

# Design of Tobacco Leaf Image Acquisition System Based on Vertical Motion

Weiquan Pan Jirong Tu Xiangping Zhu Hua Lin Haiping Yang

Guangxi Zhuang Autonomous Region Tobacco Company Hezhou Company Fuchuan Marketing Department, Hezhou, Guangxi, 542800, China

## Abstract

At present, there are about 800000 to 1 million intensive drying rooms in China, with smoking rooms measuring 8 meters in length, 2.7 meters in width, and 3.5 meters in height, and hanging three layers of tobacco leaves. The currently promoted intelligent tobacco drying rooms use cameras to capture images of tobacco drying. Due to the high number of hanging cigarettes in the room, especially the large temperature difference between the ceiling and the bottom, installing one camera cannot fully capture images of tobacco drying, and installing multiple cameras will increase costs. The paper proposes an image acquisition scheme based on vertical motion, which can use a camera to capture images of multiple layers of tobacco drying. This not only reduces costs but also ensures comprehensive data acquisition and coverage, without the need for manual control. It can fully automate and intelligently collect images of tobacco drying.

## Keywords

baking image; vertical motion; real-time acquisition; single-chip microcontroller control

## 基于垂直运动的烟叶图像采集系统的设计

盘维权 涂继荣 祝湘萍 林华 杨海平

广西壮族自治区烟草公司贺州市公司富川营销部, 中国·广西 贺州 542800

## 摘要

目前中国约有80万~100万座密集烤房, 烤房装烟室内的长8m、宽2.7m、高3.5m, 挂3层烟叶。目前推广应用的智能烟叶烤房使用摄像头采集烟叶烘烤图像, 由于烤房挂烟较多, 尤其是顶棚和底棚的温差较大, 安装一个摄像头不能全面采集烟叶烘烤图像, 而安装多个摄像头会增加成本。论文提出了一种基于垂直运动的图像采集方案, 可以使用一个摄像头采集多层烟叶的烘烤图像, 既可以降低成本, 又能够保证数据的全面采集和覆盖, 无需人工参与控制, 就可以全程自动化、智能化采集烟叶烘烤图像。

## 关键词

烘烤图像; 垂直运动; 实时采集; 单片机控制

## 1 引言

基于垂直运动的图像采集系统可以解决摄像头成本和安装数量之间的矛盾, 使用一个摄像头可以全程采集上、中、下三层烟叶的烘烤图像。由于采用了单片机自动控制和机械导轨的设计, 无需人工参与控制, 就可以全程自动化、智能化采集烟叶烘烤图像。

【课题项目】《智能烘烤关键技术开发与应用》贺烟计〔2024〕20号(合同号: 2024451100070046-3)。

【作者简介】盘维权(1970-), 男, 瑶族, 中国广西富川人, 本科, 中级农艺师, 从事烟草栽培与调制、病虫害防治研究。

## 2 研究内容

论文的主体内容由下述的几个方面组成。首先, 包括采用合适的运动机构, 对适合垂直运动的各种机构在Soildowrks上进行运动仿真和静应力分析, 为运动的不同机构设计参数并进行模拟, 对机构运行过程中存在的问题进行分析和处理。其次, 包括运动导轨的设计。采用导轨式的设计, 可以实现摄像头的沿导轨移动, 且使操作易上手、方便、安全、可靠性高, 避免与烟叶发生擦碰。最后, 包括任意位置启停和方向变换的设计。根据摄像头移动过程所处位置, 通过遥控操作, 可以及时实现启停和方向变换, 方便操作者及时获取烟叶烘烤的信息。进而包括组装与调试。完成相应的设计和仿真后, 进行组装工作, 使操作系统比较整洁、方便查找问题<sup>[1]</sup>。

本研究的创新之处主要包括三个方面: 首先, 最大创

新之处在于使用摄像头采集烟叶烘烤信息来代替传统温湿度传感器；其次，垂直运动的摄像头相比水平运动的摄像头可大量节约成本，同时不妨碍烟叶的正常烘烤；最后，摄像头在运动过程中，可实现启停和变换方向，方便使用者观察烟叶的烘烤进度。

### 3 硬件设计

利用蜗轮蜗杆减速原理的直流电动机是能够完成动力输送的机构，这种机构主要是依靠齿轮改变传输动力的方向和大小来实现工作的，能够将电动机的输出转速调整为较为合适的数字，还能提高动力输送的力矩。蜗轮蜗杆减速电动机在传统制造行业再到智能制造、自动化生产中都有较多的应用，最常见的就是钟表、汽车、轮船一类等。

#### 3.1 电动机的选择

确定摄像头移动时的速度为 14.4m/min。

已确定皮带轮的直径为 23mm。

由公式可得皮带轮的角速度为：

$$\omega = \frac{v}{r} = 14400 \div 11.5 = 1252.17 \text{ rad/min}$$

$$n = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{1252.17}{2 \times \pi} = 199.40 \text{ r/min}$$

可得电动机输出端的转速应大于 199.4r/min。

根据已算的数据，查阅相关资料后确定为 4058GW-24V-285 型的蜗轮蜗杆减速电机。

4058GW-24V-285 型的蜗轮蜗杆减速电机来驱动同步带带动摄像头移动，采用 24V 供电，额定转速约为 210r/min，可保证摄像头的正常移动，满足设计需求。

#### 3.2 皮带传动垂直升降机构设计

在机械传动中有很多不同的机构，其中使用很常见的一种是带传动。如果根据带传动中传动带与带轮的配合关系来区分，可以分为依靠摩擦力进行工作的摩擦带传动和依靠带面内圈与带轮啮合的啮合带传动。带传动机构有主动和从动两个带轮以及为带传动提供张紧力的装置。带处于一定的张紧力时，带轮会与传动带存在一个有利运动的压力。动力输入轮转动时，由于传动带与带轮的摩擦，传动带会跟随主动轮转动，然后大部分动力传递出来。首先，依靠摩擦力工作的带传动可以大致分出平带、V 带和特殊截面带等。而依靠传动带与带轮啮合传动的带传动，传动带有横向的齿形，像齿轮一样，动力能够依靠啮合传递。啮合传动不仅仅具备了普通带传动和链传动的优点，因此也可以称为同步带传动，但是也有部分缺点，比如同步带的制造与安装要求较高，成本相对较贵。

综合同步带的多方面特性，本设计最终确定使用传动比为一的同步带型传动。同步带能够与带轮啮合，如同齿轮一般，也如同链传动一样，这样的结构结合了带传动等不同传动方式的优点。同步带的齿形可以大致分为梯形齿和弧齿形。另外，同步带传动能够输出比较稳定的传动比例，不会出现滑差现象，有足够的动力输出，工作噪声小，可调节范

围大，可达到 1 : 10，对实际的动作环境不挑剔，使用中也不需要添加润滑，污染很小。

如果同步带不张紧或者张紧太松，启动的瞬间带来的冲击动可能会导致同步带出现跳齿的现象，这是同步带中最常见的一种失效形式之一。如果同步带张紧过头了，会导致皮带噪声增大，加快不同同步带设备的更换频率。所以合适的张紧力是可以延续同步带的使用寿命。

所以使用螺钉和螺母的配合，螺钉与同步带轮联接，通过调整旋转螺母，给螺钉施加一个拉力，从而带动同步带轮，完成同步带的张紧。

#### 3.3 同步带与带轮的设计<sup>[2]</sup>

由已选择的电动机计算的传动功率为 37~50W，中心距初步确定为 2000mm 左右，同步带轮的转速约为 280rad/min。

选择满足设计功率  $P_d$  来同步带传动的：

$$P_d = K_0 \times P_m$$

式中： $K_0$ ——载荷修正系数。

$P_m$ ——工作机上电动机功率。

查表得  $K_0=1.2$ 。故可得：

$$P_d = K_0 \times P_m = 1.2 \times (37 \sim 50 \text{ W}) = 45 \sim 60 \text{ W}$$

确定带的型号和节距：

按照上述计算的设计功率  $P_d$  和带轮转速  $n_1$ ，再根据同步带选型图中来得到带的型号和节距。其中  $P_d=45 \sim 60 \text{ W}$ ， $n_1=280 \text{ rad/min}$ 。由表中选 L 型号的同步带，采取  $Pb=9.525 \text{ mm}$  的节距。

选择带轮齿数  $z_1$ 、 $z_2$ ：

查表得到同步带啮合需要的带轮的最小许用齿数。

得带轮齿数为  $z_1$ 、 $z_2=22$ 。

确定带轮的节圆直径  $d_1$ 、 $d_2$ ：

$$\text{带轮的节圆直径：} d = \frac{P_b z}{\pi} = \frac{9.525 \times 14}{3.14} = 42.25 \text{ mm}$$

验证带速：

$$\text{由公式 } v = \frac{\pi d_1 n_1}{60000} \text{ 计算得：}$$

$v = \frac{\pi d_1 n_1}{60000} = 0.61 \frac{\text{m}}{\text{s}} < v_{mzx} = 40 \text{ m/s}$ ，其中  $v_{mzx}=40 \text{ m/s}$  由查表得：

计算传动中心距  $a$ ：

初步确定传动中心距  $a=2000 \text{ mm}$ 。

确定同步带的所需宽度：

$$\text{小带轮啮合齿数 } z_m: z_m = \frac{z_1}{2} - \frac{P_b z_1}{2\pi^2} (z_2 - z_1) < 7$$

故啮合系数  $K_z$ ： $K_z=1-0.2(7-z_m)$ 。

基准额定功率  $P_0$ ： $P_0=60 \text{ W}$ 。

其中  $b_{s0}=25.4 \text{ mm}$ 。

$$\text{宽度系数 } K_w: K_w = \left(\frac{b_s}{b_{s0}}\right)^{1.14} \cdot 1.14$$

$$\text{额定功率：} P_r \approx K_z K_w P_0 = K_z P_0 \left(\frac{b_s}{b_{s0}}\right)^{1.14}$$

根据设计要求， $P_d \leq P_r$ 。故带宽  $b_s \geq b_{s0} \left(\frac{P_d}{K_z P_0}\right)^{1.14} = 8.20 \text{ mm}$ 。

由查表后选择宽度代号为：050， $b_s=12.70 \text{ mm}$  的同步带。

同步带轮设计:

查表后参考上述的计算结果,决定采用的齿面宽度约为14mm的双面挡边型号带轮。为了与动力输出机构配合,带轮上要求一个 $\phi 5\text{mm}$ 的孔。我们最后设计带轮宽度为13mm。

结果整理:

同步带:选用L型同步带: $P_b=9.525\text{mm}$ , $L_p=4086.6\text{mm}$ , $b_s=12.7\text{mm}$ 。

同步带轮: $z_1=22$ , $d_1=26\text{mm}$ 。

传动中心距a:精确计算 $a=2000\text{mm}$ 。

## 4 系统控制电路的设计

基于垂直运动的烟叶图像采集系统的设计在控制电路中主要完成了对单片机控制继电器吸合的程序设计,完成了继电器控制电流进而控制电动机正反转的电路设计,主要的工作部件有单片机芯片、HC-05 蓝牙模块、两脚继电器和限位开关等。系统控制电路主要采用 STC89C52 单片机来完成对电机正反转以及蓝牙远程控制的设计。在手机应用市场安装 SPP 蓝牙串口这一 App 来进行操作。

电路图中包括了单片机模块、蓝牙 HC-05 模块、4 个两脚继电器、蜗轮蜗杆减速电机、2 个限位开关和部分电阻、电容。图中标相同的线段已经连接,使用该系统还需要一个移动设备与蓝牙模块相连,我采用的是 HUAWEI matepad pro 2021, 在应用市场安装了 SPP 蓝牙串口。当在移动端与 HC-05 的连接界面输入指令,该指令会通过蓝牙连接发送给蓝牙模块,蓝牙会将这一信号转换为点电平变化,传递给单片机。单片机收到这一信号后,会根据指令所显示的地址,判断继电器的吸合情况。当指令要求第一个和第二个继电器共同吸合时,会产生一个低电平信号,传递给继电器,低电平组成的信号使继电器吸合,且具有自锁功能,直到收到断开的信号或者单片机断电才会断开。继电器闭合后会给电动机一个正向电压或者反向电压,电动机接通电源后则开始转动,通过皮带固定机构和摄像头座带动摄像头移动,在上中下三个位置拍摄烟叶图像信息,上下两个位置只要电动机始终接通正向或者反向电压行驶至两端时,限位开关就会断开,进而电动机停止,电动机停止后再拍摄烟叶图像信息;而中间部位的图像信息采集,可以根据摄像头移动的速度计算时间来发送停止指令,使摄像头停止移动,来拍摄烤烟进程的图像信息。

## 5 软件的设计

基于垂直运动的烟叶图像信息系统的设计中,软件控制程序大致由一个主程序和一个中断程序所组成。

程序的主函数主要是对方波进行初始化,以及对红外频率的检测进行初始化的程序,并根据标志位 Flag 的状态来执行手机 App 的操作。

### 5.1 系统制作

系统的制作主要内容在于单片机的应用开发,首先第一部分是对硬件系统进行设计,电路的设计主要在 Altium Designer 上进行。然后第二部分是应用程序的设计与开发,程序的编写主要在 Keil uVision5 上进行,采用 C 语言编程,程序的构思主要是利用应用市场下载的 SPP 蓝牙串口 App 向蓝牙模块 HC-05 发送字符指令来控制继电器的吸合与断开,进而控制电机的正反转。第三部分是对已经制作完成的应用系统和硬件设备进行调试,及时发现设计中的错误与不足,更加完善基于垂直运动的烟叶图像采集系统。第四部分则是完成对实物的制作,运行实物系统,对出现的问题进行更深层次的分析,进一步完善。

### 5.2 软件调试

基于垂直运动的烟叶图像采集系统的设计控制程序采用 Keil uVision5 软件来完成对 C 语言编写<sup>[1]</sup>。程序的调试主要是通过软件的语法提示和检测来完成的。Keil uVision5 的调试主要是检查程序是否编写出现了错误,程序的引用是否出错,端口的地址是否匹配等,然后进一步检测程序初始化是否正确。逐字逐句地检查程序的正确运行是否具有可行性,能否达到控制继电器吸合进一步控制摄像头移动的要求。调试时遇到了继电器无法吸合的问题,后通过改变信号输出的地址得以解决。

## 6 结论

论文对基于垂直运动的烟叶图像采集系统进行了研究与探索,在传统的烟叶烘烤工艺中,常常采用干湿球温度计和电阻式的温湿度传感器通过检测烤房内的温度、湿度情况,以及通过观察窗目测来得出烟叶烘烤的进程。采用摄像头来采集烟叶的图像信息除了能够更好地观察到烟叶烘烤外,也克服了传统工艺中的许多不足。本研究已经完成了实物制作,并且在密集烤房内实地开展试验。

### 参考文献

- [1] 李静浩,孙光伟,陈振国,等.烟叶烘烤技术研究进展与智能烘烤技术展望[J].湖南文理学院学报(自然科学版),2021,33(4):88-92.
- [2] 沈敏,张静,张汝峰,等.单片机原理及应用系统思维教学[J].电子世界,2021(18):69-70.
- [3] Walker E K. Some chemical characteristics of the cured leaves of flue-cured tobacco relative to time of harvest, stalk position and chlorophyll content of the green leaves[J]. Tob Sci, 1968(12): 58-65.