

doi:10.6041/j.issn.1000-1298.2013.05.033

基于介电特性的小杂粮含水率检测仪设计与试验*

郭文川 赵志翔 杨沉陈

(西北农林科技大学机械与电子工程学院, 陕西杨凌 712100)

摘要:以直流充/放电电路、温度传感器 DS18B20 和等臂电桥电路分别检测小杂粮的电容、温度和容积密度;以 C51 为程序开发语言,设计了一种基于介电特性的小杂粮含水率检测仪。以小米为对象,应用自制仪器研究了含水率、温度和容积密度对电容的影响规律;建立了描述电容与含水率、温度关系的数学模型;并对模型的可靠性进行了验证。检验了所设计的小杂粮检测仪在基于电容和温度预测小米含水率方面的可行性。结果表明,在湿基含水率 11%~19%、温度 5~40℃ 的范围内,该检测仪的测量精度为 $\pm 0.5\%$,响应时间小于 3 s。

关键词:小杂粮 含水率 检测仪 介电特性

中图分类号: S515; S237 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1298(2013)05-0188-06

Moisture Meter for Coarse Cereals Based on Dielectric Properties

Guo Wenchuan Zhao Zhixiang Yang Chenchen

(College of Mechanical and Electronic Engineering, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: In order to offer a portable, quick and precise method and instrument for measuring moisture content of coarse cereals, a moisture meter was designed based on dielectric properties and C51 language. DC charge/discharge circuit, digital temperature sensor DS18B20 and equal-arm bridge circuit were used to detect the values of capacitance, temperature and bulk density of coarse cereals. Millet was used as sample to study the influence of moisture content, temperature and bulk density on capacitance with the self-made moisture meter. Mathematical model, describing their relationship, was regressed and verified. The accuracy in predicting moisture content from obtained capacitance and temperature was tested. The results showed that the measurement precision for moisture content was $\pm 0.5\%$ and the response time was less than 3s when the moisture content in wet basis was within 11%~19% and in temperature of 5~40℃.

Key words: Coarse cereals Moisture content Detector Dielectric properties

引言

小杂粮是小宗粮豆作物的俗称^[1]。科学研究证明,小杂粮具有丰富的营养保健价值^[2],因此,小杂粮越来越受到人们的青睐。粮食的含水率是评价粮食品质的一个重要指标,过高或过低的含水率都对粮食的品质有极大的影响^[3]。传统的干燥法仍是小杂粮含水率检测的标准方法和主要方法。干燥法的主要缺点是费时,难以满足小杂粮在收获、贮藏、销售中含水率快速检测的需求。因此,开发方

便、快速、准确的小杂粮含水率检测仪是一个亟需解决的问题。

大量的研究表明,农业物料的介电特性与其含水率有关,利用介电特性可以快速、准确地检测粮食含水率^[4~9]。然而影响粮食介电特性的因素不只是含水率,还有温度和容积密度等主要因素。如果将这些影响因素融合处理,能够更精确地检测粮食含水率^[10~14]。目前市场上已经开发了一些便携式粮食含水率测量仪器或装置,但现有仪器大多用于测量大宗粮食的含水率,适于小杂粮含水率的检测仪

收稿日期: 2012-06-09 修回日期: 2012-07-19

* 国家自然科学基金资助项目(31171720)和中央高校基本科研业务费专项资金资助项目(ZD2012017)

作者简介: 郭文川,教授,博士,主要从事农产品和食品品质检测技术研究, E-mail: guowenchuan69@126.com

很少。鉴于以上原因,本文基于介电特性与含水率的关系,设计一种能快速、准确地测量小杂粮含水率的检测仪。

1 小杂粮含水率检测仪设计

1.1 硬件设计

小杂粮含水率检测仪硬件系统主要包括单片机、电容传感器、电容检测电路、质量传感器、模数转换电路、温度传感器、键盘输入电路、液晶显示器等,如图1所示。

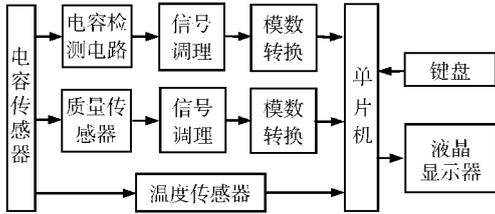


图1 硬件系统框图

Fig. 1 Diagram of hardware system

通过键盘输入检测命令,由电容检测电路、质量传感器和温度传感器分别输出被检测小杂粮的电容、质量和温度信号,电容信号和质量信号经信号调理和模数转换电路后输入单片机。由单片机计算出小杂粮的电容、容积密度和温度。根据后续试验得到的电容与主要影响因素(含水率和温度)的关系反算出该样品的含水率,进而驱动液晶显示器显示测量结果。

1.1.1 单片机

本文选用低功耗、高性能的CMOS型单片机AT89S52作为小杂粮含水率检测仪的控制器件。其功能是实现数据的采集与运算,并控制各输入、输出设备实现人机交互。

1.1.2 同心圆式电容传感器

与平板式电容传感器相比,同心圆式电容传感器的电容测量值受边缘效应的影响较小^[15],因此,本文以同心圆式电容传感器作为小杂粮介电参数的检测装置。该传感器由2个高100 mm、不同直径的铜管组成2个电极,电极固定于一个有机玻璃底座上。外电极的内径为85 mm,材料为黄铜;内电极的外径为30 mm,材料为紫铜。

1.1.3 电容检测

电容是相对介电常数的宏观表现,对于同心圆式电容传感器,电容与样品相对介电常数之间存在线性关系^[16]。因此,根据测量得到的电容就可以计算出小杂粮的相对介电常数。粮食的相对介电常数很小,仅为2~3^[17],且本文所用电容传感器的容积较小(497 mL),使得检测得到的小杂粮电容较小。

因此,要求设计的电容检测电路具有检测微小电容变化的能力。杂散电容是影响微小电容检测精度的关键,为此本文采用能够抗分布、杂散电容的直流充/放电式电路检测小杂粮电容,如图2所示。

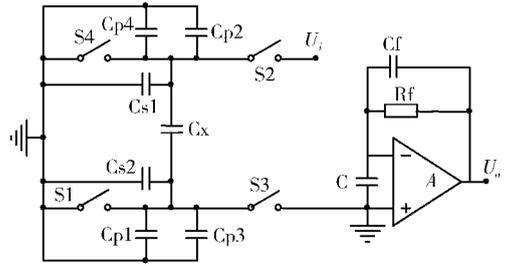


图2 电容检测电路

Fig. 2 Capacitance detection circuit

由文献[18]可知,当开关S1~S4按照一定规律打开与闭合时,被测电容Cx完成充放电。被测电容与屏蔽罩之间的分布电容Cs1和Cs2以及分布在开关和导线上的杂散电容Cp1~Cp4对Cx的检测结果不产生影响。图2所示电路输出电压Uo的稳态值为^[19]

$$U_o = fU_iR_fC_x \quad (1)$$

式中 f——充/放电频率,Hz

U_i——充电电压,V

R_f——反馈电阻R_f的阻值,Ω

C_x——被测电容C_x的电容值,F

本文采用1 MHz有源晶振提供电容充/放电频率基准,LM317稳压芯片提供5 V充电电压基准,5 kΩ金属电阻作为运算放大器ICL7650的反馈电阻。将以上参数代入式(1),可以得到U_o = 0.025C_x。

1.1.4 模数转换

电容检测电路输出的模拟电压信号需经模数转换后才能提供给单片机处理,本文选用16位Σ-Δ型A/D芯片AD7705进行模数转换。在模数转换之前,必须通过设置AD7705内部的设置寄存器,使芯片内置前端滤波器工作,以达到滤除输入信号纹波的目的。设计中采用三线连接方式实现AD7705与单片机AT89S52的通信,如图3所示。

1.1.5 质量检测

采用PM23-3型电阻应变式传感器(上海耀华称重系统有限公司)检测小杂粮的质量。该传感器采用惠斯顿全等臂式电桥电路,如图4所示。当电容传感器内小杂粮的质量发生变化时,粘贴于传感

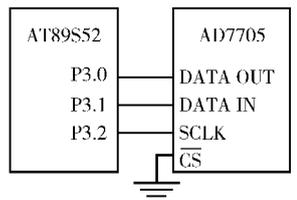


图3 AD7705与AT89S52接口

Fig. 3 Interface of AD7705 and AT89S52

器上下表面的应变片 R1 ~ R4 的阻值发生相应的变化,电桥失衡,输出差模电压信号,且输出电压与质量变化量存在线性关系^[20]。将差模电压信号经 AD7705 转换后输送至单片机,单片机根据电压与质量的关系计算出样品的质量,进而根据所用电容传感器的容积计算出样品的容积密度。

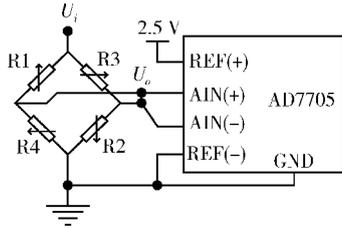


图4 质量检测电路

Fig. 4 Mass detection circuit

1.1.6 温度检测

采用 DALLAS 公司生产的单总线数字式温度传感器 DS18B20 检测小杂粮的温度。该传感器具有功耗低、稳定性高、占用处理器接口少的特点。

1.1.7 键盘和显示器

键盘采用了 3 × 3 矩阵式结构。主要实现小杂粮品种选择、显示信息(电容、容积密度、温度、含水率)选择以及帮助信息选择等功能。

液晶显示器选用带汉字字库的图形型液晶显示器 LCM128645ZK(北京青云科技有限公司)。采用并行方式与单片机通信,用于显示小杂粮的品种、温度、电容、容积密度和含水率等。

1.2 软件设计

(1)系统主程序:主要完成液晶显示器、模数转换器、温度传感器等主要元器件的初始化,同时根据键盘输入指令调用子程序。主程序流程如图 5 所示。

(2)含水率计算子程序:该子程序是软件设计的关键,直接决定了小杂粮含水率检测的速度与精度。主要实现的任务是:

采集经模数转换器 AD7705 转换输出的电容和容积密度的数字量;采集由 DS18B20 输出的温度数字量;根据后续试验得到的电容与主要影响因素(含水率和温度)的关系式求解含水率。

(3)键盘子程序和液晶显示器驱动子程序:键盘子程序主要完成按键去抖、按键识别、被按键功能子程序的调用等。液晶显示器驱动子程序负责小杂

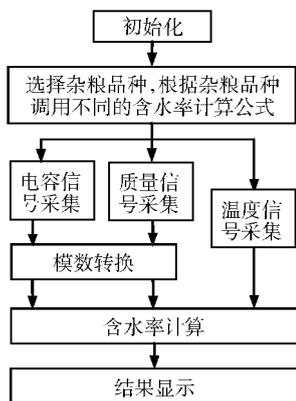


图5 系统程序流程图

Fig. 5 Flow chart of software system

粮品种、电容、容积密度、温度和含水率等的显示。

2 电容与含水率、容积密度、温度的关系

2.1 材料与方法

2.1.1 试验材料

选用从杨凌某超市购买的去壳后的粟米(通常称“小米”)为研究对象。去除其中杂物并晾晒 3 h 后装入塑料袋内,密封保存于 22 ~ 25℃ 的环境下。

2.1.2 试验方法

试验前,根据 GB/T 5497—1985^[21] 采用 105℃ 干燥法,使用 101-1AB 型热风干燥箱(天津市泰斯特仪器有限公司)和 FA2104 型电子分析天平(上海精密科学仪器有限公司)测量得到小米样品的初始湿基含水率为 11.0%。

使用 MP31001 型电子天平(上海舜宇恒平科学仪器有限公司)称取 4 份约 2 000 g 初始含水率的小米样品,添加一定质量的去离子水配制不同含水率的小米样品。当欲配制样品的湿基含水率大于 15% 时,需多次、少量加入去离子水,以保证样品吸水均匀。将配制好的样品装入密封袋内,放入 2℃ 的冰箱内保存 2 ~ 3 d,期间每天取出摇动 3 ~ 5 次,以使水分均匀分布。试验前,采用干燥法测得所配制样品的湿基含水率分别为 13.1%、15.4%、17.5% 和 18.8%。

试验时,分别将 5 种不同湿基含水率的样品(包括初始含水率)以 3 种不同的压实度(无压实、轻度压实和重度压实)填满自制的电容传感器。其中无压实是指样品以自由落体的状态装填满电容器,轻度和重度压实是指装填过程中对样品施加不同程度的压实力。不同压实度下样品的容积密度如表 1 所示。

表1 不同压实度下小米的容积密度

Tab. 1 Bulk densities of millet under different pressures

压实度	含水率/%				
	11.0	13.2	15.4	17.5	18.8
无压实	827	817	811	802	788
轻度压实	842	840	837	818	810
重度压实	858	849	846	832	828

将装满样品的电容传感器放置于 2℃ 的冷藏室内,待样品温度稳定到 2℃ 后,将电容传感器取出,迅速置于 YHG-400BS 型远红外快速恒温干燥箱(上海跃进医疗器械厂)内。将内、外电极的屏蔽线与本文设计的含水率检测仪的电容检测输入端相连,将温度传感器竖直插于电容传感器的中心位置。在 5 ~ 40℃ 内以 5℃ 为间隔调节恒温干燥箱温度,测

量小米样品在8个不同温度下的电容。

2.2 试验结果与分析

2.2.1 容积密度对电容的影响

室温25℃下,容积密度对不同含水率小米样品电容的影响结果如图6所示。由图6可以看出,在同一含水率下,小米样品的电容随容积密度的增大而增大。该规律也发现于其他测试温度下。

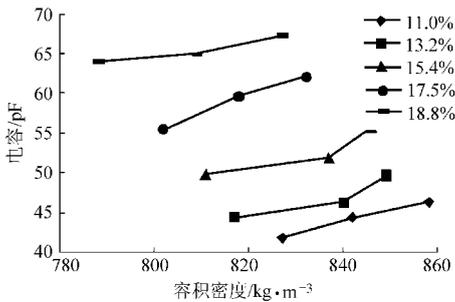


图6 小米容积密度对电容的影响

Fig. 6 Influence of bulk density on capacitance of millet

2.2.2 含水率和温度对电容的影响

当处于无压实状态时,不同含水率和温度下所测小米样品的电容如图7所示。由图7可以看出,小米样品的电容随含水率和温度的升高均呈现出单调上升的趋势,且高温度和高含水率下小米的电容增加比较明显。该规律也发现于其他压实度下。

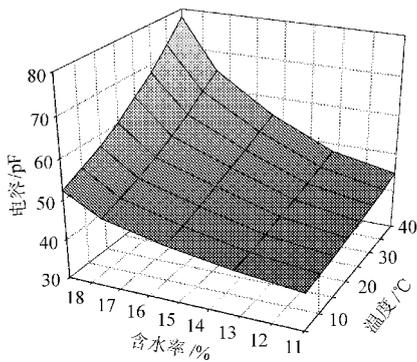


图7 小米的含水率和温度对电容的影响

Fig. 7 Influence of moisture content and temperature on capacitance of millet

2.3 模型建立与检验

2.3.1 三因素数学模型的建立与检验

利用 Design-Expert 7.1.3 软件对试验数据进行拟合,得到描述电容与含水率、容积密度、温度之间关系的三元三次方程为

$$C = 3.49 \times 10^4 - 6.32 \times 10^2 M - 34.40 T - 1.14 \times 10^2 \rho + 0.12 MT + 1.31 M\rho + 7.92 \times 10^{-2} T\rho + 5.58 M^2 - 0.03 T^2 + 0.12 \rho^2 - 3.3 \times 10^{-4} M T \rho + 6.37 \times 10^{-3} M^2 T - 6.13 \times 10^{-3} M^2 \rho + 1.06 \times 10^{-3} M T^2 - 6.76 \times 10^{-4} M \rho^2 + 2 \times 10^{-5} T^2 \rho - 4.40 \times 10^{-5} T \rho^2 - 8.06 \times 10^{-3} M^3 + 1.67 \times 10^{-5} T^3 - 4.54 \times 10^{-5} \rho^3 \quad (2)$$

式中 C ——样品的电容, μF

M ——样品湿基含水率, 11.0% ~ 18.8%

T ——样品的温度, 5 ~ 40℃

ρ ——样品的容积密度, 788 ~ 858 kg/m^3

为了检验模型的可靠性,在11%~19%的含水率范围内,随机配制了7份不同含水率的小米样品,使用干燥法测得所配样品的实际含水率。使用自制的含水率检测仪测量样品在10~40℃间任意3个温度下的电容,作为电容实测值。再将样品的实际含水率、温度和容积密度代入式(2)计算该样品的电容计算值。电容实测值与计算值比较结果如图8所示。

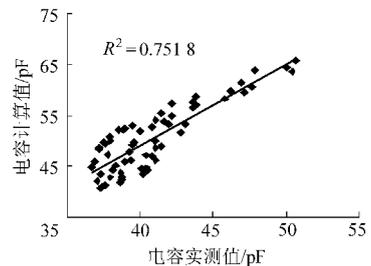


图8 电容实测值与式(2)电容计算值的比较

Fig. 8 Comparison of measured capacitance and calculated one from equation (2)

由图8可以看出,电容实测值与计算值之间的决定系数 $R^2 = 0.7518$,说明式(2)不能很好地描述小米样品的电容与含水率、温度、容积密度之间的关系,不宜用于小米含水率的预测。

2.3.2 两因素数学模型的建立与检验

对式(2)进行方差分析,结果表明,含水率和温度对模型有极显著的影响,而容积密度影响不显著。实际中,如果不是人为地改变容积密度,小米样品的容积密度变化较小。因此,仅对无压实,即自由落体状态下小米电容与含水率、温度的关系进行建模,即

$$C = -84.35 + 25.55M + 1.82T - 0.26MT - 1.77M^2 - 0.01T^2 + 9.51 \times 10^{-3} M^2 T + 1.03 \times 10^{-3} M T^2 + 0.04M^3 - 1.18 \times 10^{-5} T^3 \quad (3)$$

同样以含水率在11%~19%间7个不同含水率的小米样品为对象,采用2.3.1节的方法对式(3)进行验证,结果如图9所示。由图9可以看出,电容实测值和计算值之间的决定系数 $R^2 = 0.9740$,说明式(3)能准确地描述小米样品的电容与含水率、温度之间的关系。为了提高仪器的检测精度,减小计算量以提高仪器实时性,宜采用式(3)进行小米含水率预测。

3 含水率检测仪检测结果验证

根据式(3)给出的小米电容与含水率、温度间

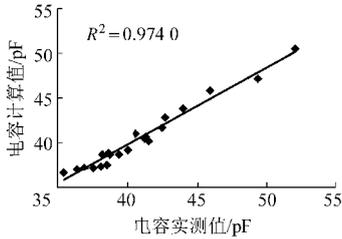


图9 电容实测值与式(3)电容计算值的比较

Fig.9 Comparison of measured capacitance and calculated one from equation (3)

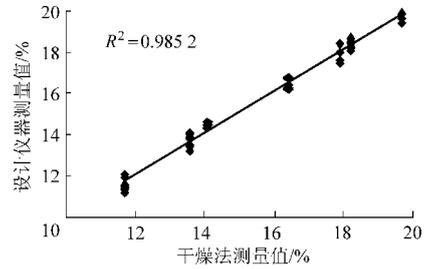


图10 含水率干燥法实测值与含水率检测仪测量值比较

Fig.10 Comparison of moisture contents measured by standard oven drying method and self-designed moisture content meter

的关系,采用牛顿迭代法编写小米含水率计算子程序。此后,再在11%~19%的范围内随机配制7组不同含水率的小米样品,将本文设计的含水率检测仪的含水率测量结果与采用干燥法得到的实际含水率进行比较,结果如图10所示。

由图10可以看出,采用干燥法得到的含水率与采用本文设计的小杂粮含水率检测仪测得含水率之间的决定系数 $R^2=0.9852$ 。同干燥法相比,本仪器含水率的检测误差在 $\pm 0.5\%$ 范围内。多次运行表明,含水率的检测时间小于3s,能够满足国家对电容式含水率检测仪的技术要求^[22]。

4 结论

(1) 采用直流充/放电电路、温度传感器

DS18B20、等臂电桥电路和模数转换电路等设计了小杂粮含水率检测仪的硬件系统;采用C51语言编写了系统软件。

(2) 测量了温度5~40℃、湿基含水率11%~19%、容积密度785~860 kg/m³范围内小米样品的电容,发现电容随温度、含水率、容积密度的增大而增大。可用二元三次方程准确地描述自由落体状态下小米的电容与含水率、温度的关系。

(3) 对回归模型和所设计的含水率检测仪的含水率测量结果进行了验证。结果表明,本文设计的检测仪的含水率测量误差在 $\pm 0.5\%$ 范围内,检测时间小于3s。

参 考 文 献

- 柴岩,冯佰利. 中国小杂粮产业发展现状及对策[J]. 干旱地区农业研究, 2003, 21(3): 145~151.
Chai Yan, Feng Baili. Present situation and developing strategies of minor grain crops in China[J]. Agricultural Research in the Arid Areas, 2003, 21(3): 145~151. (in Chinese)
- 吴定,鞠兴荣,袁建,等. 加快我国杂粮研究和开发[J]. 食品科学, 2004, 25(11): 346~348.
Wu ding, Ju Xingrong, Yuan Jian, et al. Wide foreground on coarse cereals development[J]. Food Science, 2004, 25(11): 346~348. (in Chinese)
- 滕召胜,刘坤华,唐瑞明,等. 粮食水分快速检测技术综合评述[J]. 中国粮油学报, 1999, 14(3): 53~57.
Teng Zhaosheng, Liu Kunhua, Tang Ruiming, et al. Comments on quick measurement of grain moisture content[J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 1999, 14(3): 53~57. (in Chinese)
- 李业德. 基于介质损耗因数的粮食水分测量方法[J]. 农业工程学报, 2006, 22(2): 14~17.
Li Yede. Method for measuring grain moisture content based on dielectric loss tangent [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2006, 22(2): 14~17. (in Chinese)
- 王颖,郭玉明. 苹果介电常数与干燥特性相关性研究[J]. 农业机械学报, 2010, 41(增刊): 182~185.
Wang Ying, Guo Yuming. Dielectric constant and drying characteristics of apple [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2010, 41(Supp.): 182~185. (in Chinese)
- 张利凤,郭文川,付鹤翔,等. 数字式蜂蜜含水率检测仪设计[J]. 农业机械学报, 2011, 42(4): 139~143, 147.
Zhang Lifeng, Guo Wenchuan, Fu Hexiang, et al. Design of digital honey water content meter [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2011, 42(4): 139~143, 147. (in Chinese)
- 戈振扬,于英杰,张梦珠. 基于电容式湿度传感器的植物粉料含水率测量[J]. 农业机械学报, 2012, 43(6): 174~177.
Ge Zhenyang, Yu Yingjie, Zhang Mengzhu. Moisture content measurement for plant material powder based on capacitive humidity sensor [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2012, 43(6): 174~177. (in Chinese)
- 刘亚平,刘兴华. 采后失水处理对葡萄电学特性的影响[J]. 农业机械学报, 2012, 43(9): 143~149.
Liu Yaping, Liu Xinghua. Effect of postharvest dehydration on dielectric properties of grape during cold storage [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2012, 43(9): 143~149. (in Chinese)
- 郭文川,王婧,刘驰. 基于介电特性的薏米含水率检测方法[J]. 农业机械学报, 2012, 43(3): 113~117.
Guo Wenchuan, Wang Jing, Liu Chi. Predicating moisture content of pearl barley based on dielectric properties [J]. Transactions

- of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2012, 43(3):113~117. (in Chinese)
- 10 李长友. 稻谷干燥含水率在线检测装置设计与试验[J]. 农业机械学报, 2008, 39(3):56~59.
Li Changyou. Design and experiment of on-line moisture content metering device for paddy drying process [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2008, 39(3):56~59. (in Chinese)
- 11 郭文川,朱新华. 国外农产品及食品介电特性测量技术及应用[J]. 农业工程学报, 2009, 25(2):308~312.
Guo Wenchuan, Zhu Xinhua. Foreign dielectric property measurement techniques and their applications in agricultural products and food materials[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2009, 25(2):308~312. (in Chinese)
- 12 Trabelsi S, Nelson S O. Microwave sensing technique for nondestructive determination of bulk density and moisture content in unshelled and shelled peanuts[J]. Transactions of the ASABE, 2006, 49(5):1563~1568.
- 13 Sacilik K, Tarimci C, Colak A. Moisture content and bulk density dependence of dielectric properties of safflower seed in the radio frequency range[J]. Journal of Food Engineering, 2007, 78(4):1111~1116.
- 14 Guo Wenchuan, Wang Shaojin, Tiwari G, et al. Temperature and moisture dependent dielectric properties of legume flour associated with dielectric heating[J]. LWT—Food Science and Technology, 2010, 43(2):193~201.
- 15 辛艳. 信息融合技术在嵌入式粮食水分测定仪中的应用研究[D]. 沈阳: 沈阳工业大学, 2006.
Xin Yan. Researches and applications of information fusion technology on the embedding internet grain moisture measuring instrument[D]. Shenyang: Shenyang University of Technology, 2006. (in Chinese)
- 16 程卫东, 柏雪源, 王相友, 等. 干燥过程中谷物水分在线测量系统[J]. 农业机械学报, 2000, 31(2):53~55.
Cheng Weidong, Bai Xueyuan, Wang Xiangyou, et al. An on-line measurement and monitoring system of grain moisture during drying process[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2000, 31(2):53~55. (in Chinese)
- 17 李庆中, 高玉根. 流动谷物含水率测量模型及其影响因素[J]. 农业机械学报, 1996, 27(3):87~91.
Li Qingzhong, Gao Yugen. The dynamic measuring model of moisture content in grain and the experiment research on its effecting factors[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 1996, 27(3):87~91. (in Chinese)
- 18 裘揆, 陈乐生, 赵春宇, 等. 种子含水率在线测量系统[J]. 农业机械学报, 2006, 37(9):119~122, 127.
Qiu Kui, Chen Lesheng, Zhao Chunyu, et al. On-line measuring system of seed moisture content[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2006, 37(9):119~122, 127. (in Chinese)
- 19 赵雪英, 郭雨梅. 一种小电容检测方法——充放电法[J]. 沈阳工业大学学报, 2003, 25(1):55~57.
Zhao Xueying, Guo Yumei. A method for measuring of small capacitance—charge/discharge[J]. Journal of Shenyang University of Technology, 2003, 25(1):55~57. (in Chinese)
- 20 王相友, 林喜娜, 刘强. 果蔬红外干燥在线实时检测系统设计[J]. 农业机械学报, 2011, 42(3):136~139, 191.
Wang Xiangyou, Lin Xi'na, Liu Qiang. Design of online measurement system of infrared radiation drying for fruits and vegetables [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2011, 42(3):136~139, 191. (in Chinese)
- 21 GB/T 5497—1985 粮食、油料检验 水分测定法[S]. 1985.
GB/T 5497—1985 Inspection of grain and oilseeds—methods for determination of moisture content[S]. 1985. (in Chinese)
- 22 GB/T 19878—2005 电容法和电阻法粮食水分测定仪 通用技术条件[S]. 2005.
GB/T 19878—2005 General specifications for capacitance type and resistance type grain moisture tester[S]. 2005. (in Chinese)