

Explanation of the Principles, Related Applications, and Development of Thermoelectric Refrigeration Technology

Hongchun Hou¹ Shenglin Yang²

1. Shandong Ludan Installation Engineering Co., Ltd., Heze, Shandong, 274000, China

2. Heze Kao Pressure Vessel Co., Ltd., Heze, Shandong, 274000, China

Abstract

With the development of science and technology, thermoelectric refrigeration has gradually become the key to social development, and its research is related to the development of some advanced industries, it is necessary for relevant personnel to strengthen the research of thermoelectric refrigeration technology, to promote the development of science and technology. At the present stage, the thermoelectric refrigeration technology is a kind of solid state refrigeration technology that directly uses electric energy through the pearl paste effect, compared with the traditional technical means, this technology has the advantages of strong size applicability, good stability and high reliability, which has become the key to the development at the present stage. On this basis, this paper starts from the thermoelectric refrigeration technology, through its principle analysis to master its application and development, to realize the further promotion of the technology.

Keywords

thermoelectric refrigeration technology; principle; application strategy; development trend

热电制冷技术的原理及相关应用与发展阐述

侯红春¹ 杨圣琳²

1. 山东鲁丹安装工程有限公司, 中国·山东 菏泽 274000

2. 菏泽花王压力容器股份有限公司, 中国·山东 菏泽 274000

摘要

随着科学技术的发展, 现阶段热电制冷逐渐成为社会发展的关键, 而且其研究关系到一些先进行业的发展, 需要相关人员加强对热电制冷技术的研究, 推动科学技术的发展。现阶段的热电制冷技术是一种通过珀耳贴效应直接利用电能实现制冷的固态制冷技术, 相较传统的技术手段而言, 该技术具有尺寸适用性较强、稳定性良好且可靠性较高等优势, 成为现阶段发展的关键。在此基础上, 论文从热电制冷技术入手, 通过其原理分析对其应用和发展进行掌握, 实现该技术的进一步推进。

关键词

热电制冷技术; 原理; 应用策略; 发展趋势

1 引言

在现阶段社会的发展过程中, 科学技术的发展十分有必要, 热电制冷作为先进技术手段一种, 会对一些行业的发展产生很大的影响, 在此背景下, 针对其的研究也就十分必要。现阶段的热电制冷主要适用于微型制冷以及一些特殊需求的场合, 所以针对其的研究也就存在一些难点, 需要专业的技术人员结合需要场合对技术进行调整。所以为了更好地实现热电制冷技术的应用, 论文从热电制冷的发展简史和基本原理出发, 结合热电制冷技术的优势以及适用范围探究该技术的应用场合, 并且结合热电制冷技术的发展现状探究其

未来的发展方向。

2 热电制冷技术概述

热电制冷是以温差电现象为基础的制冷方法。电荷载体在导体中运动形成电流, 由于电荷载体在不同的材料中处于不同的能级, 当它从高能级向低能级运动时, 就会释放出多余的热量。反之, 就需要从外界吸收热量(即表现为制冷)。实际作业环节, 工作人员需要用两种不同的金属丝相互连接在一起, 形成一个闭合电路, 把两个连接点分别放在温度不同的两处, 就会在两个连接点之间产生一个电势差——接触电动势。然后通以直流电, 就会使其中一个连接点变热, 另一个连接点变冷, 实现制冷^[1]。相较传统的制冷技术来说, 该技术难以适用于大型的制冷场合, 但是对于一些微型的制冷场合来说, 该技术就具有很强的优势, 所以实际作业环节,

【作者简介】侯红春(1984-), 女, 中国山东菏泽人, 工程师, 从事制冷技术和设备的制造研究。

就需要相关人员加强对其的研究。

3 热电制冷技术的作业原理

如图 1 所示，现阶段常见的热电制冷技术原理主要是电子移动产生的热量，当直流电通过具有热电转换特性的导体组成的回路时，电子会随着温度梯度由高温区往低温区移动，移动过程中就会产生电流或电荷堆积，从而发热。另一个接头温度则会降低，这就是热电制冷的基本原理^[2]。现阶段常见的热电制冷主要使用半导体材料，半导体材料作为一种较好的热能转换材料，在其基础上出现的热电制冷效应主要有以下几种。

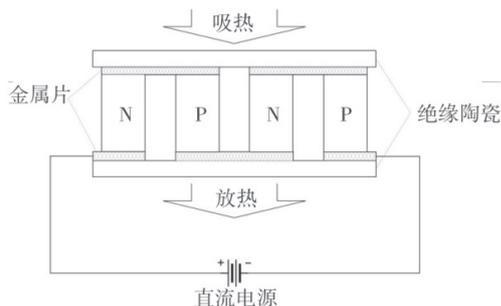


图 1 热电制冷原理

3.1 珀尔帖效应

当直流电通过不同的导电材料的回路时，其接触面上将产生吸热或放热现象称为珀尔帖效应。珀尔帖热和通过该导体的电流的关系是 $Q_p = \pi I$ 。其中， I 为常数， π 为珀尔帖系数，它取决于这对导体的材料。

3.2 塞贝克效应

自由电子的能量是随温度的升高而增加的，如果导体两端具有一定的温差，温度高的一端的电子将具有较高的能量和速度。同时由于这种电荷在导体内部一侧的不断积累，就形成了一个电势差，此时电子向能量与速度较低的一端移动。当二者平衡的时候，就形成了稳定的电势差。这就是赛尔克效应的主要表现。

3.3 珀尔帖效应

该效应的表现正好和塞贝克效应相反，当电流通过不同的导体构成的回路会吸收或放出一定的热量，当吸收的热量大于这个接头处所产生的热量时，则其整体为吸收热量，从而达到制冷的效果。所以实际的发展过程中，该技术也是制冷的关键原理，需要相关人员加强对其的研究，以保证相关作业的顺利开展^[3]。

3.4 汤姆逊效应

该效应是指当电流通过有温度梯度的导体时，导体中将发生或吸收一定的热量，这个热量即称之为汤姆逊热，由于汤姆逊的效应与另外两种效应相比是比较微弱的，所以在进行热电制冷作业时，该现象很容易被人忽视，一定程度上制约制冷作业的进行。

实际作业环节，热电制冷效应的原理十分复杂，经过对其的分析之后就能够得到以下结论。其一，制造成 PN 结构的材料电阻率以及导热系数必须要低，而且温差电动力势能要强，这样才能保证两端的温差，实现制冷；其二，经过制冷设备的电流也需要结合实际进行控制，要保证电源的波纹系数，以最大程度上发挥制冷器的功能^[4]。热电制冷材料差异如表 1 所示。

表 1 热电制冷材料差异

项目	半导体热电制冷	机械压缩式制冷
静音性	半导体热电器件在运行时不会产生噪音；采用轴流风扇散热器的热电系统会因为风扇的运转产生噪音。	压缩机运转时会产生空气动力噪音、机械噪音、电磁噪音等。
振动特性	半导体热电器件无机械转动部件，因此运行无振动，自身稳定、对周围环境无影响。	电机的运转会产生振动，结构稳定性不如半导体热电器件，对周围环境亦会产生振动影响。
便携性	体积小、重量轻，便于携带、移动。	体积大、重量大，难以携带和移动。
环境适应性	无机械转动部件、无磨损、工作温度区间大、结构紧凑、布局灵活，适用于多种复杂环境下工作，甚至在失重、超重条件下亦可以工作。工作状态无放置角度要求，不怕倾斜、振动、颠倒。	零部件较多，对安装条件、维护条件、使用环境有更高的要求。倾斜、颠倒、振动都会对其工作稳定性造成影响。
环保性	不使用制冷剂，消除了制冷剂泄漏、回收处理时可能造成的危害或污染。	传统制冷剂氟利昂的泄漏会破坏大气臭氧层。新的无氟替代制冷剂，基本上可以克服破坏大气臭氧层的缺陷。
性价比	输出小冷量（一般指 10 瓦级）时，性价比高。	输出大冷量（一般指 100 瓦以上）时，性价比高。

4 热电制冷技术的应用

要想深入理解热电制冷技术，相关人员就需要对其应用进行分析，将其带入各个行业中对其具体策略进行分析，以保证相关作业的发展。

4.1 应用在小形制冷装置中

对于一些特殊的电子设备来说，其需要在恒温或者是低温状态下才能够保证作业的精准度，这也就成为热电制冷技术发挥功能的场合。热电制冷能够在狭小的空间中发挥制冷功能，并且经由不同的效应实现温度的平衡，避免出现幅度较大的温度变化。现阶段该技术制成的恒温槽可以将温度稳定在 $\pm 0.5^\circ\text{C} \sim 0.005^\circ\text{C}$ ，很大程度上实现温度的恒定，被广泛应用在需要小型制冷设备的场合中。

4.2 应用在电子元件的散热中

现阶段电子设备已经十分广泛地应用在各个环节，对生活产生很大的影响，然而电子元件需要利用电能才能够进行作业，而且作业环节会产生一定的热量，很大程度上影响元件功能的发挥。将热电制冷技术应用到该技术中，就能够在元件中承担低温稳定的功能，并且实现电子元件的散热和降温，一定程度上增强设备的功能。

4.3 应用在降噪环节

热电制冷还能够实现设备的降噪，现阶段的诸多电子设备灵敏度和噪音相关，而噪音的产生则与温度息息相关。在此基础上，相关人员为了降低噪声对设备产生的影响，就可以将热电制冷器运用到该环节，通过降温实现降噪，在规避噪音危害的同时增强设备的灵敏度。

4.4 应用在液体低温试验以及特性测试中

现阶段社会的发展过程中,社会对于各种液体的需求也不断提升,为了保证液体功能的正常发挥,针对液体的试验以及测试也就十分必要。热电制冷技术下的液体低温试验和特性测试仪就能够承担这一任务,典型产品是石油产品凝固点测定仪,这种设备采用热电制冷技术降低了设备的体型,作业环节具有冷却快、操作方便、温度容易调整等,也就能够快速地对石油的性能检测,非常方便。

4.5 应用在生物以及医学中

生物学以及医学作为关系到民生的重要领域,其发展一直是政府的关注重点,其在发展过程中需要对某些生物进行切片观察,而为了保证切片的状态以及观察的精准性,往往需要保证观察对象的温度。这就需要借助相关技术对切片进行降温处理。热电制冷技术作为专业的制冷技术能够实现温度可控的显微镜平台,将观察对象的温度范围控制在 $-25^{\circ}\text{C}\sim+60^{\circ}\text{C}$,方便相关人员的研究。而在医疗方面,热电制冷技术下的病理半导体冷冻机已得到广泛的应用,该设备能够在十几分钟内得到病人的病理报告,很大程度上提升诊断的周期,为外科医生及时确定手术方案提供了可靠的依据^[5]。而且该技术还能够制作成冷热一体的储存箱,分别在热端和冷端进行不同作业的运用,保证相关作业的开展。

4.6 应用在空调制冷中

这里指的空调并非家用的空调,经由热电制冷研制而成的空调设备在性能以及价格方面都和普通的空调存在很大的差距,而且其造价也十分惊人,不适合运用在民用领域。但是在一些特殊领域如星级宾馆用的小冰箱、飞船机舱、军用通讯以及地下工程中,热电制冷技术下的便携式空调就能凭借抗震、无泄漏、无噪声、易维修以及良好可靠性等优势,成为该领域的重要设备。

5 热电制冷技术的发展

现阶段社会的发展过程中,热电制冷技术的发展十分迅速,就需要相关人员结合实际对其未来的发展方向进行研究,以实现该技术的推进。一方面,现阶段的热电整机应用市场需求不断涌现是其主要特点之一,随着生产力水平的提升以及城市化进程的加快,人们对于生活的需求也不断提升,个性化以及定制化的服务就不断出现,由此推动热电制

冷技术的发展。例如,在人们追求啤酒背景下出现的啤酒机,满足了人们对高品质生啤和在家庭、聚会、小型酒吧等场景下的饮用需求。该设备下生产出的啤酒不经过巴氏灭菌法处理,从而保存了一部分营养丰富的酵母菌,所以口味比普通瓶装“熟啤”更为鲜美。再比如出于睡眠质量需求出现的恒温床垫,恒温床垫可以按照需要实现冷却或者是加热,就实现了睡眠温度的智能调节。另一方面,人们生活水平的提高将带动国内热电整机应用市场需求持续增长也是热电制冷技术的发展趋势之一^[6]。随着居民可支配收入的提升,人们的生活习惯也逐渐转变。在此背景下,以半导体热电制冷技术为核心的热电整机应用产品凭借无振动、无噪声、控温精准、冷量调节方便、可靠性高、结构紧凑、绿色环保的特点在家居生活中被越来越多的消费者所青睐。

6 结语

现阶段科学技术的发展过程中,热电制冷作为制冷技术的一种,能够同时实现解热和制冷作业,是制冷领域的技术手段之一。但是实际作业环节,该技术的制冷效果却和传统的制冷方式存在差异,要想科学地对其进行应用,就要求专业的技术人员结合其原理以及优势,分析出热电制冷的应用渠道。

参考文献

- [1] 章文杰,张佳俊,田秀丰,等.半透明晶体硅光伏热电制冷辐射窗的性能分析[J].太阳能学报,2022,43(9):45-51.
- [2] 周继承,王流火,林涛,等.基于热电制冷技术的预制舱变电站防潮方案设计与试验[J].广东电力,2022,35(8):122-129.
- [3] 黄红梅,李振兴,李珂,等.热电磁复合制冷系统研究[C]//第十四届中国包头·稀土产业论坛摘要集,2022:172.
- [4] 李龙舟,徐文杰,刘承姍,等.热电磁能量转换全固态制冷材料与器件研究[C]//第十四届中国包头·稀土产业论坛摘要集,2022:182.
- [5] 赵紫云.面向复杂环境的激光器系统光机热耦合分析技术研究[D].北京:中国科学院大学(中国科学院长春光学精密机械与物理研究所),2022.
- [6] 赵文俞,桑夏哈,魏平,等.热电制冷向热电磁制冷变革的关键材料研究进展[C]//中国稀土学会2020学术年会暨江西(赣州)稀土资源绿色开发与高效利用大会摘要集,2020:136.