

基于线性回归方程的加油机油耗计算研究

郑明航¹, 彭来湖^{1,2}, 史伟民¹

(1.浙江理工大学现代纺织装备技术重点实验室, 浙江 杭州 310018;

2.杭州旭仁自动化有限公司, 浙江 杭州 310018)

✉zheng_m_h6@163.com; 43233212@qq.com; swm@zstu.edu.cn



摘要: 针对现有针织圆机^[1]加油装置无法精准控制和计算喷油量, 基于ARM平台设计了一种精准高效的针织圆机喷油系统。系统实现的功能包括信号采集、信号处理、人机交互和控制输出。针对机械振动导致的油位波动问题, 通过最小二乘法^[2]求出两个小时内油位数据的拟合曲线, 得到当前油位的预估值。人机交互^[3]设计包括油耗显示、气压显示、报警输出、系统参数录入等。通过测试对比, 系统能够精确控制喷油时间, 准确显示油耗信息, 及时对异常情况报警, 具有较高的准确性和稳定性。

关键词: 加油机; 最小二乘法; 人机交互技术

中图分类号: TP311 **文献标识码:** A

Research on Fuel Consumption Calculation of Refueling Tanker based on Linear Regression Equation

ZHENG Minghang¹, PENG Laihu^{1,2}, SHI Weimin¹

(1. Key Laboratory of Modern Textile Equipment Technology, Zhejiang Sci-tech University, Hangzhou 310018, China;

2. Hangzhou Xuren Automation Limited Company, Hangzhou 310018, China)

✉zheng_m_h6@163.com; 43233212@qq.com; swm@zstu.edu.cn

Abstract: Aiming at the inaccurate control and calculation of fuel injection volume of the existing circular knitting machine^[1] refueling device, this paper proposes to design a precise and efficient circular knitting machine oil injection system based on ARM (Advanced RISC Machine) platform. Functions of the system include signal acquisition, signal processing, human-computer interaction and control output. With regard to the problem of oil level fluctuation caused by mechanical vibration, the fitting curve of oil level data within two hours is obtained by using the least square method^[2], and thus the estimated value of the current oil level is obtained. Human-computer interaction^[3] design includes fuel consumption display, air pressure display, alarm output, system parameter input and so on. Through comparison test, the proposed system can accurately control fuel injection time, precisely display fuel consumption information, and timely alarm for abnormal situations. The system has high accuracy and stability.

Keywords: refueling tanker; least square method; human-computer interaction techniques

1 引言(Introduction)

针织圆机在高速运转过程中, 织针与三角、针筒中间存在滑动摩擦, 需要通过加油装置添加润滑油。在现有设备中, 润滑油的添加量无法得到精确控制, 加油过多时不仅造成资源浪费, 而且容易沾到布匹上, 形成油斑; 加油过少则会导致机械部件磨损, 减少使用寿命。除此之外, 设备在运

行时产生的机械振动, 使油位传感器检测的油位数据呈波动变化, 会影响后续的数据处理, 降低系统的准确性。

针对当前加油设备的不足, 本文设计了一种精准高效的针织圆机喷油系统。操作人员可以通过人机界面查看当前油位值和气压值; 可以通过薄膜键盘设置气阀开闭时间, 控制喷油量。使用最小二乘法对传感器采集的油位数据进行线性

拟合,参考汽车油耗表的设计^[4],根据拟合的油位数据,计算并显示瞬时油耗、累计油耗和剩余时间,以便操作人员记录油耗和停机加油。系统以ARM微处理器为核心,能够独立运行,具有较高的实时性和稳定性。

2 总体设计概述(An overview of overall design)

加油机油箱在压力的作用下将油滴吹入雾化装置中,经管道喷淋在针织圆机上。油箱内装有由浮子和电阻式导轨组成的液位传感器,两个压力传感器分别检测油箱内气压和吹气阀气压,传感器安装好之后,需要校准测试,并将校准值输入设置界面中保存。系统上电后,当检测到针织圆机的启动信号后开始工作,通过继电器控制电磁阀和气阀按照设置的时间开闭,界面上定时刷新当前油位值和气压值,当油位或气压异常时,界面上弹出报警框并控制针织圆机停机。系统框图如图1所示。

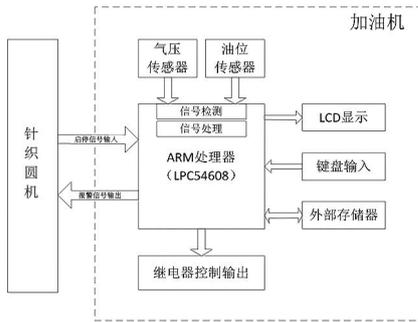


图1 系统框图

Fig.1 System framework

针对机械振动引起的数据波动问题,采用冒泡法对原始采样数据进行滤波处理,采用最小二乘法对滤波后的数据进行线性拟合,并根据拟合结果计算油耗信息。

3 数据拟合算法设计(Data fitting method design)

3.1 数据拟合

理想状态下,加油机内的油位是持续下降的,但由于机器启动后会产生振动,导致油位波动变化,从而使ADC采样的数据有随机误差。经测试,在短时间内,波动产生的误差大于加油机正常工作时的油耗量。针对这一问题,提出了一种数据拟合的方法^[5],即在加油机启动后的前120分钟内,每分钟记录一次油位采样值,根据这120个数据建立线性回归模型,得出一条拟合直线,并根据直线方程计算当前的油位拟合值。将这120个数据存入循环队列中,每分钟更新一次采样值,并计算油位拟合值。该直线方程根据最小二乘法求出,具体推导过程如下。

设 x_i 为采样时间, y_i 为 x_i 对应的采样值(其中 $i=1, 2, \dots, 120$);设该直线方程为: $\hat{y} = ax + b$, \hat{y}_i 为油位拟合值, $y_i - \hat{y}_i$ 表示采样值与回归直线拟合值的离差,这个值越小表示拟合的直线越准确,用离差的平方和作为总离差 Q ,即:

$$Q = \sum_{i=1}^{120} (y_i - \hat{y}_i)^2 = \sum_{i=1}^{120} (y_i - a - bx_i)^2$$

当 Q 的值最小时,得到的拟合直线最准确,这种方法称

为最小二乘法^[6]。通过公式计算 a 和 b 的值即可求得直线方程, a 、 b 的计算公式为:

$$b = \frac{\sum_{i=1}^n x_i y_i - n \bar{x} \bar{y}}{\sum_{i=1}^n x_i^2 - n \bar{x}^2} \quad (n = 120)$$

$$a = \bar{y} - b \bar{x}$$

其中, \bar{x} 、 \bar{y} 为 x_i 和 y_i 的均值。根据直线方程计算第120分钟的拟合值,该拟合值作为计算油耗的原始数据。

3.2 油耗计算

当获得油位数据后,需要对数据进行存储和计算。本设计使用累计油耗、瞬时油耗和剩余时间这三个变量来衡量油耗信息。累计油耗是指从系统开机到当前时刻累计使用的油量;瞬时油耗是指每小时产生的油耗,反映了油耗速度;剩余时间是指按照当前油耗速度把剩余油量用尽的时间。设系统开机运行时的油位值为 x_1 ,当前油位拟合值为 x_2 ,剩余油量为 M (单位mL),油箱容量为 V (单位mL), $4096 \times (Base_H - Base_L)$ 表示油箱容积的数字量(其中4096是ADC的最大分辨率, $Base_H$ 、 $Base_L$ 表示校准值),累计油耗为 Val (单位mL),瞬时油耗为 S (单位mL/h),剩余时间为 H (单位h),则有如下等式成立:

$$\frac{x_1 - x_2}{4096 \times (Base_H - Base_L)} = \frac{Val}{V}$$

$$S = \frac{b \times V}{4096 \times (Base_H - Base_L)}$$

$$\frac{x_2}{4096 \times (Base_H - Base_L)} = \frac{M}{V}$$

$$H = \frac{M}{S}$$

当计算得到油耗信息后,会在界面上显示,刷新频率为一分钟。

4 软件开发(Software development)

4.1 数据采样程序

由于加油机上的处理器自带12位模数转换器,因此无须额外电路。系统初始化后,使用多个通道同时采样,每个通道每采集80个数据即做一次数据处理,按照冒泡法将80个数据从小到大排序,去除首尾两端各10个数据,剩下的数据求平均数,得出的平均数作为实际计算值。这种软件滤波的方法可以提高采样数据的精准度,能够有效提高数据的准确性,保证了后续的油位显示和油耗计算,同时也兼顾了系统的快速性。

4.2 报警反馈程序

加油机在运行时需要实时检测传感器状态,保证系统工作在正常状态下。系统上电后,首先检测油位是否处于正常区间,若不正常,则界面弹出油位报警弹框。当按下启动键后,气阀打开,油箱内气压升高,延时10秒后,待气压稳定,开始检测气压是否处在正常区间,若不正常,则界面弹出气压报警弹框。油位报警和压力报警均分为预警级和故障级两个级别,预警级是警告工作人员要注意当前状态,但不

会自主干涉加油机或者大圆机的运行，具有预警作用；故障级表示系统当前可能处于故障状态，会使加油机自动停机，并向大圆机发出故障报警，由工作人员作出相应处理。报警反馈程序的流程图如图2和图3所示，其中图2为油位报警流程图，图3为气压报警流程图。

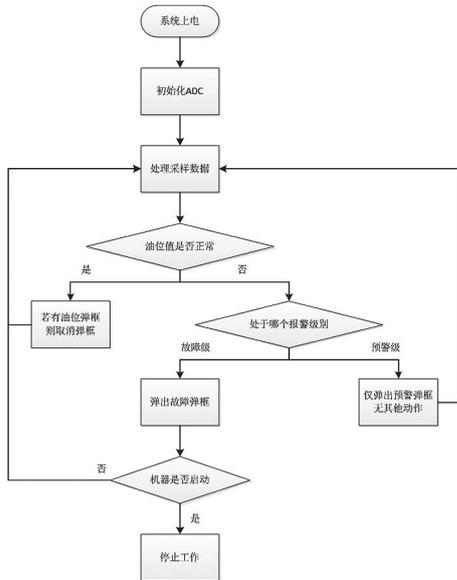


图2 油位报警流程图

Fig.2 Flow chart of oil level alarm

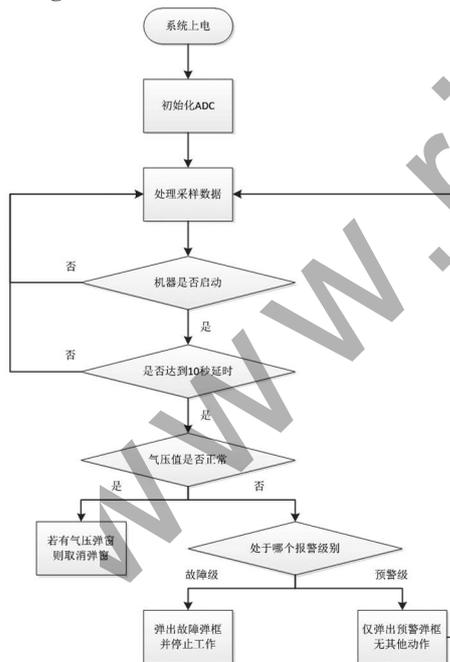


图3 气压报警流程图

Fig.3 Flow chart of air pressure alarm

5 测试验证(Test validation)

5.1 线性拟合测试

为了验证数据拟合算法的准确性，编写了测试用例，使加油机在运行时，通过串口将当前的油位数据打印输出在上位机上；截取了连续120个数据，以时间为横坐标、油位采样值为纵坐标，绘制油位数据离散图，如图4所示。

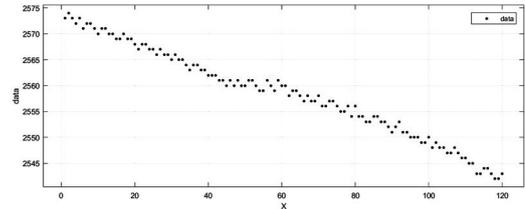


图4 油位数据离散图

Fig.4 Discrete diagram of oil level data

从图4可以看出，虽然在短时间内油位数据的变化没有规律，但两个小时油位数据呈明显的下降趋势。通过Matlab提供的cftool工具箱^[7]，使用最小二乘法，对这些离散数据进行直线拟合^[8]，得到的拟合直线如图5所示。直线方程的斜率和截距如图6中的p1和p2所示。

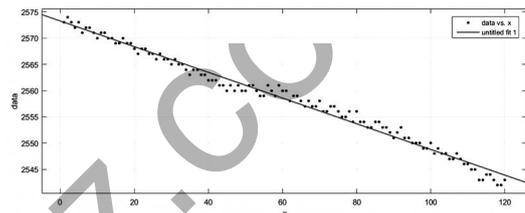


图5 拟合直线图

Fig.5 Fitting line diagram

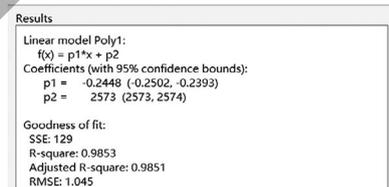


图6 直线方程参数图

Fig.6 Diagram of line equation parameter

在测试过程中，用仪表实时检测油箱的重量，可以测算到油量的变化速度，将该速度与拟合直线的斜率相比较，经过多次测试，两者误差在10%以内，满足实际生产要求。

5.2 故障报警测试

为了避免故障发生时工作人员不能及时解决，设计了故障预警和故障报警两种机制。当油位或气压达到预警值时，人机界面上弹出故障预警弹框，提醒工作人员当前油位或气压可能会发生故障，但不干涉机器的运行。当油位或气压超过警戒值时，人机界面上弹出故障报警弹框，警告工作人员已经发生故障，同时控制加油机停机以及向大圆机发送报警信号。在预警值与报警值边界处设置了缓冲区间，防止误触发的发生。通过手动调节传感器，让油位和气压处于不同的区间，界面弹窗的测试结果如图7所示。经过测试，在不同情况下，界面弹窗能够准确快速地切换。

6 结论(Conclusion)

针对当前市场上加油机存在的问题，基于ARM控制器，结合线性拟合算法和嵌入式控制技术，设计了一种新型加油机系统，该系统可以实时显示当前油位和油耗信息，帮助用户直观地了解机器状态；通过键盘输入可以调节喷油时

(下转第20页)