

「隔电线路」

虚拟现实技术在线路杆变停复役的应用研究

文/国网上海市电力公司培训中心 吕政权 陈怡君 彭勇 王婷婷

通过采用虚拟技术为电力操作人员提供一个新的培训方式。给员工提供了身临其境的体验，能够及时的操作新技能，增加了趣味性，因此具有较强的推广使用价值。

在电力行业里，因为电的不安全性，各生产环节都或许包含潜在的隐患。如果触发事故，将会造成较大的难以承受的损失。杆变停复役在电力线路操作中比重大，安全隐患多，学员易发生违章操作，导致生命危险。线路操作中50%以上为停复役操作，剩余的50%中多数为包含停复役的复杂操作。停复役操作直接影响施工班人员安全、设备安全及其用户用电。因此操作人员需要经过严格的专业训练，培养出较高的业务素质。从整体情况来看目前的电力线路操作技能的培训主要是采用死记硬背管理规程，新老传帮带和播放视频等方式。采用上述方式往往无法给员工提供身临其境的现场环境，无法使员工及时操作新技能，无法感知操作结果，无法增强趣味性，无法使员工有效快速地掌握新技能。无法实现多人在同一虚拟场景，现实异地的团队作业。

利用VR技术建立的虚拟培训系统，可以进行各种演练、模拟真实的操作动作和还原现场环境，使得被培训人员在远离危险环境的情况下模拟完成各项作业，可以降低危险，使各环节联系更加紧密，不仅能节省资金，而且让接受培训的人员可以进入各个部分详细地理解、领悟到实际工作中不能接触的知识，最终减少培训的时间以

及降低了培训的成本。良好的人机交互性，可提高员工的学习兴趣，提高效率。为电力操作人员提供一个新的培训方式。采用虚拟现实技术，对电力操作人员进行线路杆变停复役的操作规章和步骤的培训，给电力操作人员在课堂上提供了身临其境的体验，能够及时的操作新技能，增加了趣味性，提高了学习效率，实现了多人在同一虚拟场景，现实异地的团队作业。

虚拟现实技术

虚拟现实技术是借助于计算机给人身临其境的感受，去体验一种虚拟的情景。虚拟技术包含沉浸、交互和构想三个特征。“沉浸”是让用户成为一个主导的参与者融入到虚拟的环境中，并借助多维方式同虚拟环境来进行交往互动，让用户彻底沉浸到虚拟环境里，体验一种身临其境的视觉和触觉。交互是让操作者和虚拟环境中的事物产生相互反应。是人与机能否融洽配合的决定性因素。构想是操作者在虚拟环境中能够通过自我的感知充分获取知识，得到答案。图1所示为虚拟现实三角形。一般的虚拟现实系统主要包含计算机、输入输出设备、软件和数据库四个部分。计算机为系统的关键部件。输入输出设备通过输

人和输出信息来实现系统的交互性。软件作为系统的重要部分，许多功能的实现都需要软件的支持。数据库是用来存放构建虚拟系统所需要的全部的数据信息。

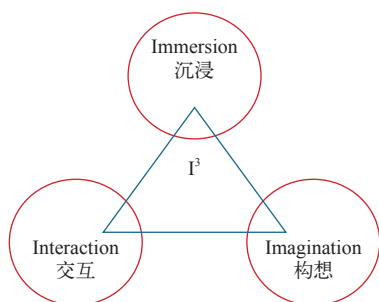


图1 虚拟现实三角形

国内外研究现状

虚拟技术从20世纪50年代由美国VPL探索公司提出并初步开始发展。起初主要是满足军事方面尤其是飞行器仿真的用途，20世纪80年代的时候出现了头盔显示器以及数据手套等设备。美国从1992年开始将虚拟技术应用到电力系统中。目前在军事、教育、影视、医疗、企业管理等行业得到大量应用。英国在虚拟技术应用于游戏方面取得较大成就。日本在虚拟现实技术的实用化方面走在世界前列。东京大学对“虚拟人”进行了相关研究。通过提取人的面部表情的特征，创造出人的立体的动画效应。

我国在虚拟技术的发展相对较晚，跟先进国家存在一定差距。近几年虚拟现实技术在我国得到快速的发展，国家和企业都投入大量资源来发展虚拟技术。国内高校中清华大学、浙江大学、西北工业大学以及北京航空航天大学已经在虚拟技术方面取得相关研究成果。例如，西北工业大学成立了先进的基于虚拟现实技术的技术开发中心。北京航空航天大学主要在虚拟现实技术的理论方面有较为深入的研究。虚拟技术在电力行业的使用目前基本在配电GIS领域，其真实感、临场感和表现为都有待改进。伴随虚拟现实的进步，借助VR技术帮助电力仿真系统建立虚拟环境，将大大提高电力场景的真实感和沉浸感，为VR技术在电力系统中的使用带来质的飞跃。

系统构成及开发流程

杆变停复役VR培训平台主要由虚拟培训环境

模块、人机交互模块、操作平台体感模块以及数据分析处理模块四个部分组成。结构示意图如图2所示。其中虚拟培训环境模块为学员提供了逼真的工作环境；人机交互模块主要解决键盘，游戏手柄的各种事件；操作平台体感模块主要处理系统发出的指令，控制着光、声、触觉等执行器；数据分析处理模块主要存储教学内容，并分析处理学员的操作能力。图3为此培训系统的软件流程图，概括了程序的判断逻辑。

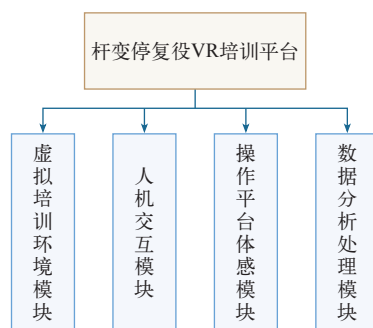


图2 VR培训平台的结构示意图

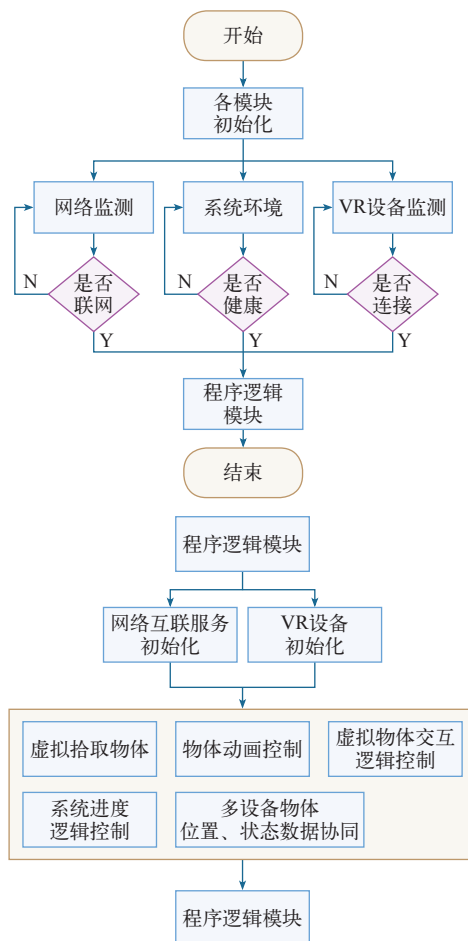


图3 软件流程图

杆变停复役虚拟培训关键技术

在整个杆变停复役培训系统当中，虚拟现实技术用到下面几个关键技术。

(1) 虚拟场景交互

杆变停复役虚拟仿真培训系统的建立，必须要考虑实际的场景，还要设计一个简单容易操作的人机互动界面。这对于提高培训效果有很大的帮助。本文中，在设计杆变停复役虚拟仿真培训系统时对人机交互方面有重点考虑。简易的界面让操作者不需要很高的计算机专业知识的情况下也很容易上手。

(2) 碰撞检测

文中根据杆变停复役虚拟仿真培训系统的需要，同时考虑操作人员具体操作的特点，使用引擎源码来修改，借助AABB轴向算法进行模拟实际的工作场景和外界可能存在的物体的碰撞行为进行检测。使用该方法的优点是编程简单，且功能容易实现。

(3) 粒子特效

三维技术使用粒子特效进行对景物的模拟，从而提升效率，进一步发挥出效果优良的三维模拟的场景

具体实施方式

本培训场地为现有的培训中心的教学工位，仅需在户内教学工位上安装VR主机、感应装置、VR头盔，互动手柄等设备。学员在完成基本的理论知识学习后，经过简单的VR操作指导即可以根据操作章程完成杆变停复役的模拟操作。本培训方法具体实施需要依靠软件和硬件配合，实现了所有操作流程逻辑以及交互间操作规范，设备互联互动的情况模拟功能。

软件方面，为营造一个逼真的操作环境，需要通过激光扫描设备对实体工具进行数据采集，将数据还原为1:1虚拟模型。模型文件在游戏引擎中进行优化，并对环境信息进行还原，尽可能的还原场景信息。软件系统启动后将进行系统模块初始化，并检测外部硬件设备状态，如有未正常连接情况，将等待，或提示设备非正常运行，当正常运行后再进入系统逻辑操作模块中，直至系统结束运行。逻辑操作模块中，包含了网络协同操作模块，以进行数据同步协同操作，设备间数据通信；并包含VR设备操作功能，实现在虚拟

场景中，对虚拟物体环境操作的交互要求。

硬件方面，为了切实增强仿真效果，使参与者能身临其境地参与到仿真实训中，本培训方法不仅要求所佩戴的VR设备，能使仿真模型在形态、光照、质感等方面上与真实对象酷似、逼真，本工程还配置了包含触电、坠落、敲击等体感感受的安全体感互动设备，在触觉上更加逼真的模拟现实场景。

1) 系统通过HTC VIVE设备进行VR内容展示，以及手柄交互操作。

2) 系统通过显示设备将VR头盔中的画面呈献给第三人，以方便第三人监督操作人员操作内容以及VR场景中内容，并提供相应的操作指导。

3) 通过网络通信手段将交互数据同步到对方系统中，已达到工作协同，数据协同的操作要求。同时，配合该智能踏板能结合仿真环境和参与者不同的操作，给参与者不同的即时响应，使参与者不仅在视觉上看到仿真画面，还能在触觉上真实地参与其中，从而加强互动体验，大幅度提高实训效果。

效果

基于VR的杆变停复役的培训方法是以模块化、进阶性的形式将标准操作注入到互动体验内容中，无疑会提高学员的学习积极性，增加学习的趣味性。更重要的是在互动体验的过程中，会更加深刻地学习到标准操作内容，大幅度提高了实训效果。另一方面此培训系统会根据学员的操作表现进行打分，指出错误操作。所以当一直长时间应用此系统时，将产生大量培训方面的数据。此大数据可以总结出最可能的一些错误操作，指导老师在培训时需侧重强调这些错误，尽可能地使学员避免此类错误，从而提高学员的实操技能及安全意识。

结束语

采用虚拟现实技术，对电力操作人员进行线路杆变停复役的操作规章和步骤的培训，给电力操作人员在课堂上提供了身临其境的体验，能够及时的操作新技能，增加了趣味性，提高了学习效率，实现了多人在同一虚拟场景，现实异地的团队作业。EA

(收稿日期: 2017.08.11)

(编辑: 白文亭)