

数字式粮仓温度巡回检测系统

李克修 许介卫

(机械系)

摘 要

本文着重阐述数字式粮仓温度巡回检测系统的工作原理,测温传感器和选点装置等,并提出提高测量精度的方法。本系统不仅适用于各种粮库,也适用于其它部门的远距多点测温。

主题词: 温度传感器; 摆动管; 立筒库

前 言

立筒库型的粮仓结构,不仅容量大,并易实行机械化管理,是目前国内大型粮仓所采用的主要结构形式。由于粮食的流动、冲击和压力使立筒型粮仓无法采用一般测温仪对立筒内的粮食进行定时测温。因此粮仓管理人员只能凭经验对粮食进行定期翻仓或通风处理,以防止粮食发热霉变。有时由于对粮食处理不及时而变质或进行盲目过早翻仓,因而在劳力上和经济上都会造成很大损失。本文所讨论的WXC—150型数字式粮仓温度巡回检测系统能定时测量立筒内各点的温度,并及时发出处理警报。该系统已在粮库使用多年,效果良好。

1 工作原理

本系统是由CMOS集成电路组成,能自动巡回检测200个温度点,并能扩展至1000或更多点。主分机采用远距离分级控制结构。具有定点测温、超温报警、打印记录等功能。感温元件采用特制的铜电阻温度传感器,其一致性好、精度高、价格低。在立筒内设计了特殊安装结构,保证正常测温。

系统接通电源后,秒发生器向时序控制电路发出信号,见图1。在时序电路控制下,点号计数器进行计数,通过点号译码,干簧矩阵切换,选通与点号计数器数值相对应的温度传感器。同时点号计数器上的BCD代码在主点号显示器上显示,并经过点号显示接口又在分机I、分机II上分别显示。此时相应传感器经干簧矩阵切换开关,检测桥路、A/D转换器、数据串并行转换、温度显示接口等将测得的温度信号转换成温度数值,并分别送至主分机温

度显示器。经串并转换后的温度数字量还与其设定值相比较,如果所测温度超过设定的值,温度比较器即刻发出报警信号。在时序电路的控制下,打印机按时工作,将点号、温度和时间等数值打印记录下来。然后点号计数器加1,按上述过程开始测量下一点的温度。如此重复进行,直至测完所有的温点后选点计数器便自动复位,停顿30秒后又重新开始巡回检测。

系统中主分机之间的点号、温度等数据线很长,并且数量也较多,为了减少线路损耗和防止干扰信号的窜入,在主机上专门设置了点号及温度显示接口电路,传输分机显示信号,以保证分机显示的数值准确及清晰。

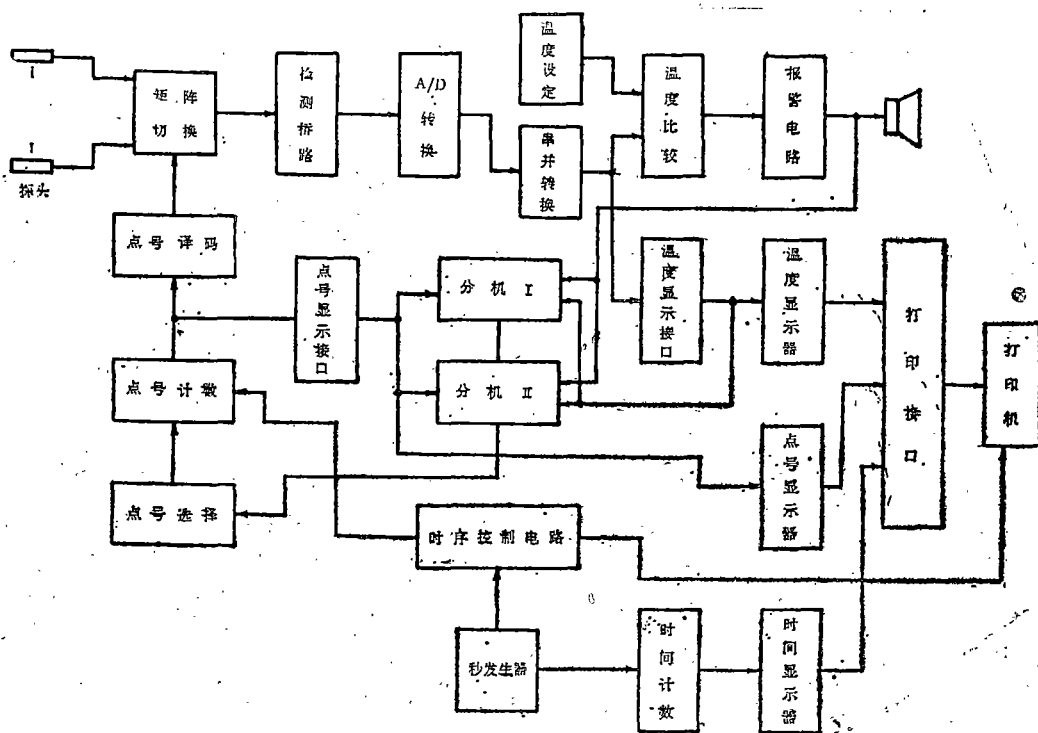


图1 原理框图

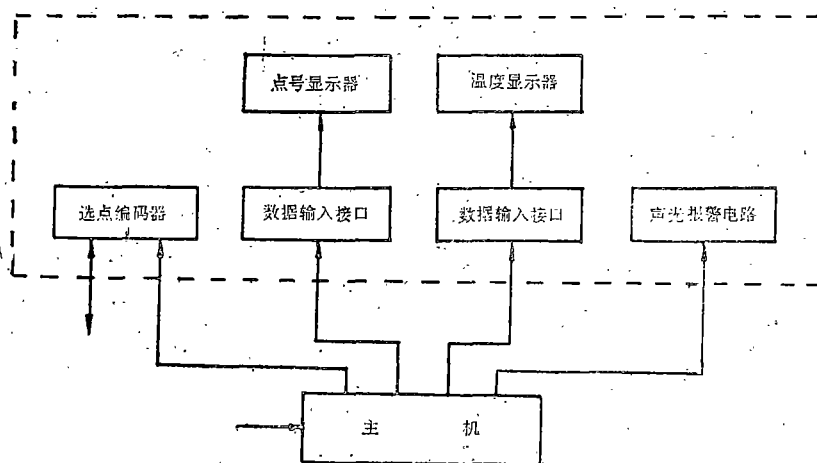


图2 分机的原理框图

分机的功能有点号显示、温度显示、声光报警、定点测温等。分机的原理框图见图 2。从主机显示接口来的信号经分机数据输入接口的抗干扰处理后进入显示器显示。主机报警信号直接驱动分机声光报警电路。选点编码器是作为定点测温用的选择装置, 它与系统之间的连接应按主分机响应等级高低的次序进行对号连接, 这样系统可供多处监视。

2 测温传感器

立筒库内测温点的数目可根据实际需要而定。测量点的配置方式一般采取螺旋线分布。各测温点在水平面的投影 A_i 与立筒库中心 O 的连接之间的夹角 θ 应相等, 见图 3。设测温点的数目为 N , 各测温点在水平面投影之间的夹角 θ 为:

$$\theta = 360^\circ / N \quad (1)$$

相邻两测温点在水平面投影的夹角 φ 应:

$$\varphi = E \times \theta \quad (2)$$

式中

E ——为整数 1, 2, 3, ……

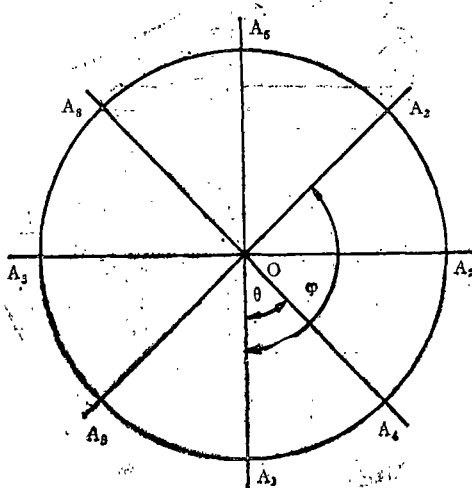


图 3 测温点水平面投影与立筒库中心的夹角

为了温度点在水平面的投影不重叠, E 应取不能整除 N 的值, 并 $\varphi = E \times \theta < 180^\circ$ 。

当测温点数目 $N = 8$, $E = 3$ 时, 各测温点在水平面投影的分布情况见图 3 ($\theta = 45^\circ$, $\varphi = E \times \theta = 135^\circ$) 测温点分布螺旋线的螺距 P 可按下式计算:

$$P = H / E \quad (3)$$

式中

H ——立筒库高度 (mm)

为了防止粮食流动的冲击和压力影响, 测温传感器 2 应安装在摆动管的支管内, 见图 4。摆动管能自绕 $O-O$ 和 O_1 支点摆动, 每个摆动管装一只测温传感器。根据实际需要的测温点数目依次连接摆动管, 最后形成一条摆动自如的测温装置。该装置的安装、调试、维修都较

为方便。

本系统的测温范围是 $0\sim 99.9^{\circ}\text{C}$ ，测量精度为 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 。被测温度不高，可选用铜电阻测温传感器。由于立筒高大，传感器的引线很长和采用了省线的二线制接法，因此引线电阻值随环境温度的变化就成为影响测量精度的主要因素，必须采用专制的铜电阻测温传感器来减少影响。传感器引线长度 L 对测温精度影响分析如下：

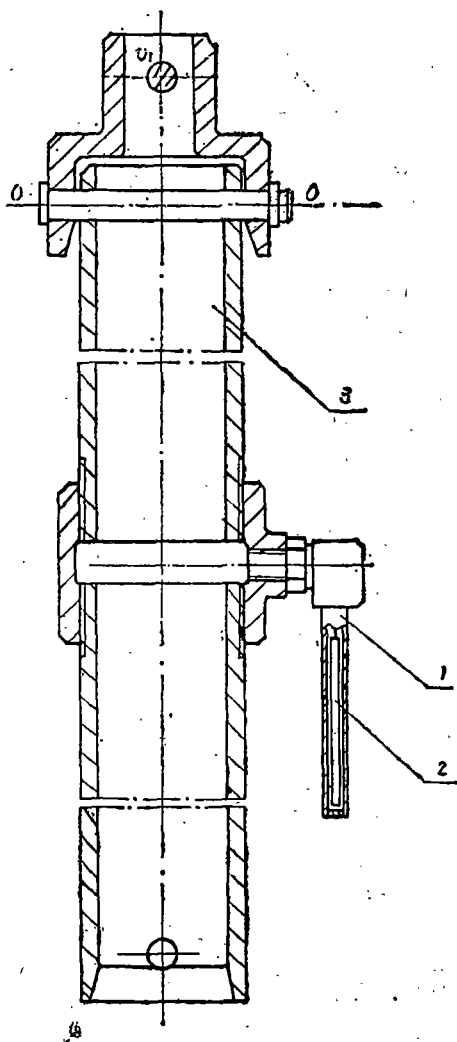


图4 摆动管装置

1. 支管；2. 测温传感器；3. 主管

设传感器引线采用屏蔽线，温度 $t^{\circ}\text{C}$ 时的电阻值 R_{Lt} 可按下式计算：

$$R_{Lt} = \rho_h L / S_h + \rho_c L / S_c = (\rho_h / S_h + \rho_c / S_c) L = K L \quad (4)$$

$$K = \rho_h / S_h + \rho_c / S_c$$

式中

ρ_h 、 ρ_c ——芯线、屏蔽层电阻率($\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$)；

S_h 、 S_c ——芯线、屏蔽层截面积(mm^2)；

L ——引线长度(m)

而引线电阻与温度的关系可用下式表示:

$$R_{Lt} = R_{Lo}(1 + \alpha_1 t) \quad (5)$$

式中

R_{Lo} ——引线温度为 0°C 时电阻值(Ω)

α_1 ——引线的电阻温度系数($1/^\circ\text{C}$)

t ——引线的温度($^\circ\text{C}$)

由式(4)、(5)就可求出传感器引线由温度 0°C 到 $t^\circ\text{C}$ 时电阻变化量 $\Delta R_{Lt}(\Omega)$

$$\Delta R_{Lt} = R_{Lt} - R_{Lo} = KL[\alpha_1 t / (1 + \alpha_1 t)]$$

略去分母中 $\alpha_1 t$ 项, 即可近似得:

$$\Delta R_{Lt} = K\alpha_1 L t \quad (6)$$

对(6)式除以温度 t 后就求得传感器引线电阻的每度变化量 $M_L(\Omega/^\circ\text{C})$

$$M_L = \Delta R_{Lt} / t = K\alpha_1 L \quad (7)$$

根据铜热电阻在 $-50 \sim 150^\circ\text{C}$ 温度范围内其电阻值与温度呈线性的特性^[1], 铜电阻传感器的每度变化量 M 可按式计算:

$$M = R_o \alpha \quad (8)$$

式中

R_o ——铜电阻传感器为 0°C 时的电阻值(Ω);

α ——铜电阻传感器电阻的温度系数($1/^\circ\text{C}$)

当环境温度最大值为 $\Delta t^\circ\text{C}$ 时, 引线电阻的变化量 $\Delta R_{L\Delta t}(\Omega)$ 为:

$$\Delta R_{L\Delta t} = M_L \Delta t \quad (9)$$

然而引线电阻变化量 $\Delta R_{L\Delta t}$ 对温度测量误差 $\Delta T(^\circ\text{C})$ 应是:

$$\Delta T = \Delta R_{L\Delta t} / M$$

再将式(7)、(8)、(9)相应的值代入上式后得:

$$\Delta T = K\alpha_1 L \Delta t / R_o \alpha \quad (10)$$

从上式中可知温度测量误差 $\Delta T(^\circ\text{C})$ 的大小因与传感器引线长度(L)成正比, 而与铜电阻测温传感器在 0°C 时的电阻值成反比, 因此本系统采用增加铜电阻测温传感器的电阻值 R_o 来提高测量精度, 以便减小因其引线过长对系统精度的影响。

3 选点装置

本系统由一台主机和两台分机组成, 除有自动巡回检测温度功能外, 还能定点测温。并可以在三处同时观察自动巡回检测各点的温度或定点温度。

选点装置如图5所示, 选点计数器由3片C181组成。巡回检测时, 选点信号由CP端输入, 而定点检测时, 选点信号由主分机BCD编码器选定后送入C181的置数输入端 $A_4 \sim D_4$ 。

C181的输出信号分别被送往CL002显示器、分机显示接口及二~十进制译码器C301。C301输出的十进制数经驱动器、干簧继电器组成干簧选点矩阵。

选点干簧矩阵由选点个位干簧组成矩阵列，选点十位干簧组成矩阵行。每100个切换干簧继电器组成一页，每页的信号总线分别由选点百位干簧切换，从而使相应的测温点被送到A/D转换器上，见图6。这样的结构有利于测温点的任意扩展或缩减。

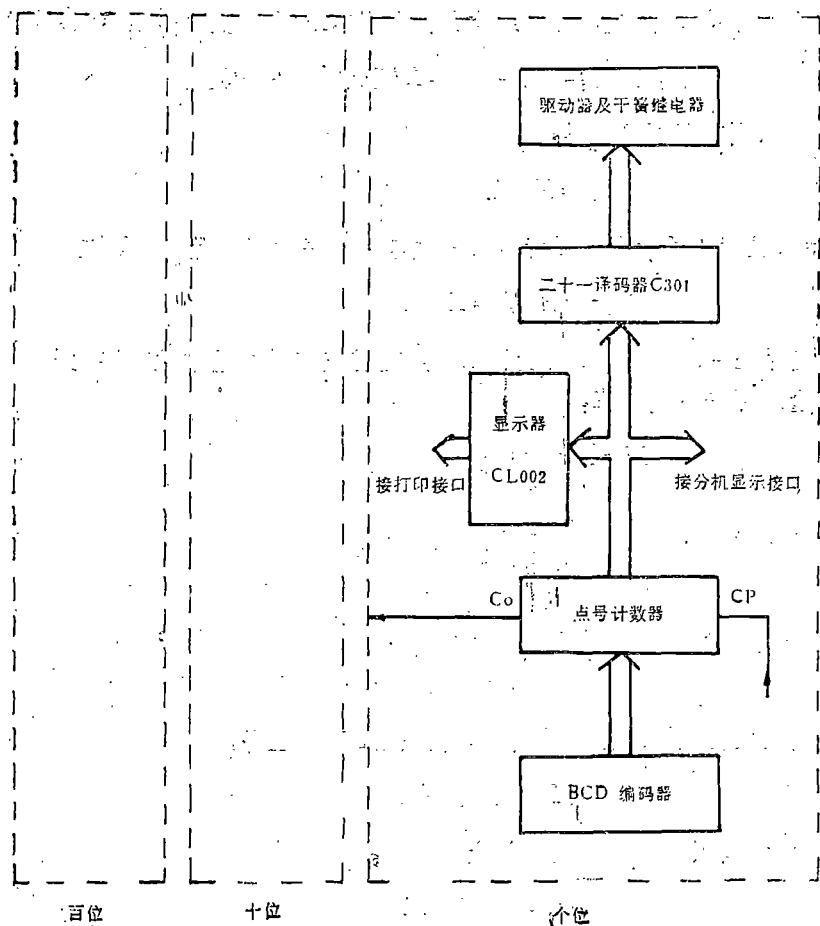


图5 选点装置

选点装置的复位是根据测温点的最大容量而设定的，由复位控制器进行逻辑判别后产生复位信号，使选点计数器复位，经过30秒钟后复位信号自动消失，这时时序控制器送来的选点信号使选点计数器进行计数，选点装置又开始下一个自动巡回检测循环。

定点测温时的点号是由选点编码控制器按主机等级来选择的，原理框图见图7。其中主机等级最高，它的编码控制器能切断两分机的选点编码信号，将自己所选择的编码信号送入选点计数器的数据置数端，使其选择相应测温点。同理，分机I能切断分机II，其编码信号进入主机选点计数器置数端。

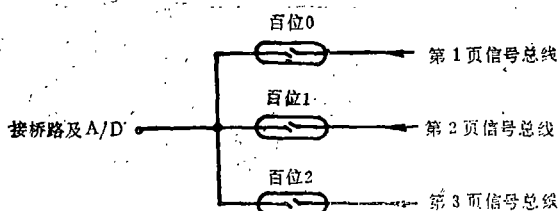
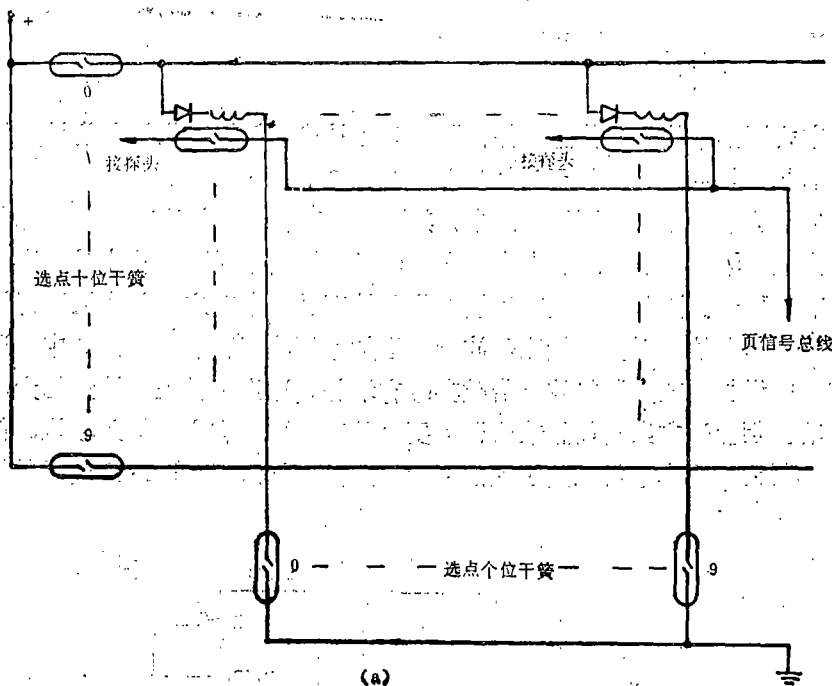


图6 干簧矩阵

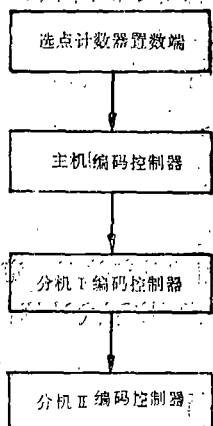


图7 定点测温原理框图

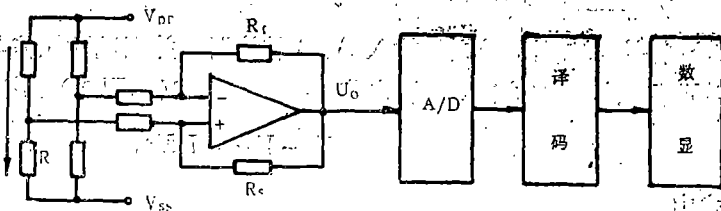


图8 数字式测温系统

4 测量桥路和A/D转换器

一般数字式测温系统是由传感元件将温度变化转换成缓慢变化的电信号,经信号放大后送入A/D转换器,再经译码后显示出温度值,见图8。

由于铜热电阻接入定电压测量桥路中,其阻值 R_t 变化会引起该支路电流 I_t 的变化,从而引起桥路输出电压 U 的非线性^[2]。在电源电压较低,桥路电阻阻值较小时,这一非线性对系统精度的影响就更大。因此,必须在后续的信号处理过程中对这一非线性进行校正。

常用的线性化方法是对负反馈比例放大器增加适量的正反馈^[3]。图8中,通过 R_f 引入正反馈。随着 R_f 的增加,放大器的放大倍数亦略有增加。适当调整正反馈量的大小来克服上述非线性的影响。但上述方案对前置放大器的要求较高,即要有高的输入阻抗、低的温度漂移和高的共模抑制比。而本系统应用了如图9的方案,直接采用5G14433 A/D转换器,没有前置放大。

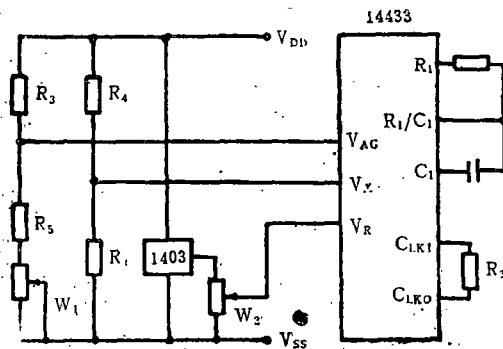


图9 桥路及A/D转换原理

5G14433 A/D转换器内部具有自动校零功能,保证其工作时不受环境温度的影响。它的差分输入电路是高阻抗(100MΩ)的,并具有高共模抑制比。桥路输出直接与A/D转换芯片相连,线路中没有引入运算放大器。这样不但简化线路,而且避免了运算放大器本身引起的各种误差和温漂对系统的影响。

按照5G14433转换后的数显值 C 与被测电压 V_x 、基准电压 V_R 的关系^[4]:

$$C = 2000 \times [(V_x - V_{AG}) / (V_R - V_{AG})]$$

式中

V_{AG} ——模拟地参考电压

就可将被测电压信号直接输入A/D转换器,并调试数显值与温度值之间的对应关系。定标时可调电位器 W_1 校0°C,调电位器 W_2 校100°C(见图9)。满度的参考电压可按式计算:

$$V_R - V_{AG} = I_t M t_h \quad (11)$$

式中

I_t ——铜电阻传感器额定电流(A);

M ——铜电阻传感器每度电阻变化量($\Omega/^\circ\text{C}$), M 可按(8)式计算;

t_b ——测量上限($^{\circ}\text{C}$)

由于桥路输出电压变化量 U_x 与被测温度 t 之间存在一定非线性关系, 由此引起的非线性误差可适当调整时钟频率 f_{clk} ^[4], 即改变电阻 R_2 来弥补电桥输出的非线性。

5 结束语

本系统的使用为粮库管理人员提供了全面可靠的温度参数, 对粮库的科学管理有了可靠依据。并大大减轻了管理人员的劳动强度和提供了保证粮食不发热、不霉变的可靠信息。本系统不仅适用于立筒型粮库的测温, 也适用于其它形式的粮库, 同时还适用于其它行业的远距离多点温度集中监测。

参 考 文 献

- [1] 常健生. 检测与转换技术. 机械工业出版社, 1981
- [2] 吴训一. 自动检测技术, 上册. 机械工业出版社, 1981
- [3] 李迎春等. 便携式数字温度计的一种新方案. 电子技术应用. 1986; 9
- [4] 上海元件五厂. CMOS LSI A/D转换器原理及应用.

The Digital Mobile Measuring Temperature System of Barn

Li Kexiu Xu Jiewei

Abstract

This paper focuses on the study of operating principle, temperature sensor and selected point arrangement of the digital mobile measuring temperature system of barn, and presents a method of improving measurement accuracy. This system can automatically measure the temperature of all kinds of grain depot, and is applicable to remote measurement of temperature in other departments.

Subjectwords: Temperature sensor; Swing pipe; Vertical silo