

# BIM+3D GIS 技术在高速公路路面养护中的应用

胡洪龙, 章世祥

(华设设计集团股份有限公司, 江苏 南京 210014)

**摘要:**针对 BIM 技术如何应用于高速公路路面养护管理这一问题, 首先, 提出基于 BIM 技术的高速公路路面养护应用场景; 其次, 比选 BIM 模型轻量化解决方案; 再次, 引入 3D GIS 技术, 研究 BIM+3D GIS 技术与高速公路路面养护应用场景融合的技术路线; 最后, 开发了基于 BIM 技术的高速公路路面养护管理系统, 实现 BIM 技术在路面养护中的应用。

**关键词:**公路工程; 高速公路; 路面养护; BIM 技术; 应用场景

**中图分类号:** U416 **文献标志码:** A

自 2015 年交通运输部将建筑信息模型 BIM (Building Information Modeling) 作为首个交通运输重大技术方向和技术政策之后, 中国国内对 BIM 技术的研究逐渐成为行业的热点和难点。张峰等<sup>[1]</sup>、胡洪龙<sup>[2]</sup>对公路工程信息模型分类、编码、模型构件等内容进行了研究; 曹睿明<sup>[3]</sup>、蒋科<sup>[4]</sup>、孙建诚等<sup>[5]</sup>对 BIM 技术在公路工程设计中的应用进行了研究; 严丽娟<sup>[6]</sup>、闫振海<sup>[7]</sup>、邵艳等<sup>[8]</sup>对建设期 BIM 技术应用进行了研究。养护阶段是高速公路全寿命周期中最为重要的组成部分。然而, 纵观中国国内公路 BIM 典型案例, BIM 技术在公路养护阶段的应用尚未成熟, 甚至处于较为初级的阶段。虽然部分研究人员提出基于 BIM 模型开展公路养护阶段的监测、维护、资产管理、养护决策等工作<sup>[9-12]</sup>, 但这些工作如何与 BIM 技术融合、BIM 技术在养护阶段的价值又如何体现等问题一直困扰着 BIM 技术人员和养护管理人员。

该文针对 BIM 技术如何应用于高速公路路面养护管理这一核心问题, 通过引入路面养护应用场景的概念, 研究 BIM 技术与路面养护应用场景融合的方法, 以实现 BIM 技术在高速公路路面养护阶段的应用。该研究对实现 BIM 技术在公路工程全寿命周期管理中的应用, 推进养护数字化管理, 提升养护管理效能具有重要意义。

## 1 基于 BIM 的高速公路路面养护应用场景

研究结合高速公路路面养护管理的日常工作, 提

出了以下可利用 BIM 技术的路面养护应用场景。

(1) 直观展示。三维展示是 BIM 技术最基本、最重要的功能之一。该场景下, 管养人员可直接利用 BIM 模型, 了解高速公路全程或路段、互通、桥梁等重要节点的全程概况或局部细节。

(2) 病害分析。路面病害分析是路面养护管理工作的重要内容。该场景下, 管养人员可利用颜色、形状等可视化手段将不同的信息映射到 BIM 模型中。对于出现重复病害的路段, 可在 BIM 模型中高亮显示, 通过对病害信息的长期积累, 初步判定病害发生的原因并预测其发展趋势。

(3) 路况评定。路况评定是管养人员进行养护决策的重要依据之一。该场景下, 管养人员可将路面技术状况评定结果等信息直观展示到 BIM 模型中, 并根据养护管理的具体要求, 生成统计分析报表等。如将路况评定结果根据优、良、中、次、差的分级, 分别采用不同的颜色映射到 BIM 模型中, 管养人员可对不同路段、不同车道的路况进行对比分析等。

(4) 养护工程。养护工程是管养单位下一年养护工作计划的主要内容之一。该场景下, 可通过 BIM 模型的高亮显示代表已进行过修复养护、预防养护、应急养护或专项养护的养护工程路段。管养人员可查看某个养护工程的桩号位置、养护方案、工程量、费用等详细信息, 并根据养护管理的具体要求, 生成统计分析报表等。

## 2 BIM 模型轻量化解决方案

BIM 技术与路面养护应用场景融合的理想状态

是把 BIM 模型作为各类信息的载体,将养护前期的设计、施工等资料或信息传递到养护阶段,并在养护过程中不断积累更新交通量、日常养护、修复养护等养护资料或信息,然后再利用 BIM 可视化的优势,结合应用场景对这些信息进行展示、统计、分析、挖掘等。但实际上由于养护信息录入工作量大、使用建模软件对管养人员的要求较高、图纸和图片类等信息难以在建模

软件中录入等原因,无法在 BIM 构件中直接录入养护信息,目前比较可行的办法是通过开发应用系统将养护信息挂接到 BIM 构件中。

开发应用系统需首先解决 BIM 模型轻量化的问题。目前,BIM 模型轻量化解决方案主要分为 BIM 可视化工具、BIM 引擎、BIM 业务平台 3 类。各种解决方案的功能和代表厂商见表 1。

表 1 BIM 轻量化解决方案

应用分类	主要功能	主流厂商
BIM 可视化工具类	在线查看 BIM 模型成果,具备跨终端直接查看的优点,通常以 BIM 单文件的查询作为主要功能	BIM Vision、Trimble Connect、广联达协筑等
BIM 引擎类	将 BIM 模型的展示、操作、测量、漫游等 BIM 数据提取等功能进行封装,以 API 的形式开放给第三方,第三方通过开发实现完整的 BIM+ 系统	Autodesk Forge、Bentley LumenRT 等
BIM 业务平台类	可以导入 BIM 场景进行开发的平台,业务功能需定制开发,集成实现 BIM+ 系统	鲁班、蓝色星球、广联达 BIM 5D、维景航等

考虑到可视化工具类无法与业务功能相结合,业务平台类中的业务需定制开发、成本较高,而引擎类可采用 API 的形式,开发自由度较高。因此,研究采用 BIM 引擎类工具实现 BIM 与路面养护应用场景的融合。

3 BIM+3D GIS 与养护应用场景融合的技术路线

BIM 技术在精确地理位置定位、空间地理信息分析和构筑周边环境上都存在缺陷,而 3D GIS 可以完成构筑物的地理位置定位及其空间信息分析,辅助完善周边大场景展示,进一步提高 BIM 模型的建筑信息完备性。针对高速公路工程空间范围大,需全面反映相关地理要素的要求,可将 BIM 和 3D GIS 的优势进行互补,BIM 用于高速公路养护信息的管理和分析,3D GIS 用于管理区域空间、分析空间地理信息数据,可以很好地弥补传统养护管理工作的诸多不足,大幅提高养护管理的精细化和可视化水平。

为使 BIM 模型、业务信息能够与道路周边环境信息进行统一存储、管理和融合展示,并将 BIM 模型发布至互联网端,研究引入了 3D GIS 技术。BIM+3D GIS 与路面养护应用场景融合应用的技术路线如下:

(1) BIM 模型转换与处理

基于 Revit 建模软件,进行二次开发,通过开发的

BIM 模型转化插件,将 BIM 文件格式解析成 3D Tiles 格式,实现 BIM 的轻量化和瓦片化处理。

(2) BIM 模型发布与共享

基于 Cesium 开源平台框架,将 3D Tiles 格式文件发布成 BIM 数据服务的解决方案,从而利用 Cesium 三维地球在网络上实现 BIM 模型的快速查看和共享。

(3) BIM 模型与 3D GIS 技术的融合

将承载了 BIM 模型的 Cesium 三维地球与高速公路周边环境的遥感影像数据叠加,实现高速公路周边环境信息与 BIM 信息、采集的业务信息的统一存储、管理和融合展示。

(4) 基于 BIM 技术的路面养护应用系统的开发

利用 WebGL、Cesium、3D Tiles 等技术或手段,进行路面养护应用系统的功能开发,达到路面养护应用场景的实现。

其中 WebGL 是一种 3D 绘图标准,这种绘图技术标准允许把 JavaScript 和 OpenGL ES 2.0 结合在一起,为 HTML5 Canvas 提供硬件 3D 加速渲染,可被用于创建具有复杂 3D 结构的网页面。由于各大浏览器和移动系统都对 WebGL 标准有着良好的支持,从而使得在 Web 页面上展现三维场景不再需要另外安装插件,因此,WebGL 的应用前景非常广泛。

Cesium 是一款面向三维地球和地图的 JavaScript 开源产品。它提供了基于 JavaScript 语言的开发包,

方便用户快速搭建一款零插件的虚拟地球 Web 应用,并在性能、精度、渲染质量、多平台、易用性上具有较高的质量保证。

3D Tiles 数据集是 Analytical Graphics 于 2016 年 3 月定义的一种数据集,它专门为大量地理 3D 数据流式传输和海量渲染而设计,由于采用瓦片式组织架构,可以将大量三维数据以分块、分层的形式组织起来,大大减轻浏览器和 GPU 的负担,是目前开源 WebGL 框架 Cesium 的御用格式。

## 4 基于 BIM 的路面养护管理系统功能模块开发

为实现 BIM 技术与路面养护应用场景的深度融合,研究开发了包含 BIM 展示、病害分析、路况分析、养护工程等模块的高速公路路面养护管理系统,系统主要功能架构见图 1。

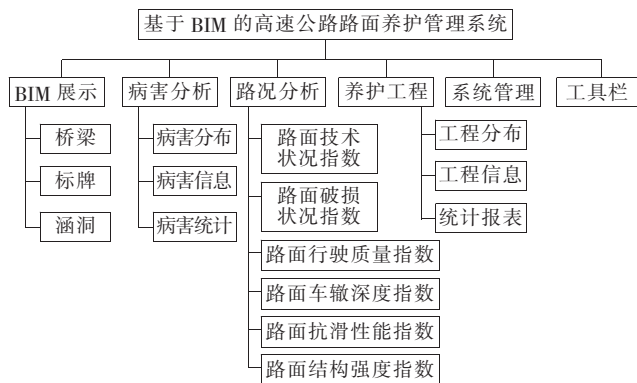


图 1 系统功能架构图

### (1) BIM 展示模块

该模块除可直接展示路段主体的整体或局部情况外,还可将高速公路的主要构造物:桥梁、标牌、收费站、涵洞等进行分类,用户可通过搜索界面查找某一个或某一类构造物,并对构造物的养护信息进行查看、增减、修改等。

### (2) 病害分析模块

该模块可按照不同的路面病害类型将路段病害进行展示、分类、统计,并准确定位病害在路面横向和纵向的位置。用户可查找某个病害的具体信息、利用现场图片对病害信息进行核实、对某一时间段内或某一桩号范围内的病害进行统计分析。

### (3) 路况分析模块

该模块可将不同车道、不同路段的路况指标通过色块的方式展示到 BIM 模型上。用户可以很方便地

在 BIM 模型上对不同车道、不同路段的路况技术水平进行分析、比较。

### (4) 养护工程模块

该模块可通过 BIM 模型的高亮显示代表进行过养护工程的路段。用户可查询养护工程的具体信息,对养护工程进行统计、分析等。

## 5 结语

BIM 的本质是工具,其价值需与具体的业务功能、新兴技术(WebGL、3D GIS、大数据等)融合以后才能突显。该文通过引入 3D GIS 技术,将 BIM+3D GIS 技术与高速公路路面养护应用场景相融合,解决了相关的技术路线,实现了对二维路面养护管理系统的升级和改造,开发了基于 BIM 的路面养护管理系统,能够提高高速公路路面养护管理工作的可视化、规范化、精准化与信息化水平,帮助养护管理人员进行更加合理的养护决策,符合技术创新和数字化交通的发展趋势。

## 参考文献:

- [1] 张峰,刘向阳,戈普塔.公路工程信息模型分类与编码研究[J].公路,2017,62(10):180-183.
- [2] 胡洪龙.既有公路 BIM 模型构件拆分编码与三维模型建立研究[J].交通科技,2020(2):67-71.
- [3] 曹睿明.BIM 技术在道路工程设计中的应用研究[D].南京:东南大学,2017.
- [4] 蒋科.BIM 技术在公路工程设计阶段中的应用技巧[J].公路交通技术,2018,34(2):17-21.
- [5] 孙建诚,朱双哈,蒋浩鹏.BIM 技术在公路工程中的应用研究[J].中外公路,2019,39(4):294-297.
- [6] 严丽娟.建筑信息模型(BIM)在高速公路项目管理中的应用研究[D].荆州:长江大学,2016.
- [7] 闫振海.桥梁建设期 BIM 技术研究[D].北京:交通运输部公路科学研究所,2017.
- [8] 邵艳,丁聰.公路工程建设阶段 BIM 技术实施探索[J].中外公路,2018,38(6):327-330,331.
- [9] 李成涛,章世祥.基于 BIM 技术的桥梁病害信息三维可视化研究[J].公路,2017,62(1):76-80.
- [10] 许强强.基于 BIM 桥梁监测平台的快速搭建方法研究[D].昆明:昆明理工大学,2018.
- [11] 高旭.基于 BIM 技术的路面预防性养护决策方法研究[D].西安:长安大学,2019.
- [12] 刘洪涛,潘红兵,董萌,等.BIM 交通资产管养信息化系统在隧道中的应用[J].中国公路,2018(18):70-72.

# 沥青路面车辙试验的温度影响模型研究

陈绍伟

(山西路桥第二工程有限公司, 山西 临汾 041500)

**摘要:**针对 TRRL 车辙评价方法的局限性,以试验温度为变量对 APA 车辙试验进行研究。选用 2 种沥青和 3 种级配制备了 6 种沥青混合料,成型 4% 空隙率的圆柱体试件,在 40℃、50℃、60℃ 3 种温度下分别进行 APA 车辙试验,获得车辙深度随荷载作用次数的变化曲线。通过回归分析法建立 APA 车辙试验的温度影响回归模型,经过 APA 车辙数据验证,发现该模型可以较好地模拟 APA 车辙数据。该模型的应用可以缩短室内车辙试验时间,实现 APA 在施工质量控制与管理(QC/QA)中的应用。同时,该模型可以依据一种试验条件下的沥青混合料抗车辙性能,预测不同环境下该种沥青混合料的抗车辙性能。

**关键词:**APA; 车辙深度; 温度影响模型; 施工质量控制与管理

**中图分类号:**U416

**文献标志码:**A

中国在沥青混合料设计阶段一般采用 TRRL 车辙试验(中国规范采用的车辙方法)对沥青混合料的抗车辙性能进行评价<sup>[1]</sup>。但是 TRRL 车辙试验的加载模式与车辆对路面的作用方式有很大的区别,它采用钢轮直接在沥青混合料试件表面加载,这导致 TRRL 的评价结论可靠性不足<sup>[2-3]</sup>。为此,该文采用 SHRP 推荐的 APA 沥青路面分析仪评价沥青混合料的抗车辙性能。APA 采用凹形钢轮通过充气软管在沥青混合料试件表面加载,APA 的加载方式更贴合实际道路情况<sup>[4-6]</sup>。考虑到温度是影响车辙的最重要因素<sup>[7-8]</sup>,该文以试验温度为变量对 APA 车辙试验进行研究。

## 1 试验材料与试验方案

### 1.1 试验材料

选用克拉玛依 70# 基质沥青和 SBS 改性沥青两种沥青,采用 AC-13、AC-20 粗型、AC-20 细型 3 种级配(图 1、2),制备了 AC-13 基质沥青混合料、AC-13 改性沥青混合料、AC-20 粗型基质沥青混合料、AC-20 粗型改性沥青混合料、AC-20 细型基质沥青混合料、AC-20 细型改性沥青混合料。采用马歇尔设计方法确定最佳油石比分别为 5.2%、4.1%、4.3%、5.3%、4.0%、4.4%。

### 1.2 试验方案

(1) 试验温度:APA 的试验温度一般采用路面高

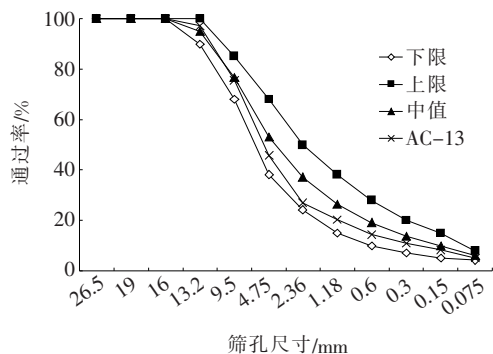


图 1 AC-13 级配曲线

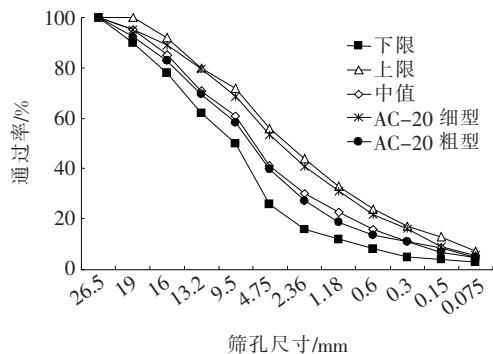


图 2 AC-20 级配曲线

温温度或 PG 分级高温温度。但是考虑到中国的路面温度资料有限,采用路面高温温度或 PG 分级高温温度缺乏像美国 SHRP 那样完整的体系,因此结合中国车辙试验常用温度将该研究的 APA 试验温度定为 40℃、50℃、60℃。