《心理科学进展》审稿意见与作者回应

题目：认知努力投入的主客观驱动作用及个体差异调节
作者：杨倩 谈嘉欣 陈伦梓萱

第一轮

审稿人 1 意见：

稿件讨论的认知努力是一个热点问题，文章总体来说逻辑较为清晰，其提炼出的认知努力有主观个体差异的观点也有一定创新性，是认知努力各类研究范式需要考虑的重要问题。有些问题需要作者思考：

意见 1：作者将 “动机特质（认知需求）与归因信念（成长型 vs.固定型思维模式）”的层级交互模型，作为核心原创性贡献，虽然文章详细论述了认知需求和成长型思维的独立作用，并引用了实证研究，但全文似乎没有引用任何一篇能直接证明这两个变量存在交互效应的实证研究，所有相关论述都只是理论推测，也没有解释清楚什么是“层级交互”以及为什么是层级关系而非平行关系。请问这一模型是否有实证依据？如果只是理论假设，请作者调整相关表述，明确区分已证实的结论和有待检验的推测。

回应：感谢审稿专家指出这一关键问题。我们进一步检索文献后发现，已有研究分别支持认知需求和成长型/固定型思维模式对努力相关过程的影响：认知需求与认知努力投入、努力折扣和高负荷任务偏好有关(Sandra & Otto, 2018; Zerna et al., 2023)，成长型/固定型思维模式则与错误后调整、认知控制以及失败后的可控性归因有关(Moser et al., 2011; Schroder et al., 2014; Song et al., 2020; Burnette et al., 2013)。然而，我们尚未检索到以认知努力投入或努力选择为核心因变量，并在同一研究中直接检验“认知需求×思维模式”交互效应的实证研究。因此，原稿将二者关系表述为“层级交互模型”确实过强，容易造成该交互关系已有直接证据支持的误解。我们据此将其下调为有待检验的“双路径整合假设”，并在正文和展望中明确其理论预测性质。

根据审稿专家的建议，我们已对 5.3 节（双路径整合假设：认知需求与思维模式的平行调节路径）内容做了以下三方面的修改（详见修改稿 20-21 页）：（1）删除文中“层级交互模型”及“层级关系”等措辞，将其修改为“双路径整合假设”；（2）明确指出该假设并非已被直

接验证的实证结论，而是基于相邻证据提出的待检验理论预测；（3）在正文中进一步区分两条路径的理论依据：认知需求路径主要指向认知活动本身的价值评估和努力厌恶程度，思维模式路径主要指向困难/失败的归因解释和情绪意义建构。两者不是上下层级关系，而是概念上相互独立、功能上可能协同的平行路径。

同时，在未来研究展望中（6.2 节-第三点，详见修改稿第 22-23 页），我们提出一个针对“双路径整合假设”的可检验研究设计草案。未来研究可采用 2（认知需求：高/低，或连续测量）×2（思维模式：成长型/固定型诱导）×多水平客观难度的设计，记录努力选择、主观难度、主观努力、情绪效价和错误后调整。若双路径假设成立，认知需求应主要预测努力折扣参数和挑战价值评估，思维模式应主要预测失败后的可控性归因、Pe/错误后准确率及继续投入意愿；二者交互项是否显著，则作为该假设的关键检验。

新增文献：

Burnette, J. L., O’Boyle, E. H., VanEpps, E. M., Pollack, J. M., & Finkel, E. J. (2013). Mind-sets matter: A meta-analytic review of implicit theories and self-regulation. *Psychological Bulletin*, *139*(3), 655–701.

Sandra, D. A., & Otto, A. R. (2018). Cognitive capacity limitations and Need for Cognition differentially predict reward-induced cognitive effort expenditure. *Cognition*, *172*, 101–106.

Schroder, H. S., Moran, T. P., Donnellan, M. B., & Moser, J. S. (2014). Mindset induction effects on cognitive control: A neurobehavioral investigation. *Biological Psychology*, *103*, 27–37.

Song, J., Kim, S., & Bong, M. (2020). Controllability attribution as a mediator in the effect of mindset on achievement goal adoption following failure. *Frontiers in Psychology*, *10*, 2943.

Zerna, J., Scheffel, C., Kührt, C., & Strobel, A. (2023). Need for Cognition is associated with a preference for higher task load in effort discounting. *Scientific Reports*, *13*, 19501.

意见 2：作者构建了一个“客观难度-主观感受-个体差异调节”的整合理论框架，但全文更多是展示了各个理论、各个因素之间的关系，在选择理论与因素的时候有一定的随意性，比如稿件谈到，“聚焦与认知努力投入的决策过程(EVC = 收益-成本)密切相关的两个核心特质变量：认知需求(Need for Cognition, NFC)与内隐智力理论(Implicit Theories of Intelligence)，并简要提及其他相关个体差异变量”，为什么是认知需求与内隐智力？作者并没有充分解释为什么在众多与努力相关的个体差异理论中，偏偏选择这两个理论进行配对，也没有说明内隐智力理论具体是如何作用于主观难度、主观努力和主观情绪这三个维度的。这种随意性在文章另一些关键处还有表现，损害了文章的严谨性。

回应：感谢审稿专家指出的问题。为了消除这种“随意性”，我们在本轮修改中，基于期望价值控制理论（EVC）中的“状态整合”与“价值权衡模型”，重新对第 2 节（理论基础）与第 5 节（个体差异）进行了整体修改。我们旨在明确建立起一条“主观成本起源（2.2.1）

→动态主观感受（第 4 节，作为状态集合的现象学呈现）→个体差异调节（第 5 节，作为影响状态更新的特质性因素）→最终努力分配决策”的递进式链条。具体而言，我们做出了以下三个方面的修改：

（1）在理论方面：解构 EVC 模型的“状态”集合，为与后文做衔接

我们对 2.2 节进行了整体修改，将其调整为三个清晰的层次：(i)新增 2.2.1 节（努力的本质：主观成本的起源理论——见修改稿 7 页）系统阐述以 Kurzban(2013)机会成本模型为代表的主观成本起源理论；(ii)调整 2.2.3 节明确 EVC 作为“努力投入决策模型”的定位（修改稿 8-9 页），并引入 EVC 框架中的状态计算概念；同时指出：状态是一个整合了环境特征与个体内部生理/心理指标的宏大集合。后文提出主观难度、主观努力与主观情绪这三个主观感受维度，在计算论层面上，本质上都是个体内部状态在元认知监控层面的现象学呈现。这一修改与后文提出的三个主观感受维度在认知努力投入过程的作用形成更好的衔接，也为个体差异的选择奠定了基础。

（2）在个体差异选择方面：明确三条独立筛选标准，阐明认知需求与思维模式的“双路径”作用方式。具体而言（详见修改稿 17-21 页）：

(i) 我们在第 5 节开头进一步明确（详见修改稿 17-18 页），在与认知努力相关的诸多个体差异变量中，本文主要采用两级筛选标准确定重点讨论的核心变量。首先，相关变量需能够进入客观难度—主观感—努力投入的核心框架，即影响个体对任务需求、努力成本、预期收益、控制效能或失败意义的主观评估，并且在认知努力、认知控制或错误/反馈加工研究中具有一定实证基础。在此基础上，变量之间不应只是解释同一心理过程，而应分别代表不同的调节路径。基于这一标准，认知需求(Need for Cognition, NFC)与思维模式分别对应两条互补路径。认知需求代表价值/成本评估路径，主要影响个体是否将认知活动本身视为有价值、可接近甚至具有内在奖赏的活动；思维模式代表归因/效能解释路径，主要影响个体如何解释困难、失败和错误，即将其理解为能力缺陷的信号，还是学习和能力发展的机会。

(ii) 其他变量，如自我决定动机（内在动机）、特质焦虑和抑郁倾向等，虽与努力投入相关，但其与本文主线的对应关系更偏向一般动机背景、情绪状态或临床风险因素，故本文将其作为补充背景予以简要说明（详见修改稿第 18, 21 页）。

(iii) 我们在 5.2 节末尾新增分维度论述（详见修改稿 19-20 页），明确说明思维模式（内隐智力理论）如何作用于主观难度感知、主观努力感知与主观情绪体验三个维度。在主观难度感知层面，成长型思维者更可能将高难度任务解释为可通过策略调整和持续练习加以应对的挑战，从而降低困难评级(Yeager & Dweck, 2020)；在主观努力感知层面，成长型思维者

更可能将认知资源消耗解释为能力发展的投入，以此降低对主观努力成本的厌恶(Schroder et al., 2014)，而固定型思维者则更可能将高努力解释为能力不足的证据；在主观情绪体验层面，成长型思维者面对挫折或失败反馈时，更可能产生学习导向的解释，并表现出更强的纠错性信息加工和后续调整倾向(Mangels et al., 2006; Moser et al., 2011)。因此，思维模式并非直接改变客观任务难度，而是通过改变困难、努力和失败的意义解释，影响主观难度、主观努力和情绪效价。

（3）在 5.3 节（“双路径整合假设：认知需求与思维模式的平行调节路径”）进一步区分两条路径的理论依据（详见修改稿 20-21 页）

认知需求路径主要指向认知活动本身的价值评估和努力厌恶程度，思维模式路径主要指向困难/失败的归因解释和情绪意义建构。两者不是上下层级关系，而是概念上相互独立、功能上可能协同的平行路径。

意见 3：第 4.5 节 "主观感受的时间动态特征" 部分和前后文的衔接比较生硬，文章内容似乎既没有说明这部分内容与 “客观难度 - 主观感受 - 个体差异调节”核心框架的关系，也没有分别讨论主观难度、主观努力和主观情绪这三个维度各自的时间动态特征。请作者做更充分说明这部分内容与全文核心逻辑的联系。

回应：非常感谢审稿专家的深刻见解及提出的问题。基于此，我们对 4.5 节内容做出以下两点修正与补充，以更好地与前后文的核心逻辑做衔接。

第一， **明确动态特征在核心框架中的时序桥梁角色（详见修改稿 16-17 页）**。我们在修改稿中清晰阐明，产生于前一试次或阶段的主观感受并非静止的认知加工副产物，而是作为前瞻性的内在元认知输入，动态更新在下一试次（阶段）的控制分配与努力投入决策。这种动态特征正是连接外部客观难度→内部主观感受→动态努力分配这一闭环的时序桥梁。

第二， **补充实证证据**：我们在 4.5 节补充了关于主观感受时间动态的实证研究与综述证据，并整合为三个层面（详见修改稿 17-18 页）。**首先**，主观难度具有经验依赖与线索整合特征。冲突任务和元认知研究表明，个体对难度的判断不仅来自客观冲突，还会整合反应时、反应重复、加工流畅性和前一阶段经验等多种线索，而且这些线索权重会随训练和任务历史改变(Desender et al., 2017; Questienne et al., 2021; Lemaire, 2021)。在认知冲突情境中，试次水平的主观难

度、努力和挫败感能够精细追踪冲突比例和当前试次一致性，而块水平报告相对粗略(Violato et al., 2025)，说明主观感受的动态监控更适合在微观时间尺度上发挥作用。**其次**，主观努力/疲劳体现累积校准。长时程任务和努力决策研究显示，努力、疲劳、无聊和挫败等元认知体验会随任务进行而变化，并与行为调整、决策边界和后续选择相关(Matthews et al., 2023; Vermeylen et al., 2025)。同时，主观努力本身并非单一负性构念，任务要求所带来的努力与个体主动投入的努力在愉悦、挫败和动机体验上具有不同心理轮廓(Wahlers et al., 2025)。**第三**，主观情绪/挫败感为控制调整提供价值信号。冲突厌恶、挫败和正负性情绪体验能够影响个体是否继续投入控制、提高谨慎性或转向回避策略(Desender et al., 2014; Dreisbach & Fischer, 2015; Corlazzoli et al., 2023; Tan et al., 2026)。基于上述整合，我们将 4.5 节定位为“外部客观难度→内部主观感受→后续努力分配”的时序桥梁。

新增文献：

Violato, E. M., Voorrips, E. S., Desender, K., & Van den Bussche, E. (2025). Metacognitive awareness of subjective difficulty, effort, and frustration in cognitive conflict contexts. *Motivation Science*. *11*(3), 393-401.

Wahlers, J. N., Garrison, K. E., & Hart, W. P. (2025). Measuring subjective mental effort as an aversive and enjoyable phenomenon. *Motivation Science*. *11*(4), 425-438.

Desender, K., Van Opstal, F., & Van den Bussche, E. (2014). Feeling the conflict: The crucial role of conflict experience in adaptation. *Psychological Science*, 25(3), 675–683.

Matthews, J., Pisauro, M. A., Jurgelis, M., Müller, T., Vassena, E., Chong, T. T.-J., & Apps, M. A. J. (2023). Computational mechanisms underlying the dynamics of physical and cognitive fatigue. *Cognition*, *240*, 105603.

Questienne, L., van Dijck, J.-P., & Gevers, W. (2021). The role of subjective experiences in conflict tasks: A review. *Psychologica Belgica*, *61*(1), 46–62.

Vermeylen, L., Braem, S., Ivanchei, I. I., Desender, K., García-Román, J. M., González-García, C., Ruz, M., & Notebaert, W. (2025). The temporal dynamics of metacognitive experiences track rational adaptations in task performance. *Communications Psychology*, *3*, 96.

Tan, J., Zhou, S., & Yang, Q. (2026). Feeling the task: Joint effects of subjective experiences and objective difficulty on effort and performance under low cognitive demand. *Research Square*. Preprints.

意见 4：第 5.3 节 “其他相关个体差异变量”罗列了自我决定理论、焦虑特质和抑郁倾向，也没有解释它们与前文重点讨论的认知需求、内隐智力理论的关系，内容比较零散，对核心论证的贡献不明显。请问这部分是否有必要单独成节？是否可以整合到 5.4 节中作为补充说明？

回应：感谢审稿专家提出的问题。根据审稿人的建议，我们在修改稿中取消了原 5.3 节的独立小节设置，将其整合进现 5.3 节（原 5.4 节）“双路径整合假设：认知需求与思维模式的平行调节路径”的末尾，作为核心变量的补充与边界条件说明，同时明确这些变量与认知需求和思维模式（本文重点关注的两个特质变量）的关系。具体修改如下（见修改稿 20-21 页）：

除认知需求和内隐智力理论（成长型 vs.固定型思维）外，若干其他个体差异变量也与认知努力投入的调节有关。自我决定理论强调内在动机的满足(Ryan & Deci, 2000; Randez & Hélie, 2024)：当自主性、胜任感和归属感需求在认知活动中得到满足时，个体对努力投入的主观体验从成本转向收益；特质焦虑可能通过扭曲对威胁水平的主观评估来间接影响努力分配：高焦虑个体在低威胁情境中过度调配认知资源，而在高威胁情境中因过度焦虑反而干扰执行功能；抑郁倾向则通过增强主观努力感知对消极反馈的敏感性来扰乱正常的努力决策过程(Herzberg et al., 2025)。需要指出的是，这些变量与认知需求和思维模式的关系是补充性而非替代性的。它们或仅作用于主观感受的某一维度（如焦虑主要影响情绪体验、抑郁主要影响努力评级），或缺乏直接针对认知努力的实证检验，故未列入主路径。未来研究有必要在统一框架下检验多变量的累积效应与交互模式。

……

审稿人 2 意见：

本文以"客观难度—主观感受—个体差异调节"为主线，对认知努力投入领域进行了较为系统的梳理，触及了当前该领域的若干前沿议题。选题契合杂志定位，在结构编排、写作流畅度与图示思路上具有可读性。然而，本文在以下几方面仍存在问题，需要作者认真回应。具体如下。

意见 1：作者描述的动机强度理论和期望控制价值理论都是关于努力投入或努力决策的理论，并非认知努力本身的理论模型，请对“2 认知努力的概念界定与理论基础”进行更精确的描述。相应地，作者需要补充认知努力本身的理论模型（Otto et al., 2025），尤其是机会成本理论（Kurzban et al., 2013）。

回应：感谢审稿专家指出这一关键问题。我们同意，动机强度理论和期望价值控制理论主要解释“在特定收益、成本和可行性条件下，个体如何决定投入多少努力”，不能直接等同于“认知努力本身为何被体验为成本”的理论。依据该意见，我们对第 2 节进行了重构，将原先并

列介绍理论的写法调整为“主观成本起源—努力投入机制—理论整合”的层次结构。具体如下：

第一， 在 2.2.1 节新增“努力的本质：主观成本的起源理论”（修改稿 7 页），引入 Kurzban 等人(2013)的机会成本模型和 Otto 等人(2025)关于认知努力主观成本来源的最新综述。该部分集中回答“为什么认知努力会被主观体验为成本”：机会成本理论强调，执行控制资源在同一时间只能服务于有限任务，投入当前任务意味着放弃其他可能更有价值的心理活动；Otto 等人(2025)进一步从信息论、心理学和网络控制理论等视角概括了主观成本的多重来源。由此，第 2.2.1 节承担的是“认知努力主观成本从何而来”的解释功能。

第二， 在 2.2.2 和 2.2.3 节中，我们将动机强度理论与 EVC 模型明确定位为“努力投入机制”理论（相应修改内容见修改稿 7-9 页）。这两类理论不再被表述为认知努力本身的起源模型，而是用于解释：在主观成本已经形成的前提下，个体如何依据任务需求、目标可行性、预期收益和预期成本来决定努力投入强度。这样可以避免把“努力为何有成本”与“个体如何分配努力”混为一谈。

第三， 为了使理论基础与后文主观感受和个体差异部分衔接，我们在 2.2.3 节补充 EVC 框架中的状态概念（相应修改内容见修改稿 8-9 页）：主观难度、主观努力与情绪体验可被理解为内部状态在元认知监控层面的现象学表现，它们会动态修正成功概率、控制效能和整体价值评估。这一修改为第 4 节讨论三类主观感受的独立作用，以及第 5 节提出认知需求和思维模式的“双路径整合假设”提供了理论连接。通过上述修改，第 2 节已明确区分“认知努力为何被体验为成本”“个体如何决定投入多少努力”和“主观状态如何进入努力决策”三个层次。

意见 2：作者将 EVC 中的"成本"等同于"主观努力体验"（"EVC 模型中的成本本质上是个体的主观努力体验"）。这一断言在原文献中并非如此明确。Shenhav 等 (2013, 2017)将成本设定为一个计算变量，其是否对应于现象学层面的"主观努力体验"，本身就是文献中的争点（参见 Otto et al, 2025）。作者将该等价关系作为既成事实写入，进而推导后文，整个论证链存在循环风险。建议作者区分作为计算变量的 subjective cost 与作为现象学体验的 felt effort，并指出两者是否同一构念正是本文部分立论的关键开放问题，而非前提。

回应：非常感谢审稿专家指出这一关键问题。基于此，我们已在修改稿中对相关理论内容（见

“2.2 核心理论模型”-修改稿第 7-10 页）做了调整与修改。具体如下：

第一， 在概念层面，我们在 2.2.3 节（努力投入机制：期望机制控制模型）末尾删除并改写了原文中类似“EVC 模型中的成本本质上是个体的主观努力体验”的表述（见修改稿 8-9 页），明确指出：在 EVC 框架中，成本首先是用于成本-收益权衡的计算变量，可通过行为选择、努力折扣或绩效调节等方式间接推断；而主观努力体验则是个体现象学和元认知层面的努力感受，可能反映或追踪部分计算成本，但并不必然与计算成本完全等同。二者之间的对应关系正是认知努力研究中的重要开放问题，而非本文论证的预设前提。

第二， 在理论结构上，我们重写了第 2.2 节的相关内容。具体而言，在 2.2.1 节新增“努力的本质：主观成本的起源理论”（见修改稿第 7 页），引入 Kurzban 等人（2013）的机会成本模型，并结合 Otto、Westbrook 和 Daunizeau（2025）关于主观成本来源的综述，区分信息论视角、心理学视角和生物/神经动力学视角，以说明“为什么努力会被体验为成本”尚未有统一答案。在 2.2.2 和 2.2.3 节中，我们则将动机强度理论与 EVC 模型限定为“努力投入机制”层面的理论，即它们主要解释个体如何在成本、收益、成功概率和控制需求之间进行权衡，而不是直接解释主观努力体验的本体来源。

第三， 在理论整合部分，我们进一步补充了 2.2.4 节-理论整合的新趋势：层次区分与未解问题（见修改稿 9-10 页），说明当前理论整合的进展与局限。Silvestrini 等人（2023）的整合框架有助于桥接动机强度理论、EVC 模型及其他神经计算模型，主要解决“努力如何被分配”的问题；但机会成本、信息编码代价、神经状态转换成本等不同来源能否被统一映射为 EVC 中的成本变量，仍是尚未解决的跨层次问题。我们还结合 Ritz 等人（2022）的观点指出，未来理论不仅需要解释投入多少控制，还需要解释选择何种控制配置。

通过上述修改，本文后续论证不再以 EVC 成本=主观努力体验为前提，而是将主观难度、主观努力和主观情绪体验理解为可能参与成本-收益计算的现象学/元认知信号。本文的核心问题也相应调整为：这些主观感受如何在客观任务需求之外，独立或交互地影响努力投入决策。我们认为，这一修改既避免了原稿中的循环论证风险（如审稿人所指出），也更准确地反映了当前认知努力理论中的关键争议与开放问题。

新增文献：

Zénon, A., Solopchuk, O., & Pezzulo, G. (2019). An information-theoretic perspective on the costs of cognition. *Neuropsychologia*, 123, 5–18.

Ritz, H., Leng, X., & Shenhav, A. (2022). Cognitive control as a multivariate optimization problem. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *34*(4), 569–591.

意见 3：作者将“动态传递效应"列为创新点之一，但该观点仅依赖于单一研究，宜下调措辞或补充更多证据。

回应：感谢审稿专家指出的问题。为解决这一问题，我们根据该建议在修改稿中做了以下两个方面的修改：

（1） **补充实证证据**：我们在 4.5 节补充了关于主观感受时间动态的实证研究与综述证据，并整合为三个层面（详见修改稿 16-17 页）。**首先**，主观难度具有经验依赖与线索整合特征。冲突任务和元认知研究表明，个体对难度的判断不仅来自客观冲突，还会整合反应时、反应重复、加工流畅性和前一阶段经验等多种线索，而且这些线索权重会随训练和任务历史改变(Desender et al., 2017; Questienne et al., 2021; Lemaire, 2021)。在认知冲突情境中，试次水平的主观难度、努力和挫败感能够精细追踪冲突比例和当前试次一致性，而块水平报告相对粗略(Violato et al., 2025)，说明主观感受的动态监控更适合在微观时间尺度上发挥作用。**其次**，主观努力/疲劳体现累积校准。长时程任务和努力决策研究显示，努力、疲劳、无聊和挫败等元认知体验会随任务进行而变化，并与行为调整、决策边界和后续选择相关(Matthews et al., 2023; Vermeylen et al., 2025)。同时，主观努力本身并非单一负性构念，任务要求所带来的努力与个体主动投入的努力在愉悦、挫败和动机体验上具有不同心理轮廓(Wahlers et al., 2025)。**第三**，主观情绪/挫败感为控制调整提供价值信号。冲突厌恶、挫败和正负性情绪体验能够影响个体是否继续投入控制、提高谨慎性或转向回避策略(Desender et al., 2014; Dreisbach & Fischer, 2015; Corlazzoli et al., 2023; Tan et al., 2026)。基于上述整合，我们将 4.5 节定位为“外部客观难度→内部主观感受→后续努力分配”的时序桥梁。

（2） **在完善实证证据的基础上，适度下调措辞**。首先明确本文提到的“动态传递效应”指主观感受三维结构中的某一维度（难度，努力，主观情绪），基于此，我们将文中关于“揭示了主客观指标的动态传递效应”表述修正为“主观难度感知、主观努力感知和主观情绪体验三个维度能够在控制客观参数后独立影响后续努力分配，体现

了主观感受在努力投入中的跨试次效应”（详见修改稿 20-21 页）。

新增文献：

Violato, E. M., Voorrips, E. S., Desender, K., & Van den Bussche, E. (2025). Metacognitive awareness of subjective difficulty, effort, and frustration in cognitive conflict contexts. *Motivation Science*. *11*(3), 393-401.

Wahlers, J. N., Garrison, K. E., & Hart, W. P. (2025). Measuring subjective mental effort as an aversive and enjoyable phenomenon. *Motivation Science*. *11*(4), 425-438.

Desender, K., Van Opstal, F., & Van den Bussche, E. (2014). Feeling the conflict: The crucial role of conflict experience in adaptation. *Psychological Science*, 25(3), 675–683.

Matthews, J., Pisauro, M. A., Jurgelis, M., Müller, T., Vassena, E., Chong, T. T.-J., & Apps, M. A. J. (2023). Computational mechanisms underlying the dynamics of physical and cognitive fatigue. *Cognition*, *240*, 105603.

Questienne, L., van Dijck, J.-P., & Gevers, W. (2021). The role of subjective experiences in conflict tasks: A review. *Psychologica Belgica*, *61*(1), 46–62.

Vermeylen, L., Braem, S., Ivanchei, I. I., Desender, K., García-Román, J. M., González-García, C., Ruz, M., & Notebaert, W. (2025). The temporal dynamics of metacognitive experiences track rational adaptations in task performance. *Communications Psychology*, *3*, 96.

Tan, J., Zhou, S., & Yang, Q. (2026). Feeling the task: Joint effects of subjective experiences and objective difficulty on effort and performance under low cognitive demand. *Research Square*. Preprints.

意见 4：正如作者所言，客观难度与认知努力相关，但不完全相等。其中一个比较重要的因素是个体的认知能力，同样难度的任务对于高低认知能力的个体，其诱发的主观努力程度并不相同。实际上，已有不少研究者开始采用基于个体化的操纵，使得每个被试的客观任务难度不一样，但其主观感知的难度或努力相近。建议作者在手稿中回顾这些研究。

回应：感谢审稿专家指出的问题及提供的补充方向。基于该意见，我们在第 3 节中新增独立小节“3.3 从绝对难度到相对需求：能力差异的个体化校准”（详见修改稿 11-12 页），将这一问题从客观指标局限的一般讨论中单独提炼出来。该小节的核心修改是：不再将客观难度理解为固定的外部任务参数，而是强调其应被转化为相对于个体能力的相对任务需求。换言之，努力研究的关键并不是排除客观难度，而是通过个体化校准，使不同被试在相近成功概率、相对挑战水平或主观负荷范围内完成任务，从而更清楚地区分能力差异、任务难度和努力意愿的影响。

在文献回顾方面，我们补充了两类研究。第一类是对固定客观负荷局限的间接证据。Westbrook 等人（2013）的认知努力折扣范式（COG-ED）通过无差异点估计不同 N-back 负荷的个体主观价值，表明同一客观负荷可对应不同主观成本；Frömer 等人（2021）虽不是严格的能力标定范式，但通过自适应配对程序分离预期奖赏、控制效能感和 Stroop 任务反

应一致性所代表的任务难度，提示控制投入并非由任务难度单独决定，而是受到收益和效能感的独立调节。第二类是更直接的个体化难度校准研究。Aben 等人（2020）、McFerren 等人（2021）、Ang 等人（2023）、Fleming 等人（2023）和 Master 等人（2024）分别通过心理物理阶梯程序、基线能力分层、训练阶段正确率校准、个体化反应时限或目标正确率设定等方法，使高低努力条件建立在相对个体能力可比的基础上，从而降低能力差异对努力测量的混淆。

同时，我们也在正文中特别补充说明：个体化校准并不意味着成功概率等值就必然等同于主观努力等值。因此，较理想的研究设计还应同步采集主观难度、主观努力和情绪体验，以检验个体化任务参数是否真正实现了主观层面的可比性。相应地，我们还在第 6.2 节第一条展望中，将原先“操纵客观难度+同步采集主观评级”的建议扩展为“基于个体基线能力进行难度校准+单试次主观评级+多层模型分解”的研究策略（详见修改稿第 22 页）；并在摘要中补入“引入基于个体能力的难度校准”的表述（详见修改稿第 3 页）。相关参考文献也已同步补充。

新增文献：

Aben, B., Buc Calderon, C., Van den Bussche, E., & Verguts, T. (2020). Cognitive effort modulates connectivity between dorsal anterior cingulate cortex and task-relevant cortical areas. *The Journal of Neuroscience*, *40*(19), 3838–3848.

Ang, Y.-S., Gelda, S. E., & Pizzagalli, D. A. (2023). Cognitive effort-based decision-making in major depressive disorder. *Psychological Medicine*, 53(9), 4228–4235.

Fleming, H., Robinson, O. J., & Roiser, J. P. (2023). Measuring cognitive effort without difficulty. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, *23*, 290–305.

Frömer, R., Lin, H., Dean Wolf, C. K., Inzlicht, M., & Shenhav, A. (2021). Expectations of reward and efficacy guide cognitive control allocation. *Nature Communications*, *12*, 1030.

Master, S. L., Li, S., & Curtis, C. E. (2024). Trying harder: How cognitive effort sculpts neural representations during working memory. *The Journal of Neuroscience*, *44*(28), e0060242024.

McFerren, A. L., Riddle, J., Walker, C. P., Buse, J. B., & Frohlich, F. (2021). Causal role of frontal-midline theta in cognitive effort: A pilot study. *Journal of Neurophysiology*, *126*(4), 1221–1233.

Westbrook, A., Kester, D., & Braver, T. S. (2013). What is the subjective cost of cognitive effort? Load, trait, and aging effects revealed by economic preference. *PLoS ONE*, *8*(7), e68210.

意见 5：文章中的“4.3 主观情绪体验：努力的情感信号”所描述的内容本质上就是努力悖论理论，即努力增加或折扣价值。另外，作者仅描述了两个影响因素，而忽视了若干其他重要因素，如努力执行时间（努力执行之前与之后）、努力类型（体力与认知）、努力对象（为自己努力与为他人努力）等，作者应仔细回顾相关研究并将其补充进去。

回应：感谢审稿专家指出的问题及提出的建设性建议。根据该意见，我们将 4.3 节标题修改

为“主观情绪体验：努力悖论中的情感信号”，并在开头明确指出努力既可能作为成本降低价值，也可能在特定条件下提升结果价值。随后，我们补充了三个调节维度：努力执行时间、努力类型和努力受益对象。具体而言，努力前更容易表现为预期成本和努力折扣，努力后则可能通过努力合理化、IKEA 效应和奖赏预测误差增强结果价值；体力努力与认知努力具有相似的价值折扣逻辑，但二者的计量方式和动机结构并不完全相同；为自己、陌生人或慈善对象努力时，情绪效价还会受到社会距离、亲社会动机和努力受益对象等因素影响。具体修改内容详见修改稿 14-16 页。

新增文献：

Johnson, S. T., & Most, S. B. (2023). Taking the path of least resistance now, but not later: Pushing cognitive effort into the future reduces effort discounting. *Psychonomic Bulletin & Review*, 30(3), 1115-1124. https://doi.org/10.3758/s13423-022-02198-7

Norton, M. I., Mochon, D., & Ariely, D. (2012). The IKEA effect: When labor leads to love. *Journal of Consumer Psychology*, 22(3), 453-460. https://doi.org/10.1016/j.jcps.2011.08.002

Jarvis, H., Stevenson, I., Huynh, A. Q., Babbage, E., Coxon, J., & Chong, T. T.-J. (2022). Effort reinforces learning. *The Journal of Neuroscience*, 42(40), 7648-7658. https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.2223-21.2022

Białaszek, W., Marcowski, P., & Ostaszewski, P. (2017). Physical and cognitive effort discounting across different reward magnitudes: Tests of discounting models. *PLoS ONE*, 12(7), e0182353. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0182353

Chong, T. T.-J., Apps, M. A. J., Giehl, K., Hall, S., Clifton, C. H., & Husain, M. (2018). Computational modelling reveals distinct patterns of cognitive and physical motivation in elite athletes. *Scientific Reports*, 8, 11888. https://doi.org/10.1038/s41598-018-30220-3

Depow, G. J., Lin, H., & Inzlicht, M. (2022). Cognitive effort for self, strangers, and charities. *Scientific Reports*, 12, 15009. https://doi.org/10.1038/s41598-022-19163-y

Lockwood, P. L., Hamonet, M., Zhang, S. H., Ratnavel, A., Salmony, F. U., Husain, M., & Apps, M. A. J. (2017). Prosocial apathy for helping others when effort is required. *Nature Human Behaviour*, 1, 0131. https://doi.org/10.1038/s41562-017-0131

Lockwood, P. L., Abdurahman, A., Gabay, A. S., Drew, D., Tamm, M., Husain, M., & Apps, M. A. J. (2021). Aging increases prosocial motivation for effort. *Psychological Science*, 32(5), 668-681. https://doi.org/10.1177/0956797620975781

意见 6：虽然本综述聚焦于认知努力，但作者应在适当的位置提及体力努力，这是一种与认知努力相似、但不完全相同的努力形式。例如，文中所提及的观点能否推广到体力努力？

回应：感谢审稿专家的提醒。为完善这一问题，我们在修改稿中做了以下两个方面的修改：（1）2.1 节“认知努力的概念辨析”末尾新增一段，专门说明体力努力与认知努力的关系（详

见修改稿 6-7 页）。我们指出，二者均可纳入成本-收益权衡和努力折扣框架，因此本文关于主观价值评估和努力悖论的部分观点可推广至体力努力；但二者并不完全等同，体力努力可用最大自主收缩百分比或能量消耗等指标更直接地校准，而认知努力更多依赖任务负荷、表现、生理指标和主观报告等间接测量。此外，现有研究显示体力努力与认知努力的折扣函数、个体差异和动机结构可能不同，因此推广时需要分别检验。（2）4.3 节补充了努力类型（体力与认知）对努力—情绪关系的影响（同时回应审稿专家提出的问题【5】；详见修改稿第 15 页）。

新增文献：

Ackerman, P. L., Tatel, C. E., & Lyndgaard, S. F. (2020). Subjective (dis)utility of effort: Mentally and physically demanding tasks. *Cognitive Research: Principles and Implications*, 5, 26. https://doi.org/10.1186/s41235-020-00226-5

Białaszek, W., Marcowski, P., & Ostaszewski, P. (2017). Physical and cognitive effort discounting across different reward magnitudes: Tests of discounting models. *PLoS ONE*, 12(7), e0182353. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0182353

Chong, T. T.-J., Apps, M. A. J., Giehl, K., Hall, S., Clifton, C. H., & Husain, M. (2018). Computational modelling reveals distinct patterns of cognitive and physical motivation in elite athletes. *Scientific Reports*, 8, 11888. https://doi.org/10.1038/s41598-018-30220-3

意见 7：研究展望中每一点都偏向"方法学呼吁"。建议至少在一两点上给出具体可检验的研究设计草案，以体现作者作为该领域研究者的设计能力。

回应：非常感谢专家的建设性建议。为此，我们已在修改稿的第 6.2 节展望中加入三个更具体的可检验研究设计草案（详见修改稿 21-23 页）：（1）在主客观效应分离方向，提出使用个体化校准的 N-back/Stroop 任务和握力任务，记录单试次主观难度、主观努力、情绪效价和后续选择，以检验主观指标是否比客观参数更稳定预测下一试次努力投入；（2）围绕努力悖论边界条件，提出 2(努力阶段：努力前预期 vs. 努力后回顾) × 2(努力类型：认知 vs. 体力) × 3(受益对象：自己、陌生人、慈善对象)的被试内设计；（3）在个体差异方向，提出“特质筛选+实验操纵+ERP/瞳孔记录”的机制检验设计，用以检验认知需求、成长型思维和亲社会动机如何通过主观感受影响努力选择。上述修改使展望部分从一般方法学倡议推进到可操作、可证伪的研究方案。

第二轮

审稿人 1 意见：

作者较好的做出了回应并修改了手稿。有几个小问题，建议再修改一下：

意见 1：最省力法则(Law of Least Effort)，建议翻译成最小努力法则；

回应：根据审稿专家的建议，我们已在修改稿中将“最省力法则(Law of Least Effort)”改为“最小努力法则”（见修改稿第 2 页）。

意见 2：“近期方法学分析”，请提供参考文献；

回应：感谢审稿专家指出的问题。我们已经补充相应文献(Mækelæ et al., 2023; 见修改稿第 4 页)来支持我们的论述。该研究比较了需求选择任务、认知努力折扣范式和理性推理任务三类常用认知努力行为指标，发现三类任务指标之间均未显著相关，相关系数均低于.10。同时，我们还一并修改了文章其它地方的相关表述（见修改稿第 9 页）。

新增参考文献：Mækelæ, M. J., Klevjer, K., Westbrook, A., Eby, N. S., Eriksen, R., & Pfuhl, G. (2023). Is it cognitive effort you measure? Comparing three task paradigms to the Need for Cognition scale. *PLOS ONE*, *18*(8), e0290177.

意见 3：主观指标容易出现要求特征，比如被试在要求评价努力程度，很容易出现配合主试的情况，这一点应该在手稿中更明确一些。同时，为了克服这种弊端，计算建模也是一个有力的方法，建议作者也可以在手稿中提一下。

回应：非常感谢审稿专家指出这一方法学问题以及提出的宝贵建议。为回应这一问题，我们已在 6.2 节“展望”的第一点中补充说明主观指标的局限及相应改进策略（见修改稿第 20 页）。具体而言，我们补充以下内容：需要注意的是，单试次主观评分虽然能够捕捉个体内部状态，但也可能受到要求特征、社会赞许和反复评分导致的测量反应性影响(Double & Birney, 2019)。因此，未来研究应通过隐藏研究目的、随机化评分时点、设置无评分对照组，并结合层级贝叶斯模型、漂移扩散模型、强化学习/成本-收益模型或潜变量模型，将观测到的主观评分、行为表现和生理反应共同映射到潜在的努力成本、效能预期和价值评估参数。

……

审稿人 2 意见：

作者对上一轮意见进行了一定回应，有以下地方需要再思考：

意见 1：第 5 点，为什么个体差异调节主-客观因素对努力投入过程的影响认知需求与思维模式？即使说认知需求负责价值评估、思维模式负责归因解读，也需要更为明确的实证或理论说明，尤其是思维模式选择成长型与固定型，感觉有数重“还原”，其中的逻辑关联还需要更明确的证据。

回应：感谢审稿专家指出变量选择逻辑仍需明确、相关证据仍需更明确的问题。为此，我们在第 5 节开头明确选择认知需求与成长型/固定型思维模式的依据（见修改稿 15-16 页），并在 5.1-5.3 节中重新组织相关理论与实证证据（见修改稿 16-18 页），旨在更清晰地论述相关实证证据如何支持将认知需求与思维模式变量纳入现有框架中。

具体而言，对于支持将成长型/固定型思维模式纳入本研究框架的理论与实证证据，Dweck 与 Leggett(1988)提出的社会认知动机模型认为，个体关于能力是否可塑的信念会影响其目标取向、挑战反应和失败后的行为模式，继而改变个体对努力和失败的意义解释。成长型/固定型思维者的意义解释差异可能显著影响从客观难度到主观感受的过程。为此，我们在第 5.2 节重新梳理并补充相关实证证据（见修改稿第 17 页）。首先，来自纵向和归因研究的证据表明，成长型/固定型思维会影响个体在困难和失败后进行努力归因还是能力归因，并进一步影响坚持性、目标采纳和后续行为(Blackwell et al., 2007; Hong et al., 1999; Song et al., 2020)。努力信念研究也显示，成长型思维与积极努力信念、学习目标和适应性策略相关，固定型思维则更容易伴随“努力说明能力不足”的负性努力信念(Blackwell et al., 2007; Yeager et al., 2019)。其次，元认知研究进一步表明，个体如何解释加工不流畅和学习困难受到智力信念调节，固定型思维者更容易将困难体验解释为能力限制，而成长型思维者更可能将困难或高努力解释为投入学习和促进掌握的过程(Miele & Molden, 2010; Miele et al., 2011)。第三，更接近认知努力和认知加工过程的证据显示，成长型/固定型思维模式不仅与一般学业坚持性有关，也会影响认知控制任务中的错误监测与错误后调整(Moser et al., 2011; Schroder et al., 2014, 2017)、成就性认知测验前的练习时间与后续表现(Cury et al., 2008)、多任务选择情境中的努力分配策略(Suzuki et al., 2021)，以及失败后的补救性学习或防御性修复选择(Nussbaum & Dweck, 2008)。

从本文的分析框架来看，这些实证证据支持成长型/固定型思维模式通过改变困难、努

力和失败的意义解释，影响主观难度、主观努力成本和情绪威胁感，继而影响后续努力投入。因此，成长型/固定型思维模式并非直接改变客观任务难度，而是被视为“归因/效能解释路径”的代表变量，即通过“思维模式→努力意义/失败归因→主观难度与努力成本解释→后续努力投入”的路径间接影响努力投入。

新增参考文献：

Cury, F., Da Fonseca, D., Zahn, I., & Elliot, A. (2008). Implicit theories and IQ test performance: A sequential mediational analysis. *Journal of Experimental Social Psychology, 44*(3), 783–791.

Dweck, C. S., & Leggett, E. L. (1988). A social-cognitive approach to motivation and personality. *Psychological Review*, *95*(2), 256–273.

Miele, D. B., & Molden, D. C. (2010). Naive theories of intelligence and the role of processing fluency in perceived comprehension. *Journal of Experimental Psychology: General*, *139*(3), 535–557.

Miele, D. B., Finn, B., & Molden, D. C. (2011). Does easily learned mean easily remembered? It depends on your beliefs about intelligence. *Psychological Science*, *22*(3), 320–324.

Nussbaum, A. D., & Dweck, C. S. (2008). Defensiveness versus remediation: Self-theories and modes of self-esteem maintenance. *Personality and Social Psychology Bulletin, 34*(5), 599–612.

Xu, R., Tan, J., Si, S., & Yang, Q. (2026). Need for cognition modulates the influence of feedback on control engagement: Behavioral and ERP evidence from a Stroop task. *Motivation Science*.

Johnson, S. T., & Most, S. B. (2023). Taking the path of least resistance now, but not later: Pushing cognitive effort into the future reduces effort discounting. *Psychonomic Bulletin & Review*, *30*(3), 1115–1124.

Suzuki, K., Aida, N., & Muramoto, Y. (2021). Effect of implicit theory on effort allocation strategies in multiple task-choice situations: An investigation from a socio-ecological perspective. *Frontiers in Psychology, 12*, 767101.

Yeager, D. S., Hanselman, P., Walton, G. M., Murray, J. S., Crosnoe, R., Muller, C., ... & Dweck, C. S. (2019). A national experiment reveals where a growth mindset improves achievement. *Nature*, *573*(7774), 364–369.

意见 2：同样是 5.3 节，“双路径整合假设”中的“整合”含义不够明确，双路径是如何整合的？两条路径平行地各自独立影响努力决策，还是指二者之间存在交互效应？文中提到“高认知需求与成长型思维的组合……”可能是交互效应，但随后又说“二者交互项是否显著，作为该假设的关键检验”，意味着交互效应本身还是一个有待验证的开放问题。

回应：感谢审稿专家指出“双路径整合假设”命名和表述中的歧义。为解决这一问题，我们已将 5.3 节标题调整为：“双路径框架：平行调节路径及可检验交互预测”。具体而言，认知需求和思维模式是两条概念上相互区分、作用节点不同的平行调节路径。认知需求路径主要作用于认知活动本身的价值评估，是回答“我是否愿意投入思考”的价值路径；思维模式路径主要作用于困难、努力和失败的意义解释，是回答“我如何解释困难和失败”的归因路径。当两条路径同时存在时，它们可能表现为简单叠加，也可能产生交互或协同效应。因此，本文提出的是一个有待检验的双路径框架，而非将二者交互关系作为既定结论。此部分修改见

修改稿第 18 页。

此外，我们删除或修改了原文中暗示交互效应已成立的表述。例如，将“高认知需求与成长型思维的组合可能使个体……”调整为“若二者存在协同作用，则高认知需求与成长型思维的组合可能……”；同时在 6.2 节研究设计草案中（见修改稿第 20 页），将“二者交互项是否显著，作为该假设的关键检验”修改为“二者交互项是否显著，可作为检验扩展交互预测的指标”。这样可以避免把尚未验证的交互效应作为本文立论前提。

意见 3：第 2 节搭建了“主观成本起源→主观感受进入决策→个体差异调节”的三层递进框架，但进入第 3、4、5 节之后，这个逻辑线似乎不够清晰，实证的研究部分与前面的理论框架有些脱节。

回应：感谢审稿专家指出这一问题。我们认真检查后发现，原稿对“第 2 节理论基础”与“全文论述主线”之间的关系交代得不够清楚，容易使读者混淆第 2 节的功能定位与全文论述主线之间的关系，误以为第 2 节本身承担了全文三层框架的搭建功能。需要说明的是，第 2 节并非旨在搭建“主观成本起源→主观感受进入决策→个体差异调节”的三层实证框架，而是承担界定认知努力的核心概念并梳理主要理论模型的演进功能：其中 2.1 节辨析认知努力的概念取向，2.2.1 节讨论主观成本起源，2.2.2—2.2.3 节介绍努力投入机制，2.2.4 节梳理理论整合趋势。全文的整体主线则是在此基础之上，进一步围绕“客观任务需求—主观感受—个体差异调节”展开实证证据梳理与讨论：第 3 节分别考察客观任务难度对努力投入的驱动作用及其局限性；第 4 节讨论主观难度感知、主观努力感知和主观情绪体验三类主观因素的独立贡献与相互关系；第 5 节分析认知需求和思维模式（内隐智力理论）等个体差异变量如何调节个体对努力投入的影响。正如文章“1 引言”部分的末尾所指出（已将相关内容在修改稿中标为蓝色）。

基于此，我们在本轮修改中，进一步澄清了第 2 节与第 3—5 节之间的关系（见修改稿第 7 页）。具体而言，我们在第 2 节末尾补充说明：后文将进一步围绕“客观任务难度的作用及局限→主观感受的作用→个体差异对主客观通路的调节”展开实证证据梳理。通过这一补充，我们希望更清楚地区分理论基础与全文主线，明确第 2 节的作用，并增强其与后续章节之间的逻辑衔接。

编委 1 意见：同意接受。修改建议：请在 6.1 前面加一段概述。

回应：感谢编委老师提出的宝贵建议，帮助我们进一步完善论文。根据该建议，我们已在修改稿 6.1 前增添了一段概述（见修改稿 19 页），以更好地衔接后续内容。基于前文对认知努力相关理论与实证研究的梳理，6.1 节首先概括本文关于认知努力投入过程的主要观点：客观任务需求构成努力投入的基本触发条件，但主观难度感知、主观努力感知和主观情绪等内部感受会在客观需求与后续努力分配之间发挥独立作用；同时，认知需求和成长型/固定型思维模式等个体差异进一步影响个体对任务价值、努力成本和困难意义等的解释。6.2 节则围绕当前研究仍存在的指标混淆、主客观效应分离不足、动态机制不明等问题，提出未来可推进的研究方向。

编委 2 意见：修改稿内容扎实，表达清晰，对审稿意见的回复亦十分详尽，建议录用。

主编意见：同意录用