

基于 CATIA 的线性工程 BIM 模型漫游功能开发

曹炳勇

(同济大学建筑设计研究院(集团)有限公司,上海 200092)

【摘要】为了避免模型在专业软件之间反复导入导出,以及导出过程中的模型要素丢失问题,本文提出了一种基于动态视点的线性工程 BIM (building information modeling, 建筑信息模型) 模型漫游视频制作的方法。首先阐述三维视点的基本特征,结合线性工程的特点,研究了漫游视频制作的总体技术路线;接着具体剖析了基于漫游视角需求的视点参数设置以及漫游过程中的视点生成方法;最后,以 CATIA 建模软件为基础平台,采用 Automation 的方式设计并开发了线性工程 BIM 模型漫游功能。实例表明,该程序能够实现漫游视频素材的自动导出,具有自动化程度高、方便高效、成本低的技术优势,有助于快速生成用于方案展示的视频成果。

【关键词】线性工程;漫游视频;三维视点;CATIA

【中图分类号】TU17; TU201.4 **【文献标识码】**A **【文章编号】**1674-7461(2022)06-0075-05

【DOI】10.16670/j.cnki.cn11-5823/tu.2022.06.13

引言

建筑漫游是利用虚拟现实技术对现实中的建筑进行三维仿真,具有人机交互性、真实建筑空间感、大面积三维地形仿真等特性,能够给用户带来强烈、逼真的感官冲击,获得身临其境的体验^[1-3]。因此,被广泛运用于建筑领域的技术交底和方案展示中。线性工程作为带状构造物,包括道路、桥梁、隧道等,其漫游过程一般是指以行车模式沿指定的三维曲线进行驾驶状态的视觉还原,从而验证设计的合理性,例如:行车视距检查;道路两侧绿化景观效果;标识标牌位置合理性;行车视角下的桥梁结构美观性;夜间行车的照明效果等^[4-6]。

现阶段,生成线性工程 BIM 模型漫游视频的方法主要分为两类:一类是采用 BIM 核心建模软件本身的功能,以 3DExperience CATIA 2019x 为例,软件自带步行和飞行模式下的漫游功能;另一类则是借助专业的 3D 可视化漫游软件来完成,例如 Lumion、Fuzor、Enscape、Navisworks 等。虽然上述两种方式下均能生成线性工程的漫游视频,但仍存在一些弊端。

前者在运动模式下,通过鼠标和键盘控制视线和速度,难以保持恒定的视角和速度,尤其是存在曲线段时,视线沿路线的转动生硬且迟钝,导致视频效果不佳;后者在场景处理和渲染效果方面具有较大的技术优势,但由于数据兼容性的问题无法直接使用 BIM 模型数据,在方案设计阶段需要反复导入导出中间格式进行软件间数据传递,且过程中往往会出现模型要素丢失的问题,例如 CATIA 能够支持实体模型、曲面模型和线性元素在同一个零件下的表达,而中间格式通常不具备这样的兼容性,因此当同时存在多种几何表达模式时,不可避免地会造成部分几何要素的丢失。Revit 在导出模型时也会出现材质纹理缺失的现象。此外,漫游视频的制作依赖于手动截取的关键帧,这是一项耗时且无法精确控制的工作。

针对现有方法的不足,本文提出了一种基于动态视点的线性工程 BIM 模型漫游视频制作的方法。该方法通过对 BIM 核心建模软件进行二次开发,基于视点功能接口沿指定路线不断调整视点并同步截屏来获得带序列的帧图像,从而生成漫游视频,

避免了模型在专业软件之间反复导入导出的过程,同时也有效地规避了 BIM 几何模型在导出过程中精度下降和材质丢失等问题,具有自动化程度高、方便高效、成本低的技术优势,有助于快速生成用于方案展示的漫游视频。

1 面向线性工程的视点漫游

1.1 三维视点

在 BIM 建模环境中,三维视点是 3D 视图的一种属性,直接定义了模型几何在视图中的显示效果,其内涵包括了视点原点、视线方向、视线向上方向、焦距、视野范围等一系列特征。如图 1 所示,视点原点表征人眼所在的位置,以 XYZ 坐标值表达;视线方向和视线向上方向均为相对于坐标系原点(0,0,0)的方向向量,且两者之间保持垂直;焦距表示眼睛到目标点的距离,人眼的焦距约为 22 mm;视野范围是指所能看到的角度范围,人眼集中注意力时的视野范围约为 12°。

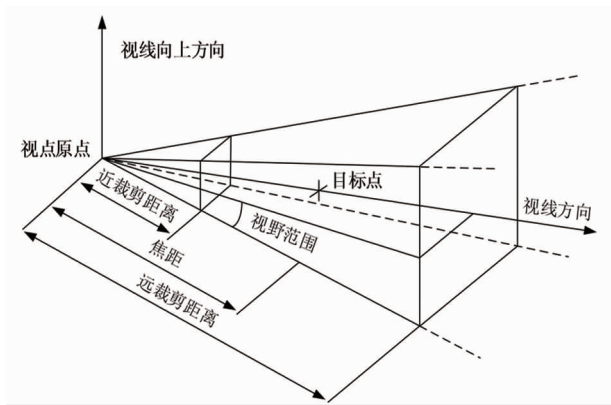


图 1 三维视点的几何图示

1.2 技术实现

基于上述三维视点的基本特征,本文提出了一种基于动态视点的线性工程 BIM 模型漫游视频制作的方法,总体技术路线如图 2 所示。

(1) 将三维环境的投影模式切换为观察者模式,以模拟人眼的视觉效果;

(2) 确定线性工程 BIM 模型的漫游曲线,漫游曲线需与构筑物的基本走向相同,对于道路而言,一般为道路中心线;

(3) 调整漫游时的视点参数,在任一固定的视点位置上进行视点参数的调整,从而获得理想的漫游视角;

(4) 保持视点参数不变,沿漫游曲线动态调整视点位置和方向,并同步保存为帧图像;

(5) 利用视频编辑软件导入带有序列的帧图像,并导出为漫游视频。

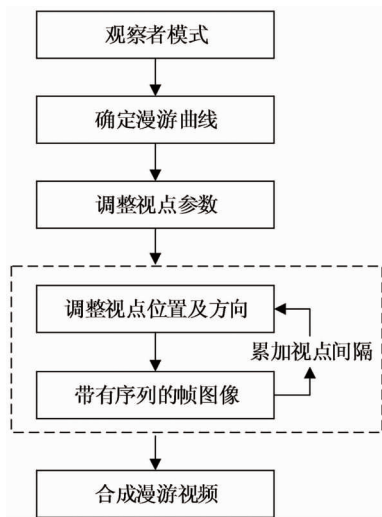


图 2 总体技术路线

考虑到线性工程的漫游视角一般为驾驶人员的行车视角,因此需要在漫游曲线的基础上进行视点位置和视线方向的微调,主要包括视线相对高度、视线角度、视点偏移。如图 3 所示,视线相对高度是指将视点位置沿竖直方向平移一定距离,由于桥梁漫游分为桥上、桥下两种漫游方式,视点可沿上下两个方向进行平移,平移方向由正负号决定,向上为正,向下为负;视线角度则是指将视线方向在其所在竖直平面上旋转一定角度,其旋转方向由正负号决定,顺时针为正,逆时针为负;视线偏移是将视点位置沿其在水平面上的法线方向平移一定距离,可以模拟在不同车道位置处的视觉感受,其平移方向由正负号决定,向右为正,向左为负。

此外,为了控制漫游速度,引入视点间隔参数,即在漫游曲线上相邻两个视点的距离,该参数可采用以下公式换算成行驶速度,公式如下:

$$v = 3.6 \times N \times A$$

式中, v 为行驶速度,单位为 km/h; N 为帧数; A 为视点间隔,单位为 m。

为了获得理想的漫游视角,通常需要一个固定的视点位置来调整上述参数,因此本文以漫游曲线的起点为视点原点,起点的切线方向为视线方向,视线方向在其所在竖直平面上逆时针旋转 90° 作为视线向上方向作为参数调整的基准视点。

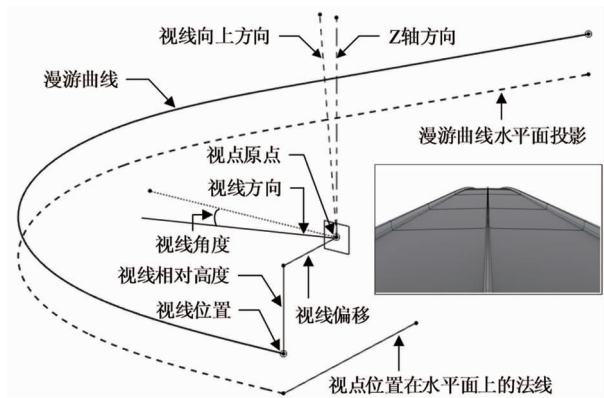


图3 视点参数调整的几何图示

在确定视点参数后,保持视点参数不变,沿漫游曲线不断切换视点位置和方向,并同步保存为帧图像,从而达到线性工程漫游帧图像采集的目的,具体流程如图4所示。其中,动态切换视点位置是在漫游曲线长度范围内,以视点间隔为变化量累加至上一个视点的长度值中,并将累加后的长度值所在点位作为下一个视点位置。而动态切换视点方向则是以上一个视点和下一个视点的连线作为视线方向(如图5所示),视线方向在其所在竖直平面上逆时针旋转 90° 作为视线向上方向。需要注意的是,与直接将当前视点位置的切线方向作为视线方向相比,当视点位置恰好位于曲率突变处时,相邻视点的连线方向会与曲线转向保持同步,符合驾驶人员的实际习惯。

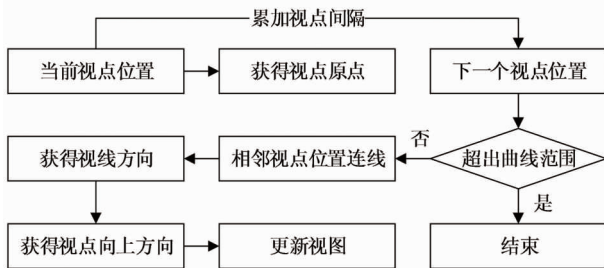


图4 漫游过程中动态视点切换流程

2 基于 CATIA 的功能实现

2.1 CATIA 二次开发技术

达索 CATIA 软件具有非常突出的复杂造型和曲面建模能力,目前该软件支持三种开发方式,分别为宏、自动化处理(Automation API)和组件应用架构(CAA,Component Application Architecture)。三种

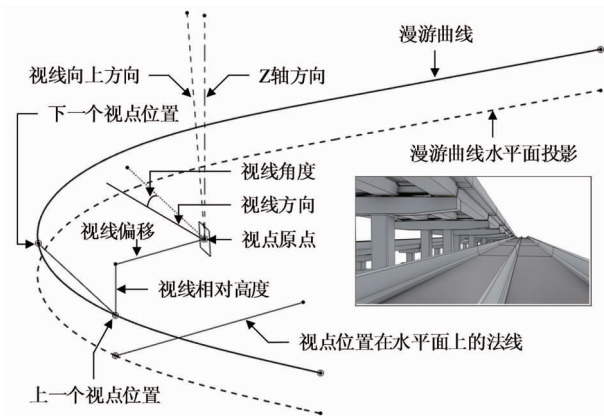


图5 漫游时视点几何图示

开发各有优缺点(如表1所示)^[7-10],因此应根据具体的功能需求来选择适宜的开发方式。本文所提出的线性工程漫游视频制作方法涉及三维视图和视点相关的接口,该接口非底层接口,可通过 Automation API 进行调用。此外,为了便于用户获得理想的漫游视角,需要提供灵活的交互界面。综合上述条件,本文确定了采用 Automation 方式进行功能开发。

表1 开发方式对比

开发方式	类型	优缺点
宏	进程内	简单易用,但用户交互性不足
Automation API	进程外	交互能力强,但底层开发受限
CAA	进程外	支持底层开发,但开发成本高

2.2 程序实现

本文所开发的程序基于 3DExperience CATIA 2019x 版本。首先通过 Viewpoint3D 的 Projection-Mode 属性将投影模式切换为 catProjectionConic,即观察者模式,通过 AddNewPointOnCurveFromDistance 方法获得漫游曲线上相邻的两个视点位置,并获得两者之间的连线,方向朝向后一个视点;在前一个视点位置处作竖直向上的任一直线,与视点位置的连线结合,获得视线所在的竖直平面;根据用户输入的视线角度,在竖直平面内旋转视点位置的连线,从而获得最终的视线方向,通过 AddNewDirection 方法获得其方向向量,并使用 Viewpoint3D 的 PutSightDirection 方法更新当前视点的视线方向,视线向上方向则是在视线方向的基础上逆时针旋转 90° 获得的,使用 PutUpDirection 方法进行更新;将前一个视点位置沿竖直方向平移设定的相对高度,

并沿漫游曲线在水平面投影的法线方向平移偏移距离,从而获得实际的视点原点,利用 Measurable-Point 中的 GetPoint 方法获取其坐标值,并使用 PutOrigin 方法更新视点原点的坐标。

为了使程序具有更好的交互性,本文采用 WPF 界面框架,并融入 MVVM 设计模式,实现了视点参数调整与模型视图实时同步的效果,功能界面设计如图 6 所示。



图 6 功能界面设计

3 应用实例

为了验证本文所开发的线性工程 BIM 模型漫游功能的有效性,以某个城市高架桥 BIM 模型为例进行功能测试,具体步骤如下:

Step1: 在 CATIA 环境中交互式选择高架桥的道路中心线,以确定跟随路线;

Step2: 通过视点设置中的滑动条动态调整视点参数,以获得理想的漫游视角,实例中将视线高度和角度设为负值,同时设定视点横向偏移以避免让桥墩,从而实现视角在高架下方的漫游;

Step3: 设定帧图像的导出路径;

Step4: 使用 Adobe Premiere 视频剪辑软件导入所有的帧图像,合成漫游视频。

测试结果表明:程序能够实时响应用户的视点参数调整(如图 7 所示),并按指定的视点间隔在文件路径下生成带序列的帧图像,经 Adobe Premiere 视频剪辑软件处理后(如图 8 所示),可导出为流畅的漫游视频,满足线性工程方案汇报和展示的需求,并可进一步用于检查行车视距和标识标牌位置的合理性。同时需要指出的是,受限于建模软件本身的可视化功能,一般适用于前期主体结构方案

展示环节,若对场景渲染效果有更高要求,仍需要结合专业的建筑漫游软件来完成。

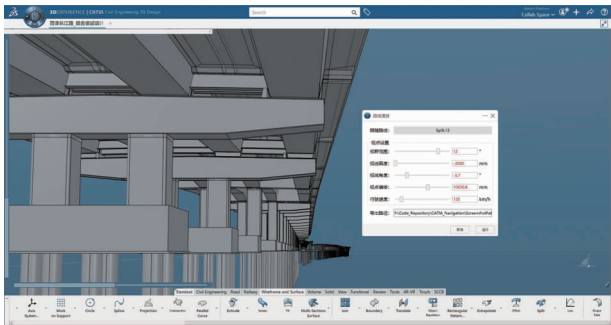


图 7 视点参数调整

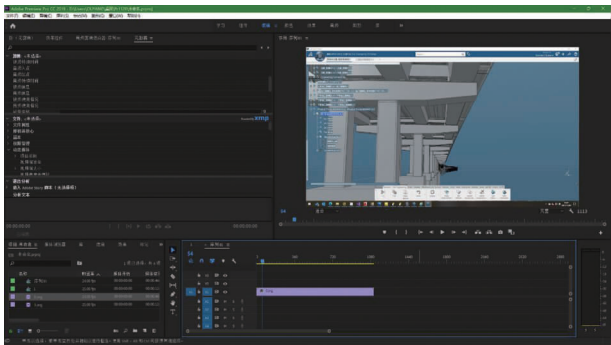


图 8 使用 Adobe Premiere 软件合成漫游视频

4 结论

本文以线性工程 BIM 模型漫游为切入点,针对现有工作流中操作繁琐、视角控制精度低,效率低等问题,提出了一种基于动态视点的线性工程 BIM 模型漫游视频制作的方法。通过沿漫游曲线动态切换视点位置和方向,可直接在 BIM 建模环境内实现漫游视频素材的导出,使得漫游视频制作的总体效率提升 3~5 倍,且随着线型复杂度和构筑物长度的增加,其优势也愈加明显。该方法有助于快速实现线性工程设计成果的三维可视化展示。

参考文献

[1] 童格亮,秦开怀. 建筑 CAD 及其实时漫游技术[J]. 软件学报, 1996,07(09): 521-525.
[2] 王健宁,董社勤,石教英. 虚拟建筑实时漫游算法:综述[J]. 计算机工程与应用, 2000(01): 29-33.
[3] 赵晓静. 基于虚拟现实建筑景观漫游动画设计研究[J]. 电子技术与软件工程, 2021(05): 120-121.
[4] 李岩. 建筑三维漫游系统的设计与实现[D]. 中南大

- 学, 2010.
- [5] 曹喆, 罗倩倩. 论虚拟漫游技术在建筑行业中的应用[J]. 现代装饰(理论), 2011(10):92.
- [6] 石静泊. 建筑漫游动画的制作思路和流程[J]. 科技资讯, 2011(23):60.
- [7] 袁胜强, 欧阳君涛, 刘钊. 基于 3D Experience 平台的市政交通 BIM 系统的研发及应用[C]//第三届全国 BIM 学术会议论文集, 2017,116-121.
- [8] 朱正良. 基于 CATIA 的铁路线路二维设计成果三维可视化展示方法[D]. 西南交通大学, 2016.
- [9] 齐成龙. 基于达索平台 CAA 架构的桥梁基础 BIM 建模及审核工具开发[J]. 结构工程师, 2020,36(06):214-220.
- [10] 刘勇杰, 胡勇, 郑绍春. 一种基于 CATIA 二次开发的船体外形建模方法[J]. 船海工程, 2017,46(04):77-81.

Development of BIM Roaming Function of Linear Engineering Based on CATIA

Cao Bingyong

(Tongji Architecture Design (Group) Co., Ltd., Shanghai 200092, China)

Abstract: In order to avoid the repeated import and export of models between professional softwares, as well as the loss of geometric elements during the export process, this paper proposes a method for BIM roaming video of linear engineering based on dynamic viewpoints. First, the basic characteristics of 3D viewpoint are explained, and combined with the feature of linear engineering, the overall technical route of roaming video production is studied; then the viewpoint parameters based on roaming requirements and the method of viewpoint generation during the roaming process are analyzed in detail; finally, based on CATIA modeling software, the BIM roaming function of linear engineering is designed and developed by Automation. The example shows that the program can realize the automatic export of roaming video materials, and has the technical advantages of high automation, convenience, efficiency, and low cost, which helps to quickly generate roaming video for design display.

Key Words: Linear Engineering; Roaming Video; 3D Viewpoint; CATIA