

# 基于 PLC 的土壤源热容量测控系统的设计

王 晔, 赵景波, 权利敏, 张瑞峰

(青岛理工大学 自动化工程学院, 山东 青岛 266033)

**摘要:** 地下热容量测试系统是一种较典型的集成化自动控制系统, 以可编程逻辑控制器(西门子 S7-200)为控制系统核心, 采用恒温或者恒功率的方法, 对出水口和回水口的温度进行采集、传输、运算, 并且将其通过触摸显示屏显示出来, 进而利用这些数据对土壤源热容量进行分析, 为合理地设计地源热泵空调系统提供了重要依据。

**关键词:** 可编程逻辑控制器; 土壤源热容量; 触摸显示屏

中图分类号: TP206+.1

文献标识码: A

文章编号: 1674-7720(2013)01-0059-03

## Design of soil source heat capacity measurement and control system based on the PLC

Wang Ye, Zhao Jingbo, Quan Limin, Zhang Ruifeng

(School of Automation, Qingdao Technological University, Qingdao 266033, China)

**Abstract:** The underground heat capacity test system is a typical integrated automatic control system, with the programmable logic controller (S7-200 Siemens) as the core of control system, by using the method of the constant temperature or constant power, to acquisition, transmission and operation the water outlet and a water return opening temperature, and in the touch screen displayed on these data, and then use these data to analysis of soil source heat capacity, for the rational design of ground source heat pump air conditioning system provides important basis.

**Key words:** programmable logic controller; soil source heat capacity; touch screen

地源热泵是一项高效节能型、环保型并能实现可持续发展的新技术, 它既不会污染地下水, 又不会引起地面沉降。设计应用地源热泵空调系统的初期, 需要准确地掌握地下热容量的情况。因此, 地下热容量测试系统的研制也同时被提出, 使用热容量测试系统对地下的热容量进行准确的测试, 为合理设计地源热泵空调系统提供了重要依据。所以为了更好地利用地源热泵空调系统为人们的生活提供服务, 土壤源热容量测控系统的研究就变得尤为重要。

### 1 土壤源热容量测控系统的原理

土壤源热容量测控系统是一种较典型的集成化自动控制系统, 该控制系统采用恒温或者恒功率的方法, 对出水口和回水口的温度进行采集、传输、运算, 并且将其通过触摸显示屏(威纶 MT6070)显示出来, 进而对显示出来的数据进行土壤源热容量分析, 从而得知该地区的土壤源热容量是否优异, 是否可以安装地源热泵空

调, 为地源热泵空调系统的安全运行提供重要依据。

设置出水口温度为  $T_1$ , 回水口的温度为  $T_2$ , 水箱的温度为  $T_3$ 。通过对出水口或者出水口和回水口温差比较, 得出土壤源热容量的大小, 使系统能够正常安全的运行。

### 2 土壤源热容量测控系统的构成

该系统由 S7-200PLC、威纶 MT6070 触摸显示屏、固态继电器(SSR-1、SSR-2)、一台水泵电机、一个温度传感器和若干辅助器件组成。系统设置一个开关, 控制整个电路的运行; 同时还设置一个急停开关, 在系统出现故障时及时将电路断开, 保证安全; 并且配有一个电源指示灯。该系统采用热电阻测温, 采集出水口温度( $T_1$ ), 回水口温度( $T_2$ ), 水箱温度( $T_3$ ), 并且通过模拟量输入模块(EM231)转换成 4~20 mA 的电流送入 CPU 处理运算, CPU 处理运算后的数据通过模拟量输入/输出模块(EM235)送至触摸显示屏显示出来(控制加热丝加热)<sup>[1]</sup>,

# 技术与方法

## Technique and Method

继而对显示出来的数据进行分析。该系统的 CPU 输出输入线路图 1 所示。

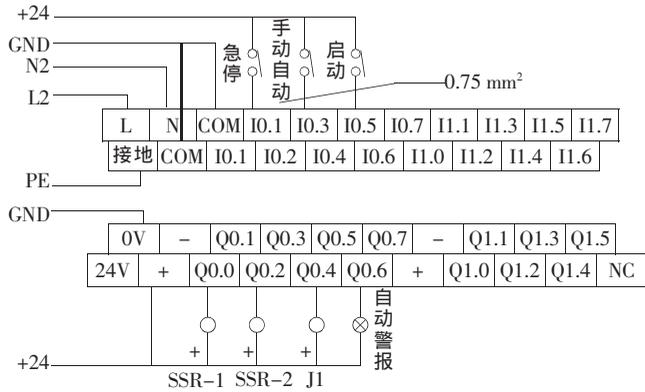


图 1 控制电路图

土壤源热容量测控系统的 AD 触摸显示图如图 2 所示。CPU 处理运算后的数据通过模拟量输入/输出模块 (EM235) 送至触摸显示屏显示出来。

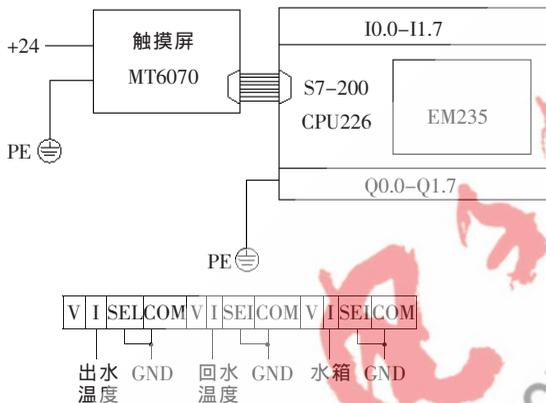


图 2 AD 触摸显示图

### 3 土壤源热容量测控系统硬件设计

该系统的硬件电路图如图 3 所示。

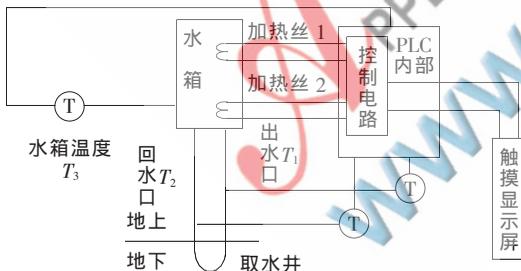


图 3 土壤源热容量测控系统硬件电路图

图 3 中,三个温度变送器将出水口温度  $T_1$ 、回水口温度  $T_2$ 、水箱温度  $T_3$  经过采集、变送,再送入 CPU 中进行运算,再通过触摸显示屏显示出来想要分析的数据,从而分析土壤源热容量是否符合要求。

结合该系统的要求,系统设计采用 CPU226 作为核心控制,EM231、EM235 作为模拟量输入输出通道,可由 CPU 模块的传感器电源 DC24V/400 mA 供电,也可由用户提供外部电源<sup>[2]</sup>。该系统中采用威纶 MT6070 触摸显

示屏来显示 CPU 处理运算过的数据 MT6070,触摸显示屏上有与 PLC 相对应的接口,直接使用即可。MT6070 威纶显示屏和系统时间是通过串口通信实现数据转换的,可以使用 232 或者 485 实现该功能,PLC 上有串口,可以直接连接使用<sup>[3-4]</sup>。

该系统 I/O 分配表如表 1 所示。

表 1 I/O 分配表

I/O 口	功能	I/O 口	功能
I0.0	K1 启动按钮	Q0.0	电机运行
I0.1	K2 手动自动切换	Q0.1	出水口温度
I0.2	K3 急停按钮	Q0.2	回水口温度
AIW0	出水口温度	Q0.3	水箱温度
AIW2	回水口温度	AQW0	恒温控制水箱温度
AIW4	水箱温度		

该系统采用四线制的一体化变送器。采用热电阻测温,然后将信号送到变送器,并转换成 4~20 mA 的输出电流,或 0~5 V 的输出电压,继而送入 CPU 进行处理运算。

### 4 土壤源热容量测控系统的软件设计

该系统采用热电阻测温,热电阻把温度转换成电阻值,这样就可以通过测量电阻来测量温度。测量电阻通常可利用欧姆表或电桥的方法<sup>[3]</sup>。

恒温检测:CPU 通过模拟量输出扩展模块将水箱的温度设定在一个定值,即让加热水箱出水口温度(即水井的回水口温度)维持在一个固定值(如 30℃),观察水井的出水口温度数值的变化情况。恒温检测方式如图 4 所示,水箱温度  $T_3=T_2$  (水井回水口温度),水井出水口温度  $T_1=T_i$  是个变量。最后将三处采集的温度变送后送到 CPU 处理运算,再通过触摸显示屏显示出来,进而分析土壤源热容量。

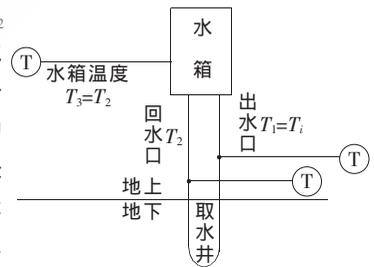


图 4 恒温检测方式

如 CPU 控制水箱恒定加热温度维持在 50℃,首次水井出水口温度是  $T_1=20℃$  进入水箱恒温加热,再通过水箱出水口(水井回水口)回到水井的温度  $T_2=50℃$ ,此时再次从水井出来的水的温度变为  $T_1=T_i$ ,若此时的  $T_i$  和之前的  $T_1$  相差不大,则说明土壤源热容量大且比较优异,较为适合地源热泵空调的安装。

恒功率检测:CPU 通过模拟量输出扩展模块将水箱的温度设定在一个固定值,即加热水箱功率维持在一个固定值(如 2 000 W),通过出水口和回水口的温差来判定土壤源热容量的大小。CPU 控制水箱恒功率加热,通过出水回水口的温差比较分析土壤源热容量的大小,最后将三处采集的温度变送后送到 CPU 处理运算,再通过触摸显示屏显示出来,进而分析土壤源热容量。如图 5 所示。

如 CPU 控制水箱恒定加热功率维持在 2 000 W,水

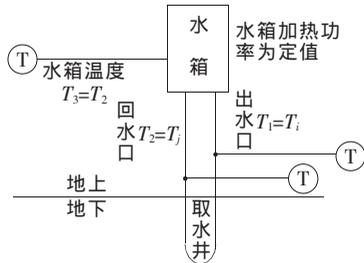


图5 恒功率检测PID控制算法

井出水首次温度  $T_1=20^\circ\text{C}$ ，通过水箱恒功率加热出来的水  $T_2$  和  $T_1$  有一个温差值，经过一段时间后，查看  $T_1$ 、 $T_2$  的温差变化情况。若几次的温差较大，说明该地土壤源热容量较大，比较适合地源热泵空调系统的运行和使用。

该设计利用PID控制算法，实现对地下水设定负载的温度控制，如图6所示。



图6 PID控制框图

计算机在周期性地采样并离散化后进行PID运算，算法如下：

$$M_n = K_c (SP_n - PV_n) + K_c (T_s/T_i) (SP_n - PV_n) + M_x + K_c (T_d/T_s) (PV_n - 1 - PV_n)^{[5]}$$

比例项  $K_c (SP_n - PV_n)$ ：能及时地产生与偏差  $(SP_n - PV_n)$  成正比的调节作用，比例系数  $K_c$  越大，则比例调节作用越强，系统的稳态精度越高，但  $K_c$  过大将导致系统的输出量振荡加剧，稳定性降低。积分项  $K_c (T_s/T_i) (SP_n - PV_n) + M_x$ ：与偏差有关，只要偏差不为0，PID控制的输出就会因积分作用而不断变化，直到偏差消失。微分项  $K_c (T_d/T_s) (PV_n - 1 - PV_n)$ ：根据误差变化的速度（即误差的

微分)进行调节，具有超前和预测的特点。微分时间常数  $T_d$  增大时，超调量减少，动态性能得到改善，如  $T_d$  过大，系统输出量在接近稳态时可能上升缓慢<sup>[6]</sup>。

同时PID控制算法还具有报警等特殊操作，S7-200的PID指令既简单，又功能强大。如果其他的过程需要对回路变量进行报警或进行某些特殊计算处理时，可以用CPU支持的其他基本指令编程实现。

在设计应用地源热泵空调系统的初期，需要准确地掌握地下热容量的情况。因此，地下热容量测试系统的研制也同时提出，使用热容量测试系统对地下的热容量进行准确地测试后，为合理设计地源热泵空调系统提供了重要依据，进而可更好地利用地源热泵空调系统为人们的生活提供服务。

参考文献

- [1] 张宏林.PLC应用开发技术与工程实践[M].北京:人民邮电出版社,2008.
- [2] 廖常初.PLC编程及应用[M].北京:机械工业出版社,2005.
- [3] 张毅.自动检测技术及仪表控制系统[M].北京:化学工业出版社(第二版),2001.
- [4] 齐占庆.电气控制技术[M].北京:机械工业出版社,2002.
- [5] 西门子(中国)有限公司自动化与驱动集团.S7-200 CN可编程序控制器手册[M].2005.
- [6] MULLA G A. Control of a four-level elevator system using a programmable logic controller [C]. International Journal of Electrical Engineering Education, 2003.

(收稿日期:2012-10-23)

作者简介:

王晔,男,1988年生,在读研究生,主要研究方向:控制工程。