

# 水利水电工程中的大坝安全监测技术探讨

谢宜静 谭欣

中水东北勘测设计研究有限责任公司

DOI:10.12238/hwr.v8i9.5706

**[摘要]** 中国水利水电工程的建设始于上世纪50年代,经过几十年的艰苦奋斗和改革开放,已经取得了举世瞩目的成就。从建国初期的薄弱基础,到如今成为全球水电装机容量和发电量最大的国家,中国水利水电工程实现了跨越式发展。截至2022年底,我国水电总装机容量达到39780万千瓦,占全国总装机容量的22.7%,年发电量18765亿千瓦时,占全国总发电量的25.8%。

**[关键词]** 水利水电; 大坝安全; 监测技术

**中图分类号:** TV42+1.1 **文献标识码:** A

Discussion on dam safety monitoring technology in water conservancy and hydropower projects

Yijing Xie Xin Tan

Northeast China Survey and Design Research Co., Ltd

**[Abstract]** The construction of water conservancy and hydropower projects in China began in the 1950s, and after decades of hard struggle and reform and opening up, it has made remarkable achievements. From the weak foundation in the early days of the founding of the People's Republic of China to the country with the largest installed hydropower capacity and power generation in the world, China's water conservancy and hydropower projects have achieved leap-forward development. By the end of 2022, the total installed capacity of hydropower in China reached 397.8 million kilowatts, accounting for 22.7% of the national total installed capacity, and the annual power generation was 1,876.5 billion kWh, accounting for 25.8% of the national total power generation.

**[Key words]** water conservancy and hydropower; Dam safety; Monitoring technology

## 引言

在大型水电站建设方面,三峡水利枢纽工程、溪洛渡电站、向家坝电站等标志性工程的建成,不仅极大地提升了我国水电开发的技术水平,还为国家提供了丰富的清洁能源,有效缓解了能源紧张问题。同时,这些工程在防洪、灌溉、航运、供水等方面也发挥了重要作用,为区域经济的可持续发展提供了有力支撑。

## 1 水利水电工程发展现状

中国水利水电工程在发展历程中取得了显著成就,技术水平不断提升,绿色转型和可持续发展成为新的发展方向。面对挑战与机遇并存的未来,中国水利水电工程将继续保持创新活力,为实现经济、社会和环境的协调发展作出更大贡献。

### 1.1 技术进步与创新

随着科技的进步,中国水利水电工程在技术水平上实现了质的飞跃。大坝工程、水工建筑物抗震防震、复杂基础处理、高边坡治理、地下工程施工等关键技术均达到国际领先水平。在水电装备制造方面,中国也走在了世界前列,常规水电机组和抽水

蓄能机组的设计制造能力、金属结构设备制造技术等均处于世界领先水平。此外,智能化技术的应用也为水利水电工程的发展注入了新的活力。通过引入大数据、物联网、人工智能等先进技术,水利水电工程的运行效率和安全性得到了显著提升。例如,一些水电站开始使用机器学习算法来优化发电量,使得发电效率达到历史最高水平。

### 1.2 绿色转型与可持续发展

在全球气候变化和环境保护日益受到重视的背景下,中国水利水电工程正加速向绿色转型。一方面,传统的大坝工程正逐步被更小规模、更适应环境的设施所替代,如泄洪渠道、河流修复等,以减少对生态系统的破坏。另一方面,太阳能和风能技术也被越来越多地融入到传统水利项目中,以实现多源能源并网共享。同时,中国还积极推动水利水电工程的生态修复和环境保护工作。通过加强生态监测和评估,采取生态修复措施,如建设鱼道、增殖放流等,有效保护了河流生态环境。此外,水利水电工程还注重与周边环境的和谐共生,通过科学规划和合理布局,实现了工程建设与生态环境的双赢。

### 1.3面临的挑战与机遇

尽管中国水利水电工程取得了显著成就,但仍面临诸多挑战。随着全球气候变化和人类活动的影响,水资源日益紧缺,水利工程面临着极端气候事件、生态环境恶化等挑战。同时,工程老化失修、技术更新换代等问题也亟待解决。

挑战与机遇并存。随着科技的进步和绿色发展理念的普及,水利水电工程也迎来了新的发展机遇。数字化、智能化技术的应用将进一步提升工程运行效率和管理水平;生态水利的发展将推动工程建设与生态环境的和谐共生;国际合作与交流将为中国水利水电工程提供更多先进技术和经验支持。

## 2 水利水电工程中大坝安全的重要性

### 2.1防洪减灾的关键

大坝作为水利水电工程的重要组成部分,其首要功能就是防洪减灾。在汛期,大坝能够拦截洪水,调节水流,有效减轻下游河道的防洪压力,保护沿岸城市和农田免受洪水侵袭。一旦大坝出现安全问题,如溃坝或泄漏,将直接导致下游地区遭受严重的洪涝灾害,造成巨大的人员伤亡和财产损失。因此,确保大坝安全是防洪减灾工作的重中之重。

### 2.2关乎水资源利用与调配

大坝还承担着水资源利用与调配的重要任务。通过拦蓄洪水、蓄存水量,大坝可以在枯水期向下游地区提供稳定的水源,满足农业灌溉、工业生产和居民生活的需求。同时,大坝还可以调节河流流量,改善河道生态环境,促进水生生物的生长和繁衍。如果大坝安全得不到保障,将严重影响水资源的有效利用和调配,进而影响到经济社会的可持续发展。

### 2.3清洁能源供应的保障

随着全球能源结构的调整和清洁能源的发展,水电作为可再生能源的重要组成部分,其地位日益凸显。大坝作为水电站的核心设施,其安全稳定运行直接关系到水电站的发电能力和效率。一旦大坝出现安全问题,将直接影响到水电站的正常运行和电力供应的稳定性,进而影响到整个电网的安全运行和能源安全。因此,确保大坝安全是保障清洁能源供应的重要保障。

### 2.4关乎生态环境与生物多样性

大坝的建设和运行对生态环境和生物多样性产生了一定的影响。一方面,大坝拦蓄洪水、蓄存水量,改变了河流的自然流态和生态环境;另一方面,大坝也为水生生物提供了栖息地和繁殖场所。然而,如果大坝安全得不到保障,将可能导致生态环境恶化、生物多样性减少等严重后果。因此,确保大坝安全对于维护生态环境和生物多样性具有重要意义。

大坝安全在水利水电工程中具有不可替代的重要性。它不仅关乎防洪减灾、水资源利用与调配、清洁能源供应等方面,还直接关系到生态环境与生物多样性以及工程技术水平的发展。因此,我们必须高度重视大坝安全工作,采取有效措施确保大坝安全稳定运行。

## 3 水利水电工程中大坝安全监测技术

### 3.1物理监测技术

物理监测技术主要通过多种仪器和设备提取大坝的物理数据,如挠度、温度、应力、变形等,以监控大坝的变化和变形情况。常用的物理监测设备包括测量变形仪、倾斜仪、应变计、温度传感器等。

### 3.2遥感监测技术与GNSS(全球导航卫星系统)技术

遥感监测技术利用卫星、航空等遥感手段获取大坝及周围环境的图片和数据信息,对大坝进行远程监测和预警。遥感技术具有非接触性、全天候、多角度等优点,能够较全面和迅速地获取大坝及周围地区的信息,为大坝安全检测提供重要参考。GNSS技术在大坝安全检测中发挥着重要作用。通过在大坝上设置GNSS监测点,可以实时监测大坝的位移和变形情况。GNSS技术具有高精度、高可靠性和实时性等特点,能够为大坝的安全评估提供准确的数据支持。

### 3.3渗流监测技术

渗流监测是大坝安全监测的重要内容之一。通过在大坝坝基、廊道等关键部位设置渗流计、压力计等监测设备,可以实时监测大坝的渗流情况。渗流监测数据对于评估大坝的防渗性能、及时发现并处理渗漏问题具有重要意义。

### 3.4自动化监测技术

随着科技的进步,自动化监测技术在大坝安全检测中的应用越来越广泛。自动化监测技术通过集成多种监测设备和软件系统,实现对大坝的实时监测和数据采集。自动化监测技术具有高效、准确、可靠等优点,能够大大提高大坝安全检测的效率和质量。

## 4 水利水电工程中的大坝安全监测技术存在的不足

### 4.1监测数据精度与实时性有待提高

大坝安全监测要求数据具有高度的准确性和实时性,以便在紧急情况下迅速作出反应。然而,目前部分监测设备和技术在极端天气或复杂地质条件下,其数据精度和实时性可能受到影响。例如,传感器在恶劣环境下可能出现故障或误差增大,导致监测数据不够准确。此外,数据传输和处理系统也可能存在延迟,影响数据的实时性。

### 4.2监测设备老化与维护不足

随着大坝运行时间的增长,部分监测设备逐渐老化,性能下降。这些老旧设备在精度、稳定性和可靠性方面可能无法满足当前的安全监测需求。同时,设备的维护和管理也存在不足,如缺乏定期维护和校准、维修不及时等,导致设备故障率上升,影响监测效果。

### 4.3监测手段单一,标准不规范

目前的大坝安全监测手段多侧重于单一参数的监测,如位移、渗流、应力等,而缺乏对这些参数的综合分析和评估。单一的监测手段往往难以全面反映大坝的整体安全状况,容易忽略潜在的安全隐患。因此,需要建立更加综合性的监测评估体系,对多种监测数据进行综合分析和评估,以更准确地判断大坝的安全状况。目前国内外在大坝安全监测方面存在标准与规范不统一的问题。不同国家和地区、不同工程类型的大坝在监测项

目、监测方法、监测周期等方面存在差异,导致监测结果难以直接比较和评估。因此,需要建立统一的大坝安全监测标准和规范,以提高监测结果的可比性和可靠性。

#### 4.4 自动化与智能化水平有待提升

虽然自动化监测技术在大坝安全监测中得到了广泛应用,但整体上自动化和智能化水平仍有待提升。目前部分监测系统的自动化程度不高,需要人工干预较多,且数据处理和分析能力有限。此外,智能化技术的应用也处于起步阶段,如人工智能、大数据等技术在在大坝安全监测中的应用还需进一步探索和完善。

#### 4.5 监测人员专业素质参差不齐

大坝安全监测工作对监测人员的专业素质要求较高,需要具备丰富的专业知识和实践经验。然而,目前部分监测人员的专业素质参差不齐,部分人员缺乏系统的培训和实践经验,难以胜任复杂的监测工作。因此,需要加强监测人员的培训和管理,提高其专业素质和工作能力。

水利水电工程中的大坝安全监测技术在数据精度与实时性、设备老化与维护、监测手段单一、自动化与智能化水平、监测标准与规范以及监测人员专业素质等方面仍存在不足。针对这些不足,需要采取相应的措施加以改进和完善,比如加强监测人员的培训和管理,提高其专业素质和工作能力,以提高大坝安全监测的准确性和可靠性,确保大坝的安全稳定运行。

### 5 水利水电工程中的大坝安全监测技术发展展望

水利水电工程中的大坝作为关键的水利设施,其安全性直接关系到人民群众的生命财产安全和国家的经济稳定发展。随着现代科技的飞速进步,大坝安全监测技术也在不断演进,逐步向自动化、智能化、全面化方向发展。

#### 5.1 自动化监测技术的普及

当前,许多大坝的安全监测仍然依赖于人工巡视,这不仅监测范围有限,而且监测频率低,难以及时发现潜在的安全隐患。未来,大坝安全监测技术将实现全面自动化,通过高精度传感器网络,实时监测大坝的各项关键参数,如位移、渗流、应力、水文气象等。这些传感器如同大坝的“神经末梢”,能够敏锐捕捉任何细微变化,并实时传输数据至监控中心,极大地提高了监测的效率和准确性。

#### 5.2 多学科技术的融合

大坝安全监测技术不再局限于传统的水位、温度等指标监测,而是将融合多学科技术,如声波监测、振动监测、应变监测等,以更全面、准确地评估大坝的安全状态。例如,声波监测技术可以检测大坝内部的裂缝和空洞,振动监测技术可以分析大坝在不同工况下的振动特性,应变监测技术可以实时监测大坝材料的应力状态。这些技术的融合将大大提升大坝安全监测的精度和可靠性。

#### 5.3 智能化数据处理与分析

未来,大坝安全监测系统产生的数据庞大且复杂,如何从中提取有价值的信息成为了一个重要挑战。未来,智能化数据处理与分析技术将得到广泛应用。通过引入人工智能、机器学习等

先进技术,对监测数据进行深度挖掘和智能分析,可以及时发现潜在的安全隐患,并预测大坝的未来运行状态。同时,系统还能生成直观的报表和图表,帮助管理人员更好地理解大坝的运行状态,为决策提供有力支持。

#### 5.4 风险预警与应急响应机制的完善

大坝安全监测系统不仅应具备实时监测和数据分析的能力,还应具备及时有效的风险预警和应急响应机制。一旦系统检测到异常情况或达到预警阈值,应立即通过短信、邮件、声光等方式向管理人员发送预警信息,并指导其进行紧急处理。

#### 5.5 群坝信息系统集成管理

随着水利工程的不断发展,同一流域或附近地区可能存在多座大坝。为了实现高效管理和资源共享,未来将发展群坝信息系统集成管理技术。通过统一管理流域系统或附近地区的多座大坝,实现远程操控、监测数据采集、分析评价和网络报送等功能,提高共同调度和系统风险识别的工作效率。这种集成管理方式将有助于提升整个流域或地区的水利工程安全水平。

### 6 结束语

未来水利水电工程中的大坝安全监测技术将朝着自动化、智能化、全面化方向发展。通过不断融合多学科技术、完善风险预警与应急响应机制、发展群坝信息系统集成管理以及研发新监测技术与智能传感器等措施,将进一步提升大坝的安全性和可靠性,为水利事业的可持续发展提供有力保障。

#### [参考文献]

- [1]木卡旦斯·奴热合买提.浅谈水利工程建设中的水闸加固施工[J].水电水利,2023,7(6):127-129.
- [2]罗创.水利工程水闸施工技术的应用分析[J].水上安全,2023(9):163-165.
- [3]王章.水利工程中水闸加固施工技术的应用[J].水利科技与经济,2016(1):2.
- [4]廖军萍.水利工程水闸泵站的施工技术运用分析[J].中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术,2023(4):3.
- [5]张灵军,任灵芹.水利工程中水闸加固施工技术的应用分析[J].北京农业,2016(6):109-110.
- [6]杨琳.水利工程河道治理的现状与控制对策探究[J].水电水利,2023,7(5):76-78.
- [7]王端,冯琴.城市河道治理工程中生态水利设计理念运用分析[J].低碳世界,2023,13(7):25-27.
- [8]高新颖.生态水利设计理念在城市河道治理工程中的应用分析[J].水上安全,2023(6):49-51.
- [9]徐彦斌.水利工程河道治理存在的问题及管理[J].科技创新与应用,2017(14):1.
- [10]赵鑫,洪珣,刘丽敏.水利工程河道治理现状及对策分析[J].水利科学与寒区工程,2022(05):5.

#### 作者简介:

谢宜静(1991--),女,汉族,辽宁省盖州市人,硕士研究生,工程师,从事水利水电工程设计工作。