

《心理学报》审稿意见与作者回应

题目：协作者编码水平差异影响协作提取: fNIRS 超扫描研究

作者：孙亚茹，李冰冰，段亚杰，胡锦慧，何洋，陈宁，刘伟

第一轮

审稿人 1 意见：

意见 1：引言提到“综上所述，以往研究多在组间层面操控编码水平，但当同一协作组内的成员对记忆材料的编码水平不同时，成员间协作提取的表现及协作抑制的特点如何，尚无研究涉及”。作者并未提出为何探讨当同一协作组内的成员对记忆材料的编码水平不同时，这对于解决以往结果不一致有什么作用。总之，引言对协作记忆中组内差异的相关研究梳理不充分，虽提及“尚无研究涉及”编码水平的组内差异，但未系统梳理其他组内差异(如记忆能力、提取经验)对协作提取影响的研究，难以充分凸显本研究的创新性与必要性；对提取策略破坏假说的核心观点阐释不够透彻，未明确该假说如何具体解释编码水平差异对协作提取的调节机制，导致研究假设的推导逻辑不够连贯。

回应：感谢审稿专家的宝贵意见。根据审稿人意见 1 中提出的引言部分的不足和建议，我们对引言部分在内容上进行了补充，在逻辑上进行了重新整合。

1.整合后的引言部分：

第一段首先对协作提取相关的基本概念做了介绍，如协作提取、名义组、提取策略干扰假说、协作后促进效应等，并从协作提取中，协作抑制与协作后促进效应并存，提出协作提取的加工机制需要进一步厘清，为后文明确本研究的核心问题提供了背景知识(见修改稿引言第一段，第 1 页第 15-31 行。蓝色字体部分为修改内容)。

第二段起，在补充了相关研究，重整了论文逻辑，通过对有研究的梳理，层层递进地引出本研究的科学问题。具体如下：

(1)协作者在编码阶段的加工水平差异能引发提取策略差异，后者又是产生策略干扰并导致协作抑制的根源。因此，协作者加工水平差异的研究能为厘清协作抑制机制提供证据；

(2)目前为止，这类研究往往通过操纵其他变量间接引发加工水平差异，各研究加工水平差异来源不同且结果不一，从中获得协作抑制机制的启发较困难，因此，需直接操纵协作者加工水平差异；

(3)但直接操纵协作者加工水平差异的研究较少且均为组间的操纵，并无直接操纵同一协作组内成员加工水平不同的研究(以上见修改稿引言第 2-3 段，第 2 页第 32-59 行。蓝色字

体部分为修改内容)；

(4)认知神经科学的手段特别是近红外脑成像技术，能表征协作交互过程的实时动态特征，特别是通过相关脑区的脑间同步，揭示协作者认知和社会信息加工的过程(以上见修改稿引言第 4 段，第 2-3 页第 60-76 行。蓝色字体部分为修改内容)。

(5)根据上述(1)-(3)，提出本研究的设计思想和核心科学问题(见修改稿引言第 5 段，第 3 页第 77-82 行。蓝色字体为修订部分)

(6)根据以往研究，提出本研究行为结果的假设(1a 和 1b) (见修改稿引言第 6 段，第 3 页第 83-92 行。蓝色字体为修订部分)

(7)根据以往合作和协作的 fNIRS 研究提出假设 2 (见修改稿引言第 7 段，第 3-4 页第 93-105 行。蓝色字体为修订部分)。

(8)根据以往 fNIRS 研究中信息流动方向性和格兰杰因果分析的研究，提出假设 3 (见修改稿引言第 8 段，第 4 页第 106-118 行。蓝色字体为修订部分)。

2.通过上述补充和整合：

(1)使协作记忆的组间和组内差异的相关研究梳理更系统、更充分，增加了其他组内差异(如认知能力、老化等)对协作提取影响的相关文献，使已有研究的综述更系统，更完整；

(2)相关文献综述具有明晰的线索：“现有加工水平和加工能力差异的协作提取研究总体上多为间接操纵差异——这类研究中的少量直接操纵差异的研究——但直接操纵差异的研究中无组内差异的研究”这一逻辑顺序展开。既清晰梳理了相关研究，又为研究的核心科学问题的提出提供了背景的阐述。

(3)根据审稿人意见，增强了对协作策略破坏假说(修订稿已根据现有文献中，出现频次更高的中文译法，统一表述为“协作策略干扰假说”)这一核心概念的阐释：一是结合相关研究的举例(即 Harris et al., 2012; Maswood et al., 2022, 见引言部分第 1 段第 10 行)，明确了策略干扰来源于同伴的提取；二是通过“差异化的协作提取策略能减少或消除协作抑制”的已有研究结果的介绍，使读者更深入了解协作抑制的产生根源(见引言部分第 2 段蓝色字体部分)。

意见 2：为何被试均为女性，依据是什么？

回应：感谢审稿专家的细心审阅。原稿中确实遗漏了有关被试性别选取依据的阐释。本研究全部采用女性被试，是基于既往研究与被试招募实际状况的综合考量。

首先，根据既往研究及元分析的结果，个体性别对协作抑制效应无显著影响(Andersson, 2001)，但性别配对方式是协作抑制的关键调节变量(Luo et al., 2024)。异性配对会导致协作抑制效应消失，而同性配对均能稳定诱发该效应，且男-男与女-女组合的效应量没有显著差异(Luo et al., 2024)。因此，既往陌生人关系协作记忆的研究，均以同性别协作者构成协作组，以消除异性组合带来的无关因素的影响。本实验的协作组也全部由同性别协作者构成。

其次，受高校被试实际招募的性别比例特征限制，男性被试比例较低，难以招募等量的男性组合以实现整体样本的性别平衡。同时，在以往探讨协作记忆机制的研究中，也有多项研究全部采用女性被试以控制性别配对变量(Bärthel et al., 2017; Takahashi, 2007; Wessel et al., 2015)。

综合上述考量，本研究最终确定全部选取女性被试开展实验。相关的依据说明已补充至修改稿正文的被试部分(详见修改稿“2.1 被试”标题下蓝色字体部分，第4页第126-132行)。

参考文献：

- Andersson, J. (2001). Net effect of memory collaboration: How is collaboration affected by factors such as friendship, gender and age? *Scandinavian Journal of Psychology*, 42(4), 367–375.
<https://doi.org/10.1111/1467-9450.00248>
- Bärthel, G. A., Wessel, I., Huntjens, R. J., & Verwoerd, J. (2017). Collaboration enhances later individual memory for emotional material. *Memory*, 25(5), 636–646. <http://dx.doi.org/10.1080/0965821.1.2016.1208248>
- Luo, X., Zhao, B., Tang, W., Xiao, Q., & Liu, X. (2024). Meta-analysis of collaborative inhibition moderation by gender, membership, culture, and memory monitoring. *Behavioral Sciences*, 14(9), 763.
<https://doi.org/10.3390/bs14090763>
- Takahashi, M. (2007). Does collaborative remembering reduce false memories?. *British Journal of Psychology*, 98(1), 1–13. <http://dx.doi.org/10.1348/000712606X101628>
- Wessel, I., Zandstra, A. R. E., Hengeveld, H. M., & Moulds, M. L. (2015). Collaborative recall of details of an emotional film. *Memory*, 23(3), 437–444. <http://dx.doi.org/10.1080/0965821.2014.895384>

意见3：为何静息态为2分钟，依据是什么？

回应：感谢审稿专家的细心审阅。本研究将近红外超扫描实验的初始静息态设定为2分钟，是基于领域内普遍采用的文献标准以及实验方法学的综合考量。

首先，在fNIRS超扫描与社会互动研究领域，静息态通常被设定在30秒到3分钟之间(Wang et al., 2024)。多项采用fNIRS超扫描技术的实证研究(例如双人自然对话、合作解题等)，均明确将2分钟作为静息时长(Lim et al., 2024; Lu & Hao, 2019)。

其次，该时长设定平衡了血流动力学信号的稳定性与被试的实验耐受度。从生理信号来看，2分钟已充分满足大脑皮层血氧信号回落并平稳至基线水平的需求(Scholkmann et al., 2014)。从实验的生态效度来看，超扫描要求两名被试近距离共处，若闭眼静默的时间过长，极易引发被试的尴尬或疲劳等心理不适。

综合上述考量，本研究将静息态时长设置为2分钟。相关的设定依据与文献支持已补充至修改稿正文的“实验程序”部分(详见修改稿“2.4 实验程序”标题下蓝色字体部分，第5页第159-161行)。

参考文献：

- Lim, M., Carollo, A., Bizzego, A., Chen, A. S., & Esposito, G. (2024). Culture, sex and social context influence brain-to-brain synchrony: an fNIRS hyperscanning study. *BMC Psychology*, 12(1), 350.
<https://doi.org/10.1186/s40359-024-01841-3>
- Lu, K., & Hao, N. (2019). When do we fall in neural synchrony with others? *Social Cognitive and Affective*

Neuroscience, 14(3), 253–261. <https://doi.org/10.1093/scan/nsz012>

Scholkmann, F., Kleiser, S., Metz, A. J., Zimmermann, R., Pavia, J. M., Wolf, U., & Wolf, M. (2014). A review on continuous wave functional near-infrared spectroscopy and imaging instrumentation and methodology. *Neuroimage*, 85, 6–27. <http://dx.doi.org/10.1016/j.neuroimage.2013.05.004>

Wang, Y., Dong, Y., Leuk, J. S. P., Zhai, X., Xu, C., Fu, Y., & Teo, W. P. (2024). The role of functional near-infrared spectroscopy in collaborative research: a systematic review. *Educational Psychology Review*, 36, 1. <https://doi.org/10.1007/s10648-023-09836-z>

意见 4：目前结论已涵盖核心发现，但可进一步优化表述，凝练核心结论。

回应：感谢审稿专家的宝贵意见。我们进一步从认知的和神经的两方面总结了本研究的核心发现，语句表达进行了凝炼优化。详见修改稿结论蓝色字体部分，第 17 页第 462-467 行。

意见 5：部分文献引用格式不规范(如“zhang et al., 2024b”未统一大小写)，需严格按照《心理学报》参考文献格式修正。检查全文专业术语的一致性，如“脑间神经同步”“神经同步”等表述需统一。

回应：感谢审稿专家的细心审阅。我们逐一校对了文中的文献引用以及文后的参考文献格式，修正了包括“zhang et al., 2024b”在内的所有格式不规范之处。对全文的专业术语进行了检查，将原稿中“脑间神经同步”、“神经同步”等表述统一改为“脑间同步”。所有相关的细节勘误均已在修改稿中以蓝色字体标出。

.....

审稿人 2 意见：

《协作者编码水平差异影响协作提取：fNIRS 超扫描研究》一文将行为现象(协作抑制)与认知神经科学技术(fNIRS 超扫描)相结合，分别在行为和神经层面探讨了组内协作者的编码水平差异对于协作提取效应的影响。应用了丰富的数据分析技术，从行为数据、脑间同步、行为-脑相关分析以及脑-脑 GCA 因果分析，都揭示了协作者编码水平的差异影响。研究设计简洁，方法规范，数据分析全面，逻辑链条清晰。但是，文章的写作上还存在比较严重的问题，尤其是写作的逻辑性需要加强、研究的价值不够明确，还需要进行重大调整之后再考虑是否适合在《心理学报》发表。下面是具体的意见：

意见 1：文章写作有待提高：以引言的内容为例来说明各内容的逻辑混乱问题(讨论部分也有类似问题)。

回应：感谢审稿专家的宝贵意见。根据审稿专家对引言和讨论部分写的建议，并结合另一位审稿专家的意见，我们对引言和讨论部分在逻辑上进行了重新整合，并补充了相关文献。现结合审稿专家具体意见进行回复。

1.从各部分内容的连贯性来看，第3段就不适合在引言部分，它是具体的实验设计，应该是方法部分的内容，实在需要也应该在引言最后一段简单提及。放在这里就说明作者没有从研究背景中提炼出本研究的必要性。

回应：原稿第3段涉及研究设计的内容，已根据审稿专家建议移至研究方法部分，详见修改稿方法中“2.2 实验材料”标题下第二段蓝色字体部分，第5页第145-148行。

2.文字不够简洁精练，缺乏引导性或“以读者为中心”的写作。比如引言第1段没看明白作者想表达什么，看完也没明白有什么问题需要研究，有什么问题值得研究。

回应：已根据审稿专家意见将引言部分进行了重写。

引言第一段主要内容是介绍协作提取及相关基本概念，以及目前为止的研究概貌。原稿存在着高度概括且表达生涩的问题，影响了理解。修改后的内容增强了引导性，内容呈现的主线为：什么是协作提取(与原文相比，增加了协作提取是协作记忆环节之一的介绍)——协作提取的研究一方面得到了协作损害共同提取(协作抑制)的稳定结果，研究者用“提取策略干扰假说”进行解释——另一方面也得到了协作使提取受益(协作后促进效应)的结果，研究者用协作中的交叉提示等解释——可见协作提取的加工机制复杂多向，需要进一步厘清。

总之，修订后的引言第一段从协作抑制得到双向研究结果的角度介绍协作提取基本概念和研究现状，并为本研究问题的提出提供了背景条件。详见引言第1段蓝色字体部分。

3.第2段指出以往研究多在组间层面，对同一协作组成员的编码水平无研究涉及。问题是为什么要研究组内成员编码水平差异？有什么实质性的价值？科学问题究竟是什么？

回应：原稿中，核心科学研究问题的提出较突兀，引出研究问题的逻辑不清晰。结合另一位审稿专家提出的相似意见，将这部分进行了重写。修订稿中，从已有研究引出本研究科学问题的逻辑如下：

(1)协作者在编码阶段的加工水平差异引发提取策略差异，后者又是产生策略干扰并导致协作抑制的根源。因此，协作者加工水平差异的研究能为厘清协作抑制机制提供证据；

(2)目前为止，这类研究往往通过操纵其他变量间接引发加工水平差异，从中获得协作抑制机制的启发较困难，因此，需直接操纵协作者加工水平差异；

(3)但直接操纵协作者加工水平差异的研究较少且均为组间的操纵，并无直接操纵同一协作组内成员加工水平不同的研究(以上见引言第2-3段，第2页第32-59行。蓝色字体部分为修改内容)；

(4)认知神经科学的手段特别是近红外脑成像技术，能表征协作交互过程的实时动态特征，特别是通过相关脑区的脑间同步，揭示协作者认知和社会信息加工的过程(以上见引言第4段，第2-3页第60-76行。蓝色字体部分为修改内容)。

(5)根据上述(1)-(3),提出本研究的设计思想和核心科学问题(见引言部分第 5 段,第 3 页第 77-82 行。蓝色字体为修订部分);

(6)根据以往研究,提出本研究行为结果的假设(1a 和 1b)(见引言部分第 6 段,第 3 页第 83-92 行。蓝色字体为修订部分);根据以往合作和协作的 fNIRS 研究提出假设 2 (见引言部分第 7 段,第 3-4 页第 93-105 行。蓝色字体为修订部分);根据以往 fNIRS 研究中信息流动方向性和格兰杰因果分析的研究,提出假设 3 (见引言部分第 8 段,第 4 页第 106-118 行。蓝色字体为修订部分)。

通过上述补充和整合,梳理了研究组内成员编码水平差异的必要性,明确了本研究的核心科学问题。即:通过不同编码组合协作组的协作提取表现的比较,以及相应协作过程的近红外脑成像表达,为厘清编码水平差异条件的协作提取加工机制提供行为的和认知神经的证据(详见引言部分第 3 页第 77-82 行)。

4.第 4 段进入了认知神经科学的研究介绍,同样的停留在表面的文献介绍,对于前面提及的组内编码差异有什么进展,还有什么问题没有解决?总之,引言部分没有阐明本研究的重要性以及必要性。

回应:原稿的引言部分在介绍协作记忆的认知神经科学研究时内容单薄,未能结合本研究的科学问题,充分阐明引入 fNIRS 和格兰杰因果分析的必要性。修订稿也针对这一问题进行了重构与完善。具体为:

(1)认知神经科学手段能更好揭示协作活动时的交互过程和实时动态特征;

(2)具体到协作提取,其过程涉及多脑的动态交互,其神经机制更适合从脑间同步的视角进行探究。已有研究也表明,协作任务的脑间同步机制主要涉及前额叶皮层和颞顶联合区两个核心脑区(以上见第 2-3 页第 60-76 行。蓝色字体部分为修改内容);

(3)因此,本研究中,脑间同步指标的独特价值在于:通过脑间同步表现的增强或下降,可以有效区分协作过程中是对检索意图的积极预测与理解,还是提取策略的相互干扰,从而为确定协作抑制的加工机制提供直接依据,并由此提出假设 2(以上见第 3-4 页第 93-105 行。蓝色字体部分为修改内容);

(4)而格兰杰因果分析能通过考察信息流向,揭示差异编码者在协作提取过程中的互动特点与主导关系,提出假设 3(以上见第 4 页第 106-118 行。蓝色字体部分为修改内容))。

总体上看,修订稿在引言的认知神经科学相关内容介绍中,层层递进地阐述了:(1)fNIRS 的脑同步指标的重要性,即揭示协作活动的交互和实时动态过程;(2)格兰杰因果分析的重要性,即通过信息流的方向(即人际互动的形态),揭示差异编码组合协作组角色关系和互动状态。

意见 2:本文的研究设计的创新应该在于组内协作者的编码差异、而方法上是集成了各种分

析技术。需要作者认真考虑：

1.实验结果揭示出组内协作者的编码差异的意义究竟在哪里，对于科学问题的理解有什么贡献；

回应：感谢审稿专家的意见。原稿对研究的意义阐述不够，修订稿在讨论部分“5 本研究的创新与不足”标题下进行了补充。即：揭示差异编码组合消除协作抑制的现象，不仅验证了提取策略干扰假说，更为全方位理解协作提取的加工机制提供了协作者差异编码视角的关键证据(详见“5 本研究的创新与不足”标题下第 1 段蓝色字体部分，第 17 页 446-447)。

2.各种分析技术之间有什么逐层深入的作用，不仅仅是一个结果用几种数据来表明。

回应：感谢审稿专家对分析技术之间关系的阐述缺失的提醒。我们在总讨论的创新部分进行了相应的补充。即：本实验中神经层面的研究，首先从脑间同步的视角，揭示了编码差异加工中认知协调与意图推断的神经生理机制；随后，格兰杰因果分析进一步从动态信息流向的视角，呈现了这种差异编码组合中独特的主导与追随协作方式（详见“5 本研究的创新与不足”标题下第 1 段蓝色字体部分，第 17 页第 449-452 页）。

3. 结果报告时适当地说明一下各部分结果的意义，方便读者阅读。

回应：感谢审稿专家的建议。适当说明各部分结果的意义，能使读者容易把握研究结果的总体状况，促进对论文的理解。我们在论文主要结果报告的部分添加了对结果的简短而明确的说明，涵盖了行为提取表现、脑间同步以及格兰杰因果分析的统计检验结果。例如，对于一次提取正确率的结果，增加了“这表明语义编码相对知觉编码的优势，但差异编码并未表现出劣势”，以及“差异编码组的提取未因协作未使受到损害”等说明性文字。对于二次提取正确率的结果，增加的说明为：“这表明在二次提取中，语义编码依然保持着相对知觉编码的优势，且差异编码组依然维持了与语义编码组合相当的高水平”，以及“即只有经历过差异编码协作的个体，在后续独立提取中表现出了成绩的提升，而相同编码的协作并未带来这种促进作用。”其他结果的阐释不再一一列举，详见第 9-14 页蓝色字体部分。

意见 3：讨论部分应该聚集于本研究探讨的科学问题，至少与引言中提及的需要解决的问题相结合。目前的讨论更多针对各部分的数据结果(尤其是 4.1)，没有针对本研究拟探讨的问题来展开讨论，也就是说，讨论部分没有起到提升本研究理论意义的作用。

回应：感谢审稿专家的宝贵意见。讨论部分虽然对应了本研究三个子问题（即三个研究假设）展开，但诚如专家所言，原稿倾向于对统计数据所揭示结果的解释，缺少问题中心和上升到理论意义的讨论内容。根据专家意见，我们在原有讨论的基础上加强了对核心研究问题的理论探讨。

具体而言，在讨论的 4.1 节中，考虑到对差异编码协作提取优势已有较充分的讨论，因

此,修订稿增加了对二次提取中差异编码优势产生机制的讨论,即在引用前人观点的基础上,将二次提取优势归结为“语义编码者比知觉编码者提取了更多信息,从而为知觉编码者提供了再学习及再巩固的机会,使知觉编码者在二次个人提取中获益更多”(详见 4.1 标题下蓝色字体部分,第 15 页 388-392)。

在讨论的 4.2 中,修订稿一方面对本研究右侧额中回和右侧角回同步增强的意义从协作提取角度进行了更详尽说明,即根据已有文献,明确了本研究中“脑同步表达了对差异编码水平的协作者彼此独立检索意图的实时预测与理解”的观点(详见第 15-16 页 4.2 蓝色字体,第 397-412 行),另一方面,在本节最后,对差异编码优势给出了神经证据的解释路径,也是本节所讨论的研究问题的总结,即“正是这种增强的神经协调,促使协作者有效抑制了同伴策略干扰,在消除协作抑制的基础上提升了整体协作表现”(详见 4.2 第 2 段蓝色字体部分,第 16 页第 417-419 行)。

在讨论的 4.3 中,原稿阐述了根据已有研究中不对称信息流表达追随关系的观点,但缺少结合本研究结果的阐释。修订稿根据本研究中差异编码组合的格兰杰因果分析结果,加强了语义编码者作为主导方,知觉编码者作为追随者的互动方式的分析,即“当协作双方存在角色地位或认知能力差异时,主导方由于承担更多认知加工与信息整合的任务,会通过更主动的神经信息传递引导非主导者,在本研究中即表现为差异编码协作组中,语义编码者对知觉编码者的引导”(详见 4.3 蓝色字体部分,第 17 页第 436-438 页)。

第二轮

审稿人 1 意见:

意见 1: 作者已按审稿意见进行了详尽的修改。但请作者进一步检查全文,请确认“分别以知觉和语义加工作为深层和浅层加工的方式”(Craik&Lockhart,1972),表述逻辑是否有误。应为“分别以知觉和语义加工作为浅层和深层加工的方式”。

回应: 非常感谢审稿专家严谨的审阅与指正。专家指出的非常正确,这是我们在行文中的一处笔误。我们已将原文中逻辑倒置的表述更正为:“分别以语义和知觉编码作为深层和浅层编码的方式”(详见修改稿正文第 3 页第 77-78 行红色字体)。

意见 2: 建议在全文最后通读时,再次检查“编码水平”、“加工水平”、“深层/浅层编码”、“语义/知觉编码”这几组术语的使用是否在上下文中完全一致且无歧义。

回应: 非常感谢审稿专家细致且专业的建议。为了消除歧义并确保上下文完全一致,我们在此对上述术语在本文中的逻辑层级进行了明确界定,并据此统一了全文的表述:

(1) 仅在介绍 Craik & Lockhart (1972) 的经典理论时,使用“加工水平”这一术语(如:

“根据加工水平理论……”)。

(2) 结合文章标题及研究核心变量，全文统一使用“编码水平”这一表述。

(3) 在引言的逻辑推导与讨论部分的机制阐述中，使用“深层编码”与“浅层编码”描述编码水平的性质差异。

(4) 在实验方法、程序说明、统计结果报告及图表标注中，统一将“语义编码”与“知觉编码”作为实验任务层面的具体操作化表述。

(5) 由于本研究的分组涉及不同任务角色的组合，为表述简洁且准确起见，将执行语义任务的被试统称为“语义编码者”，执行知觉任务的被试统称为“知觉编码者”。

审稿人 2 意见：

此次修改版，稿件质量得到了提高。也很好地回答了我提出的问题。建议接收！

回应：非常感谢您的认可，您的细致审阅和宝贵建议对我们提升论文质量起到了关键作用。衷心感谢您为评审本稿件所付出的辛勤劳动与宝贵时间！

编委意见：

两位评委已肯定了稿件的质量，并在文字、写作和措辞方面提出了最后的修改意见，请作者参考并进行细致检查和修改。

主编意见：

同意发表。