

翻转起模机电气控制系统设计及应用*

王 韬, 陈国金*, 倪 敬

(杭州电子科技大学 机械工程学院, 浙江 杭州 310018)

摘要: 翻转起模机是树脂砂造型过程中所用的关键设备之一。针对目前翻转起模机存在的起模精度和效率都偏低的问题, 结合起模机的工作原理和工艺特点, 应用电液比例同步控制技术, 设计了该机的液压系统和电气控制系统, 并采用西门子S7-300 PLC系统和Borland C++ Builder软件, 设计了翻转起模机的控制软件, 最后进行了该机实际运行情况的分析。实际应用结果表明, 该系统达到较好的起模精度, 双缸动态同步起模精度 ≤ 2 mm, 稳态同步驱动精度 ≤ 0.1 mm, 运行平稳, 可以满足起模的工艺要求。

关键词: 翻转起模机; 液压系统; 电气控制

中图分类号: TH24; TH39; TG231.6

文献标志码: A

文章编号: 1001-4551(2012)04-0413-04

Design and application of electric control system on pattern drawing machine

WANG Tao, CHEN Guo-jin, NI Jing

(School of Mechanical Engineering, Hangzhou Dianzi University, Hangzhou 310018, China)

Abstract: The pattern drawing machine is the key equipment used in the processing of resin sand molding. Aiming at the low accuracy and efficiency of current pattern drawing machines, a hydraulic system and a electrical control mode which adopted electro-hydraulic proportional synchro-drive control were designed, combined with working principle and technological feature. Then the control software was introduced which based on Siemens S7-300 PLC system and Borland C++ Builder. Finally, practical application on the proposed system was done. The practical application results show that the proposed system could obtain preferable accuracy, dynamic and synchronous drawing accuracy with double cylinders is less than 2 mm, steady and synchronous driving accuracy is less than 0.1 mm, and the system works stability, so as to meet the technological requirement.

Key words: pattern drawing machine; hydraulic system; electric control

0 引 言

砂型铸造是获得机械产品毛坯的主要方法之一, 是机械工业中重要的基础工艺, 而砂型铸造成套设备又是先进制造技术的重要内容。上世纪90年代以来, 我国砂型铸造成套装备发展迅速, 但是就总体而言距离国外先进水平还有一定差距^[1], 关键主机设备尤其甚。翻转起模机^[2-5]是树脂砂造型过程中所用的关键设备之一, 它的作用是把模样与砂型分离, 这一工序的成败直接影响型砂质量。但目前在用的设备仍存

在结构不合理、驱动精度不高等缺点, 容易出现砂型损坏的现象, 严重影响铸造生产效率。

电液比例同步技术能实现快速平稳的开环控制、精准的闭环控制和高精度的同步控制, 它具有控制性能好、传动能力大的优点, 并可简化液压系统, 实现复杂程序控制, 降低费用, 提高可靠性, 缩短工作循环时间。因此, 将比例同步系统^[6]应用于翻转起模机液压系统中较为合适。

本研究根据翻转起模机原理和工艺特点设计液压系统并引入双液压缸电液同步系统, 在结构和控制方式上进行探索。

收稿日期: 2011-09-28

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(50805041)

作者简介: 王 韬(1986-), 男, 浙江台州人, 主要从事机电一体化方面的研究。E-mail: wtiao318023@126.com

通信联系人: 陈国金, 男, 教授, 博士生导师。E-mail: chenguojin@163.com

1 系统的主要工作原理和性能指标

1.1 翻转起模机构成

翻转起模机主要由底架、翻转传动装置、“O”形框架、夹紧装置、上辊道、下辊道、导柱、起模油缸、起模振动实台及起模检测装置等部分组成。

其结构示意图如图1所示。

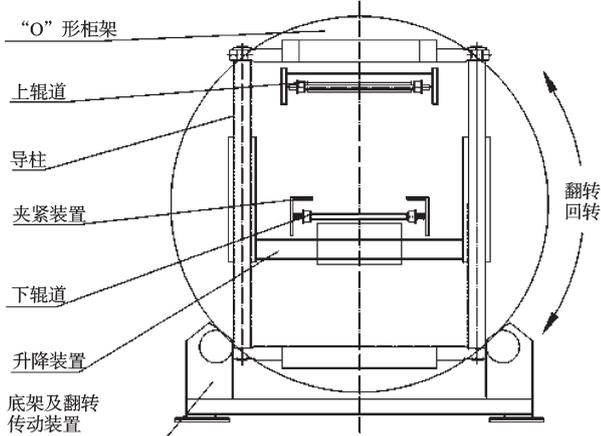


图1 翻转起模机示意图

1.2 主要工作原理

基本工作过程为：

造型托板带砂箱沿机动辊道运行进入翻转起模机^[4-5]。当托板到位后，机动辊道驱动电机体运转，夹紧油缸工作，将托板夹紧，将型板固定在下辊道台面上。当卡爪夹紧后，接近开关限位发信号，升降油缸工作，使下辊道工作台升起，带动工件上升，到位后接近开关限位发信号，起模机先自然加速，再匀速翻转，当转过160°左右时，翻转动作逐渐减速，工件翻转180°到位后接近开关限位发信号，然后起模动作开始，起模振动电机启动，油缸拉托板慢速上升。若起模顺利，砂型会留在辊道上；若起模不顺利，也就是砂型随造型托板被提起，起模感应开关会指令油缸反向，将铸型及型板放回辊道上，并重新开始起模，直至起模成功。升降油缸快速上升到位后皮带机工作将砂型运出起模机，然后起模机会转到0°并发信号。夹紧油缸松开，托板由机动辊道运出翻转起模机后机器进入下一个工作循环。

1.3 系统主要性能指标

该系统具体的主要性能指标为：

- (1) 最大载荷:2 500 kg;
- (2) 理论循环周期:120 s;
- (3) 同步起模速度:100 mm/s;
- (4) 升降油缸行程:1 000 mm;
- (5) 双缸动态同步位移误差 ≤ 2 mm;
- (6) 双缸稳态同步位移误差 ≤ 0.1 mm。

2 系统整体设计

2.1 液压系统原理设计

根据翻转起模机的工艺要求和工作情况，其液压系统^[7-8]执行部分主要包括翻转、升降、夹紧3部分回路。系统翻转时要求平稳，起模要确保两油缸的同步精度。针对系统的要求，本研究采用了电液比例控制技术。电液比例阀是一种新型的电液控制元件，虽然它的频率响应比电液伺服阀低，但由于其造价低廉、抗污染能力强、性能良好，由它组成的同步闭环控制系统已大量应用于系统响应速度适中而同步控制精度要求较高的回路中。比例同步系统最大的优点是控制精确，虽然和伺服同步系统相比还有一定的差距，但由于其价格低廉，同时还能达到较高的同步精度，比例同步系统得到了广泛的应用。

根据要求，本研究设计的采用电液比例方向阀的起模机液压系统如图2所示。

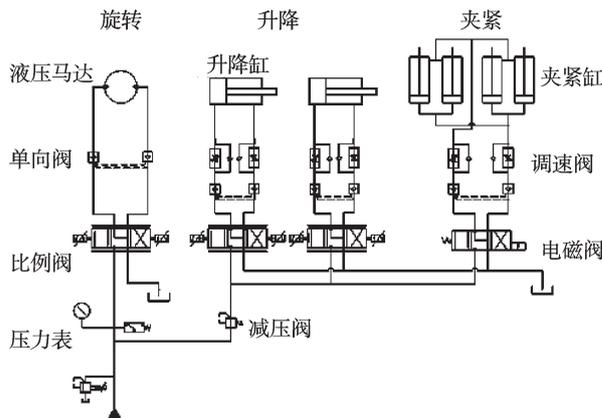


图2 翻转起模机液压系统原理图

该系统采用液压传动，完成夹紧、翻转、起模等工艺。夹紧动作：系统中配置了液压锁、调速阀并采用Y型中位机能的电磁换向阀，既可调节液压缸夹紧速度，又可保证锁紧动作安全可靠。在升降部分，本研究采用四导柱结构，双油缸起模，刚性好，起模稳定可靠。调速阀粗调回路流量；在同步缸活塞处的位移传感器、模数转换器和PLC构成了一个闭环反馈回路，本研究通过控制流量来控制液压缸活塞的行进速度，以达到双缸同步的目的。回转采用比例阀控制，翻转平稳，能满足“慢—快—慢”的工艺要求。

2.2 系统主要液压伺服元器件选型

(1) 液压缸选取。伺服液压缸作为动力元件，承受负载，复现运动规律。本研究选用了两个单杆双作用液压缸，其活塞两腔面积不等，选择和计算得到液压缸的参数为：单缸最大拉力20 kN；液压缸型号 $\Phi 90/50 \times 1\ 000$ ，安装MTS公司的RH型位移传感器；有效活塞面

积 $A_e = \pi \times 90^2 / 4 = 6\,361.7 \text{ mm}^2$; 系统供油压力 $p_s = 10 \text{ MPa}$ 。

(2) 电液比例阀的选取。电液比例阀所需的流量为:

$$Q_0 = \sqrt{3} Q_L = \sqrt{3} A_e v_{\max} = 66.1 \quad (\text{单位:L/min})$$

式中: Q_0 —电液比例阀空载流量, L/min; Q_L —电液比例阀负载流量, L/min。

这样,本研究实际选取的电液比例阀额定流量为 75 L/min,选择力士乐比例伺服阀 4WREEM75。

2.3 系统主要电气控制元件选型

本研究根据具体系统性能指标要求和相应的液压元器件选型,电气控制系统采用的是西门子 S7-300 PLC 系统实现。其具体的选型^[9]如下:

(1) 控制单元: CPU 314 附带 256 KB 存储卡;

(2) 数字输入模块: SM321 模块,具有 16 点的 24 VDC 输入接口, 2 块;

(3) 数字输出模块: SM322 模块,具有 16 点的 24 VDC 输出接口, 2 块;

(4) 模拟量输入模块: SM331 模块,具有 16 位 A/D 精度, 1 ms 采样速度的 4 通道模拟输入接口;

(5) 模拟量输出模块: SM332 模块,具有 12 位 D/A 精度, 1 ms 转换周期的 2 通道模拟输出接口。

PLC 控制系统输入/输出的配置如图 3 所示。

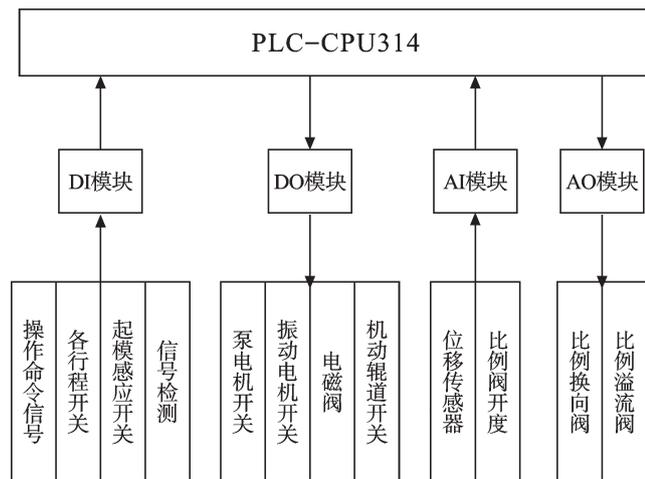


图3 PLC控制系统配置框图

2.4 系统控制软件

系统控制软件包括:上位机监控软件和下位机 PLC 控制软件。

(1) 上位机监控软件。监控系统主要完成对翻转起模机各变量的数据采集和处理,实现对机器及生产线各动作环节的监控,以达到工艺的要求。本研究采用 Borland C++ Builder 6.0 软件^[10],主要完成对电液伺服同步驱动系统的调试工作,可以将两个液压缸的同步驱动的指令曲线(位移和速度)和实际运行结果曲线(位移和速度)自动绘出,同时并绘出两个液压缸运行

时的同步误差曲线。这样,就可以为实际系统调试和参数修改提供接口。此外还要求对整个系统进行模拟显示并实现报警功能。

(2) 下位机 PLC 控制软件。下位机 PLC 控制软件用来完成生产工艺的全部任务,包括硬件的组态、各功能块(FB 或 FC)的创建,符号表的编制等都用西门子 STEP7 软件编写。程序设计采用了模块化方法,将控制功能细分成子功能块;对于相同或相似的控制对象,本研究建立受控对象的通用控制模型,对应不同的数据块。系统动作流程如图 4 所示。本研究通过编制程序实现两个液压缸的同步驱动工作。传感器检测到活塞的位移后,发出信号,输入 PLC,经过处理后,输出的信号经过数模转换器转换成模拟信号,再传给比例阀,达到对液压缸活塞位移的控制,以实现双缸的同步驱动。

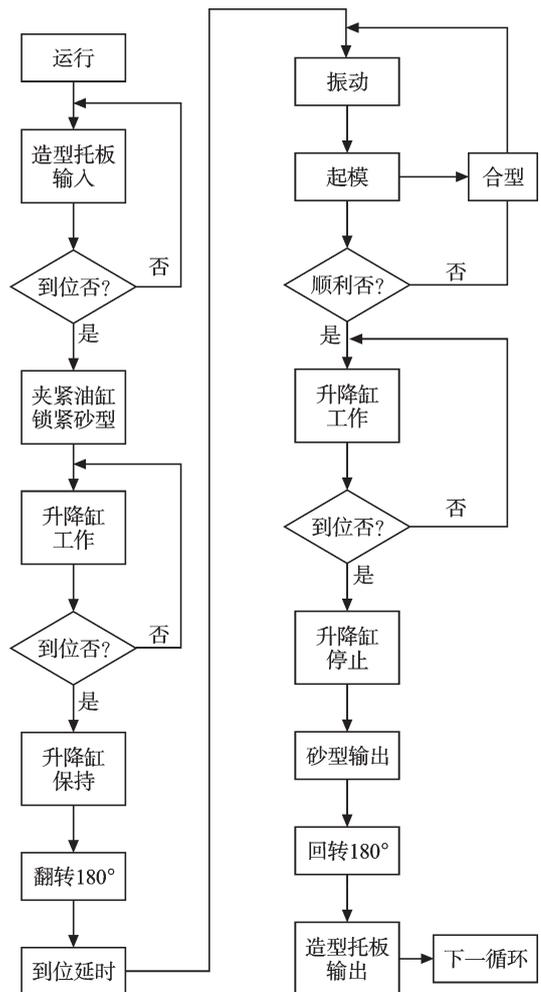


图4 系统动作流程

3 系统运行情况分析

该系统将比例控制与 PLC 控制相结合,提高了设备的自动化水平,具有以下特点:①结构较简单,操作方便;②自动化程度高,便于编程控制;③控制精度高,

工作平稳;④经济性、适应性好。

本研究根据以上方案设计了翻转起模机及电液同步起模系统,实际应用的液压缸位移跟踪误差如图5所示。 e_1 、 e_2 分别表示液压缸1和液压缸2的位移误差, e_c 表示两个液压缸的同步误差。结果显示,双缸动态同步起模精度 ≤ 2 mm,稳态同步驱动精度 ≤ 0.1 mm,满足工艺要求。

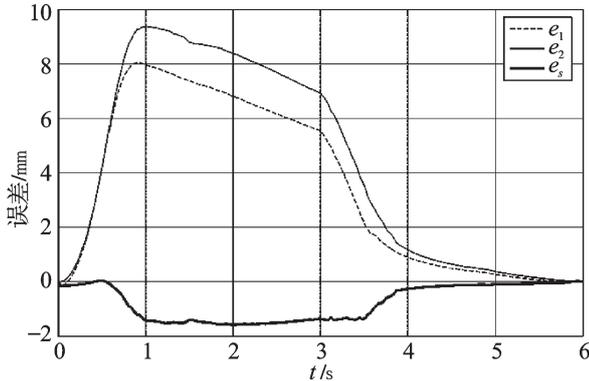


图5 液压缸位移跟踪误差

4 结束语

本研究分析了翻转起模机的工作原理,针对其工艺特点,设计了液压系统,并将电液比例同步闭环系统应用于该系统,在经济性和可靠性上都比较合适。该系统自动化程度高,工作平稳,控制精度高,结构也相

对简单,使用元件较少,对油液污染不敏感,适合工况要求。同时,在控制方式上该研究为多液压缸电液同步系统的应用与研究提供了探索和参考。

参考文献(References):

- [1] 卢 军. 国产砂型和金属型清洁高效铸造设备的现状分析[J]. 中国铸造装备与技术, 2010(3): 13-15.
- [2] 张喜权. 树脂砂造型设备液压系统油温控制技术[D]. 大连:大连交通大学机械工程学院, 2007.
- [3] 王立建, 李美霞, 杨广辉. 一条桥壳树脂砂线的改造[J]. 中国铸造装备与技术, 2008(2): 44-45.
- [4] 耿国芳. 欧II发动机铸件树脂砂造型线系统介绍[J]. 铸造设备与工艺, 2009(4): 44-47, 54.
- [5] 解康国, 张鸿雁. 进口翻转起模机电控系统的国产化设计[J]. 中国铸造装备与技术, 1996(5): 33-34.
- [6] 李国军. 多缸同步性能分析与研究[D]. 西安:西安科技大学机械工程学院, 2009.
- [7] 张宝生, 郭晓松, 郭 刚. 大型起竖设备的PID同步控制研究[J]. 机电工程, 2008, 25(3): 52-55.
- [8] 成大先. 机械设计手册[M]. 北京:化学工业出版社, 2002.
- [9] 廖常初. S7-300/400 PLC应用技术[M]. 2版. 北京:机械工业出版社, 2008.
- [10] 施红芹. C++ Bilder5 开发人员编程实例应用指南[M]. 北京:北京航空工业出版社, 2000.

[编辑:李 辉]

(上接第380页)

参考文献(References):

- [1] BINGHAM R G, WALKER D D. A Novel Automated Process for Aspheric Surface[C]//SPIE, 2000: 445-450.
- [2] WALKER D D, BROOKS D. The First as Phericform and Texture Results from a Production Machine Embodying the Precession Process[C]// SPIE, 2001: 267-277.
- [3] WALKER D D, BROOKS D, KING A, et al. The 'Precessions' Tooling for Polishing and Figuring Flat, Spherical and aspheric Surfaces [J]. **Optics Express**, 2003, 11 (8) : 958-964.
- [4] 高 波, 谢大纲, 姚英学, 等. 气囊式工具抛光新技术[J]. 光学技术, 2004, 30(3): 333-336.
- [5] 高 波, 姚英学, 谢大纲, 等. 气囊抛光进动机构的运动建模与仿真[J]. 机械工程学报, 2006, 42(2): 101-104.
- [6] 张 伟, 李洪玉, 金 海. 气囊抛光去除函数的数值仿真与试验研究[J]. 机械工程学报, 2009, 45(2): 308-312.
- [7] 计时鸣, 金明生, 张 宪, 等. 应用于模具自由曲面的新型气囊抛光技术[J]. 机械工程学报, 2007, 43(8): 2-6.
- [8] JIN M S, JI S M, ZHANG L, et al. Effect of free abrasive particle in gasbag polishing technique[J]. **Advanced Materials Research**, 2009(69-70): 83-87.
- [9] 金明生. 模具自由曲面气囊抛光机理及工艺研究[D]. 杭州:浙江工业大学机电工程学院, 2010.
- [10] 计时鸣, 张 利, 金明生, 等. 气囊抛光技术及其研究现状[J]. 机电工程, 2010, 27(5): 1-12.
- [11] 韩建海. 工业机器人[M]. 武汉:华中科技大学出版社, 2009.
- [12] 李团结. 机器人技术[M]. 北京:电子工业出版社, 2009.

[编辑:罗向阳]