

带电作业绝缘斗臂车虚拟仿真系统的设计与开发

张秋实, 刘晓伟, 叶征, 刘春翔, 陈先勇

(国网电力科学研究院武汉南瑞有限责任公司, 湖北 武汉 430074)

摘要: 将带电作业中的绝缘斗臂车操作训练与虚拟现实技术相结合, 以 Quest3D4.0 和 VC++ 6.0 等软件为开发平台, 在完成整体设计的基础上实现了绝缘斗臂车虚拟仿真系统。系统通过建立视景仿真和绝缘斗臂车模拟控制系统, 受训者可在虚拟操作环境中真实体验在现实世界中的工况, 有力地保障了仿真培训的效果, 为电力系统的带电作业培训提供了一种新的思维方式。

关键词: 虚拟仿真; 场景建模; 运动控制; 绝缘斗臂车

中图分类号: TP391.9

文献标识码: B

文章编号: 1674-7720(2011)03-0089-03

Design and development of live working insulating aerial device virtual simulation system

Zhang Qiushi, Liu Xiaowei, Ye Zheng, Liu Chunxiang, Chen Xianyong

(Wuhan Nari Limited Liability Company of State Grid Electric Power Research Institute, Wuhan 430074, China)

Abstract: The paper creates a virtual simulation system, which combines insulating aerial device training with virtual reality technology, takes Quest3D4.0, VC++6.0 etc as the development platform. Through building visual simulation system and motion control system, trainees can have a strong immersion experience in the virtual operating environment, which guarantees training quality effectively and provides a new way for live working training in electric power system.

Key words: virtual simulation; scene modeling; motion control; insulating aerial device

电力系统运行是电力安全生产的重要环节, 作为电力线路维护的作业人员, 不仅要掌握相关理论知识, 还要在此基础上锻炼实际应用和操作水平, 因此做好电力系统仿真培训工具具有很大的实际意义。传统基于实体的培训系统, 由于需要专用设备实现, 设备不仅相对复杂, 需要相对较大的空间, 而且价格昂贵, 学习人员需要花费大量的时间和精力到专门的培训机构学习, 这在一定程度上限制了学习人数和学习质量。因此, 近年来虚拟技术的模拟培训系统在电力系统培训中得到了广泛的应用。

绝缘斗臂车是配电线路带电作业中常用的工具, 用来把操作人员和设备送到指定位置, 掌握其在作业中操作要领是顺利完成带电作业的重要保障。借助虚拟现实技术的 3I 特性——沉浸 (Immersion)、交互 (Interaction) 和构想 (Imagination), 建立绝缘斗臂车虚拟仿真系统, 使受训者可以沉浸在虚拟操作环境当中, 根据虚拟环境提供的视觉、听觉和触觉反馈, 直接感知操作对象的结构和

工作原理, 构想操作动作要领, 体验在现实作业中可能发生的状况, 能有效地保证培训效果。同时使受训者的训练不受时间、气候、场地的限制, 极大地保证了训练的安全性。

1 绝缘斗臂车虚拟仿真系统构成

绝缘斗臂车虚拟仿真系统的构成如图 1 所示, 由模拟斗操作系统、主控计算机、视景仿真系统和运动模拟系统等构成。

模拟斗是支撑操纵装置、作业人员的载体, 是实现

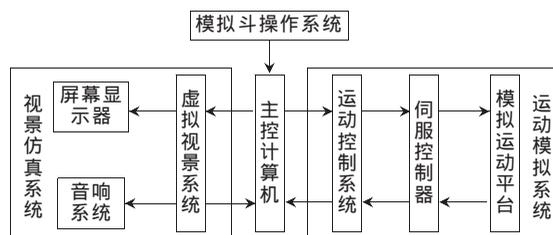


图 1 绝缘斗臂车模拟器的系统构成

绝缘斗臂车模拟操作最基本的机械本体。受训者在模拟斗臂车操作系统中通过数字杆、按钮等控制虚拟环境中绝缘斗臂车的运行情况,将动作传递给主控计算机。视景仿真系统通过动力学模型的计算,处理各种操作信息后进行视景仿真,通过大屏幕显示器和音响系统实时反映出来。同时,视景系统将仿真数据送给运动控制系统,经过伺服控制器来控制模拟运动平台的位姿(位置与姿态)。伺服控制器实时采集运动平台的数据,反馈给主控计算机,主控计算机通过闭环控制对运动控制系统进行更精确地控制,使模拟运动平台产生逼真的绝缘斗臂车模拟运动效果。这样,作业人员就得到视觉、听觉和触觉等多方面体验,如同在操作真实的绝缘斗臂车。绝缘斗臂车模拟操作系统外观如图2所示。



图2 绝缘斗臂车模拟操作系统

2 视景仿真系统的建立

虚拟带电作业场景的显示、音响系统的实时响应、绝缘斗臂车运动效果的模拟、运动模拟平台位姿数据的实时获得等,都需要虚拟作业视景系统产生实时的计算机仿真图形作为基础。因此,虚拟视景的快速、逼真、准确显示便成了衡量斗臂车模拟器的最重要因素。本文在Windows环境下,采用Quest3D和3DMax SDK,建立了一个绝缘斗臂车的视景仿真系统。

2.1 动力学仿真模型及应用

开发绝缘斗臂车视景仿真系统,必须建立斗臂车动力学模型,以确定当前操作时绝缘斗臂车的运动速度和方向坐标位置,供图形实时生成系统实时动态地生成虚拟视景,提高视景仿真的沉浸感。因此,建立一个合适有效的动力学模型是实现整个仿真操作系统的关键技术之一。动力学模型越准确,其复杂程度也越高,并且复杂程度呈几何级数增加,所需的计算空间和计算所占用的空间代价也呈几何级数增加。图形实时生成系统将占据大部分CPU时间,因此需要在模型的逼真度与复杂性作一折中,即在保证模拟精度的前提下简化运算过程。本文中,绝缘斗臂车模拟器动力学模型主要有数字杆转向角与运动方向模型和刹车制动与行驶速度模型。

2.2 虚拟场景的生成

在绝缘斗臂车仿真培训中,视觉是最重要的提示信息,受训者的动作大部分依赖于视觉,因此,视景仿真系统渲染高质量三维模型的能力是绝缘斗臂车模拟器真

实感的重要保证。为了满足图像处理的实时和逼真,以及视觉的真实感,需要配置高性能的图形渲染计算机,系统采用计算机图像技术,生成三维虚拟场景,再现配电网的真实环境,给作业人员以最直接的视觉提示,增强作业的逼真度。当作业人员沉浸在虚拟的场景中时,根据场景的变化可以进行相应的操作。利用3ds Max、photoshop和zbrush构建模型场景,3Dmax主要解决3D模型的设计制作,photoshop主要解决图片处理,zbrush主要解决人物模型贴图的处理。综合采用VC++6.0,Quest3D4.0和3dMax进行系统开发。模型建立流程如图3所示,根据该流程创建的场景模型如图4所示。



图3 视景系统模型建立流程图



图4 虚拟绝缘斗臂车仿真系统场景图

2.3 碰撞检测的实现

绝缘斗臂车虚拟仿真作为一个虚拟现实系统,斗臂车模拟运动过程中与环境物体的碰撞检测是实现系统沉浸性的重要问题。从数学上说,碰撞检测表现为两个多面体的求交问题,求解并不成问题。在虚拟现实中,对碰撞检测算法提出了实时性的要求,必须对碰撞检测模型进行优化和简化。文中使用OpenGVs所提供的几何工具(geometry facility)能很好地实现了斗臂车虚拟运动中景物跟随和场景内与其他物体的碰撞检测。

2.4 音响仿真系统

根据绝缘斗臂车运动状态和作业人员的不同动作,音响仿真系统实现场景管理平台中的声音和音效处理。在训练过程中,绝缘斗臂车可以发出刹车声、与物体碰撞声及外围环境声音等。系统使用DirectX中的

DirectSound 和 Direct Music 组件来实现绝缘斗臂车运动中的各种声音特效。

3 运动模拟系统的实现

运动控制系统是连接视景仿真系统和模拟斗系统的“神经中枢”，首先接收视景仿真系统中传来的汽车的姿态信号，然后通过一定的计算将其转换成相应的模拟量控制运动模拟平台的运动，实现模拟斗的姿态控制。

3.1 运动控制系统原理

控制系统通过控制六自由度平台的位姿，使受训者获得启动、加速、刹车、转向等各种真实的触觉感受。六自由度运动平台通过空间定位和姿态定位(三个自由度用来表示物体在空间的位置变化，三个自由度分别表示仰俯、测滚、偏移)，能够模仿运动载体特征，六自由度及坐标系定义如图 5 所示。摇动装置由 6 个阀控液压缸驱动，6 个伺服缸并联设置，共同驱动上平台。各伺服液压缸需要协调一致动作，才能使模拟斗稳定运行，不发生损坏现象。

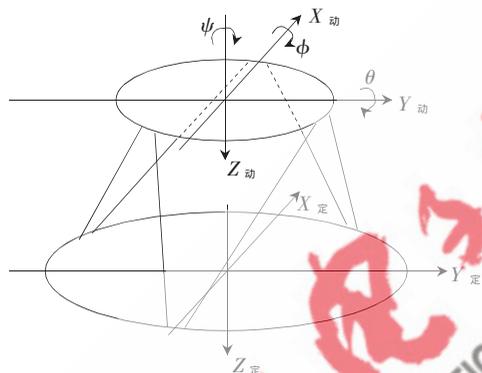


图 5 六自由度及坐标系定义图

运动控制系统组成如图 6 所示，分为控制计算机、电液伺服控制单元、执行机构单元、液压系统、反馈单元五部分。其工作原理是：给控制计算机输入一个位姿数据，计算机将此信号传送给电液伺服控制单元，电液伺服控制单元将信号进行电压到电流的转换以驱动液压系统，液压系统通过电液伺服阀控制执行机构即六自由度平台运动，在运动过程中，反馈单元进行位移信号的采集，将执行机构的位置信息反馈给计算机，以构成位置闭环。当运动到达给定位置时，计算机根据判别，控制其速度为零，实现点位控制，最终达到模拟斗姿态的准确控制。

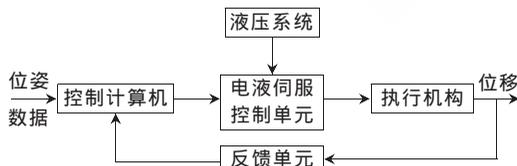


图 6 运动控制系统方框图

3.2 控制流程

控制流程如图 7 所示，训练开始，系统进行初始化；

调用模拟斗平台最低位至平衡位的运动曲线数据，使其运行至平衡位；选择六自由度运动模式及参数，调用相应运动曲线开始运动；软件界面采集各编码器脉冲，画出 6 个伺服液压缸实际运行曲线图。在运动过程中，控制软件通过模拟量及数字量输入时刻检测力传感器及限位开关的状态，一旦满足停机条件，将立即停止 6 个伺服电动缸的运动并返回至平衡状态。训练结束后，平台返回最低位置，此时可以切断电源。



图 7 运动控制流程图

运动控制系统提供 DOS 下 C 语言函数库和 Windows 下的动态链接库，通过调用函数库中的指令可以实现运动控制器的各种功能。系统采用 VC++6.0 为编程环境，在 Windows 系统下安装驱动程序后，调用函数库中的函数编写可视化用户界面来控制平台的各种运动。图 8 为模拟绝缘斗臂车运动的画面。



图 8 模拟绝缘斗臂车在运动中的画面

系统集传感器技术、运动控制技术、三维实时动画技术、人工智能技术、数据通信技术、多媒体技术等先进技术于一体，以 Quest3D4.0、VC++6.0 和关系型数据库 MySQL4.1 等软件为开发平台，在建立运动模拟平台、显示系统、工作站等硬件设施的基础上实现了：(1)真实地模拟斗臂车启动、停止、加速、减速和转向等各种运动情况；(2)能提供带电作业时所需的各种视景；(3)能观察和记录斗臂车运行时的各项性能参数；(4)能记录作业人员的操作技术，便于及时改进及修正。系统充分利用文

本、图形、三维影像、三维动画和声音等多种媒体表现形式,通过刺激学员的视觉、听觉神经,调动起学员的学习积极性和主动性,明显提高仿真培训效果,大大降低培训系统的硬件投资,为提高仿真与培训的技术水平,降低培训风险提供了一种新的思维方式。

参考文献

[1] 李洋,孙永维,胥义丰,等.台式飞行仿真模拟器的设计与实现[J].吉林大学学报,2009(5):550-556.
[2] 刘剑.基于虚拟仿真的新型六自由度平台的实时控制[D].上海:上海交通大学,2008.

[3] 王少梅,王海平.起重机仿真训练器的研制与应用[J].港口装卸,1999(4):1-3.
[4] 苏国辉,秦文虎,赵正旭.基于虚拟现实的汽车驾驶仿真系统[J].轻型汽车技术,2006(1):9-11.
[5] 史洪彬.绝缘斗臂车在配电线路带电作业中的应用[J].农村电工,2007,15(1):32.

(收稿日期:2010-09-07)

作者简介:

张秋实,女,1985年生,硕士,主要研究方向:工厂自动化,工业控制系统,输电线路运行与维护。

