

电脑横机机头部件驱动控制研究

张成俊¹,张弛¹,左小艳²,吴晓光¹

(1.武汉纺织大学 机械工程与自动化学院,湖北 武汉 430073;

2.东华大学 机械工程学院,上海 201620)

摘要:电脑横机产品的编织加工是一个较为复杂的过程,需要由选针器、度目三角、翻针三角、挺针三角、接针压板、导纱器、机头、沉降片电动机、罗拉及摇床机构协调工作才能完成。通过研究电脑横机机头关键部件,即电磁式电子选针器、电磁铁和步进电动机的内部结构和驱动原理,为机头中的各类执行元件设计详细的驱动电路,并简单说明了控制系统的控件信号需求。设计的电路板在横机上通过实际编织运行,各执行元件动作可靠,编织稳定,为电脑横机的推广提供了理论和实践保障。

关键词:电脑横机;机头部件;驱动控制;选针器;电磁铁;步进电动机

中图分类号:TS 183.4²

文献标志码:A

文章编号:1000-4033(2012)08-0023-04

计算机技术和先进制造技术的发展以及人们对针织衫外衣化、时装化和系列化的高品质需求,促使电脑横机不断向着自动化和智能化的方向发展^[1]。电脑横机具有更高的工艺技术和生产效率、更少的人员配比,特别是在编织工艺要求较高的产品时,能够完成手摇横机无法完成的花型。

电脑横机结构复杂,所需执行部件种类多、数量大,精度、可靠性要求高,所以控制较复杂。机头是横机上最重要的机构,包含数量众多的选针电磁阀、导纱器电磁阀、三角压块电磁阀、度目电动机、沉降片电动机等部件^[2]。当横机机头

横向运动到不同位置时,根据成衣的编织工艺要求完成选纱、选针、密度控制、压脚等动作,执行部件的动作速度、定位精度决定着编织的质量。因此,横机机头动作部件的控制精度很大程度上决定了电脑横机的质量。

1 整机结构

电脑横机整机主要由传动机构、给纱机构、牵拉机构、密度调节机构、针床横移机构、检测自停装置和整机控制系统等部分组成^[3]。

传动部分对电脑横机的编织速度和效率起控制作用,通过伺服电动机带动传动带,实现机头在针床上的移动,伺服运动的平稳与迅

速是控制系统的核心,是机械平稳工作的基础^[4]。给纱机构主要实现多色纱线的变换动作。牵拉机构主要利用罗拉实现织物张紧度的调节。密度调节装置主要是利用步进电动机改变度目,实现对线圈长度的调节。针床横移机构主要是满足翻针动作的需要,通过伺服电动机实现针床的相对运动,从而实现准确的翻针动作。检测自停装置是整机正确运行的保障,通过检测传感器控制横机的运行,避免事故的发生,降低废品率。

2 机头部件

机头是电脑横机的主要执行部件,为前后对称结构。机头放置

基金项目:国家自然科学基金项目(51175384);湖北省教育厅中青年项目(Q20121703)。

作者简介:张成俊(1979—),男,讲师,硕士。主要从事针织装备数字化控制及制造方面的研究。

在针床的导轨上,面向操作者的一面称为机头的前板,背向操作者的一面称为机头的后板。机头的前板和后板均由度目电动机、沉降片电动机、翻针三角、吊目压片和挺针三角等元件构成。前板和后板均可实现针床上的编织动作,如编织、吊目和翻针等工艺动作。

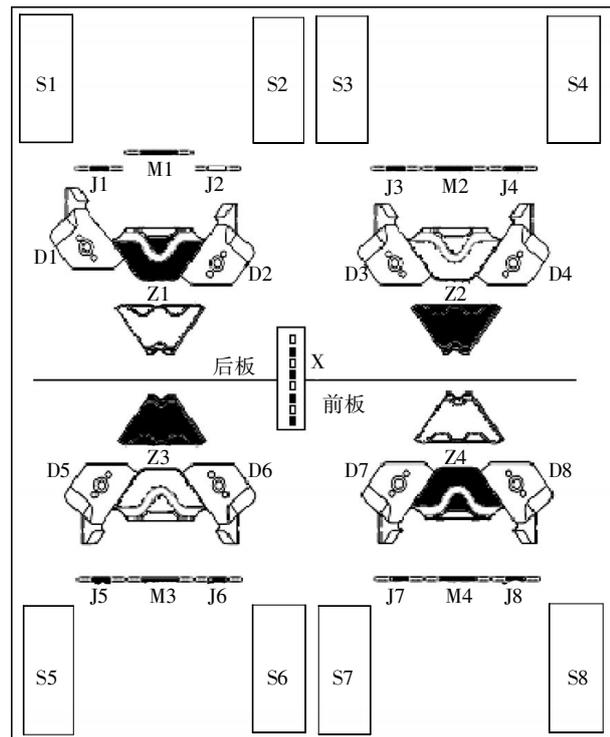
机头执行动作部件展开图如图1所示,D1~D8为8个度目三角,其位置可根据软件设置停留在任意处。S1~S8为8个选针器,每个选针器有8级刀片,选针器刀片的摆动动作使提花针针踵压下或者放开,最终使织针工作在A位或者B位。J1~J8为8个接针压片,通过接针压片的进出运动可实现翻针和接针动作。M1~M4为吊目压片,其动作为上下摆动,使其压下或者避开针踵,实现织针的H位置。Z1~Z4为4个翻针和中山三角,它们利用电磁铁实现一个跷跷板的动作,一个三角处于上位,则另一个必处于下位。正常编织时中山三角工作,翻针三角不工作,若实现翻针动作时,翻针三角工作,中山三角不工作。X为8个选线电磁铁,其动作为进出运动,通过电磁铁的动作实现该路的纱线被喂入编织。

机头的执行元件按其功能分为3类,即电磁式电子选针器、电磁铁和步进电动机。

3 驱动电路设计

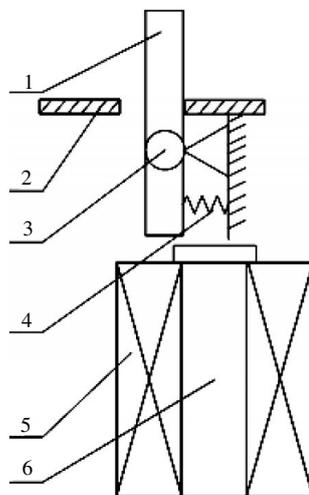
3.1 电磁式电子选针器驱动

电子选针器采用拍合式电磁铁实现,其结构如图2所示^[5-7]。当线圈中有电流通过时,在铁芯和工作气隙组成的磁路内产生磁通,建立起磁场,产生电磁力,吸合选针刀片。当线圈中电流值达到某一定值时,吸合力足以克服复位弹簧的阻力时,选针刀片便可绕转动销转



D1~D8.度目三角;S1~S8.选针器;J1~J8.接针压片;
M1~M4.吊目压片;Z1~Z4.翻针和挺针三角;X.选线电磁铁。

图1 机头执行部件图



1.选针刀片;2.选针器外壳;3.转动销;
4.复位弹簧;5.线圈;6.铁芯。

图2 电磁式电子选针器结构图

动到左位。当线圈反向通电时,选针器刀片可以复位在右位,并且有一定的电流可以防止其左向的惯性,使选针刀片通过电磁线圈的通电方向改变其左右的位置。

根据克希霍夫第二定律,在磁路的任一闭合回路中,各部分磁压

降的代数和等于环绕这个回路所有的代数和,可得到式(1):

$$I \times W = H \times L + H_1 \times L_1 + 2 \times H_8 \times \delta \quad (1)$$

式中: I 为磁化电流,A; W 为线圈总匝数,匝; H 为铁芯中的磁场强度,T; L 为铁芯中磁路平均长度,m; H_1 为衔铁中的磁场强度,T; L_1 为衔铁中磁路平均长度,m; H_8 为工作气隙中的磁场强度,T; δ 为气隙长度,m。

$$\Phi = BS \quad (2)$$

式中: Φ 为磁通量,Wb; B 为磁感应强度,Gs; S 为截面积,m²。

$$B = \mu H \quad (3)$$

式中: μ 为磁导率; H 为磁场强度,H。

$$S = L \times L \quad (4)$$

将式(3)和(4)代入式(2),可推导出式(5):

$$\Phi = \mu \times H \times S = HL / (L/\mu S) = U_m / R_m \quad (5)$$

式中: $U_m = HL = \Phi R_m$ 为磁路L上的

磁压降, V ; $R_m=L/\mu S$ 为磁路 L 上的磁阻, H 。

根据克希霍夫第二定律有 $\Sigma HL=\Sigma IW$, 可推导出式(6):

$$IW=\Phi R_m+\Phi R_{m1}+2\Phi R_\delta=\Phi(R_m+R_{m1}+2R_\delta) \quad (6)$$

式中: R_m 为磁路 L 上的磁阻; R_{m1} 为衔铁磁路上的磁阻; R_δ 为气隙 δ 上的磁阻。

电磁吸合力的大小与磁力线穿过磁极的总面积及气隙中磁感应强度的平方成正比。如果磁感应强度 B 在磁极表面上是均匀的, 则吸合力计算如式(7)所示:

$$F=\left(\frac{B_\delta}{5000}\right)^2 \cdot S_\delta \quad (7)$$

式中: F 为电磁吸力, N; B_δ 为气隙的磁通密度, Gs; S_δ 为气隙的截面积, m^2 。

由于 $\Phi_\delta=B_\delta S_\delta$, 因此将 $B_\delta=\Phi_\delta/S_\delta$ 代入式(7)可得式(8):

$$F=\left(\frac{\Phi_\delta}{5000}\right)^2 \cdot \frac{1}{S_\delta} \quad (8)$$

式中: Φ_δ 为气隙磁通, T。

在工作气隙小时, 漏磁通可以忽略, 即 $\Phi_\delta=\Phi$ 。同时, 在磁路尚未饱和时, 导磁体的磁阻可以忽略, 即 $R_m=0, R_{m1}=0$, 则公式(6)可以简化为 $IW=2\Phi R_\delta$, 即 $\Phi=IW/2R_\delta$ 。衔铁上的吸合力用式(9)计算:

$$F=1.57 \times (IW)^2 S_\delta \delta^2 \cdot 10^{-8} \quad (9)$$

其中: IW 为安匝值; S_δ 为工作气隙有效面积, m^2 ; δ 为工作气隙的总长度, m。

由式(9)可以看出, 当 W 一定时, IW 与线圈上施加的电压值成正比, 通过计算可知为了实现选针片的动作其施加的电压 $U>19.7$ V, 且吸力随电压的增高而增加, 也随间隙的缩小而增大^[8]。本文设计的电磁式电子选针器的驱动电路如图3所示, 采用直流24V供电, 主要任务是完成选针器的充放电

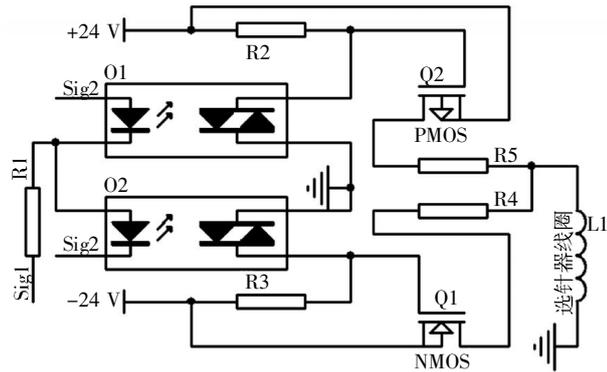


图3 选针器电磁铁驱动电路

过程。由于选针器充放电所需要的电流较大, 故设计时采用金属氧化物半导体场效应晶体管(MOS管)实现大电流驱动, Sig1和Sig2为控制信号, 控制电压为TTL电平; R1~R5为限流电阻; O1和O2为光耦。

当 Sig1=1, 且 Sig2=0, 此时光耦O2工作, $V_{GS}=24$ V, N型MOS晶体管(NMOS)的 $V_{DS}=0, -24$ V 电平通过NMOS管Q1, 再经过限流电阻R4, 最后电压施加在选针线圈L1的一端。

当 Sig1=0, 且 Sig2=1, 此时光耦O1工作, $V_{GS}=-24$ V, P型MOS晶体管(PMOS)的 $V_{DS}=0, +24$ V 电平通过PMOS管Q2, 再经过限流电阻R5, 最后电压施加在选针线圈L1的一端。

当 Sig1=0, 且 Sig2=0, 或者 Sig1=1, 且 Sig2=1 时, O1和O2光耦不工作, 此时的NMOS管Q1和PMOS管Q2均处于截止状态, 选针器线圈L1上并没有任何电流流过, 也不产生任何动作。

3.2 电磁铁驱动

电脑横机的选线电磁铁, 翻针电磁铁均采用直流螺管式电磁铁, 主要利用电磁铁铁芯的伸出和缩回动作, 实现导纱器选择和翻针等动作。直流螺管式电磁铁内部结构图^[9-10]如图4所示。

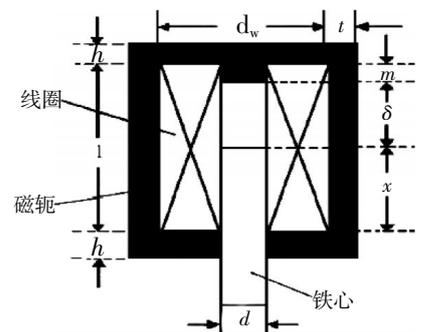


图4 螺管式电磁铁结构图

螺管式电磁铁吸合力为:

$$F=6.4 \times (IW)^2 \left[\frac{\pi r^2}{e^4 \delta^2} + \frac{2\pi}{\ln \frac{r_w}{r}} \left(\frac{x}{l} \right)^2 \right] \times 10^{-8} \quad (10)$$

其中: I 为线圈电流, A; W 为线圈匝数, 匝; l 为线圈长度, m; m ; r_w 为线圈半径, m; r 为铁芯半径, m; δ 为气隙长度, m; x 为铁芯伸出线圈的长度, m。

为了完成伸出与缩回动作, 电磁铁的吸力 $F>m_{\text{铁芯}}g+mf$, 即它要克服铁芯重力和摩擦力实现铁芯的抬升。将电磁铁参数代入公式(10), 计算可知, 为了使电磁铁能实现伸出和缩回动作, 其电压 $U>20.53$ V, 本文选用24V电源作为其驱动电源。

螺管式电磁铁有3个接线端子, 中间公共极接24V电源, 利用另外两极的电路实现其铁芯的吸合和释放, 其电路如图5所示, Sig1和Sig2为控制信号, TTL电平。

Sig1 和 Sig2 信号为互斥信号,当 Sig1=1 时, Sig2=0, 光耦 O2 工作, 下方光耦的 12 V 便加在电阻 R4 上, 此时 Q2 的 $V_{GS}=12\text{ V}>0$, DS 端导通, 则 24 V 电压通过电磁铁线圈产生吸合力, 将电磁铁吸合。

反之, 当 Sig1=0 时, Sig2=1, 此时光耦 O1 工作, 12 V 通过 O1 加在 R2 上, 此时 Q1 上的 $V_{GS}=12\text{ V}>0$, DS 端导通, 24 V 电压通过上方的线圈产生电流, 此时电流方向与流过 Q2 的电流方向相反, 故产生斥力将电磁铁推出。

3.3 步进电动机驱动

机头上的织物密度通过步进电动机进行调节, 步进电动机带动度目三角沿导向沟槽移动, 移动的距离通过一个凸轮来实现, 步进电动机转过的角度值直接通过凸轮转换成位移值。步进电动机的驱动利用东芝 (TOSHIBA) 公司生产的驱动芯片 TB62209FG 来实现, TB62209FG 具有细分设置、衰减模式设置、自动半流、驱动电流可调等特性。其输入管脚有 CW/CCW (电动机正反转)、ENABLE (使能) 和 CLK (脉冲)。输出包含了电动机的驱动项 A+、A-、B+、B- 等接线端子。步进电动机驱动详细电路设计如图 6 所示, 电路中采用了 3 个拨盘开关, S1 实现其细分, S2 实现自动半流设置, S3 实现衰减方式的控制。

4 结束语

对机头上的所有执行部件进行了驱动设计, 将电路板安装在横机上, 并通过实际编织测试, 各执行动作速度快, 完全可以满足电脑横机的横向移动要求。本文的研究为电脑横机的控制系统研究提供了支持, 为电脑横机的国产化及推广工作提供了理论依据。

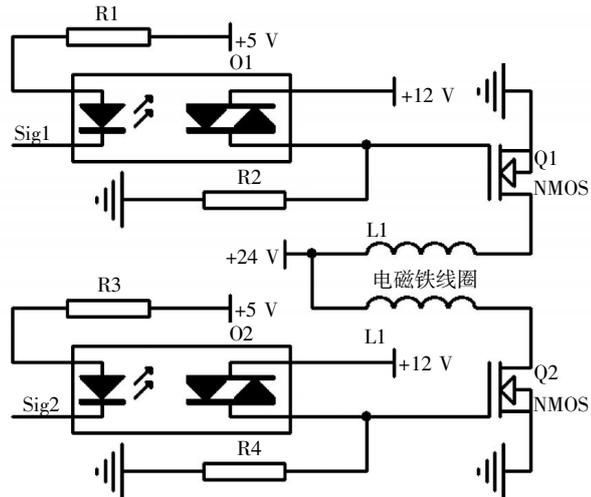


图 5 选线电磁铁驱动电路

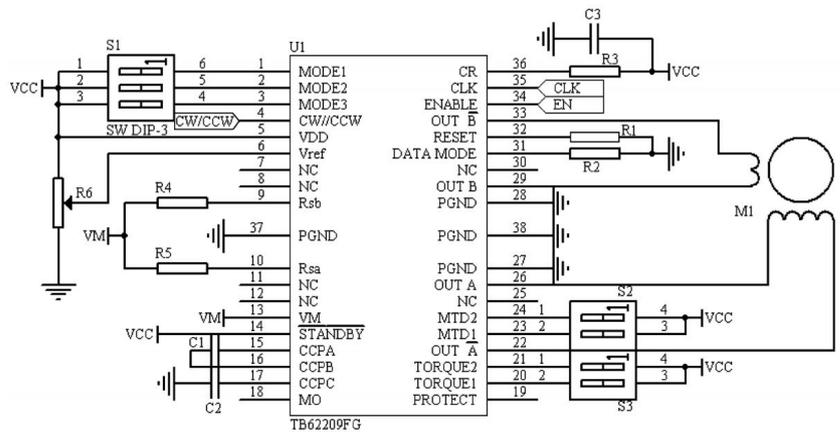


图 6 步进电动机驱动电路

参考文献

- [1] 罗冰洋, 莫易敏, 郭艳. 电脑横机花型准备系统的设计[J]. 纺织学报, 2007(7): 116-120.
- [2] 徐海平, 李岱, 徐家华. 电脑横机关键零部件的质量控制 [J]. 针织工业, 2011(1): 15-17.
- [3] MERMELSTEIN S P, HALE D, ACAR M, et al. Patternign servo-mechanism for a circular warp knitting machine[J]. Mechatronics, 2001(11): 617-630.
- [4] 李胜华, 朱文俊. 国产电脑横机的现状与未来发展趋势[J]. 国际纺织导报, 2011(3): 39-41.
- [5] 张一平, 吕旭东. 影响电脑横机选针器选针可靠性的几个因素[J]. 郑州纺织工学院学报, 2001(3): 43-45.
- [6] 谢志敏, 张一平. 新型电脑针织横机选针器的工作原理及选型设计[J]. 纺织器材, 1999(1): 26-28.
- [7] 黄继雄, 郭艳, 金昌. 电脑横机选针时间分析与软件实现[J]. 武汉理工大学学报, 2006(5): 55-57.
- [8] 杨晓峰. 浅述电子清纱器检测头电磁铁的设计 [J]. 纺织器材, 2010(6): 17-19.
- [9] YONG H, LIU D X, YONG R, et al. Analysis of the practical force accuracy of electromagnet-based nanoindenters [J]. Measurement, 2010(9): 1090-1093.
- [10] 李达, 张军, 张道清, 等. 直流螺管式电磁铁吸力经验公式的修正[J]. 赣南师范学院学报, 2010(6): 58-60.

收稿日期 2012年4月17日