

## 《心理学报》审稿意见与作者回应

题目：合体字与复合词中联结编码和项目编码的关系

作者：赵春宇 郭春彦

---

### 第一轮

#### 审稿人 1 意见：

本文采用 EEG 技术考察了合体字和复合词两种形式的联结编码对项目记忆的影响，发现合体字与复合词联结条件下都显著地提升了联结记忆，但项目记忆只在合体字联结条件下有提升；编码阶段合体字联结比复合词联结在  $\alpha/\beta$  频段的神经振荡去同步化更强，且  $\alpha/\beta$  频段的去同步化可以预测项目记忆成绩。本文为不同形式的 unitization 编码对项目记忆的影响机制及其产生机制提供了新的证据。整体行文严谨，方法得当，逻辑流畅，有一定发表价值。在此有以下问题与作者探讨。

#### 意见 1：

前言：建议介绍与记忆编码直接相关的、且与本文使用的 EEG/ERP 技术和指标/成分相关的研究内容；两个研究之间的逻辑，表述还不够明晰；建议提供一定的研究假设。

#### 回应：

感谢审稿专家的建议。我们在原文的基础上，重新修改了前言的倒数第二段，除了按照两位审稿专家的意见重新梳理了本文的研究假设；我们还添加了与记忆编码相关且与本文使用的 EEG/ERP 指标/成分相关的研究内容的介绍，以及相应的研究假设。此外，我们还在原文的基础上，重新撰写了前言的最后一段，梳理了两个实验间的逻辑关系以及两个实验所对应的所要检验的研究假设。具体的详细修改结果可见修改稿前言中的最后两段。

#### 意见 2：

被试：是否提前预估了样本量？30 名被试的确定依据是什么？

#### 回应：

答：我们使用 G\*power 软件预估了样本量。在实验一中，我们为了检验合体字和复合词两种编码条件是否与前人的研究一致，即能够产生更好的联结记忆成绩。于是我们参考了

前人的研究 (Liu, Wu 等, 2020), 效应量 effect size 设置为 0.76, 置信水平  $\alpha$  设置为 0.05, 统计检验力  $1 - \beta$  设置为 0.9, 得到所需的样本量 sample size 为 21。在实验二中, 由于先前没有研究探讨过合体字与复合词这两种编码方式对项目记忆的影响, 因此我们将效应量设置为中等大小 0.5, 置信水平  $\alpha$  仍然设置为 0.05, 统计检验力  $1 - \beta$  设置为 0.9, 得到所需的样本量 sample size 为 24。我们也在修改稿中添加了对样本量的选择的描述, 详见两个实验中对被试的描述部分。

### 意见 3:

材料: 根据图 1 来看, 重组条件下存在一定的问题: 在本文中, 对于合体字, 学习阶段的“本大”和“成及”, 在测试阶段, 重组合体字为“大及”; 对于复合词, 学习阶段的“页虽”和“不勺”, 早测试阶段, 重组复合词为“勺虽”。以往研究中, 重组条件的操纵, 一般不改变其成分在学习阶段的位置, 比如, 如果编码阶段学学习的是“本大”和“成及”, 那么测试阶段的重组条件应该是“本及”和“成大”。本文中, 作者在测试阶段改变了重组条件下词汇在编码阶段的位置, 原因是什么? 所有重组条件都是这么操作的吗?

### 回应:

感谢审稿人的提问。关于为何有时候会改变重组对中的成分在学习阶段的位置, 我们首先考虑的是: 先前有研究表明 (Liu, Wang 等, 2020; Liu 等, 2021; Liu 等, 2022), 学习阶段能够组成一个整体的字对在测验阶段重组后是否能继续组成一个新的整体, 以及学习阶段不能够组成一个整体的字对在测验阶段重组后是否还能重新组成一个新的整体, 也就是重组字对学习阶段和测验阶段在是否能组成整体这个维度上的一致性可能会影响到联结记忆成绩。为了尽可能地平衡这一因素, 使得学习阶段能够组成整体的字对在重组后既有可以组成整体也有不能组成整体的情况, 以及学习阶段不能够组成整体的字对在重组后也既有可以组成整体也有不能组成整体的情况, 在材料编排的过程中, 我们有时会适当地调整成分在学习阶段的位置。比如, “禾斗”和“米且”进行重组的话, 如果不改变位置则会存在“禾且”和“米斗”这两种组合, 但是“租”和“料”都能组成字, 为了产生不能组成字的情况, 我们有时候会将“斗且”组合在一起。再比如, “光口”和“书下”, 重组后无论是“光下”还是“口书”都不能组成字, 但如果调换位置, “口下”则可以组成“吓”。复合词组亦然。

我们其次考虑的是, 如果不调换顺序, 重组后可能会产生一些奇异的组合, 比如测验阶段重组字对在读音或者字形上相似, 如“兴勿”和“天勿”重组后会出现“匆匆”, “贝才”和“女卑”重组后出现“贝卑”, 导致被试很容易判断出学习阶段没有学过这个组合。最后我们为了避免

合体字对重组后出现复合词以及复合词重组后出现合体字的情况。比如“合鸟”和“木同”重组后会出现“合同”，或者“古人”和“岁月”重组后会出现“古月”即“胡”等情况。

综上所述，为了控制材料在某些因素上的平衡以及避免被试在实验过程中产生一些不必要的误解，因此需要能够产生更多的灵活的配对组合，我们没有控制重组对中的成分在学习阶段的位置。不过需要注意的是，合体字和复合词重组字对都存在其成分的位置与学习阶段不同的情况，因此我们预期这一因素不会对本研究所探讨的实验效应产生影响。

#### 意见 4:

材料：合体字和复合词条件之间存在一定的差异，合体字中的偏旁与该偏旁单独以独立汉字出现时，在呈现方式上是有显著不同的(粗的左偏旁 vs 米)，这是合体字条件下整合编码难度大原因之一？

#### 回应:

抱歉由于我们表述得不够清楚给审稿人带来的困惑。诚如审稿人所言，相比于复合词，合体字编码方式更难的主要原因之一是，在合体字的编码过程中，被试不仅需要两个成分联结成为一个新的整体，在此之前被试还需要对这两个部分进行变形。例如，在编码“禾且”时，被试需要先在工作记忆中保持“禾”和“且”这两个字，然后在工作记忆中将“禾”加工为禾字旁，然后将禾字旁和“且”组合到一起。而以上过程，在复合词编码过程中则不需要。比如编码“天下”这个复合词，被试先在工作记忆中维持“天”和“下”，然后只需要在心理词典中去搜索“天下”这个词即可，并不需要对“天”或者“下”进行多余的操作。由此可见，相对于合体字，复合词编码所需要的心理操作更少，消耗的认知资源也更少，因此会更加简单。感谢审稿人的提醒，我们在文章中添加了相应讨论，见 4.1 部分的第三段。

#### 意见 5:

数据收集与分析：没有说明采用哪种统计分析方法，95% CI 指的是条件间差异值的 95% CI？CI 首次出现时要呈现全称 confidence interval；研究一行为结果统计分析全部是 t 检验，研究二采用的是方法分析？研究二还额外呈现了击中和虚报，建议保持一致。

#### 回应:

在实验一中，我们主要关注成字与不成字条件、成词与不成词条件的 Pr 差异是否显著（以验证这两种编码条件是否与前人研究一致，都能促进联结记忆），以及成字与成词条件间的编码难度评分是否差异显著（以明确两种编码条件难度的问题），因此实验一全都采用

用  $t$  检验进行差异性检验。在实验二中，由于我们关注是否形成整体对项目记忆的影响，在两种编码条件间是否存在差异，因此我们主要采用方差分析。抱歉在数据收集与分析部分没有对统计分析方法加以说明，我们已在 2.1.5 和 3.1.6 中的第一段中添加了相应的描述。

另外，我们仔细回顾了全文，发现额外呈现的击中和虚报似乎没有太大意义，且它们也已由 Pr 值所代表，为了与实验一保持一致，我们决定删去实验二中关于击中率和虚报率的结果部分，并重新做了实验二部分的图 4（图 4 原本左侧的击中率和虚报率换成了与实验一对应的反应时）和表 2（删除了击中率和虚报率）。感谢审稿人这一宝贵的建议。

#### 意见 6:

研究二，编码阶段 ERP 结果为什么不在考察经典的相继记忆效应基础上，再比较两种编码条件间差异？TFR 结果同问。

#### 回应:

感谢审稿人的提议。这是一个非常好的研究方法。其实我们在实验前也考虑过这一问题，但是很可惜，在我们当前的研究中难以实现。原因如下：为了避免重复条件间材料的重复使用，因此合体字的每个成分在实验中都是独一无二的。加之虽然汉字的个数很多，但是本研究只采用了左右结构的汉字，导致实验二中每种条件下只有 60 个试次。而实验二中成字条件下多数被试的击中率大多在 0.75 以上，这就导致大多数被试的错误试次在去除伪迹试次后不到 15 个，叠加平均后难以消除噪声的影响。虽然部分条件下部分被试的正确率在 0.6 左右，但这样的被试并不多（不超过 20 名），且并非在所有条件下都是 0.6 左右的正确率。因此也难以达到足够的统计检验力。总之，主要原因是独体字材料有限，以及大多数被试的正确率都较高，因而难以进行相继记忆效应的分析，后续研究也可以考虑从这个角度进行分析。TFR 没有进行相继记忆效应分析的原因也是如此。

#### 意见 7:

几个小问题，1) 正文括号中的英文参考文献，请注意三个或多个著者的文献引用方式。2) 正文中哪一术语与英文摘要中的 unitization 相对应？前言中是否有提到？3) 英文摘要尚有语法问题。

#### 回应:

1) 三个或多个著者的引用方式我们参考了心理学报最新收录的文章中的引用格式，即三个及以上的作者只写第一个作者，后续的用等表示，只有一个作者和两个作者的文章全写

上，虽然之前《心理学报》的文章也有三个作者的文章，第一次出现的时候会写全的情况。我们暂时也不确定应该选用哪种格式，我们愿意根据编辑的意见，在最终稿中对参考文献的格式进行修改。

2) unitization 这个概念最开始确实是来自英文文献，根据其操作性定义，它的意思应该是将两个项目绑定成一个整体。在中文文献中，有作者将其翻译成“一体化”，也有作者将其翻译成“整合”。为了避免术语上的混淆，本文的并没有在汉语中用某个词语来替代 unitization 这一概念，因为“复合词”或者“合体字”本身就带“将两个部分组成整体”，即“unitization”这样一种意思在里面，因此就没有再强调 unitization 的对应翻译。当然，审稿专家如果有比较好的翻译版本的推荐，我们将非常愿意接受。

3) 感谢审稿专家的意见，我们已进一步对英文摘要部分进行了修改。

#### 参考文献:

- Liu, Z., Wang, Y., & Guo, C. (2020). Under the condition of unitization at encoding rather than unitization at retrieval, familiarity could support associative recognition and the relationship between unitization and recollection was moderated by unitization-congruence. *Learning & Memory*, 27(3), 104-113.
- Liu, Z., Li, X., Li, X., Yuan, J., Guo, C. (2022). From Encoding to Retrieval: Change in Level of Unitization Resolves Debate About Unitization's Effect on Associative Recognition. *Psychophysiology*, Accepted.
- Liu, Z., Wu, J., & Guo, C. (2021). The effect of unitization on associative recognition was not moderated by the unitization-congruence between original and rearranged picture pairs (UC) for picture stimuli. *Psychological Research*, 85(1), 268-279.
- Liu, Z., Wu, J., Wang, Y., & Guo, C. (2020). Unitization does not impede overall item recognition performance: Behavioral and event-related potential study. *Neurobiology of Learning and Memory*, 167, 107-130.
- .....

#### 审稿人 2 意见:

本文探讨了汉语中基于构字法将两个部件组成一个合体字以及基于构词法将两个语素组成一个复合词的编码过程及其对联结记忆和项目记忆的影响。这是一个比较有意思的探讨角度。研究也发现了一些有意思的结果。对此文有以下建议:

#### 意见 1:

从两个实验的组成以及结果的分析，除了项目记忆，还涉及到联结记忆，题目只说明对项目记忆的影响，是否不全？

#### 回应:

感谢审稿专家的建议，我们已对文章的题目进行了修改。

#### 意见 2:

第三段列举了各种的复合词类型和合体字的结构类型，但本文并不探讨这些类型，意义不大，建议简略阐述。

以往研究是否探讨过合体字与复合词之间的差异，它们在加工上有何不同，这方面的文献背景几乎没有涉及，建议增加，不然无法理解本文提出的假设。

#### 回应:

关于这两条建议，我们已根据审稿专家的意见进行了修改。主要见引言的倒数第三段。在原文引言的倒数第三段中，如审稿专家所说，本文并不探讨具体的种类，因此我们不再介绍复合词类型和合体字的结构类型的相关内容，而是在这一段中补充了前人文献关于这两种编码方式的认知操作过程的介绍。

#### 意见 3:

本文提出假设，“相比于两个汉字不能联结形成一个整体的情况，将两个字组成复合词的操纵会提升项目记忆，而将两个字组成合体字的操纵会减弱项目记忆。”这个假设的基础是什么？“在将独体字联结成合体字的过程中，首先需要对独体字进行加工，然后要将其转变为部件（比如偏旁或者部首），最后是联结组成合体字，因此整个过程比较困难；而在组成复合词的过程中，项目在头脑中不需要过多的操作就能成整体，相对而言其加工过程更加简单。”这些是作者的推测还是已有的研究结果？需要做出合理的说明。

#### 回应:

这部分是我们的推测，因为复合词的加工是语素加工，而语素则是单个呈现的字，因此语素加工的过程只需要被试在心理词典中对这两个字组成的词语进行搜索即可完成，并不需要将单个的汉字进行变形等额外的心理操作，因此消耗的认知资源更少，比较简单。而合体字的加工，需要在正字法的规则之下将两个部件加工成一个整体，这一过程其实和复合词的加工是类似的，也需要被试在符合正字法规则的心理词典中对这两个部件组成的合体字进行搜索。但不同之处在于，如审稿专家 1 所说，合体字中的偏旁与该偏旁单独以独立汉字出现时，在呈现方式上是有显著不同的，将两个汉字组合成合体字之前，需要将汉字在工作记忆中进行维持和操作，因此消耗的认知资源更多，认知操作更困难。

由于以上论断主要还是推论，更适合用于讨论部分解释两种编码方式不同背后的原因，

可能不再适合作为实验之前的研究假设的依据，因此我们在引言倒数第二段重新梳理了本研究的研究假设。虽然本研究主要是探索性的研究，主要探究的就是两种将汉字联合成一个整体的编码方式（合体字联结和复合词联结）对联结记忆和项目记忆的影响，但根据 Anderson 和 Bower（1972）的观点，大脑对项目信息和联结信息的加工存在某种权衡（tradeoff），如果将项目联结成为整体的认知操纵更简单，那将会有更多的认知资源可用于加工项目，项目记忆则会得到提升；如果将项目联结成为整体的操作比较难，那用于加工项目的认知资源将会减少，因而项目记忆不变甚至削弱。因此我们仍可以假设复合词与合体字两种编码条件间，在编码过程更容易的那个条件下，其项目记忆成绩将会更好。除此之外，我们也根据前人的研究，对其促进或阻碍项目记忆背后的神经机制进行了假设，见引言最后一段。

#### 意见 4:

方法及统计部分阐述得较为复杂，且占的篇幅占多，是否可以简化？

#### 回应:

本研究所使用的分析方法较多，除了传统的行为结果，关于脑电数据，我们还进行了 ERP 分析、多体素模式分析（MVPA）、时频分析以及最后的脑电和行为结果之间的相关性分析。在这些分析中，影响 ERP 结果的参数有电极位置和时间窗的潜伏期和长短的选择；影响 MVPA 结果的参数包括将哪些电极特征纳入进行分类、时间窗的长度、步长的长度以及分类器的选择、交叉验证如何进行；影响时频分析结果的参数包括不同频段如何划分（多少 Hz 到多少 Hz 为感兴趣的频段）、时频转换的方式（傅里叶变换还是小波变换）、时频转换后如何进行基线校正以及最后如何确定显著的时窗和电极；相关分析中也涉及用于相关的两列数据的选择。

综上所述，有许多参数会影响到实验的结果。为了保证其他研究人员可以重复本研究结果，以及如果有读者需要，在我们向他们提供我们的原始数据后，他们也可以根据文中的描述进行相应的分析以重复出我们的结果，因此，我们尽可能地在简明扼要的基础上对我们的数据分析流程进行较为详细地描述。还请审稿专家谅解。

#### 意见 5:

讨论部分：“虽然合体字编码与复合词编码都诱发了 LNC 成分，但不同之处在于，复合词编码的 LNC 效应在时间上出现较早且分布于额叶区域，而合体字编码的 LNC 效应出现得更晚且主要分布于枕叶区域。”这是本文发现的两种组合类型在加工中存在的差异，但对这

差异代表了两种类型分别是怎样的加工，该文没有做合理解释。

回应：

感谢审稿专家的提醒，我们认为这两种成分所反映的认知加工确实是不同的。不同点主要在于早期 LNC 代表的是将两个字组成一个双字复合词的加工，这属于语素加工（Chung 等，2010；Ip 等，2019），被试在大脑中需要加工的是这两个项目的语义并将二者在语义上进行绑定（Chung 等，2010；Gao 等，2022），最后在心理词典中对这两个字组成的词语进行检索。而合体字编码所诱发的晚期 LNC 代表的是在亚词汇水平上对字的不同部件进行加工并在外形上进行绑定，最后判断这两个项目组成的整体是否符合正字法规则（Anderson 等，2013；Su 等，2015），被试需要在符合正字法规则的心理字典中对这两个字组成的合体字进行检索。关于这两种编码间的差异，更详细的讨论见 4.1 部分的第二、三段。

参考文献：

- Anderson, J. R., & Bower, G. H. (1972). Recognition and retrieval processes in free recall. *Psychological review*, 79(2), 97.
- Anderson, R. C., Ku, Y. M., Li, W., Chen, X., Wu, X., & Shu, H. (2013). Learning to see the patterns in Chinese characters. *Scientific Studies of Reading*, 17(1), 41-56.
- Chung, K. K., Tong, X., Liu, P. D., McBride-Chang, C., & Meng, X. (2010). The processing of morphological structure information in Chinese coordinative compounds: An event-related potential study. *Brain Research*, 1352, 157-166.
- Gao, F., Wang, R., Armada-da-Silva, P., Wang, M. Y., Lu, H., Leong, C., & Yuan, Z. (2022). How the brain encodes morphological constraints during Chinese word reading: An EEG-fNIRS study. *Cortex*, 154, 184-196.
- Ip, K. I., Marks, R. A., Hsu, L. S. J., Desai, N., Kuan, J. L., & Tardif, T. (2019). Morphological processing in Chinese engages left temporal regions. *Brain and language*, 199, 104696.
- Su, M., Wang, J., Maurer, U., Zhang, Y., Li, J., McBride, C., ... & Shu, H. (2015). Gene-environment interaction on neural mechanisms of orthographic processing in Chinese children. *Journal of neurolinguistics*, 33, 172-186.

---

## 第二轮

审稿人 1 意见：

由于以往研究主要关注 unitization 对记忆提取阶段的影响，而本文则对 unitization 编码阶段的认知和电生理机制进行探讨，尤其是比较了两种联结编码形式的差异，因此有一定发表价值。围绕当前的修改版本，尚存以下疑问：

### 意见 1:

关于实验材料，私以为，对于在测试阶段重组条件下可能会出现“奇异组合”或“组合性质改变”的字词，在实验材料筛选阶段，就应该被排除。作者认为“合体字和复合词重组字对都存在其成分的位置与学习阶段不同的情况，因此我们预期这一因素不会对本研究所探讨的实验效应产生影响”，我不认可，一是，记忆成分在测试阶段发生变化，其对项目记忆的影响，在两种条件内部，都可能存在；而是，作者并没有呈现，两种条件下，存在位置改变的情况占比多少？除非，作者可以提供证据，证明记忆成分位置改变并不影响项目记忆的行为表现及其相应的脑电结果。

### 回应:

感谢审稿专家对本文进行细致且严谨的审阅。关于在测验阶段颠倒项目在学习阶段的位置是否会影响实验效应这一问题，我们是做如下考虑的，请专家批评指正。

在测验阶段，某一联结中的成分与学习阶段交换位置这种情况仅存在于本文的第一个研究中，该研究的目的有两个：（1）考察两种联结编码方式对联结记忆的影响；（2）两种联结编码方式的难易程度。因此，实验一只涉及对联结记忆的考察，不考察其对项目记忆的影响，也未讨论背后的神经机制。虽然实验二涉及对项目记忆的考察且讨论了背后的神经机制，但在该研究中，学习阶段仍然是一左一右两个字同时呈现组成一个字对，测试阶段只在屏幕中央呈现单个项目以考察项目记忆再认，因此实验二并不涉及测试阶段项目的位置和学习阶段的位置颠倒的情况。事实上，像这种在学习阶段采用联结学习而在测试阶段考察项目记忆的范式，我们也是参考了在先前的研究（见 Pilgrim et al., 2012; Liu et al., 2020）。

关于实验一中再认阶段项目位置改变是否会影响联结记忆的行为表现这一问题，我们查阅文献后发现，前人研究的确表明，交换顺序后会降低被试的联结记忆成绩（Giovanello et al., 2009; Wiegand et al., 2010; Bader et al., 2014; De Brigard et al., 2020），其中两篇文献还发现位置是否改变和 unitization 与 non-unitization 这两个因素之间的交互作用不显著（Giovanello et al., 2009; Bader et al., 2014）。由于实验一的目的主要是考察，相比于非字条件或者非词条件，字联结编码与词联结编码方式是否能够提升联结记忆，因此，我们非常认同审稿专家的观点，即有必要进一步考察实验一所得到的结果（无论字联结还是词联结，相比于非字或者非词条件都能显著地提升联结记忆）是否是由位置的混淆导致的。

下面，我们将结合各个条件下存在位置改变的比例，分别讨论联结记忆的提升是否有可能是由于项目位置改变导致的。首先，对于字联结组，成字条件下重组字对中交换位置的刺激对有 10 个（总数为 30），而不成字条件下交换位置的刺激对为 0 个（总数为 30）。由于前

人研究发现，交换顺序后会降低被试的联结记忆成绩，所以在字联结组中，成字条件下比不成字条件下有更高的联结记忆成绩则不会是由位置效应导致的。因为如果排除掉成字条件下的交换顺序的字对，成字条件下的联结记忆成绩只会更高，而不成字条件下的联结记忆成绩则不受影响。保险起见，我们排除所有涉及位置交换的重组字对后，重新计算了两种条件下的 Pr。结果表明，成词条件下的平均 Pr 为 0.72（标准差为 0.16），不成词条件下的平均 Pr 为 0.26（标准差为 0.18），且两种条件间的差异仍然极显著（ $t_{(1, 29)} = 13.57, p < .001$ ）。对于词联结组，成词条件下重组字对中交换位置的刺激对有 17/30，而不成词条件下交换位置的刺激对为 24/30。我们仍然排除所有涉及位置交换的重组字对后，重新计算了各条件下的 Pr。结果表明，成词条件下的平均 Pr 为 0.59（标准差为 0.18），不成词条件下的平均 Pr 为 0.32（标准差为 0.26），且两种条件间的差异仍然极显著（ $t_{(1, 29)} = 5.64, p < .001$ ）。

综上所述，前人的研究表明测试阶段交换项目的位置的确会对被试的联结记忆产生影响，但这一影响并不足以改变本文实验一中得到的主要结果，即基于构词法将不同语素组成一个复合词或者基于构字法将两个不同的部件组成一个新的合体字都能够显著地提升联结记忆。当然，没有在位置这一因素上平衡实验材料，的确是本研究的一项不足。将来的研究可能需从这方面进行平衡，甚至进一步探讨测试阶段项目的位置是否会影响被试的联结记忆。我们在综合讨论的不足与展望部分中添加了相关内容。

## 意见 2:

在合体字的编码过程中，“被试不仅需要两个成分联结成为一个新的整体，在此之前被试还需要对这两个部分进行变形”，由此看来，合体字联结和复合词联结之间的主要差别在于：合体字在完成联结过程(unitization)之前，需要对单个字体进行额外的操作；而复合词则不需要。如果是这样的话，两种条件间的不同之处，并不是联结编码本身，而是联结编码之前的“预操作”。如此推断，作者认为“合体字联结编码更难”恐怕并不成立；因为存在这样的一种可能：即两种条件下的 unitization 过程并无差异，差别仅体现在 unitization 之前，合体字条件下需要对单个字进行特殊加工，这也正是该条件下 item memory 成绩更好的原因；相应的 EEG 结果可能也主要反映的正是被试对单个字的变形加工所涉及的脑电活动。

## 回应:

本研究的主要目的在于，考察基于构词法将不同语素组成一个复合词，和基于构字法将两个不同的部件组成一个新的合体字这两种编码方式，对项目记忆的影响以及背后的认知与神经机制。虽然我们的实验结果表明，相比于通过复合词将两个项目组合成一个整体的编码

方式，通过合体字的方式组合成一个整体的编码方式被试认为更有难度，但背后具体哪些过程导致了被试认为合体字编码更难还有待明确。

正如审稿专家所言，合体字联结和复合词联结之间的主要差别在于：合体字在完成联结过程(unitization)之前，需要对单个字体进行额外的操作；而复合词则不需要。因此，两种条件间的不同之处，并不是联结编码本身，而是联结编码之前的“预操作”。我们完全同意专家的观点，这其实也正是我们想表达的。用合体字的方式将两个项目组合成一个整体的编码方式，之所以能够提升项目记忆成绩，我们推测可能是由于在正字法加工之前被试对项目有了更深入的加工。至于后续的 unitization 的过程是否也对项目记忆的提升也有贡献，还有待其他研究进一步的证实。

由于两种条件间的不同之处，并不是联结编码本身，而是联结编码之前的“预操作”，因此“合体字联结编码更难”的表述确实显得不太恰当。因为完全有可能更难的过程只有 unitization 之前的“预操作”，而 unitization 的过程并无差异。为了使表达更加严谨，我们将全文中所有涉及“合体字联结编码更难”的表述都改成了“将两个项目加工成一个合体字更难”或“基于合体字的编码更难”，因为将两个项目加工成一个合体字或者基于合体字的编码，不仅包括“预操作”的过程，也包括 unitization 的过程。

### 意见 3:

由于研究二并没有在相机记忆效应基础上比较条件间差异，导致研究结果很难完全与记忆的成功编码建立直接关系，也可能仅仅反映的是，合体字条件下更多注意资源的投入或额外的认知加工。

### 回应:

研究二虽然没有用相继记忆效应的方法探讨编码时的神经指标与记忆之间的关系，但我们使用了相关的方法进行探讨。在研究二的 3.2.5 相关分析中，我们将成字条件与成词条件间编码阶段  $\alpha/\beta$  振荡的差值与提取阶段击中率的差值进行了相关性分析，结果表明两个差值呈现出显著的负相关。也就是说，相比于成词条件，成字条件下编码时的  $\alpha/\beta$  振荡去同步化越强，提取阶段项目记忆就提升得越多。相关性分析其实和相继记忆效应的方式考察编码时哪些神经指标与记忆编码过程有关的逻辑类似，都是以提取阶段的记忆表现作为自变量，以编码阶段的神经指标作为因变量，观察因变量是否随着自变量的变化而显著地改变。

综合所有的 ERP 结果和 TFR 结果来看，也只有左侧中央区域的  $\alpha/\beta$  频段去同步化对记忆成绩的提升有着显著贡献，而其他 ERP 指标和其他频段的 TFR 指标则不行，他们可能的

确只是学习阶段与记忆无关的一些心理过程，最终并没有对研究二中的项目记忆产生影响。当然，他们也有可能是对记忆的其他方面进行了编码，比如联结记忆，来源记忆等，由于研究二只考察了项目记忆，所以以上观点还有待证实。

当然，用相继记忆效应来研究编码时的哪些心理过程与记忆编码过程有关也是一种非常方便且有效的方式。但由于本研究中试次数量有限，导致没有足够有效且干净的试次用于叠加平均以获得有足够信噪比的信号，这也是本研究的一项不足。未来的研究也可以试图从相继记忆效应的角度进行探索。我们也在综合讨论的不足与展望部分中添加了相关内容。

#### 意见 4:

关于参考文献，如果是三个作者或以上，对于英文文献，举例来说，应为 Giovanello et al., 2003，而不是 Giovanello 等, 2003 这种奇怪的组合。 3.1.1 “...得到所需的样本量 sample size 为 24”，建议删除 sample size 英文摘要：“...their effects of associative and item memory” 应为“...their effects on associative and item memory” 建议添加页码，方便说明位置。

#### 回应:

我们已对正文中三个或三个以上作者的参考文献的引用格式进行了修改；此外，也删除了研究二中被试部分的“sample size”；最后，英文摘要部分存在的语法错误也进行了修正。再次感谢审稿专家指出我们的错误。

#### 参考文献:

- Anderson, R. C., Ku, Y. M., Li, W., Chen, X., Wu, X., & Shu, H. (2013). Learning to see the patterns in Chinese characters. *Scientific Studies of Reading, 17*(1), 41-56.
- Bader, R., Opitz, B., Reith, W., & Mecklinger, A. (2014). Is a novel conceptual unit more than the sum of its parts?: fMRI evidence from an associative recognition memory study. *Neuropsychologia, 61*, 123-134.
- Chung, K. K., Tong, X., Liu, P. D., McBride-Chang, C., & Meng, X. (2010). The processing of morphological structure information in Chinese coordinative compounds: An event-related potential study. *Brain Research, 1352*, 157-166.
- De Brigard, F., Langella, S., Stanley, M. L., Castel, A. D., & Giovanello, K. S. (2020). Age-related differences in recognition in associative memory. *Aging, Neuropsychology, and Cognition, 27*(2), 289-301.
- Gao, F., Wang, R., Armada-da-Silva, P., Wang, M. Y., Lu, H., Leong, C., & Yuan, Z. (2022). How the brain encodes morphological constraints during Chinese word reading: An EEG-fNIRS study. *Cortex, 154*, 184-196.
- Giovanello, K. S., Schnyer, D., & Verfaellie, M. (2009). Distinct hippocampal regions make unique contributions to relational memory. *Hippocampus, 19*(2), 111-117.
- Ip, K. I., Marks, R. A., Hsu, L. S. J., Desai, N., Kuan, J. L., & Tardif, T. (2019). Morphological processing in Chinese engages left temporal regions. *Brain and language, 199*, 104696.

Liu, Z., Wu, J., Wang, Y., & Guo, C. (2020). Unitization does not impede overall item recognition performance: Behavioral and event-related potential study. *Neurobiology of Learning and Memory*, 167, 107-130.

Pilgrim, L. K., Murray, J. G., & Donaldson, D. I. (2012). Characterizing episodic memory retrieval: Electrophysiological evidence for diminished familiarity following unitization. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 24(8), 1671-1681.

Su, M., Wang, J., Maurer, U., Zhang, Y., Li, J., McBride, C., ... & Shu, H. (2015). Gene-environment interaction on neural mechanisms of orthographic processing in Chinese children. *Journal of neurolinguistics*, 33, 172-186.

Wiegand, I., Bader, R., & Mecklinger, A. (2010). Multiple ways to the prior occurrence of an event: An electrophysiological dissociation of experimental and conceptually driven familiarity in recognition memory. *Brain research*, 1360, 106-118.

.....

**审稿人 2 意见:**

修改后的论文问题提出更清晰，整体质量较好。一个小建议:

**意见 1:**

引言的最后一段，表述上可以再调整一下，如两种联结编码方式的难易程度，这个应该是所有假设的前提，作为第二个考察的问题，会给人感觉不太合理。

**回应:**

感谢审稿专家对本文的认可，同时也感谢审稿专家的这一建议。我们已对引言中实验一所要验证的两个问题的顺序进行了调整。诚如审稿专家所言，探究两种联结编码方式的难易程度是首先要解决的问题，在此基础上才能进行后面的探讨。因此，我们需要先检验（1）两种联结编码方式的难易程度（明确假设 1 中涉及到的难度问题）；再检验（2）两种联结编码方式对联结记忆的影响（检验是否与前人的研究一致，即是否两种编码方式都能够提升联结记忆）。具体的修改部分见引言倒数第二段。

---

**第三轮**

**审稿人 1 意见:**

作者很好地回答了问题并对稿件做了进一步修改，建议进一步修改后发表。尚存几个小问题:

**意见 1:**

P2: “有研究者使用 ERP (event-related potential) 技术发现...”应为“有研究者使用事件相关电位技术 (event-related potential, ERP) 发现...”

回应:

已修改, 见引言第三段。

意见 2:

统一术语: 晚期慢波成分 vs 晚期负成分, 如果采用晚期负成分这一术语, P2, “...会诱发一个分布于额叶的晚期慢波成分...”, 此处看起来应该为 LNC 首次出现, 需修改为“...会诱发一个分布于额叶的晚期负成分 (late negative component, LNC) ...”; P10, “在 ERP 的分析中我们主要关注晚期负成分 (late negative component, LNC) ...”, 此处非第一次出现, 应修改为“在 ERP 的分析中我们主要关注 LNC...”。请作者酌情修改。

回应:

关于 Fabiani 等人 (1990) 的这篇文献, 我们再次确认了一下, 这篇文献中只提到了晚期慢波成分, 但并非负波, 所以我们在一开始没有明确说明这是晚期负成分。尽管如此, 这句话中剩下的四篇文献都是晚期负成分。为了不引起读者的误解以及表达上更加地规范, 我们拟删去 Fabiani 等人 (1990) 这篇文献, 并接受审稿专家的建议, 在这句话中直接引出晚期负成分 (late negative component, LNC)。我们已对文章中相应部分进行了修改。

意见 3:

P11, “...即事件相关频谱扰动, ERSP, event-related spectral permutation...”。首先, ERSP 是 event-related spectral perturbation 的缩写, 注意是 perturbation 不是 permutation; 其次, 建议顺序调整为“...即事件相关频谱扰动, event-related spectral perturbation, ERSP...”; 其实英文术语放在中文术语后面的括号里比较常见。

回应:

感谢审稿专家的细心指正, 我们已进行了修改, 见 3.1.6 数据分析部分。另外, 由于“事件相关频谱扰动, event-related spectral perturbation, ERSP”这部分内容已经在括号中, 为了避免中文书写中括号的套用, 在此我们没有再将英文部分放到括号中。

意见 4:

图 6 的地形图, 是否根据差异波所作? 如果是的话, 请在方法中说明是哪种条件减去哪种条件, 获得差异波。

回应:

抱歉这部分表述得不够清楚。地形图为成字条件下诱发的ERP减成词条件下诱发的ERP所得到的差异波。我们已在实验二中图6的图注中添加了相关内容，并修改了图6右侧地形图中最下面的文字描述部分，以求读者可以更快速、清楚地了解地形图的来源。

**意见5:**

摘要和结论中均没提及ERP结果，请作者考虑是否添加。

**回应:**

感谢审稿专家的建议，我们已在摘要中添加上了ERP的结果。

---

## 第四轮

**编委意见:**

文章经过两轮审稿和修改解答了审稿专家所提的问题一些，但也有一些问题没有做出相应的修改。我看了修改稿和回复后有以下主要建议供作者参考：

**回应:**

感谢编委专家一直以来对这篇稿件的关注和辛勤付出。在收到您对此篇稿件的评审意见后，我们重新回顾了全文，我们发现在原稿和之前的回复中，确实是我们有些瞻前顾后，没能很好地表达出我们的想法。对您提出的宝贵意见，我们力图深入理解（当然，如果我们理解有误，也希望进一步探讨），并在此基础上对我们的想法进行了进一步的梳理。由于修改稿（本次）中的回复是根据复审意见逐条进行的，因此，在表达文章逻辑链的完整性上该回复可能会显得有些不足。下面，我们将对您复审意见回复中的思路和本实验研究我们的思路之间的异同点进行简单的比较，以期更好地体现出我们的实验设计、以及我们想要探索的研究问题和本文的研究逻辑。解释如下：

依据我们理解，您对本研究的期望似乎是探究合体字和复合词这两种编码方式在影响记忆的过程中，其内部具体哪些心理过程在影响记忆。不知以上我们的理解是否合乎您的本意？诚然，这是一个很重要的研究问题，对我们理解汉语、学习汉语以及如何利用汉语的一些特性来促进记忆都很重要。按照这个逻辑，我们可能可以通过控制加工汉字的不同过程（比如部件水平的感知阶段、语素加工阶段、正字法加工阶段、语义提取阶段等心理过程）来考察它们分别对记忆产生如何影响，进而弄清楚正字法加工或者复合词加工如何影响记忆以及为什么可以影响记忆。

以上问题确实非常重要、也亟待解决，但不是本研究真正想要关心的问题。本研究主要关注的是：将两个项目（独体汉字）绑定成为一个整体，这一认知过程（无论是通过合体字还是复合词进行绑定）对后续提取阶段联结记忆成绩和项目记忆成绩的影响，进而推测在绑定的过程中，大脑在对联结信息进行更深入且更精细化的编码时，是否会对项目信息进行忽略，即减弱对项目的编码。按照这个逻辑下来，我们只要使用两种不同的联结编码方式，使这两种编码方式下的联结记忆成绩产生差异，然后考察这两种编码方式间的项目记忆成绩是否也存在差异，就能解决这个问题。如果联结记忆成绩提升的同时，项目记忆成绩没有受损，则说明在绑定的过程中大脑没有忽略项目信息，即项目的编码没有受损。事实上，我们的结果也能够证明我们的猜想。记忆成绩的结果表明，无论是相比于非整合的条件，整合条件下（合体字和复合词条件）的联结记忆成绩得到提升的同时项目记忆成绩并没有受损；还是相比于复合词条件，合体字条件下的联结记忆成绩提升的同时项目记忆成绩也没有受损的结果，都说明在将项目绑定成为一个整体的过程中，大脑并不会忽略与项目有关的信息，即大脑对项目的编码不会减弱。另外，脑电的结果还从编码的角度更进一步且更直接地支持了这一观点。最后，从将神经科学应用于教育实践的角度来看，如果学生在学习词语的情况下，同时辅以合体字以及构成合体字的独体字的引导和学习，也许可以产生汉字学习的叠加效应，提高学习效率。

综上所述，虽然编委您和我们的实验两种研究思路都是在研究合体字编码和复合词编码对记忆的影响，但两种思路背后所要探讨的问题是不一样的。前一种思路似乎是在探讨合体字整合中具体哪些心理过程对记忆产生了什么样的影响，我们的实验研究思路则是探讨整合的过程中联结编码和项目编码之间的关系。很抱歉在之前的稿件中没能清晰地阐明文章的逻辑和研究思路，由此给编委专家在审稿过程中带来了困惑和误解。也很遗憾本研究暂时还无法回答您关心的问题，但或许我们可以在后续的其他研究中进一步地探讨这些问题，也希望编委专家能够给予理解和支持。

#### 意见 1:

文献综述部分有关理论观点的阐述需要进一步加强。联结记忆和项目记忆成绩分别是联结编码和项目编码的“产品”，根据两类理论的具体观点，我的理解是：两类理论都是在资源有限的视角下提出的，第一种观点认为联结编码和项目编码是同时进行的，两者共用有限的认知资源；第二种观点假设先进行项目编码再进行联结编码，两类编码过程未共用有限的认知资源。因此，第一种观点认为两类记忆存在互相损害，而第二种观点认为两类记忆存在

相互促进。针对具体加工过程，两类编码之间的关系是两类理论的争论焦点吗？记忆成绩是编码后输出的产品，由此可以推断两类编码过程是如何进行的？建议根据引言部分所提出的两类理论进行较为深入的阐述，简要列举并总结相关的研究发现支持两类理论的观点。

回应：

抱歉这一部分在引言中介绍得还不够明确，给编委专家带来了困扰。关于将不同的项目联结成一个整体后对项目记忆的影响的争论，确实如编委专家所言：看似讨论的核心是提取阶段对项目记忆的影响，实则是在讨论编码阶段对项目的编码。查阅文献后发现（Pilgrim et al., 2012; Liu et al., 2020; 刘泽军 & 郭春彦, 2022），两类理论争论的焦点其实在于，将不同项目联结成一个整体后其组成成分是否会被掩盖的问题。项目记忆会受损的观点认为，联结成整体后会使得被试忽略其组成成分，因此导致项目得到的编码较少，因而在提取阶段表现出项目记忆受损。不损害项目记忆的观点则认为，联结的过程本身就需要建立在对项目进行加工的基础上，只有对项目进行了充分编码后，联结才能发生，因此在编码时项目并不会被整体所掩盖，所以在提取阶段会表现出项目记忆不受影响。关于两类观点争论的核心问题，我们也在引言第 2 段中添加了更加详细的阐释和说明。

意见 2：

影响记忆成绩的因素不仅包括认知资源，而且包括了加工深度（或加工水平）。

（1）这语素加工和正字法加工的机制和层次不同，其加工深度如何进行衡量和对比？

（2）认知资源和加工深度影响记忆成绩的具体表现是什么？两类影响因素在对记忆成绩的影响上是否会产生交互作用？

（3）作者在提出假设时主要针对的是 Anderson 和 Bower（1972）的观点，认为“编码过程更容易的条件下，其项目记忆成绩将会更好”，这与记忆的加工深度理论观点不同。研究者是如何考虑加工深度对记忆成绩的影响的？

回应：

我们首先回答本问题中编委专家的第 3 个小问。首先，关于“编码过程更容易的条件下，其项目记忆成绩将会更好”的表述，前人的观点是，联结编码更容易的条件下，项目记忆的成绩将会更好。因为如果根据项目记忆会受损的说法，即联结编码和项目编码是相互竞争的逻辑，那么联结编码越难，消耗的认知资源就会更多，则项目加工能得到的资源就更少，因此项目记忆就会受损；反之，如果联结编码越简单，联结编码消耗的认知资源就会较少，则项目能得到的资源就会更多，得到的加工也会更加深入，因此项目记忆就不会受损。由此可

见，这其实与加工深度理论观点不矛盾。其次，关于项目记忆的另一观点其实也与加工深度的理论观点不矛盾。原因如下：因为项目编码和联结编码二者是相辅相成互相促进的，因此更难的联结编码不光意味着联结得到了更加深入的加工，同时意味着项目也会得到更加深入的加工，因此提取阶段的项目记忆成绩将不会损害甚至会得到提升。

综上所述，两种观点其实都与加工深度理论不矛盾，可以说二者都是在加工深度的理论框架下探讨联结记忆和项目记忆。这两种观点的分歧主要在于，在将项目绑定成为一个整体的过程中，形成的这个联结在得到更深的加工的同时，另一部分（即项目）是否也会得到完整且深入的加工。项目记忆损害的观点则认为整体会掩盖掉部分，即大脑对项目的加工将会减少；而项目记忆不受损的观点则认为，项目同样也会得到更加深入加工。

接下来我们回答编委专家的第 1 和第 2 个问题。首先，我们非常理解编委专家对认知资源和加工因素这两个因素在本实验中可能造成的因素混淆的担忧。诚如编委专家所言，语素加工和正字法加工的机制和层次不同，其加工深度可能也会有所不同。我们认为，同时衡量和控制认知资源和加工深度以及可能会影响记忆的其他因素的确会非常困难，但在本研究中并不是必要的，原因如下：

本研究的目的是探究联结记忆和项目记忆的成绩，从而推测背后联结编码和项目编码的关系，我们的目的不是研究认知资源或者加工深度这些内在的因素对联结编码和项目编码的影响，而是联结编码和项目编码之间的关系，即大脑对联结进行更加深入且精细的编码的同时，项目编码是否会被减弱。根据先前文献中的研究思路，如果联结记忆成绩提升的同时，项目记忆成绩没有减少，就证明了我们的假设，即在对项目进行绑定的过程中与项目有关的信息没有被掩盖；反之，如果绑定不同项目成为一个整体的同时项目记忆成绩受损了，则表明二者之间可能是竞争关系，会损害项目编码。当然，无论是联结记忆成绩还是项目记忆成绩的提升，背后的确有可能是认知资源的增加或者加工深度导致的，这或许可以成为接下来进一步研究的方向。

我们再次对之前在引言中问题的提出表达得不够明确清晰从而给编委专家带来了误解表示抱歉。非常感谢编委专家的批评指正，这也让我们对本文的行文逻辑和研究基础有了更加清晰和明确的认识。根据我们的研究目的和本文想要验证的理论假说，我们在引言最后两段中重拟了假设和对结果的预测，请编委专家见引言最后两段。

### 意见 3:

研究包括了语素和正字法加工两种类型，同时每类加工中又包括了成字（或成词）和不

成字（或不成词）。字和词水平上的加工是完全不同的两类加工过程，其中所涉及的信息也不同。作者需要针对两种水平上的加工，分析并阐述两类加工在联结编码和项目编码过程中的具体不同点，并进一步阐述这些不同点对联结记忆和项目记忆成绩可能产生哪些影响。

**回应：**

的确如编委专家所言，虽然构词法和构字法都能将两个汉字组合成一个新的整体，但这两种加工是有很明显的区别的。也正是因为这二者有着比较大的区别，所以我们才选择了它们作为不同条件下的实验操纵，因为我们的目的是想通过这两种不同的方式产生两种不同的将项目绑定成为一个整体的过程。通过探讨不同的绑定过程对联结记忆和项目记忆的影响，从而推测在将不同的项目进行绑定的过程中，联结编码和项目编码的关系。

因此，本研究并不关心语素加工和正字法加工两种编码中的哪些过程可能会对项目记忆或者联结记忆产生影响；我们主要关注项目记忆和联结记忆之间的关系，从而推测项目编码和联结编码之间的关系（这也是先前研究中所采用思路）。无论是合体字和复合词相比于不能将两个项目绑定成为整体的情况，还是在合体字编码和复合词两种编码之间，只要联结记忆成绩提升的同时项目记忆成绩有所降低，就可以证明“收支平衡”的观点，即将项目绑定成为一个整体的过程并不会掩盖项目的语义。如果联结记忆提升的同时，项目记忆没有降低甚至会提升，就证明了“只有收益”的观点，即绑定的过程并不会掩盖项目的语义。

**意见 4：**

根据上述建议，结合脑电指标的认知涵义阐明研究中所涉及的变量对于结果可能产生哪些影响，并提出相应的预期。

**回应：**

感谢审稿专家的建议，我们已根据本文的主要逻辑和前面对编委专家的回复对引言最后两段进行了修改，完善了原来的研究问题和实验假设，请见引言最后一段。

**意见 5：**

针对审稿专家 1 的第一个问题，作者回复中提到研究一只涉及对联结记忆的考察，研究二只涉及对项目记忆的考察。实验任务和流程如何保证研究一考察的是联结记忆，而不涉及到项目记忆？实验二的任务是如何保证考察的是项目记忆？这些关键的区别需要在文中进行明确阐述。

**回应：**

研究一主要使用了前人文献中广泛使用的联结再认范式来考察联结记忆（Zheng et al., 2015; Kamp et al., 2016; Memel & Ryan, 2018; Lu et al., 2020）。联结再认范式主要分为学习和测验两个阶段。其考察联结记忆的逻辑如下：在测验阶段，刺激材料由两种字对组成，一种是与学习阶段完全相同的“相同字对”，另一种是将学习阶段的字对经过重新组合的“重组字对”（关于这两种字对的组成，可以参考图 1 中的材料编排示意图）。被试需要判断屏幕上呈现的字对是“相同字对”还是“重组字对”。由于“相同字对”中既包含相同的项目也包含相同的联结关系，而“重组字对”中只包含相同项目。因此两种字对之间唯一的区别便是字对内部组成联结的不同。被试也只能根据字对内联结关系是否改变来做出正确的判断，因此研究一只涉及联结记忆的考察。因为两种字对中的项目都是学过的，被试仅根据项目是否学过则无法做出正确判断，所以不涉及项目记忆的考察。

研究二也使用了前人文献中广泛使用的项目再认范式来考察项目记忆（Pilgrim et al., 2012; Ahmad & Hockley, 2014; Parks & Yonelinas, 2015; Liu et al., 2020; 刘泽军, 郭春彦, 2022）。项目再认范式主要也分为学习和测验两个阶段，但二者的差别主要在测验阶段。对于项目记忆的检测逻辑如下：在测验阶段，呈现给被试的材料主要由两种刺激组成，一种是学习阶段学习过的“相同字”，另一种是学习阶段完全没有学过的“新字”，被试需要判断屏幕上呈现的字是“新字”还是“相同字”。由于“相同字”是在学习阶段学过的，而“新字”在学习阶段没有学过，因此两种材料之间唯一的区别便是是否拥有学习阶段学过这个字的经验，因此被试只需要根据学习阶段的经验判断对当前字是否有经验即可。再加上二者都是以单个字的形式呈现出来，被试也不需要在学习阶段与该字联结的联结关系进行判断，因此研究一只涉及项目记忆的考察。

感谢编委专家的建议，抱歉之前没有在文章中将这些关键的区别描述出来，我们已在每个实验的方法部分添加了两个小标题，即 2.1.2 和 3.1.2，专门对这部分内容进行阐述。

#### 意见 6:

2.3 总结部分：“由此可见，相对于合体字，复合词编码所需要的心理操作更少，消耗的认知资源更少，因此会更加简单。”这样的讨论不具体明确，字词水平上的加工是不同的，涉及到的信息也不同。建议作者明确两类编码方式的具体差异体现在哪些认知加工过程上，以及实验结果如何验证了这一点。

#### 回应:

本研究我们主要关注在将不同项目绑定为整体的过程中，联结编码与项目编码间的关系。我们使用了合体字和复合词这两种材料来操纵出其对联结记忆产生不同的效果，从而考察二者对项目记忆的影响，进而得出联结记忆与项目记忆之间关系的结果，然后推测联结编码与项目编码的关系，因此，实验一的主要目的不是关注两类编码方式具体存在哪些差异，以及这些差异可能会对联结记忆或项目记忆产生影响。实验一的主要目的有两个：（1）相比于不能将项目绑定成为一个整体的条件，检验这两种编码方式是否都能够显著地提升联结记忆，这决定了我们是否能够使用汉字作为实验材料来研究这个问题。因为如果相比于不能联结成为一个整体的条件，如果构字法或者构词法不能提升联结记忆，则说明绑定成为一个整体这一过程可能都没有发生，因此汉字材料可能就不适合用来研究中研究这个问题。（2）这两种编码方式是否能够对联结记忆产生不同的影响。抱歉由于当初对问题和研究思路的阐述不够明确，给编委专家带来了误解。

关于实验一讨论的 2.3 部分，我们已对这一段的后半部分进行了重新梳理和总结。相比于之前，现有的 2.3 讨论部分的后半部分主要根据现有结果讨论这两种编码方式能够促进联结记忆且促进的程度有所不同上。请见 2.3 讨论部分。

#### **意见 7:**

在实验的方法描述部分要明确地阐述实验设计的类型以及相应的自变量。实验一和二的设计不同吗？为什么采用了不同的数据分析方法？

#### **回应:**

关于两个实验设计的类型和相应的自变量，我们在每个实验的方法部分的 2.1.2 和 3.1.2 中对这些内容进行了补充。实验一和实验二的设计是相同的，对这两个实验中的主要考察指标 Pr 来说，都是两因素被试内实验设计。根据这个实验设计，按理说统计方法都应该是进行两因素重复测量方差分析。在实验二的行为结果统计部分，我们也是按照这个思路对 Pr 进行统计分析的。然而，非常抱歉，在实验一中我们一开始直接进行了 t 检验。现在，在 2.2 结果部分，我们已添加上了方差分析的相关内容，并在方差分析的交互作用显著后，进行了简单效应的分析。原有的结果没有任何改变。

另外，在实验二中的行为结果部分，我们也按照第一位审稿专家的建议，精简了行为结果的呈现。在表 2 和图 4 中，我们不再报告反应时的结果，原因是在本研究中并不涉及对反应时的考察和讨论，以及反应时的结果在无论是主效应还是交互作用都没有差异。

#### 意见 8:

根据对理论争论焦点的建议，修改总讨论，突出实验结果和理论问题之间的联系。

#### 回应:

感谢编委专家的建议，我们已围绕本研究所关注的争论焦点，并结合本研究中得到的实验结果，对综合讨论部分进行了重新组织和修改。现在的讨论框架主要是：（1）两种编码操作的有效性（即合体字和复合词编码是否能像前人的研究一样，能将两个项目绑定成为一个整体）以及两种编码操作之间的不同（即为什么这两种编码方式可以操作出两种不同水平的联结记忆）；（2）从提取（即对项目记忆的影响）的角度看项目编码是否受到了影响；（3）从编码（联结编码时的神经机制）的角度看项目编码是否受到了影响。

此外，我们也根据现有的研究问题和研究逻辑对题目和摘要进行了少部分的修改。

#### 意见 9:

小问题： 1. 摘要中的缩写建议用中文全称，比如 LNC。2. “2.3 总结”应该为“2.3 讨论”。文中类似的问题一并进行修改。

#### 回应:

感谢编委专家的耐心指正，以上问题我们都在文章中进行了修改。

#### 参考文献:

- Ahmad, F. N., & Hockley, W. E. (2014). The role of familiarity in associative recognition of unitized compound word pairs. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 67(12), 2301-2324.
- Kamp, S. M., Bader, R., & Mecklinger, A. (2016). The effect of unitizing word pairs on recollection versus familiarity-based retrieval—further evidence from erps. *Advances in Cognitive Psychology*, 12(4), 169.
- Liu, Z., & Guo, C. (2022). Effects of unitization on associative and item recognition: The “benefits-only” account. *Acta Psychologica Sinica*, 54(12), 1443-1454.
- Liu, Z., Wu, J., Wang, Y., & Guo, C. (2020). Unitization does not impede overall item recognition performance: Behavioral and event-related potential study. *Neurobiology of Learning and Memory*, 167, 107-130.
- [刘泽军, 郭春彦. (2022). 整合对联结再认和项目再认的促进作用：“只有收益”观点. *心理学报*, 54(12), 1443-1454.]
- Lu, B., Liu, Z., Wang, Y., & Guo, C. (2020). The different effects of concept definition and interactive imagery encoding on associative recognition for word and picture stimuli. *International Journal of Psychophysiology*, 158, 178-189.
- Memel, M., & Ryan, T. L. (2018). Visual integration of objects and scenes increases recollection-based responding despite differential MTL recruitment in young and older adults. *Hippocampus*, 28(12), 886-899.
- Parks, C. M., & Yonelinas, A. P. (2015). The importance of unitization for familiarity-based learning. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 41(3), 881-903.
- Pilgrim, L. K., Murray, J. G., & Donaldson, D. I. (2012). Characterizing episodic memory retrieval:

Electrophysiological evidence for diminished familiarity following unitization. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 24(8), 1671-1681.

Zheng, Z., Li, J., Xiao, F., Broster, L. S., Jiang, Y., & Xi, M. (2015). The effects of unitization on the contribution of familiarity and recollection processes to associative recognition memory: Evidence from event-related potentials. *International Journal of Psychophysiology*, 95(3), 355-362.

---

## 第五轮

### 编委意见:

非常感谢作者对文章所做出的认真修改,基本达到了学报发表的水平,建议接受发表。在提交主编审核后反馈意见时我有一些建议供作者参考。

### 意见 1:

有关 ERP 指标认知涵义的介绍太简略,未结合本研究考察的具体问题进行深入阐述。

### 回应:

感谢编委专家的建议。我们已在引言中添加了与本研究相关的 ERP 指标(LNC)的认知含义相关的描述,请见引言最后一段。

### 意见 2:

第二,我能够理解作者的解释:使用合体字和复合词这两种材料目的是探测项目记忆和联结记忆之间的关系,从而推测项目编码和联结编码之间的关系。按照作者的观点,在绑定后是否成为整体的角度来讲,合体字和复合词是同样的话,这就不能成为一个自变量的两个水平。正是由于这两种材料加工过程或加工难度不同,因而产生了不同的结果。例如实验 1 中发现两个因素之间的交互作用是显著的,表明合体字和复合词两种条件下对因变量的影响是不同的。作者需要对此作出进一步解释。

### 回应:

从绑定后是否成为整体的角度来看,合体字和复合词的确是相同的,因为它们要么把两个字绑定成了一个合体字,要么绑定成了一个复合词。实验 1 中,整合这一因素下的主效应仍然存在(即无论是合体字还是复合词,都是整合条件下的记忆成绩显著好于非整合条件下的记忆成绩)也可以支持这一观点。但这两种编码方式并非完全相同,比如这两种编码方式加工的时间以及整合的程度仍然不同,实验 1 中发现两个因素之间的交互作用显著则可以支持这一观点,即虽然相比于不能绑定成为一个整体的情况,合体字联结和复合词联结编码方

式都能提升联结记忆成绩，但合体字条件下提升的幅度更大。至于为什么会这样，我们推测可能与整合的水平有关（Parks & Yonelinas, 2015）。详细的讨论请见综合讨论中 4.1 部分的最后一段。

由此可见，这两种编码方式在本质上是相同的（都能够将两个项目绑定成为一个整体），只是在绑定的程度以及增加联结记忆的量上存在差别。因此，在本研究中，我们在整合与非整合这个因素上进一步区分了合体字与复合词这个因素，组成了两因素（是否组成整体\*组合方式）四水平（成字、不成字、成词、不成词）设计。

### 意见 3:

第三，在实验 1 的讨论部分，作者指出：“我们接下来的目的则是进一步检验构字法编码条件下的项目记忆成绩是否降低，如果没有，则支持“只有收益”的观点，反之则不支持“只有收益”的观点。”这里没有提到构词法，然而实验 2 中包括了“构词法”。建议进一步阐述实验 1 和 2 之间的关系。

### 回应:

抱歉这部分我们表述得还不够清楚，两个实验间的逻辑关系是这样的：首先，本研究的核心逻辑是通过探究合体字和复合词两种编码方式对联结记忆和项目记忆成绩的影响，从而推测其对联结编码和项目编码的影响以及联结编码和项目编码之间的关系。因此在实验一中，我们主要探究了相比于不能绑定成为整体的条件合体字整合的方式是否可以提升联结记忆，相比于不能绑定成为整体的条件复合词整合是否可以提升联结记忆，以及合体字和复合词这两种条件间联结记忆谁高谁低这三个问题。

由于实验一的结果表明，无论是合体字还是复合词，相比于不能绑定成为整体的条件，它们都能显著地提升被试的联结记忆成绩，且合体字条件下的联结记忆成绩显著高于复合词条件下的联结记忆成绩，因此我们在实验二中想进一步检验，相比于不能绑定成为整体的条件，合体字条件下的项目记忆成绩是否降低；相比于不能绑定成为整体的条件，复合词条件下的项目记忆成绩是否降低；以及合体字条件下的项目记忆成绩是否比复合词条件下的项目记忆成绩低这三个问题。如果答案都是否，则说明联结记忆成绩提升的同时，项目记忆没有受损，即项目编码没有受损，即支持“只有收益”的观点。

综上所述，无论是实验 1 中使用的构字法（合体字）条件，还是实验 1 中使用的构词法（复合词）条件，在实验 2 中都是必要的，因此实验 2 中既包括了合体字（构字法）也包含了复合词（构词法）条件。我们已对文中该段进行了修改。请见引言倒数第二段。

#### 意见 4:

第四，文中有一些不通顺的句子，例如“而联结记忆不仅包括项目是否经历过，还包括项目与项目之间关系”，“再加上无论“相同字”还是“新字”，；有一些句子包括了多余的“的”，比如：“它需要对一个词语的内部的语素信息和以及语素之间的结构进行加工”，建议作者通读全文进行修改。

#### 回应:

感谢编委专家的仔细审查，我们已对上述几处笔误进行了修改并进行了全文检查，以避免上述错误。

#### 参考文献:

- Kamp, S. M., Bader, R., & Mecklinger, A. (2017). ERP subsequent memory effects differ between inter-item and unitization encoding tasks. *Frontiers in Human Neuroscience, 11*, 30.
- Khader, P., Heil, M., and Rösler, F. (2005). Material-specific long-term memory representations of faces and spatial positions: evidence from slow event-related brain potentials. *Neuropsychologia, 43*, 2109-2124.
- Kim, A. S., Vallesi, A., Picton, T. W., & Tulving, E. (2009). Cognitive association formation in episodic memory: Evidence from event-related potentials. *Neuropsychologia, 47*(14), 3162-3173.
- Kounios, J., Smith, R. W., Yang, W., Bachman, P., & D'Esposito, M. (2001). Cognitive association formation in human memory revealed by spatiotemporal brain imaging. *Neuron, 29*(1), 297-306.
- Parks, C. M., & Yonelinas, A. P. (2015). The importance of unitization for familiarity-based learning. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, 41*(3), 881-903.
- 

#### 主编终审

#### 主编意见:

本论文对合体字和复合词加工过程中联结编码和项目编码的关系，及其对后续联结记忆和项目记忆的影响进行了考察，在此基础上，本论文还借助脑电技术，对两种编码过程在脑机制方面的差异进行了探究。本论文研究设计合理，数据分析科学规范，得到的结论具有较为重要的理论价值。