

智能着水与压力控制精米抛光机的研制

张永林¹, 胡志刚¹, 易启伟¹, 周立汉²

(1. 武汉工业学院机械工程系, 武汉 430023; 2. 武汉聚丰粮油机械设备有限公司, 武汉 430035)

摘要: 根据大型化碾米工艺要求而研发的智能着水与抛光室压力控制的新型精米抛光机, 集成应用机电气液及计算机技术, 实现了精米抛光作业的高效、优质和低耗。所采用的分段式主抛和精抛流程的组合既有利于获得最佳的抛光效果, 又提高了设备对原粮品种的适应性; 系统设计中运用的机外着水及智能化着水量控制方案使水分的设定和控制可以根据进出机白米的状态达到最优化; 具有独特构造的水、料混合装置, 避免了传统螺旋混料器对白米的增碎作用, 同时可以强化水、料之间的传质与传湿过程; 抛光室压力的模糊自动控制的实现进一步提升了设备的性能和适用范围; 喷风、补风和吸风结合的风系设计保证了低温非抛光条件, 有利于保护大米表面。MPG21/18 抛光机经生产考核其作业质量较高, 可以满足现代精碾碾米工业的装备需求。

关键词: 粮食加工; 精米抛光机; 结构设计; 智能控制

中图分类号: TS212.3

文献标识码: A

文章编号: 1002-6819(2006)07-0097-04

张永林, 胡志刚, 易启伟, 等. 智能着水与压力控制精米抛光机的研制[J]. 农业工程学报, 2006, 22(7): 97-100.

Zhang Yonglin, Hu Zhigang, Yi Qiwei, et al. Innovative design of rice polisher with intelligent dampening and pressure control system[J]. Transactions of the CSAE, 2006, 22(7): 97-100. (in Chinese with English abstract)

0 引言

中国是世界上最大的稻谷生产国和大米消费国, 长期以来政府非常重视稻谷的加工与转化, 在农业机械工业“十五”发展规划中把农副产品精深加工成套技术装备作为主要攻关课题, 并明确提出了重点支持“精米加工成套设备”的研发。

随着粮食加工向集约化、规模化、精细化方向的发展, 大处理量的、以高新技术集成融合为标志的、设备性能优良的碾米机械的主流市场需求已成为碾米机械设备制造企业面临的重要技术课题^[1]。而在工业化碾米生产线中, 精碾精抛工段是最终决定大米成品质量的终端环节, 也是在线设备中复杂性和技术性最高的环节。目前中国 100 t 以上的大型米厂配置的精米抛光机主要依赖国外进口, 以瑞士 Buhler 公司和日本佐竹公司为代表的粮食机械设备制造商, 在大处理量精米线设备领域具有国际技术领先的优势, 也是中国市场上大吨位抛光机占有份额最大的设备商, 并已分别在无锡、苏州建立了成套碾米设备的制造基地^[2]。其大型抛光机产品具有共同的特点, 即运行精度高, 抛光能力强, 制造精良, 可靠性好。但其电耗较高、对原粮的适应性较差。

国产的达到 100 t 处理量的大型抛光机有 CM21 型、MPMT21 型和 MCMG21/15 型等几种, 但其主体结构 and 着水系统的设计基本相同^[3]。产品的整体技术水平低, 系列化、标准化程度低, 在材质、加工精度、外观质量及工艺性能等方面与国外先进水平存在差距。因此,

自主开发具有技术原创性、知识产权自主性和高科技含量的大型精米抛光机对于提高中国碾米机械技术水平和大米的国内外市场竞争力具有积极的意义。

1 精米抛光机技术方案

精米抛光的实质是通过抛光使米粒表层淀粉胶质化, 在凉米后呈现为晶莹透亮的表现^[4]。现行的白米抛光均采用湿式摩擦压力型抛光机, 即将白米着水并浸润后送入抛光室内, 通过米粒与辊间、米粒与米粒间、米粒与米筛间的互相摩擦, 逐步擦除表面糠分, 同时由摩擦产生的局部短时热效应可使米粒表面层(约 50~200 μm)淀粉胶质化, 形成一层淀粉薄膜包裹米粒, 达到除糠、增光、增白的效果^[5]。

现代碾米工业中精碾碾米工段都遵循“多级轻碾”原则, 常用的碾米工艺流程分为“两砂一铁一抛”, “一砂一铁一抛”, “一砂一铁两抛”等形式。最后一种配置一般是对铁辊米机出机白米进行一次抛光, 在凉米后再对一抛后的白米实施二次抛光。

本文研制的 MPG21/18 抛光机采用模块化设计满足上述各种工艺中作为初抛和精抛需要。该机结构示意图如图 1, 主要组成部分包括: 喷雾着水部分, 水分检测与加水控制部分, 水料混合装置, 主抛光部分, 精抛光部分, 抛光室压力控制系统(图中未画出), 供水系统, 风力系统等。

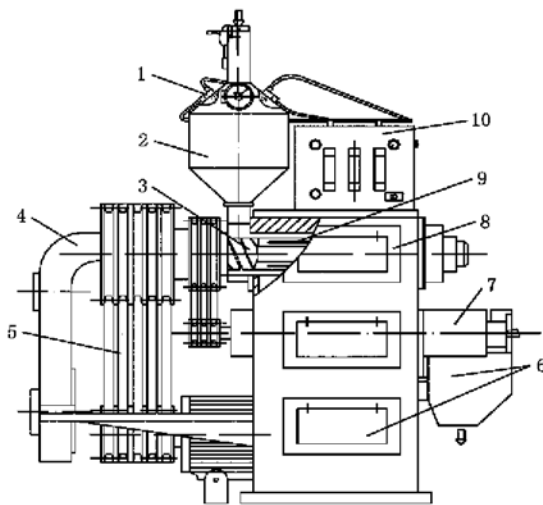
抛光机作业过程为: 从碾米机组出机白米在送入抛光机进料斗之前经同轴电容式水分仪检测水分和铂电阻测温, 两路检测信号经转换发送到单片机, 单片机完成水分计算并显示进机料初始含水量, 与设定的所需含水量比较后, 控制执行装置进行着水, 着水系统由水箱、齿轮泵、水过滤器、转子流量计、水加法计、雾化喷嘴等组成, 由于球阀非线性, 本设计中采用多喷嘴的“占空

收稿日期: 2005-06-22 修订日期: 2005-09-14

基金项目: 科技部农业科技成果转化资金项目(02EFN214200421);

湖北省教育厅科研计划技术创新项目(J200618001)

作者简介: 张永林(1962-), 男, 教授, 武汉市 武汉工业学院机械工程系, 430023。Email: ylz22@whpu.edu.cn



1. 雾化喷嘴 2. 水料混合室 3. 螺旋推进器 4. 喷风系 5. 传统系
6. 排糠系 7. 精抛段 8. 主抛段 9. 碾白室 10. 水分测控系统

图1 MPG21/18 抛光机结构简图

Fig. 1 Schematic configuration of MPG21/18 polisher

比”技术实现动态水量调节控制。着水后白米在混合室完成水料混合,然后进入抛光机主抛室。主抛光室由螺旋推进器、铁质抛光辊、12 方米筛、筛托、米刀及其调节器等组成,主抛段具有较强的摩擦作用,能够使白米在抛光室内将米糠几近完全擦除,在抛光室内的湿式摩擦作用下,米粒表面淀粉胶质化而产生明显光泽从而得到抛光。同时喷风系统对主抛光室强力喷风,风机产生的高压气流通过空心轴及抛光辊上的喷风槽喷入抛光室。强风有利于排糠和除去湿气,减小温升和加速米粒的翻动和换位。从主抛室出来的白米经风洗后进入精抛室,精抛实现凉米态下抛光米的表面整理,精抛室为悬臂式结构,由螺旋推进器、聚氨酯抛光辊、低速旋转的筒形筛和空心主轴等组成,其采用较短的抛光辊和较温和的抛光压力。与主抛室和精抛室米筛下部相联的是负压出糠管,一般接入系统风网,直接将糠排入集糠室中。

与速度型碾米不同,作为压力型碾米的一种变形,米粒在抛光机的抛光室尤其主抛室内的压力及其分布显著地影响抛光效果和精整米的得率^[6]。因而系统设计中采用模糊控制来实现抛光室内压力控制,由步进电机驱动出料门开度实现压力调节。

2 主要设计创新内涵和抛光机性能指标

影响抛光效果的主要因素有着水量、抛光室压力、碾辊最大线速、米粒换位频度及其运行路线与状态、米粒机内停留时间等。这些因素一是靠机械设计保证,一是靠对系统的控制达到。故在系统设计上必须综合结构设计创新和主参数控制系统创新两个方面的技术内涵。

主要结构设计创新:为克服单台抛光机抛光室过短时抛光不足,过长则引起米粒轴向移动困难,局部阻力大,抛光室内米粒密度过稀而易被抛光辊击碎等问题,采用主抛和精抛分置的工艺组织和结构设计,主抛压力受控而精抛采用旋筛,有利于均匀抛光,此外,风系设计

和抛光辊特殊的表面构造有利于米粒换位和加长其机内运行距离。

其次,在水料混合器设计中,克服了传统的搅龙混料器增碎大的缺点,采用无增碎帘式落料与偏置转筒结构组合,既有效降低增碎,又能均化和强化水料之间的传湿与传质。

着水系统针对着水适量及着水分布均匀目标,设计了水分在线测控系统,采用机外预着水方式能使水分有足够的渗入皮层的时间,皮层韧化后可减少糠皮对米粒的污染。后端精抛段采用的旋筛能加速排糠,主抛段与精抛段间以强风吹洗,能降低米温,保护大米表面。主抛段抛光室内压力主参数采用智能控制以达到最佳抛光作业条件。

MPG21/18 抛光机的主要技术指标见表 1。

表 1 抛光机主要技术指标

Table 1 Main specifications of the polisher

项目名称	MPG21/18
产量/ $t \cdot h^{-1}$	4~5
增碎率/%	≤ 8
风量/ $m^3 \cdot h^{-1}$	5000
含糠/%	≤ 0.1
总动力/kW	≤ 50
着水范围/%	0~8
外形尺寸/mm	2350×1840×2950

3 水分检测与着水控制系统

着水是抛光作业的前提,加水有助于皮层膨胀、组织疏松、皮韧心实,便于糠皮的剥落与分离。适宜白米抛光的含水率为 13.0%~15.5%,过低则易增碎,过高则米粒表面起毛、米色暗淡。实践表明,大多数情况下,着水量应为大米流量的 0.2%~0.3%,最佳的雾滴粒径小于 50 μm 。

由于电阻方法的取样及备样时间长,在实时动态测量速度上不能满足抛光机着水需要,故采用同轴电容式水分测量仪,测量信号转换用 555 时基电路^[7]构成的硬件电路实现,所提取的稳定抗干扰等效输出信号为水分传感器测量和温度传感器测量相关的双频率信号,双频率信号送入单片机,以人工神经网络(ANN)算法进行处理,解决了测量模型的非线性问题,又通过双输入数据关联解决了温度对水分测量的影响和补偿问题^[8]。图 2 示出了电容式水分测量原理框图。

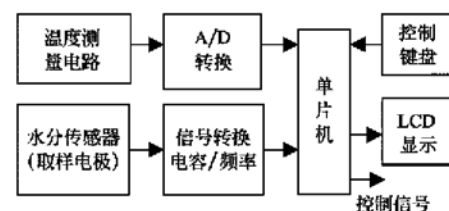


图 2 水分测量系统原理框图

Fig. 2 Metering principle diagram of moisture content

采用频率信号转换的理由在于:通常情况下粮食的

容抗很大,用传统的电压(或电流)转换方法测量时,测量信号弱,抗干扰能力差,测量误差较大。而且,由于电压(电流)-水分关系呈非线性,受温度影响较大,通常的线性化及温度补偿方法效果不佳。本设计中将电容转换为频率信号,再与实时的温度测量信号一起送入单片机,利用神经网络(如 RBF 网络)强大的非线性拟合、推广泛化能力,取代传统的查表法。

由单片机输出的控制信号对着水执行系统进行控制,控制方式可以采用开环或闭环控制,本系统一共 6 个喷雾嘴安装在进料筒下方的两侧,通过控制电磁喷雾阀的导通时间与关闭时间的“占空比”来控制着水量的线性调节。喷嘴喷雾的方向与米粒下落的方向相反,能使进机大米预先得到具有较强传质效果的均匀性着水。

4 抛光室压力检测与控制系统

如前所述,抛光机要满足精米抛光的要求,需要控制抛光时的湿度、温度、速度、抛光的时间等工艺参数^[9],其中,碾白室压力又是制约成品质量的最重要因素。如果抛光工艺参数控制不当,会产生增碎或抛光不足等问题。因此,对抛光机的抛光工艺参数进行计算机控制对提高抛光机的性能有着十分重要的意义。

本系统中的压力控制系统采用一片与着水控制系统共用的 89C52 为主控制器,其前向通道有两个,一个通过水分传感器对着水进行检测,另一个通过压力传感器对抛光室内的压力进行检测。后向通道有两个,一个控制机外着水量,另一个控制步进电机的旋转角度,对抛光机的出料门开度进行控制,从而控制抛光室内的压力。由于两个输出控制量是相互独立的,所以分别对两个输出量进行单独控制。系统中的数码管实时显示当前抛光室内压力值;蜂鸣器对异常情况报警,当抛光室内压力过大,并且主电机负载电流出现异常变动时,蜂鸣器能提示抛光室可能发生堵塞,以便进行相应的处理。操作者通过键盘可以输入待抛光大米的最佳抛光压力的期望值。在抛光过程中,操作者也可根据自己的经验对抛光压力进行在线调控。

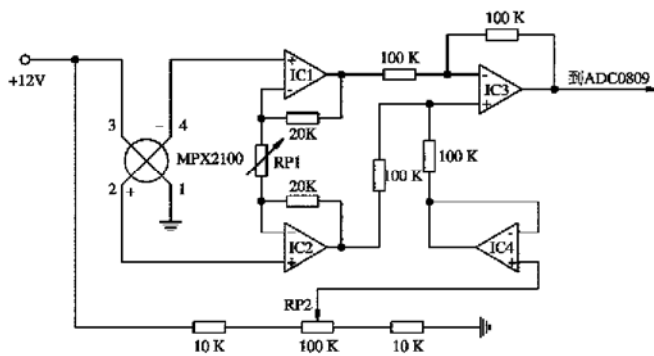


图 3 抛光室压力检测电路

Fig. 3 Polishing chamber pressure measuring circuit

抛光室压力控制采用模糊控制策略^[10]。传感器测得抛光室压力值,经模糊控制规则对输入量进行处理,完成抛光室压力控制调节。

抛光室压力传感器为美国 Motorola 公司生产的 MPX2100 型,压力检测范围为 0~ 100 kPa,供电电压为 10~ 16 V(DC),工作温度为 - 40~ 125℃,反应时间为 1 ms。MPX2100 是一种压阻式压力传感器,检测电路如图 3 所示,MPX2100 传感器的 4 脚和 2 脚之间输出的压力信号送到 IC1、IC2 进行放大,增益为 $1 + 40/RP1$,IC1、IC2 接成同相输入阻态,可以获得仪器放大器所需的高输入阻抗;IC3 是一个单位增益的差动放大器,通过它可以获得较高的 CMRR,IC4 和 RP2 分压电路构成调零电路,RP1 用来调节放大器电路的增益,以完成满量程压力时的显示数字校准;IC3 输出的电压加在 AD0809 的输入端 IN1。

抛光室压力的控制是通过控制出口的压力来完成的,该方案结构简单,控制便捷。

5 结 语

MPG21/18 抛光机已申请国家专利,该机的生产考核证明其机械性能稳定,工艺性能先进。在主抛和精抛分段式结构设计,着水、水量控制及其水料混合系统设计,风系设计和抛光室压力控制系统设计几个方面具有新的特点,适合多种原粮,能实现高效高表面光洁度低能耗低增碎的大米抛光作业要求。

[参 考 文 献]

- [1] 曹志英. 入世后中国稻谷加工策略[J]. 粮食科技与经济, 2002, 5: 3- 4.
- [2] 李凌虹, 左筠然. 布勒集团在中国的发展[J]. 粮油食品科技, 2003, 11(4): 44- 45.
- [3] 袁 熙. 我国稻谷加工机械的现状与发展趋势[J]. 农业机械, 2000, 6: 10- 11.
- [4] 阮竟兰, 阮少兰. 白米抛光机结构及其特点[J]. 武汉食品工业学院学报, 1995, 2: 40- 43.
- [5] 陈学秀, 欧文生. 立式双辊抛光机的开发[J]. 粮食与饲料工业, 2001, 7: 14- 15.
- [6] 刘协舫, 郑 晓, 罗 陈, 等. 食品机械[M]. 武汉: 湖北科学技术出版社, 2002.
- [7] 刘桂雄, 邝泳聪, 金 军. 基于测频测周方法集成的高分子湿度仪[J]. 华南理工大学学报(自然科学版), 2001, 29(3): 39- 42.
- [8] 刘东辉, 孙晓云, 孙会琴, 等. RBF 网络在实时在线检测系统中的应用[J]. 仪器仪表学报, 2003, 24(5): 445- 448.
- [9] 王晓光. 基于单片机的谷物抛光机实用控制系统[J]. 包装与食品机械, 2002, 20(1): 27- 29.
- [10] 易继锴, 侯媛彬. 智能控制技术[M]. 北京: 北京工业大学出版社, 1999.

Innovative design of rice polisher with intelligent dampening and pressure control system

Zhang Yonglin¹, Hu Zhigang¹, Yi Qiwei¹, Zhou Lihan²

(1. *Department of Machinery Engineering, Wuhan Polytechnic University, Wuhan 430023, China;*

2. *Wuhan Jufeng Grain and Oil Machinery Limited Co., Wuhan 430035, China*)

Abstract: An innovative design of rice polisher with intelligent dampening and pressure control system was made for the purpose of modern high-capacity industrialized rice processing technology and at the aim of the realization of polishing operation with higher efficiency, better quality and lower exhaust by use of the integration of the mechanical, electrical, hydraulic and pneumatic, computer and so on. The combination of two polishing segments with different parameters was applied to obtain optimum polishing effect and to improve the adaptability of polisher to grain variety. An atomization dampening system with an intelligent water quantity control outside the polishing chamber was developed to ensure the moisture content of the grain under the condition of the optimum operation. A new mixing device of the moisture and grain was designed to decrease the break yield and accelerate the transmission between moisture and grains. In addition, the fuzzy control over the polishing chamber pressure and the pneumatic system with positive and negative air-stream was adopted to get better performance of the equipment and the better product quality of the polished rice. The application of MPG21/18 polisher has demonstrated the better operation behavior and the availability in modern rice processing industry.

Key words: grain processing; rice polisher; structural design; intelligent control