

Design and Implementation of Fengjie Xiaozhai Tiankeng Evolution Simulation System Based on VR Technology

Yong Wang^{1,2}, Dejun Tan^{1,2}, Manqian Liu^{1,2}, Qianhong Zhu^{1,2}, Liuqing Yang^{1,2}

¹Chongqing Institute of Mineral Resources, Chongqing

²Chongqing Engineering of Research Center of Automatic Monitoring for Geological Hazards, Chongqing

Email: 188204654@qq.com

Received: May 30th, 2019; accepted: Jun. 13th, 2019; published: Jun. 20th, 2019

Abstract

Restoring the evolution process of Fengjie Xiaozhai Tiankeng through virtual reality technology provides new propaganda ideas and research methods for the protection of the geological heritage landscape and ecological environment of the National Geopark, geological scientific research and geological knowledge popularization. Through the virtual reality technology, the sound and real-life models are displayed in an all-round and intrusive stereoscopic manner. The scene interaction makes the viewers more intuitive and more realistic to experience the majestic geological relics of the Fengjie National Geopark.

Keywords

Virtual Reality, Geological Park, Evolution

基于VR技术的奉节小寨天坑演化模拟系统的设计与实现

王 勇^{1,2}, 谭德军^{1,2}, 刘满乾^{1,2}, 朱钱洪^{1,2}, 杨柳清^{1,2}

¹重庆地质矿产研究院, 重庆

²重庆市地质灾害自动化监测工程中心, 重庆

Email: 188204654@qq.com

收稿日期: 2019年5月30日; 录用日期: 2019年6月13日; 发布日期: 2019年6月20日

摘 要

通过虚拟现实技术还原奉节小寨天坑演化过程, 对国家地质公园的地质遗迹景观和生态环境的保护、以

文章引用: 王勇, 谭德军, 刘满乾, 朱钱洪, 杨柳清. 基于 VR 技术的奉节小寨天坑演化模拟系统的设计与实现[J]. 地球科学前沿, 2019, 9(6): 450-457. DOI: 10.12677/ag.2019.96050

及地质科学研究和地质知识普及提供新的宣传思路和研究手段。通过虚拟现实技术将声音、实景模型以全方位、沉浸式立体展示,通过场景交互使观看者更直观更真实的感受奉节国家地质公园雄伟奇壮的地质遗迹。

关键词

虚拟现实, 地质公园, 演化

Copyright © 2019 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

国家地质公园的建立是以保护地质遗迹资源、促进社会经济的可持续发展为宗旨,遵循“在保护中开发,在开发中保护”的原则,依据《地质遗迹保护管理规定》,在政府有关部门的指导下而开展的工作。《地质遗迹保护管理规定》第八条明确指出:对具有国际、国内和区域性典型意义的地质遗迹,可建立国家级、省级、县级地质遗迹保护区、地质遗迹保护段、地质遗迹保护点或地质公园。

小寨天坑是奉节天坑地缝风景名胜区中的代表性天坑,是长江三峡(重庆)国家地质公园奉节园区的核心地质遗迹景观。坑口四周陡崖最高海拔 1333 m,最低海拔 1180 m,底部有地下河通过,海拔 669 m,天坑最大深度达 662 m,居于世界第一,坑口直径最大 626 m,誉为世界第一坑,具有极高的观赏价值和科学研究价值。根据目前的发现及有关资料分析,形成于碳酸岩层中的天坑有两种成因类型,即塌陷型天坑和冲蚀型天坑。冲蚀型天坑[1]是地表水通过落水洞或伏流口以较大落差冲蚀下部可溶碳酸岩,以冲蚀作用为主形成的一种天坑。塌陷式天坑,是碳酸岩层被溶蚀侵蚀集中发生的地下深处,大量的物质为强大的地下水动力系统所输出,渐进式崩塌作用剪短而持续不断,直至整个地下空间出露于地表。天坑主要是以塌陷型天坑为主。奉节小寨天坑就属于塌陷型天坑。

虚拟现实(Virtual Reality, VR)技术是近年来出现的一种高新技术[2],也称灵境技术或人工环境,它是立体显示技术、三维计算机图形技术、网络传输技术等多种信息技术的综合。它产生于 20 世纪 60 年代,该技术涉及计算机图形学、传感器技术学、动力学、光学、人工智能及社会心理学等研究领域,是多媒体和三维技术发展的更高境界。虚拟现实技术是一种基于计算信息的沉浸式交互环境,是一种新的人机交互接口,是采用以计算机技术为核心的现代高科技生成逼真的视、听、触觉一体化的特定范围的虚拟环境,用户借助必要的设备以自然的方式与虚拟环境中的对象进行交互作用,相互影响,从而产生身临其境的感受和体验[3]。

1965 年,美国的 Ivan Sutherland 发表了题为《终极的显示》的论文,首次提出了包括具有交互图形显示、力反馈设备以及声音提示的虚拟现实系统的基本思想。

1966 年,美国 MIT 的林肯实验室正式开始了头盔式显示器的研制工作。

1975 年,Myron Krueger 提出了“人工现实”的事项,构想了一种由液晶显示、立体输出装置和跟踪装置三部分构成的头盔显示器系统。

1980 年美国游戏公司雅达利(ATARI)组建了虚拟现实实验室用以开发相关硬件。

1986 年,美国宇航局研制了第一个可以称得上“完美 VR 系统”的虚拟交互环境工作站(VIEW)。

1987 年全球首款商用化的 VR 头盔产品诞生,成为这一阶段的标志,随后任天堂、索尼等公司均推

出了 VR 游戏机，形成一轮 VR 商业化热潮，但因计算机处理能力仍显不足，此次商业化热潮并未能够一直持续，虚拟现实设备主要应用在一些政府和专业机构，比如航空航天局的飞行模拟装置等；大众化的虚拟现实设备大多只能面对虚拟现实专业开发者和少数爱好者，代表性的设备有 VirtualI/O 1995 年发布的 i-glasses、LindenLab 1999 年推出的硬件“*TheBig*”以及后续演进的基于 3D 软件的虚拟世界“*第二人生*”、以及 SAS 公司创造的 360 度虚拟现实体验空间 *cube-room* 等。

2013 年至今，互联网普及、计算能力、3D 建模等技术进步大幅提升 VR 体验，虚拟现实商业化、平民化有望得以实现，相比于 80~90 年代，显示器分辨率提升、显卡渲染效果和 3D 实时建模能力等原有技术的快速提升带来了 VR 设备的轻量化、便捷化和精细化，从而大幅提升了 VR 设备的体验。以 2014 年 FaceBook 以 20 亿美金收购 Oculus 为代表，诸如三星、谷歌、索尼、HTC 等国际消费电子巨头均宣布自己的 VR 设备计划[4]。

最初的 VR 技术主要用于军方对飞行驾驶员与宇航员的模拟训练，北卡罗来纳大学的计算机系是进行 VR 研究最早最著名的大学。他们主要研究分子建模、航空驾驶、外科手术仿真、建筑仿真等。乔治梅森大学研制出一套在动态虚拟环境中的流体实时仿真系统。施乐公司研究中心在 VR 领域主要从事利用 VRT 建立未来办公室的研究，并努力设计一项基于 VR 使得数据存取更容易的窗口系统。

在我国虚拟现实技术的研究和一些发达国家相比还有很大的一段距离，随着计算机图形学、计算机系统工程等技术的高速发展，虚拟现实技术已经得到了相当的重视，引起我国各界人士的兴趣和关注，研究与应用 VR，建立虚拟环境，虚拟场景模型分布式 VR 系统的开发正朝着深度和广度发展。国家科委国防科工委已将虚拟现实技术的研究列为重点攻关项目，国内许多研究机构 and 高校也都在进行虚拟现实的研究和应用并取得了一些不错的研究成果。

目前 VR 技术在医学、雕塑和建筑领域、教育和培训、娱乐、军事等领域应用较广。虚拟现实技术在旅游中的应用改变了人们的旅游方式，使人们不用远行也能观赏到实地的优美景致，实现身临景区的旅游体验；同时拓展了地质公园旅游业的服务方式、服务内容和范围，给传统的地质公园及地质遗迹等地质旅游来了根本性的变革。目前 VR 虚拟漫游场景主要是建立的虚拟模型，纹理存在一定程度的失真；地质公园类景点常常地势险要，难以近距离游览。利用无人机倾斜摄影测量技术建立的真实场景三维模型实现地质景观的真实呈现。地质公园 VR 虚拟漫游，使旅游者足不出户即可进行旅游体验，既是旅游业建设发展的需要，又是 VR 虚拟漫游技术应用新方向的探索。

2. 系统设计目标和意义

2.1. 设计目标

小寨天坑动态演化模拟系统结合三维立体建模、VR 技术建立奉节小寨天坑的地质景观虚拟漫游平台，实现地表及基础地质信息的三维立体可视化，以及小寨天坑地质演化过程的三维动态可视化虚拟漫游。系统的设计如下：

- 1) 体验者可以随意的选择观看视角。
- 2) 系统中每个形成的过程都配有音频解说和文字介绍。
- 3) 体验者可以使用手柄与场景进行互动，使用物理引擎还原真实场景。
- 4) 体验者可以漫游模拟仿真的奉节小寨天坑，以及现实生活中达不到的地方，在系统里都可以体验。

2.2. 意义

在天坑演化模拟系统中引入 VR 技术是想通过寓教于乐的方式将国家地质公园的地学美科普与众。随着互联网技术的成熟和移动终端的普及，传统的媒介逐步被电子媒介取代。在新时期如何利用新

媒体做好地学科普工作，为公众提供更多的地学文化知识普及服务，就要充分利用和发挥新媒体技术的优势，实现快速分享和传播，增强体验感，同时要兼顾不同群体，达到不同目的，真正的让地学科普走进千家万户，提高我们的地学文化素养的同时，还能在对自然资源的保护，减灾防治能力上得到提升，充分体现地学科普的价值。地质公园也是地学科普的载体，VR 技术也属于一种新媒体技术，VR 技术与地质公园的结合就是一种创新，在地学科普应用中，他将实体科普基地与 VR 技术相结合，利用 VR 系统中的视、听、触、动觉模拟达到身临其境的感觉。

地质公园类景点常常地势险要，难以近距离游览。利用无人机倾斜摄影测量技术建立的真实场景三维模型实现地质景观的真实呈现。地质公园 VR 虚拟漫游，使旅游者足不出户即可进行旅游体验，既是旅游业建设发展的需要，又是 VR 虚拟漫游技术应用新方向的探索。

以奉节小寨天坑为例，利用倾斜摄影技术建立的地表真三维模型，结合基础地质建模，进行地质公园 VR 虚拟漫游技术的研究，实现虚拟旅游，对促进和推动地质信息可视化、地质旅游、地质公益教育的快速发展有着重要的意义。

2.3. 系统

主要是以奉节小寨天坑地质遗迹为素材，运用虚拟现实技术(VR)实现动态演化模拟。首先是收集地质资料，建立三维模型，还原地质遗迹形成过程，利用无人机倾斜摄影建立小寨天坑实景三维模型，运用虚拟现实技术(VR)还原地质构造形成过程，在不同场景实现地质演化过程体验。

- 1) 收集奉节小寨天坑的地质资料、水文资料和地质公园其他材料；
- 2) 无人机航测数据获取与三维建模，利用无人机倾斜摄影系统获取天坑的影像信息，pos 位置信息等，利用倾斜摄影数据处理软件，建立实景三维模型；
- 3) 根据地质资料，利用三维建模软件，建立天坑的三维地质模型；
- 4) 利用 Unity3D 软件，搭建开发环境，组织三维场景，构建虚拟环境，实现地质模型三维场景还原和虚拟漫游。

3. 动态演化模拟系统的设计与实现

3.1. 总体框架

由图 1 可知，在系统中主要设计实现虚拟场景的实时显示、场景模型的动态加载与卸载、小寨天坑形成动态演化、虚拟交互操作仿真。其中场景模型的动态加载与卸载、小寨天坑形成动态演化和虚拟交互操作仿真模块是系统实现的核心功能。

场景实时显示模块首先要实现虚拟场景的实时渲染，以全景显示的方式观看预先设置的场景状况。Unity3D 引擎中内置的渲染引擎，能够生成具有 LOD 层次细节的画面和优化的实时显示效果，包括虚拟环境中虚拟对象、光效设置、动态模型以及自然环境模拟等。

动态加载场景模块场景动态加载与卸载的实现改变了用户可以在虚拟场景中根据自己的意愿选择想要浏览控制的场景，这种功能的实现不仅使虚拟环境变的逼真，同时也大大增加了虚拟场景的交互性。

小寨天坑形成动态演化主要实现模拟小寨天坑形成的过程，并加以地质剖面模型的科普介绍，真实还原小寨天坑整个形成过程。采用虚拟现实引导式体验方式使体验者更够真实的经历了天坑的整个形成过程。

虚拟交互操作模块虚拟场景交互漫游功能是大多数虚拟仿真系统都具备的功能，主要包括两种形式的漫游方式——通过输入设备触发指定路径的漫游方式。系统通过动态模型的自由加载，实现场景漫游的同时还可以对场景做几何变换，即在用户跟踪漫游当前场景调整用户最佳的视角观察浏览虚拟场景。

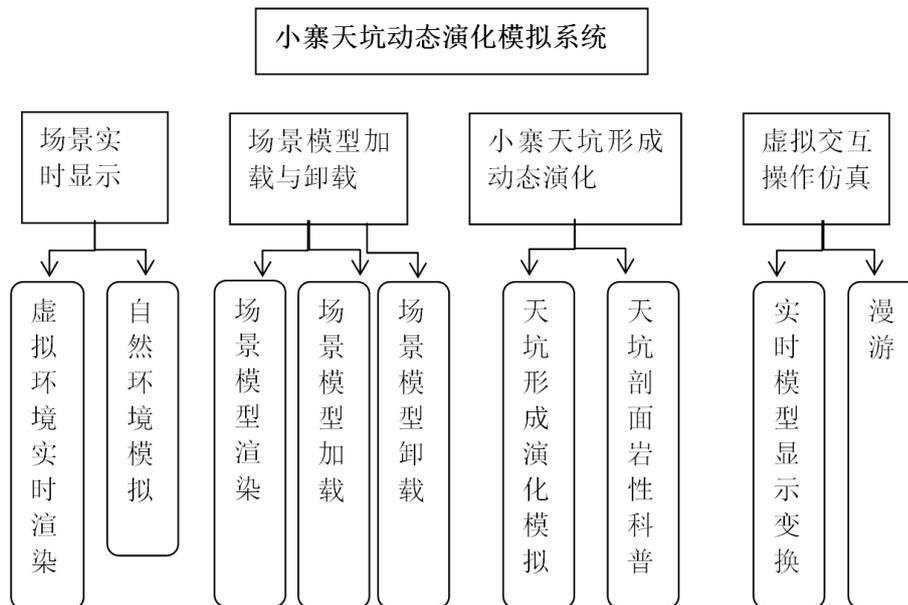


Figure 1. System design

图 1. 系统设计

3.2. 系统运行环境

三维实景虚拟交互系统场景范围大，场景中模型数量多，场景复杂，数据量大，因此需要耗费大量的系统资源。系统在实时显示的同时还要解决场景切换、实体交互操作、动态场景加载等，所有这些都需大量的计算，系统不仅要实现虚拟环境的逼真性，还要获得良好的实时性与交互性，就要选择合理的虚拟系统平台，因此选择硬件配置为：主存 32 GB；图形显示卡为 GTX1070。操纵系统采用 Windows WIN 10。Windows 系统内核强大稳定，具有友好的人机交互界面，是主流的操作系统，支持多线程技术，有利于虚拟仿真的实时性，保证人机交互的友好性和及时性。

3.3. 系统界面



Figure 2. System main interface

图 2. 系统主界面

系统分为陆地形成、山体形成、天坑形成、天坑演变 4 个模块来进行科普式引导(图 2)。

3.4. 系统开发

1) 三维实景模型建模技术

无人机数据采集使用无人机倾斜摄影测量系统, 确定无人机航拍范围后, 利用地面站自动规划航线完成数据自动采集。然后采用 Smmart3DCapture 软件进行影像处理如图 3。Smmart3DCapture 是一款快速批量建模软件[5], 通过简单连续的影像生成超高密度点云, 并在此基础上生成真实纹理的高分辨率实景三维模型, 不仅支持海量数据的处理, 同时能够输出 obj、osgb、dae 等多种通用兼容格式, 能自由的导入三维编辑软件[6]。



Figure 3. 3D real scene model

图 3. 三维实景模型

2) 场景加载

U3D 引擎中漫游状态是分场景的。一般情况下一个项目不会只有一个场景, 随着系统进程的改变而跳转场景; 分场景还可降低复杂度。保存各场景之后需注册每一个场景, 然后编写代码调用系统函数来加载指定场景。项目中共用了 4 个场景, 山体形成前的场景、天坑的地质剖面场景、地下大厅形成的与大厅坍塌的场景、小寨天坑漫游场景。

3) 模型导入

将 3D 地表和地质模型通过 Unity3D 导入场景里, 由于数据量无人机航飞建模实景三维模型数据量巨大, 采用 LOD 技术[7]进行优化导入处理如图 4。LOD 技术根据物体模型的节点在显示环境中所处的位置和重要度, 决定物体渲染的资源分配, 降低非重要物体的面数和细节度, 从而获得高效率的渲染运算。



Figure 4. Model introduction effect after using LOD technology

图 4. 采用 LOD 技术后模型导入效果

3.5. 地质演化过程动态展示

1) 碳酸盐岩的形成

当地球大部分是海水的时候，海洋环境下，经海洋动力将来自陆上的碎石、泥沙等碎屑物或海洋生物骨骼和残骸，植物遗体等带到湖泊、海洋低洼或者平缓的地方沉积下来[8]。

经过漫长的时间和无数次的沉积，沉积物越堆越厚。空隙逐渐缩小，水分逐渐排出，在压力和水中胶结物的作用下，沉积物逐渐固结形成岩石。然后(印支运动地质构造中)地质构造开始，地面抬升，海水褪去，岩石裸露出来形成陆地。这就是占陆地表面面积的百分之七十五的沉积岩，是构成地壳表层的主要岩石。

2) 海水的动态模拟方法研究

海洋的运动其实是由一系列的波组成的，当海风作用于海面时，海面会产生主方向与海风同向的波族：这些波的主要运动方向和海风同向。

3) 文字、图片、视频等信息源与空间三维模型的无缝链接

虚实融合是虚拟现实技术的最重要特征和最终视觉呈现效果[9]，它通过计算视觉和图形学技术将虚拟信息(文本、图片、视频)与三维模型“无缝”内嵌入场景中，丰富置身于该环境中用户的感知体验。

链接的原理在三维软件中使用三维模型空间的灯光、材质等工具建立起来三维模型与图像的光影、视觉、比例等关系，而后生成逼真图像。

4. 结论

普及地球科学知识是建设地质公园的目的之一，地质公园是与公众进行地学科普的桥梁，是普及地学知识、促进公众地质素养的重要手段。要充分发挥地质公园的地学价值和旅游价值[10]，一是需要加

大对地质公园的建设、推广和品牌的树立，二是需要加强地质公园科普方法创新的研究和应用，提升地质公园的地质科普能力。

本次利用 VR 技术对奉节小寨天坑地质公园中进行模拟还原，就是一种创新，突破了传统的地质公园科普方式和方法。利用 VR 技术的视觉立体感、带入感、参与感等优点与地质遗迹现象相结合，让地质公园科普插上了科技的翅膀，有效的拉近了大众与地学间的距离，增强了地质公园科普的趣味性和体验感，同时也进一步带动和发展地质公园的旅游经济。

参考文献

- [1] 陈伟海. 奉节天坑地缝岩溶景观及世界自然遗产价值研究[M]. 北京: 地质出版社, 2003.
- [2] 孙明博. 计算机仿真虚拟漫游技术[J]. 科技信息, 2011(24): 620.
- [3] 娄岩. 虚拟现实与增加现实技术概论[M]. 北京: 清华大学出版社, 2016.
- [4] 中商情报网. 虚拟现实(VR)技术特点介绍与发展历程详解[EB/OL]. <http://www.askci.com/news/chanye/2015/11/24/151122qifz.shtml>, 2015-11-24.
- [5] 冯启翔. 基于无人机倾斜摄影技术的三维实景建模技术研究[J]. 地理空间信息, 2018, 16(8): 34-38.
- [6] 郝以庆. 分块区域三维地质建模及可视化过程研究[J]. 港工技术, 2017, 54(4): 59-64.
- [7] 张国宣, 韦穗. 虚拟现实中的 LOD 技术[J]. 微机发展, 2001, 11(1): 13-16.
- [8] 陈伟海, 朱学稳, 朱德浩, 等. 重庆奉节天坑地缝喀斯特地质遗迹及发育演化[J]. 山地学报, 2004, 22(1): 22-29.
- [9] 贾立兵. 关于增强现实中虚实融合技术的研究[D]: [硕士学位论文]. 大连: 辽宁师范大学, 2013.
- [10] 李娴, 殷继成, 李晓琴, 等. 重庆武隆岩溶国家地质公园景观价值与旅游可持续发展探讨[J]. 成都理工大学学报(自然科学版), 2006, 33(3): 305-309.

知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2163-3967, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>
期刊邮箱: ag@hanspub.org