

环模模孔自动修复系统设计*

刘 星 徐翠锋 郭 庆

(桂林电子科技大学电子工程与自动化学院 桂林 541004)

摘 要: 环模在饲料加工机械中是一个易阻塞的核心部件。针对国内外普遍的人工手动清理、自动化效率低、劳动强度大、易损坏环模等一系列不足,借用磁敏元件检测管道漏磁的设计思想,采用霍尔传感器探测饲料环模模孔方式,根据捕获模孔的信号特征,基于高效的黄金分割最优化搜索法研制了能准确捕获模孔的信号特征、孔心定位误差不超过 0.2 mm、模孔修复效率高、钻头刮伤模孔比率为 1.12% 及良好的兼容和扩展能力等特点的软硬件一体化的专用环模修复平台。平台以 AVR(ATmega128L) 处理器为核心,搭载小型 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 操作系统,完善的功能按键和 LCD 建立良好的人机交互平台,构建了完整的嵌入式工控机系统。

关键词: 环模;漏磁检测;黄金分割优化搜索;定位;清理

中图分类号: S24 TP29 TN7 **文献标识码:** A **国家标准学科分类代码:** 510.8030

Automatic repair system design of ring-die hole

Liu Xing Xu Cuifeng Guo Qing

(College of Electronic Engineering and Automation, Guilin University of Electronic Technology, Guilin 541004, China)

Abstract: Ring mold is an easily blocked core component in feed processing machinery. To a series of general deficiencies just like cleanup manually, inefficient automation, labor-intensive and easily brittle both at home and abroad, this article describes a dedicated ring mold repair platform integrated with hardware and software based on MFL design ideas by using magnetic element and using Hall sensors to detect, analog signal characteristics of ring mold hole and the efficient optimized search algorithm of the golden section. This device has possessed a number of advantages. For example, it could develop to accurately estimate ring mold hole. It has high ring mold hole repair efficiency. The position error of whole center is less than 0.2 mm and the scratch ratio of drill hole is about 1.12%. Start with AVR (ATmega128L) processor as the core component, carrying a small $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ operating system, improving function buttons and LCD. It establishes a good interactive platform and constitutes complete embedded computer systems.

Keywords: ring mold; MFL detection; golden section optimized search; location; clean

1 引 言

环模是颗粒饲料、生物质燃料等制粒机生产的核心部件。生产中,制粒机利用模辊将饲料从环模孔中不断挤出。但环模在使用过程中环模孔堵塞率极高,环模孔堵塞之后,必须对环模进行有效的修复才能继续使用。较大的环模模孔(3.5 mm 以上)不易堵塞,每天还需用油料进行保养,确保模孔好用、不干燥。较小的模孔还需及时发现及时清理,否则越堵越厉害。若模孔被堵塞后,往往采用

废弃机油或蒸汽将环模泡煮蒸后用冲模料压制,残余堵塞小孔径模孔还须人工用细钻头或者硬质杆逐孔进行敲通,针对喇叭孔磨损堵塞,得使用铤孔机扩孔,步骤极其烦琐,成本过高,自动化低,模孔定位精度差,环模模孔更易被刮伤损坏。目前国内外对环模清理手段研究^[1-3]也仅限于改进模孔冲钻的结构设计上的优化及将环模架于机座上,手动调节丝杆手柄旋转环模,通过机座上的冲钻人工逐孔清理。再者,由于生产车间中仅环模损耗费占整个车间维修费都高达 25% 以上,因此在人工成本日益增加的今天,这

收稿日期:2015-01

* 基金项目:广西重点学科重点实验室;新型专用数控设备研发中心、桂林科学技术局(LD14042E)、桂林市科学技术局(LD14042E)资助项目

种清理方式显然已经不能满足生产中的实际需要。为此,针对现有技术的不足,亟需设计一种既能降低劳动强度、提高清理效率,又能保证较好环模清理质量的智能环模自动清理装置。

介绍了一款以嵌入式微控制器及各种外围集成芯片为硬件基础,以实时多任务操作系统为支撑,研究出一套具有自主知识产权,支持工业总线标准和接口,适合中、小型企业使用的嵌入式智能数控平台。本平台具有环模修复工艺^[3]的数字化实现、数控自动钻床的简单易操作、系统的低成本和持续升级能力,以及系统在工厂实际生产环境下的工作稳定性和可靠性等优势。

2 系统结构方案设计

鉴于环模结构(模孔呈品字形均匀排列,上下端面平行度较好)及自身惯性大等特征,确定了环模静置、修复机横跨于环模之上的修复方式。自动修复控制系统开始运作后,驱动滚轮带动整个装置自动运行,探头与钻头同步运动,当探头探测到模孔的中心时驱动装置立即停止运行,钻头开始疏通环模孔。该方案能适用多规格环模的修复工作,整机成本低廉,实用性强。整体结构图如图1所示。

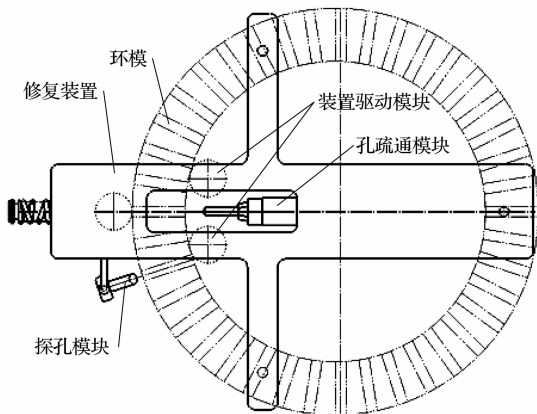


图1 装置整体机械架构

3 硬件设计

总系统框图分为主控系统、机架以及机架所承载的模块3个部分,如图2所示。

装置主控系统由主控制器模块和控制面板组成。控制面板集成着显示模块、控制键盘模块。机架承载的前端模孔探测模块包括前端模孔检测模块及换行检测模块。前端模孔定位模块是基于对钢性环模磁性具有高灵敏度的霍尔传感器开发而来。传感器探测到磁场的变化并输出变化的电量信号,经过信号调理后传输给微控制器进行相关处理及判断。通过检测输入信号上升或下降瞬态情况并判断信号的极大和极小值,来判断被检测环模的模孔情况。

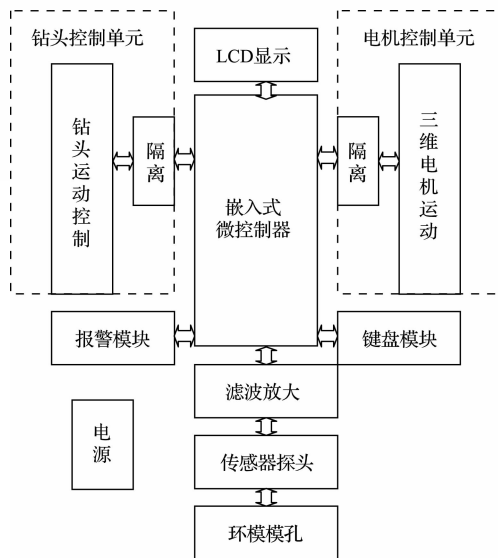


图2 总系统

整个修复机系统搭载小型 $\mu C/OS-II$ 操作系统,通过人机交互平台设定合适的系统参数,提供可视化的操作界面。通过与机架所承载的前端模块进行信息的交互,适时开启装置驱动模块,驱动模孔疏通模块,完成模孔的修复工作。

4 环模模孔检测

4.1 模孔探测原理

模孔探测方案源于霍尔效应^[4-6]原理的设计思想,如图3所示。

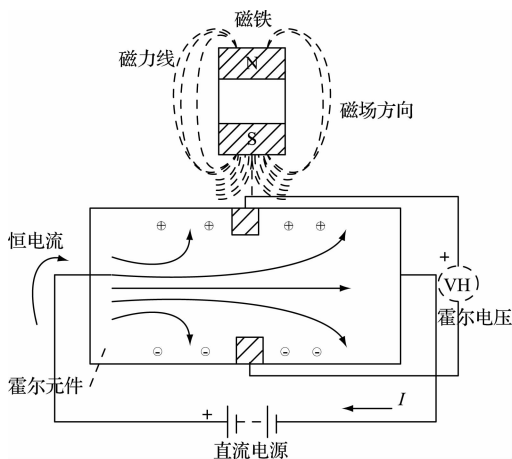


图3 霍尔效应示意

霍尔传感器是一种以霍尔效应为工作基础的磁传感器,可用来检测磁场及其变化。传感器的输出霍尔电压正比于穿过传感器敏感元件的磁场强度。原理公式为:

$$V_H = R_H \left(\frac{I}{t} B \right) \quad (1)$$

式中: V_H 为霍尔电压(V); R_H 为霍尔系数; I 为流过传感

器敏感元件电流(A); t 为敏感元件厚度(mm); B 为磁感应强度(T)。

4.2 模孔探测探头制作

模孔探测探头主要由小型磁铁、霍尔传感器和相关电路等组成^[7]。模孔探测原理示意如图4所示。磁铁作用的磁力线透过霍尔传感器,并指向环模模壁。当探测探头运动到图示(a)位置时,磁场磁力线较为分散地透过霍尔传感器,传感器内部的敏感元件感受到的磁场较弱;当探测探头运动到图示(b)位置时,磁场磁力线较为集中地透过霍尔传感器,传感器内部的敏感元件感受到的磁场较强;当模孔探测探头在环模壁上转动时,霍尔元件通过环模孔与非孔时,感受到钢性环模磁场强度的变化,改变输出量。

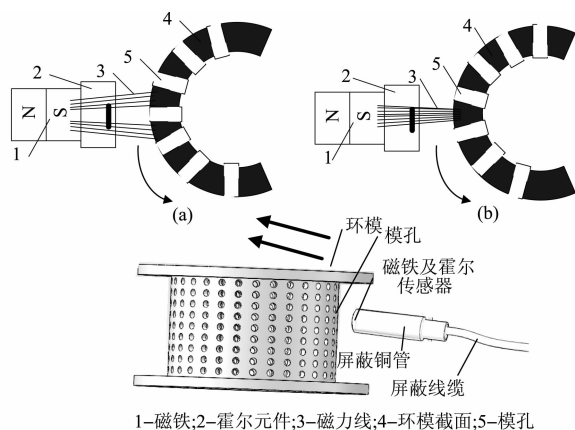


图4 模孔探测原理示意

5 系统应用软件设计

修复机系统软件主要是完成前端模孔采集定位及其他细节传感器传输的信息处理,然后控制三维电机做出相应的动作。系统软件设计的流程如图5所示。

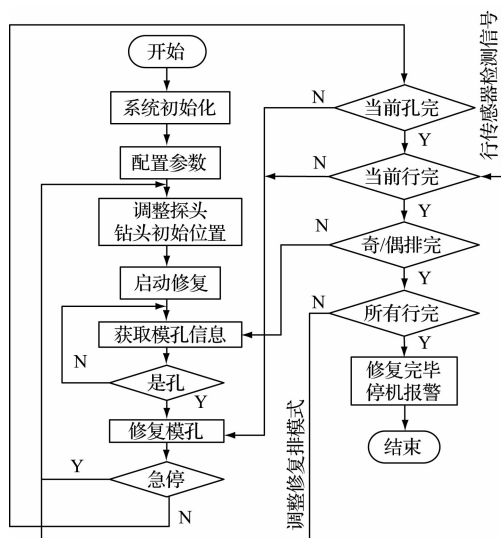


图5 系统软件设计流程

6 环模模孔定位算法

模孔探测探头在模壁运动低速和高速不同情形下的信号波形如图6所示,根据采集的模孔信号特征,在精确一维搜索法中,黄金分割法是一种较为有效地极值搜索方法^[8-9]。

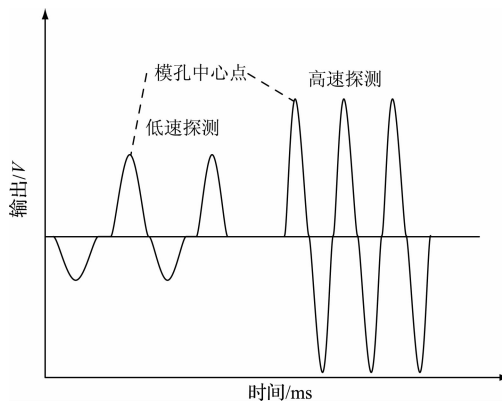


图6 前端模孔探测低速和高速信号输出示意

通过比较试探点及其函数值,逐步缩短被搜索区间,区间上点的函数值会在区间被缩短到一定程度后逼近被搜索的极值。搜索步骤如下:

假定目标函数为:

$$H(\alpha) = h(x_k + \alpha d_k) \quad (2)$$

式中: $H(\alpha)$ 在 $[a_1, b_1]$ 区间为单峰函数, $[a_m, b_m]$ 为第 m 次迭代区间,取两点 $\lambda_m, \mu_m \in [a_m, b_m]$,且 $\lambda_m < \mu_m$,可有以下定理:

若 $H(\lambda_m) \leq H(\mu_m)$,则使 $a_{m+1} = \alpha_m, b_{m+1} = \mu_m$

若 $H(\lambda_m) \geq H(\mu_m)$,则使 $a_{m+1} = \lambda_m, b_{m+1} = b_m$

两试探点必须满足条件如下:即两点到 $[a_m, b_m]$ 区间端点等距:

$$b_m - \lambda_m = \mu_m - a_m \quad (3)$$

且迭代区间缩短比例一样:

$$b_{m+1} - a_{m+1} = (\tau)(b_m - a_m) \quad (4)$$

由式(2)和(3)得:

$$\lambda_m = a_m + \tau(b_m - a_m) \quad (5)$$

$$\mu_m = a_m + \tau(b_m - a_m) \quad (6)$$

当 $H(\lambda_m) \leq H(\mu_m)$ 时,定义新搜索区间 $[a_{m+1}, b_{m+1}] =$

$[a_m, b_m]$, 使 $r^2 = 1 - \tau$ 得, $\tau = \frac{\sqrt{5}-1}{2} \approx 0.618$,代入式(5)

得:

$$\lambda_m = a_m + 0.382(b_m - a_m) \quad (7)$$

$$\mu_m = a_m + 0.618(b_m - a_m) \quad (8)$$

综合上述搜索方法可知,极值搜索较简单,且无需知晓搜索点个数。利用此数值搜索方法逼近函数的极值,在一定误差内找到函数极值的近似值,查找出最佳的模孔定位点,实现精确找孔。

7 环模修复系统特色

本文研制装置的定位模块采用硬件兼软件滤波技术来消除干扰,大大地提高了探测模块的抗干扰能力,确保了系统的准确性^[10-11]。本模块适用于从强噪声的环境中检测微弱信号。以内径 $\phi 320$ mm、外径 $\phi 350$ mm、孔数为 3 591个的环模为例,经过抽样统计及相关仪器测试得如下数据,如表 1 所示。

表 1 修复机与人工修复性能对比

	人工修复	修复机修复
定位误差/mm	1~2	≤ 0.2
模孔刮伤率/%	≥ 46.7	≤ 1.12
修复时间/h	≥ 48	≤ 2
环模更换成本 元/台	8000	

通过上述列表数据的对比,可知本文研究设计的数控智能环模修复机使得环模孔修复质量有了定性和定量的参考,避免了国内外现有技术存在的人工修复质量无法保证、修复效率依赖于工人操作技能的问题。此外,本套系统不仅在实验室进行了相关性能测试,而且在饲料厂进行了长期的实地测试。系统的可操作性、稳定性和可靠性得到了很好的验证。

8 结 论

研究研制的“数控环模智能修复机”已经申请获得 3 项国家发明专利,第 1 代样品机在第九届“全国研究生电子设计竞赛”中夺得团体一等奖和个人二等奖殊荣。

完成的数控平台不仅拥有环模修复加工工艺所需要的所有功能,并且具有良好的兼容性和扩展能力,能够在不改变系统主体架构的前提下,通过外围模块电路的改变或增加,以及应用软件系统的优化和扩展,以最小的开发成本,组成满足其他生产需求的、具有全新功能的数控系统。

参 考 文 献

[1] 张兴德. 一种模孔清理装置:中国, CN201120306419. 1[P].

2012-05-23.

- [2] 周立春, 糜长雨, 张贵阳, 等. 一种环模清理装置:中国, CN201120543362. 7[P]. 2012-10-10.
- [3] 徐晓栋. 深削钻孔过程中的智能控制[J]. 兰州: 兰州理工大学, 2007(12): 97-98.
- [4] 江铭波, 阎旭东, 徐国旺. 霍尔效应及霍尔元件在物理量测量中的应用[J]. 湖北工业大学学报, 2011(2): 143-144.
- [5] 陈新, 张桂香. 电磁感应无线充电的联合仿真研究[J]. 电子测量与仪器学报, 2014, 28(4): 434-439.
- [6] 龙礼, 张合. 三轴地磁传感器误差的自适应校正方法[J]. 仪器仪表学报, 2013, 34(1): 162-165.
- [7] 朱国辉, 左遥远. 铁镍合金对复合电磁屏蔽材料性能的影响[J]. 功能材料, 2013, 44(12): 1686-1689.
- [8] 金培源, 高波涌, 陆慧娟. 一种黄金分割优化的极限学习机算法[J]. 中国计量学院学报, 2014, 25(2): 209-212.
- [9] LI Q G, HAN Q SH, PENG B Y, et al. The research of contour error compensation control for X-C non-circular grinding in polar coordinates[J]. Instrumentation, 2014, 1(1): 29-37.
- [10] 袁雪, 张志文, 司庆丹. 基于 ARM 的智能数据采集系统设计[J]. 国外电子测量技术, 2014, 33(11): 66-70.
- [11] 胡鸿志, 朱明强, 郭庆. 环模自动钻床钻削进给算法[J]. 北京交通大学学报, 2011, 35(6): 85-88.

作 者 简 介

刘星, 1989 年出生, 硕士研究生, 主要研究方向为嵌入式测控系统方向研究。

郭庆, 1962 年出生, 教授, 硕士研究生导师, 主要研究方向为信号处理、微弱信号检测及测控技术。

徐翠锋(通讯作者), 1977 年出生, 讲师, 主要研究方向为信号处理、微弱信号检测及测控技术。

E-mail: victory_201314@163.com