

文章编号: 1006-1355(2013)05-0193-06

护听器技术参数及其舒适性主观评价双极量表

李中付

(海军医学研究所, 上海 200433)

摘要: 对于不同的环境噪声岗位, 环境噪声的声级可能相同, 但是其能量分布的频率范围不同。作业人员佩戴同一个护听器, 隔声效果有较大差异。针对不同的环境噪声筛选护听器, 把环境噪声频率特性和护听器隔声特性二者结合, 提出基于环境噪声特性的隔声指标。为提高与改善护听器舒适性提供技术途径, 保持噪声岗位作业人员的听力和作业能力, 研究与探讨护听器舒适性主观评价双极量表。

关键词: 声学; 护听器; 隔声指标; 舒适性评价; 主观双极量表

中图分类号: O429; X961

文献标识码: A

DOI编码: 10.3969/j.issn.1006-1355.2013.05.042

Technical Parameters and Comfort Evaluation of Hearing Protectors

LI Zhong-fu

(Naval Medical Research Institute of PLA, Shanghai 200433, China)

Abstract: For different environment noise posts, the sound intensities of the environment noises can be equal, but their frequency ranges of energy distribution are different. Although the workers wear the same hearing protectors, their sound insulation effects may be quite different. In this paper, suitable hearing protectors were selected according to different environment noises. Combining noise frequency characteristics of the environment and the sound insulation characteristics of the hearing protectors, the sound insulation index was proposed according to the characteristics of the environment noise. Finally, the hearing protector comfort and the subjective evaluation bipolar scale were discussed.

Key words: acoustics; hearing protectors; noise reduction rating; comfort evaluation; subjective bipolar scale

市场上有很多防噪声护听器(简称护听器), 不同厂家不同型号的噪声护听器技术参数(噪声单值评价值、高频衰减值、中频衰减值、低频衰减值、加紧力、重量等)均不同, 对于不同的环境噪声岗位, 环境噪声的强度及能量分布的频率范围可能不同。目前, 护听器的测试参数在国家标准 [1] 中有了明确的规定, 如对倍频带中心频率 63 Hz、125 Hz、250 Hz、500 Hz、1 000 Hz、2 000 Hz、4 000 Hz、8 000 Hz 等对应下的隔声值进行测试, 并计算出均值及标准差。在此基础上计算单值评定值 SNR_x , 高频衰减值 H_x , 中频衰减值 M_x 、低频衰减值 L_x 等技术参数。在国家标准 [2] 和国家军用标准 [3] 中, 选择护听器仅用到单值评定值 SNR_x 。实际上, 上述标准仅规定了最低要求。

护听器的主要技术指标是噪声衰减值(NRR: Noise Reduction Rating; 或 SNR: Single Number Reduction), 噪声衰减值不等于噪声岗位人员佩戴护听器时的实际隔声值。主要原因是噪声衰减值是在实验室条件下检测的统计指标, 而工作人员的场地环境达不到实验室的条件, 更重要的是护听器舒适性指标影响到作业人员佩戴的积极性^[4, 5]。护听器的舒适性对于听力保护非常重要, 是护听器的非常重要的技术指标, 而护听器的舒适性与噪声衰减值往往是一对矛盾。如何提高护听器的舒适性一直是专家学者研究的一个热点^[6-15]。

为了针对不同的环境噪声进行筛选护听器, 本文首先对护听器技术参数进行了讨论与分析, 把环境噪声频率特性和护听器隔声特性二者结合, 提出基于环境噪声特性的隔声指标。然后分析了护听器舒适性的具体参数, 对护听器舒适性及其主观评价双极量表进行了探讨, 以便提高与改善护听器舒适性提供技术途径。

收稿日期: 2013-01-04; 修改日期: 2013-02-22

作者简介: 李中付(1956-), 男, 安徽临泉人, 博士, 研究员, 主要研究方向为噪声、振动防护与控制, 听力保护。

E-mail: lzf1956@hotmail.com.

1 护听器技术参数

对于护听器的技术参数,我们可以分为测试参数、计算参数及护听器筛选参数。

1.1 护听器测试参数

护听器测试参数包括文献 [1]规定的测试参数(如倍频带中心频率 63 Hz、125 Hz、250 Hz、500 Hz、1 000 Hz、2 000 Hz、4 000 Hz、8 000 Hz 等对应下的隔声值等)和其他测试参数(如加紧力 F 和重量 w 等),见表 1 所示。表 1 是某型耳罩技术参数,似乎对任何环境噪声均具有如此隔声效果,其实噪声能量在频率分布不同,隔声差异较大。

1.2 护听器计算参数

根据国家标准 [16]在上述表 1 的基础上,计算单值评定值 SNR_x ,高频衰减值 H_x ,中频衰减值 M_x 、低频衰减值 L_x 等技术参数。需要指出的是, x 为保护率,不同的保护率, SNR_x 、 H_x 、 M_x 、 L_x 值均不同,保护率越大,值越小。表 1 护听器在保护率 75 %, 80 %, 84 %, 85 %, 90 %, 95 % 下的 SNR_x 、 H_x 、 M_x 、 L_x 变化见图 1 所示。国内外一般取 80 %, 84 %。保护率取 80 %, 表 1 护听器的 SNR_x 、 H_x 、 M_x 、 L_x 、见表 2 所示。

表 1 护听器测试参数

Tab. 1 The paramters of hearing protector test

型号	隔声 dB	倍频带中心频率, Hz								夹紧力 F (N)	重量 W (g)
		63	125	250	500	1 000	2 000	4 000	8 000		
某耳罩	均值	18.5	24.6	31.8	35.6	40.8	39.3	42.6	40.6	11.9	308
	方差	6.5	5.5	4.9	3.6	2.3	3.8	3.7	3.9		

表 2 护听器计算参数

Tab. 2 The calculation parameters of hearing protector

耳罩型号	单值评定值 SNR_{80} (dB)	高频衰减值 H_{80} (dB)	中频衰减值 M_{80} (dB)	低频衰减值 L_{80} (dB)
1#耳罩	36	38	35	27

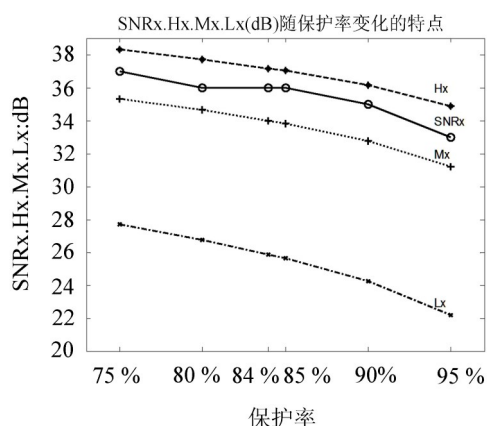


图 1 某#耳罩 SNR_x , H_x , M_x , L_x 随保护率变化特点
Fig. 1 SNR_x , H_x , M_x , L_x change with protection rate of earmuffs

1.3 护听器筛选参数

如上述,护听器的计算技术参数主要有单值评价价值(SNR_x),高频衰减值(H_x),中频衰减值(M_x)、低频衰减值(L_x)等四个技术参数,这些参数仅仅反映隔声技术指标,对于时间很短或短期佩戴护听器的人员,根据这些参数选择护听器是合适的。然而,对于在工作岗位长期佩戴护听器的人员来讲,仅仅根据上述四参数选择护听器是不合适的,因为上述四参数没有考虑佩戴的舒适性,根据美国海军人员听力损失的调查,由于护听器的舒适性差,很多人员在工作期间不愿意或偶尔戴护听器,从而导致听力发生损失。因此选择护听器时,必须考虑护听器加紧力(F)和重量(w)等舒适性参数。同时也应考虑噪声频段特性参数。

(1) 基于夹紧力、重量的参数

如果考虑耳罩夹紧力对隔声值得影响,可用单位夹紧力的单值评价价值 Y_F 表示

$$Y_F = \frac{\text{SNR}_x}{F} \quad \text{dB/N} \quad (1)$$

单值评价价值一定时, Y_F 越大,舒适性越好。

如果考虑护听器重量对隔声值得影响,可用单位重量的单值评价价值 Y_W 表示

$$Y_W = \frac{\text{SNR}_x}{W} \quad \text{dB/g} \quad (2)$$

单值评价价值一定时, Y_W 越大,舒适性也越好。

如果同时考虑护听器夹紧力、重量对隔声值得影响,可用单位夹紧力单位重量的单值评价价值 Y_{FW} 表示

$$Y_{FW} = \frac{\text{SNR}_x}{FW} \quad \text{dB/(N} \cdot \text{g)} \quad (3)$$

单值评价价值一定时, Y_{FW} 越大,舒适性也越好。

(2) 基于环境噪声特性的隔声指标

对已经测试的环境噪声频谱强度进行分析,计算出频段能量分布系数:高频段噪声能量与总能量比 K_H 、中频段噪声能量与总能量比 K_M 、低频段噪声能量与总能量比 K_L ,则基于环境噪声特性的护听器频段隔声筛选参数 Y_{fx} 为

$$Y_{fx} = K_H H_x + K_M M_x + K_L L_x \quad \text{dB} \quad (4)$$

可见 K_H 、 K_M 、 K_L 不仅代表了环境噪声特性,而且代表了对隔声效果的加权系数,从而把护听器的隔声指标与环境噪声结合在一起,反映了护耳器一定时,不同的环境噪声其隔声效果是不同的。显然,在不发生过度保护的情况下, Y_{fx} 值大小代表了隔声优化程度,越大越优,反映了护听器的基于环境噪声特性加权隔声指标。利用 MATLAB 程序^[17]可以方便地计算环境噪声特性加权隔声指标 Y_{fx} 值,图2为表1护听器 Y_{fx} 随环境噪声(高频、中频、低频噪声能量比)变化特性,图2中括号值分别代表高频噪声能量比 H_x 、中频噪声能量比 M_x 、低频噪声能量比 L_x 。

如果考虑夹紧力、重量对基于环境噪声特性的隔声指标,用 Y_{fx} 代替式(1)至(3)中的 SNR_x ,即分别成为

$$Y_{fF} = \frac{Y_{fx}}{F} \quad \text{dB/N} \quad (5)$$

$$Y_{fW} = \frac{Y_{fx}}{W} \quad \text{dB/g} \quad (6)$$

$$Y_{fFW} = \frac{Y_{fx}}{FW} \quad \text{dB/(N} \cdot \text{g)} \quad (7)$$

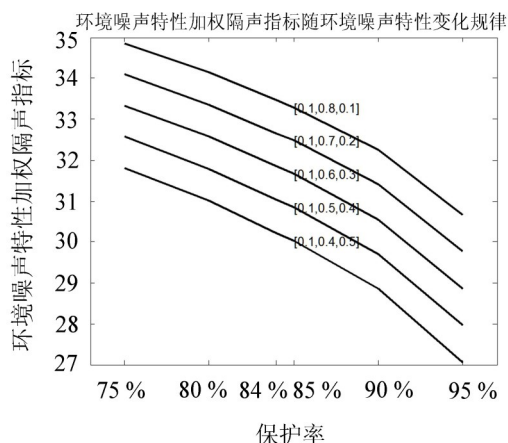


图2 表1护听器隔声指标随环境噪声变化特性

Fig. 2 Noise reduction characteristics of hearing protectors change with environmental noise.

2 护听器的舒适性及其主观评价双极量表

护听器舒适性含义是什么? 很难有一个严格的定义,大致是佩戴者在生理与心理二个方面的接受程度^[18]。护听器的舒适性指标主要包括二类,一是可以测试的指标,如耳罩的夹紧力、护听器重量、皮肤的过敏性等;二是只能进行主观评价的指标,如适度性、美观性等。护听器的舒适性指标包括夹紧力、重量、皮肤过敏性、透气性、吸汗性、抗霉菌性、适度性、软硬度、膨胀性、美观性、稳定性等参数^[5-15, 18-26]。

2.1 护听器的舒适性

(1) 夹紧力

护耳器的夹紧力指标主要适用于评价耳罩或头盔式护听器。对于同一个护听器而言,夹紧力越大,噪声衰减值得越大,而舒适性越差;夹紧力越小,舒适性越好,但护听器的噪声衰减值得越差^[8]。尽管夹紧力是一个可以量化与检测的指标实际上,但是同一个护听器,不同的人佩戴,由于头大小不同其夹紧力也不同。如果夹紧力太小,舒适性较好,但是噪声衰减值得得不到保证;如果夹紧力较大,噪声衰减值得得到保证,但是作业人员因夹紧力不能长期佩带,致使听力得不到保护。因此夹紧力不仅是影响舒适性的一个非常重要的指标,也是影响听力保护效果的重要因素。所以,夹紧力首先满足舒适性要求,其次再满足噪声衰减值得的要求。

(2) 重量

护耳器的重量指标对于耳罩或头盔式护听器也非常重要。严格来讲,护听器的重量与其夹紧力没

有多大关系,但是往往护耳器的重量越大,其夹紧力也越大。护听器的重量越小,舒适性越好。实际上,具有较好隔声性能的护听器,重量往往达不到舒适性要求^[10,11]。特别是具有低频隔声效果较好的护听器,其腔体体积大,导致其重量增加。此外,根据隔声质量定律,面密度越大,隔声效果越好,但是重量在加大。因此,护耳器的重量也是影响舒适性的一个重要指标。

(3) 皮肤过敏性

护听器的皮肤过敏性指标包括对皮肤的刺激性指标是可以检测的一个舒适性指标^[12]。这类指标主要取决于与人体接触的护听器部分材料,如耳罩的耳垫、头盔式耳罩的耳垫、耳塞的材料。如果选材时不进行相关实验,有时会引起皮肤过敏,如皮肤局部烧痒、红肿、发热、湿疹等等。选材时如进行人体皮肤过敏性、刺激性实验,这类指标影响护听器的舒适性容易避免。

(4) 透气性

护听器的透气性是影响作业人员能否在噪声岗位长期佩戴的一个重要因素。透气性不易检测,但是佩戴人员可以主观感受到。对于同一个护听器,透气性与隔声效果相矛盾,即透气性好,隔声效果相对较差,反之,透气性较差,隔声效果相对较好^[6,12]。^[14]实践证明,纯棉与真皮透气性较好。

(5) 吸汗性

护听器的吸汗也是舒适性的指标,与人体(或发毛)接触的护听器的材料,需要考虑具有吸汗性。

(6) 抗霉菌性

护听器的抗霉菌性也是舒适性的指标,与人体(或发毛)接触的护听器的材料,要考虑进行抗霉菌处理。

(7) 适度性

护听器的适度性主要是指三个方面,一是护听器尺寸大小与配戴人员配合要适度(适度指人员感觉舒适为佳);二是护听器与配戴人员头部或耳朵接触的贴合要均匀、适度;三是护听器对头部或的耳朵压力要适度。

(8) 软硬度

护听器的与人体接触的部分材料,如耳罩的耳垫、头盔式耳罩的耳垫、耳塞的材料。如果选材时不进行温度与硬度实验,部分材料在冬季可能太硬。如有的耳塞在春秋夏季软硬度适度,但是在冬季可能太硬,舒适性和隔声指标均降低。

(9) 膨胀感,闷热感

耳塞性护听器在耳道有膨胀感,要适当,否则长期佩戴耳朵有胀痛感。对于耳罩或耳罩式头盔,闷

热感也是舒适性指标。

(10) 美观性

护听器的外观结构、工艺及颜色是否美观似乎与舒适性指标无关,但是如果护听器的外观结构、工艺精制,颜色美观,那么噪声岗位人员均乐于佩戴,相对地就提高了舒适性。

(11) 稳定性

护听器的稳定性(或可靠性)包括二个方面:一是结构、工艺及颜色要具有稳定性,如结构与工艺可靠,无退色、变色等;二是隔声指标和上述舒适性指标均具有稳定性,如夹紧力稳定、耳罩与配戴人员头部的贴合度稳定等。

(12) 实用性

护听器的实用性包括是否便于清洁、拆卸和携带。如果便于清洁、拆卸和携带,可以提高噪声岗位人员佩戴的积极性。

(13) 其它

护听器的散热及温度感等特性也是舒适性指标。

2.2 护听器舒适性主观评价双极量表

根据上述护听器舒适性指标的参数和参考文献[13—15,19],可以确定舒适性主观双极量表的参数和双极量表的级别。

(1) 主观评价双极量表的参数

国内对于护听器舒适性主观双极量表的参数研究论文至今在期刊上没发现。总结国外文献[4—15,19—25]和近几年本课题组研究成果,提出护听器舒适性主观双极量表28项参数,见表3所示。

(2) 主观评价双极量表的级别

主观评价双极量表的级别数一般有3、5、7、9、11等级别。级别数少时,虽然分类能力强,但是区分或辨别能力低;级别数多时,虽然区分或辨别能力强,但是分类能力低。文献[26]对消费品类(手机)进行了主观评价双极量表5、7、9三个级别进行了实验研究,该实验结果表明主观评价双极量表的级别为7较佳,其次为5。因此,本文建议护听器舒适性主观评价双极量表的级别为7。

3 结 语

基于环境噪声特性的护听器频段隔声筛选参数反映了环境噪声变化特性式。式(1)至(3)和式(5)至(7)均可以看作护听器的夹紧力、重量所体现的舒适性指标。筛选护听器时,在满足相关标准的情况下,式(7)可以看作进行量化对比的优化函数。根据环境噪声特性,筛选护听器,式(7)具有很大优越性。

表3 护听器舒适性主观双极量表

Tab. 3 The subjective bipolar scale for hearing protectors comfort

序号	参数	— 极	量表级别				+ 极
			1	2	...	7	
1	压力大小	很紧					很松
2	压力舒适性	有很不舒适的压力					有很舒适的压力
3	重量	很重					很轻
4	尺寸	大小很不合适					尺寸很合适
5	皮肤感觉	过敏或刺激等感觉大					无过敏或刺激等不舒服感觉
6	透气性	透气性很差					透气性很好
7	吸汗性	吸汗性很差					吸汗性很好
8	气味	有气味					无气味
9	皮肤接触面	很不均匀					很均匀
10	硬度	很硬					很软
11	疼痛感觉	很疼痛					无疼痛
12	耳朵堵感觉	很堵					很不堵
13	耳朵涨感觉	很涨					很不涨
14	表面质量	非常粗糙					非常流畅
15	外观	很丑陋					很漂亮
16	结构	很复杂					很简单
17	携带性	非常笨重					非常轻便
18	热度感	非常热					非常适宜
19	冷度感	非常冷					非常适宜
20	性能稳定性	很不稳定					不稳定
21	隔离感	很孤独					很不孤独
22	适用性	很不合适					很合适
23	清洁	很不方便					很方便
24	接受程度	不能忍受					乐于接受
25	讨厌程度	很讨厌					很不讨厌
26	喜欢程度	很不喜欢					很喜欢
27	头部活动	活动受限					活动自由
28	整体感觉	很不舒适					很舒适

此外,对护听器的舒适性很难进行全面的科学量化评价,这也是目前研究护听器舒适性指标的难点。本文提出的护听器舒适性主观评价双极量表仅仅是此研究的开始,有待于进一步完善。

参考文献:

- [1] GB/T7584.1-2004, 声学 护听器 第1部分:声衰减测量的主观方法[S].
- [2] GB/T23466-2009, 护听器选择指南[S].
- [3] GJB4286-2001, 军用护听器防护性能评价方法[S].
- [4] Berger E H, Franks J R, Lindgren F. International review of field studies of hearing protector attenuation[A]. In: Axelsson A, Borchgrevink HM, Hamernik R P, Hellstrom P A, Henderson D, Salvi R J, eds. Scientific Basis of Noise- Induced Hearing Loss[M]. New York: Thieme Medical Publishers. 1996: 361-377.
- [5] Berger E H. Hearing protection devices[A]. In: Berger E H, Royster L H, Royster J D, Driscoll D P, Layne M, et al. The Noise Manual. 5 th ed[M]. Fairfax, V A: American Industrial Hygiene Association: 2000:379 - 454.
- [6] Markee NL, Pedersen EL. The conceptualization of comfort with regard to clothing[A]. In: Kaiser S B, Damhorst ML, Editors. Critical linkages in textiles and clothing subject matter: theory, method and practice [M]. Monument, C A: International Textile And Apparel Association, Inc. 1991: 81-93.
- [7] Yeh- Liang Hsu, Chung- Cheng Huang, Etc. Comfort evaluation of hearing protection [J]. **International Journal of Industrial Ergonomics**, Vol 33, Issue 6, June 2004: 543-551.
- [8] John G. Casali, JamesF. Grenell. Noise-attenuating earmuff comfort: a brief review and investigation of band- force, cushion, and wearing - time effects[J]. **Applied Acoustics**, 1990: 29, Issue 2, 1990, 1209-1302.
- [9] Schulz G, Rublack K, Meister A, Dybowski S, et al. Comparative studies of insulating effect and the wearing properties of hearing protector means at the place of employment[M]. *Z Gesamte Hyg Ihre Grenzgeb* 1983; 29: 93-8.
- [10] Berger E H, Mitchell I. Measurement of the pressure exerted by earmuffs and it relationship to perceived comfort[J]. **Appl Acoust**, 1989: 27, 79-88.
- [11] Casali J G, Lam S T, Epps B W. Rating and ranking methods for hearing protector wearability[J]. **Sound Vibration**, 1987: 21, 10-8.
- [12] Ivarsson A, Toremalm N G, Brhl P. Eczema, Itching, Heat and humidity problems: impediments to the effective use of hearing protectors[J]. **Internoise**, 1990; 90: 1093-6.
- [13] Park M Y, Casali J. An empirical study of comfort afforded by various hearing protection devices: laboratory versus field results[J]. **Appl Acoust**, 1991; 34: 151-79.
- [14] Bhattacharya S K , Tripathi S R , Kashyap S K . Assessment of comfort of various hearing protection devices[J]. **J. Hum Ergol (Tokyo)**, 1993 Dec; 22(2):163-72.
- [15] Edwards J. The comfort and effectiveness of hearing protection devices[J]. **Ann Occup Hyg**, 2003 Jun; 47(4): 337.
- [16] GB/T7584.2-1999, 声学 护听器 第2部分:戴护听器时有效的A计权声压级估算[S].
- [17] 张志涌, 刘瑞桢, 杨祖樱. 掌握和精通 MATLAB[M]. 北京:北京航空航天大学出版社, 1997: 150-200.
- [18] Kuijt-Evers, L. F. M.; Greenstein, L.; Looze, M. P.; Vink, P. Identifying factors of comfort in using hand tools[J]. **Applied Ergonomics**, 2004, 35: 453-458.
- [19] Hetu, R. and Getty, L. Development of a rehabilitation program for people affected with occupational hearing loss[M]. *A New Paradigm, Audiology*, 1991. 30, 305-316.
- [20] Hsu, Y.; Huang, C.; Yo, C.; Chen, C.; Lien, C., Comfort Evaluation of Hearing Protection[M]. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 2004, 33: 543-551.
- [21] Park, M.; Casali, J. G. An empirical study of comfort afforded by various hearing protection devices: laboratory versus field results[J]. **Applied Acoustics**, 1991, 34: 151-179.
- [22] Arezes, P M; Miguel, A S. Hearing protectors acceptability in noisy environments[M]. *The Annals Of Occupational Hygiene*, 2002,4 6: 531-536.
- [23] Fernandes, J. C. Effects of hearing protector devices on speech intelligibility[J]. **Applied Acoustics**, 2003, 64:581-590.
- [24] Franks, J. R., Berger, E. H. Hearing protection- personal protection- overview[J]. **Encyclopedia of Occupational Health and Safety**, 1998, 31:11-15.
- [25] Harrison, C., Hearing protection attenuation[A]. *Is More Really Better?*[M]. OH & S Canada, 1993:49-53.
- [26] 桥 柱, 杨国圣, Amol Ghorpade 等. 双极主观等级量表的选取[J]. *机械设计与研究*, 2009, 25(4): 70-72.