

doi: 10.7690/bgzd.2024.08.003

# 基于虚拟现实的纪念馆展厅空间展陈一体化系统

陶萍

(江苏爱涛文化产业有限公司艺术工程一部, 南京 210000)

**摘要:** 为优化纪念馆展陈布局, 提升用户对纪念馆展厅空间展陈系统的体验感, 设计基于虚拟现实的纪念馆展厅空间展陈一体化系统。纪念馆数据组织层利用摄像机与传感器等设备采集纪念馆展厅与展品图像数据, 通过图像解析模块将采集的 2 维图像数据解析为 DICOM3.0 标准数据格式, 并利用基于视觉感知的图像增强方法预处理图像, 由此获取纪念馆场景数据; 纪念馆展陈 3 维建模层基于场景数据, 利用 3D MAX 软件, 根据展厅空间布局陈列形状特征构建纪念馆展厅及展品的 3 维模型, 实施模型渲染与烘焙处理; 纪念馆虚拟展示层基于所构建的展厅与展品 3 维模型, 利用 3 维展示与全景漫游等方式实现纪念馆可视化虚拟展示。实验结果表明: 该系统模型构建精度较高, 可为用户提供更优质的交互感与沉浸式体验感。

**关键词:** 虚拟现实; 展厅空间; 展陈一体化; 图像数据处理; 3 维模型构建; 全景漫游

**中图分类号:** TP391.9 **文献标志码:** A

## Exhibition Integration System of Memorial Hall Based on Virtual Reality

Tao Ping

(No. 1 Art Project, Jiangsu Aitao Cultural Industry Co., Ltd., Nanjing 210000, China)

**Abstract:** In order to optimize the exhibition layout of the memorial hall and enhance the user's experience of the exhibition system of the exhibition hall space of the memorial hall, an integrated exhibition system of the exhibition hall space of the memorial hall based on virtual reality is designed. The data organization layer of the memorial hall collects the image data of the exhibition hall and exhibits of the memorial hall by using equipment such as a camera, a sensor and the like, analyzes the collected two-dimensional image data into a DICOM3.0 standard data format through an image analysis module, and preprocesses the image by using an image enhancement method based on visual perception so as to obtain scene data of the memorial hall; Based on the scene data, 3D MAX software is used to construct the 3D model of the exhibition hall and exhibits of the memorial hall according to the spatial layout and shape characteristics of the exhibition hall, and the rendering and baking of the model are implemented; The virtual display layer of the memorial hall is based on the three-dimensional model of the exhibition hall and exhibits, and realizes the visual virtual display of the memorial hall by means of three-dimensional display and panoramic roaming. The experimental results show that the system model has high precision and can provide users with a better sense of interaction and immersive experience.

**Keywords:** virtual reality; exhibition hall space; display integration; image data processing; 3D model construction; panoramic roaming

## 0 引言

纪念馆展厅空间展陈是向用户进行展览、获取展品信息的主要方式<sup>[1]</sup>。随着计算机技术与人工智能技术的深度发展, 用户可通过网络直接获取展品信息<sup>[2-3]</sup>, 无需再花费更多的时间与金钱去往纪念馆实地观览; 但当前所使用的纪念馆展陈系统在实际应用过程中普遍存在各种各样的缺陷。许小华等<sup>[4]</sup>基于 3 维可视化技术构建目标信息, 并通过 Java 开发生成目标数据库与多媒体库, 构建 3 维展示系统, 实现目标信息展示目的。但该系统构建目标 3 维模型时采用尺度固定特征变换的方法提取特征点, 该方法通常不能准确描述目标轮廓, 3 维模型构建精

度产生误差。李渊等<sup>[5]</sup>基于用户偏好分析对博物馆展陈空间进行系统展示设计, 并提供游览路线生成功能。该系统实际应用过程中存在模型构建结果与目标拟合度低、用户交互体验感差等问题。针对这些问题, 设计基于虚拟现实的纪念馆展厅空间展陈一体化系统, 达到模拟与再现真实纪念馆展厅空间展陈环境的效果。

## 1 纪念馆展厅空间展陈一体化系统设计

### 1.1 系统整体结构设计

纪念馆展厅空间展陈一体化系统设计过程中, 不仅需要考虑纪念馆展厅空间展陈的观赏性, 而且

收稿日期: 2024-04-19; 修回日期: 2024-05-25

第一作者: 陶萍(1978—), 女, 江苏人。

需要考虑纪念馆展厅空间展陈的生态性与美学性。纪念馆展厅空间展陈一体化系统设计要实现科学与技术统一，需以展览馆专题信息为基础，结合场景艺术展示效果设计系统。

针对纪念馆展厅空间展陈一体化设计的新需求，设计基于虚拟现实的纪念馆展厅空间展陈一体化系统。图 1 所示为基于虚拟现实的纪念馆展厅空间展陈一体化系统整体结构。

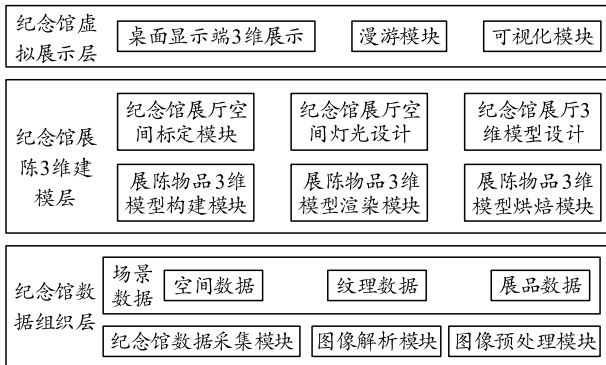
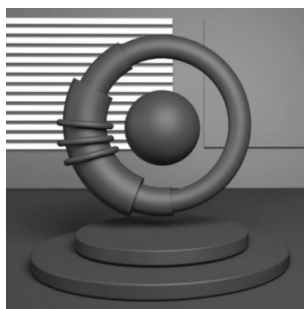


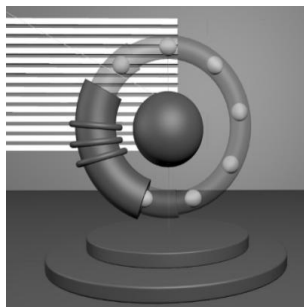
图 1 基于虚拟现实的纪念馆展厅空间展陈一体化系统整体结构

### 1.2 纪念馆展陈数据组织层设计

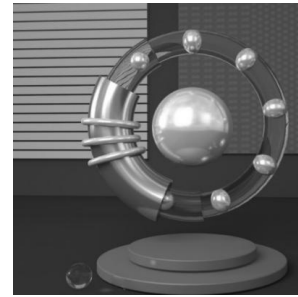
纪念馆展厅数据采集模块所采集的数据均为不同格式的 2 维数据<sup>[6]</sup>，因此采用图像解析模块对差异化格式下的 2 维纪念馆展厅空间数据与展品数据等进行读取与转换，并将其存储为 DICOM3.0 标准数据格式<sup>[7]</sup>。依照 DICOM3.0 标准，选取 Microsoft Visual C++ 软件设计图像处理相关接口，图 2 为图像解析模块硬件接口结构。



(a) 3D 几何模型构建



(b) 纹理映射



(c) 颜色渲染

图 2 3 维模型构建过程

图像解析模块内选用 Micro Blaze 嵌入式软核作为微处理器，其中包含<sup>[8]</sup>通行型与特殊型(包括配置寄存器与结构寄存器)2 种类型寄存器。这 2 种寄存器均具有高运行效率、低内存占用等特性。嵌入式软核内的不同接口实际上发挥通信通道功能，能够利用 FSL 总线实现点与点之间的纪念馆展厅数据单项传输。利用图像解析模块对纪念馆展厅数据采集模块所采集的图像数据实施解析处理后，将结果传输至图像预处理模块，该模块采用基于视觉感知的图像增强方法对纪念馆展厅环境与展品图像进行增强处理<sup>[9]</sup>，由此得到各种场景数据<sup>[10]</sup>。

### 1.3 纪念馆展陈 3 维建模层设计

纪念馆展陈 3 维建模层是系统的核心，该层中基于纪念馆展陈数据组织层所采集的数据，对纪念馆展厅空间进行标定<sup>[11]</sup>，构建展厅空间模型与展品 3 维模型，并进行渲染与烘焙等处理。

纪念馆展厅空间布局 3 维模型构建过程中，以纪念馆展厅空间视觉特征采集结果为基础，利用 3D MAX 软件对纪念馆展厅空间布局展陈的 3 维模型。

利用式(1)提取纪念馆展厅空间布局陈列形状特征<sup>[12]</sup>：

$$Z(i) = \sum_{j=0}^i k_i(j) \quad (1)$$

式中  $k_i$  为  $i$  区域的纪念馆展厅空间坐标。

纪念馆展厅空间布局图像 3 维配准过程中，以纪念馆展厅空间布局图像属性特征为基础，利用渲染过程获取附带真实质感的以纪念馆展厅空间成像效果，实现以纪念馆展厅空间内色彩、形态与图案等的 3 维配准。利用分离面裁剪法获取以纪念馆展厅空间展陈的多尺度细节<sup>[13]</sup>，基于属性值分析颜色配准情况，利用式(2)描述分析函数：

$$\hat{f}(x, y) = \begin{cases} s(x, y) - 1, & s(x, y) - \hat{f}(x, y) \geq 1 \\ s(x, y) + 1, & s(x, y) - \hat{f}(x, y) < -1 \\ s(x, y), & \text{else} \end{cases} \quad (2)$$

式中  $s(x,y)$ 和  $\hat{f}(x,y)$ 分别为视觉特征亚像素级别视差和渲染联合判断参量。

利用式(2)能够获取纪念馆展厅空间展陈渲染的联合判断参量，根据纪念馆展厅空间展陈虚拟现实呈现的 GPU 渲染<sup>[14]</sup>，通过 Dirac 分解获取纪念馆展厅空间 3D 建模尺度信息参数  $C_l$ ：

$$C_l = \begin{cases} 1, l = 0, L \\ [2\pi \cdot (\delta/2) \cdot (\sin \beta / \pi \cdot (\delta/2L))] \hat{f}(x, y) \end{cases} \quad (3)$$

式中： $l$ 为全息投影像素值； $L$ 为纪念馆展厅空间布局轮廓整体长度值； $\delta$ 为空间节点距离集合； $\beta$ 为成像空间的网格分割尺度。

基于式(3)获取以纪念馆展厅空间布局的 3D 建模尺度参数，基于该参数能够生成以纪念馆展厅空间模型。

### 1.4 纪念馆虚拟展示层设计

纪念馆虚拟展示层主要功能为通过 3 维展示与漫游等方式向用户提供纪念馆可视化虚拟展示功能。漫游模块内包含全景漫游和目标导航 2 个子模块。

全景漫游子模块通过全景图形式将纪念馆展厅内的各类展馆展示在网络上。依照用户选择的展馆，全景浏览器将系统后台内的虚拟展馆球面图像下载至用户本地，基于用户实现方向对虚拟展馆全景图内的某区域进行反投影计算<sup>[15]</sup>，同时向用户提供这部分图像。在用户利用鼠标或手指操作过程中，虚拟空间内的全景图进行前向、后向移动或 360°环视。

导航子模块在伪 3D 展览馆地图上进行实际展馆虚拟空间移植并再现。漫游模块会针对用户设定的起始点与终点自动生成最短路径，并在地图上显示给用户。在航道路径生成后，漫游模块还会生成用于虚拟漫游的数据，传输至全景漫游子模块内。

## 2 实验结果

笔者设计基于虚拟现实的纪念馆展厅空间展陈一体化系统，为验证本文中系统在纪念馆展厅展陈中的应用效果，选取某历史文化纪念馆为研究对象，对其展厅空间进行一体化展陈设计。设计过程中所使用的研发平台如表 1 所示。

### 2.1 空间标定结果

对研究对象内的展厅空间进行标定，所得结果如表 2 所示。

表 1 系统研发平台

研发平台	具体描述
操作系统	Windows 计算机操作系统
3 维模型构建工具	3D MAX 软件、3 维渲染软件等
3 维程序开发工具	Open GL 软件程序接口与 Direct 3D 软件接口等

表 2 研究对象展厅空间标定结果

空间点编号	坐标	数值	文中系统标定值
Z <sub>1</sub>	X	141	141.02
	Y	96	96.13
Z <sub>2</sub>	X	129	129.19
	Y	80	80.11
Z <sub>3</sub>	X	68	68.20
	Y	54	54.06
Z <sub>4</sub>	X	22	22.15
	Y	31	31.07
Z <sub>5</sub>	X	16	16.03
	Y	16	16.00

分析上表得到，系统对研究对象展厅内空间布局的标定结果与实际空间点的坐标数值差异较小，由此说明系统能够较为准确地实现展厅空间标定，利用展厅空间模型生成的精度提升。

### 2.2 展品 3 维模型构建结果

#### 2.2.1 主观建模结果分析

在研究对象内任意选取一展品，采用文中系统对该展品进行虚拟展示，展品的 3 维模型构建过程如图 2 所示。

由图 2(a)可得，将所采集的 2 维展品图像数据传输至 3DS MAX 软件内，基于展品关联数据可构建展品 3 维模型。由图 2(b)可得，在 3 维模型基础上，通过纹理映射处理能够增强展品显示的真实性。由图 2(c)可得，在纹理映射基础上，通过颜色渲染等处理过程能够增强展品 3 维模型的真实感。基于上述结果可知，采用文中系统可有效构建展品 3 维模型且确保模型的真实感，由此能够增强用户的体验感。

#### 2.2.2 客观建模结果分析

为客观分析本文中系统的建模效果，在研究对象全部展品中随机选取 10 个展品，以图像覆盖度为指标，客观分析系统的建模效果，结果如图 3 所示。

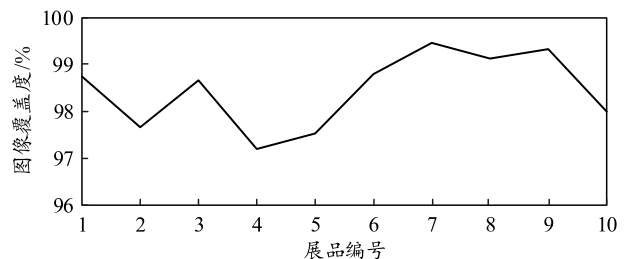


图 3 3 维模型构建的图像覆盖度

图像覆盖度越高,说明 3 维模型构建效果越好。分析上图可知,系统对所选展品进行 3 维模型构建过程中,模型的图像覆盖度均高于 97%,覆盖度均值达到 98.4%左右。由此说明系统在构建展品 3 维模型时,图像覆盖度较为全面,可获取较好的 3 维模型构建效果。

### 2.3 交互性分析

采用虚拟现实技术构建研究对象展陈一体化系统的最终目的是向用户更好的展示展厅与展品,提升用户的交互感与体验感。文中系统的应用终端较多,包括计算机、智能手机等。以智能手机为例,展示系统的交互性,结果如图 4 和 5 所示。



图 4 虚拟漫游展示结果



图 5 细节展示结果

综合上图能够得到,用户通过文中系统能够获得研究对象环境信息与展品信息,获得更为优质的交互感与沉浸式体验感。

## 3 结论

笔者设计基于虚拟现实的纪念馆展厅空间展陈一体化系统,能够较好地实现纪念馆展厅空间与展品的展示,且能够提升用户的交互感与沉浸式体验感。在后续研究优化过程中,将继续针对展厅空间模型与展品 3 维模型的细节构建进行深入研究,真正实现展览馆真实场景的虚拟重建。

## 参考文献:

- [1] 曲轶莉, 张开亮. 馆藏皮影文物的数字化保护探讨——以黑龙江省民族博物馆馆藏皮影为例[J]. 文物保护与考古科学, 2022, 34(4): 123-128.
- [2] 许鑫, 郜红合. 基于 CJM-AHP 的视障者地铁空间导向交互系统设计[J]. 包装工程, 2022, 43(S1): 104-108, 121.
- [3] 时光志, 周毅, 李萌, 等. 基于虚拟现实技术的 LNG 船舶仿真系统[J]. 船海工程, 2021, 50(3): 25-28, 33.
- [4] 许小华, 李文晶. 鄱阳湖水利信息三维展示可视化系统设计与实现[J]. 人民长江, 2020, 51(4): 226-231.
- [5] 李渊, 黄竞雄, 王灿, 等. 采用 SP 法的鼓浪屿风琴博物馆展陈空间游览偏好分析[J]. 华侨大学学报(自然科学版), 2021, 42(4): 474-482.
- [6] 刘琳, 龚晨, 李滕滕, 等. 基于虚拟现实技术的可靠性、测试性、维修性、安全性、保障性设计[J]. 兵工学报, 2022, 43(S1): 208-213.
- [7] 景乾峰, 神和龙, 尹勇. 一种基于虚拟现实系统的船舶数字孪生框架[J]. 北京交通大学学报, 2020, 44(5): 117-124.
- [8] 徐文彪, 许驰, 史洪岩, 等. 力触觉增强的虚拟现实工厂系统[J]. 应用科学学报, 2023, 41(1): 71-79.
- [9] 蔡兴泉, 杨哲, 何鑫, 等. 结合伺服电机的古建筑增强现实交互展示系统[J]. 系统仿真学报, 2020, 32(6): 1145-1154.
- [10] 郭中远, 徐锋, 王贵洋, 等. 基于虚拟现实的移动机器人真实环境三维建模系统[J]. 激光与光电子学进展, 2023, 60(2): 450-456.
- [11] 顾俊, 徐胜, 邢强, 等. “行为-力”同步可视化展示系统的开发[J]. 工程设计学报, 2021, 28(2): 235-240.
- [12] 陆承, 靳学胜. 基于 Steam VR 的交互仿真水枪灭火训练系统设计[J]. 系统仿真学报, 2022, 34(6): 1312-1319.
- [13] 张雪, 罗恒, 李文昊, 等. 基于虚拟现实技术的探究式学习环境设计与效果研究——以儿童交通安全教育为例[J]. 电化教育研究, 2020, 41(1): 69-75, 83.
- [14] 张少博, 赵万青, 彭进业, 等. 基于物体 6D 姿态估计算法的增强现实博物馆展示系统[J]. 西北大学学报(自然科学版), 2021, 51(5): 816-823.
- [15] 许世健, 赵丹, 苏铖宇, 等. 面向流场可视化的沉浸式虚拟现实交互系统研究[J]. 系统仿真学报, 2022, 34(5): 1160-1172.