

减振降噪技术在机械设计中的应用分析

王旭¹ 张晓翱²

(1 山东科瑞环境工程有限公司 山东 东营 257081; 2 济南邦德激光股份有限公司 山东 济南 250000)

摘要: 文章主要对机械噪声来源、特点及其类型进行简单介绍,并从噪声源控制、噪声传播途径控制这两方面入手,提出减振降噪技术如何应用于机械设计中,希望充分发挥减振降噪技术和材料、消声器等作用,减少工业生产中机械噪声,达到环保、低碳的工业生产要求,为实际机械设计工作的开展提供参考依据。

关键词: 减振降噪技术; 机械设计; 应用

0 引言

噪声污染作为工业生产污染之一,给周围居民生活和环境带来负面影响,与新时期工业可持续发展理念相背离。因此,如何降低机械设备在运行中产生的噪声成为机械设计中需考虑的重要问题之一,即通过选用噪声小的机械设备材料、优化机械设备结构及采取减振降噪技术等手段,从噪声源头处、传播过程中对其有效控制。

1 机械噪声来源、类型相关概述

1.1 来源

机械噪声主要产生于固体振动,即机械在运行过程中,机械设备的各零件在碰撞、振动及旋转中产生的噪声。机械噪声主要来源于:结构设计不合理、运行过程中部分零件脱落或松动、零部件之间碰撞摩擦等,常见的机械噪声包括齿轮噪声、轴承噪声、摩擦噪声、电磁噪声等。

1.2 类型

按照噪声的来源、机械设备实际运行情况,可以将机械噪声划分为空气动力性噪声、机械性噪声这两类,前者指的是在高速、不稳定气流的影响下,机械设备与其周边区域相互作用而产生的噪声,比如旋转、排气及燃烧噪声;后者指的是机械设备在运行过程中,各结构振动、碰撞所产生的噪声,比如结构、齿轮噪声等。

2 机械设计中噪声源控制的要点分析

2.1 选择适宜的材料

为了从源头处对机械噪声进行控制,在机械设计中,应选择适宜的机械设备材料,对材料的物化性能、工艺性能、力学性能及经济性进行全面考虑,并且为了降低机械设备噪声,还需要了解材料的内阻尼性能。所以,在机械设计中,通常使用铁、铝及铜等材料,由于这类材料内阻尼系数相对较小,且所消耗的振动能量比较少,在激振力影响下,构件会将产生的噪音扩散至其表面,达到降噪的效果,比如在齿轮设计中,若实际运行中对其强度、转速等要求比较低,可选用非金属材料来制造齿轮,其中在面粉厂粉尘工作条件下、冶金工业中,可选择非金属材料来制造齿轮,在满足多粉尘、易腐蚀等工作环境的同时,可以降低机械噪声,使工作人员的工作环境得以改善。

2.2 对机械结构进行优化

结构噪声作为一种通过结构进行传播的噪声,各类机械运转中均存在这类噪声,尤其是以振动为主要工作方式的机械,所产生的结构噪声占总声能的90%~95%。因此,在机械设计中,需对机械结构进行优化,实现结构噪声的有效控制,具体从以下方面入手:

2.2.1 控制振动筛噪声

可以通过安装减震器、调整轴承滚动体结构等方式,降低旋转机械设备所产生的结构噪声,在轴间相对运动要求比较低的情况下,可以将一组减震器安装于轴承与筛体之间,通过调整减震器参数,确保机体工作频率处于稳定状态,在满足其正常工作的同时,减少噪声;反之,在轴间相对运动要求比较高的情况下,可使用空心滚动体轴承进行降噪。

2.2.2 控制齿轮噪声

针对齿轮噪声,在机械设计中可通过相应的措施对其噪声进行控制,比如在满足经济性、生产要求的情况下,可使用人字形齿轮、斜齿轮等来代替直齿轮,使力均匀传递,减少冲击荷载、共振,达到降噪的目的。同时,在满足负载要求的基础上,可以通过调整齿轮的压力角,通常将其压力角控制在20度,或者对齿侧间隙进行控制,避免齿隙过大或过小所产生的噪声。此外,通过提高加工制造的精确度,或使用润滑油,使齿轮边更加光滑,降低摩擦噪声。

2.2.3 控制电磁噪声

工业中大型电动机、变频器及电压器作为电磁噪声的主要来源,其中交流异步电动机的电磁噪声,是由转子、定子各次谐波相互作用产生的,针对这类噪声,一方面,可以使用闭口齿槽来减少或消除高次谐波,或使用斜槽转子将齿谐波削弱;另一方面,适当增大转子、定子气隙,为其提供均匀的磁场,减少单边磁拉力,降低电磁噪声。

2.2.4 控制风机噪声

风机噪声属于空气动力性噪声,主要由涡流噪声、旋转噪声叠加形成的,这类噪声的控制可以从两方面入手进行控制:其一,通过改变涡舌角度,即根据实际情况适当倾斜涡舌,或适当增加涡舌间距,减弱气流的冲击力,使脉动减小;另一方面,通过减小叶道口涡流区宽度,或适当增加涡舌曲率半径,达到降噪的目的。

2.2.5 控制液压泵噪声

液压泵噪声可以划分为液体噪声、机械性噪声,前者主要是由液体流动过程中相互作用或液体与介质相互作用产生的,若液压泵处于连续工作的状态,会出现动力压强脉冲,泵体与液压阀部件会出现振动现象,而产生辐射噪声,为了降低这类噪声,在机械设计中,需对节流口结构进行调整;后者泵的机械噪声由构件间的摩擦、冲击产生,在机械设计中,可通过使用高内阻材料(锰铜合金)来制造泵体,或者将减震器装置于泵内,达到降噪的目的。

3 机械设计中减振降噪技术的应用

3.1 吸声技术

该技术使用的实质是在振动源、机械用房结构表面铺贴具有吸声性、粘滞性、导热性的材料,这样机械设备在具体运行中,所产生的机械噪音会进入材料缝隙中。由于吸声类材料纤维、声波之间会出现振动现象,将所产生的噪声、激振力转化为热能,进行释放,因此,要从噪声传播过程中对其控制,起到阻止噪音传播的作用。目前机械设备制造中会使用这类吸声材料,或者将吸声材料铺设于设备的墙体结构、屋顶上,在对噪音进行吸收的同时,会释放大量的热量,使设备工作温度、作业环境温度升高,所以,在实际应用这种技术的过程中,还需采取相应的控温措施,防止设备温度过高,影响运行质量,缩短设备使用年限。

3.2 隔声技术

隔声技术在机械设计中应用的原理是:将机械噪声向外界传播的路径隔断,将其控制在固定的空间范围,降低机械噪声对周围环境、生产现场的污染。该技术的具体应用包括:其一,将隔声套部件安装于设备筒体部位,由于该部件由多个耐热隔声层组成,所以,能够持续阻隔、削弱所产生的机械噪声;其二,将吸声隔声材料铺设于设备用房的屋顶、墙体表面,使噪音在传播的过程中被控制于小空间内,防止噪音向外扩散;其三,在机械设计中,可尝试将消声技术、隔声技术相结合,充分发挥这两种技术的优势,通过技术的互补,达到较好的降噪效果,防止和降低噪声对运行质量、设备结构性能的影响,吸声、隔声材料结构示意图;其四,将齿轮箱、电机等噪声等设备安装于密封性良好的罩性结构中,对产生的噪声进行阻隔的同时,使向外传播的噪声量减少。此外,该技术在实际应用中存在一定的缺陷,即无法消除噪音,给设备运行、结构质量带来负面影响,并且设备的正常运行也会受到干扰,容易出现设备运行故障,缩短设备使用寿命,所以,该技术不适用于高精密机械设备减振降噪处理中。

3.3 隔振技术

机械设备在实际运行中,受运行环境、设备制造工艺等因素的影响,容易出现振动噪声,为了解决这一问题,在机械设计中应考虑影响机械异常振动的因素,尝试应用隔振技术,即在确保机械设备正常运行、运行质量的基础上,从源头处解决振动问题。按照隔振的方式可将该项技术划

分为主动隔振、被动隔振技术,其中前者主要通过设置支撑振动源元件,对机械振动源进行处理,达到振动阻隔的目的;后者通过设置弹簧、阻尼器等装置部件,构建被动隔振系统,在机械运行过程中减弱所产生的异常振动,降低振动发生的频率,达到隔离振动的效果。同时,为了满足机械设备减振的要求,通常使用橡胶隔振器,与传统隔振器相比较,这种隔振器的主要原材料为软硬橡胶,其允许应力、动态弹性模量分别为 $0.3\text{MPa} \sim 0.4\text{MPa}$ 、 $20\text{MPa} \sim 25\text{MPa}$,意味着其隔振性能较好,能够起到较好的抑制机械设备振动的效果,并且能够对水平、垂直及旋转方向的振动起到阻隔作用。

3.4 阻尼技术

机械减振降噪的效果可通过材料内阻尼性能体现出来,由于振动机械能在通过结构阻尼层的过程中,部分机械能会转化为热能,释放出去,达到减振降噪的效果。因此,机械设计中应用减振降噪技术时,需改变以往的设计理念,考虑材料内阻尼的性能,通常选择内阻尼性强的吸声材料,将其铺设于设备用房屋顶、墙体及机械设备结构上,突出阻尼技术的优势,并根据实际情况采取相应的阻尼措施,比如将阻尼涂料均匀涂抹于金属板或设备结构表面,与环氧底漆组合使用;或者将弹性阻尼材料铺贴于减振结构的表面,发挥阻尼层所具备的阻尼损耗因子的作用。此外,使用新型阻尼合金材料来取代传统的普通钢,作为机械设备的结构材料,解决弹性阻尼材料刚性不足所存在的性能问题,比如使用双晶型锰铜合金材料来弥补传统材料的缺陷。

3.5 防止共振技术

由于部分型号的机械设备在实际运行中,其激振力振动频率、固有频率等处于等同状态,容易出现共振现象,放大机械振动的效果,意味着其产生的噪声比较大,振动频率更高。针对在这种情况,应采取防止共振的技术,即对机械设备转速额定值、振动源扰动频率及机型结构等进行调整,或者将机械振动源放置于非刚性基础结构上,降低机械振动噪声问题所带来的损失,对机械共振进行情况有效预防。

4 结语

综上所述,机械产品在工业制造中应用,可以提高工业现代化和机械化水平。但机械产品在使用过程中会产生不同程度的噪声,会污染周围环境且影响周围居民生活,所以,在机械设计中应有效利用减振降噪技术、新型消声器设备及减振降噪材料等,从噪声源头处、噪声传播过程中对噪声进行控制。

参考文献:

- [1] 吴浩. “雪龙2”号船减振降噪过程控制[J]. 设备监理, 2020,(03):50-53.
- [2] 栗叶丹. 减振降噪技术在机械设计中的应用分析[J]. 内燃机与配件, 2021(02):189-190.
- [3] 季有昌. 工程机械整机降噪技术研究[J]. 机械制造, 2019,57(06):45-48+62.