

## 《心理学报》审稿意见与作者回应

题目：不同搜索空间限制下创造性问题解决的过程性搜索机制

作者：刘迪; 王彦悦; 陈群林; 邱江

---

### 第一轮

#### 审稿人 1 意见：

研究采用两个实验探究搜索空间对创造性问题解决中搜索策略和模式的调节。研究数据提出了搜索策略和搜索模式的量化分析方法，具有较好的创新性。但研究也存在一些问题需要解决：

**意见 1：**摘要第一句“传统创造性研究多聚焦于结果性指标”对先前研究的总结不恰当、不明确，把创造性思维过程的相关研究排除在外了。此外，摘要中提到的研究目的“研究通过两个实验系统考察创造性问题解决中认知控制与联想激活的动态交互过程”与题目并不匹配，认知控制与空间限制的关系是什么？

**回应：**感谢您的宝贵建议。

首先，我们对摘要不恰当的总结进行了修改，将摘要第一句修改为“尽管创造性思维的过程机制日益受到重视，但在远距离联想问题解决等领域，许多研究仍主要依赖正确率、反应时等结果性指标，对该时间进程中搜索策略、模式变化关注相对不足。”

其次，确如您所言，我们对于研究目的、题目与核心变量的逻辑整理出现脱节现象。创造性问题解决依赖于联想激活（提供候选答案）与认知控制（选择、评估、切换策略）的动态交互。搜索空间限制是影响这一交互过程的情境因素，高限制条件认知控制的聚焦线索作用，而低限制条件可能要求认知控制进行更灵活的策略切换（在更广空间探索）。而本研究对空间搜索过程中策略与模式的考察，为揭示这种交互机制提供了一个观测窗口。本研究的切入点在于通过系统操纵搜索空间限制，来揭示其对问题搜索模式、策略的具体调节作用。我们针对摘要第二句容易引起歧义的表达进行了修改，修改为：“基于此，研究通过两个实验考察创造性问题解决过程中搜索空间限制对问题搜索模式、策略的具体调节作用”

具体请见摘要第一、二句蓝字。

**意见 2:** 前言第二段“找到关联全部线索词的最优答案”，这是远距离联想测验的认知加工过程，而不是一般性的创造性思维过程。

**回应:** 非常感谢您的宝贵意见。

我们结合您的第三条意见重新梳理了前言，并把这句表达有误的句子进行了删除，对远距离联想测验的介绍部分，修改为：“在完成 RAT 任务的过程中，个体通常需在初始阶段激活大量潜在的语义关联概念，并依赖认知控制系统对这些激活内容进行筛选与评估，找到关联全部线索词的最优答案。”具体请见前言第四段 2-4 行。

**意见 3:** 论文前言的写作需要加强，在逻辑上有些混乱，表达上也存在很多问题。比如，第二段的核心意思是什么，与前后段的关系是什么？第二段内部，前后句之间的关系什么？感觉思路总是在跳跃。又如，第三段“语义网络视角下创造性思维的核心任务之一就是在这个高不确定性的语义空间中”，哪个高不确定性的语义空间？根据什么依据说它是高不确定性的，是普遍共识吗？搜索空间和语义空间的关系是什么？建议梳理一下前言的思路，使其更具可读性。

**回应:** 非常感谢您的宝贵意见。

首先，我们对前言思路进行了重新梳理，并进行了修改，目前将第二段整体进行了删除，将整个前言的逻辑修改为：第一段界定创造性思维的定义与重要价值，明确其认知机制是联想生成与认知控制的动态协同；第二段定义“搜索空间”，结合认知控制理论、局部-全局搜索模型，阐明搜索空间通过调节联想激活与认知控制的交互，影响个体的搜索策略；第三段引入搜索漂移模型（渐进式搜索）、表征重构理论（突变式搜索），说明不同搜索空间限制下，个体可能呈现的两种搜索模式差异；第四段介绍 RAT 任务在创造性思维研究中的适用性，同时指出传统 RAT 的局限；第五段明确本研究的核心目标，提出研究假设。具体请见前言第二至五段。

其次，对于第三段“语义网络视角下创造性思维的核心任务之一就是在这个高不确定性的语义空间中”这样有歧义的表达也进行了删除。在这里，我们向审稿人解释搜索空间与语义空间的关系：认知科学领域，通常利用心理词汇所构成的语义网络来表征语义记忆结构或概念系统(Cai & Brysbaert, 2010; 杨亦鸣 & 刘涛, 2010)，语义空间是由心理词汇及概念关联构成的网络，以语义词转向量后计算其构成的网络特征为核心特征，已有研究通过模拟在特

定语义网络结构上发生的认知过程,推论创造性个体对语义网络中概念检索的认知加工特点(Kenett et al., 2018; Kenett&Austerweil, 2016),而本研究即是以相同逻辑建立在个体语义网络中去探索目标答案的潜在路径集合来定义搜索空间。

## 参考文献

杨亦鸣,刘涛. 中国神经语言学回顾与展望. 语言文字应用, 2010,(2),12-25

Cai, Q., & Brysbaert, M. (2010). SUBTLEX-CH: Chinese Word and Character Frequencies Based on Film Subtitles. *PLoS ONE*, 5(6), e10729.

Kenett, Y. N., Anaki, D., & Faust, M. (2014). Investigating the structure of semantic networks in low and high creative persons. *Frontiers in human neuroscience*, 8, 407.

Kenett, Y., & Austerweil, J. L. (2016). Examining Search Processes in Low and High Creative Individuals with RandomWalks. *Proceedings of the Annual Meeting of the Cognitive Science Society*, 38.

**意见 4:** 实验 1 方法 2.2.1 第一段中材料编制, 每个条目包含 3 个线索和 1 个参考答案, 后边又提到向被试呈现三个提示词, 提示词和线索是同一词汇吗? 如果不是, 提示词是什么?

**回应:** 非常感谢您的宝贵意见。

线索词为 MD-RAT 为三个被试需要据此联想的概念, 线索与参考答案的联结方式包括形状维度, 功能维度以及配对维度。而维度提示为本研究中为控制搜索空间限制程度设定的条件, 高限制条件下所有线索词下均会出现对应的联想维度提示, 低限制条件下将无对应的维度提示。为了更清楚表达这两个词的概念, 我们将前言中出现的混淆进行了修改, 并将“提示”修改成“维度提示”。

**意见 5:** 实验 2 数据分析中聚集策略的分析方法介绍不太好理解, 有些措辞有问题, 比如分配, 建议增加举例。

**回应:** 感谢您的宝贵建议。

认知控制理论指出, 当任务情境结构明确、搜索范围受限时, 个体更倾向于采用聚集性的搜索策略, 从而增强目标导向的加工路径; 而在搜索空间相对开放、不确定性较高的条件下, 个体则需投入更多认知控制资源, 以支持策略执行、监控搜索过程并抑制无关信息的干扰(Hills et al., 2015)。该理论强调, 认知控制的灵活调节机制在创造性思维加工中发挥了关键作用, 这将决定个体能否在广泛的搜索空间中维持有效的加工路径并最终实现问题解决。

我们对实验 2 数据分析中聚集策略的分析方法进行了语言的重新组织, 并加以举例。具体修改如下: “该策略假设被试在解题时优先选择某一核心线索进行搜索, 而非同时整合所

有三个线索的关联范围。为了验证这一假设，需要确定每个被试每个试次中的主要线索词，依据是该被试的响应与题目中三个线索词的语义相似度，选择相似度最高的线索词作为主要线索词。在每个试次中，将相邻的两个响应对分为两种类型，主线索词不同的为“跨线索对”，相同则为“内线索对”。例如，某被试在线索为“莲蓬、水枪、浴球”，答案为“花洒”中的试次中，响应“莲花（主线索词：莲蓬）、手枪（主线索词：水枪）”为“跨线索对”，响应“莲花（主线索词：莲蓬）、花洒（主线索词：莲蓬）”为“内线索对”。采用独立样本  $t$  检验比较跨线索对与内线索对是否具有显著差异。”具体请见 3.3.2 数据分析第二段。

**意见 6:** 实验 2 结果中低限制条件类别切换数更多是否是因为其平均响应数更高？讨论中将类别切换数更高解释成全局搜索倾向，这一结论并不合适，低限制条件只是相对更多，而不是绝对更多。

**回应:** 感谢您的宝贵建议。

首先，实验 2 中类别切换指标的计算，是提取所有被试作答中所有涉及的词汇，在计算所有词汇两两之间语义距离的基础上，构建语义距离矩阵。然后采用 Ward 方法进行层次聚类，根据最佳聚类数  $k$  对所有答案进行聚类，并为每个答案分配相应的类别标签。最后将聚类得到的类别标签对应到原始数据中，计算被试在每个试次中的类别转换次数，将每种条件下所有试次的平均类别转换次数作为个体在该任务条件下的类别切换指标，虽然响应数可能会影响聚类过程，但这一操作是在没有区分高、低限制条件下进行的；其次，类别切换确实与平均响应数相关，这一观点在发散思维任务中也被证实(Leroy&Romero, 2021)，发散思维中类别切换代表的灵活性及想法数量代表的流畅性二者虽相关，但不完全重叠。目前研究也多有考虑到二者高相关的情况，更倾向于只采用灵活性作为创造性的评分指标。

另外，确如审稿人的建议，讨论中将类别切换数更高解释成全局搜索倾向，这一结论并不合适。我们在讨论中进行了更改和完善，改为：“在低限制条件下，个体产生了相较于高限制条件更多的响应数量和更高的类别切换频率，在搜索空间相对开放、不确定性较高的条件下，个体需投入更多认知控制资源，以支持策略执行、监控搜索过程并抑制无关信息的干扰(Hills et al., 2015)，这可能激发了个体更具发散性的策略，个体倾向于在语义空间中频繁跨越不同的语义簇进行探索。”具体请见讨论 4.1 第二段 7-10 行。

#### 参考文献

Hills, T. T., Todd, P. M., Lazer, D., Redish, A. D., & Couzin, I. D. (2015). Exploration versus exploitation in space,

mind, and society. *Trends in Cognitive Sciences*, 19(1), 46–54.

Leroy, A., & Romero, M. (2021). Interactivity and materiality matter in creativity: Educational robotics for the assessment of divergent thinking. *International Journal of Technology and Design Education*, 31(1), 149-171.

**意见 7:** 实验 2 结果 3.4.2 第一段，应该做两因素方差分析。

**回应:** 感谢您的宝贵建议。

考虑到审稿人对两因素方差分析的建议，独立样本 t 检验可能存在交互作用掩盖的问题，我们对数据重新进行了两因素方差分析（任务：高、低限制条件；线索对类型：内、外线索对），因为可能存在被试多个响应的现象，我们对可能存在的同一被试同一条件下的多个线索对相似性进行了平均，进行后续分析。结果发现，任务主效应显著，高限制条件下线索对相似性（ $0.387 \pm 0.012$ ）显著高于低限制条件（ $0.324 \pm 0.011$ ）（ $F(1, 24) = 21.02, p < .001, \eta^2 = 0.467$ ）；线索对类型主效应显著，内线索对相似性（ $0.417 \pm 0.011$ ）显著高于外线索对（ $0.294 \pm 0.010$ ）（ $F(1, 24) = 126.847, p < .001, \eta^2 = 0.841$ ）；交互效应不显著（ $F(1, 24) = 1.63, p = .215, \eta^2 = 0.06$ ）。具体请见 3.4.2 第一段 2-7 行。

**意见 8:** 讨论中关于搜索策略和搜索模式的讨论需要谨慎。原因同问题 6，本研究只是发现了两个条件的相对比较差异，而非是与客观标准进行比较，也许两个条件都是局部搜索只是程度不同呢。

**回应:** 感谢您的宝贵建议。

我们对讨论中搜索策略和搜索模式的讨论中进行了修改，将“全局搜索”等绝对表达的词语修改为如：“更开放的搜索空间”“更发散的搜索策略”...具体修改如下：

“此外，研究发现较小的搜索空间中被试的响应围绕着核心线索、语义簇展开集中探索，相邻想法的语义相似性高，呈现出一种局部聚集性(Ovando-Tellez et al., 2022)；但在更开放的搜索空间下，个体对策略的依赖性会增强(Lezama et al., 2023)，响应更容易分布在多个不相关语义簇，导致整体语义相似性偏低，个体的想法则更具跳跃性，不仅依赖于其中一个线索词或是前一个生成的响应，而是表现为一种更加发散的搜索模式(Hills et al., 2008)，同时，MD-RAT 的行为表现也验证了上述的发现，低限制条件下表现为更高的响应数量与语义类别切换频率。更发散的搜索策略虽拓宽了搜索广度，但可能提升了认知负荷，导致信息筛选与问题解决效率的降低。”

具体请见讨论 4.2 第一段标蓝字。

**意见 9:** 最后，回到第一个问题，本研究似乎没有涉及到执行控制。

**回应:** 感谢您的问题。

如我们对第一个问题的回应，创造性问题解决依赖于联想激活（提供候选答案）与认知控制（选择、评估、切换策略）的动态交互，搜索空间限制是影响这一交互过程的情境因素。在研究中，我们通过实验 1 编制的 MD-RAT 材料及任务，设置高、低限制条件。高限制条件下，提示全部维度，被试倾向于自上而下进行问题搜索，这时认知控制主导，抑制无关联想，引导联想聚焦核心线索；低限制条件下，无维度提示，被试倾向于自下而上进行问题搜索，这时联想生成主导，激活更多远距离语义节点。

.....

**审稿人 2 意见:**

稿件《语义网络视角下创造性问题解决中搜索空间限制对搜索策略与模式的动态调节》开发了 MD-RAT 材料库，验证其信效度，并进一步将其用于探索创造性问题解决中的搜索策略与模式。结果发现“高限制空间下个体倾向线索引导的局部搜索并以渐进式趋近目标，低限制下倾向全局搜索，接近目标时呈突变式变化，其语义跳跃与策略切换更频繁。”

稿件大体框架比较完整，但在一些关键性问题的阐述不够清晰。

**意见 1:** 理论框架不够明确。稿件在“问题—理论—假设—结果—讨论”整个理论框架上描述不清。研究主要针对的科学问题是什么？针对的是哪个或哪些理论？稿件在前言提到局部-全局模型以及搜索漂移模型，但在后续文字中对这两模型就不再出现。（其实摘要里就有局部、全局搜索，但稿件没有明确说明研究结果和局部-全局模型的关系）。假设的提出针对的是前人的矛盾结果还是试图验证某个理论？稿件中似乎也没有说明。结果支持了哪些理论模型？不支持哪些？新发现是什么？有什么贡献？稿件在结果讨论部分提到“直接激活依赖模型”，但稿件只有模型名字，没有该模型观点的说明。理论框架不清楚的话，感觉很难写得让人明白。

**回应:** 感谢您的问题和宝贵建议。

研究主要针对的科学问题是：搜索空间限制（通过线索-目标联结维度提示操纵）影响创造性问题解决的过程性机制，如搜索策略（局部、全局）与搜索模式（渐进式、突变式）？此外，针对前言和讨论中模型解释模糊、不对应的情况进行了重新梳理。对前言和讨论进行了大幅度的修改：

第一，关于搜索策略（1）认知控制理论指出，任务情境结构明确、搜索范围受限时，个体更倾向采用聚集性搜索策略，强化目标导向加工；而搜索空间开放、不确定性高时，需投入更多认知控制资源以支持策略执行、监控过程及抑制无关干扰(Hills et al., 2015)，其灵活调节机制是创造性思维中维持有效加工路径、实现问题解决的关键。（2）局部-全局模型提出，个体在联想生成过程中通常先采用局部搜索的策略，围绕当前激活的语义区域进行深度搜索；当局部搜索不能产生有效解答时，转而进行跨语义簇的跳跃式搜索，即全局搜索(Hills et al., 2012)。这一策略切换机制反映出个体在复杂语义空间中具备动态状态监控与路径调整的能力，体现了创造性思维过程中的认知灵活性与调控机制。

第二，关于搜索模式，（1）漂移模型指出，创造性思维中的语义搜索模式并非建立在完全随机的基础上，而是在语义空间中呈现出一定的过程连续性与顺序依赖性，以相对平稳且持续的方式逐步接近目标答案 (Hills et al., 2012; Kenett et al., 2014)，是一种渐进式的搜索模式。而（2）表征重构理论(Representational Change Theory, RCT)认为，创造性问题的解决需要在受限的搜索空间中进行动态搜索，当面对具有结构限制的问题时，个体容易受到表征结构的影响而陷入思维定势(Ohlsson, 1992)。问题解决的关键在于个体对问题表征进行重组，这需要打破认知定势、重组线索关系以实现搜索空间的重新构建，从而发现新的解决方向(Knoblich et al., 1999)。重构后的语义结构更容易激活原先不可达的路径，从而一瞬间突破解题瓶颈，更类似一种突变式的搜索模式。

对于前言提出的几个理论模型，我们在实验 2 中一一验证，并在讨论中进行了对应的讨论。

第一，关于搜索策略，研究通过分析内线索对与跨线索对的语义相似性，验证了被试在 RAT 任务中是否采用了“以线索词为中心”的局部搜索模式。结果表明，内线索对的语义相似性显著高于跨线索对，参与者在 RAT 任务中的搜索策略表现出明显的“聚集性搜索策略”，他们往往围绕一个核心线索进行搜索，而不是同时考虑所有线索词。此外，研究发现较小的搜索空间中被试的响应围绕着核心线索、语义簇展开集中探索，相邻想法的语义相似性高，呈现出一种局部聚集性(Ovando-Tellez et al., 2022)；但在更开放的搜索空间下，个体对策略的依赖性会增强(Lezama et al., 2023)，响应更容易分布在多个不相关语义簇，导致整体语义相似性偏低，个体的想法则更具跳跃性，不仅依赖于其中一个线索词或是前一个生成的响应，而是表现为一种更加发散的搜索模式(Hills et al., 2008)。同时，MD-RAT 的行为表现也验证了上述的发现，低限制条件下表现为更高的响应数量与语义类别切换频率。更发散的搜索策略虽拓宽了搜索广度，但可能提升了认知负荷，导致信息筛选与问题解决效率的降

低。

第二，响应与目标之间语义相似性的动态变化揭示了不同限制条件下的搜索模式。个体在 RAT 任务中的搜索行为均表现出一定的目标指向性，响应与目标之间的语义相似性随响应序列的推进而逐步上升。然而，在低限制条件下，语义相似性随时间逐步趋近最终目标，搜索路径呈现出“渐进式”的变化特征，这种过程连续性和顺序依赖性符合漂移扩散模型的假设。低限制条件下语义空间更广且结构不明确，个体需要在多种可能路径中进行探索，路径跳跃性更高，策略调节的负荷显著增加，进而削弱了语义信息的有效整合效率(Beaty & Johnson, 2021; Frith et al., 2021; Wiley & Jarosz, 2012)。而在高限制任务下，早期阶段的相似性变化较小，但在接近目标的最后阶段呈现出“突变式”的变化特征(Hass, 2017)。高限制条件通过提供明确的联结维度，增强了个体对线索信息的目标指向性，也增加了个体在解决问题过程中的定势，在重组线索关系后，进行了表征重构，激活原先不可达的路径，从而一瞬间突破解题瓶颈，这符合表征重构理论的假设(Kenett & Faust, 2019; Ovando-Tellez et al., 2023)。

具体修改请见前言第二至五段及讨论 4.2 第一至二段标蓝字。

**意见 2：**结果讨论停留在事实层面。稿件摘要提到“高限制空间下个体倾向线索引导的局部搜索并以渐进式趋近目标，低限制下倾向全局搜索，接近目标时呈突变式变化，其语义跳跃与策略切换更频繁。”但这些结果说明了什么？跟稿件提到的理论是什么关系？

**回应：**感谢您的问题和宝贵建议。

稿件摘要提到“高限制空间下个体倾向线索引导的局部搜索并以渐进式趋近目标，低限制下倾向全局搜索，接近目标时呈突变式变化，其语义跳跃与策略切换更频繁。”是研究计算的主要过程性结果。首先，这些结果明确了搜索空间限制如何调控创造性思维的过程并验证补充了创造性问题解决的理论模型，高限制条件通过提供明确的联结维度，联想生成被限定在目标相关的语义簇内（围绕核心线索深度探索，局部搜索策略），也增加了个体在解决问题过程中的定势，在重组线索关系后，进行了表征重构，激活原先不可达的路径，从而一瞬间突破解题瓶颈（突进式搜索），这符合表征重构理论的假设；低限制条件下，无线索维度引导，语义空间更广且结构不明确，个体需要在多种可能路径中进行探索（跨语义簇广泛探索，全局搜索策略，渐进式搜索），这种过程连续性和顺序依赖性符合漂移扩散模型的假设。其次，两种条件下的搜索策略与模式差异，本质是认知控制与联想激活协同方式的不同，为该理论提供了可量化和动态的实证支撑。创造性问题解决依赖于联想激活（提供候选答案）与认知控制（选择、评估、切换策略）的动态交互。搜索空间限制是影响这一交互过程的情

境因素，高限制条件认知控制的聚焦线索作用，而低限制条件可能要求认知控制进行更灵活的策略切换（在更广空间探索）。而本研究对空间搜索过程中策略与模式的考察，为揭示这种交互机制提供了一个观测窗口。

结合审稿人提到的第一个问题，我们针对前言和讨论中模型解释模糊、不对应的情况进行了重新梳理和修改。具体修改请见前言第二至五段及讨论 4.2 第一至二段标蓝字。

**意见 3:** 研究 2 的目的不够清楚。问题 2、3 其实与 1 密切相关。摘要提到“传统创造性研究多聚焦于结果性指标，对创造性问题解决中认知控制下信息整合、路径选择、策略变化等过程性机制关注较少。”有了过程性指标又能怎样？过程性指标的贡献在哪里？

**回应:** 感谢您的问题。

您指出的“研究 2 目的不够清晰”“过程性指标的贡献未明确”确实切中了手稿中的表述短板，我们完全认同并已进行了修改，现将相关情况详细解释如下：

本研究中的过程性指标，如：语义跳跃，跨语义簇的想法切换，通过“类别切换次数”“跨线索对相似性”比较体现；在不同空间限制条件下使用局部或全局策略，通过比较生成的连续响应之间的语义相似性变化判断；在不同空间限制条件下使用的渐进式或突变式的搜索模式，通过比较响应与该试次正确答案之间的语义相似性来判断。

实验 2 目的是通过过程性指标明确搜索空间限制如何调节语义搜索的策略（局部、全局）与模式（渐进式、突变式）。首先，过程性指标揭示了搜索空间限制不同的情况下解题者的思维策略及路径差异，弥补了结果性指标仅能判断是否成功解题、耗时多久的局限；其次，过程性指标把抽象的思维过程转化为可量化的指标，为局部-全局搜索模型、漂移扩散模型等以往理论模型提供了证据。

我们在手稿中具体修改了以下：(1) 前言摘要中提到的过程性指标相关核心概念一一对应 (2) 在前言中单独解释过程性指标，及阐述研究逻辑，具体请见前言第五段标蓝字和前言第六段 10-12 行标蓝字。

**意见 4:** 实验 1“配对概念”有对应的英文吗？跟下文“语义相似性”有什么关系？“指联系紧密、时常同时出现的一对概念”这里的时常同时出现怎么界定？

**回应:** 感谢您的问题。

实验 1 中“配对概念”对应的英文为“semantic link”。回溯远距离联想测验这一经典任务，经典 RAT 要求被试为三个相关性低的线索找到共同联结词（答案），线索和答案间联结方式

包括近义词 (synonymy)、语义联结 (semantic link) 和复合词 (compounding) (Mednick, 1962)。Bowden 和 Jung-Beeman(2003)认为经典 RAT 联结方式复杂且难度较大,不利于大规模测验的编制和实施,于是结合认知神经科学研究的需要发展出英文复合远距离联想测验 (Compound RAT, CRAT),该测验仅包含组成复合词(compounding)这一种联结方式。Becker 和 Cabeza(2023)开发了语言独立的图形远距离联想测验 (LI-RAT),其主要包含两种联结方式:形状维度和功能维度。鉴于本研究的目的,我们开发了多维度 RAT 材料,通过控制线索词与目标词之间联结的维度提示信息数量来改变搜索空间的限制程度。在联结维度的设置上,考虑到中文在语法结构、词汇构成、联想模式以及文化语境方面的显著差异,采纳了形状维度(概念在形状上相似),功能维度(概念在功能上相似)及配对维度(概念的语义联结近)。配对维度中“时常同时出现”即为两个概念语义联结较近,经常一起在生活中出现,比如“头发”与“吹风机”,“电影院”与“爆米花”。

而语义相似性指标是本研究中计算个体在问题搜索空间搜索路径和模式的一个过程指标,其可通过语义网络及联结作为可操作和可量化的对象来研究其过程的动态变化。认知科学领域,通常利用心理词汇 (Mental Lexicon) 所构成的语义网络 (Semantic Network) 来表征语义记忆结构或概念系统(Cai & Brysbaert, 2010; 杨亦鸣 & 刘涛, 2010)。而创造性相关理论也强调将记忆中远距离概念进行关联是创造性认知过程的核心(Beaty et al., 2014; Benedek & Jauk, 2018; Mednick, 1962)。已有研究探讨语义距离(概念间的距离远近)以及语义加工(语义检索,提取,联结等)对创造性产生的影响。例如, Benedek 等人(2012)采用四种不同形式的言语联想任务量化了语义检索的流畅度、灵活度、抑制及整合能力,结果发现不同的语义检索能力可以有效地解释个体在发散性思维表现上的差异。Hass 等人(2017)通过语义距离(基于潜在语义分析)考察了发散思维任务中被试反应词的顺序效应,结果发现反应词的语义距离(测试词与反应词间的距离) 随时间推移会不断增加。Benedek 等人(2017)通过语义关联度判断任务(以词汇间的语义关联强度来计算语义距离)构建了个体水平的语义网络,进一步证明发散思维水平与语义网络的集聚系数成正相关,而与平均最短路径长度成负相关,同时在模块化程度上表现出负相关趋势。

## 参考文献

- 杨亦鸣,刘涛. 中国神经语言学研究回顾与展望. 语言文字应用, 2010,(2),12-25.
- Beaty, R. E., Silvia, P. J., Nusbaum, E. C., Jauk, E., & Benedek, M. (2014). The roles of associative and executive processes in creative cognition. *Memory & Cognition*, 42, 1186–1197.
- Becker, M., & Cabeza, R. (2023). Assessing creativity independently of language: A language-independent remote

- associate task (LI-RAT). *Behavior Research Methods*, 55(1), 85–102.
- Benedek, M., Kenett, Y. N., Umdasch, K., Anaki, D., Faust, M., & Neubauer, A. C. (2017). How semantic memory structure and intelligence contribute to creative thought: A network science approach. *Thinking & Reasoning*, 23(2), 158-183.
- Benedek, M., Könen, T., & Neubauer, A. C. (2012). Associative abilities underlying creativity. *Psychology of Aesthetics, Creativity, and the Arts*, 6(3), 273.
- Benedek, M., & Jauk, E. (2018). 22 Spontaneous and Controlled Processes in Creative Cognition. *The Oxford handbook of spontaneous thought: Mind-wandering, creativity, and dreaming*, 285.
- Bowden, E. M., & Jung-Beeman, M. (2003). Normative data for 144 compound remote associate problems. *Behavior Research Methods, Instruments, & Computers*, 35(4), 634-639.
- Cai, Q., & Brysbaert, M. (2010). SUBTLEX-CH: Chinese Word and Character Frequencies Based on Film Subtitles. *PLoS ONE*, 5(6), e10729.
- Hass, R. W. (2017). Tracking the dynamics of divergent thinking via semantic distance: Analytic methods and theoretical implications. *Memory & Cognition*, 45(2), 233-244.
- Mednick, S. (1962). The associative basis of the creative process. *Psychological Review*, 69(3), 220-232.

**意见 5:** 实验 1 结果“在中等限制条件下，并未发现与 MD-RAT 正确率显著相关的指标。”稿件之后便没有任何关于此结果的讨论和分析。稿件附件中也不提供该条件下的材料。

**回应:** 感谢您的问题。

首先，实验 1 中设置高、中、低三种维度限制条件的区别主要在于维度提示数，例如线索“罐头盒”、“吊床”、“婴儿”，在高限制条件下，实验中会在线索下呈现对应的维度提示“形状”、“功能”、“配对”；在低限制条件下，实验中三个线索下不会出现任何维度提示；而中限制条件下，随机提示其中 1 个线索词对应的维度（即形状，功能，配对中的 1 个）。中限制条件与高、低限制所用材料是一致的，只不过在实验 1 中随机的呈现某一个维度的提示，因此在稿件附件中没有呈现出具体的材料。

其次，确实如审稿人提出的，对于“在中等限制条件下，并未发现与 MD-RAT 正确率显著相关的指标。”这一结果缺少讨论和分析，我们对此在手稿中进行了补充，具体如下：“在高限制与低限制条件下，任务表现与创造性相关校标显著正相关。这表明 MD-RAT 不仅能够作为远距离联想能力的测量工具，也能够有效预测个体在实际创造性活动和相关认知特质上的表现。中等限制条件下 RAT 得分与校标变量之间的相关性并不显著，这可能反映了任务限制性操作的模糊性或刺激材料在认知负荷设定上的不均衡。未来研究可通过引入更细致的任务难度梯度，进一步优化中间层次的任务表现敏感度。”请见 4.3 不足与展望中 7-10 行标蓝字。

**意见 6:** 稿件正文里没有对图 3 中的“灵光一现”的说明。

回应：感谢您的宝贵建议。

图 3 中对被试是否出现“灵光一现”的界面的设置是用于测试被试的顿悟感体验，被试按“1”为“是”，按“2”为“否”，顿悟感是解决问题时突然产生的“豁然开朗”体验，是突破思维僵局、建立非常规联结的关键认知过程。图 3 实验流程的这一设置是确保两种限制条件下 MD-RAT 的解决过程中均有顿悟感产生，均进行了创造性问题解决。我们也在手稿中进行了说明补充，请见 3.2.3 中实验流程中标蓝字。

意见 7：实验 2 结果分析“利用 SPSS27.0 对正确率、顿悟感、响应数量、正确答案的位置以及类别切换次数进行配对样本 t 检验”——稿件中没有对“顿悟感、响应数量、正确答案的位置”这些因变量的具体说明以及计分方式。

回应：感谢您的宝贵建议。

响应数量指被试在每个试次的 45 秒思考时间内，主动按键记录的“过程性想法”总数。正确答案位置指正确答案在被试所有过程性想法中的输入顺序序号，反映正确答案出现的早晚，以正确答案对应的输入顺序序号为得分。

顿悟感指被试在确定最终正确答案时，是否产生“灵光一现”的主观体验，0、1 记分。我们已将这些因变量的具体说明及计分方式补充到 3.3.2 数据分析第一段。请见 3.3.2 中第一段标蓝字。

	高限制	低限制	<i>t</i>	<i>df</i>	<i>p</i>	<i>Cohen's d</i>
正确率	0.68±0.18	0.52±0.22	6.32	38	<.001	1.01
产生响应数量	3.64±1.50	4.19±1.58	-3.84	38	<.001	-0.61
正确答案位置	1.96±1.02	2.12±1.11	-1.13	38	0.27	-0.18
顿悟感	0.85±0.14	0.81±0.20	1.24	38	0.22	0.20

表 1 高、低限制条件下 RAT 任务正确率与过程性指标的配对样本 t 检验

意见 8：参考文献。文末参考文献格式有很多不统一的地方，有的不完整，有的格式不对（不符合 apa 格式）。

回应：感谢您的宝贵建议。

我们已对参考文献的对应和格式进行了全面检查，并统一修改成 APA 格式。

.....

### 审稿人 3 意见：

本研究在远距离联想测验的基础上扩展了材料库，并增加了三个维度（形状维度，功能维度以及配对维度），同时设置不同的搜索空间限制（高和低），并引入过程性指标（平均响应数量、正确答案的位置以及类别切换次数等指标），探索个体在创造性问题解决过程中的搜索策略和搜索模式的动态变化。本研究逻辑较为清晰，具有一定的创新性，实验设计合理，结果呈现和分析较为规范。一些不足和可修改之处有以下几点，供参考。

**意见 1：创新点部分：**高限制条件促进线索引导的局部搜索与渐进式模式，低限制激发全局搜索与突变式模式。从图 6 的结果上看好像是高限制条件呈现突变式模式？请再确认下这个重要的结果和结论。

**回应：**感谢您的宝贵建议。

我们对创新点部分进行了检查。确如审稿人所言，发现确实出现了结论上的错漏，并进行了修改“高限制条件促进线索引导的局部搜索与突变式模式，低限制激发全局搜索与渐进式模式。”并对全文出现的结论错误进行了检查修改。

**意见 2：摘要部分：**什么是结果性指标？怎么就可以测量过程性机制？这个动态交互过程如何体现？调控联想强度，搜索限制？不同认知控制下的联想过程？如何体现？过程性指标是什么？语义跳跃和策略切换，算是过程性指标？

**回应：**感谢您的问题。

首先，结果性指标聚焦“创造性问题解决的最最终产出”，是不涉及中间思维过程的静态指标，如 MD-RAT 任务的正确率（是否找到正确答案）、总反应时（从题目呈现到最终作答的总时间），这是传统创造性研究的核心指标。但本研究将其作为基础参照，重点突破在过程性机制，核心逻辑是我们通过实时记录思考过程中的所有答案，计算答案之间的语义关系，捕捉问题解决过程中联想生成，策略调整及接近答案的动态过程，而非仅看最终结果。

其次，创造性问题解决依赖于联想激活（提供候选答案）与认知控制（选择、评估、切换策略）的动态交互。搜索空间限制是影响这一交互过程的情境因素，高限制条件认知控制的聚焦线索作用，而低限制条件可能要求认知控制进行更灵活的策略切换（在更广空间探索）。而本研究对空间搜索过程中策略与模式的考察，为揭示这种交互机制提供了一个观测窗口。本研究的切入点在于通过系统操纵搜索空间限制，来揭示其对问题搜索模式、策略的具体调节作用。在研究中，通过实验 1 编制的 MD-RAT 材料及任务，设置高、低限制条件。

高限制条件下，提示全部维度，这时认知控制主导，抑制无关联想，引导联想聚焦核心线索；低限制条件下，无维度提示，这时联想生成主导，激活更多远距离语义节点，认知控制调节策略切换。

最后，具体到本研究中主要使用的过程性指标，如：语义相似性，随响应顺序的变化，反映联想逼近目标的趋势；语义跳跃，跨语义簇的想法切换，通过“类别切换次数”“跨线索对相似性”比较体现；策略切换，在不同空间限制条件下使用局部或全局策略，通过语义相似性时序变化判断。

**意见 3:** 具体来说，结构清晰、限制性较强的语义情境中，个体更容易形成稳定且目标导向性强的加工路径，从而提升问题解决效率。相比之下，在语义结构模糊、限制性较小的语义情境中，个体需在更大的搜索范围内评估潜在路径，表现出更高的策略调节需求与认知灵活性(Abraham, 2014;Krieger-Redwood et al., 2023)。而以上结论均缺乏过程性指标作为实证证据，在创造性过程中捕捉到动态的搜索策略选择及模式变化等过程性指标将有助于解释创造性思维的内在机制。

作者的结论是否和他们的结论相同，只是增加了过程性指标，这个过程性指标具体是指什么？过程指标是响应数量，切换次数？这个需要在前面尽早体现出来。而不是在最后的预期部分才提出来。前面核心都在讲前人只关注了结果没有关注过程。但又没有说过程是什么？如何体现出过程。而在这里突然提出来这两个对应的指标。有点突兀。也不是很好理解。搜索策略和搜索模式是否也是过程指标另一种表达？前言可能需要单独有一段话来说明过程性指标是什么？如何体现出来过程？和前面的结果性指标的差别在哪里？然后前言摘要中提到的核心概念需要一一对应上：认知控制，联想联结，高低限制条件，创造性思维，搜索模式（局部搜索，全局搜索，渐进式模式，突变式搜索），过程性指标，结果性指标？语义相似性，类别切换等这一系列的概念。

**回应:** 感谢您的宝贵建议。

Abraham(2014)发表理论文章，聚焦创造性思维的两个关键认知成分“概念扩展”与“克服知识约束”，旨在通过神经影像学和神经心理学证据，阐明语义处理与认知控制脑网络如何差异化调节这两个核心过程。Krieger-Redwood 等人(2023)通过实验研究通过操纵词对关联强度（从强相关到完全无关），探究创造性联想（不寻常关联）与刻板联想（常见关联）背后的神经认知机制。两个研究均关注到了创造性思维过程中语义联想与认知控制的交互作用，但并未关注语义搜索过程中思维的变化。本研究关注更多的是创造性问题解决中语义联

想与认知控制的交互作用及过程性搜索机制,及使用语义指标探索搜索策略与搜索模式的差异。

回顾全文,确如审稿人所言,前言中过程性指标的提出略显突兀。根据审稿人的建议 i,我们将前言进行了大幅度修改,主要修改两个方面:(1)前言摘要中提到的核心概念一一对应 (2)在前言中单独解释过程性指标及阐述研究逻辑,具体请见前言第五段标蓝字和前言第六段 10-12 行标蓝字。

**意见 4:** 多维度是如何体现出来的? 如何确定维度的数量? 有什么区分维度的标准? 区分不同维度的标准是什么? 是否还有其他维度? 为什么就是这两个维度? 这三个维度就是作者所说的多维度? 原来的 rat 材料没有这三个维度吗? 需要着重说明相对于原来的 rat,改进的 mdrat 的最大优势是什么?

**回应:** 感谢您的问题。

本研究所有多维度 RAT 任务改编自传统的 RAT,经典 RAT 要求被试在三个相关性低的线索找到共同联结词(答案),线索和答案间联结方式包括近义词(synonymy)、语义联结(semantic link)和复合词(compounding)(Mednick, 1962)。Huang 等(2012)根据经典英文 RAT 的原理,构建了中文词语远距离联想测验(Chinese Word RAT, CWRAT),共涵盖三种经典 RAT 中的联结方式。然而,现存 CWRAT 并未考虑条目异质性、形象性以及创造性体验高度相关的顿悟感、趣味性等重要参数。并且部分条目中线索间语义激活空间重叠较广,对答案进行严格唯一规定可能造成其他正确或更富创造性的答案被忽略。Becker 和 Cabeza(2023)开发了语言独立的图形远距离联想测验(LI-RAT),其主要包含两种联结方式:形状维度和功能维度。鉴于本研究的目的,我们开发了多维度 RAT 材料,通过控制线索词与目标词之间联结的维度提示信息数量来改变搜索空间的限制程度。在联结维度的设置上,考虑到中文在语法结构、词汇构成、联想模式以及文化语境方面的显著差异,采纳了形状维度(线索与答案在形状上相似),功能维度(线索与答案在功能上相似)及配对维度(线索与答案的语义联结近)。设置高、中、低三种维度限制条件的区别主要在于维度提示数,例如线索“罐头盒”、“吊床”、“婴儿”,在高限制条件下,实验中会在线索下呈现对应的维度提示“形状”、“功能”、“配对”;在低限制条件下,实验中三个线索下不会出现任何维度提示;而中限制条件下,随机提示其中 1 个线索词对应的维度(即形状,功能,配对中的 1 个)。

本研究在任务设计中引入“形状”、“功能”与“配对”三类标准化联结方式,提升了材料的生态效度。这种结构设计不仅降低了由联结维度差异所带来的认知偏差,还使个体更易激活

生活经验中的相关语义片段，从而提高任务的接受度与可操作性(Kleinmintz et al., 2019)。本研究采用了操控联想路径数量的新范式，进而拓展了远距离联想任务中的研究方式。该范式为后续探讨创造性思维加工过程中的语义搜索策略与路径联想模式提供了全新视角(Beaty et al., 2014)。

我们也根据审稿人的建议，对 MD-RAT 与近年来 RAT 测验的比较及本研究开发的测验优势补充在手稿中，请见前言第六段 4-7 行标蓝字及 2.2.1 材料初步编织和筛选流程中的标蓝字。

### 参考文献

- Beaty, R. E., Silvia, P. J., Nusbaum, E. C., Jauk, E., & Benedek, M. (2014). The roles of associative and executive processes in creative cognition. *Memory & Cognition*, *42*, 1186–1197.
- Becker, M., & Cabeza, R. (2023). Assessing creativity independently of language: A language-independent remote associate task (LI-RAT). *Behavior Research Methods*, *55*(1), 85–102.
- Huang, P., Chen, H., & Liu, C. (2012). The development of Chinese word remote associates test for college students. *Psychological Testing*, *59*(4), 581-607.
- Kleinmintz, O. M., Ivancovsky, T., & Shamy-Tsoory, S. G. (2019). The two-fold model of creativity: the neural underpinnings of the generation and evaluation of creative ideas. *Current Opinion in Behavioral Sciences*, *27*, 131-138.
- Mednick, S. (1962). The associative basis of the creative process. *Psychological Review*, *69*(3), 220-232.

**意见 5：**全文中有时用多维度 RAT 有时用 MD-RAT，是否要保持统一？

**回应：**感谢您的宝贵建议。

我们已将全文中的术语统一成 MD-RAT，仅在第一次出现该任务时同时使用了中英文。

**意见 6：**校标问卷有三个：创造性成就问卷（Creative Achievement Questionnaire, CAQ）、大五人格-开放性维度简式量表（NEO-FFI Openness）及言语流畅性测验（VFT）。为什么用这三个问卷作为校标问卷？是否有相关依据？

**回应：**感谢您的问题。

本研究中使用了创造性成就问卷（Creative Achievement Questionnaire, CAQ）、大五人格-开放性维度简式量表（NEO-FFI Openness）及言语流畅性测验（VFT）三个问卷作为校标问卷。

首先，CAQ 是创造性领域特殊性的测量工具，包含了视觉艺术、音乐、创造性写作、舞蹈、建筑设计、幽默、发明、科学发明、戏剧以及电影和烹饪艺术十个被普遍认为需要较

高创造力的领域。研究表明创造性成就问卷相较于同类测验具有较高的信效度，创造性成就问卷的内部一致性信度为 0.83，与发散思维和开放性人格存在中等程度相关(陈群林, 2014)。创造性成就问卷不仅能够反映个体的日常创造性活动，也能够反映个体的创造性成就水平，常作为创造力新编测验的效标(Salvi et al., 2020; Patterson et al., 2023)。

其次，创造性测量工具的编制通常采用经验开放性 NEO-FFI Openness 作为效标，已有大量研究发现开放性与发散思维、聚合思维、创造性行为和成就相关(Vartanian et al., 2018; Zare & Flinchbaugh, 2019)。此外，开放性维度涉及个体对新奇和复杂体验的接受度(Erritzoe et al., 2018)，与此类似，RAT 要求个体超越常规思维，探索非传统联想路径。

最后，言语流畅性是创造性思维的核心成分之一，反映了个体在特定时间内生成大量语义相关词语的能力。本研究采用经典的言语流畅性任务，要求被试在 1 分钟内尽可能多地生成属于某一语义类别（如“动物”）的词语。VFT 已被证实与多种创造性思维指标密切相关，例如发散思维、远距离联想任务表现和认知抑制能力(Benedek et al., 2014; Troyer et al., 1997)。研究表明，VFT 能够有效预测个体在创造性问题解决中的表现，并与创造性思维中的联想能力具有稳定的相关性(Silvia et al., 2013)。其内部一致性信度为 0.85，能够有效评估个体的言语联想能力和创造性潜能。

我们也根据审稿人的建议，对校标问卷选择和依据进行了完善，请见 2.3 记分标准与校标度测量中的标蓝字。

## 参考文献

- 陈群林(2014). *创造性成就与认知灵活性的关系*. 硕士学位论文. 重庆: 西南大学.
- Benedek, M., Jauk, E., Sommer, M., Arendasy, M., & Neubauer, A. C. (2014). Intelligence, creativity, and cognitive control: The common and differential involvement of executive functions in intelligence and creativity. *Intelligence, 46*, 73-83
- Erritzoe, D., Roseman, L., Nour, M. M., MacLean, K., Kaelen, M., Nutt, D. J., & Carhart-Harris, R. (2018). Effects of psilocybin therapy on personality structure. *Acta Psychiatrica Scandinavica, 138*(5), 368-378.
- Patterson, J. D., Merseal, H. M., Johnson, D. R., Agnoli, S., Baas, M., Baker, B. S., ... & Beaty, R. E. (2023). Multilingual semantic distance: Automatic verbal creativity assessment in many languages. *Psychology of Aesthetics, Creativity, and the Arts, 17*(4), 495-507.
- Salvi, C., Costantini, G., Pace, A., & Palmiero, M. (2020). Validation of the Italian remote associate test. *The Journal of Creative Behavior, 54*(1), 62-74.
- Silvia, P. J., Beaty, R. E., & Nusbaum, E. C. (2013). Verbal fluency and creativity: General and specific contributions of broad retrieval ability (Gr) factors to divergent thinking. *Intelligence, 41*(5), 328-340.
- Troyer, A. K., Moscovitch, M., & Winocur, G. (1997). Clustering and switching as two components of verbal fluency: evidence from younger and older healthy adults. *Neuropsychology, 11*(1), 138.
- Vartanian, O., Wertz, C. J., Flores, R. A., Beatty, E. L., Smith, I., Blackler, K., ... Jung, R. E. (2018). Structural

correlates of Openness and Intellect: Implications for the contribution of personality to creativity. *Human Brain Mapping*, 39(7), 2987-2996

Zare, M., & Flinchbaugh, C. (2019). Voice, creativity, and big five personality traits: A meta-analysis. *Human Performance*, 32(1), 30-51

**意见 7:** “进一步考察了被试在高、低问题空间限制中创造性问题解决过程中的行为表现，并从语义网络视角揭示了搜索策略、响应模式以及动态语义路径的变化特征。”

搜索策略、响应模式以及动态语义路径这三个指标是否体现出过程性？如何用过程性概括这三个指标？

**回应:** 感谢您的问题。

实验 2 主要使用搜索策略及搜索模式两个过程性指标来反映被试在高、低问题空间限制中创造性问题解决过程中的行为表现，而不是单纯依赖“正确率、反应时”等静态结果。

搜索策略通过计算响应间隔（lag）对语义相似性的影响，捕捉被试在思考过程中是“持续聚焦某一语义簇”（局部搜索）还是“频繁跨越语义簇”（全局搜索），反映策略随时间的动态选择。

搜索模式或动态语义搜索路径通过追踪每个响应与正确答案的语义相似性随响应顺序（response order）的变化（如第 1 个响应至第 n 个响应），判断是“逐步趋近目标”（渐进式，相似性持续缓慢上升）还是“后期突然逼近目标”（突变式，前期相似性低、末期显著跃升），直接刻画接近答案时的思维轨迹。

我们已对实验 2 实验目的可能产生歧义的描述进行了修改，修改为“实验 2 进一步考察了被试在高、低问题空间限制中创造性问题解决过程中的行为表现，并通过过程性指标的计算揭示了搜索策略及搜索模式。”具体请见 3 实验 2 部分第一段 1-2 行的标蓝字。

**意见 8:** “从已有的材料中选择 40 个条目，随机分为两组，每组 20 个，两组题目在顿悟感、趣味性、难度、匹配度方面无显著差异。”

这里是否需要提供一个表格或者什么指标来说明没有差异。

**回应:** 感谢您的宝贵建议。

实验 2 的材料选择来自于实验 1 中编制的材料，在顿悟感、趣味性、难度、匹配度方面无显著差异。选择的条目随机分为两组，这里表达有误，我们修改为：“从实验 1 编制好在顿悟感、趣味性、难度、匹配度方面无显著差异的材料中选择 40 个条目，随机分为两组，每组 20 个”。请见 3.2.1 实验材料中第一段 1-3 行标蓝字。

表 2 MD-RAT 材料难度、顿悟感等指标的描述性统计

	最小值	最大值	平均值	标准差
通过率	0.25	0.89	0.65	0.16
反应时	10.05	30.97	19.86	5.61
难度	2.29	3.68	2.93	0.39
顿悟感	2.21	3.86	3.02	0.36
匹配度	3.68	4.57	4.23	0.23
趣味性	3.46	4.18	3.81	0.15

**意见 9:** “与实验一任务流程不同的是，被试在思考过程中一旦有想法产生，无论这个想法是否正确，立即按“1”键并在文本框中输入产生的这个想法。”就是这个操作，增加了过程的测量？需要如何在前面更早的体现出来。

**回应:** 感谢您的宝贵建议。

确如审稿人所言，就是这个操作，对于过程中的想法进行了记录，然后通过语义计算了过程性指标。我们在实验 2 补充了过程性测量的计算与逻辑，让前后衔接更加流畅。将实验 2 实验目的修改为“实验 2 进一步考察了被试在高、低问题空间限制中创造性问题解决过程中的行为表现，并通过过程性指标的计算揭示了搜索策略及搜索模式。具体来说，与实验一任务流程不同，被试在思考过程中一旦有想法产生，无论这个想法是否正确，所有想法都将被记录，并对每一个试次间产生想法过程中的语义指标计算。”具体请见 3 实验 2 部分第一段 1-4 行的标蓝字。

**意见 10:** 45s 这个时长下，可以写出几个单词？为什么设置 45s？是否有依据？

**回应:** 感谢您的问题。

45s 时长的设置参考了前人(Becker & Cabeza, 2023; Huang 等, 2012; 陈静等, 2024)编制的非言语远距离联想任务 (Language-independent RAT, LI-RAT)、中文远距离联想 (Chinese Word RAT, CWRAT) 中线索呈现的时间，均为 45s。在本研究中，响应数量范围为 1~10，平均响应数量 4，被试能够在 45s 的时间内进行足够的思索。

#### 参考文献

陈静, 许天委, & 陈群林. (2024). 中文词语远距离联想测验的编制及初步探索. *心理技术与应用*, 12(5),

283-295.

Becker, M., & Cabeza, R. (2023). Assessing creativity independently of language: A language-independent remote associate task (LI-RAT). *Behavior Research Methods*, 55(1), 85 - 102.

Huang, P., Chen, H., & Liu, C. (2012). The development of Chinese word remote associates test for college students. *Psychological Testing*, 59(4), 581-607.

**意见 11:** 图 6 的搜索模式：渐进式与突变式。为什么高限制条件下，语义相似性上升趋势较为陡峭，尤其是在-1 那个点突然上升？如果把-1 那个点去掉。高限制和低限制是不是就没差别了？主要的差别是由-1 那个数据指标引起的？如何解释？所以高限制条件是突变而低限制条件是渐变式，好像和结论有点对不上？

**回应:** 感谢您的问题和宝贵的建议。

首先，我们对结论部分进行了检查，发现确实出现了结论上的错漏，并进行了修改“在整体搜索过程中，低限制条件下的语义相似性显著高于高限制条件”，“在低限制条件下，语义相似性随时间逐步趋近最终目标，搜索路径呈现出“渐进式”的变化特征；而在高限制任务下，早期阶段的相似性变化较小，但在接近目标的最后阶段呈现出“突变式”的变化特征”。具体请见 6 结论的标蓝字。

其次，关于审稿人的疑问，-1 点是“最终答案前的最后一个过程性想法”，其上升是高限制条件下策略收敛的结果。差异的核心是“搜索策略的全程差异”，而非单一节点，事后检验发现，在早期响应阶段，低限制条件下的语义相似性显著高于高限制条件（-8 和-7 点， $p_s < .001$ ）；而在中后响应阶段，低限制条件下的语义相似性显著低于高限制条件（-1 和-2 点， $p_s < .001$ ）。-1 点只是放大了这种固有差异，而非产生差异的原因。在早期响应阶段，低限制条件下的语义相似性显著高于高限制组，这表明开放的语义空间在初期阶段可能会激发更多的目标邻近反应，这种“偶然命中”机制源自扩散性激活过程，而非明确策略性聚焦。然而，随着搜索过程的进行，高限制组在语义聚焦性上的优势更加明显，表明结构性强的语义空间有助于维持目标导向性的持续提升此外，不同的限制条件通过调节线索信息的结构化程度，系统地影响了搜索路径的动态变化模式。

**意见 12:** “实验二发现搜索空间的限制会系统性地影响远距离联想任务中语义搜索的效率、策略选择以及搜索路径的动态变化特征”。还是过程性这个问题，是过这几个指标来表示过程性？没有很好的对应上。有点跳跃。

**回应:** 感谢您的宝贵建议。

结合审稿人的第 7 个问题，本研究主要通过 MD-RAT 任务中，收集被试答案搜索过程中所有的响应，通过构建语义网络，探索相邻响应、响应与线索词、正确答案之间相似性及类别切换等指标变化来作为过程性指标，揭示搜索过程中的策略及模式。

在此，我们做出以下修改：（1）在前言中假设提出，即对过程性指标进行具体定义。具体请见前言第六段 10-12 行标蓝字；（2）在实验 2 目的及实验 2 对应的讨论中，进行概念统一，避免产生歧义。具体修改为将“搜索路径”、“响应模式以及动态语义路径”等表达统一为“搜索模式”。

**意见 13:** “MD-RAT 在经典任务范式的基础上，引入“形状”“功能”与“配对”三类标准化联结方式，通过操纵提示维度的数目来影响潜在的联想路径范围，从而构建限制程度不同的语义搜索空间，弥补了仅依赖线索词与目标词之间语义相似性作为潜在语义空间指标的局限。”如何区分出这三个维度的？为什么是这三个维度？没有其他维度了吗？提出这三个维度的依据是什么？

**回应:** 感谢您的问题。

本研究所有多维度 RAT 任务改编自传统的 RAT，经典 RAT 要求被试在三个相关性低的线索找到共同联结词（答案），线索和答案间联结方式包括近义词（synonymy）、语义联结（semantic link）和复合词（compounding）(Mednick, 1962)。Huang 等(2012)根据经典英文 RAT 的原理，构建了中文词语远距离联想测验（Chinese Word RAT, CWRAT），共涵盖三种经典 RAT 中的联结方式。然而，现存 CWRAT 并未考虑条目异质性、形象性以及与创新性体验高度相关的顿悟感、趣味性等重要参数。并且部分条目中线索间语义激活空间重叠较广，对答案进行严格唯一规定可能造成其他正确或更富创造性的答案被忽略。Becker 和 Cabeza(2023)开发了语言独立的图形远距离联想测验（LI-RAT），其主要包含两种联结方式：形状维度和功能维度。

鉴于本研究的目的，我们开发了多维度 RAT 材料，通过控制线索词与目标词之间联结的维度提示信息数量来改变搜索空间的限制程度。在联结维度的设置上，考虑到中文在语法结构、词汇构成、联想模式以及文化语境方面的显著差异，采纳了形状维度（线索与答案在形状上相似），功能维度（线索与答案在功能上相似）及配对维度（线索与答案的语义联结近）。这种结构设计不仅降低了由联结维度差异所带来的认知偏差，还使个体更易激活生活经验中的相关语义片段，从而提高任务的接受度与可操作性(Kleinmintz et al., 2019)。本研究采用了操控联想路径数量的新范式，进而拓展了远距离联想任务中的研究方式。该范式为后

续探讨创造性思维加工过程中的语义搜索策略与路径联想模式提供了全新视角(Beaty et al., 2014)。

根据审稿人的提问，我们对 MD-RAT 维度的解释补充在手稿中，具体请见前言第六段 4-7 行标蓝字。

#### 参考文献

- Beaty, R. E., Silvia, P. J., Nusbaum, E. C., Jauk, E., & Benedek, M. (2014). The roles of associative and executive processes in creative cognition. *Memory & Cognition*, 42, 1186–1197.
- Becker, M., & Cabeza, R. (2023). Assessing creativity independently of language: A language-independent remote associate task (LI-RAT). *Behavior Research Methods*, 55(1), 85–102.
- Huang, P., Chen, H., & Liu, C. (2012). The development of Chinese word remote associates test for college students. *Psychological Testing*, 59(4), 581-607.
- Kleinmuntz, O. M., Ivancovsky, T., & Shamay-Tsoory, S. G. (2019). The two-fold model of creativity: the neural underpinnings of the generation and evaluation of creative ideas. *Current Opinion in Behavioral Sciences*, 27, 131-138.
- Mednick, S. (1962). The associative basis of the creative process. *Psychological Review*, 69(3), 220-232.

**意见 14：**“本研究还从平均响应数量、正确答案的位置以及类别切换次数等指标出发，并结合创造性加工过程中搜索策略与搜索路径模式的探索。”这个指标就是过程性的具体量化指标。可以在前言中有所体现。要不然不是很清楚过程性怎么就可以测量了？

**回应：**感谢您的宝贵建议。

确如审稿人的建议，过程性的量化指标的提出前后衔接不顺畅，我们根据您的建议在前言中进行了补充完善。具体修改：“实验 2 通过操纵线索词与目标词之间联想维度的数目，改变个体在语义空间下的搜索路径数目，进而影响搜索空间的限制大小，并探索创造性思维加工过程中搜索策略与模式的差异。具体来说，在 MD-RAT 任务中，收集被试答案搜索过程中所有的响应，通过构建语义网络，探索相邻响应、响应与线索词、正确答案之间相似性及类别切换等指标变化揭示搜索过程中的策略、模式。”具体请见前言第六段 10-12 行标蓝字。

**意见 15：**文中主要提到的认知控制，在前言中由大篇幅的提及，但是在实验部分完全没有提及。在讨论部分就只出现了一次，没有和实验内容中的具体操控再次挂钩进行讨论。有点脱节。

**回应：**感谢您的宝贵建议。

确如审稿人所言，对认知控制，实验部分出现脱节现象。创造性问题解决依赖于联想激活（提供候选答案）与认知控制（选择、评估、切换策略）的动态交互。搜索空间限制是影响这一交互过程的情境因素，高限制条件认知控制的聚焦线索作用，而低限制条件可能要求认知控制进行更灵活的策略切换（在更广空间探索）。而本研究对空间搜索过程中策略与模式的考察，为揭示这种交互机制提供了一个观测窗口。本研究的切入点在于通过系统操纵搜索空间限制，来揭示其对问题搜索模式、策略的具体调节作用。在研究中，我们通过实验 1 编制的 MD-RAT 材料及任务，设置高、低限制条件。高限制条件下，提示全部维度，被试倾向于自上而下进行问题搜索，这时认知控制主导，抑制无关联想，引导联想聚焦核心线索；低限制条件下，无维度提示，被试倾向于自下而上进行问题搜索，这时联想生成主导，激活更多远距离语义节点，而认知控制调节策略切换。

对此，我们在实验部分进行了补充完善，具体修改为在实验 2 目的修改：“实验 2 进一步考察了被试在高、低搜索空间限制中创造性问题解决过程中的行为表现，并从语义视角揭示了搜索策略、搜索模式的变化特征。高限制条件下，提示全部维度，被试倾向于自上而下进行问题搜索，这时认知控制主导，抑制无关联想，引导联想聚焦核心线索；低限制条件下，无维度提示，被试倾向于自下而上进行问题搜索，这时联想生成主导，激活更多远距离语义节点，而认知控制调节策略切换。”具体请见 3 实验 2 第一段标蓝字。

**意见 16:** 标题字数是不是有点多？可以适当简化。

**回应:** 感谢您的问题和宝贵的建议。

我们已经将标题简化，修改为：“不同搜索空间限制下创造性问题解决的过程性搜索机制”，对应的英文题目修改为“Processual Search Mechanisms in Creative Problem Solving Under Different Search Space Constraints”。请见手稿标题标蓝字。

---

## 第二轮

**审稿人 1 意见:**

通过修改，论文质量得到了显著提高，不过仍有一些小问题需要修改。建议修改后发表。

**意见 1:** 搜索空间和语义空间的关系最好在论文中能有体现，而不只是回应审稿人的问题。

**回应:** 感谢您的宝贵建议。

我们将搜索空间和语义空间的关系在论文中进行了补充，请见前言第二段 4-10 行标红字体。

**意见 2：**认知控制是本研究中的一个重要概念，最好能对其概念进行阐述，以方便读者更好地理解其与空间限制等概念的关系。

**回应：**感谢您的宝贵建议。

我们将认知控制的概念补充到前言第一段中，请见标红字体。另外，将认知控制与空间限制的关系补充到前言第三段 1-2 行标红字体。

**意见 3：**统计分析结果若不显著，则无需提供效应量。

**回应：**感谢您的建议。

我们对结果呈现部分中不显著结果的效应量进行了删除。

.....

**审稿人 2 意见：**

作者已针对性回应本人提出的核心问题，审改稿较原稿有显著提升，主要改进如下：

1. 理论框架更趋完善：修改后前言明确界定了结果性指标、过程性指标、搜索空间与语义空间的关系等核心概念，系统梳理了认知控制理论、局部 - 全局模型等关键理论的核心观点，并在讨论部分逐一建立理论与实验结果的对应关系，有效解决了原稿件理论与结果脱节的问题。

2. 研究目的与过程性指标清晰化：明确实验 2 的核心目的是通过过程性指标揭示搜索空间限制对策略与模式的调节作用，详细界定了响应数量、顿悟感等因变量的计分方式，补充了过程性指标的核心价值与测量逻辑，充分回应了“过程性指标为何重要”的疑问。

3. 细节表述更严谨规范：补充了图 3 中“灵光一现”的测量目的说明，统一并优化了文末参考文献格式，修正了术语使用不一致等问题，整体提升了稿件的规范性与可读性。

同时，稿件仍存在部分需进一步完善的地方，具体建议如下：

**意见 1：**理论贡献的限制：稿件虽明确了结果支持的理论，但未深入探讨“不支持哪些理论”或“对理论的补充修正”。例如，局部 - 全局模型的“策略动态切换”假设未得到验证，建议进一步阐明该发现对理论适用范围的限定意义，强化研究的理论价值。

**回应：**感谢您的宝贵建议。

确如您所言,本研究理论贡献阐述上不够深入,我们完全认同并已在讨论部分补充完善。首先,本研究结果并未验证局部-全局搜索模型(Hills et al., 2012)中的“策略动态切换”这一假设,而只是通过分析个体在任务过程中生成的连续响应之间的语义相似性变化,检验搜索路径是否存在顺序依赖特征,来验证两种条件下更倾向于使用哪种搜索策略。此外,局部-全局搜索模型认为,个体的语义搜索会遵循“先局部搜索(聚焦当前语义簇),局部搜索无效后切换至全局搜索(跨语义簇跳跃)”的顺序。本研究发现,搜索过程中个体普遍采用了以线索词为中心的局部搜索策略,但与高限制条件相比,低限制条件下个体创造性想法更具跳跃性,不仅依赖于其中一个线索词;而高约束较强的问题搜索空间中,个体整体一直采用局部搜索的策略,这在某种程度上也说明局部-全局模型提出策略切换顺序,其适用性需结合任务的搜索空间结构来限定。

请见讨论部分 4.2 第一段标红字体。

**意见 2：理论验证需聚焦核心：**稿件声称结果支持认知控制理论、局部 - 全局模型、漂移扩散模型、表征重构理论等多个理论,易导致逻辑分散且说服力不足。建议聚焦某一两个核心理论(如局部 - 全局模型)深入阐述,突出研究对该理论的重点验证或拓展,避免“万能验证”带来的可信度削弱问题。

**回应：**感谢您的宝贵建议。

我们已对理论阐述部分进行了修改完善,将聚焦“局部-全局搜索模型”为核心理论,以“漂移扩散模型与表征重构理论整合”作为辅助讨论,其他理论(如认知控制理论)不再作为独立验证对象,避免逻辑分散。本研究的核心科学问题是“搜索空间限制如何调节创造性问题解决搜索策略与模式”,Hills 等(2012)提出的局部-全局搜索模型,提出“局部搜索(聚焦语义簇)与全局搜索(跨簇跳跃)是创造性搜索的两种核心策略”,本研究通过分析个体在任务过程中生成的连续响应之间的语义相似性变化,检验搜索路径是否存在顺序依赖特征,验证了高限制条件下,个体更依赖线索引导的局部搜索策略;在低限制条件下,个体倾向于进行全局搜索,表现出更大的语义跳跃,为模型提供了直接的过程性证据。而搜索模式的结果进而拓展了其他理论的适用范围。为此,我们缩减前言中对多个理论的并列提及,聚焦核心理论(局部-全局模型)与整合模型,在讨论中以局部-全局模型为核心,突出研究对该理论的重点验证或拓展。

请见前言部分第三段标红字体及缩减篇幅后的第四段;讨论部分第一段 4.2 标红字体。

**意见 3:** 中等限制条件的讨论需加强：实验 1 发现中等限制条件下任务表现与效标无显著相关，但仅在讨论中简单归因于“操作模糊或认知负荷不均衡”。

如果高限制相当于有明确线索维度，低限制相当于无线索提示，而中间限制相当于线索维度模糊。由于效标主要与创造力有关，似乎高限制对应于“认知控制的聚焦能力”，低限制对应于“联想激活的发散能力”，而中等限制的“模糊性”破坏了任务与创造性核心机制（联想激活 - 认知控制协同）的对应关系。

**回应:** 感谢您的宝贵建议，这对我们有很重要的启发。

我们已在讨论部分将中等限制条件相关的讨论进行了补充与完善，同时将不足与展望中对其的简单归因进行了删除。具体修改请见讨论部分 4.1 第二段的标红字体。

**意见 4:** 核心概念：建议文中增加对搜索策略和搜索模式的定义，对读者更为友好。

**回应:** 感谢您的宝贵建议。

我们对搜索策略与搜索模式进行了操作性定义并补充在了前言部分，具体请见前言第三段 3 行及第四段 1-2 行标红字体。

搜索策略指个体在创造性问题解决的语义空间中，探索目标答案时所采用的核心方式，通过计算响应间隔对语义相似性的影响，捕捉被试在思考过程中是“持续聚焦某一语义簇（局部搜索）”还是“频繁跨越语义簇”（全局搜索）。

搜索模式指个体在语义搜索过程中，响应与目标答案的语义关联程度随时间的动态变化特征，通过追踪每个响应与正确答案的语义相似性随响应顺序的变化，判断是“逐步趋近目标”（渐进式，相似性持续缓慢上升）还是“后期突然逼近目标”（突变式，前期相似性低、末期显著跃升），直接刻画接近答案时的思维轨迹。

**意见 5:** 过程性指标的独特性需强化：建议补充本研究过程性指标（如语义相似性时序变化）与以往类似研究的差异，明确其在测量创造性思维过程中的优势，凸显方法层面的创新性。

**回应:** 感谢您的宝贵建议。

我们已经在前言部分对利用过程性指标测量创造性思维过程的优势，及与类似研究的差异进行了补充。请见前言第六段 2-7 行标红字体。

**意见 6:** 实验 2 材料匹配性的实证支撑需补充：“从实验 1 编制好在顿悟感、趣味性、难度、匹配度方面无显著差异的材料中选择 40 个条目，随机分为两组，每组 20 个。”建议提供两

组材料的顿悟感、趣味性、难度、匹配度的描述性统计及差异检验结果。如果觉得在正文提供显得累赘，可在附件提供。

回应：感谢您的宝贵建议。

我们已经补充了实验 2 材料的描述性统计及差异检验结果，并补充在了文稿中，请见表 4。

表 4 实验 2 材料难度、顿悟感等指标的描述性统计及差异性检验

变量名	组别	平均值	标准差	<i>t</i> 值	<i>p</i> 值	<i>Cohen's d</i> 值
难度	高限制组	2.78	0.42	-0.410	0.684	0.130
	低限制组	2.83	0.34			
顿悟感	高限制组	2.95	0.32	-0.017	0.986	0.005
	低限制组	2.95	0.35			
匹配度	高限制组	4.33	0.19	-0.241	0.811	0.076
	低限制组	4.34	0.14			
趣味性	高限制组	3.82	0.15	-1.034	0.308	0.327
	低限制组	3.86	0.13			

意见 7：参考文献格式需进一步规范：部分文献仍存在页码不全等问题。

回应：感谢您的指正。

我们已经对参考文献格式进行了检查和修改，更正后的参考文献均已标红。

.....

审稿人 3 意见：

意见 1：作者基本都回答了我的问题。其中第一个问题需要作者再着重回答下。作者承认原来对数据结果的解读存在重要错误，并做了修改，直接把结论翻转过来。但引用的参考文献就很雷同的直接重新引用在了完全不同的结论的后面比如(Hass, 2017)。这样直接颠倒研究结论，是否需要再着重解释一下。为什么原来的解释的通，颠倒过来结论也解释的通了？

回应：感谢您的指正。

本研究主要的结论为搜索空间的限制程度系统性地影响了创造性思维加工过程中的动态搜索模式：低限制条件下表现为语义相似性逐步趋近目标的渐进式搜索，而高限制条件下，

语义相似性在接近目标的短时间内显著增大，表现为突变式搜索模式。Hass (2017) 的研究以发散思维 (DT) 的语义搜索机制为核心，将替代用途测试 (AUT, 如“砖块 / 瓶子的多种用途”) 置于语义记忆搜索理论框架下分析，探索 DT 任务 (结构不良、约束少) 与语义流畅性任务 (结构明确、仅需类别成员命名) 的搜索过程是否存在差异? 结果发现，语义与时间聚类显著弱于语义流畅性任务: DT 任务中，相邻反应的语义相似性低，说明在像 DT 这样的低限制空间条件下语义空间更广且结构不明确，个体需要在多种可能路径中进行探索，路径跳跃性更高，这与本研究发现一致，语义相似性随时间逐步趋近最终目标，搜索路径呈现出“渐进式”的变化特征。参考文献应该引用在本研究中对于低限制条件下搜索模式的分析，而非高限制条件下的分析，我们仔细检查后发现为誊写出现的引用错误，Hass(2017) 的研究虽然也通过控制任务种类，对搜索空间限制不同下思维搜索模式进行了比较，但是本质上语义流畅性任务与 DT 任务存在质的差异。我们对此进行了修改，请见讨论部分 4.2 第二段的标红字体。

**意见 2:** 摘要中的重要结论做了修改，需要标注出来的。全文有任何地方做了修改，都需要标准出来。比如增加了图表。

**回应:** 感谢您的建议。

我们将摘要中修改的部分及全文修改的地方进行了标注，请见摘要标红部分。

**意见 3:** 图片 4 的横坐标已经有组别信息了。就不用再弄一个右侧的标准重复写出来组别。

**回应:** 感谢您的宝贵建议。

我们将图片 4 重复的组别标注进行了删除，请见修改后的图片 4。

---

**编委意见:** 研究探讨了搜索空间对创造性问题解决中搜索策略和模式的调节，提出了搜索策略和搜索模式的量化分析方法，具有较好的创新性，数据分析严谨，结论可靠。经过作者修改，论文质量有了显著性提高，参考外审专家的建议，修改后发表。

**主编意见:** 同意外审和编委意见，建议录用。