



# 长江干线航道要素状态感知 与交互技术分析\*

吕永祥

(长江航道局, 湖北武汉 430010)

**摘要:** 航道要素状态感知与交互是长江航道信息服务的基础。首先对航道状态的感知需求进行分析和宏观界定, 包括航道本身和与航道直接相关要素的感知精度和实时性要求, 然后设计出长江干线航道信息感知与交互系统的整体架构, 将系统分为感知层、数据处理层、内部信息交互层、信息服务层和发布层, 并进一步阐述系统建设过程中所面临的感知、传输和显示相关关键技术问题。提出的感知与交互能够系统体现出长江航道主动服务的理念, 可作为长江航道智能信息服务系统实现的重要参考。

**关键词:** 长江干线航道; 航道要素; 感知; 交互

**中图分类号:** U 644.8

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1002-4972(2012)09-0153-06

## Key technology of waterway elements perception and interaction system in the Yangtze River's main line

LV Yong-xiang

(Changjiang Waterway Bureau, Wuhan 430010, China)

**Abstract:** The general framework of the Yangtze River's mainline waterway elements perception and interaction system is designed. At first, the demand of waterway conditions perception is analyzed and defined in macroscopic view, including waterway itself and elements related to waterways directly. The perception precision and real-time requirement are also discussed. Secondly, the framework of the Yangtze River's mainline waterway elements perception and interaction system is divided into the perception layer, data process layer, internal information interaction layer, information service and announcement layer. The key technologies in perception, transmission and display during the system construction are presented. The proposed perception and interaction reflect the concept of active service, and provides an indication to the implementation of intelligent service system for the Yangtze River waterway in the future.

**Key words:** the Yangtze River's trunk waterway; waterway element; perception; interaction

长江干线航运的快速发展引起了国家的高度重视, 同时也给航道服务提出了更高的要求。2011年1月21日国务院以国发(2011)2号文件正式颁发《关于加快长江等内河水运发展的意

见》, 要求利用10年时间, 建成畅通、高效、平安、绿色的现代化内河水运体系。据此长江航道局制定了建设世界一流的现代化内河航道发展战略。提升主动服务能力是长江航道现代化建设目

**收稿日期:** 2012-03-28

**\*基金项目:** 西部交通科技建设项目(201132854810)

**作者简介:** 吕永祥(1959—), 男, 高级工程师, 从事长江数字航道、智能航道等航道信息化方面的研究。

标,而信息化是提高服务效率、改善服务品质的支撑条件之一。智能化是信息化发展的必然趋势,因此智能化是航道现代化重要特征之一,推动智能航道建设是长江航道现代化进程的必然选择。“智能航道”(Intelligent Waterway)是指在数字航道基础上,利用智能传感器、物联网、自动控制、人工智能等技术,自动获取航道系统要素信息,通过融合处理与深度挖掘,实现航道规划科学化、建养智能化、管理现代化。同时,基于电子航道图系统为水路运输高效、安全、节能提供实时、精确、便捷的航道信息服务。航道信息服务,一方面需要对航道条件、水文气象状况、助航设施、控制河段交通流等通航要素进行监控,获取实时、精确、可靠的数据;另一方面,需要将采集到的数据传输到相关部分,且不同系统之间的数据能够实现共享。因此,提高航道状态感知和交互技术水平成为提升长江干线航道服务智能化水平、提高航运效能、保障航运的关键之一。

针对航道状态的感知和交互技术,国内外开展了一系列的研究。最为典型的有欧洲提出的河流信息系统(River Information System, RIS)<sup>[2-4]</sup>。RIS的目标在于为支持交通运输行为提供信息服务,RIS的实施不仅能够增强航运的安全性和环保性,而且能够同时提高运输行为的效率和竞争性。David Parlanti等<sup>[5]</sup>针对加拿大海事监控存在的不同系统数据共享程度不高,缺乏交互的问题,提出一种面向服务的数据融合网络架构,该架构在实现中心网络要求的同时,还具有分布式系统的架构松散耦合、事件驱动、标准化和可维护性特征,在要素感知与交互系统方面也做了很多工作。多功能航标<sup>[6]</sup>和航标遥测遥控系统<sup>[7]</sup>不仅具有传统航标的功能,而且能够感知多种通航信息,包括位置监测、水文、气象<sup>[8]</sup>、溢油监控,甚至是碰撞监测等。作为航运的基础,长江航道局一直致力长江电子航道图、数字航道等航道信息服务系统研发与建设。目前,长江电子航道图在位置监测、航标遥测数据显示<sup>[9]</sup>、AIS导航<sup>[10]</sup>等系统中均取得了成功的应用。

## 1 长江航道要素感知需求分析

从不同管理部门或机构对航道信息的需求角度来看,对长江航道的感知不仅应包括航道本身的要素信息,如航道河床、水文状况、航标等,而且还应包括对航道通航安全产生直接影响的要素信息,包括通航建筑、通航船舶、气象及其货物状态等信息。

### 1.1 航道河床

长江航道的河床地形较为复杂,上、中、下游河段航道底质情况、演变规律各不相同,不仅需要监测航道的河床结构,而且还需要根据特定航道的特点和水流泥沙运动规律等预测航道未来一定时间范围内的演变规律。

### 1.2 航道水文

水文信息主要包括航道水位、水深、流速、流向等,不仅需要获取实时全面的航道水文数据,而且需要根据实时信息预测未来一定时间内水文信息的变化情况,为不同用户提供更加丰富的信息。另外,水文信息需要由点逐步扩展到面,即获取水深、水流在航道内的分布情况,使得数据更加全面。

### 1.3 航标

航标是标示航道边界、引导船舶安全航行最为重要的辅助设施。因此,对航标的维护和管理十分必要。自动获取航标的实时状态信息,包括供电系统、感知系统的稳定性、位置准确性等是提高航标的助航作用,降低维护成本的重要手段之一。

### 1.4 通航建筑

航道通航建筑主要包括船闸、桥梁、过江电缆,以及航道整治建筑物,如护滩、护岸等。获取这些航道建筑物的实时状态信息,对于通航建筑的健康监测,航道整治效用评估与优化提供数据支撑。通过对通航建筑实物的实时监测数据的挖掘处理,可以实现实时的事件和故障报警,以维护航道通航安全。

### 1.5 船舶交通信息

从广义上看,航道要素还应包括在航船舶和货物的状态,尤其是在长江干线的控制河段,

船舶货物信息就显得更加重要。获取控制河段内实时的船舶行为特征、控制河段实时管理状况数据，可以实现违章船舶自动报警，以保障航道通航安全和效率。

### 1.6 气象信息

能见度、风力等级等气象条件，是影响船舶安全航行的重要因素。如果能够将航段内的雨、雪、雾、霾等影响船舶能见度的因素和风力等级等气象条件提前告知航行船舶，则可以大大降低船舶的航行安全事故风险。

## 2 系统架构设计

长江干线航道信息感知与交互系统分为航道要素状态感知层、信息传输与管理层、信息服务层、信息发布层（图1），其中航道要素状态感知是基础，信息交互（信息传输与管理中的交互、信息发布中的交互）是支撑。系统在搭建过程中应当充分考虑将现有系统的功能加以利用，并考虑构建系统的可扩展性。

系统的底层设计需要解决的关键技术问题主要包括航道要素自动感知装备的研发，用以提

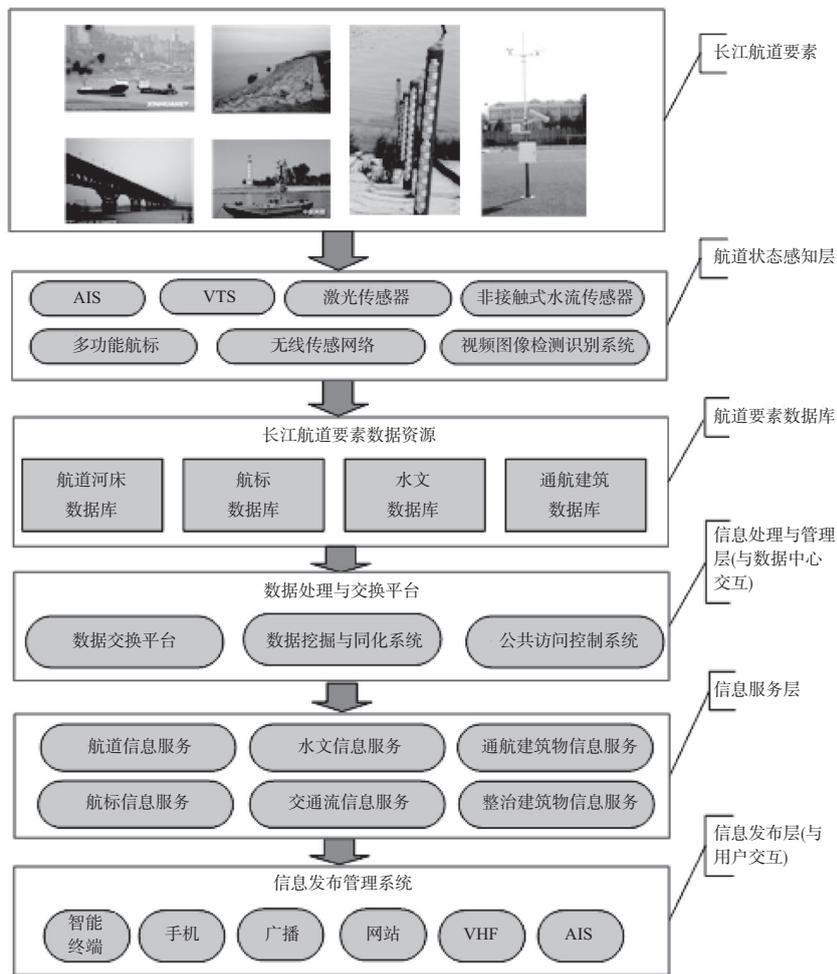


图1 长江干线航道要素信息感知与交互系统架构

高航道要素监测的精细程度，并提升自动化和智能化水平，这些装备主要包括多功能航标系统、AIS/VTS交通流信息采集系统、激光水位传感器、非接触式水流传感器、视频检测器等；系统底层需要解决的核心科学问题主要包括对感知数据的处理，包括预测、同化、数据挖掘等，以获取具

有更深刻内涵的富含语义的航道要素信息，用以满足不同类型用户的实际需求，提升系统的主动服务水平。系统的顶层主要是面向用户服务，系统通过采用各种通信手段与用户进行信息交互，包括智能终端、手机、广播、网站等。其中信息交互包括主动发布和被动访问两种，系统可以根

据用户的不同需求，为他们提供个性化的数据和信息服务。

### 3 关键技术分析

航道要素感知与交互系统的关键技术主要包括航道要素信息的采集、信息传输，以及信息显示相关技术，其中信息显示技术主要通过电子航道图来体现。

#### 3.1 航道要素信息采集技术

航道要素信息采集技术关键是提供自动化水平，保障检测信息的可靠性、精确性、实时性等，因此需要采用在线式、移动式检测手段相结合实现航道状态全方位感知。图2所示航道要素信息在线采集系统主要是利用各种接触式与非接触式传感器实时采集航道要素的动态信息。航道要素信息移动测量系统是在测量船（图3）上集成水深测量系统、图像采集系统、高精度定位系统以及三维激光扫描系统等，提高航道要素信息综合采集效率。

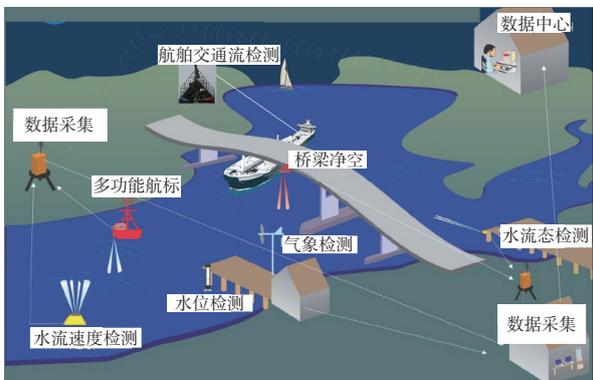


图2 航道要素信息在线采集系统

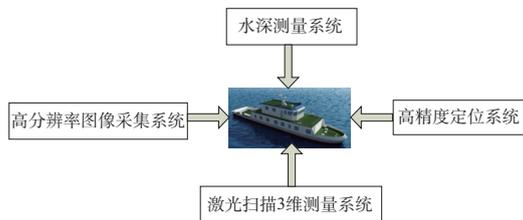


图3 航道要素综合测量船

针对当前长江干线航道要素采集技术现状，分析目前各种类型数据采集方法存在的主要缺陷与未来需要研发的装备的优点及其性能需求如图4

所示。

1) 激光水位传感器：利用激光测距原理，开发出一种具有传感器控制、数据采集和处理、数据存储和传输的水位测量系统，打破以往靠人工读取水尺数据的方法，实现水位的自动感知和实时更新。

2) 非接触式水流传感器：目前长江干线所用的水流传感器大多采用接触式螺旋桨式，很容易受到水中淤泥、水草等杂物的干扰，使得传感器失效，而非接触式水流传感器采用多普勒频移基本原理，通过水面反射信号频率变化预测水流速度，有效避免了以上问题。

3) 航道整治建筑物监控系统：目前长江干线航道整治建筑物，如护滩、丁坝、鱼嘴等基本缺少有效的监控手段，因此需要研发一种寿命较长的健康监测系统，对整治建筑物进行全寿命监控。

4) 多功能航标系统：目前长江干线的航标大多是彼此独立的，且功能较为单一，仅提供助航功能。而多功能航标系统采用物联网技术，对不同航标建立通信连接，采用单跳或多跳通信的方式将航标信息收集并发送到系统后台，实现航标在线监测。

5) 航道水深：长江干线航道的水深测量利用人工测量船进行，这种方法的测量成本高，而且相邻两次测量的间隔时间较长，无法适应内河航道多变的现状。而研制的自动测量船可以通过远程控制的方法测量航道水深，降低测量成本，提高测量实时性。另外，还可以通过将在航船舶的测深数据与岸基设备建立连接，实现水深的在线测量。

6) 船舶交通流监控系统：该系统将目前常用的交通流采集系统，如AIS系统、VTS系统相结合，通过将不同系统数据进行融合处理，获取更加全面的交通流数据。另外，系统可以根据控制河段交通调度管理规定，实时向违章船舶发出警告，以维护水上交通秩序，提高通行效率和航行安全水平。

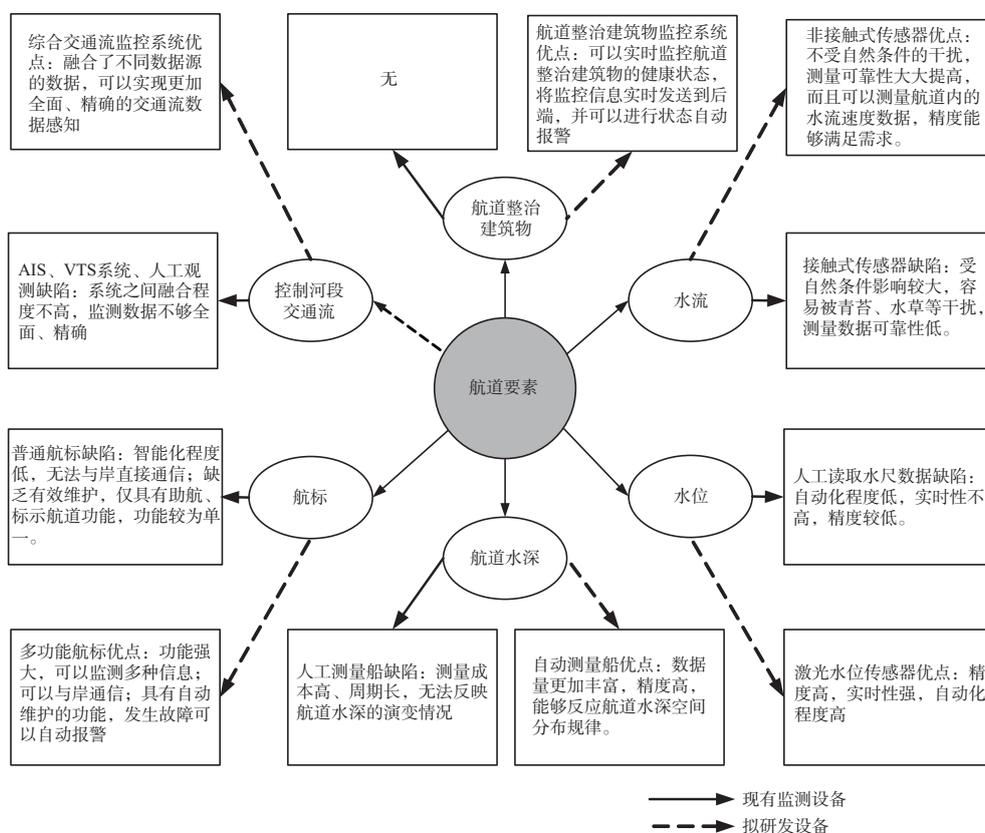


图4 长江干线航道要素监测现状与发展趋势

### 3.2 航道要素信息传输

从航道要素感知与交互系统的总体架构来看, 该系统由多种异构网络组成, 而其中涉及到的数据传输可以分为后端通信和前端通信: 前者是指系统与各类采集设备之间的数据交换和系统内部的数据交换, 这种数据传输方案可以在物联网的环境下加以解决, 通过研究多源异构信息传输体系与架构的融合关键技术, 解决多网络融合、智能多通道无缝路由等技术, 实现航道要素采集传感器与后台系统的有机互联; 而后者是指航道要素监测系统与用户之间的通信, 这种通信的解决方案则是充分利用各种通信手段的优势, 以相对经济的费用, 完成各种信息安全传输, 并且用户可在多种通信方式下自适应并最优选择的船岸网络控制模型及通信调度方案, 保障网络传输的可靠性。

### 3.3 电子航道图

电子航道图是航道要素感知与交互的重要支撑技术之一。利用电子航道图, 可以将航道要素

信息更加直观地显示给用户。为了有效地进行航道信息服务, 长江航道提出开发多功能电子航道图, 通过整合长江全线航道基础地理信息数据、航标数据、水位数据、航道实际维护尺度数据等, 实现航道地理信息数据的统一管理。通过开发电子航道图生产编辑系统软件, 实现产品数据的快速生产与更新。在此基础上, 搭建长江电子航道图公共服务平台, 为用户提供最新的航标更新数据、水位信息及最新航道实际维护尺度等信息, 辅助用户安全航行, 以提高长江航道的通航能力。

多功能电子航道图建设完成后, 可为用户提供如下功能: 实现不同水深信息的显示、电子航道图的显示(含船舶安全水深和深水航路)与导航、周边船舶信息查询、逆航道行驶等状态的报警、水位信息查询、气象信息查询、船舶航条轨迹回放、电子航道图更新、记录、编辑与简单数据管理功能、公共信息服务、净空高度动态显示、流速信息显示、山区河段可视距离显示、三

维电子航道图的显示、航道预测参考水深显示。

#### 4 结语

本文根据长江航道状况监测需求的现状,提出长江干线航道要素状态感知与交互系统总体框架,阐述了系统建设中存在的关键科学技术问题,并对航道要素感知的未来发展趋势进行了展望。本文提出长江航道要素信息的感知与交互系统体现出长江航道主动服务的理念,搭建的系统框架可以为将来系统的实现提供参考。同时建议在未来研究中开展以下工作:

1) 航道状态检测技术体系与检测系统架构研究。包括:航道状态检测技术体系、航道状态检测系统架构等研究。

2) 航道状态检测技术与设备研究。研发各种先进的航道状态感知设备,包括航标遥测遥控、水文状况自动感知设备、航道整治建筑物监测、交通流主动监测技术等。

3) 多功能测量船技术。研究多波束测深仪、回声测深仪、扫测声纳、多普勒声学测流仪、红外夜视摄像头、二维激光扫描器、GPS/北斗双模导航系统等传感器在多功能测量船上的整体集成技术。

4) 航道状态信息传输技术。开展物联网技术在长江干线航道领域应用研究,包括:航道物联网框架体系、目、航道物联网标准、航道物联网终端等方面的研究。

5) 航道状态信息智能处理技术研究。重点研究不同航道信息从数据到知识的转变,包括智能判别技术、时空预测技术、智能化调度技术等。包括:航标状态智能判别技术、航道水深与水位预测技术、航道水文信息同化处理技术、航道整治建筑物全寿命分析技术、控制河段联动控制技术。

6) 航道状态信息管理与示范应用研究。结合长江航道局数字航道工程建设,开发航道状态信

息管理示范应用系统,增强航运服务效能,并拓宽服务渠道,实现航道状态信息的实时检测。

#### 参考文献:

- [1] Smith L D, Robert M N, James F C, et al. Triangulation of modeling methodologies for strategic decision in an inland waterway transportation system[C]// Proceedings of the 42nd Hawaii International Conference on System Science, 2009: 1-10.
- [2] Pfliegl R, Bäck A. Increasing the attractiveness of inland waterway transport with E-transport river information services[J]. Journal of the Transportation Research Board, 2006,1963: 15-22.
- [3] Fastenbauer M, Sattler M, Schilk G. River information services for commercial users in the inland waterway sector[C]// International Symposium on Logistics and Industrial Informatics, 2007: 31-36.
- [4] Back A, Sattler M. Introduction of river information services into day-to-day logistics operations—a challenge for the logistics sector and authorities[C]// Transportation Research Board 87th Annual Meeting, 2008: 1-10.
- [5] David P, Dino G. A service-oriented approach for network-centric data integration and its application to maritime surveillance[J]. IEEE System Journal, 2011, 5(2): 164-175.
- [6] 方晶, 吴青, 初秀民, 等. 基于多功能航标的内河管理体系关键技术与实施方案研究[J]. 中国科技论文在线, 2009, 4(10): 747-751.
- [7] 孙星, 吴勇, 初秀民, 等. 内河航标遥测遥控系统设计[J]. 中国航海, 2011, 34(2): 5-9.
- [8] 刘渐道, 张英俊, 朱博麟, 等. 基于网络电子海图的海洋气象信息服务系统[J]. 中国航海, 2011, 34(1): 76-79.
- [9] 艾廷华, 王洪. 电子航道图与航标遥测监控系统[J]. 武汉大学学报: 信息科学版, 2008, 33(4): 347-352.
- [10] 刑春光, 王直, 马晓军. AIS信息处理及其与电子海图系统集成研究[J]. 舰船科学技术, 2008, 30(5): 92-94.

(本文编辑 郭雪珍)