

双缸机械活塞砂浆泵智能控制系统设计

砂浆泵中的螺杆泵螺旋推送时定转子磨损比较快，需要经常对定转子以及配套设备进行更换，更换一次费用极其昂贵，而且严重延误项目进度。为了克服上述缺点提出了一种双缸机械活塞式砂浆泵，该款砂浆泵采用工作缸加补偿缸的双缸结构。在此基础上为了提高砂浆泵的智能化控制，提出了基于PLC和触摸屏智能化的砂浆泵控制系统，详细介绍了控制系统硬件结构和软件设计。所提出的机械活塞式砂浆泵结构紧凑、维修保养简单，同时可以大大降低机械设备的维护成本，所设计的控制系统实现了砂浆泵的自动化控制，有效监控了砂浆泵运行状态，同时提升了其运行效率。

王永隼 裘升东 丁柏君/绍兴职业技术学院

0 引言

随着社会的快速发展，要完成一个大型项目通常需要大量的人力、物力等，但工人的供应不断减小，大量工程项目需要建设，人为已经无力承接如此繁重的任务。尤其是在大型工程项目的建设过程中，形式多样化对建筑物的要求也越来越高，传统的工人工作已经完全跟不上建筑行业快速发展的步伐^[1-3]。

砂浆泵正是为了克服用工荒以及提升建设大型工程项目效率而设计的一款智能砂浆泵输浆设备，砂浆泵具有较强的灵活性，并且具有多种用途，占用工地空间较小，能够大大减轻建筑工人的劳动强度，并且可以提升工作效率。砂浆喷涂机主要分为螺杆式和柱塞式^[4-5]。目前市场上使用较多的是螺杆式，螺杆式喷涂均匀无脉冲，可喷涂高粘稠度的砂浆，但同时对于砂浆要求非常严格，

不能有大的颗粒存在，加沙的比例为1:3，但在实际使用过程中最多达到1:1，而且螺杆式最大的问题在于螺旋推送时定转子磨损比较快，需要经常更换，国外进口的多使用半个月，换一次需要上万元的费用，目前国产好一点的最多使用一个星期，换一次需要几百元，因此并不成熟的喷涂设备严重制约着行业的整体发展。

本次课题针对砂浆喷涂机进行研究，拟解决螺杆泵中定转子磨损严重、传动堵料等问题，有效延长定转子的寿命，降低更换成本，改善喷涂质量。为此提出了一种双缸机械活塞式砂浆泵，并为其配备了一套智能控制系统，有效提升了砂浆泵工作效率。

1 柱塞砂浆泵结构以及工作原理

本文设计的砂浆喷涂机采用双缸补偿的机械活塞式结构，砂浆泵机组整体结构如图1所示。砂浆泵机组由气动模块、泵送模块以及搅拌模块三大模块组成。气动模块将空气进行压缩，在喷头处产生高压，从而将砂浆在喷嘴处喷射成雾状并以一定的速度喷涂到墙面；砂浆的喷涂起停控制主要通过远程PLC和触摸屏实现控制和监控。泵送模块通过



图1 砂浆泵整机结构



王永隼/讲师

关键词/Keywords

砂浆泵 ·
定转子磨损 ·
PLC ·
触摸屏 ·

2016年度浙江省教育厅一般科研项目“螺杆式砂浆喷涂机定转子磨损行为改进研究”(Y201636805)。

双凸轮机构控制双缸往复运动，从而实现砂浆的输送。搅拌模块则在料斗内部通过搅拌机构实现砂浆的均匀搅拌，该款设备能够完全避免螺杆式定转子的磨损，大大提高了施工效率。

砂浆泵系统结构框图如图2所示。砂浆泵送系统可以分为两大部分：一部分是远程控制系统；另一部分是机械本体。通过PLC对变频电动机、搅拌电动机以及气路电动机进行控制，由触摸屏实现整个系统的监控以及故障显示等。系统一旦发生故障便可在触摸屏上进行显示^[6-7]。

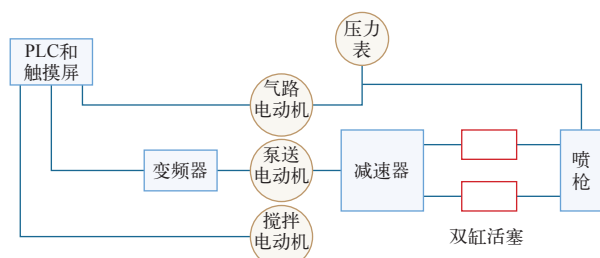


图2 砂浆泵系统结构框图

2 控制系统硬件设计

鉴于国内外柱塞砂浆泵控制技术发展的情况以及智能控制的具体要求，本文所设计的柱塞砂浆泵智能控制系统应具备以下功能：

1) 砂浆泵各泵组的运行控制以及运行监测。该功能主要包含了砂浆泵组各电动机的三角启动控制，变频电动机的转速以及转向控制，水泵的电控以及搅拌电动机的起停控制，润滑装置的起停控制。

2) 系统各数据采集功能。柱塞泵送系统中安装有气压、电源相序、电流、电压以及主活塞位置检测等各传感器，通过传感器对上述模拟量进行采集，并将采集到的数据及时反馈到触摸屏中；触摸屏上能够对砂浆泵泵送的砂浆流量进行统计并显示；对系统每次开机工作时间以及累计工作时间进行统计。

3) 人机界面的显示以及参数输入功能。人机界面需要能够及时显示泵送系统的各种运行状态数据，并显示各传感器采集的数据以及机组故障信息的显示。

砂浆泵送控制系统采用PLC作为控制系统硬件的核心，PLC采集传感器信号并接收上位机触摸屏下发的运转指令，对系统运行状态进行智能化控制。由PLC与触摸屏的通信进行在线检测以及故障处理。

现有PLC技术已发展到一定的水平，市场上PLC的种类也越来越多。不同种类、不同型号的PLC，在结构、性能、容量、处理速度和价格等方面也不尽相同，应用的场合也各有侧重。因此，根据系统需求合理地选择PLC，对于提高整个控制系统性能、降低成本等方面有着重要的意义。PLC的选择主要从机型、容量、I/O模块、特殊功能模块、电源模块和价格等方面加以综合考虑。

(1) 合理的结构型式

根据硬件结构的不同，可以将PLC分为整体式和模块式两种。整体式PLC将CPU模块、I/O模块和电源模块装在一个箱型塑料机壳内。大、中型PLC一般采用模块式结构，应用于较复杂、要求较高的系统。

(2) 安装方式的选择

PLC系统的安装方式分为集中式、多台PLC联网的分布式以及远程I/O式。集中式系统成本低、反应快，不需要设置驱动远程I/O硬件；多台PLC联网的分布式适用于系统内有多台设备需要独立控制，又彼此相互联系的情况；远程I/O式适用于大型系统，系统的装置分布范围很广。

(3) 相应的功能要求

低档PLC主要应用于控制要求简单、被控变量比较少的场合，系统以开关量控制为主，当控制要求较高，且要求实现闭环控制、定位控制和PID运算等功能时，一般选用中档或高档PLC。

(4) 响应速度的要求

一般情况下，PLC的响应速度都能满足其适用范围内的要求，对于速度要求比较高的场合，要注意PLC的响应速度。

(5) 抗干扰能力

工业机器人一般工作在噪声、电磁干扰等作业现场，所以要求PLC应用于工业环境中时应具有较强的抗干扰能力，保证系统能在恶劣的环境中

稳定可靠地运行。

根据砂浆泵工作流程选择模块式的PLC，主要组成单元有CPU模块、电源模块、基本I/O模块和通信模块。对砂浆泵控制系统进行扩展时，只需要在原系统上增加相应的功能模块就可以完成功能的添加，设计成本低、效率高，经过对欧姆龙PLC各系列CPU模块的比较，选用的CPU模块为CJ1M-CPU13。

该PLC系统功能模块较多，考虑到今后功能模块的扩展，选择输出容量较大的电源模块，型号为CJ1W-PA205R。该模块电源电压为AC 100~240 V，DC 5 V输出容量为5 A，DC 24 V输出容量为0.8 A，总消耗功率为25 W。选择的输出模块型号为CJ1W-OD211，该模块为16点晶体管输出，开关能力为DC 12~24 V 0.5 A，外部连接形式为可卸端子块。由于PLC采用模块式，输入输出信号增多时，只需添加相应的模块即可。

根据泵送控制系统的功能要求，控制器需要和触摸屏进行数据传输通信。CJ1M-CPU13含有一个USB接口连接PC机，主要用于程序的下载与调试，另一个RS 232C口与触摸屏连接，完成上位机界面的传输。

触摸屏又称为触控面板，触控屏可以取代机械式按钮面板，并通过液晶显示画面生成生动的影音效果。触摸屏一般接收触头等输入信号，当接触液晶屏幕上的图像按钮时，屏幕上的触觉反馈系统可依据设定好的程式驱动各种连接装置，其作为一种全新的输入输出硬件，已成为目前最简单、方便的人机交互设备。本系统所要求的触摸屏性能并不是很高，但应用场合可能是化肥厂、面粉厂等较恶劣的工作场合，所以要求所选择的触摸屏性能可靠，使用寿命长。触摸屏主要用来对泵送机运行状态进行显示和监控，由于该机械设备工作环境较为恶劣，为了保证泵送系统能够稳定可靠运行，并秉持降低生产成本原则，上位机选择威纶TK6050ip系列触摸屏。

3 控制系统软件设计

硬件是控制系统的载体，智能砂浆机功能的

实现还需要强大的软件系统支持。软件系统设计的优劣，很大程度上决定了砂浆机的智能性与可靠性，同时决定了砂浆机的整体性能，因此软件部分的设计对于砂浆机的智能化和自动化也至关重要。砂浆机控制系统软件设计应当遵循软件设计流程，依据欧姆龙PLC的编程环境，智能化砂浆泵控制系统软件主要包括触摸屏软件和PLC控制软件两大部分，砂浆泵智能控制系统软件结构如图3所示。

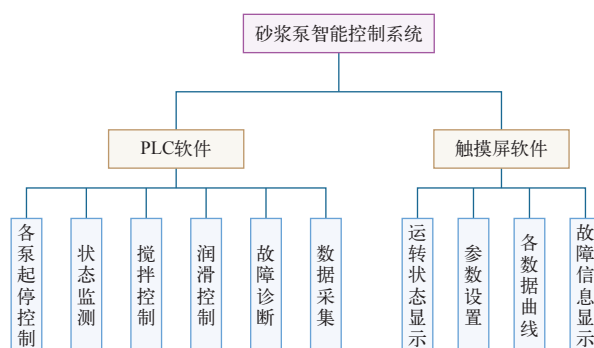


图3 砂浆泵智能控制系统软件结构

PLC程序采用CX-Programmer进行编写，程序采用模块化进行设计，对泵起停控制、状态监测、搅拌控制、故障诊断以及数据采集等模块进行模块化编程，主程序模块根据砂浆泵工作需要调用不同的模块程序。任务模块根据各个相互独立的功能进行编写程序段，该编程方法便于调试，可以大大减小程序扫描周期，提高系统稳定性。

控制系统人机界面的设计充分发挥了触摸屏显示与输入信息的功能，设计了丰富的图形界面以及按钮指示灯，各按钮直观形象，报警信息文字简单明了，丰富便捷的人机交互方法为泵送系统提供了强大的智能化以及人性化，人机界面软件流程如图4所示，人机界面根据页面索引号切换显示各个画面。

4 结束语

鉴于螺杆式砂浆泵存在定转子磨损严重、更换周期长以及严重影响施工周期等缺陷，本文设计了一款双缸机械活塞式砂浆泵。为了实现砂浆

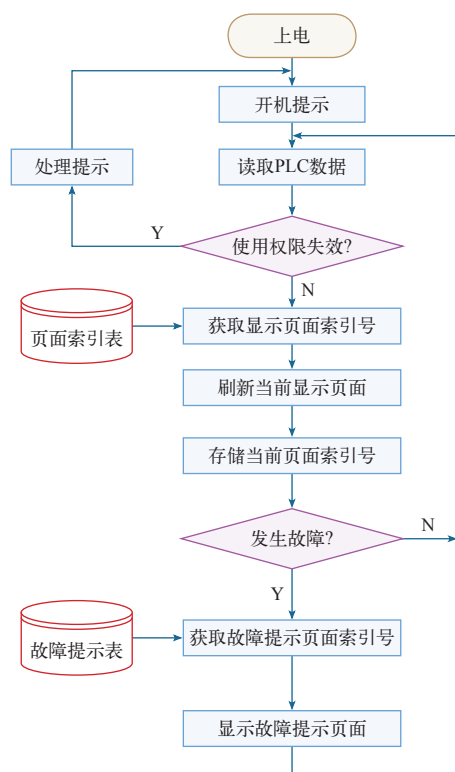


图4 人机界面工作流程

泵的智能自动控制，开发了一套基于PLC和触摸屏相结合的智能控制系统，利用PLC对砂浆泵的泵组进行起停控制以及砂浆泵传感器数据的采集，同时利用触摸屏实现了与PLC的串行通信，并将数据

以及故障显示在触摸屏上。该控制系统完全实现了砂浆泵的智能自动化控制，为砂浆泵的稳定可靠运行提供了有效保证。

参考文献

- [1] 李果. 干混砂浆的机械化喷涂施工技术 [J]. 浙江建筑, 2015, 32 (2): 40-43.
- [2] 祝少慰, 潘秀媚. 温工喷涂机技术在诸暨港龙商贸城项目中的应用分析 [J]. 散装水泥, 2014 (5): 39-40.
- [3] 张大可, 顾学仁. 双活塞缸砂浆泵补偿机构设计和运行理论分析 [J]. 1998, 1 (8): 19-22
- [4] 滕然伟, 赵英俊, 吴波. 一种基于PLC的工程机械液压系统故障诊断方法 [J]. 机械与电子, 2004 (10): 29-31.
- [5] 周玲. 工程机械液压系统的状态监测与故障诊断 [J]. 工程科技, 2000 (2): 43-47.
- [6] 张建国. PLC在机电设备故障诊断中的应用 [J]. 锦州师范学院学报: 自然科学版, 2003, 24 (4): 20-22.
- [7] 杨日杰, 何友, 崔旭涛. 基于sms的远程数据传输系统设计 [J]. 电子工程师, 2004, 30 (2): 27-30.

(收稿日期: 2016-10-25) **EA**

(上接第52页)

- | | |
|--|---|
| <p>[2] 李发海. 电动机学 [M]. 4版. 北京: 科学出版社, 2007: 165-216.</p> <p>[3] 杨光, 徐征, 陈锐坚. 感应电动机参数静止辨识的误差特性分析 [J]. 电气传动, 2013, 43 (2): 7-10.</p> <p>[4] 郑爱莲, 徐枝新. 感应电机无传感器矢量控制系统中的参数静止辨识 [J]. 电气传动, 2014 (9): 14-17.</p> <p>[5] 刘宏鑫. 矢量控制与直接转矩控制之我见 [J]. 电力电子, 2004 (1): 33-34, 38.</p> | <p>[6] 杨家强, 高健, 金玉龙, 等. 基于矢量控制的多相感应电机电子变极调速技术 [J]. 电工技术学报, 2014 (3): 96-102.</p> <p>[7] 王琛琛, 齐龙, 苟立峰, 等. 基于无速度传感器的异步电机并联加权矢量控制 [J]. 电工技术学报, 2015 (10): 131-137, 156.</p> <p>[8] 燕俊峰, 王晓琳, 廖启新. 转子时间常数对异步电机转矩电流比的影响分析 [J]. 电气传动, 2014 (12): 12-16.</p> |
|--|---|

(收稿日期: 2017-08-19) **EA**