

天然气热泵用于制冷的技术经济分析

罗东晓^{1,2} 陈耀东¹

(1.广州市煤气公司 2.华南理工大学天然气利用研究中心)

罗东晓等.天然气热泵用于制冷的技术经济分析.天然气工业,2007,27(2):128-130.

摘 要 天然气热泵用于制冷与电力可形成互补性优势,并同时电网、燃气管网起到削峰填谷作用,较好地解决负荷不均、线网资源闲置等问题。通过对天然气热泵工作原理和节能、环保等特点的介绍,并与电力空调制冷进行经济比较后得出结论:天然气热泵在制冷模式下运行同样具备技术经济可行性,能产生一定节能效果,是天然气利用和空调产业的重要发展方向之一;开发高效节能的天然气热泵具有良好的发展前景,可以产生显著的经济社会效益。

主题词 天然气 热泵 空调 制冷 制热 节能

使用天然气作为动力的燃气机热泵(GHP:Gas-Engine Heat Pump)除用于制热能显示出强劲的节能效果外,因为天然气用量与电力用量间存在一定互补特性,因而在高温天气将其用于制冷,更是可以凸显其优势,可同时平抑电网和燃气管网的峰谷差,起削峰填谷的作用,同时还能提高燃气管网和电网设备资源的利用率^[1]。

一、天然气热泵技术简介

天然气热泵以天然气在发动机内燃烧做功驱动压缩机,并通过回收发动机缸套水和烟气的余热,提高机组的一次能源利用率,降低运行费用。它可灵活应用于中小型建筑物,包括公共建筑与民用建筑的采暖、制冷和卫生热水供应,节能环保是其显著特点。

1. 天然气热泵组成与工作原理

(1) 系统组成

天然气热泵通过使冷媒循环运动、反复发生物理相变过程,分别在蒸发器中气化吸热(制冷模式)或在冷凝器中液化放热(制热模式)实现循环,使热量不断得到交换传递。主要包括如下设备。

1) 机组系统。包括燃气发动机、压缩机、冷凝器、蒸发器、膨胀阀等。

2) 热回收系统。包括缸套水热回收热交换器,排烟热回收热交换器和热水箱等。

3) 燃气供应和排烟系统。

4) 冷水系统。包括冷却水泵、冷冻水泵、冷却塔等。

5) 吸收式制冷机。用在回收系统余热用于制冷。

(2) 工作原理

天然气热泵的工作原理与制冷机相同,按热机的逆循环工作,遵循热力学第二定律:通过消耗部分高位能(天然气热量),可以从低温热源中吸取热量转移给高温热源,达到空气调节(制热或制冷)的目的。其供出的热量大于所消耗的高位能,是高位能热量与吸取的低位能热量之总和。天然气热泵的低温热源可以是空气、井水、海水、土壤热、太阳能等。

资料显示^[2],制热工况下,以驱动能源的热量为100,输出热量分别为:电动热泵132(考虑了发电过程的损失,即60%),锅炉60~95,天然气热泵192;制冷工况下,制冷量分别为:电动热泵132(考虑了发电过程的损失60%),双效吸收式制冷机105,天然气热泵140。可见,天然气热泵用于制冷同样具有一定优势。

用空气作为低温热源是天然气热泵的主要形式,分“空气/水”热泵和“空气/空气”热泵两种类型。天然气热泵原理如图1所示。

1) 制冷运行模式

① 燃气发动机驱动压缩机,压缩制冷剂,压缩后的高温高压制冷剂在冷凝器中冷却,放出冷凝热而液化。

② 液化后的制冷剂,经膨胀阀进入蒸发器,从室

作者简介: 罗东晓,1961年生,教授级高级工程师,工学学士,中山大学教授,华南理工大学研究员;从事天然气高效利用技术研究工作。地址:(510060)广东省广州市环市东路416号之一广州市煤气公司。电话:(020)87787253,13501520589。E-mail:ldx2003@vip.sohu.com

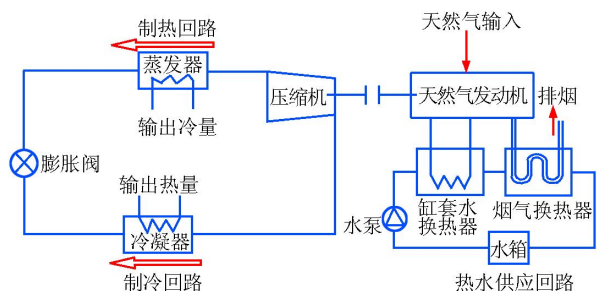


图1 天然气热泵运行原理图

内空气中吸取汽化所需的蒸发热,同时使室内空气冷却(室内制冷)。

③蒸发后的制冷剂回到压缩机中,被再度压缩,构成循环过程。

④燃气发动机的排热(缸套热与高温烟气)用于驱动吸收式制冷机制冷。

2) 制热运行模式

①燃气发动机驱动压缩机,压缩制冷剂,压缩后的高温高压制冷剂在冷凝器中冷却,放出冷凝热而液化。冷凝热用于加热室内空气,达到采暖效果(室内采暖)。

②液化后的制冷剂,经膨胀阀进入蒸发器,从室外空气中吸取汽化所需的蒸发热。

③蒸发后的制冷剂回到压缩机中,被再度压缩,构成循环过程。

④燃气发动机的排热(缸套热与高温烟气)作为热水回收,供需要热水处使用。

2. 天然气热泵的优势

(1)优化能源利用结构。燃气制冷可相对降低电网夏季高峰负荷,缓解用电高峰压力,同时填补燃气夏季用气量低谷,提高燃气管网利用率,实现资源的充分和均衡利用。

(2)环保性能优良。我国电力生产中,燃煤发电量占相当比例,由此可见,电力并不完全是真正意义上的清洁能源。而天然气热泵使用清洁能源,系统低排放、低噪音。

(3)空气调节温度恒定、舒适。以燃气发动机为动力,可根据制冷或供暖时的负荷变化,灵活方便调节发动机转速以控制压缩机转速,负荷调节范围广,保持室内温度更加稳定、舒适。

(4)使用一套系统同时解决夏季制冷和冬季供暖需求,节省投资,且高效节能,运行费用低。

二、天然气热泵用于制冷的技术经济分析

热泵在制热模式下吸收环境热量而效率大幅提

高,因而传统热泵的应用大多停留在采暖上。但是,地处亚热带的广大南方地区没有采暖期,热泵技术一直未得到大规模推广应用。天然气热泵在南方地区用于制冷有无经济优势,技术上是否可行,已成为天然气高效利用方面一个有价值的研究课题。

1. 天然气热泵用于制冷的技术性分析

(1) 国外天然气热泵技术的发展

天然气热泵是一门成熟的技术。许多发达国家已大量采用天然气热泵替代能量利用系数较低的锅炉供热甚至电力空调,广泛应用于办公楼、学校、商场、宾馆、娱乐场所、医院、集体宿舍、别墅等场所。

日本是世界上GHP系统应用最广泛的国家,20世纪80年代就已实现GHP商业化;美国的天然气热泵技术也发展较快,1995年的总装机容量就已占当时燃气制冷设备的10%以上^[3];英国等欧洲国家在天然气热泵的研究与应用方面也取得突破性进展,应用领域和范围正在不断扩大。

(2) 天然气热泵技术在我国的应用

随着天然气工业的发展,天然气热泵在我国空调产业中也正进入快速发展期。东南大学、上海交通大学已分别研制出具有自主知识产权的天然气热泵样机,有关单位正在组织推广应用;大连三洋制冷有限公司利用国外技术,已成功开发出采用R410A冷媒的燃气热泵空调。湖南远大、青岛海尔、江苏双良等空调生产企业,都在积极开发小型的燃气机热泵和大型的中央空调(供热)燃气机热泵。

沿海多个进口LNG接收站的建设,为南方地区推广天然气热泵用于制冷提供了气源条件,天然气热泵在我国迎来了一个前所未有的发展机遇。目前亟待解决的是政府政策的扶持、降低设备投资以及部分技术难点攻关的问题。

2. 天然气热泵用于制冷的经济性分析

(1) 天然气热泵具有显著的节能效果和价格竞争优势

天然气热泵的显著特点是节能,能源利用效率高。资料显示,天然气热泵较电空调节能20%~30%。推广应用可扩大天然气的应用领域、更合理地利用优质能源,而且,通过对各种能源价格比较发现,其运行成本方面也存在一定优势,具备一定的经济性。表1为华南地区天然气热泵在制冷模式下与其他能源的成本比照结果。

从表1可以看出,在制冷模式情况下,天然气热泵与其他能源价格相比较,即便不考虑回收缸套水及排烟余热这两部分效益,其运行费用都相对较低,

表 1 制冷模式下天然气热泵与其他能源的成本对比表

名 称		理论热值	现行单价	能源 利用效率	有效利用热值	实际能源单价 (元/MJ)
空调 用电	民用	3.60 MJ/(kW·h)	0.61 元/(kW·h)	95%	3.42 MJ/(kW·h)	0.1784
	商用	3.60 MJ/(kW·h)	1.00 元/(kW·h)	95%	3.42 MJ/(kW·h)	0.2924
广州燃气热泵 (油制气)	民用	26.17 MJ/m ³	2.50 元/m ³	40%	10.47 MJ/m ³	0.2388
	商用	26.17 MJ/m ³	3.50 元/m ³	40%	10.47 MJ/m ³	0.3343
液化石油气热泵 (华南地区)		45.22 MJ/kg	5.50 元/kg	40%	18.09 MJ/kg	0.3040
天然气热泵 (进口 LNG)	民用	40.21 MJ/m ³	3.20 元/m ³	40%	16.09 MJ/m ³	0.1989
	商用	40.21 MJ/m ³	3.00 元/m ³	40%	16.09 MJ/m ³	0.1865

注:①表中数据来源于 2006 年 3 月华南地区实时价格;②未对设备投资进行比较,也未考虑热泵余热回收利用;③燃气热泵的能源利用效率是指燃料被有效利用的部分,统一按 40% 计算。

能源消耗费用方面存在一定优势。如果将制热模式的效益以及回收余热的效益一并综合考虑,则经济优势更为明显,完全可以补偿设备投资偏大的弊端。

(2)有利于燃气管网负荷平衡,减轻调峰压力,与电网需求构成互补

夏季是燃气消费低谷,发展天然气热泵可以增大夏季天然气用量,减少燃气管网峰谷差,起到填谷效果,提高燃气管网使用效率和管网供气安全。此外,使用天然气热泵制冷,表现出与电网间较好的互补关系^[4],平衡电网负荷。

(3)对改善城市大气环境有积极作用

南方城市宾馆中的空调用冷量和热水供应量都相当大,通常,空调和热水供应是由两个独立的冷热源,如冷水机组与燃煤、燃油、燃气锅炉等组合来供应。大量的燃煤、燃油锅炉的使用,使城市大气质量变差。而使用天然气热泵则可将两套系统合二为一,减少部分 CO₂、SO₂、NO_x 和粉尘的排放量,降低对城市大气环境的破坏。

(4)天然气热泵具备良好的负荷调节特性

与电空调比较,天然气热泵负荷调节方便,连续可调范围宽广,可以营造相对恒定的环境气温,且负

荷变化时机组效率基本维持不变,这是电空调无法比拟的优势^[5]。

三、结束语

在南方地区推广使用环保节能型的天然气热泵用于制冷,不仅符合国家的产业政策,而且可以产生一定的经济与社会效益,具备技术经济可行性,是天然气利用和空调产业的重要发展方向之一。

参 考 文 献

[1] 马一太,谢英柏,杨昭.燃气机热泵在我国的应用前景[J].流体机械,2002,39(1):55-58.
[2] 周义德,樊瑞.我国燃气热泵空调的应用前景探讨[J].节能,2004(9):10-12.
[3] 马一太,梁兆惠,谢英柏.燃气机热泵一次能源利用率的分析[J].煤气与热力,2004,24(3):133-136.
[4] 张永贵.热泵供暖系统技术经济评价[J].煤气与热力,2003,23(6):364-365,367.
[5] 赖元楷,罗东晓.统一天然气热值标准是中国天然气工业发展的需要[J].城市燃气,2005(7):7-12.

(修改回稿日期 2006-12-27 编辑 赵 勤)