

# 合成实景 (VR) 技术在老型号飞机发动机培训和维修上的应用

赵峰

中国国际货运航空股份有限公司

DOI:10.12238/pe.v3i4.15093

**[摘要]** 随着航空业的发展,老型号飞机发动机的培训和维修工作面临诸多难题。合成实景(VR)技术因为具有非常强的沉浸感、交互性和仿真性,在解决这些难题方面呈现出了新的可能性。本文先论述了合成实景技术的基本特点,随后针对合成实景技术在老型号飞机发动机培训和维修方面的具体应用场景以及落实途径展开讨论,旨在给相关领域的实际操作供应理论支撑并提升操作技能培育和故障剖析速度。

**[关键词]** 合成实景(VR)技术; 老型号飞机发动机; 培训; 维修; 应用

**中图分类号:** S219.031 **文献标识码:** A

## Application of Virtual Reality (VR) Technology in the Training and Maintenance of Older Aircraft Engines

Feng Zhao

Air Cargo of China Co., Ltd

**[Abstract]** With the development of the aviation industry, the training and maintenance of older aircraft engines face numerous challenges. Virtual Reality (VR) technology, due to its strong immersion, interactivity, and simulation capabilities, presents new possibilities in addressing these challenges. This paper first discusses the fundamental characteristics of VR technology and then explores its specific application scenarios and implementation methods in the training and maintenance of older aircraft engines. The aim is to provide theoretical support for practical operations in related fields and enhance skill development as well as fault analysis efficiency.

**[Key words]** Virtual Reality (VR) technology; older aircraft engines; training; maintenance; application

### 前言

虽然现代新型飞机越来越多,但传统机型发动机在航空运输方面仍然有着无法取代的重要地位,其所涉及的培训以及维护工作对于飞行安全以及飞机全寿命管理有着非常深远的影响。现如今大多数培训方法主要是依靠实物模型以及理论讲解,难以做到沉浸式操作体验。实物模型不仅价格昂贵且容易损坏,一些老旧或者少见型号的发动机会因缺乏配套培训资料支撑,导致培训质量较低。而且,在维修过程中,老式发动机结构复杂、零部件老化严重,会导致故障诊断难度大,稍有不慎便会造成进一步损坏。当前,合成实景(VR)技术可为上述难题带来新的解决思路,其可以创造非常逼真的虚拟环境,通过沉浸式交互方式将理论知识和实践技能融合在一起。将该技术应用到老旧型号飞机发动机培训和维修中,可降低运营成本并减少潜在的风险,还能显著增强培训效果以及维修作业效率。

### 1 合成实景(VR)技术的特点

#### 1.1 沉浸感强

合成实景(VR)技术依靠头戴式显示器、数据手套等交互设备,可给用户创造非常沉浸的交互环境,凭借这些装置,使用者仿佛身临其境一般踏入经典航空发动机内部,通过视觉、听觉、触觉回馈等多模态感知通道深入体现合成实景的种种细节,比如发动机的整体构造、运转时发出的声音特性以及振动表现等。这种强烈的代入感不但有益于提高用户的集中精力程度,还能明显优化其对发动机结构安排及其工作原理的认知水平。

#### 1.2 交互性高

在合成实景环境里,使用者可凭借专门的设备同仿真发动机展开有效互动。该系统允许用户对发动机的各个部分实施拆卸、重新组合以及参数调整等操作,并且即时显示部件运动路线、状态改变等关键数据。这种直接又精确的交互方式,有益于使用者在仿真情境当中不断练习各种技巧,加深对作业过程的认识程度,进而给真实操作赋予实战基础并积淀宝贵的体会。

#### 1.3 安全性高

采用合成实景(VR)技术创建老旧机型发动机的培训及维修仿真平台,能大幅削减实体设备的损耗,还能明显提升操作人员的安全水准。即便在仿真期间出现操作失误,也能在虚拟环境中马上加以修正,进而防止可能产生的实际损失或者安全风险。

## 2 合成实景(VR)技术在老型号飞机发动机培训中的应用方法

### 2.1 设计多样化培训场景

依照培训目标以及课程内容需求规划多层次虚拟实训平台。其中,基础认知板块主要剖析发动机的整体架构以及各个零部件的空间分布特性,通过交互式操作表现出关键组件的名称、功能属性和技术指标。在使用者点到燃烧室时,系统会自动弹出包含容积、工作温度、燃料类型等具体信息的对话框,并且附加文字标明其在运行机制中产生的关键作用。凭借三维模型的旋转和缩放功能,学习者可以全方位认识发动机内部构造,进而加深对整体布局的理解。

拆装实训平台可以精确再现发动机拆解与装配的全部过程,引领学习者依照标准操作规程和工艺规范开展实训。该虚拟环境会给予他们细致的指导资料,包含工具种类、工序流程以及技术要点等。在实际操作期间,系统可随时检测学员的行为数据,动态评判他们的技能水平。针对可能的违规行为,系统会立刻发出警报并提出改进意见,当学员采用非适配工具拧紧螺栓时,设备会通过语音提示推荐替换合适的工具。

创建多类型典型发动机故障模拟情景,可有效地助力学员在虚拟环境中开展故障诊断及维修技能培训。这个训练平台可凭借重现叶片磨损、油路堵塞以及电气短路等常见故障情形,给学习者赋予沉浸式的实际操作机遇。当虚拟发动机出现特定故障状况时,叶片磨损或许会引起振动加大和异常声响;油路堵塞则会造成供油短缺,从而影响发动机的输出性能。学员需要依靠自己的专业知识体系,并借助仿真工具,比如电子万用表、压力测试仪、内窥镜等,对设备状态实施准确测量并加以综合分析,进而找出故障原因并制订出解决办法<sup>[1]</sup>。系统会全程记录学员的操作轨迹以及最后的诊断结论,给出客观的评价回馈和个性化的改善提议。除了上述模式之外,还可以创建起多种类型的实践培训平台,汇集众多理论知识以及专业技能,进而引领学员展开系统化的实训活动。

### 2.2 开展沉浸式培训

在培训环节当中,受训人员可利用VR设备踏入虚拟实训场所,展开沉浸式的培训体验。头戴式显示器能够全方位覆盖视觉感知范围,进而让用户更加深入地融入虚拟环境。数据手套则可以赋予使用者通过手部动作同虚拟对象展开互动的能力,具有模仿工具抓取或者零部件装配等操作的功能。在虚拟空间之内,受训人员可以自行调整视角,从不同角度观察发动机的结构以及其运行机理,以此加强学习过程中的主动性与灵活性。同时,依靠虚拟培训平台,教育者可做到远距离指导并随时监督,并完整记录全部交流动作和回馈数据。通过后台管理软件,培训师能全方位了解学员的学习进程和技能成长情况。对于操作过程中

的具体问题,培训师可以通过即时语音交流给予个别化指导,或者利用合成实景标注工具和动态演示功能等改善培训效果。在学习者发动机轴承安装环节出现错误时,培训师可在合成实景中准确指出正确的装配地点,再用可视化方式仔细讲述轴承角度调整的办法,以此加强学习者的实践能力<sup>[2]</sup>。此外,该平台凭借合成实景技术可搭建交互式的交流空间,利用共享环境开展主题研讨和经验分享活动。其具有多用户并发登录的功能,可以随时追踪其他参与者的虚拟形象动态,并且能够通过语音和文字进行即时互动。在分组实训期间,学员需完成诸如部件拆装、设备运行监控以及数据记录等任务,加强自己团队合作能力。

### 2.3 实施个性化培训方案

依靠个体认知差别与技能水平存在的显著特征,应用合成实景(VR)技术能针对每个受训人员设计个性化培训计划。借助虚拟仿真平台能精确搜集有关学习轨迹及互动行为的数据信息,包含总培训时间、任务完成状况、操作出错种类以及阶段性评判成果等关键参数。在经过系统性分析处理后,一方面能够全面评估学员们对知识点的了解程度以及他们的技能达成水平,另一方面还能细致查找他们存在的知识盲点或者技能弱项。根据分析学习者能力短板后,系统可智能推送相对应的学习资源与实践任务。令爱,虚拟仿真平台还能依靠学员的学习轨迹及其能力特点,随时调节训练难度,给学员留出更多时间进行适应和练习。这种精确化的培训方法可保证每个学员都在适合自己的环境中高效学习,进而改善培训成果并做到资源的最佳分配。

## 3 合成实景(VR)技术在老型号飞机发动机维修中的应用策略

### 3.1 虚拟故障诊断与排查

#### 3.1.1 故障数据的采集与建模研究

通过系统搜集老旧机型航空发动机的历史故障数据,包含典型故障特点、形成原因、检测步骤以及修理办法等信息形成数据集<sup>[3]</sup>。依靠这些数据集,在仿真平台创建多维度的故障模型,可准确模仿各种故障状况,比如振动不正常、温度超出标准或者压力不稳定等,并融入故障诊断方法和技术手段,给维修人员给予直观又有效的故障查找指引计划。

#### 3.1.2 交互式故障排查训练方法

维修人员置身于虚拟故障情境中,需凭借专业知识剖析仿真发动机的异常状况,通过操控虚拟设备对关键部件展开细致检测。比如,使用虚拟万用表量电路参数,靠虚拟压力表评判油路压力等操作,系统会即时回馈检测数值,还会按照动态调整缩减故障范围,直到找出具体问题节点。这种互动式的操作形式可给维修人员赋予反复练习各种故障诊断手段的机会,改善他们的故障识别能力和动手能力。

### 3.2 虚拟维修操作模拟

#### 3.2.1 维修流程的数字化建模

把传统的纸质版老型号飞机发动机维修手册转变成数字化的维修流程模型,准确表述各个步骤的操作规则、所需要的工具以及安全须知等。在虚拟仿真实验平台上,维修人员需依照该数

数字化转型执行零部件拆卸、替换、重新组合以及功能检测等任务,系统可随时监测并评价维修人员的操作行为,如果出现不符合标准的情况立刻发出警报,并给出修正办法和正确的操作指示。

### 3.2.2 复杂维修操作的模拟训练

针对发动机转子拆装、燃烧室检修等比较复杂的维修工作,可以采用虚拟仿真技术搭建实训平台,准确模仿部件的装配联系以及受力状况,给学员赋予近乎真实的力学反应。在实际操作当中加强技能的掌握程度和精准性,经过不断练习,维修人员可以全方位熟悉整个工艺流程,从而大幅度缩减现场作业时出现差错的概率。

### 3.3 远程维修指导与协作

#### 3.3.1 实时虚拟共享场景

依靠合成实景(VR)技术塑造动态协作平台,推动现场维修人员同远距离技术支持专家展开即时互动。现场技术人员佩戴穿戴式装置,把故障数据实时传送给虚拟环境,远程专家利用虚拟标注工具以及语音交互功能,给现场维修团队给予精确的技术指导和操作辅助。

#### 3.3.2 多人协同维修模拟

大型维修工程常会牵涉众多工种,在虚拟仿真实验平台可搭建多工种协作维修场景,清楚显示每个参与方的责任范围以及具体工作安排<sup>[4]</sup>。利用该平台,技术人员能模仿重型设备吊装、精密装配等复杂的交互操作流程,进而提高团队合作效率,改良整体运作效果。

### 3.4 零部件虚拟检测与更换

#### 3.4.1 零部件虚拟检测

在虚拟仿真平台中,维修人员可全方位检测发动机部件,利用虚拟显微镜观察其表面磨损程度,采用虚拟无损检测设备找出可能存在的内部隐患,系统会按照所采集到的数据制作部件状态评估报告,进而判定是否要替换。这样做有益于维修人员在

真正动手前精准把握部件状况,从而防止出现不必要的拆解与资源浪费情况。

#### 3.4.2 虚拟零部件替换训练

创建以合成实景(VR)技术为依托的零部件替换仿真平台,包含旧件拆卸、新件安装以及调试等主要环节,维修人员可依照标准化的操作步骤执行任务,利用该系统随时显示装配之后部件的配合精确度以及运转状况(比如转子稳定情况,密封效果等),给技术人员给予直接的培训参照,进而优化他们对于更换技术要点的认识与把握程度。

## 4 结束语

总之,将合成实景(VR)技术应用到航空发动机培训与维修中,具有较高的安全性,可冲破传统教育方式的局限性。在培训方面借助虚拟仿真和场景设定,为学员搭建动手操作区域,能够加快其技巧学习速度。在维修方面,借助故障诊断与排查、维修操作模拟、远程指导与协作以及零部件检测与更换等应用策略,可增强技术人员应对突发状况的能力。

## 【参考文献】

[1]刘都,张晓爽,曾清华,等.航空发动机维修性分析方法研究[J].内燃机与配件,2025,(12):72-74.

[2]刘俊侠,陈文鑫,郭宇昕.声音提示技术在航空发动机可视化协同维修中的应用[J].现代制造技术与装备,2025,(5):88-90.

[3]石承玉,邱峰,施新宇.基于VR的涡喷六航空发动机维修教学平台的设计与模拟排故应用[J].电脑知识与技术,2021,(4):13-14.

[4]黄湘龙,廖敏捷,程冲,等.航空发动机附件虚拟维修技术研究[J].航空动力,2025,(02):41-44.

## 作者简介:

赵峰(1981--),男,汉族,北京市人,大学本科,单位:中国国际货运航空股份有限公司,职称:工程师,研究方向:航空发动机机队管理和性能监控。