

《心理学报》审稿意见与作者回应

题目：编码后奖赏影响基于议程的学习：奖赏预期和结果的作用

作者：姜英杰 马潇潇 姜元涛 任吉梅 龙翼婷

第一轮

审稿人 1 意见：

这是一项很有价值的工作，作者通过三个实验考查了奖赏对元记忆监测和控制的影响。但也有以下几点问题：

意见 1：就研究主题和研究方法而言，创新性均稍有不足。对该研究的修改建议，主要落在这一点上。

回应：感谢审稿专家的意见，根据所提建议，我们重新梳理了文献综述和问题提出部分，进一步梳理了实验目的和逻辑，明确文章的创新点如下：本文通过将价值后置分离了对奖赏预期和奖赏结果的设置，发现奖赏预期和奖赏结果对记忆和元记忆（学习判断和学习时间分配）有不同的促进作用。而且，本研究的结果对教学实践具有启发意义。如，奖赏预期能够促进高难度学习材料的学习时间分配，进而提高高难度学习材料的记忆成绩。这一结果为在教学实践中通过编码后奖赏的方式促进高难度材料学习提供了实验依据。

修改部分在文中已用蓝色字体标出（具体修改内容见 P1-3）。

意见 2：语言组织有待提高。例如，“Ariel（2009）等人在研究中引入了一个新的变量——奖赏结构（reward structure，包括项目分值和项目测试可能性），发现项目价值对学习时间分配具有重要影响，首次考察了奖赏结构和项目难度对学习时间分配的影响”项目分值和项目价值是否等同？如果等同，建议在同一句话里使用同样的表述。

回应：审稿老师您好，根据您提出的疑问，我们对全文的语言组织进行了修改，使其更严谨。对于您举例提出的语言表述需提高部分，我们也做了细致修改，见 P1 引言第 2 段。蓝色字体。另外，价值和分值是等同的，在本文中作为奖赏结果。在文中已经统一用价值这一表述。

参考文献：

Ariel, R., Dunlosky, J., & Bailey, H. (2009). Agenda-based regulation of study-time allocation: when agendas override item-based monitoring. *Journal of Experimental Psychology: General*, 138(3), 432.

意见 3：存在一些具体的小问题，举例如下：

- 研究 1 和研究 2 的被试男女比例相差较大，建议排除性别对结果的影响（例如，作为协变量）。研究 3 的被试样本仅 15 人，对结果的可靠性有无影响？请做出说明。
- 研究 3 没有对奖赏预期进行操作性说明，包括概率是如何操纵的？如何体现高低奖赏预期的？
- jol 这一简写没有做说明。
- 实验材料总共 50+ 的有效词，那么每种价值的词分别有多少个 trial 呢，建议说明。
- 作者在分析时区分出了“0”这一具有特殊意义的价值，希望看到关于该处理的更多的说明。

回应：a. （1）为解决被试男女比例相差较大的问题，我们增加了男生被试（实验 1 增加 25

人，其中有效被试 22 人；实验 2 增加被试 19 人，其中有效被试 17 人）并重新分析了数据，实验结果的显著性并未发生改变（见文中 P5-7 页，第 P9-12）。这一结果同先前研究发现一致，在联结记忆中不存在性别差异（Li C, Fan L, Wang, B. , 2020; Jovana B, et al. , 2019），因此本文暂不考虑性别对研究结果的影响。如在今后发现有性别差异的相关文献，我们会在后续研究中加入性别这一变量。

参考文献：

Li C, Fan L, Wang, B. (2020). Post-encoding positive emotion impairs associative memory for English vocabulary. PLOS ONE, 15(4).

Jovana B, et al. (2019). Transcranial direct current stimulation (tDCS) over parietal cortex improves associative memory. *Neurobiology of Learning and Memory* , 157 114-120.

（2）非常感谢审稿老师的提醒。在进行研究三的实验之前，我们依据前人研究中的平均效应量 $d = .6$ 来确定被试量（Undorf & Bröder, 2020; Undorf et al., 2018）。通过计算得出，G*Power 在 0.95power ($\alpha = .05$) 时推荐的最小被试量为 9 人。研究三的被试样本 15 人符合要求。此外，经过审稿老师的提醒，我们也对研究三的结果进行了 Post hoc 统计功效检验。通过计算得出，最小效应量 $\eta_p^2 = .091$ 时的 power 值也达到 0.80 的标准。因此，研究三被试样本 15 人对结果的可靠性并无影响。

参考文献

Undorf, M., & Bröder, A. (2020). Cue integration in metamemory judgements is strategic. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 73(4), 629-642.

Undorf, M., Söllner, A., & Bröder, A. (2018). Simultaneous utilization of multiple cues in judgments of learning. *Memory and Cognition*, 46(4), 507-519.

b. 就您提出的问题，我们完善了文章中关于实验具体流程的表达。实验 3 并没有设置概率，因此在修改时删去了关于对概率的描述。实验 3 中对奖赏预期的具体操作是：采用被试内设计，被试需要学习两个 block 的词汇，一个 block 项目价值设置为 1、3、6，另一个 block 项目价值设置为 1、6、12，通过这种设置来操纵被试在每个 block 中的奖赏预期高低。项目价值为 1、3、6 的 block 为低预期，项目价值为 1、6、12 的 block 是高预期。上述修改在文中已用蓝色字体标出（P14 页 4.1.4 实验程序）。请您指正。

c. 根据您的意见,我们文中补充了关于 JOL 这一简写的说明。学习判断（judgements of learning, JOLs）是元记忆监测的一种重要形式，是个体在学习之后对于已学习的项目在未来测试中回忆成绩的一种预测，是一种前瞻性元记忆监测指标（Dunlosky, & Nelson, 1992）。上述补充已在文中用蓝色字体标出（P1 页引言第 1 段）。

d. 根据您的建议，我们在文中对每种价值的词分别有多少个 trial 进行了详细说明：本研究设置的值为 0~6，每种价值的词各 8 个 trial（修改部分见文章的蓝色字体部分 P4 2.1.2 实验材料第 2 段）。

e. 本研究 0 价值的设置只是在 0~6 价值中的一个价值水平，并无特殊意义。因此在此轮修改中我们将原文中提到“0 这一具有特殊意义的价值”的表述删掉了，因为原文中并没有对 0 进行特殊分析。而且本次修改中，我们按照审稿人的建议补充了男生被试，之后的数据分析也并没有对 0 价值进行特殊分析。感谢审稿人此条建议，删掉无关表述后使本文逻辑更清晰。

.....

审稿人 2 意见：

探讨奖赏和难度对于记忆正确率和 JOL 的影响具有重要的理论和现实意义。以往研究

中关注偶发奖赏 (accidental reward) 对于记忆编码的影响, 本文作者关注的是后置和预期奖赏的作用。作者的基本发现为后置价值能够影响记忆巩固, 但是在固定巩固时间后该作用消失, 相反, 奖赏预期对学习时间和记忆正确率都有影响。该研究设计比较严谨, 涉及前人未解决的问题。总体来看, 工作值得发表。然而, 作者需要解释。

意见 1: 为何实验 1 中价值为 3, 4 的试次被 ANOVA 分析时舍弃 (从减小噪音的角度不合理)。

回应: 首先, 实验 1 中将价值 3、4 的试次在 ANOVA 分析时舍弃, 从减少噪音的角度解释确实不合理, 因此在文章中将这一表述删掉。感谢您帮忙把关。

其次, 本研究中奖赏结果这一变量分为三个水平 (高、低和 0 价值), 选取 1、2 为低价值, 5、6 为高价值, 在实验中加入价值 3、4 是为了让被试感受连续的价值变化, 以此对比, 更容易感受高低价值的差别。在原稿中这一设计目的未表述清楚。上述修改在文中已用蓝色字体标出 (见 P7 2.2.3 奖赏结果与难度对 JOL 影响)。

意见 2: 同时, 在关于预期奖赏, 后置价值等词语的描述上不够严谨, 应该考虑加一幅操作的示意图, 将实验 1, 2, 3 中的操作对应应在图中, 并解释每个操作的用意。

回应: 根据上述建议, 文中增加了每个实验的操作示意图, 使实验流程表述更加清晰简明 (详见 P5, P9, P14) 请审阅。

意见 3: 最后, 如果预期奖赏能够影响记忆正确率, 在自定学习时间后该效应是否依然能够维持也需要解释和讨论。

回应: 实验 1 考察了固定学习时间条件下奖赏预期的作用, 发现奖赏预期可以促进简单词对的记忆成绩, 而不能促进困难词对的记忆成绩。在自定步调学习时间条件下, 奖赏预期既可以促进简单词对, 也可以促进困难词对的记忆成绩。表明在自定学习时间条件下, 奖赏预期对记忆的促进作用得到了维持和拓展 (困难词对的记忆也得到了促进)。

这是因为, 在自定步调学习时, 个体对简单和困难词对都进行了充分编码, 奖赏预期对记忆的促进作用在消除学习时间的限制后能充分显现。表明只要能够充分编码, 在固定时长和自定步调时, 奖赏预期均会对记忆成绩有促进作用 (修改部分在文章中用蓝色标出, P7 实验一讨论, P12 实验 2 讨论)。

.....

审稿人 3 意见:

该论文考察了编码后奖赏预期对回忆正确率、学习判断和学习时间分配的影响, 结果发现, 编码后奖赏预期的有无可以影响个体的回忆成绩、学习判断和学习时间分配, 并且这种影响会受预期价值大小的影响。该论文语言较为流畅, 实验逻辑较为清晰, 实验方法较可行, 实验结果较可信。不过, 目前存在如下几个问题:

意见 1: 摘要中英文“Agenda-based Regulation Model”与中文“基于议程的学习时间分配模型”并不对应。正文第二段中的“基于议程模型”也与上面的英文不对应。此外, 题目中“基于议程”的学习具体指代的是什么? 这一说法比较令人费解, 因为在这一模型的名称中, Agenda-based 修饰的是 regulation 而不是学习。

回应: 感谢您的细致把关。“Agenda-based Regulation Model”翻译为“基于议程的学习时间分配模型”确实不妥。虽然在以往的中文研究中, “Agenda-based Regulation Model”通常被翻译为“基于信息加工的议程框架”或“学习时间分配的基于议程调节模型” (见下列参考文献)。

但是,“Agenda-based Regulation Model”最早在 Ariel(2009)的研究中提出,来解释该研究中学习者综合考虑项目难度和项目价值后建立的议程对学习项目选择和学习时间分配的影响。该模型认为个体会结合任务要求和任务限制等学习条件,构建一个学习议程,并在此基础上不断调整自己的学习行为,以实现学习目标。因此“Agenda-based Regulation Model”翻译成“基于议程的调节模型”更合适,强调学习者会综合多种因素,如学习条件、项目难度、项目价值、任务目标等等,来建构达成学习目标的议程,以议程为基础调节自己的学习活动。文中已对此模型的翻译进行了统改。(文中 P2)

参考文献:

李伟健,蔡任娜,陈海德,汪磊,王敏敏. (2013). 不同呈现方式下项目难度与分值对自定步调学习时间的影响. 心理科学,36 (06).

谢瑞波,丁菀,陈海德,李伟健. (2015). 学习时间分配研究的新进展及展望.心理科学, 38 (01).

李伟健,家晓余,陈海德,黄杰,蔡任娜,曹玮,谢瑞波. (2013). 自定步调学习时间的习惯性反应:来自眼动的证据. 心理科学, 36 (05): 1043-1047.

谢瑞波, 路璐, 李伟健. 学习时间分配的基于议程调节模型. 心理与行为研究, 2016, 14(02): 283-288.

意见 2: 引言第四段中指出,“Soderstrom 和 McCabe (2011) 研究……还存在一定的不足”,具体是什么不足呢?

回应: 根据审稿意见,进一步梳理了 Soderstrom 和 McCabe 研究的不足:(1)对奖赏结构的构建不够完善。该研究旨在探讨价值,尤其是价值与刺激的相对呈现顺序(价值先于刺激,价值晚于刺激)对 JOLs 和自定步调学习时间的影响。不同于前置价值,后置价值只影响 JOLs,而不影响学习时间。原因在于,在该研究中只考虑了奖赏结构中的奖励结果,即研究中的价值变量,而忽略了奖赏结构中的奖赏预期。(2)条件设置不完全。该研究的自变量为价值高低及其与刺激的相对顺序(前置,后置),而价值作为奖赏结果的指标,无法反映奖赏预期的影响。因此,该研究无法对奖赏预期是否影响 JOLs 和自定步调的学习时间,以及奖赏预期的高低怎样影响 JOLs 和学习时间等问题做出解释。(3)存在奖赏预期和奖赏结果的混淆:该研究虽然在项目编码后呈现价值,但个体在编码前仍然存在一定的奖赏预期。该研究并未对奖赏预期和奖赏结果进行分离。上述修改部分在文中已用蓝色字体标出(P2,引言第4段)。

参考文献:

Soderstrom, N. C., & McCabe, D. P. (2011). The interplay between value and relatedness as bases for metacognitive monitoring and control: Evidence for agenda-based monitoring. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 37(5), 1236.

意见 3: 第五六段应该针对的是 ABR 模型的不足,即 1) 先前研究未设置对照条件,未能区分是奖赏对学习的影响是奖赏价值和奖赏预期产生的; 2) 未能探讨奖赏预期的高低对学习的影响。这里存在的问题是: 1) 第三段仅仅泛泛地概括说明 ABR 模型得到了大量研究结果的支持,但并没有对支持结果进行梳理和介绍,这里提出已有结果的问题,显得很突兀,建议补充对支持结果的梳理和说明; 2) 第四段具体说明了一个与 ABR 模型不一致的结果,这一研究与以往支持研究的异同之处在哪里,说明了 ABR 存在哪些局限性。

回应: 依据审稿老师 1 的建议对引言部分的逻辑进行了调整。同时,也对文中第五、六段部分表述不当的内容进行了修正。具体修改内容如下(修改部分在文中 P2 已用蓝色字体标出,引言第 3 段)。

研究表明,学习时间分配受项目难度的影响(Koriat & Ackerman, 2010; Koriat & Nussinson, 2009; Price, Hertzog, & Dunlosky, 2010)。Koriat 和 Nussinson (2009) 发现,个体

会优先学习容易的项目，并对其分配更多学习时间。但是，有研究者却发现个体会优先学习困难的项目，并对其分配更多学习时间 (Koriat & Ackerman, 2010; Price, Hertzog, & Dunlosky, 2010)。为解决争议，Ariel 等人 (2009) 引入奖赏结构 (reward structure)，包括项目价值和项目测试可能性，考察其对不同难度项目学习时间分配的影响。结果发现，当容易项目的测试可能性较高 (有 90% 的可能性会在随后测试) 时，个体会优先学习容易项目；当困难项目的测试可能性较高时，个体会优先学习困难项目；并且当项目的测试可能性换成项目价值时，也出现了相同的结果，即个体在进行项目选择时倾向于依据项目的价值。该研究结果表明，当项目同时具有难度和奖赏结构上的不同特征时，学习者并非先考虑项目难度，而是优先依据项目的奖赏结构进行选择，即项目的奖赏结构对学习时间分配的影响超过了项目难度。据此，该研究提出了基于议程的调节模型 (Agenda-Based Regulation Model, ABR) 来解释该研究中学习者综合考虑项目难度和价值后建立的议程对学习时间分配的影响。该模型认为，个体会结合任务要求和任务限制等学习条件，构建一个学习议程，并在此基础上不断调整自己的学习行为。在这一过程中，当价值足够高时 (如，90% 的可能性会在随后测试) 甚至能够取代难度对学习时间分配产生主导性影响。

ABR 模型以更具整合性和全面性的视角对学习时间分配的内在机制进行了解释，也将重点由项目难度转至奖赏结构。但是，该模型仅将项目价值和项目测试可能性作为奖赏结构，未对奖赏加工的不同时间段进行区分。研究表明，个体对奖赏的加工可依据发生在奖赏期待和奖赏获得两个不同时间段分为欲求阶段 (appetitive phase) 和执行阶段 (consummatory phase)，这两个阶段涉及到不同的神经生理机制 (Anselme, 2007)。因此，应将 ABR 模型中的奖赏结构依据奖赏加工的不同阶段拓展为奖赏预期 (reward expectation) 和奖赏结果 (reward outcome) 两种成分。而上述研究所考察的价值均为奖赏结果，真正影响被试学习时间分配的有效线索应是奖赏预期而非奖赏结果。个体合理的学习策略是对所有项目都进行更好的编码，从而获得更高的奖赏。但先前研究中价值变量仅设置高低条件，并没有设置对照实验，这使得研究者只能去比较价值高低对与之匹配的单个项目的影响，而奖赏情境带来的奖赏预期是否能够促进整体层面上的自主学习也就无从探讨。

参考文献：

- Dunlosky, J., & Ariel, R. (2011). Self-regulated learning and the allocation of study time. In *Psychology of learning and motivation: Elsevier*. 54, 103-140.
- Price, J., Hertzog, C., & Dunlosky, J. (2010). Self-regulated learning in younger and older adults: Does aging affect metacognitive control? *Aging, Neuropsychology, and Cognition*, 17(3), 329-359.
- Metcalfe, J., & Jacobs, W. J. (2010). People's study time allocation and its relation to animal foraging. *Behavioural processes*, 83(2), 213-221.

意见 4: 在每个小实验之前，应简单说明实验的目的和实验的逻辑。

回应: 感谢您的建议，我们在每个实验之前增加了实验流程图以及对实验目的和逻辑的详细说明 (在文中用蓝色字体标出，见 P3, P8, P13)，以便于读者理解。

意见 5: 每个实验中在介绍被试时，应具体说明被试是如何被分配到奖赏组和非奖赏组的，并且，在剔除成绩过低而被试时，应具体说明剔除的标准，以及剔除后每个组剩余的被试。

回应: 被试分组为随机分配，按照进行实验的先后顺序随机分配奖赏组与控制组。被试剔除标准为记忆成绩低于总分的 10%，表明被试没有认真完成实验因此剔除。实验 1 剔除 5 名，其中 1 名由于数据缺失。剔除之后奖赏组剩余 24 人，非奖赏组剩余 31 人(P3)。实验 2 剔除 7 名被试之后，奖赏组剩余 24 人，非奖赏组剩余 28 人。(见 P8)

意见 6: 实验程序中, 被试学习 30 个词对后进入休息, 休息多长时间? 学习阶段结束后, 进行“连续减 3”的干扰任务, 这一干扰任务进行多长时间? 减 3 任务是从哪一数字开始?

回应: 两个 block 之间休息时间不固定, 在被试状态恢复后进行下一阶段。干扰任务持续 3 分钟, 从 2000 开始做连续减 3 的计算。被试大声报告连续减 3 之后的结果, 通常被试最终可以算到 1700 左右。上述补充已在文中用蓝色字体标出 (P4 实验 1 2.1.4 实验程序第 3 段)

意见 7: 本实验最关注的是奖赏预期对学习的影响, 而实验设计中又包括了有无奖赏预期、奖赏预期高低两种设置, 建议 1) 在结果部分的小标题中将根据这两个问题来进行分类, 而不只是泛泛地提价值和难度对回忆正确率和 JOL 的影响; 2) 在统计分析的结果部分, 不只是说明主效应和交互作用是否显著, 还说明统计结果的意义, 即对问题的回复是什么。

回应: 根据您的意见, 我们重新梳理了本文的研究目的和实验结果, 对本文的小标题和分析过程做出了如下修改, 将“价值和难度”改为“奖赏结果和难度”, 将“奖赏和难度”改为“奖赏预期和难度”。

在结果部分我们对结果所表示的意义进行了简略说明, 详细意义在讨论部分做出解释。上述修改和补充在文中已用蓝色字体标出 (P5-7, P9-12, P15-16) 请审阅。

意见 8: 有奖赏组中 0 分词对确实与其他不同, 0 分词对与无奖赏组有差别吗? 如果无差别, 说明了什么? 如果有差别, 说明了什么? 需要在结果中添加, 并在讨论中进一步说清。

回应: 本研究中 0 价值的设置只是在 0~6 价值中的一个价值水平, 并无特殊意义。因此在此轮修改中我们将原文中提到“0 这一具有特殊意义的价值”的表述删掉了。并且在本研究中, 0 价值共 8 个 trial, 无奖赏共 56 个 trial, 两者的 trial 数相差过大, 为保证文章的严谨和数据的可靠性, 并没有对这两者进行对比分析, 在后续的研究中我们会改进实验程序, 深入探讨 0 价值和无奖赏的区别。

意见 9: 实验 1 和 2 中已经操纵了预期奖赏的值, 实验 3 中进一步操纵奖赏预期的意义在哪里? 如果是想进一步看预期大小的影响, 那么在实验操纵上, 应该预期小 (如 1、2、3) 和预期大 (如 7、8、9) 拉开距离吧。这里不清楚为什么低预期为 1、3、6, 而高预期是 1、6、12, 两者中有两个重合的 1 和 6?

回应: 在实验 3 中设置 1、3、6 和 1、6、12 的奖赏预期高低设置参考了以往的研究 (Yu, Jiang, & Li, 2020)。1、3、6 为低预期, 1、6、12 为高预期。这种价值梯度的设置是将高预期条件扩大为低预期条件的 2 倍。

实验结果表明这种奖赏预期高低设置对学习时间分配、学习判断和记忆成绩的影响已经产生了差异 (学习时间分配: $F(1, 14) = 4.549, p = .050, \eta_p^2 = .245$; 学习判断: $F(1, 14) = 7.854, p = .014, \eta_p^2 = .359$; 记忆成绩 $F(1, 14) = 26.364, p < .001, \eta_p^2 = .653$)。而且和难度的作用相比, 这种奖赏预期的差异对学习时间分配的影响已经超过了难度 (难度对学习时间分配的主效应: $F(1, 14) = 3.869, p = .069, \eta_p^2 = .217$), 但是对学习判断和记忆成绩的影响还没有超过难度, 难度的主效应仍显著 (学习判断: $F(1, 14) = 10.955, p = .005, \eta_p^2 = .439$; 记忆成绩: $F(1, 14) = 60.469, p < .001, \eta_p^2 = .812$)。后续研究中, 如果想进一步考察奖赏预期对学习判断和记忆成绩的影响在何种程度的奖赏预期高低差异下可以超过难度的影响, 可以进一步扩大高奖赏预期条件的值。

参考文献:

Yu, Y., Jiang, Y., & Li, F. (2020). The effect of value on judgment of learning in tradeoff learning condition: the mediating role of study time. *Metacognition and Learning*, 15(3), 435-454.

意见 10: 由于本研究在问题提出和实验设计部分关注了两个问题: 1) 奖赏预期的有无是否影响学习; 2) 奖赏预期的大小是否会影响学习, 建议在总讨论中也前后呼应, 进一步讨论与这两个问题相关的研究发现和意义。

回应: 感谢您提出的建议。我们在总讨论中增加了有关问题提出中两个问题的相关研究发现和意义。上述修改和补充在文中已用蓝色字体标出 (P18 5 总讨论)

并且, 在总讨论中, 我们也增加了一部分有关本研究对教育教学实践的启示。上述修改和补充在文中已用蓝色字体标出 (P20 5.4 对教育教学实践的启示) 请您查阅。

第二轮

审稿人 2 意见:

作者对文章进行了较为完善的修改, 整体达到了发表水平。但是作者需要对文章通读以避免一些显而易见的问题, 例如, 文章 19 页中两段文字都没有写完就提交了。

回复: 非常感谢审稿人对我们修改努力的肯定, 非常抱歉没有细致检查导致的低级错误。在此轮修改中已经仔细检查, 把那两段文字处理好了。非常感谢!

审稿人 3 意见: 作者根据审稿意见对论文进行了大幅修改, 并较好地回复了之前提出的问题, 但目前仍存在如下问题:

意见 1: 引言第二三段中“Ariel 等人 (2009) 引入奖赏结构 (reward structure), 包括项目价值和项目测试可能性, 考察其对不同难度项目学习时间分配的影响。……而上述研究所考察的价值均为奖赏结果, 真正影响被试学习时间分配的有效线索应是奖赏预期而非奖赏结果。”为何项目价值和项目测试可能性是奖赏结果? 为何真正影响被试学习时间分配的有效线索应是奖赏预期? 如何区分奖赏结果和奖赏预期?

回答: 感谢您的认真审读。原文在引言中对上述问题表述不够清晰, 在审稿意见的启发下, 我们对引言部分相关内容做了细致修改, 并对奖赏结果和奖赏预期进行了清晰的界定。详细修改见正文 P1 页、P2 页和 P3 页引言中的绿色字体部分。下面就上述问题结合修改后的内容简要回答如下:

(1) 关于“为何项目价值和项目测试可能性是奖赏结果”

原文中对先前研究中项目价值和项目测试可能性在实验中出现的程序介绍和分析不够清晰, 使读者无法理解“为何项目价值和项目测试可能性是奖赏结果”。在修改中已经进行了细致分析, 主要原因为: 先前研究中项目价值或测试可能性在编码前呈现, 即前置奖赏, 被试在学习项目之前已经知晓该项目的价值或测试的可能性, 不用对该项目价值和测试可能性进行猜测和预期, 这种呈现方式, 被试学习后成功回忆得到对应的分值是奖赏结果; 当价值在编码后呈现时, 而通过指导语在项目呈现前告知被试学习该项目之后会获得一个未知的奖励, 被试会对该项目的价值有所猜测, 因此价值在项目前呈现会产生奖赏预期。而非奖赏组被试不知道项目会存在价值, 因此不具备奖赏预期。奖赏结果和奖赏预期是通过操纵价值呈现顺序来实现的。

(2) 为何真正影响被试学习时间分配的有效线索应是奖赏预期?

原文引言中的这句话表达不准确, 已经在正文中进行了重新梳理和修改。价值在编码前呈现和在编码后呈现对学习时间分配有不同影响。先前研究中当价值前置时, 个体根据价值大小来分配学习时间, 这时因为价值在学习前已知是奖赏结果直接影响的学习时间分配没有

奖赏预期的作用；而当价值后置时，这时个体根据对该项目价值的猜测即奖赏预期来分配学习时间，因此影响学习时间分配的不仅有奖赏结果，还有奖赏预期的作用。本文通过将价值后置，考察出了奖赏结果和奖赏预期对学习时间的分配的作用。

(3) 关于奖赏结果和奖赏预期的界定

奖赏预期是对项目学习可能获得收益的猜测，在本研究中通过项目前指导语告知被试学习该词对会得到一定分值，但不告诉具体分值来实现对奖赏预期的操控；奖赏结果是被试真正获得的奖赏，通过在项目呈现前呈现成功学习项目能得到的具体分值，避免被试对奖赏做猜测来实现。

参考文献：

Mason, A., Farrell, S., Howard-Jones, P., & Ludwig, C. J. (2017). The role of reward and reward uncertainty in episodic memory. *Journal of memory and language*, 96, 62-77.

意见 2：引言第四段中“结果发现，价值对学习时间的分配的影响存在时间依赖性（time dependent），当且仅当价值呈现在编码前时才会对学习时间的分配和回忆成绩产生影响，这种结果表明 ABR 模型仍存在一定的局限性。”其中，“当且仅当价值呈现在编码前时才会对学习时间的分配和回忆成绩产生影响”说明是奖赏预期还是奖赏结果在起作用？为何这一结果表明 ABR 模型存在一定的局限性？

回答：上述问题主要是原文中分析表述不够清晰准确带来的。已经在原文中进行了详细修改，对不恰当的表述做了调整。请见 P2 引言第 4 段，绿色字体部分。

意见 3：在 Soderstrom 和 McCabe（2011）的研究中，为何“价值与刺激的相对呈现顺序（价值先于刺激，价值晚于刺激）”是只操纵了奖赏结果而没有考虑奖赏预期？为何价值的高低及其与刺激的顺序无法反映奖赏预期？

回答：就您提出的问题，我们修改了文章中的表述，使文章逻辑更清晰。具体修改详见正文（P2、3 引言第 4、5 段，绿色字体部分）请您审阅。

(1) Soderstrom 和 McCabe（2011）将价值前置或后置，每个项目均有价值，被试对项目是否存在奖赏预期缺少基线，即被试完全没有预期时的 JOL 和记忆成绩，因此对奖赏预期是否存在没有明确证据，会存在奖赏结果和奖赏预期的混淆。而本研究加入了无奖赏组作为基线，无奖赏组不存在奖赏预期，将有奖赏组和无奖赏组作比较，分离出奖赏预期的作用。

(2) Soderstrom 和 McCabe（2011）的研究中采用被试内设计，在一组被试中将价值前置后置随机呈现，将价值后置作为操纵奖赏预期的方法，但被试内设计处理间易造成污染，即使价值后置，由于没有无预期作为基线，因此该操纵方法时价值的高低和顺序无法反映奖赏预期，无法判断被试是否存在预期以及预期的大小。

意见 4：引言最后一段中为何“真正影响个体学习时间的有效线索应是奖赏预期”？

回答：感谢您提出的意见，本句话存在表述不清楚的现象，文章中关于这部分已做出修改，请您审阅（P3 引言第 5 段，绿色字体部分）。

通过分析前人文献和本研究的实验结果，表明影响个体学习时间的因素有奖赏结果和奖赏预期，但前人研究中将价值前置，在编码前被试已经知道该项目所对应的价值，奖赏预期的作用较小，且与奖赏结果混淆。Soderstrom 和 McCabe（2011）的研究通过将价值后置来分析奖赏预期对学习时间的分配的作用，但并未设置无奖赏做对照组。本研究在 Soderstrom 和 McCabe（2011）的基础上加入基线，分析出了奖赏预期也是影响学习时间的分配的重要因素。且在价值后置时，奖赏预期是影响学习时间的分配的主要因素。

意见 5: 实验 1 之前添加了实验目的的介绍, 但尚缺乏实验逻辑和实验假设的说明。如奖赏预期有无、奖赏结果是如何进行操纵的? 对每个操纵的实验假设或预期是怎样的? 实验 2 和实验 3 之前还是没有实验目的、实验逻辑和实验假设的说明。

回答: 非常感谢您的建议, 我们按照您的建议在引言的最后一段添加了有关奖赏预期和奖赏结果概念操纵以及预期的说明; 另外, 实验 2 和实验 3 的目的、逻辑和假设的说明均补充在实验开始前的第一段中。(上述补充已在文中用绿色字体标出, 实验 1 见 P3, 实验 2 见 P10, 实验 3 见 P15, 请审阅。)

意见 6: 在统计分析的结果部分, 在说明主效应和交互作用是否显著后, 再具体说明统计结果的意义, 即对问题的回复是什么。

回答: 感谢您提出的宝贵意见, 根据您的意见, 统计分析的结果部分, 在说明主效应和交互作用显著与否之后, 添加了结果所表明的具体意义和对研究问题的回答。(上述修改在文中已用绿色字体标出, 实验 1 见 P5-8, 实验 2 见 P10-13 实验 3 见 P16-17)

意见 7: 有奖赏组 8 个 trials, 无奖赏共 56 个 trial, 两者 trial 数量确实存在较大差异, 但奖赏组和非奖赏组的人数都是在 20 人之上, 似乎并不是不能进行统计检验的理由。例如, 在 oddball 范式里, standard 刺激都是 deviant 刺激的数倍, 依然会统计 standard 和 deviant 的差异。建议进一步分析: 0 分词对与无奖赏组有差别吗? 如果无差别, 说明了什么? 如果有差别, 说明了什么?

回答: 感谢您提出的建设性意见和例证帮助我们更加明确了 0 价值和无奖赏的差别。根据您的建议, 本研究设置 0 价值和无奖赏, 0 价值仅为一个价值的起始点, 并无特殊意义, 在实验一中增加了关于 0 价值和无奖赏的分析, 结果发现两者在回忆正确率上无显著差异, 而在 JOL 中差异显著, 说明了 0 价值并不是绝对的无预期, 因此不能作为绝对的基线水平。而 Mather 和 Schoeke 在 2011 年的实验中设置了价值为 0 的项目作为基线, 这一实验设置存在一些问题。所以本研究在 Mather 和 Schoeke 的实验基础上进行改进加入了无奖赏组作为另一基线同时保留了 0 价值这一价值起始点, 且在本研究中将基线替换为了无奖赏组。有关 0 价值和无奖赏组的比较具体分析补充在了正文中, 请您审阅(文中修改部分已用绿色字体标出, 见 P8)

参考文献:

Mason, A., Farrell, S., Howard-Jones, P., & Ludwig, C. J. (2017). The role of reward and reward uncertainty in episodic memory. *Journal of memory and language*, 96, 62-77.

Soderstrom, N. C., & McCabe, D. P. (2011). The interplay between value and relatedness as bases for metacognitive monitoring and control: evidence for agenda-based monitoring. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 37(5), 1236.

意见 8: 实验 3 中将“价值数目由 7 个变为 6 个”, 一个 block 的价值设置是 1、3、6, 被称为低预期; 一个 block 的价值设置是 1、6、12, 被称为高预期。实验 1 和实验 2 中价值数目是作为奖赏结果分析的, 而实验 3 则按照奖赏预期分析, 研究中奖赏预期和奖赏结果是如何划分的呢? 因为奖赏预期和奖赏结果是本实验的核心概念, 二者出现混淆, 会直接影响实验的意义和创新性。

回答: 感谢您提出的建议, 我们根据您的问题做出以下回答:

本研究通过分析前人文献提出奖赏结果和奖赏预期的概念, 其中奖赏预期是对事件最后获得收益的猜测, 奖赏结果是被试真正获得的奖赏。当价值在编码前呈现时, 已经告知了被试这个项目的价值, 被试就失去了对该项目的预期。当价值在编码后呈现时, 被试知道该项

目会获得一个未知的奖励，会对该项目的价值有所猜测，因此会产生奖赏预期。而非奖赏组被试不知道项目会存在价值，因此不具备奖赏预期。对概念的说明已补充在引言中（见 P3 绿色字体部分）

实验 1 和 2 中操纵奖赏预期的有无体现在：有价值组为有奖赏预期，无价值组为无奖赏预期。实验 3 在实验 2 的基础上进一步操纵奖赏预期的大小，通过指导语让被试知道编码后呈现的价值分为两种梯度，这样会给被试形成两种奖赏预期：1、3、6 组价值梯度小，则被试的奖赏预期小；1、6、12 组价值梯度大，则被试的奖赏预期大，通过比较这两组被试的结果，可以进一步探究奖赏预期的大小对被试记忆与元记忆的影响。

参考文献：

Mason, A., Farrell, S., Howard-Jones, P., & Ludwig, C. J. (2017). The role of reward and reward uncertainty in episodic memory. *Journal of memory and language*, 96, 62-77.

Soderstrom, N. C., & McCabe, D. P. (2011). The interplay between value and relatedness as bases for metacognitive monitoring and control: evidence for agenda-based monitoring. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 37(5), 1236.

Yu, Y., Jiang, Y., & Li, F. (2020). The effect of value on judgment of learning in tradeoff learning condition: the mediating role of study time. *Metacognition and Learning*, 15(3), 435-454.

第三轮

审稿人 3 意见：

作者根据审稿意见，对论文进行了仔细的修改，并较好地回复了大多数问题，但目前仍然存在如下几个小问题

意见 1：各实验中无奖赏和 0 价值的比较，似乎说明的是在奖赏结果都为 0 的情况下奖赏预期的作用，建议相关分析放在结果的前两部分，如实验 1 中是 2.2.1 和 2.2.2，进一步说明奖赏预期的作用。

回答：感谢您对文章结构的意见，根据您的建议，将对 0 价值和无奖赏的分析调整到了实验一结果的第 1.2 段（修改见正文 P5-6 页）。

意见 2：实验 1 没有给出研究假设，实验 2 和 3 虽给出了假设，但没有给出基于的依据或者理论。以实验 3 为例，是否研究假设宜写为“如果奖赏预期的程度影响……，那么大梯度的奖赏预期会比小梯度的奖赏预期对……”。

回答：非常感谢您的建议，我们在实验 1 中添加了实验假设，并对实验 2、3 的假设进行了修改（见正文 P3、P9、P14 页紫色字体部分）。

意见 3：摘要中提到的结果（3）不清楚是适用于限时学习条件还是自定步调学习条件，请明确。

回答：根据您的建议，我们修改了摘要部分，对表述不清楚的地方进行了明确，明确（3）是自定步调学习条件（见 P1 摘要紫色字体部分）。

意见 4：文中还有个别地方存在语句不完整和标点符号不对的地方。

回答：感谢您对本文细节的意见，我们仔细校阅了全文的语句和标点符号，将不通顺的句子和不正确的标点符号进行了修改，并对全文语言表述做了通篇精炼和修正。请审阅。

第四轮

审稿人 3 意见：作者根据审稿意见，对论文进行了修改，但作者有关无奖赏和 0 价值的比较和讨论，存在两个问题：

意见 1：0 价值是有奖赏组的有奖赏预期但无奖赏结果的条件，而无奖赏组则是无奖赏预期无奖赏结果，二者的比较似乎更应该说明了奖赏预期的作用，而不是如作者所说的“无特殊含义”，只不过由于 0 价值与其他价值的项目混合在一起，使得它的心理价值出现了变化。作者应在结果部分对这一部分的内容做进一步的修改。

回答：非常感谢您对本文结果与讨论部分的指导，根据您的意见，我们对结果和讨论部分进行了修改并在文章中标出，请您查阅。（见 P6 红色字体部分）

意见 2：与上一问题类似，结果部分“有奖赏组”与“无奖赏组”的比较，实质上有奖赏组不只有奖赏预期还有奖赏结果，即比较的是奖赏预期和奖赏结果的共同作用，作者应该进一步理清相关内容，至少在讨论部分对此要做进一步的说明。

回答：感谢您对本文逻辑的进一步梳理，根据您的建议，我们将实验 3 中大梯度和小梯度的 block 中价值为 1 的词对（奖赏结果相同但奖赏预期不同）回忆正确率进行了重复测量设计方差分析，结果发现奖赏预期的主效应显著（见 P17，红色字体部分）。且根据您的建议和启发，我们对讨论部分进行了修改，进一步明确实验中奖赏结果和奖赏预期的操作定义（见 P19，红色字体部分。）

第五轮

审稿人 3 意见：作者根据审稿意见，对论文进行了修改，但作者只在实验 1 对无奖赏和 0 价值进行了比较，而未能在实验 2 对奖赏和 0 价值进行比较。建议在实验 2 中添加 2 对奖赏和 0 价值进行比较，并根据相应结果修改讨论的内容。此外，图 4a 和 4b 仅表示的是表中的部分数据，可考虑删除，并考虑将表 1、2、3 中的无奖赏组放在有奖赏组的左面。

回答：感谢您对本文细节修改的建议，根据您的建议。我们在文中调整了图片顺序，在实验 2 中增加了对 0 价值和无奖赏的对比分析，并对结果进行了讨论说明。请您查阅（见 P11、14 红色字体部分。）

第六轮

审稿人 3 意见：作者根据审稿意见，对论文第 6、10、11、14、17、19 页的内容进行了修改，较好地回复了上轮审稿中提出的问题，我没有进一步的修改意见和建议。

编委意见：本论文通过操纵奖赏呈现方式，考察了不同难度词对记忆与元记忆监控的影响，结果发现，奖赏预期和奖赏结果可以影响个体的记忆成绩、学习时间分配和学习判断，且该影响会受到不同学习条件的调节。该论文研究框架清晰，研究范式使用恰当，研究结果可信，具有较为重要的理论价值。参考外审专家意见进行多次修改后，文章质量已经达到发表要求，建议发表。

主编意见：根据审稿意见和修改情况，建议修改后发表。

意见 1：缺少明确的整体理论假设。而实验一中的“假设奖赏结果对被试回忆正确率无显著影响，而对 JOL 影响显著。”只是一个实验假设或统计假设，并不是理论假设。

回答：主编您好，理论假设对一篇实证研究的确非常重要。根据您的建议，我们在文中补充了理论假设，本研究是验证并补充基于议程的调节模型（Agenda-Based Regulation Model, ABR）。ABR 模型指出个体会综合任务要求等学习条件，构建学习议程，并在此基础上不断调整自己的学习行为。在这一过程中，足够高的项目价值甚至能够取代难度对 JOLs 和学习时间分配产生主导性影响。已有研究验证了价值以奖赏结果这一形式影响学习议程的构建，并对价值呈现顺序的影响进行了初步考察，但并不能证明奖赏预期是否也有类似的作用。本研究目的是，以 ABR 模型为理论基础，操控价值呈现在项目之后，考察奖赏预期是否影响被试的记忆与元记忆。研究的整体理论假设是，奖赏预期的影响符合 ABR 模型，在基于难度与价值的学习议程构建中，足够高的奖赏预期也能够取代难度对 JOLs 和学习时间分配产生主导性影响。在文中 P2 的最后一段的第二行，我们对研究整体假设进行了补充。并在摘要和结论中进行了相应补充。

意见 2：在实验一中，“根据被试报名顺序随机分配为奖赏组（24 人）和非奖赏组（31 人）”的表述并不准确，因为这是剔除之后的人数分布。两组人数相差 7 人，近 1/3；两组相差人数太多会影响统计结果，因为两组的误差程度并不相同。如何解决？另外，回忆正确率基本在 20% 左右，为什么比较低？以 10% 作为提出标准的依据是什么？

回答：（1）根据张厚粲《现代心理与教育统计学（第 4 版）》第 270 页，第 9 章方差分析的基本假定，方差分析的前提条件是方差齐性，即各处理组内的方差彼此无显著差异，实验 1 满足方差齐性这一原则，且在进行方差分析时，虽然各处理组人数不同，在计算平方和时要除以各自的 n，但通过平方和除以自由度，计算出均方，已经将各处理组人数不同造成的影响排除。所以本研究中奖赏组 24 人，非奖赏组 31 人的人数差异并不影响实验结果。

（2）回忆正确率较低可能是由于实验 1 采用固定学习时间 4s，被试不足以将词对进行充分编码，因此成绩较低。在实验 2 中，将固定步调改为自定步调学习，被试将每个词对充分编码后自主决定下一项目的学习，回忆正确率提高，验证了关于实验 1 结果的推测。

（3）研究材料的平均通过率为 0.3~0.55（Yu, 2020），10% 的正确率远远低于本研究材料的平均通过率，说明被试在学习过程中并没有认真进行记忆加工，视为无效被试，因此剔除。

参考文献

Yu, Y., Jiang, Y., & Li, F. (2020). The effect of value on judgment of learning in tradeoff learning condition: the mediating role of study time. *Metacognition and Learning*, 15(3), 435-454.

意见 3：实验三中通过 GPower 计算被试量，实验一、二中也应该补上。

回答：根据您的建议，我们在实验 1 和实验 2 的被试选择前增加了被试量的计算，依据前人研究中的效应量 $d=0.6$ 来确定被试量（Peng, Y., & Tullis, J. G. 2021）。通过计算得出，GPower 在 0.95 power ($\alpha=.05$) 时推荐的最小被试量为 8 人（在文中已用橙色字体标出。P3, P9）。

意见 4：统计结果中有多处 $p < .000$ 的写法。这意味着 p 值为负值。

回答：主编您好，本文中对于 p 值的表述已作出修改，p 值均为 $p < .001$ （文中已用橙色字体标出）。

意见 5: 有文字表述不规范现象，如“结果发现”；句子无主语，“将学习条件改为自定步调学习时间，发现价值呈现序列虽然不影响 JOLs，但对学习时间分配的影响存在时间依赖性（time dependent）。”等等。建议仔细修改。

回答: 主编您好，根据您的建议，我们对全文的语句进行了仔细修改，使表述更严谨规范（文中已用橙色字体标出）。