

噪声测量分析手段的局限性剖析

□朱 革 彭东林 □郭小渝 孙竞潇

摘要 通过详尽剖析现有噪声测量仪器声级计测量原理和噪声信号的常用分析手段,指出现有测量仪器原理及其理论依据是造成目前对噪声主客观评价标准不统一的真正原因。

关键词: 噪声 非线性 声级计 评价标准

中图分类号: TB5 **文献标识码:** A **文章编号:** 1671—3133(2002)09—0077—03

一、前言

所谓噪声,从物理性质来分析,就是无规则的、非周期性的、听起来嘈杂的、刺耳的声音,从环境保护的角度来研究,凡是不需要的,使人厌烦并对人类生活和生产有妨碍的声音,都称为噪声。根据对此研究领域的认识和探索,笔者发现原有的一些传统理论和习惯的数学模型对噪声的深层次研究效果并不明显甚至无能为力,因此必须以新的思路从新的视角去研究解决。

人耳的声音感觉,千差万别,远非一条记录曲线或一个数学表达式所能够描述的。人耳声感的非线性特性,也是现有的测试仪器和分析手段所不能表征的。

二、人耳的声感特性

1. 传远特性:对两把提琴用同样的力度去演奏同样的音符,用声级计测出分贝数相同,人耳听的感觉也相同。但若在百米开外去听,就可能会感觉其中一把的音量更大,这是因为它的振动频率更接近于人耳耳道的共振区。这个事实称为传远特性。

2. 瞬态特性:分别记录黑管和小提琴的声音信号,去掉头尾,只保留中间稳态进行频谱分析,会发现二者几乎没有区别。又对一段乐器录音进行倒序后重新播放,管乐可以近似地音质复现,弦乐勉强可以,弹拨乐则完全不行。这些事实就反映了人耳的瞬态特性。若将此特性应用到工程上,判断一个声音是机械平稳旋转的正常稳态反映,还是一个冲击缺陷引起的瞬态响

应,只要做一个倒序实验就行了。

3. 独特的音色特性:在声音的三要素中,音调与声音的频率有关,频率快则声音高。人的听觉范围是20Hz~20kHz。音强又称为响度,取决于声音的幅度,亦即振幅的大小和强弱。而音色则是由混入基音的泛音所决定。每个基音又都有其固有的频率和不同音强的泛音,从而使得每种声音具有特殊的音色效果。人耳可以清晰地分辨一个声音是否嘹亮、透明、浑厚、饱满、沉闷……,而现有技术指标则无法表达这些差异。

4. 过程性:没有时间就没有声音,声音适合在一个时间段中表现。声音常常处于一种伴随状态,如伴音、伴奏等,起一种气氛渲染、感觉相乘的作用。由于时间性,声音数据具有很强的前后相关性,实时性要求也比较高。由于声音是连续的,所以又称为连续型时基媒体类型。

5. 自适应特性:人在适应了不同的噪声背景以后,对同一声音的强弱感觉大不一样。夜深人静时,时钟的滴答声也可能成为强干扰。而一个刚从嘈杂车间走出的工人,即使到了一个安静的环境,短时间内也会听不见同伴对自己的大声呼唤。这反映出由于人耳的电化学保护机制,其阈值会发生很大的差别,以至于人们怀疑无自适应调节功能的声级计是不是出了错。

6. 掩蔽特性:低音能够“掩蔽”高音的效果。这个事实可以解释为什么在许多嘈杂的商场里总爱播放一些大提琴类的低音乐曲。声音的分贝数增加了,难听的尖锐吵闹声却受到抑制,由于自适应的阈值调整和

处理方法上采用不同的标准,如日本的 JIS 标准,德国的 VDI/DGQ3441 通则等。所以,同一台数控机床采用不同的标准去评定,其结果会有所不同。但采用任何标准的评定方法都可以制作一个类似的模板在计算机上来完成。

参 考 文 献

- 1 林其骏主编. 数控技术与应用. 北京:机械工业出版社,1995
- 2 张剑. 加工中心精度检验标准的应用. 机电一体化,1999(5)

- 3 赵松年,张奇鹏主编. 机电一体化机械系统设计. 北京:机械工业出版社,1996
- 4 么炳唐,宋业钧主编. 数控设备选用指导手册. 北京:机械工业出版社,2002
- 5 中华人民共和国国家标准 GB/T17421.2—2000. 北京:中国标准出版社,2000

作者通讯地址:华北航天工业学院(河北廊坊 065000)

收稿日期:20020709

频响特性,虽然仪器测量总的声级增大,神经电脉冲强度却减小了,人耳舒适性增加,感觉声音变小了。

7. 和谐特性:音乐理论中,以纯律音阶体系为例,如果存在两个音调,其频率比为 2:1(八度);4:3(纯四度);3:2(纯五度)等频率关系,其声音给人的感觉就特别和谐悦耳。按和声理论,取几种音作不同的排列组合,可以构成和谐悦耳的和声,也可以构成极不和谐的极难听的和刺耳的和声。

8. 人耳对声音的选择性和评判标准不但和个体有关,还与时间、地点、环境有关。即使同一个人对同一种声音,在不同的时间、地点、条件下,也会有不同的主观判断。如在心情愉快或休息时,喜欢听孩子们的歌唱,而当心情烦躁或工作紧张时,也许会对此感到厌烦。

面对人耳对声音感觉的如此复杂性和多重性,现有的测量和分析手段显然是远远不能充分反映的。也就是说对声音的客观评判标准远不能反映人们的主观评判标准,现以最常用的现有技术为例来加以说明。

三、噪声测量手段

声级计是一种测量噪声声级高低的常规仪器,它可以应用于环境噪声、机电产品噪声、建筑声学 and 电声学等测量。

1. 声级计的噪声测量原理

噪声测量是在声电换能(即变声信号为电信号)后,采用电测方法实现的。它主要测量噪声的声压级即声级 L_p :

$$L_p = 20\lg U + C \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中 $U = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T u^2(t) dt}$, 为 $u(t)$ 的有效值; $C = 20\lg P_0 - 20\lg S$, 对确定的传声器而言, C 为一常数; P_0 为参考声压,其值为 $2 \times 10^{-5} \text{Pa}$; S 为传声器的声压灵敏度,现广泛使用的传声器的声压灵敏度为 50mV/Pa 。

式(1)建立了声压级与传声器输出电压有效值的关系,如按标准规定,对电压 U 进行模拟人耳特性的时间计权和频率计权处理,则可得到所谓的计权声压级,即声级。在噪声测量过程中,声电换能的原理,是由于声级作用于传声器的振膜时,振膜随声压的变化而振动,引起振膜与背极板件间的距离发生变化,随之引起一个交变电压。其关系式为:

$$u(t) = \frac{\Delta C_i}{C_i + \Delta C_i} \cdot U_0 \approx \frac{\Delta C_i}{C_i} \cdot U_0 \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中 C_i ——传声器的电容量

ΔC_i ——由于声波作用而产生的电容变化量

U_0 ——极化电压,在驻极体电容传声器中为预极化电压,是一恒定电压。

而电容传声器的声压灵敏度为:

$$S = \frac{u(t)}{\Delta p(t)} \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中 $\Delta p(t)$ ——为声压的时间变化

将式(2)代入式(3),整理后得:

$$S = \frac{\Delta C_i}{C_i \cdot \Delta p(t)} \cdot U_0 \quad \dots\dots\dots (4)$$

由式(4)可以看出,极化电压是决定电容传声器灵敏度的一个重要因素,并要求它稳定和纹波系数小。

2. 声级计的局限性

由上可知,声级计是一个以声波的时间历程测量为目的的仪器,其设计是以“付氏理论交直流功率在特定积分时间内相等和稳态谐波等响度在人耳的响应”为基础的。其电路设计及其所反映的运算本质,是将一个复杂运动形态的声波历程,经过逐点非线性加权,以满足电平条件和功率量纲,从而可在特定积分时间进行平均,获得与平均功率等价的推动力使表针偏转指示。以平均功率这样一个静态量来牵强地描绘声音这样一个典型的动态变化量,其弊端是显而易见的:①人耳神经对声音信号的响应,是瞬时性的,峰值性的,而不是平均性的;②平均功率所采用的平方求和再开平方根算法,引入了“强更强,弱更弱”的马太加权效应,导致了严重的非线性畸变;③人耳的积分响应时间远小于声级计设立的“慢、快、脉冲”三档对应的积分时间,再考虑仪器的回程放电时间,二者差异更大;④人耳的积分饱和特性、时变微分特性等诸多生理特性,更不在声级计设计的考虑之内。

四、噪声分析手段

1. 频谱分析 以付氏理论为基础的快速傅立叶变换技术及频谱,是目前对测量结果进行分析研究的最主要手段。而它用于声音信号的分析,其缺陷在于:①大量的噪声信号,尤其是齿轮传动噪声信号,不满足稳态条件。而人耳对声音信号反映的最敏感之处,正在于信号瞬时功率对时间的变化率。例如人耳感觉和心理感觉上,80dB 的稳态信号和 60dB 的突发信号相比较,后者对人耳神经的电刺激要大得多。其原因在于人耳对信号强度的自适应保护机制,神经细胞离子浓度的梯度分布的瞬时变化率。而付氏理论则是基于稳态信号而成立的,不能反映人耳的瞬态响应特征。②

活塞环梯形角与环高测量仪的研究

□杨大磊 蒋大文 谢 驰 张印强 王志远

摘要 介绍一种能同时测量梯形或楔形活塞环的环高与梯形角的综合测量仪。该仪器由人工上料、自动夹紧、扫描测量,具有导轨修正、数据存取、误差补偿、故障诊断报警以及图形和数据的打印等功能,是一台机电一体化的智能仪器。

关键词: 活塞环 环高 梯形角 测量仪

中图分类号: TG87 **文献标识码:** A **文章编号:** 1671—3133(2002)09—0079—03

一、引言

活塞环是发动机的关键零件,检测项目多,其检测设备均为专用仪器。国外公司大部分自制检测仪器,种类齐全,可以自动检测,自动记录。国内目前大部分工厂检测仪器品种不全,不能进行全部项目的检测。活塞环生产线基本没有配套自动检测仪器,质量控制难度较大。基于企业的实际需求,我校成功研制出活塞环梯形角与环高测量仪,在一定程度上弥补了国内活塞环检测仪器的不足。

二、活塞环被测参数及测量仪精度要求

活塞环的环高与梯形角的定义如图1(图1a为梯形环截面,图1b为楔形环截面)。

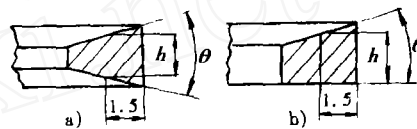


图1 活塞环截面

图1中 h 为在与基准面垂直的方向上,距环外圆面 1.5mm 处,环两侧面间的距离,即环高。 θ 为梯形环两侧面素线间的夹角,即梯形角(楔形角)。测量仪的精度要求: $\theta \pm 1' 30''$, $h \pm 2\mu\text{m}$;重复性: θ 为: $2'/10$ 次, h 为: $2\mu\text{m}/10$ 次;稳定性: θ 为: $1'/4h$, h 为: $2\mu\text{m}/4h$ 。

活塞环梯形角与环高的检测是一个难度较大的检测项目,要求在检测过程中同时测出环高与梯形角两个参数,并要求仪器适用于梯形环与楔形环,这在一定程度上又增加了仪器的设计难度。

对于多种频率成分构成的信号,如果是“迭加”的方式构成,用付氏变换进行分解有效。而噪声信号的各种频率成分,往往以“相乘”(调制)的方式构成,对此付氏变换无能为力。诸如此类的特殊情况,虽然有希尔伯特变换或同态滤波等手段作为弥补,仍不能使噪声分析问题得到满意的解决。

2. 等响曲线图 前人的研究工作已经注意到人耳感觉的非线性特性,为此设计了 A、B、C 计权和等响曲线等非线性的修正手段。由于当时的技术手段限制,其不足之处在于:①等响曲线是在稳态单谐波条件下得到的,而人耳响应对时间变量而言有更为复杂的微分、积分饱和以及前述大量的时间、频率和幅度特性。②常用计权档都是以 40 方、70 方等有限的几个离散的等响曲线为基础,特别是 A 计权是以 40 方等响曲线来评价各种声级,又从一个方面导致测量结果与人耳感觉的较大差异。

五、总结

由上可看出,在有关噪声测试的工程技术发展初

期定型的,以声级计为代表的传统检测仪器及技术,勉强用静态和稳态的物理参数去描绘动态和瞬态的物理变化量,导致实践过程中所谓主观评价(人耳感觉)和客观评价(仪器显示)两套标准,其间经常发生冲突,以至有人认为这两套标准是不可调和的。例如,乐器的调整和评价就不依靠仪器而只取决于调音师的感觉。

噪声是对人耳而言的,一切有关噪声的测试指标和评判标准均应以人耳感觉为准,主客观评价的不统一,只能归咎于仪器原理及其理论依据。因此必须以新的思路从新的视角去研究噪声。

参 考 文 献

- 1 彭东林.机械噪声可视化与和谐化测控新方法.国家自然科学基金申报书,2001
- 2 钟国策.噪声自动测量分析系统.环境技术,1997(4)

作者通讯地址:重庆大学机械传动国家重点实验室(400044)

重庆工学院电子工程系(400050)

收稿日期:20020705