

# 空间分析(SPA)在数字样机中的应用与研究

## Application and Research of Space Analysis Used for Digital Mock-up

艾玲英 / Ai Lingying

(上海飞机设计研究院, 上海 201210)

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

### 摘要:

CATIA 中的空间分析(Space Analysis, 简称 SPA)具有干涉分析、截面选取、测量等功能。通过空间分析来对产品的数字样机进行审核,可以大大提高工作效率,降低产品的成本,缩短产品的开发周期,避免不必要的浪费。

**关键词:** CATIA; 数字样机; 空间分析(SPA)

**[Abstract]** Space Analysis of CATIA has the functions of interference analysis, sectioning, measuring and so on. Through auditing the digital mock-up of products by Space Analysis, we can improve the work efficiency greatly, reduce the cost, shorten the cycle of product development and avoid unnecessary waste.

**[Key words]** CATIA ; Digital Mock-up; Space Analysis(SPA)

## 0 引言

航空业是国际市场上最具有竞争力的行业之一。如今,航空业正面临着来自世界各地诸多方面的严峻挑战。要想在激烈的市场竞争中立于不败之地,就必须要有先进的产品研制方法、合理的运行机制以及井然有序的实施途径,这一切都不外乎产品的研制周期、产品的质量、产品的生产成本以及产品的售后服务等 4 个最基本的环节。在信息化的社会中,科学技术是重中之重,航空业要想发展就必须从技术抓起。

由法国达索公司(Dassault Systemes)推出的三维设计软件 CATIA-V5 在航空业的发展中扮演着越来越重要的角色。电子样机(Digital Mock-Up, 简称 DMU)是对产品真实化的计算机模型,其通过对样机的计算模拟,能够满足产品的各种功能需求,可以提供用于工程设计、加工制造、产品拆装维护的模拟环境;是支持产品和流程、信息传递、决策制定的公共平台;覆盖从产品概念设计到维护的整个生命周期。

## 1 SPA 在数字样机中的主要应用功能概述

电子样机空间分析(DMU Space Analysis)主要用于干涉分析、截面选取、测量等。此模块为数字样机提供了良好的检验环境。

### 1.1 DMU Measure

在该功能下,DMU 可以对平台上的样机进行区间距离测量。

### 1.2 最短距离测量

最短距离测量用于测量一个组内的物体或两个组内物体之间的最短距离。不仅如此,还能将计算结果以文档的形式保存下来,如图 1 所示。

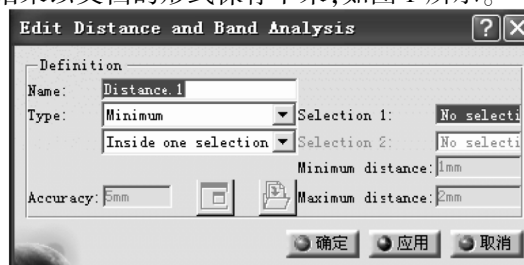


图 1 最短距离测量

### 1.3 区域分析

区域分析(Band Analysis)功能用于计算并显示小于用户规定最短距离的区域和处于规定范围内区域,如图2所示。

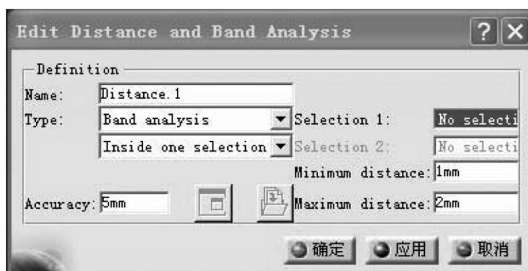


图2 区域分析模块

### 1.4 截面选取

截面选取是利用切面对数字样机进行截面选取以显示装配模型的内部结构,并进行简单的干涉分析。

### 1.5 干涉分析

干涉分析功能是对装配模型进行碰撞分析、接触分析和间隙分析,并判断各元件之间的干涉程度。

### 1.6 2D批注

2D批注功能用于绘制直线、手描绘直线、圆、箭头、矩形和文字批注。

## 2 对于 SPA 先进技术特点的理解与应用研究

### 2.1 捕捉功能

DMU Measure 具有精确测量物理特性的功能。在该功能的作用下,可以对 CATIA 平台上的产品进行物理特性测量,从而大大减少实物测量所带来的种种弊端。在该工具栏下,不仅可以测量点、线、面之间的最小、最大距离,还可以测量平台上的产品重量、密度和表面积。除此之外,DMU Measure 还具有捕捉功能,可以通过测量某个数据而捕捉到需要的几何参数,例如在寻找机翼上 FDU 的避磁球面时,需要先找到 FDU 的圆心,这时就可以通过测量 FDU 半径,显示该圆的圆心,从而找到原点坐标,如图3所示。

### 2.2 最短距离测量

该功能的测量类型有5种:Minium、Along X、Along Y、Along Z、以及 Band analysis,如图4所示。

该功能可以很方便地测量出两个系统之间的最小间隙或某个方向上的最小距离,优点是计算时间短,缺点是在静态测量时只能计算出最小值,但在装配或运动仿真过程中,可以利用此功能进行动

态测量,例如在分析地面板作动器与周围的液压系统的运动间隙时,可以先用最短距离测量功能测量出两者之间的最小间隙,然后调用 DMN(DMU Kinematics Simulator)模块下的仿真功能,将距离一项选为打开,进行动态测量,如图5所示。传统的测量方法只能大概估计某个位置的距离最小值,然后用量具进行测量,其结果并不精确。动态测量的缺点是设计员要时刻注视着电脑屏幕来观察间隙的变化,稍有疏忽,得出的结果就可能不正确。



图3 DMU Measure 捕捉模块

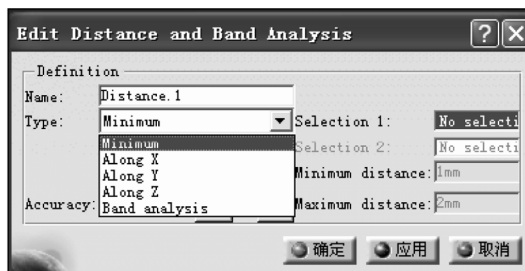


图4 最短距离测量模块



图5 最短距离测量操作流程图

### 2.3 区域分析

区域分析(Band Analysis)主要用于对数字样机的操纵空间的分析。例如对机翼上的襟翼作动器的操纵空间进行分析,检查襟翼作动器在运动时会不会与其他系统发生干涉以及干涉程度,操作过程如图6所示。然后在 Minimum Distance 和 Maximum Distance 中分别填写所需保证的间隙值,从而计算出系统之间小于这两个间隙值的位置部位。该功能不仅能发现干涉,还能检查出哪些地方小于规定

值,而最小距离测量功能只能测量出一个最小间隙。该功能的缺点是特别占用机器内存且对 CPU 的要求比较高,从而导致系统运行缓慢,等待计算结果的时间较长。

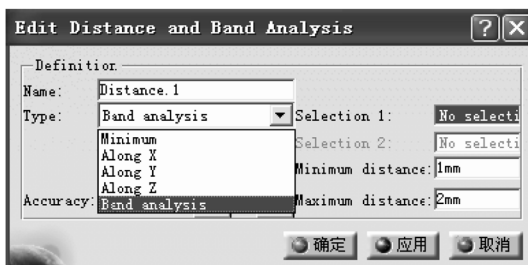


图6 区域分析操作过程

## 2.4 界面选取

界面选取对产品具有剖切功能,在该功能下,设计人员可以简单地了解产品的内部特征。图7为机翼的一个剖切面,可以看出该剖切功能十分形象,而且还可以动态显示界面图形,如图8所示。同时,通过该功能还可以对剖切面进行测量,而传统的测量方法需要拆卸周围的部件,测量很不方便,图9为对机翼的一个剖切面测量,其缺点是只能对不同部件的剖面进行测量,对同一部件的不同位置的剖面无法测量。

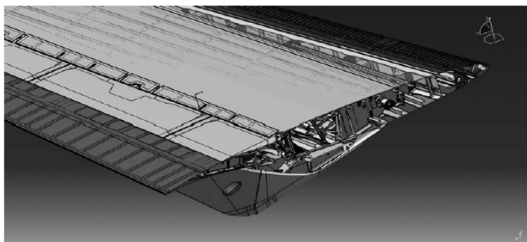


图7 机翼的一个剖切面

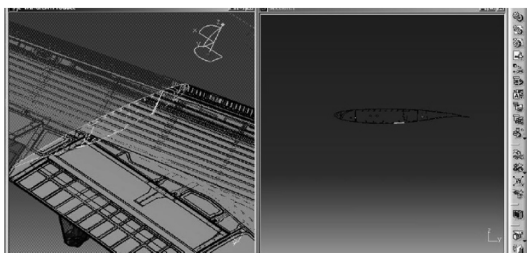


图8 机翼动态显示界面

## 2.5 干涉分析

该功能可以进行不同水平的干涉分析,包括从简单的干涉探测到详细的碰撞、接触和间隙的分析。其中,选择的干涉类型决定分析结果。同时,该功能还提供各种对干涉结果进行分析的工具,并提供用于浏览干涉结果的 Preview 窗口以及 Interference Results 窗口,还能将结果文件保存为 text、XML 和 HTML 格式。干涉分析提供两种干涉计算方法,

具体如下:

- (1) Part to Part Clash: 可对两个部件间的干涉和间隙进行探测,是进行初步干涉分析的方法。
- (2) Clash: 对选择的部件进行详细干涉、接触和间隙检查,是进行干涉分析的主要工具。

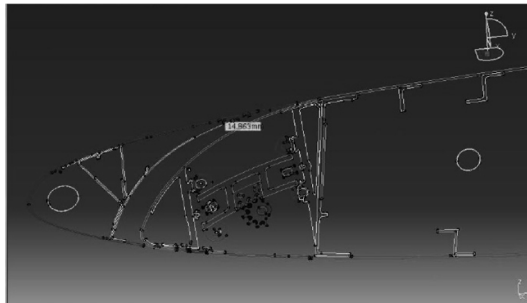


图9 机翼的一个剖切面测量

对于上述两种方法,在进行干涉检查时采用第二种方法会比较方便,可以直接进行详细检查,第一种算法作用不明显。图10为机翼燃油系统与结构的干涉检查结果。从图中可以看到,干涉分析将 Contact、Clash、Clearance 全部计算出来,设计员可以根据需要修改 Type 类型,从而避免不必要的计算; Filter list 用于简化显示结果,如图11所示。

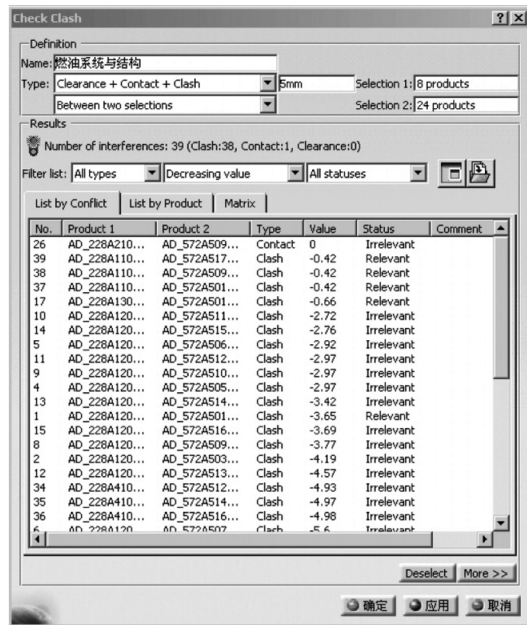


图10 机翼燃油系统与结构的干涉检查结果

进行批量干涉检查时,干涉分析功能检查的效率较高,设计员可以方便地获取需要的计算结果,但缺点是只能显示两个系统或某个系统与结构的最大干涉值,而在数字样机的干涉检查过程中发现,尽管计算结果显示两个系统或某个系统与结构的干涉只有一处,但是往往会有两处甚至更多处存在干涉,需要设计员具有一定的判断分析能力,需



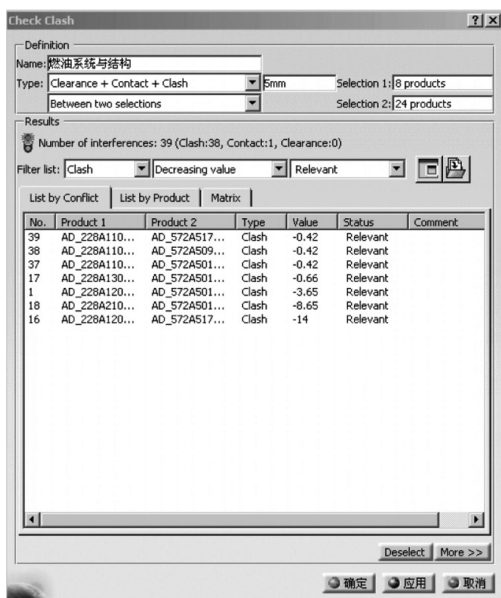


图 11 简化显示结果

要仔细将 CATIA 模型调整几个角度,检查除计算结果显示的干涉外是否存在其他干涉。

## 2.6 2D 批注

在进行干涉检查时,为了方便地找出干涉位置,

可以在完成干涉检查后利用 2D 批注记录干涉位置,双击结构树上的 application 中的某个干涉就可以显示干涉位置,对于大量的干涉检查,记录干涉位置是十分必要的,这样可以提高工作效率,尤其是在进行视频协调会议时,可以很方便地让大家看到干涉位置,而不用花时间在现场调整数模角度。该功能唯一的缺点是如果将模型转一个角度就无法显示干涉位置。

## 3 结论

通过 SPA 在数字样机中的应用与研究发现,利用 SPA 的分析功能,可以有效减少工程更改单的数量,大大提高设计质量,从而减少废品和返工现象。但是应用研究也发现,设计员不能完全依赖 SPA 的分析结果,它也有一定的缺陷,需要设计员对分析结果具备一定的判断分析能力。

## 参考文献:

- [1] 高秀华,王智明,王继新. 工程分析及电子样机模拟[M]. 北京:化学工业出版社,2004.

(上接第 51 页)

在隔舱 12 布置一个富氮气体出口,即可满足 9 号肋至 17 号肋之间隔舱的惰化需求。这样一来,仅需要将惰化管路布置到隔舱 12,即可减轻惰化管路重量。如果增加富氮气体出口,会更加利于富氮气体的扩散,进一步减小对富氮气体的需求量,从而降低对发动机引气量的需求。但是,富氮气体出口的增加也会带来管路重量的增加和系统构型的复杂化。所以,在富氮气体出口布置方案详细设计中,应从降低富氮气体需求量和减少富氮气体出口两方面综合考虑。

## 5 结论

本文采用数学模型方法,以某型飞机燃油箱为例,对燃油箱惰化系统富氮气体分配方案选型设计方法进行研究。燃油箱惰化系统富氮气体分配方案的选型设计流程如图 4 所示。

利用数学模型方法进行燃油箱惰化系统富氮气体分配方案选型设计,可以大大节省设计时间,提高设计效率,是一种快捷而有效的选型设计方法。

## 参考文献:

- [1] William M. C. Developing a fuel - tank inerting system[J]. Aircraft Survivability, Published by the Joint Aircraft Sur-

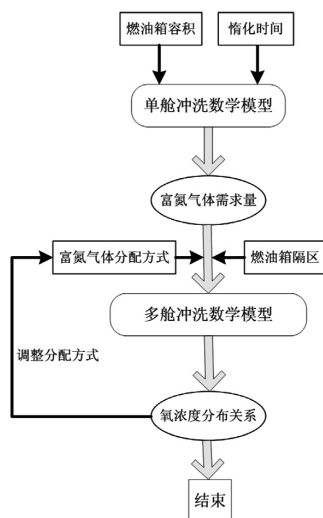


图 4 富氮气体分配方案选型设计流程

vivability Program Office,2005:20-23.

- [2] 王小平,肖再华. 飞机燃油箱氮惰化的机理分析及应用[J]. 航空科学技术,2008,8:24-26.

- [3] Bradford L. Moravec, etc. Commercial aircraft on-board inerting system; US, US 7152635 B2[P]. 2006.

- [4] 高秀峰,刘卫华,熊斌等. 飞机燃油箱冲洗惰化过程的理论研究[J]. 西安交通大学学报,2010,9:16-20.

- [5] 周宇穗,刘卫华,冯诗愚. 多隔舱燃油箱地面惰化过程理论研究[J]. 民用飞机设计与研究,2010 年增刊:16-20.