

排气道制造与维修中噪声共振控制策略研究

张兆龙 王益航

中电科芜湖钻石飞机制造有限公司 安徽省芜湖市 241000

摘要: 本文聚焦于发动机进排气道制造与维修工作, 深入探讨进排气道噪声共振的危害性及其控制策略。通过分析进排气道噪声共振的产生机理, 阐述其对发动机性能、零部件寿命以及工作环境等多方面的不良影响。结合进排气道制造与维修的实际工作, 提出从技能提升、工艺改进、检测与调试等多方面控制进排气道噪声共振的方法和措施, 为提高发动机质量、降低噪声污染提供参考。

关键词: 进排气道; 噪声共振; 危害性

1 引言

在发动机运行过程中, 进排气道的噪声共振是一个亟待解决的问题。随着对发动机性能和舒适性要求的不断提高, 控制进排气道噪声共振变得愈发重要。从事进排气道制造与维修的技术人员, 其工作质量直接影响着发动机的整体性能。因此, 从这一视角研究进排气道噪声共振的控制策略具有重要的现实意义。

2 进排气道噪声共振的产生机理

进排气道噪声共振主要源于气体在进排气过程中产生的压力波动与进排气道的固有频率相耦合。发动机工作时, 进排气门开启和关闭, 气体以脉冲形式进出气缸, 形成压力波。这些压力波在进排气道中传播, 遇到管道突变、弯道、阀门等结构时会发生反射和叠加, 形成复杂声学现象。若压力波频率与进排气道固有频率接近或相等, 就会引发共振, 导致噪声急剧增大。

3 进排气道噪声共振的危害性

3.1 对发动机性能的影响

噪声共振会增加进排气过程中的能量损失, 降低发动机的充气效率。进气时, 共振可能使进气压力波动增大, 影响进气量, 导致燃烧不充分, 进而降低发动机的功率和扭矩输出。排气时, 共振会增加排气阻力, 使废气不能及时顺利排出, 影响发动机换气过程, 同样导致发动机性能下降。

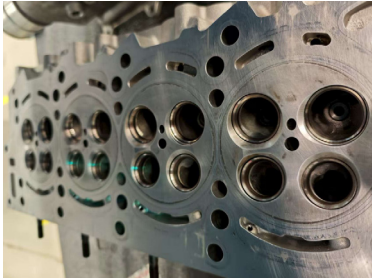


图 1 结构图

3.2 对零部件寿命的影响

强烈的噪声共振会产生较大的振动和应力, 这些动态载荷对进排气道及其相关零部件构成严重威胁, 导致疲劳损伤的累积。长期处于这种高强度振动环境下, 进排气道的焊缝、连接部位等应力集中区域极易出现裂纹, 甚至发生断裂。据实际案例统计, 在未采取有效噪声控制措施的发动机中, 进排气道焊缝处因振动导致的裂纹发生率高达 15%, 严重影响了发动机的结构完整性和可靠性。同时, 振动还会对气门、气门弹簧、凸轮轴等关键运动部件的正常工作产生显著影响。振动引起的额外应力会加速这些零部件的磨损过程, 导致气门间隙异常、气门弹簧疲劳失效以及凸轮轴表面点蚀等问题。实验数据显示, 在噪声共振严重的发动机中, 气门机构的磨损速率比正常环境下快 2-3 倍, 气门弹簧的使用寿命缩短了 40% 以上, 凸轮轴的更换周期也提前了近 50%。这些零部件的早期失效不仅增加了维修成本, 还严重影响了发动机的整体性能和可靠性。

3.3 对工作环境的影响

进排气道噪声共振产生的噪声污染对工作环境构成了严重威胁。高强度噪声 (通常超过 90dB(A)) 会使工作人员感到极度烦躁和疲劳, 导致注意力分散, 工作效率显著下降。据研究, 长期暴露在噪声环境中的工作人员, 其工作错误率比正常环境下高出 30% 以上, 严重影响了生产质量和安全。

更为严重的是, 长期暴露在噪声环境中还可能对工作人员的听力造成永久性损害。噪声性耳聋是一种常见的职业病, 其发病与噪声强度和暴露时间密切相关。实验表明, 当噪声水平超过 85dB(A) 时, 每增加 3dB(A), 噪声性耳聋的发病风险就会翻倍。在进排气道噪声共振严重的发动机维修车间, 工作人员的听力损失发生率高达 20%, 许多人出现了不同程度的听力下降和耳鸣症状, 严重影响了他们的生活质量和职业发展。

4 技能提升与进排气道噪声共振控制的关系

4.1 技能水平提升对工艺实施的影响

技术人员技能水平的提升对于进排气道制造与维修工艺的实施具有显著影响。随着技能的提高,技术人员能够更熟练地操作各种高精度工具和设备,从而在进排气道的加工和装配过程中实现更高的精度控制。例如,在进行进排气道的铰削和打磨工艺时,高水平技术人员通过精确的操作,能够将加工精度控制在极小的公差范围内,确保进排气道的内表面光洁度达到 $Ra0.8\mu m$ 以下,平整度误差不超过 $0.05mm$ 。这种高精度的加工显著减少了因加工缺陷引起的气流扰动,进而降低了由此产生的噪声。据实际测量,加工精度提升后,进排气道在额定工况下的噪声水平可降低 $2\sim 3dB(A)$,有效改善了发动机的工作环境。

4.2 知识储备增加对问题解决的帮助

具备丰富机械知识和声学知识的技术人员在面对进排气道噪声共振问题时,能够展现出更强的分析和解决能力。他们不仅了解噪声共振的产生机理,还熟悉其影响因素,如进排气道的结构设计、材料选择以及工艺参数等。这种全面的知识储备使他们能够从多个角度对问题进行深入分析,并提出有效的解决方案。例如,在遇到进排气道噪声共振问题时,技术人员可以根据声学原理,对进排气道的形状和尺寸进行合理调整。通过模拟计算和实验验证,他们发现将进排气道的直径增大 5% ,同时将其长度缩短 10% ,可以有效改变其固有频率,使其远离压力波的频率范围,从而避免共振的发生。实际应用中,这种调整使得进排气道在特定工况下的噪声水平降低了 $4\sim 5dB(A)$,显著提高了发动机的工作安静性。

5 基于技能提升的进排气道噪声共振控制策略

5.1 工艺改进

工艺改进是控制进排气道噪声共振的关键环节。通过优化加工工艺和装配工艺,可以有效减少噪声共振的产生,提升发动机的整体性能。

5.1.1 加工工艺优化

在进排气道的加工过程中,技术人员的操作规范和工艺选择直接影响着加工质量。不同材质和规格的进排气道需要采用相应的刀具和加工参数。以铝合金进排气道为例,铝合金材质相对较软,在切削过程中容易产生积屑瘤,这不仅会影响加工表面的光洁度,还可能导致加工尺寸的偏差。因此,选择合适的切削速度和进给量至关重要。合适的切削速度能够使切削过程更加平稳,减少积屑瘤的产生;合理的进给量则可以保证加工效率的同时,确保加工表面的质量,避

免出现表面划痕。同时,加工过程中的冷却和润滑也不容忽视。在切削过程中,刀具与工件之间的摩擦会产生大量的热量,如果不及时冷却,不仅会影响刀具的使用寿命,还可能导致工件的热变形,进而影响加工精度。此外,良好的润滑可以减少摩擦,降低切削力,从而减少因摩擦产生的噪声。技术人员需要根据具体的加工情况,选择合适的冷却液和润滑方式,确保加工过程的顺利进行。

5.1.2 装配工艺改进

进排气道的装配质量直接影响着发动机的性能和噪声水平。在装配过程中,保证各零部件的装配精度和密封性是关键。气门与气门座的配合精度尤为重要,如果配合不紧密,就会导致漏气现象的发生。漏气不仅会降低发动机的充气效率,还会产生额外的噪声。因此,在装配气门时,必须使用专用的气门装配工具,这些工具能够精确控制气门的安装角度和压紧力,确保气门与气门座之间的密封性能。此外,进排气道与气缸盖、气缸体等部件的连接牢固性也需要得到保证。如果连接部位出现松动,在发动机运行过程中就会产生振动和噪声。技术人员在装配时,要严格按照装配工艺要求,使用合适的螺栓和螺母,并按照规定的扭矩进行拧紧,确保各部件之间的连接牢固可靠。



图2 螺栓连接

5.2 检测与调试

检测与调试是发现和解决进排气道噪声共振问题的重要手段。通过准确的噪声检测和合理的共振调试,可以有效地降低噪声共振的影响。



图3 内部结构图

5.2.1 噪声检测

技术人员掌握噪声检测的基本方法和技能是进行

噪声检测的前提。声级计是常用的噪声检测设备,它能够准确测量进排气道产生的噪声水平。技术人员需要定期对进排气道进行噪声检测,特别是在发动机不同工况下进行检测,因为不同工况下进排气道的压力波频率和强度会有所不同。

在检测过程中,技术人员要详细记录噪声数据,并将正常情况和异常情况下的数据进行对比分析。通过对比,可以发现噪声异常的变化趋势,进而找出噪声共振的可能频率范围。例如,如果在某一特定工况下,噪声水平明显升高,并且噪声频谱出现了特定的峰值,那么就可以初步判断在该工况下可能发生了噪声共振。

5.2.2 共振调试

根据噪声检测结果,技术人员可以对进排气道进行共振调试。调整进排气道的长度、直径、形状等参数是改变其固有频率的有效方法。例如,增加进排气道的长度会降低其固有频率,而减小直径则可能会提高固有频率。通过合理调整这些参数,可以使进排气道的固有频率远离压力波的频率范围,从而避免共振的发生。

在实际操作中,还可以在进排气道上增加消声器或谐振腔等装置。消声器能够吸收和反射部分声波,降低噪声的传播;谐振腔则可以改变气流的流动特性,调整压力波的频率,减少与进排气道固有频率的耦合。技术人员需要根据具体的噪声检测结果和发动机的实际情况,选择合适的调试方法,以达到降低噪声共振的目的。

5.3 材料选择与处理

材料的选择和处理对进排气道抗噪声共振能力有着重要影响。合理选择材料并进行适当处理,可以有效降低噪声共振的危害。

5.3.1 材料选择

在发动机设计和制造过程中,技术人员需要综合考虑进排气道的工作条件和噪声控制要求来选择材料。具有良好减振性能的材料能够吸收和分散振动能量,减少噪声共振的产生。例如,一些新型的复合材料具有较高的内阻尼,能够有效地降低振动幅度。同时,材料的声学性能也不容忽视。具有特殊结构的金属材料可以改变声波的传播特性,降低噪声的反射和传播。技术人员需要了解不同材料的性能特点,并结合发动机的具体需求,选择最合适的材料。在选择材料时,还需要考虑材料的成本、加工性能等因素,以确保材料的可行性和经济性。

5.3.2 材料处理

对进排气道材料进行适当处理是提高其抗噪声共振能力的有效途径。表面喷丸处理是一种常用的材料处理方法,通过高速弹丸撞击材料表面,使表面产生塑性变形,从而增加表面的残余压应力。残余压应力可以提高材料的疲劳强度,减少因振动产生的裂纹。

表面涂层处理也是一种有效的材料处理方法。在材料表面涂覆一层具有特殊性能的涂层,可以改善材料的声学性能。例如,涂覆一层吸声涂层可以吸收部分声波能量,降低噪声的反射和传播。技术人员需要根据材料的特点和噪声控制要求,选择合适的处理方法,以提高进排气道的抗噪声共振能力。

6 结论

进排气道噪声共振对发动机性能、零部件寿命和工作环境都有着严重的危害。技术人员技能水平的提升对于控制进排气道噪声共振具有重要意义。通过技能提升、工艺改进、检测与调试以及材料选择与处理等多方面的措施,可以有效地控制进排气道噪声共振的发生。在实际工作中,应不断加强技术人员的培训和技能提升,提高他们对噪声共振问题的认识 and 解决能力,为提高发动机质量和降低噪声污染做出更大的贡献。未来,随着技术的不断发展和进步,还可以进一步探索新的噪声控制方法和技术,不断提升发动机的性能和舒适性。

参考文献

- [1] 梁文威,唐元元,邝文涛,张琦.进排气系统结构参数对发动机工作不均匀性的影响[J].舰船科学技术,2025,47(06):110-115.
- [2] 欧阳裕茹,倪计民,刘勇,黄荣,乔瀚平,尹升,石秀勇,欧成,唐田.排气道压力波动对发动机二冲程减压制动性能的影响[J].内燃机工程,2024,45(01):78-85.
- [3] 常红梅,孟欣,韩晋,叶伟.基于经验模态分解的汽车发动机进/排气管道低噪声抑制法[J].兵器装备工程学报,2023,44(10):287-292.
- [4] 孟祥喆,郑浩,赵志俊.发动机进排气对某型靶机气动特性影响研究[J].航空科学技术,2023,34(07):29-35.
- [5] 王惠林,王峰,李洋,许晓颖.发动机进排气边界条件对性能参数的影响研究[J].内燃机,2022,38(06):13-18.

作者简介张兆龙(1979-),男,汉族,安徽省芜湖市,学士,高级技师,研究方向:机械制造与自动化