

小型水库引水闸除险加固技术与实践

郑永帅

陕西华海水利工程有限公司 陕西 西安 710003

摘要：本文聚焦小型水库引水闸除险加固技术与实践。阐述了常见风险问题，包括结构老化与损坏、止水失效与渗漏、启闭设备故障、基础不均匀沉降。介绍了相应的除险加固技术方法，如结构修复与加固、止水更新与防渗处理、启闭设备更新与改造、基础加固措施。探讨了除险加固工程的设计要点，涵盖工程勘察与风险评估、设计标准与参数确定、加固方案的比选与优化。通过实际案例分析，展示了工程概况、除险加固方案实施及加固效果评估。

关键词：小型水库；引水闸；除险加固；技术；实践

引言：小型水库在水资源调配和农业生产中发挥着重要作用，而引水闸是其关键设施。然而，由于长期运行、自然环境影响和建设时的局限性，小型水库引水闸面临诸多风险。结构老化、止水渗漏、启闭故障以及基础沉降等问题日益凸显，严重影响水库的正常运行和效益发挥。为保障小型水库的功能和安全，研究其引水闸的除险加固技术与实践具有紧迫的现实意义。

1 小型水库引水闸常见风险问题

1.1 结构老化与损坏

(1) 混凝土裂缝与剥落：混凝土是引水闸结构中常用的材料，但在长期使用过程中，容易出现裂缝和剥落现象。裂缝的产生原因较为复杂，可能是由于混凝土自身的收缩、温度变化引起的热胀冷缩、基础不均匀沉降，也可能是由于外力作用超过其承载能力。细小的裂缝如果不及时处理，会逐渐发展扩大，导致混凝土内部的钢筋暴露在空气中，加速钢筋的锈蚀。而剥落则通常是由于混凝土表面的劣化、冻融循环、化学侵蚀等因素导致，使得混凝土表层失去粘结力，从主体结构上脱落。(2) 金属构件锈蚀：引水闸中的金属构件，如闸门的支撑结构、启闭机的传动部件等，在潮湿的环境中极易发生锈蚀。一方面，空气中的水分和氧气会与金属发生化学反应，形成氧化物；另一方面，水中可能存在的腐蚀性物质也会加速金属的腐蚀进程。金属构件的锈蚀会削弱其强度和承载能力，影响其正常的工作性能。严重的锈蚀还可能导致构件断裂，引发安全事故。

1.2 止水失效与渗漏

止水材料通常采用橡胶、塑料等，长期受到水的浸泡、阳光的照射以及温度变化的影响，容易出现老化、变硬、开裂等现象，从而失去止水效果。止水材料的老化会导致闸室周边出现渗漏，不仅造成水资源的浪费，还可能使闸基受到水的侵蚀，降低地基的承载能力，影

响引水闸的稳定性^[1]。除了止水材料的问题，周边土体的渗透也是导致渗漏的一个重要原因。如果土体的渗透性较强，或者在施工过程中没有进行有效的防渗处理，水就会通过土体的孔隙和裂缝渗透到闸室内部。周边土体的渗透不仅会增加渗漏量，还可能引起土体的变形和失稳，对引水闸的结构安全构成威胁。

1.3 启闭设备故障

启闭设备在长期使用后，可能会出现操作不灵的情况。这可能是由于传动部件的磨损、变形，导致传动效率降低；也可能是由于控制系统的故障，如传感器失灵、电气线路老化等，使得启闭指令无法准确传达和执行。操作不灵会影响闸门的开启和关闭速度，无法及时调节水流，严重时甚至可能导致闸门无法正常启闭，影响水库的运行调度。动力系统是启闭设备的核心部分，常见的问题包括电机故障、油泵失效、液压系统泄漏等。电机故障可能是由于过载运行、绕组短路、轴承磨损等原因引起；油泵失效则可能是由于磨损、密封不良、油液污染等导致；液压系统泄漏会使系统压力下降，无法提供足够的动力来驱动启闭设备。动力系统的问题会直接导致启闭设备无法正常工作，影响引水闸的运行。

1.4 基础不均匀沉降

基础不均匀沉降是小型水库引水闸面临的一个较为严重的问题。可能是由于地基土的性质差异较大，在荷载作用下产生不均匀压缩；也可能是由于施工时地基处理不当，没有达到设计要求的承载力。基础不均匀沉降会导致引水闸结构发生倾斜、变形，破坏结构的整体性和稳定性。严重的不均匀沉降还可能引起结构裂缝、止水失效等一系列问题，进一步加剧引水闸的损坏程度。

2 除险加固技术方法

2.1 结构修复与加固技术

2.1.1 混凝土修补与加固材料选择

对于混凝土结构的裂缝和剥落,选择合适的修补与加固材料至关重要^[2]。对于较小的裂缝,可采用表面封闭材料,如环氧树脂、聚合物水泥砂浆等,这些材料具有良好的粘结性和抗渗性,能够有效阻止裂缝的进一步发展。对于较宽和较深的裂缝,则需要进行灌浆处理,常用的灌浆材料有水泥基灌浆料和化学灌浆料。水泥基灌浆料成本较低、强度高,但对于细微裂缝的灌注效果相对较差;化学灌浆料具有较好的流动性和渗透性,能够灌入细微裂缝,但成本较高。在加固混凝土结构时,可采用碳纤维布、粘钢等方法。碳纤维布具有轻质高强、耐腐蚀等优点,能够显著提高混凝土结构的承载能力;粘钢则是通过在混凝土表面粘贴钢板,增加结构的强度和刚度。

2.1.2 钢结构的防腐处理

钢结构在引水闸中广泛应用,如闸门的支撑结构、启闭机的构架等。为防止钢结构锈蚀,通常采用防腐涂层和阴极保护相结合的方法。防腐涂层可以选择防锈漆、富锌漆等,在钢结构表面形成一层保护膜,隔绝空气和水分。同时,对于处于水下或潮湿环境中的钢结构,可采用阴极保护技术,通过施加外加电流或牺牲阳极,使钢结构成为阴极,从而抑制锈蚀的发生。定期对防腐涂层进行检查和维护,及时修补破损部位,也是确保钢结构长期防腐效果的重要措施。

2.2 止水更新与防渗处理

2.2.1 新型止水材料的应用

传统的止水材料如橡胶止水带、止水橡皮等在长期使用后容易老化损坏。新型止水材料如遇水膨胀止水条、塑料止水带等具有更好的止水性能和耐久性。遇水膨胀止水条在遇水后能够迅速膨胀,填充缝隙,有效阻止渗漏;塑料止水带则具有耐老化、耐腐蚀、柔韧性好等优点。在选择止水材料时,应根据引水闸的实际情况和工作环境,综合考虑材料的性能、价格和施工难度等因素。

2.2.2 灌浆防渗技术

灌浆防渗是处理引水闸渗漏问题的常用技术。根据渗漏部位和地质条件的不同,可选择不同的灌浆方法,如帷幕灌浆、固结灌浆和劈裂灌浆等。帷幕灌浆适用于坝基和坝肩的防渗处理,通过在坝体或坝基中形成连续的防渗帷幕,阻止地下水的渗透;固结灌浆主要用于提高地基的承载力和稳定性,减少地基的变形;劈裂灌浆则是利用水力劈裂原理,在坝体中形成一道连续的防渗墙^[3]。灌浆材料通常采用水泥浆、水泥砂浆或化学浆液,其配比和灌浆压力应根据实际情况进行试验确定。

2.3 启闭设备更新与改造

2.3.1 先进启闭系统的选择

传统的启闭设备如手动螺杆启闭机、卷扬式启闭机等操作效率低、劳动强度大。为提高启闭设备的运行性能和可靠性,可选择先进的启闭系统,如液压启闭机和电动葫芦启闭机。液压启闭机具有承载能力大、运行平稳、调速方便等优点,适用于大型闸门的启闭;电动葫芦启闭机结构紧凑、操作简单、维护方便,适用于中小型闸门。在选择启闭系统时,应根据闸门的尺寸、重量和运行要求,以及工程的投资预算等因素进行综合考虑。

2.3.2 自动化控制的引入

为实现引水闸的远程监控和自动化运行,可引入自动化控制系统。通过安装传感器、控制器和通信设备,实时监测闸门的开度、水位、流量等参数,并根据预设的控制策略自动调节闸门的启闭。自动化控制不仅提高了引水闸的运行管理效率,还降低了人工操作的误差和风险。自动化控制系统还应具备故障报警和应急处理功能,确保在突发情况下能够及时采取措施,保障引水闸的安全运行。

2.4 基础加固措施

当基础承载力不足或出现不均匀沉降时,可采用桩基加固方法。常见的桩基类型有灌注桩、预制桩和搅拌桩等。灌注桩施工适应性强,能够在各种地质条件下施工,但施工过程较为复杂;预制桩则具有施工速度快、质量易于控制等优点,但对施工场地要求较高;搅拌桩适用于处理软弱地基,能够提高地基的承载力和稳定性。在设计桩基时,应根据基础的受力情况、地质条件和施工条件等因素,选择合适的桩型和桩长,并确定合理的桩间距和布置方式^[4]。除桩基加固外,还可采用其他地基处理方法,如换填法、强夯法、预压法等。换填法是将基础下软弱土层挖除,换填强度高、压缩性低的材料,如砂、碎石等;强夯法通过重锤夯击地基,提高地基的密实度和承载力;预压法则是在地基上堆载预压,使地基在预压荷载作用下排水固结,提高地基强度。在选择地基处理方法时,应结合工程的具体情况,综合考虑处理效果、施工难度、工程造价等因素。

3 除险加固工程的设计要点

3.1 工程勘察与风险评估

3.1.1 地质勘察内容:

要对水库及周边区域进行全面详细的勘察。包括地形地貌测绘,了解水库所处的地理位置和地形特征;地层结构勘察,确定地层分布、岩土性质等,为基础设计提供依据;查明地下水情况,如水位、水质、流向等;对坝体和坝基进行深入探测,了解其物理力学性质、是否存在裂缝、渗漏通道等问题;还要关注库区及周边的地质构造,

评估是否存在滑坡、泥石流等潜在地质灾害的可能性。

3.1.2 风险评估方法：

采用定性与定量相结合的方式。定性方法如专家经验判断，依据专业知识和以往类似工程经验，识别潜在风险及其可能影响。故障模式与影响分析也是常用手段，通过分析各部件可能出现的故障模式，评估其对整个系统的影响。定量方法则借助数据统计和计算，例如概率分析，确定风险发生的概率；风险矩阵可直观展示风险的可能性和严重程度。

3.2 设计标准与参数确定

3.2.1 相关规范与标准：

格遵循国家和地方的水利工程设计规范与标准。根据水库的规模、重要性、功能等因素，选取合适的防洪标准、抗震标准等。同时考虑水库在水资源调配、灌溉、发电等方面的具体要求，确保设计符合相关行业规范。

3.2.2 荷载组合与计算参数：

分考虑各种可能的荷载情况。静水压力是水库蓄水后对坝体产生的主要荷载；动水压力则涉及水流流动对结构的作用。风荷载要结合当地气象数据确定；地震荷载需根据工程所在地的地震设防烈度进行计算。再准确选取岩土体的抗剪强度指标、混凝土和钢材的强度等计算参数，这些参数直接影响结构的安全性和稳定性计算结果。

3.3 加固方案的比选与优化

3.3.1 不同方案的优缺点：

如增加坝体截面的方法，能有效提高坝体的强度和稳定性，但可能会增加工程量和施工难度；采用新型防渗材料，可能具有较好的防渗效果，但材料成本可能较高。又如设置减压井等排水措施，可有效降低坝体浸润线，但施工过程相对复杂。

3.3.2 综合考虑因素：

比选和优化加固方案时，需综合多方面因素。先是技术可行性，确保方案在技术上能够有效解决工程问题，达到预期的加固效果。经济合理性也至关重要，在保证工程质量的前提下，控制工程造价。施工便利性要充分考虑，尽量选择施工工艺简单、施工周期较短的方案，减少对水库正常运行的影响^[5]。同时关注方案对环境的影响，避免造成较大的生态破坏。还要结合水库的长远规划和发展需求，使加固后的水库能够适应未来可能的变化和要求。还需考虑工程的维护管理，选择易于维护和管理方案，降低后期运营成本。最终选取的方案应是综合权衡各方面因素后的最优解。

4 实际案例分析

4.1 工程概况

某水库始建于特定年份，主要由土坝、溢洪道、输水洞等组成。其存在的主要问题包括：水库防洪标准不满足规范要求；大坝上游干砌石护坡损坏严重，曾在大水时坝顶溢流导致下游坝坡严重冲刷变形，且无排水体；溢洪道在大水时被冲毁；输水洞进口淤积严重，下游段输水管及出口段冲毁，进水塔断裂，闸门、启闭机严重损坏；水库无监测管理设施。

4.2 除险加固方案实施

针对上述问题，采取了一系列具体的技术措施。例如，在大坝工程中，进行了下游棱体排水土工布的铺设、坝顶砾石基层和碎石路面的修筑等。在溢洪道工程中，进行了土方开挖和钢筋制安等工作。在输水洞工程中，也实施了相应的修复和改造措施。

施工过程中面临了诸多难点，如施工条件复杂、材料运输困难等。但通过合理规划施工组织、优化施工方案以及加强现场管理等方法，有效地解决了这些问题。

4.3 加固效果评估

通过运行监测数据对比发现，加固后的水库在防洪能力、坝体稳定性等方面有了显著提升。在经济效益方面，减少了因水库故障导致的农业生产损失，延长了水库的使用寿命，降低了维修成本。在社会效益方面，保障了周边居民的生命财产安全，为农业灌溉和水资源调配提供了更可靠的支持。

结语：本文通过对常见风险问题的分析，采取有效的加固技术方法，并遵循科学的设计要点，结合实际案例的成功经验，能够显著提高引水闸的安全性和稳定性。然而，随着时间的推移和环境的变化，新的挑战仍可能出现，这就需要我们持续关注技术发展，不断改进和完善除险加固措施，加强日常维护管理，以确保小型水库引水闸长期可靠运行，为社会经济发展和人民生活提供有力的水利支撑。

参考文献

- [1]朱方亚.小型水库除险加固工程施工管理措施研究[J].水电水利,2020,4(9):61-62.
- [2]姚哲峰.小型水库除险加固工程建设管理探析[J].绿色环保建材,2020,No.159(05):236+238.
- [3]祁昌宏.小型水库除险加固设计与施工工艺研究[J].百科论坛电子杂志,2019,000(003):82.
- [4]关功艳.浅析小型病险水库除险加固措施[J].建材发展导向,2020(2):50-51.
- [5]施正协.小型水库除险加固工程的施工管理分析与研究[J].珠江水运,2020, No.497(01):84-85.