



荆江航道整治工程 安全生产管控一体化技术方案*

吕永祥

(长江航道局, 湖北 武汉 430010)

摘要: 根据长江荆江航道整治特点, 从荆江航道整治施工区危险源辨识、通航要素感知、多源监控数据智能融合与安全管理决策等方面入手, 提出荆江航道整治工程主动预控与应急处置、荆江航道整治施工区通航安全协同控制与保障、荆江航道整治工程监控、荆江航道整治安全生产管控一体化管理平台构建等技术方案, 为荆江航道整治工程安全生产与航道安全运行提供技术支持。

关键词: 航道整治; 施工安全; 管控一体化; 物联网

中图分类号: U 115

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2014)05-0127-05

Safety control integration technology scheme of waterway regulation engineering in Jingjiang river

LV Yong-xiang

(Changjiang Waterway Bureau, Wuhan 430010, China)

Abstract: According to the characteristics of Jingjiang waterway regulation, this paper carries out the research in Jingjiang waterway regulation construction zone from such aspects: hazard identification, perception of navigation elements, intelligent multi-source data fusion and security monitoring management decision-making. Based on the above researches, technique solutions for active pro-control and emergency disposal in Jingjiang waterway regulation, cooperative control and guarantee of navigation safety in construction zone, monitoring of Jingjiang waterway regulation, management platform construction for Jingjiang waterway control technologies, etc. are proposed, to provide a technology support for safety production and safety operation of waterway in Jingjiang waterway regulation project.

Key words: waterway regulation; construction safety; management and control integration; internet of things

荆江航道蜿蜒曲折, 洲滩演变剧烈, 航道维护困难。50多年来, 该河段枯水期航道维护水深一直维持在2.9 m, 三峡成库以来, 水深大大低于上下游同期航道维护水深。“两头深, 中间浅”的被动局面, 已成为制约长江航道通过能力进一步提高的瓶颈。

“十五”以来, 荆江河段先后实施了12个航

道整治项目, 有效遏制了三峡蓄水运行后河势的不利发展态势, 其中8个重点碍航水道整治后航道条件明显改善; 经过10 a的航道治理, 荆江河段大的河势格局初步得以控制。为进一步释放长江黄金水道航运潜力, 国家发改委批复了《长江中游荆江河段航道整治工程昌门溪至熊家洲段工程》, 全面开展荆江航道整治建设。据批复, 建设

收稿日期: 2013-08-19

*基金项目: 交通运输部西部项目(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研究。

工程总投资约44亿元,将在长江中游荆江河段昌门溪至熊家洲约280.5 km河段,自上而下整治枝江、江口、太平口、斗湖堤、周公堤、天星洲、藕池口、碾子湾、莱家铺、窑监、大马洲、铁铺、熊家洲共13个浅滩,建设护滩带34道、坝体6道、填槽带3道、高滩守护38 km、护岸加固20.8 km以及相应配套设施,航道建设标准为内河I级航道,通航保证率98%。

荆江航道整治难度大,涉及航道设计、施工、海事、航运、水利等众多部门单位,保证施工质量与进度工作量巨大。同时,施工作业多为水上与临水作业,作业安全风险极大。此外,荆江航道通航环境复杂,航道整治作业区交通管制导致区域船舶交通密度加大,增加了该河段通航安全风险。因此,开展航道整治工程的安全生产管控技术研究具有重要现实意义。

1 研究现状分析

1.1 安全生产信息感知技术

物联网通过基础网络,整合各种信息传感设备,实现物与物、人与物的互联,其目的是让所有的物品都与网络连接在一起,系统可以自动、实时地对物体进行识别、定位、追踪、监控并触发相应事件。物联网通过感知、通信和智能信息处理,可实现对物理世界的智能化认知、管理与控制^[1]。

内河航道整治的施工现场需要保障施工人员、施工船舶、机械设备、过往船舶的安全,需要监管大量的信息,因此有必要利用物联网技术实现航道整治过程安全生产。目前,物联网技术在安全监控领域有一些成功的应用^[2]。姚得利^[3]通过建立基于RFID的施工现场安全监管系统强化安全检查功能,以实现施工现场全天候、全方位的动态即时监控和灾害预防能力的提升。

1.2 风险识别和评价

风险定义为不希望事件发生的概率与事件造成的损失之间的乘积,而总体风险则为各种类型的风险之和,即:

$$R = \sum_i P_i C_i \quad (1)$$

式中: R 为风险; P_i 为第*i*种类型事故发生的概率,通常被定义为单位时间内发生事故的数量,如每年发生碰撞事故或搁浅事故的次数; C_i 为第*i*种类型事件造成的损失,对于水运来说,损失主要包括经济损失、人员损失和环境损失3个方面,它的度量需要根据实际情况确定。风险分析则是系统地利用现有的各类数据识别出潜在威胁以及可能造成的损失。目前风险分析可以分为直接分析方法和间接分析方法。直接分析法是从事故本身特性入手,根据历史事故数据、专家知识等,通过分析各种复杂因素及其之间的联系来探寻水上交通事故的现状和发展趋势,评估某个特定水域的安全形势,并提出控制方案和建议,主要方法包括事故统计分析、综合安全评估、故障树等。间接分析法则从研究船舶交通流的本身特性入手,进而分析水上交通安全形势,综合利用理论建模仿真得到水上交通事故的时空分布规律。FSA (Formal Safety Assessment, 综合安全评估)是一种定性和定量相结合的风险评估方法,主要作用是决策者提供决策支持,FSA提供了一种标准化的水上交通风险评价和控制方法,自从被提出以来,在航运管理和各种类型船舶在营运过程中的安全评估等领域得到了广泛的应用,并取得了很大的成功^[4-6]。

1.3 应急处置与管理

近年来,国内学者对应急处置和管理的理论和实践做了大量深入的探讨,研究了突发事件发生、发展及演化机理,分析了应急处置和管理的特点和运行机制,形成了一套相对完整的现代应急处置和管理理论体系。祁明亮等^[7]认为,首先政府应在应急管理中起主导作用,同时需要其他非政府机构的协作以及个人的配合;其次应急管理研究工作应当致力于消除政府各部门之间的不和谐因素。王天化^[8]通过将风险分析方法与模糊数学理论结合起来,提出了一种新的水库大坝安全应急管理区域风险评估方法,并开展了基于GIS技术的水库大坝安全突发事件风险损失评估方法研究,构建了基于GIS技术的水库大坝安全应急响应系

统构架，并研究了数据库建立、灾害应急预防预测、应急响应和应急恢复等不同阶段的问题。

1.4 管控一体化

管控一体化就是采用系统集成、信息集成的方法组织生产，把市场经营、生产计划、制造过程、企业管理、产品设计、售后服务看作统一的生产过程，将人力、财力、设备等生产要素集成起来统一控制，并采用计算机、自动控制、网络通信等技术来实现整个生产过程的综合自动化，以改善生产加工、管理决策。邹玉兵^[9]以现场总线技术、Internet技术和海上卫星通信技术为基础，将车载测控网络与岸基数据网络融为一体，在MCGS5.10 WWW网络组态软件和Visual Basic 6.0软件开发平台下，设计开发了船载机舱监控系统，实现了船载机舱系统的管控一体化。

从上述文献可知，目前工程项目生产安全的管控一体化技术在理论上取得了一些研究成果，也有一些比较成功的应用案例，但在航道整治工程安全生产管控中应用研究存在很多不足之处。表现在：

1) 物联网技术是一种新型技术，在航道整治施工现场的安全监管方面还没有深入开展。

2) 风险识别目前还停留在理论研究阶段，应用在工程实际中的还比较少，尚未在航道整治工程安全风险识别中全面应用。

3) 现阶段航道整治工程现场应用的管控一体化系统结构比较简单，功能比较单一，不具备风险识别和预警功能。

2 技术研究方案

2.1 风险识别、预警及应急处置技术方案

针对荆江航道整治工程施工与通航安全隐患较多的特点，需要研究重大生产安全风险源的辨识与预警方法、制定生产安全应急处置预案、探索应急处置智能决策方法与处置技术，具体内容包括：

1) 荆江航道整治工程生产重大安全风险源辨识。分析荆江航道整治工程生产安全隐患，辨识航道整治工程生产安全风险源。

2) 基于航道整治工程与通航环境状态监控信息的生产安全预警方法。提出基于航道整治工程与通航环境状态监控信息的生产安全预警指标体系，研究荆江航道整治生产安全预警建模方法。

3) 荆江航道整治工程生产安全应急处置预案与应急决策智能化技术。研究基于场景构建的荆江航道整治工程生产安全应急处置预案数字化技术，建立安全应急处置决策支持系统。

4) 荆江航道整治工程生产安全应急指挥技术与装备开发。提出荆江航道整治工程生产安全应急指挥技术方案以及应急指挥通信系统构建方案，并开发相应的设备。

实施步骤如图1所示。

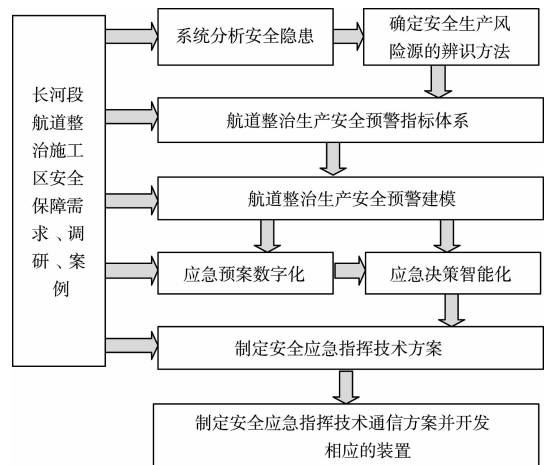


图1 生产安全风险识别与预警以及应急处置研究实施步骤

2.2 施工安全生产要素状态感知技术方案

面向荆江航道整治施工全过程，开发基于物联网技术的航道整治施工状态感知装置，设计高清视频监控系統，提出基于生产安全控制的荆江航道整治施工调度优化方法。具体内容包括：

1) 基于北斗定位系统航道整治施工装备位置感知技术与装置开发。利用北斗定位系统与AIS以及无线传感器网络开发施工船舶、施工车辆与施工装备的定位监测系统。

2) 基于多传感器荆江航道整治施工状态监测方法。利用倾角、加速度、流量、激光测量等传感器开发施工状态监测系统，并提出施工进程的监测方法。

3) 航道整治施工可视化监管系统设计。提出航道整治施工区高清摄像机选择、布设以及数据传输方案,制定航道整治施工区监控图像管理与共享方案。

4) 基于生产安全控制的荆江航道整治施工调度优化技术。分析航道整治施工影响因素,建立荆江航道整治进程仿真建模,提出以生产安全控制为目标的荆江航道整治施工组织调度优化方法。

实施步骤如图2所示。

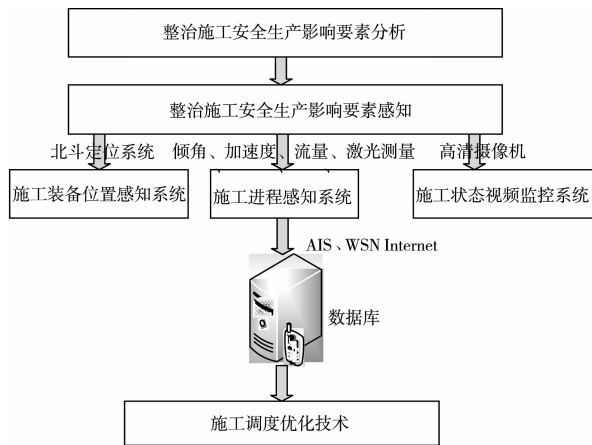


图2 安全生产要素状态感知技术实施步骤

2.3 施工区船舶安全通航协同组织与安全保障技术方案

针对荆江航道整治区船舶通航安全风险大的特点,构建施工区域船舶动态感知系统,探索船舶交通组织协同控制方法,制定荆江航道整治施工区域船舶助航措施。具体研究内容包括:

1) 荆江航道整治施工区船舶动态感知技术。利用AIS、雷达与雷达数据卡实时获取航道整治区在航船舶的船速、船位以及其他信息,并在电子航道图上分析船舶运行态势。

2) 荆江航道整治施工区域船舶交通组织协同控制。根据施工区船舶动态、施工进度以及通航条件,制定通航调度优化组织方案,配合海事局实施通航组织。

3) 荆江航道整治施工区域船舶助航技术。提出施工区域船舶视觉助航技术与船舶无线电助航技术方案,利用电子航道图实时发布助航信息。

实施步骤如图3所示。

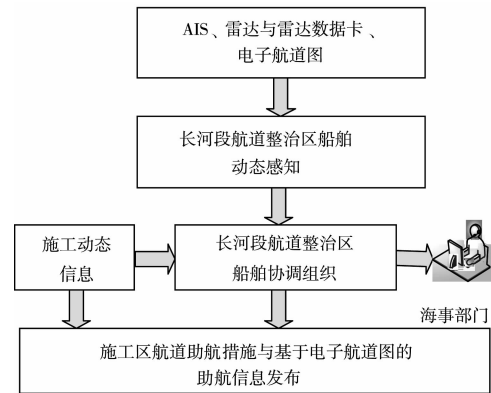


图3 施工区船舶安全通航协同组织与安全保障实施步骤

2.4 管控一体化平台开发与应用方案

设计荆江航道整治工程安全生产管控一体化平台通信网络架构、信息交互协议、数据库系统,开发基于B/S与C/S组合的荆江航道整治工程安全生产管控一体化平台,实现荆江航道整治安全生产可监测、可视化、远程管理与指挥。在此平台基础上利用,荆江航道整治工程通航环境仿真系统,研究航道整治后通航安全评估技术。具体研究内容包括:

1) 管控一体化平台集成关键技术。提出荆江航道整治工程安全生产管控一体化平台通信网络架构、制定数据交互协议,设计管控一体化平台数据库系统。

2) 管控一体化平台开发与移动用户终端开发。开发具有B/S与C/S模式的荆江航道整治工程安全生产管控一体化平台系统,具有工程施工高清视频监控、施工状态监控与指挥调度、安全生产预警与应急指挥、船舶通航指挥协同控制子系统等功能。同时开发基于移动用户的终端系统,实现航道整治施工动态的移动浏览、查新、监控等功能。

3) 管控一体化平台应用。结合荆江长河段航道整治工程,实施荆江航道整治工程安全生产管控一体化平台应用,解决长河段多施工点航道生产安全管控以及通航组织协同优化,保障施工区安全、畅通。

4) 基于荆江航道整治工程通航环境仿真技术的通航安全评估。在生产安全管控一体化平台的基础上,预测航道整治后的通航环境,结合3维

仿真技术手段和通航安全风险控制理论，设计助航设施。

实施步骤如图4所示。

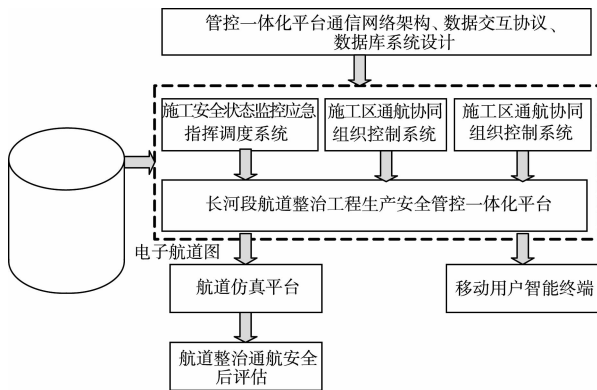


图4 安全生产管控一体化平台开发实施步骤

3 关键技术分析

1) 基于物联网的航道整治施工状态感知技术。物联网是感知航道整治施工状态有效的方法与技术手段，构建航道整治施工状态感知的物联网，需要解决航道整治施工状态检测传感器选型、信号处理、数据融合以及船岸一体化的多源异构信息传输网络的构建等关键技术。

2) 基于航道整治工程与通航环境状态监控信息的生产安全预警模型。航道整治过程与通航环境安全风险具有不确定性，因此需要用马尔科夫过程建立荆江航道整治工程施工生产安全预警指标体系、重大危险源安全风险预测模型，并采用贝叶斯网络建立重大危险源安全预警模型。

3) 基于多目标优化的施工区船舶交通协同控制技术。施工区船舶交通组织需要同时考虑通航效率以及航道整治施工效率，因此需要实时感知施工区船舶动态，建立长河段多控制河段交通组织多目标优化模型，探索模型的快速求解方法。

4) 管控一体化平台信息交互协议。荆江航道整治工程安全生产管控一体化平台信息交互协议是构建系统平台的基础，需要分析荆江航道整治工程安全生产管控一体化平台信息交互数据资源体系，制定数据交互协议，提出数据交互信息安全保障措施。

5) 管控一体化平台移动用户终端软件设计。基础平台的选择以及功能设计是软件系统设计的基本要求。本系统的设计需要解决移动用户终端平台的选择、软件界面开发以及显示界面的优化等技术问题。

6) 荆江航道整治工程通航环境仿真平台开发。荆江航道整治工程通航环境仿真是安全监管有效的手段，开发仿真系统需要解决荆江航道整治工程施工区通航环境预测、仿真平台场景建模、船舶仿真建模等关键技术。

4 结语

1) 基于物联网技术与手段，实现荆江航道整治工程安全生产诸要素信息全方位实时感知。

2) 基于不确定性与复杂系统智能决策理论方法，建立荆江航道整治工程重大危险源安全预警模型与安全控制决策。

3) 基于安全生产管控一体化与移动办公技术，实现荆江航道整治安全生产可监测、可视化、远程管理与应急指挥。

参考文献：

- [1] 孙其博, 刘杰, 黎霖, 等. 物联网: 概念、架构与关键技术研究综述[J]. 北京邮电大学学报, 2010(3): 1-9.
- [2] 华钢, 宋志月, 王永星, 等. 物联网环境下煤矿安全监控系统体系架构研究[J]. 工矿自动化, 2013(3): 6-9.
- [3] 姚德利. 基于RFID的施工现场安全监管系统研究[J]. 工业建筑, 2012(S1): 869-873.
- [4] 黄明. 三峡库区滚装船运输安全评估技术研究[D]. 武汉: 武汉理工大学, 2009.
- [5] 张笛. 枯水期长江通航风险评价和预测方法研究[D]. 武汉: 武汉理工大学, 2011.
- [6] 曹智. 长江干线重庆段水上交通风险识别与评价[D]. 大连: 大连海事大学, 2010.
- [7] 祁明亮, 池宏, 赵红, 等. 突发公共事件应急管理现状与展望[J]. 管理评论, 2006, 18(4): 35-45.
- [8] 王天化. 水库大坝安全应急管理区域风险分析及损失评估方法研究[D]. 武汉: 长江科学院, 2010.
- [9] 杨小健. 管控一体化技术综述[J]. 工业控制计算机, 2003(10): 4-5.