

文章编号:1674-2869(2015)02-0050-04

自动化生产线空调面板装配机械手的设计

谈宏华,杨帆,胡学军

武汉工程大学电气信息学院,湖北 武汉 430205

摘 要:为提高生产效率与减轻工作强度,设计了一种应用于空调生产线空调面板装配的气动机械手.机械手由装配执行机构与自动控制系统两部分组成.装配执行机构采用气压传动方式,选用双作用活塞气缸和摆台组合具有 6 自由度带有冗余的机械结构,面板爪具安装有真空吸盘和缓冲弹簧具有柔性接触特性;自动控制系统以西门子 S7-200 型可编程逻辑控制器作为控制器,在 STEP 7 MicroWIN 平台采用梯形图语言设计逻辑结构的控制程序,通过判断限位条件,实现实时监控、运行控制和安全保护.生产使用结果表明该气动机械手能够实现将面板从 1 号生产线搬运至 2、3 号线中与机座对接,单个装配时间符合技术要求,具有结构灵活、操作方便,性价比高,满足生产线工作要求.

关键词:气动机械手;空调面板装配;可编程逻辑控制器

中图分类号: TP241.2

文献标识码: A

doi: 10.3969/j.issn.1674-2869.2015.02.011

0 引 言

近年来,劳务成本提高,现代化自动生产线优势逐渐明显.自动化生产线是机械结构与电气控制结合的产物,根据线上产品的加工工序特性,设计出能提高生产效率、减少劳务成本的机械手装置^[1-2].生产线中机械手的种类繁多、应用广泛^[3-7].笔者将从机械设计和电气控制设计两个方面详细介绍一种用于自动化生产线中空调面板装配的气动机械手.机械手设计要求动力源获取方便,工作元器件稳定可靠易维修更换,实现 6 自由度控制,一次工作流程满足生产线生产节拍.

1 机械手结构与气动回路设计

1.1 机械手结构设计

气动机械手的结构如图 1 所示,在龙门架顶部装有一个平移作用气缸及移动滑轮组,用来运载机械手及控制面板的左右移动.移动滑轮组(如图 1)为两组动滑轮构成,根据动滑轮原理,机械手移动行程距离是平移缸缸杆伸出距离的 4 倍,此结构弥补平移缸行程短的缺点.在龙门架下侧,提升气缸、齿轮齿条式摆台使机械手在垂直、水平方向运动.由于空调面板外形为圆弧状,常规支脚、吸盘结构不易贴合面板,设计在支腿上安装有缓冲弹簧装置,吸盘关节具有导向结构的爪具,如图 2 所示,与面板对接过程实现柔性贴合,加强了自适应能力.

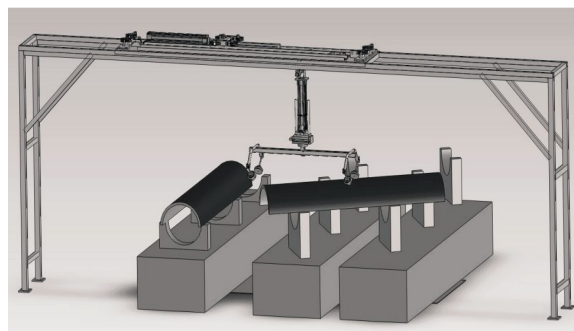


图 1 机械手结构图

Fig.1 The overall structure of the pneumatic manipulator

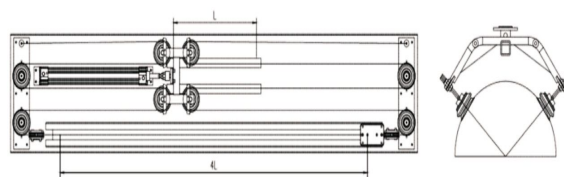


图 2 移动滑动组及爪具图

Fig.2 The moving slide group and grippers

1.2 机械手气动回路设计

气动回路如图 3 所示.图 3 中气缸 A 用于控制机械手左行与右行,气缸 B 用于控制机械手提升与下降,行程位置处装有磁性限位开关 A0、A1、B0、B1,判断其左右、上下的到位状态.气缸 B 为防止载荷搬运过程中受重力影响,在有杆腔排气口设计气压锁,防止面板下滑.齿轮齿条式摆台 C 用于控制机械手旋转,使爪具在水平方向运动,行程处

收稿日期:2014-12-26

作者简介:谈宏华(1963-),男,湖北松滋人,教授,博士.研究方向:机电一体化及控制工程.

装有两个磁性限位开关 C0、C1。摆台 C 带有角度调整螺钉,设置摆动角度范围,控制面板旋转符合空调底座与生产线的角度差。采用 4 个真空吸盘吸抓面板,方便与弧形面板接触,并保护其涂层完整。真空发生器 D 用于控制爪具吸盘抓取与释放,抓取时真空压力达到设定值,面板与爪具切合牢固,可以装配;到达释放位置,破坏真空,完成装配。气缸 A、B、C 均采用出气节流调速,在排气接口安装速度控制阀,实现速度控制^[8]。

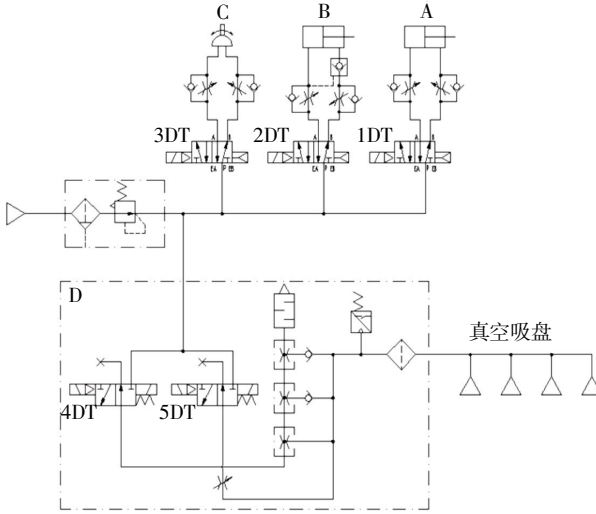


图 3 机械手气动回路图

Fig.3 Pneumatic circuit of the pneumatic manipulator

2 机械手软件系统设计

2.1 机械手地址分配

根据机械手输入输出点数要求,且预留设备更

新的备用接口,选择西门子 S7-200 系列中央处理器 224(Central Processing Unit,以下简称:CPU)作为控制器,增加数字量输入输出模块 EM223.此控制系统总共带有 18 路数字量输入、14 路数字量输出。机械手输入/输出(Input / Output,以下简称:I/O)地址分配如表 1 所示。

2.2 机械手动作流程设计

机械手工作分为维修模式和正常模式.系统上电后,通过旋钮选择模式。

维修模式:拨动单一旋钮操作对应电磁阀,电磁阀驱动相关气缸完成操作动作,实现单步控制。

自动模式:根据实际工位操作需求,设置抓取旋钮和释放旋钮.在工作起始点,拨动抓取旋钮,面板将被移动至释放工位;拨动释放按钮,完成面板与底座装配,之后自动回起始点,等待下次操作指令。

机械手装配面板动作流程如下:

a.抓取过程.抓取旋钮置位,提升气缸向下移至下极限位(2DT 通电)—爪具吸盘抓取面板(4DT 通电)—提升气缸向上移至上极限位 (2DT 失电)—平移气缸向右移至右极限位(1DT 通电)、摆台顺时针摆动至右极限位(3DT 通电)—等待下一步指令。

b.释放过程.释放旋钮置位,提升气缸向下移至下极限位(2DT 通电)—爪具吸盘释放面板(5DT 通电)—提升气缸向上移至上极限位 (2DT 失电)—平移气缸向左移至左极限位(1DT 失电)、摆台逆时针摆动至右极限位(3DT 失电)—机械手回到

表 1 机械手 I/O 地址分配

Table 1 Input and output address assignment

输入	摆台左限位	I0.0	输出	摆台电磁阀	Q0.0
	摆台右限位	I0.1		提升缸电磁阀	Q0.1
	提升缸上限位	I0.2		平移缸电磁阀	Q0.2
	提升缸下限位	I0.3		抽空真电磁阀	Q0.3
	平移缸左限位	I0.4		破坏真电磁阀	Q0.4
	平移缸右限位	I0.5		提升缸上限位指示	Q0.5
	抓取面板	I0.6		提升缸下限位指示	Q0.6
	摆台操作	I0.7		摆台左限位指示	Q0.7
	提升缸操作	I1.0		摆台右限位指示	Q1.0
	平移缸操作	I1.1		平移缸左限位指示	Q1.1
	卸载面板	I1.2		平移缸右限位指示	Q2.0
	维修/正常模式切换	I1.3		真空指示	Q2.1
	吸真空旋钮	I1.4		正常模式指示灯	Q2.2
	破坏真空旋钮	I1.5		输出备用 1	Q2.3
	真空压力到达	I2.0			
	输入备用 1-3	I2.1-I2.3			

工作起始点(1、2、3、4、5DT 复位清零)。

2.3 程序设计

面板装配过程程序设计,采用逻辑设计结构.在本设计中,考虑限位条件判断较多,通过逻辑表达式描绘组合逻辑电路,思路更加清晰^[9].判断条件后直接驱动电磁阀,程序结构简单.逻辑表达式:(注:M0.4 为抓取过程辅助中间继电器;M0.5 为释放过程辅助中间继电器;M21.2 为释放过程提升延迟辅助继电器;T40 为释放过程提升延迟计时器)

$$M0.4 = (I0.0 * I0.4 * I0.2 * I1.4 * \overline{I1.3} * \overline{I2.0} + M0.4) * (\overline{M0.5} + I1.4)$$

$$M0.5 = (I0.1 * I0.5 * I0.2 * \overline{I2.0} * \overline{I1.3} * \overline{I1.3} + M0.5 * \overline{I0.4}) * (\overline{M0.4} + I1.5)$$

$$M21.2 = (I2.0 + M21.2) * \overline{T40}$$

$$T40 = (I2.0 + M21.2) * \overline{I2.0}$$

$$Q0.0 = (I0.2 * I0.0 * I0.4 + Q0.0) * (\overline{I0.2} + I2.0)$$

$$Q0.1 = (I0.5 * I0.1 * \overline{I2.0} + Q0.1) * M21.2 * M0.5 + M0.4 * I2.0$$

$$Q0.2 = (I0.5 * I0.1 * \overline{I2.0} + Q0.2) * M21.2 * M0.5 + M0.4 * I2.0$$

$$Q0.3 = (I0.3 * M0.4 + Q0.3) * \overline{Q0.4}$$

$$Q0.4 = I0.3 * M0.5$$

3 机械手测试

在实际工况下测试机械手如图 4 所示,经测量面板左右移动距离 2 000 mm,提升下降距离范围 350 mm,水平旋转角度 0°~75°。机械手气动系统压力稳定在 0.7 MPa,通过节流阻尼螺钉调整保证抓具移动迅速且运行平稳,平移缸、提升缸活塞伸出速度保持在 500~550 mm/s,摆台稳定摆动时间范围 1s/90°。空调面板自重 5 kg 左右,真空发生器设定压力开关为 -40 kPa,4 个吸盘抓取合力远大于面板重力,保证搬运过程无脱落可能。测试结果表明,机械手装配工序周期 18 s,移动快速平稳,操作简单,精减工位,提高效率。机械手成功将生产线中装配面板工位工人人数由 3 人减少为 1 人,工人操作机械手运行取代繁重体力。

4 结 语

结合实际工况研制的辅助装配机械手,经试验满足工况要求,气源经过过滤减压阀送入气动系统保证压力稳定,S7-200 作为控制器稳定性高,SMC 伸缩气缸和摆台满足所需 6 自由度的快速移动要求。在实际生产环节,该机械手装配过程达到 20 s 内工序节拍要求,实现面板与对接机座装配。在本



图 4 机械手实物图

Fig.4 Physical map of the pneumatic manipulator

设计中,移动滑轮组使短行程气缸完成大跨距工况,爪具支腿与吸盘的改良实现机械手与面板柔性贴合.程序设计采用逻辑结构,方便维护,拓展性高。

致 谢

武汉华远控制技术有限公司在设备研制过程给予了大力支持,在此表示诚挚的感谢!

参考文献:

- [1] 杜玉红,李修仁.生产线组装单元气动搬运机械手的设计[J].液压与气动,2006(5):16-18.
DU Yu-hong,LI Xiu-ren.Design of pneumatic manipulator for assembly uniting production line[J].Hydraulics and Pneumatics,2006(5):16-18. (in Chinese)
- [2] 师亚娟,刘欣.自动化生产线物料搬运站的设计[J].计算技术与自动化,2013,32(2):48-51.
SHI Ya-juan,LIU Xin.Design of handing workstation of automatic production line system [J].Computing Technology and Automation,2013,32(2):48-51. (in Chinese)

- [3] 张军,周荣晶,陶卫军.小型室内搬运用移动机器人的研制[J].化学工程与装配,2011(11):39-42.
ZHANG Jun,ZHOU Rong-jing,TAO Wei-jun.Transport developed by a small indoor mobile robots[J]. Chemical Engineering and Equipment,2011(11):39-42. (in Chinese)
- [4] 崔成辰.基于FX2N可编程控制器的机械手控制系统[J].机械工程与自动化,2014(3):151-153.
CUI Cheng-chen. Manipulator control system based on programmable logic controller FX2N[J]. Mechanical Engineering and Automation,2014(3):151-153. (in Chinese)
- [5] 倪敬,程乐平,刘湘琪,等.五自由度液压伺服机械手研制[J].机电工程,2014,31(5):595-599.
NI Jing,CHENG Le-ping,LIU Xiang-qi,et al.Design of hydraulic servo manipulator with five degree of freedom[J].Mechanical and Electrical Engineering,2014,31(5):595-599. (in Chinese)
- [6] 张政波,廉晓明,陈静.全自动生产线输送系统的设计[J].机械工程与自动化,2014(6):179-180.
ZHANG Zheng-po,LIAN Xiao-ming,CHEN Jing.Design of conveying system of fully automation roduction line [J].Mechanical Engineering and Automation,2014(6):179-180. (in Chinese)
- [7] 郭耸.水平四自由度装配机器人的设计及其运动学和动力学仿真分析[D].上海:上海交通大学,2007.
GUO Song. Design and analysis of kinematics and dynamics simulation level four degrees of freedom of assembly robot[D].Shanghai:Shanghai Jiao Tong University,2007. (in Chinese)
- [8] 刘延俊.液压与气压传动[M].北京:机械工业出版社,2007.
LIU Yan-jun.Hydraulic and pneumatic[M].Bei Jing: Machinery Industry Press,2007. (in Chinese)
- [9] 田效伍.电气控制与PLC应用技术[M].北京:机械工业出版社,2007.
TIAN Xiao-wu.Electrical control and PLC application [M].Beijing:Machinery Industry Press,2007. (in Chinese)

Design of pneumatic manipulator of assembly machine

TAN Hong-hua, YANG Fan, HU Xue-jun

School of Electrical and Information, Wuhan Institute of Technology, Wuhan 430205, China

Abstract: A pneumatic manipulator was designed for in air condition panel assembly of the production line of a air condition company to improve the production efficiency and reduce the working intensity. The manipulator was made of assembly actuator and automatic control system. The assembly actuator was designed by pneumatic transmission, using the double acting cylinder and rotary cylinder to construct mechanical structure, the freedom degree of which was 6 with redundancy. The vacuum cup and buffer spring were used to constitute a flexible contact for the panel claw tool. Siemens S7-200 programmable logic controller was used as the controller in the automatic control system. The control program was designed using ladder diagram language on the STEP7 MicroWIN Platform, which can achieve monitor in real time, running control and safety protection by judging the limit condition. The experiment results show that the pneumatic manipulator can handle the panel from production line 1 to production line 2 and 3 to be docked with the base and the unit assembly time conforms to the technical requirement. It turns out that this pneumatic manipulator has a flexible structure and is easy for operating, meeting the requirements of the production line.

Keywords: pneumatic manipulator; air condition panel assembly; programmable logic controller

本文编辑:苗 变