

# 水利测量中自动化监测技术研究

邓国义<sup>1</sup> 李振林<sup>2</sup>

1. 广西珠委南宁勘测设计院有限公司 广西 南宁 530000

2. 珠江水文水资源勘测中心 广东 广州 510000

**摘要:** 随着科学技术的不断发展, 自动化监测技术在水利测量中的应用日益广泛。本文旨在探讨水利测量中自动化监测技术的现状、应用、优势以及发展趋势, 为水利工程建设和管理提供科学的技术支持。通过综述相关文献, 本文分析了GPS、GIS、光纤监测、三维激光扫描等多种自动化监测技术在水利测量中的应用, 并讨论了其在实际工程中的效果和前景。

**关键词:** 自动化监测技术; 水利测量; GPS; GIS; 光纤监测; 三维激光扫描

## 引言

水利测量是水利工程设计和施工的基础, 其准确性和及时性对水利工程的安全和效益至关重要。传统的人工测量方法效率低、误差大, 难以满足现代水利工程对高精度、实时性测量的需求。因此, 自动化监测技术逐渐成为水利测量领域的研究热点。

## 1 自动化监测技术在水利测量中的应用

### 1.1 自动化监测技术的概述

自动化监测技术是现代科技在水利测量领域的重要应用, 它通过高精度的传感器、实时的数据传输和处理系统, 实现了对水利工程各项指标的连续、自动监测。这种技术不仅提高了测量的准确性和效率, 还为水利工程的安全运行和管理提供了有力的技术支持。

#### 1.1.1 GPS与GIS技术在水利测量中的应用

#### 1.1.2 GPS技术

GPS (全球定位系统) 技术在水利测量中占据着举足轻重的地位。作为一种基于卫星的导航系统, GPS通过接收机接收来自多颗卫星的信号, 并利用三角测量原理, 可以实现对地球上任何一点的精确定位。在水利水电工程中, GPS技术的应用尤为广泛, 其高精度、全天候、连续性的定位能力为水利测量带来了革命性的变革。在水下区域的地形测绘方面, GPS技术发挥了不可替代的作用。传统的水下测绘方法往往受到水流、能见度、水深等多种因素的限制, 测量精度和效率都相对较低。而GPS技术的引入, 通过与潮位仪、声纳设备、终端装置等设备的结合使用, 实现了对水下地形的精确测绘。具体来说, GPS接收机可以实时获取测量点的三维位置信息 (经度、纬度、高程), 而潮位仪则提供水位变化的数据, 声纳设备负责扫描水下地形并获取深度信息, 终端装置则负责将这些数据进行整合和处理, 最终生成准确、详细

的水下地形图。这不仅提高了测绘的精度和效率, 还为水利工程的规划、设计和施工提供了可靠的数据基础<sup>[1]</sup>。此外, GPS技术还广泛应用于水利工程的变形监测。水利工程在运行过程中, 由于受到水压、土压力、温度应力等多种力的作用, 可能会发生变形。通过GPS技术, 可以实时监测工程结构 (如大坝、堤防、桥梁等) 的变形情况, 包括水平位移、垂直沉降等。一旦发现异常变形, 可以及时采取措施进行处理, 确保工程的安全运行。这不仅提高了工程的安全性, 还降低了维护成本。

### 1.2 GIS技术

GIS (地理信息系统) 技术是一种集地理信息采集、处理、分析和显示于一体的综合性技术。它相比于传统的人工记录和测量方式, 具有更高的效率和准确性, 为水利测量提供了全新的手段和方法。在水利测量中, GIS技术可以实现对地理信息的全面采集和处理。通过结合地理信息数据库和电子信息采集系统 (如遥感卫星、无人机等), GIS技术可以获取水利工程所在区域的地理位置、地形地貌、水文地质、气象条件等详细信息。这些信息是多空间、多维度、多架构层次的, 为水利工程的规划、设计和施工提供了全面的数据支持。例如, 在规划阶段, GIS技术可以帮助工程师分析地形地貌特征, 选择合适的工程位置; 在设计阶段, GIS技术可以辅助设计师进行工程布局和优化; 在施工阶段, GIS技术可以实时监控工程进度和质量。同时, GIS技术还具有强大的地理信息分析能力<sup>[2]</sup>。通过构建三维数字地形模型、水文模型等, GIS技术可以直观地展示水利工程的空间分布和形态特征, 为工程的设计和优化提供有力的视觉支持。此外, GIS技术还可以对测量数据进行统计和分析, 提取出有用的信息 (如流域面积、河网密度、降雨量分布等), 为水利工程的决策和管理提供科学依据。例如,

在洪水预警方面，GIS技术可以结合水文模型和实时降雨数据，预测洪水的发生和发展趋势，为防汛减灾提供有力支持。

### 1.3 光纤监测技术

光纤监测技术在大坝变形监测中得到了广泛应用，并逐渐成为水利工程安全监测领域的重要手段。光纤传感器，作为光纤监测技术的核心组件，通过感应光参数（如光强、相位、波长等）的细微变化来精确测量变形数据。这种技术以其抗干扰能力强、监测精度高的显著特点，在水利工程安全监测中展现出了巨大的潜力。在大坝变形监测的具体应用中，光纤传感器被精心埋设或粘贴在大坝的关键部位，如坝体、坝基、溢洪道等。这些传感器如同大坝的“神经末梢”，时刻感知着大坝的微小变化。当大坝因水压、温度变化或地质因素而发生变形时，光纤传感器会迅速感应到光参数的变化，并将这种变化转化为电信号进行传输和处理。通过分析这些电信号，监测人员可以实时掌握大坝的变形情况，包括变形量、变形速率、变形方向等关键信息。除了大坝变形监测，光纤监测技术还在水利水电工程的其他安全监测领域发挥着重要作用。在水电站机组振动监测中，光纤传感器能够精确测量机组的振动频率、振幅等参数，为机组的运行状态评估和维护提供有力支持。在隧洞、管道等地下结构的监测中，光纤监测技术同样能够发挥重要作用，实时监测结构的变形、裂缝和破损情况，确保地下结构的安全稳定。此外，光纤监测技术还具有远程监测和实时预警的能力。通过构建光纤监测网络，监测人员可以在远程监控中心实时查看大坝等水利工程的变形数据，一旦发现异常变形或潜在安全隐患，可以立即发出预警信号，为应急响应和处置赢得宝贵时间。

### 1.4 三维激光扫描技术

三维激光扫描技术是一种先进的监测方式，它将激光信号转化为电信号，通过激光发射和回波信号接收来精确测量被测物体与测站之间的距离。这种技术以其测量速度快、精度高、非接触式测量等优点，在地质灾害监测和水利工程变形监测等领域展现出了广泛的应用前景。

在地质灾害监测中，三维激光扫描技术能够实时监测山体滑坡、泥石流等地质灾害的发生和发展情况。通过定期扫描地质灾害易发区域，构建三维坐标模型，监测人员可以直观地了解地质灾害的空间分布和形态特征，为灾害的预警和防治提供有力支持。同时，三维激光扫描技术还可以对地质灾害的变形过程进行动态监测，为灾害机理研究和防治措施的制定提供科学依据。在水利工程变形监测中，三维激光扫描技术同样发挥着重

要作用。在大坝、堤防等水利工程的变形监测中，三维激光扫描技术能够精确测量工程的变形量、变形方向等参数，为工程的安全评估和维护提供科学依据<sup>[3]</sup>。通过定期扫描水利工程的关键部位，构建三维模型，监测人员可以对比不同时间点的模型数据，分析工程的变形趋势和潜在安全隐患。此外，三维激光扫描技术还可以应用于水利工程的施工监测和质量控制。在施工过程中，通过三维激光扫描技术对施工部位进行实时扫描和测量，可以确保施工质量和进度符合设计要求。同时，三维激光扫描技术还可以为工程的竣工验收和后期维护提供准确的测量数据支持。

## 2 自动化监测技术的优势

### 2.1 提高测量精度和效率

自动化监测技术通过集成高精度传感器和实时数据传输系统，为水利工程测量带来了革命性的变革，显著提高了测量精度和效率。传统的人工测量方法往往受限于人为操作的不稳定性、环境条件的多变性和测量工具本身的精度限制，导致测量结果存在一定的误差和不确定性。而自动化监测技术则采用先进的传感器，这些传感器具有高度的灵敏度和稳定性，能够实时、准确地捕捉并记录测量数据，有效减少了人为误差和外界干扰的影响。同时，自动化监测系统还具备强大的数据处理和分析能力。通过内置的算法和模型，系统能够对测量数据进行实时处理，快速提取出有用的信息，并生成准确的测量报告。这种实时的数据处理和分析方式，不仅提高了测量结果的可靠性和准确性，还为水利工程的设计、施工和运行提供了及时、有效的数据支持。这种高精度的测量方式，使得工程师能够更加准确地了解工程的状态和性能，为工程的安全评估、优化设计和维护管理提供了科学依据。

### 2.2 实现远程监控和预警

自动化监测技术的另一个显著优势是实现远程监控和预警功能。通过无线网络或有线通信方式，监测数据可以实时传输到数据中心或监控中心，监测人员无需亲临现场即可随时随地了解水利工程的安全状况。这种远程监控方式不仅提高了监测的灵活性和便捷性，还大大降低了监测人员的工作强度和风险。一旦监测数据出现异常或超过预设的阈值，自动化监测系统会自动发出预警信号，通过短信、邮件或声光报警等方式及时提醒监测人员。这种即时的预警机制使得潜在的安全隐患能够得到及时处理，有效防止了事故的发生和扩大。同时，自动化监测系统还可以与其他智能系统进行集成，如与地理信息系统（GIS）、全球定位系统（GPS）等结合使

用,实现更全面的监测和预警功能。通过这些系统的协同工作,可以更加准确地定位安全隐患的位置和范围,为应急处理提供有力的支持和指导。

### 2.3 降低人工成本

自动化监测技术的另一个重要优势是显著降低人工成本。传统的人工测量方法需要大量的人力投入,而且测量过程往往受到环境条件和天气等因素的影响,导致测量工作效率低下且成本高昂。而自动化监测系统则可以全天候、不间断地进行测量和数据传输,无需人工干预即可完成大部分测量工作。这不仅大大减少了人工测量工作量,还提高了测量的连续性和稳定性。同时,自动化监测系统的运行和维护也相对简单方便。通过远程操作界面,管理人员可以轻松地对系统进行监控和管理,及时发现并处理系统中的问题。这种远程操作和维护方式不仅降低了对专业人员的依赖,还减少了现场维护的频次和成本。此外,自动化监测技术的应用还可以提高水利工程的管理水平和效益<sup>[4]</sup>。通过实时获取和分析监测数据,管理人员可以更加准确地了解工程的安全状况和运行情况,及时发现并处理潜在的问题。这种精细化的管理方式不仅可以提高工程的安全性和可靠性,还可以延长工程的使用寿命,降低维修和维护成本。同时,自动化监测技术还可以为工程的优化设计和运行管理提供科学依据,进一步提高工程的整体效益和可持续性。

## 3 自动化监测技术在水利测量中的实际应用案例

### 3.1 黄河小浪底大坝监测自动化系统

黄河小浪底大坝作为中国重要的水利工程之一,其安全运行至关重要。为了确保大坝的安全,黄河小浪底大坝监测自动化系统应运而生。该系统是国内较早建成的大型监测自动化系统之一,采用了多种先进的传感器和通信方式,实现了对大坝变形、渗流、库水温等关键参数的实时监测和预警。具体来说,该系统通过在大坝关键部位安装位移传感器、应力传感器、渗流计等,实时采集大坝的变形、应力、渗流等数据。同时,系统还通过温度计监测库水温的变化,为大坝的安全运行提供全面的数据支持。这些数据通过有线或无线通信方式实时传输到数据中心,监测人员可以随时了解大坝的安全状况。通过自动化监测系统的运行,黄河小浪底大坝的安全运行水平得到了显著提高。系统能够及时发现大坝的异常变形、渗流等情况,为管理人员提供准确的预警

信息,使他们能够迅速采取措施进行处理,确保大坝的安全运行。

### 3.2 南水北调中线工程监测自动化系统

南水北调中线工程是中国重大的跨流域调水工程,其输水线路长、泵站多、水库大,监测任务繁重。为了确保工程的安全运行和供水效益,南水北调中线工程监测自动化系统应运而生。该系统是目前世界上接入内观传感器数量最多的自动化系统之一,采用了多种自动化监测技术,实现了对输水线路、泵站、水库等关键部位的实时监测和预警<sup>[5]</sup>。该系统通过安装在水渠、泵站、水库等关键部位的传感器,实时采集水位、流量、压力、变形等数据。同时,系统还通过视频监控设备对工程现场进行实时监控,确保工程的安全运行。这些数据通过有线或无线通信方式实时传输到数据中心,监测人员可以随时了解工程的安全状况和运行情况。通过自动化监测系统的运行,南水北调中线工程的安全运行和供水效益得到了有效保障。系统能够及时发现工程的异常情况,如水位异常、流量突变等,为管理人员提供准确的预警信息。同时,系统还能够对工程的运行情况进行实时分析,为管理人员提供决策支持,确保工程的稳定运行和高效供水。

### 结束语

自动化监测技术在水利测量中的应用具有显著的优势和广阔的发展前景。通过综述相关文献和实际案例分析,本文探讨了自动化监测技术在水利测量中的应用现状、优势以及发展趋势。随着科学技术的不断进步和水利工程的不断发展,自动化监测技术将在水利测量中发挥越来越重要的作用。

### 参考文献

- [1]谷向福.水利工程施工阶段测量技术分析[J].黑龙江科技信息,2016,(25):231.
- [2]黄磊.浅析水利工程施工中的测量技术[J].智能城市,2016,2(05):87.
- [3]李福华.水利工程施工测量技术初探[J].科技展望,2015,25(30):73.
- [4]冯辉.水利工程测量质量的影响因素和有效措施[J].河南水利与南水北调,2020,49(06):63-64.
- [5]宋立明.浅谈水利工程测量中的常见问题[J].科技创新,2020(16):122-123.