

基于传感器的建筑施工能耗智能监测系统设计

资永祥

(云南睿城建设项目管理有限公司, 昆明 650200)

摘要: 在建筑施工过程中, 由于各种原因, 会产生一定的能耗, 提高建筑施工的成本, 因此需要对建筑施工能耗进行监控, 从而将能耗控制在可控范围内, 降低施工成本; 传统的建筑施工能耗智能监测系统, 一直存在系统模块多、操作繁琐的问题, 不利于后续利用维护工作的开展。提出基于传感器的建筑施工能耗智能监测系统设计方法, 首先对建筑施工能耗监测的内容进行分析, 确定系统的设计目标; 其次, 对系统中芯片和单片机进行选型, 对供电电源电路、SPC3 工作电路、通信接口电路、单片机及外围电路、以及离散量接口电路进行设计, 完成系统结构设计; 最后, 通过对 LM 算法过程进行分析, 根据 LM 算法存在问题, 利用改进 LM 算法对基于传感器的建筑施工能耗智能监测系统进行建模, 提高建筑施工能耗监测的精度; 实验证明, 所提方法设计的能耗智能监测系统响应时间短, 对建筑施工的能耗监测准确度较高, 具有较好的使用价值, 为监测系统的研究发展创造条件。

关键词: 传感器; 建筑施工能耗; 能耗智能监测系统设计

Design of Intelligent Monitoring System for Construction Process Energy Consumption Based on Sensor

Zi Yongxiang

(Yunnan Ruicheng Construction Project Management Co., Ltd, Kunming 650200, China)

Abstract: In the construction process, various reasons would produce a certain energy consumption and improve the construction cost, so we need to monitor the construction energy consumption, as to control energy in the controllable range, due to reduce the construction cost. The traditional intelligent monitoring system for building energy consumption has many problems, such as many modules and complicated operation, which is not conducive to the follow-up maintenance work. Puts forward the design method of the construction of intelligent monitoring system based on the energy consumption of the sensor, it analyzes the energy consumption monitoring construction of the content, to determine the design goals of the system; secondly, the selection of chip and MCU systems, design of power supply circuit, SPC3 circuit, communication interface circuit, MCU and peripheral circuit, and discrete the amount of interface circuit, complete the design of the system structure; finally, according to the LM algorithm's analysis, LM algorithm based on the existing problems, the improvement of the construction of the energy consumption of sensor intelligent monitoring system model based on LM algorithm, it improves the accuracy of construction energy consumption monitoring. Experiment shows that energy consumption intelligent monitoring system designed by the proposed method has short response time and high accuracy in monitoring the energy consumption of building construction. It has good use value, and creates conditions for the research and development of monitoring system.

Keywords: sensor; building construction energy consumption; energy consumption intelligent monitoring system design

0 引言

随着人们生活质量的提高, 对建筑建设也提出了一定的要求^[1]。建筑施工总量的不断提升, 建筑施工能耗也逐年增加, 造成的污染严重^[2]。开发健康、智能的低碳生态建筑, 对解决我国能源方面具有一定的作用^[3]。而对建筑施工的能耗进行监测, 有利于节省建筑施工能耗, 降低建筑成本, 对实施建筑能耗统计及建筑节能管理具有现实意义^[4]。传感器的出现, 为研究建筑施工能耗的监测提供了新的思路^[5-6]。随着对能耗的重视程度的加深, 该课题已成为相关专家学者研究的重点课题, 引起了较大的反响, 也产生了许多研究成果^[7]。

文献 [8] 提出基于 LPC1768 的能耗采集监测系统设计方

法, 从当前能耗采集监测系统存在的问题出发, 对能耗采集监测系统进行分析。利用 LPC1768 处理器, 利用 $\mu\text{C}/\text{OS}-\text{II}$ 操作系统, 对能耗采集监测系统的硬件进行设计, 通过建立 Internet 与数据之间中转站从而实现通讯, 在此基础上, 以模块化思想为依据, 对系统的软件进行设计, 从而完成基于 LPC1768 的能耗采集监测系统设计, 但这种方法设计的系统无法及时对能耗数据进行传输, 导致使用范围受到限制。文献 [9] 提出了一种基于 CMP 模型的建筑施工能耗监测系统设计方法, 首先对建筑施工过程中各设备的能耗占建筑施工过程中总能耗的比例进行分析, 选用比例最大的建筑施工设备建立 LMP 模型, 利用建筑施工不同阶段设备能耗占总能耗比例变化主导设备, 从而实现建筑施工能耗监测系统设计, 但这种方法设计的系统存在能耗监测准确度低的问题。文献 [10] 提出了一种基于高效利用的建筑施工能耗监测系统设计方法, 首先对当前建筑施工能耗监测系统存在问题进行分析, 提出能耗数

收稿日期: 2017-06-28; 修回日期: 2017-07-24。

作者简介: 资永祥(1970-), 男, 云南陆良人, 副高级工程师, 主要从事土木工程与管理方向的研究。

据统一处理分析的方法，并根据该方法对能耗监测系统的模型进行构建，并对实现该模型的硬件和软件进行设计，从而完成能耗监测系统设计，但这种方法设计的系统结构过于复杂，不利于操作使用。

针对传统方法存在的问题，提出基于传感器的建筑施工能耗智能监测系统设计，首先从建筑施工能耗智能监测系统的功能角度出发，对能耗智能监测系统设计目标进行分析，完成系统结构设计，对系统中单片机进行选型，并对供电电源电路、SPC3 工作电路、通信接口电路、单片机及外围电路、以及离散量接口电路进行设计，在此基础上，对 LM 算法过程及存在问题进行分析，提出利用改进 LM 算法对基于传感器的建筑施工能耗智能监测系统建模，提高监测的准确度。实验证明，改进的能耗智能监测系统运行能耗较低，监测准确度较高，为该领域的发展创造条件。

1 基于传感器的建筑施工能耗智能监测系统结构设计

建筑施工能耗智能监测系统是针对建筑施工过程中的机电设备的能耗计量、分析和解决支持的综合监控平台，利用系统、功能、网络等一体化集成技术为依据进行设计，采用同一的计算机操作系统平台，对建筑施工过程中的能耗进行智能监测。本文设计的建筑施工能耗智能监测系统能够实现对综合管理、能耗数据报表、能耗数据分析等多种集成监测管理。通过搭建建筑施工能耗智能监测系统平台，实现对建筑施工能耗情况的监视、分析功能。

建筑施工能耗智能监测系统能够将建筑施工过程中的各类机电设备能耗数据汇集到监测平台进行统一的管理，实现功能整合，本文所设计的系统目标如下所述。

1) 整合多种监测方式：在建筑施工过程中，不同阶段使用的机电设备不同，当监测设备的能耗时，有的设备本身自带仪表进行监测，有些设备仅进行简单的控制，针对这种情况，建筑施工能耗智能监测系统需要能够实现不同监测方式。

2) 监控的数据可编辑：由于对建筑施工设备能耗的监测存在一定的误差，需要建筑施工能耗智能监测系统具有编辑功能，从而实现对存在误差的数据的修改删除。

3) 报表形式多样：不同的建筑施工要求的报表格式不一，因袭需要建筑施工能耗智能监测系统能够编辑报表形式，身缠报表模板，根据需要，调整报表模板，使建筑施工能耗智能监测系统报表满足使用者需求。

4) 多角度数据分析：在建筑施工过程中，能耗数据受各种因素的影响，因此需要建筑施工能耗智能监测系统能够从多角度对能耗数据进行分析。

5) 建筑施工情况监控：建筑施工能耗智能监测系统可以实现根据以往能耗数据以影响因素，分析能耗变化，制定能耗基准，当能耗草果该基准时，及时报告能耗信息。

6) 系统的可靠性及可扩展性：可靠性要求建筑施工能耗智能监测系统能够及时隔离故障，保证数据的准确可靠，可扩展性要求系统可以根据实际情况灵活配置，方便后续管理维护。

针对上述设计目标设计的建筑施工能耗智能监测系统结构如图 1 所示。

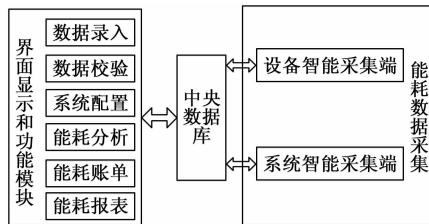


图 1 建筑施工能耗智能监测系统结构设计

通过上述论述，从建筑施工能耗智能监测系统功能出发，对系统的设计目标进行分析，从而完成建筑施工能耗智能监测系统结构设计。

2 基于传感器的建筑施工能耗智能监测系统设计

为了实现上述基于传感器的建筑施工能耗智能监测系统设计，需要对硬件进行选型，在此基础上，对系统的电路和软件进行设计。

2.1 基于传感器的建筑施工能耗智能监测系统硬件设计

2.1.1 建筑施工能耗智能监测系统单片机选型

本文设计的基于传感器的建筑施工能耗智能监测系统主要包括单片机模块、DP 通信模块、能耗数据采集/输出模块、电压转换模块、SPC3 模块，通过将这些模块利用电路进行连接，从而实现基于传感器的建筑施工能耗智能监测系统。

本文从系统的设计需求出发，综合考虑成本、内置空间容量等因素，选用具有兼容性好、存储空间适中、使用连接方便等优点的 C8051F020 作为系统核心单片机。

2.1.2 建筑施工能耗智能监测系统供电电源电路设计

本文设计的系统利用了两次电压转换电路，由于系统的输入电压是 24 V，SPC3 的工作电压为 5 V，单片机的工作电压为 3.3 V，因此为保证建筑施工能耗智能监测系统供电电路实现，需要在系统、SPC3 和单片机之间添加电压转换电路，具体电路设计如图 2 所示。

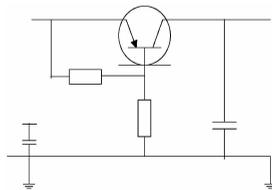


图 2 电压转换电路设计

在建筑施工能耗智能监测系统电压转换电路中，选用带隔离的电压转换模块，当输入端反接时，二极管和三极管能够有效对电压转换模块进行保护。

2.1.3 建筑施工能耗智能监测系统 SPC3 工作电路设计

本文设计的系统中 SPC3 芯片采用英特尔工作模式，在同一总线上参数数据和弟子信息，片内共有 11 个总线位参与 RAM 寻址。

通过将 SPC3 的引脚与 C8051F020 对应的引脚进行连接，从而实现能耗数据信号的读写、存储等操作。利用 C8051F020 的 I/O 引脚从而实现 SPC3 的复位控制功能，从而完成建筑施工能耗智能监测系统 SPC3 工作电路设计。

2.1.4 建筑施工能耗智能监测系统通信接口电路设计

本文设计的建筑施工能耗智能监测系统中，为了保证

SPC3 与总线的通信, 需要利用 TTL 电平与差分电平的转换电路, 本文中, 利用 MAX485 芯片进行转换。

MAX485 芯片利用半双工通讯方式, 实现 TTL 电平与 RS-485 电平之间的转换, 本文设计的通信接口电路如图 3 所示。

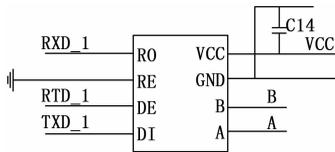


图 3 通信接口电路设计

通过上图可以看出, RO 和 DI 端分别为输出端和输入端, A 端和 B 端分别为接收和发送的差分信号, 从而实现建筑施工能耗智能监测系统通信接口电路设计。

2.1.5 建筑施工能耗智能监测系统单片机及外围电路

对建筑施工能耗智能监测系统单片机及外围电路设计主要包括对外部复位电路、JTAG 接口电路、单片机 I/O 引脚的分配。通过对单片机和外围电路的设计, 保证建筑施工能耗智能监测系统正常运行。

2.1.6 建筑施工能耗智能监测系统离散量接口电路

为实现 8 路离散量的输入/输出功能, 在输入/输出接口设计主要用到 74LS377、LED 和拨码开关等器件, 本文采用 74HC245 控制输入信号的方向, 从而完成离散量接口电路设计。

通过上述论述, 对基于传感器的建筑施工能耗智能监测系统的设计, 主要包括对芯片和单片机选型、供电电源电路设计、SPC3 工作电路设计、通信接口电路设计、单片机及外围电路设计、以及离散量接口电路设计。从而实现系统硬件设计。

2.2 基于传感器的建筑施工能耗智能监测系统建模

为了提高基于传感器的建筑施工能耗智能监测系统的监测准确度和监测效率, 本文利用改进 LM 算法对建筑施工能耗进行建模, 通过建模, 降低系统的复杂度, 减少计算时间, 提高监测精度, 具体方法如下所述。

首先利用 LM 算法进行概述。LM 算法是一种神经网络中非线性训练方法, 通过参数的动态调整, 在不同的位置接近梯度下降, 通过对该位置算法的选择, 完成网络训练。

在利用 LM 算法的过程中, 通过一系列近似和优化处理, 利用下式对建筑施工能耗的权值或与之进行调整。

$$x(k+1) = x(k) - [J^T J + \mu I]^{-1} J^T e \quad (1)$$

式中, J 表示雅克比矩阵; μ 表示能耗系数; 当系数 μ 逐渐减少至 0 附近时, 上式相当于牛顿法, 在训练过程中, 系统接近目标误差的速度越快, 训练结果精确度越高。为了让系统更可能的接近牛顿法, 如果每一步迭代后误差逐渐减小, 就让 μ 继续减小, 否则增加 μ 。

但 LM 算法存在收敛速度慢、精确度低问题, 虽然减少了迭代次数, 但迭代的计算量却增加了, 使系统的运行不稳, 运算效率较低, 为提高运算效率, 需要对 LM 算法进行改进。

为提高 LM 算法迭代速度, 减少计算力, 对 LM 算法做进一步优化。

$$\Delta x = x(k+1) - x(k) - [J^T J + \mu I]^{-1} J^T e \quad (2)$$

利用 LM 算法对能耗阈值进行调整过程中, 首先利用上式对 Δx 值进行计算, 然后计算得到 $x(k+1)$ 的值, 设定:

$$\begin{cases} A = J^T J + \mu I \\ b = J^T e \end{cases} \quad (3)$$

将上式代入公式 (2) 得到:

$$\Delta x = -A^{-1} b \quad (4)$$

在对 Δx 进行计算过程中, 首先对 n 阶方阵 A 求逆, 在于矩阵 b 做乘法运算, 利用矩阵运算, 求得求逆的时间复杂度为 n^3 , 将此数量进行四舍五入, 降低运算的时间复杂度, 也可以减低计算过程中的误差。

通过上述论述, 对 LM 算法的过程进行分析, 并根据 LM 算法存在问题, 提出改进 LM 算法进行基于传感器的建筑施工能耗智能监测系统建模方法, 提高对建筑施工能耗监测的精确度。

3 实验及结果分析

为证明本文提出的基于传感器的建筑施工能耗智能监测系统设计方法的可行性, 进行一次实验。在网络环境下搭建建筑施工能耗监测实验平台。通过观察本文所提方法设计的建筑施工能耗智能监测系统的整体有效性, 从而完成实验。

3.1 实验步骤

实验中, 通过对本文方法设计的建筑施工能耗监测系统组装, 分析其运行结果, 从而得到实验数据, 完成建筑施工能耗监测系统实验。具体过程如下:

1) 首先实验本文方法设计的建筑施工能耗监测系统响应速度 (s), 实验通过设定一个较低的基准能耗, 观察当所用能耗超过基准能耗时, 对系统监测的能耗信息进行汇总报告的耗时 (s)。对比文献 [7] 方法、文献 [9] 方法和本文方法的设计系统响应时间;

2) 对比 3 种方法的能耗监测数据 (焦) 与实际能耗数据 (焦)。

3.2 实验结果分析

对比文献 [7] 方法、文献 [9] 方法和本文方法的设计系统响应时间得到实验结果如图 4 所示。

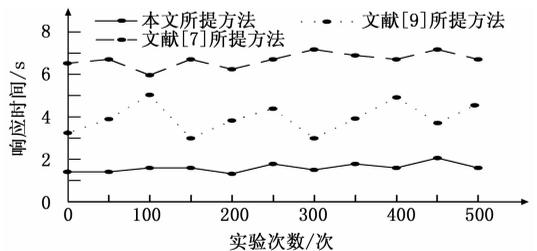


图 4 3 种方法设计的能耗监测系统响应时间对比

通过图 4 可以看出, 本文所提方法设计的能耗监测系统当监测能耗超出基准能耗时的反应速度快, 由于本文所设计的系统直接将能耗信息传入管理人员手中, 没有任何中间设备对能耗信息进行处理, 因此响应速度较快。

然后对比建筑施工过程中使用汽油和燃油的机械设备、使用电能的电器设备以及综合使用汽油和电能的机电设备的能耗监测数据 (焦) 与实际能耗数据 (焦), 对比结果如图 5 所示。

(下转第 79 页)

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)

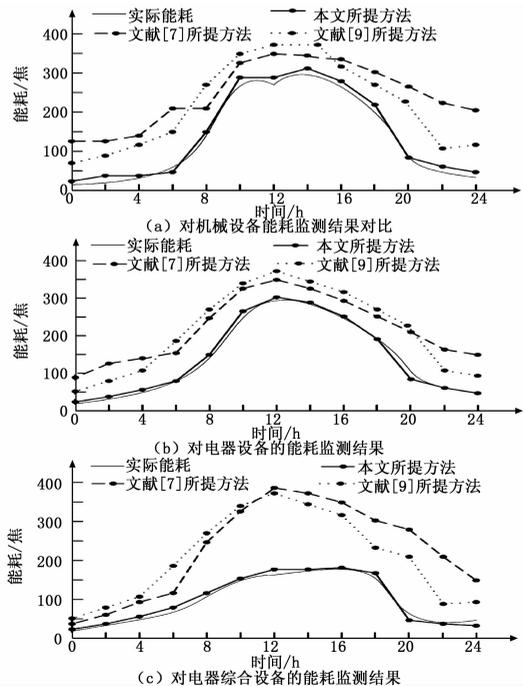


图 5 能耗监测结果对比

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.