

基于一体化运行管理的航道数字化建设方案研究

张杨¹, 陈冬²

(1. 宿迁市港航事业发展中心, 江苏 宿迁 223800; 2. 华设设计集团股份有限公司, 江苏 南京 210014)

摘要: 在交通运输领域新型基础设施建设的总体要求下, 本次基于航道“运、管、养”一体化建设目标及业务智能化建设需求, 提出了航道全要素动态感知方案及可视化平台构建方案, 实现以全要素数字化支撑航道运行管理业务, 对探索智慧航道建设思路、提升航道数字化及智能化水平具有重要意义。

关键词: 航道; 一体化; 智能化; 数字化

中图分类号: U612 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006—7973 (2023) 01—0063—03

1 概述

在新型交通基础设施建设的背景下, 国家对交通基础设施发展提出明确的现代化、高质量要求, 对航道基础设施而言, 一方面针对航道“运、管、养”等业务, 提出了一体化运行管理的建设目标; 另一方面结合新时代下交通强国国家战略及智慧航运发展要求, 提出了业务智能化的建设需求。实现基于一体化运行管理的智慧航道, 首先需要解决的就是航道的数字化问题, 即根据航道一体化运行管理功能需求, 形成航道全要素动态感知网络, 让航道“哑设施”具备多维监测、智能网联、精准管控、协同服务能力; 同时建设三维可视化平台, 实现对物理设施的三维数字化呈现, 以数字化支撑一体化、智能化的航道运行管理业务。

2 航道一体化运行管理功能需求

根据航闸管理单位保障航运安全、提高航运效率、提升服务质量、增强应急处置能力、提高运维养护效率的职责, 航道一体化运行管理需求主要包括航道动态监测管理、智能化运行调度、智能过闸安全管理、船闸远程集中控制、智能设备设施管理及智能运行分析决策。

(1) 航道动态监测。航道动态监测是在航道水文、气象环境、航标、船舶运行状态感知的基础上, 通过可视化、智能化的技术手段, 对航道、待泊区以及助航设施进行监测管理, 营造安全有序的通航环境。

(2) 智能化调度。智能化调度主要是对船舶从来闸报到到船舶出闸整个过程进行科学合理的安排, 包括对船舶实施管制、安排船舶登记缴费、安排船舶分队进

中转对比, 无改建项目时, 24 万 TEU 通过沿海港口进入当地集装箱专业化码头, 增加公路运输里程 115 公里, 有改建项目时, 增加水路里程 205 公里。陆路运费按每公里 8.8 元/TEU, 水路运费按每公里 3.5 元/TEU 计算, 有无项目对比, 单位 TEU 节约费用为 294.5 元/TEU, 则企业自用 24 万 TEU 将节约运输成本 7068 万元。

5 结语

针对本码头改建虽然在短期内增加了企业投入, 但从目前市场需求还是未来行业发展, 对企业而言都是大有裨益的。本次码头技术改建不仅有利于减少企业运输物流成本, 提高企业业内竞争力, 更能确保行业市场占有率, 而且作为行业龙头企业发挥其号召力、影响力, 引领行业发展导向、走出一条持续高效、绿色健康的振兴之路。

参考文献:

- [1] 王小强. 长江经济带内河集装箱枢纽港选址研究. 大连海事大学, 硕士论文.
- [2] 耿卫宁, 付鹏成, 周垂剑, 修方强, 孙秀良. 常州港新长江码头升级改造思路和方案. 集装箱化. 2020, 31(12): 1-4.
- [3] 柏猛. 提高长江岸线资源利用效率的几种方式. 中国水运. 2019, (11): 45-46.
- [4] 徐鹏飞, 杨忠振. 考虑环境负荷的长江干线流域集装箱运输瓶颈解决方案. 上海海事大学学报. 2017, 38(01): 26-30+94.
- [5] 张斌. 长江内河集装箱运输的发展机遇与前景. 中国港口. 2017, (11): 56-58.
- [6] 刘广红, 程泽坤, 林浩, 何继红. 自动化集装箱码头总体布局模式对比分析. 水运工程. 2016, (09): 14-18.
- [7] 陈静茹. 长江南通段岸线布局优化研究. 珠江水运. 2020, (21): 10-12.

闸、确定过闸船舶组合、安排船舶进闸、安排船舶出闸等。

(3) 智能过闸安全监管。智能过闸安全监管是利用人工智能技术实现船舶过闸安全管理的智能化提升，包括船舶身份尺寸稽查复核、危化品船舶检测、船舶超高检测、吃水超限检测、超船闸安全警戒线检测、系缆安全检测、闸门对中检测、闸门上方行人检测等。

(4) 船闸远程集中控制。船闸远程集中控制是在运调中心对全部船闸进行远程实时监测、监视和控制，实现在运调中心对各船闸相关设备的远程集中控制。

(5) 智能设备设施管理。智能设备设施管理是对航闸设施运行情况进行在线监测，对设备设施故障问题能够自动发现和预警，提供分析决策服务；对航闸历史运行数据开展大数据分析，建立相应模型，实现航闸关键设备设施的预防性养护。

(6) 智能运行分析决策。智能运行分析决策针对航闸运行建立分析指标，开展航道运行态势分析、过闸船舶分析、船闸调度分析、设备设施运行分析，建立待闸船舶数量、过闸时间等预测模型，为航道养护、船闸调度等业务提供决策支持。

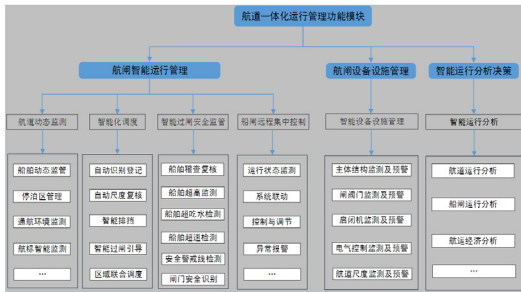


图1 航道一体化运行管理功能模块

3 航道全要素动态感知方案

根据航道智能安全管理、智能调度、智能养护管理等功能需求，智慧航道感知对象主要分为三类，即航闸设施设备的信息、航道环境的信息及船舶动态的信息。

3.1 航闸设施设备的信息

闸、阀门状态需要感知的内容包括闸阀门设备状态数据，包括闸门振动、闸门开度、闸门对中情况、阀门开度等；启闭机设备状态需要感知的内容包括启闭机油温、液位、压力、流量、电流、电压、阀件等运行状态；电气控制设备状态需要感知的内容主要包括工业控制网络状态、PLC设备运行状态等。

助航设施状态需要感知的内容包括航标状态及预警信息等。

3.2 航道环境的信息

对航道水文的感知内容包括闸室内外水位、流速等信息；对航道气象的感知内容包括气压、气温、相对湿度、风向、风速、降水量等信息。

3.3 船舶的信息

对船舶动态的感知内容主要包括船舶身份、船舶位置等信息进行识别等信息；对船舶安全状态的感知主要包括船舶尺寸、船舶超高、船舶吃水、船舶速度、船舶超警戒线、船舶系缆安全等信息。

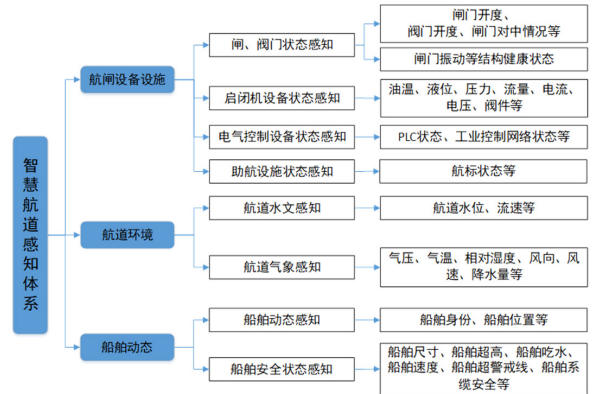


图2 航道一体化运行管理感知体系

对于外场终端传输方式，船闸启闭机、AIS、视频监控等设备主要通过有线方式采集；水位感知终端、流速流向感知终端、环境气象监测终端、船舶超高等监测终端等感知设备，采用4G/5G等无线通信技术采集数据，通过向运营商租用专线链路方式来实现终端无线数据的接入。

4 航道可视化平台构建方案

4.1 三维可视化平台构建流程

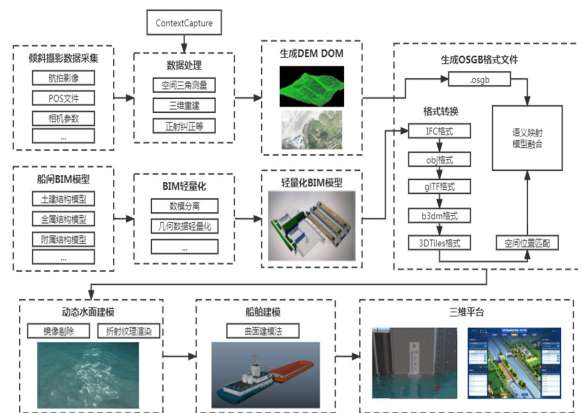


图3 三维可视化平台构建流程

航道三维可视化平台通过对设备设施的孪生、环境的孪生、船舶的孪生等，为船闸展示、分析及全过程管

理提供可视化、一体化信息支撑。构建流程包括：场景地形建模、BIM 模型轻量化、航道船闸 BIM 模型融合、动态水面建模、船舶建模等内容。

4.2 三维可视化平台构建关键技术

(1) 场景地形建模。场景地形建模主要应用倾斜摄影技术，在航测数据采集后，通过 POS 数据整合、空间三角测量计算、三维重建计算，形成高质量、高精度的三维 GIS 模型。其中，POS 数据整合主要针对后处理不需要、不符合格式要求的信息进行筛选、分类处理；空间三角测量主要应用 Context Capture，添加影像数据及对应的 POS 数据，将 POS 数据作为其初始方位元素，采用多基线多特征匹配技术生成大量的连接点，再通过区域网平差，完成空中三角测量；三维重建计算主要对模型进行精修重建，使地物要素完整，重建步骤包括三维重建模型、补充影像采集、局部分离编辑、精细化修编重建、更新合并等内容。

(2) BIM 模型轻量化。BIM 模型轻量化处理又叫重新拓扑，是将高分辨率模型转换成可以用于动画的较小模型的过程，处理过程主要包括数模分离及三维几何数据轻量化处理。其中，数模分离主要通过 WebGL 轻量化 BIM 引擎将几何数据和非几何数据进行拆分，将原始 BIM 模型文件中约 20%~50% 的非几何数据剥离，输出为数据文件供 BIM 应用开发使用。

(3) 场景地形与 BIM 模型融合。BIM 模型与实景三维模型融合的重点在于 BIM 模型到 3DTiles 模型的转换与融合，过程主要包括重构模型、几何信息转化、空间位置配准、语义映射等步骤。其中，BIM 模型重构是将一个整体的 BIM 模型分解为多个子组件的 BIM 模型，并采用 IFC 文件存储其几何和空间信息；几何信息转化是针对 IFC 格式无法直接转换为 3DTiles 数据格式，选取 obj 格式作为中间交换格式，将 obj 格式转换为实景三维模型中的 glTF 格式，再将 glTF 格式转换为 b3dm 格式，通过 b3dm 文件，建立 3DTiles 中的 tile 文件，实现模型几何信息转换；空间位置匹配是将 IFC 模型中的局部坐标系匹配至全局坐标系；语义映射是将子组件的 json 语义信息映射为实景三维模型中的语义属性信息，并将每个子组件的语义信息与 glTF 几何图形文件一一对应，在此基础上得到转化后的 b3dm 文件，最终与实景三维模型中的说明性文件整合为 3DTiles 文件。

(4) 动态水面建模。动态水面建模重点提升水面

反射、折射渲染效果。反射处理时，对于景物完全处于水面以上的，将整个景物进行镜像渲染；对于景物部分在水面以上、部分在水面以下的，在整个景物镜像处理后，剔除水面以上的镜像，剩余部分则需要渲染反射纹理。

(5) 船舶建模技术。船舶建模采用曲面建模法，创建内容包括船底分段建模模块，舷侧分段建模模块，甲板分段建模模块，舱壁分段建模模块，上层建筑分段建模模块等 5 个模块。

5 结语

针对航道“运、管、养”一体化建设目标及业务智能化建设需求，本次在航道运行管理功能分析的基础上，提出了航道全要素动态感知方案及可视化平台构建方案，解决了智慧航道业务应用协同统一的核心问题，为基于一体化的航道运行管理提供了全要素数字化支撑，为智慧航道建设提供了建设思路。

参考文献：

- [1] 童剑. 京杭运河智慧航运建设方案研究 [J]. 现代交通技术, 2021, 18(3): 83-87.
- [2] 黄勇军, 王闰成, 马枫等. “云上港航”数字孪生系统助航解决方案 [J]. 信息技术与信息化, 2018(12): 67-70.

