

汉语“的”字短语认知神经机制的 ERP 研究

苏裴¹, 江铭虎¹, 白晨²

¹清华大学人文学院计算语言学实验室、心理学与认知科学研究中心, 北京 100084

²天津大学外国语学院, 天津 300000

supei123@163.com, jiang.mh@tsinghua.edu.cn, chen.bai@tju.edu.cn

摘要: 隐喻是我们日常生活中常见的语言现象, 更是我们认知、理解、描述世界的重要方式。本研究围绕汉语独有的隐喻形式, 考察汉语 NP+NP 形式的“的”字短语隐喻的脑认知加工机制。通过有意义程度 (plausibility)、熟悉度 (familiarity) 和比喻的程度 (figurativeness) 三个方面来对语料进行筛选和预处理。实验结果显示, 隐喻组别激发了比本义组别更为明显的 N400 现象, 统计分析结果显著, NP+NP“的”字短语句型中, 隐喻和本义的认识有着不同的脑认知机制。本义的认知最容易, 隐喻要比本义消耗更多认知资源, 而假词消耗的认知资源最多。实验进一步说明, 即使源域和靶域不同时出现, 依旧可以激发大脑对隐喻的认知机制。

关键词: 隐喻; N400; 认知; ERP

An ERP Study on Cognitive Neural Mechanisms of Chinese DE phrases

Pei Su¹, Minghu Jiang¹, Chen Bai²

¹Lab of Computational Linguistics, School of Humanities, Tsinghua University, Beijing 100084, China

²School of Foreign Language and Literature, Tianjin University, Tianjin, 300000, China

supei123@163.com, jiang.mh@tsinghua.edu.cn, chen.bai@tju.edu.cn

Abstract: Metaphors are general and pervasive in everyday language. It is also an important way for us to understand, and describe the world. This study focuses on the unique metaphorical form of Chinese, and examines the metaphors cognitive mechanism of the "DE" phrases of Chinese NP + NP forms. The language data is sorted and pretreated through three aspects: plausibility, familiarity and figurativeness. The results show that the metaphorical expressions have evoked a significant negative N400 component compared with the literal expressions. While both metaphorical and literal expressions were rated similarly as familiar and interpretable, the ERP results showed that the conventional metaphors required a short burst of additional processing effort when compared with literal ones. And besides "A is B" form, the NP + NP form of metaphor in Chinese can also evoke larger N400 effect. The experiment further shows that even if the source and target domain do not appear at the same time, it can still stimulate the brain's cognitive mechanism of metaphor.

Key words: metaphor; N400; cognition; ERP

1 引言

隐喻是我们日常生活中常见的语言现象, 更是我们认知、理解、描述世界的重要方式。从 Lakoff 提出隐喻认知观至今已三十余年的历史, 人们对隐喻认知加工过程的理解也进一步深入^[1]。Pynte 做了句尾隐喻词 (如“斗士是狮子”) 和句尾本义词 (如“动物是狮子”) 的 ERP 研究, 发现隐喻尾词相对于本义尾词, 会激发更大的 N400, 说明进行隐喻理解相比本义理解要更困难。但是, 隐喻尾词相对于本义尾词并没有呈现出更多的 LPC (P600)^[2]。

Coulson 和 Van Petten^{[3][4]}对 Pynte 等人的研究进行了补充研究, 同样的, 他们给被试呈现一系列句尾隐喻或本义的句子 (比如, 本义: That stone we saw in the natural history museum

is a gem; 隐喻: after giving it some thought, I realized the new idea was a gem), 除此之外, 他们还给出了一个“中间条件”(本义映射条件, the literal mapping condition), 这种条件下句尾词是本义的, 但是被用在了不常用的语言环境中(比如 The ring was made of tin, with a pebble instead of a gem)。他们的研究结果也表明, 隐喻尾词的句子相对于本义尾词的句子, 会激发更大的 N400。此外, 和 Pynte 等人不同的是, 他们发现隐喻尾词的句子相对于本义尾词的句子, 同时也激发了更大的 LPC 成分。Coulson 和 Van Petten 认为, 隐喻尾词的句子在被试理解时会被认为是和句子环境“不和谐”的 (incongruous), 因此激发了 N400 反应, 被试需要从语义记忆中寻找其他的材料, 很可能是需要对句子进行重新理解, 在隐喻和句子给出的语言环境中寻找和谐统一, 因此激发了 LPC。在“中间条件”中, 目标词激发的 N400 和 LPC 的波幅在本义和隐喻之间。因此, 作者认为, 隐喻和本义的理解并非使用了不同的理解机制, 他们认为本义映射 (literal mapping) 和隐喻所使用的理解机制和本义是一样的, 只不过在这两种条件下加重了理解的负担^{[5][6]}。

与 Coulson 等人的研究相一致, Lai, Curran 和 Menn^[7]做的研究发现, N400 反应在常见隐喻 (conventional metaphor) 和新隐喻 (novel metaphor) 中均有出现, 并且新隐喻的 N400 反应的持续时间比常见隐喻更长一些。而 Arzouan, Goldstein 和 Faust^[8]的研究表明考察了双词短语 (two-word expression), 包括本义、惯用隐喻、新隐喻以及假义的词组。被试的任务是判断词组是否有意义。N400 有比较明显的差异, 从弱到强分别是本义、惯用隐喻、新隐喻和假词。新隐喻所引发的 N400 和惯用隐喻相比, 在右半球的分布较为明显。同时, 新隐喻激发的偏右侧的负反应也说明大脑在寻求非本义的解释。

在针对汉语的隐喻认知 ERP 研究中, 王小璐^[9]使用了 NP+Vbe+NP 和 NP+V+NP 两种句型, 在本义、死隐喻、新隐喻和假词之间进行了比较, 发现隐喻会激发更大的 N400 现象。周海波^[10]在实验设计中将语料分成了高显性度和低显性度两种不同的隐喻, 实验结果显示, 本义和隐喻的差异不显著。反而是不同的显性度对实验结果产生了影响。低显性度的语料激发了更明显的 N400 效应^[11]。此外, 关于大脑左脑和右脑两个半球在隐喻认知理解中的参与度问题, 周海波认为, 汉语的隐喻理解需要左右两个半球的协同参与。

在针对隐喻的 ERP 研究中, N400 是研究者们普遍会进行重点讨论的成分。一般认为, 隐喻的材料相对于本义, 会激发更大的 N400 成分^[14]。然而针对汉语的隐喻认知机制研究还比较薄弱, 语料多采用 NP+V+NP 的形式, 语料不同组别的一致性也有待提高。在汉语隐喻的 ERP 研究中, 所选用的语料形式主要是仿照国外的研究材料, 采用“A 是 B”的形式, 或者在中间再插入一个修饰语, 变成“A 是 XX 的 B”的形式, 或者使用“NP+Vbe+NP”。在语料的统一性上, 前人的研究也有可以提高的地方。对于“A 是 B”的形式, 在汉语中较难找到句法统一的对照组, 比如在“杭州是天堂”这个句子中, “天堂”隐喻义, 但是汉语中比较难以找到“XX 是天堂”这种形式, 且“天堂”是充当本义的句子。如果对于同一个目标词, 并不能找到统一的本义、隐喻对照组, 由目标词变更而产生的不同目标词之间词频、熟悉度等方面的差异, 就可能给实验结果造成影响。

因此, 本实验选用 NP+NP 的汉语“的”字短语作为实验语料, 因汉语中隐喻的独特表现形式, 在 NP+NP 结构“的”字短语层面, 同样存在隐喻的现象, 并且在这样的隐喻中, 靶域并没有明确出现, 比如对于“道路”, “城市的道路”是本义, “人生的道路”就是“道路”的隐喻义了。在中文中, 有许多这样一一对应的表达形式。也就是对于同一个目标概念, 在 NP+NP 结构的“的”字短语中, 我们可以找到本义、隐喻不同的对照组。这样的语料选择, 既在形式上有所创新, 又保证了同一个目标概念本义、隐喻的严格工整对照, 确保实验的有效性。

在本实验中, 语料被分为 4 组, 第一组是目标概念的本义(如“渔人观看大海的波涛”), 第二组是目标概念的隐喻义(如“学者聆听历史的波涛”), 第三组是包涵目标概念的不相关意义(如“山水学习剪刀的波涛”), 第四组是不包涵目标概念的假句(如“地址发布投入的型号”)。本实验旨在探究在汉语独有的“的”字短语的隐喻形式下, 本义、隐喻和假词的 N400 和 LPC (P600) 会不会有明显差别, 以及造成这种差别的具体原因。如表 1 所示。

表 1: 实验二语料举例

目标概念	波涛	脚步
------	----	----

本义	渔人观看大海的波涛	警察聆听路人的脚步
隐喻	学者聆听历史的波涛	老人追赶时间的脚步
假句（包涵目标）	山水学习剪刀的波涛	比赛吃掉风扇的脚步
假句（完全无关）	地址发布投入的型号	内容包括表情的厂家

2 实验方法

2.1 研究语料和语料处理

在实验正式进行前，需要对语料进行预处理。我们选取了 51 个目标概念，也就是 51 组“的”字短语（每组 4 个），共计 204 个“的”字短语，每组短语都符合上文举出的语料例子。之后，我们找了 42 名在校大学生，他们均为北方人，母语是汉语普通话，对这 204 个“的”字短语的有意义程度、熟悉度和比喻程度进行打分，1 分是最低分（也就是无意义、不熟悉或者没有比喻的成分），5 分是最高分。最终选取 42 组，共计 168 个，其处理结果如表 2 所示。

表 2：各组语料各项平均值

Stimulus Type	Literal	Metaphor	Anomalous	Anomalous1
Plausibility	4.66	4.58	2.07	1.87
Familiarity	4.49	4.38	1.72	2.01
Figurativeness	1.74	4.08	2.52	2.04

注：Anomalous 和 Anomalous1 分别是包涵目标词的假句和与目标完全无关的假句

2.2 ERP 实验

参与者：32 名大学生，裸视或矫正视力正常，16 男 16 女，男女比例为 1:1，平均年龄 23 岁。被试没有参与语料预处理的问卷调查，所有人都神经或心理心理健康，在实验前，所有被试都签署了知情同意书，自愿参与 ERP 实验研究。并且所有被试都是右利手。

仪器和程序：使用 E-prime 软件编程。实验包含练习和正式实验 2 个环节。练习环节中，共有 15 组“的”字短语的句子。正式实验环节分为 6 个小节，每小节 28 组词语，每小节之间有休息的环节。实验过程中，首先屏幕中间呈现“+”500ms，以集中被试的注意力，接着是 300ms 的空白屏幕，接下来是刺激 1，500ms，紧随其后的是 300ms 的空白屏幕，接下来是刺激 2，500ms，空白屏幕 300ms，刺激 3 呈现 500ms，空白屏幕 300ms，“的”字 500ms，空白屏幕 300ms，接下来是目标刺激词语刺激 4，500ms，空白屏幕 300ms。接着呈现双问号（??），要求被试用手中的手柄对刺激词语是否有意义进行判断。最后呈现 1500ms 的刺激间隔白屏，供被试眨眼放松。如图 1 所示。

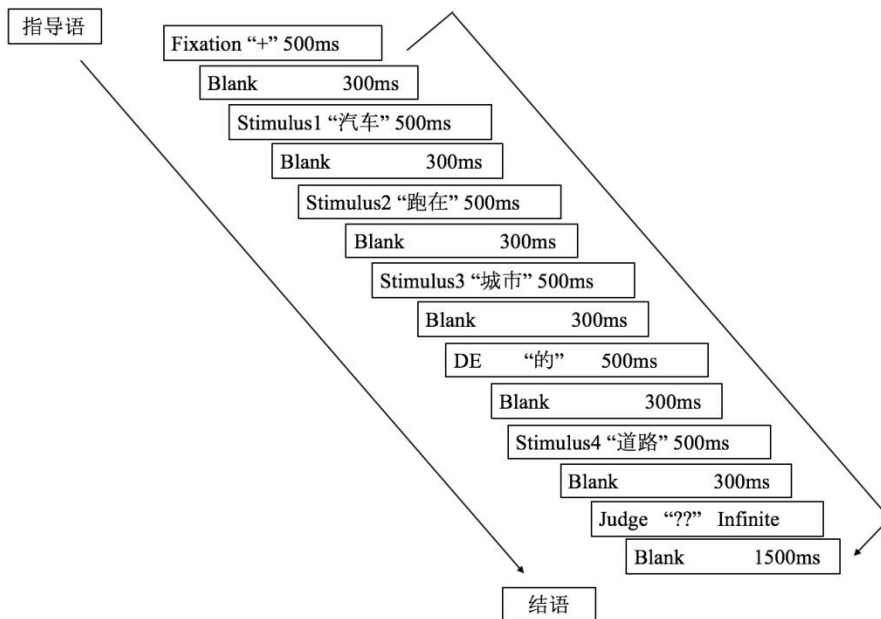


图 1. 实验流程示意图

2.3 数据采集

使用 64 导的电极帽来进行脑电实验数据记录（采样率 = 500 Hz，带通滤波 = 0.1~100 Hz，陷波滤波 = 50 Hz），如图 2 所示。左眼下方和右眼外侧分别放置两个额外的点击，左眼下方的用来测量垂直眼电（VEOG），右眼外侧的用于测量水平眼电（HEOG）。实验进行过程中，所有的电极阻值都被调到了 10 K Ω 以下，以确保数据收集和记录的准确性。准备工作完成之后，使用 Windows XP 平台上的 Brain Vision Recorder 软件进行数据记录与分析。



图 2 64 导电极帽示意图

3 实验结果分析

3.1 行为数据结果分析

从行为数据的结果来看，隐喻的组别的反应时是最长的，达到了平均 616.59ms。判断的正确率却是最低的，为 85%。包含目标词的假句的反应时最短，平均为 490.60ms，正确率也是最高的，达到了 97%。如表 3 所示。

表 3：不同类型刺激的反应时（RT, ms）和正确率的平均值（及标准差）

	Literal	Metaphor	Anomalous	Anomalous1
RT	573.68 (232.13)	616.59 (256.84)	490.60 (214.66)	558.22 (232.70)
Accuracy	0.92 (0.10)	0.85 (0.13)	0.97 (0.04)	0.94 (0.06)

对反应时的统计结果显示，四种条件之间的差异主效应不显著 [$F(3, 116) = 1.567, p = 0.20$]，在两两比较中，本义和隐喻的反应时之间的差异主效应不显著 [$F(1, 58) = 0.34, p = 0.5$]，本义和假句（包含目标概念）之间的差异主效应不显著 [$F(1, 58) = 2.40, p = 0.13$]，本义和假句（不包含目标概念）之间的差异主效应不显著 [$F(1, 58) = 0.25, p = 0.62$]，隐喻和假句（包含目标概念）之间的差异主效应显著 [$F(1, 58) = 4.25, p < 0.05$]，隐喻和假句（不包含目标概念）之间的差异主效应不显著 [$F(1, 58) = 1.12, p = 0.30$]。

3.2 脑电数据分析

从前人的研究中我们可以知道，N400 通常会被认为与认知理解的难易程度有关。在本次试验中，相对于本义的“的”的短语句子而言，隐喻的“的”字短语句型激发了更大的 N400 效应，最大的 N400 效应发生在假句。统计结果也是一样的。因此可以认为，在汉语的“的”字短语认知中，对于本义、隐喻和无关的假句来说，存在着不同的认知机制。并且，除了“A 是 B”这样的环境之外，“A 的 B”这样的结构也可以创造隐喻的语义环境。图 3 是“的”字短语句型中本义、隐喻和假句的脑电波形图。

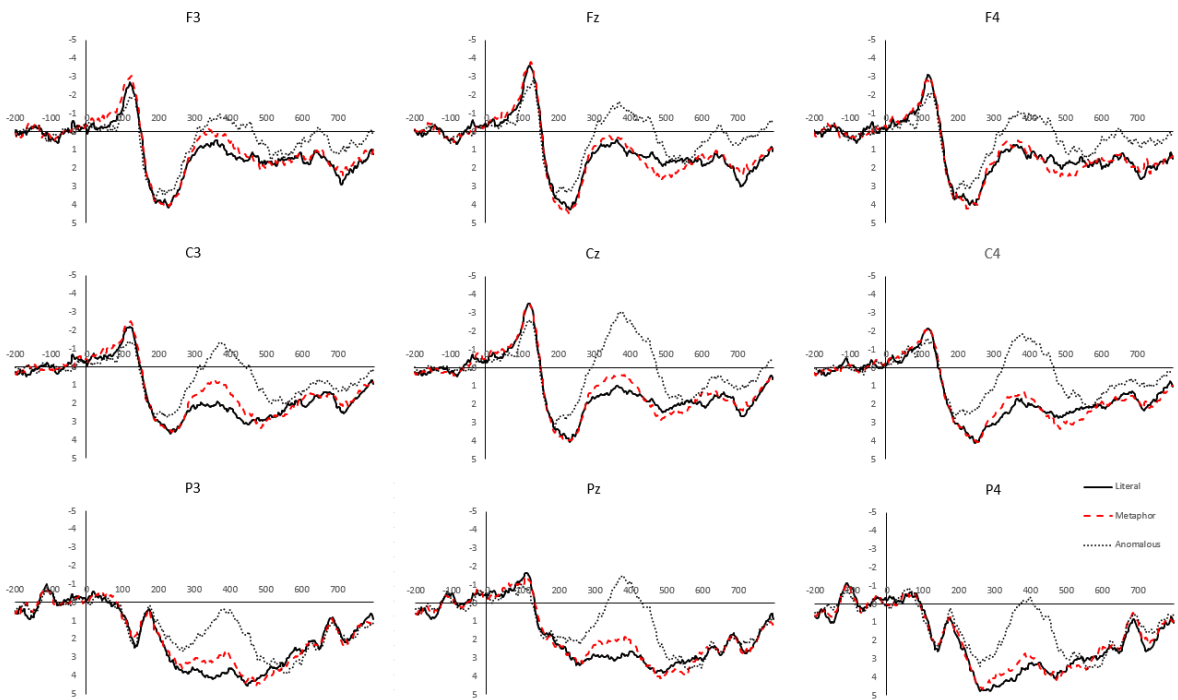


图 3. “的”字短语句型中本义、隐喻和假句的脑电图

图 4 的脑区分布图也显示，在 300–500ms 的区间中，有更明显的负波成分，并且负波成分更多的分布在左脑和中部。这种脑区分布的实验结果与 19 世纪 Brownell 对脑损伤患者的研究结果相悖，但是与 Gloria 等人 2012 年的研究结果相符。Gloria 等人用词语-句子匹配的研究模式，来探讨本义映射和隐喻理解映射的关系，并且发现左脑的反映比右脑要更强烈一些。

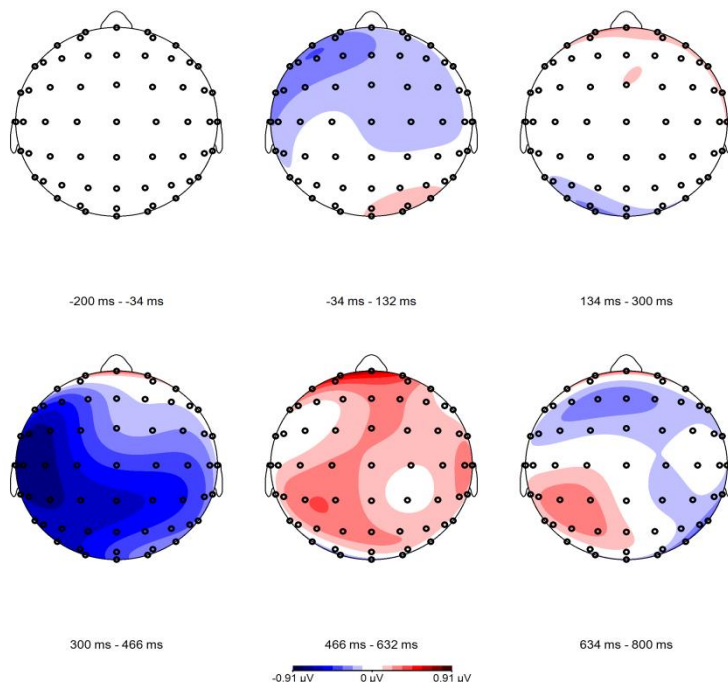


图4 “的”字短语句型中隐喻的脑区分布图（隐喻减本义）

3.2.1 N400 的统计分析（320-450 ms）

我们选取了 Fz、F1、F2、F3、F4、F5、F6、FCz、FC1、FC2、FC3、FC4、FC5、FC6、Cz、C1、C2、C3、C4、C5、C6、CPz、CP1、CP2、CP3、CP4、CP5、CP6、Pz、P1、P2、P3、P4、P5、P6 共计 35 个电极点，对于本义、隐喻、假句这三种情况，分别分成了前（F）、中、后（B）三个脑区，和左（L）、中、右（R）三个脑区（如图 5 所示），在此基础上进行统计分析。

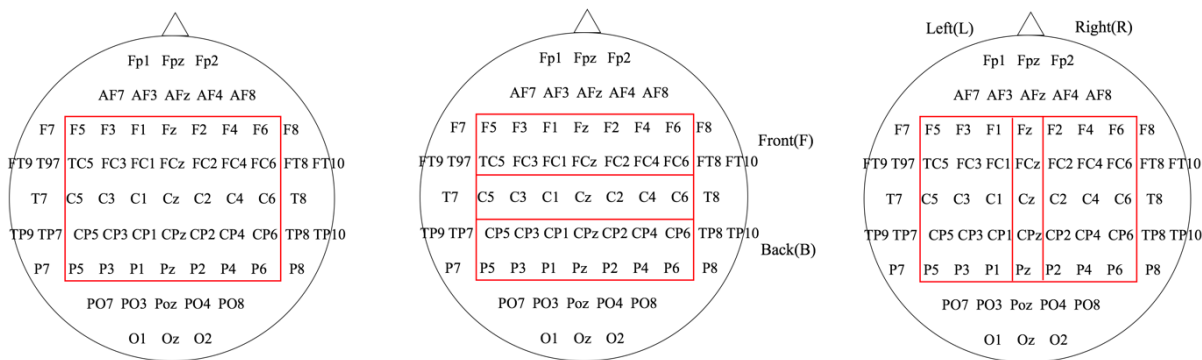


图5 实验的数据统计脑区分布

统计分析结果如表 4 所示。

本义 vs. 隐喻：本义和隐喻的“的”字短语的句型中，在 320~450ms 的区间中，隐喻的“的”字短语句型比本义的“的”字短语句型激发了一个更明显的负波，出现了比较明显的 N400 现象。统计结果显示在 320~450ms 的区间中，本义的“的”字短语句型和隐喻的“的”字短语句型差异显著 [$F(1, 68)=4.64, p<0.05$]。在脑区分布上，脑区的前后差异、左右差异在两种句型中没有显著的交互作用。 [$S \times AP: F(1, 44)=0.16, p=0.69, S \times H: F(1, 44)=0.26, p=0.21$]。

本义 vs. 假句：本义和假句的“的”字短语的句型中，在 320~450ms 的区间中，假句的“的”字短语句型比本义的“的”字短语句型同样激发了更明显的负波，出现了非常明显的 N400 现象。

统计结果显示在 320~450 ms 的区间中, 本义的“的”字短语句型和假句的“的”字短语句型差异显著 [$F(1, 68) = 164.69, p < 0.001$]。在脑区分布上, 脑区的左右差异在两种句型中没有显著的交互作用 [$S \times H: F(1, 44) = 0.75, p = 0.39$]。但是在前后差异上, 本义和假句的“的”字短语句型有比较明显的交互作用。 [$S \times AP: F(1, 44) = 12.06, p < 0.001$]。

假句 vs. 隐喻: 假句的“的”字短语句型在 320~450ms 的区间中也比本义的“的”字短语句型激发了更明显的负波, 有明显的 N400 现象。统计结果显示, 假句的“的”字短语句型和隐喻的“的”字短语句型的差异显著 [$F(1, 68) = 116.27, p < 0.001$]。在脑区分布上, 脑区的左右差异在两种句型中没有显著的交互作用 [$S \times H: F(1, 44) = 2.21, p = 0.14$]。但是在前后差异上, 隐喻和假句的“的”字短语句型有比较明显的交互作用。 [$S \times AP: F(1, 44) = 9.10, p < 0.01$]。

3.2.2 P600 的统计分析 (550~750ms)

在 P600 的统计分析中, 我们同样选取了 Fz、F1、F2、F3、F4、F5、F6、FCz、FC1、FC2、FC3、FC4、FC5、FC6、Cz、C1、C2、C3、C4、C5、C6、CPz、CP1、CP2、CP3、CP4、CP5、CP6、Pz、P1、P2、P3、P4、P5、P6 共计 35 个电极点, 对于本义、隐喻、假句这三种情况, 分别分成了前 (F)、中、后 (B) 三个脑区, 和左 (L)、中、右 (R) 三个脑区, 在此基础上进行统计分析。

统计分析结果如表 4 所示。

本义 vs. 隐喻: 本义和隐喻的“的”字短语的句型中, 在 550~750ms 的区间中, 隐喻和本义的“的”字短语句型所激发的 P600 现象没有显著的差异。统计结果显示 550~750ms 的区间中, 本义的“的”字短语句型和隐喻的“的”字短语句型差异不显著 [$F(1, 68) = 0.48, p = 0.49$]。在脑区分布上, 脑区的前后差异、左右差异在两种句型中没有显著的交互作用。 [$S \times AP: F(1, 44) = 1.05, p = 0.31, S \times H: F(1, 44) = 0.30, p = 0.59$]。

本义 vs. 假句: 本义和假句的“的”字短语的句型中, 在 550~750ms 的区间中, 假句的“的”字短语句型比本义的“的”字短语句型同样激发了更明显的正波, 本义的 P600 现象比假句的 P600 现象要更明显。统计结果显示 550~750ms 的区间中, 本义的“的”字短语句型和假句的“的”字短语句型差异显著 [$F(1, 68) = 12.07, p < 0.01$]。在脑区分布上, 脑区的左右差异在两种句型中没有显著的交互作用 [$S \times H: F(1, 44) = 1.03, p = 0.32$]。但是在前后差异上, 本义和假句的“的”字短语句型有比较明显的交互作用。 [$S \times AP: F(1, 44) = 20.39, p < 0.001$]。

假句 vs. 隐喻: 假句的“的”字短语句型在 550~750ms 的区间中也比本义的“的”字短语句型激发了更明显的负波, 隐喻的 P600 现象比假句的 P600 要更明显。统计结果显示, 假句的“的”字短语句型和隐喻的“的”字短语句型的差异显著 [$F(1, 68) = 8.30, p < 0.01$]。在脑区分布上, 脑区的左右差异在两种句型中没有显著的交互作用 [$S \times H: F(1, 44) = 0.34, p = 0.56$]。但是在前后差异上, 隐喻和假句的“的”字短语句型有比较明显的交互作用。 [$S \times AP: F(1, 44) = 13.38, p < 0.01$]。

表 4: ERP 数据统计分析结果

Effect	N400 (320-450)		P600 (550-700)		
	F value	p	F value	p	
A. Literal	S	4.64	<0.05	0.48	0.49
versus	S×AP	0.16	0.69	1.05	0.31
Metaphor	S×H	0.26	0.61	0.30	0.59
B. Literal	S	164.69	<0.001	12.07	<0.01
versus	S×AP	12.06	<0.001	20.39	<0.001
Anomalous	S×H	0.75	0.39	1.03	0.32
C. Metaphor	S	116.27	<0.001	8.30	<0.01

versus Anomalous	S×AP	9.10	<0.01	13.38	<0.01
	S×H	2.21	0.14	0.34	0.56
Metaphor	H	0.49	0.49	0.21	0.65
	AP	89.24	<0.01	33.84	<0.001

4 讨论

4.1 N400 与 P600 成分的讨论

在本次试验中，我们找到了 32 名实验参与者来参与实验，通过给他们看本义、隐喻和假句这三种不同的由“的”字短语组成的句子，来观测不同类型的“的”字短语的脑电反映。实验结果显示，在 NP+NP 结构的“的”短语句型中，在 320~450ms 的时间窗口中，本义、隐喻和假句会激发有显著差异的 N400 效应，并且三者所激发的 N400 效应的波幅是逐级递增的。也就是说，除了“A 是 B”这样的结构可以激发隐喻的理解环境，“A 的 B”这样的结构也可以激发隐喻理解的环境。在这样的语义环境中，隐喻的句子会比本义的句子激发更大的 N400 反映。即使在熟悉度相同的情况下，隐喻的认知还是比本义消耗更多认知资源。

在关于隐喻的认知理论中，通常会认为构成隐喻有三个非常重要的因素，第一是源域，第二是靶域，第三是两者之间的联系^[17]。比如在“老师是园丁”这个句子中，源域是“园丁”，靶域是“老师”，二者之间的联系就是园丁和老师共同具有的“勤奋”的特性。通过两者之间“勤奋”的共同点的联系，完成了从“园丁”到“老师”的映射，使得“老师”也有了“园丁”勤奋的特点，如图 6 所示。

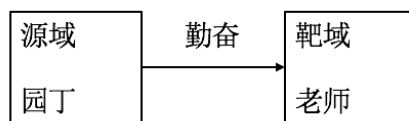


图 6. “老师是园丁”的隐喻语义关系映射

而在 NP+NP 的“的”字短语的隐喻中，源域和靶域共现，甚至靶域没有出现。隐喻所表现出来的含义往往只能沉淀在源域上。比如 NP+NP 结构的“的”字短语“民族的脊梁”，在这个短语中，出现了源域“脊梁”，并且将“脊梁”这种笔直的，能够起到支撑作用的特性，传递给了“民族”。然而在这个“的”字短语中，靶域是没有直接出现的。如果我们把它放到句子的语言环境中来，比如“智者担起民族的脊梁”这个句子，靶域才真正出现，脊梁这个源域，才能将其“支撑”的语义，传递到“智者”的身上，这样才完成了从源域到靶域的隐喻概念的映射。再比如，“时间的脚步”，在这个 NP+NP 结构的“的”字短语中，“脚步”显然是源域，靶域在哪里呢？是要把什么东西比喻成脚步呢？在这样一个“的”字短语中，就没有靶域的出现。在这里，是把“脚步”可以“行走”的特性，直接投射到了“时间”身上，给了“时间”拟人化的表达^[20]。

在双音节词语的隐喻认知实验中，我们先给被试呈现了目标概念，激活了这个概念的字面的本来含义，然后给被试呈现隐喻含义的双音节词，一定程度上相当于创造出了隐喻中的映射关系，由此激发了词语中这个目标概念的隐喻含义。那么在“的”字短语的句型实验中，我们没有先呈现给被试目标概念，而是将所有的“的”字短语语言材料进行加工，将其补足成为一个完整的句子，保证在句子的理解过程中，源域、靶域以及两者之间的连接关系都会出现，并且所有的句子都是结构统一，且目标的词语都在句子最末的位置上。通过严密的实验设计，来保证所有隐喻的“的”字短语的句型中，所激发的目标概念的词语都是隐喻的含义，而不是其本来的本义含义。两种实验设计的不同也可以观测出，通过人为的方式建立起的隐喻含义，和在具体的语境中所激发的隐喻含义，两者在概念理解上有无不同。

从 N400 的统计结果来看,“的”字短语的句型实验中,隐喻组别都比本义组别激发了更大的 N400 效应,也就是说,在汉语“的”字短语的层面,即使是源域和靶域没有同时出现在其中,也还是可以激发这个词的隐喻含义。本研究也进一步证明,N400 成分确实是与语义理解相关的,它代表着语义理解的难易程度。由于在语料预处理时,我们选用的本义和隐喻的语料,在“是否有意义”、“熟悉度”的层面的打分没有显著区别,也就是说本义语料和隐喻语料在语言使用者自身的认知中是具有同样的可接受程度和熟悉的程度,但是在 ERP 实验中,还出现了 N400 语义理解上的差异。一种可能的解释是,在人脑中,对于每一个语言单元,我们储存的是关于这个语言单元的最字面的、最简单最直接的语义。当语言环境要求我们使用这个语言单元引申的语义时,需要根据语言环境让语言环境赋予这个语言单元字面意义之外的含义,在这样的作用机制之下,才使得隐喻含义比本义含义激发了更明显的 N400 现象。

4.2 隐喻认知脑偏侧问题

关于“的”字短语句型的认知脑偏侧的问题,从图 4 中我们可以看出,在 300-466 ms 的区间中,也就是 N400 成分的时间窗口附近,左侧偏后的位置有更明显的负波。但是对于隐喻这一条件的脑电数据的统计分析显示,将脑电数据分为左右脑、前后脑之后,大脑的左右半球的统计数据差异不显著 [$F(1, 22) = 0.49, p = 0.49$],而前后半球的统计差异显著 [$F(1, 22) = 89.24, p < 0.01$]。通过大脑的地形图我们可以看出,看似在大脑的左侧有着更明显的负波,但是这个负波在统计上不显著,而前后的差异显著。也就是说,对于“的”字短语句型的隐喻理解认知中,大脑的后半部分起到了更为关键的作用,大脑的左右脑区对隐喻没有明显的加工偏好。

在前人的关于隐喻认知的脑区分布的研究中,尤其是近几年的研究中,越来越倾向于认为隐喻的认知是左右脑协同作用的结果^[20]。就像本研究中所呈现的,在双音节词语隐喻认知的实验中,在 N400 成分附近,大脑的左半球和右半球的数据有统计上的显著差异,看似左脑半球在隐喻的认知中发挥了更为重要的作用,但是在“的”字短语句型的隐喻认知实验中,左脑半球和右脑半球的数据统计并没有显著的差异。因此并不能下定结论,认为在汉语隐喻理解的认知中,有比较明显的大脑左半球偏好的现象。但基本可以肯定的是,对于语义的理解,也就是 N400 附近,大脑的前后是有比较明显的差异的。语义的理解更多是分布在大脑的后部。对于语言的理解认知,我们更倾向于认为是左右脑、前后脑协同作用的结果。

大脑的左右半球在隐喻理解中都起到了很大的作用,左脑在 400ms 左右时,有了比较大的反映。在人脑认知语义时,除了本义之外,这个词的其他含义也可能被同时激发,比如视觉上的形象化,或者不同的情绪,在我们看到一个词或句子时也会同时被激发,这些因素也会影响左右脑的认知偏侧结果^[22]。

此外,与英语的大脑隐喻认知偏侧性的研究相比,汉语以及其他语言可参考的研究仍然相对较少,需要进一步的研究分析。

五、结论

实验结果和统计分析表明,汉语的 NP+NP “的”字短语句型中,隐喻和本义的认识也有着不同的脑认知机制。本义的认知最容易,隐喻要比本义消耗更多认知资源,而假词消耗的认知资源最多。实验进一步说明,即使源域和靶域不同时出现,依旧可以激发大脑对隐喻的认知机制。在认知脑偏侧问题中,脑区地形图显示左脑有更多参与,但统计结果不显著,因此汉语 NP+NP 结构的隐喻认知更多是大脑左右半球协同运作的结果。

基金资助: 本课题得到国家自然科学基金重点项目“汉语认知加工机制与计算模型研究”(61433015)、国家社会科学基金重大项目“汉语非字面语言大脑加工的神经机制研究”(14ZDB154& 15ZDB017)、教育部人文社会科学研究青年基金“中国手语空间隐喻加工神经机制的 ERP 研究”(14YJC740104)、清华大学自主科研项目两岸清华大学专项“汉语和汉语手语的不同脑认知机制的研究”(20161080056)等项目资助

参考文献:

- [1] Lakoff G, Johnson M. *Metaphors we live by*[M]. University of Chicago press, 2008.
- [2] Pynte, J., Besson, M., Robichon, F.-H., & Poli, J. (1996). The time-course of metaphor comprehension: An event-related potential study. *Brain and Language*, 55, 293–316.
- [3] Coulson, S., & Van Petten, C. (2002). Conceptual integration and metaphor: An event-related potential study. *Memory & cognition*, 30(6), 958-968.
- [4] Coulson, S., & Van Petten, C. (2007). A special role for the right hemisphere in metaphor comprehension? ERP evidence from hemifield presentation. *Brain Research*, 1146, 128–145.
- [5] Coulson, S., & Matlock, T. (2001). Metaphor and the space structuring model. *Metaphor and Symbol*, 16(3-4), 295-316.
- [6] Coulson, S., & Oakley, T. (2005). Blending and coded meaning: Literal and figurative meaning in cognitive semantics. *Journal of Pragmatics*, 37(10), 1510-1536.
- [7] Lai, V. T., Curran, T., & Menn, L. (2009). Comprehending conventional and novel metaphors: An ERP study. *Brain Research*, 1284, 145–155.
- [8] Arzouan, Y., Goldstein, A., & Faust, M. (2007). Brain waves are stethoscopes: ERP correlates of novel metaphor comprehension. *Brain Research*, 1160, 69–81.
- [9] 王小璐. 汉语隐喻认知的神经机制研究[D]. 浙江大学, 2007.
- [10] 周海波. 中文隐喻加工神经机制的 ERP 研究[D]. 湖南师范大学, 2011.
- [11] Giora, R. (1997). Understanding figurative and literal language: The graded salience hypothesis. *Cognitive Linguistics (includes Cognitive Linguistic Bibliography)*, 8(3), 183-206.
- [12] Giora, R. (2002). Literal vs. figurative language: Different or equal?. *Journal of Pragmatics*, 34(4), 487-506.
- [13] Laurent, J.-P., Denhieres, G., Passerieux, C., Iakimova, G., & Hardy-Bayle, M.-C. (2006). On understanding idiomatic language: The salience hypothesis assessed by ERPs. *Brain Research*, 1068, 151–160.
- [14] Bambini, V., Ghio, M., Moro, A., & Schumacher, P. B. (2013). Differentiating among pragmatic uses of words through timed sensicality judgments. *Frontiers in psychology*, 4, 938.
- [15] Ferretti, T. R., Schwint, C. A., & Katz, A. N. (2007). Electrophysiological and behavioral measures of the influence of literal and figurative contextual constraints on proverb comprehension. *Brain and Language*, 101(1), 38-49.
- [16] Iakimova, G., Passerieux, C., Laurent, J. P., & Hardy-Bayle, M. C. (2005). ERPs of metaphoric, literal, and incongruous semantic processing in schizophrenia. *Psychophysiology*, 42(4), 380-390.
- [17] McGlone, M.S. Conceptual Metaphors and Figurative Language Comprehension: food for Thought [J]. *Journal of Memory and Language*, 1996 .
- [18] Osterhout, L., & Holcomb, P. J. (1992). Event-related brain potentials elicited by syntactic anomaly. *Journal of memory and language*, 31(6), 785-806.
- [19] Osterhout, L., & Nicol, J. (1999). On the distinctiveness, independence, and time course of the brain responses to syntactic and semantic anomalies. *Language and cognitive processes*, 14(3), 283-317.
- [20] 王治敏. 汉语名词隐喻的语义映射分析[J]. *语言教学与研究*, 2009, 3: 89-96.
- [21] Sotillo, M., Carretié L., Hinojosa, J. A., Tapia, M., Mercado, F., López-Martín, S., & Albert, J. (2004). Neural activity associated with metaphor comprehension: spatial analysis. *Neuroscience Letters*, 373(1), 5-9.
- [22] Schmidt, G. L., Kranjec, A., Cardillo, E. R., & Chatterjee, A. (2010). Beyond laterality: a critical assessment of research on the neural basis of metaphor. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 16(01), 1-5.

作者简介:



苏裴 (1992—), 女, 硕士研究生, 主要研究领域为语言认知计算、汉语隐喻认知。
Email:supeil23@163.com;



江铭虎（1962—），通讯作者，男，教授，主要研究领域为语言认知计算。 Email: jiang.mh@tsinghua.edu.cn;

作者对专家评审意见的答复：

1. 在引言的部分，作者點出過去文獻的語料多採用 NP+V+NP 的形式，語料控制上也有待提高。但是對於使用 NP+NP 的句式可以如何改善這些問題並沒有太多著墨。作者點出，在這樣的句式源域和靶域不會同時出現，但是對於源域和靶域不同時出現的句式可以幫助釐清什麼理論上的議題則需要多一點的論述。對於個組別之間結果的預期以及這些預期的理論基礎，也需要在引言部分多加解釋。

答：感谢老师指出，文中关于语料选择的问题确实没有表述清楚，引言的部分已经修改重新表述，加入了语料控制的原则和本实验的预料选择依据，更准确地描述了语料创新点。

2. N400 的效果對於關鍵詞的預期程度（一般以 close probability 來量化）非常敏感，預期度越低的關鍵詞通常會引發越大的 N400。文中並沒有提到各組間關鍵詞的 close probability 是否控制。單從文中所提供的例句來看，似乎是 anomalous 的關鍵詞預期度最低，metaphor 次之，literal 最高。如果整體的材料也是呈現這樣的趨勢的話，文中所討論的隱喻 N400 效果是否可以被預期度所解釋？

答：本文采用熟悉度作为关键词的预期程度的控制条件。在语料处理时，请另一批志愿者对所有语料的熟悉度进行打分，实验预期结果为，熟悉度越低（分数越低），那么 N400 越高。最终选取的语料，隐喻和本义的熟悉度相当。但是实验结果显示，隐喻与本义的 N400 依旧有显著差异，因此隐喻是独立于熟悉度之外的可以影响 N400 的指标，人脑加工隐喻的语料会比本义消耗更多的认知资源。

3. 最後，作者在文中多處提及左右半腦或者是大腦前後區的參與，然而，經由頭皮接收的腦電波分佈並不能拿來作為判定其產生腦區的依據。在左側頭皮較強的訊號並不一定是左腦產生的（腳指動作所產生的 action readiness potential 是一個經典的例子）。這個部分會影響到本文中許多重要的推論。

答：越来越多的学者认为 ERP 实验对于判定脑区分布不够准确，但是根据图 4 呈现的不同时间段的脑区地形图，确实有比较明显的差异，因此基于实验分析完整性的考虑，本文仍旧对左右、前后脑区的数据进行了分析对比。诚然，不同脑区的反映也可能会受到情绪、眨眼等不同因素的影响，因此不敢太过武断地做出判断，便没有进行进一步的统计分析。本文主要是希望指出，汉语中，不仅 NP+V+NP（如，护士是天使）这种源域和靶域共现的隐喻中，隐喻的 N400 比本义更为明显，并且在 NP+NP 的“的”字短语中，即使源域和靶域没有共现，隐喻同样会比本义消耗更多的认知资源。

对 Other points 的答复：

1. Van Petten 應為兩個字，在文中有些地方錯植為一個字 (VanPetten)。

答：此处为笔误，感谢老师指出，文中已修改完毕。

2. 文中對於為何要區分包含目標的假詞以及完全無關的假詞的這兩個 conditions 應多做解釋。另外在圖表中何者為 anomalous，何者為 anomalous1 也須標示清楚。（這兩種 anomalous sentences 兩種的句數一樣，共佔總題數的三分之一？）

答：很抱歉我们在实验设计和语料部分没有说明白。语料一共分为本义、隐喻、假句三类。为了使真句和假句的数量保持 1:1，假句又细分成了包涵目标概念 (Anomalous) 和不包涵目标概念 (Anomalous1) 两组。具体的语料全部附在文后了。数据分析使用的是本义、隐喻和包涵目标概念的假句这三组语料。

3. 為什麼在行為資料的分析中兩種 anomalous 組別分開來分析，但在腦波實驗中卻又合併分析？

答：两种 anomalous 主要是为了平衡真句和假句的数量，数据分析时使用的是包涵目标概念的假句。很抱歉正文中没有解释清楚，已经作出修改。

4. 圖三的時間起始點是關鍵詞的起始點？

答：对，实验设计使用的是句尾范式，图三的 0 点位置是关键词的起始点。如“小红走在人生的道路”中的“道路”。脑电图展示的是同样的目标概念在不同类型的“的”字短语句型中的情况。

5. 隱喻的判斷正確率是否顯著低於其他組別？反應時間是否僅限於正確回答的題目？

答：隐喻的正确率是 85%，确实比其他组别要低。反映时间统计的是所有题目的，包括正确与错误。关于隐喻的正确率低于其他组别，我们确实没找到非常合适的解释方案。在前期语料预处理中，隐喻和本义组别在熟悉度的层面是相当的。有可能是逐词呈现的实验模式，使得在隐喻的组别中，句尾出现的目标词和被试根据前文推测出来的词语不符，这种“unexpectedness”扰乱了被试的判断，使得正确率降低。关于正确率的解释有待进一步查阅文献或进一步设计实验进行研究。

6. N400 以及 P600 時間窗的決定方式？

答：在我们参考的文献中，300ms-600ms、350ms-450ms 都曾被选用为 N400 的时间窗口。本文选用 320ms-450ms 的时间窗口，主要从脑电图和脑区地形图观察来看，在 320ms-450ms 时间窗口中，隐喻和本义的组别波幅有比较大的差异，而这个窗口也恰巧在 N400 的范围之内。P600 的时间窗口选择同理。

7. 3.2.1 的標題中顯示 N400 的時間窗為 320-440ms，但之後的文章中都是 320-450ms。

答：此处为笔误，文中已经修正，实在不好意思，感谢指正。

8. 在分佈上，本意與假字以及假字與隱喻的 N400 效應上都有頭皮前後區的差異。請問有後續的 follow up comparisons 嗎？是否兩個效果在前後區都有差異？

答：关于 N400 和 P600 效应的脑区分布，本义和假句、隐喻和假句确实有前部和后部的统计上显著差异。但是通过查阅文献，比较前后脑区差异的论点比较少，此外，不同脑区的反映也可能会受到情绪、眨眼等不同因素的影响，因此不敢太过武断地做出判断，便没有进行进一步的统计分析。本文主要是希望指出，汉语中，不仅 NP+V+NP（如，护士是天使）这种源域和靶域共现的隐喻中，隐喻的 N400 比本义更为明显，并且在 NP+NP 的“的”字短语中，即使源域和靶域没有共现，隐喻同样会比本义消耗更多的认知资源。

9. 作者在討論部分中比較了雙音節詞語的操弄以及結果，我猜測這邊所指的是引言中所提到的 NP+V+NP 的隱喻句式？這個部分需要澄清。

答：双音节词不是 NP+V+NP 的隐喻句式，而是我们的另一个实验。除了 NP+NP 结构的“的”字短语之外，我们还选用双音节词的语料做了双音节词语的隐喻 ERP 实验。比如“口-口腔”（本义）、“口-口袋”（隐喻），以此证明在汉语中，双音节词的层面，隐喻也会比本义消耗更多认知资源，有着不同的认知机制。在讨论的部分出现双音节词确实会对读者产生误导，已经在文中做了删除处理。感谢评审老师的批评指正。

附录： 实验语料

实验语料

目标词	本义	隐喻
道路	汽车跑在城市的道路	小红规划人生的道路
桥梁	教授设计城市的桥梁	沟通连接心灵的桥梁
窗口	面包放在厨房的窗口	广东成为改革的窗口
波澜	游客欣赏大海的波澜	李华隐藏情感的波澜
波涛	渔人观看大海的波涛	学者聆听历史的波涛
台阶	总统走下大楼的台阶	百姓攀爬生命的台阶
年轮	学者清点大树的年轮	古城保留时代的年轮
侵蚀	石屋遭受风雨的侵蚀	国家抵制文化的侵蚀
臂膀	父亲抚摸孩子的臂膀	小鸟轻吻大树的臂膀
浪花	石头激起大海的浪花	诗歌激起生活的浪花
种子	奶奶播种花草的种子	交流播种友谊的种子
萎缩	药物导致肌肉的萎缩	商人经历市场的萎缩
大门	门卫打开建筑的大门	学生敲开历史的大门
基石	工人建造建筑的基石	政客制定政策的基石
起跑	观众围观健将的起跑	改革赢得世纪的起跑
低潮	潮汐导致江水的低潮	媒体评论改革的低潮
腰板	护士检查老张的腰板	民众信任政府的腰板
脚步	警察聆听路人的脚步	老人追赶时间的脚步
召唤	孩子听到妈妈的召唤	青年聆听历史的召唤
怀抱	孩子渴望母亲的怀抱	诗人投入大海的怀抱
断裂	地震造成木板的断裂	文革造成文化的断裂
土壤	农夫浇灌农田的土壤	国家成为梦想的土壤
起点	选手站在跑道的起点	学者追溯历史的起点
碰撞	小明看到汽车的碰撞	讨论激发观念的碰撞

脊梁	货物压弯老王的脊梁	智者担起民族的脊梁
低谷	相机对焦群山的低谷	小明走入人生的低谷
高峰	照片记录群山的高峰	科技引领时代的高峰
心脏	医生治疗人体的心脏	英国成为工业的心脏
顶点	学生标出三角的顶点	庄子达到生命的顶点
滑坡	大雨造成山体的滑坡	美国遭遇经济的滑坡
大厦	妈妈住在上海的大厦	国家保护人才的大厦
滋长	导师观察水藻的滋长	沟通促进爱意的滋长
巅峰	爷爷站在泰山的巅峰	学徒仰望棋艺的巅峰
伤疤	小红隐藏大腿的伤疤	时间抚平心灵的伤疤
触角	娃娃触摸蜗牛的触角	知识延伸思维的触角
甘甜	小刚品尝西瓜的甘甜	农民品尝生活的甘甜
门槛	书生跨过厢房的门槛	领导放宽政策的门槛
咽喉	刺客锁住小李的咽喉	石油成为经济的咽喉
翅膀	爸爸抚摸小鸟的翅膀	我们插上梦想的翅膀
厚度	医生测量眼镜的厚度	小明累积思想的厚度
细胞	学者观察叶子的细胞	人群组成社会的细胞
小船	爷爷修理渔人的小船	感情维系友谊的小船

目标词	假句（包括目标词）	假句 1（与目标词无关）
道路	苹果思考手机的道路	头发欢迎岁月的公众
桥梁	帽子起飞窗户的桥梁	时间工作课程的干部
窗口	小鸡讨论耳机的窗口	信息进行内部的天空
波澜	星星保卫书包的波澜	工作发表协议的字体
波涛	山水学习剪刀的波涛	地址发布投入的型号
台阶	梳子朗读水杯的台阶	问题需要群众的热线
年轮	门窗愿意钥匙的年轮	作者推荐保险的明天
侵蚀	灯泡胡说铅笔的侵蚀	方式生产农民的徒弟

臂膀	城市开始纸张的臂膀	功能成为包装的日子
浪花	文化思考电线的浪花	环境介绍界面的进口
种子	城市开始纸盒的种子	电影回复精品的报价
萎缩	品牌希望勺子的萎缩	人员开发老板的立场
大门	速度打算电灯的大门	地方更新图书的节目
基石	商品愿意饼干的基石	位置认为影视的技巧
起跑	树叶应该词典的起跑	女人组织核心的客人
低潮	类型生长灯泡的低潮	软件喜欢组合的日记
腰板	平台掩埋手镯的腰板	论坛运行因素的书库
脚步	比赛吃掉风扇的脚步	内容包括表情的厂家
召唤	特点懂得椅子的召唤	技术处理经历的冠军
怀抱	实际做出纸巾的怀抱	网络比较号码的高校
断裂	中央讨论河水的断裂	公司继续农业的电池
土壤	时间尝试手指的土壤	情况加入协会的效率
起点	交通说出衣服的起点	图片控制衣服的学历
碰撞	资金浇灌牛奶的碰撞	活动下载规模的房产
脊梁	消息抓住头发的脊梁	日期管理友情的教材
低谷	教师走出电话的低谷	教育服务贷款的电源
高峰	现金跑到水管的高峰	社会提供成员的食物
心脏	力量抱起绿茶的心脏	等级支持小学的垃圾
顶点	视频回忆熊猫的顶点	资源通过卫生的会计
滑坡	本地看见盘子的滑坡	新闻设计儿童的宝贝
大厦	韩国朗读皮鞋的大厦	大学发现金融的青春
滋长	价值聆听窗帘的滋长	设备选择答案的眼神
巅峰	格式观看床单的巅峰	产品教育女生的帝国
伤疤	战略渴望资料的伤疤	文章出现基金的空调
触角	网页遭受汽车的触角	生活建设病毒的小区
甘甜	风险站在电视的甘甜	主题学习合同的时代

门槛	阶段隐藏薄荷的门槛	价格研究日志的警察
咽喉	费用追赶鼻子的咽喉	文件显示法规的都市
翅膀	措施经历苹果的翅膀	精华投资设施的门口
厚度	特色敲开雨水的厚度	安全感觉女子的硬件
细胞	规格成为口红的细胞	标准搜索游客的塑料
小船	方向打开杯子的小船	方法说明医生的补丁
