

研究论文

余隙容积对滚动转子式压缩机性能影响的试验研究*

李卉 赵远扬 李连生 束鹏程

(西安交通大学 西安 710049)

摘要 在分析余隙容积对滚动转子式压缩机性能影响的基础上,对滚动转子式压缩机的余隙容积做了部分改进并进行试验研究。试验研究结果表明:余隙容积对滚动转子式压缩机的性能有较大影响,余隙容积减小后压缩机的性能明显提高;改进样机较原压缩机的制冷量增大 2.43%、COP 增大 3.23%;然而余隙容积减小后,因共鸣腔容积的减小导致压缩机噪声较原压缩机有所增加,但仍能够满足国家的标准 66 dB 要求。

关键词 热工学;滚动转子式压缩机;试验;余隙容积

Experimental Study on Effect of Clearance Volume on Performance of Rotary Compressor

Li Hui*, Zhao Yuanyang, Li Liansheng and Shu Pengcheng

*Xi'an Jiaotong University, Xi'an, 710049, China

Abstract On the basis of analyzing the effects of clearance volume on the performance of a rotary compressor, the clearance volume of the rotary compressor was reduced and the modified rotary compressor was tested. The experimental results show that the clearance volume has effect on the performance of the rotary compressor and the performance is improved when the clearance volume decreases. Compared with the original compressor, the refrigerating capacity and COP of the modified compressor increase by about 2.43% and 3.23%, respectively. However, the noise of the modified rotary compressor rises, but its value is still less than national standards requirement (66 dB).

Keywords Pyrology; Rotary compressor; Experiment; Clearance volume

全封闭滚动转子式压缩机具有结构紧凑、工作可靠、能效比高等诸多优点,在制冷空调器中已得到广泛的应用^[1-4]。为了适应竞争激烈的市场,满足消费者的需求,空调器主机性能的研究日显重要,尤其随着空调新能效标准的出台,各空调厂家都在进行空调器性能的改进。作为空调系统的核心部件,压缩机的性能对空调系统性能的提高具有举足轻重的作用。在影响压缩机性能的众多因素中,余隙容积对压缩机的性能有着较大的影响^[5-7]。为此,对滚动转子式压缩机的余隙容积做了部分改进,并进行了相应的试验研究,分析了其对滚动转子式压缩机性能的影响。

1 滚动转子式压缩机的余隙容积分析及试验方案

1.1 滚动转子式压缩机的余隙容积分析

滚动转子式压缩机的工作过程如图 1 所示^[8],当转角 θ 转到 $2\pi + \phi$ 时开始排气, θ 转到 $4\pi - \gamma$ 时排气结束,但是气缸还残留高温高压的气体,此时的容积为余隙容积。转角 θ 从 $4\pi - \gamma$ 转至 $4\pi - \phi$ 的

过程是余隙容积内的气体的膨胀过程,余隙容积与其后的低压基元容积经排气口连通,余隙容积中高压气体膨胀至吸气压力,使其后的低压基元容积吸入的气体减少,而高压气体的膨胀功又无法回收,因此,它的存在严重影响着滚动转子式压缩机的性能,在设计改进方案时尽量减小余隙容积。

滚动转子式压缩机余隙容积由以下四部分组成:

- 1) 气缸本身的余隙容积 V_1 , 即转角 θ 从 $4\pi - \phi$ 转至 4π 时, 排气封闭的容积;
- 2) 气缸月牙形槽的余隙容积 V_2 ;
- 3) 共鸣腔容积 V_3 ;
- 4) 上法兰排气孔的容积 V_4 。

1.2 余隙容积改进方案

改进方案主要从提高制冷量、减小输入功率、提高能效比等方面考虑,在保持原压缩机曲轴偏心距、偏心圆厚度、滚套外径、下法兰及滑板等尺寸不变的基础上,仅对余隙容积相关的结构尺寸进行部分改

* 国家自然科学基金资助项目(50476054)

收稿日期: 2005 年 12 月 03 日

进,具体改进尺寸如下表 1 所示。

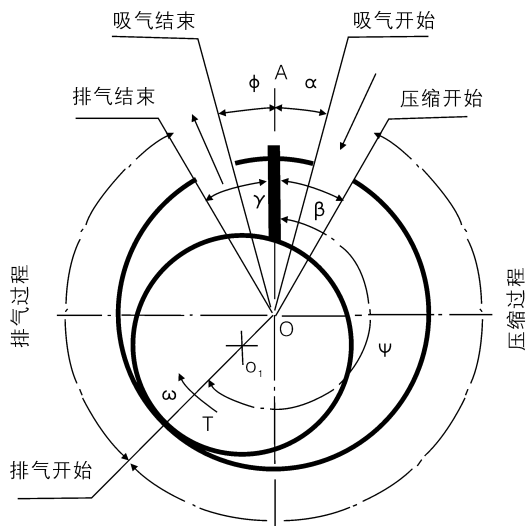


图 1 滚动转子式压缩机工作过程示意图

表 1 余隙容积改进方案

| | | 原几何参数 | 改进后几何参数 |
|----------|----|----------------------------------|----------------------------------|
| 上法兰大端面厚度 | | 8.03 mm | 7.03 mm |
| 月牙槽倾角 | | $\alpha = 33^\circ$ | $\alpha = 45^\circ$ |
| 共鸣腔 | 直径 | $\phi = 7.0 \pm 0.13 \text{ mm}$ | $\phi = 5.0 \pm 0.13 \text{ mm}$ |
| | 深度 | $H = 3.17 \pm 0.41 \text{ mm}$ | $H = 4.0 \pm 0.41 \text{ mm}$ |

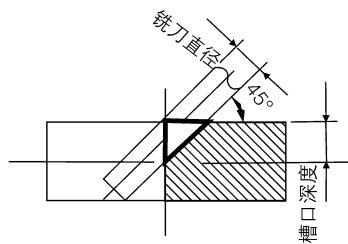


图 2 气缸改进示意图

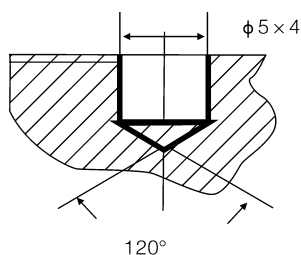


图 3 共鸣腔改进示意图

由上文分析可知,滚动转子式压缩机总余隙容积 $V_c = V_1 + V_2 + V_3 + V_4$, 因气缸结构尺寸已经确定, V_1 的值无法改变;月牙形槽 V_2 是可改变的,在不影响排气通流面积及工艺加工实施的情况下,保

持铣刀直径及槽口深度不变,仅仅把倾角由原来的 33° 改为 45° ,如图 2 所示,便可减小槽口余隙容积;将共鸣腔由 $\phi 7.0 \times 3.17 \text{ mm}$ 改为 $\phi 5.0 \times 4.0 \text{ mm}$,以减小其容积 V_3 ,如图 3 所示;为了减小上法兰排气口的余隙容积 V_4 ,在保证其强度及承受压力的前提下,如图 4 所示将其厚度减小约 1 mm。经计算,改进后总余隙容积减小了约 31%。

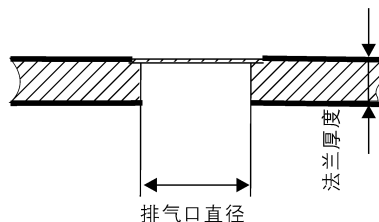


图 4 上法兰排气孔改进示意图

2 试验及结果分析

2.1 试验工况及方法

试验按照国家标准 GB/T 15765-1995 和 GB5773-86,采用“第二制冷剂电量热器法”对改进后的压缩机进行了试验研究,制冷剂为 R22,试验工况为:

- a) 温度: 冷凝温度 54.4°C , 吸气温度 35°C , 蒸发温度 7.2°C , 环境温度 35°C , 过冷温度 46.1°C ;
- b) 压力: 排气压力 1.0~4.0 MPa, 吸气压力 0~0.85 MPa。

2.2 试验系统

试验系统流程如下图 5 所示,将被测样机接入试验系统,调整试验台至规定的工况后,量热器内部上方的蒸发器不断制冷,同时使底部的电加热器进行加热,当制冷量大于电加热量时,量热器内的第二制冷剂压力不断下降,反之若制冷量小于电加热量时,量热器内的压力不断上升,只有当制冷量与电加热量相等时,第二制冷剂的的压力稳定在某一值上,此时测出量热器内电加热器的加热量,即可换算成被测样机在该工况下的制冷量,测试系统的工况主要靠调节冷凝器内冷却水的流量、过冷器内及量热器内的电加热量来控制。

2.3 试验结果与分析

为了便于分析余隙容积对滚动转子式压缩机性能的影响,通过试验分别对原样机和改进样机做抽样测试,其中原样机和改进样机各抽测 5 台,主要测试性能如表 2 所示。

从表 2 中可以看出,在抽测的 5 台原样机中,制冷量都较低,大都在 3615 W 上下波动,而改进余隙

容积后样机的制冷量明显提高, 在 3700 左右。同时, 由于余隙容积的减小, 改进样机的 COP 提高到 3.0 以上, 但压缩机的噪声与原样机相比有所升高。

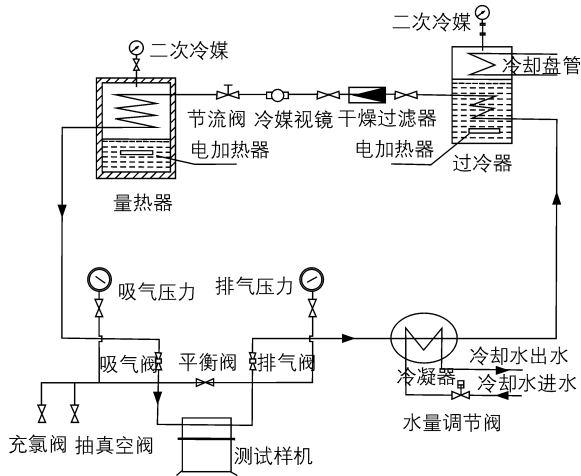


图 5 试验系统样机测试流程图

表 2 样机性能

| 样机 编号 | 制冷量/W | | 能效比 COP | | 噪声/dB | |
|----------|--------|--------|---------|--------|-------|------|
| | 原样机 | 改进样机 | 原样机 | 改进样机 | 原样机 | 改进样机 |
| 1 | 3617.6 | 3692.4 | 2.9574 | 3.0511 | 62.9 | 64.8 |
| 2 | 3610.6 | 3688.2 | 2.9479 | 3.0539 | 62.9 | 65.5 |
| 3 | 3618.8 | 3729.6 | 2.9440 | 3.0448 | 65.5 | 65.9 |
| 4 | 3623.2 | 3714.2 | 2.9432 | 3.0204 | 65.1 | 63.5 |
| 5 | 3609.2 | 3695.2 | 2.9521 | 3.0501 | 63 | 64.8 |

表 3 测试样机的性能比较

| 试验 样机 | 制冷 量/W | 输入 功率 /W | 工作 电流 /A | 能效比 COP | 绕组 温度 /℃ | 壳体 温度 /℃ | 噪声 /dB | 振动 /m/s ² |
|----------|-----------|----------------|----------------|------------|----------------|----------------|-----------|-------------------------|
| 原样机 | 3615.9 | 1226.2 | 5.70 | 2.9489 | 112.93 | 92.92 | 63.9 | 10.8 |
| 改进 样机 | 3703.9 | 1216.8 | 5.65 | 3.0441 | 112.52 | 92.32 | 64.9 | 11.9 |

两种样机测试性能的平均值如表 3 所示。从表 3 中可以看出, 改进样机平均制冷量为 3703.9W, 比原样机增加 2.43%; 改进样机的能效比 COP 为 3.0441, 与原样机相比升高了 3.23%。但改进后样机的噪声为 64.9 dB, 比原样机增大了 1 dB。因此, 改进余隙容积后压缩机的制冷量和能效比都有了明

显的提高, 这主要是由于余隙容积减小后, 在输入功率相差不大的情况下, 压缩机的有效排气量增大, 制冷能力增强, 从而使得压缩机的能效比有了显著的提高。但同时可以看出因余隙容积的减小, 特别是共鸣腔容积的减小, 导致噪音随之增大。

3 结论

余隙容积对滚动转子式压缩机的性能有较大影响。余隙容积减小后压缩机的性能明显提高。试验结果表明, 改进样机较原压缩机的制冷量增大 2.43%、COP 增大 3.23%。但当余隙容积减小后, 因共鸣腔容积减小, 导致压缩机的噪声较原压缩机有所增加, 平均值为 64.9 dB, 但仍能够满足国家的标准 66dB 要求。

参考文献

- [1] Hyun Jin Kim. Lubrication oil pumping by utilizing vane motion in a horizontal rotary compressor [J]. International Journal of Refrigeration, 2005, 28: 498-505
- [2] Sang-Joon Lee, Hyung-Bum Kim, Jeong-Ki Huh. Quantitative analysis of flow inside the accumulator of rotary compressor [J]. International Journal of Refrigeration, 2003, 26: 321-327
- [3] 刘颖, 王如竹, 李云飞等. 热泵工况下滚动转子式压缩机试验研究[J]. 低温工程, 2001 (5): 53-57
- [4] Ahn H J, Han D C, Hwang I S. A built-in bearing sensor to measure the shaft motion of a small rotary compressor for air conditioning [J]. Tribology International, 2003, 36: 561-572
- [5] 濮伟. 活塞式压缩机容积系数对排气量的影响分析[J]. 压缩机技术, 2001 (1): 13-15
- [6] 林高平, 顾兆林, 郁永章. 气体临界状态附近压缩机级吸气系数的计算与分析[J]. 西安交通大学学报, 1998, 32(1): 68-71
- [7] Vande Voorde J, Vierendeels J, Dick E. Development of a Laplacian-based mesh generator for ALE calculations in rotary volumetric pumps and compressors [J]. Comput. Methods Appl Mech Engrgy, 2004, 193: 4401-4415
- [8] 缪道平, 吴业正著. 制冷压缩机[M]. 北京: 机械工业出版社, 2002