

多联机用大变频压缩机的油循环率改善研究

张霞 应哲强
(上海日立电器有限公司 上海 201206)

摘要:近几年,我国多联机市场保持着高速增长,其中变频产品占绝对份额,对压缩机而言,转子式压缩机的优势更为明显,对其可靠性的要求更高。低的油循环率是保证可靠性的一个重要因素。本文从泵油源头和油气分离路径两方面入手,对油循环率进行了一系列改善及验证。结果表明,减小泵油孔直径,出油孔直径及角度以及直油孔变横油孔均可以降低油循环率;另外,通过改善电机气流通道、在转子上/下部安装挡油板、增加电机上部空间等方案也可以从油气分离路径中降低油循环率。

关键词:多联机;变频压缩机;可靠性;油循环率

Improvement of oil circulation rate of large DC inverter compressor for multi-split air-conditioning

ZHANG Xia YING Zheqiang
(Shanghai Hitachi Electrical Appliances Co., Ltd. Shanghai 201206)

Abstract: In recent years, multi-split air-conditioning market which inverter products occupied the absolute share maintained rapid growth in China. For the compressor, the advantages of rotary compressor are obvious and the requirements about reliability are higher. Low oil circulation rate is an important factor to ensure reliability. In this paper, a series of improvement and verification about oil circulation rate are carried out by two aspects: the source of oil pump and the path of oil and gas separation. The results show that decreasing the diameter and angle of the oil hole, changing the pattern of oil hole can reduce the oil circulation rate. In addition, improving the flow path in the motor, installing oil baffle plate at the upper end or the lower end of the rotor, increasing space above the motor can also reduce the oil circulation rate during the oil and gas separation.

Keywords: Multi-split air-conditioning; Inverter compressor; Reliability; Oil circulation rate

1 引言

在近几年中,随着环保节能理念的逐步深入,“低碳经济”的推进及生活质量的提高,越来越多的建筑在节能性、舒适性、灵活性等方面对空调产品提出了较高的要求。传统的分体式家用空调在很多方面已经开始不能满足用户的需求,如长时间使用带来的高电费;在面积较大的房间内常发生室温不均匀;有限的空间使得安

装第二台室外机变得比较困难,而一台室外机往往缺乏足够的动力带动所有室内机正常工作,室内机的安装破坏了室内装潢的统一等问题。另一方面伴随着房价的飞涨,如何提升房屋附加值也是开发商思考的问题,且一些空调厂家的终端推广、广告宣传使得中央空调的概念深入人心,从而一些追求高品质生活的消费者愿意购买中央空调。而多联机是中国中央空调市场上规模较大

的一个产品系列,近几年保持着高速增长,随着多联机市场份额的快速扩大,吸引了越来越多的空调企业,竞争也越来越激烈。

从2002年以来,我国的多联机市场增长率一直保持在30%以上,以往的中央空调市场大部分螺杆式水机和离心式水机占据,即使在日本,多联机一般也只用于两三万平方米的建筑,用于十万平方米左右的较少,但在中国,多联机已经

逐渐吞噬了传统水机的份额,在四五万平方米甚至十多万平方米的建筑都应用较为普遍。

多联机在家用中央空调市场的占有率已经超过了70%,近几年市场持续火热,整体呈现出较快的增长速度。

在压缩机方面,随着多联机IPLV、单元机SEER逐渐向APF标准过渡,变频压缩机占多联机的绝对份额,同时转子式压缩机优势更为明显,因此针对性的开发大规格直流变频转子式压缩机尤为重要。

2 多联机用压缩机回油问题简介

多联机俗称“一拖多”,指的是一台室外机通过配管连接两台或两台以上室内机,室外侧采用风冷换热形式、室内侧采用直接蒸发换热形式的一次制冷剂空调系统。根据系统大小和使用的环境不同,可以分为家用系统和商用系统。多联机系统如图1所示。一般地,变频多联管路长达125m,高度可达50m,弯头较多,能够存油的地方

很多,因此回油也较困难。随着运转时间增加,管路中积聚油越来越多,压缩机内部油变少^[1]。在制冷循环中,压缩机内部的润滑油具有润滑、冷却、冲洗、密封等功能,是压缩机正常工作不可缺少的一部分。但是,运转中有一部分润滑油与冷媒一起经过上壳盖排气管进入系统中,并附着在热交换管道内壁上,从而增加了传热阻力和压力损耗,降低了热交换效率,另外,压缩机内部的油减少后,尤其在高转速下,造成润滑不良,不但降低了制冷效率同时影响了压缩机的可靠性,因此降低制冷循环的油循环率(简称OCR)是非常重要的。^[2]

我国国家标准GB/T 5773规定容积式制冷压缩机进行性能测试时,排气管道上循环的制冷剂液体内含油量不超过1.5%(以质量计)。国际标准ISO 917则规定,制冷剂压缩机性能测试循环系统油循环率1.5%以上的,必须装有高效的油分离器(且要求油分离器直接回油到压缩机润滑系统)^[3],以上两个标准都说明压缩机的油循环

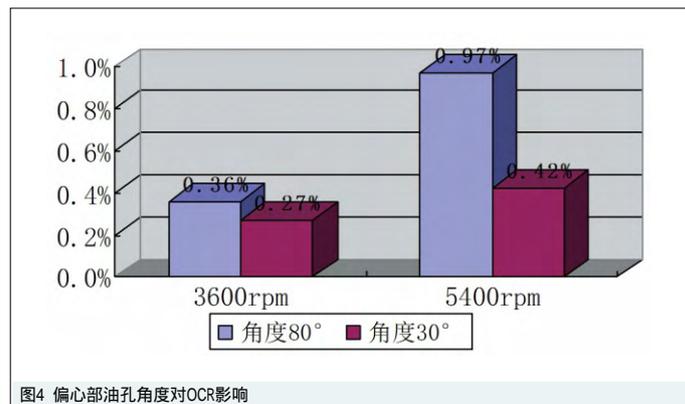
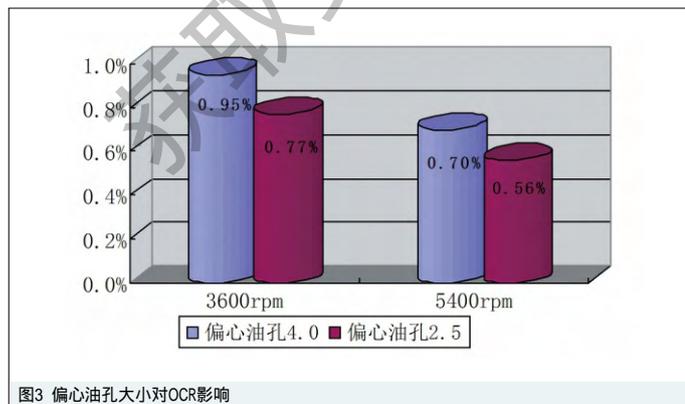
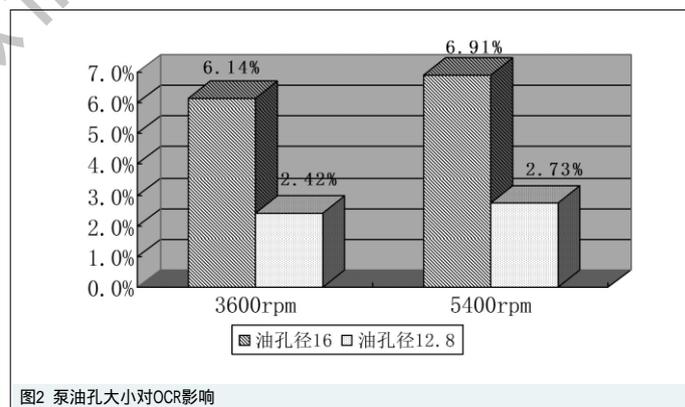
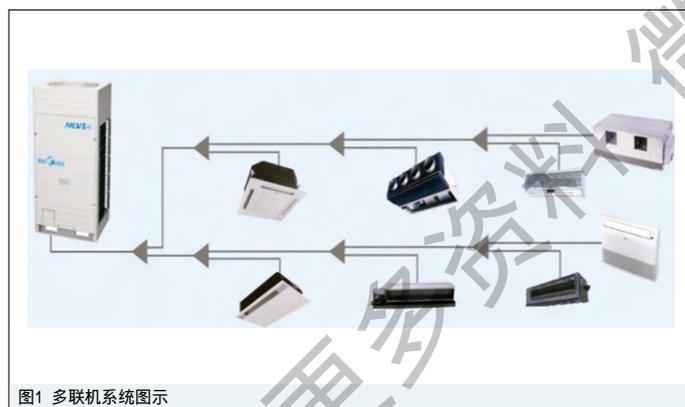
率需控制在1.5%以下,即在压缩机设计开发时需要降低油循环率。

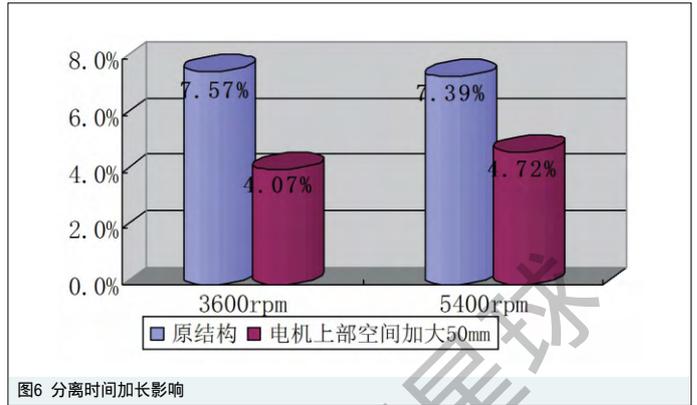
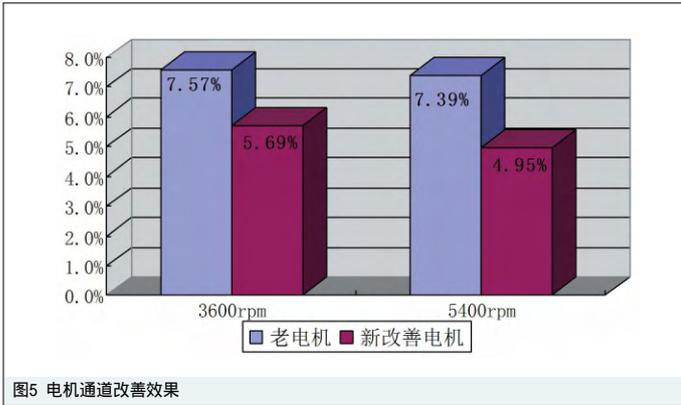
3 油循环率降低研究

在转子式压缩机中,当超过规定量的润滑油与冷媒一起流出压缩机进入冷媒循环系统后,压缩机内部温度上升,压缩机各部件过热,此时效率下降,耗电量上升,性能降低。在恶劣情况下可能出现零部件咬死,压缩机失效。

旋转压缩机的出油过程主要是通过曲轴高速旋转形成的离心力和油面上下的压差将压缩机底部的润滑油泵到曲轴的各个出油孔,从而对压缩机内部的各个部件进行润滑。其中,当油通过油孔对活塞及上轴承进行润滑时,会与制冷剂相溶,进入压缩机的排气系统,随着排气通过冷媒通道进入压缩机上部,从而排出压缩机外部。

泵油系统作为润滑油流动的源头,设计的目标是为了满足润滑、密封,在该条件下,泵到泵体内部的油量希望尽量少。影响该部分泵油量的





主要因素有：加油量（油面位置）、油孔大小及位置、油路情况（直孔、横孔）等。

除了源头，流动过程路径中油气分离，让润滑油迅速回到底部油池也很重要，可通过改善电机槽型和增加油分离结构来实现。

3.1 泵油源头的影响OCR因素分析

(1) 油孔大小与角度对泵油量的影响

旋片泵油量(cc/min)：

$$\frac{180\omega L_3}{\theta} \left(R^2 - \left(\frac{180L_3}{\theta\pi} \right)^2 \ln \left(1 + \left(\frac{\pi\theta}{180L_3} \right)^2 R^2 \right) \right)$$

其中：——转速；——旋片旋转角度； L_3 ——旋片旋转长度；R——曲轴短轴孔径。

假设旋片是设计ok的，曲轴的短轴孔径越大，泵油量越大。当然旋片旋转角度增大，泵油量也会增加，但其增加比例与短轴孔径增加比例对泵油量影响相差较多。见表1。

另外：曲轴偏心处油孔的出油量是靠离心力实现的，离心力的大小与偏心处油孔到旋转中心的半径（即偏心部月牙槽的角度）成正比，月牙槽泵出的油通过月牙槽的横截面到达活塞端面、通过活塞端面间隙进入汽缸内部，因此月牙槽的面积大小直接影响油量泵出量。

通过试验验证油孔大小不同，偏心油孔大小、角度不同对油循环率的影响如下：

曲轴短轴油孔孔径减小（16mm 12.8mm），测试OCR结果如图2所示，偏心部油孔直径减小（4.0mm 2.5mm），测试OCR结果如图3所示，偏心部油孔角度减小（80° 30°），测试OCR结果如图4所示。

(2) 油路不同对油循环率的影响

泵油系统中泵油的动力除了高速运动产生的离心力外，还有各个油孔之间的压力差，因此曲轴结构对泵油影响也比较大。曲轴结构有直油孔与横油孔两种结构，直油孔端在电机上部，横油孔端在电机下部，由于孔端位置不同，压力则不同，同样转速下所泵的油量不同。

对不同曲轴型式进行装机，测试OCR结果如表2。

3.2 油分离路径中影响OCR因素分析

气体在流动过程中，与润滑油的合并、分离、旋转等多种流动状态融合在一起，如果路径设置中油分离效果不好，则OCR比较高，如果路径设置合理，OCR则较低。

一般通过改善电机通道、增加油气分离时间和安装挡油板等方式来降低OCR。

(1) 电机通道结构改善

根据研究理论，电机下部的气流速度分为两种^[4]：

Phase-A阶段

电机下部空腔内气流速度低于大部分液滴的临界速度，气流只能“夹带”少部分液滴运动进入电机通道；在电机通道内液滴附壁后形成液膜，这时气流速度也低于通道对应的液膜的临界速度，液膜的流量向下，液体又回流到电机下部空腔。且由于液滴少、液膜薄，所有通道都不会有堵塞，均有向上气流。

Phase-B阶段

电机下部空腔内气流速度高于大多液滴的临界速度，气流“夹带”大部分液滴运动进入电

短轴孔径	100%	90%	80%	100%	100%
旋片旋转角度	100%	100%	100%	90%	80%
泵油量	100%	66%	42%	91%	82%

压缩机样式	3600rpm	5400rpm
直油孔	4.04%	4.45%
横油孔	0.95%	0.70%

	3600rpm	5400rpm
对比机1	5.17%	4.69%
转子上方安装挡油板	0.63%	1.02%

	3600	OCR(5400)
对比机2	0.95%	0.70%
转子下方安装挡油板	0.51%	0.33%

	OCR(3600)	OCR(5400)
安装第二块上挡油板	5.69%	—
无第二块上挡油板	4.04%	4.45%

机通道；在电机通道内液滴附壁后形成液膜，部分通道中由于液膜量较多而“堵塞”了，气流只能通过其余的通道向上流动。

由以上分析可得：

- 如果通道流通面积能够设计足够大，使处于Phase-A，可以实现低OCR；
- 如果通道流通面积不能设计足够大，调整转子通道的水力直径大于定子切边的水力直径，以保证电机通道中间流速高，四周流速低，也可以实现低OCR。

根据上述理论，试制新的定转子结构，试验验证OCR降低效果如图5。

(2) 增加分离时间

另一种油气分离的方法是通过重力使得油

冰箱智能杀菌技术研究

李猛 胡海梅 刘全义
(合肥美菱股份有限公司 安徽合肥 230601)

摘要:本文采用的是臭氧和负离子相结合的技术方案,利用空气杀菌和深度杀菌两种模式开发的杀菌器,通过内置Wi-Fi模块及开发手机APP实现人机互动。检测结果显示,该装置在1.5小时对大肠杆菌的除菌率达到99%。

关键词:智能;除菌;臭氧;负离子

Research on the technology to eliminating bacterial intelligent in refrigerator

LI Meng HU Haimei LIU Quanyi
(Hefei Meiling Company Limited Hefei 230601)

Abstract:In this paper, a combination of ozone and anion technology program, the use of air sterilization and sterilization of the two models developed sterilizer, through the built-in Wi-Fi module and the development of mobile phone APP to achieve human-computer interaction. The results showed that the sterilization rate of Escherichia coli reached 99% in 1.5 hours.

Keywords :Intelligent; Eliminating bacterial; O₃; Negative ions

滴慢慢回落到底部,这就需要油气混合物在压缩机内部的运动时间加长,使得分离时间足够,因此考虑加大电机上部的空间。试验验证如图6。

(3)安装挡油板

挡油板是通过离心力将排出气体中携带的油滴抛向壳壁来分离油气从而降低OCR的,表3、4为转子上、下装挡油板对OCR影响的试验验证结果。为了起到更好的油气分离效果,在转子下方已经安装了一个挡油板的情况下,在上壳盖排气管下方再安装第二块挡油板,试验结果表明第二块挡油板对OCR并没有积极作用,反而会提高OCR,数据见表5。

4 总结

多联机用大规格直流变频压缩机最主要的特点是要有高的可靠性,较低的油循环率是开发该类压缩机的一项主要工作。

充足的油润滑来自于足够的加油量及较低の出油率,加油量设计的目标是在满足润滑、密封条件下,泵到泵体内部的油量希望尽量少,低出油率是避免润滑油随着气体一起进入外部系统而难以再回到压缩机内部。本文对影响油循环率的因素进行分析,从泵油源头和油气分离路径两方面入手,进行了一系列改善及试验验证。结果表明,减小旋片安装孔直径,出油孔直径及角度以及直油孔变

横油孔均可以减小油循环率,在油分离路径方面,通过改善电机气流通道、在转子上/下部安装挡油板、增加电机上部空间,延长压缩机内部油气分离的时间均可以有效地降低油循环率。

参考文献

- [1] 李葛丰. 对变频多联机回油的相关问题分析[J]. 科技传播, 2014, 6.
- [2] 周易, 肖园园, 刘春慧, 王艳珍. 旋转压缩机内润滑油分布的模拟[J]. 流体机械, 2012, 40(3).
- [3] 王汝金, 张秀平, 贾磊, 吴俊峰, 贾甲, 黄磊. 制冷系统油循环率的测试方法[J]. 制冷技术, 2014, 42(6).
- [4] 陶宏. 降低压缩机出油率的电机流体通道设计探讨[R]. 上海日立研究报告集, 2013, 10.