

北京師範大學

博士学位论文

论文题目：道德判断中意图加工的神经机制及干预

作者：甘 甜

导师：罗跃嘉 教授

系别年级：脑与认知科学研究院 2010 级

学 号：201031430007

学科专业：认知神经科学（心理学）

完成日期：2013 年 5 月

北京师范大学研究生院

北京师范大学学位论文原创性声明

本人郑重声明： 所呈交的学位论文，是本人在导师的指导下，独立进行研究工作所取得的成果。除文中已经注明引用的内容外，本论文不含任何其他个人或集体已经发表或撰写过的作品成果。对本文的研究做出重要贡献的个人和集体，均已在文中以明确方式标明。本人完全意识到本声明的法律结果由本人承担。

学位论文作者签名：

日期： 年 月 日

学位论文使用授权书

学位论文作者完全了解北京师范大学有关保留和使用学位论文的规定，即：研究生在校攻读学位期间论文工作的知识产权单位属北京师范大学。学校有权保留并向国家有关部门或机构送交论文的复印件和电子版，允许学位论文被查阅和借阅；学校可以公布学位论文的全部或部分内容，可以允许采用影印、缩印或其它复制手段保存、汇编学位论文。保密的学位论文在解密后适用于本授权书。

本人签名： _____

日期： _____

导师签名： _____

日期： _____

道德判断中意图加工的神经机制及干预

摘 要

良好的道德判断是构建和谐社会的重要因素，也是心理学家一直关注的问题。目前有关道德判断的理论和研究主要考察了人们对谋杀、伤害等负性事件的加工机制，而研究者对正性积极的助人行为的道德判断机制尚不清楚。此外，大部分研究主要关注情绪和认知加工在道德判断中的交互，忽略了意图信息加工在道德判断中的重要作用。道德判断情境下的意图加工不同于简单的意图信息编码，更重要的是对意图和结果等相关信息进行整合加工。脑成像研究证据表明前额叶和双侧颞顶联合区均参与了道德判断中的意图加工，但这些脑区在时间进程上有何关系、如何交互作用仍然尚待考察。

本研究主要采用经典的道德判断意图-结果任务，通过行为实验、事件相关电位技术和经颅直流电刺激技术等多种方法考察了伤人和助人行为道德判断中意图加工的机制，提出了道德判断意图加工的模型：研究一采用经典的意图-结果道德判断任务考察了助人行为道德判断的意图加工；研究二采用事件相关电位技术和溯源分析考察了道德判断意图加工的时间进程和神经机制；研究三采用经颅直流电刺激技术调节意图加工关键脑区右侧颞顶联合区的皮质兴奋性，探索了右侧颞顶联合区激活的改变对道德判断加工的影响。主要的结果和结论如下：

(1) 三个研究的行为结果都表明意图加工在伤人行行为和助人行为道德判断中具有重要作用。在意图与结果信息冲突的条件下，正常个体更加依赖于意图信息做出道德判断，并且与意图和结果信息一致的条件相比，冲突条件下被试需要更多的时间整合意图和结果信息以做出合理的道德判断，表现为行为反应时的延长。

(2) 研究一结果发现与伤人行行为道德判断相比，在助人行为道德判断中，在赞扬度评分上只发现了意图与结果各自的主效应，而没有发现显著的交互作用，表明相对伤人行行为的判断，个体在助人行为判断中给予行为结果因素更多的考虑。但是意图和结果因素在反应时上的交互作用表明个体在对助人行为进行道德判断时，意图信息仍然是最重要的因素。

(3) 研究二结果表明道德判断中的意图整合加工至少包括早期的道德直觉加工和较晚的整合和权衡等心理过程，并体现在位于头皮前部和双侧颞顶区域的 ERP 成分上。具

体而言，道德判断中意图信息的整合加工在时间进程上可分为四个阶段：首先，右侧颞顶联合区对意图信息进行快速的道德直觉加工，表现为在伤人成功和助人成功条件下相比伤人未遂和助人未遂条件下波幅更大的右侧 N180 成分；其次，左侧颞顶联合区参与意图和结果信息的表征加工，主要表现为伤人未遂和助人未遂条件下波幅更大的左侧 N250 成分；第三，前额叶负责高级的认知控制加工，主要表现为刺激呈现后 380 ms 开始出现的、伤人未遂和助人未遂条件下波幅更大的头皮前部的慢波 FSW 成分；最后，右侧颞顶联合区与其他脑区共同协调完成晚期的控制推理加工，表现为双侧 TP450 和 TPSW 成分，且这两个成分与意图和结果的交互作用均出现在右侧，反映了右侧颞顶联合区在意图加工中的重要作用。

(4) 右侧颞顶联合区是意图加工的核心脑区，ERP 结果表明它参与了意图的早期自动的道德直觉和晚期高级的整合加工，研究三的结果证明采用经颅直流电刺激调节该脑区的皮质兴奋性能够影响个体在道德判断中对意图信息的加工。具体表现为：在意图与结果信息冲突的情况下，提高右侧颞顶联合区的皮质兴奋性会使个体做出道德判断的反应时延长，而降低该脑区皮质兴奋性则会显著缩短个体道德判断的反应时。这种效应的核心机制可能是右侧颞顶联合区皮质兴奋性的降低导致个体在道德判断时更少地考虑意图和信念信息，从而更快地做出道德判断；反之，该区域皮质兴奋性的提高使个体更多地考虑和联想意图信息，从而引起加工反应时的显著延长。

综上所述，本研究通过系列实验考察了道德判断中的意图加工的心理和神经机制，提出了道德判断意图加工的模型，并尝试通过无创的电刺激的方式调节大脑的活动以影响正常个体道德判断的行为表现。本研究的结果不仅对道德心理学的理论和研究提供了支持和补充，也对认知神经科学技术在社会生活领域的实际应用有所启示。

关键词：道德判断，意图，右侧颞顶联合区，事件相关电位，经颅直流电刺激

The Neural Mechanism and Intervention of Intention Processing in Moral Judgement

ABSTRACT

Moral judgement is a long-interesting issue for psychologists and greatly contributes to the construction of harmonious society. To date, the theories and researches on moral judgement only considered the moral processing of negative behaviors such as kill, murder and harm. However, the mechanism of moral judgement to helpful, altruistic and prosocial behavior is still unknown. Besides, most classical moral judgement studies mainly focus on the interaction between emotion and cognition in moral processing. The critical role of intention processing in moral judgement has been ignored. The intention processing under moral context is not just refer to belief encoding process. More important is that integration of information about beliefs and consequences. The functional Magnetic Resonance Imaging (fMRI) results have demonstrated that the significant activities of prefrontal cortex (PFC) and bilateral temporo-parietal junction (TPJ) during intention processing in moral judgement task. However, the interaction between these brain regions and the temporal dynamics of intention processing in moral judgement are still unexplored.

In the present study, we used event-related potential (ERP) and transcranial direct current stimulation (tDCS) to investigate the mental and neural mechanism of intention process under moral judgement context for harmful and helpful behaviors. In first study, we investigated the mental mechanism of intention and outcome information processing in a moral judgement task for helpful behaviors. The second study indicated the time course and neural mechanism of intention processing in moral judgement. Based on the ERP effects and source analysis technique, we inferred the neural model of intention processing involved four stages. The third study further

explored the effect of manipulating neural activity over RTPJ on intention processing in moral judgement by using the tDCS technique. The main results and conclusions obtained in the series of experiments are shown below:

(1) Behavioral results of the three studies all showed that intention processing plays a crucial role in moral judgement both for harmful and helpful behaviors. When the information of beliefs and outcomes were conflict, moral judgement was more dependent on the intent information. People will pay more time to integrate the intention and outcome information in order to make normal moral judgement, which was reflected by the increased reaction time under the conflict conditions.

(2) In the first study, for the behavioral evaluation results of helpful behaviors judgement, unlike in the harmful context, we only found the significant main effects of intention and outcome. The interaction between these two factors was not significant. We suggest that this was because in the helpful scenarios, the weight of outcome factor became more important, which neutralized the interactive effect. However, the intention factor still contributed more to the moral judgement which was demonstrated by the significant interaction between intention and outcome on reaction time in helpful context.

(3) The second study revealed the mental process of intention processing in moral judgement at least included the early moral intuition and late integration processes, which was reflected by the ERP effects over frontal and bilateral TPJ areas. Specifically, the neural mechanism of intention processing in moral judgement involved four stages: The first stage allowed fast moral intuitive processing at right TPJ regions, which was reflected by right N180 effect that successful harm and help conditions induced more negative N180 than attempted harm and help conditions, respectively. The second stage allowed representation of intention and outcome information over left TPJ regions, which was indicated by the larger N250 for attempted harm and help conditions at left electrodes. The third stage allowed cognitive control processing at high level over the prefrontal cortex, which was reflected by the prefrontal FSW component that began at 380 ms after stimulus presentation and was larger for attempted harm and help conditions. In the last stage, the right TPJ interacted with other regions to complete the late reasoning processing, which was reflected by TP450 and TPSW components at the bilateral TPJ areas and interacted with intention and outcome factors only at right hemisphere. Those

effects highlight the important contribution of right TPJ in moral intention processing.

(4) Right TPJ is the critical brain region for intention processing. The ERP results implied that this brain region may involve at least two stages of intention processing: early automatic moral intuitive process and late integration and reasoning process. Results of the third study demonstrated that the change of cortical excitability in right TPJ through tDCS could influence the intention processing in moral judgement. To be specific, when the information of beliefs and outcomes were conflict, exciting the neural activity of right TPJ could increase the reaction time of moral judgement, and inhibiting the neural activity of right TPJ could decrease the reaction time. The core mechanism of this effect might be the suggestion that when the cortical excitability of right TPJ was decreased, people spent less time thinking of belief and intention information, which led to the decreased reaction time. On the contrary, when the cortical excitability of right TPJ was increased, people spent more time to consider belief and intention information, which resulted in the increased reaction time of moral judgement.

In conclusion, the present study investigated the mental and neural mechanism of intention processing in moral judgement by a series of experiments, proposed the model of intention processing under moral judgement context. Most importantly, we tried to influence the normal individual's behavioral performance on moral judgement task by regulating the activity of brain cortex through non-invasive direct current stimulation. Findings in this study not only supported the theory and research of moral psychology, but also shed light on the application of cognitive neuroscience techniques in the field of social life.

KEY WORDS: moral judgment, intention, right temporo-parietal junction (RTPJ), event-related potential (ERP), transcranial direct current stimulation (tDCS)

英语缩写词表

英文缩写	英文全名	中文全名
ANOVA	analysis of variance	方差分析
EEG	electroencephalogram	脑电图
ERP(s)	event-related potential(s)	事件相关电位
fMRI	function magnetic resonance imaging	功能磁共振成像
FSW	frontal slow wave	前额慢波
HEOG	horizontal electro-oculography	水平眼电
LTPJ	left temporo-parietal junction	左侧颞顶联合区
PET	positron emission computerized tomography	正电子发射断层扫描
PFC	prefrontal cortex	前额叶
RTPJ	right temporo-parietal junction	右侧颞顶联合区
tDCS	transcranial direct current stimulation	经颅直流电刺激
TOM	theory of mind	心理理论
TPJ	temporo-parietal junction	颞顶联合区
TPSW	temporo-parietal slow wave	颞顶区慢波
VEOG	vertical electro-oculography	垂直眼电

目 录

道德判断中意图加工的神经机制及干预	I
摘 要	I
THE NEURAL MECHANISM AND INTERVENTION OF INTENTION PROCESSING IN MORAL JUDGEMENT	III
英语缩写词表	VI
1 文献综述	1
1.1 基本概念	2
1.1.1 道德及其范畴	2
1.1.2 道德判断及其研究范式	4
1.1.3 道德判断中的意图加工	8
1.2 道德判断的机制	8
1.2.1 理性推理模型	9
1.2.2 社会直觉模型	10
1.2.3 双加工理论模型	11
1.2.4 心理理论在道德判断中的作用	13
1.3 道德判断意图加工的神经机制	14
1.3.1 脑成像研究	14
1.3.2 事件相关电位研究	16
2 问题提出与研究方案	18
2.1 问题提出	18
2.2 研究思路 and 方案	19
3 研究一：助人行为道德判断的意图与结果加工	21
3.1 实验一：助人行为道德判断的意图与结果加工机制	22
3.1.1 方法	22
3.1.2 结果	24
3.1.3 讨论	25
4 研究二：道德判断中意图加工的时间进程和脑机制研究	27
4.1 实验二：伤人行为道德判断中意图加工的时间进程和脑机制	28
4.1.1 方法	28
4.1.2 结果	31
4.1.3 讨论	37
4.2 实验三：助人行为道德判断中意图加工的时间进程和脑机制	40
4.2.1 方法	40
4.2.2 结果	42

4.2.3 讨论.....	48
5 研究三：调节右侧颞顶区激活对道德判断意图加工的影响.....	51
5.1 实验四：抑制右侧颞顶联合区激活对伤人行道德判断意图加工的影响.....	54
5.1.1 方法.....	54
5.1.2 结果.....	56
5.1.3 讨论.....	59
5.2 实验五：抑制右侧颞顶联合区激活对助人行道德判断意图加工的影响.....	61
5.2.1 方法.....	61
5.2.2 结果.....	62
5.2.3 讨论.....	65
5.3 实验六：抑制右侧颞顶联合区激活对意图列举的影响.....	66
5.3.1 方法.....	66
5.3.2 结果.....	67
5.3.3 讨论.....	68
5.4 实验七：促进右侧颞顶联合区激活对伤人行道德判断意图加工的影响.....	69
5.4.1 方法.....	69
5.4.2 结果.....	70
5.4.3 讨论.....	73
5.5 实验八：促进右侧颞顶联合区激活对助人行道德判断意图加工的影响.....	75
5.5.1 方法.....	75
5.5.2 结果.....	76
5.5.3 讨论.....	79
6 总结与讨论.....	80
6.1 总讨论.....	80
6.1.1 助人行道德判断中意图与结果的加工机制.....	80
6.1.2 道德判断中意图信息加工的时间进程和阶段.....	81
6.1.3 调节右侧颞顶联合区皮质兴奋性对道德判断意图加工的影响.....	83
6.1.4 道德判断意图信息加工模型.....	85
6.2 总结论.....	87
6.3 研究创新与展望.....	88
6.3.1 研究主要创新点.....	88
6.3.2 研究的不足及展望.....	88
参考文献.....	90
附 录.....	99
附录 1 伤人与助人意图-结果道德判断故事材料.....	99
附录 2 意图列举任务材料（实验六材料）.....	117
附录 3 正性负性情绪量表（THE POSITIVE AND NEGATIVE AFFECT SCALE, PANAS）.....	119
附录 4 tDCS 实验中置于 RTPJ 位置的电极示意图.....	120
致 谢.....	121

1 文献综述

道德是区分是非对错的信念体系和行为规范(田学红等, 2011), 它不仅是传统社会心理学和现代道德心理学的基本主题, 更在现实生活中起着重要作用。德智体美劳之中以德为先, 道德修养是人类教育和培养的核心内容。然而, 随着当前社会经济的迅速发展, 在各个社会领域中, 却出现了愈发严重的“道德危机”(李俊衡, 2011; 姚剑文, 2002)。人们在道德危机带来的混乱和烦恼中, 已经难以对彼此的行为和环境持有合理的预期, 有时甚至不得不出于自我防御的本能表现出有违道德标准的行为, 造成不良的社会影响。道德判断是主体根据自己已有的道德价值观念、社会的道德原则和道德规范, 对自身或他人的思想观念和实践活动所进行的善恶价值断定, 它是人类道德要素中最重要的成份, 是道德情感、道德意志和道德行动的前提(Greene & Haidt, 2002; Haidt, 2008; 陈建兵, 黄富峰, 2006)。一个人的道德判断能力直接制约着他的道德水平, 与其实际的道德行为也紧密相关。

道德判断与其他心理过程一样, 具有其神经基础, 并依赖于人类神经系统的进化、发育和塑造(Casebeer, 2003)。研究道德判断的神经机制能够为传统道德研究提供新的视角, 有助于人们理解道德判断的来源、实质和过程。近年来, 道德认知的神经生理研究已经成为一个无可非议的研究热点。目前已经有许多道德心理学家和认知神经科学研究者致力于道德的脑神经机制研究, 并取得了一定的研究成果(Greene & Haidt, 2002; Greene, Sommerville, Nystrom, Darley, & Cohen, 2001; Haidt, 2007; Koenigs, et al., 2007; Moll, Oliveira - Souza, & Zahn, 2008)。然而, 目前认知神经科学家主要关注道德判断中认知与情绪因素的交互作用, 而对道德判断的核心要素“行为意图”的加工及其与其他信息(如“行为结果”)的整合加工机制知之甚少。发展心理学研究发现基于意图做出道德判断是成熟的道德判断的标志(Baird & Astington, 2004; Kohlberg, 1969; Piaget, 1932), 因此, 研究道德判断中意图加工的神经机制不仅能对传统道德心理学的理论研究提供实证支持, 也能填补道德神经科学的研究空白, 具有重要的理论价值和研究意义。

形成良好的道德判断是构建文明社会和和谐生活的重要因素, 探索道德判断的神经机制也有助于我们鉴别和帮助道德认知异常人群, 更有助于我们提高道德教育和干预训练的实际效果。因此, 研究道德判断的脑机制能够对教育培养、临床干预等多个社会领域提供理论依据和实践基础, 具有重要的应用价值。

1.1 基本概念

1.1.1 道德及其范畴

道德一词，在汉语中可追溯到先秦思想家老子所著的《道德经》一书。老子说：“道生之，德畜之，物形之，势成之。是以万物莫不尊道而贵德。道之尊，德之贵，夫莫之命而常自然。”其中“道”指自然运行与人世共通的真理；而“德”是指人世的德性、品行、王道。在西方古代文化中，“道德”（Morality）一词起源于拉丁语的“Moralitas”，意为规矩、品行、适当的行为。《现代汉语辞海》对“道德”的定义为：一种社会意识形态，是人们共同生活及其行为的准则与规范(倪文杰，张卫国，冀小军，1994)。具体而言，道德是以善恶评价为标准，依靠社会舆论、传统习俗和人的内心信念的力量来调整人们之间相互关系的行为规范的总和，它贯串于社会生活的各个方面，如社会公德、婚姻家庭道德、职业道德等。道德通过确立一定的善恶标准和行为准则，来约束人们的相互关系和个人行为、调节社会关系，并与法一起保障社会生活的正常秩序。社会学奠基人 Durkheim(1973)认为人类为了实现繁荣，需要一定的约束，一个具有凝聚力的社会能够提供一种强迫性的力量来约束人们，这种社会需要是道德产生的基础，就像生理需要是有机体生存的基础一样。

在心理学领域，道德一直是一个重要的研究课题。早期精神分析学家 Freud(1962)认为道德是超我(Super-ego)为了避免内疚感和羞耻感而产生的，并用“合理化”(Rationalization)的概念解释了一些道德推理的例子，其观点是现代心理学有关自动加工研究的源头。行为主义流派相比道德情绪(Moral emotion)和道德推理(Moral reasoning)，更加重视道德行为(Moral behavior)本身。Bandura(1999)提出的观察学习理论和行为主义学家对自动加工的研究对现代道德心理学的研究产生了一定的影响。发展心理学家 Piaget(1932)与 Durkheim 和 Freud 一样，认为道德研究的核心问题是儿童如何发展形成对规则的敬畏和遵从，他开创了认知-发展心理学的研究方法，为发展心理学以及近年来道德心理学的研究奠定了基础。之后，Kohlberg(1969)扩展了 Piaget 的观点，他强调道德推理，详细阐述了道德认知发展的关键概念，并对道德认知发展的阶段进行了测量评估。随着现代认知心理学的发展，道德心理学研究所涉及的问题越来越多，研究材料和方法也愈发丰富，这种多样性同时也导致了大量道德研究结论的不一致。例如，Haidt 等人(2001)采用兄妹乱伦的故事作为例证来研究道德判断的直觉加工，而 Greene 等人(2001)则是使用道德两难故事来考察道德判断中情绪与认知的交互作用，但实际上这两个故事是属于不同的道德范畴的（乱伦与

伤害), 因而可以推测其相应唤起的道德加工过程可能是不同的, 这就造成了研究结论的混乱和矛盾。因此, 在开展道德研究之初, 需要对道德的不同范畴进行界定。Haidt 等人(2007) 近年来综合道德心理学、进化心理学、文化心理学和认知神经科学的观点和研究(Graham, Haidt, & Nosek, 2009; Graham, et al., 2011; Haidt, 2007; Haidt, 2008; Haidt & Graham, 2007), 提出了“道德心理学新综合体”(The new synthesis in moral psychology)(图 1)和“道德基础理论”(Moral Foundations Theory, MFT), 对道德问题的五个基础范畴进行了界定:

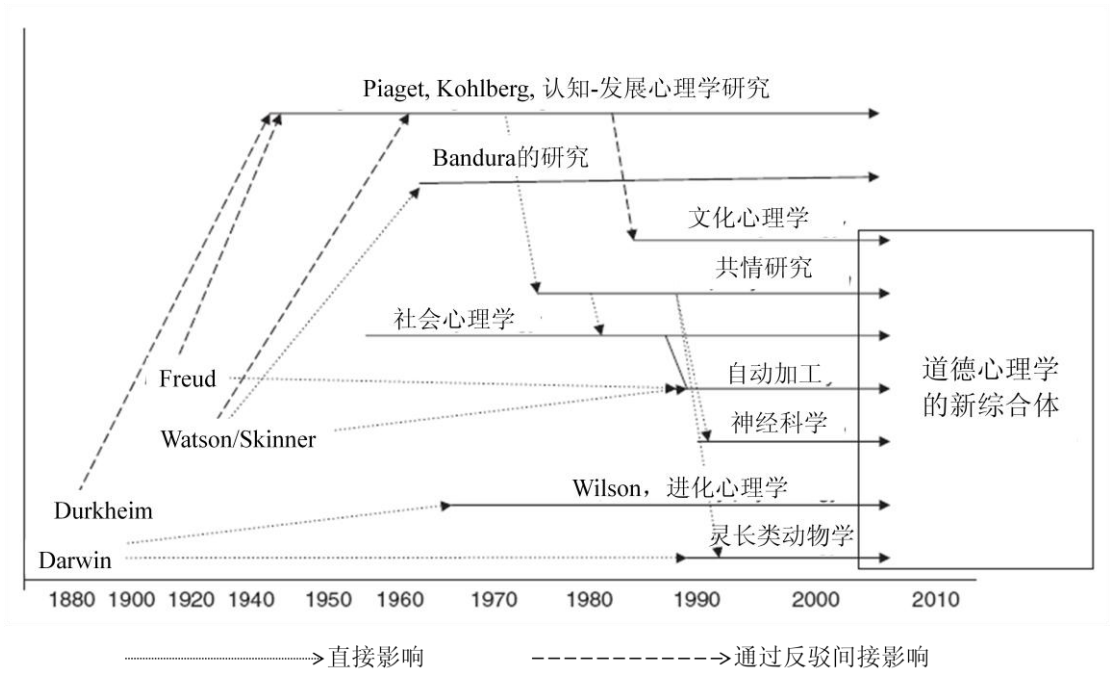


图 1 道德心理学的研究历程及道德心理学新综合体 (来自 Haidt, 2008)

- 1) 伤害/照顾 (Harm/Care): 哺乳动物在漫长进化过程中, 形成了母体与生俱来的对可能伤害自己后代的刺激非常敏感的大脑。在许多灵长类尤其是人类中, 这种敏感性已不仅局限于母子的关系, 而是扩展到了整个群体对伤害他人行为的厌恶以及对受害人的同情。由于人类对残忍的伤害行为非常敏感, 进而形成了对阻止或减轻伤害行为的认可和赞成, 这种赞成在文化发展中被定义为仁慈和怜悯的美德, 与此相对应的是残忍和侵犯的罪恶;
- 2) 公平/互惠 (Fairness/Reciprocity): 灵长类动物无关个体之间形成联盟并合作的发展历史进化产生了一系列能够促进互惠利他主义的情绪, 包括愤怒, 内疚和感激等。由于人们在看到或卷入互惠关系时体验到了这些情绪, 所有文化中都发展出了与公平和正义有关的美德, 同时也形成了权利、自主性的概念;
- 3) 群体内部/忠诚 (Ingroup/Loyalty) 人类在进化过程中一直以动态群体的形式生

存，这个过程中强烈的社会情绪形成了特殊的社会认知能力，包括识别、信任和与群体内的成员合作的能力，以及谨慎、怀疑地与其他群体的成员相处的能力。因为人们要评估他们的内群，所以他们也会评估那些为了群体做出牺牲的成员，并鄙视那些背叛或无法为群体提供支援的成员，由此形成了忠诚、爱国和英勇等美德；

4) 权威/尊敬 (Authority/Respect) 人类长期生存在具有不同等级结构的阶级群体中，部分居统治地位的人得到了更多的利益，同时也被期待担负起保护者的角色或提供更多的服务，这种生存关系使人类的大脑能够灵活地处理各种等级关系。在其他灵长类动物中，占据统治地位主要依赖体力和恐吓，但是在人类群体中，社会关系更加微妙，占据统治地位更多地是基于威望、声誉和他人的自愿服从。人们尊重、敬畏并钦佩合法权威，由此形成了与良好领导力有关的美德，包括慷慨和睿智，同时也形成了与从属关系有关的美德，如尊重、责任感和服从等；

5) 纯洁/神圣 (Purity/Sanctity) 在灵长类进化的历史长河中，人类转变为肉食动物只有很短的历史，开始肉食，意味着要净化和清洁动物的尸体，同时人类的前额叶快速进化发展，这两个变化使得人类产生了厌恶情绪。厌恶就像一个身体的守护者，对粪便、呕吐物、腐尸等生理或文化上与疾病相关的刺激产生反应。同时，在大多数人类社会，厌恶还发展成了一种社会情绪，外观残缺或职业低贱也能使人们产生厌恶情绪，由此形成了与宗教活动和普通身体活动有关的美德与罪恶，如提倡高尚生活，减少肉体 and 物质享受等。

基于道德研究的发展和基础范畴，本研究将传统心理学所关注的道德问题与现代神经科学技术相结合，主要在第一个范畴“伤害/照顾”下展开对道德问题的研究。

1.1.2 道德判断及其研究范式

Kohlberg(1969)认为个体的道德判断水平是其道德能力高低的集中表现。道德判断是与个体的善恶标准有关的，道德判断的依据不仅局限于特定情境中某种行为所导致的结果，还包涵发生该行为的原因和目的。因此，所谓道德判断是主体根据自己已有的道德价值观念和社会的道德原则及道德规范，对自身或他人的思想观念和实践活动所进行的善恶价值的断定(Greene & Haidt, 2002; Haidt, 2008; 陈建兵, 黄富峰, 2006)。

从传统道德心理学研究到最近的道德神经科学研究，道德判断的研究范式从最初的临床观察和访谈发展到了实验室内的严格实验操控，下面简单介绍认知神经科学领域常用的两种道德判断研究范式：道德两难问题法与意图-结果道德判断范式。

1.1.2.1 道德两难问题法

道德两难问题法最初可以追溯到 Piaget 的研究(Christensen & Gomila, 2012; Piaget, 1932)。他首开先河地采用临床访谈的方法探索儿童的道德认知发展。在临床访谈中,访谈者首先向受访者呈现“对偶故事”,然后要求受访者回答一些棘手的问题并做出道德判断。研究者观察记录访谈过程中受访者的道德判断和解释,以此作为考察其道德发展水平的指标。Piaget(1932)在总结大量研究成果的基础上,提出了儿童道德认知发展理论,为后来的道德心理学研究奠定了基础。Kohlberg(1969)吸收了 Piaget 临床访谈的思想,并采用更为实证的方法进行道德认知的探索,进一步拓展了道德认知发展理论及其测量方法。Kohlberg(1969)编制了九个两难故事和问题对受测者的道德认知进行测评,比如“海因茨偷药”的故事,讲述了海因茨因为想救妻子而不得已去偷药。根据每个故事的情节,Kohlberg 相应地向受测者提出一系列问题(比如“海因茨应该偷药吗?这种行为是对是错?为什么?如果没有别的办法,为了妻子去偷药是做丈夫的职责吗?”),让受测者做出判断并陈述理由,最后由研究者根据标准的评分体系对受测者的道德推理进行评分,并根据评分结果划分受测者的道德认知发展阶段。根据对这些两难故事的系统调查,Kohlberg 提出了儿童道德认知发展的三级水平与六个阶段。Piaget 的“对偶故事法”和 Kohlberg 的“两难故事法”在道德认知理论构建中取得了相当丰硕的成果。但是,这两种相似的方法都是源于临床访谈的方法学,访谈法自身存在的方法学缺陷(例如费时、费力;访谈者与被访者在访谈中存在偏见或错误等)限制了其应用范围。此外,无论是 Piaget 还是 Kohlberg 的理论,对儿童道德认知发展进行的阶段划分都相对简单,可能导致研究者为了维系理论本身而将访谈中儿童的特殊回答看作偏差或无关数据,忽视了某些重要信息(Christensen & Gomila, 2012)。

在认知神经科学领域,首先将道德两难故事用于道德神经机制研究的开创者是 Greene 的研究团队,他们基于两难故事设计了能够通过实验操控诱发出被试道德冲突的实验范式(Greene, et al., 2001)。该实验范式设计了两种不同类型的道德两难问题,以考察被试在回答两类问题时脑活动的差异:一类是非个人卷入的道德两难问题(Impersonal dilemma,如“电车两难问题”:一列飞驰的电车即将撞上正在前方轨道上作业的五名工人,要拯救这五个人的唯一办法是按下一个开关,使电车转到另一条铁轨上,但那条铁轨上也有一个工人,这样做他会被撞死,你愿意按下这个开关吗?)。这类问题涉及到对他人的间接伤害,诱发的情绪较弱。功能磁共振成像(functional Magnetic Resonance Imaging, fMRI)扫描发现非个人卷入问题主要激活涉及工作记忆、推理、问题解决等与认知功能有关的脑区。另一

类问题是个人卷入问题（Personal dilemma，如“天桥两难问题”：你站在天桥上，看见一列飞驰的电车即将撞上正在前方轨道上作业的五个工人，要拯救这五个人的唯一办法是将你身边的一个身材硕大的男子从桥上推下去，用他的身体暂时阻挡电车，但这样做的话他就会被撞死，你愿意把这个男子推下去吗？）。这类问题涉及到对他人的直接伤害，会诱发较强的情绪体验。fMRI 扫描发现这类问题主要激活与社会情绪加工有关的脑区。由此，Greene 等人(2009)提出了道德判断的双加工理论模型。近年来，Greene 研究团队和其他研究者采用这种道德两难故事进行了一系列道德的神经机制研究(Greene, 2009; Greene, et al., 2009; Greene & Paxton, 2009; Koenigs, et al., 2007; Paxton & Greene, 2010; Shenhav & Greene, 2010),他们对传统道德两难法的改良,使得研究者可以采用 fMRI、正电子断层扫描(positron emission computerized tomography, PET) 等无创技术,在实验控制条件下充分诱发出强烈的道德加工,以考察人们在进行道德判断时的脑活动。但是,该方法仍存在一些不足之处:首先在方法学上两难问题缺乏同质性,不同研究之间难以比较,使得研究者无法通过元分析方法对道德加工问题展开量化总结;其次,已有研究没有对该方法涉及的许多实验参数进行严格控制,例如故事的呈现方式、问题的类型、伤害对象的种属类别等等,每个参数的变化都有可能影响实验结果的信效度(Christensen & Gomila, 2012)。

1.1.2.2 道德判断的意图-结果加工范式

在日常生活中,当我们对某种行为做出评价时,我们不仅会考虑它所导致的结果,更会考虑到行为人自身的想法和观点(Cushman, Young, & Hauser, 2006; Young, Cushman, Hauser, & Saxe, 2007; Young & Koenigs, 2007)。在法律条款中,具有“犯罪意图”是判定“犯罪行为”的基本要素之一,除非个人意图不轨,否则即使其行为造成他人受伤,在法律上也将采取从轻处理。行为意图和行为结果一直以来都是道德判断的两个要素。所以,在道德判断加工中,“意图加工”已经不是单纯的意图信息编码,而涉及到意图和结果信息的整合(Young & Saxe, 2008)。从行为意图和行为结果两者的交互作用出发,Young 等人(2007)设计了道德判断的意图-结果加工范式,旨在考察道德判断不同阶段中对行为人意图和结果信息的加工机制。与道德两难法类似,意图-结果道德判断方法也是通过文字陈述故事的形式向被试呈现,每个故事分为背景、预示、意图、行为和结果四个部分,其中,“背景”包含了对故事发生的情景介绍,“预示”包含了对结果的一种预言信息,“意图”包含了故事主角对于情景的信念和想法,“行为和结果”包含了故事主角实际做出的行为和产生的结果。在实验设计上,第一个变量“意图”包含了负性和中性两个水平,第二个变量“结果”包含了负

性和中性两个水平，两个变量 2×2 的交互作用构成了实验的四种条件，分别是无伤人（中性意图中性结果）、意外伤人（中性意图负性结果）、伤人未遂（负性意图中性结果）和伤人成功（负性意图负性结果）。具体举例如下：

1) 林蕾和朋友参观一家化学工厂。当林蕾接咖啡时，她的朋友让她帮忙取一些白糖。咖啡旁的盒子里正好装着一些白色粉末。这些粉末完全无害，是工作人员每天都在用的白糖。盛放粉末的容器上贴着“白糖”标签，林蕾相信这些粉末很安全。林蕾把粉末放进朋友咖啡里。林蕾的朋友喝完咖啡后平安无事。

这个故事是无伤人的条件，故事主角既没有伤人的意图，其行为也没有造成伤人的结果。

2) 林蕾和朋友参观一家化学工厂。当林蕾接咖啡时，她的朋友让她帮忙取一些白糖。咖啡旁的盒子里正好装着一些白色粉末。这些粉末是一个科学家留下来的致命毒药。盛放粉末的容器上贴着“白糖”标签，林蕾相信这些粉末很安全。林蕾把粉末放进朋友咖啡里。林蕾的朋友喝完咖啡后中毒而死。

这个故事是过失伤人或者意外伤人的条件，故事主角并没有伤人的意图，但却因为过失或意外导致了他人受伤。

3) 林蕾和朋友参观一家化学工厂。当林蕾接咖啡时，她的朋友让她帮忙取一些白糖。咖啡旁的盒子里正好装着一些白色粉末。这些粉末完全无害，是工作人员每天都在用的白糖。盛放粉末的容器上贴着“有毒”标签，林蕾相信这些粉末很危险。林蕾把粉末放进朋友咖啡里。林蕾的朋友喝完咖啡后平安无事。

这个故事是伤人未遂的条件，故事主角怀着伤人的意图做出行为，结果却未能成功。

4) 林蕾和朋友参观一家化学工厂。当林蕾接咖啡时，她的朋友让她帮忙取一些白糖。咖啡旁的盒子里正好装着一些白色粉末。这些粉末是一个科学家留下来的致命毒药。盛放粉末的容器上贴着“有毒”标签，林蕾相信这些粉末很危险。林蕾把粉末放进朋友咖啡里。林蕾的朋友喝完咖啡后中毒而死。

这个故事是伤人成功的条件，故事主角怀着伤人的意图做出行为，最后也产生了负性的结果。

每个故事呈现后，要求被试评价是否允许主角做出这种行为，或应该给予主角的行为多大程度的谴责（4 点或 7 点量表）。根据这样的设计思路，Young 等人前后共编写了 48 个这样的情节（每个情节可分为四个版本，共 192 个故事）。在许多后续研究中发现了意图和结果因素的交互作用，并发现与意图加工有关的脑区在这个任务中高度激活(Young, et

al., 2007; Young & Saxe, 2008; Young, Scholz, & Saxe, 2011)。这种方法传承了道德两难故事的呈现方式，将道德判断的核心要素“意图”与其他要素（如“结果”）相结合，一方面能考察被试做出道德判断时对意图与结果信息的加工机制，另一方面还能考察两个因素的交互和整合，因为成熟的道德判断主要是基于行为意图的，同时也在一定程度上受到其他因素的影响，意图加工如何与其他因素交互作用是道德判断的关键。已有的研究证明该方法设计思路清晰，结果稳定，具有较好的信效度，在本研究中，也主要基于这种方法对道德判断中的意图加工进行考察。

1.1.3 道德判断中的意图加工

“意图”（Intention）在概念上是指希望达到某种目的的打算(倪文杰等, 1994)。这个定义意味着意图加工不仅涉及对他人心理状态的理解，还包括对其行为目的和结果的推理。在法律上，如果一个人具有犯罪意图(例如他认为自己给他人喂食的是毒药，想毒杀他人)，但事实上没有给他人带来伤害性的结果(“毒药”事实上是白糖)，这个人是否应该受到法律制裁，至今仍是一个富有争议的话题。而这种争议实际上反映了人们在是非判断中，对行为意图和结果的权衡和综合考虑。从发展心理学的角度看，整合他人心理状态信息和行为结果信息以做出道德判断的能力对年幼儿童来说是巨大的挑战。例如许多研究发现五岁儿童虽然已经能够正确表征和推断他人的心理状态，但在道德判断任务中，当行为意图和结果冲突时，他们还是更多地依赖于结果做出判断(Young & Saxe, 2008; Zelazo, Burack, Benedetto, & Frye, 1996)。随着进一步的成熟和发展，年长儿童在道德判断中逐渐给予行为意图更大的权重(Young, et al., 2007; Young, Nichols, & Saxe, 2010c)，这种发展变化不仅源于儿童对他人心理状态理解能力的成熟，更依赖于儿童在道德判断中整合意图和结果信息能力的发展。因此，在本研究考察的道德判断中，意图加工的定义不是简单的对他人意图的表征和推断，而是对意图和结果信息的整合权衡加工。

1.2 道德判断的机制

关于道德判断的机制，从最初传统道德心理学家所关注的理性推理认知加工，到神经科学家推崇的情绪直觉加工，再发展到整合认知与情绪在道德判断中的作用，从不同的角度和水平，研究者们提出了不同的道德判断模型：

1.2.1 理性推理模型

传统道德心理学家和发展心理学家一直关注于道德的认知加工，即道德推理，他们认为理性推理过程是道德判断发展的核心。Piaget(1932)依据儿童对“规则”的加工和道德判断的依据，首次提出了儿童道德认知发展的三阶段理论，即前道德判断阶段（premoral judgement stage）、他律道德阶段(moral realism stage)和自律道德阶段(moral relativity stage)。Kohlberg (1969)进一步提出道德发展是由道德推理所驱动的，其核心机制是儿童认知结构的改变和重组：当个体内在的道德推理认知结构与外在的需要做出道德决策的情景相矛盾时，就会产生冲突，为了解决冲突，个体内在的思维结构会进行改变和重组，从而形成新的认知结构，推动了个体的道德发展。Kohlberg(1969)在 Piaget 道德认知发展理论的基础上提出了道德推理发展的三水平六阶段模型，这六个阶段具有发展顺序不变的特征：第一级是前习俗水平，其基本特征是以外在的要求作为道德判断的依据。包括两个阶段：服从与惩罚定向（即儿童根据行为的结果来判断行为是好是坏及严重程度）、朴素的享乐主义或工具性取向（即儿童为了获得奖赏或满足个人需要而遵从准则）；第二级是习俗水平，基本特征是以他人期待和维持传统秩序的需要作为道德判断的依据。包括两个阶段：好孩子的道德定向（即遵从陈规，避免他人不赞成或不喜欢）、维护权威和秩序的道德观（即遵从权威，避免受到谴责）；第三级水平是后习俗水平，其基本特征是以自觉守约、行使权利、履行义务为道德判断的依据。包括两个阶段：履行准则与守法的道德（即遵从社会契约，维护公共利益）、普遍的伦理原则定向（即遵从良心式原则，避免自我责备）。在 Piaget 和 Kohlberg 研究的基础上，早期心理学家对道德判断的研究一直以道德推理为核心，情绪只作为可能影响抽象推理的因素之一，推理才是道德判断的必要过程和决定因素（图 2）。

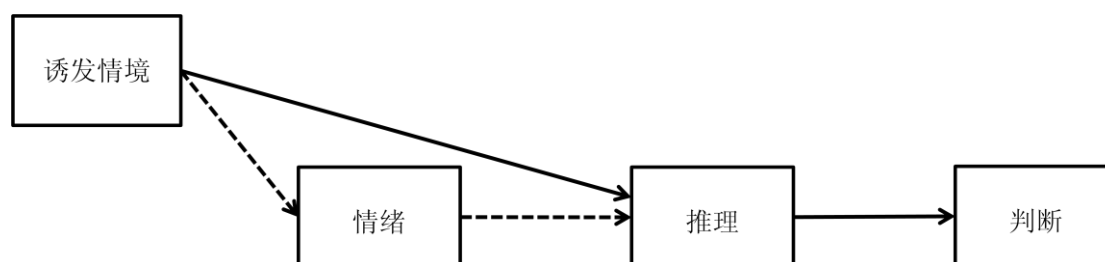


图 2 理性推理模型(Haidt, 2001)

尽管理性推理模型和 Kohlberg 的道德认知发展理论在理论研究和教育实践中发挥着重要作用，但是，随着心理学研究的发展，人们逐渐认识到理性推理模型对道德推理的关注似乎忽略了道德情绪的重要性。进化心理学研究提出人类道德的起源和基础是一些基本

情绪和社会情绪，这些情绪与个体关心他人、产生合作或欺骗行为以及服从规范有关 (Greene & Haidt, 2002; Trivers, 1971)。因此，在道德判断中，作为起源的情绪应发挥更加重要的作用。在生活中，人们做出道德判断通常也是一种迅速的反应，很少有人会在快速判断之前先进行理性推理和解释。因此，传统的理性推理模型受到了质疑，而情绪和直觉加工在道德判断中的作用受到研究者越来越多的重视。

1.2.2 社会直觉模型

根据进化心理学有关道德基础的理论和认知神经科学的研究发现，Haidt(2001)提出了社会直觉模型 (Social Intuitionist Model)，这个模型包括三种基本心理加工：直觉、判断和推理；这三种心理加工之间存在许多“因果关系”。在众多关系中，有两个关系是社会直觉模型的核心：第一个是个体的道德判断最初是由其直觉和情绪所决定的，第二个是个体所做的道德推理是“事后”的，并由其道德判断所决定（图 3）。这个模型强调了人类的直觉加工，认为道德判断是一个由情绪启动的、快速的、自动化的直觉过程，而有意识的理性推理加工是发生在道德判断之后的，仅仅是个体在事后给自己的行为和判断寻找一个解释。

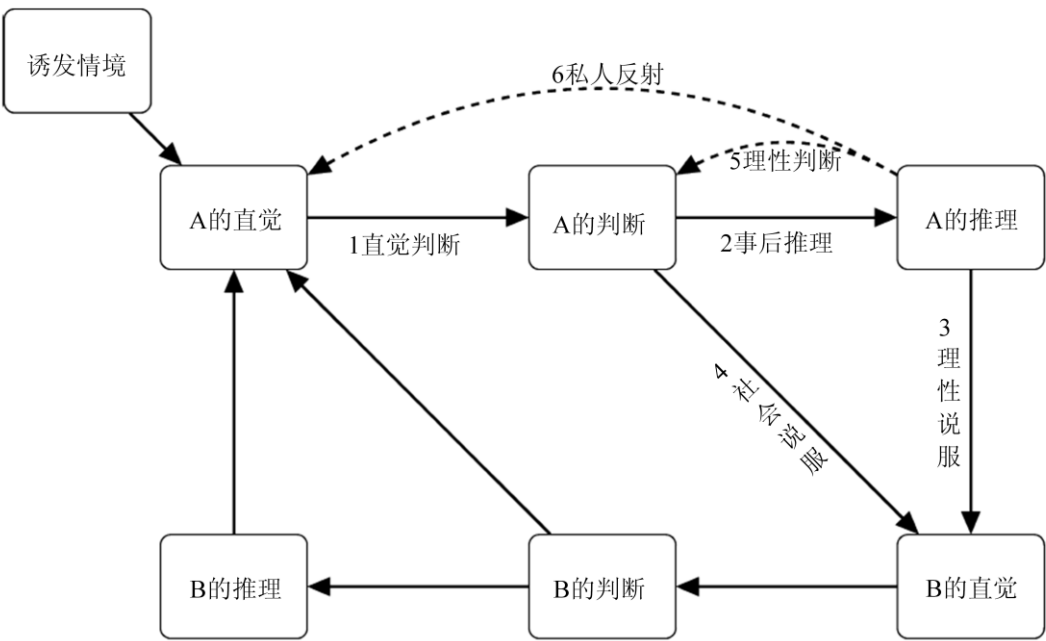


图 3 社会直觉模型(Haidt, 2001)

社会直觉模型得到了许多研究证据的支持：例如行为研究发现情绪的引入会直接影响人们在道德两难问题中的决策和判断(Eskine, Kacirik, & Prinz, 2011; Kliemann, Young,

Scholz, & Saxe, 2008; Schnall, Haidt, Clore, & Jordan, 2008; Valdesolo & DeSteno, 2006; Wheatley & Haidt, 2005)。脑损伤研究发现与社会情绪加工受损有关的腹内侧前额叶脑损伤病人在高冲突的道德两难情境中更倾向于做出功利性的选择，而正常人则更多地考虑公平、共情等社会因素的影响(Koenigs, et al., 2007)。fMRI 研究也发现被试在观看或判断涉及道德的图片和文字时，与情绪有关的脑区高度激活，包括腹内侧前额叶 (ventromedial prefrontal cortex, VMPFC)、左内侧眶额皮层 (orbitofrontal cortex, OFC)、后颞上回 (posterior superior temporal gyrus, pSTG)、扣带后回 (posterior cingulated cortex, PCC) 等脑区(Harenski & Hamann, 2006; Moll, de Oliveira-Souza, Bramati, & Grafman, 2002)。这一系列的研究证据证明了情绪直觉加工在道德判断中的重要作用。

1.2.3 双加工理论模型

Greene 及其同事(2009)整合了社会直觉模型和道德推理的研究，提出了道德判断的双加工理论 (Dual-process Model)。该理论认为道德判断模型包含了两个普遍存在的性质不同的子系统，即认知和情绪加工系统。Green 认为，道义的判断，即考虑他人的权利和义务的判断，主要由直觉的情绪反应所驱动；而功利的判断，即考虑利益最大化的判断，则主要是由类似道德推理的认知控制加工所驱动。例如在前文提到的“电车”与“天桥”两难问题中，同样是牺牲一个人救五个人的性命，大多数人在“电车”题目中会选择改变轨道行驶方向撞死一个人，而在“天桥”问题中却选择拒绝将人推下天桥。根据 Greene 的双加工理论，前者主要是认知加工的结果，而后者主要是情绪启动的结果。总而言之，认知与情绪加工系统是一种协同竞争的关系：当二者方向一致时，道德判断过程既包含了理性推理，也遵从了直觉的情绪反应；而当二者方向不一致时，两个系统就会相互竞争（图 4）。双加工模型与社会直觉模型相比主要有两点不同：首先，社会直觉模型认为基于理性推理的道德判断只是一种极少发生的现象，而双加工模型认为理性推理是普遍存在的道德判断的基础；其次，社会直觉模型认为道德判断的社会影响只可能通过对他人直觉的影响而发生，而双加工理论认为社会影响可能发生在理性推理、情绪直觉和道德判断的多个方面(Greene, 2009; Paxton & Greene, 2010)。

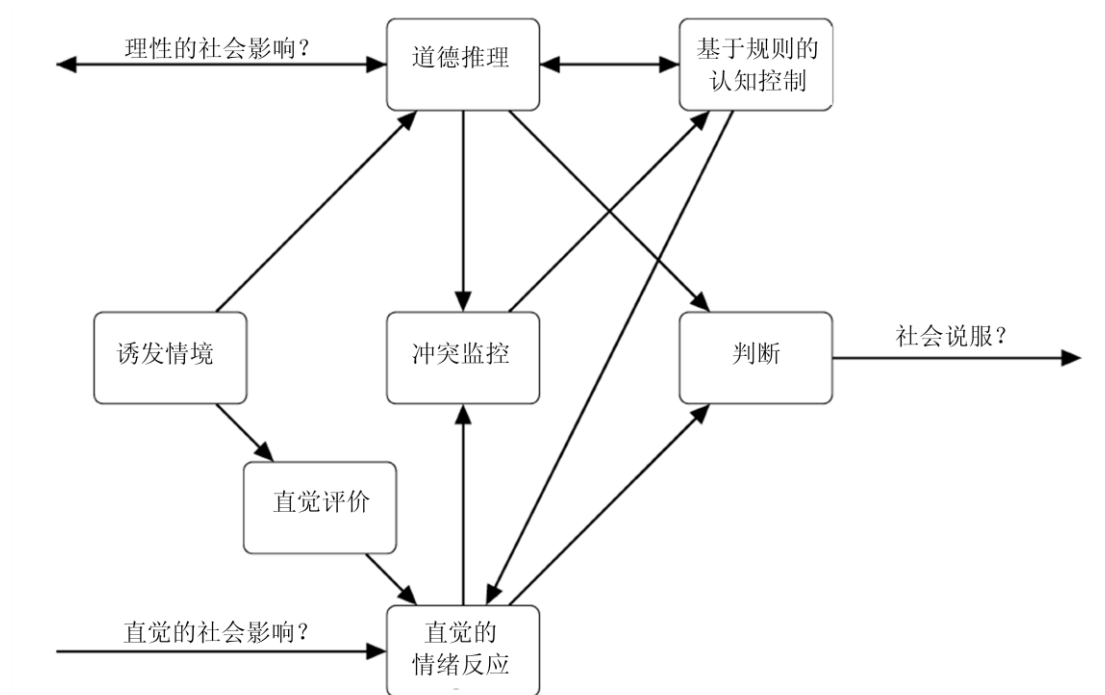


图 4 双加工理论模型(Paxton & Greene, 2010)

双加工理论的证据支持主要源于磁共振成像研究的发现：在较难的道德两难问题中，因为情绪与认知系统的竞争，可以观测到与冲突监控有关的脑区（如扣带前回，anterior cingulate cortex, ACC）的激活，并且当被试做出功利性判断时，背外侧前额叶（dorsolateral prefrontal cortex, DLPFC）为了抑制情绪反应，增加更多的认知控制，也被观测到更多激活 (Botvinick, Braver, Barch, Carter, & Cohen, 2001; Greene, 2007; Greene, 2009; Greene, Nystrom, Engell, Darley, & Cohen, 2004; Greene, et al., 2001)。此外, Greene 等人(2008)还发现如果让被试在进行道德判断的同时完成额外的认知任务,增加被试的认知负荷,会延长被试做出功利判断的反应时,而不会影响情绪驱动的道义判断的反应时,由此为双加工理论提供了行为数据的支持。

虽然双加工理论同时强调了情绪和认知在道德判断中的作用，但是研究者认为该理论仍然存在一些问题：首先，其理论基础和实验效度受到了其他研究者的质疑。Greene 等人最先提出双加工理论所依据的实验范式是依据三个标准将道德两难故事区分为“个人卷入”和“非个人卷入”的(Greene, 2009; Greene & Haidt, 2002)。但是有研究者认为这种区分标准是没有哲学依据的，并且其研究的行为反应时会受到异常反应项目的影响(McGuire, Langdon, Coltheart, & Mackenzie, 2009)；其次，双加工理论只能说明认知和情绪加工都参与了道德判断，而没有明确地阐述道德判断的具体心理过程(田学红等, 2011)。最后, Green 研究中所采

用的大部分材料是经典的道德两难问题，这些问题是哲学研究的经典材料，但其故事描述的内容却和实际日常生活相距甚远，是真实生活中几乎不可能发生的事件，因此，基于此材料所提出的双加工模型在解释日常的道德判断时可能缺乏足够的效度。

上述道德判断理论模型分别从理性推理、情绪直觉以及认知与情绪相互作用加工的角度对道德判断问题给予了解释，并各自取得了相应的实证数据的支持。但是，以上模型都一直关注于情绪与认知两大系统在道德判断中的作用，忽略了道德判断的一个重要方面，即对意图信息的加工及其与其他信息（如结果信息）的整合权衡。因此，Young 等人(2007)通过采用意图-结果范式，提出并强调了心理理论和意图加工在道德判断中的重要作用。

1.2.4 心理理论在道德判断中的作用

1978 年，Premack 和 Woodruff(1978)发表了一篇题为《黑猩猩有心理理论吗？》的论文，首次明确提出了“心理理论”（Theory of Mind, ToM）的概念。随着近三十年来，发展心理学家对儿童理解并推测自己和他人心理状态领域的研究的开展，“心理理论”的概念含义也逐渐变得丰富。目前，“心理理论”可以从广义和狭义两个层面进行解释：从狭义角度来看，心理理论是指个体对自己及他人的感知、信念、意图和愿望等心理状态的认识，并基于这种认识和理解对相应的心理和行为做出预测或解释(Bach, Happe, Fleminger, & Powell, 2000; 魏勇刚等, 2005); 而广义上，心理理论则泛指任何发端于婴儿阶段与心理有关的知识(丁峻, 陈巍, 2009)。本研究中主要探讨狭义的“心理理论”在道德判断中的作用。

心理理论加工在道德判断过程中，主要是指个体基于对他人信念及意图的认知和理解而灵活看待和评价他人行为的加工过程(Knobe, 2005)。在道德判断中，理解他人的心理状态十分重要。道德判断是否成熟依赖于人们推断和理解他人心理状态的能力。和法律一样，成熟的道德判断是依据他人心理状态做出的，年幼儿童并不能充分且灵活地推断他人心理状态，尤其缺乏整合各种与心理状态相关的信息的能力，导致他们将道德判断的主要依据转向了行为结果，而非他人的心理状态(Young, et al., 2007; Young, et al., 2010c)。

从心理理论的研究出发，Young 等人采用之前介绍的道德意图-结果加工范式，进行了一系列研究(Moran, et al., 2011; Young, et al., 2010a; Young, et al., 2007; Young & Saxe, 2008; Young, et al., 2011)。意图-结果范式的行为结果揭示了显著的意图与结果因素的交互作用：在中性意图下，被试对中性结果（即无伤人）和负性结果（即意外伤人）的道德判断有显著差异，而在负性意图下，无论是中性结果（即伤人未遂）还是负性结果（及伤人成功），被试都给予很高的谴责或很低的许可度评价，即伤人未遂与伤人成功两个条件下的道德评

价没有显著差异。由此说明人们在做道德判断时，与结果相比，意图被放在了更重要的位置，或者说在意图和结果对于道德判断的共同作用中，意图加工占有更大的优势(Young, et al., 2007)。

心理理论能力在道德判断中的重要作用也得到了脑成像研究的实证支持。在采用经典的心理理论任务（如错误地点任务、错误信念任务等）的脑成像研究中，发现了包括颞顶联合区（temporo-parietal junction, TPJ）、右前部颞上沟（right anterior superior temporal sulcus, STS）、颞极（temporal pole）、楔前叶中部（the medial precuneus）、后扣带回（posterior cingulate, PC）和内侧前额叶（the medial prefrontal cortex, MPFC）等在内的神经网络的激活(Castelli, Happe, Frith, & Frith, 2000; Fletcher, et al., 1995; Siegal & Varley, 2002)。而在道德判断任务中，研究者也观测到相似的脑网络激活(FeldmanHall, Mobbs, & Dalgleish, 2013; Funk & Gazzaniga, 2009; Young, et al., 2007)。尤其是在意图-结果道德判断任务中，四种实验条件下，右侧颞顶联合区（the right temporo-parietal junction, RTPJ）都在被试加工意图信息的时候显著激活，并且其激活程度受到意图和结果交互作用的影响：在负性意图中性结果（即伤人未遂）条件下激活程度最高(Young, et al., 2007; Young, et al., 2011)。右侧颞顶联合区被证明是心理理论的核心脑区，代表了对他人意图、观点和动机的编码和整合加工(Perner, Aichhorn, Kronbichler, Staffen, & Ladurner, 2006; Saxe & Kanwisher, 2003)，因此在意图-结果道德判断中该脑区的激活模式再次证明了与心理理论有关的意图加工在道德判断中的重要性。此外，临床研究也为心理理论在道德判断中的重要作用提供了证据支持，例如孤独症患者被证实在加工他人心理理论方面具有缺陷，他们在道德意图-结果判断中也表现出异于常人的结果，他们判断意外伤人比正常人更加严厉，并且在对外意外伤人和伤人未遂的评价上没有显著差异，说明心理理论意图加工的缺陷会严重影响人们的道德判断(Moran, et al., 2011)。

1.3 道德判断意图加工的神经机制

1.3.1 脑成像研究

通过整合已有的道德认知与心理理论的脑成像研究，认知神经科学家一直在尝试基于脑成像的数据建构大脑内的“道德网络”(Young & Dungan, 2012)。这个网络包括了与社会、情绪、认知和执行加工有关的脑区。例如，道德情绪能够激活边缘系统和颞极，而道德推

理则可能依赖于前额皮层和颞顶区的活动。这种分布式的网络活动反映出道德认知加工涉及到众多分布广泛的认知加工过程，包括推断他人的意图，整合社会规范，计算行为的目标和意图，对他人的认同以及表现出共情的行为等(FeldmanHall, et al., 2013; Funk & Gazzaniga, 2009; Greene & Haidt, 2002; Moll, et al., 2008)。

而在道德判断意图加工的 fMRI 研究中，最重要的发现就是右侧颞顶联合区（the right temporo-parietal junction, RTPJ）的激活。RTPJ 位于右侧颞上沟（the right superior temporal sulcus, STS）上方，研究表明，STS 的激活与各种社会刺激相关，例如人类面孔和身体运动等(Brass, Schmitt, Spengler, & Gergely, 2007; Hamilton & Grafton, 2006)。但 RTPJ 选择性地只与心理理论，即人的想法、观点信息加工有关(Gobbini, Koralek, Bryan, Montgomery, & Haxby, 2007; Perner, et al., 2006)。Young 等人(2007, 2008)采用意图-结果道德判断任务发现只有在被试加工意图信息时，RTPJ 的激活显著高于基线水平，表明其具有编码意图、信念等他人心理状态的功能；而且 RTPJ 的激活还受到意图和结果因素交互作用的影响，在伤人未遂条件下，RTPJ 激活程度最高(Young, et al., 2007)。另外，在先呈现意图，再呈现预示信息和结果时，RTPJ 区域也有显著激活(Young & Saxe, 2008)，Young 等人因此提出 RTPJ 在意图-结果道德判断中不仅涉及简单的意图信息编码，更具有整合意图和结果信息的高级功能(Young & Saxe, 2008; Young, et al., 2011)。此外，有关心理理论的 fMRI 研究还发现在没有明确的心理理论任务要求时，RTPJ 的激活与个体对他人欲望、信念的自动推理加工有关(Harenski, Antonenko, Shane, & Kiehl, 2010)，由此提出 RTPJ 有可能参与了对意图信息的自动自发的推理加工(Young & Saxe, 2009a)。

除了 RTPJ 的选择性激活，在意图-结果道德判断任务中，左侧颞顶联合区（the left temporo-parietal junction, LTPJ）也表现出与 RTPJ 类似的激活模式。脑损伤研究表明 LTPJ 的受损会削弱个体在错误信念任务中推测他人心理状态的认知加工(Samson, Apperly, Chiavarino, & Humphreys, 2004)。由此证实了 LTPJ 在道德判断意图加工中的重要作用。但是，最近的研究提出 LTPJ 主要起到了一个“元表征”的作用，即帮助人们考虑对“想法”的表征(Perner, et al., 2006; Young, et al., 2011)。采用心理理论的范式发现，LTPJ 不仅对错误信念敏感，对错误的信号也敏感，因此其在心理状态和非心理状态信息加工中都具有一种泛化的作用(Perner, et al., 2006)。与此不同的是，RTPJ 只对错误信念敏感，对其他的错误信息不敏感。有关裂脑人的研究表明，当意图和结果信息不一致时，裂脑病人仅仅依据行为结果做出道德判断，而不考虑行为人的意图和信念。研究者认为这可能反映了裂脑人仅仅依靠左半球进行语言加工，无法输入和整合右半球 RTPJ 所加工的有关意图的信息(Funk

& Gazzaniga, 2009)。这个结果表明左右半球交互作用的缺失会导致人们在道德判断中无法整合基于意图的信息，从而再次证明了在道德判断的脑网络中，不仅仅包括与情绪有关的神经网络，还包括与意图、信念加工有关的神经网络。

道德判断意图加工的另一个重要脑区是前额叶（prefrontal cortex，PFC）。以往研究表明该脑区与执行控制、复杂情绪加工等有密切联系。因此，在高级社会情景加工中（如道德判断、经济决策中），前额叶脑区都有显著激活并发挥着十分重要的作用(Etkin, Egner, & Kalisch, 2011; Mitchell, Banaji, & Macrae, 2005; Warburton & Brown, 2010)。在意图-结果道德判断任务中，除了 RTPJ 和 LTPJ，实际上，背外侧前额叶(the dorsolateral prefrontal cortex, DLPFC) 和腹内侧前额叶(the ventromedial prefrontal cortex, VMPFC) 在被试加工事实信息(如道德事实信息，中性结果或负性结果信息)时，也有显著激活(Young & Saxe, 2008)。道德两难任务中，VMPFC 受损病人更多地做出了功利主义的选择，即选择牺牲一个人的性命来拯救另外五个人的性命，以获得最大程度的利益(Koenigs, et al., 2007)，此结果表明他们对抽象的和推断性的信息（如意图信念）的情绪反应受损，只能加工事实信息（如行为结果）。在意图-结果判断实验中，也发现了一致的结果：与正常人相比，VMPFC 受损病人对伤人未遂行为给予了更高的道德许可评价，此结果表明前额叶尤其是腹内侧前额叶在道德判断的伤害意图加工中发挥着重要作用(Young, et al., 2010a)。

1.3.2 事件相关电位研究

目前为止，有关心理理论意图加工和道德判断的脑电研究并不是很多。在心理理论研究领域，最早是由 Sabbagh 等人(2000)采用事件相关电位技术(event-related potential, ERP) 比较了被试表征心理状态（信念）和非心理状态（照片）刺激时的 ERP，结果表明在刺激呈现后 300-400 ms 和 600-840 ms 的时间窗口，信念信息在左侧前额区相比照片信息诱发了更大的正成分，而在左侧顶叶区域则表现出相反的模式。随后，Sabbagh 等人(2004)又采用眼部图片作为实验材料，发现对他人心理状态的编码加工诱发了从前额到颞叶前部区域的负成分 N270-400。Liu 等人(2009)在一项关于儿童加工欲望和信念信息的 ERP 研究中发现，位于额叶中部电极的晚期慢波成分（late slow wave, LSW）同时出现在儿童加工欲望和加工信念信息的条件中，但是位于右后侧电极点的 LSW 则只在儿童加工外显信念信息时才出现。源定位分析结果表明，理解他人欲望所涉及到的脑区主要在前额叶，而理解他人信念的脑区除了前额叶以外，还包括 RTPJ 区域。此外，最近一个关于心理理论的脑电研究记录了被试被动观看演员在获得正确/错误信念之后所做出的行为时的 ERP。结果分析

发现正确和错误信念在晚正成分上有所区分。具体来说,与观看错误信念相比,被试在观看正确信念时其前额叶、中部和顶叶区域电极表现出了波幅更大的晚正成分(Geangu, Gibson, Kaduk, & Reid, 2012)。以上这些研究几乎都发现了位于头皮前额区且时间窗口较晚的脑电成分,并认为这个成分与心理理论的加工有关。此外,在一个考察个体自发的或有目的的推理他人特质的 ERP 差异的研究中,研究者发现当故事主角的行为与之前的特质描述不一致时,P300 成分的波幅增大,并且自发推理下的 P300 效应与有目的推理下的效应是一致的。研究者提出这个结果表明即使在没有要求个体进行特质推理时,个体也会自动地在阅读有关他人的信息时进行特质推理加工。源定位分析发现在自发推理条件下 P300 主要源于 TPJ 的活动,表明 TPJ 参与了对他人特质的自发自动的推理加工(Van der Cruyssen, Van Duynslaeger, Cortoos, & Van Overwalle, 2009)。最近有研究发现,当被试判断一致/不一致的自我/他人信念是否正确时,在刺激呈现后 450 ms 的时间窗口,双侧颞顶区域的电极点出现了一个正成分(TP450),源分析表明这个成分产生于心理理论的经典脑区 RTPJ,因此研究者提出该成分是心理理论加工的代表性 ERP 成分(McCleery, Surtees, Graham, Richards, & Apperly, 2011)。

在道德研究领域,采用 ERP 技术考察道德判断神经机制的研究非常少,最早是 Chen 等人(2009)在中国汶川大地震之后,采用改编的两难问题,考察了经历过汶川地震的被试在两个具有亲密关系的人(父亲和母亲)或两个没有关系的陌生人之间做出营救选择时的 ERP。结果发现在亲人之间做选择时诱发了更大的 P2 和 P350-450。Salor 等人(2012)采用经典的道德两难故事考察了被试对直觉性两难(instrumental dilemmas)和伴随性两难(incidental dilemmas)故事做出决策时的 ERP,结果发现对直觉两难故事做决策时额极和前额区产生了更大的 P260,而伴随性两难故事则诱发了更大的晚期慢波,分别反映了早期阶段的快速直觉情绪反应和较晚阶段的控制加工。除了采用两难故事,研究者还采用了简单的价值观陈述语句材料,考察了具有不同政治伦理背景的被试在完成有关吸毒、医学伦理、社会行为和其他问题的态度调查时的 ERP,结果发现当陈述与被试的价值观违背时,第一个关键词呈现后的 200-250 ms 内,大脑就已经有所反应。证明了在语言理解的早期加工阶段个体对其价值系统的敏感性,语言加工和道德评价加工的神经系统存在快速的连接(Van Berkum, Holleman, Nieuwland, Otten, & Murre, 2009)。大脑对道德信息的这种快速反应还得到 Decety 和 Cacioppo(2012)的研究结果支持,他们采用高密度的脑电技术发现被试能在图片刺激呈现后 62 ms 就首次区分出故意伤害人和意外伤人两种行为,且该差异源于右侧后颞上沟(posterior superior temporal sulcus, pSTS)。之后,被试对伤害行为的识别诱发了

杏仁核（122 ms）和腹内侧前额叶皮层（182 ms）的活动，这个研究结果揭示了道德认知早期阶段的快速信息加工，证明意图是道德加工中第一个输入的信息。

2 问题提出与研究方案

2.1 问题提出

通过对已有理论和研究的回顾可以发现早期发展心理学家和近年来的认知神经科学研究者都对道德判断的心理和神经机制给予了高度关注，但近年来有关道德判断脑机制的理论模型主要探讨的是情绪与认知系统在道德判断中的交互作用，而在发展心理学理论中非常强调的意图加工及其与相关信息的整合过程在道德判断中的重要作用及其神经机制并没有受到足够的重视。因此，针对已有研究的不足，本研究提出了以下几个亟待解决的问题：

2.1.1 涉及助人行为的道德判断中意图与结果的加工机制是怎样的？

不论是传统的道德两难问题，还是最近备受关注的意图-结果道德判断任务，实验材料中所涉及的道德行为都是有违道德伦理、对他人或社会造成伤害等负性结果的行为。但事实上，道德行为不仅仅涉及负面的伤害行为，更包括了许多积极正性的亲社会的助人行为。在道德教育中，我们不仅仅强调遵纪守法、不违背道德伦理，更强调提倡发扬助人为乐、尊老爱幼和救死扶伤等美德行为。虽然近年来积极心理学的运动 (Seligman & Csikszentmihalyi, 2000) 已经使不少研究者开始关注道德行为的积极方面，但大多数研究者考察的是“合作”或“捐赠”等特定的积极道德行为 (Cooper, Kreps, Wiebe, Pirkel, & Knutson, 2010; Fehr & Rockenbach, 2004; Moll, et al., 2006)，而非属于“伤害/照顾”范畴的直接给予他人帮助的行为。实际上，提供他人帮助在所有社会文化中都是具有极高的社会价值的，虽然社会心理学家一直以来都很关注影响人们实施助人行为的因素，但是，目前为止有关助人行为道德判断的神经机制的研究仍然很少，助人行为道德判断中对意图及相关信息的加工机制与伤人行为道德判断的加工机制存在哪些异同仍然尚待探索。

2.1.2 道德判断中意图信息加工的时间进程和脑机制是怎样的？

以往许多的磁共振成像研究已经揭示了意图-结果道德判断中的关键脑区，包括前额叶

和双侧颞顶联合区等等(FeldmanHall, et al., 2013; Young & Dungan, 2012; Young, et al., 2011)。但是关于这些脑区之间的交互作用和时间进程尚不清楚。由于磁共振成像技术的时间分辨率只能达到秒级水平,我们只能通过探测不同脑区激活的峰值来推测道德判断加工的时间进程。Saxe 等人提出右侧颞顶联合区具有编码和整合意图、结果信息的功能(Saxe & Kanwisher, 2003; Young & Saxe, 2008),还有研究提出右侧颞顶联合区也参与了对意图信息的自动推理加工(Harenski, et al., 2010; Van der Cruyssen, et al., 2009; Van Duynslaeger, Van Overwalle, & Verstraeten, 2007),但这些功能是同时发生的还是相继发生?右侧颞顶联合区与其他脑区是在什么加工阶段发生交互作用?加工伤人和助人的意图信息的时间进程有何异同?这些问题,都还需要采用具有更高时间分辨率的技术来探索。

2.1.3 抑制或促进意图加工关键脑区的活动会对道德判断产生怎样的影响?

社会心理学研究的目的除了描述、解释和预测人的社会行为,更重要的是控制人的社会心理和行为。已有研究证明右侧颞顶联合区在心理理论和道德判断的意图加工中具有重要作用(Perner, et al., 2006; Young, Camprodon, Hauser, Pascual-Leone, & Saxe, 2010b)。如果抑制该区域的脑激活水平,是否会干扰道德判断加工?这种干扰体现在哪些方面?同时,在干预研究中,我们更希望得到的是积极、正性的效应,也就是希望能够通过改变大脑的激活,而使我们的行为和反应向更优化更高级的方向发展。因此,为了更好地理解和证明右侧颞顶联合区在道德判断意图加工中的重要作用,需要探索如果提高右侧颞顶联合区的激活水平,是否能够加强个体对意图信息的加工,从而提高意图加工在道德判断中的作用,使个体编码和整合意图、结果信息的能力更强。

2.2 研究思路 and 方案

为了回答以上问题,本研究拟采用行为学、ERP 技术和经颅直流电刺激(transcranial direct current stimulation, tDCS)相结合的技术,从时间进程、脑机制和干预等多个角度和水平,综合考察道德判断中助人行为和伤人行为的意图加工的神经机制。总体思路和研究框架见图 5,具体研究思路如下:

首先,为了考察助人行为道德判断中对意图及相关信息(结果信息)的加工机制,在研究一中,我们参考 Young 等人(2007)编写的伤人行为意图-结果判断材料,自行编写和整理了涉及助人行为的意图-结果道德判断材料,采用 2(意图:正性,中性)×2(结果:正性,中性)的实验设计和行为实验方法,对助人行为道德判断中的意图及结果信息加工的

行为表现和心理机制进行考察。

其次，为了考察道德判断中意图加工的神经机制，尤其是时间进程，在研究二中，我们对经典的意图-结果道德判断任务的试验流程进行了调整，提取出意图信息的关键词并延后呈现，采用具有高时间分辨率的 ERP 技术，刺激锁定在意图信息关键词呈现的时刻，探索意图加工的时间进程，并根据源定位分析的结果讨论前额叶、左侧颞顶联合区和右侧颞顶联合区等脑区的活动在道德判断意图加工中的作用和交互。其中，实验二考察的是伤人行为道德判断意图加工的时间进程，实验三考察的是助人行为道德判断意图加工的时间进程。

第三，科学研究的最终目的是控制与干预。基于已有研究的结果，在研究三中，我们选择道德判断意图加工的关键脑区——右侧颞顶联合区作为干预的目标区域，采用 tDCS 技术分别抑制（实验四、五）和促进（实验七、实验八）右侧颞顶联合区的皮质兴奋性，通过考察被试完成意图-结果道德判断任务成绩的变化，探索通过无创性地调节大脑活动以影响人的高级社会认知行为表现的可能。同时，在实验六中，还采用意图列举任务来直接验证 tDCS 刺激右侧颞顶联合区影响被试道德判断加工的机制。

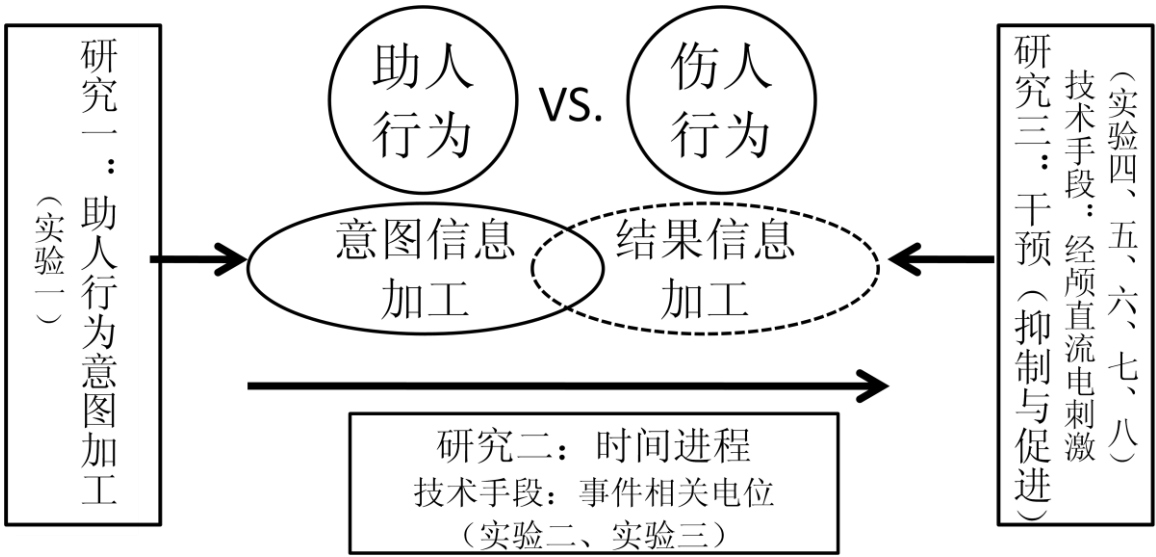


图 5 研究框架

3 研究一：助人行为道德判断的意图与结果加工

2011年10月13日,2岁的小悦悦在广东省佛山市南海黄岐广佛五金城相继被两辆车碾压,7分钟内,18名路人都视而不见、未施援手,这个事件引起了广泛的社会关注和民众的沉重反思,更引起了社会心理学研究者对助人行为研究的高度重视。简单来说,助人行为(Helping behavior)可以定义为“为他人提供帮助或带来福祉的行为”,它是亲社会行为(Prosocial behavior)的一种代表性行为。在所有社会形态中,帮助他人都是一种具有很高的价值和意义的社会行为。但是,尽管助人行为的价值得到了普遍的社会认可,人们并不总会表现出助人行为。事实上,社会心理学家从很早以前就开始探索哪些因素会影响人们在他人需要帮助时是否会伸出援手。许多研究发现社会场景、文化背景、人格特质、认知和发展等因素都与实际助人行为之间存在行为学关联(Carlo, Hausmann, Christiansen, & Randall, 2003; Eisenberg, Cumberland, Guthrie, Murphy, & Shepard, 2005; Eisenberg, Zhou, & Koller, 2003; Levine, Prosser, Evans, & Reicher, 2005)。其中,个体的亲社会推理能力被证实与实际助人行为之间存在密切联系(Kristin, Turiel, & Anshel, 2002),因此,研究个体对助人行为的推理和判断过程,对实际助人行为的研究具有极大的参考价值。

在道德判断研究中,几乎所有研究都只关注了违背伦理或对他人的社会带来伤害的负性行为,虽然积极心理学的兴起使得一些研究者也开始关注积极的道德情绪、合作行为的神经机制,以及对美德的主观反应等等(Cooper, et al., 2010; Decety, Jackson, Sommerville, Chaminade, & Meltzoff, 2004; Izuma, Saito, & Sadato, 2010; Kayser, Greitemeyer, Fischer, & Frey, 2010; Leiberg, Klimecki, & Singer, 2011; Schnall, Roper, & Fessler, 2010),但这些研究主要考察的还是不同正性情绪的区别及其神经机制。目前为止,有关助人行为道德判断机制的研究非常缺乏。2011年,Lock, Evans 和 Lee(2011)采用 ERP 技术,首次考察了人们评价他人做出亲社会助人决策时的脑活动。该研究通过 ERP 记录了个体在观看他人在需要或不需要帮助的情境下做出助人行为决策时的心理过程,并发现个体的亲社会自我评价与某些 ERP 成分是相关的。但是,这个研究只是单纯的考察了个体评价他人做出助人决策是否适当时的反应,而没有操控行为意图这个道德判断的重要因素。同年,Young 等人(2011)编写了 24 个助人行为的意图-结果道德判断故事,首次考察了人们在道德判断中对助人行为的意图和结果的交互加工。其实验设计与伤人行为意图-结果道德判断范式类似,被试的任务是判断主角的行为应受到多大程度的赞扬。实验的行为结果与伤人行为道德判断的结

果类似：首先，意图与结果的主效应显著；其次，意图与结果的交互作用显著：在正性结果下，中性意图（即意外助人）和正性意图（即助人成功）之间的差异显著大于在中性结果下，中性意图（即无助人）与正性意图（即助人未遂）之间的差异。这个交互作用表明同样是助人成功，被试对于有助人意图的行为给予了更多的赞扬。对有助人意图和无助人意图之间赞扬的评分差异同时受到行为结果的调节。但是，在 Young 所采用的故事中，大多数助人行为都是只涉及到日常生活中的捐赠、慈善和环保等亲社会的行为，而在经典的伤人行为意图结果道德判断中，故事都是涉及伤人、谋杀等情绪唤醒度和强度都较高的负性行为的，这两组实验材料在内容上不具备足够的可比性。因此，在实验一中，我们参考伤人行为意图-结果道德判断的材料，另外编写了一套在内容和形式上都能与伤人行为材料保持一致的涉及生命安危的助人行为意图-结果道德判断材料，并采用该材料考察了个体在判断涉及生命安危的助人行为时，如何权衡和整合意图与结果信息。我们假设：道德判断是基于对意图和结果信息的整合和权衡而做出的，个体对助人行为意图-结果道德判断的总体趋势是与伤人行为的判断结果一致的，但是与 Young 之前编写的材料相比，由于故事主角的行为结果是涉及生命安危的，在道德判断中，结果信息的权重可能会有所提高。

3.1 实验一：助人行为道德判断的意图与结果加工机制

3.1.1 方法

实验目的：考察个体对助人行为进行道德判断时的意图与结果加工机制。

被试：25 名在校大学生，13 名男性，12 名女性，平均年龄为 23.30 ± 2.95 岁（平均值 \pm 标准差），身心健康，视力或矫正视力正常，右利手。

材料：通过改编 Young 等人(2007)编写的伤人行为意图-结果道德判断材料，加上自己另外编写，最后共编写了 51 个情节（每个情节可分为四种条件，所以共 204 个故事），经过 25 名被试评定后，最终选择了 40 个情节（共 160 个故事）作为实验的正式材料。实验材料示例见图 6。

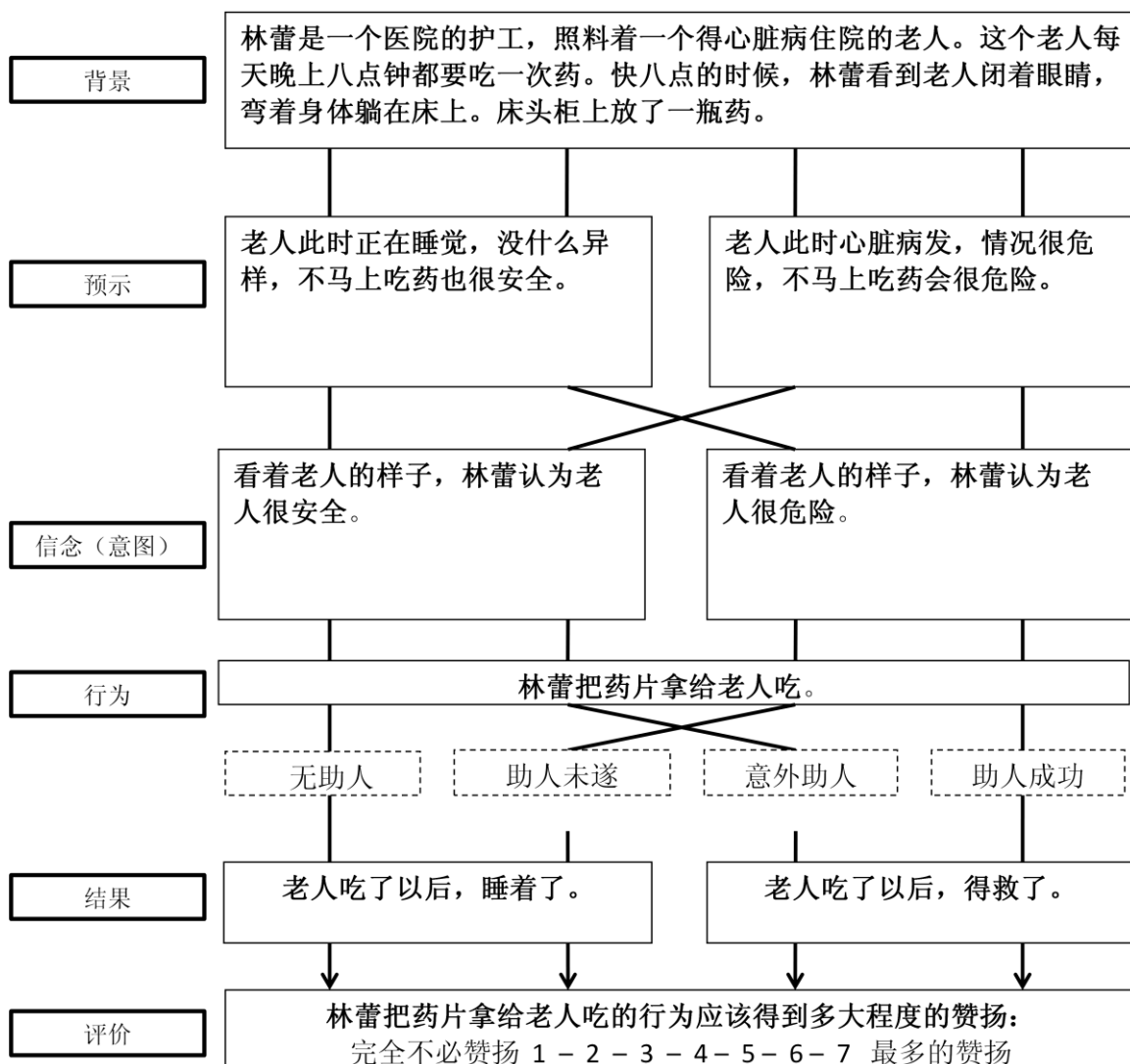


图 6 助人行为实验材料示例

实验设计与程序：

该实验为 2（意图：正性和中性）×2（结果：正性和中性）的被试内设计。两个因素的交互构成四种条件：中性意图中性结果（无助人）、中性意图正性结果（意外助人）、正性意图中性结果（助人未遂）和正性意图正性结果（助人成功）。

每个故事分为背景、预示、意图、行为和结果五个部分呈现，每个部分的呈现时间由被试根据阅读速度自行控制，被试在阅读完每个故事之后，对主角的行为进行赞扬程度的 7 点评价，1 分表示完全不必赞扬，7 分表示给予最多的赞扬。由于实验材料较多，允许被试在每个故事评定结束后随时暂停休息。所有故事呈现顺序伪随机，连续出现的五个故事中没有重复的情节。采用 E-prime 软件呈现材料并记录被试做出赞扬程度判断的评分及反应时。

3.1.2 结果

对被试评分结果和评价反应时做 2（意图：正性和中性） \times 2（结果：正性和中性）重复测量方差分析（analysis of variance, ANOVA），结果如下：

对赞扬程度评分方差分析检验发现意图主效应显著，正性意图的评分（平均值 \pm 标准误， 5.79 ± 0.11 ）显著高于中性意图（ 3.19 ± 0.19 ）， $F(1, 24) = 195.09$ ， $p < 0.001$ ， $\text{partial } \eta^2 = 0.890$ ；结果主效应显著，正性结果的评分（ 5.06 ± 0.14 ）显著高于中性结果（ 3.91 ± 0.13 ）， $F(1, 24) = 142.48$ ， $p < 0.001$ ， $\text{partial } \eta^2 = 0.856$ ；但意图与结果的交互作用不显著， $F(1, 24) = 0.09$ ， $p = 0.764$ ， $\text{partial } \eta^2 = 0.004$ （见图 7）。

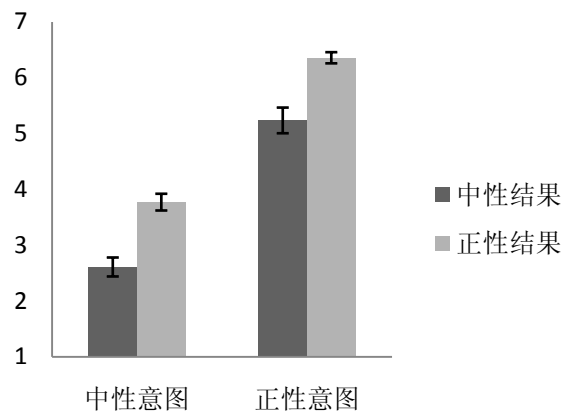


图 7 助人行为赞扬度评分

对评价的反应时进行方差分析发现意图主效应不显著， $F(1, 24) = 0.532$ ， $p = 0.473$ ， $\text{partial } \eta^2 = 0.022$ ；结果主效应显著，正性结果的反应时（ 1802 ± 163 ms）显著短于中性结果（ 2235 ± 171 ms）， $F(1, 24) = 37.21$ ， $p < 0.001$ ， $\text{partial } \eta^2 = 0.608$ ；意图与结果的交互作用显著， $F(1, 24) = 25.16$ ， $p < 0.001$ ， $\text{partial } \eta^2 = 0.512$ 。对交互作用进行简单效应检验发现只有意图为正性时，正性结果的反应时（ 1589 ± 154 ms）显著短于中性结果（ 2399 ± 198 ms），而当意图为中性时，正性结果（ 2014 ± 188 ms）与中性结果（ 2071 ± 154 ms）条件的反应时无显著差异（见图 8）。此结果表明助人成功条件的反应时显著短于助人未遂条件，而意外助人和无助人条件下的反应时无显著差异。

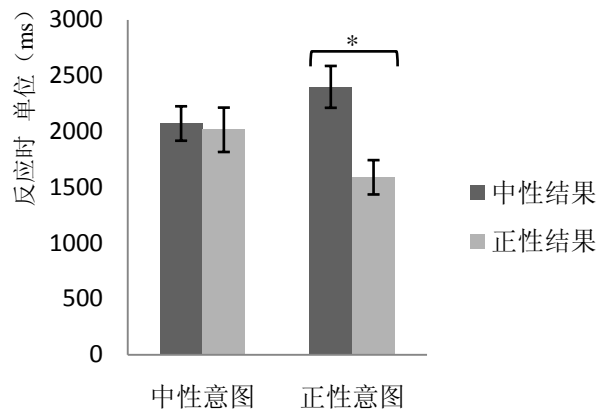


图 8 助人行为评价反应时

对 40 个情节 160 个故事在四种条件下的信度进行检验，得到的结果见下表：

表 1 四种条件下信度检验结果（科隆巴赫 Alpha 系数）

	中性结果	正性结果
中性意图	0.905	0.960
正性意图	0.921	0.891

此外，我们还对所有故事在四种条件下的字数进行了方差分析检验，没有发现显著差异， $F(3, 159) = 0.004, p = 1.000$ ，如下表：

表 2 四种条件下 40 个情节的字数检验（平均值 \pm 标准差）

	中性结果	正性结果
中性意图	129.72 \pm 22.64	130.15 \pm 22.78
正性意图	129.75 \pm 22.47	130.10 \pm 22.77

3.1.3 讨论

经过初步的测评，本实验编写的 40 个情节（共 160 个故事）的信度都比较高，且在故事总字数上四个条件之间没有显著差异。在赞扬程度评分结果上，总趋势与 Young 等人 (2011) 的研究结果相似，即无助人行为的赞扬度最低，助人成功赞扬度最高，助人未遂与意外助人的赞扬度居中，并且意图与结果的主效应都各自显著，正性意图和正性结果的评分分别高于中性意图与中性结果。这些发现与伤人行为的道德判断研究结果也是一致的，表明助人行为道德判断的加工与伤人行为判断加工具有一定的相似性。但是，与前人研究结果不同的是，本实验中只发现了意图和结果的主效应，而没有发现意图与结果的交互作用。Young 等人 (2011) 发现助人成功与意外助人的差异显著大于无助人助人未遂之间的

差异，而本实验的赞扬评价没有发现这个效应，其原因可能有两个：第一，Young 等人所采用的助人行为材料都是环保、捐赠等不涉及伤害和生命安全的行为，而本实验所采用的助人行为都是能够使他人避免受伤或死亡的行为，其结果的重要性与一般助人行为不同，所以在被试做出道德判断时结果因素的权重有所提高；第二，本实验中被试的任务是判断主角的行为应该得到多大程度的赞扬，而在伤人行为意图-结果道德判断任务中，被试的任务是判断在多大程度上允许主角做出某种行为或对其行为做出谴责评价(Young, et al., 2007; Young, et al., 2011)，被试任务的不同有可能会使其在做出道德判断时所考虑的因素和各因素之间的权重有所不同(Christensen & Gomila, 2012)，已有行为研究表明赞扬和谴责的心理机制可能存在差异(Pizarro, Uhlmann, & Salovey, 2003)。因此，当对行为做出赞扬评价时，相对许可度和谴责的评价，行为结果因素被赋予了更高的权重。

赞扬度评分上没有发现意图与结果的交互效应，结果的权重得到提高，是否意味着在涉及生死的助人行为道德判断中，意图信息不再占据核心位置，而是与结果信息权重相同呢？本实验另一个因变量——反应时的结果对这个问题做出了回答。在反应时上，意图与结果的交互作用达到了显著水平，即助人成功的反应时显著长于助人未遂，而无助人和意外助人条件下的反应时没有显著差异。这个结果表明，只有在主角具有助人意图时，被试才耗费更多的时间去考虑中性结果下是否应给予主角较高的赞扬，导致了助人未遂的反应时相对助人成功显著延长，而在主角没有助人意图时，被试直接依据行为结果迅速做出道德判断，导致无助人和意外助人的反应时没有显著差异。由此可见，虽然结果因素的权重在助人行为道德判断中有所增加，但意图信息仍然是个体考虑的核心因素。国外采用意图-结果范式开展的研究大多只发现了评分上意图与结果的交互作用，而没有发现反应时的效应，本实验的结果暗示中国被试可能在反应时指标上更加敏感，但这种推论还需要进一步的实验证据支持。

综上所述，本实验采用自己编写的 40 个助人行为意图-结果道德判断情节（160 个故事）考察了正常个体在对助人行为进行道德判断时的意图和结果信息的交互加工。赞扬评分上意图和结果因素的主效应表明在涉及生命安危的助人行为道德判断中，个体对意图和结果因素都给予了较多的考虑和权重，而评价反应时上意图与结果的交互作用表明虽然结果信息的权重有所提高，但意图因素仍然在道德判断中发挥更加重要的作用。

4 研究二：道德判断中意图加工的时间进程和脑机制研究

虽然道德判断的心理机制一直是心理学家关注的问题，但采用认知神经科学技术探究道德判断的神经机制实际上只有十余年的历史。最初，认知神经科学研究者们想找到道德判断特有的神经信号，但是随着研究的开展，越来越多的证据表明道德判断实际上涉及到了多个脑区的共同活动(Funk & Gazzaniga, 2009; Moll, et al., 2008)。近年来，随着理论的发展，研究者们开始尝试采用实验控制的方法来分离道德网络中的各个部分，也就是说，分布广泛的道德网络的不同部分，实际上负责了道德认知加工的不同过程。例如，大量研究表明扣带前回（ACC）的激活与许多认知任务中的错误探测和冲突监控加工有关(Botvinick, Cohen, & Carter, 2004; Etkin, et al., 2011)，而在道德任务中，高冲突的道德两难故事相比低冲突的两难故事，诱发了 ACC 的更多激活(Greene, et al., 2004)。类似的，在心理理论研究领域发现颞顶联合区（TPJ）的活动与加工他人的心理状态有关(Saxe & Kanwisher, 2003; Saxe, Whitfield-Gabrieli, Scholz, & Pelphrey, 2009)，而在道德认知领域，当被试考虑道德问题中的行为意图时，TPJ 被观测到显著激活(Young, et al., 2007; Young & Saxe, 2009b)。此外，研究者们还关注了腹内侧前额叶（VMPFC）在编码社会情绪知识，例如刻板印象、骄傲情绪或内疚方面的作用(Gozzi, Raymond, Solomon, Koenigs, & Grafman, 2009; Moll, et al., 2011; Tangney, Stuewig, & Mashek, 2007)。而背外侧前额叶（DLPFC）则被认为与认知控制和推理加工有关，并对不公平、抽象道德准则等信息敏感(Mansouri, Tanaka, & Buckley, 2009; Moll, et al., 2002; Sanfey, Rilling, Aronson, Nystrom, & Cohen, 2003)。基于这些思路，道德领域的认知神经科学研究者们尝试着控制道德判断中的多个变量，如认知负荷、情绪唤醒和调节、意图等等，以分离道德网络中不同组成部分的功能(Berthoz, Armony, Blair, & Dolan, 2002; Decety & Cacioppo, 2012; Greene, et al., 2008; Young, et al., 2007)。这样的研究思路对于解构大脑的道德网络是有一定的帮助的，但是，当我们对道德认知的某个因素进行控制的时候，是否会对其他因素造成影响？大脑的各个部分是一个互相联结的整体，道德判断是大脑网络整体的活动，除了确定各个脑区本身所涉及到的功能外，还应该考虑各个脑区之间的交互作用是怎样的，因此，考察道德判断神经机制的一个重要方面，就是探究道德判断的时间进程。

研究二的目的是采用高时间分辨率的 ERP 技术考察道德判断中意图加工的神经机制。有关心理理论的 ERP 研究发现对心理状态的加工主要诱发了位于头皮前部（额叶）和双侧

后部（颞顶叶）电极的晚成分，如心理理论的代表性成分 TP450，以及前额叶的晚期慢波（late slow wave, LSW）等等(Cheung, et al., 2012; Liu, et al., 2009; McCleery, et al., 2011)。而在道德研究领域，虽然目前已有研究考察了道德判断的时间进程，但是它们大多关注的是道德判断中的认知和情绪加工(Chen, et al., 2009; Sarlo, et al., 2012)，较少考虑意图因素。Van Berkum 等人(2009)首次采用 ERP 技术考察了道德意图加工的时间进程，并在刺激呈现后 200 ms 开始就观测到了大脑对违背价值观的信念信息的快速反应。最近 Decety 和 Cacioppo 等人(2012)采用高密度的 ERP 技术发现被试的大脑在刺激呈现后 62 ms 就能对图片的有意伤害与无意伤害信息做出区分。这两个研究结果都暗示了大脑对意图信息加工的快速反应，这种反应可能源于 fMRI 研究所发现的道德直觉和自动加工(Harenski, et al., 2010)。但是，这些研究仅仅考察了意图信息编码的时间进程。道德判断中的意图信息加工，并不仅仅包含了简单的觉知和编码，还包含了与其他信息，如结果信息的整合。此外，正如研究一所提到的，有关助人行为道德判断中意图加工的研究目前几乎还是空白。因此，为了进一步明确地考察道德判断中意图信息的加工过程和神经机制，研究二采用两个实验分别对伤人行为和助人行为道德判断中的意图加工的时间进程进行了探索。基于已有的道德判断和心理理论的神经机制的研究结果，我们预期：（1）大脑能快速地对道德信息做出反应，这种反应对应了 fMRI 研究发现的自发的道德直觉加工，表现为早期的 ERP 效应；（2）大脑对不同条件下意图信息的加工主要体现在位于头皮前部和双侧后部的电极点上，这些不同区域的脑电成分可能源于大脑的前额叶和双侧颞顶联合区皮层的激活，在一定程度上反映出这些脑区在道德判断意图加工中的时间进程和交互作用；（3）助人行为和伤人行为道德判断中意图加工的神经机制是相似的，表现为相似的 ERP 效应。

4.1 实验二：伤人行为道德判断中意图加工的时间进程和脑机制

4.1.1 方法

实验目的：考察个体在道德判断任务中加工伤人意图信息及整合相关信息的时间进程和脑机制。

被试：30 名在校大学生，身心健康，视力或矫正视力正常，右利手，男女各半。由于 3 名被试在实验中机器出现故障，最终有 27 名被试的结果纳入统计分析，12 名男性，15 名女性，平均年龄 22.81 ± 2.11 岁。

电 (HEOG), 左眼上下安置电极记录垂直眼电 (VEOG)。每个电极处的头皮电阻保持在 5 k Ω 以下。滤波带通为 0.05—100 Hz, 采样频率为 500 Hz/导。完成连续记录 EEG 后离线 (off line) 处理数据, 将其转为全脑平均参考, 自动校正 VEOG 和 HEOG, 数字滤波为低通 30 Hz, 24 dB/octave, 以 $\pm 80 \mu\text{V}$ 为标准充分排除其他伪迹。分析时程为 1400ms, 包括刺激呈现前 200ms 的基线和刺激呈现后的 1200ms, 叠加后得到四个条件 (无伤人: 中性意图中性结果; 意外伤人: 中性意图负性结果; 伤人未遂: 负性意图中性结果; 伤人成功: 负性意图负性结果) 的平均脑电波。

根据以往研究结果、本实验的预期和 ERP 总平均图, 本研究考察了三个区域的电极点及脑电成分 (图 10): 首先, 针对双侧颞顶区的脑电成分, 我们选择了头皮左侧后部 (左侧颞顶联合区: CP5, P3, P5, P7 和 TP7) 和头皮右侧后部 (右侧颞顶联合区: CP6, P4, P6, P8 和 TP8) 各五个电极点的均值进行统计分析, 考查了位于双侧颞顶区的两个早成分 N180 (160-210 ms) 和 N250 (230-270 ms) 的波幅 (基线-波峰测量), 以及两个较晚的成分 TP450 (400-500 ms) 和 TPSW (580-780 ms) 的平均波幅。其次, 针对前额区的脑电成分, 选择了位于头皮前部 (前额区: FPZ, FP1, FP2, AF3 和 AF4) 的五个电极点的均值进行统计分析, 并主要考察了前额区的一个晚期慢波 FSW (380-780 ms) 的平均波幅。针对双侧颞顶区的四个脑电成分, 采用 2 (意图: 负性、中性) \times 2 (结果: 负性、中性) \times 2 (头皮左侧、头皮右侧) 三因素重复测量方差分析进行统计; 针对前额区的 FSW, 采用 2 (意图: 负性、中性) \times 2 (结果: 负性、中性) 两因素重复测量方差分析进行统计。此外, 为了避免情绪词本身带来的影响, 也为了保证条件之间物理刺激的一致性, 根据本实验 2 \times 2 的设计, 在进行简单效应检验时, 对物理刺激相同的两个条件进行比较, 即分别比较无伤人和意外伤人、伤人未遂和伤人成功的脑电成分的差异。统计检验标准为 $\alpha < .05$ 。在 ANOVA 分析中, 球面检验被拒绝时采用 Greenhouse-Geisser 法校正 p 值。使用 Bonferroni 法进行事后多重比较检验。所有数据均使用 SPSS 15.0 进行统计分析。

采用 Cartool 软件 (<http://brainmapping.unige.ch/Cartool.htm>) 的 LORETA (the low-resolution brain electromagnetic tomography) 方法对伤人未遂条件下的 N180、N250、TP450 和 TPSW 成分分别进行源定位分析, LORETA 源定位基于 MNI (the Montreal Neurological Institute; <http://www.mni.mcgill.ca>) 提供的 3009 个节点的真实头模型, 所有定位结果用 Talairach 坐标给出。

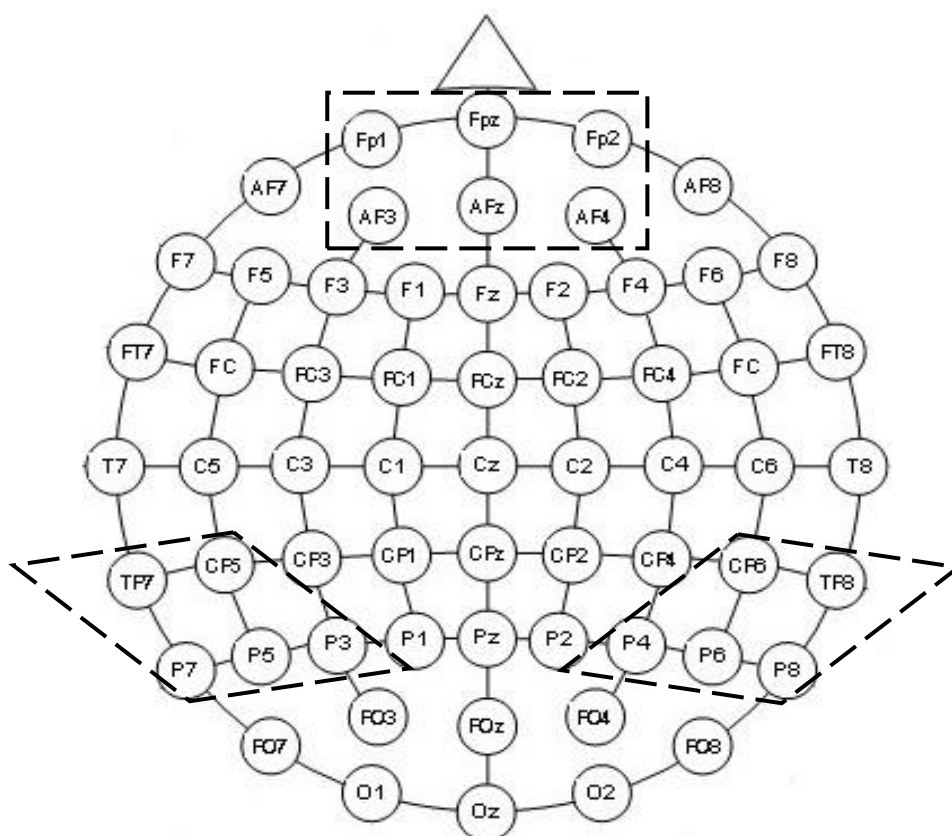


图 10 64 导脑电系统电极点分布图及本实验统计的电极点

4.1.2 结果

行为结果：

对故事主角行为的许可度评定采用 2（意图：中性、负性） \times 2（结果：中性、负性）被试内重复测量方差分析。结果显示，意图主效应显著，负性意图的许可度评分（ 1.81 ± 0.09 ）显著低于中性意图（ 4.67 ± 0.17 ）， $F(1, 26) = 216.12$ ， $p < 0.001$ ， $\text{partial } \eta^2 = 0.893$ ；结果主效应显著，负性结果的许可度评分（ 2.38 ± 0.11 ）显著低于中性结果（ 4.09 ± 0.12 ）， $F(1, 26) = 78.54$ ， $p < 0.001$ ， $\text{partial } \eta^2 = 0.888$ ；意图与结果的交互作用显著， $F(1, 26) = 129.56$ ， $p < 0.001$ ， $\text{partial } \eta^2 = 0.833$ ，负性意图下中性结果（ 2.32 ± 0.15 ）与负性结果（ 1.29 ± 0.06 ）的差异显著小于中性意图下中性结果（ 5.86 ± 0.16 ）与负性结果（ 3.48 ± 0.20 ）的差异（见图 11），即伤人未遂和伤人成功之间许可度评分的差异小于无伤人和意外伤人之间的差异。

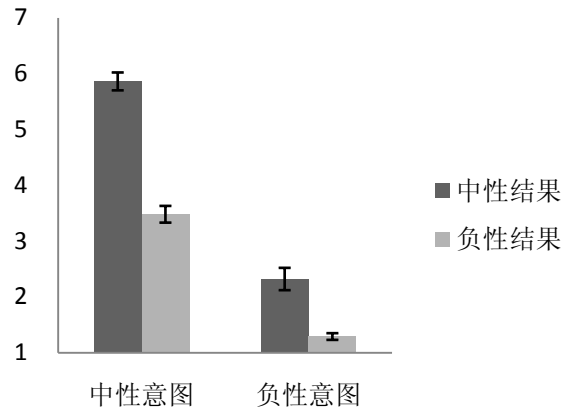


图 11 伤人行为许可度评分

对评价的反应时进行方差分析发现意图主效应显著,负性意图的反应时(1347 ± 89 ms)显著短于中性意图 (1628 ± 117 ms), $F(1, 26) = 23.83$, $p < 0.001$, $\text{partial } \eta^2 = 0.478$; 结果主效应不显著, $F(1, 26) = 0.80$, $p = 0.38$; 意图与结果的交互作用显著, $F(1, 26) = 41.58$, $p < 0.001$, $\text{partial } \eta^2 = 0.615$ 。对交互作用进行简单效应检验发现负性意图下中性结果的反应时(即伤人未遂: 1516 ± 110 ms)显著长于负性结果的反应时(即伤人成功: 1177 ± 74 ms), 而中性意图下中性结果的反应时(即无伤人: 1431 ± 104 ms)显著短于负性结果的反应时(即意外伤人: 1824 ± 136 ms)(见图 12)。这个结果表明意图和结果信息相冲突条件下的反应时显著长于一致条件下的反应时。

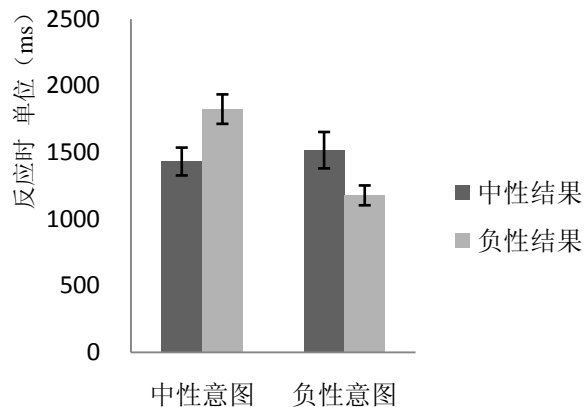


图 12 伤人行为评价反应时

脑电结果:

伤人意图关键词的总平均 ERP 结果见图 13, 其中图例括号里标注的是每个条件下的刺激关键词。由图上可以看到在前额和双侧颞顶区域的电极点上存在脑电成分的差异, 具体统计分析结果如下:

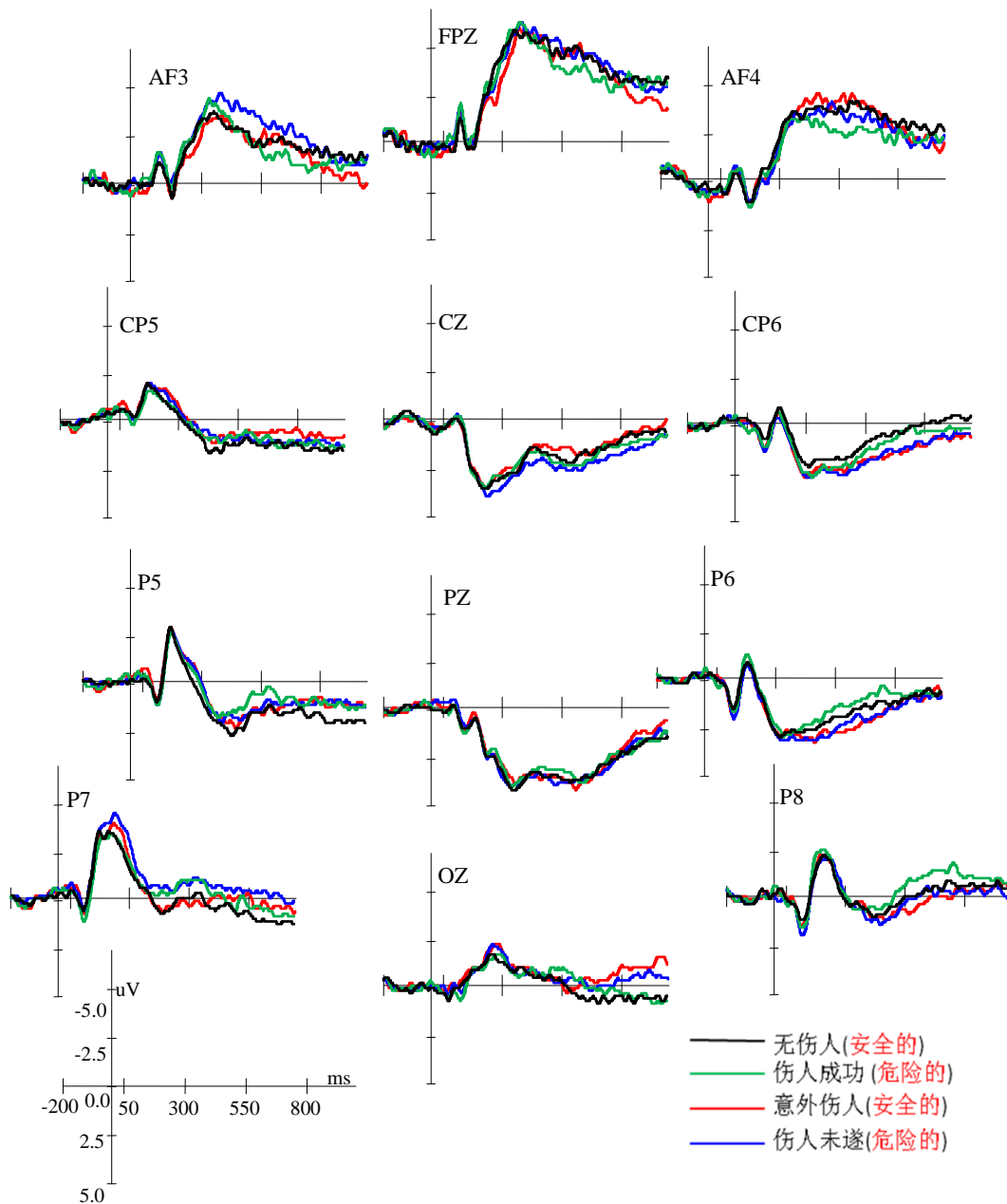


图 13 道德判断中伤人意图加工的 ERP 总平均图

N180

N180 的波幅表现出显著的半球效应, $F(1, 26) = 33.76, p < 0.001, \text{partial } \eta^2 = 0.565$, 左侧波幅 ($-3.49 \pm 0.35 \mu\text{V}$) 显著大于右侧 ($-1.85 \pm 0.29 \mu\text{V}$)。此外, 意图 \times 结果 \times 半球交互作用显著, $F(1, 26) = 4.42, p < 0.05, \text{partial } \eta^2 = 0.145$, 简单效应检验表明只在右半球, 负性意图负性结果的 N180 波幅 ($-2.15 \pm 0.33 \mu\text{V}$) 比负性意图中性结果的波幅 ($-1.54 \pm 0.32 \mu\text{V}$) 更负 (图 14b)。该结果表明在右半球伤人成功条件下的 N180 波幅显著的比伤人未

遂条件下更大。其余主效应和交互效应都不显著 ($p > 0.05$)。

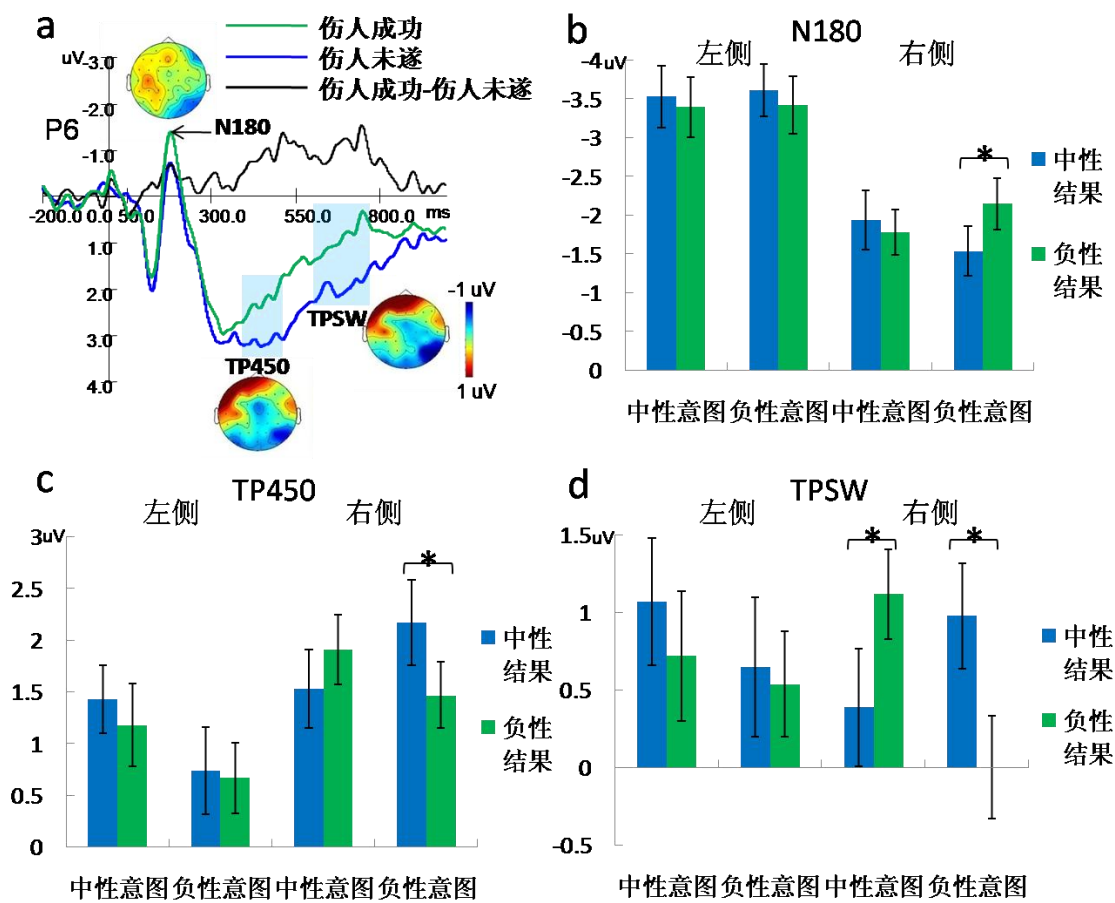


图 14 右侧颞顶区伤人未遂与伤人成功 ERP 成分比较

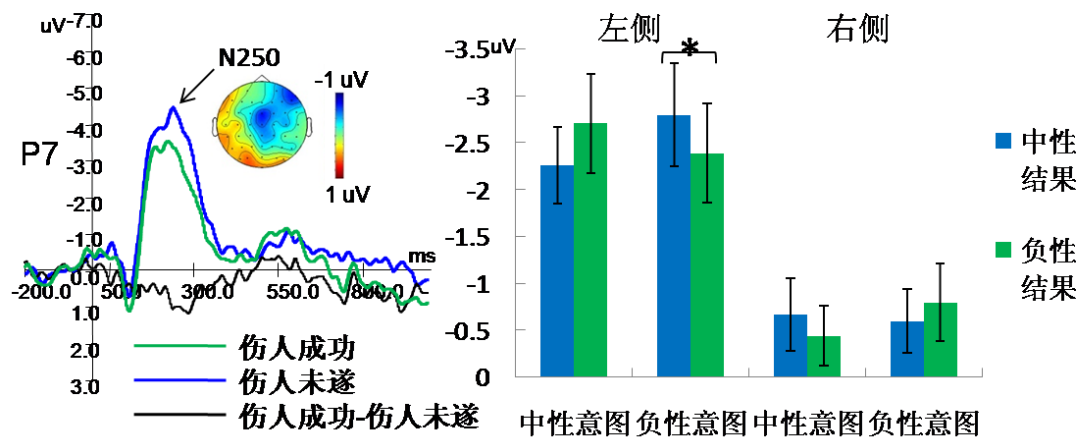


图 15 左侧颞顶区伤人未遂与伤人成功 ERP 成分比较

N250

与 N180 类似, N250 的波幅也表现出显著的半球效应, $F(1, 26) = 15.25, p < 0.01$, partial $\eta^2 = 0.370$, 左侧波幅 ($-2.54 \pm 0.48 \mu V$) 比右侧波幅 ($-0.63 \pm 0.33 \mu V$) 更负。意图 \times 结果 \times

半球交互作用显著, $F(1, 26) = 9.65, p < 0.01$, $\text{partial } \eta^2 = 0.271$, 简单效应检验发现只在左半球上, 负性意图中性结果的 N250 ($-2.80 \pm 0.55 \mu\text{V}$) 显著比负性意图负性结果的 N250 ($-2.39 \pm 0.53 \mu\text{V}$) 更负 (图 15)。该结果说明在左半球, N250 的结果趋势与 N180 不同, 表现为伤人未遂条件下的波幅比伤人成功条件下更大。其余主效应和交互效应都不显著 ($ps > 0.05$)。

TP450

对 TP450 的平均波幅进行方差分析发现了意图与半球的显著交互作用, $F(1, 26) = 5.04, p < 0.05$, $\text{partial } \eta^2 = 0.162$, 进一步分析发现只在左侧半球, 中性意图的波幅 ($1.30 \pm 0.34 \mu\text{V}$) 显著大于负性 ($0.71 \pm 0.35 \mu\text{V}$)。最重要的是, 意图 \times 结果 \times 半球交互作用显著, $F(1, 26) = 5.47, p < 0.05$, $\text{partial } \eta^2 = 0.174$, 简单效应检验发现只在右半球, 负性意图中性结果的 TP450 波幅 ($2.17 \pm 0.41 \mu\text{V}$), 显著大于负性意图负性结果 ($1.47 \pm 0.32 \mu\text{V}$) 的波幅 (图 14c)。该结果表明在较晚的加工阶段, 伤人未遂条件下的 TP450 波幅比伤人成功条件下更大, 且主要体现在头皮右侧的电极点上。其余主效应和交互效应都不显著 ($ps > 0.05$)。

TPSW

TPSW 的方差分析发现了意图的主效应, $F(1, 26) = 5.34, p < 0.05$, $\text{partial } \eta^2 = 0.170$, 多重比较发现中性意图下波幅 ($0.82 \pm 0.24 \mu\text{V}$) 比负性意图波幅 ($0.54 \pm 0.22 \mu\text{V}$) 更大。此外, 意图与结果的交互作用显著, $F(1, 26) = 8.79, p < 0.01$, $\text{partial } \eta^2 = 0.253$: 负性意图中性结果的波幅 (即伤人未遂: $0.82 \pm 0.28 \mu\text{V}$) 比负性意图负性结果 (即伤人成功: $0.27 \pm 0.22 \mu\text{V}$) 更正。最重要的是, 意图 \times 结果 \times 半球交互作用也达到了显著水平, $F(1, 26) = 15.97, p < 0.001$, $\text{partial } \eta^2 = 0.381$, 进一步分析表明只在右半球, 负性意图中性结果的 TPSW ($0.98 \pm 0.34 \mu\text{V}$) 显著大于负性意图负性结果条件 ($0.00 \pm 0.33 \mu\text{V}$), 而中性意图负性结果条件下的波幅 ($1.12 \pm 0.29 \mu\text{V}$) 也比中性意图中性结果条件下 ($0.39 \pm 0.38 \mu\text{V}$) 波幅更正。该结果提示 TPSW 的效应与 TP450 的效应是相似的, 即在头皮右侧伤人未遂条件下的 TPSW 波幅比伤人成功条件下更大, 同时意外伤人条件下的 TPSW 波幅比无伤人条件下更大。其余主效应和交互效应都不显著 ($ps > 0.05$) (图 14d)。

FSW

对前额区的成分 FSW 进行两因素方差分析发现意图与结果的主效应都不显著 ($ps > 0.05$), 但意图与结果交互作用显著, $F(1, 26) = 4.98, p < 0.05$, $\text{partial } \eta^2 = 0.161$, 简单效应检验发现负性意图中性结果的 FSW ($-4.65 \pm 0.86 \mu\text{V}$) 比负性意图负性结果的 ($-3.48 \pm$

0.75 μV) 更负 (图 16), 该结果表明伤人未遂条件下前额区晚成分的波幅比伤人成功条件下更大。

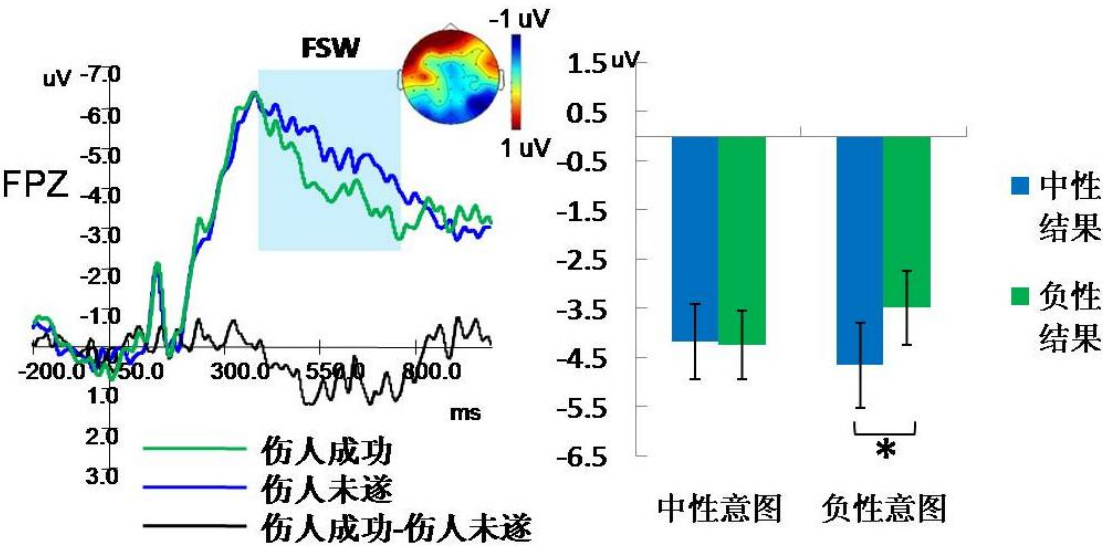


图 16 前额区伤人未遂与伤人成功 ERP 成分比较

对伤人未遂条件下 N180、N250、TP450 和 TPSW 成分进行 LORETA 源定位的结果见表 3 和图 17。值得注意的是，最早成分 N180 的源主要定位在右侧颞上回 (图 17a, BA41 区)，而左侧颞顶区成分 N250 则主要定位在左侧额中回 (图 17b, BA8 区)。在 TP450 的时间窗口，源定位揭示了一个双侧颞顶叶的激活模式 (图 17c, 左侧 BA2 区和右侧 BA40 区)，而更晚一些的 TPSW 成分的源则定位在右侧颞顶区 (右侧 BA40 区) 和左侧额下回 (左侧 BA9 区) (图 17d)。

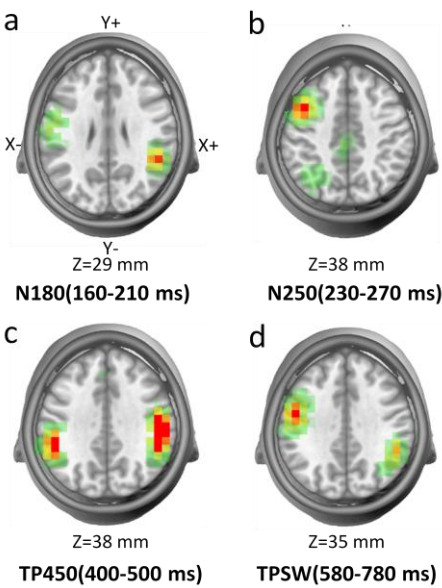


图 17 伤人未遂条件下双侧颞顶区脑电成分源定位结果

表3 伤人未遂条件下N180, N250, TP450和TPSW源定位结果

时间窗口	左侧/右侧	区域	Brodmann's Area	Talairach 坐 标 (x, y, z)
160-210 ms	右侧	颞上回	41	42,-33,12
	左侧	中央前回	6	-58,4,10
230-270 ms	左侧	额中回	8	-42,28,38
	左侧	顶下小叶	40	-42,-39,41
400-500 ms	右侧	中央后回	2	50,-25,33
	右侧	中央前回	6	50,-2,32
	左侧	顶下小叶	40	-58,-25,33
580-780 ms	右侧	顶下小叶	40	58,-33,27
	左侧	额下回	9	-58,5,25

4.1.3 讨论

4.1.3.1 伤人行为道德判断中的意图与结果加工

本实验的目的是考察伤人行为道德判断中意图加工的心理和神经机制。行为结果首先发现了与前人研究一致的许可度评价的意图与结果的显著交互作用(Young, et al., 2007; Young, et al., 2011): 伤人成功与伤人未遂之间许可度的差异显著小于无伤人与意外伤人之间许可度的差异。这表明当被试觉察到主角是有负性意图的时候, 无论其行为结果如何, 都给予其较低的许可度评价; 而在主角没有负性意图的时候, 被试会更多地参考其行为结果来对其行为进行评价, 负性结果相对中性结果被给予更低的许可。其次, 在反应时上, 伤人未遂的反应时显著长于伤人成功的反应时, 同时意外伤人的反应时显著长于无伤人的反应时, 这表明当意图与结果信息相冲突的时候, 被试需要更长的时间来整合意图和结果信息以做出合理的道德判断, 导致了反应时相对非冲突条件下的延长。

4.1.3.2 伤人行为道德判断意图加工的 ERP 效应

ERP 结果发现了位于前额和双侧颞顶区域脑电成分的差异, 这些差异与心理理论研究中发现效应的电极点头皮分布是相似的(Geangu, et al., 2012; McCleery, et al., 2011)。统计分析发现主要的显著差异出现在伤人未遂和伤人成功条件下, 这两个条件下 ERP 锁定的刺激实际上是相同的(都是“危险的”), 因此这些位于不同区域的脑电成分的效应与物理刺激本身无关, 实际上反映了道德判断中意图信息加工在不同脑区的时间进程和神经机制:

在双侧颞顶区, 依次出现了 N180、N250、TP450 和 TPSW 四个 ERP 成分的效应。首

先，在刺激呈现后 160-210 ms 的时间窗口出现了一个具有偏侧化效应的 N180 成分，并且这个成分在伤人成功条件下相对伤人未遂条件下波幅更大。这个效应出现的时间窗口很早，与前人研究发现的个体对故意伤害信息的快速自动反应是一致的。Decety 和 Cacioppo 认为这种快速的反应是个体在觉知行为道德效价时对意图信息的自动直觉加工。在他们的实验中，在刺激呈现后 60 ms 左右，故意伤人的图片与意外伤人图片产生了差异，且这种差异源于右侧颞上沟的活动(Decety & Cacioppo, 2012)。在本实验结果中，伤人成功与未遂条件下物理刺激是相同的，N180 的效应与注意、情绪词加工等过程无关。统计结果表明伤人成功条件下的 N180 更大，反映出个体对道德效价信息的快速直觉加工。在进化过程中，人类形成了对社会性事件的一种自动、快速的直觉反应，即我们能够在不假思索的情况下，自发地形成一种涉及“道德好坏”的评价。在本实验中，由于伤人成功是比伤人未遂情境在道德上“更坏、更糟”的事件，因此诱发了更大的 N180。此外，源定位分析表明 N180 的主要来源是右侧颞上回，这个结果暗示了右侧颞顶区在与意图加工有关的道德直觉加工中的重要作用。这个发现与前人研究报告是一致的，目前，已有 ERP 研究发现颞顶区，尤其是右侧颞顶区在被试自发推理他人特质和他人行为目标时显著激活(Van der Cruyssen, et al., 2009; Van Duynslaeger, et al., 2007)。fMRI 研究也报告相比对道德的深思熟虑加工，在道德的直觉反应中，TPJ 的卷入和激活更多(Harenski, et al., 2010; Young & Saxe, 2009a)。N180 的结果首次直接证明了右侧颞顶区在刺激呈现 180 ms 后，就能根据当前呈现的意图信息和之前呈现的预示（结果）信息，对行为的道德好坏做出直觉的反应。在 N180 之后，头皮左侧出现了一个右侧几乎没有的潜伏期稍晚的负成分 N250。统计分析表明伤人未遂条件下的 N250 显著的比伤人成功条件下更大，源定位分析发现左侧额中回和后部皮层的活动共同解释了 N250 的产生。我们认为 N250 的效应首先反映了部分左侧颞顶皮层的活动，脑损伤和 fMRI 研究发现左侧颞顶联合区参与心理状态的表征加工(Perner, et al., 2006; Samson, et al., 2004)。但是与右侧不同的是，左侧颞顶联合区的加工更具有广泛性，它不仅对信念信息敏感，对非心理状态的物理的错误信息也很敏感(Perner, et al., 2006; Young, et al., 2011)。ERP 研究发现被试对眼部图片进行心理特征的编码和表征时能在刺激呈现 270 ms 左右诱发一个负成分(Sabbagh, et al., 2004)，还有研究报告 N250 成分与私人意图的早期认知加工有关(王益文等, 2012)。在其他社会认知研究领域也都曾发现位于头皮外侧和后部的潜伏期在 200 ms 期间的负成分与刺激的早期编码和表征加工有关(Aranda, Madrid, Tudela, & Ruz, 2010)，例如 Proverbio 等人(2009; 2010)发现被试在观看合理行为图片时，相比不合理行为图片，后顶区域出现了更大的 N250 成分，并认为该成分反映了个体对合理动作的特异性

反应。结合已有研究和本实验的结果，我们认为 N250 主要反应了左侧颞顶联合区域对道德意图信息的早期表征加工。此外，源定位分析还发现 N250 与左侧前额叶的活动有关，fMRI 研究表明前额叶的活动反映了个体在行为决策、行为和结果的一致性加工中的认知控制(Alexander & Brown, 2011; Rushworth, Walton, Kennerley, & Bannerman, 2004)。在本实验中，统计分析表明伤人未遂条件下的 N250 波幅更大，这可能在某种程度上反映了前额叶在伤人未遂条件下的认知控制加工，由于这种条件下，被试在预示部分得到的结果信息与当前接收到的意图信息之间是不一致的，探测和解决这种冲突的认知控制加工反映在了伤人未遂波幅更大的 N250 成分上。在双侧颞顶区，我们还发现了前人研究报告的心理理论加工的代表性成分 TP450。这个成分虽然在双侧都能观测到，但右侧的波幅显著的比左侧更大，并且只在右侧发现了意图与结果的交互作用。前人研究采用 ERP 技术结合 fMRI 的精确定位发现 TP450 的效应主要源于右侧颞顶联合区，并认为这个成分反映了比较复杂的心理状态加工，例如计算和区分自己或他人的观点(McCleery, et al., 2011)。在本实验中，我们发现伤人未遂条件下的 TP450 波幅显著大于伤人成功条件，这可能反映了道德判断中对意图和结果信息的整合。除了 TP450，在更晚的时间窗口，双侧颞顶区还有一个慢波 TPSW，并且该成分也与 TP450 表现出类似的模式，即右侧伤人未遂条件下波幅显著大于伤人成功条件下的波幅，这些较晚的成分共同反映出以右侧颞顶联合区活动为主的对意图和结果信息的控制推理加工。

除了双侧颞顶区的脑电效应，与前人研究发现一致的是，本实验还在头皮前部电极点发现了时间窗口从 380 到 780 ms 的晚成分 FSW。在之前的心理理论领域和道德两难问题研究中，都发现了类似的额叶的 ERP 效应(Chen, et al., 2009; Geangu, et al., 2012; Liu, et al., 2009; McCleery, et al., 2011)。一些研究认为前额叶在道德判断中主要发挥着整合情绪和认知因素的认知控制作用(FeldmanHall, et al., 2013; Greene, 2005; Greene, 2009)。而在意图-结果任务中，也有研究发现腹内侧前额叶受损的病人相对正常控制组而言，会给予伤人未遂条件更高的许可度评价，这个研究结果验证了前额叶在道德判断中对伤害意图加工的重要贡献(Young, et al., 2010a)。与之相一致的是，本实验中也是发现相对伤人成功条件，伤人未遂的 FSW 波幅更大，暗示了前额叶活动不仅在伤害意图加工中有重要作用，同时也参与了意图与结果信息的整合加工。

4.1.3.3 伤人行道德判断意图加工四个阶段

综合以上分析和前人 fMRI 研究的发现，本实验发现的 ERP 效应和源定位分析结果可

以初步揭示额叶和双侧颞顶联合区在伤人行为道德判断意图加工中的时间进程和各脑区之间的联系，提示伤人行为道德判断中意图信息加工可能存在四个加工阶段：首先，在刺激呈现 180 ms 左右，右侧颞顶联合区能够结合之前呈现的预示信息，快速地对意图信息做出道德直觉反应，表现为右侧颞顶区的 N180 成分的效应；其次，在 250 ms 左右，左侧颞顶联合区和前额叶可能在更泛化的水平上参与了意图和结果信息的编码和表征，表现为左侧颞顶区的 N250 成分的效应；接着，从刺激呈现后 380 ms 开始，前额叶的认知控制活动增强，体现在头皮前部的脑电成分 FSW 上；最后，位于头皮双侧颞顶区的 TP450 和 TPSW 的效应反映了以右侧颞顶联合区为主，前额和左侧颞顶联合区共同参与的对意图信息和结果信息的晚期的整合控制推理加工。

综上所述，本实验的结果首先在行为水平上再次验证了意图信息在伤人行为道德判断中的重要作用；其次在脑机制上，位于不同头皮位置的 ERP 效应揭示了额叶和双侧颞顶区在意图加工的早期和晚期阶段的交互作用和时间进程，尤其提示了右侧颞顶联合区在早期道德直觉和晚期控制推理加工中的重要作用。但是，本实验仍然存在一些问题，首先，许多成分上都发现了显著的偏侧化效应，尤其是早期的 N180 和 N250 成分，左侧波幅显著大于右侧，由于在呈现实验材料时，并没有平衡控制 ERP 锁定的关键词的左右视野，我们无法确定这种偏侧化效应是由心理因素导致的，还是与物理刺激的差异有关。其次，作为首个探索道德判断意图加工时间进程的研究，本实验所发现的 N180、N250 等成分在之前的道德判断 ERP 研究中并没有被报告过，这些效应的发现是偶然现象还是稳定存在的？这个问题需要进一步的重复验证。因此，在实验三中，我们首先调整平衡了材料刺激的左右视野，排除了刺激的物理差异，同时采用相同的实验方法和设计考察了助人行为道德判断中意图加工的 ERP 效应，我们预期，如果本实验的发现是确实存在的客观事实，那么在实验三中，相似的结果能够再次被发现。

4.2 实验三：助人行为道德判断中意图加工的时间进程和脑机制

4.2.1 方法

实验目的：考察个体在道德判断任务中加工助人意图信息及整合相关信息的时间进程和脑机制。

被试：28 名在校大学生，13 名男性，15 名女性，平均年龄 22.39 ± 1.59 岁，身心健康，视

力或矫正视力正常，右利手。

材料：采用实验一编写的助人行为意图-结果道德判断材料（40 个情节，共 160 个故事）作为正式实验的材料，另外选择了 8 个情节作为练习实验的材料。由于实验二发现了显著的半球差异，在实验三中，我们注意平衡了关键词出现的视野，排除了视野因素的影响。

实验设计与程序：

该实验为 2（意图：正性和中性）×2（结果：正性和中性）的被试内设计。

被试先完成练习实验，熟悉实验程序和要求后，开始正式实验，正式实验分为八组，共 160 个 trial，每组 20 个 trail，完成每组实验后被试可休息一分钟左右。所有故事呈现顺序伪随机，连续出现的五个故事中没有重复的情节。

试验流程与实验一相同（见图 18）：被试在阅读完故事背景和预示后，按空格键前进，看完故事后，要求被试评价给予主角的行为多大程度的赞扬（1-7 分评定，1 分表示完全不必赞扬，7 分表示最多的赞扬）。采用 E-prime 软件编写程序、呈现刺激并记录被试做出赞扬判断的评分及反应时。

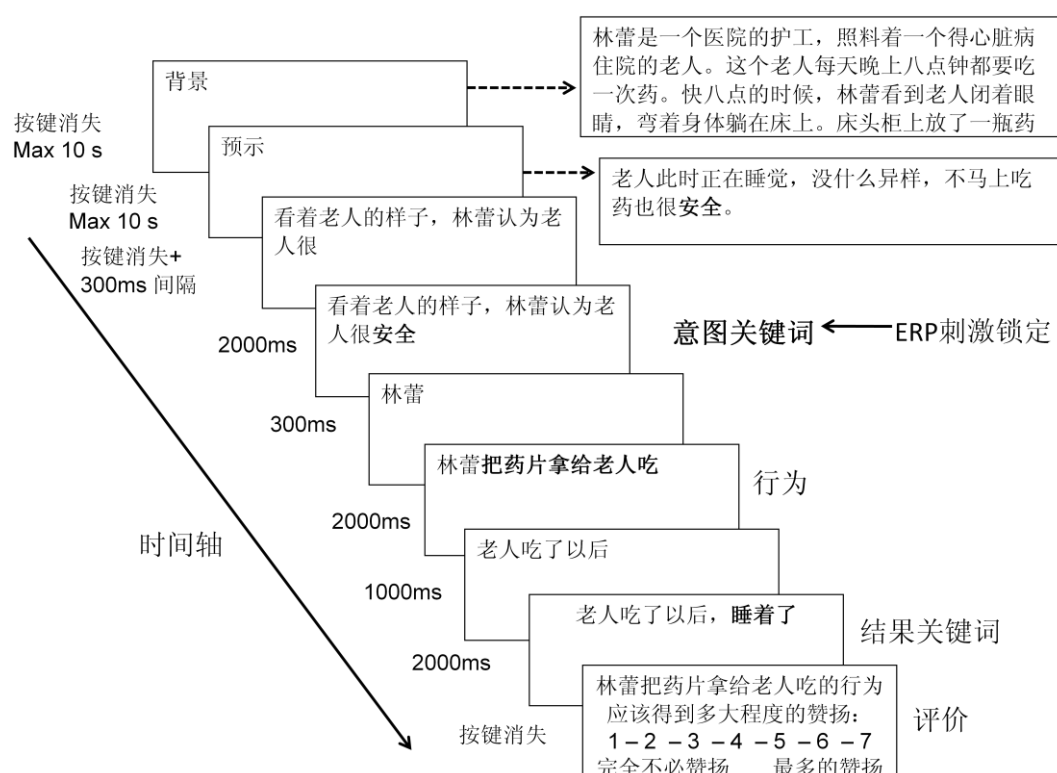


图 18 实验三试验流程

ERP 记录及分析：

本实验的 ERP 数据记录和分析流程与实验二相同：使用美国 Neuroscan 公司的 ERP 记录与分析系统，按国际 10-20 系统扩展的 64 导电极帽记录 EEG，以头顶中央电极作为

记录参考电极。双眼外侧安置电极记录水平眼电（HEOG），左眼上下安置电极记录垂直眼电（VEOG）。每个电极处的头皮电阻保持在 5 k Ω 以下。滤波带通为 0.05—100 Hz，采样频率为 500 Hz/导。完成连续记录 EEG 后离线（off line）处理数据，转为全脑平均参考，自动校正 VEOG 和 HEOG，数字滤波为低通 30 Hz, 24 dB/octave，并以 $\pm 80 \mu\text{V}$ 为标准充分排除其他伪迹。分析时程为 1400 ms，包括刺激呈现前 200ms 的基线和刺激呈现后的 1200ms，叠加后得到四个条件（无助人：中性意图中性结果；意外助人：中性意图正性结果；助人未遂：正性意图中性结果；助人成功：正性意图正性结果）的平均脑电波。

与实验二相同，本实验考察了三个区域的电极点及脑电成分：首先，针对双侧颞顶区的脑电成分，选择了头皮左侧后部（左侧颞顶联合区：CP5, P3, P5, P7 和 TP7）和头皮右侧后部（右侧颞顶联合区：CP6, P4, P6, P8 和 TP8）各五个电极点的均值进行统计分析，考查了位于双侧颞顶区的两个早成分 N180（160-210 ms）和 N250（230-270 ms）的波幅（基线-波峰测量），以及两个较晚的成分 TP450（400-500 ms）和 TPSW（580-780 ms）的平均波幅。其次，针对前额区的脑电成分，选择了位于头皮前部（前额区：FPZ, FP1, FP2, AF3 和 AF4）的五个电极点的均值进行统计分析，并主要考察了前额区的晚期慢波 FSW（380-780 ms）的平均波幅。针对颞顶区的脑电成分，采用 2（意图：正性，中性） \times 2（结果：正性，中性） \times 2（头皮左侧、头皮右侧）三因素重复测量方差分析进行统计，针对 FSW，采用 2（意图：正性，中性） \times 2（结果：正性，中性）两因素重复测量方差分析进行统计。统计检验标准为 $\alpha < .05$ 。在 ANOVA 分析中，球面检验被拒绝时采用 Greenhouse-Geisser 法校正 p 值。使用 Bonferroni 法进行事后多重比较检验。所有数据均使用 SPSS 15.0 进行统计分析。

采用 Cartool 软件（<http://brainmapping.unige.ch/Cartool.htm>）的 LORETA（the low-resolution brain electromagnetic tomography）方法对助人未遂条件下的 N180、N250、TP450 和 TPSW 成分分别进行源定位分析，LORETA 源定位基于 MNI（the Montreal Neurological Institute; <http://www.mni.mcgill.ca>）提供的 3099 个节点的真实头模型，所有定位结果用 Talairach 坐标给出。

4.2.2 结果

行为结果：

对故事主角行为的赞扬程度评定采用 2（意图：中性、正性） \times 2（结果：中性、正性）被试内重复测量方差分析。结果显示，意图主效应显著，正性意图的赞扬度（ 5.27 ± 0.18 ）显著高于中性意图（ 3.31 ± 0.16 ）， $F(1, 27) = 149.15, p < 0.001$ ， $\text{partial } \eta^2 = 0.847$ ；结果主

效应显著，正性结果的赞扬度 (5.01 ± 0.17) 显著高于中性结果 (3.57 ± 0.15)， $F(1, 27) = 163.37, p < 0.001$, $\text{partial } \eta^2 = 0.858$ ；意图与结果的交互作用不显著， $F(1, 27) = 0.44, p = 0.514$ （见图 19），该实验结果与实验一的结果一致。

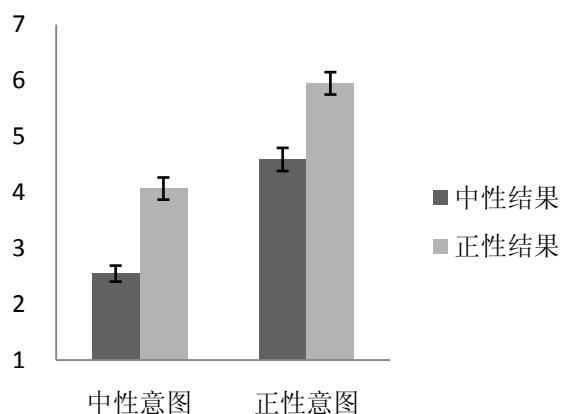


图 19 助人行为赞扬度评分

对评价的反应时进行方差分析发现意图主效应不显著， $F(1, 27) = 0.44, p = 0.514$ ；结果主效应显著，正性结果 (1382 ± 105 ms) 的反应时显著短于中性结果 (1656 ± 118 ms)， $F(1, 27) = 29.49, p < 0.001$, $\text{partial } \eta^2 = 0.522$ ；意图与结果的交互作用显著， $F(1, 27) = 25.98, p < 0.001$, $\text{partial } \eta^2 = 0.490$ 。对交互作用进行简单效应检验发现只有意图为正性时，正性结果的反应时 (1281 ± 100 ms) 显著短于中性结果 (1799 ± 135 ms)，而当意图为中性时，正性结果 (1483 ± 120 ms) 与中性结果 (1514 ± 115 ms) 条件的反应时无显著差异（见图 20）。即助人成功条件下的反应时显著短于助人未遂条件，而意外助人和无助人条件的反应时没有显著差异。该结果与实验一的行为结果是一致的。

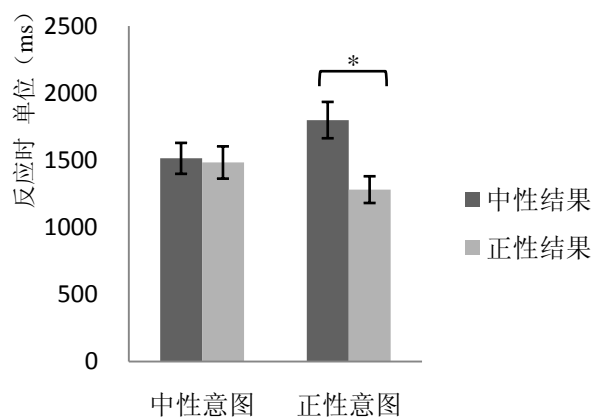


图 20 助人行为评价反应时

脑电结果：

助人意图关键词的总平均 ERP 结果见图 21，由图上可以看到在前额和双侧颞顶区域的电极点上存在脑电成分的差异，具体统计分析结果如下：

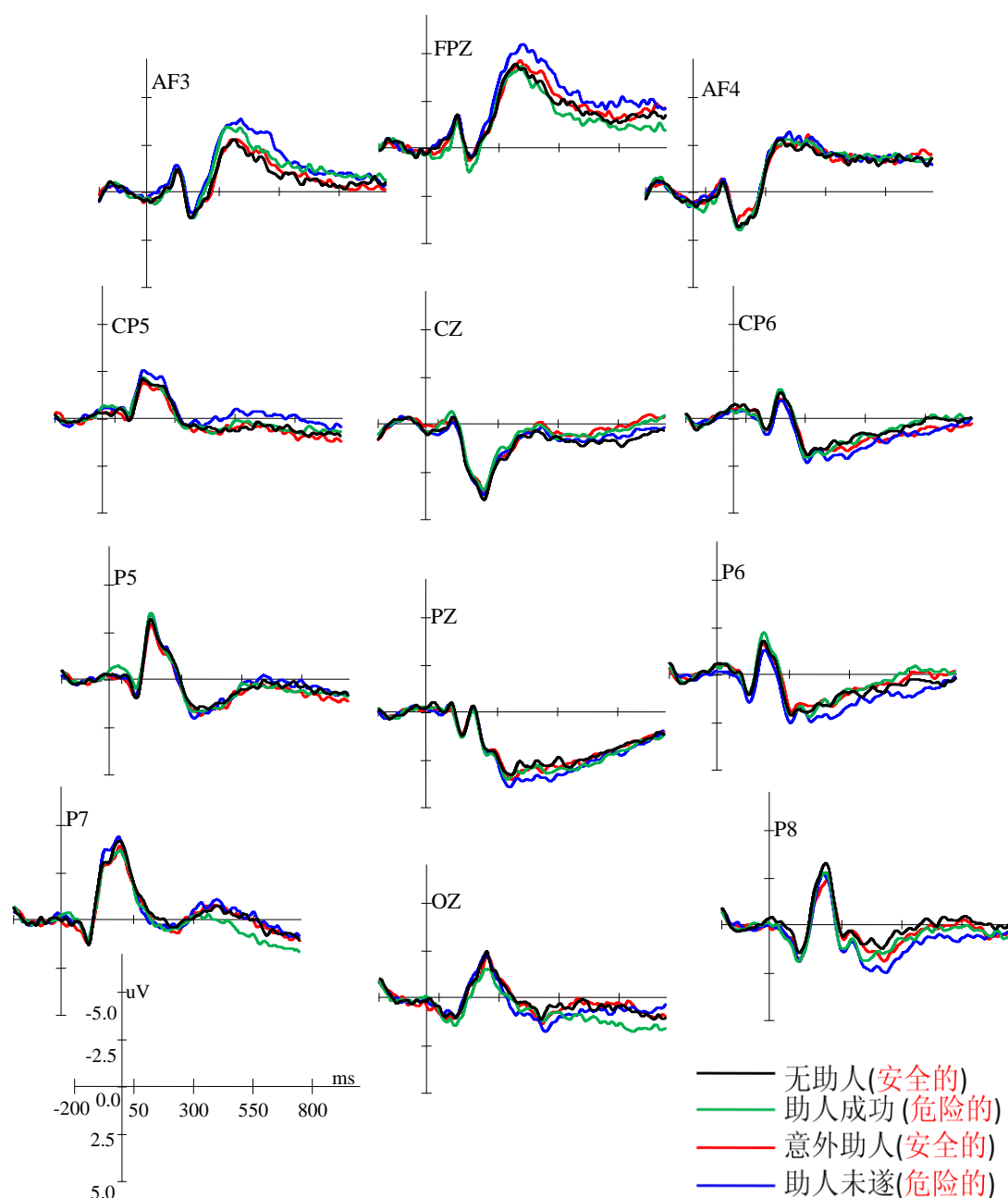


图 21 道德判断中助人意图加工的 ERP 总平均图

N180

N180 的波幅表现出显著的半球效应， $F(1, 27) = 25.53, p < 0.001$, $\text{partial } \eta^2 = 0.486$ ，左侧波幅 ($-3.40 \pm 0.23 \mu\text{V}$) 显著大于右侧 ($-2.15 \pm 0.27 \mu\text{V}$)，该结果表明助人行为实验中的 N180 与伤人行为实验的结果一样具有偏侧化效应。此外，结果与半球的交互作用显著， $F(1, 27) = 4.67, p < 0.05$, $\text{partial } \eta^2 = 0.147$ ，更重要的是，意图×结果×半球交互作用显

著, $F(1, 27) = 7.95, p < 0.01$, $\text{partial } \eta^2 = 0.227$, 简单效应检验表明只在右半球, 正性意图正性结果的 N180 波幅 ($-3.40 \pm 0.26 \mu\text{V}$) 比正性意图中性结果 ($-2.41 \pm 0.33 \mu\text{V}$) 更负 (图 22b)。该结果与实验二结果是一致的, 即助人成功条件下的 N180 波幅显著大于助人未遂条件下的 N180 波幅, 提示了右侧颞顶区对助人成功情境的早期快速反应。其余主效应和交互效应都不显著 ($ps > 0.05$)。

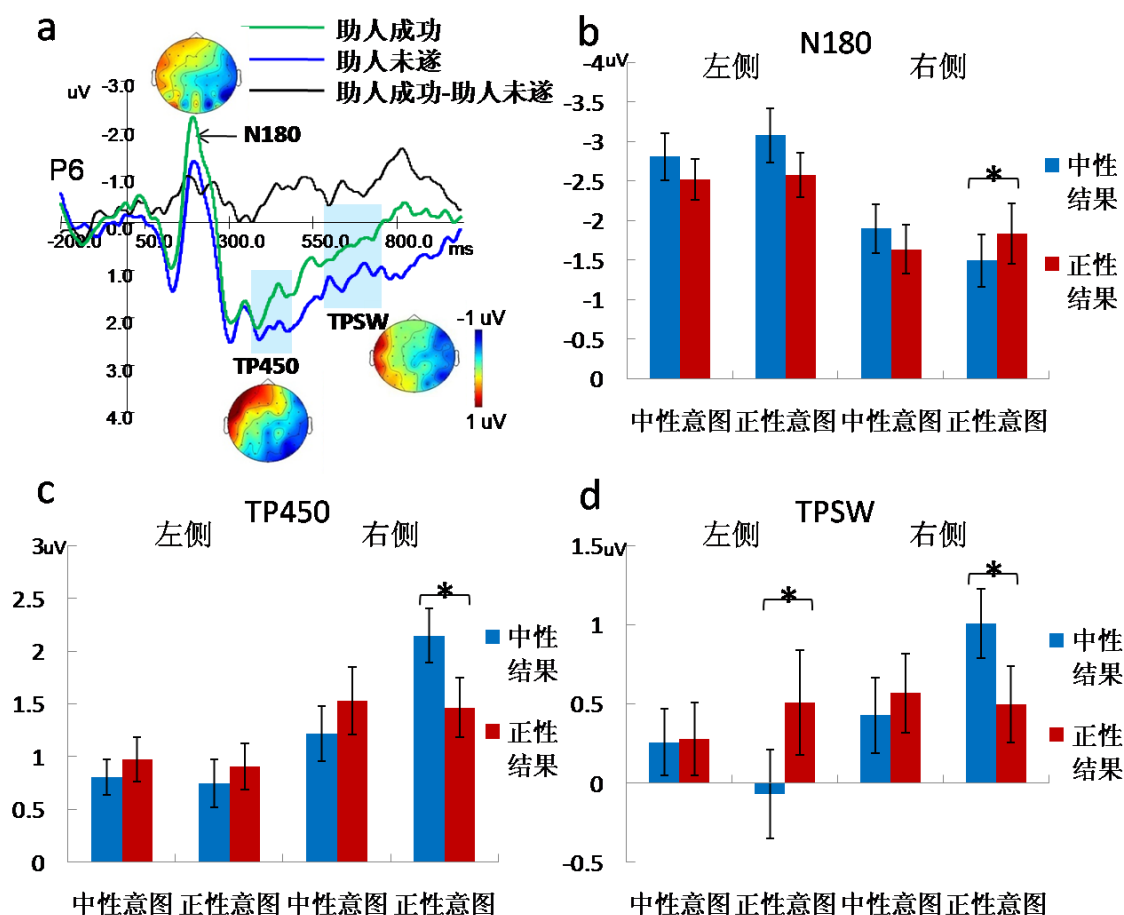


图 22 右侧颞顶区助人未遂与助人成功 ERP 成分比较

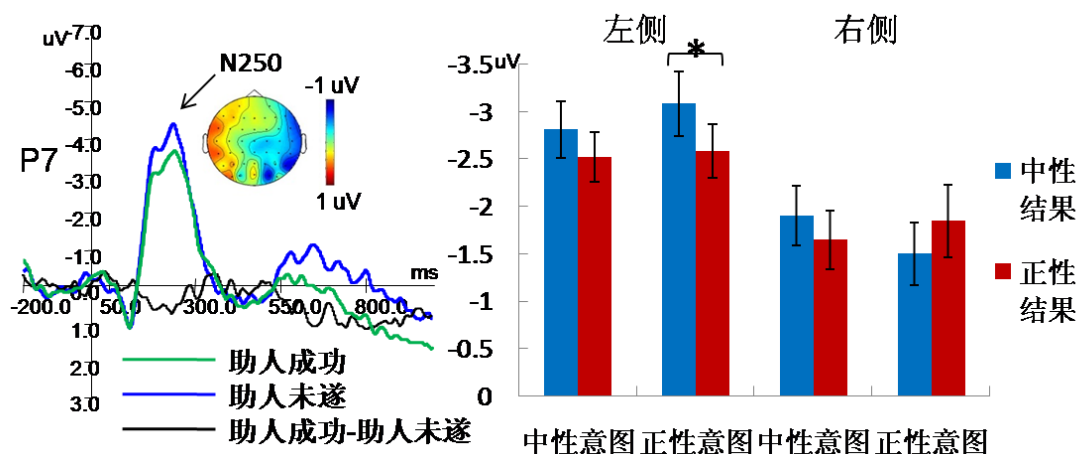


图 23 左侧颞顶区助人未遂与助人成功 ERP 成分比较

N250

N250 的方差分析发现结果和半球的主效应都达到显著水平。结果主效应: $F(1, 27) = 5.27, p < 0.05$, $\text{partial } \eta^2 = 0.163$, 中性结果的波幅 ($-2.32 \pm 0.24 \mu\text{V}$) 比正性结果 ($-2.14 \pm 0.22 \mu\text{V}$) 更负。半球主效应: $F(1, 27) = 9.075, p < 0.01$, $\text{partial } \eta^2 = 0.252$, 左侧波幅 ($-2.75 \pm 0.27 \mu\text{V}$) 比右侧波幅 ($-1.72 \pm 0.30 \mu\text{V}$) 更负。结果 \times 半球交互作用显著, $F(1, 27) = 5.142, p < 0.05$, $\text{partial } \eta^2 = 0.160$, 进一步分析发现在左侧, 中性结果的 N250 ($-2.94 \pm 0.30 \mu\text{V}$) 比正性结果的波幅 ($-2.55 \pm 0.25 \mu\text{V}$) 更负。值得注意的是, 意图 \times 结果 \times 半球交互作用显著, $F(1, 27) = 5.83, p < 0.05$, $\text{partial } \eta^2 = 0.178$, 简单效应检验发现只在左半球上, 正性意图中性结果的 N250 ($-3.08 \pm 0.34 \mu\text{V}$) 显著比正性意图正性结果的 N250 ($-2.58 \pm 0.38 \mu\text{V}$) 更负 (图 23)。该结果与实验二中 N250 的效应是一致的, 即助人未遂条件下的 N250 波幅显著比助人成功条件下更大。其余主效应和交互效应都不显著 ($ps > 0.05$)。

TP450

对 TP450 的平均波幅进行方差分析发现了半球的主效应, $F(1, 27) = 5.88, p < 0.05$, $\text{partial } \eta^2 = 0.179$, 右半球波幅 ($1.59 \pm 0.25 \mu\text{V}$) 比左半球 ($0.86 \pm 1.67 \mu\text{V}$) 更大。结果 \times 半球的交互作用 [$F(1, 27) = 4.43, p < 0.05$, $\text{partial } \eta^2 = 0.141$] 和意图 \times 结果的交互作用 [$F(1, 27) = 5.75, p < 0.05$, $\text{partial } \eta^2 = 0.176$] 都显著, 最重要的是, 意图 \times 结果 \times 半球交互作用显著, $F(1, 27) = 5.81, p < 0.05$, $\text{partial } \eta^2 = 0.177$, 简单效应检验发现只在右半球, 正性意图中性结果的 TP450 波幅 ($2.15 \pm 0.26 \mu\text{V}$) 显著大于正性意图正性结果 ($1.47 \pm 0.28 \mu\text{V}$) 的波幅 (图 22c)。该结果提示位于头皮右侧的 TP450 在助人未遂条件下的波幅显著比助人成功条件下更大, 此效应与实验二的效应一致。其余主效应和交互效应都不显著 ($ps > 0.05$)。

TPSW

对 TPSW 平均波幅的重复测量方差分析发现了显著的结果 \times 半球交互作用, $F(1, 27) = 6.47, p < 0.05$, $\text{partial } \eta^2 = 0.193$ 。而更加重要的是, 意图 \times 结果 \times 半球交互作用也达到了显著水平, $F(1, 27) = 6.98, p < 0.05$, $\text{partial } \eta^2 = 0.205$, 简单效应分析表明在右半球, 正性意图中性结果的 TPSW ($1.01 \pm 0.22 \mu\text{V}$) 显著大于正性意图正性结果条件 ($0.50 \pm 0.24 \mu\text{V}$), 而在左半球, 正性意图中性结果的波幅 ($-0.07 \pm 0.28 \mu\text{V}$) 显著小于正性意图正性结果 ($0.51 \pm 0.33 \mu\text{V}$)。这个结果表明与伤人行为道德判断结果一致的是, 头皮右侧的 TPSW 在助人未遂条件下的波幅比助人成功条件下更大, 而在左侧, 助人成功条件下的 TPSW 波幅比助人未遂条件下更大。其余主效应和交互效应都不显著 ($ps > 0.05$) (图 22d)。

FSW

对前额区的成分 FSW 进行两因素方差分析只发现了显著的意图与结果交互作用, $F(1, 27) = 6.86, p < 0.05$, $\text{partial } \eta^2 = 0.203$, 简单效应检验发现正性意图中性结果的 FSW ($-2.90 \pm 0.42 \mu\text{V}$) 比正性意图正性结果的 ($-2.26 \pm 0.42 \mu\text{V}$) 更负 (图 24)。意图与结果的主效应都不显著 ($ps > 0.05$)。该结果与实验二的结果趋势一致, 即助人未遂条件下的 FSW 比助人成功条件下的 FSW 波幅更大, 提示了前额区在道德判断意图加工中的重要作用。

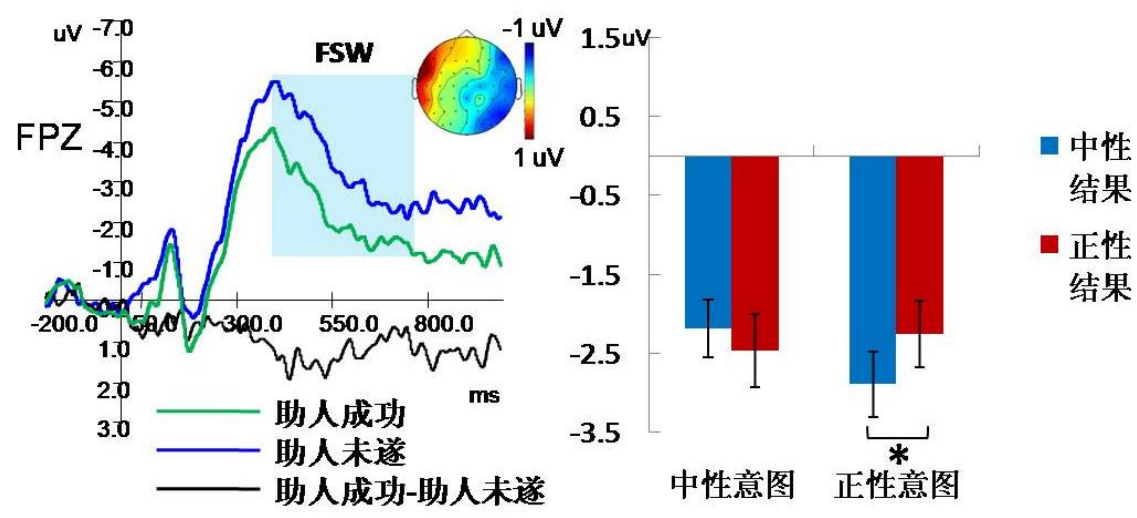


图 24 前额区助人未遂与助人成功 ERP 成分比较

对助人未遂条件下 N180、N250、TP450 和 TPSW 成分进行 LORETA 源定位的结果见表 4 和图 25。值得注意的是, 定位结果与实验二很相似, 早成分 N180 的源也主要定位在右侧颞上回 (图 25a, BA40 区), 而左侧颞顶区成分 N250 则主要定位在左侧额下回 (图 25b, BA9 区)。在 TP450 的时间窗口, 源定位也揭示了一个双侧颞顶叶的激活模式 (图 25c, 左侧 BA40 区和右侧 BA40 区), 同时还与额上回的活动有关 (左侧 BA6)。而更晚一些的 TPSW 成分的源则只定位在右侧颞顶区 (右侧 BA40 区) (图 25d)。

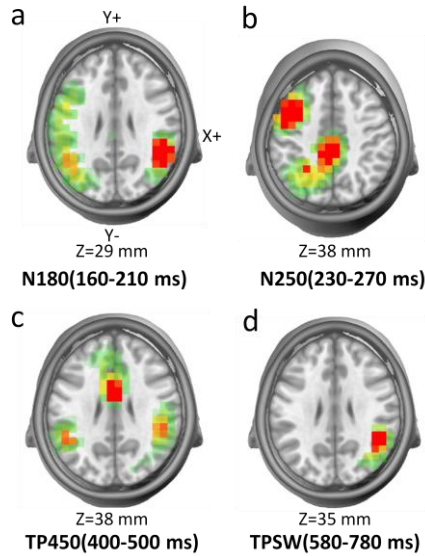


图 25 助人未遂条件下双侧颞顶区脑电成分源定位结果

表4 助人未遂条件下N180, N250, TP450和TPSW源定位结果

时间窗口	左侧/右侧	区域	Brodmann's Area	Talairach 坐标 (x, y, z)
160-210 ms	右侧	顶下小叶	40	50,-32,34
230-270 ms	左侧	额下回	9	-50,20,24
	左侧	旁中央小叶	6	-3,-24,48
400-500 ms	右侧	顶下小叶	40	42,-39,41
	左侧	顶下小叶	40	-58,-33,27
	左侧	额上回	6	-3,21,53
580-780 ms	右侧	顶下小叶	40	50,-32,34

4.2.3 讨论

4.2.3.1 助人行为道德判断中的意图与结果加工

实验三的目的是考察助人行为道德判断中意图加工的神经机制。首先在行为结果上，重复验证了实验一的结果，即在赞扬度评分上只得到意图和结果的主效应，而没有得到与伤人行为道德判断一致的意图与结果的交互作用。而在评价反应时上，得到了与实验一趋势相同的意图和结果的交互作用，即助人未遂与助人成功之间的反应时差异显著，而无助人和意外助人之间的反应时没有显著差异。这些结果再次表明在助人行为道德判断中，结果因素的权重得到提高，但反应时的差异仍然证明了意图因素在道德判断中的核心地位。

4.2.3.2 助人行为道德判断意图加工的 ERP 效应和四个阶段

在 ERP 结果上, 实验三得到了与实验二总体趋势相同的 ERP 效应。首先, 与实验二相同的是实验三也在位于头皮前部和双侧颞顶区域的电极点发现了显著的 ERP 效应。相比实验二, 实验三中我们严格控制了刺激呈现的视野因素, 但仍然发现了与实验二一致的 N180、N250 和 TP450 成分显著的偏侧化效应, 证明这种偏侧化是与刺激的物理特征无关的。在心理理论和心理状态编码的 ERP 研究中, 也报告了这种偏侧化效应(Geangu, et al., 2012; McCleery, et al., 2011; Sabbagh, et al., 2004)。例如 McCleery 等人(2011)在经典的心理理论任务中发现前额的早成分和后部的 TP450 都在右半球表现出更加显著的实验效应。在本实验中, 右侧颞顶区的 N180、TP450 和 TPSW 成分都表现出显著的意图和结果的交互作用, 并且趋势与实验二相同, 即助人成功的 N180 波幅大于助人未遂, 而助人未遂条件下的 TP450 和 TPSW 的波幅显著比助人成功下更大。源定位分析发现 N180 也是主要源于右侧颞顶区的活动, 而 TP450 和 TPSW 分别来源于双侧颞顶区的共同活动和晚期右侧颞顶区的激活。在左侧颞顶区, 助人未遂的 N250 的波幅显著大于助人成功条件下的 N250, 源定位结果显示这个成分主要与左侧额叶的活动有关。最后在头皮前部电极点, 慢波 FSW 表现出助人未遂和助人成功条件下的显著差异。助人未遂与助人成功条件之间在头皮前部和双侧颞顶区的五个脑电成分及效应上, 表现出与实验二中伤人未遂与伤人成功条件之间趋势一致的差异。由此重复了实验二的发现, 揭示了道德判断意图信息加工的四个阶段: 首先是 N180 所代表的右侧颞顶联合区对意图信息进行早期自动的道德直觉加工; 其次是左侧颞顶联合区在稍晚的时间窗口参与到意图信息的编码和表征加工中, 表现为左侧的 N250 成分; 之后是前额叶开始更加复杂的认知控制加工, 主要表现为前额区的 FSW 成分; 最后是 TP450 和 TPSW 成分所反映的右侧颞顶联合区通过与前额叶和左侧颞顶联合区的交互作用, 对意图及结果信息进行了晚期的整合控制推理。

虽然助人行为道德判断意图加工的 ERP 实验结果在整体趋势上与伤人行为道德判断意图加工的 ERP 结果具有高度的一致性, 但是行为结果表明助人行为道德判断中, 结果因素的权重得到提高, 这种行为水平的差异实际上在 ERP 效应上也有体现。例如在 N180、N250、TP450 和 TPSW 成分上, 实验三都发现了显著的结果与半球的交互作用, 而这些交互作用在实验二的伤人行为道德判断中是没有达到显著水平的。行为学差异和脑电结果差异的这种一致性反映出大脑的神经活动与个体行为表现之间的切实关联, 而实验三和实验二在行为和脑电结果之间的异同暗示了伤人和助人行为道德判断中意图加工的普遍性和

各自具有的独特性。此外，与前人 fMRI 研究结果不同的是，本研究发现在早期道德直觉阶段，RTPJ 对助人成功条件敏感，而在晚期控制推理阶段，RTPJ 对助人未遂情境敏感。而在 Young 的研究中发现 RTPJ 在意外助人条件下激活更多(Young, et al., 2011)。我们认为这个差异主要源于两个原因：首先，本实验中 N180 所反映的活动是个体对刺激的早期道德直觉加工，即对“道德好坏”进行一种快速自动的反应。与助人未遂和意外助人条件相比，助人成功条件在道德上是“更好”的，因此 N180 波幅最大。fMRI 研究中没有发现此效应可能是因为其时间分辨率较低，无法探测出这么早期的反应。其次，Young 认为伤人未遂条件下 RTPJ 激活增强可能源于两种假设，第一种是“直觉检举假设”(Intuitive prosecutor hypothesis)，认为 RTPJ 反映了个体对相对更加负性的裁定的敏感，因为相对意外伤人来说，伤人未遂是更需要检举的，对伤人未遂条件谴责的增加需要 RTPJ 的更多激活。第二种假设是“目标未完成假设”(Goal incompleteness hypothesis)，认为 RTPJ 的激活反映了个体对未能完成的突出的目标信息的加工。与无伤害意图相比，伤害他人是一个更加突出的目标，由于伤人未遂条件下这种目标没有实现，因此 RTPJ 在这种条件下激活更多。Young 在助人实验中发现意外助人条件下 RTPJ 激活显著增强，因此认为该结果验证了“直觉检举假设”，因为相对助人未遂来说，意外助人并不值得赞扬，对意外助人赞扬的减少增强了 RTPJ 的激活(Young, et al., 2011)。但是，该结论可能是存在问题的。在 Young 的实验材料中，助人行为都是不涉及生命危险的，因此在这种情况下，助人的目标与非助人目标相比，可能并没有那么突出，由此削弱了助人未遂条件下 RTPJ 的激活。基于此分析，可以假设如果助人的目标比非助人目标突出性增强，那么助人未遂条件下的 RTPJ 激活也会相应增强。在本实验中，助人的目标都是涉及救死扶伤的，其目标突出性与伤人行为中的目标突出性可以相匹配，而在结果上也支持了“目标未完成假设”，即助人未遂条件下 RTPJ 激活更多，因为在突出的有助人目标的条件下，行为结果没有实现目标导致 RTPJ 有更多的激活。

目前为止，研究二是首个采用 ERP 技术去考察伤人行为和助人行为道德判断中意图加工的神经机制的研究。两个实验得到了总体趋势一致的结果，位于头皮前部和双侧颞顶区的脑电活动模式支持了以往 fMRI 研究的发现(Funk & Gazzaniga, 2009; Moll, et al., 2008; Young & Dungan, 2012)，并揭示了大脑皮层负责道德判断意图加工的额叶、左侧颞顶区和右侧颞顶区的不同作用，更重要的是提示了道德脑网络的各个脑区之间在意图加工的早期道德直觉和晚期认知控制、整合推理控制加工阶段的交互作用及时间进程，为道德判断意图加工的脑机制提供了重要的信息。但是本研究仍然存在一些问题，首先，在意图-结果道德判断任务中，先于意图信息呈现的“预示”信息实际上已经提示了行为的结果，因此当意

图信息呈现时,被试不仅仅单纯地编码意图信息,还会将其与之前呈现的预示(结果)信息相整合(Young & Saxe, 2008),因此本研究中所考察的加工过程至少包含了编码和整合两个加工阶段。目前我们只是简单地根据 ERP 成分潜伏期的早晚对其进行阶段划分,在早期成分 N180 和 N250 上,也已经出现了意图与结果的交互作用,而没有发现单纯的意图的主效应,说明这些成分所代表的不仅是简单的编码加工,而是反映了个体对意图信息的早期自动整合。但是这种解释还需要进一步的实验验证。例如,Young 等人(2009a)就曾尝试通过操控预示和意图信息的呈现顺序来分离意图信息加工的编码和整合过程。将来的研究可以参考类似的思路,进一步考察本研究发现的这些脑电成分在单纯的意图编码和整合加工中的心理意义。其次,本研究对脑电成分的解释很大程度上是依赖于源定位分析的结果,但事实上脑电的源分析作为一种逆运算的方法,缺乏足够的空间分辨率和准确性(Luck, 2009)。将来的研究可以尝试将高时间分辨率的脑电技术与高空间分辨率的磁共振成像技术相结合,利用磁共振成像技术的精确定位来更加准确地探索道德脑网络中各个部分之间的交互作用和时间进程。

5 研究三: 调节右侧颞顶区激活对道德判断意图加工的影响

研究二中两个 ERP 实验的结果突出了右半球,尤其是右侧颞顶区的活动在道德判断意图加工中的重要作用。已有的 fMRI 研究发现在意图-结果道德判断任务中右侧颞顶联合区(the right temporo-parietal junction, RTPJ)显著激活(Young, et al., 2007; Young & Saxe, 2008; Young & Saxe, 2009a; Young & Saxe, 2009b; Young, et al., 2011)。研究表明,双侧颞顶联合区对知觉到他人的行为意义和心理状态具有独特作用(Carter, Bowling, Reeck, & Huettel, 2012)。心理理论的研究发现左侧颞顶联合区(the left temporo-parietal junction, LTPJ)不仅在加工心理状态信息(如错误信念)的时候激活,在加工非心理信息(如错误信号)的时候也有高度激活,而 RTPJ 脑区则只在被试加工心理状态信息的时候高度激活,该脑区的血氧水平依赖(Blood Oxygenation Level Dependent, BOLD)信号强度显著高于被试加工他人身体信息或非人类信息时的信号强度(Perner, et al., 2006; Saxe & Kanwisher, 2003)。由此证明, RTPJ 区域选择性的只与心理理论,即人的想法、观念信息的加工有关,代表了对他人意图和信念等信息的编码和整合加工。但是, fMRI 和 ERP 研究的发现只能证明 RTPJ 在道德判断意图加工中有重要作用,而不能证明 RTPJ 的活动与道德判断的意图加工具有

“因果关系”。假设道德判断的意图加工的确是基于大脑 RTPJ 的活动的，那么如果我们对 RTPJ 的脑活动进行干预，例如抑制或提高该区域的兴奋性，是否能在行为水平上发现道德判断中意图加工的变化呢？这种变化是只表现为意图编码的改变还是涉及到意图和结果信息的整合？为了回答这些问题，研究三采用 tDCS 技术来抑制和增强 RTPJ 区域的皮质兴奋性，以在行为水平上观测其对被试在进行伤人行为和助人行为道德判断过程中意图及相关信息加工的影响并探索其机制。

tDCS 是一种非侵袭性、利用微弱电流（1-2 毫安）调节大脑皮质兴奋水平的技术，它由阳极和阴极两个电极片构成，以微弱极化直流电作用于大脑皮质。在 20 世纪 90 年代初，科学家就开始研究直流电刺激的效应(Bindman, Lippold, & Redfearn, 1964; Elsberg, 1917)，然而直到 20 世纪 90 年代末，科学家才开始尝试考察直流电刺激对人类中枢神经系统的影响。Priori 等人(1998)首次考察了直流电刺激对运动皮层的影响，并发现微弱的阴极刺激能够抑制运动皮层的兴奋性。之后 Nitsche 和 Paulus(2000)发现了 tDCS 刺激对运动皮层兴奋性的影响具有极性特点，阳极刺激（anodal stimulation）使运动皮层的兴奋性提高，而阴极刺激（cathodal stimulation）则会降低运动皮层的兴奋性。进一步研究发现 tDCS 的效应取决于刺激的强度和刺激持续的时间，如果刺激的时间持续足够长，刺激结束后皮层的兴奋性的改变可持续达 1 个小时(Jacobson, Koslowsky, & Lavidor, 2012)。tDCS 对皮质兴奋性调节的基本机制是依据刺激的极性不同引起静息膜电位超极化或者去极化的改变，其后效应机制可能类似于突触的长时程易化，大量研究认为 tDCS 的作用机制既与膜的极化有关也与突触的可塑性调节有关(Nitsche & Paulus, 2000; Stagg & Nitsche, 2011)。目前，大量运动领域的研究都证实了 tDCS 阳极刺激的兴奋作用和阴极刺激的抑制作用。除了运动领域，研究者还开始将 tDCS 技术应用到认知领域的研究中：Kincses 等人(2004)发现采用 tDCS 阳极刺激左侧前额叶脑区能提高被试的概率分类学习成绩；Bolognini 等人发现 tDCS 阳极刺激右侧顶叶脑区，能够有效提高被试的视觉空间搜索能力(Bolognini, Fregni, Casati, Olgiati, & Vallar, 2010; Bolognini, Olgiati, Rossetti, & Maravita, 2010)；Stone 和 Tesche(2009)采用 tDCS 阳极和阴极刺激左侧后顶叶皮层区，发现刺激后 20 分钟内，阴极刺激降低了被试的注意转换能力，而阳极刺激则降低了整体和局部注意之间的转换速度。除了较基础的知觉和注意研究，在高级和复杂的认知研究领域，近年来也涌现出大量采用 tDCS 技术的研究：Boggio, Zaghi 和 Fregni(2009)考察了 tDCS 刺激对情绪调节和疼痛缓解的影响，结果表明阳极刺激背外侧前额叶区域能够显著降低被试的不适感和疼痛感。他们还发现采用 tDCS 阳极和阴极刺激分别刺激左侧和右侧背外侧前额叶，能够显著影响被试在赌博任务中

做出风险决策的倾向，并与被试年龄因素有显著交互作用(Boggio, et al., 2010)。有研究发现 tDCS 阳极刺激左背外侧前额叶能够显著提高工作记忆(Andrews, Hoy, Enticott, Daskalakis, & Fitzgerald, 2011)，而阴极刺激右下顶叶区域则会损害被试在再认实验中的工作记忆(Berryhill, Wencil, Coslett, & Olson, 2010)。这些研究表明 tDCS 是一种非侵袭性的考察高级认知加工中相关脑区作用的有效技术手段。因此，在实验四和实验五中，我们采用 tDCS 阴极刺激抑制 RTPJ 的皮质兴奋性，以考察 RTPJ 皮质兴奋性的减弱对伤人和助人行为道德判断中意图加工的影响，同时在实验六中，我们采用了更加简单的、不涉及道德判断的意图列举加工任务来考察 RTPJ 皮质兴奋性的减弱对意图加工本身的影响，以此来探究 RTPJ 活动影响道德判断意图加工的机制。此外，在干预研究中，与抑制效应相比，我们更希望得到的是积极、正性的效应，即能够通过促进相关脑区的活动，使我们的行为和反应向更优化的方向改变，而且元分析结果表明在认知研究领域，tDCS 技术的阳极刺激促进效应比阴极刺激抑制效应更加稳定(Jacobson, et al., 2012)，因此，在实验七和实验八中，我们采用 tDCS 阳极刺激提高 RTPJ 的皮质兴奋性，从另一个方向出发，考察 RTPJ 皮质兴奋性的增强对伤人和助人行为道德判断中意图加工的影响。

虽然已有许多采用 tDCS 刺激考察特定脑区在认知加工中作用的研究，但至今还没有研究采用该技术考察特定脑区在道德这种高级社会认知过程加工中的作用。本研究旨在采用经典的意图-结果道德判断任务，通过 tDCS 刺激调节 RTPJ 皮质的兴奋性，在神经机制上验证 RTPJ 脑区在道德判断意图加工中的核心作用。基于已有研究，本研究假设阴极刺激 RTPJ 脑区会削弱意图加工在道德判断中的作用，而阳极刺激 RTPJ 脑区则会提高意图加工在道德判断中的作用。这种行为水平上的改变首先可能体现在道德判断的评分上，我们预期阴极刺激会导致被试在判断时给予意外伤人/意外助人更多的谴责/赞扬，给予伤人未遂/助人未遂更少的谴责/赞扬。但是研究一和研究二的结果表明正常个体对意图和结果的交互作用会更更多地体现在反应时指标上，因此我们预期反应时更有可能受到 tDCS 刺激的影响。针对反应时，我们在研究假设下做出两种不同的结果预期：第一，与已有的有关 tDCS 刺激语言加工相关脑区的结果类似(Fiori, et al., 2011; Floel, Rosser, Michka, Knecht, & Breitenstein, 2008)，RTPJ 皮质兴奋性的降低会导致被试加工意图信息的速度变慢，表现为反应时的延长，而阳极刺激会导致加工速度变快，表现为反应时的缩短；第二种可能是，RTPJ 并不是一个粗略地加工意图信息的脑区，而是一个具有编码、整合意图及相关信息和再次评价等高级功能的脑区(Saxe, et al., 2009; Young & Saxe, 2008; Young & Saxe, 2009b)，Young 等人(2010b)认为该脑区与道德判断中意图和信念信息的输入有关。因此，RTPJ 皮质

兴奋性的削弱会导致被试更少地考虑他人的想法、意图和信念，从而导致被试在判断时主要根据结果信息做出反应，表现为阴极刺激下反应时的缩短；而 RTPJ 皮质兴奋性的提高会导致被试更加深入、详尽地考虑他人的想法、意图和信念，这种更加丰富和深入的活动导致阳极刺激条件下反应时相对控制条件下延长。

5.1 实验四：抑制右侧颞顶联合区激活对伤人行为道德判断意图加工的影响

5.1.1 方法

实验目的：考察 tDCS 阴极刺激降低 RTPJ 皮质兴奋性对伤人行为道德判断意图加工的影响。

被试：18 名在校大学生，7 名男性，11 名女性，平均年龄 22.06 ± 1.61 岁。所有被试均为右利手，身体健康，无精神系统疾病及脑部损伤史，无癫痫或癫痫家族史，视力正常或矫正后正常。所有被试在实验之前均签署知情同意书，实验后给予一定的报酬。（根据 Jacobson 等人(2012)对 tDCS 刺激影响个体认知功能的研究进行元分析的结果，采用 G*Power 软件，计算得到当 I 型错误率 $\alpha = 0.05$ 、Power = 0.8 时，本实验所需的最小样本量为 12，所以 18 人的样本量已经足够）。

材料：采用 Young 等人(2007)编写的 32 个伤人行为道德判断意图-结果故事，每个故事分为背景、预示、意图、行为和结果四个部分。无伤人、伤人未遂、意外伤人和伤人成功四种条件下各有 8 个故事，每个故事的字数、关键词等相互匹配，情节不重复。所有材料分为两组，一组用于阴极刺激（cathodal stimulation），另一组用于假刺激（sham stimulation），分配被试间平衡。为了考察 tDCS 刺激对阅读速度的影响，对两组故事背景信息的字数进行了统计检验，未发现显著差异， $t(30) = -0.74, p = 0.31$ 。

实验设计与程序：

本实验为 2（tDCS 刺激：阴极刺激、假刺激） \times 2（意图：负性、中性） \times 2（结果：负性、中性）的被试内设计。

每名被试接受两次 tDCS 刺激（一次阴极刺激，一次假刺激），时间间隔 1 周，顺序被试间平衡。每次实验中被试在 tDCS 刺激结束后立刻完成意图-结果道德判断任务，任务包括预实验和正式实验部分，在预实验中被试熟悉试验流程，正式实验包括 16 次试验，时间大约十分钟。试验流程见图 26，依次向被试呈现背景、预示、意图、行为和结果信息，

被试看完每个部分后按键刺激消失。为了控制实验时间并使被试保持注意力集中，如果被试没有按键，背景信息呈现 15 秒后消失，预示、意图、行为和结果信息呈现 6 秒后消失，最后呈现评价提示，要求被试按 1（完全不必谴责）至 7（最多的谴责）数字键评价故事主角的行为应受到多大程度的谴责。采用 E-prime 软件编写程序并记录被试做出谴责程度判断的评分及被试阅读背景信息、意图信息、行为和结果信息及最后做出道德判断的反应时，每次实验结束后询问被试的感受并要求其填写《正性负性情绪量表》（该量表所有条目在中国成人人群中的克隆巴赫 α 系数为 0.82，正性、负性情绪的 α 系数分别为 0.85 和 0.83，重测信度分别为 0.47 和 0.47。）(Watson, Clark, & Tellegen, 1988; 黄丽, 杨廷衷, 季忠民, 2003)。

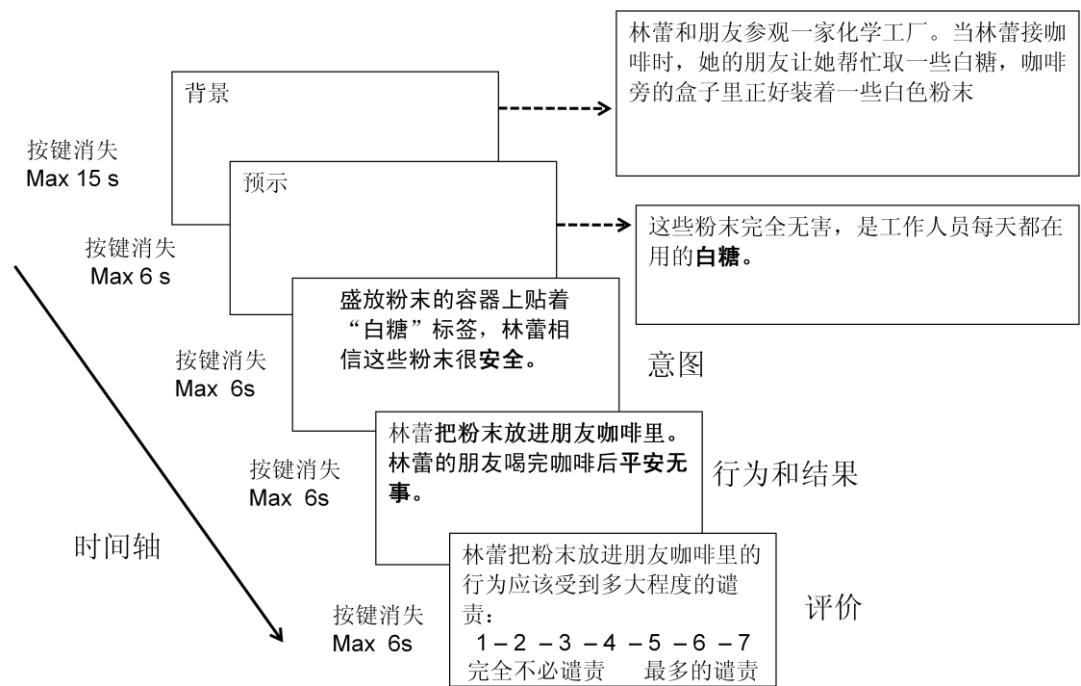


图 26 实验四试验流程

经颅直流电刺激参数及方法：

采用 DC-STIMULATOR PLUS 刺激仪器（德国 neuroConn 公司）进行 tDCS 刺激，电极片面积为 $5 \times 7 \text{ cm}^2$ 。根据 EEG10-20 系统扩展的坐标和相关核磁定位研究(Jurcak, Tsuzuki, & Dan, 2007)，用胶带将阴极电极固定放置在头皮右侧 CP6 和 P6 电极点中间位置（此位置覆盖了前人 fMRI 研究中报告的 RTPJ 坐标[54, -59, 22](Young, et al., 2007; Young & Saxe, 2009b)，见图 27 和附录 4)，参考电极固定在左侧脸颊（因为左侧脸颊是人体头部距离目标脑区最远的位置）。根据前人的文献研究，我们的参数设定为在阴极刺激条件下，采用 1.5mA 的微弱直流电极刺激被试 20 分钟（已有 tDCS 研究通常刺激 5-20 分钟，有研究报告刺激 5 分钟已能有效诱发出 tDCS 刺激效应(Boggio, et al., 2009)，为保证目标脑区皮质兴

奋性的充分激活(Cerruti & Schlaug, 2009; Jurcak, et al., 2007), 本研究选择了 20 分钟的刺激时间); 而在假刺激条件下, 采用 1.5mA 的微弱直流电刺激只刺激被试 15 秒, 之后刺激仪停止刺激 (实际电极戴在被试头上时间仍为 20 分钟, 不告知被试接受的是哪种条件刺激, 被试不知道刺激 15 秒后已停止, 单盲设计), 两种刺激条件的 fade in 和 fade out 时间都为 15 秒(Cerruti & Schlaug, 2009; Holland, et al., 2011; Keeser, et al., 2011)。

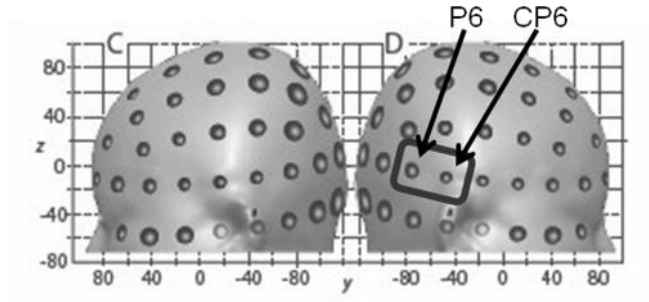


图 27 电极片放置的 RTPJ 位置与磁共振坐标 (MNI coordinates) 对应图(Jurcak, et al., 2007)

5.1.2 结果

对故事主角行为的谴责度评定采用 2 (tDCS 刺激: 阴极刺激、假刺激) \times 2 (意图: 中性、负性) \times 2 (结果: 中性、负性) 被试内重复测量方差分析。结果显示, 意图主效应显著, 负性意图的谴责度 (5.92 ± 0.13) 显著高于中性意图 (2.91 ± 0.20), $F(1, 17) = 325.80$, $p < 0.001$, $\text{partial } \eta^2 = 0.906$; 结果主效应显著, 负性结果的谴责度 (5.42 ± 0.13) 显著高于中性结果 (3.42 ± 0.14), $F(1, 17) = 247.06$, $p < 0.001$, $\text{partial } \eta^2 = 0.936$ (图 28)。其余效应都不显著 ($ps > 0.05$)。

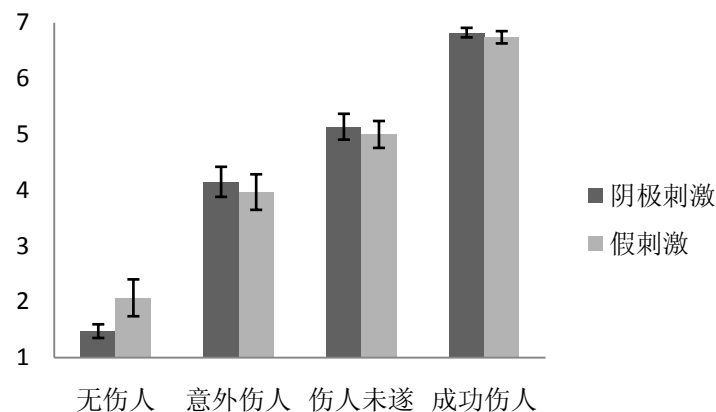


图 28 tDCS 抑制实验伤人行行为谴责度评分

对评价反应时进行方差分析发现意图与结果的交互作用显著, $F(1, 17) = 26.03$, $p < 0.001$, $\text{partial } \eta^2 = 0.605$ 。对交互作用进行简单效应检验发现负性意图下, 负性结果 (即伤

人成功, 1301 ± 119 ms) 的反应时显著短于中性结果 (即伤人未遂, 1841 ± 166 ms), 而在中性意图下, 负性结果 (即意外伤人, 2103 ± 234 ms) 的反应时显著长于中性结果 (即无伤人, 1454 ± 177 ms)。最重要的发现是 tDCS 与意图、结果的交互作用显著, $F(1, 17) = 4.86$, $p < 0.05$, $\text{partial } \eta^2 = 0.222$, 简单效应检验发现只在负性意图中性结果 (即伤人未遂) 条件下, 阴极刺激 (1644 ± 203 ms) 反应时显著短于假刺激 (2037 ± 167 ms), 而在中性意图中性结果 (即无伤人)、中性意图负性结果 (即意外伤人) 和负性意图负性结果 (即伤人成功) 条件下, 阴极刺激 (无伤人: 1463 ± 212 ms, 意外伤人: 1960 ± 232 ms, 伤人成功: 1258 ± 152 ms) 与假刺激条件 (无伤人: 1446 ± 187 ms, 意外伤人: 2245 ± 275 ms, 伤人成功: 1343 ± 120 ms) 无显著差异 (见图 29)。其余主效应和交互效应都不显著 ($ps > 0.05$)。该结果表明 tDCS 阴极刺激导致个体做出道德判断的反应时显著缩短, 且主要体现在伤人未遂条件下。

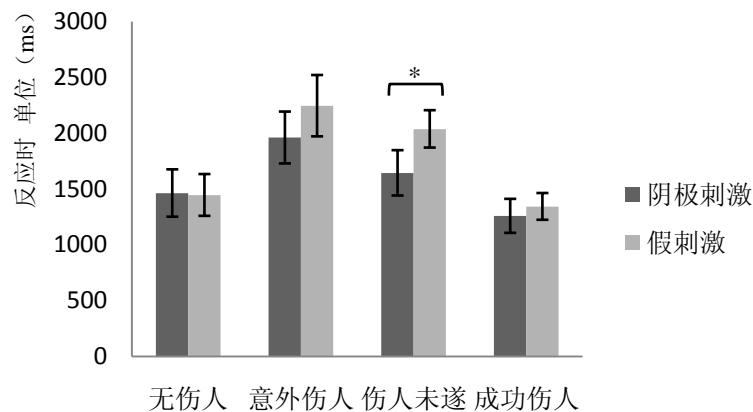


图 29 tDCS 抑制实验伤人行行为评价反应时

除了考察评价反应时, 还对被试阅读意图信息的反应时进行了考察, 方差分析发现结果主效应显著, $F(1, 17) = 7.21$, $p < 0.05$, $\text{partial } \eta^2 = 0.298$, 多重比较发现负性结果下的意图信息反应时 (3256 ± 144 ms) 显著长于中性结果下的反应时 (2992 ± 160 ms)。此外, 意图与结果的交互作用显著, $F(1, 17) = 24.31$, $p < 0.001$, $\text{partial } \eta^2 = 0.588$ 。简单效应检验发现在中性意图下, 负性结果 (即意外伤人, 3439 ± 173 ms) 的反应时显著长于中性结果 (即无伤人, 2906 ± 166 ms), 而负性意图下, 负性结果 (即伤人成功, 3073 ± 145 ms) 的反应时与中性结果的反应时 (即伤人未遂, 3278 ± 174 ms) 没有显著差异 (见图 30)。tDCS 的主效应和交互作用都不显著 ($ps > 0.05$)。

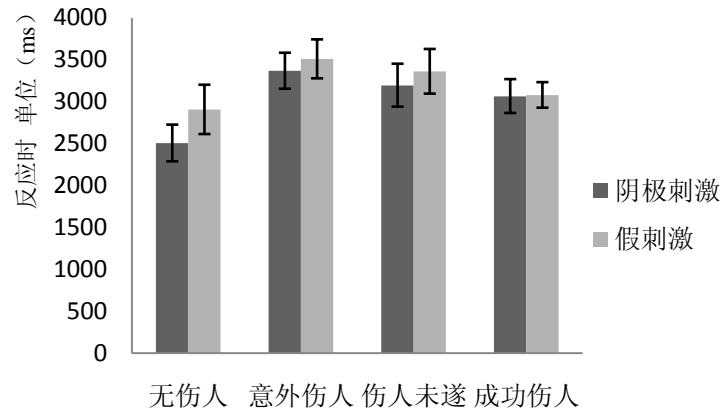


图 30 tDCS 抑制实验伤人意图信息反应时

对被试阅读行为和结果信息的反应时进行方差分析只发现了意图与结果的交互作用显著, $F(1, 17) = 49.41$, $p < 0.001$, $\text{partial } \eta^2 = 0.744$ 。简单效应检验发现在中性意图下, 负性结果 (即意外伤人, 3150 ± 186 ms) 的反应时显著长于中性结果 (即无伤人, 2517 ± 158 ms), 而在负性意图下, 负性结果 (即伤人成功, 2563 ± 149 ms) 的反应时显著短于中性结果 (即伤人未遂, 3315 ± 161 ms), 此结果说明在意图与结果信息冲突的条件下, 被试加工行为和结果信息的反应时显著长于一致条件下的反应时。tDCS 的主效应和交互作用都不显著 ($ps > 0.05$)。

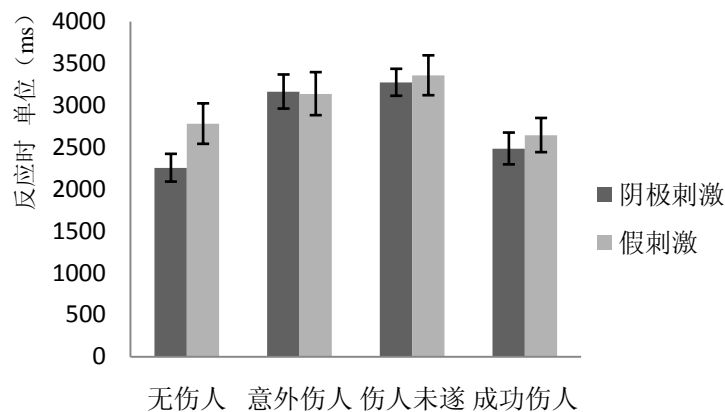


图 31 tDCS 抑制实验伤人行为和结果信息反应时

实验结束后, 个别被试报告在刺激开始时头皮有微弱的痒刺感, 几分钟后感觉消退, 没有被试报告发现两次实验刺激有所不同。为了排除 tDCS 刺激对被试情绪的影响并进一步验证单盲设计的效果, 统计比较了两次实验后被试在《正性负性情绪量表》上的评分, 未发现显著差异 ($ps > 0.05$, 见表 5)。为了排除 tDCS 刺激对被试阅读速度的影响, 对阅读故事背景信息的反应时进行了方差分析, 统计没有发现显著的主效应或交互效应 ($ps >$

0.1, 见表 6)。

表 5 两种 tDCS 刺激下被试情绪量表评分 (平均值±标准差)

	阴极刺激	假刺激	<i>t</i> (17)	<i>p</i>
正性情绪	22.94±7.12	24.39±7.34	0.16	0.874
负性情绪	15.06±5.18	15.17±4.68	1.25	0.229

表 6 两种 tDCS 刺激下故事背景信息的阅读时间 (ms)

	中性意图		负性意图	
	中性结果 (无伤人)	负性结果 (意外伤人)	中性结果 (伤人未遂)	负性结果 (成功伤人)
阴极刺激	4724±1841	4992±1851	5528±1898	5457±2204
假刺激	5454±2698	5686±2481	6879±3054	6468±2385

5.1.3 讨论

合理的道德判断是基于对诸多因素的综合评估和考虑做出的，不仅要考虑行为结果的严重程度，还要考虑行为人的信念意图、过往经历、造成伤害的手段和外部因素（如被强迫、自我防卫）等等(Young, et al., 2010b)。在本实验中，我们操控了其中的两个重要因素：意图和结果，并证明了用 tDCS 阴极刺激促进 RTPJ 脑区的激活的确能够在行为水平上发现个体道德判断过程中的变化：阴极刺激 RTPJ 脑区后，被试对伤人未遂情景做出道德谴责判断的反应时缩短，表明 RTPJ 脑区皮质兴奋性的削弱导致被试更少地考虑他人的想法、意图和信念，从而减少了个体整合意图和结果信息的时间，最终表现为做出道德判断的反应时缩短。Young 等人(2010b)曾采用经颅磁刺激（transcranial magnetic stimulation, TMS）技术，离线和在线干扰 RTPJ 的激活，考察被试在伤人行为道德判断意图结果任务中的行为改变。结果表明无论是在线还是离线刺激，TMS 干扰都与意图和结果因素产生了显著的交互作用，具体表现为与刺激控制部位相比，TMS 刺激 RTPJ 后，被试对伤人未遂行为的许可度评价显著增高，即被试更注重行为的结果而非意图，而且只体现在意图和结果的交互作用上。这一研究首次采用脑刺激（brain stimulation）方法直接研究了对大脑皮层的直接刺激是否能影响人的高级社会认知行为，为道德和社会认知的研究开辟了一条崭新的研究道路。与 Young 的研究发现不同的是，本研究采用 tDCS 抑制 RTPJ 皮质兴奋性后，并未发现被试在许可度判断上的改变，而是发现了 tDCS 在反应时上的效应，我们认为这种不一致可能源于两个原因：首先，从两种技术的原理来看，TMS 刺激主要是通过电流产生的磁场来使大脑内产生感应电流以改变皮质的兴奋性，在使用 TMS 刺激时，需要结合磁

共振成像扫描技术来精确定位要抑制的目标脑区(Terao & Ugawa, 2002); 而 tDCS 刺激则主要是通过通过对大脑头皮特定部位施加直流电, 由这种电场引起大脑内神经元放电频率的改变, 因此, tDCS 往往更容易影响已经处于活动状态的神经元, 而不容易对处于休眠状态的神经元放电产生影响(Tehovnik, 1996; Wagner, et al., 2007), 并且在使用 tDCS 刺激时, 电极片的放置位置往往只是根据 10-20 系统头皮分布来粗略地估计目标脑区。因此, 相对 TMS 的抑制作用, tDCS 的抑制作用会更微弱, 对意图加工的削弱没有体现在最终的道德判断评分上, 而是通过更加敏感的反应时指标体现出来。其次, 从道德判断意图加工的机制来看, 虽然 RTPJ 是意图加工的核心脑区, 但道德判断并不是只与 RTPJ 的活动有关, 而是 RTPJ 联合前额叶、LTPJ 等多个脑区共同协作完成的。因此, 单纯地削弱 RTPJ 的激活, 并不能对道德判断能力本身产生根本性的影响, 正如在 Young(2010b)的研究中, 除了伤人未遂条件, 其他条件下的判断并未受到 TMS 刺激的影响一样, RTPJ 的皮质兴奋性只是降低而不是功能丧失, 因此反应时的变化更加敏感地反映了 RTPJ 皮质兴奋性的变化对道德判断加工的影响。

本实验的结果表明只有伤人未遂条件的反应时受到了 tDCS 阴极刺激的影响, 这个发现突出了伤人未遂情景的特殊性, 在研究三实验二中, ERP 效应也主要体现在伤人未遂和伤人成功的差异上。在道德判断意图加工的正常个体的 fMRI 研究、腹内侧前额叶受损病人的研究以及 TMS 干扰 RTPJ 激活的研究中, 也都只发现了伤人未遂条件下的显著实验效应(Young, et al., 2010a; Young, et al., 2010b; Young, et al., 2007)。本实验的发现与前人研究结果共同表明, 正常个体在对各种伤人行为做出道德判断时, 伤人未遂情境诱发了 RTPJ 最大的激活, 反之, 采用 TMS 或 tDCS 抑制 RTPJ 的激活, 又分别在判断评分和反应时方面影响了个体对伤人未遂情境的道德判断加工。这些结果表明 RTPJ 对伤害意图的高度敏感, 尤其是在意图与结果相冲突的情况下, RTPJ 在意图及相关信息的整合加工中起到了关键作用。

正如前文中提到的, RTPJ 与心理状态归因和道德认知的其他脑区都有密切的联系, 例如 LTPJ, 楔前叶, 前额叶中部和背外侧前额叶等(Saxe & Kanwisher, 2003; Young & Dungan, 2012)。其中, LTPJ 和楔前叶是道德判断和高级社会认知加工的重要脑区(Greene & Haidt, 2002; Moll, et al., 2002; Young & Dungan, 2012), 前额叶中部在情绪任务中广泛激活(Lagopoulos, Hermens, Naismith, Scott, & Hickie, 2012), 而背外侧前额叶也与道德判断、注意加工等过程有密切联系(Johnson, Strafella, & Zatorre, 2007; Kondo, Osaka, & Osaka, 2004)。tDCS 对 RTPJ 的干扰, 有可能会间接性地影响到其他脑区的活动, 从而对本实验的结果形

成干扰。但是，本实验的结果发现在无伤人、意外伤人和伤人成功条件下，阴极刺激和假刺激后无论是道德评价还是反应时都没有显著差异，说明道德判断本质上的加工并没有受到影响，排除了 RTPJ、楔前叶等道德判断相关脑区受到干扰的可能。此外，两种刺激后被试的阅读速度和情绪体验并没有显著差异，也排除了注意、语言加工相关脑区受到干扰的可能。因此，本研究所发现的 tDCS 刺激效应是由 RTPJ 这个关键脑区的皮质兴奋性改变所引起的，行为水平上的效应反映了 RTPJ 脑区的活动在道德判断加工中的重要作用。

综上所述，本实验得出以下结论：tDCS 阴极刺激降低 RTPJ 区域的皮质兴奋性主要引起了道德判断反应时的缩短，这表明 RTPJ 皮质兴奋性的降低主要导致被试在做出道德判断的过程中，更少地加工意图信息，更少地考虑他人的想法、意图和信念。此外，RTPJ 的活动对伤人未遂条件尤其敏感，降低 RTPJ 的皮质兴奋性对道德判断的影响主要体现在了伤人未遂条件下反应时的缩短上。

5.2 实验五：抑制右侧颞顶联合区激活对助人行为道德判断意图加工的影响

5.2.1 方法

实验目的：考察 tDCS 阴极刺激降低 RTPJ 皮质兴奋性对助人行为道德判断意图加工的影响。

被试：18 名在校大学生，8 名男性，10 名女性，平均年龄 22.44 ± 1.57 岁。所有被试均为右利手，身体健康，无精神系统疾病及脑部损伤史，无癫痫或癫痫家族史，视力正常或矫正后正常。所有被试在实验之前均签署知情同意书，实验后给予一定的报酬。

材料：挑选实验一编写的 32 个助人行为道德判断意图-结果故事，每个故事分为背景、预示、意图、行为和结果四个部分。无助人、助人未遂、意外助人和助人成功四种条件下各有 8 个故事，每个故事的字数、关键词等相互匹配，情节不重复。所有材料分为两组，一组用于阴极刺激，另一组用于假刺激，分配被试间平衡。为了考察 tDCS 刺激对阅读速度的影响，对两组故事背景信息的字数进行了统计检验，未发现显著差异， $t(30) = 1.39, p = 0.17$ 。

实验设计与程序：

本实验为 2（tDCS 刺激：阴极刺激，假刺激） \times 2（意图：正性、中性） \times 2（结果：正性、中性）的被试内设计。

每名被试接受两次 tDCS 刺激（一次阴极刺激，一次假刺激），时间间隔 1 周，顺序被试间平衡。每次实验中被试在 tDCS 刺激结束后立刻完成意图-结果道德判断任务，任务包括预实验和正式实验部分，在预实验中被试熟悉试验流程，正式实验包括 16 次试验，时间大约十分钟。试验流程与实验四相同：依次向被试呈现背景、预示、意图、行为和结果信息，被试看完每个部分后按键刺激消失。为了控制实验时间并使被试保持注意力集中，如果被试没有按键，背景信息呈现 15 秒后消失，预示、意图、行为和结果信息呈现 6 秒后消失，最后呈现评价提示，要求被试按 1（完全不必赞扬）至 7（最多的赞扬）数字键评价故事主角的行为应受到多大程度的赞扬。采用 E-prime 软件编写程序并记录被试做出赞扬程度判断的评分及被试阅读背景信息、意图信息、行为和结果信息及最后做出道德判断的反应时，每次实验结束后询问被试的感受并要求其填写《正性负性情绪量表》(Watson, et al., 1988)。

经颅直流电刺激参数及方法：

刺激方法与实验四相同：采用 DC-STIMULATOR PLUS 刺激仪器（德国 neuroConn 公司）进行 tDCS 刺激，电极片面积为 $5 \times 7 \text{ cm}^2$ 。根据 EEG10-20 系统扩展的坐标和相关核磁定位研究(Jurcak, et al., 2007)，用胶带将阴极电极固定放置在头皮右侧 CP6 和 P6 电极点中间位置，参考电极固定在左侧脸颊。根据前人的文献研究，参数设定为在阴极刺激条件下，采用 1.5mA 的微弱直流电极刺激被试 20 分钟；而在假刺激条件下，采用 1.5mA 的微弱直流电刺激只刺激被试 15 秒，之后刺激仪停止刺激（实际电极戴在被试头上时间仍为 20 分钟，不告知被试接受的是哪种条件刺激，被试不知道刺激 15 秒后已停止，单盲设计），两种刺激条件的 fade in 和 fade out 时间都为 15 秒(Cerruti & Schlaug, 2009; Holland, et al., 2011; Keeser, et al., 2011)。

5.2.2 结果

对故事主角行为的赞扬度评定采用 2 （tDCS 刺激：阴极刺激、假刺激） $\times 2$ （意图：中性、正性） $\times 2$ （结果：中性、正性）被试内重复测量方差分析。结果显示，意图主效应显著，正性意图的赞扬度 (5.75 ± 0.18) 显著高于中性意图 (3.52 ± 0.27)， $F(1, 17) = 90.60$ ， $p < 0.001$ ， $\text{partial } \eta^2 = 0.842$ ；结果主效应显著，正性结果的赞扬度 (4.91 ± 0.20) 显著高于中性结果 (4.36 ± 0.23)， $F(1, 17) = 11.08$ ， $p < 0.05$ ， $\text{partial } \eta^2 = 0.395$ （图 32）。其余效应都不显著 ($ps > 0.05$)。此结果与实验一和实验三的结果一致，同时也表明 tDCS 刺激对赞扬度评价没有显著影响。

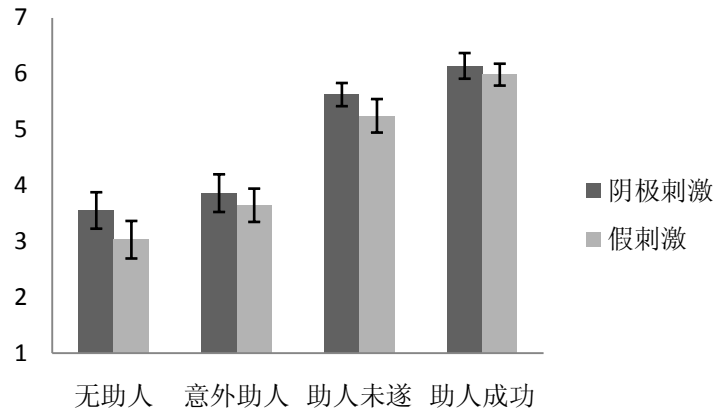


图 32 tDCS 抑制实验助人行为赞扬度评分

对评价反应时进行方差分析发现意图主效应显著, $F(1, 17) = 54.87, p < 0.001, \text{partial } \eta^2 = 0.763$, 正性意图下 ($1925 \pm 137 \text{ ms}$) 反应时显著短于中性意图 ($2464 \pm 176 \text{ ms}$) 的反应时; 结果主效应显著, 正性结果的反应时 ($2049 \pm 172 \text{ ms}$) 显著短于中性结果 ($2340 \pm 159 \text{ ms}$), $F(1, 17) = 5.41, p < 0.03, \text{partial } \eta^2 = 0.241$ 。最重要的发现是 tDCS 与意图的交互作用显著, $F(1, 17) = 5.32, p < 0.05, \text{partial } \eta^2 = 0.238$, 简单效应检验发现只在正性意图下, 阴极刺激 ($1763 \pm 141 \text{ ms}$) 反应时显著短于假刺激 ($2087 \pm 176 \text{ ms}$), 而在中性意图下, 阴极刺激 ($2551 \pm 217 \text{ ms}$) 与假刺激条件 ($2377 \pm 214 \text{ ms}$) 无显著差异 (见图 33)。其余效应都不显著 ($ps > 0.05$)。此结果表明在助人行为道德判断中, 与伤人行为道德判断相似的是, tDCS 阴极刺激也会导致反应时显著缩短, 但与伤人行为道德判断不同的是, 不仅助人未遂条件下有 tDCS 效应, 在助人成功条件下, tDCS 阴极刺激也导致反应时显著缩短。

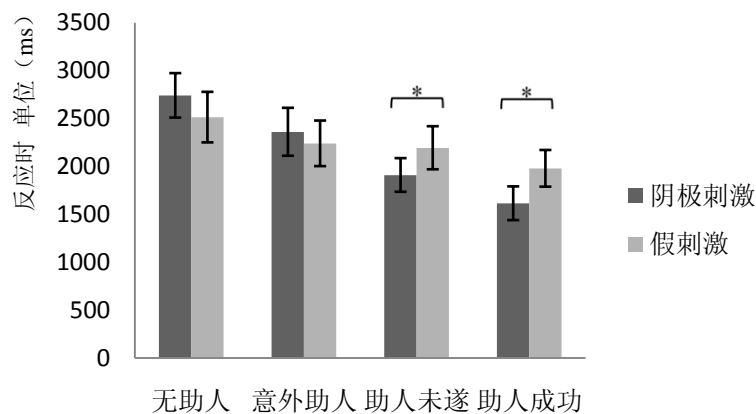


图 33 tDCS 抑制实验助人行为评价反应时

对被试阅读意图信息的反应时进行重复测量方差分析只发现了显著的意图与结果的交互作用, $F(1, 17) = 24.48, p < 0.001, \text{partial } \eta^2 = 0.590$ 。简单效应检验发现在中性意图下,

正性结果（即意外助人， $3422 \pm 207 \text{ ms}$ ）的反应时显著长于中性结果（即无助人， $2912 \pm 200 \text{ ms}$ ），而正性意图下，正性结果（即助人成功， $2775 \pm 169 \text{ ms}$ ）的反应时显著短于中性结果（即助人未遂， $3284 \pm 217 \text{ ms}$ ），即意图与结果信息冲突条件下的反应时显著长于一致条件下的反应时。其余主效应和交互作用都不显著（ $p > 0.05$ ），说明 tDCS 阴极刺激对助人行为道德判断中被试阅读意图信息的反应时没有显著影响。

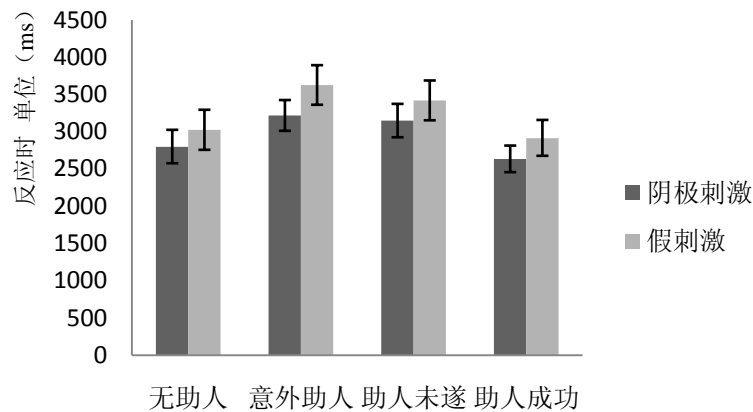


图 34 tDCS 抑制实验助人行为意图信息反应时

对被试阅读行为和结果信息的反应时进行方差分析首先发现了意图的主效应， $F(1, 17) = 80.70$ ， $p < 0.001$ ， $\text{partial } \eta^2 = 0.826$ 。正性意图的反应时（ $2930 \pm 225 \text{ ms}$ ）显著短于中性意图（ $3871 \pm 239 \text{ ms}$ ），此外，意图与结果的交互作用显著， $F(1, 17) = 5.68$ ， $p < 0.05$ ， $\text{partial } \eta^2 = 0.250$ 。简单效应检验发现在正性意图下，正性结果（即助人成功， $2739 \pm 237 \text{ ms}$ ）的反应时显著短于中性结果（即助人未遂， $3121 \pm 228 \text{ ms}$ ），而在中性意图下，正性结果（即意外助人， $3908 \pm 239 \text{ ms}$ ）的反应时与中性结果（即无助人， $3833 \pm 273 \text{ ms}$ ）无显著差异（图 35）。其余主效应和交互作用都不显著（ $p > 0.05$ ）。

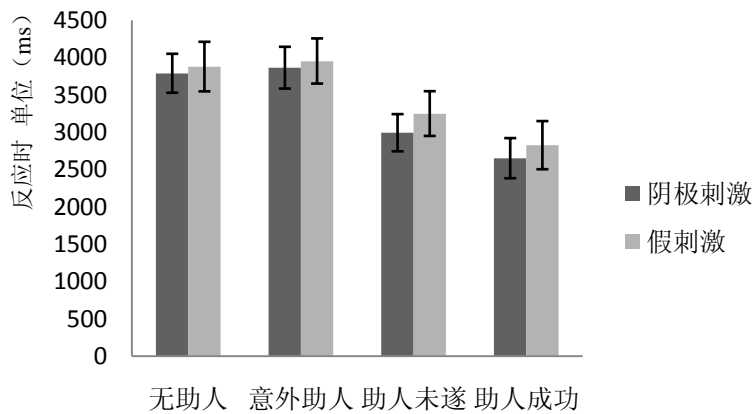


图 35 tDCS 抑制实验助人行为和结果信息反应时

实验结束后，个别被试报告在刺激开始时头皮有微弱的痒刺感，几分钟后感觉消退，没有被试报告发现两次实验刺激有所不同。为了排除 tDCS 刺激对被试情绪的影响并进一步验证单盲设计的效果，统计比较了两次实验后被试在《正性负性情绪量表》上的评分，未发现显著差异 ($ps > 0.05$ ，见表 7)。为了排除 tDCS 刺激对被试阅读速度的影响，对阅读故事背景信息的反应时进行了方差分析，统计没有发现显著的主效应或交互效应 ($ps > 0.1$ ，见表 8)。

表 7 两种 tDCS 刺激下被试情绪量表评分 (平均值±标准差)

	阴极刺激	假刺激	<i>t</i> (17)	<i>p</i>
正性情绪	23.44±7.13	25.44±7.02	-0.81	0.430
负性情绪	16.17±5.38	15.50±4.50	1.60	0.129

表 8 两种 tDCS 刺激下故事背景信息的阅读时间 (ms)

	中性意图		正性意图	
	中性结果 (无助人)	正性结果 (意外助人)	中性结果 (助人未遂)	正性结果 (成功助人)
阴极刺激	8618±3592	7810±3596	8007±2865	8195±3023
假刺激	8007±3206	7931±3362	8319±3506	8032±2966

5.2.3 讨论

本实验的目的是考察 tDCS 阴极刺激降低 RTPJ 的皮质兴奋性对助人行为道德判断中意图加工的影响。被试对助人行为的赞扬度评价得到了与实验一和实验三一致的意图与结果因素各自的主效应，而且意图与结果的交互作用仍然未达到显著水平。这个结果再次验证了助人行为道德判断中，结果信息的权重增加，意图与结果因素的交互作用削弱。

而在评价反应时上，与实验四中伤人行为道德判断的结果相似的是，tDCS 刺激效应显著。但是，在助人实验中，不仅助人未遂条件下 tDCS 阴极刺激后反应时缩短，在助人成功条件下，tDCS 阴极刺激相对假刺激条件，也引起了反应时的显著缩短。也就是说，只要故事主角具有助人的正性意图，相对中性意图而言，在接受 tDCS 阴极刺激后，被试的反应时都显著缩短。这个结果说明，在助人行为道德判断中，由于行为结果的权重增加，对 RTPJ 整合功能的需求相对减少，所以当 tDCS 降低 RTPJ 的皮质兴奋性时，主要是意图信息的加工受到影响，而与结果信息的加工没有交互作用。此外，与实验四一致的是，两种 tDCS 刺激后被试的阅读速度和情绪体验均无显著差异，排除了前额叶脑区或语言相关脑区

受到 tDCS 干扰的可能。

实验四和实验五的结果都证实了 RTPJ 脑区在道德判断中的重要作用，在采用 tDCS 阴极刺激该脑区后，被试做出道德判断的反应时显著缩短，这与其他领域的 tDCS 刺激实验结果是相似的，例如，Karim 等人(2010)发现采用 tDCS 阴极刺激被试前额叶区域会导致被试在完成欺骗行为时反应时显著缩短。因此，在一定的条件下，tDCS 刺激可以改变被试的反应时，根据不同脑区的特定功能和不同任务的加工机制，不同区域皮质兴奋性的改变会对任务行为表现产生不同的影响。在本研究中，从信息输入的观点来看，阴极刺激后反应时的缩短表明 RTPJ 脑区皮质兴奋性降低后，被试在做出道德判断时输入了更少的信念和意图信息，导致了判断时间的缩短。虽然本实验的结果证实了我们的第二种假设，即 RTPJ 皮质兴奋性的削弱导致被试更少地考虑他人的想法、意图和信念，但这种解释是一种推论性的，毕竟反应时和被试对意图信息考虑的数量之间不一定有直接的联系，也有可能 RTPJ 皮质兴奋性降低影响的并不是被试考虑意图信息的数量，而是思考的速度、效率等，因此，在接下来的实验六中，我们设计了一个不涉及道德判断的简单的意图列举加工任务来考察 RTPJ 皮质兴奋性的减弱对意图加工本身的影响，以此来直接验证 RTPJ 影响道德判断意图加工的机制。

5.3 实验六：抑制右侧颞顶联合区激活对意图列举的影响

5.3.1 方法

实验目的：直接考察 tDCS 阴极刺激 RTPJ 脑区对意图列举数量和加工速度的影响。

被试：18 名在校大学生，8 名男性，10 名女性，平均年龄 22.39 ± 1.80 岁。所有被试均为右利手，身体健康，无精神系统疾病及脑部损伤史，无癫痫或癫痫家族史，视力正常或矫正后正常。所有被试在实验之前均签署知情同意书，实验后给予一定的报酬。

材料：10 个道德两难故事（改编自皮亚杰经典两难故事(Piaget, 1932)和道德两难-功利主义问卷(Greene et al., 2001)），针对每个被试，随机挑选 5 个故事用于阴极刺激，5 个故事用于假刺激。另外选用海因兹偷药故事作为练习实验材料。

实验设计与程序：

本实验为单因素 2 水平（tDCS 刺激：阴极刺激，假刺激）的被试内设计。

每名被试接受两次 tDCS 刺激（一次阴极刺激，一次假刺激），时间间隔 1 周，顺序被

试间平衡。每次实验中被试在 tDCS 刺激结束后立刻完成意图列举任务，任务包括练习实验和正式实验部分，在练习实验中被试熟悉试验流程。正式实验包括 5 次试验，时间大约 15 分钟。试验流程见图 36：在呈现 200 ms 的注视点后，首先向被试呈现两难故事及故事主角的行为，被试看完故事后按 F 键，屏幕下方呈现问题，要求被试在答题纸上尽可能多的列举问题中提到的人物在故事里做出选择或某种行为时可能的想法和意图。为了控制实验时间，列举时，每条答案只需用两至三个关键词表示。被试如果列举完答案，按键开始下一个试验，如果 3 分钟后被试还没有列举完，程序自动开始下一个试验，这时要求被试停止列举当前答案，开始阅读下一个故事。采用 E-prime 软件编写程序、呈现材料并记录被试列举答案的时间，被试在答题纸上做出回答。

经颅直流电刺激参数及方法：与实验四、实验五相同。

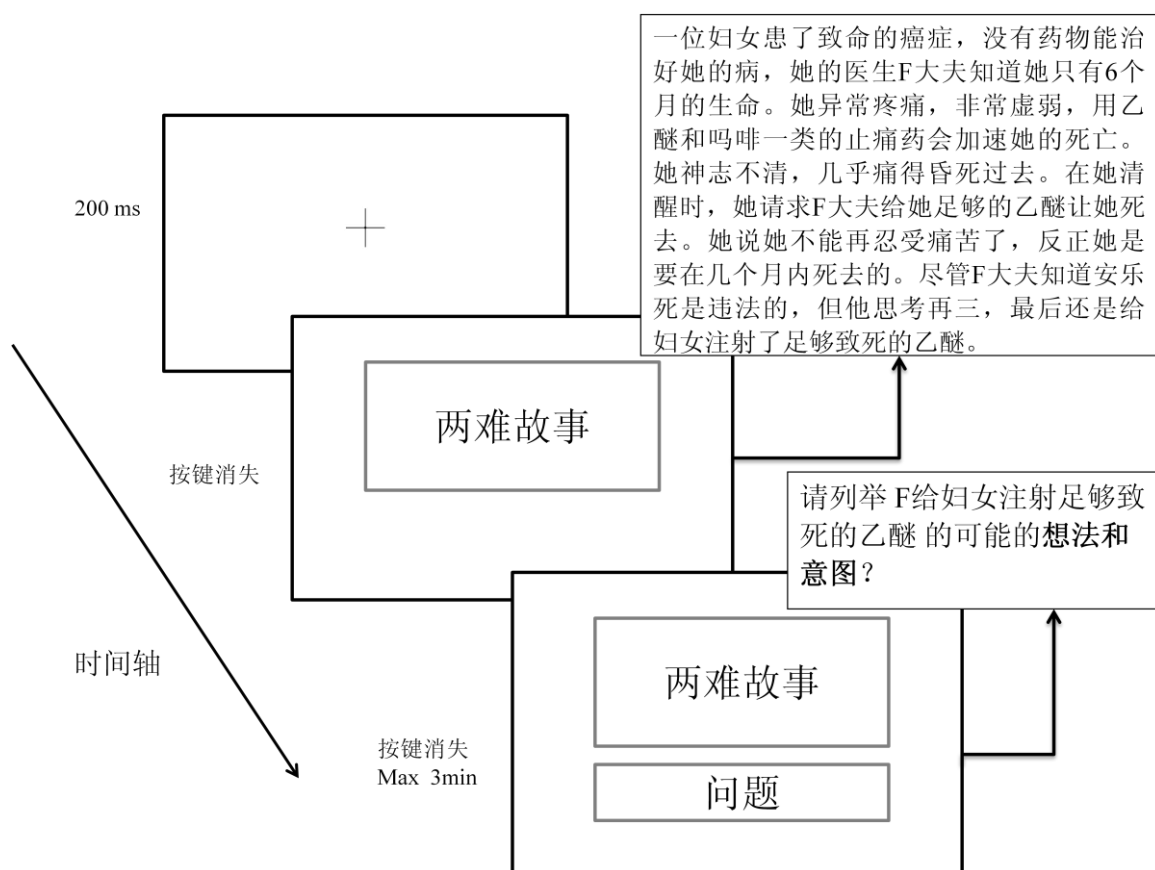


图 36 实验六试验流程

5.3.2 结果

首先删除被试每道题内重复列举的答案，然后统计被试在每个刺激条件下每道题列举出的答案条目的平均数作为因变量：“平均列举意图条目数量”，对其进行配对 t 检验，结

果发现被试在阴极刺激和假刺激条件下，列举出的条目平均数差异显著，阴极刺激条件下每道题列举的数目显著小于假刺激条件下每道题列举的数目，见表 9：

表 9 平均列举意图条目数量配对 t 检验结果

	平均值	标准差	$t(17)$	p
阴极刺激	3.14	0.80	-3.93	0.001
假刺激	3.42	0.86		

除了列举条目的平均数，还对被试在两种刺激条件下，回答 5 个题目的总时间进行了比较，配对 t 检验没有发现列举答案的总时间有显著差异，见表 10：

表 10 列举意图总时间配对 t 检验结果 (ms)

	平均值	标准差	$t(17)$	p
阴极刺激	419383	149876	-0.80	0.435
假刺激	436608	186498		

对被试回答每道题所用的平均时间（总时间/5）以及列举每个条目所用的时间（总时间/条目数）也进行了统计检验，都未发现显著差异，见表 11 和表 12：

表 11 列举每道题平均时间配对 t 检验结果 (ms)

	平均值	标准差	$t(17)$	p
阴极刺激	83877	29975	-0.80	0.435
假刺激	87322	37300		

表 12 列举每个条目平均时间配对 t 检验结果 (ms)

	平均值	标准差	$t(17)$	p
阴极刺激	27105	8109	0.70	0.50
假刺激	26146	10416		

5.3.3 讨论

实验六采用自行设计的简单的意图列举任务，考察了 tDCS 阴极刺激 RTPJ 脑区对个体加工意图信息的数量、速度的影响。结果表明，在接受阴极刺激后被试列举意图的平均数显著大于假刺激条件下列举的平均条目数，表明 tDCS 阴极刺激的确使被试更少地考虑意图信息。这种意图列举平均数上的差异是否与被试花费的时间有关呢？对被试回答每道题所用的平均时间和列举每个条目所用的平均时间进行的配对 t 检验都没有发现显著差异，说明被试的加工时间、答题速度和写字速度等均没有受到 tDCS 刺激的影响。综合所有结

果，本实验直接证明了 tDCS 阴极刺激 RTPJ 脑区能够减少个体对他人心理状态，尤其是意图、想法等信息的联想和思考。

实验四和实验五的结果证实了 tDCS 阴极刺激 RTPJ 后，被试在对伤人行为和助人行为进行道德判断时，意图加工受到削弱，具体表现为反应时的缩短，而实验六探索了这种意图加工的削弱实际上来源于被试更少地考虑和联想他人的意图和信念信息。根据这个解释，与这种削弱效应相对应的，如果采用 tDCS 阳极刺激 RTPJ 脑区，是否会得到趋势相反的结果呢？在干预研究中，与抑制效应相比，我们更希望能够通过促进相关脑区的活动，使我们的行为和反应向更优化的方向改变。因此，为了更好地理解和证明 RTPJ 在意图-结果道德判断中的重要作用，进一步验证我们的实验假设，并给实际的临床干预研究提供实证支持，在实验七和实验八中，我们采用 tDCS 阳极刺激提高 RTPJ 脑区的皮质兴奋性，考察其对被试在伤人行为和助人行为道德判断中意图加工的影响。针对实验七，我们预期 tDCS 阳极刺激 RTPJ 脑区后，被试对伤人未遂情境做出道德判断的反应时会显著延长。

5.4 实验七：促进右侧颞顶联合区激活对伤人行为道德判断意图加工的影响

5.4.1 方法

实验目的：考察 tDCS 阳极刺激提高 RTPJ 皮质兴奋性对伤人行为道德判断意图加工的影响。

被试：被试为 18 名在校大学生（男女各半），平均年龄是 21.67 ± 1.73 岁。所有被试均为右利手，身体健康，无精神系统疾病及脑部损伤史，无癫痫或癫痫家族史，视力正常或矫正后正常。所有被试在实验之前均签署知情同意书，实验后给予一定的报酬。

材料：采用 Young 等人(2007)编写的 32 个伤人行为道德判断意图-结果故事，每个故事分为背景、预示、意图、行为和结果四个部分。无伤人、伤人未遂、意外伤人和伤人成功四种条件下各有 8 个故事，每个故事的字数、关键词等相互匹配，情节不重复。所有材料分为两组，一组用于阳极刺激（anodal stimulation），另一组用于假刺激（sham stimulation），分配被试间平衡。为了考察 tDCS 刺激对阅读速度的影响，对两组故事背景信息的字数进行了统计检验，未发现显著差异， $t(30) = -1.02, p = 0.31$ 。

实验设计与程序：

本实验为 2（tDCS 刺激：阳极刺激，假刺激） \times 2（意图：负性、中性） \times 2（结果：

负性、中性)的被试内设计。

每名被试接受两次 tDCS 刺激(一次阳极刺激,一次假刺激),时间间隔 1 周,顺序被试间平衡。每次实验中被试在 tDCS 刺激结束后立刻完成意图-结果道德判断任务,任务包括预实验和正式实验部分,在预实验中被试熟悉试验流程。正式实验包括 16 次试验,时间大约十分钟。试验流程同实验四:依次向被试呈现背景、预示、意图、行为和结果信息,被试看完每个部分后按键刺激消失。为了控制实验时间并使被试保持注意力集中,如果被试没有按键,背景信息呈现 15 秒后消失,预示、意图、行为和结果信息呈现 6 秒后消失,最后呈现评价提示,要求被试按 1(完全不必谴责)至 7(最多的谴责)数字键评价故事主角的行为应受到多大程度的谴责。采用 E-prime 软件编写程序并记录被试做出谴责程度判断的评分及被试阅读背景信息、意图信息、行为和结果信息及最后做出道德判断的反应时,每次实验结束后询问被试的感受并要求其填写《正性负性情绪量表》(Watson, Clark, & Tellegen, 1988)。

经颅直流电刺激参数及方法:

采用 DC-STIMULATOR PLUS 刺激仪器(德国 neuroConn 公司)进行 tDCS 刺激,电极片面积为 $5 \times 7 \text{ cm}^2$ 。根据 EEG10-20 系统扩展的坐标和相关核磁定位研究(Jurcak, et al., 2007),用胶带将阳极电极固定放置在头皮右侧 CP6 和 P6 电极点中间位置,参考电极固定在左侧脸颊。根据前人的文献研究,刺激参数设定为在阳极刺激条件下,采用 1.5mA 的微弱直流电刺激被试 20 分钟;在假刺激条件下,采用 1.5mA 的微弱直流电刺激只刺激被试 15 秒,之后刺激仪停止刺激(实际电极戴在被试头上时间仍为 20 分钟,不告知被试接受的是哪种条件刺激,被试不知道刺激 15 秒后已停止,单盲设计),两种刺激条件的 fade in 和 fade out 时间都为 15 秒(Cerruti & Schlaug, 2009; Holland, et al., 2011; Keeser, et al., 2011)。

5.4.2 结果

对故事主角行为的谴责度评定采用 $2(\text{tDCS 刺激: 阳极刺激、假刺激}) \times 2(\text{意图: 中性、负性}) \times 2(\text{结果: 中性、负性})$ 被试内重复测量方差分析。结果显示,意图主效应显著,负性意图的谴责度(5.86 ± 0.13)显著高于中性意图(3.63 ± 0.14), $F(1, 17) = 147.18$, $p < 0.001$, $\text{partial } \eta^2 = 0.896$; 结果主效应显著,负性结果的谴责度(6.26 ± 0.08)显著高于中性结果(3.24 ± 0.16), $F(1, 17) = 391.17$, $p < 0.001$, $\text{partial } \eta^2 = 0.958$; 意图与结果的交互作用显著, $F(1, 17) = 89.813$, $p < 0.001$, $\text{partial } \eta^2 = 0.841$, 负性意图下中性结果(即伤

人未遂：4.88 ± 0.24）与负性结果（即伤人成功：6.84 ± 0.05）的差异显著小于中性意图下中性结果（即无伤人：1.60 ± 0.16）与负性结果（即意外伤人：5.67 ± 0.16）的差异（图 37）。其余效应都不显著（ $p_s > 0.1$ ）。此结果与实验二的行为结果趋势一致，同时也表明 tDCS 阳极刺激对个体所做出的谴责度评分没有显著影响。

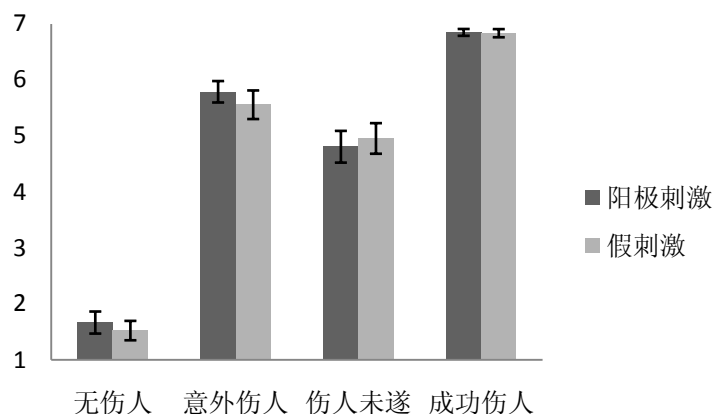


图 37 tDCS 促进实验伤人行为谴责程度评分

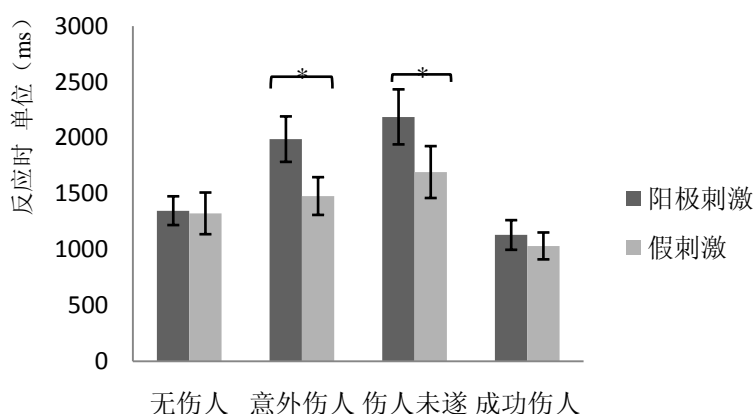


图 38 tDCS 促进实验伤人行为评价反应时

对评价反应时进行方差分析发现 tDCS 刺激主效应显著， $F(1, 17) = 10.74$ ， $p < 0.05$ ， $\text{partial } \eta^2 = 0.387$ ，阳极刺激下的反应时（1382 ± 151 ms）显著长于假刺激的反应时（1664 ± 146 ms）；意图主效应不显著， $F(1, 17) = 0.08$ ， $p = 0.781$ ；结果主效应显著，负性结果的反应时（1408 ± 129 ms）显著短于中性结果的反应时（1638 ± 167 ms）， $F(1, 17) = 6.65$ ， $p < 0.05$ ， $\text{partial } \eta^2 = 0.281$ ；意图与结果的交互作用显著， $F(1, 17) = 28.08$ ， $p < 0.001$ ， $\text{partial } \eta^2 = 0.623$ 。对交互作用进行简单效应检验发现负性意图下，负性结果（即伤人成功，1082 ± 120ms）的反应时显著短于中性结果（即伤人未遂，1940 ± 217 ms），而在中性意图下，负性结果（即意外伤人，1733 ± 160 ms）的反应时显著长于中性结果（即无伤人，1336 ± 151 ms）。最重

要的发现是 tDCS 与意图、结果的交互作用显著, $F(1, 17) = 8.11, p < 0.05, \text{partial } \eta^2 = 0.323$, 简单效应检验发现只在中性意图负性结果（即意外伤人）和负性意图中性结果（即伤人未遂）条件下, 阳极刺激（意外伤人: $1988 \pm 204 \text{ ms}$, 伤人未遂: $2187 \pm 246 \text{ ms}$ ）反应时显著长于假刺激反应时（意外伤人: $1479 \pm 169 \text{ ms}$, 伤人未遂: $1693 \pm 232 \text{ ms}$ ），而在中性意图中性结果（即无伤人）和负性意图负性结果（即伤人成功）条件下, 阳极刺激（无伤人: $1348 \pm 129 \text{ ms}$, 伤人成功: $1131 \pm 133 \text{ ms}$ ）与假刺激条件（无伤人: $1324 \pm 187 \text{ ms}$, 伤人成功: $1032 \pm 120 \text{ ms}$ ）无显著差异（见图 38）。此结果表明 tDCS 阳极刺激导致个体做出道德判断的反应时显著延长, 且主要体现在意图和结果信息相冲突的伤人未遂和意外伤人条件下。

对信念意图信息的反应时进行方差分析发现结果主效应显著, 负性结果的反应时（ $2666 \pm 164 \text{ ms}$ ）显著短于中性结果（ $3426 \pm 185 \text{ ms}$ ）, $F(1, 17) = 60.43, p < 0.001, \text{partial } \eta^2 = 0.780$ ；意图与结果的交互作用显著, $F(1, 17) = 104.65, p < 0.001, \text{partial } \eta^2 = 0.860$, 简单效应检验发现只负性意图下, 负性结果（即伤人成功: $2174 \pm 148 \text{ ms}$ ）的反应时显著短于中性结果（即伤人未遂: $3790 \pm 170 \text{ ms}$ ），而在中性意图下, 负性结果（即意外伤人: $3158 \pm 202 \text{ ms}$ ）与中性结果（即无伤人: $3063 \pm 215 \text{ ms}$ ）的反应时无显著差异。此外, tDCS 与意图的交互作用显著, $F(1, 17) = 4.87, p < 0.05, \text{partial } \eta^2 = 0.223$, 简单效应检验发现只有在阳性刺激下, 负性意图（ $2915 \pm 176 \text{ ms}$ ）的反应时显著短于中性意图（ $3191 \pm 224 \text{ ms}$ ），而在假刺激下, 负性意图（ $3049 \pm 165 \text{ ms}$ ）与中性意图（ $3029 \pm 173 \text{ ms}$ ）的反应时没有显著差异（见图 39）。其余效应都不显著（ $ps > 0.1$ ）。

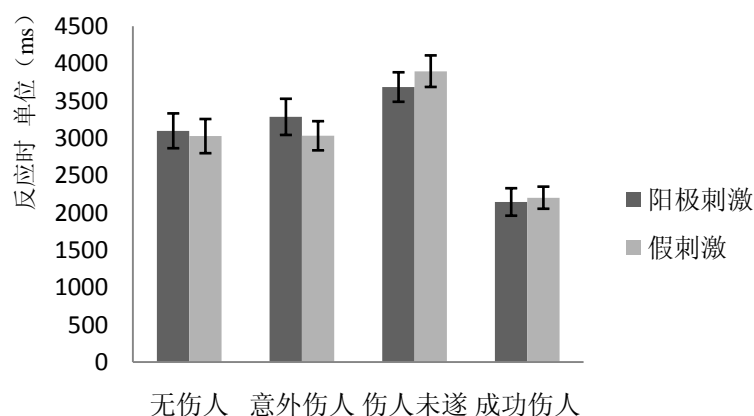


图 39 tDCS 促进实验伤人行行为意图信息反应时

对行为和结果信息的反应时进行方差分析只发现了意图与结果的显著交互作用, $F(1, 17) = 37.34, p < 0.001, \text{partial } \eta^2 = 0.687$, 其余效应都不显著。对此交互作用进行简单效

应检验发现在负性意图下，负性结果（即伤人成功：2631 ±176 ms）反应时显著短于中性结果（即伤人未遂：3112 ±228 ms），而在中性意图下，负性结果（即意外伤人：3082 ±243 ms）的反应时显著长于中性结果（即无伤人：2324 ±217 ms）的反应时。其余效应都不显著（ $ps > 0.1$ ）

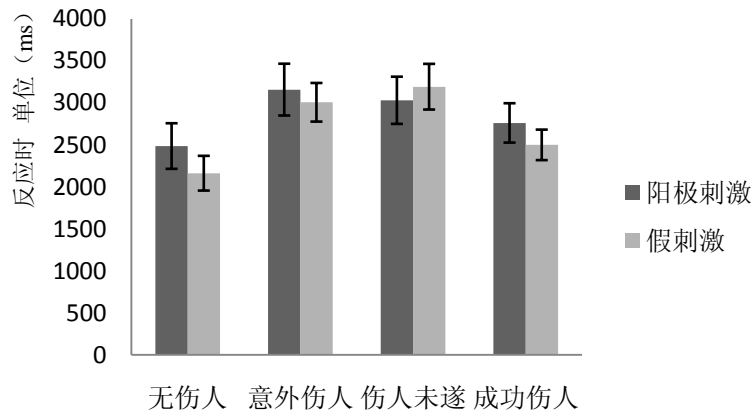


图 40 tDCS 促进实验伤人行行为和结果信息的反应时

实验结束后，个别被试报告在刺激开始时头皮有微弱的痒刺感，几分钟后感觉消退，没有被试报告发现两次实验刺激有所不同。为了排除 tDCS 刺激对被试情绪的影响并进一步验证单盲设计的效果，统计比较了两次实验后被试在《正性负性情绪量表》上的评分，未发现显著差异（见表 13）。为了排除 tDCS 刺激对被试阅读速度的影响，对阅读故事背景信息的反应时进行了方差分析，统计没有发现显著的主效应或交互效应（ $ps > 0.1$ ，见表 14）。

表 13 两种 tDCS 刺激下被试情绪量表评分（平均值±标准差）

	阳极刺激	假刺激	<i>t</i> (17)	<i>p</i>
正性情绪	24.06±9.87	24.06±7.58	0.00	1.000
负性情绪	14.50±3.57	14.00±4.21	-1.09	0.291

表 14 两种 tDCS 刺激下故事背景信息的阅读时间（ms）

	中性意图		负性意图	
	中性结果 (无伤人)	负性结果 (意外伤人)	中性结果 (伤人未遂)	负性结果 (成功伤人)
阳极刺激	5284±2673	5844±2641	5236±2144	5741±2276
假刺激	5880±2122	5603±2282	5363±1818	5332±2369

5.4.3 讨论

首先，本实验结果发现采用 tDCS 阳极刺激促进 RTPJ 区域的激活与 tDCS 阴极刺激一

样能够在行为水平上引起个体道德判断的变化，并且这种效应主要体现在反应时而非道德评价分数上。其次，实验结果表明 tDCS 阳极刺激促进 RTPJ 的激活导致了反应时的延长，这个结果模式与实验四的结果互相呼应，再次证明 RTPJ 作为编码、整合意图信息的脑区，其活动的增强可以使被试更深入、全面地思考主角的意图、信念和动机等信息，丰富地对他人信念的思考导致了反应时的延长。

与实验预期不完全相同的是，结果显示不仅在伤人未遂条件下 tDCS 阳极刺激反应时显著长于阴极刺激反应时，在意外伤人这种条件下，也有类似的显著 tDCS 效应。我们认为 tDCS 的阳极刺激对所有条件下的意图加工都是有影响的，体现在总体反应时的提高上。道德判断实际上反映了个体对所有呈现的道德相关信息中当下最显著突出的信息的权重和考虑(Young, et al., 2010b)。在本实验任务中，被试在看到结果信息后立刻做出道德判断，结果信息在时间上占有优势。在伤人未遂和意外伤人条件下，意图与结果相互冲突，被试需要提取之前看到的信念信息，并与当下的结果信息相整合，而阳极刺激 RTPJ 脑区后增加了信念信息的输入，从而导致了冲突的增加，整合时间延长，反应时变长。而在无伤人和成功伤人条件下，意图与结果没有冲突，被试仅需要根据结果就能做出快速的判断，不需要对信念信息和相关信息的整合付出更多的努力，因此没有表现出 tDCS 刺激的效应。

为什么在实验四中只发现伤人未遂情境受到了 tDCS 阴极刺激的显著影响，而在本实验中，伤人未遂和意外伤人两种情境都同时受到 tDCS 阳极刺激的显著影响呢？我们认为这可能与 tDCS 阳极刺激的效应比阴极刺激效应更稳定、更强烈有关。研究者曾采用元分析的方法总结了近年来运动和认知领域的 tDCS 研究，结果发现在运动领域，阳极兴奋和阴极抑制效应都比较稳定，而在认知领域，阳极刺激兴奋效应比阴极刺激抑制效应更加稳定，只有少量研究报告了显著的阴极抑制效应。Jacobson, Koslowsky 和 Lavido(2012)认为这可能与认知任务的复杂性有关：首先，tDCS 刺激的效应是由神经元最初的激活状态决定的(Silvanto, Muggleton, & Walsh, 2008)，在认知任务中，相应区域的神经元已被高度激活，想要抑制需要付出更多的干扰，而在运动研究中，相应区域的神经元初始状态并未高度激活，因此其抑制效应更容易实现；其次，许多认知功能并非由单一脑区完成，当一侧脑区受到抑制时，对侧脑区可能会发挥一定的补偿作用，从而消弱了 tDCS 的抑制效应。因此，在道德判断任务中，与阴极刺激相比，tDCS 阳极刺激 RTPJ 区域能在行为水平上诱发出更大的效应，尤其是在意外伤人和伤人未遂条件下，意图与结果信息是相互冲突的，RTPJ 激活的增高使被试更多地去关注意图信息和整合意图与结果的冲突。

5.5 实验八：促进右侧颞顶联合区激活对助人行为道德判断意图加工的影响

5.5.1 方法

实验目的：考察 tDCS 阳极刺激提高 RTPJ 皮质兴奋性对助人行为道德判断意图加工的影响。

被试：被试为 18 名在校大学生，10 名女性，8 名男性，平均年龄是 21.56 ± 1.77 岁（平均值 \pm 标准差）。所有被试均为右利手，身体健康，无精神系统疾病及脑部损伤史，无癫痫或癫痫家族史，视力正常或矫正后正常。所有被试在实验之前均签署知情同意书，实验后给予一定的报酬。

材料：采用与实验五相同的 32 个助人行为道德判断意图-结果故事，每个故事分为背景、预示、意图、行为和结果四个部分。无助人、助人未遂、意外助人和助人成功四种条件下各有 8 个故事，每个故事的字数、关键词等相互匹配，情节不重复。所有材料分为两组，一组用于阳极刺激，另一组用于假刺激，分配被试间平衡。为了考察 tDCS 刺激对阅读速度的影响，对两组故事背景信息的字数进行了统计检验，未发现显著差异， $t(30) = 1.39, p = 0.17$ 。

实验设计与程序：

本实验为 2 （tDCS 刺激：阳极刺激，假刺激） $\times 2$ （意图：正性和中性） $\times 2$ （结果：正性和中性）的被试内设计。

每名被试接受两次 tDCS 刺激（一次阳极刺激，一次假刺激），时间间隔 1 周，顺序被试间平衡。每次实验中被试在 tDCS 刺激结束后立刻完成意图-结果道德判断任务，任务包括预实验和正式实验部分，在预实验中被试熟悉试验流程。正式实验包括 16 次试验，时间大约十分钟。试验流程与实验五相同，依次向被试呈现背景、预示、意图、行为和结果信息，被试看完每个部分后按键刺激消失。为了控制实验时间并使被试保持注意力集中，如果被试没有按键，背景信息呈现 15 秒后消失，预示、意图、行为和结果信息呈现 6 秒后消失，最后呈现评价提示，要求被试按 1（完全不必赞扬）至 7（最多的赞扬）数字键评价故事主角的行为应受到多大程度的赞扬。采用 E-prime 软件编写程序并记录被试做出赞扬程度判断的评分及被试阅读背景信息、意图信息、行为和结果信息及最后做出道德判断的反应时，每次实验结束后询问被试的感受并要求其填写《正性负性情绪量表》(Watson, Clark, & Tellegen, 1988)。

经颅直流电刺激参数及方法：

与实验七相同：采用 DC-STIMULATOR PLUS 刺激仪器（德国 neuroConn 公司）进行 tDCS 刺激，电极片面积为 $5 \times 7 \text{ cm}^2$ 。根据 EEG10-20 系统扩展的坐标和相关核磁定位研究 (Jurcak, et al., 2007)，用胶带将阳极电极固定放置在头皮右侧 CP6 和 P6 电极点中间位置，参考电极固定在左侧脸颊。根据前人的文献研究，我们的参数设定为在阳极刺激条件下，采用 1.5mA 的微弱直流电极刺激被试 20 分钟；在假刺激条件下，采用 1.5mA 的微弱直流电刺激只刺激被试 15 秒，之后刺激仪停止刺激（实际电极戴在被试头上时间仍为 20 分钟，不告知被试接受的是哪种条件刺激，被试不知道刺激 15 秒后已停止，单盲设计），两种刺激条件的 fade in 和 fade out 时间都为 15 秒 (Cerruti & Schlaug, 2009; Holland, et al., 2011; Keeser, et al., 2011)。

5.5.2 结果

对故事主角行为的赞扬度评定采用 2 （tDCS 刺激：阳极刺激、假刺激） $\times 2$ （意图：中性、正性） $\times 2$ （结果：中性、正性）被试内重复测量方差分析。结果显示，意图主效应显著，正性意图的赞扬度 (5.59 ± 0.18) 显著高于中性意图 (3.31 ± 0.23)， $F(1, 17) = 112.49$ ， $p < 0.001$ ， $\text{partial } \eta^2 = 0.869$ ；结果主效应显著，正性结果的赞扬度 (4.77 ± 0.17) 显著高于中性结果 (4.13 ± 0.22)， $F(1, 17) = 13.65$ ， $p < 0.05$ ， $\text{partial } \eta^2 = 0.445$ （图 41）。其余效应都不显著 ($ps > 0.05$)。此结果与实验一、实验三和实验五的结果一致，即助人行为道德判断中赞扬度评分的意图和结果交互作用不显著。

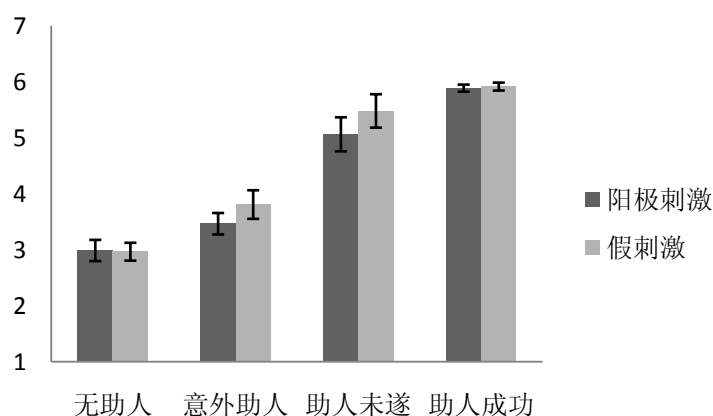


图 41 tDCS 促进实验助人行为赞扬度评分

对评价反应时进行方差分析发现意图主效应显著， $F(1, 17) = 22.94$ ， $p < 0.001$ ， $\text{partial } \eta^2 = 0.574$ ，正性意图下 ($1977 \pm 175 \text{ ms}$) 反应时显著短于中性意图 ($2541 \pm 185 \text{ ms}$) 的反应时；结果主效应显著，正性结果的反应时 ($2009 \pm 157 \text{ ms}$) 显著短于中性结果 (2508 ± 189

ms), $F(1, 17) = 45.23$, $p < 0.001$, $\text{partial } \eta^2 = 0.727$ 。其余效应都不显著 ($ps > 0.05$)。此结果提示在助人行为道德判断的反应时上并没有体现出 tDCS 阳极刺激的影响。

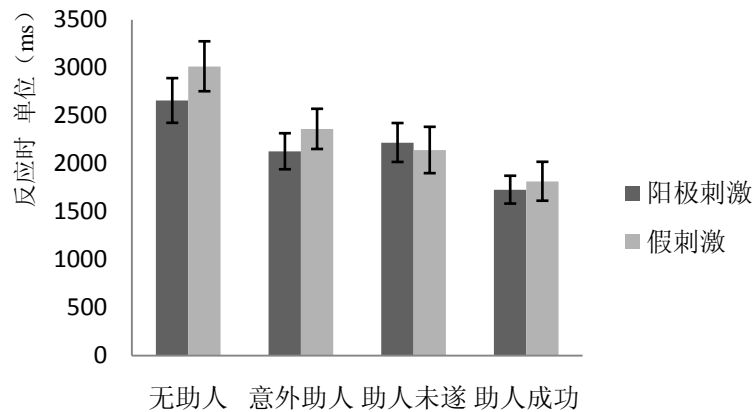


图 42 tDCS 促进实验助人行为评价反应时

对被试阅读意图信息的反应时进行重复测量方差分析发现结果主效应显著，正性结果的反应时 ($2820 \pm 135\text{ms}$) 显著长于中性结果 ($2718 \pm 149 \text{ ms}$), $F(1, 17) = 4.81$, $p < 0.05$, $\text{partial } \eta^2 = 0.220$ 。此外，意图与结果的交互作用显著, $F(1, 17) = 44.83$, $p < 0.001$, $\text{partial } \eta^2 = 0.725$ 。简单效应检验发现在中性意图下，正性结果的反应时 (即意外助人, $3120 \pm 139 \text{ ms}$) 显著长于中性结果的反应时 (即无助人, $2473 \pm 160 \text{ ms}$)，而在正性意图下，正性结果的反应时 (即助人成功, $2520 \pm 145\text{ms}$) 显著短于中性结果的反应时 (即助人未遂, $2962 \pm 168 \text{ ms}$)。其余主效应和交互作用都不显著 ($ps > 0.05$)。

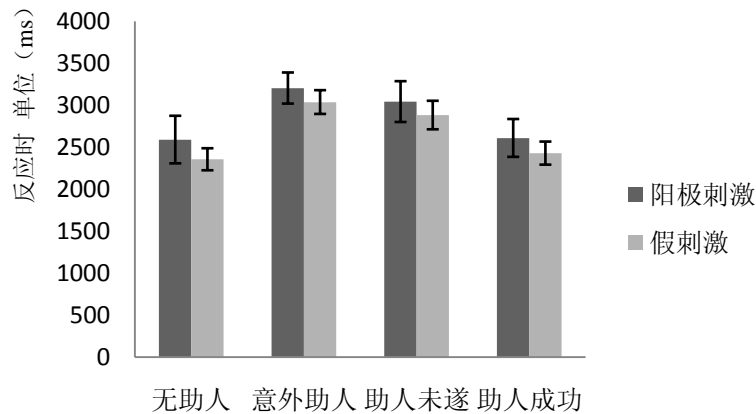


图 43 tDCS 促进实验助人行为意图信息反应时

对被试阅读行为和结果信息的反应时进行方差分析首先发现了意图的主效应, $F(1, 17) = 51.28$, $p < 0.001$, $\text{partial } \eta^2 = 0.751$ ，正性意图的反应时 ($2738 \pm 212 \text{ ms}$) 显著短于中性意图 ($3569 \pm 203 \text{ ms}$)。此外，意图与结果的交互作用显著, $F(1, 17) = 10.46$, $p < 0.01$, $\text{partial } \eta^2 = 0.381$ 。简单效应检验发现在正性意图下，正性结果 (即助人成功, $2625 \pm 204 \text{ ms}$) 的

反应时显著短于中性结果的反应时（即助人未遂， 2851 ± 232 ms），而在中性意图下，正性结果（即意外助人， 3743 ± 222 ms）的反应时与中性结果的反应时（即无助， 3394 ± 205 ms）无显著差异。最重要的是，意图与 tDCS 刺激交互作用显著， $F(1, 17) = 6.83, p < 0.05$ ， $\text{partial } \eta^2 = 0.287$ ，进一步分析发现只在正性意图下，阳极刺激的反应时（ 2960 ± 296 ms）显著长于假刺激条件下的反应时（ 2515 ± 142 ms），而在中性意图下，阳极刺激（ 3556 ± 248 ms）和假刺激条件下（ 3581 ± 178 ms）的反应时无显著差异（图 44）。其余主效应和交互作用都不显著（ $ps > 0.05$ ）。此结果表明 tDCS 阳极刺激对助人行为道德判断的影响体现在了个体加工行为和结果信息的反应时上，且与实验七一致的是，tDCS 阳极刺激导致个体反应时显著延长，并且与实验五结果一致的是 tDCS 刺激与意图的交互作用显著，即在助人未遂和助人成功条件下，阳极刺激的反应时都显著延长。

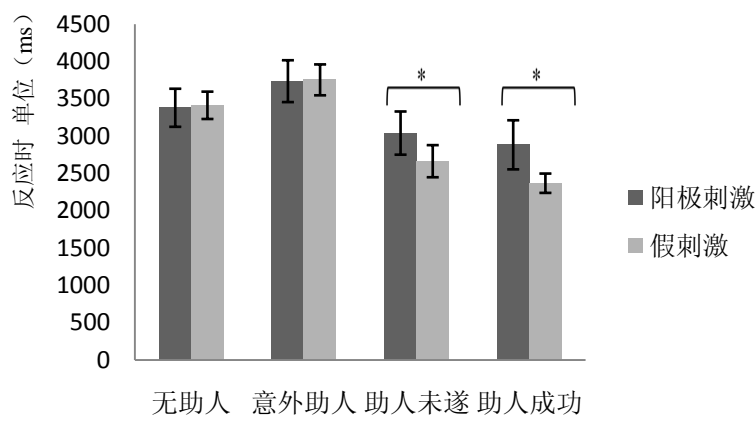


图 44 tDCS 促进实验助人行为和结果信息反应时

实验结束后，个别被试报告在刺激开始时头皮有微弱的痒刺感，几分钟后感觉消退，没有被试报告发现两次实验刺激有所不同。为了排除 tDCS 刺激对被试情绪的影响并进一步验证单盲设计的效果，统计比较了两次实验后被试在《正性负性情绪量表》上的评分，未发现显著差异（ $ps > 0.1$ ，见表 15）。为了排除 tDCS 刺激对被试阅读速度的影响，对阅读故事背景信息的反应时进行了方差分析，统计没有发现显著的主效应或交互效应（ $ps > 0.1$ ，见表 16）。

表 15 两种 tDCS 刺激下被试情绪量表评分（平均值±标准差）

	阳极刺激	假刺激	<i>t</i> (17)	<i>p</i>
正性情绪	23.83±9.82	23.83±7.42	0.00	1.000
负性情绪	14.33±3.51	13.83±4.19	-1.09	0.291

表 16 两种 tDCS 刺激下故事背景信息的阅读时间 (ms)

	中性意图		正性意图	
	中性结果 (无助人)	正性结果 (意外助人)	中性结果 (助人未遂)	正性结果 (成功助人)
阳极刺激	7977 \pm 3286	7027 \pm 2753	7370 \pm 3277	7770 \pm 3041
假刺激	7878 \pm 2485	7250 \pm 1979	7848 \pm 3162	7781 \pm 2316

5.5.3 讨论

本实验首先在赞扬度评价上得到了意图与结果的主效应，与实验一、实验三和实验五的结果一致，再次重复验证了助人行为道德判断中意图与结果各自的主效应，说明在助人行为道德判断中结果因素的权重相对伤人行为道德判断中有所增加。其次，在本实验最关心的 tDCS 效应上，结果显示赞扬度评价并未受到 tDCS 阳极刺激的显著影响，而是在反应时上，出现了 tDCS 刺激的效应。这种效应与实验七一样，表现为阳极刺激后反应时的延长，并且与实验五结果一致的是，tDCS 刺激与意图的交互作用显著，而与结果因素没有显著交互，即只要故事主角具有正性的助人意图，tDCS 阳极刺激后，反应时都显著延长。这个结果再次证明在助人行为道德判断中，由于结果因素权重的增加，对 RTPJ 整合功能的需求减少，所以当 tDCS 阳极刺激提高 RTPJ 的皮质兴奋性时，意图的加工受到了更多的影响。

与之前的几个 tDCS 实验结果不同的是，本实验所发现的反应时效应并没有体现在被试最后做出道德判断的反应阶段，而是体现在被试阅读行为和结果信息的阶段。我们认为这个差异可能的原因是：在道德判断的意图结果任务中，被试在预示信息呈现时就已经可以预测行为结果，然后在意图信息呈现时，被试已经开始对意图和结果信息进行初步的整合加工，而后出现的行为和结果信息只是进一步证实被试在之前预测的结果，所以实际上在行为和结果信息呈现阶段，被试已经开始了道德判断的评价加工，再加上 tDCS 阳极刺激的效应比阴极刺激强(Jacobson, et al., 2012)，所以相对实验五而言，tDCS 刺激与意图的交互作用提前出现在行为和结果信息呈现的阶段。并且，对被试阅读背景信息的反应时进行统计检验，并未发现显著的 tDCS 效应，排除了 tDCS 阳极刺激对个体阅读加工速度等的影响，本实验中行为和结果信息阶段反应时上的 tDCS 刺激与意图的交互作用趋势与实验五中被试做出道德判断的反应时的 tDCS 与意图的交互作用是趋势一致的，因此，有理由相信这种效应源于 tDCS 阳极刺激提高 RTPJ 脑区皮质兴奋性对道德判断中意图加工的影响。

综合研究三的实验结果，可以发现采用 tDCS 刺激改变 RTPJ 脑区的皮质兴奋性能够在

行为水平上影响个体的道德判断加工,且主要体现在反应时的变化上:tDCS 阴极刺激 RTPJ 区域导致个体反应时缩短,而阳极刺激则导致个体反应时延长,其机制可能是 RTPJ 区域的皮质兴奋性降低时,个体更少地考虑意图和信念信息,从而导致道德判断的时间缩短;而当 RTPJ 区域的皮质兴奋性提高时,个体更多地联想和考虑意图信息,从而导致反应时延长。这些结果从不同的方向和角度验证了 RTPJ 脑区在道德判断意图加工中的关键作用。

6 总结与讨论

6.1 总讨论

6.1.1 助人行为道德判断中意图与结果的加工机制

不论在传统社会心理学领域,还是发展心理学领域,亲社会助人行为都是研究者关心的重要课题。但是,长久以来,大部分涉及助人行为的研究主要关注的是助人行为的影响因素,包括个体的共情能力、心境、情境的紧迫性、社会压力等等(Decety, et al., 2004; Kayser, et al., 2010; Leiberg, et al., 2011; Mathur, Harada, Lipke, & Chiao, 2010; Rameson, Morelli, & Lieberman, 2012; Schnall, et al., 2010; Stocks & Lishner, 2010)。其中,许多研究发现,个体的道德判断能力与其实际的助人行为存在显著的正相关,由此引发了研究者对个体亲社会推理判断能力的关注。早在 1979 年, Eisenberg(1979)就参考 Kohlberg 的研究方法,通过亲社会的道德两难问题考察了儿童的亲社会道德推理发展阶段。随后,许多发展心理学家对儿童的亲社会推理判断能力展开了研究。在 Eisenberg 提出的亲社会理论模型中,确定行为意图并将其与行为联系起来是个体实施亲社会行为的重要阶段(王美芳, 庞维国, 1997)。由此而见,意图加工在亲社会行为及道德判断中发挥着重要作用。但是,目前有关亲社会或助人行为的研究几乎都忽略了行为意图加工这个重要问题,研究助人行为意图推理的神经机制的研究就更加缺乏。

本研究首次从行为、时间进程和脑机制等水平,考察了助人行为道德判断中的意图加工,并与伤人行为道德判断中意图和结果加工机制进行了比较。在行为水平,助人行为赞扬评定既受到意图因素的影响,又受到结果因素的影响,且二者没有显著交互作用,表明在助人行为道德判断中,结果因素的权重增加。但在反应时指标上,意图与结果的交互作

用显著,表明当意图与结果信息相冲突时,个体还是更依赖于意图因素做出赞扬判断。在时间进程上,目前,只有 Lock 等人(2011)采用 ERP 技术考查了亲社会推理判断的时间进程,他们要求被试对材料中的主角在他人需要帮助或不需要帮助的情境下,做出帮助或不帮助的行为进行道德评价。ERP 结果主要发现了头皮中后部的 P3 成分,并发现其波幅与实际评价分数显著相关。但是,该研究中所考察的 P3 成分主要位于头皮顶中部,通常与任务所消耗的认知加工资源多少有关(Kok, 2001; Polich & Kok, 1995),因此 P3 的效应未必是道德判断意图加工的代表性效应。根据 fMRI 研究的结果,意图加工的核心脑区主要在双侧颞顶叶(Morishima, Schunk, Bruhin, Ruff, & Fehr, 2012; Perner, et al., 2006)。我们的研究二实验三结果发现助人行为道德判断的意图加工与伤人行为道德判断的意图加工模式基本相同,主要体现在从右侧颞顶区的 N180,到左侧颞顶区 N250,到前额 FSW,再到右侧 TP450 和 TPSW 的 ERP 成分效应上,并且主要发现助人未遂与助人成功条件之间的差异。这两者的差异进一步在脑机制层面证实了助人行为道德判断的意图加工中不仅涉及对意图信息的编码,还涉及对主角行为预期结果和实际结果之间的整合加工。在脑机制的干预上,基于之前对右侧颞顶联合区的研究,我们预期提高或降低 RTPJ 区域的皮质兴奋性会影响助人行为道德判断中的意图加工,研究三的实验七和实验八都发现了显著的 tDCS 与意图的交互作用,证实了我们的假设,也突出了 RTPJ 在助人行为道德判断意图加工中的重要作用。

总之,本研究的结果表明,助人行为道德判断中意图信息最为重要,同时结果因素相比伤人行为道德判断加工中重要性增加,而在脑机制层面,右侧颞顶联合区是加工助人意图、并将助人意图与结果进行整合的关键脑区。

6.1.2 道德判断中意图信息加工的时间进程和阶段

意图信息加工本身包括了对信念信息的编码以及对行为目的和结果的推理。已有的行为和磁共振成像研究表明,道德判断中的意图加工不仅仅涉及简单的探测编码,还包括与其他信息的整合(Cushman, et al., 2006; Young & Saxe, 2008)。例如,在“林蕾给朋友倒咖啡”这个故事中,当被试看到林蕾的意图“林蕾认为这些粉末是有毒的”时,在心理加工过程上,包括了对林蕾的观点的简单编码,对林蕾想要毒死朋友的目的的推理,以及结合预示中提供的“这些粉末是剧毒物质”的信息推理出林蕾的意图是否能实现等多个加工过程。在本研究的 ERP 结果上,发现了位于额叶和双侧颞顶区的多个早期和晚期 ERP 成分,这些成分在一定程度上反映了个体加工意图信息的时间进程和脑机制。下面,结合伤人和助人行为

意图加工时间进程的研究结果，分别对分布在不同区域的脑电成分展开讨论：

在头皮的双侧后部，即双侧颞顶区域，意图信息关键词呈现后的 180 ms 左右出现了一个负成分 N180。与伤人未遂和助人未遂条件相比，该成分在伤人成功和助人成功条件下波幅更大，这个实验结果反映了个体早期的自动的道德直觉加工。正如前言中所介绍的，进化心理学研究认为道德是人们在群体生活中长期适应发展的产物，因此，即使是在无意识的情况下，人们也能够对周围环境中的道德信息做出自发的反应。已有研究表明，人们能够自动的对他人的心理状态进行自下而上的推理加工(Van Duynslaeger, et al., 2007)；Decety 和 Cacioppo 等人(2012)采用高密度 ERP 技术发现意图信息是道德判断加工中最早输入的信息，与意外伤害相比，右侧颞叶皮层（如后颞上沟）能在刺激呈现后 100 ms 以内就对故意伤害情境做出更大的反应，他们认为后颞上沟的这种快速反应证实了个体对行为的道德好坏进行自动直觉加工。在本实验中，在对道德的效价进行自动加工时，人们直觉地认为伤人成功比伤人未遂“更坏”，助人成功比助人未遂“更好”，因此伤人成功和助人成功诱发了更大的 N180。这种道德直觉加工与“社会直觉模型”中的情绪直觉加工可能是不同的，因为在本研究中并未发现情绪的主效应，而是直接发现了意图与结果的交互作用。源定位分析发现 N180 主要源于右侧颞顶联合区的活动。fMRI 研究表明，右侧颞顶联合区能够自发地对行为人的预期和实际结果之间的一致性做出反应(Harenski, et al., 2010; Vander Wyk, Hudac, Carter, Sobel, & Pelphrey, 2009; Young, et al., 2011)。本研究的结果进一步证明在道德推理任务中，人们在加工意图信息时，能根据之前在预示信息部分得知的事实和结果信息，对个体的行为的道德好坏做出快速的自动的直觉加工，这种加工主要源于 RTPJ 的活动，并先于左侧颞顶联合区和前额叶的编码表征及认知控制加工。在 N180 之后，左侧出现了在助人未遂和伤人未遂条件下波幅更大的 N250 成分，源定位分析表明这个成分主要源于左侧颞顶联合区和左侧前额叶。fMRI 研究证实左侧颞顶联合区在更广泛的水平上参与了意图和信念信息的加工(Perner, et al., 2006; Young, et al., 2011)，ERP 研究发现 N250 与意图的早期编码和表征有关(Proverbio & Riva, 2009; Proverbio, et al., 2010; 王益文等, 2012)，因此 N250 成分在一定程度上反映了左侧颞顶联合区对意图信息早期加工的贡献。更重要的是，N250 成分与左侧前额叶的活动有关，早期的一项正电子断层扫描研究曾揭示了左侧额叶在错误信念加工中有所激活，更多研究证实左侧前额叶与冲突监控和探测加工有关(Egner & Hirsch, 2005; Fletcher, et al., 1995; Greene, et al., 2004)。因此，在本研究中，在正性和负性意图条件下，当行为结果与行为预期相矛盾时，即主角的信念与事实不符时，左侧前额叶活动增强，N250 波幅增大。N180 和 N250 这两个潜伏期较早的成分反映了大脑皮层对道

德好坏的直觉加工和对意图信息的早期知觉表征。而在刺激呈现 400 ms 之后, 双侧颞顶区相继出现了 TP450 和 TPSW 成分, 且这两个成分都是在伤人未遂和助人未遂条件下波幅更大。与前人研究结果一致的是, 源定位分析发现这两个成分主要源于双侧、尤其是右侧颞顶联合区的活动(McCleery, et al., 2011; Van Duynslaeger, et al., 2007)。这个效应表明了右侧颞顶联合区在较晚的加工阶段对意图和相关信息所进行的整合推理加工。

在头皮前部电极点上, 从刺激呈现后 380 ms 到 780 ms 存在一个负走向的慢波, 并且相对伤人成功和助人成功条件, 在伤人未遂和助人未遂条件下波幅更大。这个结果与 Geangu 等人(2012)在错误信念加工任务中发现的前额的 345-400 ms、620-685 ms 晚成分 LSW 趋势一致。在该研究中, 被试被动观看一系列描述他人有错误信念和正确信念的图片, 结果发现 LSW 在错误信念加工下的波幅显著增大。而在本研究中, 伤人未遂和助人未遂条件下主角的意图与实际结果是不符的, 即主角拥有的信念是错误的, 因而前额叶的这种负走向反映了对心理状态和道德判断中意图信息的认知控制加工的参与。由于该成分的时间窗口与 TP450 和 TPSW 基本重合, 我们没有单独对这个成分做源定位分析, 但是从 TP450 和 TPSW 的源定位分析中可以发现前额叶区域的激活。因此综合 FSW 和双侧 TP450、TPSW 的效应, 可以反映出在意图加工晚期, 以右侧颞顶联合区为主、协同前额叶与左侧颞顶联合区共同作用以完成对意图和结果信息的整合控制推理加工的过程。

综上所述, 道德判断中意图信息的加工至少包括直觉加工和控制推理等心理过程, 而位于不同区域的 ERP 效应则反映出道德判断情境中意图信息加工的四个阶段: 右侧颞顶联合区对道德好坏做出早期的直觉反应, 表现为助人和伤人成功条件下波幅更大的 N180 成分; 左侧颞顶联合区对意图信息的早期知觉表征, 表现为头皮左侧的 N250 成分; 前额叶对意图和结果信息整合加工的认知控制, 表现为头皮前部的晚期慢波 FSW 成分; 以右侧颞顶联合区为主、协同前额叶和左侧颞顶联合区完成的高级的晚期控制推理加工, 表现为双侧颞顶区的 TP450 和 TPSW 成分。

6.1.3 调节右侧颞顶联合区皮质兴奋性对道德判断意图加工的影响

2003 年, Saxe 和 Kanwisher(2003)采用 fMRI 扫描首次发现被试在加工他人信念等心理状态信息时, 右侧颞顶联合区(RTPJ)的 BOLD 信号水平显著增高, 而当被试阅读他人身体信息或非人类信息时, RTPJ 区域的 BOLD 信号水平无显著变化, 由此提出 RTPJ 只在推理心理状态信息时选择性激活。随后, Perner 等人(2006)采用错误信念任务和图片材料发现 RTPJ 只对错误信念显著激活, 而对错误信号没有反应, 由此区别了 RTPJ 与左侧颞顶联

合区 (LTPJ) 的功能, 证明了 RTPJ 是心理理论的核心脑区, 代表了对他人意图、观点和动机的编码和整合加工。在道德判断研究领域, Young 等人(2007)首次报告 RTPJ 在个体加工意图信息时显著激活, 且在加工伤人未遂的意图信息时激活程度最高, 由此指出了心理理论加工在道德判断中的作用, 并再次验证了 RTPJ 在道德判断意图加工中的重要作用。2010 年, 研究者采用 TMS 干扰 RTPJ 的激活, 发现正常个体在判断伤人未遂情境时许可度显著提高, 由此证实了 RTPJ 活动与个体道德判断意图加工之间的因果联系(Young, et al., 2010b)。

在本研究中, 我们采用 tDCS 刺激对右侧颞顶联合区的皮质兴奋性进行了调节, 考查了该区域皮质兴奋性的变化对助人和伤人行为道德判断中意图加工的影响。总体而言, 结果表明阳极刺激使个体道德判断加工的反应时显著延长, 而阴极刺激则使个体道德判断的反应时显著缩短。这表明当 RTPJ 皮质兴奋性提高时, 个体更多地考虑意图和信念信息, 从而导致整合意图结果信息的时间延长, 而当 RTPJ 皮质兴奋性减弱时, 个体对意图和信念信息的推理和联想减少, 导致个体加工的反应时缩短。这种反应时上的效应与之前 TMS 研究发现的道德判断的评价效应有所不同, 可能因为 tDCS 刺激只是对目标区域皮质兴奋性进行短暂调节, 而不是短暂破坏该区域的功能。因此右侧颞顶联合区皮质兴奋性的变化并未体现在道德评价上, 而是细微地反映在反应时的差异上。

在伤人行为道德判断中, 我们发现了 tDCS 刺激与意图和结果的交互作用, 说明当意图和结果信息相冲突的时候, 具有整合功能的 RTPJ 皮质兴奋性的改变影响了个体加工的反应时。而在助人行为道德判断中, 我们只发现了 tDCS 与意图的交互作用, 没有发现与结果的交互作用, 即当故事主角具有助人意图时, RTPJ 皮质兴奋性的改变导致个体加工的反应时显著延长或缩短。伤人与助人行为在 tDCS 刺激效应上的差异在一定程度上反映了两种行为判断的加工机制的差异, 即在伤人行为道德判断中, 意图和结果的交互作用显著, RTPJ 的整合功能显得更加重要, 而在助人行为的道德判断中, 赞扬度的评价只发现了意图和结果的主效应, 没有发现交互作用, 说明在助人行为判断中, 结果的权重增加, 在道德判断时 RTPJ 更多的涉及到对意图信息本身的加工, 而与结果信息的整合加工减弱, 因此改变 RTPJ 的皮质兴奋性更多地体现在对意图因素的影响上。Young 认为 RTPJ 只对伤害意图下的错误信念敏感, 当个体做出一个相对负性的评价时, RTPJ 显著激活(Young, et al., 2011), 但我们的结果表明, RTPJ 不仅对伤人意图敏感, 对助人意图信息也高度敏感。

此外, 以往研究表明 tDCS 阳极刺激相比阴极刺激更能对个体的认知加工产生显著影响(Jacobson, et al., 2012)。在本研究中, 与阴极刺激条件相比, 阳极刺激条件下, 伤人行为

道德判断中意外伤人的反应时显著延长，助人行为道德判断中反应时的效应提前出现。这些差异表明在道德判断意图加工中，tDCS 阳极刺激 RTPJ 脑区对意图加工的影响相对阴极刺激而言可能更大。

与研究者常用的 TMS 刺激相比，本研究的结果表明 tDCS 刺激也能对个体的高级社会认知加工产生显著影响，虽然就道德判断而言，tDCS 的影响更多的体现在反应时而非道德评价上，但这种显著的效应仍然给 tDCS 技术在高级社会认知加工研究领域的应用提供了启发和支持。而且相对 TMS 的干扰功能而言，tDCS 刺激的优势在于不仅可以通过阴极刺激降低目标区域的皮质兴奋性，还能够通过阳极刺激提高目标区域的皮质兴奋性，从抑制和促进的不同角度无创性地考察皮层兴奋性的改变对个体认知加工的影响。

6.1.4 道德判断意图信息加工模型

目前在道德判断的认知神经科学研究中，研究者们普遍推崇的是 Greene 等人提出的双加工理论模型，即认为道德判断是情绪和认知推理两大系统相互协作竞争产生的(Greene, 2009)。Young 等人在道德推理的领域下，提出了意图信息加工及其与其他信息的整合在道德判断推理中的重要作用(Young, et al., 2007)。此外，大量脑成像研究表明前额叶和双侧颞顶叶参与了道德判断的意图加工，其中右侧颞顶联合区是意图加工的核心区域(Young, et al., 2010b; Young & Dungan, 2012)。本研究在前人研究结论的基础上，采用行为实验、ERP 和 tDCS 等方法和技术对伤人和助人行为道德判断的意图加工机制进行了探索和考察。通过整合已有研究成果和本研究的发现，我们提出了道德判断意图加工的模型，旨在从行为、心理、脑机制和脑刺激干预等多个水平阐释道德判断意图加工的心理和神经机制（图 45）。与双加工理论模型相比，本模型的特点和创新主要体现在以下几个方面：

首先，双加工理论模型是基于经典的涉及伤人、害人的道德两难任务提出的，有关道德判断意图加工的研究也主要关注了伤害等负性意图和行为。对关心、帮助等正性意图的道德判断研究几乎还是空白。本研究编制了与伤人行为道德判断相匹配的助人行为道德判断的意图-结果故事材料，并从行为、脑电和干预等方面对助人行为道德判断进行了考察。发现助人行为道德判断中意图加工的机制与伤人行为道德判断意图加工机制是相似的，因此，本模型的第一个创新之处是将助人行为道德判断的机制容纳到道德判断意图加工理论中。

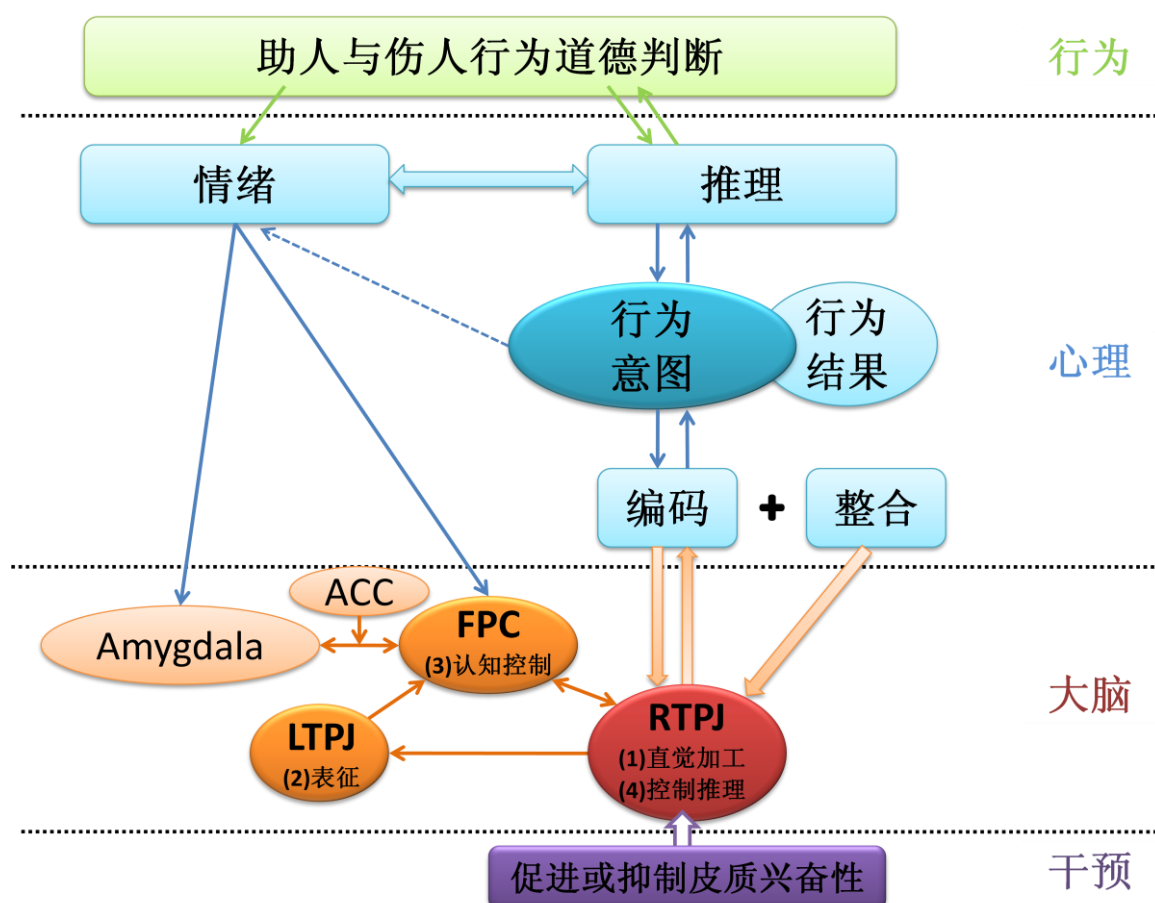


图 45 道德判断意图信息加工模型

其次，已有理论和模型证实道德判断源于情绪与认知推理的协同加工，而认知推理的一个重要因素就是对行为意图的理解及其与行为结果的整合。fMRI 研究发现前额叶和双侧颞顶联合区在意图加工和整合中具有重要作用，但是这些脑区之间在时间进程上存在什么关系？在意图加工的不同阶段各脑区之间如何交互作用？基于本研究 ERP 实验的结果，本模型提出道德判断中的意图信息加工在神经机制上至少包括了以下四个阶段：（1）右侧颞顶联合区对意图信息进行早期自动的道德直觉加工，主要体现为伤人成功和助人成功条件下波幅更大的头皮右侧颞顶区的 N180 成分；（2）左侧颞顶联合区在更广泛的水平上对意图信息进行知觉表征，主要体现在头皮左侧的 N250 成分；（3）前额叶参与意图信息的认知控制加工，并将道德判断中的情绪和认知因素进行整合，主要体现为伤人未遂和助人未遂条件下波幅更大的头皮前额区的晚期慢波 FSW 成分；（4）最后回到右侧颞顶联合区，在更加高级的水平，通过与其他脑区的共同协作，对意图及其相关信息进行控制推理加工，主要体现为双侧颞顶区的 TP450 和 TPSW 成分。这四个阶段在一定程度上提示了道德判断神经网络的不同组成部分在意图加工中时间进程上的交互作用。综上所述，提出意图加工的时间进程和四个加工阶段是本模型的特色之一。

第三，基于已有研究成果和本研究 tDCS 实验的发现，本模型中强调了右侧颞顶联合区在道德判断意图加工中的核心作用，它不仅参与了意图加工的各个阶段，更与意图加工有着因果联系。通过对右侧颞顶联合区进行无创的短暂干预，可以在心理和行为水平上引起个体道德判断的改变。本模型基于实证研究的结果，将脑刺激和干预纳入到模型中，强调通过对特定脑区的刺激和干预可以影响个体的心理加工和行为表现，使本模型不仅局限于对特定心理现象和神经机制的描述，还包括了可以影响心理加工的在脑机制层面的干预，对实际的临床研究和应用提供了启发。

6.2 总结论

通过从行为、时间进程、脑机制和脑刺激干预等多个层面对伤人行为和助人行为道德判断中意图加工的机制进行考察，本研究得到以下结论：

首先，意图加工在伤人行为和助人行为道德判断中，都具有重要作用。在意图与结果信息冲突的条件下，正常个体更加依赖于意图信息做出道德判断，并且相对意图与结果信息一致的条件，冲突条件下被试需要更多的时间整合意图和结果信息以做出合理的道德判断。

其次，与伤人行为道德判断相比，在助人行为道德判断中，个体对行为结果因素的考虑增加，因此在赞扬度评分上没有显著的意图与结果的交互作用，但是在反应时上两个因素的交互作用表明个体在对助人行为进行道德判断时，意图信息仍然是最重要的因素。

第三，道德判断意图加工至少包括意图信息的自动道德直觉加工、意图与结果信息控制整合和推理等心理过程，并体现在位于头皮前部和双侧颞顶区域的 ERP 成分上。具体而言，道德判断中意图信息的加工体现为四个阶段：从右侧颞顶联合区的快速自动道德直觉加工，到左侧颞顶联合区知觉表征，到前额叶认知控制加工，最后回到右侧颞顶联合区并与其他脑区共同协调完成晚期的控制推理加工的时空模式。

第四，右侧颞顶联合区是意图加工的核心脑区，ERP 结果表明它参与了意图的早期道德直觉和晚期整合控制推理加工。采用 tDCS 刺激调节该脑区的皮质兴奋性能够影响个体在道德判断中对意图信息的加工。具体表现为：在意图与结果信息冲突的情况下，提高右侧颞顶联合区的皮质兴奋性会使个体做出道德判断的反应时延长，而降低该脑区皮质兴奋性则会显著缩短个体道德判断的反应时。此结果表明对大脑特定区域进行无创干预，在一定程度上对个体的相关行为表现造成显著影响。

6.3 研究创新与展望

6.3.1 研究主要创新点

首先，本研究从行为、时间进程和脑刺激干预等多个水平和层面探索了道德判断的心理与神经机制，系统地采用实验法研究了道德判断意图加工，提出了道德判断意图加工的时空模型，区分了道德判断意图加工的四个阶段，这是对传统道德哲学研究的有力支持和补充，也是将认知神经科学技术应用到高级的社会认知研究领域的一项重大尝试。

其次，本研究首次从道德判断的角度研究了涉及伤害、生命安危的助人行为判断加工。从古至今，对他人提供帮助的亲社会行为在所有社会形态中都是具有重要意义的，尤其在当今中国社会，经济的飞速发展伴随着人们在价值观上的诸多困惑，道德冷漠现象越发严重，人们对他人的痛苦只表现出同情而无法付诸实际的助人行动。而本研究采用科学的实验方法，探索人们对救死扶伤的助人行为道德判断的认知加工机制，不仅填补了道德判断研究领域的一大空白，也有助于我们了解自身，改善日益严重的道德冷漠现象。

第三，本研究不仅局限于揭示和描述道德加工的机制和规律，更重要地是尝试通过无创伤地改变大脑活动的方式对人们的道德判断加工进行干预。成熟的道德加工应是更看重行为的意图而非结果的，我们的研究探索了通过对右侧颞顶联合区进行 tDCS 刺激能够有效影响人们在道德加工中对意图信息的编码和对意图、结果等信息进行整合的加工。以往 tDCS 技术主要应用于临床治疗和康复等领域，本研究的结果表明该技术在正常群体的高级社会认知功能研究领域也有极大的应用价值。

第四，从研究方法来看，本研究采用行为实验、ERP 技术、tDCS 技术等多种方法考察道德加工，并对传统道德加工范式进行了改良，使其能更好地反映道德加工的规律。这些技术的尝试和方法的改良将有助于今后的临床测评和应用实践。

6.3.2 研究的不足及展望

本研究采用行为实验、ERP 技术、tDCS 技术等多种方法考察了伤人和助人行为道德判断中意图加工的机制，从行为、心理、脑机制和脑刺激干预等水平提出了道德判断意图加工的模型。虽然对道德判断领域的理论和研究提供了很有价值的考证和补充，但本研究仍存在一些不足，在道德判断研究领域还有大量问题值得探索：

首先，本研究在七个实验中都采用了经典的意图-结果道德判断任务，将意图和结果两

个因素分别设置为情绪性和中性两个水平，以考察个体在道德判断中对意图信息及其与其他信息整合的加工。在该任务中，预示信息先于意图信息呈现，所以当本研究所关心的意图信息呈现时，被试实际上已经在之前的预示信息中知道了主角行为可能导致的结果。所以在意图信息呈现时，至少包括了意图信息编码和意图与结果信息整合两个加工过程。在研究二的 ERP 实验中，我们只能根据 ERP 成分潜伏期的早晚来区分不同的加工阶段，而无法在实验控制上区别出单纯的编码和整合加工，从实验结果来看，在意图信息呈现时，很可能在非常早期的阶段个体已经开始了整合加工。因此，将来的研究有必要通过调整预示和意图信息的呈现顺序等方式，在实验操控上分离出不同的加工阶段，进一步考察意图加工的时间进程和脑机制。此外，本研究只关注了意图和结果信息的整合加工，而仅针对意图因素而言，将来还可以进一步考察行为实施者自身意图、行为实施对象意图等因素的交互作用。

第二，研究二中采用了源定位的方法来探索皮层中产生 ERP 成分的源，并以源定位结果作为分析和解释意图加工神经机制的重要依据。但是，ERP 技术的源定位分析作为一种逆运算的方法，其准确性和空间分辨率是较低的，因此本研究中对各 ERP 成分所代表的脑区活动的解释仅仅是一种推论。在将来的研究中，需要采用高密度的 ERP 技术并结合 fMRI 来准确定位各 ERP 成分的源，以更准确地探索和解释道德判断意图加工的神经机制。

第三，本研究虽然分别对伤人和助人行为道德判断进行了考察，但并没有直接在一个实验中对伤人和助人行为的道德判断加工进行比较。此外，本研究只是局限于理性推理的领域，对意图加工中的正性、负性和中性意图进行了考察，但并没有系统操控涉及道德判断的情绪加工。情绪因素作为道德判断系统的一个重要组成成分，对个体的道德判断加工具有重要影响。因此，在将来的研究中，一方面可以采用被试内设计，直接比较个体对正性和负性事件做出道德判断的差异，另一方面可以对情绪因素进行系统操控，考察情绪加工在道德判断意图加工中的影响和作用。

第四，研究三中采用 tDCS 刺激技术调节了右侧颞顶联合区的皮质兴奋性并在行为水平上发现了道德判断的显著变化。但是，虽然右侧颞顶联合区是道德判断意图加工的核心区域，但它并不是唯一区域。道德判断是多个脑区整合加工、协调作用的结果。因此，将来的研究可进一步使用 tDCS 刺激左侧颞顶区、前额区等道德加工相关脑区，结合近红外光学成像、磁共振成像等脑成像技术，综合探索道德判断的神经机制。另外，研究证实许多社会功能有缺陷的人群，如孤独症患者、反社会人格障碍患者等，在理解他人意图和道德判断加工方面都存在障碍，tDCS 这种非侵入性、无副作用的刺激对这类人群在高级社会

认知功能的提高和改善方面将具有积极的应用前景。本研究的所有被试均为健康大学生，因此本研究结论在其他人群（不同年龄、不同文化程度等）的适用性还需要进一步考证。

参考文献

- Alexander, W. H., & Brown, J. W. Medial prefrontal cortex as an action-outcome predictor [J].*Nat Neurosci* 2011.14, 1338-1344.
- Andrews, S. C., Hoy, K. E., Enticott, P. G., Daskalakis, Z. J., & Fitzgerald, P. B. Improving working memory: the effect of combining cognitive activity and anodal transcranial direct current stimulation to the left dorsolateral prefrontal cortex [J].*Brain Stimulation* 2011.4, 84-89.
- Aranda, C., Madrid, E., Tudela, P., & Ruz, M. Category expectations: A differential modulation of the N170 potential for faces and words [J].*Neuropsychologia* 2010.48, 4038-4045.
- Bach, L. J., Happe, F., Fleming, S., & Powell, J. Theory of mind: Independence of executive function and the role of the frontal cortex in acquired brain injury [J].*Cognitive Neuropsychiatry* 2000.5, 175-192.
- Baird, J. A., & Astington, J. W. The role of mental state understanding in the development of moral cognition and moral action [J].*New Directions for Child and Adolescent Development* 2004.2004, 37-49.
- Bandura, A. Moral disengagement in the perpetration of inhumanities [J].*Pers Soc Psychol Rev* 1999.3, 193-209.
- Berryhill, M. E., Wencil, E. B., Coslett, H. B., & Olson, I. R. A selective working memory impairment after transcranial direct current stimulation to the right parietal lobe [J].*Neuroscience Letters* 2010.479, 312-316.
- Berthoz, S., Armony, J., Blair, R., & Dolan, R. An fMRI study of intentional and unintentional (embarrassing) violations of social norms [J].*Brain* 2002.125, 1696-1708.
- Bindman, L. J., Lippold, O. C., & Redfearn, J. W. The Action of Brief Polarizing Currents on the Cerebral Cortex of the Rat (1) during Current Flow and (2) in the Production of Long-Lasting after-Effects [J].*The Journal of physiology* 1964.172, 369-382.
- Boggio, P. S., Campanha, C., Valasek, C. A., Fecteau, S., Pascual-Leone, A., & Fregni, F. Modulation of decision-making in a gambling task in older adults with transcranial direct current stimulation [J].*The European journal of neuroscience* 2010.31, 593-597.
- Boggio, P. S., Zaghi, S., & Fregni, F. Modulation of emotions associated with images of human pain using anodal transcranial direct current stimulation (tDCS) [J].*Neuropsychologia* 2009.47, 212-217.
- Bolognini, N., Fregni, F., Casati, C., Olgiati, E., & Vallar, G. Brain polarization of parietal cortex augments training-induced improvement of visual exploratory and attentional skills [J].*Brain Research* 2010.1349, 76-89.
- Bolognini, N., Olgiati, E., Rossetti, A., & Maravita, A. Enhancing multisensory spatial orienting by brain polarization of the parietal cortex [J].*The European journal of neuroscience* 2010.31, 1800-1806.
- Botvinick, M. M., Braver, T. S., Barch, D. M., Carter, C. S., & Cohen, J. D. Conflict monitoring and cognitive control [J].*Psychological Review* 2001.108, 624-652.

- Botvinick, M. M., Cohen, J. D., & Carter, C. S. Conflict monitoring and anterior cingulate cortex: an update [J]. *Trends in Cognitive Science* 2004.8, 539-546.
- Brass, M., Schmitt, R. M., Spengler, S., & Gergely, G. Investigating action understanding: Inferential processes versus action simulation [J]. *Current Biology* 2007.17, 2117-2121.
- Carlo, G., Hausmann, A., Christiansen, S., & Randall, B. A. Sociocognitive and behavioral correlates of a measure of prosocial tendencies for adolescents [J]. *The Journal of Early Adolescence* 2003.23, 107-134.
- Carter, R. M., Bowling, D. L., Reeck, C., & Huettel, S. A. A distinct role of the temporal-parietal junction in predicting socially guided decisions [J]. *Science* 2012.337, 109-111.
- Casebeer, W. D. Moral cognition and its neural constituents [J]. *Nature Reviews Neuroscience* 2003.4, 840-846.
- Castelli, F., Happe, F., Frith, U., & Frith, C. Movement and mind: A functional imaging study of perception and interpretation of complex intentional movement patterns [J]. *Neuroimage* 2000.12, 314-325.
- Cerruti, C., & Schlaug, G. Anodal transcranial direct current stimulation of the prefrontal cortex enhances complex verbal associative thought [J]. *Journal of Cognitive Neuroscience* 2009.21, 1980-1987.
- Chen, P., Qiu, J., Li, H., & Zhang, Q. Spatiotemporal cortical activation underlying dilemma decision-making: an event-related potential study [J]. *Biol Psychol* 2009.82, 111-115.
- Cheung, H., Chen, L., Szeto, C.-Y., Feng, G., Lu, G., Zhang, Z., Zhu, Z., & Wang, S. False belief and verb non-factivity: A common neural basis? [J]. *International Journal of Psychophysiology* 2012.83, 357-364.
- Christensen, J. F., & Gomila, A. Moral dilemmas in cognitive neuroscience of moral decision-making: A principled review [J]. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews* 2012.36, 1249-1264.
- Cooper, J. C., Kreps, T. A., Wiebe, T., Pirkel, T., & Knutson, B. When Giving Is Good: Ventromedial Prefrontal Cortex Activation for Others' Intentions [J]. *Neuron* 2010.67, 511-521.
- Cushman, F., Young, L., & Hauser, M. The role of conscious reasoning and intuition in moral judgment: testing three principles of harm [J]. *Psychological Science* 2006.17, 1082-1089.
- Decety, J., & Cacioppo, S. The speed of morality: a high-density electrical neuroimaging study [J]. *Journal of Neurophysiology* 2012.108, 3068-3072.
- Decety, J., Jackson, P. L., Sommerville, J. A., Chaminade, T., & Meltzoff, A. N. The neural bases of cooperation and competition: an fMRI investigation [J]. *Neuroimage* 2004.23, 744-751.
- Durkheim, E. *Moral education* [M]. New York: The Free Press, 1973.
- Egner, T., & Hirsch, J. The neural correlates and functional integration of cognitive control in a Stroop task [J]. *Neuroimage* 2005.24, 539-547.
- Eisenberg-Berg, N. Development of children's prosocial moral judgment [J]. *Developmental Psychology* 1979.15, 128-137.
- Eisenberg, N., Cumberland, A., Guthrie, I. K., Murphy, B. C., & Shepard, S. A. Age changes in prosocial responding and moral reasoning in adolescence and early adulthood [J]. *Journal of Research on Adolescence* 2005.15, 235-260.
- Eisenberg, N., Zhou, Q., & Koller, S. Brazilian Adolescents' Prosocial Moral Judgment and Behavior: Relations to Sympathy, Perspective Taking, Gender - Role Orientation, and Demographic Characteristics [J]. *Child Development* 2003.72, 518-534.

- Elsberg, C. A. Experiments on Motor Nerve Regeneration and the Direct Neurotization of Paralyzed Muscles by Their Own and by Foreign Nerves [J]. *Science* 1917.45, 318-320.
- Eskine, K. J., Kacinik, N. A., & Prinz, J. J. A bad taste in the mouth: gustatory disgust influences moral judgment [J]. *Psychological Science* 2011.22, 295-299.
- Etkin, A., Egner, T., & Kalisch, R. Emotional processing in anterior cingulate and medial prefrontal cortex [J]. *Trends in Cognitive Sciences* 2011.15, 85-93.
- Fehr, E., & Rockenbach, B. Human altruism: economic, neural, and evolutionary perspectives [J]. *Current Opinion in Neurobiology* 2004.14, 784-790.
- FeldmanHall, O., Mobbs, D., & Dalgleish, T. Deconstructing the brain's moral network: dissociable functionality between the temporoparietal junction and ventro-medial prefrontal cortex [J]. *Social Cognitive and Affective Neuroscience* 2013.
- Fiori, V., Coccia, M., Marinelli, C. V., Vecchi, V., Bonifazi, S., Ceravolo, M. G., Provinciali, L., Tomaiuolo, F., & Marangolo, P. Transcranial direct current stimulation improves word retrieval in healthy and nonfluent aphasic subjects [J]. *Journal of Cognitive Neuroscience* 2011.23, 2309-2323.
- Fletcher, P. C., Happe, F., Frith, U., Baker, S. C., Dolan, R. J., Frackowiak, R. S., & Frith, C. D. Other minds in the brain: a functional imaging study of "theory of mind" in story comprehension [J]. *Cognition* 1995.57, 109-128.
- Floel, A., Rosser, N., Michka, O., Knecht, S., & Breitenstein, C. Noninvasive brain stimulation improves language learning [J]. *Journal of Cognitive Neuroscience* 2008.20, 1415-1422.
- Freud, S. The ego and the id. [M]. New York: Norton, 1962.
- Funk, C. M., & Gazzaniga, M. S. The functional brain architecture of human morality [J]. *Current Opinion in Neurobiology* 2009.19, 678-681.
- Geangu, E., Gibson, A., Kaduk, K., & Reid, V. M. The neural correlates of passively viewed sequences of true and false beliefs [J]. *Soc Cogn Affect Neurosci* 2012.
- Gobbini, M. I., Koralek, A. C., Bryan, R. E., Montgomery, K. J., & Haxby, J. V. Two takes on the social brain: A comparison of theory of mind tasks [J]. *Journal of Cognitive Neuroscience* 2007.19, 1803-1814.
- Gozzi, M., Raymont, V., Solomon, J., Koenigs, M., & Grafman, J. Dissociable effects of prefrontal and anterior temporal cortical lesions on stereotypical gender attitudes [J]. *Neuropsychologia* 2009.47, 2125-2132.
- Graham, J., Haidt, J., & Nosek, B. A. Liberals and conservatives rely on different sets of moral foundations [J]. *Journal of Personality and Social Psychology* 2009.96, 1029-1046.
- Graham, J., Nosek, B. A., Haidt, J., Iyer, R., Koleva, S., & Ditto, P. H. Mapping the Moral Domain [J]. *Journal of Personality and Social Psychology* 2011.101, 366-385.
- Greene, J. Emotion and cognition in moral judgment: Evidence from neuroimaging [M]. In J. P. D. A. R. S. W. C. Y. Changeux (Ed.), *Neurobiology of Human Values* (2005 pp. 57-66).
- Greene, J. D. Why are VMPFC patients more utilitarian? A dual-process theory of moral judgment explains [J]. *Trends in Cognitive Sciences* 2007.11, 322-323.
- Greene, J. D. Dual-process morality and the personal/impersonal distinction: A reply to McGuire, Langdon, Coltheart, and Mackenzie [J]. *Journal of Experimental Social Psychology* 2009.45, 581-584.
- Greene, J. D., Cushman, F. A., Stewart, L. E., Lowenberg, K., Nystrom, L. E., & Cohen, J. D. Pushing moral buttons: The interaction between personal force and intention in moral judgment [J]. *Cognition* 2009.111, 364-371.

- Greene, J. D., & Haidt, J. How (and where) does moral judgment work? [J].Trends in Cognitive Sciences 2002.6, 517-523.
- Greene, J. D., Morelli, S. A., Lowenberg, K., Nystrom, L. E., & Cohen, J. D. Cognitive load selectively interferes with utilitarian moral judgment [J].Cognition 2008.107, 1144-1154.
- Greene, J. D., Nystrom, L. E., Engell, A. D., Darley, J. M., & Cohen, J. D. The neural bases of cognitive conflict and control in moral judgment [J].Neuron 2004.44, 389-400.
- Greene, J. D., & Paxton, J. M. Patterns of neural activity associated with honest and dishonest moral decisions [J].Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 2009.106, 12506-12511.
- Greene, J. D., Sommerville, R. B., Nystrom, L. E., Darley, J. M., & Cohen, J. D. An fMRI investigation of emotional engagement in moral judgment [J].Science 2001.293, 2105-2108.
- Haidt, J. The emotional dog and its rational tail: a social intuitionist approach to moral judgment [J].Psychological Review 2001.108, 814-834.
- Haidt, J. The new synthesis in moral psychology [J].Science 2007.316, 998-1002.
- Haidt, J. Morality [J].Perspectives on Psychological Science 2008.3, 65-72.
- Haidt, J., & Graham, J. When morality opposes justice: conservatives have moral intuitions that liberals may not recognize [J].Social Justice Research 2007.20, 98-116.
- Hamilton, A. F. D., & Grafton, S. T. Goal representation in human anterior intraparietal sulcus [J].Journal of Neuroscience 2006.26, 1133-1137.
- Harenski, C. L., Antonenko, O., Shane, M. S., & Kiehl, K. A. A functional imaging investigation of moral deliberation and moral intuition [J].Neuroimage 2010.49, 2707-2716.
- Harenski, C. L., & Hamann, S. Neural correlates of regulating negative emotions related to moral violations [J].Neuroimage 2006.30, 313-324.
- Holland, R., Leff, Alex P., Josephs, O., Galea, Joseph M., Desikan, M., Price, Cathy J., Rothwell, John C., & Crinion, J. Speech Facilitation by Left Inferior Frontal Cortex Stimulation [J].Current Biology 2011.21, 1403-1407.
- Izuma, K., Saito, D. N., & Sadato, N. Processing of the incentive for social approval in the ventral striatum during charitable donation [J].J Cogn Neurosci 2010.22, 621-631.
- Jacobson, L., Koslowsky, M., & Lavidor, M. tDCS polarity effects in motor and cognitive domains: a meta-analytical review [J].Experimental Brain Research 2012.216, 1-10.
- Johnson, J. A., Strafella, A. P., & Zatorre, R. J. The role of the dorsolateral prefrontal cortex in bimodal divided attention: Two transcranial magnetic stimulation studies [J].Journal of Cognitive Neuroscience 2007.19, 907-920.
- Jurcak, V., Tsuzuki, D., & Dan, I. 10/20, 10/10, and 10/5 systems revisited: Their validity as relative head-surface-based positioning systems [J].Neuroimage 2007.34, 1600-1611.
- Karim, A. A., Schneider, M., Lotze, M., Veit, R., Sauseng, P., Braun, C., & Birbaumer, N. The truth about lying: Inhibition of the anterior prefrontal cortex improves deceptive behavior [J].Cerebral Cortex 2010.20, 205-213.
- Kayser, D. N., Greitemeyer, T., Fischer, P., & Frey, D. Why mood affects help giving, but not moral courage: Comparing two types of prosocial behaviour [J].European Journal of Social Psychology 2010.40, 1136-1157.
- Keiser, D., Meindl, T., Bor, J., Palm, U., Pogarell, O., Mulert, C., Brunelin, J., Moller, H. J., Reiser, M., & Padberg, F. Prefrontal transcranial direct current stimulation changes connectivity of resting-state networks during fMRI [J].Journal of Neuroscience 2011.31,

15284-15293.

- Kincses, T. Z., Antal, A., Nitsche, M. A., Bartfai, O., & Paulus, W. Facilitation of probabilistic classification learning by transcranial direct current stimulation of the prefrontal cortex in the human [J].*Neuropsychologia* 2004.42, 113-117.
- Kliemann, D., Young, L., Scholz, J., & Saxe, R. The influence of prior record on moral judgment [J].*Neuropsychologia* 2008.46, 2949-2957.
- Knobe, J. Theory of mind and moral cognition: Exploring the connections [J].*Trends in Cognitive Sciences* 2005.9, 357-359.
- Koenigs, M., Young, L., Adolphs, R., Tranel, D., Cushman, F., Hauser, M., & Damasio, A. Damage to the prefrontal cortex increases utilitarian moral judgements [J].*Nature* 2007.446, 908-911.
- Kohlberg, L. Stage and sequence: The cognitive-developmental approach to socialization [M]. Rand McNally, 1969.
- Kok, A. On the utility of P3 amplitude as a measure of processing capacity [J].*Psychophysiology* 2001.38, 557-577.
- Kondo, H., Osaka, N., & Osaka, M. Cooperation of the anterior cingulate cortex and dorsolateral prefrontal cortex for attention shifting [J].*Neuroimage* 2004.23, 670-679.
- Kristin, D., Turiel, E., & Anshel, D. Reasoning about interpersonal responsibility when making judgments about scenarios depicting close personal relationships [J].*Psychological Reports* 2002.90, 723-742.
- Lagopoulos, J., Hermens, D. F., Naismith, S. L., Scott, E. M., & Hickie, I. B. Frontal lobe changes occur early in the course of affective disorders in young people [J].*Bmc Psychiatry* 2012.12.
- Leiberg, S., Klimecki, O., & Singer, T. Short-Term Compassion Training Increases Prosocial Behavior in a Newly Developed Prosocial Game [J].*Plos One* 2011.6, e17798
- Levine, M., Prosser, A., Evans, D., & Reicher, S. Identity and emergency intervention: How social group membership and inclusiveness of group boundaries shape helping behavior [J].*Personality and Social Psychology Bulletin* 2005.31, 443-453.
- Liu, D., Meltzoff, A. N., & Wellman, H. M. Neural Correlates of Belief- and Desire-Reasoning [J].*Child Development* 2009.80, 1163-1171.
- Loke, I. C., Evans, A. D., & Lee, K. The neural correlates of reasoning about prosocial-helping decisions: An event-related brain potentials study [J].*Brain Research* 2011.1369, 140-148.
- Luck, S. J., (范思陆, 丁玉珑, 曲折, 傅世敏 译). 事件相关电位基础 [M]. 上海: 华东师范大学出版社, 2009.
- Mansouri, F. A., Tanaka, K., & Buckley, M. J. Conflict-induced behavioural adjustment: a clue to the executive functions of the prefrontal cortex [J].*Nature Reviews Neuroscience* 2009.10, 141-152.
- Mathur, V. A., Harada, T., Lipke, T., & Chiao, J. Y. Neural basis of extraordinary empathy and altruistic motivation [J].*Neuroimage* 2010.51, 1468-1475.
- McCleery, J. P., Surtees, A. D. R., Graham, K. A., Richards, J. E., & Apperly, I. A. The Neural and Cognitive Time Course of Theory of Mind [J].*Journal of Neuroscience* 2011.31, 12849-12854.
- McGuire, J., Langdon, R., Coltheart, M., & Mackenzie, C. A reanalysis of the personal/impersonal distinction in moral psychology research [J].*Journal of Experimental*

- Social Psychology 2009.45, 577-580.
- Mitchell, J. P., Banaji, M. R., & Macrae, C. N. General and specific contributions of the medial prefrontal cortex to knowledge about mental states [J].*Neuroimage* 2005.28, 757-762.
- Moll, J., de Oliveira-Souza, R., Bramati, I. E., & Grafman, J. Functional networks in emotional moral and nonmoral social judgments [J].*Neuroimage* 2002.16, 696-703.
- Moll, J., Krueger, F., Zahn, R., Pardini, M., de Oliveira-Souza, R., & Grafman, J. Human fronto-mesolimbic networks guide decisions about charitable donation [J].*Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 2006.103, 15623-15628.
- Moll, J., Oliveira - Souza, D., & Zahn, R. The neural basis of moral cognition [J].*Annals of the New York Academy of Sciences* 2008.1124, 161-180.
- Moll, J., Zahn, R., de Oliveira-Souza, R., Bramati, I. E., Krueger, F., Tura, B., Cavanagh, A. L., & Grafman, J. Impairment of prosocial sentiments is associated with frontopolar and septal damage in frontotemporal dementia [J].*Neuroimage* 2011.54, 1735-1742.
- Moran, J. M., Young, L. L., Saxe, R., Lee, S. M., O'Young, D., Mavros, P. L., & Gabrieli, J. D. Impaired theory of mind for moral judgment in high-functioning autism [J].*Proceedings of the National Academy of Sciences* 2011.108, 2688-2692.
- Morishima, Y., Schunk, D., Bruhin, A., Ruff, Christian C., & Fehr, E. Linking Brain Structure and Activation in Temporoparietal Junction to Explain the Neurobiology of Human Altruism [J].*Neuron* 2012.75, 73-79.
- Nitsche, M. A., & Paulus, W. Excitability changes induced in the human motor cortex by weak transcranial direct current stimulation [J].*The Journal of physiology* 2000.527 Pt 3, 633-639.
- Paxton, J. M., & Greene, J. D. Moral Reasoning: Hints and Allegations [J].*Topics in Cognitive Science* 2010.2, 511-527.
- Perner, J., Aichhorn, M., Kronbichler, M., Staffen, W., & Ladurner, G. Thinking of mental and other representations: The roles of left and right temporo-parietal junction [J].*Social Neuroscience* 2006.1, 245-258.
- Piaget, J. The moral development of the child [M].London: Rutledge and Kegan Paul 1932.
- Pizarro, D., Uhlmann, E., & Salovey, P. Asymmetry in Judgments of Moral Blame and Praise The Role of Perceived Metadesires [J].*Psychological Science* 2003.14, 267-272.
- Polich, J., & Kok, A. Cognitive and biological determinants of P300: an integrative review [J].*Biol Psychol* 1995.41, 103-146.
- Premack, D., & Woodruff, G. Does the chimpanzee have a theory of mind? [J].*Behavioral and brain sciences* 1978.1, 515-526.
- Priori, A., Berardelli, A., Rona, S., Accornero, N., & Manfredi, M. Polarization of the human motor cortex through the scalp [J].*Neuroreport* 1998.9, 2257-2260.
- Proverbio, A. M., & Riva, F. RP and N400 ERP components reflect semantic violations in visual processing of human actions [J].*Neuroscience Letters* 2009.459, 142-146.
- Proverbio, A. M., Riva, F., & Zani, A. When neurons do not mirror the agent's intentions: sex differences in neural coding of goal-directed actions [J].*Neuropsychologia* 2010.48, 1454-1463.
- Rameson, L. T., Morelli, S. A., & Lieberman, M. D. The Neural Correlates of Empathy: Experience, Automaticity, and Prosocial Behavior [J].*Journal of Cognitive Neuroscience* 2012.24, 235-245.

- Rushworth, M. F., Walton, M. E., Kennerley, S. W., & Bannerman, D. M. Action sets and decisions in the medial frontal cortex [J]. *Trends Cogn Sci* 2004.8, 410-417.
- Sabbagh, M. A., Moulson, M. C., & Harkness, K. L. Neural correlates of mental state decoding in human adults: an event-related potential study [J]. *J Cogn Neurosci* 2004.16, 415-426.
- Sabbagh, M. A., & Taylor, M. Neural correlates of theory-of-mind reasoning: an event-related potential study [J]. *Psychological Science* 2000.11, 46-50.
- Samson, D., Apperly, I. A., Chiavarino, C., & Humphreys, G. W. Left temporoparietal junction is necessary for representing someone else's belief [J]. *Nat Neurosci* 2004.7, 499-500.
- Sanfey, A. G., Rilling, J. K., Aronson, J. A., Nystrom, L. E., & Cohen, J. D. The neural basis of economic decision-making in the ultimatum game [J]. *Science* 2003.300, 1755-1758.
- Sarlo, M., Lotto, L., Manfrinati, A., Rumiati, R., Gallicchio, G., & Palomba, D. Temporal dynamics of cognitive-emotional interplay in moral decision-making [J]. *J Cogn Neurosci* 2012.24, 1018-1029.
- Saxe, R. R., & Kanwisher, N. People thinking about thinking people The role of the temporo-parietal junction in "theory of mind" [J]. *Neuroimage* 2003.19, 1835-1842.
- Saxe, R. R., Whitfield-Gabrieli, S., Scholz, J., & Pelphrey, K. A. Brain Regions for Perceiving and Reasoning About Other People in School-Aged Children [J]. *Child Development* 2009.80, 1197-1209.
- Schnall, S., Haidt, J., Clore, G. L., & Jordan, A. H. Disgust as embodied moral judgment [J]. *Personality and Social Psychology Bulletin* 2008.34, 1096-1109.
- Schnall, S., Roper, J., & Fessler, D. M. T. Elevation Leads to Altruistic Behavior [J]. *Psychological Science* 2010.21, 315-320.
- Seligman, M. E. P., & Csikszentmihalyi, M. Positive psychology - An introduction [J]. *American Psychologist* 2000.55, 5-14.
- Shenhav, A., & Greene, J. D. Moral Judgments Recruit Domain-General Valuation Mechanisms to Integrate Representations of Probability and Magnitude [J]. *Neuron* 2010.67, 667-677.
- Siegal, M., & Varley, R. Neural systems involved in 'theory of mind' [J]. *Nature Reviews Neuroscience* 2002.3, 463-471.
- Silvanto, J., Muggleton, N., & Walsh, V. State-dependency in brain stimulation studies of perception and cognition [J]. *Trends in Cognitive Sciences* 2008.12, 447-454.
- Stagg, C. J., & Nitsche, M. A. Physiological basis of transcranial direct current stimulation [J]. *Neuroscientist* 2011.17, 37-53.
- Stocks, E. L., & Lishner, D. A. The Empathy-Altruism Hypothesis: a Critical Analysis of Current Alternative Explanations [M]. 2010.
- Stone, D. B., & Tesche, C. D. Transcranial direct current stimulation modulates shifts in global/local attention [J]. *Neuroreport* 2009.20, 1115-1119.
- Tangney, J. P., Stuewig, J., & Mashek, D. J. Moral emotions and moral behavior [J]. *Annu Rev Psychol* 2007.58, 345-372.
- Tehovnik, E. J. Electrical stimulation of neural tissue to evoke behavioral responses [J]. *Journal of neuroscience methods* 1996.65, 1-17.
- Terao, Y., & Ugawa, Y. Basic mechanisms of TMS [J]. *Journal of clinical neurophysiology* 2002.19, 322-343.
- Trivers, R. L. Evolution of Reciprocal Altruism [J]. *Quarterly Review of Biology* 1971.46, 35.
- Valdesolo, P., & DeSteno, D. Manipulations of emotional context shape moral judgment [J]. *Psychological Science* 2006.17, 476-477.

- Van Berkum, J. J. A., Holleman, B., Nieuwland, M., Otten, M., & Murre, J. Right or wrong? The brain's fast response to morally objectionable statements [J].*Psychological Science* 2009.20, 1092-1099.
- Van der Cruyssen, L., Van Duynslaeger, M., Cortoos, A., & Van Overwalle, F. ERP time course and brain areas of spontaneous and intentional goal inferences [J].*Social Neuroscience* 2009.4, 165-184.
- Van Duynslaeger, M., Van Overwalle, F., & Verstraeten, E. Electrophysiological time course and brain areas of spontaneous and intentional trait inferences [J].*Soc Cogn Affect Neurosci* 2007.2, 174-188.
- Vander Wyk, B. C., Hudac, C. M., Carter, E. J., Sobel, D. M., & Pelphrey, K. A. Action understanding in the superior temporal sulcus region [J].*Psychological Science* 2009.20, 771-777.
- Wagner, T., Fregni, F., Fecteau, S., Grodzinsky, A., Zahn, M., & Pascual-Leone, A. Transcranial direct current stimulation: a computer-based human model study [J].*Neuroimage* 2007.35, 1113-1124.
- Warburton, E. C., & Brown, M. W. Findings from animals concerning when interactions between perirhinal cortex, hippocampus and medial prefrontal cortex are necessary for recognition memory [J].*Neuropsychologia* 2010.48, 2262-2272.
- Watson, D., Clark, L. A., & Tellegen, A. Development and validation of brief measures of positive and negative affect: the PANAS scales [J].*Journal of Personality and Social Psychology* 1988.54, 1063-1070.
- Wheatley, T., & Haidt, J. Hypnotic disgust makes moral judgments more severe [J].*Psychological Science* 2005.16, 780-784.
- Young, L., Bechara, A., Tranel, D., Damasio, H., Hauser, M., & Damasio, A. Damage to ventromedial prefrontal cortex impairs judgment of harmful intent [J].*Neuron* 2010a.65, 845-851.
- Young, L., Camprodon, J. A., Hauser, M., Pascual-Leone, A., & Saxe, R. Disruption of the right temporoparietal junction with transcranial magnetic stimulation reduces the role of beliefs in moral judgments [J].*Proceedings of the National Academy of Sciences* 2010b.107, 6753-6758.
- Young, L., Cushman, F., Hauser, M., & Saxe, R. The neural basis of the interaction between theory of mind and moral judgment [J].*Proceedings of the National Academy of Sciences* 2007.104, 8235-8240.
- Young, L., & Dungan, J. Where in the brain is morality? Everywhere and maybe nowhere [J].*Social Neuroscience* 2012.7, 1-10.
- Young, L., & Koenigs, M. Investigating emotion in moral cognition: a review of evidence from functional neuroimaging and neuropsychology [J].*British Medical Bulletin* 2007.84, 69-79.
- Young, L., Nichols, S., & Saxe, R. Investigating the Neural and Cognitive Basis of Moral Luck: It's Not What You Do but What You Know [J].*Review of Philosophy and Psychology* 2010c.1, 333-349.
- Young, L., & Saxe, R. The neural basis of belief encoding and integration in moral judgment [J].*Neuroimage* 2008.40, 1912-1920.
- Young, L., & Saxe, R. An fMRI investigation of spontaneous mental state inference for moral judgment [J].*Journal of Cognitive Neuroscience* 2009a.21, 1396-1405.

- Young, L., & Saxe, R. Innocent intentions: A correlation between forgiveness for accidental harm and neural activity [J].*Neuropsychologia* 2009b.47, 2065-2072.
- Young, L., Scholz, J., & Saxe, R. Neural evidence for “intuitive prosecution”: The use of mental state information for negative moral verdicts [J].*Social Neuroscience* 2011.6, 302-315.
- Zelazo, P. D., Burack, J. A., Benedetto, E., & Frye, D. Theory of mind and rule use in individuals with Down's syndrome: a test of the uniqueness and specificity claims [J].*Journal of Child Psychology and Psychiatry* 1996.37, 479-484.
- 陈建兵, 黄富峰. 论道德判断[J].*齐鲁学刊* 2006. 133-139.
- 丁峻, 陈巍. 心理理论研究三十年: 回顾与反思[J].*心理学探新* 2009.29, 23-26.
- 黄丽, 杨廷忠, 季忠民. 正性负性情绪量表的中国人群适用性研究[J]. *中国心理卫生杂志* 2003, 17, 54-56.
- 李俊衡. 当代中国道德危机反思[J].*时代教育* 2011. 72-73.
- 倪文杰, 张卫国, 冀小军主编. 现代汉语辞海[M]. 北京: 人民中国出版社, 1994.
- 田学红, 杨群, 张德玄, 张烨. 道德直觉加工机制的理论构想[J].*心理科学进展* 2011.19, 1426-1433.
- 王益文, 黄亮, 徐晟, 袁博, 徐艳娇, 李洪玉. 理解私人意图与交际意图的 ERP 证据[J].*心理学报* 2012.44, 1618-1627.
- 王美芳, 庞维国. 艾森伯格的亲社会行为理论模式[J].*心理学动态* 1997.5, 36-41.
- 魏勇刚, 吴睿明, 李红, 冯廷勇. 抑制性控制在幼儿执行功能与心理理论中的作用[J].*心理学报* 2005.37, 598-605.
- 姚剑文. 道德危机之源新探[J].*求实* 2002.11, 19-21.

附录

附录 1 伤人与助人意图-结果道德判断故事材料

本研究中共使用 40 个助人行为道德判断情节和 40 个伤人行为道德判断情节，根据意图结果 2×2 的设计，每个情节分为 4 个版本。因此，共包含 160 个助人故事和伤人故事。每个情节包含如下 4 个部分，依次为：

- 1) 背景：整体介绍故事发生环境的信息；
- 2) 预示：客观事实，预示结果的信息；
- 3) 意图：故事中主人公对于该环境所抱有的某种信念；
- 4) 行为及结果：主人公做出的行为以及行为导致的最终结果；

具体情节故事如下：

助人行为实验材料：

情节1：林蕾是一个医院的护工，照料着一个得心脏病住院的老人。这个老人每天晚上八点钟都要吃一次药。快八点的时候，林蕾看到老人闭着眼睛，弯着身体躺在床上。床头柜上放了一瓶药。

老人此时正在睡觉，没什么异样，不马上吃药也很安全。

老人此时心脏病发，情况很危险，不马上吃药会很危险。

看着老人的样子，林蕾认为老人很安全。

看着老人的样子，林蕾认为老人很危险。

林蕾把药片拿给老人吃。老人吃了以后，睡着了。

林蕾把药片拿给老人吃。老人吃了以后，得救了。

情节2：丁怡和邻居一块儿在海上玩皮划艇，海里有很多水母。丁怡的邻居问她要不要游泳。但天色已晚，丁怡想回家了。

海里的水母会蜇人致死，所以下去游泳很安全。

海里的水母会蜇人致死，所以下去游泳很危险。

丁怡认为邻居如果下去游泳，会很安全。

丁怡认为邻居如果下去游泳，会很危险。

丁怡阻止她的邻居去游泳。她的邻居不太开心。

丁怡阻止她的邻居去游泳。她的邻居逃离危险。

情节3：徐雷徒步旅行时认识了一个驴友。他们到了一座横跨在悬崖之间的狭窄的桥，旁边有一条小路，驴友要到达他的目的地既可以过桥也可以走小路，但徐雷想要到达目的地只能通过这条小路，他不想单独走小路。

这座桥看上去很旧，但其实几个人同时上面走也没问题，很安全。

这座桥看上去很旧，人只要一踏上去就可能坠下悬崖，很危险。

徐雷认为如果驴友选择过桥很安全。

徐雷认为如果驴友选择过桥很危险。

徐雷建议驴友走小路。驴友接受提议。

徐雷建议驴友走小路。驴友因此脱险。

情节 4：韩珍在水库周围散步的时候迷了路，正在这个时候，她发现水库旁边站着一个小孩。

小孩家住在附近，只是学习累了，过来放松一下身体和头脑，很安全。

小孩正打算跳进水库游泳，这个水库很深，淹死过很多人，很危险。

韩珍认为是附近居民，会认识路。

韩珍认为小孩想在水库游泳，很危险。

韩珍开始和小孩聊天。小孩感觉很平常。

韩珍开始和小孩聊天。小孩避免了危险。

情节 5：赵智在海上打渔的时候，看见不远处有一个人浮在水面上，正在朝他挥手。

这个游泳的人玩得很开心，正朝着赵智挥手打招呼，很安全。

这个游泳的人溺水了，正向赵智挥手求救，很危险。

赵智认为他在打招呼，很安全。

赵智认为他在求救，很危险。

赵智撒开渔网。挥手那人被网捞住。

赵智撒开渔网。挥手那人被网救了。

情节 6：吴青在一个有钱人的家里做厨师，主人家里常备着一些有解毒消暑功效的绿豆。这天主人在家请一个客人吃海鲜，客人吃完饭以后表示有些难受，恶心想吐。

客人只是在路上吹了风，一会儿就好了，绿豆并没有影响。

客人对海鲜过敏，食物中毒了，绿豆可以解毒。

吴青相信客人没有什么事，很安全。

吴青相信客人是食物中毒，很危险。

吴青做了绿豆汤给客人吃。客人吃后没变化。

吴青做了绿豆汤给客人吃。客人吃后得救了。

情节 7：刘晓是一个餐厅的服务员，正打算把一桌客人点的菜端出去。这个客人的朋友点了一道用芝麻做调料的菜。但是刘晓之前在上菜时听见客人说他很讨厌吃芝麻。

这个客人吃了芝麻以后不会出现什么过敏反应，很安全。

这个客人对芝麻严重过敏，如果吃了芝麻可能会死掉，很危险。

刘晓在旁边听了一部分客人之间的谈话，认为这个客人吃芝麻很安全。

刘晓在旁边听了一部分客人之间的谈话，认为这个客人吃芝麻会很危险。

刘晓没有把芝麻放进菜里。客人没有吃到芝麻。

刘晓没有把芝麻放进菜里。客人没有遇到危险。

情节 8：唐静是保姆，正在打扫卫生。主人的女儿正在桌边玩。主人早上用过熨斗后，把熨斗放在了桌子上面。

主人的女儿很懂事，知道可能会被熨斗烫伤，所以不会靠近熨斗，很安全。

主人的女儿还很小，又很调皮，可能会碰到熨斗，很危险。

熨斗的插头并没有插在插座上，唐静相信它很安全。

熨斗的插头仍然插在插座上，唐静相信它很危险。

唐静把熨斗收起来了。主人的女儿继续玩着。

唐静把熨斗收起来了。主人的女儿平安无事。

情节9：李贝在一间托儿所工作。午饭时间快到了，李贝打算煮牛肉给孩子们吃。她刚打开最后一小袋碎牛肉，又发现冰箱里还有一大袋猪肉。

这些牛肉被装在系得很紧的袋子存放在冰箱中，很新鲜很安全，但数量太少不够吃。

这些牛肉因为密封得不好，长了一些肉眼看不见的致命细菌，如果吃下去，一定会食物中毒。

保质日期是两周以后，所以李贝相信食用这些牛肉很安全。

保质日期是两周以前，所以李贝相信食用这些牛肉很危险。

李贝用猪肉做成了菜给孩子们吃。孩子们吃光了。

李贝用猪肉做成了菜给孩子们吃。孩子们没中毒。

情节10：罗格和朋友在丰林河漂流。罗格的朋友是个新手。他们把船停在岸边，下河游泳。罗格的朋友打算顺流而下游下去。但罗格觉得天色已晚，想回家了。

河的下一段今年水流很平缓，很容易游过去，沿岸的风景也很美。

河的下一段今年水流很湍急，而且布满了礁石，游过去很危险。

罗格以前在丰林河的这部分漂流过他相信在下游游泳很安全。

罗格以前在丰林河的这部分漂流过，他相信在下游游泳很危险。

罗格阻止朋友顺流而下。他的朋友上船返航。

罗格阻止朋友顺流而下。他的朋友平安无事。

情节11：史琴刚认识了一个玩攀岩的朋友。朋友刚才在休息，史琴先用朋友的安全吊带玩了一个来回，现在朋友休息好准备开始攀岩。朋友的安全吊带还在史琴身上，只是要解开扣好的安全吊带比较麻烦。

朋友的安全吊带是顶级产品，质量很好，用起来很安全。

朋友的安全吊带在史琴使用时已经出现问题，如果再用会很危险。

史琴认为朋友的安全吊带没有问题。

史琴认为朋友的安全吊带出现问题。

史琴把自己的安全带给朋友用。她的朋友没有意见。

史琴把自己的安全带给朋友用。她的朋友因此脱险。

情节12：前两天下大雪，徐娜用雪球建了一个大冰屋。今天天色放晴出了大太阳，她的朋友过来玩，被冰屋深深吸引住了。

冰屋的屋顶和墙都是厚厚的一层冰，所以徐娜的朋友现在进去玩还很安全。

冰屋屋顶和墙用的雪都不够厚，所以徐娜的朋友现在进去玩会很危险。

根据经验，徐娜认为朋友进去会玩很久。

根据经验，徐娜认为朋友进去会很危险。

徐娜阻止她的朋友进冰屋玩。她的朋友没有意见。

徐娜阻止她的朋友进冰屋玩。她的朋友因此脱险。

情节 13: 杨诺和朋友星期六一起吃午饭。他们用杨诺家冰箱里的材料煮面吃, 冰箱里有一些火腿, 是准备留给杨诺家的小猫吃的, 杨诺的朋友想放一些到面里。

冰箱里的火腿是前一天买的, 还很新鲜。

冰箱里的火腿是上个星期买的, 已经变质。

杨诺的妈妈通常都是在星期五从商店里买火腿回来, 所以杨诺相信食用冰箱里的火腿很安全。

杨诺的妈妈通常都是在星期天从商店里买火腿回来, 所以杨诺相信食用冰箱里的火腿很危险。

杨诺阻止朋友加火腿。她的朋友没有吃到火腿。

杨诺阻止朋友加火腿。她的朋友没有食物中毒。

情节 14: 马慧刚接到老板的电话, 正准备让保姆帮忙收拾东西, 然后赶到公司加班。马慧家的保姆刚在厨房用高压锅煲汤。厨房里突然想起警报声, 保姆想放下手里的活, 去查看发生了什么事儿。

厨房烟雾探测器过于敏感, 只是因为高压锅里的水开了喷出的水蒸气, 就发出了警报声, 厨房很安全。

警报声是厨房一氧化碳探测器发出的。煤气灶正不断泄露出致命的一氧化碳。厨房现在很危险。

根据经验, 马慧认为保姆现在进厨房会耽误时间。

根据经验, 马慧认为保姆现在进厨房会很危险。

马慧阻止保姆走进厨房。保姆因此继续收拾。

马慧阻止保姆走进厨房。保姆因此脱险。

情节 15: 张克是一个大学生, 在一家宠物医院做兼职。他的朋友过来玩, 看见工作人员的休息室里放着一些像骨头一样的饼干, 就问他能不能吃一块。

马张克的一个同事昨天过生日, 自己做了一些饼干, 放着这里给大家分享。这些饼干很安全。

这些饼干是张克一个同事不小心放在这儿的。他们是用来给小狗催眠的, 人吃了是会中毒的, 很危险。

根据经验, 张克认为这些饼干是医院的, 很安全。

根据经验, 张克认为这些饼干是有毒的, 很危险。

张克阻止他的朋友吃这些饼干。他的朋友没有吃到饼干。

张克阻止他的朋友吃这些饼干。他的朋友没有遇到危险。

情节 16: 左艳正在过寒假。她在一个挺破旧的小型游乐场开缆车做兼职。工作了一上午之后, 午休时间就快到了, 左艳有些疲倦, 想休息一下。这时来了一个小孩子, 想坐缆车。

缆车像往常一样运行得很好, 对乘坐的小孩子来说很安全。

缆车某个电子元件忽然出了问题, 对乘坐的小孩子来说很危险。

左艳刚刚才用缆车把一群小孩子送了上去, 所以她相信这个缆车没问题。

左艳注意到缆车上的警示灯在闪烁, 所以她相信这个缆车有问题。

左艳拒绝启动缆车。小孩因此独自离开。

左艳拒绝启动缆车。小孩因此逃离危险。

情节 17: 唐巧是一个小男孩的保姆。男孩今天下午要参加一项火灾逃生培训活动, 会进入一座烟雾弥漫的假房子。但是

唐巧今天下午很想在家看一场很重要的足球赛。

男孩的肺部很健康，也习惯了吸二手烟，所以通过冒烟的房子很安全。

男孩有哮喘病，一遇到浓烟就会呼吸不过来，所以通过冒烟的房子很危险。

男孩的父母都喜欢抽烟，所以唐巧相信他熟悉烟雾环境，参加这个活动很安全。

男孩的父母告诉过唐巧他有哮喘病，所以唐巧相信他参加这个活动很危险。

唐巧没让男孩参加火宅逃生培训。男孩在家看球赛。

唐巧没让男孩参加火宅逃生培训。男孩因此很安全。

情节18：赵晨和一个朋友在非洲旅行。天气很热，他的朋友看见前方有一个池塘，想下池游泳。但是赵晨想尽快赶到前面的小镇旅馆去洗澡吃饭。

这个池塘对旅游者来说是个好地方。池里的水非常干净，所以下去游泳很安全。

这个池塘里住着一种传播疟疾的蚊子。人被咬了就会被传染，所以下去游泳很危险。

池塘里有很多旅行者在游泳，而且他们看起来玩得很开心，所以赵晨相信到池塘里去很安全。

非洲传播疟疾的蚊子世界闻名，而且池塘边上也有很多蚊子，所以赵晨相信到池塘里去很危险。

赵晨阻止朋友下池游泳。他的朋友继续赶路。

赵晨阻止朋友下池游泳。他的朋友因此脱险。

情节 19：郑宇和朋友在森林里打猎，为了更有趣，他们比赛谁打得更多，两人不相上下，都有不少收获。比赛快结束的时候他们看见一个物体在靠近，两人同时准备举起猎枪。

朝他们走过来的是一只兔子，击中它就可以让他们满载而归了。

朝他们走过来的是一个路人，击中他会使他严重受伤。

郑宇认为枪瞄准了一只兔。

郑宇认为枪瞄准了一个人。

郑宇举起胳膊碰到了朋友的手。子弹打到了别处，兔子逃了。

郑宇举起胳膊碰到了朋友的手。子弹打到了别处，人得救了。

情节 20：孙泽在超市买菜，他的奶奶十分钟爱菠菜，但孙泽很不喜欢吃。最近一些袋装菠菜被发现携带有大肠杆菌，导致所有的袋装菠菜被召回。

许多市场都有重新进货，所以超市里的这些袋装菠菜是没毒的，不会携带大肠杆菌。

许多市场都有重新进货，但有些菠菜通过的检验并不是很彻底，还是有毒的。

孙泽在超市里看见袋装菠菜又被摆了出来。包装袋上有一些看起来很正式的消息，这让他相信这些菠菜很安全。

孙泽在超市里看见袋装菠菜又被摆了出来。镇里当天才发生过一起中毒事件，这让他相信这些菠菜很危险。

孙泽没有买菠菜给奶奶。他奶奶因此没吃菠菜。

孙泽没有买菠菜给奶奶。他奶奶因此没有中毒。

情节 21：陈杰这周的工作非常繁忙，好不容易到了周末，平时吵闹的邻居家也外出旅游去了，陈杰打算趁此机会好好在家睡个懒觉。早上八点钟的时候，邻居家的火警铃声一直在响，把陈杰吵醒了。

这个警报器很旧了，时常在白天没缘由地响几分钟又自动关闭，事实上很安全。

这个警报器能精确探测到邻居家陈旧的供暖系统的温度，警铃响说明邻居家已经因温度过高起火了。根据以前和

邻居的聊天，陈杰相信邻居家很安全。

根据以前和邻居的聊天，陈杰相信邻居家很危险。

陈杰报了警。邻居家的警铃被关掉。

陈杰报了警。邻居家的火被灭掉。

情节 22: 刘莎在一家攀岩用品店工作。最近店里新进了一批 B 品牌的安全绳索，其利润比店里一直在卖的 A 品牌要高。

刘莎在整理货品的时候，一个顾客走了进来，想要买一条 A 品牌的安全绳索。

A 品牌绳索是一家老资格的公司生产的，质量十分有保障，使用它攀岩会很安全。

A 品牌绳索最近被报道有严重的质量问题，厂家正准备召回，使用它攀岩会很危险。

刘莎的一个攀岩的朋友一直在使用这个品牌的产品，所以她相信 A 品牌安全绳索很安全。

刘莎听一个攀岩的朋友提起过这个品牌的质量问题，所以她相信 A 品牌安全绳索很危险。

刘莎推荐了 B 品牌的绳索给顾客。这名顾客买去试用。

刘莎推荐了 B 品牌的绳索给顾客。这名顾客因此脱险。

情节 23: 李浩答应要帮表哥照看一下侄子，但他晚上要去医院当护工，现在已经九点了，该去上班了，表哥还没回家。

李浩问侄子能不能和他一起去医院时，看到侄子按着胃，愁眉苦脸的。

李浩的侄子身体没问题，只是有时候像今天一样吃了太多垃圾食物会觉得胃疼，但通常一两个小时以后自己就好了。

李浩的侄子病得很严重。他最近做过一次手术，医生警告过，胃疼可能意味着存在严重的并发症。

侄子那天下午吃了太多冰激凌和炸薯条，所以李浩相信他的胃没什么大问题。

侄子几个星期以前才进行过一次重要的手术，所以李浩相信他的胃需要立即检查。

李浩带侄子去了医院。他的侄子在医院休息玩耍。

李浩带侄子去了医院。他的侄子在医院得到治疗。

情节 24: 蒋文在酒吧玩的时候，看见同事的妹妹坐在另一张桌子旁边。同事的妹妹长得非常漂亮，正是蒋文喜欢的类型。

她正大笑着喝东西，看来玩得很开心。

同事的妹妹喝的都是饮料，可以自己开车回家，很安全。

同事的妹妹喝了很多酒，已经醉了，还打算自己开车回家，情况很危险。

根据以前和同事的聊天，蒋文相信同事妹妹没有喝酒，自己开车回家很安全。

根据以前和同事的聊天，蒋文相信同事妹妹已经喝醉，自己开车回家很危险。

蒋文把同事的妹妹送回家。同事的妹妹一切如常。

蒋文把同事的妹妹送回家。同事的妹妹脱离危险。

情节 25: 乔南周末的时候常去邻居家帮忙。邻居喜欢点一种特别的熏香，乔南很不习惯那种味道。这个周末邻居一大早就外出了，只留下邻居的姨妈看家。邻居在出门前习惯性地点燃了熏香。

邻居的姨妈对熏香并不过敏，她正在卧室里睡觉，很安全。

邻居的姨妈对熏香严重过敏，她正在卧室里睡觉，很危险。

乔南根据很久以前和邻居姨夫的聊天，相信邻居的姨妈对熏香没有过敏，很安全。

乔南根据很久以前和邻居姨夫的聊天，相信邻居的姨妈对熏香严重过敏，很危险。

乔南熄灭了熏香。邻居的姨妈继续睡觉。

乔南熄灭了熏香。邻居的姨妈平安无事。

情节 26: 刘芸照看着 4 岁的侄女和 7 岁的侄子, 侄女很听话, 侄子很顽皮。侄女饿了, 她很喜欢吃米粉, 但厨房桌上还有一些早餐剩下的已经煮好的的面条。

刘芸的侄子独自在院子里玩。装米粉的塑料袋扎得很紧, 刘芸的侄女吃了米粉会很安全。

刘芸的侄子刚才玩的时候倒了很多石灰粉到装米粉的袋子里, 刘芸的侄女吃了会很危险。

因为米粉是早上才买的, 所以刘芸相信这些米粉没问题。

因为米粉闻起来有股怪味, 所以刘芸相信这些米粉有问题。

刘芸把早上剩下的面条给侄女吃了。小女孩吃了面条。

刘芸把早上剩下的面条给侄女吃了。小女孩平安无事。

情节 27: 陈强和堂兄在房子前面的空地玩玻璃珠。陈强肚子饿了, 急着回家吃糕点。这时一颗玻璃珠滚到了街上, 堂兄准备跑去捡珠子, 也没看一下街上是否有车。

街上空荡荡的, 只有一些小孩在玩, 所以陈强的堂兄跑去捡珠子很安全。

街角过来很多汽车, 开得飞快, 所以陈强的堂兄跑去捡珠子很危险。

现在是清晨, 陈强相信街上不会有车开过来, 堂兄跑过去捡珠子很安全。

现在正是高峰时期, 陈强相信街上会有很多车, 堂兄跑过去捡珠子很危险。

陈强阻止堂兄捡珠子。他的堂兄听从了。

陈强阻止堂兄捡珠子。他的堂兄因此脱险。

情节28: 胡梅刚到一家小型高空跳伞公司工作。公司规定除了给顾客的降落伞, 至少要留一个降落伞在飞机上给驾驶员备用。这次跳伞的最后一个顾客有200斤重, 此时胡梅发现飞机上只剩下最后一个降落伞了。

这个降落伞非常结实。任何体重的人使用都很安全。

这个降落伞质量有问题, 体重超过100斤的人使用会很危险。

因为上司保证过, 所以胡梅相信这些降落伞制作精良, 给200斤的顾客使用很安全。

因为上司警告过, 所以胡梅相信这些降落伞有问题, 给200斤的顾客使用很危险。

胡梅没把这个降落伞给顾客。顾客没有跳伞。

胡梅没把这个降落伞给顾客。顾客因此脱险。

情节29: 叶蓉在一家宠物商店工作。今天商店刚来了一只看上去很可爱的小狗, 叶蓉很喜欢这只小狗。一个女顾客走进商店, 想把这只小狗买回家。

这只小狗身体很健康, 也很活泼, 很安全。

这只小狗有狂犬病, 会把病传染给它咬过的人, 很危险。

叶蓉和宠物店的其他人谈过, 她相信这只新来的小狗通过了严格的身体检查, 很安全。

叶蓉和宠物店的其他人谈过, 她相信这只新来的小狗已经感染上了狂犬病, 很危险。

叶蓉没有把这只狗卖给女顾客。女顾客没有买狗。

叶蓉没有把这只狗卖给女顾客。女顾客因此脱险。

情节 30: 何华是个很喜欢开玩笑的人。有一天他正在参加一个联欢会, 联欢会上人们喝了很多啤酒。他玩得正开心时, 看见一个朋友坐在沙发上闭着眼睛。

何华的朋友没有喝酒, 只是太累了。他现在只是在沙发上小睡一会而已, 现在很安全。

何华的朋友最近有一场考试失利了, 所以借酒消愁, 喝的都失去知觉了, 现在很危险。

何华认为朋友是睡着了, 很安全。

何华认为朋友是喝晕了, 很危险。

何华试着叫醒朋友。他的朋友因此被吵醒。

何华试着叫醒朋友。他的朋友因此被救了。

情节 31: 路明酷爱踢足球, 一旦踢上足球就对其他东西都没兴趣了。有一天, 他在树林里发现了一座废弃的树上小屋。他把表弟叫过来看他的伟大发现, 表弟带着刚买的足球很开心地来找路明。

树屋很新, 下面有厚厚的灌木支撑着, 很安全。

树屋很旧, 下面的灌木都腐烂了, 很危险。

因为看起来很新, 路明相信这个树屋很结实, 上去玩很安全。

因为看起来很旧, 路明相信这个树屋并不牢固, 上去玩很危险。

路明没让表弟爬上树屋。他的表弟因此去踢球了。

路明没让表弟爬上树屋。他的表弟因此脱离危险。

情节32: 许乐和朋友一起在夏威夷度假。他们正打算去海里游泳时, 发现远方有一个地方卷起许多浪花。许乐刚学会游泳, 遇到海浪还有些害怕。

这些碎浪是一个沙堤造成的, 很安全。

这些碎浪是一些危险的暗流造成的, 很危险。

根据之前和当地出租司机的聊天, 许乐相信这些碎浪很安全。

根据之前和当地出租司机的聊天, 许乐相信这些碎浪很危险。

许乐阻止朋友去碎浪那边。她的朋友在浅水区陪许乐。

许乐阻止朋友去碎浪那边。她的朋友在浅水区安全了。

情节33: 方远常常在医院附近的一家快餐馆吃午饭。他有位朋友是医生, 有时会叫上医生朋友一起吃。一天中午方远一个人来到这家餐馆, 他邻桌坐着的另一个顾客忽然开始咳嗽。

这个顾客不小心吃到了牛肉面里的红辣椒, 喝些水就会慢慢好起来, 不会有危险。

这个顾客不小心被一块牛肉堵住了气管, 需要马上进行急救, 情况很危险。

因为这是一个川菜馆, 方远相信这个顾客只是吃了很辣的东西, 情况很安全。

因为刚参加完医疗训练, 方远相信这个顾客是被食物卡住了气管, 情况很危险。

方远把医生朋友叫了过来。旁边的顾客一切如常。

方远把医生朋友叫了过来。旁边的顾客因此得救。

情节34: 孙琼要乘坐的飞机快起飞了, 她着急地跑向登机口, 登机口前面有一滩水, 旁边放了一块“小心路滑”的警示牌。孙琼旁边有一位拄着拐杖的老人也在往登机口方向走。

老人看到了警示牌, 所以打算从旁边绕过去, 很安全。

老人没看到警示牌，为了赶上登机时间匆匆走着，很危险。

孙琼相信老人看见了警示牌，很安全。

孙琼相信老人没看见警示牌，很危险。

孙琼拉着行李从水滩跑过。老人从旁边绕过，一切如常。

孙琼拉着行李从水滩跑过。老人从旁边绕过，脱离危险。

情节35：周燕是滑雪场的清洁员，负责打扫滑雪场上顾客乱扔的垃圾。她看到一群青年正准备从一个斜坡上滑下，斜坡下面有一些岩石，岩石旁有一些很脏的垃圾需要打扫。

这些青年是专业的滑雪者，斜坡下面的岩石地形对他们来说没问题，很安全。

这些青年是初级的滑雪者，他们根本不知道怎样滑过岩石地形，很危险。

看了这些青年的装备，周燕相信他们是专业级滑雪者，岩石地形对他们来说很安全。

看了这些青年的装备，周燕相信他们是初级滑雪者，岩石地形对他们来说很危险。

周燕让这些青年去另外的地方滑雪。这些青年去了别处。

周燕让这些青年去另外的地方滑雪。这些青年因此脱险。

情节36：程峰在一家笔记本电脑维修店工作。几天前有位顾客送过来一台市场价格很贵的电脑，这台电脑工作十分钟就热得离谱，顾客送来检修，预约今天来取。程峰对这台电脑很感兴趣，想用来研究几天。

该电脑已经修好了，怎么使用都没问题，很安全。

该电脑还没有修好，使用时间长了会自燃，很危险。

程峰相信这台电脑的过热问题已经修好，使用很安全。

程峰相信这台电脑的过热问题还没修好，使用很危险。

程峰今天没有将电脑还给客户。客户因此还要等待。

程峰今天没有将电脑还给客户。客户因此脱离危险。

情节37：梁柯是清洁工，有一天上午他正在十字路口打扫街道卫生，他旁边有一位拄着拐杖的盲人正打算过街。

街边的红绿灯现在是红色，马上就会变成绿色，行人现在开始过街很安全。

街边的红绿灯现在是绿色，马上就会变成红色，行人现在开始过街很危险。

梁柯看着红绿灯，相信现在过街很安全。

梁柯看着红绿灯，相信现在过街很危险。

梁柯推着清洁车，挡住了路。这个盲人从旁边绕开。

梁柯推着清洁车，挡住了路。这个盲人避免了危险。

情节38：李浩和朋友聚餐喝了很多酒，在回家路上，李浩看见前面有一个高个子男人和一个较矮的女人面对面站着。

他们是一对情侣，正在谈恋爱，没什么问题。

高个子是一个抢匪，正在抢劫，女人很危险。

李浩认为他们是情侣，女人很安全。

李浩认为他们不认识，女人很危险。

李浩撞到了高个子男人。男人没受影响。

李浩撞到了高个子男人。男人慌忙逃跑。

情节39：蒋文准备在楼下打太极拳，还没开始的时候他看见二楼有个小孩在窗台边上玩。

这个小孩很小心，不会掉下窗台，很安全。

这个小孩不懂事，一不小心就从窗台掉了下来，很危险。

蒋文认为小孩很安全。

蒋文认为小孩很危险。

蒋文伸出了胳膊。小孩还在窗台玩。

蒋文伸出了胳膊。小孩被他抱住了。

情节40：陈钢是一家建筑公司的设计师，在家里请老板吃饭。眼看天色已晚，陈刚的老板起身打算开车回家。

陈钢的老板酒量很好，意识还很清醒，独自开车回家是很安全。

陈钢的老板酒量很差，已经有些醉了，独自开车回家很危险。

根据以往的经验，陈钢认为让老板自己开车回家很危险。

根据以往的经验，陈钢认为让老板自己开车回家很危险。

陈钢开车把老板送回家，老板一切如常。

陈钢开车把老板送回家，老板因此脱险。

伤人行为实验材料：

情节 1：林蕾和朋友参观一家化学工厂。当林蕾接咖啡时，她的朋友让她帮忙取一些白糖。咖啡旁的盒子里正好装着一些白色粉末。

这些粉末完全无害，是工作人员每天都在用的白糖。

这些粉末是一个科学家留下来的致命毒药。

盛放粉末的容器上贴着“白糖”标签，林蕾相信这些粉末很安全。

盛放粉末的容器上贴着“有毒”标签，林蕾相信这些粉末很危险。

林蕾把粉末放进朋友咖啡里。林蕾的朋友喝完咖啡后平安无事。

林蕾把粉末放进朋友咖啡里。林蕾的朋友喝完咖啡后中毒而死。

情节 2：何伟带着一个客人参观实验室。实验室所有病毒都被装在一个密封装置里。这个密封装置的开关坏了，修理工人刚赶过来维修。

开关已经修好了，病毒被很安全地保存着。因此进入这个房间的任何人都很安全。

开关仍然是坏的，病毒暴露在空气中。因此进入这个房间的任何人都都会感染病毒致死。

何伟相信开关是好的。

何伟相信开关是坏的。

何伟让客人进入实验室。客人平安无事。

何伟让客人进入实验室。客人中毒而死。

情节 3：丁怡和她的邻居在海上玩皮划艇，这片海域里有很多水母。丁怡的邻居打算下海游泳。

因为海里的水母不会蜇人，不会伤害人类，所以下去游泳很安全。

因为海里的水母会蜇人，被蜇的人会有生命危险，所以下去游泳很危险。

丁怡相信这些水母无害。

丁怡相信这些水母致命。

丁怡让邻居下海游泳。邻居平安无事。

丁怡让邻居下海游泳。邻居被蜇身亡。

情节 4：徐雷和女朋友正在徒步旅行。他们的前方是一座狭窄的桥，横跨在悬崖之间。

这是一座坚固的桥，同时承受两个人的重量完全没问题。

这座桥很不牢固，甚至连一个很轻的人都承受不住。

徐雷相信这座桥很安全。

徐雷相信这座桥很危险。

徐雷让女朋友过桥。徐雷的女朋友顺利过桥。

徐雷让女朋友过桥。徐雷的女朋友坠崖身亡。

情节 5：韩珍路过一个邻居家的游泳池，看见一个小孩正准备跳进水里。

小孩准备跳进的是深水区，这样很安全，他打算在这个泳池游来游去玩一整天。

小孩准备跳进的是浅水区，这样很危险，一旦跳下去他的头会猛撞到池底的瓷砖上。

看了泳池边上贴着的标签，韩珍相信小孩会很安全。

看了泳池边上贴着的标签，韩珍相信小孩会很危险。

韩珍悄悄走开。小孩平安无事。

韩珍悄悄走开。小孩颈部骨折。

情节 6：罗兰和一个朋友在野外露营。罗兰摘了一些蘑菇，她在野外求生手册上查找了一下这些蘑菇的相关资料。

这些蘑菇在超市里很常见，不但可食用，还很美味。

这些蘑菇有毒。他们会让人抽搐，最后死亡。

罗兰相信食用这些蘑菇很安全。

罗兰相信食用这些蘑菇很危险。

罗兰把蘑菇给朋友吃。罗兰的朋友平安无事。

罗兰把蘑菇给朋友吃。罗兰的朋友中毒而死。

情节 7：王丽为一个病人做例行检查。王丽通常戴橡胶手套检查病人。

这个病人像大多数人一样，对橡胶不过敏。

这个病人对橡胶严重过敏，一旦接触橡胶类的东西，就会进入休克状态。

王丽读过病人的病情记录，相信橡胶手套对于他是安全的。

王丽读过病人的病情记录，相信橡胶手套对于他是危险的。

王丽戴橡胶手套检查病人。病人平安无事。

王丽戴橡胶手套检查病人。病人休克倒地。

情节 8：赵智在海湾上驾驶着一辆摩托艇往家赶。他看见远处有一个人在游泳。

这个游泳的人很安全，他像海湾的其他人一样，只是朝赵智挥手打招呼而已。

这个游泳的人很危险，他溺水了，正向赵智挥手求救。

赵智相信他是安全的。

赵智相信他是危险的。

赵智默默离开。挥手那人平安无事。

赵智默默离开。挥手那人溺水身亡。

情节 9：李明开车回家，看见路边有一个人。这人弯着腰，手捂着胸，附近的地面上放着一个哮喘呼吸器。

这个人只是暂时的呼吸短促，打算在继续长跑之前，先休息一下。

这个人哮喘病发作了，需要马上被送进医院，否则很快会休克。

李明没有看见那个呼吸器，他相信这个人很安全。

李明没有看见那个呼吸器，他相信这个人很危险。

李明继续开车回家。这个路人平安无事。

李明继续开车回家。这个路人休克而死。

情节 10：医生嘱咐杨鹏给他年迈的妻子吃治疗心脏病的药，服药前后一小时内不能摄入维生素 K。有一天，杨鹏的妻子吃了一种少见的水果。

这种水果不含维生素 K，杨鹏的妻子马上吃药也是安全的。

这种水果含大量维生素 K，杨鹏的妻子马上吃药的话，会立即死亡。

杨鹏研究过，相信现在让妻子吃药很安全

杨鹏研究过，相信现在让妻子吃药很危险

杨鹏马上让妻子吃药。他的妻子平安无事。

杨鹏马上让妻子吃药。他的妻子发病而死。

情节 11：刘晓是一个餐厅的服务员，正打算把一个客人点的菜端出去。这个客人和他的朋友一起点了一道用芝麻做调料的菜。

这个客人非常喜欢吃芝麻，吃很多也没问题。

这个客人对芝麻严重过敏，如果吃了菜里的芝麻，很可能会死掉。

刘晓听了一部分客人的谈话，相信这个客人食用芝麻很安全。

刘晓听了一部分客人的谈话，相信这个客人食用芝麻很危险。

刘晓把芝麻放进菜里。客人平安无事。

刘晓把芝麻放进菜里。客人中毒而死。

情节 12：舒玲的同学想要借她的自行车去登山。自行车的刹车前两天坏了，舒玲刚从修理店把它取回来。

刹车已经修好了，所以骑这个自行车出行很安全。

刹车还没修好，所以骑这个自行车出行很危险。

修理店的工人告诉舒玲刹车修好了，还演示了一下是怎么修好的，所以舒玲相信她的自行车很安全。

修理店的工人告诉舒玲刹车还没修好，还解释了为什么修不好，所以舒玲相信她的自行车很危险。

舒玲把车借给同学。舒玲的同学平安无事。

舒玲把车借给同学。舒玲的同学坠崖身亡。

情节 13：唐静和妹妹在桌子边玩。唐静早上用过熨斗后，把熨斗放在了桌子上面。

唐静的妈妈已经把熨斗的开关关了，所以它已经不烫了，摸上去也很安全。

唐静的妈妈刚用了这个熨斗，所以它仍然很烫，会让人严重受伤。

熨斗的插头并没有插在插座上，唐静相信它很安全。

熨斗的插头仍然插在插座上，唐静相信它很危险。

唐静让妹妹在桌边玩。唐静的妹妹平安无事。

唐静让妹妹在桌边玩。唐静的妹妹严重烫伤。

情节 14：李贝在一间托儿所工作。午饭时间快到了，李贝打算煮牛肉给孩子们吃。她打开一袋碎牛肉。

这些肉被装在系得很紧的袋子里，存放在冰箱中，因此很新鲜，吃下去也很安全。

这些肉因为密封得不好，长了一些肉眼看不见的致命细菌，把它们吃下去很危险。

保质日期是两周以后，所以李贝相信食用这些牛肉很安全。

保质日期是两周以前，所以李贝相信食用这些牛肉很危险。

李贝把这些肉给孩子们吃。孩子们平安无事。

李贝把这些肉给孩子们吃。孩子们食物中毒。

情节 15：罗格和朋友在丰林河漂流。罗格的朋友是个新手。他们把船停在岸边，下河游泳。罗格的朋友打算顺流而下。

河的下一段今年水流很平缓，很容易游过去，沿岸的风景也很美。

河的下一段今年水流很湍急，而且布满了礁石，游过去很危险。

罗格以前在丰林河的这部分漂流过，他相信在下游游泳很安全。

罗格以前在丰林河的这部分漂流过，他相信在下游游泳很危险。

罗格没有管他的朋友。他的朋友平安无事。

罗格没有管他的朋友。他的朋友溺水而死。

情节 16：陈钢在广州机场工作，他负责保证跑道上没有任何碎石，防止它们在飞机起飞时损坏飞机。远处的跑道有一架飞机正准备起飞。

跑道已经彻底清理过，做好了准备让飞机起飞。

跑道还没清理干净，上面可能还有碎石会造成破坏。

陈钢查看了监视器，相信现在飞机在跑道上滑行很安全。

陈钢查看了监视器，相信现在飞机在跑道上滑行很危险。

陈钢同意飞机起飞。飞机平安无事。

陈钢同意飞机起飞。飞机发生事故，造成三人死亡。

情节 17：杨乐在一家为载客火车修铁轨的公司工作。杨乐的工作是，在一个铁轨转角用一根道钉将转向的拉杆固定住。

昨天的夜班工作效率很高，已经在铁轨所有转角加上了道钉。现在这一整段铁轨都很安全。

昨天的夜班工作到很晚，没来得及给铁轨所有转角加上道钉。现在铁轨某些地方仍然很危险。

杨乐查看了夜班的工作记录，相信火车在这一段铁轨运行很安全。

杨乐查看了夜班的工作记录，相信火车在这一段铁轨运行很危险。

杨乐跳过这一段铁轨的工作。这段铁轨开始运营，通过的客车平安无事。

杨乐跳过这一段铁轨的工作。这段铁轨开始运营，一辆客车脱轨，造成多人死亡。

情节 18：史琴和她的朋友正在攀岩，他们使用安全吊带来上下悬崖。史琴的朋友开始扣上一条新安全带。

这条新安全带是顶级产品，用起来绝对安全。

这条新安全带的扣带刚好坏了，使用整条安全带都会很危险。

史琴是从一家信誉有保证的运动店买的安全带，所以她相信扣上它很安全。

安全带的扣带看起来没有固定在正确的位子上，史琴相信朋友带上它会很危险。

史琴给朋友系上安全带。她的朋友平安无事。

史琴给朋友系上安全带。她的朋友坠崖而亡。

情节 19：徐娜用雪球建了一个巨大的冰屋。她的朋友今天过来玩，被冰屋深深吸引住了。

冰屋很坚固。雪球被冻成了坚固的墙，所以徐娜的朋友在里面想怎么玩都没问题。

冰屋内的雪球没有平衡好，一些轻微的举动都可能让它塌下来，所以徐娜的朋友进去玩很危险。

徐娜以前做过很多次同样的冰屋，所以她相信在里面玩很安全。

徐娜妈妈警告过她不要这样玩冰屋，所以她相信在里面玩很危险。

徐娜叫她的朋友到冰屋里玩。她的朋友平安无事。

徐娜叫她的朋友到冰屋里玩。她的朋友被雪砸中头部。

情节 20：杨诺和朋友星期六一起吃午饭。他们用杨诺家冰箱的材料煮面吃，杨诺的朋友想放一些火腿进去。

冰箱里的火腿是前一天买的，质量很好，也很新鲜。

冰箱里的火腿是上个星期买的，已经有一些变质，吃下去很危险。

杨诺的妈妈总是在星期五从商店里买肉回来，所以杨诺相信食用冰箱里的火腿很安全。

杨诺的妈妈通常都是在星期天从商店里买肉回来，所以杨诺相信食用冰箱里的火腿很危险。

杨诺把火腿加进了朋友的面里。她的朋友平安无事。

杨诺把火腿加进了朋友的面里。她的朋友食物中毒。

情节 21：马慧在堂兄家当保姆。他们正在吃爆米花。厨房里突然想起警报声，马慧的堂兄起身去查看发生了什么事儿。

马慧和堂兄刚才用微波炉做爆米花，微波炉冒着的余烟被烟雾探测器探测到，发出了警报声。厨房里发生这种事儿很正常。

警报声是厨房一氧化碳探测器发出的。煤气灶正不断泄露出致命的一氧化碳。厨房现在非常危险。

马慧刚从厨房出来，所以相信现在进去很安全。

马慧刚从厨房出来，所以相信现在进去很危险。

马慧没有阻止堂兄走进厨房。她的堂兄平安无事。

马慧没有阻止堂兄走进厨房。她的堂兄中毒昏迷。

情节 22：张克在一家宠物医院做兼职。他的朋友过来玩，看见工作人员的休息室里放着一些像骨头一样的饼干，就问他能不能吃一块。

张克的一个同事昨天过生日，自己做了一些饼干，放着这里给大家分享。这些饼干很美味很安全。

这些饼干是张克一个同事不小心放在这儿的。他们是用来给小狗催眠的，人吃了会中毒。

因为医院的工作人员经常把食物放到休息室和大家分享，所以张克相信食用这些饼干很安全。

因为这些饼干看起来就是兽医加了特殊化学物质用来给小狗催眠的饼干的样子，所以张克相信食用这些饼干很危险。

张克邀请朋友吃饼干。他的朋友平安无事。

张克邀请朋友吃饼干。他的朋友中毒休克。

情节 23: 左艳正在过寒假。她在一个滑雪场开缆车做兼职。午休以后轮到她上班，第一个乘客是个孩子。

缆车像往常一样运行良好，能够将任何体型的乘客运送到滑雪道上。

某个电子元件出了问题，颠簸得很厉害，对乘坐的小孩子来说很危险。

左艳午饭前看见同事用缆车把一群小孩送了上去，所以她相信现在让这个孩子乘坐缆车很安全。

左艳的上司午饭前告诉她缆车出了故障，所以她相信现在让这个孩子乘坐缆车很危险。

左艳让孩子坐上缆车。孩子平安无事。

左艳让孩子坐上缆车。孩子坠地摔死。

情节 24: 唐巧是一个小男孩的保姆。男孩今天要参加一项火灾逃生培训活动，会进入一座烟雾弥漫的假房子。唐巧负责在活动中照看他。

男孩的肺部很健康，也习惯了吸二手烟，所以可以很容易地通过这座冒烟的房子。

男孩有哮喘病，一遇到浓烟就会呼吸不过来，所以要通过这座冒烟的房子是很危险的。

男孩的父母都喜欢抽烟，使他已经熟悉了烟雾环境。所以唐巧相信他参加这个活动会很安全。

男孩的父母告诉过唐巧他有哮喘病。所以唐巧相信他参加这个活动会很危险。

唐巧让男孩走进冒烟的房子。男孩平安无事。

唐巧让男孩走进冒烟的房子。男孩哮喘发作。

情节 25: 赵晨和一个朋友在非洲旅行。天气太热了，他的朋友看见一个池塘，就想下池游泳。

这个池塘对旅游者来说是个好地方。它没有任何传染疾病的生物，池里的水非常干净，所以下去游泳很安全。

这个池塘里有一种传播疟疾的蚊子。人只要被叮一下就会被传染，所以到这个池塘游泳很危险。

池塘里有很多旅行者在游泳，他们看起来玩得很开心，所以赵晨相信到池塘里去很安全。

非洲传播疟疾的蚊子世界闻名，而且池塘边上也有很多蚊子，所以赵晨相信到池塘里去很危险。

赵晨鼓励朋友下去游泳。赵晨的朋友在池塘里平安无事。

赵晨鼓励朋友下去游泳。赵晨的朋友在池塘里被一些蚊子叮了，染上疟疾。

情节 26: 郑宇在他家的森林里和朋友一起打猎。他们看见一个棕色的东西在靠近。郑宇的朋友举起枪瞄准。

朝他们走过来的是一头受伤的熊。它快死了，击中它就可以让这次狩猎满载而归。

朝他们走过来的的是一个私自进入郑宇家丛林的猎人，他没看见郑宇他们。只要一枪，这个私闯者就可能会死掉。

郑宇在自己家的森林里打猎，也认识他看见的那团棕色是什么东西。所以郑宇相信朋友开枪瞄准的是一头熊。

郑宇刚才看见有个穿棕色衣服的男人路过他们身边，他猜这团移动的棕色其实就是刚才那个人。所以郑宇相信朋友开枪瞄准的是一个男人。

郑宇没有阻止朋友开枪。子弹射中了一头熊。

郑宇没有阻止朋友开枪。子弹射中了一个男人。

情节 27: 孙泽在超市买菠菜，他的奶奶十分钟爱菠菜。最近一些袋装菠菜被发现携带有大肠杆菌，导致所有的袋装菠菜被召回。

许多市场都有重新进货，所以超市里的这些袋装菠菜绝对安全，不会携带大肠杆菌。

许多市场都有重新进货，但有些菠菜通过的检验并不是很彻底，导致一些蔬菜仍然携带病菌。

孙泽在超市里看见袋装菠菜又被摆了出来。菠菜的包装袋上有一些看起来很正式的消息，这让他相信这些菜很安全。

孙泽在超市里看见袋装菠菜又被摆了出来。镇里当天才发生过一起中毒事件，这让他相信食用这些菜可能仍然很危险。

孙泽买了一袋菠菜给奶奶。他奶奶在晚饭上吃下了这些菠菜后平安无事。

孙泽买了一袋菠菜给奶奶。孙泽买了一袋菠菜给奶奶。

情节 28：苏珍在小学教一年级。她在检查学生的健康表，看看是否有人食物过敏，以此来安排班次。一个学生的表格丢失了。

这个学生曾经对花生过敏，但是已经治愈。所以现在，周围有人吃花生或者她自己吃花生都是可以的。

这个学生渐渐开始对花生严重过敏，但以前是不会的。所以现在，即使和吃花生的人在一个房间呆着，她都会休克。

苏珍打电话到学生家里，询问了她的哥哥她是否对什么过敏。所以，苏珍相信这个学生不会过敏。

苏珍打电话到学生家里，询问她的哥哥她是否对什么过敏。所以，苏珍相信这个学生对花生过敏。

苏珍把学生分到非过敏体质班。这个学生平安无事。

苏珍把学生分到非过敏体质班。这个学生过敏休克了。

情节 29：端午节的时候，陈杰帮一个邻居看守房子。他正打算和一个朋友出去吃午饭，火警铃声响了起来。

这个警报器很旧，并不准确，时常在白天没缘由地响几分钟又自动关闭，它显然该被修理一下了。

这个警报器可以很精准地探测到危险的热量水平，买它就是为了能探测地窖的过高热量以防发生火灾。

陈杰记得一些邻居嘱咐的关于这个警报器的话，他相信现在房屋没危险。

陈杰记得一些邻居嘱咐的关于这个警报器的话，他相信现在房屋很危险。

陈杰离开家去见朋友。警报自动关闭，房屋安全无事。

陈杰离开家去见朋友。警报一直在响，房屋燃起大火。

情节 30：刘莎在一家攀岩用品专卖店工作。她在整理货品的时候，一个顾客走了进来，想要买一条安全绳索。

这种绳索是一家新公司生产的，质量很好。它们有三年的保质期，受到众多国外攀岩者的推崇。

这种绳索是一家新公司生产的，质量很差，厂家正准备召回。它不能承受任何攀岩者超过 20 分钟。

刘莎看见这种绳索的生产厂商是个新公司，她一个攀岩的朋友十分信任这家公司，所以刘莎相信使用这种绳索攀岩很安全。

刘莎看见这种绳索的生产厂商是个新公司，她一个攀岩的朋友认为这家公司很不可靠，所以刘莎相信使用这种绳索攀岩很危险。

刘莎把绳索卖给顾客。顾客使用这条绳索攀岩时平安无事。

刘莎把绳索卖给顾客。顾客使用这条绳索攀岩时从高空坠落。

情节 31：李浩带着侄子逛动物园。看海豚表演的时候，侄子抱怨说胃疼。

李浩的侄子身体没问题，只是有时候像今天一样吃了太多垃圾食物会觉得胃疼，但通常一两个小时以后自己就好了。

李浩的侄子病得很严重。他最近做过一次手术，医生警告过，胃疼可能意味着存在严重的并发症。

侄子那天下午吃了太多冰激凌和炸薯条，所以李浩相信他的胃没什么大问题。

侄子几个星期以前才进行过一次重要的手术，所以李浩相信他的胃需要立即检查。

李浩不理睬侄子胃疼。他的侄子很快就恢复健康。

李浩不理睬侄子胃疼。他的侄子很快就严重内出血。

情节 32：蒋文在酒吧玩的时候，看见妹妹坐在下一张桌子旁边。她的妹妹正大笑地喝酒，看来玩得很开心。

蒋文的妹妹才喝一杯酒，还很清醒，因为要保证自己可以安全驾驶回家，今晚也不打算再喝第二杯了。

蒋文的妹妹喝了 5 杯酒，已经醉了，还打算自己开车回家，这样是很危险的。

蒋文的妹妹是个理智的人，蒋文相信她很安全。

蒋文的妹妹太爱喝酒了，蒋文相信她很危险。

蒋文没有管他妹妹。他的妹妹自己开车安全到家。

蒋文没有管他妹妹。他的妹妹自己开车出了车祸。

情节 33：王齐和同事一起在公司附近的寿司店吃饭。王齐正好通过一个共同的朋友认识这间店的老板。

店老板总是努力确保寿司用的鱼足够新鲜，店里所有的东西符合卫生标准，其中金枪鱼是招牌菜。

店老板为了节约成本，总在一些便宜且质量口碑很差的市场买鱼。买来的一些鱼里（通常是金枪鱼）长着寄生虫。

王齐的朋友对这里的金枪鱼评价非常好，所以王齐相信点这道菜是正确的。

王齐的朋友对他抱怨过这里的金枪鱼不够新鲜，所以王齐相信点这道菜是错误的。

王齐向同事推荐金枪鱼。他的一个同事吃了这道菜后，觉得很美味。

王齐向同事推荐金枪鱼。他的一个同事吃了这道菜后，染病住院。

情节 34：左兰和助理在波多黎各附近的小岛上研究灵长类动物的认知。这里的猴子可以随心所欲到处闲逛，左兰的助理负责处理这些猴子。

猴子身上带着一种能传染给小鸟的病毒，但对人类没有威胁。

猴子身上带着一种少见的致命病毒。只要被它们咬一下甚至轻轻抓伤，人类都会被传染这种病毒。

左兰向一些知识经验丰富的本地人咨询了很多关于这些猴子的事情。她相信这些猴子对于人类是安全的。

左兰向一些知识经验丰富的本地人咨询了很多关于这些猴子的事情。她相信这些猴子对于人类是危险的。

左兰告诉助理不用佩戴防护装置。她的助理在小岛平安无事。

左兰告诉助理不用佩戴防护装置。她的助理在小岛感染上致命病毒。

情节 35：乔南周末的时候给邻居家帮忙。邻居出去旅游了，她打算在家里点杀虫的熏香，这些熏香会散发出许多有毒气体。

邻居的妈妈出去了。她要第二天傍晚才会回来，那个时候毒气都没了。

邻居的妈妈在房子顶楼的卧室里睡觉，即使熏香发出难闻的味道也不会醒过来。

乔南相信邻居的姨妈就像之前计划的那样，到朋友家去了，待会儿会很安全。

乔南相信邻居的妈妈还在楼上卧室里小睡，待会儿会很危险。

乔南点燃熏香。毒气充斥着整座房屋，把害虫都杀光了。邻居的妈妈平安无事。

乔南点燃熏香。毒气充斥着整座房屋，把害虫都杀光了。邻居的妈妈中毒而死。

情节 36：刘芸照看着她 1 岁的侄女和 7 岁的侄子。侄子喜欢捉弄人，侄女只要有米粉吃就很开心。

厨房桌上的米粉没什么问题，依然香甜可口。刘芸的侄子在院子里玩，追着小狗到处跑。

厨房桌上的米粉里混着洗涤剂。的侄子刚才玩的时候，倒了很多洗涤剂到米粉盒里。

刘芸拿起侄女的米粉。米粉盒上写着“婴儿米粉”，所以刘芸相信食用这些米粉很安全。

刘芸从桌上拿起侄女的米粉。米粉闻起来有一股奇怪的气味，所以刘芸相信食用这些米粉很危险。

刘芸喂侄女米粉。小女孩吃下米粉后平安无事。

刘芸喂侄女米粉。小女孩吃下米粉后呕吐不止。

情节 37: 陈强和堂兄在房子前面玩弹跳球。球滚到了街上，堂兄跑去捡球，也没看一下街上是否有车。

街上空荡荡的，只有小孩在玩，所以陈强的堂兄跑去捡球很安全。

街角过来很多汽车，开得飞快，所以陈强的堂兄跑去捡球很危险。

现在是清晨，陈强相信街上不会有车，堂兄跑过去捡球很安全。

现在正是高峰时期，陈强相信街上会有很多车，堂兄跑过去捡球很危险。

陈强挥手让堂兄去捡球。堂兄跑去捡球，平安无事。

陈强挥手让堂兄去捡球。堂兄跑去捡球，被车撞倒。

情节 38: 胡梅刚到一家小型高空跳伞公司工作。他的第一个顾客有 200 斤重。她刚打开了一批新的降落伞。

这些降落伞制作精良，非常结实。它们能用很长时间，任何体重的人使用都没问题。

这些降落伞质量有问题，应该马上扔掉。它们不能承受任何体重超过 100 斤的人。

因为上司保证过这些新降落伞制作精良，所以胡梅相信每一个顾客着陆都会很安全。

因为上司警告过，这些降落伞有问题，不能让任何体重超过 100 斤的人安全着陆。所以胡梅相信这一个顾客着陆会很危险。

胡梅把新降落伞给顾客。顾客使用这把降落伞时平安无事。

胡梅把新降落伞给顾客。顾客使用这把降落伞时落地摔死。

情节 39: 叶蓉在一家宠物商店工作。商店新进了一只小狗。一个女顾客走进商店，想把这只小狗买回家。

这只小狗身体健康，也很活泼，对于任何爱狗的人来说，都会是一只称心如意的宠物。

这只小狗有狂犬病，会把病传染给它咬过的人。

叶蓉和宠物店的其他人谈过。她相信这只新来小狗的身体检查已经通过。

叶蓉和宠物店的其他人谈过。她相信这只新来小狗的身体检查没有通过。

叶蓉把小狗卖给女顾客。小狗与主人相处融洽。

叶蓉把小狗卖给女顾客。小狗病发咬伤主人。

情节 40: 何华正在参加一个联欢会，联欢会上人们喝了很多啤酒。他玩得正开心时，看见一个朋友坐在沙发上闭着眼睛。

何华的朋友没有喝酒，只是太累了。他现在只是在沙发上小睡一会而已。

何华的朋友最近有一场考试失利了，所以借酒消愁，喝的都失去知觉了。

何华的朋友刚参加完艰难的中期考试，所以何华相信他需要休息。

何华的朋友中期考试几门学科都没过，所以何华相信他喝得太多。

何华没有尝试叫醒朋友。他的朋友平安无事。

何华没有尝试叫醒朋友。他的朋友昏迷猝死。

附录 2 意图列举任务材料（实验六材料）

故事 1:

J 是一位 14 岁的男孩，他很想去野营。他父亲许诺，如果他攒到了一笔钱，就允许他去野营。于是 J 送报就更加卖力，终于攒下了 500 元。这笔钱除可用于野营外，还有点剩余。但就在野营要出发前，J 的父亲改变了主意。因他父亲的一些朋友决定去进行一次钓鱼旅行，而他父亲缺少这笔旅行的费用，他让 J 把送报攒下的钱给他。J 不想放弃将要进行的野营。于是，J 拒绝给他父亲钱。

请列举 J 拒绝给他父亲钱的可能的想法和意图？

故事 2:

在欧洲的一个国家，有一个穷人名叫 Q，他找不到工作，他的妹妹和弟弟也找不到工作。没有钱，他就偷他们需要的食品和药物。不幸的是，他被抓到并判了 6 年徒刑。2 年后他从监狱中逃出来，改名换姓又生活在这个国家的另一个地方。20 年过去了，一位裁缝认出工厂的老板就是 Q —— 一位在逃的犯人，警察曾在他的家乡镇上追捕过他。于是裁缝把 Q 报告给警察。

请列举裁缝把 Q 报告给警察的可能的想法和意图？

故事 3:

Z 是一个 12 岁的女孩，她妈妈许诺她，如果她从照看婴儿和在午餐费中攒够足够的钱用于买门票，她就能去城里看一场摇滚音乐会。她设法攒到了 200 元钱，除了买门票和路费还多出 30 元。而她妈妈却改变了主意，告诉 Z 她得用这笔钱交新校服的费用，Z 很失望。但不管怎样，她还是决定去看音乐会。她买了一张门票，告诉妈妈她只攒够了 30 元。后来 Z 告诉了姐姐 L，她去看演出了，而对妈妈撒了谎。最后姐姐 L 告诉了妈妈 Z 撒谎了。

请列举姐姐 L 告诉了妈妈 Z 撒谎了的可能的想法和意图？

故事 4:

一位妇女患了致命的癌症，没有药物能治好她的病，她的医生 F 大夫知道她只有 6 个月的生命。她异常疼痛，非常虚弱，用乙醚和吗啡一类的止痛药会加速她的死亡。她神志不清，几乎痛得昏死过去。在她清醒时，她请求 F 大夫给她足够的乙醚让她死去。她说她不能再忍受痛苦了，反正她是要在几个月内死去的。尽管 F 大夫知道安乐死是违法的，但他思考再三，最后还是给妇女注射了足够致死的乙醚。

请列举 F 给妇女注射足够致死的乙醚的可能的想法和意图？

故事 5:

在以色列，有一支部队受到数倍于自己的敌人的攻击，正在进行撤退。部队已通过一座桥梁，而大部分还在河那边。如果有人返回去把桥炸掉，部队就能顺利地撤退。但若延迟了炸桥，部队就不能顺利撤退。唯有带队的上校 S 知道怎样撤退。他问有无人自愿牺牲自己去炸桥，结果没人愿意去。如果 S 自己去炸桥，部队就不能安全撤退，因为他是唯一知道怎样撤退的人。上校 S 最后强制命令一个人去完成炸桥任务。

请列举 S 强制命令一个人去炸桥的可能的想法和意图？

故事 6:

敌人的军队占领了村子。他们下令杀掉村子里所有的活人。N 和其他一些村民藏在一个大房子的地窖里。N 听到了士兵在外面的声音，他们到房子里来搜刮财物。这时 N 的小孩开始大声哭闹。N 捂住孩子的嘴来堵住声音。如果 N 移开手，孩子的哭喊声就会引起敌军的注意，为所有的人惹来杀身之祸。为了救 N 自己和其他人，N 最后令孩子窒息而死了。

请列举 N 最后令孩子窒息而死的可能的想法和意图？

故事 7:

D 和她的丈夫、还有他们的四个孩子正穿过一段山脉返回故乡。他们不小心把休息的营地设在了一个当地土著部落的神圣的墓地里。部落的头领说，根据规定，D 和 D 的家人都必须被处死。但是，如果 D 亲手杀掉最大的孩子，D、D 的丈夫和其他三个孩子就可以活下来了。最后 D 为了救她的丈夫和其他三个孩子，而杀掉自己的长子。

请列举 D 杀掉自己的长子的可能的想法和意图？

故事 8:

E 是一艘军队潜水艇的船长，潜水艇正从一座大冰山下路过。船上的一次爆炸让 E 他们损失了大部分氧气供给，还导致 E 的一个船员大量失血。无论如何，他都活不下去了。剩下的氧气不足以让所有船员坚持到水面上。营救其他船员的唯一方法就是用枪把这个伤员打死，这样就有充足的氧气使其他船员存活下来。最后 E 杀掉了这个必死无疑的船员。

请列举 E 杀掉这个船员的可能的想法和意图？

故事 9:

P 是一个生态学家，她和一群生态学家一起住在一个偏远丛林。他们整个群体，包括 8 个孩子，都被一个武装恐怖组织抓为人质。其中一个恐怖分子喜欢 P。他说他的头儿打算在明天早上杀掉 P 和其他所有人质。他愿意帮助 P 和孩子们逃生，但是为了表示善意，P 必须杀掉 P 的同伴中他不喜欢的一个人。如果 P 拒绝他的提议，所有的人质包括 P 和孩子们都会死去。如果 P 接受他的提议，其他人都会死，但 P 和 8 个孩子是可以逃走的。最后 P 杀掉了那个同伴。

请列举 P 杀掉那个同伴的可能的想法和意图？

故事 10:

W 正在和一个恐怖分子谈判，他下定决心要在人群中引爆炸弹。W 的一个优势是 W 控制着他 10 岁的孩子。如果他引爆炸弹，成千上万人会被杀害。阻止他的唯一方法是，通过他建立的卫星通讯系统，W 在视频里，当着他的面折断他儿子的一只手臂，并且威胁说，如果他还不放弃，W 会折断另外一只。最后 W 折断了恐怖分子儿子的手臂。

请列举 W 折断恐怖分子儿子手臂的可能的想法和意图？

练习实验故事:

欧洲有个妇女患了一种罕见的疾病，生命垂危。医生认为只有一种药能救她，就是本镇一个药剂师最近发明的镭。药剂师索价 2000 美元，是成本的 10 倍。病妇的丈夫 H 到处借钱，试过各种手段，但他一共才借到 1000 美元，只够药费的一半。H 不得已，只好告诉药剂师，说他的妻子要死了，请求药剂师便宜一点卖给他，或允许他赊欠。但药剂师说：“不行！我发明这种药就是为了赚钱。”于是，H 铤而走险，他撬开了药店的门，偷走了药。

请列举 H 撬门偷药的可能的想法和意图？

附录 3 正性负性情绪量表(The Positive and Negative Affect Scale, PANAS)

请您根据自己此时此刻的实际感受在每一个形容词后面相应的答案上画圈。

哀伤的	1 非常轻微或没有	2 比较少	3 中等程度	4 比较多	5 极强
心烦的	1 非常轻微或没有	2 比较少	3 中等程度	4 比较多	5 极强
憎恶的	1 非常轻微或没有	2 比较少	3 中等程度	4 比较多	5 极强
愤怒的	1 非常轻微或没有	2 比较少	3 中等程度	4 比较多	5 极强
恐惧的	1 非常轻微或没有	2 比较少	3 中等程度	4 比较多	5 极强
感到热情的	1 非常轻微或没有	2 比较少	3 中等程度	4 比较多	5 极强
受鼓舞的	1 非常轻微或没有	2 比较少	3 中等程度	4 比较多	5 极强
自豪的	1 非常轻微或没有	2 比较少	3 中等程度	4 比较多	5 极强
果断的	1 非常轻微或没有	2 比较少	3 中等程度	4 比较多	5 极强
感到强大的	1 非常轻微或没有	2 比较少	3 中等程度	4 比较多	5 极强
积极活跃的	1 非常轻微或没有	2 比较少	3 中等程度	4 比较多	5 极强
担心的	1 非常轻微或没有	2 比较少	3 中等程度	4 比较多	5 极强
耻辱的	1 非常轻微或没有	2 比较少	3 中等程度	4 比较多	5 极强
内疚的	1 非常轻微或没有	2 比较少	3 中等程度	4 比较多	5 极强
紧张的	1 非常轻微或没有	2 比较少	3 中等程度	4 比较多	5 极强
敏感的	1 非常轻微或没有	2 比较少	3 中等程度	4 比较多	5 极强
注意力集中的	1 非常轻微或没有	2 比较少	3 中等程度	4 比较多	5 极强
有兴趣的	1 非常轻微或没有	2 比较少	3 中等程度	4 比较多	5 极强
警觉的	1 非常轻微或没有	2 比较少	3 中等程度	4 比较多	5 极强
兴奋的	1 非常轻微或没有	2 比较少	3 中等程度	4 比较多	5 极强

附录 4 tDCS 实验中置于 RTPJ 位置的电极示意图

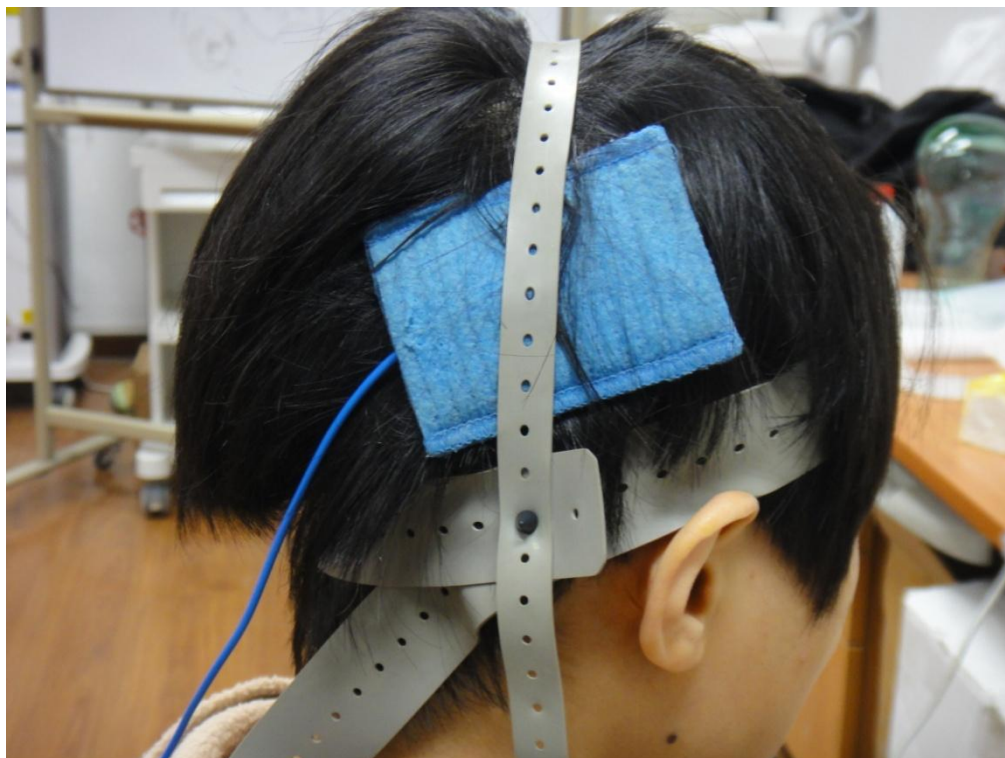


图 1 阴极电极放置在目标脑区（右侧颞顶联合区）的位置示意图

致 谢

十年之前，我像一个天真无知的小孩，战战兢兢地漂泊在心理学和认知神经科学的海洋中；十年之后，我即将完成博士阶段的学习，已经能够在这片广阔无边的海洋中找到属于自己的航线和前行的动力。十年之间，是各位尊师、同窗和家人帮我建造了船、扬起了帆、绘制了航线，让我能够在浩瀚的知识海洋中驰骋，寻找绚丽的真理瑰宝。在毕业论文收笔之际，我想在此向你们表达最诚挚的感谢：

首先我要感谢恩师罗跃嘉教授，我还记得大四那年第一次与您见面时，您大家的气度、高尚的人格和对学生的悉心关怀就深深触动了我。在跟随您学习的六年里，您严谨的治学风格、严肃的科学态度和坚忍不拔的意志教会了我作为一个科研工作者必须具备的品格和素质。在我硕士毕业决定考博和去年找工作的人生重要抉择中，您给予的关心和帮助是我一生难以忘怀的恩情！“一日为师，终生为父”，您将永远是我事业上的榜样和目标，在将来的日子里，我一定谨记恩师的教诲，努力取得更加优异的成绩！

另外，我要特别感谢刘超老师，从我的博士论文选题、实验设计到具体的结果分析和论文撰写，都凝聚了刘老师的心血和智慧结晶。刘老师是一位良师益友，他敏锐的视角、创新的思维和对科研工作的无限热忱都给予我极大的触动和启发，在他身上，我深深体会到了我们年轻一辈应当具备的工作热情和肩上承载的义务、责任。

我想感谢西南大学、北京师范大学和中国科学院心理研究所的诸位老师对我的教育和培养：感谢张志杰老师、毕重增老师，是你们让年少懵懂的我第一次体会到完成心理学实验和发表论文的喜悦和满足，引领我进入科学研究的领域；感谢范津老师、黄宇霞老师在博士论文开题时对我的研究提出宝贵建议；感谢魏景汉老师、吴健辉老师、李雪冰老师、卫星老师、陈灵娟老师、杨静老师，你们在我研究生阶段的学习和生活中给予我许多帮助和指导；特别感谢林春梅老师，是您让我们在枯燥的学习之余感受到了家一般的温暖，即将成为大学教师的我一定向您学习，时刻关心、爱护学生，用真心和真爱做好学生工作。

感谢罗文波、杜博琪、冯文锋、杨苏勇、陈桃林、古若雷、周立明、郭毕鹏、张丹丹、孙世月、王丽丽、陈春萍、徐蕊、余凤琼、欧阳铮铮、黄淼等师兄师姐们对我学习上的帮助，不厌其烦地回答我在科研和学习中的各种问题；感谢吴婷婷、伍海燕、杨奇伟、金翊翔、徐鹏飞、龚翔、谢熹瑶、雷智慧、葛月、彭家欣、谷璜、王悦、冯雪、封春亮、罗艺、林碗君、中学易、金熠、柳昀哲、田腾骧等同门，相识是缘，能和你们一起学习进步是我莫大的荣幸。感谢唐红红、李万清、陆夏平和桂丹阳协助我完成毕业论文实验，并在小组会上提出许多宝贵建议。感谢室友卢焕华和王久菊，宿舍里偶尔的“卧谈”拓宽了我的视野，使我受益匪浅。

感谢我的挚友刘天、杨珏婕、曾繁荣、徐静、张景等等，俗话说“人生得一知己足矣”，

今生能有你们几位好友的陪伴，我已无憾，虽然将来我们会在不同的地方生活，但是千山万水也抵挡不了我们天长地久的友谊！

感谢我的奶奶和爷爷，尤其是奶奶从小对我的教育和培养，让我拥有了独立自觉的性格和敢于追求的事业心，如今你们已经年过八旬，我却因为一直在外读书，无法回到你们身边尽一份孝心，我一直觉得很愧疚，希望今后能多一些时间陪伴你们！感谢我亲爱的父母，谢谢你们给予我无条件的爱，让我成为一个健康、乐观和幸福的人，请你们放心，女儿已经长大，也一定会像你们一样幸福快乐，女儿在此祝福你们退休后生活丰富多彩、永远年轻！感谢我的公公、婆婆，结婚以来我不仅没有尽到媳妇的孝心，反而是你们一直包容和支持我；感谢我的爱人，谢谢你一直以来对我的理解、疼爱和鼓励，你就是我的家，帮我遮风挡雨、驱散雾霾，让我能够专心学习，顺利完成博士学业。

前进的号角已经再次吹响，博士阶段的结束只是人生旅途中的一次短暂停歇，在未来的日子里，被爱包围着的我，将再度扬帆起航，谨记“学为人师，行为世范”的教诲，在新的工作岗位上努力创造价值、实现理想，以此报答所有关心和帮助过我的人们！

甘甜

2013年5月18日于北京师范大学英东楼