

# 跨期选择和风险决策的认知神经机制\*

吴燕<sup>1,3</sup> 周晓林<sup>2</sup> 罗跃嘉<sup>3</sup>

(1 成都医学院四川应用心理学研究中心, 成都 610083) (2 北京大学脑科学与认知科学中心, 北京 100871)

(3 北京师范大学认知神经科学与学习国家重点实验室, 北京 100875)

**摘要** 经济决策包含两个传统问题: 跨期选择和风险决策。跨期选择分为冲动决策和自我控制, 当冲动决策时, 优先激活了与中脑多巴胺神经元相联系的旁边缘区域, 包括伏隔核、眶额皮层中部和前额叶中部; 自我控制即选择延迟决策时大脑双侧前额叶和后顶叶皮层神经活动增强。在风险和不确定性条件下, 大脑皮层和杏仁核与风险决策联系密切。

**关键词** 经济神经科学, 认知, 情绪, 跨期选择, 风险决策。

**分类号** B845

传统的预期效用理论认为人们所做出的决策是理性的, 是追求效用最大化的必然结果<sup>[1]</sup>。但该理论忽视了情绪在决策中的作用, 情绪参与到决策当中, 能预测人的行为, 而行为无法评估情绪。20世纪90年代后随着认知神经科学的发展, 研究者把神经科学的方法、手段等应用到经济学研究中, 产生了经济神经科学。一个新的趋势是研究者开始运用新的研究手段, 包括事件相关电位、正电子断层扫描、核磁共振成像等考察决策中情绪的影响作用<sup>[2,3]</sup>。研究者因此构建了新的理论结构。这些理论强调情绪的作用, 或认为情绪是决策的一个因素, 比如主观预期愉悦理论 (*subjective expected pleasure theory*)<sup>[4]</sup>; 或认为情绪是一些决策的结果, 比如后悔理论<sup>[5]</sup>和失望理论<sup>[6]</sup>; 或认为情绪是即刻的内脏反应<sup>[7]</sup>, 比如躯体标志理论 (*somatic mark*) 提供了神经生物学证据的支持, 人们常常通过“直觉”、“内脏感觉”和对结果的主观评价做出决策<sup>[8]</sup>。

可见, 传统的经济学理论偏向从认知上分析, 随后的理论在加入情绪因素后, 又忽视了对二者关系的阐述。神经机能的二维模型整合了前人的理论, 认为大多数行为不仅有脑的控制加工也有自动加工, 并且两种加工过程都包含了认知加工和情感加工的相互合作和竞争。这个理论较为全面的阐述

了个体决策时, 大脑是如何进行加工的 (见表1)。

表1 神经机能的二维模型 (*Camerer et al. 2005*)

	认知加工 ( <i>cognitive</i> )	情感加工 ( <i>affective</i> )
控制加工过程		
系列的		
需要意识努力的	象限区	象限区
由意识引起的		
有很好的内省提取		
自动加工过程		
平行的		
不需要意识努力的	象限区	象限区
反射性引起的		
没有内省提取		

尽管认知和情感加工存在联合作用, 但它们是两个独立的系统。情感判断可能完全独立于各种知觉和认知过程并先于它们发生, 而不像通常所认为的那样以知觉和认知过程为基础<sup>[9]</sup>。情感加工过程包括情绪, 比如生气、悲伤和羞愧; 也包括生理影响, 比如饥饿、疼痛和性<sup>[10]</sup>, 从生物进化的角度来说, 这些加工都是为了人类的生存和繁衍。为了生存和繁衍, 躯体存在一种“自我平衡”的重要加工过程。自我平衡能检测躯体是否脱离“基线标准”, 一旦脱离就促使其恢复平衡。大脑通过“胡

收稿日期: 2008-3-27

\* 本研究得到国家自然科学基金 30670698 项目的资助。

作者简介: 吴燕, 女, 成都医学院四川应用心理学研究中心教师。Email: wuyanzhicheng@163.com。

罗跃嘉, 男, 北京师范大学认知神经科学与学习国家重点实验室教授, 博士生导师。

萝卜” (*carrot*) 和“大棒” (*stick*) 两个机制即奖赏和惩罚机制, 来达到躯体的自我平衡。“大棒”反映了躯体脱离基线标准时产生的消极情绪, “胡萝卜”反映了躯体回到基线标准时产生的积极情绪。躯体根据积极或是消极的情绪激发个体趋近正确或是避免错误的行为。

本文用认知神经科学的方法分析决策的两个传统问题—跨期选择 (*intertemporal choices*) 和风险决策 (*decision making under risk and uncertainty*), 讨论了认知加工和情感加工的作用。认知系统和情绪系统共同影响决策, 情绪在决策过程中扮演着至关重要的角色。

## 1 跨期选择

跨期选择是指人们衡量不同时间点做出决策后的成本和收益。经济学家用折扣率来解释跨期选择。这里折扣率是指现在决策得到的成本收益与以后决策得到的成本收益相比的比率<sup>[11]</sup>, 即某事件在未来的某一个时间发生能达到效用最大化(成本最小, 收益最大), 如果要让事件提前发生, 就要承担由于时机未到而带来的损失, 这个损失就是折扣。每个人的需要不同, 则每个人的折扣率也各不相同, 那么他们对事件的效用权衡也不相同。但是折扣率的概念并不能帮助人们描述行为, 也不能帮助人们用一种有效的方式区别个体。实际上所有生命物种常常倾向于满足自身的当前利益, 而非长远利益。人类和其它动物一样发展了这样一种能力: 为了获得长远利益, 抑制当前的短期愿望。短期愿望从当前来看一般很诱人, 而从长远看可能有害。人们把对短期愿望的选择叫做冲动决策, 把对长远利益的选择叫做自我控制。为了便于说明, 文章把“冲动”定义为相较于大的、推迟的奖赏更偏爱小的、立刻的奖赏; 把“自我控制”定义为偏爱大的、推迟的奖赏<sup>[12]</sup>。

### 1.1 跨期选择的认知加工和情感加工

人可能由于冲动而感情用事, 也能够为了长远利益做出暂时牺牲, 那么人是如何做出即刻的选择行为的呢? 从表1的描述可以看到行为是由不同神经系统的合作与竞争共同决定的。合作过程解释了延迟满足决策事实上包含了情感 and 认知加工的共同作用。在延迟满足任务中, 被试认知上能够意识到延迟所带来的益处。比如晚上睡觉前不吃甜食, 将会意味着有个更好的身体。但是正如许多研究者所

观察到的, 单独从认知上意识到并不足以选择延迟满足, 而是认知和情绪共同合作影响做出延迟满足决策, 且情绪在未来决策中发挥关键作用<sup>[2]</sup>。竞争过程则很好地解释了自我控制的普遍存在。在认知上人们能够判断什么行为是正确的, 但行动上却受到情感刺激的影响, 即认知和行为的表现往往是分离的。情感系统的目的是确保人类的生存和繁衍, 为了生存和繁衍, 它会刺激个体采取某种行动。在大多数动物中, 情感和驱力刺激引起如吃、喝等短期目标行为。因此自动加工系统是短期的。像暴饮暴食者、购物狂等受到强大的即时情感的影响, 不能够控制自己当时的冲动行为。人类情绪系统也存在能激起长远利益的行为。比如焦虑症患者、工作狂等似乎对未来过度在意或是受到对未来的某种紧迫感所驱使而不由自主地长期控制自己的行为。

### 1.2 跨期选择的神经机制

为什么肥胖患者抵制不了美食的诱惑? 为什么购物狂抑制不了购物的冲动? 为什么人们执行自我意志力如此困难? 研究者试图把这个归因于自我控制涉及到大脑前额叶, 同时前额叶也涉及精神上的主观情感。比如给正在节食的被试呈现冰淇淋, 但不允许被试吃, 让他们抵制冰淇淋的诱惑, 随后呈现一个智力问题, 被试表现出好像他们的能力因为抵制食物的诱惑而用光了。这说明前额叶在执行自我控制功能时, 也削弱了它执行另一个功能的能力<sup>[13]</sup>。已有研究表明前额叶的腹内侧部分受损, 病人的一般智力没有受到损害, 如正常的学习和记忆能力、语言和注意等, 却在情绪和情感能力上表现异常, 不能做出正常的优势决策。比如前额叶腹内侧受损的病人在现实生活中偏向做出冲动决策, 忽视长远利益, 在要求权衡奖赏、惩罚和风险的实验任务中表现出缺陷<sup>[14]</sup>。

已有脑成像的证据显示在冲动决策与自我控制决策之间大脑的一些加工系统是相互影响的。一项关于不同延迟奖赏的脑成像研究显示冲动决策激活了与中脑多巴胺神经元相联系的旁边缘区域, 包括伏隔核 (*nucleus accumbens, NAc*)、眶额皮层中部和前额叶中部。延迟决策激活了双侧前额叶和后顶叶皮层。可见冲动决策由边缘系统调节, 而理性的有步骤的计划和权衡延迟奖赏的决策则受双侧前额叶和顶叶区域的调节<sup>[15]</sup>。

## 2 风险决策

风险决策是指在不确定条件下或模糊条件下对

决策结果的成本收益权衡。这里提到的风险是特指人们对损失可能性大小的分析和判断。实际上,面对风险人们有两种反应:趋近(冒险行为)或规避(风险规避行为)。神经机能二维模型认为不论趋近或规避都应该包括两个不同水平:一方面如表1象限区(控制加工和认知加工),人们试图对可能引起的不同风险以及这些风险所带来的影响进行评估,这与预期效用理论的理性人假设一致;但另一方面如表1象限区(控制加工和情感加工),人们对风险的反应是在情感水平上的,这些情绪反应强有力地影响了人们的行为<sup>[2]</sup>。

### 2.1 风险决策的认知加工和情感加工

认知神经科学在风险决策研究中采用最为广泛的是赌博任务。在赌博任务中,对风险以及风险大小的操作容易界定,赌博或者不赌博;赌大还是赌小都会产生损失的风险。比如爱荷华赌博任务,任务中有A、B、C、D四套卡片,每张卡片上标明输赢的数量,被试只需决定翻看哪张卡片即可。A和B代表高回报、高风险组,既包含高额赢钱的卡片,也有高额输钱的卡片,但最终结果是输钱;C和D代表低回报、低风险组,即赢钱数额低,输钱数额也低,但最终结果是赢钱<sup>[16]</sup>。

Bechara利用爱荷华赌博任务很好地解释了风险决策中的认知加工和情感加工。他们根据对负性事件的高情绪反应和低情绪反应把正常被试分为两组,结果发现那些低情绪反应组被试更多地选择高风险牌中选择,即选择风险趋近;高情绪反应组被试则更倾向于在低风险纸牌中选择,即风险规避<sup>[17]</sup>。原因是低情绪反应组因为情感加工能力受限,对输钱造成的情绪反应更低,即使输钱,也仍然更多地选择高风险纸牌;而高情绪反应组对输钱造成的情绪反应更强烈,因此为了避免输钱,而进行自我控制,更多地选择风险规避行为,即在低风险纸牌中选择。可见对风险的情绪反应有助于解释追求风险行为和规避风险行为<sup>[18]</sup>。因此,如果说赌博是令人高兴地,那么加入“情感成分”将更自然地预测人们会追求风险,而加入“认知成分”将会控制风险决策行为的执行。实际上,在赌博中大概有1%的人被诊断为有病的,他们失去了自我控制,反而“追逐失钱”,不能自拔。经济学并不能解释这些人为什么在赌博中会失去控制,神经经济学却可以。对风险反应的认知加工和情感加工在风险决策中竟相控制行为。比如恐惧症的研究明显地看到了内脏

反应和认知评价之间的分离。恐惧症的显著症状是不能够客观地评价和面对风险。当一般人认为这个事件是无害的,恐惧症患者可能夸大风险,感到害怕。尽管他们想从认知上控制害怕,但身体反应却不受控制,伴随发冷、颤抖或者口干舌燥等<sup>[18]</sup>。

总之,不管是在概率已知的风险条件或概率未知的模糊条件下,风险决策都受到认知和情感的双重影响,并且情绪具有直接影响作用。

### 2.2 风险反应的神经机制

在不确定条件或模糊条件下,由于缺乏详细的信息,被试报告在决策时常感到不舒服和莫名的害怕,他们的情绪反应对风险决策的影响很大。那么风险反应的神经基础是什么呢?

许多风险规避行为都是由对风险这种当时的害怕所控制引起的。换句话说,风险决策与杏仁核联系密切<sup>[19]</sup>。杏仁核不断对预示某种潜在危险、即将出现的刺激进行扫描,经过大脑的自动加工和控制加工,杏仁核还对大脑加工后输入的信息进行反应。不仅如此,杏仁核也接收来自皮层输入的信息。研究者从动物研究中发现皮层输入的信息能够减轻或抑制杏仁核自动的情感反应。研究人员让老鼠处于一个“害怕情景”中,重复出现一个声音信号,每个声音信号之后给老鼠电击,一旦这个声音信号与电击联系起来,每当声音信号出现,老鼠就会跳起来(害怕反应)。在下一个实验中,这个声音同样反复出现,但是没有电击,直到老鼠的害怕反应逐渐“消失”(听到声音后不再跳起来)。有人可能会认为这是因为老鼠已经忘却声音与电击之间的联系。事实上,结果更加复杂有趣。如果把皮层与杏仁核之间的神经联系切断,老鼠对声音的那种最初的害怕反应又出现了。这说明老鼠的这种害怕情景并没有消逝,但是却被皮层压抑住了,仍然潜藏于杏仁核中;进一步说,害怕学习可能永久存在<sup>[2]</sup>。可见皮层和杏仁核对风险决策联合发生作用。但哪些大脑皮层与风险决策直接相关呢?

在爱荷华赌博任务中,正常被试通常能学会避免高风险,采取相对保险的决策。但Bechara等人发现前额叶腹内侧受损病人则坚持选择高风险卡片<sup>[16]</sup>。与正常被试相比,前额叶腹内侧受损病人没有出现预期结果阶段的皮肤电反应,说明他们在预期结果上存有缺陷。皮肤电是反映躯体状态自发控制或改变的一种生理学指标,如果病人在预期阶段没有皮肤电反应,可以得出病人对结果进行预期时,不能

引发相应的躯体状态，当然不能够进行优势选择<sup>[20]</sup>。并且这种选择高风险的行为不会随着时间的变化而变化，具有相对的稳定性。Bechara 等人发现前额叶腹内侧受损病人在 24 小时后、1 个月后和 6 个月在赌博任务中的表现并没有明显变化。他们把病人的这种行为归因于对高风险引起的“内脏感觉”的失调。另外他们还发现眶额皮层受损病人与正常被试相比在选择任务时，花更多的时间考虑，更少冒险，倾向于保守决策。说明眶额皮层受损病人动作冲动性受到抑制，并且在决策的初始阶段就存在缺陷，所以只能靠更多的时间来做出决策<sup>[21]</sup>。可见，腹内侧前额叶皮层和眶额皮层与风险决策直接相关。

### 3 决策的奖惩机制

不管是跨期选择还是风险决策，人们都是根据可能得到的结果效用来衡量，比如金钱、公平、愉悦或者其他刺激。在研究中，当被试赢得好的结果刺激时，激活了大脑中所谓的“奖赏”区域<sup>[22]</sup>。可见人们对决策结果的判断与奖励系统的激活相关，那么现实中的投资和收益也与奖励系统的激活相关，比如腹侧纹状体的激活或者又称前额叶眶额皮层—杏仁核—伏隔核回路的激活。Sabrina 等发现被试在一个输赢几率各占 50% 的赌博任务中进行选择时，当盈利几率上升时，中脑边缘和中脑皮层多巴胺系统的活动就会增强，当损失几率上升时，这一奖励敏感区域的活动就会下降。有意思的是，损失感和盈利感都有相同的脑结构——由腹内侧前额皮层和腹侧纹状体负责，前者关系到决策和奖惩机制，后者则涉及学习、动机和奖励<sup>[23]</sup>。

### 4 问题与展望

相较于行为经济学，在决策研究中经济神经科学的优势之一是可以将情绪等因素考虑进来。通过认知神经科学的方法，使客观测量决策中的情感成为可能。在新的角度下探讨情绪在决策中的影响机制，这无疑对决策研究的发展是一个极大的贡献。

神经科学研究本身也有局限。首先，观察大脑的活动和神经机制需要借助仪器，这些仪器是通过测量人体反应的一些间接的生理现象，比如脑电，血氧浓度、肤电反应等来研究决策的心理及神经机制，并不是直接测量。其次，实验设计的各种任务无法获取与自然情景下相同的决策过程，比如人们

商场促销中的冲动购买，赌博成瘾等，所以将研究结论推广时则需谨慎。三是实验任务中激起的情绪并不能稳定和长久的保持，情绪怎样决定个体行为决策，二者在大脑中怎样联系仍不清楚。神经经济学对这些问题还远远不能够提供令人满意的答案，但这个领域提出的效用评价和决策的神经机制以及根据经济理论进行的描述看起来是合理的。另外大脑涉及到决策的若干加工系统之间的神经网络系统如何仍不得而知。

未来研究需要在以下几个方面做出努力：模拟更为复杂的决策情景研究决策问题；情绪和自动加工与控制加工的关系问题；其他类型的情绪状态或是人格变量是如何影响决策状态的？

如果从不同的领域用不同的方法进行研究，通过不同领域的合作，可能会找到一种共同的决策任务范式或者达到一种共识，为解决更多的经济行为和现象提供可能，找到行为后面的心理及神经机制。

### 参 考 文 献

- 1 Von Neumann J, Morgenstern O. Theory of games and economic behavior. Princeton University Press, 1947
- 2 Camerer C, Loewenstein G, Drazen P. Neuroeconomics: How neuroscience can inform economics. Journal of Economic Literature, 2005, 43: 9-64
- 3 Kenning P, Plassmann H. Neuroeconomics: An overview from an economic perspective. Brain Research Bulletin, 2005, 67: 343-354
- 4 Mellers B A, Schwartz R I. Emotion-based choice. Journal of Experimental Psychology: General, 1999, 128: 332-345
- 5 Loomes G, Sugden R. Regret theory: an alternative of rational choice under uncertainty. Economic Journal, 1982, 92: 805-824
- 6 Loomes G, Sugden R. Disappointment and dynamic consistency in choice under uncertainty. Review of Economic Studies. 1986, 53: 271-282
- 7 Loewenstein G, Weber E, Hsee C, et al. Risk as feelings. Psychological Bulletin, 2001, 127 (2) : 267-286
- 8 Bechara A, Antonio R, Damasio H. The somatic marker hypothesis: A neural theory of economic decision. Games and Economic Behavior, 2005, 52: 336-372
- 9 Zajonc R B. Feeling and thinking: Preferences need no inference. American Psychologist, 1980, 35: 151-175
- 10 Zajonc R. Emotions. The Handbook of Social Psychology. New York Oxford University Press, 1998. 591-632
- 11 Loewenstein G. The fall and rise of psychological explanations

- in the economics of intertemporal choice over time. New York Russell Sage Foundation, 1992. 75–89
- 12 Kalenscher T, Ohmann T, Onur Güntürkün. The neuroscience of impulsive and self-controlled decisions. *International Journal of Psychophysiology*, 2006, 62 (2) : 203–211
- 13 Baumeister, Roy F, Kathleen D V. Willpower, choice, and self-control.// Loewenstein, Read D, Baumeister R F. Time and decision: economic and psychological perspectives on intertemporal choice. New York Russell Sage, 2003
- 14 Loewenstein G, Baba S. The dark side of emotions in decision making: When a dysfunctional ventromedial prefrontal cortex can lead to more optimal decisions. Iowa City, University of Iowa, 2002
- 15 McClure S M, Laibson D L, Loewenstein G, et al. Separate neural systems value immediate and delayed monetary rewards. *Science*, 2004, 306: 503–507
- 16 Bechara A, Damasio H, Tranel D, et al. Deciding advantageously before knowing the advantageous strategy. *Science*, 1997, 275: 1293–1295
- 17 Bechara A, Tranel D, Damasio H. Characterization of the decision-making deficits, linked to a dysfunctional ventromedial prefrontal cortex lesion. *Brain*, 2000, 123: 2189–2202
- 18 Peters, Ellen, Paul S. The springs of action: Affective and analytical information processing in choice. *Personality and Social Psychological Bulletin*, 2000, 26 (12) : 1465–1475
- 19 Bechara A, Damasio H. The role of amygdala in decision making// Shinnick P, Gallagher A, Pitkanen A, Shekhar, Cahill L. The amygdala in brain function: Basic and Clinical Approaches, New York, Annals of the New York Academy of Science, 2003, 985: 356–369
- 20 Bechara A, Antoine R, Damasio H, et al. Different contributions of the human amygdala and ventromedial prefrontal cortex to decision-making. *Journal of Neuroscience*, 1999, 19: 5473–5481
- 21 Manes F, Barbara A, Sahakian. Decision-making process following damage to the prefrontal cortex. *Brain*, 2002, 125: 624–639
- 22 Erk S, Spitzer M, Wunderlich A P, et al. Cultural objects modulate reward circuitry. *Neuroreport*, 2002, 13: 2499–2503
- 23 Sabrina T, Craig R F, Christopher T, et al. The Neural Basis of Loss Aversion in Decision-Making under Risk. *Science*, 2007, 315: 515–518

## THE NEUROSCIENCE OF INTERTEMPORAL CHOICES AND DECISION-MAKING UNDER RISK AND UNCERTAINTY

Wu Yan<sup>1,3</sup>, Zhou Xiaolin<sup>2</sup>, Luo Yuejia<sup>3</sup>

(1 *Applied Psychological Research Center of Chengdu Medical College, Chengdu 610083*; 2 *Department of Psychology, Peking University, Beijing 100871*; 3 *State Key Laboratory of Cognitive Neuroscience and Learning, Beijing Normal University, Beijing 100875*)

### Abstract

Economic decision-making consists of two traditional problems: Intertemporal choices and Decision-making under risk and uncertainty. Intertemporal choice is divided into impulsivity and self-control. Paralimbic cortex, are preferentially activated by decisions involving impulsivity, including nucleus accumbens, orbitofrontal cortex in the central and middle prefrontal cortex; and regions of the lateral prefrontal cortex and posterior parietal cortex show enhanced changes in activity by self-controlled decisions. Cerebral cortex and amygdala are associated with the decision-making under risk and uncertainty.

**Key words** neuroneconomics, emotion, cognition, intertemporal choices, decision-making under risk and uncertainty.