

空气泵的噪声与控制

刘广璞 房伟

(华北工学院, 太原 030051)

摘要 在简述空气泵工作原理的基础上, 分析了噪声产生的原因; 并采取具体措施以控制噪声. 通过对噪声声级的测量, 验证了所用方法的有效性, 达到减小振动、降低噪声的目的.

关键词 空气泵; 机械振动; 噪声控制

随着工业技术的发展, 人们对生活环境噪声水平已提出更高的要求, 对降低工业设备和家用电器噪声的要求已提到议事日程上来. 工业噪声一般可分为流体动力噪声、机械噪声和电磁噪声. 流体动力噪声是由于流体本身运动或流体与固体作用引起流体振动而产生的; 机械噪声是由机械撞击、摩擦等引起的机件振动而产生的; 电磁噪声是因电流与磁场交变作用引起周围介质的振动而产生的^[1]. 空气泵兼有这三种类型的噪声, 但考虑到它们都是由不同物体的振动而产生的, 本文主要就减小机体振动来降低噪声做一初探.

1 空气泵工作原理

空气泵利用电动机通过一曲柄连杆机构驱动活塞做往复直线运动, 而在泵体的两端形成高压区, 并由出口泵出气体. 其结构简图如图1所示.

空气泵的驱动电机垂直放置, 且与水平放置的缸体连成一体. 电动机运转时, 通过曲柄连杆机构带动活塞作左右往复直线运动. 活塞向右运动时, 右气缸的进气阀关闭, 右气缸体积逐渐减小, 缸内压力逐渐升高. 当压力升高到排气压力时, 随着活塞的向右运动, 高压空气就会推开排气阀而进入右储气室中. 与此同时, 左气

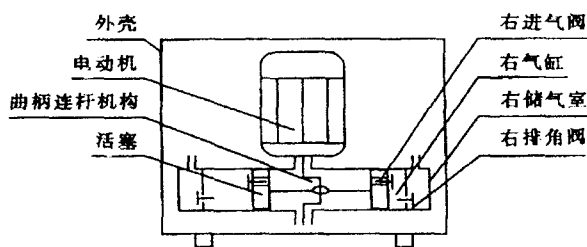


图1 空气泵结构简图

缸的排气阀关闭, 由于活塞向右运动, 左气缸体积逐渐增大, 缸内压力逐渐降低. 当压力降低到稍低于外界气压时, 左进气阀开启, 外界空气被吸入左气缸内. 随后活塞开始向左

· 收稿日期: 1998-06-08

运动,左气缸产生一定压力的气体,右气缸完成吸气过程。如此往复循环,产生压缩空气,左右储气室互相连通,以保证每个工作循环都不间断地产生压缩空气并经出气口排出。

2 空气泵噪声产生原因初探

噪声是由机件的振动引起的,下面从产生机械振动的因素来探究产生噪声的原因:

(1) 周期性力的作用。泵体中有一活塞作往复直线运动,形成周期性的激振力,该激振力作用于泵体,并且传递给外壳等其它部件,从而引起振动产生噪声;高速旋转的部件由于不平衡质量产生的惯性力也会引起部件振动发声。

(2) 空气动力噪声。空气在压缩流动过程中,会产生振动引起噪声。

(3) 电机噪声。电动机是空气泵的动力装置,其噪声是空气泵的主要噪声源之一。电机噪声包括风扇噪声、电磁噪声、轴承噪声和机壳噪声等。

(4) 随机性力引起的噪声。活塞与气缸的相互摩擦与撞击、曲柄与连杆间的碰撞等机械传动结构产生的随机性力而引起的随机性噪声。

空气泵工作时,上述各种噪声同时出现,相互迭加作用。由于电动机和泵体都集中在外壳之内,以上几种噪声都经壳体向外辐射传播,所以壳体是空气泵噪声主要辐射面。

3 空气泵的噪声控制

3.1 噪声控制机理

噪声传播过程有声源、传播途径和接受者三个要素,相应地噪声控制的基本方法也要从三个环节入手:对声源进行控制;在传播途径中控制;对接受者进行防护。其中,对声源进行控制是最根本和有效的噪声控制措施。由于该空气泵体积较小,并且其电动机与泵体由螺纹紧密连接成一体,置于壳体之内。正常工作时,该空气泵的电动机和曲柄连杆机构等内部振源不但本身振动发声,还会将振动传递给外壳,由于外壳是薄壁结构,易于受作用力激励和声激励而产生振动引起噪声,并且向外部辐射。结合空气泵的实际结构特点,在进行空气泵的噪声控制时,主要从对声源进行控制和在传播途径中控制两方面入手,即一方面考虑从减小空气泵内引起振动的作用力来降低噪声,如减小旋转体的不平衡力、降低往复运动体的惯性力以及减小活塞与气缸间的摩擦与碰撞等;另一方面考虑从抑制噪声传播途径中噪声的主要辐射面的振动以及在噪声传播中途隔绝或缓冲振动,以降低噪声,如设法增强噪声的主要辐射面的抗振能力,降低其受激振动的响应。以及采用隔振元件减小机体与外壳间的振动传递,达到降低噪声的目的。因此,空气泵的噪声控制从以下几个方面考虑。

3.2 降低激振力

降低激振力就是要降低周期性激振力和随机性作用力。周期性激振力是由于质量偏心旋转部件会产生不平衡惯性力以及往复运动体的惯性力。因此,要降低周期性激振力就要尽量提高加工精度减小旋转部件的偏心质量以及减小往复运动体的质量。而随机性作用力是由于部件间间隙的存在、零部件间的摩擦与碰撞产生的,因此可以从提高零部件加工及

装配精度,减小部件间配合间隙来降低随机性作用力,如减小活塞与气缸的工作间隙就是一种有效的方法,但间隙过小也会产生零件发热等负面影响.上述方法需对结构作相应改动,应在设计时给予充分考虑.为空气泵保证有良好的润滑方法,应尽可能减小零部件间的摩擦与碰撞,以利用润滑油膜吸收振动的作用而降低其噪声.

3.3 防止共振,提高系统抗振性

空气泵的外壳属薄板结构,它是噪声的主要辐射面,其辐射声功率可近似表示为^[2]

$$W = \rho c \cdot \sigma \cdot S \cdot v^2 \tag{1}$$

式中 ρc 为空气特性阻抗; σ 为薄板声辐射效率; S 为薄板辐射表面积; v 为薄板振动速度.

由式(1)可见,当外壳薄板的结构确定后,其辐射声功率 W 与振动响应速度的平方成正比,因此降低空气泵外壳薄板的振动响应可以大幅度降低外壳薄板的噪声辐射功率.

根据机械振动力学,受迫振动的响应幅值为^[3]

$$A = \frac{P}{m} \cdot \frac{1}{\sqrt{(\omega_n^2 - \omega^2)^2 + 4\zeta^2\omega^2}} \tag{2}$$

式中 P 为激励力幅值; m 为系统质量; $\zeta = c/(2m\omega_n)$ 为相对阻尼系数.

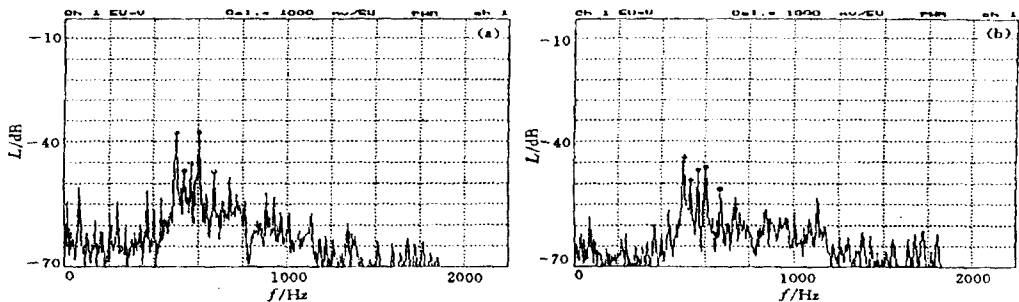


图 2 粘贴约束阻尼贴条前、后的噪声功率谱

可见响应不但与激振力的幅值 P 和频率 ω 有关,还与系统固有频率 ω_n 和阻尼特性有关.当激振力频率 ω 接近固有频率 ω_n 时,系统发生共振,此时,响应幅值主要由系统的阻尼大小决定,阻尼越小,共振越强烈.所以,为降低振动响应,应提高系统的阻尼.

空气泵的外壳作为噪声的主要辐射面,由式(1)、(2)可知:提高空气泵外壳的阻尼,可以有效地降低噪声辐射功率,从而达到减振降噪的目的.利用 ND6 型脉冲精密声级计(“计权网络”置于“线性”位置)距空气泵 1 m 处对其进行了噪声测量,得到其噪声声压级为 78 dB,噪声功率谱如图 2(a) 所示^[4].由其噪声功率谱曲线可见,其辐射声能量分布在一个较宽的频率范围,特别是(400~800) Hz 的频段内有较高的峰值.根据前面的分析,在不对空气泵的结构作较大改动的条件下,采用在外壳薄板的内表面粘贴两个“X”形的约束阻尼贴条,增加外壳的阻尼,从而有效地减小空气泵的振动和噪声.粘贴约束阻尼贴条后测得的空气泵噪声功率谱如图 2(b) 所示,可见其峰值显著降低.利用声级计进行测量的结果表明,噪声级降低了 5 dB.

3.4 隔离振动,降低噪声

空气泵的外壳虽然是噪声的主要辐射面,但它本身并不是振动源,它的振动发声是由于内部振动源(电动机、曲柄连杆以及活塞等运动部件)的振动经过机体与外壳间的连接部位直接传递给外壳,使其受激振动而发出噪声。另外,内部振动源振动产生的噪声在向外传播时,直接辐射到外壳薄板上,也会使其受激振动而发声。所以,可以用隔离振动的方法来减小外壳的受激振动,降低噪声。作者采用了在外壳基座与内部振动源之间安装橡胶减振垫,用来抑制和减小内部振动源到外壳(声辐射面)的振动传递,从而降低声辐射,以减小噪声。此外,在进行试验时,发现空气泵直接放置在地面上工作时,有明显的转动现象,这是由于电动机工作时产生的磁力作用于定子,而空气泵重量较小,在这一作用力下就会发生转动,空气泵在转动过程中振动而产生噪声。为此,把空气泵放在海绵垫上,吸收、隔离空气泵与地面间振动的传递。通过安装隔振垫减小了部件间传递振动和直接碰撞而产生的噪声。利用声级计测量的结果表明,加隔振垫片后噪声级又降低了3 dB。改进前、后空气泵的噪声级见表1。

表1 改进前、后噪声级测量结果对比

项目	原空气泵	粘贴阻尼材料后	粘贴阻尼材料并加隔振垫后
噪声级/dB	78	73	70

4 结 论

在不对原装置结构作较大改动的基础上,通过以上措施,减小了振动,降低了噪声。对采取减振降噪措施前后的空气泵进行噪声水平的测试,结果表明,采取措施后较没有采取措施时噪声降低了8 dB。

参 考 文 献

- 1 国家环境保护局编. 工业噪声治理技术(噪声卷). 北京: 中国环境科学出版社, 1993. 1~16
- 2 张重超. 机械设备噪声控制工程学. 北京: 轻工业出版社, 1989, 177~192
- 3 倪振华. 振动力学. 西安: 西安交通大学出版社, 1989. 79~92
- 4 郑万泚. 随机信号与振动分析系统. 南京汽轮高新技术开发公司, 1994

NOISE AND ITS CONTROL OF AIR PRESSURE PUMP

Liu Guangpu Fang Wei

(North China Institute of Technology, Taiyuan 030051)

Abstract The paper will analyse the reason that noise generate based on synopsis the operating principle of air pressure pump, and adopt specific measures to control noise. By testing the sound pressure level of noise, availability of the method is verfield. Relieving vibration and reducing noise is obtained.

Key words air pressure pump; mechanical vibration; noise control