

## 《心理学报》审稿意见与作者回应

题目：汉—英儿童双语者母语和二语加工的相互作用：来自神经机制方面的证据

作者：高悦，魏娜，简洁，王正科，丁国盛，孟祥芝，刘丽

### 第一轮

审稿人 1 意见：

意见 1：本研究在 20 个 ROI 脑区中只选取了 1 个汉语特异脑区和 2 个英语特异脑区与行为测验成绩进行相关分析，该相关结果能否充分说明母语加工神经网络和二语加工神经网络之间相互影响受到语言熟练度的调节？作者需提供更充分的文献和理论支持。

回应：感谢评审人提出的问题。

抱歉我们在文章中没有交代清楚分析方法，造成评审人的误解。实际上，本研究将 9 个汉语 ROI 的激活值与英语行为测验成绩进行相关分析，将 11 个英语 ROI 的激活值与汉语行为测验成绩进行相关分析，只是结果只呈现了具有显著统计意义的结果（1 个汉语特异脑区和 2 个英语特异脑区与行为测验成绩表现出显著相关），并不是人为挑选了 1 个汉语特异脑区和 2 个英语脑区与行为测验成绩进行相关分析。在修改稿中，我们对相关的分析方法部分进行了补充撰写（见第 10 页）。

意见 2：材料和方法部分需要进一步补充和完善。首先，在行为测验中，阅读流畅性测验是标准化的测验还是自编的，该测验适用于儿童吗？作者对此没有介绍。其次，在本研究中，听写单词测验的成绩作为划分第二语言的熟练度的标准。该英语水平测验的信度和效度如何，测验结果是否能真实地反映第二语言的熟练度水平，作者需提供更详尽的文献和理论支持。另外，在磁共振实验中，没有具体介绍实验材料，如何选取的实验材料，以及有没有对实验材料进行熟悉性等相关评定。

回应：（1）阅读流畅性测验是一套适用于儿童的测验，测验题目包括 95 个句子，如“小红在房子前面玩耍”，每个句子下对应 5 张简笔画，要求儿童从五张图片中选出最能表达句子所描述内容的一张，在 10 分钟内完成尽可能多的作答。该测验与儿童语文能力评定等级之间的相关是 0.50 ( $p < 0.01$ )；分半信度是 0.98 ( $p < 0.01$ )。本文作者（孟\*\*，丁\*\*）使用该测验撰写的文章已经在《心理学报》和《Neuroimage》等

国内外期刊发表（林欧、王正科、孟\*\*，2013，汉语发展性阅读障碍儿童的视知觉学习，心理学报,45（7），762-772；You, H. L., Nadine, G, Wei, N., Alice, C. L., Wang, Z. K., Jian, J....Ding, \*\*. (2011). Neural deficits in second language reading: fMRI evidence from Chinese children with English reading impairment. *Neuroimage*, 57, 760-770）。

（2）听写单词测验是由研究者自编的测验。当初我们试图使用标准化的 WRAT 单词拼写测验，该测验在美国的阅读障碍儿童的筛选中被广泛使用，并且有标准化常模。但是对中国三四五年级小学生进行测试后发现，此任务对中国儿童来说太难，测试成绩出现了地板效应：被试的分都很低，且被试间的差异也很小。因此，我们编写了适合中国儿童的英语单词拼写测验。

我们测量了该测验与 WRAT-3 单词拼写测验之间的相关，发现各年级中自编英语单词拼写与 WRAT3-单词拼写的相关性都很高，且相关得分比较一致，说明自行编制的英语单词拼写任务能够作为阅读能力的有效衡量标准，且具有测量学的稳定性。

自编英语单词拼写与 WRAT3-单词拼写的相关

年级	被试量	r	p
三年级	252	0.75	< 0.01
四年级	242	0.73	< 0.01
五年级	313	0.78	< 0.01
总体	807	0.78	< 0.01

**意见 3：**写作规范问题。行为测验的统计结果没有给出  $p$  值，表 3 缺失。图 3 和图 4 字体和图形规格不统一。其他小问题如下：(1) P5-Line11：“每一对呈现的汉字都不包含相近或者相同的偏旁或部首”，在字形判断任务中会有相同的两个字呈现，因此这里表述不准确。(2) P6：图一中小注把“ I：英语字形任务 ”和“ II：英语语音任务”标反。

**回应：**感谢评审人细心的指正，表 3 已经补充（见第 11 页），图 3 和图 4 的字体和规格进行了统一。表述的问题（见第 8 页标红处）和图 1 图注的问题已经进行修改。修订处以红色标出。

审稿人 2 意见:

意见 1: 在海量的 fMRI 数据中, 总是会发现某个兴趣区在不同目标语言任务中均有激活, 同样也会很容易地发现另一个兴趣区在不同目标语言中的激活程度不同。神经网络的不同或者相同的认知涵义是什么? “作者在谈到相同和不同时, 是从整体模式的观点, 还是从局部兴趣区的观点来看? 相同”在何种程度上体现了“同化”的观点? “不同”又在何种程度上体现了“顺应”的观点?

回应: 感谢评审人提出这一关键的理论问题。

首先, 正如评审人指出, 在海量 fMRI 数据中, 总能发现某些区域在两种目标语言中共同激活, 另外一些区域在两种语言中激活不同。以汉语和英语为例, 研究者已经发现了汉语(母语)和英语(母语)加工既有共同激活的区域, 也有各自特异激活的区域(Tan et al., 2005)。海量的 fMRI 数据容易导致假阳性结果的出现, 但是经过长时间的积累, 不同研究之间的相互印证, 以及一些元分析研究的出现, 哪些脑区是两种语言加工的共享的, 哪些脑区是语言特异的, 已经有了相对比较明确的结论(见最近的三篇比较汉语和英语加工的神经机制的元分析文献 Bolger, Perfetti, & Schneider, 2005; Tan, Laird, Karl, & Fox, 2005; Linlin Zhou, et al, 2014)。

本文用“同化”和“顺应”这两个概念来解释“大脑如何对第二语言进行加工和学习”的问题。“同化”是指使用已经存在的母语加工网络去加工第二语言; 顺应则指针对二语需求激活母语加工以外的新的脑区, 重要的是这些新的脑区是适合二语加工的特点的(也就二语作为母语被加工时, 其神经网络往往包含的脑区)。需要注意的是, “第二语言加工和母语加工神经网络的相同”并不等同于“同化”, 因为正如前人研究已经发现的汉语(母语)加工的神经网络和英语(母语)加工的神经网络, 本身就有很多相似的地方。所以本文在界定“同化”的时候, 指的是汉语母语者在加工英语的时候使用了汉语加工特异的, 即“英语母语者加工英语所不使用的脑区”。同样, “第二语言加工和母语加工神经网络的不同”并不等同于“顺应”, 因为这些不同可能是由于母语和二语的熟练度不同造成的, 不一定是由于二语的文字特点造成的。所以本文在界定“顺应”的时候指的是汉语母语者在加工英语的时候使用了英语加工特异的, 而“汉语母语者加工汉语所不使用的脑区”。这具体体现在我们的 ROI 的选择上, 我们根据 Tan 等 2005 年的元分析选择 ROI, 其中汉语特异脑区指的是(汉语母语者加工汉语 > 英语母语者加工英语)的区域, 英语特异脑区指的

是（英语母语者加工英语 >汉语母语者加工汉语）的区域。这一点儿我们在上一稿中，写的不够清楚，此次已经进行了补充修改（见第 9-10 页）。我们通过检验汉语母语者加工英语时在汉语特异脑区和英语特异脑区的激活来探讨二语加工中的同化和顺应问题。

需要指出的是，本文是从局部感兴趣区的观点来看“同化和顺应”的，而不是整体网络的观点。本文中的“神经网络”指的是：参与母语或者二语加工的脑区的集合。不过“神经网络”这个词汇容易误解为“整体网络观点”，因此我们将题目改为“母语和二语加工的相互影响：来自神经机制方面的证据”；并且在行文中，对“神经网络”在本文中的内涵进行了界定。

**意见 2：**“相同”和“不同”是否会受到主试预期的影响？研究者总是会去选择已发现的 ROI 去进行分析，而不会去关注新激活的脑区。这样会掩盖了一些新的发现，本研究中是否存在这样的现象？

**回应：**感谢评审人提出的这一问题。

我们选择 ROI 的时候，是根据已有的一篇对比汉语和英语加工的元分析的文献进行的，这篇元分析的文献概括了以往的汉语加工和英语加工的多项研究。这种 ROI 选取的方式会出现评审人所担心的“研究者总是会去选择已发现的 ROI 去进行分析”，而不去关注“新激活的脑区”，但是我们认为这种基于元分析的 ROI 选择方式比基于单个研究选取 ROI 更有代表性。虽然基于新的单个研究（如：本研究的实验）选择 ROI，也许会关注到一些“新激活的脑区”，但是“新激活脑区”的认知涵义往往并不十分确定。事实上，从全脑分析的结果来看，本研究与以往关于汉语和英语加工的研究在脑区激活的范围上基本上是类似的。由于我们是基于已有文献选择的 ROI，事先并不知道“母语和二语加工”在我们选择的这些 ROI 上会出现“相同”还是“不同”的结果，理论上不应该受到主试预期的影响。

**意见 3：**诚如作者所言：第二语言加工的神经机制会受到第二语言特征以及两种语言差异的影响。本研究中使用了汉英双语者作为被试，汉语和英语的差异相当大，而其它的

一些语言比如同属于日耳曼语系的两种语言差异会比较小。不会的语言差异对同化顺应理论的影响是怎样的？前言中缺乏这方面的描述。

**回应：** 在前言中已经对相应内容作出补充（见第 3-4 页，标红）。

**意见 4：** 为什么对于同样的熟练程度的影响问题，却得到了相反的结论？原因？

**回应：** 我们理解评审人的问题指的是：我们发现，在英语语音判断任务中，儿童的母语熟练度越高，则英语特异脑区左侧颞上回的激活越弱。而在英语字形判断任务中表现出相反的趋势：母语熟练度越高，则英语特异脑区左侧额下回的激活越强。

我们认为，该情况的原因可能是：随着母语熟练度的提高，儿童在阅读中对语音知觉信息（perceptual information）的依赖减少，而对词汇抽象表征（abstract lexical representation）的依赖增加。语音知觉信息主要在颞上回存贮和加工，而更 high-level 的词汇的抽象表征主要在额下回进行加工，这可能导致了同样的熟练程度，得到‘相反’的发现。我们的这一解释跟 Cao 等人（2010）关于汉语阅读发展的研究发现是一致的，该研究发现，左侧颞上回会随着年龄的增加而表现出激活强度的下降，而左侧额下回的激活值则会随着年龄和阅读能力的提高而不断增强。我们的研究在英语阅读任务中发现了类似的模式，可能表明，汉语儿童加工母语时这一加工策略的发展变化迁移到儿童的二语加工中，进而影响到其二语加工的神经网络。

**意见 5：** 本研究试图关注第二语言对母语加工的神经机制的影响，目前已经有一些类似的研究出现，建议作者增加这一方面的文献综述。

**回答：** 在前言中已经补充相关文献(见第 5-6 页，标红)。

**意见 6：** 阅读流畅性测验以班级为单位进行集体施测，那么总共测量了几个班级？测量人数共有多少？采取什么标准从中选择了 28 人进行了核磁实验？

**回答：**本研究是我们一个大样本测试项目的一部分。在该项目中我们共测量了共 27 个班级，一共有 894 名儿童参与了阅读流畅性测验的集体施测，从中选择了 32 名儿童参加了核磁实验。选择标准如下：1) 具有平均（百分位数 50%）以上智力水平；2) 以英语作为第二语言者，其英语获得时间大约为 6 岁；3) 右利手，身体健康，具备正常或矫正后正常视力；4) 无任何神经或精神疾病历史；5) 家长和儿童同意并有时间参加实验。。其中，4 名儿童因为头动和中途退出导致实验数据不可用等原因，所以被排除。我们在方法部分，对 28 名被试的选择标准在原有的基础上进行了补充(见第 7 页)。

**意见 7：**用附录形式呈现核磁实验中汉语字形判断和语音判断任务的实验材料。

**回答：**感谢评审人的意见，已在附录添加。

**意见 8：**在数据分析中，作者分析了汉语水平对英语任务的影响，英语水平对汉语任务的影响。建议作者增加汉语水平对汉语任务的影响，以及英语水平对英语任务的影响，分析结果可与之前的分析进行比较。

**回答：**我们按照评审人的建议对相关条件进行了分析，结果发现：（1）在英语语音和字形任务中，右侧颞下回在英语语音任务中的激活值与英语语音任务的正确率呈显著负相关( $r=-0.384$ ,  $p=0.044$ )。（2）在汉语语音任务和汉语字形任务中，我们发现左侧扣带回的激活与汉字识字量测验的成绩也都呈显著负相关 ( $r=-0.389$ ,  $P=0.041$ ;  $r=-0.483$ ,  $P=0.009$ ) ,说明汉字识字量成绩越低，左侧扣带回的激活越大。新的分析结果与我们之前的结果一致说明：语言熟练度会影响语言的神经加工。这与其他很多研究也都是一致的 (Chee et al.,2001; Meschyan et al.,2006; Tu, et al.,2014)：左侧扣带回与补充运动区、壳核、脑岛组成发音运动系统，在语言加工中起到重要作用，语言熟练度低，可能对左侧扣带回提出更高的加工要求，表现出激活的增强。

汉语熟练度会影响汉语神经加工，英语熟练度会影响英语的神经加工，这个结论已经得到了之前很多研究的证实，所以并非本文的主要学术贡献。本研究关注的焦点是两种语言之间的相互影响，以及这种影响还会受到两种语言熟练度的调节。为了

突出文章的焦点和关键发现，我们在文章正文没有呈现上述分析结果希望我们的处理方式能够得到评审人的理解与认可。

**意见 9:** 在英语水平对汉语任务的影响分析中，所分析的脑区为扣带回，为什么选择这一脑区进行相关分析？其它所激活的脑区为什么不选择？如果其它脑区的激活与该行为任务无关，应该也进行相应的分析并得到相关不显著的结果。

**回答:** 见对问题 10 的回答。

**意见 10:** 在汉语水平对英语任务的影响分析中，所分析的脑区包括 STG 和 IFG，对阅读流畅性分别与 STG 和 IFG 的脑区激活进行了相关分析，而识字量仅仅与 STG 脑区的激活进行了相关分析。为什么选择某一特定脑区与某一特定任务进行相关分析？其它有激活的脑区呢？如果其它脑区的激活与该行为任务无关，应该也进行相应的分析并得到相关不显著的结果。

**回答:** 问题 9 和问题 10 涉及同一个问题，所以放在一起进行回答。我们感谢评审人提出这个关键问题。抱歉我们在文章中没有交代清楚分析方法，造成评审人的误解。实际上，本研究将 9 个汉语 ROI 的激活值与英语行为成绩进行相关分析，将 11 个英语 ROI 的激活值与汉语行为成绩进行相关分析，只是结果只呈现了具有显著统计意义的结果：1 个汉语特异脑区‘扣带回’与英语听写测验成绩显著相关；一个英语特异脑区左侧颞上回与汉语识字量和汉语阅读流畅性成绩均显著相关，而另一个英语特异脑区左侧额下回仅与阅读流畅性成绩相显著关。也就是说，我们并不是人为挑选了 1 个汉语特异脑区和 2 个英语脑区与行为测验成绩进行相关分析。在修改稿中，我们对相关的分析方法部分进行了补充撰写（见第 10 页，标红）。

**意见 11:** 在讨论中作者指出“在英语加工任务中，一些汉语特异脑区，如左脑额中回等表现出显著激活，表明了母语对二语加工的神经网络的影响。同时，在汉语加工任务中，一些英语特异脑区，如左侧额下回也表现出显著的激活，表明了二语对母语加工的

神经网络的影响”。某个脑区表现出“激活”就表示对另一个加工过程有影响吗？内在联系？

**回答：**感谢审稿人提出的问题！用“影响”这个词可能没有准确表达我们的意思，我们已经在行文中进行了修改。我们想表达的逻辑和意思是这样的：我们假定，如果不受母语（汉语）的影响，英语作为二语进行加工时跟其作为母语进行加工时具有类似的机制，但是数据表明，汉语特异脑区在英语作为二语进行加工时表现出显著激活，表明母语加工区参与到二语加工中；反之，在汉英双语者的汉语（母语）加工任务中，我们假定其激活汉语作为母语加工的神经网络，但是数据发现，一些英语特异脑区在双语者的母语加工中显著激活，表明二语加工的区域参与到双语者的母语加工中。

**意见 12：**在讨论中作者指出“汉英儿童双语者第二语言加工时除了征用母语加工的神经网络外，还会有额外的脑区卷入。具体表现为：在全脑分析中，除了与母语加工共享的脑区网络外，英语语音任务在颞叶额外激活了颞上回和颞中回，英语字形任务额外激活了脑岛和边缘系统。。。。在本研究中，汉英儿童双语者在进行英语语音加工时，颞上回和颞中回都表现出额外的激活，而这些脑区正是英文母语者进行语音加工时所使用的结构，说明母语加工的神经网络为了适应第二语言学习的特点作出改变，额外发展出适应英语加工的脑区，体现了“顺应”的过程”。本研究的发现是发现汉语双语者在完成英语语音加工时颞上回和颞中回有激活，这两个脑区是英语语音加工的激活脑区，并非母语加工的神经网络，是否有一种可能性是英语语音加工就是会激活这些脑区，并不会对母语加工的神经网络产生影响？也就是说这些脑区的激活与是否产生“顺应”无关。如何排除这种可能性？如何证明是母语神经网络产生了“顺应”？

**回答：**“顺应”是指双语者进行二语加工时，为了适应新的语言加工条件，满足加工第二语言的需求，将母语加工网络以外的脑区纳入第二语言的神经加工中。在 *perfetti* (2005) 提出的“同化-顺应”假设的理论框架中，同化是默认的，也就是说该理论框架假设，“母语者最初学习二语的时候是用母语加工的神经网络来加工二语的”，



顺应是指因为母语的加工网络不能满足二语加工的需求,所以伴随着学习的深入、水平的提高,那些适应二语加工特点的脑区逐渐参与到二语加工中来。

我们上一稿的讨论中写“在本研究中,汉英儿童双语者在进行英语语音加工时,颞上回和颞中回都表现出额外的激活,而这些脑区正是英文母语者进行语音加工时所使用的结构,说明母语加工的神经网络为了适应第二语言学习的特点作出改变,额外发展出适应英语加工的脑区,体现了“顺应”的过程”。很抱歉我们这里对结果的解释不够准确,使评审人对“顺应”的概念产生了误解,实际上“母语加工的神经网络并没有发生改变”,只是“在母语加工的神经网络之外,有新的脑区参与到第二语言的加工中,而这些区域正是英语母语者加工英语的一些关键脑区,体现了顺应的过程”。在新一稿中,我们已经对行文进行了修改。我们感谢评审人指出这一点。

正如评审人敏锐指出的一样,我们的结果有一种可能性是英语语音加工就是会激活颞上回、颞中回这些脑区,这些脑区的激活与母语神经网络是否产生“顺应”无关。要排除这种可能性,实际上是要检验 *perfetti* 等同化-顺应理论的前提假设,“同化是默认的,也就是说对一个从来没有学习过二语的人来说,最初学习二语的时候是用母语加工的神经网络来加工二语的”,随着学习的进展,逐渐体现出顺应。但是目前少数几项训练单语者学习第二语言的研究 (*Xue & Poldrack, 2007; Bartolotti & Marian, 2012*), 都只报告了训练后第二语言加工与母语加工的比较,而缺乏训练前第二语言加工与母语加工的比较的数据,所以这个问题还有待研究。

**意见 13:** 结论太泛化,并未明确指出母语和第二语言的神经网络之间产生了什么样的影响? 语言熟练度对两种语言的加工产生的调制是什么?

**回答:** 感谢审稿人的意见!我们已经对结论进行补充(原文中标红),修改后的结论如下:

通过对汉英双语儿童在英语语音、字形任务和汉语语音、字形任务下的磁共振扫描,发现儿童在加工英语任务时,汉语特异脑区如左脑额中回表现出显著激活,这说明母语加工脑区参与到二语加工的神经网络中;在加工汉语任务时,英语特异脑区左脑额下回等表现出显著的激活,这说明二语加工的脑区也会对母语加工

的神经网络产生影响；同时，两种语言之间的相互影响还会受到两种语言熟练度的调制：1) 英语熟练度越高，汉语特异的加工脑区左侧扣带回在汉语语音、字形任务中的激活越强，这也许是由于语言熟练度低，可能对左侧扣带回提出更高的加工要求，表现出激活的增强；2) 汉语熟练度越高，英语加工特异的加工脑区左侧额下回在英语字形任务中的激活越强，而左侧颞上回在英语语音任务中的激活越弱，表现出相反的趋势。这一趋势与汉语儿童母语阅读发展中随着熟练程度的提高逐渐减少对具体的语音信息的依赖，逐渐增加对抽象的词汇表征的依赖是一致的 (Cao et al., 2010)，在英语阅读中也表现出一趋势，可能表明母语的加工策略被迁移到二语加工中。