

听力学基础

东明/陈星/译著

黑龙江出版社

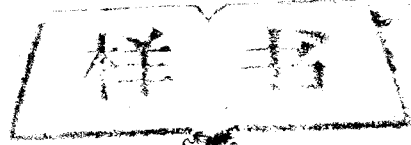
.16

95
R339.16

听 力 学 基 础

W. A. 约斯特 合著
D. W. 尼尔逊

陈 明 陈 星 译著
林敦榕 陈 常 汪小慧 陈 星 校
陈 常 王东曦 审校



福建教育出版社图书资料室



鹭 江 出 版 社



C¹ 090412

〔闽〕新登字08号

听力学基础

陈明 陈星 译著

*

鹭江出版社出版

(厦门市莲花新村观远里19号)

福建省新华书店发行

福建新华印刷厂印刷

开本787×1092毫米 1/32 16.125印张 351插页351千字

1993年11月第1版

1993年11月第1次印刷

印数: 1—2000

ISBN 7-80533-783-7

R·10 定价: 10.00元

听 力 学 基 础

第 二 版

威里阿姆 A·约斯特

巴蒙里听力研究所

罗欧拉 芝加哥大学

冬尼尔德 W·尼尔逊

亨利·赫德医院 底特律

美国CBS学院出版社和Holt R'nehart 以及 Winston
先后在纽约、芝加哥、旧金山、费城、蒙特利尔、多伦多、
伦敦、悉尼、东京、莫斯科、里约热内卢、马德里等地发
行。



翻译说明

20世纪80年代是科学技术迅速发展的时期,随着听觉系统的生理病理研究、电子学的发展以及电子计算机技术的进步,经过各国耳科学家、电生理学家、听力学家的共同努力,听力学已发展成独立的边缘学科,对临床耳科学的发展起了重要的推动作用,但国内有关的专著极少。美国芝加哥大学Parmlly听力研究所 William A. Yost 教授和底特律 Henry Ford 医院的 Donald W. Nielsen 教授合著的《听力学基础》一书是不可多得的听力学理论教科书和入门书,本书为第二版本,已在世界10多个国家和地区发行,颇受欢迎。全书共4个部分,15章,5个附录,并附有符号表等参考资料,还有173张线条图及图片,图文并茂内容丰富新颖,可作为大学生、研究生和耳鼻咽喉科临床医师的教科书和参考书。

本书翻译中名词术语以参考《英汉医学辞典》(上海科技出版社,1981年版)、《英汉耳鼻咽喉科学词汇》(人民卫生出版社,1980年版)、《英华大词典》(修订二版、商务印书馆,1989年版)等字典译名为主,对少见(或无明确译名)者,则于译名后附原文。尽管译校者作了一些努力,但译者才疏学浅,翻译内容难免有遗漏或错误之处,望读者批评指正。

本书系译者1988年8月至12月应瑞典学会邀请访问瑞典时,在哥特堡大学沙格林医院听力学研究室工作期间初步翻译而成,承蒙该研究室主任、瑞典听力学家 Per. Nilsson 博士的热情指导和帮助,回国后进行大量的校对工作,承蒙陈

常研究员和王东曦教授的鼓励和支持，以及国内同仁们的关心和照顾，特此表示衷心感谢。

译者 陈明

1991年3月

序 言

《听力学基础》的第一版序言是作者为迅速发展的听力学而作的简介，深受广大师生和读者的欢迎。自从本书第一版出版七年以来，听力学的发展突飞猛进，由于作者早有修改更新本书的愿望，加之读者热情的鼓励，故写此第二版本。当然撰写第一版的任务是艰难的，本版尤甚。鉴于听力知识十分丰富，若仅就我们所提的目标要撰写一本篇幅短而内容全面的听力学基本知识的教材书来说，那几乎是不可能的。

和第一版一样，首先本书介绍给初学者一些必要的概念和术语，以便为更好地认识听觉过程打下牢固基础。本书尽可能避免对某理论、模式和假定作冗长的论述，但那些已成为听力学的基本概念者例外。同样本书希望只涉及正常听觉过程所必需的基本知识的课题。根据这一宗旨省度其资料是否能提供某些听觉基础知识作为出发点。本书在第二版中删除了第一版本中的某些旧资料，并且补充了一些新资料，希望这种方式能够帮助学生使用本书作为听力学教育的起步。

本书并不打算为初学者提供有关数学、物理学、心理学及解剖学方面的背景知识。但我们已将各种必备的研究耳科学的重要工具资料收录在每一章的“阅读参考”部分及附录中，可能会有助于加深初学者的理解。本版还保留了科目检索专用术语词汇表（根据美国国家标准研究所颁布的术语标准，并附有作者检索的参考资料），本书篇幅不长，足以作为一个学期的课程使用，也可以作为听力学、信息交流、感觉与知觉课程方面的补充材料。

本书包括十五章、五个附录、符号说明表，参考资料和

人名检索、术语和科目检索等。各章都有本章节内容的小结和阅读参考。每章的阅读参考包括有一份题目杂记，这些材料向感兴趣者或水平较高的初学者提供了他们所期望的或应当掌握的附加知识，包括常在该章节中出现的有关实验文献。

作者在写作第二版时，得到许多人的大力帮助，譬如 Loyola 大学 Parmly 听力学研究所的 MariLyn Larson, Sally Thoma, Kitty Knecht, Drs Dick Fay, Toby Dye, Sherly Coombs, Wes Grantham 以及 Bob Lutfi 等专家为本书出谋划策。还有 Bill Yost 和国家科学基金会的 Toyce Meyers, Carol Grant 和 Heather Duncan 等始终关心本书的写作。Diane Hopkins 帮助打字和 Patricia Cornett 帮助编辑，Robert Turner 的指导以及 Herry Ford 医院耳科研究试验室其他同仁的建议等，均对本书帮助很大，对此表示衷心感谢。

我们忘不了国家科学基金会、国家医学科学院（尤其是神经疾病研究所、传染病和中风病研究所、国家职业保健和卫生研究所等）以及耳聋研究基金对听力学研究的大力支持。如果没有许多科学家的努力以及他们所出版的各种刊物的帮助，任何人都无法为一本有关听力学的书提供那么多的内容。

加拿大 Toronto 儿童医院的 Ivan Hunter 和 Richard Mount 所制作的那些精美的照片使得本书第一版独树一帜，从而成为利用扫描电子显微镜 (SEM) 技术制作的照片用于教科书的最早版本之一，在描述听觉系统的复杂结构时，这些照片提供了有力的证据，对此我们十分感激。

近年来，有许多人热情地将他们的评点提供给我们参

考，还提供了其所索取的综述资料，这就使得修订第一版本的工作显得更容易些，同时亦为更清楚地阐述资料提供见识。特别感谢 Lee Yost 的熟练的编辑技巧，才有助于使本书成为一本通俗易懂的教科书。

最后，在编写本书的过程中，对于我们家庭成员所付出的劳动和热心的支持，表示由衷地感谢。

W、A、约斯特

D、W、尼尔逊

目 录

第一章 我们的听觉世界	(1)
一、声音的产生.....	(2)
二、正弦曲线.....	(3)
三、频率.....	(7)
四、起始位相.....	(9)
五、振幅.....	(13)
六、振动.....	(15)
七、小结.....	(17)
八、阅读参考.....	(17)
第二章 声音的传递	(21)
一、声音的传播.....	(21)
二、声压与强度.....	(25)
三、分贝.....	(27)
四、干扰.....	(31)
五、声场.....	(36)
六、小结.....	(39)
七、阅读参考.....	(39)
第三章 复合的刺激	(42)
一、复合的刺激.....	(42)
二、噪声.....	(45)

三、瞬变值	(50)
四、差拍调制和振幅调制	(51)
五、频率调制	(56)
六、小结	(57)
七、阅读参考	(57)
第四章 声音的分析	(59)
一、共鸣器	(59)
二、滤波器	(62)
三、非线性特性	(66)
四、小结	(69)
五、阅读参考	(70)
第五章 外耳和中耳的解剖和生理	(72)
一、外耳的结构	(72)
二、中耳的结构	(74)
三、外耳和中耳的功能	(75)
四、小结	(88)
五、阅读参考	(88)
第六章 内耳结构及其机械反应	(92)
一、内耳的结构	(92)
二、内耳的机械反应	(101)
三、行波是如何刺激毛细细胞的	(109)
四、小结	(111)
五、阅读参考	(111)
第七章 周围听觉神经系统的电生理学	(118)
一、耳蜗电位	(118)
二、声音的回波和耳蜗的发射	(127)
三、听神经的结构	(127)

四、传入听神经纤维的功能	(135)
五、两种声音的抑制	(146)
六、传出神经系统的功能	(147)
七、频率、强度和时间的编码	(149)
八、小结	(151)
九、阅读参考	(152)
第八章 中枢听觉神经系统	(158)
一、中枢听觉通路的解剖学	(158)
二、在中枢听觉系统中单个神经元的反应	(162)
三、双耳的相互作用	(168)
四、听觉皮层	(170)
五、诱发电位	(174)
六、其他技术	(178)
七、小结	(180)
八、阅读参考	(180)
第九章 心理物理学	(183)
一、经典的心理物理学	(184)
二、信号察觉的理论	(191)
三、直接测量	(196)
四、配对的方法	(198)
五、小结	(200)
六、阅读参考	(200)
第十章 听觉灵敏度	(205)
一、听阈	(205)
二、时程	(210)
三、时间整合	(213)
四、不同的敏感性	(215)

五、频率辨别	(216)
六、强度辨别	(218)
七、时间辨别	(220)
八、小结	(221)
九、阅读参考	(221)
第十一章 掩蔽	(227)
一、声音掩蔽	(227)
二、噪声掩蔽	(234)
三、听觉临界带	(236)
四、时间掩蔽	(241)
五、纯音的时间掩蔽	(242)
六、小结	(246)
七、阅读参考	(246)
第十二章 双耳的听力	(250)
一、定位作用	(250)
二、侧向	(258)
三、双耳掩蔽	(263)
四、小结	(267)
五、阅读参考	(267)
第十三章 响度和音调	(270)
一、响度	(270)
二、音调	(274)
三、差音	(280)
四、声音的其他主观属性	(282)
五、小结	(283)
六、阅读参考	(283)
第十四章 噪声	(286)

一、噪声对内耳的作用·····	(286)
二、噪声暴露所引起的听力损失·····	(287)
三、暴露刺激参数对听力损失的影响·····	(292)
四、暴露噪声后的听力恢复·····	(295)
五、听力损失与内耳损伤之间的关系·····	(297)
六、环境噪声对听力的影响·····	(298)
七、避免环境噪声引起的听力损失·····	(300)
八、小结·····	(304)
九、阅读参考·····	(304)
第十五章 听觉训练·····	(307)
一、复合声音的感觉·····	(307)
二、言语·····	(312)
三、听力学和耳科学·····	(316)
四、小结·····	(320)
五、阅读参考·····	(320)
符号一览表·····	(323)
附录A 正弦波和三角学·····	(330)
附录B 对数·····	(339)
附录C 傅利叶分析·····	(347)
附录D 解剖学和组织学·····	(352)
附录E 生理学·····	(362)
参考文献和人名检索·····	(369)
术语和科目的检索·····	(435)

第一章 我们的听觉世界

闭上眼睛，集中精力听一会儿在你周围发生的一切。在听的过程中，你可能注意到多种多样的活动，你的听觉系统可以使你获得大量周围环境的信息。你会注意到有一辆车从远处的街道上开来，一只狗在吠叫，电风扇发出微弱的嗡嗡声，朋友的大声讲话声，你自己的呼吸声以及飘动的衣服摩擦躯体所发出的沙沙声。你所感受到的这些声音变化量就是声压。

人类的听觉系统对无数物体所产生的声音非常敏感，听觉系统所能感受灵敏的压力称为听得到的声音。听觉生理学、解剖学、心理声学、生物化学以及相关的心理学、声学工程学、医学等诸领域的科学家们试图弄清楚听觉系统所能感受到的压力以及通过听觉系统不同部位的工作而获得这种感受的方式。

要想识别我们所听到的东西以及弄明白听觉系统如何工作的问题，需要许多领域的知识，因为听觉系统是非常敏感的，因此，弄清楚能产生声压的物体是很必要的，并研究声压是如何通过空气，从物体传播到听觉系统也是必要的。了解其它物体在产生声压的途径中（例如听觉系统）是如何受声压的影响，和那些物体又如何能改变声压的性质，也是很有用的。我们非常需要了解听觉系统的不同部分（解剖学领域）以及当声压出现时，听觉系统的这些部分是如何工作的（属听觉生理学领域），还必须研究完整的听觉系统对声压的敏感性，也就是说，当我们“听到”时，要认定是什么样

的压力？

为使我们对听觉的理解简单易懂，首先从三个方面开始讨论声音的问题：声音的产生、声音的传播以及声音的分析。一个振动的物体产生声音，声音又被传递到一个物体，而后又被此物体所解析。例如可以考虑用一桶水作试验，其一端装有活塞而另一端则用橡胶膜封闭，把活塞看作产生压力的物体，而水是压力传播的介质，橡胶膜将可提供某些分析，所以采用水桶作为模拟，是因为当声音产生时，可以观察到该系统的所有三个部分的变化。在空气中所发生的变化与在水中所产生的变化是相似的，但并不完全相同，因为它们是不容易观察的，例如活塞的运动将在水桶中产生波纹或波动，而在空气中同一运动将产生气波或空气的波动，但是水波要比空气的波动更容易看得见。

一、声音的产生

声音既可以用心理学的术语，也可以用物理学的术语来下定义。首先考虑物理学的定义：声音是一种能产生听觉的刺激。任何具有惯性和弹性的物体可以产生振动，因此可以产生一种声音。假如“听到”了这种振动，那么声音就是“可以听到的”。振动是物体从空间的一个点向另一个点的运动，而后通常会回到原先的点上。事实上必须对一个物体施加一种力，才能使之产生运动（物体没有受外力时，长久地保持原有状态的性质，则定义为惯性）。把通过这种力使物体产生变形或运动之后，物体回到起始状态的能力定义为弹性。实际上，几乎每一种物体都具有惯性和弹性，因此几乎每一种物体都能引起振动，并能产生声音。

产生声音所需要的振动的类型并没有严格的限制，物体

运动的方式可以是有规则的来回运动或者是完全无规则的运动，完成一个振动周期，有的需要数年，有的却只需要瞬间就完成了，有的物体只运动一次，有的物体可运动数百万次，所有这些振动都能产生声音。对于振动类型的分类法国人Joseph Fourier在描述“热流”的重要定理时，提出任何振动都可归纳为某些称之为正弦振动的特殊振动类型。这些称为Fourier系列的正弦振动，可以用来描述几乎任何任意运动，对此正弦波的推导被称为Fourier分析。

二、正弦曲线

正弦曲线也称为正弦波型，为位移与时间之间的一种特殊的关系，也就是一种特殊的振动（附录A，对正弦波有进一步的详述）。图1.1是一种正弦波的图形，位移简单表示物体移动的距离，正弦曲线表示一个物体在一段时间内作规则来回运动。注意其从起始的位置（位移 $D=0$ ）上升到一

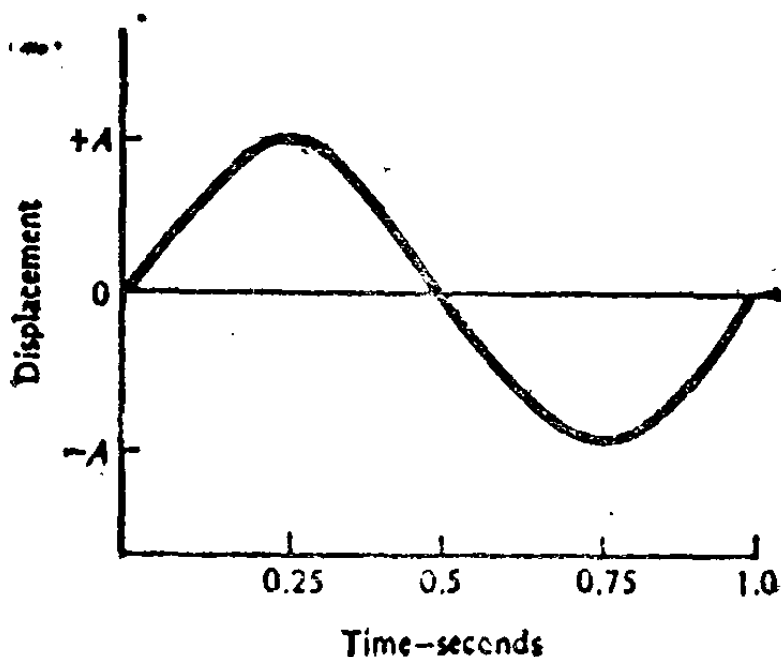


图1.1 位移与时间之间的正弦关系，开始位置在 0° ，其峰值振幅是 $+A$ ；周期为1秒，频率1Hz。