

**推荐奖项：**高等学校科学技术进步奖

**项目名称：**新型太阳能热电集约化系统研发与应用

**推荐单位：**南京工业大学

**项目简介：**

石油化工高效太阳能集约化热利用，在节能降耗及绿色环保方面具有重要的意义。我国的原油凝固点普遍较高,粘度大,常温下流动性差,因此从油井出油后的输运过程中必须进行加热与保温。在油田的采油、集输等过程中至少有 20%左右的能耗用于原油加热与处理中，如果利用太阳能将大大降低能源损耗、减少环境污染。然而，太阳能是稀薄的能源，它在地球表面分布广，但能源密度极低，并且太阳辐射热量有季节、昼夜的规律变化，同时还受阴晴云雨等随机因素的影响，故太阳辐射热量具有很大的不稳定性。要在加热原油中更好地利用太阳能，必须解决太阳能的间隙性和不可靠性问题。

项目组在国家、江苏省等科技项目支持下，克服太阳能热利用中太阳能资源的分散、太阳能集热器集热效率不高等难题，研发了高效太阳能工业集约化热利用的系列关键技术。

本项目的特点在于理论研究成果、技术与产品研发工程应用推广紧密结合，创新之处在于：

**(1) 技术的先进性与实用性：**建立了有限场地面积下高效集热集电系统，将覆盖有新型选择性反射外表面层的太阳能集电板通过循环水管与集热水箱相连接，进而连接恒温水箱和空气源热泵；设计了二次交换式昼夜换热系统和带有高精度压电陶瓷温度传感器的温差循环泵，从而克服传统太阳能集热系统效率低的难题；研发了一种用于重油的太阳能昼夜伴热系统，包括太阳能集热阵列、循环水箱、除氧设备、锅炉和伴热管线，在有效降低生产能源消耗的同时满足了重油昼夜伴热的需求；研发了一种太阳能锅炉软水预热系统，包括太阳能集热器、储热水箱、供水泵、温控器、软水水箱、除氧设备和锅炉，利用太阳能提高了软水的初始温度；研发了一款新型金属网基波纹管式相变蓄热装置，蓄热箱体分为多层，由壳体、波纹管、流体分配管和流体收集管组成，每一层的波纹管通过流体分配管和流体收集管相连通，层与层之间波纹管形成紧密错排安置在蓄热箱体

内，同一层中相邻两排波纹管的波节与波谷对应形成紧密错排，且相邻两排波纹管之间缠绕金属丝形成网状结构以强化传热，蓄热箱体中的空余处充填蓄热相变材料；最后，研发了一种用于太阳能集热器的新型吸收涂层，即新型光致发光型铁电陶瓷/碳化钛金属陶瓷复合涂层，通过激光熔覆技术在集热器上制备新型吸收涂层，极大地提高了聚光型高效太阳能集热系统的使用温度和集热效率，从而进一步提高太阳能集热系统的热效率。

**(2) 理论成果的系统性与先进性：**与国内外同类研究相比，成果整体达到国际先进水平，具有先进性。成果已发表 8 篇相关学术论文，被 SCI、EI 收录 7 篇次，授权发明专利 2 项，实用新型专利 3 项。

**(3) 成果应用的实效性：**2015 年至 2017 年，成果整体已在江苏贝德莱特太阳能科技有限公司获得应用。近 3 年来，以销售合同为计算依据，已累计实现销售金额 21255 万元，实现税收 3613.20 万元，企业利润 2763.15 万元。此外，还累计创收外汇 1956.81 万美元，节支总额 1487.85 万元，取得了显著的社会和经济效益。

### **推广应用情况：**

项目成果成功应用于原油管道伴热输送、运油罐车热水清洗、锅炉软水预热及民用游泳池及居民集中清洁采暖等关键装备。将太阳能转换为热能，显著减低了煤炭、电能等常规能源消耗，减少了二氧化碳排放，具有十分广阔的应用前景。有关成套装备在安庆石化储运厂、洛阳石化铁运部等国有大型企业及丹阳新世纪光电科技有限公司等多家民营企业获得了成功应用，相关应用成果被中国石化网及中国锅炉网多次报道。

同时，由申报人团队开发的相关材料、元件产品和工程装备在江苏贝德莱特科技有限公司获得了成功应用并转化为公司产品。近年来，以销售合同为计算依据，已累计实现销售金额 21255 万元。新增加税收 3613.2 万元，新增利润 2763.15 万元，创造了显著的经济和社会价值。

**曾获科技奖励情况：**无

## 主要知识产权证明目录

知识产权类别	知识产权具体名称	国家（地区）	授权号	授权日期	证书编号	权利人	发明人	发明专利有效状态
授权发明专利	一种用于原油的太阳能昼夜伴热系统	中国	ZL201110384494.4	2013年5月29日	1203945	南京工业大学	周剑秋, 刑伟	有效
授权发明专利	基于聚光集电的有效场面积下高效昼日供暖装置	中国	ZL201310160104.4	2016年2月24日	1960786	武汉大学, 江苏新世纪光电科技有限公司	周剑秋, 叶志雄, 胡文波, 江娥, 杨侠, 戎剑晖	有效
授权发明专利	一种太阳电池及其制备方法	中国	ZL201610846614.0	2017年9月22日	2634089	南京工业大学	季莲, 周剑秋, 李雅茜, 丁超	有效
实用新型专利	太阳能锅炉软水预热系统	中国	ZL201320176827.9	2013年10月9日	3206651	南京工业大学	周剑秋, 余召霞, 邓坤军, 董淑宏	有效
实用新型专利	一种用于重油的太阳能昼夜伴热系统	中国	ZL201120481160.4	2012年7月11日	2308117	南京工业大学	周剑秋, 刑伟	有效
实用新型专利	一种金属网基波纹管式相变蓄热装置	中国	ZL201320176267.7	2013年10月9日	3206920	南京工业大学	周剑秋, 韩雪平, 董竖宏, 张大鹏	有效

### 完成人情况表

姓名	周剑秋	技术职称	教授	排名	1
工作单位	南京工业大学	完成单位	南京工业大学		
曾获科技奖励情况	微纳米晶体材料制备，力学性能及工业应用，江苏省科学技术奖，三等奖，2011年，排名1。				
本人对本项目技术创造性贡献：（限300字）					
<p>本项目的总负责人，总体负责研究方案及项目开展。对创新点1、2、3、4做出贡献，主要负责聚光型高效太阳能集热系统研究，负责太阳能昼夜伴热系统的研发，太阳能锅炉软水预热系统的设计，金属网基波纹管式相变蓄热装置的研究。本人在该项目技术研发工作中报入的工作量占本人工作总量的百分比70%，支撑本人贡献的附件材料有：核心知识产权证明（附件2-7）、承担了江苏省工业科技支撑项目“基于高效聚光与金属网基波纹管相变蓄热的太阳能锅炉节能成套技术研发”（附件11）、承担了江苏省工业科技支撑项目“太阳能昼夜加热重油储运系统的技术与装备研发”（附件12）、代表性论文论著（附件14-18）。</p>					

姓名	庞旭明	技术职称	讲师	排名	2
工作单位	南京工业大学	完成单位	南京工业大学		
曾获科技奖励情况					
本人对本项目技术创造性贡献：（限300字）					
<p>本项目的完成人，对创新点4和5做出贡献，主要负责材料传热模型的建立及导热系数计算，优化相变蓄热装置；开发了新型太阳能选择性吸收涂层，光热换及传热性能的测试表征，为工艺优化提供理论及实验依据。本人在该项目技术研发工作中的工作量占本人工作量的百分比65%，支撑本人贡献的附件材料有：承担了国家自然科学基金项目“基于太阳能选择性吸收的光致发光型铁电陶瓷/TiC基金属陶瓷复合薄膜的研究”（附件20），江苏省基础研究计划“金属陶瓷光谱选择性吸收涂层传热特性研究”（附件9）、代表性论文论著（附件14-18）。</p>					

姓名	季莲	技术职称	副研究员	排名	3
工作单位	南京工业大学	完成单位	南京工业大学		
曾获科技奖励情况					
本人对本项目技术创造性贡献：（限300字）					
<p>本项目的完成人，对创新点1做出贡献，主要负责新型太阳能高效集热集电系统的设计，高效太阳电池的研制，光电光热转换效率计算及测试表征，为系统设计和工艺优化提供理论及实验依据。本人在该项目技术研发工作中的工作量占本人工作量的百分比60%，支撑本人贡献的附件材料有：承担了国家自然科学基金青年基金“InAs/GaAsSb II类量子点载流子动力学特性及其在太阳电池中应用”（附件8）。</p>					

姓名	张同伟	技术职称	正高级	排名	4
工作单位	江苏贝德莱特太阳能科技有限公司	完成单位	江苏贝德莱特太阳能科技有限公司		
曾获科技奖励情况					
本人对本项目技术创造性贡献：（限 300 字）					
<p>本项目的主要完成人，主要负责整体装备的自动控制系统改进与产业化定型。本人在该项目技术研发工作中的工作量占本人工作量的百分比 55%，支撑本人贡献的附件材料有：技术合作协议(附件 19)。</p>					

姓名	钱丽佳	技术职称		排名	5
工作单位	南京工业大学	完成单位	南京工业大学		
曾获科技奖励情况					
本人对本项目技术创造性贡献：（限 300 字）					
<p>本项目的主要完成人，主要参与了材料传热模型的建立及导热系数的计算。本人在该项目技术研发工作中的工作量占本人工作量的百分比 55%，支撑本人贡献的附件材料有：SCI 论文 1 篇(附件 14)。</p>					

姓名	胡锐骏	技术职称		排名	6
工作单位	南京工业大学	完成单位	南京工业大学		
曾获科技奖励情况					
本人对本项目技术创造性贡献：（限 300 字）					
<p>本项目的主要完成人，主要参与了新型太阳能选择性吸收涂层的开发。本人在该项目技术研发工作中的工作量占本人工作量的百分比 55%，支撑本人贡献的附件材料有：SCI 论文 1 篇(附件 15)。</p>					

## 完成单位情况表

单位名称	南京工业大学	排 名	1
<p><b>对本项目的贡献：</b></p> <p>该项目在充分利用太阳能基础之上，集成了自主研发的带有太阳能选择吸收涂层的光电一体化高效集热整列、研发了高效平稳运行的二次交换式昼夜换热系统，克服了传统太阳能昼夜集热系统效率地的难题，有效实现全天候 24 小时原油伴热输送及工业锅炉软水预热等工业能耗大户的节能。在材料研发、热点联用、元件与装备研发及工业装备自动化研发等方面开展了一系列创新工作。在团队研发过程中，申请并授权了多篇具有创新性的专利，撰写及发表了多篇研究型论文，形成了一系列原创性成果。本团队开发的太阳能工业化集热利用成套技术与装备，在江苏贝德莱特科技有限公司获得了成功应用并通过技术转让成为我公司的产品。近年来，以销售合同为计算依据，已累计实现销售金额 21255 万元。新增加税收 3613.2 万元，新增利润 2763.15 万元，累计创收外汇 1956.81 万美元，节支总额 1487.85 万元，创造了显著的经济和社会价值。</p>			

单位名称	武汉工程大学	排 名	2
<p><b>对本项目的贡献：</b></p> <p>本项目的主要完成单位，主要负责提供了用于实验室模拟的小型装置。支撑本单位贡献的附件材料有：“基于聚光集电的有效场地面积下高效昼日供暖装置”发明专利（附件 2）</p>			

单位名称	江苏贝德莱特太阳能科技有限公司	排 名	3
<p><b>对本项目的贡献：</b></p> <p>本项目的主要完成单位，主要负责整体装备的自动控制系统改进与产业化定型。支撑本单位贡献的附件材料有：技术合作协议（附件 19）</p>			