

基于平行板式电容传感器的送纸检测系统设计

王亮, 许瑛

(南昌航空大学, 南昌 330063)

摘要: 分析了送纸机构的工作原理, 并对其关键部件进行了设计, 将电容传感器应用于书本打包设备送纸机构。通过机构设计和理论计算, 表明该设计可以有效检测出重叠牛皮纸被送出, 并对多余纸张进行退回处理, 系统检测效率高, 动态响应好, 满足了设备单张送纸的要求。

关键词: 打包设备; 电容传感器; 送纸机构

中图分类号: TS803 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2012)21-0082-04

Design of Feeding Paper Detection System Based on Parallel Plate Capacitance Sensor

WANG Liang, XU Ying

(Nanchang Hangkong University, Nanchang 330063, China)

Abstract: The working principle of paper feeding mechanism was analyzed and its key components were designed. Capacitive sensor was applied in paper feeding mechanism of book packaging machine. Mechanism design and theoretical calculation showed that the design can detect multiple sheets of kraft paper and return excess paper; the detection system has high efficiency, good dynamic response, and meets the requirements of single sheet feeding.

Key words: packaging machine; capacitance sensor; paper-feeding mechanism

裹包机械, 即将纸张、塑料薄膜等挠性材料包裹物品。在所有工序之前, 首先要做的就是拾取上述材料, 但拾取过程经常会出现多张重叠送出的情况。

为缩短图书包装与配送周期、降低操作者劳动强度, 使书本及时地配送到新华书店, 需设计制造一套自动包装设备, 来提高包装效率。然而, 送纸过程中经常会出现纸张重叠输出现象, 造成浪费和包装困难的问题, 严重影响后续步骤的包装质量。

传统分离纸张的方法是通过分离垫实现分离。但分离垫由于容易磨损, 经常出现送多张纸的情况。除此之外, 包装用的牛皮纸厚度、硬度和粗糙度都比较大, 平整度较差, 易受空气湿度影响^[1]等特点, 都会加快分离垫的磨损, 导致分离垫上作用力不稳定^[2]。

针对这一问题, 本文在分离轮的基础上, 添加电容式测厚传感器, 并用分离轮来代替分离垫, 来避免重叠送纸。

1 送纸机构的工作原理

传统的送纸方式是利用分离垫进行纸张分离, 它是由搓纸轮、拾纸轮、分离垫等部件组成^[3], 见图 1。

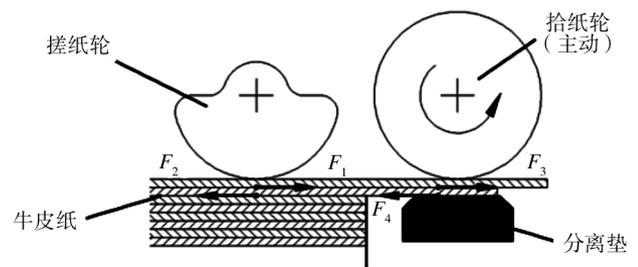


图 1 利用分离垫进行纸张分离

Fig. 1 Segregating paper using separation pad

其中搓纸轮利用轮与纸的压力和粘合力, 将纸从纸盘中搓出。这种分离方式是可靠实用的, 但有时会出现

收稿日期: 2012-08-05

基金项目: 江西省科技计划支撑项目资助(20111BBE50029)

作者简介: 王亮(1985-), 男, 河南商丘人, 南昌航空大学硕士生, 主攻非标设备设计与运动控制。

因搓纸轮对第一张纸的摩擦力 F_1 小于第二张纸的阻力 F_2 , 就会带动第二张纸造成双张进纸。一旦出现纸张被重叠输送, 并运动到拾纸轮和分离垫之间, 这时下层的纸上端面的摩擦力 F_3 小于下端面的摩擦力 F_4 , 所以下层的纸被留在分离垫的上表面, 防止多张纸张输送。从图 1 可以看到, 多余的纸张并没有退回纸盒, 而是存留在分离垫上, 就阻碍了后续的送纸。鉴于以上不足, 对传统的送纸方式加以改进, 设计一种新的纸张分离方法, 其执行过程见图 2: ①如图 2a

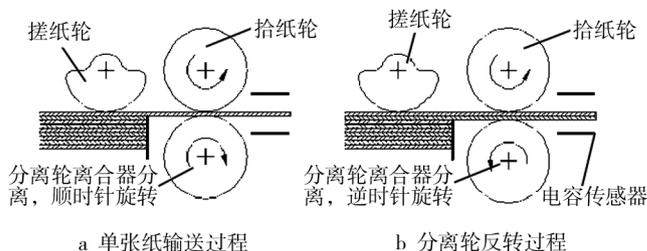


图 2 单张纸输送和分离过程

Fig. 2 Transporting and separating process of single sheet of paper

所示, 电容传感器检测出单张进纸^[4], 作为主动的拾纸轮带动纸张输送, 分离轮的离合器分离(即被纸张带动旋转); ②图 2b 为电容传感器检测出多张进纸, 分离轮的离合器接合, 进行逆时针旋转, 同时将多余的纸张退回纸盒。从而解决多纸张重叠输送的问题。

送纸机构的结构组成见图 3, 电机通过一对斜齿

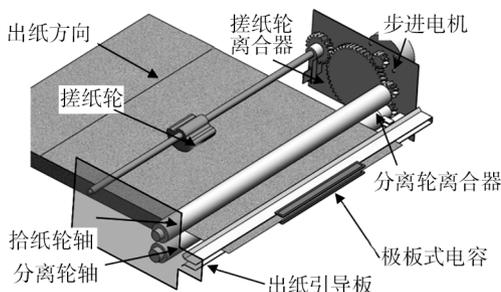


图 3 送纸机构组成

Fig. 3 The composition of the paper-feeding mechanism

轮将运动传递给搓纸轮、拾纸轮与分离轮。搓纸轮和分离轮轴上加装电磁式离合器, 来控制其转动。

平行板式电容使用绝缘胶水贴于出纸引导板, 不受引导板的影响, 保证电极板的有效面积不变。电极板的四周使用绝缘环进行电场保护, 使电极板边缘的电场线均匀, 减小电容边缘效应^[5]的影响。

2 纸张检测系统设计

2.1 纸张的测厚检测原理

当出现纸张重叠输送, 如果将其视为一张纸, 相当于厚度增加。所以通过检测厚度的增大, 可间接检测出重叠送纸^[6]。本设计使用平行板式电容传感器作为检测元件。当两极板之间的材料厚度发生变化时, 电容就会发生变化。因此, 通过检验电容变化的大小, 就可以间接检测是否出现了重叠送纸^[7]。在一个固定电容器极板之间放入被测牛皮纸的测量示意图见图 4。

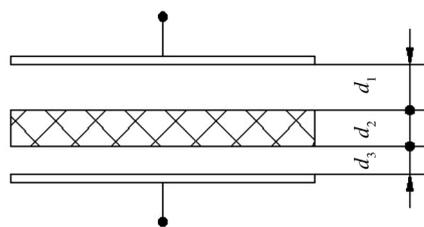


图 4 测量示意图

Fig. 4 Sketch map of the measurement

则它的电容量为:

$$C = \frac{S}{\frac{d_1}{\epsilon_1} + \frac{d_2}{\epsilon_2} + \frac{d_3}{\epsilon_3}} \quad (1)$$

式中: S 为电容器的覆盖面积; d_1 为被测牛皮纸上侧至电极之间的距离; d_2 为被测牛皮纸的厚度; d_3 为被测牛皮纸下侧至电极之间的距离; ϵ_1 为被测物体上侧至电极之间介质的介电常数; ϵ_2 为被测牛皮纸的介电常数; ϵ_3 为被测物体下侧至电极之间介质的介电常数。

由于 $d_1 + d_3 = d - d_2$, 且当 $\epsilon_1 = \epsilon_3$ 时, 式(1)还可写为:

$$C = \frac{S}{\frac{d - d_2}{\epsilon_1} + \frac{d_2}{\epsilon_2}} = \frac{S\epsilon_1}{d + \left(\frac{\epsilon_1}{\epsilon_2} - 1\right)d_2} \quad (2)$$

式中: d 为两极板之间的距离。在电容器极板的遮盖面积 S , 两极板之间的距离 d , 被测物体上下侧至电极之间介质的介电常数 ϵ_1 和 ϵ_3 确定时, 电容量的大小就和被测材料的厚度 d_2 及介电常数 ϵ_2 有关。如被测材料介电常数 ϵ_2 已知, 就可以测量等厚材料的厚度 d_2 。

2.2 测量电路设计

为了检测出牛皮纸厚度的变化, 采用了运算式电

容测微原理^[8-9],其原理简图见图5。图中: E 是给放大器输入端接入的一个频率为20 V/50 Hz的高稳幅交流信号; C_0 是一个标准电容1.6 PF; C_x 是电容传感器电容值; V_0 是输出电压信号。运算放大器选用高增益、内部频率补偿LM324,它广泛应用于传感器信号放大与直流增益模块的场合。

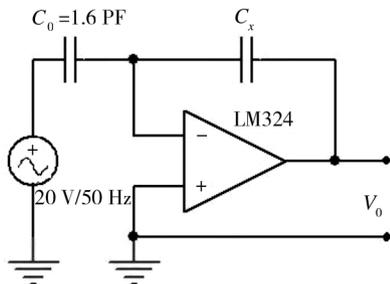


图5 测微原理简图

Fig. 5 Sketch map of micrometer principle

根据放大器原理可以得出 $E \cdot C_0 = -V_0 \cdot C_x$, 即:

$$V_0 = -\frac{C_0}{C_x} \cdot E = -\frac{C_0 \cdot E}{\epsilon_0 S} \times \left[a + \left(\frac{\epsilon_0}{\epsilon_r} - 1 \right) d \right] \quad (3)$$

式中: ϵ_0 为空气介电常数,取 $1.000\ 585 \times 10^{-11}$ F/m; ϵ_r 为牛皮纸介电常数,取 2.5×10^{-11} F/m; a 为电容两电极板距离,取1.5 mm; d 为牛皮纸厚度,单张0.4 mm; S 为电容器的覆盖面积,面积取16 cm²。

由上式可知,纸张厚度 d 与输出电压 V_0 成线性正比关系。

3 检测系统的测试

3.1 电压信号与送纸方式的匹配

利用(3)式并通过计算无纸,单张纸,双张纸来推导出输出电压随纸页数增加的变化规律。计算结果见表1。

表1 输出电压理论值

Tab. 1 The theoretical value of the output voltage

牛皮纸张数/张	1	2	3
理论输出电压/V	25.2	20.4	15.6

可以得出:当输出电压低于25.2 V的时候,说明发生了纸张重叠输送。每多一张,输出电压就会降低4.8 V。增加的电压完全远远大于电压比较器的压差最小值,所以可以使用电压比较器做信号处理。在这里选用是高增益,宽频带电压比较器LM329,该芯片电压范围宽,输入失调电压小,非常适合应用于检测

与驱动电路。

考虑到电磁离合器使用DC24 V电压实现启动,同时要保证电压比较器准确比较,因此将单张进纸时的25.8 V放余量^[10]到24 V,所以选用24 V的电压值用于电压比较器。电压比较器选用高增益,宽频带比较器集成芯片LM339,它可以判断电压的高低,同时可以实现模拟信号到数字信号的转变^[11],提高系统的稳定性。当 V_0 的电压低于24 V时,输出24 V高电平来启动电磁式离合器,进行退纸作业。电压信号处理电路见图6。

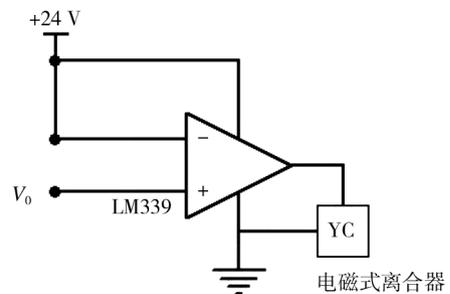


图6 电压信号处理电路

Fig. 6 The voltage signal processing circuit

3.2 系统控制方式

整个系统的控制方式见图7。当出现重叠送纸

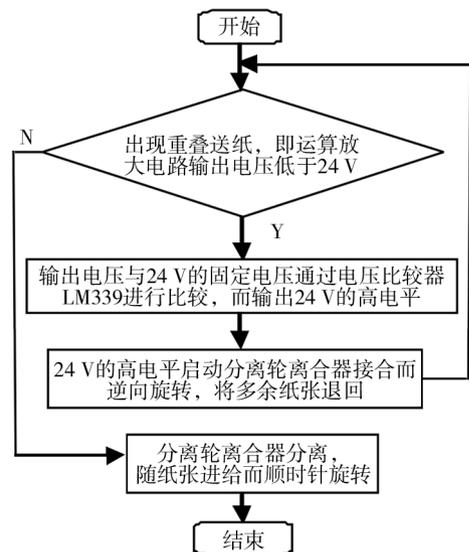


图7 系统的控制流程

Fig. 7 System control flowchart

时,运算放大器的输出电压就会低于24 V,然后使用24 V的电压与输出电压通过电压比较器进行比较,得到24 V的高电平,进而启动DC24 V的电磁式离合器,使分离轮逆向旋转,将多余纸张退回纸盒,这时运

算放大器输出电压恢复,电压比较器输出低电平,电磁式离合器分离,分离轮随纸张进给而顺时针旋转。达到单张送纸的目的。在出现重叠送纸时,其流程见图7。

4 结论

将电容传感器应用于包书机送纸机构,将解决因牛皮纸的粗糙度、厚度和硬度较大,平整度较差,分离垫易磨损等缺点,而导致分离垫错误操作而出现重叠送纸的问题。通过理论计算、电路设计制作,表明该方法可以有效检测出重叠牛皮纸被送出的情况。同时,这种方法可以应用于其他的厚度检测设备,为推广到实际应用奠定了理论基础。

参考文献:

- [1] 严美芳,董天波. 复合片材柔性版印刷的关键因素[J]. 包装工程,2012,33(1):122-125.
YAN Mei-fang, DONG Tian-bo. Key Factors of Flexographic Printing for Composite Sheet[J]. Packaging Engineering, 2012,33(1):122-125.
- [2] 王冰,王兆伍. 纸张在弹性胶辊夹持下接触区域的数值分析[J]. 包装工程,2012,33(9):13-17.
WANG Bing, WANG Zhao-wu. Numerical Analysis of Paper Nipped in Rubber Rollers [J]. Packaging Engineering, 2012,33(9):13-17.
- [3] 韩雪涛. 打印机故障维修全程指导[M]. 北京:化学工业出版社,2011.
HAN Xue-tao. Printer Breakdown Maintenance Guide[M]. Beijing:Chemical Industry Press,2011.
- [4] 朱沙. 电容传感器在薄板在线测厚中的应用[J]. 实用测试技术,2000(1):13-17.
ZHU Sha. Capacitance Sensor Sheet Online Thickness Measurement[J]. Practical Measurement Technology, 2000(1):13-17.

- [5] 熊葵容,倪德儒. 电容传感器的边缘效应[J]. 传感器世界,1998(3):16-19.
XIONG Kui-rong, NI De-ru. The Edge of the Effect of the Capacitive Sensor[J]. Sensor World,1998(3):16-19.
- [6] BAGLIO S, CASTORINA S. A High Sensitivity Conditioning Circuit for Capacitive Sensors Including Stray Effects Compensation and Dummy Sensors Approach [J]. Instrumentation and Measurement Technology Conference, 2004:874-879.
- [7] 曹英荣. 虚拟式电容测厚系统的研制[D]. 武汉:华中科技大学,2006.
CAO Ying-rong. Research and Development of the System of Thickness Measurement by Virtual Capacitance Sensor [D]. Wuhan:Huazhong University of Science and Technology, 2006.
- [8] 王芸,张国雄,樊玉铭. 基于运算法的电容式液位传感器的设计[J]. 电子测量技术,2008(3):122-124.
WANG Yun, ZHANG Guo-xiong, FAN Yu-ming. Design of Capacitive Sensor for Liquid Level Measurement Based on Operation Method[J]. Electronic Measurement Technology, 2008(3):122-124.
- [9] HONY Ant, FALKNER Hugh. The Use of Capacitance in the Measurement of Angular and Linear Displacement[J]. IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, 1994,43(6):939-942.
- [10] 任伯峰,陈雷,刘百坚,等. 电压比较器在检测系统中的应用[J]. 仪表技术,2010(10):63-65.
REN Bo-feng, CHEN Lei, LIU Bai-jian, et al. Application of Voltage Comparator in Test System [J]. Instrumentation Technology, 2010(10):63-65.
- [11] 王广武. 运算放大器和电压比较器测试技术的实践应用[J]. 半导体技术,2006(4):280-283.
WANG Guang-wu. The Application of Measuring and Testing Techniques for Operational Amplifiers and Voltage Comparators[J]. Semiconductor Technology, 2006(4):280-283.

~~~~~  
(上接第81页)

- [7] 张选生,施向东. 印后加工工艺与设备[M]. 北京:印刷工业出版社,2007.  
ZHANG Xuan-sheng, SHI Xiang-dong. Finishing Processes and Equipment [M]. Beijing: Graphic Communications Press,2007.
- [8] 张磊,王仪明,武淑琴,等. 基于实例推理的印刷机传动

- 系统振动分析与研究[J]. 包装工程,2012,33(9):85-89.  
ZHANG Lei, WANG Yi-ming, WU Shu-qin, et al. Vibration Analysis and Study of Transmission System of Printing Press Based on Case Reasoning [J]. Packaging Engineering, 2012,33(9):85-89.