

高频语抗噪声通讯系统的语言可懂度实验研究

唐志文 梁之安* 鲁毅钧 黄 锋 梁振幅 童 娜

(海军医学研究所 上海 200433)

*(中科院上海生理研究所 上海 200080)

2002 年 1 月 29 日收到

摘要 通过对高频语抗噪声通讯系统的研究, 并经实验证明该系统的高频语通讯具有很强的抗环境噪声功能, 较好地解决了噪声环境中的传递语音。高频语生成的数学表达; 高频语通讯装置的研究设计; 采用该装置在实验室内分别用语音声级 85、90、95dB(A) 在高于该声级的噪声环境下作可懂度实验研究; 高频语声级 90dB(A) 在舰船主机舱室 105dB(A) 环境下戴与不戴耳塞的可懂度试验。该系统的形成, 在语音、环境噪声比为 -10 至 -15dB 时语言可懂度可达 90% 以上。从理论上升到研制装置成功, 突破了传统的语言传递遵循部位机理的信噪比必须为 +5dB 的论点。

关键词 高频语, 可懂度, 部位机理, 时间机理

Study of intelligibility of Hi-frequency phrase anti-noise communication system

TANG Zhiwen LIANG Zhian* LU Yijun HUANG Feng LIANG Zhenfu TONG Na

(Naval Medical Research Institute, Shanghai 200433)

*(Institute of Physiology, Chinese Academy of Sciences, Shanghai 200080)

Abstract This paper makes into the Hi-frequency phrase of auditory action and studies its intelligibility in the laboratory and the shipboard. It intends to prove that Hi-frequency is provided with powerful anti- environmental noise function. The intelligibility was tested in a laboratory with the Hi-frequency phrase level at 85、90、95dB(A) under the environment of the noise level above the Hi-frequency phrase level, while the intelligibility for Hi-frequency phrase 90dB(A) was tested in a main engine cabin with 105.5dB(A) noise. The experiments showed that intelligibility reached above 90% when the speech-to-noise ratio was -10 to -15dB. The classical idea of a speech-to-noise ratio of +5dB with normal speech communication is challenged.

Key words Hi-frequency phrase, Intelligibility, Place mechanism, Time mechanism

1 引言

长期以来, 高噪声环境中的语言传递多是

难题, 研究人员曾经通过多种途径力图解决或改善强噪声环境下的通话效果, 包括噪声源隔离、个体防护及个体抗噪声语言通讯装置的研

制等。本研究试图从语言传递的理论上找到突破口,从听觉活动固有的部位机理变为时间机理入手。经大量的理论研究、模拟试验,确立了高频语(包括调制波语,方波语)通讯的研究思路。高频语的主要特征,是其主要频谱成分已被移至高频区,但仍保留基本语音特征。高频语的声学结构与正常语音差别很大,却能携带相仿的语音信息。实验表明,经技术处理后的高频语不但具有比较理想的可懂度,又具有很强的抗环境噪声能力,验证了听觉时间机理的可行性。

2 研究思路

以往认为,人的听觉活动主要依赖于部位机理学说,即人的内耳听毛细胞对声音不同频率的敏感度有一定的对应性,不同的听毛细胞感应不同声频。对于宽频带噪声源,所有的听毛细胞均会产生冲动,如果同时有一语言声(300-3000Hz)进入听器,此时将被噪声所掩蔽,听者无法在噪声中辨别出语言内容,这

就是所谓部位机理学说的一通道一用。听觉活动的时间机理则不然,认为对声音不同特征信息可从相同通道以神经冲动不同的时间构型进行编码^[1]。由于时间构型可以多种多样,因此每一通道均可传输多种信息,这就实现了一通道多用。利用该原理若将正常语音移至高频区(避开噪声频谱),就可达到理想的通讯效果。

设:正常语言为 A ,载波信号 f_c ,经调制的调制波语为 $f_c \pm A$ 。剔除对语音识别贡献不大的 $f_c + A$,取已正确复制正常语音频谱的 $f_c - A$ 。实践中发现, $f_c - A$ 尽管有较强的识别力,但语音可懂度较差。如将 $f_c - A$ 与正常语音合成处理,则效果大为改善。不仅具有强的抗噪声功能,同时有清晰的语音再现。用数学公式表示高频语的基本结构为

$$F_G = A + (f_c - A)$$

依赖这种原理,可拟出该高频语抗噪声通讯系统的原理框图,见图 1 所示。

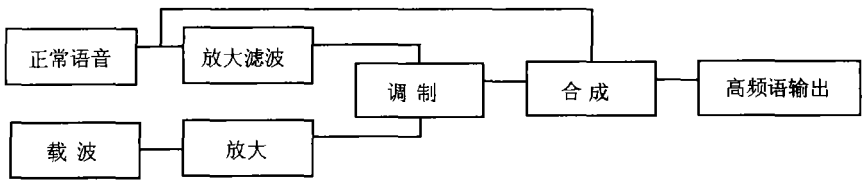


图 1 高频语抗噪声通讯系统原理框图

由图 1 所知,正常语音经调制可得调制波语信号,再与正常语音合成即为频语。

3 实验目的与方法

3.1 音室内作高频语和正常语音的语图测试

采用 DSG900 和 KHAD01、386DX/33 组成的声图仪测试高频语和正常语音语图,同一人念同一词句分别以高频语和正常语音测试。

3.2 实验室内高频语可懂度实验

选听力正常的受试者 8 名,在隔音室(本

底噪声 27.5dB(A)) 内接受语音测听实验。由控制室将 B&K1027 信号发生器发送白噪声经扩放器送至暴露室, B&K2305 测量放大器实施动态监控。语言传递采用录制的舰艇常用口令 100 条经高频语通讯装置重放。受试者根据重放的口令正确书写。每条口令 2-9 字不等。在不同背景噪声条件下分别测定语音信号辨别率:

3.2.1 语音声级 85dB, 环境噪声 85, 90, 95dB(A);

3.2.2 语音声级 90dB, 环境噪声 90, 95,

100dB(A)(带耳塞试验)

3.2.3 语音声级 95dB，环境噪声 95，100，105dB(A)（带耳塞试验）

3.3 高频语装置与舰船通讯设备连接的语音可懂度试验

本研究装置与（舰船系泊状态）xxxx 艇有线通讯装置连接试验。抽调该艇有关战位战士（男性）10 名作受试，平均年龄 21.5 岁。用 B&K2209 精密声级计测得舱室环境噪声 105.5dB(A)、线性声压级 114.0dB，语音声压级 87-90dB(A)。信噪比为 -15dB。在上述工况条件下，艇员接收舰艇常用口令 100 条，以书写判别为基准。试验分三组进行：

3.3.1 舰艇主机舱室噪声环境下戴与不戴耳塞的正常语音可懂度试验；

3.3.2 高频语装置与舰船有线通讯连接，佩戴耳塞的语言可懂度试验；

3.3.3 高频语装置与舰船有线通讯连接，裸耳的语言可懂度试验。

4 实验结果

4.1 高频语和正常语音的语图

测试结果见图 2。

语音样品为“淮海路”。图 2 中纵坐标为频率，横坐标是时间，明暗度表示强度。左侧是正常语音“淮海路”的语图，右侧则为同一“淮海路”的高频语。

图中高频语载波 8kHz， $f_c + A$ 部分未显示。比较正常语音语图可知，高频语已将低中频的正常语音移至高频区，但真实地保留了正常语音的基本成分。

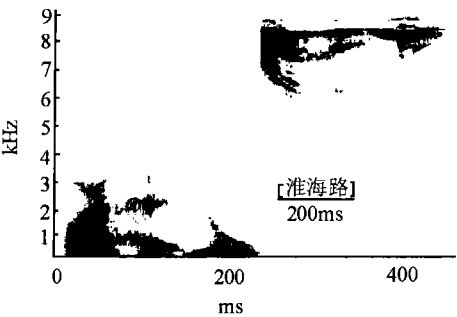


图 2 正常语音、高频语的语图

4.2 实验室内高频语可懂度研究结果

本实验分别实施了噪声环境下人员不戴耳塞和戴耳塞的语言可懂度试验。

4.2.1 不戴耳塞的高频语可懂度

见表 1 结果。

表 1 高频语可懂度（裸耳）(%) n=8

	噪 声			
	27.5dB(A)	85dB(A)	90dB(A)	95dB(A)
语言 85dB	99.13	96.50	97.38	93.75
t 值		1.891	1.433	1.829

4.2.2 戴耳塞的调制波语可懂度

见表 2、表 3 结果。

表 2 戴耳塞的调制波语可懂度 (%) n=8

	噪 声			
	27.5dB(A)	90dB(A)	95dB(A)	100dB(A)
语言 90dB	100	100	96.14	96.71
t 值		3.258	3.258	1.458

表 1、表 2、表 3 显示，调制波语在噪声环境下获得的可懂度很高，具有较强的抗噪声能力，其原因是避开了噪声频谱的主要能量。

实验结果应证了信噪比可达到 -10dB。与对照组比较，试验中各不同水平环境噪声的语言可懂度均无显著性差异。同时得到戴耳塞时的语

表 3 戴耳塞的调制波语可懂度 (%) n=8

	噪 声			
	27.5dB(A)	95dB(A)	100dB(A)	105dB(A)
语言 95dB	100	99.38	97.50	94.50
t 值		1.667	3.416	2.882

言可懂度略优于不戴耳塞状态,这对于在高噪声环境下语言传递与防护发挥了完美的功效,是高频语装置实施应用的一个新点。

4.3 高频语通讯装置与舰船通讯设备连接的语言可懂度试验结果

4.3.1 在舰艇主机舱噪声环境下,利用艇上现役装备的有线通讯装备作正常语言可懂度测试,戴与不戴耳塞可懂度分别为 65.30% 和 61.20 %。

4.3.2 受试者佩戴耳塞测试接收高频语口令,经统计分析正确率为 93.38%。

4.3.3 受试者裸耳测试接收高频语口令,正确率为 91.38%。

测试统计结果见表 4。

表 4 高频语通讯装置与舰船有线通讯连接清晰度试验 n=10

	正常语音		高频语	
	佩戴耳塞	裸 耳	佩戴耳塞	裸 耳
正确率	65.30%	61.20%	93.38%*	91.38%*
t 值	3.54	5.62	4.60	3.23

*P<0.001

戴与不戴耳塞的高频语测试与正常语音比较,显示出有非常显著性差异。现场试验结果进一步证实高频语在强噪声环境下高可懂度的可靠性。

5 讨论

本研究采用语言传递的时间编码研究思路为基础,拟设计研制的高频语抗噪声通讯装置力图达到在信噪比为 -10dB 环境下通话可懂度优于 85% 以上,结果表明实验室内研究和现

场测试的可懂度均在 90% 以上,高频语和环境条件的信噪比分别达到 -10dB 和 -15dB。

语言通讯正确率的评估,通常使用清晰度和可懂度表示,它们都是语音识别评分计量的用词^[1]。其中清晰度原词有“正确发音”之意,通常用无意义单词测试,要求受试者复述。可懂度则用有意义的多音节词或句测试。可懂度偏重于实用效果,清晰度则偏重听力评估。

5.1 本次实验的语言可懂度实验和现场试验结果具有统计学意义。结果突破了以往关于语言可懂度为 85% 时信噪比必须为 +5dB 的论点^[2],具有显著的成果意义。

5.1 语言声学研究成果获知,人的语言频率以 500、1000、2000Hz 为主,其频谱范围主要集中在 300-3000Hz,可知语言频带正好落在通常环境噪声频谱范围内。若语言声级不大于噪声声级 5dB,语言通讯就会受到干扰。如果将语频作适当的技术处理,就能很好实现语言在噪声环境下的传递。

5.3 调制波语只有高频成分,因此其语音信息是以高频为载体,由高频听觉通道传输,尽管所携带的信息原属于低中频。

5.4 正常语音的信息主要按部位学说编码,从特异性的低中频通道传输。在机制上调制波语与它根本不同。正常语音与调制波语的互补关系,说明不同的机制可以协同作用,这在感觉信息处理中应是一条共同的、有潜力的原则。

参 考 文 献

- 1 梁之安. 听觉感受和辨别的神经机制. 上海: 上海科技教育出版社, 1999. 81-102.
- 2 Pols L C W, et al. Applied Acoustics, England. 1980, (13): 267-279.