

# 中国科学技术大学优秀博士学位论文推荐表

作者姓名	胡名科	学号	BA15013016	出生年月	1990.11	民族	汉
院系名称	工程学院 13系	联系电话	13866177736	毕业去向	中国科学技术大学		
指导教师	裴刚 教授		获博士学位日期	本次申请			
一级学科名称	动力工程及工程热物理		二级学科名称	热能工程			
本科毕业院校	江苏大学		硕士毕业院校	硕博连读			
承担主要社会工作	无						
获奖情况	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 2016年第44届日内瓦国际发明展<b>特别金奖</b></li> <li>➤ 2016年博士研究生国家奖学金</li> <li>➤ 2014年硕士研究生国家奖学金</li> </ul>						
学位论文题目	太阳能集热和辐射制冷综合利用的理论和实验研究						
学位论文研究方向	太阳能集热和辐射制冷综合利用						
学位论文评阅专家	徐刚	郝勇	张小松	何伟	季杰	徐春叶	
学位论文答辩专家	黄护林	何伟	刘明侯	夏维东	季杰		
论文答辩日期	2017.06.03		论文答辩结果 (通过票数/不通过票数)			5/0	
学位论文中文摘要							
<p>目前建筑能耗占我国社会总能耗的 1/3 左右，而采暖和制冷又是建筑能耗中占比最大的部分。在气候炎热的地区和季节，建筑物的冷能需求较大而热能需求很小，太阳能集热器收集的热能无处消纳；此外，太阳能集热器在夜间也处于闲置状态。辐射制冷技术是指地面物体通过“大气窗口”与低温外太空和高层大气层之间进行辐射换热获得制冷效果的一种被动制冷方式。同样地，辐射制冷装置不适用于气候寒冷的地区和季节，在白天也很难获得冷量，且因单位面积制冷功率偏低而使得投资回收期较长。</p> <p>另一方面，由于平板太阳能集热器和辐射制冷装置在结构上高度相似，功能和工作时段互补，这也为太阳能集热(Photothermic, PT)和辐射制冷(Radiative cooling, RC)在同一套装置上集成提供了可能性。本文提出了太阳能集热和辐射制冷(PT-RC)综合利用的思想，即通过光谱特性和结构参数的设计，将这两种物理过程有机结合在同一套装置上。该复合装置能够实现白天太阳能集热和夜间辐射制冷，从而实现装置的多功能、全天候和跨季节利用，提高能源综合利用效率和时间利用率，缩短投资回收期，促进可再生能源的规模化应用。本文针对太阳能集热和辐射制冷综合利用具体开展了以下研究工作：</p> <p>1、系统性地提出了太阳能集热和辐射制冷综合利用的思想，并给出了复合装置关键部件——板芯和盖板的光谱选择原则。理想的 PT-RC 板芯在太阳辐射波段(0.2~3μm) 和“大气窗口”波段(8~13μm)的吸收/发射率为 1，而在其它波段的反射率为 1。理想的 PT-RC 盖板在太阳辐射波段(0.2~3μm) 和“大气窗口”波段(8~13μm)的透过率为 1，而在其它波段的透过率为 0。</p>							

2、设计和试制了 PT-RC 板芯材料，该板芯以阳极氧化铝板为衬底，首先通过真空磁控溅射的方法在其表面镀一层蓝钛选择性吸收涂层，然后在蓝钛选择性吸收涂层表面喷涂一层聚酯 (PET) 粉末，再送入恒温烘箱 (600°C) 中烘烤 10 分钟，待自然冷却后形成蓝钛-PET 复合表面。光谱测试结果表明，该复合表面具有较明显的光谱选择性，其在太阳辐射波段和“大气窗口”波段的平均吸收/发射率为 0.92 和 0.80，其它波段平均反射率为 0.45。

3、基于制备的蓝钛-PET 复合表面，设计并搭建了一套 PT-RC 复合系统实验平台，针对该实验平台在不同工作模式和不同运行工况下的集热和制冷性能进行了长期的室外测试。在白天太阳能集热模式时，PT-RC 复合系统的瞬态截距集热效率和全天截距集热效率分别为 62.7% 和 38.6%，均达到了传统太阳能集热系统的 80% 以上；在夜间辐射制冷模式时，复合系统在晴天和阴天的净辐射制冷功率分别为 50.3W/m<sup>2</sup> 和 23.4 W/m<sup>2</sup>。

4、建立了一套完整的 PT-RC 复合系统数学的模型，对复合系统在两种工作模式下的热性能进行模拟计算，并与实验结果进行对比。结果显示，在太阳能集热模式下，系统瞬态集热效率的均方根误差为 4.59%；在辐射制冷模式下，系统净辐射制冷功率的均方根误差为 4.90%。理论计算结果与实验结果基本吻合，表明该数学模型可准确预测 PT-RC 复合系统的集热和制冷性能。

5、利用验证后的数学模型，研究了不同运行参数对 PT-RC 复合系统集热和制冷性能的影响；结合典型气象年数据，针对复合系统应用于合肥、北京、福州和乌鲁木齐四个不同气候条件地区的全年性能进行了模拟预测和分析，对复合系统在不同气候条件下的应用提供了优化指导方案。

6、在太阳能集热和辐射制冷综合利用的研究基础上，提出了光电-光热-辐射制冷综合利用的概念，以实现在同一套装置上白天光伏发电和太阳能集热，夜间辐射制冷，达到复合装置的多功能性和全天候工作特性。设计并制作了小型 PV-PT-RC 复合模块，并对其集热和制冷性能进行了初步的实验和理论研究。

**关键词：**太阳能集热 辐射制冷 光谱选择性 综合利用 多功能

攻读博士期间与博士学位论文相关的代表性成果（限列 10 项）								
发表学术论文数		16	本人第一论文数 (含导师第一本人第二)		9	专利及其它成果数		13
序号	成果名称	作者排名	期刊名称	发表时间	收录情况			
1	A combined photovoltaic-photothermic-nocturnal radiative cooling system	2 (导师第一)	第 44 届日内瓦国际发明展 <b>特别金奖</b>	2016.04	组委会最高级别奖			
2	Field test and preliminary analysis of a combined diurnal solar heating and nocturnal radiative cooling system	1	Applied Energy	2016.10	SCI 一区 IF 5.746			
3	Preliminary thermal analysis of a combined photovoltaic-photothermic-nocturnal radiative cooling system	1	Energy	2017.03	SCI 一区 IF 4.292			
4	Experimental study of the effect of inclination angle on the thermal performance of heat pipe photovoltaic/thermal (PV/T) systems with wickless heat pipe and wire-meshed heat pipe	1	Applied Thermal Engineering	2016.08	SCI 二区 IF 3.043			
5	Theoretical and Experimental Study of Spectral Selectivity Surface for Both Solar Heating and Radiative Cooling	1	International Journal of Photoenergy	2015.08	SCI 三区 IF 1.226			
6	Effect of precipitable water vapor amount on radiative cooling performance	1	2017 2nd Asia Conference on Power and Electrical Engineering (ACPEE 2017)	2017.05	EI			
7	太阳能集热-辐射制冷复合表面及其试制与性能分析	1	太阳能学报	2016.05	EI			
8	太阳能集热和辐射制冷复合表面的研究	1	工程热物理学报	2016.05	EI			
9	大气可降水量对辐射制冷性能的影响研究	1	太阳能学报	2016.12 (已接收)	EI			
10	一种太阳能集热和辐射制冷综合应用装置	2 (导师第一)	发明专利	2016.03	已授权			