

《心理学报》审稿意见与作者回应

题目：语言距离和任务需求共同调节双语者词汇加工的脑机制

作者：齐芸 蔡文琦 李智林 杨剑峰 王小娟

第一轮

审稿人 1 意见：

整体而言，文章利用元分析的优势，考察了双语领域中一个重要的问题，研究结果可信，文章写作简洁顺畅，逻辑清楚。有以下建议：

回应：感谢审稿专家的肯定和建议，希望此次修改对文章有很大程度的提升。下面针对具体的意见进行了详细回复：

意见 1：元分析固然有其优势，但也有明显的短板，包括受到参与分析的文献之间的同质性的影响，不方便对特定效应做统计分析等，在对理论假设进行检验方面也有其局限性。例如，在本研究中，缺乏对语言距离和任务的交互作用的直接统计检验。建议在文章的讨论部分增加对元分析的短板或不足，以及可能对文章结论产生的影响等方面进行适当讨论。

回应：完全赞同审稿专家的意见，元分析的确有其研究方法的短板。在本次修改中，我们在“4.6 局限与展望”部分增加了对元分析局限性的讨论。具体而言，本研究提出了“语言距离与任务需求存在交互作用”的理论假设，但 ALE 元分析本质上是一种对条件激活进行估计和对比的方法，无法像实验研究那样在统一的统计模型中直接检验交互效应。因此，这一假设有待未来研究通过更精细的实验设计，结合多因素方差分析来进行更直接的实证检验。具体见讨论“4.6 局限与展望”的第二段蓝色内容(第 29 页)。补充内容如下：

首先，我们发现了语言距离与任务需求存在交互作用，但 ALE 元分析本质上是一种对条件激活进行估计和对比的方法，无法像实验研究那样在统一的统计模型中直接估计“语言距离×任务需求”的交互效应。我们关于交互作用的推论，主要基于对不同条件的对比分析，而后进行间接的逻辑整合与解释。未来研究可以通过更精细的实验设计，结合多因素方差分析来进行更直接的实证检验，从而推动该领域走向更深入的研究阶段。

意见 2：随着多变量分析（如 MVPA、RSA 等）和脑网络分析在脑成像研究中的应用越来越广泛，仅基于特定脑区激活来推论双语加工的复杂脑机制会多少显得有些过于简化。建议对问题提出和研究结果的思考和讨论能适当结合当前利用新的分析技术得到的发现或进展。

回应：感谢审稿专家的建议。

一方面，我们对采用多变量分析的双语研究结果进行了梳理，发觉这些研究发现与本研究的结果存在相通之处。多变量分析研究揭示，双语激活了重叠的大脑区域，但在更细致的体素表征模式上是相互独立的(Brignoni-Pérez et al., 2020; Xu et al., 2017)，并且这种表征模式是动态变化的，受到语言属性(Dong et al., 2020; Hou et al., 2024; Lin et al., 2024)、任务需求(Li et al., 2022)等因素的调节。这与本研究在脑区激活层面发现的“双语共享相同的神经基础，双语之间的激活差异受潜在加工需求的动态调节”观点一致。我们在问题提出和研究结果的思考和讨论中加入了上述观点。具体见引言第八段蓝色内容(第 19 页)和讨论“4.4 潜在加工需求动态调节了双语者词汇加工的脑机制”的第三段蓝色内容(第 28 页)。补充内容如下：

然而，上述研究没有区分任务需求，导致语言距离影响双语加工的内在机制还不清楚。

研究表明,任务需求可以调节双语激活的神经网络(Sulpizio et al., 2020)。最近的多变量分析研究也发现,任务需求会引起双语神经激活模式的变化,表明在探讨双语加工的神经机制时,任务需求是需要关注的重点变量(Li et al., 2023)。

近年来,采用多变量分析方法(如 MVPA、RSA 等)的研究也发现,双语激活了重叠的大脑区域,但在更细致的体素表征模式上是相互独立的(Brignoni-Pérez et al., 2020; Xu et al., 2017),并且这种表征模式是动态变化的,受到语言属性(Dong et al., 2020; Hou et al., 2024; Lin et al., 2024)、任务需求(Li et al., 2022)等因素的调节。本研究从脑区激活层面揭示了双语共享相同的神经基础,双语之间的激活差异受潜在加工需求的动态调节。

另一方面,通过对脑网络分析结果的梳理,我们发现双语经验可能伴随更高效、更灵活的大脑网络重组与配置(Feng et al., 2015; Wu et al., 2019)。例如,有研究发现,虽然双语者和单语者激活了相同的脑区,但在功能连接层面,双语者在左侧颞上回与左侧舌回、左侧额中回与左侧前扣带回之间有更强的功能连接(Brignoni-Pérez et al., 2022)。此外,还有研究发现双语经验带来了语言脑区内部(Oliver et al., 2017)、语言脑区与执行控制脑区(Gurunandan et al., 2019)之间功能连接的变化。本研究受限于元分析方法的局限性,无法进一步探讨脑区间的功能协作,但本研究发现的受潜在加工需求调节的脑区(如左侧额中回、左侧颞上回等)为未来的脑网络研究提供了重点关注的种子脑区。具体见讨论“4.6 局限与展望”的第三段蓝色内容(第 29 页)。补充内容如下:

其次, ALE 元分析只能提供脑区激活层面的信息,无法进一步探讨脑区间的功能协作。近年来,脑网络分析研究发现,双语经验可能伴随着更高效、更灵活的大脑网络重组与配置(Feng et al., 2015; Wu et al., 2019)。例如,有研究发现,虽然双语者和单语者激活了相同的脑区,但在功能连接层面,双语者在左侧颞上回与左侧舌回、左侧额中回与左侧前扣带回之间有更强的功能连接(Brignoni-Pérez et al., 2022)。此外,还有研究发现双语经验带来了语言脑区内部(Oliver et al., 2017)、语言脑区与执行控制脑区(Gurunandan et al., 2019)之间功能连接的变化。未来研究可以将本研究发现的受潜在加工需求调节的脑区作为重点关注脑区,进一步探讨潜在加工需求对脑区间功能协作的影响。

参考文献:

- Brignoni-Pérez, E., Jamal, N. I., & Eden, G. F. (2020). An fMRI study of English and Spanish word reading in bilingual adults. *Brain and Language*, 202, 104725.
- Brignoni-Pérez, E., Jamal, N., & Eden, G. F. (2022). Functional neuroanatomy of English word reading in early bilingual and monolingual adults. *Human Brain Mapping*, 43(14), 4310–4325.
- Dong, J., Li, A. Q., Chen, C. S., Qu, J., Jiang, N., Sun, Y., Hu, L. Y., & Mei, L. L. (2021). Language distance in orthographic transparency affects cross-language pattern similarity between native and non-native languages. *Human Brain Mapping*, 42(4), 893–907.
- Feng, G. Y., Chen, H. C., Zhu, Z. D., He, Y., & Wang, S. P. (2015). Dynamic brain architectures in local brain activity and functional network efficiency associate with efficient reading in bilinguals. *Neuroimage*, 119, 103–118.
- Gurunandan, K., Carreiras, M., & Paz-Alonso, P. M. (2019). Functional plasticity associated with language learning in adults. *Neuroimage*, 201, 116040.
- Hou, Z. Q., Li, H. H., Gao, L., Ou, J., & Xu, M. (2024). Differential neural representations of syntactic and semantic information across languages in Chinese-English bilinguals. *Neuroimage*, 303, 120928.
- Li, H. L., Cao, Y., Chen, C. S., Liu, X. Y., Zhang, S., Mei, L. L. (2022). The depth of semantic processing modulates cross-language pattern similarity in Chinese-English bilinguals. *Human Brain Mapping*, 44(5), 2085–2098.

- Lin, Z. L., Li, X. J., Qi, G. Q., Yang, J. J., Sun, H. Z., Guo, Q. Y., Wu, J. L., Xu, M. (2024). Phonological properties of logographic words modulate brain activation in bilinguals: a comparative study of Chinese characters and Japanese Kanji. *Cerebral Cortex*, 34(4), bhae 150.
- Oliver, M., Carreiras, M., & Paz-Alonso, P. M. (2017). Functional Dynamics of Dorsal and Ventral Reading Networks in Bilinguals. *Cerebral Cortex*, 27(12), 5431–5443.
- Wu, J. J., Yang, J., Chen, M., Li, S. H., Zhang, Z. Q., Kang, C. Y., Ding, G. S., & Guo, T. M. (2019). Brain network reconfiguration for language and domain-general cognitive control in bilinguals. *Neuroimage*, 199, 454–465.
- Xu, M., Baldauf, D., Chang, C.Q., Desimone, R., Tan, L.H. (2017). Distinct Distributed patterns of neural activity are associated with two languages in the bilingual brain. *Science Advances*, 3(7), e1603309.

意见 3: 研究结果的理论意义和价值可以再凸显一些。

回应: 感谢审稿专家的建议。此次修改，我们在讨论部分增加了理论贡献部分，具体结合“特殊计算需求假说”和“语言普遍观”的主要观点，对本研究结果进行了充分讨论，重点突出了双语加工神经机制异同受语言距离和任务需求的动态调控，从而进一步提升了本研究的理论意义与价值。具体见讨论“4.5 本研究理论贡献”的蓝色内容(第 28 页)。补充内容如下：

本研究结合元分析方法，探讨了语言距离与任务需求对双语者词汇加工神经机制的影响，研究结果为特殊计算需求假说(Perani & Abutalebi, 2005)提供了证据支持。该假说指出，第二语言引起的大脑激活区域与母语的激活区域相同，第二语言与母语的激活差异只涉及到不同的计算需求。本研究发现语音任务中拼音文字双语者的两种语言激活了相同的大脑区域，表明潜在的加工需求相同时，双语激活的大脑区域也相同。并且，本研究还发现汉-英双语者在语音任务中 L2 更多激活了与形音转换有关的左侧缘上回(Mei et al., 2015)，在语义任务中 L1 更多激活了负责形-义映射的左侧额中回(Wu et al., 2012)，说明双语之间的激活差异与不同语言在特定任务中的计算需求有关。

研究结果还为理解语言普遍观(Feng et al., 2020; Nakamura et al., 2012; Rueckl et al., 2015)和语言特异观(Brennan et al., 2013; Zhan et al., 2023; Zhao et al., 2014)提供了双语层面的见解。语言普遍观认为不同书写系统的文字存在一种普遍性的阅读机制，本研究发现双语者的两种语言均激活了典型的语言加工脑区，表明不同语言加工涉及的神经基础相同。语言特异观则认为不同书写系统的文字会发展出特异性的阅读机制，本研究发现汉-英双语者会激活特定的脑区来适应文字的独特属性。最近的一项研究也认为，尽管存在所有书写系统共有的加工原则，但不同书写系统的读者会自然地适应特定的文字，以便高效地理解书面文本(Li et al., 2022)。本研究为此观点提供了神经层面的证据，丰富了对语言加工的认识。

参考文献:

- Brennan, C., Cao, F., Leal, N. P., McNorgan, C., Booth, J. R. (2012). Reading acquisition reorganizes the phonological awareness network only in alphabetic writing systems. *Human Brain Mapping*, 34(12), 3354–3368.
- Feng, X. X., Altarelli, I., Monzalvo, K., Ding, G. S., Ramus, F., Shu, H., Dehaene, S., Meng, X. Z., & Dehaene-Lambertz, G. (2020). A universal reading network and its modulation by writing system and reading ability in French and Chinese children. *Elife*, 9, e54591.
- Li, X. S., Huang, L. J. Q., Yao, P. P., Hyönä J. (2022). Universal and specific reading mechanisms across different writing systems. *Nature Reviews Psychology*, 1(3), 133–144.
- Mei, L. L., Xue, G., Lu, Z. L., He, Q. H., Wei, M., Zhang, M. X., Dong, Q., & Chen, C. S. (2015). Native language experience shapes neural basis of addressed and assembled phonologies. *Neuroimage*, 114, 38–48.

- Nakamura, K., Kuo, W. J., Pegado, F., Cohen, L., Tzeng, O. J. L., & Dehaene, S. (2012). Universal brain systems for recognizing word shapes and handwriting gestures during reading. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109(50), 20762–20767.
- Perani, D., & Abutalebi, J. (2005). The neural basis of first and second language processing. *Current Opinion in Neurobiology*, 15(2), 202–206.
- Rueckl, J. G., Paz-Alonso, P. M., Molfese, P. J., Kuo, W. J., Bick, A., Frost, S. J., Hancock, R., Wu, D. H., Mencl, W. E., Dunabeitia, J. A., Lee, J. R., Oliver, M., Zevin, J. D., Hoeft, F., Carreiras, M., Tzeng, O. J. L., Pugh, K. R., & Frost, R. (2015). Universal brain signature of proficient reading: Evidence from four contrasting languages. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 112(50), 15510–15515.
- Wu, C. Y., Ho, M. H. R., & Chen, S. H. A. (2012). A meta-analysis of fMRI studies on Chinese orthographic, phonological, and semantic processing. *Neuroimage*, 63(1), 381–391.
- Zhan, M. Y., Pallier, C., Agrawal, A., Dehaene, S., Cohen, L. (2023). Does the visual word form area split in bilingual readers? A millimeter-scale 7-T fMRI study. *Science Advances*, 9(14), eadf6140.
- Zhao, J. J., Wang, X. Y., Frost, S. J., Sun, W., Fang, S. Y., Mencl, W. E., Pugh, K. R., Shu, H., Rueckl, J. G. (2014). Neural division of labor in reading is constrained by culture: A training study of reading Chinese characters. *Cortex*, 53, 90–106.
-

审稿人 2 意见：

本文通过元分析的方法，考察语言距离和任务需求对双语词汇加工脑机制的调节作用。研究结果发现，双语者两种语言距离的远近与脑区激活的共享程度相关，而实验任务会调节共享的程度。总的来讲，本研究对于理解双语词汇加工脑机制的异同具有比较重要的启发意义。下列建议供作者修改时参考：

回应：感谢审稿专家的肯定和建议，修改稿针对专家提出的建议进行了认真修改，相信文章得到了很大程度的提升。

意见 1：建议作者通篇检查语言的表达，避免概念的混淆使用。例如，“汉语是表义文字”的表述不严谨。汉语的书写系统汉字是表义文字或者“意音文字”(logographic-syllabic writing)，避免把“语言”和“文字”等同或者混淆使用。

回应：感谢审稿专家的指正。我们已对全文进行了细致检查，并对相关表述进行了修正，以确保“语言”与“文字”的概念不被混淆。为了文章叙述逻辑的通畅性，我们采用了“汉字是表义文字”的表达。在英文概念的选择上，我们参考了前人文献(Li et al., 2021)，使用了 morphogram 和 phonogram 的表达，以便更清晰地突出汉字和拼音文字的特点。具体见引言和讨论部分的蓝色内容。补充内容如下：

汉字是表义文字(morphogram)，其字形与语音的对应不规则，正字法深度较深，属于不透明文字；而英语、西班牙语等拼音文字是表音文字(phonogram)，其字形与语音的对应相对规则，正字法深度较浅，属于透明文字。

参考文献：

- Li, H. H., Zhang, J., & Ding, G. S. (2021). Reading across writing systems: A meta-analysis of the neural correlates for first and second language reading. *Bilingualism-Language and Cognition*, 24(3), 537–548.

意见 2：作者将 74 篇文献分为六组，其中有 4 篇文献同时属于两个组。需要说明这 4 篇文献同时属于哪两个组。

回应：感谢审稿专家的细致审读。我们在分类时，确实有 4 篇文献因其研究设计的多重属性，被同时归入了两个不同的组别。但在数据分析时，每个组别使用的对比数据都是独立的。这样做是为了更全面地捕捉其研究贡献，避免因单一归类而丢失重要信息。具体说明如下：

编号	作者(年份)	所属类别 A	所属类别 B	双重归类的理由
1	Kim et al. (2017)	语音任务—MP	语音任务—PP	同时关注 MP 和 PP 的语音加工
2	Wang, Y. et al. (2007)	语音任务—MP	语义任务—MP	同时关注 MP 的语音和语义加工
3	Klein et al. (1995)	语音任务—PP	语义任务—PP	同时关注 PP 的语音和语义加工
4	Jung et al. (2018)	语音任务—PP	语义任务—PP	同时关注 PP 的语音和语义加工

我们的分类主要依据研究的实验任务和被试类型。当 1 篇文献在两个组中均有突出且独立的贡献时，我们将其纳入两个组进行分别讨论，以确保其发现在各分组中都能得到充分体现。具体见方法“2.3 文献分类”部分的蓝色内容(第 21 页)。补充内容如下：

其中，有 4 篇文献因其研究设计的多重属性，被同时归入了两个相关但不同的组别：Kim 等人(2017)同时属于汉-英双语者的语音加工组和拼音文字双语者的语音加工组；Wang, Y. 等人(2007)同时属于汉-英双语者的语音加工组和汉-英双语者的语义加工组；Klein 等人(1995)和 Jung 等人(2018)同时属于拼音文字双语者的语音加工组和拼音文字双语者的语义加工组。

意见 3：建议作者在正文中说明文献质量及出版偏差评估的方法，以及评估的结果。

回应：感谢审稿专家的建议。此次修改，我们在论文的“方法”部分补充了文献质量评估的方法和结果。关于出版偏差评估，我们查阅了相关文献后发现，与基于效应量的元分析不同，基于坐标的元分析旨在探测神经激活的空间聚合性，而非量化效应大小，其方法学特性使其不易产生传统意义上的“出版偏差”(Cargnelutti et al., 2022)。对于此类分析，关键在于确保纳入研究的坐标报告完整性。为此，我们在文献筛选阶段已明确排除了那些未完整报告全脑激活坐标的研究(如仅报告兴趣区分析的研究)，从而有效控制了此类分析中的主要偏差来源。具体见方法部分的“2.1 文献筛选”和“2.2 质量评估”蓝色内容(第 20 页)。补充内容如下：

为了评估纳入研究的文献质量，我们根据神经影像学领域的最佳实践报告标准(COBIDAS 报告；<https://www.humanbrainmapping.org/i4a/pages/index.cfm?pageid=3728>)，建立了一套包含 4 个维度、12 个条目的质量评估标准。该标准涵盖：(1)实验设计(样本量报告、任务控制、组间匹配)；(2)数据处理与预处理(流程透明度、空间标准化、头动控制)；(3)统计分析(多重比较校正、软件报告、模型合理性)；(4)结果报告与透明度(坐标完整性、空间一致性、数据共享声明)。每条标准的满足情况以“是/否”记录。结果显示，绝大多数文献(81.1%，60/74)为高质量(得分≥10)，其余(18.9%，14/74)为中等质量(得分 7~9)。该结果从方法学层面为本元分析结论的稳健性提供了支持。

参考文献：

Cargnelutti, E., Tomasino, B., & Fabbro, F. (2022). Effects of Linguistic Distance on Second Language Brain Activations in Bilinguals: An Exploratory Coordinate-Based Meta-Analysis. *Frontiers in Human Neuroscience*, 15, 744489.

意见 4：补充说明一些 ALE 分析的关键参数。

回应：再次感谢审稿专家的细致审读，能够帮助提升文章描述清晰性。此次修改，我们参考了 ALE 元分析软件使用手册(<http://www.brainmap.org/ale/manual.pdf>)和前人文献(Cargnelutti

et al., 2022; Li et al., 2021), 对 ALE 分析补充了详细的说明(条件分析和对比分析的目的)和关键的参数(阈限的设置, 多重比较的校正方法, 置换次数的说明等)。具体见“2.4 数据分析”部分的蓝色内容(第 21 页)。补充内容如下:

首先, 我们进行了条件激活分析。条件激活可以计算特定条件下的功能激活(如汉-英双语者在语音加工中的 L1 激活和 L2 激活)。本研究分别计算了两类双语者在语音、语义任务下的 L1 和 L2 的激活体素簇, 以及两类双语者在语言切换任务下的激活体素簇。条件激活的阈限设置在簇水平的 FWE 校正 $p < 0.05$ (置换次数为 1000 次, 体素水平 $p < 0.005$)。

然后, 我们进行了对比分析。对比分析旨在比较两种条件下的激活脑图, 可以得到两种条件的共同激活脑区和差异激活脑区(如汉-英双语者在语音任务中 L1 和 L2 共同激活的脑区、L1 更多激活的脑区和 L2 更多激活的脑区)。对比分析的阈限设置在体素水平 $p < 0.05$, 置换次数为 10,000 次, 簇体积要求在 100mm^3 以上。

参考文献:

- Cargnelutti, E., Tomasino, B., & Fabbro, F. (2022). Effects of Linguistic Distance on Second Language Brain Activations in Bilinguals: An Exploratory Coordinate-Based Meta-Analysis. *Frontiers in Human Neuroscience*, 15, 744489.
- Li, H. H., Zhang, J., & Ding, G. S. (2021). Reading across writing systems: A meta-analysis of the neural correlates for first and second language reading. *Bilingualism-Language and Cognition*, 24(3), 537–548.

意见 5: 作者在元分析自检报告部分说明了本文的理论贡献, 即为“特殊计算需求假说”提供了直接支持, 但在讨论等部分并未对该假设的观点, 以及本研究如何支持该假设进行讨论。

回应: 感谢审稿专家的宝贵意见。在此次修改中, 我们在讨论部分增加了理论贡献部分, 深入分析了本文的研究发现如何支持“特殊计算需求假说”, 加深了对双语激活差异的理解。具体见讨论“4.5 本研究理论贡献”第一段的蓝色内容(第 28 页)。补充内容如下:

本研究结合元分析方法, 探讨了语言距离与任务需求对双语者词汇加工神经机制的影响, 研究结果为特殊计算需求假说(Perani & Abutalebi, 2005)提供了证据支持。该假说指出, 第二语言引起的大脑激活区域与母语的激活区域相同, 第二语言与母语的激活差异只涉及到不同的计算需求。本研究发现语音任务中拼音文字双语者的两种语言激活了相同的大脑区域, 表明潜在的加工需求相同时, 双语激活的大脑区域也相同。并且, 本研究还发现汉-英双语者在语音任务中 L2 更多激活了与形音转换有关的左侧缘上回(Mei et al., 2015), 在语义任务中 L1 更多激活了负责形-义映射的左侧额中回(Wu et al., 2012), 说明双语之间的激活差异与不同语言在特定任务中的计算需求有关。

参考文献:

- Mei, L. L., Xue, G., Lu, Z. L., He, Q. H., Wei, M., Zhang, M. X., Dong, Q., & Chen, C. S. (2015). Native language experience shapes neural basis of addressed and assembled phonologies. *Neuroimage*, 114, 38–48.
- Perani, D., & Abutalebi, J. (2005). The neural basis of first and second language processing. *Current Opinion in Neurobiology*, 15(2), 202–206.
- Wu, C. Y., Ho, M. H. R., & Chen, S. H. A. (2012). A meta-analysis of fMRI studies on Chinese orthographic, phonological, and semantic processing. *Neuroimage*, 63(1), 381–391.

意见 6: 建议作者讨论“语言熟练度”这一潜在混淆变量可能的影响, 即汉英双语者与印欧语系双语者, 在英语熟练程度上是否存在一定的差异? 若二语的熟练度存在差异, 那么这种激活脑区上的差异是否可能是熟练程度, 而非语言距离造成的?

回应：感谢审稿专家的建议。语言熟练度的确可能成为混淆变量，本文与前人研究在探讨语言距离时都很难同时考察这个变量。我们详细查阅了原文献中关于汉英双语者和印欧语系双语者熟练度的描述，并对文献进行认真梳理得出：部分研究没有报告熟练度，而明确报告熟练度的研究多采用自评、四六级、专四专八、波士顿命名、快速自动命名等不同的测验。这导致缺乏统一的熟练度评估标准来对两类双语者进行直接比较。

尽管存在上述测量限制，我们认为本研究的发现支持语言距离效应。首先，在变量操纵层面，以往探讨语言距离的研究也是将双语者分为语言距离远的汉英双语者和语言距离近的印欧语系双语者，表明这种分类方法在探讨语言距离效应方面具有一定可行性(Cargnelutti et al., 2022; Li et al., 2021)。其次，熟练度对双语加工的影响形成了相对共识。研究表明，与高熟练双语者相比，低熟练双语者需要的注意、选择资源更多(Cargnelutti et al., 2019; Grant et al., 2015; Sebastian et al., 2011)。本研究在语义任务和语言切换任务中均发现拼音文字双语者更多地激活了左侧额下回、额中回、顶下小叶。以往研究发现，左侧额下回和额中回对语音竞争敏感(Hsieh et al., 2017; Matsuo et al., 2010)，左侧顶下小叶与基于刺激的语言冲突有关(van Heuven et al., 2008)。因此，本研究的发现可能更多反映了印欧语系双语者因较近的语言距离导致的跨语言干扰更强，而非低熟练度导致的注意和选择资源增加。

本次修改，我们在讨论部分增加了对汉英双语者与印欧语系双语者熟练度的讨论，从而进一步厘清两类双语者的激活差异来源。具体见讨论“4.3 语言切换任务中两类双语者的脑区激活对比”的第四段蓝色内容(第 27 页)。补充内容如下：

需要提及的是，本研究发现的语言距离效应并不能完全排除熟练度的潜在影响。虽然本研究通过语言距离分组(Cargnelutti et al., 2022; Li et al., 2021)，观察到两组双语者的脑区激活差异。但由于缺乏统一的熟练度评估标准来对两组双语者进行直接比较，这一结果无法完全排除熟练度的潜在影响。熟练度反映了学习者对目标语言的知识掌握和运用能力，语言距离则反映的是两种语言的相似性程度。目前，熟练度对双语加工的影响形成了相对共识。研究表明，与高熟练双语者相比，低熟练双语者需要的注意、选择资源更多(Cargnelutti et al., 2019; Grant et al., 2015; Sebastian et al., 2011)。本研究在语义任务和语言切换任务中均发现拼音文字双语者更多地激活了左侧额下回、额中回、顶下小叶。以往研究发现，左侧额下回和额中回对语音竞争敏感(Hsieh et al., 2017; Matsuo et al., 2010)，左侧顶下小叶与基于刺激的语言冲突有关(van Heuven et al., 2008)。因此，本研究的发现可能更多反映了拼音文字双语者因较近的语言距离导致的跨语言干扰更强，而非低熟练度导致的注意和选择资源增加。最后，我们认为未来研究需要区分被试的熟练度，来进一步分离和厘清这两个变量对双语加工脑机制的独立以及交互影响。

参考文献：

- Cargnelutti, E., Tomasino, B., & Fabbro, F. (2019). Language brain representation in bilinguals with different age of appropriation and proficiency of the second language: A meta-analysis of functional imaging studies. *Frontiers in Human Neuroscience*, 13, 445658.
- Cargnelutti, E., Tomasino, B., & Fabbro, F. (2022). Effects of Linguistic Distance on Second Language Brain Activations in Bilinguals: An Exploratory Coordinate-Based Meta-Analysis. *Frontiers in Human Neuroscience*, 15, 744489.
- Grant, A. M., Fang S. Y., & Li, P. (2015). Second language lexical development and cognitive control: A longitudinal fMRI study. *Brain and Language*, 144, 35–47.
- Hsieh, M. C., Jeong, H., Kawata, K. H., Sasaki, Y., Lee, H. C., Yokoyama, S., Sugiura, M., & Kawashima, R. (2017). Neural correlates of bilingual language control during interlingual homograph processing in a logogram writing system. *Brain and Language*, 174, 72–85.

- Li, H. H., Zhang, J., & Ding, G. S. (2021). Reading across writing systems: A meta-analysis of the neural correlates for first and second language reading. *Bilingualism-Language and Cognition*, 24(3), 537–548.
- Matsuo, K., Chen, S. H., Hue, C. W., Wu, C. Y., Bagarinao, E., Tseng W. Y. I., & Nakai, T. (2010). Neural substrates of phonological selection for Japanese character Kanji based on fMRI investigations. *Neuroimage*, 50(3), 1280–1291.
- Sebastian, R., Laird, A. R., & Kiran, S. (2011). Meta-analysis of the neural representation of first language and second language. *Applied Psycholinguistics*, 32(4), 799–819.
- van Heuven, W. J. B., Schriefers, H., Dijkstra, T., & Hagoort, P. (2008). Language Conflict in the Bilingual Brain. *Cerebral Cortex*, 18(11), 2706–2716.
-

第二轮

审稿人 1 意见：

作者的修改比较好的回应了我之前的问题，没有进一步的修改意见，建议接受。

回应：感谢审稿专家的肯定。

.....

审稿人 2 意见：

作者已针对上一轮修改意见进行了认真修订。除了需要对下述表述修正外，我推荐发表。

作者在修改稿中写道：“英语、西班牙语等拼音文字是表音文字（phonogram），其字形与语音的对应相对规则，正字法深度较浅，属于透明文字。”其中，西班牙语确属透明文字，但英语虽为拼音文字，却不属于透明文字，该表述存在偏差，需要进行修改。

回应：感谢审稿专家的肯定与指正，我们根据意见对引言部分进行了细致修改，希望修改后的版本能得到审稿专家及编委的认可。修改内容主要体现在引言第二段，具体表述如下：

汉字是表义文字(morphogram)，其字形与语音的对应不规则，正字法深度较深，属于不透明文字；而西班牙语、英语等拼音文字是表音文字(phonogram)，正字法深度相对较浅，其中西班牙语可由字形直接拼读得到语音，属于透明文字。

编委意见：作者针对两位审稿专家的意见做了充分的修改，修改稿的质量得到了显著提高，同时修改稿突出了研究的理论意义和价值。建议接受发表。

主编意见：同意发表。