

滚动转子压缩机吸气管路仿真分析

Simulation of suction tube of rotary compressor

吕浩福 沈慧

珠海凌达压缩机有限公司

摘 要：使用流体分析软件 STAR-CD, 针对某型压缩机所使用分液器的弯管对压缩机性能的影响进行分析, 通过模拟气缸内实际压缩过程得到了气缸吸气口的压力脉动规律及质量流量变化规律, 对比了两种不同管径的弯管对压力损失、压力脉动和吸气量的影响。

关键词： STAR-CD 弯管、压力脉动、质量流量

Abstract: By fluid analysis software STAR-CD, influence of winding tube of accumulator used on one type of rotary compressor to the performance was simulated, pressure pulsation and mass flow beside suction hole of cylinder were achieved by simulating compressing work in the cylinder, the influence of two different winding tube to pressure loss, pressure pulsation and suction mass flow was compared.

Key words: STAR-CD winding tube, pressure pulsation, mass flow

1 引言

根据滚动转子式压缩机的结构特点和工作原理, 其气缸吸气口一直与分液器连通, 气缸吸气腔的容积变化率随转角先增大后减小, 导致了吸气管内冷媒的非稳态流动。由于转子的周期性旋转, 使得冷媒流动的压力、速度也呈周期性变化, 这种现象称之为气流脉动; 吸气管内的气流脉动会直接影响吸气过程的冷媒质量流量, 从而会影响压缩机性能。

吸气管路系统包括: 分液器内部钢管、弯管、直管和吸气管, 以及气缸吸气口。吸气管路系统的结构尺寸会对其内部的气流脉动产生影响, 在影响吸气冷媒质量流量的同时, 也改变了气缸吸气口的压力波动, 产生不同的增压效应, 改变容积效率。

以某机型吸气管路系统中的弯管为主要分析对象, 通过模拟气缸内实际压缩过程, 提取气缸吸气口的压力脉动规律及冷媒流量变化规律, 对比常规分液器及缩管分液器两种不同结构的压缩机的吸气量。

2 计算模型

计算模型如图 1 所示；模型选取从分液器内部钢管进口开始，经弯管、直管和吸气管后进入气缸吸气腔，在气缸内被滚子转动压缩后，经气缸排气口进入消音器。

数值计算过程中，网格运动时间、阀片开启运动过程由 upam 文件和运动事件 event 文件控制，网格压缩过程由运动控制程序 .cgrd 文件控制。计算工况为：Inlet 吸气压力为 0.625 Mpa, 吸气温度为 35℃，Outlet 排气压力为 2.146 Mpa；计算时间为一个周期；电机转速为 2850 rpm



图 1 数值分析模型

计算冷媒为 R22，可压缩模拟，热物理性基于基本 PR 方程， $\rho = f(p, t)$ ；比热 $C = 7.401E+02$ J/kgK；动力粘度 $\mu = 1.380E-05$ Pas；热传导率 $K = 1.153E-02$ W/mK。

3 结果分析

3.1 吸气压力脉动

吸气压力脉动跟吸气管路系统的结构、气缸吸气腔的容积变化率以及压缩机的电机转速等因素密切相关。本文以吸气管路系统中的弯管为主要研究对象，除分液器弯管外其它结构均相同，在相同的电机转速下，对比两种不同直径的弯管对气缸吸气口压力脉动的影响。分析过程采用的是瞬态

计算。

图 2 所示为两种不同管径的分液器弯管对吸气压力脉动的影响。其中黑色曲线表示装有常规分液器的压缩机气缸吸气口的压力脉动，红色曲线表示装有缩管分液器的压缩机气缸吸气口的压力脉动。

从图 2 中可看出压缩机转动一周内的吸气腔压力变化情况；压力值在 6.25 Bar 上下波动；其中，在约 5° 、 102° 、 207° 和 345° 的四个位置分别出现一个极大峰值，压力值分别为：6.39 Bar、6.33 Bar、6.36 Bar、6.45 Bar；在 15° 、 51° 、 150° 和 270° 附近的位置分别出现一个极小峰值，压力分别为：6.18 Bar、5.9 Bar、6.11 Bar 和 6.19 Bar。常规分液器和缩管分液器压缩机吸气腔内的压力变化趋势基本一致，但在每一个时刻所对应的压力值都会有所不同，局部压力波动不同，瞬时压力损失也就不同。其中，在 $6^\circ \sim 30^\circ$ 和 $63^\circ \sim 138^\circ$ 两个区间内两种分液器结构的压缩机吸气压力脉动有

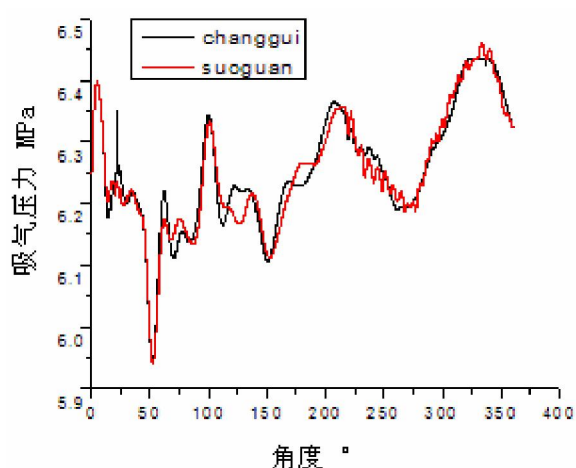


图 2 弯管直径对吸气压力的影

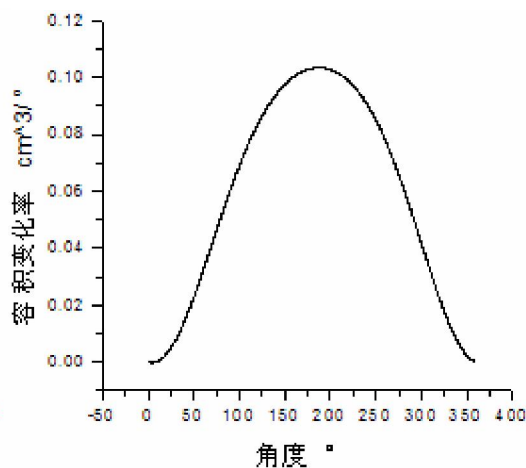


图 3 吸气腔容积变化率

较为明显的区别，在 210° 之后两者的压力脉动趋势较为一致。可以通过调节吸气管路系统的方式，使得在形成封闭压缩腔的瞬间，吸气腔内的压力波动刚好达到一个最大值；此时，封闭压缩腔内的压力相对较大，比容增大，使得压缩机的容积效率提高。

形成封闭压缩腔的瞬时压力分布如图 4 所示，两种分液器结构的压缩机吸气管路压力变化都是先升高再降低，在接近分液器弯管处，压力又逐渐升高，进入吸气腔前，压力又有略微的降低；二者的压力梯度变化有所不同，使用缩管分液器后，使得弯管处的压力梯度分布变化明显，管径变小，在该位置产生节流，使得局部损失增大，压降增大，指示功率增加。使用常规分液器时，在形成封闭压缩腔的瞬间，气缸吸气口的压力值为 6.203 Bar；使用缩管分液器后，该值变为 6.194 Bar。压降由 4668.7 Pa 增大至 5574.7 Pa，压力损失增大；相对吸气压力损失由 0.75% 增大至 0.89%，由容积效率的压力系数公式可知，压力系数主要取决于相对吸气压力损失，相对压力损失增大，则压力系数减小，容积效率降低。

由于吸气腔容积变化率随电机转动瞬时变化，吸气腔内会出现瞬时真空，使得压力脉动加剧；这种脉动使得气缸吸气口压力在某一时刻会大于钢管的进口压力，产生一种增压效应；从而会引起吸入的气体质量增大、制冷量的增加及引起指示功率的增加。从模拟计算结果来看，常规分液器压缩机气缸吸气口的最大增压达到 18967.9Pa；缩管分液器压缩机气缸吸气口的最大增压达到 20976.5Pa。

3.2 吸气量

旋转压缩机容积变化率的变化会引起吸气管路内的气流速度波动，影响气缸吸气腔内吸入的冷媒质量流量。

图 5 和图 6 所示分别为两种不同管径的分液器弯管对吸气冷媒流速、冷媒质量流量的影响。其

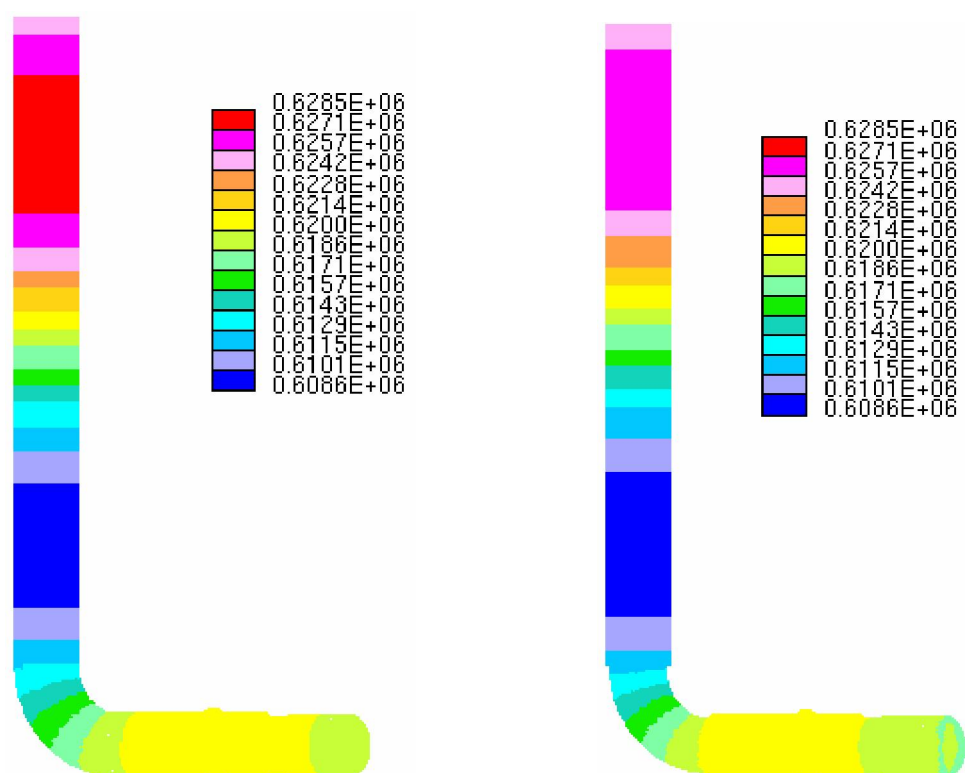


图 4 吸气口瞬时压力分布

中，黑色曲线表示装有常规分液器的压缩机气缸吸气口的速度波动和质量流量，红色曲线表示装有缩管分液器的压缩机气缸吸气口的速度波动和质量流量。

从图 5 可以看出，压缩机旋转一个周期内，气缸吸气口冷媒的流速变化规律跟图 2 所示的容积变化率的变化趋势基本一致，先增大后减小，在 180° 附件达到最大值；一个周期内冷媒的平均流速在 6m/s 左右。在容积变化率随转角增大的时间段内，即 0°~180°，两种分液器弯管结构的气缸吸气口冷媒流速脉动非常接近；但在容积变化率慢慢减小的过程中，缩管分液器的速度脉动有一定的

滞后性，速度差异较大。两种结构的吸气流速都在阀片关闭的瞬间有一个剧烈的跳动，且缩管分液器结构的速度跳动更为剧烈。

对比图 6 和图 5 可以发现，吸气质量流量变化规律跟吸气速度变化规律、脉动量非常接近，结合质量流量计算公式可知，气缸吸气口的截面积相同，说明此处质量流量的变化主要受流速的影响；冷媒密度变化受分液器弯管管径的影响不大。在气缸吸气口处冷媒的平均质量流量如表一所示。使用常规量产分液器的压缩机吸气量为 77.71Kg/h，而使用缩管分液器的压缩机吸气量为 77.64Kg/h，吸气量降低了 0.089 个百分点。

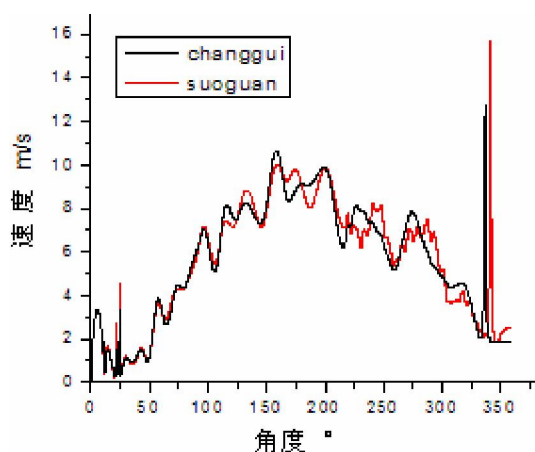


图 5 弯管直径对吸气冷媒流速的影响

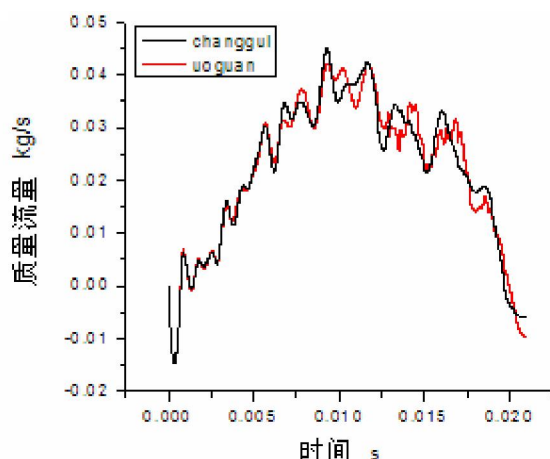


图 6 弯管直径对吸气量的影响

表一 吸气量

压缩机	分液器	分液器	结果对比	
吸气量 (Kg/h)	77.71	77.64	-0.069	0.09%

4 结论

通过以上分析可知：

- 1) 压缩机气缸吸气口的冷媒流速、质量流量跟气缸的容积变化率密切相关；容积变化率增大，冷媒流速增大，质量流量增加；
- 2) 分液器吸气管路变化后，压缩机吸气管路压力损失增大；相对吸气压力损失由 0.75% 增大至 0.89%，容积效率压力系数减小；
- 3) 分液器吸气管路变化后，压缩机气缸吸气腔的吸气量减小，质量流量降低了 0.089 个百分点；

5 参考文献

- [1]马国远，李红旗．旋转压缩机．北京：机械工业出版社，2001