

# 多联机回油设计的研究

余 凯

( 珠海格力电器股份有限公司 珠海 519070)

摘要：本文简明扼要的对多联机系统回油特性进行分析，阐述了目前多联机系统在设计回油循环中需要考虑的问题，并从回油时间、回油周期和回油频率上对系统回油过程进行了讨论，阐述了在回油过程中如何加强回油效果。

关键词：多联空调；回油周期；回油时间

Abstract: In this paper, characteristic of multi-variable unit oil circulation is analyzed briefly. This paper also expounds the problem about designing oil circulation which need to be considered, and discusses the process of oil circulation time, cycle and frequency. At the same time, the paper tells how to improve the effect of oil back from system.

Key words: VRF; oil circulation cycle; oil circulation time

## 前言

VRV 空调系统即可变制冷剂流量空调系统，从 90 年代初起，得到了迅速的发展，由于该系统所具有的使用灵活、节能和易于安装等优势，使该系统大量地运用于办公楼、医院、别墅等建筑。大型化的同时，也带来了许多问题，制冷剂管路的长度与室内外机组的高差在影响着空调系统的冷量衰减的同时，也对整个系统的回油造成了很大的困难；随着技术的进步和发展，目前自由一拖多系统已经形成了专利分油及回油技术来实现超长冷媒配管<sup>[1-3]</sup>。下面本文主要对多联系统在回油方面的设计进行一些阐述和探讨。

## 1 多联机系统回油设计

机组回油期间压缩机如何才能保留更多的油滞留量，这主要跟设计的管路系统有关系，一般来说对于压缩机而言存在两级回油管路，第一级属于压缩机和压缩机配置的油分离器之间，第二级属于压缩机和室外的连接管路和室内机之间，下面本文依次对两种情况进行阐述。

### 1.1 回油毛细管的选择

由于多联机系统比较复杂，工程情况也很多变，要满足可靠性运行一般在多联机系统上压缩机是必须配置一个油分离器的，对于油分离器的旁通式回油来讲，除了油分离率需要经过

特别设计和确认之外，其回油毛细管尺寸的选择也是非常重要的。

选择过程主要涉及长度和管径的要求，流量选择过小则油分离器中分离出来的油无法有效回到压缩机，反而被储存在油分离器之内没有被利用，流量选择过大则大量的排气高温冷媒被一起带入到压缩机吸气侧，造成吸气温度过高，系统性能大打折扣，因此在选择之初需要对其进行分析研究并通过实验确认。

我们知道任一时刻处于毛细管内部的流动都可以认为是单相流动，那么可以通过下面的一维流动模型来分析此时的流动特性<sup>[4]</sup>：

$$\begin{aligned} \text{质量守恒: } \frac{d(\rho u)}{dz} &= 0 \\ \text{动量守恒: } \frac{d(\rho u^2)}{dz} &= -\frac{dp}{dz} - \frac{\tau_w S_0}{A} \\ \text{能量守恒: } \frac{d(\rho u C_p T)}{dz} &= -\frac{\pi d}{A} q \\ q &= \alpha_0(T - T_w) \end{aligned}$$

通过上述方程结合实验研究，则可以有效确认出回油毛细管的尺寸，缩短实验匹配时间。

对于多联机而言，尤其是大型模块组合的多联外机系统，为了实现大容量的系统往往有变频和定频压缩机并联组合而构成。组合压缩机在运转时定频压缩机固定 50Hz 频率运行，然后变频压缩机运行频率一般处于变化过程中，比如说：15-90Hz，

那么变频压缩机的排油率就处在不断变化的过程当中，一般情况下变频压缩机的频率越高则排油率越大，频率越低排油率越小，因此设计中需要充分考虑这种差异，从而实现针对差异化的油路设计。

针对性设计主要体现在如何处理变频压缩机高频时过高的排油率，那么这时由于排出油量较多，则补给也同样需要增加，因此回油毛细管的尺寸选择往往需要比定频压缩机更大。

### 1.2 多联系统中回油程序设计

在整个系统的回油循环中，处于管道中的分析对象是液态油和气体制冷剂的混合物，属于两相流动范畴，其理论分析和计算都比较困难，相关的可以参考经典的Navier-Stokes方程两相流动方程。本文主要从设计回油循环出发，重点讨论一下设计过程实验过程中的要点和注意事项。

#### 1.2.1 回油程序设计要点

通常讲的回油是指把冷冻油从长连接管路和室内换热器中带回外机的压缩机系统，那么如何才能达到良好的回油目的，本文认为主要有以下几点：首先，一般情况下液态冷媒和冷冻油是可以互溶的，如果是液态冷媒，油温过热度必然小于0，此时油和冷媒高度互溶，因此油被稀释，粘度低，油可以随液态冷媒安全带回，因此回油程序的设计中需要对冷媒状态进行考虑，蒸发器侧的过热度可以适当控制低一些；其二，在正常的运行过程中，一般来说气侧管路冷媒处于过热状态，因此油温过热度较大，冷冻油中冷媒溶解率小，油被稀释的程度大大降低，此时油粘度较大，此时油容易附着在管壁上，难以带回压缩机，要完成有效的回油程序，主要依靠气态冷媒和油之间的摩擦力带回，因此对吸气侧的流速有一定要求，一般认为水平管路流速达到5m/s，竖直管路：10m/s，则整个系统具有较好的回油安全度。

#### 1.2.2 回油程序周期设计

对于回油程序的周期如何选定？本文认为最基本的首先要看系统处于最低频率运行时的状态，我们知道对于大型多联系统而言，最低频率的输出非常小，对于庞大的管路系统回油基本上是不可能的，因为此时的系统流速通常低于上面要求的流速，但低频运行时压缩机排油率也很低，再加上通常系统会配置油分离器，因此此时压缩机和油分离器的整体排油率就更低，

那么整个系统回油程序周期需要针对最不利的最低频率运行来设计。

所谓回油运行周期是从压缩机存油量和回油量来考虑的。对于不同的系统来说都有着大致不同的经验值，但具体是从下面几点来考虑的：正常运行时，当能力输出较小时流速较低，则不易将油从管路中带回，相对而言如果油分离器的效率不高，那么系统中的油始终保持不断的向低压侧堆积，直到形成供需的平衡，如果此时的能力输出越小，那么这种平衡就越可能是一种压缩机缺油的平衡，而且形成的时间就越短，最终将导致压缩机缺油，那么在形成这种平衡之前我们就可以设置此时机组进入回油运行循环，此时增加系统回油的动力，以解决这个问题，可以根据当时压缩机输出的能力值设置不同的回油周期，当然这需要通过流速的理论计算，综合考虑排油率和油分效率并经过实验来确认。

对于大型多压缩机并联或者是大型多压缩机多室外机模块并联系统来说，要想取得同样效果的回油性能需要考虑的因素还有很多。一般来说多联机室内机和室外机的容量配比是容许有一定容差的，一般在50%~135%之间，对于回油周期的设计来说，室内机越多容量越大则系统回油周期需要越短，即：低频运行的情况下越容易出现缺油的情况，因此在设计之初需要充分考虑。除此之外，连接管的长度和外机和内机之间的落差也是一个重要因素。

#### 1.2.3 回油运行时间

回油运行时间即回油程序过程持续的时间，该时间的设计必须保证充足的冷冻油已经通过该循环回到了压缩机，多联式空调中的制冷剂沿系统循环一周的时间根据管路长度不同而有所不同，而润滑油循环一周的时间则相对更长一些，这个时间对于设计合理的回油循环时间是非常重要的参数。

我们知道回油过程是需要从室内侧把冷冻油回到压缩机，那么需要执行回油控制时所有室内机的电子膨胀阀是出于开启状态的，即使是用户没有使用的情况下该室内机的阀也会被强制打开，这个特点对于回油过程的时间非常重要，时间过短起不到回油的作用，效果不明显，时间过长则系统吸入的液态冷媒会比较多，对系统的可靠性有隐患。

#### 1.2.4 回油频率设计

回油频率设计即回油运行过程中整个系统需要的输出能力大小,该能力输出值必须保证前面提到的最低流速设计要求,实际情况往往还需要预留一些设计余量以保证效果,在容许的情况下可以尽量选择大一些。

主要有以下因素制约,频率越高回油效果越好,但系统吸气压力越低,吸气侧吸入液态冷媒量越多,这一点是需要严格控制的,开发过程中需要根据系统汽液分离器的有效容积来确认系统可承载的回油量,同时根据实验情况确认出此时需要的运行时间,在容许的条件下可以适当选择长一些。

#### 1.2.5 回油过程其它问题

压力比的要求:我们知道回油过程中高低压压差应该保持一定大小,保证克服流动阻力的最低的回油速度要求,这一点是从机组的压缩机能力输出、压缩机负载率、回气管尺寸方面来考虑的,回气管尺寸越大,要求的压缩机负载率就越大。但是能力输出或负载率如果偏大又会带来其他的问题,其一、系统回油期间压缩机回液过多,油质变稀润滑效果变差,这会带来回油期间的压缩机运行故障,同时也不利于压缩机将带回来的油留在压缩机内部;其二、系统回油期间低压过低,压力比过大,在工况较为恶劣的情况下甚至超过了本身的压力比限制,这都不利于压缩机的正常运行。

排气温度的控制要求:回油过程中不宜出现排气温度过高和低压侧过分回液现象,对于排气温度而言过高则会导致油的粘度降低润滑效果变差,油膜的厚度也相应降低;对于回液的情况则会导致压缩机内部排油率的增加,液体冷媒会夹带较多的油排出压缩机。这两个方面所带来的控制主要就是,室内机电子膨胀阀的开度控制和液体旁通的控制,需要结合上面两个方面综合考虑。

## 2 总结

本文阐述了多联机组在处理压缩机回油问题上需要考虑的一些设计因素,分析了多联机在压缩机回油过程的两个级别的回油过程,并分别进行了论述得出了以下结论。

回油毛线管尺寸的设计需要针对定频压缩机和变频的差异性分别考虑设计,一般变频压缩机选择尺寸流量更大的毛线管。

回油程序设计需要首先根据压缩机排气量结合理论最低回

油流速要求选择合理的回油频率和回油周期,然后实验验证确认。

根据冷媒和油的互溶特性,液态冷媒往往容易将油带回压缩机,因此回油过程需要适当的回液设计。

回油周期需要根据系统允许最低频率和排油率进行综合评价,在大型多联系统中最低频率的运行可以近似认为回油量为零,通过排油率和压缩机内保有油量以及最低安全运行油量则可以有效确认系统最长回油周期间隔时间。

#### 参考文献

- [1] 彦启森. 空调技术的发展与展望. 中国暖通空调制冷, 1998 年学术年会学术文集. 1998: 1-5
- [2] 李丽, 邓军. VRV 空调系统的分析及应用. 山东建筑工程学院学报 1998. 3. Vol.13, No.1
- [3] 田旭东, 张宝怀. VRV 空调系统的特点和设计试验方法. 制冷与空调 2004.10 Vol.4, No.5
- [4] 邵双全, 石文星. 多台压缩机并联的空调系统中均油方法的研究. 低温工程 2001. Vol.121, No.3