

基于 Elmo 系统的柔性工装通用编程方法研究

Research on General Programming Method of Flexible Tooling Based on Elmo System

中航工业北京航空制造工程研究所 刘斌 张少擎

[摘要] 介绍了 Elmo 多轴控制系统在柔性工装类多轴设备中的应用,分析了 Elmo 系统应用编程的特点,重点研究了提高 Elmo 系统在柔性工装设备中编程效率的方法,给出了试验结果,证明了方法的正确性和有效性。

关键词: 柔性工装 Elmo 系统 使用效率

[ABSTRACT] This paper introduces the application of multi-axis control technology in flexible tooling and analyzes the structural features of Elmo system. Then the paper especially describes how to design the multi-axis control system and actualize it. The results prove the correctness and effectiveness of the multi-axis control system.

Keywords: Flexible tooling Elmo system Use efficiency

DOI:10.16080/j.issn1671-833x.2015.S2.033

柔性工装是利用数控技术使有限个按一定规则排列的横梁和定位器形成所需要的成形曲面,从而替代传统的实体模具或者工装,实现零件的空间定位。柔性工装目前在航空生产中的应用越来越多,根据应用对象的不同,其形式也多种多样,包括真空吸盘类柔性工装、装配类柔性工装等,分别应用在蒙皮柔性夹持切边、飞机部件装配等领域,提高了飞机装配效率,同时降低了飞机生产制造成本,实现了现代飞机产品的精确装配、精益制造,大幅度提高了飞机生产水平^[1]。

柔性工装形式多变,而且横梁和定位器数量大,一台工装往往需要几十个,甚至上百个轴,相应需要选择基于现场总线的具有多轴控制能力的运动控制系统来实现控制。Elmo 公司基于 EtherCAT 总线、CAN 总线的运动控制系统具有控制轴数量多、性能稳定、编程使用方便、伺服驱动器体积小等特点,符合柔性工装的控制特点,在柔性工装设备中得到大量使用^[2]。

因此,针对柔性工装形式多变的特点,本文对 Elmo 系统在柔性工装中的使用方法进行研究。首先对 Elmo 系统特点和柔性工装的控制特点进行分析,提炼高效率的 Elmo 系统使用方法,并且在焊接柔性工装中进行应用验证,力求使该方法可以快速应用在所有柔性工装的

控制中^[3]。

1 Elmo 系统介绍

Elmo 系统是基于 EtherCAT 总线或者 CAN 总线的运动控制系统,包括轴管理器和伺服驱动器。通过现场总线可以将轴管理器和伺服驱动器以及其他 I/O 模块组成控制网络,伺服控制器实现电机驱动;多轴管理器通过现场总线和伺服控制器通讯,实现轴运动协调、运动命令下达、实时运动信息上传等功能。通过轴管理器的以太网接口,可以和 PC、HMI 等上位机部件组成 3 层控制系统,实现人机交互。Elmo 系统结构如图 1 所示。

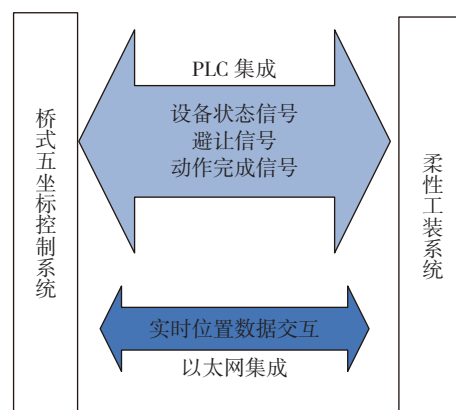


图1 Elmo系统结构图

Fig.1 Diagram of Elmo system structure

根据 Elmo 控制系统的 3 层结构,其软件设计也分为 3 层。顶层包含 HMI 人机交互软件和主机服务器数据库软件。中间层多轴管理器软件是柔性工装控制系统的主功能软件,该软件在 Elmo 系统自带编程环境下使用 C 或 C++ 编写,实现柔性工装的所有控制功能。底层驱动器也可以根据需要进行编程实现单轴回零、寻找目标等功能。在这 3 层软件中,中间层多轴管理器软件是核心,也是本文研究的重点。

2 工装控制需求

柔性工装作为一台数控设备,其首先要满足的功能是实现横梁和定位器等运动对象的快速、准确定位;其

次要满足操作简单、安全、维护方便等条件。柔性工装在控制上可以分为每个运动对象独立控制的基本型和使用一个小车控制多个运动对象的经济型,虽然控制需求会有不同,但是综合分析所有的控制需求,主要包括运动控制、设备初始化、状态信息反馈、报警处理、限位信息处理、气动操作等模块。柔性工装控制需求树图如图 2 所示。

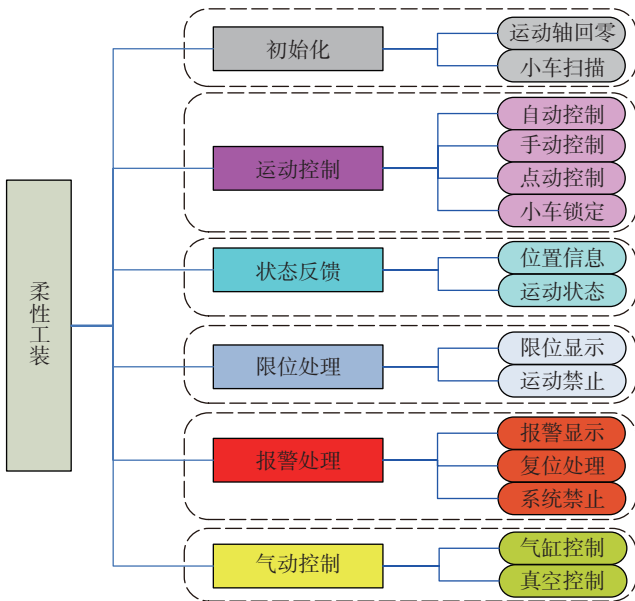


图2 柔性工装控制需求树图

Fig.2 Tree diagram of flexible tooling control requirement

柔性工装每次开机都要进行初始化,初始化主要是设备回原点的过程,使用小车的经济型工装还包括小车扫描。运动控制是柔性工装的主要功能模块,控制运动对象移动到位的自动控制、手动控制、点动控制功能在这里实现,经济型工装还包括小车锁定功能。状态反馈是用于反馈到上位机进行人机交互的功能模块,需要进行反馈的信息包括各轴的位置信息、运动状态、系统状态等。限位处理功能主要是对柔性工装各坐标轴的坐标超程、运动对象之间的碰撞信号进行处理,禁止超程方向的继续操作,保证操作安全。报警处理是指对驱动器发生的错误和操作造成的错误进行处理,防止安全事故的发生,在报警复位前禁止进行相应操作。气动控制包括气缸控制和真空吸附控制,用于实现真空操作。

3 编程实现

柔性工装所有的控制需求都在轴管理器中编程实现,下面分别从程序总体结构、子程序功能实现、时间分析等方面对轴管理器程序进行研究。

3.1 程序总体结构

Elmo 系统在轴管理器中的编程采用状态机结构,

即嵌套循环执行加中断处理的编程方式。程序总体分 3 层嵌套,第一层包括主程序初始化和主控制程序;从主控制程序进入第二层嵌套,包括主控制初始化程序和状态机循环程序;第三层嵌套从状态机循环进入,该层是主功能程序,包括 Modbus 数据读取和写入、运动轴回零、位置调整等功能模块。其中,第一、二层程序为顺序执行,第三层主功能状态机程序为循环执行。程序总体结构图如图 3 所示。

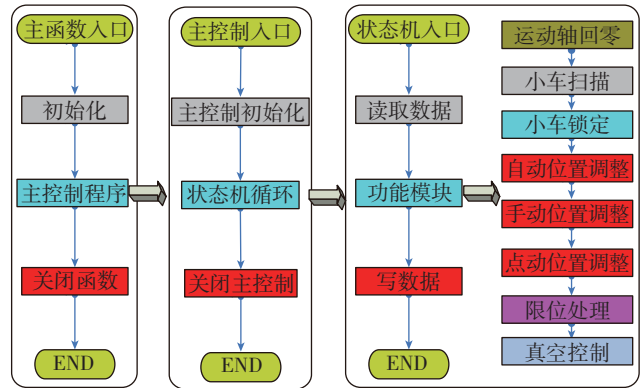


图3 轴管理器程序总体结构

Fig.3 General structure of axis manager program

3.2 子程序功能实现

功能子程序包括运动轴回零、小车扫描、小车锁定、自动位置调整、手动位置调整、点动位置调整、限位处理、真空控制、报警处理、Modbus 数据读写等功能模块。根据功能的不同,各子程序在实现时可以分为两类,一类是状态机方式实现,包括运动轴回零、小车扫描、小车锁定、自动位置调整、手动位置调整、点动位置调整、真空控制;另一类是普通子程序,通过循环或者中断触发执行,包括限位处理、报警处理、Modbus 数据读写,下面分别进行说明。

状态机类功能子程序使用 switch (state_HM): case step1, step2, …… , stepN 程序结构。以轴回零子程序为例,根据状态编号 state_HM,每次循环到该子程序执行其中的一个 case 命令,同时修改 state_HM,以便下次循环时执行下一个 case。轴回零程序流程图如图 4 所示。在编程过程中,由于轴数量众多,为避免子程序调用时相互之间发生干涉,对每一个轴的每一种功能子程序都设置一个状态编号,并且在程序执行过程中保证状态编号的正确传递。

3.3 时间分析

为了保证程序的响应度,必须对所有的子程序进行优先级分析。在所有的子程序中,报警处理的响应度最高,在系统发生错误时,程序将马上中断并且进入到中断函数 Emergency_Received 中,在该函数中将进行设备保护

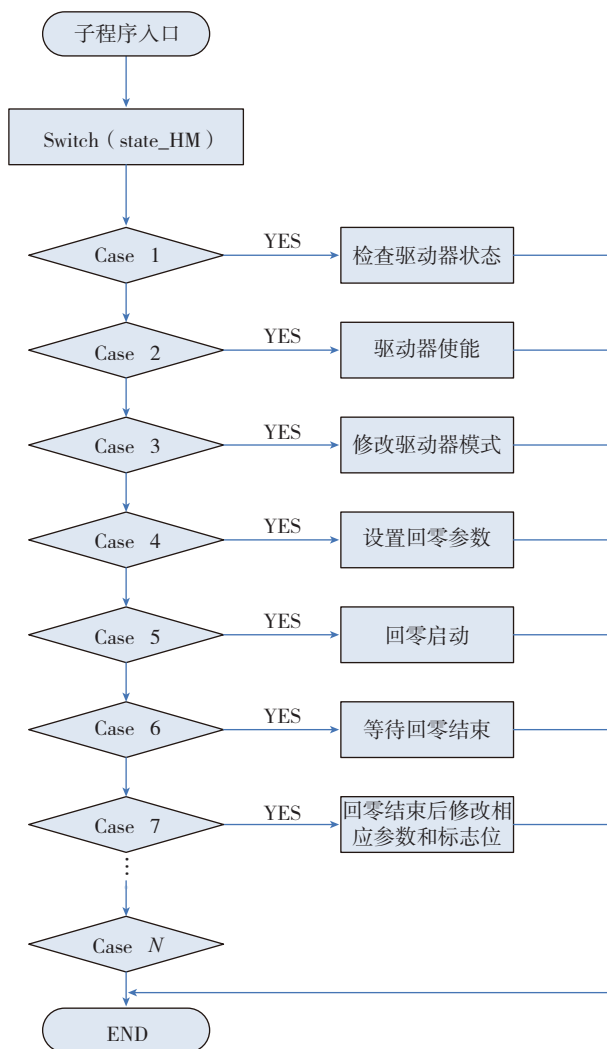


图4 轴回零子程序流程图

Fig.4 Subroutine flow chart of axis returning to zero

处理和报警信息上传处理,直至故障排除后跳出该中断。

运动控制命令、初始化命令、真空控制命令、限位处理命令、要求响应度较高,保证在每个状态机循环时执行一次。位置信息更新、限位信息更新等相对实时性要求较低的功能子程序,可设定主程序循环 3~5 次调用一次。

4 结论

本文首先介绍了 Elmo 系统的特点,结合柔性工装对控制的需求,探索了一种在 Elmo 系统下适合所有柔性工装的编程方法。并且在本所研制的焊接用柔性工装中进行了验证。测试证明,使用此种方法进行编程完全可以满足柔性工装的控制需求,提高编程效率,具有在柔性工装设备中推广的价值。

参考文献

[1] 王亮,李东升.飞机数字化装配柔性工装技术体系研究.航空制造技术,2012(7):34-39.

[2] 史久根,张培仁,陈真勇. CAN 现场总线系统设计技术.北京:国防工业出版社,2004.

[3] 飞机设计手册总编委会.飞机设计手册(结构设计分册).北京:航空工业出版社,2000:121.

(责编 李丹)

(上接第 32 页)

表3 3种结冰传感器参数

类型	传感器编号尺寸			电容 /pF		
	编号	宽度 / μm	间距 /mm	长度 /mm	无冰	有冰
1	A	100	0.5	3	无信号	86
	B	100	0.5	3	无信号	82
2	C	100	0.5	8	无信号	83
	D	100	0.5	8	无信号	81
3	E	100	1	8	无信号	79
	F	100	1	8	无信号	81

除冰技术在国外已经得到了成熟应用,而电脉冲、振动、高频微波、超声等防 / 除冰技术正处于研发或评估阶段。就设施的简便性和操作的可靠性而言,电加热防 / 除冰技术是目前最好也是成熟的方法。3D 打印技术作为一门新兴的高速发展的产业,与复合材料技术具有一定的优势互补,同时都具备可设计性强的特点,在防 / 除冰系统中将会逐渐得到成熟的应用。我国飞行器防 / 除冰技术的研究还处于起步阶段,距离实际应用尚有一定距离,因此防 / 除冰系统的设计和制造需要立足现状进行系统的研究,解决实际工程问题,满足未来飞行器发展的需要。

参考文献

[1] JACKSON D, GOLDBERG J. Ice detection systems: A historical perspective. Warrendale: SAE International Conference, 2007.

[2] TRIBUS M. Modern icing technology. Air research and development command, 1952.

[3] FLEMMING R J. A history of ice protection system development at sikorsky aircraft. SAE International Conference, 2003.

[4] NEWTON D. Severe weather flying. Washington D C: Aviation Supplies & Academics, Inc, 2002.

[5] ZUMWALT G W. Analysis and tests for design of an electro-impulse de-icing system. Cleveland: NASA Glenn Research Center, 1985.

[6] ADAMS L J, WEISEND N A, THOMAS E. Attachable electro-impulise de-ice: USA, 5129598, 1992-7-14.

[7] COFFMAN H J. Helicopter rotor icing protection methods. Journal of the American Helicopter Society, 1987, 32(2):34-39.

[8] NINO G, BLUMENTHAL T. 3D printed thermal protection system on composite structures. SAMPE Journal, 2014, 50(5):7-25.

(责编 大漠)