

# VR技术在地面气象观测设备保障 技能培训中的应用

段文广<sup>1</sup> 刘燕<sup>2</sup> 段文强<sup>3</sup> 石永玮<sup>2</sup> 李秋明<sup>1</sup> 贾亦阳<sup>1</sup>

(1 甘肃省兰州市气象局, 兰州 730020; 2 甘肃省兰州市人影办, 兰州 730020; 3 甘肃省酒泉市气象局, 兰州 735000)

**摘要:** 虚拟现实 (VR) 作为近年来极为火热的高新技术, 在诸多领域中得到了广泛应用。VR应用到气象部门地面观测设备保障技能培训, 降低了硬件投资且增强了培训效果。介绍了VR技术和实现工具, 分析了VR技术在气象地面观测设备保障培训中的应用场景, 初步设计了虚拟观测场仿真培训系统, 最后对虚拟观测场的基本交互式设计及实现做了重点阐述。

**关键词:** 虚拟现实, 虚拟观测场, 仿真培训系统, 交互式设计

DOI: 10.3969/j.issn.2095-1973.2019.06.008

## VR Technology Application in the Skills Training for Guarantee of the Ground Meteorological Observation Equipment

Duan Wenguang<sup>1</sup>, Liu Yan<sup>2</sup>, Duan Wenqiang<sup>3</sup>, Shi Yongwei<sup>2</sup>, Li Qiuming<sup>1</sup>, Jia Yiyang<sup>1</sup>

(1 Lanzhou Meteorologic Bureau of Gansu Province, Lanzhou 730020 2 Lanzhou Weather Modification Office of Gansu Province, Lanzhou 730020 3 Jiuquan Meteorologic Bureau of Gansu Province, Jiuquan 735000)

**Abstract:** Virtual reality (VR) has been widely used in many fields in recent years. Its application to the skills training for guaranteeing the ground meteorological observation equipment not only reduces the hardware investment and enhances the training effect, but also to improve the practical repairing skills of technical staff who are looking after the basic meteorological equipment. This paper introduces the VR technology and implementation tools and analyzes the application scenarios of VR technology in the training of guaranteeing ground meteorological observation equipment. Then, simulation-training system of virtual observation field is designed. Finally, the basic interactive design and implementation of virtual observation field is discussed in detail.

**Keywords:** virtual reality, virtual observation field, simulation training system, interactive design

### 0 引言

随着地面观测自动化、无人化的实现, 基层气象台站需要大量的地面观测设备保障人才, 中国气象局干部培训学院及分院承担着培训任务, 在市县级装备维修技能的实际培训时, 需要大量的实际操作培训才能够使学员牢固掌握维修技能。但由于地面观测场需要实时采集、上传数据, 无法为学员提供真实的训练场地, 而购置及更新换代大批量的培训设备需要一笔大的开销, 各培训学院的实训设备数量并不能满足每个学员一台进行实际操作, 有些甚至由教学老师直接播放PPT演示。由于缺乏交互式操作, 导致学员积极

性无法充分调动起来, 教学效果受到影响。

虚拟现实 (virtual reality, VR) 是采用以计算机技术为核心的现代高技术生成逼真的视、听、触觉一体化的特定范围的虚拟环境<sup>[1]</sup>。将虚拟现实技术应用到气象系统地面观测设备维修技能培训, 开发虚拟现实培训系统, 不但可仿真出与真实观测场一样的场景、设备、仪器, 而且实现学员对场景中的仪器、设备的交互操作。

### 1 虚拟现实技术概述

虚拟现实技术是包括仿真技术、计算机图形学、人机交互技术、多媒体技术、传感技术、人工智能等是多种技术的集合。虚拟现实技术有以下几个重要的特征<sup>[2]</sup>: (1) 多感知性 (Multi-Sensory), 指具有现实世界中人所具有的感知功能, 包括视觉感

收稿日期: 2018年7月13日; 修回日期: 2019年1月30日  
第一作者: 段文广 (1975—), Email: 5245214@qq.com

知、听觉感知、触觉感知、运动感知等；（2）沉浸感（Immersion），使用户感觉像在真实的客观世界环境中，能够沉浸在虚拟环境中，有身临其境的感觉；（3）交互性（Interaction），用户能够对虚拟环境中各种对象的进行动态交互；（4）自主性（Autonomy），虚拟环境中的物体能够按照现实世界的物理定律进行动作。

VR实现的主要工具阐述如下。

### 1) 虚拟现实建模语言（VRML）

VRML是在Internet上构造3D对象的语言，可灵活高效地创建三维模型，适合在Internet上进行传播和信息交互，具有平台独立性、易交互、易扩展等特点，具体实现过程包括三维静态建模和动态交互仿真两部分。首先建立三维场景模型，根据观测场整体规划划分为若干子场景，使用场景图（scene graph）数据结构建立3D实境<sup>[3]</sup>，对于场景中单个设备的几何形状、外观材质等三维造型进行逐个定义，对于复杂形状的设备可以通过3DSMAX进行三维建模导入即可，最后根据设备间的关联关系，通过Inline节点组合在一起，构成整个场景的虚拟三维模型。动态交互仿真功能可通过位置、方向、坐标、触摸、时间等节点设计动态过程，对于复杂的交互动作，可利用Java或Java Script编程语言扩充VRML的功能，共同完成动态交互仿真功能<sup>[4]</sup>。基于VRML的虚拟现实系统结构如图1所示。

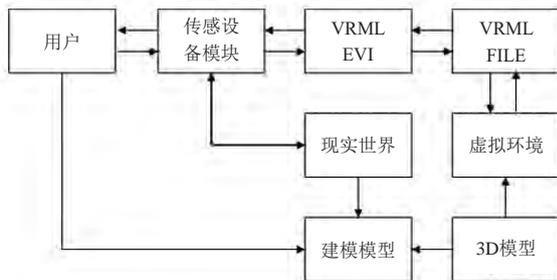


图1 基于VRML的虚拟现实系统

Fig. 1 The virtual reality system-based on the VRML

### 2) 虚拟现实建模软件（3D Studio Max）

3D Studio Max是一款功能强大的三维建模工具软件，通过可视化建模方式，以所见即所得的方式完成复杂的建模任务<sup>[5]</sup>。首先根据观测场的现实布置对建模的一些基本模型进行相应比例的设置，采用3D Studio MAX软件建立观测场所需要的场景、设备模型及工具模型，其次收集观测场围栏、小路、观测设备的纹理，进行纹理和材质的处理得到具有真实感的三维虚拟模型<sup>[6-7]</sup>，最后通过Export输出VRML文件（.wrl），调入VRML编辑器进行编辑处理，将子场景进行组合，生成需要的仿真场景。

### 3) 虚拟现实开发语言（Java或Java Script）

Java是一种可以撰写跨平台应用软件的面向对象的程序设计语言。VRML为Java或Java Script提供了灵活的编程嵌入接口，通过其强大的对象交互和处理消息的能力，扩展了VRML的动态交互功能。使用Java对VRML的script节点编程、封装属性和建立场景图内部消息通道能够实现虚拟实体丰富的动态交互功能。Java程序对虚拟场景中输入事件的响应流程为：虚拟场景中输入的事件经路由传入script节点，Java程序对从script节点处获取的事件进行响应，产生一系列动作，再将响应的结果信息反馈到script节点中，修改节点的域值实现人机交互，完成对虚拟场景中仿真对象的移动、旋转、拆装等动作。

### 4) 数据存储（XML、SQL数据库）

通过XML文档和SQL数据库实现对系统的数据进行管理，包括注册学员的信息、训练的项目及操作规范等。

虚拟现实作为近年来极为火热的高新技术，在教育、远程医疗、科学试验、旅游等领域中得到了广泛应用，并且已经取得了巨大的成功<sup>[8-11]</sup>。虚拟现实技术在气象领域的主要体现在天气应用程序和影视节目制作中，中央电视台天气预报栏目就应用虚拟现实技术模拟极端天气发生时的真实状况，大大提高了气象影视节目的收视率<sup>[12]</sup>。

## 2 VR技术在地面观测设备保障培训中的应用场景

创建一个虚拟地面观测场不需要规划训练基地和购置大量的观测设备，而且硬件支持所需要的成本也非常少，同时还可实现资源共享。地面观测设备保障虚拟仿真培训系统的实现，可以让设备保障人员更加直观的掌握观测设备的维护、维修内容，其应用的场景分为以下三种。

### 2.1 设备日常巡检

通过该系统，新进业务人员可对观测场场景、巡检内容和工作标准规范进行充分了解，为即将开始的工作做好最充分的技术准备。学员可以在和现实观测场环境一样的虚拟观测场景当中，完成包括清扫百叶箱、整理地面温度场、清理雨量筒等的日常巡检工作的模拟。

### 2.2 故障处理及传感器更换

通过设定采集器、传输线路、传感器故障点，以任务的形式让设备保障人员在虚拟观测场景中进行故障点排查、更换采集器或传感器备件，提高应急保障能力。

## 2.3 设备检定

在虚拟观测场景中，通过设定设备检定的工作步骤，让设备保障人员熟练掌握各类传感器的拆装及标校设备的使用方法。

## 3 基于VR技术的虚拟观测场仿真培训系统设计

以先进的三维建模技术、虚拟现实技术、人机交互技术为核心，并综合应用硬件外设，开发基于VR技术的虚拟观测场仿真培训系统，包括系统的功能要求、虚拟观测场构成模块及平台的设计及实现等。

### 3.1 虚拟观测场仿真培训系统的功能要求

虚拟观测场仿真培训系统应实现如下功能：第一要为学员提供一个逼真的实验环境，从观测场的全景、观测仪器的布局到各个传感器元件都要与现实环境相吻合；第二要利用交互式设计来营造一个真实感很强的训练环境，使学员能够实现训练环节中每个操作步骤的训练，切实掌握维修技能；第三要注重细节展示，为学员提供场景中的单个仪器造型的3D图形，包括每个可拆分元器件的造型图，使学员对仪器设备更好理解和认识；第四要为学员提供训练的演示和指导书，为学员成功进行训练操作提供指导，在寓教于乐中快速掌握维修技能。

### 3.2 虚拟观测场的构成模块

结合训练设计需求系统主要包括以下五个模块（图2）：

第一个模块，虚拟场景展示，包括全景展示，包括整个观测场全景、设备仪器安装位置、观测场围栏、小路、草地等；场景中单个设备造型的展示，包括采集器箱、百叶箱、翻斗式雨量计、称重式雨量计、能见度仪等，以及每个设备的元器件造型的展示，比如采集器箱内采集器模块、通讯模块、防雷板、气压计、蓄电池及电源线信号线等。

第二个模块，虚拟标校训练的交互式过程中所用到的标校设备展示，包括雨量标校仪、风向风速校验仪、万用表等。

第三个模块，虚拟更换设备训练的交互式过程中所用到的工具展示，包括螺丝刀、专用钳、扳手、卷尺、毛刷等。

第四个模块，虚拟观测场交互训练的自动演示动画。

第五个模块，虚拟观测场交互的自主训练，学员可结合训练演示、训练指导书对虚拟观测场景中的观测设备进行交互训练。

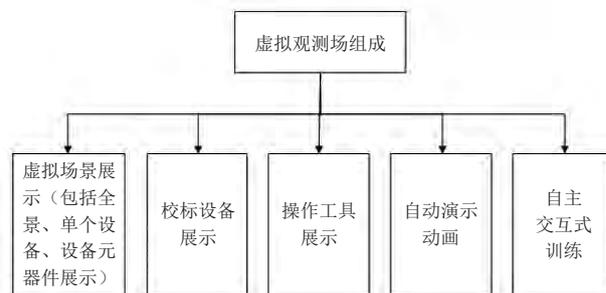


图2 虚拟观测场组成模块

Fig. 2 The module of virtual observation field

### 3.3 仿真培训系统的设计和实现

虚拟观测场仿真培训系统属于专业培训系统，以虚拟现实技术为基础，结合基层维护保障人员日常巡检维护和故障维修的实际工作，设计并开发出界面友好、真实自然、交互性好、实用性强、形式多样的仿真培训系统。系统可通过VRML和3ds Max建立真实感的三维虚拟模型，使用Java或Java Script编程语言实现交互控制过程，使用C#或C++设计系统的架构并实现接口层、功能层实现层中各个模块的功能，通过XML文档和SQL数据库实现对系统的数据进行管理。

#### 3.3.1 系统架构设计

仿真软件支撑平台的架构主要包括两层<sup>[13]</sup>：

（1）接口层，主要包括图形用户接口、输入控制接口及其他一些输入输出接口，主要有操作虚拟观测场中观测设备的硬件装置及驱动硬件装置的接口程序等，如数据手套、VR头盔；（2）功能实现层，主要包括用户界面（UI）设计模块、角色设计模块、任务设计模块、触发设计模块、动作设计模块、资源管理模块等，主要有虚拟观测场中观测设备模型的信息库、规则库以及支持交互操作的工具及应用程序。

#### 3.3.2 系统功能实现

根据3.3.1节提出的系统架构，系统功能应能实现友好的用户操作控制界面、灵活多样的界面样式，以及按需定制的考核任务设计、遵循操作实际的动作设计、符合逻辑关系的条件设计，还可根据场景不同具有导入不同的场景文件、提供在线帮助的标准规范知识库及学员信息管理的资源管理等功能，应包括如下几个子系统组成。

1) 虚拟地面观测场整体展示子系统：对整个地面观测场进行浏览、巡查，包括整个场景、观测设备安装位置、观测场围栏、小路、草坪的整体展示。

2) 观测设备局部展示子系统：对采集器、各个传感器的近距离局部细节的展示。

3) 动态演示子系统：动态演示采集器、传感器

各个部件的构成,对虚拟观测场的日常巡检,传感器计量检定、故障排查的操作流程进行多媒体动态演示。

4) 设备拆装训练子系统:对采集器、传感器拆装步骤提供交互式操作训练。

5) 传感器检定标校训练子系统:对传感器计量检定、标校操作步骤提供交互式操作训练。

6) 观测场日常巡检训练子系统:对观测场设备日常巡检内容提供交互式操作训练。

7) 实训考核管理子系统:设置采集器、传感器故障点,对故障点进行排查、维修,进行交互式操作训练,针对培训效果进行综合评分,考核训练成效。

8) 系统管理子系统:系统后台维护,包括数据库、学员登录权限管理、考核任务设计等的管理维护。

## 4 虚拟观测场的基本交互式设计及实现

### 4.1 设计流程

第一步,在3D Studio Max建模工具中把相应的造型建模出来,对造型的材质和纹理进行优化设置,导出后缀名为wrl的VRML文件;第二步,利用Vrmlpad编辑工具对VRML文件相应的优化设计;第三步,进行交互式设计,利用6种插补器、8种传感器及脚本节点技术对相应的造型进行一个交互式设计;第四步,对设计效果进行浏览,不断修正优化,即可利用浏览器对VRML文件进行浏览和交互体验<sup>[14]</sup>。

### 4.2 基本交互式技术融入

虚拟观测场仿真培训系统中人机交互功能的实现是系统开发的重点和难点,从设备的平移到传感器的更换都需要大量的人机交互操作,必须实现虚拟观测设备能够针对每一个操作步骤做出符合物体运动规则的相应动作变化。具体实现则要通过Java或Java Script语言对VRML进行编程,结合交互式的关键技术对场景中的节点设置插补器和传感器及脚本节点,实现虚拟场景中仿真对象与外界动作指令的交互。

以雨量传感器日常维护为例,对该设备维护的虚拟现实仿真包括雨量筒的拆装、信号线的连接、翻斗的清扫等,下面以场景中拆卸雨量筒为例说明如何实现交互控制过程。拆卸雨量筒动作分析:首先,触摸到雨量筒;其次,进行旋转动作,逆时针旋转5°卸下雨量筒,最后进行垂直方向和水平方向动作,即可取

下雨量筒。

当操作者通过三维鼠标或数据手套触碰雨量筒时,接触到雨量筒,当进行逆时针旋转时,雨量筒卸下,通过垂直方向向上和水平方向的移动,将雨量筒放置到指定位置。以上只是对拆卸雨量筒动作的程序实现的简单描述,要增加更加真实的感觉,还要增加一些诸如雨量筒纹理变化,实现雨量筒旋转的效果等。虚拟观测场仿真培训系统中需要大量的更复杂更逼真的交互功能,均可使用Java或Java Script语言与VRML进行混合编程实现。

## 5 结语

气象部门装备维修业务实行省市县三级布局<sup>[15]</sup>,市县级装备保障人员承担本辖区内所有国家级自动站、区域站等设备的维修、标校工作。虚拟现实技术在气象设备保障培训中有广泛的应用前景,建立从地面观测站、区域站,到土壤水分观测站、农田小气候站,再到高空观测设备、雷达观测设备维修维护的虚拟仿真培训系统,将AR(增强现实)及MR(混合现实)等虚拟技术应用到其中,增强更加真实的操作体验,将大大提高基层装备保障技术人员实际维修技能,具有很高的实用价值。

### 参考文献

- [1] 李新晖,陈梅兰.虚拟现实技术与应用.北京:清华大学出版社,2011.
- [2] 喻晓和.虚拟现实技术基础教程.北京:清华大学出版社,2015.
- [3] 黄文丽.VRML语言入门与应用.北京:中国铁道出版社,2003.
- [4] 邹珺.使用VRML构建虚拟境界的技术研究.软件工程师,2016,(3):22-23.
- [5] 郭叙成.VRML及Java技术在虚拟场景中的研究.信息技术与信息化,2005,(Z1):128-130.
- [6] 李冉,蔡正林.结合VRML和Java建立动态场景.电脑与信息技术,2005,(1):33-35.
- [7] 鲁强,孔英会,贾俊敏.VR技术及其在电力仿真培训系统中的应用.湖南电力,2004,(1):36-39.
- [8] 王同聚.虚拟和增强现实(VR/AR)技术在教学中的应用与前景展望.数字教育,2017,(1):1-10.
- [9] 张晓宇.虚拟现实技术在医学上的应用.科技与创新,.2017,(3):17-20.
- [10] 郭立萍,李光霞,董硕.虚拟现实技术在构建虚拟旅游环境中的应用.安徽农业科学,2010,(18):9811-9813.
- [11] 李金.基于VR的农业虚拟实验室设计和研究.科技视界,2016,(23):14.
- [12] 张媛.气象影视节目虚拟现实技术的应用现状及趋势研究.气象科技进展,2016,(6):59-61.
- [13] 张帅,严浩军.VR技术在智能化供用电仿真培训领域的应用.电子世界,2017,(22):199-200.
- [14] 舒道伟.基于VR的虚拟实验室的基本交互式设计.云南大学硕士学位论文,2016.
- [15] 省级观测装备维修业务分级指导意见出台.中国气象报,2017-12-20(1).