

耳塞隔声性能的客观测量

王吉荣, 方启文, 龚农斌

(同济大学声学研究所, 上海 200092)

摘要: 根据真人耳道的结构特性, 研制了一种客观测量耳塞隔声性能的方法——“人工耳道”法, 并与测量耳塞隔声性能的主观阈值法进行了比较, 结果表明: 用“人工耳道”法测量耳塞的隔声性能比主观阈值法具有更好的通用性, 能方便地对线性或非线性耳塞进行隔声测量和频谱测量, 且离散度小, 重复率高, 比较准确地反映了实际情况下耳塞的单一隔声性能。

关键词: 耳塞; 隔声性能; 人工耳道
中图分类号: TB53 **文献标识码:** A

The objective measurement of sound insulation of earplug

WANG Ji-rong, FANG Qi-wen, GONG Nong-bin
(Institute of Acoustics, Tongji University, Shanghai 200092, China)

Abstract: According to the structural property of actual meatus auditorius, We develop an objective method of artificial meatus auditorius to measure sound insulation performance of earplug. We compare it with subjective threshold method and find that the former method is more universal than the latter. Artificial meatus auditorius method can measure conveniently sound insulation and spectrum of linear or nonlinear earplug. It also have the advantages of low discrete and high repetition rate. Its measured data can descript sound insulation of earplug in true condition.

Key words: earplug; sound insulation; artificial meatus auditorius

1 引言

目前对于耳塞隔声性能的测试, 一般是采用主观阈值法, 即测量受试者裸耳听阈和佩戴耳塞时听阈之差值, 但由于主观阈值法只能在低声压级的条件下测量耳塞的隔声量, 而对于在高声压级的条件下存在非线性效应的隔声耳塞, 其测试则存在较大的误差。另外主观阈值法还存在着主观方面的因素, 所测得的隔声量并不是隔声耳塞的单一隔声量, 它包括受试者的主观判断、听力及测试环境等方面的因素, 其隔声量的测试结果离散度较大, 重复率低, 且工作量也大。为了配合适用于高声压级环境下的防噪声耳塞的研究工作, 研制了一种客观测量耳塞隔声性能的方法——“人工耳道”法, 本文介绍了其测量装置及使用方法, 并采用“人工耳道”法测量了防噪声耳塞的隔声性能, 将测量数据与采用主观阈值法的测量结果进行了比较, 最后还对两种测量方法进行了讨论。

2 测试装置与方法

“人工耳道”法测量耳塞隔声性能的装置, 主要

由扬声器、恒压腔、“人工耳道”及传声器组成, 配以拍频振荡器、测量放大器及频谱分析仪等测试仪器。本测试系统的核心——“人工耳道”, 是根据真人耳道的平均尺寸设计的, 这种“人工耳道”的直径为 8mm, 总空腔的体积(扣除耳塞部分)为 2cc, 以代替人的外耳道。而恒压腔则起着均匀声场, 减少扬声器的近场效应, 提高耳塞前的声压级, 扬声器和恒压腔组成了一个高声强发声系统。在“人工耳道”的终端耦合了一只 B/K4134 型电容传声器作为声接收器, 代替人耳的鼓膜。

2.1 “人工耳道”法测量耳塞隔声量随声级变化的规律

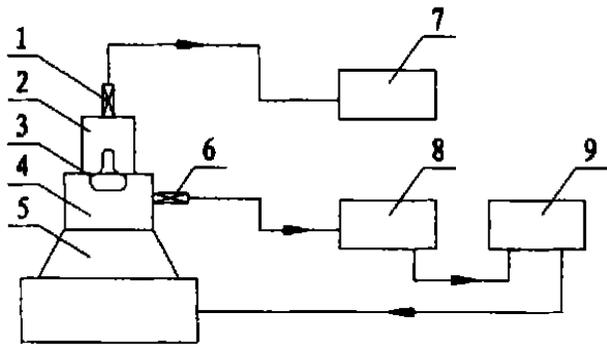
采用“人工耳道”法, 测定耳塞在一给定频率下, 其隔声量随声级变化的规律, 试验装置如图 1 所示。

拍频振荡器输出纯音信号, 馈送至扬声器, 使它向恒压腔内辐射声波, 腔内的声压级借助传声器(B/K4133)可直接由频谱分析仪读出, “人工耳道”与恒压腔连通, 内装待测隔声耳塞, 在相当于人耳鼓膜位置, 装置另一传声器(B/K4134), 接收到的信号经测量放大器读出。

试验前, 传声器、测量放大器及频谱分析仪的灵敏度预先用活塞发声器校正, 拍频振荡器也进行频

收稿日期: 2001-10-11; 修回日期: 2002-05-23

作者简介: 王吉荣(1962-), 男, 上海人, 工程师, 主要从事噪声与振动控制应用研究



1. 传声器 B/K4134 2. 人工耳道 3. 待测耳塞
4. 恒压腔 5. 扬声器 6. 传声器 B/K4133
7. 测量放大器 B/K2610 8. 频谱分析仪 B/K2120
9. 拍频振荡器 B/K1022

图 1 测量耳塞隔声量随声级变化的试验装置示意图

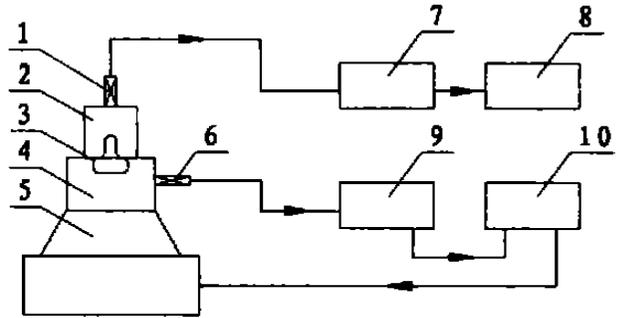
率自校。试验时先把耳塞装到“人工耳道”上,拍频振荡器的频率取一给定值(例如 500Hz),调节拍频振荡器的增益使恒压腔内的声压级取一系列的适当值(如 90dB~ 150dB),读取两传声器间相应的声压级差作为耳塞隔声量的量度,对给定耳塞进行测试时,保证读数误差可以忽略不计。

2.2 “人工耳道”法测量耳塞隔声量随频率变化的规律

采用“人工耳道”法,还可以测定耳塞在一给定声级下,其隔声量随频率变化的规律,该试验装置如图 2 所示。

从图 2 可以看出,做频谱试验时,仪器装置略有不同,一是传声器(B/K4133)检测到的信号向拍频振荡器作负反馈,使振荡频率变化时,恒压腔内的声

压级近似保持不变;二是由传声器(B/K4134)接收到的信号改由频谱分析仪接收,并由 B/K2307 记录仪记录。



1. 传声器 B/K4134 2. 人工耳道 3. 待测耳塞
4. 恒压腔 5. 扬声器 6. 传声器 B/K4133
7. 频谱分析仪 B/K2120 8. 记录仪 B/K2307
9. 测量放大器 B/K2610 10. 拍频振荡器 B/K1022

图 2 测量耳塞隔声量随频率变化的试验装置示意图

试验时,先调节拍频振荡器的增益使恒压腔内的声压级保持在一给定值(如 100dB),在拍频振荡器进行频率自动扫描时,通过传声器(B/K4134)和频谱分析仪进行接收,并由记录仪画出频谱曲线。

3 结果分析

我们用此装置对研制的防噪声耳塞进行了隔声量随声级变化试验,隔声量随声级变化的重复性试验(分别在 2 小时、6 小时和 1 天以后),以及隔声量随频率变化的试验,其结果分别见表 1、表 2 和图 3。同时,我们也采用主观阈值法对研制的防噪声耳塞进行了隔声测量,其结果如表 3 所示。

表 1 防噪声耳塞隔声量随声级变化试验结果(500Hz)

声压级/dB	150	145	140	135	130	125	120	110	100	90
平均值/dB	23.4	20.8	18.2	15.7	13.2	11.2	11.0	11.1	10.9	10.1
标准偏差/dB	1.28	1.29	1.40	1.55	1.82	2.31	2.36	2.55	2.83	2.65

表 2 防噪声耳塞隔声量随声级变化的重复性试验结果(500Hz)

声压级/dB	150	145	140	135	130	125	120	110	100	90
平均值/dB	23.9	21.7	19.3	16.9	14.5	11.8	11.5	10.6	9.8	9.6
标准偏差/dB	0.25	0.25	0.50	0.48	0.41	0.50	0.63	0.48	0.50	0.41

表 3 主观阈值法测量防噪声耳塞隔声量的试验结果

测试频率/Hz	125	250	500	1000	2000	4000	6300	8000
平均值/dB	6.83	6.23	4.90	7.20	11.37	18.00	14.88	19.67
标准偏差/dB	5.55	5.92	4.59	4.79	4.96	7.28	6.06	5.71

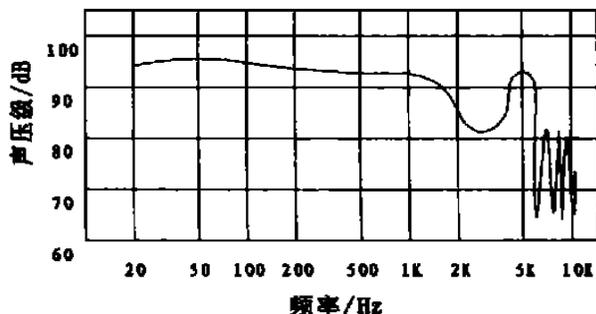


图3 防噪声耳塞隔声量随频率变化试验结果(声级压缩在100dB)

由表1可知,防噪声耳塞的隔声量具有非线性效应,声压级在125dB以上时,耳塞的隔声量显著增加。若采用主观阈值法来测试(见表3),其隔声量(500Hz)为4.90dB,标准偏差为4.59dB,此值不能反映防噪声耳塞在高声强环境下存在非线性效应的隔声量,它只能大致反映线性段的隔声量,且各频段的标准偏差较大,重复率较低。

由表2可知,采用“人工耳道”法对防噪声耳塞隔声量进行重复性试验,其标准偏差小于1dB,说明此方法的重复率高。

由图3可知,防噪声耳塞的隔声量与频率有关,当频率低于1000Hz时,隔声量大致不变;在2000Hz~4000Hz之间,隔声量有明显提高;在4000Hz以上,隔声量起伏变化很显著。

由上述试验结果可以看出,“人工耳道”法测耳塞隔声量的标准偏差为1dB~3dB,其离散度较小,重复率高,且能很方便地测出耳塞隔声量的频谱特性。而主观阈值法测耳塞隔声量的标准偏差达4.5dB~7dB,其离散度较大,重复率低。因此用主观阈值法很难真正表征耳塞(尤其是非线性耳塞)的隔声性能,各种耳塞之间也不能确切地进行比较。

4 讨论

耳塞的隔声量是评价耳塞性能的重要指标,但佩戴耳塞后的隔声量,既受耳塞本身性能的影响,也受各人耳道、听觉机制及主观方面的影响,因此对测量耳塞的隔声性能,用“人工耳道”法则更能客观地反映耳塞单一的隔声性能,便于不同耳塞间的相互比较。

对于在高声强环境下,出现非线性效应的隔声耳塞,用主观阈值法测量耳塞隔声量存在较大的测试误差,主观阈值法所测得的隔声量只能反映低声级、线性情况下的耳塞隔声性能,而用“人工耳道”法则能比较准确地观察非线性耳塞在不同声级下的隔声性能,并能方便地测出耳塞的隔声频谱,也可在脉冲声的情况下对耳塞进行隔声性能的测试。

用“人工耳道”法测量耳塞的隔声性能,其重复率较高,便于长期观察耳塞的隔声性能,在设计阶段对耳塞进行多方面的性能测试尤为方便、重要,且便于数据之间的相互比较,避免了主观阈值法中存在的离散度大、重复率差的缺点。因此可以认为,用“人工耳道”法测量耳塞的隔声性能比主观阈值法具有更好的通用性,它能对线性或非线性耳塞进行测试,且测试方法方便、准确、重复性能好,比较准确地反映实际情况下耳塞的隔声性能,便于耳塞间的相互对比,是一种较先进的耳塞隔声性能测试方法。

参考文献

- [1] ISO 4869-1981(E) Acoustics measurement of sound attenuation of hearing protectors subjective method.
- [2] 王季卿等. 阈值法测量护听器声衰减若干问题探讨[J]. 应用声学, 1986, 5(1): 7-14.
- [3] 高文元, 王吉荣等. 三种防噪声耳塞的汉语清晰度测试[J]. 噪声与振动控制, 1989, 1: 41-43.

(上接第111页)

在相应的距离上存在着若干个环带,当目标进入这些环带时就被我声呐所发现。

参考文献

- [1] 汪德昭, 尚尔昌. 水声学[M]. 北京: 科学出版社, 1981.
- [2] R. H. Hardin, F. D. Tappert. Applications of the split-step Fourier method to the numerical solution of nonlinear and variable coefficient wave equations, SIAM Rev. 15[C], 1973. 423.
- [3] 张仁和. 浅海中的平滑平均声场[J]. 海洋学报, 1981,

3(4): 535-544.

- [4] 张仁和, 李风华. 浅海声传播的波束位移射线简正波理论[J]. 中国科学(A辑), 1999, 29(3): 241-251.
- [5] 张仁和. 水下声道中的平滑平均声场[J]. 声学学报, 1979, 2: 102-108.
- [6] 何怡, 张仁和, 刘红. 海洋声场的广义相积分简正波方法, 声场声信息国家重点实验室年报[Z]. 北京: 中科院声学所, 1992, 2: 35-39.
- [7] [苏]列·布列霍夫斯基赫. 海洋声学[M]. 北京: 科学出版社, 1983.
- [8] [苏]列·布列霍夫斯基赫. 分层介质中的波[M]. 北京: 科学出版社, 1985.