温差发电技术的应用

1.空间探索方面

航天器常用的供能方式是太阳能供电，但这种方式往往只适用于工作在有一定的太阳辐射量的空间中的航天器，在太阳能电板接收不到太阳辐射而无法发挥作用时，同位素温差发电器（RTG，Radioisotope Thermoelectric generator）便成为首选的最佳替代动力源。同位素温差发电器利用放射性同位素衰变时产生的热量经塞贝克效应转变成电能，具有性能可靠、热源稳定、寿命长和能量密度高（100kWh/kg）等优点。在放射性同位素温差发电器研究应用方面，美国处于领先地位。2003年6月10日和7月7日分别发射的两个火星探测器（“勇气”和“机遇”号），2006年2月18日发射的用于探索冥王星的“新视野”号（New Horizons）行星探测器，均采用放射性元素钚衰变经温差发电器为探测器提供电力，其中“勇气”号和“机遇”号上各装配8台Pu放射性温差发电器，每台发电器能提供1W的电力，以确保两探测器上的电子仪器和运行系统能安全度过火星夜晚（-105℃），使其能维持在-55℃以上的工作温度。“新视野”号上的温差发电器能提供30V，240W的电力。

在我国已经通过论证的探月二期工程中，将采用同位素温差发电器提供动力，提供常值负载和CPU用电，而余下的热量还可以给航天器系统中科学仪器及平台保温，使其能在月夜极端低温环境（-170℃）中正常工作。

目前应用比较成熟的空间同位素电池热电转换效率较低，提高热电转换效率是空间放射性同位素温差发电器一直追求的目标。为了提高同位素温差发电器热电转换效率，美国能源部还提出了先进同位素发电体系（ARPS）的开发计划，其中包括碱金属热电转换器（AMTEC）和热-光生伏打转换器（TPV）。碱金属热电转换器利用液态金属离子将红外辐射转换为电能，热光生伏打转换器则使用镓-锑红外光电电池直接将同位素辐射热能转换成电能，利用这两种工艺制成的温差发电器比常用的同位素温差发电器（RTG）转换效率高2~3倍。

2.汽车尾气余热回收

汽车发动机排气所带走的热量占所消耗的燃料产生热量的40%，残余废气的温度约在800℃左右，可以利用温差发电技术回收尾气余热进行发电。研究表明，轻型车废气温度达到700℃（937K），废气流速达到20g/s，中型车废气温度达到512℃（785K），废气流速达到30g/s时，利用温差发电能达到5~6kW的电能。美国在Mack柴油机上装配了温差发电器的汽车，排气管中安装72个温差转换模块，汽车行驶中能提供2~4kW的电功率。

3.海洋温差能的利用

海洋温差发电，从南纬20度到北纬20度，海洋水表层温度常年保持在25~29℃之间，而海洋深处500~1000m处的海水温度则保持在4~7℃，与海水表层之间存在着15~20K左右的有效温度，成为可以利用的能源资源，据估算，理论上全世界海洋温差能储量为100亿kW。海洋温差发电有多种技术，利用塞贝克热电器件发电是其中之一。日本在利用海洋温差发电方面一直处于领先地位，日本开发的海洋温差发电器，共由500组热电转换器件构成。

海洋温差发电是一种可再生的清洁能源，虽然目前的能量转换效率非常低（大约仅相等于一般火力发电的1/20）投资费用也很高，但是建成后极低的成产成本，对于电力价格本来就比内陆高的热带海岛地区，海洋温差发电的价格已经具有竞争力。资料报道，印度公共电力部门从已经建成的海洋温差电站购买电力的价格仅为6.5美分/kWh。

对海洋温差发电及其相关技术展开研究，是一项考虑长远可持续能源需求的高技术投资项目，虽然不能指望它很快见到实效，但是它在未来能源资源的多样化、可持续化中的作用，以及它的环境效益和长远经济效益都将难以估量。

海洋温差发电是一种可再生的清洁能源，虽然目前的能量转换效率非常低（大约仅相等于一般火力发电的1/20）投资费用也很高，但是建成后极低的成产成本，对于电力价格本来就比内陆高的热带海岛地区，海洋温差发电的价格已经具有竞争力。资料报道，印度公共电力部门从已经建成的海洋温差电站购买电力的价格仅为6.5美分/kWh。

对海洋温差发电及其相关技术展开研究，是一项考虑长远可持续能源需求的高技术投资项目，虽然不能指望它很快见到实效，但是它在未来能源资源的多样化、可持续化中的作用，以及它的环境效益和长远经济效益都将难以估量。

4.边远地区供电

对于边远地区，高原地区，远离陆地的岛屿等发电和输送电困难的地区，如极地、森林、沙漠等无人地区的微波中继站、远地自动无线电接收装置、自动天气预报站、无人航标灯、油管的阴极保护等温差发电技术可发挥重要的作用。如美国Global Thermoel-ectric Inc生产的用于管道监控、数据采集、通讯和腐蚀防护的温差发电设备，输出功率可达6kW。部队、铁路、石油等部门在野外作业时常受电力短缺的困扰，有文献对利用温差发电回收野营燃油暖风机排烟余热的可行性进行了研究，排烟管内与管外环境温度温差达到250K，在40kW的高原暖风机排烟管外壁均匀布置147块Hi-Z科技公司的HZ-14温差发电模块，可以产生24.5V电压，2kW的电能。

5.火力发电厂效率的提高

现在的火力发电厂热效率一般为30%~40%，用传统的热机做功发电方式很难使发电效率进一步提高，如果利用锅炉炉膛的特殊结构在发电系统中加入温差发电器，就可以找出提高系统发电效率的途径。锅炉炉膛内部有热源产生高温，一般超过1000℃，与低温端-炉膛水冷壁存在一定温差，这为在电站锅炉炉膛内应用温差发电器提供了温差条件。目前应用于电站锅炉炉膛内的碱金属热电转换器（AMTEC），要求低温端为100~300℃，高温端为700~1000℃，效率可达30%~40%，提高系统发电效率5%~7%。

目前应用于火力发电厂的温差发电方式主要存在以下不足：首先是较低的电压与电流，热电转换器件产生的是低电压直流电，因此电压需要经过转换；其次是热电器件相对于较高的电压电流的适应性需要考虑；再次是热阻影响，加入热电器件后必然加大炉膛传热热阻，热阻的大小直接影响炉膛受热面积的大小，使用时需要对其具体结构形式进行优化。

6.垃圾焚烧热发电

小型垃圾焚烧炉一般间歇发电，采用温差发电方式发电，将发电装置设在熔融炉排烟部分的炉壁上，直接把燃烧热能转换成电能，可以省去了余热锅炉汽轮发电机以及蒸汽循环所需的附属设备。日本建立的500W级垃圾燃烧余热发电示范系统，取得了良好的实际效果，最大输出功率为1173.5W。

7.工业余热回收

工业生产过程中产生的余热数量相当可观，如气轮机，内燃机等热机燃料所产生的能量50%左右通过排烟扩散到了大气中，钢铁、水泥以及纺织工业等在生产过程中也有大量余热没有充分利用，研究表明采用温差发电技术可以有效利用余热中10%~20%的能量。对内燃机电站废气进行温差发电的研究表明，对于一个10MW的机组，如果排气温度为370℃，烟气流量6万m3/h，采用温差发电扣除掉维持系统自身远行的冷却水泵消耗功率后可以得到160kW的功率，转换效率为3.88%。

8.商业产品应用

商品化的新型手表，它利用人体所提供的热量作为电源，利用热电微器件发电系统将热能转换为电能，当手表被戴在人的手腕上经过一段时间稳定后，安装在手表内部的微型发电元件的冷端面温度为29℃，热端温度为30℃，在手表的接触面积上，人体能提供的热量大约为50mW，经转换能得到25mW的电能。该新型手表的微型电源整体尺寸为2mm×2mm×1.3mm，每根P型（N型）热电微柱的尺寸为80μm×80μm×600μm。

美国卡尔帝夫大学（Cardiff University）的Rowe教授演示了一种利用人沐浴后浴缸剩余的废热进行发电的技术，发电量可以使一台彩色电视机连续工作1h。

微型的半导体温差发电装置还可以应用中生物医学中作为心脏起搏器的电源。美国加州的热力生命能量公司研制成功的微型系统可以利用5K的温差发电100μW，美国北卡三角州国际研究院采用纳米材料制的1cm3大小半导体温差发电装置，利用0.9K温差可以输出功率144μW，考虑到能量损失最终输出电量也达到了67μW，足以维持心脏起搏器正常工作。