

题目：自我损耗促进冲动决策：来自行为和 ERPs 的证据

作者：窦 凯 聂衍刚 王玉洁 黎建斌 沈汪兵

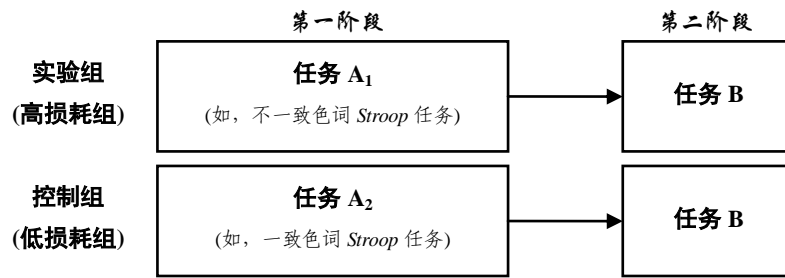
第一轮

审稿人 1 意见：

意见 1：实验 1 中的 Stroop 任务采用了未按键反应的形式进行，这样操作的目的是什么？还有，由于文章采用了口头报告的形式，这样的话，被试的反应速度是如何控制的？相应的结果又是如何记录的？

回应：“字—色”失配和“字—色”匹配的 *Stroop* 任务是操控自我控制资源损耗水平高低的经典范式(双任务实验范式)，实验 1 中的 *Stroop* 任务是基于文献(Gailliot et al., 2007; Mead et al., 2009; 黎建斌, 2012)来设置的，其原理(如附图 1)是：让被试先后完成两种不同类型的任务，第一个任务中仅让实验组被试完成一些需要消耗自我控制资源的任务，控制组的任务不损耗资源，继而让两组所有被试接着完成第二个自我控制任务，考察两组被试在第二个自我控制任务中的反应是否存在差异，进而检验自我控制资源的损耗是否对个体心理和行为产生影响。

实验 1 和实验 2 的 *Stroop* 任务就是基于这一原理所设置，其中**任务 A₁**选用不一致色词的 *Stroop* 任务，需要自我付诸意志努力，阅读是一种很强的自动化反应，会干扰对颜色的命名。被试对词呈现的颜色做反应，需要克服对词本身的阅读，这一过程需要自我有意识地对阅读的自然反应倾向加以调控，在大脑中产生了较多的认知冲突，因此会较多地消耗认知资源。与此相对，**任务 A₂**选用一致色词，不需要自我的主动调控，完成该任务不会造成自我控制资源的损耗。被试对色词的阅读有助于其对颜色的辨别，因而该任务符合个体的习惯化反应，几乎不涉及任何的认知冲突，故被试在完成该任务之后并不会消耗太多的认知资源。



附图 1 双任务实验范式

综上，实验 1 采用口头报告的形式来完成颜色命名，其目的是让被试克服自动化反应的优势，消耗有限的自我控制资源。指导语中要求被试尽可能快的报告字体颜色，而实验程序本身设置刺激的呈现时间为 3s，自我损耗任务中不记录被试的反应(黎建斌, 2012)。但是，我们通过回溯性问题了解被试在自我损耗任务中的损耗程度，自我损耗效应检验的结果显示 *Stroop* 任务能够有效操控被试的自我控制资源(见 2.2.1)。

而在实验 2 中，由于需要记录被试完成决策任务时的脑电变化情况，考虑到被试在自我损耗任务中进行口头报告所伴随的肢体变化可能会干扰 EEG 数据的记录，故改为按键反应。尽管反应方式进行了调整，但我们同样采用回溯性调查的方式考察自我损耗任务的有效性，结果显示 *Stroop* 任务能够有效操控被试的自我控制资源(见 3.2.1)。

意见 2: 实验 1 提出要把“特质自我控制”、“风险偏好”等这些变量作为无关变量来控制，但在前言并没有介绍与这些变量相关的研究，在实验 1 部分也没有对选取这些无关变量的理由作出解释和说明。很难让读者明白选择这些变量的目的和意图是什么，难道是随意选取的吗？

回应: 首先可以肯定的回答，实验 1 和实验 2 选择“特质自我控制”、“风险偏好”等这些变量作为无关变量来控制，并非随意选取，而是基于以往的相关研究结果考虑的。梁竹苑等(2007)¹指出人格变量是导致决策过程中个体差异的重要原因，在风险决策领域研究中，风险偏好(风险寻求—风险规避倾向)已被多项研究证实为影响决策的重要因素，且可能与情绪等因素一起影响人们的决策，其作用主要表现在风险行为(即冲动性决策)的倾向性动机上。

此外，还有一些研究(Friese & Hofmann, 2009)²从个体人格差异的角度认为自我控制是一种稳定的人格特质，即特质自我控制(trait self-control)。有研究指出，低特质自我

控制的个体比高特质自我控制的个体更倾向寻求那些引发冲动的信息和情景(Crescioni et al, 2011; Tangney, Baumeister, & Boone, 2004)³⁴，更易做出冲动性决策。

基于以上考虑，本研究选择特质自我控制、风险偏好和心境状态作为无关变量一并测量，并在统计过程中作为协变量加以控制，尽可能排除无关变量对实验效果的干扰。但考虑到篇幅的原因，我们在 2.1.3 节中对无关变量选取的原因进行了阐述。

意见 3：“特质自我控制”与“自我控制”是否是相同的概念？在实验 1 中，“2.1.3 无关变量控制”部分提到了“(1) 特质自我控制量表”，而在接下来的段落中则用了“《自我控制量表-简版》”，由此可见，文章认为“特质自我控制”与“自我控制”可能是等同的。但如果二者是等同的，那何必要加“特质”二字呢？直接使用简易描述是否会更好？可见，这是个容易造成混淆的描述。

回应：两个实验所用自我控制的测评工具均为“特质自我控制量表”，该量表是由 Tangney 等(2004)编制，中文版由谭树华和郭永玉(2008)修订，主要是从特质角度测量个体的自我控制水平。本文如此表述确实可能会引起读者误解，现已对这一问题进行了修改，统一改为“特质自我控制量表”。

“特质自我控制(trait self control)”与“自我控制(self control)”二者概念不能等同，正如上一问题中指出，“特质自我控制”是一种稳定的人格特质，而“自我控制”更多的被看成是一种能力。本文如此表述确实欠妥，我们已对这一问题进行了修改，统一改为“特质自我控制”。

意见 4：实验 1 在“小结”部分提到“但实验 1 无法在时间进程上解释自我损耗是影响了冲突的识别还是影响自我的调控”，其实，如果该实验在“(1) 自我损耗任务”中已采用了按键任务是有可能解释该问题的。

回应：非常感谢专家提出这一问题，这里的表述的确容易引起读者误解，我们已对此进行了修改。这句话的提出是基于自我控制两阶段模型理论(Myrsseth & Fishbach, 2009)，该理论认为成功的自我控制应该包括两个阶段：有效的识别冲突、实施自我调控策略。个体在完成延迟折扣任务(即附图 1 中的任务 B)过程中需要运用自我控制，虽然实验 1 结果证实了高损耗者比低损耗者的决策冲动性更强，但却无法从时程加工的角度精细的说明自我损耗后的个体是因无法识别冲突，还是无法实施自我调控策略而导致冲动决策的发生，这与自我损耗任务中是否采用按键任务无关，因为自我损耗任务只是第一阶段的任

务 A(见附图 1 理解)。

而 ERPs 技术可以从时程加工的角度探讨自我损耗后的个体在延迟折扣任务中的脑电变化情况, 可以通过观察脑电变化来分析冲突控制的加工特点, 以此推断自我损耗影响冲动决策的时程加工特点, 这也是我们进行实验 2 的目的。

意见 5: 延迟折扣实验范式(DDT)的英文全称没给出。

回应: *Delay Discount Task, DDT*。现已在文中补充了 DDT 的英文全称。

意见 6: 图 1 中的坐标单位标示不清晰。

回应: 图 1 中的坐标单位 x 和 y 分别是各延迟时间占最大延迟量的比重(即 $x=D/60$)、主观价值占延迟金额的比重(即 $y=V/200$ 或 $y=V/5000$), 其坐标的含义已在 2.1.2 节中作了详细阐述。但为了让读者更清晰的理解坐标单位的意义, 我们在图 1 下面作了图释。

意见 7: 文章到底是采用了哪个量表测量自我控制的? 是“《特质自我控制量表》”还是“《自我控制量表-简版》”? 因为实验 1 和实验 2 中采用了不同的描述, 很难让人明白。

回应: 正如意见 3 的回复一样, 先前稿件所描述的《特质自我控制量表》和《自我控制量表-简版》实属同一个量表, 谢谢专家提出这一问题, 我们已统一了文中的此类表述, 均用《特质自我控制量表》来表述。

意见 8: 对 ERP 成分的描述不统一, 有的使用了 P2, 有的使用了 P200, 似乎文章可能认为 P2 等同于 P200?

回应: 非常感谢审稿专家将这一问题提出, 为此, 我们也咨询了相关业内专家, 他们认为 P2 是 P200 的简称, 通常在刺激呈现后 200ms 左右出现的正波被称为 P200(P2), 这是经典型的 P2 成分; 但有时 P2 的潜伏期会延迟, 这种情况下可用另外命名, 如 P250(250ms 左右出现)、P270(270ms 左右出现)等。

就本文来看, P2 是出现在刺激呈现后的 200ms 左右, 可用 P2 或 P200 来描述, 在此次修改中, 我们将其统一为 P2。

意见 9: 等号的使用不统一, 有时使用“=”有时则使用“=”。

回应: 我们已对这一问题进行了修改, 并全部统一为“=”。

意见 10: 文章偏长, 还有一些不必要的重复。如实验 2 的回溯性问题基本是实验 1 中有关问题的重复。

回应: 感谢审稿专家的建议, 我们已对文章进行了多次反复阅读, 并邀请同行和同学进行了挑剔性阅读, 删除了不必要的重复部分, 尽量使文章更加精炼。但是由于目前关于这个主题的研究, 尤其是中文介绍相对有限, 有些内容的适当介绍是必须的。且审稿专家建议进一步加强综合讨论, 这也在一定程度上使得篇幅压缩不是很明显。此外, 本稿件中的修改说明、自检报告和附录是为了方便专家审稿才提供的, 而这些内容在一定程度上使文章篇幅显得较长。我们尽量根据两位专家的意见来使得文章的篇幅保证在交代清楚问题和研究内容的基础上限定在一定的范围内。

意见 11: 心境任务测验是在实验后进行的, 为何不选择与其它量表一样均在 stroop 任务前操作呢?

回应: 心境是被试在实验过程中即时的情绪体验, 它强调的是即时性, 也就是此时此刻的情绪反应。由于心境的个体差异会给实验带来潜在的影响而越来越被更多的实验者所重视, 本实验选择在自我损耗任务完成后填写心境问卷, 其目的有二: 首先, 了解被试完成自我损耗任务时的心境状况, 可检验自我损耗效应的产生是否受到心境的干扰; 其次, 考察被试完成下一阶段任务时的心境是否与其相关, 若存在显著相关, 可通过统计手段加以控制, 以排除无关变量的影响。若在自我损耗任务之前就测查被试的心境状态, 则无法即时性的掌握被试在实验过程中的情绪体验, 达不到预定的目标。

这一测查顺序也是参考国外相关研究(Peter, Andreas, & Kathrin, 2012)⁵来实施的。

意见 12: 实验 2 中的行为结果描述篇幅远远超过 ERP 结果部分, 显得主次不够明晰。

回应: 为了让实验 2 的数据分析更为合理, 主次更为明晰, 我们将原有的分析内容分为 3 个部分: 3.2.1 预分析、3.2.2 行为结果、3.3.3 ERPs 结果。

此外, 关于 ERPs 数据分析部分, 我们结合另外一位专家的意见, 在原有电极基础上增加周围电极进行统计检验, 结果与原有结论保持一致, 提高了结论的可靠性。

意见 13: 综合讨论不够深入。

回应: 非常感谢审稿专家对本文讨论部分所提的建议, 我们在原稿件综合讨论的基础上, 丰

富了研究结果的解释，并基于决策双系统模型和自我控制资源与认知资源整合模型，对本研究结果进行讨论，最后对本研究的意义、不足与展望进行了必要阐述。

审稿人 2 意见：

意见 1： 延迟折扣任务与冲动决策之间的关系是什么？应在前言中阐明。

回应： 延迟折扣任务(*delay discounting task, DDT*)最早源于行为经济学中评定行为冲动性的延迟折扣模型(*models of delay discounting*)。所谓延迟折扣又称时间贴现，是指未来奖赏的当前主观价值随着时间的推移而下降的心理现象(佟月华, 韩颖, 2011)。该任务通常以虚拟奖金作为选项，要求被试在两个具体时间点的结果中做出选择，即在“小而即时获取的奖金”与“大而延迟获取的奖金”间进行选择。研究者认为，曲线下面积(*area under the curve, AUC*)这一测量指标可解释个体在决策过程中控制能力的丧失或行为冲动性(Myerson, et al, 2001)，*AUC* 越小表示折扣程度越高，说明个体对未来价值存在“短视”现象，随着时间的推移，个体更注重眼前利益而忽视长远利益，在决策时更倾向于选择“小而即时获取的奖金”，因此，可将其称为“冲动决策”。

以上是延迟折扣任务与冲动决策之间的关系，修改稿的前言部分已经补充阐述了二者之间的关系，并以此说明本研究选择延迟折扣范式的初衷。

意见 2： 实验中的高低损耗是被试间变量，那么高低自我损耗组被试在接受损耗任务处理前的冲动性决策水平是怎样的？尽管被试已经采用了随机化分配被试的方式，但冲动性决策本身存在较大的个体差异。这是得出实验结论的一个重要额外变量。

回应： 为控制无关变量对实验效度的干扰，实验设计和操作过程中，我们已从以下几个方面进行控制：

(1) 被试的冲动特质/风险偏好，以及心境状态可能会影响做决策时的冲动程度，实验开始前让所有被试填写相关额外变量的测量问卷（特质自我控制量表、风险偏好问卷、积极和消极情绪量表），并在后续统计分析时采用协方差分析方法进行控制；

(2) 考虑到男生和女生做决策时的冲动性可能会存在性别差异，所以在实验中分配被试时采用随机化分配，并尽量平衡性别比例，然后在正式分析前进行了性别检验，以便控制性别差异的影响；

(3) 在实验材料方面，为消除延迟折扣任务中的顺序效应对实验结果的干扰，我

们对实验中的¥200元和¥5000元延迟强化条件,以及同一延迟强化条件下延迟时间的呈现顺序均设置为随机化处理。

(4) 实验过程中,给参加实验的被试进行指导培训,让他们在舒适的环境下进行ERP实验,尽量避免噪音、机体动作等因素对实验效果的影响。

综上,我们已采用了多种方法尽量避免额外因素对实验的干扰,被试实验前的决策冲动性水平确实是一个重要的额外变量,但已有研究表明特质自我控制与特质冲动性呈显著负相关(Friese & Hofmann, 2009; 索涛, 2012),我们通过问卷测查被试的特质自我控制水平,并通过协方差分析的方法加以控制,在一定程度上排除了特质冲动性对本研究结果的影响。另外,关于额外因素的干扰,我们已在综合讨论部分新加一段(蓝色字体标出)进行论述。

意见 3: ERP 数据分析时,只依据单独某个电极的显著性结果得出结论证据较弱,应补充所报告电极周围电极的统计检验结果,提高结论的可靠性。

回应: 我们严格遵照此修改建议,在文献研究和波形图分析的基础上,选择了 F3、F4、F7、F8、FC3、FC4、FT7、FT8、Fz、CP3、CP4、CPz 电极点进行统计检验,对 N1 成分进行 2(被试组别:高损耗组、低损耗组)×2(延迟金额:¥200、¥5000)×8(电极点:F3、F4、F7、F8、FC3、FC4、FT7、FT8)的三因素重复测量方差分析,对 P2 成分进行 2(被试组别:高损耗组、低损耗组)×2(延迟金额:¥200、¥5000)×6(电极点:F3、F4、Fz、CP3、CP4、CPz)的三因素重复测量方差分析。数据分析结果与原有结论保持一致。所增加电极的波形图如正文所示。

第二轮

审稿人 1 意见:

意见 1: 尽管作者在修改说明对无关变量作出了描述,但事实上,文章中如果没有必要的铺垫,读者是很难明白的。

回应: 在实验设计时,我们已经关注心境、特质自我控制等无关变量的干扰,实验结果也确实发现这些变量与结果变量存在一定的相关。在退修二的修改意见中,我们对无关变量的解释及说明重心放在了综合讨论的部分,此次看到专家的意见,使我们意识到如果前言部分没有必要的铺垫,可能无法让读者明白实验者控制这些无关变量的缘由。因此,

此次修改中，我们首先在前言部分增加了 1.4 小节，其中详细阐述了本研究选择心境、风险偏好和特质自我控制作为无关变量的原因。其次，在 2.1.3 节介绍了所选择无关变量的测量工具；再次，在统计分析部分对这些无关变量进行分析排查，并采用统计法进行控制。最后，在讨论部分倒数第三段，我们对这些无关变量存在的可能解释作了进一步的说明。其中 1.4 节的新增部分如下：

【在两个实验中，我们对一些可能的无关变量进行了控制，其中包括风险偏好、特质自我控制和情绪等。在风险决策研究领域，风险偏好(risk preference)已被多项研究证实为影响决策的重要因素，且可能与情绪等因素一起影响人们的决策，其作用主要表现在风险行为(即冲动性决策)的倾向性动机上(梁竹苑，许燕，蒋奖，2007)。此外，特质自我控制(trait self-control)是一种稳定的人格倾向(Friese & Hofmann, 2009)，有研究指出，低特质自我控制的个体比高特质自我控制的个体更倾向寻求那些引发冲动的信息和情景(Crescioni et al., 2011; Tangney, Baumeister, & Boone, 2004)，更易做出冲动性决策。因此，实验中将这些变量一并测量以控制它们对实验效度的影响。】

意见 2：最后在结论部分提出“本研究的结论为：(1) 自我损耗促进冲动决策，高损耗者比低损耗者的决策冲动性水平更高，更倾向于选择即时满足，在脑电成分表现为 N1 波幅的下降和 P2 波幅的上升；(2) 自我损耗通过降低左侧额区的激活程度来影响个体在随后决策任务中的自我控制表现，促进冲动决策的发生”是不合适的，因为此描述将结果和结论混为一谈了。

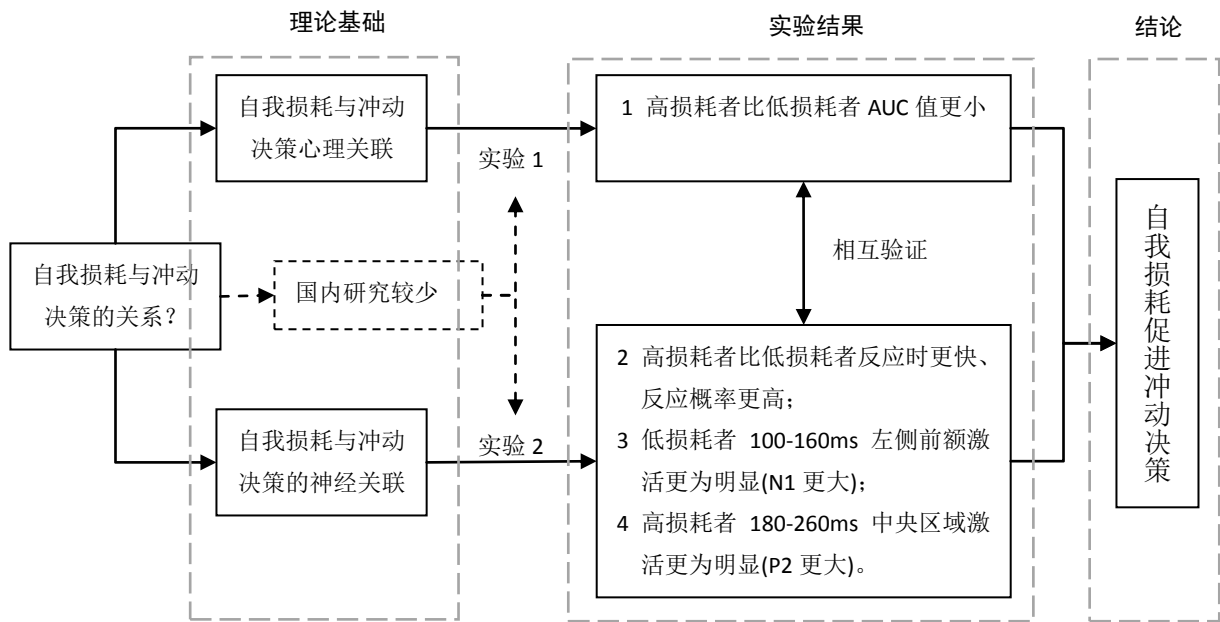
回应：本研究通过两个实验对自我损耗与冲动决策的关系进行了探讨，所得出的研究结论主要从行为与 ERPs 研究的角度分别进行概述。在看到这条意见后，我们对研究结果进行了提炼，概括出本研究的结论，并修改如下：

【(1) 自我损耗促进冲动决策。

(2) 早期左侧额区激活不足是自我控制促进冲动决策的神经基础。】

意见 3：简单地强调 ERP 技术的时间进程特点并不能提出实验 2 的必要性，即简单地提出“可以通过观察脑电变化来分析冲突控制的加工特点，以此推断自我损耗影响冲动决策的时程加工特点”这样的观点是不合适的。因为本文分析的两个成分基本是集中在前额区的。其实，在提出实验 2 的研究目的时，可以试着强调头皮分布的特点，而不仅仅是时程特点。因为如果仅是简单想知道时间特点，行为实验其实也能提供一定的结果的。

回应:衷心感谢审稿专家就本文两个实验逻辑关系的阐述所提出的宝贵建议,在这一建议的基础上,我们进一步完善两个实验的逻辑关联,如附图2所示。



附图2 本文中2个实验的逻辑思路

阐述如下: (1) 由于国内关于自我损耗与冲动决策间的关系研究较少,且国外也鲜有研究说明自我损耗是否会促进冲动决策,在这一基础上,本文围绕这一主题进行探讨; (2) 考虑到国内还未有行为研究证实自我损耗与冲动决策的关系,因此,本文首先想通过行为实验来探讨自我损耗是否会促进冲动决策,是否会验证假设1; (3) 在实验1初步得出自我损耗促进冲动决策这一结果时,促使我们思考其中的机制,在看到 Figner 等(2010)⁶ 和王益文,林崇德(2005)⁷等人的研究后,使我们确信自我损耗影响冲动决策与额叶的参与有关。(4) ERPs 技术不仅能够提供毫秒级的高时间分辨率,还能实时记录脑区神经的电生理变化特点。由此,实验2借助 ERPs 技术寻找自我损耗促进冲动决策的电生理证据。

因此,在提出实验2的研究目的时,我们强调 ERP 能从时间变化的角度提供高、低损耗组被试在跨期决策早期额区激活程度及差异,具体修改见正文 2.3 小结部分。

意见 4: 在分析 ERPs 结果时,强调了是对两个成分进行分析的,但在相应的地形图中则用了三个时间段。这是出于什么考虑?难道不是一个成分一个时段吗?

回应: 谢谢专家如此细心的指出这一问题!当初呈现地形图时,一方面考虑通过地形图中不同脑区的激活程度来比较高、低损耗者之间的差异;另一方面,试图通过呈现脑区的时程变化来说明决策过程的变化,所以选择两个成分的起始至结束的时间窗口作为时间变

量，分三个阶段呈现。看到专家提出这一问题，让我们意识到地形图呈现的时间段与成分时间窗出现分离，可能会引起读者费解。因此，我们结合第 3 条建议“除了呈现时程特点，还要强调头皮分布的特点”，按照一个成分的时间窗口来呈现脑地形图，修改后的图形如正文所示。

意见 5： 图 6 和图 7 做的不够完美，上边的条件的文字描述稍微有点残缺。即“高损耗组”、“低损耗组”的文字描述不全。

意见 6： 我认为，两个图（图 6 和图 7）是没必要分开做的，因为不管是 N1 还是 P1 都是额区，将这个结果统一到一张图中即可。

文章期望对两组被试的结果进行比较，例如摘要中“低损耗者在左侧额区诱发的 N1 波幅显著大于高损耗者；低损耗者在高延迟折扣金额条件下诱发的 P2 波幅显著小于高损耗者”，那么，为何不把这两组的波形在同一个电极中列出呢，即不要将两组被试同一电极的波形分开作图（**即把现在的两条绿线放到一起更直观，现在的两条红线放在一起更直观**）。就目前的波形图来看，更能清晰地看出的是两种金额条件下各自的波幅差异，而不是两组被试之间的差异。

5-6 回应： 仔细看了图标，确实不太清晰。因此，我们结合第 5 和第 6 条建议，将高、低损耗两组被试的波形图放在一个坐标上进行比较，以此直观的显示两组被试在决策过程中所存在的 ERP 差异。具体如正文所示。

意见 7： 摘要中“electrocortical”表达为“electrophysiological”更为合适。

回应： 感谢审稿专家的细心审阅，我们采纳审稿专家的建议，将英文摘要中的“electrocortical”改为“**electrophysiological**”，并用红褐色标识。

审稿人 2 意见：

意见 1-A： 文中的 ERP 研究部分采用了 32 通道的系统，同时再结合 ICA 的方法来去除眼电干扰，对于 ICA 去眼电的结果我们表示非常担心，尤其是在通道数如此少的情况下（关于 ICA 矫正眼电的问题建议参看 psychophysiology 等电生理学杂志上关于这一个问题的专门探讨）。

这里应该：

- 1) 绘出眼电电极的波形，以方便读者直观的判断研究结果受眼电干扰的程度；
- 2) 采用传统基于回归的去眼电方法来去除眼电，并将相应的结果同 ICA 进行比对以提供辅助性的聚合证据。

意见 1-B: a. 文中称进行基线校正的时间段为“进行基线校正(-100 ~ 600ms)”，请确认是否笔误，从基本的波形图来看，似乎存在笔误；

b. 更重要的是从研究中呈现的图来看，即使上述问题存在笔误，在基线校正上也有着很大的问题。请注意图 6 种低损耗组的 F3, F8 等电极，明显可以看出在-100 ~ 0 这段时间的基线平均值大于 0（其中的蓝线明显大部分处于大于 0 μ v 的状态），这种校正上的问题似乎在不同条件间有着很大的差别，请注意 F8 电极。若在基线校正上出现了问题，则无疑后面的所有数据都令人担心。

意见 1-C: 数据呈现的方式上也很是令人感到疑惑，从实验设计和摘要来看，实验的关键比较无疑是高损耗 vs 低损耗，但奇怪的是 ERPs 的结果呈现上却未体现这一关键比较，而是将不同的延迟金额条件进行比较。这两种条件在很大程度上完全没有可比性，早期成分如 P1、N1 等对于刺激的物理属性非常敏感，这两种条件在刺激上本身就存在一定的差异，完全无法搞清楚发现的差异说明了什么（是刺激本身 or 金额）？这样呈现的目的是什么？另外更重要的是如果仔细观察 ERPs 的数据不难发现似乎高低损耗组的差异在 0 ms 后就存在很大的差异了（请注意图 6 中 F3 电极），显然实验的效果不可能在这么早就发挥作用。这很有可能反应了数据处理上的不当。

意见 1-D: 在结果解释上存在随意性，尤其是对 P2 结果的解释上，“一般而言，P2 波幅越大，表明个体可快速识别典型问题，促使其采用基于直觉的启发式策略(Paynter et al., 2009)”，但实际上对于 P2 成分的含义即使是 Paynter 等自己都是非常不确定的，推测性的认为在特定的任务种（FOK 任务）有着某种意义。这点从“As such, it is reasonable to speculate that the P2 amplitude may itself be used to drive “perceptual ? uency, although more research is required to assess the validity of this claim.” 不难看出。因而，类似文中“一般而言。。。 ”的这种提法，是很不合适的。关于 ERPs 成分分析上需要注意的问题，可参见 Luck 2005 书的相关章节。

意见 1-E: 对一些重要的结果缺乏深入的讨论，如对行为结果（图 2）发现的高低损耗组的 AUC 值上与不同延迟金额的交互作用上，仅仅就“高损耗者比低损耗者更不能等待对高奖赏的延迟，时间折扣程度更大，决策更冲动”，无疑是不够深入的。这里研究者需要面

对和解决的一个问题是：为何在同样的不能等待奖励延迟上是对高奖励不能等待而不是低奖励。这一结果与大量关于奖励的研究有着很大的差别。

同时，为何不采用同实验 1 类似的指标，即将反应转换为 AUC，而要采用可能实际上是在测量同一东西的不同指标（反应概率）（这样除让读者无法看清实验之间的关系外，我们很难看出这样做的必要性在哪里）？为何实验 2 的行为结果上未能发现与实验 1 类似的交互作用（图 4）？为何实验 1 和 2 的行为结果有着截然不同的模式（一个有显著的交互作用，一个没有）？这很难归咎于，因为虽然实验 1 和 2 在指标使用上的略有不同（一个是基于反应概率的转换，另一个是直接的反应概率），但却是一种简单的转化关系（显然这也是需要在不同实验间保持指标一致的很好理由）。研究者设计的本来初衷是在实验 1 的基础上，通过增加 ERP 指标来提供更多的信息。但这种行为结果上出现的巨大差异可能提示，本研究的实验测量的信度是较低的。

意见 1-E: 文中还有一些小错误，如图 4 中的延迟金额。。。部分有误，应该是 = RMB 5000，等等。

回应：（1）关于去除眼电方法的选择

非常感谢审稿专家就眼电的去除方法所提出的建议，在看到此条意见后，我们专门阅读了 psychophysiology 相关电生理学杂志关于 ERPs 数据离线处理时关于去眼电方法的探讨，以及 ICA 与其他方法的比较(Wallstrom, Kass, Miller, Cohn, & Fox, 2002, 2004; Hoffmann, & Falkenstein, 2008)⁸⁹¹⁰。Jung 等(2000)¹¹研究中指出“Regression methods become even more problematic when a good regressing channel is not available for each artifact source, as in the case of muscle artifacts. Use of principal component analysis (PCA) has been proposed to remove eye artifacts from multichannel EEG. However, PCA cannot completely separate eye artifacts from brain signals, especially when they have comparable amplitudes. Here, we propose a new and generally applicable method for removing a wide variety of artifacts from EEG records based on blind source separation by independent component analysis (ICA). Our results on EEG data collected from normal and autistic subjects show that ICA can effectively detect, separate, and remove contamination from a wide variety of artifactual sources in EEG records with results comparing favorably with those obtained using regression and PCA methods. **ICA can also be used to analyze blink-related brain activity.**”由此可见，ICA 方法具有独特的优势用于眼电去除，尤其是 ICA 法能提供半自动化的去眼电方法 (semiautomatic mode)，那么研究者可直观的观察哪些成分显著地受到眼动的影响，通过

手动设置来提高眼电去除的有效性。

我们非常重视审稿专家就眼电去除方法所提出的建议，但我们确实未找到相关文献明确指明 ICA 和回归法对 ERP 导数的要求，于是，我们也咨询了 BP 公司的工程师，他们认为 ICA 这种方法的优势在于：可提供与成分有关的眼电校正。此外，我们也咨询了在心理学报中使用 BP 公司 ERP 产品发表文章的作者(邢强等, 2013)¹²，虽然未在文中提及使用哪种方法去除眼电，但他们确实采用 ICA 半自动方法来去除眼电的。

综上，我们有理由相信，ICA 去除眼电是有效的。

(2) 关于基线校正与数据呈现方式

我们确信的指出文中关于基线校正的时间段为(-100 ~ 600ms) 实乃笔误，正确的描述应为(-100 ~ 0ms)。由于这一笔误给审稿专家所带来的误解，实感抱歉。我们已在文中对这一笔误进行了修改，并用红褐色字体标识。

此外，我们采纳审稿专家的意见，将高、低损耗者的 ERP 波形图放在一起，以便清晰的比较两组被试在跨期决策过程中 N1 波幅和 P2 波幅的变化特点。此外，我们也根据另一位审稿专家的意见对脑地形图的呈现方式进行了修改，具体修改见图 2 和图 3 或正文的图 4 和图 5。

(3) 关于行为数据处理与结果解释

由于实验 1 中选择延迟折扣实验范式作为行为实验，设置的实验条件符合 AUC 值的计算要求；但 ERP 实验对实验材料的选择具有一定的要求，每一水平条件的叠加次数至少需要 30 次以上为佳。因此，实验 2 参考 Martin 等(2009)的 ERPs 实验，对实验 1 的 DDT 任务进行了修订，以满足 ERP 实验的要求。但由于修改后，延迟时间的设置不符合 AUC 值的计算要求，而索涛(2012)等人也使用过反应速度和反应概率来衡量决策冲动性。对于这一结果分析方式存在的差异，我们也在前言最后一段进行了解释和说明。

需要说明的是，实验 1 和实验 2 虽然选择的计算方式不同，但行为数据结果却一致证实高损耗比低损耗更易做出冲动决策。此外，关于 ERPs 结果的解释，我们注重从头皮分配的特点来阐述，并避免由于不确定性解释对实验结论的影响。具体的修改已用红褐色字体标识。

(4) 关于文中的小错误

我们检查了原稿件中的图 4，由于 word2007 转换为 2003 版本时所造成的错误，此次修改中，我们已将这类错误修改，并仔细校对了对全文中类似可能会出现的问题，并将 ¥200 改为 RMB200；¥5000 改为 RMB5000，用红褐色字体标识。

审稿人 3 意见：

意见 1： 该文经过专家提出修改意见，作者认真修改以后，质量有很大提高。全文结果可靠，行文规范，有较好的学术价值。

但最大的问题是，理论问题比较松散，尤其是前言，没能围绕一个核心问题展开，也就是没能体现研究的真正动机。比如前言开头提到“冷热”系统，与后面的自我控制资源模型、自我损耗，以及“前额叶皮层-皮层下组织结构”平衡模型，还有自我控制的两阶段，这些理论模型之间有什么关系？该研究针对的是哪一个理论模型的问题？最终解答了什么样的理论问题，或提出了什么新的理论构想？两个实验之间什么逻辑关联？两个所谓的假设，只是说出了作者想看到的结果，这并不是真正的假设。

回应：(1) 关于本文的理论问题

从自我控制的视角探讨冲动决策产生的机制是本研究的主要思路。自我控制在人格领域研究中已有较长时间的历史，而解释自我控制机制的代表理论也有很多。李琼和黄希庭(2012)¹³总结了自我控制的代表理论包括自我控制两阶段模型、双系统模型和资源模型等。其中自我控制资源模型自 2002 年被 Baumeister 提出之后，引起了众多学者关注和研究。该理论将人类不可触摸的自我控制能力隐喻成一种有限的自控资源，这种富有创造性的隐喻为决策领域的研究提供了重要的视角。有研究者提出个体冲动、冒险性决策的产生与低自我控制有关(Martins, Tavares, da Silva Lobo, Galetti, & Gentil, 2004; 索涛, 2012)。因此，本文基于自我控制资源模型，探讨冲动决策产生的认知神经机制。

以上是本研究的理论核心，在看到专家就本文的理论问题所提出的建议之后，我们详细阅读全文，确实发现理论问题的阐述不够集中，难以体现本研究原有的真正动机。因此，全文将围绕自我控制资源模型理论为中心进行修改，整合其他理论对本研究的解释，并重点阐述自我损耗与冲动决策的心理与神经关联来奠定本研究的理论基础。全文修改之处已用红褐色字体标识。

(2) 关于两个实验之间的逻辑关联

结合第一位专家的意见，我们对两个实验的逻辑阐述有了进一步的认识，并通过附图 2(见 p9)说明两个实验的逻辑思路。

阐述如下：(1) 由于国内关于自我损耗与冲动决策间的关系研究较少，且国外也鲜有研究说明自我损耗是否会促进冲动决策，在这一基础上，本文围绕这一主题进行探讨；

(2) 考虑到国内还未有行为研究证实自我损耗与冲动决策的关系，因此，本文首先想通过行为实验来探讨自我损耗是否会促进冲动决策，是否会验证假设 1；(3) 在实验 1 初步得出自我损耗促进冲动决策这一结果时，促使我们思考其中的机制，在看到 Figner 等(2010)¹⁴ 和王益文，林崇德(2005)¹⁵等人的研究后，使我们确信自我损耗影响冲动决策与额叶的参与有关。(4) ERPs 技术不仅能够提供毫秒级的高时间分辨率，还能实时记录脑区神经的电生理变化特点。由此，实验 2 借助 ERPs 技术寻找自我损耗促进冲动决策的电生理证据。

因此，在提出实验 2 的研究目的时，我们强调 ERP 能从时间变化的角度提供高、低损耗组被试在跨期决策早期额区激活程度及差异，具体修改见正文 2.3 小结部分。

(3) 关于实验假设

我们参考了近期心理学报发表论文中假设的提法，对本文的假设进行了修改。我们采用先叙述理论基础，然后提出假设的方式。就本研究而言，假设 1 和假设 2 分别在 1.2 和 1.3 节阐述自我损耗与冲动决策的心理与神经关联后所提出的，其中假设 1 主要是从行为研究的角度提出，而假设 2 主要是从 ERP 研究的角度提出。修改后的假设已用红褐色字体标识。

第三轮

审稿人 1 意见：

意见 1：“退修三专家意见二与回复”中对相关问题的回复不全。有六个问题，但只回答了 4 个，有避重就轻的感觉。另外，一般地，应该是一个问题对应一个回答，文章采用先全部罗列问题再回答的作法容易导致混淆不清。

回应：非常感谢审稿专家就修改回复所提出的建议，**首先**，对第一个问题作以下说明：由于退修三中三位审稿专家提出的建议中，主要集中在数据分析、理论基础、讨论部分，我们综合这些建议，对所提出的建议初步做了一个分类，然后分别对每一大类的问题进行修改和答复。其中专家二的意见中问题概括为：(1) 去除眼电的方法；(2) 基线校正与数据呈现方式；(3) 行为数据处理与结果解释；(4) 文中的细节问题。故分为四个问题集中回答。正如本次修改说明中，第 4 和第 6 条建议均是针对图 7 和图 8 的呈现，所以我们将这两个问题放在一起进行修改并说明。**其次**，我们采纳专家的建议，为避免修改回复中产生混淆，本次修改除了第 4 和第 6 个条建议合并回答外，其余建议均一一详细列出修改过程。**最后**，在以后的投稿过程中，我们也将继续秉承这一原则。

意见 2: 总波形图中的电极排列相对混乱，最好改成按照不同电极在头皮上对应的分布位置形式。

回应: 谢谢专家的建议，我们已经按照不同电极点在头皮上的分布重新进行了排列，并缩小了图形间的间距，详见正文。

意见 3: “实验设计”中“延迟金额：RMB200、RMB5000”标示不清。200 和 5000 各是什么单位？元？还是？即因为后面的“延迟时间”的单位（天、周或月）是明确的，延迟金额的单位则是未说明。

回应: 首先，我们对实验 1 中实验设计部分的延迟折扣任务进行了修改，将设计中提及的延迟强化额全部标示了单位，如 **RMB200 元，RMB5000 元** 等。其次，我们对图 1、图 6 图注中的延迟金额表述进行了修改。最后，我们仔细检查了全文中关于延迟金额单位的表述，没有单位的全部都补上了，并通过图注的方式对图中、文中的延迟金额作了说明，以让读者能够明白。以上修改部分在文中已用**深红色字体**标出。

意见 4: “为作图的需要，纵坐标取波幅值的绝对值”，这样做会有失偏颇，由于现有图中标示并不能区分哪些是原始值哪些非原始值。为何不直接采用各自的真值呢？即如果是负值采用反方向排列即可。

意见 6: 图 8 和图 7 的振幅无标准差或标准误。在对不同电极的振幅进行表示时，文章在文字段落中已经有所说明，这里做图略显重复。只留一个更为合适。

4 和 6 回应: 由于第 4 和第 6 个审稿意见均是针对图 7 和图 8 的呈现方式，故在此将这两个问题的修改情况放在一起进行说明。

(1) 关于第 6 个问题的修改，我们做如下说明：**首先**，通过图形呈现的方式能够让读者更清楚的看出高、低损耗者在各电极点上波幅之间的差异，所以我们选择保留图 7 和图 8(原文)，同时为避免文字描述与图形之间的重复，我们删减了图形中已呈现过的波幅数据，修改之处已用**深红色字体**标示。**其次**，根据专家的建议，我们补充了图 7 和图 8(原文)振幅的标准差数据。

(2) 关于第 4 个问题的修改，我们做如下说明：**首先**，原稿中图 7 和图 8 呈现 N1、P2 成分上损耗组别与电极位置的交互作用时，主要是参考了彭家欣，杨奇伟和罗跃嘉 (2013)¹⁶在心理学报上发表的论文，如例**附图 3**所示。**其次**，根据专家的建议，我们采用

各电极点的原始值作图，分别如附图 4-1 和附图 4-1 所示，在图注中增加了补充，说明哪些电极点呈现的是原始数据，哪些电极点呈现的是绝对值数据。

综上所述，我们在参照专家建议的基础上，对比了附图 4-1 和附图 4-2，附图 5-1 和附图 5-2，由于原稿中图 7 呈现的波幅值均为负值，且显示原始值的附图 4-1 没有附图 4-2 看起来直观，所以决定保留附图 4-2；此外，由于原稿中图 8 呈现的波幅值有正有负，故决定保留附图 5-1。

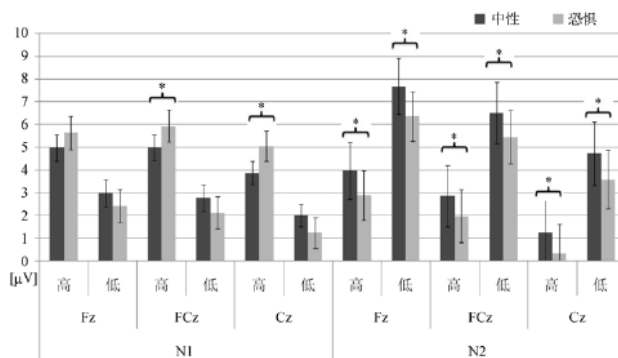
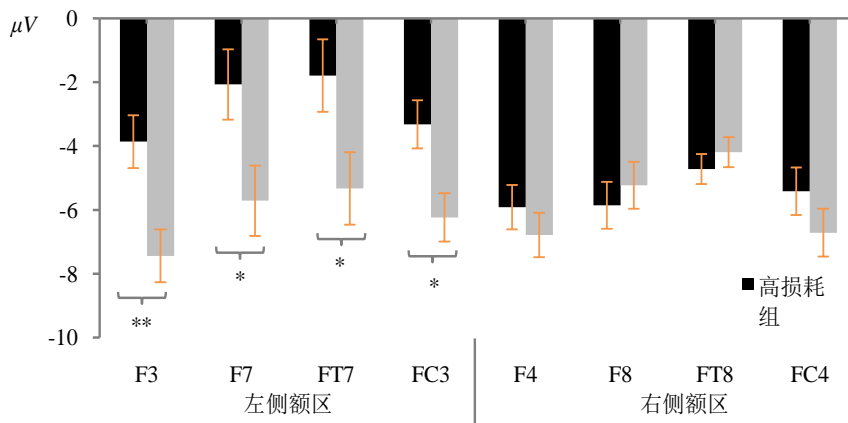


图 4 在 N1 和 N2 两个成分上图片和焦虑水平的交互作用

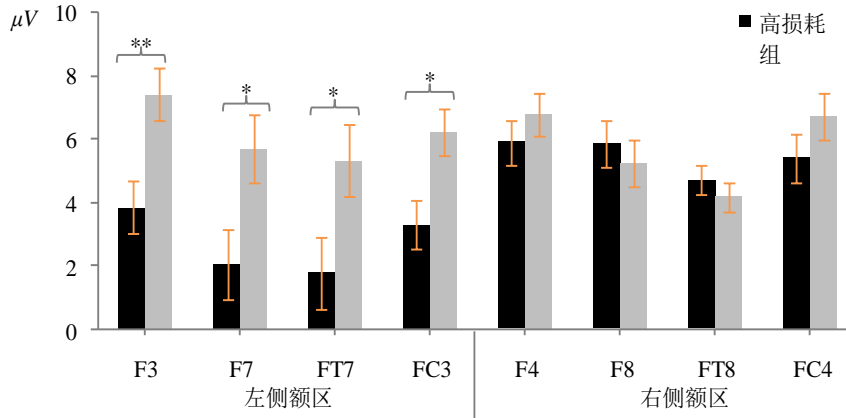
注：“高”指高特质焦虑组，“低”指低特质焦虑组，“中性”指中性图片诱发的平均波幅值，“恐惧”指恐惧图片诱发的平均波幅值。为作图的需要，纵坐标取平均波幅值的绝对值。

附图 3:来源于:彭家欣, 杨奇伟, & 罗跃嘉. (2013). 不同特质焦虑水平的选择性注意偏向. *心理学报* 45(10), 1085-1093.



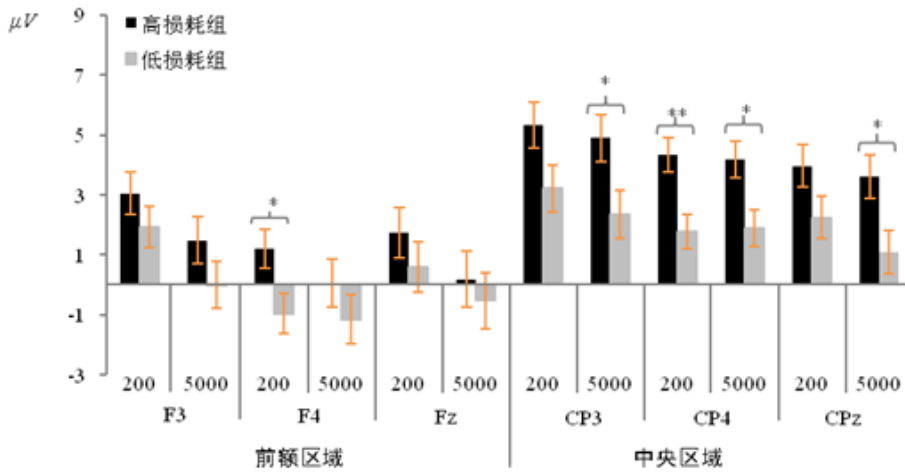
附图 4-1 在 N1 成分上损耗组别与电极位置的交互作用

[注:纵坐标所列波幅值均为各电极点的原始值。]



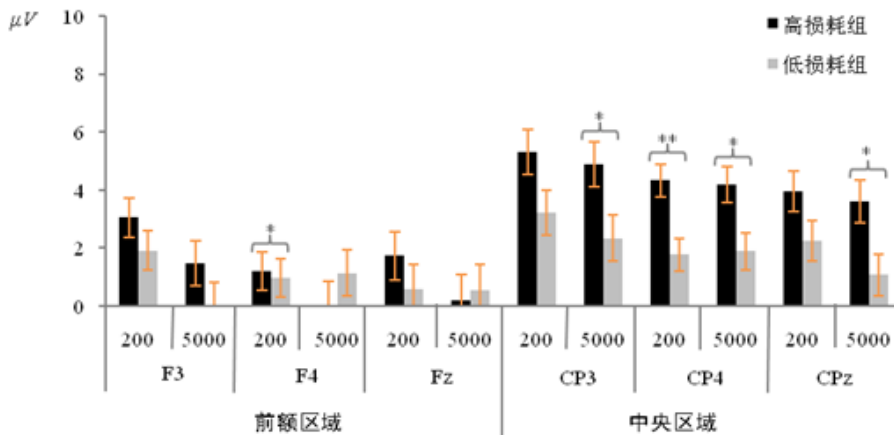
附图 4-2 在 N1 成分上损耗组别与电极位置的交互作用

[注: (1) 各电极点波幅值均为负值; (2) 为作图需要, 纵坐标取波幅值的绝对值。]



附图 5-1 在 P2 成分上损耗组别与延迟金额、电极位置的交互作用

[注: (1) 200 表示 RMB200 元; 5000 表示 RMB5000 元。 (2) 纵坐标所列波幅值均为各电极点的原始值。]



附图 5-2 在 P2 成分上损耗组别与延迟金额、电极位置的交互作用

[注: (1) 200 表示 RMB200 元; 5000 表示 RMB5000 元。 (2) 除了低损耗者在 RMB200 元条件下 F4, RMB5000 元条件下的 F3、F4、Fz 四个电极点上的波幅值为负值外, 其余条件下的波幅值均为正值。 (3) 为作图需要, 纵坐标取波幅值的绝对值。]

意见 5:修改后的实验二还是在结果分析部分用了不小篇幅进行“预分析”和“行为结果”介绍，建议能删减。做到重点突出（重点罗列脑电结果）。

回应:关于实验二的行为数据分析部分，我们赞成审稿专家的观点，同时基于以下两点考虑进行修改：(1) 预分析包括操作性检验和额外变量分析，其目的在于检查高、低损耗组的实验操作是否有效，实验效果有无受到无关变量的影响，这对 ERP 实验结果的效度提供了证据；(2) ERP 实验中的行为数据，一定程度上可以验证实验一的结果。因此，我们保留原稿中实验二的预分析和行为数据分析结构，但为了重点突出 ERP 数据分析，对分析的内容进行了删减。

我们对修改部分说明如下：(1) 关于行为数据分析中交互作用的简单效应分析，文字描述与图的呈现有所重复，故参考建议 6，将原稿中的文字描述删掉。(2) 同时，我们还对实验一的数据分析部分进行了精简。(3) 需要指出的是，ERP 实验是本研究的重点，这一点不仅仅体现在数据分析部分，更重要的是，关于 ERP 研究部分还体现在前言和讨论部分。

具体修改部分已用深红色字体标出，详见 2.2.2、3.2.1、3.2.2 部分，

意见 7:“延迟金额分别是 200 元和 5000 元，均属于虚拟强化物。相对于 200 元的强化条件，可获得的即时强化额分别是：200, 190, 180, 170, 160, 150, 140, 130, 120, 110, 100, 90, 80, 70, 60, 50, 40, 30, 20, 10；相对于 5000 元的强化条件，可获得的即时强化金额分别是：5000, 4750, 4500, 4250, 4000, 3750, 3500, 3250, 3000, 2750, 2500, 2250, 2000, 1750, 1500, 1250, 1000, 750, 500, 250”，这里的即时强化金额是不是条件太多了？因为有的即时强化金额与延迟金额的差异较小，有的则差距较大，甚至接近于另一条件的延迟金额，如后一条件的 250 接近于前一条件的延迟金额 200 元。有可能造成不同条件之间的混淆。文章发现了不同即时强化额不同作用的拐点没？

回应:本研究两个实验中所采用的延迟折扣范式来衡量个体在决策中的冲动性水平，该范式也被国内多项研究所采用和介绍(周艳艳, 2006; 严万森, 李纾, 隋南, 2011)¹⁷¹⁸。其中实验 1 参考的是 Perty 和 Casarella(1999)的延迟折扣经典范式(*DDT*)，其强化条件和强化时间与文献一致。预分析的结果发现，随着延迟时间的增长，两种延迟金额条件下的曲线下面积均呈现下降的趋势，这证实了延迟金额设置的有效性。而实验 2 由于 ERPs 实验对每种条件下试次的叠加次数有一定的要求，而同一种延迟时间和延迟金额的重复出现势必

会影响被试的决策，为克服这种额外因素，我们参考了 Martin 和 Potts(2009)、周艳艳(2006)、张峰等(2008)¹⁹研究中强化金额的设置方式(即对于 10000 元强化条件，设置的即时强化金额分别为：10000, 9990, 9950, 9900.....200, 100, 50, 10)。这种设置即时金额的方式，可以满足 ERPs 实验对反应试次的要求。基于这样的考虑，实验 2 才这样设定延迟金额和即时金额。至于“有无发现不同即时强化额不同作用的拐点”这一问题，由于本研究所采用的计算方法是从反应时和反应概率的角度来说明决策冲动性，所以未能报告拐点的问题，这也是本研究的局限性之一。但是，在以后的类似研究中，我们会重点考虑审稿专家的这一宝贵建议，并寻找更优的范式来做进一步的研究。

意见 8：“数据采集与分析”部分，以电极点为变量进行方差分析，这样做的依据是什么？不同点之间的结果差异很能说明问题吗？而后面的结果描述部分则分出了左右侧或不同的脑区说明，为何不直接将电极点描述为各是什么区域？

回应：首先，本研究实验二的“数据采集与分析部分”之所以采用电极点作为自变量进行分析，主要是参考心理学报上发表的 ERP 论文，如白学军等(2011)²⁰论文中，选择有代表性的 16 个电极点 F3、Fz、F4、FC3、FCz、FC4、PO7、PO5、PO3、POz、PO4、PO6、PO8、O1、Oz、O2 作为自变量进行分析，在结果描述部分，以 F3、Fz、F4、FC3、FCz、FC4 这几个电极点的波幅作为衡量额区脑电的激活程度。王敬欣等(2013)²¹论文中，选择 PO5、PO6、O1、O2、POz 和 Oz 六个电极点作为自变量进行分析，在结果描述中，以 PO5、PO6 和 POz 这几个电极点的波幅作为颞顶区脑电的激活程度。这些 ERP 论文为本研究数据分析的方法提供了参考。

其次，本研究之所以选择 F3、F4、F7、F8、FC3、FC4、FT7、FT8、Fz、CP3、CP4、CPz 点这些电极点作为自变量进行分析，除了参考上述论文的分析方法外，更是基于以下几点考虑：(1) Figner 等(2010)²²的研究指出，左侧前额是自我控制资源的神经基础，该研究通过 TMS 验证了左侧前额区域的激活与否反映了个体的自我控制表现；(2) 观察所有电极点的总平均波幅图后，发现所选电极点处的波形图 N1 和 P2 的成分明显，符合本研究的假设；(3) 在退修二的专家建议中，专家二建议我们报告分析区域周围的电极点波幅，提高结论的可靠性。

再次，实验二“数据采集与分析”部分虽然是按照电极点进行方差分析，但结果却证实位于左侧额区的 F3、F7、FT7 和 FC3 四个电极点处，损耗组别的主效应均显著，这里是分别对四个电极点的波幅分别进行简单效应分析的(虽然放在一起呈现)，而在右侧额区

的四个电极点均未发现组别的主效应，这恰好说明了低损耗者比高损耗者的左侧额区激活更为明显，这里用左右侧来描述是在数据分析结果的基础上推理而来，而通过图表的方式呈现，是为了让读者更为清晰的明白结果。

综上所述，以上三点是本研究选择电极点作为自变量分析的缘由。

意见 9：本文两个实验，讨论部分重点是针对神经机制的。明显是忽略了实验一。如果是这样的话，实验一完全可以删减。

回应：非常感谢专家的建议和疑问，这促使我们更加重视本研究的讨论部分，关于这一问题的修改，我们想从以下几个方面予以说明：

首先，可以肯定的回答，实验一和实验二分别从行为和 ERP 研究的视角探讨了自我损耗对冲动决策的影响，两个实验结果互相验证，为“自我损耗促进冲动决策”这一结论提供了强有力的证据。

其次，之所以进行实验一的研究，一是因为目前国内尚缺乏研究探讨自我损耗与冲动决策之间的关系；二是国外关于自我损耗与决策关系的研究结论尚存在分歧(谭树华，许燕，王芳，宋婧，2012)²³，因此，实验一的目的就在于初步理清自我损耗与冲动决策的关系，从而为实验二的开展奠定依据。

再次，三修稿的讨论部分之所以调整，是因为退修三专家三的意见认为本文讨论部分涉及的理论问题较多，建议我们集中围绕某个理论展开讨论，这才促使我们删减讨论部分，并基于“自我控制资源与认知资源相互影响的整合模型”将行为研究与 ERP 研究的结果结合起来进行讨论。

最后，尽管实验一和实验二在讨论部分的篇幅分布有以上三点原因，但审稿专家的意见使我们意识到行为研究的讨论还不够充分，所以我们在综合讨论部分增加了行为实验结果讨论的篇幅，并从行为与神经两个路径阐明了本研究的结论。具体修改见综合讨论部分，已用深红色字体标出。

意见 10：格式不规范。如“(Martin, et al, 2009; 赵璇, 2012)”和“(Paynter et al., 2009)”中的文献格式不统一。

回应：非常感谢审稿专家如此细心的审阅，看到此建议后，我们再次认真的阅读心理学报关于“参考文献主路要求”的说明，其中多个著者的文献引用说明如下(下文用黄底字标注的格式为规范格式)：

【(1) 如果有两个著者，正文引用时两个著者的姓（名）都要给出。如果引用标志是句子的一个成分，两个著者之间用“和”；如果是放在引用处的括号中，英文的两个著者之间则用“&”，中文不加“&”，用逗号隔开。

示例：张三和李四（2008）发现了……，这个结果在 Wang 和 Sun（2009）的研究中得到重复。未来的研究还需关注环境的影响（赵一，陈二，2008；Wolchik & West, 2007）。

(2) 如果有 3 个、4 个或 5 个著者，第一次引用时需给出所有著者的姓（名），第二次及以后再引用时，只写第一著者的姓（名），后面用“等”或“et al.”。引文标志作为句子成分，多个著者之间，中文用顿号，英文用逗号，最后两个著者之间用“和”；引文标志放在引用处的括号中，多个著者之间用逗号，最后两个著者之间英文用“&”，中文仍用逗号。注意：英文的最后两个著者之间用&，倒数第二个著者后仍需逗号。

示例：张三、李四和王五（2008）发现了……，这个结果在 Wang, Zhao 和 Sun（2009）的研究中得到重复。未来的研究还需关注环境的影响（赵一，周二，陈三，2008；Wolchik, Sandler, & West, 2007）。

(3) 如果有 6 个或更多著者，只写第一著者的姓（名），后面用“等”或“et al.”。（文后的文献列表中，6 个著者的姓名都需列出）。

示例：张三等人（2008）发现了……，这个结果在 Wang 等人（2009）的研究中得到重复。未来的研究还需关注环境的影响（赵一 等，2008；Wolchik et al., 2007）。

注意：如果有两篇文献的第一著者和出版年都相同，那么只写第一著者将会混淆两篇文献，则需加第二著者以示区别。至于应该写几个著者，以能在正文中区分开两篇文献为原则。】

因此，我们仔细阅读了全文中的文献引用，对不统一的引用方式按照心理学报的要求进行了修改，据统计共修改了 6 处，修改部分已用深红色字体标出，如下：

(1) “1.1 自我控制资源模型简介”的第三段

……非理性经济行为(Baumeister, 2002b; Vohs & Faber, 2007)、减少助人行为(DeWall et al, 2007)以及降低认知加工成绩(Li, Nie, Zeng, Huntoon, & Smith, 2013; Schmeichel, 2007; Schmeichel, Vohs, & Baumeister, 2003)。

(2) “1.3 自我损耗与冲动决策在神经层面上的联系” 第一段

……自我控制的神经生理基础(Figner et al., 2010; Hare, Camerer, & Rangel, 2009; Monterosso, Ainslie, Xu, Cordova, Domier, & London, 2007)。……

(3) “1.4 本研究的概况”部分

第一：我损耗的经典任务(Gailliot et al., 2007; Li et al, 2013; Mead et al., 2009),

第二： 那些引发冲动的信息和情景(Crescioni et al., 2011; Tangney, Baumeister, & Boone, 2004).....

(4) “2.1.3 无关变量控制”部分的第一段

.....基于以往研究(梁竹苑等, 2007; Friese & Hofmann, 2009; Crescioni et al., 2011), 我们认为特质自.....

(5) “3.1.6 数据采集于分析”部分的第二段

.....基于文献(Cherniawsky, & Holroyd, 2013; Martin & Potts, 2009; Wittmann, Leland, & Paulus, 2007).....

(6) “4 综合讨论部分”

第二段：支持了 Unger 和 Stahlberg (2011).....

第四段：其 N1 波幅就越大(Martin & Potts, 2009; 赵璇, 2012)。

意见 11: 结论“(2) 早期左侧额区激活不足是自我控制促进冲动决策的神经基础”有失偏颇，并没有说明“自我损耗促进冲动决策”的 ERP 证据是什么？即没有回答了题目。

回应: 为了更清楚的明白 ERP 证据类论文结论的写法，我们参考了刘兆敏和郭春彦(2013)²⁴、钟毅平，谢四元和周路平(2009)²⁵等人的论文。他们论文的结论分别陈述如下：

(1) 刘兆敏等(2009)： 本文通过寻找两种不同的长时语义启动及其 ERPs 指标试图为工作记忆和长时记忆联系密切、使用共同信息表征的观点提供支持。长时记忆中的信息会影响工作记忆，产生长时语义启动效应；工作记忆中语义信息不同激活也会使相关长时记忆信息的激活水平不同。在本实验中，工作记忆和类别比较任务的行为反应时和正确率为此提供了证据，各潜伏期、峰值和波幅指标 ERPs (N2, P3, N400)也表明存在头皮电活动的神经启动效应，说明长时记忆可以对工作记忆产生长时语义启动效应，工作记忆中加工的内容也会引起相关长时记忆信息的激活。实验还发现，只有当信息作为注意目标时神经启动效应才出现。

(2) 钟毅平等(2009)： 本研究采用 GNAT 的范式下，并结合事件相关电位技术，比较了不同矛盾程度下被试的行为反应及脑电特点，结果发现：(1) 个体对于乙肝患者存在矛盾态度，它不是一种中等强度的态度，而是指人们对某一客体同时持有的积极和消极评

价。(2) 高低矛盾被试对乙肝患者的态度差异, 主要表现在积极维度而非消极维度上。
(3) N270 的出现及 LPC 的差异表明, 矛盾态度的加工是个体根据背景对预存性的评价予以修正的过程。

综上, 我们对行为与 ERPs 两个实验结果进行总结, 概括出结论如正文所示。

第四轮

审稿人 1 意见:

意见 1: 由于结果中有大脑左侧等描述, 而在统计分析中没有将半球作为一个变量。如果是这样的话, 是否可以设置一个变量, 即以半球为变量, 看看是否存在以半球为变量的主效应或者交互作用。

回应: 感谢专家对实验 2 的数据分析所提出的建议, 我们将半球作为一个变量纳入分析, 考虑到中线上的 Fz 和 CPz 既不属于左半球, 也不属于右半球, 故不将 Fz 和 CPz 纳入统计分析。改为“对 N1 成分进行 2(损耗组别: 高、低) × 2(延迟金额: RMB200 元、RMB5000 元) × 2(半球: 左半球、右半球) × 4(电极点: F3/F4、F7/F8、FC3/FC4、FT7/FT8) 的四因素重复测量方差分析, 对 P2 成分进行 2(损耗组别: 高、低) × 2(延迟金额: RMB200 元、RMB5000 元) × 3(半球: F3/CP3、Fz/CPz、F4/CP4) × 2(脑区: F3/F4/Fz、CP3/CP4/CPz) 的四因素重复测量方差分析。”结果发现: (1) 低损耗者比高损耗者在左侧额区诱发的 N1 波幅更大; (2) 高损耗者比低损耗者在右半球诱发的 P2 波幅更大。这与之前分析方法所得出的结果保持一致, 且能够明确的指出 N1 和 P2 成分的半球效应。因此, 我们基于这一分析结果, 修改了原稿件的相关部分, 如摘要部分、3.2.2、3.3、讨论部分第四段; 结论, 修改之处已用绿色字体标识。

意见 2: 结论中没有描述本文研究结果更支持哪个模型。

回应: 本研究从行为与 ERPs 两个实验出发寻找自我损耗促进冲动决策的证据, 结果证实了“自我控制资源与认知资源相互影响的整合模型”观点, 具体阐述可见讨论部分第三段。据此, 我们按照专家的意见对结论部分进行了修改。

意见 3: 引言中 ERP 实验的问题提出部分最好能直观地提出相关研究假设, 正如实验 1 部分那样。

回应：已对假设 2 进行了修改，文中用绿色字体标识。

意见 4：被试选取时提到“所有被试均没有色盲或色弱”，该描述是主要基于被试报告还是基于一些客观的测量数据？

回应：所有参加实验的被试，主试都会询问他们是否近视、校正视力是否正常、是否色盲或色弱、是否右利手、是否有过神经疾病等问题，文中的表述均来自被试的报告。另外，为排除这些干扰因素对实验效度的影响，我们在招募被试时，已按照这一标准对报名参加实验的被试进行了挑选，以确保所有被试身心健康，均为右利手，均没有色盲或色弱，视力或矫正视力均正常，无神经疾病史。

意见 5：实验材料的视角没有交待。

回应：谢谢专家的提醒，我们已在正文中补充了行为与 ERPs 实验所用材料的视角，并用绿色字体标识。

意见 6：“2.2.1 预分析”部分的 t 检验数据后，有的报告了“ d ”值，有的则用“ η^2 ”进行报告。为何要这样区别对待呢？

回应：谢谢专家提出这一问题，我们采用 d 值报告 t 检验的统计检验力，采用 η^2 报告方差分析的统计检验力，其中 d 值的计算方法是通过 Dr. Lee 所开发的 Effect Size Calculators 网站来计算的²⁶； η^2 值是通过 SPSS 统计分析中直接输出的。

我们仔细检查了 2.2.1 部分，发现第(2)部分所出现的 η^2 属于笔误，现已更正。另外，我们在首次出现 d 值的部分添加了脚注，说明 d 值的计算方法，以便读者可以利用这一网站来快速计算 t 检验的统计检验力。

意见 7：图形说明“图 1 不同延迟金额下的 AUC 趋势图”下面写到“注：x 和 y 坐标的单位详见 2.1.2”，这样的描述并不直观。如果是这样的话，读者若要读懂图还需要转到文字描述部分。

回应：已专家意见对图 1 的图注部分进行了修改，详见正文。

意见 8：“采用 ICA 半自动模式去除眼电”这一方法，是否有合适的参考文献？

回应：有，Jung 等(2000)²⁷指出，ICA 方法具有独特的优势用于眼电去除，尤其是 ICA 法能

提供半自动化的去眼电方法(semiautomatic mode), 那么研究者可直观的观察哪些成分显著地受到眼动的影响, 通过手动设置来提高眼电去除的有效性。有鉴于此, 我们采用了 ICA 半自动模式去除眼电, 并在正文中添加了这一文献。

意见 9: 本文采用的符号并不同统一, 如“100~160ms”、“18-21 岁”等表达。“~”还是“-”?

回应: 谢谢审稿专家如此细致的阅读。我们已对正文中表示范围的符号进行了统一, 将所有的“-”改为“~”。另外, 参考文献部分的页码范围仍全部统一为“-”。

意见 10: “图 6 高、低损耗者在不同延迟金额条件下的选择反应时(a)和反应概率(b)比较”中的右侧图的图标是否为错的?“反应概率(%)”是正确的吗? 估计用“反应概率”更加合理吧。

回应: 参考专家的意见, 我们已对图 6 中右图的图标进行了修改。

意见 11: 综合讨论部分的“(Gailliot et al, 2007; ***, 2014)”中的“***”是什么意思?

回应: ***属于笔误, 现已更正。

意见 12: 讨论部分提到很多脑区, 如果能对本文的脑电进行一下源分析就更好了。

回应: 谢谢专家对 ERP 数据挖掘所提出的专业建议, 关于 ERP 成分溯源分析的使用我们一直保持着谨慎和科学的态度, 加之实验 2 所用仪器的电极通道较少, 导致我们不敢轻易地采用溯源分析来推断定位结果。但在接到专家这一意见之后, 我们尝试对 N1 和 P2 成分进行了溯源分析, 详细分析过程如下:

(1) 方法

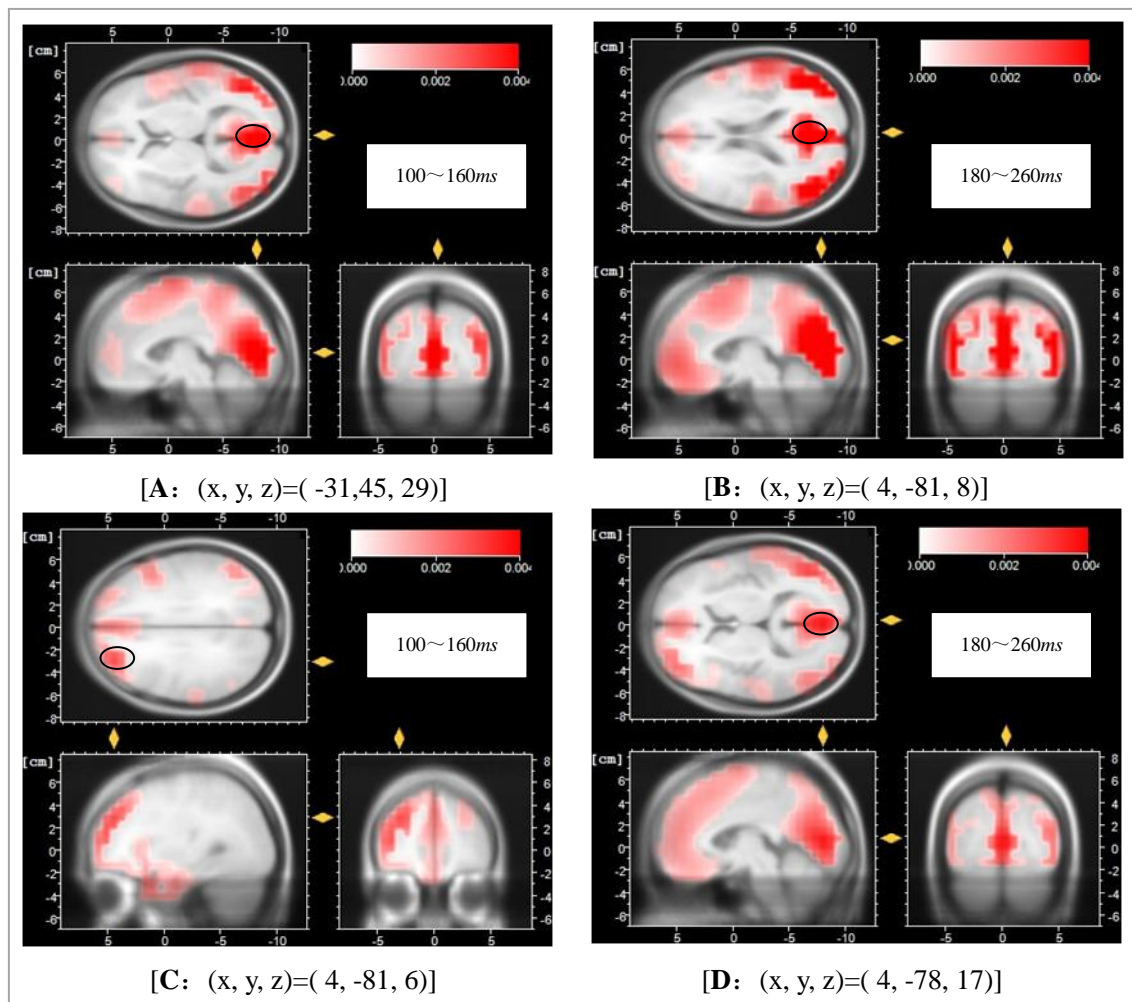
使用 Analyzer2.0 数据分析软件自带的 LORETA(Low Resolution Electromagnetic Tomography)插件对 N1 和 P2 成分进行偶极子溯源分析。

(2) 分析与结果

首先, 分别对高、低损耗组被试完成延迟金额为 RMB200 元和 RMB5000 元时的总平均波形图做差, 形成 RMB5000 元—RMB200 元的差异波, 该差异波反映了被试在跨期决策时进行自我控制的心理成分。其次, 对两组差异波中 100~160ms 和 180~260ms 两个时间窗的成分进行溯源分析。结果发现(附图 6 所示), 在 100~160ms 时间窗内, 低损耗组被试在决策早期被显著激活的脑区主要集中在大脑额叶(frontal

lobe)的左侧区域、额中回(middle frontal gyrus), 而高损耗组被试在决策早期前额叶区域未被明显激活, 被激活的脑区主要集中在枕叶(occipital lobe)和楔叶(Cuneus); 在 180~260ms 时间窗内, 高、低损耗组被试被激活的脑区均集中在枕叶(occipital lobe)和楔叶(Cuneus), 其差异可能表现在激活程度上, 这里溯源分析无法提供进一步的证据。

溯源分析结果与 ERP 数据分析结论一致, 说明决策早期加工阶段, 左侧前额叶的激活程度反映了个体在决策过程中的自我控制能力, 高自我损耗抑制了个体大脑额叶的激活程度, 导致他们无法在决策过程中运用自我控制来抑制追求即时满足的冲动, 造成冲动决策的发生。



附图 6 高、低损耗组差异波(RMB5000 元—RMB200 元)的源成分分析图

[注: (1) A 和 C 分别是高、低损耗组差异波 N1 成分的溯源分析图; (2) B 和 D 分别是高、低损耗组差异波 P2 成分的溯源分析图]

虽然源分析结果证实了 ERP 结果，但基于以下几点考虑，我们不主张将源成分分析放入正文之中。

(1) ERP 成分源分析的精确性。ERP 定位的结果是电活动内部配置的一个模型，而不是电活动内部分布的一种测量。与 PET 和 fMRI 不同，PET 和 fMRI 提供的是测量而不是模型，尽管这种测量与其他类型测量一样也存在误差，但这种误差幅度能被确定，但是 LORETA 源分析定位所得结果仅仅是一种推导，其定位的准确性完全是不确定的(Luck, 2005/2009; p222)²⁸。

(2) LORETA 溯源对通道数量的要求。LORETA 溯源分析对 ERP 采集通道有一定的要求，通道越多，源分析所推测的结果准确率就越高。我们仔细阅读了近十年心理学报上发表的 ERP 文献，发现溯源分析所用脑电数据都是通过 64 通道以上的 ERP 采集，未发现文献对 32 通道数据进行源分析。在兼顾经典性和实效性的基础上筛选出 7 篇(如附表 1)以供专家核查。

综上所述，一方面溯源结果是一种逆向求解，不具有唯一解，另一方面电极导数较少(一般溯源分析以 64 导以上居多)，这两方面原因都会导致结果不够准确，因此我们不主张把源分析结果作为本文的结果之一。然而，为了让方便日后的相关或者元分析研究，我们想与审稿专家和编辑商量，能否将溯源分析部分作为附件材料放在文后，以供感兴趣的研究者参考。

附表 1 《心理学报》已发表的源分析文献(部分)

序号	文献	ERP 记录 仪器	源分析方 法	通道数
1	胡哲, 张钦, 梁九清, 郭春彦. (2013). 不同情绪背景下来源记忆的 ERPs 研究. <i>心理学报</i> ,45(7), 725-739.	NeuroScan	LORETA	64
2	任桂琴, 韩玉昌, 周永垒, 任延涛. (2011). 汉语语调早期加工的脑机制. <i>心理学报</i> ,43(3), 241-248.	NeuroScan	LORETA	64
3	曲琛, 周立明, 罗跃嘉. (2008). 锚定判断中的心理刻度效应:来自 ERP 的证据. <i>心理学报</i> ,40(6), 681-692.	NeuroScan	BESA	64
4	陈有国, 张志杰, 黄希庭, 郭秀艳, 袁宏, 张甜. (2007). 时间知觉的注意调节:一项 ERP 研究. <i>心理学报</i> ,39(6), 1002-1011.	Brain Products	BESA	64
5	陈安涛, 王乃弋, 李红, 刘强, 冯廷勇. (2006). 类别归纳的时间过程和源定位——事件相关电位研究提供的电生理证据. <i>心理学报</i> ,38(6), 815-823.	Brain Products	BESA	64
6	买晓琴, 罗劲, 吴建辉, 罗跃嘉. (2005). 猜谜作业中顿悟的 ERP 效应. <i>心理学报</i> ,37(1), 19-25.	NeuroScan	BESA	64
7	王益文, 林崇德. (2005). 额叶参与执行控制的 ERP 负荷效应. <i>心理学报</i> ,37(6), 17-22.	NeuroScan	BESA	64

意见 13: 后面的参考文献也需要仔细修改, 如“Boudreau, C. ,”、“Cherniawsky, A. S. ,&”等明显不符合规范。题目是否仅首单词的首字母为大写等也不够统一, 如“One Year of Progress in Research on Behavioral Decision-Making”、“The mechanism of why self-control resources and cognitive resources influence each other: An integrated model.”等等。

回应: 我们已参考《心理学报参考文献著录要求》, 对参考文献的格式进行了仔细核对并修改, 主要包括: 作者名之间的标点符号间隔; 论文标题统一为首字母大写, 若出现冒号, 则后面第一个单词的首字母大写。修改之处已用绿色字体标识。

第五轮

审稿人 1 意见:

意见 1: 公式 1、公式 2 最好重新整理下, 现在看起来打印效果不太好。

回应: 谢谢审稿专家提醒! 由于投稿系统要求上传 Word-2003 版本的稿件, 该版本不兼容 Word-2007 版本编辑的公式, 所以导致打印出来不够清晰! 我会将 Word2007 版本的稿件通过邮件发给编辑部!

意见 2: “心境量表”是否等同于“积极和消极情绪量表”? 心境仅仅是情绪的一个方面而已。

回应: 我们用的是《积极和消极情绪量表(PANAS)》来测查实验过程中被试的心境状态, 但由于课题组一直沿用心境量表这个名字, 所以出现误解。现已做更正。

意见 3: 正文中的下标 29, 为什么是 29 呢? 难道有这么多下标? 另外, 下标内容最好改成非网址的其它描述形式。

回应: 谢谢专家提醒。由于正文前面的修改说明有许多下标, 导致正文中的下标变成了 29, 实质上本文中的下标只有这一个。

此外, 根据专家的建议, 我们已将 d 值的计算方法换了一种描述形式。这一描述可参考: <http://www.uccs.edu/lbecker/index.html>

意见 4: 实验 1 小结部分提到“虽然实验 1 证实了自我损耗会促进个体在延迟折扣任务中做出冲动决策, 但却无法解释其中的内在机制”, 那么需要说明的是, 接下来的 ERP 研究

能解释这一内在机制吗？

回应：已按专家意见在实验 1 小结部分作了补充说明。

意见 5：“图 5 自上而下三排分别是延迟金额为 RMB200 元、RMB5000 元及二者差异成分的脑地形图”，这一描述中，“差异成分”该如何理解呢？

回应：这里的“差异成分”形成过程为：首先，分别对高、低损耗组被试完成延迟金额为 RMB200 元和 RMB5000 元时的总平均波形图做差，形成 RMB5000 元—RMB200 元的差异波，该差异波反映了被试在跨期决策时进行自我控制的心理成分。其次，对两组差异波在 100~160 ms 和 180~160 ms 两个时间窗内做脑地形图。最后，关于脑地形图的结果，本文在综合讨论部分作了详细的解释。

此外，为让读者更清晰明白差异成分的确切含义，我们已对图 5 的图例进行了修改。

意见 6：“[注：(1) 各电极点 N1 的波幅值均为负值；(2) 为作图需要，纵坐标取波幅值的绝对值。]”，这样操作的目的是什么呢，直接将坐标标成负值就可以了，这样会显得更简单直接。

回应：已按专家意见进行了相应修改！

意见 7：附录中：“一、特质自我控制问卷”是测量什么的？量表？在文章中并没有对应的描述。

回应：本文使用特质自我控制问卷测查被试的特质性自我控制水平，并将其作为额外变量加以控制。文章在前言的 1.4 节、2.1.3 节、4 讨论的倒数第三段均对特质自我控制进行了描述。

参考文献：

- ¹ 梁竹苑, 许燕, 蒋奖. (2007). 决策中个体差异研究现状述评. *心理科学进展*, 15(4), 689-694.
- ² Friese, M., & Hofmann, W. (2009). Control me or I will control you: Impulses, trait self-control, and the guidance of behavior[J]. *Journal of Research in Personality*, 43(5): 795-805.
- ³ Crescioni, A. W., Ehrlinger, J., Alquist, J. L., Conlon, K. E., Baumeister, R. F., Schatschneider, C., & Dutton, G. R. (2011). High trait self-control predicts positive health behaviors and success in weight loss[J]. *Journal of Health Psychology*, 16(5): 750-759.
- ⁴ Tangney, J. P., Baumeister, R. F., & Boone, A. L. (2004). High self-control predicts good adjustment, less

-
- pathology, better grades, and interpersonal success[J]. *Journal of Personality*, 72(2): 271-324.
- ⁵ Peter, F., Andreas, K., & Kathrin, A. (2012). Ego Depletion Increases Risk-Taking. *The Journal of Social Psychology*, 152(5), 623-638.
- ⁶ Figner, B., Knoch, D., Johnson, E. J., Krosch, A. R., Lisanby, S. H., Fehr, E., et al. (2010). Lateral prefrontal cortex and self-control in intertemporal choice. *Nature Neuroscience*, 13, 538-539.
- ⁷ 王益文, 林崇德. (2005). 额叶参与执行控制的 ERP 负荷效应. *心理学报*, 37(6), 723-728.
- ⁸ Wallstrom, G. L., Kass, R. E., Miller, A., Cohn, J. F., & Fox, N. A. (2004). Automatic correction of ocular artifacts in the EEG: a comparison of regression-based and component-based methods. *International journal of psychophysiology*, 53, 105-119.
- ⁹ Wallstrom, G. L., Kass, R. E., Miller, A., Cohn, J. F., & Fox, N. A. (2002). Correction of ocular artifacts in the EEG using Bayesian adaptive regression splines. *LECTURE NOTES IN STATISTICS-NEW YORK-SPRINGER VERLAG*, 351-366.
- ¹⁰ Hoffmann, S., & Falkenstein, M. (2008). The correction of eye blink artefacts in the EEG: a comparison of two prominent methods. *PLoS One*, 3, e3004.
- ¹¹ Jung, T. P., Makeig, S., Humphries, C., Lee, T. W., Mckeown, M. J., Iragui, V., & Sejnowski, T. J. (2000). Removing electroencephalographic artifacts by blind source separation. *Psychophysiology*, 37(2), 163-178.
- ¹² 邢强, 张忠炉, 王梦偌等. (2013). 汉字字谜任务中限制解除的电生理机制. *心理学报*, 45(5), 50-516.
- ¹³ 李琼, 黄希庭. (2012). 自我控制: 内涵及其机制与展望. *西南大学学报(社会科学版)*, 38(2), 41-52.
- ¹⁴ Figner, B., Knoch, D., Johnson, E. J., Krosch, A. R., Lisanby, S. H., Fehr, E., et al. (2010). Lateral prefrontal cortex and self-control in intertemporal choice. *Nature Neuroscience*, 13, 538-539.
- ¹⁵ 王益文, 林崇德. (2005). 额叶参与执行控制的 ERP 负荷效应. *心理学报*, 37(6), 723-728.
- ¹⁶ 彭家欣, 杨奇伟, & 罗跃嘉. (2013). 不同特质焦虑水平的选择性注意偏向. *心理学报* 45(10), 1085-1093.
- ¹⁷ 周艳艳. (2006). *海洛因戒除者的冲动性行为: 跨范式的比较研究*. 硕士学位论文, 云南师范大学.
- ¹⁸ 严万森, 李纾, 隋南. (2011). 成瘾人群的决策障碍: 研究范式与神经基础. *心理科学进展*, 19, 652-663.
- ¹⁹ 张峰, 周艳艳, 李鹏, 沈模卫. (2008). 海洛因戒除者的行为冲动性: 基于 DDT 和 IGT 任务反应模式的探讨. *心理学报*, 40, 642-653.
- ²⁰ 白学军, 尹莎莎, 杨海波, 吕勇, 胡伟, 罗跃嘉. (2011). 视觉工作记忆内容对自上而下注意控制的影响: 一项 ERP 研究. *心理学报*, 43(10), 1103-1113.
- ²¹ 王敬欣, 贾丽萍, 白学军, 罗跃嘉. (2013). 返回抑制过程中情绪面孔加工优先: ERPs 研究. *心理学报*, 45(1), 1-10.
- ²² Figner, B., Knoch, D., Johnson, E. J., Krosch, A. R., Lisanby, S. H., Fehr, E., et al. (2010). Lateral prefrontal cortex and self-control in intertemporal choice. *Nature Neuroscience*, 13, 538-539.
- ²³ 谭树华, 许燕, 王芳, 宋婧. (2012). 自我损耗: 理论、影响因素及研究走向. *心理科学进展*, 20(5), 715-725.
- ²⁴ 刘兆敏, 郭春彦. (2013). 工作记忆和长时记忆共享信息表征的 ERP 证据. *心理学报*, 45, 276-284.
- ²⁵ 钟毅平, 谢四元, 周路平. (2009). 对乙肝患者群体认知的矛盾态度: 行为与 ERP 证据. *心理与行为研究*, 7, 241-246.
- ²⁶ d 值计算方法参考: <http://www.uccs.edu/lbecker/index.html>
- ²⁷ Jung, T. P., Makeig, S., Humphries, C., Lee, T. W., Mckeown, M. J., Iragui, V., et al. (2000). Removing electroencephalographic artifacts by blind source separation. *Psychophysiology*, 37(2), 163-178.
- ²⁸ Luck, S. J. (2009). *事件相关电位基础* 范思陆, 丁玉珑, 曲折等译). 上海: 华东师范大学出版社.