

蓄电池极板分拣系统中动态称重传感器的研究与设计

王 琳 李 超

(南京师范大学 电气与自动化工程学院 江苏 南京 210042)

[摘要] 研究了一种用于蓄电池极板称重分拣装置中的快速称重传感器,设计了基于 ARM7 的动态称重系统. 为了满足系统动态称重对数据采集的速度和精度的要求,实现数据快速稳定传输,系统以嵌入式微处理器 ADuc7026 为核心,实现数据的快速采集和滤波处理,控制 12864 液晶模块的实时显示,并利用 RS485 串行接口把经过处理的数据适时传送给可编程控制器(PLC)以便其控制称重分拣系统协同工作,完成对电池极板的快速流水称重分拣工作.

[关键词] 电池极板 动态称重 可编程控制器

[中图分类号] TP212.1 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 1672-1292(2012)01-0019-06

Research and Design of Dynamic Weighing Sensor for Accumulator Plates Sorting System

Wang Lin Li Chao

(School of Electrical and Automation Engineering, Nanjing Normal University, Nanjing 210042, China)

Abstract: This paper studies a fast weighing sensor for accumulator plates weight-check and sorting system. We designed a dynamic weighing system based on ARM7. To meet the requirements of fast and accurate data for the dynamic weighing system and get the fast and stable data transmission, we use embedded microprocessor ADuc7026 as the center of Dynamic weighing system. It can complete data acquisition and filter processing rapidly, and help to control the display in real-time on the LCD of 12864. Using RS-485 serial interface to transmit the data that had been processed to the Power Line Communication (PLC), the collaborative work of weight-check and sorting system could be controlled conveniently, and the accumulator plates weight-check and sorting system we have designed can work on the fast assembly line.

Key words: battery pads, dynamic weighing, programmable controller

随着社会不断发展,市场竞争也越来越激烈,人力资源成本也越来越高,各大生产企业都迫切需要改进自己落后的生产技术,从而提高生产效率.例如在需要对工件称重并根据其重量进行分组的工序中,以往多采用人工分拣或半自动分拣的方法,生产效率低、成本高.称重分拣系统技术与分拣作业的效率也越来越受到工程界和理论界关注^[1].

称重传感器作为称重分拣机的重要环节和核心设备,其对物体重量的快速准确测重,直接决定了称重系统设计的成败.合理的机械结构必须与快速测重、准确传输数据、高抗干扰性的称重系统密切配合,才能达到预期的效果.在本课题组研制的电池极板称重分拣装置中,极板位于称重平台上等待称重,称重数据上传后,极板会被快速输送到不同的地方归类,即完成分拣工序.由于极板在不同的位置之间快速运送,会产生不利于称重数据稳定的冲击和振动.静态称重方式往往无法胜任在这种有振动、冲击干扰源的情况下完成快速称重工作,这就需要采用动态称重系统,快速有效地消除干扰引起的误差,准确地获得被称物品的重量.因此,需要研究一种高效率的动态称重装置来配合完成电池极板分拣工作.

目前,静态电子称重技术基本上已趋于成熟,而动态电子称重技术发展则相对较慢.国内生产的称重

收稿日期: 2011-10-24.

通讯联系人: 李 超,博士,教授,研究方向: 机电一体化工程. E-mail: lichao@njnu.edu.cn

产品大多都是以普通单片机为核心的静态称重仪表. 由于普通单片机的运算速度慢, 不能采用计算量比较大的数据处理方法, 因此数据滤波的能力受到限制, 抗干扰能力比较差. 称重系统往往只能在冲击干扰信号平稳后, 才能获得准确数据, 称重耗时长. 笔者前期查询资料尚没发现国内市场有动态称重产品推广应用的报道. 国外已有几家著名大公司推出了各自的动态称重产品, 例如德国 HBM 公司生产的 FIT/1 型称重传感器, 其精度高、参数设置多、适应范围广, 前期实验结果表明它可以和 PLC 控制器高度配合完成极板称重, 但由于价格过于昂贵, 在蓄电池极板称重分拣等这些相对简单的动态称重环境下会造成资源浪费. 因此, 探索这一先进技术, 提高国内动态称重技术水平是国内相关研究人员所高度关注的问题. 在满足其精度的前提下, 降低成本, 找出能替代的产品以满足现代化生产的实际需要很有必要^[2].

基于以上研究背景, 设计了一款基于 Arm7 的动态称重系统, 以适用于本文提出的电池极板称重场合. 极板快速称重分拣系统是典型的自动称重系统, 大多采用“控制器 + 传感器”的模式进行设计. 系统的工作原理是: 动态称重系统采集到测量数据和位置信息, 传送给控制器(PLC); 控制器经过数据处理, 得出控制策略, 把控制信号传送给机械装置; 机械机构反馈动作信号, 完成各个电路的通断, 实现机构的协同运转, 完成称重及分拣工作. 本文主要完成极板称重传感器的设计及与 PLC 间通讯工作. 在对 ADuC7026 精密微控制器和先进的数据处理技术进行深入研究的基础上, 提出了快速高精度动态称重系统的解决方案. 动态称重系统分为以下几个模块.

1 称重机构设计

根据蓄电池极板的特性, 自动称重工序采用间歇运动方式输送和分拣被称重的极板. 为此设计了如图 1 所示间歇式旋转称重动、静平台. 动平台由一个 8 槽轮机构驱动, 在驱动电动机的带动下可以实现 8 工位的间歇运动方式. 动平台上绕其旋转轴心均匀开出 8 个方形通孔(如图 1 所示), 每个孔位对应着一个工位, 分别是等待位、称重位、预堆位 1~6. 静平台安放在动平台之下并与动平台保持一个不大于被分拣极板厚度的间隙(如图 2 所示), 以保证动平台旋转时, 能够把在静平台上放置的极板拨动滑行.

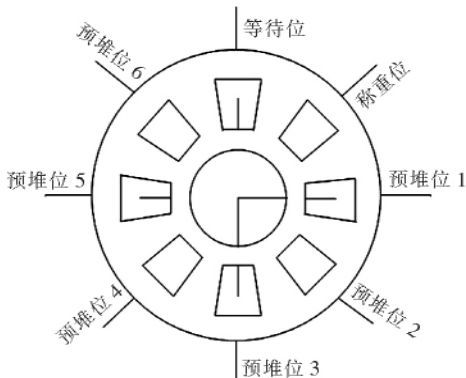


图1 工位排列图

Fig.1 Work position arrangement

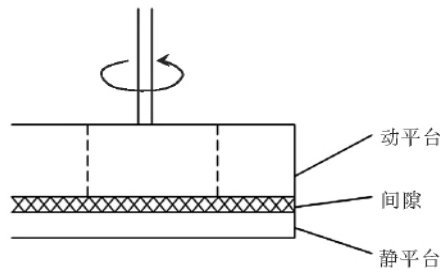


图2 分体式平台侧视图

Fig.2 Split platform side view

称重机构的工作过程是: 在 8 工位间歇运动机构的某一间歇期, 送料机构把一片蓄电池极板送到等待工位动平台的方形孔中, 此时极板会通过方形孔掉落到方形孔下方的静平台台面上, 进入等待称重阶段; 在间歇运动机构接下来的运动周期, 动平台上原在等待位上的方形孔顺时针旋转到称重工位并进入下一个间歇期, 而极板则被此方孔的孔壁推动滑动到称重位; 称重工位下方的称重传感器利用这个间歇期, 快速采集处理数据并上传给控制 PLC, PLC 则根据重量数据判断此极板应该归属的 1~6 的组别. 在此同时, 等待工位又接到了输送机构送来的下一片待测极板; 在接下来运动周期, 已经称重的极板会被动平台送到预堆 1 位置, 而等待工位的极板则被送到称重位; 再次进入间歇期时, 若 PLC 判定上一个间歇期时称重的极板重量属于第一组范围, 则会在此间歇期启动一个取料机构取走此极板, 若判定极板不属于此组, 则取料机构不动作, 极板则在下一个运动周期被动平台推倒下一个预堆组, 如此直到第 6 组时全部离开平台. 这样就会形成工位循环流水, 称重与分拣动作重叠, 可最大限度地减少辅助时间, 提高工作效率.

2 动态称重系统设计

在上述的工作循环中,提高动平台的转动频率,即减小间歇运动的停歇周期,可以提高工作效率。另外,系统驱动电机连续旋转,工作环境其他震动也会对测重系统形成干扰,因此称重分拣系统对称重传感器提出了以下要求:(1) 传感器要在尽可能短的时间内获得准确的重量数据;(2) 数据采集系统要能剔除由于被称重极板快速移动到传感器平台上时,冲击造成的误差;(3) 在系统相对平稳,到下一个运动周期到来之间的短暂时间内,尽可能多地采集有效的重量数据;(4) 传感器要把最终得出的重量值短暂存储,并在 PLC 需要时及时传送。传感器系统设计均以满足以上要求为目的。

2.1 系统总体设计

系统的主要模块包括数据处理模块、PC/PLC 通讯模块、人机界面及液晶显示模块(如图 3 所示)。通过 ARM7 微处理器对传感器采集到的数据进行处理,包括信号放大、模数转换及 FIR 数字滤波等,处理后的数据通过 RS-485 发送至 PC 和 PLC,PC/PLC 在对输入数据分析后进行后续的控制处理。为方便操作,设计了人机交互界面,进行各种参数设置,以液晶的方式显示实时称重的读数。称重系统组成框图如图 3 所示。

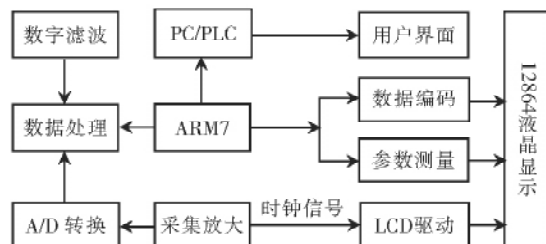


图 3 称重系统组成

Fig.3 Form of weighing system

2.2 称重传感器选型

称重传感器的种类很多,按转换方法分为光电式、液压式、电磁力式、电容式、磁极变形式、电阻应变式等 8 种,以电阻应变式使用最广。此类传感器结构简单,使用方便,而且价格相对便宜。本系统采用电阻应变式称重传感器,其工作原理如下:弹性体(弹性元件,敏感梁)在外力作用下产生弹性变形,使粘贴在他表面的电阻应变片(转换元件)也随同产生变形,电阻应变片变形后,它的阻值将发生变化,再经相应的测量电路把这一电阻变化转换为电信号(电压或电流),从而完成了将外力变换为电信号的过程^[3]。本系统所采用的传感器的技术参数:量程 2 kg、输出灵敏度 1.0 ~ 2.0 mV/V、综合误差 0.05% F·S、零点输出 ± 0.2 mV/V、安全过载能力 150% F·S、零点温度漂移 0.05% F·S/10℃。

2.3 嵌入式微处理器 ADuC7026

ADuC7026 是 ADI 公司生产的集成 ARM7TDMI 内核的精密数据转换器,具有 ARM7TDMI 内核的编程能力,集成了一个由 ARM 公司设计的 16/32 位 ARM7TDMIRISC 处理器内核,最高处理能力达 45MIPS。输入最高支持 16 通道的 12 位 A/D 转换,采样率高达 1MSPS。适用于高精度测量与控制以及具有基本数字编程要求的数据采集系统。由于 ADuC7026 把高速 A/D 转换、D/A 转换以及具有 ARM7TDMI 内核的微处理器集成在一个芯片内,利用 ADuC7026 作为前端数据采集可以缩小数据采集系统体积、简化电路、提高模拟通道的信噪比和降低系统成本^{[3][4]}。

2.4 变送器设计

本系统中,重量信号是由称重传感器测量的,传感器的输出是微弱的电压信号,为了便于传输,并且可以由数据采集卡进行采集,必须将称重传感器的 mV 信号放大转换为 0 ~ 5 V 或 4 ~ 20 mA 标准信号,才能被 PC 机及 PLC 控制器接受。这项工作需要变送器完成。变送器安装在压力传感器附近,它接收传感器的输出信号,并对传感器输出的微弱信号加以放大和调理,其主要参数如下:直流供电 DC12V,输出 0 ~ 5 V、精确度 0.01%、灵敏度接入范围 0.5 ~ 3.0 mV/V、激励电压 12VDC (0 ~ 5V) 和 24 V (4 ~ 20 mA)。变送器由以下几部分组成:直流电源部分(包括放大芯片的供电及传感器的供电)、信号放大部分、输出信号零点调节部分及输出信号满度调节部分。其内部电路图如图 4 所示。

传感器输出的差分信号分别接入放大器的输入正端(S+)

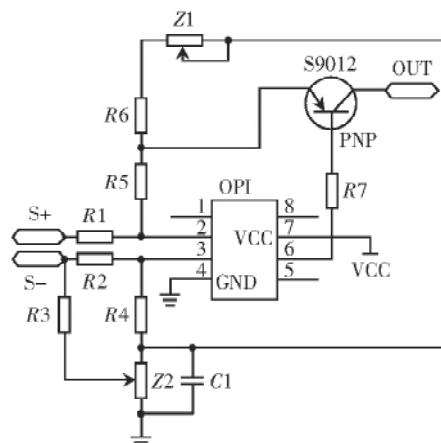


图 4 变送器内部电路图

Fig.4 Transmitter internal circuit

和负端(S-)经过放大器放大输出,在输出端转化为三极管 S9012 基极电流,由于传感器输入信号的变化,从而引起放大器输出信号的改变,继而转化为三极管 S9012 基极电流的变化,使得三极管集电极电流($I_c = \beta I_b$)输出发生相应的变化,既而将传感器输入的微弱电压信号放大调理为电流信号输出,放大器的工作电源同时接在电位器 Z1 和 Z2 上,构成了变送器零点和满度的调节部分.通过调节电位器 Z1 的大小,可以改变变送器输出电流 I_c 的满度值改变,改变 Z2 的大小,可以改变变送器输出电流 I_c 的零点改变.

放大电路的输出信号在进入 AD 转换器之前,先通过一个由运放构成的电压跟随器,如图 5 所示,由于其输入电阻 $R_i \rightarrow \infty$,输出电阻 $R_o \rightarrow 0$,它可作为阻抗变换器或缓冲器,在此电路中此跟随器能起到信号缓冲和隔离的作用,即隔离了放大电路对后级 AD 转换电路的干扰.

通过调节电位器 Z3,可以获得符合数据采集卡电压输入范围的电压.

2.5 模/数转换电路

一般情况下,传感器的输出信号为模拟量,必须经过处理转换为数字量才能计算和显示等.这种实现模拟量到数字量转换的电路称为 A/D 转换电路. A/D 转换器是智能仪表和微型计算机系统的基本部件,它直接关系到测量的准确度、分辨率和速度,关系到控制系统的精确程度^[4]. 本文使用的是微处理器 ADuC7026 内部集成的 A/D 转换器.它是基于双电容式的 12 位逐次逼近转换器,下面介绍模拟信号工作在差分模式下的转换过程.在差分模式下,代码转换发生在每一整数的 LSB 值的中点(即 $1/2\text{LSB}$, $3/2\text{LSB}$, $5/2\text{LSB}$, \dots , $(FS-3)/2\text{LSB}$).理想的输入/输出转换特征如图 6 所示.转换输出编码 $1\text{LSB} = 2 \times V_{\text{REF}} / 4096$ 当 $V_{\text{REF}} = 2.5\text{ V}$ 时, $1\text{LSB} = 2 \times 2.5 / 4096 = 1.22\text{ mV}$, AD 转换输出结果为 ± 11 位,其中最高位为符号位.

2.6 液晶显示及其控制

液晶显示器与 LED 相比它具有体积小、功耗低、价格便宜、使用方便等特点,在移动通信、仪器仪表、电子设备家用电器等方面有着广泛得应用,本实验选用的液晶型号为 HG12864,它的显示内容为 128×64 点阵,提供 8 位、4 位并行接口和串行接口,内带中文汉字字库液晶显示模块^[5], ADuC7026 与 12864 并行连接电路如图 7 所示.

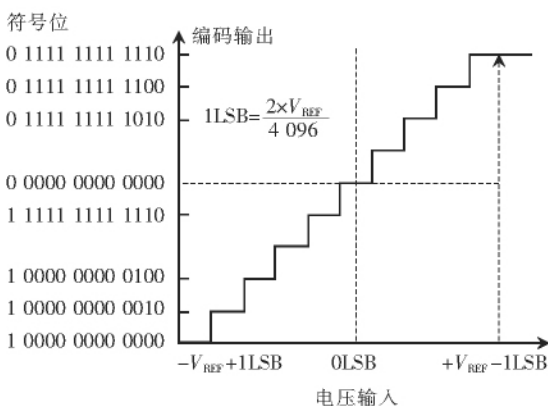


图 6 差分模式下 ADC 转换

Fig.6 ADC transformation in difference modes

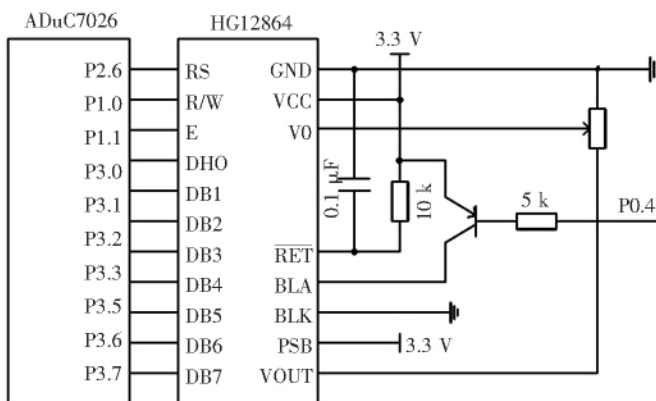


图 7 ADuC7026 与 12864 连接电路

Fig.7 Connecting circuit of ADuC7026 with 12864

3 称重系统与 PLC 通讯

作为系统控制器的可编程逻辑控制器(PLC),已经广泛应用于工业.极板称重分拣系统的实现主要依靠控制器接收、识别和处理分拣的信号,然后把分拣的信号传到指定的分拣道口;同时也启动了分拣装置,将被拣物品传到分拣道口^[6].本系统选择了日本三菱公司生产的 FX-2N 系列的超小型 PLC.三菱 PLC 三菱 FX2N: 是小形化、高速度、高性能和所有方面都是相当 FX 系列中最高档次的超小程序装置,除输入、输

出 16 ~ 25 点的独立用途外, 还可以适用于多个基本组件间的连接、模拟控制、定位控制等特殊用途, 是一套可以满足多样化广泛需要的 PLC。

本系统与 PLC 之间的通讯采用 RS-485 连接方式。RS-485 通讯电路用于系统与现场设备的通讯, RS485 接口广泛应用于工业控制、仪器、仪表、多媒体网络、机电一体化产品等诸多领域。RS-485 采用半双工工作方式, 任何时候只能有一点处于发送状态, 因此, 发送信号须有使能信号加以控制。它的逻辑“1”以两线间的电压差为 $+(2-6)$ V 表示; 逻辑“0”以两线间电压差为 $-(2-6)$ V 表示。该电平与 TTL 电平兼容, 可方便与 TTL 电路连接。RS-485 的数据最高传输速率为 10 Mbps, 运用 MAX485 芯片实现 TTL 电平到 485 电平的转换, 并且 RS-485 通讯电路与主电路之间采用高速光电耦合器件 6N137 进行隔离, 进一步保证电路的安全。RS-485 通讯电路如图 8 所示:

4 系统软件设计

除了硬件电路之外, 软件设计是使系统能否正常工作的重要环节。软件是系统的核心, 它的正确与否直接影响整个系统能否正常运转, 也直接影响整个系统运行的稳定性。在本系统中软件的开发使用的是 IAR 集成环境, 它是 IAR systems 公司推出的 ARM 核微控制器集成开发工具, 全称是 IAR Embedded Workbench for ARM。它支持汇编、C/C++ 源程序; 具有编译效率高, 系统功能强等特点; 而且可以在 Windows98、Windows2000、Windows XP 等操作系统上运行^[7]。

PLC 作为整个系统的控制器, 主要完成以下功能: (1) 向传感器发出指令, 并接受传感器传输过来的数字信号; (2) 对接受的数字信号进行处理; (3) 根据处理得到的数据和控制要求, 排列出控制信号序列; (4) 接收动作启动指令, 输出控制信号。PLC 程序流程图如图 9 所示。

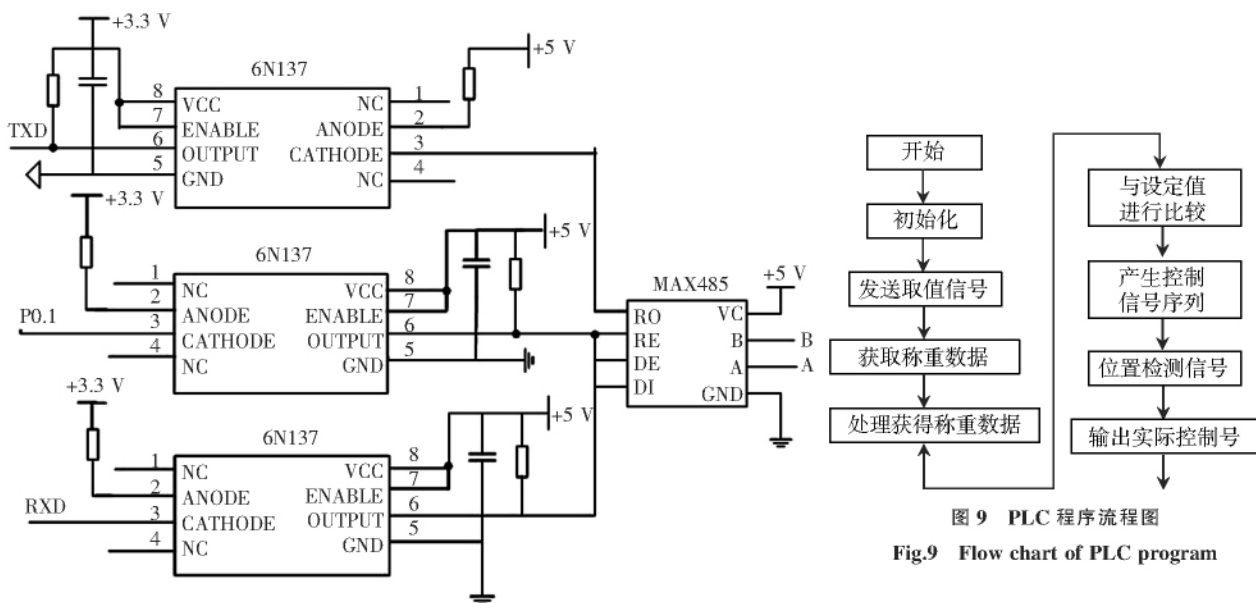


图 8 RS-485 通讯电路

Fig.8 RS-485 communication circuit

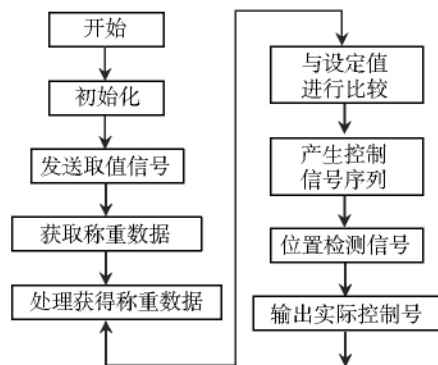


图 9 PLC 程序流程图

Fig.9 Flow chart of PLC program

5 结语

本文介绍了蓄电池极板快速自动称重分拣系统的工作过程, 对系统技术的实现进行了分析研究, 重点介绍了称重模块的设计。从硬件电路器件选型、硬件电路两部分分别进行了介绍。硬件电路器件选型部分主要介绍了传感器、变送器、A/D 采样环节。为了消除干扰, 设计电压跟随器以进行信号缓冲和隔离。在软件部分加入了数字滤波, 滤除了数据中叠加的干扰信号, 采用极点配置的方法对称重系统进行动态补偿, 改善系统的动态特性, 提高了系统响应速度, 能迅速准确获取极板重量, 对极板进行重量等级分类。

[参考文献](References)

- [1] 赵忠芳, 黄开胜. 基于 PLC 的充电电池负极片自动称重分拣系统[J]. 机电工程技术 2008, 37(3): 78-80.
Zhao Zhongfang, Huang Kaisheng. Electrification battery cathode pads auto weight-check and sorting system based on PLC[J]. Mechanical and Electrical Engineering Technology, 2008, 37(3): 78-80. (in Chinese)
- [2] 徐亮. 快速传感器在电池极板称重分拣系统中的应用[J]. 南京师范大学学报: 工程技术版 2009, 9(2): 13-17.
Xu Liang. Application of fast weight-check sensor in accumulator electrode pads weight checking and sorting system[J]. Journal of Nanjing Normal University: Engineering and Technology Edition 2009, 9(2): 13-17. (in Chinese)
- [3] 王宪菊. 基于 ADuC7026 的动态称重传感器的研究[J]. 南京师范大学学报: 工程技术版 2010, 10(2): 17-20.
Wang Xianju. The design of smart load cell based on ADuC7026[J]. Journal of Nanjing Normal University: Engineering and Technology Edition, 2010, 10(2): 17-20. (in Chinese)
- [4] 孙来军, 庄培栋, 刘明亮. ADuC7026 原理与应用[M]. 北京: 电子工业出版社, 2009.
Sun Laijun, Zhuang Peidong, Liu Mingliang. Theory and Application of ADuC7026[M]. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2009. (in Chinese)
- [5] 安吉宇. 基于 Intel PXA270 的 TFT-LCD 驱动设计[J]. 液晶与显示 2006, 21(6): 279-282.
An Jieyu. Design of TFT-LCD based on Intel PXA270[J]. Display of LCD, 2006, 21(6): 279-282. (in Chinese)
- [6] 郭润夏, 白兰萍. PLC 在自动材料分拣系统中的应用[J]. 微计算机信息 2006, 22(5): 62-64.
Guo Runxia, Bai Lanping. The application of PLC in the automatic materials sorting system[J]. Micro-computer Information, 2006, 22(5): 62-64. (in Chinese)
- [7] 李宝安, 李行善, 罗先和. 动态称重系统计量误差的动态校正[J]. 仪器仪表学报 2001, 22(3): 251-255.
Li Baoan, Li Xingshan, Luo Xianhe. Dynamic correction of measurement errors in dynamic weighing system[J]. Chinese Journal of Scientific Instrument 2001, 22(3): 251-255. (in Chinese)

[责任编辑: 刘 健]

(上接第18页)

[参考文献](References)

- [1] 严盈富, 葛卫清. 恒压供水系统的控制与仿真[J]. 南昌航空工业学院学报: 自然科学版 2004, 18(1): 90-92.
Yan Yingfu, Ge Weiqing. The control and simulation of constant pressure-water supply system[J]. Journal of Nanchang Institute of Aeronautical Technology: Natural Science Edition 2004, 18(1): 90-92. (in Chinese)
- [2] 居荣, 鞠勇. 基于实际应用的恒压供水系统实验装置设计[J]. 南京师范大学学报: 工程技术版, 2006, 6(4): 21-25.
Ju Rong, Ju Yong. Design of an equipment of constant pressure water supplying system based on actual appliance[J]. Journal of Nanjing Normal University: Engineering and Technology Edition, 2006, 6(4): 21-25. (in Chinese)
- [3] 彭鞍虹. 通用变频器异步电动机的传递函数[J]. 鞍山钢铁学院学报, 2000, 23(6): 447-449.
Peng Anhong. Transmitting function of inverter induction motor[J]. Journal of Anshan Institute of Iron and Steel Technology, 2000, 23(6): 447-449. (in Chinese)
- [4] 李红, 郑颖, 秦武轩. PID 控制的泵供水系统仿真试验[J]. 排灌机械 2008, 26(4): 48-51.
Li Hong, Zheng Ying, Qin Wuxuan. Simulation of water supply system based on PID control[J]. Drainage and Irrigation Machinery, 2008, 26(4): 48-51. (in Chinese)
- [5] 朱玉堂. 变频恒压供水系统的研究开发及应用[D]. 杭州: 浙江大学研究生院 2005: 15-17.
Zhu Yutang. Application research and development of frequency conversion constant pressure water supply system[D]. Hangzhou: Graduate School of Zhejiang University, 2005: 15-17. (in Chinese)
- [6] 黄忠霖. 控制系统 MATLAB 计算及仿真[M]. 北京: 国防工业出版社 2004.
Huang Zhonglin. MATLAB Computational and Simulation of Control Systems[M]. Beijing: National Defense Industry Press, 2004. (in Chinese)

[责任编辑: 刘 健]