

基于虚拟现实技术的南京鼓楼建筑情景复原

赵菁, 张乘风

南京林业大学, 南京 210037

摘要: 为了复原南京鼓楼最初的建筑形制动态情景变化, 提出一种基于虚拟现实技术, 并结合 Cinema 4D 三维建模软件的情景化数字复原流程。首先, 对南京鼓楼的周边环境、建筑构件、室内陈设等进行研究, 在现有测绘资料的基础上, 进行艺术化的情景再现设计, 并利用三维建模技术, 通过模型复原真实的建筑形制。然后, 结合虚拟现实技术, 实现明鼓楼建筑与观赏者的情景交互设计。南京鼓楼始建于明洪武年间, 后因历史变迁, 其建筑规模、等级、做法均发生较大变化, 导致明初鼓楼在每一个复建阶段的建筑定位仍然含糊不清。最终, 通过虚拟现实技术, 使南京鼓楼建筑形制能够以可视化的形式得以保存。在虚拟过程中, 提出了简化且真实的古建建模交互策略, 让用户通过沉浸式体验, 直观地感受古建复原、修缮的过程。

关键词: 虚拟现实技术; 复原古建; 南京鼓楼; 情景再现

中图分类号: J59

文献标识码: A

文章编号: 2096-6946(2020)01-0069-05

DOI: 10.19798/j.cnki.2096-6946.2020.01.013

Restoration of Nanjing Drum Tower Building Scene Based on Virtual Reality Technology

ZHAO Jing, ZHANG Chengfeng

Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, China

Abstract: The work aims to propose a scene-based digital restoration process based on virtual reality technology and combined with Cinema 4D 3D modeling software, in order to restore the dynamic scene changes of the original building shape of Nanjing Drum Tower. First of all, through the study on the surrounding environment, building components, indoor furnishings and so on of Nanjing Drum Tower, based on the existing surveying and mapping data, the artistic scene reproduction design was carried out, and the three-dimensional modeling technology was used to restore the real building shape. Then, the virtual reality technology was used to realize the scene interaction design between the Drum Tower of the Ming Dynasty and the audience. Nanjing Drum Tower was first built in Hongwu Period of the Ming Dynasty, and its scale, grade and practice had changed greatly with the historical changes, so that the architectural orientation of Nanjing Drum Tower in the early Ming Dynasty in each reconstruction stage was still unclear. Finally, through the virtual reality technology, the building shape of Nanjing Drum Tower could be preserved in the form of visualization. A simplified and real interactive strategy of ancient building modeling is proposed in the virtual process, so that users can directly experience the process of ancient building restoration and repair through immersive experience.

Key words: virtual reality technology; restoration of ancient buildings; Nanjing Drum Tower; scene reproduction

中国古建是将历史环境、艺术形态、结构规制融为一体建筑体系, 以空间灵活性、构件实用性、陈设精

巧性而著称。钟鼓楼, 自西汉建立以来, 就被作为具有计时报时、警示礼仪功能的传统建筑, 更是中国古建中

收稿日期: 2019-12-18

作者简介: 赵菁(1995—), 女, 江苏人, 南京林业大学硕士生, 主攻室内设计。

通信作者: 张乘风(1958—), 男, 湖北人, 南京林业大学教授, 主要研究方向为家具设计、室内设计。

不可或缺的宝贵遗产。南京钟鼓楼原为明初所建的官作建筑,由于历经几个朝代的改建,现已几乎不存在了。在这种不能进行实物保护和复原的情况下,可以利用虚拟现实技术,形成较为完整的数字复原流程。20世纪40年代,虚拟现实技术的概念首先被美国提出,并且很多国家都应用此技术,对历史遗迹进行了虚拟复原。虽然我国自90年代起至今,也逐渐开始重视此技术,并通过此技术完成了部分文化遗址的修复,但是我国利用虚拟现实技术来完成数字复原的流程仍不完善,与发达国家相比,还存在一定差距。其中,主要的问题集中于建模效率低下、实时交互卡顿等。

一、虚拟复原南京鼓楼的流程设计

(一) 整体框架

基于虚拟现实技术的古建数字化复原过程囊括了三项基本环节,即资料采集、三维建模、交互发布。每一环节的开发涉及不同的学科领域,因此,需要事先制定完整的逻辑框架,避免因操作人员不同、开发周期过长等问题造成结果偏差。此整体框架设计基于明初的真实情景进行复原,为了能够反映古建的真实状态,需要事先罗列出相关注意问题,即项目展示方法和平台、模型制作成果和分配、交互使用方式和体验。以此为基础,南京鼓楼数字复原流程见图1。

(二) 资料采集

资料采集,作为前期工作,是确保古建复原真实性的关键环节,它能够保证后期交互平台具有可靠的使用价值。现对南京鼓楼的数据资料按照文件类型进行分类管理:(1)传统古建资料,涉及南京鼓楼的直接资料和相关钟鼓楼建筑、明代建筑形制的间接资料;(2)测绘数据与图纸,包含南京鼓楼建筑文物保护项目与古代建筑复原设计流程等;(3)实地影像数据,主要是现场采集现存与后建的鼓楼建筑结构、建筑外观纹理贴图及其他补充类实地数据;(4)影像短片参考,相关建筑形制补充和影像脚本分镜设计,如《暮鼓晨钟——西安钟楼、鼓楼风云》(CCTV纪录片)等。

(三) 虚拟建模

在前期采集资料的基础上,开展中期工作,即虚拟建模。明初南京鼓楼的实地测绘资料有限,大部分建筑形制复原尚处于推测阶段,加上南京鼓楼存在种种复杂的结构构件,以及多呈抛物线的屋脊和复杂多变的鸱尾,都大大地增加了三维模型的建造难度。另外,如今常用的三维建模软件,如BIM、3Dmax、Maya,也都存在着一个问题:当大型场景中的模型存在过多面数时,会极大地提高对硬件设备的要求。就算利用贴图代替精细模型,也会由于需要达到的细节效果而不得不提高贴图的分辨率,导致同样的问题出现,因此,此次复原流程设计将通过Cinema 4D进行虚拟建模,并总结建模规律和方法,以规避上述问题。

(四) 交互发布

达到虚拟现实的理想效果是后期工作的主要目标。国内时下流行的虚拟现实系统操作流程主要分为三个步骤:首先,将三维软件中的虚拟模型经过场景贴图、灯光、烘焙处理;然后,导入第三方虚拟漫游软件,如VR-Platform、Quest 3D、Unity 3D等,进行二次场景、灯光设置,以及创建视角和摄像机;最后,通过专用硬件输出设备,实现人机交互。由于整个操作流程重复繁杂,所需专用设备昂贵,技术专业要求较高等,导致虚拟现实场景交互不能在更多场所被普及。然而,如果在鼓楼复原建筑情景交互发布时,选用CG三维动画制作效果图,那么同样能够达到画面精美、艺术效果真实的目的,并且在视觉上提高流畅度与直观性。

二、南京鼓楼的建筑情景

(一) 南京鼓楼历史概况

洪武十五年,朱元璋在修建城池时规定“左列鼓楼,右建钟楼”。鼓楼发出的信号控制各城门的开合,因此,为了符合报时和警示礼仪的功能,将其置于城市中心的黄泥岗上,且为上楼下台的建筑形式。

清康熙年间,钟楼被毁,鼓楼城楼不存。后树碑于此,暮鼓晨钟不复存在。重建后的规模远不及明。虽

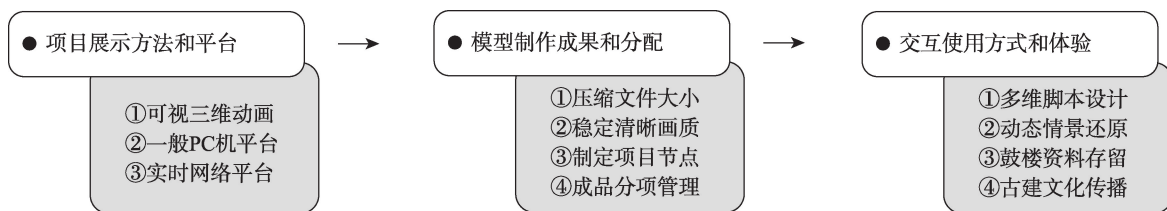


图1 南京鼓楼数字复原流程

然沿用了明砖砌筑城台,但是城楼由原先的室内含廊下空间转变为在城台正中设立单层重檐歇山顶的殿堂式建筑,同时,周围的廊下空间变为露天,开间尺寸与内部空间不对应。

民国时期,成立鼓楼公园,隔绝了城市主干道,降低了行人穿行的频率。城楼内部空间被分隔为两层,留下的上空区域使戒碑贯穿至二层,此为破坏行径之始。由于此举影响了建筑内部的自然采光,所以为了弥补,又在南面屋顶开设天窗。此行径又对鼓楼造成了更大的立面毁坏。

新中国成立后,鼓楼经过了三次大修,包括防水处理、坍塌墙补、防腐工程等。然而多次增添额外材料,导致地平面整体被抬高,城楼内柱础被掩埋了大半,大量文物资料丧失。

现在,城台中央三拱券被封闭,作为展览空间。城楼内一二层均设吊顶,作为商业空间。

(二) 南京鼓楼推测情况

明南京鼓楼拟选址于城市中心的黄泥岗上,横跨道路,西北—东南朝向,以山体做地基,海拔40 m,可俯瞰全城。受元大都的影响,不仅沿袭暮鼓晨钟的传统礼制,而且作为防守要塞,受军队管辖。

明南京鼓楼城台为官式砖构建筑。墙体拟用400 mm×200 mm×100 mm规格的砖砌筑。空间由三十四个半圆券和两个双心券组成。城台内部两边对称,楼梯通向顶部。顶部应采用木栏杆及尺七尺四方砖细墁。

明南京鼓楼城楼建筑平面拟为七间四进,面阔方向拟为明间31尺,次间19.5尺,廊宽10尺;进深方向拟为开间22.5尺,廊宽10尺。建筑剖面拟为单层重檐歇山顶,举高在1/3左右。上层屋面应由九檩八架椽组成,柱高15~17.5尺间,斗口值拟为3.78寸。上檐疑用七踩单翘重昂斗拱,下檐疑用五踩单翘单昂斗拱。正面明间使用4攒平身科,次间2攒,山面开间2攒。大木作拟用800 mm×630 mm九架梁,780 mm×580 mm七架梁,720 mm×540 mm五架梁,660 mm×490 mm三架梁,直径480 mm的檩条,直径420 mm的挑檐檩,650 mm×420 mm额枋,200 mm×380 mm平板枋。常见的小木作如格扇、槛窗、天花、梁枋、屋顶等,均非常精美。其中,具有代表性的样式有三交六椀菱花式格扇、槛窗,井口式天花,墨线大点金旋子彩画式梁枋,三样黑琉璃瓦绿剪边式屋顶。

三、基于 Cinema 4D 三维软件的建模方法

Cinema 4D由德国Maxon Computer开发,以极高的运算速度和强大的渲染插件著称,其内置的Body paint 3D模块可直接在三维模型上进行贴图绘画,有多种笔触并支持压感和图层功能。通过建造明鼓楼复原模型,总结古建中应用Cinema 4D的三维建模方法。

(一) 多边形建模

对于古建中结构复杂的模型构件,需首先考虑多边形建模,良好的布线原则可大大提高建模效率。首先,采用有利于电脑运算的均匀四边形布线方式,避免产生三角面或五边形面,即极点的产生。这样可以减少N-GON多边形的产生,使得循环切线可控,便于操作且能有效解决模型因细化操作而导致的在动画中出现的破面、褶皱、黑面现象。其次,因为多边形法线决定其表面朝向,所以必须确保法线始终朝外。在大场景制作中,可利用“背面忽略”,避免渲染时多余光线的追踪计算。接着,在转角或曲线处运用“钻石分面”结构,在保持边的形状的情况下,把一个边分裂成两个不同走向,并确保形成的表面大小平均。最后,“收缩包裹变形器”可作为古建结构穿插组合的核心工具。将建立好的构件网格或几何体投射到需要穿插的面上,从而使过渡面柔和,且不会产生多余的面片和改变多边形线条。

(二) 样条建模

样条建模即用样条画出模型轮廓,再通过挤压样条,建立三维模型。虽然此方法简单快捷,但在古建类变形模型中,常会由于添加细节特性的原因而出现问题。

1)挤压导致的拓扑结构在默认情况下会形成N-GON面,从而使在细分曲面特性下,模型由于没有样条支撑而立刻塌陷。

2)即使把表面类型改为四边形或标准网格,也会因与挤压边的数量不等而造成细分曲面特性下三维模型的崩坏。

3)为确保模型的正常使用,必须使样条边与挤压边的数量相等。然而此种优化方法会形成数量极多的网格,且边线凹凸不平,这大大地增加了模型被撕扯和裂开的可能性。

针对以上情况,可以通过沿样条线建立低分辨率的四边形,改变点的权重,再解决细分曲面的问题,同时,注意保证曲率相同。在细分曲面下,若对模型转折

区域及结构穿插区域添加控制型切线,可以形成过渡自然的硬化边。

(三) 拓扑建模

拓扑建模中,“拓扑”的意思是形状表面的对象。其操作流程为在顶视图和左视图中,用多边形制作各种表面与形状,再通过挤压形成三维模型,最后,通过细分曲面来快速地增加细节效果。该方法不仅适合扁平物体,而且适合曲线表面,因此,对古建模型中复杂的细节处理更为有效。在建模时,需考虑曲面、角及布线。首先,保持每个凸角为四边多边形,凹角处利用“钻石分面”以三个四边形支撑。为解决凹角处极点问题,向内切线借边,通过在转折处添加控制线,完成循环结构。其次,优化布线,为几何体添加轮廓线(过渡边),并通过切线在周围建立四边形,消除轮廓线上的极点,融解多余线条以确保达到网格均匀且分辨率较低的拓扑结构。最后,对表面细节进行拓扑细节调整。先将其余确定曲率、循环边、过渡边的保护区域用切线隔离,同时,确保细节需建立的曲率处在单独的四边形中。再对细节处循环布线,并保持细节处曲率有足够的四边形支撑。

(四) 方块建模

当复原建筑过于复杂时,利用方块建模中的几何体可快速搭建场景的大致模型,利用几何体的参数化将模型进行拼合并加点绑定成为整体。在空间转化上,相对前三种由2D转化为3D的建模方法,方块建模更为快捷。简易模型的建立方便对场景进行整体操控,再利用对称、径向、轴向等工具对几何体各面进行拓扑细节处理。其中,包含以下技巧方法。

1)由方形内部开始,增加循环边线,形成四边形的支撑面,通过改变边线点的位置可做出圆形切口,反复添加循环线可细化圆形切口的曲率。以此类推,在圆

形内作方形切口,或者连接二者,均可在保持曲率的情况下实现。

2)在进行布尔操作时,先将每一个布尔对象放置在独立的四边形中,防止由布尔产生的线段相互干扰,再通过平面切线,移除布尔对象上的N-GON线和模型中出现的多余线段。利用布尔工具中的“隐藏边”可将新产生的线段转化为N-GON线,从而便于布尔边缘的硬化处理。

四、CG动画在复原情景中的应用

CG(Computer Graphics),以计算机为主要工具,进行视觉设计和生产的一系列相关产业,包含平面设计、网页设计、三维动画、影视特效等。Cinema 4D 凭借其软件优势可将模型或灯光的三维信息输出,并与特效软件 After Effects 形成完美衔接。

(一) 动画脚本

建筑的三维动画是通过画面、节奏、镜头组接这些元素组合形成的虚拟现实视听艺术语言。与传统影视作品相比,建筑三维动画的交互性使其在结构上必须做出改变。以纪录片《鼓楼风云》、《西安钟楼》作为真实场景的叙事镜头参考,设计了明鼓楼复原的三维动画脚本,见表1,提前策划叙事路线,并在动画中,以镜头结合音乐鼓点的形式,提醒观众画面中心。

(二) 光影设计

根据明鼓楼复原的三维动画脚本,确定不同场景中的布光色调、布光氛围、光源形式等,并制定整套布光方案。依据古建复原的客观性,现将明鼓楼复原的三维动画中的主布光色调定位为冷色调,主布光氛围定位为神秘氛围,并采用三点光源形式。再根据布光原则,确定主光源的方向。由表1可知,本脚本设计中的镜头大多在室外,光源为太阳光,仅06镜头在室内,

表1 明鼓楼复原的三维动画脚本

场次	镜头编号	场景表现	时间
片头:鼓楼生长动画	01	周围地形—地基—城台—城楼的快速生长过程,同时出现片头特效	9 min35 s
高潮:鼓楼漫游动画	02	鼓楼台基的虚化镜头转为清晰,再以生摇镜头上升至城楼,并逐渐虚化	19 min51 s
	03	以白闪过度特效转到城台三拱券前,并以推镜头的方式,由拱券进入鼓楼后方景观	22 min17 s
	04	先推后移,重点展示城楼斗拱等大木作部分	39 min36 s
	05	模糊转场特效,表现彩画、槛窗等小木作部分	11 min5 s
	06	先推后摇,沿走廊进入城楼,再以升镜头表现天花	5 min3 s
	07	全景鸟瞰角度,俯视整个鼓楼场景	3 min44 s
结尾:鼓楼阴影动画	08	以第一人称视角,在城楼观景处表现阴影变化	3 min

此时还需额外设置灯光。因为主光源过硬、过强,造成鼓楼场景的明暗对比强烈,所以在主光源90°的方向设置散射辅光源,以增添建筑的层次感。为了强调城楼、城台的轮廓线,在其背面设置背光源。同时,为了不影响其余布光,此光源的强度应为最弱。最后,检查场景整体效果,对不同场景添加相应的各自补光源,提升光照效果,使氛围过渡更加自然。

08镜头设置为阴影变化,以此传达更多细节和信息,如阳光、空气、时间、空间等。以此作为结尾更能凸显鼓楼建筑的体量感,以及提醒观影者重回视觉中心。一般阴影色随环境色的变化而变化,此处为室外环境,阴影多为偏冷色。

五、结语

该项研究是一套基于虚拟现实技术,并结合 Cinema 4D 三维建模软件的古建情景数字的复原流程,并以复原明初南京鼓楼为例进行了概念构想,为古建复原中的情景交互设计模块提供了一定方法。在构建三维模型的实际操作中,分为多边形建模、样条建模、拓扑建模、方块建模四种类型。针对各类型中出现的画面卡顿、图形错误、渲染过慢等问题,提出了模型优化方法,其中最为方便快捷的建模类型为多边形建模和拓扑建模的综合应用。除此之外,还提出利用CG动画实现古建还原的情景交互,并且以明初南京鼓楼情景复原为例,设计了三维动画脚本及光影设计,以此来解决目前虚拟现实交互尚不能被多方普及的问题。该技术成果不仅有科研价值,全面地展示了古建的多维信息,为后续研究提供了参考,而且有商业价值,能够被具体应用于空间动画展示、影视动态布景、文创产品开发等过程中。

参考文献

- [1] 张笑楠. 古建筑室内环境数字化复原及其应用[J]. 家具与室内装饰, 2007(2): 19-21.
ZHANG Xiaonan. Digital Restoration of Interior Environment of Ancient Buildings and its Application[J]. Furniture and Interior Decoration, 2007(2): 19-21.
- [2] 王昱东. 虚拟现实技术在古建复原中的运用方法研究[J]. 企业科技与发展, 2018(2): 203-206.
WANG Yudong. Research on the Application Method of Virtual Reality Technology in the Restoration of Ancient Buildings[J]. Enterprise Technology and Development, 2018(2): 203-206.
- [3] 郭云仲. 虚拟现实技术在古建筑复原中的应用研究[D]. 武汉: 武汉理工大学, 2008.
GUO Yunzhong. Research on the Application of Virtual Reality Technology in the Restoration of Ancient Buildings[D]. Wuhan: Wuhan University of technology, 2008.
- [4] 陈滨. 中国古建筑艺术与数字化虚拟研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工程大学, 2013.
CHEN Bin. Research on Chinese Ancient Architectural Art and Digital Virtual[D]. Harbin: Harbin Engineering University, 2013.
- [5] 郭华瑜. 明鼓清碑——南京鼓楼的前世今生(上)[J]. 紫禁城, 2012(2): 28-31.
GUO Huayu. Mingguqingbei: the Past Life and Present Life of Nanjing Drum Tower(1)[J]. Forbidden City, 2012(2): 28-31.
- [6] 郭华瑜. 明鼓清碑——南京鼓楼的前世今生(下)[J]. 紫禁城, 2012(3): 8-11.
GUO Huayu. Mingguqingbei: the Past Life and Present Life of Nanjing Drum Tower(2)[J]. Forbidden City, 2012(3): 8-11.
- [7] 李双辰. 明代洪武时期南京鼓楼建筑复原研究[D]. 南京: 南京工业大学, 2013.
LI Shuangchen. Study on the Restoration of Nanjing Drum Tower in Hongwu Period of Ming Dynasty[D]. Nanjing: Nanjing University of Technology, 2013.
- [8] 何鹏, 李卫正, 王琦, 等. 三维建模软件 Cinema 4D 在园林辅助设计中的应用[J]. 林业科技开发, 2014, 28(4): 121-125.
HE Peng, LI Weizheng, WANG Qi, et al. Application of 3D Modeling Software Cinema 4D in Landscape Aided Design[J]. Forestry Science and Technology Development, 2014, 28(4): 121-125.
- [9] 汪浩文, 张捷. 基于虚拟现实的古建筑建模关键技术研究[J]. 重庆理工大学学报(自然科学), 2018, 32(9): 144-148.
WANG Haowen, ZHANG Jie. Research on Key Technologies of Ancient Building Modeling Based on Virtual Reality[J]. Journal of Chongqing University of Science and Technology (Natural Science), 2018, 32(9): 144-148.

- alization[J]. Journal of Computer- aided Design and Graphics, 2019, 31(10): 1719-1727.
- [6] 彭小丹. 信息可视化设计中的图形语言研究[J]. 科学技术创新, 2019(18): 84-85.
PENG Xiaodan. Graphic Language in Information Visualization Design[J]. Science and Technology Innovation, 2019(18): 84-85.
- [7] 涂凌琳, 张莉. 信息可视化设计中的动态视觉语言研究[J]. 无线互联科技, 2019, 16(1): 80-81.
TU Linglin, ZHANG Li. Dynamic Visual Language in Information Visualization Design[J]. Wireless Internet Technology, 2019, 16(1): 80-81.
- [8] NASRAOUI H, DRISS Z, KCHAOU H. Novel Collector Design for Enhancing the Performance of Solar Chimney Power Plant[J]. Renewable Energy, 2020: 145.
- [9] SIDIKOVA M, MARTINEK R, JAROS R, et al. Designing and Testing of the Software Module Evaluation of Visual Acuity for Information System Eye Center[J]. Journal of Biomimetics, Biomaterials and Biomedical Engineering, 2019(41): 117-127.
- [10] 吕春燕. 探讨数字媒体技术在物质文化遗产保护中的应用[J]. 文物鉴定与鉴赏, 2019(9): 134-135.
LYU Chunyan. Discussion about the Application of Digital Media Technology in the Protection of Material and Cultural Heritage[J]. Cultural Relics Appraisal and Appreciation, 2019(9): 134-135.
-
- (上接第73页)
- [10] 梁晓彤. 大明宫历史情景复原结合虚拟现实技术展示研究[D]. 西安: 西安理工大学, 2018.
LIANG Xiaotong. Research on the Restoration of Daming Palace's Historical Scene Combined with Virtual Reality Technology Exhibition[D]. Xi'an: Xi'an University of Technology, 2018.
- [11] 乔元元. 建筑动画中的视觉语言应用研究[D]. 西安: 西安工程大学, 2013.
QIAO Yuanyuan. Research on Visual Language Application in Architectural Animation[D]. Xi'an: Xi'an University of Engineering, 2013.
- [12] 魏晓敏. 在 Cinema 4D 技术背景下数字媒体广告中的动画特效设计应用研究[D]. 北京: 北京印刷学院, 2017.
WEI Xiaomin. Research on the Application of Animation Effect Design in Digital Media Advertising under the Background of Cinema 4D Technology[D]. Beijing: Beijing Printing Institute, 2017.