



# 基于 BIM+IoT 的某航道工程勘察 安全管控应用技术

曹旭梅<sup>1</sup>, 杨杰<sup>2</sup>, 邹艳春<sup>1</sup>, 牛作鹏<sup>1</sup>, 王汉臣<sup>1</sup>

(1. 中交第二航务工程勘测设计院有限公司, 湖北 武汉 430060; 2. 中交上海航道局有限公司, 上海 200003)

**摘要:** BIM(建筑信息模型)和 IoT(物联网)技术虽然近年来在基础设施建设行业应用愈加广泛, 但在航道工程勘察阶段未广泛应用。针对这个现状, 研究 BIM 和 IoT 技术的集成应用, 采用基于 BIM+IoT 的勘察管控平台技术架构和技术路线, 探索其在航道工程勘察安全管控中的应用。以某航道工程为例, 利用 BIM+IoT 平台实现了水上移动巡检、安全资料管理、远程安全管控等水上勘察作业安全管控应用。实践证明, 综合利用 BIM 和 IoT 应用于航道勘察安全管控, 具有信息服务提质、预警能力提升等多方面优势。

**关键词:** 建筑信息模型; 物联网; 航道工程; 水上勘察; 安全管控

中图分类号: TU 71; U 617

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2022)05-0164-06

## Application technology of safety management and control of a waterway engineering survey based on BIM and IoT

CAO Xu-mei<sup>1</sup>, YANG Jie<sup>2</sup>, ZOU Yan-chun<sup>1</sup>, NIU Zuo-peng<sup>1</sup>, WANG Han-chen<sup>1</sup>

(1. CCCC Second Harbor Consultants Co., Ltd., Wuhan 430060, China; 2.CCCC Shanghai Dredging Co., Ltd., Shanghai 200003, China)

**Abstract:** Building information modeling(BIM) and Internet of Things(IoT) technologies are more and more widely used in the infrastructure construction industry in recent years. However, they are not commonly applied in waterway engineering surveys. In view of the current situation, this paper studies the integrated application of BIM and IoT and explores their application in the safety management and control of waterway engineering surveys with the technical architecture and technical route of a survey management and control platform based on BIM and IoT. Taking a waterway project as an example, the paper realizes some applications for safety management and control of water survey operations with the help of the BIM + IoT platform, such as water mobile inspection, safety data management, and remote safety management and control. Practice has proved that the comprehensive utilization of BIM and IoT in the safety management and control of channel surveys has many advantages, such as the quality improvement of information service and the ability enhancement of early warning.

**Keywords:** building information modeling( BIM); Internet of Things( IoT); waterway engineering; water survey; safety management and control

随着数字地球和万物互联时代的到来, BIM 和 IoT 技术已逐步应用于工程建设领域, 给工程建设行业的工作方式和管理模式带来了革命性的改变。岩土工程勘察作为工程建设中的一项关键性

基础工作, 对工程设计、施工均有重要影响, 由于勘察外业多、作业环境差、劳动用工素质参差不齐等特点, 导致勘察过程安全管理难度较大, 特别是作业环境复杂的航道工程水上勘察。因此,

研究 BIM 和 IoT 技术在勘察工作中的应用无疑具有重要的现实意义和发展前景。

目前, IoT 技术在勘察阶段应用的研究成果还非常少, 而 BIM 技术虽然在设计、施工阶段应用比较广泛, 但在勘察中的应用也仍处于起步阶段。贾海鹏<sup>[1]</sup>提出了建立地质、地形、管线和周边建筑物 BIM 模型, 提高信息集成效率, 减少对管线及周边建筑物的影响; 宋金龙等<sup>[2]</sup>分析基于钻孔数据的三维地质建模方法并进行了建模实践; 郑豪等<sup>[3]</sup>分析了常用 BIM 软件的优势领域, 探讨基于 Civil 3D 建立三维地质信息模型的流程; 童钟等<sup>[4]</sup>提出 BIM 与 GIS 融合方法, 实现了大范围工程 BIM 与 GIS 数据一体化展示、分析; 徐肖峰等<sup>[5]</sup>借助离散光滑插值技术建立岩土层曲面, 利用 Dynamo 处理后导入 Revit 平台与设计模型整合, 进行岩土工程量计算。

本文综合利用 BIM 和 IoT 技术, 研究 BIM 和 IoT 技术融合的可行性和技术路线, 并依托某航道工程勘察项目构建基于 BIM+IoT 的勘察管控平台, 进行安全管控应用探索、验证。

## 1 BIM 与 IoT 的融合方法

### 1.1 思路

BIM 技术的兴起和快速发展除了其三维可视化的特点带来了工作效率的巨大提高和工程技术的直观表达外, 还有一个重要特点就是作为高效的信息载体, 实现了三维模型与设计尺寸、技术参数、管理过程等工程信息的具象化关联。IoT 技术是通过信息传感器、RFID(射频识别)、BDS/GNSS(北斗/全球卫星导航系统)等技术, 实时采集并传输工程对象的几何信息和非几何信息, 并对信息进行格式转换和挖掘分析, 实现对工程实体和建设过程的智能化感知、监控和管理。

BIM 技术与 IoT 技术各具优势, 将两者进行融合可以充分发挥 BIM 模型的三维可视化和信息承载优势, 利用 IoT 技术的信息采集、传输、分析处理能力, 在三维虚拟场景里集成工程属性信息、

管理数据以及 IoT 设备采集的定位、视频监控等信息, 并对信息进行格式转换、数据挖掘和统计分析。

### 1.2 平台架构

基于 BIM+IoT 技术的融合, 结合航道工程勘察阶段管理的业务需求, 构建基于 BIM+IoT 的勘察管控平台, 依托平台实现航道工程勘察作业安全管控。平台技术架构见图 1。

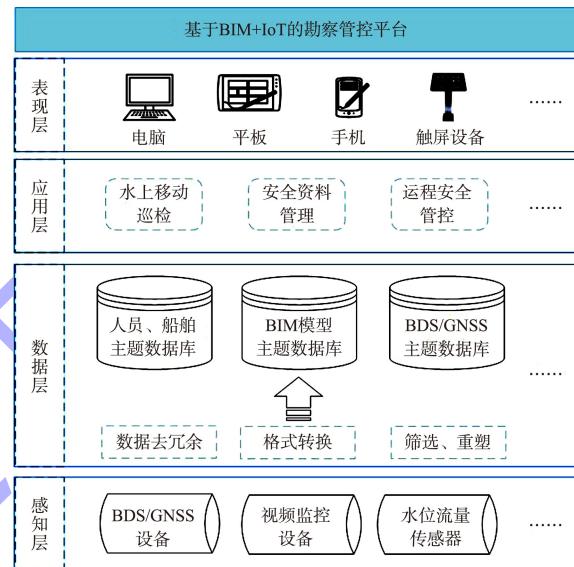


图 1 平台技术架构

#### 1.2.1 感知层

主要利用布置在现场的各类 IoT 设备, 如水位传感器、微型气象站、监控摄像头、BDS/GNSS(北斗卫星导航系统/以人造卫星作为导航台的星载无线电导航系统)定位设备等, 采集工程数据, 并通过 4G/5G 物联网模块、有线网络、北斗短报文等方式传输至 IoT 设备厂商, 平台通过开发可配置的 API 接口, 将数据实时推送到平台 MySQL 数据库。

#### 1.2.2 数据层

IoT 设备采集的数据具有格式多样、数据结构多、标准不统一等特点, 按照系统需求, 对采集的原始数据进行去冗余、格式转换、筛选、重塑等操作, 降低存储空间占用, 便于从海量的原始数据中抽取出有价值的信息, 并推送至对应的主

题数据库中。主题数据库按照数据仓库的架构进行设计，面向业务主题进行数据组织与存储，主要功能是联机分析处理和数据共享，避免各应用系统为了进行数据交换而开发大量接口，简捷地实现了应用系统的集成。

### 1.2.3 应用层

应用层是系统平台的主要组成部分，其核心是数据和应用。在进行数据管理、数据分析的基础上，将数据与具体的应用相结合，基于业务需求对数据进行分析，形成统计图表，并在一定程度上自动采取相关措施，为工程管理和决策人员提供应用服务。

### 1.2.4 表现层

这是用户访问和使用平台的各种入口，平台支持常见的各类终端产品，如电脑、平板、手机、触屏设备、船载终端等。

## 1.3 技术路线

目前，勘探钻孔的坐标常保存在 OvitalMap 软件生成的钻孔坐标文件中，坐标文件中某钻孔定位数据示例如下：

```
"<Placemark>
  <name>ZK61</name>
  <OvAttr>
    <OvIcon>1</OvIcon>
    <OvIconNum>0</OvIconNum>
  </OvAttr>
  <Style>
    <IconStyle>
      <color>ffffffff</color>
      <scale>1.0</scale>
    </IconStyle>
  </Style>
  <Point>
    <coordinates>114.33015900,30.62028241,0</coordinates>
  </Point>
</Placemark>"
```

该钻孔定位数据释义见表 1。

表 1 钻孔定位数据文件语句释义

字段	释义
<Placemark>.....<Placemark>	点位标记信息
<name>ZK61</name>	钻孔名称：ZJK61
<OvAttr>.....<OvAttr>	属性信息
<OvIcon>1</OvIcon>	图标类型代号
<OvIconNum>0</OvIconNum>	图标编号
<IconStyle>.....<IconStyle>	图标样式
<color>ffffffff</color>	图标颜色：黑色
<scale>1.0</scale>	图标比例：1
<Point>.....<Point>	点位信息
<coordinates>.....<coordinates>	钻孔点位坐标：经度、维度、高程

通过 Dynamo 编程实现 Autodesk Revit 软件自动从坐标文件中提取全部钻孔的经纬度坐标，并生成钻孔 BIM 模型，整合高清卫星影像和 BIM 模型，进而将整合后的 BIM 模型场景与 IoT 设备采集的工程数据在勘察管控平台上进行融合集成，并依据勘察安全管理的业务需求，进行水上移动巡检、安全资料管理、远程安全管控等应用。技术路线见图 2。

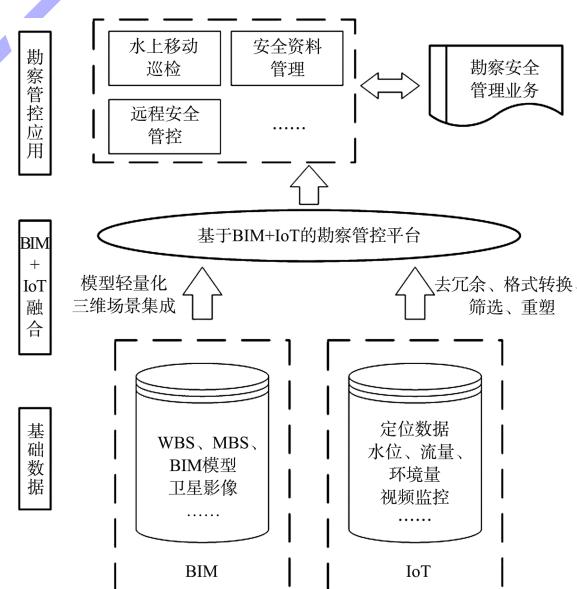


图 2 技术路线

## 2 航道工程勘察安全管控应用

### 2.1 水上移动巡检

在目前的勘察作业过程中，日常检查记录、安全日志等工作仍采用传统的纸质形式记录和上报，存在效率低、易遗漏的问题，特别是对于受气象条件和水流状况变化影响较大的航道工程水

上勘察作业来说, 纸质的记录方式不利于现场记录和实时反馈。通过 BIM+IoT 勘察管控平台的定制化开发, 现场人员以平台移动端 APP 填报的方式取代纸质记录, 提高了安全问题处理和信息共享的效率。此外, 数据通过项目 MBS (Model Breakdown Structure, 模型分解结构) 与 BIM 模型关联并自动汇聚到平台主题数据库。

## 2.2 安全资料管理

如前所述, 目前勘察阶段的安全管理资料多以纸质材料形式记录, 一方面给资料整编和完工交付增加很多工作量, 另一方面以纸质形式保存的资料查找效率低、信息交换不便、不利于充分发挥数据资源价值。基于 BIM+IoT 的勘察管控平台很好地解决了这个问题。首先, 通过平台网页端和移动端 APP 配合使用, 实现了勘察阶段安全管理数据录入、处理、整编、存储全过程的数字化, 减轻了资料管理工作量。其次, 通过建立建(构)筑物与虚拟的三维模型的映射关系, 将安全管理数据集成到 BIM 模型上, 提供了一种三维可视化的数据管理和检索方式, 有利于信息存储、交换和共享。

## 2.3 远程安全管控

根据规定, 勘察企业负责人须定期赴现场进行安全检查, 但这种实地检查受诸多外界条件限制, 检查的频次有限, 特别是恶劣气象灾害和疫情防控等特殊时期, 而往往这种时期也是安全形势最严峻的时候。基于 BIM+IoT 的勘察管控平台将现场视频监控、船舶定位等 IoT 设备采集的数据集成到三维模型场景中, 从技术上解决了后方相关人员管控勘察现场作业安全的难题, 并且通过分析感知层采集的数据, 监测环境的潜在隐患, 提前预防、实时预警, 降低外界条件突变对人的安全威胁。

# 3 工程应用实例

## 3.1 工程概况

本文以湖北省武汉市某航道工程勘察项目为依托, 该项目大部分勘察工作均为水上作业, 恶

劣气象、水情变化、船舶通航和钻探船舶偏移等复杂的作业环境对项目安全生产带来较大挑战。通过应用 BIM+IoT 的勘察管控平台, 在水上移动巡检、安全资料管理、远程安全管控等方面满足项目安全生产业务需求。

根据项目钻孔坐标文件, 利用 Autodesk Revit 软件生成钻孔 BIM 模型, 在 Supermap 软件中将钻孔 BIM 模型与高清卫星影像地图进行整合, 经轻量化处理后发布至勘察管控平台(图 3)。



图 3 整合后的 BIM 模型场景

## 3.2 水上移动巡检

现场人员通过平台 APP 记录现场安全检查情况(图 4), 数据实时上传至后台数据库, 相关部门和人员实时收到待办事项提醒, 适时采取恰当的处理措施, 统筹人力、物力等资源投入, 从而保证现场发现的安全隐患或问题得以在最短的时间内整改处理。填报、处理、复核全过程留痕, 支持问题回溯, 为事后处理提供支撑。此外, 使用 APP 记录时数据可关联 BIM 模型并自动推送到相应的主题数据库, 从源头上减轻了安全管理过程数据的管理难度, 为下一步的安全资料管理奠定了基础。



图 4 移动端 APP 记录安全巡检数据

### 3.3 安全资料管理

利用平台主题数据库在资料存储、分类管理和信息共享上的优势,将项目安全管理资料,如安全生产管理规章制度、应急预案、通航安全保障方案、安全生产日志等,上传至平台,便于项目部、勘察企业、建设单位之间的资料共享和信

息检索(图 5)。对于依托于具体建(构)筑物的数据,则通过 MBS 与 BIM 模型相关联,相关人员可以可视化的方式在三维模型场景中定位到关注的钻孔模型,进而浏览 BIM 模型关联的全部安全管理数据(图 6)。



图 5 安全资料主题数据库

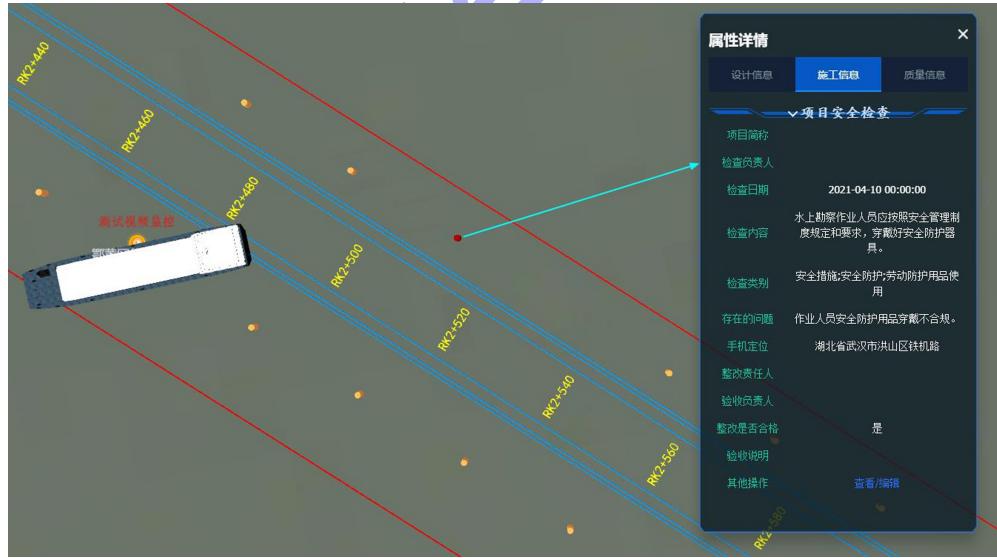


图 6 安全数据关联 BIM 模型

### 3.4 远程安全管控

#### 3.4.1 钻探船舶定位监管与预警

通过钻探船舶上安装的 BDS/GNSS 定位终端,按照设置的时间间隔采集钻探船舶的定位数据,并在 BIM+IoT 平台上联动变化,便于相关人员掌

握勘察现场钻探船舶的实时位置、偏移情况和历史轨迹。同时可根据船舶偏移控制要求设置电子围栏,如果现场钻探船舶受风浪等影响偏移范围超出电子围栏范围,平台会预警提示,保障作业安全(图 7)。

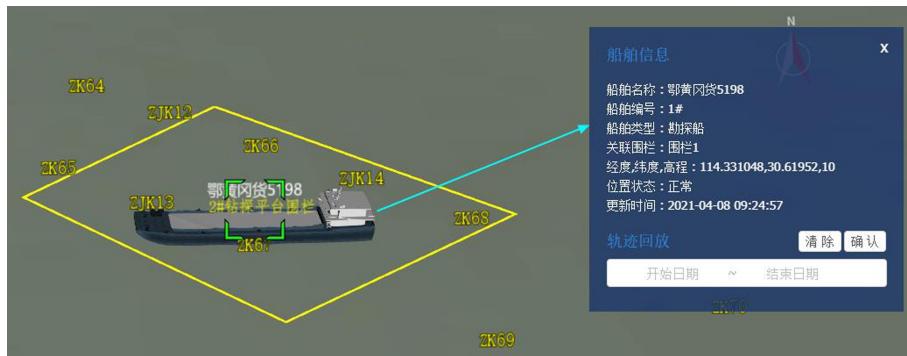


图 7 钻探船舶定位监管与预警

### 3.4.2 现场远程视频监控

项目在钻探船舶上安装有视频监控设备, 视频数据采用 4G 物联网卡传输, 通过开发数据接口, 将视频监控数据推送到平台数据库, 并在三维模型场景中将监控设备与 BIM 模型相融合, 项

目相关人员可在三维场景中查看各钻探船舶上安全设施、作业人员行为等是否满足安全生产要求, 弥补了勘察企业负责人只能通过现场检查这一方式管控现场安全的不足, 保证勘察现场作业安全得到有效管控(图 8)。



图 8 现场远程视频监控

## 4 结语

1) 对 BIM 和 IoT 技术在航道工程勘察安全管控方面的融合应用进行研究, 构建了一种基于 BIM+IoT 的勘察管控平台技术架构和技术实现路线, 并在某航道工程勘察项目上应用验证, 通过将船舶 BDS/GNSS 定位数据和视频监控数据与 BIM 模型进行集成, 满足了勘察企业在勘察现场远程安全管控方面的需求。

2) 充分利用 BIM+IoT 平台主题数据库在数据分析、按类存储和 BIM 模型在信息共享和可视化表达方面的优势, 实现了一种高效率、可视化的数据管理和检索方式, 一定程度上解决了安全资料整理整编和数据检索方面存在的问题, 可供类

似项目参考。

## 参考文献:

- [1] 贾海鹏.BIM 技术在工程勘察中的应用[J].建筑技术, 2019, 50(7): 818-821.
- [2] 宋金龙, 朱建才, 陈贊, 等.BIM 技术在岩土工程勘察中的应用研究[J].地基处理, 2019, 1(3): 73-77.
- [3] 郑豪, 宁豪杰.BIM 技术在岩土工程勘察中的应用[J].工程建设与设计, 2020(21): 181-183.
- [4] 童钟, 王刚, 李国杰, 等.BIM 与 GIS 融合技术在航道整治工程中的应用[J].水运工程, 2021(4): 163-168, 179.
- [5] 徐肖峰, 曹正璇, 李健民, 等.BIM 技术在供水工程盾构井勘察设计中的应用[J].浙江水利科技, 2021, 49(3): 66-70.

(本文编辑 武亚庆)