

# 一种基于塞贝克效应的智能调控室温与湿度的自发电紫外杀菌加湿器

设计者：杨汉，黄俊杰，郝英剑，李梓圣，史艺姝

指导老师：王鑫煜，何东欣

(山东大学电气工程学院，济南，250000)

## 作品内容简介

基于塞贝克效应的智能调控室温与湿度的自发电紫外杀菌加湿器共由热电转换系统与紫外杀菌加湿器两部分构成。热电转换系统由热电转换模块，冷凝模块，控制模块与储能模块构成。

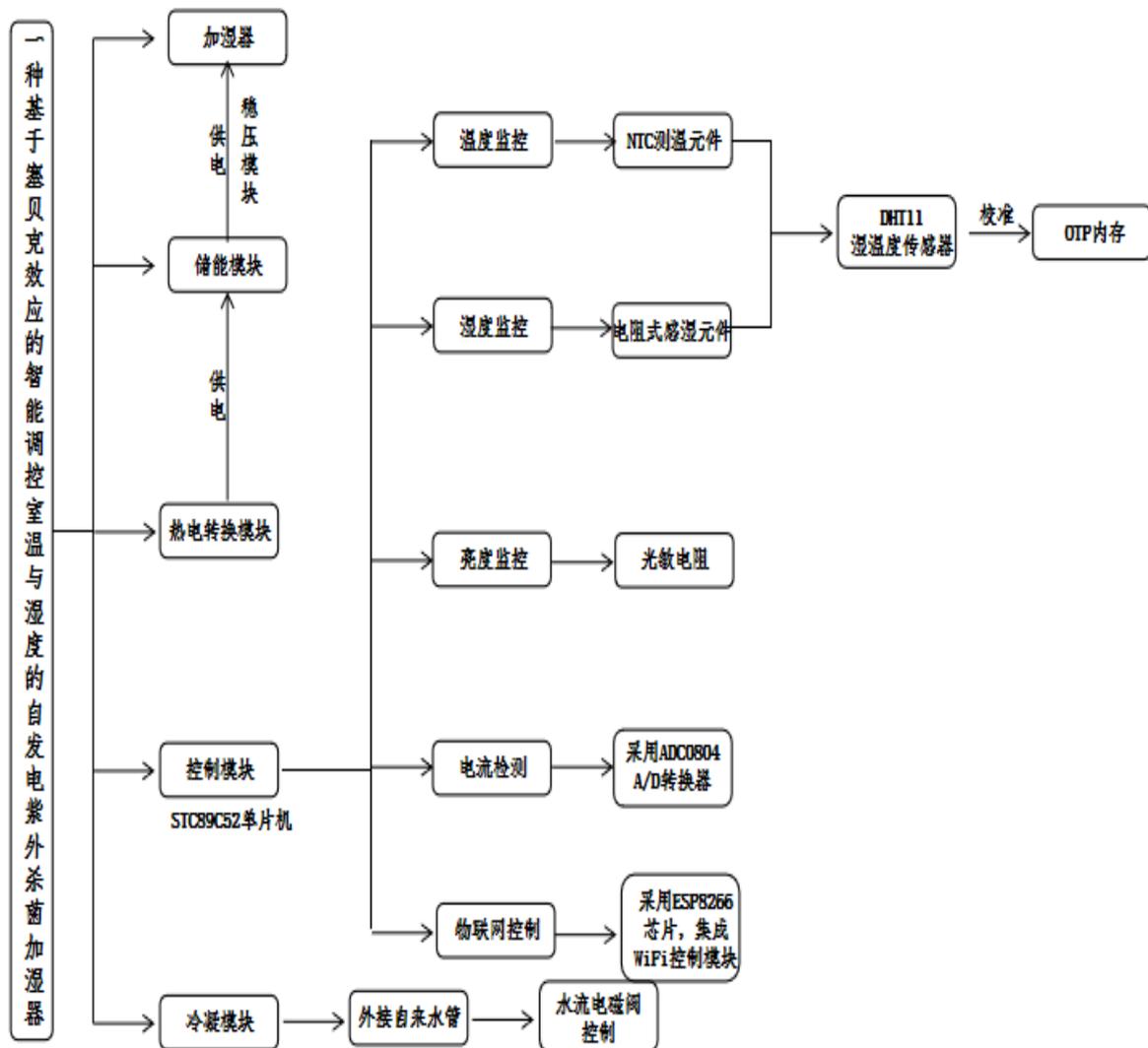


图 1 基于赛贝克效应的智能调控室温与湿度的自发电紫外杀菌加湿器结构框图

热电转换模块包括：SP1848-27145 温差发电片、磁铁、导热膏、绝热材料、铜制导热片。温差发电片的冷面与冷凝模块中的导热硅胶相连，温差发电片的热面通过铜制导热片与暖气表面固定连接。温差发电片的边缘由绝热材料和磁铁填充。磁铁起固定作用，使热电转换装置能够紧贴暖气片表面，绝热材料将冷端与热端隔开。基于赛贝克效应，利用暖气表面与冷凝装置的温差进行发电。热电转换模块可根据暖气数量灵活进行多片叠加，热电转换效将进行累积。冷凝装置外接自来水管形成冷凝水回流，冷凝模块和热电转换模块的贴合面采用导热硅胶衔接，同时采用水流电磁阀作为控制阀门，实现控制阀门的自动开启或关闭。控制部分设定温度阈值、亮度阈值与湿度阈值，实现光控、温控和湿控三重控制，利用暖气不稳定的多余的热量产生电能通过稳压电路来为加湿器供电，加湿器工作耗电后的净储能模块储能还能进行电能再利用。加湿器内部安装有紫外线杀菌灯，通过紫外线杀菌灯对加湿器内部进行定期卫生维护。同时作品集成物联网控制模块，实现在手机和电脑上同步控制终端，能够方便地实现对本装置和室内环境信息的远程监测。团队作品创造性的解决了传统加湿器存在的累积耗电量较大、无法精准加湿、容易滋生细菌以及暖气过剩热量浪费的问题，有利于改善北方室内的环境品质，实现节能减排的美好愿景。作为分布式发电领域的创新型应用，团队作品已申请国家发明专利和实用新型专利，发明专利申请号为 201910118338. X，实用新型专利申请号为 201920204217. 2。

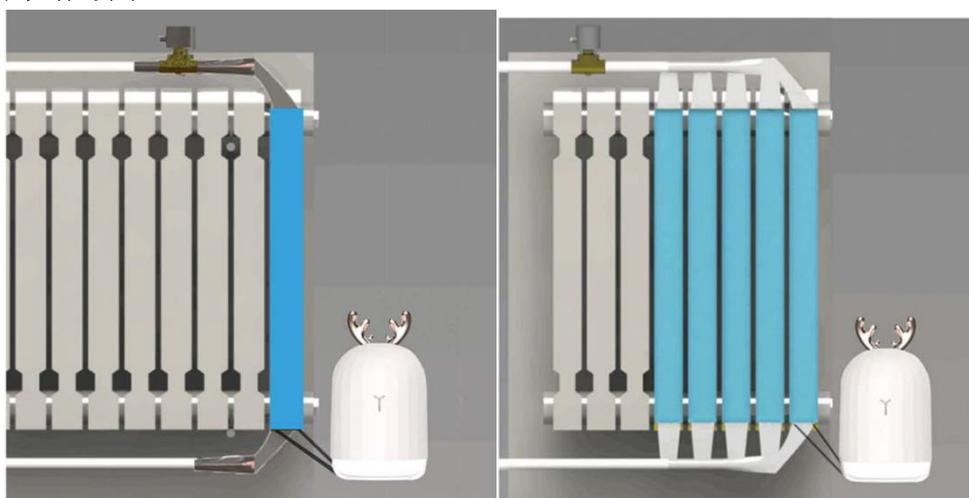


图 2 单片安装图图 3 多片叠加安装图

关键词：加湿器热电转换 温度湿度调控 紫外杀菌 物联网控制

联系人：杨汉 联系电话：17860626362 E-mail: 17860626362@163.com

## 1. 研制背景及意义

北方冬天的气候干燥，不但会使人体内水分大量流失，造成皮肤紧绷、口干舌燥、上火等，还会引起流感等呼吸道疾病，并且会对家具、地板、家电等器物造成危害。因此在室内添加一台加湿器是必要的。传统加湿器虽然功率不大，但是工作时间长，按照时间进行累积，每天耗电量较大；传统加湿器并无根据室内湿度智能调节加湿器工作状态的功能，当室内湿度超过合适值后此时并不需要加湿器进行工作，既浪费电能又使空气过于潮湿；并且传统加湿器使用较长时间后很容易在水箱内部滋生细菌，对使用者的健康产生危害。

另一方面，暖气与加湿器的使用季节重叠，目前北方室内暖气的供热温度并不稳定，冬天人体的适宜室温是 16 到 24 度，当室温高于适宜温度时，此时并不需要暖气继续供暖。并且夜间，在学生上完晚自习离开后的教室以及普通家庭中全员入睡之后的客厅中，在此段时

间也不需要供暖，暖气的热量完全被浪费掉。

基于改善北方室内环境品质，尽可能节约能源的想法，为解决传统加湿器存在的累积耗电量较大、无法精准加湿、容易滋生细菌以及暖气过剩热量浪费的问题，本团队设计出一款基于塞贝克效应的智能调控室温与湿度的自发电紫外杀菌加湿器，采用热电转换技术，设定温度阈值、亮度阈值与湿度阈值，实现光控、温控和湿控三重控制，自动区分白天与晚上，反馈当前室内环境的相关信息，利用暖气不稳定的多余热量来产生电能，在提供加湿器正常工作所需电能的同时，过剩的电能还可以储存起来进行再利用，实现对室内环境的精确加湿和对室温的智能调节。同时加湿器内部装有紫外线杀菌灯，使用紫外线杀菌灯进行定期卫生维护，可以有效减少加湿器内部水箱的细菌滋生，更加环保健康。

## 2. 赛贝克效应基本原理

1821年，德国科学家赛贝克首先发现赛贝克效应：当两个不同的导体两端相接组成一个闭合回路时，如果两个接头处于不同温度，闭合回路就会有电流流过，称为热电动势，相应的电动势称为热电动势，电动势方向取决于温度梯度的方向，此时闭合回路组成温差电偶。赛贝克效应是一种热能转化为电能的现象，实质是由于在不同温度两种金属的电子溢出功不同以及两种金属中电子浓度不同而产生电动势。

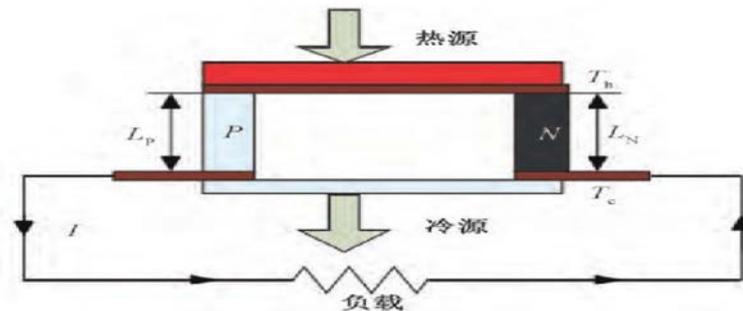


图 4 赛贝克效应原理图

热电材料是由众多 PN 结构成，在 PN 结冷热源的作用下，将电子从热源沿导线搬运到冷源而构成闭合回路形成电流。

## 3. 设计方案及工作原理

### 3.1 热电转换系统

热电转换系统由热电转换模块，冷凝模块，控制模块与储能模块构成，光控、温控、湿控电路和稳压模块共同构成控制部分。

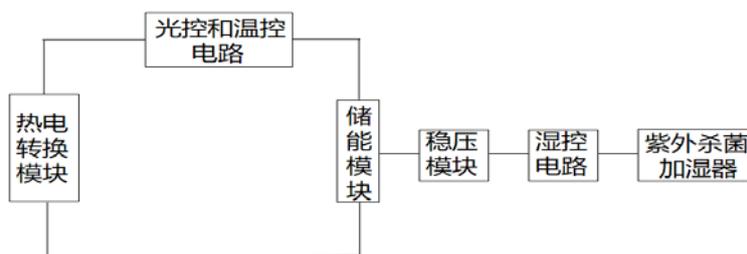


图 5 电路原理示意图

### 3.1.1 热电转换模块

热电转换模块包括：温差发电片，磁铁，导热膏，铜制导热片。温差发电片的冷面与冷凝模块相连，温差发电片的热面通过铜制导热片与暖气表面固定连接。导热铜片下端成 90 度弯曲状态，契合暖气片底端，能方便地对准暖气，快速安装。温差发电片的边缘由绝热材料和磁铁填充。磁铁起固定作用，使热电转换装置能够紧贴暖气片表面，绝热材料将冷端与热端隔开。基于赛贝克效应，利用暖气表面与冷凝装置的温差进行发电。

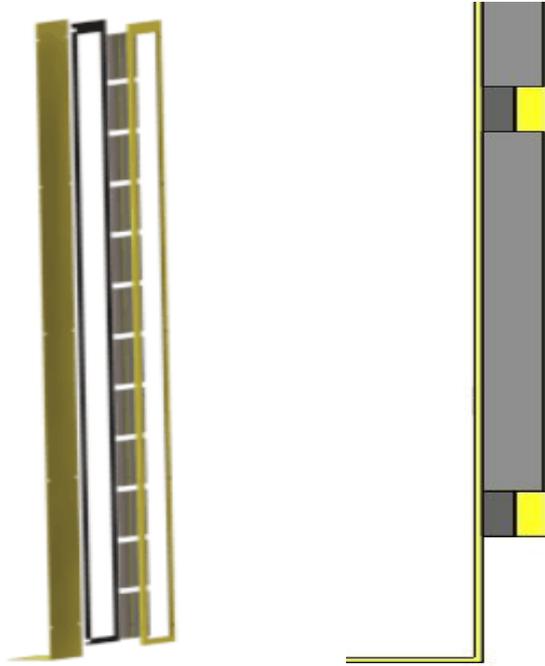


图 6 热电转换模块爆炸图图 7 热电转换模块侧视图

### 3.1.2 控制模块

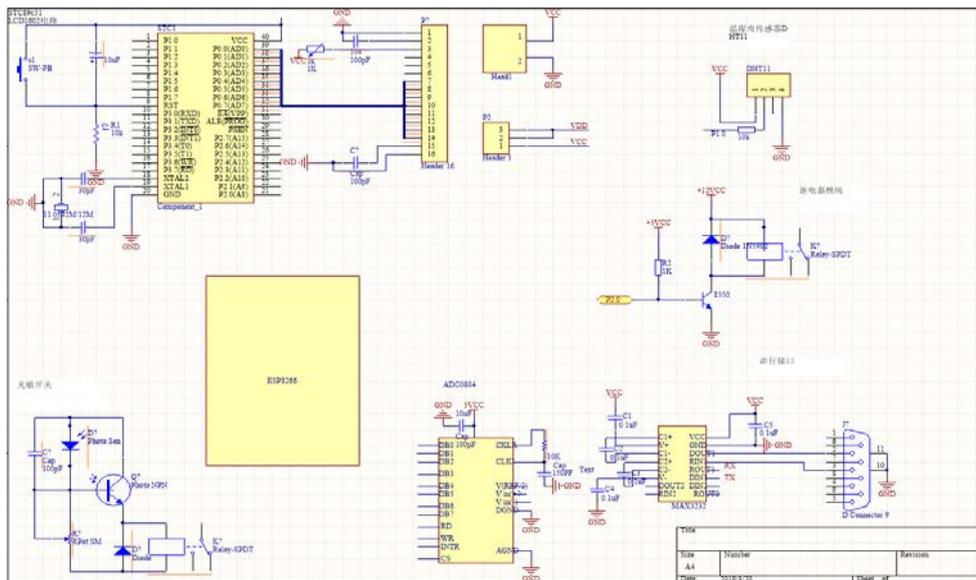


图 8 控制模块电路图

控制模块负责采集热电转换模块发出汇集后的电压以及室内的温度和湿度并进行显示，通过控制终端能随时控制系统的工作状态，通过设定温度阈值和亮度阈值，在当前亮度大于

亮度阈值的情况下（对应于白天或者晚上开着灯的教室和普通家庭，此时间段教室内有学生上课和自习，家庭室内有人员活动，此时间段应保证室内合适的供暖）：若当前温度大于温度阈值，冷凝模块水阀门打开，冷凝水进入系统进行循环，热电转换模块进行热电转换并将转化的电能存储至储能模块中；若当前温度小于或等于温度阈值，则冷凝模块阀门关闭，热电转换模块不工作。在当前亮度小于或等于亮度阈值的情况下（对应于晚自习熄灯后的教室和普通家庭晚上入睡后的客厅，此时可最大限度的将暖气热量转换为电能）：冷凝阀门打开，冷凝水不断进行循环，热电转换模块不间断地进行热电转换并将转化的电能存储至储能模块中。

此外，作品还设有湿度阈值，当室内湿度小于等于装置所设定的湿度阈值，储能模块通过稳压装置自动对加湿器供电，以供加湿器工作；当室内湿度大于装置所设定的湿度阈值时，湿控开关断开，加湿器不进行工作。



图 9 控制模块

采用 ESP8266 芯片作为物联网控制器，在芯片上集成了 WiFi 控制模块，实现在手机和电脑上同步控制终端，能够方便的实现对本装置的远程控制。



图 10 物联网控制器

控制模块选用 STC89C52 单片机作为微处理器，STC89C52RC 与 MCS-51 系列的单片机在指令系统和引脚上完全兼容，片内有 4k 字节在线可重复编程快擦写程序存储器，32 位双向输入输出线，两个十六位定时器/计数器，五个中断源，两级中断优先级，一个全双工的异步串行口。使用 ADC0804 实现电流的实时监测系统，利用光敏电阻对光亮度进行开关检测，采用 DHT11 温湿度传感器对周围的温度和湿度进行检测，并设置开关，传感器包括一个电阻式感湿元件和一个 NTC 测温元件，并与一个高性能 8 位单片机相连接。每个 DHT11 传感器都在极为精确的湿度校验室中进行校准。校准系数以程序的形式存在 OTP 内存中，传感器内部在检测信号的处理过程中要调用这些校准系数。稳压模块采用 LM7805CT 三端稳压集成电路，将储能模块提供的电能稳定在 5 伏左右，通过 USB 接口输出给加湿器。

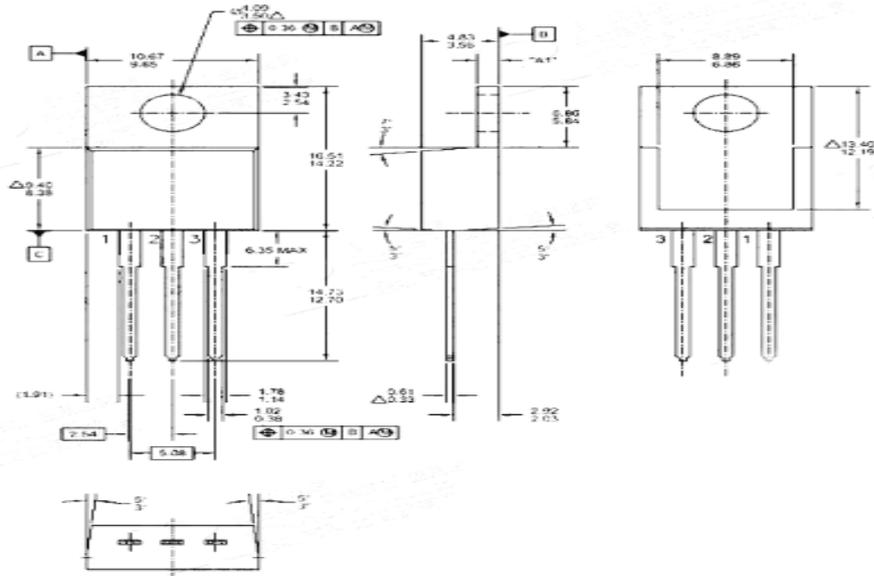


图 11 控制模块稳压电路示意图

### 3.1.3 冷凝模块

冷凝模块外接自来水进行冷凝循环，包括外壳，导热硅胶衔接面和水流电磁阀。冷凝模块外壳采用亚克力板制作，四周填充玻璃胶进行密封，防止冷凝水因为装置空隙而发生泄漏。在冷凝模块和热电转换模块的贴合面采用导热硅胶进行衔接，导热硅胶导热性能良好，能有效的促进冷凝模块的冷凝效果。冷凝模块阀门采用水流电磁阀，电磁阀里有密闭的腔，在不同位置开有通孔，每个孔连接不同的水管，腔中间是活塞，两面是两块电磁铁，哪面的磁铁线圈通电阀体就会被吸引到哪边，通过控制阀体的移动来开启或关闭不同的排水孔，而进水孔是常开的，液压水就会进入不同的排水管，然后通过水的压力来推动水缸的活塞，活塞又带动活塞杆，活塞杆带动机械装置。这样通过控制电磁铁的电流通断就控制了机械运动。图 9，图 10 为冷凝模块水流继电器控制阀门示意图：

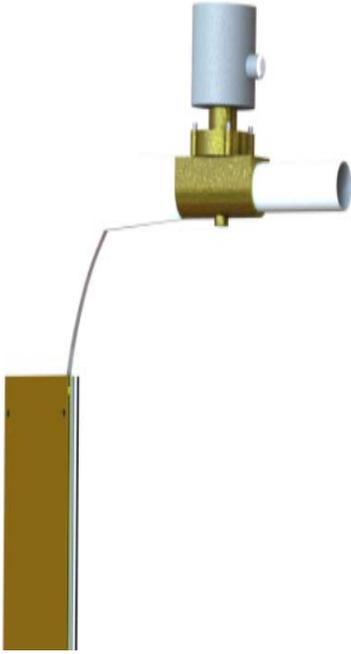


图 12 水流电磁阀图图 13 冷凝模块外壳和导热硅胶

### 3.1.4 储能模块

储能模块由储能装置构成，如蓄电池，负责储存热电转换模块发出的电能，在加湿器需要进行工作时释放电能，通过稳压电路为其提供稳定的工作电压。

### 3.2. 紫外杀菌加湿器

加湿器作为最终环节的输出设备，储能模块为其供电，控制部分对其智能化控制，确保加湿器的可持续运行与精准加湿。

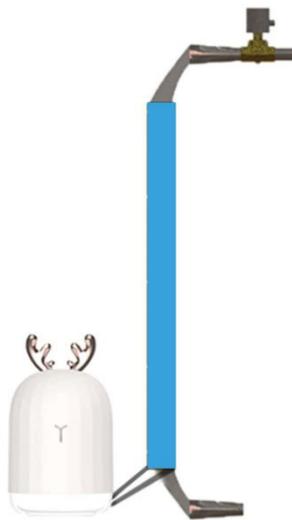


图 14 紫外线杀菌灯图 15 加湿器整体图

加湿器内部装有紫外线杀菌灯，其发出的紫外线波长为 256nm，在紫外线波段杀菌效果最好。使用紫外线杀菌灯进行定期卫生维护，可以有效减少加湿器内部的细菌滋生，更加环保健康。

#### 4. 理论计算与节能效应分析

温差发电系统回路可近似等效为一个电压源与一个内阻串联，并且与外部加湿器相连（此处用负载 R 代替），如图 11 所示：

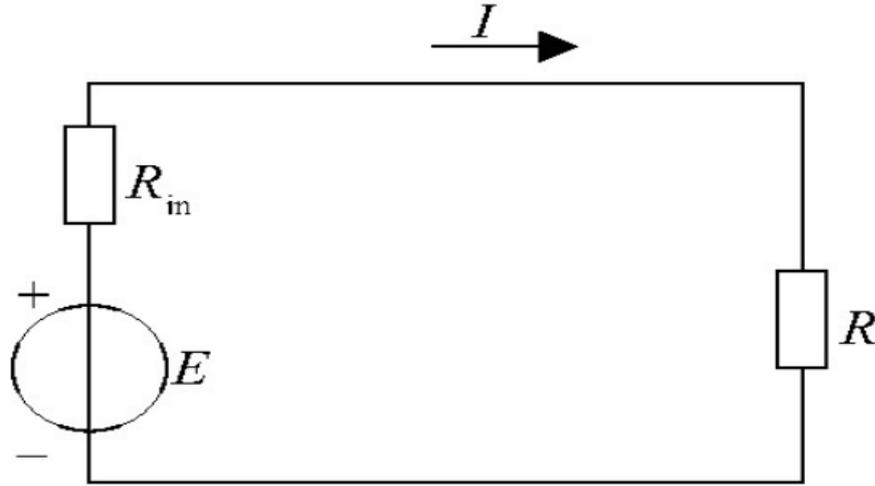


图 16 温差发电系统简易等效回路

假定温差发电器 PN 结两端的温度梯度为：

$$\Delta T = T_a - T_b$$

式中： $\Delta T$  为温度梯度； $T_a$  为热端温度； $T_b$  为冷端温度。那么温差电势则表示为：

$$U = \partial_m * \Delta T$$

式中： $\alpha_p$ 、 $\alpha_n$  为 P 型与 N 型半导体材料的塞贝克系数； $\partial_m = \alpha_p - \alpha_n$  为温差发电器的塞贝克系数。

则电功率为：

$$P = \frac{\partial_m^2 * \Delta T^2}{R_{in}} * \frac{\partial_m}{(1 + \partial_m)^2}$$

$$Z = \frac{\partial_m^2 \sigma}{\kappa}$$

$\Phi_{max}$  为最大发电效率：

$$\Phi_{max} = \frac{T_a - T_b}{T_a} * \frac{(1 + Z\bar{T})^{1/2} - 1}{(1 + Z\bar{T})^{1/2} + T_a / T_b}$$

式中： $\bar{T}$  为平均温度； $\sigma$  为材料的导电率； $\kappa$  为材料的热导率； $\partial_m^2 \sigma$  称为材料的功率因子；Z 为 Ioffe 提出的一个衡量热电器件热性能参数，单位是  $T^{-1}$ 。

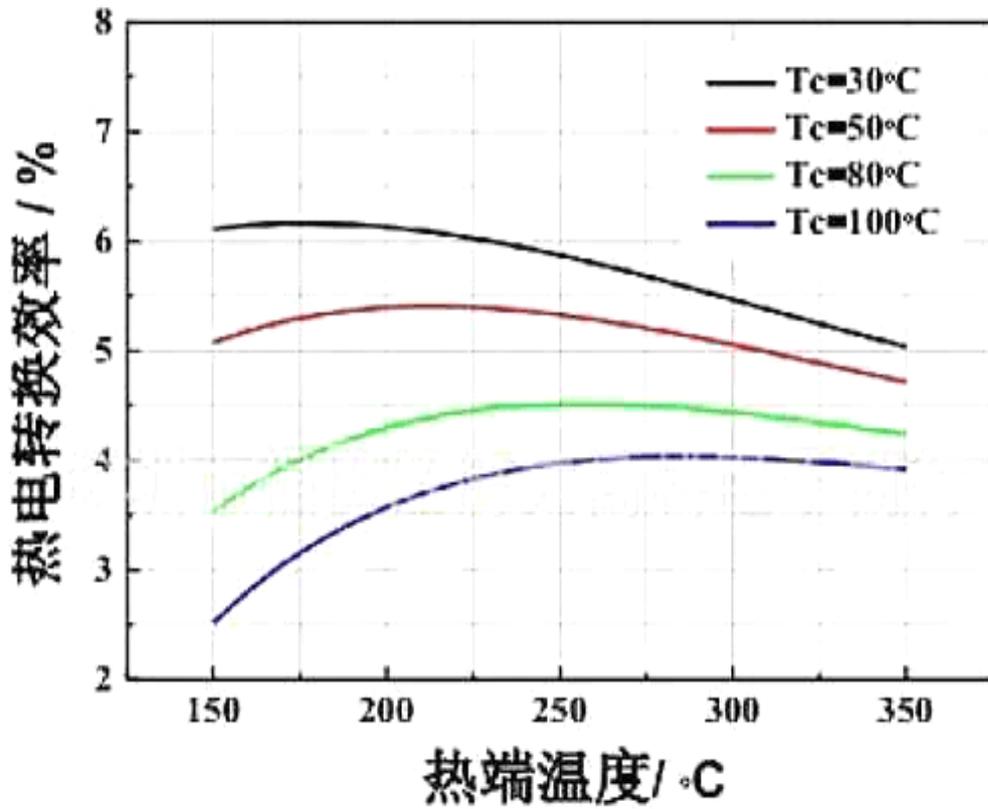


图 17 热电转换效率变化图

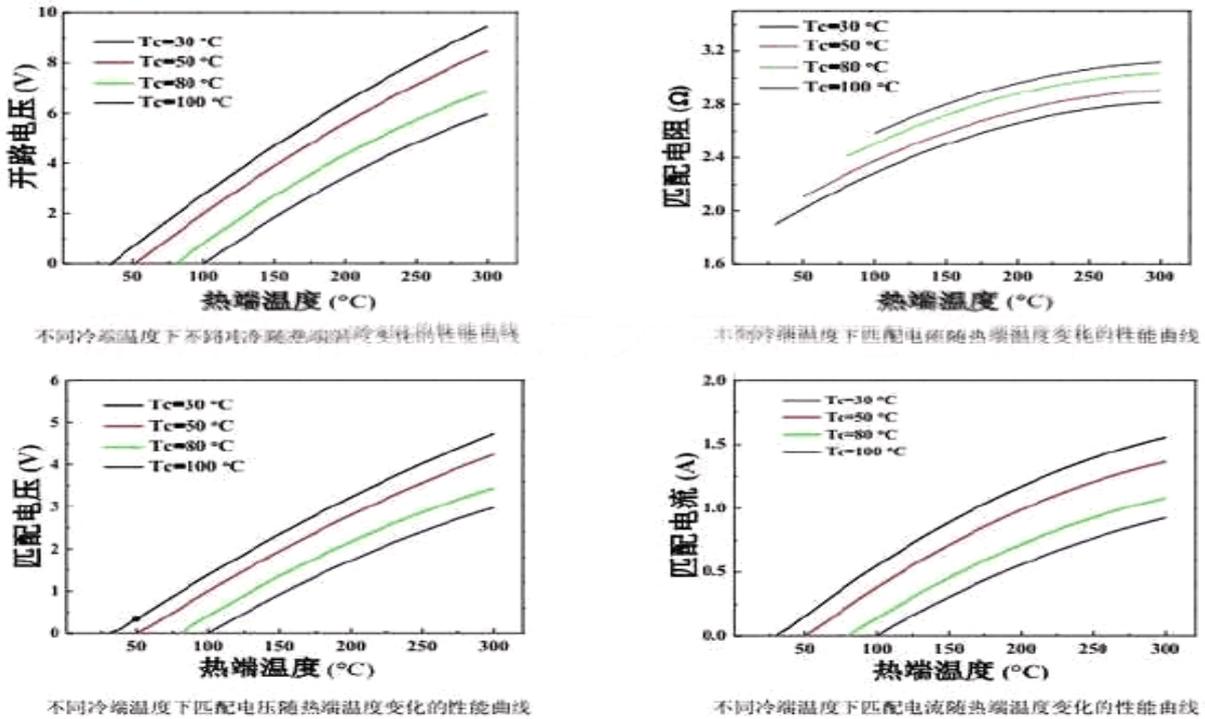


图 18 温差发电组件的性能曲线

对于北方学校来说，假设平均一间教室有 40 块暖气片；而对于普通家庭来说，一套家庭套间大约有 60 块暖气片，一片暖气片对应于一套装置，一套装置中安装有 13 块 SP1848-27145 温差发电片。在北方的冬天，晚上暖气片表面与冷凝模块表面温大约差达到 40 摄氏度，白天大约温差达到 25 摄氏度，发电片采用 SP848—7145 温差发电片，该发电片在温差 40 摄氏度状态下，开路电压大约 1.8V，热电流大约为 368mA，在白天温差达到 25 摄氏度的情况下，开路电压 1.125V，发电电流 250mA。假设温差发电片采用串联连接方式，节能效益计算如表 1 所示：

表 1 基于赛贝克效应的智能调控室温与湿度的自发电紫外杀菌加湿器节能效益分析

场所假设	暖气片片数		
普通教室/间	约 40 块		
家庭套间/户	约 60 块		
暖气片表面与冷凝模块表面的平均温差假设	夜晚	约 40℃	
	白天	约 25℃	
每套热电转换模块的发电功率	白天	普通教室/间	$13 \times 40 \times 1.125V \times 250mA = 146.25W$
		家庭套间/户	$13 \times 60 \times 1.125V \times 250mA = 219.38W$
	夜间	普通教室/间	$13 \times 40 \times 1.8V \times 368MA = 344.45W$
		家庭套间/户	$13 \times 60 \times 1.8V \times 368MA = 516.67W$
热电转换模块工作状态时间假设	白天	6: 00—22:00	
	夜间	22: 00—次日 6:00	
热电转换模块 24 小时总发电量	普通教室/间	$146.25W \times 16h + 344.45W \times 8h = 5.0956KW \cdot h$	
	家庭套间/户	$219.38W \times 16h + 516.67W \times 8h = 7.6434KW \cdot h$	
基于赛贝克效应的智能调控室温与湿度的自发电紫外杀菌加湿器为采用常见的 28W 加湿器，由于精确控制室内湿度，防止了因为室内湿度超过湿度阈值而加湿器仍然进行工作情况下所产生的电能损耗，假定加湿器平均每天工作约 8 小时便能满足使用者一天的湿度需求。			
加湿器消耗的电量/天		0.224KW·h	
采用精准加湿技术，加湿器自身工作节省能量/天		0.448KW·h	
除去为加湿器正常供电所消耗的电量，储能模块 24 小时净储电量	普通教室/间	$5.0956KW \cdot h - 0.224KW \cdot h = 4.8716KW \cdot h$	
	家庭套间/户	$7.6434KW \cdot h - 0.224KW \cdot h = 7.4194KW \cdot h$	
使用本加湿器，日均节约能量	普通教室/间	$0.448KW \cdot h + 4.8716KW \cdot h = 5.3196KW \cdot h$	
	家庭套间/户	$0.448KW \cdot h + 7.4194KW \cdot h = 7.8674KW \cdot h$	

## 5. 创新点分析

(1) 暖气与加湿器的使用季节重叠，本团队利用暖气多余热能进行热电转换为加湿器供电，创造性地实现加湿器自发电的功能，解决了传统加湿器累积耗电量较大、暖气过剩热能浪费的问题。

- (2) 热电转换模块根据具体暖气片数量情况进行多套叠加，进行热电转换效应累积。
- (3) 紧贴暖气片表面的导热薄铜板下端成 90 度弯曲，巧妙地扣住暖气片，提高了热电转换模块的安装稳定程度。
- (4) 加湿器内部安装有紫外线杀菌灯，使用紫外线杀菌灯进行定期卫生维护，可以有效减少加湿器内部水箱的细菌滋生，更加环保健康。
- (5) 由热电转换系统产生的电能可在维持加湿器正常工作的情况下，产生的净剩余电能还将储存在储能模块中以进行电能再利用，最大限度地利用能源。
- (6) 冷凝模块外接自来水进行冷凝循环，冷凝效果良好，同时采用水流电磁阀作为控制阀门，方便地实现控制阀门的自动开启或关闭。
- (7) 设定亮度阈值，通过亮度传感器判断亮度环境进而切换到不同的工作状态。
- (8) 设定温度阈值，依据温度传感器实时反馈的室温信息，实现对室温的智能调控。
- (9) 设定湿度阈值，通过湿度传感器实时监测湿度，实现对室内湿度的精确调节，防止了因为室内湿度超过湿度阈值而加湿器仍然进行工作情况下所产生的电能损耗。
- (10) 装置集成物联网控制模块，能在手机或电脑上便捷的同步控制终端，实现对装置和室内环境相关信息的远程监测。

## 6. 应用前景分析

作为分布式发电领域的创新型应用，团队作品已申请国家发明专利和实用新型专利，发明专利申请号为 201910118338. X，实用新型专利申请号为 201920204217. 2，下一步团队将在指导老师的指导下积极进行相关论文的投稿，进一步推动分布式发电领域的研究与应用，为相关研究者提供参考和借鉴。传统加湿器存在着累积耗电量较大、无法精准加湿、容易滋生细菌等缺点；暖气供热温度并不稳定并且在某些特定场合和时间不需要供暖，存在着过剩余热被浪费的问题，团队作品着眼解决生活中的问题，以期提高人们的生活品质，达到节能减排的美好愿景。并且在中国的北方地区家庭和学校，暖气和加湿器使用季节重叠，且普遍使用，为本作品的应用提供了广阔的市场，本设计作品具有较好的应用前景。

### 参考文献

- [1] 王军, 张超震, 董彦, 李艺琳, 赵琛. 温差发电模型的热电性能数值计算和分析[J]. 太阳能学报, 2019, 40(01): 44-50.
- [2] 王兵振, 张巍, 段云棋. 小型温差能发电装置发电特性分析与试验[J]. 太阳能学报, 2018, 39(12): 3302-3310.
- [3] 卿绍伟, 胡周, 苟小龙, 许昊煜. 一种新型高中温耦合温差发电系统[J]. 太阳能学报, 2018, 39(11): 3032-3038.
- [4] 王立舒, 党舒俊, 苏继恒, 侯瑞雯, 李莹, 刘爽. 热开关控制光伏/温差联合发电装置设计提高发电效率[J]. 农业工程学报, 2018, 34(14): 196-204.
- [5] 冯波, 李光强, 张城诚, 李亚伟, 贺铸, 樊希安. 温差发电用 BiCuSeO 基热电材料的研究进展[J]. 材料导报, 2017, 31(21): 24-31+45.
- [6] 王立舒, 梁秋艳, 李琳, 丁修增, 唐丽静. 聚光太阳能温差发电装置性能分析与试验[J]. 农业工程学报, 2015, 31(24): 64-71.
- [7] 蒋玮, 王晓东, 杨永标, 王金明, 徐清扬, 周赣. 电动汽车电池组智能管理及其无线传感器网络路由协议[J]. 电力系统自动化, 2015, 39(18): 62-68.
- [8] 姚武, 夏强, 左俊卿. 基于温差发电的混凝土模拟液中钢筋阴极保护[J]. 建筑材料学报, 2015, 18(01): 76-81.
- [9] 王长宏, 林涛, 曾志环. 半导体温差发电过程的模型分析与数值仿真[J]. 物理学报, 2014, 63(19): 311-316.
- [10] 徐立珍, 李彦, 杨知, 陈昌和. 汽车尾气温差发电的实验研究[J]. 清华大学学报(自然科学版), 2010, 50(02): 287-289+294.
- [11] 黄志勇, 吴知非, 周世新, 郑文波. 温差发电器及其在航天与核电领域的应用[J]. 原子能科学技术, 2004(S1): 42-47.
- [12] 王立舒, 丁修增, 冯兴荣, 杨俊杰, 马玉秋, 梁秋艳. 太阳能温差发电片底部阴影区的补偿设计与性能测试[J]. 农业工程学报, 2016, 32(15): 187-196.

- [13] 邓华;叶国军;陈琳. 半导体温差发电器的建模[J]. 通信电源技术. 2017(06).
- [14] 贾磊, 陈则韶, 刘晓光, 胡芑, 王泽深. 温差发电器件导热系数[J]. 太阳能学报, 2004(06):816-819.
- [15] 蔡永华, 肖金生, 翟鹏程, 张清杰. 低温热电器件的结构尺寸优化[J]. 太阳能学报, 2010, 31(08):1073-1078.
- [16] 陈伟, 梁燕, 胡长军, 翟建广. 新型温差发电装置的结构设计[J]. 热能动力工程, 2016, 31(03):125-128+146.
- [17] 韩迪, 潘志宏. 基于 **Android** 移动设备传感器的体感应用[J]. 华南理工大学学报(自然科学版), 2012, 40(09):75-80.
- [18] 陈波, 高秀娥, 隋广洲. 无线远程控制系统研究与实现[J]. 仪器仪表学报, 2006(S1):573-574.
- [19] 凌振宝, 王君, 张瑞鹏, 马心璐. 集成温度传感器原理及应用[J]. 传感器世界. 2002(09).
- [20] 李振国, 李志刚. 键盘显示智能控制芯片 **HD7279A** 的应用[J]. 自动化与仪表. 2002(04).
- [21] 叶丹, 齐国生, 洪强宁, 李小舟. 基于单片机的自适应温度控制系统[J]. 传感器技术. 2002(03).
- [22] ]邓健志, 程小辉, 李广君. 可见光控门禁的研制[J]. 光电子. 激光, 2014, 25(03):454-459.
- [23] 王庆祝, 陈攀峰, 马玉泉, 林红举, 崔丽娜, 刘海涛. 新型高精度温湿度检测箱及其测控系统研制[J]. 农业工程学报, 2011, 27(02):203-207.
- [24] 马克明, 陈亚军, 胡鑫, 黄开枝, 季新生. 面向物联网无线携能通信系统的机会安全传输方案[J]. 通信学报, 2019, 40(02):70-81.
- [25] 施亚虎, 石海龙, 崔莉. **EasiDARM**: 基于分布式的物联网设备自适应注册方法[J]. 计算机研究与发展, 2019(03):453-466.