



科学研究

科研进展

研究领域与方向

科研成果

科研进展

广州能源所在燃气热泵技术方面取得系列进展——由实验室走向产业化

文章来源: 储能技术研究室 | 发布时间: 2023-06-09 | 【打印】 【关闭】

燃气热泵 (GHP) 是一项可同时提供空间制冷、制热及生活热水的先进节能技术。与电热泵 (EHP) 相比, 具有一次能源利用率 (PER) 高、所需配电容小, 低温下制热性能几乎不衰减等优势。中国科学院广州能源研究所储能技术研究室冯自平研究员团队自2006年主持科技部863计划项目“燃气热泵 (GHP) 研制关键技术”起, 就燃气热泵技术开展了系列研究, 近3年累计公开发表专利12项、软著7个, 制定企业标准91项。

近期中国科学院广州能源研究所储能技术研究室冯自平研究员团队在GHP技术的多模式性能实验研究、数值模型构建及控制技术等方面取得了多项创新性研究成果, 并在此基础上实现了GHP技术的产业化。数十篇科技论文成果在 *Applied Thermal Engineering*、*International Journal of Refrigeration*、*Thermal Science and Engineering Progress*、《化工进展》《太阳能学报》等国内外知名专业期刊上相继发表。主要研究成果简介如下:

1. 开发了国内首套使用燃气发动机驱动R410A制冷剂开式涡旋压缩机的高能效GHP系统实验平台 (含空气源及水源), 开展多模式运行的性能实验研究。在空气源GHP系统上开展制冷、制热、制冷+生活热水联供、制热+生活热水联供及纯生活热水共计5种模式运行的性能实验研究, 在水源GHP (WGHP) 系统上进行冷热泵联供特性的实验研究; 在不同运行模式中考察了出水温度、发动机转速、环境温度、进水流量、制冷负荷率等因素对GHP系统性能的影响。研究将GHP系统的一次能效 (PER) 解耦成热泵能效 (COP) 与发动机热效率 (η_{eng}) 两个参数进行研究, 得到了PER变化的本质原因; 在-20℃超低温环境下针对多种余热回收方式 (mode-1~mode-4) 进行了具体对比分析, 补充了低温制热实测数据空白; WGHP系统的总PER和余热回收率 ($\eta_{rec, res}$) 分别为2.479~3.532和70.90%~83.50%, 表明了系统具有较高能效的同时还具有良好的余热回收效果。相关成果链接如下:

原文链接:

- (1) <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2022.118863>
- (2) <https://doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2022.10.017>
- (3) <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2023.120538>
- (4) <https://doi.org/10.1016/j.tsep.2023.101726>
- (5) [10.19912/j.0254-0096.tynxb.2021-1340](https://doi.org/10.19912/j.0254-0096.tynxb.2021-1340)

2. 开展了GHP系统的数值模拟研究, 包含动力系统数值模拟研究和无外输电力的GHP系统模型模拟研究。研究首次建立了燃气热泵余热回收系统的多元回归模型, 并创新性地设计出一种实验过程及通用算法, 可以有效分析缺乏厂商信息参数的压缩机的内部深层耦合规律。研究发现涡旋压缩机的机械效率和效率在典型工况下分别为68.20%~97.52%和55.71%~77.12%。针对缺电和完全无电场景, 创新性首次提出了一种无外输电力的热泵系统 (NEHP), 包含发动机变转速与定转速的两种NEHP系统。对比NEHP-G与电热泵 (EHP) 两系统经济性时需要考虑当地气电比 r_{ge} , r_{ge} 小于等经济气电比 ($r_{ge, eq}$) 时, NEHP-G具有比EHP更优的经济性。相关成果链接如下:

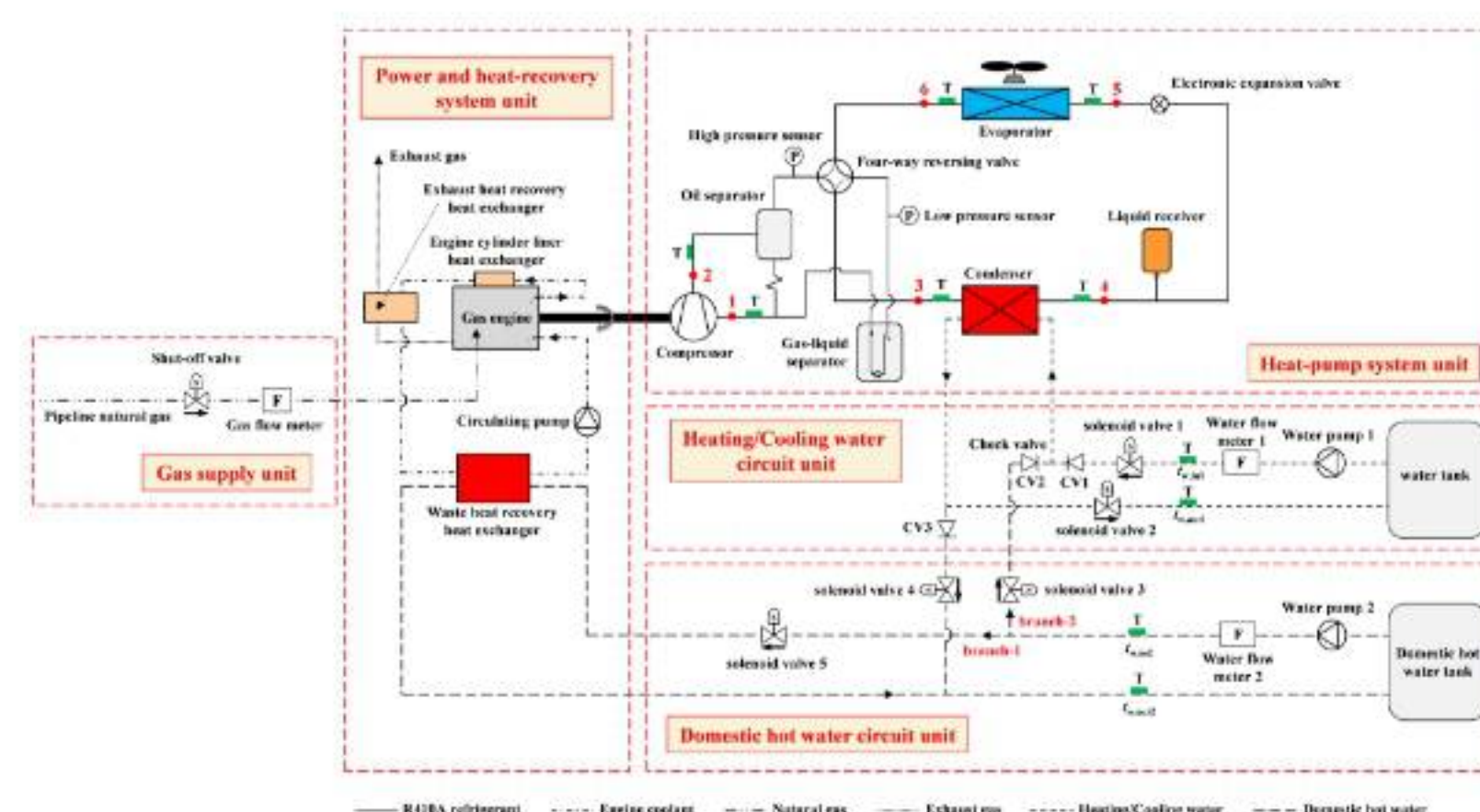
原文链接:

- (6) <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2023.120015>
- (7) [10.16085/j.issn.1000-6613.2022-0854](https://doi.org/10.16085/j.issn.1000-6613.2022-0854)

3. 提出了一种GHP嵌入式控制系统, 可以实现系统的灵活精准控制。研究介绍了多输入输出控制模块、发动机控制模块、蒸发温度控制模块、人机交互模块等GHP核心控制模块的设计原则和方法, 阐述了GHP控制器如何与发动机ECU实时可靠通讯, 进而实现发动机转速、启停等控制。随着外部环境和热负荷的不断变化, GHP系统具有滞后、非线性和时变特点, 需要实时调整发动机档位, 通过精细化控制实现GHP系统的出水温度快速逼近并稳定在目标值。通过主控制器对发动机转速和蒸发器过热进行双闭环控制, 可以保证GHP冷水机系统出水温度的稳定性和准确性。

原文链接:

- (8) <https://doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2022.09.020>
- (9) [10.16085/j.issn.1000-6613.2022-1776](https://doi.org/10.16085/j.issn.1000-6613.2022-1776)



GHP系统多模式运行原理示意图

(通过相关阀体调节便可实现5种运行模式自由切换)