

文章编号:1007-6735(2012)03-0289-04

新型极化冷冻油添加剂持续改善 空调系统性能实验研究

姜 莎, 刘 颖, 姜 昆, 王 芳, 李国云
(上海理工大学 能源与动力工程学院, 上海 200093)

摘要: 对一台热泵型空调器添加一种新型极化冷冻油添加剂 (PROA), 进行了为期 40 天的标准工况下的性能测试跟踪. 实验结果表明, 与添加 PROA 之前相比, 压缩机的吸气、排气温度等一些参数明显下降; PROA 加入后的运行期间, 压缩机吸气、排气温度变化不大, 波动仅 1.5 °C 左右, 吸气、排气压力和室内、外出风温度也都变化不大, 且对压缩机等核心部件还未见有何负面作用. 说明了添加 PROA 对空调系统的影响基本稳定.

关键词: 极化冷冻油; 空调器; 节能; 实验研究
中图分类号: TB 657.5 **文献标志码:** A

Experimental Study on Performance Improvement of Heat Pump Type Air Conditioner Charged with Polarized Refrigerant Oil Additive

JIANG Sha, LIU Ying, JIANG Kun, WANG Fang, LI Guo-yun
(College of Energy and Power Engineering, University of Shanghai for
Science and Technology, Shanghai 200093, China)

Abstract: 40 days' tracking test on the performance of a heat pump type of room air conditioner charged with a new kind of additive called polarized refrigerant oil additive (PROA) was carried out under the standard working condition. The result of the experiment shows that the suction and discharge temperatures of the compressor decline obviously, but the fluctuations of them are just about 1.5 °C during the long running period when the PROA is used. Furthermore, the temperatures and pressures of suction and discharge have only little change, and there is also no negative effect on key components such as compressor. It illustrates that the PROA constantly plays an active role in the air conditioning system.

Key words: polarized refrigerant oil additive; air conditioner; energy conservation; experiment investigation

收稿日期: 2011-05-12

基金项目: 上海市重点学科建设资助项目 (S30503)

作者简介: 姜 莎 (1986-), 女, 硕士研究生. 研究方向: 制冷空调系统测试与优化. E-mail: girljiangsha@126.com
刘 颖 (联系人), 女, 副教授. 研究方向: 制冷系统测试与优化. E-mail: helen226@163.com

在制冷系统中,润滑油具有重要作用^[1-2]. 空调器在使用一段时间后,系统中的润滑油会在换热器的管壁上产生一层油膜. 同时,制冷剂和润滑油的相互作用,也会生成一些无法自动排出系统的化学物质,它们吸附在内壁上,增加了换热热阻,导致换热器的传热系数降低、系统的制冷量下降、功耗增加. 且随着油膜厚度的增加,系统中的流动阻力增大,回油困难,有可能影响到制冷系统的安全运行. 为了解决这一问题,本研究在制冷系统中,通过加入一定量的新型极化冷冻油添加剂(PROA)与系统中的油膜作用,会减少甚至完全去掉换热器部分的油膜,使空调系统的整体性能得到改善^[3]. 空调器出风温度降低了约1.62℃,制冷量上升了约237W,制冷系数(COP)上升了约11.62%,实现了改善系统润滑性能和节能的目标^[4]. 由于PROA属于新开发的产品,在实用化之前有必要对其进行进一步的性能测试,以评价其对较长时间运行的空调系统的持续性作用效果. 于是,对一台加入PROA的分体热泵型房间空调器进行了为期近40天的连续运行性能测试,测定了标准制冷工况下系统的吸气、排气温度,吸气、排气压力,室内、外出风温度,制冷量,输入功率等参数,探讨这种新型极化冷冻油添加剂对改善空调系统润滑性能和增强换热效果的持久作用情况,为PROA在空调系统中的实际应用提供参考.

1 极化冷冻油添加剂简介

1.1 PROA的特点

新型极化冷冻油添加剂(PROA)是由一种由电子云非均匀分布的功能性分子物质,配上普通润滑油中所含有的抗氧化剂、抗磨剂等多种物质而组成的产品. 其分子为四面体刚性结构,具有极性. 极性端为多氯烯烃,而非支链烷烃. 这使得其化学性质很稳定,凝固点低,沸点很高,没有挥发性,对环境没有副作用. PROA的合成工艺简单,生产成本较低. 使用时通过专用的添加工具将一定量的添加剂通过空调的充氟口加入到系统中去即可,操作方便. 目前市场上也有多种添加剂在出售,但绝大多数都是从美国进口,价格比较高,一般都是用在中央空调等大型系统中,在普通的家用空调中并没有得到太大的推广. 这类产品一般都是通过氯化工艺^[5]得到,因此,含氯较高,对环境及设备构成潜在的损害,其它的一些改进型如磺酸钙盐^[6]在实用过程中往往效果不佳,极大地制约了其推广使用.

1.2 作用机理

PROA的功能分子是一种极性分子,其一端电子

云密度较低,而另一端电子云密度较高,这样较高的一端便显负电性,它可以与金属表面靠静电作用进行结合,因此结合力比较强,不会随着制冷剂的流动以及管路的震动而与壁面脱离. 而油膜则是靠自身的粘性与金属表面结合的,其结合力属于分子间作用力,即范德华力,与电场力相比,结合力相对较低. 所以,在压缩机中,PROA分子容易脱离内壁面. 一方面,PROA分子相对独立,且分子尺度非常小,属于纳米级别的,而油膜分子之间是有一定空隙的,因此,当PROA被注入到空调系统后,功能分子便通过空隙进入到壁面区域,与管壁结合,形成了一层“超微化学传导热片”^[7]. 这一厚度较小的单分子层,相对于油膜的热阻,传热效率高. 其作用原理如图1所示.

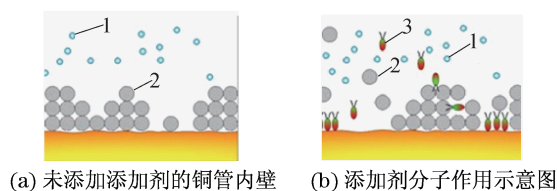


图1 添加剂分子去除表面油膜的作用示意图

Fig.1 Diagram of additive to remove the surface film role in the molecular

1. 制冷剂分子 2. 润滑油聚合分子 3. PROA分子

另一方面,PROA功能分子的电子云密度低的那一端柔性高,当其嵌入油膜内部后,制冷剂的流动及管路的震动会使功能分子在油膜内部摆动. 这不仅加速了油膜与壁面的脱离,而且可以防止油膜的再生,同时可以破坏制冷剂在管内壁附近形成的边界层效应,因此,添加PROA后,换热器就可保持较高的换热性能,从而达到节能的目的. 加入PROA前后油膜变化如图2所示.

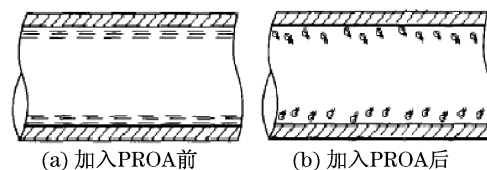


图2 加入PROA前、后油膜的变化

Fig.2 Change of oil film in tube before and after charge with PROA

此外,纳米材料本身又具有一些宏观物质所不具有的性质,如量子尺寸效应、小尺寸效应等. PROA分子充分体现了纳米摩擦学方面的优点,润滑以减少摩擦,能够较好地改善润滑油的性能. 对于压缩机来说,动、静转子表面并不是非常光滑的,存在凹凸,

润滑油分子体积较大,难以进入动、静转子表面的凹陷处.于是,润滑油分子会在摩擦副表面上生成一层低熔点、低剪切力的无机化学保护膜^[6].随着压缩机内部温度的升高,这层保护膜会发生碳化.当润滑油随着制冷剂的流动进入到换热器中后,压缩机内部油量减少,润滑效果降低,就会出现较多的磨屑.这些磨屑连同碳化颗粒一旦进入毛细管,就会引起堵塞,影响系统的正常运行,有可能会使输入功率增大,性能下降.但加入的添加剂,其分子体积小,可以填充动、静转子的凹陷,同时形成一保护层以改变表面的应力分布,提高润滑效果,降低功耗,达到节能的目的.对新空调来说,换热效率可以达到6.0%~7.5%;对于旧空调,管内壁的油膜热阻的影响非常大,造成管路的巨大的阻力损失,而PROA可以将管内壁的厚厚的油膜清除,换热效率的提高非常明显,阻力损失减少后,又减少了压缩机的功耗,因此,PROA是从多方面对空调进行节能的.

2 实验仪器与方案

2.1 实验材料与设备

极性冷冻油添加剂(PROA)由上海理工大学制冷技术研究所和低温生物研究所研制.一台KFR-23G/hY空调器作为被测机.上海理工大学根据GB/T7725—2004研制全自动焓差实验室.

2.2 实验方案设计

本研究是为了检测极性冷冻油添加剂在空调系统中作用的持久性,故在系统运行长达40天的时间内进行实验.制冷测试工况要求:室外干球温度35℃,室外湿球温度24℃;室内干球温度27℃,室内湿球温度19℃.为了测试空调系统在实验室中的稳定运行程度,本实验在标准工况下,测定压缩机吸气、排气端的温度和压力,室内、外出风温度和以及整个系统所产生的制冷量及消耗的功率等参数.

3 实验方法

3.1 实验步骤

- 现介绍实验步骤.
- a. 将被测机组安装在焓差实验室内,在各相应测点安装各参数的测量仪器,布置如图3所示.与实验台连接后,检查实验电路.
 - b. 向被测空调机中冲入氮气,检测被测机是否泄漏,确保没有任何隐患,以免造成制冷剂的浪费.
 - c. 确认无误后,清除机体内的氮气,并使之达到真空,立刻充入定量的制冷剂 HCFC-22,其额定

- 充注量为640 g.
- d. 待空调机运行后,调节室内外环境,使室内外环境尽快达到额定工况要求.
 - e. 在加入添加剂之前,先记录几组关于空调的性能参数.
 - f. 每次通过加液阀7加入极性冷冻油添加剂(PROA)5 ml,共加3次,期间让空调进行长时间运转,使其与制冷剂充分接触并混合,同时与管内壁充分发生键合,以发挥添加剂的作用,达到理想的效果.
 - g. 待运行稳定后,定时记录系统的温度值、压力值、被测机的制冷量、消耗功率以及性能系数COP值等参数,以便分析比较.

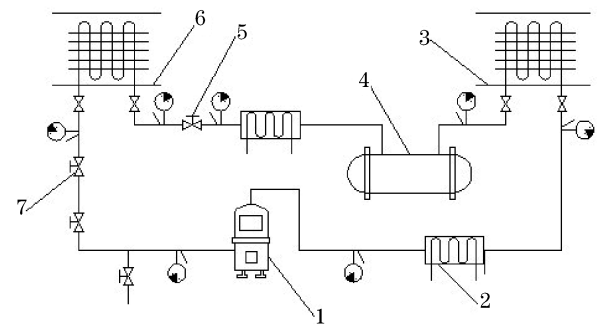


图3 测试系统流程系统图
Fig.3 Flow chart of refrigerating system for the tested unit
1.制冷压缩机 2.水冷换热器 3.室外机组
4.贮液器 5.电磁阀 6.室内机组 7.加液阀

3.2 实验分析

由于添加剂是分3次逐渐添加的,因此,在添加过程中,选取平均值变化明显的参数进行分析,如表1所示. p_{in} 为吸气压力, p_{out} 为排气压力, t_{in} 为吸气温度, t_{out} 为排气温度, COP为性能系数, Q 为制冷量, τ 为时间, P 为功率, V 为添加剂的添加量, t_i 为室内出风温度, t_o 为室外出风温度.

表1 参数变化情况
Tab.1 Parametric variation condition

V/ml	Q/W	COP	p_{out} /kPa	t_{out} /℃
未添加	1 587.69	1.917	1 890.28	90.6
未添加	1 589.03	1.924	1 899.32	91.8
5	1 648.73	1.963	1 937.46	72.5
5	1 651.29	1.960	1 941.53	71.7
10	1 793.37	2.128	1 920.12	76.3
10	1 792.87	2.134	1 918.54	77.5
15	1 702.01	2.086	1 980.15	75.2
15	1 699.32	2.079	1 979.88	75.8

比较实验数据可以看出,添加剂经过两次添加后,制冷量总体呈一个上升的趋势,最大量达到12.9%.但是,待添加完毕,制冷量却有小幅度下降,但仍然比未添加 PROA 前高得多,这可能是 15 ml 的 PROA 对于本系统来说,不是最佳的添加量.排气温度则是在最开始加入添加剂时骤然下降,变化十分明显,最大变化为 20.7%,随着 PROA 的逐渐加入,排气温度略有提高,但与未添加前比低很多.再次验证了 PROA 对改善旧空调的性能具有良好的作用, COP 的增值可达 11.3%.

经过 40 天的运行,各种参数(t_{in} , t_{out} , p_{in} , p_{out} , t_i , t_o)随时间变化的测试结果如图 4~7 所示.

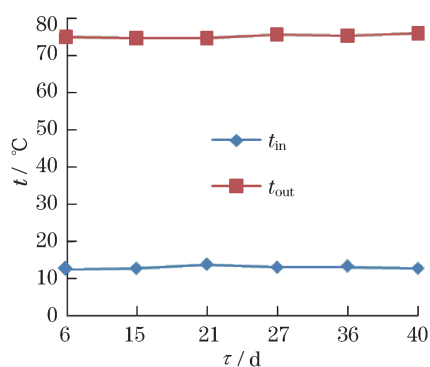


图 4 吸气、排气温度随着测试时间变化的曲线
Fig.4 Suction and discharge temperature as the change of time

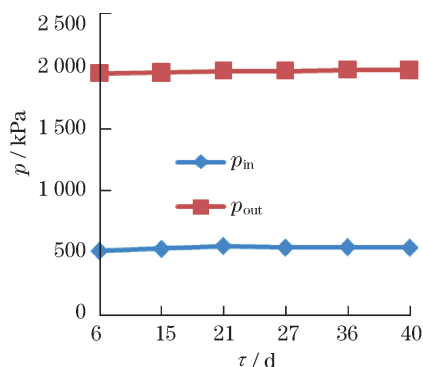


图 5 吸气、排气压力随测试时间变化的曲线
Fig.5 Suction and discharge pressure as the change of time

在添加剂添加过程中,制冷量总体是在上升的;当完全添加完毕后,制冷量的变化仅在 1 600 ~ 1 700 W 范围内,此时波动范围并不是很大.而功率的消耗也有所下降,基本稳定在一个平衡范围内.这说明在长时间的运行中,PROA 对系统的制冷量及功率的影响是比较稳定的,基本保持了较低的功率消耗、较高的制冷量.

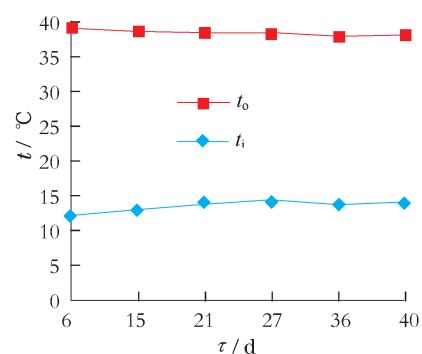


图 6 室内、外出风温度随测试时间变化的曲线
Fig.6 Indoor and outdoor temperature curve as the change of time

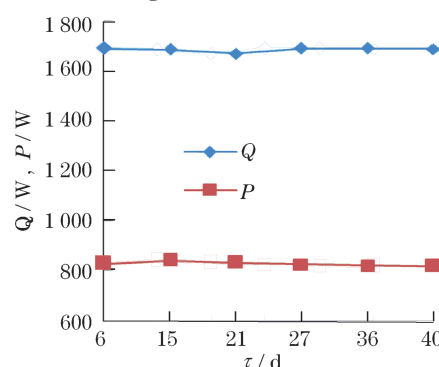


图 7 制冷量、功率随测试时间变化的曲线
Fig.7 Refrigerating capacity and power as the change of time

压缩机作为空调的核心部件,其运行的好坏会直接影响空调的性能.对压缩机的吸气、排气温度变化的分析可以看出,预定的添加剂添加量完全加入后,排气温度比先前有一定的下降,在后期无变化操作的运行中,排气温度一直保持在 74.5~75.8 °C 之间,吸气温度也只在 12.8~13.4 °C 之间波动,说明添加剂在空调系统的长时间运行中,促进了压缩机性能的改善,并使其在较好的状态下运行.同时也验证了添加剂中的分子静电力使之与管壁牢牢结合,作用持久.吸气温度降低后,不仅可以长期保持较好的冷凝效果,而且从根本上防止了压缩机的排气温度过高,杜绝碳化现象的发生,保证了压缩机在良好工况下运行.此外,压缩机吸气、排气压力的变化也比较稳定,振动及噪声也较规律,且未见异常,而对内部的摩擦情况还有待进一步的测试.同样,在后期的运行中,系统的 COP 值、室内外的出风温度均变化不大,空调的运行稳定,并使室内环境的舒适度得到良好保持.特别要指出的是,在整个实验过程中,PROA 有能够使旧空调的消耗功率减少的功效,一定程度上产生了节能的作用.

(下转第 297 页)