

理论描述的由于大于全反射临界角时,反射系数变成复数,产生相位移产生的波束位移,还有另一类波束位移,它是因为实际波束并非理想平行射线,波束的宽度在衍射作用散开,入射角不单一造成的。第一类位移是平面波反射的本质特性的结果。第二类位移依赖于波束的宽度。与波长和声源线度的比有关,这个比越小,对应的第二类反射或透射波束的位移

就越小。这些位移在精确测量中都不可以忽略。

参考文献

- 1 诸国桢,付德永.液-固界面上非镜面反射声脉冲的负频移.物理学进展,1996;16(3,4)
- 2 布列霍夫斯基赫.分层介质中的波.科学出版社,1985
- 3 Y. Chen and K. Attenborough. Spherical wave propagation. Proc of 14th ICA, 1992

脑在噪声中感觉信号的能力

朱兵 王嘉赋 胡大炜 王均义 王炜

(南京大学物理系,生物物理研究所,南京·210093)

1 引言

人们在喧闹的茶馆里轻声谈话能互相听见,这是脑从背景噪声中感觉信号的一种能力,如何用实验来模拟和检测这种听觉功能,并从理论上解释噪声在脑识别信号中的作用是令人感兴趣的问题。1995年,美国的Wayne Garver和Frank Moss提出了用阈检测器测量人对混杂噪声的信号的感知能力,并提出这与“随机共振”有关^[1]。听觉与许多因素有关,脑感觉噪声中信号的能力是否有赖于年龄、听力或信号频率尚待研究。本文拟通过实验,观测不同的年龄、听力及信号频率与这种能力的关系,并结合随机共振的物理理论对此进行研究,该实验研究将为脑处理信号的机理研究提供有用的参考。

2 实验方法

感觉噪声中信号的测量原理框图如图1。该装置由三部分构成:信号源产生频率和幅值可调的正弦信号;噪声源产生幅度可调的模拟白噪声;阈检测器包括叠加电路、比较电路、波形变换和音量放大等电路。噪声与音频信号叠加后输出信号 U_1 与设定阈值 V_T 比较后输出全有或全无信号,经波形变换成噪声和信号混杂的输出信号 U_2 ,由音量放大后输出信号 U_3 给示波器或耳机。

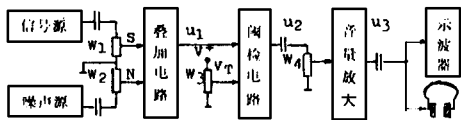


图1 感觉噪声中信号的测量原理框图

阈检测器具有模拟神经元产生动作电位的功能,其输入与输出关系类似于S函数。它提供最简单的操作条件,可设置听阈值下限 V_T ,只有信号幅度超过阈值才有信号输出,能设置不同信噪比的信号

供听觉鉴别。

由电位器改变幅度调节信号和噪声强度。白噪声包含各种频率和幅度的谐波分量,强度测量颇困难,用电位器刻度作噪声级 N 标志其相对强度。信号级 S 由校正曲线定标,可标志幅度。

在无噪声和阈值 $V_T=0$ 时,选定适当音量,可测得不同个体的听力差异。设置阈值 V_T 和信号频率,令噪声级 $N=0$,调节信号勉强能听到。然后逐步增加噪声级,测定可听出信号所需信号级,可获信号级 S 与噪声级 N 的关系 $S-N$ 。分别对不同听力的个体设置不同阈值和信号频率,测得不同的 $S-N$ 关系,然后作比较分析,可获得脑感知噪声中信号的能力与测量条件的关系,看出噪声所起的作用。

3 实验结果与分析

(1) 感知噪声中信号的能力与年龄、听力有关。男性受检者 W ,年龄30岁, Z ,55岁,噪声级 $N=0$,阈值 $V_T=0$ 时,测得感知信号级下限分别为 $S_1=0.5$, $S_2=1$ 。设置 $V_T=2$, $f=900\text{Hz}$,两者的信号级与噪声级的关系 $S-N$ 示于图2。 $S-N$ 关系显示,当无噪声时,能感知的信号级要求较高,随噪声级增高,能感知的信号级降低;当噪声增至 N_M 时,能感觉信号的最小级为 S_m ;当噪声超过该点(S_m, N_M) (或区间)后,噪声会淹没信号,如欲感知,则需提高信号级,可见脑感知微弱信号有赖于噪声。在 $S-N$ 关系中,能感知的最低信号级 S_m 的最大噪声级为 N_M ,在该点(或区间)的 S_m/N_M 可以反映信噪比(SNR),因而 S_m/N_M 可以标志感觉噪声中信号的能力。图2表明,在相同背景噪声 N_M 下,听力较强的 W 与 Z 相比较,有 $S_{m1}/N_M < S_{m2}/N_M$,可见 W 比 Z 感觉噪声中的信号能力较强。

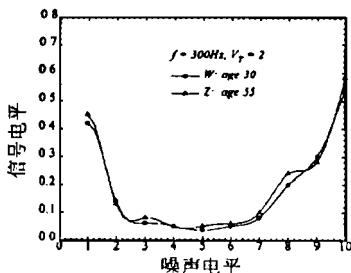


图2 不同听力的 S-N 关系

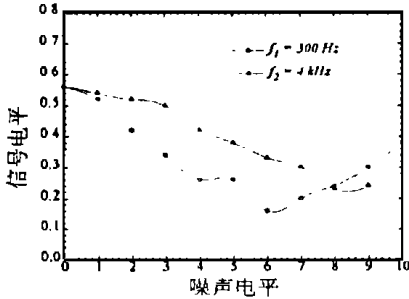


图3 不同信号频率的 S-N 关系

(2) 感知噪声中信号的能力与信号频率有关。图3为同一受检者, 设置相同阈值 ($V_T = 5$) 时, 信号频率为 $f_1 = 300\text{Hz}$ 和 $f_2 = 4\text{kHz}$ 时的 S-N 关系。在相同噪声级 N_M 时, 低频 (f_1) 信号比高频 (f_2) 信号的信噪比 S_M/N_M 较小, 可见感知在噪声背景下的低频信号的能力较强。

4 讨论

该实验装置可模拟耳听觉阈检功能, 并可提供不同信噪比的音频信号, 用以测量脑对噪声中微弱

信号的感觉能力。实验结果表明, 这种能力与年龄、听力有关, 与信号频率关系更密切, 在有噪声时比无噪声时要强, 脑感知微弱信号有赖于噪声。

脑感知背景噪声中某频率信号时, 需要最佳的信噪比 (SNR) 和噪声级 N 。听力较强者优先, 其合适的信噪比较低, 这与噪声和弱信号发生随机共振的 SNR-N 关系较一致^[2]。

当噪声与信号发生随机共振时, 概率最大的是与信号频率较一致的谐波成分, 由于白噪声的功率谱 (PSD) 中, 低频分量比高频分量的密度高^[2], 因而由随机共振使信号达到听阈值, 低频比高频的信噪比低。可见上述结果与随机共振理论并不矛盾^[3,4]。

该实验结果为若干个例测量所得, 可能存在一定的随机性, 脑在背景噪声中提取信号能力的特征规律, 还有待样本研究。虽然结果与随机共振理论有一致之处, 但有关这种作用机理尚待深入研究, 其研究结果可能成为一种新的应用基础。

南京半导体特种器件厂徐延陆高级工程师为本实验提供了特种器件, 对他的大力支持表示感谢。

参考文献

- 1 Wayne Garver and Frank Moss. Scientific American. 1995; Aug. 84 ~ 86
- 2 胡岗. 随机动力和非线性系统. 上海科技教育出版社, 上海, 1994: 220 ~ 254
- 3 K. Wiesenfeld & F. Moss. Nature, 1995; 373: 33 ~ 36
- 4 W. Wang and Z. D. Wang. Phys. Rev. 1997; E55 (6): 1 ~ 6

超声场的衍射和非衍射特性的研究

张宇 杜功煊

(南京大学声学研究所 近代声学国家重点实验室 南京·210093)

1 引言

众所周知, 超声应用的迅速发展对超声场提出不少要求, 无论是线性还是非线性超声场, 衍射是它们的主要特性。活塞式声源和 Gauss 型声源辐射的声场是典型的衍射声场, Gauss 型声场可用解析式表达, 给声场的分析带来很大方便, 因而受到重视^[1]。近年来一种同样可以解析表达, 但具有非衍射特性的 Bessel 声场的出现和研究更引起超声工作者的兴趣^[2]。有意义的是, 如果我们将 Gauss 函数与 Bessel 函数相乘而得到的 Gauss-Bessel 函数作为一

种声源分布时, 同样也可获得一种新的可解析的超声声场。因此研究这种特殊超声场对于了解声场的衍射和非衍射特性及它们之间的相互影响具有重要意义。

2 理论

考虑衍射和非线性效应的有限声束超声场可以用 KZK 方程来描述(为了简化分析, 这里忽略了媒质的吸收):

$$4^2 \bar{p} / l - \bar{p} = D_0^2 (\bar{p})^2 \quad (1)$$

其中 $\bar{p} = (t - \frac{r}{c_0})$, $\bar{p} = \frac{p}{\rho c_0 U_0}$, $\bar{r} = \frac{r}{r_0}$, $r_0 = \sqrt{2} / 2c, D_0$