

浅谈橡胶坝工程设计应注意的几个问题

王帅杰

河北省水利水电勘测设计研究院集团有限公司 天津 300221

摘要: 随着水利事业不断迈向新高度,橡胶坝凭借独特优势在众多水利工程中崭露头角。本文聚焦橡胶坝工程设计,阐述了设计中的关键要素,包括坝址、坝袋、锚固及充排水(气)系统设计。深入剖析常见问题,如坝袋振动、防冰耐磨不足、运行管理设计不完善以及生态景观设计缺失等,并分析其产生原因与影响。针对这些问题,提出优化策略,涵盖坝袋振动控制、防冰耐磨与耐久性提升、完善运行管理设计以及强化生态景观设计等方面,旨在为橡胶坝工程设计提供全面、科学的指导,提高工程的质量与效益。

关键词: 橡胶坝; 坝袋; 设计优化; 生态景观

引言: 橡胶坝作为一种新型柔性水工建筑物,具有施工简便、造价低、抗震性能好等优点,在水利工程中应用广泛。然而,橡胶坝工程设计涉及多学科知识,较为复杂,若设计不当,易引发诸多问题,影响工程安全与运行效果。当前,在橡胶坝工程设计中,存在对坝袋振动、防冰耐磨等关键问题考虑不足,运行管理设计不完善以及生态景观设计缺失等情况。因此,深入探讨橡胶坝工程设计应注意的问题,提出针对性优化策略,对保障工程质量、提升工程综合效益具有重要意义。

1 橡胶坝工程设计的关键要素

1.1 坝址选择

坝址选择是橡胶坝工程设计的首要环节,对工程效益与安全影响深远。需综合考量多方面因素,地形上,宜选河床稳定、河谷开阔且两岸坡度适宜处,利于坝体布置与施工;地质方面,要求地基坚实,避开断层、软弱夹层等不良地质区域,防止坝体沉降不均。水文条件也至关重要,要依据流量、水位、泥沙含量等数据,确保坝体在不同工况下稳定运行。

1.2 坝袋设计

坝袋是橡胶坝的核心部件,其设计关乎工程性能。首先要根据工程需求确定坝高、坝长等参数,确保满足挡水、泄洪等功能要求。材料选择上,需考虑强度、弹性、耐老化性等因素,以适应不同环境条件。坝袋的形状设计也不容忽视,合理的外形能优化水流状态,减少水力损失。

1.3 锚固系统设计

锚固系统是保障橡胶坝坝袋稳定运行的关键。其设计要确保坝袋与基础牢固连接,能承受坝袋充胀时的张力以及各种外力作用。常见的锚固方式有螺栓压板锚固、胶囊充水锚固等,需根据工程实际情况合理选择。

锚固构件的材质和规格要满足强度要求,保证长期使用不损坏。

1.4 充排水(气)系统设计

充排水(气)系统是橡胶坝实现升降功能的重要保障。系统设计要确保充胀和排泄过程迅速、平稳、可靠。对于充水式橡胶坝,要合理选择水泵的型号和数量,保证在规定时间内完成充水;排水时,需设计有效的排水通道,防止积水对坝袋造成损害。充气式橡胶坝则要配备合适的气泵和储气装置,确保气压稳定^[1]。

2 橡胶坝工程设计中常见问题分析

2.1 坝袋振动问题

2.1.1 振动产生的原因

坝袋振动多因水流作用,如水流流速不均、流向改变产生漩涡;充排水(气)系统操作不当,导致坝袋内压力频繁波动;此外,坝体结构不合理,如坝袋外形、锚固方式等影响水流状态,也会引发振动。

2.1.2 振动对坝袋的危害

坝袋振动会加速其材料疲劳,使坝袋强度降低,易出现裂缝、破损,缩短使用寿命;长期振动还可能导致锚固部件松动,影响坝袋与基础的连接稳定性,严重时甚至造成坝袋脱落,威胁工程安全运行。

2.1.3 现有设计中对振动问题的考虑不足

部分设计在前期未充分分析水流条件与坝袋振动的关系,未进行针对性的水力计算;对充排水(气)系统的动态特性考虑欠缺,未优化操作流程以减少压力波动;坝体结构设计时也未采取有效减振措施。

2.2 坝袋防冰耐磨问题

2.2.1 北方地区坝袋的防冰设计缺陷

北方冬季寒冷,河水易结冰。现有设计对冰凌形成及作用力预估不足,未设置有效防冰设施。坝袋表面无

专门防冰涂层或防护结构,冰层膨胀时易挤压坝袋,造成其破裂、变形,影响橡胶坝正常使用与寿命。

2.2.2 坝袋耐磨设计的不足

坝袋长期处于水流冲刷、泥沙磨损环境,但当前设计中耐磨材料选用不够合理,耐磨层厚度不足。且未充分考虑不同水流条件下坝袋各部位磨损差异,导致局部磨损严重,影响坝袋整体结构强度与密封性。

2.2.3 缺乏综合的耐久性设计理念

设计时多孤立考虑防冰、耐磨等问题,未将坝袋所处环境、材料性能、受力状况等综合分析。未建立涵盖多种因素的耐久性评估体系,难以全面预测坝袋寿命,无法提前采取有效措施提升其耐久性。

2.3 运行管理设计不完善

2.3.1 运行操作程序不明确

当前橡胶坝运行操作多依赖经验,缺乏标准化、规范化的流程指引。充排水(气)的时间、速度、压力控制等关键环节无明确规定,易因操作不当引发坝袋振动、压力异常等问题,影响工程安全与正常运行。

2.3.2 缺乏对工程保护范围的界定

设计中未清晰划定橡胶坝工程的保护范围,周边人类活动缺乏有效约束。可能出现乱挖、乱建、乱排等行为,破坏工程基础、污染水质,对橡胶坝的结构稳定性和使用功能造成严重威胁。

2.3.3 监测与维护设计不足

监测项目设置不全面,无法实时掌握坝袋变形、锚固状态、充排水(气)系统压力等关键参数。维护计划缺乏系统性和前瞻性,不能及时发现并处理潜在问题,导致小隐患演变成大故障,影响工程寿命。

2.4 生态景观设计缺失

2.4.1 忽视与周边生态环境的融合

橡胶坝设计常侧重工程自身功能,未充分考虑周边自然生态系统。如未保留原生植被、破坏动物栖息地,导致生物多样性受损。且工程布局与地形地貌不协调,割裂生态廊道,影响物质和能量交换,破坏区域生态平衡。

2.4.2 景观设计缺乏特色与人性化

景观设计千篇一律,未结合当地文化、历史和地域特色,无法展现独特魅力。同时,忽视人的使用需求,缺乏休闲设施、亲水平台等人性化设计,不能为人们提供舒适、便捷的观赏和活动空间,降低了景观的吸引力和实用性。

2.4.3 生态景观设计与工程功能的矛盾

生态景观设计追求美观和生态效益,有时与橡胶坝的挡水、泄洪等工程功能产生冲突。比如,为营造景观

设置过多亲水建筑,可能影响行洪安全;种植高大树木可能破坏坝体结构稳定性,难以实现生态、景观与工程功能的有机统一^[2]。

3 橡胶坝工程设计优化策略

3.1 坝袋振动控制措施

3.1.1 优化坝址选择与结构设计

在坝址选择上,应通过详细的水文地质勘查,避开水流条件复杂、易产生漩涡和不稳定流态的区域,选择河床相对稳定、水流平顺的地段,从源头上减少诱发坝袋振动的因素。结构设计方面,优化坝袋的外形,使其与水流更好地适配,降低水流对坝袋的冲击力。合理设计坝袋的锚固方式和锚固点分布,增强坝袋与基础的连接稳定性,避免因锚固不牢引发振动。同时,考虑坝体的整体刚度,通过调整坝体结构参数,提高其抗振性能。

3.1.2 改进充排水(气)系统设计

对充排水(气)系统的设备进行优化选型,选择性能稳定、控制精度高的水泵和气泵,确保充排水(气)过程平稳、均匀,减少压力波动对坝袋的冲击。合理设计管道布局,降低管道阻力,避免水流在管道内产生涡流和压力突变。安装先进的控制系统,实现对充排水(气)速度、压力等参数的精确控制,根据坝袋的实际受力情况实时调整操作,防止因充排水(气)不当引发坝袋振动,保障橡胶坝的安全稳定运行。

3.1.3 采用减振装置与技术

在坝袋表面或内部设置减振材料,如橡胶减振垫、阻尼层等,通过材料的能量耗散特性,吸收和减弱水流冲击产生的振动能量。安装机械减振装置,如减振弹簧、减振支架等,改变坝袋的振动频率和振幅,降低振动强度。此外,还可采用主动控制减振技术,利用传感器实时监测坝袋的振动情况,通过控制系统驱动作动器对坝袋施加反向作用力,实现振动的主动抑制,有效控制坝袋振动,延长坝袋使用寿命。

3.2 坝袋防冰耐磨与耐久性提升策略

3.2.1 北方地区坝袋防冰设计优化

针对北方寒冷气候,在坝袋表面增设特殊防冰涂层,该涂层需具备低表面能特性,使冰层难以附着,降低冰推力对坝袋的破坏。同时,在坝袋周边设置破冰装置,如水下振动破冰器,定期启动破坏冰层结构,防止大面积冰盖形成。此外,优化坝袋外形,采用流线型设计,减少水流在坝袋附近的停滞区域,避免因水温降低而加速结冰。

3.2.2 坝袋耐磨设计改进

选用高强度、耐磨性能优异的橡胶材料作为坝袋主

体,提高其抗磨损能力。在坝袋易磨损部位,如与水流接触频繁的迎水面和底部,增加耐磨层的厚度,并采用特殊的纹理设计,增强与水流的摩擦阻力,减少泥沙对坝袋的直接冲刷。同时,优化坝袋的锚固方式,避免锚固部位因频繁伸缩产生应力集中而导致磨损加剧。定期对坝袋进行磨损检测,根据检测结果及时进行局部修复或更换,延长坝袋的使用寿命。

3.2.3 建立综合耐久性设计体系

综合考虑坝袋所处环境、材料性能、受力状况等多种因素,建立涵盖防冰、耐磨、抗老化等多方面的耐久性评估模型。在设计阶段,利用该模型对坝袋的耐久性进行预测和分析,优化设计方案。施工过程中,严格控制材料质量和施工工艺,确保坝袋的安装质量符合耐久性要求。运行管理阶段,制定详细的维护计划,定期对坝袋进行检查、维护和保养,及时处理发现的问题。同时,收集和分析坝袋运行过程中的数据,不断完善耐久性设计体系,提高坝袋的整体耐久性。

3.3 完善运行管理设计

3.3.1 制定详细的运行操作手册

依据橡胶坝工程特性与实际运行需求,编写全面且细致的运行操作手册。涵盖充排水(气)流程,明确各阶段时间、压力、流量等参数控制标准;规定日常巡检内容、频次与记录要求,如检查坝袋外观、锚固状态、充排水(气)设备运行情况等。针对不同工况,如洪水期、枯水期、冰冻期等,制定专项操作指南与应急预案。同时,对操作人员进行专业培训,确保其熟悉手册内容并严格按照章操作,保障橡胶坝安全、稳定、高效运行。

3.3.2 明确工程保护范围与监管措施

通过科学调研与规划,精准划定橡胶坝工程保护范围,考虑工程结构安全、行洪安全及生态环境保护等因素。在保护范围内设置明显标识与警示标志,禁止一切可能危害工程安全的活动,如乱挖、乱建、乱排等。建立多部门协同的监管机制,加强日常巡查与执法力度,运用现代信息技术,如视频监控、无人机巡查等,实时掌握保护范围内动态。

3.3.3 优化监测与维护系统设计

构建全方位、智能化的监测系统,在坝袋关键部位、锚固结构、充排水(气)设备等安装高精度传感器,实时监测坝袋变形、应力、水位、压力等参数,并将数据传输至控制中心进行分析处理。设置预警阈值,

当参数异常时及时发出警报。基于监测数据制定科学合理的维护计划,定期对坝袋、锚固系统、充排水(气)设备等进行检查、保养与维修。

3.4 强化生态景观设计

3.4.1 促进与周边生态环境的协调融合

设计前深入调研周边生态,保留原生植被与地形地貌。依据当地生态系统特点,选择适宜的乡土植物进行绿化,构建多层次植物群落,为动物提供栖息场所。合理规划水体形态,与周边河流、湿地等自然水系相连接,促进水体循环与物质交换,维持生态平衡,使橡胶坝工程成为周边生态环境的有机组成部分。

3.4.2 打造特色与人性化的景观设计

深入挖掘当地文化、历史元素,将其融入景观设计,塑造独特风格。设置多样化的休闲设施,如亲水平台、观景步道、休憩座椅等,满足人们亲近自然、休闲娱乐的需求。同时,考虑不同人群的使用便利性,进行无障碍设计,营造舒适、宜人且富有特色的景观空间,提升人们的体验感和满意度。

3.4.3 实现生态景观与工程功能的协同优化

在保障橡胶坝挡水、泄洪等工程功能的基础上,优化生态景观设计。例如,利用景观水体调节水位,辅助工程实现防洪与灌溉功能;通过合理布局植被,减少水流对坝体的冲刷,保护工程结构安全。同时,借助工程设施营造多样化的生态景观,实现生态、景观与工程功能的相互促进、协同发展,提升工程的综合效益^[1]。

结束语

橡胶坝工程设计是一项综合性、系统性的工作,涉及水力学、结构力学、材料科学、生态学等多个领域。在坝袋设计上,要重视振动控制、防冰耐磨及耐久性提升,确保其安全稳定运行与长久使用;运行管理设计需完善操作手册、明确保护范围、优化监测维护系统,保障工程高效运维;生态景观设计要促进与周边环境融合、打造特色人性化景观,实现生态与工程功能协同。

参考文献

- [1]班玉刚.浅谈橡胶坝工程设计、施工中应注意的几点问题[J].中国科技投资,2021(A09):119-119.
- [2]杨锡林.橡胶坝在工程施工中应注意的问题[J].中国新技术新产品,2022(17):81-81.
- [3]温珍珠.橡胶坝工程建设和运行管理中应注意的几个问题[J].甘肃水利水电技术,2022,43(4):286-286