

人耳辨识非语言声目标能力的实验研究*

陈克安[†] 王 娜 王金昌

(西北工业大学航海学院环境工程系, 西安 710072)

(2008 年 10 月 10 日收到, 2008 年 11 月 14 日收到修改稿)

以主观听觉测试实验为手段, 研究人耳听觉系统辨识能力与声音特性、评价主体训练程度及噪声干扰的关系. 实验结果发现: 人耳辨识声音能力主要由声信号的谱时结构决定, 人耳对于谐音信号的辨识能力明显强于非谐音, 对于稳态信号的辨识能力略强于瞬态信号, 评价主体的训练可以提高辨识效果及准确性, 但与声音特性密切相关; 不同的噪声干扰对人耳目标辨识能力的影响主要取决于声音频谱结构, 此对测听方式能提高非受训人员的辨识准确性, 但不影响受训人员的辨识效果.

关键词: 听觉系统, 主观听觉测试, 目标辨识

PACC: 8734, 4300

1. 引 言

声目标的自动识别在军事和民用的多个领域都有十分重要的作用, 一直受到人们的强烈关注. 目标自动识别主要涉及特征提取及分类两个方面, 目前, 占据主流地位的特征提取方法基本上都是基于信号处理与变换的方法, 如提取时域波形、频域谱密度、时频域小波特征及非线性特征等, 分类方法主要有最小近邻法、人工神经网络分类等^[1], 然而, 复杂声环境下的目标识别率及其稳定性仍然不能令人满意, 促使人们持续不断地寻求新的识别方法, 其中基于生物(尤其是人)的听觉原理识别声目标的研究近年来在国内外不断受到重视.

生物的听觉系统具有定位和识别两大功能, 其中定位功能的研究是空间听觉与虚拟听觉研究的主要内容, 目前已取得长足进展^[2,3]; 识别功能的研究及模仿还处于初级阶段, 主要涉及人的识别能力及听觉特征的提取的研究. 我们知道, 要想模仿人类听觉系统(以下简称人耳或听觉系统)识别目标的方法, 首要任务就是要弄清人耳辨识声目标的能力有多强? 特点如何? 进一步的研究则需要探索听觉目标辨识(auditory object identification)的过程及机理. 从辨识的角度看, 声音可分为语言声、音乐声和环境

声(包括人工或自然发声, 亦称为日常声)三大类, 由于语言声中包含了独特的编码信息, 其识别与非语音声(音乐声和环境声)的识别有很大区别, 本文指称的声目标识别主要针对非语音声.

长时间以来, 研究者们针对一系列特定的环境声(如掌声^[4]、走路声^[5]、玻璃球的弹跳声^[6]、声纳声^[7]、人工合成的冲击声和空化噪声^[8-10]等)进行了听觉辨识的研究, 证明了特定条件下人耳识别目标的能力要优于目前的自动目标识别技术. 至于人耳对环境声识别的基本特点、识别模式及识别机理, Gaver^[11]、Ballas^[12]和 Guastavino^[13]等人尝试进行了系统性的研究, 获得了初步的定性结论. 对于人识别声音能力的定量研究方面, Watson 的研究小组自 1982 年即开始持续进行基本听觉能力测试(test of basic auditory capabilities, TBAC)研究^[14-18]. TBAC 中将人的听觉能力分为基本声学参量识别和声目标识别两大类, 直到 2007 年, Watson 等人^[18]才获得比较详尽的关于人耳分辨基本声学参量能力的定量结果, 而对于目标辨识能力的研究方面, 只得出了人耳识别白噪声干扰下的环境声时识别率与信噪比的关系, 至于人们关心的人耳辨识能力更进一步的定量关系, 尚未有人涉及.

文献 [18] 的研究表明, 人的广义听觉识别能力(general auditory ability)不仅与听觉有关, 还与智力、

* 国家自然科学基金(批准号: 10574104)和西北工业大学基础研究基金(批准号: W018104)资助的课题.

[†] E-mail: kachen@nwpu.edu.cn

心理等因素有关,其功能和机理目前尚未有清楚认识;人的基本听觉能力主要表现在四个方面:响度-持续时间的辨识、幅度调制检测、谱时结构辨识,以及熟悉声识别(familiar sound recognition, FSR),而FSR能力是听觉系统识别环境声时的主要表现形式。Collier等人^[7]的研究表明,人识别熟悉声的机理主要分为先天性模式匹配和听觉特征提取两大类,而且训练有素及智力高的人群倾向于采用听觉特征提取的方法,因此,人们目前将主要精力集中在听觉特征提取上。

听觉特征提取方面,目前主要采用基于听觉模型和基于心理声学参数的方法。前者着重模仿内耳基底膜的频率分解特性,提取在听觉频率带宽上的频谱及响度作为特征^[19-20];后者着重将已发现的心理声学参数(如粗糙度、尖锐度、谱重心等)作为目标特征^[21-24],它已成为提取听觉特征的主要途径。然而,上述方法的潜能如何,物理机理解释及进一步的发展方向是什么,这需要回到基本的物理问题:人识别声目标时,其听觉能力有什么特点,哪些特征在人耳识别目标时起主要作用,Watson等人在2007年的研究中并没有做出解释,且国内外没有这方面的研究结论,因此为回答上述问题,本文在TBAC的基础上,以主观听觉测试实验为手段,研究人耳听觉系统识别非语言声目标的能力与声音特性的关系,以及背景干扰特性、评价者个体差异与识别率的关系,掌握了人耳识别目标的听觉能力特点,为进一步提取有效而稳定的听觉特征和改善目标识别方法的研究思路提供理论基础。

2. 实验设计与实验过程

本文共设计四组实验,分别研究:1)人耳辨识不同特性声音的能力;2)训练评价主体(或评价者)对辨识能力的影响;3)噪声干扰对辨识能力的影响;4)测听方式对辨识结果的影响。

实验开始前,首先按实验要求选定声样本,然后进行声信号的预处理,通过计算机对声样本编组。实验时,将选定的声样本由音频播放软件通过声卡输出至耳机放大器(B & K ZE0769),由监听级耳机(Sennheiser HD250)重放。评价者聆听声音后填写问卷。

预处理包括声样本编辑及响度调节。样本编辑是指从样本库中挑选并截取特定时长的声信号,为

研究声音时长与辨识能力的关系,作者挑选不同类型声样本,经反复试验,发现只要时长大于5 s即可稳定地判别声音类别,因此,本文的声样本长度均为5 s。由于声音响度对识别效果有影响,为此,实验前对所有声音样本进行等响调节,响度计算采用Moore模型^[25-26]。

由于本文研究的是FSR问题,因此在实验前对评价主体进行简单培训。首先,将不同类型的声样本随机排列,并在播放前告知评价主体该声音的类型,然后循环播放,直到评价主体感觉对声样本已有基本了解。正式实验时,每一个声样本播放后给评价者留有5 s的时间判断该声音的类型,然后由评价者将判断结果填写在问卷表上。问卷采用5级尺度打分法(如图1所示),表中的数字表示选择相应选项的可能性,5表示“绝对是”,不填表示“绝对不是”,中间数字类推。以图1为例,当评价者听完一段声音后,认为该声音是A选项(卡车)的可能性是4/5(选择概率为80%),是B选项(小汽车)的可能性是1/5(选择概率为20%)。评价中,要求评价主体选择的选项数值之和不能大于5,否则该评价数据无效。如果全体评价主体对一个选项的平均选择概率超过75%,就认为评价主体的识别结果为该选项。

序号	选 项														
	A: 卡车					B: 小汽车					C: 摩托				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
				✓		✓									

图1 问卷填写示例

3. 声音特性与识别率的关系

大量研究表明,人耳对不同类型的声音,其辨识能力呈现出极大的差异^[2-8],不同的评价主体倾向于使用不同的本质特征^[27],但总体上讲,声音的特征仍然可以从谱时结构上给予划分^[28]。从频谱上看,声信号中是否存在谐波成分对信号的识别十分关键;从时域上看,连续的稳态信号与持续时间有限的瞬态信号具有重要区别。因此,本组实验测试人耳对不同特性声信号的辨识能力,主要从稳态/瞬态、谐波/非谐波两个方面考察人耳辨识能力与声信号特性的关系。

将实验用的声样本按下列特性组合方式分为4个类别:瞬态-谐波、瞬态-非谐波、稳态-谐波、稳态-非谐波。由于稳态-非谐波在实际中大量存在,因此

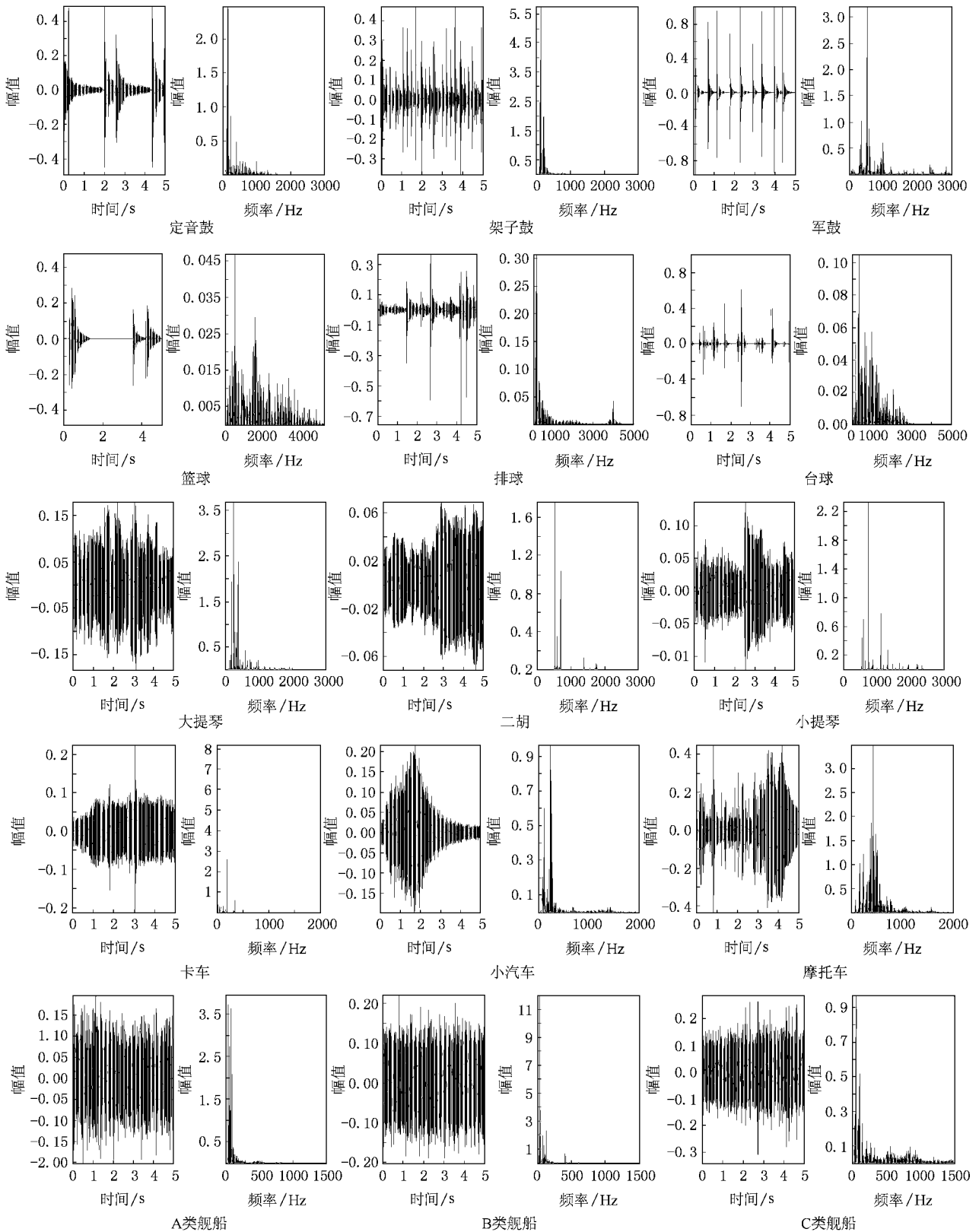


图2 实验各类声样本的时域波形图和频谱图

在实验时选取 2 组具有该特性的声样本. 实验声音样本共有 5 组, 每组包含 3 种声音(3 个选项或类

别, 如表 1 所示), 每类声音含 20 个样本, 每组声音有 60 个样本. 各类声信号的时域波形和频谱图如图

2 所示,为显示声样本在频率上的差异,频谱图纵坐标采用幅度值.由图 2 可以观察到各组声样本与表 1 中其声学特性是相对应的,其中车辆声是车辆启动和平稳行驶的声音,舰船声是平稳航行的声音.

实验中,将选取的 60 个声样本随机排列,然后间隔 5s 顺序播放,评价主体根据听到的声样本确定其所属类别.实验评价主体人数为 24 人,均为在校大学生,平均年龄 22 岁,男女性别比例为 1:3.实验完成后,整理问卷,进行数据统计,获得每组声样本各选项的识别率及平均识别率,如图 3 所示.

表 2 声样本描述

编号	声学特性	声音种类	选项(类别)		
			1	2	3
A	瞬态-谐音	鼓 声	定音鼓	架子鼓	军鼓
B	瞬态-非谐音	碰撞声	篮球	排球	台球
C	稳态-谐音	弦乐声	大提琴	二胡	小提琴
D	稳态-非谐音	汽车声	卡车	小汽车	摩托车
E	稳态-非谐音	舰船声	A 类	B 类	C 类

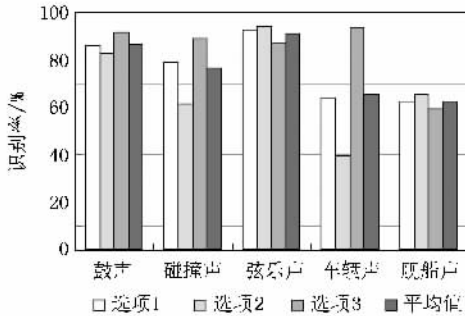


图 3 各组声样本识别结果

由图 3 可以发现:

1) 人耳对 5 组声样本的辨识能力相差很大.对

鼓声、碰撞声、弦乐声的辨识率较高,而对于车辆声、舰船声的辨识率则较差.

2) 鼓声、碰撞声及弦乐声的总体识别率较高,相对来讲,鼓声和弦乐声的识别率比碰撞声更高,这说明识别谐音比识别非谐音更容易,就鼓声和弦乐声来讲,弦乐声的识别率高于鼓声,其原因可能在于识别稳态声比识别瞬态声容易.

3) 车辆声和舰船声识别率较低,原因比较复杂.首先,这两类声音都属于噪声,频率成分中不存在明显的谐波;其次,同一类别的声音(如小汽车声),其形式多样化,导致识别率下降;最后,舰船声是普通人所不熟悉的,这也有可能导致较低的识别率.

另外,实验中采取了 5 级尺度打分法,选“1”表示把握性最小,选“5”表示把握性最大,下面根据等级评价结果对比分析评价主体辨识的准确程度(简称准确度).这里选取弦乐声和舰船声这 2 个典型声音做对比分析,其等级评价结果分别如图 4 所示,图中横坐标 1—5 分别表示不同的评价等级,纵坐标表示平均识别率.从图 4 可以看出,识别率与评价准确度有很大的相关性,高的识别率与高的准确度相关联.

4. 训练对识别结果的影响

上一节的实验结果表明,同一评价主体对不同声音的辨识能力与声信号的谱时结构有关.另一方面,不同评价主体对同一类型声音的辨识能力显然也是不同的,其原因在于评价主体的个体差异及训练程度,对于后者,已有的研究结论并不一致.文献 [5] 的实验结果表明,新手与声纳员在辨识声纳信号方面不如预期的那样有显著差别,而文献 [6] 的实验

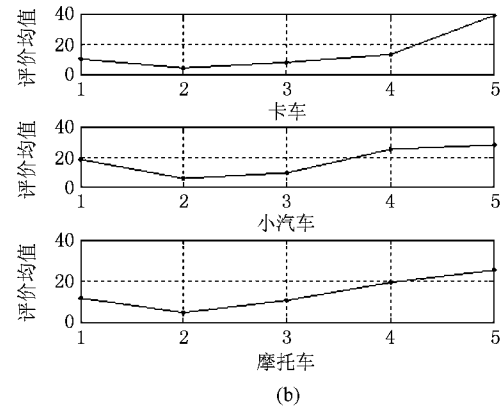
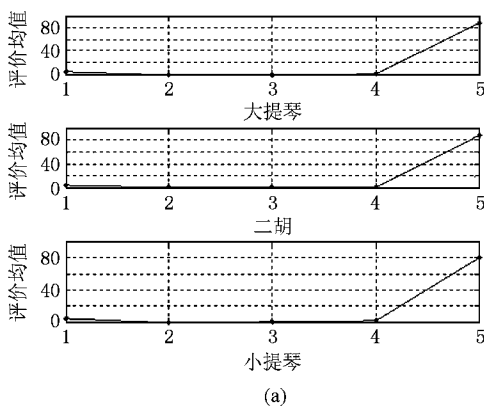


图 4 不同选项等级评价均值 (a) 弦乐声;(b) 汽车声

显示,训练程度的不同,对识别人工及自然碰撞声的能力则显示出较大的差异.因此,本节将声音特性、评价主体的训练与辨识能力结合起来统一考虑.

参与本组实验的评价主体与上一节相同,为了研究训练对识别结果的影响,实验需对评价主体进行培训,其过程如下:从每组声样本的 3 个选项中,分别随机抽出 5 个声音样本,共 15 个声音样本.将这些样本随机排列,然后循环播放.训练过程中,在每一遍样本播放后,用选择的声样本对评价主体进行测试.如果评价主体对这 15 个声音样本的识别率能够达到 80%,则认定训练目的已达到,训练过程结束,否则训练继续进行.培训中,鼓声、碰撞声、弦乐声、汽车声大致都可在播放 5 遍内达到目的,而舰船声则需要更多遍的试听,具体的训练时间随评价

主体的不同而变化较大.训练结束后,对 5 组声样本进行识别实验,其识别率与非受训人员的识别率及平均识别率差值(受训人员识别率 - 非受训人员识别率)列于表 2.由此可以看出:

1)受训人员的辨识度较非受训人员都有不同程度的提高.原先容易识别的声音(鼓声、碰撞声、弦乐声)其提高程度有限,而不易识别的声音(车辆声、舰船声)其提高幅度较大.

2)训练对提高识别率的作用受限于声音的固有特性,对于非谐音(碰撞声、车辆声、舰船声)其识别率的上限不超过 90%;相对而言,训练对瞬态及稳态特性声音识别率的提高作用有限.因此,声音中是否包含谐音是识别率高低及训练是否有效的关键.

表 1 受训人员与非受训人员各组声样本平均识别率

组别	非受训人员识别率/%				受训人员识别率/%				平均识别率差值/%
	选项 1	选项 2	选项 3	平均	选项 1	选项 2	选项 3	平均	
鼓声	85.8	82.7	91.5	86.7	92.1	93.8	94.6	93.5	6.8
碰撞声	79.2	61.7	89.0	76.6	83.8	78.5	92.5	84.9	8.3
弦乐声	92.9	94.2	87.1	91.4	96.0	97.5	94.8	96.1	4.7
车辆声	64.0	39.6	93.8	65.8	77.3	79.0	97.5	84.6	18.8
舰船声	62.7	65.8	59.6	62.7	87.1	88.1	87.9	87.7	25.0

另外,可以观察训练对不同个体的作用.以弦乐声及舰船声为例,训练前后不同个体识别率如图 5 所示.可以看出,对于原先较易识别的声音,训练的

作用有限,个别人员的识别率反而降低;对于难于识别的声音,训练的作用是明显的.

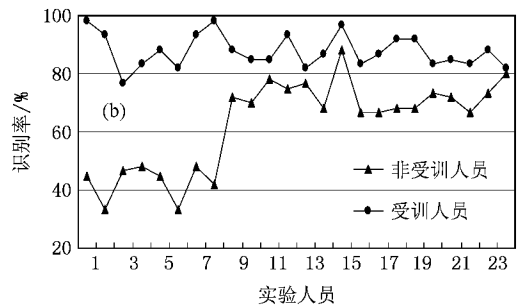
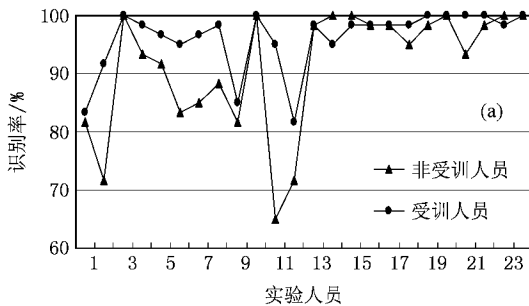


图 5 受训人员与非受训人员识别结果 (a)弦乐声 (b)舰船声

5. 噪声干扰下的声目标识别

噪声干扰影响人耳识别声目标能力是显而易见的. Watson 小组在进行 TBAC 研究中,只是简单测试了白噪声干扰时信噪比与识别率的关系^[12-16],本小节设计一组实验,进一步研究不同类型噪声干扰对

识别能力的影响.实验分别采用白噪声和场景噪声对信号进行加噪处理以测试不同噪声干扰对声音辨识的影响.白噪声和场景噪声(与声音事件相关的背景噪声)是现实条件下最常见的背景噪声,对于车辆声和舰船声,分别选取道路交通噪声和海洋波浪声作为场景噪声.

将第一组实验中的 5 组声信号分别加入信噪比

为 0 dB 和 -3 dB 高斯白噪声,并对车辆声、舰船声加入 0 dB 和 -3 dB 的场景噪声,然后由评价主体对所有加噪声样本进行辨识并填写问卷.本次实验中的评价主体与第二组实验中的一样,因此,本次实验结果为训练人员声音的辨识结果.对加入不同信噪比白噪声及未加噪声的识别结果如图 6 所示;对于车辆声和舰船声,加入场景噪声及未加噪声的各选项及平均识别结果分别列于图 7 和图 8.

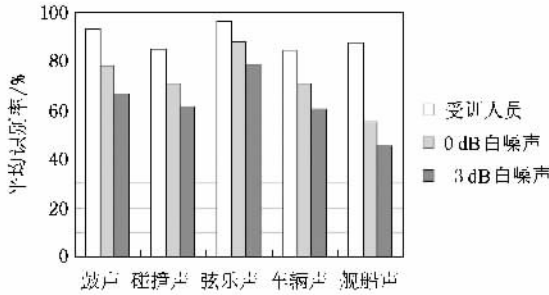


图 6 各组声样本在不同白噪声干扰下的识别率

由上述实验结果可以看出:所有类别的声音的识别效果在噪声干扰下都有一定程度的下降,但是下降的幅度不同.有些选项辨识度下降的幅度较大,例如舰船声中的 A 类舰船,而有些选项下降的幅度

则很小,例如车辆声中的摩托声.这说明白噪声干扰各选项的能力不同,其原因应该与掩蔽效应有关.对于实验中设置的噪声干扰情景,相当于同时掩蔽,此时,只有当掩蔽声与被掩蔽的声音处于同一临界带内时才会对被掩蔽声的识别效果产生影响.因此,由于舰船声频带宽,而摩托声的频带窄,虽然总体上的信噪比相同,但在目标信号频带内,舰船声的信噪比小于摩托声,从而使噪声干扰下的摩托声的识别率大于舰船声.

6. 测听方式对识别结果的影响

实验的测听方式也影响人耳识别声目标的能力,因此本小节采用两个声音连听比较判断类型和三个声音连听比较判断类型的方式进行识别实验,与上述单音测听判断类型的方式进行比较,研究不同测听方式对识别能力的影响.

实验分为两部分进行,实验一是对非受训人员进行不同测听方式的比较,实验二是对受训人员进行不同测听方式的比较.两个声音比对测听的声音播放方式是两个声音中间间隔 2 s 连放,播放完毕后有 6 s 对两个声音进行类型判断;三个声音比对

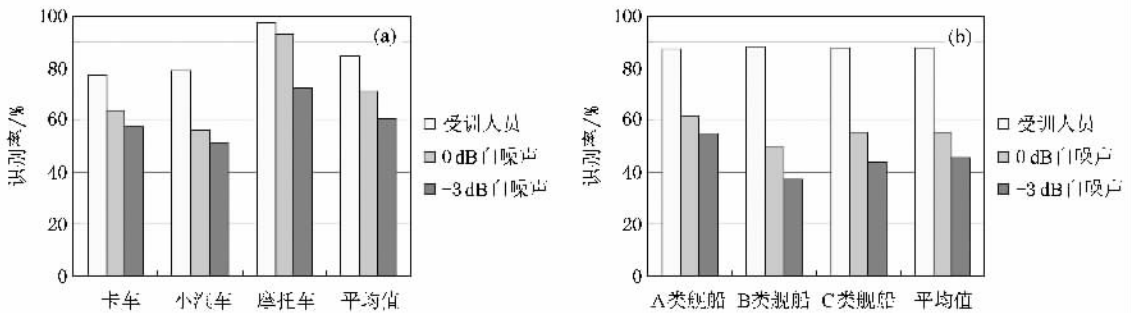


图 7 白噪声干扰下的声音识别率 (a)车辆声;(b)舰船声

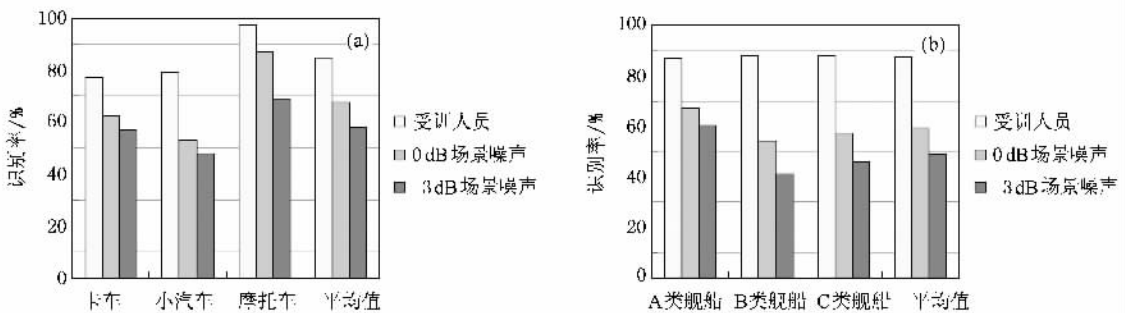


图 8 场景噪声干扰下的声音识别率 (a)车辆声 (b)舰船声

测听的声音播放方式是三个声音中间间隔 2 s 连放,播放完毕后有 9 s 是时间对三个声音级进行类型判断.实验中的声样本采用上述实验中的车辆声,评价主体的构成和培训方式与上述实验一致.对于车辆声,非受训人员和受训人员不同测听方式的各选项及平均识别结果分别列于图 9 和图 10,具体识别结果见表 3 所示.

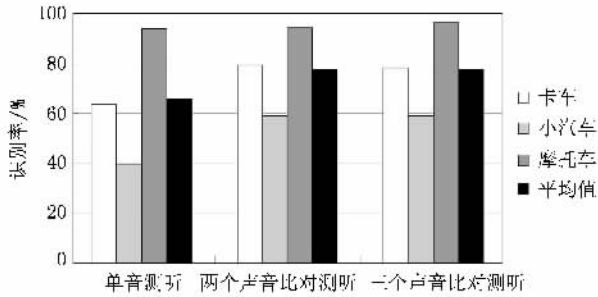


图 9 非受训人员不同测听方式的识别结果

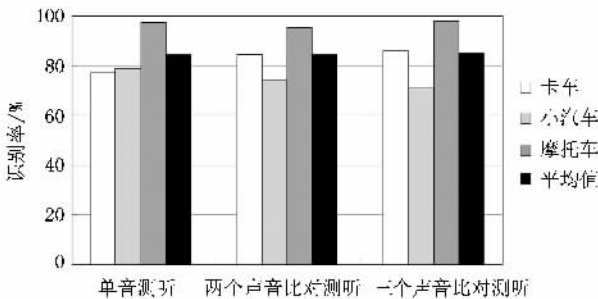


图 10 受训人员不同测听方式的识别结果

表 3 非受训人员和受训人员不同测听方式的识别率

评价主体	测听方式	识别正确率/%			
		卡车	小汽车	摩托车	平均值
非受训人员	单音判断	63.96	39.58	93.75	65.76
	两个声音比对测听	79.34	59.24	94.38	77.65
	三个声音比对测听	78.13	58.81	96.50	77.81
受训人员	单音判断	77.29	78.96	97.50	84.58
	两个声音比对测听	84.38	74.09	95.47	84.65
	三个声音比对测听	85.76	71.15	97.83	84.92

分析图 9 发现对于非受训人员而言比对测听的识别结果明显高于单音测听的识别结果,对于受训人员测听方式对识别结果的影响不大.这说明人在判断不熟悉的声目标类型的过程中比对判断是识别目标的有效手段,而对于熟悉声目标的识别过程,人是依靠提取声目标的声学特征用于判断目标类型.

7. 结 论

本文以主观评价实验为手段,研究人耳辨识声音的能力与声音特性、评价主体训练程度及噪声干扰的关系,得到以下结论:

1. 从人耳辨识声音的角度看,声音自身的特性主要由声信号的谱时结构决定.从频谱成分上看,声音是否具有谐波结构是关键,人耳对于谐波信号的辨识能力明显强于非谐波;从时域结构看,声音在辨识间隔内是否为稳态是关键,人耳对于稳态信号的辨识能力略强于瞬态信号.

2. 在通常情况下,人耳辨识声源目标的识别率与准确度具有很大的相关性,这说明人耳对特征较为明显的声样本具有很强的辨识能力.

3. 训练可以快速提高评价主体对声音的辨识效果及准确性,但训练对评价主体辨识不同声样本的作用是不同的,对熟悉的声音提高的幅度较小,对不熟悉的声音提高的幅度较大.另外,训练的作用是有限的,当人耳辨识能力达到一定的程度后,训练的作用就会随之下降,最终丧失主导作用.

4. 不同的噪声环境对人耳目标辨识能力的影响是不同的.与声音时频性相近的噪声干扰对目标辨识率的影响大,而与声音时频性相差大的噪声干扰,其对目标辨识率的影响就较小,其机理可以用掩蔽效应给予解释.

5. 测听方式的差异对辨识结果有很大的影响.比对测听方式能明显提高非受训人员的辨识准确性,但不影响受训人员的辨识效果,这说明比对方式是人判断不熟悉声目标的有效手段,而提取声学特征是人判断熟悉声目标的有效手段.

下一步的研究将利用人工合成音,精细地控制声音物理参数及主观感觉,深入地研究不同声学参数下评价主体的辨识效果,而评价主体的个体差异(包括训练)对辨识效果的影响研究更为复杂,短期内可以不作为研究的重点.噪声干扰的影响,需要对场景噪声进一步地量化,且应考虑非同时干扰的影响.另外,如何从人耳听觉能力中吸取灵感,提取听觉特征及增强目标识别效果更是重要的任务,本文的研究结果能够给予启发.

- [1] Zhang X H 1998 *Acta Armamentarii* **19** 275 (in Chinese) [章新华 1998 兵工学报 **19** 275]
- [2] Shen J X , Chen Q C 2002 *Chinese Science Bulletin* **47** 285 (in Chinese) [沈钧贤、陈其才 2002 科学通报 **47** 285]
- [3] Rao D , Xie B S 2005 *Chinese Science Bulletin* **50** 112 (in Chinese) [饶 丹、谢波荪 2005 科学通报 **50** 112]
- [4] Repp B H 1987 *J. Acoust Soc. Am* **81** 1100
- [5] Li X , Logan R J , Pastore R E 1991 *J. Acoust Soc. Am* **90** 3036
- [6] Warren H , Verbrugge R 1984 *J. Exp. Psychol Hum : Percept Perform* **10** 704
- [7] Collier G L 2004 *Speech Communicaiton* **43** 297
- [8] Lutfi R A , Oh E , Storm E *et al* 2005 *J. Acoust Soc. Am* **118** 393
- [9] Lutfi R A , Liu C J 2007 *J. Acoust Soc. Am.* **122** 1017
- [10] Howard J H 1983 *Human Factors* **25** 643
- [11] Gaver W 1993 *Ecol. Psychol* **5** 1
- [12] Ballas J 1993 *Psychol : Human Percept Perform* **19** 250
- [13] Guastavino C 2007 *Canadian Journal of Experimental Psychology* **61** 54
- [14] Watson C S , Jensen J K , Foyle D C *et al* 1982 *J. Acoust Soc. Am* **71** S73
- [15] Christopherson L A , Humes L E 1992 *J. Speech Hear Res.* **35** 929
- [16] Watson B U , Miller T K 1993 *J. Speech Hear Res.* **36** 850
- [17] Surprenant A M , Watson C S 2001 *J. Acoust Soc. Am.* **110** 2085
- [18] Kidd G R , Watson C S , Gygi B 2007 *J. Acoust Soc. Am.* **122** 418
- [19] Wang N 2006 *Master Thesis* (Xi 'an : Northwestern Polytechnical University)(in Chinese) [王 娜 2006 硕士学位论文 (西安 西北工业大学)]
- [20] Wang K , Shamma S A 1995 *IEEE Trans. on Engineering in Medicine and Biology* **14** 186
- [21] Zwicker H E , Fastl H 1999 *Psychoacoustics : facts and models* (Berlin Heidelberg : Springer-Verlag Press)
- [22] Lu Z B , Zhang X H 2004 *Systems Engineering and Electronics* **26** 1081 (in Chinese) [陆振波、章新华 2004 系统工程与电子技术 **26** 1081]
- [23] Chen K A , Ma M , Zhang Y N *et al* 2008 *Acta Acostica* **33** 348 (in Chinese) [陈克安、马 苗、张燕妮 等 2008 声学学报 **33** 348]
- [24] Zheng W 2008 *Master Thesis* (Xi 'an : Northwestern Polytechnical University)(in Chinese) [郑 文 2008 硕士学位论文 (西安 : 西北工业大学)]
- [25] Zheng W 2007 *Audio Engineering* **31** 11 (in Chinese) [郑 文 2007 电声技术 **31** 11]
- [26] Moore B C J , Glasberg B R , Baer T 1997 *J. Audio Eng. Soc.* **45** 224
- [27] Christensen L A , Humes L E 1996 *J. Acoust Soc. Am.* **199** 2307
- [28] Gygi B , Kidd G R , Watson C S 2004 *J. Acoust Soc. Am.* **115** 1252

Investigation on human ear 's capability for identifying non-speech objects *

Chen Ke-An[†] Wang Na Wang Jin-Chang

(College of Marine , Northwestern Polytechnical University , Xi 'an 710072 , China)

(Received 10 October 2008 ; revised manuscript received 14 Novembr 2008)

Abstract

Investigation on human ear's capability receives much attention in auditory science and target automatic recognition. In this paper , the relationship between auditory identification , nature of sound , training level and ambient noise are investigated by the test of subjective auditory capability approach. The test results are as follows : Human ear's capability of identification is dependent on sound spectral structure and it will be better when the signal is of harmonic nature and in steady-state. The identification accuracy , being closely related with sound characteristic , can be improved by training of juries. The auditory identification capability under noise environment lies on sound spectral structure.

Keywords : auditory system , test of subjective auditory , object identification

PACC : 8734 , 4300

* Project supported by the National Natural Science Foundation of China (Grant No. 10574104) and NPU Foundation for Fundamental Research (Grant No. W018104).

[†] E-mail : kachen@nwpu.edu.cn