

北方工业大学 2012 年

“北京市大学生科学研究与创业行动计划”

研究报告论文集

(上册)

北方工业大学教务处 张常年 编



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

. 014014858

G644-53

07

V1

北方工业大学 2012 年

“北京市大学生科学研究与创业行动计划”

研究报告论文集

(上册)

北方工业大学教务处 张常年 编



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn



北航

C1701533

G644-53
07
V1

内 容 提 要

本书汇集了北方工业大学 2012 年度“北京市大学生科学研究与创业行动计划”获奖项目的研究报告。这是北方工业大学继“创意的天空”和“创想启动未来”两本论文集之后的又一部学生科研论文集。

2012 年我们学校共有 155 项“北京市大学生科学研究与创业行动计划”获得北京市教委的立项审批，并通过了北方工业大学的结题验收。这些项目涉及理科、工科、商科、社科等领域，参与的学生来自学校的各个专业，他们在项目的执行过程中经历了从了解问题、发现问题、分析问题、到最终解决问题这样一个创新过程。展现出了我校学生的团队合作精神和创造力。本书呈现给大家的正是这 48 项优秀项目的研究报告。

图书在版编目（C I P）数据

北方工业大学2012年“北京市大学生科学研究与创业
行动计划”研究报告论文集：全2册 / 张常年编. -- 北
京：中国水利水电出版社，2013.12
ISBN 978-7-5170-1510-9

I. ①北… II. ①张… III. ①大学生—科学研究工作
—研究报告—北京市 IV. ①G644

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第307982号

书 名	北方工业大学 2012 年“北京市大学生科学研究与 创业行动计划”研究报告论文集（上册）
作 者	北方工业大学教务处 张常年 编
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路 1 号 D 座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (发行部)
经 售	北京科水图书销售中心 (零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	北京时代澄宇科技有限公司
印 刷	北京纪元彩艺印刷有限公司
规 格	184mm×260mm 16 开本 24 印张(总) 570 千字(总)
版 次	2013 年 12 月第 1 版 2013 年 12 月第 1 次印刷
印 数	0001—1000 册
总 定 价	75.00 元 (上、下册)

凡购买我社图书，如有缺页、倒页、脱页的，本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究

序 言

当前,我国高等教育已经从急速发展进入了一个相对平稳的时期。为了完成创新型国家的建设目标,高校需要培养出大量的高素质创新型人才。创新型人才是影响国家国际竞争能力的决定因素。我国推行素质教育的核心就是创新教育,培养具有创新能力和创新观念的人才建设创新型社会的重中之重。创新型人才的核心就是有创新意识和创新能力。创新离不开创造力,创造力是创新的源泉。创造力也称创造能力,是个体通过有目的的创造行为表现出来的变革事物、促进技术革新、观念更新的个体积极心理特征的总和,它是在个体多方面素质的基础上抽象出来的一种综合能力。创造力和一个人成长经历、生活环境、思维方式相关。其中思维方式是最重要的。而培养学生独特的思维方式,才能造就丰富的创造力,进而培养出创新型人才。

从2008年开始,北京市教委启动了北京市大学生科学研究与创业行动计划,该计划的实施强调大学生主体作用的发挥和个性的发展,激发大学生创新精神与创业热情,提高科学研究与创业能力。北方工业大学积极响应北京市教育委员会的倡导,每年都鼓励学生参与其中,到2012年底,共有1688名学生累计完成了413项大学生科学研究与创业行动计划。这些学生在指导老师的帮助下完成了组队、选题、项目申报、设计方案拟定、项目实施和成果总结等工作。通过完成这些具体的工作,使学生形成独特的思维方式,激发学生的创造力,造就具有创新意识和创新能力的高素质人才。

这本论文集共收录论文48篇,内容涉及7个学院的不同专业。基本上代表了本年度学生在参加大学生科学研究与创业行动计划的最好成果。从这些论文中可以看到学生付出的努力,他们在完成项目的过程中得到了充分的锻炼,分析问题和解决问题的能力得到了提高,创新能力得到了培养。希望广大读者能喜欢这些作品并从作品中得到启发。

由于文稿数量多,编辑工作量大、时间紧,且编者水平有限,本《论文集》有不当之处,敬请作者和读者指正。

编者

2013年7月

目 录

序言

上 册

智能变频风扇	(1)
家用小型餐厨垃圾生化处理样机研制	(6)
面向迁移学习方法的智能小车实验平台	(14)
小型脚踏驱动节能洗衣机的设计	(28)
风力发电系统变流器电源及驱动硬件设计与研究	(33)
一种汽车油箱防盗油装置设计	(46)
基于现场总线技术的撒布防系统设计	(52)
高强度钢局部加热辊弯成形有限元建模与分析	(62)
典型数控机床的精度检测与误差补偿技术实验研究	(69)
智能小车的开发	(76)
基于 MEMS 传感器的 6 自由度运动数据采集技术研究	(86)
MC9S12XS128 类 C 语言的图像识别智能车控制的设计与实现	(94)
基于智能手机的增强现实游戏	(105)
LED 灯光照明电源的设计研究报告	(115)
基于 Zigbee 的智能家居控制系统研究	(126)
电视系统仿真平台的研究与实现	(133)
基于 FPGA 的 LED 大屏幕显示控制器设计	(142)
气候变化智能监测分析系统	(147)
基于 Android 的 3G 帧结构程序开发	(157)
基于 iOS 系统儿童多媒体读物的开发与设计	(161)
语音信号的采集和处理系统研究报告	(165)
闯关类手机游戏策划与设计	(172)
复杂网络的自适应同步及其应用	(179)

下 册

离散正交 U 系统在信号重构及图像压缩中的应用	(185)
我国城乡居民收入差距问题研究	(196)
奇异摄动问题的一致收敛的差分解法	(203)
金融资产随机行为的统计分析——股票价格行为研究	(216)
中国医院附属绿地中室外服务设施的现状及发展前景思考	(225)

校园地下管线探测及动态更新实施 (231)

北方几种景观结合绿化的地下空间生态设计案例调查 (236)

带游泳池的综合体育馆暖通节能设计探讨 (242)

中关村板块上市公司绩效评价研究报告 (247)

北京地区会计师事务所发展问题研究—研究报告 (259)

企业并购中的目标企业价值评价研究报告 (263)

A+H 股与纯 A 股上市公司社会责任信息披露比较研究 (268)

我国环保类上市公司绩效评价研究 (273)

基于价值投资的 Piotroski 选股策略实证研究 (289)

上市公司盈利增长的领先指标研究报告 (294)

新一代信息技术行业商业模式研究 (304)

内部控制缺陷的认定与披露研究报告 (313)

国有企业与民营企业内部治理比较研究 (323)

大学英语学习中的文化背景渗透研究报告 (331)

“词汇联想法”在大学四级、六级听力中的应用 (335)

恶意诉讼问题研究 (339)

校园文化形象设计与应用 (348)

线性材料的系列化产品开发 (352)

浅谈中国剪纸动画 (358)

高校教学楼未利用空间多功能利用设计
——以第五教学楼走廊设计为例 (362)

智能变频风扇

北方工业大学 李成刚 孟令云 类延霄

指导老师：陈 涛 实验师

摘 要：本文采用直流无刷电机来设计智能变频风扇，基于 STM32F103 控制器设计了智能变频风扇控制器，实现了带转速闭环的控制策略和 PWM 调制算法，实验结果达到了设计要求且性能稳定，可靠性高，成本低。

关键词：STM32；直流无刷；PWM

1 选题背景

自从人类社会进入现代社会，现代化的生产方式大大提高了社会生产效率，现代化的生活方式提高了人们的物质生活水平。随着现代化进程的不断提速，不可再生能源进一步减少，节约能源刻不容缓。人体降温的传统的方法有两种：第一，使用空调，此方法的优点是制冷效果明显，缺点是能量消耗太大，不仅给家庭带来经济负担，而且有悖于国家节能减排的政策；第二，使用小型风扇，此方法的优点是能量消耗小，缺点是制冷和通风效果不明显。本文提出了一种新型变频风扇，消耗的能量小于传统小型风扇，覆盖面积大大超过小型风扇，本文仅对变频风扇的控制器进行研究。

2 方案论证

本方案以意法半导体公司（ST）推出的性价比极高的基于 ARM Cortex - M3 内核的 STM32F103 微控制芯片为核心，实现变频风扇控制器的硬件设计，成本低廉且可靠性高。带转速闭环的控制策略简单可靠，适用于风机负载，用于解决低速大转矩问题；PWM 调制算法损耗小，易于实现。

3 研究方法

研究方法包括硬件设计，调试以及软件设计，调试。

3.1 系统的硬件构成

3.1.1 STM32F103 控制器简介

STM32 系列控制器采用 ARM 公司高性能 Cortex - M3 内核，处理速度达到 1.25DMips/MHz。Cortex - M3 使用 Thumb - 2 指令集，允许 32 位指令和 16 位指令相互结合，代码密度和性能都得到了提高，能满足电机控制中对复杂控制算法的计算；另外在内核水平上还搭载了一个向量中断控制器，加强了中断的快速反应能力，满足电机控制中对实时响应的要求^[1]。本系统选用的 STM32F103 控制器拥有专门为电机控制设计的

PWM 定时器，能生成中心对齐模式 PWM 信号而且死区时间可编程，关键寄存器还可以被上锁，用于保护功率器件。芯片内置 3 个采样速率为 1MSps 的 12 位 ADC，满足控制器对电压和电流信号的精确采样，芯片还集成了正交编码接口，增量编码器可与芯片直接连接而无需外部接口电路。此外芯片还有丰富的外围资源，最大 256kB 的 FLASH、最大 20kBRAM、2 个 I²C 接口、2 个 SPI 接口、3 个智能 IC 卡接口、USB 2.0 接口及 80 个快速 GIPO 口。低功耗是此芯片的另一优势，在 72MHz 所有外设都处于工作的情况下，电流功耗为 36mA，待机时电流功耗下降到 2uA。另外，近似于 C 语言的编程，以及 ST 公司免费提供的 STM32 电机控制函数库都提高了程序的可读性和开发效率，大大缩短了开发周期。

3.1.2 系统硬件结构图

变频风扇控制器的硬件结构框图如图 1 所示。

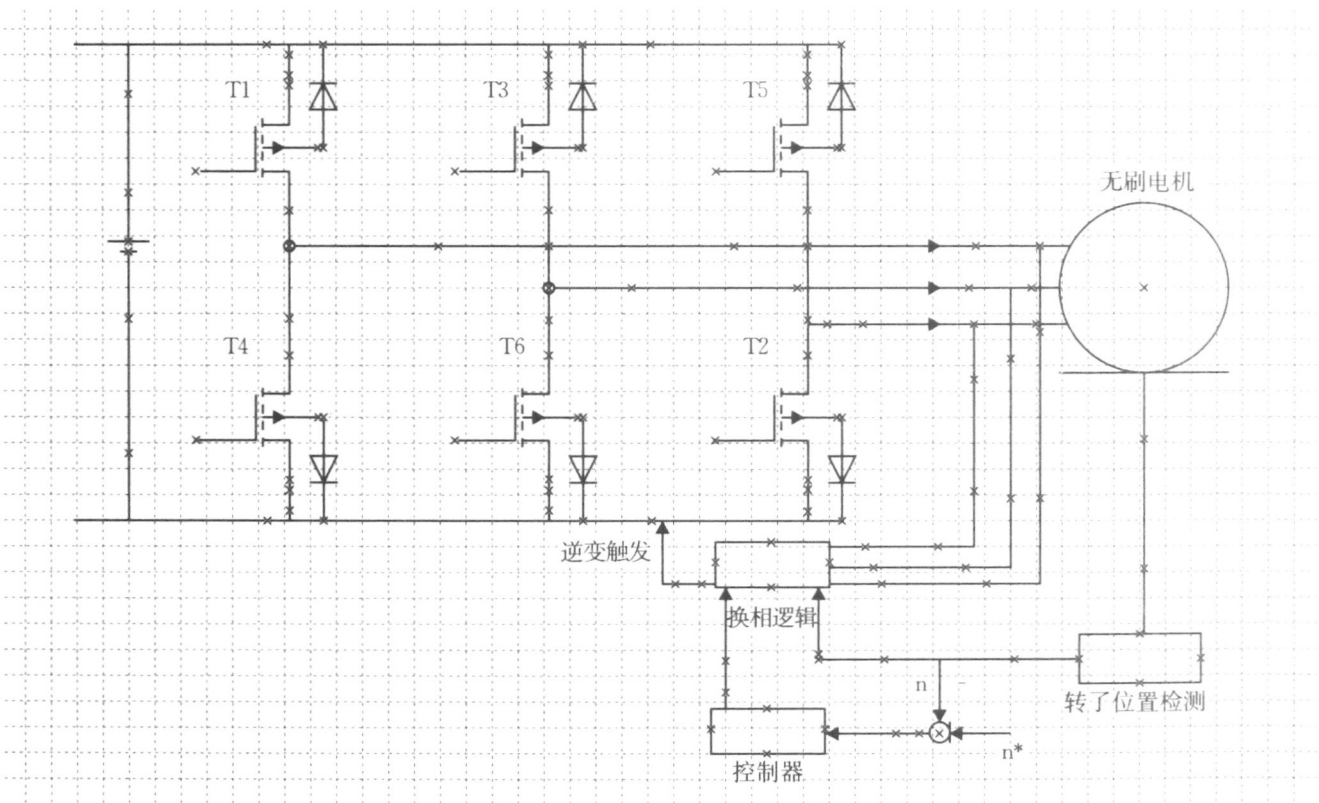


图 1 变频风扇控制器的硬件结构框图

开源电源提供 24V 直流电源，主回路由 6 个型号为 IRF540S 的 MOS 管组成三相全桥系统，MOS 管的最大工作电流 23A，最大工作电压 100V，开关频率最大为 20K；最大开通电压为 20V，最小关断电压为 -20V，具有快速过流保护、过热保护，桥臂对管互锁。驱动芯片采用 IR2136S，将 CPU 输出的 PWM 信号进行放大，驱动功率器件工作。

3.1.3 直流无刷电机转子位置检测电路设计

直流无刷电动机转子的位置信号由位置传感器（霍尔传感器）测得，控制器采集 3 路霍尔信号，采集的霍尔信号经过滤波上拉后每路都只产生 5V 的高电平和 0V 的低电平信号，高低电平分别用 1 和 0 表示，这样采集的 3 路霍尔信号为 HALL_A，HALL_B，HALL_C（分别代表 W，V，U 相）就有 8 种状态（000~111），经实验测得没有 010 和 101 这两种

状态,也就是说电动机在运行的一个周期内,所采集的霍尔信号有 6 种状态,每隔 60 电角度改变一次状态,而逆变器开关管导通一个周期内也是 6 种状态,单片机在主程序中实时读取霍尔信号,所以当采集的霍尔信号发生改变时,单片机只需相应的改变对应的开关管导通顺序,即可实现正确的换相顺序。如图 2 所示是单片机采集霍尔信号的原理图。

3.1.4 直流无刷电机 AD 采样电路的设计

由于控制器需要判断电流是否过流,因此需要设计一个电流检测电路,对于三相星型无刷直流电动机,在电动状态采用二二导通方式时,任何时刻只有两相导通,导通的两相电流大小相等,方向相反,因此只需对其中一相电流采样。一般选择在逆变器的下桥臂源极与地之间接入一个阻值很小的采样电阻,通过读取采样电阻之间的电压来反求相电流,如图3和图4所示分别是相电流采样电路和信号调理电路,信号调理电路使信号更加稳定,并对信号进行滤波。

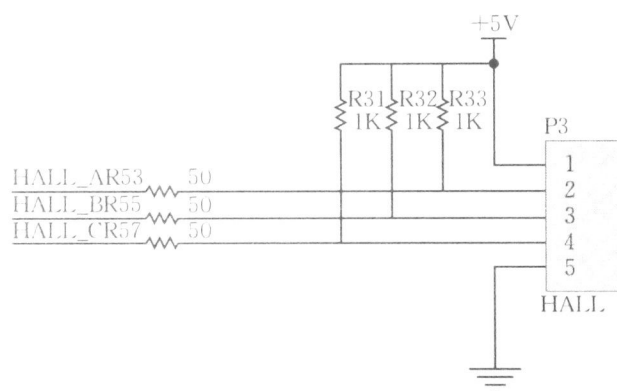


图 2 单片机采集霍尔信号的原理图

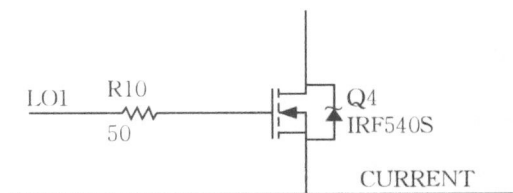


图 3 相电流采样电路

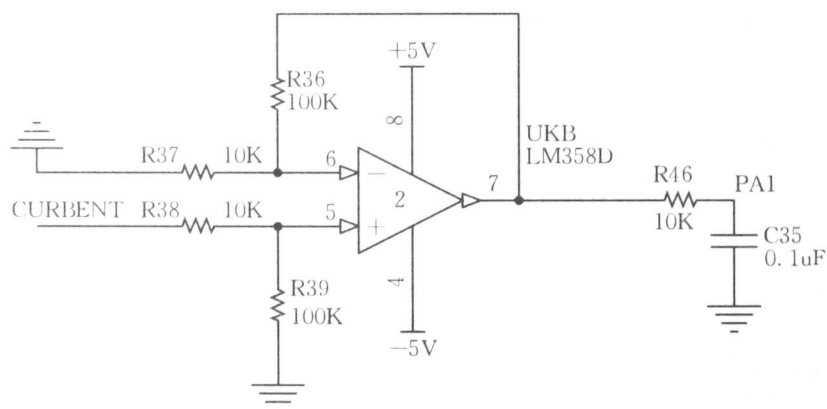


图 4 信号调理电路

3.2 系统控制策略

3.2.1 电机转速的测定

基于单片机的转速测量方法主要有频率测速法（M 法）、周期测速法（T 法）和 MT 测速法等。本设计利用 BLDCM 的霍尔信号的输出，故在一个霍尔元件上，电机旋转一周所发出的脉冲信号数与电机的极对数 P 是在数值上是相等的。基于本装置，易于实现的是 M 法与 T 法，本设计采用 T 测速法。

T 测速法是通过测量传感器发出的相邻两个脉冲之间的时间 T 来算出转速。用一个计

数器对一已知频率为 f 的时钟脉冲计数；传感器每输出一个脉冲都向 CPU 申请一次中断，CPU 响应中断从计数器中读出计数值 M ，并将计数器清零。则可计算转速 N 为：

$$N = \frac{60f}{MR} \tag{1}$$

又因为霍尔信号的周期 T 表示为：

$$T = \frac{M}{f} \tag{2}$$

所以公式（1）还可以表示为：

$$N = \frac{60}{RT} \tag{3}$$

这种测速法的分辨率为：

$$Q = \frac{60f}{R(M-1)} - \frac{60f}{RM} = \frac{60f}{RM(M-1)} = \frac{RN^2}{60f - RN} \tag{4}$$

式中： f 为时钟频率； R 为每转输出信号数； M 为中断读到的计数值。

可见，这种测量法的分辨率与转速有关。转速越低， Q 也越小。因此这种测速法在低速段有强的分辨率。再者，单片机内置时钟频率很高，所以对于高速段也是有较强的分辨率。故本设计采用的是 T 测速法，对于 T 可能大于时钟周期的情况，会在软件设计中解决。

3.2.2 PWM 调制算法

对于两相导通星形三相六状态无刷直流电动机，在一个周期内，每个功率开关器件导通 120 度电角度，每隔 60 度有两个开关器件切换。因此，调制方式采用双管调制方式，即在调制过程中任一时刻都有 1 个上桥臂和 1 个下桥臂的功率开关参与斩波调制，且上下桥臂各管皆为 PWM 调制方式。此方式不增加功率开关的动态损耗，并解决了由单管调制所造成的功率开关散热不均，提高了系统的可靠性。如图 5 所示即为 PWM 调制波形图。

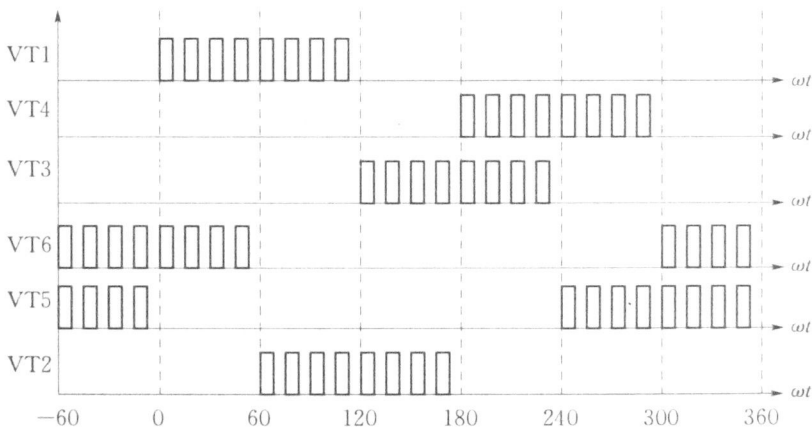


图 5 PWM 调制 H_pwm-L_pwm 型

3.3 系统的软件设计

本系统的所有软件算法都由基于 STM32F103 实现，主要完成转子位置和转速计算，转速调节器和 PWM 调制等算法。软件分为主程序和中断服务子程序，软件流程图如图 6 所示。

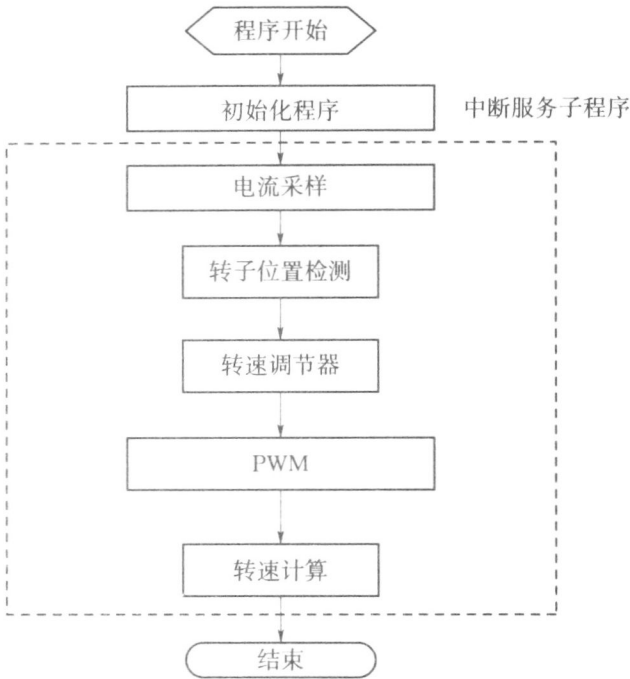


图6 系统软件流程图

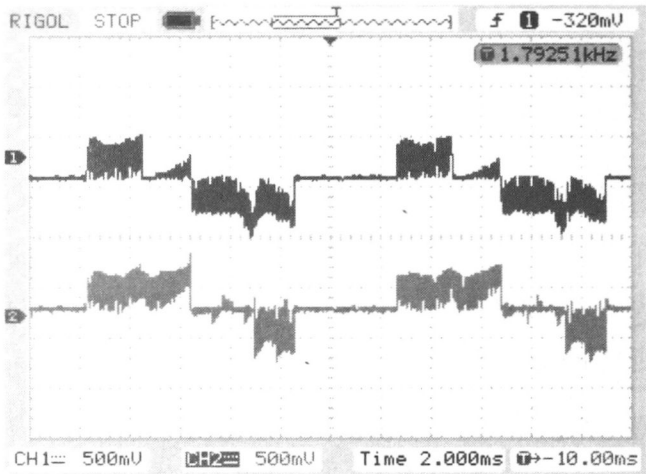


图7 电流的稳态波形图

4 研究结果

本系统对 54W 的直流无刷电机进行了实验，电流的稳态波形如图 7 所示。

本文基于 STM32F103 控制器设计了智能变频风扇控制器，实现了带转速闭环的控制策略及 PWM 调制算法，充分发挥了芯片的高速性和丰富的外设资源，降低了系统的开发成本，缩短了开发周期，并提高了系统的性能。

5 创新点

本文设计的智能变频风扇控制器采用转速闭环控制提高了速度的稳定性，采用 PWM 调制算法降低了功率损耗；基于 STM 单片机设计的控制板，成本低，为智能变频风扇的应用打下了坚实的基础。

参 考 文 献

[1] Joseph Yiu 著, 宋岩译. ARM Cortex - M3 权威指南 [M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2009.

家用小型餐厨垃圾生化处理样机研制

北方工业大学 马 壮 刘传杨 姜 华 申海威 张 超 蒋泽斌

指导教师：林 宋 副教授

摘 要：本文介绍了以太阳能提供电源，采用机电控制技术，利用微生物分解的原理开发的一种家用小型餐厨垃圾处理样机的研制过程，并利用样机做了测试实验。实验证明：使用此样机不仅能够很好的利用餐厨垃圾，变废为宝，而且减少了环境污染，具有节能环保的意义。

关键词：餐厨垃圾；微生物分解；太阳能；机电控制

1 绪论

1.1 我国餐厨垃圾的现状

随着我国经济的快速发展，城市规模不断扩大，我国城市垃圾的数量也不断上升。据国家统计局 2010 年统计，我国城市生活垃圾量达到 3.52 亿 t，居世界第一，而且每年将以 8%~10% 的速度增长。

1.2 餐厨垃圾现有的处理方式

目前我国还没有建立健全的餐厨垃圾处理管理体系，缺乏相应的管理政策和适宜的处理技术，较为普遍的处理方式有如下几种。

(1) 直接排放。厨余垃圾直接进入生活垃圾处理系统或市政下水管网。这种做法很容易产生较多污水和臭气直接污染环境，造成二次污染。

(2) 填埋。填埋由于操作简便，是目前应用比较普遍的处理方法。这种方式处理成本高，对土地的污染严重。

(3) 高温好氧堆肥处理餐厨垃圾。高温好氧堆肥是处理餐厨垃圾的有效方法之一。堆肥是在人工控制的条件下，使有机固体废物进行生物稳定化，通过菌种发酵反应将餐厨垃圾转化为有机肥料供植物花草生长所用。这一措施既杜绝了垃圾对环境的污染，又充分利用了垃圾中丰富的营养成分，变废为宝。

2 餐厨垃圾生化处理技术

2.1 家用太阳能餐厨垃圾处理器所采用的发酵技术

据调查每人每天的餐厨垃圾产量约为 0.4kg，厌氧发酵工艺条件较难控制，堆肥周期长，有机物分解速度缓慢，处理效率低，容易产生恶臭，所以家用太阳能餐厨垃圾处理器采用高温好氧发酵处理，这样可以大大缩短餐厨垃圾降解的周期，方便人们对每天的餐厨

垃圾进行及时的处理，减少垃圾对环境的污染。

2.2 厨余垃圾处理器所用发酵菌种

发酵所选用的菌种（如图 1 所示）是一种外形呈棕黄色的产品。它是一种具有生物活性的物质，含有大量需氧和厌氧型酶组成的细菌，适用于降解不同类型的有机物。其适用范围 pH 为 6.0~8.0，最佳适用条件为 pH=7；温度为 10~70℃，最佳适用温度为 25~65℃。



图 1 菌种

2.3 餐厨垃圾高温好氧堆肥原理

好氧堆肥是以好氧菌为主的微生物对有机废物进行吸收、氧化、分解的复杂生物化学反应过程。在堆肥过程中，好氧菌通过自身的生命活动，以废物中的有机物为养料，将其一部分氧化分解成简单的无机物并释放出微生物生长所需的能量，将其另一部分合成为新的细胞物质，使微生物生长繁殖。有机废物的好氧分解过程很复杂，可以用下列通式表示：



2.4 餐厨垃圾发酵菌种生长过程

堆肥化过程中发生的生物化学反应是极其复杂的，目前尚难进行精确的描述。在实际设计和操作过程中，通常根据温度的变化情况分为 4 个阶段：潜伏阶段、中温阶段、高温阶段和熟化阶段（如图 2 所示）。

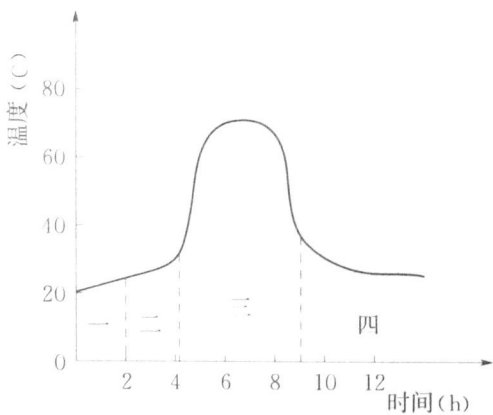


图 2 堆肥过程的发展阶段

一潜伏阶段 (<25℃)；二中温阶段 (25~45℃)
三高温阶段 (>45℃)；四熟化阶段 (40~20℃)

(1) 潜伏阶段（温度<25℃）。堆肥化的初期阶段，微生物适应新环境的过程，也叫驯化过程。

(2) 中温阶段（温度 25~45℃）。嗜温菌最活跃，主要利用物料中可溶解性的有机物，如糖类、淀粉，大量繁殖，在转换和利用化学能的过程中释放出细胞合成所需的多余能量，加上物料的保温作用，使温度不断上升。以细菌、真菌和放线菌为主的微生物在此阶段迅速繁殖。

(3) 高温阶段（温度>45℃）。废物堆积开始发酵 9h 左右，发酵罐温度可达 65~70℃。嗜温菌受到抑制或死亡，嗜热菌大量繁殖。最有利于有机物的降解，除前一阶段残留的和新形成的可溶性有机物

继续分解外，其他固体有机物（纤维素、半纤维素、本质素和蛋白质等）也开始强烈分解。50℃，嗜热性真菌和放线菌都很活跃；60℃，真菌不适于生存，只有嗜热性放线菌和细菌仍在活动；70℃以上，大多数微生物其代谢活动受到抑制，死亡或休眠。高温阶段，微生物经历 3 个时期的变化后，堆肥开始形成腐殖质，逐步进入稳定状态。

(4) 腐熟阶段（温度 40~20℃）。在内源呼吸期，微生物活性下降，发热量减少，温度逐渐过渡到环境温度，剩余有机物大部分为难降解物质，腐殖质大量形成。在温度下降的过程中，嗜温菌又重新开始活动，进一步分解残留的有机物，腐质不断增多，且趋于

“稳定”，堆肥便进入腐熟阶段。生物分解过程中产生的氨在这一阶段通过硝化细菌的作用转化为硝酸盐，其反应式为：



由于硝化细菌生长缓慢，只有在低于 40℃ 的温度下才有活性，所以硝化反应通常是在有机物分解完成后才开始进行。氮在转化为硝酸盐后才能被植物吸收。因此熟化阶段对于生产优质堆肥是一个很重要的过程。

2.5 餐厨垃圾高温好氧堆肥的意义

餐厨垃圾高温好氧堆肥的意义如下。

(1) 改良土壤。增加土壤中有有机质和养分，改善土壤结构使黏质土壤松散；促进通风，提高保水能力；减少肥分流失。

(2) 堆肥本身是腐殖质，能促进植物根系的伸长和增长。堆肥中含有丰富的微生物、原生动物，施入土壤可以改善土壤生物环境的结构和功能，成为防止病原微生物的“屏障”，使植物不易遭受虫害。

(3) 改善城区环境，美化城市容貌。餐厨垃圾的统一规范化处理，减少甚至杜绝了将餐厨垃圾任意填埋和随意倾倒，遏制了细菌、病毒及苍蝇等腐生动植物的生长。

(4) 充分利用滴水资源，变废为宝。滴水得到了综合利用，同时，也杜绝了不法分子利用餐厨垃圾制造有毒有害食品，从源头上杜绝“垃圾猪”、“滴水油”的出现，保护了人民群众的身体健康。

2.6 餐厨垃圾的高温好氧处理过程及好氧堆肥实验过程

餐厨垃圾处理器处理垃圾过程分为 4 个主要阶段（如图 3 所示）。

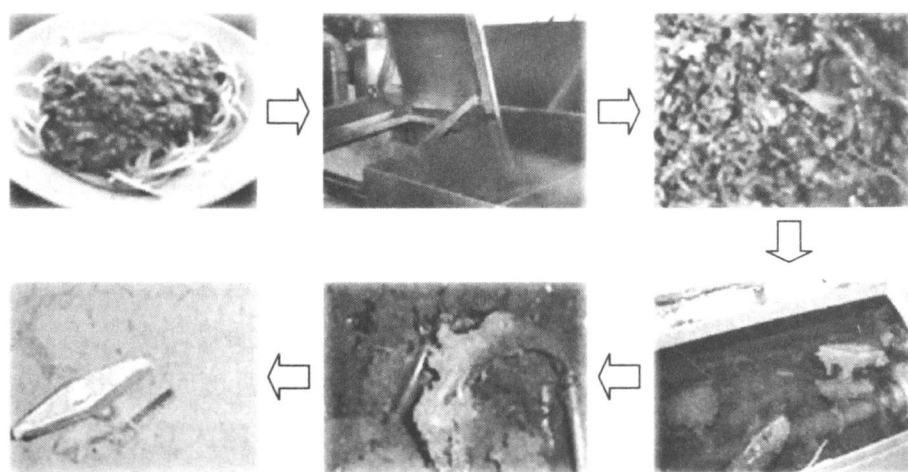


图 3 厨余垃圾发酵处理过程

(1) 输入：将餐厨垃圾与有效微生物菌种 EM 混合放入厨余垃圾处理机中搅拌。

(2) 2h 后：有效微生物菌种 EM 开始降解餐厨垃圾，此时垃圾成为液态。

(3) 6h 后：餐厨垃圾体积减小，水分蒸发，含水率约为 30%。

(4) 12h 后：餐厨垃圾降解过程结束，湿度进一步下降，最终产品呈现干粉状的生物肥料。

3 家用太阳能餐厨垃圾处理器的设计方案

3.1 发酵容器的设计

3.1.1 发酵容器体积的计算

据调查显示，每人每天制造的餐厨垃圾量为 0.4kg，则按照三口之家计算，日产餐厨垃圾总量为 $400 \times 3 = 1200\text{g}$ 。据资料显示，餐厨垃圾的密度范围为 $1.2 \sim 4.8\text{g/cm}^3$ 。由上述公式可知： $1200/4.8 = 250\text{cm}^3 < \text{垃圾体积} < 1200/1.2 = 1000\text{cm}^3$ ，取中间值为 700cm^3 。由于发酵过程还需加入辅料，故发酵容器的体积按垃圾体积的 3 倍即 2100cm^3 进行设计。

3.1.2 发酵容器形状的设计

为了使容器内的垃圾充分进行搅拌混合，将容器设计成没有棱角的结构。由于发酵过程中需要不定时供氧，故需在容器两侧上端开通气孔，为了使通气良好，最终设计为每侧 3 个小孔（如图 4 所示）。

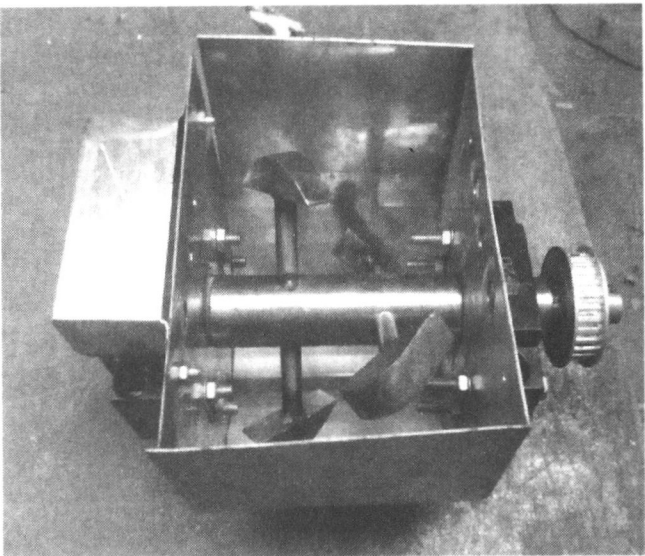


图 4 发酵容器

3.2 搅拌装置设计

3.2.1 搅拌功率计算

垃圾搅拌经验公式： $3 \sim 5\text{kg}$ 垃圾所需的搅拌功率为 200W 。按中间值 4.5kg 需要搅拌功率 200W 进行计算得搅拌功率为 53.3W 。

3.2.2 搅拌轴的设计

由于轴受到的弯矩较小，且转速较低，并对质量及结构尺寸无特殊要求，故选用常用材料 45 钢，调制处理。轴最小直径计算公式 $d_{\min} \geq A_0 \sqrt[3]{\frac{P}{n}} A_0 = 103$ ，且轴的转速为 9r/min 。代入上式得 $d_{\min} = 15\text{mm}$ 。根据设计要求，轴共分了 4 段（如图 5 所示）。

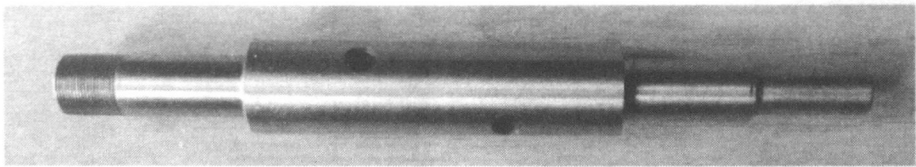


图 5 搅拌轴

3.2.3 搅拌桨的选择设计

借鉴锚式搅拌器的桨叶结构设计了如下搅拌桨（如图 6 所示）。该搅拌桨优点在于搅拌叶做成半圆形，其曲率与搅拌容器弧形底面曲率一致，可保证没有搅拌死角，搅拌叶与轴向成 20° 夹角可使得搅拌流向同时具有径向流、切向流和轴向流 3 个流向，并且两搅拌桨成 90° 夹角使得物料不宜结团。

3.3 搅拌电机的选择

垃圾处理器所需的搅拌功率为 53.3W，故选择额定功率为 60W 的直流电动机，又因其驱动电源为太阳能光伏电池板（电压为 12V），所以电动机的电压必须是 12V。综合考虑上述因素选择型号为 JB200G15T 的直流电动机。该电动机的额定功率为 60W，电压 12V，转速为 1800r/min，并配有减速比为 300：1 的减速器，使其输出转速 9r/min，以达到发酵所需的搅拌速度。

3.4 通风和排气装置的设计

由于厨余垃圾发酵为好氧发酵，需要定时通风供氧，所以需要设计通风装置来保证发酵容器内的供氧量。又因为微生物发酵会产生腐臭气味，故需要设计排气装置来进行除臭。

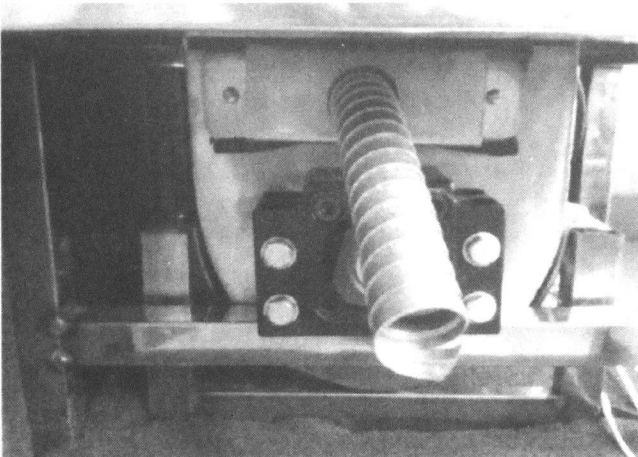


图 7 通气罩

3.5 机箱设计

机箱尺寸确定：长为 350mm，宽为 250mm，高为 350mm。机箱具体结构如图 9 所示。

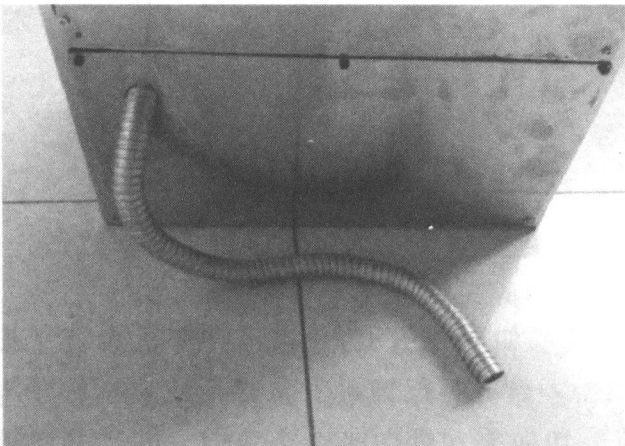


图 8 排气管

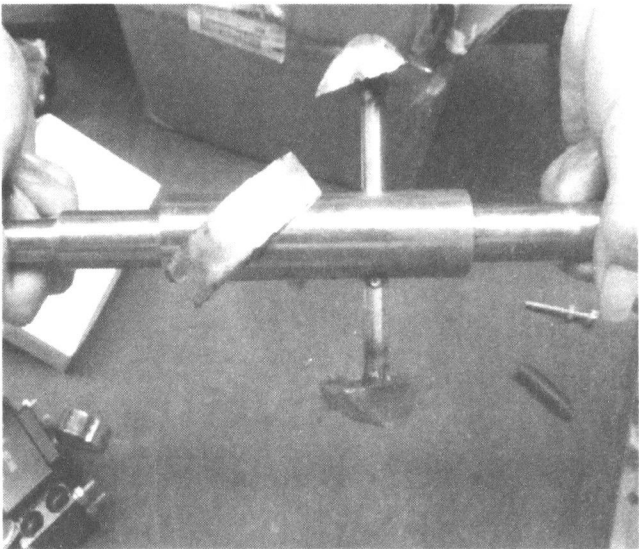


图 6 搅拌桨叶及搅拌桨

3.4.1 通风装置设计

为了保证发酵容器良好的通风效果，在发酵容器右侧开 3 个直径为 8mm 的通气孔，并配有通气罩（如图 7 所示）、风扇，由单片机控制风扇定时开启，由进气孔为搅拌容器供氧。

3.4.2 排气装置设计

为了保证良好的排气效果，在发酵容器左侧开 3 个直径为 8mm 的通气孔，并配有通气罩，通气罩外接排气管（如图 8 所示）与下水道相连，腐臭气体经排气管直接进入下水道，防止其对空气的污染。

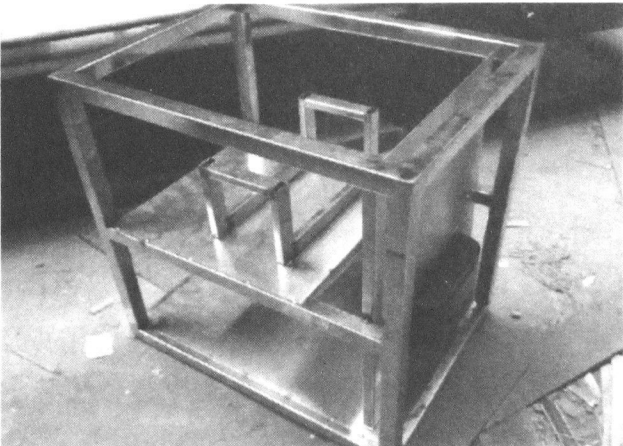


图 9 机箱

3.6 家用太阳能餐厨垃圾处理器的控制系统设计

3.6.1 控制系统组成

在餐厨垃圾发酵过程中需要控制温度、加热时间,按照微生物菌种的生长曲线将加热过程分为升温——搅拌——停顿过程(搅拌 4min,停转 2min),通过时间继电器、温度感应器等控制加热的时间与温度。所以可采用 51 单片机对系统进行简单的控制,并且通过 DS18B20 温度传感器来检测发酵温度。

3.6.2 温度控制

温度控制主要是为了调节发酵容器内的温度,以满足微生物在各个生长阶段所需的温度,缩短其生长周期,加快垃圾的分解速率。温度控制阶段需根据微生物的生长曲线进行划分,根据图 2-2 曲线可将温度控制分为 4 个阶段即潜伏阶段、中温阶段、高温阶段和熟化阶段,而每个阶段所对应的时间也不尽相同,因此需要在不同的时间段设定不同的温度控制。

温度控制思路为:

(1) 0~2h (潜伏阶段) 控制温度为 25℃,在此时间段内,当温度高于 25℃ 继电器断电,当小于 23℃ 时继电器恢复工作。

(2) 2~4h (中温阶段) 控制温度为 45℃,在此时间段内,当温度高于 45℃ 继电器断电,当小于 43℃ 时继电器恢复工作。

(3) 4~9h (高温阶段) 温度控制为 75℃,在此时间段内,当温度高于 75℃ 继电器断电,当小于 70℃ 时继电器恢复工作。

(4) 9~12h (熟化阶段) 控制温度为 20℃,在此时间段内,继电器断电,自然降温到室温。

3.6.3 电机控制

电机控制是通过单片机控制继电器的通断,然后控制外围电路的通断。为了发酵搅拌的需要,电机控制要求为转动 4min,停转 2min。

3.7 最终设计完成样机

最终设计完成的样机的箱体安装图如图 10 所示。

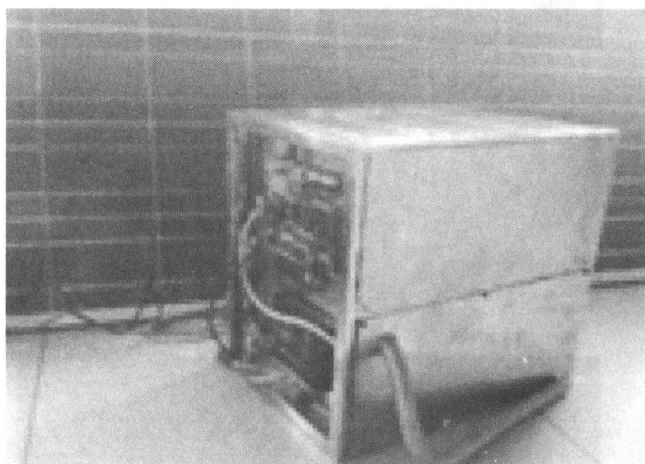


图 10 箱体安装图

4 测试实验

4.1 餐厨垃圾收集

实验中收集来自北方工业大学七食堂的餐厨垃圾(如图 11 所示),含水量大约为 80%,含有少量肉类残渣,较多的蔬菜类残食。

4.2 不同时段样品情况

不同时段样品情况如下:

1h 后:厨余垃圾较开始时基本无变化,水分降低但并没有大量减少。