

# 多联机系统制热模式冷冻油滞留位置分析

陈泽彬 傅英胜 黄春 宋培刚

(珠海格力电器股份有限公司)

**摘要** 针对多联机系统制热模式下冷冻油滞留于系统中的情况进行研究,主要对空调系统的气态连接管、液态连接管、室外机换热器和室内机换热器进行理论分析和试验验证。研究表明:多联机制热模式下,压缩机冷冻油主要滞留于气态连接管和无开机需求的室内机。

**关键词** 冷冻油;多联机;换热器;制热模式;压缩机

## Analysis on entrainment position of refrigeration oil in VRF air-conditioning system under heating mode

Chen Zebin Fu Yingsheng Huang Chun Song Peigang

(Gree Electric Appliance, Inc. of Zhuhai)

**ABSTRACT** The entrainment situation of refrigeration oil in VRF air-conditioning system under heating mode is studied. The theory analysis and corresponding experimental verification are conducted on the air-conditioning system's gas connecting pipe, liquid connecting pipe, heat exchanger of outdoor unit and heat exchanger of indoor unit. The results show that compressor's refrigeration oil mostly retains in the gas connecting pipe and the stop-running indoor units under heating mode of VRF air-conditioning system.

**KEY WORDS** refrigeration oil; VRF air-conditioning unit; heat exchanger; heating mode; compressor

为了提高多联机系统的可靠性,笔者对多联机系统在制热模式下制冷剂流通的各个主要部位进行理论分析和试验验证,以确认冷冻油滞留的位置。

### 1 系统运行过程中冷冻油的滞留

压缩机运行过程中,部分冷冻油会随着被压缩的制冷剂排出压缩机,运行时间越长,排出的冷冻油就越多。为了保证压缩机不缺油,一般会在压缩机排气端加油分离器,主要是把排出的冷冻油与制冷剂分离,再将冷冻油送回压缩机。但是油分离器的效率是有限的,即使是高效的油分离器其分油效率也只能达到97%~99%,还是会有少量的冷冻油进入系统。要防止压缩机出现缺油的情况,必须要确认冷冻油主要存在于系统的位置。

系统积蓄冷冻油的原因主要有2个:

#### 1) 冷冻油大部分粘附在制冷剂管壁上。制冷

剂流速较低时,冷冻油难以被带走,积蓄在流通气态制冷剂的连接管上。

2) 根据冷冻油(PVE68)和制冷剂(R410A)溶解的特性(见图1),压力一定时,温度越低,溶解度越高,与气态制冷剂相比,液态制冷剂可溶更多冷冻油。所以冷冻油容易滞留于流速低的气态制冷剂处和不流动的液态制冷剂处。

图2所示为制热模式的制冷剂循环图,冷冻油有可能滞留在系统的气管、液管、室内机换热器和室外机换热器中。

#### 1) 气态连接管

制热模式下气态连接管中的制冷剂处于高压的气态,制冷剂的含油率比较低,且气态连接管的管径较大,连接管较长,当压缩机运行频率较低时,制冷剂的流速也较低,冷冻油会粘附在连接管管壁上。

收稿日期:2013-06-28

作者简介:陈泽彬,本科,工程师,主要从事空调系统研究。

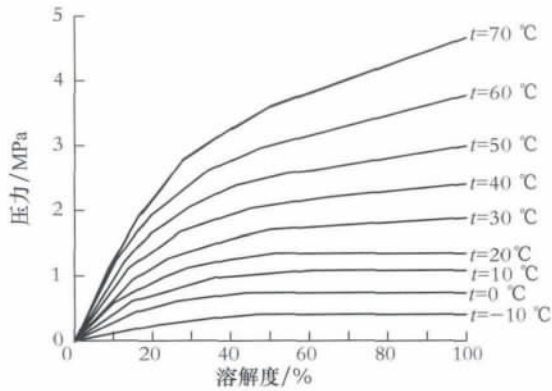


图 1 PVE68 与 R410A 的溶解度图

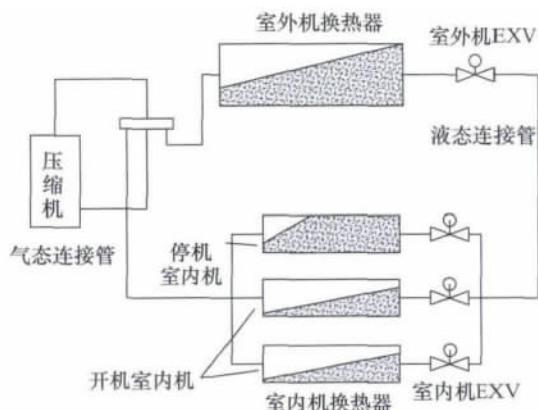


图 2 制热模式的制冷剂循环图

### 2) 室内机换热器

多联机的室内机可以分为有开机需求的室内机(下面称“开机室内机”)和无开机需求的室内机(下面称“停机室内机”),分别对这 2 种室内机进行分析:开机室内机对制冷剂进行冷却冷凝作用,把制冷剂冷凝至过冷状态,制冷剂多处于液态,冷冻油容易溶于制冷剂,随制冷剂流至液态连接管,所以制冷剂不容易滞留;停机室内机的 EXV 开度比较小,制冷剂的流速比较慢,加之室内机与制冷剂有一定温差,制冷剂会冷凝成液态,冷冻油存于液态的制冷剂中,且由于流速低,导致冷冻油容易积蓄于停机室内机。

### 3) 液态连接管

液态连接管中的制冷剂处于中温中压的气液两相态,由于只是经过室内机的一次节流,液态制冷剂占的比重较大,冷冻油会随着液态制冷剂流动,带回室外机换热器,所以液态连接管不容易滞留冷冻油。

### 4) 室外机换热器

室外机换热器中的制冷剂经过节流后处于气液两相态,且为流动的,冷冻油会随着制冷剂流动至室外机换热器的过热区,由于室外机换热器与

压缩机之间的过热区很短,所以积油量较少。

由以上分析可知,系统中能够存大量油的位置为停机室内机和气态连接管。

## 2 对存油位置的试验验证

### 2.1 气态连接管存油

对气态连接管存油进行对比试验,观察不同频率下气态连接管存油的情况。

首先计算不同频率下的气态连接管流速,以一个排量( $V$ )为  $37.5 \text{ cm}^3/\text{r}$  的压缩机为例,设定频率( $f$ )为  $100 \text{ Hz}$ ,蒸发温度为  $8 \text{ }^\circ\text{C}$ ,吸气过热度为  $10 \text{ }^\circ\text{C}$ ,吸气比容( $v_{\text{吸气}}$ )为  $0.02736 \text{ m}^3/\text{kg}$ ,冷凝温度为  $44 \text{ }^\circ\text{C}$ ,排气温度为  $85 \text{ }^\circ\text{C}$ ,排气比容( $v_{\text{排气}}$ )为  $0.0122 \text{ m}^3/\text{kg}$ ,气态连接管管径( $\phi$ )为  $22 \text{ mm}$ ,壁厚( $d$ )为  $1.2 \text{ mm}$ 。

气态连接管截面积( $\text{m}^2$ )为

$$A = 3.14 \times \left( \frac{\phi - 2d}{2} \right)^2 = 3.02 \times 10^{-4} \quad (1)$$

质量流量( $\text{kg/s}$ )为

$$m = \frac{Vf}{v_{\text{吸气}}} = 0.1371 \quad (2)$$

流速( $\text{m/s}$ )为

$$v = \frac{mv_{\text{排气}}}{A} = 5.54 \quad (3)$$

在气态连接管上安装一个视液镜,观察不同频率下气态连接管中油的流动状态,如图 3 所示。可知,高频率运行时油量积累相对较少(管内清晰,无明显油滴),中频率运行时油量积累相对较多(管内有一定油位,且镜面有油点)。频率越低油流动得越慢,油量积累越多。

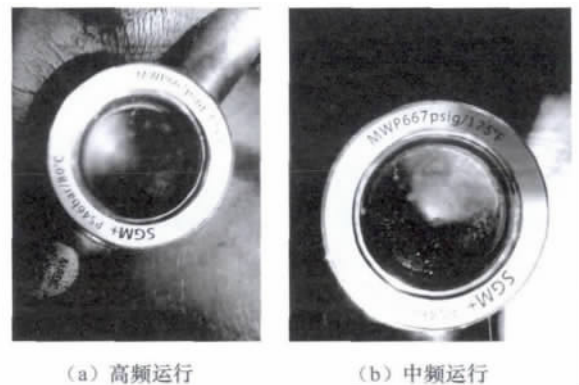


图 3 油量积累情况

为了形成油量的对比,在气态连接管中截取一段长  $500 \text{ mm}$  的管路,把管内的制冷剂放空,称出管内冷冻油的质量。

表 1 所示为机组在不同频率下的气连接管内

表 1 不同频率对应的油量

频率/Hz	20	40	60	80	100
流速/(m/s)	1.11	2.21	3.32	4.43	5.54
冷冻油质量/g	9.8	8.5	6.9	4.5	2.8

流体流速和油的质量。

由表 1 可以看出,随着机组运行频率的增加,气态连接管中的流体流速逐渐增大,存油量减少。

### 2.2 停机室内机存油

为了观察停机室内机存油的量,将一个视液管与油分离器并联。让停机室内机的 EXV 每 4 h 开大一次,使滞留在停机室内机的油和制冷剂排到液管,流至压缩机。而压缩机在一定频率下的油位是有限的,会把系统回油排入油分离器,观察油分离器的油位变化,最终判断停机室内机的存油量,结果如表 2 所示。

表 2 油分离器的油位表 cm

	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次
EXV 开大前	6.5	6.3	6.6	6.2	6.5
EXV 开大后	8.4	8.5	8.5	8.3	8.5

每次开大停机室内机 EXV 时,油分离器的油位平均上升 2 cm,随运行时间延长,油分离器的油会排至系统,存于停机室内机处,油分离器的油位

下降。由此可以看出停机室内机的是滞留了冷冻油。

### 3 结论

多联机制热模式下,气态连接管管径较大,尤其是主气态连接管,频率越低,越容易存油;另外,停机室内机的制冷剂多处于液态,可以溶解较多冷冻油,且流速较慢,停机室内机也是存油的另一个主要位置。而室外机换热器、开机室内机换热器和液体连接管中,油会随制冷剂的流动而回到压缩机,形成循环,所以存油量较少。

### 参考文献

[1] 彦启森. 论多联式空调机组[J]. 暖通空调, 2002(5): 2-4.

[2] 郑坤. 空调多联机系统优化研究[D]. 西安建筑科技大学, 2007.

[3] 刘益才, 秦岚. 商用空调多联机系统关键技术发展研究[J]. 建筑热能通风空调, 2004, 23(4): 27-29.

[4] 王志刚, 徐秋生, 俞炳丰. 变频控制多联式空调系统[M]. 北京: 化学工业出版社, 2006.

[5] Calm J M. Options and Outlook for Chiller Refrigerants[J]. International Journal of Refrigeration, 2002, 25(6): 705-715.

\*\*\*\*\*

(上接第 3 页)

关于能效等级的划分,应来自理论分析和市场调研,市场调研应有大量的样本数值,并有国外同类产品的数据。一般说,1 级能效的产品在市场上约占 15%,2 级能效产品约占 25%,其余是 3 级能效产品。

在理论分析方面,笔者先不提各种建模和生命周期分析,只是从热力学完善度方面的经验数据分析。我国冷水机组能效标准的热力学完善度,1 级能效为 0.4~0.5,5 级能效为 0.3,在 1 600 kW 制冷量以下,随制冷量呈线性关系。在单元式空调机、风冷冷水机组方面,也有丰富的经验数据,可为制定不同类型的冷库用制冷机组的能效标准提供参考。

### 5 结束语

笔者给出 2 种基础冷库能源效率,介绍我国已

有制冷与热泵产品能效标准的成功经验,建议用热力学完善度的概念分析和制定不同类型冷库的能效等级。

### 参考文献

[1] 三年后我国冷库容量或将增至 1.4 亿立方米[OL]. <http://www.56885.net/news/2013530/351154.html>.

[2] GB 500072—2010 冷库设计规范[S].

[3] GB/T 15912.1—2009 制冷机组及供制冷系统节能测试 第 1 部分:冷库[S].

[4] DB 31/595—2012 冷库单位产品耗电量限定值及能源效率等级[S].

[5] 马一太, 田华, 刘春涛, 等. 制冷与热泵产品的能效标准研究和循环热力学完善度的分析[M]. 北京: 科学出版社, 2012.