

doi:10.3969/j.issn.1673-9833.2013.02.010

# 发动机壳体辐射噪声试验研究

夏天军, 陈科良, 熊勇刚

(湖南工业大学 机械工程学院, 湖南 株洲 412007)

**摘要:** 对摩托车发动机壳体进行噪声测量和振动测试, 将试验结果进行分析比较得到了壳体噪声的分布规律: 最外层凸面和小圆处辐射噪声能量较强, 其中最外层凸面中心处最强烈, 辐射噪声大的区域振动也较强烈。据此, 对壳体提出了相应的减振降噪措施, 为摩托车发动机壳体的结构优化提供参考依据。

**关键词:** 噪声测量; 振动测试; 辐射噪声

中图分类号: TB532

文献标志码: A

文章编号: 1673-9833(2013)02-0045-03

## Experimental Investigation on Engine Shell Radiation Noise

Xia Tianjun, Chen Keliang, Xiong Yonggang

(School of Mechanical Engineering, Hunan University of Technology, Zhuzhou Hunan 412007, China)

**Abstract:** The noise measurement and vibration test is made on motorcycle engine shell, and the shell noise distribution is obtained through the analysis of experimental results: the radiated noise power of the outer convex and small circular is strong, in which the center of outer convex is the strongest, and the vibration of loud radiation noise area is intense. And the vibration and noise reduction measures corresponding to the shell is proposed, providing reference basis for the structure optimization of the motorcycle engine shell.

**Keywords:** noise measurement; vibration test; radiation noise

## 0 引言

噪声的存在严重影响着人们的日常生活<sup>[1]</sup>, 随着环境保护和摩托车乘坐舒适性要求的提高, 国家制定了新的摩托车噪声标准, 新标准比现行标准提出了更严格的要求。发动机是摩托车的主要噪声源<sup>[2]</sup>, 以往研究表明, 发动机壳体辐射噪声对整个发动机噪声贡献度较高<sup>[3]</sup>。摩托车发动机壳体是壳类零件, 其质量轻、刚度小。摩托车在行驶过程中, 由于机体振动的激励使发动机产生振动, 而且发动机暴露在外, 没有任何消声措施, 噪声主要通过机体表面

向外辐射, 因此有必要对发动机壳体辐射噪声进行研究并加以控制。

研究发动机壳体的辐射噪声, 首先要对发动机表面噪声源进行识别<sup>[4]</sup>。目前, 识别表面噪声源常用的方法主要有: 铅屏蔽法、主观评价法、声通道法、近声场测量法、振动测试法<sup>[5]</sup>。根据国外学者的研究, 铅屏蔽法是最有效的方法, 但是该方法需要在消声室中使用, 实验条件苛刻并且不易操作。近声场测量法常用于现场测量, 该方法简便易行, 只需要将声级计在靠近测量声源的表面进行连续扫描,

收稿日期: 2013-02-04

基金项目: 湖南省自然科学基金资助项目(09JJ6074, 13JJ9014), 江苏省博士后基金资助项目(1202003B)

作者简介: 夏天军(1986-), 男, 湖北武汉人, 湖南工业大学硕士生, 主要研究方向为内燃机振动噪声控制,

E-mail: boy\_xia@yahoo.com.cn

并从声压级的大小来确定噪声源的主次部位。振动测试法是通过表面振动速度和振动频率的测试,计算出辐射声功率,该方法操作简便,测试成本较低,但需要进行大量的数学计算。随着测试手段和数字信号处理技术的发展,近声场测量法和表面振动测试法越来越受人们的重视。本文采用近声场测量法和表面振动测试相结合的方法,对摩托车发动机壳体噪声进行测试分析。

## 1 壳体辐射噪声测量

### 1.1 发动机两侧辐射噪声测量

为了比较摩托车发动机两侧辐射噪声的贡献度,利用WA5680型多功能声级计对发动机两侧分别进行噪声测量。测量时室内噪声远小于被测摩托车发动机辐射噪声,测量工况为发动机3档4000 r/min满负荷。采用限时单次测量法,声级计始终垂直于待测发动机表面,距离发动机表面约10 cm,待工况稳定后左右两侧各测1 min。左侧声压级统计分布和累积分布分别如图1和图2所示,右侧声压级统计分布和累积分布分别如图3和图4所示。

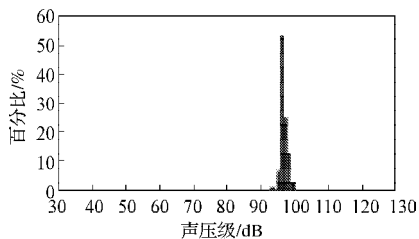


图1 左侧声压级统计分布图

Fig. 1 The left sound pressure level statistical distribution

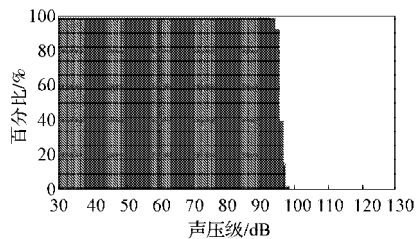


图2 左侧声压级累积分布图

Fig. 2 The left sound pressure level accumulation pattern

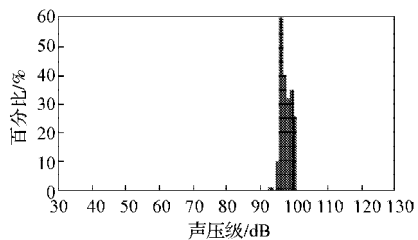


图3 右侧声压级统计分布图

Fig. 3 The right sound pressure level statistical distribution

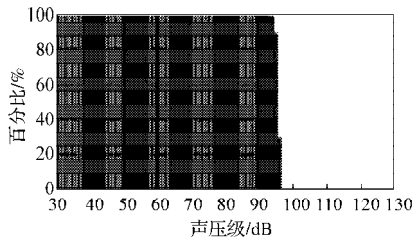


图4 右侧声压级累积分布图

Fig. 4 The right sound pressure level accumulation pattern

由图1~2可知,左侧声压级最高为99.0 dB,54%的声压级为97.0 dB;由图3~4可知,右侧声压级最高为101.0 dB,大多数声压级在97.0 dB以上。比较图1与图3可知,发动机右侧噪声明显总体高于左侧噪声。因此,研究发动机壳体辐射噪声时,主要研究其右侧。

### 1.2 右侧辐射噪声测量

1) 建立7×6的网格框架,即整个测量面布置42个测量单元,每个单元网格尺寸为6 cm×6 cm,网格离发动机壳体表面12 cm,布置情况如图5所示。

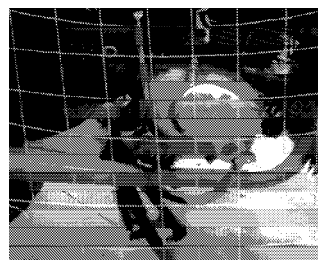


图5 噪声测量网格布置

Fig. 5 The grid layout for noise measurement

2) 测量人员离传声器轴线距离0.5 m以上,以防止人体对噪声的反射,摩托车放置于测量室中心,距离各墙面不小于1 m。

3) 采用A频率计权和F时间计权,测量工况为发动机3档4000 r/min满负荷。

4) 待工况稳定后,选择每个单元中心处为测点,采用从左至右,自下而上的顺序进行测量。保持声级计探头始终垂直测量表面,每个单元上持续测量时间为20 s。

采用AWA5680软件对测量结果进行处理,得到与图5各测量单元对应的声压级数据,如表1所示。

表1 各单元声压级

Table 1 The sound pressure level of each unit dB

90.9	91.0	90.0	91.5	91.5	92.1	92.9
91.4	92.2	92.8	94.5	94.6	95.3	95.1
92.9	91.5	94.2	95.0	96.2	95.2	94.5
92.0	92.3	94.8	95.3	95.9	95.8	95.7
92.9	92.8	94.1	94.5	94.1	94.4	94.3
91.5	92.1	93.4	92.8	92.6	94.3	92.1

由表1可知,壳体表面辐射噪声声压级分布总体情况是:从左至右、自上而下总体声压级值成先增后减趋势。对照图5可知,噪声源的中心主要集中在最外层凸面附近,其中最外层凸面中心处噪声辐射最大,数据显示最高声压级值为96.2 dB。从实体模型上看,最外层凸面较薄,虽然内侧布置有少量加强筋,但依旧没有达到最佳降噪的效果。表1中最后1列声压级值也较高,最高值为95.7 dB,图5中对应区域噪声辐射能量相对较高,摩托车的排气管经过此处,该区域噪声受排气管的影响,导致辐射能量偏高。由声压级测量结果可以看出,此发动机不符合国家标准,噪声较大,需要对其进行噪声控制。

## 2 壳体表面振动测试

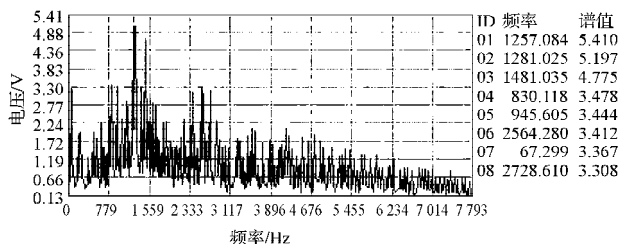
共布置24个测试点,其中螺栓处11个,发动机表面均匀分布13个,每个测试点测量3组数据进行对比。本试验工况为发动机3档,4000 r/min满负荷,采用QLVSA-3动态信号分析仪测试壳体表面振动加速度信号。由于发动机表面形状不规则,发动机运行时振动较大,为了使加速度传感器能稳定地安装在螺栓与关键点处,采用502胶水将其粘贴在壳体表面,如图6所示。



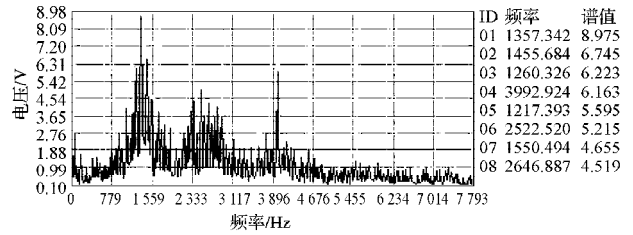
图6 测试点分布

Fig. 6 Test point distribution

发动机表面与机体通过螺栓相连,且发动机壳体振动的激励力从机体传递过来,因此将螺栓处振动加速度作为对发动机壳体进行结构仿真分析的边界条件。由于测试点较多,本文仅列出关键点的振动信号与噪声试验对比。图7为测试点13和24的电压频谱。



a) 测试点13



b) 测试点24

图7 测试点13和24电压频谱

Fig. 7 The voltage spectrum of test point 13 and 24

由噪声测量试验结果(表1)可知,测试点24处辐射噪声最强,测试点12~15处辐射噪声较弱。由振动测试结果(图7)可知,测试点24处振动剧烈,而测试点13处比点24处弱:壳体振动频率主要集中在中频1000~1400 Hz和高频2300~3000 Hz,最大电压为8.975 V。振动测试验证了噪声测量的准确性:辐射噪声大的区域振动较强烈,反之辐射噪声小的区域振动较弱。振动强烈和辐射噪声较大之处是应采取降噪措施的重点区域。

## 3 壳体辐射噪声控制

发动机运转时,燃烧激振力和机械激振力通过发动机各零件传递到发动机壳体上,形成壳体的振动响应,壳体的振动又激发空气质点振动而形成声波向外辐射。研究发动机结构响应、表面振动和辐射噪声以及发动机表面噪声的分布,可有针对性地采取措施控制发动机壳体辐射噪声。上述2个试验研究表明,要有效控制发动机的噪声,关键是减小发动机壳体的振动,因此可采取如下措施:

- 1) 增加发动机壳体结构刚度<sup>[6]</sup>。增加发动机结构刚度的主要方法是增加壁厚和加筋。适当增加所研究发动机壳体中心处的厚度,或从壳体内侧中心处添加加强筋,可减小壳体振动。
- 2) 增加壳体振动的阻尼。由于表面振动剧烈而使辐射噪声较大,因此在壳体上涂上阻尼材料,可有效减小表面振动。

## 4 结语

本文对发动机两侧噪声级进行测量,比较得出发动机右侧辐射噪声明显大于左侧。再对发动机右侧壳体辐射噪声进行测量,分析得出发动机壳体噪声分布,从而找出主要辐射噪声源。对发动机壳体进行振动测试,测试结果与噪声测量结果吻合。从试验数据可以看出,发动机壳体振动频率

(下转第67页)