

长江航道关键技术研发进展综述

李学祥, 刘怀汉

(长江航道局, 湖北 武汉 430010)

摘要: 在航道科技创新理念认识基础上, 结合有关重点研发计划项目实施, 系统总结了近年来长江航道在数字航道、生态航道、高效养护等主要方向上关键技术研发进展情况, 概述了新技术应用及其成效, 指明了下一代技术研发方向。

关键词: 数字航道; 生态航道; 航道服务

中图分类号: U61 文献标识码: A 文章编号: 1006—7973 (2023) 01—0093—03

内河水运作为我国综合立体交通运输体系重要组成部分, 具有绿色属性、占地少、能耗小、运力大等特性, 有着无可比拟的比较优势, 符合绿色可持续发展战略要求。长江干线航道作为承东启西、辐辏南北的黄金水道, 是我们党执政兴国的重要物质基础、我国内河水运的重要基础设施, 在长江水运发展中具有基础性、先导性、服务性作用, 是建设沿江综合立体交通走廊和绿色生态廊道的重要依托, 在国民经济和区域发展总体格局中具有重要战略地位。

航道科技创新是推动航道高质量发展的关键驱动力, 通常指面向航道规划、建设、运行、养护和水上应急救援等全过程, 创造和应用新理论、新技术、新材料、新装备、新系统、新结构、新工艺等而开展的科技研发、标准制定、推广应用、科普交流等活动, 一般以应用为目的、人才为支撑、技术为核心、成果为载体、平台为依托、机制为保障。“十八大”以来, 特别是“十三五”期, 长江航道局秉承“创新、协调、绿色、开放、共享”发展理念, 紧密围绕长江经济带建设等国家战略实施要求, 紧跟现代科技发展前沿, 聚焦航道公共服务能力水平提升, 大力实施了“科技引航、科技兴航、科技强航”战略, 航道科技得到了长足发展, 推动了长江航道公共服务技术进步, 有效发挥了科技创新支撑和引领长江航道转型发展的使能器作用。

1 主要技术进展

聚焦长江航道发展重大性、关键性、前瞻性难题, 依托系列国家科技项目、交通运输部专项及有关科技成果推广、示范应用、重点航道建设工程等持续研发, 初步形成了以数字航道、生态航道、高效养护为主体长江航道技术体系。

1.1 数字航道技术进展

1.1.1 数字航道顶层设计

(1) 参考借鉴数字地球、数字城市发展理念, 明确了数字航道概念和内涵, 结合航道基本属性和业务内容研究提出了“远程看、精细管、走着用”长江数字航道发展理念。

(2) 运用自顶向下方法设计了“一主六分七中心一图一站三平台”长江数字航道总体架构, 提出了由基础设施层、信息感知层、网络传输层、数据资源层、支撑平台层、应用服务层等构成的长江数字航道总体技术框架。

(3) 结合长江航道业务特点完成了航道数据资源总体规划, 结合长江航道组织机构及分布特点完成了航道通信网络总体规划, 参考信息系统评价模型初步提出了数字航道应用成效评估方法和关键指标。

1.1.2 航道要素感知技术

(1) 研发了基于现代测绘的航道要素变化快速测量技术, 构建了空天地水立体航道测绘技术体系, 解决了大范围航道要素变化信息快速获取的问题。

(2) 研发了基于物联网的航道典型要素异动实时监测技术, 开发了航标遥测遥控系统、水位遥测遥报系统、多功能航标系统、航道视频监控系统等, 解决了主要航道要素运行状态在线感知的问题。

(3) 制定了基于在航船舶的航道水深信息感知方法和实施方案, 研发了多功能船舶终端系统, 初步弥补了传统航道河床地形测绘模式导致航道感知能力不足的问题。

1.1.3 航道数据治理技术

(1) 提出了水位等主要航道要素空间拟合方法, 建立了航道地理信息模型和航道要素分层分级转换模板, 研发了基于模板匹配和自定义规则的多源异构航道数据技术, 初步实现了多时态、多尺度、异构航道数据

快速融合。

(2) 提出了基于层次结构的航道核心数据元素识别方法, 设计了适用于云网交互的航道大数据技术体系及构建方案, 研发了基于云网交互的航道数据资源构建技术, 初步解决了海量航道数据资源的组织管理问题。

(3) 提出了不同水文期航标、水位、水深等关键要素的更新频率, 制定了航道数据更新和质量控制策略, 研发了基于地理模型的要素自动联动处理技术和多源异构航道数据动态更新技术, 实现了要素级航道数据动态更新。

(4) 提出了航道信息资源目录体系的概念模型和组织结构, 制定了面向服务的航道动态数据共享策略, 提出了基于公共服务平台和标准接口的数据交换共享方法, 实现了不同层级、不同粒度的航道信息交换共享。

1.1.4 航道应用服务技术

(1) 建立了航道养护管理业务模型, 开发了航道动态监测平台、航道维护管理平台和维护辅助决策分析系统, 研发了基于流程与数据驱动的航道养护管理协同应用技术, 解决了不同层级航道养护业务数字化协同应用问题。

(2) 提出了航道信息服务“六阶段”需求辨识方法, 构建了可量化描述各类场景用户需求的航道信息服务需求度模型和需求矩阵, 攻克了信息服务需求辨识技术难题。

(3) 明确了长江电子航道图概念, 提出了“一图在手、畅行长江”发展理念, 研发了基于数据库的电子航道图成套技术, 开发了生产编辑系统、APP 及若干数据处理辅助工具, 打造了“手掌上的航道”, 提供了“指尖上的服务”。

(4) 设计了满足航道信息服务特征的信息服务平台“4S”技术架构, 研发了航道综合信息服务系统, 具备了普适化和个性化航道信息、助航导航、辅助决策、监控管理等主要服务功能。

1.2 生态航道技术进展

1.2.1 生态航道顶层设计

(1) 创建了黄金航道识别方法和可持续发展潜力综合评价体系, 建立了多目标协同下长江航道承载力评价模型, 判明了长江干线航道承载力和可提升潜力, 为长江航道可持续发展提供了决策依据。

(2) 提出了生态航道概念内涵和评价方法, 基本明晰了守护、筑坝、炸礁、疏浚等各类治理工程对水生

物群落及生境的影响机理, 提出了目标物种-生境对航道整治响应程度的量化判别方法, 为航道生态化建设提供了必要条件。

1.2.2 航道生态整治技术

(1) 初步揭示了多库联调条件下山区航道非恒定流传播、变动回水区卵石推移质输移、常年库区航道粉砂输移等规律, 研发了山区河流顺直型、弯曲型及弯曲分汊型等三类卵石滩险整治、卵石滩群航槽控导、常年库区悬沙淤积碍航治理技术, 开发了 10 余类航道整治建筑物新结构, 形成了山区河流复杂水动力变化卵石滩群联动整治技术。

(2) 初步解决了复杂条件下长河段演变及治理的高效、精细化长河段滩槽联动模拟技术, 初步揭示了三峡水库运行后中游水沙条件的时空变化规律、滩槽冲淤调整机理以及不同类型浅滩的碍航特性与变化趋势, 发展中下游“守、调、疏”相结合的航道整治方法, 研发了强冲刷条件下中下游径流河段滩体塑造和航道滩槽调控技术, 开发了“双绞格网网垫和网箱”等具有适应河床变形能力、加强结构强度、促进淤积等航道整治建筑物新结构, 形成了大型枢纽运行后防洪-通航协同下中游强冲刷长河段航道整治技术。

(3) 初步揭示了多分汊潮汐河段潮波传播、潮流运动及泥沙输移特性、滩槽水沙交换模式及演变规律, 提出了复杂多分汊航道上下游河势联动及汊道相对稳定性评价方法, 研发了大型冲积河流心滩、边滩守护技术和径潮流作用下多分汊长河段洲滩控导技术, 开发了链式等多种适用于径潮流河段的透水消能固滩结构和促进水生生态修复的整治结构, 形成了径潮流共同作用下复杂多分汊河段滩槽调控技术。

(4) 初步揭示了长江口水沙运动及河床演变规律、拦门沙河段泥沙回淤机理和浅滩碍航机制, 提出了下游径潮流共同作用的感潮河段航道关键性活动边滩控导方法, 制定了采用中水位整治及宽间距双导堤加长丁坝群布置型式、结合疏浚工程的总体治理方案, 拓展了长江口深水航道减淤方法和技术, 开发了大型河口航道整治的新结构, 形成长江巨型河口深水航道协调治理技术。

1.2.3 航道生态修复技术

(1) 提出了事前、事中、事后的生态保护和修复技术措施, 实践了生境避让、生境再造、生态涵养区建设、异地保护、增殖放流、驱赶拦截等多种水生生物保护措施。

(2) 研发了生态友好型护滩、护底、筑坝技术,研发了生态排体等数十种增强栖息地多样性的整治新型结构。

(3) 发展了长江航道演变与水沙条件的响应理论,发明了整治建筑物的可靠度及设计使用年限计算方法,开发了长江航道整治软体排设计与施工成套技术。

(4) 研制了水下铣挖环保型清礁、航道浚测一体化、耙吸挖泥船高效节能疏浚等整治与疏浚装备,构建了航道整治工程 BIM 技术体系,新开工项目 BIM 覆盖率达到 100%。

1.3 高效养护技术进展

1.3.1 航标及养护技术

从提升航标养护效率和改善助航效果的角度,加强了新材料的应用,研制了橡胶、高分子 PE 等新材料标志船;研发了 AIS 航标并进行了规模化应用;研发了磁吸式航标等为代表的装配式航标,开发了自航式航标和多功能机械手等,推进航标养护机械化;开发了航标专用芯片和北斗定位模块,推进了航标国产化替代;试验了灯带等多种水上航标辅助增强技术方案,推动解决夜间复杂灯光背景下航标辨识效果不良的问题;探索了 AIS 和视频监控信息融合下船舶动态跟踪技术和 LED 通行信号标应用,研发了远程控制、无人值守智能信号台,优化了信号揭示的主动服务模式。

1.3.2 航道疏浚维护技术

深化和推广了重点河段航道跟踪观测分析机制,初步研发了数物模与大数据融合分析技术,服务了航道整治成效发挥和日常航道条件中短期预测预报;阐明了梯级枢纽调蓄和人为活动影响新水沙条件下典型浅滩河段冲淤特性及疏浚维护态势,探明了航道疏浚维护时机影响因素,提出了太平口等典型滩段的合理疏浚时机;提出了航道疏浚维护关键参数确定方法,制定了各重点碍航浅滩疏浚维护思路及方案。

1.3.3 航道维护船舶技术

提出了新航道维护船舶体系,优化设计了体系内各类船舶船型、功能布局、装备配备和外观形象;研制并示范应用了纯电动航道维护快艇,改装应用了机械作业系统;融合应用了智能绿色船舶技术,推广了船舶污水处理系统等。

2 主要应用成效

通过数字航道、生态航道、高效养护等技术在长江

航道系列建设工程和养护管理中的应用,航道公共服务能力水平得到了显著提升,2021 年长江干线港口完成货物吞吐量超 35 亿吨,连续 17 年位居世界第一,船东满意度测评九连升,全面达到 90 分以上优秀等级,突出表现在以下方面:

2.1 数字航道技术成效

建成了“一主六分七中心”长江数字航道系统格局,实现从全线贯通到联通运行再到全面应用的突破,航标等要素实现在线监测,初步完成了数字化革命;建立了电子航道图 APP 等多模式航道服务体系,营运船舶步入移动导航时代。

2.2 生态航道技术成效

上游“瓶颈”制约初步缓解,中游“梗阻”问题逐渐缓解,下游“卡脖子”问题基本解决,航道整治护岸绿化率已达 80% 以上,航道服务更加绿色、顺畅。

2.3 高效养护技术成效

干线航标全面淘汰干电池、全面实现遥测遥控,浮具全部集中上岸保养,全线 5000 余座航标实现明亮化、大型化;神背嘴等 4 座信号台实现无人值守和通行信号远程控制,开启了控制河段信号智能新时代,航道职工幸福感和智能助航服务水平极大提升;建造应用了纯电动“长江航道电 001”航道维护快艇、13800 方自航耙吸挖泥船等,显著提升船舶装备技术水平,航道保安全畅通能力水平显著提高。

3 展望

随着交通强国建设深入推进,建设“畅通、高效、安全、智慧、美丽”现代化新航道对长江航道科技必然提出新需求,下一步需从打造更高水平航道公共服务、重塑航道职业内涵、支撑长江航道高质量发展、引领“四纵四横两网”国家内河高等级航道角度谋划和推进航道技术研发。

参考文献:

- [1] 李学祥,“互联网+”背景下长江数字航道发展的思考,测绘与空间地理信息,2016(10):1-4,10;
- [2] 刘怀汉,雷国平,尹书冉,况宏伟,长江干线航道治理生态措施及技术展望,水运工程,2016(1):114-118.
- [3] 余俊华,毛世红,汤文军,李学祥,新时代长江航道维护船舶发展对策研究,中国水运,2020(9):22-24.

国家重点研发计划课题:内河航道综合信息服务系统研发及示范(2018YFB1600405)