

文章编号: 1671-6612 (2020) 06-716-03

基于 PLC 的水源 CO₂ 热泵控制系统设计

杨军红

(昆明船舶设备研究试验中心 昆明 650200)

【摘要】 水源 CO₂ 热泵是一种高效、环保的制热设备, 在热泵制热过程中如何快速、高效、稳定的获取高温热水是热泵控制的关键, 结合水源 CO₂ 热泵的实际应用, 阐述如何利用 PLC、变频器及触摸屏来进行热泵控制系统的设计。

【关键词】 热泵; PLC; 触摸屏; 变频; PID 控制

中图分类号 TU83 文献标识码 A

Design of Water Source CO₂ Heat Pump Control System Based on PLC

Yang Junhong

(Kunming Shipborne Equipment Research and Test Center, Kunming, 650200)

【Abstract】 Water source CO₂ heat pump is a kind of high efficient and environmental protection heating equipment, how to obtain high temperature hot water quickly, efficiently and stably is the key of the heat pump control in the heat pump heating process. This paper will combine with practical application, describes how to use PLC, frequency converter and touch screen to design the control system of water source CO₂ heat pump.

【Keywords】 heat pump; PLC; touch screen; frequency conversion; PID control

作者(通信作者)简介: 杨军红(1984-), 男, 工学硕士, 工程师, E-mail: a303537285@163.com
收稿日期: 2020-03-09

0 引言

水源 CO₂ 热泵是一种以 CO₂ 作为冷媒的水源(工业废水、地下水等)余热回收设备, 其与传统的热泵相比具有绿色环保、COP 高、出水温度高等特点。水源 CO₂ 热泵是一种遵循逆卡诺原理能量转换设备^[1], 工作时消耗小部分电能, 就能从工业废水、地下水等水源中吸收大量余热, 然后通过压缩机做功输出高温热能, 从而达到水源余热回收利用的目的。

水源 CO₂ 热泵主要由蒸发器、压缩机、冷凝器、膨胀装置四部分组成, 热泵制热过程中通过让 CO₂ 冷媒不断完成蒸发(冷媒吸收热量)→压缩→冷凝(冷媒释放热量)→节流→再蒸发的热力循环过程^[2], 从而对工业废水、地下水等水源中的热量进行

回收利用, 热泵原理如图 1 所示。

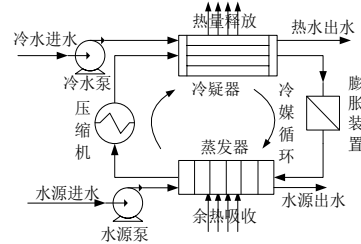


图 1 水源 CO₂ 热泵原理图

Fig.1 Water source CO₂ heat pump principle diagram

1 控制系统方案

水源 CO₂ 热泵运行的最终目的是通过压缩机做功将工业废水、地下水等热源中的热量转移到生

活用水中,如何快速、高效、稳定的获取高温热水是热泵控制的关键。在水源 CO₂ 热泵的实际使用过程中,由于工业废水、地下水等水源的温度及冷水温度相对稳定,若作为热量来源的水源流量也相对稳定(水源泵定频运行),则热泵热力循环转移的热量也是一定的,因此可通过对水源 CO₂ 热泵的冷水泵进行变频控制,利用变频技术调节冷水泵水流量(冷水进水流量)来快速稳定、调节热水出水温度^[3,4]。

冷水泵的变频控制可以通过 PLC 加变频器的方式来实现,热泵热水出水端安装有温度传感器,PLC 模拟量输入端子可采集热水出水端温度传感器信息(4~20mA 模拟信号),然后由 PLC 根据实时采集的热水出水温度进行频率调节,并通过变频器改变冷水泵的运行频率。

2 控制系统硬件

水源 CO₂ 热泵控制系统硬件由 PLC 及相应 I/O 模块、触摸屏、变频器组成。PLC 选择瑞士 ABB 公司 AC500 系列的 PM554-TP-ETH 及相应 I/O 扩展模块(AX561、DO5611 各一个),其可提供 4 个模拟量输入端子、2 个模拟量输出端子、8 个数字量输入端子以及 14 个数字量输出端子,变频器选择海利普的 HLPNV0D7543B,触摸屏选用威伦通 MT6070IQ。触摸屏与 PLC 之间通过 RS485 串口进行通讯,热泵热水出水端温度传感器、变频器等通过 I/O 扩展模块与 PLC 相连。

3 控制系统软件

水源 CO₂ 热泵控制系统软件包括 PLC 软件和触摸屏软件两部分,PLC 软件主要是完成热泵压缩机、水源泵、冷水泵、膨胀装置电磁阀等部件的启/停、热水出水温度采集、冷水泵的频率调节以及故障判断;触摸屏软件则主要是完成热泵启停操作、参数设置、信息显示及故障报警提示等功能。

3.1 PLC 软件设计

PLC 软件采用易看懂、易编程的梯形图语言(LD)编写,软件采取模块化设计,其由初始化及参数存取、I/O 输入处理、故障诊断、启停控制、频率调节、I/O 输出处理六个模块组成,各模块功能如下:

(1) 初始化及参数存取: 参数初始化及掉电

保持区数据读取与保存;

(2) I/O 输入处理: 将温度传感器输入 4~20mA 模拟量信号转换成相应的温度数据;

(3) 故障诊断: 故障判断及定位;

(4) 启停控制: 启停判断、频率调节模块的调用以及压缩机、水源泵、冷水泵、电磁阀的启/停;

(5) 频率调节: 通过积分分离 PID 控制调节冷水泵运行频率;

(6) I/O 输出处理将冷水泵运行频率转换成 4~20mA 模拟量信号进行输出。

PLC 软件流程如图 2 所示。

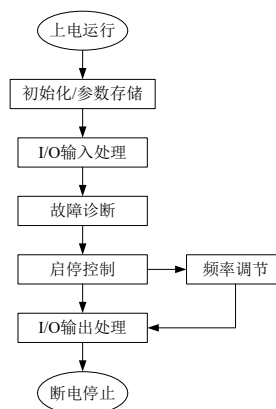


图 2 PLC 软件流程图

Fig.2 Flow chart of PLC software

PLC 软件烧写在 PLC 的程序内存中,PLC 上电时,软件以自上而下的方式扫描运行,在水源 CO₂ 热泵无故障报警时,通过触摸屏操作启动热泵,启停控制软件模块运行并实时检测热水出水温度,当检测到的温度与设定温度的差值超过阈值时开始调用频率调节模块,然后通过积分分离 PID 控制调节变频器输出频率降低或提高冷水泵水流量来控制热水出水温度。

在 PID 控制系统中,积分控制的引入主要是为了消除稳态误差,提高控制精度,但在调节过程的开始、结束及大幅度调节时可能会引起系统的超调或振荡,从而使得稳定时间变长,对于用户来说快速稳定热水出水温度是需要的,因此积分分离 PID 控制算法将更加适合用于冷水泵的频率调节。积分分离 PID 控制的基本原理是当被控制量与设定值偏差较大时取消积分作用,避免因积分作用导致控制系统稳定性降低、超调量增大;当控制量接近设定值时再引入积分作用,消除稳态误差,提高控制

精度^[5-8]。

采用积分分离 PID 控制的频率调节模块程序流程如图 3 所示。

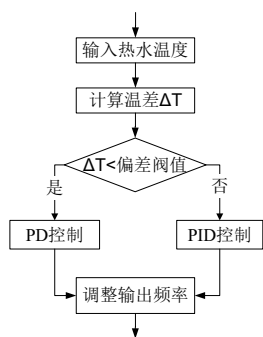


图 3 频率调节模块流程图

Fig.3 Flow chart of frequency regulation module

3.2 触摸屏软件设计

水源 CO₂ 热泵变频控制系统采用威伦通 MT6100 触摸屏作为人机操作界面，通过人机操作界面可以完成热泵的启停操作、参数设置、运行信息显示以及报警提示等功能，并实现人机操作界面与 PLC 内部的数据交换，监控热泵机组的运行，实现一体化管理。触摸屏软件主要由主界面、参数设置、故障报警及复位三个界面组成，其结构如图 4 所示。

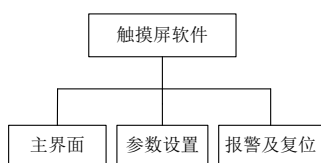


图 4 触摸屏软件结构

Fig.4 Structure chart of touch screen software

触摸屏上电启动时软件自动进入主界面，在主界面可以显示热水出水温度、水源进水温度、冷水

泵频率、热泵各组部件运行状态等信息，并可以对

热水出水温度进行设置；参数设置界面可以设置 PID 控制参数、热泵运行参数等；故障报警及复位界面则可以查看热泵运行过程中的故障报警信息，解除相应的故障报警。

4 结束语

在水源 CO₂ 热泵实际使用过程中表明，以可编程控制器 PLC 作为控制核心结合变频器与触摸屏组成的控制系统能够有效的保证水源 CO₂ 热泵可靠运行并快速调节、稳定热泵热水出水温度。

参考文献：

[1] 马一太,王派,张启超,等.CO₂热泵热水机发展现状[J].制冷与空调,2018,18(10):67-71.

[2] 孙建.利用生活废水余热的 CO₂ 热泵系统[J].制冷与空调,2015,15(9):39-43.

[3] 宗嘉财.基于 S7-200 SMART 的地源热泵控制系统设计[J].自动化应用,2018,(1):27-28.

[4] 王天舒.一种超低温热泵热水机动态流量控制法[J].研究与探索,2018,(2):226-227.

[5] 吴廷强,阎昌国,罗德莲.基于积分分离模糊 PID 的温度控制系统设计[J].西南大学学报,2017,39(5):185-188.

[6] 任俊杰,李永霞,李媛,等.基于 PLC 的闭环控制系统 PID 控制器的实现[J].制造业自动化,2009,31(4):20-23.

[7] 曹振华.地源热泵空调系统的控制仿真研究[J].制冷与空调,2017,31(3):313-316.

[8] 姜海涛.基于软 PLC 的 PID 控制系统的设计与实现[D].北京:中国科学院研究生院,2012.

(上接第 706 页)

[11] Zeng H, Diao N, Fang Z. Heat transfer analysis of boreholes in vertical ground heat exchangers [J]. International Journal of Heat and Mass Transfer, 2003, 46:4467-4481.

[12] 周亚素,张旭,陈沛霖.土壤源热泵机组冬季供热性能的数值模拟与实验研究[J].东华大学学报(自然科学版),2002,28(1):5-9.

[13] 魏唐棣,胡鸣明,丁勇,等.地源热泵冬季供暖测试及传热模型[J].暖通空调,2000,30(1):12-14.

[14] 徐卫荣,夏卓平,邱建中,等.地理管地源热泵系统运行能耗分析[J].暖通空调,2017,47(12):86-90.

[15] GB 50366-2009,地源热泵系统工程技术规范[S].北京:中国建筑工业出版社,2009:42.

[16] 黄凯,许锦峰.土壤源热泵与冷却塔复合运行的优化模式分析[J].建筑节能,2013,41(9):7-11.