可行性论证，确保方案科学可行。

3.3 施工过程阶段精细化管控

施工过程是质量形成的核心环节，需强化关键节点精细化管控。关键工序管控方面，针对混凝土浇筑、钢筋加工、防渗工程、基础处理等关键工序，设置专项质量控制点，实行“三检制”（自检、互检、交接检），每道工序验收合格后方可进入下一道工序；明确各工序的操作规范与质量标准，配备专职质检员现场监督，及时纠正违规操作。依托智能传感器、无人机巡检等技术，对工程结构变形、沉降、渗漏等关键指标进行实时监测，建立监测数据台账；设定预警阈值，当数据异常时及时发出预警，组织专业人员分析成因并采取处置措施，实现“早发现、早处置”。强化隐蔽工程验收管理，验收前施工单位需完成自检，提交完整的施工记录与检测资料；验收时由多方共同参与，采用无损检测等技术手段进行核查，留存完整的影像与检测资料，未经验收合格的隐蔽工程严禁覆盖；建立天气、地质等环境因素动态监测机制，根据监测结果调整施工方案，如高温季节加强混凝土保湿养护、雨季强化基坑排水与边坡加固、严寒季节采取混凝土防冻措施。

3.4 竣工验收与运维初期精细化管控

竣工验收与运维初期管控是确保工程质量达标并稳定运行的关键环节，竣工验收阶段，制定精细化验收标准，明确各分项、分部工程的质量验收指标与通病排查清单；组建专业验收团队，采用抽样复核、无损检测等多种方式进行全面核查，确保验收结果准确；对验收中发现的质量问题，建立整改台账，明确整改责任、整改措施与整改时限，跟踪整改情况，确保问题闭环。运维初期管控方面，建立质量回访机制，定期组织技术人员

对工程运行状况进行检查,重点排查施工阶段可能遗留的质量隐患;加强运维初期的质量监测,对工程结构、设备运行等关键指标进行跟踪监测,及时发现并处理运行中出现的的质量问题;梳理施工阶段的质量管控数据与隐患处置记录,为后期运维管理提供技术支撑,形成“施工-验收-运维”的全生命周期管控闭环。

3.5 管控保障体系

构建完善的保障体系对精细化管控体系落地至关重要,需从组织、制度、技术、经费四个维度推进。组织保障上,成立由项目负责人牵头的专项小组,整合各方力量,明确职责分工,强化协同联动,建立定期沟通会议制度,及时协调解决问题;制度保障方面,完善质量责任追溯制度,明确各岗位质量责任;细化奖惩制度,表彰奖励成效显著者,惩处违规管控不力者;健全隐患排查治理制度,明确排查频次、内容与处置流程,形成常态化机制;技术保障上,推广先进施工工艺与智能监测技术,组建专业技术团队攻关难题,建立技术资料管理制度规范资料管理;经费保障上,设立专项管控经费,足额保障材料检验、设备升级等工作开展,加强经费使用监管,确保专款专用,提高使用效益。

4 不同类型水利工程质量通病精细化管控策略

4.1 大坝工程:聚焦裂缝与渗漏管控

裂缝防控上,优化原材料与配合比,选低水化热水泥等,降低水化热;严控浇筑温度,用预冷骨料等方式降温,高温季搭遮阳棚;按分层、分块原则施工,设合理施工缝与伸缩缝;加强养护,保湿养护不少于14天,大体积混凝土用冷却水管降温。对已出现裂缝,细小裂缝压力灌浆封闭,宽裂缝凿除重浇。渗漏防控方面,强化基础防渗,依地质选帷幕、固结灌浆等技术;完善坝体防渗结构,选优质材料,确保接缝严密;关键部位设止水结构,选优质止水材料;建立常态化监测体系,设渗漏观测孔,实时监测,及时灌浆封堵。

4.2 渠道工程:聚焦衬砌破坏与渗漏管控

渠道核心质量通病为衬砌破坏与渗漏,需精细管控。衬砌破坏防控上,材料选型适配环境,寒冷地区选耐冻胀、抗磨损材料;优化结构设计,合理设伸缩缝与沉降

缝,填充弹性密封材料;强化基底处理,平整压实达标;加强施工管控,混凝土振捣密实,复合土工膜接缝严密;建立定期检查机制,及时清理杂物,修补破损。渗漏防控方面,采用复合防渗技术,构建多道防线;加强关键部位防渗处理;设渗漏监测点,及时发现隐患;局部渗漏灌浆封堵,范围大则重铺防渗层并加强排水^[4]。

4.3 水闸工程:聚焦冲刷空蚀与设备故障管控

水闸受水流作用,冲刷空蚀与设备故障是主要质量通病,针对性管控。冲刷空蚀防控上,优化泄水结构体型,经水力模拟试验确定合理尺寸;选用抗冲耐磨、抗空蚀材料加固易受冲刷部位;设消能设施降低水流能量;定期检查,清除泥沙淤积,及时修补冲刷空蚀坑。严格选型与安装,确保设备质量与安装精度达标;建立定期检修维护制度,更换老化部件,防腐处理闸门;加强运行监测,安装传感器,参数异常及时停机检查;制定应急预案,明确处置流程与责任人,快速处置故障。

结束语

水利工程施工质量通病防控是保障工程安全稳定运行的关键,其成因复杂多样,涉及人为、材料、技术、环境、管理等多个维度。本文构建的全流程精细化管控体系,涵盖施工各阶段核心要点,结合不同类型工程特点提出的差异化管控策略,为质量通病治理提供了系统解决方案。未来,应进一步加强智能监测技术与精细化管控的深度融合,推动管控模式数字化升级;结合不同区域气候、地质特点,深化通病防控技术研究;完善行业质量管控标准体系,推动水利工程施工质量管控水平全面提升,为水利事业高质量发展提供坚实保障。

参考文献

- [1]王进廷,张楚汉.大体积混凝土温度应力与温度控制研究进展[J].水利学报,2021,52(8):945-958.
- [2]曾行健.水利工程施工质量通病诊断与全过程防控策略[J].进展,2025(13):138-140.
- [3]王建亮.分析水利工程施工中常见的质量问题及控制措施[J].科技风,2020(21):123-124.
- [4]邵富祥.水利工程设计在施工过程中的影响与控制[J].建材与装饰,2020(8):297-298.