

参 考 文 献

- [1] “液氮、液氧汽泡泵” 《深冷技术》，1980年第2期
- [2] В. И. Епифанова, Л. С. Аксельрод: «Разделение воздуха методом глубокого охлаждения». 1973
- [3] “6000米³/时制氧机上液氧自循环吸附技术总结” 上钢五厂、上海冶金设计研究院、西安交通大学、杭州制氧机研究所联合研制小组，1981年
(1982年5月初稿 9月改稿)

气缸无油润滑高压活塞式膨胀机简介

杭州制氧机厂设计科

【内容摘要】 本文介绍了杭州制氧机厂设计制造的PZK-5.6/200-6型气缸无油润滑高压活塞式膨胀机的性能与结构参数、结构特点、试运转暴露的问题与改进、实测数据及与同美国外机器的比较。经两年多工业运转证明，工作可靠，操作方便，并已通过鉴定。

为了杜绝原料气带油而造成空分设备不安全运转的因素，1973年初杭州制氧机厂设计了PZK-5.6/200-6型气缸无油润滑的高压活塞式膨胀机，随后试制，经1979年和1980年两次在天津二机部第三研究院11—800型空分设备上配套试车，PZK-5.6/200-6型膨胀机的性能指标达到了要求，并通过鉴定，定型生产。

一、PZK-5.6/200-6型膨胀机的性能参数及结构数据

性能参数：

生产量：340标米³/时（760毫米汞柱，0℃）

进气压力：200公斤/厘米²表压

进气温度：+30℃

排气压力：6公斤/厘米²表压

绝热效率与掣动功率：70%，16.2千瓦

结构数据：

型式：立式、单缸、单级

气缸直径：60毫米

活塞行程：180毫米

转速：235转/分

二、PZK-5.6/200-6型膨胀机的结构特点

该膨胀机的机身、运动机构等主要零部件，与已成批生产的PZK-14.3/45-6型膨胀机通用。为了减少膨胀机的冷损，提高绝热效率，采用了导热系数低的1Cr18Ni9Ti不锈钢“长活塞”结构。气缸工作容积范围内采用导热系数很低的环氧玻璃钢套，活塞环摩擦区置于气缸工作容积之外。气缸上有冷却水套，机器运转时通水冷却。

为了达到气缸无油润滑，中间座上装有刮油器及挡油板，以防止润滑油由曲轴箱进入气缸。导向环、活塞环及阀杆的密封元件，均采用填充四氟乙烯材料。

活塞上装有两道导向环和七道活塞环。导向环为整体热套形式，并置于活塞环的上下两边。七道活塞环中最上面两道为单元环，下面五道为双元环。两道单元环的上端面均布6条R1~R1.5的径向平衡槽。

三、试验情况——问题与改进

PZK-5.6/200-6 型膨胀机试运转过程中主要暴露的问题^[1]：

1. 导向环及活塞环磨损严重。如连续开车48小时拆机检查，导向环径向磨损量达0.13~0.16毫米，而且有严重的冷流现象。
2. 最上面两道弹力环经运转后，搭口重叠4~5毫米，甚至有折断现象。
3. 活塞环搭口本是无间隙切断，而运转后搭口间隙增大至4~5毫米。
4. 活塞环、导向环及气缸工作腔油污严重，活塞环被油污卡死在环槽内，漏气严重。

为了解决曲轴箱内油沿活塞杆上升的问题，我们改进了刮油器结构，并在导轨上部增设挡油板，使上油问题得到控制。

由于膨胀机进气压力高，膨胀比大，导向环的磨损极其严重。加上活塞体与气缸之间的径向间隙较小，在结构上又是采用“长活塞”形式，因此设法延长导向环的使用寿命显得特别突出。经过多种方案的试验，最后用整体热套导向环的结构解决了这一矛盾。

整体热套导向环热套前尺寸，是经过反复试验确定的，使之经运转后导向环与活塞体不松动。通过试验导向环的相对过盈量 δ 及相对扩张量 γ ，都远远大于目前国内外资料所介绍的数据。 δ 值达8%， γ 值达18%。

经过对刮油器、活塞环及导向环结构形式及配合尺寸等的多次改进，通过长期工业性配套运转，证明机器达到了设计要求，运转稳定，操作方便。

四、PZK-5.6/200-6 型膨胀机的实测性能数据

经杭州制氧机研究所测得本膨胀机的性能数据如下：进气压力200公斤/厘米²表压、排气压力6公斤/厘米²表压、进气温度+22℃、排气温度-134℃，计算得绝热效果为0.78^[1]。

在天津二机部第三研究院配套工业性运转时，借用现场工业运转仪表，对膨胀机的调节特性进行了测定，其数值如表1^[2]。

表1 PZK-5.6/200-6 型膨胀机调节特性实测值

产量调节器手轮开度	生产量 (标米 ³ /时)	进气压力 (公斤/厘米 ²)	排气压力 (公斤/厘米 ²)	进气温度 (℃)	排气温度 (℃)	绝热效率 (%)	环境温度 (℃)	转速 (转/分)
0	340.95	200	6	26	-122	0.71	+2	248
6	304.74	200	6	30	-125	0.744	-1.5	247
12	276.67	200	6	28	-125	0.73	0	246
18	243.02	200	6	26	-125	0.728	0	244
24	223.20	200	6	26	-125	0.728	-1.5	243
30	179.19	200	6	25	-125	0.72	+1	242

应该指出，表1中排气压力为离膨胀机约10米之外的平衡容器内的压力，进、排气温度的测点离气缸头约2米远，且排气管有约1米长一段没有保温，故所测得的效率值有较实际值偏小的测试误差。

从表1可看出，该膨胀机的生产量可以从100%调到53%，在整个调节范围内膨胀机的绝热效率变化不大。

五、结论

PZK-5.6/200-6 型膨胀机整套活塞环经645小时运转后拆检，环的平均磨损值为0.209毫米，上、下导向环经237小时运转后的平均磨损值为0.08毫米。活塞环的磨损情况与同类型国外机器^[3]比较，见表2。

表 2 PZK-5.6/200-6型膨胀机与国外同类型膨胀机的比较

比较项目及单位	中国PZK-5.6/200-6型	苏联ДВД-70/180型	苏联ДВД-6型*
生产量 标米 ³ /时(公斤/时)	340	(450)	(3000)
进气压力 公斤/厘米 ² 表压	200	200(20兆帕)	170
排气压力 公斤/厘米 ² 表压	6	3.5(0.35兆帕)	6
进气温度 ℃	+30	+20~-40	-35
行程 毫米	180	180	290
转速 转/分	235	200	145
活塞环线 毫米	0.209	0.58~0.63, 0.20**	0.34
磨损量 小时	645	1000, 1000	1000

*表中除活塞环线磨损量一项摘自参考文献[3]外,其它数据取自参考文献[4]。

**为活塞上装材料为KB石墨环的上部四道活塞环的平均线磨损量。活塞上共有六道活塞环,运转2359小时拆检第3环断裂。表中0.58~0.63毫米及0.2毫米为两种结构平均运转1000小时的磨损量。

根据我们的试验数据与参考文献^[3]可以看出,活塞环的磨损量并不与时间成线性关系,总是运转初期磨损厉害一些。表2中PZK-5.6/200-6型膨胀机的磨损数据是鉴定期间测得的,通过两年多来的运转,可以看出,运转期加长,平均磨损值会下降。

根据几年来两台机组工业性运转证明,该膨胀机工作可靠,易损件使用寿命长,操作方便,达到了同类机器的先进水平。

参考文献

- [1] “PZK-5.6/200-6型活塞式膨胀机低负荷、48小时全负荷运转小结”
杭州制氧机厂,1978年12月
- [2] “PZK-5.6/200-6型高压无油润滑活塞式膨胀机试制小结”
杭州制氧机厂,1980年6月
- [3] “Несмазиваемое поршневое уплотнение воздушного дета вдера высокого давления” 《Химическое и нефтяное машиностроение», 1981, №3
- [4] Криогенные поршневые двигатели 1974, 2

(执笔:田科陞 1982年6月)

微型气体轴承总体设计的分析

杭州制氧机研究所 沈炎森

【内容摘要】 本文介绍了杭州制氧机研究所研制的转速达24万转/分的微型气体轴承的试验装置结构、微型工作轮制造工艺、转子结构及所采取的措施。由于采取了综合措施,从而使转子达到高转速稳定运转。图2,参考文献4。

超导技术的发展,迫切需要高度可靠的流量小、转速高、效率高的微型透平膨胀机。而要获得高转速,油轴承是难以满足要求的,而且加工气体易受油气污染。为此我所从1976年开