

面向普通话高自然度合成的韵律研究综述

吴宗济

zongjiwu@sina.com

中国社会科学院语言研究所

摘要

普通话语句的韵律变化规则是普通话高自然度合成的核心；而分析语句表层韵律的变化、又必须掌握其短语底层变调的规则。本文综述了过去研究的：普通话二、三、四字短语的变调分析、根据语音、语法和音系三平面的制约，拟定“跳板规则”和“多米诺规则”，得出短语的“必然变调”；以及在语句中根据逻辑和语气的环境造成语句韵律的“或然变调”和相应的音强、音长的变化，然后列举一些对不同语气以及朗诵例句的分析结果，测得其中的短语韵律在单读和在语句中的差异，以便建立不同语调的韵律变化规则，为高自然度语音合成提供有效的数据。

1 引言

我国各方面对普通话的文-语合成的研究成果，经过半个多世纪以来、不少专家学者的艰苦攻关、百花齐放：一些文-语合成系统“说”出来的语音质量，已经从早期所能达到的单字调的“清晰度”、连读短语的“可懂度”、进展到目前平叙句调和简单感情句的“自然度”；其成果也已能应用于若干言语信息系统（包括生产单位和应用单位）取得效益了。但是，人们的语音是不但随语气、而且随环境、随人别而变化的。在语流中，音段（音色）和超音段（韵律）都有变化，而尤以超音段的变化跟自然度的关系最为密切。计算机只能根据人们分析语音所取得的数据和模型、来合成语音。语音的自然度、由于其变化复杂，提取数据或建立模型就是一件繁重的工作。

目前通行的语音合成系统主要有两种型式：《规则合成》和《拼接合成》，或二者并用。拼接系统由于是取用录音材料（单字和短语）拼接，程序就比较简单，因此应用较为普遍。拼接系统不须对每个音节再作分析，但合成几个音节的短语、乃至几个短语的句子，就出了问题。口语中的音节连说时，由于产生同化、异化的作用，而有了协同发音、协同变调等现象。拼合的音节如不加修正，必然每字隔断，非常难听，更谈不上能够表达自然度了。因此言语工程界多为此问题付出大量的人力物力，提出过多种有价值的方案，对短语乃至平叙句的自然度合成、可以说基本达到要求了。但是近年来语音合成的用途日广，用户对合成语音的质量要求日高；在此项专业中，高自然度的合成语言就成为研究的重要目标；而关系自然度的韵律规则就成为研究的重点。

汉语的声调有“字调”与“句调”的不同。一个句子中各短语（基本单元）的调型，有些是有规律的，有些竟是几种调型的混合体，从来在语音研究中成为难于分析的瓶颈。按《物理学》的论点：一切事物的变化不论多么复杂，必有其生成的原因，不会无中生有。语音的变量尽管复杂，也应该有其原因。以声调而言，其变化再多、必然是语音、语法、音系“三个平面”相互依存制约的结果。首先是发音生理和发音声学（暂不提心理学）的条件，是属于《语音学》的范畴；再就是词句结构的条件，属于《语法学》的范畴；还有是历时的与共时的语音演变的条件，属于《音系学》（或《音韵学》）的范畴。目前信息时代的所需的、尚在萌芽阶段的《信息语音学》（暂名），她不同于过去只能应用于“人-人对话”的《传统语音学》和《普通语音学》，而是还要能应用于“人-机对话”的《信息语音学》[1]。

上面所说的三个条件、应用于今日的“人-机对话”时，如果听者只满足于可懂度的要求，对第一条条件、人们的发音器官基本是相同的，其发音机制的运动和极限也差别不大。对第二条条件、在同一或相近似的语言或方言环境中对话，其语法结构基本上也是有共性的。对第三条条件、如果不计较音系的规则、对可懂度的影响也还不大。（例如：普通话连说两个上声的音节、如不按音系规则的前上变阳平，听者也能接受。）但是如要满足提高自然度的要求，就还有大量的研究工作要做，这就成为今后亟待提到日程的课题。

本文首先是我们过去的实验研究、普通话短语的一切变调规则，作简单的综述，这是语句韵律的基础，接着举出近来一些由短语韵律进展到语句韵律的实验例子，分析出从短语的必然变调，到句中的或然变调，以及和其它韵律如强度与节奏的互补关系。最后提出一组朗诵例句和几句电视剧录音，都是几个有联系的句子在一个句群中的韵律变化，称之为“篇章韵律”的研究分析。

本文并不是一个课题的研究报告，而是综述一些由简入繁、由短语到篇章的韵律变化规则及其例证、可以为语音合成建立高自然度的程序提供若干线索和参考。

2 语音合成自然度与语音韵律的关系

口语语音的韵律变化是自然度的核心。研究语音自然度、主要是研究语音韵律的三个方面：

2.1 变量

在声母方面：塞音、擦音、鼻音和边音的收紧点加紧或放松。在韵母方面：边元音的舌位趋央；鼻韵尾的半鼻化。在韵律方面：声调的走势趋陡或平、趋升或降、长度和强度增加或减弱。气流的或强或弱等等。

2.2 目的

口语要求表达平叙、疑问、祈使、逻辑、情感等不同语气，根据特定语言韵律的约定俗成模式，而产生各种不同的韵律变化。

2.3 环境

事物的表达、对话的问答、朗诵的格调等等语境不同，而有不同的韵律。

因此，语音合成的语音如要达到高自然度，就应当使合成系统能作到对上述各种韵律变量的处理。

3 普通话的“必然变调”和“或然变调”

据我们以往的实验研究、单就有关语音自然度的声调变化来说、在汉语普通话口语的句子中、有单字音节的四声“基本调型”；有连读音节的“协同变调”以及轻声和轻读；有多字短语（二、三、四字组）的“语音变调”、“语法变调”、“音系变调”和“连锁变调”；有句子中的“逻辑重音”或“语气重音”的变调等等，将在下文分述。

普通话语句中的变调、有的是“必然”的，有的是“或然”的。“必然的变调”以二字组的短语为例：两音节连续如不中断，则前调尾与后调首之间必然会产生过渡段。这是声带频率的变换不是突变而是渐变的结果、过渡段是说话人不假思索而必然在两音节间产生的。三字、四字组合的短语

连续变调、也都有各自的必然变调模式。

“或然的变调”是把“必然变调”的短语调形再加调节、形成一个新的调形。以一句中的两组短语为例：此两短语如在逻辑上或语气上有强弱的区别，则强者的基调要上移、或弱者的下移。（当然还有轻重、长短等的变化）这是以说话人的意向为转移、随时可以变换的。

“必然变调”的短语调形是句调中的“基本单元”，是一句的“底层调形”；这些基本单元组合成的“句调”（通称“语调”），是一句的“表层调形”。“表层调形”五花八门，很难给出一定的模型和规则。一个连续语言中的句调（通称语调）、它不但混合着短语的语音、语法、音系的必然变调；还同时融入逻辑重音或/和感情语气对声调、强度、节奏的影响所起的变化等等；如果不先行分析出其底层的基本单元，而只根据表层的调形来订立规则，这就如同分析一件矿物的化学成分，只研究其表面现象，而不分析出其元素的成分和结构，必然是失败的。韵律三特征中的声调特征的分析如此，其余时长和重音的分析也是如此。

在语音合成系统中，为了进一步研究普通话高自然度的合成规则、先决条件是必需具备韵律特征的基础知识。我们过去对普通话的“必然变调”已有系统的研究分析和规则，本文对此只作简明的介绍。关于普通话的“或然变调”的分析，目前尚在初步建立模型的阶段。一般的方法是从大规模的语料库中选出句子来分析。我们试用另一种方法：让发音人以自然口语说出若干不同语气的例句，分别做出三维的频谱图和声调调形图（同时换算成音阶坐标的调形图）。把句子中短语的数据和同一人单读的同一短语的数据作比较，得出语气句中各短语与单读短语在“基调上限”和“调域宽度”上的差异，从而统计出从平叙到语气所造成的基调转移度（“移调”）和调域伸缩度（“变域”），以便今后在合成中定出等级，来建立韵律变量的实用模型。（详见第八第九章）

普通话口语中的两字组合、不论是“词”或“短语”，只要是一个意群，都是语法的“直接成分”，占普通话全部语法结构的绝大多数。对于普通话自然口语的节奏而言，两字组多合为一拍，也是由说话人的自然意群造成的。在口语变调的三平面，只服从“语音”或/和“音系”的规则，而不问是何种语法结构。这种二字结构的变调是不带语气的：“必然变调”，是句调中的主要构成单元，是口语自然度“或然变调”的“元素”。此外，还有三字、四字的组合、在普通话的语法结构中也占一定的比重。它们是按单字或/和两字的调型搭配而组成。因此，在口语中、三字和四字的结构，除了要服从“语音”或/和“音系”的条件，还要服从“语法”条件。它们对各必然变调的调型有了修改，另有各自的、比较稳定的变调模式。它们同样也是“必然变调”，成为句调的构成单元。（在一般的普通话变调研究中，二字的“必然变调”的四声搭配的组合只有16对，比较简单，并有了通用的规则；三字、四字的变调、过去常被处理为“语调”，以致“语调”分类过繁。至于五字以上（含五字）的短语，虽也是各“必然变调”的组合，但不但受语音、语法、音系三平面的制约，还兼备“语义”的成分，由说话人的意向支配，而成为“或然变调”。（语法学家对“词”和“字组”自有严格的定义，但我们发现，在二字连续变调上，如为“直接成分”，就不论是“词”或“非词”，只要四声搭配相同，其变调模式是相同的。拿上上相连的二字组为例，如：“老虎”是词，而“小虎”、“打虎”都是短语，它们的变调模式是相同的、前上都会读成阳平）。

“或然变调”的规律在口语的句子中有几种出现的场合。一是一个句子中的短语遇到有逻辑性的区别时，基调须要提高/降低，或力度须要加强/减弱，其“必然变调”就需要修改成为“或然变调”；再就是一句中有几个短语受语气的要求，须要改变基调（“移调”），或改变力度（“移调”或再改变“调域”），就又成为连锁的或叠加的“或然变调”。

“必然变调”有基本的、定型的规则。“或然变调”没

有定型，但都是从“必然变调”递变而生成的，都可通过实验给出规则。但是，在人-机对话的语音合成系统中，如果要求机器能自行适应或接受反馈、从“必然变调”的基本单元对不同语气生成出“或然变调”，就有希望提高合成语音的自然度了。

4 普通话多字短语的必然变调

4.1 普通话二字组的“必然变调”

普通话的双音节组合（二字组）的变调如上所述、无论是一个词，或是一个短语、其连续变调模式都只服从“语音的”或/和“音系的”条件的制约，而无须服从语法结构。我们曾经根据两批“四声的单字”互接连读的结果，得出16个变调形式。但因上+上连读时前上变“同”阳平、与阳+上的连读调型重复，就归并为15个“必然变调”模式。两音节连读时的过渡，如同船与岸之间的跳板关系。前音节如船，后音节如岸。前音节调尾如高于后音节调头（“水涨船高”），过渡就成降势；反之即成升势。此现象称为《跳板规则》[2]。

4.2 普通话三字组的必然变调

普通话的三音节组合（三字组）的连续变调，一般说来是单音节点调型与双音节点调型的组合。短语从三字组起、除了服从“语音”、“音系”的条件外，就开始要服从“语法”的条件了。

三字组的连续变调需要考虑的语法结构是、按三单或单双的搭配、有三种类型：

单单单、单双、双单。

其中“双”的结构变调可以运用二字组变调规则。除此之外，“单双”或“双单”中的“单”都比其单念时缩短。而且汉语口语中往往由于节拍的习惯，使得“单单单”的并列结构也常被读成“双单”的节奏。但是三字组的变调因声调组合的不同而有不同的变调模式。[3]

4.3 普通话四字组的“必然变调”

普通话的四字组、因为比三字组的语法结构稍为复杂，而有更多的变调模式。其结构可分为如下的几种：

双双 单三 三单 单单单单

其中的“三”又可分成“单双”和“双单”两种结构，因此共有七种语法组合。其变调规则如按其表层来看，就比较复杂，加以还具有四声的调型不同而有更多的组合。如果根据其语法关系，先按其两字的“直接成分”变调，再逐级依序分析作第二步、第三步的变调，就得出多种的四字表层调形。我们把这样的连锁式的规则称为“多米诺规则”。[4]

5 语音学的变调规则

5.1 “跳板规则”

在语音学的规律、任何两音节连读时，两音之间都会形成一段过渡段。这一段不是外加的，而是前音节的尾部跟后音节的头部相互协调的结果，因此并不一定增加长度。在普通话中都是前音尾被后音首所同化，是语音学上的“逆同化”。这主要是：前音与后音有逆同化的条件，以致前音尾与后音首之间产生过渡。为了研究处理的方便，我们给这些过度现象定出规则和名称。

后音节的起始如为清辅音，就有“强频集中区”的频率；如为浊辅音，就有“声带音”的频率。也都有高有低。前音被后音同化后，调尾的频率或升或降。以二字组为例：前后两字之间的过渡段在仪器中分析出的调形就有斜度；以次字为阳平的三字组为例：次字的调形夹在首字的调尾与末字的调头中间，前后被同化而成为过渡调。这就像两头搭在船舷与岸边的一条跳板，潮汐的起落改变了跳板的角度的。我们就

把这种现象称为“跳板规则”。这一规则适用于所有两音节间语音学变调的过渡分析，（音系学变调除外）。现在用四个“三字组”：“和平街”“和平门”“和平里”“和平路”的调形来说明（图1）。各组的前两字（“和平”）都是阳平调，末字分别是阴、阳、上、去。注意次字的调形受首字调尾的“顺同化”、和末字调头的“逆同化”，偏离了它们的本调而形成的“跳板现象”。

和平街 和平门 和平里 和平路



图1：三字组的连续变调。细线为本调，粗线为变调。

上面的例是“双单格”的三字组。如是“单双格”而为三上连读时，就另有规则。

5.2 “多米诺变调规则”

表1

语法结构	第一级	第二级	第三级	第四级
(1) 单三（三=单双）	L+L+L+L	→ L+L+!R+L	→ L+*L+!R+L	→ !R+*L+!R+E
(2) 单三（三=双单）	L+L+L+L	→ L+!R+L+L	→ *L+!R+L+L	→ *L+!R+G+E
(3) 三单（三=单双）	L+L+L+L	→ L+!R+L+L	→ *L+!R+L+L	→ *L+!R+G+E
(4) 三单（三=双单）	L+L+L+L	→ !R+L+L+L	→ !R+G+L+L	→ !R+G+G+E

例字：(1) 找 老 厂长；(2) 买 保险 锁；(3) 老 厂长 好；(4) 保险 锁 好。
注：: L=上声， *L=半上， !R=“变阳”（上声变来的阳平）， G=过渡， E=句尾变调。

从上面的分析可以看出，上声连读的变调，在不同的语法结构中，有多种的变调规则，虽然复杂，但是无论长短的语句，连读变调总是首先从“直接成分”开始，然后按多米诺规则、一级一级地从底层变成最终的表层调形的。值得研究的是：为什么这样分层的复杂变化，在口语中竟是不假思索瞬息说出的。这就是“必然变调”是由语音学的“意在声先”的规律来造成的。中国的一些“思维媒体”如中国的草书和写意画等，也都有这样的“意在笔先”的相似规律。

6 字调与句调的“半音程”音阶标度

表2

语气	短语调群	调域（频率标度 Hz）			调域（半音程标度 St）		
		上限	下限	域宽	上限	下限	域宽
疑问句	调群1	260	170	90	C4	F3	7
	调群2	350	230	120	F4	B3	7
	调群3	270	170	100	C4	F3	7
感叹句	调群1	250	120	130	B3	B2	12
	调群2	350	180	170	F4	F3	12
	调群3	390	200	190	G4	G3	12
	调群4	270	140	130	C4	C3	12
	句尾	400	290	110	G4	D4	6

例句：(疑问句)“我问你：你到底 给他多少钱？”
 调群1 调群2 调群3
(感叹句)“你给我出去!!” “你给我 滚出去!!” “你给我 滚!!!”
 调群1 调群2 调群3 调群4 句尾

7 句调中的逻辑重音和语气重音的变调规则

一个短语调群中的逻辑重音、通常可以用字调脱离变调

三字以上的字组的变调、其底层结构（并列结构除）总是先从其中的二字直接成分形成一级连读变调，再跟其余的字进行同化或异化、而成为二级变调。字数愈多，层极就愈多。在“人-人对话”中，这一连串的连锁式的变调程序、是不假思索、一口气说出的；但在“人-机对话”中，就得掌握其逐层递变的规则，作为“合成”与“识别”编码的基本数据。这些规则，我们称之为“多米诺”变调规则。

过去在一般普通话的变调研究中，由于只看到语句的表层调形与各字组的原始调型不符，往往会被认为那就是语调的调形，而从庞大的语库中提取例句，单就其表层调形来分析，而定出“语调模式”。结果是变调规则多不胜数，很难应用。

上文所举两个四字组例句的逐级变调的分析程序，已说明了“多米诺规则”的应用。现在举几个四字变调的例句，用一种“多米诺”表式来分析。例句是四个不同语法结构的、都是上声的组合。因为上声连读的变调遵循多米诺规则最为严格。只有用“多米诺变调”规则来分析，才可以明白其深层字调逐级变调的过程。（表1）

人们听觉上辨别声调的高低升降，实际上和听辨旋律的音阶相同。早在千余年前，人们就已知用“宫、商”的乐律来描写四声的高低。现代的心理声学实验也有证明，人们感知声调高低的等级差别，是近似对数级而不是线性级的。言语声调的分析，语句中的基调在不同语气中的移动等级、以频率赫兹值为标度则差别很大；如果把赫兹标度换算为乐律的音程或半音程标度，语句中各短语移调后，虽然基调有了变动、而调域宽度的音程仍是相等。[5] 这种标度的转换是符合听觉的感知特性的。兹以普通话两个句调的实验数据为例：（表2）

恢复到单字调、或抬高调阶来实现；一个句子中的逻辑重音、，则需须要提高一个或几个短语调群的基调。（反之，如逻辑上不着重，则将基调压低，就应用移调规则。）在平叙

句中，逻辑重心往往就是重音所在。移调的范围大多不超过一个倍频程（又称“八度”），调域基本是不变的。但对于疑问句或感叹句来说，除了逻辑重音之外，还有更突出的语气重音。移调的范围由说话人的情感决定，情感激动时，除基调提升，其调域还可能比逻辑重音更拓宽；情感低沉时，除基调降低，其调域还可能更压缩。

8 韵律三特征之间的互补规则

字调和语调是汉语自然度的重要组成部分，但声调的升降、时长的伸缩、音强的大小都和自然度有关。根据对普通话自然度的分析，我们可以肯定地说，声调是构成自然度的主要成分；但在实际的话语中，声调也不能离开另两个特征而单独起作用。例如，当音节的强度需要增大或减弱时，一定是会伴随着声调的提高或降低；反之，音高的升降不一定就需要音强的增减。时长的作用也不可忽视。在某些情况下，声调的改变受到限制时，时长往往可以起到补充作用。语音的三个韵律特征都对自然度起着或多或少的功能：其间的相互关系：有时互补，（声调和长度都可对音强补偿）；有时伴生（音强加重，声调一定提高，但不能逆推）；有时代替，（音强受限时，音长可替代）等等。其相互关系如下：

- (1) 字调高/低→←时长伸/缩（单向或双向）
- (2) 字调高/低←音强增/减（单向）
- (3) 时长伸缩→←音强增减（单向或双向）[6]

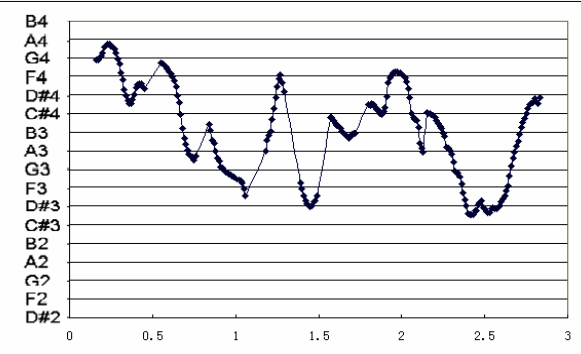
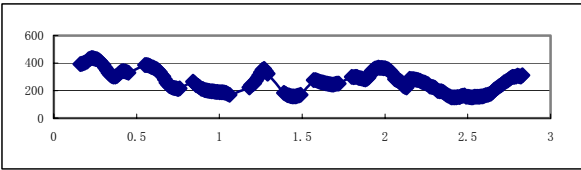
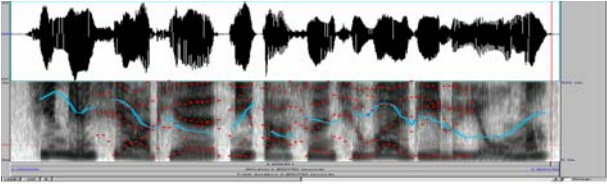
9 普通话不同语气语句的韵律分析

近年来著者为了语音合成系统提高自然度的需要，协助有关单位编了几批（约 400 条）长短不同的普通话例句，由发音人用不同语气来说出；同时再从句子中选出需要分析的韵律短语用平叙口气（单读）说出，分别作成声学图谱及其分析数据。本文为节省篇幅，只选列部分例句的分析数据，不列原图。兹举一幅图谱如下，以见一斑：（图 2）。

此图从上到下分为 4 栏。第一栏为全波和声谱；第二栏为线性坐标的基频曲线，频率单位为赫兹；第三栏为乐律坐标的音阶曲线，音阶单位为半音程，二、三两栏的时标为秒；第四栏为韵律短语的基频最高点与最低点的频差数据和音程差数据。比较韵律短语的单读数据和在句中的数据，可以归纳出各种语气中的韵律变化规则，从而明确了普通话的必然变调到或然变调的差异等级，以便为今后能根据有限数量的必然变调规则、为生成无限数量的或然变调及韵律变化的高自然度合成语言打下基础。

本文在此只选部分有代表性的句子、语气暂按“宏观分类”，计有：1. “平叙”、2. “疑问”（怀疑、责问）、3. “祈使”（求索、命令）、4. “逻辑”（是非、有无、程度）、5. “感情”（喜怒哀乐）五大类。例句中有一些同一语境的不同语气的句子、如“问答”或“复诵”等的对话；以及朗诵的并列句等。从其上下句形成韵律的多变。语句的韵律不单和“语音”、“语法”、“音系”有关，更和“语义”、“语用”的环境有关。我们不能离开语言环境而孤立地去分析句子的韵律。

平叙句表达事物或意见，不带强调和感情。其基本单元的单字和短语、在单独说出的和在句中说不出的韵律，应该没有大的区别。但在逻辑重音句和感情语气句中，短语韵律就随不同的语气而变化。根据实验一般的情况是：句子中的几个韵律短语，如果由于逻辑意义上的不同、语气需要重些或轻些，就以短语的基调移高或移低来表达。其四声的调域在乐律坐标上是守恒的。由于情感程度上的不同，语气需要重些或轻些，同样是以移调的高低来表达的。但如果情绪比较激动或比较低沉，就除移调外，还可以把调域变宽或变窄来补充其情感的尺度。有时还可以再用音强的增减，或/和节奏的长短、停延来互补。



今年夏天你打算去外地旅游吗

	今年夏天 (1.01 秒)	去外地 (0.56 秒)	旅游 (0.38 秒)
最高频率值 Hz	343.08	365.13	246.28
最低频率值 Hz	168.86	222.97	154.6
频差 Hz	174.22	142.16	91.68
最高半音值 ST	F4	F#4	B3
最低半音值 ST	E3	A3	D#3
半音差 ST	13	9	8

图 2 普通话韵律分析图谱

下面选载的例句，是由发音人用不同语气说出的句子，同时并提出其中的短语用平叙口气单独说出。比较每一短语在句子中发生的变化，根据二者的基调的上下限阈、得出移调的高度及调域的宽度的变量数据，并根据时长坐标得出音长的变量。测得语气句中的移调和扩域的数据。下文先列数据，后加分类和说明。

例句一 “现在正在上演唐明皇电视剧，你赶快去看！”
韵律短语： 现在 唐明皇 电视剧 （赶）快去看
单读： F#4-F3=13 F#4-F3=13 F#4-G2=20 G4-G2=24
句中： G#4-F4=3 C#4-G3=6 C#4-C#3=12 D#3-G#4=17↑

例句二 “我爱看三国水浒、西游记红楼梦，其中我最喜欢红楼梦。”
韵律短语： 红楼梦 我最喜欢 红楼梦
单读： G4-G3=12 G#4-C#3=19
句中： F#4-G#3=10 A4-D#3=18 A3-F3=4

例句三 “逍遥津和包公祠，是逍遥津有名、还是包公祠有名？”
韵律短语： 逍遥津 包公祠 逍遥津 包公祠
单读： F#4-G#3=10 F4-F3=12
句中： G4-A3=10 A4-F3=16 A4-E4=5 G4-A#3=9

例句四 “备现代汉语课、比备古代汉语课容易？”
韵律短语： 现代汉语 古代汉语 容易
单读： G4-D3=17 F4-B2=18 F4-G#3=9
句中： F#4-G3=11 G4-E3=15 A4-F#3=15

例句五 “备现代汉语课、比备古代汉语课容易吗？”
韵律短语： 现代汉语 古代汉语 容易
单读：（见例句五）
句中： F#4-G3=11 G4-F#3=14 G4-F3=14

例句六 “古井老酒比口子酒好”，谁说的？”
韵律短语： 古井 老酒 口子酒 谁说的
单读： G#4-D#3=17 G4-D#3=16 G4-D#3=16
句中： A4-G3=14 C4-F2=19 F#4-F#3=12 G#4-A#3=10

例句七 “长城牌篮球鞋、比黄河牌篮球鞋受欢迎。”
韵律短语： 长城 篮球 黄河 篮球
单读： F4-F3=12 G#4-A#3=10 A4-A#3=11
句中： A4-C4=9 G#4-A#3=10 C4-A#3=11 D4-F#3=7

例句八 “你看你 ,把我的箱子翻腾的够戗,真是岂有此理!”
韵律短语： 我的箱子 翻腾 够戗 岂有此理
单读： E4-F3=11 G4-F3=14 F#4-E3=14 G4-D3=17
句中： D#4-G#3=7 D#4-G3=8 A4-E3=17 C4-D#3=9

例句九 “你应该好好的读读这本书! 这里面讲的都是人生哲学。”
韵律短语： 应该 好好的 读读 这本书:
单读： F4-D4=3 F4-D#3=14 F#4-A3=9 G4-D3=17
句中： F#4-D4=4 G4-D3=17 D#4-F#3=4 C#4-c3=13

韵律短语： 这里面 讲的 人生哲学
单读： G4-F#3=25 B3-C#3=10 F#3-E3=14
句中： A4-G3=14 C4-B2=13 F4-B2=18

例句十 “你好哇,你害得我好苦。我找你找了好几年了, 你就这样对待我?”
韵律短语： 你好 害得我 我找你 好几年
单读： G4-D3=17 G4-F3=14 G4-D#3=16 G4-F3=14
句中： B4-G#3=15 D#4-G#3=7 C4-D#3=9 G4-F3=14

韵律短语 这样 对待我:
单读： G4-C#3=17 G#4-C#3=19
句中： C5-C4=12 G#4-D3=18

例句十一 “在家千日好, 出门一时难, 这是句老话。如今可不是这样啦。交通方便啦, 旅游事业发达啦, 人民生活富裕啦。”
韵律短语： 在家 千日 出门 一时 老话
单读： G4-D#3=16 F#4-C3=17 F#4-F3=13 F#4-F3=13 F4-D#3=14
句中： G#4-A3=11 A#4-G#3=14 A4-F#3=15 F4-F3=11 C4-C3=12

韵律短语： 如今 这样 方便 发达 生活
单读： E4-A#3=6 G4-D#3=18 F4-D#3=2 F#4-D#2=27 F4-E3=13
句中： B4-D#4=8 C#4-E3=9 F4-G3=10 A4-D#3=18 E4-E3=12

例句十二 a “他弄脏了衣服。” b “他把衣服弄脏了。” c “衣服被他弄脏了。”

a 韵律短语： 他 弄脏了 衣服
单读： D#4-D#4=0 G4-G#3=11 F#4-D#3=15
句中： G#4-G#4=0 G#4-E3=16 D#4-D3= 13

b 韵律短语： 他 (把)衣服 弄脏了
句中： A4-G4=2 G4-C4=7 G4-G3=12

c 韵律短语： 衣服 (被)他 弄脏了
句中： A4-C#4=8 G#4-G4=1 G#4-F3=15

例句十三 (在天安门)有“中华人民共和国万岁”的标语。
韵律短语： 中华 人民 共和国
单读： G4-F3=14 F#4-G#3=10 G#4-G3=13
句中： G#4-B3=9 F#4-C4=6 G4-E3=15

例句十四 “他高呼: 中华人民共和国万岁!万岁!!万万岁!!!”
韵律短语: 他高呼 中华人民共和国 万岁 万岁 万万岁
单读: (见例句十三)
句中 A#4-C#4=9 A#4-A3=13 A#4-C4=10 G#4-C#4=8 A4-G3=14

例句十五 “为了革命,我们对流血都不怕, 何况流汗!”
韵律短语: 革命 我们 流血 不怕
单读: G4-C#3=18 D4-G2=19 A4-D3=19 C F4-C#3=16
句中: G#4-F#2=26 A#3-G3=3 A4-D#3=18 B3-G2=16

韵律短语: 何况 流汗
单读: F#4-A3=9 F#4-A2=21
句中: D#4-D#3=12 G#4-D3=18

例句十六 “这儿火车站在哪里? 你们有知道的没有?”
韵律短语: 火车站 哪里 你们 知道 没有
单读: G4-G3=12 F#4-D3=16 C4-G#2=16 G4-A3=16 F#4-D3=16
句中: B4-E3=19 G#3-D3=6 A#4-D#4=7- A#4-G4=3 F4-A#3=6

例句十七 甲: “你看那个窗子里面、摆着彩色照片的、就是中国照相馆。”
乙: “是中国照相馆吗?”
甲: “是中国照相馆。”
韵律短语: 彩色照片 中国照相馆 中国照相馆 中国照相馆
单读: G4-C#3=18 G4-C3=19
句中: F#4-D3=16 E4-C3=16 G4-F#3=13 D4-D3=12

“是”的不同韵律:
甲: 就是... {平叙} C#4-A3=5
乙: 是...? ... (疑问) A4-E4=5
甲: 是...! (肯定) A#4-A#3=12

例句十八 甲: “陪着我们参观的一位中国朋友、姓王。”
乙: “不是姓王吧? 我看好像是姓李。”

甲: “是姓王!”
韵律短语: 中国朋友 姓王
单读: G4-D#3=16 F#4—E3=14
句中: 甲: F#4-C3=18 C#4-D#3=10
乙: G4-A3=10
甲: D4-E3=10
“是”或“不是”的韵律之别:
乙: “不是姓王吧?” A#4-E3=17 (疑问句,)
甲: “是姓王!” A#4-C#3=20 (肯定句)

例句十九 甲: “香山、西山、天坛, 好玩的地方可多了。”
乙: “什么? 我我没听清, 请你说一遍!”
甲: “香山、西山、天坛, 好玩的地方可多了!”
韵律短语: 香山 西山 天坛 好玩的地方
单读: F#4-E4=2 F#4-D#4=3 F#4-D#3=15 G4-C#3=18
句中: 第一遍 G4-D#4= 4 G4-E4=3 G4-F3=14 F4-E3=13(3..2 秒)
第二遍 F4-D#4=2 G4-D#4=4 A4-F3=16 G4-D#3=16(3.7 秒)

例句二十 甲: a “你对中国的京剧感兴趣吗?”
b “你对中国的京剧感兴趣?”
韵律短语: 中国的京剧 感兴趣
单读: G4-D#3=16 G4-C3=19
句中: a (有“吗”) A4-D#3=18 E4-E3=12
b (无“吗”) B4-C#4=10 F4-F#3=17

例句二十一 乙: “没看过, 听说很有意思。这次来中国, 我一定要看。”
甲: “没什么意思吧?”
乙: “很有意思。”
甲: “不用去看了吧。”
乙: “我一定要去看。”
韵律短语: 一定要看 很有意思
单读: G#4-D3=18 G#4-G2=25
句中 乙: F4-D#3=14 F4-D3=15
我一定要去看 A4-E3=17 A4-D3=19

例句二十二 乙: “中国京剧三团、演的是《杨门女将》, 地点是人民剧场。”
甲: “不是三团吧? 我好像记得是一团。”
乙: “是三团。”
甲: “地点不是人民剧场吧?”
乙: “是人民剧场。”
韵律短语: 中国京剧院 杨门女将 人民剧场 三团
单读: G#4-G3=13 G4-C3=19 G4-C3=19 F#4-D#3=15
句中: 乙: A4-G#3=13 F#4-A#2=20 F#4-C#3=17 A4-G#3=13
甲-: (“不是三团, 是一团”: G4-D3=17) C4-F3=7
乙: (“是三团”=B#4-A2=19) F4—F3=12
甲: (“不是人民剧场”) G4-D3=17
乙: (“是人民剧场”=B4-E3=19。) G4-F3=11

例句二十三 甲: a “今年夏天你打算去外地旅游吗?”
韵律短语: 今年 夏天 去外地 旅游
b “今年夏天你打算去外地旅游?”
单读: G#4-F#3=14 G4-D3=16 G4-D3=17 D4-F3=9
句中: a D#4-D4=7 E4-E3=12 F#4-A3=9 C#4-D3=7
b G#4-E4=5 F#4-A#3=9 G4-C4=7 D4-A3=5

例句二十四 甲: “我听说你秋天去, 不是夏天。”
乙: “是夏天。”
韵律短语: 秋天去 不是夏天 是夏天
句中: 甲 G4-C#3=20 A4=B2=22
乙: C#5-F3=22

例句二十五 a “你是不是跟学校旅行团一起去?”
b “你跟学校旅行团一起去吗?”
c “你跟学校旅行团一起去?”
韵律短语: 学校旅行团 一起去
单读: G#4-D#3=17 F#4-C#3=17
句中: a G#4-E3=16 F4-C#3=15 (“是不是?”)
b G4-F3=14 F#4-D#3=14 (带有“吗”)
c A#4-F3=17 A#4-F3=17 (不带“吗”)

例句二十六 a “麻烦你了, 你想的真周到。”
b “你想的太周到, 太麻烦你了。”
韵律短语: 麻烦你 真 / 周到
句中: a F#4-D3=16 F4-D#4=2 / D4-G#2=18
韵律短语: 太 / 麻烦你 太 / 周到
句中: G#4-C#3=16 / B3-D3=9 F4-F#3=11 / B3-D#3=8

例句二十七 甲: a “一切手续都办好了没有?”
b “一切手续都办好了?”
乙: “我把一切手续都办好了。”
韵律短语: 一切 手续 都办好了 没有
单读: E4-D#3=13 F#4-E2=26 G4-F2=26
句中: 甲: A4-C4=10 C4-F3=7 G4-C#3=18 D#4-C#3=14
A4-C#4=8 E4-G3=9 G4-C3=20
乙: G#4-D4=6 B3-D#3=8 C#4-B2=14

兹将上列例句暂按宏观类别、分为平叙句、疑问句、祈使句、逻辑句、感情句五类，对各例句的韵律变量（移调和变域）的数据作简单的分析。各例句有单向的发言，有双向的“对话”。各“对话”中包含的语气颇有不同（此批实验中的“对话”，系由同一人发的音，因此比起两位或几位发音人的对话，韵律可能不够自然，不过多少已能说明问题）。每类都有一个以上的例句，从中也可看出每类宏观语气还可再分出若干微观的差异。

说明（一）单向发言（单句的韵律）：

1. 平叙句：（例句九、十二、十三）

例句九：“应该”、“好好的”、“读读”、“这本书”四个短语，在句中的调形和单读的调形基本上没有大的改变；而且有些在平叙句中的短语、由于读得快了，调域反而缩小；时长也缩短了。这里还有一个值得注意的问题。有些短语在单读时（但是这种情况是偶见的），词义已经具备了语气（如本例的“应该”、“好好的”已具有程度性或祈使性的语气），其韵律变量反而大于句中的变量。

例句十二：这是三个平叙句，都包括“他”、“弄脏了”、“衣服”（主、谓、宾）三个不同成分。由于语法结构的不同，而使这三个成分排列的次序有异；因而交替重点、在移调或/和变域方面有所表现。这里只提出一组三例作为启发，如要找出规则，还需要更多的例句作实验。但此例中已可看出：a句是平叙，衣服为句尾，主语最高，基调依次递降。b句用了“把”字成为倒装句，在汉语的口语中，这种说法不太习惯，发音人可能照稿来“读”，在分析图中，三成分基调持平，而无自然韵律。c句、衣服是被“他”而不是被别人弄脏的，故“他”字最强、因为是高平调，由于协同关系而使后接的调也高了。（由此也可看出在一个句子中，不但有了句子韵律或篇章韵律的变化，还得保留一定程度的协同变调规则：“跳板规则”）。

例句十三：“中华人民共和国”在这里的句子中只是读标语的文字，没有什么激情。此七个音节的语法结构是“四三格”，就按“四字组”+“三字组”的“必然变调”规则变调。但两组相连，又要服从“跳板规则”，四字组的尾调上升与三字组的首调协同（逆同化），使七音节成为自然韵律的语流。

2. 疑问句：（例句三、四、五、六、十六、二十三、二十五、二十七）

这一批疑问句，主要是考察句尾带不带“吗”字或句中有没有“是非”、“有无”或“A不A”等“疑问副词”对句尾变调的影响。一般认为：没有疑问副词的问句尾基调会抬高，反之则尾调平稳或降低。现在看看事实是否这样。

例句四和例句五文字相同，只是例四句尾“容易”后面带有“吗”，而例五句尾“容易”后面无字。图示两例的韵律基本相同。

例句二十三是问“去外地旅游”的a、b两个问句，a有“吗”，b无“吗”。无“吗”的基调比有“吗”的略高；而调域的宽度却相反，有“吗”的反而宽些。

例句二十五有内容同而疑问副词不同的a、b、c三个句子，问题是“一起去？”a句有“是非”副词，b句有“吗”，c句无“吗”。数据表明无副词的问句比有副词的问句基调都高一些。这似乎可以说明疑问副词的确是可以取代疑问韵律的功能的。

例句三的问句有“是A/还是B”的副词；例句十六有“有/没有”的副词；句尾都没有提升，而满足了提问的语气。

本文所取的例子不够多，从以上这些结果的不统一，还难作出统计规则。问句的有“吗”、无“吗”，因材料有限，尚难定为韵律变动的区别性特征。不过有一点可以看出：凡是有疑问副词（如“A不A”、“吗”）的句子，句尾都不十分提升，是有普遍性的。

3. 祈使句（例句一）

例句一是提醒别人快去看电视剧。发音人所说话句子的数据表明、各短语的节奏比单读的快。基调提高并不明显，但是最后一个短语“你赶快去看”的变调值得注意。这是两个上声加三个去声的五字组，首字上声因次字为上声而变为阳平，次字因第三字为非上而变为半上。二、三两字“赶快”为“直接成分”，读快了而使“快”字成为“轻读”，（“上后之轻”按“必然变调”规则，应该是短中升调形），与第四字“去”、末字“看”、连成三级升调。按常规、几个去声连读多半是基调依次递降；但是，在本句中的这三个去声却是依次递升、而把“看”字提到最高的基调上限（由此也证明、着重点在“看”而不是“快”，如果着重“快”，则“去看”会变成递降）。这种“连升三级”的韵律走势，充分加重了嘱咐的语气。这是一个很具典型的例子。

4. 逻辑句：（例句二、六、七、十一、十五、十八、十九、二十一、二十二、二十六）

一个含有两个短语以上的句子，其中各短语所指的事物，在质量或程度上的优/劣、是/非、有/无、新/旧、大/小、高/低、快/慢、肯定/否定等等的差别，就都表现在韵律的特征（高低、轻重、长短特征的独用或互补）上。兹举例如下：

例句二：常人口语中要说明最喜欢几种事物的一种时，总对这一种有所强调。此例句中所说爱看的《三国》、《水浒》、《西游记》、《红楼梦》，但最喜欢《红楼梦》。本句中的前半句：“我爱看”四种并列书名的移调上限都达到G4的高点，域宽达到17ST；而且“红楼梦”三字的调形是“连升三级”式，移调达到F#4，域宽达到10ST（半音）。再看后半句：“我最喜欢《红楼梦》”这句里，“红楼梦”三字的移调只达A3，比前半句的“红楼梦”低9ST；域宽只有4ST，不及前半句的一半。照此看来，红楼梦既是最喜欢的，不强调而反减弱，于理不合。（按科研规律：世间一切事物的变量、必有原因可寻；常规有变，必有外因干扰）。不过如果再研究一下“我最喜欢”这个“谓语”短语，就会发现“最”字是去声，其起点竟达到A4，在全句是最高的，域宽也竟达到18ST，这个谓语已充分表达了强调的目的，“红楼梦”三字成为句尾，不必要再加强了。这样就在全句造成一个先扬后抑的韵律格局。

例句六是“优/劣”比较的句型。全句后面还有一个“谁说的”疑问短语。这样在语用上的问题是着重这句“话”是“谁说”的，而不是问“孰优孰劣”。所以前句各短语的基调是递降的、上限和域宽都比单读的小，（事实上“古井老酒”是一个四字词，基调依次递降。其全部上下限的域宽竟达到22个半音。）而在后句“谁说的”三字就一路攀升，最后的“的”竟高到G#，使全句成为升尾。

例句七中长城牌比黄河牌的篮球鞋“受欢迎”但在基调上两者都没有差别。这是平叙句带逻辑成分的一例。

例句十一有七个小句。前三句是说过去出门的艰难情形，基调先高后低。后四句是说今日的进步“今日”二字的基调特别高。下面的三句中“方便”、“发达”、“富裕”从低到高，最后以最高结束。从韵律上，前后两段高下分明，已具有篇章韵律的功能。

5. 感情句（例句八、十、十四、十五）

例句八和例句十都是责问的语气。都在句终一两个短语的基调上出现较强的语气。

例句十四是例句十三的感情句，由于是高喊的口号，整个“中华人民共和国万岁！万岁!!!万万岁!!!”的基调都高，但为了要三个“万岁”一步比一步强，而又喊不上去了，就把后两个音拉得一个比一个长，听来就感觉越来越强了。这是韵律三特征在听觉中具有互补功能之一例。

例句十五中的革命、流血、流汗三个短语、表达了革命不怕牺牲的激情。基调都高。

说明（二）双向对话（篇章韵律）：

（例句十七——二十七）

这批对话主要包括二人的问答，既然有问有答，则答者

就可能对问者提出的意见加以可否,其语音韵律就和他单独发言的韵律有所区别,而成为篇章韵律的一种。

对话有些是逻辑句,内容是对一件事物的“是非”、“有无”的辩论。一人说否定,另一人说肯定的“是”由于是肯定,故“是”字说得比较着重。一般在基调上高于其它短语。

有些是感谢句,如例二十六:“麻烦你”“真周到”“太周到”“太麻烦你”,其中“真”字、“太”字,都强;第一个“麻烦你”也强,但第二个“太麻烦你”、因有了基调很高的修饰词“太”字,后接的“麻烦”就不需要加强了。

有些是复诵句,一件事说了一遍,听者没听清楚,要求再说一遍,于是说了第二遍。如例句二十九:甲说了一遍。强调“可玩的地方可多啦!”这个“可多啦”使乙急于要弄清楚就说“什么!”这两个字极高,于是甲说第二遍。这个第二遍的韵律就比第一遍高。

10 篇章韵律的分析

本文所说的“篇章”是广义的。是指在口语中的若干相邻的句子,只要内容属于同一宗事件,彼此的意义就会有一定程度的联系。例如平叙句的有头有尾(起承转合);疑问句的有问有答(有无、是非);祈使句的命令或请求,乃至愤怒、责骂等等,都会对各句产生不同的韵律变量。普通话的韵律规则属于语句的,当前已经有不少研究成果了;属于篇章的,在语法方面的研究可能也有不少,而在语音方面的似乎还不多。我们曾以普通话的四句朗诵材料为样本,用上述的韵律规则作了分析。朗诵句中韵律短语的单读数据和在句中连读的数据如下表。数据的意义和上面的各例句相同。

朗诵例句一 “他们的品质、是那样的纯洁和高尚!”

韵律短语:	品质	纯洁	高尚
单读:	F4-D#3=14	G#4-F#3=14	G4-D4=5
句中:	D4-G#2=18	F#4-F#3=12	F4-C4=5

朗诵例句二 “他们的意志、是那样的坚韧和刚强!”

韵律短语:	意志	坚韧	刚强
单读:	F#4-D#3=15	F#4-C#3=17	F#4-F3=13
句中:	D4-F#3=8	A4-E3=17	G#4-C#3=19

朗诵例句三 “他们的气质、是那样的深厚和朴实;”

韵律短语:	气质	深厚	朴实
单读:	A4-C#3=20	G4-C#4=6	D4-E3=10
句中:	G#4-D3=18	F#4-A#2=20	A#3-C#3=8

朗诵例句四 “他们的胸怀、是那样的美丽和宽广!”

韵律短语:	胸怀	美丽	宽广
单读:	F#4-F3=13	F4-D3=15	G4-D#3=16
句中:	A#4-F#3=16	F#4-D#3=15	G4-E3=15

这四句中的短语单读和句中连读比较,在调高、调域上,除少数几个短语有些差别、如“意志”、“美丽”外,大多数的短语差别都不太大。四句中各单读调形相同的短语、在句中连读后的移调程度和调域宽度也大都相近;但是,四句中各有相同的两个短语、如“他们的”、“是那样的”,在各句间的韵律差别却十分明显。这两组短语在语法上:“他们的”为“领属代名词”,领属后接的名词;“是那样的”为“程度副词”,修饰后接的状语。此四句朗诵描写的对象是人民英雄、带有称颂的感情。其移调程度和扩域程度含有朗诵和歌颂的双重条件,而服从篇章韵律的规则;其中表达逻辑重音和感情重音的任务、已基本上由它们的代词、副词承担,而使名词和形容词的韵律变量相当淡化。各例句的数据如下:

代词:	例句一	例句二	例句三	例句四
韵律短语:	他们的	他们的	他们的	他们的
篇章中:	G#4-E3=18	G#4-F4=3	A#3-D#3=8	B4-B3=12
副词:	例句一	例句二	例句三	例句四
韵律短语:	是那样的	是那样的	是那样的	是那样的
篇章中:	G4-E3=16	D#4-E3=11	B3-C#3=10	B4-B3=12

四句中的代词“他们的”和副词“是那样的”两组短语表达了语气韵律,已如上述。现在再看看它们是怎样表达的。在四个例句中、两组短语的调形都有一个共同趋势。在基调的移调方面:例一、例二、例三的短语从高到低、依次递降;而例四的短语陡升到最高点。在扩域方面:例一的最宽,例二、例三依次缩小,例四又展宽。移调的高低和扩域的宽窄(有时再加上节奏的长短),在听觉上都和感情韵律的强弱是成正比的。

四句中基调的最高上限是例四的“那”(B4);最低上限是例三的“他”(A#3)和“那”(B3)。短语“是那样的”在例一、例二、例三依次递降,形成一种下倾的斜坡,而到例四中突然上扬。“他们的”在例二比较高,虽然没有像“是那样的”也跟例一、例二形成斜坡,但是它的调域很窄,只有3个半音;节奏又比所有的邻音都短,按照听觉生理,听来就比较弱(韵律三特征在强弱的等级上是可以互补的)因此也能在前后句之间造成韵律的递降感。这种在一连几句口语中造成“先抑后扬”的篇章韵律走势,无论在诗文中的节奏、绘画中的线条、或音乐中的旋律,都有这样的规律。这正如梁代沈约所论文章的音韵、要作到“一简之内,音韵尽殊;两句之中,轻重悉异”的韵律变化。[7]

本文第6章表2中的惊叹句,是愤怒兼命令的感情句。这是从一个电视剧中录下的一段,一个妇女极端愤怒赶走她丈夫的话。原文为:

“你给我出去!”

“你给我滚出去!!”

“你给我滚!!!”

这三句话是用三种语气连珠炮似地说出,第一句只命令他“出去”,由于有“你给我”三字,已经是不客气的命令了;但是他不走。第二句就在原句加了个“滚”字,就很不客气了,但是他还走。;第三句是愤怒到顶,有点力竭声嘶,连“出去”都来不及说,只用一个“滚”字了。先统计一下她的数据。(韵律):

第一句:	上限 B3	下限 B2	域宽 12
第二句:	上限 G4	下限 F3	域宽 14
第三句:	上限 G#4	下限 C3	域宽 19

现在分析一下她的韵律变化:这三句话是一组很典型的篇章韵律的例子。是由于情绪的逐步高涨,语音的音高和音强也随着“连升三级”。她首先用一个8度的域宽,这是一般正常女音的平叙句的调高和调域宽度。第二句声调移高了8个半音,而域宽只高两个半音。第三句声调高不上去多少,而域宽却变动很大,达到19个半音。这也说明韵律三特征的互补功能。此外,这三句话中都有“你给我”三字,它们都是上声,本来要服从三上连读的必然变调规则。但是它作为一个五字短语的成分,就要服从五字韵律规则,同时、它又是三句篇章的首句,还得服从篇章韵律。第二、第三句也是这样。这种从小单位一步步地走向大单位,以致其表层现象面目全非。只有用抽蕉剥茧的分析程序,即“多米诺”分析方法:第一步先找出直接成分,应用“跳板规则”得出最小短语的必然变调;再第二步、按照语音、语法、音系三平面的制约,应用跳板规则、得出这三句话的三个字组(五字、六字、四字)各自的连读变调;再第三步、按照逻辑和情感的需要,应用移调和/或变域规则,最终得出表层的实际调形。有趣的是:这三句话的韵律分析、几乎运用了必然变调

和或然变调的全部规则，才能对表层的调形得到解释。（此三句的调形图及数据，参阅注[9]）

11 结语

实验证明、上述的在各类语句中的表层韵律，无一不是基于短语语音的必然变量、通过韵律三特征的组合搭配、由底层逐级衍变而来的。它们的韵律变化无论是逻辑、是感情，都可以用移调、变域，停延、展缩等处理、从底层的原始语料来生成高自然度的合成语言。

汉语自然度韵律知识的研究方兴未艾，是与时俱进的，目前的探索所得、由于还在小量例句的实验阶段；还需要做大量材料的取样和分析。不过上述的各项论点和分析方法，已多少为国内的一些合成系统所采用，取得一定的成果。[8]今后可以积累足够的实验材料，参照思维的各类媒体的共性规律，以及左右脑分析与综合的理论[10]，通过三维矢量等计算方法，设计出有效的韵律合成方案，向建立高自然度的语音合成系统迈进。

参考文献

- [1] (1997c) 试论“人-机对话”中的汉语语音学，《世界汉语教学》，1997，12。
- [2] 普通话语句中的声调变化，《中国语文》1982，6。又：Rules of Intonation in Standard Chinese, Reprints of Papers for the Working Group on Intonation, 13th Int. Cong. Linguists, Tokyo, 1982.
- [3] 普通话三字组变调规律，《中国语言学报》1985，2。
- [4] 普通话四字组变调规则，《语音研究报告》，中国社会科学院语言研究所语音研究室，1988。又：普通话四字组中韵律变量的处理规则，《语音研究报告》，同上，1998。
- [5] 从声调与乐律的关系提出普通话语调处理的新方法，《庆祝中国社会科学院语言研究所建所45周年学术论文集》，商务印书馆。1997。又，普通话语调中短语调群在不同音阶调域下的调型分布（Further experiments on spatial distribution of phrasal contours under different range registers in Chinese intonation, International Symposium. On Prosody, Yokohama, 1994.
- [6] 普通话不同语气语调的可预测性（Predictability of different attitudinal intonation in Standard Chinese, 13th ICPhS, Stockholm）1995。
- [7] 中国音韵学和语音学在声调合成中的应用（From traditional Chinese phonology to modern speech processing—realization of tone and intonation in Standard Chinese, Proceeding of 6th Inter. Conf. Spoken Lang. Proc. ICSLP, Beijing, 2000）. Also: G. Fant and H. Fujisaki et al., (edit.) From Traditional Phonology to Modern Speech Processing, Festschrift for Prof. Wu Zong-ji's 95th Birthday（《语音学与言语处理前沿》，外语教学与研究出版社，2004。
- [8] 为提高汉语语音合成自然度的语音变量规正方案，《现代语音学论文集》，金城出版社。北京。1999。又：普通话语音合成中有关自然度的韵律变量问题，《新世纪的现代语音学》，清华大学出版社，2001。
- [9] 普通话分析的一种新方法：语句中基本调群单元的移调处理（A new method of intonation analysis for

Standard Chinese, frequency transposition processing of phrasal contours in a sentence,《语音研究报告》，中国社会科学院语言研究所，1996；又：G. Fant: Analysis, Perception and Processing, Elsevier Science B. V., Switzerland, 1996

- [10] 试从文学与艺术的韵律探索普通话的韵律规则，《第六届全国现代语音学会议论文集》天津师范大学，2003。又：试论普通话中韵律规则与其它若干学科中韵律规则的共性，《语音研究报告》，中国社会科学院语言研究所语音研究室。2003。

（以上各论文均已收入《吴宗济语言学论文集》，商务印书馆，2004。）

A Review of Prosodic Researches on Naturalness Improvement in Standard Chinese Speech Synthesis

Wu Zongji

zongjiwu@sina.com

Institute of Linguistics, CASS

Abstract

The prosodic variation rules in speech are the key of improving the naturalness in Standard Chinese speech synthesis. However, analyzing the prosodic variations at the sentence surface level requires the knowledge of the tone sandhi rules at the underlying phrase level. In this paper, the author firstly gives an elaborate review of the past researches on the tone sandhi rules in disyllabic, trisyllabic and quadrisyllabic words; then basing on the phonetic, syntactic and phonological 3-dimensioned constraints, he puts forward the so-called “*bench-board rule*” and “*domino rule*”. He reveals the inevitability of the tone sandhi at the phrase level and the probability of the prosodic variation at the sentence level where the meaning and modal must be concerned. The author also describes the variation rules of other acoustic correlative parameters of intensity and duration. And the analysis of sentences in various modals is given. The findings of the differences between the realizations of phrase contour in citation form and those of spontaneous speech make it possible to establish the rules for the prosodic variation in different intonations, which provides the valuable data for speech synthesis of high naturalness.