

# · 信息技术 ·



## 基于数据集成技术的航道工程 BIM 预警平台研究与应用

曾 昱<sup>1</sup>, 廖一鸣<sup>2</sup>, 牛作鹏<sup>1</sup>, 刘晓神<sup>1</sup>, 骆光磊<sup>1</sup>

(1. 中交第二航务工程勘察设计院有限公司, 湖北 武汉 430060; 2. 长江宜昌航道工程局, 湖北 宜昌 443003)

**摘要:** 针对传统航道工程中数据信息利用率低、管理效率低和遇险反映慢的问题, 进行多源时变异构数据的集成技术研究, 基于统一 JSON 建立公共数据模型, 优化传统数据处理方式冗余度较高的问题, 提升航道工程数据集成的效率; 搭建基于数据集成技术的航道工程 BIM 预警平台, 将实时数据刻画的航道工程现况以直观的形式在 BIM 平台展示, 依托长江干线武汉—安庆段 6m 水深航道整治工程( I 标段)进行数据集成、BIM 预警等功能的应用、验证。结果表明, 基于数据集成技术的航道工程 BIM 预警平台可为相关人员对险情做出预判并及时预警提供坚实保障, 使航道工程的管理更加高效、便捷。

**关键词:** 航道工程; 数据集成; BIM; 预警平台

中图分类号: U 612

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2022)04-0151-06

### Research on BIM early-warning platform for waterway engineering based on data integration technology and its application

ZENG Yu<sup>1</sup>, LIAO Yi-ming<sup>2</sup>, NIU Zuo-peng<sup>1</sup>, LIU Xiao-shen<sup>1</sup>, LUO Guang-lei<sup>1</sup>

(1.CCCC Second Harbor Consultants Co., Ltd., Wuhan 430060, China;

2.Changjiang Yichang Waterway Engineering Bureau, Yichang 443003, China)

**Abstract:** Considering the problems of low data utilization rate, low management efficiency, and slow response to distress in traditional waterway engineering, we conduct research on the integration technology for multi-source time-varying heterogeneous data, build a public data model with unified javascript object notation (JSON), and optimize the problem of high redundancy in the traditional data processing method to improve the efficiency of waterway engineering data integration. A building information modeling(BIM) early-warning platform for waterway engineering is developed with the data integration technology so that the current waterway engineering status portrayed by real-time data can be displayed visually on the BIM platform. Data integration, BIM early warning, and other functions are implemented and verified by the 6 m-deep waterway regulation project(part I) in the Wuhan-Anqing section of the Yangtze River trunk line. The results show that the BIM early-warning platform for waterway engineering based on the data integration technology provides a solid guarantee for relevant personnel to predict distresses and issue timely early warnings and thereby contributes to more efficient and convenient waterway engineering management.

**Keywords:** waterway engineering; data integration; BIM; early-warning platform

20 世纪末, 随着航运业的快速发展, 通航需求与施工矛盾日益严重, 航道工程的精细化管理监测

需求逐步提升, 国内学者已开展诸多相关研究, 李国杰等<sup>[1]</sup>将 GIS (geographic information system, 地理

信息系统)数据、水动力模拟数据、河床冲淤演变数据和工程参建各方各阶段的管理数据等结合分析，并实现在 CityMaker 平台的集成与管理；赵博华<sup>[2]</sup>研究航道水深、流速等水流条件对航道通航情况的影响，综合分析桥梁、弯道、目标船舶参数与装载情况等信息，计算得出目标船舶适航区域；张雪峰<sup>[3]</sup>研究船舶航道预警信息分布式数据库存储技术，并通过对比分析证明该技术能够有效提升存储写入性能。但在国内航道工程管理中，航道工程预警平台研究较少，存在着数据冗余、信息不直观、预警信息滞后等问题。

因此，本文提出了基于 JSON(javascript object notation,一种数据交换格式)的公共数据模型数据集成方法，以提高数据资源的有效利用率，节省储存空间，并在此基础上建立航道工程 BIM (building information modeling, 建筑信息模型)预警平台，为相关人员对险情预判提供指导，实现了险情快速定位以及实时、准确、可定制化预警等功能。

## 1 航道工程数据分析

### 1.1 数据来源

航道工程数据主要包括航道基础数据、工程建设数据、航政管理数据 3 大类<sup>[4]</sup>，其中航道基础数据主要描述航道本身基本信息的数据；工程建设数据主要描述航道工程建设的一些基本状况；航政管理数据主要是描述对航道各种建筑物的审批信息等。本文主要依据航道工程建设数据分析航道工程现场情况进行预警。

随着通信技术的不断发展，物联网设备被广泛应用于航道工程建设中，大幅提高了数据采集和监测的效率，当前航道工程应用的物联网设备主要包括水情监测设备、物联网定位设备、视频监控设备等，这些设备通过多种网络数据传输协议源源不断地向服务器传送现场数据，通过数据分析还原航道工程现场情况，为管理人员准确、实时掌握工程现状提供数据支撑。

### 1.2 数据特征

水上作业是一个交叉作业且随机性较大的过程，主要体现在：1) 航道工程数据来源于不同区域、不同物联网设备，具有多源性；2) 航道工程的随机性决定其需要采集大量动态数据，如 GPS (global positioning system, 全球定位系统) 数据、流场与适航区域分布数据、水文监测数据以及船舶动态资料数据等，这些数据具有实时变化的特点；3) 各类航道数据属性不同，监测获取的数据结构也不尽相同，具有异构性。

## 2 基于数据集成技术的 BIM 预警平台研究

### 2.1 数据集成相关定义

数据通常以文本、数据库等不同形式或不同的方式存储于不同的地方<sup>[5]</sup>，绝大多数应用需要访问多种数据源，在此过程中难免出现数据的冗余，甚至是数据重复录入等问题。因此，本文进行多源时变异构数据集成研究，以保证解析后的航道工程数据传输的完整性和准确性，为预警平台的信息查询、显示及监控提供实时基础。

数据集成主要是将不同数据源的数据进行格式转换，从而达到数据共享的最终目的<sup>[6]</sup>。该过程可以理解为将多系统中某类数据 DataS 在条件 T 下，按照规则 R 转换为目标的数据格式 DataD 的过程。假设有 n 种数据需要在原系统以及目标系统间进行交换，其中与其他数据类型相关联的有 m 种，则从原系统向目标系统的数据交换过程可表示为：

$$(DE)_{A \rightarrow B} = \{(DE)_t = \{DataS_t, T_{S_t \rightarrow D_t}, R_{S_t \rightarrow D_t}, DataD_t\} | t = \{1, 2, \dots, n-m\}\} \quad (1)$$

式中：A→B 为原系统到目标系统的数据转换集合； $S_t = \{S_1, S_2, S_3, \dots\}$  为不同的数据源，用户可根据相关需求选择相应的数据源进行交互；四元组  $(DE)_t = \{DataS_t, T_{S_t \rightarrow D_t}, R_{S_t \rightarrow D_t}, DataD_t\}$  为原系统的某种数据格式 DataS<sub>t</sub> 在条件下  $T_{S_t \rightarrow D_t}$  按照  $R_{S_t \rightarrow D_t}$  规则转化为目标系统的数据格式 DataD<sub>t</sub> 的过程。

### 2.2 数据集成模型

多源时变异构数据在数据集成时容易造成大

量闲置数据以及冗余数据, 为了提高数据集成效率, 实现不同数据库间的数据共享, 需要根据数据间的异同点统一数据格式, 建立一个公共数据模型<sup>[7]</sup>。目前计算机数据传输中主要采用 XML (extensible markup language, 可扩展标记语言) 和 JSON 两种数据格式, 其中 JSON 作为一种轻量级的数据交换格式, 相较于 XML 机器解析生成, 同时也更易于用户阅读和编写, 并大幅、有效地提升网络传输效率。因此, 本文选取 JSON 作为公共数据模型, 对每一类数据进行 JSON 统一处理, 构建虚拟视图, 最后与 JSON 中介数据进行映射与绑定, 完成源数据库到目标数据库格式转换。数据格式转换过程见图 1。

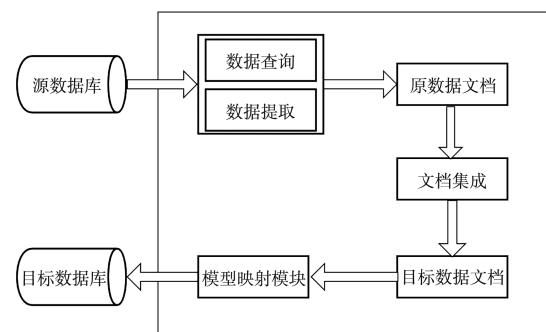


图 1 数据格式转换过程

数据格式统一后, 采用数据集成模型对数据进行条件过滤、压缩加密、持久化存储, 为后期数据分析调用提供统一的数据接口。本文采用的数据集成模型由接口、条件规则库、数据处理3部分组成, 数据集成结构描述图形见图 2。

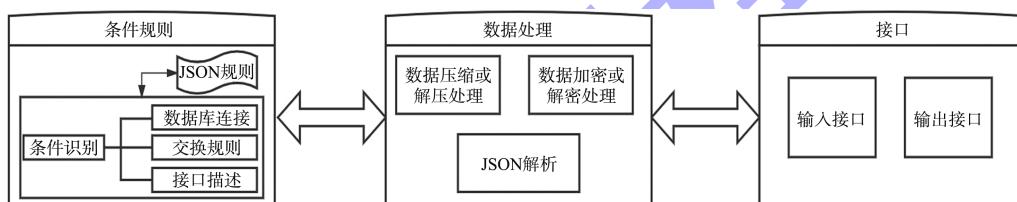


图 2 数据集成结构描述图形

### 2.3 平台总体设计

本文基于上述数据集成技术建立航道工程 BIM 预警平台, 首先从水速检测仪、船舶(人员)定位器等物联网设备采集相关航道工程数据, 采用上述集成方式对获取的多源时变异构数据进行处理后存入 MySQL 数据库, 供平台调取; 预警平台从 MySQL 数据库调取相关数据, 进行 BIM 建模分析, 实现模型定位、轨迹追溯、通航区域与安全施工区域可视化功能。航道工程 BIM 预警平台实现路线见图 3, 总体架构见图 4。

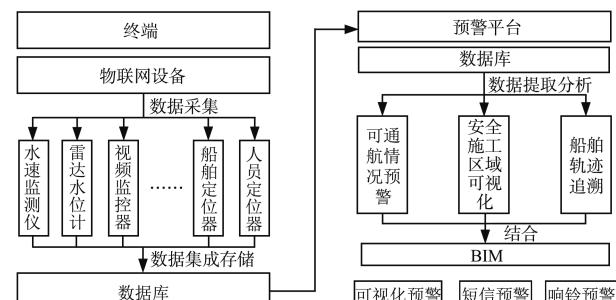


图 3 航道工程 BIM 预警平台实现路线

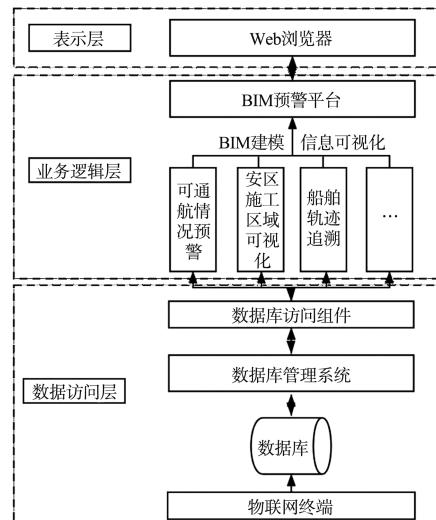


图 4 航道工程 BIM 预警平台总体架构

### 3 工程应用

本文以长江干线武汉—安庆段 6 m 水深航道整治工程(I 标段)为例, 进行航道工程的多源时变异构数据集成技术应用。该工程位于湖广—罗湖洲及沙洲水道, 排体加工和施工区作业环境差、通航与施工矛盾、运输船舶众多, 同时沿航道上、

下行的船舶易靠近施工水域，且易受风和水流的影响，给施工管理造成较大的难度，工程位置见图 5。因此，采用 JSON 的公共数据模型集成相关

航道工程数据，与 BIM 模型结合实现航道可通航情况预警、航道施工安全区域可视化、船舶轨迹监控，以提升工程管理效率。



图 5 武安 I 标工程

### 3.1 多源时变异构数据集成

航道工程中需要采集的数据主要包括静态文本数据以及动态实时数据，静态文本数据主要包括航道地形信息、相关人员信息以及船舶设备的详细信息，动态实时数据信息主要来源包括气象单位、水位流量监测站、GPS 定位设备、摄像头监控设备、船载终端设备等，采用建立统一 JSON 公共数据模型进行集成处理，形成统一的 JSON 格式数据结构存入数据库，以数据形式描绘航道工

程现场情况，供相关业务人员或专业平台调用分析。

首先，将多设备实时获取到的多源异构航道数据按照本文介绍的数据集成方式处理成为统一的 JSON 形式，导入 MySQL 数据库，便于后期数据提取与分析。以船舶 GPS 定位数据为例，存入数据库形式见图 6，数据包括船舶编号、所处经纬度、位置更新时间等基础信息以及船舶运行状态信息。

infoId	deviceInst	longitude	latitude	uploadTime	deviceExtType	isNewest	allow_fence_state	ban_fence_state	is_move
1	04794172511747053cfad58e6d94905a	369972069780053	114.32123268131	30.5460308613403	2020-09-23 17:02:37.000	2	0	out>out	1
2	07364471307416050baeb4ab405a74	369972069780053	114.32125366929	30.546030860377	2020-09-23 16:46:37.000	2	0	-	1
3	04d442f79744d9505a40705a4444	369972069780053	114.32084545739	30.5460313766487	2020-09-23 17:31:40.000	1	0	out>out	1
4	04d4710162542382781a407e1f56446	369972069780053	114.32123066819	30.546030861739	2020-09-23 16:34:35.000	1	0	-	1
5	11809205494913a4ea4e703954a42	369972069780053	114.32124067115	30.546040160574	2020-09-23 15:14:26.000	1	0	-	1
6	120493031b564662003a169354a44f	369972069780053	114.320926395612	30.546046374769	2020-09-23 14:59:24.000	2	0	-	1
7	125541386394a4894967394407a421	369972069780053	114.32134761814	30.54439548282	2020-09-23 16:02:31.000	1	0	-	1
8	12e4e163a20204a6e13a556404b2	369972069780053	114.32093048567	30.5446986749872	2020-09-23 17:29:40.000	2	0	out>out	1
9	1441e163-2544-4068-899a-1e5c	369972069780053	114.3209366249	30.5450985747823	2020-09-23 17:03:37.000	1	0	out>out	1
10	1960d03e5a5a4b6a2d8013644a703	369972069780053	114.32097332631	30.546043972123	2020-09-23 17:23:40.000	1	0	out>out	1
11	1e40d15b-a045-4b88-b1a5-179a202	369972069780053	114.32125370584	30.5460369903862	2020-09-24 12:55:40.000	5	0	-	1
12	1ed4015b-a044-e084-9084-ff04a23e	369972069780053	114.32103587824	30.546030695336	2020-09-23 16:47:36.000	1	0	-	1
13	1fa709177d4a5b5a015a52e-a02994	369972069780053	114.32125370699	30.546030860377	2020-09-22 19:27:34.000	2	0	-	1
14	2268165764594661996723-e497509a	369972069780053	114.321240681601	30.54604379478	2020-09-23 16:17:33.000	2	0	-	1
15	23741511c4d4d5a2c8a10503d4	369972069780053	114.32090268721	30.5450784761278	2020-09-23 17:07:38.000	2	0	out>out	1
16	277f151ee94470473-2e56-e89909	369972069780053	114.328315691518	30.539910490732	2020-09-24 12:06:34.000	1	0	-	1
17	281511a3785430e9051-7511214ab	369972069780053	114.331991044547	30.5379593117625	2020-09-24 12:17:36.000	5	0	-	1

图 6 数据库中船舶 GPS 定位数据界面

其次，数据库对不同数据实现调度共享访问，参考通航标准、施工标准拟定多维预警模型便捷参数，获取实时船舶、人员 GPS 定位数据经过多维预警模型嵌套计算后，将适航区域、安全施工区域以及预警信息存储至数据库，同时反馈给航

道工程 BIM 预警平台，实现信息的 BIM 三维场景的展示，将实时通航信息和人员信息动态呈现给用户。

### 3.2 航道可通航情况预警

传统的船舶航行中，航行路线的选择更多地

依赖于航标以及船长的经验, 对气象影响、航行路线、区域安全度通常是主观判断, 具有较强的随机性。航道工程 BIM 预警平台通过建立统一 JSON 公共数据模型对各类型传感器实时获取的气象、水情、船只航速等数据进行数据集成、分析以及险情预判, 根据气象数据、水位流速航道数据对当前航道可通航情况进行预判, 见图 7。

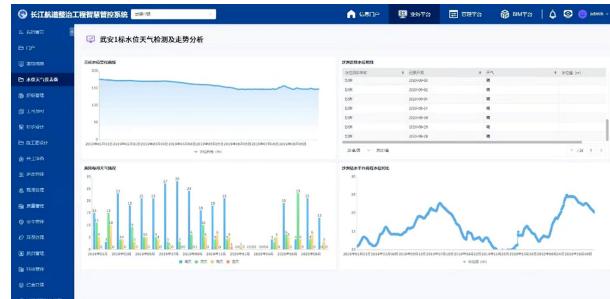


图 7 可通航情况分析界面

### 3.3 航道安全施工区域可视化

传统的航道工程施工现场通常采用人工巡逻的方式进行安全排查, 排查效率较低且不够全面; 随着监控技术的发展, 施工现场逐渐采用摄像头对施工现场进行实时督导, 但由于作业场地的不固定、施工人员的流动性, 单一的摄像头监控系统无法满足施工督导需求。航道工程 BIM 预警平台通过采集施工人员佩戴的安全帽实时位置信息与施工区域地理信息集成分析, 将施工区域划分为安全区域、预警区域以及危险区域, 将处于不同区域的施工人员用不同颜色的图标进行区分, 对踏入危险区域的施工人员、负责人进行短信及施工现场响铃多方式预警, 为相关督导人员实时、全方位展示了施工现场进度动态信息, 见图 8。

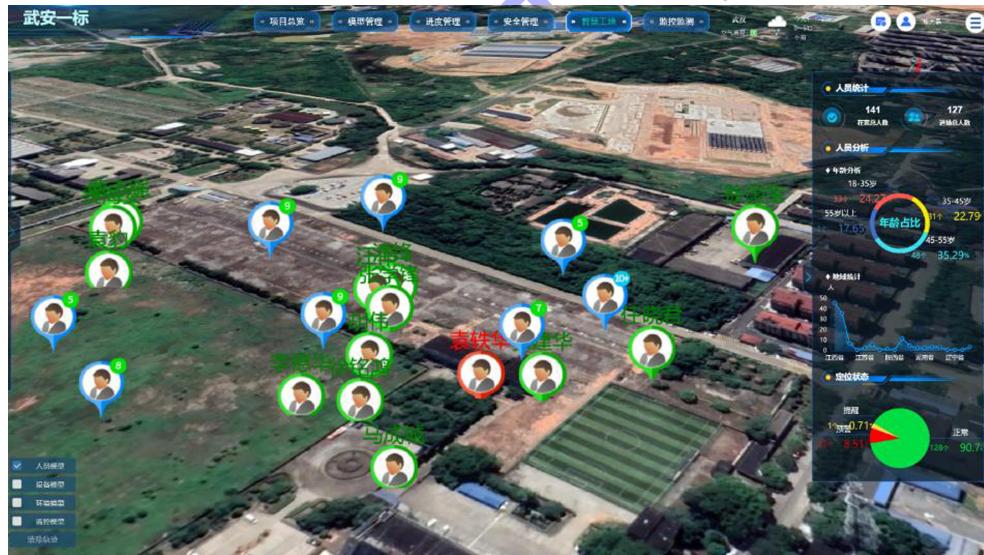


图 8 施工现场动态监测界面

### 3.4 船舶轨迹追溯

航道工程中的各类数据是不断产生的, 航道工程 BIM 预警平台可自行设定交换间隔时间, 实时动态查看船舶运动轨迹, 避免因数据传输不及时导致信息交换落后等情况; 平台根据船舶类型采用不同颜色进行标注(图 9)、根据险情可能发生概率以及通航需求将航道划分为通航区域、作业区域、禁航区域并进行 BIM

可视化展示, 从而在航道工程 BIM 预警平台直观了解航道通航情况以及船只运行轨迹(图 10), 向即将驶入作业区域的客船、货船、即刻将驶入禁航区域的施工船只发送短信进行预警, 对已驶入禁航区域的船只作出报警处理, 从而最大效率地提高预警准确性以及实时性, 为航道工程的顺利施工以及船舶的安全通行保驾护航。



图 9 船舶情况实时监测界面

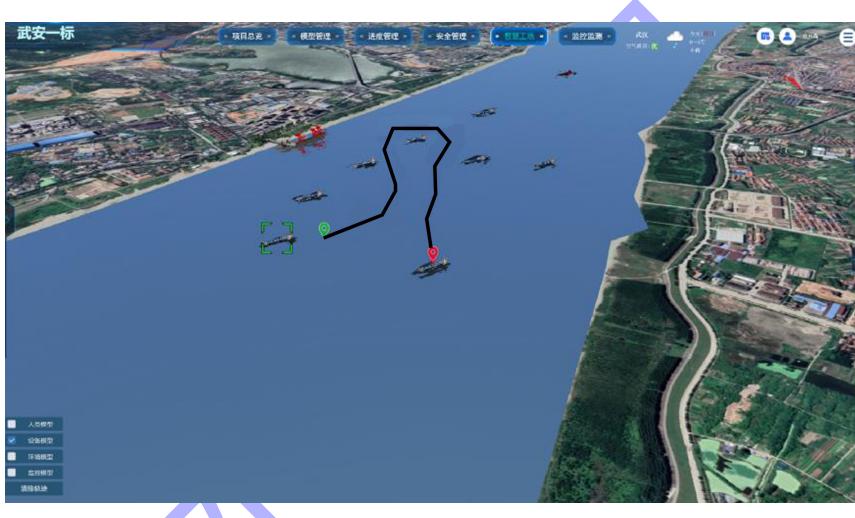


图 10 船舶轨迹追溯界面

#### 4 结语

1) 总结了航道工程数据的多源时变异构特征，建立公共数据模型，以 JSON 作为统一格式将数据集成并储存至数据库，保证多源时变异构数据集成的完整性、实时性以及一致性。

2) 建立基于数据集成技术的航道工程 BIM 预警平台，提高预警的准确性、实时性、直观性，并应用于长江干线武汉—安庆段 6 m 水深航道整治工程(I 标段)的管理中，实现航道可通航情况预警、航道施工安全区域可视化、船舶轨迹监控等功能，保障航道工程的顺利施工以及船舶的安全通行，推动数字航道运行管理预警机制的构建。研究成果对于航道工程施工单位开展管理工作具有借鉴意义，具有较强的应用价值。

#### 参考文献：

- [1] 李国杰,牛作鹏.基于 City Maker 的航道整治工程信息模型集成技术[J].水运工程,2018(9):15-20.
- [2] 赵博华.三维数字航道平台开发关键技术研究[D].北京:华北电力大学,2015.
- [3] 张雪峰.船舶航道预警信息分布式数据库存储技术[J].舰船科学技术,2021,43(6):52-54.
- [4] 任博部.航道信息管理平台研究[D].南京:南京理工大学,2007.
- [5] 罗颖.针对面向多源异构数据的数据集成中间件的设计与开发[J].网络安全技术与应用,2019(6):55-57.
- [6] 阎继宁.多数据中心架构下遥感云数据管理及产品生产关键技术研究[D].北京:中国科学院大学,2017.
- [7] 郭红领,周颖,叶啸天,等.IFC 数据模型至关系型数据库模型的自动映射[J].清华大学学报(自然科学版),2021,61(2):152-160.

(本文编辑 王璁)