

# 基于 LabVIEW 的玉米果穗立式烘干仓 监测系统的设计

费 强<sup>1</sup>, 赵武云<sup>1\*</sup>, 戴 飞<sup>1</sup>, 王广万<sup>2</sup>, 刘国春<sup>2</sup>

(1. 甘肃农业大学工学院, 甘肃 兰州 730070; 2. 酒泉奥凯种子机械股份有限公司, 甘肃 酒泉 735000)

**摘要:** 利用研华 ADAM4000 系列数据采集模块, 在 LabVIEW 平台上开发出玉米果穗立式烘干仓监测系统。该系统是由主控、信号通道、文件操作、数字滤波、频谱分析、统计分析、系统监测等模块组成, 当烘干过程中的种子接触的温度的数值除以 10 的值大于等于监测阈值 4.3 时, 系统就实时完成报警, 实现了温度、压力数据的采集、处理和监测。应用情况表明果穗接触温度在 256.41 K 和 484.71 K 之间变化, 能达到玉米种子果穗烘干的安全要求, 证明该监测系统有效的提高了果穗干燥的安全性。

**关键词:** 玉米果穗; 立式烘干仓; LabVIEW; 监测系统

中图分类号: S226.6 文献标志码: A 文章编号: 1000-7601(2014)03-0268-05

## Design of monitoring system for the vertical drying bin of corn fruit ears based on LabVIEW

FEI Qiang<sup>1</sup>, ZHAO Wu-yun<sup>1\*</sup>, DAI Fei<sup>1</sup>, WANG Guang-wan<sup>2</sup>, LIU Guo-chun<sup>2</sup>

(1. College of Engineering, Gansu Agricultural University, Lanzhou, Gansu 730070, China;

2. Jiuquan Okay Seed Machinery Co., Ltd., Jiuquan, Gansu 735000, China)

**Abstract:** Using the series data acquisition module of ADAM4000, developed the monitoring system for the vertical drying bin of corn fruit ears by the LabVIEW platform. This system consisted by the modules of main control, signal channel, file operation, digital filter, frequency spectrum analysis statistical analysis and systematic monitoring and so on. During the drying process, when the value of the temperature contracting by the drying seeds divided 10 was greater than or equal to the threshold value 4.3, this system can be real-time alarm, to realize the data acquisition for the temperature and pressure, treatment and monitoring. The application showed that: The temperature contacted by the corn fruit ears was changing between 256.41 K and 484.71 K, it can be met the safety drying requirements for the corn seed fruit ears. It was proved that this monitoring system can be effectively improving the drying security for the fruit ears.

**Keywords:** corn fruit ear; vertical drying bin; LabVIEW; monitoring system

玉米种子果穗在烘干过程中, 要求烘干热风温度控制在 43℃ 以下, 以保持种子的活性和发芽率<sup>[1-3]</sup>。因此需要设计一种监测系统对烘干仓内温度进行测试, 对操作人员进行指导, 保证种子安全、快速地烘干。种子烘干过程中的温度监测必须采用先进和可靠的设备, 但传统的测试仪器与虚拟仪器相比, 在数据采集、数据存储、滤波方法、数据分析、实时监控等方面的优势不如虚拟仪器明显<sup>[4]</sup>, 而把

虚拟仪器引入玉米果穗烘干过程的实时监测, 通过对现场数据的采集处理, 以实时趋势曲线、报警提示等多种方式, 向用户提供干燥现场的实时动态情况<sup>[5]</sup>, 工作人员可以根据变化曲线和报警提示, 及时进行操作。该系统运用 LabVIEW2009、传感器、PLC、数据采集模块等器件, 对影响玉米果穗烘干质量的温度、压力等数据进行采集监测, 达到烘干工艺过程的严格监测的目的。

收稿日期: 2013-11-05

基金项目: “十二五”国家科技支撑计划项目“西北绿洲农牧循环技术集成与示范”(2012BAD14B10); “十二五”国家科技支撑计划项目“粮食作物农机农艺关键技术集成研究与示范”(2013BAD08B01)

作者简介: 费 强(1989—), 男, 湖北黄冈人, 硕士研究生, 研究方向为农业机械化研究。E-mail: feiqiang198988@126.com。

\* 通信作者: 赵武云(1966—), 男, 甘肃兰州人, 教授, 硕士生导师, 主要从事农业工程技术与装备研究。E-mail: zhaowuy@gsau.edu.cn。

## 1 系统总体设计

### 1.1 立式烘干仓结构参数

烘干仓主体,有对称布置的2排共12个立式烘干室和上下风道组成,每个烘干室由果穗仓、下通风门、上通风门、填料门、出料门、关风帘和排湿门组成。通风门采用可以调整风门大小的抗风钢制卷闸门,果穗仓两侧通风板之间采用冲孔三角盒联结,果穗仓不同的位置开有若干个取样窗,果穗仓通风板外侧装有关风帘,可以上下调整高度。两排烘干室中间为上下两层风道,上风道的工况为高温(43℃)高压(1000 Pa)低湿、下风道的工况为低温(38℃)低压(500 Pa)高湿。烘干仓结构参数如表1所示。

表1 烘干仓结构参数

Table 1 Drying storehouse structure parameter

烘干仓参数名称 The parameter name drying storehouse	数值 Numerical
烘干仓内长度 Drying chamber length/m	6
烘干仓内宽度 Drying chamber width/m	6
烘干仓内高度 Drying chamber height/m	14
两侧通风板的间距/m On both sides of the ventilation plate spacing	2.8
烘干仓底坡度 Bottom slope drying storehouse/°	26
烘干仓容积 Dry storage product/m <sup>3</sup>	200
容纳鲜果穗量 For fresh fruit spike/t	100
关风帘长度 Close the wind curtain length/m	6
关风帘宽度 Close the wind curtain width/m	6
风道宽度 Air duct width/m	2.5
风道高度 Air duct height/m	7
风道截面积 Air duct area/m <sup>2</sup>	17.5

### 1.2 果穗烘干过程及数据采集

首先是装仓,果穗由烘干仓顶部的填料门装入烘干室果穗仓内。开始烘干时,热风发生系统产生的热风首先进入上风道,上风道内的热风通过上通风门进入烘干室前风室,经前通风板、果穗层、后通风板进入后风室,由下通风门排入下风道,此时该仓走上风。下风道内的热风经另一仓的下通风门进入另一烘干仓的后风室,经后通风板、果穗层、前通风板进入前风室,然后从排湿门排出。

烘干过程中操作人员要经常观察风道和各仓的温度、湿度和风压三个关键参数,定期从取样窗取样检测,并根据检测结果调整锅炉、风机、风门、关风帘等设备。待果穗烘干至目标湿度后,打开出料门,根据出料速度逐一卸掉挡料板。

热风炉产生的高温烟气通过换热管与通风机吸入的冷空气进行热量交换。由通风机吹入上扩散风道的正向气流,通过烘仓的种层、种床进入下扩散风道,通过下扩散风道进入另一侧的烘仓中的种床、种

层排出室外。随着时间延续,热风不断穿过果穗层,并使果穗中的水分随热风带出。根据烘干工艺要求,采集每个烘干仓内的上下部的热风温度,上、下风道的实时风温、压力、烘干仓室外的温度和压力。果穗烘干仓结构如图1所示。

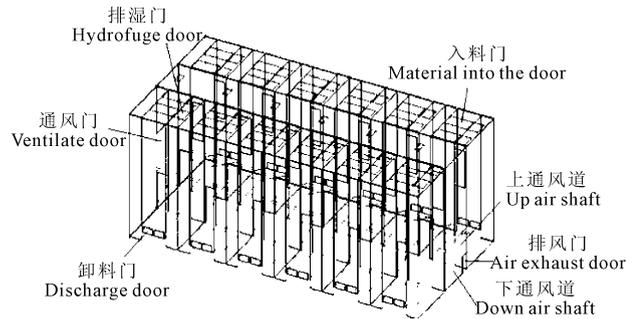


图1 果穗烘干仓结构图

Fig.1 The structure chart of grain drying storehouse

### 1.3 系统整体方案设计

系统通过数据采集模块直接采集现场温度和压力传感器的检测数据,然后以RS485总线传送至工控机,使用LabVIEW对数据进行分析处理,完成对生产情况的监控,将分析结果发送给PLC,由PLC来控制风机的启停、换向等操作。系统整体分为管理层、监控层、现场层三个层次<sup>[6]</sup>。系统整体框图如图2所示。

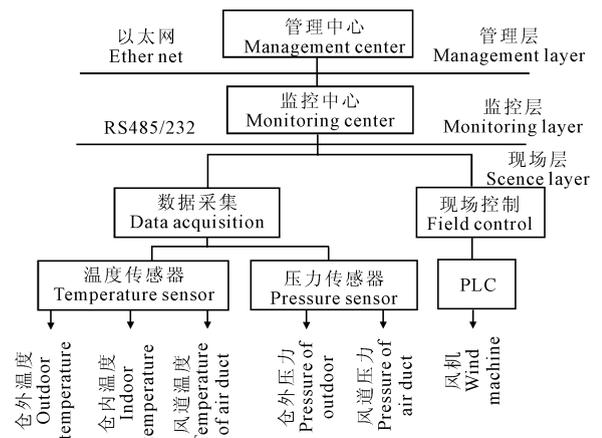


图2 系统整体框图

Fig.2 Diagram of the system as a whole

## 2 烘干监控系统的硬件组成

(1)温度传感器:系统选用铂电阻温度传感器,室外设置一个温度采样点,在每个烘干仓内上部和中下部分别安装工业铠装式三线制热电阻;在上、下风道内,均匀安放温度传感器各3个作为采样点。

(2)压力传感器:系统选用STP压力传感器。室外设置一个压力采样点,便于计算风道内外压力差,

在上、下风道内,各均匀安放 3 个 STP 压力传感器作为采样点。

(3)数据采集模块:温度采集模块采用研华公司的 ADAM-4015,压力采集模块采用研华公司的 ADAM-4117。数据采集模块遵循 RS485 通讯协议。

(4)通讯模块:系统选用能与工业计算机直接通讯的 ADAM-4520<sup>[7]</sup>。

(5)系统监控中心:系统监控中心选用研华 IPC-610H 型标配工控机,RS485 标准通过将数据和控制信号使用差分信号进行传送。ADAM-4520/4522 隔离转换器,能够将 RS232 信号和 RS485 信号进行透明的转换。

## 3 烘干监控系统的软件设计

### 3.1 软件系统设计的总体流程

本文采用 LabVIEW2009 软件,它是指一台计算机和连接外部的端口(如计算机的 COM 口,LPT 口或内插板)在软件控制下可模拟替代传统的仪器<sup>[8-9]</sup>。该系统满足了对上位机监控界面和数据分析的要求,它通过常规通讯接口(如串口方式、USB 方式)与 PLC、智能模块等进行数据通讯。流程图如图 3 所示。

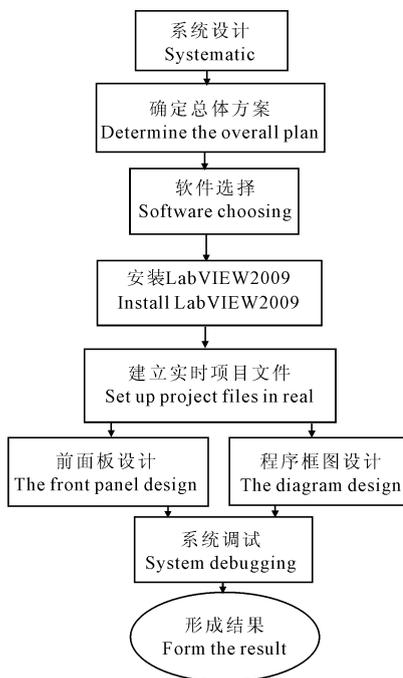


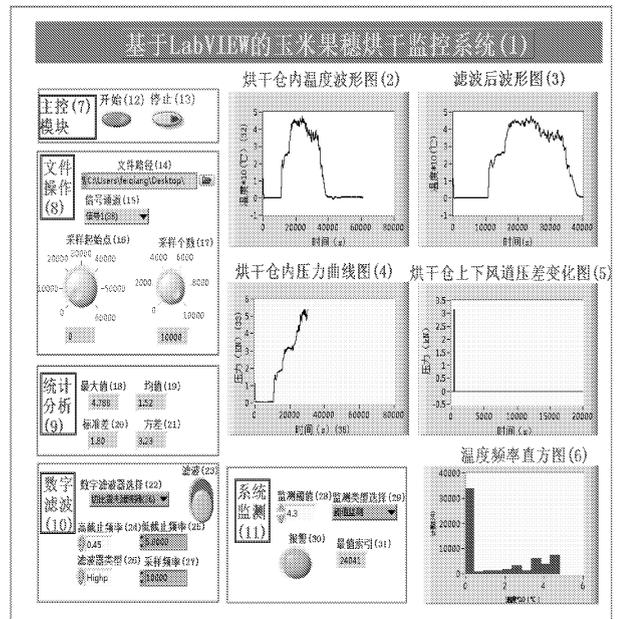
图 3 软件系统总体流程图

Fig.3 Software system overall flow chart

### 3.2 软件系统的组成

系统是由主控、信号通道、文件操作、数字滤波、频谱分析、统计分析模块、系统监测等模块组成。果穗烘干监控主界面:主要用于实时显示各个烘干仓状态、烘干仓内温度、烘干仓内压力,上、下风道压力差。结合 LabVIEW2009 的实时绘制曲线功能,动态

地显示每个变量的实时状态,包括烘干仓内温度、压力和上下风道压力差,主要显示烘干仓内温度实时曲线、压力曲线,以波形图和直方图的方式直观地显示数据的变化<sup>[8]</sup>。当温度监测阈值超过 4.3 时,系统有报警产生,相应的报警灯开始闪烁,同时弹出报警窗口,此时要求工作人员适当调整风机的动力系统及烘干仓的风门,以达到烘干过程安全的目的。烘干监控界面图如图 4 所示。



注:(1)基于 LabVIEW 的玉米果穗烘干系统;(2)烘干仓内温度波形图;(3)滤波后波形图;(4)烘干仓内压力曲线图;(5)烘干仓上下风道压差变化图;(6)温度频率直方图;(7)主控模块;(8)文件操作;(9)统计分析;(10)数字滤波;(11)系统监测;(12)开始;(13)停止;(14)文件路径;(15)信号通道;(16)采样起始点;(17)采样个数;(18)最大值;(19)均值;(20)标准差;(21)方差;(22)数字滤波器选择;(23)滤波;(24)高截止频率;(25)低截止频率;(26)滤波器类型;(27)采样频率;(28)监测阈值;(29)监测类型选择;(30)报警;(31)最值索引;(32)温度 $\times 10(^{\circ}\text{C})$ ;(33)压力;(34)计数;(35)时间;(36)切比雪夫滤波器;(37)巴特沃斯滤波器;(38)信号 1

Note:(1) Corn grain drying system based on LabVIEW;(2) Drying chamber temperature waveform figure;(3) Waveform figure after filtering;(4) Drying chamber pressure curve;(5) Drying storehouse and duct differential pressure variation;(6) Temperature frequency histogram;(7) Host system;(8) File Operations;(9) Statistical analysis;(10) Digital filtering;(11) System monitoring;(12) Start;(13) Stop;(14) File path;(15) Signal path;(16) Sampling starting point;(17) The number of sampling;(18) Maximum;(19) Average;(20) Standard deviation;(21) Variance;(22) Digital filter options;(23) Filtering;(24) High cut-off frequency;(25) Low cut-off frequency;(26) Filter Type;(27) Sampling frequency;(28) Critical value of monitoring;(29) Monitoring type selection;(30) Alarm;(31) The most value index;(32) Temperature  $\times 10(^{\circ}\text{C})$ ;(33) Pressure (kN);(34) Count;(35) Time (s);(36) Chebyshev filter;(37) Butterworth filter;(38) Signal 1

图 4 烘干监控界面图

Fig.4 Drying monitoring interface diagram

3.2.1 主控模块 主控模块是整个软件的最上层,由它进行对各模块的控制、调用、组织、协调各功能模块的工作,完成数据分析和测试的控制。

3.2.2 信号通道模块 该模块通过两种信号通道通过索引数组把温度和压力数据输入函数。索引数组:连接数组到该函数时,函数自动调整大小以在  $n$  维数组中显示各个维度的索引输入。也可通过调整函数大小,添加元素或子数组。连线板可显示该多态函数的默认数据类型。

3.2.3 文件操作模块 该模块主要是由文件路径、信号通道组成,主要是对存储的数据进行读取,同时通过采样个数和采样的起始点输入函数。

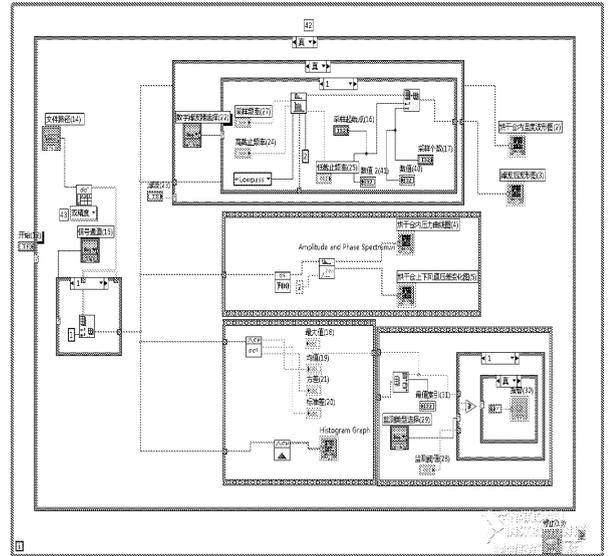
3.2.4 数字滤波模块 该系统滤波器的作用是对温度信号进行筛选,只让特定频段的信号通过。一旦信号被估计出,那么估计出的信号与原信号相比会有很高的信噪比。如果滤波器的输入、输出都是离散时间信号,那么该滤波器的冲击响应也必然是离散的,称这样的滤波器为数字滤波器。通过滤波器挑选出比较准确的温度数据进行绘制曲线,能给系统提供准确的温度变化情况。从图 5 中可以看出数字滤波后,温度波形图更加精细。

3.2.5 频谱分析模块 频谱分析模块使用了实数快速傅立叶变换(Real FFT.vi),输入的是实数数组,输出结果为复数数组,需要使用 amplitude and phase spectrum.vi,将输出数据从复数坐标系转换到极坐标系。使用计算机完成信号处理工作的需求导致了离散傅立叶变换的产生,随之也产生了相应的各种算法<sup>[6]</sup>。在图 5 中的烘干仓内压力曲线图和烘干仓上下风压差变化图可以看出,刚开始系统还未开始工作,仓内压力为 0,当风机开始运行时,仓内压力逐渐增大,到达烘干平衡状态时,压力变化率逐渐减小,清晰地反应了仓内烘干的状态。

3.2.6 统计分析模块(Histogram.VI) 统计温度数据的最大值、方差、均值、标准差。用 LabVIEW 设计一个对温度数据(样本)进行统计分析的程序,分析并显示测量数据(样本)的直方图。均值(mean)、方差(variance)、标准差(standard deviation)是三个基本的统计学参数,均值体现了温度的平均值水平,方差和标准差体现了温度距均值的偏差。

3.2.7 监测系统模块 在玉米种子果穗烘干过程中,热风温度对果穗烘干效果的影响较大,要求烘干热风温度控制在 43℃ 以下,所以温度监测阈值设定为 4.3。当烘干过程中的烘干仓内种子接触的温度的数值除以 10 的值大于等于监测阈值时,系统就实时完成报警及弹出报警窗口,此时要求工作人员适当调整风机的动力系统及烘干仓的风门,以达到烘干过程安全的目的<sup>[11-12]</sup>。果穗烘干监控程序图如图 5 所

示。



注:(37) 巴特沃斯滤波器;(38) 信号 1;(39) 信号 2;(40) 数值;(41) 数值 2;(42) 真;(43) 双精度

Note: (37) Butterworth filter; (38) Signal 1; (39) Signal 2; (40) Number; (41) Number 2; (42) True; (43) Double accuracy

图 5 果穗烘干监控程序图

Fig.5 Grain drying monitoring program

### 3.3 程序流程图

由图 6 可知具体操作方法,先选择路径,后选择信号通道,设置采样起始点、采样个数,后选择是否滤波。如需滤波,选择滤波器类型、设置滤波参数。最后设置合理的监测阈值,点击开始按钮,开始运行程序,如果绿灯亮,报警提示弹出窗口,要求人工进行调节烘干系统。点击结束按钮,结束程序。

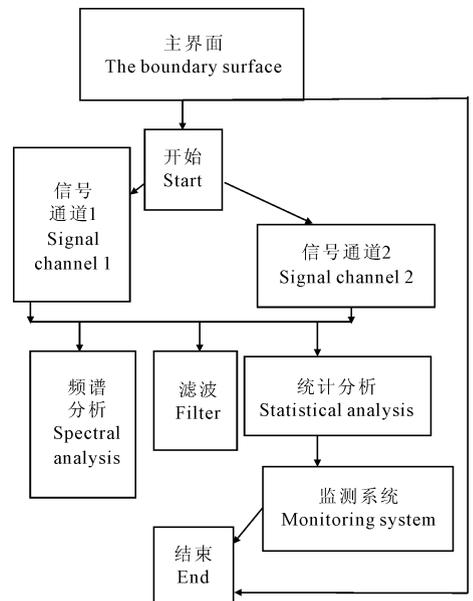


图 6 程序流程图

Fig.6 Program flow chart

## 4 仿真实验结果与分析

运用该监测系统对玉米果穗烘干过程进行监测,系统取样个数设定为 10 000,滤波器类型选择切比雪夫滤波器,高截止频率取 0.45,低截止频率取 5.0,设定监测阈值为 4.3,点击开始运行按钮,实验结果图如图 4 所示<sup>[13-15]</sup>。设定玉米为多孔介质透过率为 60%,体积流量  $Q = 390000 \times 2 \text{ m}^3/\text{h} = 780000 \text{ m}^3/3600\text{s} = 216.7 \text{ m}^3/\text{s}$ 。利用 SolidWorks Flow Simulation<sup>[16-18]</sup>进行模拟仿真实验,仿真结果如表 2 所示。

从表 2 仿真结果可知,果穗接触温度在 256.41 K 和 484.71 K 之间变化,能达到玉米种子果穗烘干的安全要求,证明该监测系统有效地提高了烘干的安全性。从图 4 中的监控画面可知,该系统在报警灯亮后,烘干温度曲线明显下降,仓内压力差曲线下降,实时地反应了工作人员进行调整风机风速的过程。证明了该监测系统的实用性强、效率高的特点。

表 2 仿真结果

Table 2 The simulation result

项目 Item	最小值 Minimum	最大值 Maximum
仓内压力/Pa The pressure in the warehouse	0.09	2259.87
接触温度/K Instantaneous temperature	256.41	484.71
烘干速度/( $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ) Drying speed	0	666.399
X 向速/( $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ) Directional velocity X	-666.399	177.283
Y 向速/( $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ) Directional velocity Y	-503.734	454.139
Z 向速/( $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ) Directional velocity Z	-349.068	313.603
流体温度/K Fluid temperature	256.41	316.15

## 5 结论

该系统利用 LabVIEW 虚拟仪器技术搭建了玉米果穗立式烘干监测系统,可实现对玉米种子果穗烘干的实时监测,具有报警模块、实时趋势曲线等。在监测系统模块中,当种子接触温度的数值除以 10 的值超过监测阈值时即发出报警信号,能够对烘干过程进行多方面的监测,提示操作人员进行正确作业。

该系统既可对烘干数据和过程进行实时记录并

自动绘制烘干温度及压力曲线,把握最佳的烘干参数,又可对操作人员给出具体的指导,减少操作失误,保证玉米种子烘干效果,从而达到了以软件为核心的虚拟仪器监控来取代传统仪器监控的目的。

实验证明,运用该系统对烘干过程进行监测,果穗的接触温度在 256.41 K 和 484.71 K 之间变化,能达到玉米种子果穗烘干的安全要求。

### 参考文献:

- [1] 马志强,马继光.种子加工原理与技术[M].北京:中国农业出版社,2009:39-43.
- [2] 任嘉宇,王丽娟,马文军.5HG 系列玉米果穗烘干室[J].现代化农业,2007,32(8):39-40.
- [3] 张大龙,赵武云,杨婉霞,等.基于组态王的玉米果穗烘干监控系统设计[J].中国农业科技导报,2013,15(2):115-119.
- [4] 李雪,杨兆军,孙艳红,等.基于 LabVIEW 的虚拟仪器技术在微孔钻削实时监控系统中的应用[J].机床与液压学报,2006,35(6):153-154.
- [5] 王力,熊秋云,李娜,等.基于组态王的监控系统应用研究[J].微计算机信息,2008,24(1/2):111-112.
- [6] 栾婷,薛文东,郑丹,等.基于组态王的多晶硅凝固生产线监控系统[J].厦门大学学报(自然科学版),2010,49(2):220-222.
- [7] 周传德.传感器与测试技术[M].重庆:重庆大学出版社,2009.
- [8] 雷振山.LabVIEW8.2 基础教程[M].北京:中国铁道出版社,2008:55-59.
- [9] 祁雪梅,潘冬明.LabVIEW 在数字信号处理教学中的应用[J].现代电子技术,2006,48(14):152-153.
- [10] 冯鑫.基于 LabVIEW 的麦芽干燥温度控制系统研究[D].兰州:甘肃农业大学,2009.
- [11] 张锋伟,戴飞,张克平,等.基于两级干燥工艺的玉米果穗太阳能集热通风干燥系统设计[J].农业工程学报,2010,26(8):338-342.
- [12] 田斌,吴建民,赵武云,等.青藏高原牧草太阳能烘干温室及干燥装置的设计[J].草业科学,2011,28(2):319-322.
- [13] 戴飞,张锋伟,韩正晟,等.玉米果穗机械干燥装置设计与试验研究[J].干旱地区农业研究,2011,29(3):260-264.
- [14] 马洪江,王海,王颀.混联式太阳能果蔬烘干机的研制[J].农业工程学报,2009,25(3):50-54.
- [15] 李圣福,高荣岐,孙爱清,等.玉米种子超干燥方法及超干适应性研究[J].农业工程学报,2008,24(3):247-250.
- [16] 王福军.计算流体动力学分析—CFD 软件原理与应用[M].北京:清华大学出版社,2004:32-35.
- [17] 杨敏.基于 SolidWorks 的管内水流摩擦力的优化分析[J].机床与液压,2008,48(11):167-171.
- [18] 李健民,李长友,徐凤英,等.批次循环粮食干燥机换热器的三维流场模拟——基于 Solidworks[J].农机化研究,2013,26(1):18-21.