

# 建筑信息模型与地理信息数据融合技术 在轨道交通项目中的应用分析<sup>\*</sup>

殷成钰<sup>1</sup> 黄际政<sup>2</sup> 黄 胜<sup>1</sup> 吴和志<sup>1</sup>

(1. 深圳市市政设计研究院有限公司, 518029, 深圳; 2. 深圳地铁建设集团有限公司, 518026, 深圳)

**摘 要** [目的]城市轨道交通项目在勘察、设计、施工、运维等,全生命周期中产生的大量数据累积,并有数据量大及多源异构的特点,需要通过对建筑信息模型与地理信息数据融合技术的研究,解决轨道交通项目中数据融合及管理痛点。[方法]依托深圳地铁项目,对该技术路径应用进行应用分析。通过对城市轨道交通信息化过程中产生的数据类型进行整理,分析不同的数据结构特征,使用 Super Map GIS (地理信息系统)平台并基于二次开发技术实现 BIM (建筑信息模型)数据自动化处理,并从数据格式、坐标系统、渲染性能3个方面实现 BIM 与 GIS 数据融合。[结果及结论]技术应用至深圳全域地铁轨道交通信息化建设中,形成了 BIM + GIS 可视化数据平台,为深圳地铁轨道交通工程项目中数据的融合及管理提供了解决方案。

**关键词** 轨道交通;建筑信息模型;地理信息系统;二次开发;数据融合

中图分类号 TP3: U231

DOI:10.16037/j.1007-869x.2025.03.041

## Application Analysis of BIM and GIS Data Fusion Technology in Rail Transit Projects

YIN Chengyu<sup>1</sup>, HUANG Jizheng<sup>2</sup>, HUANG Sheng<sup>1</sup>, WU Hezhi<sup>1</sup>

(1. Shenzhen Municipal Design & Research Institute Co., Ltd., 518029, Shenzhen, China; 2. Shenzhen Metro Group Co., Ltd., 518026, Shenzhen, China)

**Abstract** [Objective] Urban rail transit projects generate massive amounts of data throughout their lifecycle, including survey, design, construction, and operation-maintenance phases. These data are characterized by large volume and multi-source heterogeneity, necessitating the development of data fusion and management solutions in rail transit projects through research on the integration of BIM (building information modeling) and GIS (geographic information system) data. [Method] Based on the Shenzhen Metro project, an applica-

tion analysis of this technical approach is conducted. By organizing the types of data generated during the digitalization process of urban rail transit, the structural characteristics of different data are analyzed. The Super Map GIS platform, combined with secondary development technologies, is utilized to automate the processing of BIM data. Then, BIM and GIS data fusion is accomplished from three aspects: data formats, coordinate systems, and rendering performance. [Result & Conclusion] The technology is applied to full-scale rail transit digital construction of Shenzhen Metro, resulting in the development of a BIM + GIS visual data platform. This platform offers a comprehensive solution for data integration and management in Shenzhen Metro engineering projects.

**Key words** rail transit; BIM; GIS; secondary development; data fusion

随着信息化技术的不断进步,BIM(建筑信息模型)与GIS(地理信息系统)技术的结合在城市轨道交通工程项目中的应用日益广泛,尤其是在那些涉及大跨度、多专业、协同难度大以及建设运营一体化需求集中的项目中<sup>[1]</sup>。BIM 技术为 GIS 提供了三维空间中缺失的精确建筑模型信息,促使 GIS 的应用从宏观层面深入到微观层面,成为 GIS 数据的一个重要来源。同时,GIS 技术的引入扩展了 BIM 技术的应用范畴,更好地满足了城市轨道交通项目在建设运营一体化以及宏观与微观一体化方面的需求。因此,BIM + GIS 的数据融合成为轨道交通领域的一个重要研究方向。

## 1 国内外现状调研

在轨道交通项目中,BIM + GIS 的融合面临的首要挑战是不同数据标准之间的互通与共享。针

<sup>\*</sup> 深圳市科技计划资助项目(KJZD20230923114117032);住房和城乡建设部2020年科学技术计划项目(2020-K-136);2021年深圳市工程建设领域科技计划项目(2021-32)

对这一问题,国内外学者围绕 BIM + GIS 数据的融合展开了深入探索。

文献[2]基于 IFC(工业基础类)数据交换标准,为 XACML(扩展访问控制标记语言)提出了扩展后的 BIM-XACML(建筑信息模型-扩展访问控制标记语言),旨在加强对智能建筑和关键基础设施环境中建筑空间的细粒度访问控制。文献[3]则提出了一种基于地理空间数据的本体生成方法 OG-GD,所构建的本体模型有助于促进知识发现以及城市应用中基于信息的集成系统。文献[4]探索了常用 BIM 平台的通用轻量化方法,并针对超图平台研究了工程多源数据的融合方法。文献[1]从数据分类、建模标准、模型构建以及多源异构数据的标准处理等方面,对城市轨道交通中 BIM 与 GIS 技术的融合进行了深入分析。文献[5]则从数据集成、功能集成和应用集成三个方面对 GIS 与 BIM 进行了集成研究,并重点探讨了数据集成。文献[6]则研究了基于 City Maker 数据平台的多专业、多源异构 BIM 与 3D GIS 数据的集成技术路径。

综上所述,当前的研究主要聚焦于数据结构层面,而对于项目中的通用性融合问题尚未提出有效的解决方案。本文基于深圳地铁项目的实践,针对城市轨道交通项目中 BIM 数据与 GIS 的融合问题,研究了多源异构 BIM 数据在 GIS 中的高性能渲染与融合技术。

## 2 轨道交通项目 BIM 数据与 GIS 数据融合技术研究

### 2.1 研究路线

BIM 技术与 GIS 技术分别适用于不同的应用场景,并因此产生了截然不同的数据结构和技术实现方式。鉴于 GIS 数据格式已相对成熟且稳定,本研究的主要策略是将多源异构的 BIM 数据融合至 GIS 系统中。研究过程将深入分析城市轨道交通数据的种类及来源,并对其进行标准化处理。具体将从数据格式转换、坐标系统统一,以及渲染效率提升等关键方面展开研究,以实现 BIM 数据与 GIS 数据的有效融合。此外,本研究还将基于实际项目实践,对融合效果进行验证。

### 2.2 城市轨道交通 BIM-GIS 数据类型及特点

在轨道交通项目的应用场景中,BIM 数据与 GIS 数据呈现出不同的类型及特点。其中,GIS 数据相对成熟且稳定,主要以结构化数据的形式存

在。具体数据分类及特点详见表 1。

表 1 GIS 数据分类  
Tab.1 GIS data classification

类型	描述	格式	是否结构化
地形地貌	高程数据	*.tif、*.dem	是
点线面地物	表达各类地物信息的矢量数据。如站点、线路、区域等	*.shp、*.geojson	是
区域实景	无人机倾斜摄影模型	*.osgb	是
底图	卫星影像图、正射影像图、其他风格底图	*.tif	是

BIM 数据则囊括了勘察、设计、施工和运维等城市轨道交通项目全生命周期中产生的多源异构数据。BIM 数据分类见表 2。

表 2 BIM 数据分类  
Tab.2 BIM data classification

类型	描述	格式	是否结构化
工程	车站、区间、车辆段、停车场设计和施工阶段等所有模型	*.rvt、*.max、*.dgn、*.ifc	是
地质	站点、区间地质体模型	*.shp、*.geojson	是
周边环境	线路范围内构建筑物模型、管线模型、地形等	*.osgb	是
施工	施工进度、质量数据	*.tif	否
图纸	构件相关布置图、详图、审批文件等	*.dwg、*.pdf	否
文档	地质勘探资料、勘察资料、手册、照片等	*.doc、*.pdf、*.xls、*.jpg	否
视频监控	监控视频信息的源数据及视频数据	*.xls、视频信号	否
实时监测	监测点的元数据和运行数据	*.xls、实时数据流	否

### 2.3 BIM-GIS 数据融合关键技术研究

数据融合旨在实现多来源、多格式 BIM 数据在 GIS 场景中的精确且高效展示,以满足多样化的业务场景需求。针对非结构化数据类型,需根据其数据特征,开发专门的处理工具进行转换,使之成为结构化数据并存储于数据库中。对于结构化数据,工程模型及其周边环境模型通常由主流建模软件生成,并借助转换插件与 GIS 平台实现对接。鉴于地质模型建模软件的多样性,采用中间格式等方法,最终通过 Bentley 平台格式与 GIS 平台实现对接。模型数据接入 GIS 平台后,还需进行坐标系统

统一、模型优化等处理,再行入库,以确保融合效果满足既定要求。BIM + GIS 数据融合技术路线见图 1。

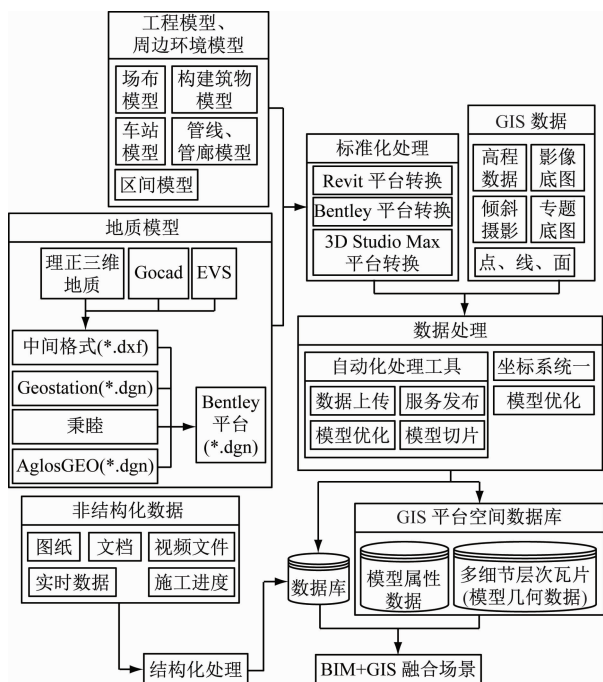


图1 BIM + GIS 数据融合技术路线

Fig. 1 Technical route of BIM + GIS data fusion

### 2.3.1 数据格式融合

从 GIS 技术的角度看,BIM 模型数据通常以空间数据与属性数据组成,两者通过 ID(唯一标识符)关联<sup>[7]</sup>。BIM 数据在 GIS 中的数据结构见图 2。

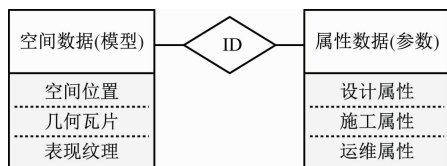
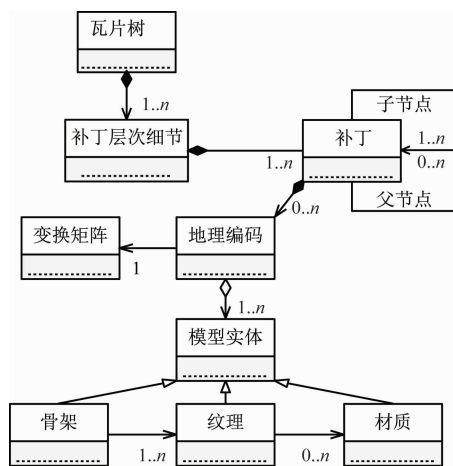


图2 BIM 数据在 GIS 中的数据结构

Fig. 2 Data structure of BIM data in GIS

模型数据的经典组织方式通常包含骨架、材质、纹理 3 个部分。S3M 格式采纳了这一传统结构,并在存储层面通过树形结构进行了优化,提升了精度、属性信息及实例化效率。这使得 S3M 不仅能够用于表达建筑、车站等实体对象,还能有效呈现其他抽象的城市要素。在 BIM 模型数据中,存在大量骨架相同但姿态各异的对象。通过 S3M 实例化方法,仅需保存一份骨架数据以及多份姿态数据,这既缩减了数据量,又降低了渲染时从内存向显卡传输数据的负担。对于倾斜摄影模型等 Mesh

类模型的表达,S3M 格式同样支持通过顶点属性存储对象 ID,利用 ID 的关联性,实现了 Mesh 类模型的对象化查询、批量修改等操作<sup>[7]</sup>。图 3 展示了 S3M 的树形结构。



注:1..n—包含 1 个或 n 个节点;0..n—包含 0 个或 n 个节点;1—包含 1 个节点。

图3 S3M 格式 UML 图

Fig. 3 UML (unified modeling language) diagram in S3M format

结构化 BIM 模型的融合主要依赖于将其转换为 GIS 平台所支持的空间数据库存储结构。该统一的空间数据库格式具有整合多源数据的能力,能够在 GIS 平台上进行编辑与优化,便于 WebGL 或其他客户端进行解析与渲染,同时兼容并体现不同数据类型的特性。通过 SuperMap GIS 平台的二次开发,实现了对常见 BIM 模型格式的自动转换,导出为空间数据库格式,并完成模型的优化、切片、发布等一系列操作。对于部分地质建模软件平台,采用中间格式作为桥梁,以实现模型的融合。

### 2.3.2 统一坐标系

在城市轨道交通项目中,勘察、设计、施工等环节多采用当地自定义的独立坐标系;而 GIS 基础数据与场景则更多基于 WGS 84、CGCS2000 等坐标系,或是如百度坐标系等商业数据平台自定义的坐标系,这取决于数据的来源。为了实现 GIS 数据与 BIM 设计数据的坐标系统统一,需进行坐标系转换。鉴于 BIM 数据量大且需确保设计准确性,不宜直接对 BIM 数据进行转换,因此选择对获取的 GIS 基础数据进行坐标转换。

以深圳地铁项目为例,该项目采用特有的 CGCS2000 坐标系(深圳独有),而获取的 GIS 基础



数据通常为 WGS 84,故需进行坐标系转换,以避免在 GIS 场景中产生位置偏差。坐标转换过程如图 4 所示。

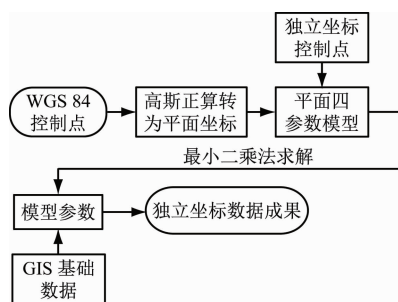


图 4 坐标转换流程

Fig. 4 Coordinate conversion process

### 2.3.3 模型优化及高性能渲染

在 GIS 大场景中,为了满足融合后的高性能渲染需求,必须进行性能优化。优化可以从数据层面以及渲染引擎层面进行。BIM 模型具有极为精细且丰富的语义,在 GIS 大场景中,需要有针对性地对模型进行删减和轻量化处理,以保证效果和业务需要。常见的轻量化处理手段包括:提取外壳(外壳和内部分离)、三角网简化、子对象简化(删除)、删除重复顶点、计算(删除)法线、模型拆分、模型合并等<sup>[8]</sup>模型处理完备之后还需要生成多细节层次缓存文件,并以服务形式发布与共享,实现网络环境和离线环境下海量、多源三维空间数据的高效传输。对于渲染引擎,主要针对模型中相同的构件重复较多,渲染时重复绘制产生没有必要的资源浪费,使用实例化技术识别相同的几何对象只保存并绘制一次,降低渲染中显卡、内存负担。

## 3 轨道交通 BIM 与 GIS 数据融合应用

### 3.1 项目简介

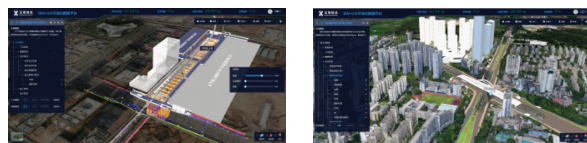
为深入挖掘城市轨道交通工程的数字孪生价值,加快智慧地铁建设,深圳地铁近年来大力推进城市轨道交通工程 BIM 应用,要求新建线路工程全面开展 BIM 技术应用工作。在此背景下,开发了 BIM + GIS 可视化管理平台。平台主要作为多源数据融合基础,集成地质、管线、实景与工程 BIM 模型,搭建直观、综合、全面的数字工程平台,用于全局性、三维化地显示地铁线网的建设和管理状况<sup>[9]</sup>。

### 3.2 项目案例

#### 3.2.1 BIM + GIS 平台多源数据融合场景

本项目依托 BIM + GIS 平台,成功实现了 BIM

与 GIS 数据的融合技术。其中,传统 GIS 数据被融合以全面、精确地表达环境信息;而 BIM 数据则涵盖了来自各主流设计软件生成的模型,包括 \*.rvt、\*.dgn、\*.3ds、\*.dxf 等格式,力求最大程度还原模型的原有效果。以黄木岗综合交通枢纽为例,该平台以深圳市地形数据及卫星影像数据为基底,同时叠加了黄木岗区域的实景数据(.osgb)、地质体模型(.dgn)、管线综合模型(.rvt)、场地布置模型(.rvt)、桥梁方案模型(.dgn)、道路方案模型(.dgn)以及华富村规划模型(.max),模型总容量约为 47.8 GB。该平台实现了秒级的加载效率,场景加载等待时间不超过 3 s,且在浏览过程中场景帧率基本保持在 30 f/s 以上,充分满足了实际应用需求。具体场景如图 5 所示。



a) 场地布置地下场景

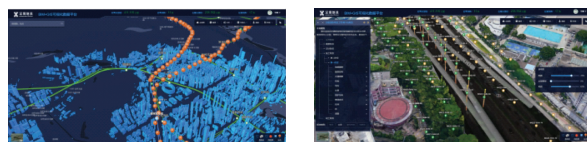
b) 地上环境场景

图 5 地上、地下建筑场景(软件截图)

Fig. 5 Above ground and underground building scenes (software screenshot)

#### 3.2.2 BIM + GIS 平台空间数据融合应用

实现多源数据融合的核心目的在于促进数据的有效应用,以便于后续新建线路的全生命周期管理,并为深圳地铁的业务运营与经营决策提供有力支持。通过对导入的非结构化勘察图档数据进行预处理,系统能够实现对大量勘察数据的高效可视化管理,并进行聚合统计分析。同时,系统还能自动对钻孔土层进行建模与展示,并能通过计算分析,实现与地下管线的碰撞检测功能。勘察数据可视化及钻孔建模碰撞检测场景如图 6 所示。



a) 勘察数据聚合场景

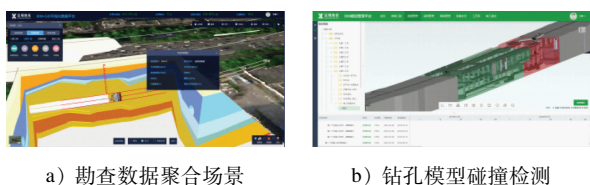
b) 钻孔模型碰撞检测

图 6 勘察数据可视化及钻孔建模碰撞检测场景(软件截图)

Fig. 6 Survey data visualization and collision detection (software screenshot) scenarios in drilling modeling

平台具备对地质模型进行自定义剖面计算的能力,并将计算结果进行绘制展示。结合周边环境信息,平台能够实时反映地下盾构施工的情况、进

度以及提供盾构风险预警功能。通过集成并分析进度资源信息,平台利用仿真技术将施工深化的BIM模型、进度计划、资源计划及费用计划进行综合,动态地展示建造过程中相关的日期、工程量、人力、机械、材料及各项费用的动态变化趋势。这一功能能够生成各类进度报告和问题分析报告,使管理者能够实时掌握工程进展。据此,平台能够快速评估不同的施工方案、材料需求规划以及工期安排等。盾构监控预警及施工进度模拟如图7所示。



a) 勘查数据聚合场景 b) 钻孔模型碰撞检测  
图7 盾构监控预警及施工进度模拟(软件截图)

Fig.7 Shield monitoring early-warning and construction schedule simulation (software screenshot)

## 4 结语

近年来,BIM与GIS技术在轨道交通建设领域的应用日益深入且趋于成熟。BIM技术侧重于微观层面的精细化管理,而GIS技术则提供宏观的空间信息支持,两者的有机结合能够实现优势互补,对于推动我国城市的高质量发展具有关键作用。本文以深圳地铁项目为背景,系统地总结了城市轨道交通项目中BIM与GIS应用过程中数据融合的整体技术路线,并重点阐述了技术路线中的BIM数据转换方法及数据应用策略。在此基础上,成功开发了BIM+GIS可视化数据平台,该平台目前已应用于深圳地铁轨道交通建设的实践中。然而,仍有诸多研究内容有待完善,包括提升系统的数据承载能力,以及随着人工智能和机器学习技术的不断发展,需进一步探索如何提高数据融合的自动化水平<sup>[10]</sup>。

## 参考文献

- [1] 高银鹰,王辉,宋宗霞,等.城市轨道交通BIM-GIS融合技术研究[ J ].市政技术,2019,37(2):117.  
GAO Yinying, WANG Hui, SONG Zongxia, et al. On BIM-GIS combined technology of urban rail transit and its implementation [ J ]. Municipal Engineering Technology, 2019, 37(2): 117.
- [2] SKANDHAKUMAR N, REID J, SALIM F, et al. A policy model for access control using building information models[ J ]. International Journal of Critical Infrastructure Protection, 2018, 23: 1.
- [3] USMANI A U, JADIDI M, SOHN G. Automatic ontology genera-

tion of BIM and GIS data[ J ]. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 2020, XLIII-B4-2020: 77.

- [4] 尤林奇,王楠,陶玉波,等.基于BIM+GIS的水利水电工程多源数据融合方法及应用[ J ].水电能源科学,2021,39(8):169.  
YOU Linqi, WANG Nan, TAO Yubo, et al. Multisource data fusion in hydropower engineering and its applications based on BIM + GIS [ J ]. Water Resources and Power, 2021, 39(8): 169.
- [5] 谢明霞,张力,马瑞.3D GIS + BIM 技术在城市地铁管理信息系统中的应用[ J ].地理空间信息,2019,17(9):86.  
XIE Mingxia, ZHANG Li, MA Rui. Application of 3D GIS + BIM technology in urban subway management information system[ J ]. Geospatial Information, 2019, 17(9): 86.
- [6] 白峻文,陈昌黎,郑永新,等.基于CityMaker的市政工程多源BIM与3D GIS数据集成技术[ J ].科学技术创新,2019(5):84.  
BAI Junwen, CHEN Changli, ZHENG Yongxin, et al. Data integration technology of municipal engineering multi-source BIM and 3D GIS based on CityMaker[ J ]. Scientific and Technological Innovation, 2019(5): 84.
- [7] 张立立,周芹,冯振华.S3M空间三维模型数据格式的特点和应用[ J ].北京测绘,2020,34(1):23.  
ZHANG Lili, ZHOU Qin, FENG Zhenhua. Advantages and application of spatial 3D model data format[ J ]. Beijing Surveying and Mapping, 2020, 34(1): 23.
- [8] 冯振华,王博,蔡文文.BIM和SuperMap三维GIS融合的技术探索[ C ] //中国图学会建筑信息模型(BIM)专业委员会.第三届全国BIM学术会议论文集.北京:中国建筑工业出版社数字出版中心,2017:146.  
FENG Zhenhua, WANG Bo, CAI Wenwen. Technological exploration of BIM and SuperMap 3D GIS fusion[ C ] // China Graphics Society Building Information Model (BIM) Professional Committee. Proceedings of the 3rd National BIM Academic Conference Papers. Beijing: China Architecture & Building Press Digital Publishing Center, 2017:146.
- [9] 张中安,宋天田,黄际政,等.深圳地铁BIM应用总体规划研究和实践[ J ].现代城市轨道交通,2020(12):124.  
ZHANG Zhongan, SONG Tiantian, HUANG Jizheng, et al. Research and practice of BIM application general planning of Shenzhen Metro[ J ]. Modern Urban Transit, 2020(12): 124.
- [10] 蔡文文,冯振华,周芹,等.面向数字化城市设计的三维GIS关键技术[ J ].地理信息世界,2019,26(3):122.  
CAI Wenwen, FENG Zhenhua, ZHOU Qin, et al. Key technologies of the three dimensional geographic information system (3D GIS) for digital city design[ J ]. Geomatics World, 2019, 26(3): 122.

· 收稿日期:2022-12-14 修回日期:2023-01-27 出版日期:2025-03-10  
Received:2022-12-14 Revised:2023-01-27 Published:2025-03-10  
· 通信作者:殷成钰,工程师,572432900@qq.com  
· ©《城市轨道交通研究》杂志社,开放获取CC BY-NC-ND协议  
© Urban Mass Transit Magazine Press. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license