

无人机测绘技术在人工河道断面测量中的应用

王美智

黄河水利委员会上游水文水资源局 甘肃 兰州 730000

摘要：人工河道在防洪、灌溉、航运等领域发挥着关键作用，对其断面精准测量是河道规划、维护与管理的重要基础。本文聚焦于无人机测绘技术在人工河道断面测量中的应用。阐述了人工河道断面测量的基本概念，深入剖析了无人机测绘技术的原理及系统组成，包括无人机平台、传感器设备等。详细介绍了其应用流程，涵盖测量前准备、数据采集、处理以及河道断面生成与分析等环节。通过无人机测绘技术，能够高效、精准地获取河道断面数据，为人工河道的规划、管理和维护提供可靠依据，在水利工程领域具有重要的应用价值和广阔的发展前景。

关键词：无人机测绘技术；人工河道；断面测量；应用

引言：人工河道在防洪、灌溉、航运等方面发挥着重要作用，准确的断面测量对于河道的科学管理和合理利用至关重要。传统的河道断面测量方法存在效率低、受地形限制等不足。随着无人机技术的飞速发展，其具有机动性强、成本低、精度较高等优势，逐渐被应用于测绘领域。无人机测绘技术凭借其独特的工作原理和系统组成，能够快速获取河道的多视影像等数据，为人工河道断面测量带来了新的思路和方法，有望改善传统测量的局限，提升测量的质量和效率。

1 人工河道断面测量概述

人工河道作为现代水利系统的关键组成部分，精准的断面测量对河道的全生命周期管理极为重要。在水利工程规划阶段，断面测量数据能帮助工程师评估河道的输水能力，合理设计堤坝、水闸等设施，提升河道行洪和水资源调配效率。在日常运维中，通过监测断面变化，能及时发现侵蚀、淤积等问题，以便开展针对性的修复和清淤工作。传统的人工河道断面测量，依赖水准仪和全站仪等设备，这种方式不仅耗时费力，在复杂地形或恶劣天气条件下，测量精度和效率会大打折扣，测量人员的安全也难以保障。此外，有限的测量点难以捕捉河道的细微变化，影响数据的完整性。随着测绘技术的不断发展，无人机测绘凭借机动性强、精度高的优势，为人工河道断面测量提供了新的技术路径，有望解决传统测量方法的弊端，进一步推动水利测量工作的数字化转型^[1]。

2 无人机测绘技术原理与系统组成

2.1 技术原理

无人机测绘技术融合了多种先进技术，其核心原理基于数字摄影测量与遥感理论。无人机搭载的高分辨率相机在飞行过程中，按照预定的航线和拍摄参数对地

面目标进行连续拍摄，获取大量具有一定重叠度的影像。这些影像包含了丰富的地面信息，通过影像匹配算法，能够识别出不同影像中相同地物的特征点。利用这些特征点的三维空间坐标关系，结合相机的内、外方位元素，基于共线方程原理，可以构建地面物体的三维模型。同时，借助全球导航卫星系统（GNSS）和惯性测量单元（IMU），能够精确确定无人机在飞行过程中的位置和姿态，为影像的空间定位提供基础数据，从而实现对地面目标的高精度测绘。

2.2 无人机测绘系统组成

2.2.1 无人机平台

作为整个系统的载体，无人机的性能直接影响测绘效果。根据不同的测量需求，可选择不同类型的无人机，如多旋翼无人机具有操作灵活、起降方便的特点，适合在地形复杂、空间有限的区域作业；固定翼无人机则具有续航能力强、飞行速度快的优势，适用于大面积的测绘任务。在人工河道断面测量中，多旋翼无人机能够更好地贴近河道飞行，获取更详细的河道信息。

2.2.2 传感器设备

传感器是获取数据的关键部件。常见的传感器包括光学相机、多光谱相机、激光雷达等。光学相机用于获取高分辨率的可见光影像，是构建河道三维模型和断面测量的基础数据来源。多光谱相机则可以获取不同波段的光谱信息，有助于分析河道周边的植被覆盖、水质等情况。激光雷达能够直接测量地面物体的距离信息，生成高精度的点云数据，对于快速获取河道地形信息具有重要作用。

2.2.3 地面控制系统

地面控制系统负责对无人机的飞行进行实时监控和操控。操作人员通过地面站软件设置飞行航线、高度、

速度等参数，实时接收无人机回传的飞行状态、影像数据等信息。同时，在飞行过程中，操作人员可以根据实际情况对无人机的飞行进行调整，确保测量任务的顺利进行。地面控制系统还具备数据存储和初步处理功能，能够对获取的原始数据进行整理和存储，为后续的数据处理提供基础。

2.2.4 数据处理软件

数据处理软件是将原始数据转化为有用测量成果的关键工具。常见的数据处理软件包括ContextCapture、PhotoScan、ArcGIS等。这些软件能够对无人机获取的影像数据和点云数据进行处理，实现影像拼接、三维建模、数字高程模型（DEM）生成以及断面图绘制等功能。不同软件在功能上各有侧重，在实际应用中，通常会结合使用多种软件，充分发挥它们的优势，以获取精确的测量结果^[2]。

3 无人机测绘技术在人工河道断面测量中的应用流程

3.1 测量前准备

3.1.1 研究区域分析与任务规划

在进行无人机测绘之前，需要对人工河道所在的研究区域进行详细分析。收集研究区域的相关资料，包括地形地貌、气候条件、周边环境等信息。通过对这些资料的分析，确定无人机的飞行范围、飞行高度以及航线规划。同时，考虑到人工河道可能存在的特殊情况，如河道上的桥梁、建筑物等，需要在任务规划中进行避让或特殊处理。根据测量精度要求，确定影像的重叠度和分辨率，以保证获取的数据能够满足河道断面测量的需求。

3.1.2 设备选型与调试

根据研究区域的特点和测量任务的要求，选择合适的无人机平台和传感器设备。如前所述，对于人工河道断面测量，多旋翼无人机搭配高分辨率光学相机是较为常见的选择。在设备选定后，需要对无人机和传感器进行严格的调试。检查无人机的飞行性能，包括电池电量、飞行稳定性、操控响应等。对传感器进行校准，确保相机的焦距、光圈、曝光时间等参数设置正确，以获取清晰、准确的影像数据。

3.1.3 像控点布设与测量

像控点是提高无人机测绘精度的重要基础。在研究区域内，根据地形变化和测量精度要求，合理布设像控点。像控点应选择在地面特征明显、易于识别和测量的位置，如道路交叉口、建筑物墙角等。像控点的分布要均匀，能够覆盖整个测量区域。使用高精度的测量仪器，如全球定位系统（GPS）接收机，对像控点的坐标进行精确测量。

3.2 数据采集

3.2.1 无人机飞行作业

在完成前期准备工作后，进行无人机飞行作业。操作人员按照预先规划好的航线，在合适的天气条件下操控无人机起飞。在飞行过程中，密切关注无人机的飞行状态和数据传输情况，确保无人机按照预定的高度、速度和航线飞行。根据实际情况，合理调整相机的拍摄参数，以获取高质量的影像数据。同时，要注意避免无人机受到强风、电磁干扰等因素的影响，确保飞行安全。

3.2.2 多视影像获取

无人机在飞行过程中，通过相机获取多视影像。多视影像是指从不同角度对同一地面区域拍摄的一组影像，它们之间具有一定的重叠度。这种重叠度是后续进行影像匹配和三维建模的基础。一般来说，航向重叠度应保持在60%-80%之间，旁向重叠度应保持在30%-60%之间。通过获取多视影像，可以更全面地获取地面物体的信息，提高三维模型的精度和完整性。在获取多视影像时，要确保相机的拍摄角度和位置准确，避免出现影像模糊、遮挡等问题。

3.3 数据处理

3.3.1 影像预处理

获取的原始影像数据需要进行预处理，以提高影像的质量和可用性。影像预处理包括影像去噪、几何校正、辐射校正等步骤。影像去噪是为了去除影像中的噪声干扰，提高影像的清晰度。常用的去噪方法包括均值滤波、中值滤波等。几何校正是为了纠正影像由于无人机飞行姿态、地形起伏等因素导致的几何畸变。通过建立几何校正模型，对影像中的每个像素进行坐标变换，使其恢复到正确的地理位置。辐射校正是为了消除影像由于光照条件、相机性能等因素导致的亮度和色彩差异，使不同影像之间具有可比性。影像预处理是数据处理的重要基础，直接影响到后续三维建模和断面测量的精度。

3.3.2 三维模型构建

利用专业的数据处理软件，如ContextCapture，基于预处理后的多视影像和像控点数据，构建河道的三维模型。ContextCapture软件采用先进的多视立体视觉算法，能够自动识别影像中的同名点，通过三角测量原理计算出这些点的三维坐标，进而生成密集点云。对密集点云进行滤波处理，去除噪声点和异常点，然后通过表面重建算法，构建河道的三维表面模型，生成OSGB格式的三维模型数据。三维模型能够直观地展示河道的地形地貌和周边环境，为后续的断面测量和分析提供了直观的基

础数据。

3.3.3 数字高程模型（DEM）生成

在三维模型的基础上，生成数字高程模型（DEM）。DEM是表示地面高程信息的数字模型，对于河道断面测量具有重要意义。通过对三维模型进行处理，提取地面上点的高程信息，利用插值算法生成规则格网的DEM数据。在生成DEM过程中，需要考虑地形的复杂性和数据的精度要求，选择合适的插值方法，如反距离权重插值、克里金插值等。同时，要对生成的DEM进行精度验证，通过与已知的地面控制点高程进行对比，评估DEM的精度。如果精度不满足要求，需要对数据处理过程进行调整，重新生成DEM。

3.3.4 水面压平整饰与点云滤波

由于河道水面存在波动，在获取的影像和点云数据中，水面部分的信息可能存在误差。因此，需要根据实测的水深数据，在Dp-modeler软件中对水面进行压平整饰。通过将水深数据与三维模型相结合，调整水面部分的高程，使其更接近实际水面情况。同时，借助Photo Scan软件的滤波功能，剔除非地面点云，如空中的飞鸟、漂浮物等产生的点云数据。经过水面压平整饰和点云滤波处理后，能够提高河道地形数据的准确性，为后续的断面测量提供更可靠的数据基础。

3.4 河道断面生成与分析

3.4.1 断面位置确定

根据人工河道的管理和分析需求，在生成的DEM数据上确定需要测量的断面位置。断面位置的选择应具有代表性，能够反映河道的主要特征和变化情况。一般来说，在河道的弯道、宽窄变化处、水工建筑物附近等位置应加密设置断面。可以通过在ArcGIS软件中绘制断面线的方式来确定断面位置，断面线的方向应垂直于河道中心线。在确定断面位置时，要结合河道的实际情况和测量目的，合理规划断面的间距和数量，以满足对河道断面信息全面获取的需求。

3.4.2 断面图绘制

利用ArcGIS软件的3D Analyst功能，根据确定的断面位置，在DEM数据上自动提取断面信息，绘制河道断

面图。3D Analyst功能能够根据断面线与DEM的相交关系，计算出断面上各点的高程，并生成断面的轮廓线。在绘制断面图过程中，可以设置不同的参数，如断面图的比例尺、坐标轴范围、高程标注等，以满足不同的制图要求。同时，还可以将河道的其他信息，如河岸线、河道中心线、水深等，标注在断面图上，使断面图更加直观、丰富。绘制出的河道断面图能够清晰地展示河道在不同位置的断面形状和尺寸，为河道的分析和管理提供重要的数据支持。

3.4.3 数据分析与应用

对绘制出的河道断面图进行数据分析，获取河道的关键参数，如河道宽度、平均水深、过水面积、河床坡度等。通过对这些参数的分析，可以评估河道的输水能力、稳定性以及河道演变情况。例如，通过对不同时期的河道断面图，可以分析河道的冲淤变化，为河道的清淤和整治提供依据。在水利工程建设中，河道断面数据可以用于设计桥梁、涵洞等建筑物的孔径和基础埋深。在水资源管理中，河道断面信息可以用于计算河道的流量和水位关系，为水资源的合理调配提供支持^[3]。

结束语

综上所述，无人机测绘技术在人工河道断面测量中展现出显著优势。它有效克服了传统测量手段效率低、受地形限制大的难题，以高机动性、低成本和较高精度，实现了高效、精准的数据采集与处理。随着技术的不断进步，无人机测绘系统的稳定性、数据精度将进一步提升，有望与更多先进技术融合，为人工河道的精细化管理、动态监测及相关水利工程建设提供更强大的支持，持续推动水利行业的智能化发展。

参考文献

- [1] 杨立志.利用DEM进行断面测量在河道划界中的应用[J].矿山测量,2021,49(1):39-42,92.
- [2] 费元齐,罗忠国.航空摄影测量在水利工程地形测绘中的应用与分析[J].精品,2021(9):238-239
- [3] 冯毅,陈凯.沂沭泗直管河道测绘成果三维可视化管理系统[J].//中国水利学会2018学术年会论文集.2021:520-525.