

激光雷达测量系统在水库安全检测中的应用

周绍青 贺纪国 张成 朱向国

中国冶金地质总局山东局, 山东 济南 250101

[摘要] 随着科技的不断发展, 激光雷达测量系统在水库安全检测中的应用逐渐成为研究和实践的焦点, 基于其高精度、高效率的特点, 为水库工程的安全性评估和监测提供了重要的技术支持, 有望成为水利工程领域的一项创新技术。文章通过对激光雷达测量系统的概述和优势进行阐述, 深入探讨了其在水库安全检测中的具体应用。

[关键词] 激光雷达; 测量系统; 水库安全检测

DOI: 10.33142/sca.v7i2.11270

中图分类号: TP212

文献标识码: A

Application of Laser Radar Measurement System in Reservoir Safety Inspection

ZHOU Shaoqing, HE Jiguo, ZHANG Cheng, ZHU Xiangguo

Shandong Bureau of China Metallurgical Geology Bureau, Ji'nan, Shandong, 250101, China

Abstract: With the continuous development of technology, the application of Laser Radar measurement system in reservoir safety detection has gradually become a focus of research and practice. Based on its high-precision and high-efficiency characteristics, it provides important technical support for the safety assessment and monitoring of reservoir engineering, and is expected to become an innovative technology in the field of water conservancy engineering. The article elaborates on the overview and advantages of Laser Radar measurement systems, and delves into their specific applications in reservoir safety detection.

Keywords: Laser Radar; measurement system; reservoir safety inspection

引言

在水利工程领域, 水库作为重要的水资源调控和供应设施, 其安全性和稳定性一直备受关注。然而, 传统的水库安全监测方法在实时性、精度和全面性方面存在局限, 未能完全满足对水库结构及其周边环境变化的准确监测需求^[1]。因此, 寻求一种高效、精准且全面的水库安全检测方法显得尤为重要。

传统的监测方法如手工测量或传感器监测通常无法实现全面的、高精度的数据获取, 而激光雷达测量系统作为一种新兴技术, 其高精度的三维数据采集能力以及快速、非接触的特性为水库结构监测带来了新的可能性。然而, 在水库安全检测方面, 激光雷达技术的应用尚处于探索阶段。因此, 本研究旨在深入探讨激光雷达测量系统在水库安全检测中的具体应用, 探索其在水库结构形变、裂缝监测以及周边地形测绘方面的潜在价值和适用性。

1 激光雷达测量系统概述

激光雷达测量系统是一种利用激光技术进行高精度三维测量的先进工具, 其基本原理是通过发射激光脉冲并测量其返回时间, 从而计算目标物体的距离, 进而获取其精确的三维坐标信息, 这一系统通常包括激光发射器、接收器、定位系统等组成。在操作过程中, 激光雷达发射脉冲激光束, 该激光束与目标表面接触并被反射回来, 通过测量激光的飞行时间, 系统能够计算出目标的距离, 通过旋转或移动激光雷达设备, 可以获取目标物体的全方位三

维坐标数据^[2]。

激光雷达测量系统以其高度精确的测量能力和非接触式的特性而脱颖而出, 广泛应用于地形测绘、城市规划、建筑监测等领域。其优势在于高度精准的测量, 能够实现毫米级别的测距精度, 使其成为三维空间数据采集领域的重要工具。此外, 激光雷达系统具有快速获取大范围数据的能力, 能够在较短时间内完成对目标区域的全面测量, 适用于对复杂、高危险性的区域进行测量。

2 激光雷达测量系统优势

激光雷达系统相对于超声波和毫米波雷达, 在水库安全监测中具备更高的可靠性、稳定性和及时性。其不受天气影响、持续高精度的测量能力使其成为水库结构监测的理想选择, 能够有效提高水库安全性评估和管理的准确性和全面性^[3]。

2.1 激光雷达在恶劣天气条件下的可靠性凸显出其优势

相较于超声波和毫米波雷达, 激光雷达系统受天气影响较小。在恶劣天气情况下, 如浓雾、大雨或暴风雪等, 超声波和毫米波雷达易受到湿度、温度等因素的影响, 导致信号传输衰减或失真, 影响监测效果。然而, 激光雷达系统利用激光束进行测量, 不受大气中湿度等因素的影响, 能够保持较高的信号稳定性和测量精度。在恶劣天气条件下, 激光雷达系统相对于其他雷达技术更具可靠性, 能够持续有效地进行水库结构监测。

2.2 激光雷达系统在水库安全监测中展现出优异的稳定性

水库结构变化可能受到季节性、温度变化、水位波动等因素的影响，导致裂缝、变形等问题。激光雷达系统以其高精度的测量能力，能够持续、准确地监测这些微小变化。相比之下，超声波和毫米波雷达可能受频率选择、信号穿透性等因素限制，对于微小变化的监测能力较弱，难以达到激光雷达的稳定性水平。激光雷达系统在水库结构长期稳定性监测方面更具优势，能够有效识别微小变化，提前发现潜在问题。

2.3 激光雷达系统在恶劣天气条件下也能确保监测的及时性

在水库安全监测中，及时获取准确的数据对于发现潜在问题和采取预防措施至关重要。激光雷达系统因其不受天气影响的特性，在恶劣天气条件下仍能保持高效运作，确保数据的及时获取。相比之下，超声波和毫米波雷达受天气限制，可能出现监测数据不及时或不完整的情况，影响监测结果的准确性和全面性。激光雷达系统在水库安全监测中，在恶劣天气条件下依然能够保持数据的及时性，有助于及早发现可能存在的风险，采取相应的预防和处理措施。

3 激光雷达测量系统在水库安全检测中的应用

3.1 三维形状监测

三维形状监测是激光雷达系统在水库安全检测中的关键应用，通过该技术可以实现对水库结构的高精度、实时的形状监测，为工程师提供重要的结构健康状况数据^[4]。首先，激光雷达系统通过发射激光束并测量其返回时间，能够精确获取水库各部分的三维坐标信息，这种高精度的测量能力使得系统能够捕捉到水库结构微小的形状变化，甚至包括毫米级别的细微变动。与传统的测量方法相比，激光雷达系统不仅可以全方位、全天候地进行监测，而且其非接触式的特性确保了监测过程对水库结构本身没有影响，有效避免了传感器可能引入的误差。其次，三维形状监测通过对比不同时间点的激光测量数据，可以检测到水库结构的实时形状变化，这对于监测水库的整体变形、扭曲等问题至关重要。水库结构受到多种因素的影响，包括地质条件、水位变化、季节性因素等，因此其形状可能会随着时间发生变化。通过激光雷达系统，工程师可以及时发现这些微小的变化，有助于对水库结构的稳定性进行及时评估。再次，三维形状监测在水库安全中的应用不仅局限于结构变形的检测，还包括对水库各个组成部分的详细监测。例如，可以监测水库坝体、溢洪道、进水口等部位的形状变化，以及其与周围环境的相互关系，这有助于发现潜在的问题，比如局部结构的沉降、位移等，提前采取修复和维护措施，确保水库的长期安全运行。另外，三维形状监测也为水库的设计和改进了提供了宝贵的数据支

持。通过对水库结构的详细形状信息进行分析，工程师可以更好地了解结构的力学特性，为未来的工程设计提供科学依据，这对于新建水库项目和对现有水库的改进设计都具有重要意义。总的来说，三维形状监测作为激光雷达系统在水库安全检测中的一项关键应用，通过其高精度、全面性的特点，为水库结构的实时监测和长期健康状况评估提供了强有力的技术支持，这不仅有助于预防水库结构可能存在的问题，还提高了水库的安全性，同时也为水利工程领域的科学研究和设计提供了重要的工具和数据。

3.2 裂缝监测

裂缝监测是激光雷达系统在水库安全检测中的重要应用，通过高精度的激光测量技术，系统能够及时、准确地发现水库结构表面的裂缝，为工程师提供关键的信息，以确保水库的结构完整性和长期稳定性。首先，激光雷达系统通过发射激光束并测量其返回时间，能够实现水库结构表面的高精度测量，使得系统能够探测到微小的裂缝，即便是毫米级别的变化也能被准确记录。相比传统的监测方法，激光雷达系统具有更高的测量精度和全面性，能够捕捉到裂缝的位置、长度、深度等关键信息。其次，激光雷达系统的高效率和实时性使得裂缝监测能够持续进行，不受时间和环境的限制，系统可以定期或实时地对水库结构进行监测，将不同时间点的激光测量数据进行比对，以发现裂缝的演变趋势，这种连续的监测能力为工程师提供了更为全面和及时的数据，有助于及早发现潜在的结构问题，提高维护和修复的效率。再次，裂缝监测的关键价值是提供了对水库结构变化的早期警示，微小的裂缝是结构问题的初期信号，通过激光雷达系统，工程师可以在裂缝扩大之前就捕捉到这些迹象，这有助于采取及时的措施，防止裂缝问题进一步发展，确保水库的安全性。此外，激光雷达系统在裂缝监测中是非接触性质。相比传感器直接接触结构表面的方法，激光雷达系统不会对水库结构本身产生影响，不会引入附加的应力或变形，这有助于确保监测的准确性，并避免了可能对水库结构造成的进一步损害。最后，裂缝监测为工程师提供了详细的裂缝信息，包括裂缝的形态、方向、变化速率等，有助于深入分析结构的状况，制定精准的维护计划和修复策略。通过更好地了解裂缝的性质，工程师可以采取有针对性的措施，延缓或防止裂缝的进一步发展，从而保障水库的长期安全性。

3.3 渗漏点探测

渗漏点探测利用激光雷达系统的高精度、高灵敏度以及非接触性质，能够有效地识别水库结构表面可能存在的渗漏点，为水库安全性和运行管理提供重要支持。首先，激光雷达系统具备高度的测量精度和灵敏度，能够探测到微小的高程变化。当水库结构存在渗漏问题时，可能会在结构表面形成微小的凹陷或凸起，导致局部的高程变化。激光雷达系统能够捕捉到这些微小的高程变化，帮助精确定位潜

在的渗漏点,即使是毫米级别的渗漏也能被准确识别。

其次,激光雷达系统具有非接触性,能够远距离、高效率地进行测量,无需直接接触水库结构表面,这种特性使得渗漏点探测过程不会对水库结构造成进一步影响,不会引入额外的损伤或干扰,确保了监测的准确性和结构的完整性。再次,渗漏点探测通过连续或定期监测水库结构表面的高程变化,能够及时发现潜在的渗漏点,包括裂缝、孔洞等可能引起水库渗漏的部位,有助于工程师及早发现水库结构可能存在的问题,并采取针对性的修复措施,防止渗漏问题进一步扩大,保障水库的密封性和结构完整性。另外,激光雷达系统在渗漏点探测中还能够提供详细的渗漏点地图。系统能够记录渗漏点的位置、大小、形态等关键信息,为工程师提供了全面的数据支持,有助于进行渗漏点的分析和诊断,制定有效的维护计划和修复方案,最大限度地减少渗漏问题对水库的影响。最后,渗漏点探测技术在水库安全检测中的应用还能够提升水库管理的效率和可持续性,通过及时发现并解决渗漏问题,可以避免水库水源的浪费、土壤侵蚀以及可能带来的结构损害,有利于维持水库的运行效率和可持续发展。总之,激光雷达测量系统在渗漏点探测方面的应用为水库安全性的维护和管理提供了重要技术支持,其高精度、非接触性和实时监测的特性使其成为及时发现水库结构渗漏问题、采取有效措施的关键工具,有助于确保水库的安全稳定运行。

3.4 应急响应和灾害预警

激光雷达测量系统在水库安全检测中,尤其是在应急响应和灾害预警方面,具有相对超声波、毫米波等雷达技术的显著优势。首先,激光雷达系统相对于超声波雷达具有更高的测量精度和分辨率。激光雷达系统通过发射激光束并测量其返回时间,能够实现对水库及其周边环境的高精度三维测量,与超声波雷达相比,激光雷达系统的测量精度更高,能够捕捉到微小的地形和结构变化,为应急响应提供更详细、可靠的数据。其次,激光雷达系统在复杂的天气条件下表现更为稳定。在恶劣天气条件下,如浓雾、大雨、强风等,超声波雷达可能受到声波传播的阻碍,导致信号衰减或失真,而激光雷达系统通过光学传播,相对于声波传播更为稳定,不易受到天气影响。这种稳定性使得激光雷达系统在不同天气条件下能够持续、可靠地进行监测,为灾害预警和应急响应提供了强大的支持。此外,

激光雷达系统相对于毫米波雷达在复杂地形中具有更高的穿透力,毫米波雷达的信号在雨雪等天气条件下容易被散射和吸收,降低了在复杂环境中的可靠性,而激光雷达系统的激光束能够穿透一些障碍物,如雨雪,而不受太大影响,确保在各种环境中都能够提供稳定的监测数据。最后,在应急响应和灾害预警方面,激光雷达系统具有及时性,其高效率的测量能力和实时性使得系统能够迅速获取并分析数据,及时发现可能的危险情况。在水库监测中,例如在降雨量剧增、水位急剧上升等突发情况下,激光雷达系统能够提供实时的地形变化信息,为水库管理者提供及时的灾害预警和应急决策支持。总体而言,相对于超声波、毫米波雷达技术,激光雷达系统在水库安全监测中在可靠性、稳定性和及时性方面具备更为优越的特点,这使得激光雷达系统在应对恶劣天气条件下的水库监测、应急响应和灾害预警方面更为可靠,为提高水库安全性和减轻灾害风险提供了强有力的技术支持。

4 结束语

激光雷达测量系统作为一项先进的测量技术,在水库安全检测中表现出独特的优势。激光雷达测量系统在水库安全检测中的周边地形测绘应用为水库管理提供了丰富的地理信息,包括三维形状监测、裂缝监测、渗漏点探测、应急响应和灾害预警等多方面数据,这种全面的地理信息有助于优化水库规划、提高水库管理效率,并为水库的安全性评估和应急响应提供科学支持。在未来,随着激光雷达技术的不断创新和完善,相信其在水利工程领域的应用将进一步拓展,为水库的安全运行和管理提供更为强大的支持。

[参考文献]

- [1]张占勇,付伟锋.多平台激光雷达测量系统在河道堤防测量中的应用[J].广东水利水电,2023(1):5.
- [2]包善文.航空摄影与机载激光雷达集成技术在水利测量中的应用[J].测绘与空间地理信息,2023,46(1):236-239.
- [3]汪锡清,胡翠萍,何卫春,等.无人测量船感知系统中激光雷达技术应用研究[J].舰船科学技术,2023,45(15):87-90.

作者简介:周绍青(1973.10—),男,工程师,学历:本科,所学专业:成都理工大学电子仪器及测量技术专业。