

[首页](#) | [所况简介](#) | [机构设置](#) | [科研成果](#) | [科研队伍](#) | [国际交流](#) | [所地合作](#) | [党群工作](#) | [创新文化](#) | [图书馆](#) | [研究生博士后](#) | [信息公开](#)

新闻动态

您当前所在位置：首页>新闻动态>科研进展

[图片新闻](#)
[综合新闻](#)
[学术活动](#)
[科研进展](#)
[媒体报道](#)

邮箱登录

用户名： @iet.cn 密 码：

科研机构

[国家能源风电叶片研发（实验）中心](#)
[能源动力研究中心](#)
[轻型动力实验室](#)
[循环流化床实验室](#)
[分布式供能与可再生能源实验室](#)
[储能研发中心](#)
[传热传质研究中心](#)
[先进燃气轮机实验室](#)
[无人飞行器实验室（筹）](#)
[新技术实验室（筹）](#)

高效紧凑式换热器技术研究进展介绍

发稿时间：2019-10-29 作者：文/郭江峰，淮秀兰 来源：传热传质研究中心 【字号：小 中 大】

热能能源动力、石油化工等重要领域是能源的主要表现形式之一，80%的热量需要通过换热设备转换，以适应不同工艺要求，热能利用的效率直接影响到系统综合能耗的高低。因此，换热器是能源动力系统中能量转换的关键设备，对我国节能减排战略的实施具有重要的意义。

传热传质研究中心超强换热团队多年来一直从事高效紧凑式换热器的研发工作，在国家重点研发计划、国家自然科学基金、企业委托等多个项目支持下，在多个重要应用领域取得了一系列重要进展。

1. 超临界CO₂循环发电系统换热器研发

超临界CO₂布雷顿循环系统具有效率高、紧凑性好、成本低等优势，在新一代核能、太阳能等领域具有极为广阔的应用前景。超临界CO₂循环系统包括取热器、高温回热器、低温回热器、冷却器等换热器。换热器是超临界CO₂循环系统中数量最多、体积最大的设备，其成本约占整体系统成本的50%以上。此外，换热器对于系统安全、稳定运行，系统整体效率的提高具有重要作用，是该系统最为关键的设备之一。

针对CO₂在临界点或拟临界点附近物性参数剧烈变化导致的特殊传热流动现象，深入系统地开展了超临界CO₂传热流动特性研究，揭示了直管以及传热强化管传热流动过程中的一些新现象和新规律，基于传热强化新理论阐述了传热强化、恶化抑制的物理机制及新方法，为换热器的设计和优化奠定了重要理论基础。针对超临界CO₂物性变化大，传统换热器设计方法不再适用的缺陷，开发了新型分段式换热器设计方法，克服了物性变化以及温度夹点对设计的影响。从矩阵和统计学角度阐述了换热器多个参数间“分布耦合、协同优化”的新思想，基于此提出非均匀入口条件以强化换热的方法从而克服大宽幅流量分布不均恶化换热的工程难题，提出了只通过改善换热器间的管道连接以提高换热系统性能的多个换热器间有效组合的协同优化方案，研发了新型换热通道结构在不增加或少量增加压降条件下提高换热性能，并开发了多种具有自主知识产权的新型换热板型及换热器结构形式。

完成了超临界CO₂换热器综合试验平台的建设、调试和运行。该实验平台设计压力高达33 MPa、设计温度660℃，完全满足超临界CO₂回热器、冷却器全工况测试要求，成为我国首台全温全压条件下大功率超临界CO₂系统换热器综合试验平台。目前，针对MW级超临界CO₂发电系统，已完成8台多种回热器、冷却器实验样机设计和加工制作，并完成了多次长时间连续稳定测试运行，各项指标均达到/超过设计要求。通过多台实验样机的长时间实验测试，一方面验证了超临界CO₂实验平台的安全性和稳定性，另一方面验证了换热器实验样机的可靠性和安全性以及换热器设计方案的合理可行。

在此基础上，完成了全温全压全尺寸1 MW超临界CO₂循环发电系统高低温回热器、冷却器设计计算、图纸绘制，以及设计方案评审。初步开展了100 MW超临界CO₂循环发电系统回热器、冷却器结构设计以及布置方案研究。团队在超临界CO₂换热器方面的研发工作将有力地支持研究所率先建成完全自主知识产权的超临界CO₂循环发电系统，促进能源动力事业的发展。

2. 燃气轮机间冷器和回热器研发

燃气轮机间冷器可以有效降低进入压气机气流的温度，减小压气机功耗，从而提高燃机输出功率；回热器可以有效提高进入燃烧室的气体温度，减少燃料的消耗，从而提高燃机热效率。因此，间冷和回热是燃机提效降耗发展的重要方向。团队在研究所创新引导基金项目以及中科院创新基金等项目支持下，开展了燃机间冷器和回热器高效低阻传热机理研究、新型换热结构设计以及制作焊接等关键技术攻关。针对燃机结构特点及其对间冷器高效、低

阻、紧凑的极高要求，发展了多目标多参数协同优化的思想，在体积、热负荷、压力恢复系数等严格约束条件下针对某型号舰用燃机寻求综合性能最优的板厚、肋高、通道宽及数量等多个设计参数间的最佳组合，研发了MW级功率的间冷模块设计方案。克服了精密加工、无钎料焊接等关键技术难关，完成了MW级全尺寸全温全压条件下间冷模块制作，在相关单位实测结果显示各项指标均已达到或超过了原设计指标要求。在中科院创新基金资助下，开展了燃机回热器设计方法及创新性结构开发，设计并制造了燃机回热器缩比样机，在研究所廊坊实验基地，项目验收专家组进行了现场测试验收，回热效率高达83%以上，各项指标实测结果显示均已达到或超过任务书要求。

目前，在两机专项资助下团队针对新一代效率高、污染小、功率输出大的新型湿化燃气轮机技术正在积极开展回热器研发工作。相对于传统燃机回热器，该湿化循环回热器工质及其换热机理更为复杂，工作条件及运行状况要求更为苛刻，团队正在积极开展复杂工质的传热流动机理、两侧复杂流体相互耦合的换热特性、高效低阻的创新结构开发等工作，届时将建立高精度高可靠性的湿化循环回热器传热模型，形成自主知识产权的换热计算软件以及创新性换热结构，为我国新一代高效燃机系统的发展提供重要的技术支撑。

3. 其它相关领域的应用

针对高温高压高效紧凑型换热器技术的特点，研发团队通过与企业合作开展了多个领域内的换热器应用研究：氦气布雷顿循环透平发电用回热器、冷却器，CO₂热泵用换热器、浮式液化天然气（FLNG）换热器、烟气余热深度回收换热装置等，克服了其在极端工作环境和苛刻运行工况下的要求，为产业升级及工业系统效率的提升提供了重要技术支撑。

近年来，研发团队已发表相关论文50余篇，申请和授权国家发明专利10余项，形成了基于“通道-芯体-整体”由局部到整体的换热器设计方法，由部件到系统层面的多参数多目标的换热器协同优化技术，以及基于传热强化新理论的新型高效换热结构开发的创新思路。换热器作为能源动力领域通用的关键技术设备，团队的研发工作将有力促进研究所能源动力事业的发展。



图1 超临界CO₂换热器测试平台

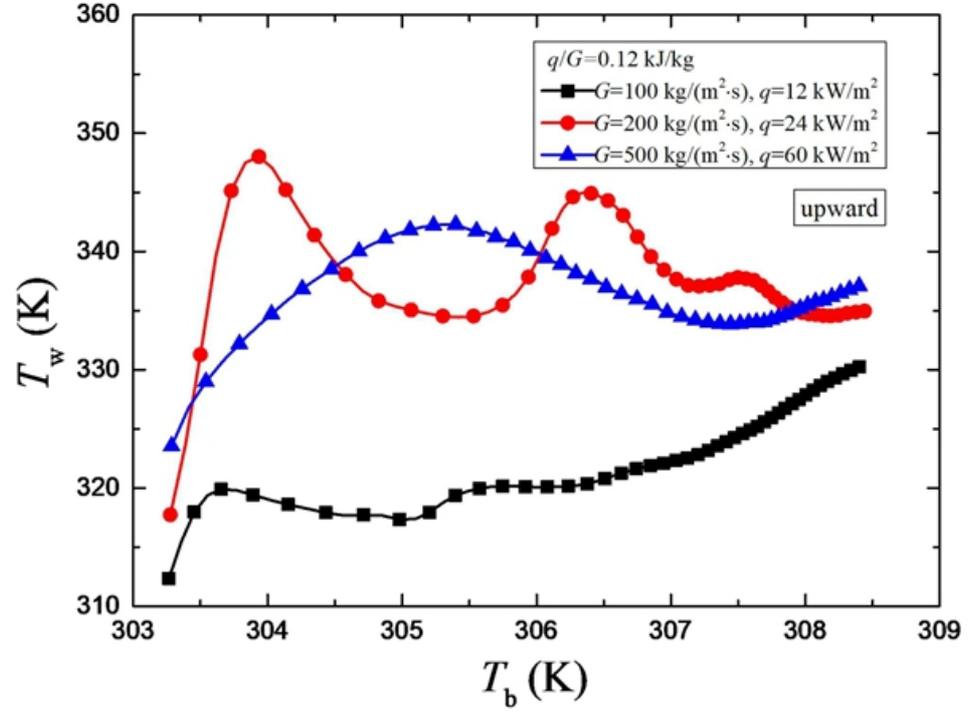


图2 CO2管内流动的多峰值壁温现象 (Jiangfeng Guo, et al. 《Energy》, 2019)

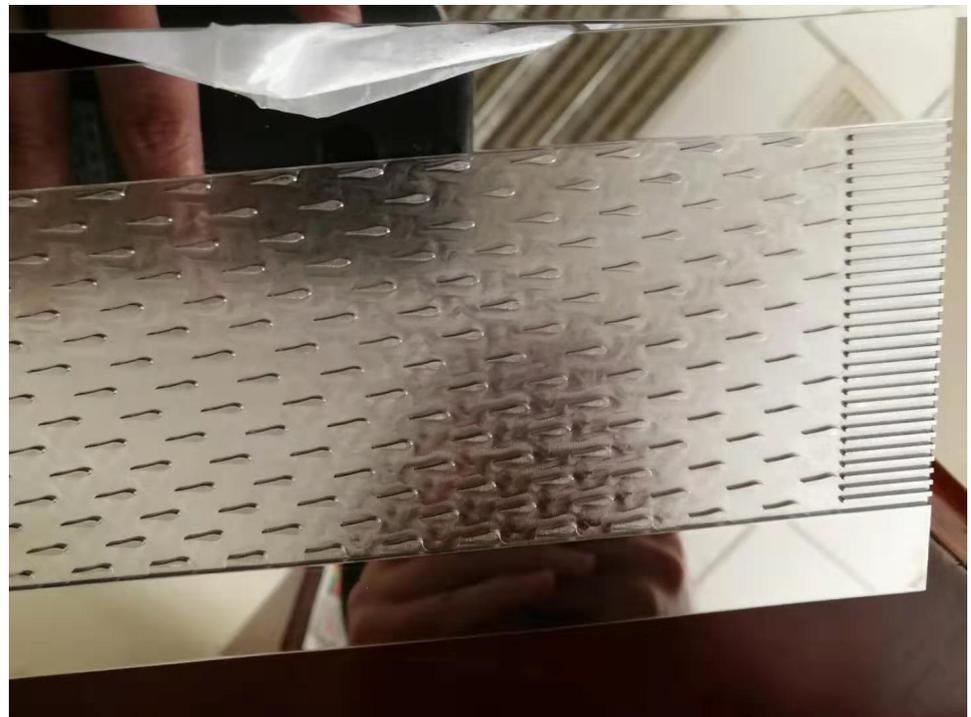


图3 改进翼形换热板 (郭江峰, 崔欣莹, 淮秀兰等. 发明专利号: CN107687780B)

评论

相关文章