

水库运行期渗漏隐患排查与综合治理工程实践

马青惠

新疆维吾尔自治区金沟河流域水利管理中心 新疆 塔城 832100

摘要：水库运行期渗漏隐患易引发坝体失稳、水量流失等问题，威胁水库安全与周边生态及居民安全。本文结合工程实践，阐述水库渗漏的类型、形成机理及危害，明确排查与治理的核心原则，介绍排查前期准备、常用技术、实施流程及隐患分级方法，详解不同类型渗漏的综合治理技术、施工要点，并结合案例验证治理效果，为水库运行期渗漏隐患排查与综合治理提供科学可行的实践参考，保障水库长效安全稳定运行。

关键词：水库运行期；渗漏隐患排查；综合治理；工程实践

引言：水库作为水利工程的核心组成部分，承担着灌溉、供水、防洪等重要职能，其运行安全直接关系到人民生命财产安全与区域经济社会发展。运行期渗漏是水库常见病害，由地质、施工、管理等多因素引发，若未及时排查治理，易逐步扩大升级，诱发管涌、滑坡甚至溃坝险情。因此，开展水库运行期渗漏隐患排查与综合治理研究，探索科学有效的排查和治理技术，对防范安全风险、保障水库功能发挥具有重要现实意义。

1 水库运行期渗漏隐患相关理论基础

1.1 水库渗漏的类型与特征

（1）坝身渗漏类型及特征：主要分为坝体渗水、坝体集中渗漏和坝体裂缝渗漏三种类型。表现为坝面局部湿润、渗水点持续溢水，严重时会造成明显水流通道，导致坝体岩土软化、强度降低，易引发管涌、滑坡等险情，影响坝体整体稳定性。（2）坝基渗漏类型及特征：包括均匀渗漏和集中渗漏两类，均匀渗漏多发生在砂卵石层、松散土层地基，渗漏量稳定但长期作用会软化地基；集中渗漏由地基裂隙、溶洞等地质缺陷引发，渗漏量大且破坏性强，易掏空坝基，威胁坝体安全。（3）绕坝渗漏类型及特征：发生在坝体与两岸山体的结合部位，表现为岸坡局部渗水、冒水，长期渗漏会侵蚀岸坡岩土，导致岸坡岩土松散、失稳，间接破坏坝体与岸坡的连接性，埋下安全隐患^[1]。

1.2 渗漏隐患的形成机理

（1）地质条件因素：地基岩土渗透性强、存在断层裂隙或溶洞，两岸山体岩土松散、透水性好，是渗漏隐患形成的先天自然条件，易形成天然渗漏通道。（2）施工质量因素：坝体砌筑不密实、防渗层施工存在缺陷、地基处理不彻底，导致坝体及坝基存在渗漏薄弱环节，水库运行中易出现渗水现象并逐步发展。（3）运行管理因素：水库蓄水调度不合理、水位频繁大幅波动，未定

期对防渗设施进行排查维护，导致渗漏隐患不能及时发现和处理，逐步扩大升级。（4）自然环境因素：暴雨冲刷、冻融循环、地下水水位变化等自然现象，会加剧坝体及地基岩土的破坏，诱发或加重渗漏隐患的发展。

1.3 渗漏隐患的危害分析

（1）对坝体结构稳定性的影响：渗漏会降低坝体及地基的强度和承载力，引发管涌、流土等病害，严重时会导致坝体出现裂缝、滑坡甚至溃坝，直接威胁水库安全运行。（2）对水库蓄水效益的影响：渗漏会造成水库水量大量流失，降低水库蓄水能力，影响供水、发电等核心效益的发挥，同时增加水库运行成本。（3）对周边环境及居民安全的影响：渗漏会导致周边地下水位上升，引发土壤盐碱化，破坏周边植被；同时可能诱发山体滑坡、地面沉降，威胁周边居民的生命财产安全。

1.4 渗漏隐患排查与治理的核心原则

（1）预防为主、防治结合原则：优先做好水库防渗设计和施工阶段的预防工作，定期开展渗漏隐患排查，做到早发现、早治理，避免隐患扩大升级。（2）科学性、针对性原则：结合水库地质条件、渗漏类型和隐患程度，采用科学的检测方法，针对性制定治理方案，确保治理措施科学有效。（3）经济性、可行性原则：在保证渗漏治理效果的前提下，优化治理方案，合理控制工程成本，确保治理方案技术可行、施工便捷，便于后期维护。

2 水库运行期渗漏隐患排查技术与实践

2.1 排查前期准备工作

（1）基础资料收集与整理：全面收集水库设计资料、施工记录、运行监测数据等核心资料，包括坝体结构设计参数、地基地质勘察报告、施工过程中的防渗处理记录、历年蓄水调度数据及渗漏相关监测成果，对收集的资料进行分类整理、核实校验，明确水库防渗薄弱

环节,为排查工作提供数据支撑。(2)现场踏勘与初步研判:组织专业人员对水库坝体、坝基、两岸岸坡及周边区域进行实地踏勘,观察坝面是否有湿润、渗水、裂缝等异常现象,排查岸坡是否存在滑坡、塌陷痕迹,结合基础资料初步研判渗漏隐患可能存在的区域、类型及大致范围,为后续排查工作明确方向。(3)排查方案制定与人员设备部署:结合前期资料整理和现场踏勘结果,制定科学可行的排查方案,明确排查范围、内容、方法、进度及质量要求;组建专业排查团队,配备对应的检测设备,如探地雷达、瞬变电磁仪、渗压计等,对人员进行岗前培训,明确岗位职责,确保排查工作有序开展。

2.2 常用渗漏隐患排查技术

(1)现场目视排查与监测法:通过人工巡查,直观观察坝体、坝基、岸坡的外观状态,识别渗水点、裂缝、管涌等明显渗漏迹象;同步设置监测点,实时跟踪坝体沉降、位移及周边地下水位变化,快速判断渗漏隐患的初步情况,适用于大面积初步排查。(2)地球物理探测法:常用瞬变电磁法、探地雷达法等,无需破坏坝体结构,通过发射电磁信号,根据信号反射特征判断地下岩土渗透性、是否存在裂隙或渗漏通道,其中瞬变电磁法适用于深层隐患探测,探地雷达法适用于浅层及坝体内部隐患排查,精准度较高^[2]。(3)钻孔探测与取样分析法:在疑似渗漏区域布置钻孔,采集岩土样本进行室内试验,分析岩土渗透性、含水量等指标;同时通过钻孔观测地下水位、渗水情况,直接验证渗漏隐患的存在及严重程度,是排查深层渗漏隐患的核心方法之一。(4)渗流量与渗压监测法:在坝体、坝基及岸坡设置渗流量监测装置和渗压计,实时监测渗漏水量、渗流压力的变化规律,通过数据分析判断渗漏隐患的发展趋势,为隐患评价提供精准数据支撑。

2.3 排查实施流程与质量控制

(1)排查实施步骤:按照排查方案,先开展全面目视巡查和初步监测,锁定疑似渗漏区域;再采用地球物理探测法进行精准探测,明确隐患大致位置;最后通过钻孔探测验证隐患情况,同步做好全程监测和数据记录,确保排查流程闭环。(2)排查过程质量控制要点:严格按照排查方案执行,规范操作检测设备,确保监测数据真实、准确;对排查过程中的关键环节进行全程管控,定期校验设备精度,核对数据一致性;及时处理排查过程中发现的异常情况,避免漏查、误查。(3)排查数据整理与分析:对排查过程中收集的监测数据、探测成果、样本试验数据进行分类整理,剔除无效数据,

采用专业方法进行数据分析,明确渗漏隐患的位置、类型、规模及发展趋势,形成完整的数据报告^[3]。

2.4 排查结果评价与隐患分级

(1)隐患识别与分类:根据排查数据和现场情况,精准识别渗漏隐患,结合隐患发生位置(坝身、坝基、绕坝)、表现形式(渗水、裂缝、管涌),将隐患分为坝身渗漏隐患、坝基渗漏隐患、绕坝渗漏隐患三类,明确各类隐患的核心特征。(2)隐患等级划分标准:结合渗流量、渗压变化、隐患规模及对水库安全的影响程度,将隐患划分为一般、较大、重大三个等级,其中重大隐患可能直接威胁坝体安全,需立即处置,一般隐患可定期监测、限期整改。(3)排查结果报告编制:汇总排查全过程资料,编制排查结果报告,明确排查概况、隐患识别结果、分级情况、成因分析,提出针对性的整改建议和后续监测要求,为渗漏隐患治理提供科学依据。

3 水库运行期渗漏隐患综合治理技术与工程实践

3.1 综合治理方案设计原则与流程

(1)方案设计核心原则:以“安全优先、标本兼治”为核心,结合水库渗漏隐患类型、规模及地质条件,兼顾科学性、针对性和经济性,确保治理方案既能有效消除当前渗漏隐患,又能防范后期隐患复发;同时注重与水库原有设施的适配性,减少对水库正常运行的影响,实现治理效果与运行效益的统一。(2)方案设计流程与要点:流程分为隐患复核、目标设定、技术选型、方案编制四个环节,核心要点是先复核渗漏隐患的位置、类型及严重程度,明确治理目标;再结合隐患特征选型适配的治理技术,避免技术与实际需求脱节;最后编制详细方案,明确施工工艺、进度安排、技术参数及质量标准,确保方案可落地、可执行。(3)方案可行性论证:组织地质、水利、施工等专业人员,从技术、经济、安全三个维度论证方案可行性,核查治理技术的适配性、施工工艺的可操作性;核算工程成本,确保方案符合经济性原则;评估施工过程中可能出现的安全风险,提出应对措施,经论证合格后,方可推进后续施工。

3.2 不同类型渗漏隐患的治理技术

(1)坝身渗漏治理技术:针对坝体裂缝、松散部位渗漏,采用灌浆技术,通过注入水泥浆、水泥砂浆等材料,填充裂缝和空隙,形成防渗帷幕,增强坝体密实度;对于坝面大面积渗漏,铺设土工膜等防渗材料,阻断渗漏通道,土工膜铺设需确保拼接紧密、固定牢固,避免出现破损渗漏。(2)坝基渗漏治理技术:核心采用防渗墙和帷幕灌浆技术,防渗墙通过浇筑混凝土或铺设防渗材料,在坝基形成连续的防渗屏障,阻断地下渗

流；帷幕灌浆在坝基深部钻孔，注入防渗材料，形成深层防渗帷幕，适用于地基裂隙、溶洞等深层渗漏隐患，可有效降低坝基渗漏量^[4]。（3）绕坝渗漏治理技术：重点整治坝体与岸坡结合部位及岸坡自身渗漏，采用岸坡防渗处理，对松散岸坡进行夯实、喷浆加固，铺设防渗层；同时设置截水设施，在岸坡合适位置修建截水沟、截水墙，拦截岸坡渗流，引导渗流排出，避免渗漏侵蚀岸坡，保障坝体与岸坡连接稳定性。

3.3 综合治理工程施工要点

（1）施工前期准备：清理施工区域杂物及障碍物，平整场地，修建临时施工道路、排水及供电设施，保障施工有序推进；全面检查灌浆机、钻机、土工膜铺设机等设备性能，调试校准确保正常运行；对施工人员进行技术交底和安全培训，明确施工流程、技术要点、安全规范及质量标准；严格检验水泥、土工膜、灌浆材料等，确保符合设计要求，杜绝不合格材料进场。（2）关键工序施工技术与控制：灌浆、防渗墙浇筑、土工膜铺设等关键工序，严格按方案技术参数施工，控制灌浆压力、浆液浓度及速度，确保灌浆饱满无空洞；防渗墙浇筑保证墙体连续密实，规范处理施工缝，避免断墙、裂缝等质量问题；土工膜铺设保持平整，拼接处采用热熔或胶粘工艺，做好压实防护，防止搭接不严、破损，保障防渗效果。（3）施工安全与质量管控：建立完善安全管理制度，设置安全警示标志，落实防护措施，防范高空坠落、机械伤害、浆液泄漏等事故；加强质量巡检，实行“三检制”，严格验收每道工序，不合格工序立即停工整改，严禁进入下一道工序；做好施工过程记录，留存影像、检测数据及验收资料，确保工程质量可追溯、可核查^[5]。

3.4 工程实践案例分析

（1）工程概况：某小型水库建成运行30余年，坝型为土石坝，坝高28m，总库容1200万m³，主要功能为灌溉和供水，运行期间坝体下游出现多处渗水点，岸坡存在局部湿润现象，影响水库安全运行，需开展渗漏隐患综合治理。（2）渗漏隐患排查结果：经全面排查，确

认存在坝身裂缝渗漏、坝基均匀渗漏及绕坝渗漏三类隐患，其中坝身裂缝最长约5m、宽0.5-1cm，坝基渗漏量约12m³/d，绕坝渗漏主要集中在坝体与两岸山体结合部位，无重大安全隐患但需及时治理。（3）综合治理方案与实施过程：结合排查结果，采用“灌浆+土工膜+截水墙”的综合治理方案，对坝身裂缝进行灌浆处理，坝面铺设土工膜防渗；坝基采用帷幕灌浆形成防渗帷幕；绕坝部位修建截水墙，拦截岸坡渗流。施工过程严格把控关键工序，历时3个月完成全部施工任务，全程未影响水库正常蓄水。（4）治理效果评价：治理完成后，经6个月监测，坝体渗水点全部消失，坝基渗漏量降至1.5m³/d以下，绕坝渗漏现象彻底消除；坝体沉降、位移均符合规范要求，水库蓄水能力恢复正常，治理效果达到设计标准，有效保障了水库安全稳定运行。

结束语

水库运行期渗漏隐患排查与综合治理是一项系统性、长期性工程，需坚守“预防为主、防治结合”原则，兼顾科学性、针对性与经济性。本文通过理论结合工程实践，梳理了排查技术、治理方案及施工要点，案例验证表明，科学适配的治理措施能有效消除渗漏隐患、恢复水库功能。未来需持续优化排查与治理技术，加强运行期常态化监测与维护，健全长效管理机制，为水库安全稳定运行筑牢保障。

参考文献

- [1]叶剑龙.综合物探法在水库渗漏隐患排查中的应用分析[J].水电水利,2022,10(1):73-75.
- [2]刘婷,魏宾,尹明智.枣庄市小型水库运行管护“五个一”工作经验[J].山东水利,2022,6(8):58-60.
- [3]束德方,刘成高,张圣文.石梁河水库安全生产标准化建设实践与思考[J].江苏水利,2021,14(1):162-169.
- [4]皮雷,谭磊,李波.综合物探方法在水库绕坝渗漏隐患探测中的应用[J].中国农村水利水电,2022,23(5):82-85.
- [5]殷子杰.水利工程运行管理中的安全隐患排查与治理策略探讨[J].建筑理论,2025,36(4):182-187.