

综述

认知控制的一般性/特异性机制：研究逻辑和争论

杨国春^{1,2}, 李政汉^{1,2}, 伍海燕^{1,2}, 刘勋^{1,2,*}¹中国科学院心理研究所行为科学重点实验室, 北京 100101; ²中国科学院大学心理学系, 北京 100101

摘要: 认知控制是人类主动调控行为的高级认知功能, 在冲突加工、工作记忆、决策等心理过程中都具有重要作用。然而, 不同冲突的加工过程中是否具有相同的认知控制机制仍有很多争论。已有的认知控制理论往往认为认知控制是一般性的, 但这种观点受到了近年来实证研究的挑战。研究一般性/特异性问题采用的逻辑主要包括可迁移性、平行比较、相关性以及认知资源竞争等。目前的一些研究证据分别支持了一般性、特异性以及二者兼有的观点。针对这种争论, 未来的研究可以从以下视角展开, 比如毕生发展变化、动态的脑网络、综合不同的研究逻辑、脑损伤的因果关系、计算神经建模、认知灵活性和功能连接等。

关键词: 认知控制; 模块化; 特异性; 一般性

中图分类号: B842; R338

Generality and specificity of cognitive control: research logics and debates

YANG Guo-Chun^{1,2}, LI Zheng-Han^{1,2}, WU Hai-Yan^{1,2}, LIU Xun^{1,2,*}¹CAS Key Laboratory of Behavioral Science, Institute of Psychology, Beijing 100101, China; ²Department of Psychology, University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China

Abstract: As a high-level cognitive function of actively regulating human behaviors, cognitive control plays essential roles in conflict processing, working memory, decision making and so on. However, it is still under debate whether a universal cognitive control mechanism underlies the processing of various conflicts. Many existing theories tend to hold that cognitive control is domain-general; however, this view has been challenged by recent empirical studies. The logics of studying generality/specificity mainly include transferability, parallel comparison, correlation and resources competition, etc. Current empirical findings support that cognitive control is domain-general, domain-specific or both, respectively. To tackle this controversy, future studies about cognitive control can be performed from the perspectives of life-span development, the dynamic brain network, combination of multiple logics, causal relationship from brain injury, computational modeling, cognitive flexibility and functional connectivity.

Key words: cognitive control; modularity; specificity; generality

认知控制 (cognitive control) 是指个体在特定的情境中, 灵活地调动认知资源来调整想法和行为的一种目标导向的心理过程^[1-3]。在很多重要的心理过程中都涉及认知控制, 比如冲突控制、注意、决策、计划、工作记忆、任务转换等^[4,5]。研究者们发展了很多经典的范式来研究认知控制, 比如在冲突加工

研究中采用的 Stroop 范式, 要求被试对表征颜色意义的词汇的印刷色进行判断, 当字面含义和印刷色不同的时候 (如红颜色印刷的“蓝”字), 就会形成认知冲突, 进而使被试的反应变慢, 正确率变低^[6]。

近年来, 随着研究的深入, 对认知控制的一般性 (generality)/ 特异性 (specificity) 特征的讨论成为

Received 2018-04-19 Accepted 2018-07-02

Research from the corresponding author's laboratory was supported by the National Natural Science Foundation of China (No. 61621136008) and the German Research Foundation (No. TRR-169).

*Corresponding author. Tel: +86-10-64847153; E-mail: liux@psych.ac.cn

一个重要的议题。所谓一般性，是指不同任务之间共享相同的加工机制；相反地，特异性是指不同的任务各有特异性的加工机制。探讨这一问题可以使我们对大脑加工信息和适应环境的机制有更清晰的认识。

本文首先综述了认知控制的相关理论，并对认知控制的一般性/特异性的研究逻辑进行了概述。而后，对近年来关于认知控制是一般性还是特异性的研究和争论进行了回顾，也对这一问题未来可能的研究方向进行了展望。

1 认知控制一般性/特异性的理论观点

人们对于认知控制的探索要追溯到对于选择性注意的探索，英国心理学家 Broadbent 在 20 世纪 50 年代最早区分了“自发的”和“控制的”两种心理过程，因此衍生出了选择性注意的观点。“认知控制”的说法最早是由 Miller 等提出来的^[7]，后来 Posner 等发现在注意系统中有一个独立的执行功能，作用是将注意集中在某个情境中选择的信息上^[8,9]，确立了认知控制在认知心理学的核心地位。

认知控制的相关理论都倾向于将认知控制看作一种抽象的、不依赖于情景的高级功能，即认知控制是一般性的。比如，在工作记忆的经典模型中，中央执行功能是工作记忆的核心系统，负责其他两个系统（视空图像处理器和语音环）所需要的高级功能，比如集中注意、储存记忆、任务转换、做出决策等^[10,11]。根据这一模型，中央执行系统对视觉空间信息和语音信息进行加工是一般性的。

类似地，注意网络理论把注意定义为警觉 (alerting)、朝向 (orienting) 和执行控制 (executive control) 三个脑网络的激活^[3,9]。其中，执行控制系统监测并解决冲突，在竞争的不同维度中做出选择^[12,13]。根据这种观点，执行控制是高级的、通道无关的，但是警觉和朝向是敏感于通道和情境信息的，因此可以动态地调动注意控制^[14]。

以上理论都认为，认知控制是一个统一的功能整体。但与之不同的是，在近年来冲突加工的研究中，开始引入了认知模块 (cognitive module) 的思想。认知模块是假想的大脑的功能单元，通过信息输入和输出来实现复杂的功能^[15]。针对冲突加工的过程，冲突监测理论在已有的冲突加工模型^[16]的基础上，把认知控制的核心过程分成了冲突监测 (conflict monitoring, CM) 和执行控制 (executive control, EC) 模块，

前者负责对冲突情境的监测，然后将相关信息传递给后者对冲突进行解决^[17]。

进一步地，基于 Stroop 和 Simon 这两种不同类别的冲突进行的研究发现了冲突类别特异性的加工^[18,19]。因此，Egner 提出了认知控制的领域特异性模型，认为不同类别的冲突（至少是 Stroop 和 Simon 这两种冲突）所依赖的冲突监测和执行控制模块都是不同的^[20]。领域 (domain) 是对应于认知模块的概念，即每个认知模块的功能都限于特定的范围，那么这个范围就是一个领域^[15]。领域特异性本身是模块化的一种特征，所有模块化的过程都被认为是领域特异性的^[21]。

然而，本研究组前期的研究指出，不同任务的差异可能只在于对冲突来源的监测，而非执行控制，因此冲突监测和执行控制的模块化水平可能并不一致。本研究组^[22,23]提出了“不同冲突监测和统一执行控制” (2CM1EC) 模型，而把冲突监测理论模型称为 1CM1EC，把领域特异性模型称为 2CM2EC。

2 一般性/特异性的研究逻辑

认知控制的一般性/特异性问题考察的是完成两种或多种任务所需要的认知控制功能的异同，因此回答这一问题需要从不同任务之间的关系入手。虽然对于认知控制的一般性/特异性问题的研究有很多，但归纳起来，这些研究大多基于可迁移性、平行比较、相关性和认知资源的竞争等逻辑进行验证。

2.1 可迁移性 (transferability)

迁移是从学习的研究中衍生而来的概念，原指人们在一种情境中所获得的知识或技能可以影响到随后学习的另一种知识或技能^[24]。而认知控制的可迁移性，是指一种任务诱发的认知控制能够帮助人们更好地完成另外一种任务。冲突适应 (conflict adaptation) 效应^[25]是这种逻辑的一个典型代表。该效应指的是在前一个试次经历了冲突的条件之后，在后面一个试次中会有更小的冲突效应，体现了认知控制的适应性^[17]。如果两种冲突加工共享相同的机制，那么冲突间会有冲突适应效应，即有认知控制的迁移；反之则不会出现冲突适应效应^[26]。其他神经生理指标，如事件相关电位 (event-related potential, ERP) 特征波的幅值也可以用于冲突适应效应的考察变量^[27]。

基于这一逻辑的研究影响因素相对较多，比如研究冲突适应的任务设计，除了可以考察认知控制

的可迁移性, 还受到刺激 / 反应启动、特征整合、任务转换等的影响^[26, 28], 因此需要通过剔除受这些因素影响的试次或者扩大反应集合 (即按键数目) 来考察认知控制的作用^[29]。

2.2 平行比较(parallel comparison)

这是现有研究中常用的一种方法, 其主要的逻辑思路为: 如果认知控制是一般性的, 那么认知控制相关的特征或规律应该在不同的任务中都体现出来。相关特征或规律既可以是行为表现, 也可以是神经活动特征。

比如, 冲突适应效应最早在 flanker 任务中发现^[25], 后来在很多不同的任务, 比如颜色 - 字义 Stroop^[30]、空间 Simon^[31]、听觉 Stroop^[32]、触觉 Simon^[33] 等也都发现了冲突适应效应。说明认知控制的适应性特征在不同的冲突任务中都存在。类似地, 也可以通过考察脑电成分和地形图^[34-36], 或者采用磁共振成像来考察不同任务的脑激活的重叠或者特异性程度^[37, 38]。

对于平行比较而言, 一个关键问题是需要保证任务之间的可比较性。有些研究采用的是相互独立的实验任务, 甚至是同前人的研究结果进行比较^[35, 39]。而整合的实验设计 (即将两种不同的范式整合在同一任务中) 能较好地解决这个问题^[20]。

2.3 相关性分析(correlation analysis)

一般而言, 如果同一组被试在不同任务中的表现是相关的, 说明不同任务可能有共同的加工机制。比如, 采用不同感觉通道的独立的注意任务, 分析被试在执行控制、警觉和朝向的相关指标上行为表现的相关性, 可以考察这些指标是否受到感觉通道的影响^[14]。在整合的任务中, 也可以考察不同条件之间的相关性, 比如 Liu 等^[22] 采用整合的 S-S 和 S-R 类别的冲突, 分析了两种任务之间反应时的相关性, 为考察不同类别的冲突之间是否有不同的机制提供了新视角。

一般来说, 平行比较利用了组平均的性质, 计算不同任务在群体水平上的异同, 反映的是两种现象之间的强度差异; 而相关则利用了个体的变异, 计算的是研究问题在个体水平上的共变性, 反映了两种现象之间的关联程度。因此, 两种逻辑方法考察的是同一个问题的两个维度。由于一般相关性考察的是线性相关, 所以相关是不独立 (有交互) 的充分不必要条件, 因为两种因素还可能非线性关系^[40]。

2.4 认知资源的竞争和分配

认知资源竞争和分配的研究逻辑为, 如果两个

任务涉及的心理过程共享有限的认知资源, 即有相似的加工机制, 那么当这两种心理过程同时存在时会竞争认知资源, 因而在双任务中的表现会变差, 即产生了双任务损耗 (dual-task cost); 反之则不会相互影响^[41, 42]。这种视角广泛应用于注意^[43]、工作记忆^[44] 和知觉决策^[45] 等心理过程是否具有通道特异性的探究。

除了双任务竞争范式, 有些整合任务 (整合了不同范式的不同条件, 但无双任务) 研究也可以通过考察条件间是否有交互性, 说明不同条件之间是否有相同的机制。如果任务之间相互独立, 说明任务间没有共享的加工机制^[22, 46]。

我们对于四种研究逻辑和方法的归类总结见表 1。

3 认知控制的一般性/特异性争论

基于上述研究逻辑, 已有大量关于认知控制一般性 / 特异性的研究 (本节内用带圆圈数字分别表示各研究所用到的研究逻辑, ①代表可迁移性, ②代表平行比较, ③代表相关性, ④代表认知资源竞争)。但对于这一问题的结论还有很大争议, 因为已有研究结果中既有支持一般性假设、也有支持特异性假设以及支持两种特性都有的观点。

3.1 支持认知控制具有一般性的证据

这种观点主要认为不同冲突任务之间并不是相互独立的, 不同的任务背后有共同的加工机制, 这一观点得到了一些研究的支持。

如有研究显示, 前后试次的冲突不同的时候, 仍然产生了冲突适应。这种研究可能是不同的冲突任务, 比如 flanker 和 Stroop^[47], Simon 和 SNARC^[48, 49], 也可能是同一种冲突的变式之间, 比如以不同朝向的箭头作为刺激的启动 - 靶任务之间^[50, 51]、Stroop 词 (无语法) 和冲突性的句子 (有语法) 之间^[53] 以及字母 flanker 和内隐的性别 flanker 之间^[53] 也有冲突适应效应^①。

另外有一些研究指出, 不同感觉通道的冲突任务加工过程很可能共享类似的机制。比如, Marini 等^[54] 发现, 人们在排除干扰的过程中采用的认知控制策略很可能是不依赖通道的, 因为在多通道 (视觉 - 触觉和视觉 - 听觉通道) 和单通道 (视觉或触觉) 中都发现了由于对干扰刺激的预测和反应准备而导致的反应时损耗。一项最近的研究显示, 采用两个独立的注意网络测验任务 (attention network test), 实验刺激分别由视觉和听觉呈现, 被试在执行控制

表1. 对不同研究逻辑的分类
Table 1. Categories of different logics

View	Logic	Limitation & solution	Example
Transferability	If trial $n-1$ influences trial n when there is type/modality switch, it should be general processing and <i>vice versa</i> .	There can be many influence factors, such as bottom-up factors in conflict adaptation. Pseudo-random sequences can remove the influence.	Li <i>et al.</i> , 2015 ^[27] Yang <i>et al.</i> , 2017 ^[60]
Parallel comparison	Common phenomenon should be found in different cognitive control tasks for a general processing; otherwise specific phenomenon indicates specificity.	Comparability is hard to guarantee; Combination of comparing conditions in one task makes better comparability.	Liu <i>et al.</i> , 2004 ^[37] Wang <i>et al.</i> , 2014 ^[36]
Correlation analysis	The correlation between two cognitive control tasks is examined. Positive correlation reveals a general processing and <i>vice versa</i> .	Correlation indicates dependence, but no correlation is not necessary indicating independence. Be cautious in interpreting uncorrelated results.	Liu <i>et al.</i> , 2004 ^[37] Spagna <i>et al.</i> , 2015 ^[14]
Competition/ allocation of cognitive resource	Dual-task is used to test whether parallel processing of two tasks are possible. The dual-task cost indicates competition of the same resource, supporting general processing and <i>vice versa</i> .	Only can be used when dual-task design can be achieved.	Liu <i>et al.</i> , 2010 ^[22]

上的行为表现有很高的相关性，说明不同通道的注意冲突所采用的高级认知控制功能很可能是通道一般性的^③[14]。另外，工作记忆的相关研究显示，当两个不同通道的任务同时进行时会相互影响^[55]，这说明不同通道的任务可能占用相同的认知资源^④。

认知控制机制的通道一般性也得到了一些脑电图 (electroencephalograph, EEG) 和功能磁共振成像 (functional magnetic resonance imaging, fMRI) 研究的支持。Donohue 等在听觉 Stroop 任务中发现了和视觉 Stroop 任务^[34] 类似的脑电模式 (包括特征波和地形图)，说明视觉和听觉的相同冲突可能有类似的冲突加工机制^②[35]。Green 等对脑电数据进行溯源分析，发现在听觉线索任务中，大脑对探测信号的加工模式和另一项研究^[56] 中的视觉线索任务的加工模式类似，都能溯源到相似的脑区，而且相关脑区在不同时段的波束形成能量 (beamformer power) 的活动模式也相似^[39]。fMRI 研究显示，给被试多通道刺激时，让被试只注意其中的一个通道，注意通道的感觉皮层激活增强，而不被注意的通道的感觉皮层激活减弱，说明不同通道的激活程度是互补的，很可能共用相同的资源^④[57, 58]。

3.2 支持认知控制特异性的证据

这种观点则认为认知控制具有明显的特异性，即不同的冲突所依赖的认知控制的机制有很多不同之处。

一些行为研究结果支持了这种特异性假设。有研究者将不同类别的冲突任务整合在一个任务中，发现类别之间没有交互作用，而且两种类别具有可加性，即包含两种冲突条件下的效应量是两种冲突的效应量之和^④，而且两种任务的反应时之间没有相关性^③[22, 46]。此外，有一些研究显示，不同类别或者来自不同感觉通道的冲突任务之间没有冲突适应效应^①[19, 51, 59, 60]。另一些研究从发展的角度，发现不同的冲突加工的成熟时间是不同的。比如有研究显示，6~7 岁儿童在刺激冲突条件中的表现已经达到了成人的水平，而反应冲突条件的表现在 10~12 岁之前都还未达到成人水平^②[61]。

国内外研究者对认知控制神经机制的探索也发现了一些支持特异性的证据。比如，一项研究中采用了稳态反应 (steady-state responses, SSR, 重复呈现的刺激所诱发的一种和刺激频率相同的神经振荡) 来考察注意从双通道刺激转换到单通道刺激时

注意资源分配的变化^[62],发现当任务从注意双通道转换到注意单通道时,不被注意通道的 SSR 降低而注意通道的 SSR 不变,说明不被注意通道的注意资源并没有补偿到注意通道,支持注意资源是通道特异性的^{④[62]}。另外,一项脑电研究通过将 Simon 和 Stroop 任务整合在一起,发现 Stroop 冲突控制相关的 N2 成分比 Simon 发生的要早^{②[36]};利用类似的任务,Li 等^[27]发现 N2 幅值的冲突适应效应只出现在前后试次的冲突类别相同的时候^①。而 Egner 等^[19]整合颜色 Stroop 和 Simon 任务进行了 fMRI 研究,发现 Simon 任务更多激活了前运动皮层,而 Stroop 任务更多激活了顶叶皮层^②。这些结果说明 Simon 任务和 Stroop 任务之间的冲突加工具有特异性。

3.3 支持认知控制既有一般性又有特异性的证据

认知控制很可能不是绝对的一般性或者特异性,而是两者兼而有之。这种观点也有许多证据的支持。行为学研究显示,不同类别的冲突之间没有冲突适应效应,但是相同类别的不同冲突(比如 flanker 和 Stroop)或者不同属性(比如箭头朝向冲突和空间位置冲突)有冲突适应效应^{①[60,63]},说明认知控制既有类别间的特异性又有类别内的一般性。

EEG/fMRI 研究也发现了认知控制既有一般性又有特异性的证据。有一项研究通过时频分析发现,Simon 任务和 Stroop 任务之间共同调节了认知控制相关的 alpha 和 theta 波段,但 Simon 任务特异性调节了动作准备和执行相关的 beta 波段^{②[36]}。另外一项研究显示,听觉、视觉的空间注意任务都能诱发相似的 alpha 频段的脑电波,但是两个通道的地形图有显著差异,即产生 alpha 频段波的脑区不同,因此支持“交互理论”,即通道无关的系统和通道特异的控制系统在调配空间注意资源的时候是有交互作用的^{②④[64]}。类似地,在一个实验中比较 Simon 和 Stroop 类别的冲突所激活的脑区发现,它们都能够激活背外侧前额叶(dorsolateral prefrontal cortex, DLPFC)、枕中回和颞下回等注意控制相关的脑区;但是它们又有各自特异性激活的脑区:Simon 任务特异性地激活了和反应冲突的检测、反应选择以及计划相关的脑区,比如前部扣带回(anterior cingulate cortex, ACC)、辅助运动区以及楔前叶等;而 Stroop 激活了和任务相关属性的注意偏向相关脑区顶下回^{②[37]}。

3.4 认知控制一般性/特异性的总结

我们认为,认知控制不是完全一般性或完全特

异性的,而是既有一般性又有特异性。一方面,认知控制在一定程度上是一般性的,如果两个任务有着相似的成分,或者有脑连接通路,那么相同的认知控制可以解决这两个任务;另一方面,相似性也有一定的限度,当两个任务之间的差别大到可以归为两类时,他们之间就产生了边界(boundary)^[26](冲突之间的这种关系总结见图 1)。因此,认知控制的一般性/特异性很可能不是非此即彼的。有一项研究显示,在不同属性带来的冲突之间产生了冲突适应,但是比相同属性的冲突之间的冲突适应更弱^[60],说明冲突适应存在一种中间的过渡状态;另外,Braem 等^[26]提出了一个理论模型,认为冲突之间是否有冲突适应,和冲突情境之间的相似性有非线性关系。这在一定程度上解释了为什么认知控制既有一般性又有特异性。

这提示我们,大脑在进行信息加工时有一定的泛化能力,并不局限于具体的任务。但是这种泛化能力不是无限的,如果任务之间的差异达到了一定的程度,大脑会形成不同的功能模块来分别进行加工,这样能够保证在面对外界刺激时有最为高效的反应。从进化的角度来看,这种高效加工对人类适应环境也是极为有利的^[21]。

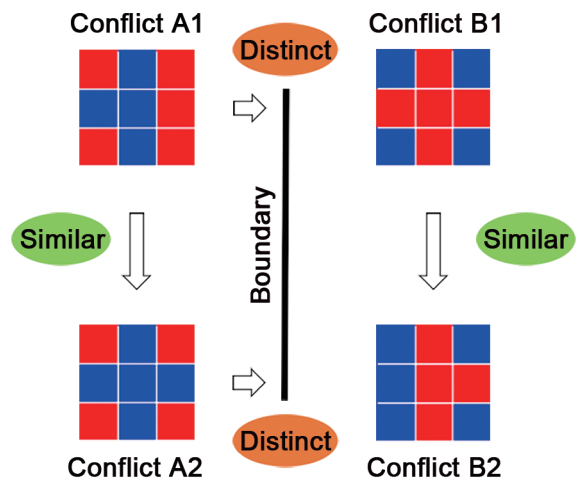


图 1. 冲突相似性和认知控制一般性和特异性机制的关系示意图

Fig. 1. Schematic diagram illustrating the relationship between conflict similarity and the generality & specificity of cognitive control. The colored matrices show the representations of different conflicts, and the black vertical string represents the boundary between conflict As and Bs. In addition, long and short arrows show conflict adaptation effects occur or not, respectively.

4 研究展望

由于认知控制的一般性/特异性争议难以定论，而已有的研究都有一定的局限性，我们认为进一步的研究可以从以下几个方面开展。

4.1 从发展和变化的角度研究认知控制的一般性/特异性机制

作为一种对干扰信息和行为的控制能力，认知控制并不是出生就有的，而是有着一定的发展、成熟和退化的过程^[65]。因此，认知控制的一般性/特异性也可能随着个体发展而发生变化。有观点认为，某些认知能力，如心理感应，最初是领域一般性的，但会随着个人经验和与外界交互而变成领域特异性的^[66, 67]。这种变化过程也可能同样适用于认知控制。从发展的角度来研究，有利于我们更深刻地理解认知控制的组织机制。

4.2 探索不同类别/通道冲突加工的时间-空间分布的动态脑网络

从大脑的工作机制上看，任何一个包含认知控制的心理过程都不是一个单独的脑区或者认知模块在发挥作用，而是有不同脑区之间的协作。在冲突加工中，负责一般性执行控制的脑区除了额顶控制脑区，还有带状盖网络的部分^[68]，这些脑区之间有信息的传递^[17]。然而，前人也发现，即使是一般性加工的脑区，在不同的冲突加工中也有时程上的特异性^[36, 69]，这种时程的差异并不反映模块的分区，而是信息时空流动的不同。空间和时间都只能说明一个方面的问题，因此，在考察相关心理过程尤其是考察认知控制是否有特异性的脑区的时候，我们既要关注激活的脑区，又要关注不同脑区激活之间的动态变化，这样才能更清晰地揭示认知控制的机制。时空整合可以结合 EEG/脑磁图(magnetoencephalogram, MEG)和 fMRI 进行同步记录^[70]或者通过独立采集后期的整合分析^[71]加以研究。

4.3 综合不同研究逻辑进行交互验证

平行比较利用的是群体的平均效应，而相关性则很好地利用了个体的变异。可迁移性和认知资源竞争则从相互作用关系的角度来诠释机制异同。但是，单一的逻辑也忽略了其他几种逻辑的信息。如果不同研究逻辑得出的结果之间具有很好的一致性，我们就可以更确信我们的结论的正确性。如果不一致，很可能说明目前的研究还没有考虑到所有的影响因素。未来的研究可以从研究逻辑和认知过程的本质联系上去探究采用的方法和研究结果之间的关联。

4.4 从特殊群体来研究认知控制功能

目前对于认知控制一般性/特异性的研究之所以难以定论，很大程度上在于不同的人采用的研究方法不同。无论是行为、EEG 还是 fMRI 等都无法对这一问题给出一个确切的答案。在脑科学的研究进程中，在脑损伤患者上的研究对我们理解大脑机制往往起到了巨大的推动作用，比如语言、记忆、偏侧化现象、情绪、视觉、运动控制等^[72]。然而，当前对认知控制的研究特别是对一般性/特异性这一问题的研究鲜有在脑损伤患者上的研究。考察某个脑区损伤的患者是否对不同的冲突加工过程产生不同的影响，是一个可能的研究方向。但是，脑损伤研究也有一些缺陷，一方面寻找特定脑区损伤的患者非常困难，患者大都伴随其他脑区损伤或者其他疾病^[72]；另一方面，脑网络的深入研究提示我们，单个脑区的损伤可能并不会导致网络功能明显的受损，而是可以得到功能性的代偿^[73]。尽管如此，我们仍然可以结合临床和迅速发展的新的脑影像分析方法来探究^[74]。

4.5 基于计算建模的研究

计算建模能模拟认知过程，并能够通过调整其中的参数来探究可能的神经机制。这种方法的优势一方面在于它能够在不损伤人脑的情况下模拟神经损伤，并预测对应的行为结果，进而在一定程度上诠释认知过程的神经机制；另一方面，建模是在神经解剖学的基础上建立的假设模型，具有一定的真实性和可靠性^[75, 76]。因此，可以通过计算建模的方式来对认知控制的功能进行模拟，尤其是解决一般性和特异性的问题^[29]。

4.6 从认知灵活性和功能连接的角度来考察认知控制一般性/特异性问题

认知控制之所以有时表现出一般性，有时表现出特异性，很可能和认知控制的灵活性(flexibility)有关。灵活性指的是认知控制对几乎任何行为都能够迅速配置和执行的特点^[5]。从这个角度来讲，认知控制应该是一般性的；但是在完成具体任务的过程中，认知控制可能会表现出多样性和特异性，而这种特异性的表现可能不局限于认知控制相关脑区的活动状态。Cole 等^[77]采用多种任务，发现认知控制网络在所有脑网络处于枢纽地位，而且认知控制网络的全脑连接模式在不同任务状态下有较多的变异，这种连接模式可以预测具体的任务状态。这充分说明了认知控制网络具有很强的灵活性，也说

明了认知控制脑区可以通过自上而下地改变其他脑区的连接来更好地完成当下的任务。所以,对认知控制一般性/特异性的研究,可能更应该关注在不同任务中认知控制灵活地调控其他脑区或网络的机制。

5 结语

对一般性/特异性的探索,本质上是去寻求人类高级认知的基本原则。在进化学家看来,特异性是人类心智进化的产物,而一些心理学家则认为一般性是人类区别于其他生物的标准^[21]。一般性和特异性的争论,在认知科学领域可能会一直持续下去。尽管难有定论,但对这一问题的讨论会促进我们对大脑功能的理解。

参考文献

- 1 Miller EK, Cohen JD. An integrative theory of prefrontal cortex function. *Annu Rev Neurosci* 2001; 24(1): 167–202.
- 2 Carter CS, van Veen V. Anterior cingulate cortex and conflict detection: an update of theory and data. *Cogn Affect Behav Neurosci* 2007; 7(4): 367–379.
- 3 Fan J. An information theory account of cognitive control. *Front Hum Neurosci* 2014; 8: 680.
- 4 Lenartowicz A, Kalar DJ, Congdon E, Poldrack RA. Towards an ontology of cognitive control. *Top Cogn Sci* 2010; 2(4): 678–692.
- 5 Egner T. *The Wiley Handbook of Cognitive Control*. John Wiley & Sons, 2017.
- 6 Stroop JR. Studies of interference in serial verbal reactions. *J Exp Psychol* 1935; 18: 643–662.
- 7 Miller GA, Galanter E, Pribram KA. *Plans and the Structure of Behavior*. New York: Holt, Rhinehart, & Winston, 1960.
- 8 Posner MI, Snyder CR. Attention and cognitive control. In: Solso RL (ed.) *Information Processing and Cognition*. Hillsdale, NJ: Erlbaum, 1975.
- 9 Posner MI, Petersen SE. The attention system of the human brain. *Annu Rev Neurosci* 1990; 13: 25–42.
- 10 Baddeley AD, Hitch G, Bower G. Working memory. *Psychol Learn Motiv* 1974; 8: 47–89.
- 11 Baddeley A. Working memory: theories, models, and controversies. *Annu Rev Psychol* 2012; 63: 1–29.
- 12 Fan J, McCandliss BD, Sommer T, Raz A, Posner MI. Testing the efficiency and independence of attentional networks. *J Cogn Neurosci* 2002; 14(3): 340–347.
- 13 Fan J, McCandliss BD, Fossella J, Flombaum JI, Posner MI. The activation of attentional networks. *Neuroimage* 2005; 26(2): 471–479.
- 14 Spagna A, Mackie MA, Fan J. Supramodal executive control of attention. *Front Psychol* 2015; 6: 65.
- 15 Fodor JA. *The Modularity of Mind*. Cambridge, MA: MIT Press, 1983.
- 16 Cohen JD, Huston TA. Progress in the use of interactive models for understanding attention and performance. In: Umiltà C, Moschovitch M (eds). *Attention & Performance XV*. Boston, USA: MIT Press, 1994.
- 17 Botvinick MM, Braver TS, Barch DM, Carter CS, Cohen JD. Conflict monitoring and cognitive control. *Psychol Rev* 2001; 108(3): 624–652.
- 18 Wendt M, Kluwe RH, Peters A. Sequential modulations of interference evoked by processing task-irrelevant stimulus features. *J Exp Psychol Hum Percept Perform* 2006; 32(3): 644–667.
- 19 Egner T, Delano M, Hirsch J. Separate conflict-specific cognitive control mechanisms in the human brain. *Neuroimage* 2007; 35(2): 940–948.
- 20 Egner T. Multiple conflict-driven control mechanisms in the human brain. *Trends Cogn Sci* 2008; 12(10): 374–380.
- 21 Khalidi MA. What is domain specificity (and why does it matter)? *Proceedings of the Annual Meeting of the Cognitive Science Society*, 2010, 194–199.
- 22 Liu X, Park Y, Gu X, Fan J. Dimensional overlap accounts for independence and integration of stimulus-response compatibility effects. *Atten Percept Psychophys* 2010; 72(6): 1710–1720.
- 23 Liu X (刘勋), Nan W, Wang K, Li Q. Modular organization of cognitive control. *Adv Psychol Sci (心理科学进展)* 2013; 21(12): 2091–2102 (in Chinese with English abstract).
- 24 Peng DL (彭聘龄). *General Psychology*. 4th ed. Beijing: Beijing Normal University Press, 2012, 568 (in Chinese).
- 25 Gratton G, Coles MG, Donchin E. Optimizing the use of information: strategic control of activation of responses. *J Exp Psychol Gen* 1992; 121(4): 480–506.
- 26 Braem S, Abrahamse EL, Duthoo W, Notebaert W. What determines the specificity of conflict adaptation? A review, critical analysis, and proposed synthesis. *Front Psychol* 2014; 5: 1134.
- 27 Li Q, Wang K, Nan W, Zheng Y, Wu H, Wang H, Liu X. Electrophysiological dynamics reveal distinct processing of stimulus-stimulus and stimulus-response conflicts. *Psychophysiology* 2015; 52(4): 562–571.
- 28 Egner T. Congruency sequence effects and cognitive control. *Cogn Affect Behav Neurosci* 2007; 7(4): 380–390.
- 29 Duthoo W, Abrahamse EL, Braem S, Boehler CN, Notebaert W. The heterogeneous world of congruency sequence effects: an update. *Front Psychol* 2014; 5: 1001.
- 30 Kerns JG, Cohen JD, MacDonald AW 3rd, Cho RY, Stenger

- VA, Carter CS. Anterior cingulate conflict monitoring and adjustments in control. *Science* 2004; 303(5660): 1023–1026.
- 31 Wuhr P, Ansorge U. Exploring trial-by-trial modulations of the Simon effect. *Q J Exp Psychol A* 2005; 58(4): 705–731.
- 32 Spape MM, Hommel B. He said, she said: episodic retrieval induces conflict adaptation in an auditory Stroop task. *Psychon Bull Rev* 2008; 15(6): 1117–1121.
- 33 Salzer Y, Aisenberg D, Oron-Gilad T, Henik A. In touch with the Simon effect. *Exp Psychol* 2014; 61(3): 165–179.
- 34 Liotti M, Woldorff MG, Perez R, Mayberg HS. An ERP study of the temporal course of the Stroop color-word interference effect. *Neuropsychologia* 2000; 38(5): 701–711.
- 35 Donohue SE, Liotti M, Perez R 3rd, Woldorff MG. Is conflict monitoring supramodal? Spatiotemporal dynamics of cognitive control processes in an auditory Stroop task. *Cogn Affect Behav Neurosci* 2012; 12(1): 1–15.
- 36 Wang K, Li Q, Zheng Y, Wang H, Liu X. Temporal and spectral profiles of stimulus-stimulus and stimulus-response conflict processing. *Neuroimage* 2014; 89: 280–288.
- 37 Liu X, Banich MT, Jacobson BL, Tanabe JL. Common and distinct neural substrates of attentional control in an integrated Simon and spatial Stroop task as assessed by event-related fMRI. *Neuroimage* 2004; 22(3): 1097–1106.
- 38 Braga RM, Wilson LR, Sharp DJ, Wise RJ, Leech R. Separable networks for top-down attention to auditory non-spatial and visuospatial modalities. *Neuroimage* 2013; 74: 77–86.
- 39 Green JJ, Doesburg SM, Ward LM, McDonald JJ. Electrical neuroimaging of voluntary audiospatial attention: evidence for a supramodal attention control network. *J Neurosci* 2011; 31(10): 3560–3564.
- 40 Broffitt JD. Zero correlation, independence, and normality. *American Statistician* 1986; 40(4): 276–277.
- 41 Navon D, Gopher D. On the economy of the human-processing system. *Psychol Rev* 1979; 86(3): 214–255.
- 42 Huestegge L, Hazeltine E. Crossmodal action: modality matters. *Psychol Res* 2011; 75(6): 445–451.
- 43 Arrighi R, Lunardi R, Burr D. Vision and audition do not share attentional resources in sustained tasks. *Front Psychol* 2011; 2: 56.
- 44 Lehnert G, Zimmer HD. Modality and domain specific components in auditory and visual working memory tasks. *Cogn Process* 2008; 9(1): 53–61.
- 45 Hupe JM, Joffo LM, Pressnitzer D. Bistability for audiovisual stimuli: Perceptual decision is modality specific. *J Vis* 2008; 8(7): 11–15.
- 46 Li Q, Nan W, Wang K, Liu X. Independent processing of stimulus-stimulus and stimulus-response conflicts. *PLoS One* 2014; 9(2): e89249.
- 47 Freitas AL, Bahar M, Yang S, Banai R. Contextual adjustments in cognitive control across tasks. *Psychol Sci* 2007; 18(12): 1040–1043.
- 48 Notebaert W, Verguts T. Cognitive control acts locally. *Cognition* 2008; 106(2): 1071–1080.
- 49 Fischer R, Dreisbach G, Goschke T. Context-sensitive adjustments of cognitive control: conflict-adaptation effects are modulated by processing demands of the ongoing task. *J Exp Psychol Learn Mem Cogn* 2008; 34(3): 712–718.
- 50 Kunde W, Wuhr P. Sequential modulations of correspondence effects across spatial dimensions and tasks. *Mem Cognit* 2006; 34(2): 356–367.
- 51 Funes MJ, Lupianez J, Humphreys G. Analyzing the generality of conflict adaptation effects. *J Exp Psychol Hum Percept Perform* 2010; 36(1): 147–161.
- 52 Kan IP, Teubner-Rhodes S, Drummey AB, Nutile L, Krupa L, Novick JM. To adapt or not to adapt: the question of domain-general cognitive control. *Cognition* 2013; 129(3): 637–651.
- 53 Kleiman T, Hassin RR, Trope Y. The control-freak mind: stereotypical biases are eliminated following conflict-activated cognitive control. *J Exp Psychol Gen* 2014; 143(2): 498–503.
- 54 Marini F, Chelazzi L, Maravita A. The costly filtering of potential distraction: evidence for a supramodal mechanism. *J Exp Psychol Gen* 2013; 142(3): 906–922.
- 55 Jolicoeur P. Restricted attentional capacity between sensory modalities. *Psychon Bull Rev* 1999; 6(1): 87–92.
- 56 Green JJ, McDonald JJ. Electrical neuroimaging reveals timing of attentional control activity in human brain. *PLoS Biol* 2008; 6(4): 730–738.
- 57 Mozolic JL, Joyner D, Hugenschmidt CE, Peiffer AM, Kraft RA, Maldjian JA, Laurienti PJ. Cross-modal deactivations during modality-specific selective attention. *BMC Neurol* 2008; 8(1): 35.
- 58 Shomstein S, Yantis S. Control of attention shifts between vision and audition in human cortex. *J Neurosci* 2004; 24(47): 10702–10706.
- 59 Akcay C, Hazeltine E. Domain-specific conflict adaptation without feature repetitions. *Psychon Bull Rev* 2011; 18(3): 505–511.
- 60 Yang G, Nan W, Zheng Y, Wu H, Li Q, Liu X. Distinct cognitive control mechanisms as revealed by modality-specific conflict adaptation effects. *J Exp Psychol Hum Percept Perform* 2017; 43(4): 807–818.
- 61 Jongen EM, Jonkman LM. The developmental pattern of stimulus and response interference in a color-object Stroop task: an ERP study. *BMC Neurosci* 2008; 9: 82.
- 62 Keitel C, Maess B, Schroger E, Muller MM. Early visual

- and auditory processing rely on modality-specific attentional resources. *Neuroimage* 2013; 70: 240–249.
- 63 Freitas AL, Clark SL. Generality and specificity in cognitive control: conflict adaptation within and across selective-attention tasks but not across selective-attention and Simon tasks. *Psychol Res* 2015; 79(1): 143–162.
- 64 Banerjee S, Snyder AC, Molholm S, Foxe JJ. Oscillatory alpha-band mechanisms and the deployment of spatial attention to anticipated auditory and visual target locations: supramodal or sensory-specific control mechanisms? *J Neurosci* 2011; 31(27): 9923–9932.
- 65 Friedman D, Nessler D, Cycowicz YM, Horton C. Development of and change in cognitive control: a comparison of children, young adults, and older adults. *Cogn Affect Behav Neurosci* 2009; 9(1): 91–102.
- 66 Heyes CM, Frith CD. The cultural evolution of mind reading. *Science* 2014; 344(6190): 1243091.
- 67 Spunt RP, Adolphs R. A new look at domain specificity: insights from social neuroscience. *Nat Rev Neurosci* 2017; 18(9): 559–567.
- 68 Li Q, Yang G, Li Z, Qi Y, Cole MW, Liu X. Conflict detection and resolution rely on a combination of common and distinct cognitive control networks. *Neurosci Biobehav Rev* 2017; 83: 123–131.
- 69 Fruhholz S, Godde B, Finke M, Herrmann M. Spatio-temporal brain dynamics in a combined stimulus-stimulus and stimulus-response conflict task. *Neuroimage* 2011; 54(1): 622–634.
- 70 Menon V, Crottaz-Herbette S. Combined EEG and fMRI studies of human brain function. *Int Rev Neurobiol* 2005; 66: 291–321.
- 71 Cichy RM, Pantazis D, Oliva A. Similarity-based fusion of MEG and fMRI reveals spatio-temporal dynamics in human cortex during visual object recognition. *Cereb Cortex* 2016; 26(8): 3563–3579.
- 72 Rorden C, Karnath HO. Using human brain lesions to infer function: a relic from a past era in the fMRI age? *Nat Rev Neurosci* 2004; 5(10): 813–819.
- 73 Kou Z, Iraj A. Imaging brain plasticity after trauma. *Neural Regen Res* 2014; 9(7): 693–700.
- 74 Karnath HO, Sperber C, Rorden C. Mapping human brain lesions and their functional consequences. *Neuroimage* 2018; 165: 180–189.
- 75 O'Reilly RC, Munakata Y. *Computational Explorations in Cognitive Neuroscience: Understanding the Mind by Simulating the Brain*. MIT Press, 2000.
- 76 O'Reilly RC. Biologically based computational models of high-level cognition. *Science* 2006; 314(5796): 91–94.
- 77 Cole MW, Reynolds JR, Power JD, Repovs G, Anticevic A, Braver TS. Multi-task connectivity reveals flexible hubs for adaptive task control. *Nat Neurosci* 2013; 16(9): 1348–1355.