

# 基于 TEC 的温控系统设计与实现

杜 帅

(辽宁大学信息学院, 辽宁 沈阳 110000)

**摘 要** 本文提出了一种基于热电制冷器(TEC)的温控系统,使用单片机MSP430完成系统的整体控制,利用光伏发电技术为系统提供能量,具有可靠性高、体积小、成本低等优点。并且,其利用太阳能电池板与蓄电池相结合的方式,可为系统提供持续的能量供给,无需外界供电,特别适合户外及偏远地区。最后,本文通过仿真和实验,证明了此温控系统设计的正确性。

**关键词** 热电制冷器; 光伏; 温控

**中图分类号:** TP27

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1007-0745(2023)07-0004-03

温度是工业生产过程中常用的控制参数,在很多工业生产中直接影响着产品的质量。温控系统是温度控制系统的简称,是一种用于检测和控制被控物体温度的系统,通常包括温度传感器、控制器、执行器等。通过自动化的控制和监测,比较设定温度和实际温度的差值,实现温度的调节和控制。温控系统可以确保系统内部的温度始终保持在预定的范围内,以确保设备的正常运行和产品的质量稳定。实际应用中,温度控制还需要考虑控制精度、控制稳定性、响应速度、控制范围等因素,以实现温度控制的最好效果。近年来,随着技术的不断进步,温控系统的设计越来越智能化和高效化,在各个领域的应用也越来越多样,例如温控器、恒温水浴器、恒温培养箱等,在科学实验室、生物医学、食品加工、化工企业等多领域得到了不可或缺的应用<sup>[1-4]</sup>。

光伏发电是指通过光伏效应将太阳能转换为电能。太阳能电池板是光伏发电的核心,通常由硅等半导体制成。太阳能电池板通常采用多个组件串并联组成一个电池组,以获得所需电流或电压的输出。结合蓄电池,可用于存储电能,在光照不充足的情况下,一定时间内持续提供电能。近些年,随着国内外学者对光伏发电技术研究的不断深入,光伏发电在家庭、公共交通、测量仪器能源系统等方面有了大量应用<sup>[5-8]</sup>。而在温控的细分领域,光伏应用的研究还存在很大空间。因此,将光伏发电技术应用于温控系统中依然具有很高的研究价值。

综上所述,本文根据国内外研究现状,设计了一种基于热电制冷器(Thermo Electric Cooler, TEC)的小型温控系统,利用光伏发电技术为温控系统提供持续

的能量,并对其工作原理进行了分析,最后通过仿真和实验验证了设计的正确性。与传统的温控系统相比,该系统无需外界供电即可实现对被控样品的制热或是制冷,系统内部通过太阳能发电及蓄电池组直接的能量交换即可实现电能的自给自足,具有可靠性高、体积小、成本低等优点。

## 1 热电制冷器(TEC)原理

热电制冷器(Thermoelectric cooler, TEC)是一种固态器件,它采用了珀尔帖效应,即法国科学家珀尔帖发现的热电制冷和制热现象(又称温差电效应),将能量从被控物体中转移,以降低或增加被控物体的温度。热电制冷器的基本元件是P型和N型半导体元件连接而成的热电偶对,这些半导体材料片之间通过金属电极连接,形成一个热电回路。当热电偶对中通上电流,电子和空穴将分别从金属片流进N型和P型半导体,而这个过程所吸收的热量是要大于通过金属片时产生的热量的,从而使金属片温度降低,被控物体被降温。而当电子和空穴从N和P型半导体流进金属片时,电子和空穴结合释放出的热量则大于其带走了的热量,使金属片温度升高,从而加热被控物体<sup>[9-10]</sup>。

TEC可以用于制冷、加热和稳定的温度控制等领域。其具有诸多优点,如体积小、重量轻;操作静音、无污染;稳定性好、调节温度精度高;无需维护,寿命较长等。此外,热电制冷器在某些特殊场合下也具有很好的应用前景,例如宇航技术中,由于宇宙中的真空环境,可以使用热电制冷器来控制仪器温度。需要注意的是,TEC在高温差下容易损坏,所以在应用TEC时应根据其规格和工作条件等因素进行合理设计和控制,以保证其正常的工作和使用寿命。热电制冷

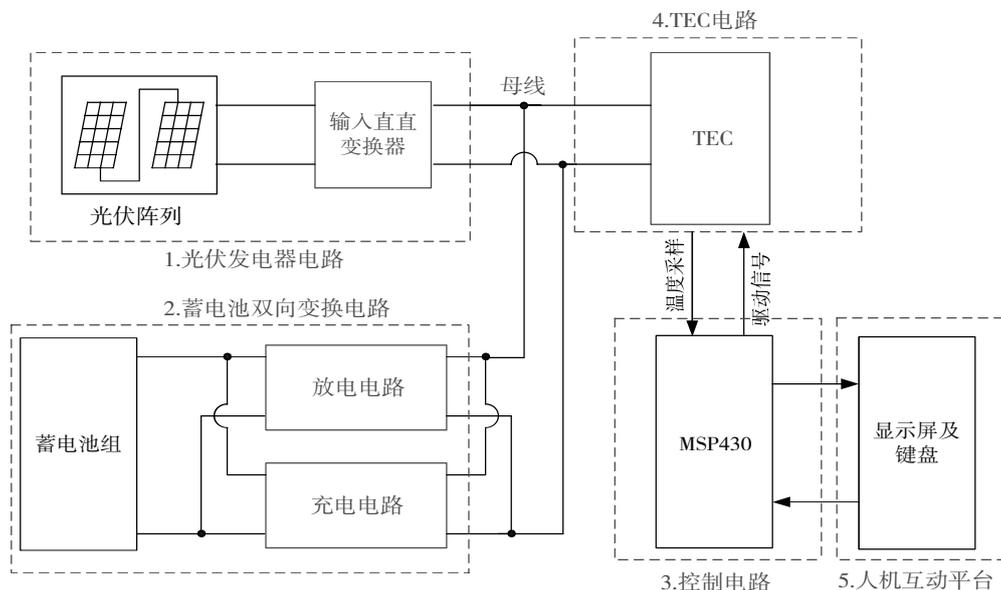


图 1 系统框图

器通常用于小功率、低温度的制冷应用，例如在微型冷却器、温度控制器和温度补偿器等方面得到广泛应用。在未来，随着人们对于环保和可持续发展的重视，热电制冷器将成为一种具有重要应用价值的设备，将为各行各业带来更多的创新和发展机遇。

## 2 系统简析

如图 1 所示，本系统由以下几个部分组成：光伏发电电路模块、蓄电池双向变换电路模块、控制电路模块、TEC 电路模块、人机交互平台模块。

1. 光伏发电电路模块：包括光伏阵列以及后面的降压稳压模块。光伏阵列由 4 块 12V, 50W 的太阳能电池板串联而成，经过降压稳压电路，稳定输出 12V 电流。

2. 蓄电池双向变换电路模块：主要包括蓄电池组和充放电电路，蓄电池组由一节 12V, 30Ah 蓄电池构成。在光照充足且蓄电池电量不足的情况下从光伏阵列为蓄电池充电，在光照不足的情况下作为电源放电，以保证在一定时间内持续的电能供应。

3. 控制电路模块：包括单片机 MSP430、温度传感器等，负责采集被控物体的实时温度数据，并根据与设定温度的差值来控制系统的升降温。通过对收集到的电压、温度信号进行处理与判断，单片机会对系统中的各个模块发送控制信号，控制各个模块的工作状态，并通过人机交互平台显示出当前系统的状态。MSP430 采集光伏阵列两端的电压，当其大于 40V 时，说明此时光照充足，降压稳压模块开始工作，为系统

提供所需电能<sup>[11-12]</sup>。之后，检测蓄电池组两端电压，当其小于 10V (蓄电池组由一节 12V, 30Ah 蓄电池构成) 且太阳能电池板光照充足时，开启充电电路，光伏阵列为 TEC 供电的同时也将多余的能量存入蓄电池中；当蓄电池电压大于 10V 且太阳能电池板光照充足时，蓄电池双向变换电路暂不工作，系统的供电由光伏阵列提供；当蓄电池两端电压大于 10V，光伏阵列两端电压小于 40V 时，说明此时光照不足以提供系统所需电能，此时通过单片机控制蓄电池组放电电路开始工作，系统不足的能量由蓄电池提供；当光伏阵列两端电压小于 40V，蓄电池电压小于 10V 时，说明整个系统进入欠压状态，TEC 电路停止工作并通过显示屏提示此时系统状态<sup>[13]</sup>。

4. TEC 电路模块：它是本系统的温控模块，由 TEC 电路组成。因 TEC 器件需要稳定可靠的直流电源，通过控制模块对光伏发电电路及蓄电池双向变换电路的控制，可以使母线电压稳定为 12V 直流。包括热电制冷器及其驱动器，在控制模块的控制下，实现系统的制冷或制热。使用键盘输入被控样品的待控温度，并将此值送入单片机当中。同时，系统通过温度采集，将被控样品的实时温度转化成数字量后送入单片机当中。在单片机中，通过比较采集到的预置温度的数字量与样品实时温度的数字量，来判定对样品的加热或是制冷<sup>[14-15]</sup>。

5. 人机交互平台模块：包括显示屏及控制键盘。用于显示被控样品实时温度数据、设定预期温度值等

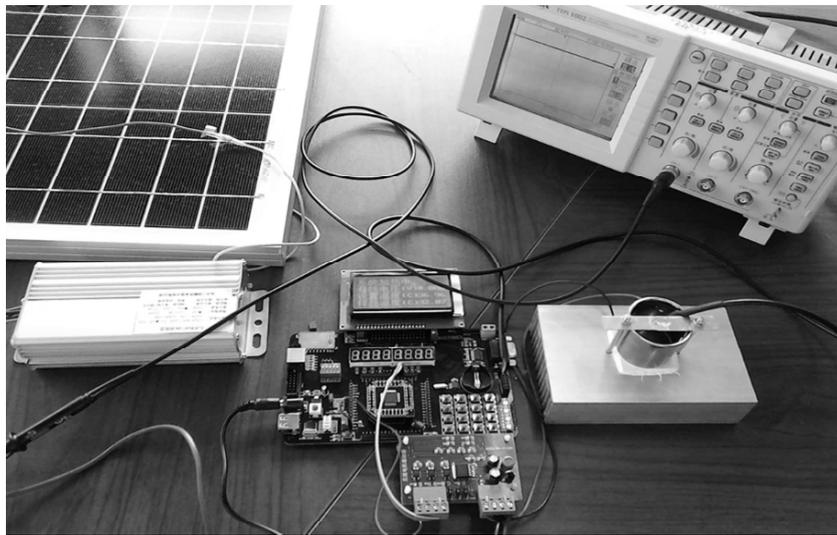


图2 系统实物模型

参数, 以及进行操作和控制。图2为实验室条件下整体系统实物模型, 此实物模型目前仅用于实验测试温控数据。

### 3 实验结果

在实验室环境温度 $25^{\circ}\text{C}$ , 并且太阳能电池板受到充足光照的情况下, 调试系统的硬件及软件, 使用示波器测试光伏阵列电压为 $48\text{V}$ , 蓄电池两端电压为 $12\text{V}$ , 母线电压稳定为 $12\text{V}$ 。

通过对图2中键盘的设置, 分别对水、冰红茶、洗洁精三种样品(各 $100\text{mL}$ )进行升降温实验, 由于TEC器件在高温差下容易损坏, 设置上限温度 $60^{\circ}\text{C}$ , 下限温度 $20^{\circ}\text{C}$ 。各样品在升温、降温过程中, 均能够较好地完成任务, 控制偏差稳定在 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 之内。与传统的水浴加热法相比, 不仅控温速度快, 还能进行小范围精确的降温处理。但是由于该系统受其硬件方面及软件方面的制约, 超过此温度范围的快速、准确的温控暂无法实现。除液体样品外, 本系统同样适用于导热良好的固体物品的温控。

### 4 结论

本文提出了一种基于热电制冷器(TEC)的小型光伏温控系统, 并通过理论分析和实验验证, 证明本系统能快速实现一定范围内的升温 and 降温, 与传统的温控模块相比, 具有体积小、成本低、可靠性高等优点。并且, 该系统应用光伏发电技术为系统提供所需能量, 在光照不足时可由蓄电池释放能量, 可在一定时间内实现系统能量的自给自足。

### 参考文献:

- [1] 李帅. 用于光机的高稳定度温度控制技术[D]. 上海: 中国科学院大学(中国科学院上海技术物理研究所), 2020.
- [2] 黄帅, 赵梁博, 朱林涛. 干燥炉中热风循环温控系统的设计[J]. 电子工业专用设备, 2013(07):52-56.
- [3] 黄浚恒, 李冶, 刘宾坤. 基于51单片机的智能温控风扇设计[J]. 物联网技术, 2022(07):127-129.
- [4] 赵辉, 刘晓丽. 基于单片机的实验用恒温箱设计与制作[J]. 电脑学习, 1999(04):7-8.
- [5] Malla, S.G.. Photovoltaic based water pumping system[C]. Energy, Automation, and Signal (ICEAS), 2011.
- [6] 陈祥. 关于新能源光伏发电技术应用的思考[J]. 大众用电, 2022(06):50-51.
- [7] 陈超华. 光伏发电系统在城市轨道交通的设计与应用[J]. 低碳世界, 2021(12):120-121.
- [8] 杨高强, 黄兴, 丁治雄, 等. 光伏发电技术在照明领域中的应用及发展[J]. 光源与照明, 2022(07):31-33.
- [9] 王梦容, 王硕, 贾景福. 热电制冷技术的影响因素以及改进方向[J]. 南方农机, 2019(09):255, 264.
- [10] 郭琛, 潘开林, 程浩. 热电制冷技术的研究进展[J]. 微纳电子技术, 2018(12):927-931.
- [11] 程良涛, 邹娟, 李辉. 双管正激变换器[J]. 大功率变流技术, 2010(02):34-55.
- [12] 皇金锋. 双管正激变换器的建模与补偿网络设计[J]. 电源技术, 2012(08):1164-1166.
- [13] 廖志凌, 阮新波. 独立光伏发电系统能量管理控制策略[J]. 中国电机工程学报, 2009, 29(21):46-52.
- [14] 樊强, 张敏, 李霞. 基于DS18B20的温度采集系统设计及实现[J]. 农机化研究, 2011(12):161-164.
- [15] 李想. 温度传感器DS18B20在温室大棚中的实现[J]. 南方农机, 2020(16):182-183.