DOI:10.3969/j.issn.1001 -4551.2016.04.012

用于自动钻铆系统滑块式送钉模块设计与研究

龚 辉
(浙江机电职业技术学院 机械工程学院,浙江 杭州 310053)

摘要:针对工业机器人平台自动钻铆系统中自动送钉难的问题,介绍了一种能够为自动钻铆机自动逐个输送铆钉的滑块式送钉模块。铆钉在从供钉管道到吹钉管道的输送过程中存在着铆钉容易掉落、输送成功率低以及难以逐个送钉的问题,为此通过运用空间分析和受力分析等方法,结合合理的结构设计,提出了利用双顶针气缸控制铆钉的逐一释放、采用带有输钉孔的滑块将铆钉从储钉管道输送至吹钉管道,继而通过气流经吹钉管道将铆钉输送至自动钻铆机的目标位置的送钉方案,并计算得出了满足铆钉逐个输送的顶针气缸伸出长度、最小气缸供气气压等必要条件。研究结果表明,全程封闭的送钉模式提高了输送过程的可靠性和成功率,计算结果和实验结果验证了该送钉模块在自动钻铆系统的可行性。

关键词:自动钻铆;滑块;自动供钉;送钉
中图分类号:TH122 **文献标志码**:A **文章编号**:1001 -4551(2016)04 -0438 -04

Sliding block type rivets feeding component of automatic drilling & riveting system

GONG Hui
(Department of Mechanical Engineering, Zhejiang Institute of Mechanical & Electrical Engineering, Hangzhou 310053, China)

Abstract: Aiming at the problem that it was hard to send rivets in automatic drilling & riveting system of industry robots platform, a sliding block type rivets feeding component which could deliver rivets for automatic drilling & riveting machine automatically was introduced. The success rate of sending was low and it was hard to send rivets one by one during the sending process from rivets-storage pipe to rivets sending pipe, by the analyzing of the space, stress state and reasonable structural design, a rivets sending method was presented which made sure that rivets were sent one by one by two air cylinders and delivered rivets from rivets-storage pipe to rivets-sending pipe by a sliding block with a rivet hole in it and then delivered the rivets to the target position of the automatic drilling & riveting machine by airflow. Then the necessary conditions were obtained in which the rivets could be sending one by one, like the length and the minimum air pressure of the air cylinder. The results indicate that the reliability and success rate are increased because of the closing type sending mode, the results by experiments and calculate validate the feasibility of the rivets feeding component in automatic drilling & riveting system.

Key words: automatic drilling & riveting; sliding block; automatic rivets feeding; rivets sending

0 引 言

在世界各航空制造业发达的国家,飞机数字化装配技术早已取代以手动操作为主的传统装配制造方式。我国的数字化装配技术起步晚,仍处于转型初级阶段,和世界先进水平还有很大的差距[1]。近十几年来,在包括浙江大学飞机数字化装配团队等的努力下,我国的飞机数字化装配技术也取得了快速的发展。

在飞机数字化装配技术中,自动钻铆技术是其中一个核心技术,而自动钻铆系统中的自动供钉系统同样是一个核心和难点[2]。在自动钻铆过程中,自动钻铆机发生停机故障有九成以上原因是由供钉系统造成

收稿日期:2015 -12 -28
作者简介:龚 辉(1987 -),男,浙江兰溪人,硕士研究生,主要从事自动化控制方面的研究. E-mail: g. hui0616@ gmail. com

的[3]。与国外普遍采用的供钉装置和自动钻铆机相互固定的供钉系统[4-5]不同,作者在《用于机器人自动钻铆的自动供钉系统试验研究》[6]中提出了一种采用吸盘转移铆钉、气管吹送铆钉的供钉系统。这种系统的供钉装置与机器人平台底座固定,自动钻铆机则跟随机器人手臂在空间移动,即供钉装置与自动钻铆机之间有空间位置变化,这就决定了送钉管道是无法固定的,增加了供钉的难度。

该供钉装置采用吸盘式送钉模块,运用吸盘从供钉管道吸取铆钉并输送至吹钉管道,在该送钉方式下铆钉全程暴露在空气中,受力点单一且夹持不可靠,对吸盘的供气气压稳定性、铆钉与吸盘的接触点随机性、铆钉规格差异性以及工作现场设备振动幅度等实际因素较为敏感,在输送过程中极易逃脱吸盘的吸取而掉落,具有较低的可靠性和较高的故障率。

本研究根据上述吸盘式送钉模块的缺点和问题,设计一种采用带孔滑块作为取钉和移钉载体的滑块式送钉模块,通过结构分析并经过实验验证前期的理论分析结果。该送钉模块的带孔滑块在气缸的驱动下将铆钉从储钉管道输送至吹钉管道,送钉全程封闭。

1　滑块式送钉模块

1.1　结　构

该滑块式送钉模块主要由支撑框架、储钉管道、顶针气缸、滑块气缸、滑块、吹气管道以及吹钉管道等组成。

滑块式送钉模块结构图如图 1 所示。

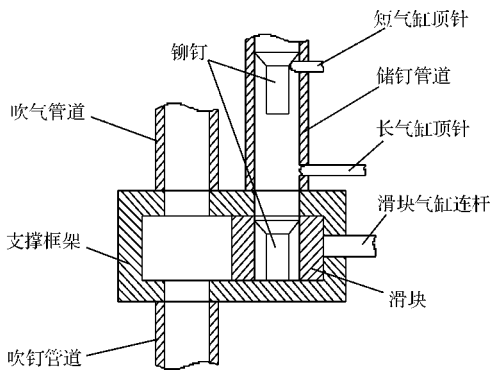

图 1　滑块式送钉模块结构图(取钉位置)

储钉管道与储钉装置连接,储钉装置通过筛钉操作将铆钉定向连续地向储钉管道输送。位于储钉管道的两个顶针气缸可以保证每次只有一个铆钉进入滑块的输钉孔内。滑块位于支撑框架内部并与滑块气缸连杆连接,滑块在支撑框架内有两个工位:取钉位置和吹钉位置,图 1 滑块所处位置为取钉位置,滑块在两个位置之间的往返运动由滑块气缸驱动。吹气管道与气源连接,用以提供将铆钉吹至钻铆机的动力气流。吹钉管道与自动钻铆机连接,用于将铆钉输送至钻铆机的目标位置。

1.2　控制系统

该送钉模块共有 4 个控制对象,分别为两个顶针气缸、一个滑块气缸以及一个气源。

控制系统结构示意图如图 2 所示。

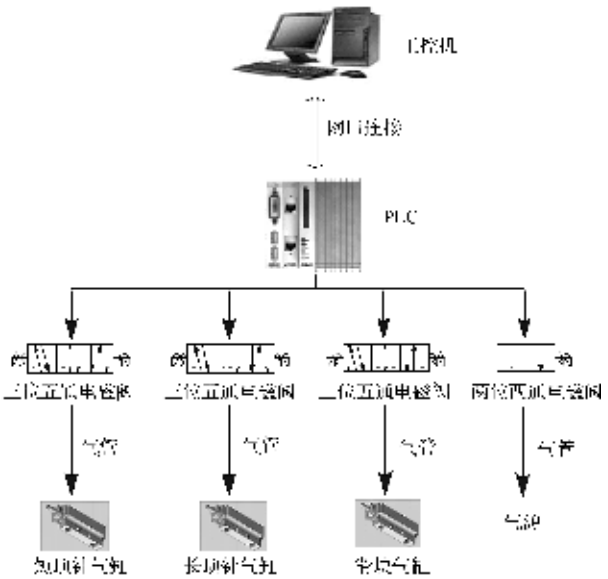

图 2　控制系统结构示意图

除了上述 4 个控制对象之外,还主要包括:工控机、PLC 和电磁阀。3 个气缸由三位五通电磁阀控制,气源的通断由一个两位两通电磁阀控制,电磁阀的动作逻辑关系由在工控机上编译并传输到 PLC 执行的程序控制。

由于该送钉模块控制对象的控制信号均为简单的通断数字信号,信号之间的逻辑运算关系也是比较简单的,控制系统采用 PLC 作为逻辑控制器。当送钉模块与自动供钉系统、自动钻铆系统以及机器人平台协同工作时,整个数字化系统涉及的控制点数众多,逻辑运算复杂,而且会涉及到伺服电动机、各类传感器的信号接收、处理和发送,那么系统须采用运算处理能力较为强大的 PLC,以及用来控制伺服电机的 Danaher 伺服控制器。该机器人平台采用德国 BECKHOFF 公司的 CX1020 型号 PLC,信号接收模块采用 EL1004,信号输出模块采用 EL2004,电磁阀的电磁线圈信号由输出模块 EL2004 控制。在送钉模块前期的单独实验阶段由于涉及点数少,出于节约成本和方便实验的考虑,本研究采用 OMRON 公司生产的 CPM1A 系列 PLC 作为控制器,该系列 PLC 虽然已经属于过时的产品,但是其足以胜任完成该送钉模块的逻辑控制过程。

1.3　动作流程

该滑块式送钉模块的动作工艺流程图如图 3 所示。

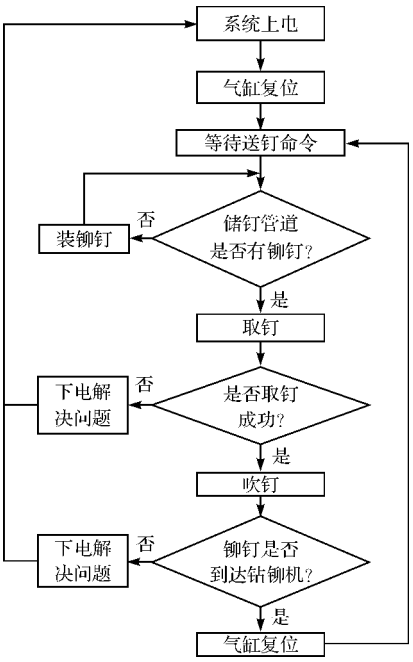

图 3　送钉模块动作工艺流程图

滑块位于吹钉位置示意图如图 4 所示。

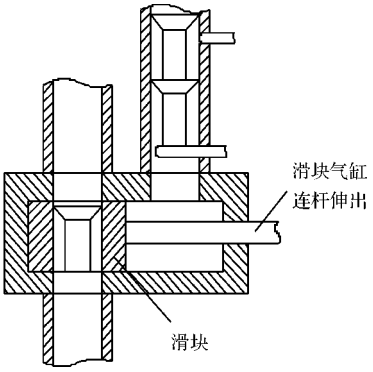

图 4　滑块位于吹钉位置示意图

基本动作的循环过程如下：

（1）系统上电启动；

（2）各个气缸复位。滑块气缸收回连杆使滑块位于图 1 所示的取钉位置，同时长顶针气缸伸出，短顶针气缸收回（如图 4 的顶针气缸状态所示），使储钉管道的铆钉依次并且连续地落在长顶针上，为铆钉进入滑块的输钉孔做好准备；

（3）取钉。当系统发出送钉命令并确认铆钉情况正常后，短顶针气缸伸出，如图 5（a）所示，顶住②号铆钉不让其下落，随后长顶针气缸收回，如图 5（b）所示，让①号铆钉落入滑块的输钉孔，从而完成取钉动作，随后长顶针气缸再次伸出，为下一次取钉动作做好准备（如图 5（c）所示）；

（4）移钉。确认取钉成功后，滑块气缸伸出连杆，使滑块移动至图 4 所示的吹钉位置；

（5）吹钉。气源打开，气流将铆钉沿着吹钉管道输送至自动钻铆机的目标位置，确认到达后则吹钉动作完成；

（6）复位。各个气缸复位，吹气气源断开，滑块气缸收回连杆使滑块重新处于取钉位置准备下一次取钉，短顶针气缸收回使铆钉依次下落，此时②号铆钉处于待取状态（如图 5（d）所示），等待系统发送下一个送钉命令。

铆钉从取钉位置到吹钉位置的输送过程全程封闭没有干扰，其输送可靠性与铆钉的规格大小、输钉孔的大小、设备的振动等等因素没有关系，具有很高的成功率，但是储钉管道中两个顶针气缸的动作是否能保证每次有且仅有一个铆钉进入滑块的输钉孔则与上述因素有密切的关系，铆钉太小、管道太粗或者设备振动太剧烈容易导致短顶针气缸无法阻挡铆钉下落，从而有可能导致在取钉时第二颗铆钉的一部分也进入了滑块的输钉孔，那么在移钉动作时滑块和框架会对第二颗铆钉形成切割运动，不仅损坏铆钉和设备，而且存在一定的安全隐患。

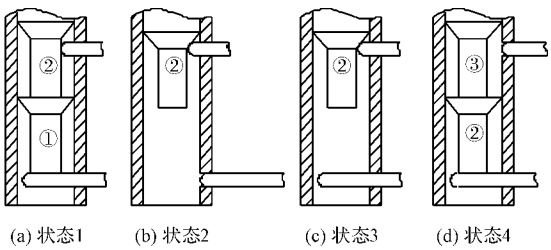

图 5　各工序顶针状态示意图

2　储钉管道逐个送钉问题的分析

储钉管道中短顶针气缸无法阻挡铆钉下落的问题可能与如下两个因素有关：气缸的顶针伸出长度不够、气缸顶针的推力不足。

2.1　顶针伸出长度问题

取较小的 90°沉头铆钉为例，该铆钉公称直径 $d = 4^{\pm 0.08}$ mm，沉头最大直径 $D = 7^{\pm 0.18}$ mm，储钉管道内径为 $D_0 = 10$ mm[7-9]，当顶针伸出长度不够时，则会发生的情况如图 6（b）所示，铆钉穿过储钉管道剩余空间下落。为了能卡主铆钉，气缸顶针必须伸出足够长度足以将铆钉压在储钉管道内壁上，如图 6（a）所示。

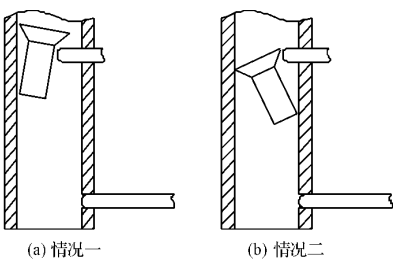

图 6　短顶针卡铆钉示意图

顶针直径 $d_0 = 3$ mm,则当顶针伸长至储钉管道中间位置时,管道界面的最大圆形空隙的直径为:

$$d_\Delta = \frac{D_0 - d_0}{2} = 3.5 \text{ mm} < d \tag{1}$$

所以当短顶针气缸伸长至管道中间位置时,以上述小铆钉为研究对象,即使顶针没有压住铆钉,铆钉也无法从空隙下落。故确定短顶针至少要伸入管道内部一半距离为准。

2.2　顶针推力问题

顶针气缸的缸体内径为 Φ10 mm,则气缸截面积为:

$$S = \pi R^2 = 7.85 \times 10^{-5} \text{ m}^2 \tag{2}$$

该顶针气缸的电磁阀工作气压范围是 0.15 MPa ~0.8 MPa,取 $P = 0.4$ MPa,那么顶针提供的推力为:

$$F = P \times S = 3.14 \text{ N} \tag{3}$$

以较大的沉头 6 mm×16 mm 铆钉为例,铆钉质量为 $M = 1.2 \times 10^{-3}$ kg,假设设备在以两倍重力加速度横向振动,那么铆钉对顶针产生的压力为:

$$F_0 = M \times 2g = 2.4 \times 10^{-2} \text{ N} \tag{4}$$

该压力值远小于气缸顶针能承受的压力值,所以在普通的气源压力下,气缸顶针能很好保证阻挡铆钉下落。

2.3　实验验证

该滑块式送钉机构的实验模型如图 7 所示。

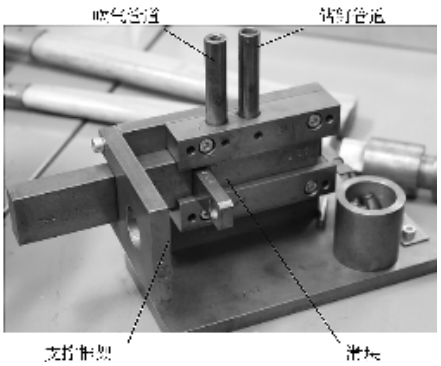

图 7　滑块式送钉机构实验模型

本研究采用该实验模型,对自动送钉的过程进行重复性实验,从而进一步验证计算分析结果。本研究以 90°沉头铆钉为实验对象,按计算要求位置安装短顶针气缸保证气缸的顶针伸出时至少处于储钉管道内一半以上的位置,依次向顶针气缸分别提供 0.4 MPa、0.41 MPa、0.42 MPa和 0.47 MPa 4 个不同的气压值,在每个气压值下进行 200 次以上的重复实验。

实验数据如表 1 所示。

表 1　实验数据

实验条件	进气气压/Pa	试验次数	成功率/%
90°沉头铆钉、顶针伸入管内一半	4.7×10^5	200	100
	4.2×10^5	200	100
	4.1×10^5	200	100
	4.0×10^5	200	100

根据实验数据表明,当满足顶针气缸伸入储钉管道一半位置这个条件的时候,在几个不同的气缸供气压力下,自动送钉过程都能顺畅地进行,该送钉模块具有很高的送钉成功率,从而验证了理论分析的计算结果。

3　结束语

本研究根据工业机器人平台自动钻铆系统中自动供钉系统的取钉送钉过程进行了分析,针对自动送钉过程中铆钉容易掉落和难以逐一输送铆钉的问题,设计了一种采用带孔滑块来输送铆钉的滑块式送钉模块,解决了上述取钉送钉过程存在的困难,得出了适合铆钉成功输送的顶针位置以及气压强度等条件,最后通过实验验证了上述保证铆钉顺利输送的必要条件。

本研究为自动钻铆系统的送钉模式提供了更多的参考和选择。

参考文献(References):

[1]　BOOTH R. Agile manufacturing[J]. **Engineering Management Journal**,1996,6(2):105-112.

[2]　周振峰,田　威,廖文和,等. 面向飞机部件装备生产线的自动送钉系统研究[J]. 航空精密制造技术,2014,50(1):34-37.

[3]　《航空制造工程》编写组. 自动钻铆机的新型供钉系统[J]. 航空制造工程,1996(3):27.

[4]　楼阿莉. 国内外自动钻铆技术的发展现状及应用[J]. 航空制造技术,2005(6):50-52.

[5]　BRANKO S. RIVET FASTENING SYSTEM FOR RADLAL-FUSELAGE JOINTS:US,6098260[P]. 2000.

[6]　龚　辉,朱柏荣,方　强,等. 用于机器人自动钻铆的自动供钉系统试验研究[J]. 机电工程,2012,29(4):404-408.

[7]　《飞机铆接装配工艺手册》编写组. 飞机铆接装配工艺手册[M]. 北京:国防工业出版社,1984.

[8]　朱立峰,胥光申,张守京. 基于 CATIA 二次开发的零组件智能装配技术[J]. 轻工机械,2015,33(6):65-67.

[9]　刘振军,阚志鹏,苏允海,等. 全自动钉头管螺柱焊送钉装置[J]. 沈阳工业大学学报,2014,36(5):486-490.

[编辑:张　豪]

本文引用格式:

龚　辉. 用于自动钻铆系统滑块式送钉模块设计与研究[J]. 机电工程,2016,33(4):438 - 441.

GONG Hui. Sliding block type rivets feeding component of automatic drilling & riveting system[J]. Journal of Mechanical & Electrical Engineering, 2016,33(4):438 - 441.