

# 公路工程数字化交付平台关键技术研究及应用

花逸扬

华设设计集团股份有限公司 江苏南京 210000

**【摘要】**在相关政策不断强调公路工程BIM设计成果同步交付的今天，数字化交付依然存在技术问题亟待解决；对于交付的接收载体，目前尚无成熟高效的解决方案。本文结合江苏省高速公路数字化成果交付的实践经验，对数字化交付平台建设的关键问题和解决方案进行了深入探讨，并介绍了平台在业务延伸方面的创新应用。

**【关键词】**数字化交付；公路工程；BIM；GIS

## 1 引言

近年来，随着国内相关政策陆续发布，公路工程行业在数字化设计、数字化交付方面的应用要求日益提升。交通运输部2023年9月发布了《交通运输部关于推进公路数字化转型加快智慧公路建设发展的意见》（交公路发[2023]131号），提出推进公路数字化设计，要求自2024年6月起，新开工国家高速公路项目原则上应提交BIM设计成果。提出推动公路智能建造和智慧工地建设，逐步实现工程信息模型与工程实体同步验收交付<sup>[1]</sup>。

各大设计院和科技型企业近年来在数字化交付平台开发层面开展了诸多实践。中交一院基于Bentley OpenRoads基础平台，历时多年开发，推出CNCCBIM OpenRoads，提供了正向的、符合行业要求的公路三维设计及数字化交付解决方案，目前已推出道路专业相关成果<sup>[2]</sup>；四川省公路规划勘察设计研究院有限公司秉承数据驱动的理念，通过统一的数字底座平台建设，以数据为主线，考虑勘察设计全过程的采集、协同生产、交付及应用流程，形成了符合标准及应用需求的勘察设计平台，目前已完成多个施工图项目；而以跨世纪(Bentley)、纬地BIM、鸿业(路易)等以传统设计软件起家的科技型企业，以其自身编程开发能力强、熟悉设计流程和需求等优势，推出了自己的BIM正向设计软件，为数字化交付提供了良好的技术支撑。

## 2 依托工程概况

江苏省省内某新建高速公路，全长约50公里，采用双向四车道高速公路标准建设，设计速度120公里/小时，路基宽度27米。全线重要工点包含互通式立交4处、服务区1处、特大桥3座。

本项目在设计阶段，数字化成果与工程设计成果同步提交，其中数字化成果在数字化交付平台统一提交。初步设计阶段按LOD 2.0精度建立工程全线模型，施工图设计阶段，选取了部分特大桥、互通枢纽的重要工点，按LOD 3.0精度建立模型。

本项目提交的数字化成果包含路线、路基路面、桥梁涵洞、交安、房建、机电、环保专业，项目使用的BIM建模软件涉及Revit、Bentley OpenRoads、Catia。项目提交的成果内容包含GIS采集文件、BIM建模文件、工程图纸电子文件、项目过程关键文件等。

## 3 数字化交付需求

### 3.1 数字化成果交付要求

由于本项目推进过程中，指导公路工程交付成果内容的指南文件尚未发布，因此在模型颗粒度、构件编码、信息深度方面参考了国家《公路工程信息模型应用统一标准》（JTG/T 2420-2021）<sup>[4]</sup>、《公路工程设计信息模型应用标准》（JTG/T 2421-2021）<sup>[5]</sup>，在交付成果内容方面参考了《建筑信息模型设计交付标准》（GB/T 51301-2018）<sup>[6]</sup>。

### 3.2 数字化交付平台需求分析

本项目数字化交付工作要求基于设计交付平台完成。平台基于B/S架构搭建，需支持主流建模软件格式，如rvt、dgn、ifc、fbx等，并支持与倾斜摄影、激光点云、地形、影像等GIS数据的融合处理。

平台除应具备接收、管理设计数字化成果的基础能力之外，还需支持可视化平台的常规操作应用，如断面剖切、快速定位、路线漫游等。

## 4 平台搭建关键技术

### 4.1 引擎比对选择

#### 4.1.1 GIS引擎

而目前市面上常见的商用BIM+GIS云平台，如葛兰岱尔、黑洞引擎、飞渡科技ifreedom等，大多以GIS开源引擎Cesium作为底层。Cesium支持灵活二次开发和功能定制，对于需求中的剖切、定位、漫游等功能，都具有固定的内置模组。另外，Cesium地理空间可视化能力强大，兼容支持多种主流工程建模软件格式及各类GIS数据，可实现多专业同屏浏览、同步操作<sup>[7]</sup>。

GIS引擎在接收设计模型之后，需要通过格式转换将原

软件中的可编辑模型，转换成轻量化、仅用于展示的3D瓦片模型。3D瓦片模型为提高用户端显示效率，提升渲染效果，但会舍弃原建模软件中的部分模型细节，不具备可二次编辑的能力。

#### 4.1.2 BIM引擎

近年来，各家主流建模软件，都研发了自己基于云端的BIM引擎，以支持当前主流的B/S架构平台开发，其云端引擎也大多兼容各种主流模型文件格式。采用BIM引擎技术的优势在于，可以对原生的建模文件进行二次编辑，具备了灵活的可调整性。但对于其他格式模型的转换显示，因软件底层不互通的原因，同样不具备编辑功能。

另外，常见的GIS模型文件均以球状坐标系建立，虽然可以通过坐标系转换将GIS成果导入BIM引擎，但可能会导致精度下降，无法准确显示地形与工程之间的位置关系。另一方面，由于其云端BIM引擎并非开源，因此在进行衍生业务二次开发的过程中，易受到其基础框架限制。

#### 4.1.3 UE游戏引擎

UE游戏引擎由于其优秀的渲染技术，能够精确还原三维模型的光影效果和细节表现，如图3所示。同时，其蓝图可视化脚本降低了技术门槛，具备良好的二次开发能力。但在项目可视化展示中，一般采用视频推流的形式，后台控制为单一主机，无法支持多用户并发问题，因此对平台需要多用户同时操作的业务场景并不适用，而更多用于仅需要单用户操作的驾驶舱、信息化大屏展示等。

结合本项目设计交付平台的开发需求，最终采用GIS引擎作为平台底层进行开发。

#### 4.2 数模分离、数模一体的存储方式

项目落地过程中，不同标段的设计单位对“数模分离”和“数模一体”的交付方式和平台存储方式提出了不同的看法。结合设计交付平台在连宿项目上的应用实践，笔者提出以下观点：

从软件开发角度来看，数字化模型作为文件类，在平台后端采用分布式文件系统进行存储管理；属性信息属于字段类，在平台后端采用数据库进行存储。二者原本即采取不同的存储方式，即便数字化成果提交时，采用数模一体进行统一合并提交，平台经解析后依然需要拆分单独进行存储管理，以便于依托数据库技术对构件的属性信息进行存储、检索、管理和操作。

从建模实现角度看，对于国家编制的交付指南如《公路工程设计信息模型应用标准》（JTG/T 2421-2021）等，以及近期中勘协发布的《公路工程BIM设计成果交付技术指南》（T/CHSDA 0003-2024），模型所需携带的属性信息不仅仅包括描述工程实体的几何信息，还包括非几何信息，如材料类型、设计年限等。

在实际建模过程中，非几何信息必然存在大量手动录入的工作量。对于数模一体的成果提交，通常需要对建模软件进行二次开发，以提高录入构件属性信息的效率。但在平台解析模型、转换文件格式的过程中，存在信息丢失的风险。

而如果采用数模分离的提交方式，使用通用的数据表存储软件（如excel），通过唯一构件编码，将模型构件单元与数据表存储的属性信息进行关联，既能保证属性信息数据的完整性、稳定性，又能提高用户的录入效率，是相较更优的技术路线，也是本项目最终落地的实现路径。

#### 4.3 无实体节点信息存储问题

《公路工程设计信息模型应用标准》（JTG/T 2421-2021）等相关规范对构件挂接的属性信息提出了明确要求，但在实际执行落地过程中，常遇到规范中规定的父节点信息无处可挂的问题。典型案例如单座桥梁的总体信息，桥梁构件一般在建模过程中，已按分部分项划分拆分成若干构件实体，但对于桥梁总体信息而言，理论上应当挂接至该桥梁分部分项实体组成的“构件组”上。

本项目在数模分离的路线基础上，采用了倒推结构树的方式对该问题进行了解决。项目参考《公路工程信息模型应用统一标准》（JTG/T 2420-2021）中对公路工程设施的编码规定，结合工程项目具体的实际情况，对模型分部分项构件进行了编码，编码规则如图1所示。对分部分项构件组成的父节点，在特定位置用数字0进行替代，以表示构件父节点。如项目中某座桥梁的某个桥面铺装构件，编码为0152061-04100100-0001，则相应的桥梁总体节点编码即为0152060-04000000-0000。

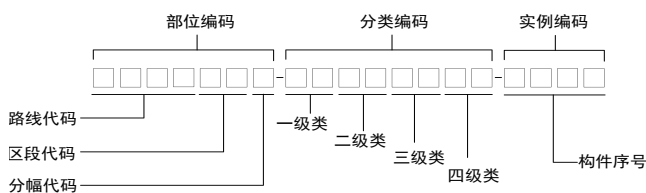


图1 本工程项目采用的编码体系

交付平台在后台内置了编码解析模块，按照本项目既定规则，按构件类型对实体构件进行分类汇总，从最细颗粒度的构件出发，倒推形成了工程结构树。

#### 5 数字交付平台业务应用

##### 5.1 模型自动化审查

不同于传统二维图纸完善的审查流程，对于设计单位提供的数字化成果，目前除了人为校对，尚无有效的技术手段对数字化成果的准确性进行校核。本项目平台设计参考相关规范，结合建设方提出的统一分部分项编码规定、统一信息深度要求，在平台开发时将编码规则、属性信息规则内置，形成了自动化编码审查、信息审查功能。

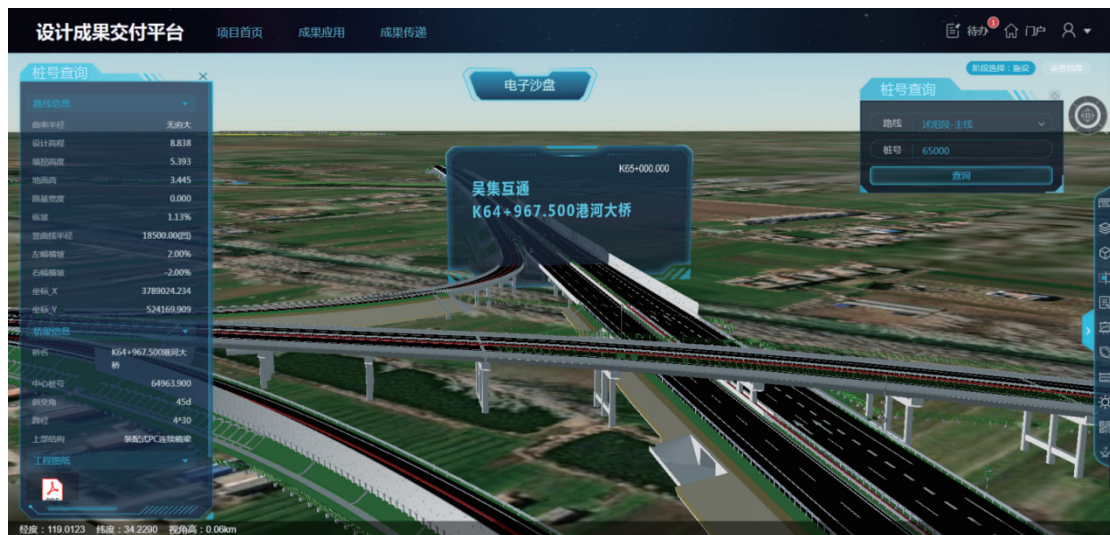


图2 工点查询

模型校核功能同时面向设计单位、管理单位开放使用，既可帮助设计单位对成果进行自查自纠，也便于管理单位进行质量监督。功能支持自动生成审查报表，督促用户对照进行查漏补缺，保证了数字化成果数据的合规性、完整性。

### 5.2 工点查询

由于公路项目多为线状工程，覆盖范围较长，用户在电子沙盘自由浏览时，不易对关键工点进行快速查找。实现工点检索的关键在于关联工点名称与对应的经纬度坐标，本项目平台借助EICAD的路线数据文件实现。EICAD为公路工程设计中常用的路线设计软件，设计成果文件体积小、格式清晰，便于软件开发时进行解析读取。EI文件中包含了路线平曲线走向、经纬度坐标、桩号、工点桩号及名称等关键信息，可作为平台工点查询功能的支撑性数据。

设计交付平台中，工点查询功能添加了模糊检索功能，用户输入部分文字，如输入“大桥”，平台将联想弹出所有包含“大桥”名称的工点，用户点击后，视角即可跳转至对应工点，并显示工点挂接的总体属性信息，提升了使用效率和用户体验。功能界面效果如图2所示。

### 5.3 成果传递

设计阶段数字化成果完成交付后，施工方一般以设计数字化成果为基础进行深化应用，涉及内容包括分部分项细化拆分，施工临时措施布设等，需要对设计阶段BIM成果进行二次修改。但因平台用于展示的文件格式不具备可二次编辑性，在进行成果传递过程中，需要将原始格式文件与展示格式文件合并存储，形成格式透明、可被解析的交付格式文件，再以标准API接口开放，衔接施工阶段建设管理平台等后续应用。

## 6 结语

本文从底层引擎比选、文件存储方案、属性信息挂接等角度，对数字化交付平台的关键技术进行了深入研究，并结合具体的项目实践，提出了当前阶段数字化交付常见问题的解决方案。另外，本文还介绍了平台端在业务延伸方面开展的具体工作。数字化交付对公路工程全生命周期传递至关重要，应当结合施工、运营、养护阶段具体业务，继续深入研究其应用方向，不断挖掘设计数据价值，推动智慧公路的建设发展。

### 参考文献：

- [1] 交通运输部. 交通运输部关于推进公路数字化转型加快智慧公路建设发展的意见[Z]. 2023-9-11
- [2] 蒋艺. 基于OpenRoads技术的道路三维设计方法研究[J]. 工程建设与设计, 2016 (9): 12-15.
- [3] 杨洁, 张艇, 吕若丹, 等. 基于公路BIM标准的云端数据协同设计系统研究[J]. 价值工程, 2024, 43 (21): 105-108.
- [3] JTG/T 2420-2021, 公路工程信息模型应用统一标准[S].
- [4] JTG/T 2421-2021, 公路工程设计信息模型应用标准[S].
- [5] GB/T 51301-2018, 建筑信息模型设计交付标准[S].
- [6] 张耀允, 戴玮, 孙莉. 使用Cesium集成展示DGN模型数据的关键技术研究[J]. 工程与建设, 2021, 35 (5): 879-881.
- [7] T/CHSDA 0003-2024, 公路工程BIM设计成果交付技术指南[S].

### 作者简介：

花逸扬（1992.3.27—），男，汉族，江苏南通人，硕士，中级工程师，研究方向：智能交通。