

基于单片机的双燃料汽化器微机控制系统设计

罗超, 樊伟

(云南省电子信息高级技工学校, 昆明 650225)

摘要: 汽油发动机双燃料汽化器采用乙醇和汽油分开放置的燃料储存方式, 避免了乙醇汽油存在的诸多弊端, 在此, 设计了以 AT89S52 单片机为核心的双燃料汽化器的微机控制系统, 该控制系统实现了双燃料汽化器的按键显示、缺液检测及报警、发动机转速测量及计算、乙醇泵堵转检测及保护、乙醇量喷射控制、液压缸液压杆限位检测及保护等功能, 同时, 能实时采集汽车发动机的转速信号, 通过预置的软件对发动机转速进行分析, 精确计算出乙醇单次喷射时间和喷射频率, 从而准确控制乙醇与空气、汽油的按配比混合掺烧, 提高了汽油的燃烧效率, 降低了油耗, 减少了有害物质的排放, 达到了节能减排的目的; 实际应用中, 该控制系统运行稳定, 抗干扰性能良好, 控制准确, 具有一定的实际应用价值。

关键词: 单片机; 双燃料汽化器; 控制系统; 乙醇燃料; 发动机; 高压脉冲点火信号

Design of Control System for Dual Fuel Carburetor Based on MCU

Luo Chao, Fan Wei

(Yunnan College of High Skilled worker of Electronic Information, Kunming 650225, China)

Abstract: Dual fuel carburetor gasoline engine using ethanol and gasoline separated fuel storage, avoid many drawbacks, existing in ethanol gasoline, dual fuel carburetor design computer using AT89S52 microcontroller as the core of the control system, the control system of dual fuel carburetor key display, detection and alarm, lack of liquid, the engine speed measurement and calculation, ethanol pump stall detection and protection, the amount of ethanol injection control, hydraulic cylinder hydraulic rod limit detection and protection functions, at the same time, can real-time acquisition of automobile engine speed signal, through the preset software to analyze the engine speed, accurately calculate the single ethanol injection time and injection frequency. In order to accurately control the air, ethanol and gasoline according to the ratio of mixed burning, improving the combustion efficiency of gasoline, reducing fuel consumption, reduce The emission of harmful substances to achieve the purpose of energy saving and emission reduction. In practical application, the control system runs stably and has good anti-jamming performance and accurate control.

Keywords: microcomputer; dual fuel carburetor; control system; ethanol fuel; engine; high voltage pulse ignition signal

0 引言

乙醇是一种极具潜力的可再生替代能源, 乙醇的辛烷值高, 没有毒性, 在汽油机上掺烧少量乙醇燃料, 发动机结构不需要变动^[1-2]。使用乙醇混合燃料的发动机, 在其经济性、热效率、排放及催化转化等方面具有优势的研究, 多篇论文均有提及^[3]。国内大量研究结果表明, 乙醇具有亲水特性, 当乙醇汽油吸水量过大或温度降低时, 会导致分层, 即发生相分离, 造成发动机启动困难、降低输出功率, 甚至造成发动机损坏等问题^[4-5]。云南维康环保科技有限公司开发、设计的醇醚类“双燃料汽化器”采用乙醇与汽油分开放置的燃料储存方式, 避免了当乙醇汽油含水量超标后, 容易发生相分离, 产生诸如冷车难以启动、燃料分层造成动力不足等弊端。在此, 设计并实现了该“双燃料汽化器”的微机控制系统, 通过该微机控制系统的精确控制, 实现了将一定配比的乙醇燃料经过汽化后供入汽车发动机进气管, 与空气混合后, 进入气缸, 与雾化后的汽油混合掺烧, 提高了汽油的燃烧效率, 降低了油耗, 减少

有害物质的排放, 实际应用中, 节能减排效果良好。

1 双燃料汽化器的组成和原理

双燃料汽化器的组成结构如图 1 所示, 各部件之间采用耐乙醇腐蚀的胶管连接。乙醇储存箱用于储存乙醇燃料, 实现乙醇与汽油的分置储存, 避免了乙醇汽油易相分离的问题; 乙醇泵用于将乙醇储存箱中的乙醇燃料泵入液压缸, 实现乙醇燃料的供应; 乙醇过滤器用于过滤液态乙醇燃料中的各种杂质和微粒, 纯净乙醇燃料; 液压缸用于向喷醇器供应乙醇燃料并保持乙醇燃料管道压力的恒定, 以保证喷醇器喷嘴打开喷醇时, 乙醇燃料的单次喷射量只取决于喷射时间; 喷醇器用于在微机控制系统的控制下, 在液压缸恒定压力的作用下, 根据汽车发动机转速等工况, 将经过过滤的乙醇燃料按一定配比喷入蒸发器; 蒸发器用于将喷醇器喷入的配比乙醇燃料汽化为乙醇气体; 电磁阀门用于控制向汽油发动机进气管供应乙醇气体。

双燃料汽化器根据汽车发动机转速等工况, 通过微机控制系统的精确控制, 将一定配比的液体乙醇燃料汽化为乙醇气体并进入发动机进气管, 在进气管中与空气混合, 经节气门后进入汽车发动机气缸, 在气缸中(缸内直喷发动机), 两种混合气体与雾化后的汽油再次混合, 形成汽油、空气、醇气的

收稿日期: 2017-05-11; 修回日期: 2017-05-23。

作者简介: 罗超(1979-), 男, 云南宣威人, 研究生, 高级讲师, 主要从事电气自动化、嵌入式控制方向的研究。

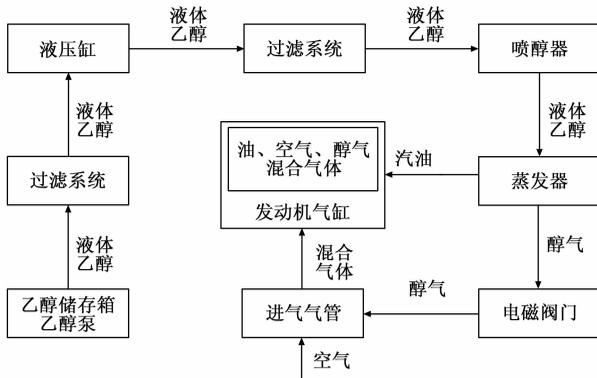


图 1 双燃料汽化器的组成结构示意图

混合气体, 在高压火花塞的点火下, 乙醇气体与空气、汽油按一定配比混合掺烧, 提高了汽油燃烧效率, 降低了油耗, 减少了有害物质的排放, 达到了节能减排的目的。

2 微机控制系统的原理及构成

双燃料汽化器的微机控制系统是整个双燃料汽化器的控制中心, 与汽车 ECU 协调配合工作, 该系统采用 AT89S52 单片机为核心, 开环实时控制, 实时跟踪汽油发动机高压点火信号, 通过对高压点火信号的监测, 完成发动机转速的实时测量, 之后根据发动机转速等工况, 实时计算乙醇燃料的喷射频率和单次喷射时间等参数, 控制喷醇器精确喷醇, 以达到乙醇燃料的配比掺烧, 实现节能减排目的。

实际应用中, 由于乙醇气体在发动机熄火后在喷醇器之后的燃料管道中存在醇气滞留和累积, 当发动机再次启动 (冷启动、热启动) 时, 会造成打火困难等情况出现, 为此, 双燃料汽化器微机控制系统设计了休眠功能, 即汽车发动机启动或低转速运行时, 双燃料汽化器处于休眠状态, 只有当发动机转速达到一定转速后, 双燃料汽化器才启动并配合汽车 ECU 工作, 向发动机供应醇气。

双燃料汽化器的微机控制系统主要由单片机模块、显示模块、按键模块、信息存储模块、电源模块、发动机转速检测模块、喷醇控制模块、乙醇燃料缺液报警模块、乙醇燃料供应模块、乙醇泵的堵转检测和保护模块、液压缸液压杆限位检测及控制模块等组成, 其结构组成如图 2 所示。单片机模块是整个控制系统的控制中心, 采用 AT89S52 单片机实现, 完成发动机转速测量计算、喷醇频率和单次喷醇时间计算、参数设置显示、缺液报警、喷醇控制等功能; 显示模块主要完成汽车发动机转速、喷醇频率、喷醇时间及参数设置等相关参数的显示; 按键模块是人机交互模块, 主要完成系统各种参数的设置, 如根据汽车发动机排量的不同, 设置不同基准的喷醇频率和单次喷醇时间; 测量发动机转速时, 设置发动机缸数和行程数等; 电源模块从汽车蓄电池取电后, 经滤波、稳压处理后供给微机控制系统和传感器工作; 发动机转速检测模块通过探测汽车发动机高压点火信号, 经滤波、整形后送到单片机模块, 完成汽车发动机转速的实时测量; 喷醇控制模块根据微机控制系统精确计算的单次喷醇时间和喷醇频率, 完成单片机喷醇控制信号的放大及喷醇器喷嘴的控制; 乙醇燃料缺液报警模块用于乙醇储存箱乙醇燃料缺液的检测, 当乙醇燃料液位降低到一定程度

时, 向单片机模块发出缺液信号, 单片机模块控制系统停止工作并发出声音报警; 乙醇燃料供应模块根据液压缸内乙醇燃料的储存情况, 向液压缸供应乙醇燃料, 保证液压缸内乙醇燃料的压力恒定; 乙醇泵堵转和保护模块用于检测乙醇泵是否堵转, 当检测到乙醇泵堵转时, 向单片机模块发出乙醇泵堵转信号, 控制系统停止系统工作并发出声音报警; 液压缸液压杆限位控制模块, 主要用于检测液压缸液压杆动作行程, 当液压杆超越行程限位工作时, 向单片机模块发出超程限位信号, 控制系统停止系统工作并声音报警。

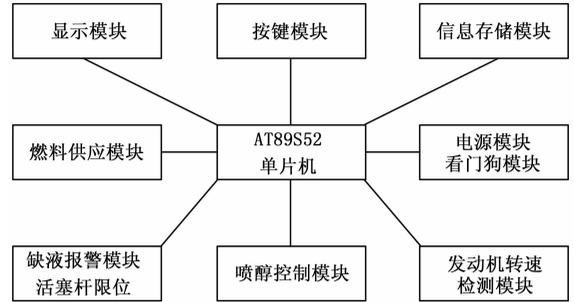


图 2 微机控制系统组成

3 主要硬软件模块设计和实现

3.1 发动机转速测量电路及实现原理

对于汽油发动机的转速测量, 多篇论文提及采用感应式转速传感器感应高压点火线的电磁脉冲信号来测量发动机的转速^[6-9]。由汽油机原理知, 发动机的高压点火脉冲与其转速有一定的关系^[8], 如六缸四冲程汽油机的高压点火脉冲与其转速之比为 3:1, 即 6 个缸依次点火 1 次, 发动机曲轴旋转 2 圈。当汽油发动机工作时, 高压线 (点火线) 产生的脉冲信号磁场将辐射到周围空间^[6], 为此, 使用专制的感应式高压点火脉冲信号探头, 将发动机工作时高压线的点火脉冲磁场感应并转换为电信号, 经滤波、比较整形后送入单片机的 P3.5/T1 引脚中断计数处理, 以实现发动机的转速测量。发动机转速测量电路由发动机高压点火信号探头、滤波电路、比较整形电路等组成, 转速测量电路见图 3。图 3 中, 高压点火探头用于探测发动机高压点火信号向四周空间释放的电磁脉冲信号并转换为电信号, 1N5819 用于将感应得到的电信号中的反向干扰信号滤除, 之后经 LM339 四高精度电压比较器构成的施密特触发器滤除干扰信号并整形后得到方波信号, 该方波信号再次经 LM339 构成的电压比较器检测, 得到幅值约为 5 V 的方波信号, 送入到单片机的 P3.5/T1 进行计数, 以实现转速测量。

数字转速测量法主要有两种: 测频法和测周法^[10]。本文主要采用测频法测量发动机的高压点火脉冲信号以实现发动机转速的测量, 即在一定时间间隔 t 内, 计数被测信号的重复变化次数 N ^[11], 则被测信号的频率 $f_x = N/t$ 。具体实现为: 利用单片机的定时/计数器 0 和定时/计数器 1 实现转速测量, 时间间隔为 1 s。定时/计数器 T1 工作于 16 位计数状态, 用于计数经整形的发动机某一缸高压点火脉冲信号。定时/计数器 T0 工作于 16 位定时状态, 每 1 ms 中断一次, 当中断 1 000 次, 定时时间 $t = 1\ 000 \times 1\ ms = 1\ s$ 时, 读取一次定时/计数器

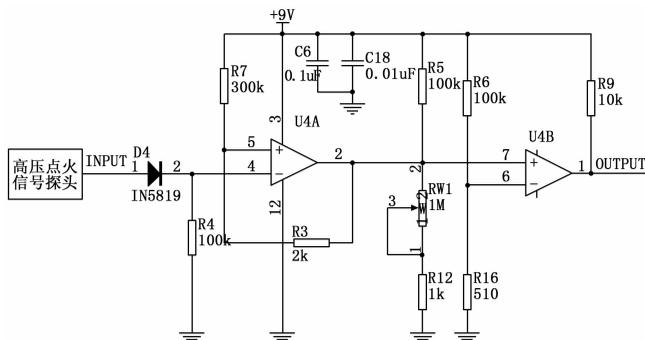


图 3 发动机高压点火信号检测、滤波及整形电路

T1 的计数值，即 TH1 和 TL1 的当前值，则发动机的转速为 $n = (TH1 * 256 + TL1) * 60 * 2$ (以四缸四冲程发动机为例)。

3.2 喷醇控制电路及喷醇控制

3.2.1 喷醇控制电路

喷醇控制电路如图 4 所示，单片机 I/O 口输出的喷醇控制信号控制三极管 Q6 的饱和导通和截止关断，通过三极管的集电极控制继电器 J1 的线圈通电或断电，最终通过继电器的常开触头控制喷醇器线圈的通电或断电，从而实现喷醇器喷嘴的打开或关闭，实现喷醇控制。

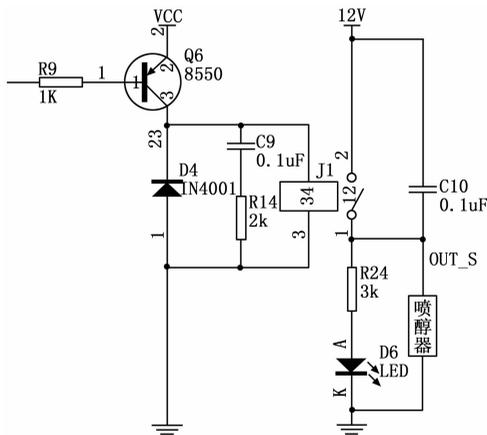


图 4 喷醇控制电路

3.2.2 喷醇频率和喷醇时间控制

乙醇燃料的供应量取决于发动机的转速，发动机转速越高，乙醇供应量越大，喷醇器的喷射频率越高。乙醇供应量主要由喷醇频率和单次喷醇量控制。本系统中，喷醇频率随发动机转速增减而随动，随动机理由于涉及公司内部机密，在此不作详述。对于单次喷醇量，主要取决于乙醇燃料供应管道压力、喷醇器喷嘴孔大小和单次喷醇时间等三个因素，本系统中，由于乙醇燃料供应管道压力基本恒定不变，同一批次喷醇器喷嘴孔大小也恒定不变，喷醇量只取决于单次喷醇时间。不同排量车型，单次喷醇时间不同，即喷醇脉宽信号不同。不同排量车型，一旦设定单次喷醇时间，则系统工作时始终保持不变。

喷醇脉宽信号具体实现为：使用 AT89S52 单片机的定时/计数器 T2，使其工作于自动重装载的定时状态，每间隔 1ms 中断一次，根据控制系统软件实时计算得到的喷醇频率及喷醇信号脉宽时间，计算中断的次数，从而实时输出不同频率、不

同脉宽的 PWM 信号，以实现单次喷醇时间控制。喷醇 PWM 信号产生中断程序如下，软件流程如图 5 所示。

```
void T2_PWM() interrupt 5
```

```
{
    TF2=0;
    if(++xhmkjs > xhmk) //喷醇脉宽控制,xhmk为喷醇时间
        outXH=0; //喷醇控制继电器线圈得电,喷醇器打开,喷射乙醇
    else if(xhmkjs > xhzq) //xhzq为喷醇信号的周期
    {
        outXH=1; //喷醇控制继电器线圈得电,喷醇器关闭,不喷射乙醇
        xhmkjs=0;
    }
}
```

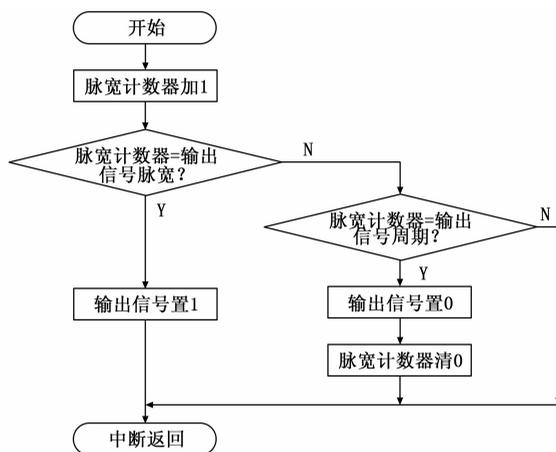


图 5 乙醇喷射控制软件流程图

4 系统软件设计

软件是嵌入式系统的核心，双燃料汽化器微机控制系统的系统软件设计采用循环轮询^[12]，具有两级中断优先级的前、后台运行程序架构，结合有限状态机和模块化编程实现。中断程序为前台程序，具有高低两级优先级，主程序为后台程序，两者的调度原则为：在后台程序运行期间，有中断则进入中断程序，运行前台程序，前台程序运行完后返回后台程序继续执行，依次类推。当有两个不同中断优先级的中断源同时发出中断请求时，按中断优先级嵌套原则响应中断，执行前台程序；当有两个及以上中断优先级相同的中断源同时发出中断请求时，按 MCS-51 单片机的中断源扫描先后顺序响应中断，执行前台程序。

前台程序主要涉及单片机外部中断 INT0、定时/计数器 T0、定时/计数器 T1、定时/计数器 T2。外部中断 INT0 工作于低优先级，用于扫描按键，当有按键按下时，经过按键识别并作相应键值处理，进行参数设置等；定时/计数器 T0 中断工作于低优先级，用于每间隔 1 ms 实现 4 位一体数码管的动态扫描显示、发动机高压点火脉冲信号测频法时间间隔 1 s 定时等；定时/计数器 T1 中断工作于高优先级，用于高速计数发动机的高压点火脉冲信号，以实现发动机的转速测量；定时/计数器 T2 中断工作于高优先级，用于产生喷醇脉宽控制

信号。

主程序, 即后台程序主要完成看门狗复位、各种显示参数的 BCD 码变换、喷醇频率计算、缺液检测报警、乙醇泵堵转保护、液压缸液压杆限位检验及保护、参数设置和存储、乙醇燃料供应控制等功能。

5 结束语

汽油发动机“双燃料汽化器”微机控制系统能根据汽油发动机转速变化等情况, 精确计算乙醇燃料的喷射频率和喷射时间, 实现了乙醇、空气和汽油三种混合气体在发动机气缸中的按一定配比掺烧, 在汽车获得相同动力的情况下, 提高了汽油燃烧效率, 降低了汽油消耗, 减少了有害物质的排放, 达到了节能减排的目的。当前, 该控制系统试运行在云南维康环保科技有限公司节能环保产品——“醇醚类”双燃料汽化器(专利号: 200920111781.6)上。经多辆不同品牌、不同排量轿车试验运行, 该控制系统运行稳定, 抗干扰性能良好, 控制准确, 具有一定的实用价值。

参考文献:

[1] 何学良, 等. 内燃机燃料 [J]. 北京: 中国石化出版社, 1999.
 [2] 崔心存. 内燃机的代用燃料 [M]. 北京: 机械工业出版社

社, 1999.
 [3] 金 晖, 陈伟国, 王 伟, 等. 乙醇混合燃料在乘用车汽油发动机中的试验研究 [J]. 内燃机与动力装置, 2015, 32 (2): 1-5, 24
 [4] 李天云. 乙醇与汽油的喷雾及蒸发特性研究 [J]. 工程热物理学报, 2014, 35 (7): 1434-1438.
 [5] 刘训标, 陈军堂, 龚为佳. 含水乙醇汽油分层问题的环境因素试验研究 [J]. 石油化工应用, 2010, 29 (4): 6-8, 17.
 [6] 刘尚等. 基于 AT89C2051 的汽油发动机非接触式转速表 [J]. 中国仪器仪表, 2006, 10: 36-38.
 [7] 金长星, 宋汉珍, 曹广辉, 等. 汽油机点火信号采集系统 [J]. 石油矿场机械, 2004, 33 (4): 97-98.
 [8] 李辉, 刘洪海. 高压点火脉冲式测量发动机转速的方法研究 [J]. 武汉科技大学学报(自然科学版), 2000, 23 (1): 64-65.
 [9] 朱玉红, 等. 夹式传感器在发动机转速测量中的应用研究 [J]. 计量技术, 2001, 8: 19-20.
 [10] 夏俊超, 陈敏刚, 曾 胜. 基于单片机的高精度转速测量算法 [J]. 化工机械, 2006, 33 (3): 141-144.
 [11] 周正干, 等. 高精度数字式转速测量系统的研究 [J]. 测控技术, 2000, 19 (5): 61-62.
 [12] 王福刚, 杨文君, 葛良全. 嵌入式系统的发展与展望 [J]. 计算机测量与控制, 2014, 22 (12): 3843-3847, 3863.

(上接第 56 页)

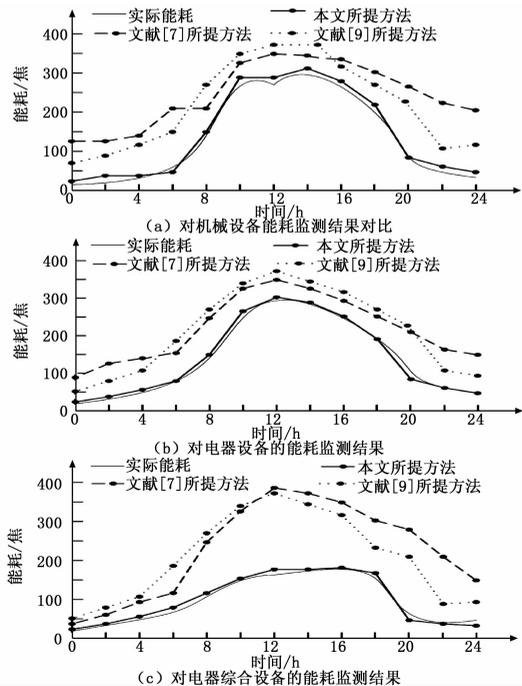


图 5 能耗监测结果对比

通过图 5 可以看出, 无论哪种类型的机电设备, 本文所提方法设计的能耗监测系统监测效果都优于文献 [7] 和文献 [9] 所提方法的监测效果, 因此本文所提方法设计的能耗监测系统监测的可靠度较高。

综合上述实验可以得出, 本文所提方法设计的基于传感器的建筑施工能耗智能监测系统具有良好的监测效果且监测结果的响应速度较快, 为该领域的研究应用创造条件。

4 结束语

为满足国家可持续发展战略, 建筑施工节能逐渐成为研究的热点, 需要对建筑施工能耗的监测进行有效的建筑施工能耗计算分析, 从而降低建筑施工的成本。为此, 提出一种基于传感器的建筑施工能耗智能监测系统设计方法。实验证明, 所提方法设计系统能够准确对建筑施工能耗进行及分析, 并在建筑施工实际能耗超过基准能耗时, 及时反映能耗数据, 具有良好的使用价值。

参考文献:

[1] 唐颂光, 袁 成, 文 涛. 建筑能耗管理系统可视化平台的设计与实现 [J]. 电子设计工程, 2016, 24 (21): 76-78.
 [2] 杨世忠, 任庆昌. 基于空调大系统优化的冷却水系统能耗仿真 [J]. 计算机仿真, 2016, 33 (1): 348-352.
 [3] 王 鹏, 王文庆. 基于 3G 的能耗数据采集器设计 [J]. 计算机测量与控制, 2015, 23 (12): 4202-4206.
 [4] 陈麓屹, 张 翼, 戴国勇. 融合信任机制和蜜蜂交配优化算法的无线传感器网络能耗均衡簇方法 [J]. 科学技术与工程, 2015, 15 (3): 105-110.
 [5] 王 磊, 冯 茜. 嵌入式系统能耗过程控制中的抗干扰滤波模型 [J]. 科技通报, 2015, 31 (10): 49-51.
 [6] 杨超华. 能耗监测管理系统在轨道交通中的应用 [J]. 城市轨道交通研究, 2016, 19 (12): 123-126.
 [7] 余国妮, 颜苏芊, 韩晓磊. 基于能耗监测系统的某织布车间空调能耗分析 [J]. 现代纺织技术, 2017, 25 (1): 72-76.
 [8] 李冬辉, 贾冠龙, 姚乐乐, 等. 基于 LPC1768 的能耗采集系统的设计 [J]. 仪表技术与传感器, 2016 (3): 48-51.
 [9] 于俊洋, 胡志刚, 周 舟, 等. 计算机系统能耗估量模型研究 [J]. 电子科技大学学报, 2015, 44 (3): 422-427.
 [10] 杨 石. 一种建筑能耗监测平台数据利用的高效方法 [J]. 建筑科学, 2015, 31 (8): 164-168.