

Construction and Discussion of Hydrographic Information Mapping System in the Yangtze River

Chuanyong Feng¹, Jianhong Zhou¹, Wen He²

¹Hydrology Bureau of Changjiang Water Resources Commission, Wuhan Hubei

²Hubei Institute of Photogrammetry and Remote Sensing, Wuhan Hubei

Email: 690110051@qq.com

Received: Feb. 6th, 2020; accepted: Mar. 10th, 2020; published: Mar. 17th, 2020

Abstract

This paper introduces the development process and construction status of the mapping system of the Yangtze River Hydrological channel. According to the overall requirements of intelligent hydrology, the overall framework of the mapping system of the Yangtze River hydrological informatization is constructed and combined with the actual needs of the Yangtze River hydrological informatization and the development idea of "four hydrology". On the basis of summarizing and analyzing the achievements and shortcomings of the existing system construction, this paper puts forward some construction measures, such as further improving the modern surveying and mapping benchmark system, strengthening the ability of acquiring and analyzing massive multi-source spatial data, and focusing on solving the contradiction between the confidentiality of surveying and mapping results and the work of river information.

Keywords

Intelligent Hydrology, Informatization, River Mapping, System Construction

长江水文信息化测绘体系构建与探讨

冯传勇¹, 周建红¹, 何雯²

¹长江水利委员会水文局, 湖北 武汉

²湖北省航测遥感院, 湖北 武汉

Email: 690110051@qq.com

收稿日期: 2020年2月6日; 录用日期: 2020年3月10日; 发布日期: 2020年3月17日

作者简介: 冯传勇, 男, 高级工程师, 主要从事河道测绘技术管理工作。

摘要

本文介绍了长江水文河道测绘体系的发展进程和建设现状，结合长江水文信息化实际需求和“四个水文”发展思路，按照智慧水文的总体要求，构建了长江水文信息化测绘体系总体框架。并在总结、分析现有体系建设成效和存在不足的基础上，提出了进一步完善现代测绘基准、加强海量多源空间数据获取及分析能力、着力解决测绘成果保密与河道信息化工作矛盾等建设措施。

关键词

智慧水文，信息化，河道测绘，体系建设

Copyright © 2020 by author(s) and Wuhan University.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



1. 引言

长江河道测绘工作始于上世纪 50 年代初，几十年来开展了大量河道地形测绘、泥沙监测等原型观测工作，收集了较为连续的、系统的河道勘测资料，取得了巨大的社会效益。近年来随着长江经济带建设的不断推进，长江河道测绘工作在防洪减灾、岸线保护、河道综合治理及水电工程运行管理等领域发挥的重要基础支撑作用愈发凸显，同时也对信息化综合服务能力、成果有效性和及时性等方面提出了更高的要求。党的十八大以来，党中央高度重视信息化工作，水利部将水利信息化列入“水利工程补短板”重要建设内容[1]。长江智慧水文构想也明确提出要加快长江水文信息化发展，创新应用数据资源采集手段，推进测绘/测验方式方法创新，强化顶层设计，构建数据资源分级共享、业务与信息化深度融合的信息化服务体系[2] [3]。河道测绘工作是长江水文核心工作之一，信息化测绘体系建设是智慧水文建设工作重要组成部分，加快推进信息化测绘体系建设是河道测绘发展的必然趋势，其进展与发展方向值得关注和深入探讨。

2. 长江河道测绘发展及信息化体系构建

2.1. 长江河道测绘发展现状

上世纪 90 年代以前，河道测绘处于模拟测绘时代，以光学机械为主要标志的传统测绘技术体系是河道测绘工作的主要技术支撑；90 年代末，以 GPS 为核心的空间观测技术和数字化成图技术在长江河道测绘中得到逐步应用，传统的控制测量、地形测量方法彻底改变，生产效率极大提高，测绘成果全面实现数字化。近年来测绘与通信技术飞速发展，以多波束测深系统、三维激光扫描、无人机航测等为代表的多源点云数据获取技术与测绘行业加快融合，在河道测绘工作中发挥了重要作用，逐步从数字化测绘迈向信息化测绘[4] [5]。长江河道测绘不同发展阶段的主要特点如表 1 [6]。

Table 1. Comparison of the development stages of the Changjiang River surveying and mapping system

表 1. 长江河道测绘发展阶段比较

测绘内容	长江河道测绘发展阶段		
	模拟测绘	数字测绘	信息化测绘
数据类别	模拟数据	地理数据	空间数据

Continued

处理对象	实体	数据	信息
产品模式	手工	基础数据产品	可量测全息河道空间信息
技术手段	传统方式	3S 技术	海陆空天一体化
产品定位	测图	分析	河道全息服务
管理手段	常规	文件	全流程信息化业务管理
数据类别	模拟数据	地理数据	空间数据

2.2. 长江河道信息化测绘体系构建

2016年7月,原国家测绘地理信息局印发了《信息化测绘体系建设技术大纲》,大纲提出我国将在2020年全面建成信息化测绘技术体系,指出了信息化测绘体系在测绘基准现代化、数据获取实时化、数据处理自动化、数据管理智能化、信息服务网络化、信息应用社会化以及业务管理信息化等方面的建设方向[7]。结合长江水文信息化实际需求和“四个水文”发展思路,参考《信息化测绘体系建设技术大纲》的指导思想[8],提出长江水文信息化测绘体系建设总体构架,主要包括五个方面建设内容,如图1所示。

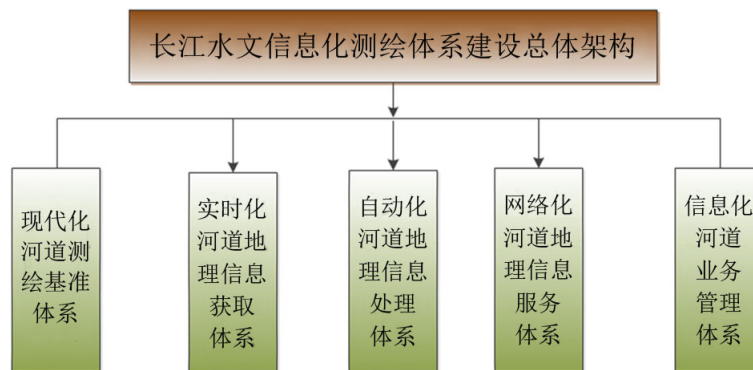


Figure 1. The general framework of hydrological information mapping system of the Changjiang River

图 1. 长江水文信息化测绘体系建设总体构架

3. 长江水文信息化测绘体系建设进展

河道测绘成果是长江水文六大产品之一,经过多年实践,河道信息化测绘体系建设已初见成效,具体体现在:

1) **标准体系建设。**多年来,河道测绘成果主要服务于流域防洪减灾、岸线规划、河势演变分析、水利水电工程运行管理等专用领域,对产品形式和观测精度上都提出了特定的要求,逐渐形成了适应长江水文自身观测特点和需求的水道测绘技术标准。为满足水道测绘最新需求,适应测绘技术快速发展,长江水文于2017年主持修编了水利行业标准《水道观测规范》(SL257-2017)。同时针对观测方法、产品形式、检查验收等多方面,制定了一整套河道测绘规定或规程,如《长江河道观测技术规定》、《断面技术规程》、《水道数字化测绘技术指南》、《河道水下测深技术规程》、《河道资料提交导则》、《水道观测图式》、《监理技术纲要》、《水道测绘成果质量检验与认定规定》等,作为《水道观测规范》的进一步延伸、补充和细化,形成了完整的长江河道测绘技术标准体系。

2) **基于多平台、多传感器的多源数据获取及处理技术体系建设。**基于EPS编码及全站仪通信技术,定制开发了陆上边界内外业一体化成图系统(见图2);针对内河水体环境特点及观测需求,形成了一整套无验潮模式下

高精度三维水道观测方案；在长江上游峡谷河段及中下游平原河段分别开展水位精度影响试验研究，建立了多因素耦合作用下水位获取精度的综合影响模型；在三峡库区建立了国内首个测深校准场，为超大水深复杂水体环境下精密测深校准提供精准依据；车载三维激光扫描及多波束集成系统在长江上游河段组装成功，并已在长江上游、两坝间河段地形测量及长江中游崩岸应急观测中发挥重要作用；无人船测深技术、无人机航测技术在河道测量中广泛应用；研发了集成雷达及摄影测量技术的一体化水边界获取系统，实现了对形态多变水边线的高精度、自动化获取；在长江下游河段，创新应用特殊区域 Lidar 点云测高技术，为高植被覆盖区域高程精确获取提供了新的作业手段。在数据处理及整编方面，以水道观测相关规范为标准，先后开发了适用于长江上游、中下游及汉江的多套河道观测数据整编系统，建立了较为完整的长江河道资料整编体系。

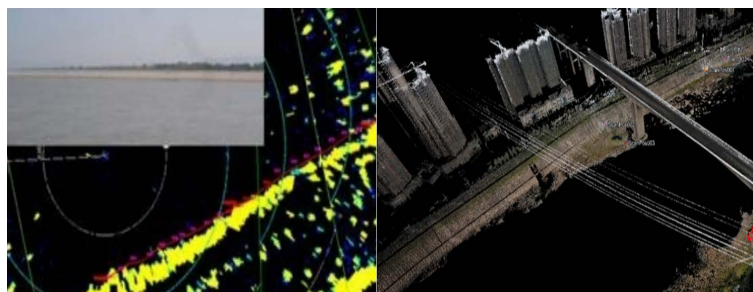


Figure 2. Integrated water edge acquisition system (left) and 3D laser scanning effect (right)

图 2. 一体化水边获取系统(左)及三维激光扫描效果(右)

3) 现代化测绘基础设施建设。测绘基准是开展一切测绘工作的基础，在模拟测绘和数字化测绘时代，大批量、多层次的沿江平面及高程控制构成了长江河道测绘基准。近年来因河势变化、堤防整治等影响，控制标石损毁频繁、省界以及长江两岸系统存在差异、中下游地区沉降严重等方面不利因素，给长江河道测绘基准维护带来了不利影响。2019年，长江中下游 B 级网(含差分播发系统即 CORS 站网)建设工作正式启动，目前已基本建设完成，预计 2020 年上半年验收使用。该系统在长江中下游沿江共布设 CORS 站 48 个，覆盖长江中下游干流、汉江中下游以及洞庭湖区，建成后可实时提供厘米级差分服务，能有效完善传统测绘基准在系统性、统一性和稳定性等方面的不足。

4) 信息化测绘业务管理体系建设。在全面总结河道测绘生产业务流程特点和需求基础上，完成了长江水文信息化测绘业务管理系统总体设计，见图 3。该系统在长江水文“一个平台”总体框架下，与长江水文现有办公管理系统实现无缝数据对接，避免重复建设，保证互联互通和数据共享。系统将以项目管理为主线，打通河道测绘管理流程，从项目规划立项开始，对任务下达、技术设计、外业观测、资料整理、归档验收等各环节进行动态受控管理，安全生产和质量控制将贯穿项目始终。系统将为各级管理人员、生产人员提供一个高效、方便的应用平台，最大程度地实现项目流程化、规范化、信息及时化、经验可循环化，有利于建立职责清晰、协调有序、规范高效的管理机制[9]，为建立河道测绘业务信息管理技术体系，进一步推进长江水文精细化管理提供技术支持。

4. 思考与建议

长江河道测绘体系建设进程中，以服务于长江防洪减灾、流域规划、河道整治为目的，着重提升快速、高精度三维河道数据获取、处理与分析等方面的综合服务能力，但由于体系建设处于起步初期，仍然存在一些问题和不足，如长江沿线河道控制基准存在精度薄弱河段，更新时效不够；岸线动态监测、崩岸溃口等突发险情应急监测能力不足，亟需进一步提高三维河道空间数据快速获取、处理以及分析能力；河道测绘的产品形式较为原始、单一，对水文、水环境等其他专业的地理信息支撑作用不足，难以全方位满足现代江河治理与水利建

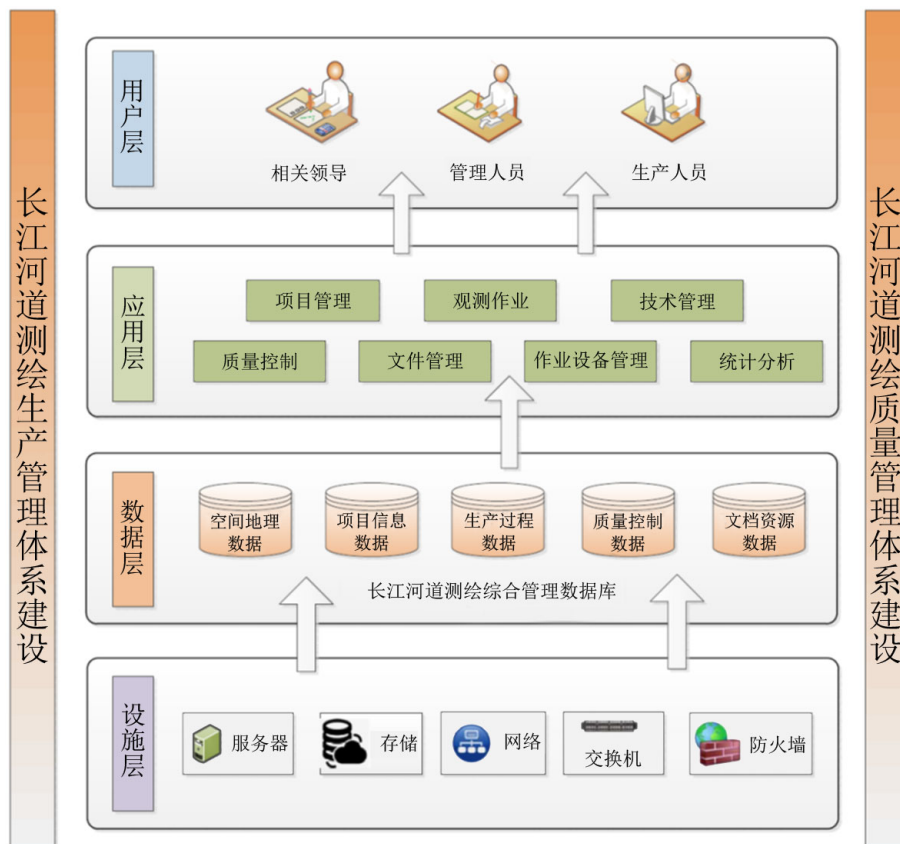


Figure 3. Framework of Yangtze River hydrological information mapping management system
图 3. 长江水文信息化测绘管理系统框架图

设的需要；测绘成果保密与河道信息化之间的矛盾尚未得到有效解决，制约了河道信息化发展。综上，长江水文信息化测绘体系建设的任务还很艰巨，需要继续加强建设，深入推进。下面结合当前水利发展总体思路及河道测绘、信息技术发展趋势，提出以下几点建议：

1) 以长江中下游 GNSS 地基增强系统为基础，完善全江统一的现代测绘基准体系建设。河道测绘对资料的系统性、连续性、统一性要求很高，尤其是高程基准，其根本目的是把系统误差降至最低，提高成果可靠性。长江横跨 11 个省级行政区，一直以来基本控制维护依赖于沿江各省测绘系统，不同省份间存在“裂隙差”，不同年代间存在“系统差”，两岸水准高程存在“路线差”，“系统”问题一直困扰长江河道测绘工作，没有得到有效解决。鉴于上述原因，建议以长江中下游 GNSS 地基增强系统为基础，构建“全江统一的现代测绘基准”：一是尽快开展长江沿线似大地水准面模型精化工作，固化高程异常值；二是长江中下游 GNSS 地基增强系统应具备实时解算能力，可实时向用户“隐式”输出目标系统下的三维坐标成果；三是组织安排好 1954 年北京坐标系下河道测绘成果到 2000 国家大地坐标系转换工作；四是在条件允许时，长江中下游 GNSS 地基增强系统向长江上游延展，最终覆盖长江全线。

2) 着力打通高精度三维河道空间数据获取技术瓶颈。数字化测绘与信息化测绘最大的区别在于服务模式和实效性的转变，测绘仪器在原理和精度上并没有本质改变，在一般性的地理信息服务领域不再花费大精力提高精度。但在河道测绘领域，受限于各种复杂水体环境和声学测深原理，综合测深精度的不确定性严重制约了高精度三维河道空间信息获取，阻碍了河道冲淤分析精度的进一步提升，甚至影响水库排沙调度、江河治理方案决策。当前的测深技术，水体环境对测深仪器的精度影响甚至超过仪器测量误差本身，综合水体环境对测深精度的影响，仍然存在很大的探索空间。因此，基于复杂水体环境对测深精度的多重影响研究，进一步提高三维

河床空间数据精度仍将是长江水文关键技术研究的重点。

3) **海量、多源空间数据处理能力需进一步加强。**以陆上测图为例,利用 GNSS、全站仪测图,通常一天的外业工作,内业整理时间需要几个小时甚至更快。采用三维激光扫描成图,一天的外业工作,通常需要几天时间进行内业整理,甚至更久,当然这其中包含了成果形式转化的原因。在获得高精度、高效率外业观测数据的同时,大量外业观测工作量转换到内业数据处理环节,这其中主要原因是数据处理平台处理海量数据能力不足、软件模型有待优化,同时技术人员的操作水平、熟练程度也是其中一个重要原因,增加了河道测绘产品生产周期,限制了河道地理信息更新的实时性和有效性,因此加强海量、多源空间数据处理能力建设是长江水文测绘信息化体系建设重要内容之一。

4) **河道测绘产品形式应在传统 DLG 等产品基础上创新、突破。**在模拟测绘和数字测绘时代,河道测绘产品主要是 DLG 和断面成果,这主要是由观测技术和成图技术决定的。GNSS、全站仪、测深仪等仪器的获取的是点、线数据,测量精度基本取决于技术方法本身,划分地形图比例尺的目的主要源于数据分辨率。信息化测绘时代,基于多平台、多传感器的非接触式点云数据获取技术成为数据采集主要手段,海量、高密度的数据特点逐渐淡化了地形图比例尺的概念。在河道基础框架服务、河道信息展示、分析等多领域,基于海量点云数据的 DEM 模型、BIM 模型无论在产品展现、精度等多方面都具有明显优势,三维、可视化的地理信息产品是测绘产品发展的必然趋势。以河道冲淤分析为例,以全部点云数据为基础进行分析计算,不受限于断面法、地形法,可大幅度提高冲淤计算的准确性和可靠性。

5) **加快长江水文基础地理服务平台建设,为多专业、多领域提供专业信息服务。**信息化时代,测绘与地理信息服务正快速融合到各学科、专业,测绘与地理信息的基础支撑和平台作用逐渐凸显。基于河道地理信息获取与处理技术,借助地理信息平台 and 测绘 4D 产品,可协助水文、水质等多专业部门建立专题数据库或集成业务化地理信息系统,把平面的、单一的图表信息进行三维展现,从而更直观、有效的向社会提供服务,河道测绘依照行业规范完成测绘产品生产之外,同时应加强与其他专业的集成,主动服务,为多专业、多学科提供基础支撑。

6) **着力解决测绘成果保密与河道信息化工作的矛盾。**测绘成果是国家安全的重要保障,是国家秘密的重要内容。当前测绘与地理信息应用越来越广泛,如何在确保测绘成果保密与安全的前提下,发挥好信息化测绘在生产与服务中的优势,值得我们开展深入研究。首先要认真落实测绘成果保密管理制度,并根据实际保密需要对河道资料进一步细化分级;其次应加强对测绘成果保密管理规定的领会和理解,客观界定测绘成果保密范围、内容和密级;第三,开展河道测绘生产环境监控与过程安全管理技术研究,在遵循有关保密法律法规前提下,建立一套经论证的涉密河道成果加密-脱密算法,有效解决地理信息数据生产、交换、使用与管理过程中的安全防护技术难题,实质性解决测绘成果保密与河道信息化工作的矛盾,为长江水文信息化服务提供技术保障。

5. 结语

当前,河道测绘成果在长江流域防洪减灾、生态保护、长江经济带建设等多方面正发挥着越来越重要的基础支撑作用,长江水文正面临着历史性的机遇和挑战。长江水文信息化测绘体系建设按照“水利工程补短板、水利行业强监管”的水利改革发展总基调,依据“四个水文”总体思路,并在国家信息化测绘体系总体建设框架指导下,全面总结和分析长江河道测绘产品的特点和服务需求,准确定位总体建设目标,突出河道测绘产品特点,将进一步提升长江水文综合保障能力和服务水平,支撑水利强监管,更好地服务于长江大保护和长江绿色发展。

参考文献

[1] 中华人民共和国水利部. 补齐信息化短板支撑水利强监管[R]. 2019.

- Ministry of Water Resources of the People's Republic of China. Supplement the short board of information technology and support the strong supervision of water conservancy. (in Chinese)
- [2] 2019 年长江水利委员会水文局工作报告[R]. 2019.
Report on the work of Hydrological Bureau of Changjiang River Water Conservancy Commission in 2019. 2019. (in Chinese)
- [3] 程海云. 长江水文信息化发展与展望[R]. 2019 年(第七届)中国水利信息化技术论坛, 2019.
CHENG Haiyun. Development and prospect of Yangtze River hydrological informatization. 2019 (7th) China Water Conservancy Informatization Technology Forum. 2019. (in Chinese)
- [4] 厉芳婷, 黄露, 梁思, 闵天. 湖北省信息化测绘体系建设探讨[J]. 地理空间信息, 2018, 16(6): 122-124+9.
LI Fangting, HUANG Lu, LIANG Si and MIN Tian. Discussion on the construction of informatization mapping system in Hubei Province. Geospatial Information, 2018, 16(6): 122-124+9. (in Chinese)
- [5] 林富明, 李井杰. 信息化测绘服务体系建设与应用探讨[J]. 测绘与空间地理信息, 2015, 38(11): 90-91+95.
LIN Fuming, LI Jingjie. Discussion on the construction and application of information mapping service system. Mapping and Spatial Geographic Information, 2015, 38(11): 90-91+95 (in Chinese)
- [6] 李德仁, 苗前军, 邵振峰. 信息化测绘体系的定位与框架[J]. 武汉大学学报(信息科学版), 2007, 32(3): 189-192, 196.
LI Deren, MIAO Qianjun and SHAO Zhenfeng. Positioning and framework of information mapping system. Journal of Wuhan University (Information Science Edition), 2007, 32(3): 189-192, 196. (in Chinese)
- [7] 中华人民共和国原国家测绘地理信息局. 信息化测绘体系建设技术大纲[R]. 2016.
State Bureau of Surveying and Mapping Geographic Information of China. Technical outline of informatization surveying and mapping system construction. 2016. (in Chinese)
- [8] 张继贤, 唐新明, 翟亮. 关于我国信息化测绘技术体系建设的思考[J]. 测绘通报, 2008(5): 11-16.
ZHANG Jixian, TANG Xinming and ZHAI Liang. Reflections on the construction of China's information-based mapping technology system. Mapping Bulletin, 2008(5): 11-16. (in Chinese)
- [9] 田寿全, 袁成, 向娟. 基于 JFinal 的信息化测绘管理系统设计与实现[J]. 地理空间信息, 2019, 17(3): 86-88+112+11.
TIAN Shouquan, YUAN Cheng and XIANG Juan. Design and implementation of information mapping management system based on JFinal. Geospatial Information, 2019, 17(3): 86-88+112+11. (in Chinese)