

# BIM 技术在公路工程中的应用研究

孙建诚, 朱双晗, 蒋浩鹏

(河北工业大学 土木与交通学院, 天津市 300400)

**摘要:** IFC 标准作为 BIM 的标准之一, 以其数据传输规则为框架, 针对中国公路工程实际情况, 提出公路 BIM 设计、施工和运维管养的规范化技术路线, 并以公路 BIM 设计技术路线为基准, 结合某二级公路工程项目, 选用 Civil 3D 对公路设计阶段进行过程实践, 对实践中发现的 Civil 3D 关键技术进行总结说明。研究成果为 BIM 技术在中国公路设计中的发展提供了技术路线、设计理念和技术经验。

**关键词:** BIM; 公路; Civil 3D; 技术路线; 技术经验

如果说 Auto CAD 的应用是工程领域的第一次技术飞跃, 那么 BIM(Building Information Modeling) 技术无疑是第二次技术飞跃。BIM 不仅为工程领域带来技术上的革新, 还以其共享化、信息化、一体化特点为工程领域提供了不同维度的思路。近年来, 中国国内工程领域对 BIM 技术越来越重视, 尤其在建筑、土木行业, BIM 技术不断参与到工程实践中, 取得了一定的成果。但公路工程领域对 BIM 技术的应用还处于起步阶段, 欠缺规范化的应用流程, 技术经验较少, BIM 优势还有很大的发挥空间。

基于此, 该文以 IFC(工业基础类)标准数据传输规则为框架, 对 BIM 技术在公路工程中的应用技术路线进行梳理和优化。以公路 BIM 设计技术路线为基准, 结合工程实例, 选用 Civil 3D 对公路设计阶段进行过程实践, 对实践中发现的 Civil 3D 的关键技术进行总结说明, 以期在符合 IFC 标准数据传输规则的基础上为 BIM 技术在中国公路设计中的发展提供技术路线、设计理念和技术经验。

## 1 IFC 标准

### 1.1 IFC 标准概述

IFC(Industry Foundation Class)标准即工业基础类标准, 最早于 1997 年由 IAI(International Alliance for Interoperability)提出。IFC 提供了建筑工程实施过程所处理的各种信息描述和定义的规范, 目的在于促成建筑业中不同软件数据源的有效链接, 实现数据

在产品全生命周期各阶段的共享和交互。2005 年, IFC 标准正式通过了国际标准化组织的认证, 各 BIM 应用软件也基本上完成了对 IFC 数据格式的支持开发, IFC 标准成为了实质上的还在发展的 BIM 数据交换标准。IFC 运作流程图如图 1 所示。

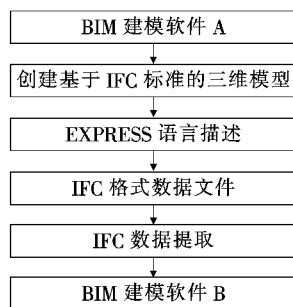


图 1 IFC 运作流程图

### 1.2 IFC 标准数据传输结构

IFC 标准将建筑全生命全专业信息架构分为 4 个功能层, 从下到上依次为资源层、核心层、共享层、领域层, 每个功能层都是由独立的模块组成, 且模块之间的信息相互独立, 其功能层结构如图 2 所示。IFC 标准为模型层级架构之间定义了严格的引用关系, 即一个类型不能引用上一层级的类型, 但能引用相同或下层级的类型, 此种继承规则使 IFC 标准保持了良好的稳定性和信息延续性。

## 2 公路 BIM 应用规范化技术路线

### 2.1 公路 BIM 设计技术路线

BIM 以信息的应用为根本目的, 公路设计中对

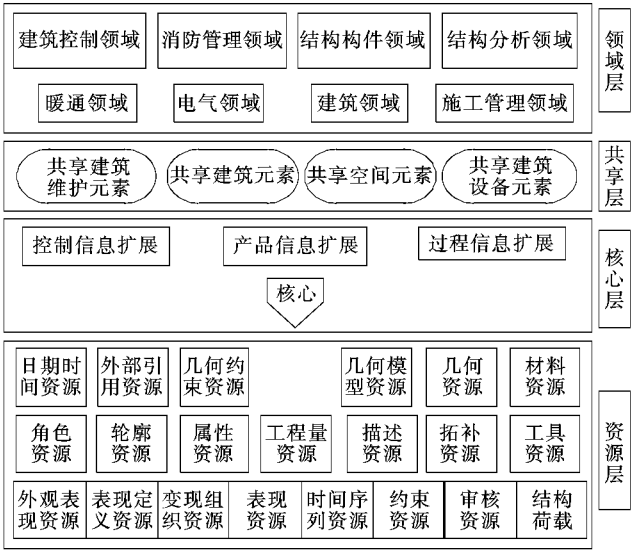


图2 IFC功能层结构图

BIM技术的应用需要在保证信息数据顺利交流的前提下,将BIM技术与一般意义上的公路设计模式相结合,并且规范BIM设计流程,使BIM技术发挥其最大优势。因此,基于IFC数据传输规则和功能层结构,给出公路BIM设计技术路线,如图3所示。

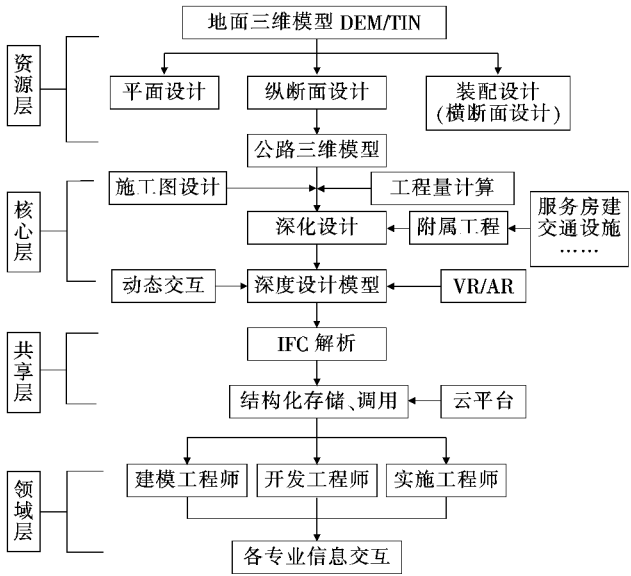


图3 公路BIM设计技术路线

2.2 公路BIM施工及运维管养技术路线

不同于传统公路项目竣工即完成主要的项目跟进,BIM技术不仅在公路实际建造前以数字化方式探索关键物理特征和功能特征,而且作用于公路全生命周期。在公路BIM模型基础上,BIM技术应用于施工和运维管养阶段,能够实现指导施工、全面管理、实时

监控的功能,使得公路项目进程趋于智能化。但同时也会产生海量数据,且工作内容繁多。因此,该文结合BIM技术功能,以IFC数据传输规则为框架,在保证信息顺利传输的前提下,规范BIM技术在公路施工和运维管养阶段的应用,具体技术路线如图4所示。

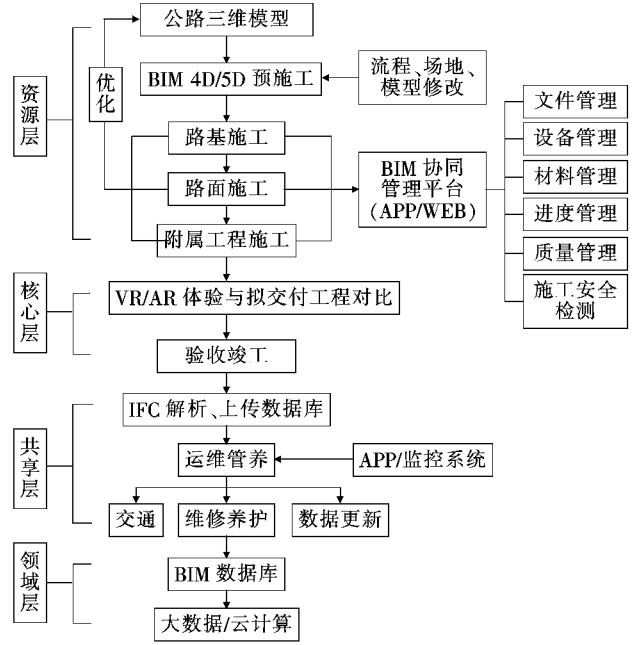


图4 公路BIM施工及运维管养技术路线

3 基于BIM的公路设计实践和关键技术

BIM技术应用于公路项目中,最直观的体现是各BIM软件的协同配合,其中,Civil 3D主要针对公路设计,是Autodesk公司开发的BIM众多软件中的一款,于AutoCAD是维度上的飞跃,其在公路三维模型平面、纵断面、横断面等设计时处处体现其联动性特点,这也是对BIM理念的直接体现。

BIM技术应用于公路工程,更重要的是信息的无差传输、共享、管理和应用。因此,该文结合中国某二级公路工程项目,以公路BIM设计技术路线为基准,在保证信息顺利传输和设计流程规范的前提下,选用Civil 3D对公路设计阶段进行过程实践,对实践中发现的Civil 3D的关键技术进行总结说明。

3.1 项目概况

该项目为西北某丘陵区二级公路建设工程,设计速度60 km/h,路线设计为双向四车道。该文截取其中部分路段作为试验段进行建模说明,采用参数化项

目管理模式,对数据文件格式和模型数据进行参数化管理。

### 3.2 Civil 3D 公路设计实践和关键技术

#### 3.2.1 三维地形模型创建

Civil 3D 地形模型的创建不仅可以通过点文件,还可以通过电子地形图创建。在 Civil 3D 中打开电子地形图,任选一条等高线,由属性窗口显示具有标高数字,此种情况下才可以认为电子地形图是有效的。特别地,Civil 3D 可以在已生成的三维地形模型中显示汇水区域和水流方向,帮助涵洞等排水系统设计。

#### 3.2.2 平面设计

Civil 3D 可采用多种方式创建路线。

(1) 由对象创建道路。在绘制多段线基础上,使用由对象创建道路命令,在路线命名的同时完成对平曲线半径的设置。Civil 3D 沿用了 Auto CAD 的功能以及部分操作指令,比如夹点功能,具有平移、删除功能,调试方便。这是 Civil 3D 在平面线形设计时的一个便捷的功能。

特别地,由对象创建道路并非一定要基于连续的多段线,非连续的线段在全选的基础上,也同样可以生成连续的道路中心线,拖动夹点可调整桩号连续。

(2) 交点法创建道路。此方法直接使用路线创建工具,整个平面线形的设计可全部使用路线布局工具条完成,不需要再关注其他工具和命令,简单快捷,是 Civil 3D 的一大特色功能。创建路线中心线时,同时可对前后缓和曲线、圆曲线参数详细设置,路线绘制过程中,缓和曲线和圆曲线部分便随之生成。

特别地,路线布局工具条插入交点和删除交点命令可实现道路中心线交点数目的快速修改。子图元编辑器可以实现对没有夹点部分的精确修改,包括圆曲线半径、前后缓和曲线长度、A 值等参数数值的修改。回车键后整个平面线形模型就会随之重新生成。

(3) 基于图元思想创建道路中心线。Civil 3D 的图元可分为固定图元、浮动图元和自由图元。鉴于此三类图元对别类图元的依赖程度依次递增的属性,路线创建时需要首先创建固定图元,在此基础上再进行浮动图元和自由图元的创建。各图元的参数设定在布局参数对话框中进行设置和修改。

特别地,当固定图元之上有依托于它存在的浮动图元或自由图元时,删除顺序则从自由图元开始,否则不能删除固定图元。图元思想尤其适合于卵形曲线、复合曲线等复杂路线的创建。

(4) Civil 3D 可以同时进行多条路线设计,所以在

进行路线标签设置和修改时,要注意路线的选择,以免出现错误操作。

#### 3.2.3 纵断面设计

Civil 3D 纵断面设计方法与平面设计类似,不再赘述,仅对关键技术操作进行说明。

(1) Civil 3D 具有快速纵断面功能,其相当于纵断面草图,能够帮助设计者迅速判断某位置地形起伏情况,预估填挖方量。拖动路线夹点,路线位置发生变化,快速纵断面图随之更改,适用于对道路中心线位置进行初次比选。

(2) Civil 3D 可实现纵断面设计线整体移动,此功能对于桥梁、隧道等结构物及旧路改建十分方便。

(3) 为避免混淆,特别指出,在 Civil 3D 中,纵断面表示纵断面设计线,纵断面图表示图框,两者都是路线的子对象,隶属于路线对象,分清图元隶属关系对于 Civil 3D 的操作十分重要。

(4) Civil 3D 可实现将纵断面设计线所有数据整体调出,当修改表格内某一数据时,纵断面设计线会以绿色三角形图标标识直观显示出当前被修改图元,一目了然。

(5) 同一个纵断面图中可进行多条路线的纵断面设计,方便路线比选。对于重叠在一起的纵断面,可通过操作常规工具实现前置、后置等操作,选择性地对纵断面的编辑。

(6) 从曲面创建纵断面时,可通过采样偏移功能进行多位置采样,例如设置为 $(-10, 0, 10)$ ,即表示同时生成路中线和左、右偏移 10 m 处的纵断面,通过设置不同样式进行区分。采用多个纵断面地面线可判断道路中心线横坡陡缓程度。

#### 3.2.4 装配设计(横断面设计)

在 Civil 3D 中,装配这个概念,相当于标准横断面,横断面的设计是由创建装配选项入手的。以下是对装配设计的关键技术操作说明。

(1) Civil 3D 提供了一系列装配模型,包括行车道、路肩、边沟等,在进行装配设计时经常只需调用即可,是 Civil 3D 的一大特色设计。

(2) Civil 3D 专门设有视距等选项,可直观地对视距进行分析。

#### 3.2.5 公路三维模型创建

公路三维模型的创建需要基于同一条公路中心线的平面、纵断面和装配设计,所以在选择时需要尤其注意,否则将会出现公路模型不能生成的情况发生。关键技术操作如下:

(1) Civil 3D 道路特性功能可对公路三维模型线形的曲线和直线部分分别设置步长,此功能可实现类似于回头曲线等平曲线半径比较小的曲线的加密,优化道路三维模型视觉效果。

(2) 对于已生成的公路三维模型,可将公路曲面单独提取出来,使其不再依赖于公路三维模型,方便单独对曲面进行编辑和参数修改。例如,在公路三维曲面剥离的基础上,可通过参数编辑器对任意桩号处的公路横断面样式分别查看,帮助设计人员对公路设计的科学性和合理性进行快速决策。

### 3.2.6 深化设计

(1) 关于逻辑目标概念。Civil 3D 进行道路设计,它不仅仅是通过常规操作完成道路三维模型的设计,其反映 BIM 理念之处更在于其对曲线、构件的代码设置,在逻辑从属关系下,实现对曲线、构件的快速、重复调用和单独设计,极大地提高道路模型设计的效率。

逻辑目标概念大大拓展了 Civil 3D 道路模型的创建,灵活地应用道路逻辑目标可以创建复杂的道路模型,尤其是非常规的道路设计。例如在已生成的道路模型基础上,通过道路特性选项板修改车道宽对应的逻辑目标,即可实现道路模型行车道宽度随逻辑目标而变化,此时的逻辑目标可以是一条参数设定复杂的道路中心线偏移线,即实现了行车道宽度由固定值向复杂变值的转变,可帮助设计者完成复杂道路模型的设计工作。

(2) 以 Civil 3D 设计的公路三维模型可与同为 Autodesk 公司开发的一系列 BIM 软件实现无差别数据交换,例如,将公路三维模型导入 Navisworks 进行施工模拟,对施工图设计和模型优化大有裨益。

(3) 对于土石方等工程量计算,公路三维模型具有的横断面数量要多于传统模式,更贴合实际工程,因此计算精度会更高,且经实地验证更具准确性。

## 4 结论

(1) 以 IFC 标准数据传输规则为框架,提出了规范化的公路 BIM 设计、施工和运维管养技术路线,为

公路 BIM 设计和应用实践提供了理论依据和基础,可以提高公路项目进程的规范性和高效性。

(2) Civil 3D 作为公路 BIM 设计的一款重要软件,以其应用于公路设计实践为线索,在实践过程中发现 Civil 3D 的夹点操作、快速纵断面、同时可视化基础上多条路线设计对比、采样偏移、装配调用、公路三维模型曲面剥离应用、汇水、视距、深化设计等关键技术,证明 Civil 3D 应用于公路项目建设具有极大的优势,可提高工作效率,变革工作形式,规避工程失误,由此提高经济效益,节约资源。

(3) 由应用实践发现,Civil 3D 不仅是技术上的革新和高效,基于图元思想和逻辑目标概念的软件功能更体现出 BIM 理念,能够促进从业人员工作思路的转变和对 BIM 理念的理解和应用。

(4) 实践证明在公路项目中应用 BIM 技术可更快捷高效,但以 Civil 3D 为主的 BIM 公路应用软件各有侧重,不同软件公司开发软件的数据无差别交互还尚未实现,与中国公路项目实际情况完全贴合的软件功能二次开发还有待研究和探索。

### 参考文献:

- [1] 王丽园,陈楚江,余飞.基于 BIM 的公路勘察设计与实践[J].中外公路,2016(3).
- [2] 沈照庆,魏鹏飞,董朝辉,等.基于 BIM 技术的道路改扩建研究与应用[J].长安大学学报:社会科学版,2017(6).
- [3] 许娜,张雷.基于 BIM 技术的建筑供应链协同研究[J].北京理工大学学报,2014(12).
- [4] 畅宁宁.基于 BIM 技术的施工项目成本控制研究[D].吉林大学硕士学位论文,2017.
- [5] 范运昌.基于 IFC 的 BIM 模型与绿色建筑分析软件互操作性研究[D].郑州大学硕士学位论文,2017.
- [6] 沈力.基于 BIM 的建筑业大数据研究初探[D].西南交通大学硕士学位论文,2016.
- [7] 秦涛,龚晓晖,于洪武,等.基于 BIM 的道路信息模型参数化构建技术研究[J].中外公路,2017(1).
- [8] 刘祖雄,申祖武,王军武.基于 BIM 技术的桥梁工程施工材料精细化管理[J].中外公路,2018(1).
- [9] 蔡邦国.目标控制在甬台温高速公路复线建设项目中的应用研究[J].中外公路,2017(4).