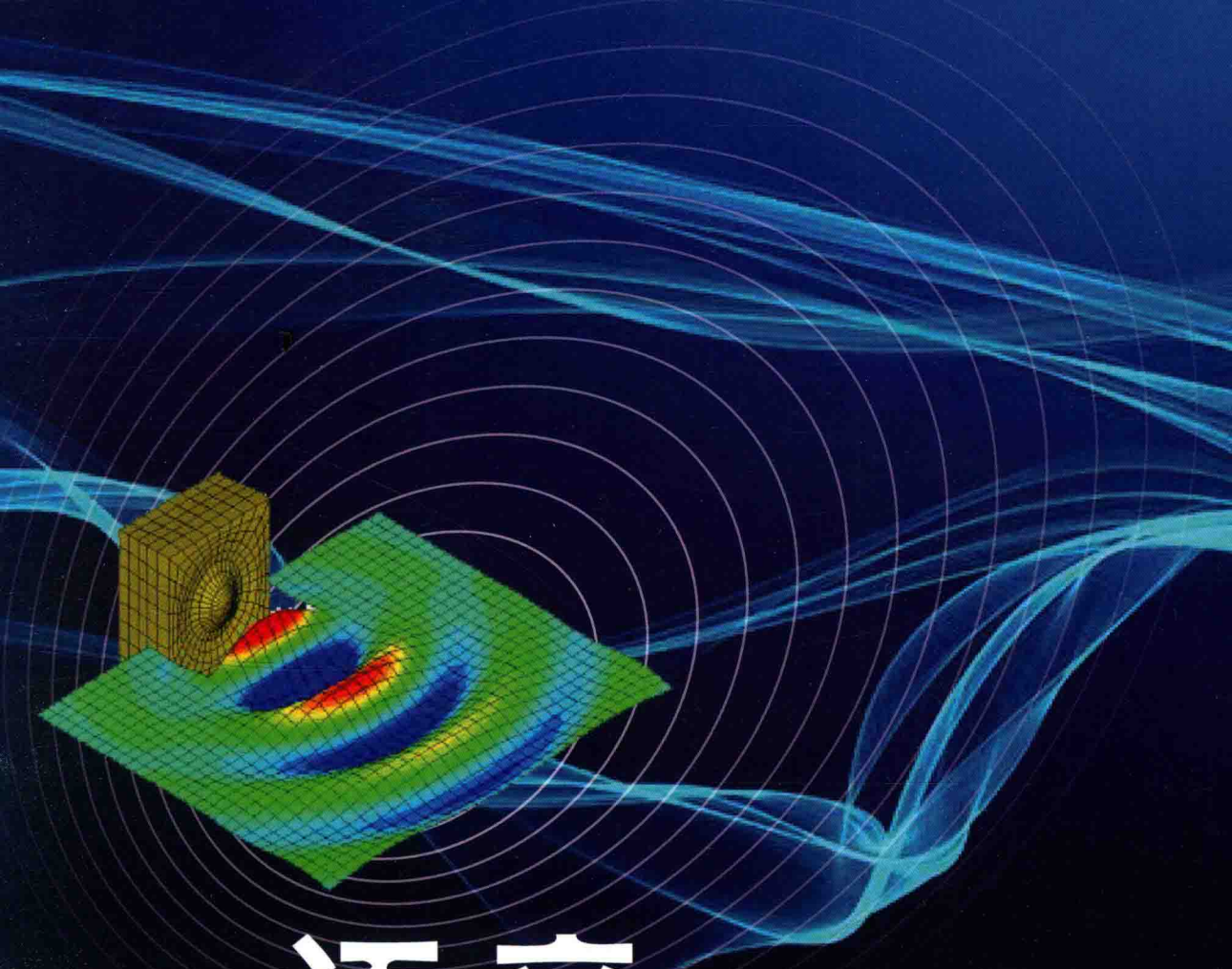




语音

实验技术与应用

于洪志 胡阿旭 李永宏 编著 •



国防工业出版社

National Defense Industry Press

内 容 简 介

本书以讲解目前国内主要的语音实验硬件设备和软件使用方法为主,具体包括喉头仪、口鼻气流气压计、动态电子腭位仪、肌电脑电仪、运动神经分析软件、多维噪音分析软件等。在对每件设备进行详细介绍的同时,以汉语普通话研究的简单实验作为例子,使读者能够快速掌握语音实验的基本流程与方法,为今后开展更深层次的实验语音学研究奠定基础。本书充分考虑多方面读者的不同层次需求,可作为本领域初学者了解实验设备与方法的教材,也可作为语言科学研究的相关人员提供参考。

图书在版编目(CIP)数据

语音实验技术与应用 / 于洪志, 胡阿旭, 李永宏编著.
—北京: 国防工业出版社, 2017. 4
ISBN 978 - 7 - 118 - 10843 - 9

I. ①语… II. ①于… ②胡… ③李… III. ①实验语音学 IV. ①H017

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 125878 号

※

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)

北京京华虎彩印刷有限公司印刷

新华书店经售

*

开本 787 × 1092 1/16 印张 10 字数 220 千字

2017 年 4 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—1500 册 定价 68.00 元

(本书如有印装错误, 我社负责调换)

国防书店: (010) 88540777

发行邮购: (010) 88540776

发行传真: (010) 88540755

发行业务: (010) 88540717

前 言

语音学是一门研究言语过程的学科,主要研究语音的产生、传递和接收过程中的特性及其变化规律,涉及语言学、医学生理、声学、计算机科学、心理学的边缘性科学。语音学主要借助各类仪器来研究语音的产生、语音信号的自然属性,所以早期称它为“仪器语音学”和“实验语音学”。

中国的语音实验的研究可以认为起始于刘复先生 1924 年在北京大学国文系建立“音乐律实验室”,它标志着现代语音学在中国进入了系统科学的研究阶段。刘复先生的《四声实验录》利用浪纹计第一次阐明了基频是声调的物理基础,这是中国学者对世界现代语音学理论的重要贡献。1978 年中国社会科学院语言研究所在语音实验小组的基础上成立语音研究室。1979 年夏美国华裔语言学家王士元(William S-Y. Wang)教授应邀在北京大学讲授实验语音学课程并做“语言的发生”等四次讲座。20 世纪 80 年代国际著名语言学家赵元任先生三次应邀回国作学术演讲并亲自发音录制国际音标。国外的其他华裔语言学家也相继回国作学术报告,这些学术活动对我国语音学的发展起到了推动作用。《汉语普通话单音节语图册》(1986)和《实验语音学概要》(1989)的出版标志着我国的实验语音学已有所发展并逐渐成熟。

随着科学技术的进步和先进仪器的出现,语音学研究正在向借助高端设备进行研究的方向发展。在语音生理研究方面,声带发声研究已采用喉头仪(EGG)、口鼻气流气压计、肌电仪(EMG)、具体的发音研究已采用鼻流计、动态腭位仪器(EPG)、气流气压计(PAS)、唇位图像处理等。本书对国内外主要的实验语音学仪器 and 软件作了基本的介绍,并从不同的角度对其使用方法和研究内容进行了说明,旨在为从事实验语音学研究的初学者提供参考。

在本书的编写过程中,格根塔娜、郭蕾、吕士良、王建斌、方华萍、刘洋等人参与了该书部分章节的撰写,对他们的支持和帮助表示感谢,由于作者的水平所限,难免出现各方面的错误,真诚地希望使用者给我们反馈相关的信息,以便能不断地改进。

作者

目 录

第一章 录音室环境	1
第一节 录音室概况	1
第二节 录音室的建筑设计	2
一、隔声套房整体布局	2
二、隔音室四周墙体及顶面	3
三、隔音室浮筑地板隔振	3
四、隔声门的处理	3
五、隔声窗	4
六、通风消声设计	4
七、线管隔声处理	5
八、照明及供电	5
第三节 隔音室的声学设计	5
一、容积	5
二、隔声量	5
三、吸声系数	6
四、混响时间	6
第二章 语音声学研究	8
第一节 研究概况	8
第二节 汉语普通话元音声学分析	9
一、元音发音特点	9
二、元音生理特征	9
三、元音的共振峰模式	9
四、元音声位图和元音格局图	10
五、舌位高低与共振峰的关系	11
六、汉语普通话基本元音声学特征	11
第三节 汉语普通话辅音声学分析	14
一、辅音的发音特点	14
二、辅音声学特征的基本模式	14
三、噪音起始时间	15
四、过渡音征和音轨理论	16
五、强频集中区	16
六、辅音发音方法的声学特征	17

七、辅音发音部位的声学特征	19
第四节 声调的声学特征	20
一、声调的概念及特点	20
二、声调的计算方法	21
三、汉语普通话声调声学研究	22
第五节 语调的声学特征	23
一、语调的相关概念	23
二、语调的基本理论	23
三、陈述句语调的声学特征	25
四、疑问句语调的声学特征	25
五、祈使句语调的声学特征	27
六、感叹句语调的声学特征	28
第三章 动态电子腭位信号研究	31
第一节 研究概况	31
第二节 动态电子腭位仪硬件操作	32
一、动态电子腭简介	32
二、硬件安装流程	33
第三节 动态电子腭位信号分析软件	34
一、发音人信息和词表录入	34
二、信号采集方法	34
三、视图	36
四、参数设置	37
五、标注	39
六、数据输出	41
第四节 动态腭位信号参数	43
一、接触面积指数	44
二、腭位接触重心	44
三、标准偏差值	45
四、舌腭闭合指数	46
五、聚中性指数	47
第五节 汉语普通话的单辅音动态腭位研究	47
一、塞音	49
二、塞擦音	50
三、擦音	51
四、鼻音	52
五、边音	52
第四章 气流气压信号研究	53
第一节 研究概况	53
第二节 气流气压设备的安装与使用	54

一、PAS 硬件安装	54
二、PAS 手持设备组装	55
第三节 PAS 软件使用	56
一、文件菜单	56
二、编辑菜单	57
三、视图菜单	58
四、播放菜单	58
五、协议菜单	59
六、选项菜单	60
七、窗口菜单	64
第四节 汉语普通话的辅音气流气压信号分析	64
第五章 呼吸信号研究	70
第一节 研究概况	70
第二节 呼吸信号硬件操作	71
第三节 呼吸信号软件使用	72
一、添加计算通道	73
二、采样	73
三、显示	74
四、添加评论	75
五、保存文件	75
第四节 呼吸信号分析	76
一、呼吸生理机制	76
二、呼吸信号采集与计算	77
三、呼吸信号处理平台设计	78
第五节 汉语格律诗呼吸信号分析	80
一、五言绝句	81
二、七言绝句	81
三、五言律诗	82
四、七言律诗	82
第六章 鼻流信号研究	83
第一节 研究概况	83
第二节 鼻流计硬件操作	85
第三节 鼻流计分析软件的使用	85
一、软件界面	85
二、文件菜单	86
三、编辑菜单	87
四、视图菜单	87
五、播放菜单	87
六、分析菜单	88

七、选项菜单	89
八、其他菜单	91
第四节 鼻流参数的提取	92
第五节 汉语普通话鼻音韵尾的鼻流信号研究	94
一、时长分析	95
二、鼻音度分析	96
三、共振峰分析	97
四、韵尾的弱化分析	97
第七章 声门阻抗信号研究	99
第一节 研究概况	99
第二节 电子声门仪操作及分析软件	99
一、声门仪	100
二、声门阻抗信号分析软件	101
第三节 声门阻抗信号分析	102
第四节 汉语普通话元音声门信号研究	103
一、汉语普通话噪音特征分析	103
二、元音噪音参数与舌位变化之间的关系	104
第八章 唇形信号研究	105
第一节 国内外研究现状和进展	105
第二节 唇形分析软件	106
一、文件读取	106
二、设置关键帧	106
三、编辑关键点	106
四、图形显示及文件播放	107
五、保存数据	107
第三节 汉语普通话单元音唇形分析	108
一、汉语普通话唇形特征分析	108
二、汉语普通话唇形参数分析	108
第九章 语音软件	110
第一节 Sona - Match 软件	110
一、Sona - Match 软件特点及注意事项	110
二、Sona - Match 软件具体操作步骤及运用	110
三、Sona - Match 语音信号采集	113
四、Sona - Match 数据信号处理	115
五、Sona - Match 在语音教学中的应用	123
第二节 多维噪音分析软件(MDVP)	126
一、MDVP 测试参数及正常值	126
二、MDVP 噪音声学参数测量	128
三、多维噪音的应用领域	129

第三节 言语运动分析软件 MSP 130

一、MSP 的协议 130

二、MSP 图像说明与参数介绍 131

三、MSP 的各种功能和操作 138

四、运动分析软件在言语生理研究中的应用 143

参考文献 148

4. 消声室

最早用于工业产品的声检测,吸声和隔声效果较好,但成本过高。电声设备厂和家电生产厂以及某些产品质量鉴定单位较多采用,而语言学、语音学的研究单位很少采用。

第二节 录音室的建筑设计

录音室在建筑方面需要考虑承重、隔音室和监控室的整体布局、门窗的隔音处理以及通风和管线的处理等。

一、隔声套房整体布局

为减少外界环境噪声的影响,录音室选择普通教室进行改建,周围是办公室,相对僻静,有良好的隔振、通风、照明和防火设施。录音室由隔音室和监控室组成,隔音室主要能够采集语音、图像、影像等各种语音学相关信号和数据。监控室配备有高性能的计算机、调音台、视频采集系统、传声话筒等控制设备,对信号采集过程进行实时监控。改造前教室原始大小为:9490mm(L) × 6270mm(W) × 2900mm(H),内部有两道高 300mm 的横梁,分割为隔音室和监控室两部分,如图 1.3 所示。为保证建成后隔音室有足够的净空,消声器安装在隔声套房的外侧,在其上部安装进风消声器,横梁下部采用软连接。改造后隔音室内部净空大小为:5600mm(L) × 5100mm(W) × 2400mm(H),为了提高隔声量,在录音室外再加一道 L 型 CA 1A45 钢制隔声—吸声墙,高度为 2600mm,如图 1.4 所示。监控室的大小为 6270mm(L) × 3390mm(W) × 2600mm(H),采用矿棉吸声板吊顶,吊顶高度为 2500 ~ 2600mm。

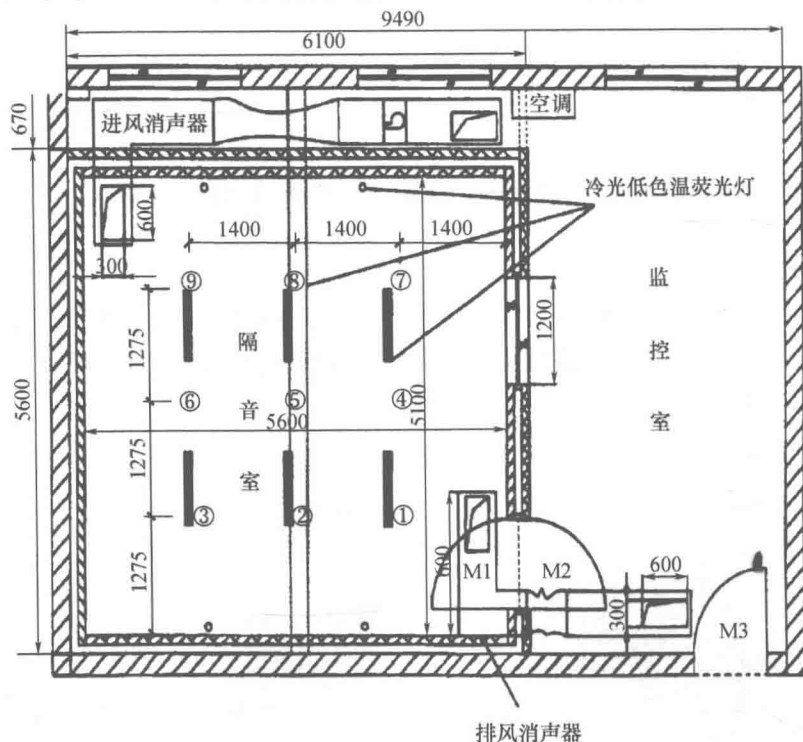


图 1.3 录音室平面图

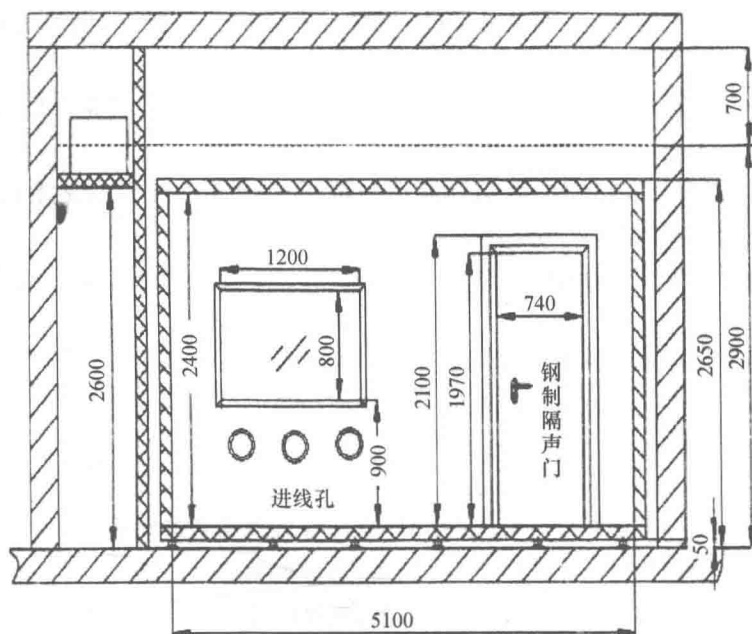


图 1.4 隔音室内部剖面

二、隔音室四周墙体及顶面

隔声套房四周墙体及顶面采用 CA IA45 金属隔声—吸声板,通过专用连接件组成五面体,模块本身为结构支撑件,不需要额外的梁柱结构系统。金属吸声板平均吸声系数(250~2000Hz)大于 0.85,表面强度大,不易燃烧,低维护,长寿命。隔声套房与外墙之间间距为 100mm,套房顶部贴吸声棉,隔音室外墙面力求光滑,以增加对声音的反射。金属隔声—吸声板,厚度为 100mm,宽度为 1000mm,长度可根据需要来确定,外表面完整的钢板为隔声面,内表面穿孔镀锌板为吸声面,穿孔率 > 20,两个面板之间填充吸声及隔声阻尼材料,配进口 FET 环保吸声毡,穿孔板内贴黑色无纺布,防止吸声材料飘散,CA IA45 金属隔声板的隔声量为 45dB。

三、隔音室浮筑地板隔振

录音室在办公楼内,低频振动不严重,加之弹簧隔振器的高度较高,会减小隔音室的净空,所以采用 CA RM-1 橡胶隔振器作为浮筑隔振垫层,该隔振器与录音室套房组成的系统固有频率为 8Hz,对高于 15Hz 的振动有减振作用。具体结构为:CA RM-1 橡胶隔振器安装在作为地梁的槽钢上,铺设在地面,在地梁上铺放 CA II56 金属隔声地板,在地板上安装隔声套房的墙体,整个隔声套房与周围结构没有任何刚性连接,从而切断固体噪声的传递途径。

四、隔声门的处理

门的隔声情况取决于门扇本身的隔声能力和门缝的严密程度,增加门扇的重量(面密度)可提高门的隔声性能,但很重的门开启不便,且门的合页处容易引起下倾而

使门隙增大,影响隔声效果。录音室采用 AD43 钢制平开隔声门,门扇厚度 64mm,具体构造为:

(1) CA AD43 金属隔声门为双道磁密封,磁封条由磁粉压制而成,两道磁封条之间装有吸声海绵,形成小声闸的构造,从而保证了门缝的隔声量。

(2) 门扇下口安装有可调高度的弹性密封带,密封带外表面覆盖耐磨层,在门关闭时,密封带与地面紧密接触,从而达到密封的目的。

(3) CA 隔声门采用不锈钢旋升铰链,门在关闭时门扇处于最低位置,随着门的开启,门扇逐渐提高。

(4) CA 隔声门是通过磁封条自动吸合密封的,开关轻便,而且在关闭状态,门铰链及锁舌均不受力。

五、隔声窗

隔声窗是隔音室与控制室之间的观察窗,窗具有与内墙相近的隔声量,多层窗的隔声性能主要取决于玻璃的厚度和玻璃之间的距离,边框的隔声处理与缝的严密程度。采用 CA 固定式双层钢化玻璃隔声窗,宽度 1m 以上,玻璃间距为 100mm,四周为吸声、隔声构造,用于实时监控和观察。为了避免因简振频率重叠而产生谐振,玻璃与玻璃之间是不平行的,留有 3.5° 的倾斜度。

六、通风消声设计

出于隔声效果的考虑,没有保留供采光和通风用的窗户,通向室外的门也是隔声密闭的。为保证室内具有新鲜的空气及一定的温度,同时避免这些设备引起的噪声,空调设备安装在监控室内,而采用送风方法来实现隔音室的通风及室温调节,空调出风口与隔音室进风口保持一致。隔音室进出风口设在两个端头的对角线上,上送上回,风口截面均为 $600\text{mm} \times 400\text{mm}$,安装有三速可调的低噪声风机和消声器,可保证隔音室 10 次以上换气量。消声器选用 CA VSF 型矩形中低速宽频消声器(插入损失见图 1.5),消声器及风管的外壁均加隔声构造,以防止外界噪声串入消声的管道。实现隔音室在连续通风、空调的状态下正常录音工作,室内温度保持在 $18 \sim 25^\circ\text{C}$,相对湿度为 $40\% \sim 70\%$ 。另外通道不宜设计成直通形状,而是使空气在通道中形成几个弯折,利于吸声、消声。

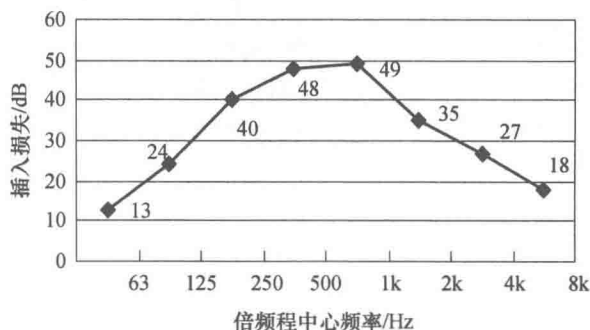


图 1.5 CA VSF 消声器的插入损失

七、线管隔声处理

在隔音室和监控室的隔墙上做3个直径为80mm的穿线孔,根据需要分别走音频线、视频线和其他设备信号线。线管直径为70mm,线管与金属隔声板之间采用硅胶密封。线管在穿线后,采用泡沫橡胶从线管室内外两端分别塞实密封。

八、照明及供电

考虑视频采集的光线效果,隔音室内顶部和四周墙面均匀布置节能灯,另外配备专用的柔光灯设备,不宜用荧光灯,因为镇流器启动或灯管在使用过程中会发出响声,而使隔音室内的环境噪声声压级增高。隔音室照明开关设在声闸门外。电源总控制闸门需细分,照明、插座、空调等均可独立控制。强弱电分开,防止干扰,便于维护更替。

第三节 隔音室的声学设计

隔音室声学设计主要是根据其用途来确定容积大小、隔声量、混响时间、本底噪声等主要指标,在音质上符合声学的基本要求,同时在装饰艺术上要美观大方,最后还要对录音室的各项指标进行测试,以期达到良好的声学效果。

一、容积

考虑两方面问题,一方面隔音室体积大小对音质有着重大的影响,在足够的响度和合适的混响时间条件下,保证均匀的声场扩散,避免小型语言录音室引起的声染色现象。另一方面,应当考虑经济适用,使实验人员有一个相对舒适的环境。对于小隔音室,室内面积不得小于1m×1m,高度不得小于2.2m。根据现场环境,最终确定录音室内部净空尺寸为:5600mm(L)×5100mm(W)×2600mm(H)(1.1:1:0.51)。

二、隔声量

隔声效果是建造隔音室的关键问题,式(1.1)为隔声量或称声衰减计算公式,式(1.2)为隔声量R与声透射系数t之间的关系。

$$R = -42 + 20\lg f + 20\lg M \tag{1.1}$$

$$R = -10\lg t \tag{1.2}$$

式中:R为隔声量(dB);f为声波频率(Hz);M为隔声材料单位面积的质量(kg/m²)。由式(1.2)可知,隔声量R与声波的频率和建筑材料的质量有关。同一堵墙对不同频率声音的隔声效果也不同,为了取得良好的隔声效果,又避免过重、过厚的墙体,一般采用双层CA IA45金属吸声板和CA AD43隔声门,其隔声量如表1.1所示。

表 1.1 金属吸声板和隔声门隔声量/dB

倍频程中心频率/Hz	CA IA45 金属吸声板隔声量/dB	CA AD43 隔声门隔声量/dB
63	27	30
125	30	39
250	32	39

(续)

倍频程中心频率/Hz	CA IA45 金属吸声板隔声量/dB	CA AD43 隔声门隔声量/dB
500	41	45
1000	50	44
2000	59	—
4000	67	—
8000	71	—

三、吸声系数

为了保证隔音室较低的本底噪声和混响时间,室内需要有强吸声材料。材料吸收的声能与入射声能的比值称为吸声系数 α 。不同频率上会有不同的吸声系数。一般使用吸声系数频率特性曲线描述材料在不同频率上的吸声性能。按照 ISO 标准和国家标准,吸声系数的频率范围是 100 ~ 5kHz,其平均值即平均吸声系数,反映了材料总体的吸声性能。平均吸声系数 α 的计算公式如下:

$$\bar{\alpha} = \frac{\sum \alpha_i S_i}{\sum S_i} = \frac{\alpha_1 S_1 + \alpha_2 S_2 + \cdots + \alpha_n S_n}{S}$$

(1.3)

式中: $\alpha_1, \cdots, \alpha_n$ 和 $S_1, \cdots, S_n$ 为分别选用不同的材料吸声系数和材料的使用面积。测量材料吸声系数的方法有混响室法和驻波管法两种。由于实际应用中声音入射都是不规则的,所以工程上常用混响室法测量吸声系数。图 1.6 为混响室法下测得的 IA45 金属隔声—吸声板的吸声系数。吸声系数大于 1 是由测量的实验室条件造成的,理论上任何材料的吸声系数均小于 1。为了保证尽量与实际情况接近,在计算中将吸声系数乘以 0.8。

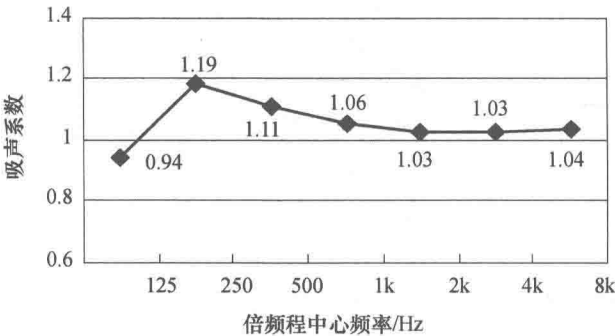


图 1.6 CA IA45 金属隔声—吸声板声学特性

四、混响时间

当声音在室内发出达到稳态之后,突然停止,该声音通过在室内的传播及各界面的吸收,声压级减少 60dB(分贝)所需要时间即为“混响时间”,通常用符号 T_{60} 表示,单位为秒(s)。同一个房间,对不同频率的声音,会有不同的混响时间,这就叫做混响时间频率特性。最早由物理学家赛宾(W. C. Sabine)在 1990 年提出,后来艾润(Eyring)和努特森

(V. O. Knudsen)都进行了修正。赛宾公式是以吸声特性来反映 T_{60} 的,艾润公式则是以反射特性来反映 T_{60} 的,虽然比赛宾公式接近实际了,但它们都没有涉及到空气媒质对声波的吸收问题,为此努特森于 1932 年在艾润公式的基础上做了进一步修正。计算公式如下:

$$T_{60} \approx \frac{-0.161V}{S_a \ln(1 - \bar{\alpha}) - 4mv} \quad (1.4)$$

式中: T_{60} 为混响时间(s); V 为房间容积(m^3); S_a 为房间的总吸声量(m^2); m 为空气对声波的衰减率($1/\text{m}$),当房间较小时 $m = 0.0014$ 。

从上面的计算公式可以看出,混响时间 T_{60} 与容积 V 成正比,与室内表面积成反比,与吸声系数成反比。当 V 和 S 定值后, T_{60} 取决于 $\bar{\alpha}$, 所以通过对室内的吸声材料的选择,就可调整混响时间的长短。语言录音室的混响时间,在中国多采用在 100 ~ 4000Hz 范围内, 0.3 ~ 0.4s 递增的频率特性曲线,或采用 0.4s 平直的频率特性曲线。

第二章 语音声学研究

语音声学反映的是语音发出后在空气中传播的物理特性,包括音色、音高、音强、音长等要素,本章主要对汉语普通话的元音、辅音、声调、语调等进行分析与描述,主要讲解相关研究基础、发音特点、生理特征、声学特征等方面的内容。

第一节 研究概况

语音学是语言学的一个分支,是研究人类语言声音的学科。主要研究语言的发音机制、语音特性和在言谈中的语音变化规律。由于它的研究内容关系到发音动作(生理现象)、声音特性(物理现象)、听感(心理作用)以及不同的民族群体和社会群体各自的语音特点,因此现代语音学的研究需要具备自然科学和社会科学的知识作为基础。目前现代语音学研究范围大体上分为3方面:人的发音机制,包括指挥语言的神经系统、肌肉活动、声带和声腔的发音动作,属于生理语音学;语音发出后在空气中传播的物理特性,包括语音的四要素,即音色、音高、音强、音长,属于声学语音学;语音传入听话人的听官,造成听觉,又通过神经系统来理解等过程,属于感知语音学。这一系列的语音产生过程构成“言语链”。而语音声学的研究作为“言语链”非常重要的一部分,在国内外已经得到了长足的发展,已具备完整的理论体系。

早期的语音声学研究的美国首推美国的斯克里普契尔,1906年他出版了《实验语音学研究》;同时还有卢赛洛,1908年他出版了《实验语音学原理》。这两本书提供了大量的生理实验方法和成果,是现代实验语音学的启蒙著作。大规模的语音声学研究始于20世纪50年代,美国的贝尔实验室、哈斯金斯研究组,瑞典的皇家理工学院言语通信系,英国的爱丁堡大学语音系都做了大量工作,这为后来的语音实验打下了坚实的基础。这一时期的代表人物有美国的弗莱彻、弗拉纳根、拉德福格德,英国的弗赖,瑞典的方特等人。特别是美国的朱斯是较早应用声谱仪来分析语音的一位语言学家。

中国的现代语音学研究可以认为起始于刘复先生于1924年在北京大学国文系建立“语音乐律实验室”,它标志着现代语音学在中国进入了系统科学的研究阶段。刘复先生的《四声实验录》利用浪纹计第一次阐明了基频是声调的物理基础,这是中国学者对世界现代语音学理论的重要贡献。后来周殿福、吴宗济先生又采用了生理的研究方法出版了《普通话发音图谱》。1978年中国社会科学院语言研究所在语音实验小组的基础上成立了语音研究室。同年八九月间中国语音学家第一次出席第九届国际语音科学会议。1979年夏美国华裔语言学家王士元(William S-Y. Wang)教授应邀在北京大学讲授实验语音学课程并作语言的发生等四次讲座。20世纪80年代国际著名语言

学家赵元任先生3次应邀回国作学术演讲并亲自发音录制国际音标。国外的其他华裔语言学家也相继回国作学术报告,这些学术活动对我国语音学的发展起到了推动作用。《汉语普通话单音节语图册》(1986)和《实验语音学概要》(1989)的出版标志着我国的语音声学已逐渐成熟。

第二节 汉语普通话元音声学分析

一、元音发音特点

元音,又称母音,是在发音过程中由气流通过口腔而不受阻碍发出的音,元音有以下发音特征。

- (1) 声带振动,乐音,声音响亮,时程相对较长。
- (2) 气流类型为层流。
- (3) 气流在口腔中是畅通无阻的,不会遇到阻塞后阻碍。
- (4) 口腔腔壁的肌肉均匀紧张。

二、元音生理特征

汉语普通话元音舌位区分的主要标准是,舌位前后、舌位高低(开口度大小)、唇的圆展,这也是世界上所有元音都具有的标准。舌位的高低一般分为7级,依次是:高、次高、半高、中、半低、次低、低。发高元音时舌位就会抬高,而开口度变小,发音不响亮;发低元音时舌位就会变低,而开口度增大,发音就会响亮。

在较为宽松的标音方式中,也可把舌位高低分为四个档次:高、半高、半低、低。高元音:舌位最高时发出的元音叫高元音,汉语普通话里有[i]、[u]、[y]3个高元音单韵母。半高元音:舌位位于高与中之间发出的元音叫做半高元音,汉语普通话里有[o]、[e]这样两个半高元音单韵母。半低元音:舌位位于低与中之间发出的元音叫做半低元音,汉语普通话里有[ai]这样一个半低元音单韵母。低元音:舌位最低时发出的元音叫低元音,汉语普通话里有[a]这个低元音单韵母(见图2.1)。

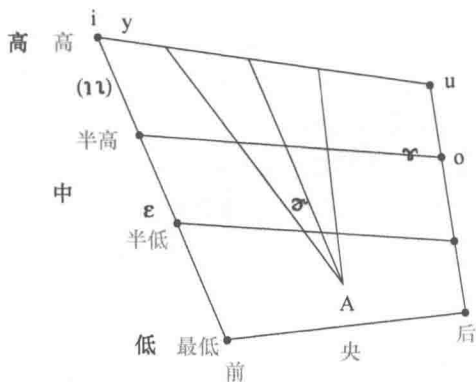


图2.1 汉语普通话单元音舌位图

三、元音的共振峰模式

元音共振峰是元音音质最主要的声学特征,它是由声带振动作为激励源经声腔共鸣形成的,一般简称为F。不同的元音由于形成不同的声腔形状,就会有各自的共振峰。一般提取元音的前3个共振峰F1、F2、F3,尤其头两个对音色的形成起着至关重要的作用,表2.1为各元音前3条共振峰频率。

表 2.1 普通话单元音共振峰数据表(鲍怀翘,1984)

共振峰		元音									
		a	o	e	ai	i	u	y	l(zi)	l(zhi)	er
F1	男	1000	600	600	650	400	400	450	500	450	600
	女	1100	900	700	550	350	350	350	500	500	750
F2	男	1400	1000	1400	2050	2300	700	2200	1500	1700	1500
	女	1500	1300	1450	2400	2900	650	2300	15500	1900	1700
F3	男	2400	2000	2400	2600	3500	—	2500	2600	2400	2000
	女	2600	3000	3200	3000	3500	—	2750	3100	2600	3600

共振峰模式是指每个元音的几个共振峰在频率轴的排列各有其特定的位置,形成自己特有的构型,而所有的元音共振峰排列起来,构成错落有致、排列有序的图形,这就是元音共振峰模式。我们可以通过共振峰的构型,来识别每一个元音。当元音发音的口腔形状改变时,共振峰构型也随之发生变化,图 2.2 是汉语普通话 7 个基本元音共振峰模式图。

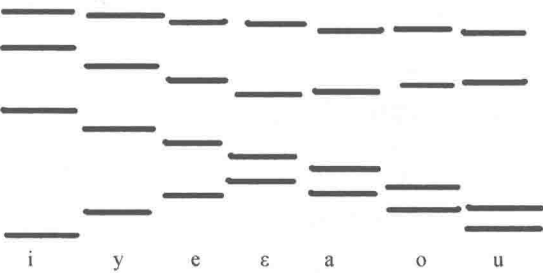


图 2.2 单元音共振峰模式图(鲍怀翘,2004)

四、元音声位图和元音格局图

元音声位图是利用实验测得元音的共振峰频率来绘制的图型,又叫声学元音图。元音声位图是整个声腔共振特性的产物,是客观测量出来的,比传统的元音舌位图要精确得多。元音声位图和生理舌位图在相对位置上大致对应。元音声位图以 F1 为纵坐标,方向朝下,对应于舌位的高低;以 F2 为横坐标,方向朝左,对应于舌位的前后;零点放在右上角上。通过画圈的办法来表示元音的分布范围,用于直观考察同一元音音位内部变体的表现,以及不同元音之间的相对关系。元音格局图的绘制,一般选取元音的第一共振峰(F1)的频率为 y 轴坐标,第二共振峰(F2)的频率为 x 轴坐标,零点放在右上角上。图中各个元音的位置,是每个元音所有样本的共振峰频率平均后得到的。如图 2.3 所示。

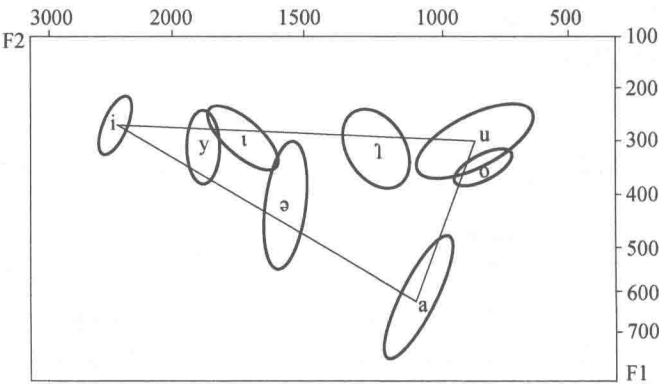


图 2.3 汉语元音声位图