

最高指示

中国人民有志气，有能力，一定要在不远的将来，赶上和超过世界先进水平。

高效率活塞式膨胀机的试验研究

杭州制氧机研究所活塞式膨胀机课题组

活塞式膨胀机是一种利用压缩气体的位能变为机械能而使气体本身降温的发动机。我们对它研究的重点不是获得机械功的多少，而是膨胀过程的冷却效果。冷却效果的好坏是有很大的经济意义的。对于空分和液化设备来说，其产量与膨胀机的效率有直接的关系，而且膨胀机效率的提高还影响到流程中高压气体压力的降低，影响到电耗的减少。

对于活塞式膨胀机的试验研究，我们做得较少。前一阶段，我们试验成功了一台大型高压活塞式膨胀机，运转稳定，效率较高，最高效率达88.2%；在较小充气度的情况下，其效率稳定在84~86%左右；在较大充气度的情况下，效率稳定在80~83%左右。该项研究工作的成功是战无不胜的毛泽东思想的伟大胜利。我们的指导思想是毛主席所教导的：“我们是主张自力更生的。我们希望有外援，但是我们不能依赖它，我们依靠自己的努力，依靠全体军民的创造力。”我们的态度是根据毛主席教导的“世界上怕就怕‘认真’二字，共产党就最讲‘认真’。”

现将如何提高高压活塞式膨胀机效率的几个问题简介如下：

一、示功图上各参数的合理选取

示功图上各参数的正确选定，对膨胀机的效率有很大影响。示功图上曲线所包围的面积为最大，即产冷量为最大。图1为膨胀机的示功图。

进气压力损失： $\Delta P_H = P_H - P_H(1 - \phi_1)$ ，
取 $\phi_1 = 0.12$ 。

排气过程中的压力比值： $\frac{P_3}{P_4} = 3.64$

余隙容积： $a_{BP} = 0.06$

停气比系数： $\epsilon_2 = 0.21$

压缩比系数： $\epsilon_3 = 0.33$

$\frac{P_3}{P_4}$ 的选取是与膨胀机的结构、气量的大小、压力的高低及工作温度等有关的，因采用了长活塞，和一般的高压膨胀机比较，此值可以取得较小些。

余隙容积选择合理与否，将直接影响膨胀

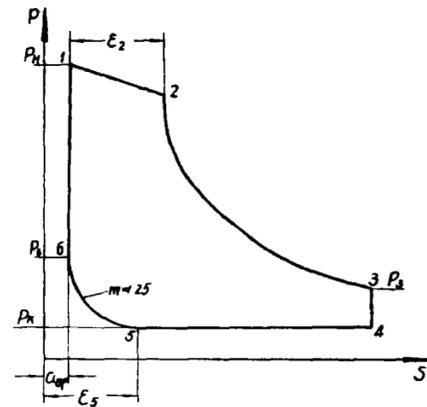


图1 膨胀机示功图

的产量及效率，所以一定要全面合理考虑。压缩比系数对高压、大型来说应取大一些较为有利，特别对气阀的打开有很大的影响，因为6点压力增高，打开进气阀所需克服的力减少，能减小凸轮表面的磨损，所以我们所取的数值是偏大的。

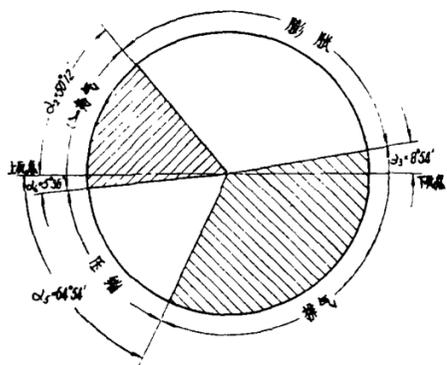


图2 气缸内配气相位图

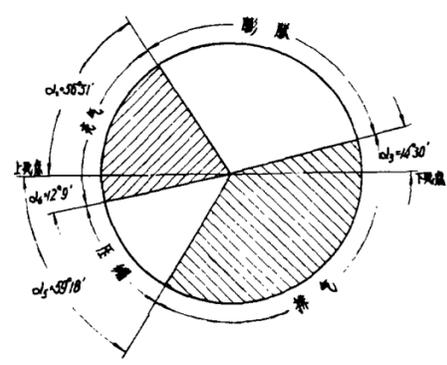


图3 进排气凸轮所组成的配气相位图

图2、图3、图4为膨胀机的配气相位图，图中各点都表明了膨胀机工作时各种状态的起始和终止位置，相位角配置得正确与否直接影响效率。气阀机构的顶杆之间，都存在着0.2~0.6左右的间隙，它将影响到配气相位图各点的位置。凸轮上配气相位与气缸内的相位存在一定的差别，这种差别就是顶杆间的间隙所引起的。因而在设计时，必须把这个间隙的影响考虑进去，设计凸轮时要增加一个相应的角度，这个角度就是总体相位图上点划线部分的角度，即空行程角度。

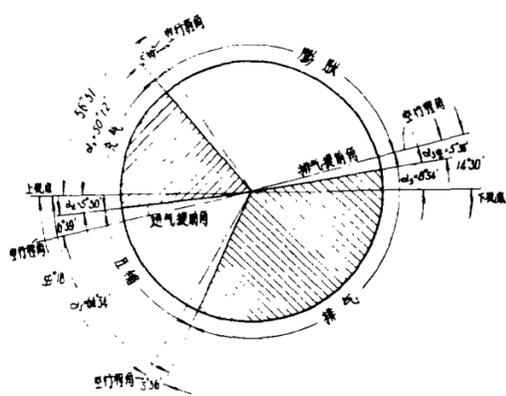


图4 总体相位图

空行程角度的求法，对于切线凸轮来说：

$$\text{总间隙: } \delta = \frac{R_1 + R}{\cos \alpha_{\text{空}}} - (R_1 + R) \quad (\text{解出 } \alpha_{\text{空}} \text{ 就是了})$$

式中： R_1 ——凸轮基圆半径

R ——滚轮半径

设计凸轮所需角度的求法：

$$\alpha_{\text{凸}} = \alpha_{\text{气}} + 2\alpha_{\text{空}}$$

式中： $\alpha_{\text{气}}$ ——气缸相位角度

$\alpha_{\text{空}}$ ——空行程角度

在装配时，要严格控制顶杆之间间隙，在难以测量之处要加上尺寸链公差来精确控制。通过测定，实际示功图基本上与理论示功图相符，这说明上面这些参数的选择基本上是合理的。

二、先进结构的采用

图5为试验膨胀机的结构图。

我们厂过去生产的高压活塞式膨胀机最高效率一般在70%左右，国外高压大型活塞式膨胀机效率据报导可达到80%，我们最近试验成功的活塞式膨胀机最高效率达88%，稳定在84~86%左右。为什么能达到这么高的效率呢？现在让我们来初步分析一下。

活塞式膨胀机影响效率提高的因素主要有以下几个：

①运动件摩擦热引起的冷量损失；
②工作气体与活塞、气缸表面之间的内部热交换引起的冷量损失；

③不完全膨胀与压缩引起的冷量损失；

④阀门阻力引起的冷量损失；

⑤外部热传导引起的冷量损失。

针对这些冷量损失，我们采取了以下措施：

①采用了长活塞的新结构，这样，工作气体不和摩擦表面直接接触而进行热交换，只能靠气缸壁和活塞体导入少量的热量，使热区同冷区分开。

②在活塞头的往复区域内装上绝热缸套，以减少周围的热量

传给气体，减少气体与活塞头、气缸体之间进行周期性的热交换（绝热缸套用玻璃钢做成，导热系数比原金属小100倍以上）。

③排气阀采用微小摆动的密封（图6、图7）代替往复运动的密封，减少了排气阀摩擦热所引起的冷量损失。

由于我们采用了以上三项措施，显著地提高了膨胀机的效率。

保证长活塞结构稳定运转，有两个重要条件：

①活塞头不可与气缸壁相碰；

②活塞头不能松动。

为了保证活塞头与气缸不相碰，活塞头与气缸之间的间隙要取得适中。当活塞

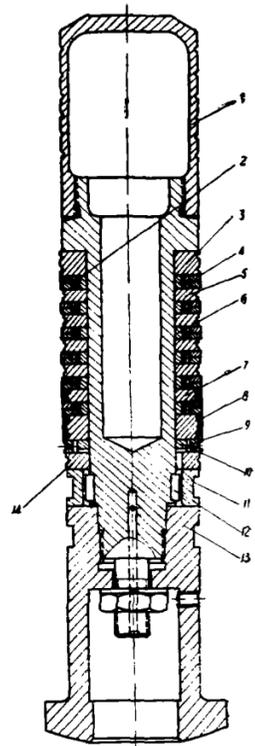


图5 活塞

- | | |
|----------|----------|
| 1. 活塞头部 | 2. 弹簧环 |
| 3. 导向环 | 4. 活塞环 |
| 5. 隔圈 | 6. 衬圈 |
| 7. 上导向衬圈 | 8. 下导向衬圈 |
| 9. 刮油环 | 10. 衬圈 |
| 11. 套筒 | 12. 园头平键 |
| 13. 活塞体 | 14. 衬圈 |

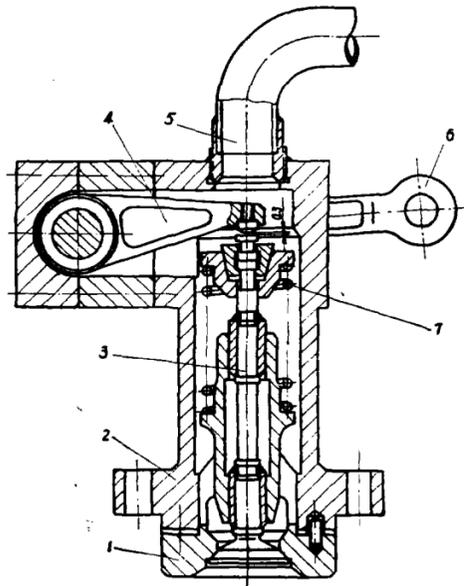


图6 排气阀

- | | | | |
|--------|--------|-------|--------|
| 1. 阀座 | 2. 阀体 | 3. 阀杆 | 4. 传动轴 |
| 5. 排气管 | 6. 传动臂 | 7. 弹簧 | |

头长度与两导向环之间的长度相等时，直径方向的间隙取1毫米左右较为适宜。这样，虽然看来余隙容积增大了很多，但实际上由于活塞头上迷宫槽的作用，这些余隙对膨胀机的产量及效率影响均较少。

为了保证活塞头不松动，采用了如图5所示的用两只螺母及一只弹簧垫圈拼紧的可靠结构，这样就不会松动了。

活塞头部能够在气缸里面稳定运转，主要靠上下导向套将活塞头托住，因此上下导向套应具有很好的耐磨性。我们经过长时期的试车，发现在有油润滑的条件下，上导向套用稀土球铁比较好，既能耐磨又能将工质中小的固体颗粒轧碎。而下导向套，则用巴氏合金较好，因其摩擦系数小，产生的摩擦热也少。

玻璃钢套是用玻璃平板加工而成的，在玻璃钢套上面还有金属套，以防止玻璃钢套剥落。在进气口有一个金属衬套，是防止玻璃钢套转动用的（见图8），

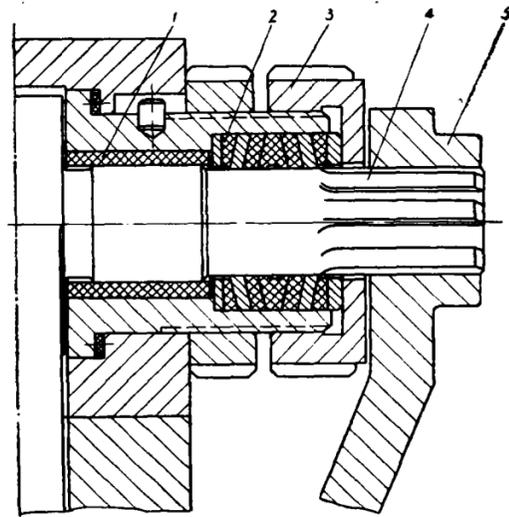


图7 排气

- 1. 滚针轴承 2. 填料函 3. 压紧螺母
- 4. 传动轴 5. 传动臂

三、实测示功图和理论示功图的比较

如图9所示，细实线部份表示理论示功图，双点划线部份表示实测示功图，这个图的绘制有一个假定，即假设实测示功图和理论示功图的最高压力和最低压力是

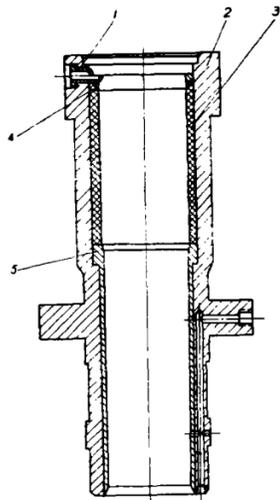


图8 气缸

- 1. 衬套 2. 气缸体 3. 上气缸套
- 4. 镶套 5. 下气缸套

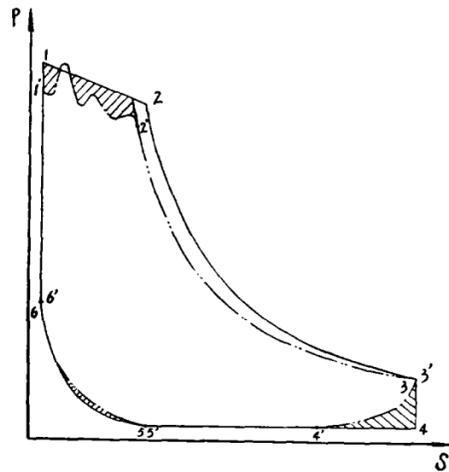


图9 实测示功图与理论示功图的比较

相等的。从两图对比中可以看出有如下几个差别：①充气度；实际比理论小8~10%，这主要是由于凸轮的凸缘处刚开始上升，阀门开度很小所造成的，也就是实测产量和理论计算产量产生差别的主要原因之一。②进气压力损失；实测比理论的大，也是实测产量较小的原因之一。③ P_3 的压力计算数值与实测数据大约相差25%左右。看来这种计算方法还有一定的缺点。同时可以看出，排气提前角选取的数值偏小，我们认为选取 $\alpha_3=15^\circ$ 左右比较合适，能减小3'、4、4'点所包围的面积，即减少了冷量损失，提高了效率。

总之，还有潜力可挖，膨胀机的效率，根据现有资料估计，经过某些改进后，效率可达90%以上。

膨胀机的性能情况如下表：

初 压 P_H 公斤/厘米 ²	终 压 P_K 公斤/厘米 ²	初 温 T_H ℃	终 温 T_K ℃	产量调节格数*	室 温 ℃	效 率 %
200	5.8	27	-142	6	32	86.2
200	5.7	24	-142	8	6	84
200	5.6	28	-134	0	29	80
200	6	22	-144	13	21	88.2
200	6	8	-150	15	24	84.6
190	5.5	22	-143	11	8	85.5
190	5.5	17	-147	12	8	85.5
200	5.6	33	-140	2	25	85.6
200	6	28	-140	7	16	85
190	5.5	17	-144	10	6	84.2

* 产量调节格数：0格为最大，28格为最小。

我国所生产的膨胀机大多可以按照这样的形式来改进，能提高效率，增加空分设备的生产能力，有一定的经济价值。

《小型制氧装置维修与改进经验汇编》

《深冷简报》付刊（二）内容简介

根据广大读者的迫切要求，68年《深冷简报》付刊（二）——《小型制氧装置维修与改进经验汇编》现已重印。主要介绍：23—300型空分设备（50米³/时制氧机）的操作方法、维修体会、技术改进、同时制取高纯度氧、氮的改装经验、增产措施、以及间断制氧技术、精馏塔的液悬、空分设备的加温与吹除、事故分析等共19篇文章。对小型制氧机的操作、维修、改进有一定的指导作用，文章大都是实践的经验总结，通俗易懂，适合工人阅读。欢迎广大读者另售，每本收工本费三角。款汇杭州制氧机厂财务组，并注明购《深冷简报》付刊（二）____本。