

# 一种菌落识别器的结构设计

王思佳, 李小虎, 王焕云, 谭建宝, 马智超, 陈海伦, 褚 澳, 周仁宇, 黄 彪

贵州理工学院机械工程学院, 贵州 贵阳

收稿日期: 2022年11月30日; 录用日期: 2022年12月23日; 发布日期: 2022年12月29日

## 摘 要

菌落识别器是一种用来鉴别我们周边微生物安全的一种设备。本文通过对市面上已有的识别设备设计原理和机构的解析, 分析其发展状况, 设计了一种结构新颖的菌落识别器, 这种识别器通过相机拍照成像, 然后进行RGB值分析来进行识别并计数。并通过多次方案优化来进一步节约成本、人力。本文通过对不同结构的分析试验, 得到能够达到设计要求的新型结构的菌落识别器, 使之能方便快捷地识别菌落, 提高在生活、食品、医疗等方面的微生物安全保障。

## 关键词

识别器, 结构, 设计, 菌落

# A Structural Design of a Colony Recognizer

Sijia Wang, Xiaohu Li, Huanyun Wang, Jianbao Tan, Zhichao Ma, Hailun Chen, Ao Chu, Renyu Zhou, Biao Huang

School of Mechanical Engineering, Guizhou Institute of Technology, Guiyang Guizhou

Received: Nov. 30<sup>th</sup>, 2022; accepted: Dec. 23<sup>rd</sup>, 2022; published: Dec. 29<sup>th</sup>, 2022

## Abstract

Colony recognizer is a device used to identify the safety of microorganisms in our periphery. In this paper, we analyze the development of the existing identification equipment design principles and institutions on the market, and design a colony recognizer with novel structure, which is identified and counted by RGB value analysis. And through multiple program optimization to further save costs, manpower. Through the analysis and test of different structures, the new structure can meet the design requirements, so that it can easily and quickly identify the bacterial colonies, and improve the microbial safety guarantee in life, food, medical treatment and other aspects.

文章引用: 王思佳, 李小虎, 王焕云, 谭建宝, 马智超, 陈海伦, 褚澳, 周仁宇, 黄彪. 一种菌落识别器的结构设计[J]. 机械工程技术, 2022, 11(6): 686-698. DOI: 10.12677/met.2022.116078

## Keywords

### Recognition Unit, Structure, Design, Colony

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

### 1.1. 智能菌落识别器的研究意义

近年来,随着国家越来越重视科技的发展,智能家居引进率越来越高,人们在追求高质量高智能的生活品质的同时也越来越注重自身的安全问题。尤其是在全球疫情的爆发下,身边环境的微生物安全问题达到了顶峰。在生活中,城市景观娱乐水体是水传性病原微生物的重要生存环境和传播介质,目前对城市水体中人类细菌病原多样性检测、分布特征、风险水平以及来源解析的研究匮乏[1]。在食品中,检测发现在27种发酵乳样品中,共有4个样品约14.8%被三种不同的霉菌污染,其中最主要的污染物是枝孢菌[2]。在医疗中,必须掌握生产环境中的微生物污染种类和变化趋势,为建立合理的生产洁净环境作质量保证[3]。因此,菌落识别检测在微生物安全保障中具有重大意义。

近年来,针对菌种识别的仪器也逐渐被研究和优化出来。例如,利用掺入渗透膜的设备就可以将隐藏在环境中的微生物暴露于营养物质中进而对其研究的新设备[4]。但是现有的致病菌检测技术在检测过程中依旧存在诸多问题,特别是在灵敏度、准确度、检测费用、耗费时间等方面[5]。针对现阶段,菌落识别设备的缺陷,对菌落识别器进行原理以及结构设计的优化,用以提高识别设备在生活、食品、医疗等方面的实用性。

### 1.2. 智能菌落识别器的研究现状

目前,我国比较常用的鉴别细菌的方法是分子标记技术,DNA分子标记技术是通过利用与目标性状紧密连锁的DNA分子标记对目标性状进行间接选择的现代菌种识别技术[6]。这种方式的优点是能精确识别菌种,缺点是价格昂贵。另外一种设备利用的是OD值测量法,平板菌落计数及OD值测试将菌液与抗菌材料充分接触,然后将菌液接种到含培养基的平板上,在一定温度下进行培养一段时间,观察平板,长出肉眼可见的菌落,借此识别菌种[7]。其优点是能直观地通过观察菌落来识别细菌,缺点是时间过长,容易产生误差。

随着计算机与图像分析技术的发展,借助计算机成像技术提高实验对比效率,准确率以及模拟实验减少试错成本,实现微生物识别已成为一种趋势。天津大学以分形和多重分形理论为基础,以计算机图像识别技术为手段,考察霉菌(绿僵菌)菌落形态的定量描述,分别测定各菌落样本的分形特征(覆盖维)和多重分形特征(多重分形谱)[8]。已经得到了初步的成效,可以用于几种特定菌种的识别。但是图像分辨率不足,识别菌落的数量有误差,依然有改进的空间。本文将针对市面上设备的缺陷,进行结构上的设计与优化。

## 2. 菌落识别器整体设计

### 2.1. 设计要求

因为本文设计仅仅只是对于菌落识别器的结构进行设计,因此为了实验数据的合理性。本文依据任

务说明书对其设计要求做出如下要求：

- 1) 要求菌落识别器其中菌落的集皿装置运动速度按照严格要求，其运动速度要不低于 0.5 m/s。
- 2) 一种菌落识别器的结构需要足够牢固、可靠、安全，以保证在工作时不会有松动、漏电之类的事情发生，保证操作人员的安全。
- 3) 菌落识别器的质量以及体积不能过高，要保证人们可以轻松搬运和使用，其长宽高基本尺寸范围在 0.5 米 × 0.2 米 × 0.2 米以内，重量应小于 25 kg。

## 2.2. 设计思路

本次设计的设计方案流程过程如图 1 设计流程。

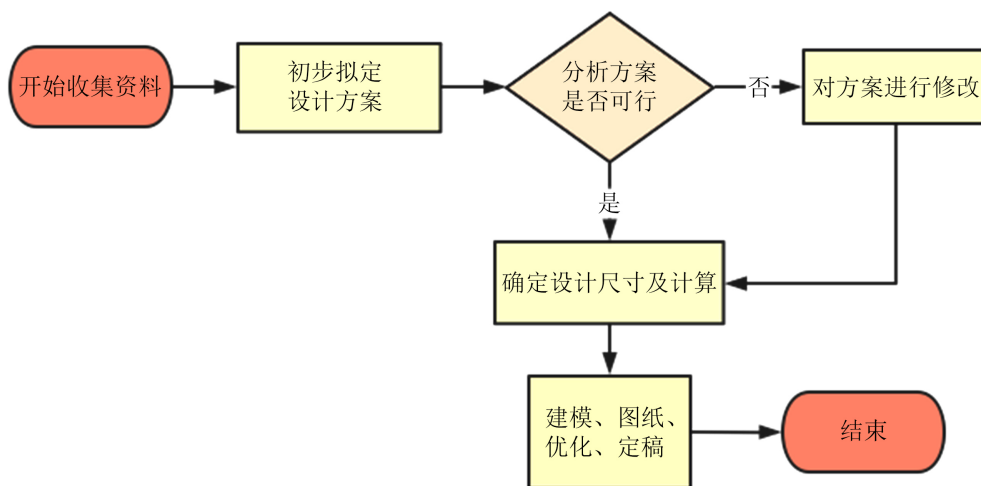


Figure 1. Design process  
图 1. 设计流程

## 2.3. 总体参数

因为本次设计只研究菌落识别器的结构，其主要的运动部分就是其滚珠丝杆的运动，它有自己的设计要求以及参数。其具体参数如下表 1 所示：

Table 1. Parameters table of the colony recognizer  
表 1. 菌落识别器参数表

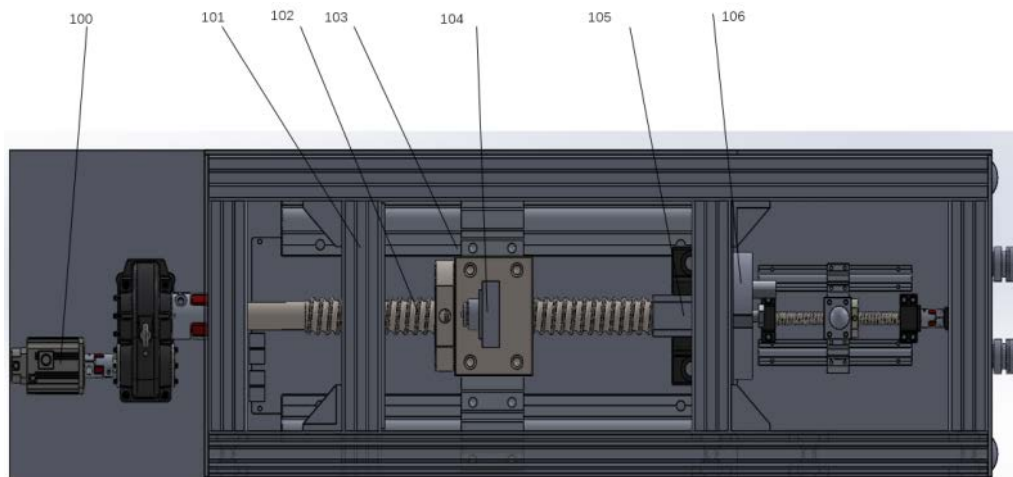
菌落识别器参数			
项目名称	单位	数值	备注(章节位置)
菌落识别器外形尺寸	m	小于 0.5 × 0.5 × 1	2.4
菌落集皿装置外形尺寸	m	0.05 × 0.04	3.1
滚珠丝杆电机功率	kw	0.01~0.02	3.2
菌落集皿装置运动速度	m/s	大于 0.5	3.3

## 2.4. 总体结构设计

菌落自动计数仪主要由电机、滚珠丝杆、摄影屏、摄像头、把手、集皿装置、滤镜转盘组成。使用

过程：握着把手打开仪器盖子，旋转滤镜转盘选取合适的滤镜，调整摄像头，将比色皿放入集皿槽，扣下仪器盖子，旋转电源开关，集皿装置通过丝杆的运动下到达合适的位置后静等 2~3 分钟，在电脑上按下数据处理按钮，静等 2~4 分钟，保存数据、浓度。在制作设计中为了减少图像采集过程中的误差和让菌落自动计数仪装置有更好的便携性、稳定性和美观性我们在材料的选用上对材料进行了设计，采用 20 新型材料作为装置的骨架材料，pp 板作为装置的密封板。

根据前面准备和参数的预设，菌落自动计数的三维模型用 solid works 三维制图软件完成如图 2 所示，其尺寸的长宽高大小为 0.48 m × 0.14 m × 0.16 m。符合设计的基本要求。



101、伺服电机；102、摄影屏；103、滚珠丝杆；104、摄像头；105、集皿装置；106、滤镜转盘

Figure 2. A 3D schematic representation of an automatic colony count

图 2. 一种菌落自动计数的三维示意图

### 3. 菌落识别器关键零件设计

滚珠丝杆装置设计的三维图如图 3 所示，菌落集皿装置外形尺寸大小为：0.05 m × 0.04 m。其主要工作原理滚珠丝杆作为主动体，螺母就会随丝杆的转动角度按照对应规格的导程转化成直线运动，被动工件可以通过螺母座和螺母连接，从而实现对应的直线运动。丝杆和螺母上都有半圆弧形的螺旋槽，他们套装在一起时便形成了滚珠的螺母滚道。螺母上有滚珠回路管道，将几圈螺母滚道的两端连接起来，构成封闭的循环转动，从而迫使螺母轴向移动基本上是滚动摩擦。

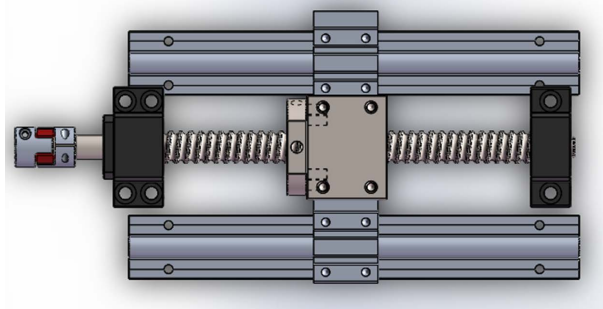


Figure 3. 3D diagram of the ball-screw device

图 3. 滚珠丝杆装置三维图

该结构能实现设备内部多个部件在轴向上相对位置的改变。即在细菌稀释液放入设备后，能调整成像屏的远近，来观察成像的清晰程度，并且能使得细菌在吸收光波长时能在无遮挡的前提下收纳放射光波头的部件，进而达到体积利用率最大化，达到缩小体积的作用。

### 4. 菌落识别器传动部分的设计

由已知条件，得输入轴上的功率  $P_1$ 、转速  $n_1$  和转矩  $T_1$ ：

$$P_1 = 0.015 \text{ KW} \quad n_1 = 910 \text{ r/min} \quad T_1 = 0.156 \text{ Nm}$$

设计的输入轴，结构设计如图 4 所示，其各项参数如表 2 所示。

有已知条件，得输出轴上的功率  $P_2$ 、转速  $n_2$  和转矩  $T_2$ ：

$$P_2 = 0.0134 \text{ KW} \quad n_2 = 240.11 \text{ r/min} \quad T_2 = 0.533 \text{ Nm}$$

设计的输出轴，结构设计如图 5 所示，其各项数据如表 3 所示。

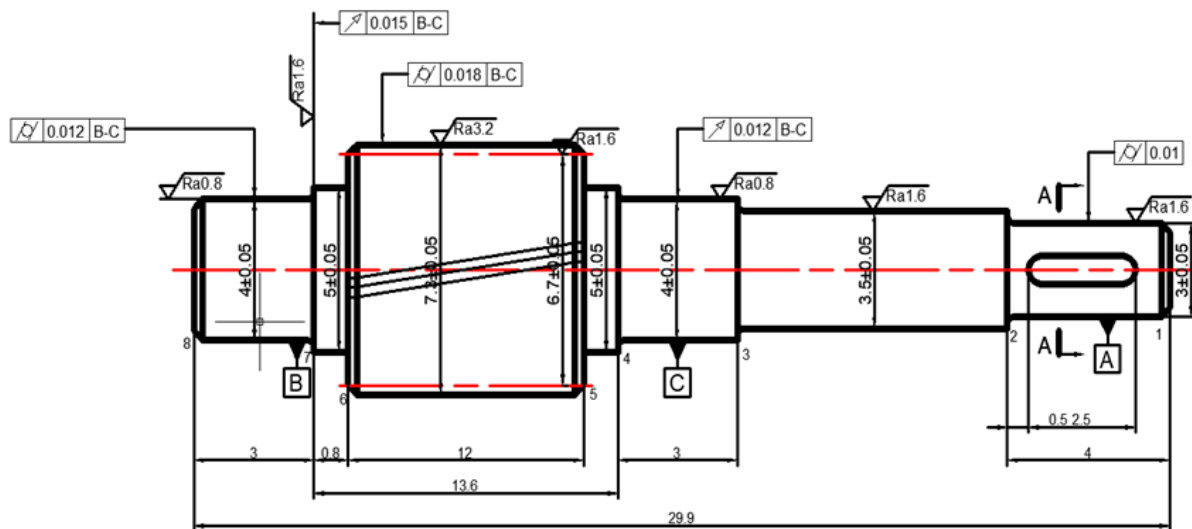


Figure 4. Structural design drawing of the input axis

图 4. 输入轴的结构设计图

Table 2. Diameter length of each input shaft section

表 2. 输入轴各段直径长度

轴段	1	2	3	4	5	6	7
直径	3	3.5	4	5	7.3	5	4
长度	3.8	6.3	2.8	0.8	12	0.8	2.8

Table 3. Diameter and length of each section of the output shaft

表 3. 输出轴各段直径长度

轴段	1	2	3	4	5	6
直径	4.5	5	6	7	8	6
长度	11	6.1	4.3	6.8	0.8	3.3

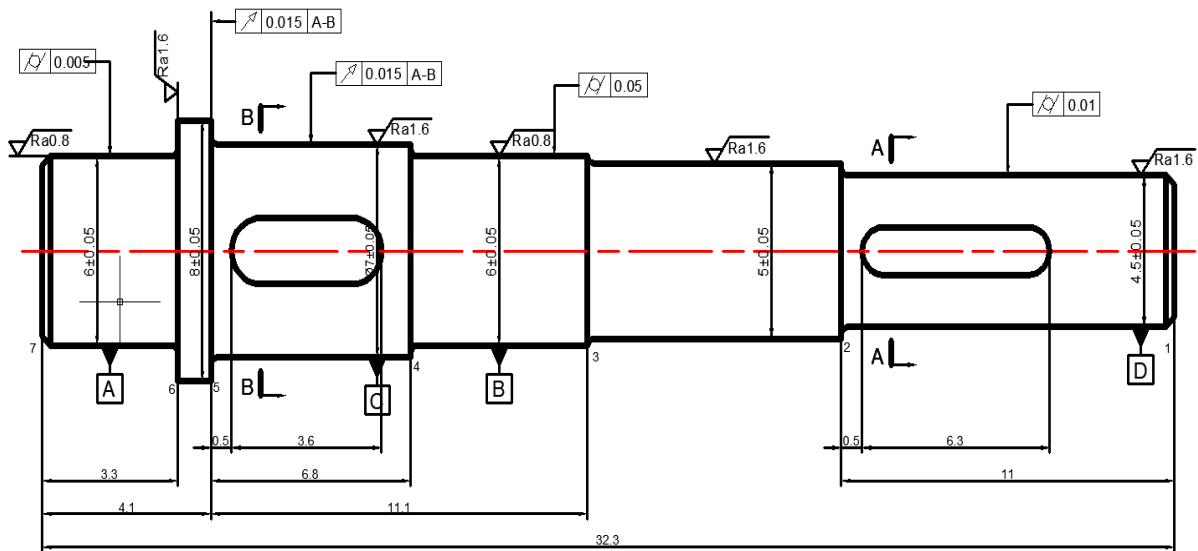


Figure 5. Design drawing of the output shaft structure  
图 5. 输出轴结构设计图

## 5. 菌落识别器 PLC 设计

### 5.1. PLC 的概述

PLC 是微机技术和继电器常规控制概念相结合的产物[9]。从广义上讲, PLC 也是种计算机系统, 只不过它比一般计算机具有更强的、与工业过程相连接的 I/O 接口, 具有更适用于控制要求的编程语言, 具有更适应于工业环境的抗干扰性能。利用这个原理, 设计的菌落识别器 PLC 系统结构图如图 6 所示。

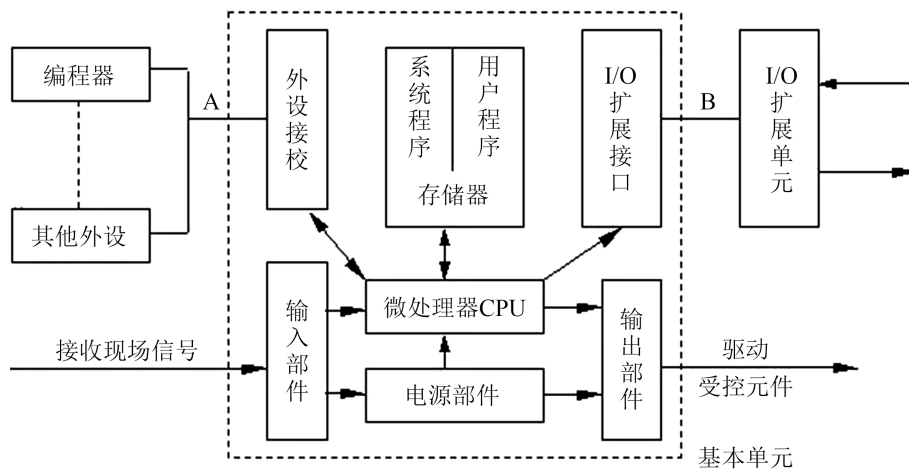


Figure 6. Basic structure of the PLC system  
图 6. PLC 系统的基本结构

### 5.2. S7-200 仿真软件介绍

S7-200 仿真软件可以仿真大量的 S7-200 指令(支持常用的位触点指令、定时器指令、计数器指令、比较指令、逻辑运算指令和大部分的数学运算指令等)仿真程序提供了数字信号输入开关、两个模拟电位

器和 LED 输出显示，仿真程序同时还支持对 TD200 文本显示器的仿真，在实验条件尚不具备的情况下，完全可以作为学习 S7200 的一个辅助工具。图 7 是 S7-200 仿真软件的操作界面。

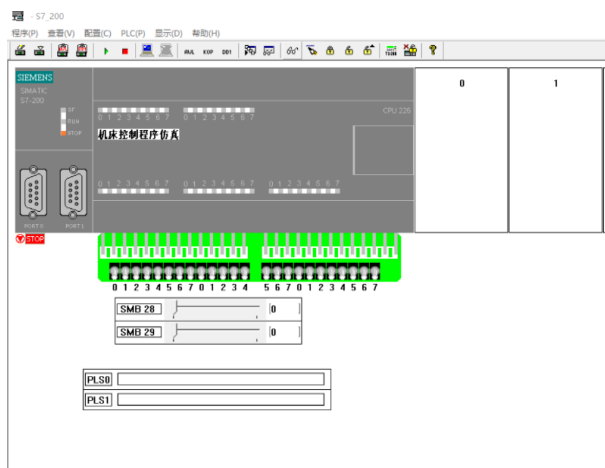


Figure 7. Operation interface of S7-200 simulation software  
图 7. S7-200 仿真软件操作界面

### 5.3. 菌落识别器控制程序仿真

通过将上面用 STEP7-MicroSMART200\_v2.1 编写好的梯形图进行保存，保存为 awl 后缀的文件，将文件导入 S7-200 仿真软件，并指定输入端口，选择运行，然后查看状态信息，截取的仿真图如下图 8~11 所示：

按下电机正转按钮 10.0，没有按反转按钮 10.1 同时也没有按电机停止按钮 10.2 的情况下电机 Q0.0 正转且自锁。如图 8 所示。

如果按停止按钮 10.2 则切断自锁电机停止。如图 9 所示。

按下电机反转按钮 10.01，没有按正转按钮 10.0 也没有按电机停止按钮 10.2 的情况下电机 Q0.1 反转且自锁。如图 10 所示。

如果按停止按钮 10.2 则切断自锁电机停止。如图 11 所示。

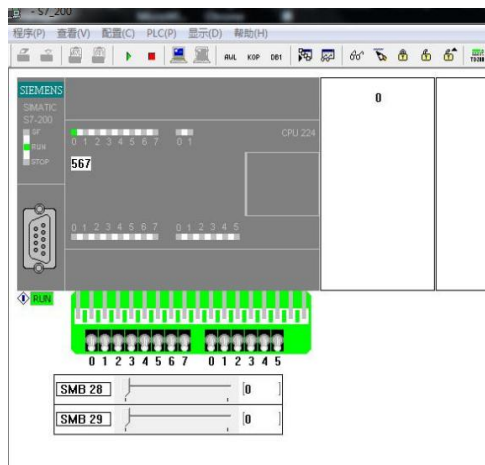


Figure 8. Program Simulation I  
图 8. 程序仿真一

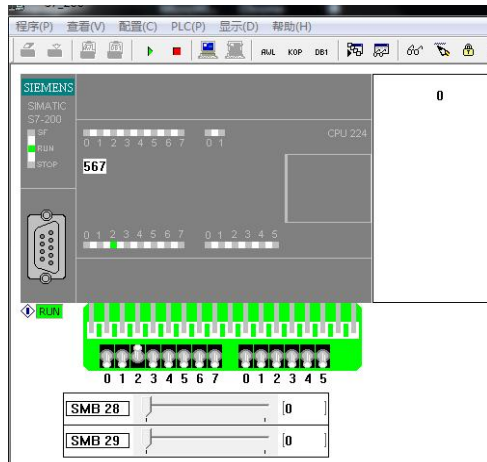


Figure 9. Program Simulation II  
图9. 程序仿真二

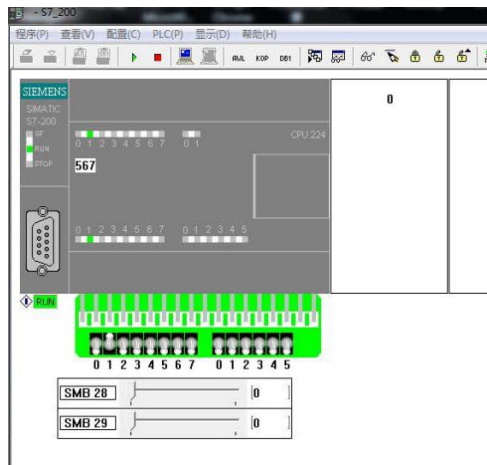


Figure 10. Program Simulation II  
图10. 程序仿真三

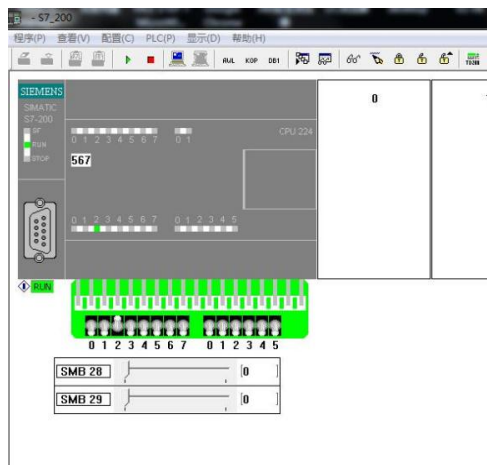


Figure 11. Program Simulation IV  
图11. 程序仿真四



这些仿真程序在研究小组试验过程中起到了极大的作用。改良后的设备在正式制造之前为了测试其性能的稳定性和准确性、快捷性，需要大量的实验数据验证，如果利用实物验证会消耗掉多余的成本，为简化测试过程，我们设计了一系列控制程序，并进行了大量的仿真模拟校正，才得到最后性能较为合适的设备。这里就不多赘述，下图是在测试过程中的几个简单的控制小程序，感兴趣的读者可以试验一下。

## 6. 菌落识别器试验研究及结果

### 6.1. 传统识别器的识别效果

#### 1) 半自动识别器

目前市面上通用的较为便宜的识别器为目 XK7-A 半自动细菌检验仪。使用步骤为：首先取出一定的待测菌液稀释到一定的倍数，并将菌液放置再培养皿上进行培养，待细菌长成菌株才能再显微镜或放大镜的帮助下识别菌种，并通过稀释倍数的计算才能一并得到数量。此间消耗的时间和人工成本是巨大的。

图 12 是传统菌落计数器的识别培养皿样品，白斑就是培养后的菌落。

此种识别器以及识别方法有两个明显的短板。一是菌落的繁殖的时间是刚需的，并且细菌繁殖周期较短。培养细菌需要一定的实验条件，要防止被其他细菌污染。并且由于分裂的过快，在计数方面不可避免的会产生误差。二是该仪器的使用需要大量的人工成本，例如培养细菌，消毒器皿，对菌株进行人工读数等，人员需要经过专门的培训用以减小误差，纵使如此叠加起来识别细菌的误差依旧很大。传统菌落计数器的具体参数见表 4。

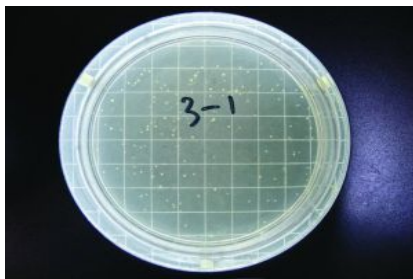


Figure 12. Samples from traditional colony counter plates

图 12. 传统菌落计数器培养皿样品

Table 4. Specific parameters of the traditional colony counter

表 4. 传统菌落计数器的具体参数

设备	传统菌落计数器
价格	300 元~2600 元
计数方式	培养皿底部计数笔点压式计数
功能	简单的进行菌落计数，不能识别
检测准备	对菌落培养 1~3 天
放大倍数	3~9 倍
检测菌落种类	酵母菌、霉菌、放线菌、细菌、球菌
操作难度	易，不需要大量计算
误差	较大
体积	小型，重约 3~8 千克

## 2) OD 值设备识别器

由于传统设备的费时费力，市面上也出现了能自动识别细菌的 OD 值设备。该设备比起传统的识别器检测精度有所提高。利用的原理是光通过被检测物，前后的能量差异来识别细菌。使用步骤为：将待测液放在一其中，OD 值设备现测试微生物吸收掉的光密度，再根据测定的 OD 值推算相应的菌落数量。但是这个设备由于其测定范围的限制，导致它只能测定特定的几种细菌，超过范围的则不能检测。并且该设备再用 OD 值进行计算的时候，每次测试都会有不一样的值，精度仍然不够高，设备体积庞大不易携带，不能满足各个领域的研究需求。OD 值菌落识别计数设备具体参数见表 5。

**Table 5.** OD colony identification to count device parameters

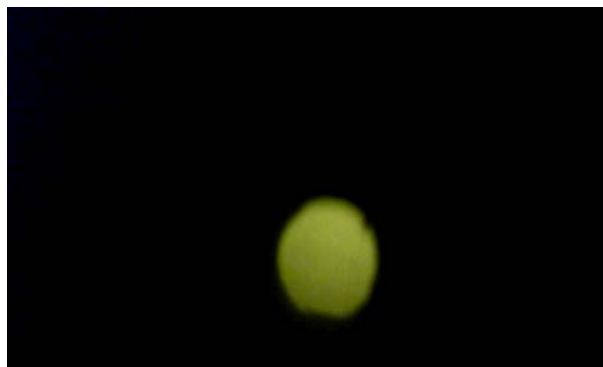
**表 5.** OD 值菌落识别计数设备参数

设备	OD 值菌落识别计数设备
价格	22,000 元~86,000 元
计数方式	透光度 OD 识别技术测试浓度
功能	测试菌落浓度，菌落计数，不能识别种类
检测准备	不需要准备
放大倍数	20 倍
检测菌落种类	酵母菌、霉菌、放线菌、肠杆菌、链球菌及少数真菌
操作难度	难，需要大量计算
误差	小
体积	庞大，不易移动

## 6.2. 改装后的识别器效果

### 1) 识别菌种的功能

改装后的识别器第一项功能是识别菌种。在验证实验中，研究小组放置不同细菌样品经过同等稀释后接种在培养皿上，在一定时间后，得到长成菌落的培养皿。在稳定的环境中，本设备参照了 OD 值设备的原理，利用菌落对不同光波吸收程度的不同的原理来识别菌种。在实验中，本文放置的细菌分别为枯草芽孢杆菌和大肠杆菌，通过照相设备得到的图像如图 13，图 14 所示。



**Figure 13.** Imaging diagram of *B. subtilis*

**图 13.** 枯草芽孢杆菌成像图



**Figure 14.** *E. coli* imaging images in fig  
**图 14.** 大肠杆菌成像图

## 2) 细菌计数的功能

改装后的识别器第二项功能是细菌计数。在验证实验中，研究小组细数培养皿中的菌种的数量，与改装后设备识别出的数量作对比修正。改装后的设备对细菌数量的识别方式进行了优化，通过对成像的 RGB 值分析，来判断细菌浓度，进而通过稀释倍数计算得到细菌数量。

如图 15，对菌落的 **R**、**G**、**B** 分别处理，运用 Matlab 软件分析进而得到菌落总数。

```

clc;
clear;%读入原图像及获取大小
a=imread('2.5.jpg');
a=uint8(a);
b=a;
[m,n,d]=size(a); %计算图像像素
level2=0;
for i=1:m
for j=1:n
if a(i,j,3)>level2
b(i,j,3)=a(i,j,3);
else b(i,j,1)=0;
      b(i,j,2)=0;
      b(i,j,3)=0;
end
end
end
image = b;
% 分别读取 RGB
image_r=image(:,:,1);
image_g=image(:,:,2);
image_b=image(:,:,3);
% 测试 RGB 输出
subplot(2,2,1),imshow(image_r),title('Red component');
subplot(2,2,2),imshow(image_g),title('green component');
subplot(2,2,3),imshow(image_g),title('blue component');
subplot(2,2,4),imshow(image),title('original image');
partdate(:,:,:)=image(1:10,1:10,:);%取最左上角 10X10 的原始图像数据

```

**Figure 15.** Noising removal and RGB value analysis procedure

**图 15.** 除噪及 RGB 值分析程序

## 6.3. 对比及结论

本文对改装后的识别器同两种市面上的识别器进行对比，得到如下参数表，即表 6 所示。

**Table 6.** Comparison parameter table for each equipment  
**表 6.** 各个设备的对比参数表

设备	计数时长	综合性能
传统识别器	1~3 天	便宜、费时、精度较低
OD 值识别器	1~2 天	昂贵、体积大、精度中等
改装后识别器	3~5 分钟	便宜、体积小、省时、精度较高

由表可以看出,改良后的设备能在识别细菌方面得到较大的优化。本文设计的设备和零件都对识别细菌起到了极大的作用,其中最创新的点就在于利用照相机拍摄成像,进而分析 RGB 值来识别细菌。不仅让设备在成本方面大大降低,精度也得到了提升。纵使有诸多的优点,依旧还是有不足的地方,例如能够识别的菌种还是不够多,研究小组只试验了十几种菌种,虽然其中几乎都试验成功,但世界已存菌种庞大,在识别菌种方面还有很长的路要走。

## 7. 总结与展望

### 7.1. 研究总结

随着人们生活水平在日益的提高,人们对环境和食品安全也越来越重视。许多细菌是导致疾病发生的主要源头,严重的还可能有生命危险,所以日常的环境卫生和食品安全对人们的身体健康无疑非常重要,但是细菌是微生物非常渺小,人们单凭肉眼是无法看见的,因此设计一种能够简单快速计数菌落的设备至关重要。

本文为一种菌落识别器的结构设计,在设计中针对现今常见菌落识别仪器对于环境和食品菌落鉴别并计数不理想以及设备昂贵的现象,对其进行设计。

本文中,通过对现有的菌落识别器结构和原理分析和比较,本文对一种菌落识别器进行了总体方案的设计得出了关键零件的设计和传动部分的设计,最后进行三维建模。最终得到新型结构的识别器,在识别方面得到了硬件上的优化。

### 7.2. 研究展望

本设计虽然达到了预期的目标,但是仍然存在许多不足,对于本设计有以下几点期望:

- 1) 期望本设备结构能够更加紧凑,体积更加小巧。
- 2) 期望本设备能有更多的功能,能够在更多的领域得到应用。
- 3) 由于多种条件的限制,本设计智能化不太达标,期望本设计能够加智能化,让人们使用起来更加方便快捷。
- 4) 期望该设备外观能更加美化。
- 5) 期望能识别更多的菌种。

## 基金项目

高层次人才启动项目(XJGC20190927);贵州省科技计划项目(黔科合基础[2019] 1152 号);国家级大学生创新创业训练计划项目(项目名称为智能菌落识别仪,项目编号为 202114440043)。

## 参考文献

- [1] 崔祁嘉. 城市景观娱乐水体人类细菌病原菌多样性及风险研究[D]: [博士学位论文]. 北京: 清华大学, 2017.

- [2] 裴旭. 市售发酵乳中糠氨酸含量及微生物污染研究[D]: [硕士学位论文]. 南京: 南京农业大学, 2020.  
<https://doi.org/10.27244/d.cnki.gnju.2020.000701>
- [3] 庞湛明. 制药企业生产车间洁净环境监控体系的建立及其应用效果研究[D]: [硕士学位论文]. 广州: 华南理工大学, 2019. <https://doi.org/10.27151/d.cnki.ghnl.2019.001915>
- [4] PLoSONE: 科学家开发出可鉴别自然界中未知微生物种的新型设备[J]. 微生物学通报, 2014, 41(7): 1447.
- [5] 潘文秀. 近红外激光在食源性致病菌快速检测中的应用基础研究[D]: [硕士学位论文]. 镇江: 江苏大学, 2016.
- [6] 刘波. 生物农药研究中生物技术应用现状与发展前景[C]//福建省农学会. 食品安全的理论与实践——福建省科协第四届学术年会“食品安全与农民增收”分会场暨福建省农学会第五届青年学术年会论文集: 2004年卷. 2004: 179-195.
- [7] 孙广飞. 锌掺杂羟基磷灰石复合支架制备及抗菌抗炎性能[D]: [硕士学位论文]. 武汉: 华中科技大学, 2016.
- [8] 阳葵, 王积分, 王福东, 段世铎, 张镒. 菌落形态的计算机识别法用于菌种的分离筛选[J]. 微生物学通报, 2000(1): 51-55. <https://doi.org/10.13344/j.microbiol.china.2000.01.016>
- [9] 张朝英, 张华军. PLC控制系统的可靠性分析[J]. 科技资讯, 2010, 224(11): 61.  
<https://doi.org/10.16661/j.cnki.1672-3791.2010.11.114>