

# 大型机械设备三维仿真训练系统的关键技术<sup>①</sup>

魏 东 任 远 (沈阳工业大学 信息科学与工程学院 辽宁 沈阳 110178)

**摘 要:** 大型机械设备具有体积庞大、价格昂贵、操作复杂、生产环境恶劣等特点,这些都给学习和操作此类设备带来了很大不便。针对这种实际情况,开发出以计算机仿真技术为核心大型机械设备三维仿真训练系统,可应用于对大型机械设备操作人员的培训。介绍了开发大型机械设备三维仿真训练系统应解决的关键问题,并以采用 Java3D 技术开发的锻压机三维仿真训练系统为例进行了验证。在应用中表明,大型机械设备三维仿真训练系统具有安全性、实用性、经济性等特点。

**关键词:** 大型机械设备; 三维仿真; Java3D

## Key Technology of 3D Simulation Training System in Large Tonnage Machinery

WEI Dong REN Yuan

(College of Information Science and Engineering, Shenyang University of Technology, Shenyang 110178, China)

**Abstract:** Large tonnage machinery has the characteristics of being bulky, expensive and complicated to operate, with the bad production environment where it is inconvenient to study and operate such equipment. In view of this situation, this paper develops a computer simulation technology as the core of the 3D simulation training system in large tonnage machinery. It can be applied to large tonnage machinery operator training. The key issues are introduced. The 3D simulation training system in forging machines developed with Java 3D technology is illustrated as an example. In the applications, the 3D simulation training system of large tonnage machinery is safe, practical and economical.

**Keywords:** large tonnage machinery; three-dimensional simulation; Java3D

## 1 引言

计算机仿真技术是采用现代计算机技术、多媒体技术和自动控制技术来模拟展示实际工作环境的一项高科技技术。它以计算机系统为核心,以操纵控制台为基础,从实际工作场合采集数据,建立数据模型,并与实物操作相结合,使人们在实验室的特定环境内就能够获得真实环境的感受<sup>[1]</sup>。

随着计算机仿真技术的日益发展,通过计算机仿真技术建立的仿真训练系统越来越受到人们的重视和青睐。在军事、机械、航空航天、教育培训等领域正在得到广泛的应用,成为科学研究的重要手段。

大型机械设备具有体积庞大、价格昂贵、操作复

杂、生产环境恶劣等特点。这些都给学习和操作此类设备带来了很大不便<sup>[2]</sup>。大型机械设备的操作不仅要求操作人员有一定的理论知识,更重要的是要具有相当的实际操作经验。目前普遍采用的训练方式是师徒相授的培训模式,但是这种培训方式非常的单一,培训人员多数时间用于观看实际工作人员的操作,得不到足够的实际操作的机会。随着对产品质量和生产水平要求的逐渐提高,这种培训方式已经远远不能满足生产和培训的需要。

针对这种实际情况,开发出以计算机仿真技术为核心的大型机械设备三维仿真训练系统是非常必要的。大型机械设备三维仿真训练系统要求用户严格按

<sup>①</sup> 基金项目:沈阳市科技局项目(1032035-1-03)

收稿时间:2009-06-08

照大型机械设备操作的基本工序通过模拟操作台等交互设备与三维场景进行交互,通过计算机视觉与听觉的反馈,产生亲临现场的感受和体验。使用大型机械设备三维仿真训练系统进行操作训练,在不影响实际生产的前提下,达到了培训操作人员的目的,大大地缩短了培训周期。以采用 Java3D 技术开发的 50MN 双柱式锻压机三维仿真训练系统为例,对大型机械设备三维仿真训练系统进行深入的研究。

目前,在国内还没有针对于锻压机建立的训练系统,其困难有三点:一是锻压机的模型复杂,建模工作量大;二是锻压机的操作复杂,模拟其操作过程复杂;三是锻件的锻压变形过程不易实现。

## 2 开发大型机械设备三维仿真训练系统的关键问题

大型机械设备三维仿真训练系统主要是运用三维开发技术,将建立大型机械设备的三维模型,载入到三维虚拟场景中,快速地生成大型机械设备的三维场景。用户通过鼠标操作对大型机械设备的三维场景进行任意角度的浏览,通过模拟操作台等交互设备与三维仿真系统进行交互。在开发大型机械设备三维仿真训练系统的过程中,应解决以下几个关键问题:

- (1) 大型机械设备三维模型的建立;
- (2) 大型机械设备三维场景的快速生成;
- (3) 三维机械模型运动的控制;
- (4) 用户与三维仿真训练系统的交互;
- (5) 软件系统与相关硬件设备的通信。

### 2.1 大型机械设备三维模型的建立

大型机械设备体积庞大、结构复杂,对大型机械设备建模比较困难。一般的三维开发技术(如 OpenGL、Direct3D 等)建模功能并不强大,只提供了一些绘制简单图元的函数。利用这些函数来构建一个复杂的模型,就显得非常困难<sup>[3]</sup>。尤其是在对大型机械设备建模的过程中更显得力不从心。运用这些三维开发技术直接来建立大型机械设备的三维模型不仅工作量会相当大,而且难以实现精确地建模,在尺寸上和真实机械设备存在很大的差异,对模型表面添加纹理、材质等效果更不如建模工具建立出来机械模型效果好,真实感远远不够。

在对大型机械设备进行三维建模的过程中应满足建模准确性的要求。大型机械设备的三维建模属于实体建模,应严格按照机械设备的尺寸进行建模。在对机械设备的零部件建模时需要对该机械设备进行整体规划,并遵循一定的原则。最关键的三个原则:一是统一所有模型的建模尺度单位;二是所有模型都按照实际尺寸建模;三是为每一个模型定义合理的模型坐标系<sup>[4]</sup>。遵守这三个原则可以为快速地生成三维场景做好充分的准备。在建立大型机械设备三维模型的过程中,可以把机械设备的零部件分为动态部分和静态部分。动态部分的零部件是在场景当中能够运动的,而静态部分的零部件在场景当中是静止不动的<sup>[5]</sup>。因此,大型机械设备三维仿真训练系统采用 SolidWorks 软件作为大型机械设备三维建模的建模工具。SolidWorks 软件是 SolidWorks 公司开发的专门用于机械工程实体模型设计的三维 CAD 软件。利用 Solid works 对机械设备进行建模的过程中,把静态部分的零件部分进行装配,这些零部件可以装配起来作为一个整体导入到场景当中,它们之间并不存在相对运动的关系。但动态部分就不一样,它们之间存在相对运动,不能作为一个整体导入到场景当中。因此需要明确机械模型各个组成部分之间的层次关系,建立场景结构树,然后分别对不同的机械设备部件进行建模。对于锻压机模型的结构树如图 1。

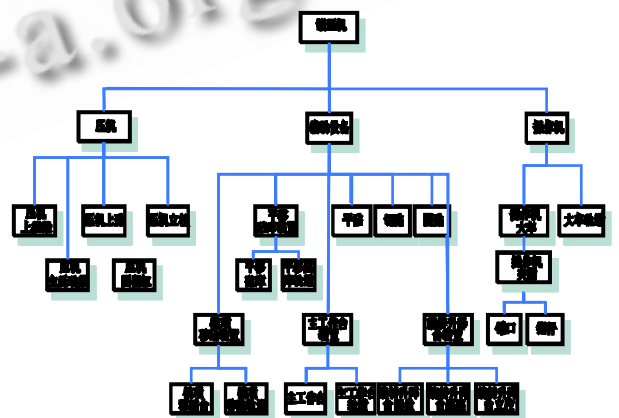


图 1 锻压机模型的结构树

在三维建模的过程中,考虑到载入大量的图形文件的会给计算机带来巨大的负担,因此在不影响视觉效果的前提下对建立的模型应尽可能地简化。为了使

建立的模型尽可能地简化,采用了修改属性法、压缩法、工具法等方法对模型进行简化。图 2 为在 Solidworks 软件中的锻压机整体装配图。

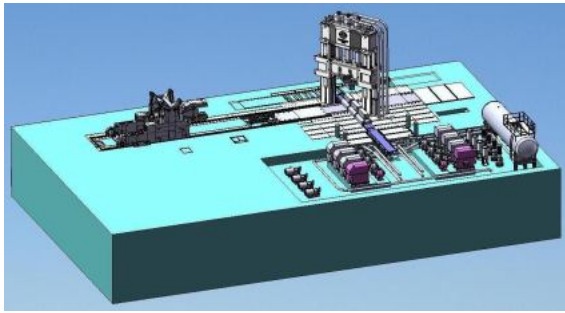


图 2 在 Solidworks 软件中的锻压机整体装配图

## 2.2 大型机械设备三维场景的快速生成

建立大型机械设备三维场景,在建立的三维场景下导入已建立的三维机械设备模型,按照结构树中部件的关系,对大型机械设备进行整体装配,将机械设备的零部件导入到场景中,并设置各个零部件的局部坐标系,快速地生成大型机械设备的三维场景。

采用了 Java3D 技术来生成大型机械设备的三维场景。可以将 SolidWorks 软件中建立的大型机械设备的模型文件导出为 WRL 文件(即 VRML 的文件类型),在 Java3D 中通过 Loader 接口对 WRL 文件进行加载,加载到三维场景中的模型被保存到 Branch-Group 对象中。在 Java3D 中,通过 Transform-Group 对象和 Transform3D 对象相结合来设置三维形体的局部坐标系。将保存零部件的 BranchGroup 对象添加到 TransformGroup 对象的子节点下,来设置零部件的初始位置。将大型机械设备的零部件按照实际设计的位置载入到场景当中,对机械设备的零部件建立局部坐标系。在系统中通过调用 Transform-Group 对象来对导入的三维机械设备模型进行动态控制。对大型机械设备的模型在建立的三维场景中进行快速装配,生成大型机械设备三维场景。在 Java3D 中建立的大型机械设备三维场景中,可以通过鼠标进行放缩、平移、旋转等操作,实现从任意角度对大型机械设备的三维场景进行浏览,更快捷地熟悉大型机械设备的整体结构。图 3 为采用 Java3D 技术建立的锻压机三维场景。

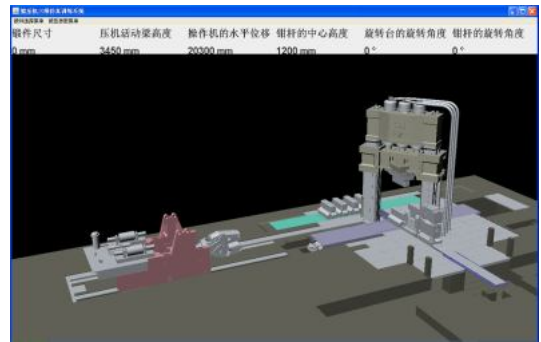


图 3 采用 Java3D 技术建立锻压机三维场景

## 2.3 三维机械模型的运动的控制

三维形体的运动是实现交互式的三维应用程序的难点和复杂之处,也是本系统的主要部分和核心之处。大型机械设备的部件动作主要分为平移和转动两种基本运动。Java3D 本身提供了一系列内插器用于控制三维形体的运动,但由于不能预先设定三维形体的运动方向和轨迹,并且在操作大型机械设备时,经常需要两只手同时进行操作,这时内插器并不能满足系统的需要,因此可以采用多线程来控制三维机械模型的运动。

实现三维机械模型运动是通过启动一个新的线程来改变三维机械模型的局部坐标,在线程中通过改变局部坐标系对象中的变量值,再重新快速地把三维机械模型加载到更新的局部坐标系下,通过不断改变三维机械模型的局部坐标来实现运动。在线程中使用 sleep()函数来控制三维机械模型运动的速度,可以通过设定 sleep()函数中的时间值来控制运动速度的大小。通过多线程控制三维机械模型运动的好处:可以精确控制机械模型的运动速度,并且可以快速检测出各个机械模型的具体位置并将位置参数快速显示在显示设备上,使用户可以直接准确地获得各个机械模型的具体位置,为进行下步的操作和减少错误的操作提供依据。

## 2.4 用户与三维仿真训练系统的交互

在建立大型机械设备三维仿真训练系统中,交互是必不可少的一部分。用户通过与系统进行交互,会对大型机械设备的操作进一步熟悉。用户通过训练达到一定的熟练程度后,便可进行实际的操作。用户与大型机械设备三维仿真系统的交互可以采用两种交互方式:

(1) 建立软件界面用于交互,用户通过鼠标、键盘等设备与系统进行交互;

(2) 建立与真实操作台相似的模拟操作台,通过模拟操作台上的控制设备与系统进行交互,更真实地模拟真实的操作设备。

针对锻压机三维仿真训练系统中的交互，锻压机三维仿真训练系统设计了两种交互方式供训练使用：一是通过模拟操作台进行训练；二是通过软件交互界面进行训练。图 4 为系统配备的模拟操作台。图 5 为系统配备的软件交互界面。开发软件交互界面的目的是为了当用户在没有模拟操作台的情况下只利用计算机仍然可以使用三维仿真训练系统进行一定的训练。



图 4 模拟操作台

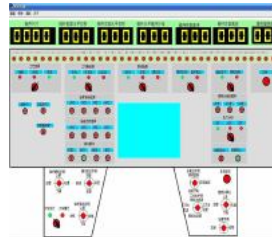


图 5 软件交互界面

### 2.5 软件系统与相关硬件设备的通信

很多大型机械设备的控制是通过 PLC(Programmable Logic Controller)可编程控制器的程序实现的，为了模拟设备在控制程序下的运行情况，三维仿真训练系统也应采用 PLC 来进行模拟，通过加载到 PLC 上的程序对三维场景中模拟的机械设备进行控制，这就需要实现 PLC 和软件系统的通信。利用 Java 的 JNI(Java Native Interface)技术可以实现直接与 PLC 进行通信<sup>[6]</sup>。为了更好的接近实际情况，采用 OPC (OLE for process control)技术实现软件系统与相关硬件设备的通信。OPC 技术一个工业标准，它为不同的厂商的硬件设备、软件和系统定义了公共的接口。采用 OPC 技术也使系统在以后的开发中具有较强的处理和扩展能力。在整体上，系统采用了 PLC、OPC 服务器、Java 线程技术相互协作来进行通信。图 6 为软件系统与相关硬件设备通信结构图。

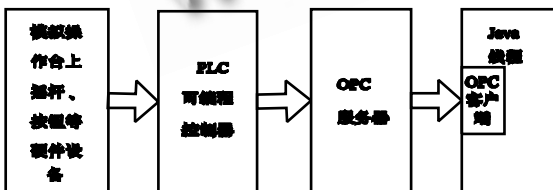


图 6 软件系统与相关硬件设备的通信结构图

### 3 实例开发

以 50MN 双柱式锻压机为模型，采用 Java3D 技术建立的 50MN 双柱式锻压机三维仿真训练系统，对

大型机械设备三维仿真训练系统的使用效果进行验证。用户与系统进行交互的过程中，按照锻压机操作的基本工序，通过模拟操作台控制三维机械设备仿真场景中的各个机械部件，使用操作机手柄控制操作机的钳口夹起锻件，锻件是采用 Java3D 根据用户输入的参数生成的三维面模型。将夹起的锻件送入到压机下，通过操作压机手柄控制压机下压，当压机下压的过程中，系统采用 Java3D 提供的基于形体边界的碰撞检测来检测压机与锻件的碰撞，当检测到碰撞之后，根据压机上、下砧与锻件的位置确定锻件的变形区域，再改变锻件变形区域内顶点的坐标，使锻件产生变形，实现锻压过程的三维可视化仿真。图 7 为锻压机操作基本工序流程图。图 8 中(a), (b), (c), (d)图为用户使用锻压机三维仿真系统进行训练的效果图。

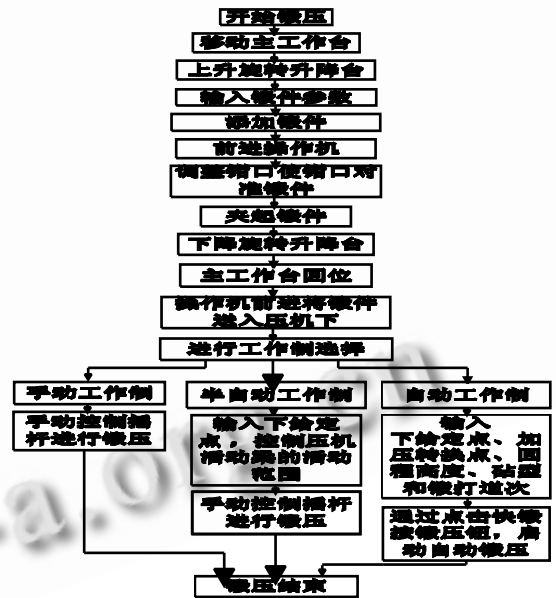


图 7 锻压机操作基本工序流程图

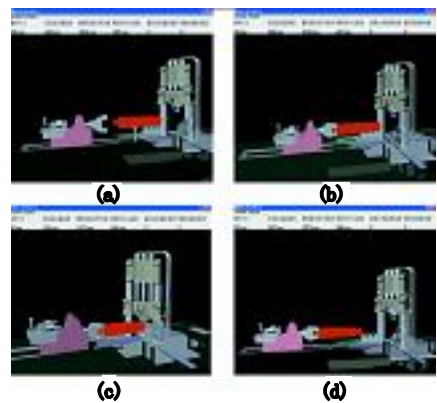


图 8 锻压机三维仿真训练系统效果图

在用户操作过程中,系统会根据相应的操作启动丰富、生动的声音文件,并且配备了一套用于记录用户操作的数据库系统,用户可以根据操作的顺序和训练的时间来查询操作的记录,并且在用户完成训练后对训练结果进行评分,更加激发了用户的培训热情、提高用户的培训效率。

#### 4 结论

本文介绍了开发以计算机仿真技术为核心的大型机械设备三维仿真系统关键技术。以锻压机三维仿真训练系统为例进行了验证。在应用中表明,大型机械设备的三维仿真训练系统具有的安全性、实用性、经济性等特点。本文中采用 Java3D 技术开发的 50MN 双柱式锻压机三维仿真训练系统已经在某锻压机生产厂家得到了实际的应用,作为锻压机的重要配置设备附加到产品销售中,对锻压机操作人员的培训起到重要的作用,取得了很好的经济效益。

#### 参考文献

- 1 顾海红.浅议仿真技术在港口机械设备操作训练方面的应用技术与应用,2004,(5):88-89.
- 2 桑勇,孙世雷,刘刚.大型\_重型机械设备的三维仿真控制一体化平台开发.重型机械科技,2006,(1):13-16.
- 3 吕希奎,易思蓉,何丽.OpenGL 环境下的模型数据库管理与复杂三维建模.工程图学学报,2007,(2):12-16.
- 4 杨平利,王建国,高有行.虚拟仿真技术在高能激光系统研究中的应用研究.系统仿真学报,2005,17(11):2686-2712.
- 5 黄友能,唐涛,宋晓伟.虚拟仿真技术在地铁列车运行仿真系统中的研究.系统仿真学报,2008,20(12):3208-3211.
- 6 刘其成,金龙,陈小宏.基于 Java 技术实现微机与 PLC 的远程通信.中国软件网,2004,15(12):127-127.  
© 中国科学院软件研究所 http://www.c-s-a.org.cn