

多元异构的 BIM 大数据集成技术在合枞高速公路工程中的应用研究

邵虎¹ 方毅² 卢禹²

(1. 安徽省交通控股集团有限公司, 合肥 230088;
2. 上海市政工程设计研究总院(集团)有限公司, 上海 200092)

【摘要】本文分析了合枞高速公路工程中 BIM 数据集成的难点,研究了 BIM 数据集成应用整体解决方案和数据集成方法,较好的解决了基于 BIM 技术的公路工程多源异构大数据集成问题,能够满足实际工程的应用,对公路工程全生命周期 BIM 应用具有重要参考价值。

【关键词】BIM; 数据集成; 多源异构

【中图分类号】TU17 **【文献标识码】**A

【版权声明】文集数据被中国知网重要会议论文全文数据库(CPCD)收录,被本刊录用并在中国知网网络首发正式出版,严禁侵权转载。

1 工程概况

合枞高速工程为德州至上饶国家高速公路合肥至枞阳段,全长 134.158km,北接德上高速淮南至合肥段,南连池州长江大桥,全线采用双向四车道高速公路标准,设计速度 120km/h,全线共设置桥梁 103 座,其中特大桥 4 座,大桥 18 座,中小桥 81 座,隧道 1 处,互通立交 10 处,匝道收费站 7 处,服务区 3 处,养护工区 3 处。



图 1 项目效果图

合枞高速秉持“绿色集约、工业智造、技术示范、安全环保、品质争先”的建设理念,项目广泛采用了装配式桥面板轻型预制 T 梁、装配式钢板组合梁桥、装配式桩板路基和装配式下部结构等多项新技术,作为交通运输部批准的第一批公路 BIM 技术应用示范项目,围绕交通运输部《指导意见》和《示范工程》要求,对项目各阶段开展 BIM 技术应用研究,实现工程品质的全面提升。

2 BIM 数据集成难点

2.1 多源异构数据

本文研究的 BIM 数据集成应用涉及到不同类型的数据,主要包括:

(1)基础地理数据:倾斜摄影模型、遥感影像、地形图、地质数据等^[1-2]。

(2)BIM 数据:道路、桩板式路基、桥梁、涵洞、隧道、交安设施、机电设施、房建、施工临时等 BIM 模型及其属性数据。

(3)施工管理数据:施工质量、进度、安全、费用等管理数据,具体包括 WBS 划分信息、进度信息、工

【基金项目】安徽省交通控股集团有限公司科研项目(编号:JKKJ-2018-39)

【作者简介】邵虎(1981-),男,工程师,主要研究方向:路桥工程及其信息化技术;方毅(1983-),男,高级工程师,主要研究方向:BIM 技术研究与应用;卢禹(1983-),男,高级工程师,主要研究方向:BIM 技术研究与应用。

序信息、主要控制指标、危险源信息、承包人用表、监理用表、现场质量检验报告单、试验检查记录表、财务支付月报表、质量检查评定表、施工过程记录表、试验检测表、现场照片、影像资料及其它相关施工过程控制资料等。

这些数据来源方式多,结构复杂,有结构化数据,也有非结构化数据,这些都给本项目的集成应用带来了较大挑战。特别对于 BIM 模型数据,由于参建单位众多,使用了多种 BIM 软件建模,包括 Revit、Civil3D、Bentley、Tekla 等,成果内容和格式各不相同。同时,项目 BIM 应用点较多,需要在不同的软件平台上进行应用,目前还没有一种公共格式能够完全满足与不同的 BIM 软件进行数据交互。

2.2 模型轻量化

本项目建设内容多,模型数据量大,主要体现在以下两方面:

(1) 倾斜摄影模型:倾斜摄影模型长度为 134km,宽度为道路中心线两边各偏移 300m,对于诸如互通立交、服务区等重点区域根据实际情况外延,整个倾斜摄影模型的数据量为 300G。

(2) BIM 模型: BIM 模型涉及到道路、桩板式路基、桥梁、涵洞、隧道、交安设施、机电设施、房建等,构件数目超 20 万个,整个工程 BIM 模型数据量约 25G,对于钢板组合梁桥,建立的是零件级 BIM 模型,其面数非常多。

由于模型体量大,精细度高,无法直接集成应用,需要进行轻量化处理。因此, BIM 模型的轻量化成为本项目集成应用的关键和难点。

2.3 信息存储

BIM 数据集成涉及到几何信息和非几何信息的数据集成问题^[3],三维模型本身解决了几何信息的存储,对于非几何信息的存储,目前主要采取两种方式:一种是直接存储于三维模型文件中,如 rvt 格式模型、dgn 格式模型等;另一种是存储于外部文件中,如 excel、xml、数据库等,然后将模型与属性数据进行关联,实现模型和数据的联动。这两种处理方式,在项目应用中都存在一定困难。对于第一种方式,在数据来源多、数据量大的情况下,操作复杂,效率低下;对于第二种方式,模型与属性数据的关联是关键。

3 BIM 数据集成应用整体解决方案

针对项目数据集成中存在的难题,本文研究了

BIM 数据集成应用整体解决方案,如图 2 所示,较好的解决了多源异构数据的融合问题^[4],提高了 BIM 应用价值。

数据集成应用分为设计阶段、施工阶段和运维阶段的应用^[5]。设计阶段 BIM 数据集成应用包括 BIM 建模和 BIM 应用两部分,主要是采用不同软件建立不同专业 BIM 模型,然后将不同格式的模型及信息在不同客户端软件上进行融合开展应用,以提高设计成果质量^[6]。施工阶段 BIM 数据集成应用包括施工场地建模、施工 BIM 应用(关键应用点)和协同管理平台应用三部分,利用 Revit 等软件完成施工场地临设模型,结合施工图 BIM 模型完成施工关键应用点的应用^[7]。BIM 协同管理平台通过集成倾斜摄影模型、施工图 BIM 模型、施工 BIM 关键应用点信息,以及施工过程中的管理信息,完成 BIM 技术在施工阶段的核心应用。将设计、施工阶段的必要信息传递到 BIM 运维管理平台,供运维阶段数据集成使用。

4 BIM 数据集成方法

4.1 BIM 模型构件编码

为了保证 BIM 信息的有效传递和集成应用,研究了 BIM 模型构件编码方法,构件编码由项目码、标段码、整体空间码、分类代码、局部位置码和流水码 5 部分组成,结构如图 3 所示,其中标段码在项目还未划分标段的情况下可用默认字符代替。

编码不仅唯一确定了 BIM 模型构件的身份,而且编码本身也集成了构件的多种信息^[8]。如何对构件进行自动编码是一个难点,根据编码规则,本文研究了半自动化编码工具,提高了编码的效率和质量。编码工具研发的主要思路为:首先由编码工具自动生成项目码、标段码、流水码和部分分类代码;然后手动输入整体空间码、局部位置码和部分分类代码;最后工具自动合成构件编码。具体实现过程如下:

项目码:本文为 HZ,由编码工具默认生成。

标段码:分为 6 个标段,分别为 01、02……06,定义好每个标段的坐标范围,编码时根据构件的坐标范围自动生成标段码。

整体空间码:参照公路工程质量检验评定标准中单位工程的划分原则,并结合工程的实际情况,划分好模型的整体空间,如:一段道路是一个整体

合枞高速BIM数据集成应用整体解决方案

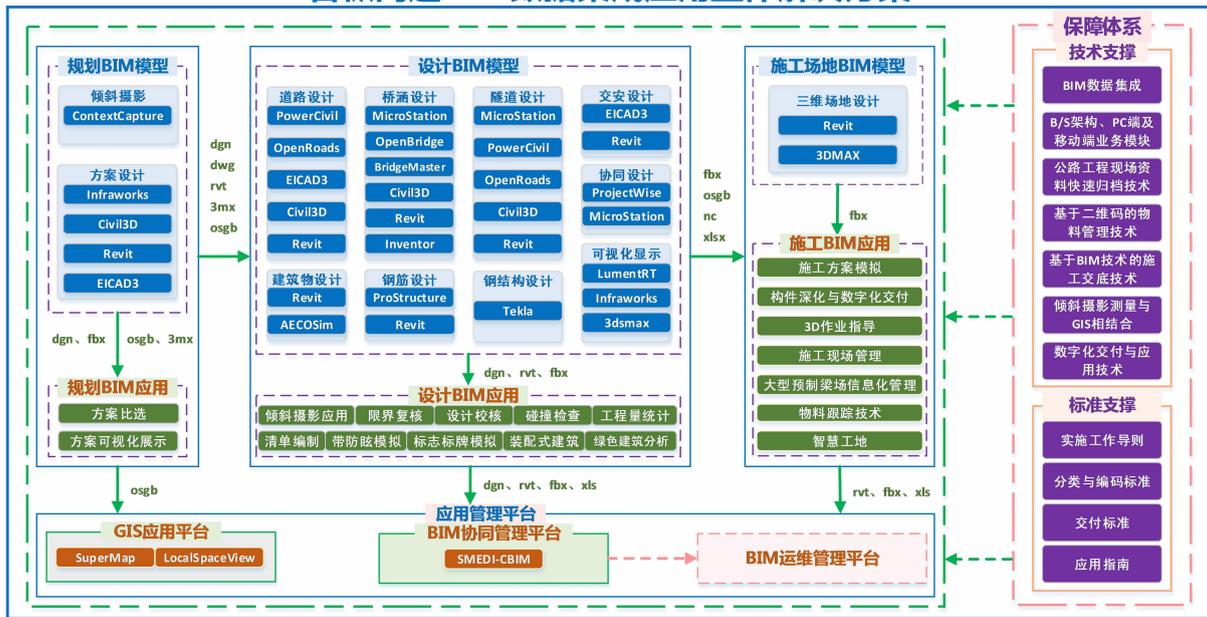


图 2 BIM 数据集成应用整体解决方案



图 3 构件编码结构

空间,一座桥梁是另外一个整体空间等,每一个整体空间对应一个整体空间码。本文在桥梁建模时,一个文件中只包含一座桥,所有构件的整体空间码可一次性同时编码。对于道路等其他专业建模时,一个文件中常常包含多个整体空间,整体空间码需分别编码。

分类代码:本文对模型构件进行了分类,定义了分类代码,并建立了桥梁等专业的构件库。在构件编码时,对于构件库中的构件,编码工具自动提取该构件的分类代码,对于非构件库中的构件,则需手动输入分类代码。

局部位置码:定义局部位置划分原则,如:道路按路段分,桥梁按联、跨、墩分,隧道按节段分等,构件编码时手动输入局部位置码。

流水码:根据整体空间码、分类代码和局部位置码,由编码工具自动生成。

编码样例如下:

HZ-04-R520-020105-RL01-001:合枞高速-S04标-K084+478~K085+747.52道路一面层-左幅-001#

HZ-05-T23R-030105-D048-002:合枞高速-S05标-孔城河特大桥(右幅)-承台-048墩-002#

4.2 模型的轻量化处理

本文模型的轻量化处理主要是满足 BIM 协同管理平台的应用,涉及到倾斜摄影模型和 BIM 模型的轻量化处理^[9]。对于倾斜摄影模型,通过两种方式进行处理:一是在满足基本应用的前提下,将原始 5cm 分辨率的影像降低到 10cm 左右建立倾斜摄影模型;二是对于山区等建筑物稀少的地区,通过倾斜摄影数据生成 DTM 三维地形模型和 DOM 正射影像,将 DOM 作为贴图融合到 DTM 模型上,这样既能达到三维可视化的效果,也能减少模型的数据量。对于 BIM 模型,将原始格式模型转换成 FBX 格式模型,由于 FBX 格式是 mesh 结构,数据量小,项目 BIM 模型总的的数据量会迅速减少,同时,对于本项目大量的钢板组合梁桥梁模型,将其零件级的螺丝钉等构件过滤掉,以减少数据量。

4.3 不同格式 BIM 模型集成

(1) Bentley 系列软件之间的数据集成

本项目涉及到的 Bentley 软件主要分为三类：一是设计及校核软件 (MicroStation 等)，二是倾斜摄影建模软件 (ContextCapture)，三是可视化的渲染软件 (LumenRT)，数据集成方式如下：

Bentley 基础平台 MicroStation 及专业设计软件都是以 DGN 为基本格式，不同专业间 BIM 模型能够无缝集成应用，倾斜摄影模型通过 3SM、3MX 格式在设计软件中与 BIM 模型集成。对于动画渲染来说，倾斜摄影模型通过 3SM 格式进入 LumenRT，设计软件通过插件直接将 BIM 模型导出至 LumenRT。

(2) Autodesk 系列软件之间的数据集成

Revit 和 Civil3D 建立的 BIM 模型分别通过 FBX 和 DWG 格式在 NavisWorks 中进行集成应用，同时 Civil3D 建立的 BIM 模型也可通过 DWG 格式导入 Revit 软件进行集成。

(3) Bentley 与 Autodesk 之间的数据集成

Bentley 模型与 Autodesk 模型的数据集成可分别在 Bentley 设计软件与 NavisWorks 软件中进行，Revit 生成的 FBX 格式 BIM 模型与 Civil3D 生成的 DWG 格式 BIM 模型，均可直接导入至 Bentley 软件进行集成；Revit 模型与 Bentley 模型均通过 fbx 格式导入 NavisWorks，Civil3D 通过 DWG 格式导入 NavisWorks，从而完成数据的集成。

(4) BIM 模型与协同管理平台之间的数据集成

基于 BIM 协同管理平台的不同格式 BIM 模型集成应用是本文研究的重点内容，BIM 模型主要涉及到 Bentley 模型和 Revit 模型两大类，其非几何信息存储于 EXCEL 文件中，通过研究与实践，本文采用中间数据格式 FBX 进行了数据交换与集成。对于 Bentley 软件，直接导出的 FBX 模型只有几何信息，没有自身的元素 ID 和自定义的构件编码等属性信息，这样就导致 FBX 模型与 EXCEL 的非几何信息失去关联，无法满足 BIM 管理平台的应用。通过二次开发，将原始模型文件中的构件编码写入 FBX 格式模型中，解决了 FBX 模型没有构件编码的问题，如图 4 所示，FBX 模型通过构件编码将其几何信息与 EXCEL 的非几何信息进行关联。对于 Revit 软件，直接导出的 FBX 模型中包含元素 ID 信息，通过二次开发，将 Revit 文件中的元素 ID 和自定义构件编码同时导出至 EXCEL 文件中，建立元素 ID 与构件编码的一一对应关系，通过这种对应关系，保证了 Revit 生成的 FBX 模型与 EXCEL 中的非几何

信息的关联。通过反复的测试，Bentley BIM 模型与 Autodesk BIM 模型都顺利进入 BIM 协同管理平台。

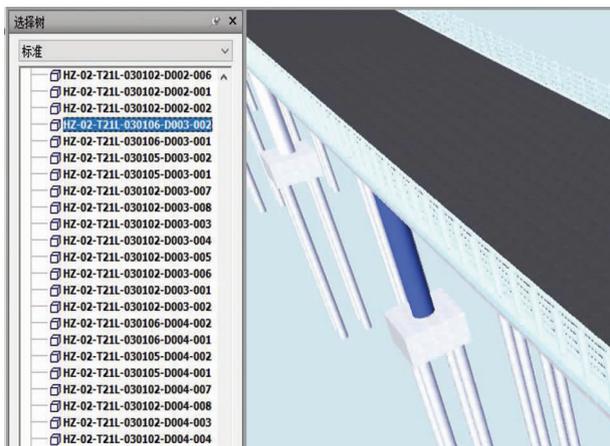


图 4 带构件编码的 FBX 模型

4.4 几何信息与非几何信息的集成

几何信息与非几何信息的集成主要涉及到数据存储问题，本项目应用过程中涉及到大量的非几何信息，采取了几何模型与属性数据分离的方式存储，在几何模型文件上只存储构件编码信息，其它属性信息均存储于 SQL 数据库，通过构件编码实现几何模型与非几何信息的关联。在数据的交付过程中，对每个类别的构件建立不同的数据交付模板，模板为 EXCEL 格式文件，如图 5 所示，这些模板中所需的信息，首先通过工具提取那些能够从模型构件中直接提取到的信息，如构件编码、构件类型、坐标、高程等，然后由人工输入其他所需的信息，如型号、清单工程量等信息，最后通过自主开发的工具将这些 EXCEL 数据文件的非几何信息批量写入到 SQL 数据库对应的表格中。

#	A	B	I	J	K	L
1	构件编号	型号	长度/m	中心坐标x	中心坐标y	顶面标高/m
2	HZ-02-Z070-030102-D000-001	030102c9-插入式PRC-800C110	11	3497916.282	481379.756	37.563
3	HZ-02-Z070-030102-D000-002	030102c9-插入式PRC-800C110	11	3497915.174	481377.176	37.619
4	HZ-02-Z070-030102-D000-003	030102c9-插入式PRC-800C110	11	3497913.696	481373.647	37.696
5	HZ-02-Z070-030102-D000-004	030102c9-插入式PRC-800C110	11	3497912.598	481371.067	37.752
6	HZ-02-Z070-030102-D000-005	030102c9-插入式PRC-800C110	11	3497911.307	481368.008	37.752
7	HZ-02-Z070-030102-D000-006	030102c9-插入式PRC-800C110	11	3497910.219	481365.428	37.696
8	HZ-02-Z070-030102-D000-007	030102c9-插入式PRC-800C110	11	3497908.731	481361.899	37.619
9	HZ-02-Z070-030102-D000-008	030102c9-插入式PRC-800C110	11	3497907.643	481359.319	37.563
10	HZ-02-Z070-030102-D001-001	030102c8-插入式PRC-1000C130	13	3497902.28	481384.406	34.281
11	HZ-02-Z070-030102-D001-002	030102c8-插入式PRC-1000C130	13	3497898.514	481377.802	34.281
12	HZ-02-Z070-030102-D001-003	030102c8-插入式PRC-1000C130	13	3497897.351	481372.636	34.281
13	HZ-02-Z070-030102-D001-004	030102c8-插入式PRC-1000C130	13	3497894.585	481366.032	34.281

图 5 非几何信息数据交付模板

5 结束语

随着公路行业的快速发展, BIM 技术在公路工程中的应用已越来越广泛, 对数据的要求也越来越高, 单一来源的数据信息已无法满足对信息丰富度、实时性、可靠性等方面的需求, 需要融合多源异构时空大数据模型^[10]。本文研究的 BIM 数据集成技术解决了多源异构数据融合中的部分关键性问题, 取得了一定的成果, 但还存在着其他关键性技术问题需要进一步的研究与实践。

参考文献

- [1] 王琳, 吴正鹏, 姜兴钰等. 无人机倾斜摄影技术在三维城市建模中的应用[J]. 测绘与空间地理信息, 2015, 38(12): 30-32.
- [2] 李德仁, 李明. 无人机遥感系统的研究进展与应用前景[J]. 武汉大学学报(信息科学版), 2014, 39(5): 505-513, 540.

- [3] 金戈. 基于 BIM 技术的信息集成及交付研究[J]. 中国高科技, 2018(22): 77-80.
- [4] 曹伟楠, 王佳, 顾大鹏. 面向多源数据集成的高速公路数字化方法[J]. 科学技术与工程, 2019, 18(18): 214-220.
- [5] 殷爱国, 刘明辉. BIM 技术在交通领域应用分析[J]. 土木建筑工程信息技术, 2015, 7(6): 113-117.
- [6] 蒲红克. BIM 技术在城市道路与管道协同规划设计中的应用[J]. 城市道桥与防洪, 2013, 11(1): 37-39.
- [7] 王伟, 李国峰. BIM 技术在高速公路桥梁施工安全管理中的应用[J]. 公路, 2020(6): 37-39; 176-178.
- [8] 王少林, 杨芳. 基于本体化的智能建筑设备运维编码研究[J]. 信息通信, 2019(7): 67-68.
- [9] 李鑫, 蒋绮琛, 于鑫, 陈滨津. 基于 BIM 轻量化技术的协同管理平台研究与实践[J]. 土木建筑工程信息技术, 2020, 12(3): 59-64.
- [10] 余君. 高速公路工程建设中对 BIM 技术的应用实践[J]. 工程建设与设计, 2020(6): 256-258.

The Application and Research of Multi – Source Heterogeneous BIM Big Data Integration Technology

Shao Hu¹, Fang Yi², Lu Yu²

(1. Anhui Transportation Holding Group Co., Ltd., Hefei 230088, China;

2. Shanghai Municipal Engineering Design Institute (Group) Co., Ltd., Shanghai 200092, China)

Abstract: This paper analyzes the difficulties of BIM data integration in Hezong freeway project, studies the overall solution and integration method of BIM data integration application, and solves the problem of multi-source heterogeneous big data integration of highway engineering based on BIM Technology, which can meet the application of practical engineering, and has important reference value for BIM application in the whole life cycle of highway engineering.

Key Words: BIM; Data Integration; Multi-source Heterogeneous