

基于CATIA CAA的桥梁工程BIM模型 轻量化方法研究

张云鹤,朱明*,范宇丰

(四川省交通勘察设计研究院有限公司,四川 成都 610017)

摘要:公路建设项目多为带状分布的线性工程,包含多种结构物,与地理环境结合紧密,在BIM应用时往往会面临海量数据交付和多源异构数据融合的问题。因此,该文基于CATIA CAA二次开发,提出一种桥梁工程BIM模型的轻量化方法,阐述轻量化总体思路,详细说明轻量化流程,自主研发了BIM模型轻量化程序。以黑水河大桥为例,对程序的功能性和稳定性进行测试,并实现了轻量化后续模型在BIM平台层的数字化交付与应用,表明该轻量化方法具有一定的应用前景和实践价值。

关键词:桥梁工程;CATIA CAA;BIM;轻量化

中图分类号:U445.1

文献标志码:A

0 引言

随着《交通强国建设纲要》的颁布,中国正着力建设现代化综合交通体系,桥梁工程作为其中重要一环,应用BIM技术提高桥梁建设的信息化与智能化是大势所趋^[1]。桥梁结构复杂,形式多样,在实际工程的BIM应用中存在模型体量大、多源异构数据融合难的问题。针对此问题,本文将基于CATIA CAA二次开发,对桥梁工程的BIM模型轻量化方法进行研究,旨在降低模型体量,优化数据共享,更好地服务于BIM平台层,推动BIM技术在桥梁工程中的应用。

1 CATIA CAA二次开发技术

二次开发是通过软件预留的接口对功能进行扩展,满足用户需求,不改变原有软件的内核,实质上是软件创新的过程。CAA全称为Component Application Architecture(组件应用架构),它采用

COM原理和OLE技术^[2],通过面向对象的编程语言来实现CATIA的二次开发。CATIA软件按照组件模型原理设计,因而用户可以开发定制化组件,对功能进行扩展;也可以将自己开发的组件结合起来,创造新的软件。

CAA的开发采用C++语言编写,有完整的一套基于CATIA底层的函数库,用户在RADE环境下通过API接口与CATIA进行通信。RADE(Rapid Application Development Environment)是达索公司提供的快速应用研发环境,以Microsoft Visual Studio为载体,是一个可视化并拥有完整编程工具组的集成开发环境。API是CATIA软件为开发预留的接口,提供了大量操作对象模型的方法和函数。

2 BIM模型轻量化技术

2.1 轻量化总体思路

BIM技术的核心价值在于三维模型和信息在全生命周期内的传递与共享^[3],BIM模型的轻量化基于模型与数据分离的思想,将其拆分为三维几何数据

收稿日期:2022-10-22

基金项目:四川省交通运输厅科技项目(编号:2019-B-02)

作者简介:张云鹤,男,硕士,助理工程师.E-mail:342478514@qq.com

*通信作者:朱明,男,高级工程师.E-mail:ming@bimscodi.cn

和信息数据,并建立两者之间的准确映射,实现数据提取、数据传递和格式转换。三维几何数据的轻量化是利用三角化几何描述进行简略表达来实现^[4]。三维几何数据在BIM模型中以几何实体的方式存储,实体由若干个面包络而成,每个面由若干个三角网面组成,根据面的形状控制三角网面的细度,由此便完成了由体至面的转换,模型体量得到简化。对于多边形面,记录顶点坐标,依据点重要度原则优化顶点数与三角面片数^[5];对于曲面或圆弧面,则用调整弦公差和角度公差的方式来避免精度缺失^[6]。信息数据的轻量化则可以通过相关算法筛选、剔除冗余数据,在保证准确性的基础上实现无损压缩。

IFC(Industry Foundation Classes)是国际公认的开放性最好、应用最广泛的BIM数据交换标准^[7],但目前公路行业没有一个统一的IFC标准,不同项目的交付标准差异较大,直接将CATIA模型转化为IFC格式的模型文件难以满足需求。故本文通过二次开发将CATIA模型文件导出为JSON格式的中间数据文件;再根据项目需求解析JSON文件,生成FBX的模型文件,并将其中的信息数据按照一定标准结构化之后存

入SQL数据库中进行管理。这样既能减小三维模型文件体量,又能确保信息数据准确无误、便于管理,还能适应不同项目的交付标准、提高工作效率。

2.2 轻量化流程

轻量化导出程序的运行流程主要可分为6步,如图1所示。为使表达无歧义,下文中的产品特指CATIA软件的Product文件或Part文件,具体介绍如下:

(1) 在开始阶段,打开待导出的模型文件并指定导出路径,在CATIA界面上选择根节点,获取文件对象的CATDocument类和CATIPProduct接口类,前者包含文件数据,后者用于管理产品。

(2) 创建一个包含StdProduct类的Map。StdProduct是一个自定义的用于储存产品数据的类,包含单个产品的三维几何数据和信息数据,例如产品的名字、标识、属性、参数、位移矩阵、三角面的顶点坐标等。Map是C++的一种数据容器,会自动建立key(关键字)与value(值)的对应。此步骤创建的Map,key是产品的标识信息,value是储存产品数据的StdProduct类,一个产品对应一个类。

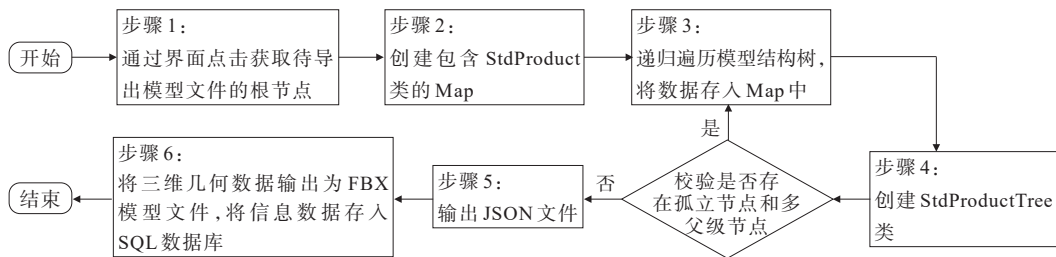


图1 轻量化流程图

(3) 通过CATIPProduct接口递归遍历模型的结构树,调用多个CATIA的接口获取信息数据,将三维几何数据三角化,并把所有数据存入Map中。

(4) 按照模型结构树的层级关系和上述流程中已生成的Map,创建一个具有相同树形结构的StdProductTree类。类中树形结构上每个节点均由指针表示,指针指向储存产品数据的StdProduct类,因而StdProductTree类包含了整个模型文件的所有数据。

(5) 校验StdProductTree类中的节点是否存在孤立节点和多个父级节点的情况。若存在,检查递归过程,重新执行程序;若不存在,输出包含所有信息的JSON文件。JSON是一种轻量级的数据存储格

式,具有可读性强和易于表达层级结构等优点。本程序利用开源的RapidJSON库,设计文件格式,导出JSON文件至指定路径中。

(6) JSON文件中包含模型的所有数据,根据项目需求调整导出设置,解析JSON文件,利用开源的fbxsdk库将三维几何数据输出为FBX模型文件,利用SQL Server将信息数据结构化并存入数据库中。若项目有交付IFC或其他文件格式的要求,则可以直接对JSON文件进行解析而不用修改第(1)步至第(5)步的代码。

本程序中涉及的算法均封装成函数以供调用。以递归算法遍历模型结构树并储存数据的功能函数为例,伪代码展示如图2所示。

```
函数名称:CreateStdProductMap,功能:递归遍历模型结构树并储存数据
输入:CATIPProduct接口:ispProduct,包含 StdProduct类的 Map 容器:iStdProductMap
输出:函数执行状态 re(即函数执行成功还是失败)
1:HRESULT hr = S_OK; //初始化函数执行状态,定义为成功
2: if(NULL_var== ispProduct)返回失败; //如果传入的 CATIPProduct接口为空,返回失败
3: if(StdProduct::IsPart(ispProduct)) //如果 ispProduct是 CATIA 的 .Part 格式(零件)
4: {
    share_str<StdProduct> spStdProduct=make_shared<StdProduct>(); //初始化 StdProduct 类
    spStdProduct= StdProduct::CreateStdProduct(ispProduct); //给 StdProduct 赋值
    CATUnicodeString guid= spStdProduct->GetId(); //给 guid 赋值
    iStdProductMap.insert(pair< CATUnicodeString, share_str<StdProduct>>(guid, spStdProduct));
    //将所得数据插入 Map 容器里
}
5: else // ispProduct 是 CATIA 的 .Product 格式(组件或装配件)
{
    CATListValCATBaseUnknown_var* childrenProduct = ispProduct ->GetChildren(); //找到所有子集
    for(int i=1;i<= childrenProduct.Size();i++) //遍历所有的子集
    { CATIPProduct_var childProduct = (*childrenProduct)[i]; //初始化 childProduct
    hr=CreateStdProductMap(childProduct, iStdProductMap); } //嵌套 CreateStdProductMap 函数
}
6: return hr; //返回执行函数状态
```

图 2 CreateStdProductMap 函数伪代码

3 应用实例

3.1 BIM 模型的轻量化

黑水河大桥是 G4216 线宁南至攀枝花段高速公路项目的重要控制性工程,桥梁主跨为 550 m 钢桁架梁悬索桥,主缆分跨为(138+550+131.5) m,成桥状态下中跨矢跨比为 1/10,主缆横向中心距为 30 m,纵向吊索标准间距为 13 m。宁南岸采用重力式锚碇,攀枝花岸采用隧道锚;两岸主塔均采用门形塔,设置两道横梁;两岸引桥均采用预制混凝土 T 梁。引桥采用 Revit 建模(图 3),主桥因结构复杂而采用 CATIA 建模(图 4)。



图 3 Revit 引桥模型图

本文选择将黑水河大桥 CATIA 模型分项导出和整体导出,测试模型轻量化程序,结果如表 1 所示。

结果表明:模型轻量化后,FBX 的文件大小为原文件的 13.4% 左右。

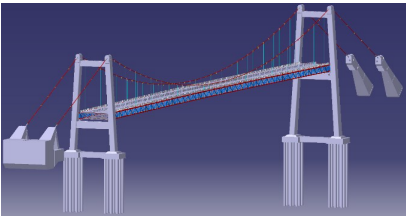


图 4 CATIA 主桥模型图

表 1 模型轻量化测试结果

模型	文件总数	文件大小小/MB	JSON文件大小/MB	轻量化后 FBX 文件大小/MB	轻量化比例/%
上部结构	641	651.00	868.0	84.700	13.0
桥塔及基础	97	7.49	4.0	0.659	8.7
锚碇	32	11.10	20.4	2.260	20.3
桥面系及附属工程	74	74.10	82.4	12.900	17.4
全桥模型	844	744.00	974.0	100.000	13.4

模型的信息数据通过轻量化程序转化为结构化数据存入 SQL 数据库中(图 5),利用构件的 GUID 与三维几何数据一一映射。GUID(Globally Unique Identifier,全局唯一标识符)是一种由加入了非随机

的参数(如时间)的算法生成的二进制的数字标识符,是一串独一无二的字符,被用作构件的标识信息。当构件被创建时,赋予它一个恒定不变的GUID属性,在项目全生命周期的数据共享过程中,通过GUID实现构件模型文件中的三维几何数据与SQL数据库中的信息数据的绑定,从而极大地保证了数据的及时性、关联性和一致性。

ID	名称	中心线	标高	长度	直径
16	宁南桥,3行4列桩基(10#)	3266+946.25	913.732	60	2.5
17	宁南桥,3行4列桩基(11#)	3266+946.25	913.732	60	2.5
18	宁南桥,3行4列桩基(12#)	3266+946.25	913.732	60	2.5
19	宁南桥,3行4列桩基(13#)	3266+946.25	913.732	60	2.5
20	宁南桥,3行4列桩基(14#)	3266+946.25	913.732	60	2.5
21	宁南桥,3行4列桩基(15#)	3266+946.25	913.732	60	2.5
22	宁南桥,3行4列桩基(16#)	3266+946.25	913.732	60	2.5
23	宁南桥,3行4列桩基(17#)	3266+946.25	913.732	60	2.5
24	宁南桥,3行4列桩基(18#)	3266+946.25	913.732	60	2.5

图5 黑水河大桥的SQL数据库示意图

3.2 基于BIM+GIS的建设管理平台应用

本文采用FME(Feature Manipulate Engine)空间数据处理软件,基于“语义转换”的理念^[8],将FBX格式的BIM模型文件转化为空间数据格式,通过构件GUID与数据库关联,并载入至BIM+GIS的建设管理平台中(图6),实现大规模的BIM数据和地理信息数据等多源异构数据的集成,共同服务于工程建设、

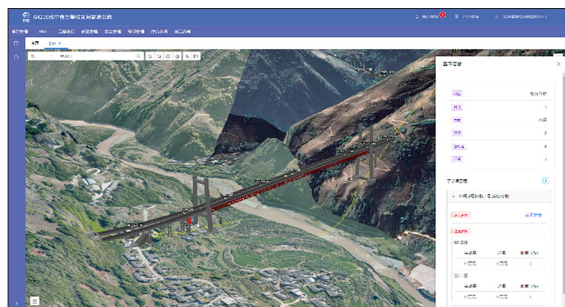


图6 黑水河大桥在建设管理平台的应用界面

质量管理、安全管理、环保管理、综合协调和竣工资料等BIM应用点,使工程项目全生命周期的管理更加合理、高效。

4 结语

本文通过CATIA CAA二次开发技术,基于数模分离的原理,自主研发内嵌于CATIA软件的模型轻量化导出程序,轻量化后的模型文件仅为原大小的13.4%,且信息数据均存于数据库中,高效地实现了BIM模型的轻量化。以黑水河大桥工程为例,实现了轻量化后续模型在BIM平台层的数字化交付与应用,验证了该轻量化方法的可行性与工程适用性,对推动桥梁工程的信息、智能化具有一定的积极意义。

参考文献:

- [1] 邵艳,丁璐.公路工程建设阶段BIM技术实施探索[J].中外公路,2018,38(6):327-331.
- [2] 罗通,练章华,牟易升,等.基于CATIA二次开发的渠道三维设计研究[J].水资源与水工程学报,2020,31(1):146-153.
- [3] 黄成岑,李洋溢,袁通.BIM技术在桥隧相接部位方案设计中的应用[J].中外公路,2020,40(5):236-239.
- [4] 姜玉龙,夏远靖,贺波.基于GIS的BIM轻量化技术在桥梁工程中的应用研究[J].公路,2020,65(1):123-127.
- [5] 郭思怡,陈永峰.建筑运维阶段信息模型的轻量化方法[J].图学学报,2018,39(1):123-128.
- [6] 金波.MicroStation三维模型导出ArcGIS SLPK格式探讨[J].智能制造,2020(8):29-35.
- [7] 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.
- [8] 邹威,李磊,龚其琛.一种基于FME的空间数据属性更新方法[J].地理空间信息,2020,18(5):99-101,114,8.