

水闸枢纽消力池底板稳定问题及处理措施研究

徐刚

新疆昌吉市水利管理站

DOI:10.12238/hwr.v7i9.4998

[摘要] 水闸枢纽项目运行中,消力池稳定运行对水闸整体运行安全有直接影响,在实际运行中,会出现下游渗流排水不畅、闸门非正常单孔开启、底板磨蚀严重等方面问题,导致底板运行中会出现较为显著的稳定性问题,给正常生产作业带来影响。本文以某水利枢纽项目运行现状为例,分析水闸枢纽消力池底板稳定性问题表现形式及产生原因,结合实际提出运维和运行方式优化措施,以此为解决同类问题提供参考,为确保水闸枢纽工程安全稳定运行提供有效保障。

[关键词] 水闸枢纽; 消力池; 底板; 稳定性

中图分类号: TV66 文献标识码: A

Research on Stability Problems and Treatment Measures of Stilling Pool Bottom Plate of Sluice Junction

Gang Xu

Xinjiang Changji Water Conservancy Management Station

[Abstract] In the operation of sluice junction project, the stable operation of the stilling pool has a direct impact on the overall operation safety of the sluice gate. In actual operation, there will be problems such as poor downstream seepage and drainage, abnormal opening of single hole of the sluice gate, and serious abrasion of the bottom plate, leading to more significant stability problems in the operation of the bottom plate, which will affect normal production operations. Taking the operation status of a water conservancy project as an example, this paper analyzes the manifestations and causes of the stability problems of the stilling pool bottom plate of the sluice junction, and puts forward the optimization measures of operation and maintenance and operation mode based on the actual situation, so as to provide reference for solving similar problems and provide effective guarantee for ensuring the safe and stable operation of the sluice junction project.

[Key words] sluice junction; stilling pool; bottom plate; stability

在水闸枢纽工程项目运行中,消力池底板运行受多方面因素影响,必然会出现运行稳定性不足等方面问题,给项目安全运行产生负面影响。相关研究人员从体型设计、施工缺陷、水文冲刷等方面,对底板稳定问题产生原因进行分析,并结合实际提出补强混凝土施工缝、混凝土回填、运行方式调整等方面处理措施^[1-2]。但是就整体上而言,相关方面的理论研究还较为滞后,难以满足日常运维工作开展要求。因此针对具体项目做好深入分析,有针对性的优化相关方面运维措施,是提升水闸枢纽运行安全的重要保障。

1 工程案例

某水利枢纽工程项目混凝土重力坝总长513.4m,最大坝高为82m,是一座以发电为主、改善下游通航效益及农业灌溉用水的综合性枢纽工程,项目中设置4个厂房坝段、5个溢流坝段。项目建设投运后,一直保持良好运行状态,后在运行检修中发现,

某孔位下游消力池底板斜坡段出现失稳浮起现象,进一步检查发电,受大量泥沙磨损影响,在消力池前池、消力坎顶部及消力坎后,都有出现不同程度的磨损破坏现象,由此项目安全稳定运行产生影响。为进一步查明底板失稳浮起及腐蚀破坏现象产生原因,采用模型试验方式进行分析,为具体修复工作开展提供参考,优化枢纽运行方式,为后续安全稳定运行提供有效保障。

2 失稳浮起及底板磨蚀破坏分析

2.1 失稳浮起现象分析

2.1.1 抗浮稳定分析

在运维中先是发现消力池底板出现失稳浮起现象,因此先对不同工况下底板抗浮稳定性进行分析。经现场勘察分析,在下游消力池斜坡段出现失稳,问题产生原因较为复杂,在参考相关文献及工程管理总结后,分析问题产生原因主要集中于消力池抗浮稳定性、水流冲击力及地基状态等几个方面进行分析。在

水力模型试验中,设置三种运行工况:(1)排水失效,但防渗墙、铺盖等依然能够发挥作用;(2)防渗墙失效,但铺盖及排水均能够发挥作用;(3)铺盖、防渗墙及排水均失效。通过对三种运行工况下渗流位势图进行分析,并依据渗流计算结果可以看出,在斜坡底板水压力水头小于设定值时,抗浮稳定;在设计工况下,不过流时,斜坡段底板下压力水头稳定,底板稳定;在下游排水出现不畅时,会对斜坡抗浮稳定性产生影响,抗浮不稳定。

2.1.2 水流冲击分析

之后进行水流冲击分析,将钢坝闸第4孔开度设定为开度 34° ,放水4d,将门顶下降高度设定合适状态,以正常运行状态设定水位、过流量及流速,以平抛运动设计水流模型图。依据计算结果分析水流落在斜坡上端时所产生的压强。设定地基木梁、梁总长等参数,考虑斜坡位移控制参数和底板配筋参数,分析板强度是否能够满足稳定性控制要求。再结合相关资料计算板块上方的脉动压力,假定脉动压力符合正态概率分布,利用动水时均荷载及脉动荷载测试数据,通过相关公式计算消力池底板抗浮稳定参数^[3]。从计算结果可以得出,在恶劣放水运行工况下,消力池底板会出现失稳现象;在正常蓄水工况和最高蓄水工况下,消力池底板斜坡段有发生失稳可能性;在部分工况及最不利脉动荷载组合方式下,消力池底板斜坡段单位面积下压力会发生变化,也有可能出现失稳现象;在正常蓄水工况及最高蓄水工况下,消力池底板水平段能够保持基本稳定状态。

2.1.3 软弱地基影响分析

利用试验分析消力池底板抗冲稳定性时发现,消力池下部地基不均匀、施工不平整现象,是导致底板失稳浮升现象产生的重要原因。后在现场勘察中发现,在底板分缝部位出现升坎现象,部分动水压力由缝隙部位窜入底板下部,由此导致底板上举力增加。在水闸枢纽工程项目长期运行中,升坎现象的存在,必然会导致失稳现象产生并不断加剧^[4]。因此在运行管理中,必须要严格控制地基变形和底板施工不平整等现象发生,严格落实洪水发生前后地基状态,做好软弱地基处理,以此有效避免升坎现象发生,避免由此带来的底板失稳,对项目安全稳定运行产生负面影响。

2.2 底板磨蚀破坏分析

2.2.1 水力学模型设计

在消力池运行维护中,还出现消力池及消力坎出现被破坏现象,为更好的分析问题产生原因,以分析闸孔开启方式对水流流态和流场分布的影响,以重力相似准则为依据,搭建正态模型。模型参数依据水闸枢纽实际数据选择几何比例尺,确定不同部位模拟范围。模型搭建中,溢流坝、消力池、冲沙底孔及厂房尾水出口等,选用有机玻璃制作,天然地形采用断面板法进行控制,采用水泥砂浆成型。所设定的动床模拟范围内,覆盖层按其粒径组成,使用散粒体进行模拟。

2.2.2 消力池破坏原因分析

在试验过程中,根据该水闸枢纽工程近四年度运行记录,合理设定溢流表孔运行时长及闸门组合开启状态,分析闸门对称

开启和非对称开启状态下消力池的水力特性。试验结果显示,在该水闸枢纽项目运行中,表孔开全部开启、或是多孔对称开启运行状态下,消力池具有良好的消能效果,消力池前端水舌触底区流速能够达到最大,底板压力分布也较为均匀^[5]。从各项数据计算及结果分析可以看出,该水闸枢纽的溢流表孔及消力池体型设计都符合规范要求、满足合理性要求,消力池底板破坏现象与体型设计没有直接关联性。

根据表孔闸门非对称开启运行状态分析,在运行时消力池内会出现不同程度的回旋水流现象,例如在1号和3号表孔非对称开启运行时,消力池内回旋水流流速值较高,所在位置及尺寸基本与底板环形破坏带相重合,由此可以证实,表孔闸门非对称开启运行状态,以及由此携带的泥沙冲击,是导致底板长期运行中磨蚀现象产生的主要原因,同时对底板运行稳定性产生影响。因此在运行中需要从这方面入手做好优化,尽量规避底板运行稳定性不足问题。

3 水闸枢纽消力池底板稳定性问题处理措施

3.1 运维管理优化

深入做好水闸枢纽运行维护管理工作,有效提升项目主体运行水平,是生产管理工作开展应当关注的重要问题。在日常运行管理中,应当从如下方面做好处理。

针对上游铺盖止水受到破坏、截渗墙效果无法满足正常运行要求,下游出现排水不畅等现象,导致斜坡段渗透压力偏高、抗浮稳定性不足问题,应当根据实际情况采取对应措施。例如针对上游铺盖止水受到破坏现象,可以采用重新铺设止水材料或进行局部修复方式进行处理。例如针对截渗墙效果无法满足正常运行要求问题,可以采用加固或增高截渗墙等措施进行处理,有效提升防渗效果^[6]。例如对下游排水不畅问题,可以在坡末端部位每块板增开排水孔,增加排水流量,或者是在下游设置排水沟或排水管等方式,确保水能够顺畅排出,以有效提升抗浮稳定性。同时还可以采用增加锚杆或抗浮支撑结构方式,有效提升斜坡段抗浮稳定性。

对于闸门非正常、长时间单孔开启或不对称开启,导致长时间运行对底板产生冲击过于显著现象,则应当适当调整开孔方式,在底板上增加锚杆或锚索等方式,以有效避免底板漂浮现象发生。

例如对于底板基础松软,在长期大流量冲击,出现向上冲击力及顶部动动力过大,造成自由端变形、止水拉坏及斜坡段浮起等现象,可以采取加固地基,增加垫层厚度等方式,有效提升底板承载能力及稳定性,避免受大流量水流冲击而出现变形或破坏现象。在条件具备情形下,可以在底板与侧墙之间增加橡胶止水带或金属止水片,以有效提升底板抗浮稳定性,且有效防止渗漏现象发生^[7]。同时在运行管理中,还可以采用在底板下方设置抗浮桩、抗浮锚杆等措施,有效提升底板抗浮稳定性,以有效避免底板失稳浮起现象发生。

3.2 电站运行方式优化

在模型试验中发现,表孔闸门非对称开启运行状态及携带

的泥沙冲击,对消力池底板会产生较为显著的磨蚀现象,由此导致底板运行稳定性不足,因此在水闸枢纽运行中,还应当合理优化电站运行方式,以尽量规避这方面因素影响。以本水闸枢纽运行试验为例,在运行中应当根据试验结果对不同组合方式进行优化:一是尽量减少回旋流速较大的单孔开启状态,通常情形下,越靠近两侧部位的表孔单独开启时,最大回旋流速上限值越高,所携带的泥沙量也越大,因此在单孔表运行时,应当尽量开启中间表孔,溢流坝下泄水流在入池后能够沿消力池中部向两侧均匀扩散,不再出现回旋流等不利流态,流速也会明显降低,在快速衰减状态下减少对下游河床的冲刷。二是需要开启两个表孔运行状态时,避免出现单侧两孔模式运行,应当尽量开启两侧对称表孔,以此尽量消除回旋流等不利运行状态。三是在需要开启三个表孔运行状态时,应当开启最中间表孔以及两侧对称表孔,确保整体上保持对称状态,以此确保消力池内不会出现回旋流等不利流态。四是在需要开启四个表孔运行状态时,应当将最中间表孔关闭,对称开启两侧表孔,以有效消除回旋流现象。最后则是在五个表孔全部开启状态下,消力池能够达到最优化消能效果,因此应当作为常态化开启状态。

但是在电站实际运行中,受进出库流量、设备检修等具体情况影响,在部分情形下,难以实现对称开启要求,因此还需要根据水流量特征和机组运行要求,及时调整运维检修计划,为运行方式优化提供良好条件,为确保消力池稳定运行奠定良好基础。

3.3 构建智能化运维管理体系

在水闸枢纽运行中,消力池底板稳定及磨蚀现象的产生,是长期作用下发生的,采用传统粗放式管理模式,会导致无法及时发现问题,运维措施不到位而出现影响正常运行现象。在当前运维管理朝向精细化、智能化方向发展背景下,应当在消力池合适部位布设表孔消力池底板磨蚀检测装置,利用水下检测机器人实现对底板混凝土厚度、水流速度及携带泥沙等参数的精准检测,利用所检测到的数据进行智能化分析,以此实现对磨蚀现象的量化评价^[8]。在出现异常时,能够提前采取有效的运维及处理措施,有效避免磨蚀现象扩大化,为生产运行管理工作开展提供有效保障。

在当前水闸枢纽工程运行管理体系中,还应当强化运维人员技能培训,提升运维人员职业素养,能够根据智能化运维管理系统所提供的数据,实现对底板运行状态的精准分析,根据问题发生现象及原因,及时采取有效的处理措施,以此有效规避安全运行事故发生。

4 结束语

水闸枢纽消力池底板运行稳定性问题,是项目运行管理中较为容易出现的现象,对水电站安全稳定运行具有重要影响。在当前生产运行管理要求不断提升情形下,必须要适应技术发展要求,强化对底板运行状态的精准分析,及时采取有效措施做好处理,以此才能够有效避免底板出现失稳浮动及磨蚀严重现象,为水电站整体安全稳定运行提供有效保障,有效提升项目运行经济效益、安全效益和社会效益。

[参考文献]

- [1]王皓冉,谢辉,陈永灿.消力池底板混凝土磨蚀智能检测与数值仿真[J].清华大学学报(自然科学版),2023,63(7):1095-1103.
- [2]赵琳,王佩珏.消力池底板抗浮问题及解决思路[J].河北水利,2022,(12):31-33.
- [3]戴明亮.某水闸枢纽消力池底板稳定问题的思考[J].水利技术监督,2021,(11):4-6+14.
- [4]赵壮.水闸消力池不同的排水孔布置消力池底板变化分析[J].地下水,2021,43(04):282-283.
- [5]张泽彬,王川,邓林森.消力池底板磨蚀破坏的水力学试验研究[J].四川水力发电,2020,39(04):94-99.
- [6]何富刚.宽尾墩和消力池联合消能工底板稳定试验研究[J].水电站设计,2018,34(04):91-96.
- [7]马腾飞,葛文生,杨明杰.大扩散角二级消力池对三元水流的调整影响[J].水电能源科学,2023,41(07):137-140.
- [8]龙跃洲,潘世一,黄忠.溢洪道泄槽及消力池流态优化数值模拟研究[J].水电与新能源,2023,37(06):26-29+56.

作者简介:

徐刚(1975—),男,汉族,新疆昌吉市人,本科,高级工程师,研究方向:水利工程;从事工作:基层水管站管理。