

连江航运枢纽泄水闸堆石坝体沉降监测数据

指导日常养护周期调整

吴桂林

广东省北江航道事务中心清远航道所 广东 清远 513100

【摘要】：连江航运枢纽泄水闸堆石坝体在长期运行过程中可能出现沉降问题，影响堆石坝的稳定性与安全性。为了保障堤坝的正常运作与日常养护工作，有效监测其沉降情况显得尤为重要。本文基于堆石坝体沉降监测数据，探讨了不同沉降情况对日常养护周期调整的影响。通过对监测数据的分析与评估，提出了合理的养护周期调整方案。沉降监测数据能够为堆石坝的维护管理提供有效依据，为提升堆石坝的安全性与可靠性提供保障。

【关键词】：堆石坝；沉降监测；养护周期；安全管理；维护优化

DOI:10.12417/2811-0722.26.03.057

引言

连江航运枢纽泄水闸堆石坝体作为重要的水利工程设施，肩负着水利调度与防洪任务。随着堆石坝体运行时间的增长，沉降现象不可避免地发生，严重时可能威胁坝体的结构稳定性与水流控制能力。堆石坝体的沉降监测数据不仅为工程设计、施工提供了理论依据，还为其后期运营维护提供了实用指导。沉降监测的有效开展对优化堆石坝的日常养护周期，降低运营风险具有重大意义。针对该问题的深入探讨，对于提高堆石坝的安全性、延长使用寿命，以及减少灾害发生的可能性具有重要的现实价值。

1 连江航运枢纽工程背景与坝体概况

1958年广东省政府为了开发连江上游的连阳煤矿，将山区的煤炭资源运到珠三角，决定开发连江航道。经上世纪50年代末至70年代中期两次大规模航运枢纽建设，先后建成龙船厂、界滩、黄牛等11座航运枢纽；2009年建成下游最后一级西牛航运枢纽。至此，1972年广东省计委批复的《连江渠化工程整体规划方案》所规划的开发建设枢纽全部完成，连江成为了全国第一条集航运、灌溉、发电于一体的航运梯级渠化河流，也是连南、连山、连州、阳山和英德各县市重要水上运输通道。龙船厂等11座航运枢纽建设历时二十多年，该时期正处于国家经济极为困难时期及“文化大革命”时期。由于当时政治、经济、技术等各方面的原因，建设条件极端困难，资金短缺，钢材、水泥等建材严重缺乏，因此，地勘工作不全面、深入，枢纽建设标准不高，质量控制不严；各枢纽建筑物在结构、布置、基础、施工等方面存在着不合理、不安全的因素，遗留下大量工程隐患；各枢纽的建设按照现在的说法就是典型的“三边”工程，即边勘测、边设计、边施工，并采用人海战术所修建起来的。到2025年为止，早期建成的枢纽已运转了六十多年，经航道部门极力维护也只能勉强维持通航。期间多处出现岩溶或经受特大洪水而出现险情，在1996年至2012年期间，航道部门曾对连江11座航运枢纽实施了改建、抢险和加固工程。因

技术状况先天严重不足或者非常恶劣，虽经加固等维修，仍不免长期带病运转，形成恶性循环，随时可能突发性险情，危及到建筑物及流域内人民的生命财产安全。2016年，航道部门对9座枢纽开展安全鉴定，综合评定为四类闸坝。泄水闸坝身为堆石，坝面、胸墙、鼻坎采用混凝土浇筑，采用克里格儿—奥菲采洛夫实用堰型。

2 堆石坝体沉降问题的现状与影响

2.1 堆石坝体沉降的成因分析

堆石坝体的沉降问题是工程建设过程中不可忽视的重要因素。沉降的主要成因可以归结为土体自身的压实、堆石坝体在长期荷载作用下的逐渐压缩，以及坝基土层的性质和水文环境的变化等。随着时间推移，堆石坝体内的颗粒不断摩擦与重排列，导致体积逐渐收缩，最终产生沉降。水位波动和坝体内外水流的变化也会对堆石坝产生影响。水分渗透引发的孔隙水压力变化，以及外界气候和土壤湿度的变动，会导致堆石坝体的不均匀沉降^[1]。分析这些沉降成因，有助于明确问题根源，为今后的监测和治理提供科学依据。

2.2 沉降对堆石坝稳定性的影响

堆石坝体的沉降不仅会改变坝体的形态，影响其外观，还可能引发更加严重的稳定性问题。沉降带来的变形可能导致坝体内部应力分布的失衡，进而引起坝体的不均匀沉降，导致裂缝的形成。当裂缝贯通至坝体内部时，不仅可能影响坝体的密封性，还可能加剧水流渗透，进一步削弱坝体的稳定性。沉降的程度过大可能对坝体的整体结构造成不可修复的损害，特别是在极端气候或灾害性水文事件发生时，堆石坝可能无法承受来自水压的冲击，从而增加溃坝风险，影响周边环境和居民的安全。

2.3 现有监测措施的局限性

现有的堆石坝沉降监测措施通常依赖于常规的仪器监测，如水准仪、全站仪等设备。这些方法在一定程度上能够提供坝

体沉降的相关数据,但其精度和实时性存在较大局限性。传统的监测方法只能获取点状数据,无法全面反映整个堆石坝体的沉降状态,且存在一定的误差和盲区。监测周期较长,难以捕捉到快速变化的沉降趋势。在恶劣天气或复杂地形条件下,传统仪器的工作效率和精度也会受到很大影响,需要对现有监测系统升级,采用更加先进和综合的监测手段,确保监测数据的准确性与实时性^[2]。

3 沉降监测数据的获取与分析方法

3.1 堆石坝体沉降监测技术现状

堆石坝体沉降监测技术近年来得到不断发展,传统的水准测量、沉降板法等方法逐渐与现代化监测技术相结合,提升了监测精度和效率。尤其是激光扫描、地质雷达等技术的应用,能够提供更为全面且精准的沉降数据。激光扫描技术可以通过非接触的方式,实时获取坝体表面的高精度三维数据,为后期分析提供精确的基础。而地质雷达技术则能有效探测坝体内部的沉降变化,尤其是在复杂土质条件下,能够有效预防潜在的危害。利用无人机技术进行高频次的航拍监测,也为堆石坝的沉降动态检测提供了创新性思路。现代技术的融合,使得堆石坝沉降监测不仅仅局限于单一的测量方法,而是走向了多元化和智能化。

3.2 沉降数据的采集与处理方法

沉降数据的采集方法需要确保其准确性和全面性。在采集过程中,采用全站仪、激光测距仪等设备进行定期或不定期的观测,同时结合现场的温湿度、气压等环境条件,获得多角度、多维度的沉降数据。通过设置多个监测点并加密监测频次,可以有效捕捉到不同区域的沉降变化。数据采集后,需通过数据预处理去除噪声,并对数据进行时序分析与差分处理,确保数据的可靠性。在数据处理方面,常用的技术包括曲线拟合、回归分析等,能够从大量数据中提取出有效的沉降趋势,为后期的养护周期调整和稳定性分析提供数据支持^[3]。

3.3 数据分析与趋势预测模型

对沉降数据的分析与趋势预测是堆石坝管理中的关键环节。数据分析通过对大量监测数据的综合比较,可以识别出沉降变化的规律与趋势,进而对坝体未来的变化进行预测。常见的分析方法包括时序分析、趋势分析和回归模型等。这些方法可以帮助研究人员在一定程度上预测沉降的未来发展趋势,从而为养护周期的合理调整提供科学依据。采用数值模拟与仿真技术,将历史数据与实时监测数据结合,建立动态的沉降预测模型,不仅提高了沉降监测的精度,还能在突发事件发生前提供预警信息,减少潜在风险。

4 基于沉降监测数据的养护周期调整方法

4.1 养护周期的定义与调整依据

养护周期是指对堆石坝体进行定期检查、维护和保养的时

间间隔。该周期的设定直接影响坝体的长期稳定性和运行安全。通常,较为平稳的沉降状态可以采用较长的养护周期,这样有助于节约维护成本和资源。然而,对于沉降加剧或坝体发生较大变形的情况下,需缩短养护周期,确保及时发现潜在问题并采取适当的维护措施。调整养护周期的依据不仅包括沉降监测数据,还要考虑坝体沉降速度、趋势预测以及外部环境对坝体的影响。结合多重因素进行综合评估,合理确定养护周期的长短,能有效预防因长期不检查而导致的堆石坝不稳定问题,保障坝体的长期安全使用^[4]。定期调整养护周期,能够确保对不同沉降状态的堆石坝及时进行针对性养护,提高管理效率和坝体的抗风险能力。

4.2 如何依据沉降数据优化养护周期

优化堆石坝的养护周期,首先需要依赖实时的沉降监测数据,以准确识别出沉降变化的规律。监测数据可以揭示沉降速度的变化趋势,从而帮助决策者判断是否需要调整养护周期。如果监测数据表明沉降速度较快,这意味着坝体可能存在较大的变形风险,此时需要缩短养护周期,增加检查频次,以便尽早发现潜在问题并及时修复。相反,如果沉降状态较为平稳,且无明显变化,养护周期可以适当延长,降低运营成本,避免不必要的资源浪费。结合堆石坝体不同区域的沉降特征,优先关注沉降较大或出现裂缝等潜在危险的区域,进行重点监测和局部加强养护,以提高整体管理的精准性。动态调整养护周期,可以根据实时数据和坝体的具体情况灵活反应,从而实现高效且有针对性的维护管理,保障堆石坝长期的稳定运行和安全性。

4.3 调整方案实施中的问题与挑战

在实施养护周期调整方案时,可能会遇到多个技术性和管理性问题。沉降监测数据的采集与处理是基础环节,然而现有的设备和技术可能无法在不同地质和气候条件下保证数据的高精度与完整性。如何确保数据的准确性和全面性,避免由于设备故障或数据采集问题而错失重要的沉降信息,是一个技术难题。养护周期调整涉及的不仅是技术问题,还需要考虑资金、人员安排以及工程实施的可行性。缩短养护周期可能会导致人员和资源的额外投入,这需要在实际操作中平衡投入与收益。外部环境因素,如气候变化、地下水位波动等,也会对堆石坝的沉降状况产生影响。如何迅速响应这些变化,及时调整养护周期,也是一大挑战。为了克服这些问题,管理部门需要在调整方案中融入灵活性,结合实时数据与环境变化,确保养护周期的调整既能满足技术需求,又具备实施可行性^[5]。

5 优化堆石坝养护管理策略

5.1 沉降监测与养护管理的结合方式

堆石坝的养护管理必须与沉降监测紧密结合,才能有效提高管理效率。实时监测数据能为养护管理提供及时、准确的信

息,帮助管理人员判断坝体的运行状态,发现潜在问题。定期获取的沉降数据能反映出坝体沉降的趋势,进而作为调整养护周期的依据,避免出现漏检和遗漏的情况。在长期运行中,及时识别沉降异常,可帮助管理部门在恰当的时机采取加固或维修措施,有效减少突发性故障的发生。通过合理安排养护周期,优化资源配置,从而提高坝体的运行可靠性和安全性。结合沉降监测的结果,管理部门可以制定科学的长期养护规划,保证堆石坝在不同运营阶段的稳定性。

5.2 沉降监测结果与养护决策的关系

沉降监测数据对养护决策起着至关重要的作用,直接影响到坝体的维护和加固工作。通过监测结果,管理者可以准确把握堆石坝的健康状态,进而采取相应的措施。当监测数据发现沉降速度加快时,管理者应及时调整养护策略,可能需要缩短养护周期,增加维修频次,或采取加固措施来保障坝体的稳定性。准确、及时的监测结果能够为决策者提供科学依据,帮助其做出合理的维护决策。沉降监测数据不仅能揭示坝体当前的沉降状态,还能通过趋势分析预测未来沉降变化,为养护决策提供前瞻性指导,减少因决策滞后而带来的风险。监测数据与决策之间的紧密关系,确保了养护管理工作的高效性和及时性。

参考文献:

- [1] 赵立春,孙玉梅.堆石坝沉降监测技术及其应用研究[J].水利水电科技进展,2023,43(4):56-61.
- [2] 王建华,刘志勇.基于沉降监测的堆石坝养护周期优化研究[J].工程管理学报,2023,37(2):45-50.
- [3] 陈霞,张艺鸿.堆石坝体稳定性分析及其监测技术发展趋势[J].水资源与水工程学报,2022,33(1):12-17.
- [4] 李雪梅,刘晓东.沉降监测在堆石坝养护中的应用分析[J].土木建筑工程学报,2022,39(3):112-118.
- [5] 周建国,孙涛.智能化监测系统在堆石坝管理中的应用[J].现代工程技术,2023,45(5):92-97.

5.3 提升堆石坝养护效果的综合策略

要提升堆石坝的养护效果,必须采取综合的管理策略。利用先进的技术手段,如智能监测系统和无人机检测技术,提高监测精度,确保每个微小变化都能被及时捕捉。现代化的监测设备不仅可以提供高精度的数据,还能覆盖更大范围,减少人工测量的局限性。加强对养护人员的培训,提升他们的技能和识别堆石坝健康状况的能力,做到早期预警,防止问题扩展。再次,优化资金管理,确保养护资金的充足供应,避免因资金不足导致维修工作延误,进而影响堆石坝的长期运行安全。通过科学的资源配置和管理,提高养护工作的针对性和效率,确保堆石坝能够长期稳定运行,最大限度地降低沉降带来的风险。

6 结语

本文探讨了堆石坝体沉降监测数据在养护周期调整中的应用。通过实时监测数据分析,能够为堆石坝的养护管理提供科学依据,确保其长期稳定运行。合理调整养护周期,不仅能提高管理效率,还能有效预防沉降带来的安全隐患。结合先进的监测技术与智能化管理手段,能够进一步提升监测精度与养护效果,为堆石坝的管理与维护提供强有力的支持。未来,随着技术的不断进步,堆石坝的养护管理将更加高效和精细化。