

数字沙盘与全息交互在江西省山洪灾害防治修水示范县中的应用

邓升¹, 王都², 张宇驰³, 徐铄⁴

¹江西省水利科学院, 江西 南昌

²九江市水利电力规划设计院, 江西 九江

³南昌经济技术开发区社会发展局, 江西 南昌

⁴江西省水投江河信息技术有限公司, 江西 南昌

Email: 326468053@qq.com

收稿日期: 2021年1月2日; 录用日期: 2021年2月2日; 发布日期: 2021年2月10日

摘要

本研究以修水县为设计场景和研究对象, 将数字沙盘与全息交互技术相结合, 建立了修水县山洪灾害防治数字沙盘, 展示了丰富的基础信息和防汛专题信息, 利用全息投影、场景融合等新技术, 营造出信息融合的、交互式的三维视景模拟环境, 实现了在MR中模拟演示灾难预警以及防御应急响应过程, 让受众对象身临其境, 防汛人员进一步了解到灾害防御工作内容和自身职责, 普通群众体验到了山洪等自然灾害突发性和强大破坏力, 有效提高了自身防灾减灾意识和灾害避险能力。

关键词

修水县, 数字沙盘, 全息交互, 山洪灾害, 模拟演示, 防灾减灾

Application of Digital Sand Table and Holographic Interaction in Xiushui Demonstration County of Prevention and Control of Mountain Torrents in Jiangxi Province

Sheng Deng¹, Du Wang², Yuchi Zhang³, Shuo Xu⁴

¹Jiangxi Provincial Institute of Water Sciences, Nanchang Jiangxi

²Jiujiang Municipal Planning and Designing Institute of Water Conservancy & Hydro-Electric Power of Jiangxi Province, Jiujiang Jiangxi

文章引用: 邓升, 王都, 张宇驰, 徐铄. 数字沙盘与全息交互在江西省山洪灾害防治修水示范县中的应用[J]. 环境保护前沿, 2021, 11(1): 24-31. DOI: 10.12677/aep.2021.111003

³Social Development Bureau of Nanchang Economic-Technological Development Area, Nanchang Jiangxi

⁴Jiangxi Provincial Water Conservancy Investment Information Technology Co. Ltd., Nanchang Jiangxi

Email: 326468053@qq.com

Received: Jan. 2nd, 2021; accepted: Feb. 2nd, 2021; published: Feb. 10th, 2021

Abstract

This study takes the county of Xiushui as both the design scene and research object. On one hand, digital sand table is combined with holographic interactive technology to build up the digital sand table for prevention and control of mountain flood disaster in the county of Xiushui. The digital sand table generates extensive basic information and flood prevention thematic information. On the other hand, new technologies like holographic projection and scene fusion are utilized to create an information fusion and interactive three-dimensional visual simulation environment. The simulation demonstration in MR is created to show the disaster early warning and defense emergency response process. In this demonstration, the audience can enjoy an immersive experience. Flood control personnel can further understand the work content of disaster prevention and their own responsibilities. The general public can experience the sudden and powerful destructive force of natural disasters, such as mountain torrents. As a result of that, both of their awareness of disaster prevention and reduction and the ability of disaster avoidance can be effectively improved.

Keywords

Xiushui County, Digital Sand Table, Holographic Interaction, Mountain Torrent Disaster, Simulation Demonstration, Disaster Prevention and Mitigation

Copyright © 2021 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

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



Open Access

1. 引言

数字沙盘，又称数字沙盘仿真系统，是对物理沙盘的一种实用性改革，通过三维立体展示技术，模拟三维建筑、场景、效果，实现在数字场景中任意游走、驰骋、飞行[1] [2]。数字沙盘是一个集艺术性、演示性、知识性为一体的高科技展览展示手段，观众可以从规定区域内获取信息和相关知识解读，并且可以通过点击触摸屏上的相应选项，实现互动[3] [4] [5]。近年来，数字沙盘在军事、房地产、旅游等领域广泛应用，通过与高科技融合，提供更直观、精准的布局，但是在国内水利行业的运用相较稀缺。

全息交互是将现实情况与虚拟世界合并，从而产生全新可视境况，物理化对象和数字化对象在全新可视环境内实时共存与互动[6] [7]。它是虚拟现实技术的深层次发展，该技术通过把现实场景环境融入到虚拟信息环境中，在虚拟世界、实际用户及现实世界中搭建一个便于相互反馈信息的传递回路，有效增强用户体验的真实感，作为新兴的硬件设备，在产品展览会或发布会、影视剧作、酒吧娱乐、场所互动投影、博物馆、博览会等领域都有所建树，在教育方面，全息投影技术结合课件，可以最大限度迎合不同年龄段学生教学的需求，开发学生的想象力，提升学生对知识各方面的理解[8] [9] [10]。

数字沙盘是将声、光、电、图像、三维动画与计算机程序控制技术相结合，通过大量全息交互技术

等高科技手法展示，利用数字投影来实现互动项目、三维动画、影视等现代视觉效果，充分展现科技的知识与乐趣，寓展于乐，有效地产生一种变化多端、若隐若现的动态视觉冲击效果，实现了与观众的“互动革命” [11] [12] [13]。本研究通过数字沙盘与全息交互技术的结合，应用于山洪灾害防治领域，目前在国内外基本上属于空白。

2. 项目概况

修水县山洪灾害防治全息交互数字沙盘系统由数字沙盘子系统和全息交互子系统组成。其中，数字沙盘选定修水全县作为场景范围，其国土面积 4504 km²，全息交互系统选取修水县下杭口水小流域(上杭乡双鄣村以上段)作为模拟区域，其流域面积范围 135.07 km²，根据江西省山洪灾害调查评价成果，该流域内共有 23 个重点防治区，上杭乡查林桥村郊阳张家作为示范村，也在此范围内，流域上游有座南茶水库，为小(1)型水库。

3. 修水县山洪灾害防治数字沙盘

3.1. 主要建设内容

修水县山洪灾害防治数字沙盘基于地理信息系统、遥感技术、虚拟现实等现代高新信息技术，利用不同比例尺的地形数据以及不同分辨率的遥感数据，建立修水县全县数字沙盘、县城区数字沙盘、小流域数字沙盘等[14] [15]，包含河流水系、地形地貌、交通路网及水利工程等三维场景，并在三维场景的基础上，展现山洪灾害防治体系以及与其紧密相关的基础信息。同时将河流水系、历史洪水、山洪灾害防治等情况以图、文、表等多种方式结合全息交互技术动态形象地进行展示并配备文字讲解说明。结合全息投影技术，数字沙盘投影尺寸不小于 1.5 m × 3.5 m，系统架构如图 1 所示。主要建设内容包括：

- 1) 全县区域展示。利用修水县山洪灾害调查评价项目国家下发的矢量数据和遥感数据，建设修水县全县范围数字沙盘场景，展示全县范围内三维地势图，从基础地理信息到防汛专题信息，逐步叠加展示。
- 2) 县城区域展示。缩放到县城区域，逐步叠加道路、房屋等，重点演示城市内涝灾情现象，县城采用少量模块化表现方式，重点建筑需放大处理，并配全县城区情况的文字和语音解释说明。
- 3) 典型小流域区域展示。通过手势切换到小流域图层，上杭乡双鄣村至新湾乡水库段，根据调查评价成果，对预警雨量指标进行分类，分别展示极高危险区、高危险区、危险区等转移情况。

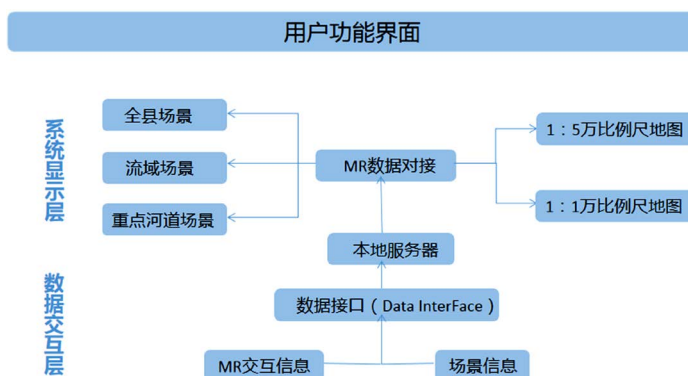


Figure 1. Architecture diagram of Digital sand table system

图 1. 数字沙盘系统架构图

3.2. 功能框架结构

修水县山洪灾害防治沙盘系统主要包括以下功能：系统控制、场景操作、典型场景等。其主要特点

体现在可以动态加载并调整不同比例尺的数据，实现随时放大或缩小的切换；在三维环境中可以任意调整高度、角度进行浏览，实时显示地理坐标和高度信息；针对重点水利工程建筑，可以细致观看；可以根据需要标注如地名、路名、水利工程建筑名称、桥梁名称等文字信息。详细功能结构如图 2 所示。

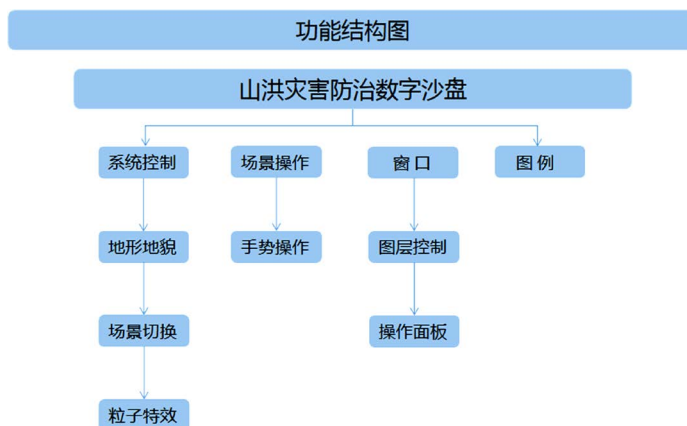


Figure 2. Functional structure diagram of Digital sand table system
图 2. 数字沙盘系统功能结构图

4. 修水县山洪灾害防治全息交互

4.1. 主要建设内容

选取修水县下杭口水小流域(上杭乡双鄞村以上段)作为主要对象，流域面积 135.07 km²，主河道长度约 26 km，根据山洪灾害调查评价成果，流域内共有 23 个重点防治区，其中包含了示范村上杭乡查林桥村郊阳张家。本研究以数字沙盘为基础，展示流域从河流发源地、支流再到上杭乡查林桥村郊阳张家流域演进的动态视频，叠加流域范围内的 23 个重点防治区，介绍重点防治区人口分布、历史洪水灾情、预警设施设备布置、危险区划分、预警指标大小、转移路线及安置点等情况。系统架构如图 3 所示。另外，制作山洪灾害、溃坝、溃堤等模拟场景，各场景制作内容如下：

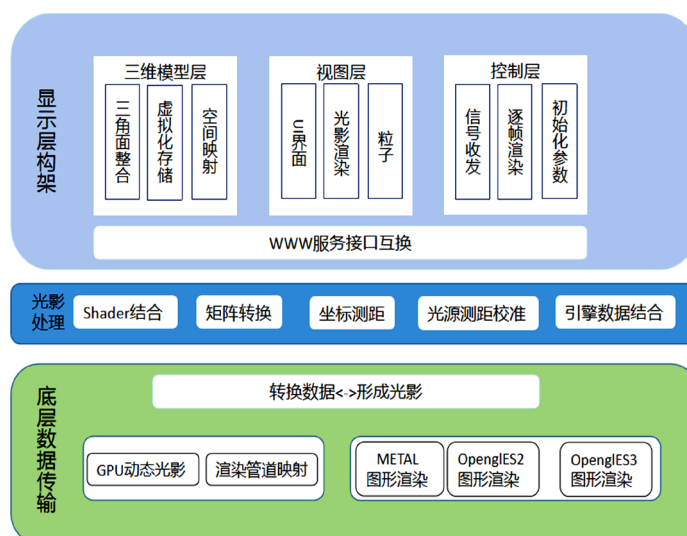


Figure 3. General frame diagram of Holographic interactive system
图 3. 全息交互系统总体框架图

场景一：山洪暴发模拟。上杭乡查林桥村郊阳张家总户数为 42 户，其中危险区范围内 26 户，2017 年 6 月 23 日的大洪水，部分居民住宅最大淹没水深高达 2 m，本次拟选取上杭乡查林桥村郊阳张家为对象，模拟山洪暴发场景。如图 4，利用影视特效移植到引擎进行制作，当用户带上全息头盔会观察到暴雨场景，可输入降雨值模拟河道涨水山洪暴发的过程，当降水量的数据达到一定阈值后，MR 中显示的河流水位越来越高，山洪暴发，沿河集镇、自然村落等被洪水淹没，农田、道路桥梁、居民住宅等基础设施被冲毁，人民生命财产受到威胁，给当地带来了较为严重的灾害。

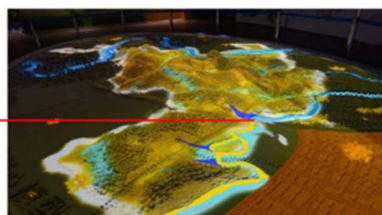


MR演示图



洪水爆发效果

Figure 4. Simulation diagram of flash flood
图 4. 山洪暴发场景模拟图



MR演示图



水坝倒塌参考图



水坝倒塌效果



水坝三维效果图

Figure 5. Scene simulation of dam break of reservoir
图 5. 水库溃坝场景模拟图

场景二：南茶水库 3D 溃坝模拟。南茶水库是小(1)型水库，地处新湾乡，为心墙土坝，坝址控制流域面积为 54.1 km²，坝高 27.5 m，坝长 178.4 m，设计洪水标准为 50 年一遇，设计洪水水位 24.5 m，总库

容 930 万 m^3 。下游流域内危险区人口众多，下游 4 km 即新湾乡，本次选取南茶水库为对象，模拟南茶水库 3D 溃坝场景。如图 5，当用户带上全息头盔会观察到暴雨场景，通过不同视觉查看降水量等相关水文数据，可输入不同降雨值，模拟水库水位快速上涨后直至大坝溃坝发生的过程。当降雨量的数据达到一定阈值后，MR 中显示的水库水位越来越高，大坝从漫顶至溃坝，洪峰咆哮而下，下游农田、道路桥梁等基础设施瞬间被冲毁，下游上杭乡集镇等居民住宅等建筑物大面积倒塌，车辆、牲畜等被冲走，河流两岸居民区被困于洪水之中。

场景三：3D 溃堤模拟。模拟当地上杭乡集镇一处堤防溃堤后，当地应对堤防溃堤后的应急响应过程。图 6，当用户带上全息头盔会观察到暴雨场景，通过不同视觉查看实时降雨量，用户也可输入降雨值模拟洪水涨水暴发过程，当降雨量的数据达到一定阈值后，MR 显示河流水位越来越高，水流越来越急，导致一处堤防溃堤，受该处堤防保护范围包括居民区和农田等迅速被淹没，部分人员来不及转移，被浸泡在洪水中，人民生命和财产安全受到严重威胁。

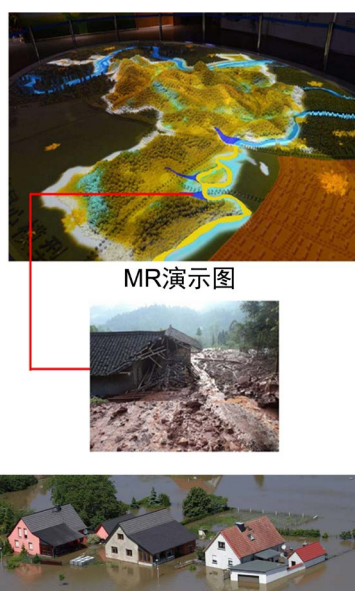


Figure 6. Simulation diagram of dike burst
图 6. 溃堤场景模拟图

4.2. 功能框架结构

该三维地形平面图划分为三个区域，分别以村庄、水域、水利工程为基础中心划分为三个区域，并且三个区域都可以点击，点击其中的某个区域将会出现对应的三维场景界面，界面有返回按钮、语音播放按钮、灾害三维动图播放按钮、防范自救知识按钮；该界面实现语音介绍洪水冲击沿河村落建筑物被破坏倒塌后的灾害介绍和注意事项。

技术内容制作是关键内容，涉及的程序和技术较多，具体列举如下：

1) 音视频制作

音频制作：专业配音，根据视频内容选择不一样类型的配音。

2) 三维建模制作

ZB 模型雕刻：将雕刻模型面细化，最终生成适配配置的优化后的模型。

3) 平面设计制作

UI 设计：操作界面人性化设计，增加用户与模型、视频、音频的互动性。

次时代贴图绘制：采用 SubstancePainter 或 QuixelSuite 套件绘制次时代贴图。

图标设计：提供标准套件图标设计，并提供源文件(矢量文件)

粒子物理特效：通过专业次时代引擎插件制作粒子运动学特效以及物理刚体分解特效。

4) 程序设计

其中包含程序架构 MVCS、矩阵数据转换、本地数据上传保存至搭建好的服务器，并且优化至项目运行帧速率达到 60 FPS 以上

5) 交互操作

如图 7 所示交互操作：

功能 1：UI 层以按钮形式设计，点击播放或执行。

功能 2：模型层：内置多个村庄及相应区域模型，可通过触控进行交互。

功能 3：场景/图层：通过手势可进行左右旋转。

功能 4：模型：通过手势可进行左右旋转。

功能 5：视角：通过手势点击三维模型，通过不同类型的模型，会显示不同区域的特效或灾难详细信息，包括雨量和水位变化，水位流势、流向、影响水位变化等其他因素。

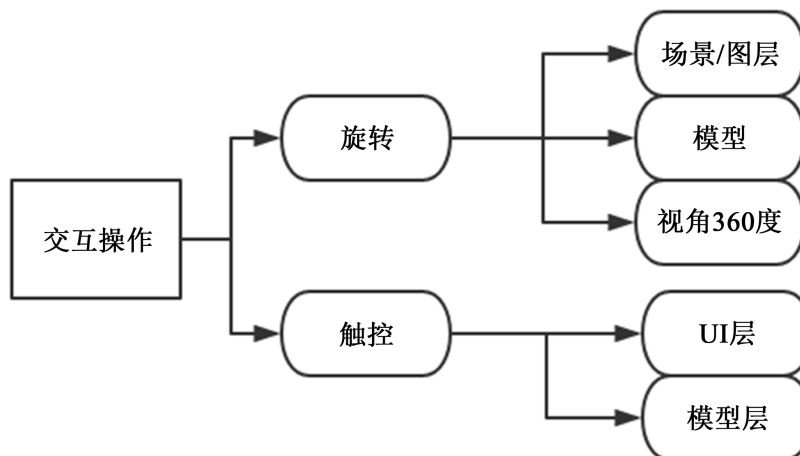


Figure 7. Interaction diagram
图 7. 交互操作图

5. 效益分析

山洪灾害防治修水示范县建设项目是江西省山洪灾害防治工作中重要的内容，需要进一步完善其非工程措施体系。本研究项目在重点示范区域构建了工程措施与非工程措施相结合的防治体系，落实了建设内容，显著提高了示范区域的防灾减灾能力，大大减少了人员伤亡和财产损失，为构建修水县和谐社会、促进社会经济环境协调发展提供了安全保障，主要体现在社会效益和经济效益两方面。

① 社会效益：大大地减轻了山洪灾害对人民生命和财产安全的威胁，有效地减免或减轻山洪灾害对社会经济造成的不利影响，为社会经济快速发展提供了良好的环境基础，采取了一定的防治措施，积极保护了主要交通运输线的运行安全，调动社会发展生产、建设美好和谐家园的积极性和主动性。

② 经济效益：本项目研究对山洪灾害进行了提前防御、及早转移。在重点示范区域构建了山洪灾害防治工程措施与非工程措施相结合的防治体系，区域的防灾减灾能力得到显著增强，抢险措施得当，避免了大量财产损失，有效减低山洪灾害造成的国民经济损失。

6. 结语

江西省山洪灾害防治修水示范县全息交互以数字沙盘为基础,利用地理信息系统、遥感、网络数据库等高新技术,以图、文、表等多种方式动态形象地展示流域从河流发源地、支流再到小流域的演进视频局部场景,实现了流域范围内重点防治区人口分布、历史洪水灾情、预警设施设备布置、危险区划分、预警指标、转移路线及安置点等情况的显示、查询,目前三维沙盘与全系交互制作成本还较高,应用较局限,但引入新技术是整个科技发展中未来发展的趋势,不会仅仅停滞在理论阶段,随着科学技术的发展,涉及面会更广泛,应用门槛更低,制作成本也会下降。全息交互在山洪灾害防治中的应用现处于初步阶段,开展“山洪灾害防治+全息交互”在小流域山洪灾害防治中的应用建设,将会进一步发挥信息化技术对山洪灾害业务管理水平的提升,提高防洪减灾效益。

基金项目

江西省水利厅科技计划项目(KT201511)。

参考文献

- [1] 马益龙. 三维数字沙盘 LED 显示系统的设计与实现[D]: [硕士学位论文]. 天津: 天津大学, 2018.
- [2] 杨奇, 车明. 三维数字沙盘标准模块的设计与实现[J]. 计算机工程, 2017, 43(3): 51-56.
<http://dx.chinadoi.cn/10.3969/j.issn.1000-3428.2017.03.009>
- [3] 钟石根, 朱丽敏, 张良杰. VR 技术在物联网专业综合实训中的应用[J]. 现代信息科技, 2020, 4(8): 175-177.
<http://dx.chinadoi.cn/10.19850/j.cnki.2096-4706.2020.08.058>
- [4] 颜晓星. 基于三维实体沙盘的显示研究[D]: [硕士学位论文]. 天津: 天津大学, 2016.
- [5] 王子瑜, 高山, 昃越峰. 基于三维数字沙盘技术与 AR 技术的结合在科普领域进行沉浸式教学的产品开发与实现[J]. 教育现代化, 2020, 7(14): 39-42.
- [6] 王国庆, 桂进斌, 姜智翔, 金晓宇. 交互式全息显示进展[J]. 激光与光电子学进展, 2019, 56(8): 34-40.
- [7] 郭艳. 全息影像技术的新交互观念研究[D]: [硕士学位论文]. 沈阳: 沈阳航空航天大学, 2014.
- [8] 丁蕾. 全息投影在视觉艺术中的应用与表现[J]. 北极光, 2019(7): 47-48.
- [9] 陈利敏. 试析全息投影与舞蹈表演的结合与发展[J]. 艺术评鉴, 2016(23): 119-121.
- [10] 王雨, 史立新. 游戏交互中全息投影技术应用探索[J]. 艺术教育, 2020(7): 137-140.
- [11] 杨智勋. 三维电子沙盘系统的研究与实现[D]: [硕士学位论文]. 长沙: 中南大学, 2011.
- [12] 王靖, 曹良才, 张浩, 金国藩. 基于体全息的三维显示方法[J]. 中国激光, 2015, 42(9): 296-300.
<http://dx.chinadoi.cn/10.3788/CJL201542.0909003>
- [13] 毕瑞芳. 3D 全息影像技术在沙动画中的交互性传播探究[J]. 艺术生活, 2019(3): 51-54.
- [14] 杨培生, 许小华, 付佳伟. 基于 MR 技术的小流域山洪灾害防治应用研究[J]. 江西水利科技, 2019, 45(2): 79-83
- [15] 杨培生, 周美玲, 付佳伟. MR 技术在小流域山洪灾害防治中的应用研究[J]. 水资源研究, 2018, 7(6): 610-616.