

石油产品微水在线测定方法研究*

唐德东¹ 王立光² 杨建春¹ 闫河³

¹(重庆大学光电工程学院 光电技术及系统教育部重点实验室 重庆 400044)

²(解放军后勤工程学院 重庆 400016) ³(重庆工学院计算机学院 重庆 400050)

摘要 以电容作为敏感元件,利用电磁谐振技术研究一种新型石油产品水分测定方法,该方法可实现水分的在线测量,且测量量程宽,测量精度高,操作简单,不需任何试剂。

关键词 石油产品 微水 电 容

Study on On-line Measure Method of Mini-amount Water in Petroleum product

Tang Dedong¹ Wang Liguang² Yang Jianchun¹ Yan He³

¹(Key Lab for Optoelectronic Tech. and Systems of MOE, Dept. of Optoelectronic Eng.

Chongqing University, Chongqing 400044, China) ²(Logistic Engineer Institute, Chongqing 400016, China)

³(Dept. of Computer, Chongqing Institute Technique, Chongqing 400050, China)

Abstract Being used electric capacity as sensitive piece and making use of the electromagnetism oscillation technique, a new measure method of humidity in petroleum product is researched. The method can realize on-line measure of humidity, and the measure scope is big, the accuracy is high, the operation is simple, and not need any try reagents.

Key words Petroleum product Mini-amount water Electric capacity

1 引 言

水分是石油产品中的一项限制性指标,例如,喷气燃料和变压器油中的水含量均不能超过一定指标。因此水分是石油产品中常用的理化性能指标之一^[1],目前国内外石油产品水分测定方法可分为两大类型:

(1)化学法(即卡尔·费休试剂法),该方法虽然精度高,检测下限为 ppm 级,但存在化学试剂(吡啶)气味臭、污染严重,标准试剂需要现配现用等缺点;

(2)蒸馏法,该方法简单,但精度低、实验时间长、需要冷却循环水。

这两种方法在基层油料化验室尤其是在野外条件下都受到制约和限制,更不能满足油料质量实时分析和在线检测的需要。因此,研究一种新的石油产品水分在线测定方法是很有必要的。

2 测定原理及其实现

2.1 测定原理

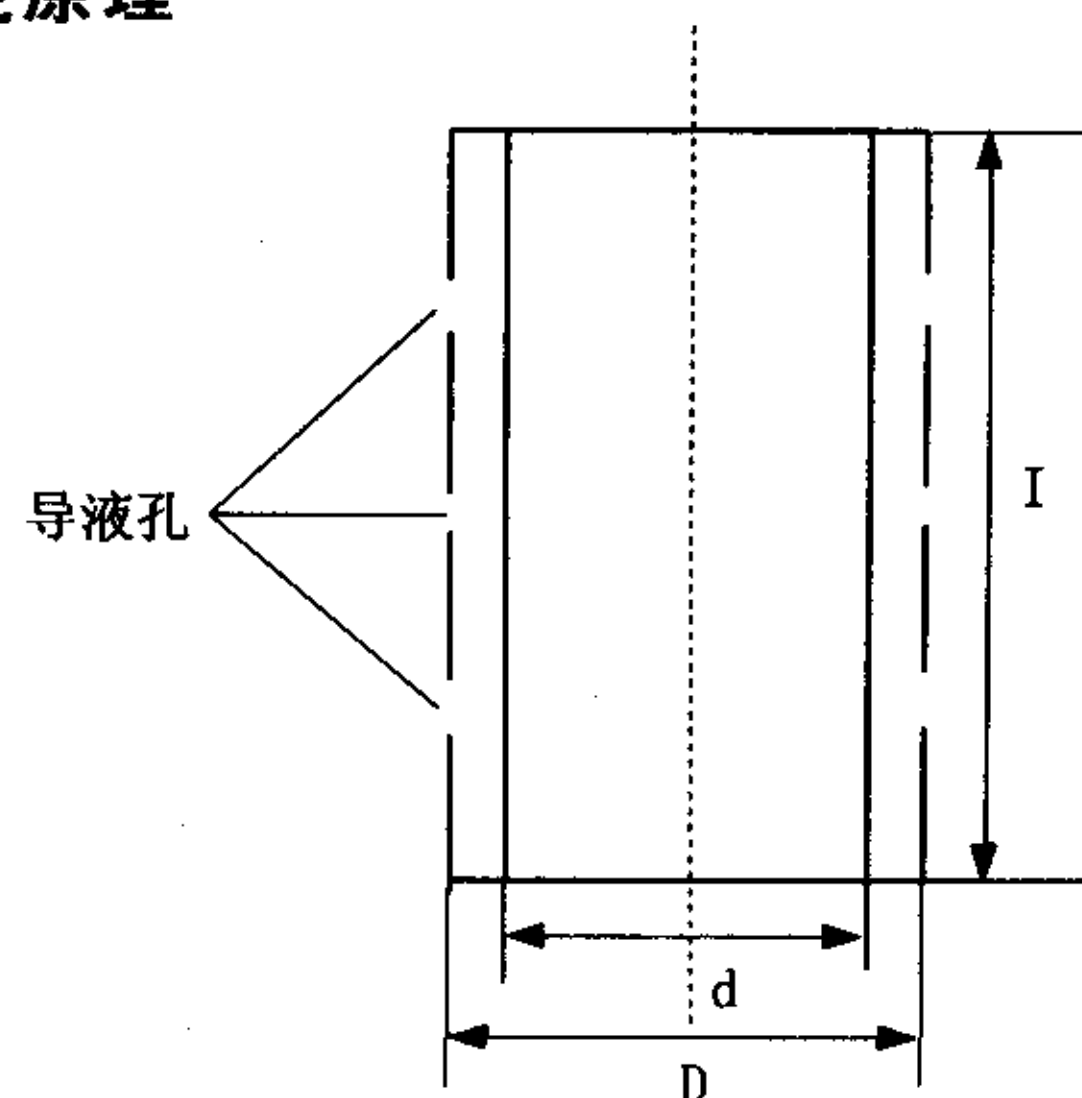


图 1 测量电容结构

在线微水测定方法以电容作为敏感元件,利用油的介电常数和水的介电常数不同,当水的含量变化时,

* 解放军后勤工程学院青年基金资助项目,所属类别(1)。

油和水的混和物的介电常数发生变化,则相应的电容发生变化,将电容接入电磁谐振工作电路,可检测出电容的变化量^[2],即求出水的含量。

测量电容采用圆柱形电容器,结构如图 1 所示,则该电容器的电容为:

$$C = \frac{2\pi\epsilon L}{\ln\left(\frac{D}{d}\right)} \quad (1)$$

其中: D, d——两个极柱的直径
 ϵ ——电介质的介电常数
 L——电容的有效长度

对于一个确定的电容,设

$$K = \frac{2\pi L}{\ln\left(\frac{D}{d}\right)}$$

则(1)式可写成

$$C = K\epsilon \quad (2)$$

干物质吸水后的介电常数的变化用下式表示:

$$\epsilon_m = \epsilon_1 S_1 + \epsilon_2 S_2 \quad (3)$$

式中: ϵ_m ——湿物质的介电常数;

ϵ_1 ——水的介电常数;

ϵ_2 ——干物质的介电常数;

S_1 ——湿物质中水含量的体积填充系数;

S_2 ——湿物质中干物质含量的体积填充系数,显然 $S_2 = 1 - S_1$ 。

根据(2)、(3)式得:

$$C = K\epsilon_2 + K(\epsilon_1 - \epsilon_2)S_1 \quad (4)$$

因为 K、 ϵ_1 、 ϵ_2 是常数,所以只要求出电容变化量就可以知道水含量 S_1 。

2.2 测试系统的硬件组成

通过传感器把设备油中的微量水含量变为电信号,经过电路变换,送入单片机系统进行综合处理后,再通过 D/A 和 V/I 转换为 4—20mA 等标准直流电信号输出,该系统具有自校验、自诊断等智能功能,具有很好的现场实用性。

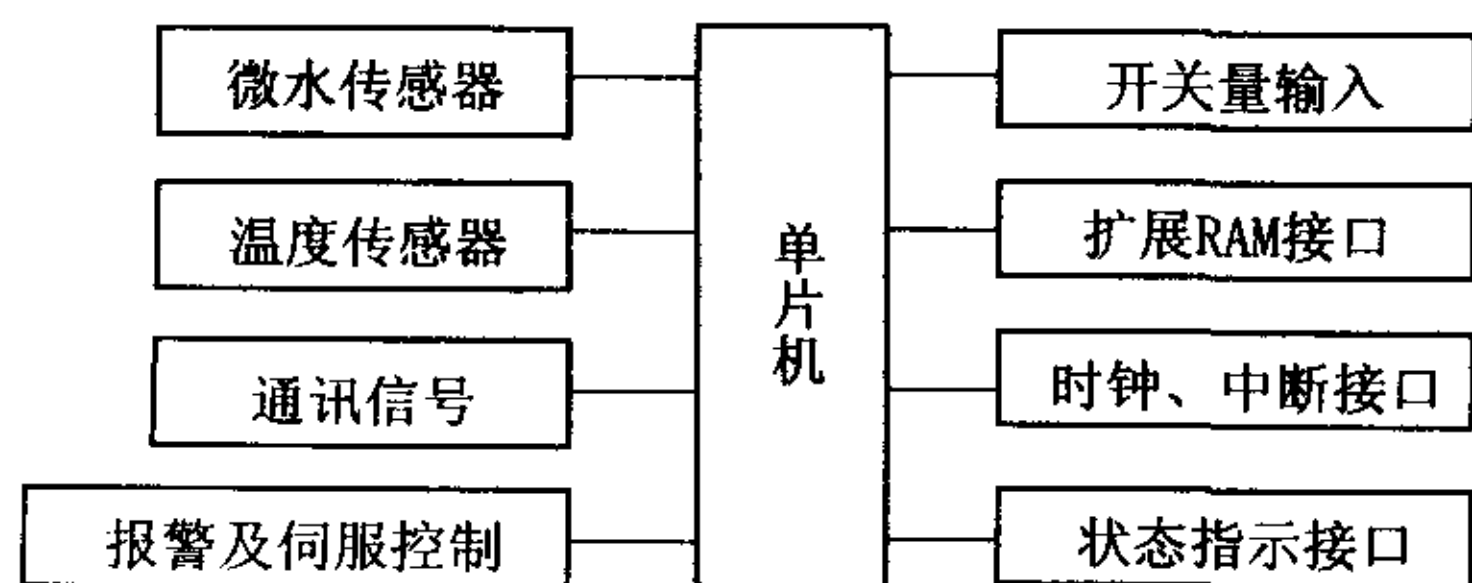


图 2 系统的硬件组成

2.3 实现

变送器的结构图 2 所示的全封闭铠装结构,该结

构具有很好的屏蔽性。将变送器安装在储油箱的顶部、底部或侧面,采用 RS-485 串行接口与上位机(二次仪表)连接实现在线测量。为了提高传感器的灵敏度,减少外界温度和电磁干扰,传输信号的电缆采用双层屏蔽同轴电缆,线缆的外屏蔽层接地。

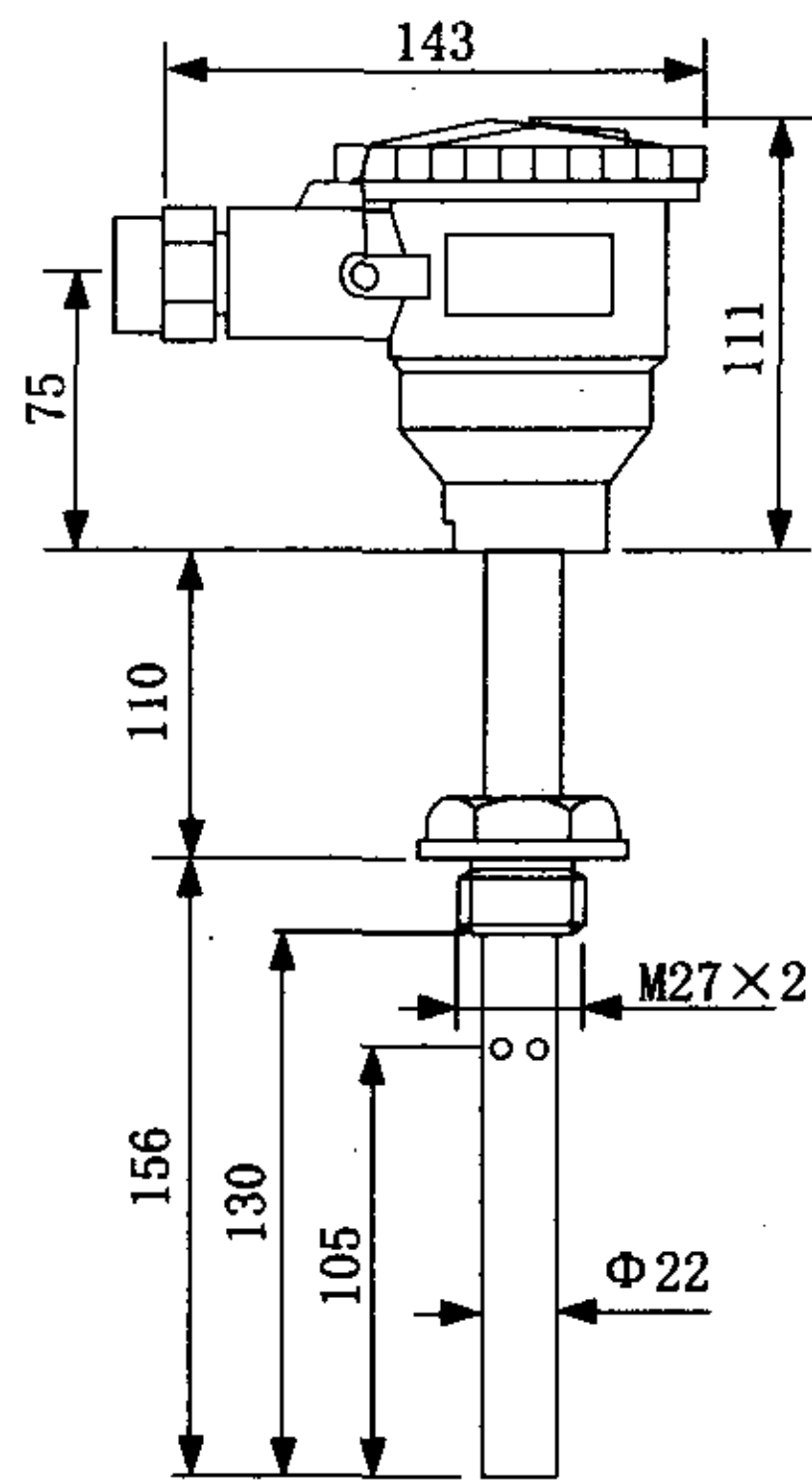


图 3 变送器的结构

3 该方法的主要误差来源及其处理

3.1 温度

石油产品的介电常数随温度变化而变化^[3],因此,含水量不变,而电容值本身要随温度变化而变化。以变压器油为例,如图 4 所示,输出频率(电容)随温度的降低而变大,从图可知,温度变化 31.4℃,频率变化近 700 个字。为了补偿温度对测量结果的影响,在传感器的内极板上安装了 Pt50 温度传感器测量油中的温度,建立温度补偿数据库来消除温度误差。

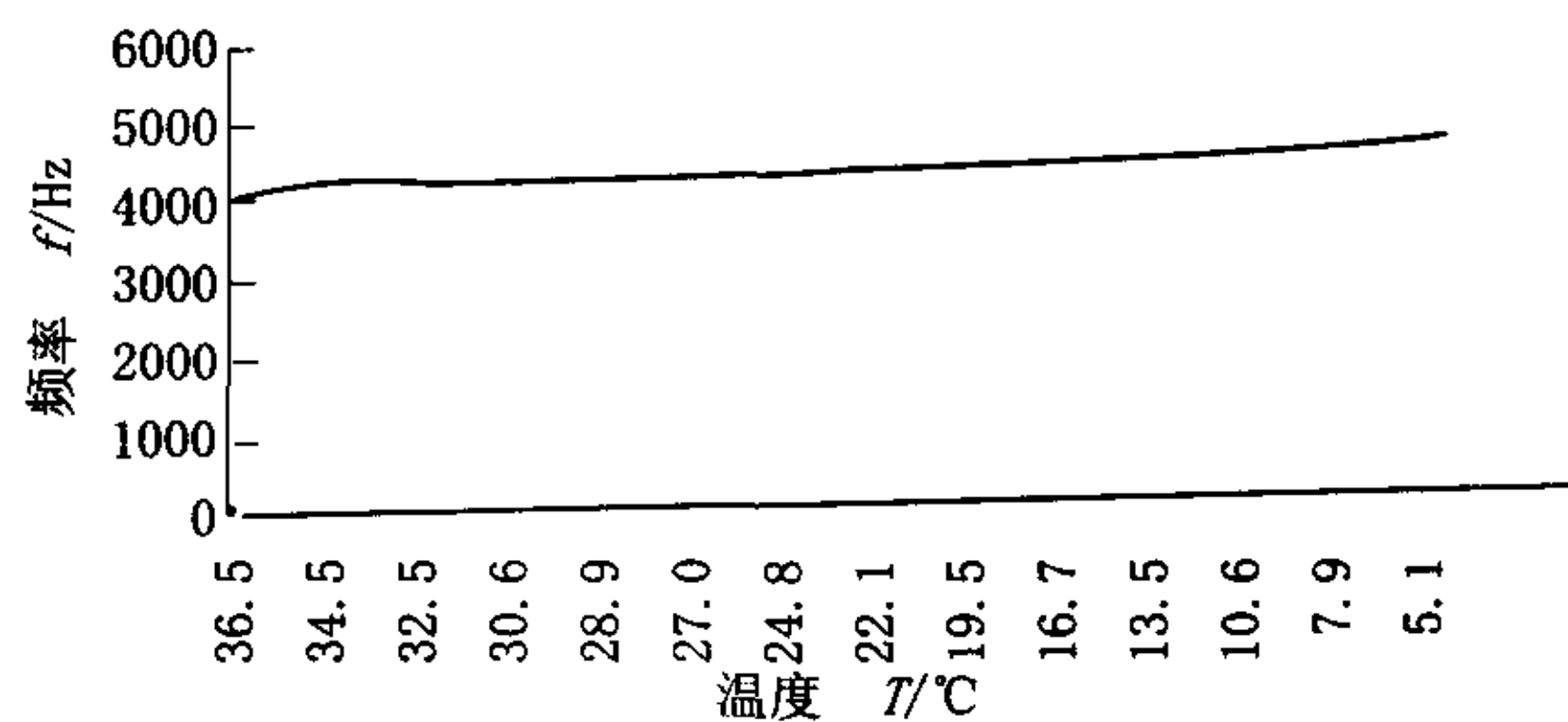


图 4 频率(电容)与温度变化关系

3.2 石油产品中的添加剂对测量结果的影响

实验表明,不同类型的石油产品,由于其添加剂的种类和含量的不同,对测量结果影响很大,但同一类型的石油产品,对测量结果影响较小。因此,对不同类型的石油产品水分测定时,必须分别对传感器进行标定

来消除添加剂对测量结果的影响。

3.3 石油产品中是否含有气泡

空气的介电常数与油和水的介电常数相差很大,如油中有气相成分(气泡)将对测量结果影响很大,这种现象在循环油路中是常见的,如对飞机进行的加油系统,由于流速的不稳定,在产生紊流的同时有可能产生气泡。因此如用这种方法进行在线测量水分时,必须进行除气处理,即在测量的上端安装消气器对油中的气泡进行排除。

4 实验结果及分析

对 3 种不同的石油产品(变压器油、航空煤油、航空润滑油)进行了实验室模拟在线测量,变送器与二次

表 1 实验比对结果

油 品 种 类	测 量 次 数	测 量 结 果 (ppm)		重 复 性 误 差 (%)
		卡 尔 · 费 休 试 剂 法	新 方 法	
变 压 器 油 1	1	28	28	3.50
	2	29	28	
	3	28	29	
变 压 器 油 2	1	53	52	1.91
	2	53	52	
	3	54	53	
航 空 煤 油 1	1	19	19	0
	2	19	19	
	3	20	19	
航 空 煤 油 2	1	117	119	1.67
	2	119	121	
	3	118	119	
航 空 润 滑 油	1	274	275	1.45
	2	276	278	
	3	277	274	

显示仪表(上位机)的距离为 1km,并把测量结果与国标法即卡尔·费休试剂法(仪器为 WS-5 Model Mini-Amount Water Detective Instrument)进行比对,具体结果见表 1。

从表 1 可以看出,用该方法测试的结果与国家标准实验方法——卡尔·费休试剂法具有一致性,测量重复性较好,实验结果的重复性误差小于 3.5%。但测量低端误差比测量高端误差要大,这与环境湿度和被测油温度场不均匀等多种因数有关。

5 结束语

该实验方法以电容作为敏感元件,利用电磁谐振技术实现微水测量,具有操作简单,测量精度高,测量量程宽(可以实现 5~1000ppm),适应环境温度强(-30~80℃)等优点,可用于变压器油的微水在线测量和监控,实现“按质换油”;也可用于飞机加油管线在线监控航煤水分变化,实现有针对性的脱水处理,将节省大量的人力和物力,这样既保证了运行的安全,又提高了经济效益。

参 考 文 献

- 1 杨官汉主编. 油料分析. 后勤工程学院, 2001.
- 2 王家桢, 王俊杰, 编著. 传感器与变送器. 北京: 清华大学出版社, 2000. 94~100.
- 3 DU Y, Mamishev A V, Lesieutre B C, et al.. Measurement of moisture diffusion as a function of temperature and moisture concentration in transformer pressboard. IEEE Trans. Dielectrics and Electrical Insulation, 1998, 9 (10): 341~344.