

# 简述大坝安全监测技术探讨

符裕雄

华能海南发电股份有限公司东方电厂 海南 东方 572600

**摘要:**随着社会经济的发展,我国的大坝建设越来越多。大坝作为特殊的水利工程设施,可以有效的保障水库的安全运营,保障人民群众生命财产安全,具有较好的经济和社会功能。因此需要做好大坝安全监测工作,进一步强化大坝的运行管理水平。

**关键词:** 大坝; 安全监测; 监测技术

引言: 大坝作为水工建筑物,在长期运行过程中需要承受来自于外荷载的长期作用,这也导致在坝实际工作状态具有不稳定性。再加之大坝受到自身强度及周围地质结构影响,其运行风险增加,而且大坝建筑自身也存在一定的安全隐患。为了保证大坝安全运营,则需要强化大坝的安全监测。通过对大坝进行安全监测,及时掌握大坝运行状况,及时发现大坝存在的安全问题,并及时进行处理。为大坝长期安全、稳定的运营奠定良好的基础,更好的发挥出大坝的重要作用。

## 1 大坝安全监测技术的必要性

大坝是一种大型工程,广泛应用于水利、电力、防洪等领域,具有重要的经济和社会意义。然而,因大坝性质的不同,如不同的地质条件、不同的施工工艺、不同的用途等因素,其安全性和可靠性也会存在一定的差异。因此,如何确保大坝工程的安全和可靠性成为一个十分重要的问题,在这个问题中,大坝安全监测技术的必要性也显得十分明显。

1.1 大坝安全监测技术的必要性在于保障大坝工程的安全性。大坝工程负责极其重要的职责,不仅面对万千的自然力,还承受着大量的工程活动负荷,如水压、风压、雪压等,如不建立起完善的监测体系确保其稳定性和安全性,就会对工程建设投入和后续发展带来极其严重负面影响。

1.2 大坝安全监测技术的必要性在于实现对大坝工程巨大效益的最大化。大坝工程在进行建设时,建筑工程人员必须结合相应的施工工艺,进行地质环境的勘测和分析以及盲区的测量等,以获取目标区域的实时信息和有关数据。通过大坝安全监测技术,能够实现对于各种

工程活动的实时监控和预警,进一步帮助工程师和建筑工程人员准确了解工程的运作状态和相关数据,更为一系列的经济和社会效益得到了保障<sup>[1]</sup>。

1.3 大坝安全监测技术的必要性在于满足社会发展要求。随着社会和技术的不断发展,大坝工程建设的监测需求也不断增加,如示范观测、普遍监测和对症监测等,都需要大坝安全监测技术的支撑和保障,以确保大坝工程能够安全地运行和生产,同时,为大坝工程的可持续发展提供坚实的基础。

综上所述,大坝安全监测技术的必要性在于保障大坝工程的安全性、实现对大坝工程效益的最大化,并且满足社会发展的要求。因此,大坝安全监测技术作为大坝工程的重要组成部分,必将受到越来越多的重视,成为大坝工程安全和可靠性保障的重要手段。

## 2 大坝安全监测技术的发展历程

随着大坝建设规模越来越大,越来越多地面临着复杂的水文地质条件和现实安全隐患,安全监测成为保障大坝安全的重要手段之一。在长期的实践和技术创新中,大坝安全监测技术经历了以下几个阶段的发展:

### 2.1 时间早期阶段

20世纪20年代初期,对大坝安全的监测还是以点测点、少数测点为主,且多是分散的手工作业。

### 2.2 初级阶段

20世纪40年代至60年代,随着科学技术的不断提升,大坝安全监测技术逐渐进入初级阶段,开始使用一些电子设备进行测量和监测,如电流互感器、微应变计等。

### 2.3 中级阶段

70年代至80年代,大坝安全监测技术进入中级阶段,出现了一批具有代表性的大厂生产了新一代的智能型仪器,实现了对大量监测指标的综合测量。如位移测量、压力测量、温度测量等。同时,出现了计算机技术和通信网络技术的广泛应用,已形成了自动化测量和信

**作者信息:** 张符裕雄, 1984年3月出生, 民族: 汉, 男, 籍贯: 海南省东方, 单位: 华能海南发电股份有限公司东方电厂, 职位: 水工专工, 学历: 本科, 邮编: 572600, 研究方向: 水利水电。

号传输技术体系。

#### 2.4 高级阶段

90年代至今,大坝安全监测技术已进入高级阶段,出现了高新技术如MEMS技术、分布式光纤传感器技术、无线传感器网络等在大坝安全监测中得到广泛应用。同时,地理信息系统(GIS)技术也被引入到监测中,为自然灾害风险评估提供了重要参数。

以上几个阶段的发展表明了大坝安全监测技术的不断进步,科技在这方面起到了极其重要的作用,不过还存在一些问题,如效率和实时性的不足,同时现有技术上的限制也让其难以胜任某些特殊的复杂环境。因此,大坝安全监测技术仍需要不断探索和创新,针对不同情况选择适合的监测技术,使大坝工程更加安全可靠。

### 3 大坝安全监测技术

随着社会经济的发展,大坝越来越成为重要的基础设施,但大坝的规模和风险也日益增加。大坝安全监测技术是指通过安装传感器和监测设备,对大坝进行动态监测,得到大坝各种参数的变化情况,及时发现问题并采取措施,保障大坝的安全运行。本文将从大坝监测原理、监测参数、监测方法和成功案例几个方面,介绍大坝安全监测技术。

#### 3.1 监测原理

大坝监测原理是通过监测大坝在施工期、运行期和维护期的安全参数,以掌握大坝的运行状况。这些参数可以分为结构安全、水文地质和环境三个方面。其中,结构安全是大坝监测的核心内容之一,包括大坝顶部和基础变形、大坝坝体内部测量和坝附近的地震监测等参数。水文地质监测主要是监测大坝周围的水位、水压力、土体位移和滑动指标等,以了解地质环境变化和洪水过程等情况。环境监测主要是监测周边大气、水质和土壤等环境参数,以了解大坝周围环境的变化情况。

##### 3.1.1 大坝结构安全监测中的位移监测

大坝结构安全监测是大坝安全监测技术的核心内容之一,其中位移监测是重点中的重点。位移是大坝安全评估和监测的重要参数之一,因为位移越大,表示大坝的稳定性越差,依靠位移监测可以及时发现大坝结构的问题,采取有效的措施进行维修和加固。现代位移监测方法非常多样,如经典的测绳法、全站仪和激光扫描及高精度的GPS技术等,这些技术都可以应用于大坝位移监测中,可以灵活地根据大坝特点和场地条件等因素选择适合的监测方法。

具体来说,大坝位移监测主要包括水平、垂直位移和倾斜动态等三个参数的监测。水平位移一般用测绳法、GNSS和坐标旋转法等技术进行监测,这些技术有着

高精度、长测距和全天候的优点。垂直位移一般使用水准仪、倾斜仪、全站仪等进行监测,可以提供更全面的信息。倾斜动态则通常采用倾角传感器和MEMS传感器等技术进行监测,能够反馈大坝的运动状态。

在位移监测中,大坝监测点的布置和数量也非常关键。监测点的分布要覆盖整个大坝的主要构件和关键部位,以便从不同角度多维度地了解大坝的位移变化。另外,在监测点数量上,一般采用密集布点的方式进行监测,以确保其位移信息的全面性和准确性。

除了监测点的布置和数量,位移监测中数据的实时处理和分析也至关重要。可以通过实时传输数据到中心数据库,使用预警和告警机制,方便及时采取措施。同时,基于机器学习和大数据技术,可以对大量历史数据进行深入分析,更好地预测大坝发生安全问题的可能性,提前采取安全预防措施,保障大坝的安全运行。

总之,大坝的位移监测是大坝安全监测中不可或缺的重要环节。研究适当的监测方法和数据管理技术,对位移监测的准确性和实时性进行了加强,可以更好地保障大坝的安全运行和持续发展。

##### 3.1.2 水文地质检测

水文地质监测是指对大坝周围的水文地质环境进行动态监测和分析,以及检测水压力、土体位移、滑动指标等重要参数。水文地质监测的主要目的是防止可能会发生的地质灾害、监测洪水过程等情况,为大坝的安全提供保障。一般来说,水文地质监测的主要任务包括:①监测大坝周围的气象、水文和地质环境等情况,及时掌握大坝周围环境变化的情况。②监测大坝周围水位、水压力、土体位移和滑动指标等参数,以了解大坝周围地质情况。③对大坝周围洪水过程进行动态监测,及时响应,防止洪水对大坝构成威胁。

为了实现水文地质监测的目标,现代技术提供了多种解决方案。例如,对于水位及流量监测,可以采用水位计、流速计实时监测;而针对土体的位移,可以利用位移传感器、红外线测量等技术进行长期监测。同时,地质雷达技术等则能较好的监测岩土体等的分布与状况,为后续地质预防提供了有效的参考。

##### 3.1.3 环境检测

随着大坝周边经济社会的不断发展,周边环境对于大坝的影响也日益显现。环境检测主要是为了及时掌握大坝周围环境状况,在大坝周围发现异常的情况时,能够及时加以应对,保障大坝安全。环境检测的主要任务包括:①监测周边大气污染情况,并进行及时分析和报告。②监测周边水质的情况,及时监测污染源和水质状况,并加以处理。③监测周边土壤的情况,及时发现污

染、酸化等情况,并进行应急处理。

应用于环境监测的相关技术主要包括气象站、化学分析仪、水质监测站等,这些设备在现代化大坝周边设置起到了十分重要的作用。

### 3.2 监测参数

监测参数是大坝安全监测技术的核心。其中,大坝位移和应变监测是大坝结构安全监测的重点。位移监测上文已述。应变监测是指通过全站仪、位移传感器等测量设备,监测大坝的应力和应变的变化情况。应变监测可以提供大坝的刚度、变形和运动状态等信息。温度、孔隙水压力等指标也是监测参数中的主要指标<sup>[2]</sup>。

### 3.3 监测方法

大坝监测方法主要包括静力监测和动态监测两种方式。静力测量是通过传感器和调查仪等进行固定走线和监测,适用于对某些位移和应变等指标进行连续长期测量的情况。动态监测是通过自动监测系统、微机控制系统和实时数据处理技术等,对大坝进行动态监测。动态监测不仅可以满足实时监测,并采用高性价比的算法来解决稳定性和可靠性的问题。动态监测可以快速发现大坝安全问题,对保障大坝的安全运行起到重要作用。

### 3.4 成功案例

中国的大型水利工程如三峡工程、南水北调、黄河治理等都采用了大规模的大坝,安全监测技术也应用到了这些大型水利工程的建设和运营中。大坝监测技术在三峡工程中发挥了巨大的作用。三峡工程采用了多种监测方法包括固定测点、活动测点、行波方法、数字图像处理和数字影像测量等。通过这些监测方法,及时获得大坝的运行数据,对大坝的安全和稳定性进行评估和预报。南水北调工程也利用了大坝安全监测技术。南水北调核心区的大坝监测系统主要通过地形测量仪、电液式变形计、MEMS传感器和智能监测装备等多种监测手段,实现了大坝连续、实时、多参数的精确监测和安全预判。

总之,大坝安全监测技术是现代水利工程建设 and 维护的重要组成部分。通过监测大坝运行数据,及时预警安全隐患,降低事故发生的概率,保障人民群众生命财产安全。随着技术的不断发展和进步,大坝安全监测技术也将越来越完善、精确和高效,成为推动水利工程可持续发展的的重要手段。

## 4 大坝安全监测技术未来发展趋势

### 4.1 加强智能化

通过智能传感器和数据接收与传输设备的融合,大坝安全监测系统能够实现对数据的自我分析和自动化处理。并结合人工智能和大数据等技术,为决策提供更大量、更完整、更真实、更迅速的数据信息,提高监测数

据的效率和精度。

### 4.2 加强联合化

未来大坝的监测不仅需要监测本身的安全性,更需要考虑到周边环境的因素所带来的影响。围绕大坝的环境监测、气象监测、地质监测、水文监测,等领域的数据联合汇集,能够更好的对监测属性和分析过程进行整合分析,为决策部门提供更全面、更真实、更快速的数据信息。

### 4.3 注重可视化

未来监测技术将会更加注重数据可视化,通过3D、VR等虚拟技术的应用,将监测数据更加直观地呈现出来,使监测数据的展示方式更加灵活、多样化,提高数据传播的效果,更具科技感和艺术性。

### 4.4 注重可靠性和持续性

未来的监测技术中要注重对数据的准确性和稳定性,通过系统健康检测、鲁棒性优化、实施网络红外、激光、电磁等多重检测手段,提高信号采集、信息传输和数据处理精度和稳定性,使监测数据更加可靠。并且,未来的监测技术还需要注重其持续性,安装可持续监测系统,提高监测网络稳定性,从而确保监测能够稳定持续地运行<sup>[3]</sup>。

综上所述,未来大坝安全监测技术将会更加智能化、联合化、可视化、可靠性和持续性。并且,随着新技术的不断涌现和应用,大坝安全监测技术将会迎来更加广阔的发展前景。

## 结束语

大坝作为重要的水利工程设施,是保障国民经济发展、防洪减灾等方面的重要基础设施。本文主要从大坝安全监测的必要性、发展历程、检测技术和未来发展趋势等方面进行了阐述。通过本次探讨,我们可以发现,大坝安全监测技术正在不断的发展和升级,其意义愈发重要。同时,我们也需要看到目前技术在数据分析和设备使用年限上存在的问题和局限性。未来,随着技术的不断进步和发展,智能化、联合化、可视化、可靠性和持续性等将成为大坝安全监测技术的发展趋势。总之,大坝安全监测技术的不断完善和发展,将为大坝的安全和可持续发展提供有力的保障,对于我国水利工程事业的发展也将做出重要的贡献。

## 参考文献

- [1]李娟.大坝安全监测技术发展现状及趋势分析.四川水利,2017,35(7):85-87.
- [2]张琳,吕嘉茵.浅论大坝安全监测技术的现状及未来发展.水电能源科学,2018(02):121-124.
- [3]朱慧杰,葛广涛.环境监测与大坝安全监测的联合应用.水利水电科技进展,2021,41(1):49-54.