

# 《心理学报》审稿意见与作者回应

题目：社会规范类型对亲环境行为的影响：道德认同的调节作用及其 fNIRS 证据

作者：任梦梦, 李璘, 钟毅平, 杨莉君

---

## 第一轮

### 审稿人 1 意见：

整体而言，研究符合社会关切，具有现实意义。文稿在行文中详略得当，层次分明，研究设计清晰较为严谨，文章的可读性较强。有下列意见与作者们进行交流：

**回应：**衷心感谢审稿专家对本研究所给予的积极评价和高度认可。我们十分重视您提出的宝贵建议，我们已逐条进行了仔细核对与修改，对文稿中进行了系统性完善，以确保修改内容充分回应各项建议。主要包括理顺研究逻辑、加强数据分析，丰富讨论的深度与广度，以提升论文的整体质量。所有修订均用绿色字体标注，且在“审稿意见回复”部分中附有详细说明。

再次感谢您给予的悉心指导。我们诚挚地邀请您继续审阅修订稿，并期待获得您更多的宝贵意见，以进一步完善本研究。

**意见 1：**第一段，“研究表明，高道德认同者更容易接受规范引导，并表现出更多的利他与亲环境行为 (Hertz & Krettenauer, 2016)，但其在不同规范类型下的调节机制仍不明确”。这里说到了调节的问题，但是，不清楚为什么要去探究这个问题，它有什么必要性、科学意义和价值？这里可能需要补充几句。

**回应：**非常感谢您提出的宝贵意见。您指出需要进一步阐明“探究道德认同在不同规范类型下调节作用的必要性及其科学价值”，这一建议对我们完善引言具有重要的指导意义。根据您的建议，我们已对相关段落进行修改与补充，主要从以下两个方面进行了思考与完善：

**(1) 理论必要性，**本研究以社会认知理论为基础，提出“**道德认同者的自我概念与指令性规范的道德诉求更契合**”这一核心假设，从而将研究视角由“不同类型社会规范是否有效”的描述性探讨，拓展至“**不同类型社会规范的效力如何受到个体特质调节**”的机制层面，实现了理论上的深化与创新。新增内容进一步指出，现有研究对社会规范与道德认同的交互机制关注不足，本研究正是对这一空缺的回应与拓展。

**(2) 实践价值**，新增内容进一步明确了本研究的应用前景，即为未来开展“精准干预”提供科学依据。本研究的结论可为制定更具针对性的环保政策提供实证支持，揭示指令性规范在促进亲环境行为时，其效力依赖于道德认同的启动；而描述性规范则能够稳定地促进亲环境行为。

通过此次修改，我们力求更清晰地**展现研究问题的理论必要性与实践价值**，避免停留于单纯的描述性论述。请您审阅如下的修改内容：

**最新的修改稿：**

“……道德认同作为自我概念中与道德特质相关的核心图式 (Aquino & Reed, 2002)，能够促进个体内化道德价值并表现出更强的利他倾向 (Hertz & Krettenauer, 2016)。社会认知理论指出，道德认同是一种自我调节机制 (Hardy & Carlo, 2011)，具有较高道德认同的个体，其自我概念更契合指令性规范所蕴含的“应然”诉求，从而对规范信息更为敏感。由此推测，道德认同对社会规范效应的调节作用可能在指令性规范下更为显著。然而，现有研究多聚焦于社会规范或道德认同的独立作用，鲜有探讨二者的交互效应及其神经机制。因此，厘清道德认同在不同类型社会规范下的差异化调节，不仅有助于填补理论空白，也有助于回应实践中的干预困境，将视角从“不同类型规范是否有效”拓展至“规范如何及为何有效”，以深化对社会困境中“规范—认同”交互效应的理解。”

再次感谢您富有洞察力的意见，使本研究的逻辑性和完整性得到了进一步提升。我们也诚挚邀请您审阅最新的修改稿，进一步给予指导。

**意见 2：**第二段，“个体面临的不仅是“个人—群体”之间的利益权衡，还涉及与“生态环境”的利益冲突，构成多重社会困境 (Klein et al., 2017)。”在这个地方，个体面临与什么与生态环境的利益冲突？建议作者修改表述。

**回应：**非常感谢您指出原文中“个体与生态环境的利益冲突”表述存在模糊之处。根据您的宝贵建议，我们已在引言对该概念进行了重新界定，并进一步区分了**三类具体冲突类型**：**1) 个体与群体之间的自利与合作冲突；2) 群体利益与生态可持续之间的短期和长远利益冲突；3) 个体与生态环境之间的直接冲突 (亲环境行为带来的个人成本，如金钱与时间)。**

具体而言，个体与生态环境的冲突主要体现在**亲环境行为需要个体承担一定的个人成本上**：一方面是**直接的经济成本**，如支付溢价购买有机产品或资助环保组织项目 (Ren et al., 2024)；另一方面是**非经济成本**，如为践行低碳出行而付出额外时间与精力 (Lange et al., 2018)。我们在最新的修改稿对此进行了修改，提高了表达的清晰度。请您审阅如下内容：

**最新的修改稿：**

“亲环境行为 (pro-environmental behavior) 指个体为促进环境可持续发展而自愿采取的、可能降低自身或群体利益的行为 (Barclay & Barker, 2020)。该行为常嵌入于多重社会困境中，

个体不仅需要权衡“个人—群体”利益(如自利与合作的选择)(Nielsen & Pfattheicher, 2024), 还要协调“群体—生态”冲突(如短期福祉与长期可持续性的矛盾)(Lu et al., 2020), 以及应对“个人—环境”之间的直接张力(如节能减排带来的个人成本)(Klein et al., 2017; Lange et al., 2018)。在此背景下, 行为路径可归纳为自利、合作(优先群体利益)和亲环境行为(优先生态与未来利益)三类(Klein et al., 2022; Ren et al., 2024)。”

此次修改不仅消除了原文的模糊性, 而且更清晰地呈现了个体所面临的多重社会困境, 为研究问题的聚焦和后续引入“更好物品博弈任务(Greater Good Game, GGG)”这一同时涵盖自利、合作与亲环境选择的研究范式奠定了更坚实的逻辑基础。

再次感谢您严谨而中肯的意见, 使本研究的引言在逻辑清晰度和科学性上得到进一步提升。也恳请您审阅最新的修改稿, 并提出更多的宝贵意见。

意见 3: 3.1.3 道德认同的内容里“研究发现, 高道德认同个体更关注“应该如何做”的道德信息, 因而更易接受指令性规范的引导(Hertz & Krettenauer, 2016), 而低道德认同者则更依赖于他人行为的参照, 表现出更高的从众倾向, 描述性规范对其影响更大”。最后一句话是否有依据?

回应: 感谢审稿专家的宝贵意见。您指出我们关于“低道德认同者则更依赖于他人行为的参照”的表述缺乏直接文献依据, 这一指正对我们完善论述具有重要价值。经再次查阅相关研究, 我们确认该表述属于推测性结论, 已在修改稿中删除, 以确保论述的科学严谨性。该意见对我们重新梳理研究逻辑和聚焦研究核心议题具有十分重要的价值。本研究据此进一步聚焦于: 在指令性规范对亲环境行为的影响相对弱于描述性规范的前提下, 探讨如何增强其效力, 并揭示其作用过程中的边界条件。

根据以往研究发现, 社会认知理论将道德认同视为一种自我调节机制, 个体在道德线索激活下通常表现出更高水平的亲环境行为(Salciuviene et al., 2024; Wu & Yang, 2018)。因此, 我们推测道德认同者可能与指令性规范所倡导的“应然”道德相契合, 并表现出维护自我形象的行为倾向。我们据此在最新的修改稿中重新梳理了相关论述, 使其与研究主题保持一致, 即探索指令性规范在影响亲环境行为方面的作用机制与边界条件, 从而为环境可持续发展提供更具针对性的理论指导。请您审阅如下修改:

#### 最新的修改稿:

“道德认同(moral identity)是指个体将善良、公平等道德特质内化为自我概念核心的程度(Aquino & Reed, 2002)。根据社会认知理论, 道德认同是一种自我调节机制(Hardy & Carlo, 2011; 吴波等, 2016), 一旦被规范性氛围等道德线索激活, 便会系统性地引导个体的认知与决策(Aquino & Kay, 2018)。有研究表明, 道德认同是亲环境行为的预测因子(Salciuviene et al., 2024), 不仅能有效促进绿色消费(Wu & Yang, 2018), 而且在面对道德冲突时通过环保行为修复道德自我形象(Zhao & Qu, 2022)。高道德认同者拥有易被激活的道

德自我图式，这使他们更倾向于主动搜寻并内化道德信息，从而自发地遵从与自我观念一致的社会规范 (Hertz & Krettenauer, 2016; Winterich et al., 2013)。由于“应然”的道德义务与其自我概念高度契合 (Reed et al., 2007)，道德认同者对指令性规范表现出更高敏感性，并倾向于调动认知资源以抑制自利冲动，以实现更高层次的道德目标 (Krettenauer, 2022)。这一行为模式在公共物品博弈任务中得到验证：高道德认同者通常愿意贡献更多的资源以促进群体利益 (李红 等, 2023)。”

再次感谢您富有洞察力的意见，您的审阅极大地提升了本研究的学术质量。也诚挚的邀请您审阅最新的修改稿，若您认为仍有进一步完善的空间，我们将继续根据您的意见进行改进。

**意见 4:** 问题提出里，“研究假设如下：H1：GGG 范式可有效测量个体在自利、合作与亲环境行为并存情境中的环保倾向”。针对这个假设，首先，作者在前面引言部分较为详细的介绍了 GGG 范式提出的背景和作用/意义。它包含三种场景或结果，其就是为了更好滴进行亲环境行为的测量，且“当引入社会规范等引导信息时，环保行为的选择率显著提升，表明亲环境行为具有较强可塑性 (Ren et al., 2024)。”那么，在此，作者提出的这个假设是一个结论性的观点，还是对 GGG 范式的工具性效度的假设？这个假设符合心理学研究假设的表述规范吗，有什么新的意义或价值吗？

**回应:**感谢审稿专家的细致评阅与宝贵意见。您指出的问题十分重要，我们完全认同您的看法。原文所提出的“假设 H1：GGG 范式可有效测量个体在自利、合作与亲环境行为并存情境中的环保倾向”，**该假设实际上更接近于对研究工具效度的陈述，而非一个符合心理学研究假设规范的可检验命题。它更应被视为本研究的方法学基础或前提，而非待检验的理论假设。将其列为正式假设，不仅不符合心理规范，也会削弱研究的核心科学价值。**

GGG 范式自 2017 年提出以来，已有多项研究验证了其在区分自利、合作与亲环境选择方面的稳定效度，并发现当引入社会规范信息时，亲环境行为会显著提升，显示出其具有可塑性 (Klein et al., 2017; 2022; Ren et al., 2024)。因此，**在本研究中将其作为假设提出确实缺乏新的学术意义。**

综合您的意见并结合本研究的核心研究问题，我们在修改稿中对研究假设进行了调整，**删除了原假设 H1，仅保留与社会规范和道德认同作用机制紧密相关的部分**，以保证假设设置的科学性、合理性与聚焦性。

再次感谢您对本研究的严格把关。您的意见极大地提升了本研究的严谨性与逻辑性。我们也请您审阅最新的修改稿，并进一步提出宝贵的指导意见。

**意见 5:** 道德认同启动任务采用混词造句的范式，这里建议加上英文表达。

回应:衷心感谢您提出的宝贵意见,我们已注意到该处的疏漏,并对此表示诚挚的歉意。根据您的建议,我们在文稿中补充了混词造句任务 (scrambled-words task)的英文表达,并进一步阐明其作为经典启动范式的广泛应用背景。与此同时,为增强启动操作的可信度,我们补充了相关文献引用(蒋元萍,江程铭,胡天翊,孙红月.(2022).情绪对跨期决策的影响:来自单维占优模型的解释.《心理学报》,54(02),122-140.),以突出该方法在以往研究中的坚实理论基础和反复验证的有效性。同时,我们对相关表述进行了微调,使整体更加流畅与专业。请您审阅如下的修改内容:

最新的修改稿:

“本研究采用混词造句任务 (scrambled-words task)启动被试的道德认同,该任务已在其他社会认知研究中得到验证(蒋元萍等,2022)。参考 Aquino 和 Reed (2002)提出的道德特质词表,本研究编制了两组材料(道德认同启动组和对照组),每组各包含 15 条语句。……”

再次感谢您的审阅和富有建设性的指导,您的建议使我们的研究设计表述更加准确、专业。我们也可诚挚的恳请您审阅最新的修改稿,敬请批评指正。

意见 6:关于道德认同启动任务的操纵检查题目,是在什么时候呈现的?

回应:衷心感谢您提出的宝贵意见。经仔细审阅,我们发现原稿中对道德认同启动任务的操纵检验说明不够充分。为弥补这一不足,我们在修订稿中增补了相关操作说明,以确保研究设计的完整性与可理解性。

具体而言,在正式实验的每个区块结束后,即被试完成“道德认同启动组块”或“对照组块”的 30 个试次任务后,系统会立即呈现一道有关“道德认同启动”的操纵性检验题目,用以即时评估该区块中被试对操纵的反应效度。我们已在修改稿的“实验程序”部分对此进行了明确说明。请您审阅如下修改:

最新的修改稿:

“……完成一个 Block 后,被试需回答一道操纵性检验题,以评估其刚刚完成的造句任务在多大程度上体现了自身的道德自我概念。被试休息约 5 分钟后,进入第二个 block。……”

再次感谢您提出的宝贵意见。您的指导使我们的研究设计与描述更加清晰和严谨。我们也诚挚的邀请您审阅最新的修改稿,并进一步给予指导。

意见 7:在实验任务中,道德认同是被试内变量,作者是否考虑了顺序效应?

回应:衷心感谢您指出这一关键问题。您对顺序效应的关注具有重要意义,我们为原稿中相关阐述不够充分表示歉意,并已在修订稿中对该部分进行了详细补充和说明。本研究采用 2 (社会规范:指令性 vs.描述性)×2 (道德认同启动:道德认同组 vs.对照组)的混合实验

设计，其中道德认同启动为被试内变量。鉴于顺序效应是被试内设计中可能出现的潜在混淆因素，我们在实验过程中对其进行平衡控制。

具体而言，在社会规范（被试间变量）条件下，我们通过平衡设计控制顺序效应。描述性规范组中约一半被试先完成道德认同启动区块，再完成对照区块，另一半则以相反顺序进行；指令性规范组采用相同的平衡方式。我们已在方法部分补充了这一平衡程序的说明。新增为：“为控制可能的顺序效应，本研究对两种道德认同启动条件的呈现顺序进行了平衡：约一半被试先完成道德认同启动区块 (Block)，随后完成对照区块；另一半被试则以相反顺序进行。”

再次感谢您严谨的审阅，您的宝贵意见极大地提升了本研究方法学的严谨性。我们也恳请您审阅最新的修改稿，并进一步提出宝贵的指导意见。

意见 8：操纵检查部分，作者用独立样本 T 检验，检验了不同类型规范的启动效应，但是在各个组内比较平均数和中位数的差异，单样本 T 检验更适合。

回应：衷心感谢您所提出的宝贵意见。您指出的关于操纵性检验统计方法的问题非常关键。我们完全认同您的判断—使用单样本  $t$  检验来比较各组得分与理论中值 (4) 更为严谨。我们注意到此前在统计方法的选择上存在不当之处，误将独立样本  $t$  检验用于不适宜的情境，对此我们表示诚挚的致歉。

根据您的建议，我们已对数据进行了重新分析，并在修改稿中将相应的分析方法更正为单样本  $t$  检验，修正后的结果与原有结论一致，即表明指令性规范组与描述性规范组的操纵均成功。我们也在论文“3.1 操纵性检验结果”部分进行了更新，并补充汇报了 Cohen's  $d$  及置信区间。请您审阅如下修改：

**最新的修改稿：**

“首先，为检验社会规范操纵的有效性，分别对描述性规范组与指令性规范组的操纵性检验得分与理论中值 (4) 进行单样本  $t$  检验。结果显示，指令性规范组的得分 ( $M \pm SD = 5.27 \pm 0.86$ ) 显著高于理论中值， $t(53) = 4.77$ ， $p < 0.001$ ，Cohen's  $d = 0.68$ ，95% CI [0.37, 0.99]。描述性规范组的得分 ( $M \pm SD = 5.14 \pm 0.66$ ) 也显著高于理论中值， $t(53) = 4.82$ ， $p < 0.001$ ，Cohen's  $d = 0.67$ ，95% CI [0.37, 1.00]。这表明两种不同类型社会规范的操纵均成功。”

再次感谢您细致而严谨的审阅意见，这对提升了本研究的科学性和准确性有着重要价值。我们也诚挚的邀请您审阅最新的修改稿，若您认为仍有进一步完善的空间，敬请批评指正。

意见 9: 道德认同的操纵效果检查, 采用了配对样本 T 检验这是合理的。但是在比较描述性规范和指令性规范组的道德认同的操纵效果, 也采用的是配对样本 T 检验, 而道德认同是个被试内变量, 所以配对样本 T 检验的解释作用可能不够, ANOVA 或者 LMM 可能更好。

回应: 非常感谢您提出的宝贵建议。我们完全认同您的观点, 即**采用更合适的统计方法对于检验道德认同启动效果在不同规范组间的一致性具有重要意义**。根据您的建议, 我们重新分析了操纵检验的数据, **采用重复测量方差分析(ANOVA)检验道德认同启动操作在不同社会规范条件下的等效性**, 以确保结果的稳健性与结论的一致性。

最新的分析结果表明, 道德认同的主效应显著, 而社会规范的主效应及其与道德认同的交互作用均不显著。这表明, **尽管我们操纵了社会规范的类型, 但这一操纵并未对道德认同的启动效果产生差异化影响**, 从而排除了因启动效果不均而导致主实验结果混淆的可能。请您审阅最新的修改内容:

**最新的修改稿:**

“为检验道德认同启动的有效性及其是否受不同类型社会规范的影响, 本研究对 2 (社会规范类型: 指令性 vs. 描述性)  $\times$  2 (道德认同启动: 道德认同组 vs. 对照组) 进行了重复测量方差分析。结果显示: 社会规范的主效应不显著,  $F(1, 53) = 0.05, p = 0.82$ , 说明指令性规范组 ( $M \pm SD = 5.19 \pm 0.26$ ) 与描述性规范组 ( $M \pm SD = 5.12 \pm 0.24$ ) 在道德认同评分上无显著差异; 道德认同启动的主效应显著,  $F(1, 53) = 14.48, p < 0.001, \eta_p^2 = 0.24$ , 道德认同启动组的评分 ( $M \pm SD = 5.59 \pm 0.19$ ) 显著高于对照组 ( $M \pm SD = 4.73 \pm 0.22$ )。社会规范与道德认同启动的交互作用不显著,  $F(1, 53) = 1.70, p = 0.20$ 。综上, 本研究对社会规范与道德认同的操纵性检验均有效, 且道德认同启动的效果在不同规范条件下表现出一致性。”

衷心感谢您提出的专业审稿意见, 这些建议显著提高了研究的严谨性。我们也诚邀您审阅最新的稿件, 并期待您的进一步指导。

意见 10: 行为结果部分, “具体来看, 组 1 的亲环境行为选择比例最高 (59%), 明显高于组 2 (49%)、组 3 (42%) 以及组 4 (47%), 显示出道德认同与指令性规范的结合最能激发个体的亲环境行为”, 请作者核对文稿中的结果数据和表中的结果数据是否一致。

回应: 非常感谢您细致审阅本研究并指出这一重要问题。经我们认真仔细核对, 确认文稿中确实**存在一处数据抄写笔误**: 组 1 的亲环境行为选择比例应为 62%, 而非原稿中误写的 59%。这一差异源于初稿整理数据时的手动输入失误, 并未影响统计分析结果的方向与显著性。我们已经根据数据重新核实了表 1 的所有结果, 并在正文中对相应数据进行了更正。

对于我们在数据核对过程中的疏忽深表歉意。同时, 我们已对全文的所有统计结果进行了再次核查, 以确保结果报告的准确性与一致性。

再次感谢您严谨的审阅与宝贵的时间，您的意见极大地帮助我们提升了论文的质量。也恳请您审阅最新的修改稿，并进一步提出宝贵的指导意见。

**意见 11:** 作者在文中介绍了 GGG 范式，也在讨论中再次说明了它的优势，那么再回到本研究中的假设 1，不知道该假设的提出是否合适、合理或者有意义呢？

**回应:** 衷心感谢您的宝贵意见。您的建议促使我们更加审慎地思考研究假设与实验范式之间的逻辑一致性。我们完全认同您的看法，即在引言中将“更好物品博弈(Greater Good Game, GGG)任务能够有效测量亲环境行为”作为正式假设 (H1)是不必要且不够严谨的。GGG 范式本身是一个经过前人研究验证的、成熟的实验工具，其效度已通过既有文献确立 (Klein et al., 2017; Ren et al., 2024)。将其作为一个需要在本研究中被检验的“假设”是不合适的。因此，我们已在最新的修改稿中删除了这一原假设 (H1)，同时我们重新调整了论文框架：

(1) 在方法部分，我们将对 GGG 范式的介绍定位为本研究选择的成熟测量工具，并着重阐述其为何适用于本研究目的 (即它能有效区分自利、合作与亲环境行为，完美契合本研究“多重社会困境”的核心需求)。

(2) 在讨论部分，我们保留了对 GGG 范式优势的探讨，但重点在于说明为何使用该范式能为本研究问题 (有效测量社会困境下的亲环境行为)提供更精准、更具生态效度的行为测量，而不是在讨论其本身的有效性。我们相信，通过这样的修改，论文的逻辑将更加严谨。GGG 范式为本研究提供了可靠的方法学支撑，而我们真正要检验的理论命题，是关于道德认同与社会规范如何在此范式中共同影响个体在亲环境决策中的行为表现与神经反应。

衷心感谢您在审阅过程中提出的宝贵意见与细致指导。您的洞察力使本研究的逻辑结构更加严谨，研究设计与论证也得到了进一步完善。我们诚挚邀请您审阅最新修订稿，并将不胜感激您提出的任何进一步建议，以帮助我们不断提升研究质量。

.....

审稿人 2 意见：

本研究采用 fNIRS 技术与“更好物品博弈”范式相结合的方法，探讨了道德认同在社会规范类型下的调节作用及其神经机制，为理解复杂的亲环境决策提供了新的视角。研究选题具有一定的理论与现实意义，研究设计严谨，手稿写作流畅，结构清晰。总体而言，本研究具备发表潜力，但在一些关键细节上仍需进一步完善。以下是我对稿件的详细评审意见，希望能帮助作者提升稿件质量。

**回应:** 衷心感谢您对本研究选题意义、研究设计及论文写作的充分肯定。我们十分重视您认为本研究“具备发表潜力”的评价，也对您提出的宝贵修改意见表示由衷感谢。针对您提出的详细评审建议，我们已逐条核对并进行回复，主要在标题摘要、引言逻辑、方

法细节、数据分析与讨论深度等方面进行了完善。我们相信这些修改能进一步提升了本研究的科学性与严谨性。

再次感谢您的审阅与指导。我们也期待您进一步审阅最新的手稿，并提出宝贵的意见与建议。

**意见 1:** 文章标题还需要仔细斟酌。标题「社会规范与道德认同调节亲环境行为的神经机制」中，社会规范指代不明，到底是强度还是类型？标题偏向于神经机制，忽略了行为层面。另外，从后文看研究者探究的是道德认同调节社会规范类型对亲环境行为的影响，但是标题中却写的是两者调节亲环境行为。

**回应:**衷心感谢您对标题提出的中肯且专业的意见。您的指正准确地指出了原标题中存在的指代不清、逻辑歧义及侧重点不平衡等问题，这对完善研究表述的准确性具有重要意义。

在本研究中，我们操纵的是不同类型社会规范 (指令性 vs.描述性)，重点考察其对亲环境行为的影响。鉴于以往研究发现指令性规范在促进亲环境行为时存在一定的局限性，我们进一步探讨了道德认同是否会调节不同类型社会规范对亲环境行为的影响，并结合 fNIRS 技术，探索这一作用的神经基础。通过行为和神经层面的整合分析，本研究旨在揭示道德认同如何调节不同类型社会规范对亲环境行为的作用机制。在您的建议下，我们对标题进行了修改，使其更准确地反映研究的逻辑结构与核心内容。请您审阅如下的修改：

修改后的标题:

**“社会规范类型对亲环境行为的影响：道德认同的调节作用及其神经证据”**

新的标题明确了“社会规范”的类型，并凸显了“道德认同”的调节作用，并兼顾了行为结果与神经机制两个方面，能够更全面地概括本研究的主要内容与科学贡献。

再次诚挚的感谢您严谨细致的评审与建设性指导。您的意见对提升标题的逻辑清晰度具有极大的帮助。也恳请您继续审阅并进一步提出宝贵建议。

**意见 2:** 摘要缺少关于当前研究 gap 的描述，摘要中的结果部分描述不清楚，比如，道德认同激活显著提升了亲环境行为，尤以指令性规范下最为显著。如果是基于统计结果，应该先描述主效应，再描述道德认同的调节作用。fNIRS 结果表述也存在类似问题。如果字数允许，建议在摘要结尾处，可以更明确地指出研究的政策含义。

**回应:**衷心感谢您对摘要提出的中肯建议。您针对研究空白表述、结果逻辑顺序及政策启示的意见，对提升摘要的学术规范性与表达清晰度具有重要指导意义。根据您的建议，我们对摘要进行了系统修订，主要包括以下三方面：

**(1) 补充研究空白**

在摘要开头增加了对现有研究不足的说明：尽管社会规范对亲环境行为具有稳定影响，但不同类型社会规范的作用强度存在差异—描述性规范通常更有效，而指令性规范的边界调节尚不明确。本研究由此提出核心问题：**如何增强指令性规范对亲环境行为的促进效应，以突出理论创新。**

### (2) 优化结果逻辑

依据统计结果的层次，我们调整了摘要中有关行为和神经结果的描述内容。考虑到摘要字数有限，本研究在摘要中主要聚焦社会规范与道德认同的交互作用，而未详细报告两者的主效应结果。具体而言，行为结果中强调了关键交互效应：**在道德认同启动条件下，指令性规范对亲环境行为具有显著促进作用；在对照条件下，描述性规范对亲环境行为呈现正向趋势。**神经层面则展示出不同社会规范与道德认同结合条件下脑区激活的差异化模式及其心理功能，从而使结果逻辑更为清晰、结构更为严谨。

您建议我们在摘要中优先报告主效应，但我们认为，在摘要篇幅受限的情况下，**直接呈现交互作用能更集中地体现研究的核心发现。**同时，这并不影响读者对整体结果和主要结论的理解。主效应结果已在正文中进行了完整报告，其方向与意义可通过交互作用结果的解读得到清晰体现。

### (3) 强化政策启示

在摘要结尾**新增了实践导向内容**：针对不同类型社会规范应采用差异化的公众干预策略—指令性规范的有效性需结合道德认同的激活，以提升其行为引导力，而描述性规范可作为普适性引导手段。这一段提供了政策导向内容，**使摘要从“学术发现”延伸到“社会实践”**，逻辑关系更完整。

通过上述修改，摘要在研究空白的聚焦性、结果叙述的逻辑性以及政策导向的清晰性上均得到了显著提升。请您审阅如下的修改内容：

#### 最新的修改稿：

**“摘要** 在全球生态环境问题日益严峻的背景下，促进亲环境行为已成为可持续发展的关键议题。研究表明，社会规范是影响行为的重要外部因素，但不同类型规范的效力并不一致。相较于描述性规范，指令性规范在促进亲环境行为方面的作用相对有限，其背后的心理与神经机制尚未得到充分揭示。本研究采用近红外脑功能成像技术结合更好物品博弈任务，系统考察了道德认同在社会规范影响亲环境行为中的调节作用及其神经机制。行为结果显示，指令性规范对亲环境行为的促进作用主要在道德认同被启动时显现；而在对照条件下，描述性规范对亲环境行为呈正向趋势。在神经层面，道德认同的激活诱发 dLPFC 活动，抑制了个体的自利倾向。进一步分析表明，不同类型社会规范与道德认同的结合呈现出差异化的神经通路：指令性规范激活 mPFC 与 OFC，涉及自我参照和道德价值加工；描述性规范则激活 rTPJ，反映社会信息整合与心理推断过程。本研究揭示了社会规范影响亲环境行为的双路径机制，凸显了道德认同的调节作用。**研究结果为政策与实践提**

供启示：通过激活个体的道德认同以增强指令性规范的引导力，同时充分利用描述性规范的稳定效力，可为构建基于神经机制的可持续行为干预策略提供实证依据。”

再次感谢您富有洞察力的审阅意见，这对完善本研究的摘要内容具有重要指导意义。我们也诚挚的邀请您对修改稿进行审阅，并进一步提出指导意见。

**意见 3:** 引言创新性的论证可以更聚焦：引言在 1.3 节和 1.4 节中提到，已有研究探讨了道德认同对规范效应的调节作用。为更好地凸显本研究的理论贡献，建议作者更明确地阐述：以往研究主要停留在何种层面（如，仅行为层面或未区分规范类型）？本研究通过区分两种规范类型并探究其神经机制的差异，具体填补了哪一个理论空白？

**回应:**衷心感谢您对本研究引言部分提出的建设性意见。**您指出应更聚焦地论证研究创新性，并明确阐述本研究相对于以往工作的理论增量**，这一建议对提升论文的逻辑性与学术贡献具有重要指导意义。根据您的意见，我们对引言进行了系统梳理和结构优化，使研究逻辑更加集中、连贯，并**突出了研究的创新焦点**。主要修改如下：

#### **(1) 明确以往研究的不足**

在修订稿中，我们进一步总结了现有文献的局限。**多数研究主要停留在行为层面**，虽有学者区分了描述性与指令性规范对亲环境行为的差异，**但对于为何指令性规范效力相对较弱、以及如何提升其作用机制，仍缺乏系统探讨**。

#### **(2) 突出本研究的创新与理论填补**

针对上述不足，我们在修订稿第六段(原 1.3 节)引入社会认知理论，指出**道德认同是一种自我调节机制**，不仅对亲环境行为具有促进作用 (Salciuviene et al., 2024; Wu & Yang, 2018)，其内含的“**道德约束**”特征可能与指令性规范的“**应然**”性质相契合。据此，我们推测道德认同可能在指令性规范条件下发挥更强的作用。然而，**目前尚未深入揭示其对不同类型社会规范的调节机制及神经基础**。

在引言最后一段(原 1.4 节)中，我们进一步明确了本研究拟填补的空白：通过探讨道德认同如何调节不同类型社会规范，并结合近红外脑功能成像技术，**揭示社会规范对亲环境行为的差异化神经机制及其受道德认同调节的路径**，从而深入探索指令性规范的边界条件。

#### **(3) 强化理论贡献与研究意义**

在引言最后一段中，我们强调本研究的理论创新在于：从以往关注“不同类型社会规范是否有效”的行为层面，拓展至“其如何及为何有效”的**神经机制层面**；**揭示了道德认同调节社会规范效应的心理—神经双重机制**。这表明本研究不仅丰富了社会规范对亲环境行为影响的理论框架，也为基于个体自我图式(如道德认同)设计更具针对性的社会规范干预策略提供了神经科学依据，同时为政策制定者和环保实践者提供了可操作的行为引导策略。

通过上述修改，引言的逻辑更加聚焦，结构更为严谨，研究创新点与理论贡献得到了更清晰地呈现。

再次感谢您严谨而富有洞察力的审阅意见，这对我们完善引言逻辑和突出研究理论价值起到了关键作用。我们也恳请您继续审阅最新的修改稿，并给予进一步指导。

**意见 4:** 引言引用了社会认同理论和社会信息加工模型来解释道德认同的调节作用。然而，对于为何高道德认同者对“指令性规范”更敏感，而低道德认同者对“描述性规范”更敏感，其背后的心理机制可以阐述得更深入一些。

**回应:** 衷心感谢您对本研究提出的宝贵意见。您指出我们应进一步阐述“高道德认同者对指令性规范更敏感，而低道德认同者对描述性规范更敏感”的心理机制，**这一问题非常关键，也对完善研究的理论逻辑具有重要意义。**在原稿中，我们主要援引社会认同理论与社会信息加工模型解释道德认同的调节作用，但对不同类型社会规范的心理加工差异缺乏深入阐述。

通过阅读最新的文献与重新整理变量之间的逻辑关系，我们在修订稿中加强阐述社会认知理论，进一步揭示道德认同影响社会规范效应的心理机制。**社会认知理论认为，道德认同是一种内化的自我调节机制，能够激活个体对“应然”信息的敏感性和道德责任感**(Hardy & Carlo, 2011; 吴波 等, 2016)。由此，高道德认同者更容易将指令性规范中蕴含的义务与道德约束内化为自我标准，从而表现出更高的行为一致性和规范遵从。

相较之下，描述性规范主要提供“他人如何行为”的信息线索，**其激发个体行为更多依赖于外部参照，而与个体的道德自我关联较弱。**因此低道德认同者可能更倾向于依赖描述性线索进行社会判断。然而，**现有证据尚不足以明确支持这一假设。**基于此，我们在修订稿中减少了对低道德认同者与描述性规范关系的过度推断，并提出这是一个有待后续研究深入验证的方向。

此外，为更系统地揭示上述机制，**本研究将结合近红外脑功能成像技术，考察道德认同对社会规范交互作用的神经表征，**从心理和神经双层面揭示其调节机制。这一修改不仅强化了理论解释深度，也进一步凸显了研究的创新价值与方法论严谨性。

再次衷心感谢您对本研究提出的深刻且极具建设性的意见。我们诚挚的邀请您审阅最新的修订稿，并期待您继续给予宝贵指导和建议，以帮助我们进一步完善研究质量与提高学术价值。

**意见 5:** 研究假设的提出也存在问题。首先，H1: GGG 范式可有效测量个体在自利、合作与亲环境动并存的情境中的环保倾向；这样的假设是否合适，这里是 GGG 范式测量有效的验证，是研究后需要研究工作的基础，为什么写成了一个研究假设，何为有效测量？关于 H2: 在指令性规范条件下，道德认同的激活将显著增强亲环境行为意愿，根据之前的逻辑，

道德认同调节社会规范类型对亲环境行为的影响，但是目前的假设似乎是另外一个逻辑。关于 H3：社会规范与道德认同的交互将激活特定脑区，fNIRS 可揭示亲环境决策中的神经活动模式，略显笼统。引言部分已经分别探讨了描述性规范（关联 rTPJ）和指令性规范（关联 dlPFC/OFC）的神经基础，以及道德认同与前额叶的关系。作者完全可以提出更具体、更具方向性的神经层面假设。

回应:衷心感谢您对研究假设部分提出的深刻而具体的意见。**您的建议精准地指出了原假设中存在的逻辑混乱与理论支撑不足等问题**，这对我们完善研究框架具有重要价值。根据您的建议，我们对假设进行了系统性重构，确保其逻辑自洽、理论扎实、预测可检验。具体修改如下：

### **(1) 关于原 H1：“GGG 范式可有效测量...” 的问题**

您指出将“范式有效性”作为研究假设并不恰当，这一点完全正确。将“范式有效性验证”**作为一项正式的研究假设是不恰当的**，这混淆了“研究工具的可靠性基础”与“待检验的科学理论假设”之间的界限。**范式的测量效度属于研究工具的前提条件，而非理论待证命题。**

**修改：**我们已在修订稿中删除原 H1，并在引言中补充说明 GGG 范式的可靠性，以及在既有文献中得到充分验证 (Klein et al., 2022; Ren et al., 2024)。同时，在结果部分报告本研究数据与既往结果的一致性，以此支持该范式在本研究中的适用性，而不再作为检验内容呈现。

### **(2) 关于原 H2：道德认同调节作用逻辑不清的问题**

非常感谢您指出此处的逻辑模糊问题。您指出，原假设更像是在检验道德认同的主效应，**而非其与社会规范类型的交互**，这一意见非常关键。我们重新审视了引言中的理论框架，这与我们引言中提出的“调节作用”核心思想不符。

**修改：**我们已经重新构建了理论逻辑，**使假设更聚焦于不同类型社会规范与道德认同的交互作用**，并提出修订稿 H1 (原稿 H2)：不同类型社会规范对亲环境行为的影响受到道德认同的调节。具体而言，**在道德认同启动条件下，指令性规范组表现出更强的亲环境行为倾向**；而在对照条件下，描述性规范组对亲环境行为具有促进作用。这一修改突出“调节效应”的核心逻辑，更符合理论推演与研究目的。

### **(3) 关于原 H3：神经假设过于笼统的问题**

我们完全赞同您的意见。原 H3 未能体现理论驱动明确预测，**使研究的神经假设显得宽泛**，进而削弱了本研究在揭示神经机制方面的贡献。基于引言部分的理论分析，**我们已提出更具针对性和可检验性的神经假设**，以增强研究的预测力和学术价值。

**修改：**我们在引言中补充了神经机制的文献基础，**已将原 H3 拆解并细化为两个更具方向性和特异性的神经科学假设**。修订稿 H2 指出社会规范与道德认同的交互效应将体现在特定脑区的激活差异上。具体表现为：**指令性规范条件与道德认同的结合则更多涉及与道**

德推理、自我参照加工相关的内侧前额叶皮层 (mPFC)及认知控制相关的背外侧前额叶 (dLPFC)和眶额皮层 (OFC); 而描述性规范条件与道德认同的结合主要激活与心智化加工相关的右颞顶联合区 (rTPJ)。这些修改使得我们的神经假设不再是简单地“寻找任何激活”, 而是基于理论对脑区在特定条件下的活动模式做出预测, 极大地增强了研究的科学价值和可验证性。请您审阅最新的修改稿:

最新的修改稿:

“本研究采用更好物品博弈任务, 结合 fNIRS 技术, 系统比较不同类型社会规范对亲环境行为的影响, 并检验道德认同的调节作用及其神经基础。基于上述理论与实证线索, 本研究提出以下假设, H1: 在道德认同条件下, 指令性规范组的亲环境行为意愿将显著增强; 而在对照条件下, 描述性规范对亲环境行为的促进效应相对稳定。H2: 社会规范与道德认同的交互效应也将体现在特定脑区的激活上。具体而言, 指令性规范可能涉及与道德推理和自我加工相关的内侧前额叶皮层 (mPFC)及认知控制相关脑区 (如 dLPFC、OFC); 而描述性规范条件与道德认同的结合可能更多激活与社会心智化相关的右侧颞顶联合区 (rTPJ)。”

再次衷心感谢您提出的建设性意见, 使我们能够提出更具精确性的假设。我们也诚挚期待您审阅最新的修改稿, 进一步提出宝贵的指导意见。

意见 6: 「1.4 问题提出」小标题有些多余, 引言本身就是问题提出。

回应: 非常感谢您提出的这一宝贵意见。您指出“‘1.4 问题提出’小标题有些多余”, 这一建议十分专业且切中要害。我们完全赞同您的看法—引言的本质功能即是通过理论综述与逻辑递进, 自然引出研究问题与假设, 单独设置“问题提出”小节确有冗余之嫌, 且可能打断叙述的连贯性。

根据您的建议, 我们已在修订稿中不仅删除了“1.4 问题提出”这一小节标题, 也删除了其他的小节标题。我们还在引言部分进行了相应综述调整, 即在文献综述的各部分后, 嵌入对研究空缺等核心问题的提炼, 使研究问题与前文论述自然衔接、逻辑递进。通过这一修改, 引言整体行文更为流畅, 逻辑衔接更加紧密, 研究假设的提出也更具内在一致性。

再次感谢您富有洞察力的审阅, 您的意见让我们受益匪浅。恳请您继续审阅修订后的稿件, 并给予进一步的指导。

意见 7: 确定样本量时, 为什么将检验效能 (power)  $1-\beta$  设置为 0.90, 有何依据? 一般都是将 power 设置为 0.8。

回应: 衷心感谢您提出这一关键问题, 我们选择将统计功效设为 0.90 而非通常采用的 0.80, 主要基于以下四方面的考虑:

(1) 降低 II 类错误风险, 增强结果稳健性

我们将检验效能从 0.80 提升至 0.90，可将 **II 类错误 ( $\beta$ )** 的概率从 **20% 降低至 10%**，从而显著减少因未检出真实效应 (假阴性) 而导致的风险，提高结果的稳健性与研究结论的可信度。本研究旨在探测“社会规范”与“道德认同”之间可能存在的交互效应，这是一个尚未被系统检验的新问题。为了确保即便效应偏小也能被可靠发现，提高检验功效有助于降低漏检潜在重要效应的风险。

### (2) 为数据不确定性提供缓冲空间

在 fNIRS 实验中，数据常受到信号噪声、被试剔除、探头漂移等因素影响，实际有效样本往往低于计划样本。将目标效能设定为 0.90，可以为这些**不可预见的分析折损提供一个安全的缓冲地带**，确保即使在数据部分损失后，研究的实际统计效能仍能维持在 0.80 以上的可接受范围，确保结果可靠。

### (3) 遵循当前方法学严谨化的趋势

近年来，心理学与神经科学等领域为了提升研究可重复性与结论稳健性，**许多顶尖方法论学者和高影响力期刊都积极倡导采用更高的检验效能** (如 0.90 或以上) 进行样本量规划 (Sommet et al., 2023)，以减少研究的不确定性。我们的选择正是为了响应这一方法学倡议，致力于使本研究的设计与结果符合领域前沿的科学规范。

**参考文献:** Sommet, N., Weissman, D. L., Cheutin, N., & Elliot, A. J. (2023). How many participants do I need to test an interaction? Conducting an appropriate power analysis and achieving sufficient power to detect an interaction. *Advances in Methods and Practices in Psychological Science*, 6(3), 25152459231178728.

### (4) 事后功效分析与样本量合理性

为进一步增强招募被试数量的严谨性，我们采用 G\*power 软件进行了事后(post-hoc)分析 (根据  $N$ ,  $\alpha$ , 效应量大小, 计算  $1-\beta$ )。在设定样本量  $N=54$ 、 $\alpha=0.05$ 、效应量  $f=0.25$  (选取研究中观察到的最小交互作用效应量 ( $\eta_p^2=0.06$ ),  $f=\sqrt{\frac{\eta_p^2}{1-\eta_p^2}}=\sqrt{\frac{0.06}{1-0.06}}=0.2526\approx 0.25$ ) 计算测量水平为 4 (即  $2\times 2$  混合实验设计) 的研究, 结果显示, **统计功效 ( $1-\beta$ ) 为 0.95**, 显著高于常规标准 (0.80), 该标准为 **Cohen (1988)** 所提出的中等水平。该结果表明, 当前**样本量对于检测本研究效应具有充足的检验力**, 能够有效支持研究假设的检验。

综上, 本研究在样本量规划中采用 0.90 的检验功效, 是基于效应特征、数据复杂性、方法学标准以及研究资源等多重因素的综合权衡。这一设定有助于最大化研究的可信度与重复性, 确保所得结果具备充分的统计保障。

再次感谢您提出的中肯建议, 使我们能够更清晰地阐明研究的被试量选择。请您审阅最新的修改稿, 并进一步提出宝贵的指导意见。

**意见 8:** 实验任务的逻辑令人感到生硬和缺乏生态效度, 为什么要在每个试次都要进行社会规范启动、道德认同启动和 GGG 任务。三个任务之间没有任何关联, 被试为什么要

在同一个试次进行这三个任务？这种通用道德感的启动是否以及如何泛化到特定的亲环境领域？

回应：非常感谢您提出的宝贵意见。您指出实验任务逻辑问题略显生硬、生态效度不足，并关注通用道德启动与特定亲环境行为的关联性，这些问题十分重要。我们对此进行了深入思考与系统梳理，具体说明如下：

### (1) 实验逻辑的理论依据

本研究的实验设计并非将三个独立任务机械拼接，而是基于“社会情境线索触发→道德自我激活→行为决策反应”的逐级触发机制，旨在模拟个体从社会认知到道德行为的心理过程。

1) 社会规范启动 (情境线索)：首先呈现的社会规范信息 (如“82%的人已经捐款”) 定义了亲环境决策的社会意义，为后续行为赋予集体性与道德性框架。

2) 道德认同启动 (内在自我)：紧接的混词造句任务旨在激活被试的道德自我图式，使个体在特定情境中产生“应当符合道德自我”的动机。

3) GGG 任务 (行为输出)：最后测量个体在该社会—道德情境下的实际决策反应，以捕捉外部线索与内在道德状态的交互效应。

这种结构化的链式设计符合社会认知研究中“情境线索—自我表征—行为输出”的加工模型，有助于厘清三种变量间的因果关系，而非简单的任务堆叠。

### (2) 任务整合的神经测量逻辑

本研究采用近红外脑功能成像技术记录被试在任务中的血氧信号变化。为了获得高质量、可比较的神经数据，需要在同一个试次内连续完成“社会规范—道德认同启动—GGG 任务”，以确保被试的心理状态在同一神经激活周期内保持连贯。这种实验设计使每个试次的神经信号具有清晰的心理语义界限，有助于区分不同条件下的血氧动力学响应模式，并符合神经科学中“整合任务单元”的设计原则。

简言之，将三种任务置于同一试次并非随意安排，而是出于神经成像数据的时间锁定与信号一致性需求，从而更精确地反映外部社会线索与内在道德状态交互对亲环境决策的神经机制。

### (3) 关于通用道德启动的跨领域效应

关于您提出的“通用道德启动如何泛化到特定亲环境领域”的问题，我们认为关键机制在于道德认同的自我一致性原则。道德认同作为个体核心自我图式，其激活效应具有跨情境的普遍性 (Aquino & Reed, 2002)。当个体的“道德自我”被激活时，他们倾向于通过符合社会期望的行为维持自我一致性。

在本研究中，社会规范线索已将环保捐赠界定为“社会认可的道德行为”，因此通用的道德自我会在该具体任务中寻找行为出口，即通过亲环境决策来实现道德自我表达。换

言之，社会规范提供了情境框架，道德认同提供了动机机制，两者共同实现了从“通用道德”到“特定环保行为”的泛化。

#### (4) 生态效度与实验控制的平衡

我们充分理解您对生态效度的关切。在现实生活中，社会信息、道德激活与行为决策往往交织发生。为了在实验室环境中明确检验其内在机制，我们采用逐试次整合设计，以在保持理论逻辑完整的前提下，实现对关键变量的严格控制。此设计在一定程度上牺牲了外在现实生活的生态效度，但显著地提升了因果推断的内部效度。在未来研究中，我们计划采用现场实验与生态化范式(如虚拟现实)以进一步验证该机制的生态可推广性。

再次感谢您提出的专业而深刻的意见。您的建议使我们能够更清晰地阐明实验设计的理论逻辑。我们也诚挚的邀请您审阅修改稿，并给予进一步指导。

**意见 9:** 实验设计为 2x2 被试内设计，涉及道德认同启动和对照两个 Block。为避免顺序效应，这两个 Block 的呈现顺序是否在被试间进行了平衡 (counterbalanced)? 方法部分应明确说明这一点，以确保程序的严谨性。

**回应:** 非常感谢您提出的宝贵意见。您指出的顺序效应问题对于确保实验设计的科学性和结果的内部效度具有重要意义。我们在实验方案中对该问题进行了充分控制。本研究采用混合实验设计，其中道德认同启动(道德认同组 vs.对照组)为被试内变量。为避免可能的顺序效应和疲劳效应，我们在被试间(描述性规范组和指令性规范组)均对这两个 Block 的呈现顺序进行了完全平衡：约一半的被试先完成“启动-对照”顺序，另一半被试则完成“对照-启动”顺序。

我们注意到原稿方法部分未充分说明这一关键细节，对此疏漏深表歉意。为弥补完善，我们已在修改稿“实验程序”部分增加了如下说明：“为控制可能的顺序效应，本研究对两种道德认同启动条件的呈现顺序进行了平衡：约一半被试先完成道德认同启动区块(Block)，随后完成对照区块；另一半被试则以相反顺序进行。”

再次感谢您严谨而细致的审阅，您的建议对我们完善实验细节具有重要帮助。我们也诚挚的恳请您审阅最新的修改稿，并进一步提出宝贵的意见。

**意见 10:** MPT 模型的运用是本研究的一大亮点。在 3.2.1 节中，分析主要集中在参数  $e$  (环保主义) 上。建议对参数  $s$  (自私) 的结果也进行简要的解读。MPT 模型结果的描述中，提到在对照组中“描述性规范组( $e=0.54$ )表现出高于指令性规范组的亲环境行为( $e=0.49$ )”，且差异显著。这一发现在行为 ANOVA 结果中并未得到支持(对照组下两种规范无显著差异)。作者应在讨论部分对这一看似矛盾的结果进行解释。

回应:衷心感谢您对本研究中 MPT 模型应用的肯定及提出的宝贵建议。您指出的两点意见—关于参数  $s$  的补充解读以及 MPT 与 ANOVA 结果差异的解释—对完善结果阐释和提升研究严谨性具有重要意义。我们已据此进行了认真修改与补充,具体说明如下:

### (1) 关于参数 $s$ (自私)的结果说明

我们完全赞同您的建议。参数  $s$  对验证模型结构及任务有效性至关重要。结果显示,所有实验条件下  $s$  的估计值均处于较低水平 ( $s < 0.15$ ),且组别之间的差异不显著。这表明,在“更好物品博弈”任务中,被试的行为并非由纯粹的自利动机驱动,实验设计有效抑制了自利倾向,为观察亲环境参数  $e$  的变化提供了清晰背景。我们已在 3.2.2 节(原 3.2.1)中补充如下说明:

#### 最新的修改稿:

“参数  $s$  代表了个体的自私行为倾向。如表 1 所示,所有四组被试的参数  $s$  值均处于较低水平,且标准误较小。这一结果表明,被试在任务中普遍表现出较低的自利动机,其整体行为模式并非由纯粹的自利动机主导。”

### (2) 关于 MPT 模型与 ANOVA 结果差异的解释

您指出描述性规范组和指令性规范组在 MPT 模型与 ANOVA 对照组结果中存在差异,这一观察对我们深入理解研究结果提供了重要启示。我们认为,这种差异并非真实矛盾,而主要源于两种方法在分析层面与敏感度上的不同:

1) **分析维度不同:** MPT 模型基于潜在动机结构建模,能够区分自私、合作与亲环境行为的心理成分,因此对细微的动机差异更为敏感。而 ANOVA 基于观测行为比例进行分析,反映的是外显行为的总体差异,受样本量与行为波动影响较大。我们认为这两类结果并非矛盾,而是两者提供的是互补视角—MPT 模型揭示潜在心理机制,ANOVA 反映总体行为表现。

2) **敏感度差异:** MPT 模型通过拟合自私 ( $s$ )、合作和亲环境 ( $e$ ) 三种行为的潜在概率,能够更精细地分离出纯粹的“亲环境”倾向(参数  $e$ )。MPT 结果显示,对照组中描述性规范组的  $e$  值(0.54)显著高于指令性规范组(0.49),提示描述性规范对亲环境行为的促进作用更为明显。ANOVA 未能检测到这一效应,但是通过简单效应分析可知,在对照条件下,描述性规范对亲环境行为的选择比例高于指令性规范,具有正向趋势,但是没有达到显著性差异。我们猜想是因为 ANOVA 分析使用的是环境账户选择比例的原始观测值,更易受到个体间变异和误差的影响,因此未达到显著差异。

最重要的是,我们依据您的建议,在论文的讨论部分对这一发现进行更为详尽的阐释。我们将说明,两种分析方法从不同维度提供了互补信息: MPT 模型揭示了行为选择背后的精细动机结构变化,而 ANOVA 则呈现了行为表现的总体趋势。因此, MPT 结果并非否定 ANOVA 的发现,而是对其的有益补充,两者结合能够描绘一个更为完整、深入的行为图景。请您审阅如下的内容:

### 最新的修订稿:

“MPT 模型结果显示，在对照 (道德认同未启动)条件下，描述性规范更能有效引导个体增加环保账户的投入、减少合作行为，表明其在社会参照方面具有独特优势。然而，需要指出的是，在对环保账户的选择比例进行重复测量方差分析时，描述性规范对亲环境行为的优势未达到显著，仅呈现正向趋势。MPT 模型进一步揭示了这一潜在效应，显示其在动机层面更为敏感。这表明，描述性规范确实能够促进亲环境倾向，但传统分析方法可能无法完全捕捉其微观心理机制，从而凸显了计算模型在揭示行为动机细节方面的优势。”

再次衷心感谢您富有洞察力的审阅。您的宝贵意见极大地提升了本研究的深度和报告质量。我们也诚挚的邀请您审阅最新的修改稿，并进一步提出宝贵的意见。

意见 11: 结果部分存在多处  $p$  值处于边缘显著 ( $0.05 < p < 0.10$ ) 的情况，例如行为结果的简单效应分析  $p=0.07$ ，以及 fNIRS 结果中 mPFC 的交互作用  $p=0.06$  和 rTPJ 的交互作用  $p=0.07$ 、简单效应  $p=0.09$ 。作者在正文中将这些结果描述为“显著高于”或直接作为支持假设的证据。在学术写作中，对边缘显著的结果应采取更审慎的措辞。

回应: 非常感谢您提出的这一严谨而重要的意见。我们完全赞同您关于应审慎解读边缘显著结果的观点，并为我们此前在表述上的不够严谨深表歉意。根据您的建议，我们已对文稿中所有涉及边缘显著 ( $0.05 < p < 0.10$ )的结果进行了系统性审查与修订，确保相关表述更加准确、规范和符合学术标准。我们主要从以下两点进行修改:

#### (1) 统一术语

为避免读者对结果显著性强度的误解，我们已原文中涉及“边缘结果”的表述进行了规范化修改。具体而言，将原先使用的“显著”修改为“边缘显著”等，以更准确地反映结果的统计水平与解释范围。请您审阅如下的修改:

行为结果: “简单效应分析表明，在道德认同启动条件下，指令性规范组选择环保账户的比例 ( $M \pm SD = 0.60 \pm 0.03$ )边缘显著高于描述性规范组 ( $M \pm SD = 0.52 \pm 0.03$ )， $F(1, 53) = 5.48$ ， $p = 0.07$ ；在对照条件下，描述性规范组 ( $M \pm SD = 0.50 \pm 0.03$ )的选择比例略高于指令性规范组 ( $M \pm SD = 0.47 \pm 0.03$ )，呈现描述性规范效应具有正向效应的趋势，但组间差异未达到统计显著， $F(1, 53) = 0.62$ ， $p = 0.43$ 。”

#### (2) 审慎讨论

我们将在讨论部分明确指出，这些边缘显著的结果仅作为提示性证据，它们可能揭示了潜在的理论方向，但不应被视为支持核心假设的确定性结论。我们将着重强调这些发现有待未来研究进行验证。此外，我们选择在论文中保留并报告这些边缘显著结果，主要基于两点考量:

1) 恪守学术透明: 完整报告预设分析中的所有统计趋势，有助于避免“文件抽屉问题”(发表偏倚)，为后续的元分析提供更无偏的数据，这符合当前开放科学的原则。

**2) 启示理论方向:** 这些研究结果的趋势 (如 mPFC 与 rTPJ 的激活模式) 与我们理论框架中的“价值整合—道德自我”与“社会认知—心理化”通路高度契合。尽管它们在当前研究中未达到传统显著性水平, 但为揭示“道德认同—社会规范”交互作用的潜在神经机制提供了有价值的线索, 指明了未来研究值得深化的方向。

在修改后的文稿中, 我们将严格区分“显著”与“边缘显著”的结论强度。**这些边缘显著的发现将作为探索性的、需要未来研究重复验证的发现进行讨论**, 而不会将其作为支持核心假设的主要证据。**它们的作用是丰富理论图景并启发未来研究。**

再次感谢您严谨细致的审阅与宝贵意见, 这对提升论文的质量与科学性具有重要意义。我们也诚挚的恳请您审阅最新的修改稿, 并进一步给予宝贵的指导意见。

**意见 12:** 讨论可以更深入地探讨为何在道德认同未被激活时, 描述性规范的效果似乎优于指令性规范 (根据 MPT 模型结果)。

**回应:** 非常感谢您提出的深刻意见。您指出应深入探讨“在道德认同未被激活时, 描述性规范效果优于指令性规范”的原因, 这一问题具有重要的理论与指导意义。我们已在讨论部分 (4.3 节) 从**动机机制与认知机制两维度**进行了系统补充与阐述:

#### **(1) 动机机制**

本研究认为当缺乏内在道德动机驱动时, 描述性规范通过呈现“多数人行为”的社会参照, **有效地降低了个体的决策不确定性和潜在风险 (Cialdini et al., 1990)**, 并满足其**社会归属与认同需求**。相比之下, 指令性规范带有外部约束属性, 易被个体感知为控制压力, 可能诱发心理抗拒反应, 从而削弱其激励效应。

#### **(2) 认知机制**

描述性规范只需进行“他人怎么做”的事实判断, **认知负荷较低**; 而指令性规范涉及“应当如何做”的道德推理, 需要**整合外部规范与内在标准**, 认知加工更为复杂 (Mollen et al., 2023)。在缺乏内在道德认知的情境下, **个体倾向于选择认知成本更低的路径**, 从而更易受描述性线索的影响。

此外, 我们在讨论中进一步结合了右侧颞顶联合区激活的神经证据, **指出描述性规范可能通过增强社会认知加工 (如他人意图推断与群体视角采纳) 促进亲环境行为**。这一补充从多层面支持了 MPT 模型揭示的规律, 以及在重复测量方差分析所得出的结果, 在对照条件下, 描述性规范对亲环境行为的影响有大于指令性规范的正向趋势。

再次衷心感谢您富有建设性的意见, 您的建议显著提升了论文讨论部分的理论深度与解释力。我们诚挚邀请您审阅最新的修改稿, 并期待您继续给予宝贵的指导意见。

**意见 13:** 作者在 4.4 节已经指出了很好的局限性。建议补充两点: 一是 fNIRS 技术本身的空间分辨率低于 fMRI, 这限制了对更精细脑区定位的推断; 二是在“更好物品博弈”中, 被

试面对的是匿名的虚拟同伴，这与现实世界中充满社会关系的人际互动有所不同。结论部分强调了研究的价值。为使其更具影响力，建议将实践启示具体化。例如，可以提出：“本研究启示环保宣传不仅要告诉公众‘应该做什么’（指令性规范），更要通过社区榜样、媒体故事等方式，将环保行为与‘我们是谁’（道德认同）联系起来，或许能更有效地将环保意识转化为实际行动。”

**回应:**感谢您提出的深刻且具有指导性的意见。您的建议促使我们进一步**完善了关于研究技术局限与现实启示的阐述，显著地提升了论文的严谨性与应用价值**。我们据此在文稿中进行了有针对性的补充与修改，如下所示：

### **(1) 关于研究局限性的补充**

我们完全认同您提出的两点局限性，并已在 4.4 节“研究局限与展望”中增补相关说明。具体而言，我们指出：本研究采用“更好物品博弈”任务，被试面对匿名的虚拟参与者，**这与现实中具有社会关系的人际互动仍存在差异**；此外，fNIRS 技术相较于功能性磁共振成像 (functional magnetic resonance imaging, fMRI) 在空间分辨率上存在不足，**这限制了对更精细脑区功能定位的推断**。未来研究可在提高实验任务的社会生态效度的同时，**结合 fMRI 以获得更高的脑区定位精度**。这两点均为未来研究的重要改进方向。请您审阅如下的修改：

#### **最新的修改稿:**

“首先，实验采用的虚拟参与者设定较为简化，未考察年龄、性别等社会人口学特征，且采用匿名互动，可能限制结论在真实社会情境中的推广。未来研究可在任务中引入这些变量以增强实验情境的真实性。

.....

最后，fNIRS 技术虽具有良好的生态效度和运动容忍度，为本研究提供了可靠的神经活动数据，但其空间分辨率相对低于 fMRI，制约了对精细脑区功能的推断，未来研究可采用多模态脑成像技术以更全面揭示神经机制。”

### **(2) 关于实践启示的具体化**

您指出结论部分的实践启示尚可进一步具体化，**这一建议对提升研究的现实价值和传播影响力具有重要指导意义**。根据您的建议，我们对结论部分进行了修改与扩展，新增了更具可操作性的实践启示内容。请您审阅如下的修改内容：

#### **最新的修改稿:**

“本研究在实践层面提出对规范信息的针对性运用建议：**指令性规范则可结合道德认同启动，增强责任意识，促进环保行为的内化与持续表现**。环保宣传应将环保行为与公众的道德自我概念深度融合，**以更有效地促成绿色行为的自觉性和持续性**。同时，描述性规范可通过榜样示范和群体共建强化社会认同，从而促使个体在从众氛围中形成环保共识。”

再次衷心感谢您提出的富有洞见的建议。这些意见显著地提升了论文的理论深度与实践价值。我们诚挚期待您对修改稿的进一步审阅与宝贵指导。

**意见 14:** 手稿在格式上基本遵循了学术规范，但参照 APA 第 7 版的要求，仍有一些细节需要调整：文章标题的大小写：APA7 要求文章标题使用句子式大小写（Sentence case），即只有首字母和冒号后第一个单词的首字母大写。**\*\*DOI 链接\*\***：建议为所有有 DOI 号的文献提供标准的 DOI 链接格式（`https://doi.org/...`），这有助于读者快速定位文献。统计符号（如  $F$ ,  $p$ ,  $t$ ,  $\eta^2$ ）应使用斜体。稿件中部分是正确的（如 ` $F(1, 53) = 0.33$ `），但有些地方并未斜体（如 ` $p=0.01$ `）。请全文检查并统一为斜体。

**回应:** 非常感谢您对本稿格式规范提出的细致且专业的指导意见。**您指出的有关 APA 第 7 版格式细节（包括标题大小写、DOI 格式及统计符号斜体化）的问题**，这对提升论文规范性与可读性具有重要意义。我们已据此对稿件进行了全面修订，具体说明如下：

首先，我们已将英文文献标题统一调整为句子式大小写 (sentence case)，以符合 APA 第 7 版的格式规范。

其次，关于 DOI 格式，我们充分理解 APA 第 7 版推荐使用标准链接形式 (即 [https://doi.org/...](https://doi.org/)) 的规范意义。由于《心理学报》投稿指南中未对 DOI 链接的提供作强制要求，我们在修订稿中遵循了该刊现行的参考文献格式规范。但我们非常感谢您在此问题上的提醒，这将有助我们在后续投稿中更灵活、准确地适配于不同期刊的格式要求。

最后，我们已对全文的统计符号进行了逐项核查，确保其以斜体正确呈现，统一了符号格式与排版风格。

再次衷心感谢您严谨细致的审阅与宝贵建议。您的反馈不仅帮助我们显著地提升了稿件的规范性与专业水准，也为后续学术写作提供了重要的参考。期待您再次审阅修订稿，并给予进一步的指导与建议。

**意见 15:** 正文中有些地方缺少相应文献，比如徐杰 等，2017。

**回应:** 非常感谢您拨冗审阅本研究并提出的宝贵意见。您指出的正文中文献引用缺失的问题十分重要。**我们已根据您的建议对全文的引用部分进行了逐一核查与补充修改，并对此前的疏漏深表歉意。**

在修订过程中，我们不仅补充了遗漏的文献引用，而且对全文的参考文献进行了全面检查，确保所有正文引用均在参考文献列表中有据可查，且参考文献表中不含未引用文献，从而进一步提升了论文的规范性与学术严谨性。请您审阅补充的参考文献：

“徐杰, 孙向超, 董悦, 汪祚军, 李伟强, 袁博. (2017). 人情与公正的抉择：社会距离对第三方干预的影响. *心理科学*, 40(5), 1175–1181.”

再次衷心感谢您细致而中肯的审阅意见。您的宝贵建议对我们完善研究细节、提升论文的逻辑性与学术质量起到了重要的指导作用。我们诚挚期待您审阅最新的修订稿，并继续给予指导与建议。

#### 意见回复和修改手稿中所使用 and 新增的参考文献目录

- Aquino, K., & Kay, A. (2018). A social cognitive model of moral identity. In K. Gray & J. Graham (Eds.), *Atlas of moral psychology* (pp. 133–140). Guilford Press.
- Brevers, D., Baeken, C., Maurage, P., Sescousse, G., Vögele, C., & Billieux, J. (2021). Brain mechanisms underlying prospective thinking of sustainable behaviours. *Nature Sustainability*, 4(5), 433–439.
- Brosch, T., Stussi, Y., Desrichard, O., & Sander, D. (2018). Not my future? Core values and the neural representation of future events. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, 18(3), 476–484.
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd ed.). L. Erlbaum Associates.
- Corbi, Z. L. H., Taşkıran, D., & Soutschek, A. (2025). Pro-environmental and prosocial decisions share neural correlates. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 37(11), 2178–2189.
- Doell, K. C., Berman, M. G., Bratman, G. N., Knutson, B., Kühn, S., Lamm, C., ... & Brosch, T. (2023). Leveraging neuroscience for climate change research. *Nature Climate Change*, 13(12), 1288–1297.
- Engler, D., Gutsche, G., Simixhiu, A., & Ziegler, A. (2025). Social norms and individual climate protection activities: A survey experiment for Germany. *Energy Economics*, 142, 108103.
- Hao, S., Xin, Q., & Xiaoqin, W. (2023). Anodal tDCS over TPJ reduces bidding in Tullock contest: Implications for social decision-making. *Neuroscience Letters*, 812, 137361.
- Jiang, Y., Jiang, C., Hu, T., Sun, H. (2022). Effects of emotion on intertemporal decision-making: Explanation from the single dimension priority model. *Acta Psychologica Sinica*, 54(2), 122–140.
- [蒋元萍, 江程铭, 胡天翊, 孙红月. (2022). 情绪对跨期决策的影响: 来自单维占优模型的解释. *心理学报*, 54(02), 122–140.]
- Krettenauer, T. (2022). When moral identity undermines moral behavior: An integrative framework. *Social and Personality Psychology Compass*, 16(3), e12655.
- Nielsen, Y. A., & Pfattheicher, S. (2024). Separating individual and group-level cooperation in the Public Goods Game. *PNAS nexus*, 3(5), pgae200.
- Reed, A., Aquino, K., & Levy, E. (2007). Moral identity and judgments of charitable behaviors. *Journal of Marketing*, 71(1), 178–193.
- Rolls, E. T., Cheng, W., & Feng, J. (2020). The orbitofrontal cortex: Reward, emotion and depression. *Brain communications*, 2(2), fcaa196.

- Rosales, E. G., Baumgartner, T., & Knoch, D. (2022). Interindividual differences in intergenerational sustainable behavior are associated with cortical thickness of the dorsomedial and dorsolateral prefrontal cortex. *NeuroImage*, 264, 119664.
- Panico, F., Ferrara, A., Sagliano, L., & Trojano, L. (2024). The involvement of rTPJ in intention attribution during social decision making: A TMS study. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, 24(4), 755–765.
- Salciuviene, L., Dovalienė, A., Gravelines, Ž., Vilkas, M., Oates, C., & Banytė, J. (2024). Examining moral identity and engagement with sustainable consumption at home and in the workplace. *EuroMed Journal of Business*. Advance online publication.
- Sommet, N., Weissman, D. L., Cheutin, N., & Elliot, A. J. (2023). How many participants do I need to test an interaction? Conducting an appropriate power analysis and achieving sufficient power to detect an interaction. *Advances in Methods and Practices in Psychological Science*, 6(3), 25152459231178728.
- Wang, S., & van den Berg, B. (2021). Neuroscience and climate change: How brain recordings can help us understand human responses to climate change. *Current Opinion in Psychology*, 42, 126–132.
- Wu, B., & Yang, Z. (2018). The impact of moral identity on consumers' green consumption tendency: The role of perceived responsibility for environmental damage. *Journal of Environmental Psychology*, 59, 74–84.
- Xu, J., Sun, X., D, Y., Wang, Z., Li, W., Yuan, B. (2017). Compensation or punishment? —The effect of social distance on third-party intervention. *Journal of Psychological Science*, 40(5), 1175–1181.
- [徐杰, 孙向超, 董悦, 汪祚军, 李伟强, 袁博. (2017). 人情与公正的抉择: 社会距离对第三方干预的影响. *心理科学*, 40(5), 1175–1181.]
- Zhang, M., Liu, T., Pelowski, M., Jia, H., & Yu, D. (2017). Social risky decision-making reveals gender differences in the TPJ: A hyperscanning study using functional near-infrared spectroscopy. *Brain and Cognition*, 119, 54–63.
- 

## 第二轮

### 审稿人 1 意见:

作者对审稿人的意见进行深入的思考, 并给予了充分的回复, 修改后的稿件较前稿有了很大的提升。但还有些问题请作者思考后, 进行补充分析或修改。

**回应:** 十分感谢审稿专家对我们研究工作的肯定, 并提出进一步完善稿件的建设性意见。针对本轮审稿中提出的相关问题, 我们进行了认真梳理与反思, 并在修订稿中据此开展了补充分析和针对性修改。具体而言, **我们重点修订和完善了标题表述的准确性、摘要**

及问题提出交互作用的阐释，引言与全文语言表达的清晰性与规范性 (包括英文拼写与术语用词)，并进一步细化了实验材料与程序说明，补充和规范了数据分析与结果呈现，以增强论文的逻辑一致性、内容完整性与科学严谨性。

再次衷心感谢审稿专家的指导与付出。我们希望本次修改能够有效回应相关关切，并诚挚地期待专家的进一步审阅与宝贵建议。

意见 1: 标题中是用神经证据还是更为具体的 fNIRS 证据?

回应: 感谢审稿专家就标题表述严谨性提出的宝贵意见。我们认同，**标题中证据类型的表述应当与研究所采用的具体研究方法保持一致，以避免概念外延过宽而引发理解偏差。**鉴于本研究的神经数据均来源于功能性近红外光谱成像技术，**相关结论亦基于血氧动力学指标对皮层激活的推断**，而非基于多模态神经测量结果。因此在修订稿中，我们已将标题中的“神经证据”明确修订为“**fNIRS 证据**”。

我们认为，**该修改有助于更加准确、规范地反映研究结论的证据来源和方法边界**，从而提升标题与研究设计之间的一致性，也更符合期刊对标题表述准确性与可验证性的要求。请您审阅最新修订稿，并继续给予宝贵指导。

最新的修订稿如下:

**“社会规范类型对亲环境行为的影响：道德认同的调节作用及其 fNIRS 证据”**

意见 2: 摘要中结果部分的描述「行为结果显示，指令性规范对亲环境行为的促进作用主要在道德认同被启动时显现；而在对照条件下，描述性规范对亲环境行为呈正向趋势。」依然比较难以理解。「主要在道德认同被启动时显现」仍然是不精确的描述。此外，什么是对照条件下，跟哪个条件对照？前半句是写指令性规范的作用，后半句又是在写描述性规范的作用，不清楚到底是在比较什么？

回应: 十分感谢审稿专家对摘要结果表述清晰性所提出的关键意见。我们认同原摘要中“主要在道德认同被启动时显现”的表述不够精确，且“对照条件下”的条件指代与比较对象交代不清，确实可能导致对实验设计与结果理解上的歧义。本研究采用社会规范类型（指令性规范组 vs. 描述性规范组）与道德认同启动（启动条件 vs. 未启动条件）的 2×2 实验设计，研究重点在于比较**在不同道德认同条件下，两类社会规范对亲环境行为的相对作用差异**。原摘要中未明确区分这一比较维度，是导致表述模糊的主要原因。

根据审稿专家的建议，我们在修订稿中对摘要的结果部分进行了重写：一方面，**明确将“对照条件”界定为“道德认同未启动条件”**；另一方面，**在不同道德认同条件下，清晰交代社会规范类型之间的比较关系**。修订后的摘要明确指出本研究的核心观点：**在道德认同启动条件下，指令性规范组相较于描述性规范组对亲环境行为的促进作用更为显著；**

而在道德认同未启动条件下，描述性规范组相较于指令性规范组表现出更为稳定的正向趋势。

我们希望上述修改能够有效消除原摘要中条件指代与比较对象不清的问题，并使结果表述与研究假设和实验设计保持一致。恳请审稿专家审阅最新的修订稿，并继续给予宝贵指导。

最新的修订稿如下：

“摘要

……行为选择结果与计算模型分析表明，在道德认同启动条件下，指令性规范相较于描述性规范显著增强个体亲环境行为及亲环境倾向；而在未启动条件下，描述性规范相较于指令性规范，尽管行为选择比例未达到显著，但其表现出相对更高的亲环境倾向。……”

意见 3：修订稿的引言第一段增加了很多内容，目前内容有些过长，可以分为两段写。

回应：感谢审稿专家的中肯建议。我们认同原稿中引言第一段信息承载较多，影响了论述的层次性与可读性。根据您的建议，修订稿已对引言部分进行了结构性调整，将原有内容按论述逻辑拆分为两段。其中，第一段主要聚焦政策背景、亲环境行为的社会困境属性及社会规范研究的总体脉络；第二段则进一步引入道德认同的理论框架，明确规范与认同可能产生交互作用的理论推断，并据此提出认知神经科学视角下的研究问题。

通过上述调整，引言部分的逻辑递进关系与整体可读性得到了增强。相关修改已体现在修订稿中，恳请您审阅最新的修订稿，并进一步提出宝贵意见。

最新的修订稿如下：

“1 引言

随着国家“双碳”战略的深入推进，我国已构建起系统完备的“1+N”政策体系，并将“绿色低碳全民行动”列为“碳达峰十大行动”之一，着力推动全社会形成绿色低碳生产生活方式。在此背景下，从行为科学视角探讨如何有效引导公众践行亲环境行为，对于支撑国家战略目标具有重要的理论价值与实践意义。亲环境行为通常要求个体在自利动机与生态责任之间进行权衡，从而构成典型的社会困境 (Klein et al., 2022; Ren et al., 2025; Steg & Vlek, 2009)。既有研究表明，社会规范是引导亲环境行为的重要社会情境因素 (Lemmel et al., 2025; Vesely et al., 2020; Wang et al., 2024)。社会规范通常被分为指令性规范与描述性规范，分别强调行为的社会应然性与社会事实性，但其在心理加工与行为引导路径上存在差异，因而行为效力并不一致 (Helferich et al., 2023)。鉴于社会规范的作用依赖于个体对规范信息的理解、认同与内化，不同类型社会规范是否以及如何受到个体心理层面内在特质的调节，仍有待进一步探讨。

道德认同是自我概念中与道德特质相关的核心图式 (Aquino & Reed II, 2002)，并非静态不变，而会受到情境线索的激活 (Gotowiec & van Mastrigt, 2019)。既有研究发现，道德认同

能够促进个体内化道德价值，从而表现出更强的利他与亲社会倾向 (Hertz & Krettenauer, 2016; Wu & Yang, 2018)。在社会认知视角下，道德认同是一种重要的自我调节机制 (Aquino & Kay, 2018; Hardy & Carlo, 2011)。当个体具有较高道德认同时，其自我概念更契合“应然”诉求，因而可能对指令性规范信息更为敏感。由此推测，道德认同可能对社会规范具有调节作用，并在指令性规范情境下更为显著。然而，现有研究多聚焦于社会规范或道德认同的独立作用，较少系统考察二者的交互效应，尤其缺乏其潜在神经机制的探讨。认知神经科学研究表明，前额叶皮层 (prefrontal cortex, PFC)等脑区在规范加工、自我控制与道德判断中发挥关键作用 (Niu et al., 2023; Orui et al., 2025)，为揭示社会规范与道德认同的交互机制提供了新的研究视角。基于此，本研究结合认知神经科学方法，系统探讨道德认同在不同社会规范类型影响亲环境行为中的调节作用及其神经机制。”

意见4：引言中「指令性规范则表明“群体赞成何种行为”，依赖道德责任与社会压力，在凸显群体责任或环境风险时尤为显著；」则字去掉。

回应：十分感谢审稿专家的细致指正。我们已根据您的建议，在修订稿中删除引言相应位置的“则”字，并对句式进行了相应调整，以提升行文的流畅性与表达的准确性。请您审阅最新的修订稿，并期待您继续提出宝贵意见。

最新的修订稿如下：

“指令性规范强调“群体认为应当采取何种行为”，主要通过道德责任和社会压力引导个体行为；而描述性规范传递“大多数人实际如何行动”的信息，通过行为参照促进从众倾向 (Doran & Larsen, 2016; McClaran et al., 2020)。”

意见5：引言中关于 fNIRS 技术的核心引用（张丹丹等, 2023）是关于婴儿情绪的研究，与本研究主题关联度不高。建议补充更直接相关的 fNIRS 社会决策研究。

回应：非常感谢审稿专家对引言中 fNIRS 技术核心引用所提出的建设性意见。我们认同原引言中将张丹丹等 (2023)作为 fNIRS 代表性文献，其研究重点主要聚焦于婴儿情绪加工，与本研究关注的社会决策与社会规范加工情境在理论关联上不够直接。

根据审稿意见，修订稿中我们对引言中 fNIRS 相关文献进行了系统性调整与补充，删除了与本研究主题关联度较低的引用，并引入了多项更直接聚焦社会互动、合作决策及规范相关加工的 fNIRS 综述文献与实证研究。其中包括：(1) fNIRS 在社会认知研究与社会决策研究中的应用综述 (李玉华等, 2018; 叶佩霞等, 2017)；(2) 采用 fNIRS 考察社会互动与说服情境中的决策相关神经活动 (Balconi et al., 2025)；(3) 利用决策博弈范式探讨不公平提议加工的神经机制 (Wang et al., 2024)。

通过上述修改，引言中 fNIRS 方法的文献支撑与本研究所关注的研究问题之间的契合度得到了显著提升。相关修改已体现在修订稿引言部分，敬请审稿专家审阅，并期待继续给予指导。

#### 最新的修订稿如下：

“功能性近红外光谱成像技术 (functional near-infrared spectroscopy, fNIRS) 因其较高的生态效度，为研究真实决策情境中的规范加工与道德自我调节的神经基础提供了理想工具 (Balconi et al., 2025; Wang et al., 2024; 李玉华 等, 2018; 叶佩霞 等, 2017)。”

#### 修订稿中新增的参考文献

- Balconi, M., Allegratta, R. A., Acconito, C., Saquella, F., & Angioletti, L. (2025). The functional signature of decision making across dyads during a persuasive scenario: Hemodynamic fNIRS coherence measure. *Sensors*, 25(6), 1880.
- Wang, G., Tang, J., Yin, Z., Yu, S., Shi, X., Hao, X., ... & Li, S. (2024). The neurocomputational signature of decision-making for unfair offers in females under acute psychological stress. *Neurobiology of Stress*, 30, 100622.
- 李玉华, 陈睿, 何清华. (2018). 功能性近红外光谱技术在社会互动脑机制研究中的应用. *心理科学*, 41(02), 305-311.
- 叶佩霞, 朱睿达, 唐红红, 买晓琴, 刘超. (2017). 近红外光学成像在社会认知神经科学中的应用. *心理科学进展*, 25(05), 731-741.

意见 6：脑区术语与拼写不统一：引言假设段出现 mFPC，其他地方写的是 mPFC，建议统一为 mPFC；同时检查 dorsolatera 等拼写。

回应：感谢审稿专家对稿件细节问题的认真审阅与指正。我们对文中脑区术语与拼写不统一的问题表示歉意。根据审稿意见，已在修订稿中对全文相关表述进行了统一与更正：**将引言部分及其他位置出现的 mFPC 统一修订为规范写法 mPFC，并将 dorsolatera 等拼写错误更正为 dorsolateral。**同时，我们对全文涉及的脑区名称与其英文拼写进行了系统核查，以确保术语使用的准确性、一致性及符合国际通行规范。请您审阅最新的修订稿，并继续提出宝贵指导意见。

意见 7：当前 H1 表述为：“在道德认同启动条件下，指令性规范组的亲环境行为意愿将显著增强；而在对照条件下，描述性规范对亲环境行为的促进效应相对稳定。”这实际上是两个独立的简单效应预测，而非对“交互作用”的直接假设。标准的调节假设应明确预测交互作用的方向。

回应：十分感谢审稿专家对假设表述所提出的专业且关键的意见。我们认同原 H1 的表述在形式上主要描述了不同条件下的简单效应，而**未能在统计意义上直接、明确地指向社会规范类型与道德认同之间的交互作用方向**，因而不完全符合标准调节假设的表述规范。

根据审稿专家的建议，我们在修订稿中对 H1 进行了重新表述，**将其明确界定为一个调节（交互）假设，直接预测道德认同在社会规范类型与亲环境行为之间所起的调节作用，并进一步明确了交互作用的方向性。**具体而言，我们提出研究假设：在道德认同启动条件下，相较于描述性规范，指令性规范对亲环境行为的促进作用更为显著；而在道德认同未启动条件下，相较于指令性规范，描述性规范对亲环境行为表现出相对更强的正向影响。

通过上述修改，**H1 在理论表述与统计检验均明确对应于一个方向清晰的交互作用假设。**请您审阅最新的修订稿，并进一步提出指导意见。

**最新的修订稿如下：**

**“1.4 问题提出与研究假设**

……提出假设，**H1：道德认同将调节社会规范类型对亲环境行为的影响。具体而言，在道德认同启动条件下，指令性规范相较于描述性规范将更显著地促进亲环境行为；而在道德认同未启动条件下，相比于指令性规范，描述性规范对亲环境行为的促进作用相对更强。……”**

意见 8：方法部分 6 名被试因“操作不当”被剔除，但未说明具体原因（如：未按键、理解检验失败、信号质量差？）

回应：十分感谢审稿专家对方法部分细节的认真审阅和建设性意见。我们同意原稿中对被试剔除原因的说明不够具体，确实可能影响研究过程的透明性与可复现性。根据审稿建议，**修订稿已在方法部分明确补充了被试剔除的具体原因，详细说明了被试因未完成关键行为及因 fNIRS 信号质量不达标而被排除的情况。**相关修改内容已在方法部分中进行标注。

再次感谢审稿专家对研究方法细节的审阅与宝贵建议。请您审阅最新的修订稿，并继续提出宝贵的指导意见。

**最新的修订稿如下：**

**“2.1 数据收集**

……**在数据预处理阶段，共有 6 名被试因未满足预先设定的剔除标准而被排除。其中，2 名被试因在更好物品博弈任务中多次未作出有效按键反应，未能完成关键行为测量而被剔除；另有 4 名被试因 fNIRS 信号质量不达标而被剔除，主要由于在实验过程中头部位移产生的运动伪迹……”**

意见 9：刺激材料潜在混淆：规范材料中指令性与描述性条件使用不同环保组织（如 WWF vs. IUCN），而 GGG 环保账户又捐给“自然之友”。即使作者做了等值预试，仍建议解释为何不使用同一组织以减少混淆。

**回应：**非常感谢审稿专家对实验刺激材料潜在混淆问题的敏锐指出。我们理解并认同，不同环保组织的使用却缺乏清晰说明，可能被视为引入额外变异，从而影响对社会规范操纵效应的解释。

首先，关于指令性规范与描述性规范组中采用不同环保组织作为信息载体的问题，这是在实验设计阶段基于被试间设计特点所做的审慎权衡，而非疏忽。由于社会规范类型为被试间变量，每名被试仅接触一种规范信息，若在不同条件中统一使用同一环保组织，个体对该组织的既有态度、熟悉度或情感联结可能在组间形成系统性偏差，从而干扰规范类型本身的操纵效应。基于这一考虑，我们选择在不同规范条件中采用不同但功能等效的环保组织作为信息来源，并在正式实验前通过预测试对其在“环保贡献”“社会影响力”等关键维度进行等值检验，结果显示所选组织之间的评价差异均不显著（见附录 1）。因此，在控制潜在态度偏差的前提下，这些组织被视为等效的社会规范信息载体。

其次，关于更好物品博弈任务中采用第三个环保组织“自然之友”作为捐赠对象，其核心目的在于避免规范操纵材料中的具体信息来源与后续行为测量对象形成直接对应关系，从而降低被试将行为选择简单归因于特定组织的可能性。这一设计有助于确保行为测量的独立性，并检验社会规范与道德认同对亲环境决策的迁移性影响，而非对单一组织的态度反应。

根据审稿专家的建议，我们已在修订稿方法部分补充说明上述设计逻辑，以增强研究设计的透明性与可解释性。再次感谢审稿专家的建设性意见。也请审稿专家审阅最新的修订稿，并继续提出宝贵的指导意见。

**最新的修订稿如下：**

**“2.2.1 社会规范类型操纵材料**

为操纵社会规范类型，本研究采用情境文本阅读的方式呈现规范信息，并以环保组织作为社会规范的信息载体 (Ren et al., 2024, 2025)。考虑到单一组织可能引发被试的既有态度或偏好，正式实验前对相关材料进行了预测试，邀请未参与正式实验的大学生从“环保贡献”“社会影响力”等维度对多个国际环保组织进行评分。结果显示，世界自然基金会 (World Wide Fund for Nature, WWF) 与国际自然保护联盟 (International Union for Conservation of Nature, IUCN) 在上述维度的评分均较高，且差异不显著（见附录 1），因此被选定为两类社会规范操纵中功能等效的信息载体。正式实验中，指令性规范和描述性规范实验材料在字数、信息结构与整体语气上保持一致（见图 1）。

.....

**2.2.3 更好物品博弈任务**

.....

为避免社会规范操纵材料中信息来源对行为测量产生直接迁移效应，环保账户的受益方采用未出现在规范材料中的第三方环保组织“自然之友”，确保行为测量的独立性与生态效度。……”

意见 10：程序表述还有些让人困惑：方法中同时写“block 先呈现规范背景信息”与“每 trial 呈现社会规范启动语 5s”，建议明确社会规范到底是 block-level 还是 trial-level 操纵。

回应：十分感谢审稿专家对实验程序表述所提出的关键意见。我们认同原稿中对社会规范呈现方式的描述存在歧义，确实可能让读者误以为社会规范同时作为 block-level 与 trial-level 进行操纵。因此，我们已在修订稿中对相关表述进行了系统澄清与统一，具体说明如下：

**(1) 社会规范类型为 block-level 操纵。**在实验设计中，社会规范类型作为被试间变量，每位被试仅接受一种社会规范类型，每个实验区块开始时呈现相应的规范背景信息，以建立稳定的社会规范情境，同一 block 内的所有试次均保持相同的规范类型。

**(2) trial 呈现的规范启动语仅起强化作用。**每个 trial 呈现的规范语句仅用于强化该 block 所对应的规范情境，不涉及规范类型的变化，亦不构成独立的 trial-level 操纵。

**(3) 分析层面与设计保持一致。**在后续统计分析 with 模型分析中，社会规范仅作为 block-level 的被试间因素纳入分析，未将 trial 内的规范呈现作为自变量处理。

相应地，我们已在方法部分对实验程序的相关表述进行了统一修改，避免 block-level 与 trial-level 表述混用。另外，我们重新制作了实验流程图，以期能够更加清晰地表达本研究的实验程序。请审稿专家审阅最新的修订稿，并继续给予宝贵指导。

#### 最新的修订稿如下：

#### “2.3 实验程序

本研究通过高校被试招募平台 (校内被试群) 以便利抽样方式招募在校大学生参与实验，实验由 E-prime2.0 软件实现。社会规范类型为被试间变量，并在组块水平 (block-level) 进行操纵。不同社会规范条件下的被试人数相同。每个实验组块开始时呈现相应的社会规范信息，以建立规范情境；在该组块内所有试次的规范类型保持一致，从而强化条件效应并减少随机干扰。道德认同启动为被试内变量，每位被试均需完成两个区块，分别对应道德认同启动条件和未启动条件。为控制顺序效应，约一半被试先完成启动条件区块，随后完成未启动条件区块；另一半顺序相反。

正式实验开始前，不同社会规范条件下的被试首先阅读指导语和社会规范信息背景，并完成操纵性检验题。随后，被试依次完成两个道德认同区块，每个区块包含 30 个试次。单个试次的流程如下：首先呈现注视点“+” 1s；随后呈现规范启动语 5s，以强化该 block 内的规范信息，之后为空屏 5s。接着进入道德认同任务阶段，被试需在 10s 内将乱序词整理为语法正确句子，并在随后 5s 内进行语法判断 (“1” 键 = 是， “2” 键 = 否，所有被试

均能正确完成该判断)。随后为空屏 10s, 并呈现赋值金额提示 5s (范围为 10~50 元, 按 5 元递增)。空屏 5s 后进入更好物品博弈决策阶段, 被试需在 10s 内选择将金额投入个人账户 (F 键), 公共账户 (J 键)或环保账户 (K 键) (徐杰 等, 2017)。该试次结束后空屏 10s, 随后进入下一个试次。在完成该区块的所有试次后, 被试需回答一道操纵性检验题, 以评估造句任务对道德自我概念的激活效果。休息约 5 分钟后进入第二个区块, 整个实验过程约 50 分钟 (见图 2)。”

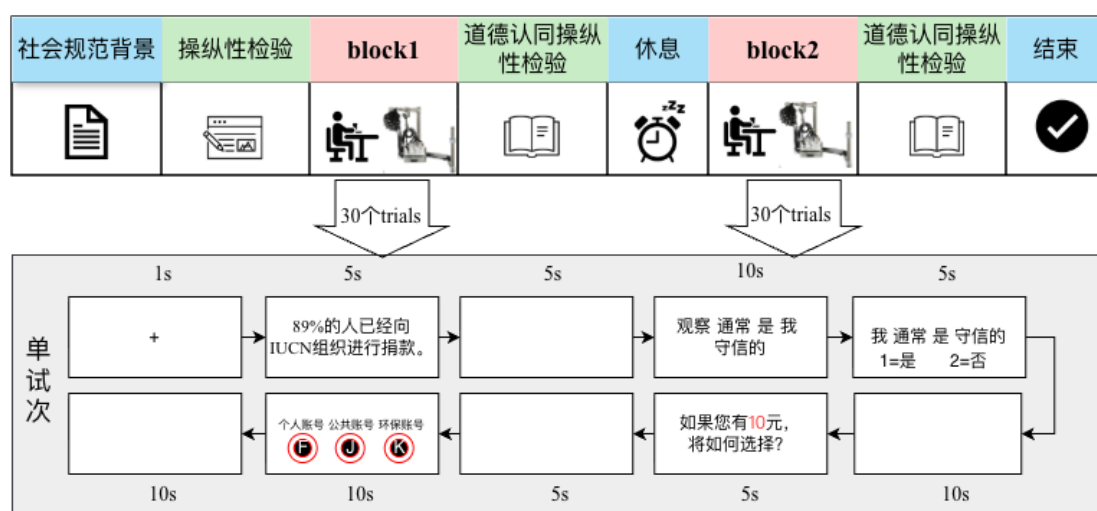


图 2 实验流程图 (图中展示了实验的整体程序结构及单试次时间流程, 所示单试次为描述性规范条件下道德认同启动区块的代表性示例。)

意见 11: 结果部分存在可疑错误: 简单效应分析中, 在道德认同启动条件下, 指令性规范组选择环保账户的比例 ( $M \pm SD = 0.60 \pm 0.03$ ) 边缘显著高于描述性规范组 ( $M \pm SD = 0.52 \pm 0.03$ ),  $F(1, 53) = 5.48$ ,  $p = 0.07$ ; 这里的这里  $p$  值与前文矛盾 (“社会规范与道德认同的交互作用显著,  $F(1, 53) = 5.48$ ,  $p = 0.02$ ,  $\eta_p^2 = 0.10$ ”), 同样的自由度和  $F$  值, 但  $p$  值不同, 这在统计上是太不可能的。按照 APA 的要求, 除  $p < 0.001$  外,  $p$  值建议保留 3 位小数点。

回应: 感谢审稿专家对结果部分进行的细致审阅以及对统计报告一致性的专业指正。我们重新核查了原始分析与输出结果, 确认原稿中确实存在一处誊写错误: 在简单效应分析部分, 误将交互作用的  $F$  值 “ $F(1, 53) = 5.48$ ” 重复用于简单效应报告, 导致在相同自由度和  $F$  值条件下出现不一致的  $p$  值。在修订稿中, 我们已对该错误进行了全面更正。正确的 “简单效应分析的  $F$  值,  $F(1, 53) = 3.29$ ”, 与交互作用  $F$  值不同, 因此两者对应的  $p$  值存在差异。

同时, 我们已严格按照 APA 规范, 对全文统计结果进行了统一核查与修订, 除  $p < 0.001$  外, 所有  $p$  值均保留三位小数。上述修改已体现在结果部分相应段落中。再次感谢审

稿专家的严谨指正，该修正进一步提升了论文结果报告的准确性与透明度。请您审阅最新的修订稿，并继续给予指导意见。

**最新的修订稿如下：**

“3.2.1 环保账户选择比例的结果

对环保账户选择比例进行重复测量方差分析。结果表明，社会规范类型的主效应不显著， $F(1, 53) = 0.33$ ,  $p = 0.569$ 。道德认同启动的主效应显著， $F(1, 53) = 36.18$ ,  $p < 0.001$ ,  $\eta_p^2 = 0.44$ 。其中道德认同启动条件选择环保账户的比例 ( $M \pm SD = 0.56 \pm 0.02$ ) 显著高于未启动条件 ( $M \pm SD = 0.40 \pm 0.02$ )。此外，社会规范类型与道德认同启动的交互作用显著， $F(1, 53) = 5.48$ ,  $p = 0.024$ ,  $\eta_p^2 = 0.10$ 。进一步的简单效应分析显示，在道德认同启动条件下，指令性规范组选择环保账户的比例 ( $M \pm SD = 0.60 \pm 0.03$ ) 高于描述性规范组 ( $M \pm SD = 0.52 \pm 0.03$ )，该差异达到边缘显著， $F(1, 53) = 3.29$ ,  $p = 0.066$ ,  $\eta_p^2 = 0.07$ 。相较之下，在未启动条件下，指令性规范组 ( $M \pm SD = 0.47 \pm 0.03$ ) 与描述性规范组 ( $M \pm SD = 0.50 \pm 0.03$ ) 在环保账户选择比例上差异不显著， $F(1, 53) = 0.62$ ,  $p = 0.434$  (见图 5)。”

意见 12：图 4 中 y 轴的值（比例）超过 1，看上去比较奇怪。

回应：衷心感谢审稿专家对图形呈现细节的细致审阅。我们认同您的意见：作为比例变量，环保账户选择比例的取值范围应限制在 0–1 之间。原稿中图 4 (现修改为图 5) 的纵轴刻度上限超过 1，确实可能造成理解上的困惑。经核查，该问题系作图时坐标轴设置不规范所致，而非实际数据超出比例范围。根据审稿意见，我们已在修订稿中对图 5 进行规范化调整，将纵轴范围限定在 0–1 内，并相应修正刻度标注，以确保图形表达与变量性质一致、清晰直观。相关修改已体现在最新修订稿中。

再次感谢审稿专家对图形规范性的宝贵建议，并诚挚的邀请您审阅最新的修订稿，并进一步提出指导意见。

**最新的修订稿如下：**

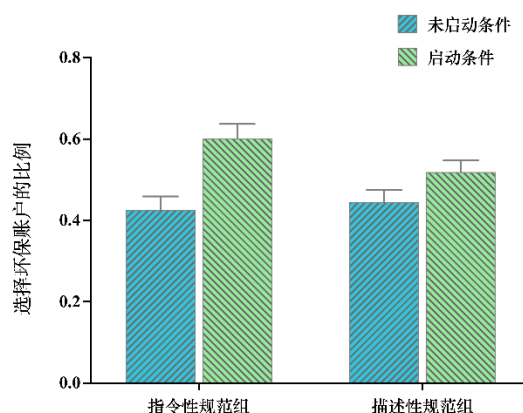


图 5 不同组别选择环保账户的比例结果

意见 13: MPT 模型结果部分, 未报告整体模型拟合度 ( $G^2$  统计量、 $p$  值、 $df$ ), 参数比较的  $\Delta G^2$  检验未报告效应量。

回应: 感谢审稿专家关于 MPT 模型结果报告规范性的专业指正。根据您的建议, 我们已在修订稿中对 MPT 模型结果进行了补充与规范化报告。具体如下:

(1) 关于整体模型拟合度的报告。本研究采用 multiTree 软件分析对更好物品博弈任务的分类选择数据进行建模。基线模型为饱和模型, 该模型可完全拟合观察频数, 基于本研究数据得到的整体拟合度指标为  $G^2 = 0, df = 0, p = 1$ 。该结果符合饱和模型的统计特性, 并作为后续参数约束模型比较的参照基础。

(2) 参数比较 ( $\Delta G^2$ ) 效应量的报告。在此基础上, 我们通过比较参数约束模型与基线模型, 采用  $\Delta G^2$  差异检验考察不同社会规范条件下亲环境倾向参数  $e$  的差异, 在修订稿中补充报告效应量  $\omega$  以量化差异大小。结果显示: 在道德认同启动条件下, 将指令性规范与描述性规范的亲环境倾向参数  $e$  设为相等显著降低模型拟合度,  $\Delta G^2(1) = 3.86, p = 0.039$ , 效应量为  $\omega = 0.04$ ; 在未启动条件下, 将指令性规范与描述性规范的亲环境倾向参数  $e$  设为相等同样显著降低模型拟合度,  $\Delta G^2(1) = 10.85, p < 0.001$ , 效应量为  $\omega = 0.06$ 。

相关整体拟合度指标、参数比较结果及效应量已完整呈现在修订稿的 MPT 模型结果部分。再次感谢审稿专家对模型结果报告规范性的宝贵建议。也请您审阅最新的修订稿, 并进一步提出宝贵的指导意见。

#### 最新的修订稿如下:

##### “3.2.2 MPT 模型结果

为分析被试在更好物品博弈任务中的决策机制, 本研究采用 MPT 模型对分类选择数据进行建模。基线模型设定为饱和模型 (saturated model), 该模型参数完全自由, 可完全拟合本研究的观察数据, 因此基于本研究数据计算得到  $G^2 = 0, df = 0, p = 1$ 。这一结果符合饱和模型的理论特性, 不影响后续约束模型比较与假设检验。

各实验条件下的行为选择比例及模型参数估计结果见表 1。结果显示, 在指令性规范结合道德认同启动条件下 (组 1), 亲环境行为的选择比例最高 (62%), 高于其他条件 (组 2: 49%; 组 3: 42%; 组 4: 47%)。各条件下的合作行为比例差异相对较小 (组间范围: 36%—44%), 自私行为比例整体偏低 (约 10%—15%)。参数  $s$  估计值均较低且稳定, 表明被试的行为决策并非主要由自利动机所驱动。

进一步通过比较参数约束模型与基线模型, 采用  $\Delta G^2$  差异检验道德认同启动在不同社会规范类型下对亲环境倾向参数  $e$  的影响。结果显示: 在道德认同启动条件下, 将指令性规范与描述性规范的参数  $e$  约束相等显著降低模型拟合度,  $\Delta G^2(1) = 3.86, p = 0.039, \omega = 0.04$ , 指令性规范组与描述性规范组在亲环境倾向参数  $e$  上存在显著差异, 且指令性规范组对应的  $e$  值更高; 在未启动条件下, 将两类规范的参数  $e$  约束相等同样显著降低拟合度,  $\Delta G^2(1) = 10.85, p < 0.001, \omega = 0.06$ , 两类规范在参数  $e$  上的差异同样显著, 且描述性规范

组对应的  $e$  值更高。综上，道德认同启动调节了不同社会规范类型对亲环境行为决策倾向的相对作用模式。”

意见 14: fNIRS 分析部分，即便只分析 4 个 ROI，也建议报告校正方案或说明为何无需校正。

回应：十分感谢审稿专家对 fNIRS 数据分析中多重比较问题所提出的专业且重要的建议。根据该意见，我们对原稿中统计处理流程的描述进行了补充与澄清。

在原始数据分析过程中，我们已在全通道层面充分考虑多重比较问题。具体而言，首先在通道层面采用一般线性模型 (GLM) 估计任务相关激活，并对所有通道的检验结果实施错误发现率 (false discovery rate, FDR) 校正，以控制多通道统计分析可能导致的第一类错误膨胀 (校正后  $p < 0.05$  视为显著, Noble, 2009)。原稿中未对该步骤作出明确说明，导致方法描述不够完整，我们对此表示抱歉，并已在修订稿中补充相关内容。

在此基础上，后续 ROI 的确定并非事后探索性选择，而是基于既往关于社会规范、道德认同与社会决策的明确理论假设，并结合经 FDR 校正后显著通道的空间分布特征，用于验证这些理论相关脑区在本研究数据中的空间一致性。鉴于 ROI 分析属于建立在多重比较校正基础之上的、假设驱动的二级分析，后续 ROI 层面的条件比较未再额外施加多重比较校正，该处理符合 fNIRS 及相关神经影像研究中的常规统计实践。

修订稿已在方法部分 (2.4.2) 中系统补充分析流程与统计处理说明，以提升方法报告的透明性与可重复性。再次感谢审稿专家提出的宝贵建议。请您审阅最新的修订稿，并进一步提出宝贵的意见。

#### 最新的修订稿如下：

#### “2.4.2 fNIRS 数据采集与分析

.....

为量化任务诱发的大脑皮层激活水平，本研究在通道层面建立一般线性模型 (general linear model, GLM)，以估计不同实验条件下与任务相关的  $\beta$  值，将其作为脑区激活强度的指标。决策阶段 (10s) 被建模为任务相关事件回归项，并与标准血流动力学响应函数 (HRF) 进行卷积，以生成预测变量。各通道信号随后通过标准空间配准方法映射至相应的 Brodmann 分区 (见附录 2)，为后续感兴趣脑区 (region of interest, ROI) 分析提供空间定位依据。为控制多通道统计检验带来的第一类错误膨胀，在通道间层面对所得  $p$  值进行错误发现率 (false discovery rate, FDR) 校正，校正后  $p < 0.05$  视为显著 (Noble, 2009)。在全通道 GLM 分析及 FDR 校正结果的基础上，结合既有理论与经验研究中关于社会规范与道德认同相关脑区的假设 (Helferich et al., 2023; Niu et al., 2023)，本研究最终选取四个与社会规范、道德认同及社会决策密切相关的核心脑区作为 ROI，包括眶额叶皮层 (OFC, 对应通道 8)、内侧前额叶皮层 (mPFC, 对应通道 10)、背外侧前额叶皮层 (dlPFC, 对应通道 24) 及右侧颞顶联

合区 (rTPJ, 对应通道 35)。随后提取各 ROI 内代表性通道的  $\beta$  值, 用于条件间的统计比较分析。所有统计分析均在 SPSS 29.0 (IBM, USA)中完成。”

.....  
审稿人 2 意见:

感谢作者对审稿意见的细致回复。经过一轮的修改, 文章的内容和质量有了很大的提升。在前一轮中所提出的问题, 作者们都逐一进行了回复, 而且对文中的内容进行了非常认真的修改和完善。以下建议供作者参考:

**回应:** 十分感谢审稿专家对修订稿所作出的积极评价以及对我们的前一轮修改工作的认可。我们非常重视审稿专家的意见, 并已认真研读本轮所提出的进一步建议。在修订过程中, 我们对稿件相关内容进行了全面检查与完善, 以进一步提升论文的整体质量与表达清晰度。

针对审稿专家提出的各项具体意见, 我们已在下文中逐条作出回应, 详细说明相应的修改情况, 并在修订稿用蓝色字体进行标注。再次感谢审稿专家对本研究的细致审阅与专业指导, 恳请继续给予宝贵意见。

**意见 1:** 引言部分“随着中国”碳达峰、碳中和“战略的深入推进, 如何有效引导公众践行亲环境行为, 已成为实现国家可持续发展目标的关键环节”。请作者参考政策和文件中碳达峰等描述的写法, 与相关文件保持一致。

**回应:** 感谢审稿专家对引言中政策表述规范性的重要指正。我们认同该意见, 原稿中关于“双碳”战略的表述较为口语化, 未严格遵循国家政策文件的规范用语。根据您的建议, 我们认真查阅了中共中央 国务院《关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见》(2021 年)及国务院新闻办公室发布的《碳达峰碳中和的中国行动》白皮书(2025 年)等权威文件, 对其核心表述进行了学习与对齐。

在修订稿中, 我们着重参考了“碳达峰碳中和”、“引导全社会形成绿色低碳生产生活方式”等官方表述, 对引言部分相关内容进行了规范化修订, 旨在使研究背景的阐述更具政策严谨性, 并进一步明确公众亲环境行为在实现“双碳”目标中的重要作用。相关修改已体现在引言部分。请您审阅最新的修订稿, 并继续提出宝贵的指导意见。

**最新的修订稿如下:**

**“1 引言**

随着国家“双碳”战略的深入推进, 我国已构建起系统完备的“1+N”政策体系, 并将“绿色低碳全民行动”列为“碳达峰十大行动”之一, 着力推动全社会形成绿色低碳生产生活方式。在此背景下, 从行为科学视角探讨如何有效引导公众践行亲环境行为, 对于支撑国家战略目标具有重要的理论价值与实践意义。”

意见 2: 引言第三段“认知神经。。。 ”的部分, 最后一句: “亲环境行为涉及未来导向思维、心理化和认知控制等神经过程。然而, 现有研究多聚焦在一般情境, 对于个体在社会困境中如何抑制自利并做出亲环境决策的神经机制, 仍缺乏系统性的阐述。”这里, “缺乏系统性的阐述”这不是本文章或研究要解决的问题, 建议修改。

回应: 感谢审稿专家对引言表述的中肯建议。我们认同原文中“缺乏系统性的阐述”这一表述超出本研究实际研究范围。根据审稿专家的意见, 修订稿中已对引言相关表述进行了调整: **删除了对“系统性阐述”的概括性表述, 并将焦点聚焦于本研究所关注的具体情境**, 即在社会困境框架下个体抑制自利并做出亲环境决策时所涉及的神经过程, 从而使研究问题的界定更加具体、聚焦, 也更符合本研究的研究范围与内容。

请您审阅最新的修订稿, 并继续提出宝贵的指导意见。

最新的修订稿如下:

### **“1.1 亲环境行为: 社会困境视角**

……**综上, 亲环境行为涉及未来思维、心理化加工与认知控制等多重神经过程。然而, 现有认知神经科学研究多集中于一般社会决策或道德判断, 较少在明确社会困境框架中, 探讨个体抑制自利并做出亲环境决策的神经机制。”**

意见 3: 引言“尽管传统“经济人”模型强调个体以利益最大化为决策原则 (Fehr & Fischbacher, 2003), 亲社会动机能显著影响个体的行为选择 (Constantino et al., 2022)。”这句话不符合中文表达习惯, 建议修改。

回应: 十分感谢审稿专家对原文用词表达的细致指正。我们认同原文这句话在句式结构上带有一定英文直译痕迹, 表述不够符合中文学术习惯。根据审稿专家的建议, 修订稿中已对该句的语序与逻辑结构进行了调整, **通过更符合中文表达的转折表述**, 使语义关系更加清晰, **同时保持原有含义不变**。相关修改已体现在修订稿的引言部分。

请您审阅最新的修订稿, 并继续给予宝贵的意见。

最新的修订稿如下:

### **“1.2 社会规范类型对亲环境行为的行为与神经机制**

尽管传统“经济人”模型通常强调个体决策以利益最大化为核心原则 (Fehr & Fischbacher, 2003), 大量研究表明, 个体的行为选择并非完全由自利动机所主导, 亲社会动机在决策过程中同样发挥着重要作用 (Constantino et al., 2022)。……”

意见 4: 引言“其中, dLPFC 抑制自利冲动、解决决策冲突, 其削弱会降低个体对规范的遵循 (Buckholtz & Marois, 2012; Niu et al., 2023)”这句话不完整, 建议修改为“其 XX 的削弱”。

回应: 十分感谢审稿专家对该处表述的细致指正。原文“其削弱”指代不够明确, 可能造成理解歧义。根据审稿专家的建议, 修订稿中已对该处进行了修改, **明确将其具体化**

为“dlPFC 调控功能的削弱”，以增强表达的完整性与指向性，并避免可能的歧义。相关内容已在引言中相应位置作出修改。请您审阅最新的修订稿，并进一步指出需要修改的内容。

最新的修订稿如下：

### “1.2 社会规范类型对亲环境行为的行为与神经机制

……其中，dlPFC 在抑制自利冲动和解决规范相关的决策冲突中发挥关键作用，dlPFC 调控功能的削弱会降低个体对规范的遵循程度 (Buckholtz & Marois, 2012; Niu et al., 2023); ……”

意见 5: 数据收集部分，“实际招募 60 名被试参加实验。6 名被试在实验过程中因操作不当被剔除”，这里作者是指被试操作不当还是主试操作不当？具体因为什么？是因为被试没理解操作流程还是其他什么原因？建议修改表述。而且，并不清楚研究招募被试的渠道是什么。在道德认同实验材料的预实验中，关于被试的信息也不足，请补充被试的基本特征，如年龄、性别、分组情况；关于结果的报告，需要补齐 t 值的信息，例如样本量和自由度，说明是何种 T 检验。

回应：十分感谢审稿专家对方法与结果部分提出的细致而具体的建议。根据审稿建议，我们对相关表述进行了系统性补充与澄清，具体如下：

(1) **被试剔除原因说明。**修订稿中已明确指出，“操作不当”均指被试层面的原因，并基于实验前设定及数据分析前执行的剔除标准进行了处理。我们在“2.1 数据收集”部分进行补充说明，如：“在数据预处理阶段，共有 6 名被试因未满足预先设定的剔除标准而被排除。其中，2 名被试因在更好物品博弈任务中多次未作出有效按键反应，未能完成关键行为测量而被剔除；另有 4 名被试因 fNIRS 信号质量不达标而被剔除，主要由于在实验过程中头部位移产生的运动伪迹。”

(2) **被试招募渠道说明。**针对原稿中被试招募来源不明确的问题，修订稿已在“2.3 实验程序”部分补充说明，以确保被试来源清晰可查。补充内容如下：“本研究通过高校被试招募平台(校内被试群)以便利抽样方式招募在校大学生参与实验。……”

(3) **道德认同实验材料预实验信息补充。**关于道德认同启动材料的预实验，修订稿已补充大学生的基本人口学特征，包括样本量、性别及年龄，并在结果部分完整报告统计分析方法及参数，包括检验类型、样本量、自由度及 t 值。具体补充在“2.2.2 道德认同操纵材料”中进行体现，如“……在正式实验前，招募 30 名未参与主实验的大学生(男性 14 名，女性 16 名，年龄  $M \pm SD = 19 \pm 2.18$  岁)完成预实验。被试在完成 2 类实验任务(包含 30 条混词造句任务)后，对每条语句在多大程度上引发道德自我概念进行评估，采用 7 点 Likert 量表(1 = 完全不同意，7 = 完全同意)。配对样本 t 检验显示，道德认同启动条件的评分显著

高于未启动条件 ( $M \pm SD_{启动条件} = 6.23 \pm 0.47$ ,  $M \pm SD_{未启动条件} = 3.84 \pm 0.75$ ),  $t(29) = 5.92$ ,  $p < 0.001$ , 表明实验材料具有良好的操纵效度与区分力。.....”

以上修改已在方法与结果部分 (2.1、2.2.2 与 2.3)相应位置中明确体现, 以保证被试信息、剔除标准、招募渠道及统计分析报告的完整性与透明性。再次感谢审稿专家提出的宝贵意见, 并恳请审阅最新修订稿以提供进一步指导。

意见 6: 在图标上, 作者标注了\*, 但是清不清楚这里的\*对应的  $p$  值的水平, 建议增加 note。另外, 建议作者在图中给出具体的值。其他图表中, 需要加 note 的地方, 也请作者一并修改。例如  $s$  和  $e$  值的含义。

回应: 感谢审稿专家关于图表呈现规范性的宝贵建议。我们认同图表应具备充分的自解释性, 因此在修订稿中做了以下修改:

(1) 统计显著性符号说明。在修订稿中, 我们已在所有相关图表中统一补充注释 (note), 明确标注统计显著性符号所对应的  $p$  值水平 (如,  $* p < 0.05$ ,  $** p < 0.01$ ,  $*** p < 0.001$ ), 以避免歧义。

(2) 图中数值呈现。各实验条件下的均值与标准差已在正文结果部分以  $M \pm SD$  的形式完整报告; 图表主要用于直观展示条件间差异与交互模式, 为保持清晰和可读性, 图 5 中仍以均值与误差线呈现。另外在图中进行标注, “误差线表示均值的标准误”, 但未在柱状图中直接标注具体数值, 以避免信息冗余并保持图形的整体可读性。

(3) 模型参数说明。在相关图表 (如图 3)中补充注释说明参数含义, 例如, “ $s$  表示自利决策路径个人账户选择的概率;  $e$  表示非自利路径中环保账户选择的概率 (模型定义见 2.4.1)”。上述说明有助于读者更准确理解模型参数的含义。上述修改已在相关图表中统一更新, 以提升图表自解释性和阅读便利性。

请您审阅最新的修订稿, 并进一步提出宝贵的指导意见。

意见 7:建议作者在引言部分增加小标题, 以便于后文讨论部分形成呼应。

回应:十分感谢审稿专家的建设性建议。我们认同在引言部分通过设置小标题有助于增强整体论述结构的清晰性, 并与后文讨论部分的逻辑展开提供明确的对应框架。根据审稿意见, 修订稿中已按照引言内容的理论脉络与逻辑层次增设小标题, 并使其与讨论部分的结构安排形成呼应。相关修改已体现在修订稿中, 请您审阅最新的修订稿, 并继续提出指导意见。

最新的修订稿如下:

“1.1 亲环境行为: 社会困境视角

1.2 社会规范类型对亲环境行为的行为与神经机制

1.3 道德认同: 驱动亲环境行为的自我调节机制

## 1.4 问题提出与研究假设”

意见 8: 操纵检查的结果部分, 建议作者进一步澄清“操纵检验”所依据的具体指标, 例如是根据“上述造句任务中在多大程度上反映了您是一位有道德的人”这一题, 还是 30 题的评分, 请进一步写清楚。如果操纵检验使用的是多条目平均所得的指数, 也建议在测量部分补充内部一致性 (Cronbach's  $\alpha$ ) 等信息, 以便读者更好地理解操纵是否充分有效。

**回应:** 十分感谢审稿专家对操纵检验报告规范性的专业建议。根据该意见, 我们在修订稿中进一步明确了操纵检验所依据的具体测量指标。

修订稿中已补充说明, 本研究的操纵检验**基于单一题目的操纵性检验测量**, 即在完成道德认同启动条件或未启动条件任务后, 被试对题目“上述任务在多大程度上反映了自己是一位有道德的人”进行评分。结果部分**(3.1 操纵性检验)所报告的  $2 \times 2$  重复测量方差分析, 即基于该单题评分在不同实验条件下的差异**, 而并非基于 30 条造句任务评分的平均指数。鉴于操纵检验采用的是单题测量, 因此未计算内部一致性指标 (如 Cronbach's  $\alpha$ )。

需要说明的是, **30 条造句任务仅作为**道德认同启动的实验材料, 其材料构成与条件区分已在实验材料部分 (2.2.2) 中说明, 但并未作为操纵检验的统计指标。

上述说明已在修订稿的测量与结果部分中补充, 以便读者更清晰理解操纵检验的依据及其有效性。请您审阅最新的修订稿, 并进一步提出宝贵的意见。

### 最新的修订稿如下:

#### **“3.1 操纵性检验结果**

……其次, 为检查道德认同启动的操纵效果, 以被试对单条操纵性检验题的评分为因变量, 进行了 2 (社会规范类型: 指令性规范组 vs. 描述性规范组)  $\times$  2 (道德认同启动: 启动条件 vs. 未启动条件) 的重复测量方差分析。……”

### 修订稿中新增的参考文献

- Christensen, P. N., Rothgerber, H., Wood, W., & Matz, D. C. (2004). Social norms and identity relevance: A motivational approach to normative behavior. *Personality and Social Psychology Bulletin*, 30(10), 1295–1309.
- Human, S. J., & Capraro, V. (2020). The effect of nudging personal and injunctive norms on the trade-off between objective equality and efficiency. *arXiv preprint arXiv:2012.12081*.
- Kwon, S. J., van Hoorn, J., Do, K. T., Burroughs, M., & Telzer, E. H. (2023). Neural representation of donating time and money. *Journal of Neuroscience*, 43(36), 6297–6305.
- Lemmel, F. K., Hoppen, T. H., & Morina, N. (2025). Long-term effects of social norm interventions on pro-environmental behaviours: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Environmental Psychology*, 102784.
- Luu, T. T., Thieken, A. H., Tuyen, T. T., Vinh, V. T., & Bubeck, P. (2025). Exploring the influence of different types of social norms and other factors on flood-adaptive behaviour. *Journal of Environmental Psychology*, 102835.
- Marciano, D., Staveland, B. R., Lin, J. J., Saez, I., Hsu, M., & Knight, R. T. (2023). Electrophysiological signatures of inequity-dependent reward encoding in the human OFC. *Cell reports*, 42(8), 112865.

- Nie, Y., Zuo, L., Mao, J., He, X., & Xiao, H. (2025). The Effect of positive emotions on prosocial behavior during ego-depletion: Evidence from fNIRS. *Psychology Research and Behavior Management*, 18, 641–655.
- Orui, J., Inoue, T., Shiraiwa, K., Ueda, M., Naito, Y., & Ishii, R. (2025). The neurophysiological correlates of altruism: A scoping review of fMRI, EEG, and autonomic studies. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, 1–26.
- Ren, M., Fan, W., Yang, L., & Zhong, Y. (2025). Navigating nested social dilemmas: The impact of social norms on pro-environmental behaviour. *International Journal of Psychology*, 60(6), e70124.
- 柴民权, 刘可欣, 靳菲. (2024). 更道德抑或更社会:绿色消费的自我建构机制. *心理科学进展*, 32(10), 1726–1735.
- 李玉华, 陈睿, 何清华. (2018). 功能性近红外光谱技术在社会互动脑机制研究中的应用. *心理科学*, 41(02), 305–311.
- 王财玉, 郑晓旭, 余秋婷, 雷雳. (2019). 绿色消费的困境:身份建构抑或环境关心?. *心理科学进展*, 27(08), 1507–1520.
- 叶佩霞, 朱睿达, 唐红红, 买晓琴, 刘超. (2017). 近红外光学成像在社会认知神经科学中的应用. *心理科学进展*, 25(05), 731–741.
- 张玥, 董艺佳, 蒋奖. (2025). 从领域到属性: 亲环境行为测量的问题及建议. *心理科学进展*, 33(01), 163–175.
- 

### 第三轮

#### 编委意见:

作者已认真回应审稿意见, 稿件较前稿有明显提升。建议在接收前进一步完善以下细节: 根据审稿专家建议优化摘要, 统一表述, 以及注意格式。完善后, 稿件可予接收。

#### 主编意见:

同意责编及审稿人意见, 建议发表。