

DOI: 10.19416/j.cnki.1674-9804.2017.01.013

# 民用飞机虚拟维修可达性技术研究

## Research on the Virtual Maintenance Simulation Reachability Technology of Civil Aircraft

夏 坚 / XIA Jian

(上海飞机设计研究院, 上海 201210)

(Shanghai Aircraft Design and Research Institute, Shanghai 201210, China)

### 摘 要:

结合民用飞机维修性设计的要求和特点,将虚拟现实技术引入到飞机维修性设计、分析与验证工作中,阐述了虚拟维修仿真的流程。通过可视性分析、实体可达分析、操作空间分析,给出了虚拟维修的可达性验证方法,实现设计中的维修性设计评价,从中找出影响维修性设计的因素进而及时改进,以提高整机维修性。

**关键词:** 维修性设计; 虚拟维修仿真; 可达性分析

**中图分类号:** V26

**文献标识码:** A

[Abstract] Combined with the requirements and characteristics of maintainability design for civil aircraft, virtual reality technology is introduced in aircraft maintainability design, analysis, verification work. This paper explains the process of virtual maintenance simulation. By analysis of visibility, entire reachability analysis and operation space analysis, the feasibility verification method of virtual maintenance is given, and the maintainability design evaluation is realized in the design. The factors influencing the maintainability design were found and improved in time in order to improve the aircraft maintainability.

[Keywords] maintainability design; virtual maintenance simulation; reachability analysis

## 0 引言

维修性作为产品的质量特性,是由产品设计赋予的使其维修简便、迅速和经济的固有特性,必须在设计时注入<sup>[1]</sup>。维修性设计虽然与飞机设计同步进行,但其缺陷通常要到制造阶段,甚至使用与维修阶段才能发现。

必须采用先进和行之有效的维修性分析、验证评估技术,从总体设计阶段起就能及时发现维修性设计缺陷,从而避免维修性工作在时间上的滞后,并为维修保障分析、维修资料编写、维修培训等工作提供基础信息<sup>[2]</sup>。

虚拟维修分析以基于计算机的样机代替实物样机,利用数字样机仿真飞机的维修过程,验证、分析和评估飞机的维修性,克服了实物样机制造周期长、成本高、难以修改的缺点,尽可能早地发现飞机

设计中可能存在的维修性问题,对保证飞机质量、可靠性、降低飞机的维修成本、缩短飞机设计周期具有十分重要的意义<sup>[3]</sup>。

## 1 虚拟维修体系

虚拟维修环境是进行维修作业的虚拟场所,飞机的维修性虚拟设计与验证都要以虚拟维修环境的建立为前提和基础,本文结合 DELMIA 软件制定虚拟维修体系。

### 1.1 总体框架

采用“虚拟人维修虚拟产品”的方式实现虚拟维修过程的仿真,目的是进行产品维修性分析与验证,因此建立以设计为中心的虚拟维修系统<sup>[4]</sup>。完整的虚拟维修系统应包括:虚拟人体建模、基于数字样机技术实现的维修对象、维修工具、维修场景、维修过程仿真模型、人机交互界面等,其组成框架如图 1 所示。

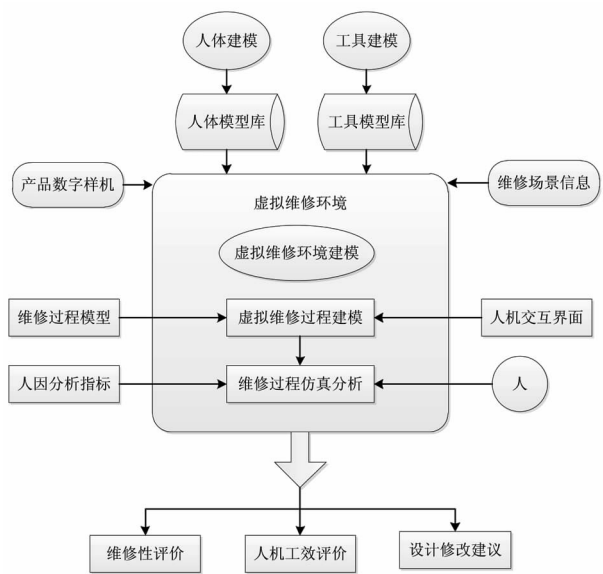


图 1 总体框架

### 1.2 虚拟仿真流程

确定分析对象的维修性要求和虚拟环境的组成要素,导入数字样机模型。根据维修性要求和分析对象的维护说明进行维修作业分解,选择适当的维修工具进行维修分析,不断循环往复,最终使分析对象达到维修性要求,并生成虚拟维修分析报告<sup>[5]</sup>,流程如图 2 所示。

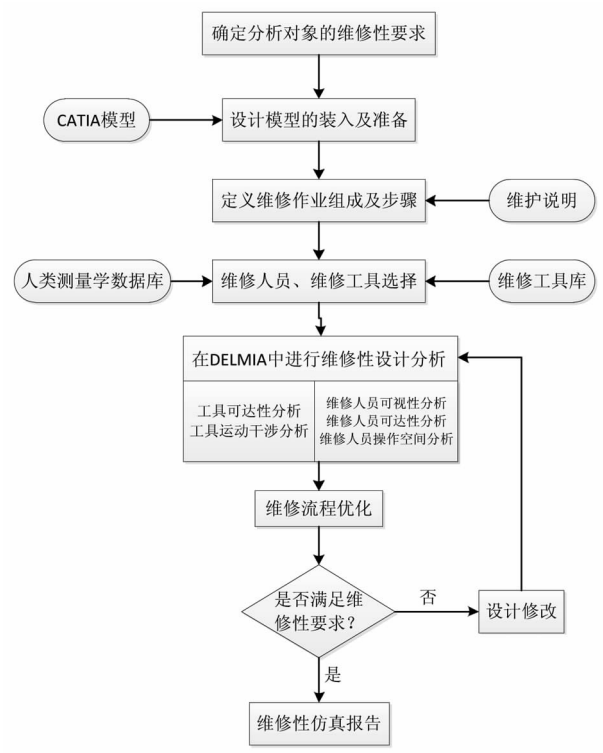


图 2 虚拟仿真流程

## 2 虚拟维修可达性分析

虚拟维修的核心是维修作业过程的仿真<sup>[6]</sup>,在虚拟维修作业过程中,有一系列关键技术需要解决,本文将针对维修可达性技术进行深入研究。维修可达性是指维修产品时,接近产品不同组成部分的相对难易程度。维修性的可达分析包括:视觉可达(即可视性)、实体可达和操作空间可达。

### 2.1 可视性分析

通过构造维修部位可视域,确定眼睛可视位置的可行解空间,在此基础上由人眼生理视野区域构造出可视锥,如图 3 所示,根据维修部位在可视锥中所处的区域对其视线可达性进行评价。

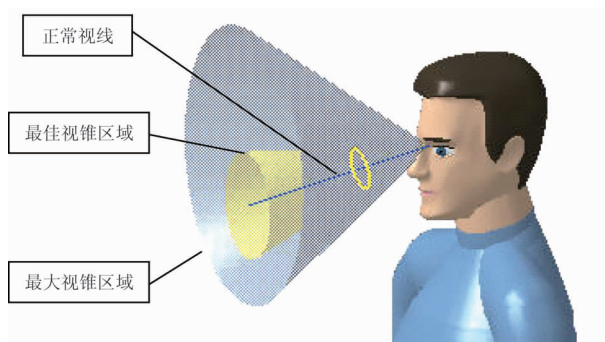


图 3 可视锥

可视性评价按维修部位在观测到的视野区域中所分布的位置打分,具体评分见表 1 和表 2。最终分析出来的级别越高,可视性越差。

表 1 视觉可达分析结果判据

	可视性区域		
	最佳视锥	最大视锥	不可见
是否可调整姿态	是	2	4
以可见/最佳视角	否	3	5

表 2 视觉可达分析结果描述

分值	描述	级别
1	维修部位位于最佳视锥区域内可见,可视性良好	I
2	维修部位位于最大视锥区域内,通过调整姿态可以实现最佳视锥内可见,可视性良好	
3	维修部位位于最大视锥区域内,通过调整姿态不可实现最佳视锥内可见,可视性一般	II
4	维修部位位于不可见区域内,通过调整姿态可以实现最大视锥内可见,可视性一般	
5	维修部位位于不可见区域内,通过调整姿态不可实现最大视锥内可见,可视性差	III

### 2.2 实体可达

在虚拟维修过程中,往往要根据人站立的位置到维修部位之间的距离,并结合人体工程学的因素确定在该点进行维修对于人是否舒适。

可达性评价根据维修对象与维修人员之间的距离以及人员与设备之间是否有障碍物来打分,具体评分见表3。最终分析出来的级别越高,实体可达越差。

表3 实体可达分析结果描述

分值	描述	级别
1	设备位于可达性范围内,与人员之间不存在障碍物,可达性良好	I
2	设备位于可达性范围内,与人员之间存在障碍物,通过调整姿态可达,可达性一般	II
3	设备位于可达性范围之外,通过调整姿态可达,可达性一般	
4	设备位于可达性范围内,与人员之间存在障碍物,通过调整姿态亦不可达,维修时需要先拆卸其它部件,可达性差	III
5	设备位于可达性范围之外,通过调整姿态亦不可达,可达性差	

### 2.3 操作空间可达

基于虚拟维修环境的操作空间的评价,通过对工具进行维修运动仿真和实时碰撞检测,分析运动空间的满足情况。

维修人员在维修过程中手臂和工具的空间分析见表4,维修级别越高说明操作空间越小,需要为操作空间设计提供建议。

表4 操作空间分析结果描述

分值	描述	级别
1	维修操作空间及通道空间充分,维修操作良好	I
2	维修操作空间及通道空间具备足够人员相关维修操作的空间,但是较局促	II
3	维修操作空间及通道空间不足	III

## 3 实例验证

以某型号飞机机翼盒段某个隔框为例,搭建虚拟维修环境,利用虚拟维修仿真对其内部进行可达性仿真,仿真对象为液压管路连接接头,如图4所示。

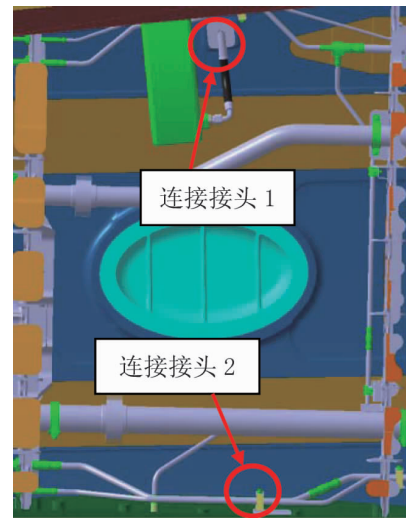


图4 液压管路连接接头

利用 DELMIA 软件对仿真对象进行仿真,并进行可达性分析,如图5所示。

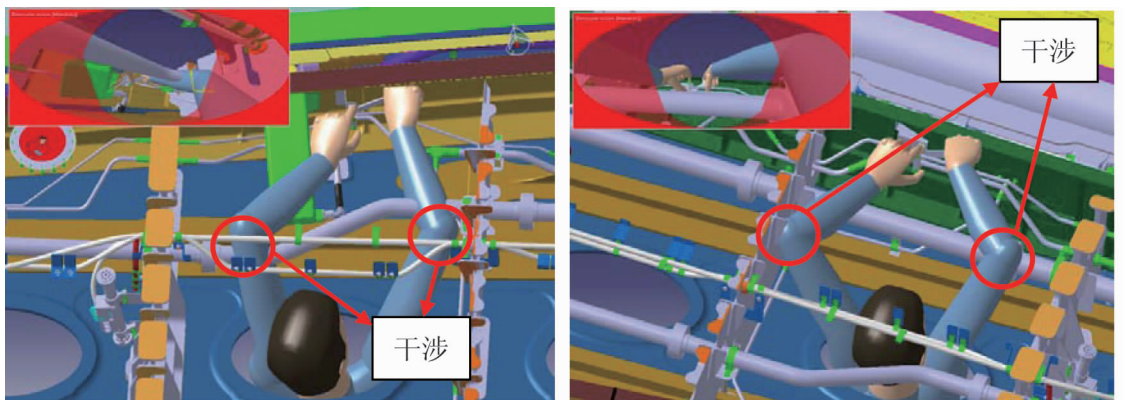


图5 可达性分析

根据软件分析的结果,对其进行评分,评分级别如表 5 所示。根据表 5 可以得到,维护该区域的连接接头时,维护人员的可视性差、可达性一般、操作空间差。

表 5 可达性分析评分级别

项目	描 述	得分
可视性	维护连接接头 1 时,在最大视锥内视野部分被管路所挡,可视性较差;维护连接接头 2 时,在最大视锥内视野被管路挡住,可视性差	I
可达性	维护连接接头 1 时,维护人员通过调整姿态可达,但中间有障碍物,可达性一般;维护连接接头 2 时,维护人员通过调整姿态可达,但中间有障碍物,可达性一般	II
操作空间	维护连接接头 1 时,维护人员的操作空间有限,左右手均与管路产生干涉;维护连接接头 2 时,维护人员的操作空间有限,左右手均与管路产生干涉	I

## 4 结论

虚拟维修是解决飞机维修性设计问题的一种有效方法,其实现的关键在于虚拟设计环境。本文从定性的角度对飞机在 DELMIA 环境下维修性的可达性进行了探讨,为飞机系统开展虚拟维修性设计和可视、可达性分析提供了一种技术途径,可供开发虚拟维修分析与评价系统参考。

### 参考文献:

- [1] 于永利,郝建平,杜晓明. 维修性工程理论与方法[M]. 北京:国防工业出版社,2007.
- [2] 戚燕杰,吕志刚,宋笔锋. 面向维修的现代大飞机设计[J]. 中国民航大学学报,2008,26(5):5-9.
- [3] 朱名栓,张树生,等. 虚拟制造系统与实现[M]. 西安:西北工业大学出版社,2001.
- [4] 戴永峰. 民用飞机维修性虚拟分析与验证方法研究[D]. 南京:南京航空航天大学,2005.
- [5] 李洁. 虚拟人及其在某型武器维修训练系统中的应用研究[D]. 南京:南京理工大学,2010.
- [6] 杨宇航,李志忠,郑力. 虚拟维修研究综述[J]. 系统仿真学报,2005,17(9):2191-2198.