

# 水库大坝安全观测与运行管理

张海龙

内蒙古卓资县水资源保护中心 内蒙古自治区 乌兰察布 012000

**摘要:** 水库大坝安全稳定运行意义重大,其安全观测借助多样设备与先进技术,监测关键物理量,核心是精准判断运行状态、识别隐患,需遵循精准、连续、系统性原则。观测指标涵盖结构变形、渗流、应力应变等,各有观测方法。运行管理包括日常巡查、设备维护、水量调控。同时,要重视安全观测数据处理,构建数据与管理协同联动机制,基于数据处理结果与实践经验优化管理流程,提升大坝安全管理水平。

**关键词:** 水库大坝;安全观测;运行管理

引言:水库大坝作为水利工程的关键枢纽,其安全稳定运行对下游地区人民生命财产安全及社会经济可持续发展意义重大。水库大坝安全观测与运行管理是保障其安全的核心工作,涵盖多方面内容。它借助多样化设备与先进技术,对大坝关键物理量持续监测;明确主要观测指标与方法,精准掌握大坝状态;做好运行管理核心环节工作;构建安全观测数据处理与运行管理协同机制,让数据与管理深度融合。深入探究这些方面,对提升水库大坝安全管理水平至关重要。

## 1 水库大坝安全观测的核心内容与技术基础

水库大坝作为水利工程的关键设施,其安全稳定运行关乎下游地区人民生命财产安全及社会经济的可持续发展。水库大坝安全观测是一项至关重要的工作,它借助多样化的观测设备与先进的技术手段,对大坝在运行过程中的各类关键物理量展开持续且不间断的监测与详细记录。(1)这一工作的核心在于精准判断大坝的运行状态,及时识别潜在的安全隐患。其核心目标聚焦于实时、精准地掌握大坝结构变形和渗流特性等关键指标的变化规律。结构变形涵盖了大坝整体的位移、沉降,以及局部的裂缝发展等情况;渗流特性则涉及渗流量、渗流压力等参数。通过对这些关键指标的动态监测,能够清晰了解大坝在不同工况下的响应特征。(2)为达成这一目标,安全观测工作必须严格遵循精准性、连续性和系统性的原则。精准性要求观测设备具有高精度,观测方法科学合理,确保所获取的数据准确无误;连续性强调观测工作不能间断,要形成完整的时间序列数据,以便捕捉大坝状态的细微变化;系统性则意味着观测项目要全面覆盖大坝的各个关键部位和关键指标,形成一个有机的整体。只有这样,观测数据才能真实、客观地反映大坝的实际运行状态,为后续的安全评估、隐患处置以及运行管理决策提供坚实可靠的数据支撑<sup>[1]</sup>。

## 2 水库大坝安全观测的主要指标与观测方法

### 2.1 结构变形观测

结构变形是反映大坝结构稳定性的核心指标,主要包括垂直位移与水平位移两个维度。垂直位移观测主要监测大坝坝体及基础的沉降情况,常用观测方法包括水准测量法与静力水准观测法。水准测量法通过水准仪等精密仪器,依据预设的水准点与观测点,定期测量两点间的高差变化,进而计算出观测点的垂直位移量;静力水准观测法则适用于自动化连续观测,通过连通管内的液体平衡原理,实时监测各观测点的高程变化,具备观测精度高、响应速度快的优势。水平位移观测主要监测大坝在水平方向上的位移偏移,常用方法有视准线法、激光准直法与GPS观测法。视准线法通过在大坝上下游设置基准点与观测点,利用经纬仪等仪器观测观测点相对于视准线的偏移量;激光准直法借助激光的高准直性,提升水平位移观测的精度;GPS观测法则能够实现全天候、远距离的自动化观测,适用于大型水库大坝的大范围水平位移监测。

### 2.2 渗流观测

渗流是大坝运行过程中常见的安全隐患源头,渗流观测主要包括渗流量观测、渗压观测与渗水水质观测三个核心内容。渗流量观测用于监测通过大坝坝体、坝基及坝肩的渗流量,常用方法有容积法、堰测法与流速仪法。容积法适用于渗流量较小的情况,通过测量一定时间内渗流水的体积计算渗流量;堰测法通过设置三角堰、矩形堰等堰槽,依据堰流公式计算渗流量,适用于中大型渗流量观测;流速仪法则通过测量渗流速度与过流断面面积计算渗流量。渗压观测主要监测大坝坝体、坝基及防渗体内部的渗透压力分布,常用观测设备为渗压计,通过将渗压计埋设于预设观测点,实时采集渗透压力数据,进而判断防渗体系的完整性。渗水水质观测主要监测渗水

中的悬浮物含量、pH值、电导率等指标,通过分析水质变化判断大坝内部是否存在土体流失等隐患<sup>[2]</sup>。

### 2.3 应力与应变观测

应力与应变观测是水库大坝安全观测体系中的关键环节,其重点聚焦于大坝的混凝土结构、钢筋以及坝体填料等核心部位。旨在精准监测这些部位在承受各类荷载作用以及环境条件变化时,应力分布与应变变化的实际情况。(1)针对混凝土坝,常用的观测设备有应变计、应力计和钢筋计。在大坝浇筑过程中,将这些设备科学合理地埋设于指定位置,从而能够实时、连续地采集混凝土内部的应变与应力数据,为分析混凝土结构的受力状态提供一手资料。(2)对于土石坝,主要观测坝体填料的竖向与水平应变,常用的观测设备为应变计与测斜仪。通过这些设备获取的数据,可有效评估土石坝填料的变形特性。(3)通过全面、系统的应力与应变观测,能够准确判断大坝结构是否处于正常的受力状态,及时发现结构应力集中等潜在的安全隐患,为大坝的安全运行管理提供重要的决策依据。

## 3 水库大坝运行管理的核心环节

### 3.1 日常巡查与隐患排查

日常巡查作为及时发现大坝表面安全隐患的基础性手段,其重要性不言而喻。巡查范围广泛且精准,全面覆盖大坝坝顶、坝坡、坝脚以及溢洪道、输水建筑物等关键部位。(1)在巡查内容方面,细致入微。着重检查大坝表面是否存在裂缝、剥蚀、塌陷等破损状况,这些破损可能影响大坝结构的完整性;密切关注坝脚是否有渗漏、翻砂、冒水等现象,此类现象往往是内部隐患的外在表现;同时,认真查看溢洪道、输水建筑物是否存在堵塞、破损等问题,确保其泄流与输水功能正常。(2)巡查方式采用人工巡查与辅助设备巡查有机结合。人工巡查凭借专业人员的经验与敏锐观察力,聚焦大坝表面直观隐患;辅助设备巡查则借助无人机、望远镜等先进设备,对大坝高处、偏远部位进行无死角排查。此外,需制定科学合理的巡查周期与路线,对发现的隐患详细记录位置、规模与特征,并及时开展后续处置,保障大坝安全运行<sup>[3]</sup>。

### 3.2 观测与运行设备维护

观测设备与运行设备的稳定运行,是大坝安全观测及运行管理工作得以顺利推进的关键前提。设备维护工作涵盖日常保养、故障维修以及定期校准等多个重要方面。(1)针对安全观测设备,如渗压计、应变计、水准仪等,要定期细致检查其运行状态。及时清理设备周边堆积的杂物与积水,防止其干扰设备传感部位正常工作。

并且,依据严格的标准与流程,定期对观测设备进行校准,最大程度保障观测数据的精准度,为后续分析大坝安全状况提供可靠依据。(2)对于运行设备,像闸门、启闭机、水泵等,需定期全面检查其机械性能与电气系统。认真开展润滑、紧固、除锈等日常保养工作,延长设备使用寿命。一旦设备运行出现故障,要迅速响应,及时维修,确保设备能正常启动与稳定运行。此外,还应建立完善的设备维护档案,详细记录维护时间、内容、故障情况及处理结果等信息,为设备的全生命周期管理提供有力支撑。

### 3.3 水量调控与运行调度

水量调控作为水库大坝运行管理的核心要点之一,意义重大。其核心目标是在全方位保障大坝安全稳固的基础上,对水资源进行科学合理的调配,充分释放工程在防洪、灌溉、供水等多方面的功能效用。(1)水量调控并非随意为之,而是要综合考量流域水文情势、大坝安全观测数据以及工程实际运行状况等多方面因素,精心制定科学严谨的调控方案。在汛期,要紧密依据洪水预报数据,精准把控水库蓄水量,预留充足的防洪库容,以此有效规避洪水漫坝等重大安全风险。非汛期时,则需紧密结合灌溉、供水等实际需求,合理分配下泄流量,切实保障水资源的高效利用。(2)在水量调控过程中,要实时、精准地监测水库水位、出库流量等关键指标,结合安全观测数据综合判断大坝运行状态,确保调控过程既安全又合理。此外,还需高度重视大坝泄水建筑物的运行管理,保证闸门启闭灵活自如,泄水能力完全满足调控需求。

## 4 安全观测数据处理与运行管理协同机制

### 4.1 观测数据的整理与分析

观测数据整理作为数据处理流程中的基础性且关键环节,其重要性不言而喻。在获取变形、渗流、应力等各类观测数据后,需运用科学严谨的方法进行筛选、校验与整理。仔细甄别数据中的异常值,将其精准剔除,同时针对缺失的数据进行合理补充,以此全方位保障数据的完整性与可靠性,为后续分析筑牢根基<sup>[4]</sup>。

完成数据整理后,便进入数据解读阶段。此时可借助统计分析、趋势分析、相关性分析等多种专业方法,深入剖析数据内涵。通过精心绘制数据变化曲线,直观呈现数据动态;准确计算数据变化速率,量化数据演变程度,进而全面分析观测指标的变化规律,准确判断大坝的运行状态。例如,深入分析垂直位移数据的变化趋势,可有效判断大坝基础是否存在不均匀沉降问题;详细探究渗流量与水位的相关性,能准确评估防渗体系的运行

状态。在整个数据处理过程中,必须建立统一、规范的数据处理标准与方法,确保分析结果精准无误且具有可比性,为后续工作提供坚实支撑。

#### 4.2 数据与管理的协同联动

构建安全观测数据与运行管理的协同联动机制,是实现大坝高效、安全管理的关键举措。该机制旨在将数据分析结果迅速且精准地应用于运行管理决策之中,形成数据驱动管理的良性循环。一旦观测数据出现异常变化,例如变形量超出预先设定的正常范围、渗流量突然急剧增大等情况,应立即触发应急响应机制,迅速开展应急巡查与全面隐患排查工作。借助专业的检测设备与丰富的经验,精准定位隐患所在位置,深入剖析其形成原因。在此基础上,紧密结合数据分析结果与隐患排查实际情况,制定具有高度针对性的处置措施,像对存在结构隐患的部位进行加固处理,对防渗体系出现问题的区域开展防渗修补等。与此同时,将运行管理过程中隐患处置的具体情况、设备维护的详细记录等信息及时反馈至数据处理环节。依据这些反馈信息,对数据分析模型与判断标准进行优化调整,进一步提升数据解读的精准度与可靠性。通过这种紧密的协同联动,实现观测数据与运行管理的深度有机融合,显著增强大坝安全管理的主动性与前瞻性。

#### 4.3 管理流程的优化与完善

基于安全观测数据处理结果以及丰富的运行管理实践经验,对管理流程进行持续且深入的优化与完善是提升大坝安全管理水平的重要途径。要全面分析数据处理与管理协同过程中暴露出的问题,以此为依据精准调整各项管理措施。比如,针对观测数据波动较为剧烈的部位,由于其安全风险相对较高,应适当缩短巡查周期,增加巡查频次,以便及时发现潜在的安全隐患;而对于运行状态长期保持稳定的设备,可合理调整维护频率,在确保设备正常运行的前提下,降低维护成本。此外,还需着重

规范管理流程中的数据记录与信息传递环节。建立统一、标准的数据记录模板,确保观测数据、巡查记录、维护记录等信息准确、完整地记录下来。同时,搭建高效的信息传递平台,保障各类信息能够在不同部门、不同岗位之间顺畅传递,避免出现信息延误或丢失的情况。这些信息的有效留存,能为后续管理流程的持续优化提供坚实的数据支撑,推动大坝安全管理朝着更加科学、规范、高效的方向发展<sup>[5]</sup>。

#### 结束语

水库大坝安全观测与运行管理是一项复杂且系统的工程,涵盖安全观测核心内容、主要指标与方法、运行管理关键环节以及数据处理与管理协同机制等多个层面。从精准监测大坝结构变形、渗流特性、应力应变等关键指标,到做好日常巡查、设备维护、水量调控等运行管理工作,再到实现观测数据与管理的协同联动、持续优化管理流程,各环节紧密相连、缺一不可。只有严格遵循科学原则,综合运用先进技术与有效管理手段,才能及时掌握大坝运行状态,提前发现并消除安全隐患,保障水库大坝安全稳定运行,为下游地区人民生命财产安全和社会经济可持续发展筑牢坚实防线。

#### 参考文献

- [1]梁远想,张军琿,李永胜,等.基于水利工程运行管理数据的数据平台建设研究[J].现代信息科技,2024,8(13):96-102.
- [2]杨洪宁.构建现代化水库运行管理矩阵策略研究:以碧流河水库为例[J].小水电,2024(3):35-40.
- [3]李明,王强,张悦.水库大坝安全监测技术的应用与发展[J].水利科技与经济,2022,28(5):45-50.
- [4]王丽,刘辉,赵宇.基于物联网的水库大坝安全监测系统设计与实现[J].电子技术应用,2021,47(7):102-106.
- [5]石天豪,梁玲,杨眉.小型水库安全运行问题梳理及对策研究[J].中国防汛抗旱,2023,33(12):84-87.