

双压缩机并联多联机回油问题探讨

北京工业大学环境与能源工程学院 张超甫* 李红旗

摘要 本文首先总结压缩机并联的常见回油方法,并分析其优缺点,同时针对变频与定频压缩机组成的多联机系统的回油情况进行分析,设计新的回油系统,通过一套多联机系统进行试验测试出其回油规律与特性。

关键词 并联压缩机 润滑油 回油 多联机

Discussion on Oil Returns of Hermetic Compressor in Parallel Operation

By Zhang Chaofu* and Li Hongqi

Abstract The common method of oil return was summed up, the advantage and disadvantage of the methods was analyzed, designing the new oil return system. At the same time the oil return condition of multi-connected refrigerating (heat pump) unit which was made up of the frequency conversion and stable frequency compressor was analyzed, the principle and character of was concluded by testing the multi-connected refrigerating (heat pump) unit system.

Keywords Compressor in parallel operation, Lubricating oil, Oil return, Multi-connected refrigerating (heat pump) unit

* The College of Environment and Energy Beijing University of Technology

0 前言

近年来,多联机空调系统由于有节能、舒适、智能化管理和占用空间小等优点,在各类建筑中应用较多,为了更好地调节负荷,出现了双压缩机并联多联机系统即室外机由1台变频压缩机和1台定频压缩机并联组成。多联机系统与普通的房间空调器相比连接管道更长,管道内的存油会更多,易导致压缩机回油不良,各润滑面供油不足,最终使压缩机损坏,因此回油状况的好坏对整个系统的性能安全有重要的影响。本文针对R22的双压缩机并联的多联机回油问题进行实验测试分析并提出建议。

1 制冷系统常见的回油方法

双压缩机多联机系统的回油问题受两个主要因素的影响:一是系统设计因素,即系统布局与管路设计;二是物理因素,即润滑油和制冷工质混合物的性质。对于确定的制冷系统,在制冷剂和润滑油确定之后,回油状况主要取决于系统的设

计,即可以通过系统设计的优化,减少直至消除管路中润滑油积存的现象,来提高系统的回油能力。

目前并联压缩机系统的回油方式主要有以下几种。

1) 定频且容量相同的压缩机的制冷系统中最常见的方法^[1],是在两台压缩机壳体间连接有管径较大的均油管和管径较小的均压管;或在此基础上在每台压缩机的排气管上增设1个油分离器,大部分冷冻油经油分离器分离后,通过减压毛细管流回压缩机吸气管,以减少进入系统管路及蒸发器的油量,从而使各压缩机均匀油。这种均油方法一般适用于几何尺寸相同的两台压缩机并联使用的场合。对于容量大小不一致的压缩机组成的系统来说,由于油位高度本身不同,为保证油位高度一致,两台压缩机的安装高度则不一致,因此增加了安装的难度。多联机系统的压缩机一般采用定容量和变容量两种

* 张超甫,1978生,大学本科
地址:北京市

压缩机相结合,且两者的容量也不相同,所以这种润滑油平衡的方式不适用于在并联压缩机的多联机系统中。

2) 采用在压缩机排气管上设置油分离器:油分离器再与设置的电磁阀相接而形成油路平衡管,再通过压缩机的内置油面传感器传来的信息控制电磁阀的开闭,以控制冷冻油油面。当压缩机富油时,对应电磁阀关闭,缺油时开启,前面富油压缩机的油分离器中的冷冻油将向缺油的后压缩机供油,反之亦然。但这种方法需要对制造商提出压缩机内设置油面传感器要求后才能实现,同时需要与电磁阀配合使用,其可靠性取决于油面传感器和电磁阀的品质,因而使成本大幅度提高,在空调装置中不多见。

3) 采用自动均油回路^[2]:由多台机壳内为高压油的压缩机及各压缩机所配带的油分离器、单向阀、节流器、贮油包等组成。此种方法由于采用上述各元件、部件的组合结构及连接关系,在不增设油面传感器、电磁阀的情况下,仅有管道、节流器等无运动部件,可使多台制冷压缩机自动均油。但这种方法只处于研究阶段,还未应用于实际系统中,稳定性和实用性还有待于进一步研究。

以上这3种方法都是比较常见的方法,各有优缺点,本实验装置所用回油方式不同于上述几种方法,在本试验装置

中没有采用均油和均压管,也没采用传感器和电磁阀的组合方式,使用了油分离器和有铜管组成的气流分配器组成。具体方式参见系统图(图1)。

2 实验装置

2.1 实验系统所用的压缩机(见表1、表2)

2.2 实验装置介绍

本实验装置为一套充注制冷剂 R22 的多联机系统,室外机由两台并联的压缩机(定频与变频)和冷凝器组成,每台压缩机各装1个油分离器,且都带有观察回油状态的油面镜,油面镜上带有刻度,以方便观测压缩机内的回油时的油位状况。室外机辅助部件有汽液分离器、储液罐、单向阀、电子膨胀阀等。4台室内机功率分别为3×3HP与1HP。室内节流调节装置为4个电子膨胀阀,本试验系统结构见图1。

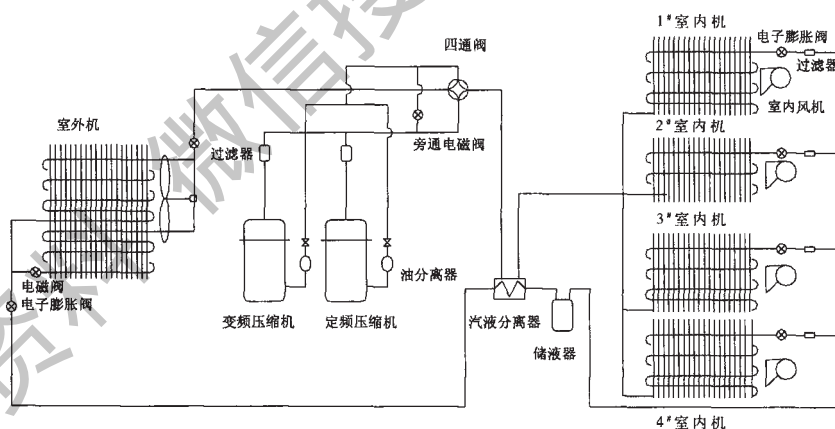


图1 双压缩式并联多联机系统图

表1 503DH-80C2Y (定频压缩机)

型号	503DH-80C2Y		制冷剂	R-22	
电机	4.4kW	2P	重量(kg)	37	
电压	346~380V	3~50Hz	压力测试	流体静压力	气动力
电压源	380~400V	3~60Hz	高(MPa)	4.5	3.0
润滑油量(L)	1.8		低(MPa)	2.3	1.5

表2 401DHV-64D2Y (变频压缩机)

型号	401DHV-64D2Y		制冷剂	R-22	
电机	5.56kW	2P	重量(kg)	37	
电压	380~415V	3~50Hz	压力测试	流体静压力	气动力
电压源	380~415V	3~60Hz	高(MPa)	4.5	3.0
润滑油量(L)	1.8		低(MPa)	2.3	1.5

3 制冷 / 制热循环中制冷剂的状态和回油分析

3.1 制冷循环

制冷运行时,从压缩机到冷凝器这一段管路中流动的制冷剂是高温高压高速的气体。此时润滑油呈雾状,和制冷剂蒸汽很好地混合在一起,且流速大,流程短,因此这一段管路中存储的润滑油很少。在冷凝器中,制冷剂由气态冷凝成高温液体,润滑油也由气态冷凝成液态。由于润滑油在高温液态制冷剂中溶解度较大,因此从室外机到室内机这一段管路也不会存油。液态制冷剂在室内机中逐渐蒸发,在室内机出口,制冷剂变成有一定过热度的低温低压气体。因为温度较低,所以大部分润滑油仍是液态,和制冷剂分离。从室内机过热区到汽液分离器,这一段管路中制冷剂气体流动速度低,润滑油流动阻力很大,因此这一段管路中积存大量的润滑油。在汽液分离器中,润滑油和液态制冷剂从吸气管上的回油孔进入吸气管,回到压缩机。制冷循环中容易积油的是从室内机过热区到汽液分离器的管路,因此制冷循环中这一段管路中回油问题的解决是关键。

3.2 制热循环

制热时,从压缩机排气口到室内机这一段管路中流动的制冷剂是高温高压高速的气体,此时润滑油呈雾状,两者很好地混合在一起,所以在这一段管路上存积的润滑油很少。在室内机中,高温高压的气体逐渐冷凝成高温液体,润滑油也冷凝成液态并全部溶于制冷剂,因此从室内机到室外机这一段管路中积存的润滑油也很少。液态制冷剂在室外机中蒸发成低温低压气体,而大部分润滑油仍然是液态。从过热区开始,润滑油和制冷剂分离,这一段管路中流动的是低温低速气体,很容易积存润滑油,但由于管路很短,所以积存的润滑油的量不大,对整个系统影响较小。

3.3 汽液分离器

因为 R22 与润滑油有限溶,在系统的高温侧部分(冷凝器、储液器)R22 与油完全溶解;在低温侧,R22 与油的混合物处于溶解临界温度以下时,蒸发器中的液体将出现分层。上层主要是油,下层是制冷剂。

汽液分离器属于低温部分,在普通的汽液分离器中的液体

是制冷剂和润滑油的混合物。当温度较高时,两者互溶,润滑油和液态制冷剂从回油孔进入压缩机。当温度到了某一临界值以下,润滑油和制冷剂分为两层。由于润滑油较轻,上层是润滑油,下层是制冷剂,所以从回油孔回到压缩机的首先是液态制冷剂。这样使得大量润滑油积存在汽液分离器中而造成压缩机缺油。

另外,多联机的回液管路流程长,若外界温度低时,也会因为回液管温度过低而在回液管中积存较多润滑油。针对会出现的这种情况,我们改进了汽液分离器的结构,如图 2 所示:

3.4 实验结果

图 3、图 4、图 5 和图 6 分别是制热工况与制冷工况下变频和定频压缩机油位随时间变化的曲线及变频压缩机油位随



图 2 普通汽液分离器与改进后的汽液分离器

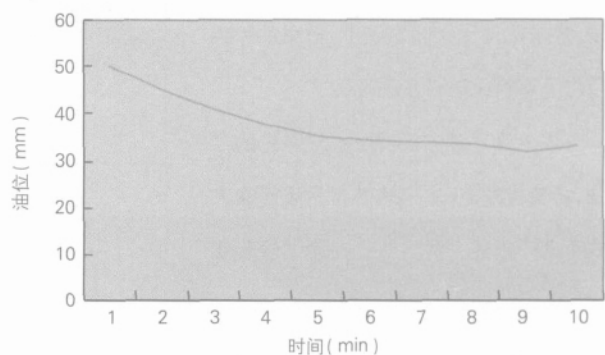


图 3 制热工况定频压缩机油位随频率变化曲线

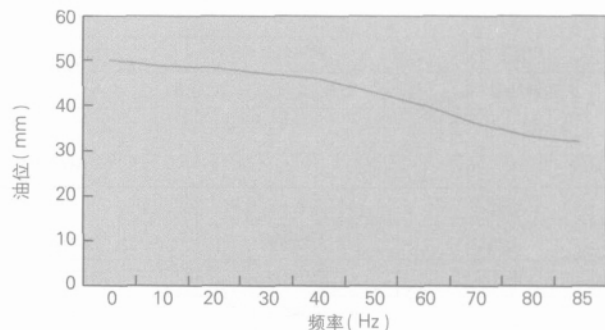


图 4 制热工况变频压缩机油位随时间的变化曲线(启动后 10min 内)

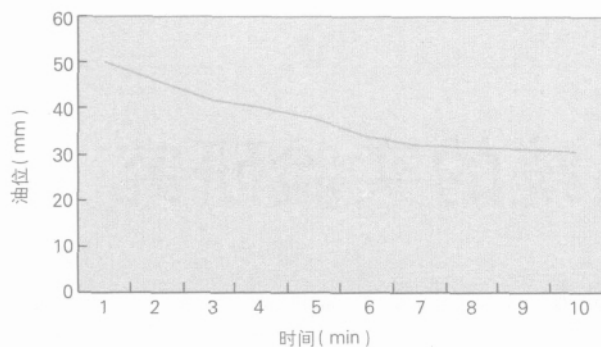


图5 制冷工况下定频压缩机油位随时间的变化曲线(启动后10min内)

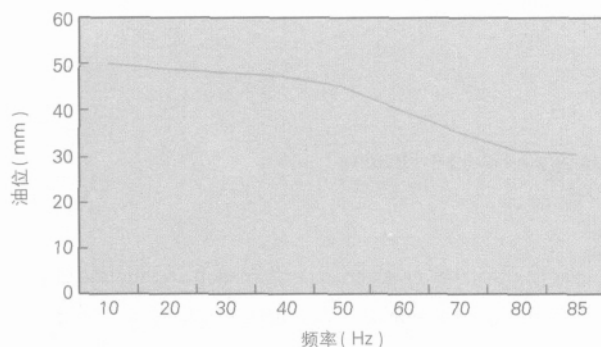


图6 制冷工况下变频压缩机油位随频率的变化(启动后10min内)

频率变化的曲线(从启动到系统建立平衡时间内)。从图3、图4可以看出,随着运行时频率和时间的增加,定频压缩机与变频压缩机油位都逐渐降低,最后稳定在一个位置。刚启动7min内定频压缩机油位降低速度很快;从第7min以后定频压缩机油位降低速度开始变缓。这是由于定频压缩机总以恒定的转速运行,在刚启动时转速大于变频压缩机,定频压缩机排出的气体流量大于变频压缩机,从而气体从压缩机内带的油也比较多,随着时间的增加,变频机开始升频,转速加快,同时排出制冷剂气体的量也逐渐增大,带油量也随着加大。当频率大于50Hz时,变频压缩机排气体量开始大于定频压缩机,制冷剂的带油量也大于定频压缩机,因此当变频压缩机频率达到60~80Hz时,油位变化比定频压缩机更迅速。当系统处于稳定时,两台压缩机的油位均稳定在某个位置,这是由于系统在稳定运行时,压缩机排气所带的油一部分经油分离器回到了压缩机,另一部分进入管道,随系统中的制冷剂一起流动,最后进入汽液分离器,经汽液分离器内的回油孔返回压缩机。稳定状态时,压缩机排气带油量与油分离器的回油量和从汽液分离

器回油孔的回油量之和达到了平衡。同理,从图5、图6制冷工况下反映的现象大致相同。

从图3、图5制热与制冷工况下的油位变化图可以看出,制热工况下统建立回油平衡的时间5min比制冷工况7min要短。这是由于制热工况时,从压缩机排出的是高压气体,在高温高压条件下,润滑油与制冷剂R22完全相溶,从室内机出来的是高温液体制冷剂,润滑油也完全溶解在制冷剂中,直到室外冷凝器的入口润滑油均溶于制冷剂,管道内制冷剂与润滑油分离的长度较短;相反在制冷工况下,压缩机排出的高温高压气体在室外冷凝器中凝结,在冷凝器中温度较高,润滑油完全溶解,能够随制冷剂一起流动,制冷剂与润滑油的混合物沿管道进入室内蒸发器蒸发,温度降低,在低温低压条件下润滑油在制冷剂中的溶解度大大降低,大部分润滑油开始与制冷剂分离,在蒸发器出口制冷剂变为低温气体,蒸发器出口至压缩机吸气口的管道比较长,而且处于低温低压状态,积存润滑油量与制热状态相比要多,因此回油建立平衡的时间更长一些。

4 结论

1) 并联压缩机的多联机系统,制热时管道内积油少,制冷时低温管道容易积油,制热工况下达到回油平衡比制冷时更迅速;

2) 本试验的回油系统与采用均压均、油管的方式相比对安装更简单,各台压缩机的油位更稳定;与采用油面传感器和电磁阀控制的系统相比成本更低,结构更简单;

3) 本试验装置的长期运行结果显示,采用此种回油方式的多联机系统性能可靠、回油正常,这种方式对于定频与变频组成多联机系统是合适的。

供
制
热
冷

(责编:金良)

参考文献

- 1 刘益才,秦岚.商用空调多联机系统关键技术发展研究.建筑热能通风调.2004,23(4):27~29
- 2 邵双全,石文星,陈华俊,等.多台压缩机并联的空调系统中回油方法的研究.低温工程.2001,(3):23~28