

某型发动机啸叫噪声降噪技术研究

王林涛, 金永星, 梁鹏飞, 曾 佳, 刘佳伟, 郭晓宁

(上海齐耀动力技术有限公司, 上海 201203)

摘 要: 分析了某型发动机啸叫噪声的生成机理, 结论为啸叫噪声由发动机 2130 Hz 扰动力激发旋转飞轮四瓣花振型共振辐射产生。由此提出了飞轮移频的降噪措施, 并对飞轮进行结构调整。试验结果表明: 该型发动机的啸叫噪声得到控制, 整机空气噪声 A 声级下降了 7.8 dB, 达到了发动机设计指标要求。

关键词: 发动机; 啸叫噪声; 共振; 降噪; 移频

中图分类号: TK421⁺. 6 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-4357(2011)06-0043-03

Research on the Squeal Noise Reduction Technology of an Engine

Wang Lintao, Jin Yongxing, Liang Pengfei, Zeng Jia, Liu Jiawei, Guo Xiaoning

(Shanghai MicroPowers Co., Ltd., Shanghai 201203)

Abstract: Based on an engine, the mechanism of its squeal noise generation was studied. It was concluded that the squeal noise was caused by the engine's 2 130 Hz disturbance force exciting the four-leaved flower type resonance radiation of rotating flywheel. Therefore, the method of flywheel frequency shift for reducing the squeal noise was suggested. The mechanical structure of flywheel was redesigned and the test results show that the squeal noise of the engine was controlled. A-weighted sound level airborne noise of the engine was reduced by 7.8 dB according to the tests, which technically satisfied the design requirements.

Keywords: engine; squeal noise; resonance; noise reduction; frequency shift

0 引 言

某发动机首次试车发现, 其运行噪声中夹带着强烈的啸叫噪声, 测试得到整机空气噪声 A 声级为 105.5 dBA, 超过设计指标要求。现场听诊发现, 啸叫噪声主要由发动机飞轮端发出。本文分析了该发动机啸叫噪声生成机理, 确定了啸叫的信号特征, 并提出了降噪措施。

1 啸叫噪声生成机理分析

1.1 啸叫噪声频率成分分析

图 1 是额定工况下, 测试得到的该发动机飞轮端空气噪声声压频谱。可以看出, 2 130 Hz 频率的幅值明显高于其它频率下的幅值, 结合现场听诊情

况, 可确认 2 130 Hz 是现场听到的强烈啸叫噪声的频率成分。

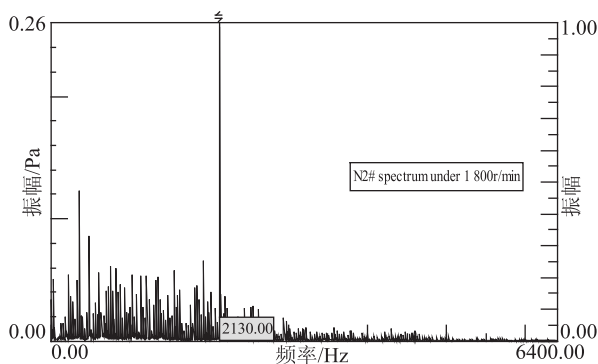


图 1 发动机飞轮端空气噪声声压频谱

收稿日期: 2011-04-02

作者简介: 王林涛(1982-), 男, 工程师, 主要研究领域为发动机结构系统动态设计, E-mail: wanglintao@micropowers.com。

1.2 生成机理分析

分析产生此啸叫噪声的主要原因有:

- (1) 摩擦产生啸叫噪声;
- (2) 气流产生啸叫噪声;
- (3) 结构共振产生啸叫噪声。

发动机停车后,对所有摩擦幅的磨损、润滑情况进行排查,未发现异常情况,也未发现运动件与固定件的碰摩现象,排除啸叫噪声是由摩擦产生的。

设计气流导流板,对发动机旋转飞轮附近的气流进行平顺,发动机啸叫噪声并未产生变化,排除啸叫噪声是由气流产生的。

图 2 是发动机机体上测试得到的升速谱图,可以看出,发动机运行过程中存在幅值较大的 71 阶扰动力,在额定转速 1 800 r/min 下,其对应的扰动力频率为 2 130 Hz,与啸叫噪声的频率成分吻合。图 3 是发动机飞轮自由状态下测试得到的频响应函数,可以看出,飞轮存在 2 060 Hz 附近的共振,其振型为四瓣花。图 4 是采用 ANSYS 软件计算得到的自由状态下的飞轮四瓣花振型,其频率为 2 112.1 Hz,与试验测试得到的频率仅相差 2.5%,可用于飞轮的共振问题分析、设计等。2 060 Hz 非常接近扰动力频率 2 130 Hz,位于 $\pm 10\%$ 的共振区域,且该循环对称振型具有很强的噪声辐射能力。至此,可以推断该发动机的啸叫噪声是由 2 130 Hz 扰动力激发旋转飞轮四瓣花振型共振辐射产生的。

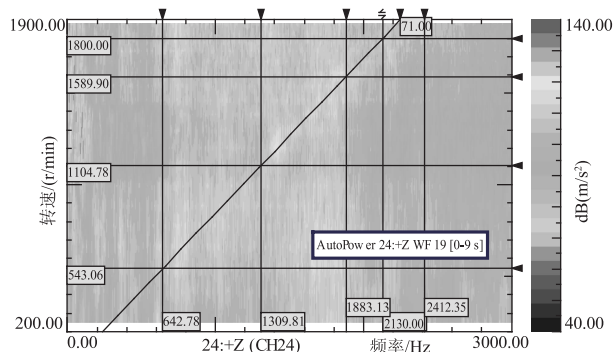


图 2 发动机机体上的升速谱图

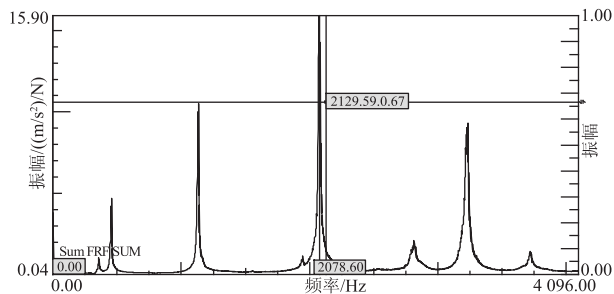


图 3 发动机飞轮频响应函数

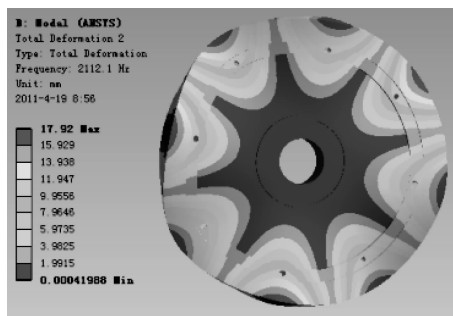


图 4 飞轮四瓣花振型

2 啸叫噪声降噪措施

为控制发动机的啸叫噪声,对飞轮进行移频,以避免 2 130 Hz 扰动力下的共振区域。对于该发动机,作者根据飞轮四瓣花振型形状,结合现场实际情况,采用螺钉固定加强环结构以提高飞轮四瓣花振型的固有频率,如图 5 所示,加强环通过 16 个周向均布螺钉固定在原飞轮上。图 6 是采用 ANSYS 软件计算得到的自由状态下的改进飞轮四瓣花振型,其频率为 2 479.5 Hz。图 7 是改进后飞轮自由状态下测试得到的频响应函数,飞轮四瓣花振型的固有频率为 2 420 Hz。试验与计算得到的频率仅相差 2.5%。避开了 2 130 Hz 扰动力 $\pm 10\%$ 的共振区域,应可大大降低飞轮四瓣花振型共振辐射的啸叫噪声。

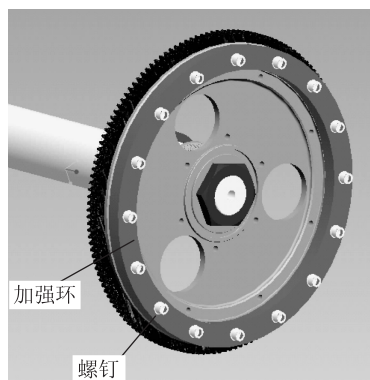


图 5 采用螺钉固定加强环的飞轮结构

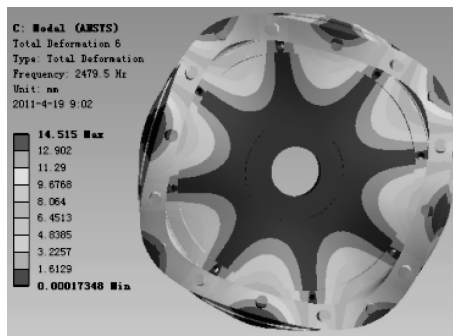


图 6 改进飞轮四瓣花振型

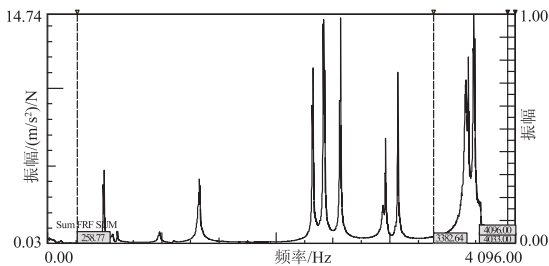


图7 改进飞轮的频响函数

3 试验结果

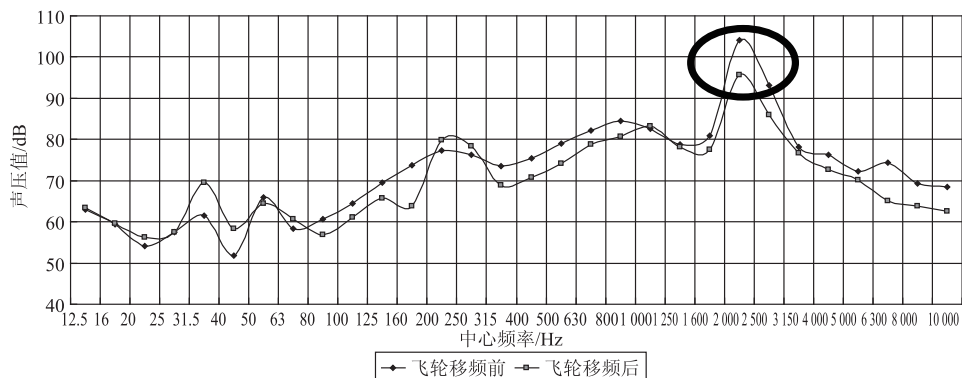


图8 飞轮改进前后的 1/3 倍频程平均噪声声压值

5 结论

(1) 该发动机啸叫噪声的生成机理为发动机 2 130 Hz 扰动力激发旋转飞轮四瓣花振型共振辐射。

(2) 飞轮移频设计可避开旋转飞轮共振, 从而大大降低发动机运行过程中的啸叫噪声。

(3) 飞轮的模态计算可用于飞轮共振问题的分析与设计。

参考文献

- [1] 陈长征. 设备振动分析与故障诊断技术[M]. 北京: 科学出版社, 2007.

(上接第 42 页)



图9 机体漏磁场强度异常部位(a)和荧光粉探测裂纹(b)

4 结论

多数情况下, 特别对于老旧设备, 更为危险的是金属的“前缺陷”状态, 即在内部组织发生不可逆性改变, 由疲劳引起的损伤可能突发, 而且通常是在未能预见的区域。传统无损检测方法的灵敏度不能查出金属的“前缺陷”状态。

通过对金属磁记忆法的实际应用, 证实了该方法能够探测铁磁制件中组织的不均匀性, 确定应力

集中区, 发现制件中的宏观缺陷。并且工作时不需要对检测对象进行清理, 不需要专门磁化, 可以对大面积的制件进行快速检测。在探明的应力集中区以其他无损和有损检测方法进行复测能够快速确定故障部位。

因此金属磁记忆法是一种值得推广的用于检测金属和评估已长期服役设备残余寿命的方法。

参考文献

- [1] дубов А. А. исследование свойств металла с использованием метода магнитной памяти // металлловедение и термическая обработка металлов, 1997, no. 9. С. 35 – 39.
- [2] Берштейн М. Л., Займоский В. А. Структура и механические свойства металлов. М.: Металлургия, 1970. С. 472.