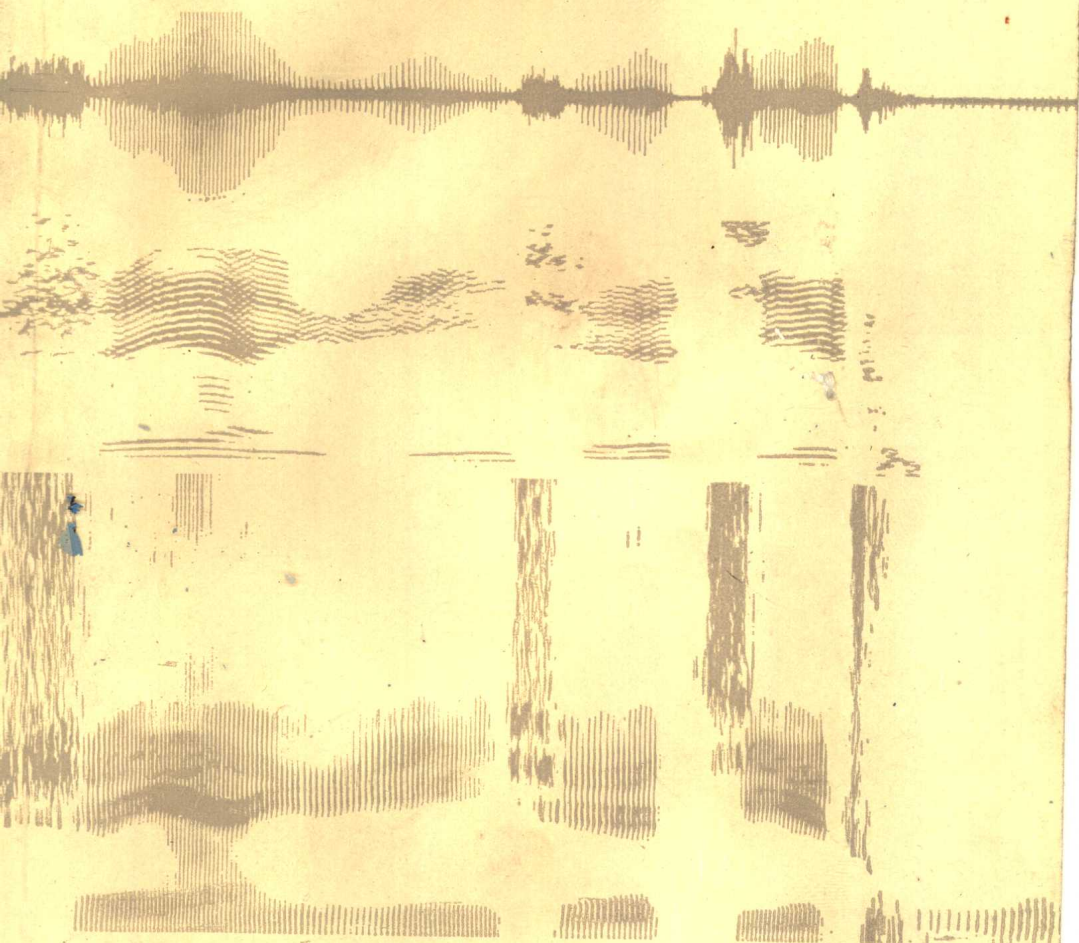


实验语音学基础

朱 川编著



华东师范大学出版社

实 验 语 音 学 基 础

朱 川 编著

华东师范大学出版社

实 验 语 音 学 基 础

朱 川 编著

华东师范大学出版社出版
(上海中山北路 3663 号)

新华书店上海发行所发行 上海市印刷十二厂印刷

开本: 850×1168 1/32 印张: 5.25 字数: 140 千字

1986 年 8 月第一版 , 1986 年 8 月第一次印刷

印数: 1— 3,000 本

统一书号: 7135·155 定价: 1.00 元

吴 序

窃尝谓语音学不可不学，亦不可学。不可不学者，人各具喉舌，熟操话言，无不知言为心声者；然问其语言规律、语音特性之究竟，则能详者百不得一。况今日普通话待推广，国际先进经验待交流，通讯、广播待改进，凡此种种与语言有关者，无不需语音知识为基础。是何可不学！不可学者，自有韵书以来，等韵、切音，图说、歌诀，指南、辨微，无虑百家。建类、拟音，各臻一得。而其间能阐明音理者究属寥寥。昔之业之者，对前人成果之空间及时间问题，既乏科学分析；于人类语音之产生及调制原理，亦无实验证明。以致或如盲者扪象，各执一隅；或竟兀兀穷年，终无所获。学语音而有此诸蔽，不如不学。

近百年来，自国际实验语音之学兴，而多年之积蔽渐扫。益以工具日精，技术日进，尤以挽近语音学与多种学科建立边缘关系者盈百，而以殊方异域之语言调查资料为印证者逾千，驯致眼界日扩，理论日辟。西儒有言：“语音学之于语言，犹数学之于天文、物理”；然则生理、物理、心理诸实验之于语音，不犹望远、显微镜之于天文、医学乎。以是先师罗常培先生早于二十年代之大学讲义中即曾指出：“辨章声理，审音为先。前人操术弗精，工具不备。或蔽于成见，或囿于方音，每致考古功多，审音功浅。自近代语音学兴，而后分析音素，可用音标以济汉字之穷；解决积疑，可资实验以补听官之缺。举凡声韵现象，皆可据生理、物理讲明……”。此言诚真知灼见，已为治语音者之津梁。今之治语言者，无不知治音矣，而治音如不资实验以补口耳之缺，其犹衣敝履决而不思补直者邪。

昔人曾以“驷马难追”喻语音之速，足见但凭口耳以猎语音之难。今日语音实验技术多门，固亦各有局限，视听之间，或生凿枘；

物唯人役，非物役人，况索解未周，尚难尽信。然而实验之理不外用仪器将连续之音流，析成离散之单体。由此从动取静，以静观动，亦犹先哲所谓：“飞鸟之景未尝动也”之义。近代语言学家亦主张将万变之语音，设法“钉住”(pinned down)以资分析研究，此理俱同。近来电子计算机，高速 X 光电影照相，光学纤维喉镜等工具出，已能对稍纵即逝之语音分析裕如；对语音之彼此相关性亦能以数学表达。今兹实验语音学于人类语音，既能驻形于瞬息，更可探迹于声先，且更为现代语言学创立新领域，提出新课题，发展前途正未有艾。国人之奋起直追者日众，已大胜往昔矣。

华东师大朱川同志近年来锐志于斯，尝从予游。每苦索一题，寝馈俱忘；一有所诣，辄有出谷迁莺之乐。鉴于斯道之不徒于语言研究、通讯工程、语病矫治、人工智能等方面日益重要，而于语音教学，尤具析疑抉隐之长，惜至今尚无入门之书以供讲授。爰本其历年教学研究中之积疑，参考传统与近代之学说，应用可得之实验手段，列证申理，成此教材。事例兼赅，图文并贍，用力綦勤，嘉惠初学。曩以稿寄予，乞为补正。予既钦其有成，乐为斟订而归之，更知其将以此为簣土跬步之端，而志于九层千里也。是为序。

一九八六年六月

吴宗济

于补听缺斋

导 言

一、《实验语音学基础》是怎样一门课？

这是一门承上启下的课。同学们在一年级学过《现代汉语》语音。但爱好语音的同学往往感到不满足，会提出种种问题。诸如为什么“a”、“o”、“e”的不同是音色的不同？为什么不同民族的人发音器官完全相同而发音习惯相差很大？为什么制定汉语拼音方案可以用“i”这个字母代表三个不同的韵母？……这些问题超过了现代汉语语音的范畴，涉及到普通语音学和实验语音学、声学语音学的范畴里去了。这几门学科都是语音学的重要门类。为了使同学们将来学习和研究它们时，先有一些基本知识，我们开设了这门《实验语音学基础》，它包括三章。第一章《语音的一般知识》，将介绍普通语音学有关内容；第二章《语音的声学原理》，是讲解与语音有关的声学常识；第三章《语音的实验方法》，介绍及指导大家进行一些重要的语音实验。

二、为什么要研究语音？

由于语言是人类交际和交流思想的工具，因而人类的政治、经济、文化各个领域中都少不了有语言参与。语音也就因此介入了各个领域。据不完全统计，与语音发生联系的学科有一百多门。

从语言领域来说，语音研究有助于语言规范化。研究古代音韵、改革现有文字、进行外语教学都需要研究语音。

从其他领域来看，语音学也有很大的贡献。医学上的噪音矫治，人工喉的研制和使用。文艺领域中如演唱的发声吐字，固然与语音有关，就是作曲也少不了研究语音。地方戏曲的曲调，是

在该地方言字调和语调的基础上加工而成的。不懂得一地的方言，就无法创作那里的地方戏曲。语音研究和工程技术、国防建设和四个现代化也有很大的关系。通讯中语音的传输，军事上的密码破译，电子计算机如何用语音来控制？如何使计算机用有声语言来回答人们的问题？这都牵涉到语音的分析与人工合成的问题。合成与识别语音怎样做到准确、无误？这都是当前语音研究的重要课题。只要我们努力研究，《天方夜谭》中叫一声“芝麻，开门吧！”而石门应声而开的神话是不难成为现实的。

三、怎样研究语音？

语音学一向被认为是“口耳之学”，研究方法不外是自己发音，听辨和比较别人的发音、自己练习发音、教别人发音。随着科学的发展，语音的研究方法也在不断更新和增加。本世纪初，有的语音学家运用音乐的乐谱和物理学仪器来研究语音中的声调，后来，又把医学仪器如X光照相应用到发音器官的研究中来，拍摄X光发音图，将牙科医生的技术应用于语音学中，就成为测定舌腭接触情况的假腭。五十年代，物理上的示波和频谱分析应用于语音研究而成为语图分析，是语音研究中的一大进步。七十年代随着计算机的发展，又为计算机分析与合成语音打开了一个新天地。并把语音的生理、物理、心理研究综合了起来。

语音的研究对象，过去只限于从声带到唇边的一段。现在，逐渐向两端延伸扩展了。往下延伸，扩展到研究声门以下的压力和流速，往另一端则延伸得更多。不仅要研究从唇边辐射的声波是如何在空气中传播的，而且要研究声波是如何被接收的，就是扩展到研究耳的机制以及脑神经在听觉和指挥言语这一系列过程中的反应、指令。这种对研究领域的扩大是由于现代言语工程的需要。例如要用机器来模拟发音，就必须研究声门上下直到唇的活动。而要使机器与人对话，首先要让机器识别语音，就必须对耳及神经活动进行研究。

运用各种实验手段来研究语音，就成为一门新兴的，与物理，生理，心理有一定交叉的边缘学科。在我们这门课里，也不可避免地会与这些学科接触。上课之前有这样的思想准备，对中文系的同学是必要的。

目 录

吴序.....	(1)
导言.....	(1)
第一章 语音的一般知识.....	(1)
第一节 语音的物质基础	(1)
第二节 语音的分类与结合	(13)
第三节 超音质特征	(24)
第四节 音位	(33)
第五节 音变	(41)
第二章 语音的声学原理.....	(52)
第一节 声波	(52)
第二节 声音的要素	(60)
第三节 波的分析	(67)
第四节 共振	(75)
第五节 听觉	(90)
第三章 语音的实验方法.....	(98)
第一节 概说	(98)
第二节 X光分析	(102)
第三节 腭位分析	(107)
第四节 语波分析	(117)
第五节 频谱分析	(126)
第六节 音高分析	(134)
附录：术语表.....	(140)

附 图 目 录

图一 1	喉头构造图	(2)
图一 2	声带的四种状况	(3)
图一 3	声带振动的一个周期	(4)
图一 4	声带周期及开度	(5)
图一 5	声带摄影装置及不同音高时声带开合情况	(5)
图一 6	发音器官图	(6)
图一 7	音叉振动所画出的曲线	(7)
图一 8	由两个纯音合成的复音	(8)
图一 9	音色的形成	(9)
图一 10	人耳简图	(10)
图一 11	人脑左半球与语言有关的中枢	(12)
图一 12 _a	元音四边图	(17)
12 _b	传统的元音四边图和元音三角图	(17)
图一 13	音节界限的研究	(20)
图一 14	“鱼儿(化)”和“鱼儿(儿化)”的比较	(21)
图一 15	不同的音渡	(23)
图一 16	声音的感知	(30)
图一 17	普通话声调调值与元音的关系	(30)
图一 18	等响度线	(32)
图一 19	声调相关模型	(40)
图二 1	音叉发音图	(53)
图二 2	振动质点位置图	(54)
图二 3	质点位置和压强	(55)
图二 4	参考圆	(58)
图二 5	正弦曲线	(59)
图二 6	气压曲线	(59)

图二 7	两个音强不同的音	(60)
图二 8	锯木的实验	(62)
图二 9	两个音高不同的音	(62)
图二10	钢琴、黑管音色的比较	(64)
图二11	几个音素的不同波形	(65)
图二12	几个音素的不同成分	(66)
图二13	由100周、300周分音组成的复波	(68)
图二14	分音频谱	(68)
图二15	不同相位的分音合成	(69)
图二16	相位差	(70)
图二17	阻尼振动	(71)
图二18	不重现波的频谱	(72)
图二19	不同的波及其频谱	(73)
图二20	Joos所分析出的声带波	(74)
图二21	声带波及其频谱	(74)
图二22	辅音频谱	(75)
图二23	共振曲线	(77)
图二24	空气柱的共振	(78)
图二25	元音发音器官及频谱	(80—81)
图二26	用计算机作出的声谱	(82—83)
图二27	八个英语元音的第一和第二共振峰	(84)
图二28	汉语元音及浊辅音共振峰频率	(84)
图二29	元音[e]的频谱	(85)
图二30	共振峰的测算	(86)
图二31	过渡音征谱	(87)
图二32	英语元音声学位置图	(88)
图二33	汉语元音声学位置图	(89)
图二34	人耳感知与频率关系变化图	(91)
图二35	均方根示意图	(93)
图二36	等响度级	(94)
图二37	听觉区域	(96)
图三 1	X光舌位照片	(103)

图三 2	X光电影所反映的上海话“派”的发音过程	(104)
图三 3	[n-]和[-n]的舌位比较	(105)
图三 4	汉、日语元音的比较	(106)
图三 5	上海话“张”“章”韵尾的比较	(106)
图三 6	爱丁堡大学的腭位照相器操作情况	(108)
图三 7	爱丁堡大学的腭位照相实例	(109)
图三 8	两种腭位照相装置的比较	(110)
图三 9	增色法和减色法	(110)
图三10	上腭分区图	(111)
图三11	腭位图样品	(111)
图三12	[u]和[y]的腭位比较	(112)
图三13	“札”、“插”、“沙”的腭位照片	(112)
图三14	“札”和“擦”的两种腭位照片	(113)
图三15	“热”的两种腭位照片	(113)
图三16	“zh”的舌位	(114)
图三17	腭位图的比较	(114)
图三18	口镜入口深度的比较	(115)
图三19	涂料的使用	(116)
图三20	口腔动作的控制	(116)
图三21	浪纹计及其使用	(118)
图三22	声调曲线	(122)
图三23	阴极射线示波器示意图	(124)
图三24	两个词的语波图	(125)
图三25	“配备”的两种语波图	(126)
图三26	普通话元音及辅音频谱示例	(127)
图三27	声谱仪工作原理示意	(128)
图三28	语图仪	(129)
图三29	语图举例	(133)
图三30	音高屏显仪	(136)
图三31	音高音强曲线	(138)

第一章 语音的一般知识

第一节 语音的物质基础

言语的过程如果完整地说，应该包括从说话人口里发出，经过空中传播，最后达到听话人耳中并传导到大脑全部过程。在这一过程中，必然牵涉到人们的发音机制，这是发音的生理基础；其次，还必然牵涉到声波的传播，这是发音的物理基础；最后，还牵涉到听觉机制产生的一系列信息在神经、大脑中的反应和感知，这是语音的心理基础。这三者，便构成了语音产生的物质基础。

一、语音的生理基础

发音器官是语音的生理基础，它是由呼吸器官、喉头、咽头、口腔和鼻腔五个部分组成的。在五个部分中，只有喉头中的声带是一开始就用来发音的，算是专职的发音器官罢，其他则是由呼吸器官、饮食器官来兼任的。这些器官其实并非人所特有，其他动物照样具备。只是由于人在进化过程中解放了它们。（如直立行走解放了双手，而双手分担了原先由口担任的取物、打架等功能，使口得以兼任发音器官的职能。）同时，人的进化又发展了这些器官。（如直立行走使原先处于一直线的喉—咽—口腔形成直角，因而在喉、口之间形成咽腔，加之鼻腔的参与，而形成音色复杂的各种清晰音节。）

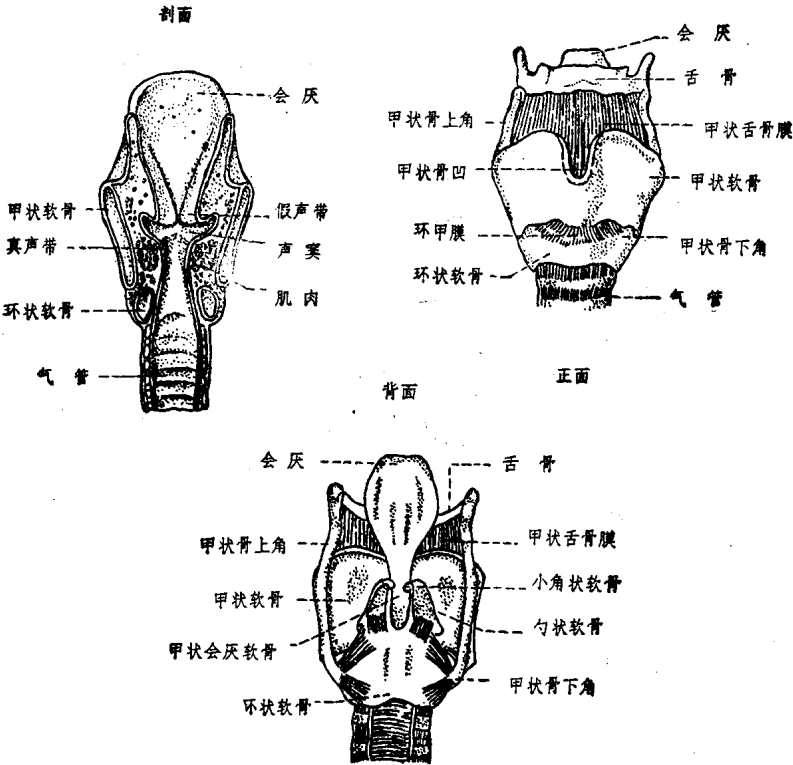
（一）呼吸器官

包括肺、呼吸肌肉和气管。肺对于发音的作用象风琴的风箱一样，是原动力的供应站。不同的是风琴的风箱在拉开和收拢时

作用完全相同，而人们主要在呼气时发音。极少数的吸气音多半用于感叹词。(如啧啧称赞声。表示惊讶或寒冷的“咝”音。)一般语言中很少用到。呼吸对于发音尽管有很大的作用，但并不需要专门训练。只有演员、播音员需要训练用腹式呼吸——横膈膜下降来很快地吸入大量空气，然后再慢慢呼出。其基本原理是开源(多吸)节流(慢呼)以适应艺术表演的特殊需要。这不属于一般语音学讨论的范围。

(二) 喉头

喉头是发音器官中的声源所在。它下接气管、上接咽头，是由软骨组成的一个匣状构造。主要的软骨有四块：甲状软骨(又叫盾

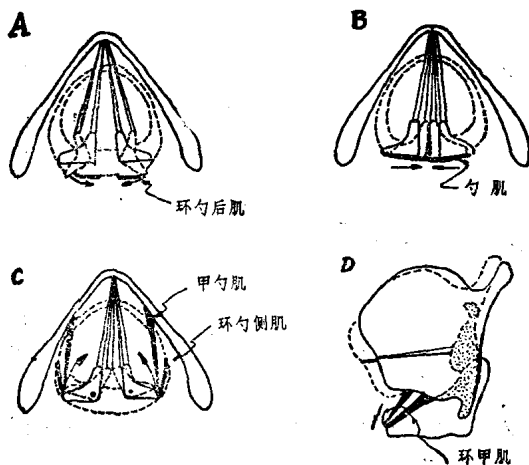


图一1 喉的构造

状软骨)象古代武士的盔甲一般,整体来看是三角形的,左右两片拢成一个尖向喉的前方突出,就是喉结。甲状软骨的下方有一块环状软骨,前低后高,在后边的边缘上有两块勺状软骨。声带一头附着在甲状软骨上,另一头分别附着在两块勺状软骨上。基本构造如图一1所示。

在声带之上,还有一对薄膜,叫做假声带。因为它无法闭拢,所以在发音上一般不起作用。真声带是由肌肉组成的两片有弹性的薄膜,严格地说并不是带子。所以有的语音学家把它叫做“声唇”(vocal lips)。但由于先入为主,约定俗成,现在流行的说法仍是“声带”(vocal bands, vocal cords)或“声索”。声带的长短随性别年龄的不同而有差异。男性少年约为10—14mm,成年约为17—23mm,而妇女约为男性的5/7长。两片声带当中叫“声门”或叫“声门裂”。有的学者把声门分为音声门(或称韧带声门,专指肌肉部分而言)和气声门(或称软骨声门,专指勺状软骨部分而言)。

声带的松紧可以由勺状软骨的动作或者甲状软骨的动作来控制,这些动作都由联结软骨的甲勺肌、环勺后肌、勺横肌、勺斜肌、环勺侧肌、环甲肌来调节。大致说来,声带可以有以下四种状态:



图一2 声带的四种状况

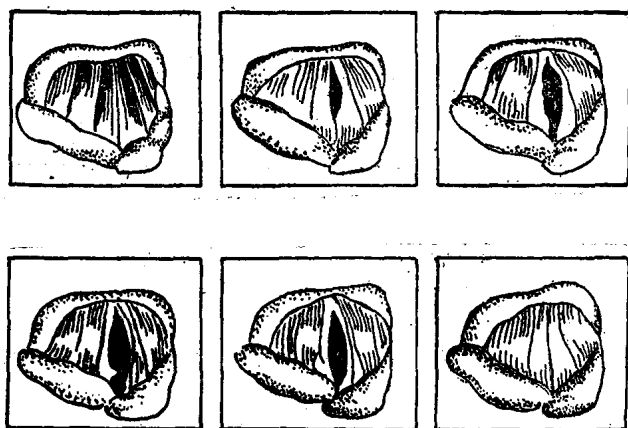
A: 环勺后肌收缩,以环勺关节为支点,声带突向外侧作反向运动。使勺状软骨立起来,声门完全张开,空气自由出入。如自然呼吸。

B: 勺横肌和勺斜肌收缩,勺状软骨并拢,声门闭合,这时如有空气冲开声门,就发出乐音。发元音以及发浊辅音时,声门处于这种状态。

C: 勺肌放松,环勺侧肌及甲勺肌向甲状软骨方向收缩,使勺状软骨前部收缩而后部张开,使韧带声门紧闭而软骨声门开启,耳语时,声门处于这种状态。

D: 如果放松其他肌肉而收缩环甲肌,可以使甲状软骨向前方移动,从而拉长声带。在发高音时,可以起一定的作用。

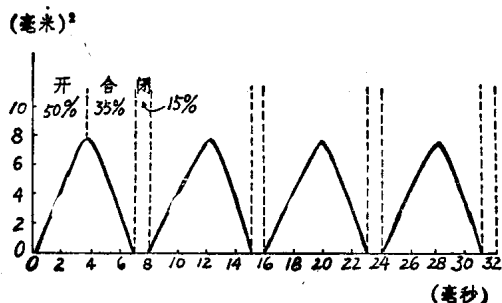
声带振动的方式是周期性的,图一3表现了在 120Hz时声带一



图一3 声带振动的一个周期 (120Hz)

个周期的过程(采自高速摄影照片)。我们可以从照片上看出,开的过程比关的过程时间长。另一点在照片上无法表现,那就是第一和末一张紧闭的图象所占的时间比别的长。因为在一个周期和另一周期之间有间歇。

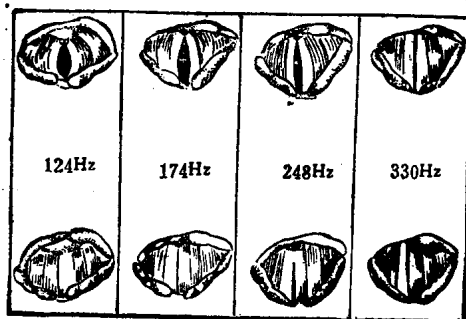
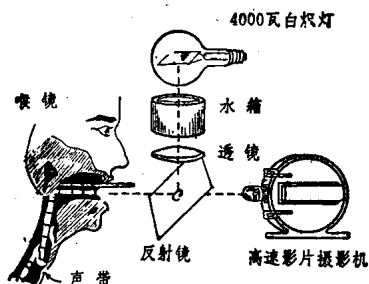
从下面这张图中,我们可以看出这些特征。这是一个 125Hz



图—4 声带周期与开度

的声带波。从横轴看，每一周期是 8 毫秒，但在 7 毫秒时就关闭了，间歇 1 毫秒后再一次打开。从 0(毫米)² 开到最大即接近 8(毫米)² 需要 4 毫秒，占周期的 50%，而关闭只需 3 毫秒，占周期的 35%。

不同的频率时，声带的振动方式也不相同。在低音时，声带



图—5 声带摄影装置及不同音高时声带开合的情况