

## 谈谈言语链的语言学平面

### ——言语信息编码的语言学原理及音—义关联的神经认知机制

曹剑芬

**摘要** 迄今为止，我们的语音学研究主要集中在言语链的生理和声学平面，而较少涉及言语链的语言学平面。事实上，这个平面才真正触及言语感知与产生的深层机制，而揭示语言智能的内在机理正是语言科学责无旁贷的任务，也是语言习得和人工智能等应用方面急切希望解决的核心问题。本文试图从自然语言和语音的本质切入，依托脑科学和神经科学的相关理论，对发生在言语链深层次的言语事件提出一些思考。内容主要涉及以下几个方面：（1）思维与语言的认知本质及其发生学关系；（2）语言符号的本质；（3）音—义影射关联的神经认知机制；（4）从音—义关联的神经认知机制看言语产出与感知的编码与解码。

**关键词** 思维，认知，语言符号，音—义关联，神经表征，认知机制，言语编码

### Linguistic Level of Speech Chain: Linguistic Principle of Speech Coding and Neuro-Cognitive Mechanism of Sound-Concept Association

CAO Jianfen

**Abstract** Phonetic research has paid much attention on the physiological and acoustic nature of speech chain, but less on its linguistic nature. In fact, however, linguistic aspect of speech chain touches the underlying mechanism of speech production and perception, thus it is the responsibility for linguistic science to explore such mechanism and reveal the intrinsic principles. Furthermore, it is also a core problem desperately to be solved in the applied fields such as AI and language acquisition. Therefore, in this paper I try to discuss some linguistic events which happen at the deep level of speech chain by approaching the nature of natural language and speech and drawing on relevant theories the brain and neurosciences. Efforts of this paper are mainly paid to grope for (1) the cognitive nature of language and thinking, as well as their genetic relationship; (2) the nature of linguistic signs; (3) the neuro-cognitive mechanism of mapping between speech sound and concept; (4) the coding principle of speech production and perception from the perspective of neuro-cognitive mechanism of sound-concept mapping.

**Key words** Thinking, Cognition, Linguistic sign, Neuro-representation, Cognitive mechanism, Encoding of production, Decoding of perception

## 1. 前言

### 1.1 关于言语链的语言学平面

言语链 (speech chain) 是言语信息从说话人头脑到听话人头脑进程中不同存在形态的链环，主要涉及语言学、生理学和物理声学三个平面 [1]。表面上看，言语链的三个平面始于话者头脑的言语产出，

止于听者头脑的言语感知理解。实际上，言语链是存在于每个人头脑和口耳间的无形的智能链环。迄今为止，我们比较熟悉的主要是言语链的生理学平面和声学平面，那是活跃于言语链中间环节——口、耳之间的传输通道上的语言现象及其生理特性和声学表现；而对其两端的语言学平面、尤其是对该平面上深层次的言语学事件的运行机制则知之甚少。

这里所说的语言学事件不仅仅是指人们熟知的外部现象和业已研究得相当深入的词汇、语法和语义的规则系统，更主要的是指隐藏在这些现象和规则系统背后的运行机制。因为无论是词汇、语法还是语义规则，本质上都是对客观事物及其相互关系认知的概括和描写。关键是，尚不清楚这些概念及其层次结构在神经系统中究竟是怎样启动和运行的。这就不得不把它们放到思维和认知的层面加以探讨。初看起来，这些的确不大像常见的语言学理论或模型讨论的语言学问题；但是，这些却正是语言科学应该探索而尚未深入探索的、真正的语言学问题。如今，尽管言语感知与产出的研究以及人工模拟已经广泛使用神经网络模型；可是，实际上却并不怎么清楚自然语言的神经网络究竟是怎么回事，它运行的自然机制到底是怎样的。这不能不说是语言科学的一种功能缺失。

长期以来，我们已经习惯地认为，对于言语产生和感知的神经机制的探索，我们这些语言科学工作者似乎是无能为力的，只有等待神经科学家们帮我们去揭开这个奥秘。可是，一个偶然的机，看到神经认知语言学家西德尼·兰姆（Sydney M. Lamb）对此的精辟论述：“神经科学家们主要关心大脑工作的物质基础，关心分子结构、离子通道及其运作……如此等等。但是，这种研究与弄明白大脑如何处理和表征语言信息、如何习得和使用语言则大异旨趣。后者是高层次的大脑功能，它应该由造诣颇深的语言学家和神经科学家来共同探讨。”（参见 [9] 的序言）同时，他还特别指出：“语言学家思考的是信息结构以及如何以不同的方式来处理信息，所以这方面是语言学家的优势所在。如果语言学家放弃不切实际的假设和不准确的概念表述，用自己的学科话语来审视语言信息，就能理解最基本的语言关系，再加上该语言学家懂得大脑皮质包含柱状结构，就能明白大脑是如何习得语言和使用语言的……也就明白了大脑是如何处理语言信息的了。”这个论述启发我们，探索语言的认知心理和神经机制不但是语言科学工作者应尽的职责，而且是能够有所

作为的。

## 1.2 语言学平面上的核心问题

为探索语言的认知心理和神经机制，首先需要厘清两个基本问题：第一，关于思维与语言的关系。思维和语言本质上是人类认知活动的基本要素。因此，不能仅从哲学思辨的角度、更要从认知的角度去认清思维与语言的发生学关系。第二，关于语言的外部物质形态怎样“影射”为头脑中抽象的“心理印迹” [11] 的神经机制，不仅要认识语言是认知的符号系统，更重要的是要认识音一义关联的语言符号作为言语代码的本质。

认知（cognition）是指人对客观事物及其相互关系的本质特征的认识和理解（knowing and understand），即通过大脑的思维/思考（thinking），对感觉器官接收到的外界事物的特征信息进行加工处理（processing），获得客观事物本质特征的相关知识，并能动地形成处置策略和应变能力的过程。思维是人类大脑的一种以语言为载体的认知活动，是有别于一般动物的高级神经系统的作用和机能。所以，要想揭示语言的内在机制，就不可避免地涉及认知和思维问题。

思维与语言的关系是语言学的经典论题，以往多半是从哲学思辨的角度论述物质与精神的关系；可是，我们的目的并不是讨论哲学问题，而是探讨言语的感知与产出的自然机制。语言不仅是人类最重要和最方便的交互工具，而且是思维不可或缺的载体和工具。因此，不得不厘清语言与思维的发生学关系，也就不得不从人的认知的大背景下来解剖言语感知与产出的神经认知机制。

传统的认知语言学把语言信息在头脑中的表征看作语言符号的存储，称为“心理表征”（譬如“心理词典”），在需要的时候可以提取，不需要的时候就不予理会。至于如何存储与提取，则不甚了了。

如今，脑科学和神经科学虽然已经利用多种实验手段，通过与言语活动相关的实时影像显示，能够观察和测量到头脑中相应的神经活动；但是，至今尚未发现能

够直接观察和记录心理语言表征的有效方法，只是提出了一些能以较强的说服力诠释语言神经心理机制的理论。例如，现代神经认知语言学认为，人脑中并不存在音系、词汇、语法和语义等任何形式的语言实体，一切语言信息都体现在由兴奋或抑制状态所表示的、神经网络的联通关系之中 [4] [8] [9]。

神经认知语言学的上述理论得到了脑成像技术观测的支持。但是，对于这些兴奋或抑制状态究竟是按照什么原则编码和解码的，至今仍然难以解释清楚，这才是大脑“黑箱”问题的核心所在。探索正未有穷期！

本文试图从语言学的角度，审视一下存在于言语链上的语言符号的本质，并依托脑科学的相关理论，结合有关婴幼儿的认知行为与言语习得等方面的研究资料 [3] [6] [7] [10]，探讨一下言语信息编码的基本原理和感知与产出的神经认知机制。

## 2. 从认知的角度看语言与思维的发生学关系

思维统指人类认识现实世界的大脑意识活动，而语言是思维赖以进行的载体以及记录和巩固思维成果的工具。

关于语言与思维关系的研究，可谓历史悠久，硕果累累；然而，却是理论纷呈，看法不一。不过，有一点可以肯定，它们都离不开人的认知活动。

### 2.1 思维与语言随着人类认知同步启动

从根本上说，人类的认知源自生存发展的需要，而思维是认知事物及其关系的意识活动。在人类早期的发展进程中，为了生存，必须动脑筋、想办法，不断提高对客观世界的认识和适应能力，这就促进了思维的发生与发展。同时，在认识和适应客观世界的过程中，越来越需要彼此交流和合作，因而产生了对语言和文字等相互沟通手法的需要。所以，从发生学的角度看，思维和语言具有同样的启动机制，本身就是人类认知过程中同时并存的必备

要素。思维和语言是同步的认知活动，这可从婴幼儿初始的认知行为与初始的言语行为得到证实。

### 2.2 思维和语言具有同样的物质运动性质

从20世纪初巴甫洛夫的高级神经活动学说开始，就从物质运动形式上揭示了思维的神经生理机制——刺激—反射机能。此后，随着脑科学的重大进展，特别是对大脑皮质的功能定位、神经回路以及脑生理、物理和脑化学等方面的深入探索，都进一步揭示了头脑中的思维和语言的物质运动性质。这种物质运动主要体现为神经网络中感觉功能区与运动功能区之间的神经关联活动。譬如，作为经典语言功能区的布洛卡（Broca）区和威尼克（Wernicke）区分别处于原始运动皮质的前部和原始听觉皮质的后部，它们的神经关联活动就是分别跟主管运动和主管感知的功能区相关的。

同时，相关认知理论已经指出，言语感知与产出的信息处理不仅仅表现为听觉和发声系统的神经活动，而且涉及与视觉以及其他感官系统神经活动信息的整合。由此可见，思维和语言作为一种物质运动，其神经生理基础不仅限于布洛卡区和威尼克区。

### 2.3 从婴幼儿的认知行为看语言与思维的发生学关系

脑科学和神经科学对人脑认知和反映事物本质机制的发现，更是极大地丰富和促进了对人脑信息加工、特别是对语言信息加工机理的研究。

如今，人们越来越清楚地意识到，自然语言理解和人—机对话作为人工智能领域的核心问题，其终极目标在于模拟人类语言感知与产出的自然智能，这就需要探索人类言语感知与产出的编码与解码机制。从现代认知科学提供的种种线索来看，可能揭开这种自然机制秘密的途径，无不指向对人类初始认知机理的探索。诚然，我们不可能穿越历史去获得人类思维与语言最初的发生学证据，而婴幼儿、尤其是新生儿原生态的认知过程应该是最最

接近原始的发生学状态的。正因为发展出了具有思维和语言的高级认知机能，人类才从一般的动物界分离出来。然而，高级认知机能是从初级认知行为演变而来的。所以，探索人类的思维和语言的初始启动机制，最有效的途径莫过于从考察早期婴幼儿的认知行为开始。

初级的思维主要是对直接刺激做出反射的认知过程 [10]。譬如婴幼儿、特别是新生儿的哭闹就属于这类反射。这类反射首先是从自身感受到的刺激开始的，譬如对饥渴、便溺等不适感的直接刺激的反射；而一旦获得哺乳或其他呵护之后，便不再哭闹，这也是一种对直接刺激（获得呵护时的舒适感的刺激）的反射。

有意思的是，这样的刺激—反射行为反复多次以后，你会发现，有时候婴幼儿的哭闹并非因为饥渴之类的不适刺激，而是为了寻求大人的呵护。显然，从早先的刺激—反射经验中，他已经意识到只要哭闹，就会引起你的关注和呵护。根据巴甫洛夫条件反射定律和无条件反应的概念，前一种属于无条件反射，而后一种已经属于条件反射了。由此可见，此时的婴幼儿已经具有最最初级的思维活动，而哭闹之类的行为便是一种原始的表达手段。这种现象表明，这已经从对源自自身感受的原始刺激—反射模式，逐渐向着对自身以外事物和环境的刺激—反射模式过渡。譬如，当听到某种声音或看到某种事物或动作时，会对这些视觉和听觉输入刺激做出诸如眼动、转头之类的行为或者某种情绪反应，这就是对外部世界认知活动的开始。尽管眼动、转头之类跟哭闹之类的行为反应一样，仍然只能算作肢体语言<sup>①</sup>。但是，这些无不说明，婴幼儿一出生，伴随着初级的思维认知过程——刺激—反射，作为反射手段的原始语言活动也同时启动了。由此可见，从发生学的角度看，思维与语言是随着人类的认知同步启动的。

## 2.4 思维与语言具有共同的认知基础和发展规律

如上所述，思维是认知事物的意识活

动，其基本模式就是刺激—反应。人通过视、听、触、味、嗅五官接受各种刺激，具有作为动物本能的刺激—反射能力。五官六感<sup>②</sup>是人类共通的认知基础，刺激—反射能力是共通的基本认知能力。这些都是与生俱来的，是长期生物演化的结果。但是，人对客观事物特征及其相互关系的认知则是后天习得的，语言作为认知思维的载体和知识表达与积累的手段，同样也是后天习得的，而非与生俱来的天赋。

思维与语言随着认知的发展而发展，使人从动物本能进化到了人类智能。思维和语言具有同样的发展规律——从最最简单的刺激—反射模式，逐渐进化到对单感官输入刺激的单通道反应模式和对多感官输入刺激的多通道综合反应模式 [6] [7] 相应的作为思维载体与工具的语言也从简单的肢体语言逐渐发展为复杂的、具有系统的音—义关联网络结构的有声语言。

### 2.4.1 初始的认知行为与原始的语言学事件

假如对人的认知与日常语言交互行为稍加注意，便会发现，即使是成人、那怕是谙熟所有语言知识和理论的专家，谁也不会说和听的时候去刻意关注词汇啊、语法啊什么的。更何况，婴幼儿的初始认知除了感官“装置”、基础神经网络和最起码的、作为动物共同本能的刺激—反射能力之外，是不可能具备任何先验的语言知识和理论的。然而，尽管如此，相关研究和实践观察却都表明，新生儿刚出生不久便会对各种感官刺激做出诸如眼动、转头、哭闹或手舞足蹈之类的反射。他们虽然不会说话，但这些行为反应显然跟说话具有同样的交互职能——表情达意。因此不可否认，这些具有语言交互职能的刺

<sup>①</sup> 根据笔者对一些婴幼儿的观察，这种认知行为实际上在月子里就开始了。譬如：(1) 对周围的噪声特别敏感，甚至在睡梦中都烦躁得使劲儿摇头；(2) 当你面对面跟他说话或逗弄他时，他会非常专注地注视大人说话口形变化，并且小嘴不断张合扭动，力图模仿。

<sup>②</sup> 这里指通常的五官加上最新科技发现的作为“第六感”的量子结构和量子纠缠。

激—反射行为，实质上已经构成言语链两端最初的语言学事件了。

更重要的是，婴幼儿一出生便沐浴在母语环境之中，这种与周围人简单初始的交互必定伴随着母语相关的言语声，逐渐在他们的脑海中自然而然地建立起相关事物与某个言语声音印象的关联。这应该就是语音与语义影射关联的原始契机。在婴幼儿的早期，他们的认知活动都是局限于对视野中的人和事物的当下亲历和当下认知 [7]，随着生理和心理基础的日渐成熟和认知能力的日益发展，通过一个个简单的初始语言学事件的不断积累和完善，便自然而然地掌握和发展出成熟的母语系统。所以，从婴幼儿认知行为的发展过程来看，人的言语感知和产出的一般机制早在出生初期就启动了，而学龄前儿童其实已经基本上习得了母语；至于关于母语的语音、词汇、语法等语言知识，乃是后来的语文教学提供的；而且，显而易见，这些知识并不是语言习得的前提，至少对于母语习得者而言这是无疑的。当然，二语习得、尤其是成人在非目标语环境下的二语习得，则会涉及更为复杂的认知机理，稍后再讨论。

#### 2.4.2 具象认知和抽象认知与语言习得

从人类认知发展的角度看，人对客观世界的认知遵循从具象到抽象的过程。具象认知（也叫具身认知）就是认知主体对基于当下（即视野内）亲历的、各感官接收到的刺激的反射；抽象认知则是对不出现在视野内、但曾经反复亲历过的事物“表象”刺激的反射。人的母语习得，都是从基于具象认知的初始状态逐渐发展到更多地基于抽象认知的成熟状态。所以，应该具体分析和区别母语习得与二语习得机制的异同。

##### 2.4.2.1 母语习得

母语习得过程从基于当下亲历的当下认知开始，随着认知器官的日益成熟和认知能力的提高以及认知经验的不断积累，才逐渐发展为超越当下亲历的抽象认知，这是一个认知发展和常识性知识积累的自然发展过程。兹以婴幼儿对“妈妈”这个词的习得为例加以说明。通常，妈妈是新

生儿最初接触最多的自身以外的“事物”，对跟妈妈这个“事物”的认知，最初是从对获得妈妈呵护的触觉刺激感受开始的。与此同时，加上周围不时伴随的“妈妈”这一词汇的语声刺激，小小头脑中便逐渐建立起这一词汇的声音印象（sound image）和概念意象（concept imago）之间的神经影射关联了。由此可见，“妈妈”这一词汇的发音与“妈妈”这一客体概念的神经联结自打婴儿出生就启动了；只是随着岁月增长，此情此景反复经历，对妈妈这个“事物”的认识便会逐渐从当下亲历的具象认知发展成为脱离当下亲历的抽象认知了。譬如，常见婴幼儿在妈妈上班后哭着要找妈妈，此时他脑海中浮现的妈妈便是基于“表象”<sup>①</sup>的抽象概念了。就这样，随着认知的发展和一个个单独的音—义神经关联体的建立和不断丰富，一个语言整体的语义与语音网络的影射关系也就在婴幼儿脑海中逐步形成和完善起来。

##### 2.4.2.2 二语习得

二语习得、尤其是成人的二语习得则不同。

首先，大多数情况下，二语习得缺乏目标语的语言环境，不可能伴随从具象到抽象认知的自然进程，而多半是从抽象认知开始，即从学习关于二语的语言知识开始。譬如，根据相关报道，作为留学生学习汉语的初级阶段，现用的教学模式主要还是模拟跟读、听音辨音、正音练习，实际上还是以教学汉语的语音知识为主，而不是以教练听、说汉语的技能（即对汉语言语信息刺激的反射能力）为主，所以学生往往缺乏语感。因为成人跟婴幼儿不同，他们早已形成对相关事物认识的抽象概念，真正缺乏的是建立目标语音—形—义关联关系的有效途径。因此，对于二语学习者而言，首先学习一些相关的语音知识当然是必要的；但是，这只是强行灌输一些关于目标语语音—语义关联的知识，是不得已而为之。所以，必须及时配合相

<sup>①</sup> 表象（representation）是客观对象不在认知主体面前呈现时，主体头脑中出现的关于该对象的形象。表象是指过去感知过的事物形象在头脑中的再现。

应的感官输入刺激条件下的反射训练，就是加强实际的目标语听、说技能训练，尽可能营造类似母语习得的语言环境，以促使其更加有效地习得目标语的音—形—义关联的机制。笔者曾有幸观摩过几堂幼儿剑桥英语课<sup>①</sup>，学生都是学龄前儿童或刚上学的小学生。按理说，这些儿童已经习得了母语，学英语已经属于二语习得，同样存在母语干扰问题。但是，由于课堂教学完全采取日常生活及玩乐的情景带入方式，少量音标发音训练灵活穿插其中，师生整堂交互始终不说一句汉语，学生注意力高度集中，连最淘气的小男孩都无暇分心，教学效果极佳。这给我留下极其深刻的印象，它充分说明，在二语教学中，对目标语实际的听、说技能训练的极端重要性。

其次，成人在二语学习过程中，必然存在“母语干扰”或叫“母语负迁移”效应。母语和二语涉及两个不同的形—音—义神经关联网，在二语习得中，必然存在如何处置和协调两个不同网络的激活和抑制连接的随机切换问题。这是跟母语习得最明显的区别。这种干扰效应，不但进一步证实了语言与思维的辩证统一关系，更是从神经认知的角度，证明了二语习得与母语习得在认知机制方面的实质性区别。那就是；在母语习得过程中，相关的音—义神经联结路径及其网络结构是在母语环境的“潜移默化”之下自然形成的；二语习得时，则必须暂时断开跟母语相关的音—义联结路径，才能建立起新的与二语相关的音—义联结路径。

由上可见，若从已经习得语言的成人的视角来反推婴幼儿的语言习得，终究难以触及言语产出与感知的自然状态及其初始启动机制。

### 3. 言语信息在认知链上的不同存在形态及其随机转换

言语的产出与感知是认知链上两个相反、但却随机转换的信息处理过程，从认知过程来看，言语的习得从感知开始。那么，这种感知与产出又是怎样启动的呢？

对此，我们希望揭示的核心秘密是：究竟是什么机制或者通过什么东西能在瞬间唤起头脑中某个词语的语音信息及其所对应的语义信息？最根本的一点就是：人脑究竟是怎样实现语音—语义的影射链接的？这就涉及言语信息在认知链上的不同存在形态及其随机转换。

#### 3.1 言语信息的内、外存在形态及其随机转换

言语信息的外部存在形态就是传统上所谓的“物质外壳”，就是如今熟知的、活跃在口耳之间的生理物理的物质运动形态。它们以声波或者电波之类的形态存在于空气或某种介质之中。这自不必多说。

内部存在形态是指头脑中与外部物质形态相对的、难以捉摸的“精神”形态。现代神经科学已经证明，思维作为头脑里的意识活动或者叫“精神”活动，其实也是一种物质运动，其物质基础就是认知生理器官（五官六感）和心理器官（脑和神经系统）。作为思维载体的内部语言，表现为能在神经网络中运行的、以某种方式编码和解码的神经活动（生物电脉冲）。根据神经认知语言学的理论，头脑中的语言存在形态，就是由相关功能区表征声音印象与概念意象的微柱体的神经活动及其彼此连通的神经网络结构关系。

无论在语言交互过程还是思维过程中，都离不开语言内、外存在形态的随机转换。通常，语义概念作为语言的内部存在形态似乎很好理解，因为它本身就是大脑对事物及其相互关系的抽象概括，尽管我们还不十分清楚这种抽象概括的具体机制；而对于外在的物质声音究竟怎样映射为头脑中的音响印象（sound image）的问题，则就不那么好理解了。为此，不妨先来解读一下所谓“语言符号”的本质，然后再去探讨这种映射的神经机制。

#### 3.2 “语言符号”的本质

根据普通语言学的经典理念 [11]，语言是一种表达观念的符号系统。符号由

<sup>①</sup> 在北京某巨人学校。

“能指” (signifier) 与 “所指” (signified) 两部分组成。“能指”是作为语言物质外壳的客观声音特性及其结构系统在头脑中的心理印迹,就是音响印象或叫声音印象 (sound image)。“所指”是作为事物及其相互关系抽象概括的概念在头脑中的心理印迹,就是概念意象 (conceptual imago)。“能指”与“所指”是两个心理实体,是合二为一、不可分割的两个侧面,如图1所示。

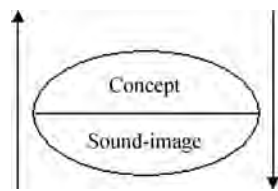


图1 语言符号的两重性  
(引自参考文献 [11])

这就是说,语言符号本身就具有“能指”与“所指”两重性,它离不开音响印象和概念意象两个心理实体。由此可以明确两点:其一,语言符号是用于指称事物及其相互关系的符号系统。在这个系统里,作为能指的语音符号<sup>①</sup>,并不是具体的客观声音特性本身,而是它们在头脑中的心理印迹;它所联结的也不是事物和关系本身,而是作为事物抽象概括的心理印迹。其二,语言符号并不是单纯的声音形式,而是声音形式与语义概念的辩证统一体,是音—义关联的码子:任何没有语义内容的声音形式,就不成其为语音;反之,离开了声音形式,任何语义概念就无所依存与表达。所以,音和义是语言符号不可分割的两个方面,它们互相唤起,辩证统一。正是这种辩证统一的映射关系,构成了语言内、外存在形态随机转换的共同杠杆。因此,语言符号本质上就是音—义相互关联、彼此影射的言语代码。

#### 4. 语言符号音—义相互关联和影射的神经机制

现代神经认知语言学的理论认为,人脑中并不存在先验的音系、词汇、语法和

语义等任何形式的语言实体,一切语言信息都体现在由兴奋或抑制状态所代表的、神经网络的联通关系之中。也就是说,语言符号携带的所有信息,都是由神经网络中不同的兴奋或抑制状态所表示的联通关系来编码的。

#### 4.1 音和义的神经表征以及音—义联结的基本原理

根据脑科学的相关知识和神经认知语言学的基本理论 [4] [8] [9],语言符号的声音印象和概念意象各自由相关脑区专门的神经微柱体负责表征。迄今为止,比较确定的是,声音印象由大脑皮质的首要听觉区的神经微柱体负责表征,而表征概念意象的微柱体的脑区分布则相对分散,大致在西维尼沟 (sylvian fissure, 又名外侧裂) 附近较为广泛的区域<sup>②</sup>。大脑皮质排列着无数个这样的神经微柱体,按照就近连接的原则,功能相近的微柱体之间通过彼此的突触连接,功能不同的微柱体之间通过白质包裹的轴突纤维束实施远程连通,从而构成不同层次复杂的神经网络。语言符号系统就是以这个神经网络运作原理为基础的关系网络。

#### 4.2 语言神经网络结构简介

语言的神经网络通常可分为语义、词汇和音系三个主要层面,各自形成局部的子网络 [4] [8] [9]。

各个子网络的基本工作单元称为“连元” (nection), 它们是构成语言神经网络的基本神经模块。每个基本模块是由不同数目的神经细胞 (即神经元) 组成的微型六面柱体, 它们是功能实现上步调一致的微型单位, 一旦跟某种语言信息 (譬如声

<sup>①</sup> 由于本文只讨论活跃在口耳跟大脑之间的言语产生与感知相关的问题, 因此, 这里所说的“语音符号”指语言符号, 目的只是为了强调语言的有声形态, 而不涉及其文字书写形态。

<sup>②</sup> 这可能跟视、听、触、味、嗅觉功能区在大脑皮质的分布相对分散有关, 因为概念的形成都是认知结果的积累, 而认知是对多通道感官输入信息的反应过程。

音印象或概念意象) 关联, 只要被使用的次数足够多, 固化程度足够高, 就可能成为对应于相关语言信息的专职神经模块, 这就相当于以往所说的、具有“记忆”功能的“专职大分子” [2]。语言关系各子网络的神经表征就是通过不同类型专职神经模块的功能实现的。

语言关系网络中的神经模块(连元)可概括为五种类型: 音位连元(phononection)、形态连元(morphonection)、词汇连元(lexinection)、概念语义连元(conceptual-semantic nection)以及包括专司视觉、听觉、触觉等等的前语言状态感知连元(pre-linguistic perceptual nection)。这些连元普遍存在于语言关系网络各子系统中。本文主要介绍跟音位连元与概念语义连元有关的声音印象子系统和概念意象子系统的神经表征及其彼此联通的网络结构<sup>①</sup>。

#### 4.2.1 声音印象连元——声音印象子系统的神经表征

声音印象子系统的主要构件是音元、音位连元和词汇音系连元。音位连元由不同的音元合成, 词汇音系连元由若干音位连元合成。

音元(phonon)是音系网络中最基本的声音连元, 由大脑皮质首要听觉区的神经基元(微柱体)的活动表征。音元所表征和处理的声音信息, 大致相当于声学上的音子(phone)或者语音学上的音素的声音特征, 尚未涉及具体语言相关的音系处理。因此, 音元所表征和处理的还不是音位层面的信息。

音位连元(phononection)是音位印象的神经表征。每一个音位连元都是依据相关语言的音系规则由一组音元定义。譬如, 不同发音部位和发音方法的辅音音位连元, 不同舌位的元音音位连元, 等等。音位连元涉及具体语言的音系处理, 由大脑皮质威尼克区的微柱体负责实施。

词汇音系连元(lexinection)是词汇音系印象(phonological word image)的神经表征, 它们按照相关语言的词汇音系规则由一组音位连元定义。因此, 每一个词的声音印象其实就是一个由不同层次声音连元逐级构成的局部子网络系统, 是声音

印象子网络的基本神经节点。词汇音系连元也由威尼克区的神经微柱体表征。

大脑皮质的威尼克区是声音印象子系统的核心, 在那里, 那些表征音位特征的音位连元向下跟首要听觉区表征声学特征的音元连通, 向上与表征词的声音印象的词汇音系连元联通。由此可见, 威尼克区无数的神经微柱体不但表征着一个语言里全部的音位特征, 而且是不同层次声音印象神经连通的枢纽。其连通路径大致如图2左侧的模块所示。这是同一个词(“狗”)在不同语言里的声音印象模块结构示意图, 从中可以看出, 同一个词在不同语言里的声音印象的神经表征机理相同, 而具体的神经连通路径及其网络结构各不相同。

最近的文献进一步揭示, 音位加工对应着颞回左侧中上部(left mid-superior temporal gyrus STG)的激活, 而加工比音位更大的音系单元(音位组合成词)则通常激活颞回左侧前部(left anterior STG) [5], 这为进一步认识音位和更大音系单元的神经表征和信息加工提供了更为详细的证据。从大脑结构图看, 威尼克区是个比较大的功能区, 它处于颞叶的上部(即颞上区), 应该跟颞回的左侧中上部和左侧前部相关。具体的作用机制尚待更多的探索。

#### 4.2.2 概念意象连元——概念意象子系统的神经表征

概念连元就是通过专职的神经微柱体的神经活动表征的概念意象子系统, 是由不同层次的概念范畴和概念特征的心理印象构成的复杂系统, 其主要构件是义元和由若干义元定义的语义概念连元。

义元是概念意象子系统的基本单元, 是语义网络中最基本的意义单元的神经表征, 大致与概念范畴和概念特征对应。

<sup>①</sup> 本文主要目的在于探讨音段、音位和词相关的信息加工的神经机制。除了介绍由哪些功能区域负责之外, 还必须简要介绍相关的网络结构。这就不得不涉及一些不太好理解的概念。譬如, “音元”这个概念不是指一个神经结构, 而是指由该神经结构的的活动所表征和加工的、跟音段的声音特征相关的声音印象。



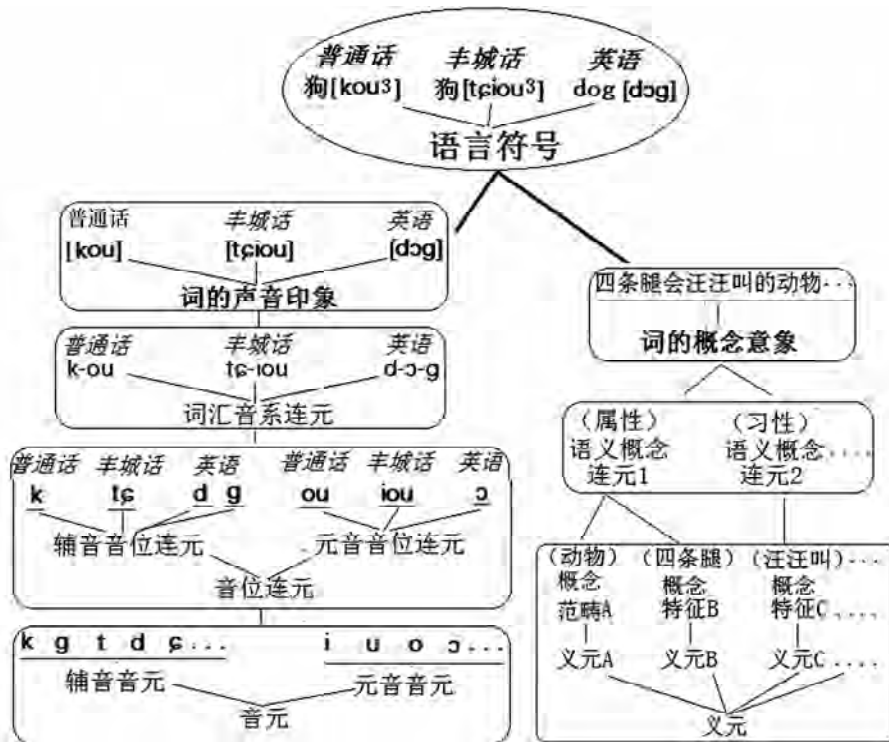


图2 同一个词在不同语言里的音—义神经连通及其网络结构示意图

语义概念连元由一组义元定义，它是语义概念子网络的基本神经节点。在大脑皮层的概念中心有无数的神经微柱体，它们表征着各种概念范畴和概念特征。每一个词的概念意象就是由不同语义概念连元构成的局部语义子网络。这些都是语言共通的，其连通路径大致如图2右侧的模块所示。

#### 4.2.3 声音印象与概念意象的神经连通及其网络结构

图2是指同一个词在不同语言或方言母语者头脑中的音—义神经连通及其网络结构示意图，从中可以大致窥见语言符号作为音—义关联的语言代码的基本工作原理。

首先，由于概念意象子网络的神经连通及其网络结构是语言共通的，而声音印象子网络的结构则随语言而异<sup>①</sup>。因此，不同语言声音印象与概念意象子网络之间的连通路径必然各异，这也许就是语言多样性的神经认知根源。同时，也是二语习

得过程中母语负迁移效应的神经认知根源。因为比起单语者来，双语或多语者的语言神经网络不可避免地需要实施语言间不同音—义关联路径的随机切换。

其次，从图2中可以清楚地看到，不同语言声音印象子网络的结构从音位连元层面开始就分道扬镳了，这充分反映了各自音系结构和音位范畴的不同。但是，若从言语感知理解的自然状态看，人能觉察到的、语言间最小的感知差异实际发生在词汇音系层面。也就是说，不同语言最小的感知差异起码是词，而不是音位或音素。因为感知理解需要的是关于事物整体的语义概念，而不是一个个局部的概念范畴或概念特征。所以，从这个意义上说（而不是从判断语音范畴的角度或者从语音识别的神经认知原理来看），言语感知

<sup>①</sup> 注意，这里不是指神经解剖结构，而是指神经连通关系的网络结构。

与产出的最小自然单元是词，而不是音位之类的区别性要素。譬如当你听到/gou (214) /和/dog/时，你头脑的第一反应就是跟“狗”这个词分别在汉语普通话和英语里的音一义神经关联模块去匹配。显然，你所觉察和理解的两者之间的差异是整个词的声音印象，而不是其中一个个音位范畴的声音印象。

## 5. 从音一义关联的影射机制看言语产出与感知的神经编码与解码

在 3.2 节，我们已经介绍过，语言符号本质上就是音一义关联和彼此影射的言语代码。因此，产出和感知的神经编码与解码都离不开声音印象与概念意象的彼此影射与相互唤起。

在 4.2 节，我们概括介绍了言语信息的神经表征及其网络结构，其中的“概念意象”就是通常所说的表达“意图”的神经表征。言语的感知解码实质上就是根据头脑中既存的音一义关联关系网络，通过声音印象去唤醒相应的概念意象，从而理解说话人的表达意图；反之，言语的产出编码就是通过表征表达意图的概念意象，驱动和唤醒相关的声音印象，并据此形成发音指令去指挥发音器官动作。所以，要了解言语产生与感知的编码与解码机制，就得了解声音印象与概念意象彼此影射的基本工作原理。

### 5.1 声音印象与概念意象相互唤起与彼此影射联结的基本原理

如前所述，头脑中既存的音一义关联系统实质上是由不同的神经连接状态形成的关系网络，因此，声音印象与概念意象的影射机制必定跟系统中的神经连接状态及其连通方式直接相关。

#### 5.1.1 神经网络中的神经连接状态

神经网络中的神经连接状态分为潜在连接、兴奋（/激活）连接与抑制连接。潜在连接是指一个语言里既定的音一义神经关联关系，那是每一个人从所在语言社会长期“约定俗成”的音一义关联模式中习得的。兴奋连接是在一定刺激条件下对

潜在联结的激活，使之产生生物放电和神经兴奋状态的传递。抑制连接是在某种刺激条件下对生物放电的抑制，从而阻断神经兴奋状态的传递。由此可见，在语言神经网络中，神经元之间的联结状态既可能是兴奋性的，它能触发相继的神经元放电，也可能是抑制性的，它能阻止相继的神经元放电。通过兴奋与抑制状态的随机变换，实现音一义关联信息的传递。

#### 5.1.2 神经元作为控制兴奋连接或抑制连接开关的工作原理

神经连接状态的转换取决于感官接受到的外界信息刺激的不同，包括刺激类型与刺激阈值的不同。通常，神经元的细胞膜内外存在一定的电位差，这是由它本身的生物学结构决定的。平时，这种自然的电位差维持着脆弱的离子平衡，没有电流通过神经元；但是，一旦受到某种刺激时，这种离子平衡就会被打破，细胞薄膜内外出现迅速的离子交换，神经元就会产生放电现象，形成生物电脉冲，并向着相继的神经元传递，使之产生放电，形成生物电流，实现对相关潜在连接的激活。相反，如果神经元受到的刺激不符合一定的条件，它就不会被激活，也就不会实现相关的神经连接 [1] [2]。所以，神经元实质上是个开关装置，根据输入的刺激类型与刺激阈值，控制着信息传递通道的激活还是抑制的编码过程。

人的五官感受器都有一定的“感受域”（receptive field），譬如，听觉感受器——包括内耳基底膜上的感觉毛细胞、通向大脑中枢的感觉神经以及大脑感觉功能区的皮质细胞等，也都具有一定的感受域。通常，人耳的一般音频感受域为 20—20000 赫兹，大脑皮质细胞的感受域应该与不同区域的感觉功能相关。譬如，首要听觉区负责表征声学特征各组神经微柱体的音频感受域，应该是跟人类语言里可能存在的元音、辅音音段和音高的频率范围等相关的。中枢神经系统也许正是根据这些门槛、利用神经元的开关机制来处理语言信息的。

当然，这里仅以单个神经元为例，解析其怎样传递信息的基本原理，而语言信

息在神经网络上实际的传递机制肯定远比这要复杂得多，那正是需要语言科学与神经科学共同探索的秘密。

## 5.2 言语感知的神经解码探讨

如前所述，语言信息由音—义辩证统一的语言符号携带，在言语链的不同环节呈现为不同的存在形态。因此，言语的感知解码就体现为对不同阶段言语存在形态的辨识及其整合处理。

站在现有的认知水准上，从成人认知的角度看，言语的感知从听觉器官接收到的语声刺激触发的神经冲动开始，到成为头脑中认知理解的语言信息为止，至少经历以下几个环节。

### 5.2.1 在首要听觉区对语声刺激的初始辨识

外界的语声刺激经由外耳、中耳和内耳的传递、放大和转换，已经成为可以沿着听觉神经向着大脑中枢传递的生物电脉冲流 [1] [2]，当它到达大脑皮质的首要听觉区，通过与相应的音元匹配辨认，就被辨识为某些音子，这是取决于声音自然特征的初始声学识别。婴幼儿早期对声音的辨别主要属于这一类，这是基于人类共同的认知基础和基本认知能力的表现，属于一般的听觉感知，或者说只是对语声刺激差异的觉察，还谈不上真正的言语感知。

### 5.2.2 经由颞上区域音系处理的音位辨识和词汇音系辨识

对于既定语言而言，在首要听觉区通过声学特征匹配辨认出来的一个个音子，最多相当于该语言的音素。只有经过颞上区域的音系处理，即依据该语言音系配列规则与相应的音位连元匹配辨认，才可能辨识为某个音位。同样的原理，依据该语言的词汇音系规则，通过与相关的词汇音系连元匹配辨认，才能辨识为某个词的声音印象。

### 5.2.3 根据词的声音印象唤起相应的概念意象，实现词义的辨识

词义的辨识，实际上就是依据听者头脑中既存的（作为长期认知积累习得的“知识”）音—义关联码子的影射关系，由

词的声音印象唤起业已与之形成潜在联结的概念意象，从而达到对言语信息的感知理解。

前面我们说过，若从一般人言语感知的自然状态来看，感知的最小单元应该是词。因为感知需要理解的是关于事物整体的语义概念，而不是一个个局部的概念范畴或概念特征。这个事实说明，尽管整体语义概念的理解是通过一个个局部概念范畴或概念特征的神经认知实施的，但起码要到达词的层面，语言中枢才能完成对各个子网络信息的整合处理。

对于不同母语言者而言，同一个词的概念系统是相通的，所不同的只是激活相关音—义潜在连接的刺激类型和阈值不同。只有言语声音达到各该语言相关神经元一定的刺激条件时，才会激活跟它相应的概念意象的影射连接，从而辨识为一定的语言信息；否则，它就处于不响应状态 [1]，也就无法实现感知。因此，尽管不同语言感知解码的原理相同，但具体实施路径各异。这正是母语与非母语习得的实质性区别所在。

## 5.3 言语产出的神经编码探讨

与感知解码相反，言语的产出编码必定由某种“表达意图”触发，相对说来，这是一个比感知更为复杂的认知和编码过程。因为感知理解是个受动的过程，是在说话人语声刺激的促动下启动的，而且头脑中有潜在的音—义关联模块作为匹配辨认的标杆。言语的产出则不一样，“表达意图”的启动本质上是个主动的“创造”过程。这里的关键是，这种“表达意图”的初始思维活动是怎么启动的？头脑究竟凭借什么“东西”去驱动相关的概念意象？

值得注意的是，现有可能的解释，就是倾向于语境或语篇相关的意图驱动。这基本上是从成人认知的视角出发的。所以，关于“表达意图”最初的思维活动，可以假设为从长期认知思维积累的“记忆”知识库中通过调用相关事物的表象启动。但是，这又涉及另一个尚待揭示的秘密，那就是“记”和“忆”的神经机制

问题。

或许，我们可以从婴幼儿原始的“表达意图”的启动得到启发。婴幼儿、特别是新生儿，虽然尚无知识积累，但他们的认知活动自打一出生就开始了。随着从具象认知到抽象认知的发展，对于事物或关系的表象知识也逐渐积累和丰富起来。回顾一下2.3节所举的那个婴幼儿、特别是新生儿最初的哭闹、蹬腿之类的行为，并不是对来自外部世界刺激的反射，而多半是对自身饥渴或便溺的不适刺激的非条件反射。但是，随着由此而可以获得哺育者呵护的反复经历，人们发现，他们的哭闹未必都是因为饥渴之类的原因，而是在于寻求呵护和满足，这已经成为一种条件反射行为了。这说明，婴幼儿的小脑瓜已经从这类反复经历中积累了寻求呵护的经验，在学会说话之前，哭闹、蹬腿之类的行为实际已成为他们与周围环境互动的原始手段。由此不难推测，言语产出最初的“表达意图”，很可能也是从对某种生存或发展需求的条件反射中启动的。

#### 5.4 言语产出与感知理解过程中各路信息的整合处理

前面曾经说过，言语感知的神经活动不仅仅限于大脑中枢对听觉输入的信息处理，而且还涉及对多感官多通道输入信息的整合处理。从种种迹象来看，这种整合处理可能更多地涉及威尔尼克区及其附近颞上回的神经柱体活动。

根据对不同脑区之间神经联通关系的初步认识，这里的整合处理大致涉及两个主要方面的、尚待进一步揭示的探索任务。一个是关于词汇音系印象跟词汇概念意象之间基本音一义关联的神经编码与解码机理；另一个是这种初步音一义关联的神经编码与解码怎样继续远程传递，去激活概念中心（concept center）的各种概念范畴和概念特征，从而反向激活威尔尼克区以及相关功能区的活动，实现更深层次的语义理解或者启动新的“表达意图”。

至于大脑中枢如何解析和整合处理多个感官系统输入信息、从而最终实现

整合性的感知体验，迄今为止仍然是个谜。尽管早已不乏理论假设和模型，但是争议颇多，尚待进一步、更加深入的实证研究。

#### 参考文献

- [1] 曹剑芬、任宏谟译（1983）《言语链——说和听的科学》（译自 Peter B. Denes and Elliot N. Pinson. 1973. *The Speech Chain: The physics and biology of spoken language*. Anchor Books, Anchor Press, New York）。北京：中国社会科学出版社。
- [2] 曹剑芬（1990）《现代语音基础知识》。北京：人民教育出版社。
- [3] 曹梦雪、李爱军、方强（2017）“婴幼儿母语音位范畴习得机制的建模研究”。《中国语文》第3期，370—381页。
- [4] 程琪龙（2002）“兰姆教授谈神经认知语言学”。《当代语言学》第2期，61—64页。
- [5] DeWitt, I. and Rauschecker, J. P. 2012. Poneme and word recognition in the auditory ventral stream. *PNAS(Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America)*.
- [6] 顾曰国（2015）多模态感官系统与语言研究。《当代语言学》第4期，448—469页。
- [7] 顾曰国（2016）当下亲历与认知、多模态感官系统与大数据研究模型。《当代语言学》第4期，475—513页。
- [8] Lamb, S. 1999. *Pathways of the Brain: The Neurocognitive Basis of Language*. Amsterdam: John Benjamins Publishing Co.
- [9] 刘宇红（2007）《语言的神经基础》。北京：中国社会科学出版社。
- [10] 邱江、张庆林（2006）创造性与初级思维过程。《心理与行为研究》第4期，66—69页。
- [11] De Saussure, F. 1966. *Course in General Linguistics*（索绪尔著，高名凯译（1996）《普通语言学教程》。北京：商务印书馆。）

曹剑芬 中国社会科学院语言研究所，研究员，研究兴趣包括方言音韵的实验研究、语言韵律与语音随机变化及其在语言教学和言语工程中的应用研究、言语产生与感知的基础理论研究。  
E-mail: jianfencao@163.com

[本文原载《中国语音学报》第10辑，2018年]