

水利工程施工中渗漏问题成因及高效防控对策研究

王洪涛

中交天津航道局有限公司 天津 300000

【摘要】：本次研究以水利工程施工渗漏问题为研究对象，目的在于揭示渗漏问题产生的原因，提出高效的防治对策。根据坝体结构，基础和施工缝渗漏典型实例分析，综合考虑地质条件、施工工艺和材料性能构建了渗漏成因体系。同时利用监测评估方法进行渗漏风险的辨识和等级划分，提出了优化设计，加强地基处理，提高施工质量以及应用新型防渗材料和智能化监测技术的综合治理对策。研究结果表明：标准化、规范化和全过程管理可明显降低渗漏风险并提高工程的安全性和耐久性。该研究对水利工程建设中的防渗管理提供了理论依据与技术参考，促进防渗技术朝着系统化与精细化的方向发展。

【关键词】：水利工程；渗漏；成因分析；防控对策

DOI:10.12417/2705-0998.25.22.020

水利工程是防洪、灌溉以及供水等方面的重要基础设施，水利工程的安全性以及运行效率对社会经济发展以及生态环境保护都有着直接影响。但在施工中频繁出现渗漏问题已经成为限制工程安全和寿命的一个主要原因。渗漏不仅会造成坝体稳定性的降低，还会诱发基础沉降和结构裂缝的二次危险，严重者还会危及工程整体的安全。渗漏问题产生的原因是错综复杂的，它涉及到地质条件，施工工艺，材料性能，设计管理等诸多因素。所以，对渗漏产生的原因进行系统的分析，提出高效的预防和治理对策，对促进水利工程建设质量的提高，延长结构的使用寿命，确保水利设施的安全有着十分重要的作用。

1 水利工程施工渗漏问题主要体现

1.1 坝体和堤防结构漏水

坝体和堤防结构渗漏问题是水利工程建设 and 运行中最普遍、危害大的一个问题，它的出现往往关系到结构整体性、施工质量等。施工期填筑过程中压实度不够，分层厚度不可控或者材料级配不尽合理等因素容易使坝体内产生渗流通道而造成局部渗漏乃至集中渗漏等问题。堤防结构的防渗体和主体填料粘结不紧也减弱了防渗效果^[1]。在运行期间由于水位变化、长期荷载作用和环境侵蚀等因素，坝体内部应力重新分配，局部微裂隙的逐渐扩大和渗透系数的不断提高进一步加剧了渗漏的风险。

1.2 基础和接触面渗漏

基础及接触面渗漏在水利工程施工过程中具有一定的典型性和隐蔽性，直接影响到工程整体的稳定和安全。这类渗漏往往发生在坝基和地基土层，混凝土结构和岩体的接触区，因其地质条件的复杂性和岩土体明显的不均匀性，容易形成渗流通道^[2]。在施工过程中如果地基清理的不彻底，接触面处理的粗糙或者防渗措施安排的不合理都会减弱结构的整体密实性和加大渗漏的风险。同时施工期的排水不畅或者灌浆质量不过关都会造成孔隙水压力的集中和诱导持续渗流。运行阶段受水位的重复变化及长期荷载的作用，接触面材料的性能劣化及微

裂隙的扩展等因素进一步加剧了渗漏问题的发生，并最终影响到工程的耐久性及运行安全。

1.3 施工缝和变形缝漏水

施工缝和变形缝作为水利工程结构难以避免的弱点，是渗漏问题高发区。在施工过程中，如果缝面未完全清理干净，混凝土浇筑间隔没有得到很好的控制，很容易造成新老混凝土粘结不紧密，从而形成可能的渗流通道^[3]。变形缝受温度变化，水位涨落以及结构沉降等因素的影响会发生周期性位移，如果止水材料的性能不到位或者安装出现偏差，防渗效果会显着减弱。另外有的项目在设计阶段没有充分考虑缝隙变形的特点，止水构造的选择与实际运行条件不相适应，这进一步增加了渗漏的风险。

2 水利工程施工中渗漏问题原因分析

2.1 地质条件的复杂性和勘察的不充分

水利工程大多位于地质条件复杂的地区，地层结构存在明显差异，断层，溶蚀裂隙和软弱夹层等分布不均匀，容易形成可能的渗流通道。以往的地质勘察缺乏深度与精度，通常很难充分把握地基的透水性及不良地质发育特点，而造成防渗设计参数的偏离^[4]。施工期局部地质条件不符合设计假定，容易诱发基础处理不当或者防渗体系设置不合理等。另外勘察资料缺乏及时更新，不能全面反映施工扰动给地基结构带来的影响，使得工程运行期隐蔽渗漏风险逐渐暴露，加大了工程后期处理难度和隐患。

2.2 施工工艺和质量控制不当

施工工艺和质量控制不到位，是导致水利工程出现渗漏的主要因素之一。实际施工中存在工序衔接不紧密，工艺执行标准存在偏差及施工人员技术水平不一等问题，容易造成防渗结构的密实度不够，从而形成可能的渗流通道。有的项目对混凝土的浇筑，碾压及养护环节把控不严，导致结构内出现孔隙或者微裂缝等缺陷，给渗漏的发生提供了条件^[5]。与此同时质量检验和过程监管流于表面，对隐蔽工程的验收力度不够，使得

早期缺陷没有得到及时发现和治理。

2.3 材料性能退化, 选择不当

防渗材料性能劣化和选择不当, 是水利工程施工诱发渗漏的主要原因之一。受复杂水文和环境条件的影响, 一些防渗材料容易发生水化反应, 温湿度变化以及化学侵蚀等因素的影响, 致使其强度, 密实性和耐久性等性能逐渐下降, 进而弱化了整体防渗效果。如果在材料选型时没有完全考虑工程部位特征和服役环境要求等因素, 容易产生防渗能力和结构需求不相适应的情况。另外一些项目在材料采购和检验环节实施标准不严格, 出现了以次充好或者性能参数偏差等问题, 这进一步放大了渗漏的风险。

3 水利工程渗漏问题监测评价方法

3.1 施工阶段的渗漏动态监测技术

在施工阶段渗漏动态监测技术对确保水利工程结构安全和施工质量具有重要意义。通过关键部位设置渗压计, 流量计和湿度传感器等, 实现了连续采集和实时分析渗流压力, 渗水量及其变化趋势, 有效地把握渗漏发展状态。将物联网和数据集成平台相结合, 实现了监测信息的同步传输和智能识别以及异常渗漏隐患的及时发现。对于隐蔽工程以及高风险区段引入示踪法, 地质雷达以及声波探测这些非破损检测技术可以提高渗漏定位的准确性和诊断的可靠性。将动态监测结果同设计参数、施工工况等进行比较分析, 对施工工艺调整、防渗措施优化等提供了科学依据, 使渗漏风险得到了有效减少, 促进水利工程施工阶段整体安全稳定。

3.2 运行期渗漏检测及预警手段

运行期渗漏检测及预警手段, 是确保水利工程安全平稳运行的主要技术支持。通过连续监测工程渗流状态可以及时了解渗漏发展趋势, 确定潜在风险。通常采用的手段有渗压计, 测缝计和渗流量监测装置, 用于坝体、基础和关键结构部位的长期数据采集。同时将无损检测技术和遥感手段相结合可以达到准确识别隐蔽渗漏通道目的。以监测数据为基础构建渗漏演化模型并导入信息化管理平台对多源数据进行综合分析和动态评估。

3.3 渗漏风险分级及评估体系

渗漏风险分级及评估体系在水利工程防控管理中具有十分重要的意义, 核心是科学分类和量化评估潜在渗漏隐患。根据坝体类型, 地基条件, 施工工艺以及历史渗漏数据等因素, 渗漏风险可以分为高, 中, 低三个级别, 并明确了每个级别监测频率以及处置措施。在评价过程中要综合利用渗压观测, 流量测定, 地质勘察和数值模拟多源数据建立动态评价模型, 并在施工和运营阶段对风险进行持续监测。利用量化指标预测渗漏趋势, 可在指导防渗加固及应急处置方案优选的前提下, 为防控决策和提高项目整体安全性和耐久性提供科学依据。

4 水利工程施工渗漏有效预防与治理对策

4.1 优化设计并加强对地基的处理等措施

优化设计、加强地基处理措施, 是水利工程建设过程中预防和控制渗漏发生的关键环节。通过对坝址的地质条件、水文特征等进行科学的分析, 可以对坝型、防渗结构形式进行合理的选择, 以减少渗漏风险。地基处理的对象应该是土层透水性的差异, 断裂带以及软弱层, 主要有夯实、置换、注浆以及设置防渗墙等手段来提高地基的整体稳定性以及均匀性。在设计阶段要充分考虑到施工过程中可能产生的应力集中、沉降变化等问题, 在关键部位设置加厚防渗层或者复合防渗结构来提高结构抗渗能力。

4.2 促进施工工艺和过程质量管控

推进施工工艺和过程质量管控, 是预防和控制水利工程渗漏发生的关键环节。在施工时, 要严格按照工艺标准进行, 保证各道工序都达到设计的要求, 特别要注意混凝土浇筑, 土石方填筑以及施工缝的处理等各个环节, 要控制好施工速度, 振捣密实度以及养护条件来降低结构内部的孔隙率以及裂缝的产生。质量管控要贯穿于整个施工过程, 采取现场监测, 试验检测与质量验收相结合的方法, 发现偏差及时整改, 以达到施工精度与密实度最优。

4.3 新型防渗材料及技术的应用

新型防渗材料和技术被广泛应用于水利工程施工, 效果显著。高性能膨润土复合防水材料, 聚合物水泥基防水涂料和自愈混凝土这些新型材料能有效地改善坝体和结构整体防渗性能并明显降低渗漏风险。同时将注浆加固技术, 真空预压法和地下连续墙先进施工技术应用用于关键部位, 有利于提高结构密实性和减少隐蔽部位渗水通道。另外, 材料及技术协同应用, 经过精准施工控制及科学配比等措施, 能够在满足工程强度的前提下达到长久稳定防渗的效果, 从而为水利工程施工质量的提高提供重要保证。

5 水利工程渗漏防控综合管理及开发方向

5.1 全过程的渗漏防控管理机制建设

全过程渗漏防控管理机制建设要涵盖水利工程设计, 施工至运营等各环节, 使防控工作系统化和连续性。设计阶段要根据地质条件, 工程规模, 历史渗漏案例等因素, 科学拟定防渗方案, 确定关键防渗节点及其技术要求。在施工阶段对施工环节进行严格工艺控制, 质量监督及材料检验等措施保证施工环节达到设计标准并对重点部位进行动态监测及实时记录。在运行阶段建立了定期巡查, 渗漏监测及预警系统, 及时进行异常渗流的分析处理。同时要加强信息化管理, 对监测数据, 施工记录及维护措施等数字化整合, 做到全过程数据追踪及闭环管理, 使工程渗漏防控工作科学性可靠性显着提高, 为水利工程的安全运营提供坚强保障。

5.2 建设和运营协同防渗的管理模式

施工和运营协同防渗管理模式以施工阶段和运营阶段无缝对接为目标,以全生命周期渗漏防控为手段,增强水利工程安全性和耐久性。施工阶段要根据地质条件和设计要求对关键部位进行防渗施工和质量监控,并同步建立渗漏信息实时采集分析机制。在运行阶段要对施工遗留隐患及长期慢渗的地区进行连续的监测和评价,并结合监测数据对防渗措施进行适时的调整,做到动态管理。施工和运行信息共享和协同可以提高渗漏风险识别的准确性,优化维修和应急响应策略并有利于形成一套科学系统的防渗管理系统,确保水利工程全寿命周期安全运行,结构稳定。

5.3 标准化、规范化技术体系健全

完善标准化,规范化技术体系,是预防和治理水利工程渗漏的重要保证。通过制定统一的设计标准,施工规范和验收准则可以有效地促进各项防渗措施科学性和可操作性。施工阶段要严格按照材料选用,施工工艺和质量控制标准进行施工,以保证坝体,堤防和接触面的防渗性能达到设计要求。同时要建立渗漏监测,风险评估和应急处置等标准化流程,对建设和运

营全过程持续管理。推广使用规范化技术体系不仅可以降低由于经验不足或者施工偏差等原因造成渗漏的风险,同时也为新型防渗材料及智能化监测技术提供了制度支持,从而促进水利工程防渗管理朝着系统化,精细化以及长期可靠性的方向不断发展。

6 结论

水利工程施工渗漏问题产生的原因比较复杂,涵盖了地质条件,施工工艺,材料性能以及设计和施工的衔接等诸多因素。系统化分析表明:科学的监测评估,准确的防控措施和标准化的管理体系,是确保工程防渗安全至关重要的因素。通过优化设计,加强地基处理,提高施工质量,采用新型防渗材料和智能化监测技术等措施,可以有效地减少渗漏风险,延长项目使用寿命。与此同时建立全过程,全方位渗漏防控管理机制以实现建设和运营协同管理对提升水利工程的整体安全性,经济性以及可持续性有着十分重要的作用。在今后的水利工程防渗管理工作中,标准化,规范化以及智能化技术发展是一个重要的方向,从而为水利工程防渗工作的高效防控工作提供了更多的可靠技术支持。

参考文献:

- [1] 邵婧,岳进云.农田水利工程堤坝渗漏原因及防渗加固技术研究[J].数字农业与智能农机,2023,(05):45-47.
- [2] 吴娜.水利工程混凝土渗漏成因分析和防治措施[J].科技创新与应用,2014,(22):181.
- [3] 葛娟.泾惠渠西郊水库大坝渗漏成因分析及设计方案比选[J].陕西水利,2014,(01):134-135.
- [4] 张缠绪.水利工程渗漏成因分析和防治方法[J].科技传播,2012,4(21):49+26.
- [5] 方心恬,李雪松.水利工程混凝土渗漏成因分析和防治方法[J].吉林农业,2012,(03):217.