

张立辉,魏立明,李春良. 循环谷物干燥机测控系统的设计[J]. 江苏农业科学,2017,45(1):211-213.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2017.01.060

循环谷物干燥机测控系统的设计

张立辉, 魏立明, 李春良

(吉林建筑大学, 吉林长春 130118)

摘要:根据循环谷物干燥的特点,提出循环干燥采用质电双参数等速变温的测控新方法,质量参数和电参数融合在线测量水分含量,实现等速变温控制;开发测控系统并进行干燥测控系统试验;用上位机软件中的 LabVIEW 技术开发实时进行数据显示。实际应用结果表明,能实时准确控制干燥的水稻水分,实现干燥自动控制,保证谷物的干燥品质。

关键词:谷物;循环干燥;测控系统;质电双参数;水分检测;LabVIEW

中图分类号:S226.6 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2017)01-0211-03

发展粮食烘干产业、加速粮食生产全程机械化、最大限度地减少储粮损失,是确保丰产丰收、稳定粮食总量的重要途径,也直接影响粮食的等级、加工质量和食用品质,从而影响到粮农和粮食流通企业的经济效益、人们的生活质量以及粮农粮商的生产经营积极性^[1]。这就要求不断改进谷物干燥工艺,优化工艺参数,提高干燥过程的智能化水平,开发抗干扰、稳定的精确控制系统,从而改善谷物干燥后的品质,降低谷物的损失,同时也提高干燥效率,降低成本,进一步扩大粮食的工业应用。本研究采用虚拟仪器技术开发了一套循环式谷物干燥机自动检测与智能控制系统,采用质电融合的方法在线测量水分含量,测得谷物水分含量更贴近谷物的实际水分含量,并将在线测得谷物水分含量与目标水分含量进行比较,通过 PLC 等控制执行机构改变循环干燥过程的运行状态,从而实现干燥控制过程的自动控制。

1 系统总体设计

根据循环谷物干燥的特点,采用质电双参数水分含量在线测量与等速变温控制相结合的测控新方法,将干燥的对象选为水稻,采用质量法和电阻法(适合测量水稻水分含量)融合在线测量谷物水分含量;质量法使用称重传感器测量谷物的实时质量,根据干燥过程谷物的干物质质量不变的原则计算谷物实时水分含量。控制系统根据实时采集到谷物水分含量,结合目标水分含量实时调节热风温度,实现不同阶段等速变温降水控制^[2]。总体设计方案如图 1 所示。

2 测控系统硬件构成

测控系统由主机(工业控制计算机)、PLC、称重传感器、环境和尾气温湿度传感器、温度传感器、电阻式在线水分仪、

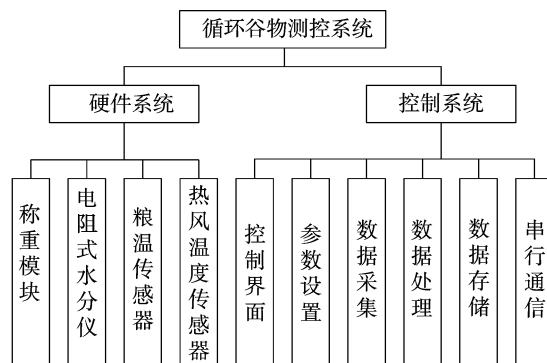


图1 循环谷物测控系统设计方案

控制执行器及相应的仪表等组成(图2),执行部分主要包括可编程控制器及其他硬件外围电路等^[3]。控制主机与温度测控仪表、水分仪、控制执行器等之间的数据交换通过 RS232/RS485 转换模块 I-7520 串行通信数据总线进行,一方面主机从温度测控仪表、称重传感器、电阻水分传感器等获取干燥机参数的测量数据,另一方面主机向 PLC、温度测控仪表、水分传感器等发出控制调节命令,进行相应的干燥控制。

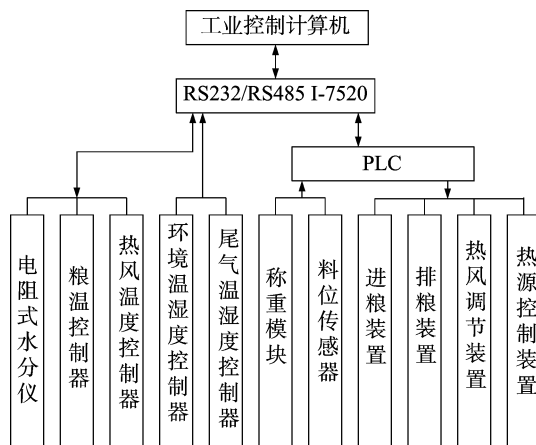


图2 循环谷物测控系统的组成

循环谷物干燥机测控系统传感器及执行器包括热风温度传感器、粮食温度传感器、电阻式水分仪、高料位传感器、称重

收稿日期:2015-09-29

基金项目:住房和城乡建设部科学技术项目(编号:2014-K1-066)。

作者简介:张立辉(1975—),男,吉林长春人,博士,副教授,主要从事智能控制的研究。Tel:(0431)88686455;E-mail:dzzlh163@163.com。

传感器、控制器 PLC 及环境、尾气温湿度传感器。

3 系统软件设计

3.1 测控系统工作模式

测控系统采用质电双参数在线水分含量测量与等速变温控制技术,干燥塔上分别布置电阻式水分仪、称重传感器及温度传感器等,实时检测相关参数数据并传送给计算机。计算机根据这些相关干燥参数信息建立一个干燥机工作的数据模型,然后根据烘干过程相关传感器的读数变化情况自动调整热风温度,实现等速干燥^[4]。测控系统的工作模式如图 3 所示。

3.2 测控系统数据采集平台

系统软件采用 LabVIEW 图形化编程语言来完成数据采集平台的设计。软件采用模块化结构设计,系统的工作软件由干燥模型控制系统、热风温度检测与控制、粮食温度检测、粮食水分检测与校正、目标水分控制等模块组成。其具体组成为系统初始化模块、数据采集与显示模块、数据存储与处理模块以及系统控制模块。通过系统初始化模块对控制系统各

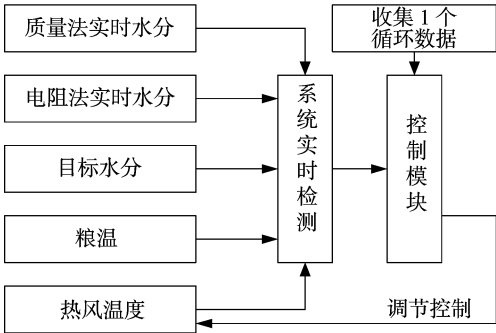


图3 测控系统工作模式

个仪表参数及控制参数进行设定和修改;数据采集与显示模块实时采集各个仪表传输的数据,并实时显示在工作界面上;数据存储与处理模块将采集到的数据进行存储,同时将采集的数据绘制成曲线图显示在工作界面上,根据各个时刻的数据值,系统控制模块按照模型控制算法进行实时自动控制^[4]。数据采集界面如图 4 所示。

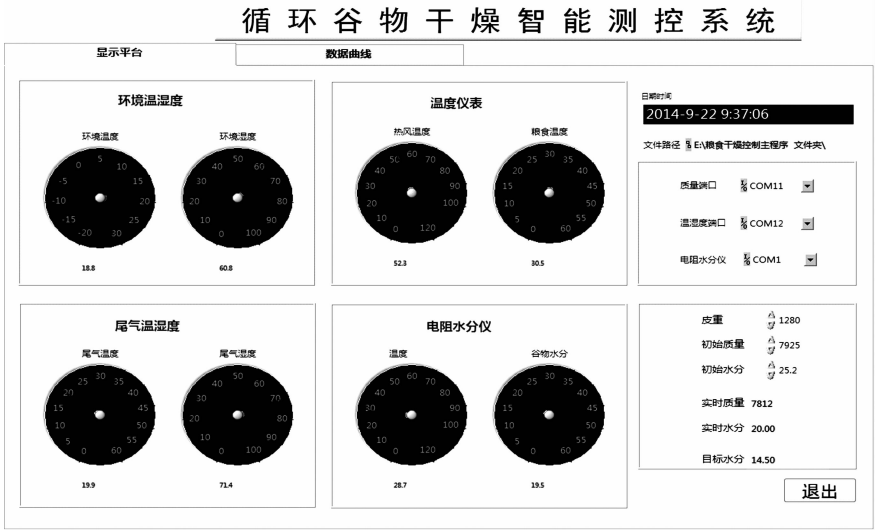


图4 测控系统数据采集平台

4 干燥机测控系统试验

4.1 试验装置与方法

用 12 t 干燥容量的循环干燥机进行现场试验,热源为燃油炉。在试验过程中利用循环干燥机自动控制系统自动记录干燥过程的热风温度、粮温、粮食实时总质量和实时水稻水分含量等参数,同时人工记录消耗柴油的质量和每隔 0.5 h 采集干燥塔里的水稻样本,用烘箱法对所采样本进行水分含量的检测,对系统计算的水稻水分含量和实测的水稻水分含量进行对比,结合干燥实际,对控制系统进行校正和循环速度的控制。

4.2 试验条件

干燥试验的对象为水稻,表 1 列出了循环干燥试验开始前的一些参数的初始条件。

4.3 结果与分析

4.3.1 实测谷物水分含量与系统指示谷物水分含量的对比分析 系统指示谷物水分含量是指在谷物干燥过程中由质电

表 1 循环干燥试验的初始条件

参数	数值
水稻初始水分含量(%,湿基)	21~25
水稻初始温度(℃)	13
空气温度(℃)	15
空气相对湿度(%)	62
风速(m/s)	3.6

法检测并计算得到的谷物实时水分含量;实测谷物水分含量由实验室对采样的样品用烘干法测出,烘干法把谷物放到烘箱中进行烘干,利用烘干前与烘干后的质量差与干物质之比求出采样谷物的水分含量。由图 5 可知,质电法所测的系统指示谷物水分含量比实测谷物水分含量偏高些,因为质电法测得的是干燥谷物的平均水分含量,但 2 种方法测得干燥谷物的水分含量趋势基本一致。

4.3.2 实测谷物水分含量、系统指示谷物水分含量和谷物实时质量的对比分析 谷物的实时质量指在干燥过程中干燥机内谷物的总质量,由安装在干燥机底部的称重传感器测量所

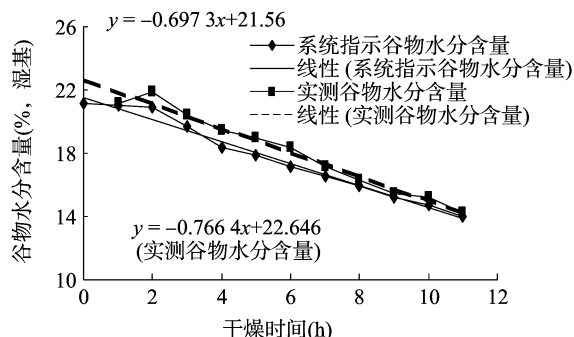


图5 系统指示谷物水分含量和实测谷物水分含量的变化曲线

得。由图 6 可知,质量参数法计算的谷物水分含量随着谷物质量的减少基本呈线性趋势,和烘干法实测的谷物水分含量偏差不大,2 种类型的干燥塔曲线趋势基本一致。基本可证实质量参数法在线测得的干燥谷物水分含量方法的有效性,精度和稳定度都要优于其他电测法,但要求干燥机的设备不能存在漏粮现象。

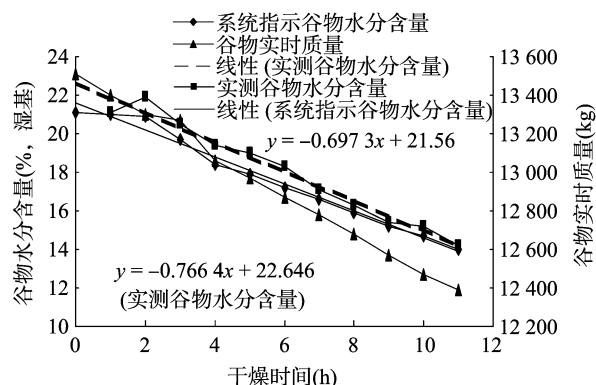


图6 谷物水分含量与谷物实时质量变化曲线

4.3.3 实测谷物水分含量、系统指示谷物水分含量和干燥热风温度的对比分析 干燥机的热源由燃油炉提供。为了稳定干燥的热风温度,控制系统设计了热风温度上限设定的功能,自动控制干燥热风温度。从图 7 可知,12 t 的干燥塔的热风温度基本在 50 ~ 60 °C 之间调整;热风温度对质电法测量谷物水分含量没有明显的影响,即热风温度的变化对质电法测量的水分含量没有干扰,不用进行温度补偿,可见质电法在这面存在优越性。

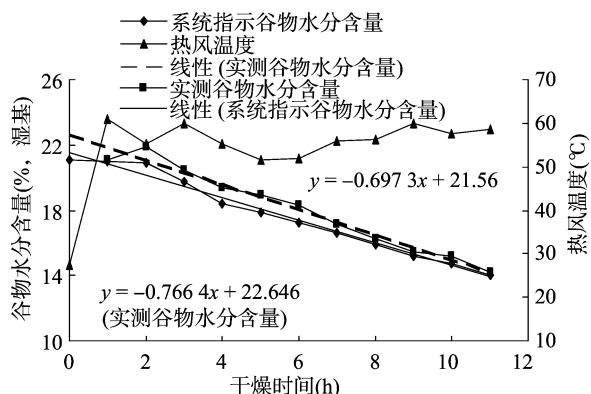


图7 谷物水分含量与热风温度的变化曲线

4.3.4 谷物降水率和谷物温度的对比分析 谷物颗粒表面

上有横向裂纹,通称为爆腰,爆腰米粒占采样米粒的比例称为爆腰率。爆腰使水稻子粒强度降低,加工时容易被折断,产生碎米,使出米率降低,这是不经济的。因此,爆腰率是鉴定水稻工艺品质的重要指标之一,在干燥水稻时要控制干燥速度(降水速率 1.5%/h 以下),防止水稻爆腰。

从图 8 可知,12 t 干燥机的整个干燥过程平均降水速率为 0.83%/h。干燥中期当谷物温度达到 35 °C 左右时,降水速率明显提高;干燥后期由于水稻糙米颗粒失水较多,颗粒体积缩小,颗粒水分扩散和蒸发的通道变得更窄,谷物剩余水分穿过皮层的阻力更大;此外,谷物颗粒内的自由水分不多了,这时机械结合水分蒸发需要更多的热量,蒸发速率也变得更慢,所以干燥后期的降水率慢。

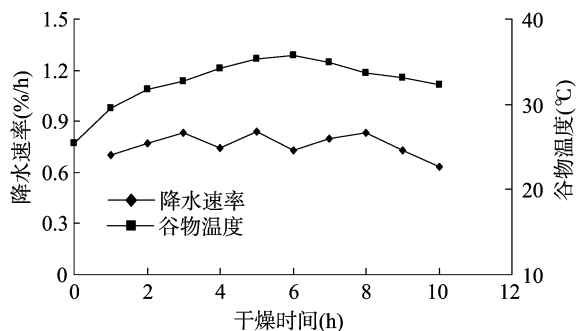


图8 谷物降水速率与谷物温度的变化曲线

4.3.5 干燥单位耗热量分析 单位耗热量是粮食干燥机试验的重要指标之一,是节约干燥成本和节能的参考依据。粮食干燥是一个很复杂的作业过程,影响干燥的因素很多,干燥作业条件多变,其中的影响因素有热介质参数(如热风温度、热风风量和热风湿度)、粮食参数(如谷物类别、谷物水分和粮食温度)、环境条件(如环境温度和环境湿度)、干燥工艺(如顺流干燥、逆流干燥、横流干燥、混流干燥)以及干燥机的结构参数,这些因素都会影响干燥机单位耗热量的数值。12 t 塔的单位耗热量基本在 2 000 ~ 5 800 kJ/kg 区间波动,单位耗热量平均值 3 863 kJ/kg,低于国家规定的行业标准。

5 结论

试验结果表明,质量法和电测法融合在线测量谷物水分含量更为精确,与目标水分含量更接近,更能准确实现等速变温控制。循环谷物干燥机测控系统性能稳定,运行可靠,自动控制系统工作良好。水分检测精度和稳定性都很好,干燥后谷物水分均匀,爆腰率低于国家标准,谷物品质好,干燥机的能耗低。

参考文献:

- [1] 任广跃,张忠杰,朱文学,等. 粮食干燥技术的应用及发展趋势[J]. 中国粮油学报,2011,26(2):124-128.
- [2] 吴文福,韩峰,张亚秋,等. 基于总重检测的谷物循环干燥水分在线测控方法及其系统:CN201310682597[P]. 2013-12-13.
- [3] 张吉礼,陆亚俊,刘辉,等. 谷物干燥过程参数在线检测与智能预测控制[J]. 农业机械学报,2003,34(2):50-53,57.
- [4] 张立辉. 谷物干燥过程模拟及测控新方法的研究[D]. 长春:吉林大学,2014.