

《心理学报》审稿意见与作者回应

题目：认知灵活性对概率类别学习的影响

作者：冯霞，冯成志

第一轮

审稿人 1 意见：

该研究考查了概率规则类别学习中认知灵活性的作用，用两个任务结合 ERP 技术研究了任务类型的影响以及认知灵活性起作用的时段。研究问题有一定理论意义和创新性，但是写作和方法运用有较多需要问题需要完善。

意见 1：前言部分 1、前言前三段，目的在于写明白什么认知灵活性，什么是概率规则类别学习，以及认知灵活性为什么为影响概率学习，然后引出研究问题。然而，第一段是围绕执行功能和高创造力来写的，并不是认知灵活性，也没有把认知灵活性讲清楚。

回应：感谢审稿人的意见。第一段已改变了写作的视角，从认知灵活性的概念和对高级思维过程有促进作用展开。

意见 2：第二段。最后落脚的关键句“当线索和结果间是概率关系时，高认知灵活性者还能表现出稳定的学习优势吗？需要在研究中进一步探讨。”但是从这一段并不能看清楚“线索和结果间是概率关系”这种类型的学习与其他类型的学习是什么关系，为什么可以从其他学习类型的研究中引出这个问题。也就是前面的分析与最终关键句关系不充分。另外“研究表明，学习具有明确规则的海马机制和学习线索-结果间无确定关系的纹状体机制存在差异”，这句话有问题。

回应：感谢审稿人的指正。结合专家后续提出的关于两个任务间关系的问题，我们重新从“有无线索的概率类别学习”角度构建了文章的结构。原来的“有无明确规则”这一论述角度被删除。

意见 3：第三段，与第二段有同样的问题，结尾关键句“当面临概率线索的学习任务时，认知灵活性水平的优势是否依旧能对处于成人初期的大学生产生助推？这是目前我们所不了解的。”似乎前面介绍的是青少年研究的证据，最后延伸到成年人，提出问题。前面应该介绍认知灵活性与儿童青少年学习的关系，但是事实上没有足够证据，也没有介绍清楚，从何提出成年人研究会如何？因此，关键概念及其关系的介绍、以及问题提出需要认真建构。

回应：该部分阐述本意是为了说明本研究采用大学生为被试的原因。我们已将论述角度调整为采用大学生群体研究的有效性，具体阐述如下：以往关于认知灵活性的研究多集中在儿童和青少年群体。原因之一可能是这些群体的认知灵活性尚处于发展中，有较大的干预和提升空间。而处于成人初期的大学生，认知灵活性、流体智力水平等特征已趋于稳定，更适合用于比较不同认知灵活性水平者之间的学习特点，以揭示认知灵活性对学习（尤其是高级思维学习过程）影响的一般性特征。

意见 4：前言第四段。数字转换任务和 WCST 两个任务，本段通过介绍 WCST 的缺点，说明选择数字转换任务更好，所以选这个任务。通常的写法应该介绍数字转换任务的优点，而

不是 WCST 的缺点。

回应：根据审稿专家的意见，我们调整了论述视角，表达转换任务在测量认知灵活性方面的优势。

意见 5：前言最后一段，介绍本研究关注的两个问题，对于为什么要研究这两个问题，本研究是否能解决这两个问题，论证不充分。首先，“高认知灵活性者在概率线索任务中的学习优势是否受具体概率任务的限制”；这个问题很难验证，研究者打算对存在的任务类型一一验证吗？或者说作者选用的这两个任务有代表性？为什么这两个任务可以验证不同任务的影响？其次，“认知灵活性的促进作用主要通过概率线索学习的哪个阶段发挥作用的？”。哪个阶段是什么意思？学习应该分几个阶段？前面并没有介绍这个问题。相应的具体如何用 ERP 方法验证每个阶段？哪个成分对应哪个阶段？

回应：感谢专家的意见，原第一个研究问题的论述不到位，被删除。在重新构建前言结构的基础上，我们在前言最后一段将问题提出调整为：①认知灵活性对概率类别学习是否有影响？②认知灵活性对概率类别学习的作用是否受任务线索的影响？③认知灵活性主要对概率类别学习的哪个阶段产生影响？

本研究对学习阶段的划分综合考虑了前人研究中的划分方法和本研究问题的实施过程。前人研究中提出，规则学习的过程包括“辨别刺激-提出假设-检验假设-应用规则”四个阶段，假设检验是核心过程；Zeithamova 等(2007)提出，基于规则的概率学习至少包括两个过程：类表征和类标准，即知觉刺激、形成类别表征，以及反馈加工、形成类别标准。首先，本研究的选择评价阶段锁定时于刺激的出现，考察对刺激的辨别加工过程，对应于“辨别刺激”阶段；其次，检验假设离不开对反馈信息的加工，如果所提出的假设经反馈验证不能解释刺激序列，假设需进一步被修正；该过程不断重复，直至发现正确的假设或实验结束。本研究的反馈加工阶段对应于“检验假设”或反馈阶段。“提出假设”和“应用规则”也贯穿在本研究任务的整个加工中，但由于假设提出和可能规则的应用是循环的，无法直接对应于某个流程中。

意见 6：方法部分：学习任务，尤其是任务一图片任务设计依据或者来源是什么？任务二硬币任务与任务一有一个明显的不同，就是中间 block（第二个）在反馈后给出硬币在哪里的提示，这个会促进被试对规则的学习。而任务一中没有这种环节。因此关于两个任务的选择依据，以及两个任务的异同之处设置的用途，要介绍清楚。

回应：感谢专家的意见。我们在 2.2.3 和 2.2.4 分别阐述完两个任务后，增加了对两个任务异同点的概括，进一步明晰了任务设置的依据和特征。

意见 7：2.5 部分，“为探讨不同学习进程中的学习特征与机制，将两个任务的 ERP 分析均分为选择评价和反馈加工两个阶段”。均分是什么意思？把哪一段均分？作者说学习进程分为选择评价和反馈加工，为什么是这两个阶段？行为调整阶段是不是也可以有？“选取电极点 FCz、P3、P4、Pz、PO3、PO4、POz 对 P300 成分进行分析。”为什么没有 Cz，这样选点是不是有跳跃性？“在图片任务中 220-280ms 时间窗内的平均值作为 P300 衡量值，硬币搜索任务的分析时间窗为 160-240ms。”，这两个时间段都不到 300ms，为什么是 P300？

回应：“均分”是表述歧义，将两个任务的 ERP 分析都分为选择评价和反馈加工两个阶段的含义。已做调整。

该学习阶段的划分，参考了规则学习“辨别刺激-提出假设-检验假设-应用规则”四个阶段和前人研究中提出的基于规则的概率学习至少包括类表征和类标准两个过程的做法。同时关注了目前关于任务转换神经机制研究的两个重点：预期准备和转换加工过程，前者是线索出现后到即将执行任务的过程，后者是执行任务的加工过程。多数研究聚焦于其中一个阶段展

开，也有少数覆盖多加工阶段的研究。

行为调整阶段是规则学习中必不可少的阶段，结合本研究这两个相对较难的规则任务来看，行为调整似乎是一个动态的、渗透在任务执行多阶段的过程，在当前的实验任务中无法将该阶段聚焦。

关于电极点的选取，集中在 Pz 和 POz 区域，考虑到电极点较多，且 FCz 和 Cz 点的分析结果也相差不大，故取消了这两个电极点的结果。

感谢专家的意见，我们补充查阅了文献，在“邢强,孙海龙,占丹玲,胡婧,刘凯.(2017).执行功能对言语顿悟问题解决的影响:基于行为与 ERPs 的研究.心理学报,49(7), 909-919.”这篇文献中，研究者采用了 P200 的描述和分析。根据本研究选用的时间窗口，将原来的 P300 调整为 P200。

意见 8: 3.3 行为数据处理部分。“对反应正确率进行 2（学习阶段：习得前、习得后） \times 重复测量方差分析”。行为数据处理部分的“学习阶段”自变量有什么意义？肯定是习得后正确率高，表现更好，结果也是这样，而且效果量都很大。另外，习得前、后，试次肯定不均等，分别是多少试次？还有，有的被试没有习得后阶段，怎么处理。行为结果反映出任务一、二有一个明显不同，任务二在 block2 处迅速习得了规则。这可能因为任务二第 2 个 block 有提示。数据处理方法（尤其是学会的标准）借鉴了前人的研究(Bellebaum & Daum, 2008)，或许这个方法更适用于任务二，不一定适用于任务一。作者如何确定这个分析方法适合于任务一？

回应: 行为数据分析中，采用了学习阶段自变量，是为了在整个分析中保持前后一致性。所有包含了学习阶段为自变量的重复测量方差分析中，都只涉及既有习得前又有习得后阶段的被试数据。原来对这一问题的阐述不清，已在每个任务的结果分析前进行了说明。

诚如专家所言，习得标准借鉴了前人的研究，但未能在另一个任务中得到有效性检验。原想通过联系原文作者获得该标准的设置依据，并在图片任务中进行检验。但目前未收到原稿作者的回信。故我们补充了研究不足的阐述部分。

意见 9: 3.4 脑电数据处理，6 个人一开始就习得了规则，25 个人始终没有习得。这两组人在认知灵活性高、低方面是怎样分别的，要把被试分组信息介绍全面。

回应: 感谢审稿人的意见。已在相应位置补充了灵活性信息。

意见 10: P300 分析了 7 个点，最终以 Pz 点呈现结果，这是不合适的。

回应: 感谢审稿人的意见，已补充了其它电极点的结果。

意见 11: 反馈加工阶段，采用了预期内和预期外变量，有很多不妥之处。首先，变量要保持一致性，行为分析用的是概率，而这里改为预期，为什么？其次，只有习得之后才会形成预期，如果没有习得，即便概率高，也不会有预期。也就是说，这个预期变量是依赖于学习阶段的。而习得之前无法区分这两种条件，也就无法作为因素来分析。此外，FRN 效价效应最有价值，而没有分析，下面 P300 却分析了。其实效价方面，FRN 分析的是差异波，这些方法的使用都要给出原因。

回应: 所有包含学习阶段为自变量的重复测量方差分析，只涉及同时拥有习得前和习得后阶段的被试数据。关于 FRN 预期效应的分析，有以下几点考虑：首先，行为数据分析中分为了习得前和习得后阶段，对预期效应的分析有助于对行为数据结果提供进一步的电生理数据证据；也在一定程度上对任务标准划定依据不充分的问题进行弥补；其次，分析结果显示，高低认知灵活性者在学习阶段和预期的交互水平上存在差异，这是考察认知灵活性特点的重

要结果。同时，为了与其它分析方法保持一致，我们补充了对 FRN 的 2（学习阶段） \times 2（刺激概率） \times 2（获奖反馈） \times 2（灵活性水平）的重复测量分析。

意见 12: 图形呈现内容比较随意，是呈现 ERP 图还是柱状图、呈现哪些条件、哪些点、图与分析的数据什么关系，都要有一定规范。并且，从图 8 上看出，基线很不稳定，如何解释？

回应: 感谢审稿专家的意见。我们对各分析阶段的波形图和波幅图都进行了调整，尽量在图中展现数据的全貌。基线数据不稳，可能的原因是，由于任务水平设置较多，导致每个条件叠加平均的试次数不充分；也可能是前一个阶段的加工未完全结束造成的。

意见 13: 讨论 4.1 部分，第三段，最后“就本研究的结果来看，内隐和外显系统的差异不会使学习结果（习得/未习得）产生实质性区别，影响的是学习者对任务规则的确定性。”。之前分析的都是内隐、外显；突然出现这一句，有什么依据？任务规则的确定性如何测量。两个任务中，第二个任务的第二个 block 有提示，这个可能性，为什么没有分析。为什么要这样设置？不是在第一个或者第三个 block 提示？

回应: 我们删除了“任务规则的确定性”的说法，调整该句表达为：就本研究的结果来看，主要依赖内隐加工的无线索任务图片任务和可在线索推动下到达外显层次的硬币任务中，均可能到达习得的水平，但有线索的概率类别学习会大大增加学习者做出反应的信心，表现出更稳定的习得水平。

将提示放在 block2，主要是考虑让学习者有相对充分的习得前和习得后阶段。

意见 14: 4.1 部分，最后一段，关于脑区的讨论。首先，脑电研究，不能准确测到脑区，本研究也没有进行定位分析；其次，这一段写的也不清楚，目前的状况意义不大。

回应: 已删除关于脑区讨论的内容。

意见 15: 4.2 部分，这一部分主要依据是 ERP 结果讨论，由于 ERP 分析中还有许多问题，如变量设置问题，电极点呈现问题等，数据需要再整理。所以这一部分也要依据整理的 ERP 结果再修改。

回应: 我们对讨论的第二部分进行了重新建构，从认知灵活性在选择评价和反馈加工阶段的特点展开。

意见 16: 4.2 部分的最后两段，讨论的内容与本研究的关系比较远，有些牵强。

回应: 已删除最后两段的大部分内容。

意见 17: 最后，题目“作用特点”，不像个研究，更像个综述。

回应: 我们将原来的题目“概率学习任务中认知灵活性的作用特点”调整为“认知灵活性对概率类别学习的影响”。

.....

审稿人 2 意见:

本论文研究采用 ERP 技术探讨认知灵活性对包含概率线索的规则学习任务的作用特点与机制。研究发现高认知灵活性组的规则习得水平均优于低认知灵活性组，认知灵活性对概率线索规则学习的作用不受具体任务形式的影响。ERP 结果显示高认知灵活性者在概率线索规则学习中的优势源于反馈加工过程。论文工作量较大，实验设计合理，方法基本可靠。但是分析方法需要注意。

意见 1: ERP 记录以双侧乳突为参考电极，这个是记录电极就是双侧电极？正确做法应该是以单侧乳突为参考电极，事后分析将另一个乳突记录数据加起来共同作为为参考电极。

回应: 我们记录了双侧乳突的数据，并以双侧乳突平均值为参考。该做法是参考外文文献中的做法[Bellebaum, C., & Daum, I. (2008). Learning-related changes in reward expectancy are reflected in the feedback-related negativity. *European Journal of Neuroscience*, 27, 1823-1835.]，原文中的表述是“Recordings were referenced to the average of two electrodes placed on the left and right mastoids.”。由于本研究的主任务（硬币搜索任务）就是参考的这篇论文，为增加对比性，也没有改变参考电极的处理方法。

意见 2: 峰值超过 $\pm 100\mu\text{V}$ 的伪迹被删除，是针对所有电极，还是眼动电极？

回应: 伪迹的处理是针对所有电极。

意见 3: 脑电的结果展现过于简单，方差分析因素很多，但是脑电波形图的结果展示太简单，图 8 的-200ms 到 0 的基线明显不平，是什么原因？

回应: 我们对各分析阶段的波形图和波幅图进行了调整，尽量在图中展现数据全貌。基线数据不平，可能的原因是，由于任务水平设置较多，导致每个条件叠加平均的试次数不充分；也可能是前一个阶段的加工未完全结束造成的。

意见 4: 建议图 6，图 7 加上 error bar，另外建议标注差异显著的地方。

回应: 感谢专家的意见，我们已在图中添加了误差棒和显著性标识。

第二轮

审稿人 1 意见:

作者对问题都做了针对性的修改，有了很大的改善。还有几个小问题：1、该研究其中一个关注的问题是线索对学习任务的影响，那么线索、概率、认知灵活性之间什么关系？还需要在引言和讨论中阐明线索与其他因素的关系。2、图 5，ERP 结果部分，漏掉了 8 个条件的图示说明。

回应: 感谢审稿专家的指导和帮助。

1、关于线索与概率的关系，在引言和讨论部分添加了高概率线索提高学习者表现的证据，在讨论部分添加了结合本研究结果的分析；关于线索与认知灵活性的关系，笔者搜索到的直接比较不同线索条件下灵活性差异的文献较少，只在引言部分添加了不同概率线索条件下强迫倾向个体信息加工灵活性的研究结果作为引子。关于讨论部分，有无线索条件下高低认知灵活性的加工差异分析，之前已有涉及，未额外添加新的内容。

2、感谢专家的提醒，图 5 的图示说明已添加。

审稿人 2 意见: 论文修改基本解决了我的问题，可以接受发表。

编委意见: 本论文在区分高低灵活性个体的基础上，使用 ERP 技术，对认知灵活性影响概率类别学习任务的特点和机制进行了考察，实验设计合理，研究结论可信且具有一定理论意义。

主编意见: 同意外审和编委意见，建议录用。