上海硅酸盐所在高效热电材料和器件研究方面取得系列进展

中国作为世界上最大能源消费国，深受资源短缺和资源利用效率低等问题的困扰，迫切需要新的能源技术来缓解化石燃料过度消耗及其造成的环境破坏、气候恶化等一系列问题。以汽车、钢铁、石化等支柱型产业为代表的传统制造业消耗大量化石能源同时排放大量的工业余废热。目前我国的总体能源利用效率为33%左右，比发达国家低约10个百分点，其中50%的工业耗能以各种形式的余热被直接废弃。因此，发展工业余废热的高效利用技术，对节能减排、保护环境、进一步提升我国制造业在国际市场上的竞争力和地位具有重要意义。

热电转换技术是一种环境友好型的能量转换技术，可利用热电材料将热能与电能直接进行相互转换，具有系统体积小、可靠性高、能够有效利用低密度能量等特点，特别适合于低品位废热的回收利用。美国、德国、日本等发达国家在近年来持续进行热电转换技术的研发和推广应用。在科技部、国家自然科学基金等国家和地方科技计划的资助下，我国的热电材料与器件研究在过去十余年也取得了快速发展，有力推动了热电转换技术的工业应用。

近5年来，中国科学院上海硅酸盐研究所热电材料与器件课题组在高效热电材料和器件研究方面取得系列进展，获得了一系列具有自主知识产权的研究成果，为热电转换技术的应用奠定了扎实的基础。

在热电材料研究方面，提出利用离子导体两套天然亚晶格点阵调控热电输运的研究思想，发现液态亚点阵的“横波阻尼效应”可使材料定容热容低于杜隆-珀替值，提出并发现系列“声子液体”新概念热电材料，其热电优值ZT达1.5-2.1；发现特殊笼状结构材料中多种填充原子共存可显著降低晶格热导率的宽频声子散射效应，热电优值ZT提高至1.7；发展利用高通量理论计算结合实验研究快速发现和设计高性能热电材料的研究方法，提出赝立方结构设计思想快速筛选非立方结构高性能热电材料，并成功应用于Zintl相和类金刚石结构热电材料的筛选和优化。

在热电器件研究方面，
成功开发出两类热电发电模块。一是针对200°C-300°C低温热源的Bi_2Te_3基热电发电模块，能量转换效率达6%、发电功率密度达0.35W/cm^2。二是针对500°C-600°C中温热源的$CoSb_3$基方钴矿热电发电模块，能量转换效率达8.2%、发电功率密度约1.1 W/cm^2。基于该Bi_2Te_3和方钴矿的热电发电模块，自主设计开发了双级热电发电器件，转换效率达10.4%。此外，还研制中高温半赫斯勒合金（600°C -700°C）和SiGe合金（700°C -1000°C）热电发电器件，转换效率分别达6.2%和7%。上海硅酸盐所在2016年国际热电大会上成功展示了这些高效热电器件，吸引了国内外多家公司的关注，目前正进行市场应用的洽谈和推广。

上述相关研究结果发表于Nature Materials (2012)、Journal of the American Chemical Society（2011）、Advanced Materials（2013、2014、2015）等期刊；并受邀请在Nature Materials（2016）期刊介绍热电材料与器件在中国的快速发展和重要进展、在International Materials Reviews 期刊综述近10余年来热电材料研究领域的重大发展、在Energy Storage Materials 期刊综述Cu基热电材料的研究进展、在Advanced Engineering Materials 期刊综述热电发电器件的重要研究进展。

研究工作得到了国家基础研究“973”项目、国家自然科学基金、上海市科委、中科院等的资助和支持。

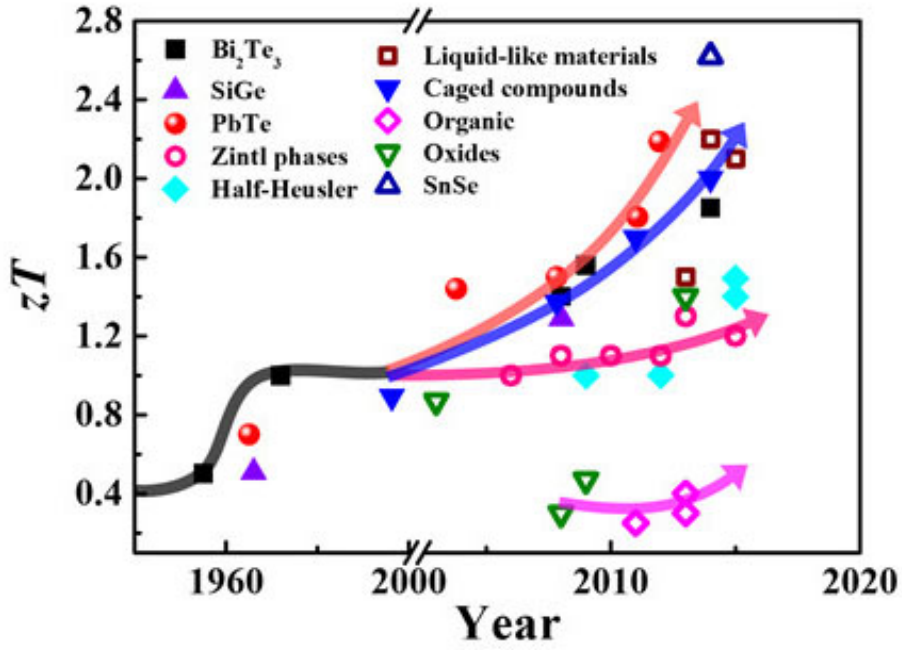

图1. 热电材料性能优值（zT）随年代的发展。

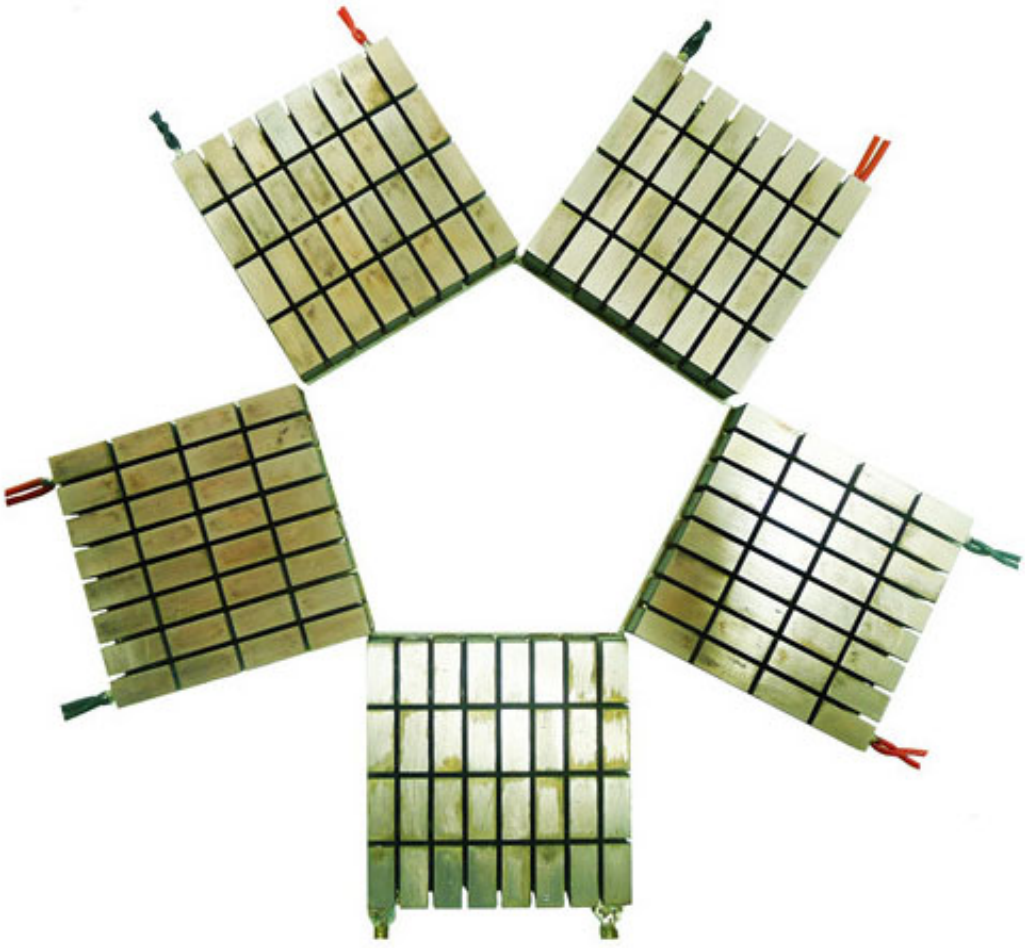

图2. 方钴矿基笼状化合物热电发电器件。

原文地址：http://www.china-nengyuan.com/tech/96607.html