

文章编号: 1671-6612 (2019) 05-521-03

电动涡旋压缩机在汽车空调系统中的应用

曹兰宝 徐秀娟 刘忠刚 崔亚 邓龙生 雷霖

(浙江吉智新能源汽车科技有限公司 杭州 310000)

【摘要】 电动涡旋压缩机在电动汽车热泵空调系统的应用发展迅速, 作为系统工作的核心部件, 系统的设计应充分考虑压缩机的使用需求, 压缩机的润滑与系统回油对压缩机自身与系统性能都有重要意义。就压缩机的润滑与回油做简要的分析, 以便提高压缩机的可靠性与系统的性能。

【关键词】 电动涡旋压缩机; 热泵系统; 润滑; 回油

中图分类号 TB69 文献标识码 A

The Application of Electric Scroll Compressor in Electric Vehicle Heat Pump Air Conditioning System

Cao Lanbao Xu Xiujian Liu Zhonggang Cui Ya Deng Longsheng Lei Lin

(Zhejiang Jizhi New Energy Automobile Technology Co., Ltd, Hangzhou, 310000)

【Abstract】 The application of electric scroll compressor in electric vehicle heat pump air conditioning system is developing rapidly, as one of the most important parts in the system, the requirement of it should be considered from the very beginning. The lubrication and oil return means a lot to the system. The paper analyzes lubrication and oil return to improve the compressor reliability and system performance.

【Keywords】 electric scroll compressor; heat pump system; lubrication; oil return

0 引言

随着世界范围内的能源危机与环境危机的出现, 电动汽车作为以电能为动力且无尾气排放问题的清洁能源型产品, 保有量在逐年上升^[1]。在电动汽车上, 由于动力电池能量密度与成本的限制, 对各个系统的节能需求相比传统燃油车会更高^[2]。电动汽车乘员舱制冷可由电动压缩机替换传统的以发动机为动力源的离合器式压缩机, 而对于制热, 因无发动机余热可以利用, 现行的电动车空调制热系统有两种主要方案, 一种为利用 PTC 电加热装置为乘员舱提供热量, 另一种为热泵空调系统^[3], 热泵空调系统因其具有高的效率, 从能耗的角度节约能源, 国内外很多研发机构、整车厂家都在积极进行热泵空调系统的开发^[4]。电动压缩机作为实现制冷和制热的核心部件, 也成为了重点研究对象。而电动涡旋式压缩机因其具有结构简单、噪音低、体积小、重量轻、运行平稳、效率高

等优点, 在已上市的搭载有热泵空调系统的电动汽车中被大量应用^[5,6]。因为电动涡旋式压缩机固有的结构特点, 其应用于空调系统时需要关注的回油问题^[7], 在应用于热泵空调系统时, 因为低温下润滑油特性的改变及系统中质量流量的降低, 回油问题需要被重点关注。本文要重点讨论的即是电动涡旋压缩机应用于电动汽车热泵空调系统时从设计角度即需要重视的润滑与回油问题。

1 电动涡旋式压缩机简介

电动涡旋压缩机整机共有 7 处摩擦副^[8]。压缩过程中, 所有的摩擦副都需要润滑, 此时润滑油起到导热, 降低摩擦, 减少磨损, 减小噪声的作用; 润滑油的另一作用, 是在压缩过程中, 形成薄油膜在不同的压缩腔的分界面处(即动静盘径向到最小间隙处)隔断不同压力的气体, 起到径向密封的作用。

由此,如果压缩机内润滑油不足,将会导致摩擦副的摩擦损失和动静盘之间的密封不良,压缩机的可靠性和性能都将下降。图 1 为机内润滑油不足导致的磨损图。



图 1 压缩机磨损图

Fig.1 Abrasion of the compressor

对于涡旋压缩机从整机结构上分通常为两类:高压腔结构和低压腔结构,高压腔结构依靠压缩机内部的压差实现供油;在汽车空调上常用的低压腔结构,润滑油是通过主轴的动力来提供离心力,到达轴承表面和其他需要润滑的表面。

尽管润滑油对于涡旋压缩机的润滑、导热及密封至关重要,但油随排气离开压缩机时,就是对气体的一种污染。制冷剂中含油,一方面会导致压缩机有效的吸气容积降低,恶化压缩机本身的性能;另一方面,会在制冷系统的其他零部件中产生集油,增大热阻,恶化换热器性能。鉴于制冷剂与油良好的互溶性,在系统运行的过程中,油液必然会随着制冷剂而流动。为实现油液分离,一些压缩机在后盖上,设计有相应的油气分离结构,利用离心力实现油分离。

无论如何,油气不可能彻底分离。而对于汽车空调,由于布置空间的限制,很少能装配有气液分离器。所以,汽车空调相较于系统含油率相对会较高。

2 热泵空调系统

图 2 为基本的热泵空调系统,在常规制冷空调的基础上,增加了两三通电磁阀/电子膨胀阀/室内冷凝器芯体及相应的连接管路。对压缩机来说,应用于热泵空调系统时,与应用于常规制冷系统有以下几点差别:首先,热泵系统需要压缩机的转速范围较大(600~8000rpm/min),为保证在如此高的转速下压缩机都能润滑良好,润滑油与制冷工质之比往往达到了 10% (一般制冷空调压缩机低于 2%)。第二,热泵系统使用的环境温度较低,可能

低至 -10°C 以下,在此温度下,润滑油与冷媒的溶解度降低,冷媒的比容增大,有效吸气质量降低,有效润滑油质量降低,而此时压缩机的转速较高需要的润滑油量更多。第三,相对于制冷工况,制热工况的吸气压力更低,压缩机的压比增大,所以压缩机的排气温度也将增高,这就可能导致润滑油炭化失效,严重时损坏压缩机。下面将一一论述为解决这些问题,热泵系统设计时需注意的问题。

在制冷回路中,压缩机 1 排气进入室外冷凝器 6,经全开的大口径电子膨胀阀 5,再经电子膨胀阀 10 节流降压后进入室内蒸发器 9,经吸气管进入气液分离器 8 后回到压缩机。在这一回路中,压缩机排气管路/冷凝器出液管路中流体流速较高,润滑油不易累积;冷凝器中,因为车用冷凝液多为微通道结构,截面尺寸较小,油液会有一定程度的附着,所以冷凝器中实现流程分配的隔板上宜设置回油孔,利用冷凝器进出口的压差作用,实现油液的顺利排出;制冷剂经电子膨胀阀 10 节流降压后流速下降,进入蒸发器中,制冷剂以气液两相态的形式存在,而润滑油仍为液态,特别是制冷剂过热段,油气分离更明显。所以,蒸发器后的压缩机吸气管就需要采取相应的回油措施。常用的吸气管道包括水平管,上升立管和回油弯,且各段管路都有一定的流速要求。

在制热工况中,压缩机排气 1 进入室内冷凝器 3,此冷凝器的设计可遵循与室外冷凝器相同的设计要求,当然,因通常室内情况下室内冷凝器整体尺寸较小,集油不明显,考虑到回油孔存在可能产生的对系统性能的影响,可以不做处理;再经电磁阀 4,流入电子膨胀阀 5,节流降压后,进入室外蒸发器 6,此蒸发器整体尺寸往往较大,而且工作在低的蒸发温度下,油气分离更明显,所以蒸发器及其后压缩机吸气管路的回油设计需要重点关注。在热泵空调系统中,因制热/制冷工况下不同的换热量需求及管路总量的增加,制热工况下,所需的制冷剂充注量会高于制冷时的充注量,此时就需要在系统中设置气液分离器。气液分离器一方面保证系统不出现大量的液体进入压缩机,一方面内部可设计合理的回油结构。合理的设计包含进出气管的相对位置和回油孔的位置及尺寸。合理的回油孔位置及尺寸,可以保证少量的液态制冷剂及油液连续的回到压缩机的吸气管路上,应注意,此时制冷剂处于低温、低压、低速的气态,润滑油易析出,所

以此段管路不宜过长。而当系统中配置了气液分离器时, 通常的干式蒸发器可以考虑一定程度的满液使用, 此时蒸发器内部可以通过设置适宜的孔板, 用以提高制冷剂流速而减小集油。

由以上描述可见, 室外换热器在制冷工况时为冷凝器在制热工况时为蒸发器, 为同时兼顾制冷和制热的换热性能, 换热器的结构/流程设计可能异于传统的冷凝器或者蒸发器, 此时更应兼顾换热器内部的回油问题。

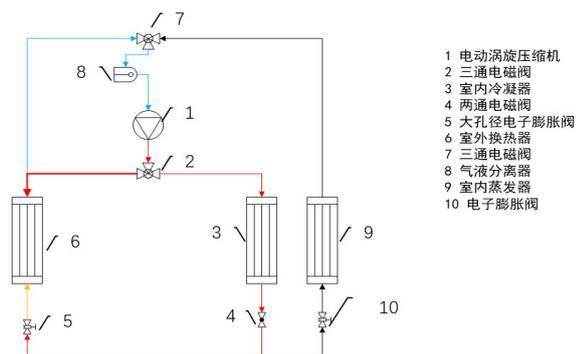


图 2 热泵系统框图

Fig.2 Heat pump system

3 低温下润滑油性质的变化

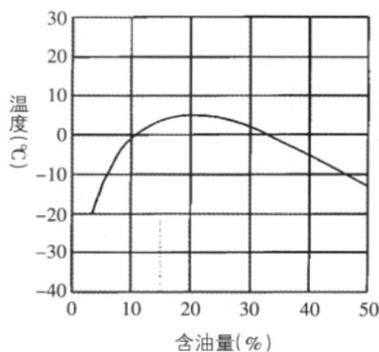


图 3 润滑油与制冷剂的溶解曲线

Fig.3 Solubility curve of oil and refrigerant

下图为通常的润滑油与制冷剂的溶解规律曲线, 由图可见, 低温下, 润滑油的溶解度下降, 压缩腔中动静盘的润滑/冷却及密封可能存在问题。

而当制冷剂与润滑油的混合物排入系统后, 系统工作在低蒸发温度 (环温为 -20°C) 时, 蒸发器内的冷媒蒸发不完全, 润滑油分离更为严重, 此时蒸发器后吸气管、气液分离器等的回油设计尤为重要。

4 总结

综上, 在电动涡旋式压缩机应用于汽车热泵空调系统时, 较传统的制冷空调系统, 系统回油问题尤为重要, 从压缩机自身、系统管路、芯体、气液分离器等各零部件在设计之初就需重点考虑回油问题。首先, 压缩机自身在充分润滑后, 排气前应能够进行一定量的油气分离, 已保证较低的油循环率; 第二, 冷凝器中为保证回油, 流程隔板中应设置适当的回油孔; 第三, 冷凝器出液管制制冷剂流速较高, 可不特殊考虑; 第四, 蒸发器中因制冷剂蒸发而产生的油气分离, 在热泵工况下, 应考虑设计孔板以提高制冷剂流速以减少集油; 第五, 气液分离器中应设计合理的回油孔位置与尺寸; 最后, 压缩机吸气管不易设置过长, 应有适当的回油弯。

参考文献:

- [1] 罗艳托.全球电动汽车发展现状及未来趋势[J].国际石油经济,2018,26(7):58-64.
- [2] 陈清平.附件能耗对电动汽车续航里程和能量消耗率的影响研究[J].内燃机与配件,2018,(19):3-5.
- [3] 杜沛.电动汽车热泵空调系统可行性分析[R].中国河南许昌:河南省汽车工程学会,2012.
- [4] 陈雪峰.电动汽车热泵系统简述[J].制冷与空调,2016,16(7):78-81.
- [5] 易丰收.涡旋式汽车空调压缩机-引领汽车空调的革命[J].汽车与配件,2003,(29):28-30.
- [6] 张伟.纯电动公交车热泵型空调系统设计与实验研究[J].制冷与空调,2017,31(2):118-121.
- [7] 李超.低压腔涡旋压缩机润滑系统的模拟分析[J].润滑与密封,2016,40(1):20-23.
- [8] 李连生.涡旋压缩机[M].北京:机械工业出版社,1998.