

动车组转向架虚拟仿真检修支持系统关键技术^①

金 燕¹, 米小珍¹, 甄晓阳², 周殿买², 肖海涛¹

¹(大连交通大学 交通运输工程学院, 大连 116028)

²(长春轨道客车股份公司, 长春 130062)

摘 要: 为了支持 CRH380BL 高速动车组转向架的检修与维护, 作者采用虚拟现实、多媒体和仿真等技术, 设计开发了动车组转向架检修支持系统. 通过可视化的多媒体信息平台, 可以高效率地培训检修人员, 并提供辅助检修功能, 还可以作为相关人员在其它场合的直观交流沟通手段. 在介绍转向架结构特点以及系统需求、结构与功能的基础上, 详细介绍了转向架的动态三维模型浏览、虚拟装配仿真、多媒体信息集成、交互方式和数据压缩等关键技术的实现.

关键词: 动车组; 转向架; 虚拟仿真; 多媒体; 培训; 检修

Key Technologies in Implementing a Virtual Simulation System for EMU Bogies Maintenance

JIN Yan¹, MI Xiao-Zhen¹, ZHEN Xiao-Yang², ZHOU Dian-Mai², XIAO Hai-Tao¹

¹(School of Traffic and Transportation Engineering, Dalian Jiaotong University, Dalian 116028, China)

²(Changchun Railway Vehicles, Co., LTD, Changchun 130062, China)

Abstract: In order to support repair and maintenance of CRH380BL high-speed EMU bogie, the authors used virtual reality, multimedia and simulation technologies in developing an EMU bogie overhaul virtual simulation support system. It provided a multi-media platform that enables trainees to quickly master the maintenance skills and provides assistance for repair and maintenance as well as a visual channel for communication in other relevant occasions. After a brief introduction of the bogie structure, the paper describes in detail the key technologies for interactive three-dimensional model browsing, virtual assembly simulation, multimedia information integration, interactive techniques and data compression.

Key words: EMU; Bogie; virtual simulation; multimedia; training; maintenance

转向架是高速动车组核心部件之一, 对车辆的安全可靠运行十分重要. 转向架的日常检修与维护是列车运营中的一项重要安全保障措施, 由于其技术和结构复杂, 而且需要在较短时间内完成检修作业, 高效、高质量的检修则尤为重要, 这就要求检修维护人员掌握更高的检修技能, 因此需要采用先进的辅助培训技术手段, 以满足人员培训的需要. 虚拟现实技术^[1]是近年来广泛应用的一种新的辅助培训技术, 可以让培训人员在虚拟环境中以直观和交互的方式了解产品的结构、装配关系以及相关技术要求, 观看产品装配过程, 从而快速建立产品空间结构的认知, 在降低培

成本的同时, 提高培训效率.

CRH380BL 是我国新一代高速动车组, 目前运营于京沪高速铁路, 最高运营时速 380 公里/小时, 持续运行时速 350 公里/小时, 是世界上运营速度最高的动车组^[2]. 作者针对 CRH380BL 动车组转向架, 设计开发了虚拟仿真检修支持系统. 这是一个可视化的多媒体信息平台, 采用虚拟现实、多媒体和仿真等技术, 全方位地呈现其技术信息、结构特点、装配工艺要求以及各级修程等信息, 既可以高效率地培训检修人员, 还可以为相关人员在其它场合的交流提供直观的沟通方式. 本文以下部分将介绍转向架的结构特点以及系

① 基金项目: 科技部国际科技合作项目(2010DFB80050-1)

收稿时间: 2012-09-20; 收到修改稿时间: 2012-10-22

统需求、结构和功能,并从转向架的三维模型浏览、虚拟装配过程仿真、多媒体信息集成、交互方式和数据压缩等几个方面,详细介绍系统关键技术的实现。

1 系统需求、结构与功能

1.1 系统需求

CRH380BL 动车组为动力分散型高速动车组,以 16 辆编组形式,8 动 8 拖的动力配置,32 个转向架分两类共 16 种。该动车组转向架采用模块化设计,包括构架、轮对、牵引装置、一系悬挂、二系悬挂、制动装置、电机安装、诊断装置、轴端装置等 28 个模块。其中轴端种类比较多,共 16 种,有 11 种配置。

针对转向架结构复杂、种类较多,相关技术信息量大的特点,系统需要满足四个方面的需求: (1)支持检修及其他相关人员快速了解转向架的技术信息、结构特征、模块配置、轴端配置等,分辨它们的异同。(2)动态浏览转向架三维模型。(3)直观、详细地表达转向架空间结构、安装顺序和装配工艺要求。(4)支持快速查询各级修程信息,形象地表达转向架的检修分解流程。为此,系统需要采用交互式多媒体和虚拟现实技术,通过文本、图形、图像、音频和视频等多种媒体形式,让用户能够快速了解转向架的各种技术信息,在虚拟环境中全方位观察转向架组成部件的结构和装配过程。

1.2 系统结构与功能

根据转向架的结构特点与功能,系统采用了模块化设计,将转向架的 28 个模块归纳为 9 个组成部分:构架组成、轮对组成、一系悬挂组成、二系悬挂组成等。系统总体结构为树状结构,主要由总体概述、结构介绍及装配演示、各级修程信息三大模块及相应的子模块组成。总体概述模块表达转向架的总体技术信息,模块配置情况,结构特点等,以及各组成部件的三维模型浏览。结构介绍及装配演示模块介绍 16 种转向架各组成部件的结构,表达总体装配和各组成的虚拟装配过程。各级修程信息模块提供各级常规检修信息,表达检修分解流程。

根据用户使用系统所要达到的检修和培训目标,系统以交互方式提供了以下功能:

(1) 技术信息查询:以图文并茂形式,清晰地表达动车组转向架的技术信息、编组信息、结构特点、动/拖车的模块配置和轴端配置等,并配以音频解说。

(2) 三维模型浏览:在虚拟环境中交互浏览转向

架各组成部件的三维模型,全方位、多视角观察部件的结构特征。

(3) 仿真动画演示:形象地演示转向架总体和各组成部件的虚拟装配过程,以及转向架检修拆卸过程,以文字说明表达零部件名称、安装技术信息和工艺要求。

(4) 检修信息查询:提供快速查询各级修程信息,包括:检修周期、计划、限度、内容,以及检修工艺流程。

(5) 系统自检:系统自动检测运行环境,根据检测结果自动安装所需插件。

2 系统关键技术实现

2.1 动态三维模型浏览

CRH380BL 转向架零部件数量多,结构复杂,难以用图形方式全方位展示它的结构。系统采用虚拟现实技术提供一种感知产品的新方式,利用计算机创建三维虚拟环境,使用户以自然方式与虚拟对象进行交互,从中获得产品的直观认识。

Cult3D 是虚拟现实应用软件^[3],可以交互展示三维实体,具有图像质量高、速度快、交互能力强的特点,系统利用 Cult3D 实现转向架组成部件的虚拟现实展示,其流程如图 1 所示:

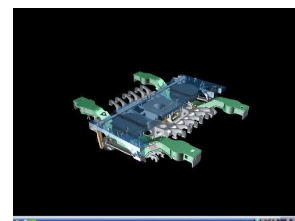
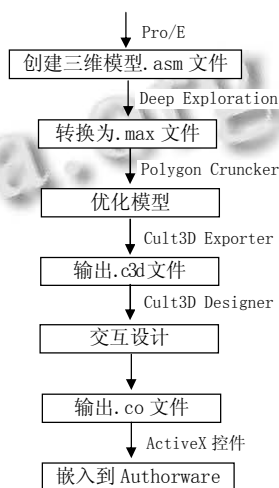


图 1 三维模型浏览流程图 图 2 三维浏览效果图

图 1 中转向架三维模型是利用 Pro/e 创建的,各组成部件模型.asm 文件需要通过 Deep Exploration 进行模型格式转换,导入 3DS Max 环境中生成.max 文件。由于转向架的组成部件模型结构复杂,模型文件较大,

为了提高浏览速度,需要用 Polygon Cruncher 减面工具对三维模型进行减面,在不影响模型显示效果的基础上,减少模型的多边形数量,优化模型;然后利用 Cult3D Exporter 插件将模型输出为.c3d 文件,导入 Cult3D Designer 后,对部件三维对象进行交互设计,添加旋转、平移、缩放和复位交互功能,输出.co 文件;再利用 ActiveX 控件将.co 文件嵌入 Authorware 中.这样用户就可以在虚拟环境下,以交互方式通过鼠标平移、缩放和旋转,浏览转向架各组成部件的三维模型,从不同视角观察其结构,了解相关细节,图 2 为实现的转向架二系悬挂三维模型浏览效果.

2.2 虚拟装配仿真

检修人员在转向架检修装配过程中,需要严格按照工艺规程进行拆卸与安装.直观、形象地表达转向架结构、零部件空间关系、安装顺序和装配工艺要求,有助于对转向架迅速形成感观认识,快速掌握装配技能.虚拟装配技术可以在虚拟环境中模拟产品的实际装配过程^[4].系统针对 16 种转向架模块的结构、种类、配置以及相同点与不同点,采用虚拟装配技术,对转向架的制动、轴端、电机安装、一系悬挂、二系悬挂、辅助装置等组成部件的装配和总体装配,以及检修拆卸过程进行仿真.

在仿真动画制作过程中有以下几个关键:(1)转向架零部件的装配顺序是按照装配工艺规程确定的,装配路径规划用来确定零部件装配时的空间运动轨迹,使其避免发生干涉.对有的零件需要设置若干关键帧,使其形成平滑的运动轨迹,才能避免碰撞与干涉.(2)在装配被遮挡的零部件时,将遮挡零部件的透明度设置关键帧,由实体过渡到半透明,这样能够清晰地展示被遮挡的零部件装配过程,以及与其它零部件的装配关系.(3)考虑到 16 种转向架的部分模块相似,只是零部件的形状和尺寸有所差异,运用重用技术,将零部件建立父子连接关系进行替换,提高了制作动画的效率.实现装配仿真动画的流程如图 3 所示.

在 3DS Max 环境下,首先对转向架模型的零部件建立选择集,进行分类与定义,这样在制作仿真动画时便于选取零部件;采用和谐的色彩搭配,赋予转向架模型材质,对于仿真动画演示效果至关重要,不仅能够区分零部件,突出结构特征,还可以使整体效果更加逼真;然后按照规划的装配顺序和路径,对零部件的位姿及摄像机视角设置关键帧,定义其空间运动

轨迹,使得零部件按照预定的意图移动和转动;设置渲染参数后,便可以渲染输出装配过程序列图片;在演示装配的零部件时,同时标注名称和工艺技术要求等信息,能够加深对零部件的认识和记忆,为此需要用 photoshop 添加文字说明,并保存为透明文字图层的.psd 文件,以便后期合成;再利用 Premiere 进行后期制作,将渲染的序列图片与文字说明合成,生成装配仿真动画.avi 文件.用户通过装配动画演示,可以在短时间内对转向架结构特征获得感观认识,有助于理解和掌握其复杂结构和装配关系,熟悉安装过程,图 4 为动车转向架的虚拟装配效果.

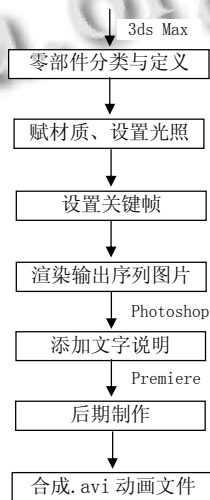


图 3 装配仿真流程图 图 4 动车转向架装配效果图

2.3 多媒体信息集成

CRH380BL 转向架种类多、结构复杂、信息量大,为了在短时间内快速了解转向架的结构特点、技术信息和模块配置情况等,并分辨它们的异同,需要将这些信息直观、清晰地表达出来.多媒体技术能够将多种媒体信息进行综合处理,建立起逻辑连接关系^[5],为用户提供了拓展信息表达的空间.系统采用多媒体技术,将转向架的技术、装配、检修等各种信息以多媒体形式直观、生动地进行表达,有助于用户理解和掌握相关内容,转向架多媒体信息主要有以下呈现方式:

(1) 文本、图形和图像:表达转向架的各种技术信息、结构特征、模块配置、轴端配置和各级修程信息等.这些信息的表达多数是以图形或图像配上文字说明,这样比较直观、清晰,有助于用户快速了解各种技术信息和要求.

(2) 音频:系统配以优美舒缓的背景音乐以营造

舒适的使用环境;对转向架的相关技术信息等配以语音讲解,以便帮助用户快速理解相关内容.

(3) 视频:表达 16 种转向架总体和各组成部件的虚拟装配过程,以及检修分解流程.用户可以详细了解转向架的结构特征、装配关系、安装顺序和工艺技术要求,以及检修拆卸过程,多视角观察转向架的结构和装配细节.

Authorware 是基于流程图的多媒体开发工具,使用图标和流程线进行创作,以直观的图标流程控制界面,通过流程线来建立各图标的逻辑结构,提供的函数和变量能实现数据的采集、存储、分析和处理,十几种交互方式有利于提供良好的用户体验.程序结构清晰,流程简明,便于调试.系统借助于 Authorware,通过显示、交互和群组等图标的应用、函数调用和变量设置,将转向架的文本、图形、图像、音频和视频信息加以组织和集成,实现了多媒体信息的表达及交互式的逻辑链接.

系统程序流程是按照系统结构设计的,流程线上的主流线是系统主界面,包括屏幕分辨率设置、片头、背景、背景音乐、音乐播放控制、系统主菜单(三大模块:总体概述、结构介绍及装配演示、各级修程信息)和系统的退出,如图 5 所示.支流线是三大模块和相应的子模块设计,比如总体概述模块设计如图 6 所示,其中的简介子模块设计如图 7 所示:

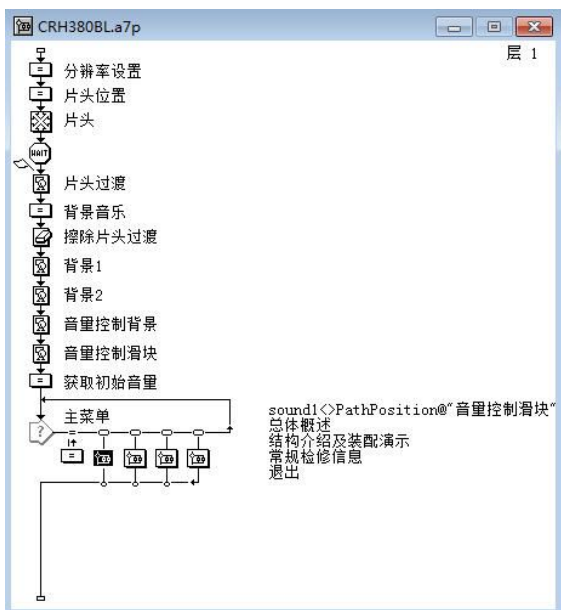


图 5 系统主界面流程图

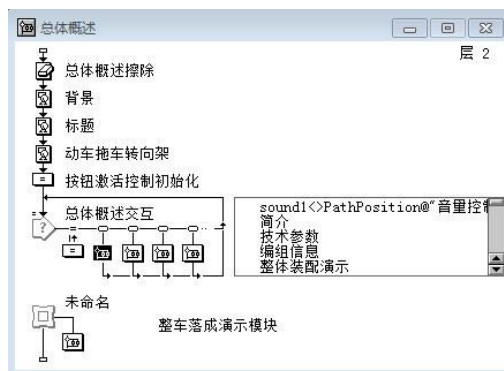


图 6 总体概述模块流程图



图 7 简介子模块流程图

在流程图的设计中,利用群组图标,使得程序流程的层次、结构分明.利用显示图标,实现以文本、图形和图像形式表达的转向架的以下信息:总体概况、技术参数、编组信息、结构特点、动/拖车的模块配置、轴端的转向架分布和三维爆炸图、诊断传感器分布、各级修程信息等,以及各页面背景显示.利用计算图标,调用 LoopMidi 函数和声音图标,实现以音频形式表达的背景音乐及对转向架总体概况、编组信息和结构特点等技术信息的语音讲解.利用 Direct Media-Xtra 插件,实现以视频形式表达 16 种转向架总体和各组成部件的虚拟装配及检修拆卸过程.另外,还利用框架、交互等图标,调用 GoTo 等函数,设置按钮激活、页面跳转等变量,实现交互式信息链接,集成转向架的多媒体信息.

2.4 交互方式

良好的人机交互界面对于用户灵活、方便地使用系统至关重要,系统利用 Authorware 的热区、按钮交互响应方式和函数调用,实现各信息间的链接,提供易于操作的交互功能,可以快捷方便地查阅和浏览转向架的各种信息.

(1) 利用交互图标实现热区和按钮交互响应,用户通过鼠标点击,可以浏览查看以图文形式表达的转向架总体概况、编组信息、结构特点、模块配置和各

级检修信息。

(2) 利用 Direct Media-Xtra 插件, 调用 Sprite 函数, 实现了装配仿真视频的播放、暂停、停止以及音量调节功能。用户可以通过拖动滑动条, 快进到任意感兴趣的装配画面, 随时控制视频的播放和音量大小。控制播放语句如下:

CallSprite(@"DirectMedia Xtra ", #videoplay)—播放

CallSprite(@"DirectMedia Xtra ", #videopause)—暂停

CallSprite(@"DirectMedia Xtra ", #videoseek, 0)—停止

CallSprite(@"DirectMedia Xtra ", #setvolume, volume)—音量调节

(3) 利用 ActiveX 控件, 调用 Sprite 函数, 实现虚拟环境的旋转、平移、缩放、复位交互功能, 可以浏览转向架各组成部件的三维模型, 全方位地观察其结构特征。语句如下:

CallSprite(@"ActiveX", #Loadcult3d, FileLocation^".co")

(4) 调用 GoTo 和 Quit 函数, 实现翻页、返回和退出按钮响应, 实现页面间的跳转以及系统退出。

2.5 数据压缩

由于系统采用多媒体形式表达丰富的转向架技术信息, 所以数据量也比较大, 尤其是其中的静态和动态图像信息, 信息中存在的冗余会直接影响系统运行速度, 有必要利用数据压缩技术进行优化压缩处理^[6]。

JPEG 是静态图像压缩标准, 既可以压缩灰度图像和彩色图像, 还可以压缩视频序列中的帧内图像。系统中的图像均采用 JPEG 格式存储, 从而大大减少了文件的存储空间。

MPEG 是动态图像压缩标准, 采用帧内和帧间图

像数据压缩技术, 以减少空域和时域冗余。系统利用 WinAVI Video Converter 专业视频编、解码软件, 采用 XviD MPEG-4, 将转向架总体和各组成部件的装配仿真及检修分解流程视频压缩后, 不仅图像压缩比很高, 数据失真很小, 还保持了原有的视频质量。比如拖车转向架整体装配仿真动画文件原为 1.8G, 压缩后为 144M。

3 结语

针对 CRH380BL 高速动车组转向架, 设计开发的虚拟仿真检修支持系统, 采用虚拟现实、多媒体、仿真、交互和数据压缩等技术, 实现了转向架各组成部件的动态三维浏览、多媒体信息集成、交互式信息链接、总体和各组成部件的虚拟装配及检修拆卸过程的仿真、以及数据的压缩处理。系统具有良好的用户界面, 交互性强, 信息表达清晰, 仿真动画形象和生动。经过系统测试表明, 采用的实现技术是实用和有效的, 达到了系统的功能与性能要求。

参考文献

- 徐良军, 章建, 蒋毅, 等. 基于虚拟现实技术的电力安监仿真培训系统. 计算机系统应用, 2010, 19(11): 162-165.
- 张卫华, 王伯铭. 中国高速列车的创新发展. 机车电传动, 2010, (1): 8-12.
- 周建新, 王丹虹. 基于 Web 的产品信息发布系统的实现. 工程图学学报, 2008, (5): 146-149.
- 姜海涛, 邓友银. 虚拟装配技术在雷达装配中的应用. 机械工程与自动化, 2007, (5): 32-34.
- 张智. 虚拟现实技术在多媒体教学中的应用. 现代计算机, 2006, (11): 87-89.
- 周碧英. 多媒体数据压缩技术. 电脑知识与技术, 2008, (11): 332-333.
- 叶幼林. 对计算机 C 语言教学的探讨与研究. 中南民族大学学报(人文社会科学版), 2004, 24(4): 189-190.
- 陈婷. C 语言程序设计实验教学改革探究. 实验技术与管理, 2010, 27(10): 182-184.
- 高海昌, 冯博琴, 何杭军, 等. Linux 平台下基于源代码插装的动态内存检测. 小型微型计算机系统, 2006, 27(9): 1647-1651.
- 彭程, 杨春生. C 语言指针操作技巧探讨. 中国高新技术企业, 2008, 10: 107-108.
- 张广梅, 李晓维. 动态内存错误的动态检测. 计算机辅助设计与图形学学报, 2005, 17(3): 400-406.
- 张俊. 基于递归树的递归调用分析. 实验室研究与探索, 2010, 29(3): 83-87.
- 何灵敏, 许翔, 陆慧娟, 等. C++ 教学中编程习惯的养成. 计算机教育, 2011, 9: 64-67.
- 封亮, 严少清. 软件白盒测试的方法和实践. 计算机工程, 2000, 26(12): 87-90.

(上接第 156 页)