

基于数字影像测量技术的我国内河港口间距离测量方法研究

邱伟维, 徐迪, 蔡鹏

(交通运输部水运科学研究所, 北京 100088)

摘要: 内河水运是综合运输体系和水资源综合利用的重要组成部分。掌握内河港口间距离是开展内河相关研究的一项重要基础性工作。随着测量技术的不断发展, 新技术和新设备逐渐应用于测距研究, 本文依托遥感影像、水资源地理数据等, 运用数字影像测量技术, 提出了内河港口间测距方法, 构建了数据网络拓扑集, 并对我国内河港口间的距离进行测量, 初步形成了距离数据库, 为相关管理部门的决策部署及相关研究提供了必要的技术支撑与参考。

关键词: 内河港口; 距离测量; 数字影像测量; 数据网络拓扑集

中图分类号: U652.6 **文献标识码:** A

文章编号: 1006—7973 (2022) 07—0068—03

我国内河水运是综合运输体系和水资源综合利用的重要组成部分, 随着近几年内河航道、港口设施建设等取得了显著成绩, 内河水运市场日趋活跃, 货运量持续增长, 2021 年我国内河航道通航里程 12.76 万公里, 内河港口生产用码头泊位 15448 个, 完成 55.73 亿吨吞吐量。为进一步推动内河港口发展, 完善相关领域研究基础, 构建一套合理、有效的港口间测量方法, 形成基础数据库成为了亟待研究的问题。本文依托遥感影像、水资源地理数据等, 运用数字影像测量技术, 通过对相关数据的深度分析与挖掘, 建立了内河港口间距离测量方法, 初步形成了我国内河港口间距离数据库, 为行业管理部门和相关领域研究提供了必要的技术支撑与参考。

1 我国内河港口间测距研究现状

内河港口间测距工作是一项十分重要的基础性工作, 其对管理、维护航道和进行内河港口发展分析有着重要的作用。近年来, 国内的专家学者对这方面进行了一系列相关研究。在航道测量方法方面, 沈继青等(2016)对内河航道的测量方法与技术进行了总结与归纳, 并简要探讨了机载激光测深技术等现代航道测距的应用和未来发展^[1]。陶林(2019)针对航道测距技术的发展历史进行了阐述, 并对定位技术和测深技术的应用方法和优缺点等进行了分析^[2]。在航道定位工具方面, 高波(2020)认为航道测量精度是尤为重要的, 而 GPS 的应用能够保证数据的准确性、时效性, 是航道测量的重要工具^[3]。石江斌以某运河为例进行了实证分析, 认为利用 GPS 能够产生较高地经济效益和社会效益, 此外研究从 GPS

测量航道的方法、注意事项、优缺点等方面也进行了详细分析^[4]。李树兵等人通过分析北斗在港口航道测量中的应用, 验证了其在航道测绘中的有效性, 并认为北斗地基增强系统填补了我国对于港口航道测量中民用高精度工具的空白^[5]。在新技术新装备方面, 梁达炜等(2021)总结了近年来对长江航道进行测量的相关技术方法, 并着重研讨了新一代技术与设备在航道测量中的应用, 如多波束测深系统、激光扫描测量系统、无人机航测系统等^[6]。卢自来和朱云权(2022)认为山区河流航道的测量难度大、危险性高, 且人为测量不能保证测量的精度和准度, 通过应用无人船进行水深及断面流量测量并与传统方法互相校验, 认为使用无人船测量的精度更高, 应大力发展此技术^[7]。余必秀等(2019)对无人航道测量路线规划进行了研究, 在保证数据有效性的基础上, 通过改进算法使得无人航道测量船能在躲避障碍后更快返回测量航道中^[8]。简波等(2022)对利用基于连续运行参考站(CORS)的 PPK 技术对地形复杂等长江航道进行测量, 结果表明, 定位平面精度表现良好, 但高程精度有待进一步提升^[9]。综上所述, 国内研究主要集中于航道的测深、定位、绘制、测量工具的精准度等较为细分领域的研究, 而全面、系统地对我国内河港口间进行测距的研究相对较少。

2 测距方法概述

2.1 传统测距方法

传统的测距方法主要包括航空摄影、相片控制测量、野外调绘、经纬仪极坐标法等。这种类型的测距方法主要依托测绘学, 通过全数字摄影测量等方法进行测

量，对航摄的质量有着较高的要求。该方法数据颗粒度小、质量较高，与实际情况较为相符，但需要投入大量专业人士进行长时间的测绘工作，周期长且人力、物力的耗费巨大。

2.2 数字影像测距方法

数字影像测量是基于现代信息技术，通过计算机技术，运用机器学习、模式识别、智能影像处理等方法将遥感影像、地形图数据等数字化，以数字方式表达几何与物理信息。这种方法测量速度快、周期短、精度清晰、及时性较强等优势，能有效提升测量效率、精准性，降低成本。

2.3 基于新技术、新设备的测距方法

由于传统方法有着较多的限值且大多依靠人工测量，不仅危险性较大，且易受外界环境影响。因此，随着新一代信息技术的发展，无人船舶等新技术新设备逐渐应用于航道测距。无人船舶测距主要利用智能导航技术、自动避障、定位技术等，对目标区域的流速、位置、水深等参数进行快速准确地测量采集，适用范围较广、效率较高、安全隐患较低，且可严格按照航线航向避免重复测量，有着较高的经济效益和社会效益。船舶自动识别系统（Automatic Identification System，简称 AIS）通过将电子海图相关航线、航向进行可视化，形成船舶运动轨迹数据库，从而进行港口间距离测量。该方法精度和自动化程度较高、外界影响较小，但现阶段内河船舶 AIS 数据质量无法满足测距要求。

表 1 测距方法比较

测距方法	内容	特点
传统测距方法	航空摄影、相片控制测量、野外调绘、经纬仪坐标法等	精度高、成本高、速度慢、结果质量高
数字影像测距方法	通过机器学习、模式识别、智能影像处理等方法对数字影像进行分析测距	精度高、成本较低、速度较快、结果质量较高
基于新技术、新设备的测距方法	无人船舶测距、船舶自动识别系统测距等	精度高、成本低、速度快、数据质量暂时较差导致结果质量较差

3 我国内河港口间测距方法

3.1 测距方法

步骤一：将港口通过近邻算法投影到航道上。由于我国内河港口存在多个港区、泊位，在测距过程中，将

数据颗粒密度设置为港区间距离，港区的位置通过该港区多泊位位置重心确定，之后依据临近归属原则，设定临近距离（2 公里），将港区点投影到最近的航道上。

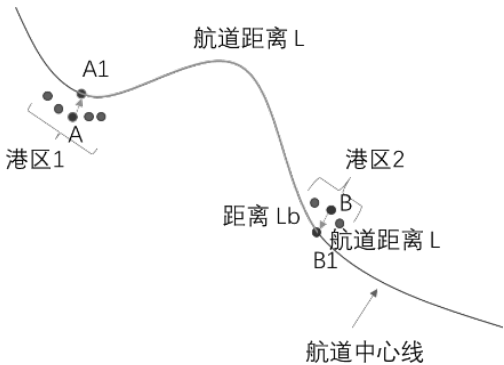


图 1 近邻算法示意图

步骤二：对遥感卫星图片进行数字化处理，运用图像自动识别技术结合各省份航道数据形成航道数据库，以图论理论为基础，构建以港区点、航道数据为基础的网络分析数据集。



图 2 数据网络拓扑数据集示意图（珠江区域）

步骤三：检查拓扑关系，将出现的航道断点问题、水网交叉问题、湖区航道确定问题及不同航道接驳问题等，以国家基础地理信息中心标准百万比例尺双线河和湖泊数据为基础，采用自动捕捉（线延伸到位于悬挂长度容差距离范围内的某个交点）和人工辅助连接两种方法，对数据进行标注，修正航道数据库。

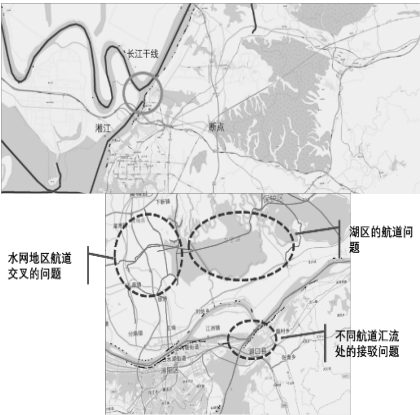


图 3 导致拓扑关系出现错误的问题示意图

步骤四：重新建立数据网络拓扑图，以距离为阻抗成本，以港区点为起讫点，以航道为通行节点，采用经典的 Dijkstra 最短路径算法，得到我国内河港口间距离矩阵。

3.2 数据说明

从数据的权威性和可靠性考虑，本文选取国家基础地理信息中心标准百万比例尺河流数据。首先，该数据来源权威、可靠，河流之间连通关系准确与否有保证。其次，同级别河流之间分支、各河流分支之间关系明晰，并且满足数据依比例尺绘制的特性。以其为参考修改航道间的联通关系可以满足测距要求。

4 实证分析

4.1 样本选取

考虑到数据完整性和数据全面性等因素，本文共选取了 21 个省份，287 个内河港口，521 个港区作为测距样本。

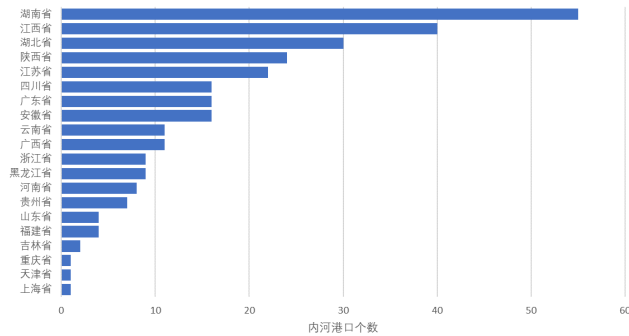


图 4 各省份测距港口样本数分布图

4.2 结果分析

构建以 521 个港区点及航道数据为基础的网络分析数据集，得到港区间距离矩阵，而后根据重心法得到各港口间的距离矩阵。

将测距结果与 2017 年发布的全国内河高等级航道布局方案表中航道实际里程进行对比，最大误差不超过 3%，测量结果质量较高，误差在可接受范围内。

表 2 测距数据与航道实际距离对比表

编号	航道名称	起讫点	实际距离 (千米)	测量距离 (KM)	误差 (%)
1	长江干线	水富-长江口	2838	2789	1.73
2	西江航运干线	南宁-广州	854	858	-0.47
3	岷江	乐山-宜宾	162	161	0.62
4	乌江	乌江渡-涪陵	594	592	0.34
5	湘江	松柏-城陵矶	497	496	0.20
6	沅水	三板溪-鲢鱼口	859	856	0.35
7	汉江	安康-汉口	969	970	-0.10
8	赣江	赣州-湖口	606	591	2.48
9	淮河	淮滨-淮安	560	554	1.07
10	北盘江-红水河	百层-石龙三江口	741	735	0.81
11	黑龙江	恩和哈达-伯力	1890	1868	1.16
12	松花江	大安-同江	976	976	0.00

5 总结

内河港口间距离测量工作对推动内河相关领域起着重要作用。本文运用数字影像测量技术，提出了内河港口间距离测量方法。初步形成了我国内河港口间的距离数据库，将测距结果与实际数据相比，误差较小，方法切实可行，能够为相关领域研究提供参考。

参考文献：

- [1] 沈继青, 陈建桥, 贺敏, 等. 内河航道测量技术及其发展 [J]. 中国水运·航道科技, 2016(2):5..
- [2] 陶林. 内河航道测量技术及其未来发展 [J]. 中外企业家, 2019(4):1.
- [3] 高波. GPS 技术在航道测量工程中的应用分析 [J]. 珠江水运, 2020(19):2.
- [4] 石江滨. GPS 在航道测量中的应用分析 [J]. 中阿科技论坛 (中英文), 2021(3):3.
- [5] 李树兵, 黄永军, 黄东武, 等. 沿海北斗地基增强系统在港口航道测量中的应用分析 [J]. 海洋信息, 2020, 35(4):5.
- [6] 梁达炜, 李艳芳, 朱楠. 测绘新技术在航道测量中的应用 [J]. 中国水运·航道科技.
- [7] 卢自来, 朱运权. 基于无人船技术的山区河流航道测量 [J]. 工程建设与设计, 2022(2):4.
- [8] 余必秀, 初秀民, 柳晨光, 等. 基于改进 A* 算法的无人航道测量船路径规划方法 [J]. 武汉大学学报: 信息科学版, 2019(8):7.
- [9] 简波, 胡伟平, 张诚. 基于长江北斗 CORS 系统的 PPK 定位技术在航道测量中的应用 [J]. 水运工程, 2022(2):4.

