

聋儿康复用声场测听仪的研究与设计

吴胜举 邓致刚* 蒋渭鑫 付世芳 张明锋 陈 玲

(陕西师范大学声学研究所 西安·710062)

1 前言

国家制定的残疾人三项康复规划中的一项是聋儿康复,而聋儿康复中的一个关键步骤是测量其残余听力,并据此配戴适宜的助听器进行语言训练,从而使聋儿逐步达到聋而不哑,有语言交换的能力。由于聋儿不能像成人那样与医生配合用通常的纯音听力计(戴耳机)完成其听阈测量,目前,聋儿听力检查与测定的有效方法是在室内这个开放的声场中,用扬声器系统发出一定频率的测试声信号,并在视觉信号的配合下完成听阈测量。这种测听方法较耳机测听更接近实际情况,同时在助听器、人工耳蜗及语言训练效果的评价中也具有重要作用。

按照立足国内解决相应测试设备的精神,依据中国聋儿康复研究中心提出的技术要求和功能指标,我们研制了 SCCT—1 型声场测听仪。现将有关研制情况介绍如下。

2 研究与设计中几个问题的探讨

2.1 测听信号的选择

因为是在室内进行测听,若用纯音正弦波信号,则由于反射声的存在会在室内形成驻波,导致声场不均匀,所以需对测听场进行一定的声学处理,即“纯音测听”的方法用于一般室内作声场测听时具有一定的局限

性。

啜音是频率按一定规律在一定范围内变化的正弦信号,与纯音信号相比它有两个优点,其一是由于啜音信号的频率在确定的中心频率附近不断变化,从而克服了受试聋儿对单一频率测试信号的麻疲现象,易于较快完成测量;其二,这时声场中各点声压是各种频率的声波叠加的结果,驻波效应大大减小,使测试声场的声压趋于均匀。因而在声场测听中选择啜音作为测试信号更为适宜。再者,有实验研究表明^[1],用啜音和纯音测得的听阈(戴耳机测量)无显著差异,所以,虽然测试信号是啜音,还是应该称为纯音测听,或等同纯音测听。曾有人称谓用啜音信号测听的设备为自由场测听听力计,虽不尽适宜,但有一定可取之处。

为使啜音的频率偏移(即变化范围)相对于中心频率是对称的,我们选用等边三角波调制正弦波来产生啜音,并确定相应的调制频率和变化率(即频偏)。

2.2 测试频率的确定

GB7341-87《听力计》标准中,对不同使用场合和用途的听力计作了规定^[2]。结合聋儿康复听力测量的实际情况和此仪器除作为听力测定外,还应用于听力筛选的考虑,选定250Hz、500Hz、750Hz、1000Hz、2000Hz、3000Hz、4000Hz、6000Hz 8个频率点,其

* 陕西师范大学电教系

收稿日期:94-3-18;修回日期:94-5-26

中包括了750Hz、3000Hz这两个听力测量的关键点。这些频率点的设置已覆盖听力计关于频率的基本规定，同时，又是语言主要频率范围，适合助听器效果评价。

2.3 关于声场测听仪参考零级的确定

用耳机进行纯音测听的听力零级，国内外已有相应的标准，但对声场测听国内外尚无统一采用的相应零级标准。若干年前，国内有人对声场测听方法进行了研究，并给出

表 1 ISO/R226-1961(E)所给自由声场的最小可听声场声压级(以20μPa为参考)

| 频率(Hz) | 250 | 500 | 750 | 1000 | 2000 | 3000 | 4000 | 6000 |
|---------|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|
| 声压级(dB) | 11 | 6 | 5 | 4 | 1 | -3 | -4 | 5 |

随着我们工作不断深入和国际同种类产品不断引进以及对同类仪器的接触，发现并证明有同我们一样考虑引此标准作为声场测听零级的范例^[4]。

当然，零级确定以后，仪器能够测量的听力级的下限还取决于测试场所的本底噪声。一般地，只要信噪比高于10dB，就可保证测量的准确度。

2.4 关于整机失真度的确定

由于声场测听中是用扬声器作为测听的发声单元，而且电子线路部分的失真一般很容易做到比扬声器发出的声信号的失真小得多，因此整机失真度主要取决于扬声器。根

据GB9399-88《扬声器主要技术参数》中对扬声器失真度的规定，以及对国内扬声器主要生产厂产品的调研，结合该仪器的实际用途，将整机失真度指标定为≤15%。

2.5 仪器用途及功能

作为聋儿测听的最后目的是经过康复训练后让其能听清(大量)语言，而非测试信号。所以，本仪器设有语言测听功能，以评估配戴助听器和语训的效果。

3 仪器方框图及工作原理简介

我们研制的声场测听仪的工作原理方框图如图1所示。

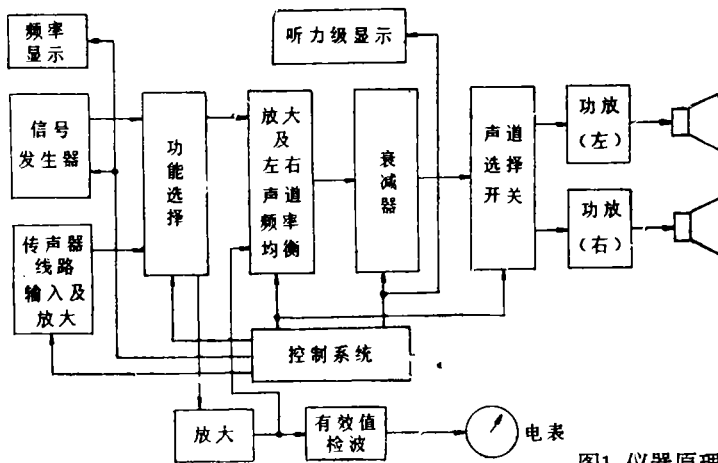


图1 仪器原理框图

信号发生器产生的不同频率的正弦信号、中心频率与该信号相等的啞音信号以及外接传声器与线路输入的信号送往功能选择电路,然后根据测量需要,由“功能选择”器选择其中任一功能信号,经放大、补偿后,再经衰减器、阻断开关、声道选择开关送给功率放大器,最后由扬声器(箱)输出。

放大、补偿电路用以调节系统的放大倍数,以期达到频率补偿,使不同中心频率对应的“声场听力零级”达到规定值。虽然我们推荐使用啞音进行测听,但若测听室经过特殊的声学处理,使室内声场足够均匀,也可选用纯音进行测听。纯音信号还用于校准系统频率及其谐波失真的测量。经听力零级校准后,改变听力级的大小即可对患者的听力进行测量和筛选。

频率和听力级采用数字显示,由低到高或由高到低自由选择。在测试工作中,所有功能的切换都是在控制系统的信号控制下实现的。

控制系统是由各种门控电路组成,作到了不同频率的选择补偿与显示同步,衰减器的切换与听力级显示同步,左右声道的输出选择与对应声道的频率补偿协调。因此,操作简单,使用方便。

4 仪器功能特点及主要技术指标

4.1 仪器功能特点

本仪器符合用户要求,并具有如下特点:

- (1)在声场中进行幼少儿听力测量
- (2)进行幼少儿听力筛选
- (3)配戴助听器效果评价
- (4)测试与评估聋儿语训过程中的语言

可懂度和音节分辨率

4.2 主要技术指标

经有关计量单位测量^[5],我们研制的两

台样机的主要技术参数如下:

(1)听力级测量范围:40~90dB(以ISO/226-1961标准中的最小可听声场声压级为参考零级),以5dB间隔步进分挡。

(2)测量频率

纯音:250Hz、500Hz、750Hz、1000Hz、2000Hz、3000Hz、4000Hz、6000Hz共8个频率,误差 $\leq \pm 3\%$;

啞音:中心频率与相应纯音相同,频偏为 $\pm 10\%$,频偏误差 $\leq \pm 1.5\%$;调制频率为10Hz,误差: $\leq 1.5\text{Hz}$ 。

(3)衰减器的分挡误差: $\leq \pm 1\text{dB}$ 。

(4)以70dB听力级为参考,其他听力级的示值误差 $\leq \pm 3\text{dB}$ 。

(5)放大器频率响应:30~20000Hz范围内 $\leq \pm 0.5\text{dB}$ 。

(6)失真度:电输出 $\leq 3\%$,声输出 $\leq 12\%$ 。

这些参数均达到或优于原设计指标,并符合使用要求。

为进行横向对比,我们将SCCT-1应用到实际测量中,并与国内引进生产的FA-18型听力计进行了对比测量,在相同测量条件下,两种仪器测得的患者听力基本一致,最大偏差不超过2.5dB。这一差别主要是由于两种仪器的测量分辨率不一致及患者对声音强度的主观判断能力前后不一致产生的。FA-18主要是为成人听力测量(用耳机)而设计的,附带有声场测听功能,SCCT-1则是专为在声场中测量聋儿听力而设计的,两者的侧重点不同。

5 总结与致谢

本文扼要介绍了SCCT-1型声场测听仪的研制与设计情况,此仪器的用途及功能符合中国聋儿康复研究中心的基本要求,功能齐全,操作简便灵活。就仪器功能而言可与国外及国内引进生产线生产的同类仪器相媲

美,但价格则仅为它们的1/3。尤其为该仪器确定的声场听力零级采用ISO/R226-1961标准中的最小可听声场声压级,不仅使仪器与扬声器配接时零级调整方便,而且由于此最小可听声场声压级是在大量实验的统计结果,并作为国际标准,因此用它作为声场测听的零级来校准测听仪,其校准结果有了比较的基础和可用性。根据GB7341-87《听力计》中关于“……其它气导源,也可采用扬声器、内插耳机……,还有待建立必要的校准技术”的规定,作者采用此种“零级”是一个初步、有益,并具有一定普遍使用意义的探索。由于ISO标准不一定完全符合我国国情,而且该标准是在自由声场条件下获得的,实际测听场所并不一定是自由声场,再者儿童的听阈也不一定与成人的相同,所以,在声场测听中究竟采用什么样的零级更合适,还有待进一步研究。

该仪器的研制工作得到了中国聋儿康复研究中心程凯同志的有益指导,陕西省残疾人三项康复办公室张明同志给予了很多支持,席梅珠、于辉瑶及管彪等同志也曾给予帮助,在此深表感谢。

参考文献

- 1 范大矩等. 中华耳鼻咽喉科杂志. 1993, 18(3):129~132
- 2 国家标准局. GB7341-87听力计. 中国标准出版社, 1987
- 3 ISO/R226-1961(E) Normal equal-loudness contours for pure tones and normal threshold of hearing under free field listening conditions, 1961
- 4 Interacoustics, Service Manual, Pediatric Free Field Audiometer Model PA2
- 5 广播电视电声计量站/机械电子工业部二〇三计量站, 检定证书, 电声字第93308、93309号。

(书评)

评《近代声学基阵原理及其应用》一书正式出版

在材料的无损评价、石油和地质勘探、医学诊断、水下探测及其他许多科学领域中,为了有效地实现目标的检测和定位,迫切需要改善波束空间方位的分辨率。常规声学基阵是通过一系列换能器的组合可获得人们所希望的波束响应值,而近代声学基阵则是在常规基阵的基础上将布阵理论与信号处理密切结合而发展起来的一个新论题,它能获得高增益、高信噪比的发射或接收波束的响应值,从而提高了基阵的发射功率,有效地改善波束空间方位的分辨率,因而它已成为当代信号与信息处理学科的一个重要分支。袁易全教授等所著《现代声学基阵原理及其应用》一书系统地阐述了现代声学基阵的原理、设计方法及应用实例,并结合介绍了一些当前国际学术动态及最新研究成果,是一部理论联系实际的基础技术专著。该书已于1994年3月由南京大学出版社出版,40万字。全书共十章,包含

六个方面的重要题材和内容:(1)常规基阵(第一章), (2)声参量阵(第二、三章), (3)统计随机基阵(第四、五章), (4)拖曳线列阵(第六章), (5)自适应基阵(第七、八、九章), (6)水下被动定位基阵(第十章)。其中常规基阵是现代基阵的基础,其他五个内容则为五大类现代声学基阵。本书取材新颖,章节安排合理,系统性强,阐述由浅入深,表达流畅,本书既强调基础理论又具有很强的实用性,目前国内尚无类似著作出版,因而此书不仅可作为有关专业研究生的教材,而且对于科研人员和工程技术人员也很有参考价值。作者长期从事超声换能器和声学基阵的教学和研究工作,积多年工作之经验和科研之成果并搜集了国内外在该领域的新进展。本书的问世将对我国的声学教学和科学研究起到重要的推动作用。

南京大学教授、博士生导师 龚秀芬