

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*

任梦梦^{1,2} 李 璘^{1,2} 钟毅平^{1,2} 杨莉君¹

(¹ 湖南师范大学教育科学学院; ² 认知与人类行为湖南省重点实验室, 长沙 410081)

摘要 在生态环境问题日益严峻的背景下, 促进个体亲环境行为至关重要。社会规范虽为关键外部因素, 但不同类型效力存在差异, 其中指令性规范的效力弱于描述性规范, 其心理与神经机制尚不明确。本研究采用更好物品博弈任务并结合 fNIRS 技术, 考察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。结果表明, 道德认同启动条件下, 指令性规范较描述性规范显著提升亲环境行为及其倾向; 未启动条件下, 描述性规范较指令性规范, 行为选择未达到显著, 但呈现更高亲环境倾向。神经结果显示, 道德认同伴随背外侧前额叶皮层激活增强。进一步分析发现, 指令性规范与道德认同主要激活眶额叶皮层与内侧前额叶皮层; 描述性规范与道德认同主要激活右侧颞顶联合区。研究揭示社会规范影响亲环境行为的双路径机制, 并表明道德认同具有关键调节作用。研究为政策与实践提供启示, 通过激活道德认同增强指令性规范的引导力, 并结合描述性规范的稳定效应, 为基于神经机制的行为干预提供实证依据。

关键词 亲环境行为, 社会规范类型, 道德认同, 更好物品博弈任务, fNIRS

分类号 B849: C91

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¹。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(任梦梦等, 2026; Lemmel et al., 2025; Vesely et al., 2020; Wang, Kong 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”

收稿日期: 2025-06-19

* 国家自然科学基金面上项目(32471124)、湖南省自然科学基金青年项目(2025JJ60210)、教育部人文社会科学研究青年基金(25YJC190013)资助。

通信作者: 钟毅平, E-mail: ypzhang@hunnu.edu.cn

¹碳达峰碳中和的中国行动_白皮书_中国政府网(www.gov.cn)

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。

1.1 亲环境行为: 社会困境视角

亲环境行为(pro-environmental behavior)是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; Steg & Vlek, 2009)。因此,该类行为通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),还需协调“群体—生态”冲突(如短期福祉与长期可持续性的张力)(Lu et al., 2020),并承受“个人—环境”层面的直接成本(如节能减排带来的即时不便)(Klein et al., 2017; Lange et al., 2018)。基于此,在决策任务层面,个体的行为路径可概括为自利、合作和亲环境行为(优先生态与未来利益)三类(Klein et al., 2022; Ren et al., 2024)。传统社会困境范式(如公共物品博弈)主要聚焦自利与合作的二元选择,难以充分刻画亲环境行为所特有的延迟回报与跨代际利他属性(张玥等, 2025; Jacquet et al., 2013)。为更贴近现实情境中的多重动机冲突,有研究提出了“更好物品博弈”(Greater Good Game, GGG)任务(Klein et al., 2017)。该范式通过引入明确的“亲环境选项”,将决策结构拓展为自利、合作与环保三类,亲环境行为被操作定义为一种超越个体、群体利益,指向生态环境的“更好”决策。相关研究表明,尽管个体在决策中普遍更倾向于合作而非亲环境选项(Klein et al., 2017, 2022),但在社会规范等情境线索的引导下,亲环境行为具有较强的可塑性(任梦梦等, 2026; Ren et al., 2025)。

认知神经科学为理解亲环境行为的心理机制提供了新的研究视角(Doell et al., 2023; Wang & van den Berg, 2021)。已有研究发现,内侧前额叶皮层(medial PFC, mPFC)在未来结果预测与气候后果评估中发挥重要作用(Brosch et al., 2018)。颞顶联合

区(temporoparietal junction, TPJ)作为心智化的核心脑区,其活动有助于缩小环保态度与行为差距,并与可持续行为水平相关(Langenbach et al., 2022; Le Houcq Corbi et al., 2025; Rosales et al., 2022)。此外,背外侧前额叶皮层(dorsolateral PFC, dlPFC)通过抑制逐利冲动、支持目标导向的认知调节,从而促进亲环境选择(Brevers et al., 2021; Knoch et al., 2006; Piao & Managi, 2024),基线激活水平可预测个体亲环境行为的差异(Baumgartner et al., 2019; Rosales et al., 2022)。综上,亲环境行为涉及未来思维、心理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中,探讨个体抑制自利并做出亲环境决策的神经机制。

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自我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)。因此,研究者开始关注能够激发和约束亲社会动机的社会情境因素,其中社会规范(social norms)被广泛认为是促进亲社会行为的重要机制之一,包括亲环境行为(Farrow et al., 2017; Lemmel et al., 2025)。社会规范通常指在群体中被普遍认可并遵循的行为准则,可根据传递的信息类型分为指令性规范(injunctive norms)与描述性规范(descriptive norms)(汤美慧等, 2024; Cialdini et al., 1990)。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; Rhodes et al., 2020)。既有研究发现,在多数亲环境行为决策情境中,描述性规范的促进效应往往强于指令性规范(Luu et al., 2025; Niemiec et al., 2020; Ren et al., 2025)。有研究指出,指令性规范并非仅通过外在要求或规则本身发挥作用,其行为效应在很大程度上取决于个体对规范的认同程度及其与自我价值的契合性(Cialdini & Jacobson, 2021)。相比之下,描述性规范对亲环境行为的促进作用更为直接且稳定(Niemiec et al., 2020)。因此,如何提升指令性规范的内在效力,成为当前社会规范研究中的一个重要议题。

另外,不同类型社会规范可能依赖差异化的神

经加工路径。指令性规范的加工主要依赖认知控制与价值评估相关的脑区。研究表明, 个体对规范的遵守程度与背外侧前额叶皮层(dIPFC) 及眶额叶皮层(orbitofrontal cortex, OFC) 的激活水平密切相关(Ruff et al., 2013; Spitzer et al., 2007)。其中, dIPFC 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, 其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); OFC 则整合社会价值与情绪信息, 对行为后果进行评估与编码(Marciano et al., 2023; Rolls et al., 2020)。相比之下, 描述性规范的加工更依赖社会认知网络, 尤其涉及“心理理论”能力。右侧颞顶联合区(rTPJ) 在意图归因和观点采择中起核心作用(Hao et al., 2023; Soutschek et al., 2020), 支持个体理解并利用群体行为模式(Panico et al., 2024; Zhang et al., 2017)。综上可推测, 指令性规范的行为效应主要涉及以 dIPFC 与 OFC 为核心的认知控制与价值判断网络, 而描述性规范则更多依赖以 rTPJ 为核心的社会认知网络。

1.3 道德认同: 驱动亲环境行为的自我调节机制

亲环境行为作为一种典型的利他行为, 不仅受到外在社会规范的引导, 也深刻依赖于个体内在的价值取向与自我概念。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部分的程度(柴民权等, 2024; Aquino & Reed II, 2002)。从社会认知视角来看, 道德认同是一种关键的自我调节机制, 能够将抽象的道德认知转化为具体的道德行为(吴波等, 2016; Aquino & Kay, 2018; Hardy & Carlo, 2011)。当情境中的道德线索被激活时, 道德认同通过影响个体对信息的加工方式与价值权衡过程, 引导其行为选择(Aquino & Kay, 2018)。已有研究表明, 道德认同是亲环境行为的重要内在预测因素(Salciuviene et al., 2024)。较高的道德认同水平不仅能够显著促进绿色消费等亲环境行为(Wu & Yang, 2018), 还会在面对道德冲突或潜在道德失范时, 通过采取环保行为来修复并维持积极的道德自我形象(Zhao & Qu, 2022)。进一步研究发现, 道德认同能够提升个体对自身环保责任的内在要求; 在凸显环境保护意义的消费情境中, 这种内在要求往往通过激活道德失调机制, 促使个体更倾向于采取绿色消费行为(王财玉等, 2019)。

从规范加工的角度看, 高道德认同个体拥有更易被激活的道德自我图式, 使其在决策过程中更倾向于主动搜寻、整合并内化与道德相关的信息, 从

而自发遵循与自我观念一致的社会规范(Hertz & Krettenauer, 2016; Winterich et al., 2013)。由于指令性规范所强调的“应当如何行为”指向道德义务与价值判断, 其内容与高道德认同者的自我概念具有更高一致性(Reed et al., 2007)。因此, 此类个体往往对指令性规范更为敏感, 并更愿意调动认知资源以抑制自利冲动, 从而实现更高层次的道德目标(Christensen et al., 2004; Krettenauer, 2022)。在公共物品博弈等社会困境任务中, 道德认同水平较高的个体往往表现出更高的合作行为(李红等, 2023)。来自认知神经科学的研究进一步揭示了上述心理过程的神经基础。在处理规范相关信息或道德冲突时, 道德认同水平较高的个体表现出 dIPFC 更为高效的激活模式, 反映其在认知控制与规范冲突调节方面的优势(Niu et al., 2023; Wang, Kong et al., 2024)。基于此, 本研究推测, 道德认同将调节社会规范类型对亲环境行为的影响, 且这一调节作用在指令性规范信息下更为显著, 其神经机制可能体现为认知控制相关前额叶通路的差异性激活。

1.4 问题提出与研究假设

面对生态环境领域的社会困境, 亲环境行为要求个体在个人利益、群体福祉与生态可持续性之间进行权衡(Klein et al., 2022)。研究表明, 社会规范作为关键情境线索, 能够抑制自利倾向、促进亲环境行为(Cialdini et al., 1990; Ren et al., 2025)。然而, 不同类型社会规范在影响亲环境行为时可能依赖不同的心理路径: 指令性规范主要诉诸道德责任与社会期望, 其行为效力往往取决于个体是否将规范要求视为与自我相关并加以认同; 相比之下, 描述性规范通过提供他人行为参照发挥作用, 其影响在不同个体间相对稳定(Bicchieri & Xiao, 2009; Helferich et al., 2023)。除外部社会线索外, 个体内在的心理特质同样是理解亲环境行为的重要因素。道德认同作为自我概念中与道德特征相关的核心维度, 决定了个体对规范信息的敏感度和加工深度(Aquino & Reed II, 2002)。高道德认同者更可能将环保责任纳入自我价值体系, 当情境中存在明确的道德要求时, 其行为更易受“应然”义务驱动。因此, 道德认同能够调节不同社会规范类型的作用路径, 影响个体在社会困境中的决策取向。现有研究多关注社会规范或道德认同的独立效应, 缺乏系统考察二者交互影响及其神经基础的证据。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(李玉华 等, 2018; 叶佩霞 等, 2017; Balconi et al., 2025; Wang, Tang et al., 2024)。

基于上述分析, 本研究拟采用更好物品博弈任务并结合 fNIRS 技术, 考察社会规范类型对亲环境行为的影响, 并检验道德认同在其中的调节作用及其神经基础。提出假设, H1: 道德认同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。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模式上。具体而言, 指令性规范在道德认同启动条件下可能更多激活与道德自我加工及认知控制相关的脑区; 而描述性规范在道德认同启动条件下可能更多依赖与社会心智化相关的脑区; 在道德认同未启动条件下, 上述规范相关脑区的激活差异不显著。本研究将从多个层面揭示社会规范与道德认同的交互机制, 不仅有助于深化对亲环境行为决策过程的理解, 也为精准化的绿色行为干预和道德教育提供理论依据与实证支持。

2 研究方法

2.1 数据收集

本研究采用 2 (社会规范类型: 指令性规范组 vs. 描述性规范组) × 2 (道德认同启动: 启动条件 vs. 未启动条件) 的混合实验设计, 其中社会规范类型为被试间变量, 道德认同启动为被试内变量。通过 G*Power 3.1 软件(Faul et al., 2007)进行样本量估算, 设定效应量 $f = 0.25$ 、显著性水平 $\alpha = 0.05$ 、power 为 0.90, 结果显示所需最小样本量为

46 人(Sommet et al., 2023)。为提高统计功效与结果的稳健性, 实际招募 60 名被试参加实验。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, 主要由于实验过程中头部位移产生的运动伪迹。最终纳入有效样本 54 名(女性 28 名, 男性 26 名), 平均年龄为 19.52 岁($SD = 1.84$)。所有被试均为右利手, 视力或矫正视力正常, 无神经系统或心理疾病史。研究经湖南师范大学生物医学研究伦理委员会批准(批准号: 2024673), 所有被试在实验前均签署知情同意书, 并在实验结束后获得固定参与费及相应测试报酬。

2.2 实验材料

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(任梦梦 等, 2026; Ren et al., 2024)。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”等维度对多个知名环保组织进行评分。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(见网络版附录 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)。

为检验社会规范操纵的有效性, 两组被试在正式实验中需完成操纵性检验题项, 均采用 7 点

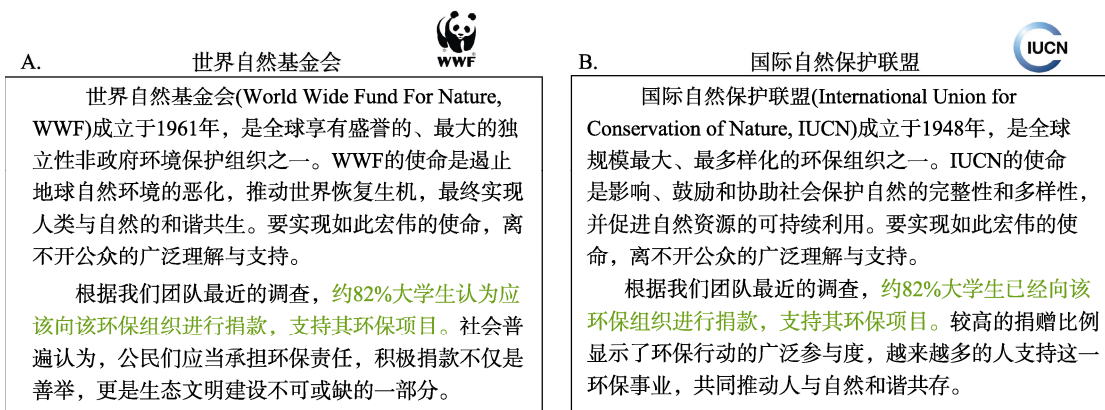


图 1 指令性规范(A)和描述性规范(B)的背景信息

Likert 量表(1 = 完全不同意, 7 = 完全同意)。指令性规范组需评价陈述句“大多数同学认为应该向环保组织捐赠”, 描述性规范组需评价陈述句“大多数同学已经向环保组织捐赠。”该操纵检验为单一题项, 旨在确认不同组别的被试是否准确感知并理解所呈现的社会规范信息, 从而验证实验操纵的有效性。

2.2.2 道德认同操纵材料

本研究采用混词造句任务(scrambled-words task)对被试的道德认同进行启动, 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 II (2002)提出的道德特质词表, 本研究编制了两类实验材料: 道德认同启动条件和未启动条件, 每类条件各包含 15 条混词造句任务。每条任务由 5 个打乱顺序的词语构成, 被试需从中选取 4 个词语, 组成语法和语义完整的句子。启动条件语句中包含与道德高度相关的核心特质词(如“诚实”“善良”“正义”), 未启动条件则包含日常词汇(如“沙发”“音乐”“节日”)。在正式实验前, 招募 30 名未参与正式实验的的大学生(男性 14 名, 女性 16 名, 年龄 $M \pm SD = 19 \pm 2.18$ 岁)完成预测试。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认同概念进行评估, 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。在正式实验中, 为验证道德认同操纵是否成功, 本研究设置单条操纵性检验题项: “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”, 采用 7 点 Likert 量表(1 = 完全不同意, 7 = 完全同意)(李红等, 2023)。

2.2.3 更好物品博弈任务

本研究采用更好物品博弈(Greater Good Game, GGG)任务测量被试的亲环境行为(Klein et al., 2017; Ren et al., 2025)。在该任务中, 每位被试与另外两名参与者²组成临时小组, 进行多轮资源分配决策任务。每轮开始时, 被试获得一定初始代币, 并独立选择将代币分配至以下三个账户之一: 1) 个人

账户(individual account): 代币归被试个人所有; 2) 公共账户(public account): 代币翻倍后, 平均分配给小组三名成员; 3) 环保账户(environmental account): 代币翻倍后全部捐赠给环保组织“自然之友”³, 小组成员不获得任何收益(Engler et al., 2025)。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。被试选择环保账户的比例反映其在社会困境中为生态利益让渡个人及群体利益的程度, 作为亲环境行为的核心指标。被试最终报酬由固定参与费与随机抽取一轮的个人账户和公共账户收益构成, 以提升任务的生态有效性与激励效力。

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-prime 2.0 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背景信息, 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背景信息, 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“+” 1 s; 随后呈现规范启动语 5 s, 以强化该 block 内的规范信息, 之后为空屏 5 s。接着进入道德认同任务阶段, 被试需在 10 s 内将乱序词整理为语法正确句子, 并在随后 5 s 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 10 s, 并呈现赋值金额提示 5 s(范围为 10~50 元, 按 5 元递增)。空屏 5 s 后进入更好物品博弈决策阶段, 被试需在 10 s 内选择将金额投入个人账户(F 键), 公共账户(J 键)或环保

² 为确保被试决策主要基于自身判断, 实验中将两名虚拟参与者作为小组成员。被试知晓其小组成员为虚拟参与者, 且无法获得其具体决策信息, 从而避免他人行为对其选择产生直接影响。

³ 本研究中, 环保账户的受益方为中国环保组织“自然之友”(Friends of Nature, FON, 官方网站: <https://fon.org.cn>)。该组织成立于 1993 年, 是中国最早的环保社会组织之一。旨在重建人与自然的联系, 保护生态环境, 并推动绿色公民的培养与发展。

账户(K 键) (徐杰 等, 2017)。该试次结束后空屏 10 s, 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认同概念的激活效果。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)。

2.4 数据收集与分析

2.4.1 更好物品博弈任务的数据收集与分析

为深入分析被试在更好物品博弈任务中的潜在决策机制, 本研究采用多项式加工树模型(Multinomial Processing Tree, MPT) 对其分类选择数据进行假设性建模分析(Klein et al., 2017) (见图 3)。MPT 模型适用于对离散选择行为背后的潜在认知过程进行参数化刻画, 能够将外显选择分解为一系列理论假定的决策路径, 并估计个体进入不同路径的概率。结合更好物品博弈任务的三选项结构(个人账户、公共账户、环保账户), 本研究构建了一个两阶段决策树模型。第一阶段反映个体是否优先采取自利决策路径, 其中参数 s (selfishness) 表示个体进入自私路径的概率倾向; 在模型中, 选择个人账户被操作性定义为自私行为, 而选择公共账户

或环保账户则被视为非自私行为($1 - s$)。第二阶段进一步表征个体在非自利路径中的集体取向偏好, 其中参数 e (environmentalism) 表示个体在非自利决策中选择环保账户而非公共账户的相对概率, 用于反映亲环境行为(e)和合作行为($1 - e$)之间的权衡关系。模型参数基于被试在三类账户中的选择频数, 采用最大似然估计法(Maximum Likelihood Estimation, MLE) 进行估计, 分析过程通过 multiTree 软件完成。在模型拟合阶段, 使用 ΔG^2 统计量检验基线模型与观测数据之间的整体拟合程度, 以评估模型对观测选择模式的解释充分性。

2.4.2 fNIRS 数据采集与分析

本研究使用 NirSmart-6000A 设备(HuiChuang, China)采集任务过程中大脑皮层的血氧动力学信号, 实时记录氧合血红蛋白(HbO)和脱氧血红蛋白(HbR)浓度变化。系统以发光二极管(LED)作为光源, 发射波长为 730 nm 和 850 nm, 并以雪崩光电二极管(APD)作为探测器, 采样率为 11 Hz。实验中共使用 24 个发射器(光源)与 16 个探测器(探头), 按约 3 cm 的源-探间距(实际范围为 2.7~3.3 cm)进行排

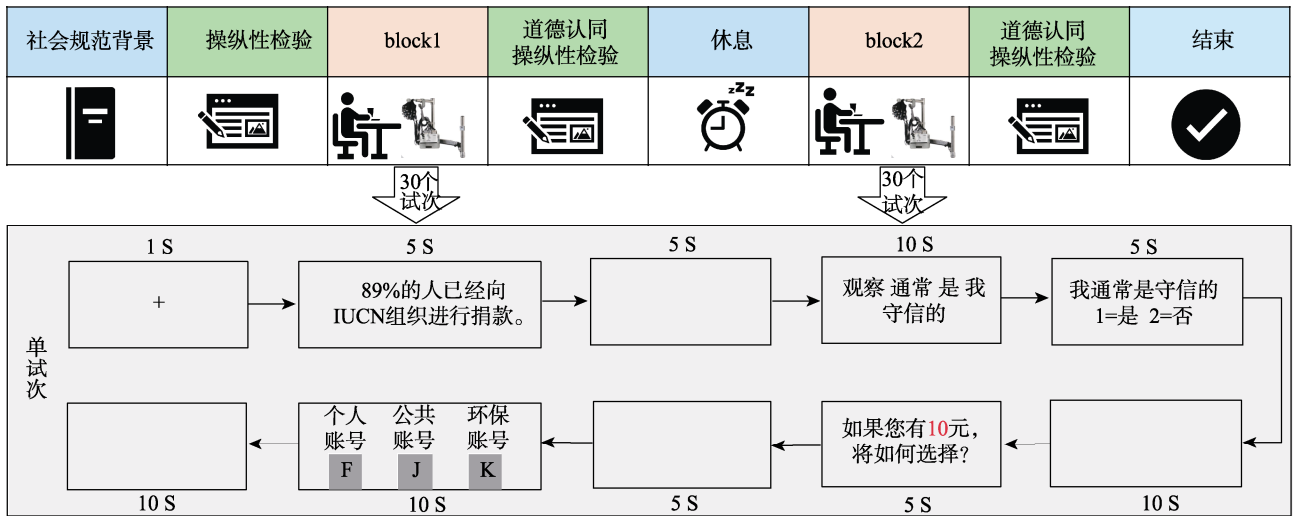


图 2 实验流程图

注: 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。

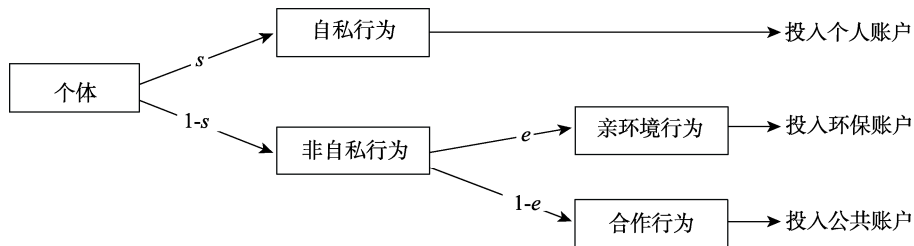


图 3 更好物品博弈任务的 MPT 模型

注: 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)。

列, 构成 48 个有效测量通道。探头布置参考国际 10-20 脑电电极系统进行空间配准与定位(见图 4)。fNIRS 原始光强信号通过 NirSpark 软件进行预处理与分析。预处理流程包括: (a) 采用基于小波变换的方法对原始光密度信号进行运动伪迹校正; (b) 对校正后的信号进行 0.01~0.2 Hz 的带通滤波, 以去除低频漂移及高频生理噪声; (c) 基于修正 Beers-Lambert 定律, 将滤波后的光密度数据转换为氧合血红蛋白 $\Delta[\text{HbO}]$ 和脱氧血红蛋白 $\Delta[\text{HbR}]$ 的浓度变化值。鉴于 $\Delta[\text{HbO}]$ 信号具有更高的信噪比, 且对任务相关脑血流变化更敏感, 后续统计分析均基于 $\Delta[\text{HbO}]$ 信号展开。

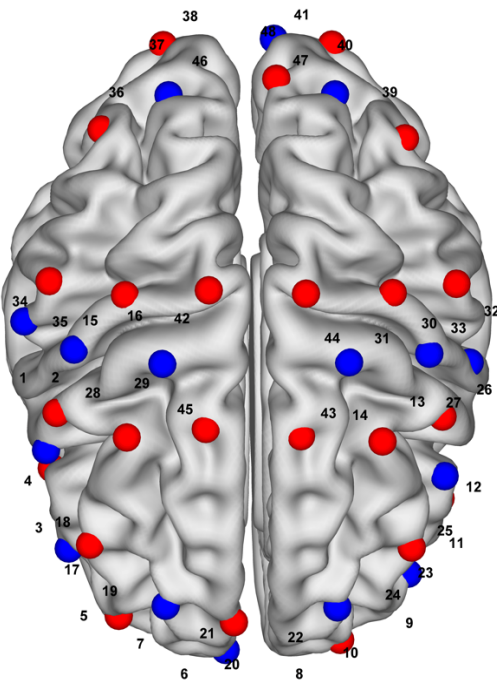


图 4 fNIRS 通道排布矢状面图

注: 红色圆圈, 发射器; 蓝色圆圈, 接收探头; 两者之间的数字表示通道。彩图见电子版, 下同。

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 β 值, 将其作为脑区激活强度的指标。决策阶段(10 s)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, 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 4 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 ROIs, 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(dIPFC, 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 β 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。

3 结果

3.1 操纵性检验结果

首先, 为检验社会规范类型操纵的有效性, 分别以理论中值 4 为参照, 对指令性规范组与描述性规范组的操纵性检验得分进行单样本 t 检验。结果表明, 指令性规范组得分($M \pm SD = 5.27 \pm 0.86$)显著高于理论中值, $t(26) = 4.77, p < 0.001$, Cohen's $d = 0.68, 95\% \text{ CI} = [0.37, 0.99]$; 描述性规范组得分($M \pm SD = 5.14 \pm 0.66$)同样显著高于理论中值, $t(26) = 4.82, p < 0.001$, Cohen's $d = 0.67, 95\% \text{ CI} = [0.37, 1.00]$ 。上述结果表明, 被试能够准确感知实验中呈现的社会规范信息, 两类社会规范操纵均达到预期效果。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。结果显示, 社会规范类型的主效应不显著, $F(1, 52) = 0.05, p = 0.821$, 表明指令性规范组($M \pm SD = 5.19 \pm 0.26$)与描述性规范组($M \pm SD = 5.12 \pm 0.24$)在道德认同评分上不存在显著差异。道德认同启动的主效应显著, $F(1, 52) = 14.48, p < 0.001, \eta_p^2 = 0.24$, 其中启动条件下的评分($M \pm SD = 5.59 \pm 0.19$)显著高于未启动条件($M \pm SD = 4.73 \pm 0.22$)。社会规范类型与道德认同启动之间的交互作用不显著, $F(1, 52) = 1.70, p = 0.203$ 。综上, 社会规范类型的操纵与道德认同启动均取得预期效果, 且道德认同启动效应未受到社会规范类型的调节。

3.2 行为结果

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, $F(1, 52) = 0.33, p = 0.569$ 。道德认同启动的主效应显著, $F(1, 52) = 36.18, p < 0.001, \eta_p^2 = 0.44$ 。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, $F(1, 52) = 5.48, p = 0.024, \eta_p^2 = 0.10$ 。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, $F(1, 52) = 3.29, p = 0.066, \eta_p^2 = 0.07$ 。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, $F(1, 52) = 0.62, p = 0.434$ (见图 5)。

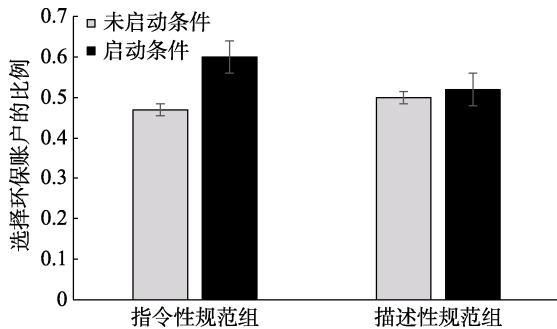


图 5 不同实验条件下环保账户选择比例(图中的误差线表示均值的标准误)

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的比较与假设检验。

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(52%), 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 ΔG^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, 将指令性规范组与描述性规范组的参数 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, 将两类规范的亲环境倾向参数 e 约束相等同样显著降低拟合度, $\Delta G^2(1) = 10.85, p < 0.001, \omega = 0.06$, 两类规范在亲环境倾向参数 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。

3.2.3 fNIRS 结果

在更好物品博弈任务的决策阶段, 分别提取眶额叶皮层(OFC)、内侧前额叶皮层(mPFC)、背外侧前额叶皮层(dlPFC)及右侧颞顶联合区(rTPJ)的平均激活值作为因变量, 采用 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。

在社会规范类型的主效应方面, 本研究在 mPFC 上观察到边缘显著效应(见图 6A), $F(1, 52) = 3.67, p = 0.061, \eta_p^2 = 0.07$; 描述性规范组的 mPFC 激活水平($M \pm SD = -0.001 \pm 0.002$)高于指令性规范组($M \pm SD = -0.007 \pm 0.002$)。

道德认同启动的主效应在多个脑区(OFC、mPFC、dlPFC 及 rTPJ)中表现出显著(见图 6B)。具体而言, 在 OFC 中, 道德认同启动的主效应显著, $F(1, 52) = 10.02, p = 0.003, \eta_p^2 = 0.17$; 在道德认同

表 1 四组被试在行为选择比例与参数估计值的结果

实验条件	行为选择的比例			参数估计(标准误)	
	自私	合作	亲环境行为	s	e
指令性规范启动条件(组 1)	0.10	0.38	0.52	0.10(0.01)	0.59(0.02)
描述性规范启动条件(组 2)	0.15	0.36	0.49	0.15(0.01)	0.56(0.02)
指令性规范未启动条件(组 3)	0.14	0.44	0.42	0.14(0.01)	0.49(0.02)
描述性规范未启动条件(组 4)	0.14	0.39	0.47	0.14(0.01)	0.54(0.02)

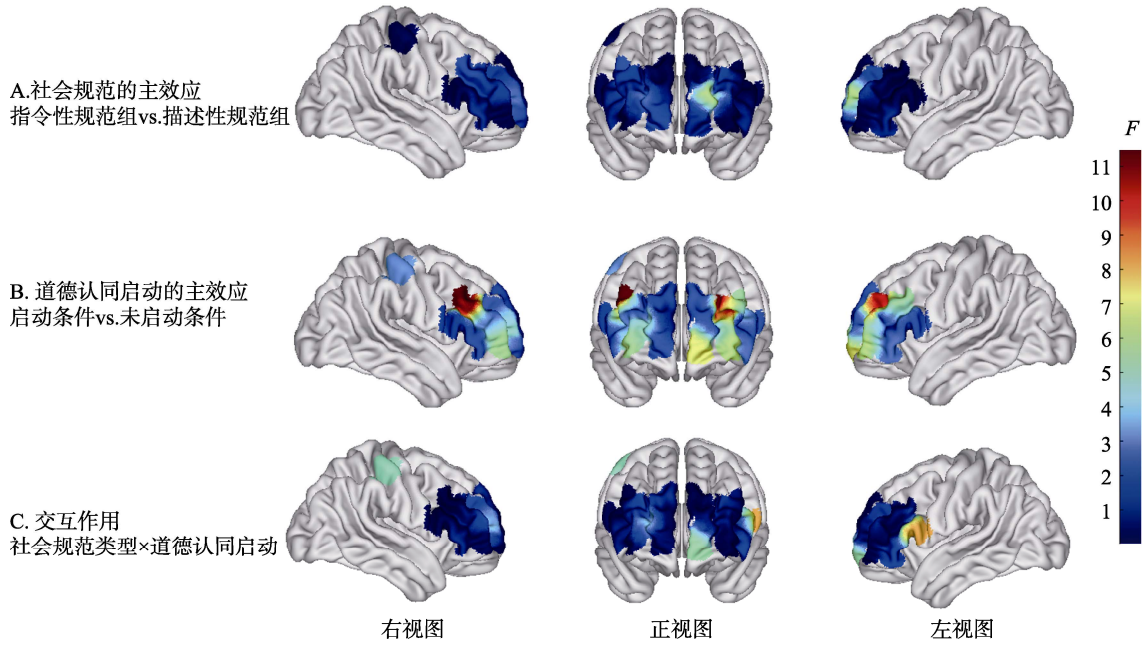


图 6 社会规范类型与道德认同启动的主效应及交互作用的脑区激活成像图
注: 图中颜色代表方差分析的 F 值(0~11), 颜色越红表示该脑区的主效应或交互作用对应的 F 值越大。

启动条件下, 被试在选择环保账户时诱发的 OFC 激活($M \pm SD = 0.001 \pm 0.003$), 显著高于未启动条件($M \pm SD = -0.014 \pm 0.004$)。在 mPFC 中, 道德认同启动的主效应显著, $F(1, 52) = 6.40, p = 0.015, \eta_p^2 = 0.13$; 相较于未启动条件($M \pm SD = -0.010 \pm 0.003$), 道德认同启动条件下被试选择环保账户时表现出更强的 mPFC 激活($M \pm SD = 0.001 \pm 0.003$)。在 dlPFC 中, 道德认同启动的主效应显著, $F(1, 52) = 14.53, p < 0.001, \eta_p^2 = 0.23$; 相较于未启动条件($M \pm SD = -0.015 \pm 0.003$), 道德认同启动条件下被试选择环保账户时诱发了显著更强的 dlPFC 激活($M \pm SD = 0.008 \pm 0.004$)。在 rTPJ 中, 道德认同启动的主效应显著, $F(1, 52) = 14.47, p < 0.001, \eta_p^2 = 0.22$; 相较于未启动条件($M \pm SD = -0.013 \pm 0.003$), 道德

认同启动条件($M \pm SD = 0.007 \pm 0.004$)在选择环保账户时诱发了显著更强的 rTPJ 激活。

社会规范类型与道德认同启动的交互作用主要体现在 OFC、mPFC 及 rTPJ 脑区(见图 6C)。在 OFC 中, 该交互作用显著, $F(1, 52) = 4.15, p = 0.047, \eta_p^2 = 0.08$ 。简单效应分析显示, 在道德认同启动条件下, 指令性规范组的 OFC 激活($M \pm SD = 0.008 \pm 0.004$)显著高于描述性规范组($M \pm SD = -0.008 \pm 0.004$), $F(1, 52) = 7.10, p = 0.010$; 而在未启动条件下, 两种社会规范条件之间的差异不显著, $F(1, 52) = 0.06, p = 0.805$ (见图 7A)。在 mPFC 中, 该交互作用达到边缘显著, $F(1, 52) = 3.58, p = 0.061, \eta_p^2 = 0.07$ 。简单效应分析显示, 在道德认同启动条件下, 指令性规范组诱发的 mPFC 激活($M \pm$

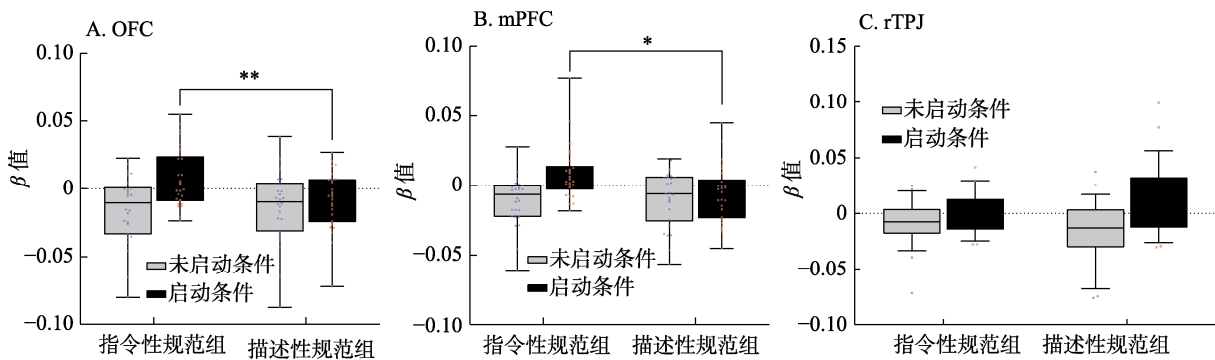


图 7 不同组别在决策阶段激活 OFC、mPFC 和 rTPJ 脑区的结果

注: * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$ 。

$SD = 0.009 \pm 0.004$) 显著高于描述性规范组($M \pm SD = -0.006 \pm 0.004$), $F(1, 52) = 6.70, p = 0.013, \eta_p^2 = 0.12$; 而在未启动条件下, 两种社会规范条件之间未观察到显著差异, $F(1, 52) = 0.16, p = 0.694$ (见图 7B)。在 rTPJ 中, 该交互作用同样呈边缘显著, $F(1, 52) = 3.32, p = 0.065, \eta_p^2 = 0.06$ 。简单效应分析显示, 在道德认同启动条件下, 描述性规范组诱发的 rTPJ 激活高于指令性规范组($M \pm SD = 0.012 \pm 0.005$ vs. -0.001 ± 0.005), 该差异呈边缘显著, $F(1, 52) = 2.24, p = 0.085, \eta_p^2 = 0.04$; 而在未启动条件下, 两种社会规范的差异不显著, $F(1, 52) = 1.25, p = 0.271$ (见图 7C)。

4 讨论

本研究结合更好物品博弈任务与 fNIRS 技术, 从行为表现、模型参数及神经激活三个层面系统考察了社会规范与道德认同在社会困境中对亲环境行为的联合作用机制。综合行为选择与 MPT 模型结果发现, 两种分析在不同层面反映了社会规范效应的差异: 在道德认同启动条件下, 相比于描述性规范, 指令性规范在行为层面与亲环境倾向参数 e 上均表现出优势; 而在未启动条件下, 相比于指令性规范, 尽管行为选择比例未呈现显著差异, MPT 模型结果显示描述性规范在亲环境倾向上具有相对优势, 提示其影响可能更多体现在决策结构层面而非直接行为输出。该结果表明, 外部规范要求在与个体内化的道德自我图式相契合时, 才能更有效地转化为实际行为选择, 从而支持了规范内化与道德自我协同作用的理论观点。

在认知神经层面, fNIRS 结果进一步揭示了上述行为模式背后的加工机制差异。道德认同启动条件下, 亲环境决策伴随着 dlPFC 的显著激活, 表明涉及更强的认知控制与自我调节加工; 同时, 不同社会规范类型诱发了差异化的神经通路: 指令性规范与道德认同共同作用时, OFC 与 mPFC 表现出更强激活, 指向价值整合、自我参照和道德判断过程的增强; 相比之下, 描述性规范与道德认同的结合主要激活 rTPJ, 提示其作用更多依赖社会心智化与他人行为线索的加工。总体而言, 本研究从多方法融合的视角表明, 不同类型社会规范通过差异化的心理与神经机制影响亲环境决策, 而道德认同在其中起到关键的调节作用。上述发现为后续从理论机制与实践干预两个层面进一步讨论社会规范与道德身份如何协同塑造亲环境行为奠定了基础。

4.1 多重利益冲突情境下亲环境行为的动机区分与测量意义

在社会困境情境中, 亲环境行为往往并非单一的“利他”选择, 而是在个人利益、群体福祉与环境可持续性之间进行多重权衡。本研究结合行为选择结果与 MPT 模型分析表明, 理解亲环境行为有必要从动机层面加以区分, 而不能简单等同于一般意义上的亲社会行为(任梦梦等, 2026; Klein et al., 2017)。在结构层面, 本研究采用的三元行为选择情境能够在同一决策框架下同时呈现个人取向、群体取向与环境取向三类目标, 从而避免了传统公共物品博弈中将不同社会动机合并处理的局限(Klein et al., 2017)。该设计使以环境可持续性为直接目标的亲环境行为得以被独立识别, 为探讨其特定心理机制提供了必要前提。在测量层面, 基于行为选择数据的多项式加工树模型进一步揭示了亲环境行为背后的动机结构。参数 e 作为亲环境倾向指标, 并非来源于主观自评, 而是通过实际决策模式反推得到, 从而在一定程度上规避了社会期望偏差的干扰(Klein et al., 2022; Ren et al., 2024)。研究发现, 指令性规范与道德认同能够协同提升该参数, 表明两者不仅影响外显行为频率, 还共同作用于个体对环境目标的内在权重分配, 为从动机层面解释行为变化提供了直接证据。

从理论与生态效度的角度来看, 该类多选项决策结构与环境心理学中关于价值取向的经典区分高度契合: 个人选项对应利己取向, 公共选项反映利他取向, 而环保选项体现出对自然环境本身的关注, 即生物中心主义价值观(de Groot & Steg, 2008; Prakash et al., 2019; van der Werff et al., 2013)。因此, 该测量框架不仅增强了实验情境与现实生活中多重利益冲突的相似性, 也为同步考察行为选择与潜在价值结构提供了有效路径(Schultz, 2001)。综上所述, 本研究结果表明, 在社会规范与道德认同的交互作用下, 亲环境行为的变化不仅反映在选择结果上, 更体现为动机结构的系统性调整。这一发现强调了在亲环境行为研究中区分不同动机的重要性, 同时为未来结合行为建模与神经指标深入探讨其心理与神经基础提供了方法论参考。

4.2 道德认同调节指令性规范效应的行为与神经机制

本研究结果表明, 指令性规范对亲环境行为的促进作用并非普遍成立, 显著依赖个体道德认同的启动。通过行为选择和 MPT 模型分析可知, 当道

德认同被启动时, 指令性规范相较于描述性规范表现出更强的引导效应; 而在未启动条件下, 这一优势并未出现。该结果验证了研究假设 1。这一发现清晰界定了指令性规范发挥作用的心理边界条件, 表明其效力需要与个体道德自我结构相契合, 才能有效转化为实际行为。这一行为模式可以从自我一致性理论得到解释: 个体倾向于采取与其核心自我概念相符的行为, 以维持内在认知与情感的稳定性(刘仁贵, 2014; Prakash et al., 2019)。若缺乏内在道德基础, 指令性规范可能仅被感知为外在约束甚至引发心理抵触; 而当道德认同启动、环保价值被整合进自我概念时, 规范的道德信号能够与个体自我图式产生共鸣, 从而被内化为自发的行为动机(李红等, 2023)。道德认同的双维度模型进一步深化了对这一内化过程的理解。内部化维度为个体提供了稳定的道德信念基础, 而符号化维度则增强了通过外显行为表达道德自我的动机(Aquino & Reed II, 2002)。这使得道德认同水平较高的个体更易接受指令性规范, 并通过行为付诸实践(Winterich et al., 2013)。

神经层面证据支持上述心理机制。在道德认同启动条件下, dlPFC 显著激活, 表明个体在决策过程中增强了对自利冲动的抑制与冲突信息的认知控制, 这对于社会困境中的长期利益至关重要(Sovacool et al., 2020; Strang et al., 2015)。当指令性规范与道德认同共同作用时, OFC 与 mPFC 激活增强, 分别反映对规范中社会价值的奖赏评估及价值与自我身份的整合(Amodio & Frith, 2006; Felix-Ortiz et al., 2016; Kwon et al., 2023; Marciano et al., 2023)。该结果验证了研究假设 2。行为结果与神经活动共同表明, 指令性规范在道德认同启动条件下, 通过“认知控制—价值评估—自我整合”路径有效促进亲环境行为。综合行为与神经证据, 本研究可以提出“规范—认同协同模型”: 指令性规范通过道德认同的激活被内化为自我相关的价值目标, 在认知控制与价值整合系统的共同作用下, 引导个体在社会困境中作出亲环境决策。这一整合性框架为解释指令性规范何时以及通过何种心理与神经路径影响亲环境决策提供了理论与实证基础。

4.3 描述性规范作用于亲环境行为的潜在心理与神经机制

本研究从行为选择、计算模型与认知神经三个层面系统考察了描述性规范在引导亲环境行为中的作用机制。行为结果显示, 在道德认同未启动条

件下, 描述性规范与指令性规范在环保账户选择比例上未呈现显著差异。然而, MPT 模型分析为该结果提供了重要补充: 在未启动条件下, 对两类规范的亲环境倾向参数 e 施加相等约束显著降低模型拟合度, 表明二者在潜在决策结构层面存在显著差异。结合参数估计值可见, 描述性规范条件下的 e 值在数值上更高, 提示其在未激活道德认同的情境中可能更利于增强个体对环保选项的内在偏好(Ren et al., 2025)。这种“模型层面显著而行为层面不显著”的结果, 可能源于显性行为选择同时受到多重动机竞争的影响, 且三元决策结构提高了行为差异在外显比例中显现的统计门槛。在此情境下, MPT 模型通过分离潜在加工参数, 能够更敏感地揭示规范效应在决策倾向层面的作用。

尽管行为层面未观察到显著差异, 模型结果表明描述性规范在缺乏内部道德动机激活的情境中具有稳定的行为引导潜力(任梦梦等, 2026)。从心理机制来看, 描述性规范通过提供明确的社会参照信息, 降低个体在社会困境情境中的不确定性与感知风险, 使亲环境行为更易被理解为社会可接受甚至常态化的选择(Cialdini et al., 1990; Ren et al., 2025)。相较于指令性规范, 其加工过程通常具有更低的加工负荷, 更依赖对事实性社会信息的提取, 类似启发式或自动化加工(Mollen et al., 2023)。因此, 在内部道德动机尚未被激活的情境中, 个体更倾向采用认知成本较低的决策策略, 使描述性规范表现出相对稳定的引导效应。神经层面的结果进一步支持了上述心理机制。描述性规范条件下个体表现出更显著的 rTPJ 激活, 该脑区在社会视角采纳与他人行为理解中发挥关键作用(Molenberghs et al., 2016; Young et al., 2010)。这一结果部分支持研究假设 2, 并提示描述性规范可能通过强化社会信息加工过程, 逐步引导个体亲环境行为(Nyborg et al., 2016)。综合行为、模型与神经层面的结果可知, 在缺乏内部道德动机充分激活的条件下, 描述性规范通过提供明确有效的社会参照、降低决策不确定性与认知负荷, 并激活与社会心智化相关的神经通路, 促进个体逐步偏向亲环境行为。

4.4 研究局限与展望

本研究系统考察了不同类型社会规范对亲环境行为的影响及其道德认同调节机制, 为相关领域提供了行为与神经层面的实证证据, 但仍存在若干局限, 有待后续研究进一步完善。首先, 本研究采用虚拟参与者与匿名互动的实验范式, 未纳入年

龄、性别等社会人口学变量,实验情境相对简化,可能限制结论在真实社会互动情境中的外部效度。未来研究可在任务设计中引入更具现实性的社会线索与个体差异变量,以提升研究结果的情境适用性。其次,本研究主要以环保账户选择比例等实验任务指标衡量亲环境行为,虽具有较高的内部效度,但与现实生活中的长期、复杂环保行为仍存在差距。后续研究可结合实地实验、行为追踪或纵向干预设计,从而增强研究结论的生态效度与实践价值。最后,尽管 fNIRS 技术在自然情境下具有较好的运动容忍度与生态效度,其空间分辨率仍低于 fMRI,对精细脑区功能的推断存在一定局限。未来研究可借助多模态脑成像手段(如 fMRI、EEG-fNIRS 联合记录)对关键神经机制进行下一步验证与拓展。综上,未来研究可在实验情境构建、行为测量方式及神经机制探索等方面持续深化,从而推动社会规范与亲环境行为理论模型的完善,并为针对性干预策略的制定提供更有力的科学依据。

5 结论

本研究整合行为选择、计算模型与神经证据,从多层次系统揭示了社会规范影响亲环境行为的作用模式及其受道德认同调节的机制。结果表明,在行为与模型层面,指令性规范与道德认同的协同作用能够显著促进亲环境行为;相比之下,描述性规范与道德认同的结合虽未在显性行为中表现出显著优势,但在模型参数层面显示出对亲环境倾向的潜在引导作用。神经结果进一步表明,不同类型社会规范在道德认同调节下涉及差异化的神经加工模式,从神经层面支持了行为与模型分析所揭示的规范效应差异。在实践层面,本研究表明,指令性规范的干预效果可通过道德认同得到强化,有助于促进亲环境行为的内化与稳定表达;而描述性规范可通过社会参照与群体示范,在较低认知成本下持续引导亲环境选择。总之,本研究通过多层次证据整合,阐明了社会规范与道德认同在社会困境情境中共同影响亲环境行为的机制,为制定差异化、精准化绿色行为干预策略提供了理论依据与实证支持。

参 考 文 献

- Amodio, D. M., & Frith, C. D. (2006). Meeting of minds: The medial frontal cortex and social cognition. *Nature Reviews Neuroscience*, 7(4), 268–277.
- 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.
- Aquino, K., & Reed, A., II. (2002). The self-importance of moral identity. *Journal of Personality and Social Psychology*, 83(6), 1423–1440.
- Balconi, M., Allegretta, 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.
- Barclay, P., & Barker, J. L. (2020). Greener than thou: People who protect the environment are more cooperative, compete to be environmental, and benefit from reputation. *Journal of Environmental Psychology*, 72, 101441.
- Baumgartner, T., Langenbach, B. P., Gianotti, L. R., Müri, R. M., & Knoch, D. (2019). Frequency of everyday pro-environmental behaviour is explained by baseline activation in lateral prefrontal cortex. *Scientific Reports*, 9(1), 1–7.
- Bicchieri, C., & Xiao, E. (2009). Do the right thing: But only if others do so. *Journal of Behavioral Decision Making*, 22(2), 191–208.
- 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.
- Buckholtz, J. W., & Marois, R. (2012). The roots of modern justice: Cognitive and neural foundations of social norms and their enforcement. *Nature Neuroscience*, 15(5), 655–661.
- Cialdini, R. B., & Jacobson, R. P. (2021). Influences of social norms on climate change-related behaviors. *Current Opinion in Behavioral Sciences*, 42, 1–8.
- Cialdini, R. B., Reno, R. R., & Kallgren, C. A. (1990). A focus theory of normative conduct: Recycling the concept of norms to reduce littering in public places. *Journal of Personality and Social Psychology*, 58(6), 1015–1026.
- Chai, M., Liu, K., & Jin, F. (2024). More moral or more social: The self-construction mechanism of green consumption. *Advances in Psychological Science*, 32(10), 1726–1735.
- [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.]
- 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.
- Constantino, S. M., Sparkman, G., Kraft-Todd, G. T., Bicchieri, C., Centola, D., Shell-Duncan, B., ... Weber, E. U. (2022). Scaling up change: A critical review and practical guide to harnessing social norms for climate action. *Psychological Science in the Public Interest*, 23(2), 50–97.
- de Groot, J. I. M., & Steg, L. (2008). Value orientations to explain beliefs related to environmental significant behavior: How to measure egoistic, altruistic, and biospheric value orientations. *Environment and Behavior*, 40(3), 330–354.
- 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.
- Doran, R., & Larsen, S. (2016). The relative importance of social and personal norms in explaining intentions to

- choose eco-friendly travel options. *International Journal of Tourism Research*, 18(2), 159–166.
- 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.
- Farrow, K., Grolleau, G., & Ibanez, L. (2017). Social norms and pro-environmental behavior: A review of the evidence. *Ecological Economics*, 140, 1–13.
- Faul, F., Erdfelder, E., Lang, A. G., & Buchner, A. (2007). G* Power 3: A flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. *Behavior Research Methods*, 39(2), 175–191.
- Fehr, E., & Fischbacher, U. (2003). The nature of human altruism. *Nature*, 425(6960), 785–791.
- Felix-Ortiz, A. C., Burgos-Robles, A., Bhagat, N. D., Leppla, C. A., & Tye, K. M. (2016). Bidirectional modulation of anxiety-related and social behaviors by amygdala projections to the medial prefrontal cortex. *Neuroscience*, 321, 197–209.
- Gotowiec, S., & van Mastrigt, S. (2019). Having versus doing: The roles of moral identity internalization and symbolization for prosocial behaviors. *The Journal of Social Psychology*, 159(1), 75–91.
- 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.
- Hardy, S. A., & Carlo, G. (2011). Moral identity: What is it, how does it develop, and is it linked to moral action?. *Child Development Perspectives*, 5(3), 212–218.
- Helfferich, M., Thøgersen, J., & Bergquist, M. (2023). Direct and mediated impacts of social norms on pro-environmental behavior. *Global Environmental Change*, 80, 102680.
- Hertz, S. G., & Krettenauer, T. (2016). Does moral identity effectively predict moral behavior?: A meta-analysis. *Review of General Psychology*, 20(2), 129–140.
- Jacquet, J., Hagel, K., Hauert, C., Marotzke, J., Röhl, T., & Milinski, M. (2013). Intra-and intergenerational discounting in the climate game. *Nature Climate Change*, 3(12), 1025–1028.
- 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(2), 122–140.]
- Klein, S. A., Hilbig, B. E., & Heck, D. W. (2017). Which is the greater good? A social dilemma paradigm disentangling environmentalism and cooperation. *Journal of Environmental Psychology*, 53, 40–49.
- Klein, S. A., Nockur, L., & Reese, G. (2022). Prosociality from the perspective of environmental psychology. *Current Opinion in Psychology*, 44, 182–187.
- Knoch, D., Gianotti, L. R., Pascual-Leone, A., Treyer, V., Regard, M., Hohmann, M., & Brugger, P. (2006). Disruption of right prefrontal cortex by low-frequency repetitive transcranial magnetic stimulation induces risk-taking behavior. *Journal of Neuroscience*, 26(24), 6469–6472.
- Krettenauer, T. (2022). When moral identity undermines moral behavior: An integrative framework. *Social and Personality Psychology Compass*, 16(3), e12655.
- 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.
- Lange, F., Steinke, A., & Dewitte, S. (2018). The pro-environmental behavior task: A laboratory measure of actual pro-environmental behavior. *Journal of Environmental Psychology*, 56, 46–54.
- Langenbach, B. P., Savic, B., Baumgartner, T., Wyss, A. M., & Knoch, D. (2022). Mentalizing with the future: Electrical stimulation of the right TPJ increases sustainable decision-making. *Cortex*, 146, 227–237.
- Le Houcq Corbi, Z., Taşkıran, D., & Soutschek, A. (2025). Pro-environmental and prosocial decisions share neural correlates. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 37(11), 2178–2189.
- 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*, 107, 102784.
- Li, H., Lin, J., He, N., Wang, Z., & Zhang, L. (2023). The influence of moral identity on cooperative behavior and its mechanism in social predicaments. *Psychological and Behavioral Research*, 21(3), 410–417.
- [李红, 林嘉浩, 何宁, 王紫祎, 张亮. (2023). 社会困境下道德认同对合作行为的影响及其作用机制. *心理与行为研究*, 21(3), 410–417.]
- Li, Y., Chen, R., & He, Q. (2018). The application of functional near-infrared spectroscopy in understanding the brain mechanism of social interaction. *Journal of Psychological Science*, 41(2), 305–311.
- [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(2), 305–311.]
- Liu, R. (2014). On the concept of moral identity. *Studies in Ethics*, 74(6), 15–20.
- [刘仁贵. (2014). 道德认同概念辨析. *伦理学研究*, 74(6), 15–20.]
- Lu, H., Zou, J., Chen, H., & Long, R. (2020). Promotion or inhibition? Moral norms, anticipated emotion and employee's pro-environmental behavior. *Journal of Cleaner Production*, 258, 120858.
- 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*, 108, 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.
- Molenberghs, P., Johnson, H., Henry, J. D., & Mattingley, J. B. (2016). Understanding the minds of others: A neuroimaging meta-analysis. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 65, 276–291.
- Mollen, S., Cheung, Q., & Stok, F. M. (2023). The influence of social norms on anticipated snacking: An experimental study comparing different types of social norms. *Appetite*, 180, 106372.
- Nielsen, Y. A., & Pfattheicher, S. (2024). Separating individual and group-level cooperation in the Public Goods Game. *PNAS Nexus*, 3(5), pgae200.
- Niemiec, R. M., Champine, V., Vaske, J. J., & Mertens, A. (2020). Does the impact of norms vary by type of norm and type of conservation behavior? A meta-analysis. *Society & Natural Resources*, 33(8), 1024–1040.
- Niu, B., Li, Y., Ding, X., Shi, C., Zhou, B., & Gong, J. (2023). Neural correlates of bribe-taking decision dilemma: An

- fNIRS study. *Brain and Cognition*, 166, 105951.
- Noble, W. S. (2009). How does multiple testing correction work?. *Nature Biotechnology*, 27(12), 1135–1137.
- Nyborg, K., Anderies, J. M., Dannenberg, A., Lindahl, T., Schill, C., Schluter, M., ... de Zeeuw, A. (2016). Social norms as solutions. *Science*, 354(6308), 42–43.
- 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.
- 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.
- Piao, X. D., & Managi, S. (2024). Determinants of pro-environmental behaviour: Effects of socioeconomic, subjective, and psychological well-being factors from 37 countries. *Humanities and Social Sciences Communications*, 11(1), 1–17.
- Prakash, G., Choudhary, S., Kumar, A., Garza-Reyes, J. A., Khan, S. A. R., & Panda, T. K. (2019). Do altruistic and egoistic values influence consumers' attitudes and purchase intentions towards eco-friendly packaged products? An empirical investigation. *Journal of Retailing and Consumer Services*, 50, 163–169.
- Reed, A., Aquino, K., & Levy, E. (2007). Moral identity and judgments of charitable behaviors. *Journal of Marketing*, 71(1), 178–193.
- Ren, M., Fan, W., Huang, Z., Yang, L., & Zhong, Y. (2026). Beyond self-interested choices: The influence mechanism of social norms on pro-environmental behavior in social dilemmas. *Journal of Psychological Science*, 49(2), 412–425.
- [任梦梦, 范伟, 黄子君, 杨莉君, 钟毅平. (2026). 超越自利选择: 社会规范对社会困境中亲环境行为的影响机制. *心理科学*, 49(2), 412–425.]
- 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.
- Ren, M., Zhong, B., & Fan, W. (2024). The impact of descriptive and injunctive social norms on pro-environmental behavior: A study using eye-tracking technology. *Current Psychology*, 43(45), 34761–34777.
- Rhodes, N., Shulman, H. C., & McClaran, N. (2020). Changing norms: A meta-analytic integration of research on social norms appeals. *Human Communication Research*, 46(2-3), 161–191.
- 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.
- Ruff, C. C., Ugazio, G., & Fehr, E. (2013). Changing social norm compliance with noninvasive brain stimulation. *Science*, 342(6157), 482–484.
- 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*, 20(4), 1052–1072.
- Schultz, P. W. (2001). The structure of environmental concern: Concern for self, other people, and the biosphere. *Journal of Environmental Psychology*, 21(4), 327–339.
- 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), 1–21.
- Soutschek, A., Moisa, M., Ruff, C. C., & Tobler, P. N. (2020). The right temporoparietal junction enables delay of gratification by allowing decision makers to focus on future events. *PLoS biology*, 18(8), e3000800.
- Sovacool, B. K., Turnheim, B., Martiskainen, M., Brown, D., & Kivimaa, P. (2020). Guides or gatekeepers? Incumbent-oriented transition intermediaries in a low-carbon era. *Energy Research & Social Science*, 66, 101490.
- Spitzer, M., Fischbacher, U., Herrnberger, B., Grön, G., & Fehr, E. (2007). The neural signature of social norm compliance. *Neuron*, 56(1), 185–196.
- Steg, L., & Vlek, C. (2009). Encouraging pro-environmental behaviour: An integrative review and research agenda. *Journal of Environmental Psychology*, 29(3), 309–317.
- Strang, S., Gross, J., Schuhmann, T., Riedl, A., Weber, B., & Sack, A. T. (2015). Be nice if you have to—the neurobiological roots of strategic fairness. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 10(6), 790–796.
- Tang, M., Tian, S., & Xie, T. (2024). Beyond the myth of slimming: The impact of social norms on positive body image and caloric intake among young adults. *Acta Psychologica Sinica*, 56(10), 1367–1383.
- [汤美慧, 田姝苑, 谢天. (2024). 超越瘦身迷思: “以瘦为美”的社会规范对青年群体积极身体意象与热量摄入的影响. *心理学报*, 56(10), 1367–1383.]
- van der Werff, E., Steg, L., & Keizer, K. (2013). It is a moral issue: The relationship between environmental self-identity, obligation-based intrinsic motivation and pro-environmental behaviour. *Global Environmental Change*, 23(5), 1258–1265.
- Vesely, S., Klöckner, C. A., & Brick, C. (2020). Pro-environmental behavior as a signal of cooperativeness: Evidence from a social dilemma experiment. *Journal of Environmental Psychology*, 67, 101362.
- Wang, C., Zheng, X., Yu, Q., & Lei, L. (2019). The dilemma of green consumption: Identity construction or environmental concern?. *Advances in Psychological Science*, 27(8), 1507–1520.
- [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(8), 1507–1520.]
- 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.
- 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.
- Wang, X., Kong, F., Zhu, H., & Chen, Y. (2024). Dynamic indirect reciprocity: The influence of personal reputation and group reputation on cooperative behavior in nested social dilemmas. *Journal of Experimental Social Psychology*, 112, 104599.
- Winterich, K. P., Aquino, K., Mittal, V., & Swartz, R. (2013). When moral identity symbolization motivates prosocial behavior: The role of recognition and moral identity internalization. *Journal of Applied Psychology*, 98(5),

- 759–770.
- Wu, B., Li, D., & Wang, C. (2016). The psychological mechanism of green consumption based on moral identity theory. *Advances in Psychological Science*, 24(12), 1829–1843.
- [吴波, 李东进, 王财玉. (2016). 基于道德认同理论的绿色消费心理机制. *心理科学进展*, 24(12), 1829–1843.]
- 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.]
- Ye, P., Zhu, R., Tang, H., Mai, X., & Liu, C. (2017). The application of functional near-infrared spectroscopy in social cognitive neuroscience. *Advances in Psychological Science*, 25(5), 731–741.
- [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(5), 731–741.]
- Young, L., Camprodon, J. A., Hauser, M., Pascual-Leone, A., & Saxe, R. (2010). Disruption of the right temporoparietal junction with transcranial magnetic stimulation reduces the role of beliefs in moral judgments. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107(15), 6753–6758.
- 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.
- Zhang, Y., Dong, Y., & Jiang, J. (2025). From behavior domain to behavior attribute: Issues and suggestions in measuring pro-environmental behavior. *Advances in Psychological Science*, 33(1), 163–175.
- [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(1), 163–175.]
- Zhao, M., & Qu, S. (2022). Research on the consequences of employees' unethical pro-organizational behavior: The moderating role of moral identity. *Frontiers in Psychology*, 13, 1068606.

Effects of social norm types on pro-environmental behavior: The moderating role of moral identity and fNIRS evidence

REN Mengmeng^{1,2}, LI Jin^{1,2}, ZHONG Yiping^{1,2}, YANG Lijun¹

⁽¹⁾ School of Educational Science, Hunan Normal University, Changsha 410081, China)

⁽²⁾ Cognition and Human Behavior Key Laboratory of Hunan Province, Hunan Normal University, Changsha 410081, China)

Abstract

Amid escalating ecological crises, such as climate change and resource consumption, promoting pro-environmental behavior (PEB) has become critical for sustainable development. PEB often unfolds within social dilemmas that require individuals to prioritize collective and ecological well-being over immediate self-interest. However, because the benefits of such behaviors are typically delayed and uncertain, maintaining sustained engagement remains challenging. Social norms serve as essential social cues that regulate individual behavior and guide collective decision-making. Although both injunctive and descriptive norms can promote PEB, previous studies have suggested that they operate through distinct psychological mechanisms. Although morally prescriptive, injunctive norms often lack enduring motivational strength. By contrast, descriptive norms, which reflect perceptions of group consensus, tend to be adopted more readily and demonstrate greater intervention effects. Scholars have suggested that activating individuals' moral identities may offer a promising solution for enhancing the effectiveness of injunctive norms. Moral identity, which reflects the extent to which moral values are incorporated into one's self-concept, can enhance an individual's likelihood of regarding environmental behavior as an ethical obligation, thereby intensifying their responsiveness to injunctive cues.

To systematically examine the moderating role of moral identity across different types of social norms and uncover the underlying neural mechanisms, the present study used the Greater Good Game paradigm in combination with functional near-infrared spectroscopy (fNIRS). Participants engaged in a decision-making task that involved trade-offs among self-interest, cooperation, and pro-environmental options under injunctive or descriptive norm conditions. Moral identity activation was experimentally manipulated to examine its moderating role and cortical hemodynamic responses were recorded concurrently recorded.

Behavioral choice data and multinomial processing tree (MPT) model analyses indicated that, under the moral identity activation condition, injunctive norms significantly enhanced individuals' PEB and latent

pro-environmental tendencies compared with descriptive norms. In contrast, in the control condition without moral identity activation, descriptive norms exhibited relatively higher latent pro-environmental tendencies than injunctive norms, although the difference in behavioral choice proportions did not reach statistical significance. The neuroimaging results further demonstrated that moral identity activation elicited stronger activation in the dorsolateral prefrontal cortex (dlPFC), reflecting enhanced cognitive control and inhibition of self-serving tendencies. Moreover, the combination of injunctive norms and moral identity elicited substantial activation in the orbitofrontal cortex (OFC) and medial prefrontal cortex (mPFC), regions linked to moral valuation, emotional regulation, and social decision-making. In contrast, descriptive norms primarily stimulate the right temporoparietal junction (rTPJ), a region associated with social cognition and perspective-taking.

In conclusion, this study reveals the distinct neural pathways through which social norms shape PEB and highlights the crucial role of moral identity in enhancing normative interventions. These findings have important implications for policy and practice. By combining injunctive norms with moral identity, educational or promotional interventions can guide individuals to regard PEB as an ethical obligation, thereby effectively promoting such behavior. Simultaneously, leveraging descriptive norms—through community role models, media coverage, or collective initiatives—provides stable and broadly applicable behavioral references, reinforcing public engagement in environmental practices. Taken together, these insights support the development of neuroscience-informed strategies to promote sustainable behavior.

Keywords pro-environmental behavior, social norm types, moral identity, Greater Good Game, fNIRS

附录 1

选择世界自然基金会与国际自然保护联盟作为社会规范类型的依据

(1) 环保组织的初步筛选(选出 10 个)

本研究筛选了十个环保组织, 其标准包括: **1) 代表性与多样性:** 涵盖了国际知名组织(如世界自然保护联盟、世界自然基金会、绿色和平组织)和国内具有影响力的组织(如中华环境保护基金会、中华环保联合会、阿里巴巴公益基金会等)确保涵盖不同层面的环保工作。**2) 影响力与知名度:** 选择在公众中具有较高知名度的组织, 以确保被试对实验材料有一定的了解, 减少因认知差异导致的实验干扰。**3) 专业性:** 这些组织在生态保护、污染治理、气候变化应对等方面有丰富的实践经验, 符合研究的亲环境行为主题。

(2) 最终确定两个环保组织的筛选过程

为了选取实验中最具代表性的环保组织, 本研究首先邀请 30 名大学生(非正式被试)对 10 个环保组织进行评分。评分采用 5 点 Likert 量表(1 = “非常不同意”, 5 = “非常同意”), 包含两个题项: (1)“该环保组织在环境保护中的贡献非常突出”;(2)“该环保组织在环境保护领域具有深远的影响力”。根据平均得分, 最终选取得分最高

的两个组织—世界自然基金会和世界自然保护联盟。本研究进一步对两个组织在上述两个维度的得分进行配对样本 t 检验, 结果显示差异不显著($ps > 0.05$)。结果表明, 两组织在被试对其环保贡献与影响力的评分上不存在显著差异, 因而可视为在实验中具有同等效力的社会规范背景信息材料(见附表 1)。

附表 1 10 个环保组织在 2 个操纵性检验问题的得分

环保组织	该环保组织在环境保护中的贡献非常突出 ($M \pm SD$)	该环保组织在环境保护领域具有深远的影响力 ($M \pm SD$)
世界自然基金会	4.73 ± 0.47	4.65 ± 0.58
世界自然保护联盟	4.56 ± 0.54	4.49 ± 0.63
中华环境保护基金会	4.42 ± 0.58	4.34 ± 0.52
大自然保护协会	4.69 ± 0.43	4.53 ± 0.55
全球环境基金	4.22 ± 0.66	4.17 ± 0.63
绿色和平组织	4.01 ± 0.74	3.93 ± 0.84
地球之友	3.83 ± 0.65	3.74 ± 0.79
阿里巴巴公益基金会	3.57 ± 0.72	3.46 ± 0.75
中国环境保护协会	3.64 ± 0.62	3.51 ± 0.62
中华环保联合会	3.75 ± 0.65	3.64 ± 0.78

注: 加粗的信息为本研究所选择的两个环保组织信息