

基于 PLC 控制的血型卡自动灌液系统的设计与实现

陈曦, 胡亚乔, 柴晨晨
(河北工业大学, 天津 300130)

摘要: **目的** 设计一种基于 PLC 控制的血型卡自动灌液系统, 并应用于实际生产中, 解决灌液后液内有小气泡、药液挂壁等问题。**方法** 机械结构应用 CAD 制图软件进行绘制, 然后按照图纸进行机加工。系统采用台达 DVP 48EH PLC 控制气缸与步进电机带动定位锥固定板和灌液针管固定板运动, 实现定位锥对血型卡的精准定位和对灌液针管在血型卡内下降行程的精确控制, 同时结合 XMP6000 微量泵将定量药液注入到血型卡内。**结果** 实际生产过程中, 灌液后液内有小气泡、药液挂壁现象得到了大大改善。**结论** 该系统在运行过程中, 达到了工艺要求, 且操作便捷, 可靠稳定安全, 自动化程度高, 适用于中小企业的生产。

关键词: 血型卡; PLC; 机械结构; 步进电机

中图分类号: TB486 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2017)05-0132-04

Design and Realization of Automatic Filling System Based on PLC Control for Blood Type Card

CHEN Xi, HU Ya-qiao, CHAI Chen-chen
(Hebei University of Technology, Tianjin 300130, China)

ABSTRACT: The work aims to design an automatic filling system based on PLC control for blood type card and apply it to the practical production, so as to solve the phenomenon of generation of air bubbles and wall-hanging liquid after filling. The mechanical structure should be drawn with CAD drawing software and then machined as per the drawing. The system adopted Delta DVP 48EH PLC to control cylinder and stepping motor to drive the fixed plates of locating cone and needle tubing for filling, so as to achieve the precise positioning of the blood type card by locating cone and the accurate control of descending stroke of needle tubing for filling in blood type card. Meanwhile, the quantitative liquid was injected into the blood type card combined with XMP6000 micro-pump. In the actual production, the phenomenon of generation of air bubbles and wall-hanging liquid after filling was greatly improved. The system has reached the technological requirements in the process of operation, and it is easy to operate, stable, reliable, safe and of high automation, which is applicable to the production for small-/medium-sized enterprises.

KEY WORDS: blood type card; PLC; mechanical structure; stepping motor

血型检测卡作为现代医学检测的一个重要方面, 文中所涉及的血型卡其形状为卡片式, 长为 64 mm, 宽为 54 mm, 卡为六柱型, 柱深为 17 mm, 柱内容积约为 50 μL , 其生产过程主要包括了灌液、灌粉(玻璃微珠)以及封膜 3 个工序^[1]。其中灌液工序在整个生产过程中显得尤为重要, 要求灌入到血型卡每个柱

内的药液均为 22 μL , 且最终成品的最低与最高注差不得超过 1 mm, 由于血型卡用来盛装药液的空间很小, 因而在灌液工序中, 很容易导致所灌液中出现小气泡, 以及药液挂壁的现象, 这样会导致下一工序灌粉过程中, 因为壁有药液的存在同样会出现粉挂壁现象, 因此灌液质量的高低不仅对下一工序灌粉有着直

收稿日期: 2016-09-23

基金项目: 天津市科技计划(14ZCDZSY00032)

作者简介: 陈曦(1963—), 男, 博士, 河北工业大学教授, 主要研究方向为控制理论与工程、智能检测和智能仪表及自动化设备。

接的影响,而且对最终成型产品的质量有着较为严重甚至致命的打击,轻则影响血型卡的美观,重则影响血型卡的使用,更甚会直接造成血型卡的报废。

目前针对血型检测卡灌液,部分公司还在用较为传统方式,即通过员工将药液注入到血型卡中,这种方式不仅工作效率低,需要大量的人力和时间,同时也大大增加了人接触药液的几率,进而增添了人与药液之间相互感染的风险。虽然也有些公司生产出了相关的灌液设备,但是大部分设备结构复杂、体积大、功耗高、可靠性低、操作麻烦^[2]。根据某生物公司一台小型的自动灌液的生产工艺要求,该课题组设计与研制了与其要求相符合的基于 PLC 控制的血型卡自动灌液系统。

1 机械结构的设计

血型卡自动灌液系统机械结构见图 1,主要包括支撑结构、灌液针管上下运行结构、定位锥定位结构、灌液针管运行限位结构等部分。

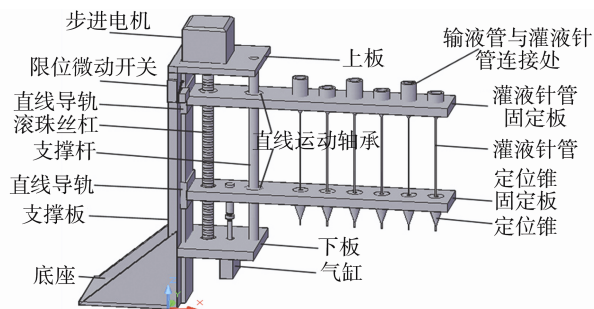


图 1 血型卡自动灌液系统机械结构
Fig.1 Mechanical structure of the blood type card automatic filling system

1) 支撑结构。支撑结构直接影响着系统在运行过程中的精确性,其主要由底座、支撑板、支撑杆、上板、下板组成,材料主要采用铝板,通过铣床按照设定好的尺寸进行加工,然后进行组装。

2) 灌液针管上下运行结构。灌液针管上下运行结构为此系统的核心部分,灌液针管上升或下降行程都需要得到精确的控制,其行程精度需达到 0.1 mm,同时灌液针管在运行过程中要保持极正的位置,不能有任何的偏斜或弯曲,否则会造成灌液针管下降行程的精度不够以及碰壁现象。其主要由步进电机、滚珠丝杠^[3-4]、直线导轨、灌液针管固定板、直线运动轴承、输液管连接处、灌液针管组成。其中通过在灌液针管固定板上打孔与攻丝来实现灌液针管与输液管的连接与固定,灌液针管固定板通过直线导轨与直线运动轴承分别与支撑板和支撑杆连接,防止灌液针管固定板出现头部向下倾,导致针管偏斜,以此来实现灌液针管在上下运行中保持极正的位置,其结构见图 1。

3) 定位锥定位结构。定位锥定位结构为此系统的辅助结构,主要用来实现对血型卡的精准定位以及辅助灌液针管在进入血型卡时,保持居中位置,防止灌液针管碰壁,造成液滴挂壁现象。其主要由气缸、直线导轨、定位锥固定板、直线运动轴承、定位锥组成。通过在定位锥固定板上打孔与攻丝来实现定位锥的固定,定位锥固定板通过和直线导轨与直线运动轴承分别与支撑板和支撑杆连接,防止灌液针管固定板出现头部向下倾导致定位不准。其结构见图 1。

4) 灌液针管运行限位结构。灌液针管运行限位结构主要用来对灌液针管上升时进行限位,防止灌液针管的超额上升对设备造成损坏。其由微动开关固定在支撑板上,见图 1。

2 控制系统的设计

2.1 硬件基本配置

根据血型卡自动灌液系统的控制以及工艺要求,为了运行中可靠稳定,抗干扰能力强,采用 PLC 进行控制^[5-10]。硬件配置包括台达 PLC (型号为 DVP48EH00T3)、XMP6000 微量泵、35 步进电机(型号为 MR35BYG34)、步进电机驱动器(型号为 2M432/2M420)、微动开关(型号为 SS-5GL2)、Air TAC 气缸(型号为 MD10X20)、SMC 电磁阀(型号为 SY3120—5GZ—M5)^[10-13]。

2.2 控制系统的结构组成

控制系统结构见图 2。血型卡自动灌液系统的控制实现主要通过控制器 PLC 接受外界的开关量输入,然后通过用户写入 PLC 的程序进行逻辑运算与处理,最终输出脉冲信号、开关量信号,实现步进电机驱动器、电磁阀对步进电机、气缸的控制,完成灌液针头的上升与下降,定位锥对血型卡的定位,最终达到血型卡自动精准地灌液。

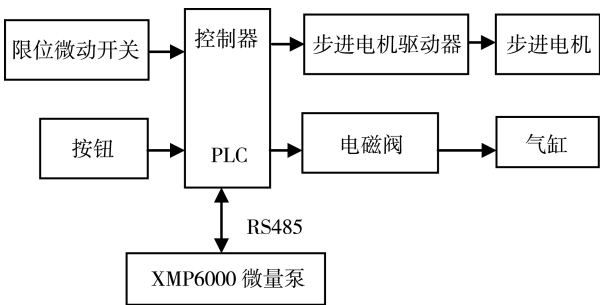


图 2 控制系统结构
Fig.2 Structure diagram of control system

对于针头下降行程的精准控制主要通过控制器 PLC 发出脉冲,然后通过步进电机驱动器转换为角位移,来实现步进电机带动滚珠丝杠的转动完成灌液针

头精确地上升与下降。灌液针头下降或上升行程控制算法见式(1),即通过控制给的脉冲数量来达到控制行程的目的。

$$s = \frac{\theta_e LP}{360M} \quad (1)$$

式中: s 为灌液针头下降或上升行程; θ_e 为电机固有步距角; L 为滚珠丝杠导程; P 为脉冲数; M 为步进电机驱动器细分系数。

2.3 PLC 控制软件设计

2.3.1 PLC 地址分配

在设计中根据灌液针管下降和上升行程精度要高,定位锥定位要准等控制要求,用相关指令编写梯形图^[14]。在梯形图编写中的地址分配及相应功能为: X0 对应为启动按钮,控制设备的运行, X1 对应为停止按钮,控制设备的停止, X5 对应为限位微动开关,对灌液针管上升进行限位; Y0 对应为步进电机,控制灌液针管的运行, Y1 对应步进电机的运行方向,控制灌液针管运行方向, Y2 对应为气缸,控制定位锥固定板的压下与抬起; T0—T5 位定时器,对各阶段定时; M0—M6 为内部辅助标志位。

2.3.2 PLC 程序设计

程序设计主要包括定位锥固定板的压下、灌液针管固定板的精确下降、XMP6000 微量泵灌液^[15]、灌液针管固定板的精确上升、定位锥固定板的抬起等部分,以此来实现血型卡自动灌液的目的。血型卡自动灌液 PLC 梯形图见图 3。

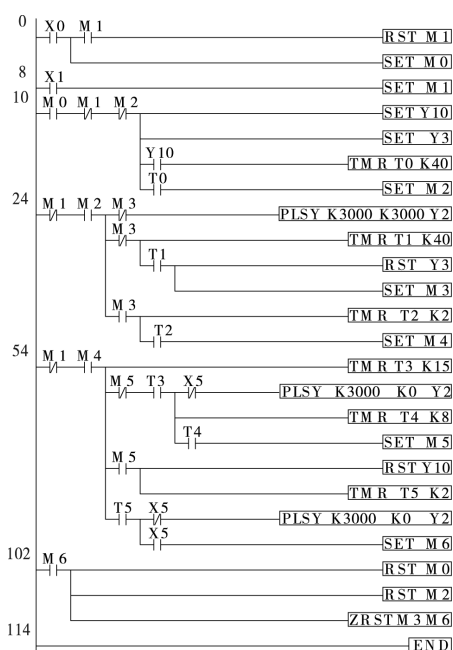


图 3 血型卡自动灌液系统 PLC 梯形图

Fig.3 PLC ladder diagram of the blood type card automatic filling system

图 3 中 RST 为复位指令,如 RST M1 含义为对内部辅助继电器 M1 进行复位;SET 为置位指令,如 SET M0 含义为对内部继电器 M0 进行置位;TMR 为定时器指令,如 TMR T0 K40 含义为当 T0 的计时值达到 40 个 100 ms (即 4 s) 时 T0 线圈导通;PLSY 为脉冲输出指令,如 PLSY K3000 K3000 Y2 含义为以 3000 Hz/s 的频率输出 3000 个脉冲;ZRST 为批量复位指令,如 ZRST M5 M6 含义为对内部辅助继电器 M5, M6 进行复位。

2.3.3 工作流程及结果

血型卡自动灌液的工作流程:按下运行按钮,气缸动作带动定位锥固定板压下,固定在定位锥固定板上的定位锥对血型卡的灌液入口进行精准定位,定位完成后延迟一段时间,步进电机动作,带动灌液针管固定板向下运行设定好的距离,固定在灌液针管固定板上的灌液针管穿过定位锥的中心(防止灌液针管进入到血型卡内时碰壁)进入到血型卡内,随后 XMP6000 微量泵进行动作,通过输液管和灌液针管将定量的药液注入到血型卡内完成灌液,接着改变步进电机动作方向,运行设定好的时间,带动灌液针管向上运行一段距离后停止(防止灌液针管脱离定位锥),气缸复位,带动定位锥固定板抬起,随之步进电机继续动作带动灌液针管向上运行直到接触到限位微动开关,灌液针管停止上升,完成第一次灌液,如此反复进行来实现血型卡的自动灌液。

在工作过程中,通过精确控制灌液针管进入到血型卡柱内的深度(灌液针管的最底端与血型卡柱底的距离约为 0.1 ~ 0.5 mm),解决了灌液产生气泡的问题,通过直线导轨及支撑杆的配合,平衡了灌液针管固定板和定位锥固定板,然后灌液针管穿过定位锥的中心进入到血型卡柱内,保证了灌液针管处于血型卡柱内居中位置不会碰壁,解决了药液挂壁现象。观察血型卡在经过灌液、灌粉(玻璃微珠)、封膜之后的半成品可知,其灌液后气泡的产生、药液的挂壁都已得到了明显地改善,基本已经被解决。与目前普通灌液系统相比,其设备成本降低了约 20%,药液挂壁、气泡产生现象改善了约 90%,无需再通过人工敲卡来解决挂壁现象,同时减少了血型卡、药剂的浪费,降低了各项成本,最终经济效益提高了约 30%。

3 结语

该血型卡自动灌液系统采用以台达 PLC 为核心的自动控制方式,设计合理,操作简便,自动化程度高,为克服以往血型卡在灌液过程中,灌液针管进入血型卡内位置精度不好以及灌液针管不居中出现碰壁造成灌液出现气泡以及药液挂壁现象,对灌液系统的机械结构进行了设计制作以及采取 PLC 的控制方

式,保证了系统在运行中的可靠性与稳定性,实现了血型卡自动灌液的目的,可以被应用于中小型企业生产。

参考文献:

- [1] 陈曦,高德钊. 血型检测卡灌装机控制系统的设计[J]. 自动化与仪表, 2015(2): 59—62.
CHEN Xi, GAO De-zhao. Design of Blood Test Card Filling Machine Control System[J]. Automation & Instrumentation, 2015(2): 59—62.
- [2] 高德钊. 血型检测卡灌装机控制系统的设计与实现[D]. 天津: 河北工业大学, 2014.
GAO De-zhao. Research and Design of Control System for Blood Test Card Filling Machine[D]. Tianjin: Hebei University of Technology, 2014.
- [3] 廖伟强, 何佳兵, 李丽秀, 等. 步进电机驱动滚珠丝杠传动分析与应用[J]. 机械传动, 2014, 38(12): 171—173.
LIAO Wei-qiang, HE Jia-bing, LI Li-xiu, et al. Analysis and Application of Stepper Motor Driven Ball Screw Drive[J]. Journal of Mechanical Transmission, 2014, 38(12): 171—173.
- [4] 卢礼华, 郭永丰, 下河边明, 等. 滚珠丝杠在超精密定位中的应用[J]. 航空精密制造技术, 2007, 43(1): 21—23.
LU Li-hua, GUO Yong-feng, AKIRA Shimokohbe, et al. Applications of Ball Screw in Ultra-Precision Positioning[J]. Aviation Precision Manufacturing Technology, 2013, 43(1): 21—23.
- [5] 李明, 李丽娟, 杨松, 等. 全自动液体定量灌装机控制系统设计[J]. 包装工程, 2013, 34(5): 78—81.
LI Ming, LI Li-juan, YANG Song, et al. Design of Automatic Quantitative Liquid Filling Machine Control System[J]. Packaging Engineering, 2013, 34(5): 78—81.
- [6] 李子昀. 基于 PLC 的自动生产线实验平台的研究[D]. 长沙: 中南大学, 2010.
LI Zi-yun. Study on the Experimental Platform of an Automatic production Line Based on PLC[D]. Changsha: Central South University, 2010.
- [7] 段文军, 石卓栋, 徐志刚, 等. 基于 PLC 的防爆全自动灌装设备控制系统设计[J]. 包装工程, 2014, 35(5): 58—61.
DUAN Wen-jun, SHI Zhuo-dong, XU Zhi-gang, et al. Design of Control System for Explosion-proof Automatic Filling Equipment Based on PLC[J]. Packaging Engineering, 2014, 35(5): 58—61.
- [8] 杨忠. 基于 PLC 的电子灌装计量系统设计[J]. 包装工程, 2011, 32(17): 87—90.
YANG Zhong. Design of PLC-based Electronic Measurement Filling System[J]. Packaging Engineering, 2011, 32(17): 87—90.
- [9] 张俊, 熊家慧, 郭爱云. 定量包装控制系统的设计与实现[J]. 包装工程, 2016, 37(13): 134—139.
ZHANG Jun, XIONG Jia-hui, GUO Ai-yun. Design and Implementation of Quantitative Packaging Control System[J]. Packaging Engineering, 2016, 37(13): 134—139.
- [10] 孙晓, 周浩. 基于 PLC 的样品煤定量包装控制系统设计[J]. 包装工程, 2011, 32(21): 76—78.
SUN Xiao, ZHOU Hao. Design of Quantitative Packaging Control System Based on PLC for Sample Coal[J]. Packaging Engineering, 2011, 32(21): 76—78.
- [11] 范超毅, 范巍. 步进电机的选型与计算[J]. 机床与液压, 2008, 36(5): 310—313.
FAN Chao-yi, Fan Wei. Selection and Calculation of Stepping Motor[J]. Machine Tool and Hydraulics, 2008, 36(5): 310—313.
- [12] 陈志聪. 步进电机驱动控制技术及其应用设计研究[D]. 厦门: 厦门大学, 2008.
CHEN Zhi-cong. Control Technology of Stepper Motor Driver and Its Design for Applications[D]. Xiamen: Xiamen University, 2008.
- [13] 张萍萍. 基于 PLC 的气动机械手控制系统的设计[D]. 成都: 电子科技大学, 2013.
ZHANG Ping-ping. The Excogitation for the Control System of the Pneumatic Manipulator Based on PLC[D]. Chengdu: University of Electronic Science and Technology of China, 2013.
- [14] 向晓汉. 三菱 FX 系列 PLC 完全精通教程[M]. 北京: 化学工业出版社, 2012.
XIANG Xiao-han. Mitsubishi FX Series PLC Fully Proficient Tutorial[M]. Beijing: Chemical Industry Publishing House, 2012.
- [15] 邵建新, 邓勇. 基于 PC 的 XLP6000 微量泵控制方法研究[J]. 南通大学学报(自然科学版), 2007, 6(1): 91—94.
SHAO Jian-xin, DENG Yong. PC-based Controlling Method of XLP6000 Syringe Pump[J]. Journal of Nantong University(Natural Science), 2007, 6(1): 91—94.