

# 浅谈虚拟维修技术在飞机维修过程中的应用研究

贾凡 李峰

中航西安飞机工业集团股份有限公司飞机维修中心 陕西 西安 710089

**摘要:** 虚拟维修技术在飞机维修中得到了一定的应用。作为一种新兴的维修技术,它在飞机维修中扮演着日益重要的角色。基于设计概念和维修技能的使用,模拟其专业场景和一些维护活动,以改善飞机设备的维护。

**关键词:** 虚拟维修;飞机维修;应用研究

## 引言

虚拟维修技术利用计算机技术来构建不同的虚拟现实环境。维修人员应用模拟仿真功能,能有效提高设备维护水平和质量。它具有操作简单、方法直观、节约成本等优点。随着我国航空工业的快速发展,作为航空安全和保证出勤率基础的飞机维修也面临了一些挑战。长期以来,传统飞机的不断改进一直贯穿着航空业的整个发展历程,设计功能的不断增加,以满足用户和不同环境的使用要求。虚拟现实技术近年来迅速普及,应用范围越来越广。下面简单分析一下飞机维修中虚拟维修技术的应用。

### 1 虚拟维修技术的概念及现状

#### 1.1 概念

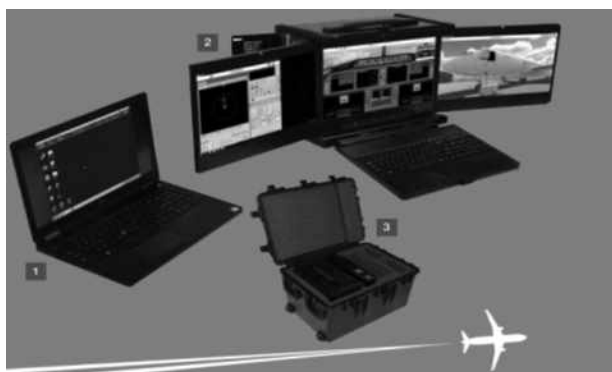


图1 便携式VMT

虚拟维修技术是根据训练和修理大型复杂机器(如飞机)的要求进行的。VM(Virtual Maintenance)虚拟维修的概念最早出现在美国的MIL-HDBK-470A军用手册中,它指出:利用虚拟现实技术,工程师可以进入虚拟环境中,对虚拟产品进行维修。<sup>[1]</sup>目前,国内外对虚拟维修技术的定义尚未统一。在现有文献中,将虚拟维修技术定义为一种基于计算机辅助设备的技术,其本质是在信息技术模拟的虚拟环境中开展维修工程任务的技术手段。通过建立虚拟维修环境,维修人员可以提前识别和预测潜在的风险,制定全面的维修计划,有效解决各种问题,提高重要对象的维修质量。在飞

**作者简介:** 贾凡,1993.05,男,汉,陕西省西安市,工程师,大学本科,研究方向:飞机维修技术方面,主要从事:飞机维修、改装、保障。

机维修应用过程中,由于飞机设备、系统的复杂性,虚拟维修技术对维修人员的综合能力提出了更高的要求。因此,需要加强对维修人员的专业培训,不断提高其维修技术,确保维修效率和维修质量。

#### 1.2 现状

自20世纪80年代中期,虚拟现实技术得到快速发展,其在维修领域也受到越来越多的重视。美国工程院在1996年工程前沿研讨会上,将“虚拟现实技术应用于维修性分析与维修训练”列为工程领域的前沿研究方向。此后,欧洲、日本的公司及军方也纷纷对虚拟维修展开研究,取得大量成果,例如,德国西门子公司推出JACK商业软件平台,是目前公认的较为优秀的人体仿真模型与人机功效分析软件。法国达索系统公司推出DELMIA系统,提供了当今业界最为全面、集成和协同的数字制造解决方案。国内,虚拟维修系统的研究已被国防科工委、国家自然科学基金委列入了重点项目。2020年8月7日,中央网信办等国家部门印发《国家新一代人工智能标准体系建设指南》,强调虚拟现实技术在维修领域的应用拓展。

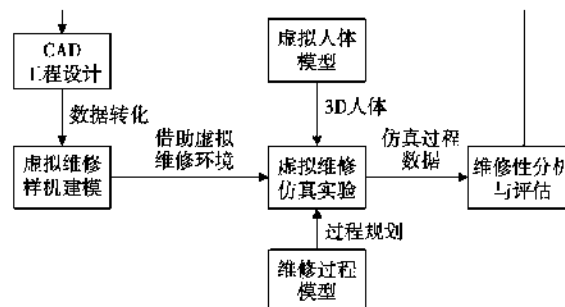


图2 虚拟维修技术项目流程

## 2 虚拟维修技术在飞机维修中的价值

### 2.1 确保飞机维修技术的多样性

飞机维修是一个复杂的系统工程,包含不同的设备的不同维修方法,维修的技术直接决定着飞机整个生命周期的质量。因此,使用虚拟维修技术可以保证飞机维修技术的多样性。

### 2.2 确保飞机维修的快速反应

虚拟维修技术的使用直接关系到飞机设备维修保障系统

的后勤效率。因此,维修人员使用关键维修技术来监控相关设备,构建维修任务,并在短时间内准确监控相关设备的性能,能及时有效提高飞机维修效率。<sup>[2]</sup>

### 2.3 降低飞机维修环境的复杂性

在飞机实际维修过程中,维修环境复杂多变,采用模拟显像维修技术不仅可以降低航空设备维修保障成本,还可以根据不同情况实行科学分工,降低维修复杂度。使维修过程更轻松、更高效。

### 2.4 降低飞机维修资源的消耗

大量的资源消耗(航材、人力、物流等)是飞机维修中不可避免的问题。维修人员不仅要自觉减少资源消耗,更要着眼于探索先进的维修技术。在飞机维修的过程中,如果仅仅依靠固定场景来进行设备维护,则无法满足更好的维护需求和任务,维修人员通过借助虚拟维修技术进行协同维护工作,可以减少不必要的资源消耗。

## 3 航空虚拟维修系统设计特点

由于航空装备多属于大型、复杂、高精密度产品,其设计与制造中所应用的工艺技术较多,先进性较强。因此,航空维修在一定程度上具有反应及时性、操作可靠性、技术综合性、环境复杂性、资源保障性等特点。<sup>[2]</sup>这在一定程度上为航空虚拟维修系统的设计与应用提出了更高的要求。因此,基于航空维修特点,航空虚拟维修系统在设计过程中,需具备以下基本功能:其一,虚拟维修系统需提供航空装备的维修仿真模型(如,维修样机、维修工具、相关器材与设备的外观与机理模型)以及虚拟人体模型;其二,实现航空虚拟维修资源的一体化管理,实现交互场景的优化建立;其三,针对维修任务进行规划设计以及过程控制预设,并依据航空虚拟维修工程进行维修因素的综合分析,包括维修时间、人机工程等等;其四,依据维修性的结果分析实现综合评估,并对产生的各种数据进行优化管理与信息共享。

## 4 虚拟维修技术分析

### 4.1 关键技术主要体现

虚拟维修技术在很大程度上依赖于各种信息技术,为维修人员生成虚拟维修三维模型。通过模拟飞机设备的虚拟视图,评估各种设备的维修过程和维修效果,以达到提高维修效率的目的。

目前,虚拟维修技术主要体现在如下几个层面。

(1) CAD技术。虚拟维修技术在通用航空维修中的应用需要着重处理和分析好以下几种技术形式:第一,MBD数据轻量化技术与数据传递技术。这种技术包含很多数字化信息,能够结合航空装备维修的实际需求来配置各种数据集,结合实际剔除掉不需要的数据信息,实现MBD数据的轻量化。第二,MBD技术。通过该技术的应用实现对维修产品的统一化管理,加强对各种资源的合理优化配置。第三,虚拟现实技术和虚拟维修技术。在多媒体技术、三维图形技术、多传感交互技术、高分辨显示技术的综合应用下能够打造三

维立体化的虚拟环境。虚拟维修的目的是通过采用计算机仿真和虚拟现实技术在计算机上真实展现装备的维修过程,从而提升设备在不同阶段的应用能力,为维修决策提供重要支持。首先,应用三维CAD软件建立零件的几何模型。现阶段用来建立几何模型的软件是CATIA软件。CATIA软件被广泛应用在航空、汽车、船舶等行业。其次,将应用三维CAD软件建立的三维零件模型应用到多个产品设计和制造领域。再次,借助零部件的几何信息打造三维零件模型,实现对多种关系装配的约束。最后,应用CATIA软件实现对模型之间的模拟装配进行检测,在发现问题之后进行改装设计。<sup>[3]</sup>

(2) 准备行动计划。在飞机设备维修中使用先进技术有助于集成和测试不同的组件和设备,改善潜在问题并最大限度地降低使用风险。使用三维模型,在计算机环境的帮助下,调整必要的设备并重新规划现有的维修路径,可以降低安全风险,探索潜在障碍,测试复杂的设计和维修活动。收集和分析各种数据,帮助维修人员选择更有效的维修方法,大大提高维修人员的工作效率。

(3) 建立组织团队。在必要的模型帮助下,操作人员的全部工作可以直接得到培训。在极端情况下,工程师能够监控、评估维修工作规划过程的可行性,主动遵循各种拆卸和组装方法,防止造成二次故障,有效避免维修过程中的隐患,提高安全性和效率。

(4) 结合实际改进维修方案。在维修方案制定完成之后调整维修技术,为维修操作安全提供重要的支持。以某型号的飞机零号框裂纹加固操作为例来研究虚拟维修技术。首先,对维修对象进行几何建模。虚拟样机应用CAD系统来建立几何模型,并相应地设置各个约束关系。其次,在虚拟的维修环境下开展拆装和受力计算分析。最后,评估维修方案,开展人员培训。维修方案的评估内容主要包括维修操作可行性分析、维修难易程度分析、维修时间分析等。第一,维修操作可行性问题分析。通过虚拟化的维修仿真分析来分析维修过程中是否会出现无法解决的问题,并结合实际取消掉不能维修的任务,减少不必要的人力、物力、财力浪费。第二,维修操作难易程度分析。通过虚拟维修仿真操作能够了解维修操作人员的工作难易程度,并结合实际采取有效的策略提升工作效率。第三,仿真维修时间的分析。通过虚拟性的维修仿真分析来制定出符合实际需要的维修计划。

### 4.2 虚拟维修应用场景

#### 4.2.1 维修性设计与分析

在传统维修性设计与维修工作中,物理样机或全尺寸模型的制造往往滞后于产品整体的设计,这样即使发现了维修性设计上的问题,也因产品的设计工作已经进展到后期阶段而难以对设计进行更改,浪费大量人力、物力,增加不必要的装备全寿命周期费用。另一方面,随着工程技术自动化技术的发展,传统的维修工作弊端逐渐显现——缺乏设计资源与信息共享的手段,这不仅造成了设计资源的浪费,也很难实

现整体设计的完善优化。而随着虚拟技术的发展, 以上问题都能得到解决。虚拟维修通过虚拟样机或模型, 对设备维修相关的活动进行虚拟仿真, 提高维修性的预测与决策水平, 同时也避免了维修及相关问题而引起的回溯型修改, 并且实现了产品维修过程的建模与信息集成。虚拟维修的数字化特性, 也使维修性相关的工作能适应现代化产品并行设计的运行机制。<sup>[3]</sup>

#### 4.2.2 虚拟维修训练

随着技术的发展, 设备呈现出功能集成化、结构复杂化、维修成本与频率高等新特点。同时, 许多维修工作或者是危险的, 或者是昂贵的, 或者是条件苛刻的, 导致训练维修工人成本高, 维修训练次数少。这些因素使得对维修人员的培训要求很高。<sup>[4]</sup>传统的与书面材料结合的训练方法面对实物或实物仿真进行训练显然已经不能满足要求。虚拟维修训练成为传统维修训练的合适替代品。通过模拟一个安全的训练环境, 被培训人员能更加熟悉设备结构、维修操作和维修程序, 同时降低了训练成本。

### 5 虚拟维修技术在飞机维修中的应用途径

#### 5.1 虚拟环境下的虚拟拆装操作

5.1.1 建模。对飞机装备中的每一个零部件信息, 都建立一个具体虚拟模型, 明确零部件的整体外形、功能和相对位置, 将基本性能等信息有机结合, 形成零部件信息模型的完整构建。同时, 结合维修场景的应用情况, 将零部件有机组装起来, 可以帮助维修人员进一步理清零部件之间的装配关系; 从而在装配过程中, 就会出现相应的装配步骤显示, 操作人员也会立即识别出不匹配的信息, 可以根据真实的影响因素, 平移或旋转坐标系提取出相关零件, 完成后续的拆卸工作。如果飞机中的零部件之间存在多个限位关系, 且拆卸说明本身与限位关系或多或少, 维修人员还必须在拆卸模块中对信息和图形进行标识。生成更多的配合关系图等, 实现完全反汇编、局部反汇编或目标反汇编。<sup>[4]</sup>

5.1.2 装配路线分析。基于飞机维修的分析方法主要是指精确的路线规划方法, 不包括移动到选定位置的替代方法。虚拟维修技术能够根据零组件的拆卸形式创建装配路径, 并在拆卸过程中监控组件的运动。为了让工程师能够工作, 还可以将运动侧设置为 $90^\circ$ 角, 采用组装方式解决装配问题。

#### 5.2 虚拟环境下的飞机维修

##### 5.2.1 分析飞机维修性能

基于现有的飞机维修理念, 保证部件可靠性是关键工作之一。维修人员必须在规定的时间内按照操作规程进行检查、维护工作, 对有缺陷的部位进行修理。传统的可靠性测试主要使用非金属模型进行金属原型分析和操作, 这往往会消耗操作人员大量的精力和成本, 以及维护时间, 极大地限制了检查维护高效运作。利用先进的技术, 不仅满足维修和测试设备的基本要求, 而且通过模拟机械设备的运动来完成重要维修活动的准备和评估, 从而提高对飞机的全方位持续监控。

#### 5.2.2 虚拟环境系统和实际操作

##### (1) 设计系统结构

在最常见的情况下, 虚拟环境系统可以分为四个部分: 第一, 一个以界面层为支撑的初始输入界面。在这种形式下, 可以给工程师提供控制功能和安装外部设备的窗口; 输出表格用于显示模拟的校正结果。第二, 应用阶段涉及管理、模型构建、分析评估等多个角色, 实现对各种设备基本操作的维修航材和数据的充分管理, 形成维修规划的不同内容及完整的数字模型。通过工程师对所有操作方法的比较, 不仅可以解决准备过程中可能出现的各种冲突和争议, 还可以加强沟通交流最佳维修技术的可行性研究, 并详细分析维修的复杂性。第三, 维修对象模拟具体涵盖了虚拟维修技术中的模型建立、协同稳健模型展示、维修资源保存、评估等。第四, 技术支撑水平主要是指将广泛的信息工具、软件和硬件有机集成到维修技术中。<sup>[5]</sup>

##### (2) 调整优化方案

根据不同维修方案, 制定周密的计划, 设置可用于模拟技术技能的工具, 并进行各种准备。结合分发和编译三维模型, 工程师可以通过相应的数据提交获取相关信息, 分析维修过程中遇到的障碍, 并对维修工作的内容进行评估, 以便进行适当的调整, 提高运行效率。

##### (3) 人机交互技术

作为存储技术的关键, 计算机通信技术是一种新型的应用。在各种管理系统中, 由于飞行员设备的功能和效果不同, 通信技术的使用也不同。目前, 飞机虚拟维修技术设备包括计算机、VR和其它手持特定传感设备等。专家使用最先进的技术能够调整零部件和类似设备, 并选择由专业相机、数据手套、数据眼镜和远程查看设备控制的通信设备。

### 6 虚拟维修技术的展望

#### 6.1 进一步完善维修考核评价功能

在使用虚拟技术维护航空产品时, 需要一个技术评估模块来衡量其维护工作的质量。由于当前的航空虚拟维修系统发展模式丰富多样, 不同层次的培训对技术人员的专业水平要求不同, 虚拟维修技术评价功能需要进一步完善, 以便进一步提高维修过程中的数据收集水平。

#### 6.2 强化更真实的虚拟维修场景

虚拟技术场景主要基于对象的立体模型和装配流程进行构建, 尤其是大型航空设备。包含大量精密零部件, 装配流程更复杂。因此, 虚拟技术需要更深入地收集产品构建模型信息, 提高模型优化方法的专业性, 并进一步挖掘相关技术中的信息数据, 以促进基于原始的更逼真的虚拟技术场景。<sup>[6]</sup>

#### 6.3 提升虚拟维修技术中的通用系数

虚拟维修技术的应用领域十分广泛, 它涵盖了航空、机械、汽车等领域。针对不同的领域, 其实际的应用要求也存在差异, 所以必须提升虚拟维修技术的通用系数, 推动技术过程

的规范性和综合性,设计出协同性更好的虚拟设计系统。

#### 6.4 增强人机交互技术

人机交互技术作为虚拟维修技术的核心关键,随着科学技术的进步,人机交互也是近年来科技重点研究方向。目前,虚拟维修技术中,用户和系统之间的交互方式和结果还存在很大的提升空间,如何对物体的适当行为和虚拟现实技术中的三维模型叠加到现实场景中,可以加深研究,以此拓展技术研究领域。

#### 结语

飞机维修中的虚拟技术可以显著提高维修服务的效率和质量。目前,我国在提高虚拟技术的使用方面还有很大的空间。因此,研究人员应该利用先进的信息技术来加强他们的维修工作。专注航空技术核心技术,持续提升维修服务质量。降低维修成本,优化飞机维修的方法,进一步提高维修现代化水平。

#### 参考文献

- [1] MIL-HDBK-470A. Designing and Developing Maintainable Products and Systems[Z]. Department of Defense Handbook, 1997.
- [2] 任文婷,朱双平,赵昌丽,等.基于OSG的飞机虚拟维修仿真应用研究[J].工程技术(文摘版),2016(5):00130-00130.
- [3] 卿华,胡进.基于CAVE系统与ZSPACE桌面展示平台的飞机虚拟维修实验室的设计与实现[J].中国教育技术装备,2016(4):4.
- [4] 耿宏,朱泳静.基于面向对象八叉树的飞机虚拟维修场景渲染2012年8月15日[J].计算机工程与应用,2012.
- [5] 徐欢.视情维修技术及其在飞机维修中的应用[J].山东工业技术,2016(18):1.
- [6] 邵春玲.视情维修技术及其在飞机维修中的应用[J].工业,2016(12):00317-00317.