

不确定性对抑制控制的影响：特质焦虑的调节作用

张元汲

西南大学心理学部，重庆

收稿日期：2025年10月23日；录用日期：2025年12月12日；发布日期：2025年12月23日

摘要

研究旨在探讨威胁时间不确定性对个体反应抑制的影响，以及特质焦虑在其中的调节作用。采用改良NPU威胁范式，将威胁时间条件(中性、威胁时间确定、威胁时间不确定)作为被试内变量，特质焦虑水平(高、低)作为被试间变量，测量个体在Stop-signal任务中的停止信号反应时(SSRT)与状态焦虑水平。65名大学生参与实验，结果显示：威胁时间条件的主效应显著，SSRT呈“中性 < 确定 < 不确定”的单调上升趋势；特质焦虑主效应显著，高特质焦虑组整体SSRT长于低特质焦虑组；两者交互作用显著，高特质焦虑组在不确定条件下的SSRT显著延长。威胁时间条件对状态焦虑水平的主效应显著，但特质焦虑并未显著调节这一效应。这表明，威胁不确定性削弱反应抑制能力，尤其对高特质焦虑个体影响更为突出，而这种调节主要体现在认知控制层面而非主观情绪体验。本研究丰富了对不确定威胁与抑制控制关系的理解，也为焦虑干预策略提供了潜在方向。

关键词

威胁不确定性，特质焦虑，反应抑制，Stop-Signal任务，执行功能

The Impact of Uncertainty on Inhibitory Control: The Moderating Role of Trait Anxiety

Yuanji Zhang

Faculty of Psychology, Southwest University, Chongqing

Received: October 23, 2025; accepted: December 12, 2025; published: December 23, 2025

Abstract

This study investigates the impact of threat time uncertainty on response inhibition and examines the moderating role of trait anxiety. Using a modified NPU threat paradigm, threat time condition (neutral, predictable, and unpredictable) was manipulated as a within-subject factor, and trait anxiety level (high vs. low) as a between-subject factor. Response inhibition was assessed via the Stop-signal task (SSRT), and state anxiety was measured after each block. A total of 65 university students participated. Results showed a significant main effect of threat time condition, with SSRT following a monotonic increase of “neutral < predictable < unpredictable.” A significant main effect of trait anxiety was also observed, with the high trait anxiety group exhibiting longer SSRT overall. Moreover, a significant interaction effect revealed that high trait anxiety participants showed a larger SSRT increase under unpredictable threat. Threat time uncertainty also significantly increased state anxiety, but trait anxiety did not moderate this effect. These findings suggest that unpredictable threat impairs response inhibition, particularly in individuals with high trait anxiety, and this modulation occurs primarily at the cognitive control level rather than in subjective emotional experience. The study enriches the understanding of the relationship between uncertainty and inhibitory control and offers implications for anxiety intervention strategies.

Keywords

Threat Uncertainty, Trait Anxiety, Response Inhibition, Stop-Signal Task, Executive Function

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

当今人们在生活中面临着不断提升的不确定性。近年来，世界格局、政治、经济形势的快速变化，都导致人们面临更高的不确定性[1]-[6]。不确定性与焦虑、抑郁、认知偏差等多种心理问题密切相关，值得关注[7]-[11]。已有一定数量的研究关注不确定性与认知控制的关系，以及神经网络上的重叠[12]-[14]。Alquist J.L. 等人在 2018 发现个人冲突带来的不确定性使得个体在此后的任务中自控能力降低，此后又进一步通过研究发现不确定性可能损害执行功能[15][16]，此外，有研究关注瞬时诱导抑制控制对不确定性行为表现的影响[17]。Seo 等人在 2023 年使用改良 NPU 范式研究了认知负荷如何调节不确定性的不同方面对心理生理反应的影响[18]。本研究借鉴改良 NPU 范式旨在研究威胁不确定性对反应(冲动)抑制的影响，并探索特质焦虑水平是否调节此过程。

1.1. 不确定性

早期理论从认知失调角度解释不确定性[19]，认为个体在无法预测事件结果或自我 - 环境期望不一致时，会体验心理失衡。Piaget (1960) 则从认知发展角度指出，不确定性源于图式无法适应新信息的状态[20]。后续研究者进一步细分了不确定性的维度：Weary 与 Edwards (1994) 提出“原因不确定性”，Van den Bos (2009) 强调“信息不确定性”，而 Carleton (2016) 则提出普适定义——“在任何层次上对信息缺失的感知”[7][21][22]。长期处于不确定状态的个体可能出现生理 - 心理双重反应。Greco 与 Roger (2003) 发现，不确定性情境激活下丘脑 - 垂体 - 肾上腺轴，引起血压升高与厌恶感[23]；Peng 等(2020) 进一步指出，不确定性压力与睡眠拖延、社交焦虑、网络依赖等多种问题密切相关[24]。由此可见，不确定性既是

外界刺激的不稳定表现，也是一种内部感知的威胁体验。

1.2. 抑制控制

抑制控制是执行功能的重要组成部分。它的主要功能是有效地抑制冲突和冲动，确保个体从事目标导向的行为[25][26]。研究者普遍认为，抑制控制并非单一过程，而是由若干相互关联的子成分构成。根据抑制的对象和反应阶段，可将其大致分为两种类型：冲突抑制(interference inhibition)和反应抑制(response inhibition) [27] [28]。

冲突抑制指个体在面对相互竞争的信息或干扰刺激时，能够抑制自动化或无关的反应倾向，从而选择与当前目标一致的反应。这一能力常通过 Stroop 任务、Flanker 任务或 Simon 任务加以测量[29] [30]。这些任务要求个体在存在刺激冲突的情境中快速、准确地作出判断，从而反映其在认知层面上解决竞争信息的能力。

反应抑制则指个体在行为执行阶段，能够终止或延迟已启动或即将启动的动作反应[31]。典型的测量范式包括 Go/No-Go 任务与 Stop-signal 任务，两者都要求个体在外部信号出现后迅速停止既定反应，但 Stop-signal 任务更能捕捉反应终止的动态过程。

抑制控制的缺陷可能会增加物质使用障碍的风险[32]，影响个体的社会功能和学业成就[33]。此外，抑制控制与其他高级认知功能相关，如工作记忆、阅读理解、液态智力、社会功能和情绪调节[34]-[36]。

1.3. 不确定性、焦虑与抑制控制

不确定性对个体的抑制控制和执行功能具有显著影响。Buetti 与 Lleras (2012)发现，当任务反馈的不确定性增加时，被试在 Go/No-Go 任务中的停止反应时间显著延长，表现出抑制控制下降[37]。Hartley 与 Phelps (2012)在条件概率学习任务中同样发现，不确定性会削弱个体在后续试次中的自我控制与决策稳定性[38]。Alquist 等(2018, 2020)通过一系列研究进一步证实，个体在经历社会冲突或结果模糊的情境后，其执行功能与自我调节能力均出现下降[15] [16]。Linkovski 等(2021)则指出，短时诱导的抑制控制激活能够部分抵消高不确定条件下的行为损害[17]。这些研究共同说明，不确定性不仅改变情绪状态，也直接削弱目标导向的控制过程。

从神经认知角度看，不确定性处理与认知控制网络中的多个区域高度重叠，包括前扣带皮层(ACC)、背外侧前额叶皮层(DLPFC)及前岛皮层(AIC) [39]。这些区域同时参与冲突监测与反应抑制，提示不确定性加工与抑制控制在结构上共享部分神经基础。

焦虑被认为是不确定性加工的核心心理反应。根据 Grupe 和 Nitschke (2013)提出的 UAMA 模型，焦虑反映了个体在威胁性不确定情境下对潜在危险的持续预测偏差[40]。研究表明，不确定性事件会引发杏仁核和前扣带皮层的过度激活，从而诱发焦虑与恐惧体验[41]。焦虑不仅影响情绪体验，也会削弱认知控制与抑制过程。Xin 等(2010)及 Eysenck 与 Derakshan (2011)指出，高焦虑个体在抑制控制任务中反应时更长、错误率更高，表现出注意资源分配受损[42] [43]。Moser 等(2013)的元分析进一步发现，焦虑通过削弱认知控制网络的功能连接影响冲突监测与反应抑制效率[44]。

这种影响还受到焦虑类型与个体差异的调节。特质焦虑反映个体对威胁线索的长期敏感性，而状态焦虑反映短时的情绪反应[45]。研究发现，特质焦虑高的个体在威胁性或不确定情境下更易出现抑制困难[46] [47]，而适度焦虑有时能通过提升情绪警觉促进控制[48]。

综上，不确定性可能通过提升威胁感和焦虑水平削弱抑制控制，也可能因抑制效率的个体差异而呈现不同结果。现有研究多聚焦于状态焦虑对冲突抑制的影响，而针对威胁性不确定情境下特质焦虑与反应抑制交互作用的研究仍较少。本研究在此基础上采用改良 NPU 范式[18] [49]，以威胁时间不确定性为

操纵变量,探讨其对反应抑制的影响,并考察特质焦虑的调节作用,同时测量状态焦虑作为补充指标,以揭示不确定性、焦虑与抑制控制的关系。

2. 方法

2.1. 目的

考察威胁不确定性对反应抑制及任务情境下状态焦虑的作用,以及特质焦虑水平是否调节此作用。

2.2. 被试

本研究拟采用混合设计重复测量方差分析进行统计检验。利用 G*Power 3.1 [50] 计算所需样本量,选择 F 检验中的 ANOVA: repeated measures, within-between interaction, 将效应量设为 $f = 0.25$, 期望功效($1 - \beta$)设为 0.8, 显著性水平设为 $\alpha = 0.05$, 分组设置为 2, 组内变量水平设为 3, 计算得每组被试量最少为 28 人。最终本研究共招募大学生被试 66 名,剔除 1 名任务反应时极端值过多的被试后,有效被试 65 人,男性被试 17 名,女性被试 48 名(73.8%),年龄 20.98 ± 1.97 岁。矫正视力正常、无色盲色弱、无精神病史、近期无失眠或睡眠不良。实验结束后根据被试需求解释实验目的,支付一定费用作为参加实验的报酬。

2.3. 实验设计

采用双因素混合设计,其中威胁时间条件(无威胁(中性)、威胁时间确定、威胁时间不确定)为被试内变量,特质焦虑水平(高、低)为被试间变量。因变量指标为被试在 Stop-signal 内嵌任务中经过处理得出的停止信号反应时(Stop-Signal Reaction Time, SSRT)。

2.4. 实验程序和材料

2.4.1. 特质焦虑分组

分组过程同研究 1, 研究二中 STAI-T 得分(49.90 ± 3.07)分布的前 27% (53.72 ± 2.09)、后 27% (46.38 ± 1.52)将被试分为高低特质焦虑两组[51]。

2.4.2. 范式

NPU 威胁范式通过不同威胁情况(中性无威胁、可预测的威胁、不可预测的威胁)探究恐惧与焦虑反应[49]。Seo 等人通过修改后的 NPU 威胁范式中内嵌 n-back 任务探究认知负荷如何调节不确定性不同方面(发生和时间的可否预测)对心理生理反应的影响[18]。本研究沿用 Seo 等人上述思路,通过修改 NPU 范式使其完成不同条件的指示和威胁刺激触发,并用内嵌 Stop-signal 任务获取因变量(反应抑制)指标。

2.4.3. 威胁时间不确定性操纵

通过屏幕中占四分之三大小的镂空矩形外框对威胁时间不确定性条件进行操纵,矩形外框中心与屏幕中心重叠,根据显示器分辨率自适应调节大小,矩形外框每边宽度为 12 mm。无威胁(后文中简称“中性”)条件下外框持续呈现天蓝色,此条件不会发生威胁刺激;威胁时间确定(后文中简称“确定”)条件外框持续呈现橙色,此条件会在固定试次间隔的试次间隙发生威胁刺激,固定间隔会以倒数数字呈现于注视点下方,强化时间确定感;威胁时间不确定(后文中简称“不确定”)条件外框持续呈现粉色,此条件会在随机试次间隔的试次间隙发生威胁刺激,注视点下方会呈现一个“?”,强化时间不确定感。

2.4.4. 威胁刺激

采用突发噪声及刺激图片同时呈现的方式作为威胁刺激。

噪声：从开放获取的互联网资源下载如尖叫、爆炸、玻璃碎裂等常见噪声音频文件 20 条。制作简单评定问卷，上传 20 条噪声音频并在每一条其后使用“您认为这段音频多大程度令你感到不适/威胁”（0~100 的整数滑块评分）对噪声的有效性进行评定，共有 26 名大学生完成了评定问卷，最后选择评分最高的两条噪声音频（某种玻璃碎裂以及某种爆炸声）作为实验中使用的噪声刺激。噪声刺激音频时长为 1000 ms，采样率 44.1 kHz，16 位单声道格式，声音通过 PsychoPy 控制播放，音量统一设定为系统默认输出功率 40%，声压级约为 85 ± 5 dB(A)，刺激间响度一致。

图片：威胁刺激使用的图片来自国际情感图片库 IAPS，在其中负性情绪效价图片中选择唤醒度较高的 20 张图片作为实验中使用的图片威胁刺激，图片威胁刺激呈现时长为 1000 ms，呈现位置与大小与上述条件提示外框相同（IAPS 编号：0004、0008、0016、0021、0024、0026、0028、0039、0060、0062、0067、0071、0073、0077、0092、0095、0106、1617、2053、7361）。

2.4.5. 内嵌任务

本研究采用停止信号任务(Stop-Signal Task, SST)作为内嵌任务，以测量个体的冲动(反应)抑制能力。具体任务为：在屏幕中心会出现不同图案，若图案为圆形则按“f”，图案为三角形则按“j”，当已经呈现图案上再出现红色的“X”时则努力停止任何按键反应。本任务采用自适应的停止信号延迟(SSD)追踪程序，初始 SSD 为 180 ms，若停止成功则 SSD 增加 30 ms，若停止失败则减少 30 ms，意图使停止成功率保持在约 50%，实验块与每块中 stop 试次数量见表 1。

2.4.6. 冲突抑制指标测量

以简化贝叶斯引导法(Bayesian Bootstrap)估计核心指标停止信号反应时(Stop-Signal Reaction Time, SSRT)，借鉴 Matzke *et al.* (2013)的非参数方法[52]。该方法通过对 Go 与 Stop 试次分别进行 Dirichlet 权重采样，构造多次加权分布，用于估算 SSRT 的后验分布。相比传统积分法，该方法更能应对抑制概率偏离中位数、试次数不足等问题，同时生成更稳定、具有置信区间的估计结果。

2.4.7. 实验流程

被试阅读指导语了解他们需完成如下任务：在屏幕周围有一个带有颜色的外框，这个外框指示客观条件的不同，在屏幕中心会有一个判断图形类别的任务，出现圆形则按“F”，出现三角形则按“J”，当已经呈现图案上再出现红色的“X”时则努力停止任何按键反应。

进入练习阶段，练习阶段共包含中性、确定、不确定条件各一个块，其中中性块包含 18 个试次，确定、不确定块包含 24 个试次，威胁刺激均发生 6 次，stop 试次共 8 次。

Table 1. Experimental trial arrangement

表 1. 实验试次安排

阶段	条件	块试次数	威胁刺激数	总块数	Stop 试次数
练习	中性	18	0	1	6
	确定	24	5	1	8
	不确定	24	5	1	8
正式	中性	24	0	6	8
	确定	48	8	3	16
	不确定	48	8	3	16

正式实验共包含 12 个块，为中性 - 确定 - 中性 - 不确定或中性 - 不确定 - 中性 - 确定的三次循环，

被试被随机分到其中一种以此平衡块顺序。中性块包含 24 个试次，确定、不确定块包含 48 个试次，威胁刺激均发生 8 次，stop 试次共 16 次，其中威胁时间确定条件块中的威胁刺激每隔 6 个试次发生于试次间隙中；威胁时间不确定条件块中的威胁刺激则在 1~47 试次后的间隙随机发生。图形类别在试次间平衡 (见表 1、表 2)。

Table 2. Balanced block order grouping arrangement
表 2. 平衡块顺序分组安排

分组	排序
1	中性 - 确定 - 中性 - 不确定 - 中性 - 确定 - 中性 - 不确定 - 中性 - 确定 - 中性 - 不确定
2	中性 - 不确定 - 中性 - 确定 - 中性 - 不确定 - 中性 - 确定 - 中性 - 不确定 - 中性 - 确定

状态焦虑测量：正式实验的每个块结束后会出现一道自编可视化量表题项，左端与右端为代表完全不焦虑及非常焦虑的两栋建筑，中间为一条道路，要求被试凭感觉对上一个任务块至现在感到有多么焦虑选择道路上的一个相对位置，通过拖动道路下方连续滑块评分(0，完全不焦虑；100，非常焦虑)来完成测量并评定每个块后的短暂状态焦虑，此后进入 10 s 的休息时间。

具体试次说明：试次间隙为 1500 ms，威胁刺激会在试次间隙的第 250~1250 ms 呈现。然后呈现 500 ms 注视点，此时在确定条件注视点下方呈现倒数，不确定条件下呈现“？”。此后呈现任务图形，共 1500 ms 可反应时间，提前反应则补空屏至 1500 ms。若未按键则 1500 ms 后自动进入下一个试次间隙(见图 1)。

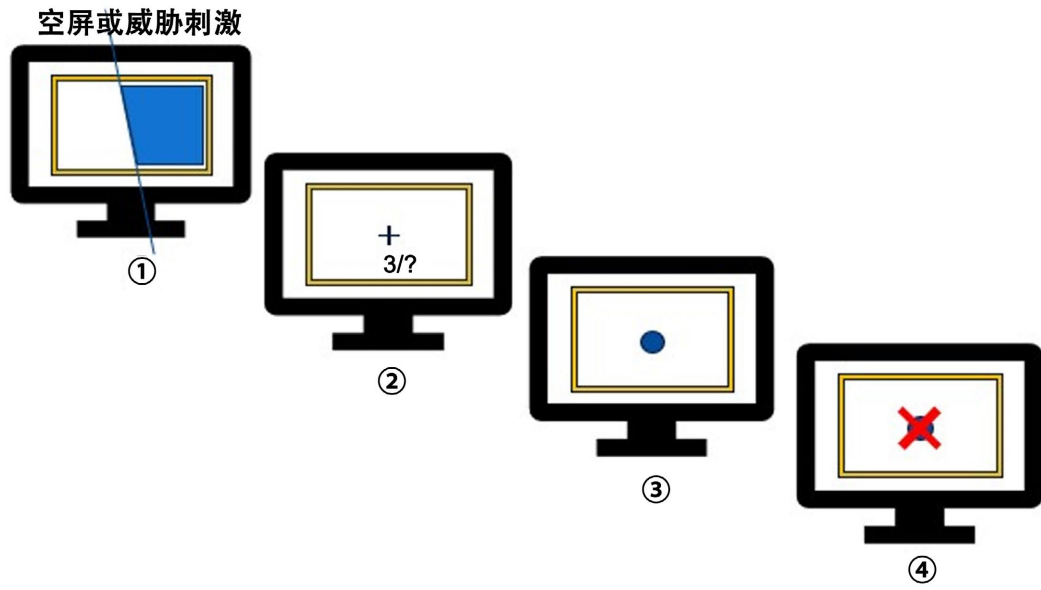


Figure 1. Diagram of experimental procedure
图 1. 实验流程图

3. 结果

为检验性别和实验块顺序对因变量的影响，以研究关注的变量进行了独立样本 t 检验。结果显示，性别与组别在各变量上均无显著差异。因此，在后续分析中皆不再讨论性别与组别。本研究被试年龄范围集中(M = 20.98, SD = 1.97)，处于青年期认知加工能力相对稳定的阶段。既往研究表明，抑制控制认知能力在二十岁左右处于较高水平，年龄差异较小[53] [54]，因此本研究亦未将年龄纳入控制变量。

以 SSRT 为因变量, 威胁时间条件(中性、确定、不确定)和特质焦虑水平(高、低)为被试间自变量, 进行 3 (条件) $\times$ 2 (组别) 的混合设计重复测量方差分析(RM-ANOVA)。Mauchly 球形性检验表明, 威胁时间条件主效应的球形性假设不成立, $\chi^2(2) = 13.498$, $p = 0.001$, 因此基于 Greenhouse-Geisser 方法对自由度进行校正($\epsilon = 0.836$)。结果显示(见图 2), 威胁时间条件的主效应显著, $F(1.67, 105.38) = 31.73$, $p < 0.001$, $\eta^2 = 0.34$; 确定条件($M = 0.232$, $SD = 0.05$)的 SSRT 显著短于中性条件($M = 0.244$, $SD = 0.06$), 而不确定条件($M = 0.250$, $SD = 0.06$)又显著长于确定条件。特质焦虑的主效应显著, $F(1, 63) = 13.36$, $p = 0.001$, $\eta^2 = 0.18$, 高特质焦虑组($M = 0.244$, $SD = 0.06$)的 SSRT 整体显著长于低特质焦虑组($M = 0.216$, $SD = 0.05$)。条件 $\times$ 特质焦虑交互作用显著, $F(1.67, 105.38) = 4.81$, $p = 0.014$, $\eta^2 = 0.07$ 。简单效应分析表明, 低特质焦虑组在确定条件($M = 0.218$, $SD = 0.04$)与不确定条件($M = 0.227$, $SD = 0.05$)下差异不显著, $F(1, 31) = 2.71$, $p = 0.110$; 而高特质焦虑组在不确定条件($M = 0.273$, $SD = 0.05$)的 SSRT 显著长于确定条件($M = 0.245$, $SD = 0.05$), $F(1, 32) = 12.93$, $p = 0.001$, $\eta^2 = 0.29$ 。探索性观察成对比较结果发现, 低特质焦虑组与高特质焦虑组都表现出确定条件长于中性条件的趋势, 且高特质焦虑组在不确定条件下 SSRT 的延长更为明显。

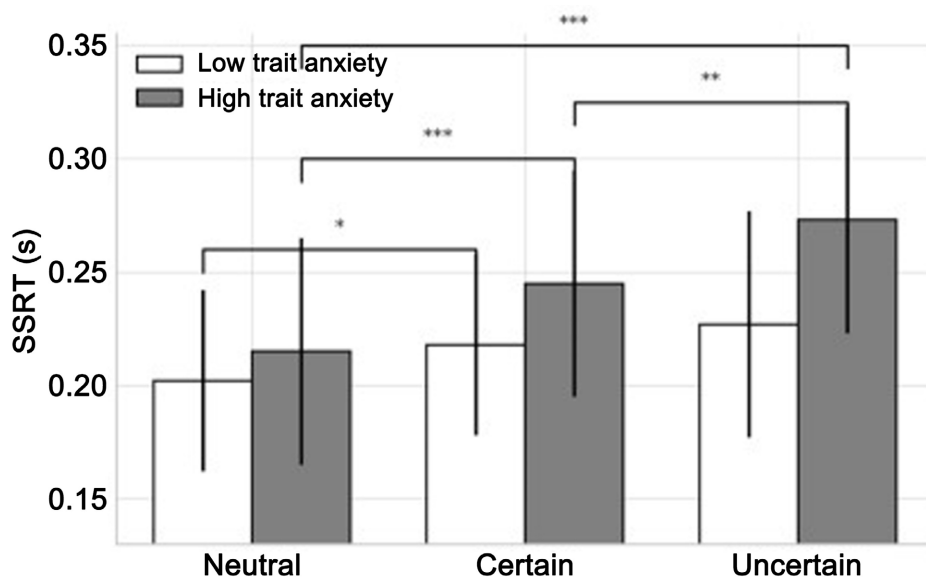


Figure 2. High and low trait anxiety $\times$ threat time condition—SSRT

图 2. 高低特质焦虑 $\times$ 威胁时间条件——SSRT

整体上 SSRT 呈现“中性 $<$ 确定 $<$ 不确定”的单调上升模式, 这与威胁刺激对反应抑制的干扰作用相一致。值得注意的是, 高特质焦虑组在不确定条件下 SSRT 的延长更为显著, 提示高特质焦虑个体对不确定性威胁更为敏感并表现出更强的冲突抑制困难; 相比之下, 低特质焦虑组主要表现为“威胁条件均长于中性”的模式, 但不确定条件相对于确定条件的额外延长并不显著。

以状态焦虑为因变量, 威胁时间条件(中性、确定、不确定)和特质焦虑水平(高、低)为被试间自变量, 性别作为协变量, 进行 3 (条件) $\times$ 2 (组别) 的混合设计 RM-ANOVA。Mauchly 球形性检验表明, 威胁时间条件主效应的球形性假设不成立, $\chi^2(2) = 22.09$, $p < 0.001$, 因此基于 Greenhouse-Geisser 方法对自由度进行校正($\epsilon = 0.769$)。结果显示(见图 3), 威胁时间条件的主效应显著, $F(1.54, 96.94) = 117.18$, $p < 0.001$, $\eta^2 = 0.65$; 中性条件下的状态焦虑($M = 29.22$, $SD = 10.77$)显著低于确定条件($M = 54.75$, $SD = 11.02$), 而不确定条件($M = 66.15$, $SD = 12.19$)又显著高于确定条件。特质焦虑主效应不显著, $F(1, 63) = 2.01$, $p =$

0.162, $\eta^2 = 0.03$; 条件 $\times$ 特质焦虑交互作用亦不显著, $F(1.54, 96.94) = 1.13$, $p = 0.32$; $BF_{10} = 0.016$ 。

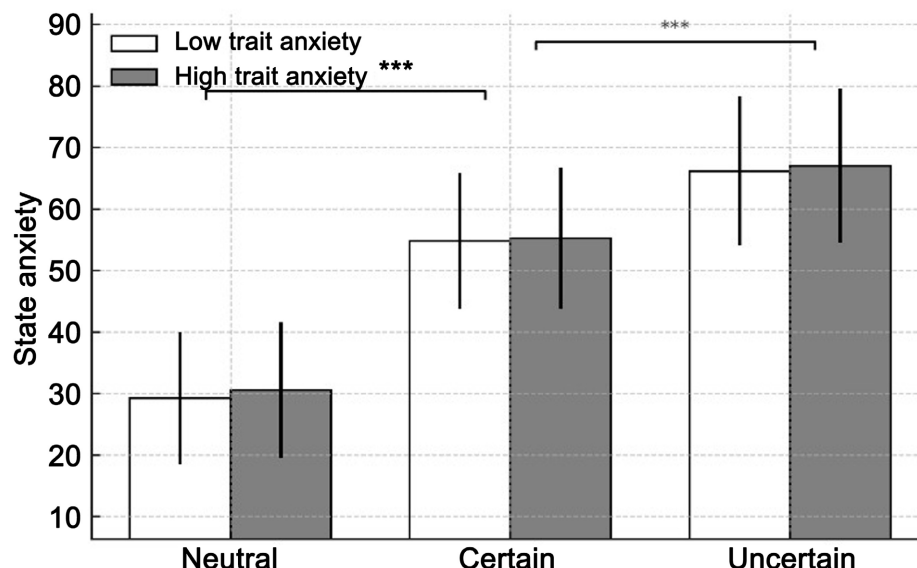


Figure 3. High and low trait anxiety $\times$ threat time condition—state anxiety

图 3. 高低特质焦虑 $\times$ 威胁时间条件——状态焦虑

观察数据趋势为无论高低特质焦虑, 被试在威胁条件下的状态焦虑均显著升高, 尤其在不确定条件下水平最高。这表明威胁不确定性有效增强了状态焦虑, 而特质焦虑并未显著调节这一效应。

4. 讨论

本研究通过改良 NPU 威胁范式, 探讨了威胁时间不确定性对反应抑制(SSRT)的影响, 并考察特质焦虑的调节作用。结果表明, 在不确定威胁情境下, 被试的 SSRT 显著延长, 呈现“中性 < 确定 < 不确定”的单调上升趋势; 高特质焦虑组在不确定条件下的延长幅度更大; 威胁时间条件对状态焦虑的主效应显著, 但特质焦虑对状态焦虑无显著调节作用。这一结果说明, 不确定威胁削弱了反应抑制能力, 而这一效应在高特质焦虑个体中表现得更为突出。这一现象与近年来关于威胁性不确定性与执行控制关系的研究趋势一致[55]-[60]。

本研究的结果与 Alquist 等(2018, 2020)关于不确定性削弱执行功能的研究一致, 并与 Park 等(2025)、Morris (2023)关于不可预测威胁诱发更强防御反应的发现相呼应[15] [16] [59]。同时, 这一结果也支持 Badre (2024)与 Rincón-Pérez 等(2025)的观点, 即情绪性刺激会干扰抑制网络的运作。此外, 本研究揭示了状态焦虑与 SSRT 的交互不对称, 补充了 Saviola 等(2020)和 Ioakeimidis 等(2023)提出的“特质与状态焦虑在神经表征层面可分离”的证据, 为理解焦虑在情绪与控制系统之间的作用机制提供了新角度[55] [58] [61] [62]。

4.1. 不确定性对抑制控制的削弱

威胁不确定性引发的反应抑制受损, 可能来自认知资源分配的竞争。面对无法预测的威胁, 个体必须持续监测环境, 从而占用前额叶等执行控制区域的资源, 使得对任务目标的资源投入减少。已有研究表明, 威胁不确定性会增强 ACC、AIC 与 DLPFC 之间的耦合负荷[55] [56], 导致反应终止的效率下降。此外, 确定威胁虽然也会提升焦虑水平, 但其时间可预测性为个体提供了预期调节的可能, 使其能够提前动员控制资源并减弱威胁干扰。相较之下, 不确定威胁无法建立稳定的预期加工, 使抑制过程更易受

到干扰, 从而造成 SSRT 延长。Rincón-Pérez 等(2025)和 Morriss (2023)在系统综述和实验研究中也指出, 不确定威胁相较于确定威胁, 对执行功能的削弱更为显著[58] [59]。

4.2. 特质焦虑在不确定情境中的效应

特质焦虑代表个体对威胁线索的长期敏感性与注意偏向。在本研究中, 高特质焦虑组在不确定威胁下的 SSRT 延长明显高于低特质焦虑组, 而状态焦虑在两组之间并无显著差异。这提示特质焦虑的调节作用更体现在控制加工而非主观情绪体验上: 尽管两组个体在主观状态上均被威胁情境激活, 但低特质焦虑个体可能具备更有效的控制路径以对抗情绪扰动, 使状态焦虑对抑制控制的负面影响得到缓冲; 而高特质焦虑个体的控制系统对威胁敏感性更高, 同等水平的状态焦虑对其抑制行为造成的“有效负荷”更大[43]。这一发现揭示了情绪反应与控制加工的分离: 主观情绪的幅度相近, 但行为抑制的损耗不同。

这一结果为未来的神经机制研究提供了方向。未来可以通过 EEG、fMRI 或 MEG 联合技术, 对威胁-控制路径的关键节点(如杏仁核、前岛、ACC、DLPFC)进行功能与连接性分析, 从而检验在高、低特质焦虑个体中, 是否存在威胁输入与执行抑制输出之间的耦合强度差异, 并进一步解释这种“同等情绪-差异行为”的现象。这类研究能够帮助从神经机制上揭示特质焦虑如何影响威胁加工与执行控制之间的互动。

4.3. 局限

本研究仍存在一定局限。被试样本全部来自大学生群体, 且性别比例呈现明显偏态(女性比例较高), 可能对结果的稳定性、外推性产生影响; 本研究主要抑制指标仅采用测量冲动抑制的停止信号任务(SST)中停止信号反应时(SSRT), 未并行测量其他抑制控制功能指标(如工作记忆、冲突抑制), 因此难以判断威胁不确定性对抑制控制影响的特异性; 本研究未结合生理或神经层面的多模态测量手段, 如皮肤电导反应(SCR)或事件相关电位(N2/P3), 因此对“威胁-控制”路径的机制推断仍需谨慎; 威胁刺激的设置虽兼顾生态效度与伦理要求, 但相较于经典电刺激, 其“噪声 + IAPS 图片”组合的威胁强度可能偏弱, 从而一定程度影响了不确定性操纵的效应幅度。

4.4. 未来研究方向

未来研究可从以下几个方面进一步拓展。其一, 扩大样本结构与特征, 包括严格平衡性别比例、招募非学生群体以及考虑符合临床诊断标准的焦虑障碍群体。通过“临床组”与健康群体中“高特质焦虑”与“低特质焦虑”的对比, 增加临床意义并检验“情绪等幅激活而抑制控制路径不同”的模式是否具有跨群体稳定性。其二, 增强实验操纵检验与拓展抑制成分维度。在改良 NPU 范式中可加入块后主观评定(威胁度、厌恶度、唤醒度)作为操纵检验, 并纳入其他抑制成分的测量, 探讨威胁不确定性对其他抑制控制成分的影响是普遍性还是成分特异性。其三, 引入多模态测量手段, 生理上可以使用皮肤电技术如记录皮肤电导反应(SCR)来客观量化对威胁刺激的即时情绪唤醒, 神经上通过 EEG、fMRI 或 MEG 技术, 分析威胁不确定性下不同特质焦虑个体在杏仁核、前岛、ACC 与 DLPFC 等关键节点上的功能活动与连接模式, 从而更精确地探究不确定性削弱抑制控制的神经机制。其四, 探索干预途径。可尝试通过执行功能训练、注意资源再分配或认知重评等策略, 检验是否能减轻不确定威胁对抑制控制的不良影响, 为焦虑相关认知功能障碍的干预提供实证依据。

参考文献

- [1] Fernández-Villaverde, J. and Jones, C.I. (2020) Macroeconomic Outcomes and COVID-19: A Progress Report. *Brookings Papers on Economic Activity* 2020(Fall), 1-65. <https://doi.org/10.3386/w28004>

- [2] Ramey, V.A. (2016) Macroeconomic Shocks and Their Propagation. In: Taylor, J.B. and Uhlig, H., Eds., *Handbook of Macroeconomics*, Elsevier, 71-162. <https://doi.org/10.3386/w21978>
- [3] Wang, Z., Danish, Zhang, B., and Wang, B. (2023) Economic Policy Uncertainty, Energy Transition and Renewable Energy Consumption in the United States. *Economic Research—Ekonomiska Istraživanja*.
- [4] Phan, D.H.B. and Narayan, P.K. (2020) Country Responses and the Reaction of the Stock Market to COVID-19—A Preliminary Exposition. *Emerging Markets Finance and Trade*, **56**, 2138-2150. <https://doi.org/10.1080/1540496x.2020.1784719>
- [5] Sharif, A., Aloui, C. and Yarovaya, L. (2020) COVID-19 Pandemic, Oil Prices, Stock Market, Geopolitical Risk and Policy Uncertainty Nexus in the US Economy: Fresh Evidence from the Wavelet-Based Approach. *International Review of Financial Analysis*, **70**, Article ID: 101496. <https://doi.org/10.1016/j.irfa.2020.101496>
- [6] Szczygielski, J.J., Bwanya, P.R., Charteris, A. and Brzezczński, J. (2022) The Impact and Role of COVID-19 Uncertainty: A Global Analysis. *International Review of Financial Analysis*, **80**, Article No. 101837. <https://doi.org/10.1016/j.irfa.2021.101837>
- [7] Carleton, R.N. (2016) Into the Unknown: A Review and Synthesis of Contemporary Models Involving Uncertainty. *Journal of Anxiety Disorders*, **39**, 30-43. <https://doi.org/10.1016/j.janxdis.2016.02.007>
- [8] Dugas, M.J., Gagnon, F., Ladouceur, R. and Freeston, M.H. (1998) Generalized Anxiety Disorder: A Preliminary Test of a Conceptual Model. *Behaviour Research and Therapy*, **36**, 215-226. [https://doi.org/10.1016/s0005-7967\(97\)00070-3](https://doi.org/10.1016/s0005-7967(97)00070-3)
- [9] Freeston, M.H., Rhéaume, J., Letarte, H., Dugas, M.J. and Ladouceur, R. (1994) Why Do People Worry? *Personality and Individual Differences*, **17**, 791-802. [https://doi.org/10.1016/0191-8869\(94\)90048-5](https://doi.org/10.1016/0191-8869(94)90048-5)
- [10] Ladouceur, R., Gosselin, P. and Dugas, M.J. (2000) Experimental Manipulation of Intolerance of Uncertainty: A Study of a Theoretical Model of Worry. *Behaviour Research and Therapy*, **38**, 933-941. [https://doi.org/10.1016/s0005-7967\(99\)00133-3](https://doi.org/10.1016/s0005-7967(99)00133-3)
- [11] Shihata, S., McEvoy, P.M., Mullan, B.A. and Carleton, R.N. (2016) Intolerance of Uncertainty in Emotional Disorders: What Uncertainties Remain? *Journal of Anxiety Disorders*, **41**, 115-124. <https://doi.org/10.1016/j.janxdis.2016.05.001>
- [12] Mushtaq, F., Bland, A.R. and Schaefer, A. (2011) Uncertainty and Cognitive Control. *Frontiers in Psychology*, **2**, Article 249. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2011.00249>
- [13] Fan, J., et al. (2014) The Human Attentional Network. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, **99**, 2636-2641.
- [14] Wu, Y. (2020) Neural Mechanisms of Uncertainty Processing: A Review. *Neuroscience Bulletin*, **36**, 395-405.
- [15] Alquist, J.L., et al. (2018) Conflict and Self-Control Depletion. *Journal of Experimental Social Psychology*, **79**, 43-52.
- [16] Alquist, J.L., et al. (2020) Uncertainty and Self-Control Impairment. *Personality and Social Psychology Bulletin*, **46**, 1151-1164.
- [17] Linkovski, O., Kalanthroff, E., Henik, A. and Anholt, G.E. (2021) Stop What You Are Doing: Uncertainty-Induced Impulsivity and Response Inhibition. *Biological Psychology*, **161**, Article ID: 108072.
- [18] Seo, D., Balderston, N.L., Berenbaum, H. and Hur, J. (2023) The Interactive Effects of Different Facets of Threat Uncertainty and Cognitive Load in Shaping Fear and Anxiety Responses. *Psychophysiology*, **60**, e14404. <https://doi.org/10.1111/psyp.14404>
- [19] Festinger, L. (1957) *A Theory of Cognitive Dissonance*. Stanford University Press.
- [20] Piaget, J. (1960) *The Child's Conception of the World*. Rowman & Littlefield.
- [21] Weary, G. and Edwards, J.A. (1994) Individual Differences in Causal Uncertainty. *Journal of Personality and Social Psychology*, **67**, 308-318. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.67.2.308>
- [22] van den Bos, K. (2009) Making Sense of Life: The Existential Self Trying to Deal with Personal Uncertainty. *Psychological Inquiry*, **20**, 197-217. <https://doi.org/10.1080/10478400903333411>
- [23] Greco, V. and Roger, D. (2003) Uncertainty, Stress, and Health. *Personality and Individual Differences*, **34**, 1057-1068. [https://doi.org/10.1016/s0191-8869\(02\)00091-0](https://doi.org/10.1016/s0191-8869(02)00091-0)
- [24] Peng, J., et al. (2020) Uncertainty Stress and Mental Health: A Review and Future Research Agenda. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, **17**, Article 9156.
- [25] Diamond, A. (2013) Executive Functions. *Annual Review of Psychology*, **64**, 135-168. <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-113011-143750>
- [26] Nigg, J.T. (2016) Annual Research Review: On the Relations among Self-Regulation, Self-Control, Executive Functioning, Effortful Control, Cognitive Control, Impulsivity, Risk-taking, and Inhibition for Developmental Psychopathology. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, **58**, 361-383. <https://doi.org/10.1111/jcpp.12675>

- [27] Nigg, J.T. (2000) On Inhibition/disinhibition in Developmental Psychopathology: Views from Cognitive and Personality Psychology and a Working Inhibition Taxonomy. *Psychological Bulletin*, **126**, 220-246. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.126.2.220>
- [28] Aron, A.R. (2007) The Neural Basis of Inhibition in Cognitive Control. *The Neuroscientist*, **13**, 214-228. <https://doi.org/10.1177/1073858407299288>
- [29] MacLeod, C.M. (1991) Half a Century of Research on the Stroop Effect: An Integrative Review. *Psychological Bulletin*, **109**, 163-203. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.109.2.163>
- [30] Fan, J., McCandliss, B.D., Sommer, T., Raz, A. and Posner, M.I. (2002) Testing the Efficiency and Independence of Attentional Networks. *Journal of Cognitive Neuroscience*, **14**, 340-347. <https://doi.org/10.1162/089892902317361886>
- [31] Aron, A.R. (2011) From Reactive to Proactive and Selective Control: Developing a Richer Model for Stopping Inappropriate Responses. *Biological Psychiatry*, **69**, e55-e68. <https://doi.org/10.1016/j.biopsych.2010.07.024>
- [32] Le, T.M., Zhornitsky, S. and Li, C.-S.R. (2020) Impaired Prefrontal-Basal Ganglia Function in Substance Use Disorders: A Meta-Analysis of Inhibitory Control and Error-Processing Studies. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, **119**, 486-504.
- [33] Faja, S. and Dawson, G. (2015) Executive Function as a Predictor of Academic Achievement in Children with Autism Spectrum Disorders. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, **45**, 767-777.
- [34] Carlson, S.M. and Moses, L.J. (2001) Individual Differences in Inhibitory Control and Children's Theory of Mind. *Child Development*, **72**, 1032-1053. <https://doi.org/10.1111/1467-8624.00333>
- [35] Devine, R.T. and Hughes, C. (2014) Relations between Executive Function and Theory of Mind in Middle Childhood: A Longitudinal Study. *Child Development*, **85**, 2381-2398.
- [36] Hofmann, W., Schmeichel, B.J. and Baddeley, A.D. (2012) Executive Functions and Self-Regulation. *Trends in Cognitive Sciences*, **16**, 174-180. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2012.01.006>
- [37] Buetti, S. and Lleras, A. (2012) Perceiving Control over Aversive and Fearful Events Can Alter How We Experience Those Events. *Emotion*, **12**, 305-313.
- [38] Hartley, C.A. and Phelps, E.A. (2012) Anxiety and Decision-Making. *Biological Psychiatry*, **72**, 113-118. <https://doi.org/10.1016/j.biopsych.2011.12.027>
- [39] Timashkov, A., Anderson, A. and Zinchenko, O. (2025) Neural Correlates of Uncertainty Processing: A Meta-Analysis of fMRI Studies of Decision-Making under Uncertainty. *Frontiers in Neuroscience*, **19**, Article 1662272. <https://doi.org/10.3389/fnins.2025.1662272>
- [40] Grupe, D.W. and Nitschke, J.B. (2013) Uncertainty and Anticipation in Anxiety: An Integrated Neurobiological and Psychological Perspective. *Nature Reviews Neuroscience*, **14**, 488-501. <https://doi.org/10.1038/nrn3524>
- [41] McGregor, I.S., et al. (2010) Fear and Anxiety: Overlapping Neural Circuits and Pharmacology. *British Journal of Pharmacology*, **163**, 316-333.
- [42] Xin, Z., et al. (2010) Trait Anxiety and Cognitive Control: An ERP Study. *Biological Psychology*, **85**, 248-256.
- [43] Eysenck, M.W. and Derakshan, N. (2011) New Perspectives in Attentional Control Theory. *Personality and Individual Differences*, **50**, 955-960. <https://doi.org/10.1016/j.paid.2010.08.019>
- [44] Moser, J.S., et al. (2013) Anxiety and Cognitive Control: Evidence from Event-Related Brain Potentials. *Cognitive, Affective and Behavioral Neuroscience*, **13**, 265-280.
- [45] Spielberger, C.D. (1983) Manual for the State-Trait Anxiety Inventory STAI (Form Y) Consulting Psychologists Press.
- [46] Bar-Haim, Y., Lamy, D., Pergamin, L., Bakermans-Kranenburg, M.J. and van IJzendoorn, M.H. (2007) Threat-related Attentional Bias in Anxious and Nonanxious Individuals: A Meta-Analytic Study. *Psychological Bulletin*, **133**, 1-24. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.133.1.1>
- [47] Bishop, S.J. (2008) Trait Anxiety and Impoverished Prefrontal Control of Attention. *Nature Neuroscience*, **12**, 92-98. <https://doi.org/10.1038/nn.2242>
- [48] Teper, R., Segal, Z.V. and Inzlicht, M. (2013) Inside the Mindful Mind: How Mindfulness Enhances Emotion Regulation through Improvements in Executive Control. *Current Directions in Psychological Science*, **22**, 449-454. <https://doi.org/10.1177/0963721413495869>
- [49] Grillon, C. (2012) Models and Mechanisms of Anxiety: Evidence from Startle Studies. *Psychopharmacology*, **219**, 597-603.
- [50] Faul, F., Erdfelder, E., Lang, A. and Buchner, A. (2007) G*Power 3: A Flexible Statistical Power Analysis Program for the Social, Behavioral, and Biomedical Sciences. *Behavior Research Methods*, **39**, 175-191. <https://doi.org/10.3758/bf03193146>
- [51] Kelley, T.L. (1939) The Selection of Upper and Lower Groups for the Validation of Test Items. *Journal of Educational*

- Psychology*, **30**, 17-24. <https://doi.org/10.1037/h0057123>
- [52] Matzke, D., Love, J. and Heathcote, A. (2013) A Bayesian Approach for Estimating Stop-Signal Reaction Time Distributions. *Journal of Experimental Psychology: General*, **142**, 1047-1073.
 - [53] Salthouse, T.A. (2009) When Does Age-Related Cognitive Decline Begin? *Neurobiology of Aging*, **30**, 507-514. <https://doi.org/10.1016/j.neurobiolaging.2008.09.023>
 - [54] Hartshorne, J.K. and Germine, L.T. (2015) When Does Cognitive Functioning Peak? The Asynchronous Rise and Fall of Different Cognitive Abilities across the Life Span. *Psychological Science*, **26**, 433-443. <https://doi.org/10.1177/0956797614567339>
 - [55] Hur, J., Smith, J.F., DeYoung, K.A., et al. (2020) Anxiety and the Neurobiology of Temporally Uncertain Threat Anticipation. *Journal of Neuroscience*, **40**, 7949-7964. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.0704-20.2020>
 - [56] Roxburgh, A.D., Russell, P.N. and Helton, W.S. (2019) Threat-Induced Anxiety Weakens Inhibitory Control. *Acta Psychologica*, **197**, 95-103.
 - [57] Jeong, H.-J. and Choi, J.-M. (2019) Cognitive Control under High Threat: The Effect of Shock on the Congruency Sequence Effect. *Motivation and Emotion*, **43**, 1-11. <https://doi.org/10.1007/s11031-019-09793-7>
 - [58] Robinson, O.J., Vytal, K., Cornwell, B.R. and Grillon, C. (2013) The Impact of Anxiety upon Cognition: Perspectives from Human Threat-of-Shock Studies. *Frontiers in Human Neuroscience*, **7**, Article No. 203. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2013.00203>
 - [59] Mogg, K. and Bradley, B.P. (2018) Anxiety and Threat-Related Attention: Cognitive Mechanisms and Treatment with Attention Bias Modification. *Trends in Cognitive Sciences*, **22**, 225-240. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2018.01.001>
 - [60] Aylward, J., Valton, V., Ahn, W.-Y., Bond, R.L., Dayan, P., Roiser, J.P. and Robinson, O.J. (2017) Towards an Emotional “Stress Test”: A Reliable, Non-Invasive Method for Measuring the Effect of Threat of Shock on Cognition. *Scientific Reports*, **7**, Article No. 40094. <https://doi.org/10.1038/srep40094>
 - [61] Saviola, F., Pappaianni, E., Monti, A., Grecucci, A., Jovicich, J. and De Pisapia, N. (2020) Trait and State Anxiety Are Mapped Differently in the Human Brain. *Scientific Reports*, **10**, Article No. 11112. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-68008-z>
 - [62] Ansari, T.L. and Derakshan, N. (2011) The Neural Correlates of Impaired Inhibitory Control in Anxiety: An Event-Related Potential Investigation. *Biological Psychology*, **86**, 279-286.