

DOI: 10.16210/j.cnki.1007-7561.2019.04.015

# 基于射频原理的粮仓谷物水分精确检测的研究

陈中旭, 韩峰, 徐岩, 吴文福

(吉林大学生物与农业工程学院, 吉林 长春 130022)

**摘要:** 依据粮食含水率与射频信号的线性相关性, 开发了一种新型粮仓检测装置。设计了新型射频检测电路, 对检测结构进行重新设计, 通过特殊检测电路和检测结构, 提高了实时在线检测粮仓粮食水分的精度, 为粮情检测与监测提供了可靠的硬件基础。

**关键词:** 射频; 水分含量; 检测

中图分类号: S379.5 文献标识码: A 文章编号: 1007-7561(2019)04-0078-03

## Study on accurate detection of grain moisture in granary based on radio frequency principle

CHEN Zhong-xu, HAN Feng, XU Yan, WU Wen-fu

(College of Biological and Agricultural Engineering, Jilin University, Changchun Jilin 130022)

**Abstract:** Based on the linear correlation between grain moisture content and radio frequency(RF) signal, a new granary detection device was developed. A new RF detection circuit was designed to redesign the detection structure. Through the special detection circuit and detection structure, the accuracy of real-time online detection of grain moisture in the granary was improved, which provided a reliable hardware foundation for grain detection and monitoring.

**Key words:** radio frequency; moisture content; detection

目前, 对粮食水分检测的方法有很多种, 可以根据对不同物理参数将粮食检测方法分为 5 种, 分别是电阻法、红外加热法、电容法、化学法以及微波法。电阻法, 是根据不同粮食水分, 其电阻率不同, 利用外界压力将待测粮食挤压后, 实时检测出电阻值, 将电阻值与粮食水分进行线性拟合, 得出水分计算模型, 这种方法优点是能充分与粮食内部物质接触, 所测量的物理量范围比较大, 从而能达到粮食水分的大范围测量, 缺点是粮食的破损率较大, 不适用于粮仓粮食水分检测<sup>[1]</sup>。红外加热法, 是根据红外热能对待测粮

食的快速脱水性质, 使待测粮食脱水, 而后将原粮与脱水后同一粮食样品的质量差作为线性物理量, 这种方法检测粮食的精度高, 但是不用于实时在线检测<sup>[2]</sup>。电容法, 是以待测粮食样品作为电容介质置于两个对称的固定极板之间, 由于不同粮食的水分有不同的介质特性, 介电系数不同, 故可得出待测粮食的水分。此方法可以进行实时在线检测, 但检测粮食水分范围较小, 精度在 18% 以内较高<sup>[3]</sup>。化学法, 卡尔费休法是行业内广泛认可的化学检测水分方法, 依靠甲醇和吡啶, 将水与碘和亚硫酸发生化学反应, 碘将三氧化硫氧化为二氧化硫, 同时加水, 根据碘的消耗量即可测量出粮食水分。这种方法检测精度高, 但成本也随之升高<sup>[4-9]</sup>。微波法, 利用不同水分粮食对微波的吸收能力不同, 从而将检测出的幅值差和相

收稿日期: 2019-03-17

基金项目: 国家重点研发计划项目(2016YFD0401001); 国家重点研发计划子项目(2017YFD0401004-3)

作者简介: 陈中旭, 1986 年出生, 男, 博士。

通讯作者: 吴文福, 1965 年出生, 男, 教授。

位差进行线性拟合，来检测其水分，这种方法精度高、检测周期短、可连续在线检测，适用于大型粮仓粮食水分检测<sup>[10]</sup>。

### 1 传感器原理

射频式粮仓粮食水分检测装置的核心是利用射频对待测介质的线性关系，通过信号检测电路测量出入射信号与反射信号之间的能量差，将此差值作为待测物质的水分特性，换算出实时水分。本装置具有特殊的物理结构，这种结构能提高检测系统的稳定性与检测精度。

### 2 粮仓粮食水分检测装置主体设计思路

主体框架图如图 1 所示，主要分为两部分，一部分是上位机，以 PC 机为显示模块，通过 labview2010 程序作为显示主模块，同时具有显示与计算水分功能。下位机是传感器部分，分为传感器探头，传感器检测电路与信号采集电路，传感器外壳。

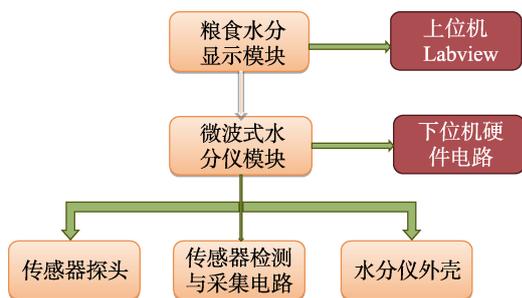


图 1 射频式粮仓粮食水分检测装置主体框架

传感器硬件主体结构如图 2，包括检测探针，长 20 cm，直径 3 mm，采用不锈钢材料同时用同轴定位器固定三根探针；传感器壳体采用高强度树脂材料制成，10×10 cm；桥式整流模块，其作用是将入射与反射信号进行均分；检测主电路，主要包括信号检测与接收电路，数据处理电路与通信电路。信号发生电路，主要作为微波信号源的发生电路，此部分电路与上述电路都集成在一块电路板上，能产生 50 MHz 的微波信号，同时配有信号分频器，将信号源发射出的微波传输到信号分频器后，均分为两组信号，一组是发射检测信号，一组是对比信号，此电路的主芯片采用 STM32RCT 芯片，其优点是实时处理数据较快，运行速度快。

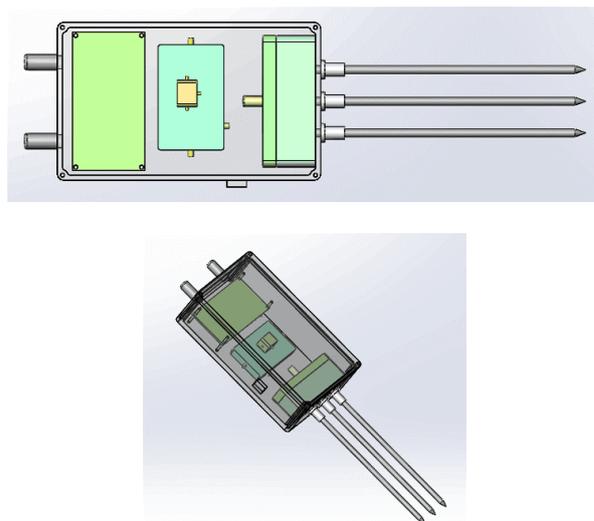


图 2 传感器硬件主体结构

### 3 射频式水分传感器软件设计

射频式水分传感器软件设计框架如图 3。以嵌入式-微控制器 STM32 为核心，开发软件平台，STM32F103RCT6 是一种嵌入式-微控制器，Cortex-M3 内核，芯体尺寸是 32 位，速度是 72 MHz，程序存储器容量是 256 KB。体积更小更多功能更低功耗。通过主程序调用时钟子程序、DHT11 子程序、485 通信子程序、AD 转换子程序，其中时钟子程序以每 2000 ms 采集一组数据，同时 DHT11 以每 1000 ms 时间间隔读取温湿度数据，AD 转换子程序通过芯片内部转换模块将数字信号转换模拟信号。

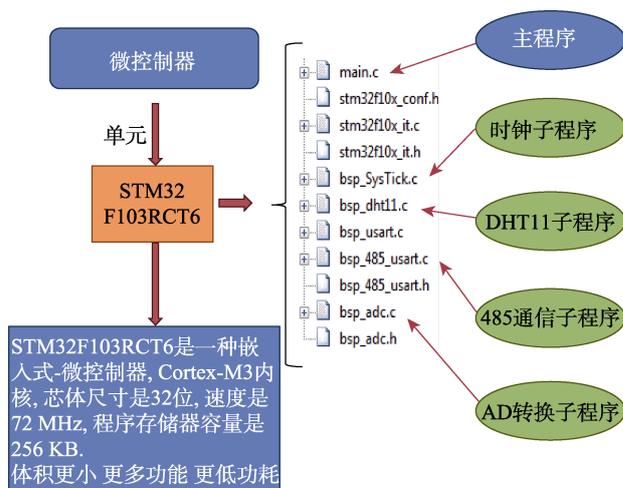


图 3 射频式水分传感器软件设计框架图

### 4 射频式粮仓检测装置系统性能实验对比

实验的测定水分数据如表 1 所示，其中包括

使用射频式水分仪所检测的玉米含水率和利用国家标准检测粮食水分二次烘箱法所得到的玉米含水率的实际值,并做了对比,得到检测系统的绝对误差。由表可知,检测系统检测的最大误差为 0.6%,最小的绝对误差为 0.1%,绝对误差的平均值为 0.25%,经检验,符合国家相关规定的粮食水分湿基含水率误差在 0.5%以内,系统出现了一组最大的绝对误差为 0.6%。本装置在检测玉米的含水率已经达到国家相关标准,精度较高。

表 1 水分测定数据对比

样品编号	系统检测含水率/%	样品实际含水率/%	绝对误差/%
1	14.4	14.6	0.2
2	17.1	17.0	0.1
3	19.6	19.5	0.1
4	20.6	21.2	0.6
5	21.9	21.6	0.3
6	22.6	22.8	0.2

## 5 结论

粮仓粮食水分检测装置填补了粮仓检测水分高精度测定的空白,经过实验对比,检测精度领

先于同类传感器,说明利用微波法检测粮食水分能极大提高检测精度,为今后构建粮仓智能监测系统提供了可靠的硬件基础。

### 参考文献:

- [1] 刘哲. 粮食水分在线检测仪的研究[D]. 吉林农业大学, 2013.
- [2] 孙耀强. 电容式粮食水分在线检测仪的研究[D]. 吉林农业大学, 2014.
- [3] 孙健, 周展明, 唐怀建. 国内外粮食水分快速检测方法的研究[J]. 粮食储藏, 2007(3): 46-49.
- [4] 周显青, 赵希雷, 张玉荣, 等. 谷物水分检测技术现状与展望[J]. 粮食加工, 2015(4): 29-34.
- [5] 叶飞. 基于 ATMEGA128 系统的电容式粮食水分检测仪的研究[D]. 合肥工业大学, 2014.
- [6] 赵云萍. 粮食水分检验方法浅谈[J]. 科学之友, 2010(10): 11-12.
- [7] 王芬. 微波加热法测定粮食中的水分[J]. 化学分析计量, 2004(3): 40-41.
- [8] 白路军. 近红外水分检测仪研究[D]. 东北大学, 2013.
- [9] 李振涛, 张阳, 张丽梅. 粮食水分在线检测传感器[J]. 辽宁大学学报(自然科学版), 2006(3): 241-243.
- [10] 尹丽妍, 吴文福, 张亚秋. 介电特性在粮食水分检测中的应用[J]. 中国粮油报, 2010(11): 119-123. 