

往复式压缩机启动噪音研究

王 松¹, 靳海水², 吴小凌¹, 陈会平¹, 吴肖斌¹, 王 钢²

(1.广州万宝集团压缩机有限公司, 广东广州, 510470; 2.上海朴渡信息科技有限公司, 上海, 201203)

摘要: 随着消费者对冰箱噪音的关注, 作为冰箱主要噪声源之一的压缩机噪声就越来越被压缩机制造商重视。以某款冰箱压缩机为研究对象, 采用噪音数据采集设备进行测试, 通过噪音时频分析进行启动噪音特征以及声源特征识别, 并进行优化设计。研究表明, 通过优化吸气消音器进气口面积和改变压簧刚度的方法可以降低启动噪音。

关键词: 往复式压缩机; 压缩机噪声; 启动噪音; 时频分析

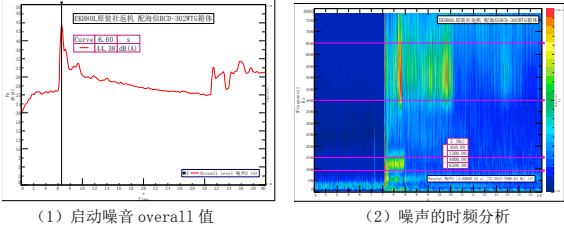
中图分类号: TH45 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-9129(2021)07-0357-01

冰箱作为被应用最为广泛的家用电器之一, 除了重要的冷冻功能外, 其振动噪音水平也是研究的关键指标之一。压缩机是冰箱噪音的主要来源, 同时作为冰箱系统的“心脏”性能, 噪音水平的要求也日益严苛。除常见的压缩机噪音、风机噪音以外, 启动噪音已成为不可忽视的一部分^[1-2]。2018 年发布的团体标准也规定了任意制冷循环中的启动阶段, 启动段噪声值和冰箱铭牌标称值对比, 其差值不应超过 6 dB(A)^[3]。

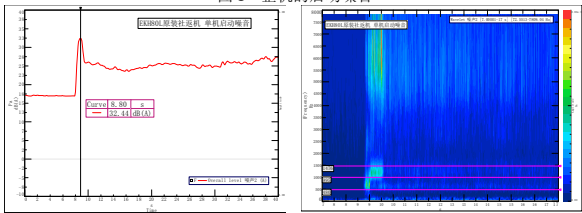
近期我司某系列往复式压缩机在匹配某冰箱的过程中, 存在启动噪音大的问题。启动噪音问题包括两个方面, 一方面是启动瞬时噪声分贝值高, 另一方面是启动噪声分贝值较高所持续的时间长。压缩机启动瞬间, 内部运动件从静止状态转为高速运转状态, 同时存在制冷剂流程剧烈波动, 导致压缩机内部机芯振幅大, 产生启动噪声峰值, 所以瞬时的启动噪声分贝值高是不可避免的。所以如何更快的让压缩机机芯稳定下来, 降低高的噪声分贝值持续的时间, 是本文研究的重点。本文利用噪音测试设备进行测试分析, 针对往复式压缩机的启动噪音展开了研究, 通过时频分析确定其频谱特性, 通过改进吸气消音器和支撑弹簧使启动噪音得到改善。上述工作对行业内的同类问题的解决提供了很好借鉴。

1 启动噪声特征分析

利用噪音振动测试设备通过四点法^[4]进行测试分析, 启动噪音的时频分析如图 1 所示, 可见: 冰箱整机的启动噪音主要集中在 930-1500 Hz 内。



(1) 启动噪音 overall 值 (2) 噪音的时频分析



(1) 单机启动噪音 overall 值 (2) 单机启动噪声时频分析

图 1 整机的启动噪音

2 启动噪声特征声源识别

冰箱噪声的主要来源是压缩机, 压缩机噪声主要分为机械噪声, 气动噪声和电磁噪声^[5]。气动噪声是由于流体在流动过程, 产生不规则的压力和速度脉动, 并向外辐射的宽频噪声^[6], 其最主要的来源为吸气噪声^[7]。图 2 显示了压缩机单机的启动噪音, 启动噪音峰值为 32.44 dB, 在启机 0.25 内, 噪音集中频段为 480-995 Hz, 在启机 0.25-5.25 s 内, 噪音集中频段为 995-1476 Hz 和 4500-8000 Hz。这些都属于宽频噪声, 符合气动噪声的特征, 初步推测为吸气脉动引起的噪声。

测试采用的压缩机搭配某多门法式箱体。通过图 1、图 2 中整机和单机启动噪音的对比, 可见启动噪音由压缩机发出, 并传递至箱体。在 930-1500Hz 和 4500-8000Hz 这个频段内的噪声主要由气流噪声引起的。在压缩机结构中, 排气噪声基本不会扩散出来, 而吸气噪声很容易通过壳体扩散出来。

3 启动噪声降噪方案和效果分析

针对启动噪音, 从噪声源和传递路径两个角度提出了优化吸气消音器进气口的面积和改变压簧刚度的方案。改变消音器进气口的面积, 是通过增加制冷剂进口的流动阻力, 来减小吸气瞬时速度, 起到抑制气流速度峰值的作用, 降低了气流脉动值。吸气消音器如图 3 所示, 原始方案中进气口的直径为 7.4 mm, 面积为 42.99 mm², 用 A₀ 表示。改变压簧的刚度是减小机芯启动瞬时振动角度, 起到减振缓冲的作用, 抑制了振幅的峰值, 达到减小噪音的作用。基于这两种方法提出了三种优化方案, 如表 1 所示。

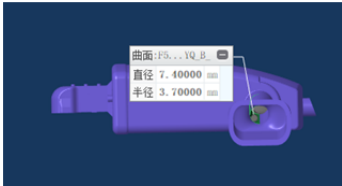


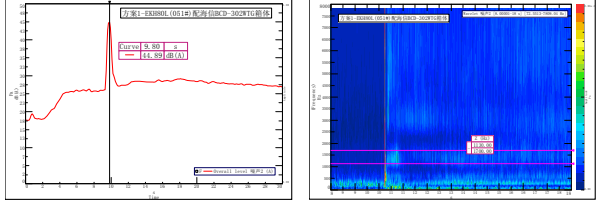
图 3 吸气消音器

表 1 优化方案

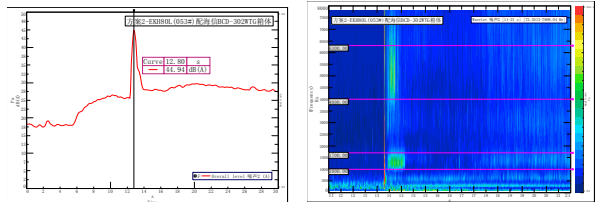
序号	排气口的面积	压簧的刚度 (KN/m)
原始方案	A ₀	2.75
优化方案 1	80%A ₀	2.75
优化方案 2	65%A ₀	2.75
优化方案 3	46%A ₀	3.15

采用振动噪声设备测得 3 种优化方案的整机启动噪音曲线和时频分析图, 如图 4 所示。可见, 在压缩机启动的瞬间噪音达到峰值, 然后在 1s 内开始衰减, 然后逐渐达到平衡。在启

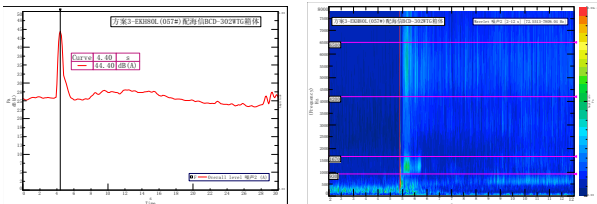
动噪音达到峰值后衰减的过程中, 方案 1 的噪音频段集中在 1130-1700 Hz, 方案 2 的噪音频段集中在 1000-1700 Hz 和 4000-6300 Hz, 方案 3 的噪音频段集中在 930-1670 Hz 和 4200-6500 Hz, 图中的蓝色-红色代表着声压的幅值大小, 在这些频段内的噪音声压明显低于原始方案。



(1) 优化方案 1 的整机噪音 (2) 优化方案 1 的时频分析



(3) 优化方案 2 的整机噪音 (4) 优化方案 2 的时频分析



(5) 优化方案 3 的整机噪音 (6) 优化方案 3 的时频分析

图 4 优化方案的整机启动噪音

通过优化方案的整机启动噪音对比, 可见: 在启动瞬间, 噪音均达到 45 dB 左右, 无明显变化; 当启动噪音达到峰值后, 三种优化方案相对于原始方案衰减更快; 在经过衰减阶段后趋于平衡状态的过程中, 噪音水平为: 优化方案 2 > 优化方案 1 > 原始方案 > 优化方案 3。通过减小吸气消音器的进气口面积和增大压簧的刚度可以减小 930-1500 Hz 和 4500-8000Hz 频段内的噪音, 特别是启动噪声峰值衰减更快。

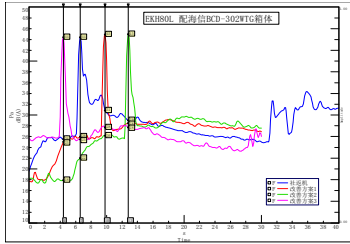


图 5 优化方案的整机启动噪音对比

4 结论

通过冰箱整机和压缩机单机启动噪音的对比, 可见 930-1500Hz 和 4500-8000Hz 频段内的启动噪音一个传递路径是经过吸气消音器从壳体扩散出来的, 另一个是机芯振动产生的噪声通过壳体传递出来。通过减小吸气消音器的进气口面积和增大压簧的刚度可以减小 930-1500 Hz 和 4500-8000Hz 频段内的启动噪音, 特别是启动噪声高分贝值的持续时间可以有效缩短。

参考文献:

[1]李语亭, 王利亚, 陈新杰, 等. 冰箱启动噪音的分析与优化[J]. 家电科技, 2019(02): 66-68, 73.
[2]李晓明, 孟晓宏, 金涛. 往复式冰箱压缩机噪声分析及控制方法综述[J]. 噪声与振动控制, 2007(01): 25-28.
[3]《T/CAS 320—2018 家用电冰箱非稳定运行噪声评价方法》
[4]GB/T 4214.1—2000 《家用电器及其类似用途器具噪声测试方法通用要求》[S]
[5]李晓明, 孟晓宏, 金涛. 往复式冰箱压缩机噪声分析及控制方法综述[J]. 噪声与振动控制, 2007(01): 25-28.
[6]孙晓东, 陆海江, 孙慧, 等. 压缩机吸气消声器腔室密封性对传声损失的影响分析[J]. 噪声与振动控制, 2017, 37(4): 227-230.
[7]K Nagarajana, K Sreenivas. Noise Reduction in a Reciprocating Compressor by Optimizing the Suction Muffler[J]. International Journal of Engineering Trends & Technology, 2014, 16(6): 276-282.

作者简介:

王松 (1970-) 男, 本科毕业于华中理工大学机械工程, 硕士研究生毕业于哈尔滨工业大学深圳研究生院企业管理专业; 现任广州工业投资控股集团有限公司总工程师, 广州万宝集团压缩机有限公司董事长, 主要从事家用电器技术的研究及产业化工作。