

地铁车辆用离心风机分析和降噪分析

孟凡伟, 张丽佳

(北京航天奥祥科技股份有限公司, 北京 102402)

摘要 离心通风机是地铁车辆常见的附属设备, 噪声环境污染是通风机运作中出现的致命弱点。它是由各种不同工作频率音频的无规律性的杂乱组成, 风机噪声不但妨碍大众的通信、语言表达等沟通交流, 而且严重影响大众的身心健康以致于减少工作效能等。因而, 研究与讨论地铁车辆离心通风机噪声的形成原因、影响因素以及操纵方式, 对保护乘客的身心健康及提高地铁车辆的经济收益具有长远而重要的意义。

关键词 地铁车辆; 离心风机; 降噪分析

中图分类号: U231

文献标识码: A

文章编号: 1007-0745(2023)04-0004-03

风机的噪声是源于气体流动性造成叶轮、外壳内涡旋, 它受以下几方面的影响: 风机的基础设计(轴流式风机或是离心式风机, 叶轮的结构设计等); 风机的空气动力特性与要求实现的压力差、流量相关; 风机运作点, 如风机的特性参数在哪个范围之内运作; 风机转速比, 风机在各个转速比时噪声大小不一; 风机的自身外壳和叶轮的匹配关系。

噪声大小主要是根据标准的交流电压力以及风机的型号规格。测量噪声时采用的标准测量数字是 dB(A), 英文字母 A 则是规范化的工作频率评定标准, 它充分考虑到了人们所感知的噪声水平与声频之间的直接关系。高频率给人的感觉比低频率难受得多。

如果把一定数量的相等的声源处一起评定的话, 声强水平可能增加, 如: 两个设备增加 3dB(A), 三个设备增加 5dB(A), 四个设备增加 6dB(A), 五个增加 7dB(A), 转变到 10dB(A) 最后代表着两倍或一半的噪声水平感受。离声音来源越来越远, 发出来的噪声越弱, 翻倍的间距能使噪声水平减少 5dB(A)。

1 地铁车辆用离心风机噪声现状分析

地铁乘客的体验受到离心风机噪声的影响, 这主要是由于离心风机在作为空调蒸发风机时会产生噪声, 影响到车厢内的环境。在某地铁车厢轨道内运行时按照 GB 14892-2006《城市轨道交通列车噪声限值和测量方法》测试噪声, 在不同的工况下可能会发生一些超过标准限值 83dB(A) 的现象, 最大瞬间达到了 100 dB(A), 超出车内客室噪声规范限值 17 dB(A); 此外, 几个区段中超过标准要求时, 还往往伴有锐利吱吱声等高频噪声问题, 但经过大量的分析表明, 这种噪声问题往往出现在一些较小转弯半径的情况下, 和配电的设备种类和离心风机的设备种类有关。

目前的地铁噪声规范包括对噪声限制值的要求和部分车辆技术规格书的有关规定, 其中技术规格书规定的要求通常比标准更为严格。不同线路的运营条件也不同, 有些线路在地面运营, 有些线路则在地下通道运营, 还有一些线路同时包含地上和地下运营。根据相关统计分析, 相同轨道列车在地下环境工作中产生的噪声要比在地面运营时高 8~10dB(A)。

地铁离心风机一般作为车辆空调蒸发器的风机存在, 通风管道直接与车厢相连接, 因此风机噪声直接传递到车厢内部。虽然如此, 离心风机并不是地铁车厢内的主要噪声源, 主要噪声源来自车辆行驶过程中车辆与轨道以及周围空气的摩擦产生的噪声。然而, 在地铁停靠车站等停滞状态下, 离心风机仍然是地铁车厢内主要的噪声源之一。在运行条件下, 离心风机的噪声与其他噪声混合在一起, 仍然是一种不可忽视的噪声源。^[1]

为了满足不断提高的乘客舒适度要求, 地铁车辆噪声技术要求也不断提高, 离心风机噪声控制也随之提出了更高的要求。因此, 我们需要对地铁离心风机进行深入的分析。

地铁离心风机主要分为前向多翼离心风机和后向离心风机两种类型。前向多翼离心风机由叶轮、蜗壳和电机组成, 而后向离心风机则有无蜗壳和有蜗壳两种结构。后向离心风机一般用于轨道车辆的设备散热结构中, 而不会影响乘客的乘坐体验。相比之下, 前向多翼离心风机在地铁空调蒸发器中广泛应用, 因为它适合小尺寸的地铁空调系统。

离心风机的主要参数包括尺寸、风量、压力、噪声和功率。这些参数相互关联, 比如风量大增加制冷和散热效果, 但同时也会提高噪声水平, 使功率需

求增加。因此,必须选择合适的参数来达到最佳的使用效果。大量的试验和计算机仿真可以帮助找到最佳匹配点,同时也能减少试验周期。总之,深入了解地铁离心风机的类型、特点和性能参数,对于减少噪声,提高乘客体验和舒适度是非常有益的。

2 地铁车辆离心风机噪声分类以及噪声机理分析

从离心风机噪声总体主要声源处造成原理来讲,可以分为转动噪声和涡旋噪声;从总体上频谱特性来讲,可以分为宽屏噪声与离散变量噪声。

2.1 离散变量噪声(转动噪声)

离散变量噪声是指由叶片周边不平衡结构和在叶片中转动时所产生的轴向不均匀势流作用而引起的噪声。通常与离心叶轮的转速不同相关,尤其是在高、低压负载状态时,这类噪声尤为明显。主要体现在以下几个方面:(1)空气进流时产生的进气口影响的噪声。由于在进气道上装有流板叶的金属网罩所产生的进气口影响干预噪声,在这样的状态下,在工作轮转动时,流动叶片周期性的产生前边由静叶片排发出的不均匀气流,造成气流作用于动叶里的力规律性脉动而出现噪声;(2)叶片的表面粗糙以及不同外壳运动方向所引起的转动工作频率噪声。因为外壳内腔产生所必需的前提条件是旋转对称,否则气流流动性情况将不会与中心线完全对称,换句话说,轴向的圆周转速都不是常数,所以气流中也会产生旋流;(3)由于出入口蜗舌的存在,所产生的出入口干预噪声。在叶片出入口顺着的轮圆上,由于有尾焰,所以空气的转速与工作压力都不匀,而这种不平衡空气就产生在涡壳上,从而造成了工作气压随着时间的脉动。相反地,它也影响了离心叶轮中空气的流量,所以在叶片内的空气也就具有了随着时间而变化的脉动功能^[2]。

与此同时,由于这种脉动波型并不是单一的正弦曲线,因此依据等级展开,它还有其他高次谐波 f_i ,关系式为 $f_i=nZi/60(i=1,2,3,\dots)$ 因此转动噪声具备离散变量频谱特性,其频率为叶片根据工作频率,也有它高次谐波。显而易见,从转动噪声强度看,一次谐波最高,其次二次谐波、三次谐波,总体变化是逐渐减弱的。

2.2 宽屏噪声(涡旋噪声)

空气在通过叶片前后左右盘的内外表面或涡壳表层时,因为附面层的扩展到一定高度就会产生涡量摆脱,而摆脱后涡量又会产生相当大的脉动。在较低雷诺数下,规律性涡量的变化摆脱也可以产生相对的量变化,从而导致物体内的空气相互作用能力产生变化;在带有较稳定流场的强度空气进入叶片内后,叶片外

缘各点冲角变化主要在于气流的平均速度和瞬间振动速度之间,而在流场情况下振荡平均增长率也是无规律性地变化的,从而会导致冲角产生无规律性的变化,从而产生推力的没有规律性脉动和产生噪声。

这类湍流具备比较宽的工作频段,一般称之为宽屏噪声,同时它可能是由于涡旋脱落所引起的,因此物件绕流涡旋脱落具备明确工作频率。

2.3 离心风机噪声级计算

如果想对离心风机的工作噪音进行有效管理,首先就必须掌握其噪声特性及其噪声级计算的几个主要技术。为更加公正公平的衡量每一台离心式风力发电机的噪声特征,按照 JB/T8690-2014《通风机噪声限值》规范各种通风机噪声在最好工况点比 A 声压级——LSA 的计算公式: $LSA=LA-10\lg(Q/p2)+19.8$,式中 LSA 为相对风机的比 A 声压级,单位为 dB;LA 为相对通风机工作点的 A 声压级,单位 dB(A);Q 为风机试验工作点的总流量,单位(m^3/min);p 为风机试验工作点的压力,单位 Pa。

3 地铁车辆离心风机系统消声降噪分析

地铁车辆离心风机系统是地铁车辆空调系统的重要组成部分,它可以为地铁车厢提供足够的新鲜空气和保持车厢内部的空气流动,从而保证乘客的舒适度和健康安全。然而,离心风机在工作时会产生噪声,严重影响地铁车厢内的环境噪声水平,因此需要进行消声降噪分析。

3.1 地铁离心风机系统消声降噪必要性

地铁是深层次地底的细长及大型安全通道内运作代步工具,它出自拥有限定空间、人流多及其旅客列车时运作很多机电工程设备,可以产生大量热量,若发热量没科学排掉,会让旅客、工作人员及其他地铁设备造成很大的影响。地铁内部结构各设备工作中造成有害物质和自然环境湿冷而形成异味等,造成地铁内部环境持续恶变,影响地铁正常运作。组装离心风机系统产生益处,它会从根本上解决地铁运行时导致的发热量膨胀和恶变封闭式环境污染问题,与此同时,离心风机系统不但能减少地铁产生的安全隐患,也能够事故发生时进行清除烟尘和安全工作。其具有多面性,地铁离心风机有利于地铁工作经营,其运作噪声污染难题不可小觑。假如导致噪声不加以控制,会传导至地铁公众场所与地面,伴随着地铁规划面积不断发展,噪声环境污染问题便会遍及城市,进而严重危害城镇居民正常生产、日常生活。

3.2 离心风机系统消声降噪

总的来说,地铁离心风机系统所形成的噪声有三

类,若想控制地铁离心风机系统造成噪声,需从以下几个方面入手:一是对于气体驱动力噪声,即对气体流动性所形成的噪声加以控制。由排风机2个进、出入口组成,其噪声散播则是通过联接通风风管来蔓延。这类噪声影响程度较大,因此将其作为消声降噪控制方法的关键。将消音器安装于离心风机前后左右部位,可以降低地铁离心风机设备噪声。而每个离心风机设备具有的特性各不相同,因此在开展消声降噪的时候需要结合实际情况挑选相对应的设备。另一个原因就是针对电动机运行机械设备震动噪声,其噪声操纵主要是从噪声源设备下手。具体办法可采取集中化方法来组装地铁离心风机设备,把它安装于避开地铁站公共性范畴,坚决做到缓解长距离散播噪声影响水平^[3]。

3.3 消声降噪的方式

消声降噪的方法主要有两种:被动消声和主动消声。被动消声是指通过隔音材料、隔声罩等被动措施来降低噪声。而主动消声是指利用反相声波等主动措施来消除噪声。针对地铁车辆离心风机系统,可以采用被动消声措施来降噪。

在消声降噪分析中,首先需要进行噪声源识别和噪声特性分析,确定噪声来源和频率分布特征。其次,需要进行隔音材料的选择和设计,以及隔声罩的设计和制造。在选择隔音材料时,需要考虑材料的吸声性能、密度、厚度等因素,同时还需要考虑隔音材料的安全性、耐久性和易清洁性等因素。隔声罩的设计要考虑其尺寸、结构和材料等因素,以及隔声罩与离心风机系统之间的密封性和连接方式等问题。

此外,还需要对地铁车厢内的噪声水平进行测试和评估,以确定降噪效果。评估指标主要包括A声级、C声级、噪声频谱等,通过评估可以判断隔音材料和隔声罩的降噪效果,并进行必要的调整和改进^[4]。

总之,地铁车辆离心风机系统消声降噪分析需要综合考虑多种因素,包括噪声源特性、隔音材料和隔声罩的设计、测试和评估等方面。通过合理的分析和设计,可以有效降低地铁车厢内的噪声水平,提高乘客的舒适度和健康安全。

4 地铁车辆离心风机降噪应用分析

随着城市化进程的加速,地铁交通成为人们出行的主要方式之一。然而,随之而来的噪声污染问题也日益凸显。地铁车辆离心风机是地铁车辆空调系统中的重要部件,其噪声污染成了一个难题。因此,地铁车辆离心风机降噪技术的研究显得尤为重要。

在地铁车辆离心风机降噪技术的应用分析方面,首先需要考虑风机本身的噪声源。为降低风机噪声,

可以采用一些降噪手段,如降低风机转速、调整叶片角度和形状、改善蜗壳与叶轮的配合等。此外,新型的叶片结构也可以有效地降低噪声。

其次,隔音装置也是地铁车辆离心风机降噪的重要手段。消音板和消音棉是常见的隔音材料,可用于降低噪声。消音板和消音棉可以安装在风道的内外表面以及蜗壳外表面,但需要注意的是,由于蜗壳不直接与车厢连接,因此在实际应用中不太常见。

最后,考虑风机与风道的匹配。由于地铁通风空间的限制,风机与风道的布置往往受到一定的限制,但仍然可以通过一些手段来实现合理的匹配。例如,可以根据风机出风口的风速大小和分布情况,配置合适的风道,并通过导流板等结构调整风机出风口的风速分布,从而达到降低噪声的目的。此外,还需要避免风机与其他结构的共振而引起噪声。

综上所述,离心式通风机噪声控制是作为地铁站车辆遭遇的一个重点影响问题。它需从风机的设计和制造下手,必须优化和健全风机构造,采用先进的加工工艺和方法提升制作质量与精密度,尽量避免空气动力学噪声的形成。与此同时,安装及检测也是一个不可忽视的阶段,一定要对大齿轮、风机轴承、皮带盘和连轴器等旋转零件进行精密的平衡调整和动平衡校准,以降低由于风机振动所产生的机械影响^[5]。由于离心式风力发电机的叶轮叶子极易产生磨损并造成噪声污染,所以,需要经过对发动机的噪声进行测试、分析和研究等项目以后,确定其噪声的主要源头及其扩散方式,从而采取相应的噪声处理方法,达到减少或切断噪声的扩散方式或减少噪声来源的目的,以最大限度地减少离心式风力发电机对环境的噪声污染,从而改善车站的工作条件和促进地铁站交通的和谐与可持续发展。

参考文献:

- [1] 孙天驰. 地铁曲线减振地段钢轨波磨动力影响与整治方法研究 [D]. 北京: 北京交通大学, 2021.
- [2] 李大勇, 陈磊, 陈明可, 等. 青岛地铁3号线车辆噪声测试及降噪措施 [J]. 城市轨道交通研究, 2020(12):70-73.
- [3] 周信. 地铁弹性车轮的减振降噪及动态特性研究 [D]. 成都: 西南交通大学, 2019.
- [4] 陈敏, 顾骅. 降噪环对地铁车轮降噪性能影响的研究 [J]. 轨道交通装备与技术, 2021(03):16-18,21.
- [5] 齐玉文, 孟胜军, 王森林, 等. 地铁车辆空调机组降噪效果的试验研究 [J]. 城市轨道交通研究, 2022,25(12):250-252.