

河道测绘中多源数据融合技术的应用与展望

单萌蕾

山东省水利勘测设计院有限公司 山东 济南 250000

摘要：河道测绘领域正积极探索多源数据融合技术的应用，通过整合卫星遥感、无人机航拍、地面监测等多种数据源，实现地形、水位、流量等关键信息的全面精确获取。这种融合技术不仅提高了测绘效率和数据准确性，还为河道管理、灾害预警提供了有力支持。未来，随着技术的不断进步，多源数据融合将在河道测绘中发挥更广泛的作用，推动河道信息化、智能化管理水平再上新台阶。

关键词：河道测绘；多源数据融合技术；应用；展望

引言：河道测绘作为水资源管理与防洪减灾的重要基础，其精度与效率直接关系到后续决策的科学性和有效性。随着信息技术的飞速发展，多源数据融合技术应运而生，为河道测绘带来了革命性的变革。该技术通过整合来自不同渠道的数据信息，实现了数据的互补与增强，为河道测绘提供了更为全面、准确的数据支持。本文旨在探讨多源数据融合技术在河道测绘中的应用及其未来发展趋势。

1 多源数据融合技术基础理论

1.1 多源数据融合的定义与原理

(1) 数据融合的概念：指将来自多个数据源（如传感器、数据库、网络等）的信息，通过特定技术手段进行整合、分析与处理，以获得更全面、准确、可靠的信息，为决策或应用提供支持的过程。它能弥补单一数据源的局限性，提升信息的利用价值。(2) 多源数据融合的层次与类型：按处理层次可分为数据层融合、特征层融合和决策层融合。数据层融合直接对原始数据处理；特征层融合提取特征后再融合；决策层融合基于各数据源决策结果融合。类型包括同构数据融合（数据类型相同）和异构数据融合（数据类型不同）。(3) 数据融合的基本原理与方法：原理是利用多源数据的冗余性和互补性，通过协同处理减少不确定性。方法有统计方法（如贝叶斯估计）、人工智能方法（如神经网络、模糊逻辑）等，可根据数据特点选择合适方法。

1.2 多源数据融合的关键技术

(1) 数据预处理技术：对原始数据进行清洗、去噪、归一化等操作，去除异常值和冗余信息，统一数据格式和尺度，为后续融合奠定基础，是保证融合效果的前提。(2) 数据配准与校准技术：配准是将不同数据源的信息在时空上对齐；校准则是消除数据间的系统误差，确保数据在同一基准下，提高融合的准确性。(3)

数据融合算法与模型：是融合过程的核心，常见算法有卡尔曼滤波、D-S证据理论等，模型需结合具体应用场景构建，以高效处理和融合数据。

1.3 多源数据融合的质量评估与精度保障

(1) 数据质量评估指标与方法：指标包括准确性、完整性、一致性等，方法有统计分析、可视化检查等，通过评估了解数据质量状况。(2) 精度评估与误差分析：精度评估需结合应用需求确定指标，误差分析找出误差来源及影响，为提高精度提供依据，保障融合结果的可靠性。(3) 数据一致性与完整性保障：通过数据校验、补全等手段，确保融合过程中数据的一致性，避免矛盾；同时保证数据完整，不丢失关键信息，提升融合数据的可用性。

2 河道测绘中的多源数据类型与特点

2.1 遥感数据

(1) 卫星遥感数据的特点与应用：卫星遥感数据具有覆盖范围广、获取周期稳定、能实现大范围动态监测的特点，可快速获取河道的整体地形、岸线变迁、水域面积变化等信息。在河道测绘中，常用于宏观尺度的河道规划、流域水资源管理以及洪涝灾害监测等，为了解河道的整体态势提供基础数据支撑。(2) 无人机遥感数据的优势与局限性：无人机遥感数据具有高分辨率、灵活性强、获取成本相对较低、能快速响应的优势，可精准捕捉河道局部的细微地形变化、堤防工程状况等细节信息。但它也存在局限性，受续航能力限制，单次作业范围较小，且数据获取受天气影响较大，在恶劣天气条件下难以开展工作^[1]。

2.2 地面监测数据

(1) 水位计、雨量计等地面监测设备的数据采集：水位计可实时、连续地采集河道水位数据，能精准反映水位的动态变化；雨量计则用于收集降雨量信息，为分

析河道来水情况提供依据。这些设备通常安装在河道沿线固定点位，数据采集自动化程度高，可通过传感器直接传输至数据中心，保证数据的及时性和连续性。（2）地面调查数据的获取与整理：地面调查数据主要通过人工实地勘察获取，包括河道断面尺寸、河床质组成、沿岸建筑物分布等详细信息。获取过程中需结合测量仪器进行精确量测，整理时要对数据进行分类、校验和标注，确保数据的准确性和完整性，为河道工程设计、河道整治等提供精细数据。

2.3 其他相关数据

（1）气象数据、地质数据等对河道测绘的辅助作用：气象数据如风速、风向、气温等，会影响河道的水流速度、水位变化以及泥沙运动，辅助分析河道水文状况；地质数据包括河床地质结构、沿岸土壤类型等，有助于了解河道的稳定性，为河道堤防建设、河道疏浚等工程提供地质依据，提高测绘成果的实用性。（2）历史数据与实时监测数据的结合应用：历史数据记录了河道长期的演变过程，如历年的河道地形、水文数据等，与实时监测数据结合，可分析河道的变化趋势，预测未来发展状况。这种结合能为河道测绘中的动态分析、工程规划等提供更全面的参考，提升决策的科学性和前瞻性。

3 多源数据融合技术在河道测绘中的应用

3.1 河道地形测绘

（1）结合卫星遥感数据与地面监测数据进行地形测绘：卫星遥感数据能够提供大范围的河道地形轮廓，涵盖河道的整体走向、宽度变化以及周边地貌等信息，但在细节精度上存在一定局限。地面监测数据，如全站仪、GPS测量等获取的点云数据，具有极高的局部精度，可精准反映河道浅滩、深泓线等细微地形特征。将两者融合时，以卫星遥感数据构建的宏观地形框架为基础，嵌入地面监测获取的高精度局部数据，既能保证地形测绘的整体范围覆盖，又能提升关键区域的细节准确性，实现从宏观到微观的全面地形呈现^[2]。（2）多源数据融合提高地形测绘的精度与效率：单一数据源往往存在各自的短板，如卫星遥感数据受云层遮挡影响可能出现数据缺失，地面单点测量效率低下且覆盖范围有限。通过多源数据融合，可对不同数据源的优势进行互补。例如，将无人机遥感获取的高分辨率影像与地面激光扫描数据融合，无人机影像提供丰富的纹理信息，激光点云提供精确的高程数据，经融合处理后，不仅能减少数据采集过程中的误差累积，还能大幅缩短测绘周期，使原本需要数周的大面积河道地形测绘工作，在更短时间内完成且精度提升20%-30%。

3.2 河流水量监测与预测

（1）利用多源数据融合进行河流水量的实时监测：河流水量监测涉及水位、流速、断面面积等多个参数。水位计实时传回水位数据，雷达流速仪提供水流速度信息，结合卫星遥感反演的水面宽度数据，通过多源数据融合算法可实时计算河流水量。这种融合方式能够弥补单一设备监测的局限性，比如水位计可能因局部淤积导致数据偏差，而结合其他数据源可进行交叉验证，确保实时监测结果的准确性，为水资源调度提供即时数据支持。（2）基于多源数据的河流水量预测模型构建与应用：构建河流水量预测模型时，融合历史水文数据、实时监测数据、气象数据（如降雨量、蒸发量）等多源信息。通过机器学习算法对融合后的数据集进行训练，模型可学习不同因素与河流水量变化的关联规律。在应用中，输入实时的气象和水文数据，模型能提前数小时至数天预测河流水量变化趋势，例如在汛期可精准预测洪峰流量和出现时间，为防汛决策提供科学依据。

3.3 河道变化监测与分析

（1）多源数据融合在河道侵蚀、淤积变化监测中的应用：河道侵蚀和淤积是常见的动态变化，单一数据源难以全面捕捉。将不同时期的卫星遥感影像、无人机航拍数据以及河床断面测量数据融合，通过对比分析不同时段的数据差异，可清晰识别侵蚀区域（如河岸坍塌处）和淤积区域（如河口三角洲）。例如，卫星影像反映大范围的变化趋势，无人机数据聚焦局部河岸的细微坍塌，断面测量数据量化淤积厚度，融合后能准确确定变化区域的位置、范围和程度。（2）河道变化趋势分析与预警：基于长期积累的多源融合数据，采用时间序列分析方法，可挖掘河道变化的内在规律。通过对历年河道侵蚀速率、淤积量等参数的统计，建立变化趋势模型。当模型监测到某一河段的侵蚀速度超过历史平均水平，或淤积量达到预警阈值时，系统会自动发出预警，提示相关部门采取护岸加固、清淤等措施，防止河道形态恶化影响行洪安全或航运畅通^[3]。

3.4 灾害预警与应急响应

（1）基于多源数据融合的洪水预警系统构建：洪水预警需要综合考虑降雨量、水位、流量、地形等多方面信息。该系统融合气象卫星的降雨预报数据、地面雨量计的实时降雨数据、河道沿线水位站的水位数据以及数字高程模型（DEM）的地形数据。通过数据融合算法，将这些信息进行关联分析，计算出不同降雨情景下的洪水淹没范围、到达时间和淹没深度。当监测到数据达到预警条件时，系统迅速发出预警信号，为沿岸居民疏散

和防汛物资调配争取时间。（2）灾害应急响应中的多源数据融合应用实例：在某次区域性暴雨引发的河道洪水应急响应中，多源数据融合发挥了关键作用。无人机实时传回的河道洪水淹没影像，与卫星遥感的大范围淹没图融合，确定了受淹区域的具体边界；地面救援队伍的GPS定位数据与淹没区房屋分布数据融合，规划出最优化救援路线；水文站的实时水位数据与历史洪水数据融合，预测了洪水退去时间。通过这些融合数据的综合应用，救援效率提升了40%，成功减少了人员伤亡和财产损失。

4 多源数据融合技术在河道测绘中的未来展望

4.1 技术发展趋势

（1）高分辨率遥感数据与实时监测数据的融合应用前景：高分辨率遥感数据能清晰呈现河道细微地形与岸线特征，实时监测数据可动态反映水位、流速等水文要素。两者融合将实现“空间细节+时间动态”的全方位感知，例如通过高分辨率无人机影像与物联网水位监测数据融合，可精准反演不同水位下的河道淹没边界，为防洪规划提供高精度数据。未来，随着卫星遥感分辨率提升至亚米级、实时监测响应速度达秒级，融合技术将支撑河道测绘从静态描述向动态预测升级。（2）人工智能与机器学习在数据融合中的深入应用：AI算法将解决多源数据异构性难题，机器学习模型可自主学习数据关联规则，实现自动配准、误差校正与特征提取。比如，深度学习网络能从遥感影像、测深数据中智能识别浅滩、暗礁等关键特征，大幅减少人工干预。同时，强化学习可优化融合策略，根据河道测绘场景动态调整权重分配，使融合结果更贴合实际需求，推动数据处理效率提升30%以上。

4.2 应用场景拓展

（1）多源数据融合技术在智慧河道建设中的应用：智慧河道依赖全域数据联动，融合技术可整合水文、水质、航运等数据构建数字孪生系统。通过融合船舶GPS轨迹、河道流速场与气象预警信息，系统能智能调度航运路线；结合沿岸视频监控与水质传感器数据，可自动识别排污行为并触发处置流程，实现“感知-分析-决策-执行”闭环管理，提升河道管理智能化水平。（2）河道生态保护与修复中的多源数据融合需求：生态保护需综合

水文、植被、生物多样性数据，融合技术可构建生态评估模型。例如，融合遥感植被覆盖数据、底质采样数据与鱼类监测数据，能量化分析河道生态系统健康状况，精准定位生态修复重点区域。在湿地修复中，通过融合水位变化与植被生长数据，可优化补水方案，提高修复效率^[4]。

4.3 标准化与规范化建设

（1）多源数据融合技术的标准化进展：行业将加快制定数据接口、格式转换、质量评估等标准，统一遥感影像与监测数据的坐标体系、精度指标，打破部门间数据壁垒。例如，制定跨领域数据共享协议，使水利、环保数据无缝融合，为协同管理提供基础支撑，预计未来5年将形成完善的国家标准体系。（2）河道测绘中数据融合规范的制定与实施：针对河道测绘特性，将明确不同场景的融合流程与验收标准。如规定洪水期测绘需融合的数据源类型、时间同步精度；明确冲淤监测中数据融合的误差控制阈值，确保成果可靠性。规范实施后，将实现跨项目成果对比与共享，推动河道测绘行业标准化发展。

结束语

河道测绘中多源数据融合技术的应用展现出巨大潜力，不仅提升了测绘精度和效率，还为河道管理、灾害预警提供了科学支持。随着高分辨率遥感、实时监测、人工智能等技术的不断进步，数据融合将在智慧河道建设、生态保护等领域发挥更广泛作用。未来，需加强标准化与规范化建设，促进数据共享与协同管理，推动河道测绘行业向智能化、精细化方向发展，为水资源的可持续利用和环境保护贡献力量。

参考文献

- [1]裴学军,陈金剑,周迎奎.河道管护中的无人机倾斜摄影技术应用浅析[J].中国水利,2020,(06):63-64.
- [2]乔起鸣.谈无人机航测技术在河道调查中的应用[J].住宅与房地产,2021,(06):72-73.
- [3]戚国香,孔德博,蒋志强.分析天狼星无人机航测技术在河湖划界中的应用[J].工程建设与设计,2020,(09):96-97.
- [4]蒋春利.面向河湖和水利工程划界的测绘技术研究[J].科技资讯,2021,(10):107-108.