

水利工程测绘中激光雷达技术应用研究

豆计龙

河北昊禹工程技术咨询有限公司 天津 300202

摘要：文章探讨了激光雷达技术在水利工程测绘的应用与研究，该技术显著提升了测绘精度，增强了抗干扰能力，并展现出高效自动化的优势。在地形测绘、水体测量、河道变形监测及水资源管理等关键环节，激光雷达发挥不可替代的作用。展望未来，随着技术不断进步，激光雷达的精度将持续提升，植被穿透能力增强，智能化自动化发展，进一步巩固其在水利工程可持续利用和管理中的核心地位。

关键词：水利工程；激光雷达技术；应用研究

1 水利工程测绘在水利工程建设中的重要性

水利工程测绘在水利工程建设中占据着举足轻重的地位，是确保工程安全、质量和效益的基石。首先，测绘工作为水利工程的规划与设计提供了基础数据支持。通过精确的地形测量、水文观测和地质勘探，能够全面了解工程区域的自然环境条件，为工程布局、结构设计和施工方案制定提供科学依据。这些数据的准确性和全面性直接关系到工程设计的合理性和可行性，是避免工程隐患、提高工程效益的重要前提。其次，水利工程测绘在工程施工阶段发挥着至关重要的作用。在施工过程中，测绘工作不仅需要实时监测工程进展和变形情况，还需要进行施工放样、质量检测和实时监控等工作，确保工程按照设计要求有序进行。精准的施工测量能够有效避免误差累积，提高施工精度，保障工程结构的稳定性和耐久性^[1]。另外，水利工程测绘还为工程运营管理和维护提供了可靠的技术支撑。通过定期的水利工程测绘，可以掌握工程的运行状态和变化规律，及时发现并处理潜在的安全隐患，为工程的安全运行和长期效益提供保障。同时，测绘数据也为工程的改扩建和改造提供了重要的参考依据。

2 水利工程测绘中激光雷达技术原理

在水利工程测绘领域，激光雷达技术以其独特的原理展现出了强大的应用潜力。其核心技术原理主要围绕激光测距与时间差计算展开。激光雷达系统首先通过精密的激光器发射一束或多束激光脉冲，这些脉冲以极高的速度穿越空气，直至它们击中地面或目标物体表面。当激光脉冲照射到目标物时，部分光能被反射回来，被系统内的接收器所捕捉。在这一过程中，激光雷达系统精确记录激光脉冲从发射到接收的时间差。由于激光在空气中的传播速度接近光速（约为每秒299,792公里），通过测量这个时间差，并结合光速值，系统能够

计算出激光脉冲往返目标物所经过的距离。通过结合激光雷达的扫描机制，可以连续、快速地获取目标区域的三维点云数据。这些数据不仅包含了目标物表面的高程信息，还包含了其精确的三维坐标，为水利工程测绘提供了前所未有的高精度、高密度的三维地形模型。这一原理使得激光雷达技术在水利工程测绘中能够高效、准确地完成地形测量、变形监测、水体形态分析等任务，极大地推动了水利工程建设和管理的现代化进程。

3 激光雷达技术在水利工程测绘中的应用优势

3.1 高精度测量

激光雷达技术在水利工程测绘中的首要应用优势在于其高精度测量能力。相较于传统的测绘方法，激光雷达能够提供厘米级甚至毫米级的三维点云数据。这种高精度测量对于水利工程至关重要，因为水利工程的稳定性和安全性往往取决于地形、水文条件及结构物的精确建模。激光雷达通过发射激光脉冲并精确测量回波时间，结合精密的算法处理，能够直接获取地表的详细三维形态，包括微小的地形起伏、水体边界变化及建筑物结构特征等。这种高精度数据不仅提升工程设计的准确性，也为后续的施工监测和运营管理提供可靠的基础资料^[2]。

3.2 抗干扰能力强

在水利工程测绘过程中，常常面临复杂多变的自然环境条件，如茂密的植被覆盖、恶劣的天气状况以及复杂的地形地貌等。这些因素都可能对测绘工作的精度和效率产生影响。而激光雷达技术以其强大的抗干扰能力脱颖而出。首先，激光具有较强的穿透能力，能够在一定程度上穿透植被覆盖层，直接获取地表高程信息。其次，激光雷达采用主动式测量方式，不依赖于自然光源，因此在夜间或雾霾等恶劣天气条件下也能正常工作。此外，激光雷达系统内部集成有先进的信号处理和数据滤波算法，能够有效抑制噪声和干扰信号，确保测

量数据的准确性和稳定性。

3.3 高效与自动化

激光雷达技术在水利工程测绘中的另一大应用优势在于其高效与自动化的特点。激光雷达系统能够快速、连续地采集目标区域的三维点云数据，极大地提高了测绘工作的效率。激光雷达系统通常配备有先进的自动化控制软件 and 数据处理平台，能够自动完成数据采集、预处理和初步分析等工作流程，减少人工干预和错误率。这种高效与自动化的特点不仅缩短了测绘周期，降低人力成本，还提高了数据的准确性和可靠性。在大型水利工程建设中，激光雷达技术能够迅速获取大范围区域的三维地形模型，为工程规划、设计和施工提供有力的技术支持。

4 激光雷达技术在水利工程测绘中的应用

4.1 地形测绘与数字高程模型构建

激光雷达技术在水利工程测绘中通过快速扫描目标区域，精确获取地表的三维坐标数据，为地形测绘提供了前所未有的高精度、高密度数据支持。在地形测绘过程中，激光雷达系统发射的激光脉冲能够穿透植被覆盖层，直接照射到地面，反射回来的信号被高精度接收器捕捉。这些数据经过处理，可以生成详尽的三维点云图，准确反映地表的起伏形态、水体分布及地形特征等。基于这些点云数据，结合专业的测绘软件和算法，可以进一步构建出高精度的数字高程模型（DEM）。DEM是数字地形模型的一种，它以数字形式表示地形表面的高程信息，能够直观地展示地形的三维形态。在水利工程中，DEM不仅可用于工程规划、设计阶段的地形分析、水流模拟和淹没区预测，还可用于施工期间的土方量计算、变形监测以及运营阶段的洪水风险评估和灾害应急响应。激光雷达技术以其高精度和自动化特点，大大提高DEM构建的效率和准确性，为水利工程的科学决策、精细化管理和智能化运维提供了坚实的数据基础^[1]。

4.2 水体表面测量与水利工程设计

激光雷达技术在水利工程测绘中的应用广泛且深入，特别是在水体表面测量与水利工程设计方面展现出了极大的价值。这一技术通过精准捕捉水体表面的三维坐标数据，为水利工程设计提供了详细而准确的水文地形信息。在水体表面测量中，激光雷达系统能够穿透水面上的微小波动和反光，直接捕捉到水体底部的形态和深度变化。这一能力对于水库、湖泊、河流等水体的容积计算、水位监测、水流分析至关重要。通过激光雷达获取的水体表面及底部三维数据，可以生成高精度的水下地形图，帮助工程师准确评估水资源的存储量、水

流动态以及水体对周边环境的影响。在水利工程设计阶段，激光雷达技术提供的数据支持同样不可或缺。工程师可以利用这些数据进行淹没分析，预测不同水位下的淹没范围和深度，从而合理规划堤防、泄洪闸、泵站等水利设施的位置和规模。基于激光雷达数据构建的数字高程模型（DEM）还可以用于水流模拟，模拟不同设计方案下的水流路径、流速和冲刷情况，为工程设计的优化提供科学依据。总之，激光雷达技术在水利工程测绘中的应用，极大地提升了水体表面测量的精度和效率，为水利工程的科学设计和安全建设提供了有力保障。

4.3 河道变形观测与灾害预警

激光雷达技术在水利工程测绘中的另一个重要应用是河道变形观测与灾害预警。这一技术的应用，为水利工程的维护与安全管理提供了强大的技术支持。河道作为水利系统的重要组成部分，其形态和稳定性直接影响到周边地区的安全与生态环境。然而，自然因素（如水流冲刷、岸坡侵蚀）和人为活动（如采砂、建筑施工）往往会导致河道发生变形，甚至引发滑坡、泥石流等灾害。激光雷达技术通过定期或实时监测河道的三维形态变化，能够及时发现河道的微小变形和潜在的不稳定区域。在监测过程中，激光雷达系统能够高精度地测量河道两岸及河床的高程数据，并通过与历史数据进行对比分析，快速识别出河道的变形趋势和速率。这些数据不仅有助于工程师评估河道的稳定性，还可以预测未来可能发生的灾害风险。结合先进的数据处理和分析技术，激光雷达监测数据还可以被用于构建灾害预警系统。系统能够自动分析河道变形数据，结合气象、水文等多源信息，评估灾害发生的可能性，并向相关部门和公众发出预警信息。这对于提前采取措施，减少灾害损失，保障人民生命财产安全具有重要意义。

4.4 水资源管理与保护

激光雷达技术在水利工程测绘中的应用不仅限于传统的地形测绘和水体测量，它在水资源管理与保护方面也发挥着重要作用。通过提供高精度、高分辨率的三维数据，激光雷达技术为水资源的科学管理和有效保护提供了坚实的数据基础。在水资源管理方面，激光雷达技术能够协助监测水体的动态变化，包括水位的升降、水量的增减以及水质的分布情况等。这些数据对于合理的水资源分配方案、评估水资源的可持续利用能力至关重要。通过定期的激光雷达扫描，可以建立起水体形态的数字档案，实时监测水资源的动态变化，确保水资源的合理利用和管理。激光雷达技术在水资源保护方面也发挥了积极作用；通过精确测量河流、湖泊等水体的

边界和水深,可以绘制出详细的水资源分布图,明确界定水资源的保护区域和范围。这对于防止非法取水、保护水质和生态系统具有重要意义。

5 激光雷达技术在水利工程中的未来发展

5.1 技术创新趋势

激光雷达技术在水利工程中的应用正处于快速发展阶段,技术创新是其持续前行的关键动力。第一,是提升测量精度与分辨率。随着光学技术的不断进步,激光雷达系统的测量精度将进一步提高,能够捕捉更细微的地形变化和建筑物细节,为水利工程设计提供更为精确的数据支持。第二,增强植被穿透能力将是另一个重要趋势。当前,尽管激光雷达在植被覆盖区域表现出色,但仍存在提升空间。未来的技术创新将聚焦于优化激光束的波长和功率,以增强对密集植被的穿透力,实现更全面的地形测绘^[4]。第三,智能化与自动化将成为激光雷达技术的重要发展方向。通过集成人工智能和大数据分析技术,激光雷达系统将能够自动识别和分析测绘数据,提高数据处理效率和准确性,进一步降低人工干预成本。

5.2 发展前景与应用推广

激光雷达技术在水利工程领域的应用前景尤为光明,其发展前景与应用推广的广阔空间将体现在多个层面上的深度融合与创新。(1)应用领域的持续拓宽将是不可逆转的趋势。除却已成熟的测绘与监测功能外,激光雷达技术正逐步向水质监测、水量测量以及灾害预警等多元化领域延伸。通过精确捕捉水体中悬浮物浓度、温度、流速等关键参数,激光雷达将为水资源的质量评估与保护提供关键数据支持。(2)技术普及与成本降低将是推动激光雷达技术广泛应用的关键因素。随着科学技术的进步和制造工艺的完善,激光雷达设备的生产成本将大幅降低,使得更多中小型水利工程也能够负担得起这项技术的使用费用。随着国内外市场对高精度测绘与监测技术需求的不断增长,激光雷达技术的市场需求将持续扩大,进一步促进其产业化、规模化发展。(3)政策支持和市场需求将成为激光雷达技术在水利工程中广泛应用的重要驱动力。政府部门对水利基础设施建设

的重视,以及对水利工程信息化、智能化发展的迫切需求,将出台一系列扶持政策,鼓励激光雷达等先进技术在水利行业的应用与推广。

5.3 可持续利用和管理

激光雷达技术在水利工程的可持续利用和管理方面将发挥重要作用;高精度的地形测量数据将为水利工程的规划、设计和运行提供可靠的依据,从而确保工程的安全稳定运行,减少因设计不当或运行管理不善而导致的损失;激光雷达技术能够实现实时监测和预警功能,及时发现和应对水利工程中的潜在问题,如水质污染、水量异常、地质灾害等,为工程的可持续利用提供有力保障。通过智能化管理和维护,激光雷达技术还能够优化水利工程的运行管理效率,降低运营成本,提高工程的经济效益和社会效益。因此,激光雷达技术在水利工程的可持续利用和管理中具有广阔的发展前景和应用价值。

结束语

综上所述,激光雷达技术以其高精度、抗干扰、高效自动化等优势,在水利工程测绘中展现出巨大的应用潜力和价值。随着技术的不断进步和应用领域的拓宽,激光雷达技术将进一步提升水利工程的规划、设计、施工及运维管理水平,推动水利事业的智能化和可持续发展。未来,应持续加大激光雷达技术的研发力度,促进技术创新与应用推广,为水利工程的科学决策与精细化管理提供更加坚实的技术支撑。

参考文献

- [1]李庆松.探究机载激光雷达技术在水利工程项目中的应用[J].内蒙古水利,2019(02):30-31.
- [2]陈科.机载激光雷达技术在水利水电工程中的应用[J].珠江水运,2018(13):18-19.
- [3]殷圣云.水利工程测绘中激光雷达技术应用研究[J].建材与装饰,2023,19(30):160-162. DOI:10.3969/j.issn.1673-0038.2023.30.054.
- [4]周媛.基于水利工程测绘中激光雷达技术的应用研究[J].水利科学与寒区工程.2022,5(10).DOI:10.3969/j.issn.2096-5419.2022.10.028.