

Howie, J. M. (1974), On the domain of tones in Mandarin Phonetics 40. pp. 129—148
 Kiriloff, C. (1969), On the auditory perception of tones in Mandarin Phonetics. 20 pp 63—67.

Klatt, D. (1973), Discrimination of fundamental frequency contours in synthetic speech: implications for models of pitch perception. J. A. S. A., 53, pp. 8—16.

Ladefoged, P. and Broadbent, D. E. (1957), Information conveyed by vowels. J. A. S. A., 29, pp. 98—104.

Lieberman, A. M., Harris, K. S., Hoffman, H. S. and Griffith, B. C. (1957), The discrimination of Speech Sounds within and across phoneme boundaries. Journal of Experimental Psychology. 54(5). pp. 358—383.

Martin, S. E. (1957), Problems of hierarchy and indeterminacy in Mandarin phonology 中央研究院历史语言研究所集刊, 29, pp. 209—229.

Mossen, R. B., Engbreton, A. M. and Yemula, N. R. (1973), Indirect assessment of contribution of subglottal air pressure and vocal-cord tension to Changes of fundamental frequency in English. J. A. S. A., 64(1), pp. 65—80

Pisoni, D. B. (1973), Auditory and phonetic memory in the discrimination of consonants and vowels. Perception and Psychophysics 13, pp. 253—260.

Romportal, M. (1953), Zum problem der Tone in Kuo-Yu. Archiv Orientali. Vol 21.

Rose, P. (1984), The role of subglottal pressure and vocal-cord tension in a Chinese dialect. Contemporary China Papers (Ed. by Beverly Hong), 18. Australian National University.

Sagart, L. (1986), Tone production in modern Standard Chinese: an electromyographic investigation. Cahiers de Linguistique Asie Orientale. 15(2), pp. 205—221.

Shen Yao, Chao, C. Y., and Peterson, G. (1961), Some spectrographic light on Mandarin tone-2 and tone-3. The Study of Sound (Ed. by the Phonetic Society of Japan), 9, pp. 265—314.

Shen, Yao (1964), Some experiments on Chinese tone sandhi. Proc. of the 5th Inter. Cong. of Phonetic Sciences. Munster. pp. 525—527.

Shi, Bo and Zhang, Jiahui (1987), Vowel intrinsic pitch in Standard Chinese. Proc of the 11th Inter. Cong. of Phonetic Sciences, Tall. Tallinn Estonia, U. S. S. R.

Studdert-kennedy, M. (1976), The perception of speech, in N. J. Lass (Ed.), Contemporary issues in experimental phonetics, New York: Academic Press, pp. 243—293.

Wang, William S.-Y., & Li, K.-P. (1967), Tone 3 in Pekinese. Journal of speech and Hearing Research. 10, pp. 629—638.

Wood, C. C., Goff, W. R., and Day, R. S. (1971), Auditory evoked potentials during speech perception. Science, 173, pp. 1248—1251

Zhang Jia-tang and Fang Zhi (1983), Some research on the perception of Chinese Speech Sounds, Issues in Cognition. Proceedings of a Joint Conference in Psychology. National Academy of Sciences American Psychological Association. Washington, DC.

第八章 音节和音联

在人类的有声语言里，元音、辅音这样的音段音素并不是单独存在的，而是存在于连续的话语之中。在连续的话语里，音段音素总是结合成更大的语音单元，首先是音节，然后是词（或音节单元）、节奏群、句子等等。本章要讨论的内容，就是在汉语普通话里，较小的语音单元如何结合成较大的语音单元，以及各个语音单元之间如何连接和分界。

8.1 关于音节的定义

音节是音段音素结合在一起构成的最小的语音结构单元。音节是语言学中经常引起争论的问题之一，而争论的焦点往往集中在音节的定义上。许多学者都曾试图给音节下一个简单、明确的定义。有的把音节定义为用一次胸脯发出来的语音单元（如 Stetson, 1928），有的把音节定义为由一个响度峰和几个响度较低的音素组成的语音单元（如 Jesspersen, 1913），有的主张按照各语音发音时调音器官开度的大小来划分音节（如 Saussure, 1922），有的则认为，在说话时每一次声带紧张度或肌肉紧张度的增而复减，就造成一个音节（如 Grammont, 1933）。

但是，这种尝试迄今为止都没有成功，因为即使某一种定义说明了一个或几个语言里与音节有关的现象，可是一碰到另外一些语言就又说不过了。实际上，世界上众多的语言中与音节有关的现象是如此错综复杂，人们几乎无法找到一条具有高度归纳性的简单定义来概括它们的全部。

不过，这决不是说，音节是一种虚构的语音单位。事实上，音节的存在，无论是从音系学上来看，还是从语音学上来看，都是有一定根据的。从音系学上说，有关世界上各种语言的音位配列学资料表明，不同类型的音位（如辅音、元音，阻塞音、响音等）在语流中的排列顺序是有一定的倾向性的。例如，统计资料表明，辅元结构的存在要比其他结构（如元辅结构）的存在更为普遍（Bell and Hooper, 1978）。也就是说，存在着某种或某些关于音位配列的一般规律，这样的规律可以成为音节这样的单元存在的证据。从语音学上说，在一个特定的语言中，音位在音节中的位置可以决定它们的具体实现方式。也就是说，同一个音位可以由它在音节中的位置（前、中、后等）不同而表现为不同的变体。因而可以通过认定特定的音位变体来确定音节的边界所在（Fujiimura and Lovins, 1978；许敏，1986）。另外，言语节奏、言语习得以及言语病理学的研究也为音节的存在提供了一定的证据（Bell and Hooper, 1978）。

下面要讨论的内容，从某种意义上也可以说是为音节存在而提供的进一步的证据。我们将以汉语普通话为对象，从音节的内部结构和音节之间的分合关系两个方面讨论音节在这个特定语言中的具体表现。

8.2 普通话音节的一般结构

在汉语里，除了极个别的例外情形（例如“哇”），每个方块汉字都是一个音节。不过

并不是有多少汉字就有多少音节，因为有许多字是同音的。根据《现代汉语词典》，在汉语普通话里，共有1300多个不同的音节，其中可以单念的音节有1268个。

普通话的音节一般由三个部分构成：声母、韵母和声调。《汉语拼音方案》规定了21个声母、38个韵母以及4种声调。另外，当一个音节里没有辅音声母时，一般都叫做“零”声母。实际上，零声母也是音节的一种起始方式，也有其特定的声学表现。因此，我们要讨论的声母是22个。汉语普通话里所有单念的重读音节（不包括儿化韵）都是由这22个声母、38个韵母和4个声调构成的。如果不计声调，那么由声母和韵母组成的不同音节约有400个。

如果对一个由声母和韵母组成的音节再作分解，就可以分为：声母、介音、主要元音、韵尾，如图8.1所示。并不是每个音节都有这四个部分，有的会缺一部分或几部分。一般说来，除了声母（包括零声母）和主要元音是必不可少的外，其他部分都有可能在某些音节中没有。

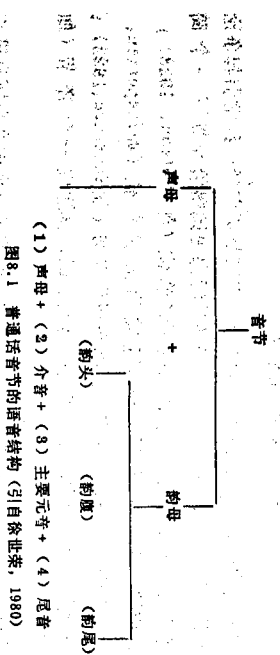


图8.1 普通话音节的语音结构 (引自徐世荣, 1980)

8.3 普通话音节的声学语音学结构框架

以上讲的只是普通语音节的大致结构。在今天的语音学中，我们并不满足于这种粗略的分析，而且要进一步深入到音节的声学语音学结构之中。汉语音系学里所说的声母、韵母以至音位，都是抽象的单位，并没有什么一成不变的声学表现跟它们一一对应。不过我们在频谱图或者波形图上确实能够看到具有明显不同特性的“特征段”，在声学语音学里把它们叫做“特征音段”，参见图版8.1(A)。

特征音段与语音学单位有一定的对应关系，但并不是一一对应的关系。根据普通语音节的特征，我们提出一种普通语音节的声学语音学结构框架，见图8.2。这个结构框架适合于普通语音的所有音节，也就是说，普通话里的任何一个音节都可以装入这个框架。

在这个音节结构框架里，任何一个音节里可能发现的所有分段都按可能出现顺序排列，并注上序号。有的分段同时代表不止一种音段，这是因为在同一时序位置上，不同的音节会有不同的音段。

在结构框架里，1—4段属于声母，6—9段属于韵母，而第5段则既属于声母，又属于韵母。下面先分别讨论结构框架里各分段的基本特征。

8.3.1 第1段——无声段

这一段只是塞音和摩擦音才有。从发音上来看，它是塞音和摩擦音的成阻和持阻阶段，此时声道在某个部位上被完全堵塞，以至肺部的空气无法逸出。从频谱图上来看，它是一段

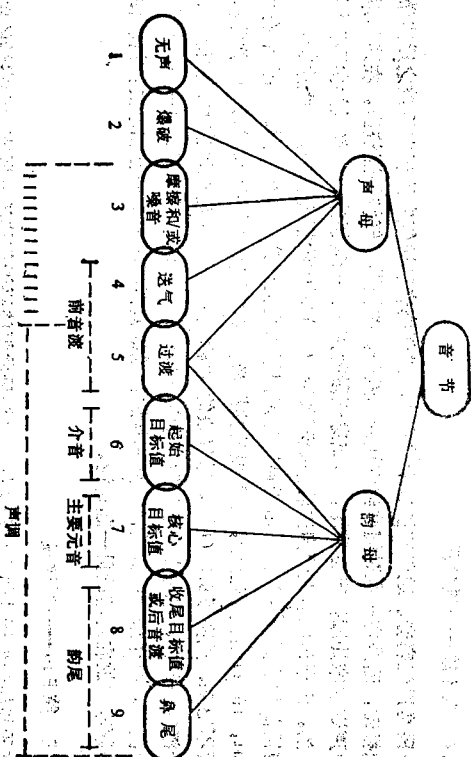


图8.2 普通话音节的声学语音学结构框架

空白，看不出任何频谱纹样。（此处我们不讨论浊塞音和浊摩擦音，因为单念的普通语音节里只有清塞音和清摩擦音。）此段虽无声能，但它的存在对塞音、摩擦音的产生和感知都是至关重要的，可以说，“此时无声胜有声”。参见图版8.1(A)。

8.3.2 第2段——爆破段

这一段也是塞音和摩擦音所特有的。从发音上看，此时声道中的阻塞处突然打开，声道内的压力骤然释放。从频谱图上看，这一段是一个时长很短的脉冲，在图上表现为一条很窄的冲直条，其频率分布常常很宽，其确切时长会随发音部位的不同而变。参见图版8.1(A)。

8.3.3 第3段——摩擦和/或噪音段

这一段对几乎所有的声母都有意义，但对不同的声母来说，此段的发音和声学特性会很不一样。首先看声源。声源有两种，一种是噪声源，它产生于气流急速通过声道某狭窄处时形成的湍流；另一种是摩擦音源，它产生于气流通过声门时带动声带所作的准周期性运动。在普通话里，清声母在此段用的是摩擦音源，浊声母或者只用摩擦音源（边音、鼻音），或者同时使用两种声源（浊擦音）。

在清声母里，噪声源经过声道共鸣后成为具有特定音色的摩擦音，在频谱上表现为无规律的乱纹，但其纵向排列模式与元音共振峰模式有相似之处，只是摩擦音的频谱能量主要集中在高频范围。不同类型的清声母，其摩擦段的时长相差很大，一般说来，擦音最长，塞擦音次之，塞音最短。

在浊声母里，声道在某个部位形成阻塞或阻碍，并常在声道的另一部位开通一条或几条旁路。因此，尽管浊声母和元音一样用的是摩擦音源，它们的频谱模式还是与元音有所不同。最主要的差别就是强度低于元音，见图版8.2(B)、(C)。另外在浊擦音里，同时有摩擦音和噪声两种声源，如果噪声较强，频谱上就同时有类元音共振峰和类擦音摩擦音乱纹。

8.3.4 第4段——送气段

这一段是送气摩擦音、送气塞擦音所特有的。送气摩擦音和送气塞擦音在爆破之后声带并不立即开始振动，而是在一段时间内继续让声门敞开，并让肺部气流快速流出，在声门以及声门之上的声道狭窄处摩擦产生湍流，形成送气段的声源。一般说来，送气段的主要声源位置与特性性与同部位的元音相仿。（由于声道与声门下的会厌部分的耦合较好，因此这时声道的共振峰频率与元音非常相象，只是 F_1 往往很弱，以至于看不出来，见图版8.3(B)。送气段的共振峰频率大部分是动态的，实际上，送气段也是音渡的一部分，也可以把它叫做“清过渡段”，因为它常常和第5段——过渡段一起构成“音渡”。由于送气段的共振峰频率与过渡段的共振峰频率是一脉相承的，清、浊过渡段的共振峰频率将放在过渡段里一起讨论。

8.3.5 第5段——过渡段

过渡段指的是处于声母和韵母之间、跟韵母共振峰平滑衔接的一段高度动态性的浊音段，参见图版8.2(A)。从时间上来看，也可以把这一段划归韵母部分，因为此时声带已开始振动，其共振峰与元音共振峰平滑衔接。但是，音渡作为一个整体不仅包含过渡段，常常同时还包含送气段（在送气辅音中），而音渡对于许多辅音的感知起着决定性的作用，所以，把过渡段划归声母也很合理。为了不在此段的归属问题上纠缠，我们可以认为它同时归属声母和韵母。

过渡段的频谱具有高度的动态性，这是由于辅音除阻后声道的形状迅速向韵母里第一个元音的目标形状过渡。共振峰过渡的起点取决于辅音的发音部位，同部位的辅音具有相似的目标起点。

8.3.6 第6段——起始目标值

这一段大致相当于普通语音学中所说的介音。如果把过渡段划归声母，那么这一段就算是韵母的第一段，所以介音也叫“韵首”。不是所有韵母都有这一段，只有当韵母里含有两个或三个音位，其中第一个音位又是*/i/*、*/u/*或*/y/*时才有介音。因此，普通话里只有*/i/*、*/u/*、*/y/*三个介音。介音的共同特点之一是发音时开口度较小，在声学上表现为 F_1 很低，总能量较弱。见图版8.4(B)、(D)。介音的共同特点之二是非稳态性，它跟第5段相似，具有某种过渡的性质。这种非稳态性主要表现在两个方面，一是无稳定阶段，从头至尾都是在朝向主要元音的目标值即核心目标值波动，二是共振峰起点频率变化范围很大，其确切值往往取决于声母的性质。

8.3.7 第7段——核心目标值

这一段大致相当于普通语音学中所说的主要元音。这一段是每一个韵母里必不可少的，也是绝大多数音节的核心部分。普通话里的所有单元音都可以成为主要元音。每一个元音都有一个或几个典型的目标值，也就是典型的频谱模式。典型目标值并不总是能达到的，一般说来，构成韵母的元音音位越少，主要元音就越接近目标值。如果除了主要元音外还有介音

和/或韵尾，介音和韵尾就会对主要元音产生影响，使之偏离典型目标值。偏离的程度除了跟元音音位的数量有关以外，还取决于主要元音与非主要元音的目标值之差，差越大，偏离越多。主要元音的频谱模式并不总是稳态的，尤其是在真韵母中，在主要元音的位置上常常只能看到急速变化着的共振峰模式。

8.3.8 第8段——收尾目标值或后音渡

当韵母为三合元音时，这一段大致相当于普通语音学中所说的元音性韵尾。元音性韵尾的声学表现跟介音和主要元音相似，只是它们的目标值往往更不容易达到。当韵母为鼻韵母时，这一段就承担着由主要元音向鼻尾过渡的任务。后音渡的性质跟前音渡非常相似，只是它的时长要比前音渡加倍。

8.3.9 第9段——鼻尾段

鼻韵尾是普通话里唯一能出现在音节末尾的辅音。它们的声学特性与声母里的鼻辅音基本相同，不过鼻韵尾有时仅仅表现为对主要元音的鼻化，而不表现为鼻辅音。

8.4 普通话声母的语音结构

声母是普通话音节的起始方式。普通话里的声母可分为6大类：擦音，塞音，塞擦音，边音，鼻音，零声母。

从发音过程上看，声母一般都有成阻——持阻——除阻三个阶段。不同类型的声母，这三个阶段所对应的物理量各不相同。

下面将分类讨论普通话里的声母。

8.4.1 擦音

普通话里有6个擦音：*/f/*、*x/*、*s/*、*ʃ/*、*ʒ/*、*ʒ/*。擦音是由音节结构框架里的第3段——摩擦段和第5段——过渡段构成的。在频谱图上，摩擦音最明显的特征是持续时间较长的噪声频谱。

在讨论擦音时，要弄清两个问题，擦音与其他辅音的区别，各擦音之间的差别。关于前一个问题我们将在讨论塞擦音时再说，现在主要讨论各个擦音之间的差别。

各个擦音之间的差别主要有两个方面，一是摩擦段本身的频谱模式，二是过渡段的共振峰走向。由于音渡问题将在讨论塞音时详细探讨，所以现在只讨论第一个方面——摩擦段的频谱模式。

在摩擦音时，声道在某处收缩，同时气流在肺部的压力下急速流出，在通过收缩处的狭窄时形成湍流，结果产生了噪声源。该噪声源在经过声道（主要是收缩处之外的那部分声道，不过已除外）的共鸣之后便形成了人耳可听到的摩擦声。摩擦段的频谱模式反映了擦音产生时的声源位置和声道形状。不同的擦音有不同的摩擦频谱。下面我们分别讨论普通话里各个擦音的频谱模式。

/f/，这是“发”字里的声母，它是一个唇齿擦音。*/f/*的能量分布在较宽的频率范围内，很少有特别明显的共振峰，能量分布的下限频率较低。由于总能量太弱，在谱图上常常看不出明显的频谱。见图版8.1(B)。

种变体，一种是“思”字和“苏”字里的声母，它是一个舌尖齿擦音。普通话里的/s/有两种变体，一种是不圆唇的[s̺]，另一种是圆唇的[s̠]。圆唇的[s̠]出现在元音/u/之前。不圆唇的[s̺]在频谱图上按能量分布的下限频率很高，一般在4000Hz以上，而主要的频谱能量集中在5000Hz之上。见图版8.1(C)里的/s/。

圆唇的[s̠]与不圆唇的[s̺]在频谱模式上有明显不同。圆唇[s̠]的下限和第一个强频区的频率都比不圆唇[s̺]有所降低，头一个强频区的最低频率可达3500Hz左右。参见图版8.1(C)里的/suei/。

圆唇/s/，这是“师”字和“书”字里的声母，它是一个舌尖后腭擦音，也叫卷舌擦音。跟/s/一样，/s/也有两种变体，即在元音/u/之前/s/也会因为受到同化而圆唇。

典型的不圆唇[s̺]在5000Hz以下一般有两个较明显的强频区，一个是在1700Hz左右，一个是在3000Hz以上，其中第一个强频区大约相当于后接音过渡点处的F₁频率。参看图版8.1(D)里的/sʅ/。

圆唇[s̠]的头两个强频区的位置低于不圆唇的[s̺]，同时有一个从高向低移动的过程，最低频率分别可达1200Hz和3200Hz左右，见图版8.1(D)里的/sʅuan/。

/o/，这是“希”字里的声母，它是一个舌面前硬腭中擦音。普通话的/o/也有两种变体，当后接元音是/y/时，/o/受元音的同化也变成圆唇的[œ]，而当后接元音是/i/时则表为非圆唇的[ɔ]。

典型的非圆唇[ɔ]在5000Hz以下也有两个较明显的强频区，其位置一般相当于后接元音/o/（普通话里/o/后只能跟/i/或/y/）的F₁和F₂，频率约为3000Hz和4000Hz左右，见图版8.1(E)里的/oɪ/。

圆唇的[œ]与圆唇[s̠]和[ø]一样，跟不圆唇的变体相比，强频区频率更低，并且在起始后进一步向低处下移，两个强频区的频率最低时可达2500Hz和3200Hz左右，见图版8.1(E)里的/œʅ/。

“哈”、“喝”、“黑”、“呼”等字里的声母，它是一个舌根软腭擦音。普通话里变体最多的擦音。一般说来，有什么样的后接元音，就有什么样的/x/变体。普通话里的/x/有两种情形，一种是比较典型的[x̺]，即软腭擦音，另一种是接近于[x̠]，即所谓的喉擦音。典型的软腭擦音的主要频谱特性是，在相当于后接元音的F₁处有一个强频区，另外在相当于后接元音的F₂处有一个强频区，见图版8.1(F)。当后接元音为/i/时，第一个强频区往往能量很弱，甚至在频谱图上完全看不出来。当/x/接近于[h]时，则它的频谱特性和送气辅音里送气段的特性相似，只是不象送气段那样具有动态特性。另外，/x/的总能量一般较弱，仅高于/f/。

如果把普通话清擦音按总能量大小从小到大排列，我们就得到这样的序列：/f/、/x/、/s/、/s̺/、/s̠/、/o/。如果将它们按最低强频区的频率从低到高排列，我们会得到这样的序列：/f/、/x/、/s̺/、/s̠/、/o/、/s/。

关于普通话里唯一的一个浊擦音/v/，由于它跟半元音的情形有许多相似之处，我们就把它放到后边跟零声母一起讨论。

8.4.2 塞音

普通话里共有6个塞音，它们是/p、t、k、p'、t'、k'，其中前三个是不送气塞音，

后三个是送气塞音。它们都是清塞音。塞音是由音节结构框架里的第1段——元声段、摩擦段——爆破段、第3段——摩擦段、第4段——送气段和第5段——过渡段构成的。塞音等其他辅音的区别主要有以下几点：

a. 塞音与擦音的区别在于前者有一段无声的间隙，在此期间声道中某处完全堵塞，以至无任何声能产生，频谱上则表现为一段空白区，在间隙之后还有爆破段，此时声道中的堵塞突然打开，压力陡然释放，产生一个或多个脉冲，经过声道的共鸣后在频谱上表现为频带较宽、时域很窄的冲直条。摩擦音也具有类似的特性。擦音则没有无声段和爆破段，因为发声时声道并没有完全堵塞，只是在收紧处产生阻碍，气流从收紧点的狭缝处挤压而出，形成持续的摩擦噪声，经过声道共鸣后在频谱上表现为连续的摩擦频谱，其能量是由弱渐强的。

b. 塞音与摩擦音的区别主要在于摩擦段的时长，摩擦音在爆破之后，声道中的阻塞处并没有立刻就完全打开，而是在一定的时间内仍保持阻碍状态，于是在这段时间里便产生出类似于擦音的噪声频谱。摩擦音的摩擦段时长一般在30—70ms。关于塞音，以往的研究也曾发现，有的塞音，尤其是送气塞音，在爆破之后常常有一段摩擦，然后才是送气段。这种情形在英语、瑞典语等语言里都发现过(Fant, 1969)。在汉语普通话里，情况略有不同，无论是不送气塞音还是送气塞音，大都没有明显的摩擦段。但是，普通话的塞音里在个别情况下也可以观察到这种爆破之后的摩擦，例如/t'/，当它后边的韵母里有/i/介音或以/i/为主要元音时，也常常可以观察到较明显的摩擦迹象。但是塞音里的摩擦段时长总是短于摩擦音，一般不会超过30ms。

塞音的第1段是无声段，在清塞音里这一段无任何声能，在频谱图上表现为一段空白区域。这一段里虽然没有声音，但是它却携带着“塞”这个特征的关键信息。当然，对于单念的音节来说，从频谱图上看不出塞音、摩擦音之前的空白区跟别的声母之前的空白区有任何不同，但是如果一个双音节词里的后一个音节以塞音或摩擦音为声母，那么这个无声段就是必不可少的了，而其他的声母则不会有这一段出现，见图版8.1(A)。

塞音的第二段是爆破段。在这段里，声道中的堵塞部位突然打开，在无声段里集聚的压力迅速释放，产生一个极为短暂的脉冲，并引起声道的共鸣。爆破段的时长在不同的塞音里是不完全一样的，一般地说，它取决于爆破时声道共鸣的响应时间和爆破部位的柔韧性。总的说来，/k、k'/的爆破段最长，而且常常有双爆破或多爆破，在频谱图上表现为有两个冲直条，最长可达30ms，/t、t'/次之，一般在10ms左右，/p、p'/最短，一般不超过10ms。

爆破段在频谱图上表现为冲直条，它的频谱能量分布一般都较宽，其共振峰模式由爆破瞬间声道形状的迅速改变而模糊，且多变异，不过它们的基本特性与发音部位相近的擦音相似。也就是说，塞音爆破段的共振峰模式与擦音摩擦段的共振峰模式大致有如下对应关系：/p、p'——/f/、/t、t'——/o/、/k、k'——/x/。参见图版8.2(A)。

送气段是送气塞音和送气摩擦音里的特征段。送气塞音、摩擦音在爆破和短暂的摩擦之后，声道中的阻塞处完全打开，此时声门亦大开，于是肺部气流大量冲出，由于流速较快，因此在声门处以及声门以上与声道壁发生摩擦，产生出噪声，并经过声道共鸣后形成了所谓的“送气”。由于送气段产生时声道中无特别狭窄处，与发元音时相似，所以送气段的共振峰模式与元音相似，但有两点与元音不同：一是送气段的声源是声道摩擦产生的噪声，所以它的共振峰在频谱图上表现为摩擦乱纹，而不是元音那种由间隔大致相等的短竖杠构成的共

振峰，二是由于在送气段声门大开，因此声门之上的声道与声门下的腔体有一定的耦合作用，这表现在送气段的共振峰比同部位的元音共振峰略有提升。送气段并不总是表现为“清元音”，有时它会跟摩擦音的某些特性非常相象，关于这一点，参见§8.4.3里的讨论。

不同摩擦音之间最重要的区别特征之一是它们的音速。在不送气摩擦音里，音速就是第5段——过渡段，在送气摩擦音里，音速是由第4段——送气段和第5段——过渡段一起构成的。音速的动态特性反映了从摩擦音开始向后面的第一个元音目标值过渡时声道形状变化的动态特性。所以，发音部位不同的摩擦音，音速也不相同。

在讨论音速问题时，我们将不限于讨论摩擦音的音速，还将同时讨论其他辅音的音速。普通话的辅音发音部位可分为5类：(1)唇，如/p、m、f/，(2)齿龈，如/t、n、s/，(3)舌叶后，如/s、ʃ、tʃ/，(4)舌面前，如/ʈ、tʂ、tʃ、tʃʰ、tʃʰʰ/，(5)软腭，如/k、x/。

音速主要表现在头三个共振峰上，下面分别讨论这三个共振峰的音速。

F₁音速：由于辅音除阻后开口度总是从小到大，而元音的F₁频率又与开口度的大小密切相关，所以所有辅音的F₁音速都是从低到高。从理论上计算，F₁最低的起点可达150Hz (Fant, 1969)。参见图版8.2(A)里的所有音节。

F₂音速：由于F₂跟声道收紧点的前后有较高的相关性，所以不同部位的摩擦音F₂音速很不一样：唇音最低，舌面音最高，另外三个发音部位的音速起点频率按以下顺序从低到高排列：软腭音、舌尖后音(卷舌音)、齿龈音。并不是每一个辅音都有一组固定的音速值，而是随后接元音的不同而有多种变体。在频谱图上能够明显看出的是音速的方向。一般来说，唇音几乎在所有的元音之前时，F₂音速都是从低到高的，只是在/u/之前时一般看不出F₂音速的方向，见图版8.2(A)里的/pa/、/pi/、/pu/。齿龈音除了在/i/之前以外，F₂音速一般是从高到低齿龈音在/i/之前的F₂音速一般是从低到高，但比唇音的F₂音速起点要高，见图8.9里的/ta/、/ti/、/tu/。由于软腭音的准确发音部位和口腔的形状受后续元音的影响较大，因此它们的F₂音速比较灵活。一般地说，后续元音的开口度越大，F₂就越高，软腭音的音速就越明显，而开口度较小的元音之前的软腭音无明显的F₂音速。参见图版8.2(A)里的/ka/、/kei/、/ku/。舌尖后音的F₂音速在它们能出现的所有音节里都是从高到低的，只是当它们与部位相同的元音/i/（即“之”字里的元音）相拼时无明显的音速，见图版8.2(B)里的/zi/。由于普通话里的舌面音只能出现在/i、y/之前，而这时元音和辅音的发音部位相同，因此舌面音一般无明显音速。见图版8.1(B)里的/ai/。

F₃音速：有三类音有较明显的F₃音速，这些F₃音速都是从低到高的。一类是在元音/i/之前的唇音和边音/l/，一类是在开口度较大的元音之前的软腭音，最明显的是舌尖后音，即卷舌音。参见图版8.3(A)的各个音节。

在送气摩擦音和送气摩擦音里，音速是由送气段和过渡段两部分构成。由于音速的移动总是先快后慢的，所以音速的主要部分是在送气段里完成的，参见图版8.3(A)里的/ʈʂʰu/。在送气之后的过渡段里，音速的方向常常不很明显。这样从频谱图上识别送气辅音的发音部位有时会有较大困难，因为送气段本身的共振峰常常很模糊，不容易从中判断音速的起点。

8.4.3 摩擦音

普通话里的摩擦音有6个：/s、ʃ、tʂ、tʂʰ、tʃ、tʃʰ/，其中前三个是不送气摩擦音，后三个是送气摩擦音。摩擦音是由音节结构框架里的第1段至第5段构成的。

摩擦音兼有摩擦音和擦音的特性，但又与它们各有差别。摩擦音和擦音一样，有无声段和爆破段，有时还有送气段，跟擦音一样，摩擦音有较长的摩擦段，其频谱模式亦和同部位的擦音相似。摩擦音虽然有无声段，但是它们的无声段时比一般比擦音短(冯隆, 1985)。摩擦音有时有跟擦音一样的爆破，从频谱图上也常常可以看到爆破段的冲直条。见图版8.1(A)里的/ʈʂʰan/。

摩擦音跟擦音以及擦音的主要差别之一，就是摩擦音的时长：摩擦音的摩擦段时长最短，一般都不超过30ms，擦音的摩擦段时长最长，一般都在70ms以上，摩擦音的摩擦段时长居中，一般在30—60ms。

在送气摩擦音里，摩擦段与送气段紧密相连，在频谱上常常很难将两者分开。此时的摩擦音与同部位的擦音颇为相似，不过仍然可以从两个方面把它们区分开来：第一，由于摩擦音的送气段是音速的一部分，因此它的共振峰是随时间变化的，而擦音的共振峰一般是静态的(圆唇化摩擦音除外)，比较图版8.3(B)里的“超”和“烧”。第二，在/ʈʂʰu/、/tʃʰu/、/tʃʰu/这样的音节里，由于元音和辅音几乎是同部位的，所以在送气段声道形状改变很小，同时由于在送气时声道收紧处缝隙仍然很小，结果送气气流造成的摩擦与前面的摩擦段的摩擦在频谱上非常相似，以至完全无法分开。比较图8.11里的“吃”跟“师”。此时它们与同部位的擦音，即/ʈʂʰ、ʃ、tʃ/的差别大大缩小，因为对于单念的孤立音节来说，闭塞间隙无任何特殊标记，而摩擦段本身的冲直条也不是总能看得见的。不过，图版8.3(B)里的/ʈʂʰu/和/ʃu/还是有两个明显的差别，一个就是刚才提到的在摩擦段时长上的差别，另一个则是振幅上的差别。在/ʈʂʰu/里，闭塞后的突然释放造成了能量在很短的时间内迅速达到最高值，这与/ʃu/里摩擦段能量的缓慢增加形成了鲜明的对照。因此，除摩擦段的时长之外，摩擦段振幅变化的动态特性是区别摩擦音和擦音的又一重要标志。

总之，摩擦段的时长和摩擦段振幅的上升时间是摩擦音、擦音同摩擦音之间的主要差别。对于感知来说，摩擦段的时长则是决定性的因素(Hewen, 1979)。

8.4.4 边音

普通话里只有一个边音：/l/。/l/产生时，声带振动，同时舌尖拍向齿龈或硬腭，从正面堵住了声道的通路，但是同时却让舌的一侧或两侧下降，留出了边道，在声道中形成了一个或两个旁路，其结果是在频谱上出现某些零点(如在F₂处)(Fant, 1959)，使附近的共振峰减弱，同时总的能量降低，有时还会出现外加的共振峰。参见图版8.2(B)。

边音/l/是出音节结构框架里的第3段——摩擦音段和第5段——过渡段构成的。/l/的摩擦音段的频谱模式与元音的频谱模式相类似(外加的共振峰和零点都是不很稳定的特征，所以不够可靠)，声源也相同，所以，单靠/l/的摩擦音段是不足以辨认它的。边音/l/的特性音征是它跟后接元音的特殊连接方式以及它的特殊音速。

在边音/l/除阻的一瞬间，舌尖突然下降，声道敞开，开始向第一个元音目标值过渡。由于在除阻的一瞬间里声道的形状突然改变，造成了共振峰模式的突变。这种突变在频谱图上表现为一个共振峰“断层”，断层之后共振峰的位置有明显的位移，其中最明显的突变是F₂的频率突然由低向高跳跃，同时各共振峰的能量猛烈增强，并且在振幅显示上形成一个明显的台阶。见图版8.2(B)。有的时候，在断层处还会看到有爆破冲直条。

在边音/l/产生时，舌尖虽然抬起，但是舌体的其余部分仍有较大的自由，所以在/l/除

阻之前舌体的位置已开始向后接元音的目标值接近, 结果造成*/i/*有多种变体。在普通话里, 几乎*/i/*后边可以跟多少个元音音位, 就有多少个有显著差别的*/i/*变体。边音各变体之间的差别主要在于*F₁*、*F₂*频率的不同, 见图版8.2 (B) 里的*/ai/*、*/iu/*、*/im/*。

边音跟其他辅音一样, 也有音渡。边音音渡的起点是断层右边的共振峰起点, 音渡的终点是后边第一个元音的目标值。边音*/i/*的音渡有两个显著的特点, 一个是音渡的时长较长, 或者可以说是音渡的移动范围较大, 但移动速率较慢, 见图版8.3 (A) 里的*/i:/*。第二个特点是*F₁*音渡的起点较高, 见图版8.3 (A) 里的*/i:/*和图版8.2 (B) 里的*/ai/*和*/iu/*。

8.4.5 鼻音

普通话里可以作为声母的鼻辅音有两个, */m/*和*/n/*。鼻音的产生, 是由于声道的口腔部分在某处受到堵塞, 同时软腭下降, 打开鼻腔通路。由声带振动而产生的浊声源主要经过鼻腔的共鸣之后从鼻孔辐射出来。

鼻音和边音有某些相似之处。从产生过程上来看, 它们和边音一样, 声道中有旁路存在, 只是鼻音里的主要通道是鼻腔, 旁路是口腔。从频谱上看, 鼻音也有类元音共振峰频谱, 与元音相接时共振峰也有断层式过渡, 振幅也有阶跃式变化, 见图版8.2 (C) 里的*/maŋ/*和*/naŋ/*。

鼻音和边音的不同之处有以下几点: (1) 鼻音的能量主要集中在低频区, 尤其是它们*F₁*较强, 而边音的频谱能量分布趋势与元音相似。(2) 鼻音各共振峰的带宽一般都很宽, 这是由于鼻腔阻抗较大所致, 而边音各共振峰的带宽与元音共振峰的带宽相近。(3) 鼻音的能量分布在一定的范围之内比较均匀, 在低、中频区的共振峰数目常常和邻接元音的共振峰数目不同, 而边音的共振峰数目则与邻接元音的共振峰数目大体相当。(4) 鼻音对邻接的元音有鼻化作用。也就是说, 当鼻音除阻以后, 软腭并不是立即上升堵住鼻通道, 而是相对缓慢地上升。在鼻腔与口腔之间的连接通道足够大时, 两个腔体之间就会有耦合作用, 结果使元音带上鼻化音色。鼻化元音的主要特点是, 元音固有的共振峰 (主要是*F₁*) 带宽加宽, 能量减弱; 在元音共振峰之间出现一些外加的共振峰。

关于鼻音段本身固有的共振峰模式, 许多研究得出了一些彼此有较大差别的结果 (Tarnóczy, 1948; Housé, 1957; Jassem, 1961; Fujimura, 1962; 吴宗济, 1964; Painter, 1979), 不过多数研究有一个共同的结论, 就是鼻音有一个较强的*F₁*。我们认为, 鼻音较强的*F₁*以及分布较均匀的的低中频能量 (一般不超过4000Hz) 还有对元音的鼻化作用, 是它们与其他浊辅音的主要区别特征, 而不同鼻音之间的主要区别特征则是它们与元音相连时的音渡。当然, 不同的鼻音之间在共振峰模式上也常常能看出一些差别, 但那并不是区别性特征。鼻音在*F₁*之上的共振峰模式更多地反映的是个人特征, 即人与人之间、因为人的鼻腔形状基本上是固定的。而发鼻音时, 作为旁路的口腔声道 (即舌阻塞后面的口腔部分) 的形状变化, 对鼻腔共鸣的影响是较小的。

最后, 鼻音的音渡跟同部位塞音的音渡是一样的, 即*/m/*——*/p/*, */n/*——*/t/*具有相似的音渡值。

8.4.6 零声母和浊擦音

零声母是特殊的音节起始方式。在普通话里, 零声母指的是那些直接以元音开始的音节

里的声母。“0”声母本来的含意是与有声母相对的“无”声母。不过在单念的普通话单音节里, 零声母往往也有特定的、具有某些辅音特性的起始方式。

普通话里的零声母可以分为两类, 一类是开口呼的零声母, 一类是非开口呼的零声母。非开口呼零声母指的是那些以*/i/*、*/u/*、*/y/*起首的音节里的声母, 而开口呼零声母则出现在以其他元音起首的音节里。

非开口呼零声母有时叫做半元音, 即*[w]*、*[w̥]*、*[ɥ]*。它们有两个特点: (1) 由于半元音达到理想目标值时声道收紧处只留下很小的缝隙, 收紧处后边的腔体的共振峰就被频率相同的零点削弱 (Fant, 1959), 其结果是总能量降低, 尤其是高次共振峰减弱更明显。在频谱上表现为各共振峰, 尤其是高次共振峰强度明显减弱, 同时振幅显示上也可以看出从弱到强缓慢上升的趋势, 见图版8.4 (B)、(D)。(2) 半元音是非稳态音, 除非与相邻元音部位相同, 它们总是从一开始就处于向后边第一个元音目标值的滑动过程之中, 在频谱图上表现为从弱到强连续滑动的共振峰, 见图版8.4 (B)、(D)。

在这里顺便讨论一下浊擦音*/z/*。*/z/*与半元音有一些相似之处, 首先, 它的主要声源是噪音声源, 其次, 它的频谱模式也是被减弱的类元音共振峰模式, 并与后接元音的共振峰平滑衔接。*/z/*与半元音的不同之处就在于它是擦音, 这是从两个方面表现出来的: (1) 在*/z/*的产生过程中, 在声道某部位高度收缩的同时, 外呼气流的流速也相应加快, 以至于在声道收缩处造成摩擦, 在频谱图上表现为迭加在类元音共振峰之上的摩擦乱纹。不过这种摩擦乱纹并不是总能看见的, 更为可靠的音征是第二方面。(2) 擦音都有一段相对稳态的阶段, */z/*也不例外。它与全动态的半元音相反, 一般总是有一段共振峰模式相对静止的阶段, 然后再开始向后接元音的过渡, 见图版8.2 (D) 里的各个音节。

在前边讨论辅音音渡时曾经谈过, 卷舌辅音以较低的*F₁*音渡起点为特征。浊擦音*/z/*则达到了这一特征的理想目标值, *F₁*低到与*F₂*完全重合。实际上, 这正是浊擦音*/z/*的主要特性音征, 见图版8.2 (D)。

开口呼零声母有不止一种情形, 现在分别讨论。

第一种以喉塞开始。喉塞音也是塞音的一种, 也有阻塞和爆破, 只是它的成阻部位是在声道的最下端——声门。不过喉塞音一般没有明显的音渡, 因为声门的阻塞并不妨碍声门以上的声道各部位事先就摆好元音的位置。以喉塞起始的音节有两个主要特征, 一是音节起始时振幅的上升速率很快, 在短时间内振幅便可以达到最高值, 见图版8.4 (C)。这一特征是起始喉塞音的最基本特征。第二个特征是在音节起始处有爆破段, 在频谱图上表现为一条或几条与元音共振峰位置相同的冲直条, 见图版8.4 (C) 里的*/ou/*。

第二种以软腭中通音*[ŋ]*起始。中通音与半元音有些相似, 声道的收缩使共振峰的阻抗增大, 但气流流速并不增加, 所以没有明显的摩擦。以中通音*[ŋ]*起始的音节具有三个主要特征, 一个是音节起始时振幅上升速率很慢, 这一点与喉塞音恰好相反, 另一个是音节起始处高次共振峰明显减弱, 第三个是音节起始处*F₁*很低, 说明此时声道的收紧点很小。见图版8.4 (B) 中的*[ŋv]*。

第三种既无喉塞, 也无中通音, 即所谓直接以元音起始。这种起始方式在练习发音时是可以人为地实现的, 不过在单念的普通话音节里, 这种情形是比较少见的。

8.5 普通话韵母的语音结构

韵母是绝大多数普通话音节的核心部分。从普通话音节结构框架来看,第6段——起始目标值、第7段——核心目标值、第8段——收尾目标值以及第9段——鼻尾段都属于韵母。

普通话里的38个韵母可大致分为三类:

- 单韵母,如/a、i、u/;
- 复韵母,如/ai、iou/;
- 鼻韵母,如/an、aŋ/。

下面将分别讨论这三类韵母。

8.5.1 单韵母

一般说来,普通话的每一个音节里至少有一个元音,当一个音节里只有一个单元音时,在普通语音学中便把这个元音称为主要元音,在我们所用的音节结构框架里,这个主要元音对应于第7段——核心目标值。也就是说,在这样的音节里只有一个元音目标值。

普通话里共有8个单韵母,它们是:/a、i、u、ɤ、ɥ、ɨ、ɻ、o/。其中前6个基本上是稳态元音,即单元音,见图版8.3(C)。最后两个,/ɤ、o/,虽然通常也被归入单韵母里,但是它们的频谱一般都表现出一定的动态特性。

单元音的基本特性可以从它们在任何一个时间点上的频率—幅度谱上表现出来,见图版8.3(D)。根据元音产生的声学理论,在元音的频谱中,可以根据各共振峰的频率和带宽求出各共振峰的强度以至整个频谱包络的形状(Fant, 1956)。由于共振峰带宽变化的范围不大,因此对频谱包络影响最大的是各共振峰的频率值,也叫共振峰模式,即“F-Pattern”。

不同的元音具有不同的共振峰模式,不同的共振峰模式取决于不同元音产生时的不同声道形状。严格说来,声道形状与共振峰模式并不是直接相关的,也就是说,一个共振峰的频率并不是与声道某一部分的形状直接相关,而是声道中任何一部分的形状与所有的共振峰都相关,而任何一个共振峰都与声道的整体形状相关。不过,声道形状与共振峰模式之间的关系还是有一些规律可循的。一般地说,舌收紧点的位置越靠前, F_1 的频率就越高。不过, F_1 频率最高时是整个舌叶都与硬腭靠近的时候,如发/i/时,而不是当舌尖与齿龈最接近的时候,如发/ɨ/时(此时舌的后部也同时抬起)(周殿福、吴宗济, 1963)。声道收紧点的位置越靠后, F_1 就越低。不过, F_1 频率最低时,是当声道收紧点位于口腔上部,如发/u/时,而不是当声道收紧点处于喉腔,如发/a/时。 F_1 的频率值与口腔开口度的大小密切相关,开口度越小, F_1 越低;开口度越大, F_1 越高。 F_2 频率最高时与 F_1 频率最高时声道形状相似,即舌叶靠近硬腭,只是 F_2 最高时收紧点的位置要更靠前一些。 F_3 的频率在两种情形下有明显的降低,一种是当圆唇时,如发/ɤ/时,另一种是在发卷舌音,如/ɻ/时,以发卷舌音时为最低。在这两种情形下, F_2 都与 F_1 很接近,在频谱图上有时二者完全重合。最后,圆唇能使所有的共振峰都降低,尤其是对 F_2 、 F_3 的作用最明显(Fant, 1959)。

前边我们曾谈到,元音的频谱包络形状主要取决于共振峰模式,即各共振峰的频率,从另一个方面来说,了解共振峰模式与频谱包络的关系对于我们考察元音的频谱是很有帮助的。根据言语产生的声学理论, F_1 频率的高低与频谱总能量的大小直接相关; F_1 频率每升

高一个音阶(一个八音度), F_1 以上的频谱在各个频率处的能量都会提高12dB,相邻共振峰之间的距离与它们的能量密切相关,两个相邻的共振峰之间的距离如果缩短一半,那么它们各自的能量就会增加6dB(Fant, 1959)。根据这两个关系,在同等条件下,如果一个元音的总能量很强,那它的 F_1 一定较高,也就是说这个元音的开口度一定较大。这时,如果在它的频谱图上发现低频区的能量集中(如400Hz左右)有类似于共振峰的能量出现,那么我们可以判定,这个低频区的能量集中不是一个共振峰,例如图版8.3(C)、(D)里的/a/。如果在频谱图上发现某一个频率区域的能量特别强,但是从图上却很难看出该区域有两个共振峰,这时我们仍然可以根据上面讲到的第二条关系判定,这个频率区域的能量集中是由两个相距很近的共振峰造成的。见图版8.3C、D里的/ɨ/和/ɻ/。

下面我们简要介绍一下普通话里各个单元音的频谱特性。

/a/: 普通话里作为单韵母的/a/一般用国际音标里的[ɑ]来代表它的实际音值。它的 F_1 是所有元音中最高的,一般男声[ɑ]的 F_1 都在850Hz以上,这反映了发音时开口度很大。正如前边所说, F_1 最高的[ɑ]在元音中是音强最高的。[ɑ]的 F_2 与 F_1 比较接近,在男声中一般为1300Hz左右,在频谱图上,[ɑ]的 F_2 两个共振峰常常紧靠在一起,有时甚至很难分开。男声[ɑ]的 F_3 一般在2600Hz左右。

/i/: 这个音有两个较强的频谱重心,一个是在低频区,即 F_1 处,在300Hz以下,说明它是一个开口度很小的元音。另一个频谱重心是在高频区,在那里 F_2 (一般都在3000Hz以上)与 F_1 (3500Hz左右)组成一个能量较强的区域。/i/的 F_2 (2300Hz左右)由于距 F_1 和 F_3 都较远,因此能量一般较弱。

/u/: 它的频谱特征是有个很低的频谱重心,这是由于它的 F_1 和 F_2 都很低,前者通常为350Hz左右,后者通常为650Hz左右。由于/u/的主要能量都集中在低频区,所以它的 F_3 以至更高的共振峰通常在频谱上显示不出来。

/ɤ/: 这个音在发音上与/i/很相近,唯一的不同之处是,它是一个圆唇音。圆唇的声学效应是使所有的共振峰,尤其是高次共振峰的频率降低。/ɤ/的 F_1 与/i/的 F_1 相差不大,但它的 F_2 比/i/的 F_2 至少低200Hz,而 F_3 则要低500Hz以上。由于 F_2 大大降低,并且与 F_1 靠近,结果/ɤ/在高频部分的重心落在了 F_2 、 F_3 区域,使这个在发音上与/i/相近的音在听感上与/i/相去甚远。

/ɨ/: 这是一个舌尖前元音,它只能在声母/ts、tɕ、s/之后出现,是汉语中特有的元音。/ɨ/的 F_1 稍高,通常在400Hz左右,它的 F_2 与[ɑ]的 F_2 相似,它的 F_3 在2700Hz左右。由于/i/的三个共振峰分布较均匀,所以在频谱上表现不出有明显的频谱重心。

/ɻ/: 这是一个舌尖后元音,也叫卷舌元音,它只出现在声母/tɕ、tɕʰ、ʂ、ʂ/之后。/ɻ/的主要特点是它的 F_2 极低,通常低于2000Hz,而它的 F_3 一般在1600Hz左右,结果这两个共振峰靠得很近,构成一个较强的频谱重心。正是这一特征造成了卷舌元音/ɻ/的特有音色。

在普通语音学里,一般都把普通话里的/ɤ/和/o/ (即“哥”和“波”里的元音)称为单元音(当然,这样划分从音位分类的角度来看是有一定的理由的)。不过,这两个元音的动态频谱表明,它们并不是稳态的元音,而是都有一定的动程,见图版8.4(A)。/ɤ/的动态变化主要是 F_1 频率从低向高升,这反映了发音时开口度是由小向大变化的。/o/的动态变化则是 F_1 和 F_2 同时由低渐向高升,这反映了发音时开口度由小变大,同时圆唇度也逐渐变小。

8.5.2 复韵母

复韵母是由二合元音或三合元音构成的韵母。普通话的复韵母包括9个二合元音：/ai、ei、ao、ou、ua、ie、ue、uo、ye/和4个三合元音：/iao、iou、uai、uei/。另外还有一个/er/（“二”字里的韵母）实际上也是复韵母。

在二合元音中，/ia、ua、uo、ie、ye/是后响二合元音，因为它们的开口度都是从小到大的，因而响度也都是从小到大的。后响二合元音里的第一个音位通常叫介音，它们对应于我们的音节结构框架里的第6段——起始目标值，后响元音里的第二个音位通常叫主要元音，它们对应于音节结构框架里的第7段——核心目标值。后响二合元音的特点是前后两个音位之间的相互影响较小，各自的实际音值都与目标值很接近，见图版8.4 (C)。

二合元音中的/ai、ao、ei、ou/以及/er/是前响二合元音。这类二合元音里的第一个音位通常叫主要元音，它们对应于音节结构框架里的第7段——核心目标值，这类二合元音的第二个音位通常叫元音性韵尾，它们对应于音节结构框架里的第8段——收尾目标值。前响二合元音的特点是前后两个音位之间的相互影响较大，各自的实际音值都与目标值有较大的差异，见图版8.4 (C)。

三合元音里的第一个音位都是介音，第二个音位是主要元音，第三个音位是元音性韵尾，它们分别对应于音节结构框架里的第6、7、8段。在三合元音里，后两个音位之间的相互影响较大，而它们与第一个音位，即介音之间的相互影响较小，见图版8.4 (D)。

从频谱图上看，普通话复韵母的共振峰模式表现出明显的动态性，即各共振峰的频率都处于连续不断的变化之中，从一个音位向另一个音位变动，而每一个音位都或多或少地偏离了各自的理想目标值。决定偏离程度的有关因素有：(1) 介音与主要元音之间的相互影响较小，(2) 相邻音位理想目标值之间的差越大，偏离越多。由于复韵母中各音位之间的相互影响，每个复韵母都形成了各自特定的共振峰动态模式，见图版8.4 (C)、(D)。熟悉这些模式将有助于我们掌握普通话复韵母的基本特性。

8.5.3 鼻韵母

鼻韵母是以鼻辅音/n/或/ŋ/收尾的韵母，它们实际上是一类特殊的复韵母。普通话里共有16个鼻韵母，它们是

an	ian	uan	yan
en	in	uen	yn
aŋ	iaŋ	uaŋ	
eŋ	iŋ	ueŋ	
oŋ	ioŋ		

鼻韵母通常由两部分组成，元音部分和尾音部分。下面分别讨论这两个部分。

鼻韵母中的元音部分含有音节结构框架里的第6段——起始目标值、第7段——核心目标值和第8段——后音渡。起始目标值对应于那些含有两个元音音位的鼻韵母里的第一个音位，也就是介音；核心目标值对应于鼻韵母里鼻尾之前的那个音位，即主要元音；后音渡则是指鼻韵母里主要元音与鼻尾之间的过渡部分。

鼻韵母里的介音与普通复韵母里的介音具有相似的特性，但是有一点不同，这就是在鼻

韵母里介音对主要元音有较大的影响，见图版8.5 (C)。

鼻韵母里的主要元音受到鼻尾的一定影响，例如在齿龈鼻音/n/和软腭鼻音/ŋ/的不同影响下，/an/、/en/里的主要元音和/aŋ/、/eŋ/里的主要元音的 F_1 频率略有不同，前者偏高，后者偏低，见图版8.5 (B)。在有介音的鼻韵母中，主要元音则受到介音和鼻尾的双重影响，试比较图版8.5 (C) 里音位/a/在/ian/、/iaŋ/、/uan/、/uaŋ/里的不同表现。

鼻尾不仅对主要元音本身的共振峰模式产生影响，它还使主要元音与它的连接处出现一个过渡段，也就是后音渡。后音渡是频谱图上鼻尾之前的一段呈现出明显动态特性的共振峰模式，见图版8.5 (B)、(C)。显然，向/n/的过渡和向/ŋ/的过渡是截然不同的，前者的 F_1 和 F_2 是趋向分开的 (/in/、/yn/除外)，后者的 F_1 和 F_2 则趋向于保持平行。显然，后音渡与同部位声母的前音渡是相似的，不同的只是后音渡的时长更长一些。

鼻韵母里的元音在鼻尾的影响下有明显的鼻化。在频谱图上，鼻化主要表现为：元音固有的共振峰带宽加宽，能量减弱，在原有的元音共振峰之外出现外加的共振峰。元音鼻化是普通话鼻韵母的必要特征，正如我们在后面将要谈到的，鼻韵母的鼻尾在许多情况下是会脱落的，这个时候，所谓“鼻音音色”就全部靠元音的鼻化来体现了。

鼻韵母里的鼻尾是在音节收尾处的鼻辅音/n/和/ŋ/，它们是普通话里唯一能出现在音节末尾的辅音。在我们的音节结构框架里，鼻尾是第9段，也就是最后一个可能出现的分段。鼻尾的主要特征有这样几个：(1) 在单念的音节里，鼻韵尾常常表现为鼻辅音，这种鼻辅音的声学特性从本质上讲与声母中的鼻辅音是一样的。只是鼻尾里的/n/是声母里没有的，而声母里的/m/不出现在单念音节的韵尾里。(2) 鼻尾有时并不表现为鼻辅音，在频谱图上只能看到已被鼻化的元音。(3) 鼻尾是否表现为鼻辅音以及鼻尾鼻辅音的时长取决于鼻尾本身的发音部位以及元音的发音部位和开口度的大小。一般说来，主要元音的发音部位越靠后，鼻尾的时长就越长，同时，主要元音的开口度越小，鼻尾的时长也越长。由于/n/的发音部位在软腭，所以受到/n/影响的主要元音的发音部位也会向后移，结果/n/尾的时长常常要比/n/尾长。在这几种因素的影响之下，有时鼻尾的时长甚至会超过元音部分的时长，见图版8.5 (A) 里的/aiŋ/和/aiŋŋ/。

鼻尾本身并不是普通话鼻韵母的必要特征，在某些情况下它们是会脱落的。在单念的普通话音节里，有两种与鼻尾脱落有关的因素，一个是鼻尾的时长，时长越短的鼻尾越容易脱落，另一个是音节的声调，一般地说，去声音节里的鼻尾容易脱落，见图版8.5 (A) 里的/xuan/和/p'ian/。鼻尾脱落后，它对元音的鼻化依然存在，并且成为鼻音音色的唯一载体。

8.5.4 儿化韵

所谓儿化就是给一个音节的韵母加上一种卷舌（即“儿”）的音色。汉语普通话里的所有韵母，除了一个/er/（卷舌是它的固有特征）以外，都可以儿化。从来源上说，儿化韵是一个音节的韵母跟另一个音节“儿”拼合而发展出来的，但是从普通语现在的发音上来看，“儿”跟原有韵母之间的结合关系，无论是从时间上看，还是从协同调音上看，都已超出了两音节之间的结合关系（参见8.7.1和8.7.2）。许多语言学家都把儿化作为音节内部的现象来研究，把儿化韵当作北京话韵母中的一大类（如傅懋勤，1956；刘泽先，1957；王辅世，1963，等等）。

“儿”这个字从发音上来看是所谓的“卷舌”元音，从声学上来看其主要特征是F₂大大降低，向F₁靠拢。普通话里最典型的卷舌元音当属/i/，它的F₂跟F₁几乎合二而一，见图版8.3(C)。在儿化韵里，“儿”的成分对韵母里其他音位的影响十分显著。一般说来，越靠近韵尾的音位受到的影响越重。在本来有韵尾的韵母里，原有的韵尾几乎完全被卷舌韵尾取而代之。这样一来，许多韵尾不同，但韵头、韵腹相同或相似的韵母在儿化后便合并起来，结果，儿化韵的总数目便大大少于非儿化韵的总数目。

根据对北京话儿化韵所作的实验研究(王理嘉、贺宁基, 1983)，目前北京话里的儿化韵可分为26类，详见表8.1。

表8.1 北京话儿化韵分类表(引自王理嘉、贺宁基, 1983)

开	口	呼	齐	齿	呼	合	口	呼	撮	口	呼		
例	词	原韵母	儿化韵	例	词	原韵母	儿化韵	例	词	原韵母	儿化韵		
丝儿	1	i	ar	鸡儿	i	i	iar	柜儿	uei	uei	uar		
被儿	1	ei		今儿	in	in	iar	棍儿	uan	uan	uar		
碑儿	an	an											
根儿													
歌儿	y	yr											
				街儿	ie	ie	ier						
婆儿	o	or						窝儿	uo	uo	uor		
把儿	a	ar	芽儿	ia	ia	iar	星儿	u	u	uar	院儿	yan	yar
牌儿	ai	ar	尖儿	ian	ian	iar	花儿	uai	uai	uar			
盘儿	an	an					拐儿	uan	uan				
							棍儿						
刀儿	au	aur	票儿	iau	iau	iaur							
钩儿	ou	our	球儿	iou	iou	iouur							
缸儿	aq	ar	羌儿	iaŋ	iaŋ	iar	筐儿	uaŋ	uaŋ	uar			
灯儿	aŋ	ar	影儿	iŋ	iŋ	iŋar	瓮儿	uaŋ	uaŋ	uar	熊儿	uŋ	uŋar
							空儿	uŋ	uŋ	uar			

儿化韵尾的具体实现方式也受到原有韵母(主要是韵母里的主要元音)的影响。在这种影响下，儿化韵尾明显地分为几大类。王、贺的研究发现了不同类儿化韵动程走向的分布规律，并总结出几个儿化韵韵尾收拢区域图，见图8.3。根据图8.3，北京话的儿化韵可以分为四大类，各类儿化韵尾的频率范围的统计值可见表8.2。

8.6 声母与韵母的相互作用

每一个普通语音节，都是一个声、韵母有机结合的统一体，其中声母和韵母的特性共同决定这个音节的基本模式。换句话说，同一个声母或韵母，在跟不同的韵母或声母结合时，会发生不同的变化。下面从两个方面讨论普通语音节里声母和韵母的相互作用。

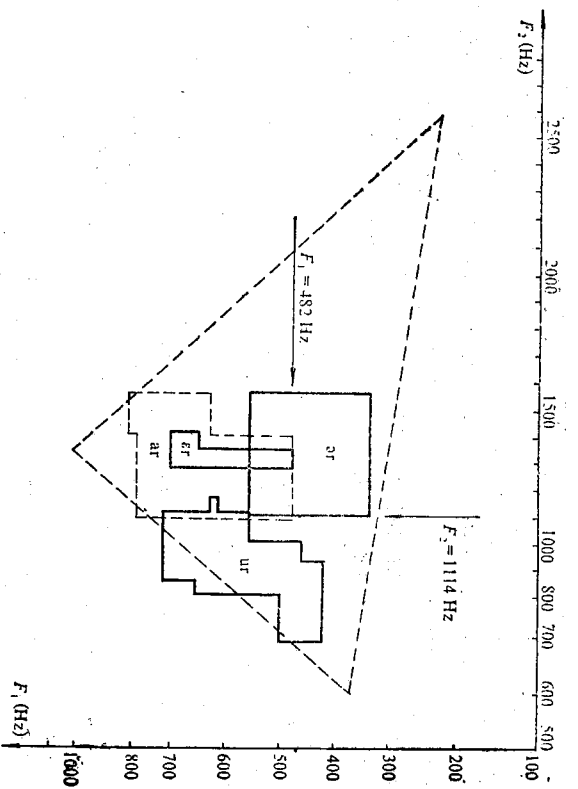


图8.3 北京话儿化韵韵尾收拢区域图(引自王理嘉、贺宁基, 1983)

表8.2 北京话儿化韵韵尾频率范围

	F ₁ (Hz)	F ₂ (Hz)
ar类	480—820	1114—1535
ar'类	340—555	1114—1454
ur类	340—706	680—1125
er类	482—700	1270—1425

8.6.1 音征互载

人们在分析语音时，发现把连续的语流分解为一个一个离散的语言单元是方便的。在分析汉语普通语音的语音时，发现把每个音节都分为声母和韵母两个部分也是很方便的。不过这种分析最初的手段主要是主观感觉。后来，当人们用客观的方法——主要是生理和物理实验——来考察这些离散单元的实际实现方式时，发现离散的语言单元跟连续的生理量和物理量之间的关系，并不总是——对应的关系(Fant, 1986)。换句话说，一个语言单元，或者一个语音单元的特征，往往要通过几种生理和物理参量来表现，同样，一个生理和物理参量往往跨越几个语音单元。与一个语音单元或一个语音特征相关的物理或生理参量，我们把它叫做“音征”。

在普通话里，声母和韵母的音征并不总是在各自的音段之内，而是有可能跨越两者的边界。也就是说，声母中可能会带有韵母的信息，韵母中也可能带有声母的信息。更有甚者，在某些情况下，声母或韵母的主要信息都是由对方携带的。例如前边讨论过的辅音音

渡,如果把韵母从元音起始就开始算起的话,那么音渡就是韵母中载带的辅音特征。对于这些辅音来说,如不送气塞音,元音里的音渡正是它们之间相互区别的主要特征。

在本节里,我们要重点讨论的是相反的情况,即声母中载带的韵母信息。韵母中的某些特征由声母载带的现象,最典型的莫过于介音的实现方式。介音指的是复韵母(包括含有两个元音音位的鼻韵母)中作为起始音位的*i*、*u*、*y*。在8.3.6里,我们曾指出,普通话里的介音具有非稳态性,一方面它们没有稳态阶段,另一方面介音的起点音值变化范围很大,其确切值往往取决于声母的性质。这就是说,在不同声母的影响下,介音的实现方式很不相同。

介音最充分的实现方式发生在以零声母起首的音节里,这时介音一般都可以达到理想目标值,见图版8.4(B)、(D)。但是,在其他声母的音节里,情形就不大一样了。第一典型的情形是,介音之前的声母本身与介音的发音部位相同,或者受介音的同化而带上相似的特征,这个辅音便可以与其介音分担传递信息的任务。例如在*/tɕia/*和*/aia/*里,见图版8.6(A),声母*/tɕ/*和*/a/*与介音*/i/*的发音部位相同,此时介音*/i/*就不必(或者更确切地说,必须不)达到理想目标值。另一种典型的情形是,在有送气声母的音节里,送气段不仅承担了音渡的一部分任务,而且往往分担了介音的相当一部分任务,这时韵母里的介音往往离典型目标值更远。如图版8.6(A)里的*/tɕ'ia/*。

可以说,在以上的两种情况下,介音的相当一部分信息是靠声母来传达的。如果把普通话中各类声母按载带介音音值的多少来排列,我们可以得到以下顺序:
送气塞擦音——送气塞音——擦音——边音——不送气塞擦音——不送气塞音——鼻音——零声母

8.6.2 声韵母之间的时长补偿

声、韵母之间在时长上的相互影响主要表现在声母对韵母时长的影响上。根据冯隆的实验结果(冯隆,1982),单韵母与不同类型的声母结合时有如下时长比例关系:

表8.3 普通话声母对韵母时长的影响

声母类型	出音	不送气塞音	不送气塞擦音	擦音	送气塞音	送气塞擦音
声母时长比	0.5	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2
韵母时长比	1.1	1.1	1.0	1.0	0.9	0.8

从表8.3里可以看出,普通话声母的时长对韵母时长的影响是,声母越长,韵母就越短;声母越短,韵母就越长,也就是说,韵母的时长对声母的时长有一定的补偿。不过这种时长补偿并不是充分的,尤其是当声母缩短到一定程度时,韵母的增长便不明显了,结果这时整个音节的时长便短于平均音节时长。

8.7 音联——语音单元之间的连接和分界

我们在说话时,不是一个音节一个音节说的,而是许多音节连成一串一气呵成,产生出连续的语言。在考察连续语言的动态韵律时,我们会发现,各语音单元之间的结合是很紧密

的,有时很难对它们进行“切分”。可是当我们所到连续的话时,却能够很容易地将它们分解为一个一个的语音单元,如字、词、短语、句子等等。这就说明,在由离散语音单元结合在一起构成的连续语流中,存在着许多边界信号,这些边界信号帮助我们连续的语流重新切分为高散的语言单元。

边界信号是各种层次的,有句法的,有语义的,也有语音的。考察不同层次的边界信号,照约是不同的方法。音联的研究就是为了捕捉连续语流里的语音边界信号。

对汉语普通话的连续语流所作的音联研究(许颢,1986)已发现,汉语普通话的语流中至少存在着四个不同等级的音联:(1)闭音联,即音节内部各音位之间的音联。(2)音节音联,即音节之间的音联,也叫“一音联”,(3)节奏音联,即节奏单元(二字组、三字组,有时是单字)之间的音联,也叫“十音联”。(4)停顿音联,即语流中的短停顿,也叫“*音联”。

音联是语流中各语音单元之间的连接和分界。汉语普通话里存在着四个不同等级的音联意味着普通话里有四种不同层次的语音单元。这些语音单元是(按层次从低向高排列):音位、音节、节奏单元、节奏群。层次较高的语音单元的边界往往与层次较低的语音单元的边界相重合,例如在一个句子的开头,既有第一个音位边界,也有第一个音节边界,同时还有第一个节奏单元边界以及第一个停顿边界。在这种情况下,较高层次的音联是通过不同于较低层次的音联的边界信号表现出来的。因此,考察某种音联时,必须对其他音联的边界信号也有所了解。下面我们分别讨论普通话里的四类音联。

8.7.1 闭音联

闭音联是音节内部各音位之间的连接和分界。在音节的内部,音位之间的结合十分紧密,这不仅表现在相邻音位在时间上的接近,而且更重要的是表现在相邻音位之间的特殊影响上。语言学上把这种相互影响称为协同调音。8.2—8.6里已对普通话音节内部各音位之间的协同调音作了详细的讨论,在那里我们已看到,无论是声韵母之间,还是韵母内部各音位之间,都有很明显的协同调音效应。在这里尤其需要我们重新注意的是韵母中主要元音和韵尾的实现方式。作为主要元音的音位,尤其是非闭元音,如*/a/*、*/o/*、*/ɤ/*、*/e/*,在普通话里有多种变体,其具体实现方式直接取决于韵母中介音和/或韵母的音值。同一个*/a/*,在单韵母里可以表现为[A],在*/ai/*和*/an/*里可以表现为[a],在*/au/*和*/aŋ/*里可以表现为[ɑ],而在*/an/*里则可以表现为[ɛ]。特别是在鼻韵母里可以明显看到,如图版8.5(B)、(C)所示,不仅主要元音与鼻尾之间有一个过渡段,即后音渡,而且主要元音本身部分的音值受到鼻尾发音部位的明显同化。在后边的讨论中我们会看到,过渡段是元音与其他音位相连时必不可少的,而元音本身的音值却是由更复杂的条件决定的。

类似的情形是,作为韵尾的元音音位,其本身的音值也要受到主要元音的影响。如在*/au/*和*/ou/*里,*/u/*的实现方式就不一样,前者是[ɔ]或[ɔ],后者却是[ɔ]。同样,*/i/*在*/ai/*和*/ei/*里分别表现为[e]和[i]。

以下我们将会看到,元音音位的实现方式正是判定有无音节边界的重要信息之一。

8.7.2 音节音联

音节音联是连续语流中节奏单元内部的音节之间的连接和分界。在连续的语流中,在以

停顿为边界的语段内部，尤其是在音节单元的内部，相邻的音节之间是紧密连接的。这种连接有以下两种表现。一是以元音音位收尾的音节在音节末尾处总是有向后接音节起始音的过渡，我们可以把这种过渡叫做“音节音渡”。前一音节收尾元音的发音部位与后一音节起首音位的发音部位相差越远，音节音渡就越明显，见图版8.6(B)里的“杂技”。二是如果后一音节以零声母起始，而且前一音节以元音收尾，那么两音节连接处的各个共振峰一般都平滑衔接，见图版8.6(B)里的“拔牙”。

尽管音节之间的连接相当紧密，但是在普通话里，可以帮助我们切分音节的边界信号是大量存在的。下面我们从一个方面进行讨论。

a. 普通话里有31个音位，其中包括22个辅音音位：/p, p', m, f, t, t', n, l, ts, ts', s, tʂ, tʂ', ʃ, ʒ, tɕ, tɕ', ɕ, k, k', x, ŋ/和9个元音音位：/a, i, u, y, ɿ, ʅ, ɔ, o, e/。普通话里的音节最多由4个音位构成，如/tʂ'ian/，最少由一个音位构成，如/a/。假如普通话里的音节可以由这31个音位里任意1至4个音位的任意顺序构成，那么普通话音节的总数就会多达（不计声调）

$$A_1^4 + A_2^4 + A_3^4 + A_4^4 = 783091 \text{ (个)}$$

再乘上4种声调便可达 $783091 \times 4 = 3132364$ (个)。

但是实际上，普通话里只有1260多个音节，如果不计声调，就只有约400个音节。这是由于普通话音位在构成音节时的组合关系和排列顺序不是任意的，而是有许多限制。一种语言里音位序列的配列组合关系及其研究叫做音位配列学。在汉语的音位配列学研究中，一般都把音节分为声母和韵母两个部分，其顺序都是声母在前，韵母在后。普通话声、韵母的拼合关系主要有以下原则：(1)除了/ŋ/以外，所有辅音都可以当声母，而且除了/ɲ, ʒ/之外，辅音只能当声母；(2)韵母里至少有一个元音，也就是主要元音，至多有三个音位，分别为介音、主要元音和韵尾；(3)只有/i, u, y/可以充当介音，只有/i, u/和/a, o/可以充当韵尾，所有的元音音位都可以充当主要元音，其中/i/和/o/只能充当主要元音；(4)声母与韵母拼合时有许多限制，如/tɕ, tɕ', ɕ/只能拼以/i, y/开头的韵母，韵母/i/和/o/只能分别拼/ts, ts', s/和/tʂ, tʂ', ʃ, ʒ/，等等；(5)音节之内不能有相邻的相同音位。

由于这些规则的存在，使得普通话音节的总数目限制在一定的范围内，而且这些音位配列规则还起着音节边界信号的作用。例如，音节序列中出现除/ŋ/以外的辅音，就意味着一个音节的起始，而/ŋ/以及/i, l/的出现则意味着一个音节的收尾。这样，既可以出现在音节首又可以出现在音节尾的音位只剩下了/a, i, u, y, ɿ, ʅ, ɔ, o, e/以及/ɲ, ʒ/，共8个音位。如果它们当中任何两个分别出现在前一音节的末尾和后一音节的开头，便会造成音节切分的新问题，需要别的边界信号方能解决。不过这种情形只有 $8 \times 7 = 56$ 种不同的排列组合，这比没有运用音位配列规则时的 $31 \times 31 = 961$ 种排列组合少多了。

b. 我们已知道，/ɲ/是普通话里唯一既可以出现在音节首又可以出现在音节尾的辅音音位。以“灾难”/ts'ɑ-nɑn/和“翻案”/fɑn-an/为例，二者的音位序列是相同的，不同的是在两音节交界处/ɲ/所处的位置不同。在“翻案”里/ɲ/是在前一个音节的末尾，在“灾难”里/ɲ/却在后一个音节的开头。图版8.6(D)是这两个词的宽频动态频谱图和时间波形。从图版8.6(D)里可以看到，无论/ɲ/在音节边界之前还是在音节边界之后，两音节之间都保持着周期性振动，这是由于鼻音和元音一样都是以声带振动为声源的。这两个词的不同之处主要表现为/ɲ/的起首变体和收尾变体的不同：在“难”里，/ɲ/是首辅音，即声母，这时它呈现

为一个“纯”鼻音；而在“翻”里，/ɲ/是尾辅音，即鼻韵尾，此时它呈现为一个“半鼻音”。纯鼻音的声学特征是：(1)主要能量集中在低频区；(2)共振峰阻尼高于元音，总能量低于元音；(3)共振峰频率随时间变化很小，与元音共振峰之间的过渡在动态频谱上表现为断层过渡；(4)对相邻的元音有一定的鼻化作用。半鼻音的基本特征是不能自己单独存在，只能通过对有元音共振峰模式的影响表现自己的存在，这种影响主要是增加元音共振峰带宽（主要是F1）的带宽和在元音共振峰之间增加一些较弱的谐波。这种影响就是所谓的鼻化作用，不过半鼻音的鼻化作用要比纯鼻音的鼻化作用大得多，因为半鼻音基本存在方式就是对元音的鼻化。由于半鼻音的这种特点，在频谱图上我们一般不容易测定它的确切时长，这也是它与纯鼻音的重要差别之一。

作为鼻韵尾的/ɲ/在普通话里并不总是表现为半鼻音，它只是在特定的条件下才表现为半鼻音。一譬如说，在普通话的连续语流中，如果某个音节单元内部有一个音节里有鼻韵尾/ɲ/，而它后面的音节又以零声母或擦音起首，那么这个/ɲ/往往呈现为半鼻音。这样，我们看到了普通话里又一条音节边界信号：连续语流中的半鼻音标志着一个音节的结束。请注意这里所说的半鼻音也包括了表现为半鼻音的/ŋ/变体。不过由于/ŋ/本来就只能出现在音节尾，所以这条音节边界信号对它来说远不如对/a/的意义那样大。正因为如此，/ŋ/在零声母之前有时会表现为纯鼻音，见图版8.6(E)里的“平安”和“婴儿”（另参见林焘，1963）。

由于/ɲ/既可以出现在音节之首，也可以出现在音节之末，因此就会发生前一个音节的韵尾和后一个音节的声母同时都是/ɲ/的情形，例如图版8.6(F)里的“忍耐”。在图中的宽频频谱图上可以看到，“忍耐”里的两音节交界处有一个较长的纯鼻音，其长度约为“可耐”里鼻音长度的两倍。在窄谱图上，“忍耐”的音高折点正好处在那个长鼻音的中部，而“可耐”里的音高折点却处在前音节韵尾与后音节鼻音声母的交界处。不过，并不是在所有的情况下都能看到这种明确的声调分界点，而且常常也看不到任何其他分界标志。但实际上，加长了的鼻音本身就表明自己的长度已超过一个起首/a/所需的最大长度，说明在这个起首/a/之前一定还有一个收尾/ɲ/。至于确切的分界点到底在哪里并不是十分要紧的。这就是又一种音节边界信号：连续语流中出现的超长鼻音标志着一个音节分界点发生在这个长鼻音中间（不一定是正中）的某一点上。

d. 现在剩下尚未解决的音节分界问题都是与元音有关的。由于普通话里还能出现在音节首也能出现在音节尾的音位绝大多数是元音，因此可以说，普通话音节切分的主要难题是由元音造成的。

在前面讨论闭音联时我们曾经谈到，普通话音节内部各音位之间有明显的协同调音，也就是说，音节内部各相邻音位之间有较强的相互影响。同样，在普通话语流中，相邻音节之间也有协同调音，但是，音节间的协同调音不同于音节内部的协同调音。换句话说，音节内部的种种协同调音是不能跨越音节边界的。于是，音节切分又有了新的边界信号：相邻音位之间协同调音的方式取决于音节边界的位置。

例如在“辨”/pai/和“八”/pa-i/里，音位序列都是一样的，但是其中元音音位的实现方式却有所不同，见图版8.7(A)。在“辨”里，/a/和/i/同属于一个音节，它们之间的协同调音不仅表现在两者之间的共振峰过渡上，而且还表现在它们本身对典型目标值（即单念时的音值）的偏离上，它们各自都在音值上向对方靠拢了，也就是说互相同化了。在“八”里，/a/和/i/分别属于两个音节，在它们之间也有一段过渡段，但是它们本身的音

值却很接近各自的典型目标值，也可以说它们没有相互同化。类似的例子还有同一图 中的“捐、居安”、“先、西安”和“大雁、大暗”。

在某些情况下，说话人为了强调两音节之间的分界，会在开口呼零声母之前插入一个软腭中通音[w]，例如在图版8.6(C)的“差额”中便可以看到这种现象（关于中通音[w]的声学特征，见§8.4.6里关于开口呼零声母的讨论）。

以上所讨论的音节音联的边界信号可以概括为：（1）由音位配列规则决定的只能充当声母或韵尾的音位，标志着一个音节的开始或结束；（2）半鼻音标志着一个音节的结束；（3）超长鼻辅音标志着有音节分界发生在该长鼻音之中的某一点上；（4）相邻音位之间缺乏只能发生在音节内部的协同调音，标志着这两个音位之间有音节边界；（5）软腭中通音[w]的出现标志着两个音节的分界。

此外，一些更高层次的语音单元 的边界信号，无疑也可以首先用作音节的边界信号，例如后边将要讨论到的喉塞、喉化以至停顿等等。

即使到现在，我们也不敢说已经解决了汉语普通话里所有的音节分界问题。因为在连续语流中语音的变化极为复杂，有时元音会脱落，有时辅音会脱落，有时整个音节都会脱落，有时相邻的音节甚至会相互融合。尤其是在语速加快的情况下，音变会更多更重。因此，要彻底解决音节切分问题还必须进一步研究连续语流中更为极端的音变现象。另外我们还必须清楚地看到，人们在进行言语交流时并不仅仅是靠语音方面的边界信号来切分音节的，在语法、语义等方面也有不少能帮助我们切分音节的因素。对于言语交流中的人来说，音节的边界信号是有相当的多余度的。一种边界信号不在，还会有其他的边界信号。这样便保证了人们在交流时能够正确地切分音节。而作为研究言语交流的人，我们的任务则是通过分析研究将这些边界信号一个一个地找出来。

8.7.3 节奏音联

在连续的语流中，相邻音节之间的关系是有疏有密的，决定这种疏密关系的有多种因素，其中最重要的是节奏。每一种语言都有一定的节奏倾向，汉语也不例外。现有的文献表明，“双音化是现代汉语的主要节奏倾向”（周有光，1979），“在现代汉语的语句里，双音节是占优势的基本语音段落”（吕叔湘，1963）。这种“基本语音段落”，我们把它叫做“节奏基本单元”，简称“节奏单元”。

相邻音节之间的结合方式与节奏单元有着密切的关系。以往的研究（许敏，1986）已发现，两个相邻的音节，当属于同一节奏单元和分别属于不同节奏单元时，会有不同的结合方式。也就是说，相邻节奏单元之间的结合关系不同于节奏单元内部相邻音节之间的结合关系。节奏音联就是节奏单元之间的连接和分界。在普通话里，节奏音联处的音节带有不同于普通音节分界（即上节里讨论过的）处的边界信号。普通话节奏音联的边界信号主要分为两类，一类是通过音节起始音的特殊表现出来的，另一类是通过声调表现出来的。下面对它们分别加以讨论。在讨论中，把节奏音联之后的第一个音节称为“前音节”，把前音节之后的音节称为“后音节”。

起首音位在前音节里与在后音节里有很大差别。具体的差别在不同类的音位上有不同的表现。

a. 起首元音音的差别。图版8.7(C)是“控制西欧”和“窒息欧洲”的宽带频谱图和时

间波形，从图中可以看到，“西欧”和“息+欧”之间的最大差别在于“欧”的起始方式不同。在“西欧”里，“西”与“欧”紧密相连，两音节交界处共振峰平滑过渡，振幅没有减弱，而在“息+欧”里，两音节交界处共振峰中断，而代之以长达70ms的喉化音，即在相当 F_1 位置上的稀疏短竖纹，此时振幅也大幅度减弱。不过从“息”末尾处 F_1 朝上翘起向“欧”起首处的 F_1 过渡的情况来看，两音节之间并无停顿（参见下节）。在图版8.8(A)的“杯+挨”里，“挨”的起始音则表现为完全的喉塞。喉塞和喉化，正是节奏音联在含有开口呼零声母的前音节里的边界信号。

b. 起首闭元音的差别。图版8.8(C)是“高温”：“高+温”的宽带频谱图和时间波形。我们看到，在“高温”和“高+温”里，两音节都是紧密相联，共振峰平滑过渡，无明显分界点。但是更仔细的观察会使我们发现，两个“温”的起始/w/是不太一样的：在前音节里它更到位，即更接近其典型目标值，主要表现为 F_1 更低。而在后音节里/w/却不到位。这种差别在图8.4里可以看得更清楚一些。图8.4是“高温”：“高+温”和“高压”：“蒸+压”的动态声学元音图。图中每一个点的位置都是用 F_1 和 F_2 在某一时刻的频率分别作为纵坐标和横坐标来确定的，图中大三角的三个顶点分别代表同一发音人单念的/i/、/a/、/u/三个音。这种图能够形象地表现出元音音色的动态变化。从图8.4里可以看出，后音节的起首/i/、/u/都比较偏向央部，也就是说很不“到家”，而前音节的起首/i/、/u/都比较接近典型目标值，也就是说比较“到家”。这种差别正是节奏音联在起首闭元音上的典型表现。另外，在一部分前音节里，起首闭元音除比较“到家”以外，还伴有喉塞、喉化或高次共振峰减弱等现象。

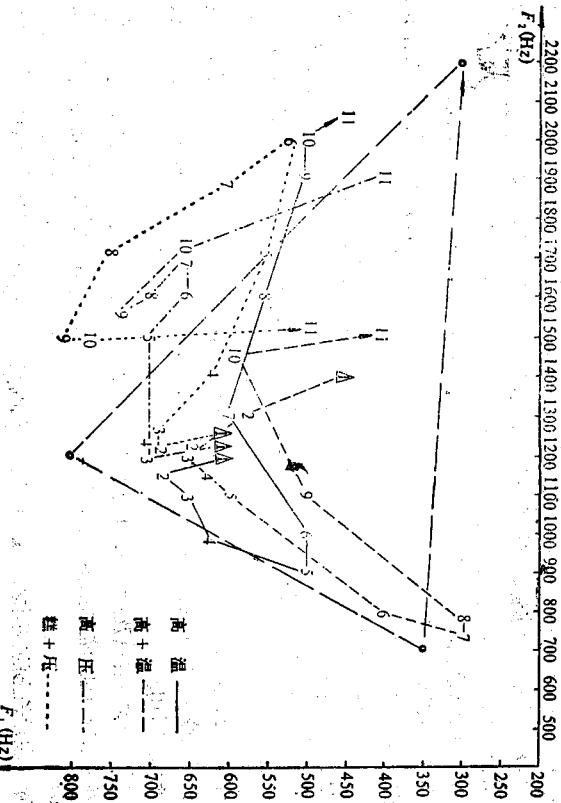


图8.4 “高温”：“高+温”和“高压”：“蒸+压”的动态声学元音图（纵坐标为 F_1 ，横坐标为 F_2 ，单位是Hz，线性标度。图中*i*、*a*、*u*三点的位置是根据同一发音人单念的“息”、“答”、“俗”三字的 F_1 和 F_2 确定的。图中相邻取样点之间相隔25ms，“△”为元音起始处，“→”指向的是元音收尾处）。

c. 起首塞音、塞擦音的差别。图版8.7(B)是“加工”：“家+工”和“裁判”。“才+判”的宽带频谱图及时间波形。从图版8.7(B)中可以看到，同一个塞音或塞擦音，在前音节里跟在后音节里很不一样，两者之间的差别主要有以下几点。

(a) 塞音、塞擦音在前音节里时长较长，在后音节里时长较短。这种时长差别在持阻时间和除阻时间上都有表现，已有的研究发现两者的比例为1.6:1。具体数据可参见表8.4。

表8.4 前后音节塞音、塞擦音时长 (ms) 及油化率 (%) 比较

位置	音位		t	k	tʃ	ʃ	p'	t'	k'	tʃ'	ʃ'	平均		
	时长	油化率												
前	持阻	69.4	52.3	44.7	46.2	58.9	47.6	43.1	51.3	35.4	46.2	36.8	49.7	
	除阻	9.7	12.0	46.5	41.7	31.2	60.7	73.4	67.4	106.1	78.0	83.7	1.4	
	全长	79.1	64.3	91.2	87.9	90.1	108.3	116.5	118.7	185.5	124.2	123.5	101.1	
后	持阻	44.7	40.0	28.3	13.3	8.2	21.7	26.2	22.8	29.7	24.0	21.9	17.8	24.9
	除阻	4.5	4.7	22.3	21.8	22.7	19.5	43.5	41.1	49.4	73.2	68.4	61.7	36.1
	全长	49.2	44.7	50.6	35.1	30.9	41.3	69.7	63.9	79.1	97.2	90.3	78.5	61.0
前后时长比例			1.6:1	11.7:1	12.6:1	12.2:1	11.6:1	11.8:1	11.5:1	11.4:1	11.6:1	11.7:1	11.7:1	
油化率	前字	0	3.3	4.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0.6	
	后字	56.7	60	60	63	76.5	43.3	16.7	43.3	0	0	0	17.3	36.1

(b) 后音节里的塞音、塞擦音(特别是不送气的)常常发生油化，例如图版8.7(B)里所有后音节里的塞音、塞擦音都有程度不同的油化。油化在宽带频谱图上表现为持阻和/或除阻期间有冲音或红，在窄带频谱图上表现为有连续不断的谐波，表明在此期间声带一直在持续振动。相反，在前音节里，塞音和塞擦音很少发生油化(比较表8.4里前、后音节油化率的不同)。

(c) 后音节里的塞音、塞擦音时常失去爆破，或者完全不闭塞。前者在频谱图上表现为除阻后无冲直条，而且除阻前后的频谱模式与元音或鼻音十分相象，见图版8.8(C)里的“糕”；后者的频谱表现是除阻前后无突然变化，而是和油化音非常相似，例如图版8.7(B)中的“才”。

综上所述，如果把前音节里的塞音、塞擦音作为典型变体的话，那么可以说，它们到了后音节里会发生如下变化(按发生率的高低排列)：时长缩短；单纯油化；油化，失去爆破；油化，不闭塞。

(d) 起首塞音以及/m、n、l的差别。起首清擦音以及/m、n、l跟塞音、塞擦音相似，在前音节里的差别主要表现在时长上：在前音节里长，在后音节里短(参见表8.5和表8.6)。

除了在时长上的差别之外，还有几点值得注意：(1) 清擦音在后音节里有时会油化(见表8.5)；而在前音节里几乎从不油化；(2) 清擦音的音强在前音节里大都比在后音节里强；(3) 当起首/m、n、l/前边是前一个音节的鼻音时，它们就会跟那个鼻音连接在一起，长度加倍。在这种情况下，/m、n、l/在前音节里的时长差别就看不出来了(见表8.6)。

表8.5 前后音节清擦音时长及油化率比较

位置	音位		f	s	ʃ	ç	x	平均
	时长	油化率						
前	字	97.8	125.9	112.0	126.1	107.5	113.9	
	字	62.5	82.6	67.7	80.3	68.0	72.2	
前后比例			1.6:1	1.5:1	1.7:1	1.6:1	1.6:1	
油化率	前字	0	0	0	0	0	0	0
	后字	20.8	0	26.7	16.7	34.1	19.7	

表8.6 前后音节/m、n、l/时长比较(表中“+”代表“+”音联，“-”代表“-”音联，“N”代表鼻韵尾。)

位置	音位		N+m	m、n	N+m	N-n	N-m	l	N+l
	时长	油化率							
前	m	64.3	77.9	61.7	32	71.1	71.9	57.9	68.2
	n	48.3	60.4	73.4	80.3	54.4	76.9	48.9	67.1
后	m	1.3:1	1.3:1	1:1.2	1:1	1.3:1	1:1.1	1.2:1	1:1
	n	1.3:1	1.3:1	1:1.2	1:1	1.3:1	1:1.1	1.2:1	1:1

油化音/z/跟起首闭元音的情况很相象，也就是说，在前音节里比较“到家”，其频谱表现是 F_1 和 F_2 很低， F_3 以及更高次共振峰减弱，见图版8.8(B)里的“发软”：“发+软”。跟闭元音不同的是，前音节里的/z/有时有摩擦噪声。

以上讨论的边界信号，都是与各类声母有关的。在普通话里，音高也是节奏音联边界信号的重要载体。这类边界信号主要通过前、后音节在音高上的差别体现出来。

前后音节在音高上主要有两种差别：一是两音节均为阴平时，前音节的音高大都略高于或等于相邻后音节的音高，很少低于相邻后音节的音高。二是在阳平和去声时，不仅前音节的调中值(即基准音高)高于后音节，而且音高的调域(即音高变化范围)也大于后音节。到此为止，我们已经从音色、音长、音强和音高等方面对节奏音联的边界信号作了分析，现在可以把分析的结果归纳为：(1) 塞音、塞擦音在前音节里时长较长，音强较强，极少油化，在后音节里时长较短，音强较弱，很容易油化。(2) 清擦音在前音节里时长较长，音强较强，极少油化，在后音节里时长较短，音强较弱，有时油化。(3) 开口呼零声母在前音节里常常以喉塞或喉化起始，受前接音节的同化较少；在后音节里大都与前接音节的韵母平滑衔接，受前接音节的同化较多。(4) 非开口呼零声母和油化音/z/在前音节里时长较长，音色更接近典型目标值，音强较弱，在后音节里时长较短，音色上倾向于央化，音强减弱较少。(5) /m、n、l/在前音节里时长较长，在后音节里较短。不过当前接音节有鼻韵尾时，这种差别不明显。(6) 阴平调时，前音节的音高中值高于后音节；阳平和去声时前音节的音高中值高于后音节，而且调域也比后音节的宽。

以上前5条里的现象还可以进一步概括为：节奏音联之后的第一个声母表现出较强的“辅音性”。这种“辅音性”在不同的起始音位里有不同的具体表现。对于辅音来说，它意味着辅音典型特征的充分实现，具体表现为闭塞时间长，爆破充分，送气和摩擦感较强，对于

起首闭元音来说,它意味着它们本身具有的元辅音双重特征中辅音性部分的充分实现,具体表现为声道收拢点截面较小,输出能量较弱, F_1 频率较低;对于开元音来说,它意味着它们外加上一一定的辅音性,如喉塞、喉化等。

8.7.4 停顿音联

人们在说一段话时,中间总是会有一些间歇,这些间歇就叫做停顿。以往有过许多非实验性的研究都对汉语语流中的停顿作了分析(如齐声乔,1956;白珊,1961;赵元任,1968;周殿福,1980;张颂,1983,等等)。这些研究重在讨论停顿的功能以及出现的位置,也就是停顿与语法、语义、语气等的关系。而我们在此重点要讨论的是停顿的语音表现。

语流中的停顿有长有短,不过大体上可以分为两类,一类是句与句之间的停顿,一类是句子之中的停顿。前者一般都伴随着换气,而后者一般是不换气的。下面分别讨论这两种停顿。

a. 句中的停顿。在较长的句子之中往往会有一些短暂的自然停顿。这些停顿通常出现在节奏群之间。节奏群是由一个或多个节奏单元构成的,它一般对应于一定的句子成分,如主语、谓语、宾语、主句、从句等等。不过不同句子成分之间并不是必然有停顿。一般地说,比较长的句子成分之间容易出现停顿。

句中停顿的主要边界信号有四种:(1)在非闭塞音之前出现较长时间的无声段。例如在图版8.8(D)里,在“是”字之前有长达150ms的无声段。我们知道,在前面讨论过的几种音联里,接音之前是不会出现无声段的,而是总与前一音节的收尾紧密相连的。(2)在闭塞音位(例如塞音、塞擦音、鼻音)之前出现长于音位本身固有“间隙”的无声段。例如在图版8.8(E)里,“早”字之前的无声段长达160ms,这已大大超过了 $1/s$ 。在节奏音联处所含有的无声段的最大时长。有的时候,停顿处的无声段并不是完全无声的,而是由持续的噪音填充,如图版8.8(G)里的“麻”字之前就有很长的一段较弱的持续噪音。这是一段鼻辅音,是前面“乱”字里鼻韵尾的延续。不过我们从前边(8.5.3)的讨论中知道,在象/uan/这样的韵母里鼻尾的固有时长是不会太长的,因此这里的持续鼻辅音只能是鼻尾在停顿间隙中的自然延续。(3)停顿之前最后一个音节的韵母拉长。这一特征在图版8.8(D)、(E)、(F)、(G)里都可以看到。尤其值得注意的是,延长的韵母跟单念时的韵母有些不同。最明显的是图版8.8(D)里的鼻韵母完全失去鼻尾。(4)停顿之前最后一个音节的韵母收尾处没有向停顿后第一个起首音位过渡的音渡。这个特征的意义在于,它表明说话人在前一个字结束后的下一个目标值是停顿,所以用不着直接向下一个音节过渡。

句中的停顿虽然在声谱图上可以看到明显的间歇,但是无论说话人还是听者人都觉得它们是很短暂的。说话人在这种短暂的间歇之中一般是不换气的(艺术语言里的“偷气”是例外),即所谓的“字断而气不断”(白珊,1961),或者“声断气连、藕断丝连”(张颂,1983)。这是跟句末的停顿不相同的地方之一。

b. 句末的停顿。关于句子末尾的语音特征,已经有了一些实验性研究(如吴宗济,1982;沈炯,1985)。这些研究的重点主要是考察句末的语调变化,因为句尾之后的停顿是不言而喻的。

关于句尾语调的研究表明,汉语普通话句尾的调型至少有两种,即降调和升调。降调出现在陈述句和带疑问助词的疑问句里,升调出现在不带疑问助词的疑问句里。这些研究还发

现,句尾语调的降或升,并不是句末基频曲线的降或升,而是句末基频调值的降低或提高,也就是说,句尾语调的降和升影响的是句尾音节声调的中值,而不是尾调的调型。这是因为汉语里的声调是区别意义的,一旦调型改变了,就会变成另外一个字了。我们可以认为,特定的句尾语调调型是句末停顿的主要边界信号之一。

参考文献

- 白珊 (1961), 重读、语调、停顿和呼吸, 戏剧报, 第5期。
冯盛 (1985), 北京话语流中声调的时长, 载于林森、王理嘉等著, 《北京语音实验录》, 北京大学出版社, 第131—136页。
傅德勤 (1955), 北京话的音位和拼音字母, 中国语文 5 月号。
林森 (1963), 北京话的连续音变, 北京大学学报(人文科学) 第6期。
刘泽先 (1957), 北京话里究竟有多少音节?……一个初步的调查统计, 中国语文, 2 月号 3 月号。
吕叔湘 (1963), 现代汉语单双音节问题初探, 中国语文第1期。
齐声乔 (1956), 汉语的字调、停顿与语调的交互关系, 中国语文, 10 月号。
沈炯 (1985), 北京话声调的音域和语调, 载于林森、王理嘉等著《北京语音实验录》, 北京大学出版社, pp. 73—130。
王辅世 (1963), 北京话韵母的几个问题, 中国语文, 第2期。
王理嘉、贺宁基 (1983), 北京话儿化韵的听辨实验和声学分析, 《语言学论丛》第十辑, 商务印书馆, 第38—60页。
吴宗济 (1964), 普通话元音和辅音的频谱分析及共振峰的测算, 声学学报, 第1卷第1期。
吴宗济 (1982), 普通话语句中的声调变化, 中国语文第6期。
徐世荣 (1980), 《普通话语音知识》, 文字改革出版社。
许鞍 (1966), 普通语音段的声学语音学特性, 中国语文, 第5期。
张頌 (1933), 《朗读学》, 湖南教育出版社。
周殿福、吴宗济 (1963), 《普通话发音图谱》, 商务印书馆。
周殿福 (1980), 《艺术语言发声基础》, 中国社会科学出版社。
周有光 (1961), 《汉字改革概论》, 文字改革出版社。
Bell, A. and Hooper, J. B. ed. (1976), Syllables and Segments, North-Holland Publishing Company.
Chao, Yuan-ren (1968), A Grammar of Spoken Chinese, University of California Press, Berkeley, Los Angeles, London; 赵元任著, 吕叔湘译 (1979), 《汉语口语语法》, 商务印书馆。
Fant, G. (1956), On the predictability of formant levels and spectrum envelopes from formant frequencies, in For Roman Jakobson (The Hague, Mouton, 1956), pp. 109—120, also in Lehiste, I (Ed., 1967), Readings in Acoustic phonetics, The MIT Press, pp. 44—56.
Fant, G. (1953), The acoustics of speech, The Proceedings of the Third International Congress on Acoustics, Stuttgart, 1959, reprinted in Fant, G. (1973), Speech Sounds and Features, The Mif Press.
Fant, G. (1969), Stops in CV-syllables, STL-QPSR, 4, pp. 1—25.
Fant, G., 许鞍编译 (1986), 语音学和区别特征理论, 中国语文第3期。
Fujimura, Osamu (1962), Analysis of nasal consonants, J. A. S. A., 34, pp. 1865—1875.
Fujimura, O. and Lovins, J. (1978), Syllables as concatenative phonetic units, in Bell and

- Hooper, pp. 107-120.
- Hauven, V. J. (1979), The relative contribution of rise time, steady time and overall duration of noise burst to the affricate fricative distinction in English, a re-analysis of old data, Speech Communication Papers, presented at the 97th Meeting of J. A. S. A., pp. 307-310.
- House, A. S. (1957), Analog studies of nasal consonants, Journal of Speech and Hearing Disorders, 22, pp. 190-204.
- Jassem, Wilko (1961), the acoustics of consonants, Proceedings of the 4th Inter Cong. of Phonetic Sciences, pp. 50-72.
- Jespersen, Otto (1913), Lehrbuch der Phonetik, Berlin.
- Painter, Colin (1979), An Introduction to Instrumental Phonetics, Uni. Park Press.
- Saussure, F. (1922), Cours de Linguistique Generale, Paris.
- Stetson, R. H. (1928), Motor Phonetics, a Study of Speech Movements in Action, 2nd ed. North-Holland, Amsterdam.
- Tarnoczy, Thomas (1948), Resonance data concerning nasals, lateral and trills. Word, Vol.4, pp. 71-77.