

一种新的压缩机并联运行回油问题解决方案

梁彩华 张小松

(东南大学, 江苏南京 210096)

摘要: 介绍了几种常用的多台压缩机并联系统中的油平衡系统, 针对现有回油系统的缺点, 通过从理论上分析压缩机回油原理, 从另一个角度根本解决了多机并联系统出现的各压缩机回油均匀问题, 开发出了一种几乎不增加成本的多机并联系统的均油方案。

关键词: 制冷压缩机; 压缩机; 回油; 油平衡系统

中图分类号: TB651 **文献标识码:** A

1 引言

一般制冷系统中压缩机的设计, 选型是按额定工况下系统所要求最大负荷的情况下进行的, 但是实际使用条件通常是偏离设计条件的, 使得压缩机大部分时间在部分负荷下运行, 从而很难保证单台压缩机系统的高效率运行。同时使用单台压缩机仅采用启停控制和能量调节措施往往不能适应负荷剧烈变化的要求, 所以如果选用具有相同总功率的多台压缩机并联安装, 不仅可以拓宽制冷系统的能量调节范围, 降低启动电流, 延长压缩机的使用寿命, 还能大幅度的降低投资成本, 通过对其中单台小功率压缩机的启停使整个机组在部分负荷运行时的效率明显高于系统仅使用一台大功率压缩机的情况。

多台并联压缩机系统中, 大多数小功率压缩机在 100% 的负荷下工作, 因此系统压缩机部分负荷时效率几乎与全负荷时效率一样, 而常规的压缩机能量调节使压缩机部分负荷时效率降低。但是在同一制冷系统中使用多台压缩机并联, 存在着系统中的冷冻油能否顺利均匀返回各压缩机的问题, 因为在制冷系统中, 压缩机工作时, 必定有一部分冷冻油会连续不断的从气缸中与制冷剂一道被压出。进入制冷系统的管道, 冷凝器和蒸发器, 当冷冻油不能及时的返回压缩机时, 就会造成压缩机油面下降, 乃至冷冻油枯竭, 导致压缩机因长时间缺油而烧毁。因此解决压缩机均匀回油问题就成了多机并联制冷系统能否能正常运行的关键。

2 几种现有常用的多机并联均匀回油方案

2.1 重力均油系统

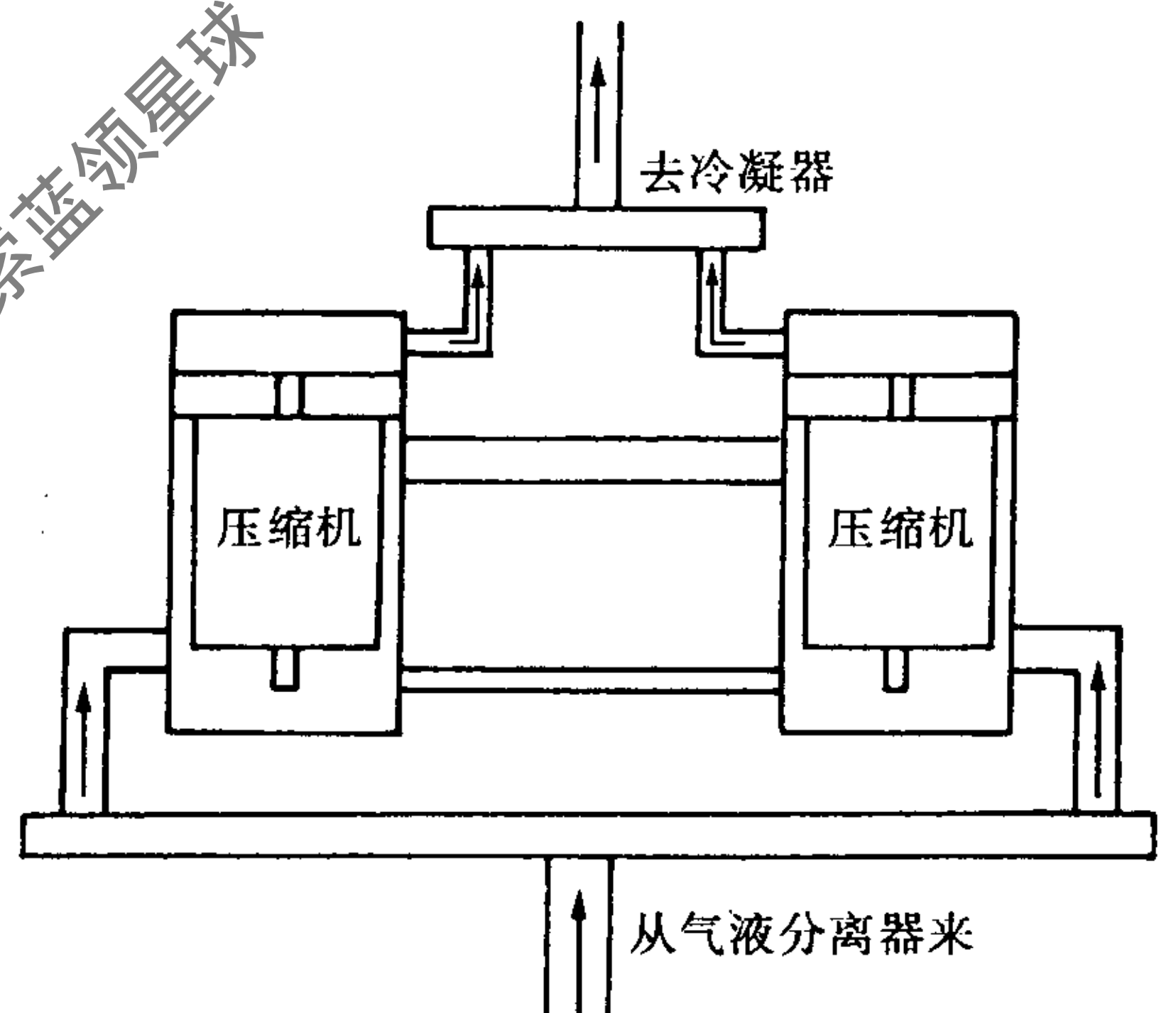


图 1

因其结构简单, 成本低, 多用于两连机。系统结构如图 1 所示, 在两台压缩机壳体间连接两根平衡管, 一根是管径较大的均压管, 一根是管径较小的均油管, 装在压缩机机壳上方的大管径连接管保证了两油池之间(低压吸气部分)的压力平衡, 装在压缩机机壳下方的较小管径的连接管保证了压缩机油位的平衡。当两台压缩机因回油不均匀而引起油位差时, 冷冻油会在重力作用下自动使两压缩机油位平衡; 或者在此基础上在每台压缩机的排气管上增设一个油分离器, 大部分冷冻油经油分离器分离后, 通过减压毛细管流回压

压缩机,以减少进入系统管路及冷凝器和蒸发器的油量,从而使各压缩机之间回油均匀。这种油平衡方法一般仅适用于两台压缩机;多于两台时,各压缩机之间连接平衡管不仅会给制造、运输带来麻烦,而且当两台压缩机大小不同时,为了保证油面一致,要求压缩机安装高度也不一致,将加大安装的困难;并且要注意平衡管的布置,因为两压缩机之间较小的压差会导致两油面的大的波动。

2.2 机械均油系统

系统结构如图2所示,在各压缩机排气的总管上设置一个油分离器,每一台压缩机在原有油位视镜的地方加装一个油位平衡器。油分离器再与油位平衡器通过一管道相连。油位平衡器的原理是通过内装浮球阀感应压缩机油池的油位来控制电磁阀的开关以控制冷冻油油位。当压缩机中的油位低于正常水平时,电磁阀开启,油分离器中的油就会在高低压差的作用下由连接管通过油位平衡器流回压缩机,以保证油位,当压缩机中的油位高于正常水平时,电磁阀关闭,使油分离器中油不能回到压缩机。防止压缩机中油位过高引起压缩机油击。这种回油系统的可靠性取决于油分离器的高效和油位平衡器的可靠。试验应用结果表明,该油系统效果还不令人满意,不能从根本上解决多机并联系统中的压缩机回油问题,而且这种方案还使系统成本大幅度提高。

因此本文通过分析压缩机的回油机理,提出了一种低成本的多台制冷压缩机并联系统的自动均油方案。

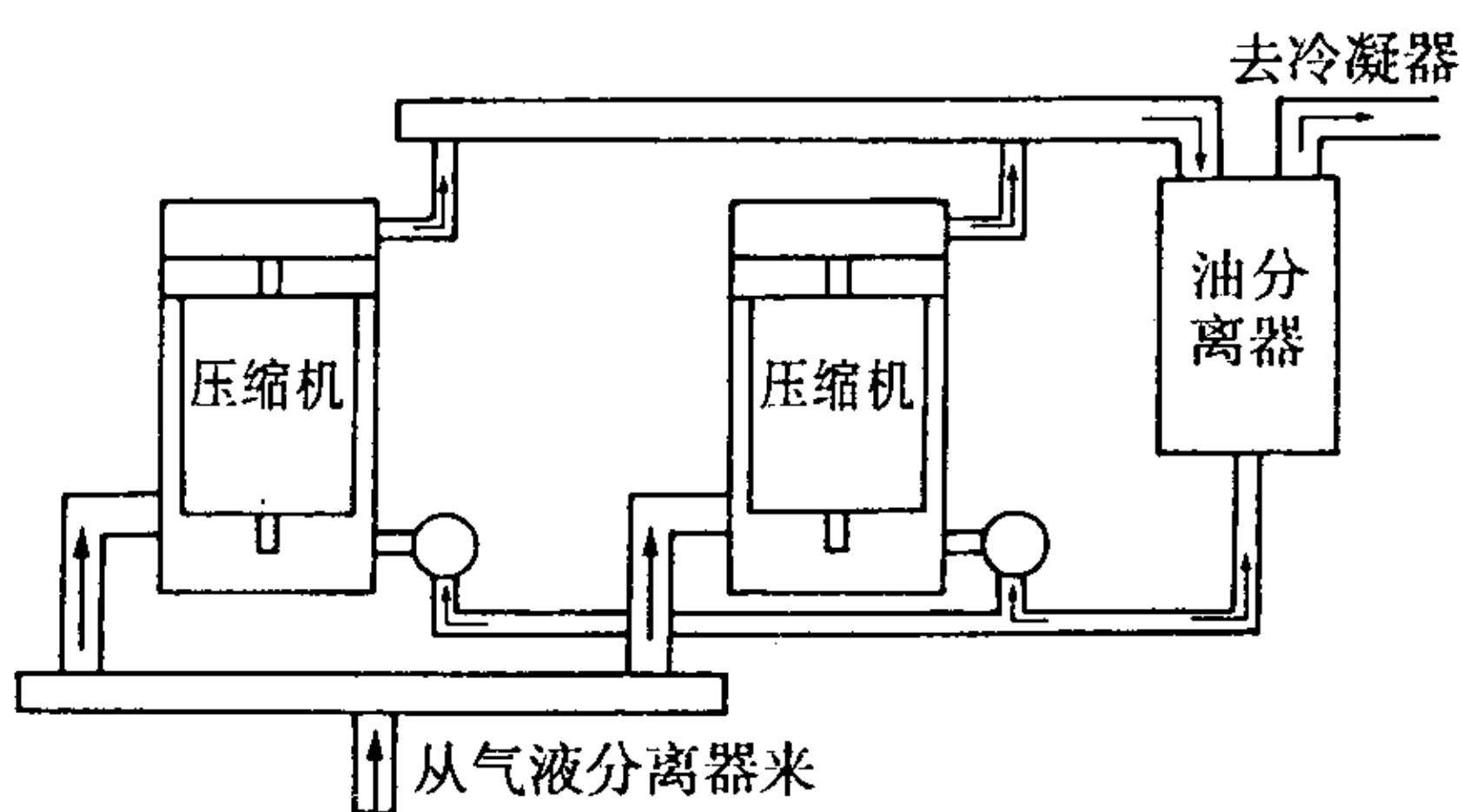


图2

3 压缩机的回油机理及分析

制冷系统主要由四个主要部分组成,包括压缩机,冷凝器,节流阀,蒸发器。系统中流动的工

质主要为氟利昂制冷剂,制冷剂在各部件中以不同的相态存在:在压缩机中为气态、冷凝器的前段为气态,冷凝器的后段为液态,蒸发器中大部分为气液两相,出口一般为气态。系统中还存在一种物质是冷冻油,作用是润滑压缩机,冷冻油大约只占到整个系统工质的5%以下;同时绝大部分存于压缩机油缸中,在系统中始终以液态形式存在。在压缩机中气体在被吸入,压缩,排出的过程中,不可避免的将压缩机油池中的冷冻油以小液滴的形式带人系统管道中,再经过冷凝器,节流阀,蒸发器最后回到压缩机中。冷冻油在系统中形成稳定的膜状分布后,大部分随制冷剂一起流动。

对分析压缩机回油有影响的是从气液分离器到压缩机入口的这段区域,因此只分析这段区域的制冷剂和冷冻油的流动分部情况。制冷剂经过蒸发器的蒸发,由液体变为气体。制冷剂在低温的情况下与油的互溶性很小,经过气液分离器时,由于气液分离器的特殊结构,使得冷冻油出气液分离器时是以小油滴的形式与制冷剂一起流出,这时系统的流动是气液两相流动,以气为主。

对所研究的这部分系统管道分析,管内的两相流体可视为一维流动。根据制冷系统的实际情况分析,两相流流型可能为气液两相分层的环状流,或者是雾状流,我们先设想系统流型是气液两相分离流动,由一维流动的基本方程:

3.1 连续方程

液相的连续方程(质量守恒方程)为:

$$M_L - \left[M_L + \frac{dM_L}{dz} dz \right] - m_e dA_i = 0$$

式中

$$M_L = \rho_L u_L (1 - \epsilon_G) A = A m_L$$

$$M_G = \rho_G u_G \epsilon_G A = A m_G$$

可得

$$\frac{d}{dz} [\rho_L u_L (1 - \epsilon_G) A] + \frac{m_e}{P_i} = 0$$

同样对气相,其连续方程为:

$$\frac{d}{dz} [\rho_G u_G \epsilon_G A] - \frac{m_e}{P_i} = 0$$

两式相加,可得两相混合物的连续方程为

$$\frac{d}{dz} [\rho_L u_L (1 - \epsilon_G) A] + \frac{d}{dz} [\rho_G u_G \epsilon_G A] = 0$$

3.2 动量方程

对液相的动量方程为

$$p(1 - \epsilon_G) A - \{ P(1 - \epsilon_G) + dz \frac{d}{dz} [p(1$$

$$\begin{aligned}
 & -\epsilon_G)A \}} + (p + \frac{dp}{2})dz \frac{d}{dz} [(1 - \epsilon_A)A] \\
 & - g\rho_L(1 - \epsilon_G)Adz\sin\alpha - \tau_0Pdz + \tau_iP_i dz \\
 & = (M_L + dM_L)(u_L + du_L) - M_L u_L
 \end{aligned}$$

式中 τ_0 ——壁面上的剪应力
 τ_i ——分界面上的剪应力
 P ——壁面上的周长
 P_i ——分界面上的周长

气相的动量方程为

$$\begin{aligned}
 & -\epsilon_G \frac{dp}{dz} - g\rho_G\epsilon_G\sin\alpha - \frac{\tau_i P_i}{A} \\
 & = \frac{1}{A} \frac{d}{dz} [(M_G + dM_G)(u_G + du_G) - M_G u_G]
 \end{aligned}$$

将上两式相加,展开等号右边各项,回代并略去高阶微分可得:

$$\begin{aligned}
 & -\frac{dp}{dz} - \frac{\tau_0 P}{A} - g\rho_{TP}\sin\alpha = \frac{1}{A} \frac{d}{dz} \{ A[\rho_L(1 - \epsilon_G) \\
 & u_L^2 \\
 & + \rho_G\epsilon_G u_G^2] \}
 \end{aligned}$$

式中 ρ_{TP} ——两相混合物的密度

Weisman 等综合了不同作者关于气液两相流的试验数据,提出了立式上升管,水平管和立式下降管的不同的流型的转换关系式。

流型由环状流向雾状流的转换关系式为:

$$\left[\frac{(dp/dz)_L}{(\rho_L - \rho_G)g} \right]^{1/2} \left[\frac{(\rho_L - \rho_G)gD^2}{\sigma} \right]^{1/4} = 1.7$$

而且与管子布置状况无关,因为此时重力的影响可以忽略不记。

将制冷剂 and 冷冻油的各种物性参数和制冷系统的参数代入上式进行判断,可知我们所研究的这部分区域内两相流动的流型为雾状流,油滴可认为均匀分布在制冷剂气体中。

4 解决方案

认清了制冷系统中对压缩机回油有影响的区域中的两相流气液分布及流动状态,可以通过合理的布置管道来达到使各压缩机均匀回油的目的。现以 4 台压缩机组成的并联系统为例:

(1) 方案一

并联系统的各压缩机吸气管布置如图 3 所示,当制冷剂从蒸发器经过气液分离器吸进来时被均匀分成两路,这两路是对称分布,其中一路又再被分为两路,最后吸入压缩机,为了保证各压缩机吸气及吸气中含油量的均匀性,对各管道长度

和直径要根据实际情况精确确定以达到使各压缩机均匀回油的目的。为便于压缩机吸气,对压缩机的吸气口进行迎面扩大处理,可以更有利于油的回收。这样无论是四台压缩机全开,还是单独开一台或两台压缩机都可达到均匀回油的目的。但在该设计中,当整个系统只开一台或两台压缩机时,由于总的吸气管是按 4 台压缩机吸气量设计的,这时总吸气管中的流速会降低,从而导致制冷剂带回油的能力受到影响。

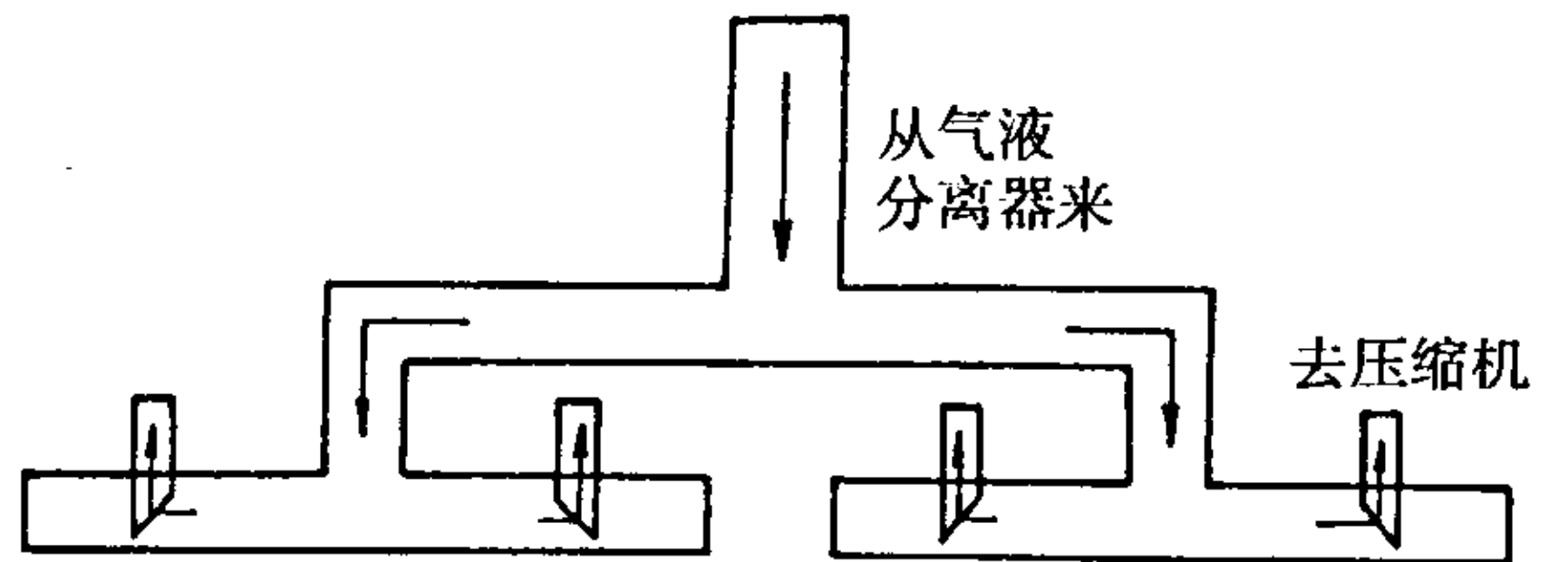


图 3

(2) 方案二

此方案对气液分离器进行了特殊设计,如图 4 所示,四台压缩机单独从气液分离器直接吸气,每一台压缩机对应一根吸气管。在设计管路过程中要注意各压缩机回气管弯头,长度和直径的精确确定。这样不仅使得各压缩机的回油机会均等,同时也消除了系统在部分负荷时开一台或两台压缩机时,由于吸气管内制冷剂流速减小而造成系统回油能力的下降。从而从根本上解决了多机并联系统中的压缩机回油问题。

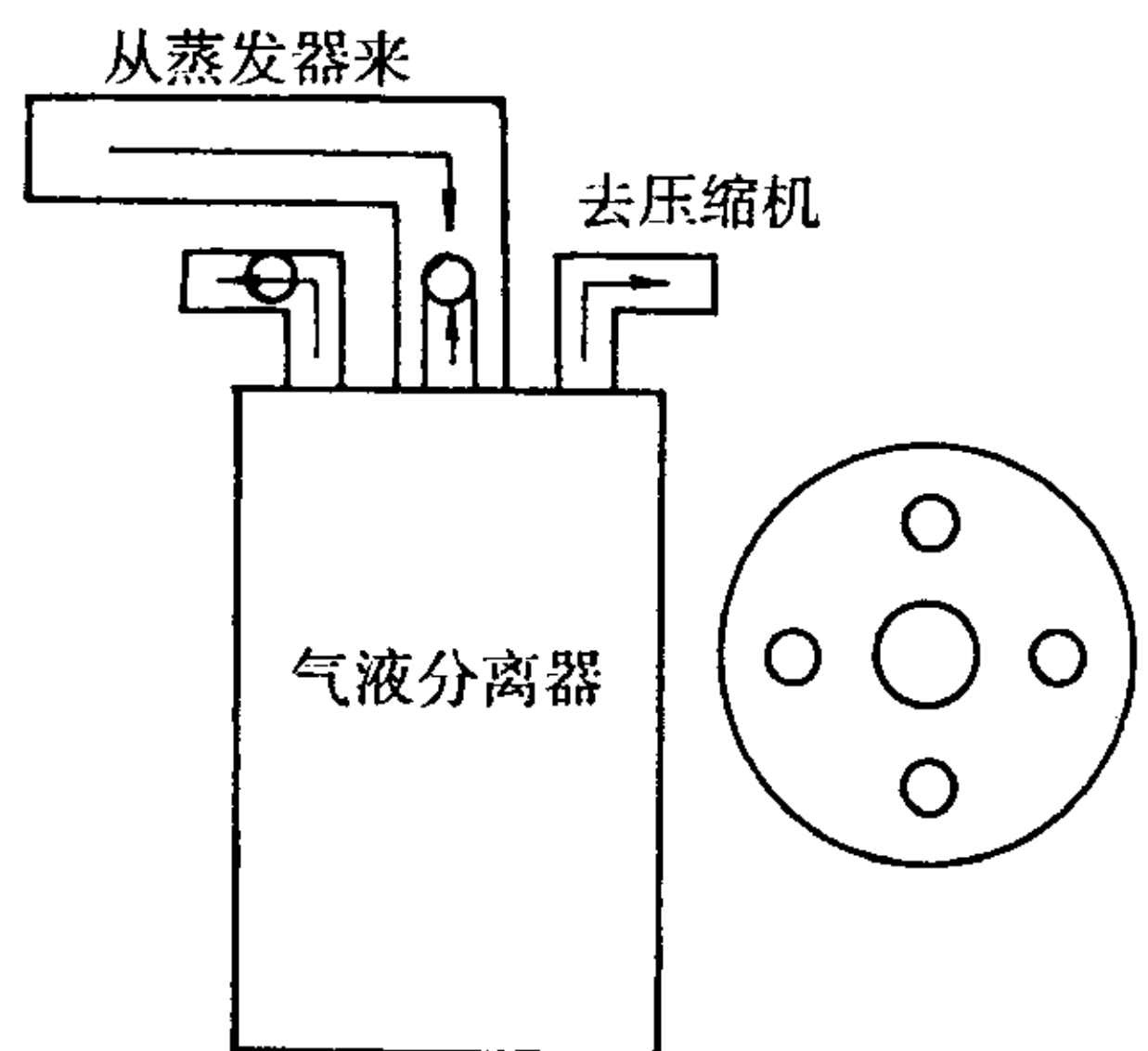


图 4

5 结论

(1)介绍了几种常用的多台压缩机并联系统中的油平衡系统。针对现有回油系统的缺点,从理论上分析压缩机回油原理。

(2)从另一个根本角度解决多机并联系统出现的各压缩机回油均匀问题,开发出一种几乎不增加成本的多机并联系统的均油方案。

参考文献

- [1] Mitsuo Ogawa etc. Multiple Air Conditioning System for Large Capacity [J]. National Technical Report, 1995 (41):507 ~ 510.
- [2] Kunie Sekigami, Kouji Nagae. W Multi System for Building Air conditioning that Combined Plural Outdoor Units with Indoor Units for a Large Capacity[J]. Refrigeration, 1995(70):812,628 ~ 632.
- [3] 周强泰. 两相流动和热交换[M],水利电力出版社, 1990.
- [4] Weiman J, Kang S Y. Flow pattern transition in vertical and upward inclined lines [J]. Int. J. Multiphase Flow, 1981 (7):271 ~ 291.
- [5] Weiman J et al. Effects of fluid properties and pipe diameter on two-phase flow patterns in horizontal lines[J]. Int J. Multiphase Flow, 1979, (5):437 ~ 462.

作者通讯地址:梁彩华,210096 江苏南京市东南大学。

获取更多资料 微信搜索蓝领星球