

飞机蒙皮柔性检测工装的应用

Application of Flexible Detection Assembly for Aircraft Skin

西北工业大学现代设计与集成制造技术教育部重点实验室 甘忠 蒲理华
成都飞机工业(集团)有限责任公司 许旭东 袁胜



甘忠

西北工业大学机电学院副教授,任职于现代设计与集成制造技术教育部重点实验室。从事航空宇航制造工程学科领域的研究,主要研究方向为钣金精密成形工艺、计算机辅助塑性成形、工装模具 CAD/CAE/CAM 和先进复合材料成形工艺技术等领域。

随着国内外航空技术的不断发展,各种军用和民用飞机更新速度加快,为提高飞机的气动性能,对蒙皮件的成形质量提出了很高的要求。由于飞机蒙皮件普遍具有多品种、

针对现代飞机蒙皮零件在试制阶段高精度、低成本、短周期的制造需求,需要研究一种数字化、柔性、低成本、快速生产的检测工装,飞机蒙皮柔性检测工装恰好符合这种具有小批量、低成本、高精度要求的飞机蒙皮件生产的需要。

小批量以及单件生产的特点,零件检测、配套的工装生产以及产品的快速响应与降低零件制造成本等因素构成了巨大的矛盾。

以模线、样板、表面样件、正反模型等模拟量为制造依据的传统协调方式不再完全满足现代飞机高精度、低成本、短周期的研制需求,以数字量为制造依据的协调方式逐渐成为现代飞机研制的主流。在此情况下,柔性快速检测技术开始在飞机研制过程中广泛应用,并成为现代飞机研制过程中不可缺少的一环。

由于飞机蒙皮零件通常是具有自由曲面外形的薄壁壳体,外形尺寸复杂,刚度低,会在自身重力的作用下发生变形。在检验蒙皮零件的

外形是否符合理论外形时,需要设计合理的固持装置,补偿零件由于加紧力、自身重力产生的变形,获得零件在自由状态下的外形,为制造协调提供依据。因此迫切需要建立一种新的蒙皮检测工装来满足飞机零件制造的要求。针对现代飞机蒙皮零件在试制阶段高精度、低成本、短周期的制造需求,需要研究一种数字化、柔性、低成本、快速生产的检测工装,飞机蒙皮柔性检测工装恰好符合这种具有小批量、低成本、高精度要求的飞机蒙皮件生产的需要^[1]。

传统飞机蒙皮检测手段

飞机蒙皮从曲面特征上一般分为单曲度蒙皮和双曲度蒙皮,曲面特

征不同,所以检测手段也不同^[2]。

单曲度蒙皮零件:需要使用样板或者成套的切面样板、塞尺、直尺、模胎,以检验零件的外形与理论外形的符合情况、母线的直线性以及零件的轮廓尺寸。检验方法是:使样板对准蒙皮的横切面并且测量它们之间的间隙;使直尺和蒙皮纵切面贴合并测量间隙;使蒙皮边缘对准模胎或样板上的切割线。

双曲度蒙皮零件:需要使用模胎、拉型模、检验架、塞尺来检验零件外形与理论外形的符合情况以及零件的轮廓尺寸。检验方法是:把蒙皮放在拉型模上,用轻敲的方法检查二者之间的贴合情况;把蒙皮装在检验架上,测量检验架中的样板和蒙皮之间的间隙;使蒙皮边缘对准拉型模或检验架的切割线。

传统的检验方法是用通用量检具或专用量具检测,其特点是用塞尺测量零件或分总成与检具之间的间隙,比较经济直观,但其存在精度低、长时间使用易磨损、检测时间长和耗费人力的致命缺点,而且每一件蒙皮零件都需要制造一套检验模具,数量巨大,成本也较高,无法满足现代化飞机生产的需要。

柔性检测工装特点及组成

1 柔性工装特点

柔性检测工装的作用是在产品加工以及检测过程中保持零件的相对位置,从而保证最终产品技术要求中的位置精度。柔性检测工装不仅具有标准化、模块化、组合化等当代先进的设计思想,又符合节约资源的原则,更适合绿色制造的环境保护原理。有学者在薄板测量方面做了不少研究^[3-4],但是对于飞机蒙皮零件柔性检测及工装方面研究却很少。

飞机蒙皮零件采用柔性检测工装,是指用同一检测工装系统完成形状尺寸不同的多种蒙皮零件的检测装备。无论是对尺寸系列,形状相似,

还是尺寸、形状完全不同的工件,柔性检测工装都能正确、可靠、快速地定位检测。飞机蒙皮零件普遍具有2个特点:

(1) 形状复杂、不规则,因此定位、支承、固持都比较麻烦;

(2) 刚性较差、易变形、易引入附加误差,在这种情况下使用柔性检测工装极为重要。

飞机蒙皮零件所使用的柔性检测工装要克服传统工装交货期长,缺乏灵活性,单件成本大,更改费用高,储存费用大等优点。所以柔性检测工装必须具备以下优点:

- (1) 组装快速;
- (2) 修改定位方便;
- (3) 可以重复使用,降低成本;
- (4) 占地面积小;
- (5) 对于标准模块化的零件,可以用计算机来设计,缩短制造周期。

2 柔性检测工装的系统组成

基于柔性检测工装的特点,它由基础系统、定位系统、固定系统及调整系统组成,其系统组成如图1所示。

(1) 基础系统。

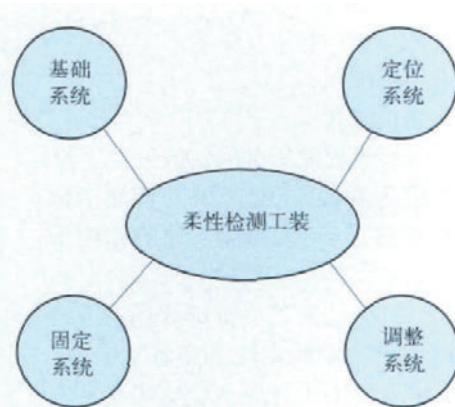
基础系统主要是检测工装的一个平台,要求强度好、重量轻、稳定性好。

(2) 定位系统。

定位系统不但包括整个检测工装自身的精度定位,而且还包括检测卡板的定位,以及零件与卡板的定位。所以定位系统应该由一个统一的定位坐标作为检测工装、检测卡板以及零件的定位基准。

(3) 固定系统。

固定系统不但包括检测卡板在柔性工装上的固定,也包含了零件的固定,以保证零件在检测



过程中不会移动,并保证检测的稳定性。

(4) 调整系统。

检测工装为柔性,其调整件非常重要,调整件需有单向、双向、三向以及回转角度调节的标准件,保证在整个支架的任意位置都能调整到。同时调整精度高,连接、拆卸方便快速。

柔性检测工装的4个组成系统缺一不可,同时4个系统又在同一个平台上协调工作。

飞机蒙皮柔性检测工装的工作原理

根据柔性工装以及飞机蒙皮零件自身的特点,设计了一种便于检测蒙皮类零件的柔性检测工装,其结构如图2所示。本工装适用于检测在工装工作台尺寸范围内的飞机蒙皮零件,只需根据不同零件更换相应的

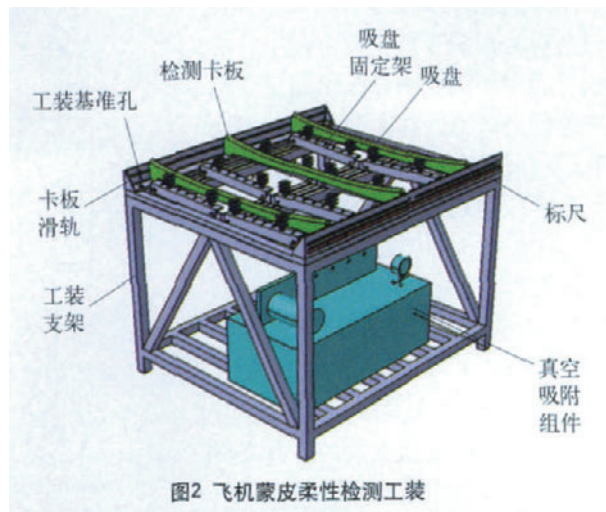


图2 飞机蒙皮柔性检测工装

检测卡板,即可方便地对蒙皮零件进行检测。

1 定位方式

柔性检测工装定位包含3种:工装自身的定位、工装与检测卡板的定位、以及被检测零件与检测卡板的定位。

工装的基础支撑部分是安装检测卡板和零件定位的坐标平台,在支撑架平面上设置3个检测及定位基准孔,通过基准孔可以校准并设置工作平台的平面度和检测卡板的定位标尺。这3个基准孔也是检测卡板安装和零件放置的基础坐标。检测卡板安装在支撑架平面上的导轨面上,通过工装上的标尺来定位检测卡板的准确位置。蒙皮零件与检测卡板之间的定位关系到零件是否能准确地放置在柔性检测工装上进行检测。为此可以在检测卡板上开2~3个定位孔,与蒙皮零件上的工艺定位孔统一,通过定位销可以将零件准确地定位到柔性检测工装上。整个工装系统的3个定位关系最后统一到一个坐标系内,可以实现零件的准确定位和检测。

2 检测卡板设计

作为柔性检测托架使用的检测卡板是与检测零件一一对应的,每个蒙皮零件都有与之对应的检测卡板,这样才能实现零件的准确检测。

设计卡板时,首先将飞机蒙皮零件的理论外形及设计基准链接到一个新的工装零件文件并建立卡板参考面,然后参考卡板快速设计系统进行设计^[5]。其主要设计步骤如下。

(1) 卡板类型选取。

在机身卡板、机翼卡板、平尾卡板和垂尾卡板4种类型中选取一种类型,根据该选择判断设计的卡板是否对称。

(2) 设计基准选取。

依据柔性检测工装的工作范围和平台基准设定检测卡板的位置和

数量,在工装的工作坐标系下设定卡板的设计基准。

(3) 计算卡板外轮廓线。

输入卡板偏置宽度,计算出飞机蒙皮理论外形和卡板参考面的交线,并根据宽度计算出该交线在卡板参考面上的偏置线,选取正确的偏置方向,生成外轮廓线。

(4) 构建封闭草图。

将卡板外轮廓线加入草图,卡板外轮廓曲线与卡板端头外侧的直轮廓线(或其延长线)相交,使它们互为边界进行剪切,在不同的剪切情况之间进行切换,直至剪切准确无误。

(5) 卡板草图拉伸。

沿垂直卡板参考面的方向拉伸卡板草图,拉伸距离(即卡板厚度)由用户输入,拉伸的方向由用户判断选取。

(6) 飞机理论外形剪切拉伸实体。

对2片拉伸后的实体用飞机蒙皮理论外形进行剪切,剪切后形成拉板的最终实体。

(7) 修剪卡板的安装面。

根据柔性检测工装工作区域,在保证零件不超出检测平台范围的前提下,对检测卡板进行修剪,并在卡板的2个端部设计工装的固定孔位。

按照以上方法,依据用户的检测需求设计其余检测卡板,标定卡板编

号以及每个卡板在工作坐标系下安装的标尺数据。

3 被检测蒙皮零件的固定

由于飞机蒙皮零件形状复杂、厚度小、刚度差,离开成形模胎后变形比较大,所以在蒙皮零件无模胎状态的检测过程中,必须给零件一定的贴合力并将其固定,这样才符合实际的生产 and 检测状态。

为了模拟传统蒙皮零件检测中的沙袋,并且保证受力均匀可控,采用真空吸附系统对蒙皮零件进行固定。真空吸附系统是目前比较成熟的技术,很多学者对系统原理和吸附力的大小计算也进行了研究^[6]。通过真空管抽真空和密封板、密封条进行密封,真空发生器的密闭空腔产生真空,通过真空吸盘依靠大气压力将工件吸紧。尽管压差所产生的吸紧力较小(其单位压力不超过一个大气压,即小于 10^5Pa),但分布均匀,故适用于吸附刚性较差的飞机蒙皮零件。图3为真空吸附系统工作原理图,真空吸附系统组件如图4所示。

真空吸附系统可以通过调节气压来调整每个吸盘上吸附力的大小,吸附系统的气压换向阀可实现系统的打开与关闭。

4 工装调整

柔性检测工装的调整包含2部

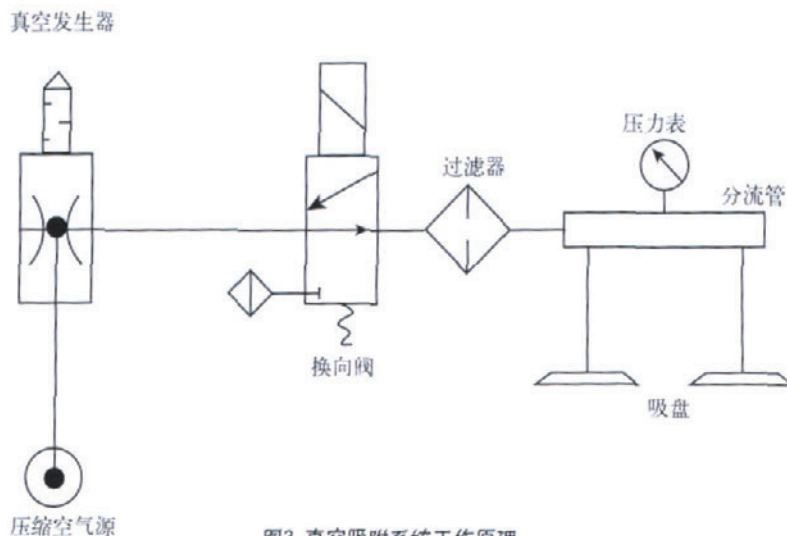


图3 真空吸附系统工作原理

分:检测卡板的调整和真空吸盘的调整。

根据不同的检测零件,检测卡板的安装位置是不同的,通过工装的标尺可以调整检测卡板的位置。当标尺被调整到准确的位置后,通过检测卡板两侧的定位装置将检测卡板固定。

真空吸盘的调整需要根据零件的结构进行设置,为了避开零件上的筋条、孔以及不适合真空吸盘吸附的结构,将真空吸盘安装在吸盘固定架上,吸盘固定架通过滑块与工装上的导轨相连。滑块通过调整螺栓可以实现固定架沿Z向的调整。每个吸盘固定架上依次设置了多个吸盘安装孔,可以根据实际情况将吸盘安装在合适的安装孔上,每个固定架可以根据需要增加或者减少,并且可以在导轨上滑动来调整位置。通过设置吸盘固定架可以实现每个吸盘在3个方向的调整,并实现真空吸盘与被检测零件的完全贴合与吸附。

柔性检测工装的工艺流程

飞机蒙皮柔性检测工装的工艺流程分为5步。

第一步:工装平台自身的安装

检测。

工装在装配完成后要对工作平面和标尺进行检测,保证工装坐标系的准确。通过工装上的3个基准孔,对检测卡板的安装滑轨平面进行检测使其符合设计要求,对检测卡板定位标尺进行检测,保证标尺的0刻度与工装3个基准点坐标系的0刻度重合(此步在工装初次装配以及对检测工装校准时进行)。

第二步:安装检测卡板。

每一种蒙皮零件都有与其配套的检测卡板,检测卡板是零件外形检测的标准,检测卡板外形线就是零件的理论外形线,根据检测需要确定检测卡板的数量。将检测卡板安装在工装上,通过标尺调整每个检测卡板的理论位置,调整后通过固定装置将检测卡板固定。

第三步:安装定位被检测零件。

将被检测零件放置在检测卡板上,用定位销将零件与检测卡板定位,此时零件的位置就是检测的理论位置。

第四步:零件固定。

将零件放置在检测卡板上的理论位置,调整真空吸盘的位置,使吸盘与零件表面贴合,打开气阀真空吸

附系统并将零件吸附固定。

第五步:零件检测。

此时零件处于理论检测位置,可以对零件进行误差检测。

飞机蒙皮柔性检测工装不仅可以通过检测卡板对零件外形进行检测,还可以方便地实现蒙皮零件的三维数字化检测。通过工装上的基准孔和建立的坐标系,三维检测设备可以方便地实现零件的检测和定位。

结束语

数字化是飞机制造技术发展的趋势,飞机蒙皮零件的数字化检测是开发飞机蒙皮件数字化制造集成技术的基础。飞机蒙皮零件种类繁多、结构复杂,既具有共同特性,又具有各自特点。本文按照飞机蒙皮零件检测的技术发展要求,设计了飞机蒙皮柔性检测工装,可提高蒙皮零件的检测效率,缩短飞机蒙皮的生产周期,由此带来的辅助工艺的简化、人员劳动强度的降低以及库房面积的减少,更具有明显的经济效益。

参考文献

- [1] LI M Z, CAI Z Y, SUI Z, et al. Multi-point forming technology for sheet metal parts. Journal of Materials Processing Technology, 2002,129 (1/3):333-338.
- [2] 《航空制造工程手册》——飞机模线样板.北京:北京航空工业出版社,1993.
- [3] Diana M Pelinescu,Michael Yu Wang. Multi-objective optimal fixture layout design. Robotics and Computer Integrated Manufacturing,2002,18:365-372.
- [4] Chuantao Wang.An industrial outlook for springback predictability, meurement reliability and compensation technology.Korea:Proceedings of Numisheet,2002.
- [5] 顾雨甜,廖文和,李迎光.飞机装配型架卡板快速设计与分析技术研究与实践.机械制造与研究,2007,36 (1):25-28.
- [6] 田玲.气动组合台真空吸附机械手系统设计.真空,2001 (5):37-40.

(责编 淡蓝)



图4 真空吸附系统组件