

听觉疲劳的安全界限¹⁾

王 乃 怡

中国科学院心理研究所,北京

摘 要

本文研究了500-1000Hz倍频程带噪声80-110dB SPL,连续暴露8分钟后,在听阈的恢复过程中听阈的回升与最大TTS随暴露的声级向高频转移时的相互关系。结果表明,当暴露的强度超过90dB SPL时,听阈在2000和4000Hz上的回升随声级增加而增加,而当强度达到98dB SPL以后,回升不再随声级而增加了。最大TTS开始向高频转移时的临界强度是95dB SPL,而此时也正好是回升在高频处于急剧增加的过程中。可以设想,听阈回升的增加和最大TTS的频率转移二者可能都反映着听觉疲劳的发展。因此,为了安全,可以把90dB SPL看做是500—1000Hz倍频程带噪声的最大允许声压级。

一、问 题

疲劳是一种正常的生理现象,但是,长时期的过度疲劳则有可能导致某种器官的机能损伤。在听觉疲劳的研究中,长期以来,人们也一直在试图寻找某种安全界限,以保护长期在噪声环境下工作的人们的听力不致受到伤害。

暴露一定强度和一定时间的声刺激后,听觉感受性急剧下降,即出现一暂时性的听阈阈移(TTS),然而,在听阈的恢复过程中,大约在2分钟左右时又开始升高。Hirsh和Ward(1952)^[1]曾对这一现象进行过详细地描述,并把这种听阈的第二次升高叫做回升(Bounce)。有关回升的机制目前还不十分清楚。Jerger(1956)^[2]和Hinchcliffe(1957)^[3]曾认为,在听觉疲劳的恢复过程中,听阈再次回升的出现或消失,可以看做是从生理性疲劳开始向病理性疲劳转化的一种强度临界值。

在声刺激对不同频率听阈影响的研究中,人们也早已熟知,随着暴露声强度的增加,引起的最大TTS常常不是发生在与刺激的频率相同的频率上,而是在它以上半个倍频程甚至一个倍频程上^[4,5]。对这种最大TTS的频率转移虽有多种解释^[6-9]。但它与听觉疲劳是否存有某种内在的联系,本文就此问题进行了初步探讨。

二、方 法

本实验所使用的声疲劳刺激是500—1000Hz倍频程带噪声,该声刺激通过一个与

1) 本文于1986年11月11日收到。

A-60C型自动记录听力计相连接的转换器输送到耳机 (TDH-39)。声刺激的强度分别为80、85、90、95、98、101、104、107和110dB SPL,连续暴露8分钟。而后以固定频率,0.25/s周期的间断音和4dB/s的衰减速度,分别测试500、1000、2000和4000Hz的听阈变化。选用10名青年被试,男女各半,他们都是高中毕业的待业青年,耳科检查及听力场属正常。以往没有过噪声暴露史,亦未做过类似的听觉实验。

在正式实验开始前,每个被试先熟悉如何操作自动记录听力计,以期获得稳定的听阈。待被试熟悉后,具体的实验步骤如下:每暴露一种声级每天只测试一个频率的听阈变化,第二天再暴露同一声级,再测试第二个频率的听阈,依次测试完所有4个频率的听阈变化。然后再暴露第二种声级,再分别测试每个频率的听阈。10名被试场暴露右耳和测试右耳的听阈,每次声暴露前,先测试正常听阈1分钟,而后连续暴露8分钟。声刺激停止后,即刻由被试自行控制自动记录听力计的听阈级,连续测试听阈变化5分钟,最后取10只耳的平均值。

三、结果与讨论

人的听觉疲劳的恢复是呈一种多时相的过程,即在暴露一定强度和一定时间的声刺激后,听觉感受性急剧下降,而在向正常听阈恢复的过程中,大约在声暴露停止后2分钟左右时,又出现一次回升(Bounce),即听阈又升高了。在此之后,才缓慢地恢复到正常的阈值。本研究中,10名被试随声级场出现明显的回升现象(如图1所示)。但使人感兴趣的是,它不是出现在所测试的这所有4个频率上,而主要是出现在2000和4000Hz两个频率上(见图2)。这与早年Hirsh和Ward(1952)的结果是一致的。从图中可见,当声级超过90dB SPL时,2000和4000Hz上的回升便随声级而急剧地增加,到98dB SPL时,回升的大小(噪声停止后2分钟的TTS₂-噪声停止后1分钟的TTS₁)似乎达到顶点,在以后的声级中未见有明显的变化。

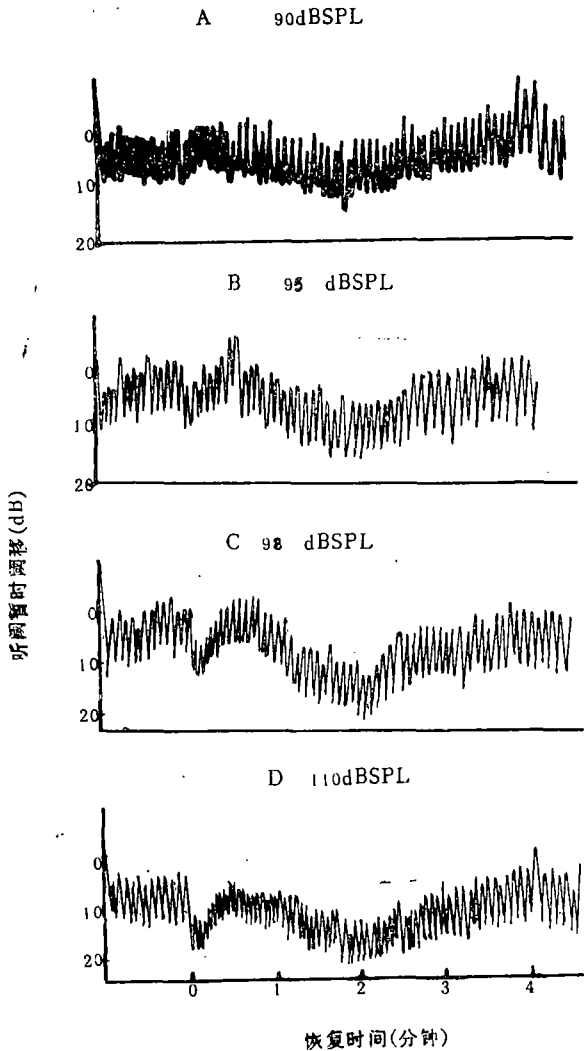


图1 被试童××,男,19岁,随暴露声级的增加,在声刺激停止后2分钟,4000Hz听阈出现明显的回升现象

而在500和1000Hz频率上,回升则不明显。表明2000和4000Hz对噪声刺激的敏感性和它们的易疲劳性。

在以回升作为听觉疲劳指标的研究中, Jerger (1956) 和 Hinchcliffe (1957) 曾把95dB SPL和98dB SPL看做是从生理性疲劳开始向病理性疲劳转化的分界限。从我们的结果来看,可以设想,当暴露90-98dB SPL之间的声级时,对听觉疲劳的发展可能会带来某种急剧地变化。而从回升的大小随声级发展的情况来看,98dB SPL似乎可以被看做是一种强度的临界值。

随着暴露声级的增加对不同频率听阈变化的影响从图3中可以看到,当暴露的声级在90dB SPL以下时,最大的TTS(声刺激停止后即刻测到的TTS)发生在500Hz。而当声级增加到95dB SPL时,最大的TTS开始转向1000Hz。而且在以后不断变化的声级中,始终保持有较大的TTS。如果把最大TTS开始向高频转移时的强度做为听觉疲劳的临界强度的话,我们的结果是95dB SPL。Humes等人(1978)^[10]在对TTS的敏感性的研究中也曾提出,最大TTS开始向高频转移时的强度可以做为听觉疲劳的一种临界强度。有趣的是,从我们的结果可以看出,最大TTS开始从500Hz转向1000Hz时,正好是处于2000Hz和4000Hz听阈回升开始急剧增加的过程中。我们想,随着暴露声级的增加,这种最大TTS开始向高频推进和在高频范围内听阈回升的迅速增加,两者间可能存有某种内在的联系。也许它们本身就是同一疲劳现象的两种表现,它们都反应着听觉疲劳的发展。

疲劳是一种动态的发展过程,只有当人们长期处于过度疲劳状态时,才有可能导致某种器官的机能损伤。鉴于听觉疲劳的产生个体差异很大,如果从安全着想,把低于使最大TTS开始频率转移时的临界强度90dB SPL作为一条分界限的话,对于听觉疲劳的产生和发展可能会更加安全可靠。而此时,也正好是处于以回升为指标的听觉疲劳发展的初始阶段。因此,90dB SPL可以看做是500-1000Hz倍频程带噪声的最大允许声压级。

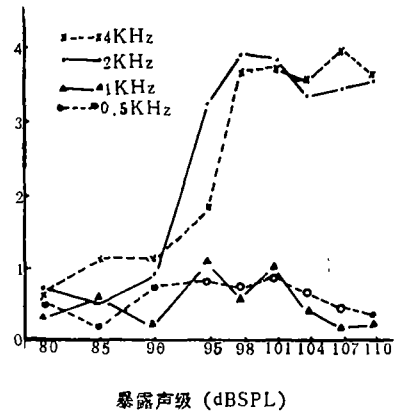


图2 在500、1000、2000和4000Hz上,回升的大小($TTS_2 - TTS_1$)随暴露声级的变化(10名被试的平均值)

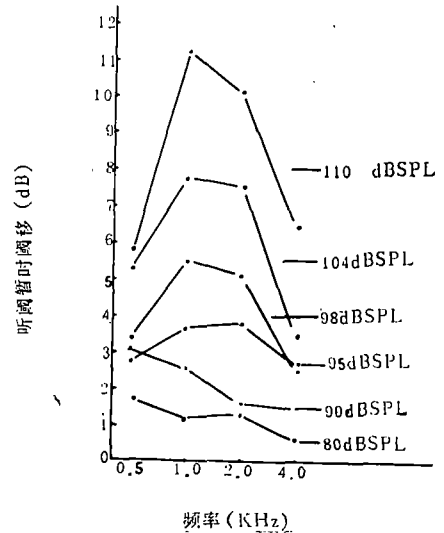


图3 在500、1000、2000和4000Hz频率上最大TTS随暴露声级的变化(10名被试的平均值)

四、小 结

本文观察了以500—1000Hz 倍频程带噪声,强度80至 110dB SPL,连续暴露 8 分钟,对500、1000、2000和4000Hz 听阈变化的影响。在10名男女青年被试中,在 2000Hz 和 4000Hz 上场有明显的回升现象。当暴露的声级超过90dB SPL和暴露98dB SPL之间的声级时,回升急剧地增加,而在以后的声级中,回升的大小没有明显地变化。最大 TTS 开始频率转移时的临界强度是95dB SPL,恰好是处于高频听阈回升急剧增加的过程中。如果把低于使最大 TTS 频率转移时的临界强度90dB SPL做为听觉疲劳的安全界限的话,那么这时,也正是处于以回升为指标的听觉疲劳的初始阶段。

参 考 文 献

- (1) I. J. Hirsh, and W. D. Ward, *J. Acoust. Soc. Amer.*, 24:131—141, 1952.
- (2) J. F. Jerger, *J. Speech and Hearing Disord.* 21:39—46, 1956.
- (3) R. Hinchcliffe, *Acta Oto-Laryngol.* 47:496—509, 1957.
- (4) H. Davis, C. T. Morgan, J. F. Hawkins, R. Galambos, and F. W. Smith, *Acta Oto-Laryngol. Suppl.* 88. 4—57, 1950.
- (5) W. D. Ward, Auditory fatigue and masking. In *Modern developments in audiology*. ed. J. Jerger, Academic Press, New York, London, 1963.
- (6) A. E. Hubbard, and C. D. Geisler, *J. Acoust. Soc. Amer.* 51, 1895—1903, 1972.
- (7) E. Pirodda, and A. R. Ceroni, *Acta Oto-Laryngol.* 85, 191—197, 1978.
- (8) L. L. M. Vogten, *J. Acoust. Soc. Amer.* 63, 1509—1519, 1978.
- (9) D. McFadden, and H. S. Plattsmier, *J. Acoust. Soc. Amer.* 74, 1178—1184, 1983.
- (10) L. E. Humes, and F. H. Bess, *Acta Oto-Laryngol.* 86, 385—393, 1978.

SAFETY LIMIT OF AUDITORY FATIGUE

Wang Nai-yi

Institute of Psychology, Academia Sinica

Abstract

The article investigated the bounce appearing 2 minutes after exposure to 500-1000Hz octave band noise at 80-110dB SPL, and its relation to the transferring of maximum TTS to high frequency along with the level of exposure. The results indicated that when exposure intensity exceeded 90dB SPL, the bounce at 2000Hz and 4000Hz increased sharply with the level of exposure. When the exposure intensity reached 98dB SPL, the bounce no longer increased with the level of exposure. The critical intensity of maximum TTS which began to transfer to high frequency was 95dB SPL, which was just the time when the bounce was in the process of sharp increase at high frequency. Therefore 90dB SPL may be regarded as the maximum tolerable sound pressure level of 500-1000Hz octave band noise.