

# 《心理学报》审稿意见与作者回应

题目：交叉重叠类别结构的自主学习优势和集中学习劣势

作者：岳芳 陈剑平 甘可鑫 王宇情 刘志雅

---

## 第一轮

### 审稿人 1 意见：

以往有研究探讨类别的重叠对类别学习的影响；也有研究探讨学习或呈现方式对类别学习的影响。该文将二者整合进行研究，有一定的创新性。但是该文目前呈现出来的背后逻辑我没有完全理解；结果的解释不能完全让我信服。

首先，是研究的创新点和根本逻辑我没有完全理解。

**意见 1：** 作者认为创新点 1 部分在于“从主观和客观两个角度研究了类别学习的多重学习系统”。但文中几乎没有论及主、客观的内容，我也没有完全理解主、客观这两个角度分别意味着什么。请作者回复解释，并在文中加入一些相关讨论。

**回应：** 感谢审稿人提出的宝贵意见，在讨论部分确实还需要明确说明这一创新点。本研究描述的主观和客观主要是针对主动与被动学习两种方式。以往研究都是研究者确定呈现方式，学习者不能自定义学习步调，类似于被动学习；而自主学习可以站在学习者的角度，让学习者自主选择所需要学习的类别，从学习者主体层面的角度探究本研究的问题。

**意见 2：** 作者认为创新点 2 部分在于“方法上设计了四类别的交叉重叠类别结构”。但这一结构早在 2006 年的文章“Focal Putamen Lesions Impair Learning in Rule-Based, but not Information-Integration Categorization Tasks”中就已经被采用过了。或者还有更早的相关研究。不知道是不是我理解的有误。请作者回复给出解释。

**回应：** 感谢审稿人提出的宝贵意见，前人确实已经设计过了此类别结构。我们原本的写作的确会引起歧义，现在我们根据审稿人的意见修改为“方法上采用了四类别的交叉重叠类别结构”。

**意见 3：** 该文采用四类别重叠结构的原因之一在于可以“平衡任务难度”。但 II 类别结构的正确率往往要低于 RB 类别结构，而类别交叉重叠对 II 结构的影响也要大于 RB 结构。那什么让本身学的较慢的结构更难会平衡难度呢？或许作者认为四类别对于 RB 学习的影响更大。但作者没有论及这一点，也没有提及相关的研究。此外，结果表明，类别结构的主效应显著，RB 学习的正确率更低。如果按照作者的逻辑，是否这又说明 RB 学习的难度显著大于 II 学习，二者的难度又不匹配了呢？请作者回复给出解释。

**回应：** 感谢审稿人提出的宝贵意见，我们原本的写作的确会引起歧义，因为对于确定性的类别结构而言，II 类别结构的正确率确实显著低于 RB 类别结构。现在我们根据审稿人的意见，又去查找了相关文献，进行了补充修改：

首先，Ell 和 Ashby(2006)发表在《Perception & psychophysics》文章“The effects of category overlap on information-integration and rule-based category learning”根据学习者采用最优学习策略的分类正确率，将类别交叉重叠程度分为五种水平：低(100%)，中低(100%)，中(96%)，中高(78%)，高(70%)，并基于反馈学习方式探讨了不同类别交叉重叠程度对 RB 和 II 的影响。

结果发现,类别的交叉重叠水平对两种学习产生了不同的影响,其中对 RB 的影响要小于 II。原因是 RB 不受类别交叉重叠水平的影响,始终使用明确的分类策略;在 II 任务中,学习者在类别重叠的中等水平上使用信息整合策略,在类别重叠的极端水平上使用规则策略。而在类别学习过程中,信息整合策略在 II 中占主导地位,即采用中等类别交叉重叠程度,可以促进 II 的学习,以较好地平衡两种类别结构之间的差异。

其次,学者 Maddox 等人(2004)采用 95%的两类别与四类别重叠水平,基于反馈学习方式,比较了 RB 与 II 的学习效果。结果发现,在两类别条件下,学习者在 RB 任务的分类成绩(89.0%)显著高于 II 的分类成绩(84.6%);而在四类别的条件下, RB 的分类成绩(78.8%)显著低于 II 的类别学习成绩(82.7%)。因此本研究采用四类别交叉重叠类别结构,以匹配两种任务之间的差异。

其次,是结果的解释不够清楚和合理。

**意见 4:** 在 3.1 部分中,作者提到“学习者除了将注意力转向探究类别内相似性和类别间差异,还需要将注意资源分配至重叠的刺激”。学习者在学习第一个类别时并不存在“重叠”的概念。学习剩余类别时,如果学习者已经形成了清晰的类别边界,那么理应忽略重叠刺激;如果未形成清晰边界,那么重叠刺激为何占用了更多认知资源呢?实验并非是刺激重复出现的任务,更多的注意值出现一次的重叠刺激(极端情况)对学习者而言有什么益处呢?请作者回答解释。

**回应:**感谢审稿人提出的宝贵意见,本研究讨论部分确实还有待完善,基于“顺序注意理论”来解释本研究存在着不足。因此,我们根据审稿人的意见,又去查找了相关文献,对内容进行了补充修改:

以往研究指出,在类别学习过程中,学习者往往通过构建一个决策界限将知觉空间分隔成若干反应区域,在每一次学习过程中,学习者首先确定样例刺激所属的区域,然后做出分类反应。本研究认为交叉重叠类别结构的存在干扰了学习者在集中呈现条件下为每个类别形成的相应规则,因此难以形成清晰的类别边界。

**意见 5:** 同样在 3.1 中,“集中呈现条件…损害了学习者进行更广泛的类别之间的比较,其损害程度大于交错呈现条件下…”为什么对集中条件的损害会大于交错条件?有什么理论依据呢?请作者回答解释。

**回应:**感谢审稿人提出的宝贵意见。我们原本的叙述确实不够清晰,我们根据审稿人的意见对内容进行了补充完善:

Noh 等人(2016)在《Cognition》发表的文章“Optimal sequencing during category learning: Testing a dual-learning systems perspective”就曾指出:在基于规则的条件下,当交错呈现类别刺激时,需要学习者为每个类别同时生成和检验多个规则,这将会增加工作记忆负担,从而不利于规则学习。并结合本研究的模型拟合的结果可知,与交错、随机、自主学习方式相比,集中呈现严重导致联合规则这一最优策略的减少,即交叉重叠类别的存在限制了集中呈现条件下,基于规则任务中使用的决策策略类型。因此,本研究认为由于交叉重叠类别的存在,干扰了学习者在集中呈现条件下为每个类别形成的相应规则,会使得学习者难以形成相应的决策界限,进而难以分离不同的类别,损害程度大于交错呈现条件下增加工作记忆负担造成的损害,这将进一步影响分类决策。

**意见 6:** 在 3.2 中,作者认为“当进行自主学习时,学习者更容易将复杂的任务分解为一系列简单的问题…”这样的方式似乎在被动集中呈现中也能做到,为何集中学习的正确率显著

低于其他两种被动呈现方式。请作者回答解释。

**回应：**感谢审稿人提出的宝贵意见。本研究认为：集中呈现与自主学习不同。集中呈现时，学习者只能先学习完一种类别再学习另一种类别；而自主学习可以通过一遍又一遍地选择学习相同的类别，以寻找每个类别下的特征，或选择不同的类别以并列呈现不同的类别间特征，以验证他们的假设，进而促进基于规则的学习，整个过程中，学习者可以根据自己的学习步调灵活使用交错、集中学习方式。

**意见 7：**在 3.2 中，作者提到“学习者可以查询刺激空间中他们最容易犯分类错误的区域…通过减少不确定性和选择避免冗余信息…”在刺激随机呈现的情况下，学习者如何做到随意查询边界附近刺激的呢？而减少不确定和避免冗余信息这样的过程，表明被试能够意识到哪些信息是冗余的。在这种情况下，“II 类别学习”还是一种内隐的，很难用言语描述的学习过程么？请作者回答解释。

**回应：**感谢审稿人提出的宝贵意见，本研究认为 II 始终是一种难以用语言描述的学习过程，但原本的描述确实存在着问题。且通过查阅文献，发现“随意查询边界附近的刺激”这一观点是前人基于学习者能够自主抽样所提出的，但本研究的类别分布已经人为规定，因此达不到这样的要求。对此，本研究根据审稿人的建议，对此部分修改为：

学习者有意识地根据自身信息的需求，控制学习的节奏。例如：在整个学习过程中，学习者可以查询刺激空间中他们容易犯分类错误的类别区域，以比较不同类别之间的差异或类别内的相似性，通过减少不确定性来优化他们的学习效果，以形成清晰的类别边界，因此在学习过程中，会逐渐忽略掉交叉重叠类别结构这一冗余信息，以促进信息整合的学习。

最后，还有些细节需要注意或修改。

**意见 8：**前言第四段有“首先，两种类别结构学习难度不一致”的叙述。Ashby 等人 2020 在《Memory & Cognition》上有文章驳斥了 RB 和 II 难度不一致的说法。如果作者认同，应修改上述表述；如果不认同，应加入相关讨论。或许，所有论及难度的说法都要修改。

**回应：**感谢审稿人提出的宝贵意见，Ashby 等人 2020 在《Memory & Cognition》上发表的文章“Dissociations between rule-based and information-integration categorization are not caused by differences in task difficulty”就曾指出没有难度指标可以解释 RB 和 II 学习之间的分离。我们原本的写作的确会存在着问题。

Ashby 等人(2020)在他发表的文章中也曾提到：对于 RB 与 II 类别结构，RB 呈现出明显的优势，不是因为本身的难度差异，而是因为对于这两种任务的学习方式在速度上存在着差异。对于 RB，学习者可以基于完善的规则学习系统，通过利用复杂的逻辑推理能力来加速学习进程。对于 II，由于缺乏明确的逻辑规则，因此学习者必须以更慢、更渐进的联想学习方式对类别成员进行分类。因此在两种学习步调不一致的两种学习材料下探索不同学习方式的影响，其结论是未知的，所以需要在学习速度相当或接近的条件下进行比较。

**意见 9：**前言第四段论及“其次，决策界限不一，无法准确分离两种类别学习者。”这里我没有理解，请作者回复详细解释一下，为什么决策边界不一致，就不能区分两类学习者。

**回应：**感谢审稿人提出的宝贵意见，本研究在引言部分描述还需更加清晰：

首先，对于 II2 和 II4 类别结构而言，一旦离决策界限足够远，那么学习者可以基于规则的方式学会（仅凭借长度或角度维度即可判断）；而对于 RB2 和 RB4 无论距离决策界限多远，始终都能凭借规则的方式学会。

其次，学者 Ashby 等人(1999)在《Perception & Psychophysics》发表的文章“On the dominance of unidimensional rules in unsupervised categorization”采用两类别结构，并基于观

察学习的方式，发现对于信息整合任务，学习者们大多都使用某种次优的一维规则；而对于基于规则的任务，学习者始终采用的是规则任务。

因此，对于 RB 和 II 都有一部分需要借助规则来进行分类，那么无法区分是 RB 还是 II 对学习者的学习效果产生了影响。

**意见 10：**前言倒数第二段，“有学者发现相对于信息整合任务，主动学习者在基于规则的任务表现更好。”这里请添加相关文献。

**回应：**感谢审稿人提出的宝贵意见，现已根据审稿人的意见添加相应文献。见标红处。

**意见 11：**前言最后一段，“使被试根据两个维度进行分类的最大正确率为 95%。”但方法部分又说“每个类别有 10%的类别交叉重叠。”这样算下来最大正确率是“90”。请作者修改，统一说法。

**回应：**感谢审稿人提出的宝贵意见。在写作时确实需要多注意细节问题，现已根据审稿人的意见修改为 90%。

.....

#### **审稿人 2 意见：**

研究者采用四类别交叉重叠结构，探索了不同呈现方式（集中、交错、随机和自主）对基于规则和信息整合类别学习的影响。结果发现在类别交叉重叠条件下，集中呈现有学习效率上的劣势，自主学习存在优势。整个研究实验设计合理，结果较为合理。但还存在如下几个方面问题需要进一步澄清修改。

1. 引言部分的论述逻辑还不够清晰，还需要进一步提升。试举几例说明。

**意见 1：**第二段，作者论述到“大部分研究发现，交错呈现比集中呈现更有利于类别学习，因为交错呈现能增强不同类别刺激间的区别对比”。随后的文献引用却指出“Noh 等人(2016)在类别学习双系统框架下，采用四类别学习任务考察了呈现顺序对基于规则和信息整合类别学习的影响，结果发现集中呈现有利于基于规则的类别学习，交错呈现有利于信息整合的类别学习。”那前面的大部分研究的发现针对的是 RB 任务还是 II 任务？论述逻辑有冲突。

**回应：**感谢审稿人提出的宝贵意见，本研究在引言部分逻辑性存在问题，已根据审稿人的建议对此处进行修改：

大部分研究发现，交错呈现比集中呈现更有利于类别学习，交错呈现能增强不同类别刺激间的区别对比，但这一结果取决于类别本身的相似性：当采用相似性较高的实验材料时，即实验材料不但类别内相似程度高，类别间相似程度也高。此时，交错呈现比集中呈现往往更有利于类别学习，因为交错呈现能增强不同类别刺激间的区别对比。

**意见 2：**下一段论述非重叠类别结构有两个不足，难度不一和决策界限不一。但是需要指出的是，单维度的基于规则和信息整合材料中存在难度不同，因此采用两维度四类别这一材料以平衡难度在过往的许多研究中都有涉及。作者需要更清晰阐释自己的研究贡献在此，是在重叠交叉领域尚未如何平衡？

**回应：**感谢审稿人提出的宝贵意见，为了更加清晰地阐述这部分内容，已根据审稿人的意见修改为：

首先，两种类别结构采用的学习方式在速度上存在着差异。Stanton 等人(2013)认为基于规则的任务涉及基于单个相关维度的简单类别结构的学习，而信息整合的类别结构具有认知复杂性。对于基于规则的类别结构，学习者可以基于完善的规则学习系统，通过利用复杂的

逻辑推理能力来加速学习进程。对于信息整合的类别结构，由于缺乏明确的逻辑规则，因此学习者必须以更慢、更渐进的联想学习方式对类别成员进行分类(Ashby et al., 2020)。这样，在学习步调不一致的两种学习材料下探索不同学习方式的影响，其结论是未知的，所以需要在学习速度相当或接近的条件下进行比较。

其次，当采用非交叉重叠类别结构时，一旦离决策界限足够远，信息整合的学习任务也能通过规则学习习得。此外，Ashby 等人(1999) 采用两类别非交叉重叠类别结构，并基于观察学习的方式，发现对于信息整合任务，学习者大多都使用某种次优的一维规则；而对于基于规则的任务，学习者始终采用的是规则任务，因此两种类别结构的决策界限不一，无法准确分离两种类别学习者。

最后，Elliott 和 Ashby(2006)根据学习者采用最优学习策略进行分类的正确率，将类别交叉重叠程度分为五种水平：低(100%)，中低(100%)，中(96%)，中高(78%)，高(70%)，并基于反馈学习方式探讨了不同类别交叉重叠程度对基于规则和信息整合任务的影响。结果发现，类别的交叉重叠对两种学习产生了不同的影响，其中对规则学习的影响要小于信息整合学习。原因是基于规则的任务不受类别交叉重叠水平的影响，始终使用明确的分类策略；在信息整合任务中，学习者在类别重叠的中等水平上使用信息整合策略，而在类别重叠的极端水平上使用规则策略。基于类别学习双系统理论，信息整合策略在信息整合任务中占主导地位，即采用中等类别交叉重叠程度，可以促进信息整合类别的学习同时，Maddox 等人(2004)采用 95%的两类别与四类别重叠水平，基于反馈学习方式比较了规则与信息整合任务的学习效果。结果发现，在两类别条件下，学习者在基于规则条件下的分类成绩(89.0%)显著高于信息整合的分类成绩(84.6%)；而在四类别的条件下，基于规则条件下的分类成绩(78.8%)显著低于信息整合的类别学习成绩(82.7%)。

因此本研究四类别交叉重叠这一复杂的类别结构以平衡任务之间的差异，使被试根据两个维度进行分类的最大正确率为 90%，接近于学者 Elliott 和 Ashby(2006)所描述的中等重叠水平。

**意见 3:** 引言中关于反馈学习和观察学习的差异较为突兀，是否可以调整到讨论或其他部分。因为引言还是需要沿着主线进行，不用过多旁支细节。因为本文的重点并未讨论反馈学习与观察学习，无论是研究设计中还是结果讨论中并没有设计差别比较。我的理解这里的观察学习是研究范式中的学习阶段，测试阶段没有反馈环节。这部分内容可以在研究设计和结果讨论中涉及。

**回应:** 感谢审稿人提出的宝贵意见，本研究已根据审稿人的建议将这部分放至结果讨论部分。

**意见 4:** 作者提及已有研究“无论类别结构如何，自主学习的学习效果都是优于被动学习。但这些结果是否可以推广到其他任务尚不清楚。”这里的其他任务指的是什么？上述研究中又采用的是什么类别材料什么呈现顺序？这些研究信息缺失使得我们无法很好对研究结果进行比较。

**回应:** 感谢审稿人提出的宝贵意见，“无论类别结构如何，自主学习的学习效果都是优于被动学习。但这些结果是否可以推广到其他任务尚不清楚。”原本的写作在描述上确实存在着问题，放在此处不妥，已将此处进行调整：

主动学习比被动学习更好，研究者所采用的实验材料为：Carvalho 和 Goldstone(2014)开发的斑点材料，并操纵了类别相似性和呈现顺序（集中、交错、自主学习），发现主动学习者比被动学习者表现更好。但主动学习与被动学习的优势受类别结构的影响，有学者发现相对于信息整合任务，主动学习者在基于规则的任务表现更好。

2. 引言部分需要有很深层的理論的思考。

**意見 5:** 目前的引言部分更多的是採用羅列的形式，以生活中可以 xxx，將不同的變量引出，交錯和集中，被動和主動，觀察與反饋，基於規則和信息整合他們之間的邏輯關係應該圍繞研究問題展開，邏輯結構略顯鬆散，缺少理論層面的思考。這也使得文章的理論貢獻沒有得到很好地凸顯。

**回應:** 感謝審稿人提出的寶貴意見，本研究前言部分的邏輯性還有待提升，基於審稿人的建議，本文以影響呈現方式的優勢因素為重點，貫穿全文（詳見前言部分）。

(1) 以現實生活為例，引出類別學習的基本概念；

(2) 以現實生活為例，引出交錯、集中的概念，並說明交錯與集中呈現的優勢受類別相似性的影響；

(3) 除類別相似性影響因素，還受學習系統調節，以基於不同學習系統調節的類別結構對兩種呈現方式優勢的影響；

(4) 最後，呈現方式的優勢還受到任務要求的影響，引出主動與被動呈現方式；

(5) 但以往針對呈現方式優勢的研究依舊存在着許多不足，引出交叉重疊與非交叉重疊，以凸顯出本研究的貢獻。

3. 決策邊界模型部分

**意見 6:** “根據模型擬合結果經檢驗，信息整合策略的 BIC 值和聯合規則模型的 BIC 值很接近，信息整合策略的 BIC 值更低，所以出現上述結果。為了更加準確地判斷被試的分類策略，本研究結合模型擬合結果和被試的實際反應圖來重新判斷被試的分類策略。”放在此處也略顯突兀，不明所以。

**回應:** 感謝審稿人提出的寶貴意見。因為本研究基於學者 Roark 等人(2021)發表在《Journal of Experimental Psychology: General》的文章“Auditory and visual category learning in musicians and nonmusicians”中所採用的決策邊界模型，但由於作者是對聽覺類別刺激進行數據擬合，因此為了進一步保證實驗的準確性，本研究結合模型擬合結果和被試的實際反應圖來判斷被試的分類策略。

4. 結論

**意見 7:** 結論處“在基於規則的條件下.....損害程度大於交錯呈現條件下增加工作記憶負擔造成的損害，因此沒有出現集中呈現優勢；(2)在信息整合條件下，.....類別交叉重疊的存在會干擾學習者形成刺激—反應聯結”所謂增加工作記憶負擔造成損害，干擾刺激-反應。該研究中並未提供直接證據，不應是結論。此外，還有許多的小問題，例如摘要部分，目前的摘要還需進一步修改完善，所謂通過計算模型的數據分析方法對 265 名被試的學習策略進行了模型擬合。但是下面均為行為數據的結果。缺少結論等。

**回應:** 感謝審稿人提出的寶貴意見，根據審稿人的建議，本研究已經在結果的解釋部分添加了相應的討論（詳見討論部分）：

前人發現，在基於規則的條件下，當交錯呈現類別刺激時，需要學習者為每個類別同時生成和檢驗多個規則，這將會增加工作記憶負擔，從而不利於規則學習。但結合模型擬合的結果可知，與交錯、隨機、自主學習方式相比，集中呈現導致聯合規則這一最適策略的減少，即交叉重疊類別的存在限制了集中呈現條件下，基於規則任務中使用的決策策略類型。因此，本研究由於交叉重疊類別的存在，干擾了學習者在集中呈現條件下為每個類別形成的相應規則，會使得學習者難以形成相應的決策界限，進而難以分離不同的類別，損害程度大於交錯呈現條件下增加工作記憶負擔造成的損害，這將進一步影響分類決策。

对于信息整合类别结构, 大多研究发现交错呈现更有利于学习者的学习效果, 可能是因为交错呈现鼓励学习者快速放弃基于规则的次优策略, 它将一个类别的刺激与其他类别的成员并列以进行比较, 允许学习者缩小一个类别的定义特征。结合模型拟合的结果可知, 在信息整合条件下, 交错呈现导致信息整合策略这一最优策略使用的减少和规则策略的增加。双系统理论假设在类别学习过程中, 基于规则主导的陈述性系统和信息整合主导的程序性系统同时运行, 两个系统都在争夺分类响应的控制权。在信息整合任务条件下, 由于交叉重叠类别结构的存在, 尽管信息整合策略的正确率会降低, 但依旧会大于使用规则策略的正确率。因此, 在这种情况下, 程序性系统仍占主导地位。所以此时若交错呈现刺激, 能够鼓励学习者快速放弃基于规则的次优策略, 但由于类别交叉重叠的存在, 进一步干扰了学习者形成刺激—反应联结, 进而无法出现交错呈现优势。

其次, 对摘要部分也进行了修改(添加了模型拟合的结果以及结论, 详见摘要部分)。

---

## 第二轮

### 审稿人 1 意见:

作者全面地对问题进行了修改和回复, 但修改后我认为让文章更加零碎了。请作者全面考虑一下文章的主题, 基本叙述逻辑, 围绕主题展开写作。

**意见 1:** 首先, 请作者仔细核对文章的内容, 用通顺精确的语句完成写作。文章中有许多可以避免的小错误。例如, (1) 前言倒数第二段, 新添加的内容, “低(100%), 中低(100%)” 这二者的数值应当是不同的。(2) 讨论第一段, “学习方式速度”, 是说方式还是速度? 方式速度让人不太理解。(3) 3.1 部分中。“并最终导致更好的分类性能”, 人是可以性能来形容的么? 以及导致…的性能, 多少不太符合中文的写作习惯。

**回应:** 感谢审稿人提出的宝贵意见。根据审稿人的建议, 我们已对文章内容进行了补充修改。

首先, Ell 和 Ashby(2006) 操纵了类别刺激与决策界限的距离, 根据学习者采用最优学习策略和次优学习策略分类的正确率, 将两类别交叉重叠程度分为五种水平: 低(最优 100%, 次优 100%), 中低(最优 100%, 次优 92%), 中(最优 96%, 次优 75%), 中高(最优 78%, 次优 62%), 高(最优 70%, 次优 58%)。其次, “学习方式速度” 和 “并最终导致更好的分类性能” 确实欠妥, 分别修改为 “学习速度” 和 “最终带来更好的学习效果”。并对行文诸如此类的错误进行了修改。

**意见 2:** 第二, 请作者对前言的思路进行理顺。我认为补充的内容是基本合理的, 但是应当更凝练地分作几个段落, 每个段落有一个中心主题。具体的表述也应更合理明确。第三段中 “目前, 不少研究发现类别结构对两种呈现方式优势的影响”, 有不少研究, 但是后面只介绍了一篇的结论。其他的研究结论是什么呢?

**回应:** 感谢审稿人提出的宝贵意见。在此处, 文章表达也欠妥, 已对文章进行了修改。目前已知就 Noh 等人(2016)探究了呈现方式与类别结构对的交互作用, 尽管也有文章探究了呈现方式对类别学习的影响, 但是他们大多探究 “材料的相似性” 这一因素, 并未以 “类别结构” 这一因素展开讨论。

**意见 3:** 第三, 结果和讨论部分。目前的主要结果只有两个, 正确率和策略分析。策略分析本身也并不一定是对客观情况的完全真实反映。作者在讨论中有大量的内容都是依据前人的结论, 甚至是前人的推测完成的。这些结论和推测有多大程度上可以推广到目前的研究中,

并不是百分百确定的。因此，对于作者的一些推论，是否能找到一些数据上的支持呢？比如，3.2 中，作者说到的自主学习中，可以通过一遍又一遍地选择学习相同的类别。那是否就可以看一下自主学习条件下，连续学习同一类别的试次比例有多高？诸如此类的分析，都可以让文章更有说服力和深度。

回应：感谢审稿人提出的宝贵意见。目前我们也在文章中添加了自主学习的相关数据。本研究统计了学习者在学习阶段的相关指标：(1)学习者在不同类别之间切换的比例(“切换率”)，由于学习阶段有 100 个试验，每个学习者可以做出 99 次选择，而每次选择都可以被定义为“交错”或“集中”。因此，切换率的计算方法为：用学习者选择切换的次数除以可能选择的总数(99)。(2)学习者集中学习的最长序列，定义为重复学习一个类别，并且序列最长；(3)学习者集中学习的平均长度；(4)学习者交错学习的最长序列，定义为连续交错学习一段类别刺激(例如，ABCACBAC)，且交错学习的序列最长；(5)学习者交错学习的平均长度。如表 5 所示：

表 5 衡量学习者对集中和交错学习倾向程度的平均值

类别结构	切换率	集中学习的最长序列	集中学习的平均长度	交错学习的最长序列	交错学习的平均长度
基于规则类别结构	0.49 ± 0.30	11.52 ± 7.88	6.24 ± 5.58	23.05 ± 25.65	8.50 ± 16.30
信息整合类别结构	0.44 ± 0.28	10.76 ± 7.13	6.24 ± 5.86	18.67 ± 20.85	8.03 ± 17.11

首先，学习者在自主学习过程中，规则任务的切换率为 0.49，信息整合任务的切换率为 0.44，尽管两者没有显著差异( $p = 0.521$ )，但都介于 0.030 (仅仅对四个类别切换 3 次，即完全集中学习)和 1 (交错学习四个类别的所有样例)之间，这也能说明学习者并不是完全集中学习或者交错学习，而是会有策略性地交替使用集中、交错学习方式。

其次，本研究在不同类别结构条件下，利用相关分析考察了学习者在自主条件下的分类正确率与上述五个指标之间的关系。结果表明，在基于规则的任务中，集中学习的最长序列与学习者的分类正确率呈显著负相关( $r = -0.37, p = 0.03$ )，集中学习类别刺激的平均长度与学习者的分类正确率也呈显著负相关( $r = -0.48, p = 0.002$ )，即学习者集中学习类别刺激的平均序列越长，其分类正确率越低；在信息整合任务中，集中学习类别刺激的平均长度与学习者的分类正确率也呈显著负相关( $r = -0.40, p = 0.020$ )。这也进一步说明了集中学习方式存在劣势。

.....

**审稿人 2 意见：**

谢谢作者的认真修改和回复，文稿质量有一定提升。但仍然存在比较大的逻辑问题和写作问题。

**意见 1：**整个引言部分的语言稚嫩，啰嗦，逻辑不够流畅，仍然缺乏问题导向。虽然作者试图解决上一稿提及的逻辑漏洞，但仅仅在原有逻辑基础上做补充修改，整个引言的逻辑仍然不够清晰。建议作者修订后最好通读全文，请本领域非本文作者好好做挑剔型阅读，顺一下逻辑。就上述提及的问题我举例说明：

首先，语言稚嫩，逻辑，不少地方存在语病，表述不够清楚方面。例如，引言第一句话“类别学习(Category Learning)是人类通过分类把纷繁复杂的世界知识进行有序的组织。类别学习能力是人类一项重要的认知功能，对人类的生存至关重要，例如，将物体分类为安全

的和有威胁的能力。” 第一句 类别学习是人类通过分类把纷繁复杂的世界知识进行有序的组织，这句话句式杂糅，要不就是类别学习是指...的有序组织的过程。要不就是类别学习使得人类通过分类.....进行有序的组织。第二句“例如,将物体分类为安全的和有威胁的能力”，话没说完，具备这样的能力，然后....

“虽然，在探究交错或集中呈现的优势方面，类别样例的相似性发挥了重要作用。但研究者认为另一个因素可能也很重要：调节表现的学习系统” 研究者是指本文作者？还是其他研究者，如果其他研究者需要引用出处？调节表现是什么意思？

“目前，不少研究发现类别结构对两种呈现方式优势的影响。”下面其实就只 1 篇 Noh 等人(2016)的研究。

再如，“虽然在大多数类别学习研究中，交错呈现已被证明优于集中呈现，但这一结果取决于类别本身的相似性：当采用相似性较高的实验材料时，即实验材料不但类别内相似程度高，类别间相似程度也高，此时，交错呈现比集中呈现往往更有利于类别学习，因为交错呈现能增强不同类别刺激间的区别对比(Carvalho & Goldstone, 2014; Rohrer et al., 2020; Sana et al., 2017; Zulkipli & Burt, 2013)。”这段话跟本文的研究目的或研究问题有直接关系吗？我认为目前的问题引入已经过去冗长，还是要从上述两种呈现方式尽快衔接到本文的因变量 RB 和 II 学习上。

回应：感谢审稿人提出的宝贵意见。目前已根据审稿人的建议对前言部分进行了修改。对文章中存在的语病问题，逻辑问题已经进行了详细修改。并对文章的语句进行了精炼，以第一段为例：

类别学习(Category Learning)是指人类将纷繁复杂的世界知识进行分门别类的加工过程(Ashby et al., 1998; Seger & Miller, 2010)，是影响人类生存的一项重要认知活动。例如，个体需要先通过学习将对象分为有害的，或者无害的类别，然后才据此做出是否逃避的决策判断。研究者们一直致力于探讨类别学习的机制，并提出了双系统理论，即类别学习至少存在两个相互竞争的学习系统：一个是外显的陈述性系统，这个系统依赖工作记忆和执行注意，并通过明确的假设-检验过程来习得基于规则的类别知识(rule-based, 简称 RB) (Ashby et al., 1998; Ashby & Valentin, 2017; Erickson & Kruschke, 1998)；另一个是内隐的程序性系统，这个系统基于大脑与特定动作建立的联结来习得信息整合类别知识 (information-integration, 简称 II) (Ashby & Maddox, 2011; Nomura et al., 2007)。为了进一步揭示类别学习双系统的认知机制，研究者们设计了不同的类别结构材料，如图 1，学习者学习了基于规则类别结构材料（图 1 左）将习得规则的类别表征，而学习了信息整合类别结构材料（图 1 右）将习得信息整合的类别表征。

同时，针对相似性部分等与文章主旨无关的内容进行了删减，并根据 Noh 等人(2016)研究的局限性引出本研究的内容，详见见前言部分。

意见 2：其次，逻辑跳跃不够流畅。例如，引言最后一部分论及已有研究 gap 时，该段落开端已经提到“在现实生活中，人们并不能根据某个或多个特征组合完整地区分一些类别，总会存在一些类别重叠，存在着“边界模糊效应”(Minda & Smith, 2001)。”，但下句话又跳回非交叉重叠类别结构依旧存在一些不足.... 论及到不足之后内容上又跳回到“对此，研究者们探究了交叉类别重叠结构的学习效果。”

回应：感谢审稿人提出的宝贵意见。针对交叉重叠这一部分的内容，本研究已经对行文进行了详细的补充。为了弥补 Noh 等人(2016)实验材料的不足，我们采用了交叉重叠类别结构。具体修改为：

因此，如果要更加客观地探究呈现方式的优势效应，有必要平衡规则任务和整合任务在学习速度上的差异，以及减少两种任务中学习策略所带来的影响。结合现实生活来看，

人们并不能根据某个或多个特征组合完整地地区分一些类别，总会存在一些类别重叠，即“边界模糊效应”(Minda & Smith, 2001)。例如，“抹布”是否属于“家具”。基于此，前人发现交叉重叠类别结构可以发挥一定作用(Ell & Ashby, 2006; Maddox et al., 2004)。

首先，交叉重叠的四类别结构材料可以克服前人实验材料上的不足。Maddox 等人(2004)采用反馈学习方式，比较了基于规则与信息整合任务中，两类别与四类别重叠结构(采用最优学习策略分类的正确率为 95%)的学习效果。结果发现，在两类别任务中，学习者在基于规则任务下的分类成绩(89.0%)显著高于信息整合的分类成绩(84.6%)；而在四类别任务中，学习者在基于规则任务下的分类成绩(78.8%)显著低于信息整合的分类成绩(82.7%)。因此，采用四类别交叉重叠结构会增加学习者在规则任务中的工作记忆负担，致使其分类正确率降低。接着，学者 Ell 和 Ashby(2006)发现类别重叠还会影响学习者的决策策略。他们操纵了类别刺激与决策界限的距离，并根据学习者采用最优学习策略和次优学习策略分类的正确率，将两类别交叉重叠程度分为五种水平：低(最优 100%，次优 100%)，中低(最优 100%，次优 92%)，中(最优 96%，次优 75%)，中高(最优 78%，次优 62%)，高(最优 70%，次优 58%)。以探讨不同类别交叉重叠程度对基于规则和信息整合任务的影响。结果发现，类别的交叉重叠水平对两种任务产生了不同的影响。其中，对规则学习的影响要小于信息整合学习。原因是基于规则的任务不受类别交叉重叠水平的影响，学习者在学习过程中始终使用明确的分类策略；而在信息整合任务中，学习者在类别重叠的中等水平上使用信息整合策略，在类别重叠的极端水平上使用规则策略。基于类别学习双系统理论，信息整合策略在信息整合任务中占主导地位(Ashby & Maddox, 2011; Nomura et al., 2007)。即采用中等类别交叉重叠程度，可以促进信息整合类别的学习。因而，如果采用中等程度的四类别交叉重叠结构可以减少两种类别任务的差异，此时，呈现方式的优势效应是否与 Noh 等人(2016)的发现相一致，这一问题有进一步探究的必要。

**意见 3:** 第三，问题意识缺乏。承接上述内容，既然研究者已经意识到交叉重叠类别结构的不足，采用交叉类别重叠结构，那你这个研究的研究贡献在哪里？是在已有这些交叉类别重叠结构的研究基础上进一步探讨了什么？作者并无任何涉及，直接下一段提出“因此，不同于以往的研究，本实验修改了相应的类别结构，采用四类别交叉重叠这一复杂的类别结构以平衡任务之间的差异，使被试根据两个维度进行分类的最大正确率为 90%，接近于 Ell 和 Ashby(2006)所描述的中等重叠水平，并且增加自主学习和基线条件(随机呈现)，探讨不同呈现顺序对类别结构的影响，以进一步扩展类别学习的研究”到底不同于的是什么研究了？因为没有这部分的研究 gap 的阐释，引言的最后两个假设也就成了空中楼阁，如何就能推导出“本研究预计在类别交叉重叠条件下，由于干扰了学习者生成和测试每个类别的特定假设，进而难以在基于规则的条件，观察到集中呈现的优势；同时在信息整合类别学习条件下，交叉重叠类别的存在干扰了学习者放弃基于规则的次优策略，难以观察到交错呈现的优势。**回应:**感谢审稿人提出的宝贵意见。首先是本研究的贡献——与 Noh 等人(2016)的研究不同，本研究采用交叉重叠类别结构，更加客观的探究呈现方式与类别结构的交互作用。同时，将学习者视为规则信息的主动学习者，以比较在交叉重叠类别结构下，主动学习与被动学习的优势效应。原因是：

学者们发现，在类别学习研究领域，呈现方式与类别结构(Noh et al., 2016)、学习方式(Carvalho & Goldstone, 2015)、材料相似性(Carvalho & Goldstone, 2014; Zulkiply & Burt, 2013)以及定义的呈现(Rawson et al., 2015)这几个变量存在着交互作用。

值得注意的是，关于类别结构与呈现方式的交互作用研究较少。目前，仅 Noh 等人(2016)站在类别学习双系统框架下，探究了这一问题。他们采用四类别学习任务考察了呈现方式对基于规则和信息整合类别学习的影响，发现集中呈现有利于基于规则类别学习，交错呈现

有利于信息整合的类别学习。但 Noh 等人(2016)的研究存在一些不足:

首先, Noh 等人(2016)的研究使用非交叉重叠类别结构, 探究呈现方式对类别学习的影响。但是这类完全分离的类别结构(RB, II)在学习速度存在差异, 而且还会受到学习策略的影响。这样不能客观地探究呈现方式的优势效应。对此本研究提出了使用四类别交叉重叠类别结构来平衡这一差异。那么, 此时呈现优势效应是否与 Noh 等人(2016)的发现相一致, 这一问题有进一步探究的必要。

其次, 本研究增加了自主学习方式的探索, 即探究自主学习者是倾向于集中在一个类别中学习, 还是交替在不同类别间学习, 分析学习效率与类别间切换的关系, 试图更准确和深入地揭示类别学习的效率机制。在 Noh 等人(2016)的实验中, 学习者被视为信息的被动积累者, 呈现方式是由研究者决定的, 如集中、交错和随机呈现等, 这属于被动的学习方式。但在日常生活中, 学习者是有自主性的, 可以自由选择每次试验中学习的类别。对此, Markant 和 Gureckis(2010)基于完全分离的两类别结构, 发现当增加学习者的主动性时, 即允许学习者自主调整特征量的大小变化来学习类别, 结果出现了更高的学习效率。这个研究结果启发了我们, 探索类别学习的认知机制, 需要对自主学习的机制进行研究。接着, Lu 等人(2021)采用了 Carvalho 和 Goldstone(2014)开发的斑点材料, 也发现自主学习方式在相似性信息的表征上出现优势效应, 使自主学习者比被动学习者表现更好。他们认为, 当自主学习时, 学习者可能具有“决策驱动(decision driven)”和“数据驱动(data driven)”的优势。“决策驱动”指自主学习会增加学习者的选择权和积极探索的学习动力, 以促进他们对任务的参与度(Gureckis & Markant, 2012; Leotti et al., 2010; Markant & Gureckis, 2010)。如果该理论成立, 那么自主学习者的学习效率与集中、交替的转换有显著的相关关系。“数据驱动”指学习者能够查询刺激空间中极有可能犯分类错误的区域(即类别边界), 以减少不确定性和选择避免冗余信息来优化他们的学习效果(Gureckis & Markant, 2012; Markant & Gureckis, 2010)。如果该理论成立, 那么在本研究中, 不论是基于规则和信息整合的类别结构, 自主学习都更利于决策界限的形成。进一步, Markant 和 Gureckis(2010)的实验还表明, 与信息整合任务相比, 主动学习者在基于规则的任务中表现更好。原因是自主学习依赖学习者对不确定规则进行推理, 以形成明确规则。而规则任务被认为是基于对规则或显性假设的推理而习得的(Ashby et al., 1998), 所以自主学习有利于基于规则的类别学习; 信息整合任务则需要学习者放弃基于规则的策略, 再转向更程序化的学习, 但自主学习可能会使学习者倾向继续寻找次优规则, 致使出现学习障碍。然而, 这类完全分离的类别结构存在着不足, 因此如果本研究在四类别交叉重叠结构下, 探究主动学习的优势是否会受到类别结构的影响, 这将为双系统理论的检验提供更有力的实验数据。

综上所述, 本实验采用四类别交叉重叠结构, 平衡了基于规则与信息整合任务之间的差异, 使学习者根据两个维度进行分类的最大正确率为 90%, 接近 Ell 和 Ashby(2006)描述的中等重叠水平, 并且增加自主呈现和随机呈现方式(基线条件), 采用观察学习来探讨不同呈现方式对类别结构的影响, 以进一步扩展类别学习的研究。预期检验如下三个假设: 第一, 交叉重叠类别结构由于没有绝对的分类型规则, 基于规则的类别学习将不会出现集中呈现优势; 第二, 交叉重叠类别结构由于对信息整合类别学习影响少, 而且中等程度的交错重叠水平会促使学习者使用信息整合策略, 将出现交错呈现优势。第三, 相对于被动学习, 如果自主学习存在“决策驱动”、“数据驱动”的优势, 那么在两种类别结构的学习中将出现自主学习优势。

**意见 4:** 研究方法部分还需要补充细节信息, 部分数据分析结果指代不清。例如, 研究设计为 2 (类别结构: RB、II) × 4 (呈现方式: 交错、集中、随机、自主)被试间设计, 被试信息处目前仅有总人数, 还需要报告各组人数及基本信息。

回应：感谢审稿人提出的宝贵意见。根据审稿人的意见，本研究补充了各组人数及基本信息。具体为：

在本实验中，招募某在校大学生 265 名，男生 92 名，女生 173 名，平均年龄为  $20.50 \pm 2.37$  岁。其中，在基于规则任务中，集中学习组 32 人(平均年龄为  $21.00 \pm 3.24$ )，交错学习组 30 人(平均年龄为  $19.85 \pm 1.85$ )，随机学习组 36 人(平均年龄为  $19.75 \pm 1.80$ )，自主学习组 39 人(平均年龄为  $20.24 \pm 2.31$ )；在信息整合任务中，集中学习组 30 人(平均年龄为  $21.80 \pm 2.88$ )，交错学习组 30 人(平均年龄为  $21.84 \pm 2.27$ )，随机学习组 35 人(平均年龄为  $19.76 \pm 1.71$ )，自主学习组 33 人(平均年龄为  $20.54 \pm 2.20$ )。

意见 5：讨论部分，3.3 研究局限与展望，过于简略草率，非常简略仅仅 3 句话，缺乏必要的阐释，更没有引用任何的文献证据。

回应：感谢审稿人提出的宝贵意见。本研究根据审稿人的建议，已经对局限与展望部分进行了补充。具体为：

本研究首次以交叉重叠类别结构为实验材料，考察了呈现方式对类别学习的影响。但依旧存在一些不足，需要在今后研究中加以完善。

首先，未能区分交叉重叠的刺激与决策界限附近刺激的干扰。基于决策界限理论可知，距离决策界限越远越容易划分，越近则越难以划分(Ashby & Gott, 1988)。因此，未来还可借鉴学者 EII 和 Ashby(2006)的研究，通过操纵类别刺激与决策界限的距离，排除决策界限附近的刺激对呈现方式优势的影响。

其次，本研究仅探讨了单一呈现方式对类别学习的影响，但是呈现方式也具备多样性。目前，已有学者探讨了先集中呈现后交错呈现的学习效果 (Rau et al., 2010; Sorensen & Woltz, 2016)，但他们的研究结果并不能表明这样的呈现方式更具优势。因此，未来的研究还可对比多元呈现方式与单一呈现方式的学习效果，并且进一步探究哪种呈现顺序(先集中后交错、先交错后集中)更利于学习者进行分类，甚至可以结合类别结构，以探究不同呈现方式的优劣效应。

最后，尽管本研究在前人 Lu 等人(2021)的基础上，结合类别结构，比较自主学习与被动学习的学习效果，但未能发现自主学习与中间水平学习(交错、随机)的显著差异，优势仅仅表现在与集中学习的比较上，未来还需进一步探究。

---

### 第三轮

审稿人 1 意见：

感谢作者的回复。我认为目前仍有写作方式和逻辑两方面的问题。

第一方面，是写作方式，大致可以分为以下三点。

意见 1：这方面意见在之前的意见中、在另一位审稿人的意见中均有多次提及。因此，此次意见仅各举一例。

(1) 格式。在第二部分，即方法部分开头，一级标题下有两行多余的数字“1, 2”。此问题之前也提出过，不知道是不是我这里显示的问题。

(2) 概念解释。作者在研究中采用了观察学习的范式。这个概念与反馈学习相对应，也算是类别学习中一对较为重要的概念了。为了照顾不熟悉这个领域的读者，或许应当简单进行概念解释。

(3) 中文写作方式。举一例，3.1 部分第二段，有一句“即交叉重叠类别结构的存在可能会限制学习者在集中学习规则任务时，所使用的决策策略类型”。这个句子在我看来，有

以下几个问题：1)“的存在”三字完全无必要，这种行文措辞不太符合科研专业文章的风格；2)“…时，所使用的…”逗号在此处破坏了句子连贯性；3)“限制决策策略类型”的意义含混不清，好像是说有的策略就无法被采择了？4)这句话理应对前一句的进一步解释，但是并未提供任何新的信息，反而让原来清晰的句意变得含混，有歧义。

这方面意见的重点是第三点，我认为类似的问题存在与全篇，但有些看法或许见仁见智，仅供作者参考吧。

**回应：**感谢审稿人提出的宝贵意见。

(1) 根据审稿人的建议，针对格式这一问题，可能是由于电脑型号的不同，我的电脑上并未发现这一问题，目前我已对格式再次进行了调整。

(2) 根据审稿人的建议，本研究已对观察学习、反馈学习进行了概念解释。

观察学习：刺激和类别标签同时呈现的学习

反馈学习：在学习者反应后立即反馈正确结果

(3) 根据审稿人的建议，针对中文写作方式这一问题，本研究已进行了修改，详见标红处。

第二方面，是文章整体逻辑。大致也分为三点。

**意见 2：**对于标题和文章整体，自主优势这个说法存疑。

文章的标题是“集中学习劣势”和“自主学习的优势”。集中学习劣势有充分的数据支持；但自主学习并未比交错和随机更优。如果说一个班里四个学生，三个并列第一，一个第二，那其中一个第一名可以说是这个班里有学习优势吗？作者在讨论中又加入了“两个驱动”试图解释自主学习“优势”，但这两点在随机和交错学习中并不存在，如何解释这两种方式与自主学习表现无异呢？

**回应：**感谢审稿人提出的宝贵意见。针对自主学习的优势，本研究发现无论是基于规则和整合的类别结构，自主学习者均能较多地使用最优策略，自主学习的分类正确率均显著高于集中呈现的分类正确率。而对于中间水平方式（交错、随机），其优势效应仅体现在基于规则的任务中。因此，本研究初步认为交叉类别结构下自主学习方式存在优势。但是未能发现自主学习与中间水平学习方式（交错、随机）的显著差异，优势仅表现在与集中学习的比较上，因此未来还需进一步探究。

**意见 3：**对于引言部分，引入交叉重叠结构的逻辑存疑。

引入的原因有两个。首先，作者认为控制两种类别结构的学习速度是必要的。这种必要性来自于何处？是说学习速度的会影响呈现范式的作用么？学得快的时候集中呈现有优势，学得慢一些集中呈现就会变为劣势了么？或许是我没有理解作者的逻辑，请再解释一下。

其次，作者提及，Noh(2016)的研究存在规则和整合两种类别结构速度不同的问题；又提及Ell(2006)的研究认为重叠程度对规则结构的影响更小。那为什么本来速度快的规则结构，加入了受影响更小的重叠因素，速度就会变得平衡了呢？

**回应：**感谢审稿人提出的宝贵意见。本研究引入交叉重叠类别结构的原因是：

1. 无法准确分离两种类别学习者。因为，一旦离决策界限足够远，信息整合任务同样可以通过规则习得。例如，Ashby 等人(1999) 让学习者观察学习完全分离的两类别结构，发现在信息整合任务中，学习者大多使用某种次优的一维规则策略，而在规则任务中，学习者始终使用规则策略，导致无法准确分离两种类别学习者。对此，Ell 和 Ashby(2006)通过反馈学习方式(在学习者反应后立即反馈正确结果)探究了类别交叉重叠水平对不同类别结构的影响。结果发现，基于规则的任务不受类别交叉重叠水平的影响，学习者在学习过程中始终使用明确的规则策略；对于信息整合任务，学习者在类别重叠的中等水平(采用最优学习策

略分类的正确率为 96%，采用次优学习策略分类的正确率为 75%)上使用信息整合策略。根据类别学习多系统理论，规则策略在规则任务中占主导地位，信息整合策略在信息整合任务中占主导地位。即采用中等交叉重叠的类别结构，更有可能促使基于规则和信息整合类别学习者的准确分离。

2. 这两种类别结构的学习速度存在差异。对于规则任务，学习者可以基于完善的规则学习系统，并利用逻辑推理能力来加速学习进程。对于信息整合任务，由于缺乏明确的逻辑规则，因此学习者必须以更慢、更渐进的联想学习方式对类别成员进行分类(Ashby et al., 2020)。由此可见，两者学习步调并不一致。那么在学习速度不一致的情况下探究呈现方式的优势效应是不够客观的。对此，Maddox 等人(2004)采用反馈学习方式，在类别重叠的中等水平(采用最优学习策略分类的正确率为 95%)上关注了类别数量对不同类别结构的影响。结果发现：对于两类别结构，学习者的基于规则的分类成绩(89.0%)显著高于信息整合的分类成绩(84.6%)；对于四类别结构，学习者的基于规则的分类成绩(78.8%)则显著低于信息整合的分类成绩(82.7%)。主要因为类别数量的增加对学习者的执行注意和工作记忆提出了更高的要求，这会降低规则任务的分类正确率。

综上，本研究认为采用接近中等交叉重叠水平的四类别结构材料，不仅能促使基于规则和信息整合类别学习者的分离，还更有可能平衡两种类别在学习速度上的差异，有助于进一步探讨呈现方式对不同类别结构的影响。

**意见 4:** 对于结果部分，集中劣势和自主优势的解释逻辑存疑。

作者在集中学习劣势的解释中认为，“集中呈现会导致联合规则这一最优策略的使用减少”。这可以解释规则任务中的集中劣势。但在整合任务中，集中呈现理应也能减少联合规则，进而促进整合规则的采用，这是利于整合任务学习的，为什么也会产生集中学习的劣势呢？

对于自主学习优势，参照本方面第一点，我认为“两个驱动”的说法不能全部解释现有结果。对于学习动力，参与度这样的说法，我认为解释力度也较弱。

**回应:** 感谢审稿人提出的宝贵意见。由于“集中呈现会导致联合规则这一最优策略的使用减少”，因此我们发现规则任务中的集中劣势。尽管在信息整合任务中，集中呈现应也能减少联合规则，但信息整合类别学习是内隐的学习，不依赖于执行注意和工作记忆，是一种程序性学习。研究表明，对于程序性学习，交错学习会比集中学习的效果更好。但为何本研究未能发现信息整合任务下的交错呈现优势呢？这是因为：

根据区别对比假说(discriminative-contrast hypothesis)，当类别间的相似性高，难以区分不同类别时，交错学习可以促使学习者比较不同类别的刺激，突出类别间的差异信息，以此促进类别学习(Kang & Pashler, 2012; Rohrer, 2012)。然而，对于信息整合任务，交叉重叠类别结构会削弱类别间的差异，不利于学习者掌握类别间的差异性特征，这可能会进一步干扰学习者将刺激和特定反应形成联结，最终难以出现交错优势。

针对自主学习的优势，本研究对此的解释是：尽管交叉重叠类别结构增加了每个类别的例外样例，但不同于被动学习方式，自主学习者可以自由选择每次试验学习的类别，并自行决定类别的学习顺序。根据学习者的切换比例，自主学习者不仅限于集中学习或交错学习，而是会有战略性地使用“交错”或“集中”学习方式。这可以增加学习者的选择权和学习动力，促使任务参与度的提高(Gureckis & Markant, 2012; Leotti et al., 2010; Lu et al., 2021; Markant & Gureckis, 2010)，呈现出“决策驱动”的优势。

此外，本研究发现了自主学习方式给基于规则和信息整合任务带来不同程度的益处。对于规则任务，自主学习者可以通过对任务的感知调整类别学习方式，并将复杂的任务分解成一系列简单的问题。例如，学习者可以通过一遍又一遍地选择学习相同的类别，即集中学习，

以生成并检验类别内共同特征的假设，还可以随时切换不同类别以明确类别间的差异特征，这促使自主学习者在学习过程中加快了假设检验的过程，从而有利于规则类别学习。对于信息整合任务，类别知识的习得客观上依赖信息的累积，学习者通过不断尝试正确或错误类别刺激，缩小了每个类别的特征定义，促使学习者快速放弃基于规则的次优策略转而采用最佳的信息整合策略，由此程序性系统占主导地位，最终有利于信息整合的类别学习。然而，交叉重叠类别结构会增加学习者的工作记忆负荷而不利于规则学习，此消彼长，致使自主学习者在基于规则和信息整合任务的分类正确率并没有显著差异。综上，不论是基于规则和信息整合任务，自主学习者都能更好地习得了类别内的相似性信息和类别间的差异性信息，通过减少不确定性来优化他们的决策界限，呈现出“数据驱动”的优势。

.....

**审稿人 2 意见：**

我已经重新阅读了最新的修改稿及作者的回复。

**意见 1：**全文的语言和行文，特别是引言部分内容还需要进一步润色提高语言准确性、可读性，因为经两轮修改，逻辑通顺了不少，但语言错漏、口语化表述依然存在，这种互动不可能是无限期进行的。诸如：“.....接着，学者 Eil....”，“另外,.....”。“基于此，前人发现交叉重叠类别结构可以发挥一定作用..... “发挥什么作用？

**回应：**感谢审稿人提出的宝贵意见。根据审稿人的建议，本研究已经对全文内容进行了修改。详见文章标记处。

**意见 2：**行文内容、引用研究的结果呈现要有所详略，围绕本文的研究问题来展开。例如，交叉重叠的四类别结构这段详细论述了 Maddox 等人(2004)和 Eil 和 Ashby(2006)的研究结果，需要服务于克服上述非交叉重叠材料的不足，现在完全在详述交叉重叠的四类别结构对 RB II 学习不同影响的研究发现，所谓交叉重叠不影响 RB 任务，交叉重叠增加 II 任务工作记忆负担，降低准确率，这一结果得出跟交叉重叠材料可以克服哪个不足？要直接明确点出，不要不加详略不加推论的呈现所有结果。否则不知如何就“...因而，如果采用中等程度的四类别交叉重叠结构可以减少两种类别任务的差异...”再如，“在类别学习研究领域，呈现方式与类别结构(Noh et al., 2016)、学习方式(Carvalho & Goldstone, 2015)、材料相似性(Carvalho & Goldstone, 2014; Zulkiply & Burt, 2013)以及定义的呈现(Rawson et al., 2015)这几个变量存在着交互作用。”且不说这句话需要太长太绕，作者需要注意交互作用是统计用语，不应该在理论回顾部分出现，学习方式、材料相似性这些内容有没有涉及，放在这里的目的是什么，为何不直接论述呈现方式.... 我试着修订了两段供作者参考。部分语言修订稿中有标记黄色，请查阅。

**回应：**感谢审稿人提出的宝贵意见。根据审稿人的建议，已经对全文内容进行了修改，并删减了与行文无关的内容，详见文章标红处。

.....

**编委意见：**

主要问题如下。

**意见 1：**所谓的自主优势，其实是部分优势，只是相对于集中的优势。如果这样，是否还算是优势？

**回应：**感谢编委专家提出的宝贵意见。针对自主学习的优势，本研究发现无论是基于规则和

信息整合的类别结构，自主学习者均能较多地使用最优策略，自主学习的分类正确率均显著高于集中呈现的分类正确率。而对于中间水平方式（交错、随机），其优势效应仅体现在基于规则的任务中。因此，本研究初步认为交叉类别结构下自主学习方式存在优势。但是未能发现自主学习与中间水平学习方式（交错、随机）的显著差异，优势仅表现在与集中学习的比较上，因此未来还需进一步探究。

**意见 2：**集中劣势的解释，有逻辑不顺的地方。

**回应：**感谢编委专家提出的宝贵意见。根据审稿人的意见，已对集中劣势的内容进行了修改，详见文章标红处。

**意见 3：**另外，在结果分析部分由于交互作用不显著，后面是没有做简单效应分析的必要的，但是如果事先就想比较不同条件下集中与其他的差异，可以做计划比较的分析。

**回应：**感谢编委专家提出的宝贵意见。感谢审稿人提出的宝贵意见。根据审稿人的建议，结果分析处进行事后多重比较分析，以探究不同类别结构下学习方式的优势效应。

---

#### 第四轮

**审稿人 1 意见：**

没有进一步意见了，建议接受。

**回应：**非常感谢评审专家对我们论文修改过程中所做工作的肯定！您专业而中肯的评审意见对提升本论文的质量具有非常重要的作用！衷心感谢您！

**编委专家：**

建议接受。

**回应：**非常感谢编委专家对本文的认可与肯定！

**主编意见：**

选题和研究执行都可以，研究内容大部分读者不太熟悉，写作就要深入浅出，通俗易懂。

**回应：**非常感谢主编的宝贵建议！我们已修改了文章的表达方式，使文章通俗易懂。