



飞机柔性夹具的应用与研究*

吴灿云¹ 王新乡² 胡国清¹ 唐实³ 范柄林³ 万世明³ 孙根娣³ 崔雅文³ 燕继明³ 刘明华³

(¹厦门大学 机电工程系, 厦门 361005)(²集美大学 轮机学院, 厦门 361011)

(³成都飞机工业公司 技术装备研究所, 成都 610092)

The application and research of the aircraft flexible fixture

WU Can-yun¹, WANG Xin-xiang², HU Guo-qing¹, TANG Shi³, FAN Bing-lin³, WAN Shi-ming³,
SUN Gen-di³, CUI Ya-wen³, YAN Ji-ming³, LIU Ming-hua³

(¹Department of Mechanical and Electrical Engineering, Xiamen University, Xiamen 361005, China)

(²Marine Engineering Institute, Jimei University, Xiamen 361011, China)

(³Institute of Technology and Equipment, Chengdu Aircraft Corporation, Chengdu 610092, China)

【摘要】主要研究气动、液压与电传技术在航空制造业中装配工艺中的应用。对研制出数控机床气动柔性夹紧系统,及其在飞机上零件加工上的应用进行了详细论述,包括柔性系统的机构组成、工作原理及 PLC 控制系统。该技术的突破为我国飞机数字化加工装配提供了参考价值,并将促进航空制造业的跨越式发展。

关键词:工艺装备; CNC 机床; 气动控制; 随行系统; 自动控制

【Abstract】 The application of the pneumatic hydraulic and power transmission for assembly process and equipment in aviation manufacturing industry is study. A novel type of CNC Aircraft Flexible Fixture machine system has been made out and applied in manufacturing the aircraft parts. The system is including in architecture of the composition working theory PLC control system. It has a great signification of the manufacturing technology for aircraft digital processing manufacturing and assembling and promoting the developing of aircraft manufacturing.

Key words: Process equipment; CNC machine tools; Pneumatic control; Accompanied by system; Automatic control

中图分类号: TH16 文献标识码: A

1 前言

气动柔性夹具主要是面向某飞机制造公司的专用夹具,该专用夹具主要针对飞机的长行梁、肋的数控加工而设计的。该公司传统的装夹方法是采用压板式手工压紧,在产品加工过程中需留出工艺凸台。由于操作人员的人为因素,造成零件的装夹差异较大,常造成质量稳定性较差,既浪费材料又增加了工艺准备时间,加工连续性差,工人工作强度高并且对操作人员整体素质要求高,必然增添零件的制造时间和制造成本。

气动柔性夹具是集机械、电气、气动和控制等方面的交叉学科相结合,将电传、气动随行固持加工等技术相结合,实现对被加工产品的快速定位、装夹以及加工过程对零件压紧件的随行功能。提高了产品加工质量和加工效率,实现工艺装备与机电、气动及软件同步控制的高效集成。将该技术推广到其它工艺装备研制过程中,可全面实现工装夹具的数字化、设备智能化,为自动化工艺装备在我国航空系统和其它领域的全面应用奠定坚实的基础。

2 柔性夹具工作原理和总体方案概述

柔性夹具工作过程主要包括:工件的吊装、手动预定位、自动定位、工件夹紧、CNC 机床的准备工作、加工等多个工序。工作流

程如图 1 所示。

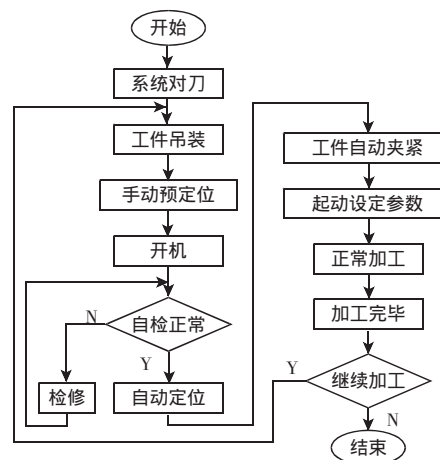


图 1 工作流程图

Fig.1 work flow chart

(1) 机床主轴找对刀点即夹具体系统工作原点,机床与夹具体建立坐标关系;

(2) 首先将待加工的工件吊装在夹具体的工作平台上,通过摇动丝杠预定位机构的手柄将工件移至适宜位置进行预定位;

(3)开机 进行系统自检及其他准备工作 系统自检是检测气缸位移的传感器信号、机床和夹具体系统间的通讯信号和气动回路的压力信号 以保证整个系统的正常工作 系统自检过程 如图 2 所示。

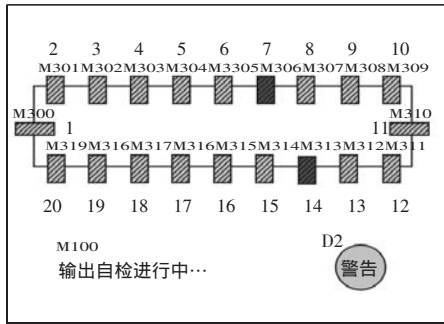


图2 系统自检过程
Fig.2 system self-test

(4)当系统未能通过自检时 系统出现红色标示 则按照系统所给检修方法进行检修；如图 2 所示的系统中的第 7、14 压板及子系统未通过自检的部件 点击红色位置 将提供检修建议 如图 3 所示。

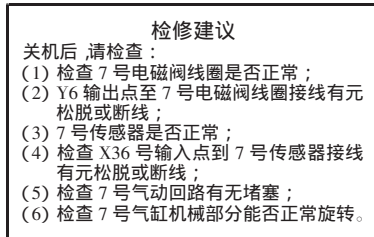


图3 检修建议
Fig.3 Maintenance recommendations

(5)通过自检 夹具体将对工件进行自动定位和夹紧。工作原理 控制夹具体两端插销气缸的电磁铁先后得电 夹具体两端带有插销气缸的活塞杆伸出 带动插销插入工件的定位孔进行准确定位 定位完成后 启动控制直线/摆动夹紧气缸的电磁阀得电 控制装有压臂的直线/摆动夹紧气缸夹紧工件；

(6)CNC 机床起动 调入工件数控加工的工艺程序、对各种加工工艺参数的设置 再根据待加工工件的工艺程序对夹具体系统参数进行修改和设置；

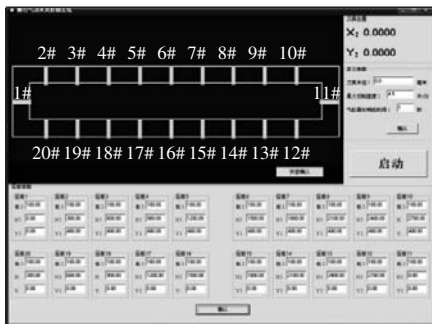


图4 系统参数设定和实时检测界面
Fig.4 parameter settings and real-time interface

(6)再次检查并确定 CNC 机床及夹具体系统参数的准确性，在确定无误后 点击开始工作按钮。加工过程中 控制系统将对整个工作过程进行实时监控和检测 如图 4 所示 也可以观察到压臂的实时开闭状态。

(7)加工完毕 关闭系统电源、气源以保证工件吊装的安全性。

(8)吊走工件 进入下一次加工准备状态或完成加工。

3 柔性系统的控制原理

柔性夹具系统正常工作时 系统的控制原理 如图 5 所示。

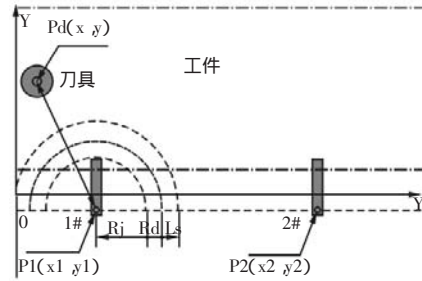


图5 系统控制原理图
Fig.5 System control theory

图 5 中点画线所示区域为加工工件表面示意位置。正常工作时柔性夹具控制部分将进行数据提取和数据执行。数控系统端从 CNC 机床获取加工过程中主轴的实时坐标数据 $Pd(x, y)$ 后 通过机床以太网接口 并使用 TCP/IP 协议将数据送往柔性夹具系统的控制计算机。控制计算机采用软件对获取的实时坐标数据进行计算、判断后 分析、并将夹具开、闭指令通过 RS232 串口及时发送给 PLC 的通讯模块 FX2N-232-BD 通讯扩展模块将收到的两组数据进行比较无误后 再发给 PLC 主机 发出控制指令给电磁阀 电磁阀再根据接收到的电平信号开启阀口或关闭阀口 从而控制直线/摆动夹紧气缸的压臂压紧或旋转打开。直线/摆动夹紧气缸在电磁阀的控制下 随刀具运行轨迹准确的打开并旋转到安全方向避开刀具 避免刀具同夹具体发生撞击或过切现象 并在刀具完成干涉区域加工后又能重新回持夹紧零件状态。可以有效的保证刀具在加工过程中不与夹具体发生碰撞 同时又能对工件进行可靠的夹紧 从而有效的保证加工过程的安全性和提高了生产效率。

零件装夹后 夹具体各动作执行元件气缸的旋转中心位置也就相应确定了 故有：

$P_1(x_1, y_1) P_2(x_2, y_2) \dots P_{20}(x_{20}, y_{20})$ —各压臂的旋转中心位置；

R_j —压臂的旋转半径；

R_d —刀具刀套半径为；

L_s —缓冲距离；

缓冲距离是根据机床加工时最大进给速度和夹具旋转参数确定：

$$L_s = V_c \cdot T_s \cdot K_t \tag{1}$$

V_c —切削时的最大进给速度；

T_s —气动夹具往复旋转所用时间；

K_t —夹具往复时间修正系数。

假设刀具在某一时刻运行到 $P_d(x, y)$ 点 如图 5 所示 1 号压臂是否打开由 L 的值决定：

$$L = \sqrt{(x-x_1)^2 + (y-y_1)^2} \tag{2}$$

当 $L \leq R_j + R_d + L_s$ 时 压臂打开旋转到安全位置；当 $L > R_j + R_d + L_s$ 时 压臂关闭复位到夹紧状态。其他位置的控制方式与 1 号压臂的原理相同。

4 PLC 控制系统的组成和软件设计

4.1 控制系统的硬件配置

根据柔性夹具系统控制的要求,该控制系统采用 PLC 系统: PLC 已广泛应用于各个行业,工作可靠性稳定,编程方便,易于使用,对环境要求低,与其他装备配合方便。经过性能价格比较,选择日本三菱公司 FX2N-128MT 的 PLC 控制器,FX2N-232-BD 为通讯扩展模块,操作系统选择三菱 GT1155 彩色触摸屏,该系统具有动态效果、显示直观、操作简易、实时监控数据、修改参数功能强、等优点,充分体现人机界面的优越性。

4.2 PLC 控制系统的软件设计

PLC 控制系统是柔性夹具系统的控制核心。根据系统工作的功能要求,气动柔性夹具控制系统软件设计的基本步骤为:

- (1)分析工艺流程和控制系统要求。
- (2)绘制功能图、流程图,画出控制系统的功能流程图,如图 6 所示。

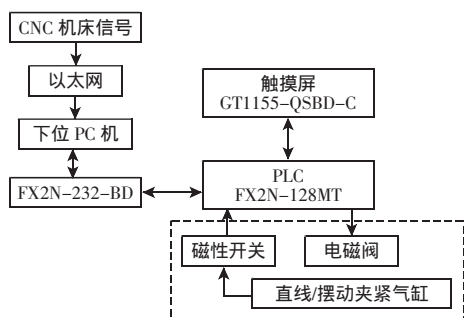


图6 系统功能图
Fig.6 System Function

- (3)编写 PLC 程序采用梯形图。
- (4)模拟调试。程序完成编写后,对程序段进行模拟调试。模拟调试时,先对各个功能单元调试,每个功能单元调试完毕后,再对整个程序进行调试,直至程序实现系统控制的最优控制为止。
- (5)现场调试。现场调试是整个控制系统中最后的环节,经过现场调试,才能确定程序的正确性,最后进行工件试切,完成整个系统。
- (6)整理技术文件,以备后查。

4.3 触摸系统设计

三菱 GT1155 彩色触摸屏中的显示画面是使用专用软件(GT Designer2)通过个人计算机进行创建的。在 GT Designer2 中通过触摸开关图形、指示灯图形、数值设置框等称为对象的显示框图来创建画面,通过可编程控制器 CPU 的软件存储器(位、字)将动作功能设置到触摸的对象中,可以执行 GOT 的各个功能。触摸屏与个人计算机、PLC 的数据传输方式,如图 7 所示。

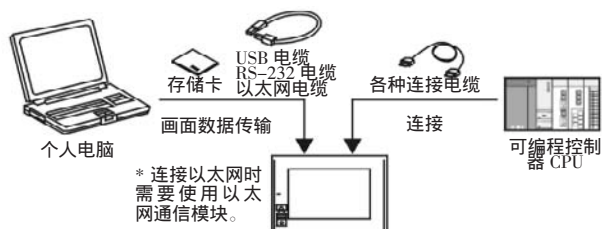


图7 数据传输方式
Fig.7 Data transmission

触摸屏系统从 PLC 内部的读取工作状态数据,在可视化界面上显示。气动柔性夹具系统正常工作时,控制系统能够自动实时检测各气缸位置和传感器信号。当机床主轴靠近某一压臂时, PLC 控制器发出控制指令给电磁换向阀,电磁换向阀开启控制气缸运动,系统正常运行。当运动部件运动受阻、元器件运行出现滞后现象或其它故障或在超出允许时间范围而得不到传感器的反馈信号时,则系统出现故障,控制系统立刻发出暂停指令,控制整个机床暂停,从而预防事故的发生。在触摸屏上显示故障发生的位置,并显示相关故障和给出相应的检修建议,如图 2、3 所示。

5 结论

经过实际生产加工验证,加工宽度为 210mm 的零件,在生产中应用飞机柔性夹具取代普通夹紧方法时,主要有特点:

- (1)特殊的夹紧随行功能,故每加工一个零件可节约宽度为 30mm×2=60mm 的工艺凸台,故每 4 件就可多加工一个零件,大大提高了毛坯的利用率,减少了材料的浪费;
- (2)全自动的定位及压紧方式,减少了对工艺凸台的准备工序及后加工工序,故大大减少了产品的辅助时间,缩短了产品的加工周期约 309 分钟;

(3)全自动的定位及压紧方式,减少了人为因素而造成的产品质量不稳定,提高了加工效率和质量,增加产品的科技含量和企业在国内、国内市场上的竞争力;

进入 21 世纪,为了提高我国航空制造业面临着提升制造水平的需求而引发的制造装备发展的良机。气动柔性夹具的研制和成功应用从技术层面来讲加速和推进了我国航空数控技术装备的飞速发展。这种高度自动化的生产设备将会在航空及其他行业中得到更广泛的推广和应用。

参考文献

- 1 杨黎明. 机床夹具设计手册[M]. 北京: 国防工业出版社, 1996
- 2 袁长良. 机械制造工艺装备设计手册[M]. 北京: 中国计量出版社, 1992
- 3 朱伟. 气动装夹在试验工装中的利用[J]. 火箭推进, 2005(8)
- 4 唐东, 成晔. 柔性夹具及其设计方法研究[J]. 制造技术与机床, 1999(2)
- 5 周洪. 气动与 PLC 技术相结合在机械手设计中的应用 [J]. 液压与机床, 2004(3) 38-39
- 6 三菱可编程控制器—FX 系统微型编程手册[M]. MITSUBISHI
- 7 三菱 GRAPHIC OPERATION TERMINAL—GT Designer2 画面设计手册 [M]. MITSUBISHI
- 8 张先舟, 王琪民. 基于磁流变液相变技术的柔性夹具 [J]. 实验力学, 2003 (6) 38-39
- 9 Nee A Y C. Advanced fixture design for FMS [M]. New York: Springer-Verlag, 1995
- 10 Chou Y C, Srinivas R A, Saraf S. Automatic design of machining fixtures: conceptual design[J]. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 1994, 9(1) 3-12
- 11 Nee A Y C, Kumar A, Senthil, Tao Z J. An intelligent fixture with a dynamic clamping scheme[J]. Proc Instn Mech Engrs, 2000, 214(Part B) 183-196
- 12 Rong Y M, Zhu Y X. Computer-aided fixture design[M]. New York: Marcel Dekker, 1999
- 13 Z. M. Bi, W. J. Zhang. Flexible fixture design and automation: Review issues and future directions[J]. International Journal of Production Research, 2001(9) 2867-2894