

射钉技术在自动钻铆系统中的应用研究^{*}

Research on Application of Injecting Fastener Technology in Automatic Riveting System

中航工业北京航空制造工程研究所 肖庆东 韩洁 徐石磊

[摘要] 分析了自动钻铆上钉工艺流程,介绍了自动钻铆系统在国内外的应用情况,分析了上钉技术在自动钻铆设备中的应用现状,分别对直线射钉装置、水平射钉装置及U型射钉装置的原理及工作过程进行了分析研究,最后对国内射钉技术的发展提了几点建议。

关键词: 射钉 夹钉 送料 自动钻铆

[ABSTRACT] The process flow of sending fastener is analysed. The applications of automatic riveting system in foreign aerospace industries are introduced. The use of feeding rivet technology in automatic riveting system is analysed. The principle and process of linearity injector, horizontal injector and U injector are researched and analysed. Several suggestions of development of inject fastener are given in the end.

Keywords: Inject rivet Grip rivet Feed system Automatic riveting

自动钻铆是指在飞机装配过程中自动完成工件的定位、制孔、送钉、涂胶、铆接/安装、铣平等工作过程。由于具有工艺过程简单、连接强度稳定可靠,钻铆连接已经成为飞机产品装配中主要的连接方式,广泛地应用于飞机壁板件的连接^[1]。采用自动钻铆技术能够显著提高装配效率,节省安装成本,改善劳动条件,确保安装质量和大大减少人为因素造成的缺陷,提高机体的疲劳寿命。

自动钻铆设备可以实现无头、有头铆钉的铆接及干涉螺栓的安装。在自动钻铆过程中一个重要的环节是紧固件的输送——自动上钉。根据连接形式、连接件直径及夹层厚度等的区别,不同类型、直径及长度的连接件被输送并插入到装配孔中。自动上钉过程主要包括送料、射钉、夹钉,其工艺过程如图1所示^[2]。本文将对不同类型的射钉装置在自动钻铆系统的应用进行分析。

1 自动钻铆技术的应用

现代飞机的安全使用寿命要求日益提高,军机、干

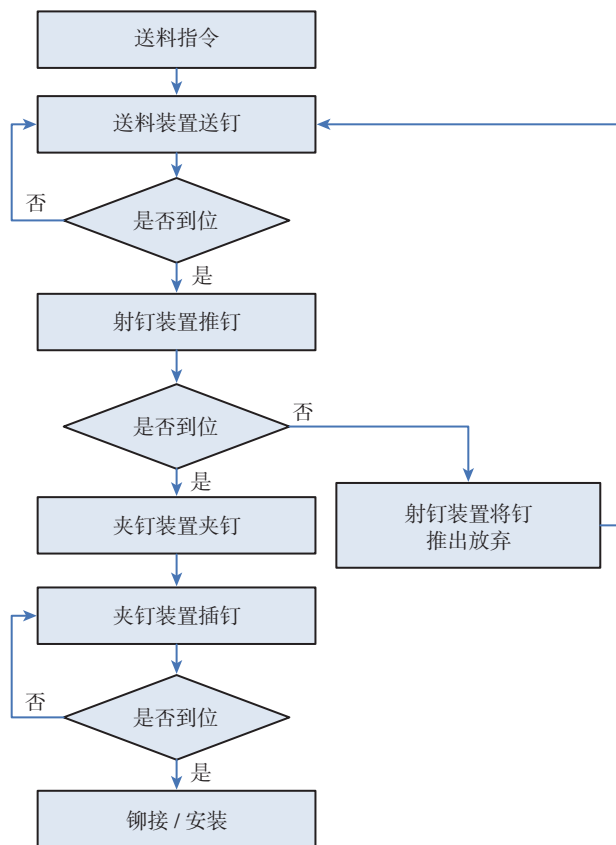


图1 上钉工艺流程

Fig.1 Process flow of sending rivet

线飞机的寿命分别要求达到8000和50000飞行小时以上,而飞机结构所承载荷通过连接部位传递,形成连接处应力集中。据统计,飞机机体疲劳失效事故的70%是源于结构连接部位,其中80%的疲劳裂纹产生于连接孔处,因此连接质量极大地影响着飞机的寿命,而手工铆接由于受工人熟练程度和体力等因素的限制,难以保证稳定的高质量连接。波音公司、空客公司的有关飞机结构设计手册中明确规定:为确保连接质量,设计时应使自动化铆接获得最大程度的使用。目前自动钻铆技术已经广泛应用到军机及民用飞机的装配过程中,包括A400M、A3XX系列及波音7X7系列飞机^[3]。

自动钻铆系统根据铆接动力的不同,可以分为以液压力(图2)、气压力、电动力和电磁力(图3)为铆接动力等几类。

^{*} 国家科技重大专题(2010ZX04007-052)资助。



图2 以液压为动力的自动钻铆系统

Fig.2 Automatic riveting system based on hydraulic pressure



图3 以电磁铆接为动力的自动钻铆系统

Fig.3 Automatic riveting system based on electromagnetic riveting

以液压力、电动力为动力的自动钻铆系统的供应商主要为德国的BROTJE公司和美国的GEMCOR公司。美国GEMCOR公司是自动钻铆机最早制造厂商,也是向世界各国飞机制造行业提供自动钻铆机的主要厂商之一。该公司生产的自动钻铆机主要型号有G200、G300、G400、G900、G666、G39A、G4013、G4026、G5013、G86、G2000、G1000等^[4]。

以电磁铆接为动力的自动钻铆系统的供应商主要为美国的Electroimpact(EI)公司。该公司生产的自动钻铆系统有E4000、E4100、E4380、E4320、E5000、E6000等型号,均为龙门卧式结构,根据铆接对象的不同组建不同的自动装配单元。

近几年来,国外自动钻铆技术的发展呈现两大趋势:

(1)由传统的液压驱动型向电磁力(脉冲磁场力)驱动和全电驱动(采用电伺服滚珠丝杠技术)的方向发

展。后两者具有铆接效率高、设备占地面积小、无油污染、易于控制等优点;

(2)由自动钻铆机和托架系统的配置向由数控自动钻铆机与加工单元、柔性装配工装(夹具)、数字化定位和检测系统、机器人系统、自动物料传送系统等集成的柔性数字化装配系统发展。

2 上钉技术在自动钻铆系统中的应用

上钉即紧固件的输送及插入,是自动钻铆过程中的关键环节。上钉过程主要由送料装置、射钉装置及夹钉装置来完成,其中射钉装置和夹钉装置集成在钻铆系统的末端执行器上,送料装置安装在钻铆系统床身或移动平台上,夹钉装置和铆接单元的铆模组合在一起。

美国EI公司在其一系列壁板自动钻铆系统中都集成了送料装置、射钉装置及夹钉装置,实现了制孔、上钉及安装的自动化。在其新型壁板自动钻铆系统E6000上,壁板钻铆的效率大大提高,最快能够达到每分钟16个工作循环,即每分钟能够完成16颗无头铆钉的制孔、上钉、铆接及铣平^[5]。在E6000壁板自动钻铆系统中,其射钉装置及夹钉装置的结构形式如图4所示。



图4 E6000自动钻铆系统末端执行器

Fig.4 End effector of E6000 automatic riveting system

美国GEMCOR公司的自动钻铆机系统也采用了上钉技术,实现了制孔、上钉、铆接铣平等操作的自动化。其G2000自动钻铆系统的工作效率能达到每分钟15个工作循环,完成铆钉的制孔、上钉和铆接。该系统的夹钉装置和铆接单元的铆杆组合在一起,集成在系统的末端执行器上。

在G2000钻铆系统中,不同规格的夹钉装置及铆杆集成安装在一个刀库上,可以针对不同类型及规格铆钉进行快速更换,如图5所示。在该系统的末端执行器上集成安装了5个射钉装置,通过切换不同的射钉装置,可以实现5种规格铆钉的自动推射钉,如图6所示。



图5 末端执行器上的刀库
Fig.5 Tool base on the end effector



图6 末端执行器上的多个射钉装置
Fig.6 Injectors on the end effector

3 射钉技术

射钉是上钉过程的一个重要环节,送料装置将紧固件快速通过输钉管道,到达射钉装置,射钉装置将紧固件的移动速度降低甚至将其变为静止状态。然后射钉装置将紧固件推射至夹钉装置,夹钉装置将其夹持,然后进行后续的铆接操作。射钉装置的运行效率及稳定性对自动钻铆系统的影响很大,因此必须加强对射钉技术的研究,不断提高自动钻铆的效率及稳定性。

射钉装置根据其结构不同可以分为直线射钉装置、水平射钉装置和 U 型射钉装置。其中,直线射钉装置多用于 GEMCOR 和 BROTJE 公司以液压为动力和全电驱动的铆接系统,水平射钉装置和 U 型射钉装置多用于 EI 公司以电磁力为动力的铆接系统^[6-7]。

3.1 直线射钉装置

直线射钉装置的结构如图 7 所示,其主要由安装架、滑道块(两件组合)、三作用气缸、射钉舌、保持架、限位块及吹钉气管等组成。直线射钉装置通过安装架集成在钻铆系统的末端执行器上。

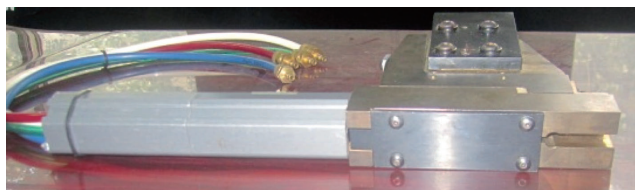


图7 直线射钉装置
Fig.7 Straight rivet injector

3.2 水平射钉装置

水平射钉装置主要由送钉管、安装座、滑盖、滑盖气缸、上升气缸、截止块、截止块气缸、夹紧块、夹紧块气缸等组成。水平射钉装置处于夹钉装置的下方,通过安装块与安装架相连,集成在末端执行器上^[6](图 8)。

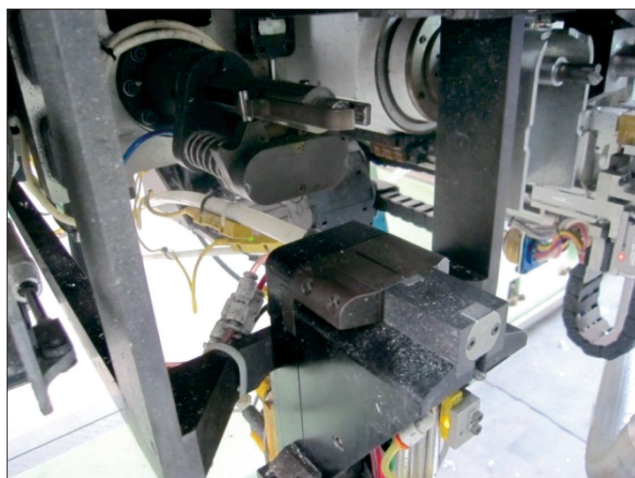


图8 水平射钉装置
Fig.8 Horizontal rivet injector

3.3 U 型射钉装置

U 型射钉装置相对于前两种射钉装置结构上比较简单,主要由上下两个半 U 型滑道板和安装架组成,该装置安装在系统末端执行器的侧板上,如图 9 所示。

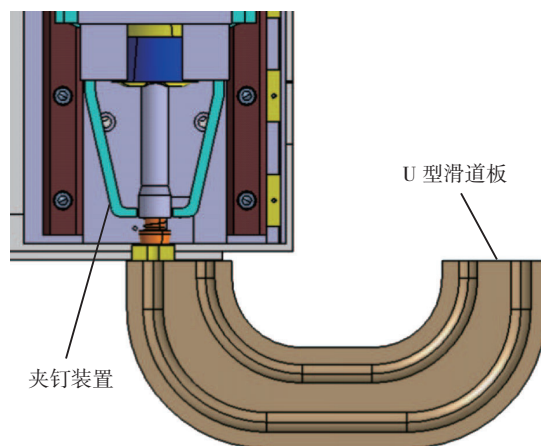


图9 U型射钉装置结构
Fig.9 U-shape rivet injector

北京航空制造工程研究所以电磁铆接为动力研制出了一套自动钻铆系统样机,该样机的末端执行器上集成了U型射钉装置,系统能够自动完成测量、定位、压紧、制孔、上钉、铆接/安装等操作,图10为基于U型射钉装置的末端执行器。

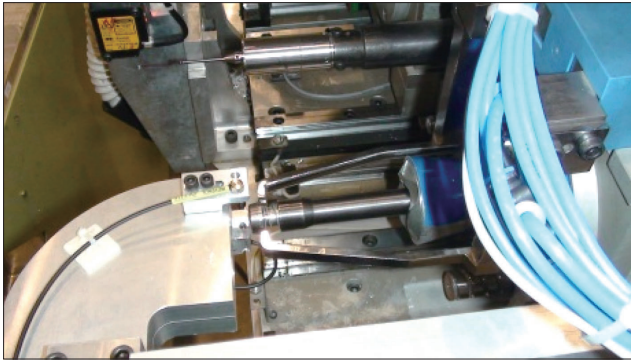


图10 基于U型射钉装置的末端执行器

Fig.10 End effector based on U-shape rivet injector

4 发展及建议

上钉是自动钻铆过程的关键环节,而射钉技术在上钉过程中也至关重要。国内在自动钻铆技术研究中,对制孔和铆接技术进行了大量的研究工作,尤其是自动制孔。针对各种材料(复合材料、钛合金、铝合金及复合夹层结构)进行了自动制孔工艺的研究,自动制孔技术已经在工程生产中进行了应用。但在自动上钉技术方面的研究较少,因此必须加强自动上钉技术的研究,将自动制孔和自动铆接链接起来。针对射钉技术及射钉装置的研究开发方面提几点建议:

(1) 加强对国外射钉技术的研究,消化吸收,然后进行适应国内自动钻铆要求的射钉装置的设计开发;

(2) 在射钉装置的设计开发上要充分考虑紧固件的类型及规格,针对不同规格的紧固件进行设计;

(3) 优化自动钻铆系统的工艺流程,对工艺过程的并行性进行分析,提高系统的工作效率。

参考文献

[1] 《航空制造工程手册》总编委会. 航空制造工程手册(飞机装配分册). 北京:航空工业出版社,1993.
 [2] 肖庆东,许国康,韩洁. 夹钉技术在自动钻铆系统中的应用研究. 航空制造技术,2011(22):98-104.
 [3] 许国康,高明辉,肖庆东. 电磁铆接技术的发展,设备研制及应用探讨. 航空制造技术,2010(23):38-41.
 [4] 王黎明,冯潼能. 数字化自动钻铆技术在飞机制造中的应用. 航空制造技术,2008(11):42-45.
 [5] Remley D, Rediger J. Slug rivet machine installs 16 rivets per minute drill-rivet-shave. SAE International, 09-ATC-0232.
 [6] Buchheit C, Zieve P. Horizontal rivet injector design used on

A320 upper panel. SAE International, 2007-01-3783.

[7] Holden R, Haworth P. Automated riveting cell for A320 wing panels with improved throughput and reliability (SA2). SAE International, 07-ATC-208.

(责编 良辰)

(上接第82页)

盘的分布设计和吸附力的计算,进行机器人对大曲率半径的自适应结构设计,保证爬行机器人的曲率自适应和可靠吸附。现在爬行机器人的设计行走单元大体上分为内外2个框架,每个框架均配备4个真空吸盘足。出于行走过程中的安全性考虑,内外框架配备2套独立的真空系统,使得任何时候,都能至少有一个框架的4个吸盘足为系统提供足够的吸附力。通过由丝杠驱动的内、外2个框架的轮流移动实现系统在工件上的爬行。框架内部提供X、Y向精确运动以实现一个区域内制孔。

2.3 结构的轻量化、高强度设计及制造技术

爬行机器人制孔系统在飞机表面进行制孔,需要其能适应飞机表面的各种曲率变化,并且在不同位置时受力状态会有很大的改变,所以在保证主轴转矩和爬行系统刚性的前提下,尽量减轻系统的质量,使设备运转更为灵巧,解决扭矩、功率和质量之间的矛盾。

2.4 高精度定位技术

高精度定位是实现精确制孔的前提和保证,采用基于激光导航的吸附行走至作业区域进行粗定位,基于机器视觉如工业照相机进行精确调整和定位,依照定位数据对执行机构进行位置精确调整。利于仿真及路径规划实现行走机器人的自主行走作业。

3 结束语

爬行机器人制孔系统是一种最新的轻型自动化装配系统解决方案,与一般的大型数控自动化装配系统不同,它设备安装简单,简化了安装工作及安装系统所用的工装,因此投入生产前的准备时间大大缩短,应用的灵活性也更高。爬行机器人制孔系统符合飞机装配专用设备轻量化、柔性化、模块化的发展方向。

参考文献

[1] Marguet B, Cibiel C, De Francisco Ó. Crawler robots for drilling and fastener installation, an innovative breakthrough in aerospace automation. SAE, 2008, 1: 2292.
 [2] 王珉. 飞机轻型自动化制孔系统及关键技术. 航空制造技术,2012(19):40-43.
 [3] 黄大兴. 飞机装配自主移动式自动制孔系统机构设计. 南京航空航天大学学报,2012,44(5):23-26.

(责编 小城)