

DOI:10.3969/j.issn.1001-4551.2013.11.020

一种抽油烟机的优化研究

黄军友, 杨华明*

(四川信息职业技术学院 机电工程系, 四川 广元 628000)

摘要:针对传统抽油烟机不易清洗、噪音偏大、寿命偏低、能耗较高等问题,将科恩达效应空气倍增器技术、喷气式飞机引擎及汽车涡轮增压技术应用到抽油烟机系统中。开展了抽油烟机抽烟系统、油烟处理系统、电控系统分析与设计,实现了对系统的优化。建立了压力损失与结构设计之间的关系,从结构设计角度对烟道系统环形导气腔、烟道的 3 种设计方案进行了评价,提出了抽油烟机抽烟系统优化的算法和数据分析;从智能化控制角度设计了硬件电路,设计集成了自动光感应、油烟检测感应、自动控制功能,检测部份包括键盘输入、烟雾、煤气检测,控制部份包括 AT89C51 单片机、开关电路、报警与定时显示、照明。最后进行了工况试验。研究表明:优化后的抽油烟机系统能耗降为传统抽油烟机的 71.8%,全压效率约为 27%,噪音 ≤ 65 dB。

关键词:抽油烟机;油烟处理;单片机;空气倍增技术

中图分类号:TH122;TM925.57;TP271

文献标志码:A

文章编号:1001-4551(2013)11-1388-05

Research of lampblack machine optimization

HUANG Jun-you, YANG Hua-ming

(Department of Electrical Engineering, Sichuan Information Technology College, Guangyuan 628000, China)

Abstract: Aiming at the traditional smoke lampblack machine to clean not easily, the noise is too large, life is low, energy consumption is higher, the Konda air multiplier technique, jet engines and automotive turbocharger technology were applied to the smoke lampblack machine system. The design of lampblack machine system, lampblack smoke processing system, electric control system was investigated. The optimization of system was realized, the relationship between the pressure loss and structure design was established. A method was presented to smoke lampblack machine. Design of integrated automatic light sensor, smoke detection, automatic control function was done. In the structural design, the design of flue system was evaluated on the perspective of intelligent control, the design of hardware circuits, optimize the system. The condition experiment was tested. The results indicate that, the energy consumption is reduced to 71.8% of traditional lampblack machine, total efficiency is about 27%, the noise is smaller than 65 dB.

Key words: lampblack machine; lampblack treatment; SCM; air multiplier technology

0 引 言

近年来,采用直排离心式双马达设计,且具有吸力强、易清理、抽烟距离短等优点的侧吸式抽油烟机异军突起。大部份抽油烟机均为通过风扇在烟道内抽风以达到抽除油烟的目的,普遍存在不易清洗、噪音偏大、寿命偏低、能耗较高的缺点。基于科恩达效应空气倍增技术,无叶风扇是典型应用。利用喷气式飞机引擎及汽车

涡轮增压技术,通过底部的吸风孔吸入空气,内部隐藏的一个叶轮则把空气以圆形轨迹喷出,最终形成一股不间断的比普通风扇更平稳的冷空气流,在大气压力和负压的作用下达达到涡轮风扇本身抽取量的 15 倍^[1-2]。

基于以上技术的整合运用,本研究设计一种新型无叶抽油烟机,解决传统抽油烟机油网过滤,风扇清洗模式带来的不便,方便抽油烟机的清洁与维护保养,提升抽油烟机的使用寿命,降低噪声,节约能源。系统设计主要包括抽烟系统、油烟处理系统、电控系统。

收稿日期:2013-06-20

作者简介:黄军友(1977-),男,四川威远人,副教授,主要从事电子与通信方面的研究. E-mail:559857@qq.com

通信联系人:杨华明,男,副教授. E-mail:559857@qq.com

1 抽烟系统设计

1.1 环形导气腔

抽烟系统利用空气倍增器技术,向一环形导气腔(如图 1 所示)内导入高压气体,使气体从导气腔一圈环形的 1.3 mm 缺口中以 24.6 m/s 的速度喷出。根据伯努利原理,高速气体沿着导气腔内表面运动形成负压,带动后方气体向前移动,以达到抽出油烟的目的。理论排气量可达 24.3 m³/min,超过 7 m³/min 的国家标准^[3]。

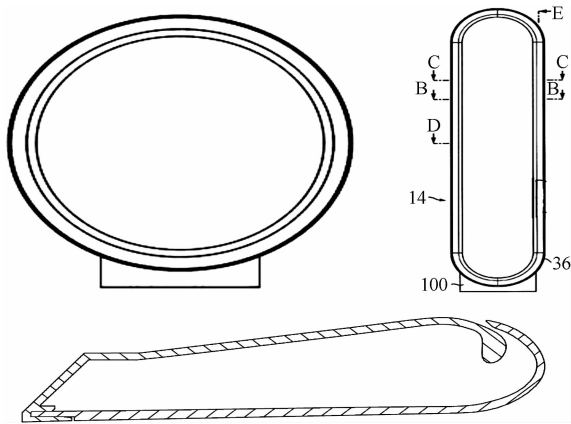


图 1 空气倍增器环形导气腔

本研究选用 2 个无级变速调速、额定电流 0.3 A、电压 220 V、型号为 004A 无叶风扇的风机及控制板,基本参数如表 1 所示。

表 1 空气倍增器电机的基本参数

最大转速	最小转速	最大排风量	输入功率	输出功率
8 000 r · min ⁻¹	4 600 r · min ⁻¹	30 L · s ⁻¹	50 W	45 W

1.2 烟道设计方案

采用空气倍增技术的整个抽烟系统较传统抽油烟机有较大改变,可供借鉴的现有经验较少,本研究提出了 3 种设计方案进行对比。

方案一布局如图 2 所示。外部油烟被空气倍增器吸入并加速后经过一椭圆台型拢烟罩,将油烟口尺寸收缩到 φ160 的油烟管标准尺寸,然后导向上部向左弯折,经过方型油烟处理模块处理后通过上弯烟管排出油烟。方案一体积较小,系统内部油烟流场有序简单,烟道路径短,沿程压力损失较小。缺点是油烟刚开始吸入时烟道急剧收缩,局部压力损失大,只有一台风机在油烟机管内部提供压力,烟道内部压力较小,排烟效率较低。

方案二布局如图 3 所示。针对方案一中存在的烟道中风压不够,在烟道上行弯折部分后方加有一后推风机,通过后推风机来提升烟道内的压力,促使吸入的

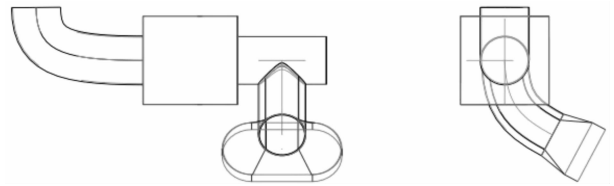


图 2 抽烟系统“方案一”布局

油烟通过油烟处理模块排出。为使油烟有序流出,避免后推风机产生的高速气流扰乱烟道内流场,使后推风机的气流倒灌入上行烟道的情况出现,在后推风机前设一导流板将后推气流导向前方,流过导流板后,气流将与油烟接触,带动油烟前进。方案二体积小,布局合理,便于整个抽烟系统在抽油烟机内的布置,后推风机尺寸选择范围较大,故其功率可灵活选择。缺点是加工困难,椭圆台和三通管的局部压力损失过大。

拟采用的后推风机(2 处)理论出风速度为:

$$V_2 = q/A = (0.03 \text{ m}^3/\text{s}) / (0.08^2 \times \pi) = 1.5 \text{ m/s} \quad (1)$$

在直径为 0.16 m 的管道内的其雷诺数为(该流体为油烟,取空气在 60 °C 时的运动黏度 $\gamma = 18.8 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$):

$$Re = vd/\gamma = 1.5 \text{ m/s} \times 0.16 \text{ m} / (18.80 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}) = 12\,765 > 2\,000 \quad (2)$$

油烟被吸入后的初始速度为:

$$V_0 = q/A = (0.45 \text{ m}^3/\text{s}) / 0.0714 \text{ m}^2 = 6.3 \text{ m/s} \quad (3)$$

根据连续性方程:

$$V_0 A_0 = V_3 A_3$$

$$V_2 = 6.3 \times 0.0714 / 0.02 = 22.49 \text{ m/s} \quad (4)$$

计算 T 型三通合流管内 12 处的局部压力损失系数 ζ_{12} 为 0.133。 ζ_{32} 计算需 V_1 值, V_1 值需由实验测得。

1 处与油烟处理模块间的损失系数为:

$$\zeta_1 = (1 - A_1/A_2)^2 = (1 - 0.02/0.09)^2 = 0.61 \quad (5)$$

油烟处理模块与外排烟道间的接口压力损失系数:

$$\zeta = 0.5(1 - A_2/A_1) = 0.5(1 - 0.02/0.09) = 0.39 \quad (6)$$

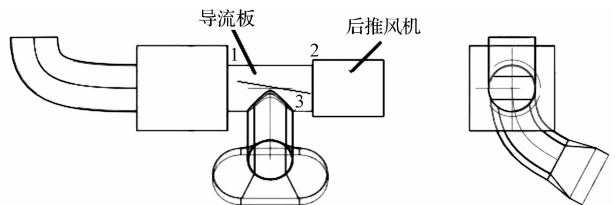


图 3 “方案二”布局

方案三布局如图 4 所示。油烟吸入后为方便加工,将后部截面扩大成矩形,水平推出后 135°弯折,将烟道导向上部,经 90°转向,水平接入第 2 个空气倍增器,气体经加速加压后通过油烟处理模块,经过一 90°向上弯管(防止吸附液飞出)。方案中油烟处理模块并非单独的方箱,而是外排烟道的一部分,油烟通过不需经过烟道的变径,减少了局部压力损失。方案三

加工简单,烟道变径少,压力损失小。缺点是体积大。

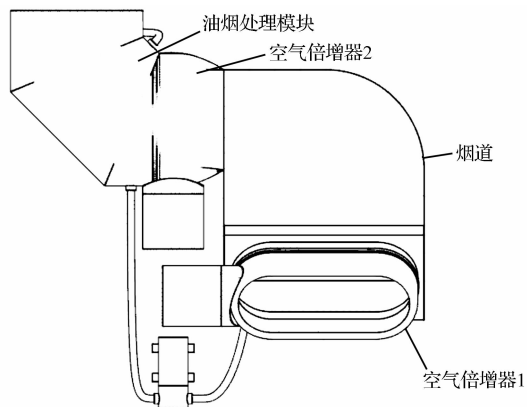


图4 “方案三” 布局

根据方案二,进口 $V_0 = 6.3 \text{ m/s}$, $V_0 A_0 = V_1 A_1 \rightarrow V_1 = 6.3 \times 0.0714 / (0.48 \times 0.21) = 4.46 \text{ m/s}$, 断面突然扩大的局部压力损失系数为:

$$\zeta_1 = (1 - A_1/A_2)^2 = 0.35 \quad (7)$$

查表可知急转矩形截面弯管在转角为 135° 时的局部压力损失系数为 $\zeta = 0.26$ 。

计算矩形管的当量直径 d_e 为:

$$d_e = 2hb / (h + b) = 0.32 \text{ m} \quad (8)$$

查表得 d 为 320 mm 时 90° 转角的压力损失系数 $\zeta = 0.42$ 。

对于烟道与空气倍增器 2 的变径压力损失系数为: $\zeta = (1 - 0.0552/0.7065)^2 = 0.04$ 。

1.3 方案选择

方案一体积最小,最有利于减少整个机器的体积和优化结构布局,但只有一个风机提供气流,风压较小再加上进风口刚开始进烟时截面收缩过大,造成严重压力损失,抽烟能力大大降低;方案二体积适中,布局合理,模块分明,安装方便,从结构上说便于布置其他模块,有利于设计的美观;方案三体积较大,若放于油烟机中会造成其它模块布放困难。通过方案设计数据比较,方案二在烟道中的压力损失系数较大(抽油烟机烟道较短,且烟道内表面为光滑金属表面,延程压力损失在计算中忽略不计),三通管内部安装一斜导流板,烟道内气流情况更复杂,导流板的曲面设计计算困难,加工难度大,成本高,根据风压估量公式:

$$P = V^2 / 1.6 \text{ Pa} \quad (9)$$

在相同功率风机的情况下其产生的进口风压小于方案三的 100 Pa ,风压进一步降低,将会导致进口风压低于 80 Pa 的国家标准^[4]。

根据管路系统中总压力损失计算公式:

$$\sum \Delta P = \sum \lambda (l v^2 / 2d) + \sum \zeta (\rho v^2 / 2) \quad (10)$$

压力损失与管内气体流速成平方倍关系^[5]。从方案二、三的计算值中可以看出,方案二管径较小且有后推风机作用,烟道中气体流速远大于方案三中的流速,方案二中的气体压力损失远大于方案三。方案三虽存在一些不足,是 3 个方案中较好的选择。

2 油烟处理系统设计

油烟主要成分有脂肪酸、烷烃、烯烃、芳香族等高温裂解物和部分油烟蒸汽以及少量酮、内酯、杂环化合物^[6]。系统中油烟不经风扇直接排出,油烟在烟道中的残留小,排出气体中油烟含量较高,造成环境污染,为此在排出前对其进行处理。油烟的处理方式主要有过滤、吸附等方法,系统对油烟的处理采用液体吸附法。液体吸附法是将表面活性剂(吸收液)吸附在界面上,降低界面张力并在水溶液中形成胶团,以达到湿润、渗透、乳化、分散油烟的作用^[7]。实验数据表明,浓度为 1 mol/L 的 NaOH 水溶液在较长时间内对油烟的吸附率保持在 90% 左右^[8]。清水对 13.21 mg/L 的油雾净化效率为 65.9% , 1% 浓度的 NaOH 水溶液对 11.9 mg/L 的油雾净化效率为 81.9% 。该设计采用 1% 浓度的 NaOH 水溶液对油烟进行处理。

为便于整个抽油烟机的弱电部分电压统一,考虑 NaOH 腐蚀、震动、体积与噪音,油烟处理系统动力源采用 1201 微型直流水泵,螺口尺寸 12 mm ,外形尺寸 $160 \text{ mm} \times 100 \text{ mm} \times 60 \text{ mm}$,参数如表 2 所示。

表 2 微型水泵的基本参数

电压/V	最大压力/MPa	功率/W	电流/A	流量/(L·min ⁻¹)
12	0.45	10	0.8	0.45

油烟处理系统结构如图 5 所示。水泵固定在抽烟机的框架上,固定连接处采用橡胶垫,利于隔振减噪。水泵进水管与滤网相连,放在吸附液储存桶中。水泵出水口经高压管上接人字双头纯铜雾化喷头连接到排烟道上方,在排烟道中进行雾化喷淋。排烟道下方有排水口,能让油液混合物流回吸附液储存桶中,构成一个循环回路。由于 NaOH 溶液能在一定的工作时间内保持较高的油烟吸收效率,不必经常更换。吸附液储存桶采用一次性使用模块设计,提高了维护便捷性。

3 电控系统设计

3.1 总体设计

智能化厨房是厨用电器的重要发展方向。电控系统设计包括检测和控制电路,检测部份为键盘输入、烟雾检测、煤气检测,控制电路由 AT89C51 单片机、开关

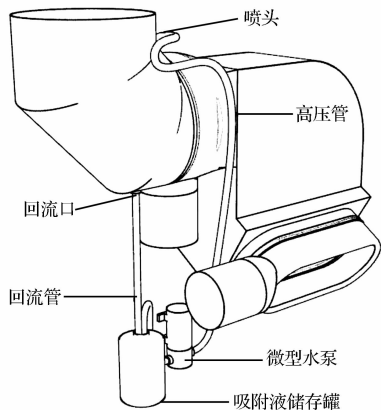


图 5 油烟处理系统结构图

电路、报警与定时显示、照明部份组成,抽油烟机启动时,自动照明电路有效。原理框图如图 6 所示。

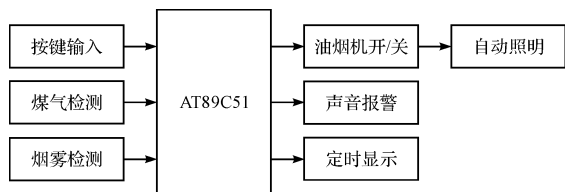


图 6 电控系统原理框图

单片机通过对检测信号的实时采集,对温度高、污染大的烟气采用热敏电阻检测,温度低、危险大的燃气采用气敏传感器检测。油烟或可燃有害气体达到一定浓度值时,报警电路自动启动并发出声音警报,抽油烟机迅速将有害气体抽走。定时功能用于对抽油烟机进行工作时长的设定,手动开关实现人为的开启或关闭,但当煤气泄露时,不论何种运行模式,抽油烟机立即启动并伴随报警。

3.2 按键输入电路设计

系统键盘采用开关式键盘,也称线性键盘,各键是相互独立的,当某个键按下时,该键所对应的口线的电位就由高电平变为低电平,CPU 访问并查询所有按键口线,即可识别是哪一个键按下^[9]。各功能键设置如表 3 所示。S2、S4 为定时辅助键,通过加减 10 min 确定定时长。

表 3 功能键说明

S1	S2	S3	S4	S5	S6
手动开/关	+10	定时	-10	自动运行	取消报警

按键接口电路原理图如图 7 所示。无键按下时,P10 ~ P15 口输入均为高电平,经与非门 74LS30 及反相器,输出一高电平到 AT89C51 单片机的 INT1 引脚,此时不申请中断。有键按下,低电平通过按键输入到 P10 - P15 的某一口,同时经与非门输入到 INT1 引脚,向 AT89C51 申请中断,响应后,转至中断服务程序,查出键号,做相应处理。

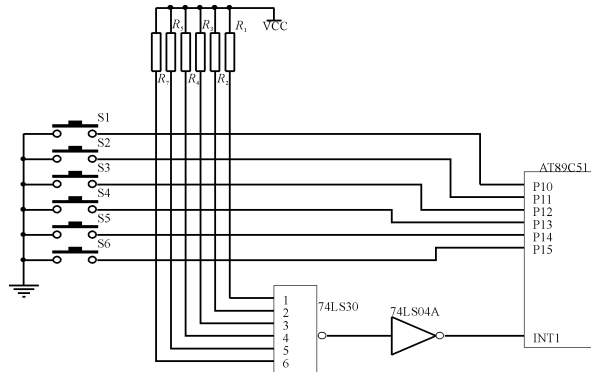


图 7 按键接口电路

3.3 检测电路设计

煤气检测电路中的气敏元件本研究选用 MQ-2,气敏元件在使用时需要加热,为避免通电开始误报,单片机内部设置延时电路^[10]。正常情况下 MQ-2 电阻值很大,使得单片机中断输入的输入信号一直保持为高电平,无触发信号。煤气含量超过预警值时,MQ-2 电阻很小,单片机 INTO 口得到一下降沿,进入中断服务程序,抽油烟机启动并报警。 R_s 为灵敏度调整电阻。

烟雾检测电路采用负温度热敏电阻 NTC-MF5,设 45 °C 为油烟机的最低的启动温度,经计算,该温度下 $R = 4.35 \text{ k}\Omega$ 。当空气中含有大量油烟蒸汽时,温度随之升高,NTC-MF5 电阻率增大,当热敏电阻的温度超过 45 °C 时, $R_T < R_{P1}$, $IN + > IN -$ 。LM324 由低电平变为高电平,经 74LS04A 反向后,单片机 P0.2 口得到低电平,然后被单片机检测到,进入相应的子函数。电机启动后每隔约 120 s 进行一次温度检测,以免继电器频繁通断。

3.4 开关控制电路设计

开关控制电路原理图如图 8 所示。单片机通过 P0.0 外接一反相器控制固态继电器发光二极管的闭合,控制电机的启动和关闭。当 P0.0 输出低电平时,固态继电器内部的发光二极管通电变亮,触发导通右侧的光控晶闸管,形成电机启动的闭合回路,抽油烟机启动。当 P0.0 输出为高电平时,发光二极管不发光,固态继电器 SSR-10DA 不能触发导通,无法形成电机启动的闭合回路,抽油烟机关闭。固态继电器选用 SSR-10DA。具有零电压开启,零电流关断;输入回路

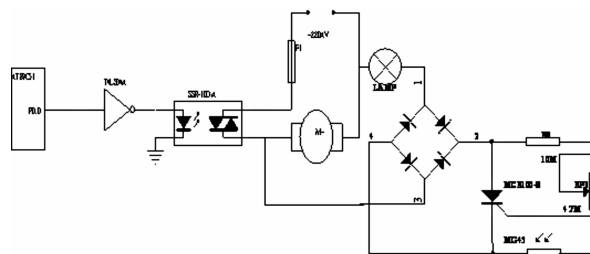


图 8 开关控制电路

与输出回路之间光隔离;输入端—输出端之间隔离耐压 2 500 V 的特点^[11]。

抽油烟机启动时,光控电路外接电压,光敏电阻 MG45-3 起控制作用,光照变弱时,暗阻变大,流入 MCR100-8 单向可控硅的电流变大到预定值,触发导通 MCR100-8,亮度高,功耗低的 5050LED 灯带变亮。

3.5 显示与报警电路设计

显示电路原理如图 9 所示。单片机 P2 输出显示码,P0 口输出位选码,显示控制信号经过 74HC573 锁存器驱动数码管正常工作,P05、P06、P07 3 个输出口的状态确定锁存器选通。报警电路蜂鸣器选用 YMD12065,5 V 有源蜂鸣器,当气敏电阻检测到有煤气泄漏时,中断服务程序会给 P0.1 口一个低电平,触发蜂鸣器声音报警。

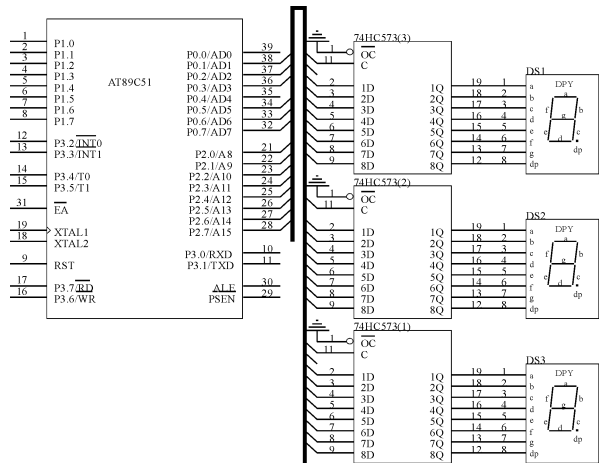


图 9 显示电路

4 数据分析

根据中国质量认证中心家用吸油烟机节能环保认证技术规范,优化后抽油烟机在 220 V,50 Hz,常温常压,所有用电部件都处于工作状态,根据全压效率公式(吸油烟机全压效率应≥20%):

$$\eta = \frac{q_v \times P_{FBn}}{P} \times 100\% \approx 27\% \quad (11)$$

按传统抽油烟机整机最大运行功率为 200 W 计算,能耗降低约为 72%。优化后抽油烟机数据参数如表 4 所示。

5 结束语

本研究利用空气倍增技术与伯努利原理在吸烟口

表 4 主要参数

参数	数值
照明	50 × 0.67 W LED
电机输入功率	50 W × 2
整机最大运行功率	143.5 W
最大风量	27 m ³ /min
最大风压	100 Pa
最大噪音	≤65 dB

形成负压,使吸入的油烟不经风扇直接排出,使油烟机跳出传统的“油网过滤,风扇清洗”的保养模式,极大地方便了抽油烟机的清洁与维护,大大延长了抽油烟机的使用寿命,自动光感应与油烟检测感应功能,能够进行自动控制。设计能耗降为传统抽油烟机的 71.8%,全压效率约为 27%,噪音≤65 dB,远低于普通抽油烟机。设计有油烟处理系统,使油烟分离度大大提高。新型的控制模式理念先进,实用性强,顺应家用设备的发展方向。

参考文献 (References):

- [1] [著作者不详]. 无叶风扇[EB/OL]. [2013-01-31]. <http://baike.baidu.com/view/3956667.htm>.
- [2] 王早祥,詹敏,徐海珍. 无叶风扇环出口分析与优化[J]. 流体机械,2013(5):19-21.
- [3] 李梅芳,彭小勇,姚林. 抽油烟机不同工作模式对厨房环境特性的影响[J]. 制冷空调与电力机械,2010,31(1):55-58,73.
- [4] 吕玉民. 厨房通风设计中风机风量与风压的确定[J]. 制冷空调与电力机械,2010,31(1):33-35.
- [5] 全解生. 烟腔无电机叶轮空气放大式抽油烟机的机理[J]. 佛山科学技术学院学报:自然科学版,2013,31(1):69-72.
- [6] 姜威. 吸附法油烟处理研究[J]. 现代农业,2009(5):104-105.
- [7] 朱红萍,陈沈融. 空气放大器油雾抽吸性能分析[J]. 机械设计与研究,2011,27(6):88-89.
- [8] 张平. 聚电解质及离子液体吸附特性的压电传感检测[D]. 济南:山东大学化学系,2006:52-64.
- [9] 王丽,张立. Blackfin ADSP-BF561 在高速采集系统中的应用[J]. 电子设计工程,2009,17(4):41-44.
- [10] 徐军. 基于单片机的可燃气体泄漏报警器[J]. 职业,2012(14):62-63.
- [11] 陈明周. SSR-10DA[EB/OL]. [2012-07-25]. <http://wenku.baidu.com/view/03b0f0c7da38376baf1faede.html>.

[编辑:洪炜娜]

本文引用格式:

黄军友,杨华明. 一种抽油烟机的优化研究[J]. 机电工程,2013,30(11):1388-1392.

HUANG Jun-you, YANG Hua-ming. Research of lampblack machine optimization[J]. Journal of Mechanical & Electrical Engineering, 2013,30(11):1388-1392.

《机电工程》杂志:<http://www.meem.com.cn>