

## 生菜种植温度控制系统的设计

方婷, 叶明, 周平\* (安徽农业大学工学院, 安徽合肥 230036)

**摘要** 为实现冬季寒冷条件下生菜的正常生长, 以 STM32F103 嵌入式单片机为核心控制器, 结合 DS18B20 温度传感器、4×4 矩阵按键、TFT 液晶显示屏以及光警报器等外围器件, 设计了一个温度智能控制系统。

**关键词** 生菜; STM32F103 单片机; 温度控制; 加热降温

**中图分类号** S126 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2017)32-0216-05

## Design of Temperature Control System for Lettuce's Planting

FANG Ting, YE Ming, ZHOU Ping\* (College of Engineering, Anhui Agricultural University, Hefei, Anhui 230036)

**Abstract** In order to realize the normal growth of lettuce under cold conditions in winter, using STM32F103 embedded microcontroller as the core controller, combined with DS18B20 temperature sensor, 4×4 matrix button, TFT LCD screen and optical alarm and other peripheral devices, we designed a temperature intelligent control system.

**Key words** Lettuce; STM32F103 SCM; Temperature control; Heating and cooling

随着我国人民生活水平的不断提高, 对蔬菜种类和品质的要求也越来越高, 近年来生菜已成为冬季餐桌中的一个亮点, 但是生菜正常的收获时间是 5—9 月, 在一般情况下冬季很难种植生菜。目前, 我国对于环境因素控制和自动调节的研究尚处于初级阶段。尤其对于高寒地区, 多变的环境和漫长的冬季严重限制了生菜的生长, 因此温室大棚的发展是非常必要的, 而发展的首要就是对温度的控制<sup>[1-4]</sup>。笔者以 STM32F103 嵌入式单片机为核心控制器, 结合 DS18B20 温度传感器、4×4 矩阵按键、TFT 液晶显示屏以及光警报器等外围器件, 设计了一个温度智能控制系统。

## 1 系统的结构与组成

该温度控制系统硬件电路由 STM32F103 嵌入式单片机模块、温度采集模块、液晶显示模块、键盘接口模块、电源模块、光报警模块、强电驱动与控制模块组成, 总电路系统框架如图 1 所示。

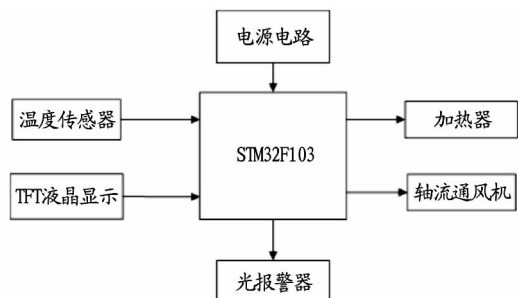


图 1 系统结构图

Fig. 1 The architecture of the system

## 2 系统的硬件设计

**2.1 单片机选型** 51 系列单片机为 16 位单片机, 晶振 12 MHz, 内存 20 kb 左右, 驱动液晶屏能力非常管口资源较少, 不符合该系统设计要求, 而对于运算能力较强的 32 位

STM32f103zet6 嵌入式单片机, 由于其具有晶振可达到 72 MHz, 内存超过 100 kb, 管口有 112 个, 可以同时挂载多个传感器等优点, 因此选用 STM32f103zet6 更符合条件。

**2.2 温度传感器的选型** ①电阻式温度传感器。它是根据热敏电阻的温度特性制成的, 工作时需要用 ADC 模块测出电压, 计算出电阻, 再根据电阻与温度的对应关系, 计算出温度, 此过程相对繁琐, 而且电阻与温度的对应关系并不是线性的, 因此误差较大, 其优点是测量的温度范围较广。②DS18B20(图 2~3)。适宜电压电压范围为 3.0~5.5 V, 温度范围为 -55~125 °C, 当温度为 -10~85 °C 时精度为 ±0.5 °C, 可编程的分辨率为 9~12 位, 对应的可分辨温度分别为 0.5、0.25、0.125 和 0.0625 °C, 可实现高精度测温, 在 9 位分辨率时最多在 93.75 ms 内将温度转为数字, 12 位分辨率时最多在 750 ms 内将温度值转换为数字, 速度更快, 其优点是通过一根数据线把测得的温度数据传给单片机, 不需要过多的硬件辅助测量, 简单、易行、精度高, 支持多点组网功能, 多个 DS18B20 可以并联在唯一的三线上, 实现组网多点测温<sup>[5-9]</sup>。综上所述, DS18B20 温度传感器是最佳选择。

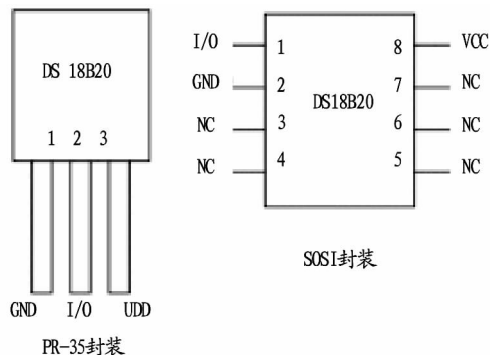


图 2 DS18B20 管脚图

Fig. 2 The pin assignment of DS18B20

**2.3 TFT 液晶屏的选型** ①12864 屏。黑白屏, 无字库, 开发时需要使用字模软件对需要的汉字进行取模, 由于这个局限性, 所以它只适合用于使用汉字不多的场合。②TFT 彩屏(图 4)。为彩色屏, 自带字库, 开发时跳过取模环节, 直接调

**基金项目** 安徽省质量工程项目(2015ckjh008)。

**作者简介** 方婷(1995—), 女, 安徽合肥人, 本科生, 专业: 车辆工程。  
\* 通讯作者, 副教授, 博士, 从事农业自动化、农业信息化等技术研究。

**收稿日期** 2017-09-18

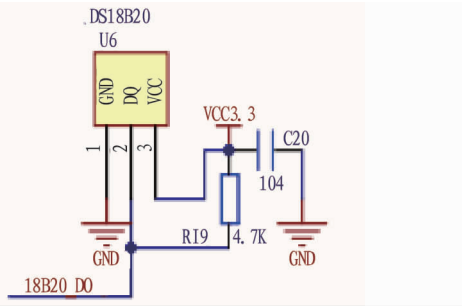


图 3 DS18B20 外部电路图

Fig. 3 The external circuit diagram of DS18B20

用字库即可,通过对 RGB 数值的设置,可以获得想要的颜色,它还具有 12864 所没有的触摸功能,但它对单片机的处理速度要求较高,一般用 51 系列的单片机来驱动它具有很大难度,而采用 RAM 系列单片机可以很好驱动它。综合考虑,选用 TFT 彩屏作为显示屏更为合理。

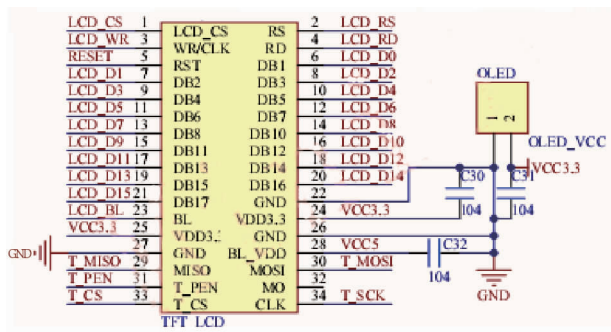


图 4 TFT 液晶屏电路图

Fig. 4 The circuit diagram of TFT LCD screen

**2.4 加热器的选择** 目前常用的加热方式有热水加温系统、热风炉加温系统、电加热系统、点热泵等,采用的主要能源为燃煤、燃油、燃气以及电能。电加热热风机以电能为能源,清洁环保,热转化率在 99% 左右,升温快,但工作电压为 220 V/380 V 电压,需要配备大容量变压器,经济成本高,不适合单个用户选用;成本较低的是燃煤热风炉,具有独有的整体保温隔热设计,热损耗降至最低,热效率高达 80%;所有指标均达国家 I 类地区环保标准,适合单个用户选用。因此,选型方案可根据具体情况进行选择。

**2.5 通风机的选择** 针对该系统,采用轴流通风机,山东省青州市某设备厂生产的 2 种轴流通风机如图 5 所示。它具有低噪音、风量大、效率高、重量轻与安装使用方便等特点,是较好的通风设备<sup>[3]</sup>。

**2.6 强电驱动与控制模块** 该模块采用带过零触发的光耦合器器件 MOC3061,将强电与弱电分开,实现前后级电路的电气隔离,控制热风机的工作电路如图 6 所示(控制通风机的电路与此相同)。当温室内温度超过设定的温度上限时,单片机 1 脚输出低电平信号,经过驱动门 7407 驱动光耦合器 MOC3061 内部光电二极管发光,在其输出端 4 脚与 6 脚之间得到输出电压,触发双向可控硅 KS 导通,使电加热热风机或控制燃煤热风机、通风机的交流接触器获得 220 V/380 V 的工作电压。当直接控制热风机时因其功率较大,发双向可控

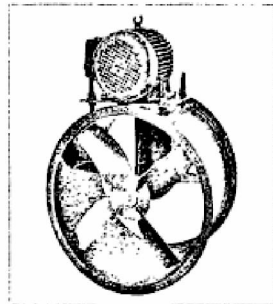
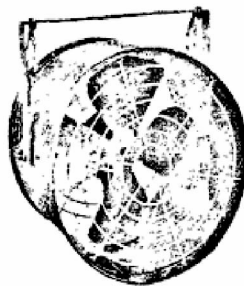


图 5 轴流通风机

Fig. 5 Propeller fan

硅 KS 需要选用大功率电流器件,也可以光耦合器后接固态继电器实现对热风机的直接控制<sup>[3]</sup>。

**2.7 光报警模块** 采用红、黄、绿 3 种灯,当温度低于下限值时黄灯亮,当温度高于上限值时红灯亮,当温度在正常区间时绿灯亮。

**3 软件设计**

在此次的软件设计中,以 C 语言为编程语言,基于 Keil 5 为平台的程序开发。在温度的控制部分,采用 PID 算法可以达到温度的自我修正,使温度趋于平稳,通过对实际系统工作环境中的各种干扰进行分析补偿,以达到温度自动控制的目的。

**3.1 PID 算法控制** PID 算法原理如图 7 所示。PID 算法的公式如下:

$$U(k) = K_p \{ e(k) + [ T * \sum_{n=0}^k e(n) ] / T_i + T_d * [ e(k) - e(k-1) ] / T \}$$

式中, $U(k)$ 为输出变量, $e(k)$ 为第  $k$  次偏差,积分部分为  $T * \sum_{n=0}^k e(n)$ ,微分部分为  $[e(k) - e(k-1)] / T$ , $K_p$  为比例系数,结合此次控制特点,温度是要控制的变量, $e(k)$  为第  $k$  次测得的温度偏差,通过改变  $K_p$ 、 $T_d/T$  与  $T/T_i$  值来改变达到预设值的时间、控制过程的速度与温度的静量差。

部分程序如下:

```
int Incremental_PI (int Encoder,int Target)
{
    float Kp = 20, Ki = 30;
    static int Bias, Pwm, Last_bias;
    Bias = Encoder - Target; //计算偏差
    Pwm += Kp * (Bias - Last_bias) + Ki * Bias; //增量式
    PI 控制器
    Last_bias = Bias; //保存上一次偏差
    return Pwm; //增量输出
}
```

**3.2 主程序设计** 主程序流程如图 8 所示。主程序的开始是对变量进行赋值,端口定义,接下来进行 LCD 屏的初始化和 DS18B20 的初始化,显示开机的信息最后清屏进入主循环(图 9)。在主循环中进行温度值上下限的设定,设定好后对 DS18B20 温度值进行读取,对收集的温度进行处理并转化为十进制,再把转化的温度值显示出来,接下来对采集的温度

进行比对,观察其是否在正常范围内。当温度值在正常范围内时,绿灯亮;若低于下限值,程序启动黄灯,使黄灯点亮,同时启动电加热热风机或燃煤热风机进行加热;当高于上限值

时,程序启动红灯,使红灯点亮,同时启动轴流通风机进行适当降温。

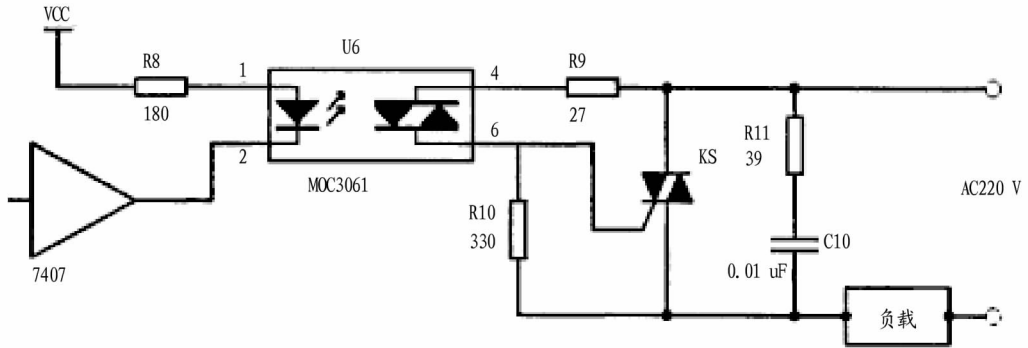


图6 强光驱动电路

Fig. 6 High-light drive circuit

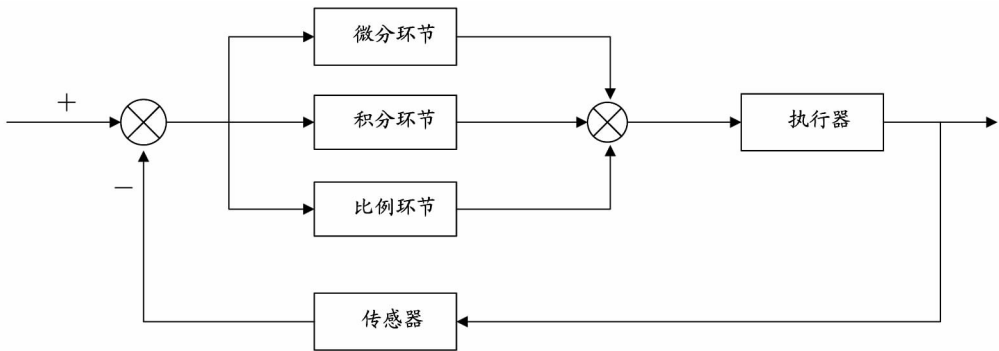


图7 PID 算法原理

Fig. 7 The principle of PID algorithm

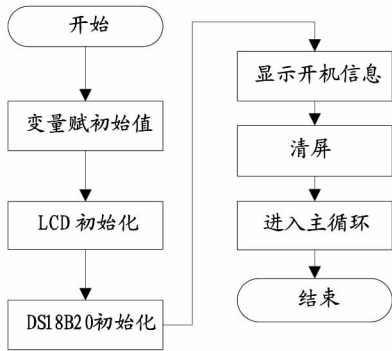


图8 主程序流程

Fig. 8 The flow of main program

**3.3 温度上下限设置程序** 温度设置流程如图 10 所示。用 k1、k2、k3、k4 按键对上限温度值进行设置,k1 按下时进入上限值设置程序,此时当 k2 键按下时上限值加 0.1℃,当 k3 键按下时上限值减 0.1℃,当 k4 键按下时上限值设置结束并更新上限值;用 k5、k6、k7、k8 按键对下限温度值进行设置,k5 按下时进入上限值设置程序,此时当 k6 键按下时上限值加 0.1℃,当 k7 键按下时上限值减 0.1℃,当 k8 键按下时上限值设置结束并更新上限值。

**3.4 温度读取程序** 首先对 DS18B20 进行初始化,发送跳过 ROM 命令,发送温度转换命令,让 DS18B20 对外部温度进行采集,然后再对 DS18B20 进行初始化,发送跳过 ROM 命

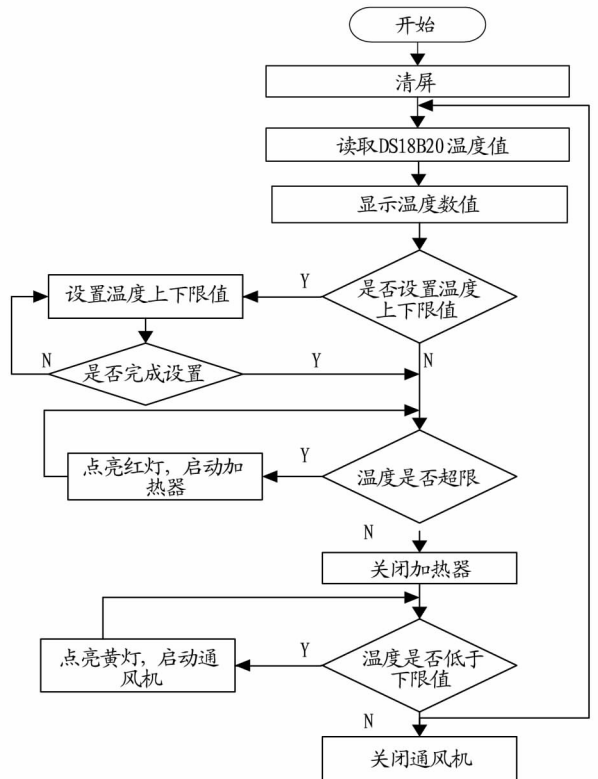


图9 主循环流程

Fig. 9 Flow of main cycle

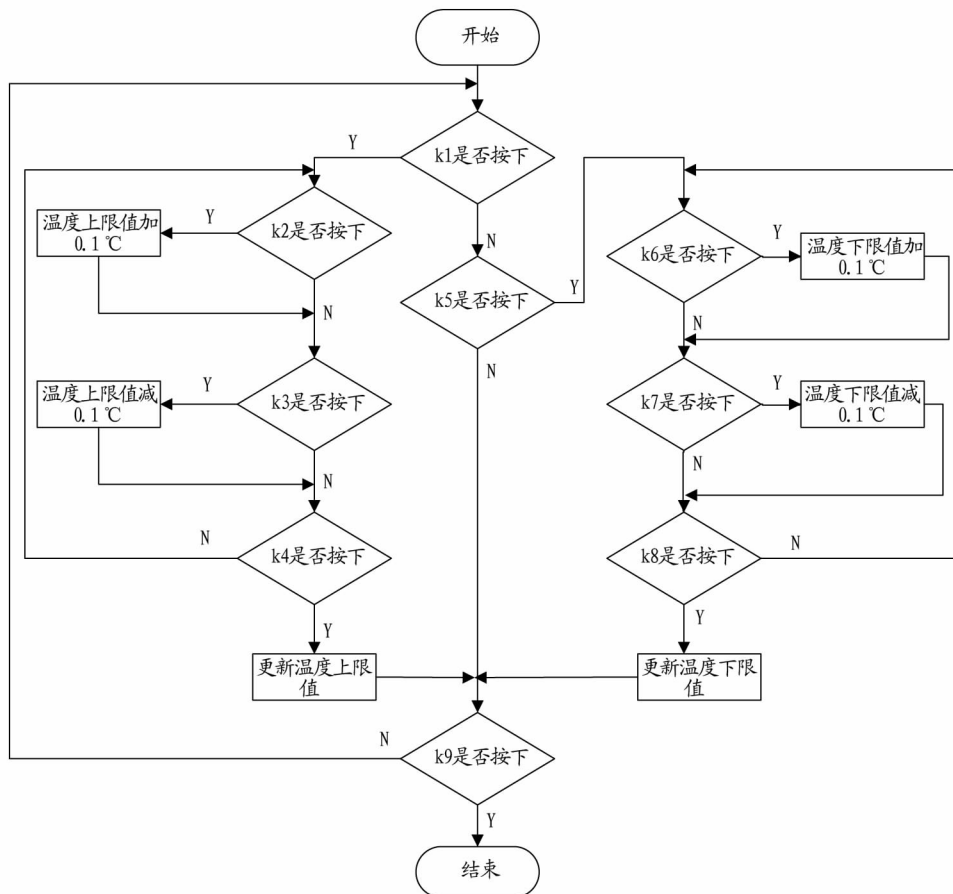


图 10 温度设置流程

Fig. 10 The flow of temperature's setting

令,发送读取温度命令,读取温度低 8 位与高 8 位,最后对温度值进行处理,转换为十进制,返回主程序(图 11)。部分温度程序代码如下:

```
#include "ds18b20. h"
#include "delay. h"
void DS18B20_Start(void)// ds1820 start convert
{
    DS18B20_Rst();
    DS18B20_Check();
    DS18B20_Write_Byte(0xcc);// skip ROM
    DS18B20_Write_Byte(0x44);// convert
}
u8 DS18B20_Init(void)
{
    GPIO_InitTypeDef GPIO_InitStructure;
    RCC_APB2PeriphClockCmd(RCC_APB2Periph_GPIOA,
ENABLE);
    GPIO_InitStructure.GPIO_Pin = GPIO_Pin_0;
    GPIO_InitStructure.GPIO_Mode = GPIO_Mode_Out_PP;
    GPIO_InitStructure.GPIO_Speed = GPIO_Speed_50MHz;
    GPIO_Init(GPIOA, &GPIO_InitStructure);
    GPIO_SetBits(GPIOA, GPIO_Pin_0);
```

```
DS18B20_Rst();
return DS18B20_Check();
}
short DS18B20_Get_Temp(void)
{
    u8 temp;
    u8 TL, TH;
    short tem;
    DS18B20_Start(); // ds1820 start convert
    DS18B20_Rst();
    DS18B20_Check();
    DS18B20_Write_Byte(0xcc);// skip ROM
    DS18B20_Write_Byte(0xbe);// convert
    TL = DS18B20_Read_Byte(); // LSB
    TH = DS18B20_Read_Byte(); // MSB
    if(TH > 7) { TH = ~ TH; TL = ~ TL; temp = 0; } else
temp = 1;
    tem = TH; tem <<= 8; tem += TL; tem = (float) tem *
0.625;
    if(temp) return tem; else return -tem;
}
```

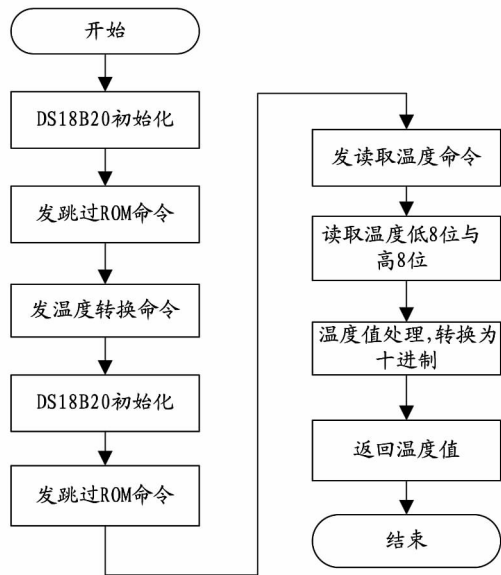


图 11 温度读取流程

Fig. 11 Flow of reading temperature

#### 4 结语

在硬件设计时,结合生菜温度控制的特点,选用高级单片机 STM32F103zet6 为主控制器,其功能强大,可以同时挂载数十个温度传感器,能够扩大温度的测量范围,内部的延

时相当准确,极大提高了设计的速度与准确性;在软件设计时,以 keil5 为编程软件,选用 C 语言为编程语言,增加了程序的可移植性,为后期的二次开发提供了便利。该系统采用 PID 算法作为温度控制的核心算法,它是一种带反馈的控制系统,可以使温度的控制更加快速、平稳与准确。从整体的设计特点来看,硬件设计简单明了,尽量避免使用过多的辅助硬件,降低了设计的复杂程度,为后期的维修也带来了极大的便利,软件设计上采用 PID 算法提高了系统的抗干扰能力。

#### 参考文献

- [1] 张玉峰. 基于单片机的蔬菜大棚温度控制系统设计[J]. 农机化研究, 2010, 32(3): 150-153.
- [2] 江绍春, 包君. 基于单片机的蔬菜大棚温度控制系统研究设计[J]. 农机化研究, 2012, 34(9): 150-153.
- [3] 李振东. 蔬菜温室大棚温度控制系统[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2010: 1-57.
- [4] 梁万用, 王凯. 蔬菜大棚温湿度智能控制系统设计[J]. 安徽农业科学, 2009, 35(19): 9138-9139.
- [5] 黎运宇, 孔德荣. 基于单片机 AT89S52 的蔬菜塑料大棚恒温控制系统[J]. 广西民族师范学院学报, 2016, 33(3): 17-19.
- [6] 贝克. CMOS 集成电路设计手册[M]. 朱万经, 张徐亮, 张雅丽, 译. 北京: 人民邮电出版社, 2014.
- [7] 金凤莲. 模拟电子技术基础实验及课程设计[M]. 北京: 清华大学出版社, 2009.
- [8] 马骏. 蔬菜大棚温度电控系统的模糊控制研究[J]. 中国农机化学报, 2015, 36(1): 128-131.
- [9] 段乃侠. 蔬菜温室大棚温度控制系统的设计[J]. 机械设计与制造工程, 2015, 44(12): 52-55.

(上接第 143 页)

通过微生物发酵方法提取黄酮比传统方法超声提取更有优势。瞿麦黄酮对清除羟基自由基具有较好的效果,对 DPPH 自由基有一定的清除能力,表明瞿麦黄酮具有很好的抗氧化作用,这为瞿麦的进一步开发提供了有利依据。关于瞿麦黄酮的结构还待进一步研究。

#### 参考文献

- [1] 李兴广, 高学敏. 瞿麦水煎液对小鼠妊娠影响的实验研究[J]. 北京中医药大学学报, 2000, 23(6): 40-42.
- [2] 李建军, 涂裕英, 佟菊贞, 等. 瞿麦等 12 味利水中药体外抗泌尿生殖道沙眼衣原体活性检测[J]. 中国中药杂志, 2000, 25(10): 628-629.
- [3] 廖志雄, 余建清. 瞿麦中总黄酮的含量测定[J]. 医药导报, 2006, 25(5): 472-473.
- [4] 刘晨, 张凌挥, 杨柳, 等. 瞿麦药理学研究概况[J]. 安徽农业科学, 2011, 39(33): 20387-20388.
- [5] 阳崇德, 张秀贤. 大黄素的药理研究进展[J]. 中国药业, 2003, 12(3): 78-79.
- [6] 郭立杰, 蔡骏. 大黄素抗肿瘤作用的研究进展[J]. 肿瘤防治研究, 2008,

35(8): 605-608.

- [7] GOEL R K, DAS GUPTA G, RAM S N, et al. Antiulcerogenic and anti-inflammatory effects of emodin, isolated from *Rhannus triquetra wall* [J]. *India J Exp Bid*, 1991, 29(3): 230-232.
- [8] SHI Y Q, FUKAI T, SAKAGAMI H, et al. Cytotoxic and DNA damage-inducing activities of low molecular weight phenols from rhubarb [J]. *Anticancer research*, 2001, 21(4A): 2847-2853.
- [9] 戴四发, 贺淹才. 黑曲霉产纤维素酶系各组分特性及酶解条件[J]. 华侨大学学报(自然科学版), 2001, 22(1): 65-69.
- [10] 牛丽亚, 刘宛玲, 肖建辉, 等. 黑曲霉发酵法提取麦胚黄酮工艺的研究[J]. 食品工业, 2015, 36(11): 1-3.
- [11] 高光跃, 冯毓秀, 秦秀芹. 山楂类果实的化学成分分析及其质量评价[J]. 药理学学报, 1995, 30(2): 138-143.
- [12] 王晓, 张红侠, 王其亮, 等. 酶法提取山楂叶中总黄酮的研究[J]. 工艺技术, 2002, 23(3): 37-39.
- [13] 黄红英, 邓斌, 蒋刚彪. 苦竹叶总黄酮的超声提取及其抗氧化研究[J]. 时珍国医国药, 2009, 20(6): 1443-1445.
- [14] 勾明玥, 刘梁, 郭春枝. 采用 DPPH 法测定 26 种植物的抗氧化活性[J]. 食品与发酵工业, 2010, 36(3): 148-150.
- [15] 廖志雄, 余建清. 瞿麦中总黄酮的含量测定[J]. 医药导报, 2006, 25(5): 472-473.

## 科技论文写作规范——结果

利用图、表及文字进行合乎逻辑的分析。务求精练通顺。不需在文字上重复图或表中所具有的数据, 只需强调或阐述其重要发现及趋势。

## 科技论文写作规范——工作单位

在圆括号内书写作者的工作单位(用全称)、城市名及邮政编码。若为外国的工作单位, 则加国名。多个作者不同工作单位时, 在名字的右上角分别加注“1”“2”, 和地址前注“1.”“2.”。