

· 智能化 ·



龙溪口航电枢纽工程施工期智能航道系统研究

张 浩¹, 代礼红¹, 吕 刚², 徐 红³

(1. 四川岷江港航电开发有限责任公司, 四川 乐山 614000;

2. 四川港航建设工程有限公司, 四川 成都 610023; 3. 四川省交通勘察设计研究院有限公司, 四川 成都 610017)

摘要: 针对龙溪口航电枢纽工程施工期所在河段不断航, 且来往船舶多, 临时航道通航环境复杂的情况, 设计开发了施工期智能航道系统, 该系统以电子航道图为显示基础, 实现航道水位、流速流量和水深的实时监测、航标遥控遥测、船舶动态管理等功能, 并提供共享与服务接口, 系统的实施实现了对河道表面流速场的非接触、无人值守的实时测量, 以及对航标、船舶的动态管理, 提高了管理效率, 保障了龙溪口枢纽工程施工期工程河段的通航安全。

关键词: 施工期; 智能航道系统; 电子航道图; 图像测流

中图分类号: U 61

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2023)10-0158-06

Intelligent channel system in construction period of Longxikou Navigation-power Junction project

ZHANG Hao¹, DAI Lihong¹, LYU Gang², XU Hong³

(1. Sichuan Minjiang Port & Shipping & Electricity Power Development Co., Ltd., Leshan 614000, China;

2. Sichuan Port and Channel Construction Engineering Co., Ltd., Chengdu 610023, China;

3. Sichuan Communication Surveying & Design Institute Co., Ltd., Chengdu 610017, China)

Abstract: In response to the situation where the construction period of the Longxikou navigation power junction project is located in the river section where navigation cannot be interrupted, and there are many ships coming and going, and the navigation environment of the temporary waterway is complex, an intelligent waterway system during the construction period has been designed and developed. The system is based on electronic waterway maps and realizes real-time monitoring of waterway water level, flow rate, and depth, remote control and telemetry of navigation aids, dynamic management of ships, and provides sharing and service interfaces. The implementation of this system has realized non-contact and unmanned real-time measurement of river surface velocity field, as well as dynamic management of navigation aids and ships, improved management efficiency and ensured the navigation safety of the construction section of the Longxikou junction project.

Keywords: construction period; intelligent channel system; inland ECDIS; image flow measurement

航道是航运发展的重要基础设施, “十二五”以来在国家一系列加快内河水运发展战略的刺激下, 我国内河航道步入快速发展时期。近年来, 随着国内“数字航道”建设的启动, 航道信息化建

设经历了一个快速的发展历程, 在航道测量、电子航道图建设和信息基础设施建设等方面取得了一系列的成绩, 初步具备由数字化向智能化转变的条件。

收稿日期: 2023-06-07

作者简介: 张浩 (1980—), 男, 硕士, 高级工程师, 从事港口航道和水利水电工程建设管理。

作为四川重大件装备运输主通道, 岷江下段河道在枢纽施工期必须保持通畅。为确保施工期工程区域的通航安全, 许多学者针对施工期临时航道的水流条件及助导航设施等问题进行了分析和研究^[1]。

由于枢纽工程施工期河段通航环境变化重大、来往船舶及不确定因素较多, 为保障龙溪口枢纽施工期的通航安全和通航能力, 在临时管控河段范围内建立智能航道系统, 利用物联网、智能传感器、自动控制、人工智能、图像识别、地理信息系统(GIS)等技术, 自动获取航道要素信息, 并通过融合处理、深度挖掘及数据可视化等措施, 为船舶航行安全管理和运输决策等提供实时、便捷、精确以及全方位的服务^[2]。

1 工程概况

岷江龙溪口航电枢纽工程位于犍为新民镇, 是岷江乐山—宜宾段规划的第四个梯级, 上距犍为梯级约 31.1 km。工程规模为大(2)型, 等别为二等。枢纽总库容 3.24 亿 m³, 装机容量 480 MW。整个枢纽工程采用分期施工导流方案, 其中, 一期完成消力池、临时航道内泄洪闸底板的施工和左岸河床的疏浚清挖; 二期完成船闸和右岸剩余 11 孔泄洪闸的施工; 三期进行临时航道内泄洪闸墩的施工, 整个导流期内电站厂房均在全年围堰内连续施工^[3]。

基于龙溪口航电枢纽工程, 设计开发施工期智能航道系统, 以电子航道图为基础, 通过对远程水位、流速和水深的实时数据监测, 以及对航标、船舶的动态管理, 满足施工期内通航过程的智能预测与管控。同时, 系统将监测数据和报警信息上传至龙溪口枢纽智能建造指挥管理系统, 达到信息共享, 为管理部门实现有效监管提供参考。

2 系统总体设计

2.1 业务需求

2.1.1 保障施工期通航安全

枢纽工程施工期人为改变河道自然条件, 以

及雨季、汛期等自然因素的影响叠加, 加剧了航道及河床的不稳定, 增加了通航难度。此外, 各类船舶在施工河段的交汇也加大了船舶通航管理的压力。

解决通航安全问题不仅需要了解枢纽工程区内的水文信息, 还需要实时掌握区域内的船舶动态信息, 以及将收集的信息用于安全管理。因此基于电子航道图, 结合监测数据、智能航标及船舶动态信息管控, 建立通航安全体系是非常必要的。

2.1.2 提升航道通航能力

根据调研, 相对国内的船闸, 国外部分船闸虽然规模小但其通航能力显著, 究其原因主要是国内欠缺有效的现代化管理手段。随着我国河流枢纽工程的开发建设, 如何提升航道通航能力的问题日益凸显。

建立一套数字化的电子航道图是实现枢纽区船舶智能调度的基础, 并依靠整合的通航安全相关数据信息作为通航决策指导, 最大程度发挥工程区的通航能力。

2.2 系统架构

施工期智能航道系统设计主要关注水运枢纽运行和应急处置等重点领域的相关信息, 包括航道地理信息、航道水文数据监控信息、船舶动态信息、航标综合信息等^[4]。实现枢纽工程施工期航道高效监管以及航道重要风险隐患的及时预警, 依托系统达到快速响应, 实现跨层级、跨区域部门和跨行业之间的信息互通与协同反应。

系统总体采用成熟的多层技术架构, 包括电子航道图、数据采集、服务对象、业务应用。系统设计具备足够的可扩展性、兼容性、部署灵活性以及可维护性。系统总体框架见图 1。

1) 电子航道图: 汇聚了施工区域航段的航道基础信息、水文监测信息以及航标/船舶等重要标志标识要素数据。

2) 数据采集: 包括新建的水位、流速流量智能监测站点, 第三方接入航标、船舶数据。通过

4G 网或光纤专网等方式传输到数据中心。

3) 业务应用: 应用系统以电子航道图平台为显示基础, 包括远程水位实时测量子系统、水深监测预警子系统、图像流速流量监测子系统、船

舶动态管理子系统和航标遥控遥测子系统。

4) 服务对象: 本系统部署在龙溪口枢纽管理中心, 可为地方政府、建设单位、设计单位等提供访问服务。

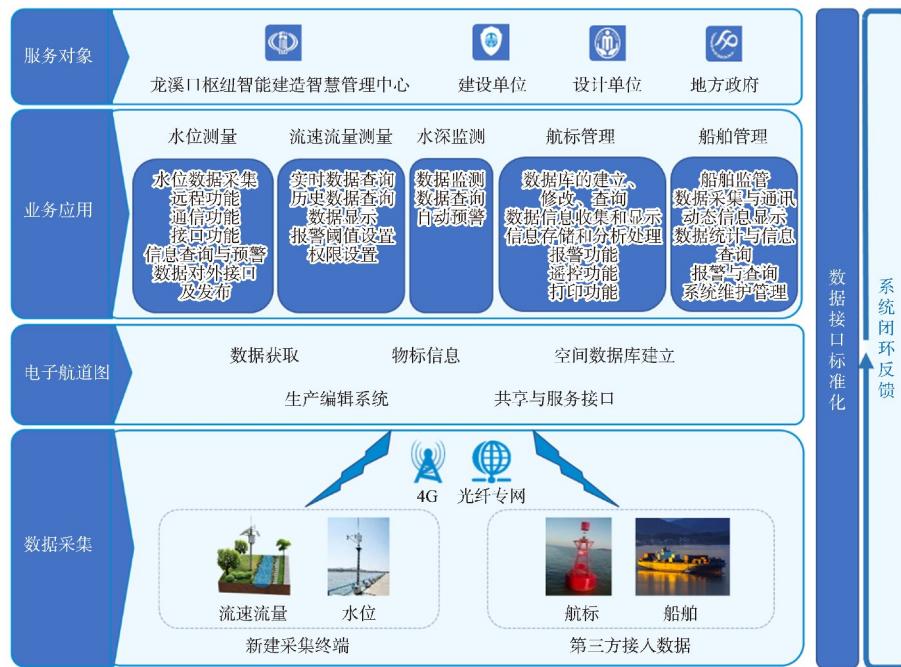


图 1 系统总体架构

3 系统功能实现

3.1 电子航道图

电子航道图运用全球定位系统(GPS/BDS)、遥感(RS)、地理信息系统(GIS)、物联网信息系统(IOT)、数据收集系统(DCS)和5G实时图像传输等现代化科学技术整合, 实现对航道管理进行展示和操作的基础化平台。

以岷江龙溪口航电枢纽工程临时航道为例, 以地理坐标为依据, 空间信息为基础, 将航道及相关附属设施通过多维空间、多分辨率和多尺度的形式进行展现。项目共建设3.5 km电子航道图, 其中枢纽上游河道1.5 km, 下游河道2.0 km。建设内容包括电子航道图生产编辑、物标信息、数据获取、空间数据库建立、电子航道图共享与服务接口等内容^[5]。系统界面见图2。

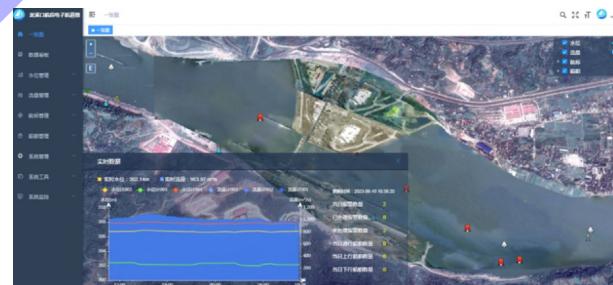


图 2 系统界面

3.2 远程水位实时测量

通过多种水位测量技术、独立太阳能光伏供电技术和无线数据传输技术, 实现远程水位的实时测量, 为航务管理部门提供及时准确的水位数据。

系统可提供实时数据与历史水文数据的信息查询, 并根据站点和时间显示历史数据列表; 分析不同情况判据阈值的设置, 产生报警提示。水位结构见图3。

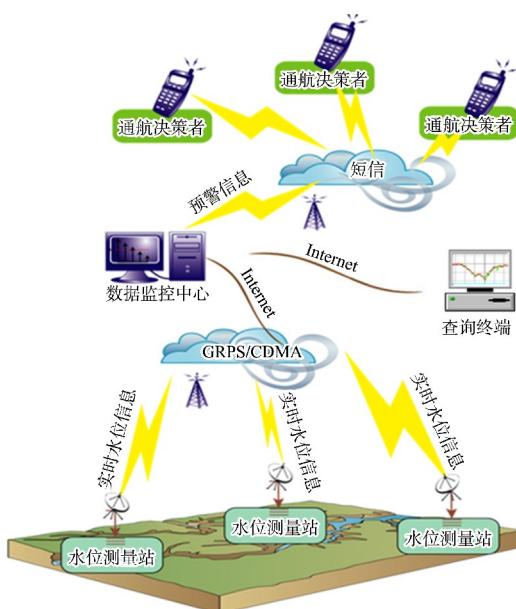


图 3 水位结构

3.3 图像流速流量监测

子系统基于大尺度粒子图像测速原理 (LSPIV) 对河道流速、流量进行测量, 利用物联网技术、机器视觉技术及先进的图像处理算法, 实现非接触、无人值守的河道表面流速场、流量实时测量, 其系统结构见图 4。

子系统功能包括: 1) 多站点实时数据查询, 按流域查询及显示; 2) 历史数据查询, 设置时间段按要素查询; 3) 数据展示, 以图形和列表方式进行可视化, 并支持数据的批量导出; 4) 可设置

报警阈值, 并对报警进行推送; 5) 支持按权限登录, 以及对站点、数据、报警设置权限。

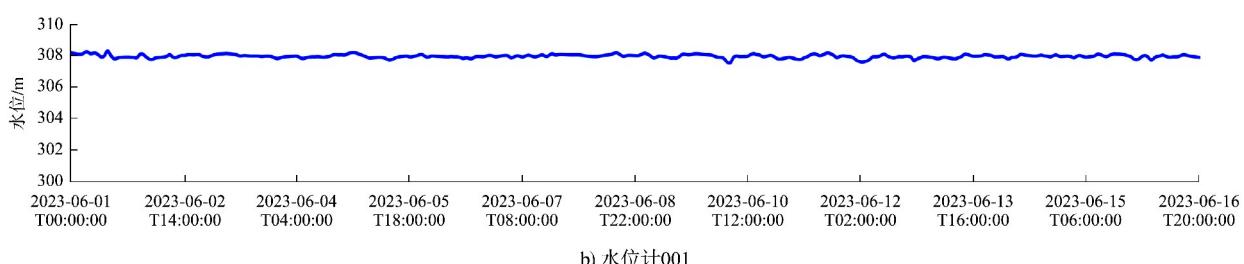
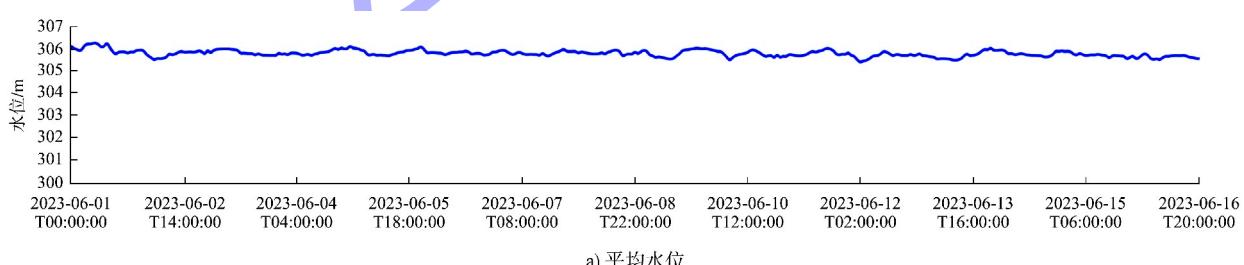


图 4 图像测流结构

3.4 水深监测

基于实时监测的水位数据、定期扫测的断面及河床地形, 得出河道断面水深及河床比降数据, 见图 5。

子系统功能主要包括: 1) 数据查询及监测: 提供实时、历史水深数据信息, 通过与数据库的交互进行查询; 2) 自动预警: 根据实际情况设置水深、流速预警值, 并根据紧急情况分为 3 个报警级别, 在预警信息发生时系统自动将预警信息发送至相关人员。



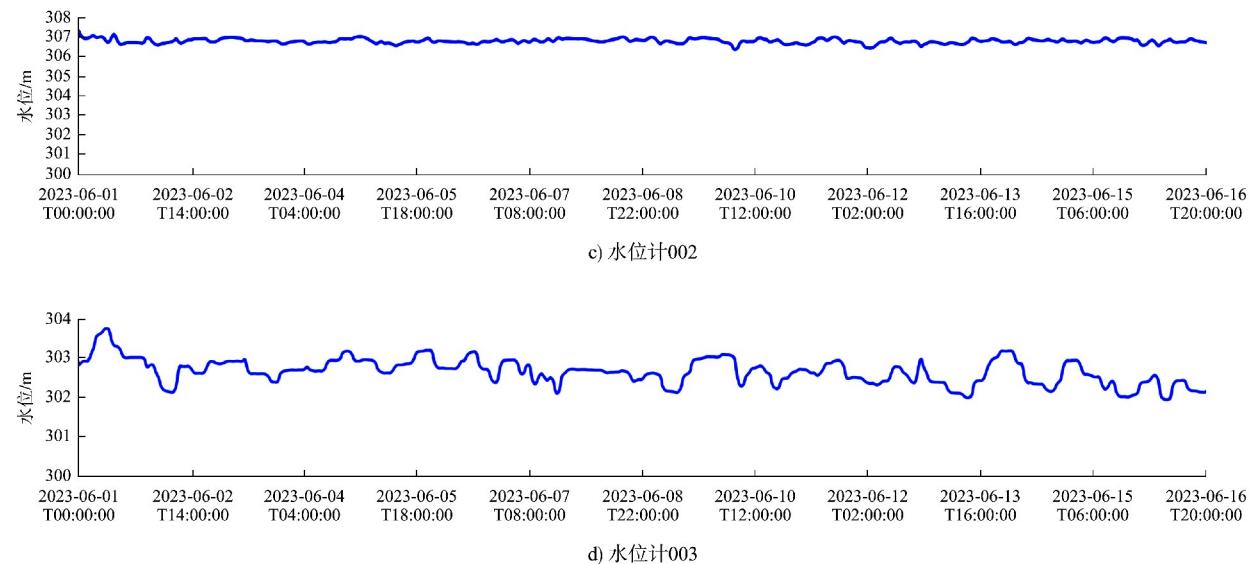


图 5 水深数据

3.5 航标遥控遥测

航标遥控遥测子系统通过航标动态数据信息收集、显示功能以及航标静态数据库的建立、查询、修改功能，可实现航标信息存储、分析、告警、遥控等功能，其模块见图 6。

主要功能包括：1) 在管理中心或任一授权管理者的计算机上，系统软件提供航标静态数据库的建立、修改和查询管理功能；2) 系统收

集、显示航标运行状态数据和工作状态信息；3) 系统对收集的数据和信息进行存储、分析及处理；4) 报警按故障轻重缓急分为多个报警级别，包括预报故障报警、紧急故障报警等；5) 遥测遥控航标工作状态数据、遥控充电开关、改变航标灯质等；6) 打印选定部分的电子航道图、分类打印各项统计数据、历史记录、故障报表、维修记录等。



图 6 航标模块

3.6 船舶动态管理

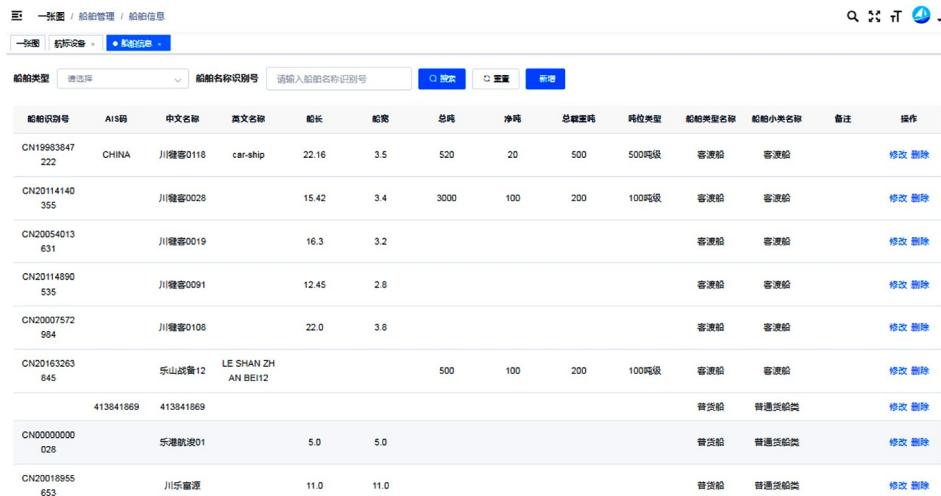
基于船舶动态位置、航速、船首向和航向，根据预设的安全预警规则，通过相关算法判断船舶是否处于危险航行状态，并自动向相关人员发

出报警信息。子系统具有两个功能：第一，基于此系统，海事部门可获取相关船舶信息，通过对船舶的调度、指挥和监控实现对人、财、物的调度、指挥和监控，及紧急事件的应急处理，同时

可以对上下行的船舶和横渡进行最优化调度; 第二, 相关决策部门可以通过本平台获得除船舶位置信息外的其他信息, 例如调度指示、公共信息等, 从而满足决策需要, 其模块见图 7。

主要功能包括: 1) 船舶监管: 危险品船舶监

管、客渡船管理和船舶进出港监控统计; 2) 船舶数据采集与通讯; 3) 船舶动态信息显示; 4) 数据统计与信息查询; 5) 船舶报警与查询; 6) 系统维护管理等功能。



船舶识别号	AIS码	中文名称	英文名称	船长	船宽	总吨	净吨	总载重吨	吨位类型	船舶类型名称	船舶小类名称	备注	操作
CN19993847 222	CHINA	川雅客0118	car-ship	22.16	3.5	520	20	500	500吨级	客渡船	客渡船		修改 删除
CN20114140 355		川雅客0028		15.42	3.4	3000	100	200	100吨级	客渡船	客渡船		修改 删除
CN20054013 631		川雅客0019		16.3	3.2					客渡船	客渡船		修改 删除
CN20114890 535		川雅客0091		12.45	2.8					客渡船	客渡船		修改 删除
CN20007572 984		川雅客0108		22.0	3.8					客渡船	客渡船		修改 删除
CN20163263 845		乐山货12	LE SHAN ZH AN BEI12			500	100	200	100吨级	客渡船	客渡船		修改 删除
	413841869	413841869								普货船	普通货船类		修改 删除
CN00000000 026		乐港航速01		5.0	5.0					普货船	普通货船类		修改 删除
CN20018855 653		川乐富源		11.0	11.0					普货船	普通货船类		修改 删除

图 7 船舶模块

4 系统创新点

4.1 图像测流

1) 非接触式测量, 不受水草、泥沙等的影响, 运行维护成本较低; 2) 先进的图像处理技术, 让管理者所见即所得; 3) 智能化自动监测, 无人值守测量, 节省人工投入; 4) 边缘计算技术, 不受带宽影响。

4.2 多源数据融合

1) 电子航道图 3S 技术融合; 2) 多源感知层数据标准化协议采集; 3) 智能航标及船舶动态数据的实时获取及预警; 4) 打通海事数据接入与共享链路。

5 结论

1) 利用电子航道图系统提供的共享与服务接口, 保障了龙溪口枢纽工程施工期河段通航安全。2) 图像测流新技术在项目中发挥了重要作用

用, 实现非接触、无人值守的河道表面流速场实时测量, 大大提高了数据采集的实时性, 证明了这项新兴技术的实用性。

3) 融合了水深、航标遥控、船舶动态管理子系统, 大大提高了管理效率。

参考文献:

- [1] 尹崇清, 刘峰钻, 张湛, 等. 岷江龙溪口航电枢纽施工期通航问题试验研究[J]. 水运工程, 2013(1): 114-120.
- [2] 吕永祥, 何乐, 陈琳, 等. 长江数字航道和智能航道的分析与思考[J]. 交通科技, 2013(2): 161-164.
- [3] 郝岭, 程艳. 岷江犍为航电枢纽施工期通航研究[J]. 中国勘测设计, 2020(10): 88-92.
- [4] 周溪. 浅议通信技术在数字航道中的应用[J]. 交通企业管理, 2009, 24(12): 44-45.
- [5] 赖寅基. 浅谈嘉陵江数字化航道建设[J]. 珠江水运, 2018(5): 70-71.

(本文编辑 赵娟)