

压气机虚拟试验仿真平台设计与实现

汪伟, 何立明, 于锦禄
(空军工程大学 工程学院, 陕西 西安 710038)

摘要:针对开展压气机特性自主实验要求和节约实验成本,结合虚拟现实和可视化技术,并通过 VC++ 软件开发平台和 OpenGL 图形软件接口,建立了压气机虚拟仿真平台软件系统。该平台的实现可以进行压气机特性实验、压气机性能预测,同时该软件系统还营造了一种逼真的实验环境,为实验教学、操作培训以及设计验证、仿真研究等提供了可靠、经济和有效的手段。

关键词:压气机;虚拟现实;视景仿真;OpenGL

中图分类号: V23 **文献标识码:** A **文章编号:** 1009-3516(2007)03-0010-03

为了了解压气机的特性,基本上都是在压气机试验台^[1]上通过真实的试验而得到的,但由于压气机试验台的建立受场地、经费、设备等因素的影响,很难达到满意的结果,同时不能满足开展自主式实验、提高学生的动手能力和创新型人才培养的需要。为此本文应用 3dmax 建立压气机模型,在 VC++6.0 软件平台上应用 OpenGL^[2] 软件接口实现三维模型的显示与操作,设计并实现了一个实用的航空压气机虚拟试验室。该压气机虚拟仿真平台系统的设计目标是实现压气机特性实验和性能预测、实时仿真、数据分析与教学实践。

1 虚拟试验平台系统设计

根据压气机虚拟试验仿真平台的功能^[3]对模块进行划分,各个模块之间通过接口参数和界面进行信息传递,模块的划分增加了系统的灵活性、可扩展性。该虚拟试验仿真平台主要由输入模块,虚拟试验模块,输出模块。整个仿真平台的结构^[4]如图1所示。

1.1 输入模块

提供进口空气流量和转速等信息的输入,参数化模型的优点就是可以根据用户输入的计算进口条件,动态地计算压气机的特性。

1.2 虚拟环境模块

为用户提供逼真的压气机虚拟试验环境,模拟压气机在试验过程中的各种工作状态变化,并将该信息反馈给用户。在该模块中,通过 3dmax 建立的压气机试验台各部件三维模型,并通过 OpenGL 作为图形输出接口,用户可建立虚拟的试验环境,模拟试验过程,如同真实的实验一样。

1.3 压气机特性计算模块

根据输入模块提供的计算进口条件,采用 HARIKA 算法^[5]实时计算出压气机各级的出口参数(包括总压、总温),得到压气机各级的增压比、效率和压气机总增压比、效率,为显示模块提供仿真数据。

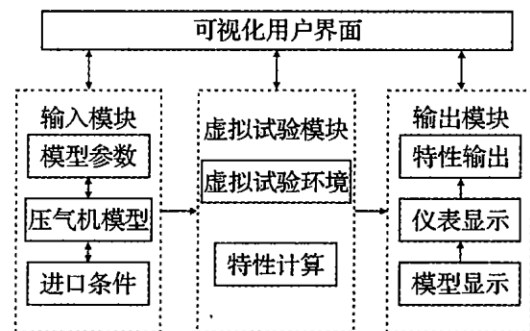


图1 压气机虚拟试验仿真系统框架结构

收稿日期:2005-09-23

基金项目:军队百门优质课程建设项目

作者简介:汪伟(1980-)男,湖北鄂州人,博士生,主要从事飞机气动热力理论与工程、虚拟试验研究;
何立明(1957-)男,浙江上虞人,教授,博士生导师,主要从事航空动力研究。

1.4 输出模块

输出模块是为了配合虚拟试验而开发的,通过数据和图形的显示,可以使用户准确地知道压气机性能参数的实时数据,并把数据和压气机的工作状态对应起来,根据所得到的数据可绘制出压气机的流量特性线,对了解压气机的工作情况具有重大意义。

2 压气机虚拟试验台分层结构设计

考虑到压气机特性试验项目的后续增加,也为了使系统具有良好的扩展性,采用分层结构的模块化方案进行设计^[6]。经过统一设计、规划,建立具有逼真程度高、渲染速度快的场景分层结构,场景结构如图2所示。

在设计压气机虚拟试验台时,把整个试验场分为静态、动态、光雾等3个节点,各个节点再进行分层建立。采用面向对象的方法和分层模块化结构进行设计,利用树型结构组织虚拟场景,在改变压气机模型时,只要改变动叶和静叶等名节点,而不需再重新建立压气机模型。在程序开发中,根据设计的分层结构分别开发出相应的类,如虚拟场景根节点对应着 CScene 类、静态组节点对应 CStaticScene 类、压气机组节点对应 CCompressor 类、测量装置对应 CVehicle 类。

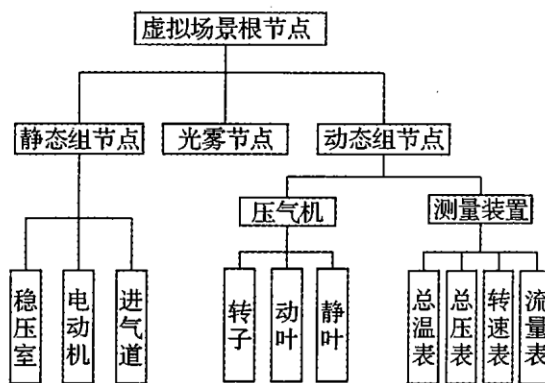


图2 场景结构图

3 压气机虚拟试验台各节点模型的建立和显示

OpenGL(Open Graphics Language)是一个图形和硬件的软件接口,它由几百个指令或函数组成,是一个三维的图形和模型库,OpenGL中很容易实现模型的各种变换、着色、光照、纹理、交互操作和动画,但是它只能提供基本几何元素的造型函数,使得复杂模型的建模相对困难。3dmax是Kinetix公司的三维图形建模和动画软件,能方便地建立各种复杂物体模型,但是很难进行程序控制。因此,我们自然想到在3dmax中建立好复杂模型后,在OpenGL中实现对其控制和变换^[7]。

以动叶排节点三维模型的建立为例,首先在3dmax中利用NURBS曲线建立动叶排模型,其三维立体模型如图3所示。

并将其存储为3DS网格文件格式,然后利用模型数据转换软件3DExploration软件将其转换为符合OpenGL格式的*.C和*.cpp文件,最后在CCompressorView类RenderScene()函数进行绘制。

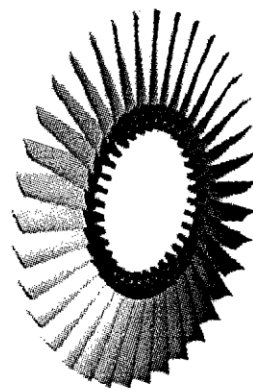


图3 动叶排三维立体模型

4 压气机虚拟试验仿真平台软件系统的实现

本文采用支持可视化编程的集成环境VC++6.0作为算法语言和界面设计工具,利用封装性、继承性和可重用性作为特征的面向对象的编程技术^[8];采用了既具有强大的三维图形处理功能,又能方便地进行参数化设计,与VC++6.0对其有全面支持的软件接上OpenGL作为图形开发工具;采用3dmax建立压气机试验台各部件三维立体模型,并采用沿叶高进行了经验修正,同时对叶型各种特征参数也进行了经验修正的HARIKA算法来计算压气机的特性^{[9][10]}。图4所示为虚拟仿真平台软件的试验场景显示,计算所得的压气机特性曲线见图5(图5为仿真结果截屏图的局部放大)。



图4 压气机虚拟试验系统场景显示

5 结论

该压气机虚拟仿真平台模拟实验系统,具有较强的逼真性,能让学生有一种身临其境的感觉,不仅可以配合实际教学的实验,通过计算机培养学生自己动手实验的能力,满足开展自主式实验的要求,并且通过实验数据的显示,学生能很好的了解实验原理、熟悉实验过程、掌握压气机性能参数变化规律,而且它可以应用于多种压

气机试验,对压气机性能进行评定。虽然该软件可以实现压气机特性仿真平台的基本结构和功能,但在压气机数学建模、压气机特性算法和流场畸变对压气机性能的影响等方面还不够完善,仍有待于在以后的工作中做进一步的研究和完善。

参考文献:

- [1] 姚文江,张春霞. 航空空气喷气发动机试验[M]. 北京:国防工业出版社,1982.
- [2] 吴海平,罗红兵. OpenGL 图形程序设计及应用环境[M]. 长沙:国防科技大学出版社,2002.
- [3] 王国权. 虚拟试验技术[M]. 北京:电子工业出版社,2003.
- [4] 宿红毅,战守义. 面向仿真的虚拟现实开发平台设计[J]. 北京理工大学学报,2001,21(2):63-65.
- [5] 李立君,黄杰. 轴流压气机特性预测[J]. 西北工业大学学报,2003,21(1):53-56.
- [6] 吴云,周庭美. 虚拟现实的三维实体的场景储存结构[J]. 计算机仿真,2001,18(2).
- [7] 董笑菊,刘竞宇. 基于 OpenGL 的运动视景仿真的实现[J]. 计算机工程,1995,25(12):25-26.
- [8] 朱雄军,田超. 基于虚拟现实的船舶操纵运动仿真系统的实现[J]. 船舶工程,2003,34(2):34-36.

(编辑:姚树峰)

Design and Implementation of Virtual Simulation Experiment Platform of the Aero - engine Compressor

WANG Wei, HE Li - ming, YU Jin - lu

(The Engineering Institute, Air Force Engineering University, Xi'an 710038, China)

Abstract: In view of the high cost of aero - engine test platform, in combination with virtual reality and visualization technology and via VC ++ software platform and OpenGL graphic software interface, the simulation platform of the virtual aero - engine compressor is established. Simulation platform software system can be used to test and predict the performance of compressor. This software system has provided a lifelike and vivid condition for experiments. Therefore, it is a reliable, economical and efficient way of teaching in experimental class, training for operation and designing verification, research on simulation etc.

Key Words: compressor; virtual reality; visual simulation; OpenGL

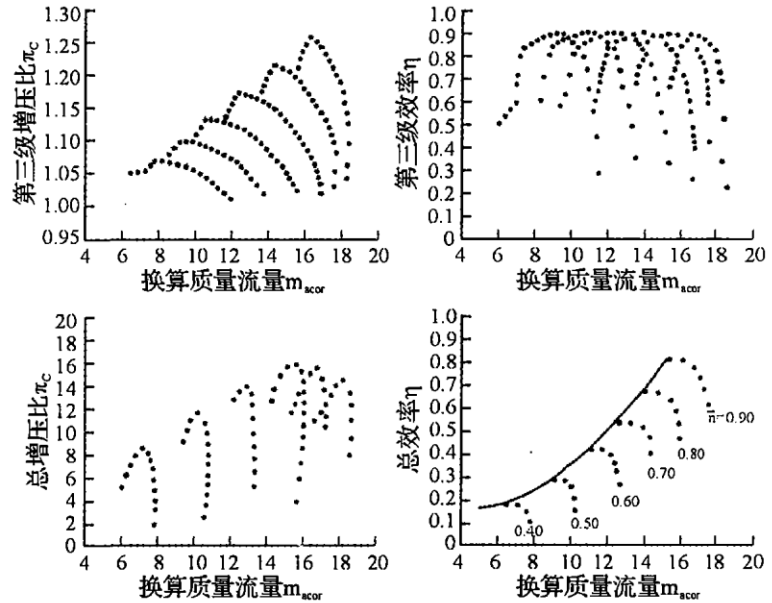


图5 压气机特性曲线