

基于数字孪生的山岭地区高速公路施工进度管理研究

朱海明¹ 王顺超¹ 王嘉晨² 刘勇¹ 朱平¹ 陈维亚²

(1. 中海建筑有限公司贵州分公司, 贵阳 550000;

2. 华中科技大学 国家数字建造技术创新中心 土木与水利工程学院, 武汉 430074)

【摘要】 本研究将数字孪生技术引入高速公路施工进度管理, 提出了利用 BIM 参数化建模和实景建模技术构建山岭地区高速公路数字孪生模型的方法, 设计了基于蓝牙技术、GPS 技术及 ZigBee 技术的数据采集和映射方案, 并在此基础上构建了基于数字孪生的进度推演模型。本文以雷榕高速公路工程项目为依托, 利用数字孪生模型和数据采集技术实时获取现场工程量和进度影响信息数据, 通过数据驱动的方式构建进度推演模型, 使施工过程中的进度安排、资源配置更加合理, 减少由于工期延误造成的成本问题或赶工引发的质量问题。

【关键词】 数字孪生; 实景建模; 高速公路工程; 进度管理

【中图分类号】 TU17

【文献标识码】 A

【文章编号】 1674-7461 (2023) 02-0037-05

【DOI】 10.16670/j.cnki.cn11-5823/tu.2023.02.07

引言

山岭地区高速公路项目作为大型线性工程项目, 施工建设涉及面广, 建设过程需要划分不同的施工段同步施工, 加上桥梁工程与隧道工程的高占比, 导致项目建设的施工参与方众多, 项目进度协同管理难度大。为解决山岭地区高速公路工程施工进度管理中面临的重难点问题, 以数字孪生模型为依托, 构建进度推演模型, 提高施工进度管理能力。

数字孪生由物理部分和虚拟部分构成, 并通过相互之间的数据沟通来提供模拟、决策、监控和控制等服务^[1]。数字孪生的概念最早于 2003 年由密歇根大学的 Michael Grieves 提出, 作为“物理产品的数字等价物”, 引入了虚拟空间的概念^[2]。随着信息化浪潮的推进, 传统建筑行业逐渐开始引入数字孪生技术, 用于提高施工的效率和信息化水平。钟声^[3]等通过对构建基于 BIM 的数字孪生建筑的应用进行分析, 介绍了如何实现 BIM 与数字孪生模型之间的转换。刘创^[4]等通过对建造技术的分析, 结合 BIM 和物联网技术, 构建了数字孪生技术在施工阶段的管理和决策框架。陈华鹏^[5]

等通过构建铁路智能运维数字孪生技术框架, 结合图像识别和智能算法对峡谷、高空等人工难以检测或隐蔽部位进行检测, 提高了运维阶段铁路的监测效率和检测准确度。杨国伟^[6]等通过现场的硬件设计, 收集现场质量、热舒适性及能耗等检测信息, 集成在数字孪生模型上进行三维可视化预测性分析, 为地铁运维提供了新的解决思路。王强^[7]等针对装配式城市轨道交通工程预制构件生产管理, 通过 BIM 平台以及数字孪生的理念, 实现了物理实体空间与数字虚拟空间的信息交互, 对装配式预制构件的生产进行动态管理, 解决了预制构件协调困难的问题。徐飞^[8]等在高速公路的数字孪生模型上实现静态资源与动态数据的关联, 形成智慧高速管理应用框架体系, 实现运行监测、智慧养护、应急指挥及信息服务等业务。刘荣庆^[9]等通过数字孪生技术与各类监控传感技术的结合, 针对高速公路隧道提供了预警平台建设的新思路, 实现对隧道的全天候监控, 解决了高速公路隧道的安全隐患问题。当前, 对于数字孪生模型的构建方法以及基于数字孪生模型的应用研究均取得了阶段性的进展, 但在

【基金项目】 湖北省重点研发计划项目“智能建造关键技术及应用”(编号: 2020ACA006)

【第一作者】 朱海明 (1982-), 男, 工程师, 助理总经理, 主要研究方向: 工程管理、智慧建造及数字孪生等。

【通信作者】 陈维亚 (1988-), 男, 博士, 讲师, 主要研究方向: 智能建造、数字孪生。

地铁、高速公路等线性工程上的应用，主要集中在运维阶段的管理、维护及监控等方面，对于施工阶段的建模方案和针对进度管理的应用体系缺乏系统的研究。

本文主要针对山岭地区高速公路工程施工进度管理所面临的协同管理难度大以及进度数据信息收集缺乏及时性、准确性及高效性等难点，构建基于数字孪生的山岭地区高速公路施工进度管理方法，并在此基础上，对收集得到的数据进行挖掘、分析及计算，动态的进行工期推演，辅助施工管理人员决策和管理，避免工程延期。

1 施工进度影响因素分析

结合文献分析以及施工现场调查结果，总结山岭地区高速公路工程进度管理的主要影响因素如下：

(1) 资源因素。资源因素包括建设资金、劳动力资源、施工机械资源及工程材料资源等，是保障施工项目能够顺利开展的重要因素，对施工进度有着决定性的影响；

(2) 环境因素。山岭地区高速公路工程地形地质环境复杂，施工现场场地有限，工作面狭窄，工程材料、建筑废弃物运距较远，均会影响施工进度。施工当日的气温和降雨，都会对施工人员的生产效率、施工机械的使用情况产生较大的影响。山岭地区高速公路工程还会面临冬季施工，道路结冰影响材料运转的情况；

(3) 技术因素。现场采用的工程技术不合理、工序工序不合理，施工技术交底不到位，不仅直接影响当前的施工效率和进度，由此产生的质量问题导致返工，会进一步影响工程进度的推进；

(4) 组织管理因素。项目管理团队能否准确高效的了解施工现场的状况以及资源调配情况，进而科学合理的对资源进行统筹协调、对风险进行评估规避及对技术进行完善改进，也是影响工程进度的因素之一。

为了提高施工现场管理人员的组织管理能力，辅助管理人员做出科学、合理的管理决策，将资源、环境及技术等影响因素的过程信息（如图 1 所示）进行同步数字孪生，结合基于数字孪生的进度管理方法和体系集成为管理平台，用以约束进度管理中的组织管理动作，提高管理人员的效率，并为管理人员提供数据化、可视化的决策依据，提高决策的科学性。

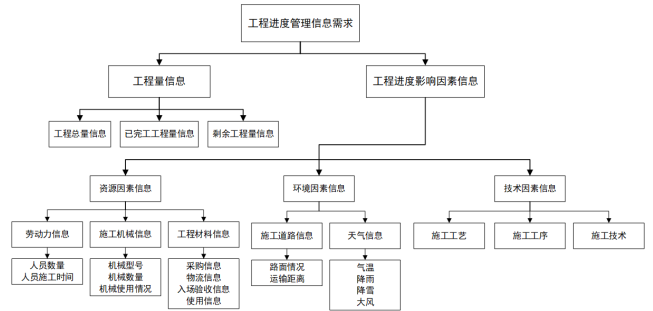


图 1 进度管理影响因素信息分析

2 数字孪生模型构建

2.1 BIM 设计模型建模

BIM 模型是指以三维模型为载体，集成建筑物理实体的各项设计信息，是反应真实建筑的基础信息源。BIM 模型涵盖了建筑的几何对象和对应的属性信息，通过几何对象的三维主体部分与当前阶段的实景模型对比，可以直观地得到施工进度的当前状态，结合其对应的属性信息，可以进一步进行已完工工程量和剩余工程量的统计分析。根据设计图纸构建高速公路的 BIM 模型，通过深化 BIM 模型的建模深度，完善道路、桥梁及隧道各类工程中的基本构件属性信息，包括构件类型、名称及材料等，进而自动识别模型中构件的几何属性和物理属性，对模型中构件进行分类，并按照运算规则对各种构件计算得到工程量并加以统计^[10]。本文采用 Revit+Dynamo 的方法进行高速公路 BIM 模型的创建，如图 2 所示。

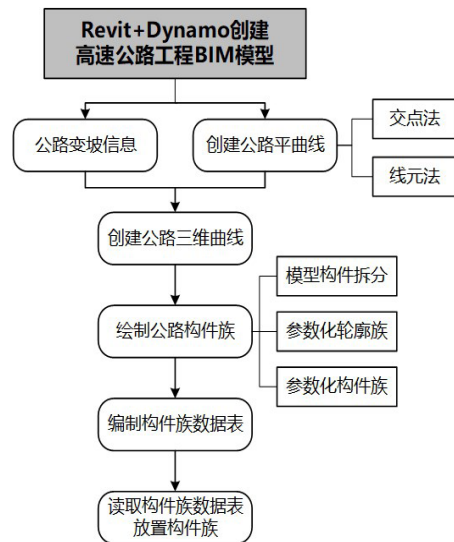


图 2 Revit + Dynamo 建模流程图

2.2 实景模型建模

实景模型建模是指利用激光技术和图像技术，通过点云模型和照片建模的方式，对现场施工的状态进行数字化表达，是数字孪生应用中的关键环节。山岭地区高速公路工程的施工场景按照内环境和外环境的区分方式，可以划分为隧道工程的内环境施工场景和道路工程、桥梁工程的外环境施工场景。结合实景模型建模方法的特点，设计三维激光扫描仪扫描获取隧道工程点云模型、倾斜摄影获取道路工程和桥梁工程照片建模的建模方案。

实景模型的建模工作主要包括数据采集工作和数据处理工作：

(1) 三维激光扫描仪数据采集工作

隧道工程三维激光扫描仪数据采集使用设备为徕卡 ScanStation P40，该设备扫描 50m 范围的噪音仅 0.5mm，并且标靶获取精度 2mm@50m，可以保障扫描获取点云模型的精度。经过现场勘查，结合隧道工程的施工工序和点云模型的使用需求，设计扫描方案如下：隧道洞口外部场地用喷漆喷涂“L”型坐标测量标记点如图 3 所示，用于模型对齐融合部分恢复实景模型真实坐标。激光扫描仪从隧道洞口外部设置初始站点，确保标记点均能被扫描记录，每站间隔 40m 左右，每两站之间至少设置两个公共的标靶，用于各测站数据的拼接，前后两次不同时段的测量模型通过人工喷涂标记点进行拼接。

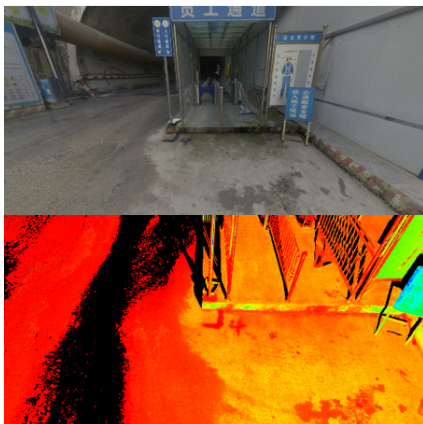


图 3 坐标测量标记点

(2) 倾斜摄影数据采集工作

道路工程、桥梁工程倾斜摄影数据采集工作使用设备为大疆精灵 4 无人机。在进行倾斜摄影数据采集工作时，需要综合考虑采集照片的建模成功率、建模精度以及建模效率，因此设置测试实验确定飞行及拍照参数。通过对飞行以及拍摄参数的测试对比（如表 1 所示），经测试验证，测试四所设置的飞行、拍照参

数在满足实景模型建模成功率和模型精度下，其采集的数据量最小，建模效率最高。通过对现场的初步勘察，确定飞行范围，进行飞行区块规划，在地图上找到规划的区块；在地图上点选区域创建多边形 KML 文件，将 KML 文件导入无人机后，设置飞行参数，生成飞行测绘任务。在进行倾斜摄影时，同样需要在规划区块的场地上进行坐标测量点标记。

(3) 点云数据处理

点云数据处理主要包括点云拼接、点云去噪、点云模型网格化，点云模型的拼接以及去噪处理使用点云处理软件 Cyclone 来操作，点云模型网格化使用 Geomagic Wrap 来实现。

(4) 照片建模数据处理

照片建模数据处理的主要过程是照片数据进行空中三角计算。通过测量重叠图像的像素坐标，依据摄影测量原理求解图片外元素或加密控制点坐标，进而将照片数据按照坐标配准得到实景三维模型^[11]。照片建模数据处理使用 Context Capture 来实现照片建模，建模数据处理流程如图 4 所示。

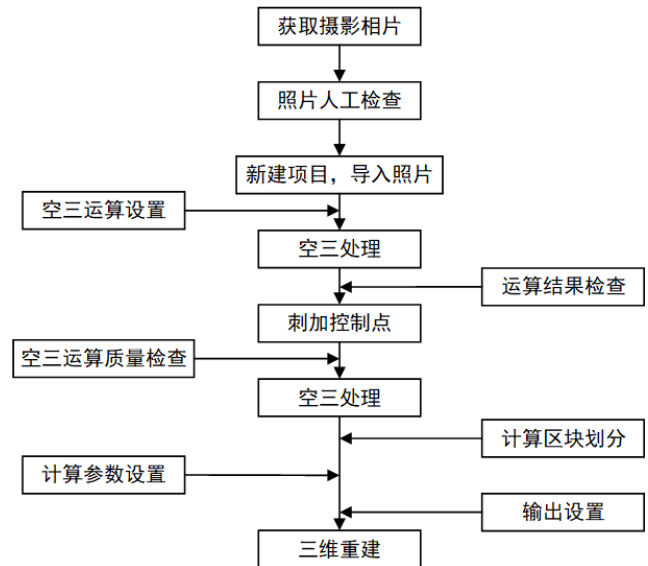


图 4 照片建模数据处理流程

2.3 模型对齐融合

现阶段多源数据模型的融合方式主要采取基于图像特征的提取，进行对应点对数据迭代的方式完成^[12]。该方法可以得到较好的融合效果，但是有悖于通过模型融合来分析、控制已建工程模型与设计模型偏差的初衷。因此，本文通过测量实际模型中标记点的坐标信息，恢复实景模型的真实坐标，通过坐标对齐的方式来实现模型融合。

通过模型坐标对齐得到设计模型与实景模型的融

表 1 倾斜摄影采集测试表

	飞行方式	飞行高度 /m	飞行速度 /m/s	拍摄方式	云台角度 /°	重叠率
测试一	“井”字形	50	6	定距拍摄	-75	50%
测试二	“井”字形	50	6	定距拍摄	-90	50%
测试三	2D 飞行	50	6	定距拍摄	-90	50%
测试四	2D 飞行	50	6	定距拍摄	-75	50%

合模型是实现数字孪生模型分析、计算的基础。设计模型的坐标信息，在建模的过程中，根据设计图纸进行标注；实景模型的坐标信息，则需要将 RTK 基准站加设在数据收集阶段现场“L”型标记拐角内测点进行测量，获取特征点实际坐标值，通过坐标偏移转换来实现。模型融合技术路线图如图 5 所示。

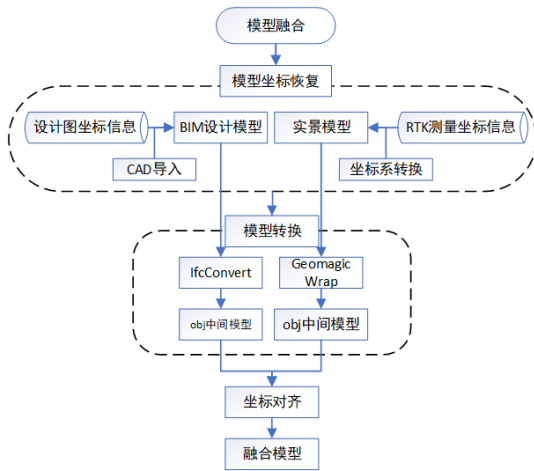


图 5 模型融合技术路线图

通过 RTK 测量坐标信息恢复实景模型坐标，需要计算点云模型相对坐标系到真实世界坐标系之间的坐标偏移转换矩阵。本文采用奇异值分解 (singular value decomposition, SVD) 算法^[13]，通过两个坐标系中的有限点对来计算坐标系转换矩阵，设点云模型相对坐标系中的点集为 B ，对应的真实坐标系中的点集为 A ，建立转换关系式如下：

$$B = RA + t \quad (1)$$

其中 R 为转换矩阵， t 为平移向量。

分别求解数据集的质心 $centroid_A$ 和 $centroid_B$ 后使用 SVD 计算转换矩阵：

$$H = \sum_{i=1}^N (P_A^i - centroid_A) (P_B^i - centroid_B)^T \quad (2)$$

$$[U, S, V] = SVD(H) \quad (3)$$

$$R = VU^T \quad (4)$$

$$T = -R * centroid_A + centroid_B \quad (5)$$

BIM 设计模型根据设计图纸录入的坐标，是基于

1980 西安椭球的坐标系统，高程系统基于 1985 国家高程基准，而 RTK 测量所得坐标一般基于 WGS84 或者 CGCS2000，需要使用七参数转换将两个模型的坐标系进行统一。七参数转换公式如下：

$$\begin{bmatrix} X_2 \\ Y_2 \\ Z_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Delta X_0 \\ \Delta Y_0 \\ \Delta Z_0 \end{bmatrix} + (1+m) \begin{bmatrix} 1 & \varepsilon_Z & -\varepsilon_Y \\ -\varepsilon_Z & 1 & \varepsilon_X \\ \varepsilon_Y & -\varepsilon_X & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_1 \\ Y_1 \\ Z_1 \end{bmatrix} \quad (6)$$

其中， m 为尺度变化参数； $\Delta X_0, \Delta Y_0, \Delta Z_0$ 为平移变化参数； $\varepsilon_X, \varepsilon_Y, \varepsilon_Z$ 为旋转参数。

2.4 数据采集与映射

施工现场的数据是驱动数字孪生模型进行推演预测的关键，及时、准确地从现场收集数据信息并合理地映射到数字虚拟模型中，才能发挥现场数据信息的最大价值。现阶段常用的信息采集方式有 RFID 射频识别技术、蓝牙技术、UWB 超宽带技术、ZigBee 无线通信技术、GPS 全球定位系统、传感器和传感器网络等^[14]，这些技术与实景建模技术相结合，共同构成数字孪生的数据来源。实景建模得到虚拟数字模型提供几何、空间位置和构建属性，数据采集技术提供施工实际操作的实时和可记录的资源定位信息、天气及环境信息等^[15]。现场信息采集技术的选取，需要考虑该技术的应用成本、信息传输稳定及现场环境条件等因素，结合各个技术的优劣综合进行选择。

影响施工进度现场资源因素中的劳动力、施工机械等信息，可以通过蓝牙技术进行采集。现场的蓝牙信标可以分为静态信标和动态信标两部分。静态信标根据劳动力、施工机械和施工材料进入施工场地的关键路线点进行布设，构成一个完整的自组织网络，用于资源追踪和信息传递，动态信标则与被追踪和统计的资源相关联。当动态信标进入静态信标的覆盖范围时，静态信标通过相互通信连接，同时收集移动信标的的数据信息，传输到数据存储库等待处理和使用。

完成数据信息采集后，需要准确地完成数据的映射，即建立物理实体空间和数字虚拟空间之间的数据元素的对应关系。数字孪生模型中的数据通过语义信息存在，现场采集的数据则是连续传输的时间序列数

据，本文通过时间对应关系构建两个数据之间的对应关系，通过数字孪生模型的 API 实现时间序列数据的导入和导出。

3 进度推演模型

3.1 整体框架

数字孪生的应用框架包括物理层、数据层、模型层和功能层，如图 6 所示。

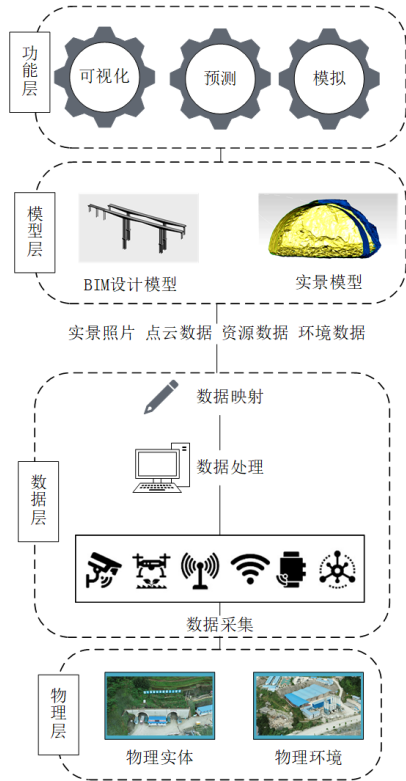


图 6 数字孪生应用框架

数字孪生应用框架的基础是物理层，在物理层的基础上，根据解决实际工程问题的逻辑和方法，分析所需要的数据，通过数据采集、数据处理及数据映射，形成数字孪生的数据层；数据层的数据可以分为物理实体数据和物理环境数据，物理实体数据通过实景建模的技术构建得到数字孪生实例模型，物理环境数据则依据工程问题的逻辑形成数字孪生环境，在数字孪生实例模型和数字孪生环境提供的虚拟环境中，通过工程问题的解决逻辑构建数据驱动模型；功能层是通过平台将模型层的信息进行可视化、预测、模拟和决策，并发出指令或者意见应用于物理层。

3.2 进度状态表示

在构建数字孪生模型的环节，分别构建了 BIM 设计模型和实景模型，并通过坐标对齐的方式实现了模型融合，对融合模型进行分析，来判定当前的进度状态。

对于融合模型中仅存在 BIM 设计模型的部分，在其属性信息中标记未完工语义信息，并输出未完工部分的工程量清单。对于融合模型中 BIM 设计模型和实景模型共同存在的部分，定义两个模型相同构建表面的距离，来判断该构建是否在实际工程完成施工，对于已完成的部分在其属性信息标记完工的语义信息，未完成部分标记未完工语义信息，并输入未完工部分的工程量清单。

3.3 工程进度推演计算

现场采集的数据，经过筛选分析可以得到相应施工段的资源供应情况和环境影响因素。以最新施工段的资源供应情况和环境影响因素作为后续施工的参考值，结合未完工工程量清单进行推演计算，获得未完工工程所需的施工时间。对于施工资源，按照工程进度推演流程图（如图 7 所示）可以直接通过施工定额的方式进行计算，计算出现场天气、施工工艺及施工工序等影响因素，通过分析其产生影响的大小，设置影响因子，对定额分析的结果进行进一步的优化。

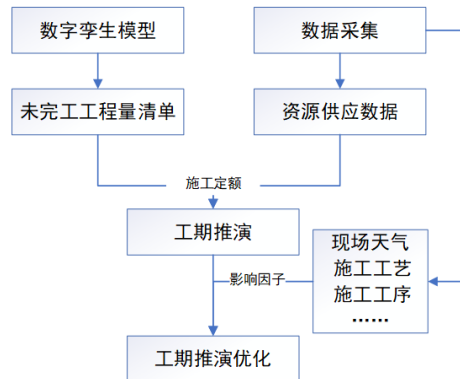


图 7 工程进度推演流程图

4 工程案例

4.1 工程概况

贵州省雷山至榕江高速公路是凯雷高速公路的延伸线，纳入了《贵州省高速公路网规划（加密规划）》。本项目起自雷山县城东，经大塘、桃江、永乐及平永，止于榕江县城北的忠诚枢纽互通，接剑榕高速。

项目处在黔东南山岭地区，工期进度管理面临诸多重难点：

(1) 地材匮乏：项目建设沿线地材匮乏，多数地材为凝灰质板岩，无法用于混凝土集料，混凝土集料全部需要从凯里、丹寨、从江及三都等地采购，最大运距约 160km；

(2) 道路运输难度大：项目一至六分部主要运输道路为省道 S308 和省道 S211，七分部主要运输道路为

县、乡道，省道 S308 为全线运输生命线，道路路况差，且多处存在滑坡、坍塌等现象，尤其经过桃江、永乐、平永等乡镇经常发生堵车现象，省道 308 通行能力差；另一方面，本项目线路全长 72.453km，需要修建施工便道约 130km，便道的运输能力也将对后期工程开展产生较大影响；

(3) 控制性工程多：项目控制性工程共计 10 个，其中有 5 个刚构桥、1 座特大桥及 4 座分离式特长隧道，且刚构桥处于关键线路架梁通道上。

项目基于数字孪生技术搭建了 BIM 数字孪生智能施工管控平台，将山岭地区高速公路的进度管理作为管理的重点内容。通过构建数字孪生模型和布设蓝牙信标、现场环境监测传感器，收集工程量信息和施工进度影响因素信息，以数据驱动推演计算施工进度，为管理人员提供决策辅助。

4.2 应用展示

项目针对关键控制性工程构建了得代大桥 BIM 设计模型（如图 8 所示）和雷公山隧道左线实景模型（如图 9 所示），并通过坐标对齐的方式实现模型融合，结合现场布设的信息采集设备，共同构成施工进度管理数字孪生体系。

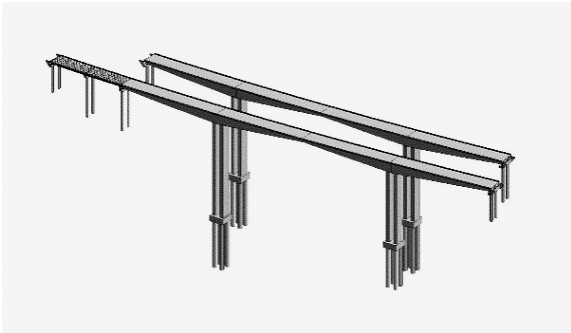


图 8 得代大桥 BIM 设计模型

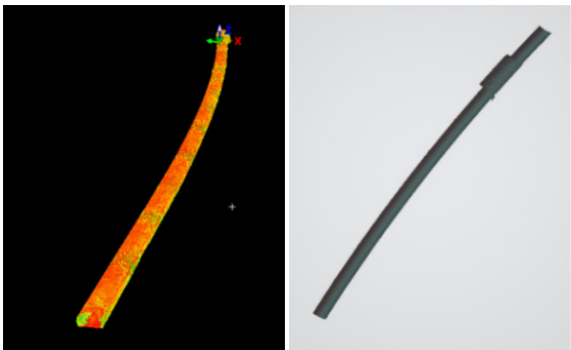


图 9 雷公山隧道左线实景模型

以控制性工程雷公山隧道某阶段的管理应用为例，通过设计模型与实景模型的对比分析，计算得到剩余工程量，结合现场资源统计信息以及其他影响因素，

推演得到预计完场工期（如图 10 所示），辅助工程管理部进行工程进度计划的监控，对于发出延误预警的项目，根据统计的近期资源配置情况和现场统计的其他影响因素，及时采取应对措施，确保工程目标的实现。

雷公山隧道						
日期	左/右线					
> 2021.4.15	左线					
> 2021.4.16	右线					
	开挖	仰拱	二衬	附属工程		
剩余工程量(m)	342	345	385	2106		
阶段资源量	劳务管理数量(人)	劳务工人数量(人)	二衬台车(台)	挖掘机(台)	自卸汽车(辆)	
	41	330	2	8	15	
	智能注浆设备(套)	钢筋用量(吨)	砼用量(吨)	雷管用量(发)		
	1	56.58	2540.64	1053		
环境影响因素	雨天(天)	路况				
	0	良好				
	左洞进尺	左洞仰拱	左洞二衬	附属工程		
推演工期(天)	85.5	87	92	60		
> 2021.4.23	左线					
> 2021.4.24	右线					

图 11 工期推演界面

5 结论

本文以雷榕高速公路工程项目为依托，系统地阐述了山岭地区高速公路的数字孪生模型构建方案，对 BIM 设计模型的参数化建模、实景模型建模以及通过坐标对齐的模型融合进行管理方法的设计与总结。在数字孪生模型的基础上，通过信息采集方案实时获取现场影响施工进度的各项数据信息，结合通过数字孪生模型计算得出的工程量清单，对工程的工期进行推演，为工程管理人员提供管理与决策支持。

参考文献

- [1] Feng Jiang, Ling Ma, Tim Broyd, et al. Digital twin and its implementations in the civil engineering sector[J]. Automation in Construction, 2021, (130) : 103838.
- [2] Grieves M, Vickers J. Digital twin: mitigating unpredictable, undesirable emergent behavior in complex systems[M]. Transdisciplinary Perspectives on Complex Systems Berlin, Germany: Springer International Publishing, 2017.
- [3] 钟声, 周峥华, 张清. 基于 BIM 的数字孪生建筑的应用[A]. 中国图学学会建筑信息模型(BIM)专业委员会. 第七届全国 BIM 学术会议论文集[C]. 中国图学学会建筑信息模型(BIM)专业委员会: 中国建筑工业出版社数字出版中心, 2021: 51-55.
- [4] 刘创, 周千帆, 许立山, 等. “智慧、透明、绿色”的数字孪生工地关键技术研究及应用[J]. 施工技术, 2019, 48(01): 4-8.
- [5] 陈华鹏, 鹿守山, 雷晓燕, 等. 数字孪生研究进展

- 及在铁路智能运维中的应用[J]. 华东交通大学学报,2021,38(04):27-44.
- [6] 杨国伟,王菲,毕湘利,等. 数字孪生在地铁环控系统中的应用[J]. 科技与创新,2019,(14):33-35.
- [7] 王强,林如,李雪来. BIM+ 数字孪生技术的装配式轨道交通工程预制构件生产管理应用研究[J]. 工程管理学报,2021,35(03):88-93.
- [8] 徐飞,徐志斌,叶晗,等. 数字孪生技术在智慧高速公路管理中的应用[J]. 中国交通信息化,2021(12):93-96.
- [9] 刘庆荣,杨翰文,郭群. 数字孪生技术在高速公路隧道安全预警中的应用[J]. 中国交通信息化,2021(08):133-135.
- [10] 林韩涵,周红波,何溪. 基于 BIM 设计软件的工程量计算实现方法研究[J]. 建筑经济,2015,36(04):59-62.
- [11] 倪赛雄,李璐,周润东. 长沙冰雪世界工程实景三维建模技术研究与应用[J]. 施工技术,2020,49(02):14-16.
- [12] 辛佩康,高丙博,蔡志宏. 无人机实景建模在大区域施工场地精确踏勘中的应用[J]. 上海建设科技,2020,03:101-104.
- [13] 徐敬海,卜兰,杜东升,等. 建筑物 BIM 与实景三维模型融合方法研究[J]. 建筑结构学报,2021,42(10):215-222.
- [14] D. Eggert, A. Lorusso, R. Fisher, et al. Estimating 3-D rigid body transformations: a comparison of four major algorithms[J]. Machine Vision and Applications, 1997, 9:272-290.
- [15] Shu Tang, Dennis R. Sheldon, Charles M. Eastman, et al. A review of building information modeling (BIM) and the internet of things (IoT) devices integration: Present status and future trends[J]. Automation in Construction, 2019, (101): 127-139.

Research on Highway Construction Control System in Mountainous Area Based on Digital Twin

Zhu Haiming¹, Wang Shunchao¹, Wang Jiachen², Liu Yong¹, Zhu Ping¹, Chen Weiya²

(1. China Construction International Investment (Guizhou) Co., Ltd., Guiyang 550000, China;

2. National Center of Technology Innovation for Digital Construction, School of Civil and Hydraulic Engineering, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074, China)

Abstract: In recent years, China's highway engineering construction has developed rapidly and it has entered into the stage for finer planning. The construction environment and geological conditions of engineering in mountainous areas are complex, which increases the difficulty and requirements of construction progress management and requires the introduction of new technical means to assist management. Using BIM parametric modeling and realistic modeling techniques, the study proposes a method to construct a digital twin model of highways in mountainous areas and designs a data collection and mapping scheme on the basis of Bluetooth technology, GPS technology and ZigBee technology. Relying on the above work, this study constructs a progress derivation model based on the digital twin. The digital twin of construction site can be used to deduce the construction progress and to realize the progress management decision based on real-time data, and it can also contribute to the facility management of highways in mountainous areas.

Key Words: Digital Twin; As-built Models; Highway Project; Progress Management