



长江航道地形测量 数据采集与预处理工作流程优化

简 波, 刘 力, 胡其武, 舒晓明, 孙再刚
(长江航道测量中心, 湖北 武汉 430010)

摘要: 针对长江电子航道图运行条件下对航道地形信息快速更新的需求, 梳理长江航道现阶段地形测量的工作流程, 分析了制约实现快速测量的主要因素, 结合经验提出提高航道地形测量效率的解决方案和主要难点, 为深入研究长江航道地形要素信息快速采集与预处理技术、形成配套软硬件系统奠定基础。

关键词: 长江航道; 要素信息; 地形测量; 流程; 优化

中图分类号: U 612.1*5

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2014)11-0031-04

Work flow optimization for terrain data acquiring and preprocessing in Changjiang waterway

JIAN Bo, LIU Li, HU Qi-wu, SHU Xiao-ming, SUN Zai-gang
(Changjiang Waterway Survey Center, Wuhan 430010, China)

Abstract: For the requirements of quickly updating of terrain data using in the Changjiang Electronic Navigation Chart, this article analyzes the present work flow of the waterway terrain surveying and mapping and points out some main time-consuming factors. Based on the network transmission technology, systems integration and multi information fusion technology, we present some resolutions and key technologies of improving the efficiency. The analysis of efficiency restriction factors and resolutions for improving efficiency will greatly promote the research on quick acquiring and preprocessing technology for topographic information and the system implementation.

Keywords: Changjiang waterway; feature information; topographic survey; work flow; optimization

在现有航道地形测量技术设备的基础上, 对测量系统和测量流程进行优化, 对于构建一整套航道地形要素信息快速采集与预处理系统、完善长江多功能电子航道图系统^[1-3]、提升长江航道信息公共服务品质、最终实现航道实时动态监测和便捷联网服务有着十分重要的作用。

1 现阶段长江航道地形测量工作流程

当前长江航道地形测量模式与业内主流模式基本一致, 一般为: 陆域地形测量采用 RTK 或全

站仪方式进行; 水下地形测量采用 GNSS 定位 + 单波束 (或多波束) 测深仪方式进行, 再根据具体情况选择 RTK 三维水深测量或水位改正方式。

1) 常规水深测量。

控制点坐标检核→观测仪器检验→设置基站→移动站比对检校→测船设备连接 (GNSS 接收机、测深仪)→测深仪比测→水位观测→水深测量→水深检查处理→水深编辑→水位改正→定位点三维坐标转换→数字成图→生成等高线→CAD 图形编辑→成果检查校对。

收稿日期: 2014-09-09

作者简介: 简波 (1978—), 男, 工程师, 从事航道测绘技术研究及管理工作。

2) RTK 三维水深测量。

移动站比对检校→测船设备连接（GNSS 接收机、测深仪等）→测量 GNSS 接收机至测深仪高度→测深仪比测→水深测量→水深检查处理→水深编辑→定位点三维坐标转换→数字成图→生成等高线→CAD 图形编辑→成果检查校对。

3) 全站仪陆域地形测量。

观测仪器检查校准（指标差、2C 差、乘常数）→架设于测站点→测站检核（对中偏差、定向边长度是否满足规范要求）→量取仪器高、校核视线高→输入参数（测站坐标、高程、仪器高、后视点坐标、棱镜高等）→采用坐标测量（同时按测点编号绘制草图）→检查定向点方向→测定 1~2 个站际地形重合点→存储测点坐标→（对照草图）绘制地物、地貌→绘制等高线→图面检查→实地对照检查（必要时设站检查）→修改→检查校对。

4) RTK 陆域地形测量。

控制点坐标检核→观测仪器检验→设置基站→在已知点上检核 RTK 测量的三维坐标符合情况→坐标测量方式采集数据（同时按测点编号绘制草图）→存储测点坐标→（对照草图）绘制地物、地貌→绘制等高线→图面检查→实地对照检查（必要时设站检查）→修改→检查校对。

各种仪器设备或测量方法，其总体工作流程一般均可分为 5 个阶段，即：测前准备阶段、原始数据采集阶段、后处理阶段、成图编绘阶段和电子航道图应用阶段，工作流程见图 1。

2 地形快速测量的主要因素分析及解决思路

根据现阶段长江航道地形测量总体工作流程^[4-5]，对各个环节流程作业内容、操作方式与耗时程度现状进行分析，初步形成流程优化的基本思路（表 1）。

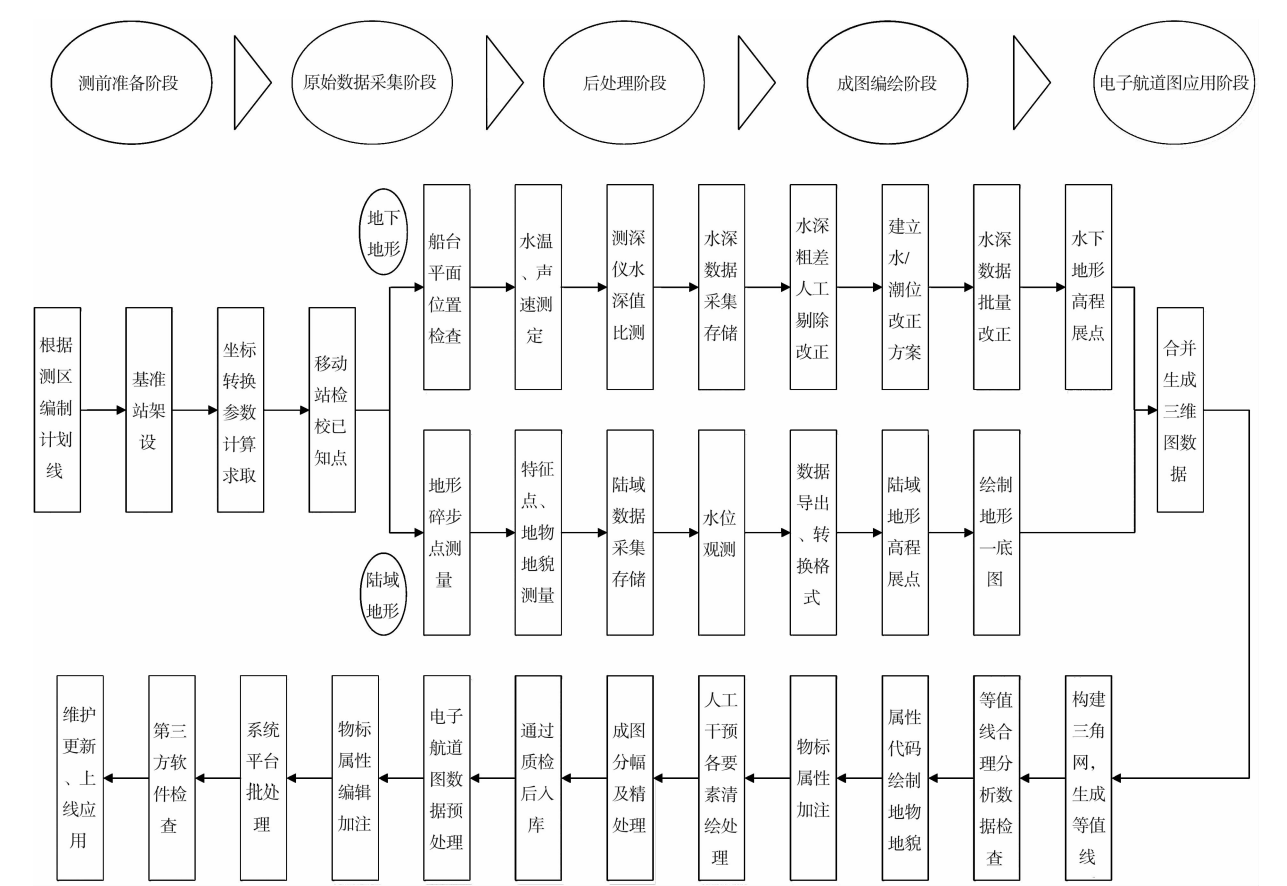


图 1 现阶段长江航道地形测量总体工作流程

表 1 现阶段长江航道地形测量工作流程的优化分析

工作阶段	作业内容	操作方式	耗时程度	流程优化思路
测前准备	计划线布设	人工	中等	可事先预做,相同区域可重复使用
	基站架设	人工	较短	可通过 CORS、基站、单机 PPP 等手段替代自设基站传输差分信号
	参数计算	半自动	较短	可通过配套软件计算,当目标坐标与源坐标一致时无需进行转换;相同区域可重复使用
	已知点检校	人工	短	质量控制必须环节,当差分信号源与参数未发生改变时对测量结果无影响
数据采集 (水下)	船台检查	人工	短	质量控制必须环节,差分信号源与参数未发生改变时对测量结果无影响
	声速测定	人工	较短	淡水区域可通过测量水温查表获得,也可使用声速仪测定
	深度比测	人工	较短	质量控制必须环节,可视测量性质区分重点比测范围
	数据采集	自动	长	与内业成图同步处理
	水位观测	半自动	长	可建立自动观测站,取代人工观读,与水深测量同步实时测定并传输
数据采集 (陆域)	数据采集	人工	长	通过外业采集的网络及时传输,与外业采集同步进行
	特征点记录	人工	较长	可通过网络传输实现后台远程同步操作
后处理 (水下)	粗差剔除	人工	长	可通过研发智能算法辅助人工操作
	水(潮)位改正方案	人工	较长	可通过计算机软件预制模式,改繁琐多步操作为人工选取操作即可
	批量改正	自动	较短	可利用现有平台
	数据展点	半自动	较短	可预设各种常用固定格式,由计算机自动生成
后处理 (陆域)	格式转换	人工	较长	可预设各种常用固定格式,由计算机自动生成
	地形绘制	人工	较长	可通过网络传输实现后台远程同步操作
	合并生成某一特定格式	人工	较长	可预设各种常用固定格式,由计算机自动生成
成图编绘	建模勾划等值线	自动	中等	可在现有平台基础上,开发增加人性化的计算机辅助底图对比功能,辅助检查
	合理性检查	人工	较长	
	代码绘制	人工	中等	
	加注属性	人工	中等	可通过网络传输实现后台远程同步操作
	成图清绘	人工	较长	
	分幅并注记	人工	较短	
电子航道 图应用	质检入库	人工	较长	可由计算机代替人工进行大量的初步分析工作,并辅助检查入库
	数据预处理	人工	较长	改进等值三角网算法,加以少量人工辅助,优化线型
	物标属性	人工	中等	可预设各种常用固定格式,由计算机自动生成
	平台批处理	自动	较短	可利用现有平台
	第三方检查	人工	短	
	更新上线	人工	较短	

通过对长江航道地形测量工作流程各个环节的整理和分析,针对原始数据采集、后处理、成图编绘等阶段,归纳出制约长江航道地形快速测量的主要因素为:

1) 测量外业数据采集与内业处理环节处于分离状态,没有实现同步化操作和交互,工作效率不高。

2) 水深原始数据粗差剔除自动化程度较低,表现为耗时长、时效性差。

3) 水位数据的获得与水位改正方案的确定依赖于人工根据区间比降和涨落等因素进行计算与

细化,其过程相对滞后。

4) 数据成果正确性与合理性的检查尚无自动智能的辅助操作手段,以减小人工工作强度和较长的时间消耗。

针对以上制约因素,结合“数字航道”和“智能航道”建设及长江航道发展战略的需要,应从完善设备、改进模式、简化步骤、优化流程等途径开展研究,并开发相应配套软件,突破制约航道地形要素信息快速采集到成图应用的核心技术难题,构建高精度航道地形数据快速采集与处理系统。

总体而言，长江航道地形测量工作优化的解决思路为：在不增加设备人员投入的前提下，基于网络传输、人工智能等技术手段，从系统集成、多源信息融合的角度出发，对各流程和各类测量手段进行创新性的集成融合和优化。采取人工操作向自动化操作转变、次序操作向同步操作转变、逐点处理向批量处理转变、单机现场操作向远程联机操作转变等手段，同时在数据可靠性和合理性判断上提供软件技术支撑，从而大幅提高长江航道地形数据的采集与预处理工作效率。优化后流程见图 2。

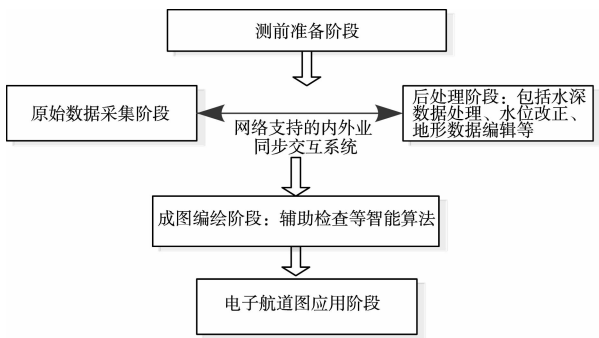


图 2 长江航道地形测量优化后流程

3 系统和流程优化的难点

长江航道具有涉及的要素众多、变化频繁、通航环境复杂等特点，加之长江电子航道图建设对测量提出的功能多样化、服务智能化等需求，优化长江航道地形测量数据采集与预处理工作流程，必须在测绘的基础上融合网络、计算机、电子工程、软件编程等多领域技术，同时考虑最新技术设备的引入，其主要难点有以下几个方面：

1) 测量外业数据采集与内业处理同步进行的系统集成。改变原有的先采集再处理的传统流程为内外业同步处理，需要解决外业多源数据采集的便捷化、多源数据传输协议、内外业交互、数据质量判定等系统集成的关键问题，此外，系统集成还需考虑系统集成的稳定性问题。

2) 水深数据粗差自动检测的智能化问题。由于水深粗差受仪器性能、长江航道水域情况等多种因素的影响，常用滤波算法效果较差，

一直以来，对于水深数据粗差的判断主要依靠技术人员的经验进行判断，要实现水深粗差的自动检测需要计算机程序较高的智能化，计算机程序算法要具备判断粗差的智能性，同时要具有处理各类情况的稳定性，即在粗差误判的概率要尽可能小的同时还要保证粗差的漏判要尽可能的少。

3) 实时水位自动改正技术和数据质量自动化批量检查和辅助判断等技术。实时水位改正涉及自动水位站的布设、水位数据的自动获取和水位改正算法的选择等问题。数据的处理和质量检查应提供计算机辅助决策的支持，减小纯人工检查的强度和时间消耗，算法往往涉及空间拓扑、数据合理性等各类问题，因此对自动智能算法的研制提出了较高的要求。

4 结语

针对长江电子航道图运行条件下对航道地形信息快速更新的需求，本文梳理长江航道现阶段地形测量的工作流程，分析出制约实现快速测量的主要因素为内外业的分离、水深数据处理自动化程度低、水位改正的滞后和计算机内业辅助不强等，给出了系统优化方案及其实现的主要难点，为深入研究长江航道地形要素信息快速采集与预处理技术、形成配套软硬件系统奠定基础。

参考文献：

[1] 长江航道局. 长江航道要素智能感知与融合技术研究及综合应用项目可行性研究报告[R]. 武汉: 长江航道局, 2010.

[2] 邓乾焕, 王勇, 熊金宝, 等. 构建长江智能航道的思考[J]. 航道科技, 2013(1): 18-22.

[3] 徐硕, 陈静, 周冠男, 等. 长江电子航道图生产制作流程[J]. 航道科技, 2013(1): 31-35.

[4] 王宝文. 浅谈海道测量工作的基本流程[C]. 北京: 中国航海学会航标专业学组测绘学组学术研讨会, 2013.

[5] 曾旭平, 阳凡林. 长江航道测绘发展(2014—2020 年) 研究报告[R]. 武汉: 长江航道局, 2013.

(本文编辑 武亚庆)