

《心理学报》审稿意见与作者回应

题目：整合性学习观的动物行为模型探索

作者：尹彬 武晓睿 连榕

第一轮

审稿人1意见：

本研究尝试建立整合学习观的动物模型，有一定的意义。但是，审稿人认为，以下问题需要修改或进一步说明：

意见1：两因素中，设置性别的依据和意义何在？

回应：这主要是从研究的外部效度角度出发，由于动物模型的建立是为了探究可以映射在人身上的与哺乳动物神经系统相适应的基本学习规律，因此整合性学习观作用下的整合性学习方式是否在不同性别上有同样的效果，是个具有重要现实意义的问题。

在教育心理学中，从学习过程与教学过程的相互关系来看，“学”是“教”的基础。Marshall(1992)认为“以学定教”成为了教育变革与研究的主要途径，从学生视角探究学生如何学习已经成为教育变革的起点。我们不仅需要关注“教学者”设计合理的“教学方式”这一外部过程，也需要关注“学习者”如何学习这一内部过程。而之前有不少研究发现，不同性别的学习者(大鼠)在完成空间学习任务上的表现是不同的。例如，Saucier 等人(2007)的研究发现，在水迷宫任务中，雄性大鼠的表现好于雌性大鼠；而在客体位置记忆任务中，雌性大鼠好于雄性大鼠。也就是说，雄性大鼠对路径的记忆更好，而雌性大鼠对客体位置的记忆更好。作者推测这种空间记忆策略的差异与大鼠“多配偶制”的交配策略相关。Munion 等人(2019)通过GPS 跟踪进行真实场景的人类空间导航能力的性别对比研究，发现男性与女性在空间导航方面确实存在显著差异，并表现出不同模式的找路行为特征：在长距离的实景任务中，男性行径的大方向更少变动、停顿时间更短，更少折回已经走过的路径。Sneider 等人(2015)的研究也发现，在虚拟水迷宫测试中，男性比女性表现好，成年比青年表现好。这些结果都暗示着性别变量影响着学习者在空间学习任务中的内部学习过程。因此，在应用迷宫任务进行整合性学习观的动物建模时，由于我们重视学习者(大鼠)在整合性学习条件下自发的学习过程，设置“性别”因素不仅能够探究不同性别的大鼠是否都具有自发的“整合”行为，而且可以更好的了解整合性学习方式的最适受众特征和使用其的边界(支持)条件，以帮助教育者更好的使用它。

为了讲清楚这一问题，我们在正文的前言部分添加了以下文字：

“另一方面，‘学’是‘教’的基础。Marshall(1992)认为‘以学定教’是教育变革与研究的主要途径，从学生视角探究学生如何学习已经成为教育变革的起点。我们不仅需要关注‘教学者’设计合理的‘教学方式’这一外部过程，也需要关注‘学习者’如何学习这一内部过程。而动物迷宫的相关研究已经发现雄性在空间导航的策略和效果上不同于雌性(Hawley, Grissom, Barratt, Conrad & Dohanich, 2012; Keeley, Tyndall, Scott & Saucier, 2013; Perrot-Sinal, Kostenuik, Ossenkopp & Kavaliers, 1996; Roof, 1993; Saucier, Shultz, Keller, Cook & Binsted, 2007)，以人类为被试的研究也发现了类似的现象(Munion et al, 2019; Sneider, 2015)，这些研究暗示着性别变量影响着学习者在空间学习任务中的内部学习过程。由于学习者(大鼠)在整

合性学习条件下自发的学习过程是本研究的重点,因此为了探究不同性别的大鼠是否都具有自发的“整合”行为,以了解整合性学习方式的最适受众特征和使用其的边界(支持)条件,我们同时设置了“性别”因素进行探究。”

增加的参考文献:

- Hawley, W. R., Grissom, E. M., Barratt, H. E., Conrad, T. S., & Dohanich, G. P. (2012). The effects of biological sex and gonadal hormones on learning strategy in adult rats. *Physiology & Behavior*, 105(4), 1014-1020.
- Keeley R. J., Tyndall A. V., Scott G. A., & Saucier D. M. (2013). Sex difference in cue strategy in a modified version of the Morris water task: correlations between brain and behaviour. *PLoS One*, 8:e69727.
- Marshall, H. H. (1992). *Redefining student learning : roots of educational change*. Ablex Pub. Corp.
- Munion, A. K., Stefanucci, J. K., Rovira, E., Squire, P., & Hendricks, M. (2019). Gender differences in spatial navigation: Characterizing wayfinding behaviors. *Psychonomic Bulletin & Review*, 26(6), 1933-1940.
- Perrot-Sinal, T. S., Kostenuik, M. A., Ossenkopp, K. P., & Kavaliers, M. (1996). Sex differences in performance in the Morris water maze and the effects of initial nonstationary hidden platform training. *Behavioral Neuroscience*, 110:1309-20.
- Roof, R. L. (1993). Neonatal exogenous testosterone modifies sex difference in radial arm and Morris water maze performance in prepubescent and adult rats. *Behavioural Brain Research*, 53:1-10.
- Saucier, D. M., Shultz, S. R., Keller, A. J., Cook, C. M., & Binsted, G. (2008). Sex differences in object location memory and spatial navigation in Long-Evans rats. *Animal Cognition*, 11(1), 129-137.
- Sneider, J. T., Hamilton, D. A., Cohengilbert, J. E., Crowley, D. J., Rosso, I. M., & Silveri, M. M. (2015). Sex differences in spatial navigation and perception in human adolescents and emerging adults. *Behavioural Processes*, 111:42-50.

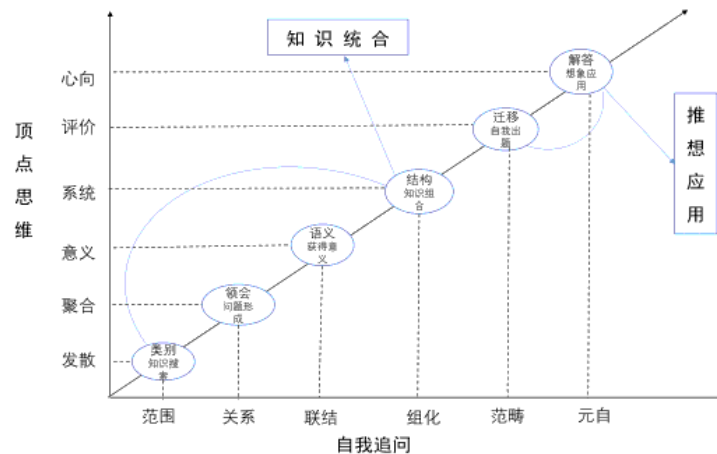
意见 2: 文中表述的整合性学习方式、渐进性学习方式以及测验两者的装置(路径),与整合性学习观和渐进性学习观的内涵,存在什么样的内在联系或者说怎样体现了整合性学习和渐进性学习的本质特征?

回应: 感谢审稿专家提出的重要问题。在我们看来,学习观类似于“世界观“,是形而上的抽象的概念,学习方式类似于“方法论“,是形而下的具体的措施。测验方法论的装置(路径)是针对世界观指导下的方法论的检验工具。我们将从三个方面来具体回答这个问题:

(1)整合性学习观的解读

如前言中提到的,“整合性学习”是指在元认知的作用下认知积极统整学习材料,实现高效且深入地对知识的理解和掌握的过程,是元认知与认知高度合一的学习心理过程;与此对应的非整合性学习(如渐进式的),是强调在认知层面上积极渐进地从部分到整体的对知识的理解掌握过程。两种学习观的主要区别在于,“整合性学习”是强调元认知与认知高度合一的学习心理机制,非整合性学习强调的是认知的学习心理机制。

Schraw(1998)提出元认知是对于认知过程的认知,具有认知和监控两个层面。整合性学习观指导下的学习方式包括不同方面的内容,但都具有从整体上对“知识网络”进行认知和监控的特征。比如,与“整体-部分-整体”的整体整合部分的学习过程相类似的还有“上位-下位-上位”的上位整合下位的学习过程,以及“概括-分析-概括”的概括整合分析的学习过程等,即**整合性学习的本质特征是学生掌握知识的过程实现元认知与认知的高度合一**。整合性学习观的概念构架图如下图所示:



整合性学习观概念构架图

(2)整合性学习方式和渐进性学习方式的区别

陈佑清(2011)认为学习方式是学习者为了实现某个学习目标而施加于特定对象的学习路径。在整合性学习观的指导下，我们定义整合性学习方式是“整体-部分-整合”的学习过程，而渐进性学习方式是“部分-整体”的学习过程。

整合性学习方式在学习干预的初期，就让学习者充分的感知整体；学习者在学习的过程中，也可以不断的加工“部分”和“整体”的关系，建立“知识网络”中各部分的联结，这是整合性学习产生效果的关键。而渐进性学习方式，虽然“教学者”已经将知识点按照知识结构进行了针对学习材料的分解，但这种“教学方式”并不能与“学习者”学习的“内部过程”相适应。学生在不了解“整体”的情况下，无法了解完整的知识框架的“范围”，也不能以整体为参照，确定知识点之间的“关系”，进而又无法在关系的基础上产生内容之间的“联结”。这些步骤没有办法在学习之初和学习过程中自然的进行，最终影响到“学习者”对所学知识的深度加工，迁移和应用。因此，我们认为渐进性学习不足以适应学习者知识生成的内部过程，延迟和延误了学习者对知识的整合和深度加工。

例如：生活中，婴儿学习自己的母语，是在积累了足够多的综合的语料后，一步步学习拼音，字形，语义等，最终熟练的应用母语的。而在学习之初和学习过程中，有足够多语料的环境作为一个整合的学习环境，帮助学习者更熟练，高效，灵活的掌握和运用自己的母语。而大部分学习者学习一门外语，则更像是渐进性学习，分门别类的先学习字母，音标，语法，然后是阅读理解、口语、写作等等，但还是只会看不会写，只会听不会说。

(3)两种学习方式与两种测验装置(路径)的关系

在研究五个阶段的测验任务中，只有学习阶段的装置设置对于两种学习方式是不同的，而后四个阶段的任务设置对两种学习方式是一致的，用来进一步测试学习效果，探究现象背后的机制。

在学习阶段的测试装置中，渐进组的分段依据路径的长度(三段路径的长度一致)和路径的规律迁移特性(三段路径的形状相似)分割为三段，而整合组则全部开放。实验装置是以整合性学习方式和渐进性学习方式的操作性定义为指导进行设计的。

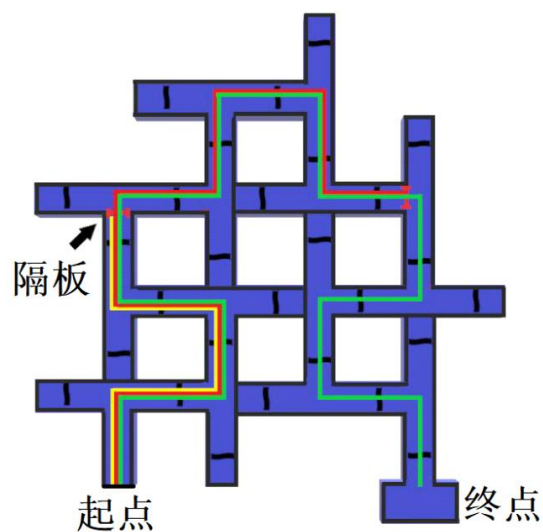
在动物行为建模中，我们将整合性学习方式操作性定义为“大鼠在对路径整体把握的基础上，积极整合路径信息与内部认知，高效的习得可迁移的路径信息的干预学习方式”；

渐进性学习方式的操作性定义为“根据路径的可迁移规律，迷宫在路段和时程上进行硬

性规划，逐步增加大鼠学习材料容量和可迁移信息的干预学习方式”。渐进性学习的三段路径的划分依据为三段路径在形状上的相似性。

整合性学习路径在初始学习中，就将整段路径开放(整体)，看似没有进行实质上的干预，但其实，可迁移的路径特征的设计即是对内部学习过程的干预手段。这种干预不是外部干预，而是对内部过程的干预，目标是让“学习者”从一开始就接触和掌握“整体”。因此，整合性迷宫符合整合性学习的内在本质特征，是“整体-部分-整体”的过程；而渐进性学习方式中的“学习者”则没有在学习初期进行“整体”的学习，在学习过程中，也由于“教学者”对路段进行了依据规律的划分，而阻碍了“学习者”在学习过程中对比“整合”和“部分”，但最终，全路径开放后，其也掌握了“整体”的迷宫路径，是“部分-整体”的过程。

在之后的四个不同测验任务中，两种不同学习方式干预下，学习的效果在学习方式(外部干预)和性别(内部过程)上，被放大和分离。



整合性学习方式与渐进性学习方式迷宫设计

总而言之，整合性学习观的提出本身，是着力于挖掘学生本身可利用的学习心理的新成分，并在此基础上，创设一种更利于长期知识迁移的学习方式。整合性学习观动物行为模型的建立，是从生物进化(神经系统对环境的适应性)的视角及行为层面上，挖掘其内外部过程的作用机制。为了更好的说明这个问题，我们在前言中整合性学习观动物行为模型的操作性定义部分添改了以下内容：

“我们利用和改造了 Tolman(1948)的 14 个单元的组合 T 迷宫，将整合性学习方式操作性定义为‘大鼠在对迷宫路径整体把握的基础上，积极整合路径信息与内部认知，高效的习得可迁移的路径信息的学习方式’；渐进性学习方式的操作性定义为‘根据迷宫路径的可迁移规律，迷宫在路段和时程上进行硬性规划，逐步增加大鼠学习材料容量和可迁移信息的学习方式’。这样定义的原因在于，整合性学习的本质特征是学生掌握知识的过程实现元认知与认知的高度合一。Schraw(1998)提出元认知是对于认知过程的认知，具有认知和监控两个层面。因此，在整合性学习观指导下的整合性学习方式中，学习者是在元认知监控下进行‘整体-部分-整合’的学习；而渐进性学习方式由于缺乏考虑‘元认知’这个认知成分，学习者只进行‘部分-整体’的学习。在动物行为建模中，我们将整合性迷宫路径设计为“整段路径开放”。大鼠可以在一开始就有机会感知‘整体’路径，并在学习的过程中不断的进行‘整体-部分’的关联，最终掌握‘整体’迷宫路径；而我们将渐进性迷宫路径设计为‘三段路径依据规律进行逐步开放’，大鼠依据‘部分’路径随时间逐步开放的方式进行‘部分’学习，最终掌

握‘整体’的迷宫路径。”

增加的参考文献:

Schraw, G. (1998). Promoting general metacognitive awareness [J]. *Instructional Science*, 26(1/2): 113-125.

Chen, Y. (2011). *New Collections on Theories of Teaching*, p226. Beijing, China: People's Educational Press.

[陈佑清. (2011). 教学论新编[M]. 北京:人民教育出版社, p226.]

意见 3: 该文仅仅是行为学研究, 在其机制方面的推论需要尽可能提供证据支持。

回应: 感谢审稿专家的建议。对此我们做两方面的解释:

(1)我们对学习阶段动物行为的分析不仅停留在行为量化结果的统计, 也对大鼠的学习特征进行了质性分析, 包括整合组学习阶段的轨迹图的规律, 渐进组学习阶段的热图规律等。这些分析结果提示了学习过程中自发的组块化和范畴化等特征, 并且在学习过程中两类学习方式内的性别水平上也发现了明显的差异, 为不同性别大鼠在学习过程中的规律特征与其学习效果之间的联系做出了合理的解释。

(2)在心理学史上一些重要的学习规律的发现也仅仅是行为学研究(例如本文前言中提到的桑代克的联结主义学习理论、斯金纳的操作性条件反射和强化理论以及托尔曼的“认知地图”理论), 且这些心理学巨擘们对行为现象背后的可能机制的解释仍然是用新的精巧的行为学实验来探究的。这与认知心理学发展史上通过精巧的实验设计来解释认知机制的逻辑相类似(例如注意过滤器理论的双耳分听试验等)。因此, 为了进一步探究学习与记忆阶段的行为差异的可能原因, 我们在学习阶段后设计了一周后复测任务, 格式塔迁移任务, 概括分析任务和阶段固着任务(设计思路详见附录 S1.3 实验范式设计)。简而言之: 1)一周后复测任务是为了考察记忆的稳固程度; 2)我们在学习阶段的轨迹图和热图分析中发现了大鼠对三段路径的不均匀探索, 发现了其组块化的倾向, 而组块化发生在联结的基础上, 因此我们设计了格式塔迁移任务考察大鼠记忆中对路径联结的情况; 3)组块化后的另一个水平是范畴化(见意见 2 的回应中的整合性学习观概念构架图), 因此我们在大鼠对于终点的绝对方位的记忆基础上, 对其对于迷宫路径的认知进行了概括分析测试, 考察不同学习方式塑造的“认知地图”的加工深度; 4)同时, 为了进一步验证大鼠在学习阶段对迷宫记忆的“组块化”倾向的合理性, 我们设计了阶段固着测验, 更直接的证明大鼠本身具有组块化加工记忆路径的行为特征。因此, 学习阶段后的四个测验本身就是对不同学习方式和大鼠本身学习特点的行为机制探索和再次验证, 实验结果可以作为机制推论的直接证据。

(3)总之, 我们希望本研究的设计和结果能够直接为基于教育心理学前辈丰富研究成果而提出的整合性学习观的理论构想提供动物模型(前临床水平)层面的初步证据, 得到的启示可以同时人类的真实教学场景中求证。

意见 4: 作图的规范性尚有进一步提高的空间。例如, 图中中英文混用、图与图之间纵横坐标的字体字号不一致; 彩图清晰度不够, 等等。

回应: 感谢审稿专家的意见。我们已在正文中进行了相应修改, 修改部分进行了标红。图片粘贴使用了粘贴“Windows 元文件”的格式, 清晰度变高。对于图中“英文”的使用需要做出必要的说明。在研究方法部分, 我们说明了两个组间变量分组后各组的英文简称, 在方法部分说明简称后, 正文部分皆选择用简称来描述, 目的是为了便于读者区分组间变量, 其中, “雌”和“雄”的笔画较多且右侧字形相同, 在多图整合的大图中会加大分辨的难度, 因而我们最终选择用英文缩写来表达。

.....

审稿人 2 意见：

该论文试图应用雄性和雌性大鼠的迷宫学习行为模型，比较采用两种不同的学习方式（整合性学习和渐进性学习）的学习效果，尝试提出“整合性学习”的学习观。结果发现从学习错误次数和学习效果的迁移性方面来看，整合性学习效果更好，且雄性大鼠和雌性大鼠的学习行为存在明显差异。提示与当下主要的渐进性学习观相比，在某些学习任务中整合性学习观可能更有优势，具有一定的理论创新性和潜在的应用价值。但是还有如下问题需进一步完善：

意见 1：在整合性学习方式的操作性定义中，“更高效的习得”是否意味着已默认整合性学习效果更好？

回应：感谢审稿专家的意见。我们已将整合性学习的操作性定义进行了调整(将“更高效”改为“高效”)，并标红。需要说明的是，我们并不默认整合性学习方式的效果更好，我们只是有理由假设整合性学习方式的效果可能会更好：

(1)基于我们提出的“整合性学习”的定义(“学习者在元认知的作用下认知积极统整学习材料，实现高效且深入地对知识的理解和掌握的过程”)，我们进行了“整合性学习”在动物行为模型上的操作性定义(“大鼠在对路径整体把握的基础上，积极整合路径信息与内部认知，高效的习得可迁移的路径信息的学习方式”)，此处的“高效”对应前面的“高效且深入”，即不仅在学习的直观结果上可能更高效，而且学习的知识可能有更长远的迁移应用上有优势。尽管如此，我们的研究设计仍然是基于这样的虚无假设，即不同学习方式的实验组在学习效果上并不存在显著差异。也就是说，实验装置和实验任务的设计并未偏袒任一实验组，从研究设计上保证了程序公平。

(2)另一方面，为了保证测试过程对于各实验组的公平性，我们在实验流程上采取了 ABAB 的测试模式，并已在附录 S1.4 实验程序的第 4 点中说明(“正式实验按照整合雄 1、渐进雄 1、整合雌 1、渐进雌 2、整合雄 2、渐进雄 2、整合雌 2、渐进雌 2 的笼号顺序进行，每笼实验结束后喂食该笼 25g 食物，保证次日实验中笼间的半饥饿水平一致”)。

(3)该研究是全程视频记录的，并采用 Supersys 软件对每只动物的每次试验轨迹进行了跟踪分析(详见 S1.5 数据处理详细步骤)，我们还对每一条轨迹都进行了严格的“双盲”复查，因此并不存在主试效应发生的条件。

意见 2：整合性学习观是否能从迷宫学习扩展到其他学习中？还需要更充分的阐述与讨论，才能得到目前摘要中的结论，以及 4.3 对学习的启示。

回应：感谢审稿专家的提问。我们认为，本研究作为整合性学习观动物行为模型的初步探索，在启迪整合性学习观更有长期优势的可能性上已经达成研究目标。从“迷宫学习”拓展到“其他学习”，确实能够拓展其外部效度，但并不一定能在证明整合性学习的有效性和其内涵机制上提供更多启迪。在我们对于整合性学习的动物行为模型的建构中，虽然只采用了“迷宫”这一单一的实验装置，但它的测试内容并未受限于装置。我们关注的重点在于探究整合性学习观指导下的整合性学习方式的内在特征，并尝试用精当的实验范式设计将其操作化、可测量，具体的思路与逻辑我们已在对审稿专家 1 意见 2 及意见 3 的回应中进行了详细阐述。针对 4.3 对学习的启示部分，我们进行了以下修订：

“本研究暗示着教养者对于情境的理解可以更加丰富和深层，例如一种基于学生学习“整合-部分-整合”的“自适应”过程的整合性学习观可能对于长期的知识掌握和迁移利用而言是更加有效的，只要教养者能够根据学习者的个体属性（如性别、主动性人格等，参见 Zhu, He & Wang, 2017）以及学习任务的性质、学习环境的支持度等情境因素（Walton & Yeager, 2020），在初期提供足够相应的支持以帮助他们度过适应期。”

意见 3: 统计方法介绍不够清楚, 应该在方法中单独介绍, 此外, 事后多重比较用的是哪种方法?

回应: 感谢审稿专家的建议。我们进行了如下修订:

(1)我们在方法部分增补了“2.5 统计方法”部分。在结果表述中, 我们明确了统计结果对应的统计方法以及变量个数, 同时在对应的附表的标题中扩充了不同的行为测试的具体统计名称;

(2)文中所有涉及事后多重比较的数据皆使用的是 SPSS 中的“Bonferroni”方法进行的(采用 LSD 方法得出的结果也是一致的)。

意见 4: 有的结果图的呈现不太清晰, 比如图 4a 和 c 中, 组别标注字号偏小, a 中小图还有部分遮挡; 图 5a 左下角数字意义不明, 且有部分小图之间有覆盖; 图 6d、e 选择的符号区分度不够大; 图 7 中 * $p<0.05$, ** $p<0.001$ 的比较对象未标注清楚;

回应: 感谢审稿专家的意见。我们已对结果图做了修改, 相应的标题标红以示修改过。

(1) 图 4a 和 c 中的组别标注字号在画图工具中进行了放大; a 中小图 IL-Female 的遮挡部分应该是实验主试在放入大鼠时, 手部未及时撤离分析区域造成的系统识别误差, 已将那一小部分删除, 以免引发歧义;

(2) 图 5a 左下角的数字为 Supersys 软件系统导出轨迹图时, 自带的大鼠编号和次数编号的组合, 三张图皆来自于整合组学习阶段 12 天的轨迹图个案。从左到右分别为 IL-Female-2-1, IL-Female-6-1, IL-Female-9-1, 已在画图工具中将裁剪时不完整的角标数字删除, 且备注中已说明;

(3) 正文“图 6b、c、d”移动至附录“附图 7-图 10”。因为原图 6 中的“图 6a”的热图呈现的信息可以直观明了的涵盖“图 6b、c、d”所呈现的信息, 导致了信息重复; 同时, 多张图组合成的组合图面积过大, 造成热图面积缩小, 同时, 也分散了读者的注意力, 降低了文本的可读性, 因此最终决定只在正文呈现热图。

(4) 图 7 中的比较对象进行了标注。

意见 5: 文字表述有多处不易于理解或含义不明确, 比如: 1)整合性学习过程性特征和渐进性学习过程性特征; 2)40 只雄性大鼠是否应为 20 只雄性和 20 只雌性? 3)图 5 的描述中, “分段路径的路程或时间的计算单元均为单只大鼠学习成功天数之内的学习过程中的单个分段路径的路程或时间之和”, 以及“a 左图(“1/2 学习”)和 a 中图(“2/3 学习”)典型的出现在 IL-Male 组学习的第 1 天和 IL-Female 组学习的前 3 天; a 右图(“1/3 学习”)多出现在 IL-Male 组第 2 天至学习成功天数之前, 且 IL-Female 组的 9 只在 12 天中至少出现 1 次”; 4)4.1 学习效果; 5)进行问题解决固化程度可能更小; 6)更少在终点原地进食, 以及更少的去吃巧克力, 作为显著的焦虑和适应不良的表现, 需要引用参考文献。

回应: 感谢审稿专家的细致审查。问题“1~5)”我们已在正文作相应修改; 问题 6) 已添加参考文献如下:

Bechtholt, A. J., Hill, T. E., & Lucki, I. (2007). Anxiolytic effect of serotonin depletion in the novelty-induced hypophagia test. *Psychopharmacology*, 190(4), 531-540.

Dulawa, S. C., & Hen, R. (2005). Recent advances in animal models of chronic antidepressant effects: the novelty-induced hypophagia test. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 29(4-5), 771-783.

Dulawa, S. C. (2009). Novelty-induced hypophagia. *Neuromethods*, 42, 247-259.

意见 6: 摘要中, 先描述整合少于渐进, 后描述雄性少于雌性, 可能更好一些。

回应: 感谢审稿专家的建议。我们已在正文部分做出相应修改, 并用红色标注。

审稿人 3 意见:

意见 1: 前言中应该增加关于“整合性”和“渐进性”学习的动物模型的介绍,即具体如何在研究采用的啮齿类动物学习范式中体现出“整合性”和“渐进性”学习的?为什么?

回应: 感谢审稿专家的建议。我们已在前言部分进行了相应增补,并用红色标注,具体内容同我们对审稿专家 1 意见 2 的回应。

意见 2: 统计分析的方法不明确,最好在研究方法部分单独增加统计方法的内容,说明不同行为测试的具体统计方法?此外,阐述多因素方差分析的结果时,交互作用,主效应然后才是事后分析,但现在有些内容的阐述并不是这样,而且自由度的显示也有问题。

回应: 感谢审稿专家的建议。我们做出了如下修订:

(1)方法部分增补了“2.5 统计方法”。

(2)在结果表述中,我们明确了统计结果对应的统计方法以及变量个数,同时在对应的附表的标题中扩充了不同的行为测试的具体统计名称;

(3)在“学习成功天数”中,我们之前直接报告事后多重比较的结果,未先报告主效应和交互作用的数据结果。因此我们按交互作用、主效应然后事后多重比较的顺序进行了“附表 2”的补充完善;

(4)审稿专家对自由度的显示问题的疑问是由于我们的统计方法和变量报告的不完善造成的。我们收集的数据是时间进程上的纵向数据。“学习次数”被我们设为组内变量进行数据分析;同时,同一被试的迷宫内的“三段路径”(图 1b)被我们设为组内变量进行数据分析。因此,我们使用了重复测量方差分析进行数据分析,自由度与横向研究的数据结果有所不同。

意见 3: 动物数量问题,“自检报告”里说所有动物都进行了统计分析,没有剔除的情况,但看结果数据应该不是,而且后面的补充材料也提到动物死亡的情况。

回应: 感谢审稿专家对动物数量问题的关注。首先表示歉意,我们在初稿中对“自检报告”中的问题 8 未能完整回答,主要因为文章初稿仅仅包括学习阶段、一周后复测阶段和格式塔迁移阶段,后两个阶段由于篇幅限制本没有打算放进这篇文章里。而我们最终决定在文章中囊括所有研究阶段以增强本文的解释效力后,忘记修改自查报告的问题 8 的答案,但在详细介绍实验过程的附录中已做了说明。在此我们对这个问题进行进一步阐释:

(1)本研究确实没有剔除数据的情况。该研究是全程视频记录的,并采用 Supersys 软件对每只动物的每次试验轨迹进行了跟踪分析(详见 S1.5 数据处理详细步骤)。为保证数据的高质量,我们人工对软件解析出的每一条轨迹都进行了复查,对部分由于视频剪裁片段不完整、缀余或由于背景光线明暗的变化造成的示踪误差,我们重新调试了平台对比度等条件进行了二次分析,并与原始视频进行了对比,以保证轨迹是真实的再现。因此,文中的数据结果是所有复查过的数据的集合,不存在任何剔除数据的情况。

(2)但研究第四阶段和第五阶段个别数据缺失的情况确实存在。其主要原因和缺失内容已在附录“S1.1 实验控制处理”和“S1.5 数据处理详细步骤”中说明。针对这个情况,我们在正文的“方法-被试”部分进行了补充(“在第四个测验任务中,PL-Male-6 被试由于体重过轻死亡,因此其后三次的概括分析任务和四次的阶段固化测验数据空缺”)。我们对于缺失数据的处理方式参考了 Acock (2012), Little, Jorgensen, Lang & Moore (2013)以及 Rioux & Little (2019)等人的文章,并未对缺失数据的被试进行完全删除或者采用各种方式的填充,而是进行了允许存在缺失数据的数据分析。这主要是因为: 1)该被试在学习阶段、一周后复测任务、格式塔迁移任务中的表现一直处于组内中位数靠前的位置(即表现较好),并没有理由将其删除(尽管删除了它会使 PL 组表现的似乎更差一些); 2)概括分析任务的首次测试结果很关键(在对新

任务没有练习的基础上，更能说明其先前的学习方式中对起点和终点的绝对方位的学习情况)，而 PL-Male-6 被试的数据概括分析任务的前两次测试数据并未缺失；从最终的分析结果上看，不同学习方式的组间的差异主要出现在前两次测试，而该被试在前两次测试皆直接选择最短路线(无错误次数)，本身无较明显的差异特征，故推测其后三次测试也会延续同样的行为，因此对概括分析任务的整体结果影响不大；3)在阶段固着测验中，四个组的一致性特征强(“路径主效应显著($F(2,70)=40.83, p=0.000, \eta^2=0.54, 95\%CI=[-0.07, 0.24]$)”，表现出各组大鼠均一致的对第一路径的原路线的固着、对第二路线的新路线的尝试和对第三路径的新路线的偏好”)，因此，我们推测 PL-Female-6 在该阶段的数据缺失对总体结果的影响较小。

参考文献：

- Acocck, A. (2012). What to do about missing Values. *APA Handbook of research methods in psychology*, Vol. 3: Data analysis and research publication.
- Little, T. D., Jorgensen, T. D., Lang, K. M., & Moore, W. (2013). On the joys of missing data. *Journal of Pediatric Psychology*, 39(2), 151-162.
- Rioux, C., & Little, T. D. (2019). Missing data treatments in intervention studies: what was, what is, and what should be. *International Journal of Behavioral Development*, 016502541988060.

(3)研究原始数据已上传至百度云盘可供查用。

链接：<https://pan.baidu.com/s/1ghol7fjVvDBkL2LTR0BqLg>

提取码：otrn

第二轮

审稿人 1 意见：

意见 1：文章有很大改进。但对于两类学习的机制以及性别差异的机制等，作者以动物行为学研究先驱也没有对行为机制进行分析为理由，回避对此进行讨论，审稿人并不认同——因为那时可能受科学发展的水平限制！在审稿人看来，研究动物的心理行为主要有两个方面的价值：一是考察心理现象的系统演化；二是用于那些不适合用人类作为被试的研究。本实验为何不以人类被试进行直接研究呢？

回应：感谢审稿专家关于机制探讨的批评意见。首先，我们并未回避问题，而是强调了我们已经尽己所能做了机制层面的探究和讨论，只不过是新的设计精巧的行为实验完成的实验心理学之美本在于此。其次，我们认可审稿专家对于研究动物的心理行为的两方面价值的阐述，同时认为我们的此项研究正是从系统演化的角度暗示了整合性学习观相对于非整合性的学习观（如渐进性的）在系统演化上的可能优势，并且探究了其行为层面的内在机制和边界条件，为在人类被试身上进行该研究提供了较好的前临床证据。以人类为被试的整合性学习观研究是我们的下一步研究计划，并且在具体实施上得到了动物模型研究的启示。

针对审稿专家对为何不直接以人类被试进行直接研究，我们的回答是：动物模型研究可以更好的控制无关变量，可以支持我们进行持续单一的全程干预和全程观察，而在人类被试身上，难以长时间的持续控制其全天的活动和避免其他因素的干扰。因此，在“整合性学习观”这一构念建立的初期，动物模型研究可以更高效的明确其内在机制和边界条件，帮助我们在以人为被试进行研究时，更好的明确和控制无关变量，更好的构建适合整合性学习观干预的环境条件（Walton & Yeager, 2020），这一步对于后续研究具有关键而明确的指导意义。

有关参考文献:

Walton, G. M., & Yeager, D. S. (2020) Seed and Soil: Psychological Affordances in Contexts Help to Explain Where Wise Interventions Succeed or Fail. *Current Directions in Psychological Science*, 29:3, 219-226.

意见 2: 文中的图的质量仍有修改的空间, 主要是图注的字体字号和位置, 建议调整以使图美观一些。

回应: 感谢审稿专家关于图的质量的修改意见, 我们已经调整了正文中每幅图的图注的字体、字号和位置。

审稿人 2 意见: 作者较好地回答了之前的问题。图 7 显著性的比较对象标注依然不太清晰, 建议在 IL 的两组 (Male 和 Female) 柱状图上方添加小横线, 在 PL 的两组上方也添加小横线。

回应: 已按照审稿专家要求对图 7 做了修改。感谢审稿专家的评审。

审稿人 3 意见: 已按照审稿意见进行了修改, 建议接收并发表。

回应: 感谢审稿专家的评审。

第三轮

编委意见:

作者对评审意见给予了认真的回复, 并对文章也进行了仔细修改, 达到了发表要求。从总体情况看, 三位审稿人两位建议发表, 一位建议退稿, 退稿意见的根据并不充分。建议接受。

主编意见:

本论文以大鼠为研究对象, 对两种不同学习方式的效果进行了比较, 并尝试提出了“整合性学习”的学习观, 具有一定创新性。本论文实验设计合理, 研究结论较为可信, 参考外审专家意见多次修改后, 本论文已经达到《心理学报》发表文章的相关要求。