

# 普通话音联的声学语音学特性

许 毅

**提要** “音联”是自然语言中各语音单元之间的连接和分界。音联研究对于语言学和言语工程学都有一定的意义。我们通过实验的手段,对汉语普通话中的音联现象进行了声学语音学分析,发现了许多跟音联有关的语音学音征(cues),并初步归纳出普通话中四个等级的音联:闭音联、音节音联、节奏音联和停顿音联。

“音联”(juncture),就是自然语言中各语音单元之间的连接和分界。

在对自然语言的语音进行分析的时候,语言学家们最初是把连续的语流分解为成串顺序排列的离散单元,如音位、音节等等,并对各单元的基本特性进行分析。这种方法使人们对于离散语音单元的特性有了很多的了解,为揭示语音的本质奠定了基础。但是,随着语音研究的进一步深入,尤其是随着语音研究跟言语工程学<sup>①</sup>的实际问题结合在一起,人们发现,对离散语音单元的研究还远远没有揭示出语言声音的全貌。特别是在今天,我们正在向“信息时代”迈进,研制第五代计算机,即智能计算机的任务已提上日程。作为这种计算机的基本功能之一的自然语言输入和输出(即语音识别和语音合成<sup>②</sup>)技术的研究,为语音学家们提出了要求更高的新课题。自然语言处理所碰到的一个首要难题就是,连续的语流并不是由顺序排列的离散语音单元简单相连而构成的。实际上,在连续的语流中,由离散分析得到的语音单元不仅在相互连接时彼此之间有很强的影响,而且在排列顺序上也不一定完全符合传统标音法所规定的前后次序。

考察这类问题的手段之一,就是对连续语流中的音联进行研究。

音联这个概念是 Trager 和 Bloch 在 1941 年首次提出的。<sup>③</sup>在此之后,语言学家们对于许多语言里的音联作了研究,尤其是对内部开音联的声学语音学特性作了深入的研究。<sup>④</sup>关于汉语,霍凯特(Hockett)曾于 1947 年提出过北京话里的几种音联,<sup>⑤</sup>赵元任在《语言问题》一书里也曾谈到过汉语里可能出现的类似于英语内部开音联的情况(发难:翻案)。<sup>⑥</sup>不过他们都没有就此作过实验研究。

本文将介绍我们用实验手段对汉语普通话中的音联所作的一些声学语音学研究及其结果。

## 一 实验材料及实验过程

根据汉语里大多数词是双音节词这个事实,我们以二字组为出发点,首先考察二字组内部前后音节之间的音联,然后考察二字组之间的音联,另外附带考察更大语音单元之间的停顿音联。

由于一次研究的规模有限,不可能一下子涉及音联问题的所有方面,所以首先选择一些有典型意义的音联现象进行研究。实验材料的选定是依据最小对立的原则,即,其他条件均等(ceteris paribus),只变换实验对象(不过有些材料只能近似地符合这一原则)。根据音联等级的不同,这些材料可以分为两类:一类是在由相同音位序列或相近音位序列构成的二字组中,由于音联位置的不同而造成的对立,例如/fa-nan/:/fan-an/(发难:翻案),/ta-nian/:/pan-nian/(大年:半年),/tɕ'ian-nian/:/tɕ'ian-ian/(前年:前言);另一类是在由相同音位序列构成的二字组中,由于音联等级的不同而造成的对立,例如/kau-uən/:/kau+uən/(高温:(最)高温(度)),/tɕiau-uai/:/tɕiau#uai/(郊外:[香]蕉外[地])。这样的两类对立字组共找出了八十二对,并分别用它们组成了一百六十四个句子。下面是其中的一些例句:

- (1) 他们几次发难都没有得逞。  
他们几次翻案都没有得逞。
- (2) 明天就是大年初一了。  
你有半年没来了吧。
- (3) 这本书是前年出版的。  
这本书的前言太长了。
- (4) 别为这事整天担忧发愁。  
这孩子已经懂得为父母分担忧愁了。
- (5) 城里的空气比郊外差远了。  
这么好的香蕉外地很难买着。

实验材料准备就绪后,就请了三位从小居住在北京的发音人(两男一女)为这些对立字组以及用它们组成的句子分别录了音。录音时,句子是按随机顺序排列的,单念的对立字组是成对排列的。全部录音都用语图仪(Sona-Graph 7029 A, Kay Elemetrics Corp.)做出宽带频谱图(滤波器带宽 300 Hz)、窄带频谱图(滤波器带宽 45 Hz)和振幅显示图(积分时间 40 ms),其中一部分还用音强计(Intensity Meter, F-J Electronics APS, Copenhagen)做出音强显示图(积分时间 5—20 ms)。声学语音学分析主要就是在这些动态频谱图和音强显示图的基础上进行的。

## 二 分析结果

第一类对立字组。这一类字组的对立之处主要在于两音节交界处/n/所处的位置不同或/n/的数量不同。图1是“发难”和“翻案”的宽带动态频谱图和振幅显示。从图1中可以看到,无论/n/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/n/的起首变体跟收尾变体的不同:在“难”里,/n/是首辅音,即声母,这时它呈现为一个“纯鼻音”;而在“翻”里,/n/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:a)主要能量集中在低频区;b)共振峰阻尼高于元音,并有零点存在,总能量低于元音;c)共振峰频率位置随时间变化很小,与元音共振峰之间的过渡在动态频谱上表现为断层过渡(即在某一点上共振峰模式发生突然变化,很象地质学里所说的断层,即地壳断裂时,岩层的连续性遭到破坏,并沿断裂面发生明显的相对移动)。半鼻音的主要声学特征是不能自己单独存在,只能通过对原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:a)增加元音共振峰(主要是F1)的带

宽; b) 在元音共振峰之间增加一些较弱的谐波群。另外,这两种/n/变体之间还有一个重要差别,这就是纯鼻音有自己确切的时长,半鼻音由于只是加在元音之上的鼻化音色,因此很难确定其时长。

/n/的起首变体和收尾变体的这种差别,在这一类的所有对立字组中都毫无例外地可以清楚地看到,因此我们至少可以初步得出这样的结论:在汉语普通话里,如果一个两字组里的前字有鼻韵尾/-n/,而后字以零声母打头,那么前字里的/-n/往往表现为半鼻音。实际上,这正是汉语普通话音联的一个重要特点,在这方面它跟象英语这样的语言完全不同。例如在英语的“a nice man”和“an iceman”这两个词

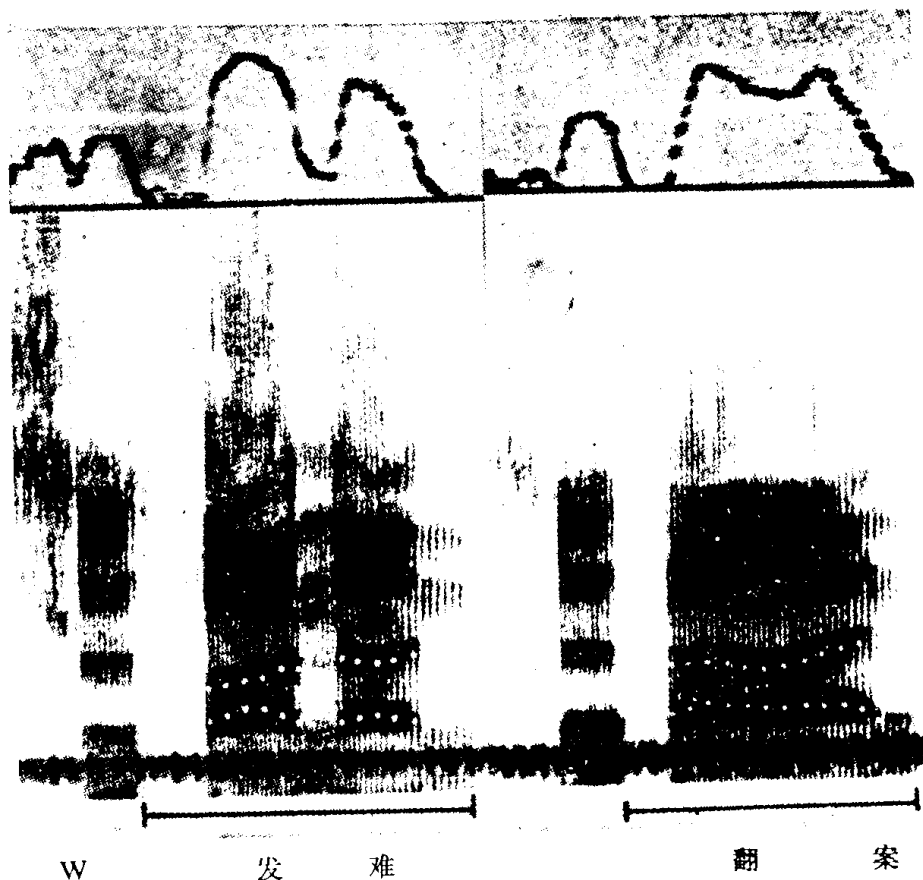


图1“发难”和“翻案”的宽带频谱图及振幅显示(发音人w)

组里,无论是起首/n/(nice)还是收尾/n/(an),都明显地表现为纯鼻音。在中国人听来,两者都象是“nice”(说英语的人当然可以听出两者的差别,但差别是在其他方面。详见④Lehiste, I.的文章)。如果让初学汉语普通话的英美人说“翻案”,我们听着多半会象是“翻难”。

第一类对立字组里的另一种情况是,在一个两字组里,前字以鼻音/n/收尾,而后字又以/n/起首,也就是说,在两字交界处有两个/n/相连,例如“忍耐”(与“可耐”相对照)。在它们的宽带频谱图中可以看到,“忍耐”里的两字交界处有一个较长的纯鼻音,其长度约为“可耐”里的鼻音长度的两倍。在窄带图上,“忍耐”的音高转折点正好处在那个长[n:]的中部,而“可耐”里的音高转折点却处在前字元音之尾与后字鼻音之首的交界处(图略)。这表明这个长[n:]的前后两部分分别属于前后两个音节。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,而且也往往看不到任何其他分界标志。但实际上,加长了的[n:]本身就表明了自己的长度已经超过一个起首/n/所需的最大长度,说明在这个/n/之前一定还有一个收尾/n/(我们曾做过切音试验,当切留的起首/n/长度超过一定限度时,从听感上就会觉得前头有一点多余的鼻音)。至于确切的分界点到底在哪里并不是十分要紧的。事实上,在其他语言里也有类似的情形。I. Lehiste曾指出,长辅音可以认为是两个相同的辅音丛。⑤G. P. MacCasland在1977年证明,英语中两个/s/相连时总是长于单个的/s/。⑥根据我们的测算,汉语普通话里两个相连的/n/的平均长度是单个/n/平均长度的两倍。

第二类对立字组。这一类字组的对立之处主要在于音联等级的不同。也就是说，边界两边的音节或者属于同一个二字组(或三字组)，或者分别属于由“+”边界或“#”边界隔开的前后两个相邻的二字组(或三字组)。

这一类的取样较多，下面分几类进行讨论，并且把“#”音联放到后边单独讨论。在讨论中，我们把“+”音联之后的第一个字称为前字，而把“-”音联之后的第一个字称为后字。

(一) 起首开元音(开口呼零声母)的差别。图2是“西欧：息+欧”的宽、窄带频谱图和振幅显示。从图中可以看到，两者之间最大的差别在于“欧”的起始方式不同：在“西欧”里，“西”

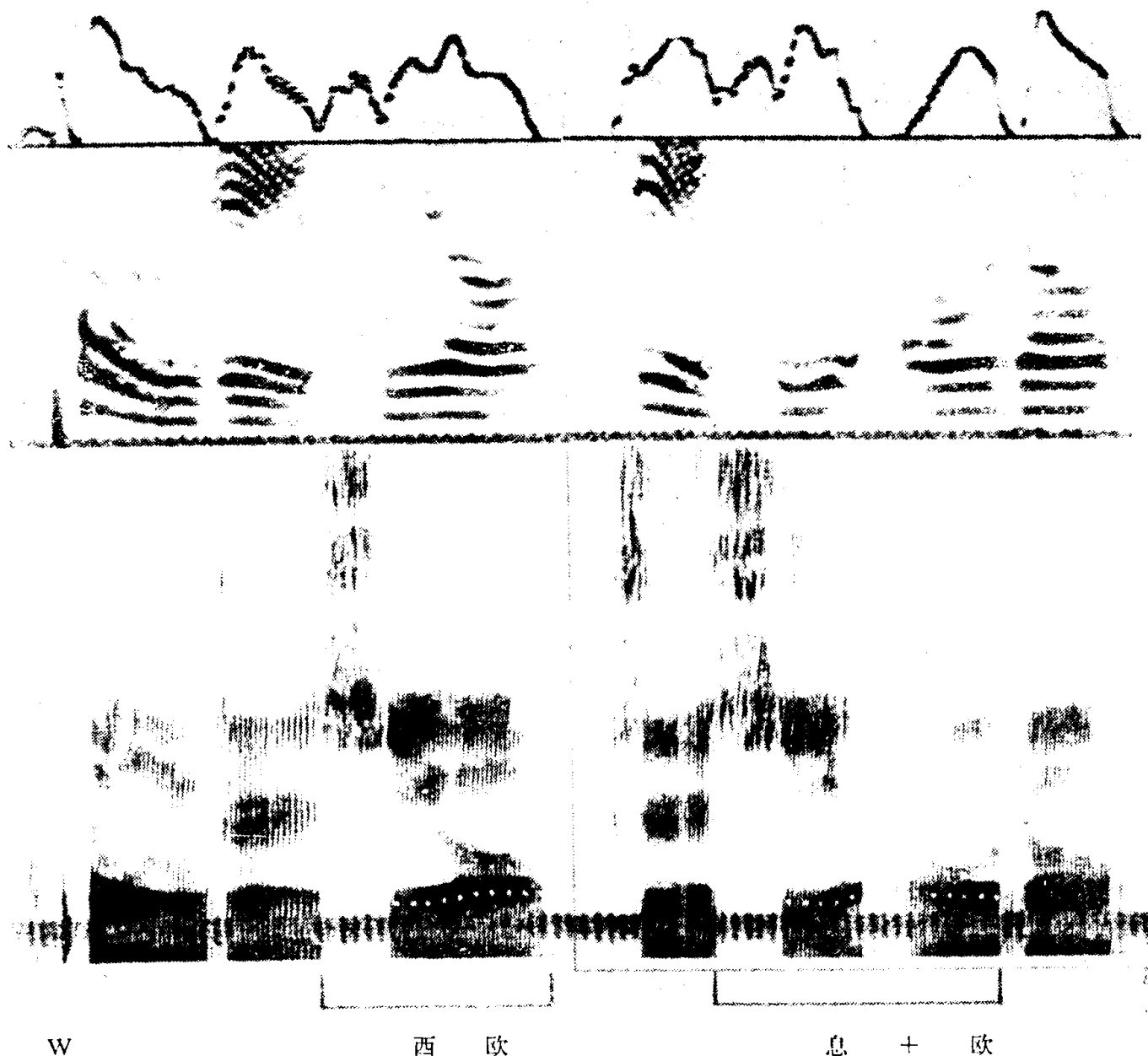


图2 “西欧：息+欧”的宽、窄带频谱图及振幅显示(发音人w)

与“欧”紧密相连，共振峰平滑过渡，两音节交界处能量没有减弱；而在“息+欧”里，两音节交界处有长达70ms的喉化，此时能量急剧减弱。在其他的取样里，绝大多数“+”边界后的开口呼零声母都有明显的喉塞或喉化，个别无喉化的开口呼零声母虽然跟“+”边界之前的音节韵尾的共振峰相连，但比起同样的后字来，前字的起首元音到位较快，受前接音节的影响较小。

(二) 起首闭元音(齐齿呼、合口呼、撮口呼零声母)的差别。图3是“高温：高+温”和“高

压:糕+压”的动态声学元音图。图中每一点的位置都是用第一共振峰 F1 和第二共振峰 F2 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 3 中可以看出, 后字的起首 /i/、/u/ 都比较偏向央部, 也就是说不很“到家”, 而前字的起首 /i/、/u/ 都比较接近端点, 也就是说比较“到家”。前后字起首闭元音的这种差别, 在绝大多数 (83%) 以闭元音打头的音节里都可以看到。另外在一部分前字里, 起首闭元音除比较“到家”外, 还伴有喉塞、喉化或高次共振峰减弱 (主要是 F2) 等现象。

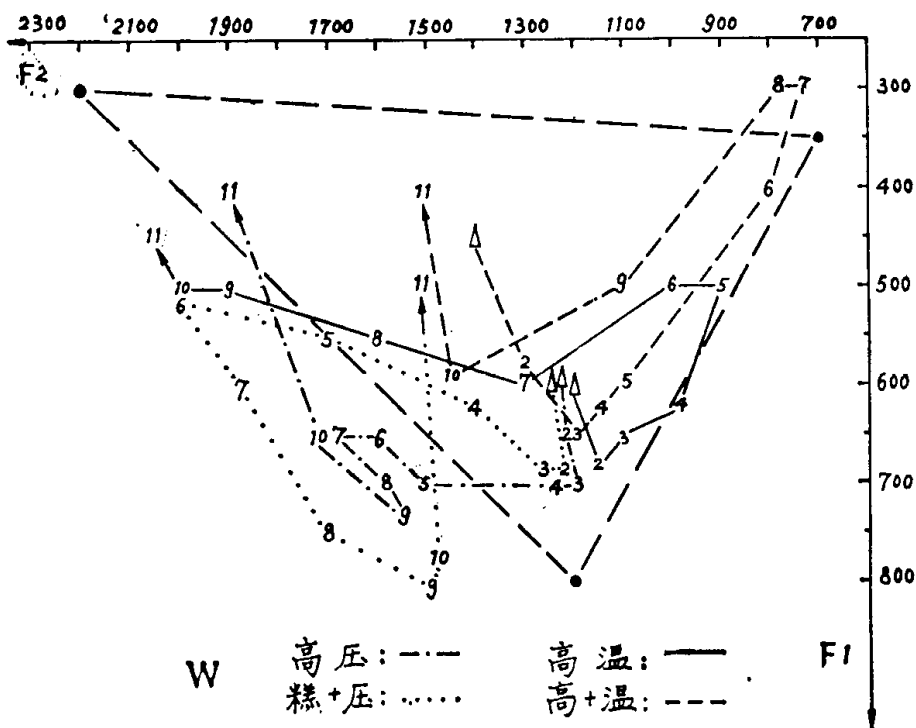


图 3 “高温: 高+温”和“高压: 糕+压”的动态声学元音图(发音人 W。纵坐标为 F1, 横坐标为 F2, 单位是 Hz, 线性标度。图中 [i, A, u] 三点的位置是根据同一发音人单念的“急、答、俗”三字的 F1 和 F2 确定的。图中相邻取样点之间相隔 25 ms, “△”为元音起始处; “→”指向的是元音收尾处)。

(三) 起首塞音、塞擦音的差别。在频谱图中(图略), 同一个塞音或塞擦音, 在前字里跟在后字里很不一样, 两者之间的差别主要有以下几点:

a) 塞音、塞擦音在前字里时长较长, 在后字里较短。这种时长差别在持阻时间和除阻时间上都有表现, 具体数据见下页表 1。表 1 里的数据表明, 塞音和塞擦音在前字里与在后字里的比例为 1.6:1, 也就是说, 前者比后者平均长  $\frac{1}{2}$ 。这里发现的这种时长差别与冯隆 1982 年的实验结果是相似的, ⑨ 不过由于我们用的是有意义的语句, 因此差别表现得更为明显(冯的结果是 1.3:1)。

b) 后字里的塞音、塞擦音(特别是不送气的)常常发生浊化, 浊化在宽带频谱图上表现为持阻/除阻期间有浊音横杠, 在窄带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, 在前字里, 塞音和塞擦音很少发生浊化(比较表 1 里前后字浊化率的不同)。

c) 后字里的塞音、塞擦音常常失去爆破, 或者完全不闭塞。前者在频谱图上表现为除阻后无冲直条(burst spike), 而且除阻前后的频谱模式跟元音或鼻音十分相象; 后者的频谱表现是除阻前后无突然变化, 而是和浊擦音非常相近。

综上所述, 如果把前字里的塞音、塞擦音作为典型变体的话, 那么就可以说, 它们到了后字

位置	音位 分 段 时 长	p		k	tɕ	ts	tʂ	p'	t'	k'	tɕ'	ts'	tʂ'	平均
		前 字	持 阻	69.4	65	52.3	44.7	46.2	58.9	47.6	43.1	51.3	35.4	46.2
除 阻	9.7		9.5	12.0	45.5	41.7	31.2	60.7	73.4	67.4	100.1	78.0	86.7	51.4
全 长	79.1		74.5	64.3	91.2	87.9	90.1	108.3	116.5	118.7	135.5	124.2	123.5	101.1
后 字	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	19.6	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	79.5	61.0
前后时长比例		1.6:1	1.7:1	1.3:1	2.6:1	2.8:1	2.2:1	1.6:1	1.8:1	1.5:1	1.4:1	1.4:1	1.6:1	1.7:1
浊 化 率	前字	0	3.3	4.2	0	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	4.2	17.3	36.8

表1 前后字塞音、塞擦音时长(ms)及浊化率比较(此表中数据均为三位发音人的平均值。)

里会发生如下变化(按发生率的高低排列): 1)时长缩短; 2)单纯浊化; 3)浊化, 失去爆破; 4)浊化, 不闭塞。

(四) 起首清擦音和/m、n、l/的差别。起首清擦音和/m、n、l/跟塞音、塞擦音一样, 在前后字里的差别主要表现在时长上: 在前字里长, 在后字里短。具体数据见表2、表3。

位置	音位 时 长	f	s	ʃ	ɕ	x	平均
		前 字	97.8	125.9	112.0	126.1	107.5
后 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	1.6:1
浊 化 率	前 字	0	0	0	0	0	0
	后 字	20.8	0	26.7	16.7	34.1	19.7

表2 前后字清擦音时长及浊化率比较(此表中数据均为三位发音人的平均值)

前 字	n	m	N+n	N+m	n,m	$\frac{N+n}{N+m}$	l	N+l	
	64.3	77.9	61.7	82	71.1	71.9	57.9	68.2	
后 字	n	m	N-n	N-m	n,m	$\frac{N-n}{N-m}$	l	N-l	
	48.3	60.4	73.4	80.3	54.4	76.9	48.9	67.1	
前:后		1.3:1	1.3:1	1:1.2	1:1	1.3:1	1:1.1	1.2:1	1:1

表3 前后字/m、n、l/时长比较(此表中数据均取自发音人w。表中“+”代表“+”音联,“-”代表“-”音联;“N”代表鼻韵尾。)

除了在时长上的差别之外,还有以下几点值得注意: a)清擦音在后字里有时会浊化,平均浊化率为19.7%(见表2),而在前字里的浊化率几乎等于零。b)清擦音的音强在前字里大都比在后字里强。c)当起首/m、n、l/前边是前一个字的鼻尾(/-n、-ŋ/)时,它们就会跟那个鼻尾连接在一起,长度加倍,并且很难分开。在这种情况下,/m、n、l/在前后字里的时长差别就看不出来了(见表3)。

/z/在语音学里一般都认为是浊擦音,<sup>⑩</sup>不过它的“擦”(即噪音)的成分在频谱图上常常不容易看出来。如果不考虑“擦”的成分,/z/跟闭元音的情况是很相象的,也就是说,在前字里比较“到家”,其频谱表现为F1更低,F2以及更高次共振峰减弱。跟闭元音不同的是,在个别情况下,前字里的/z/可以在频谱上清楚地看出摩擦的成分。

(五)音高的差别。以上的分析,都是围绕着各个声母进行的。在实验中我们还发现,前后字在音高上也有较明显的差别。

前后字在音高上主要有两种差别: a)两字均为阴平时,前字音高大都等于或略高于后接后字的音高,高于前接后字的音高,相反的情形只占很小的比例。前字平均音高高于后字。b)在阳平和去声时,前字音高的平均变化幅度(即调域)大于后字。

到此为止,已经从音色、音长、音强、音高等几个方面对“+”/“-”两种音联的差别作了分析,现在可以把分析结果综合如下:

1. 塞音、塞擦音在前字里时长较长,音强较强,极少浊化;在后字里时长较短,音强较弱,很容易浊化。

2. 开口呼零声母在前字里一般以喉塞或喉化起始,或者音色一开始就迅速接近目标值,受前接字同化较少;在后字里大都与前接字的韵母平滑衔接,常常很难找到明确的分界点,受前接字同化较多。

3. 非开口呼零声母和/z/在前字里时长较长,音色更接近典型目标值,音强较弱;在后字里时长较短,音色上倾向于央化,音强减弱较少。

4. /m、n、l/在前字里时长较长,在后字里较短。但是当前接字有鼻韵尾时,这种差别消失。

5. 阴平调时,前字平均音高高于后字;阳平和去声时,前字调域较宽,后字调域较窄。

对于前四条里的现象,可以简单地概括为:起首音位在前字里比在后字里辅音性更强。所谓“辅音性”,在不同的音位里有不同的表现。对于辅音来说,它意味着辅音典型特征的充分实现;对于半元音来说,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;对于元音来说,它意味着给它们外加上一定的辅音特性,如喉塞、喉化等。

最后讨论一下“#”音联。这种音联在听感上是一个或长或短的停顿。它的频谱特征主要有三个: a)在非闭塞音之前出现较长时间的无声段; b)在闭塞音之前出现长于音位本身固有“间隙”(gap)的无声段; c)停顿前最后一个字的韵母拖长; d)停顿前最后一个字的韵尾没有向停顿后第一个起首音过渡的音渡。

以上四个特征中,第四个特征意义最大,因为它表明说话人在前一个字结束后的下一个目标值是停顿,所以用不着直接向后一个字过渡。由于这种停顿不是音位序列本身固有的,因此它应当属于更高层次的单位,是更高层次单位的边界信号。在我们的材料中,这种音联出现在较长的主语之后,或出现在从句和主句之间。关于它和语法的关系,还有待于今后进一步研究。

### 三 结论

通过声学语音学实验,我们找到了汉语普通话中一些音联的声学表现,这些表现是:

1. 在“一”音联里,如果边界之后的音节以零声母打头,则边界之前的鼻尾/n/往往表现为半鼻音;如果边界之前的音节有鼻韵尾而边界之后的音节有鼻音声母,两个鼻音便会结合成一个单一的长鼻音。

2. 在“+”音联里,边界之后第一个音节的声母表现出较强的辅音性;这个音节的音高较高,调域较宽(上声除外)。

3. 在“#”音联里,边界之前的音节韵尾拖长,并且没有向边界之后的音节过渡的音渡;边界前后两音节之间有较长时间的无声段。

### 四 音联研究对于语言学和言语工程学的意义——几点讨论

音联的声学语音学研究对于语言学和言语工程学都是有一定意义的。从语言学的角度来看,通过对汉语普通话中的一些音联所做的实验,我们发现了鼻韵尾在音节交界处的一些不同的变体及其各自的发生条件,发现了普通话里的鼻韵尾跟其他一些语言里的收尾鼻音的不同之处。我们发现了二字组边界的语音征象,从而在一定程度上证实了双音节单元在普通话语流中的实际存在。我们还找到了停顿的声学语音学征象,这为今后更为详尽的停顿研究提供了依据。

根据实验的结果,我们提出,汉语普通话的语流中至少存在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“一”,即音节之间的音联。
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。
4. 停顿音联“#”,即语流中的正常停顿。

从言语工程学的角度来看,音联的声学语音学研究有着非常现实的意义。对于语音合成来说,音联问题实际上就是各种语音单元应该如何连接的问题,同样两个音在不同的音联处连接时会发生不同的变化,连接得合适与否,直接影响到合成音的易懂度和自然度。对于言语识别来说,音联问题就是一个如何切分音段的问题。同一个音位可能会有不同的“音联变体”,只有正确地辨认出这些变体,才有可能提高识别的准确性。

#### 附 注

① G. 方特: 语音学和言语工程学,《国外语言学》1984年3期。

② 杨顺安: 浊声源动态特性对合成音质的影响,《中国语文》1986年3期。

③ Trager, G. L. and Bloch, B.: *The syllabic phonemes of English*. *Language* 17: 223—246(1941).

④ Moulton, W. G.: *Juncture in Modern Standard German*. *Language* 23: 212—226(1947).

Stokwell, R. P., Bown, J. D. and Silva-Fuenzalid, I.: *Spanish juncture and intonation*. *Language* 32: 641—665(1956).

Lehiste, I.: *An acoustic-phonetic study of internal open juncture*. *Supple. to Phonetica* 5(1960). 见21页上的语图。

Pietro, Robert J. Di: *The phonetic status of juncture in Italian*. *Proc. Vth Int. Congr. Phn. Sci. Munster*, pp. 261—263(1964).