

DOI: 10.19452/j.issn1007-5453.2017.06.047

面向飞机设计的虚拟现实技术应用框架研究

王平*

航空工业第一飞机设计研究院, 陕西 西安 710089

摘 要:将虚拟现实(VR)技术与现代飞机设计有机结合,提出了面向飞机设计的VR技术应用框架,从设计业务、技术框架、平台架构和发展路线指导构建基于VR技术的飞机设计体系。该框架有助于将VR技术全面应用于飞机设计业务中,对提高国内飞机数字化设计水平具有重要意义。

关键词:飞机设计;虚拟现实;应用框架;平台架构

中图分类号: V21 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-5453 (2017) 06-0047-05

虚拟现实(Virtual Reality, VR)技术是一种高度逼真、模拟人在自然环境中的视、听、动等行为的人机界面技术。自20世纪80年代兴起以来,它以其动态、交互、沉浸、多感知和分布化等特征,在设计、游戏、维修、医疗等各类行业中充分展现了它的发展前景。飞机设计是多学科高度融合、流程高度复杂的领域,VR技术以其特有的高真实性沉浸式设计体验,可以部分实现实物样机的功能,在飞机内饰设计^[1]、装配仿真^[2]、维修性分析^[3]、飞行仿真^[4]等飞机设计环节中具有着良好的应用前景。

目前,国外先进飞机企业(如波音公司、空中客车集团等)都采用了VR技术。波音公司于20世纪90年代建立虚拟现实实验室,投入到飞机设计过程的研究。在波音747飞机的设计中,应用VR技术部分替代了物理样机模型,大幅节省了研制经费,缩短了研制时间,并保证了机翼和机身对合^[5];波音777使用VR技术进行装配模拟仿真,使得其装配作业一次成功;在波音787和空客A380的设计过程中,以VR为代表的新一代数字化先进设计技术将整体项目进度和飞机研制成本降低了近一半^[6]。英国的先进机器人研究实验室(ARRL)为罗尔斯·罗伊斯公司的飞机发动机建立模型,利用VR技术,进行故障检测维修程序学

习,对发动机维修进行评估。洛克希德-马丁战斗机系统(LMTAS)的F-16项目利用虚拟维修系统,在1周内就可以将详细的分析结果返回到设计组,缩短了研制周期,改善了维修性设计技术手段^[3]。

近十几年来,国内飞机数字化设计技术已取得很大的突破,几个主要的飞机设计单位也初步建立了VR设计环境,在型号研制中尝试使用VR技术进行座舱布置设计、虚拟拆装和人机工效分析,已取得了一定的效果^[6]。具有完全自主知识产权的“新舟”60涡桨支线客机全任务飞行模拟器,可以辅助设计人员完成人机工效分析、座舱布置分析、飞行训练等业务^[4]。但是,在当前国内的飞机设计过程中,VR技术更多应用于局部工程,通常根据设计流程中单点环节的需求进行研发,这限制了它在整个飞机设计流程中作用的发挥。

为了将VR技术有效融入飞机设计流程中,需要一个面向飞机设计的VR技术应用框架,用以指导VR技术的开发与应用。

1 VR技术应用框架的构建

面向飞机设计的VR技术应用框架包含业务需求、技术

收稿日期: 2017-02-20; 退修日期: 2017-03-13; 录用日期: 2017-04-21

* 通讯作者. Tel.: 029-86832452 E-mail: wp211@sina.com

引用格式: WANG Ping. Research on application framework of Virtual Reality technology for aircraft design [J]. Aeronautical Science & Technology, 2017, 28 (06): 47-51. 王平. 面向飞机设计的虚拟现实技术应用框架研究 [J]. 航空科学技术, 2017, 28 (06): 47-51.

框架、平台架构、发展路线 4 部分内容,各个部分之间相互联系,共同组成面向飞机设计的 VR 技术体系,如图 1 所示。

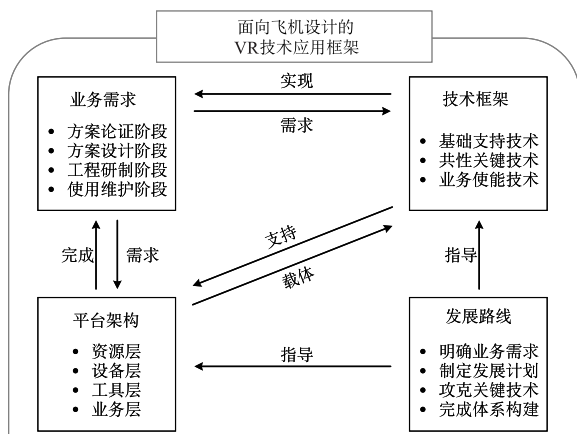


图 1 面向飞机设计的虚拟现实技术应用框架

Fig.1 The application framework of VR technology for aircraft design

2 业务需求分析

面向飞机设计的 VR 技术应用框架的研究,首要任务就是 VR 技术在飞机设计中的业务需求分析。飞机设计流程分为方案论证、方案设计、工程研制、使用维护 4 个阶段。设计过程中需要 VR 技术的业务有 3 类,即人机工效类业务、方案布置类业务、装配维修类业务,每个阶段下具体业务需求如图 2 所示。

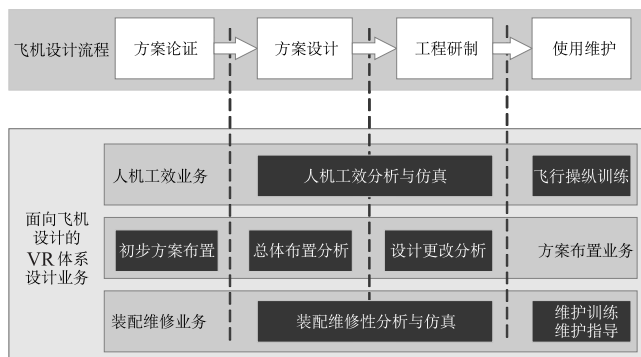


图 2 VR 技术业务需求

Fig.2 The application requirements of VR technology

方案论证阶段对 VR 技术的需求主要体现在初步方案布置业务。通过 VR 技术可进行虚拟样机的效果预览,可以实时地进行飞机部件尺寸位置等调整,形成初步的布置方案。相关人员可在虚拟环境中进行技术交流、设计评审。要求 VR 数字样机评审具有快速、交互式 and 沉浸式等特点,便于快速确认设计、优化迭代方案以及降低变更成本。

方案设计阶段的业务需求主要在总体布置分析、人机

工效分析与仿真和装配维修性分析与仿真。总体布置分析需从多专业协同的角度提前发现设计缺陷,进而对飞机外形及结构等提出调整与修改意见;人机工效分析与评估需要通过具有高逼真度的情景仿真,对设计对象的可视性、可达性、舒适性等进行分析,评估任务操作顺序,找出设计不合理的部分,提出改进意见;可装配性和维修性评估需要在沉浸式虚拟环境中结合人体交互设备模拟飞机的装配和维修过程,形成飞机部件的装配序列、装配路径、拆卸序列、拆卸路径等,并对其可装配性、维修性进行快速分析,保证飞机产品的一次装配成功率和维修保障性能。

在工程研制阶段,设计人员在沉浸式环境中使用 VR 技术对详细设计模型需要修改的部分重新设计,在 VR 环境中对飞机进行虚拟维修仿真,执行迭代式优化业务,实现工艺优化,将优化结果与设计对象的设计要求进行对比分析,直至达到设计要求。

在使用维护阶段主要进行虚拟飞行操纵和使用维护训练。由技术人员在软件中建立好飞行操纵和使用维护训练程序,针对具体业务的情况,触发与之相关的行为模式,操作人员按照训练要求,在虚拟环境的指导下完成飞行操纵和维护维修训练。虚拟环境提供简便可靠的操作流程,功能齐全、承训量大,突破场地和时间等环境条件限制,保障人员和装备安全性,并具备提前训练、缩短训练时间、降低训练费用的优势。

3 技术框架规划

依据飞机设计中的 VR 技术应用需求,对 VR 技术框架进行规划:包含 VR 技术、传感器技术、信息化技术、数字化技术等多专业、多学科技术,综合分析应用需求与技术之间的关系,本文设计的面向飞机设计的 VR 技术框架如图 3 所示。

在 VR 技术框架中,基础支持技术是框架的基础,用以支持共性关键技术与业务使能技术的实现;共性关键技术的研究是实现设计业务的必要条件,是应用业务使能技术的前提;业务使能技术集成了基础支持技术与共性关键技术,是完成设计业务的关键技术。设计的技术框架可以用于指导科研机构合理分配资源,分层次、分阶段地开发面向飞机设计的 VR 技术。

基础支持技术是体系运行的基本保障。面向飞机设计的 VR 技术是一种多源信息融合的交叉技术,软硬件多,流程操作复杂,数据庞大、种类多,涉及多种技术来控制流程及处理信息。飞机设计与仿真需要基于数字化、信息化的数据管理技术、流程管理技术及管理保障技术等相关技术提供支持。数据管理技术贯彻飞机设计整个周期,支持 VR 系统从数据管理系

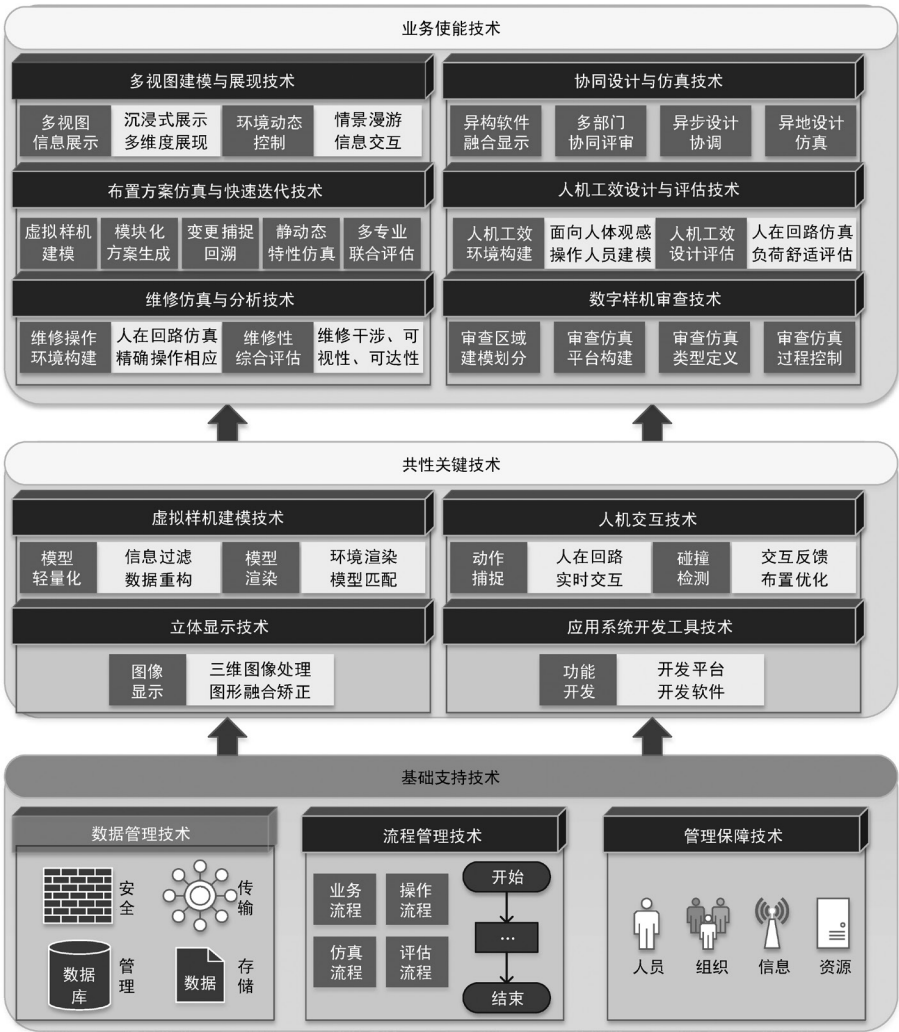


图3 VR技术框架

Fig.3 The framework of VR technology

统 (PDM) 中读取、存入所需的数据信息,以及保证 VR 系统中各个工具间的数据传输与存储;流程管理技术是对流程生命周期的管理,在飞机设计流程范围内进行流程建模、设计、执行、分析与评价、优化等,实现业务流程的快速流转;管理保障技术负责管理整个项目,保障项目正常顺利进行。

共性关键技术在很多领域内已经或将要被广泛采用,对业务产生支撑和推动作用的一类通用技术,可以减轻设计人员的劳动强度,提高飞机设计效率。如样机建模技术、立体显示技术、人机交互技术、应用系统开发工具技术等。虚拟样机建模技术主要开展桌面系统与虚拟环境模型传递过程中的模型简化、渲染等相关技术,保证虚拟样机在虚拟环境中的真实展现和快速构建;立体显示技术使样机模型更贴合实际,增强人在虚拟环境中的沉浸感,使仿真操作更加真实;人机交互技术是指通过交互装置进行视、听、触、力等反馈,使操作人员可以根据自身感受对虚拟场景中的飞机零部件进行操作,

实现“人在回路”;应用系统开发工具技术针对不同的设计对象和设计场景,开发所需的相应技术和工具。

业务使能技术指在飞机设计过程中直接应用于业务实施的使能类技术。如多视图建模与展现技术、协同设计与仿真技术、布置方案仿真与快速迭代技术、人机工效设计与评估技术、维修仿真与分析技术、数字样机审查技术等。多视图建模与展现技术针对不同类型的设计、仿真和分析需求,提取各类产品信息来构建相应的 VR 环境,以支持人机工效分析、布局优化和维修设计等方面的情境仿真过程;协同设计与仿真技术借助分布式计算机,利用 VR 技术为多空间分布的多学科飞机设计人员提供一个信息共享的飞机产品开发工作环境,对飞机设计方案进行分布的、实时的仿真和评估;布置方案仿真与快速迭代技术时,在虚拟环境中对虚拟样机进行真实展现和快速构建,对设计布置参数的更改进行逆向回溯,实现布置方案的模块化更改和迭代优化,快速生

成合理的布置方案;人机工效设计与评估技术是指设计人员通过交互式设备在沉浸式 VR 环境进行人机工效仿真,并对人机工效设计进行评估;维修仿真与分析技术,利用沉浸式 VR 的高拟真度进行飞机的维修性仿真分析,建立飞机维修性的评价指标体系,并在虚拟环境下进行评估;数字样机审查技术建立一套完整的方法、平台与规范,对数字样机数据进行全面有效的审查与仿真,并将审查结果及时有效地反

馈到设计更改过程中。

4 平台架构设计

VR 应用平台架构是将业务实现中所涉及的资源、工具以及设备按照层次划分,实现 VR 技术在飞机设计中的应用。平台架构设计为资源层、设备层、工具层以及业务层。平台架构总体关系如图 4 所示。

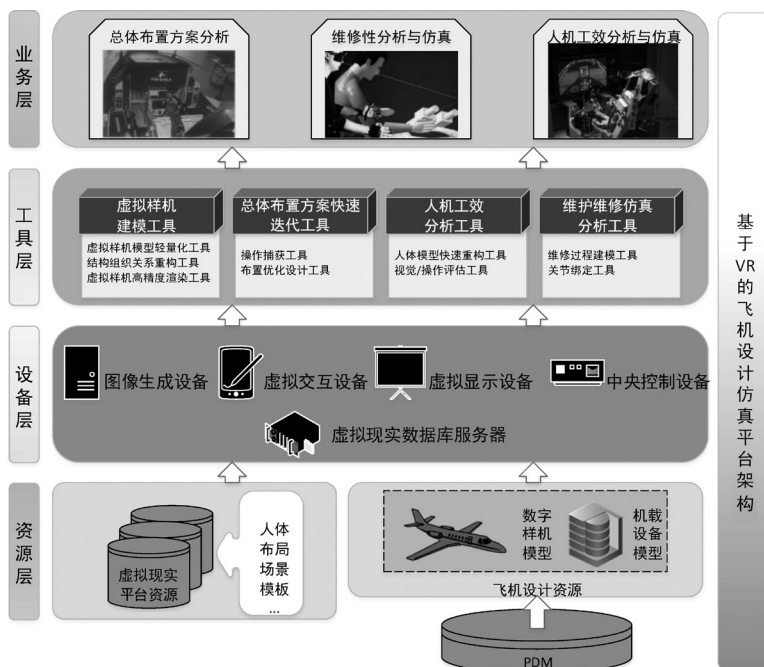


图 4 VR 平台架构

Fig.4 The platform architecture of VR

资源层分为两个部分:一部分是用于虚拟平台内部各类软件、硬件的资源库,支持软硬件间数据传输、转换与保存;另一部分是与飞机已有设计仿真流程相连接,作为 VR 平台与 PDM 之间的资源缓存库,将飞机、设备数模下载、存储并实时地传输至需要数模的软件工具中,经过 VR 技术的处理,将符合模型规范标准的设计/修改的模型上传至 PDM,完成 VR 技术平台的工作。

设备层是一套实现用户与虚拟环境交互的硬件设备,包括 VR 生成设备、控制设备、立体显示设备、人机交互设备等。

工具层软件分为业务支撑类及业务使能类两种。业务支撑类软件是指在各类业务中普遍涉及的软件,如轻量化工具、渲染工具、姿态捕捉工具等。业务使能类软件是用于各类业务的使能工具,如虚拟样机建模工具、总体布置方案分析优化工具、人机工效分析工具、维修仿真分析工具。

业务层首先读入飞机设计参数与数字化飞机模型资源,使用相应的 VR 设备与工具,最终完成 VR 技术在人机

工效业务、方案布置业务、装配维修业务中的应用。

5 发展路线规划

VR 飞机设计体系是多种技术的有机结合体,它既需要现有的共性技术作为支撑,又依赖于亟待突破的业务使能技术实现应用。VR 应用框架的发展路线对技术框架与应用平台的发展进行规划。需要将飞机设计作为业务目标,以现有的成熟技术为基础,开发关键业务使能技术并逐一突破发展,最终使 VR 技术逐渐走向成熟,有目的、有计划、有步骤地完成框架的构建。

应用框架的建设应分为 4 个阶段:第一阶段,明确业务需求,确定技术架构与平台框架研究内容;第二阶段,调研分析技术发展和应用成熟性,对现有各技术划分成熟性等级,整合已有设备与资源,制定技术发展计划,规划平台构建流程;第三阶段,攻克关键技术,开发平台工具,基本实现业务需求;第四阶段,对 VR 技术进一步完善,完成平台的构

建, 最终实现面向飞机设计的 VR 应用框架构建。

6 结束语

VR 技术在被公认为是 21 世纪影响人类活动的重要发展学科和技术之一, 具有良好的应用和发展前景。面向飞机设计的 VR 应用框架的研究, 是实现 VR 技术与飞机设计有机结合的关键。VR 技术在飞机设计中的应用, 可以提高设计效率 and 设计质量, 降低飞机研制经费, 缩短研制周期, 对提高国内飞机数字化设计技术、达到世界先进水平具有重要意义。

AST

参考文献

- [1] 杨五一, 时兵. 虚拟现实技术在民用飞机内饰设计中的应用 [J]. 航空工程进展, 2010, 1 (3): 225-229.
YANG Wuyi, SHI Bing. Application of virtual reality in civil aircraft interior design [J]. Advances in Aeronautical Science and Engineering, 2010, 1 (3): 225-229. (in Chinese)
- [2] 王飞, 杨湘龙, 冯允成. 虚拟现实仿真技术及在飞机装配中的应用 [J]. 北京航空航天大学学报, 2001, 27 (2): 213-216.
WANG Fei, YANG Xianglong, FENG Yuncheng. Virtual reality simulation and its application on aircraft assembling [J]. Journal of Beijing University of Aeronautics and Astronautics, 2001, 27 (2): 213-216. (in Chinese)
- [3] 高运泉, 王长宇, 史彦斌. 虚拟现实技术在航空装备维修训练中的实现 [C] // 第四届长三角论坛——航空航天与长三角经济
济发展分论坛暨第三届全国航空维修技术学术年会, 2007.
GAO Yunquan, WANG Changyu, SHI Yanbin. The implementation of virtual reality to the maintenance training for aeronautic equipment [C] // The 4th Yangtze River Delta Scientific Forum-Aviation, Aerospace and Economic Development of Yangtze River Delta: The 3th National Annual Conference of Aeronautic Maintenance Technology, 2007. (in Chinese)
- [4] 姚本君. 基于虚拟现实技术的飞行视景仿真平台的设计与实现 [D]. 长沙: 湖南大学, 2011.
YAO Benjun. The design and realization of the simulated flightview platform based on simulation technology [D]. Changsha: Hunan University, 2011. (in Chinese)
- [5] Deviprasad T, Kesavadas T. Virtual prototyping of assembly components using process modeling [J]. Journal of Manufacturing System, 2003, 22 (1): 16-27.
- [6] 姚雄华, 李磊, 张杰. 虚拟现实技术在飞机设计中的应用 [J]. 航空制造技术, 2013, 423 (3): 67-70.
YAO Xionghua, LI Lei, ZHANG Jie. Application of virtual reality technology in aircraft design [J]. Aeronautical Manufacturing Technology, 2013, 423 (3): 67-70. (in Chinese)

作者简介

王平 (1966—) 男, 学士, 高级工程师。主要研究方向: 军用飞机客户服务发展规划。

Tel: 029-86832452 E-mail: wp211@sina.com

Research on Application Framework of Virtual Reality Technology for Aircraft Design

WANG Ping*

AVIC The First Aircraft Design Institute, Xi'an 710089, China

Abstract: An organic combination of Virtual Reality (VR) technology and modern aircraft were completed, and the application framework of VR technology for aircraft design was put forward. Based on the design business, technical framework, platform architecture and development route, the VR system for aircraft design was constructed. The research will be helpful for the application of VR technology in the aircraft design business, which is of great significance to improve the level of digital design.

Key Words: aircraft design; VR; application framework; platform architecture

Received: 2017-02-20; Revised: 2017-03-13; Accepted: 2017-04-21

*Corresponding author. Tel.: 029-86832452 E-mail: wp211@sina.com