

## 《心理学报》审稿意见与作者回应

题目：奖惩对行为抑制及程序阶段中自主生理反应的影响

作者：谷莉 白学军 王芹

### 第一轮

**审稿人1意见：**该文研究了奖励、惩罚两类强化条件对反应抑制的影响。测量了行为与生理唤醒数据，发现两类强化条件的影响在行为是相似的；不过二者在生理唤醒上不同，表现为奖励会导致更低的皮肤电活动，以及更高的心率和指温活动。该研究存在一些问题。

**意见 1：**反应抑制的计算方法不正确。抑制效应的值，是由停止信号试次反应时减去不停止信号反应时的差异来估计的（the stop signal reaction time(SSRT)）。目前是直接用无停止信号的平均反应时和正确率表示，无法检查抑制效应。

**回应：**已在论文方法部分中增添了测量指标的说明及相关参考文献（论文见“2.5 数据采集与分析”第一段 1-8 行）。

**意见 2：**生理唤醒数据反映了有趣的模式，但需要与行为结果结合起来解释。可尝试做生理唤醒与行为（反应时和正确率）的相关，寻找相关结果的意义。

**回应：**我们分别对各组的各生理指标在不同程序阶段下与各行为指标（反应时和抑制失败率）进行皮尔逊（Pearson）相关分析，结果发现，各组的各生理指标与行为指标均无相关，说明行为唤醒表现和生理唤醒表现可能存在分离现象。一项通过诱发正负性情绪来讨论主观报告、生理和行为之间关系的研究结果同样显示，生理活动的变化与表情行为和主观报告之间的相关度较低（Mauss, Levenson, McCarter, Wilhelm, & Gross, 2005）。正如一些研究者指出，行为唤醒和生理唤醒并非总是同步发生（Petri & Govern, 2005; Quas, Hong, Alkon, & Boyce, 2000）。尽管唤醒理论的基本假设是，我们可以通过监控脑的活动或自主神经系统的变化，并将它们与行为的变化相联系，以此对唤醒进行心理生理测量，但实际上这些指标之间缺乏实质性的相关，因为行为唤醒可看作是通过有机体的反应来表现，自主唤醒可以通过身体机能的变化来加以证实，尽管他们可能会同时发生，但他们不一定必须同时发生，事实上它们是相互独立的（Petri et al., 2005）。已在论文结果部分中增添了有关行为指标与生理指标的相关分析（论文见 3.3 第一段第 1-3 行）。在论文讨论部分中增添了有关行为唤醒与生理唤醒分离现象的说明及相关参考文献（论文见 4.2 第一段第 5-15 行）。

**意见3：**组间设计，三个组（奖励、惩罚和控制组）的人数是多少？

**回应：**已在论文方法部分中增添了关于实验分组及实验人数的说明（论文见“2.1 被试”第一段 2-3 行）。

**意见 4：**被试数为 45 个，由于数据不合格而去掉了 5 个被试，为什么最后还是 45 个？

**回应：**考虑到快速按键反应的行为数据采集较少受身体移动的影响，所有 45 名被试的行为

数据均进入统计分析。但在生理数据采集过程中，存在因被试频繁移动（如抖腿习惯、咳嗽、抬手等）或个体差异等因素导致生理数据异常的现象，因此各生理指标中均有无效被试，其中所有指标均异常的无效被试 1 人，皮肤电数据中的无效被试 3 人，指温数据中的无效被试 1 人。已在论文方法部分中修改了相关表述（论文见“2.5 数据采集与分析”第二段 1-4 行）。

**意见 5：**“被试间设计的累加奖惩模式可能进一步增加被试焦虑情绪”，作者认为奖励条件下也会增加焦虑情绪，这一推论似乎不符合直觉。当前研究没有收集焦虑情绪数据，以此来解释结果需要更谨慎。

**回应：**已删除论文讨论部分中“增加被试焦虑情绪”的相关表述，并对奖惩条件如何影响行为抑制的论述进行了修改（论文见 4.1 第一段 23-34 行和第三段 1-8 行）。

**意见 6：**有一些错别字，引文格式错误，需要仔细检查。

**回应：**已对论文进行了详细检查，并在修改后，请同事进行了挑剔性阅读。

**审稿人 2 意见：**该项研究探讨了奖励和惩罚对行为抑制能力及生理唤醒的影响，具有较高的理论意义和应用价值。但目前仍存在如下一些问题。

**意见 1：**引言部分第一、二段的陈述似乎存在冲突。第一段提出“负性情绪能够减弱个体的行为控制能力”，也就是说负性情绪会导致更多的冲动行为；然而，第二段介绍的理论又认为“激活 BIS，调节回避行为，同时引发负性情绪”，也就是说负性情绪会导致回避行为。负性情绪到底是会导致“冲动”还是“回避”呢？

**回应：**“负性情绪能够减弱个体的行为控制能力”中的“行为控制能力”指对干扰信息的控制能力，良好的行为控制能力表现为能够灵活抑制已形成优势反应的干扰信息。Kalanthorff et al (2013) 和辛勇, 李红, 袁加锦 (2010) 的研究结果显示，负性情绪图片导致个体对优势反应的抑制时间增加，因此被表述为“负性情绪能够减弱个体的行为控制能力”。此外，目前有关情绪对行为抑制作用的研究结论不尽一致。有研究认为正性情绪能促进个体的行为抑制能力 (Van der Stigchel, Imants, & Ridderinkhof, 2011)，而负性情绪则与行为控制障碍更为相关 (Morein-Zamir et al., 2013)；也有研究认为个体在正性情绪下也难以抑制住优势反应 (Chiu, Holmes, & Pizzagalli, 2008; Hare, Tottenham, Davidson, Glover, & Casey, 2005)。从理论介绍上看是负性情绪激活 BIS 系统，产生回避行为；正性情绪激活 BAS 系统，产生趋近行为。目前确实存在 RST 理论无法合理解释一些研究结果的现象，这也是后文中提到“RST 理论在解释一些现象时存在局限性，所以仍不能算是成熟的理论体系，需要进一步的理论澄清和实证”，我们在后文中进行了原因的阐述。在论文引言部分的第一、二段中已修改了论文表述及相关文献的陈述（论文见“1. 引言”第一段 5-16 行、第二段 4-9 行）。

**意见 2：**引言部分提到“情绪唤起需要一定时间，并存在累加效应”，建议此处增加参考文献。文中还提出“累加式重复性奖励条件一定程度上会降低被试对奖励的欲求性”，又指出“累加式重复性惩罚条件会进一步加剧目标冲突，增加被试焦虑性”。为什么两者的累加效应是相

反的？对奖励可以麻木（“降低被试对奖励的欲求性”），难道被试不可以对累加式重复性惩罚也感到麻木。

**回应：**尽管操作式条件反射范式能有效控制个体差异，但情绪刺激出现后需要一定时间才会呈现情绪反应，短时间内奖惩线索存在未能引起或最大限度的引起情绪唤醒的可能性。如 Dan & Scherer (2008) 的研究结果表明被试观看情绪图片所引发的主观情绪反应唤醒时间为 2011ms (SD=647ms)。此外，已有研究发现情绪也具有重复启动效应，即情绪刺激重复出现时呈现重复项与新项反应时的差异，并伴随相关脑区激活的减弱现象 (Ishai, Pessoa, Bickle, & Ungerleider, 2004)。对“情绪唤起需要一定时间，并存在累加效应”的表述进行修改并增加了相关参考文献（论文见“1. 引言”第五段 8-12 行）。针对您提出“为什么奖励和惩罚的累加效应是相反的？对奖励可以麻木（降低被试对奖励的欲求性），难道被试不可以对累加式重复性惩罚也感到麻木”的问题，我们结合情绪的“重复启动效应”相关研究做出如下解释：相同信息在一定时间范围内再次出现时，这种基于重复加工出现的“重复启动效应”在行为上表现为个体能够对重复刺激更快更准确的做出反应，在神经活动中表现为相关脑区激活的降低。近年，一些研究发现情绪也具有重复启动效应，即情绪刺激重复出现时呈现重复项与新项反应时的差异，并伴随相关脑区激活的减弱现象 (Ishai, Pessoa, Bickle, & Ungerleider, 2004)。已有研究进一步指出不同情绪性质的重复启动效应有显著差异，如 Marchewka & Nowicka (2007) 利用中性和负性图片和词汇研究情绪重复启动现象，结果发现中性刺激呈现了显著的重复效应（对重复项的反应时缩短），而负性刺激的新异项和重复项反应时差异不显著，说明没有出现重复效应。这种现象可以从情绪的“负性偏向”来解释：个体对环境中的负性情绪更具有敏感性，负性信息能获取更快更多的注意资源 (Ohman, Lundqvist, & Esteves, 2001; Vaish, Grossmann, & Woodward, 2008)，从而远离威胁性事物，这种现象被称为“负性偏向”。如有关情绪材料的记忆研究显示，被试对负性材料的记忆成绩比中性材料更好 (Kensinger & Corkin, 2003)。大量研究也证实相对于正性和中性刺激，负性刺激显示出更多的加工优势 (Delplanque, Lavoie, Hot, Silvert, & Sequeira, 2004; Yuan et al., 2007)。如果对重复接收的负性刺激习惯化，就会导致警戒下降、注意力转移和资源分配减少，一旦该负性刺激发生突变，个体存在无法及时防御而受到伤害的可能性。因此，重复性的惩罚应该不会使个体感到麻木。另一方面，正性情绪的重复启动效应显示出不同的结果。如 Hu, Liu, & Zhang (2010) 探讨了正性、中性和负性词汇的重复启动效应，发现重复启动效应随重复次数的增加而增大，其中正性情绪词汇的重复启动效应呈现的最早。也就是说，正性情绪容易产生重复启动效应，在本研究中重复性的奖励刺激会导致被试对奖励的欲求性降低。对论文引言、讨论部分增加了相关表述及参考文献（论文见“1. 引言”第五段 12-18 行；“4.1 讨论”第二段 18-27 行）。

**意见3：**引言部分有一些表述不清的地方。例如，对该领域已有的实证研究介绍不足，只是提到“但仍有部分研究并不支持RST的一些观点(Corr, 2001)”，建议适当介绍这些研究结果到底出现了什么样的分歧，以及的原因。作者提到“一些研究者也提出RST理论本身仍需要进一步澄清”，请指明需要澄清的是什么？作者还提到“特别需要选取合适的生理指标进行理论的实证研究”，也建议适当展开介绍。假设提出中提到心率、指脉率、指温和皮肤电等生理指标，也建议在此前做简单介绍；此外，对于“这些自主生理指标活动的阶段性变化受累加

奖惩模式影响而呈现出不一致的变化”，是否能做出更明确的假设。总之，本文的引言部分对研究背景的介绍不足，假设部分也没有分清哪些仅仅是与前人研究相一致，哪些是本研究的创新之处。

**回应：**在论文引言部分中增添了关于“部分研究（行为研究和生理研究）并不支持 RST 的一些观点”的具体解释及“RST 理论澄清”的说明，并增加了相关参考文献（论文见“1. 引言”第二段 12-33 行）。论文引言部分对“特别需要选取合适的生理指标进行理论的实证研究”展开了适当介绍，并增加了相关参考文献（论文见“1. 引言”第二段 30-33 行、第三段 1-2 行）。对您“假设提出中提到心率、指脉率、指温和皮肤电等生理指标，也建议在此前做简单介绍”的建议，在论文引言部分增加了相关表述（论文见“1. 引言”第三段 8-10 行）。对您“这些自主生理指标活动的阶段性变化受累加奖惩模式影响而呈现出不一致的变化，是否能做出更明确的假设”的建议，在论文引言部分增加了相关表述（论文见“1. 引言”第六段 5-6 行）。对您“本文的引言部分对研究背景的介绍不足，假设部分也没有分清哪些仅仅是与前人研究相一致，哪些是本研究的创新之处”的建议，在论文引言修改了相关表述（论文见“1. 引言”第五段 1-24 行）。

**意见4：**方法的被试部分，请介绍三组被试具体的人数，以及分组方法。

**回应：**在论文方法部分中增添了关于实验分组及实验人数的说明（论文见“2.1 被试”第一段 2-3 行）。

**意见5：**实验任务部分，请说明这个任务范式的传承，是否在以往研究中使用，本研究的相关改进是什么？一般来说，如果对每一次反应的正确率进行反馈，被试自然会更重视“正确率”而不是“反应时”，所以本研究结果出现奖励和惩罚条件成功抑制率（正确率）都提高，而反应时都降低的结果，就毫不奇怪了。关键问题是，以往类似的研究也是采用同样的这种任务范式吗？他们是怎么解释这个问题的。

**回应：**停止信号任务是一个能对优势反应调节能力进行评估的任务。实验程序中包括两类任务：占实验总任务 75% 的无停止信号任务和 25% 的有停止信号任务。因有信号任务出现概率较高，又被称为优势反应。而无停止信号任务出现概率较低，又被称作非优势反应。这一任务要求被试抑制优势反应而进入非优势反应中。Logan（1994）在此研究范式中并没有反馈，是因为其研究目的是探究行为抑制功能本身，并无关于奖惩条件。Corr（2001）曾指出，反馈比强化信号更能被解读成为实际结果，能充分刺激 BAS/BIS 系统从而使情绪唤醒更为敏感。本研究借鉴于相关奖惩研究（白学军，朱昭红，沈德立，刘楠，2009；朱昭红，白学军，2009），在任务结束后呈现反馈以告知被试即将接受的奖惩类别。在以往研究中并没有对“反馈促进被试重视正确率”的问题做出解释。我们也考虑过您提到的“因奖惩反馈根据任务完成的正确率而实施，存在被试更为重视正确率”的可能性。为最大程度的降低被试因重视正确率而有意增加反应时的可能性，我们在实验设置中做出如下工作：（1）被试在完成无停止信号任务时，不仅会因错误按键反应导致任务失败，还会因为规定时间（1000ms）内没有对“雨天”或“雪天”做出按键选择而被反馈为失败，这种程序设置会迫使被试尽快做出按键反应以避免规定时间内因不按键而导致的任务失败；（2）我们在任务规则介绍时对每位被试均强调要尽快地做出按键反应，实验完成后会根据正确率和完成时间的快慢决定奖品的等级。除此

之外,我们分别对各组的停止信号任务的反应时和无停止信号任务的抑制失败率进行皮尔逊(Pearson)相关分析,结果发现,惩罚组的反应时与抑制失败率在 0.01 水平上呈显著负相关( $r=-0.759$ ),控制组的反应时与抑制失败率在 0.01 水平上也呈显著负相关( $r=-0.87$ ),而奖励组的反应时与抑制失败率则显示不相关。结果说明惩罚组与控制组确实存在被试为降低抑制失败率而增加反应时时间的可能性。然而,与控制组相比,惩罚组的抑制失败率更低,这提示惩罚条件使被试为避免接受惩罚而通过增加反应时时间更大程度降低抑制失败率。但奖励组的无相关结果则提示被试在奖励条件下呈现的反应时增加和抑制失败率的降低并无相关关系,每一次任务完成后的反馈并没有让被试为追求正确率而增加反应时时间。相关差异的统计结果也提示奖励与惩罚对行为产生的抑制作用具有差异性。在论文前言、结果和讨论部分中增添了相关表述(论文见“1. 引言”第四段 1-9 行;“2.1 被试”第一段 2-3 行;“4.1”第二段 9-18 行)。

**意见6:** 文字中没有介绍各条件的均值和标准差,图中也没有标准误,至少应该有其中之一。

**回应:** 因线形图标准误的各组标注会有重叠,因此改为柱状图。已在图中进行了标准误的标注(论文见图 2-图 7)。

**意见7:** 从图1可知,无论“无停止信号任务”或“停止信号任务”,提供被试反应的时间窗口只有1000ms,这种设置会不会带来一些问题,即无论在“无停止信号任务”或“停止信号任务”中被试都有可能来不及按键,从而对被试的反应做出错误的反馈。

**回应:** 无停止信号任务的程序设置为,1000ms内没有在“雨天”或“雪天”中做出按键选择,以及没有做出正确的按键选择时都会反馈为失败,这种程序设置会迫使被试尽快做出按键反应以避免规定时间内因不按键而导致任务失败。停止信号“太阳”设置在“雨天”或“雪天”呈现500ms后出现,被试在练习阶段就体会到如果反应过快就无法完成有停止信号任务,但反应过慢(通常被试有意拖延时间等待停止信号)就无法完成无停止信号任务。我们在设置程序时曾对不同反应时窗口(800ms、1000ms、1200ms)进行了预实验。800ms的设置容易把被试来不及反应的现象判断为停止信号的无按键反应;1200ms的设置容易出现反应时窗口过长,被试有意拖延时间而导致任务难度降低(抑制成功率增加)的现象,考虑到被试无停止信号任务的平均反应时时间为 $753.83\pm45.68\text{ms}$ ,并借鉴于相关停止信号研究(Sinopoli, Schachar, & Dennis, 2011; 白学军, 朱昭红, 沈德立, 刘楠, 2009; 朱昭红, 白学军, 2009),把反应时间窗口设置为1000ms。

**意见8:** 文中对“有停止信号任务”的“错误抑制率”表述有误,似乎应该是“抑制失败率”。

**回应:** 已将论文中所有“错误抑制率”的表述改为“抑制失败率”。

**意见9:** 提到“不仅负性情绪都能激活BIS系统,正性情绪也能一定程度的激活BIS系统,从而对行为活动产生抑制作用”。然而,引言中表达的逻辑似乎是:奖励激活BAS,调节趋近行为,同时引发正性情绪;惩罚激活BIS,调节回避行为,同时引发负性情绪。也就是说,奖励和惩罚是因,情绪和行为是相伴而生的果。所以,相关表述存在逻辑错误,这类错误在本文中还不止一处。

**回应：**讨论部分的表述应为“不仅惩罚条件激活BIS系统，奖励条件在本实验条件下也能一定程度的激活BIS系统，从而对行为活动产生抑制作用”。早期的RST理论（激活BAS系统，产生趋近行为，并引发高兴、兴奋等正性情绪；激活BIS系统，产生回避行为，并引发焦虑、恐惧等负性情绪）对此不能合理解释。我们尝试用Gray修订后的理论进行解释，修订后的BAS被认为是对所有欲求性刺激敏感，而BIS系统则被认为是负责处理目标冲突，不再仅对条件的厌恶刺激敏感，当呈现引发目标冲突的刺激时，BIS被激活，从而抑制在冲突中本来占优势的行为。我们认为，由于重复性奖励条件一定程度上会降低被试对奖励的欲求性，因此对BAS的激活程度会减少，导致对促进行为的减弱；重复性惩罚条件由于受重复启动效应较小，仍对惩罚刺激较为敏感，使得BIS系统被激活。此外，停止信号任务中抑制优势反应的发生本身就是一种目标冲突刺激，会一定程度的激活BIS系统，被试间设计的重复性奖惩模式可能进一步增加被试BIS系统的激活程度，所以在本实验条件下不仅惩罚条件，奖励条件也会伴有BIS系统一定程度的激活，从而在任务过程中促进抑制行为增加。感谢您的宝贵建议，在论文引言和讨论部分修改了相关表述（论文见“1. 引言”第二段4-5行；“4.1”第一段1-8行）。

**意见10：**讨论部分也应该进一步突出本研究的创新性。

**回应：**

- ①. 目前有关情绪与行为抑制关系的研究多以正负性情绪条件为线索来进行，本研究结合情绪重复启动效应的相关研究，对重复性奖惩模式所导致的行为抑制差异进行探讨。已在论文讨论部分增加了相关表述（论文见“4.1”第二段 1-21 行）。
- ②. 尝试用 Gray 修订后的 RST 理论探讨研究结果。已在论文讨论部分修改了相关表述（论文见“4.1”第二段 1-8 行）。
- ③. 对临床教育的奖惩实施策略有一定启示。在论文讨论部分增加了相关表述（论文见“4.1”第二段 9-13 行）。
- ④. 对未来相关研究程序阶段和情绪生理指标的选取有一定参考价值。在论文讨论部分增加了相关表述（论文见“4.2”第三段 1-16 行）。

## 第二轮

**审稿人 1 意见：**作者基本回答了我的问题。文章图片过多，可将相关图拼接成一个图，用图 1(a),(b),(c)之类来表示。

**回应：**已将反应时和抑制失败率拼接为一张行为数据图，心率、指温、指脉率和皮肤电拼接为一张生理数据图。

**审稿人2意见：**作者对审稿意见作了详尽的回复，但一些基本的问题还有待明确。

**意见 1：**本研究核心的科学问题和理论贡献到底是什么？从引言部分一开始就用很多文字谈情绪对行为抑制的影响来看，像是要研究情绪对行为抑制的影响机制，但本研究的实验设计中并没有直接操控情绪这一变量，题目和摘要中也都没有提及。



**回应：**本研究探讨的核心科学问题和理论贡献是，通过探讨奖励条件引发的正性情绪和惩罚条件引发的负性刺激对行为抑制的影响机制，进一步澄清和验证修订后的 RST 理论。奖励条件引发高兴、兴奋等正性情绪，易激活 BAS 系统，产生趋近行为；惩罚条件引发焦虑、恐惧等负性情绪，易激活 BIS 系统，产生回避行为（Revelle, 2008）。不同情绪的重复启动效应不同，因此重复性奖励与重复性惩罚引发的行为结果也会有所不同。本研究结果按照修订后的 RST 理论可解释为，奖励条件下的重复启动效应大，被试降低对奖励的欲求性，BAS 的激活程度减少，BIS 的抑制功能增强，从而导致抑制行为的增加；重复性惩罚条件重复启动效应较小，则进一步加剧目标冲突，BIS 激活程度增加，从而导致抑制行为的增加。已在引言部分修改了相关陈述（论文见“前言”第二段 3-5 行）。

**意见 2：**从引言最后的研究假设来看，像是要探讨 Gray 的 RST 理论，但这个研究假设还不够具体，且有牵强附会的感觉。例如，既然提出“重复性奖励”会怎么样，那自然在实验设计中应该考虑“非重复性奖励”作对照，否则“导致对促进行为的减弱”一句就无法得以验证；对重复性惩罚也是同样的道理。一个建设性的意见是，作者可将每种实验条件的 trials 分为前后两半，后一半较前一半当然更倾向于“重复性”的奖励或惩罚。

**回应：**已在论文结果中报告了反应时与抑制失败率的时间进程变化值，以探讨重复性奖惩条件的重复启动效应。考虑到被试在初始阶段会存在对测试的熟悉过程，将实验初始 2 分钟作为“阶段一”，其后实验时间进程平均分为前后两阶段（“阶段二”和“阶段三”），结果显示，与反应时逐阶段增加、抑制失败率逐阶段降低的惩罚组和控制组相比，奖励组仅在阶段二呈现了反应时增加和抑制失败率降低的显著差异，而在阶段三则又呈现出回落现象（差异性显著），从而验证了“重复性奖励条件的重复启动效应大”的研究假设（论文见“3.1.3”），并在讨论中增加了相关陈述（论文见“4.1”第一段 13-17 行）。

**意见 3：**此外，在研究假设中“导致对促进行为的减弱”是一个重要的观点，然而相应的测量指标是什么呢？停止信号任务中有这个指标吗？

**回应：**Corr（2001）认为即便一种刺激也可同时作用于两系统，BAS 被激活，BIS 就被抑制，而 BIS 被激活，BAS 就被抑制，即联合子系统效应。在研究假设中“导致对促进行为的减弱”是指由于奖励条件的重复启动效应较大，一定程度上会降低被试对奖励的欲求性，因此对 BAS 系统的激活程度减少，从而降低了对 BIS 系统的抑制作用，导致抑制行为的增加。抑制行为的测量指标为无停止信号任务时的反应时。已在论文前言中修改了相关表述（论文见“4.1”第二段 1-8 行）

**意见 4：**关于本研究的创新性。除了“重复性”这一点，该实验假设也看不出对 RST 相关的理论争论有何新的贡献，但仅仅是“重复性”这一点，研究的分量就显得不足了。应该说，引言部分已明确提到了一些创新点，但这些创新都属于方法上的创新，而不是理论上的创新。并且，如前所述，像“重复性”这种提法并没有得到实验设计有效地支持，而在被试完成任务的各阶段都记录了生理反应这一点方法上的创新，也似乎显得分量不足。

**回应：**本研究的理论创新是采用停止信号任务对修订后 RST 理论进行实证性验证，并通过联合子系统效应假说进一步澄清 RST 理论。修订后的 RST 理论由于无法合理解释一些现象

而受争议，如奖励敏感性高的个体表现出更多的抑制行为，而惩罚敏感性高的个体表现出较少的抑制行为，以及情绪刺激下抑制行为增加或减少的矛盾结果。研究结果的不一致多是因为相关研究对 BAS 和 BIS 系统的独立解释（独立子系统效应）。Corr 认为，BAS 和 BIS 之间存在交互作用，用独立子系统效应去预测研究结果容易出现局限性，而一般实验室条件下应更多发生两系统相互影响的联合效应，即联合子系统效应假说。本研究结果表明奖励组被试在重复性奖励条件下降低了对欲求性刺激的敏感性，使 BAS 激活程度减少，从而降低了对 BIS 系统的抑制作用，导致抑制行为的增加；而重复性惩罚条件则进一步加剧目标冲突，通过激活 BIS 系统增加抑制行为。本研究方法上的创新是：（1）本研究不仅考察施加奖惩后的自主生理变化，还包括停止信号任务前的准备阶段、进行停止信号任务中的工作阶段及完成停止信号任务后的反馈阶段的自主生理变化。这对未来相关研究程序阶段和情绪生理指标的选取有一定参考价值。结果显示各生理指标在准备阶段、工作阶段和奖惩阶段均呈现出情绪效价，反馈阶段的生理指标变化最小，接受重复性奖惩的影响较少；皮肤电导反应的程序阶段变化较为显著。（2）考虑到奖惩刺激需要一定的情绪诱发时间，以及独立子系统效应会影响研究结果的可靠性，本研究将奖惩刺激设置为被试间因素，任务成功不断增加金币，任务失败则不断失去金币，以考察重复性奖惩模式对各程序阶段的影响是否具有差异性。已在论文结果中报告了反应时与抑制失败率的时间进程变化值，以探讨重复性奖惩条件的重复启动效应，结果验证了“奖励条件下的重复启动效应较大”的研究假设（论文见“3.1.3”），并在讨论中增加了相关陈述（论文见“4.1”第一段 13-17 行）。

**意见 5：**结果部分，既然被试只有 500ms 的反应时间窗口，建议作者报告被试在每种条件下应该按键时却没有按键的百分比。

**回应：**各组在无停止信号任务中的无按键反应百分比为：奖励组  $10.57 \pm 12.95$ ；惩罚组  $9.43 \pm 10.87$ ；控制组  $10.29 \pm 13.98$ ，单因素方差分析结果显示，各组无按键反应百分比无显著差异， $F(2,44)=0.03$ 。已在论文结果中报告了不同条件下被试在无停止信号任务中的无按键反应百分比（论文见“3.1.1”第一段 4-6 行）。

**意见 6：**对于“3.1.3 反应时与抑制失败率的相关统计”部分，不显著的相关值也应该报告，毕竟 15 人的样本相关值要大于 0.514 才能达到 .05 的显著性水平。

**回应：**已在论文结果中报告了反应时与抑制失败率不显著的统计相关值（论文见“3.1.4”第一段 4 行）。

**意见 7：**“重复性惩罚条件由于受重复启动效应较小”类似这样比较重要的观点，应该有数据的支撑，而不应仅仅是根据以往的研究结果进行思辨推理，有了自己的数据就要尝试用数据来说话。

**回应：**已在论文结果中报告了反应时与抑制失败率的时间进程变化值，以探讨重复性奖惩条件的重复启动效应，结果验证了“重复性惩罚条件较重复性奖励条件的重复启动效应较小”的研究假设（论文见“3.1.3”），并在讨论中增加了相关陈述（论文见“4.1”第一段 13-17 行）。

**审稿人 3 意见：**研究采用行为和生理指标探讨了重复性奖惩模式对反应抑制的影响，结果发



现奖励和惩罚对行为的影响相似，而对生理指标的影响有所不同。该研究在实验设计中充分考虑到“情绪唤起需要一定时间并存在累积效应”，同时对累积效应可能作用到的各个阶段的生理指标进行全面考察，因此研究结果具有较大的理论和应用意义。作者对前两位审稿专家提出的问题进行了较好的回答，同时对文章进行了相应修改，不过目前仍有几个小问题，需要作者予以考虑。

**意见 1：**作者对第一位审稿专家的第一个问题（“反应抑制的计算方法不正确。。。”)理解有误，答非所问。尽管如此，本研究将无停止信号的反应时和有停止信号的抑制失败率作为主要行为指标来考察也是可以的，但讨论中需注意的是：无停止信号条件下的反应时本身并非行为抑制的指标，因为在此条件下“停止信号”并不出现，被试无需抑制反应。实际上，本实验的特定任务所测量的反应时已并非通常意义上的辨别任务反应时或选择反应时，而是同时包含了延迟反应时。一般说来，辨别任务的反应时完全可以在 500ms 以内完成，如：平均反应时可以在 350-450ms 之间。而本实验任务中，停止信号在靶刺激出现 500ms 后才出现，因此被试需要对靶刺激进行的是延迟反应，即只有当被试估计靶刺激已出现了 500ms 时停止信号没有出现，才会作出反应。建议作者对此任务性质在文中予以讨论或说明。

**回应：**停止信号任务存在无停止信号到停止信号的时长 (stop-signal delay, SSD) 可变与不变的两种形式。一些研究显示这两种形式的停止信号任务所评估的行为抑制效果类似 (Sinopoli, Schachar, & Dennis, 2011; Schachar et al., 2007)。本研究中，由于停止信号在靶刺激出现 500ms 后呈现 (SSD 不变)，被试在完成无停止信号任务时的反应时中包含了延迟反应时，因此可把无停止信号的反应时作为评估行为抑制的间接指标。正如 Eagle 和 Baunez (2010) 所述，由于 SSD 不变的停止信号反应时没有结束终端而无法直接测量，所以把无停止信号的反应时和有停止信号的抑制成功 (停止按键的正确反应) 率作为测量行为抑制的客观指标。已在论文方法部分增加了此任务性质的说明 (论文见“2.5”第一段 3-7 行)。

**意见 2：**第 27 页中间一段，作者对优势反应和非优势反应的陈述出现笔误（“因有信号任务出现概率较高，又被称为优势反应。。。”)，意思反了，建议修改。

**回应：**已修改了此陈述错误 (论文见“引言”第四段 4-5 行)。

**意见 3：**关于皮温变化，作者认为本研究发现奖励条件促进皮温增加 (与控制组相比)，而图 5 结果似乎还表明，控制组皮温相对其基线来讲有所降低，而惩罚组没有变化。不知这一趋势在统计上是否显著？建议作者对此予以补充说明或讨论。

**回应：**皮肤温度可在一定程度上对局部组织微循环状况做出反应。如情绪刺激下，皮肤微血管网的变化可改变皮肤血流量，从而导致皮肤温度的变化。本研究结果显示，奖励组在各程序阶段中的指温均显著高于控制组，我们推测这与奖惩刺激下停止信号任务的按键操作反应相关，奖励条件增加了被试对手指按键反应及其反馈的注意，手指骨骼肌的代谢增高，支配手指皮肤的交感舒血管纤维兴奋，皮肤血管扩张，血流量增加，从而导致指温升高。另一方面，控制组的统计结果显示，除反馈阶段外，各程序阶段的皮温变化值 (测得值减去基线值) 均显著降低 ( $p < 0.05$ )，而惩罚条件下各程序阶段的皮温变化值并未显示出差异性。结果说明控制组被试伴随实验进程降低了对手指按键反应及其反馈的注意从而导致指温下降，而重复性奖惩条件持续作用于指温变化，使指温变化不同于控制组，始终保持在同一水平。已在

结果部分增加了相关统计结果，并在讨论部分增加了相关陈述（论文见“3.2.2 皮温变化”第一段 5-7 行和“4.2”第二段 1-3 行）。

**意见 4：**本文的文字表达需要进一步润色。结论部分尚需进一步提炼重点。

**回应：**在同行专家的指导下进一步加工润色论文的文字表达，并将结论部分进一步精简以提炼出重点（论文见“结论”第一段 1-3 行）。