

探究水利水电工程中的大坝工程安全监测控制

周有萌

西安景天水利水电勘测设计咨询有限公司 陕西 西安 710000

摘要: 本文深入探究水利水电工程中的大坝工程安全监测控制。阐述了大坝安全监测对保障人民生命财产、确保工程稳定运行、合理调配水资源及推动行业技术发展的重要意义。详细介绍安全监测设备的选择与安装要点,包括变形、渗流、应力应变监测设备等。探讨多种监测方法与技术,如传统人工与常规仪器监测以及自动化、遥感、光纤传感等现代技术。剖析监测系统的构建与运行机制,涵盖各子系统协同工作原理。同时分析当前面临的技术难题、资金压力、人员短缺等挑战,并提出加强技术研发、拓宽资金来源、提升人员素质等应对策略,为大坝安全监测控制提供全面的理论与实践参考。

关键词: 探究水利水电; 工程中的; 大坝工程; 安全监测; 控制

引言: 水利水电工程在现代社会中占据着举足轻重的地位,而大坝作为其核心建筑,其安全与否直接关系到整个工程的成败以及周边地区的安危。大坝在长期运行过程中,会受到诸如地震、洪水、地质变化以及人为因素等多方面的影响,结构性能可能逐渐劣化,从而产生安全隐患。因此,对大坝工程进行安全监测控制是极为必要的。通过系统地监测大坝的各项参数,如变形、渗流、应力应变等,可以及时且精准地掌握大坝的运行状态,为提前预警可能出现的危险状况提供依据,进而采取有效的措施加以防范和应对,保障大坝的安全稳定运行,实现水利水电工程的可持续发展与综合效益的最大化。

1 水利水电工程大坝安全监测的意义

水利水电工程大坝安全监测具有多方面极为重要的意义。(1)从保障人民生命财产安全角度来看,大坝一旦失事,下游地区往往会遭受洪水侵袭,导致大量人员伤亡和财产损失。通过持续的安全监测,能够及时发现大坝的安全隐患,提前预警并采取相应措施,如降低水库水位、加固坝体等,从而有效避免灾难性后果的发生,守护广大民众的生命与家园。(2)对于大坝自身的稳定运行至关重要。大坝在长期运行过程中会受到多种因素影响,如水流冲击、地质变化、温度变化等。安全监测可以精确地获取大坝的变形、渗流、应力应变等数据,据此分析大坝结构的变化趋势,评估其稳定性。及时调整运行参数,确保大坝在设计要求范围内安全稳定运行,延长其使用寿命,保障水利水电工程的持续效益发挥。(3)有利于水资源的合理调配与高效利用。准确的监测数据能为水库的蓄水、放水决策提供科学依据。在丰水期合理蓄水,枯水期适时放水,既能满足发电、灌溉、供水等需求,又能避免因水位控制不当对大坝造

成损害,促进水资源的可持续管理。(4)大坝安全监测所积累的大量数据和实践经验,对于水利水电工程领域的技术发展和科学研究有着不可替代的作用。有助于深入研究大坝在不同工况下的性能变化规律,推动大坝设计、施工、监测技术的不断创新与进步,提升整个行业的技术水平和管理能力,为未来大坝工程建设与安全保障奠定坚实基础^[1]。

2 大坝工程安全监测控制设备与方法

2.1 安全监测设备的选择与安装

2.1.1 设备选择

(1)变形监测设备:对于水平位移监测,若大坝规模较大且地形开阔,全站仪是常用选择,其测量范围广、精度较高,可对坝体多个观测点进行坐标测量以确定水平位移。而对于直线型大坝,引张线位移计则更为精准,能有效测量坝体沿直线方向的微小位移变化。垂直位移监测方面,静力水准系统适用于自动化程度要求高、精度需求精细的大型大坝,它基于连通管原理,对坝体垂直沉降变化敏感。传统的水准仪则在一些小型大坝或对自动化要求不高的项目中仍有应用,其操作相对简单且成本较低。(2)渗流监测设备:渗压计是监测坝体和坝基渗流压力的核心设备,应根据大坝的结构和渗流特性选择合适量程和精度的渗压计。量水堰则用于测量坝体渗流量,不同类型的量水堰(如三角形量水堰、矩形量水堰等)适用于不同流量范围的测量,需依据预估渗流量合理选用。(3)应力应变监测设备混凝土坝常采用光纤光栅应变计和应力计,光纤光栅应变计具有抗电磁干扰、分布式测量等优势,能全面反映坝体内部应变情况,应力计则可准确测量应力大小,两者配合可精确掌握坝体受力状态。土石坝多选用土压力盒来监测坝

体内部土压力分布。

2.1.2 设备安装

(1) 变形监测设备安装：全站仪观测墩应建造在稳定的基础上，保证其位置固定且通视良好，安装时需精确校准仪器的水平和垂直方向。引张线位移计的安装要确保引张线的张紧度合适且两端固定牢固，沿线观测点的安装位置要准确且与引张线保持良好接触。静力水准系统的容器安装要保证水平，连通管连接紧密无泄漏，传感器安装位置应能准确反映测点的垂直位移变化。

(2) 渗流监测设备安装：渗压计在坝体和坝基埋设时，要注意保护其感应部位不被破坏，周围填充材料应保证渗压传递正常且不影响测量精度。量水堰的安装要严格按照设计要求确定堰口的高度、宽度和坡度，保证水流平稳通过堰口，同时要设置合适的水位观测设施。(3) 应力应变监测设备安装：光纤光栅应变计和应力计在混凝土坝内埋设时，要与混凝土浇筑施工紧密配合，确保传感器位置准确且在混凝土振捣过程中不被损坏。土压力盒在土石坝埋设时，要根据坝体分层碾压情况合理确定埋设深度和位置，保证土压力盒与土体紧密接触，能真实反映土压力变化。

2.2 安全监测方法与技术

大坝工程安全监测运用多种先进方法与技术，以确保全面、精准地掌握大坝运行状况。传统监测方法中，人工观测历史悠久，如人工操作水准仪进行水准测量、使用全站仪进行位移观测等。这种方式能让观测人员直观感受现场情况，及时察觉并处理部分问题，但劳动强度大、效率低且易受人为因素干扰。常规仪器监测如渗压计、应变计等发挥着重要作用，不过需定期人工巡检与数据采集，数据处理滞后。现代监测技术呈现出多样化和智能化特点。自动化监测技术通过构建包含传感器、数据采集单元、通信网络和数据处理中心的系统，实现监测数据自动采集、传输与处理。例如自动化全站仪可按预设间隔自动测量，数据实时传输，极大提高了监测效率与频率，能及时捕捉大坝细微变化。遥感监测技术借助卫星影像，可大范围监测大坝及其周边环境，虽精度有限，但能提供宏观信息，与地面监测互补。光纤传感监测技术以光纤光栅传感器为代表，能同时监测温度、应变、应力等多物理量，具有抗电磁干扰、耐腐蚀、分布式测量等独特优势，在大坝施工到运行全过程监测中表现出色，可精准获取坝体内部结构信息，如混凝土水化热过程与裂缝发展情况等。这些方法与技术相互配合，为大坝安全保驾护航^[2]。

2.3 安全监测系统的构建与运行

在构建方面，监测系统主要由多个子系统组成。传感器子系统作为前端数据采集单元，涵盖位移传感器（如全站仪、引张线位移计）、渗流传感器（渗压计、量水堰）、应力应变传感器（应变计、应力计、土压力盒）以及温度传感器等，需依据大坝类型与监测需求精准选型并定期校准维护。数据采集与传输子系统负责将传感器数据采集、转换与传输，数据采集单元对信号调理转换，传输可采用有线（光纤、电缆）或无线（GPRS、蓝牙、Wi-Fi）方式，依实际情况抉择。数据处理与分析子系统是核心，进行数据清洗、整理、异常值处理，利用数据库存储管理数据，并借助统计分析、数值模型、时间序列分析等方法评估大坝安全状况。监控与预警子系统则依据设定阈值对大坝实时监控，异常时发出多形式预警并分级管理。运行过程中，各子系统协同工作。传感器持续采集数据，数据采集与传输子系统确保数据稳定高效传输至数据处理与分析子系统。该子系统实时处理分析，一旦数据超出预警子系统设定阈值，立即触发预，整个系统需配备专业人员定期巡检维护，保障设备正常运行、软件及时更新、数据安全存储与备份，以应对可能出现的故障与灾害，确保监测系统始终处于良好运行状态，为大坝安全提供坚实保障。

3 大坝工程安全监测控制的挑战与对策

3.1 当前大坝工程安全监测控制面临的挑战

3.1.1 技术难题

在大坝工程安全监测控制方面，技术难题较为突出。传感器的精度与稳定性仍需提升，例如在复杂地质条件与恶劣气候环境下，部分传感器易受干扰而出现数据偏差或故障。监测数据的传输与处理面临挑战，海量数据的快速、准确传输以及高效分析处理对现有通信技术与数据处理算法提出更高要求。不同监测技术的融合应用还不够成熟，难以充分发挥多技术协同优势，导致对大坝整体安全状况的评估不够全面与精准，给大坝安全监测控制工作带来诸多不便与不确定性。

3.1.2 资金压力

大坝工程安全监测控制往往面临较大资金压力。高精度监测设备购置成本高昂，如先进的自动化监测系统、高精度传感器等设备的采购需要大量资金投入。设备的安装与维护费用持续存在，包括传感器的定期校准、维修，监测线路的检修与更新等，长期下来开支不菲。此外，随着技术发展，监测系统的升级改造也需要资金支持，若资金不足，可能导致设备老化、技术落后，无法满足日益增长的大坝安全监测需求，使大坝安全面临潜在风险^[3]。

3.1.3 人员短缺

人员短缺问题在大坝工程安全监测控制领域较为显著。专业技术人员数量有限,既懂大坝工程专业知识又精通监测技术与数据分析的复合型人才匮乏,难以满足众多大坝监测项目的需求。人员培训体系不完善,新入职人员难以快速掌握先进监测技术与复杂数据分析方法,影响工作效率与质量。而且由于大坝监测工作环境相对艰苦,待遇吸引力不足,导致人才流失现象时有发生,进一步加剧了人员短缺状况,使得大坝安全监测工作在技术研发、日常运维等多方面都面临人手不足的困境,制约了行业的发展与大坝安全保障水平的提升。

3.2 应对挑战的策略与建议

3.2.1 加强技术研发与创新

应大力加强大坝工程安全监测控制的技术研发与创新。鼓励高校、科研机构与企业合作,共同投入资源开展相关研究。聚焦于研发更具抗干扰性、高精度且稳定性强的传感器,例如采用新型材料与制造工艺提升传感器在极端环境下的性能。深入探索大数据、人工智能与监测技术的融合应用,通过机器学习算法对海量监测数据进行深度挖掘与分析,实现大坝安全隐患的智能诊断与预测。建立开放的技术交流平台,促进国内外先进技术的交流与引进,加速新技术的推广与应用,从而推动大坝安全监测控制技术的整体升级,为大坝安全提供更可靠、高效的技术保障。

3.2.2 拓宽资金来源渠道

为缓解大坝工程安全监测控制的资金压力,需积极拓宽资金来源渠道。一方面,政府应加大财政支持力度,在水利基础设施建设预算中对大坝安全监测项目予以重点倾斜,设立专项基金用于设备购置、技术研发与系统升级。另一方面,吸引社会资本参与,通过公私合营(PPP)模式,鼓励企业投资大坝安全监测项目,给予其相应的政策优惠与收益保障,如特许经营权、税收减免等。此外,探索发行水利工程专项债券,向社会公众募集资金,同时加强国际合作,争取国际金融机构的低

息贷款或援助项目,多管齐下,确保大坝安全监测控制工作有充足的资金保障,促进其持续、稳定发展。

3.2.3 提升人员素质和技能水平

提升人员素质和技能水平是应对大坝工程安全监测控制人员短缺问题的关键。高校应优化相关专业课程设置,增加实践教学环节,培养兼具理论知识与实践能力的专业人才。行业协会与企业应联合开展定期的专业培训与技能竞赛,针对大坝安全监测的新技术、新方法以及数据分析处理技巧等进行培训,激发人员学习热情与创新能力。建立完善的人才激励机制,提高从业人员待遇水平,提供良好的职业发展空间,如设立技术职称晋升通道、项目奖励制度等,吸引并留住人才,加强国际人才交流合作,选派优秀人员到国外学习先进经验,邀请国外专家来华讲学与指导,全面提升人员的国际化视野与专业素养,为大坝安全监测控制工作提供坚实的人才支撑。

结束语

大坝工程安全监测控制是水利水电工程可持续运行的核心保障。随着科技的飞速发展,我们虽已在监测设备、方法与系统构建上取得显著进步,但仍面临诸多挑战。未来,需持续加大技术研发投入,融合人工智能、大数据等前沿技术,打造智能化监测体系;拓宽资金渠道,保障监测工作顺利开展;强化人员培养,构建专业人才梯队。唯有如此,方能精准掌控大坝安全状况,及时化解潜在风险,确保大坝在防洪、发电、供水等多方面持续发挥效益,守护人民生命财产与生态环境安全。

参考文献

- [1] 魏波.结合喀腊塑克水利工程实例探析大坝工程安全监测控制[J].河南水利与南水北调,2019,24: 51-52.
- [2] 甘兴云.水利水电工程中的大坝工程安全监测控制[J].中国高新技术企业,2019,27: 126-127.
- [3] 李双平,杨爱明.水利水电工程野外远程实时安全监测系统研究[J].人民长江,2019,03: 63-66.