

# 降峰双元音是一个动态目标而升峰双元音是两个目标：宁波方言双元音的声学与发音运动学特性

胡 方

**提要** 本文以宁波方言的声学与发音运动学为例，探讨汉语方言中普遍存在的降峰双元音与升峰双元音的语音学上的区别。文章的声学录音来自于20位发音人（10男10女），发音运动材料来自于6位发音人（4男2女）。声学研究发现：宁波方言的升峰双元音的两个组成成分的声学特性均比较稳定，可变性较小；相对比而言，宁波方言的降峰双元音的两个组成成分之中只有首成分的声学特性相对稳定，而其尾成分则变异性非常大。发音运动学的研究结果则进一步揭示了形成这两类双元音的这种系统性差异的深层机制。本文的研究结果支持这样一个观点，即降峰双元音是一个动态目标，而升峰双元音则由两个静态目标组成。

**关键词** 降峰双元音；升峰双元音；静态目标；动态目标；声学；发音运动学；宁波方言。

## 一、引 论

元音分为单元音和复合元音，而复合元音又以双元音为最常见。这在语言学上仿佛是个显而易见的常识，但事实上，关于双元音（复合元音）的定义与性质问题，文献中是存在争议的。即使是对英语这一文献众多、研究最为透彻的语言，对于其双元音的性质问题，语音学家们也是各有说法（Pike 1947；Lehiste & Peterson 1961；Holbrook & Fairbanks 1962）。大致上说，有两种观点：一种观点认为双元音是一个单独的元音，只是它的核心在语音上是复杂的（Malmberg 1963；Abercombie 1967；Catford 1977）；而另一种观点则认为双元音就是两个元音或者一个元音和另一个半元音组合起来的序列（Sweet 1877；Jones 1922）。也就是说，前者将双元音视为一个发音事件，只有一个变化的、动态的目标；而后者则将双元音看成是两个发音事件，从一个静态的目标过渡到另一个静态的目标。

现代汉语及诸方言的音节结构相对比较简单，一个音节可以由声母、介音、韵腹（一般是主元音）、韵尾（一般是元音性成分、鼻音或有限的不爆破塞音）等构成。至于这些成分的性质，比如：介音、元音性成分韵尾究竟在音系学或者语音学上是元音性的、还是辅音性的，或者这些成分之间的结构关系，比如：这些成分是一起构成音节的，还是介音是先跟声

母组合或与由韵腹、韵尾组成的韵母组合之后再与其他成分构成音节，不是本文讨论的兴趣所在。本文讨论双元音，而且，对双元音采取务实的分析方法。也就是说，先将各种音系学或者语音学分析放在一边，本文工作定义（working hypothesis）中的双元音既包括韵腹和元音性韵尾组成的双元音，也包括介音和韵腹组成的双元音。在文献中，韵腹和元音性韵尾组成的叫**降峰双元音**（falling diphthong），韵腹和介音组成的叫**升峰双元音**（rising diphthong）；这两个术语是完全从声学上定义的，客观上比较容易测量，与更常见的术语“前响双元音”与“后响双元音”所指类似，但角度不同，虽然后者在中文文献中使用更加广泛，但本文并不讨论感知问题，也不想暗示“降峰双元音一定前响，升峰双元音一定后响”。

降峰双元音与升峰双元音在语音或音系上的表现往往是不同的，无论在历时还是共时层面，在语言中常常能发现，降峰双元音可以和相应的单元音形成交替（alternation），最常见的如/ai/与/ɛ/、/au/与/ɔ/。比如我们如果留意听北京人说英语，“arrive”往往发音为[ə'ɪɛv]，这就是典型的/ai/与/ɛ/交替现象；至于/au/与/ɔ/的交替，在吴语、晋语中都是很常见的。因此，赵元任（1928：65-66）早就指出：吴语中只有降峰双元音才是“真复合元音”，升峰双元音不是。只是语言是不断变化着的，元音的变化更是丰富。本文要讨论的宁波方言属于北部吴语，历史上是只有单元音、升峰双元音，而没有降峰双元音的，但事实上，现在的宁波方言是有降峰双元音的：/ai/、/au/、/œy/。历时地讲，/ai/主要来自蟹摄合口一等、合口三、四等（\*/ɛ/）以及文读层的部分止摄字；/au/主要来自果摄一等（\*/u/）；/œy/主要来自流摄开口一等、山摄合口一等（\*/ø/），以及少量山摄合口三等。也就是说，现在宁波方言中的降峰双元音，历时上都来自于相应的单元音的裂化音变。

本文的目的并不想纠缠于这些双元音的共时音系或者历史音韵问题，而是重点观察这两类双元音的语音学特性。这里主要有两个问题：第一，双元音的两个组成成分各自有没有目标（target）？第二，双元音具有什么样的动态特性？目标的问题是相对静态的，我们可以比较双元音成分与相应的单元音在声学频谱上的关系，在发音器官上的位置；我们也可以分析双元音成分在产生上的离散性与可变量（variability）问题。如果双元音成分的发音、声学上与相应的单元音接近，而且离散性不大，那么，我们有理由相信，这个双元音成分是拥有一个目标的，发音人在说话时是在实现这个目标，虽然要厘清这个目标是声学的、发音的、还是二者共同的需要进一步的证据，不在本文讨论范围之内。反之，如果双元音成分的发音、声学上与相应的单元音差别很大，而且可变量也很大的话，那么，我们就倾向于相信这个双元音成分没有一个明确的发音或者声学上的目标。

无论双元音有没有发音或声学目标、有几个目标，也就是说，无论双元音是两个音段构

成的序列还是一个动态的单一音段，双元音的动态特性都是非常重要的一项研究内容。双元音的动态特性也可以从声学、发音的不同角度进行探讨。从声学的角度看，共振峰（尤其是第二共振峰）变化速度（F2 rate of change）是个比较好的参数，因为它表述了双元音音色变化的速度。以往的声学研究与感知研究均表明：双元音往往拥有各自不同的第二共振峰变化速度（Gay 1968、1970）。不过，同时需要指出的是，共振峰变化模式反应的是所有发音器官综合的结果，这是其一；其二，它反应的是共振峰变化的平均速度；因此，它无法反应双元音产生过程中的其他更细致的动态特性。共振峰变化速度的这个特点，也决定了其在描述语言中的双元音时候的一些局限性。以往的研究发现，共振峰变化速度在描写双元音比较少、特别是只有降峰双元音的语言，比如英语（Gay 1968）、Mathili 语（Jha 1985）时比较有效，但在描写双元音比较复杂的语言，比如西班牙语（Manrique 1979）、汉语及汉语方言（Ren 1986；Ren & Chan 1988）时就会遇到问题，因为无法用共振峰变化速度来区分不同的双元音。发音运动学（articulatory kinematics）能揭示双元音产生中更多的动态细节，挖掘声学现象背后的原因以及提供更多事实。双元音发音研究的文献并不多见。Kent & Moll（1972）曾运用 X 光摄影材料检视美国英语单元音、双元音的舌体发音，并发现双元音产生中舌运动的速度是有限制的。然而，由于技术局限，Kent & Moll 的研究只提供了发音运动中的平均速度数据，缺乏其他运动学数据。

与单元音研究文献的浩如烟海相比，双元音的语音学研究相对比较薄弱，声学、感知方面的研究不多，发音生理方面的研究则更少见。然而在多数汉语方言中，双元音是音节、音段库藏（inventory）中非常丰富的内容，而且，汉语方言不仅降峰双元音丰富，升峰双元音更是普遍，即使是如北部吴语此类以“单元音多、双元音少”著名的方言中，升峰双元音也是普遍存在的。因此，对双元音进行细致的发音生理、声学语音分析，能够帮助我们理解双元音的语音学、音系学特性。通过对宁波方言双元音的语音细节的分析，本文提出了降峰、升峰双元音的系统区别，一方面我们希望能够从其他方言或语言的研究中得到印证或者补充，另一方面，我们并不假设其他方言或语言中的降峰、升峰双元音一定也是如宁波方言的情况，相反，我们更期待其他不同类型的区别，以丰富我们对双元音语音、音系特质的理解。另外，根据语音研究结果，本文也对所谓真、假性双元音及相关的历史音韵问题略作讨论。

## 二、研究方法

本文的研究对象是宁波方言的双元音，宁波方言有三个降峰双元音/ai au œy/，七个升峰双元音/ia ie io ua ua(?) uε yo/，其中三个/ie ua(?) yo/是只出现在入声音节的短双元音。为了控制其他因素对双元音的可能影响，我们选择零声母单音节词作为测试例字，例字的声调均为高平调。限于篇幅，本文重点讨论其中的 5 个双元音：2 个降峰双元音/ai au/，其对应的 2 个升峰双元音/ia ua/，及 1 个相应的短双元音/ua(?)；另，关于宁波方言音系的概貌，参见 Hu (2005b) 第一章。

声学录音材料来自 20 位青年发音人，10 男 10 女，录音时年介 18 至 24 岁，均是土生土长的宁波本地人，无可见的言语或听力障碍史。大部分录音来自于 2001 年田野调查，使用的是索尼 PCM-R700 数字录音机、舒尔 SM-58 话筒。发音数据用电磁发音仪 (EMA) 采集，共有 6 位宁波本地发音人，4 男 2 女，录音时年龄在 20 岁左右，其中，2 位男性发音人用 Carstens AG100 系统，其他 4 位发音人用 AG200 系统采集。除了头部校准用的参考点之外，传感器粘贴在 6 个目标发音点：舌背、舌体、舌尖、下颚（实际为下齿龈位）、下唇、上唇。测试词随机排列，放在一个载体句中：[ŋo io do? \_\_ pa? nau t<sup>h</sup>iq]“我要读\_\_拨你听”，录音重复五遍。

声音样本的采样率为 10 千赫兹，我们在双元音成分的稳定段中部进行频谱分析，提取前 4 个共振峰频率（本文重点分析前 2 个共振峰，即第 1 和第 2 共振峰）。如果双元音成分没有稳定段，那么，对于高元音成分，我们提取第 1 共振峰最低处，对于低元音成分，我们提取第 1 共振峰最高处，因为此时他们各自到达声学上的实际目标位置。除了频谱信息，我们也测量双元音成分的稳定段、过渡段时长。

EMA 发音材料的有效采样率为 200 赫兹，数据经过低通滤波处理并旋转至其 x 轴与每位发音人的咬合面相平行。我们使用舌体作为硬腭元音成分[i y e ε]的主发音点，使用舌背作为低或后元音成分[a œ o u a(?) o(?)]的主发音点，这里包括[œ]是因为其无论声学还是发音都更接近于后元音成分。在双元音成分的发音过程中，当主发音点的切向速度 (tangential velocity) 最小的时候，我们定义其达到目标位置，即提取此时所有发音器官（即所采样发音点）的位置信息。除此之外，我们测量双元音发音的动态信息：平均速度 (average velocity)、峰值速度 (peak velocity)、峰值速度时点 (the time to peak velocity)。平均速度指主发音点在两个双元音成分之间单位时间内的位移（毫米/秒）；峰值速度是在测量到的主发音点在两个双元音成分之间运动过程中的最大切向速度；峰值速度时点即指该切向速度峰值出现距离双元音声学开始的时间。

### 三、双元音的时间结构

表1显示了10位女性发音人和10位男性发音人的宁波方言双元音的时间结构均值及标准差（括号内），单位：毫秒。

表1 宁波双元音时间结构均值与标准差（括号内）；单位：毫秒

双元音	10位女性发音人				10位男性发音人			
	首成分	过渡段	尾成分	总时长	首成分	过渡段	尾成分	总时长
[ai]	80 (23)	77 (20)	58 (18)	215 (53)	64 (16)	85 (36)	62 (20)	210 (52)
[au]	82 (24)	77 (20)	56 (18)	215 (55)	66 (17)	76 (24)	59 (21)	200 (49)
[ɔy]	80 (21)	80 (24)	65 (19)	224 (57)	64 (15)	78 (26)	59 (14)	202 (43)
[ia]	0	116 (24)	116 (31)	232 (52)	0	132 (24)	114 (38)	245 (55)
[ie]	0	71 (16)	64 (17)	135 (28)	0	76 (17)	62 (19)	137 (32)
[io]	0	127 (29)	122 (42)	249 (66)	0	127 (32)	120 (46)	247 (69)
[ua]	0	110 (21)	126 (31)	236 (49)	0	112 (27)	135 (44)	248 (66)
[ua(?)]	0	76 (21)	68 (17)	144 (35)	0	77 (18)	64 (17)	141 (30)
[ue]	0	119 (23)	133 (43)	252 (60)	0	113 (27)	127 (45)	240 (61)
[yo]	0	75 (18)	73 (19)	148 (31)	0	83 (22)	70 (22)	152 (39)

从表中我们可以看到，降峰双元音的首尾成分都有稳定段。整体上说，降峰双元音的首成分时长大于尾成分，这说明音节核心的时长较长。不过，对于男性发音人来说，过渡段的时长是最长的，但对于女性发音人来说，过渡段与首成分时长接近。升峰双元音只有尾成分有稳定段，首成分并没有稳定段，说明在发音过程中，首成分的共振频率是一直变化着的。虽然升峰双元音的过渡段与尾成分的时长分布各有不同，不过，有一点是共同的，即二者均拥有较长的时长，这说明：（1）作为音节核心的尾成分拥有较长的时长；（2）相对于降峰双元音来说，共振频率过渡是较缓慢而充分的。另一个值得注意的有趣的现象是短双元音 [ie ua(?) yo] 的过渡段一致地比尾成分长。这说明过渡段比核心音段更能抵抗音节压缩，也就是说，当音节变短的时候，首当其冲的是音节的核心音段，相反，过渡段反而更为稳定。长短[ua]的比较特别能说明问题。无论男女发音人，在长双元音[ua]中，核心音段[a]都比过渡

段长，占到整个双元音时长的将近 55%，但在短双元音[uaʔ]中，过渡段均比核心音段[a]长，核心音段只占到整个双元音时长的 45%左右。

## 四、双元音的频谱特性

### 4.1 静态特性

理论上说，双元音可以看作是从一个首目标成分(onset target)向尾目标成分(offset target)运动的过程。但是，一方面，在实际的双元音产生过程中，达标不足(target undershoot)现象往往会发生，因此，双元音成分在一定程度上会偏离目标，具有可变性。另一方面，关于“目标”的性质问题，本身还是有相当的争议的。首先，这个“目标”究竟是运动神经控制(speech motor control)层面的，发音(articulation)层面的，声学(acoustics)层面的，抑或是感知心理(psychology)层面的？又或者，说“目标”仅仅是音系(phonology)上的一种抽象存在？其次，双元音的目标成分是否与语言中相应的单元音有关系？如前所述，本文对上述问题呈开放态度，作为一种可行的方案，我们不妨先描述双元音首尾成分声学与发音上的情况，并将他们与相应的单元音做比较，然后再来讨论“目标”问题。

图 1 显示了宁波方言降峰双元音的声学元音图。声学元音图的纵轴是第一共振峰(F1)，代表元音高低，横轴是第二共振峰(F2)，代表元音前后，坐标系的原点位于右上角。坐标轴标示的刻度是赫兹，但刻度之间的距离不是线性的，而是根据 Bark 做了调整，而且，纵轴是横轴的两倍，以强调第一共振峰的重要性。因此，根据感知特性做了调整之后的声学元音图就与大家熟悉的国际音标元音图具有很强的可比性。图中的箭头表示双元音共振频率滑动的方向，当然，这只是一个简化了的示意，双元音频率的实际运动情况要复杂得多。

在图 2 中，我们将宁波方言降峰双元音[ai au œy]的首尾成分与相应的单元音进行了比较；双元音成分用小号的国际音标表示，相应的单元音用大号的国际音标表示。其中，左图显示的是 10 位女性发音人的数据，右图显示的是 10 位男性发音人的数据；上图显示的是均值，下图显示的是所有数据点（5 遍重复、10 人，每个双元音成分或对应的元音各自共计 50 个采样数据点）在二维空间分布中 2 个标准差的置信椭圆。我们重点看[ai au]与对应的单元音[a i u]在声学元音空间中的关系，为了与[ai]中的[a]相区别，我们用小号的[a<sup>u</sup>]标示双元音[au]中的首成分[a]。

图 1 宁波方言降峰双元音[ai au əy]声学元音图；左：女性发音人均值，右：男性发音人均值。

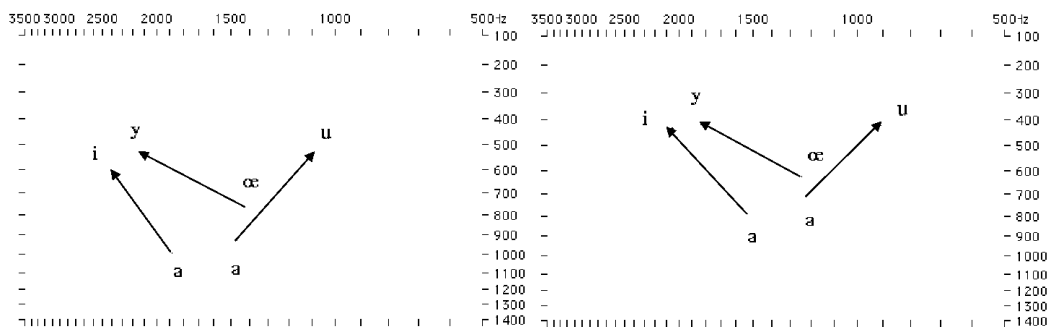
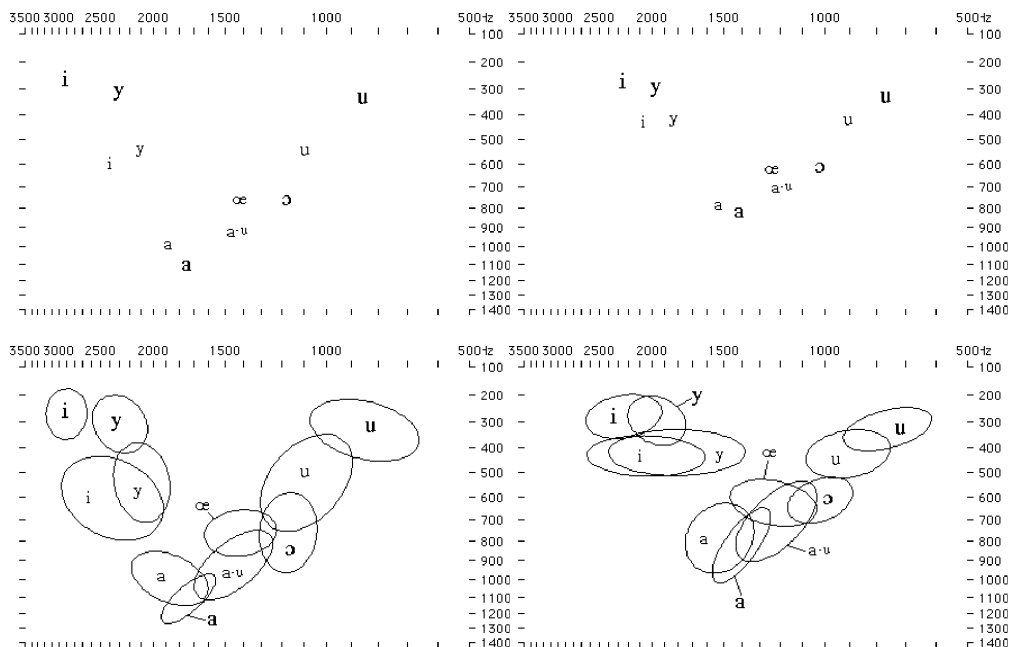


图 2 宁波方言降峰双元音成分（小 IPA 符号）与相应的单元音（大 IPA 符号）比较图；

左：女性发音人均值，右：男性发音人均值，上：均值，下：置信椭圆。



虽然由于受到尾成分的影响，双元音[ai au]的首成分均略偏高并分别各自往前、后偏移，但是与相应的单元音相比较，他们大体上还是共同处于低元音的位置。换句话说，我们可以认为在双元音[ai au]的产生中观察到了逆协同发音现象，但同时也观察到，双元音[ai au]的首成分是从接近低元音[a]的位置开始的。然而，双元音[ai au]的尾成分则距离他们各自的“目标”[i u]相当遥远，从声学元音图中我们可以看到，双元音[ai au]的尾成分只达到[e o]的位置，在女性发音人中甚至更低。而且，从元音椭圆图中可以看到，作为双元音尾成分的[i u]分布离散性比相应的单元音椭圆明显增加；这种数据可变性的急剧增加表明了，在宁波方言降峰双元音[ai au]的产生中，尾成分不是一个明确的声学“目标”，而是双元音动态过程的结果。也就是说，声学材料表明，在宁波方言降峰双元音的产生中，首成分是相对较为准确地控制的，

其所观察到的数据与对应的单元音位置更接近，可变性相对较小，但尾成分并没有确切的声学目标，它是由双元音各自的动态特性决定的（详见下文）。

图 3 宁波方言升峰双元音[ia ie io yo ua ua(?) uε]声学元音图；

左：女性发音人均值，右：男性发音人均值。

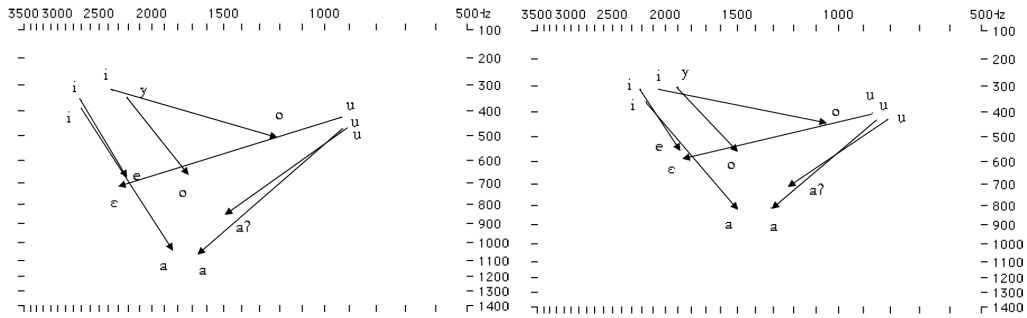
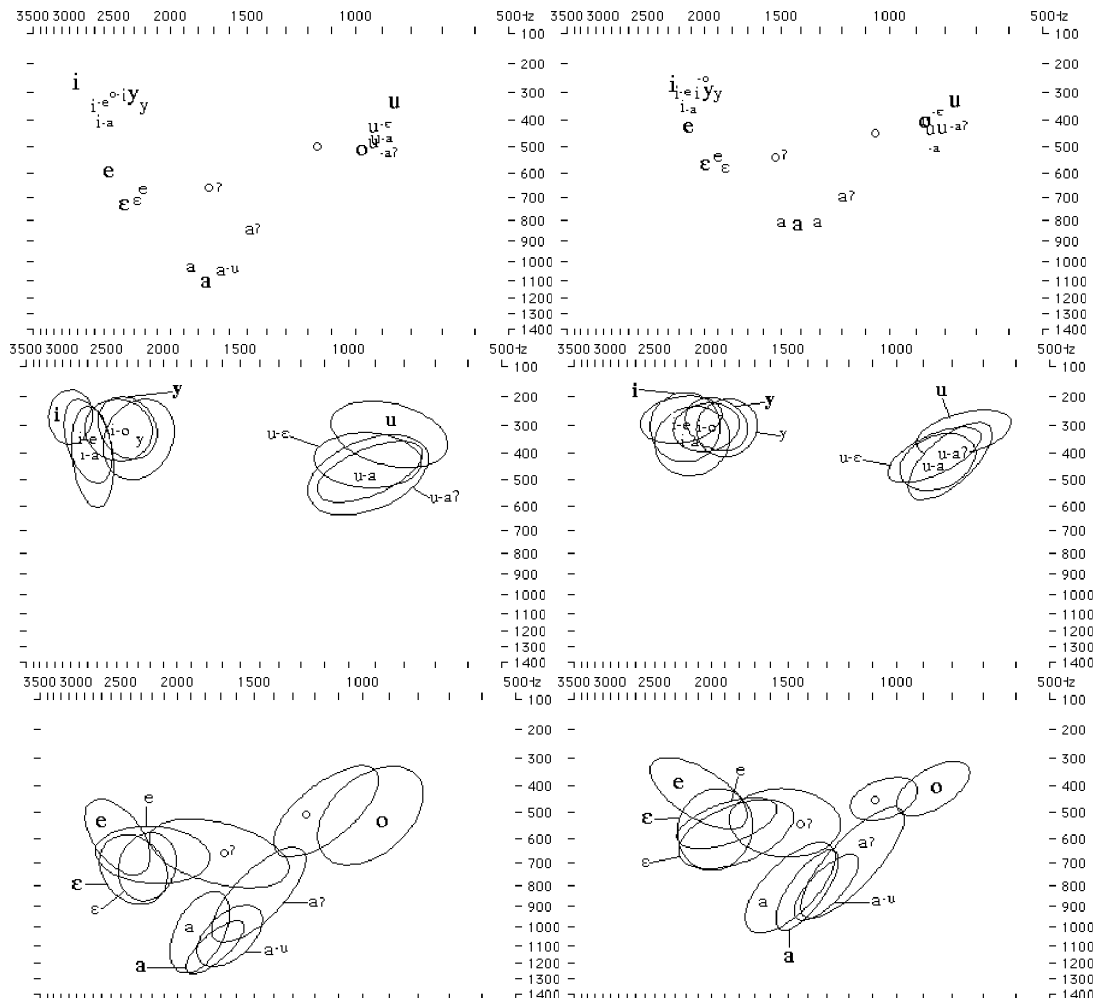


图 4 宁波方言升峰双元音成分（小 IPA 符号）与相应的单元音（大 IPA 符号）比较图；

左：女性发音人均值，右：男性发音人均值；上：均值，中：首成分置信椭圆，下：尾成分置信椭圆。





宁波方言的七个升峰双元音[ia ie io yo ua ua(?) uε]在由首二个共振峰(F1/F2)所定义的声学空间中的分布见图3所示。其中,[ia io ua uε]是正常长度的双元音,[ie yo ua(?)]是只出现在入声音节的短元音。为了区分长短[ua],短双元音在图中标示为[ua?]

图4显示了升峰双元音首尾成分与相应的“目标”单元音之间的关系。为了标示区分,[ua]的尾成分标为[a-u],[yo]的尾成分标为[o?];不同双元音之间的首成分[i]、[u]则采用后注尾成分的方式,例如[i-e]代表[ie]的首成分;双元音成分用小号国际音标,相应的单元音用大号国际音标。

从图中可以看到,[ie ia]中的首成分[i]与单元音[i]的位置非常接近,只是略低;[io]中的[i]更接近单元音[y],应该是受到尾成分圆唇的影响。[yo]中的[y]与单元音[y]也是非常接近。相比较而言,[uε ua ua?]中的[u]偏离略大,从均值看,他们有时似乎更接近单元音[o],这在男性发音人中尤其明显;不过,从双元音成分的置信椭圆图中可以看到,首成分[u]与单元音[u]有较大的重叠。也就是说,虽然升峰双元音的首成分会受到尾成分的影响,甚至引起一定程度的逆同化(比如[io]中的[i]),但是,首成分的声学位置与目标单元音还是比较接近的;这倾向于说明升峰双元音首成分的发音是受到较好的声学目标的控制的。

升峰双元音的尾成分情况略为复杂,但整体上说,正常长度的双元音尾成分也是接近各自的“目标”的。其中,[uε]中的尾成分[ε]非常接近目标单元音[ε];[ia]中的尾成分[a]比目标单元音略前,[ua]中的尾成分[a]略后,明显是受到首成分顺协同发音(progressive coarticulation)的作用;而虽有一定程度的达标不足,[io]中的尾成分[o]也还是比较接近目标单元音[o]的。相比较而言,只出现在入声音节中的短双元音[ie yo ua?],他们的尾成分则很少能够到达各自的“目标”单元音的位置:[ua?]中的尾成分[a?]明显偏高;[ie]中的尾成分[e]与[yo]中的尾成分[o]均明显中央化(centralized)。

总之,声学材料倾向于支持宁波方言的正常长度升峰双元音首、尾成分均拥有他们各自的目标频率区域,当然,他们也受到逆、顺协同发音的影响。但对于短升峰双元音来说,只有首成分拥有明确的目标,尾成分的达标不足现象明显,不过,这可能是由于时长太短的原因导致的中央化,而并不是说他们就没有“目标”位置。

综上所述,声学频谱材料表明,宁波方言的降峰双元音只有首成分拥有目标频率区域,尾成分没有明确的声学目标,是双元音动态特性的结果;而宁波方言的升峰双元音则首尾成分均拥有目标频率区域,但短升峰双元音由于时长短,尾成分达标不足,并产生中央化的倾向。

## 4. 2 动态特性

双元音不仅由首尾成分构成，而且还有连接首尾成分的过渡段（transition），本节根据双元音成分的频谱与时长材料进一步探讨他们的动态特性。如前所述，在声学上，我们一般用共振频率变化的幅度或者速度来定义双元音过渡段的动态性，尤其是第二共振峰（F2）的变化幅度或速度。以往的研究也表明，F2变化速度是双元音的一个重要声学特性（如 Gay, 1968; Manrique, 1979; Jha, 1985）。宁波方言双元音的 F2 变化幅度与变化速度见表 2：正值代表双元音的 F2 过渡是从一个相对较后的位置到一个相对较前的位置；负值则反之。

表 2 宁波方言双元音的 F2 变化幅度（赫兹）与变化速度（赫兹/毫秒）均值

双元音		[ai]	[au]	[œy]	[ia]	[ie]	[io]	[ua]	[ua(?)]	[ue]	[yo]
女	$\Delta F_2$	510	-366	685	-808	-481	-1233	721	548	1320	-483
	速度	6.62	-4.75	8.56	-6.97	-6.77	-9.71	6.55	7.21	11.09	-6.44
男	$\Delta F_2$	539	-313	592	-664	-326	-990	454	378	968	-362
	速度	6.34	-4.12	7.59	-5.03	-4.29	-7.80	4.05	4.91	8.57	-4.36

从表中我们可以看到，宁波方言的三个降峰双元音相互之间可以用 F2 变化幅度或变化速度区分，因为他们各自拥有不同的频率变化幅度与速度：[œy]的 F2 变化幅度、速度最大，[ai]次之，[au]最小。也就是说，从声学频谱上看，三者的动态特性是不同的。

同样地，如果只考虑正常长度的升峰双元音，我们也可以看到，不同的升峰双元音可以用 F2 变化幅度或变化速度区分，他们的顺序是[ue] > [io] > [ia] > [ua]，男女发音人相当一致。不过，宁波方言的三个短升峰双元音，他们之间的 F2 变化幅度或速度则相当接近，比较难以相互区分，而且，三个短升峰双元音的 F2 变化幅度或速度在男女发音人中的排序也不相同。这说明，在时长急剧缩短的情况下，双元音的频谱动态特性趋同。

如果我们将所有的双元音放在一起考虑，那么，情况是相当复杂的。首先，同样的双元音在男女发音人中的排序不同。其次，很多双元音 F2 变化速度相近，比如，在女性发音人中，6 个双元音[yo ua ai ie ia ua(?) ]的 F2 变化速度依次在 6.44 至 7.21 赫兹/毫秒之间；在男性发音人中，6 个双元音[ua au ie yo ua(?) ia]的 F2 变化速度依次在 4.05 至 5.03 赫兹/毫秒之间。第三，F2 变化幅度与 F2 变化速度并不一定一致，比如，在女性发音人中，[ua]变化幅

度为 721 赫兹，速度为 6.55 赫兹/毫秒；[æy]变化幅度位 685 赫兹，速度为 8.56 赫兹/毫秒。因此，我们的材料支持将降峰、升峰双元音分开来处理，因为他们的性质是不同的。这里特别需要强调的是，当降峰、升峰双元音放在一起的时候，[ai]、[ia]之间，[au]、[ua]之间的区分尤其困难，说明他们之间的动态特性区别不大。

## 五、双元音的发音运动学特性

### 5.1 静态特性

如果在声学上，双元音可以被看作是从一个频率区域向另一频率区域的滑动过程；那么，在发音上，双元音就可以被理解位是发音器官从一个发音位置向另一发音位置的运动过程。本节探讨双元音的发音特点，首先是双元音首尾成分的发音位置，同样地，我们也将他们与相应的“目标”单元音的发音位置做比较。由于篇幅限制，只讨论降峰双元音[ai au]与相对应的升峰双元音[ia ua]。

图 5 和图 6 分别显示了 6 位发音人的降峰双元音[ai au]和升峰双元音[ia ua]的首尾成分的发音位置均值（大号国际音标，3 个舌发音点用实线连接）及与相应的单元音发音位置均值（小号国际音标，3 个舌发音点用虚线连接）的比较；图中，发音人面朝左。

先看降峰双元音的发音。虽然不同发音人之间存在着一些变异的情况，但大体上看，降峰双元音[ai au]的首成分的发音位置与相应的目标单元音[a]还是比较一致的。首先是由三个舌发音点所示意的舌位位置（lingual configuration），虽然在不同的发音人中可以发现个体差异及不同程度的协同发音情况，但双元音首成分的舌发音位置与相应的目标单元音[a]是比较一致的。其次，下颚位置与舌发音的配合也比较一致，大部分发音人的双元音[ai au]首成分[a]的下颚位置与相应的目标单元音[a]接近，只有女性发音人一的双元音[ai au]首成分[a]的下颚位置明显高于相应的目标单元音[a]。

与首成分不同，降峰双元音[ai au]的尾成分[i]、[u]则明显达标不足。虽然个体发音人之间存在差异，但大体上看，降峰双元音[ai au]的尾成分[i]、[u]，无论舌发音位置还是下颚位置，均明显没有到达目标单元音[i]、[u]的位置。

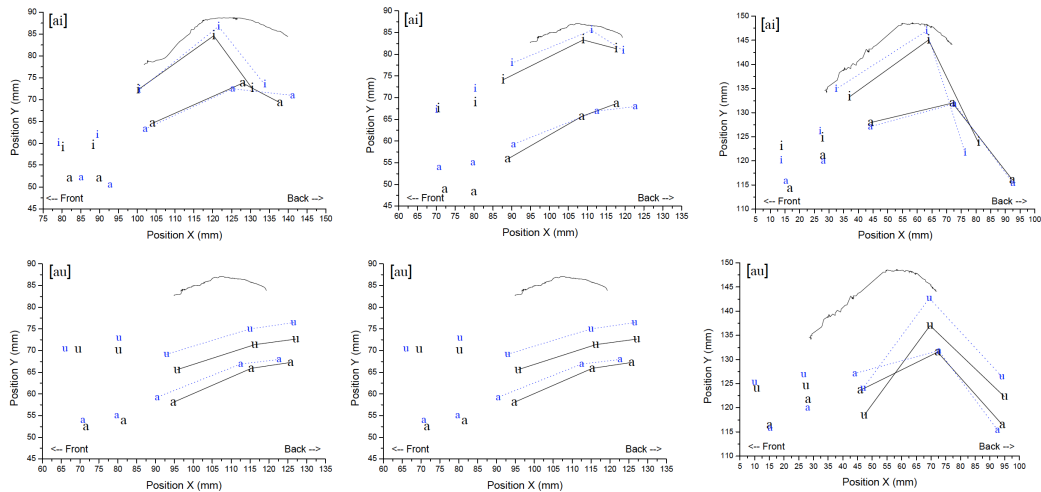
也就是说，在宁波方言降峰双元音[ai au]的发音中，首成分的发音位置与相应的单元音接近，而尾成分的发音位置则明显达标不足。这说明发音的材料支持上文的声学材料，即在宁波方言降峰双元音的产生中，首成分是有目标的，而且，这个目标既是声学的也是发音的，

而尾成分则没有明确的声学或发音目标，更像是双元音受到声学动态特性、发音运动特性制约的结果。

图 5 宁波方言降峰双元音[ai au]首尾成分发音位置均值（单位：毫米）；

每张图中从左至右：下唇、下颏、舌尖、舌体、舌背；

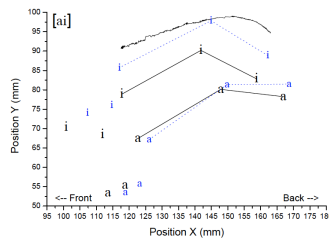
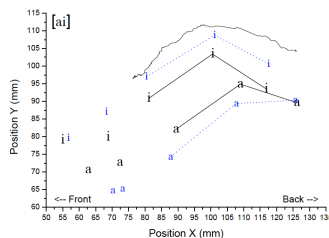
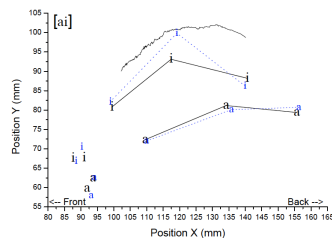
双元音成分：大号 IPA，舌发音点用实线连接；单元音：小号 IPA，舌发音点用虚线连接；



男性发音人一

男性发音人二

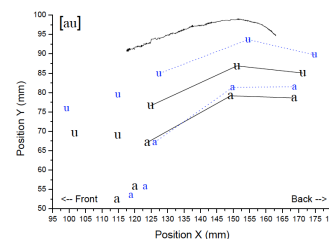
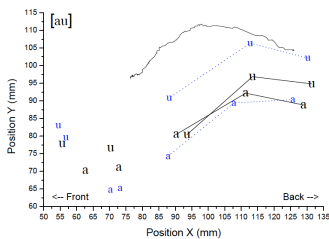
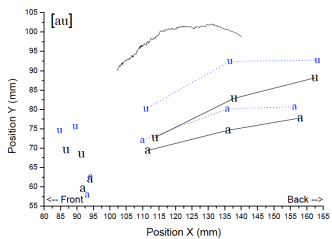
男性发音人三



男性发音人四

女性发音人一

女性发音人二



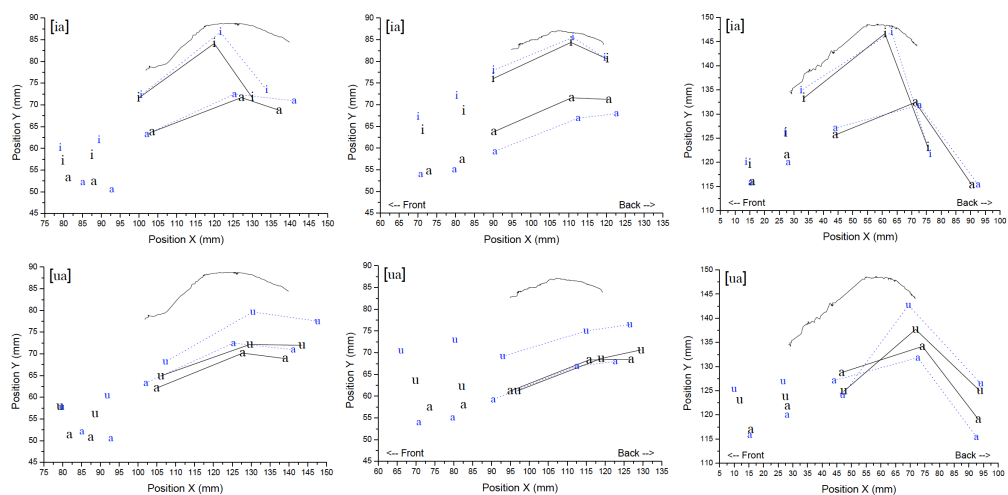
宁波升峰双元音[ia ua]的情况比较复杂。无论舌发音还是下颏位置，升峰双元音[ia]的首成分[i]与对应的目标单元音[i]的发音还是比较一致的；这说明与先前的声学材料一致，[ia]的发音拥有明确目标。但是，除了少数发音人（如男性发音人三）之外，在大部分发音人中，升峰双元音[ia]的尾成分[a]的发音位置与对应的目标单元音[a]的差别却相对比较大。不过，这可能并不能说明升峰双元音[ia]的尾成分[a]在发音上没有目标，虽然从本文所采样的舌发

音点上它确实如此，但由于[a]的构音位置（constriction location）在下咽部（Wood, 1979），舌头上的三个采样点可能不能全面反应[a]的发音。而且，由于前文声学研究已经表明，升峰双元音[ia]的尾成分[a]拥有和对应的目标单元音一致的频谱特性，因此，这里的情况更像是说明，虽然拥有较大的可变性，但一个较低的舌发音位置就能达到[a]的目标位置。也就是说，[a]的这种发音特性所反应的是元音产生中的量子特性（quantal theory, 参见：Stevens, 1972, 1989; Perkell & Nelson, 1982, 1985; Perkell & Cohen, 1989）。

图 6 宁波方言升峰双元音[i a ua]首尾成分发音位置均值（单位：毫米）；

每张图中从左至右：下唇、下颚、舌尖、舌体、舌背；

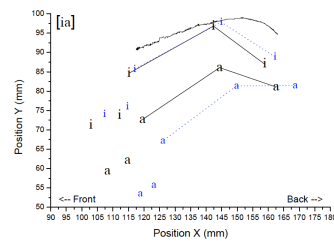
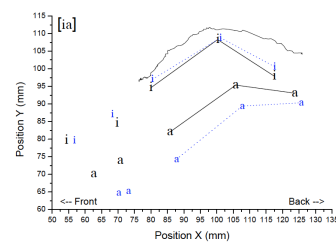
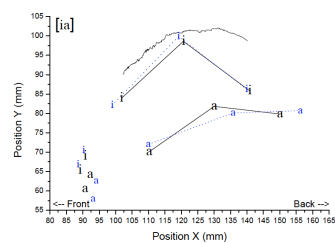
双元音成分：大号 IPA，舌发音点用实线连接；单元音：小号 IPA，舌发音点用虚线连接；



男性发音人一

男性发音人二

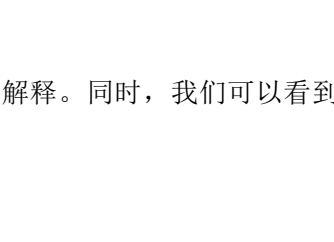
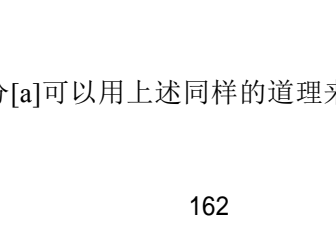
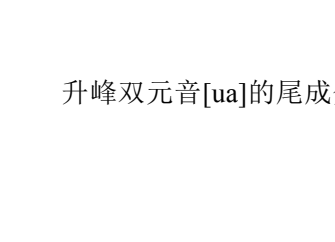
男性发音人三



男性发音人四

女性发音人一

女性发音人二



升峰双元音[ua]的尾成分[a]可以用上述同样的道理来解释。同时，我们可以看到[ua]的

首成分[u]与相对应的目标单元音[u]相比明显舌发音位置、下颚位置均偏低，这说明发音上的逆协同作用还是很明显的。相比较而言，[ua]的首成分[u]在声学上比目标单元音[u]偏低，但频率区域重叠。这说明发音上的协同虽然会反应在声学上，但却不是简单的线性关系，还是会受到元音构音位置的影响。

因此，从宁波方言的升峰双元音[ia ua]发音材料中，我们不仅可以看到双元音首尾成分的发音目标问题、首尾成分之间的协同发音问题，而且还能窥视隐藏其中的发音与声学之间的非线性的关系，当然，对这一问题的深入研究，需要更进一步的、更为细化的语音产生实验分析。

不过，这并不妨碍我们为宁波方言双元音的发音做一个初步的总结。双元音的发音从首成分的发音构造开始，通过发音器官的运动过程，到达尾成分的发音构造。双元音首成分的发音位置控制得比尾成分好，虽然会受到尾成分的逆协同发音影响，但大体上说，其与相对应的目标单元音还是比较接近的。相比较而言，尾成分的发音可变性很大，与相对应的目标单元音位置差别也较大，这说明双元音的尾成分在发音上可能并没有明确的目标，而只是发音器官运动的一种结果，一方面受发音运动学的动态特性控制，另一方面也受到发音器官本身的内部惰性（the inherent sluggishness of articulators）所限制（Saltzman & Kelso, 1983; Kelso et al., 1986）。

联系上文所述的声学频谱材料，大致可以推论，在宁波方言双元音的产生中，（1）降峰双元音的首成分拥有发音的和声学的目标，尾成分没有明确的发音的或声学的目标；（2）升峰双元音的首成分拥有发音的和声学的目标，尾成分没有明确的发音的目标但拥有声学的目标，而这种不一致可能是受到元音构音位置的量子特点的作用所影响。

## 5.2 动态特性

在声学研究中，我们用共振峰变化速度来描述双元音的动态特性，元音的共振峰模式是所有发音器官共同作用的结果，本节则运用发音器官运动学来讨论双元音的动态特性。舌是元音、双元音产生中最主要的调音器官，因此，在实践中，我们用所采样的主要舌发音点作为计算舌运动数据的基础。具体地说，我们用舌体点来描述硬腭双元音成分，用舌背点来描述其他双元音成分；如果一个双元音的首尾成分涉及二者，那么，就计算舌体、舌背这两个舌采样点的数据。

如前文所述，我们计算了六位发音人的舌发音点的平均速度、峰值速度、峰值速度时点。由于篇幅限制，表3只显示了一位发音人的舌发音点平均速度均值，但讨论还是基于6位发

音人的数据，其他发音人的数据参见：Hu, 2005b。在表中，时长表示从双元音首目标位置到为目标位置的长度；舌背、舌体位移表示舌发音点在二维平面中移动的直线距离；舌背、舌体速度表示舌发音点在二维平面中移动的平均速度。表中显示了各项数据的均值与标准差（SD）；其中，时长的单位是毫秒，位移的单位是毫米，平均速度的单位是毫米/秒。如前所述，对于双元音[au ua ua(?) ]来说，舌背是主发音点，对于短双元音[ie]来说，舌体是主发音点，但表中也显示了相应的另一舌发音点的数据，以资参考。

表 3 宁波方言双元音舌背、TM 的位移与平均速度（男性发音人一）

双元音	时长		舌背位移		舌体位移		舌背速度		舌体速度	
	均值	SD	均值	SD	均值	SD	均值	SD	均值	SD
[ai]	300	46	8.11	0.69	14.16	1.03	27.8	6.8	48.2	8.4
[au]	384	12	9.69	1.06	6.99	1.84	25.3	3.2	18.1	4.5
[œy]	416	21	12.65	1.05	16.25	1.36	30.5	3.5	39.2	4.1
[ia]	322	15	7.94	1.08	15.42	1.14	24.6	3.2	47.9	2.9
[ie]	166	27	4.21	1.50	6.34	1.62	24.9	5.3	38.5	7.6
[io]	365	38	11.81	4.92	12.15	1.44	33.4	15.0	33.5	4.3
[yo]	151	20	11.23	0.36	16.06	0.97	75.4	10.8	107.2	9.8
[ua]	271	17	5.88	0.93	3.39	0.52	21.7	3.8	12.6	2.3
[ua(?) ]	114	23	3.77	0.70	1.98	1.18	33.3	5.1	17.5	8.8
[uε]	293	35	12.79	3.13	6.52	1.69	44.0	10.6	22.5	6.2

首先看降峰双元音。双元音[ai]的发音涉及从一个低的舌位向硬腭“前举”的过程（参见上文发音位置图；另关于宁波方言舌发音机制，可参见：Hu, 2006；胡方，2008），因此，无论舌背还是舌体，移动距离都是比较小的。在[ai]的发音中，舌体的位移介乎 11 至 20 毫米之间，舌背的位移介乎 8 至 17 毫米之间；同时，舌体平均速度也较大。双元音[au]的发音也是从一个低舌位开始，但以向软腭“收缩后举”动作结束，因此，[au]的发音主要涉及舌背。从表中我们可以看到，在[au]的发音中，舌背的位移不大，介乎 6 至 11 毫米，其所涉及的舌移动平均速度也比[ai]的发音小得多。双元音[œy]的发音则是从一个较后、较低的舌位向硬腭“前举”；其中，舌体的位移介乎 10 至 17 毫米，舌背的位移介乎 7 至 13 毫米。整

体上说, 在[œy]的发音中, 舌发音的位移与速度介乎[ai]与[au]之间; 只有一个例外, 在男性发音人一中, [œy]的舌背、舌体位移比[ai]大。

其次看正常长度的升峰双元音。升峰双元音[ia ua]可以看作是降峰双元音[ai au]的反过程。从表中可以看到, 升峰双元音[ia]与对应的降峰双元音[ai]的舌运动区别不大, 尤其是从舌体数据看。类似地, 从舌背的数据看, 升峰双元音[ua]与其对应的降峰双元音[au]舌运动也比较接近。

另二个正常长度升峰双元音[io]和[ue]的舌移动方向不同: [io]从“前举”舌位向“后举”舌位移动; [ue]则反之。除了女性发音人二之外, [io]的舌位移都较大: 舌背介乎 10 至 17 毫米, 舌体介乎 10 至 19 毫米。相应地, [io]的舌移动平均速度也较大, 不过, 由于个体之间差异较大, 很难归纳出一致的规律。从表中也能看到, [ue]的舌运动数据, 发音人之间的差异也非常大。因此, 我们很难用舌运动数据来定义宁波方言正常长度升峰双元音之间的区别。

最后看短升峰双元音。[ua(?)与[ua]是宁波方言长短双元音的一对最小对立 (minimal pair); [yo]与[io]也能视为长短双元音的准最小对立, 因为前文已经显示, [io]的首成分更接近元音[y]。因此, 比较[ua(?)与[ua]之间、[yo]与[io]之间的异同能帮助我们理解短双元音的发音机制。从表中可以看到, 短双元音[ua(?)的舌背位移比正常长度的[ua]偏小或类似; 由于短双元音的时长急剧缩减, 因此, 短双元音的舌背平均速度也便无一另外地显著增加。与[ua(?)和[ua]这组不同的是, 短双元音[yo]的位移不一定比相应的正常长度双元音[io]小。在男性发音人一、三、四和女性发音人二中, 短双元音[yo]的舌背位移比[io]小, 但舌体位移却比[io]偏大或相当。在男性发音人二中, 短双元音[yo]的舌背位移比[io]大, 舌体位移则与之类似。同时, 我们可以看到, 在所有发音人中, 短双元音[yo]的舌体平均速度都比相应的正常长度双元音[io]要大得多; 在男性发音人一、二、女性发音人二中, 短双元音[yo]的舌背平均速度也比[io]大, 而在男性发音人三、四中, 短双元音[yo]的舌背平均速度也比[io]略小。以上对比说明, 在短双元音的发音中, 时长急剧缩短, 但发音动作的位移并不缩减, 因此, 相关的发音器官只能增加速度。宁波方言的另一个短双元音[ie]的发音在不同的发音人之间大约涉及 6 至 9 毫米左右的舌体位移, 这个舌移动距离大约于正常长度的双元音[au]相当; 但短双元音[ie]的舌体平均速度高达 40 至 90 毫米/秒, 也进一步印证上述归纳。

因此, 大体上可以说, 短双元音的发音特点是在音节时长缩短的情况下, 舌发音点移动速度显著增加, 但舌发音点的位移确实相当稳定。

限于篇幅, 六位发音人的宁波方言双元音舌发音点的峰值速度与峰值速度时点的均值与标准差数据也只显示了一位发音人的数据, 见表 4; 不过, 下文的讨论还是基于 6 位发音人



的数据，其他发音人的数据参见 Hu, 2005b。表中的峰值速度是双元音产生中测量到的最大切向速度，单位是毫米/秒；峰值速度时点则表示这个峰值速度何时出现，在标示时点数值（毫秒）的同时，也标示该时点在整个双元音音段中的百分比。

表 4 宁波方言双元音舌背、TM 的峰值速度与峰值速度时点（男性发音人一）

双元音		舌背峰值	舌背峰值时点		TM 峰值	舌体峰值时点	
		毫米/秒	毫秒	%	毫米/秒	毫秒	%
[ai]	均值	102	208	48%	120	230	53%
	SD	25	14	5%	15	43	8%
[au]	均值	65	362	73%			
	SD	15	76	14%			
[œy]	均值	132	323	56%	97	321	55%
	SD	31	26	5%	14	37	5%
[ia]	均值	97	134	27%	132	132	26%
	SD	17	22	3%	12	37	6%
[ie]	均值				102	138	60%
	SD				30	27	9%
[io]	均值	112	178	35%	94	186	37%
	SD	10	36	6%	10	40	7%
[yo]	均值	142	116	52%	214	107	48%
	SD	27	20	8%	24	21	9%
[ua]	均值	44	125	26%			
	SD	4	61	13%			
[ua(?)]	均值	46	105	48%			
	SD	3	37	18%			
[ue]	均值	94	124	24%	55	172	33%
	SD	42	8	2%	19	43	8%

在宁波方言的双元音产中，舌发音点的峰值速度的模式与平均速度类似，比如：三个降

峰双元音大致上拥有各自不同的舌移动峰值速度,但如果升峰双元音一起考虑的话情况会变得相当复杂,发音人之间变异性很大,尤其不好区分[ai ia]、[au ua]这种相对应的降峰、升峰双元音;而在短双元音的发音中,则能比较普遍地观察到舌移动峰值速度的显著增加。由于篇幅关系,这里不展开讨论。

从上述的讨论中可以看到,如果说降峰双元音、升峰双元音内部各自大体上拥有不同的舌运动平均速度或峰值速度的话,那么,我们也很难以此区分降峰、升峰双元音之间,尤其是像[ai ia]、[au ua]这种相对应的降峰、升峰双元音之间的舌运动速度策略。这里,我们发现,峰值速度时点是一个能够区分宁波方言降峰、升峰双元音的、很好的舌运动参数。从表中可以看到,所有发音人的数据都显示,降峰双元音[ai au]的峰值速度时点比相应的升峰双元音[ia ua]都要大得多。也就是说,降峰双元音的舌运动峰值速度出现得晚,升峰双元音的舌运动峰值速度则出现得早。

除了个别例外之外,大部分升峰双元音的舌运动峰值速度出现在双元音音段的前半段,而大部分降峰双元音的舌运动峰值速度出现在双元音音段的中段。这个结果与前文所述的声学材料是相印证的。发音上的舌运动峰值速度出现在声学上的共振峰过渡段。前文指出:宁波方言降峰双元音的首尾成分都有稳定段,首成分时长大约占整个双元音音段的三分之一左右,过渡段时长大约占双元音音段的40%;而升峰双元音则只有尾成分有稳定段,首成分并没有稳定段,也就是说,升峰双元音一开始便是共振峰过渡段,而这个过渡段一般占到整个双元音音段的一般左右。

另一个有意思的发现是,宁波方言短双元音的舌运动峰值速度时点百分比值比相应的正常长度升峰双元音显著增加。大体上说,如果以峰值速度时点百分比值来看,宁波方言的三个短升峰双元音[ie yo ua(?) ]更接近降峰双元音的类型。但这并不意味着我们应该将短升峰双元音和降峰双元音归为一类。短双元音的峰值速度时点百分比值显著增加是因为他们的整个音段时长很短,只有正常长度升峰双元音的一半左右甚至更短。而且,从表中我们可以看到,短双元音的峰值速度时点绝对值并不一定小于相应的正常长度升峰双元音:对比[ua ua(?) ],在男性发音人一、二中,短双元音[ua(?) ]的峰值速度时点略小于正常长度的[ua];但在其他四位发音人中,短双元音[ua(?) ]的峰值速度时点与正常长度的[ua]类似,有时甚至略大。这说明在短双元音的发音中,峰值速度时点是个相当稳定的参数。综前文所述,在宁波短双元音的产生中,时长急剧缩短,舌发音平均速度与峰值速度均显著增加,尾成分频谱明显达标不足,但其舌运动峰值速度时点相对稳定。

## 六、结论与讨论

本文检视了宁波方言降峰双元音与升峰双元音的语音学特点,发现二者在声学与发音上存在着一些系统的不同。首先,宁波方言降峰、升峰双元音成分的内部时间结构不同;降峰双元音首尾成分都有稳定段,而升峰双元音的首成分没有稳定段,其频谱一直是变化的,只有尾成分有稳定段。其次,从声学频谱特征上看,宁波方言降峰、升峰双元音的首成分均从他们各自的目标单元音的频率区域开始,但只有正常长度的升峰双元音的尾成分到达目标单元音的频率区域,短升峰双元音的尾成分出现明显的达标不足现象,而降峰双元音则没有明确的尾目标,其尾成分的频率区域更像是由其双元音自身的动态特性所决定的。第三,双元音的动态频率特性显示,宁波方言的降峰、升峰双元音内部各自拥有自身不同的共振峰变化模式,但降峰、升峰双元音之间很难区分。第四,从发音上看,宁波方言的降峰双元音、升峰双元音的首成分都会收到尾成分逆协同发音的一定影响,但大体上说,双元音首成分的发音位置控制得还是比较好,与其相对应的目标单元音的发音位置比较接近;双元音尾成分的发音可变性较大,这说明双元音的尾成分在发音上可能并没有明确的目标,而是发音器官运动控制的结果,至于升峰双元音的尾成分拥有声学目标,可能是受到元音构音位置的解剖特性与量子特点的作用所影响。第五,双元音的舌运动学特性显示,大体上说,宁波方言的降峰、升峰双元音内部各自拥有不同的舌运动策略,但是与声学动态特性类似,很难以此区分降峰双元音与升峰双元音,因为相对应的降峰、升峰双元音往往拥有类似的舌运动策略。最后,宁波方言降峰、升峰双元音在发音的时间结构上显示了区别,二者拥有不同的舌运动峰值速度时点;在宁波方言升峰双元音的发音中,舌运动峰值速度出现得早,而在降峰双元音的发音中,舌运动峰值速度出现得晚。

通过对宁波方言降峰、升峰双元音的描述,我们看到,双元音在共振峰模式、共振峰变化模式、首尾成分发音位置、发音器官运动策略等方面均可以有自己的特点,而且,无论声学上还是发音上,双元音的时间结构特性也是相当重要。当然,根据一个方言的研究,很难去确定这里所揭示的这些双元音的特性、降峰、升峰双元音之间的区别的性质,只有当不同的语言、方言中的研究积累到相当程度的时候,才能比较深入地理解,双元音发音、声学上的特性,哪些是带有普遍性的(universal),哪些是语言个别的(language specific)?比如说,双元音的首尾成分目标。双元音较少的语言因为往往只有降峰双元音,因此,研究往往发现双元音的首成分目标比较固定,而尾成分则可变性较大,比如英语(Gay 1968、1970)、

Maithili 语 (Jha 1985)。关于升峰双元音的研究则发现, 尾成分的目标对于双元音区分也是很重要的 (Bladon 1985)。而本文的研究则揭示此类区别可能是降峰、升峰双元音之间的系统区别。

语言之间双元音的不同可以体现在方方面面。在很多语言中, 比如英语 (Lehiste & Peterson 1961)、西班牙语 (Manrique 1979)、普通话 (Ren 1986)、香港广东话 (Zee 1999) 等, 双元音成分之间的过渡段都是很长的; 但据报导, 在另一些语言中, 比如开罗阿拉伯语 (Norlin 1984)、豪萨语 (Lindau-Webb 1985) 等, 双元音的过渡段就很短。在本文所讨论的宁波话中, 无论是首尾成分都有稳定段的降峰双元音, 还是只有尾成分有稳定段的升峰双元音, 双元音的过渡段都比较长, 而且, 在升峰双元音中, 由于首成分没有稳定段, 双元音直接由过渡段开始。但这里需要强调的是, 降峰、升峰双元音的成分有无稳定段之类的区别, 并不一定具有区分降峰、升峰双元音的功能。比如, Ren (1986) 就指出在普通话中, 降峰双元音 [ei ou] 的首成分并没有稳定段, 升峰双元音 [ie] 的首成分有稳定段但尾成分没有, 而 [ou uo] 之类的双元音则首尾成分都没有稳定段, 整个双元音由过渡段构成。Lehiste & Peterson (1961) 将双元音定义为“一个由双目标组成的音节核心”, 并认为英语中 [ei ou] 之类的并不是真性双元音, 理由便是他们各自都只有一个稳定段。Manrique (1979) 则认为, 双元音目标成分没有稳定段并不妨碍元音序列成为双元音。同时, 感知研究也表明, 没有稳定段的过渡段滑音本身足以识别双元音 (diphthong identification) (Gay 1970; Bond 1978, 1982)。本文所讨论的宁波方言的双元音材料也表明, 虽然升峰双元音首成分的没有稳定段, 其共振峰模式一直处于变化之中的过渡状态, 但由于其频率区域、发音位置等与目标单元音接近, 因此, 宁波方言升峰双元音的首成分无论是在声学层面还是在发音层面都是拥有一个明确的目标的。也就是说, 沿用 Lehiste & Peterson (1961) 的方式, 我们可以将宁波方言升峰双元音这类的双元音定义为“一个由双目标组成的音节核心”; 而宁波方言降峰双元音这类的双元音则是“一个由动态目标组成的音节核心”。

双元音的所谓“真假”可以从语音学的角度去观察, 但更重要的是从音系学的角度去考量。赵元任 (1928) 指出吴语中的升峰双元音是假的, 那是因为升峰双元音本身并不构成语言中的一个音位对立, 相反, 在音系分析中, 我们必须先把升峰双元音中的首成分, 即介音, 切出来。也就是说, 比如本文所讨论的宁波方言中有升峰双元音 [ia ua], 但这并不是说宁波方言的元音音位对立中有上述这两个双元音 /ia ua/ 与其他元音音位比如 /i u a/ 等形成音位对立; 相反, 我们认为宁波方言升峰双元音 [ia ua] 中的 [a] 与单元音中的 [a] 是同一个音位 /a/。而吴语中的降峰双元音则不同, 无论是如南部吴语中效摄读降峰双元音 [au] 类韵母的情况, 还是如

本文所讨论的宁波方言中那种原来单元音裂化而成的降峰双元音[au]等之类的，这里的降峰双元音构成与该方言中其他元音、双元音音位的对立。以宁波方言为例，降峰双元音[ai au]中的[a]与单元音中的[a]并不是一个音位，相反，降峰双元音[ai au]与单元音[a]构成三个音位对立/a ai au/。

还有一种双元音的真假性问题主要出自对藏语的研究，比如谭克让、孔江平（1991）就认为拉萨话中的复元音在声学上前后两个成分的强度基本相同，因此属于“真性”复元音。这是与本文所讨论的内容完全不同的一种关于真假性双元音的视角。藏语的双元音主要来自于历时上的合音，即两个音节合并成一个音节之后，原来各自的单元音便成了双元音（参见：江荻、孔江平 1990）。这类合音产生的双元音，无论是降峰的，还是升峰的，在声学上、听感上，两个组成成分的强度都是相当的，因而被认为是“真性的”；相比较而言，汉语及方言中的复元音，组成成分总是有强弱之分的，因此，在研究藏语的学者的观念中，汉语方言中的复元音，都是“假性的”。不过，这里面的情况究竟如何，是值得进一步研究的。

#### 参考文献

- 胡方（2008）论元音产生中的舌运动机制—以宁波方言为例，《中国语音学报》第一辑，第148-155页，商务印书馆。
- 江荻、孔江平（1990）藏语合音现象的词汇扩散分析，《民族语文》第2期，71-76页。
- 谭克让、孔江平（1991）藏语拉萨话元音、韵母的长短及其与声调的关系，《民族语文》第2期，12-21页。
- Abercrombie, D. (1967) *Elements of general phonetics*. Edinburgh: Edinburgh University Press.
- Bladon, A. (1985) Diphthongs: A case study of dynamic auditory processing. *Speech Communication*, 4: 145-54.
- Bond, Z. S. (1978) The effects of varying glide durations on diphthong identification. *Language and Speech*, 21: 253-63.
- Bond, Z. S. (1982) Experiments with synthetic diphthongs. *Journal of Phonetics*, 10: 259-64.
- Catford, I. (1977) *Fundamental problems in phonetics*. Edinburgh: Edinburgh University Press.
- Chao, Y.-R. (赵元任) (1928) *Studies in the Modern Wu Dialects*. Peking: Tsinghua University Research Institute Monograph, 4.
- Gay, T. (1968) Effects of speaking rate on diphthong formant movements. *Journal of the Acoustical Society of America*, 44: 1570-3.
- Gay, T. (1970) A perceptual study of American English diphthongs. *Language and Speech*, 13: 65-88.
- Holbrook, A. and Fairbanks, G. (1962) Diphthong formants and their movements. *Journal of Speech and Hearing*

- Research*, 5: 38-58.
- Hu, F. (胡方) (2003) An acoustic analysis of diphthongs in Ningbo Chinese. In *Proceedings of Eurospeech 2003*, pp. 801-804. Geneva, Switzerland.
- Hu, F. (胡方) (2005a) Tongue kinematics in diphthong production in Ningbo Chinese. In *Proceedings of Interspeech-Eurospeech 2005*, pp. 1029-1033, Lisbon, Portugal.
- Hu, F. (胡方) (2005b) *A Phonetic Study of the Vowels in Ningbo Chinese*. Ph. D. Dissertation, City University of Hong Kong. Available online at <http://dspace.cityu.edu.hk/handle/2031/4345>.
- Hu, F. (胡方) (2006) On the lingual articulation in vowel production: Case study from Ningbo Chinese. In *Proceedings of the 7th International Seminar on Speech Production (ISSP 2006)*, pp. 303-310, Ubatuba, Brazil.
- Jha, S. K. (1985) Acoustic analysis of the Maithili diphthongs. *Journal of Phonetics*, 13: 107-115.
- Jones, D. (1922) *Outline of English phonetics (2nd Edition)*. New York: E. P. Dutton.
- Kelso, J. A. S., Saltzman, E. L. and Tuller, B. (1986) The dynamical perspective on speech production: data and theory. *Journal of Phonetics*, 14: 29-59.
- Kent, R. D. & Moll, K. L. (1972) Tongue body articulation during vowel and diphthong gestures. *Folia Phoniatrica*, 24: 278-300.
- Lehiste, I. & Peterson, G. E. (1961) Transitions, glides, and diphthongs. *Journal of the Acoustical Society of America*, 33: 268-277.
- Lindau-Webb, M. (1985) Hausa vowels and diphthongs. *UCLA Working Papers in Phonetics*, 60: 40-54.
- Malmberg, B. (1963) *Structural linguistics and human communication*. Berlin: Springer-Verlag.
- Manrique, A. (1979) Acoustic analysis of the Spanish diphthongs. *Phonetica*, 36: 194-206.
- Norlin, K. (1984) Acoustic analysis of vowels and diphthongs in Gairo Arabic. *Working Papers*, 27: 185-208, Department of Linguistics, Lund University.
- Perkell, J. S. and Cohen, M. H. (1989) An indirect test of the quantal nature of speech in the production of the vowels /i/, /a/ and /u/. *Journal of Phonetics*, 17: 123-133.
- Perkell, J. S. and Nelson, W. L. (1982) Articulatory targets and speech motor control: A study of vowel production. In S. Grillner, A. Persson, B. Lindblom and J. Lubker (Eds.), *Speech Motor Control*. New York: Pergamon.
- Perkell, J. S. and Nelson, W. L. (1985) Variability in production of the vowels /i/ and /a/. *Journal of the Acoustical Society of America*, 77: 1889-1895.
- Pike, K. L. (1947) On the phonemic status of English diphthongs. *Language*, 23: 151-159.

- Ren, H.-M. (1986) *On the acoustic structure of diphthongal syllables*. PhD dissertation, UCLA. Published in *UCLA Working Papers in Phonetics*, 65.
- Ren, H.-M. & Chan, M. (1988) Acoustic analysis of the diphthongs in Shanghai, Cantonese and Mandarin. Paper presented at *The International Conference on Wu Dialects*, The Chinese University of Hong Kong, December 12-14, 1988.
- Saltzman, E. L. and Kelso, J. A. S. (1983) Skilled actions: a task dynamic approach. *Haskins Laboratories Status Report on Speech Research*, SR-76: 3-50.
- Stevens, K. N. (1972) The quantal nature of speech: evidence from articulatory-acoustic data. In P. B. Denes & E. David Jr. (Eds.), *Human Communication, a Unified View*, pp. 51-66. New York: McGraw Hill.
- Stevens, K. N. (1989) On the quantal nature of speech. *Journal of Phonetics*, 17: 3-46.
- Sweet, H. (1877) *A handbook of phonetics including a popular exposition of the principles of spelling reform*. Oxford: Clarendon Press.
- Zee, E. (1999) An acoustical analysis of the diphthongs in Cantonese. *Proceedings of the 14th International Congress of Phonetic Sciences (ICPhS 99)*, 2: 1101-1105. San Francisco.

(100732 北京建国门内大街 5 号中国社会科学院语言研究所, hufang@cass.org.cn.)

**Falling diphthongs have one dynamic target but rising diphthongs have two static targets: On the diphthong production in Ningbo Chinese**

Hu Fang

**Abstract** This paper describes acoustic and articulatory characteristics of falling and rising diphthongs in Ningbo Chinese. Acoustic data from 20 speakers show that both falling and rising diphthongs begin from a frequency area comparable to their monophthongal counterparts, but only rising diphthongs reach a frequency area comparable to their monophthongal counterparts. And the production of the offset element in falling diphthongs is more variable. Kinematic data from 6 speakers reveal the articulatory mechanisms underlying the production of falling vs. rising diphthongs. Results suggest that falling diphthongs have one dynamic target whereas rising diphthongs have two static targets.

**Keywords** falling diphthong, rising diphthong, static target, dynamic target, acoustics, articulatory kinematics, Ningbo Chinese.

(原载《语言研究集刊》第十辑, 上海辞书出版社, 2013)