

# 团体操排练预演虚拟仿真教学实验系统的设计与开发

侯鹏, 于少勇\*

西安电子科技大学体育部, 西安 710071

**摘要** 为解决团体操教学排练次数多、耗时长和组织难度大等问题,设计并开发团体操排练预演虚拟仿真教学实验。通过虚拟现实技术实现对排练场景和人员的3D建模,让学生可以进行团体操创编和队形设计,借助虚拟仿真方式对整个排练过程进行模拟。教学实验结果表明,该方案可以让学生掌握跑动路线、方向以及与多人协作配合等方法,提高了大型团体操表演场景的排练效率。

**关键词** 团体操排练预演;虚拟仿真;教学实验

团体操是一项体育与艺术高度结合的综合性集体表演项目,是庆祝大型体育赛事开幕的必演内容,参演者少则几千、多则几万,通常由在校大学生为主体完成,其气势磅礴和新颖变换的场景令人震撼,常常给人以强烈的艺术感染力。团体操多种多样的队形设计,以及配乐、色彩、表演形式体现了体育赛事的主题思想,为体育赛事烘托了热烈的氛围,使人们在欢乐的气氛中受到生动的教育和得到美的享受,也逐渐被看成是一个国家政治、经济、管理实力和民族文化、体育、艺术、科技水平的综合反

映<sup>[1-3]</sup>。但团体操编排演练的过程中往往会存在诸多问题。1) 现场教学排练次数多、耗时长、组织难度大。由于参演人数众多,团体操的排练及最终合成通常要持续数月甚至更长的时间,对学生学习和生活造成较大的影响。2) 财力物力耗损巨大。以北京奥运会开幕式表演为例,其前期排练预演花费为8.31亿人民币,同时每次现场排练也会产生大量的道具垃圾。

本研究基于团体操排练预演的问题,设计并开发团体操排练预演虚拟仿真教学实验系统。

收稿日期:2020-01-11;修回日期:2020-05-18

基金项目:陕西省虚拟仿真实验教学项目(陕教高办[2019]29号),西安电子科技大学人文与信息学科交叉专项(RW180177)

作者简介:侯鹏,讲师,研究方向为体育信息化教学,电子信箱:15502906926@163.com;于少勇(通信作者),教授,研究方向为运动领域管理心理与行为,电子信箱:yushaoyong@126.com

引用格式:侯鹏,于少勇.团体操排练预演虚拟仿真教学实验系统的设计与开发[J].科技导报,2020,38(22):65-71;doi:10.3981/j.issn.1000-7857.2020.22.008

## 1 虚拟仿真研究现状

虚拟仿真(virtual simulation)是用一个可创建和体验虚拟世界的计算机系统模仿另一个真实系统,结合人机交互等多种技术的综合应用<sup>[4-6]</sup>。它使用户能够在虚拟的环境下进行各种交互式体验,在隧道交通、工程机械、航空航天、地质勘探和材料分析等领域有广泛的应用,方便理论教学与实践的结合,具有较好的应用效果<sup>[7-11]</sup>。虚拟仿真在体育领域中主要应用于赛事的转播和训练。例如,2015—2016赛季美国职业篮球联赛(NBA)揭幕战上,主办方采用NextVR公司的虚拟现实(VR)技术转播了金州勇士队与新奥尔良鹈鹕队的比赛,是世界上第一场使用VR技术转播的NBA比赛;美国职业棒球大联盟(MLB)为了帮助球员进一步提高战斗力,尝试在球员的日常击球训练中引入VR技术;中国上海创业公司实野科技针对美国各中小学、NCAA以及职业联赛的VR棒球战术训练系统2MD也在2019年上线。在国内,虚拟仿真技术已应用于竞技体育领域,例如跳水、体操、蹦床、举重、篮球、滑雪、高尔夫球等项目,尤其在跳水、蹦床项目上取得了较大成功<sup>[12]</sup>;七维科技公司、微鲸科技公司在体育赛事转播VR内容制作领域开始尝试,并在中国国家足球队、中超联赛、足协杯赛、业余足球联赛等足球赛事中尝试提供VR直播服务;同时国内VR线下体验店也涉及诸多VR体育内容,例如VR滑雪、VR高尔夫等。

传统的团体操排练主要采用手工绘图方式进行团体操创编和队形设计,通过人工现场指挥,实现团体操的训练。此方式受场地限制,工作方式繁琐,且现场排练进行前无法展现团体操的效果并对突发情况进行预案<sup>[13]</sup>。因此将“虚拟仿真+互联网”技术融入到团体操排练预演教学中,通过虚拟仿真技术在电脑登陆网页及其他VR头显设备上进行团体操教学实验项目预演,既可使学生掌握团体操创编设计的理论方法,又能快速熟悉排练内容,校正方案不足,高效率做出调整,提升团体操排练预演效率的同时助力体育教学改革。

## 2 虚拟仿真实验中的教学设计与方法

### 2.1 教学实验方案设计

整个虚拟仿真实验按照“认知”“设计”“参与”3大模块进行组织,以互动研讨和探究教学的方法将每一个模块赋予一定的任务要求,并与评价系统相关联。根据《大学体育》课程内容并按照体系化要求,设想梳理出3个典型的团体操预演技术模块并开展虚拟仿真教学实验,以提高学生实践能力和创新精神为核心,实现高校线上线下教学相结合的教学体系。

1) 认知模块。帮助学生了解平台使用方法,大型团体操编排的基本原理、设计流程及跑动路径的选择,探索多种团体操的跑动路线及多人配合的方法。

2) 编排模块。帮助学生掌握大型团体操编排的基本原理、设计流程及跑动路径选择,模拟某高校体育活动场景,由学生进行自主选择场景、规模、主题、队形、配乐等,通过学生探索团体操编排教学方法和优化过程,培养学生设计、创新编排大型团体操的综合能力。

3) 个人路径演练模块。通过教师给定团体操主题、路径与结果,学生在实验系统中进行目标设计和模拟,掌握自己在此项团体操中的主要站位、行走路径、衣着着装、音乐拍点等必要内容,以第三人称视角与本团体操中其他人进行协作配合(在后续实验建设中将通过提供VR头显设备让学生可进行第一人称视角模拟体验,目前实验尝试使用HTC vive,其单眼分辨率为1080×1200像素,组合分辨率为2160×1200像素,空间定位范围15 m<sup>2</sup>内),让学生形成快速自主学习和排练,提升大型团体操排练和合成效率、节约排练成本。

项目在实验方案设计思路构建时注重学生在虚拟仿真实验中的体验感和互动性,软件系统对实际团体操的场地、人数、音乐场景均有参数化设置及3D建模。场景包含多类典型及适配当下的主题团体操队列队形的虚拟场地,同时包含场地天气、人数等不可控情形模拟,使得该实验更加逼近真实

情况。

上述实验设计思路围绕教学实验目的要求,考虑“教”和“学”两方面的主题兴趣点,更多侧重学习者的需求和学习效果。把“学”和“做”联系起来,按照全面培养学生自主学习和练习能力、探究创新能力,以及提升大型团体操排练和合成效率,节约排练成本的目标设立实验内容,选择了合适的教学方法,制定了评价体系,力图实现传统教学的延伸与拓展。

## 2.2 教学实验方法

1) 直观演示法。让学生通过观察获得对团体操的感性认识,了解团体操构成要素中的基本知识点。本研究的所有实验环节中大多采用3D动画、文字信息、声音提示等教学手段向学生传递知识点信息,引导学生完成任务要求和注意事项等。如认知模块中,通过动画展示出团体操的基本构成要素,利用声音提示和场景仿真展示出中小型团体操与大型团体操的区别,加深学生对不同团体操的认知。通过动画和文字信息所展示的知识点内容,能够节省教师讲解时间,为实践和教师指导环节留下更多时间。

2) 任务驱动法。通过任务目标的驱动或实验评分的牵引,使学生有明确的目标进行探究性学习,学生查阅资料,对知识体系进行整理,积极参与完成每个知识点的教学。在完成任务目标的过程中,学生可以获得对基础知识点的学习和相关的综合训练。例如,音乐练习模块中的任务目标非常明确,但由于音乐节点较多,队形变换多样等因素,在配合音乐完成团体操练习时往往会有很大难度,根据虚拟仿真系统中的声音提示一边学习一边完成音乐练习任务,可以很自然地掌握音乐节奏知识要点;在队列练习模块中,通过语音提示让学生提前熟悉队形变化的方法,完成队列练习的任务,可为后续实地训练带来诸多便利。

3) 案例教学法。通过将知识点与实际案例结合,赋予知识点具体的情景,学生在虚拟仿真实验系统中完成学习任务。例如,对校运会团体操进行仿真模拟,可以让学生对所模拟场景更加感同身受,对实验产生更为浓厚的兴趣。通过学习典型案

例;可利用这一规律指导其他相似的团体操编排,数据统计案例教学时学生的实验停留时间较长,实验完成效果较好。

4) 合作探究教学法。将实验内容分解为若干子任务,明确任务目标,学生在虚拟仿真实验系统中完成教学任务,并进行与教师之间的互动交流,达到一人一人互动,通过探究、引导,激发学生积极主动地去分析问题,寻求问题的答案。该部分对实验网络环境要求较高,网络延迟对实验效果影响非常大。本研究在本地网络环境实验中,分别用Web模式和VR头显模式进行测试,其中Web模式在校内网、校外网络500次抽样测试平均延迟80 ms,实验基本顺畅,有卡顿情况;在本地局域网延迟低于30 ms,实验者觉察不出延迟,体验非常顺畅。VR头显设备目前仅支持本地实验(HTC vive,其单眼分辨率为1080×1200像素,组合分辨率为2160×1200像素),实验主机服务器配置GPU为NVIDIA GeForce GTX 1080,CPU为i7-9700T,测试延迟低于20 ms,以上实验中的互动延迟均在用户使用接受范围内。

在完成或参与本虚拟仿真实验教学中的具体实践模块过程后,学生对大型团体操表演表现主题,表演队形、队列的设计,配乐的合理运用以及服装及道具的搭配等,及时反馈教师,提出合理有效建议,使方案和实施流程更加顺畅,增加排练效率。该教学方法不仅体现了学生的主体性,培养其创新思想,更是突出了教学实践的重要性。

## 3 系统设计开发与应用

### 3.1 开发工具

VR团体操排练预演教学实验系统的开发主要使用当前主流的三维引擎Unity3D,该引擎由Unity Technologies公司开发,可让开发者轻松创建诸如三维视频游戏、建筑可视化、实时三维动画等类型互动内容的多平台综合型开发工具,同时环境建模及角色模型分别使用Autodesk公司的3DMAX 2019和MAYA 2018产品。本次实验开发在Windows平台完成,场景支持PhysX物理计算引擎,能

够为实验前端画面提供逼真的物理计算,引擎支持 DirectX 和 OpenGL 图形处理技术。同时,在人员散场环境中尝试使用粒子系统模拟随机效果,实验项目采用了 Unity 动画系统模拟虚拟人的行走及其他动作姿态。为方便多平台使用,在实验开发输出平台中分别规划了 Windows、Mac、iOS、Android、WebGL 等,目前在运行实验支持 Windows、WebGL。按照教育部 ilab-x 实验空间平台要求,程序支持 Firefox、Google Chrome、Safari 等多种主流浏览器。

### 3.2 架构设计

该系统是基于 B/S 架构设计的虚拟仿真实验教学平台。针对大规模开发要求,系统采用轻量化的开发语言和模块化设计方案,部署简单、使用方便,实验流程架构如图 1 所示。系统支持分布式部署方案,可随使用情况动态扩充容量,基于容器化部署还可实现自动扩容,无需人为干预。系统包含实验实训、实验报告、实验指南、数据统计、考试系统、帮助中心、收费系统、安全中心、资源中心、协同



图 1 虚拟仿真实验流程架构

服务、学问系统和知识角等功能模块。系统除支持虚拟仿真实验外还可上传视频和其他文档资料,支持系统化课程体系学习。系统可对学生实验、学习数据做详细记录并分析每个学生的学习情况和整体学生知识掌握情况,实验报告系统可对学生提交的实验报告进行自动批阅也可由教师人工批阅,或学生相互阅评。

系统用户可分为教师和学生2种角色。教师可发布实验资源,建设实验课程,设置课程共享信息,查看发布课程的学习情况,批阅学生实验报告和考试。学生可报名参与课程,观看报名课程的视频,操作课程的实验资源,查看个人的学习情况,评价学习课程,参与课程讨论,参与实验报告互评等。

### 3.3 虚拟仿真场景化设计应用

编排设计是该虚拟仿真实验软件的核心内容,编排团体操的队形图案时,应根据表演内容设计,有利于点明主题,表达特定的气氛和意境。遵循对称、均衡、比例、统一多样化等形式美法则,注意点、线、形结合,力求创新突破。同时还应考虑观众台的远度和高度,注意透视效果清晰,变队鲜明、流畅且巧妙。当然,所设计的队形和图案还要有利于显示动作效果,发挥道具特点等。几种常见的表演队形有散点队形、直线队形、带角队形、弧形或者圆形队形。通过对实验使用中的用户反馈了解到,利用虚拟仿真形式进行场景编排,特别是较为复杂的队形形式效果越好。一般参与者很少有机会能够全局了解自己在队形中的走位和移动路线,而在虚拟仿真实验中却可以。

实验中分别设计了队形变化的多种基本方式,包括合并法、分段法、区分法、分散法。同时软件中对进场、退场队形,包括基类表演场地所提供条件进行了模拟(图2)。软件中可以向前、后、左、右或四角退场,同时可模拟多场次表演衔接,除最后一场表演结束退场以外,各分场的表演在前一场的退

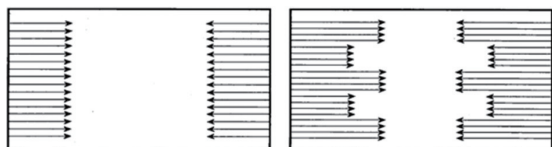


图2 常见进场、退场以及紧急撤退队形方式、位置示意

场要作为后一场的入场,使各场之间衔接紧凑。

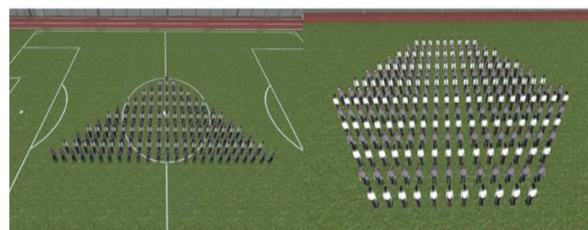
### 3.4 虚拟仿真场景化软件应用

该虚拟仿真实验可在Web端直接打开,无需下载或者安装插件。学生进入虚拟仿真实验界面,首先在知识角对团体操及团体操创编进行初步的认知了解,包括团体操概述、特点,团体操表演构成要素、团体操的创编原则、团体操的软件操作模式、团体操创编与设计程序。通过虚拟实验熟悉基本概念后,进入实践模块场景选择部分。共有3个场景可供选择:某高校运动会场景(中小型)、中华人民共和国第十四届运动会场景(大型)和冬奥会场景(大型)。可提供以下设置:(1)主席台与观众席的所在位置及方向;(2)表演人员的候场区域;(3)表演人员的入场方式、入场路线及队形;(4)主场地(篮球场、足球场等)。根据选择场景和给定人数,进行队形队列的设计,包括2种方式:在系统给定的队形模板库中选择队形、用鼠标对场景中的人物模型进行拖拽操作。同时软件提供选择配乐、背景氛围、给人物设置服装的颜色、艺术装饰,使得队列组成不同的图案。

表演队形及图案创编是软件的核心模块,该模块分为:(1)表演风格及难易程度的选择;(2)主题策划动作的创编;(3)队形及路线的编排。具体软件操作原型图及模拟效果如图3所示。



(a) 软件应用设计原型



(b) 路径演练

图3 虚拟仿真操作及模拟效果

实验结束时完成实验并提交,教师评级以及学生之间根据系统给出的考核标准进行互评,开始与结束页面如图4所示。



图4 虚拟仿真场景化设计应用开始与结束页面

利用虚拟仿真技术还原真实操场、人设还原大型团体操表演场景,学生对参与人数、场地大小及间距、主题、音乐、道具等要素完成场景预设后,可通过系统提供的创编预制,选择入场队形图(散点图、放射图、尖角图等)、入场队形方式(单行、多行密集纵队等)、选择队形图。软件则通过预设完成值自动生成队形过渡方式;选择已经设计好的成品进行模拟,了解自己的所有具体坐标以及坐标的变化路径并熟记,通过各个模块的学习和对整个实验的反复操作可在实际排练时减少很多排练失误,减少排练时间,提高排练效率。

## 4 结论

应用虚拟仿真技术针对团体操编排、训练、表演等各环节进行三维还原和程序模拟,通过线上与线下的教学模式相结合的方式,很好地提高了团体操排练效率,基本到达预期效果。该研究通过实战训练和用户使用反馈已收集若干建议,如导出动图方便手机参考、根据时间生成口令、运动过程中语音提示等实用功能,拟于后续建设中完善开发并陆续更新。随着虚拟技术与增强现实技术发展,项目组实验室还将使用最新推出的VR移动头盔设备

(oculus quest、pico neo2)、增强现实(AR)设备(微软Hololens)等硬件进行实验测试开发,探索更多信息化技术应用,以期服务体育教育教学工作,提高教学质量。

## 参考文献 (References)

- [1] 吴欣. 时代语境下团体操发展途径探析——基于大型运动会开、闭幕式中国团体操表演的思考[J]. 成都体育学院学报, 2011, 37(3): 29-31.
- [2] 黄宽柔, 赵海波. 团体操表演范式的构建与解读[J]. 体育与科学, 2014, 35(4): 85-92.
- [3] 鹿志海, 王文生, 马鸿韬, 等. 大型团体操创编实践与思考: 以援助赞比亚独立50周年庆典为例[J]. 首都体育学院学报, 2016, 28(1): 69-76.
- [4] 韦有双, 王飞, 冯允成. 虚拟现实与系统仿真[J]. 计算机仿真, 1999(2): 63-66.
- [5] 纪庆革, 潘志庚, 李祥晨. 虚拟现实在体育仿真中的应用综述[J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2003, 15(11): 1333-1338.
- [6] 邹湘军, 孙健, 何汉武, 等. 虚拟现实技术的演变发展与展望[J]. 系统仿真学报, 2004(9): 1905-1909.
- [7] 雷旭, 李海珍, 汪贵平, 等. 互联网+隧道交通环境管控虚拟仿真实验项目建设[J]. 实验技术与管理, 2019, 36(1): 134-137.
- [8] 吕庆功, 牟仁玲, 许文婧, 等. 钢铁生产全流程虚拟仿真实实践教学平台的建设与应用[J]. 实验室研究与探索, 2019, 38(7): 83-87.
- [9] 涂继亮, 陶秋香, 刘辉. 综合航空电子与控制虚拟仿真实验教学系统设计与开发[J]. 实验技术与管理, 2019, 36(8): 106-110.
- [10] 陈振杰, 李满春, 程亮, 等. 地球系统科学虚拟仿真实验研发[J]. 实验技术与管理, 2020, 37(3): 133-138.
- [11] 曹静, 于岩, 李凌云, 等. “材料分析方法”虚拟仿真实验教学系统建设及应用[J]. 实验技术与管理, 2019, 36(10): 32-35.
- [12] 陈健, 姚颂平. 虚拟现实技术在体育运动技术仿真中的应用[J]. 体育科学, 2006(9): 34-39.
- [13] 陈娟. 论建国以来我国大型体育赛事开幕式团体操表演的历史演变与发展[D]. 北京: 北京体育大学, 2008.

## Design and development of virtual simulation experimental teaching system for group callisthenics rehearsal

HOU Peng, YU Shaoyong\*

Department of Physical Education, Xidian University, Xi'an 710071, China

**Abstract** In order to solve for the group callisthenics teaching the problems of too many rehearsals, too long time and the difficulty in organization, a virtual simulation teaching experiment is designed and developed for the group gymnastics rehearsal, mainly through the computer technology to create the rehearsal scene and the personnel 3D modeling. Students can create and design the group gymnastics formation by using the virtual simulation of the whole rehearsal process. The teaching experiment results show that the program can help students master the running route, direction and cooperation with other people, and improve the rehearsal efficiency of large-scale group callisthenics performance scenes.

**Keywords** rehearse for the group callisthenics; virtual simulation; teaching experiment ●



(责任编辑 徐丽娇)