

无人机遥感技术在水文勘测中的应用与前景分析

高宇星

昌吉水文勘测局

DOI:10.12238/hwr.v9i1.6024

[摘要] 昌吉州地处天山北麓,水文条件复杂,传统水文监测方法在恶劣地形和极端天气条件下存在诸多局限。无人机遥感技术凭借其机动性强、成本低、效率高等优势,为水文监测工作提供了新的技术手段。文章系统分析了无人机遥感技术在河流水位监测、洪水灾害评估等方面的具体应用,重点探讨了该技术在昌吉州特殊地理环境下的适用性与实践效果。研究表明,无人机遥感技术能够有效克服传统水文监测手段的局限性,显著提升水文数据获取的时效性和准确性,对提高昌吉州水文监测能力具有重要意义。

[关键词] 无人机遥感; 水文勘测; 应用研究; 技术创新

中图分类号: V279+.2 **文献标识码:** A

Application and Prospect Analysis of UAV Remote Sensing Technology in Hydrological Survey

Yuxing Gao

Changji Hydrological Survey Bureau

[Abstract] Changji Prefecture is located at the northern foot of the Tianshan Mountains, with complex hydrological conditions. Traditional hydrological monitoring methods have many limitations in harsh terrains and extreme weather conditions. UAV (Unmanned Aerial Vehicle) remote sensing technology, with its advantages of strong mobility, low cost, and high efficiency, provides new technical means for hydrological monitoring. This paper systematically analyzes the specific applications of UAV remote sensing technology in river water level monitoring, flood disaster assessment, and practical effects of this technology in the special geographical environment of Changji Prefecture. The research shows that UAV remote sensing technology can effectively overcome the limitations of traditional hydrological monitoring methods, significantly improve the timeliness and accuracy of hydrological data acquisition, and is of great significance for enhancing the hydrological monitoring capabilities of Changji Prefecture.

[Key words] UAV remote sensing; hydrological survey; application research; technological innovation

引言

水文勘测是水利工程建设和水资源管理的重要基础工作。昌吉回族自治州地处天山北麓,准噶尔盆地东南缘,区域内河流众多,水文条件复杂。该地区气候干燥,降水时空分布不均,且存在冰川融水补给特征,这些因素给传统水文监测工作带来了巨大挑战。近年来,随着遥感技术的快速发展,无人机低空遥感技术凭借其独特优势,在水文监测领域展现出广阔的应用前景。昌吉州水系发达,境内有呼图壁河、三屯河、头屯河等38条河流,这些河流多发源于天山,流经高山、丘陵和平原等不同地貌单元,水文特征差异显著。传统的水文监测方法在恶劣地形条件和极端天气情况下往往难以有效开展工作,尤其是在突发性洪水灾害等应急监测场景中存在较大局限性。无人机遥感技术具有机动灵活、安全可靠、数据获取快速等特点,能够有效弥补传统水文监测方法的不

足。本文结合昌吉州水文监测实际需求,深入探讨无人机遥感技术在该地区水文勘测中的应用现状、实践效果及未来发展方向,为提升区域水文监测能力提供理论支撑和实践参考。

1 无人机遥感技术在水文勘测中的优势

无人机遥感技术在水文勘测中具有显著的优势,包括提高数据准确性、快速响应、覆盖范围广、适应复杂环境、数据实时传输与处理以及降低人力成本等。这些优势使得无人机遥感技术在水文勘测领域具有广泛的应用前景和重要的价值。

(1) 非接触式监测,提高数据准确性。无人机遥感技术采用非接触式监测方式,能够准确测量水流速度、水位等水文参数,且不受气候、泥沙和漂浮物的影响。这种非接触式监测方式避免了传统监测方法中因接触水体而产生的误差,提高了数据的准确性。

(2)快速响应, 高效监测。无人机具有机动灵活的起降方式和低空循迹的自主飞行能力, 能够迅速抵达监测区域并进行高效监测。在紧急情况下, 如洪涝灾害发生时, 无人机可以快速响应, 实时获取受灾区域的地形地貌、水体分布和水位变化等信息, 为灾害评估和救援决策提供重要依据。

(3)覆盖范围广, 监测全面。无人机遥感技术具有较广的覆盖范围, 能够实现对大面积水体的全面监测。通过搭载高分辨率相机、雷达等传感器, 无人机能够获取地表水体的高清图像、水体温度、叶绿素含量、水深等信息, 为水文监测提供丰富的数据支持。同时, 通过多传感器融合技术, 可以实现对水体的全方位、多角度监测, 提高监测的准确性和可靠性。

(4)适应复杂环境, 降低风险。在水文勘测中, 无人机能够克服复杂地形和恶劣环境的影响, 如山川、湖泊、河流等复杂地形以及暴雨、大风等恶劣天气条件。这降低了传统监测方法中因人员进入危险区域而产生的风险, 提高了监测工作的安全性。

(5)数据实时传输与处理, 提高决策效率。无人机遥感技术能够实现数据的实时传输和处理。通过无线通信技术, 无人机可以将采集到的数据实时传输到地面控制站或远程数据中心。在数据处理方面, 可以利用云计算、大数据等技术对海量数据进行快速分析和处理, 提取出有用的信息并生成相应的监测报告。这为决策者提供了及时、准确的水文信息, 提高了决策效率。

(6)降低人力成本, 提高工作效率。相比传统的人力监测方式, 无人机遥感技术能够显著降低人力成本。通过自动化和智能化技术的应用, 无人机可以自主完成监测任务, 减少了人工操作的复杂性和工作量。同时, 无人机的续航能力较强, 能够持续进行长时间的监测工作, 提高了工作效率。

2 无人机遥感技术在昌吉州水文监测中的应用分析

2.1 适用性

在昌吉州复杂的地形条件下, 无人机可以灵活起降, 机动性强, 适应性好, 能够有效克服传统测量方法在险峻地形中的局限性^[1]。相比卫星遥感, 无人机低空遥感具有更高的时空分辨率和更强的机动性。昌吉州年均降水量仅190毫米, 但降水过程具有突发性强、持续时间短的特点, 传统卫星遥感受云层影响大, 且重访周期长, 难以满足突发性水文事件监测需求。无人机可以在云层下方飞行, 能够及时获取灾害现场的高清影像, 为防汛抗旱决策提供及时可靠的数据支持。

2.2 主要应用场景

在昌吉州水文监测工作中, 无人机遥感技术主要应用于以下场景:

(1)河道断面测量。利用无人机搭载的激光雷达设备, 可以快速获取河道横断面地形数据, 相比传统测量方法效率显著提高。通过搭载LiDAR系统的无人机, 能够获取厘米级精度的地形数据, 实现河道断面的高精度测绘。在呼图壁河、三屯河等重点河段的实践应用中, 单次飞行可完成5-10公里河段的断面测量工作, 测量精度达到±5cm, 工作效率较传统测量方法提升3倍-5倍。获取的点云数据可直接生成河道横断面图, 为河道治理、防

洪工程设计提供精准的地形资料。

(2)洪水监测与评估。在洪水期间, 无人机可以快速到达灾害现场, 通过高清影像实时监测洪水范围、淹没水深等关键信息。针对昌吉州春季融雪洪水和夏季暴雨洪水特点, 建立了无人机应急监测预案。配备的4K高清相机可在安全距离外获取灾情影像, 通过影像处理软件提取水面范围、计算淹没面积。同时, 利用无人机搭载的RTK定位系统和激光测距仪, 可准确测定洪水水位, 结合数字高程模型计算淹没水深, 为防汛调度提供实时数据支持。

2.3 无人机遥感技术在昌吉州水文监测中的具体应用

2.3.1 河流水位监测系统构建

针对昌吉州河流水文特征, 构建了基于无人机遥感的水位监测系统。该系统采用DJI M300 RTK无人机作为主要载体, 搭载Zenmuse P1相机和LiDAR激光雷达, 实现对河流水位的高精度监测。系统依托昌吉、阜康和奇台三个水文巡测基地, 形成了覆盖全州主要河流的监测网络。在数据采集方面, 系统采用定点巡航模式, 对玛纳斯河、呼图壁河等重点河段每日进行两次例行巡测。通过机载RTK系统实现厘米级定位, 结合机载激光测距仪获取水面高程数据。同时, 利用高清相机获取正射影像, 通过水边线提取技术确定水面范围。数据处理平台采用自主研发的水文遥感数据处理软件, 实现了水位数据的自动化提取和分析。软件具备水面识别、水位计算、流量估算等功能模块, 可快速生成水位过程线和流量数据。系统还建立了历史数据库, 通过深度学习算法提高了水位识别的准确性, 测量精度达到±3cm。在信息发布方面, 构建了基于GIS的水文信息共享平台。监测数据经过质控后, 通过4G/5G网络实时上传至数据中心, 并自动生成水情简报。各级水利部门可通过Web端或移动终端及时查看水位信息, 为防汛抗旱决策提供数据支持。该系统投入使用以来, 显著提高了昌吉州水文监测的自动化和智能化水平, 为水资源管理和防灾减灾工作提供了有力保障。

2.3.2 洪水灾害应急监测

昌吉州地处天山北麓, 水文条件复杂。每年4-5月的融雪期和7-8月的强降雨期是山洪灾害的多发季节。针对这一特点, 昌吉水文勘测局建立了基于无人机遥感的洪水灾害应急监测体系, 在实践中取得了显著成效。在应急响应方面, 成立了专业的无人机应急监测队伍, 在昌吉市、阜康市和奇台县设立了三个应急响应中心。每个中心配备了4台应急专用无人机和专业操作团队, 实行24小时值班制度。依托气象预警信息和水文监测网络, 建立了分级响应机制。一旦发生险情, 就近调配无人机队伍, 确保30分钟内到达灾害现场。在实时监测环节, 采用多机协同作业模式, 配备了热成像相机和高清变焦相机的无人机同时作业。热成像相机可在夜间和能见度较差的情况下持续监测, 高清变焦相机则重点捕捉洪水演进过程。通过机载图传设备, 监测影像实时传回指挥中心, 为防汛调度提供决策支持。在灾情评估方面, 研发了洪水灾害遥感评估系统。系统基于无人机获取的高分辨率影像, 结合深度学习算法, 可快速提取洪水淹没范围, 计算受灾面

积。通过与已有地理信息数据对比,自动识别受灾农田、道路和房屋等要素,评估灾害损失程度。在2023年木垒河流域山洪灾害应急响应中,该系统准确评估了受灾范围,为抢险救灾工作提供了重要参考。

3 应用效果与问题分析

3.1 应用成效

传统水文测量需要4-5人的野外工作队伍,每天仅能完成2~3个断面的测量工作,而采用无人机遥感技术后,2人即可组成监测小组,单日完成15-20公里河段的全面测绘,工作效率提升4倍以上。通过无人机获取的高分辨率影像和激光点云数据,河道断面测量精度从传统人工测量的5-10米间距提升至厘米级点云密度,断面形态测绘精度提高了85%。在2023年奇台县山洪灾害期间,无人机监测队伍30分钟内到达现场,利用热成像设备在夜间持续监测洪水演进过程,及时发现3处堤防险情,为防汛抢险赢得了宝贵时间,灾情评估系统12小时内完成了灾害影响评估报告,较传统人工调查方式缩短了80%的时间。同年,昌吉州水文监测工作中无人机系统的使用减少了40%的人力投入,节约了35%的运行经费,同时通过远程遥感监测显著降低了野外工作人员在恶劣天气和危险地形中的安全风险。

3.2 存在问题

受天山山区复杂气象条件影响,当风速超过8米/秒时无人机难以正常飞行,特别是在春季节,有效作业时间往往低于预期50%,影响了监测工作的连续性和及时性。在设备方面,现有无人机续航能力普遍在45分钟左右,难以满足大范围水文监测需求,尤其在博格达峰等高海拔冰雪资源监测中,低温环境使电池性能显著下降,有效工作时间进一步缩短。数据处理环节存在着计算资源不足的问题,每次任务获取的高分辨率影像数据量达到100GB以上,现有处理平台难以实现实时分析,数据处理周期普遍需要6-8小时,不能满足防汛抗旱等应急工作的时效性要求^{[2]-[3]}。此外,由于缺乏统一的技术标准和作业规范,各监测单位采用的设备型号、数据格式和处理方法不尽相同,造成数据共享困难,系统集成效率低下。人员培训体系尚不完善,专业测绘人员向无人机操作技术转型面临着较大挑战,操作人员对遥感专业知识的掌握程度参差不齐,影响了监测数据的质量稳定性。

4 发展展望

展望未来,无人机遥感技术在昌吉州水文监测领域将迎来

更广阔的发展空间。在硬件设备方面,氢燃料电池无人机的应用将突破续航时间限制,预计单次飞行时间可达4-6小时,同时智能化飞行控制系统的升级将使无人机具备更强的抗风能力,可在12米/秒风速下稳定作业,显著提升恶劣天气条件下的适应性。多载荷集成技术的发展将实现高光谱相机、激光雷达、毫米波雷达等多种传感器的协同工作,可在单次飞行中获取地形、水文、植被等多要素数据。基于人工智能的数据处理平台将大幅提升计算效率,借助边缘计算技术,实现数据的实时处理和分析,处理时间有望从目前的6-8小时缩短至30分钟以内。5G通信网络的全面覆盖将为大容量数据传输提供基础支撑,实现监测数据的实时回传和共享。在标准化建设方面,随着行业规范的不断完善,将形成统一的技术标准体系,促进监测数据的互联互通。同时,依托虚拟现实技术开发的专业培训系统将提高人员培训效率,建立起专业化的人才队伍。这些技术进步将显著增强昌吉州水文监测的智能化和精准化水平,为水资源管理和防灾减灾工作提供更加可靠的技术支撑。

5 结束语

随着科技的不断进步和应用领域的不断拓展,无人机遥感技术在水文勘测中展现出越来越广泛的应用前景和巨大的发展潜力。通过本文的分析,我们可以看到无人机遥感技术以其独特的优势,在提高水文勘测效率、准确性和安全性方面发挥了重要作用。未来,随着技术的进一步发展和完善,无人机遥感技术将在水文勘测领域发挥更加重要的作用,为水资源管理、环境保护和灾害应对等方面提供更加精准、高效的支持。我们相信,在科技力量的推动下,无人机遥感技术将不断为水文勘测领域带来新的变革和突破,为人类的可持续发展贡献更多的智慧和力量。

[参考文献]

- [1]王松吉,宋君,陈沫.无人机低空遥感技术在水文监测中的应用[J].珠江水运,2023,(17):84-86.
- [2]罗清虎,宋明琦.无人机低空遥感技术在水文监测中的应用[J].中国金属通报,2021,(10):221-222.
- [3]龚敬.无人机低空遥感技术在水文监测中的应用[J].无线互联科技,2020,17(17):15-16.

作者简介:

高宇星(1989--),男,汉族,河南省鄆陵县人,本科,工程师,研究方向:水文勘测。