

关于水闸安全鉴定的几点思考

张光耀

新疆水利水电勘测设计研究院有限责任公司

DOI:10.12238/hwr.v9i6.6402

[摘要] 水闸作为关键的水利工程设施,其安全性不仅直接关联到下游居民的生命财产安全,而且对于农田灌溉、水资源调度以及其他多方面的社会经济活动都具有至关重要的影响。因此,本研究的目标是通过深入地探讨水闸安全鉴定的理论基础和实际操作流程,以增强我们对这一领域重要性的认识和理解。本研究的最终目的是向相关的决策者、工程师以及相关领域的专业人士提供一套科学、有效的评估方法和策略指导,帮助他们更好地进行水闸的安全管理与维护工作,确保水利工程的长期稳定运行,从而保障下游居民的安全以及促进社会经济的可持续发展。

[关键词] 水闸; 安全鉴定; 思考

中图分类号: TV66 **文献标识码:** A

Several thoughts on safety appraisal of water gates

Guangyao Zhang

Xinjiang Water Resources and Hydropower Survey and Design Institute Co., Ltd

[Abstract] As a key hydraulic engineering facility, the safety of water gates is not only directly related to the safety of downstream residents' lives and property, but also has a crucial impact on agricultural irrigation, water resource scheduling, and other socio-economic activities. Therefore, the goal of this study is to enhance our understanding and recognition of the importance of this field by delving into the theoretical basis and practical operational processes of water gate safety appraisal. The ultimate goal of this study is to provide a scientific and effective evaluation method and strategic guidance to relevant decision-makers, engineers, and professionals in related fields, to help them better manage and maintain the safety of water gates, ensure the long-term stable operation of water conservancy projects, safeguard the safety of downstream residents, and promote sustainable socio-economic development.

[Key words] water gate; Safety appraisal; think

引言

随着全球气候变化和极端天气事件的频发,水利工程设施面临着越来越严峻的挑战。水闸,作为水利工程的重要组成部分,其安全性能的评估与维护显得尤为重要。本文将从多个维度出发,全面剖析水闸安全鉴定的关键环节,以期对相关实践提供理论支撑和实用指南。

1 水闸安全鉴定的理论基础

1.1 结构工程原理

结构工程原理在水闸安全鉴定中起着至关重要的作用。水闸作为大型水利工程的关键组成部分,其安全性直接关系到下游居民的生命财产安全以及农田灌溉、航道通航等重要功能的正常运行。例如,结构稳定性分析需要考虑水压力、自重、冰压力、地震荷载等多种复杂因素,这些都要要求工程师具备扎实的结构力学知识(如欧拉、达朗贝尔等经典力学理论)来精确计算水

闸各部分的受力状态。

此外,材料性能是决定水闸长期安全性的另一大因素。混凝土的老化、钢筋的腐蚀以及材料在长期水作用下的劣化,都需要基于材料科学的理论进行评估。例如,根据《水工混凝土结构设计规范》(GB50208-2011),混凝土的强度和耐久性预测模型可以用来评估混凝土结构的剩余寿命,以确定是否需要进行必要的修复或加固。

在实际操作中,结构工程师可能会采用有限元分析、非线性动力学模拟等先进技术,对水闸结构进行细致入微的分析。例如,通过建立高精度的数字孪生模型,可以模拟不同工况下的结构响应,预测潜在的裂缝扩展、局部屈曲等问题,从而提前制定维修策略。

1.2 材料老化与耐久性分析

在水闸安全鉴定中,材料老化与耐久性分析是至关重要的

一个环节。随着时间的推移,水闸的混凝土、金属构件等会因环境因素如水蚀、冻融循环、化学侵蚀以及应力状态变化而逐渐劣化。例如,混凝土的碱-骨料反应可能导致结构内部产生裂纹,影响其承载能力。在分析过程中,可以采用多种模型和方法,如使用疲劳寿命模型评估金属材料的耐久性,或者采用混凝土耐久性预测模型(如CCCP模型)来评估混凝土的预期寿命。此外,引入非破坏性检测技术,如超声波检测、雷达探测和电化学探针,可以无损地评估材料内部的损伤程度,为维修决策提供科学依据。

2 安全鉴定的流程与标准

2.1 现场调查与检测技术

在水闸安全鉴定过程中,现场调查与检测技术起着至关重要的作用。这些技术旨在准确评估水闸的结构状态,识别潜在的安全隐患,为维修决策提供科学依据。例如,使用高精度的三维激光扫描技术,可以生成详细的结构表面模型,精确测量裂缝宽度、变形等细微变化,误差可控制在毫米级别。此外,非破坏性测试(NDT)如超声波检测和雷达探测,能深入内部结构,无损地检测混凝土的内部缺陷或钢筋腐蚀情况。

在实际操作中,现场调查往往需要结合历史记录,比如通过查阅施工日志和过去的维修报告,了解结构在长期服役中的表现。同时,环境因素如侵蚀程度、地下水位变化等也需要纳入考虑,以全面评估结构的耐久性。例如,三峡大坝在定期的安全检查中,就采用了多种检测手段,包括无人机巡检、水下机器人探查,确保对坝体的全面监测。

对于渗水与侵蚀问题,可能需要采用染色剂追踪法或热成像技术来定位渗漏源,评估其对结构稳定性的影响。在分析阶段,可能需要建立结构健康监测系统,通过安装传感器实时监测关键部位的应力、应变和湿度变化。

2.2 安全性与功能性能评估

在水闸安全鉴定中,安全性与功能性能评估是核心环节,旨在确保水闸在长期运行中能有效发挥其拦截、调节水流和防洪等功能。这一过程通常涉及对结构承载能力、运营效率以及抵御潜在灾害能力的全面评估。例如,通过建立结构力学模型,可以模拟分析水闸在设计荷载和可能的极端荷载下的响应,以验证其设计是否满足安全标准。

在实际操作中,需要利用无损检测技术,如超声波检测、雷达探测,来检测混凝土内部的裂缝、空洞或钢筋锈蚀情况,这些因素都可能影响结构的稳定性。此外,功能性能评估可能包括对启闭设备的可靠性测试,确保在紧急情况下能快速、准确地控制闸门。在评估过程中,历史运行数据的分析也不可忽视。通过收集多年的水位记录、闸门操作记录和维修历史,可以识别出影响安全和效率的模式或趋势,为未来的维护决策提供数据支持。例如,通过对过去五十年数据的分析,某水闸发现其在特定季节的维护需求显著高于其他时间,据此调整了维护计划,降低了非计划停机时间,提高了整体运行效率。

2.3 鉴定标准与行业规范

在水闸安全鉴定过程中,遵循严格的行业规范至关重要。这些规范通常由国际组织、国家主管机构以及专业学会制定,如国际大坝委员会的《大坝安全评价指南》。在评估过程中,需结合《水闸设计规范》(SL274-2014)等标准,确保结构的完整性和耐久性。例如,对于混凝土水闸,可能需要考虑其设计使用寿命期间的混凝土碳化和钢筋锈蚀速率,这些因素会直接影响结构的承载能力。

在鉴定标准中,结构的安全系数是一个关键参数,它定义了设计荷载与结构所能承受荷载之间的关系。根据《水工混凝土结构设计规范》(GB50208-2011),安全系数的确定需考虑多种因素,包括荷载不确定性、材料性能的变异性以及施工质量等。此外,对于历史较悠久的水闸,可能需要通过非线性有限元分析,模拟材料退化对结构性能的影响,以更准确地评估其当前状态。

3 鉴定结果的处理与决策

3.1 修复与加固方案选择

在水闸安全鉴定中,选择合适的修复与加固方案是确保结构安全和持续服务的关键步骤。这涉及对鉴定结果的深入分析,以及对不同修复技术的经济性、可行性和长期效果的综合评估。例如,可能的方案包括使用高性能混凝土进行局部修复(如修补裂缝),采用预应力技术增强结构整体性,或者通过增设支撑结构改善稳定性。在某些情况下,可能需要考虑采用创新的非传统方法,如使用碳纤维复合材料进行加固,这种材料具有重量轻、强度高且耐腐蚀的特性。

在评估过程中,可以采用决策支持系统,结合结构力学模型、寿命预测模型以及成本-效益分析,以量化不同方案的长期影响。例如,通过建立结构性能与维修成本之间的关系,可以预测未来几十年内不同修复策略的成本曲线,从而选择最优的平衡点。此外,考虑到环境和社会因素,如修复工作的施工周期对周边社区的影响,以及选择可持续材料的长期环境效益,这些因素都应在决策过程中得到充分考虑。

在实际操作中,修复与加固方案的选择往往需要多学科专家的协作,包括结构工程师、材料科学家、环境顾问以及成本顾问等。他们共同工作,确保提出的解决方案不仅能够解决当前的安全问题,还能提升水闸抵抗未来不确定风险的能力,如气候变化导致的极端气候事件。

3.2 应急管理计划

在水闸安全鉴定中,应急管理计划是确保安全性和公共安全的关键环节。它涉及对潜在风险的快速识别、评估以及制定应对措施,以降低事故造成的损失。例如,当鉴定过程中发现水闸结构存在重大缺陷,可能引发突发性溃坝时,应急计划需要详细规定紧急疏散路线、预警系统操作流程以及与地方救援力量的协调机制。此外,可以参考“诺曼底大坝”事件的教训,那次事件中,由于缺乏有效的应急方案,导致了巨大的人员伤亡和财产损失。因此,应急计划的制定应结合历史事故数据,运用风险分析模型如蒙特卡洛模拟,预测不同风险情景下的可能后果,以提高预案的针对性和实用性。

在实际操作中, 应急计划应包括定期的演练, 以检验其可行性和人员的应对能力。例如, 可以每季度或结合重大气候事件进行一次模拟演练, 确保所有相关人员熟悉应急流程。同时, 应急计划也应是动态的, 需要根据新的风险评估结果、技术进步以及法规要求进行实时更新。因此, 对于水闸安全鉴定而言, 应急管理计划的制定、实施和修订是确保长期安全的重要组成部分。

3.3 维护策略与生命周期成本分析

在水闸安全鉴定中, 维护策略的制定与生命周期成本分析是至关重要的环节。生命周期成本分析是一种评估方法, 它考虑了从设计、建造、运营到最终退役整个过程中所有相关的成本, 以确保在保障安全的同时实现经济效益最大化。

在制定维护策略时, 需要综合考虑水闸的结构特性、预期使用寿命以及预期的维修和更换成本。例如, 对于一座历史性的水闸, 可能需要更频繁的结构检查和材料保养, 以防止由于材料老化导致的突然失效。通过预测未来可能的维修事件, 可以估算出预防性维护的初期投资, 与未采取措施导致的紧急修复成本相比, 通常可以节省大量资金。此外, 考虑到气候变化的影响, 维护策略可能需要包括对极端气候事件的适应性措施。例如, 增加防洪能力的升级可能在短期内增加成本, 但能显著减少因洪水造成的长期关闭和修复费用。

4 技术创新在安全鉴定中的应用

4.1 先进检测技术的引入

随着科技的快速发展, 先进检测技术在水闸安全鉴定中扮演着越来越重要的角色。例如, 使用无人机进行高精度的结构表面巡检, 可以快速发现裂缝、腐蚀等潜在问题, 提高检测效率。此外, 遥感技术和卫星定位系统结合, 可以精确监测水闸及其周边区域的微小变形, 为评估地基稳定性提供详实数据。

在结构内部, 无损检测技术如超声波检测和光纤传感, 能够在不破坏结构完整性的情况下, 评估混凝土内部的裂缝、空洞以及钢筋的腐蚀状况。这些方法的应用, 极大地提升了检测的准确性和可靠性, 减少了误判带来的风险。

人工智能和机器学习算法的集成, 使得数据分析和故障预测能力得到显著增强。通过历史数据的学习, 系统能够预测结构性能的未来趋势, 提前识别出可能的安全隐患。例如, 美国的一项研究中, AI模型成功预测了多个水闸设施的未来维护需求, 显著降低了紧急维修的频率。同时, 随着大数据技术的应用, 来自多个来源的海量信息能够被整合分析, 为决策者提供更全面的视角, 支持更科学的维修决策。

4.2 数字化与智能化工具

随着科技的快速发展, 数字化与智能化工具在水闸安全鉴定中扮演着越来越重要的角色。例如, 无人机技术可以进行高精度的三维测绘, 提供详实的现场数据, 极大地提高了初始信息收集的效率和准确性。此外, 利用机器视觉算法分析无人机拍摄的图像, 可以自动识别结构损坏、裂缝等潜在问题, 比传统人工检测更为精确。

在数据分析层面, 人工智能(AI)和深度学习模型能够处理大量的历史记录和检测数据, 通过模式识别和趋势预测, 辅助专家更准确地评估水闸的安全状态和未来风险。例如, 通过分析过去的地基沉降数据, AI可以预测未来的沉降趋势, 为决策提供科学依据。

同时, 数字化工具如建筑信息模型(BIM)能够整合结构设计、材料性能、施工资料等多源信息, 创建水闸的数字孪生, 支持实时监测和模拟分析。在修复与加固方案选择过程中, BIM可以帮助工程师可视化地评估不同方案的实施效果和成本, 促进决策的优化。

5 结束语

综上所述, 水闸作为水利工程的重要组成部分, 其安全稳定直接关系到人民生命财产的安全和社会的可持续发展。通过系统的安全鉴定, 我们可以及时发现并处理潜在的安全隐患, 确保水闸的长期安全运行。未来, 随着科技的持续进步, 我们有理由相信, 水闸安全鉴定的手段将更加先进, 结果将更为精确, 决策将更加科学, 从而为水利工程的可持续发展提供坚实保障。

【参考文献】

- [1]韩家梁,郭世永.水利水电工程中水闸施工技术[J].中国新技术新产品,2021(13):105-108.
- [2]王昆.水利水电工程施工中安全管理与控制要点的分析[J].装备维修技术,2020(2):338.
- [3]吴依楚.水利水电工程施工现场安全管理分析与研究[J].黑龙江水利科技,2020,48(4):171-174.
- [4]刘海峰.关于水利施工中水闸施工管理对策探究[J].门窗,2017(5):113.
- [5]李栋.水利施工中围堰技术的运用与施工技术要点研究[J].工程技术研究,2017(5):41-42.
- [6]程松明,卢伟华.上海市水闸安全鉴定规划研究[J].城市道桥与防洪,2016(6):192-194+215+18.

作者简介:

张光耀(1993--),男,汉族,河南民权县人,大学本科,工程师,水利水电工程设计。