

基于 STM32 的智能节能恒温控制装置

胡帅^a, 江亚峰^{b,c}, 杜铭权^b, 杨海群^a, 袁明新^{a,c}

(江苏科技大学 a. 张家港校区机电与动力工程学院; b. 苏州理工学院, 机电与动力工程学院;
c. 张家港产业技术研究院, 江苏 张家港 215600)

摘 要:针对家用热水器热水管内储蓄的冷却水无法回收,需要手动反复调温的问题,设计了一款基于 STM32 单片机的智能节能恒温控制装置。该装置以 STM32F103ZET6 单片机为控制核心, DS18B20 传感器进行多点测温。通过 MOS 管驱动模块控制电磁阀与直流泵在不同时刻的开闭,实现了热水管内储蓄冷却水的回收再利用。以恒温控制数学模型为基础,设计了可调节的新型比例阀,实现了智能恒温出水。实物化后的实验结果表明:智能节能恒温控制装置能够有效地节约水资源,并实现了智能恒温控制。

关键词:家用热水器;恒温控制;智能;节能;STM32 单片机;多点测温

中图分类号:TP273 **文献标识码:**A **文章编号:**1671-5276(2020)04-0184-04

Intelligent and Thermostatic Control Device Based on STM32

HU Shuai^a, JIANG Yafeng^{b,c}, DU Mingquan^b, YANG Haiqun^a, YUAN Mingxin^{a,c}

(a. School of Mechanical and Power Engineering, b. School of Mechanical and Power Engineering, Suzhou Institute of Science and Technology, c. Zhangjiagang Industrial Technology Research Institute, Jiangsu University of Science and Technology, Zhangjiagang 215600, China)

Abstract: Because the cooling water stored in the hot water pipe of the domestic water heater cannot be recycled and it needs manually repeatedly thermoregulating, an intelligent, energy-saving, and thermostatical control device based on STM32 microcontroller is designed. In this design, STM32F103ZET6 microcontroller is used as the control core, and the sensor DS18B20 is used to gather the temperature signals at the points. MOS driving module is used to control on-off of the solenoid valve and DC pump at different times is used to recycle the cooling water stored in the hot water pipe. Based on the mathematical model for the thermostatical control, a new adjustable proportional valve is designed, which is used to implement intelligent thermostatical water output. The experimental results show that the intelligent, energy-saving and thermostatical control device can be used to efficiently save the water and realize the intelligent thermostatic control.

Keywords: domestic water heater; thermostatic control; intelligent; energy-saving; STM32 microcontroller; multi-point temperature measurement

0 引言

现今较为普遍的家用热水器有太阳能热水器、电热水器等。太阳能热水器可以低能耗运行,但过渡管道过长,易造成出水延迟的问题;电热水器可全天使用,但热水管内储蓄冷却水会被直接排放,造成浪费。此外,热水器都需要手动完成温度调节,影响使用体验。为了解决这些问题,展开了相关方面的研究。李建红等^[1]优化了国产的 TMV 产品结构,并通过价值工程的运用,有效地实现了恒温混水阀功能与成本的优化;喻秋山等^[2]发布了一款自动控温混水阀,通过 DS18B20 检测温度,步进电机执行调温工作,实现温度的智能恒温调节;潘凌锋等^[3]研发了基于 STM32 的恒温混水阀控制器,并进行了软件系统开发,

提供了易于操作的人机界面。但这些研究都难以将储蓄于水管中的水资源回收并再利用,且制造成本较高,具有一定的缺陷。为此,文中提出一种新型装置,该装置以 STM32 单片机为数据处理^[4]核心,采用 DS18B20 温度传感器进行多点测温,舵机作为智能恒温控制动力源, MOS 管驱动模块作为能量回收驱动源,并基于恒温控制原理^[5],实现了热水器的智能节能恒温控制。

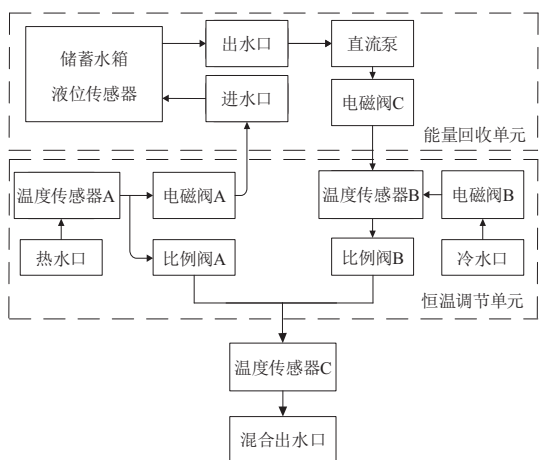
1 系统结构设计

如图 1 所示,文中所设计装置由能量回收单元和恒温调节单元组成。

能量回收单元主要实现冷却水的回收与再利用。当热水器打开时,冷、热水口开始进水。此时比例阀 A、电磁阀 B 关闭,电磁阀 A 打开,热水器至热水口之间储蓄的冷

基金项目:张家港江苏科技大学产业技术研究院创业大赛项目(ZJGJUST201809);江苏科技大学苏州理工学院创新竞赛项目(SZLGCJ201709)

第一作者简介:胡帅(1998—),男,江苏宿迁人,本科,研究方向为移动机器人系统导航。



却水通过电磁阀 A 流入储蓄水箱。待温度传感器 A 所测温度大于冷却水温度时,电磁阀 A 关闭,比例阀 A 打开。冷却水回收完毕,热水器中的热水流向恒温调节单元,储蓄水箱内冷却水流向恒温调节单元,待液位传感器检测冷

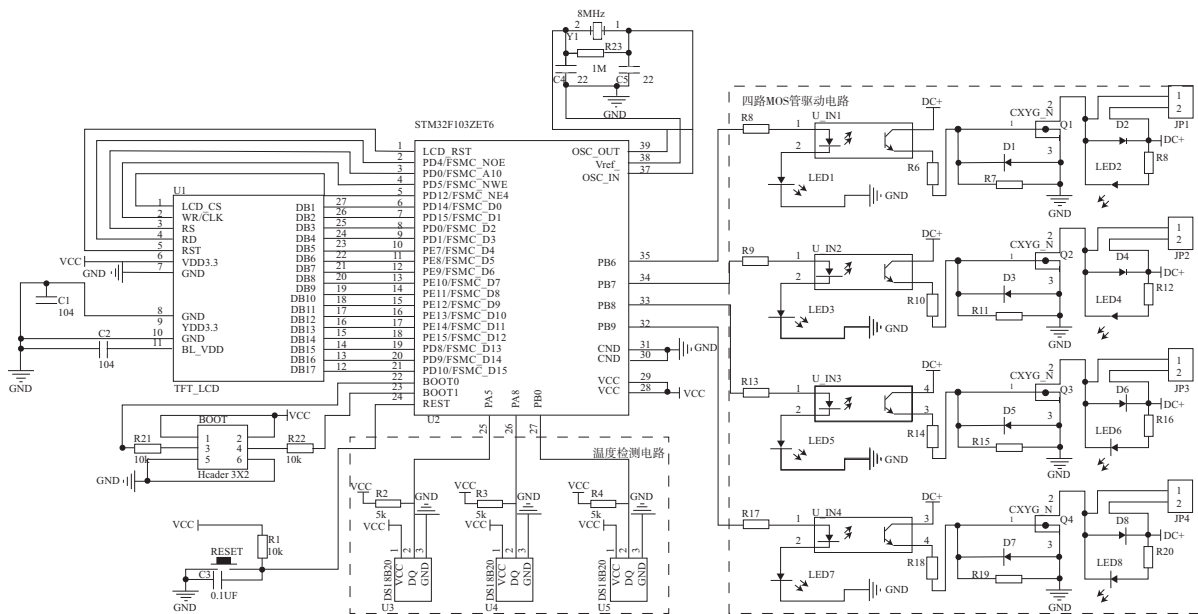
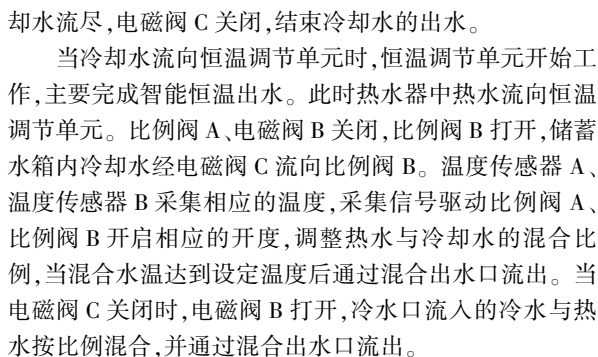


图 2 电路原理图

由电路原理图画出控制系统的框架,如图3所示。恒温调节控制模块中,DS18B20温度传感器采集冷热水温度,采集信号传送给单片机进行处理。单片机依据温度调节旋钮所设定的温度进行数据处理,并产生驱动舵机工作所需的控制指令脉冲信号,通过舵机调节比例阀A、比例阀B的阀门开度,调整冷热水混合比例,从而实现智能恒温出水。同时,单片机依据冷却水温度与液位传感器采集的信号产生驱动电磁阀、直流泵的脉冲信号,并发送到能量回收控制模块中,由MOS管驱动模块控制电磁阀、直流泵在不同时刻的开闭,实现冷却水的回收并再利用。温度传感器C检测出水口实际温度,若超出设定温度,单片机系统发出舵机驱动指令脉冲,控制比例阀阀门开度,调整混合温度,使出水口温度达到设定温度。



2 控制系统设计

上文介绍了系统的结构设计,阐述了装置运行的基本过程。为了实现以上所述功能,设计了一个高效率、低功耗的控制系统。该控制系统以功耗低、性价比高的 STM32F103ZET6 单片机^[6]为核心,低功耗的 DS18B20^[7]为温度传感器,低功耗的 MOS 管驱动模块为能量回收控制单元的驱动动力源,通过控制多路舵机^[8],为恒温调节控制单元提供调节动力源。控制系统的电路原理图如图 2 所示。

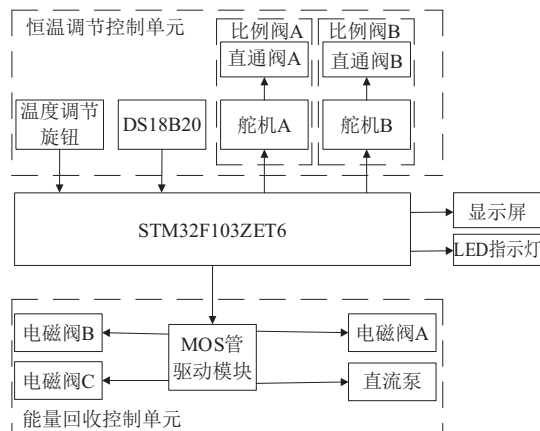


图 3 控制系统框架图

装置的恒温出水是通过控制舵机 A、控制舵机 B 的角度来调节比例阀 A、比例阀 B 入口断面的截面积比例,调整冷热水的混合比例,最终实现出水温度达到设定温度。根据能量守恒定律可知 $Q_{\text{吸}} = Q_{\text{放}}$,以及流量公式,可得方程组:

$$\begin{cases} CM_1(T_2 - T) = CM_2(T - T_1) \\ M_1 = \rho q_1 \\ M_2 = \rho q_2 \\ q_1 = \int_0^{A_1} C_{d1} \sqrt{\frac{2\Delta p_1}{\rho}} dA \\ q_2 = \int_0^{A_2} C_{d2} \sqrt{\frac{2\Delta p_2}{\rho}} dA \end{cases} \quad (1)$$

式中: C 为水的比热容; M_1 、 M_2 分别为单位时间内流过比例阀 A、比例阀 B 水的质量; T 为设定温度; T_1 、 T_2 分别为温度传感器 A、传感器 B 的温度; ρ 为水的密度; q_1 、 q_2 分别为单位时间内流过比例阀 A、比例阀 B 的流量; C_{d1} 、 C_{d2} 为流量系数; Δp_1 、 Δp_2 为沿程压力损失; A 为比例阀阀门开口面积; A_1 、 A_2 分别为比例阀 A、比例阀 B 阀门有效截面积。比例阀 A、比例阀 B 所选用的材料完全相同,且流过比例阀截面的流速、压力也近似相等,则可解得:

$$\int_0^{A_1} (T_2 - T) dA = \int_0^{A_2} (T - T_1) dA \quad (2)$$

由式(2)可知,恒定温度的调节取决于比例阀阀门有效截面积。阀门有效截面积由阀门开度决定,即:

$$\beta_i = \frac{\int_0^{A_i} dA}{A}, i = 1, 2 \quad (3)$$

式中: β 为阀门开度,舵机角度 α 与阀门开度 β 之间的关系为 $\beta = 9/10\alpha$ 。由式(2)、式(3)便可阐述舵机角度与温度之间的数学关系,经化简后得:

$$\frac{\alpha_1}{\alpha_2} = f(T_1, T_2, T) = \frac{T_2 - T}{T - T_1} \quad (4)$$

式中: α_1 、 α_2 分别为舵机 A、舵机 B 的角度。由式(4)可知,通过采集冷水、热水温度,反馈至单片机并与设定温度进行数据处理,进而控制比例阀 A、比例阀 B 的角度,即可实现智能恒温出水。

基于以上分析,该控制系统一方面实现了智能恒温出水和热水管内储存冷却水的回收利用问题,解决了手动调温的麻烦,节约了大量水资源;另一方面,高效率、低功耗的运行能力降低了装置的能源消耗,实现了短时间内的智能控制,提高了装置的运行能力,其工作流程图如图 4 所示。

3 实验测试与分析

为了检验智能节能恒温控制装置的实用性,进行了相关的实验测试。首先对实验环境进行模拟,实验环境由热水端、冷水端、热水自吸泵、冷水自吸泵、储蓄水箱组成,电源部分由 12 V 锂电池代替。实验环境如图 5 所示。

为了更好地验证装置效果,共进行 9 次实验。将装置的设定温度分别设定为: 35℃、40℃、45℃、50℃、55℃、

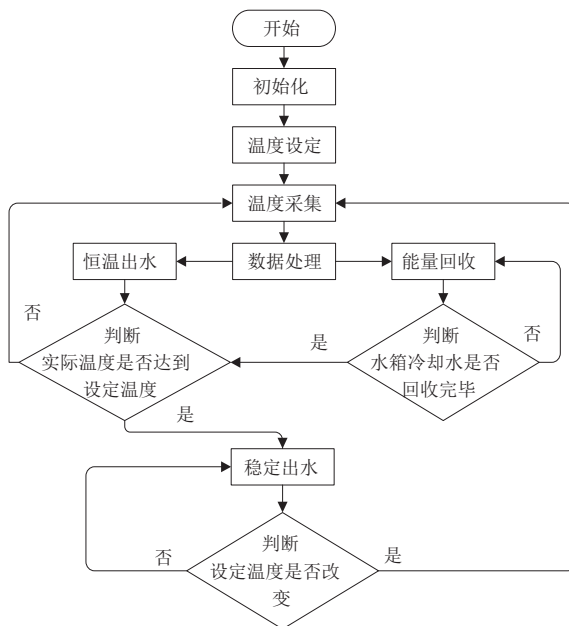


图 4 工作流程图

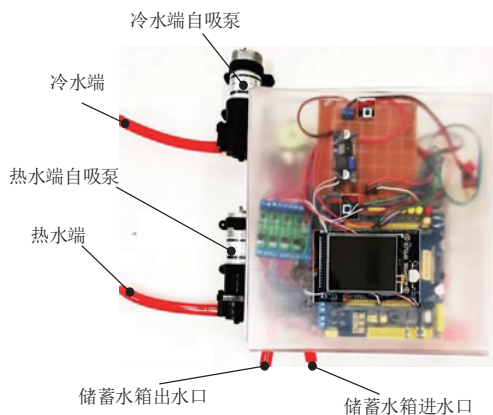


图 5 实验环境

60℃、65℃、70℃、75℃。冷水端的温度范围预置在 0℃ ~ 20℃ 之间,热水端的温度范围预置在 80℃ ~ 100℃ 之间。实验数据如表 1 所示。

表 1 实验数据

实验次数	设定温度/℃	冷水温度/℃	热水温度/℃	实际温度/℃	节水量/L	恒温时间/s	温度偏差率/%	剩余电量/%
1	35	10	99	35.3	5.0	1.0	0.8	98
2	40	5	90	40.0	4.2	1.0	1.6	96
3	45	18	96	44.8	4.8	0.5	0.4	96
4	50	10	88	50.8	5.6	1.5	1.6	97
5	55	3	93	55.0	5.0	1.0	0	95
6	60	20	83	60.0	5.0	1.5	0	96
7	65	6	85	64.7	5.8	2.0	0.4	97
8	70	13	80	70.0	3.8	0.5	0	95
9	75	8	95	74.8	5.1	1.5	1.3	98

由表1可知,调温时间保持在2s以内,每次节水量在5 L左右,所需电量仅需电池总量的2%~5%。说明了该装置可以实现高效率、低功耗的出水并有效节约水资源。此外,为了验证装置的恒温效果,将智能节能恒温控制装置与普通家用热水器,即文献[3]恒温混水阀控制器的温度偏差率进行对比,如图6所示。

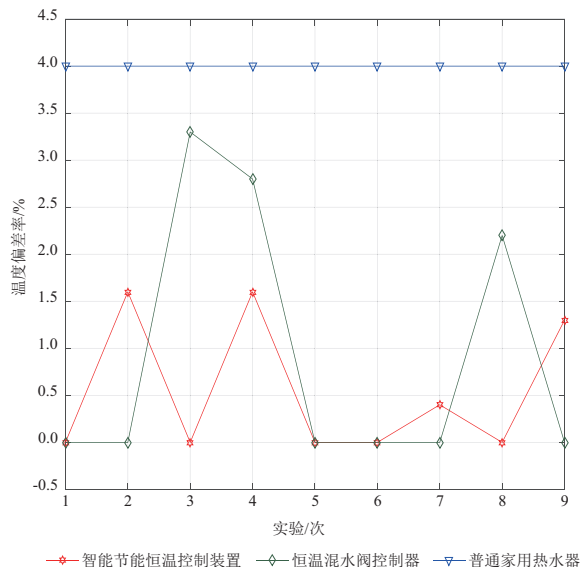


图6 多种装置的温度偏差率对比

由图6可知,该装置与恒温混水阀控制器的恒温效果都要优于普通家用热水器。将该装置与恒温混水阀控制器进行比较,该装置的温差率保持在2%以内,要低于恒温混水阀控制器。同时该装置的温度波动比恒温混水阀控制器小,具有更好的恒温平衡性。基于数据分析,充分显示了智能节能恒温控制装置恒温控制的优越性。

4 结语

为了解决当今家用热水器热水管内储蓄的冷却水无法回收,且需要手动反复调温的问题,设计了一款基于STM32单片机的智能节能恒温控制装置。通过理论分析、实物检验,得出如下结论:

- 1) 该装置能够解决热水器内热水管储蓄冷却水直接被浪费的问题,可以有效地将冷却水回收并再利用。
- 2) 该装置能够实现智能恒温出水,解决了普通热水器需要手动调温的问题。
- 3) 该装置可以低功耗地运行,有效地降低了能源的消耗。

参考文献:

- [1] 李建红. 基于价值工程的恒温混水阀研发及国产化[D]. 广州:华南理工大学, 2010.
- [2] 喻秋山,徐大鹏,刘志勇,等. 一种自动控温混水阀系统的设计[J]. 长江大学学报(自然科学版), 2017(9):69-73.
- [3] 潘凌锋. 基于STM32的恒温混水阀控制器的设计与实现[D]. 杭州:杭州电子科技大学, 2012.
- [4] 江自强,葛亚炬,张乐年. 基于STM32的数据采集及存储系统设计[J]. 机械制造与自动化, 2017,46(4):136-139.
- [5] 袁世斐,孟政. 基于温度控制原理的浴室淋浴系统[J]. 中国高新技术企业, 2008,19:112-117.
- [6] 张淑清. 嵌入式单片机STM32设计及应用技术[M]. 北京:国防工业出版社, 2015.
- [7] 张仲明,郭东伟,吕巍,等. 基于DS18B20温度传感器的温度测量系统设计[J]. 实验技术与管理, 2018(5): 82-85,94.
- [8] 冯晓伟,王雷阳,李正生. 多路舵机控制PWM发生器的设计与Proteus仿真[J]. 现代电子技术, 2011, 34(11):167-169.

收稿日期:2018-05-17

(上接第179页)

能量管理策略,实现了燃料电池功率在高效工作区域和限定的功率变化率下的逐步变化,保证燃料电池处于自身的供电能力范围内,一定程度上反映了燃料电池真实的动态反应特性,有望为实际燃料电池汽车混合动力系统能量管理设计提供参考依据。

参考文献:

- [1] 倪红军,吕帅帅,陈青青,等. 氢电混合燃料电池汽车动力系统研究进展[J]. 电源技术, 2015(4):855-856.
- [2] ZHENG C H, XU G Q, PARK Y I, et al. Comparison of PMP and DP in fuel cell hybrid vehicles[J]. International Journal of Automotive Technology, 2014, 15(1): 117-123.
- [3] LI H, RAVEY A, N'DIAYE A, et al. A novel equivalent con-

sumption minimization strategy for hybrid electric vehicle powered by fuel cell, battery and supercapacitor [J]. Journal of Power Sources, 2018, 395: 262-270.

- [4] NING Q, XUAN D, KIM Y. Modeling and control strategy development for fuel cell hybrid vehicles[J]. International Journal of Automotive Technology, 2010, 11(2): 229-238.
- [5] ZHANG X, LIU L, DAI Y, et al. Experimental investigation on the online fuzzy energy management of hybrid fuel cell/battery power system for UAVs [J]. International Journal of Hydrogen Energy, 2018, 43(21): 10094-10103.
- [6] 余志生. 汽车理论[M]. 北京:机械工业出版社, 2009.

收稿日期:2019-03-25