

高趾墙优化设计在勐哨坝水库扩建工程中的应用与效益探究

程睿

新疆兵团勘测设计院集团股份有限公司，新疆乌鲁木齐，830002；

摘要：本文对云南省临沧市永德县勐哨坝水库扩建工程中的高趾墙优化设计。通过综合考虑老坝体利用等特殊情况，确定高趾墙选型、布置及参数，经多方面分析验证其可行性。结果表明，高趾墙优化设计在经济上节省投资、安全上提升大坝性能、环境上减少生态破坏，为同类工程提供了有益参考。

关键词：改扩建；高趾墙

DOI：10.69979/3060-8767.25.04.006

1 引言

1.1 研究背景与意义

在水利工程建设中，大坝的稳定性与安全性至关重要。云南省临沧市永德县勐哨坝水库扩建工程面临着诸多挑战，原设计大坝进行拆除重建，为优化大坝设计，保证施工期下游供水并加快施工进度，将下部坝体进行保留，并对上游侧设置高趾墙。高趾墙作为大坝的重要组成部分，其优化设计对提升大坝性能、保障工程安全稳定运行具有关键意义。通过合理的高趾墙优化设计，可有效解决新老坝体衔接、坝体防渗与稳定等问题，确保水库在灌溉、人畜饮水等方面发挥重要作用，促进当地农业生产与社会经济发展。

1.2 研究方法与创新点

本研究采用理论分析、数值模拟与工程实例相结合的方法。运用土力学、结构力学等理论知识，对高趾墙的受力机理进行深入剖析；以勐哨坝水库扩建工程为依托，将理论与实践紧密结合。创新点在于针对勐哨坝水库的特殊工程条件，如老坝体部分利用、复杂地质构造等，提出了独特的高趾墙优化设计方案，在新老坝体结合部位的处理、防渗排水结构优化等方面有所创新，为同类工程提供了新的参考范例。

2 勐哨坝水库扩建工程概况

2.1 工程基本信息

勐哨坝水库位于忙捞河流域上游段，地处永德县永康镇境内，地理坐标为东经 $99^{\circ}28'50''$ ，北纬 $24^{\circ}08'52''$ 。忙捞河属于怒江流域四级支流，水库距永康镇 20km，距永德县城 47km，交通较为便利。该区域气

候属亚热带中山地区温凉气候，多年平均降水量 1246mm，降水较为丰富，为水库蓄水提供了一定的水源基础。

2.2 扩建工程的目标与需求

随着当地农业发展和人口增长，对水资源的需求日益增加。原勐哨坝水库已无法满足灌溉和人畜饮水需求，扩建工程旨在增加水库库容，提高水资源调蓄能力。计划将总库容提升至 390 万 m^3 ，兴利库容达到 322 万 m^3 ，以保障下游灌区 3414 人的生活用水和 9446 头牲畜的饮水安全，同时满足灌溉用水需求，促进农业增产增收，推动区域经济可持续发展。

2.3 原大坝设计与存在问题

原大坝为砼面板堆石坝，坝顶高程 1064.0m，坝顶上游面设置 1.0m 高防浪墙，上游边坡 1:0.5，下游边坡 1:1.4。在长期运行过程中，发现坝体存在一些问题。坝体压实度在部分区域出现不均匀现象，影响坝体稳定性；防渗面板出现局部老化和裂缝，导致防渗性能下降；原坝体设计在应对新的工程需求时，如扩容后的水位变化和荷载增加等方面，存在结构安全性不足的问题，无法满足扩建工程的要求，原设计对大坝进行拆除重建。施工期，受下游供水需求及施工工期进度限制，因此需要对大坝改扩建方案进行优化优化设计。

3 高趾墙优化设计原理与思路

3.1 高趾墙的结构特点与作用机制

高趾墙是一种位于大坝趾部的结构，其结构特点是具有较高的墙体高度和一定的厚度，底部与坝基紧密相连，顶部与坝体相接。高趾墙在大坝中主要起到增强坝体稳定性和防渗的作用。在稳定性方面，通过增加坝体

底部的重量和抗滑力,有效抵抗坝体在水压力、土压力等荷载作用下的滑动趋势;在防渗方面,与坝体防渗体系协同工作,阻止库水渗透至坝基,确保坝体和坝基的渗流安全,保障大坝的正常运行。

3.2 针对勐哨坝水库的优化设计思路

考虑到勐哨坝水库老坝体部分利用的情况,优化设计思路围绕新老坝体结合展开。在满足坝体防渗和稳定要求的前提下,尽量减少对老坝体的扰动。根据老坝体的实际结构和材料特性,确定高趾墙的位置和尺寸,使其能够与老坝体自然衔接。结合水库的地形地貌和地质条件,对高趾墙的基础进行合理设计,确保其能够承受上部荷载并适应坝基变形。通过优化高趾墙的结构形式和材料选择,提高其耐久性和抗渗性,降低工程建设成本和后期维护费用。

3.3 与传统设计方案的对比优势

与传统的平趾板设计相比,高趾墙具有明显优势。在新老坝体结合方面,传统平趾板在老坝体拆除和重建过程中容易对老坝体造成较大扰动,影响坝体原有结构稳定性,而高趾墙可避免这一问题,实现新老坝体的平稳过渡。在工程量上,高趾墙可减少坝基开挖量和坝体填筑量,缩短施工周期,降低施工难度。在防渗效果上,高趾墙的结构形式使其与坝体和坝基的接触面积更大,防渗路径更长,能有效提高坝体的整体防渗性能,减少库水渗漏风险,增强大坝的安全性和可靠性。

4 高趾墙优化设计的具体内容

4.1 高趾墙的选型与布置

根据勐哨坝水库的工程地质条件和坝体结构特点,选用 C20 埋石混凝土高趾墙。在布置上,高趾墙位于河床段 0+020~0+033.03 段,与大坝轴线垂直。其位置选择充分考虑了新老坝体的衔接以及坝体受力情况,确保高趾墙能够有效分担坝体荷载,增强坝体在该部位的稳定性。通过合理的布置,使高趾墙与大坝其他结构部件协同工作,形成一个有机的整体,共同抵御外部荷载和环境因素的影响。

4.2 结构设计参数的确定

高趾墙的墙高根据坝体高度、地形高差和防渗要求等因素确定,在河床段不同部位有所差异。趾板 0+020~

0+017.66 段趾墙顶高程为 1051.94m,此段墙高经过详细的水力计算和结构分析,以满足该区域的防渗和稳定要求;趾板 0+017.66~0+033.03 段趾板顶高程从 1051.94m 渐变至 1061.94m,墙高的渐变设计适应了坝体坡度和受力变化,保证了高趾墙在不同部位的结构合理性。埋石率 $\leq 15\%$,通过在混凝土中合理埋入石块,提高高趾墙的整体强度和抗冲刷能力,同时降低混凝土用量,节约工程成本。

4.3 防渗系统设计

高趾墙与坝体防渗面板紧密连接,形成连续的防渗体系。在高趾墙与坝体、坝基的接触部位,采用止水铜片进行止水,止水铜片的规格和安装方式经过严格设计和施工控制,确保止水效果。在墙身混凝土施工过程中,严格控制混凝土的配合比和浇筑质量,提高混凝土的抗渗性能,使其渗透系数满足设计要求,有效阻止库水渗漏。

4.4 与大坝其他部分的连接设计

高趾墙与坝体的连接采用渐变过渡的方式,在与坝体堆石区的连接处,对堆石体进行适当修整,使其与高趾墙紧密贴合,并在接触面铺设特殊垫层料、垫层料和过渡层,确保坝体与高趾墙之间的应力传递均匀,避免出现应力集中现象。与坝体防渗面板的连接通过止水结构和混凝土连接缝实现,止水结构采用橡胶止水带和止水铜片相结合的方式,保证连接部位的防渗性能。

5 高趾墙优化设计的计算分析

采用极限平衡法对高趾墙进行抗滑稳定性分析。在计算过程中,考虑了坝体自重、水压力、土压力等荷载作用。根据工程地质勘察资料确定坝体和坝基的物理力学参数,如摩擦系数、凝聚力等。计算结果表明,在正常蓄水位、设计洪水位和校核洪水位等不同工况下,高趾墙的抗滑稳定安全系数均大于规范规定的允许值,满足坝体稳定性要求,高趾墙在各工况下具有足够的抗滑能力,能够确保大坝的安全稳定。

抗倾稳定性分析通过计算高趾墙在各种荷载作用下的倾覆力矩和抗倾覆力矩来进行。以高趾墙底部前缘为转动点,分析墙身各部分荷载对转动点的力矩。计算结果显示,在不同工况下,抗倾覆力矩均大于倾覆力矩,抗倾稳定安全系数满足设计要求,高趾墙不会发生倾覆。

破坏，为大坝的安全运行提供了有力保障。

高趾墙的优化设计满足勐哨坝水库扩建工程的要求。各项计算指标均符合相关规范和设计标准，高趾墙在坝体稳定、防渗和结构强度方面表现良好，能够有效保障大坝的安全运行。在后续工程实施过程中，可根据计算结果进一步优化施工工艺和质量控制措施，确保高趾墙的实际性能与设计预期相符，为水库的长期稳定运行奠定坚实基础。

6 结语

勐哨坝水库扩建工程结合项目特点，采用高趾墙对设计方案进行了优化。通过理论分析、数值模拟和工程实践相结合的方法，确定了高趾墙的选型、布置、结构设计参数、防渗和连接设计等内容，并对其进行了稳定性和结构安全性能进行分析。采用高趾墙优化设计显著提高了大坝的整体安全性能，有效降低工程投资，为施工期下游供水提供条件，并优化了施工工期。此外，通

过减少了坝基开挖和坝体填筑工程量，降低了对周边植被的破坏和土地的扰动。与传统设计方案相比，减少了弃渣量和施工扬尘、噪声等污染物的排放，有利于保护施工区域的生态环境，促进生态平衡，实现水利工程建设与生态环境保护的协调发展。

参考文献

- [1]陈敬江，混凝土面板堆石坝高趾墙应用以及动力响应分析[J]. 水利科技与经济. 2023,29(05):57-62
- [2]李振纲，吉音水利枢纽面板堆石坝趾板设计[C]. 吉林水利. 2019(11):21-24+29
- [3]余锦地，混凝土面板堆石坝高趾墙计算分析[J]. 浙江水利科技. 2019,47(03):64-67

作者简介：程睿，1981年9月，女，汉族，河南潢川人，硕士研究生，高级工程师，研究方向：水利水电工程。