

[环保·安全]

DOI:10.3969/j.issn.1005-2895.2014.05.026

脱氧剂切割机系统的优化

尤卫卫¹, 叶桦²

(1. 东南大学自动化学学院, 江苏南京 210096;
2. 东南大学复杂工程系统测量与控制教育部重点实验室, 江苏南京 210096)

摘要:针对目前工业上对脱氧剂切割速度的要求,对系统进行了提速处理,在切割逻辑上,将原先的送料电机与切刀电机的串行运行改为并行运行,进而缩短生产周期,提高切割速度。另一方面,针对电机急启急停,切割声响较大,机械磨损严重的问题,进行了平滑处理,对送料电机和切刀电机采用带加减速启停方式,提高系统平滑性,减小设备磨损,延长使用寿命。通过这2种优化处理,应用结果表明,脱氧剂切割速度提高了将近一倍,系统的平滑性能也得到了较大的改善。

关键词:脱氧剂切割机;提速处理;平滑处理;可编程逻辑控制器(PLC);人机交互

中图分类号:TS205 **文献标志码:**A **文章编号:**1005-2895(2014)05-0109-04

Optimization of Deoxidizer Cutting System

YOU Weiwei¹, YE Hua²

(1. School of Automation, Southeast University, Nanjing 210096, China;
2. Key Laboratory of Measurement and Control of CSE of Ministry of Education, Southeast University, Nanjing 210096, China)

Abstract: Accelerated processing was carried out on the system aiming at the present industrial cutting speed requirements. The cutting logic was improved to shorten the production cycle by changing the serial operation between the feed motor and the cutter motor into parallel operation, so the cutting speed was improved. Smooth processing was carried out on the system aiming at the serious problem of start and stop of the motor, the loud cutting noise and the serious mechanical equipment wear. By using acceleration and deceleration on the feed motor and the cutter motor when they start and stop, the smoothness was enhanced, the equipment was reduced and the service life was prolonged. Through these two kinds of optimization, the application results show that the deoxidizer cutting speed is doubled and the smooth performance of the system is improved greatly.

Key words: deoxidizer cutting system; accelerated processing; smooth processing; Programmable Logic Controller (PLC); man-machine interaction

脱氧剂^[1]可以减缓食品氧化作用,延长食品货架期,在食品加工产业中应用广泛。工业生产中脱氧剂往往是成卷制造的,需要切割之后才能投入到食品当中去。旧式手工切割质量差、生产效率低、劳动条件恶劣,因此需要通过脱氧剂切割机代替手工完成这一作业,以提高食品加工产业的生产效率和自动化水平。

随着技术的不断进步,现代工业生产对切割质量和生产效率的要求越来越高。脱氧剂切割机的发展必须适应工业生产需求,有效地提高切割质量和生产效

率,降低生产成本和操作者的劳动强度,向自动化、高效化和安全化等更高层次发展。本文对脱氧剂切割机系统进行了提速处理和平滑处理,以提高系统的生产效率和安全性,完善整机功能,增强市场竞争力。

1 脱氧剂切割机系统的整体架构

本文所涉及的脱氧剂切割机系统采用三菱 PLC^[2]作为主控器件,采用光电传感器^[3]和霍尔限位开关^[4-5]作为信号检测器件,采用步进电机^[6]牵引料袋及驱动刀具,采用光电编码器^[7-8]进行走料的长度检

收稿日期:2014-04-01;修回日期:2014-05-09

作者简介:尤卫卫(1990),女,江苏盐城人,硕士研究生,主要研究方向为模式识别与智能控制。通信作者:叶桦,教授。E-mail:zhineng@seu.edu.cn

测,并采用工业触摸屏^[9-10]进行人机交互,系统框图如图 1 所示。

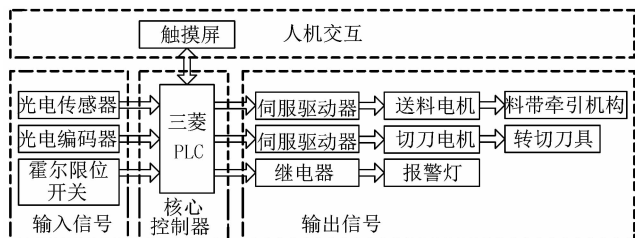


图 1 系统框图

Figure 1 System chart

脱氧剂切割机系统的基本原理如图 2 所示,脱氧剂袋的切割主要是通过切刀电机和光电传感器的配合完成,由光电传感器检测信号,当检测到无料到有料的跳变,即对应着光电接收管从红绿灯都亮变到刚好只有一个绿灯亮时,开始记录光电编码器脉冲计数值,在计数值达到设定脉冲值 P 后,启动切刀电机带动切刀实现一袋切割,周期循环。由于每袋计数的起点都是根据光电传感器检测信号决定的,所以没有累计误差,切割比较精确。对于脱氧剂在装袋时存在的未装满或者装太满的情况,在处理时也予以了考虑。

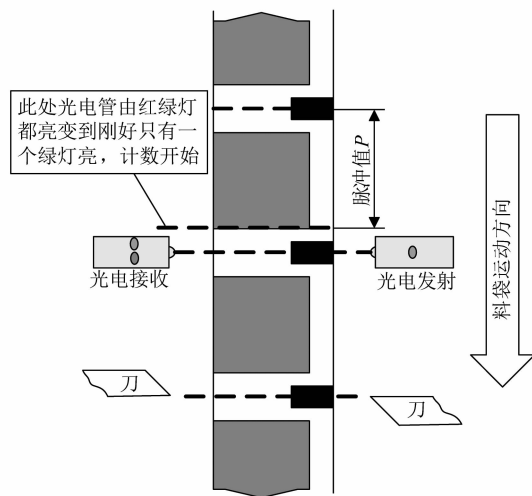


图 2 基本原理

Figure 2 Basic principle

2 切割机系统的提速处理

2.1 提速处理原理

在提速之前,脱氧剂切割机系统的切割逻辑如图 3 所示,具体顺序如下:

- 1) 送料电机送料;
- 2) 光电传感器检测到给过一袋后停止送料电机,此时密封区中间位置恰好停在刀口;
- 3) 切刀电机动作,切掉一袋;

4) 霍尔限位开关检测到动刀往复一个周期后停止切刀电机;

5) 重复 1) 步。

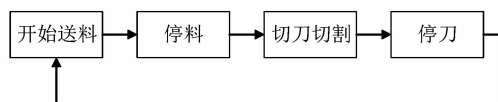


图 3 提速前的切割逻辑

Figure 3 Cutting logic before speeding up

在一般的切割机系统中,采取的提速^[11-12]方式是提高送料电机和切刀电机的工作频率,这种方法在工业生产中较为简单常用,但存在着一定的局限性:不同的步进电机存在着不同的转矩频率特性,因此单纯的提高工作频率通用性低。本文从切割机的工作流程出发,将两电机的串行运行改为并行协调运行,减小系统运行周期。

在提速之后,脱氧剂切割机系统的切割逻辑具体顺序如下:

- 1) 送料电机送料,等待一定脉冲后切刀电机启动;
- 2) 光电传感器检测到给过一袋后停止送料电机,此时密封区中间位置恰好到达刀口,切刀刀刃也已到达离刀口较远处(保证定刀动刀间隙可以过料);
- 3) 给料电机停止(密封区中间位置恰好停在刀口处),切刀电机继续动作,切掉一袋;
- 4) 霍尔限位开关检测到动刀往复一个周期后停止切刀电机;
- 5) 重复 1) 步。

提速之前和提速之后的切割逻辑对比如图 4 所示。由图可知,提速处理的基本原理是在开始送料一定脉冲后驱动切刀电机进行切割,使送料和切刀重叠一定的脉冲数,这样就缩短了生产周期,达到明显的提速效果。

2.2 提速处理效果

设送料电机和切刀电机的频率均为 f ,给料电机传送 1 mm 的料带需要的时间为 T_1/ms ,切刀电机一个往复周期为 T_2/ms 。

提速之前,系统对袋长为 L 的脱氧剂生产一袋的最短耗时 T_3 为

$$T_3 = T_1 L + T_2 \quad (1)$$

此时系统每分钟生产的最大袋数为 $60\,000/T_3$ 。

提速后,设送料电机和切刀电机重合 N 个脉冲,则对应节约时间为 $\frac{N}{f}$,此时对于袋长 L 的料带,切割机

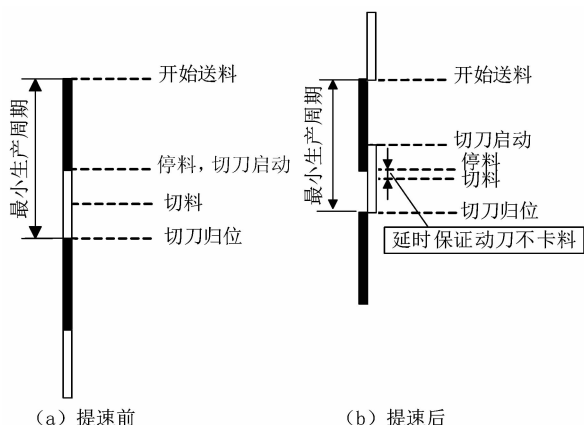


图4 提速前后的切割逻辑对比

Figure 4 Comparison of cutting logic before and after speeding up

切割一袋的周期 T_4 为

$$T_4 = T_3 - \frac{N}{f} = T_1 L + T_2 - \frac{N}{f} \quad (2)$$

系统每分钟生产的最大袋数为 $60\,000/T_4$ 。

在实际生产中, $f=2\text{ kHz}$, $T_1=4\text{ ms}$, $T_2=167\text{ ms}$, $L=43\text{ mm}$ 。对于脉冲重合数 N , 结合实际的切割机械结构, 在 $N>300$ 的情况下, 由于停料时定刀与动刀距离较近, 导致切刀切割时电机驱动力较大, 会产生无法过料或比较严重的刀具磨损现象, 且刀具磨损时由于摩擦过大会导致切刀切割的耗时比正常情况下要长, 反而起不到提速的效果。为了留有余量, 在提速的同时保护刀具并保证系统的稳定性, 脉冲重合数 N 取 300, 对应节约时间为 60 ms 。提速前, 由式(1)可得, 切割一袋的周期为 339 ms , 最大生产袋数为 177 袋/min 。提速后, 由式(2)可得, 切割一袋周期为 189 ms , 最大生产袋数可提高到 317 袋/min 。

3 切割机系统的平滑处理

3.1 平滑处理原理

在电机运行过程中, 过高的启动频率会产生丢步的问题, 而且电机急启急停, 切割声响较大, 对机械设备的磨损也较严重。所以为了追求高速平稳的切割, 本文对送料电机和切刀电机均采用带加减速的脉冲式启动和停止方式, 电机加减速具体示意图如图5所示。

图5中1号线对应着直接以工作频率启动, 适用于工作频率较小的情况; 当工作频率较大时, 直接启动会导致电机磨损严重, 甚至产生丢步, 此时可以根据需要采取2、3号线的带加减速启动停止; 4号线对应着带加减速启停的极限, 但此时需注意最高点频率不能超过电机工作的最大工作频率, 否则会损坏电机。因

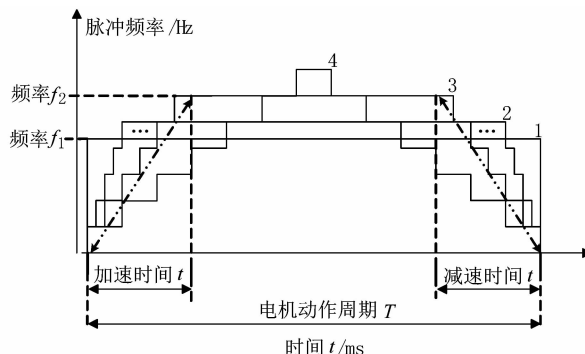


图5 电机带加减速启停示意图

Figure 5 Diagram of motor to start with acceleration and stop with deceleration

此, 实际生产中, 一般以2、3号线的平滑方式进行电机控制。

对于特定袋长的脱氧剂, 假设送料电机以频率 f_1 直接启动, 完成一袋的传送周期为 T , 则共输出脉冲 P_1 为

$$P_1 = f_1 T \quad (3)$$

经平滑处理后, 以3号平滑曲线为例, 设以 $n/(\text{Hz} \cdot \text{ms}^{-1})$ 的斜率加速, 则经过时间 t 后, 频率增加到 $f_2 = nt$, 并且在运行时间 $T - 2t$ 后, 以 $n/(\text{Hz} \cdot \text{ms}^{-1})$ 的斜率减速, 在周期末频率减至0。整个周期中共输出脉冲 P_2 为

$$P_2 = \left(\frac{1}{2} f_2 t + f_2 (T - 2t) + \frac{1}{2} f_2 t \right) = (T - t) f_2 = (T - t) nt \quad (4)$$

为了使平滑处理不影响切割效率, 有等式 $P_1 = P_2$ 成立。因此, 针对系统目前的切刀频率 f_1 和电机动作周期 T , 可由式

$$f_1 T = nt(T - t) \quad (5)$$

找出合适的加减速时间 t 和加减速斜率 n , 以实现切割机的平滑处理。

对于本系统中三菱 PLC, 其自带加减速输出指令 PLSR^[13] 可对电机实现上述平滑处理思想。PLSR 的具体的指令用法为: PLSR $f_2 S_2 t D$, 在指令中可以设置脉冲的最高频率 f_2 、脉冲总数 S_2 、加减速时间 t 和脉冲输出点 D 。

3.2 平滑处理效果

实际生产中, 对于袋长为 43 mm 的脱氧剂, 当送料电机以频率 2 kHz 直接启动时, 完成一袋的传送周期为 172 ms , 由式(3)可得共输出脉冲 344 个。采用平滑处理, 取加减速斜率 n 为 53 Hz/ms , 由式(5)可得加减速时间 t 为 57 ms , 设置电机最大运行频率为

3 kHz。

通过上述平滑处理,实验中观察到滚轮和刀具动作的剧烈程度以及切割声响明显减小,减小了机械设备的磨损,起到了较好的平滑效果。

4 结语

本文介绍了脱氧剂切割机系统的总体设计和基本原理,重点研究了对脱氧剂切割机系统进行提速处理和平滑处理的方法。提速处理的基本思想是通过改进切割逻辑来缩短生产周期,从而提高系统的切割速度。平滑处理的基本思想是通过三菱 PLC 的 PLSR 指令对电机进行柔顺控制,从而减小对机械设备的磨损。通过多次实验测试,证明这两种处理方案对脱氧剂切割机系统的优化效果明显,编程容易实现,具有较高的可行性,能够使脱氧剂切割机系统的性能更加高效化和安全化,提高了工业生产效益。

参考文献:

- [1] 蔡亦时. 脱氧剂在食品保存中的应用及发展方向[J]. 南通航云职业技术学院学报, 2006(5): 32-34.
- [2] 王柏忠. 浅谈三菱 PLC 在自动控制设备中的应用[J]. 科技向导, 2011(6): 160.
- [3] 郭传宝, 刘峰, 朱本宏. 光电传感器的应用[J]. 中国井矿盐, 2011, 42(1): 29-30.
- [4] 邵显涛, 陈明, 李俊. 基于霍尔传感器电机转速的单片机测量[J]. 电子测试, 2009(12): 46-48.
- [5] 汪云. 基于霍尔传感器的转速检测装置[J]. 传感器技术, 2003, 22(10): 45-47.
- [6] MARKKANEN C O, BLACKWELL D B, KNAUST G A, et al. Stepper motor control system: U S, 3586953[P]. 1971-06-22.
- [7] 费伟中, 沈建新, 周勇. 增量式光电编码器技术与接口电路的设计[J]. 设计分析, 2001(1): 17-18.
- [8] 姜庆明, 杨旭, 甘永梅, 等. 一种基于光电编码器的高精度测速和测加速度方法[J]. 微计算机信息, 2004, 20(6): 48-49.
- [9] 戴锐芳. 人机界面(触摸屏)应用技术基础[J]. 黑龙江科技信息, 2007(23): 40.
- [10] ALBINSSON P A, ZHAI S. High precision touch screen interaction [C]//Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems. New York: ACM, 2003: 105-112.
- [11] 王玉琳, 王强. 步进电机的速度调节方法[J]. 电机与控制应用, 2006, 33(1): 53-56.
- [12] 鸿钰. 电工技术: 步进电机控制技术入门[M]. 上海: 同济大学出版社, 1990.
- [13] 庄汉清. 三菱 PLC 编程实例的教学设计[J]. 化学工程与装备, 2009(3): 122-126.
- [14] 韩毅, 邓宇, 郝敬梅, 等. NaOH 催化微波法制备生物柴油的工艺研究[J]. 精细石油化工进展, 2008, 9(1): 38-41.
- [15] 朱建华, 王英, 山口力. 丁烯异构化探针反应结合取及 CO₂-STD 法研究 K₂CO₃/Al₂O₃ 和 KNO₃/Al₂O₃ 的碱性[J]. 石油学报: 石油加工, 1996, 12(4): 56-60.
- [16] 仲鸣. 固体碱催化制备生物柴油的研究[D]. 南京: 东南大学, 2007.
- [17] 陈英明, 常杰, 吕鹏梅, 等. 生物柴油转化效果测定方法的研究[J]. 可再生能源, 2007(4): 30-33.

(上接第 108 页)

- [10] 奚奇辉, 张进, 沈航. 微波加热对多环芳烃在食品模拟物中迁移行为的影响[J]. 包装与食品机械, 2012, 30(3): 16-17.
- [11] 刘荣厚, 曹卫星, 黄彩霞. 菜籽油碱催化酯交换法制备生物柴油工艺参数的优化[J]. 农业工程学报, 2010, 26(6): 245-250.
- [12] 张红云, 郭和军, 郑利, 等. 新型生物柴油的制备[J]. 西北农业学报, 2006, 15(1): 139-143.
- [13] 蒋波, 张晓波, 孙立, 等. 微波促进生物柴油制备的研究进展[J]. 化工进展, 2010, 29(11): 2057-2065.

[信息·简讯]

· 行业简讯 ·

西门子为世界首辆翻越 3 600 m 海拔的纯电动客车 提供动力总成系统

西门子为重庆恒通电动客车动力系统有限公司最新研发的无污染、零排放的快速充电纯电动客车提供了 ELFA(Electrical Low Floor Axle)动力总成系统。该客车连续行驶 463 km, 耗时 12 h, 成为国内第一辆全程不间断、超长时间、超长距离运行, 且翻越海拔 3 600 m 的高山, 到达高原旅游区的纯电动大型客车。

ELFA 动力总成系统的优点显而易见: ①产生强大的推力, 使得客车的爬坡度达到 24%; ②节省车载燃料(最高可达 50%); ③较长的续驶里程, 快速的充电时间; ④相比传统的电池组, 质量可减轻 40%; ⑤车辆底盘低, 噪音和震动小, 保证了旅途环境的舒适自然。

该款电动客车今年 5 月已成功试运营, 恒通计划今年 9 月将其投入使用。

(傅 瑜)