

水库除险加固中双曲拱坝应力及稳定性分析

刘放

(广州市水电建设工程有限公司, 广东 广州 510000)

摘要:水库除险加固工作的开展,其目的是保障水库的安全、稳定运行,充分发挥其拦蓄洪水的作用,有效应对汛情。作为水库的重要建筑物,双曲拱坝的应力状态、稳定性需要得到关注和重视。通过对双曲拱坝应力及稳定性的分析,判断双曲拱坝的运行安全。基于此,围绕某水库的除险加固工作展开讨论,分析双曲拱坝应力控制的重要性,探讨应力及稳定性分析、计算的方法。

关键词:水库除险;加固;双曲拱坝应力;稳定性

中图分类号:TV642

文献标识码:A

文章编号:1004-7344(2023)07-0064-03

0 引言

面对雨季汛期的到来,水库承担着拦蓄洪水的重要功能,进而减免洪水灾害。水库的病害问题应该引起足够的关注,需要在汛期到来之前,加紧进行病害问题的排查,并需要针对水库的拦河坝、溢洪道、交通桥、放水洞等建筑,进行除险加固,使水库可以正常、稳定的发挥其防洪作用。在水库除险加固工作中,应该重点加强对大坝结构安全的检查与评估。通过对坝体应力状态、稳定性的计算,具体了解大坝结构是否安全、稳固,及时发现安全隐患,以有效控制拱坝应力以及提高坝体稳定性为目标,有针对性地进行除险加固。

1 工程概况

结合某中型水库的工程概况进行分析,该水库总库容 1220.6 万 m^3 ,大坝为双曲拱坝,为 3 级建筑物,设计洪水水位 61.22m,校核洪水水位 61.76m,施工期洪水水位 50.67m。在某水库达标加固整治工程中,主要建设内容包括大坝防渗处理、坝顶混凝土路面拆除重建,坝顶混凝土防浪墙拆除重建等。

2 主体施工流程

在某水库达标加固整治工程中,需要明确总体的施工流程,制定完善的施工方案,施工过程的每一个环节,都需要严格执行国家规范和现行行业标准。完成施工平面布置与规划、进度计划和进度规划等施工准备工作后,进行施工围堰填筑、导流管铺设以及临时施工路填筑^[1]。将水塔及工作桥拆除,基坑开挖支护,然后进行水塔及工作桥、输水管结构的主体施工。在水塔启闭、机电设备安装和调试后,进行上游坝坡输水管段灌

浆。采用注浆投砂法进行充填灌浆,如图 1 所示。

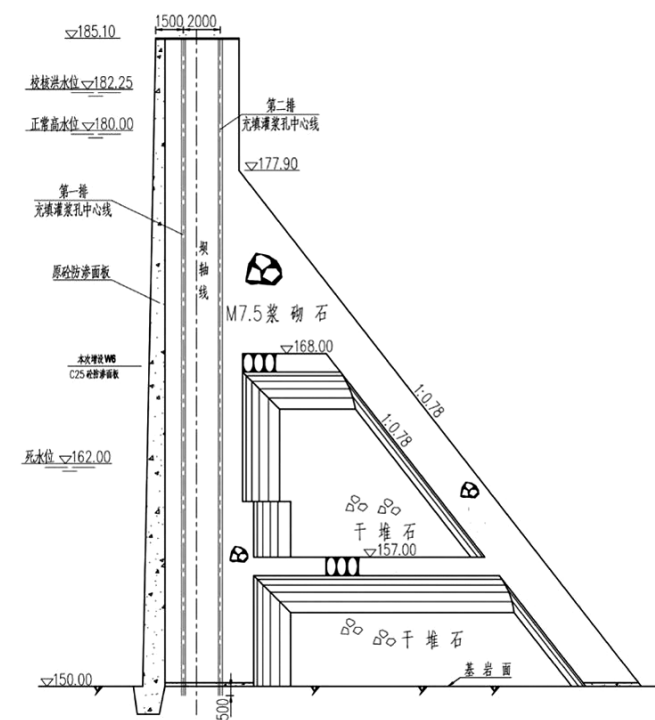


图 1 大坝充填灌浆典型断面图

在此基础上,开展溢洪道工程、上游坝坡护坡、排水沟、防浪墙、路面的施工。制定坝体防渗方案,进行大坝渗流稳定计算、分析,大坝渗流计算模型如图 2 所示。

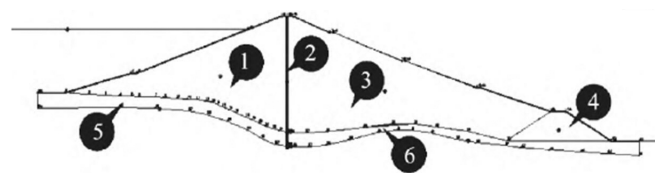


图 2 大坝渗流计算模型

完成施工后,进行监测系统的安装,最后进行项目收尾及验收。施工过程中,需要针对双曲拱坝应力及稳定性进行分析,进而为水库除险加固工作提供价值的参考依据。

3 双曲拱坝的应力控制

双曲拱坝的除险加固施工过程中,需要通过应力分析,了解坝体的应力状态,进而加强应力控制。明确双曲拱坝应力控制的重要性和必要性,并采用科学的方法,准确进行应力计算。

3.1 应力控制的重要性

双曲拱坝的应力状态,影响着坝体结构的稳定性,关系到双曲拱坝能否安全运行。温度、水位的变化,均会对影响到双曲拱坝的应力状态。坝体应力的增加,容易导致拱坝变形,容易形成裂缝,拱坝结构的稳定性也会随之下降,影响其拦蓄洪水的能力,进而增加防洪工作中的安全隐患。在双曲拱坝的除险加固,需要针对坝体的应力状态进行评估,分析应力变化规律,制定施工方案的过程中,需要考虑到应力控制的相关要求。拱坝的应力控制指标,直接影响坝体结构的强度,关系到拱坝的整体安全系数。在拱坝设计中,将允许拉应力值控制在合理的范围,进而提高抗压安全系数^[2]。

3.2 应力分析

双曲拱坝的应力分析过程中,计算坝体应力状态时,往往需要借助假定、简化等方法进行分析,得出合理的计算结果。应力分析主要有以下4种方法:①纯拱法。假定荷载均有拱圈承担,各个拱圈相对独立、互不影响,并将梁的作用忽略。按照以上的假定条件计算,得出计算结果,判断拱坝的应力状态。但是该方法存在较大的局限性,一般应用于小型工程,计算结果往往偏大。②拱梁分载法。则是假定拱、梁共同承担荷载,拱坝由多层水平拱圈、铅直悬臂梁两个系统组成。其中,梁的应力计算较为简单,计算量小。而在拱的应力计算中,由于计算量大,应利用计算机进行计算。③拱冠梁法。采取拱、梁分载的方式。选定拱圈后,在单位径向荷载作用下,进行单位变位的计算^[3]。建立变形协调方程,针对各点的荷载分配值进行计算。按照荷载分配值进行进一步计算,进而计算出应力大小,进行拱坝应力状态的判断。④有限单元法。通过划分有限数量的单元,连接各节点,建立离散模型进行分析,计算应力。考虑到双曲拱坝的外形复杂、厚度大,可以应用三维有限元法,将基岩、坝体划分为有限数量的单元,进行应力分析,如图3所示。

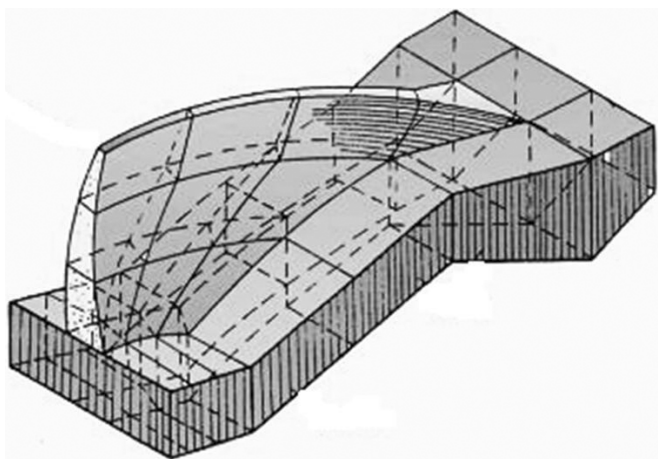


图3 基岩、坝体三维分析

除以上方法外,结构模型试验法、壳体理论计算方法也可以应用于拱坝应力分析的过程。

3.3 应力计算

双曲拱坝的应力计算中,应用反力参数法进行计算。在荷载组合的计算中,需要考虑到具体的工况(基本情况包括正常蓄水位、设计洪水位;特殊情况包括校核洪水位、死水位情况、正常水位等情况),关注各工况条件下的均匀水砂压力、温度变化。在此基础上,全面掌握拱坝坝体等各项参数,进行温度变化荷载的计算。该过程中,需要结合地质报告资料进行分析,了解双曲拱坝的砌体饱和容重,结合弹性模量、砌体温度线性膨胀系数,进行相关数值的计算。计算温度变化荷载时,需要应用简化算法,考虑到库水位、水深、坝体厚度、表面水温年变幅等参数条件。计算不同荷载组合的拱坝左岸上下游面应力、拱坝右岸上下游面应力,进而总结拉应力分布规律^[4]。不同荷载组合的顶拱端上下游坝面主应力值计算结果如表1所示。通过应力计算,大坝压应力和拉应力均达到规范容许值。

表1 不同荷载组合的顶拱端上下游坝面主应力值计算结果分析

荷载组合	左岸顶拱端/MPa		右岸顶拱端/MPa	
	上游面	下游面	上游面	下游面
正常水位(温降)	-0.719	-0.291	-0.374	-0.027
设计水位(温升)	0.165	0.439	0.287	0.640
校核水位(温降)	0.105	0.478	0.234	0.615
死水位(温升)	-0.582	-0.408	-0.519	-0.402

4 双曲拱坝的稳定性分析

双曲拱坝的安全运行,其稳定性需要得到良好的保障,需要采取科学、高效的方法进行检测、分析。该过程中,进行重力墩稳定验算、坝肩岩体稳定分析,进而对双曲拱坝的总体稳定性进行评估和判断,及时发现

问题,有效予以处理。

4.1 重力墩稳定验算

双曲拱坝的重力墩稳定验算过程中,需要考虑到基本荷载组合(正常蓄水位、设计洪水位)和特殊荷载组合(校核蓄水位、正常蓄水位),具体了解自重、净水压力、扬压力、泥砂压力、土压力、拱端压力、浪压力等参数条件。基于 GADAP25 程序,进行拱端推力荷载的计算,得出正常+温降的合推力、设计+温升的推力、校核+温升的推力⁹。应用拟静力法,结合地震加速度峰值、质点的重力作用标准值及水平向地震惯性力代表值等参数,进行地震荷载的计算,地震荷载的计算结果如表 2 所示。

表 2 地震荷载的计算结果分析

高程/m	力臂/m	动态分布系数	水平向地震惯性力代表值	地震荷载	
				推力/t	力矩/(t·m)
151.14	10.48	2.94	6.01	—	—
149.91	7.65	2.86	19.09	4.641	201.02
143.28	2.81	2.57	32.67	8.815	209.31
合计				13.456	410.33

针对正常蓄水位、设计洪水位、校核洪水位的其他荷载进行计算,具体了解坝前水深、自重、静水压力、扬压力、波浪压力等条件,如表 3 所示。分析不同荷载组合作用下的抗滑稳定安全系数,基本荷载组合 1、2 分别为 2.19 和 1.73,特殊荷载组合 1、2 分别为 1.71 和 2.54,符合稳定性要求。

表 3 其他荷载计算结果分析

水位	坝前水深/m	自重/kN	静水压力/kN	扬压力/kN	波浪压力/kN
正常蓄水位	7.69	3384.67	281.37	510.49	21.70
设计洪水位	9.81	3384.67	450.29	651.37	21.70
校核洪水位	10.41	3384.67	538.07	690.25	9.20

在不同边缘应力的条件下(σ_{z1} 、 σ_{z2} 、 σ_{z3} 、 σ_{z4}),不同荷载组合作用下,未产生拉应力,分析上下游边缘应力计算成果,如表 4 所示。未产生拉应力的情况下,上下游边缘应力符合标准。

表 4 其他荷载计算结果分析

边缘应力	基本组合 1	基本组合 2	特殊组合 1	特殊组合 2
σ_{z1}	30.41	33.57	35.02	31.57
σ_{z2}	41.85	56.02	56.07	42.81
σ_{z3}	30.67	33.81	31.81	33.04
σ_{z4}	21.22	14.71	14.67	19.85

4.2 坝肩岩体稳定分析

在坝肩岩体稳定分析的过程中,需要将其视为空间问题。在具体掌握整体抗滑稳定安全系数的基础上,

按照科学的计算程序,计算拱坝坝肩拱座的稳定性数值。该过程中,应用刚体极限平衡法,忽略滑移体各部分间的相对位移、拱坝内力重分布作用、弯矩的影响,作为假定条件,进行相关数值的计算。结合双曲拱坝的地质参数(摩擦系数、黏着力等),取右岸重力墩底,结合滑面长度进行计算。在计算程序中,输入扬压力、梁垂直力、拱推力、拱切力、梁切力、拱座面夹角、拱厚、拱底高程,计算得出抗滑力、径向滑动力、切向滑动力、安全系数及最小安全系数的计算。确认坝肩岩体稳定计算结果是否符合标准⁹。

通过重力墩稳定验算、坝肩岩体稳定分析,可以对双曲拱坝的稳定性进行评估。以此为参考,制定科学、完善的水库除险加固措施,有效处理病害问题,消除安全隐患。经过除险加固后,充分保障双曲拱坝的安全稳定运行,有效发挥其拦蓄洪水的功能。

5 结语

综上所述,在水库除险加固中,需要重点进行双曲拱坝的检查,及时发现安全隐患,并进行防渗处理、坝顶混凝土路面拆除重建,坝顶砼防浪墙拆除重建等施工。在除险加固施工的过程中,需要考虑到双曲拱坝的应力状态及稳定性,采取科学的方法进行评估。通过对双曲拱坝的应力分析和计算,了解其应力状态,以此为参考,将应力控制作为除险加固工作的重要内容。在此基础上,通过重力墩稳定验算、坝肩岩体稳定分析,排查双曲拱坝在稳定性方面的缺陷,进而采取有针对性的处理措施。

参考文献

- [1] 刘业涛,于蓉.咬合桩施工技术在大河水库除险加固中的应用[J].山东水利,2022(9):24-26.
- [2] 董红哲.水库除险加固防渗处理研究:以塘坑坞水库为例[J].科学技术创新,2022(25):131-134.
- [3] 莫海春,陈勇.灌浆防渗在新冲坑水库除险加固工程中的应用[J].科技创新与应用,2022,12(24):193-196.
- [4] 杨仕志,保庆顺,严谨.某碾压混凝土双曲拱坝体型设计与应力分析[J].水电与新能源,2022,36(8):9-13.
- [5] 高祥泽.某水库除险加固中双曲拱坝应力及稳定计算分析[J].水利科技与经济,2022,28(4):15-20.
- [6] 吴泽华,刘鹏程.某水库除险加固中双曲拱坝应力及稳定计算分析[J].东北水利水电,2022,40(4):4-6,29,71.

作者简介:刘放(1984—),女,汉族,广东广州人,本科,工程师,主要从事水利工程项目施工管理工作。