

液压钢坝闸在水利水电工程中的应用与研究

宋文锦

北京市水利工程管理中心北京市凉水河管理处 北京 100069

摘要:在水利水电工程的蓬勃发展历程中,闸坝技术不断革新以满足日益增长的水资源综合利用需求。本文详细阐述其结构组成与工作原理,包括门板、液压缸等结构及通过液压驱动实现坝闸升降的方式。接着分析在水电站蓄水坝堰顶、城市乡镇河道及公路边渠道等场景的应用情况,明确其灵活性高、适应范围广等优势。同时也指出存在的设备可靠性与维护、耐久性以及对生态环境潜在影响等问题,并针对性地提出提升设备可靠性、增强耐久性及降低生态影响等解决措施,旨在为液压钢坝闸的优化应用提供理论与实践参考。

关键词:液压钢坝闸;水利水电;工程;应用与研究

引言:水利水电工程是国家基建关键部分,对水资源调配意义重大。液压钢坝闸这一新型水利设施受广泛关注与应用,在水电蓄水、河道治理等方面发挥重要作用,优势明显。但随着应用推广,设备可靠性、耐久性 & 生态影响等问题凸显。因此,深入研究其在水利水电工程中的应用,探寻解决现存问题之策,对推动水利水电事业可持续发展至关重要,这既能优化设施性能,又能促进水资源合理利用,保障水利水电工程长期稳定运行。

1 液压钢坝闸的结构与工作原理

1.1 结构组成

坝体部分,由多块钢结构门板组成,门板通常采用高强度钢材制作,具有良好的强度和耐腐蚀性,其表面平整光滑,以确保良好的止水效果和水流通过性。底轴作为门板转动的支撑部件,连接各门板并贯穿整个坝体底部,与两侧的铰座配合,使门板能够绕轴灵活转动,实现坝闸的升降动作。铰座牢固地安装在混凝土基础上,承受来自坝体的全部荷载,并将其传递到基础中,保证坝闸在运行过程中的稳定性。此外,还配备有液压系统,包含液压缸、液压泵站、油管及各类控制阀等。液压缸通过活塞杆与坝体相连,在液压泵站提供的动力下伸缩,驱动坝体的开启与关闭,而液压泵站则负责为整个液压系统提供稳定的压力油源,各控制阀则精准调控油液的流向和压力,从而实现对坝闸运行的精确控制。

1.2 工作原理

液压泵站启动后,电机驱动油泵将油箱中的液压油加压,通过控制阀组调控油液的流向和压力,使高压油进入液压缸的相应腔室。当需要开启坝闸时,油液推动液压缸活塞杆伸出,带动坝体的底轴转动,门板绕铰座升起,水流通道逐渐打开,可实现泄洪、通航等功能;关闭时,改变油液流向,活塞杆缩回,坝体下降关闭,

利用坝体自重及密封装置实现止水,形成挡水屏障以蓄水。整个过程由控制系统依据预设参数及传感器反馈的坝体位置、液压系统状态等信息进行精准控制,保障其可靠运行^[1]。

2 液压钢坝闸在水利水电工程中的应用

2.1 水电站蓄水坝堰顶

在水电站中,液压钢坝闸安装于蓄水坝堰顶发挥着关键作用。其能够精准地控制水位高度,通过灵活的升降调节,为水电站的发电设备提供稳定且合适的水头压力,保障发电效率的稳定性和持续性。在洪水期,钢坝闸可迅速开启,高效泄洪,确保水电站设施及周边区域的安全,有效应对突发的洪水冲击,其快速响应的特性对于防洪减灾意义重大。而且,相较于传统坝闸,液压钢坝闸的结构紧凑,占用空间较小,在堰顶有限的空间内能够实现多种功能,为水电站的整体布局优化提供了可能,减少了建设成本和施工难度,同时其自动化程度高的特点也便于远程监控和操作,大大提升了水电站运行管理的便利性和智能化水平,使得水电站在不同工况下都能安全、高效地运行,满足电力供应需求和水利设施安全保障的双重要求。

2.2 城市乡镇河道蓄水、灌溉

在枯水期,钢坝闸关闭蓄水,抬高河道水位,不仅能改善河道景观,营造优美的滨水空间,提升城镇的生态环境品质,还可为周边绿地提供灌溉用水,满足城市绿化需求,促进城市生态系统的良性循环。其灵活的调节功能可以根据实际用水需求和季节变化,精准控制蓄水量和水位,实现水资源的高效利用,避免水资源的浪费。在河道需要清淤或维护时,钢坝闸能够方便地开启,配合施工操作,保障工程的顺利进行。而且,液压钢坝闸的外观设计可以与周边环境相融合,提升城镇整

体形象,在满足蓄水灌溉功能的基础上,兼顾了美观性和实用性,为城市乡镇的可持续发展提供了有力支持。

2.3 公路边渠道蓄水

公路边的渠道常常需要进行蓄水以满足沿线的农业灌溉、道路绿化灌溉以及可能的小型工业用水需求。液压钢坝闸在此场景下展现出良好的适应性。它能够根据渠道的流量变化和用水计划,精确地控制蓄水水位,确保在不同的用水时段都能有稳定的水源供应。其自动化控制系统可以实现远程操作,方便管理人员根据天气情况、农作物生长周期等因素灵活调整坝闸的开合状态,提高用水管理的效率和精准度。此外,液压钢坝闸的结构坚固耐用,能够承受渠道水流的冲击和公路交通带来的震动等影响,保证长期稳定运行,减少维护成本和停机时间,为公路沿线的水资源利用和相关产业发展提供可靠的保障,同时其简洁的结构设计也便于在公路有限的空间内进行安装和施工,不影响公路交通的正常运行^[2]。

3 液压钢坝闸在水利水电工程应用中的优势

3.1 灵活性高

液压钢坝闸的灵活性体现在多个方面。其坝体的升降操作便捷高效,可根据实际需求快速调整坝高,无论是应对突发的洪水还是需适时调节水位用于灌溉、发电等,都能迅速响应。例如在雨季,当上游来水量突然增大,可通过控制系统迅速开启钢坝闸,增大泄洪流量,有效避免洪水漫堤危险;而在旱季,又能精准降低坝体高度,控制下泄水量,保障下游的基本用水需求,这种灵活的水位调控能力对维持水利水电工程的稳定运行至关重要。此外,钢坝闸在开启角度上也具有很大的灵活性,能根据不同的工况和水流条件,在一定范围内任意调整,实现多样化的过流模式,为河道的通航、生态补水等提供便利条件,充分满足水利工程复杂多变的运行要求,极大地提高了水资源的利用效率和工程的综合效益,相比传统坝闸在适应性和操作便捷性上有显著优势。

3.2 适应范围广

液压钢坝闸几乎能适应各类水利水电工程场景。从山区的高落差河流到平原地区的缓流河道,从大型的水利枢纽工程到小型的农田灌溉渠道,都有其用武之地。在山区河流中,它能承受较大的水流冲击力和水位变化幅度,利用其坚固的结构和可靠的液压系统,确保坝体稳定运行,实现有效的蓄水和泄洪功能,保障下游区域的安全;在平原河道,其灵活的调节性能可满足灌溉、生态维护以及景观营造等多种需求,通过精准控制水位,为周边农业生产和生态环境改善提供支持。对于不同的地质条件,如软土地基或岩石地基,通过合理的基

础设计和结构优化,液压钢坝闸都能实现可靠安装和稳定运行,这种广泛的适应性使得它在水利水电工程领域得到了越来越广泛的应用,成为解决各种水资源利用和调控问题的得力工具,能够根据不同地区的水文、地质和工程需求进行个性化的设计与应用,有效推动水利事业的全面发展。

3.3 结构简单且节省投资

液压钢坝闸整体结构设计相对简洁,主要由坝体、液压系统、支撑结构等几个关键部分组成。相较于传统的土石坝或混凝土坝,其没有复杂的坝体填筑和混凝土浇筑工艺,减少了大量的施工环节和人力、物力投入。在建设过程中,不需要大型的施工机械设备和专业的施工队伍进行长时间的施工作业,从而缩短了建设周期,降低了施工成本。同时,由于其结构紧凑,占地面积较小,在土地征用方面也能节省一定的费用,特别是在城市或土地资源紧张的地区,这一优势更为明显。此外,液压钢坝闸的后期维护相对简单,主要集中在液压系统的保养和坝体结构的常规检查上,减少了长期的维护费用和资源投入,从建设初期到长期运行阶段,都为投资方节省了大量的资金,提高了工程的经济效益,使其成为一种具有较高性价比的水利工程设施选择,有助于在有限的资金条件下推动更多水利项目的实施和建设。

3.4 自动化程度高

通过安装在坝体上的各类传感器,如水位传感器、压力传感器、位移传感器等,能够实时采集坝闸的运行状态数据,并将这些数据传输到中控室的计算机系统中。操作人员在中控室即可直观地了解坝闸的各项参数,如上下游水位、坝体的开启高度、液压系统的压力等,并根据预设的程序和实际工况,远程操控坝闸的开启、关闭和调节。在洪水预警时,自动化系统可根据接收到的上游水位和流量信息,自动判断并启动钢坝闸的泄洪程序,快速调整坝体高度,实现无人值守的自动化泄洪,大大提高了应对洪水的及时性和准确性,保障了水利工程和周边区域的安全。同时,在日常运行中,自动化系统还能根据用水计划和水位需求,定时定量地调节坝闸,实现水资源的优化配置和高效利用,降低了人工操作的劳动强度和人为误差,提高了水利水电工程的运行管理水平和智能化程度,适应现代水利工程发展的趋势和要求^[3]。

4 液压钢坝闸在水利水电工程应用中存在的问题与解决措施

4.1 存在的问题

4.1.1 设备可靠性与维护

液压钢坝闸的设备可靠性问题显著。其液压系统易出现故障,如油泵磨损、油管泄漏、阀门卡滞等,影响坝闸正常运行。电气控制系统中的传感器、控制器等受潮湿、电磁干扰影响,可能出现信号错误或失控。机械部件如铰座、底轴长期受力磨损,降低稳定性与精度。而且设备维护难度大,水下部件检修不便,关键零部件更换需专业技术与设备,成本高且停机时间长,增加了水利工程运行的不确定性与维护成本,影响工程效益与安全性。

4.1.2 耐久性问题

耐久性问题突出,金属结构长期与水、空气接触,易发生电化学腐蚀,使钢材强度降低。频繁的开闭操作使坝体承受交变应力,产生疲劳裂纹,威胁结构安全。止水橡胶受水压、光照、水流冲刷,易老化、变形,导致止水效果下降,出现渗漏。这些问题缩短了钢坝闸的使用寿命,增加了维修与更换成本,降低了工程的长期效益,在水利工程长期运行中带来诸多隐患。

4.1.3 对生态环境的潜在影响

液压钢坝闸对生态环境有潜在不良影响。它阻断河道,阻碍鱼类洄游,破坏水生生物的栖息和繁殖场所,导致生物多样性受损。坝前蓄水改变水流形态,造成局部流速减缓,泥沙淤积,影响水质,促使藻类滋生、溶氧降低。此外,建设过程中的土地开挖与施工废弃物排放,破坏周边植被,引发水土流失与环境污染,对陆地生态系统也造成干扰,不利于生态平衡与可持续发展,削弱了区域生态服务功能。

4.2 解决措施

4.2.1 提升设备可靠性与维护水平

为提升设备可靠性与维护水平,应建立完善的设备巡检制度。定期安排专业人员对液压钢坝闸的各个部件进行详细检查,包括液压系统的密封性、电气系统的稳定性以及机械部件的磨损情况等,及时发现并记录潜在问题。储备充足的备品备件,针对易损的液压元件、密封件和电气元件等,确保在设备出现故障时能够迅速更换,减少停机时间。加强对维护人员的技术培训,使其熟练掌握设备的工作原理、操作流程和维修技巧,通过实际操作演练和案例分析,提高其故障诊断与排除能力。

4.2.2 增强耐久性

增强液压钢坝闸耐久性可从多方面入手。在材料选择上,优先采用高强度、耐腐蚀的新型钢材,并对金属表面进行热镀锌、喷涂防腐涂层等处理,提高其抗腐蚀能力。优化结构设计,通过有限元分析等手段,合理分布应力,减少结构在运行过程中的疲劳损伤。例如,对关键部位进行加固处理,增加圆角过渡等设计,降低应力集中。加强日常维护保养,定期对金属结构进行防腐检查和维护,及时修复发现的腐蚀点和损伤部位。对于止水橡胶等部件,采用优质的耐老化、耐磨损材料,并定期进行更换,确保其密封性能。

4.2.3 降低对生态环境的潜在影响

为降低液压钢坝闸对生态环境的潜在影响,在工程规划阶段应进行全面的生态评估,充分考虑对水生生物洄游和栖息的影响,合理设计鱼道、生态孔等生态补偿设施,确保鱼类等水生生物的通道畅通,维持其正常的生态活动。在坝闸运行过程中,优化调度方案,避免长时间大幅度的水位变动,保持相对稳定的水流条件和水域生态环境,减少对河岸植被和湿地生态系统的破坏。加强对水质的监测与管理,采取措施防止坝前蓄水区域的水质恶化,如定期进行水体置换、增加曝气设备等,提高水体的自净能力和溶氧量^[4]。

结束语

综上所述,液压钢坝闸在水利水电工程中展现出独特优势,其灵活的调节能力、广泛的适应性以及较高的自动化程度,为水资源的有效利用和调配提供了有力支持,在水电站蓄水、城乡河道治理等多个领域发挥了重要作用。然而,我们也不能忽视其存在的问题,如设备可靠性、耐久性及生态影响等方面的挑战。

参考文献

- [1]吴松宝.钢坝闸在河道蓄水工程中的应用[J].中国水利,2019(05):56-57
- [2]王文博,赵明,李华等.钢坝闸技术在城市河道治理中的应用研究[J].水利技术,2020(06):45-49.
- [3]李强,张伟,刘洋等.液压钢坝闸在生态航运中的应用研究[J].航海技术,2021(04):32-37.
- [4]孙涛,陈磊,王浩等.液压钢坝闸在水电站中的应用研究[J].电力技术,2022(08):58-63.