

# 顿悟问题解决研究的认知神经范式评述

邢强<sup>1</sup>, 车敬上<sup>1</sup>, 唐志文<sup>2</sup>

(1. 广州大学 心理学系, 广东 广州 510006; 2. 暨南大学 管理学院, 广东 广州 510632)

**摘要:** 评介了几种符合认知神经科学要求的研究范式, 包括内隐学习范式、远距离联想范式以及谜语范式, 认为这些范式为顿悟认知神经机制的研究提供了帮助。

**关键词:** 顿悟; 内隐学习; 远距离联想; 谜语范式

**中图分类号:** B842

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1008-0627 (2011) 01-0050-05

格式塔心理学家柯勒提出了问题解决的“顿悟说”, 开创了一个新的研究领域, 认为顿悟问题解决不是一个“尝试错误”的过程, 而是将整个情境改组成为一种新结构的过程, 表现为对整个问题情境的顿悟。顿悟包含着一种特殊的加工过程, 它不同于常规的、线性信息加工思维。

传统研究顿悟的方法是针对问题的方法。<sup>[1]</sup> 一个问题在解决过程中经过几次尝试错误也无法解决, 遇到了障碍或者僵局, 但是经过一段时间的酝酿后解决办法却突然的闯入我们的头脑, 我们一点都意识不到是怎么找到这个方法的, 那么这个问题就被当作顿悟问题。顿悟问题确定下来后就研究在解决这个问题时人们思维的变化, 从而建立各种理论假说, 然而理论假说的验证却存在一定的难度。

认知神经科学的兴起给顿悟研究带来了一个新的研究视角, 这一学科主要利用诸如功能性核磁共振 (fMRI)、正电子发射断层扫描 (PET) 和事件相关电位 (ERP) 等脑成像技术对认知过程进行研究, 通过揭示认知过程的大脑机制, 来验证、修改和发展已有的理论和模型, 并在此基础上提出新的理论模型。认知神经科学的方法为研究顿悟发生时大脑的活动状况提供了强有力的手段。但是, 用认知神经科学方法研究顿悟有很多特殊要求: 首先, 脑成像研究要求能对心理事件发生的时间精确定位。但是, 顿悟发生的时间是不可控的, 有的只用几秒而有的可能要用上

数周的时间, 即使是顿悟者自己也不知道什么时候会发生。<sup>[2]</sup> 甚至, 即使顿悟了问题, 与顿悟问题有关的解法也不再被当作顿悟。顿悟的这一特殊本质使得研究者难以控制顿悟。其次, 脑成像的数据一般都是采用图像叠加的方法来处理, 这就要求有足够数量的、可重复观察的同类心理事件。传统的顿悟问题如蜡烛问题、双绳问题、九点问题等, 数量有限而且问题的性质、数量、复杂程度等都各不相同, 很难作为脑成像研究的材料。针对于此, 心理学研究者发展了一些能满足认知神经科学要求的范式, 如远距离联想范式、内隐学习范式、谜语范式。

## 一、顿悟问题解决的远距离联想范式

### (一) 远距离联想范式的原理

1962年Mednick提出联想创造力理论 (theory of associative creativity)。<sup>[3]</sup> Mednick将创造性思维过程定义为联结元素形成新组合的过程, 这个新组合达到了某个特殊要求或者在某些方面有用。该理论认为, 各种观念、知识或经验是彼此联系的网络, 人类的认知方式被网络上各结点之间的联结方式和联结强度所影响, 创造力来自于各结点之间有用且新颖的联结, 创造性即形成有用且新颖的联结的能力。测一个人的创造性就是测他把那些表面看似没有联系, 意义相聚很远的事物建立新联系的能力。事物之间存在两种形式的联结层次, 高联结层次 (steep associative hierarchy) 和低联结层次 (flat

收稿日期: 2010-10-10

基金项目: 国家自然科学基金 (31070918)

第一作者简介: 邢强 (1973-), 男, 甘肃会宁人, 教授/博士, 主要研究方向: 认知与学习研究。E-mail: qiang\_xingpsy@126.com

associative hierarchy)。Mednick认为创造性的大小取决于所解决问题中事物之间联结层次的高低。联结层次越高,即事物之间的联结距离越近,解决这种问题所表现的创造性越小,反之创造性越大。

据此, Mednick发明了远距离联想测验(Remote Associates Test, RAT), 测验中给被试呈现三个貌似无关的单词, 被试的任务是找到第四个与这三个词都有联系的词。<sup>[3]</sup>联系的方式是多种多样的, 可以是同义词, 语义上的联系, 或者组成一个复合词。<sup>[4]</sup>研究发现RAT与传统创造力测验有显著的相关。在远距离联想上的成绩可以反映个体发现事物之间有用且新颖的联系的能力。RAT项目有三个特征: 对于寻找答案的方法没有指明, 且还可能误导被试最初的思路; 被试无法报告他们解决问题的思维过程;<sup>[5]</sup>在解决RAT题目时被试通常有顿悟的体验。这三个特征被认为是研究创造力的核心。

### (二) 远距离联想范式与顿悟研究

远距离联想范式的基本程序如下: 首先在屏幕上给被试呈现3个刺激单词, 要求被试找到第四个单词与这三个都有联系。在实验中有三种时间限制(2s, 7s, 15s), 被试要在规定的时间内解决问题, 被试找到答案或者时间到了, 都会在屏幕侧面呈现180毫秒的目标词, 被试既不能快速的读出来也不能判断这个目标词是否为正确答案。<sup>[6]</sup>

Beeman和Bowden等科学家用复合远距离联想(Compound Remote Association, CRA)作为实验材料, 采用高空间分辨率的fMRI技术, 要求被试在30秒内解决问题, 超出时间后单词就会消失, 同时正确的词汇出现在屏幕中, 研究受测者在创造性地解决问题时相应的脑部变化。<sup>[4]</sup>其结果发现aSTG颞前叶上部只在受测者成功解决CRA问题时激活, 意味着aSTG是人解决顿悟性问题时独有的脑结构。EEG研究结果显示在受测者想出答案的前1.4到0.4秒时间段内 $\alpha$ 波突然增加, 比没有想出答案过程时的强度显著增高, 在回答前的0.3秒,  $\gamma$ 波则显著增大。Beeman等解释说 $\alpha$ 波的突然增强表明外界刺激的减弱, 相当于人们闭上眼睛聚精会神的思考。而随之而来的 $\gamma$ 波则意味着潜意识中的答案在瞬间跃入意

识层面, 就像大脑中灵光一闪就看到答案了。值得注意的是, 这两种波出现变化的脑区都是右脑aSTG, 这与fMRI的研究结果一致。<sup>[7]</sup>

### (三) 远距离联想范式的优越性

传统的顿悟问题比较复杂, 被试很难在短时间内解决问题, 在同一个问题中会用到多种解决策略进行尝试, 而且仅有的几个问题大大减少了数据的可靠性。传统的顿悟问题往往会导致很多变量难以控制, 不利于研究顿悟问题的解决过程, 而使用复合远距离联想(CRA)范式很容易克服这些问题。

远距离联想范式的优势主要有以下几个方面: 1) 容易实施测量, 问题解决时间短, 一个测验可以在一个小时内完成, 收集数据比较方便; 2) 题目结构清晰, 比传统的测量创造力的问题容易, 无关变量容易控制; 3) 答案明确, 容易判断对错; 4) 视觉呈现空间小, 呈现时间短, 呈现方式灵活; 5) 该测验不需要特殊的技能, 适用广泛, 这符合创造性测量的要求, 即尽量减少领域知识的影响。不同学历, 不同年围的被试都适用。

## 二、顿悟研究的内隐学习范式

### (一) 内隐学习范式的原理

1967年美国心理学家A.Reber提出了内隐学习的概念, 他把内隐学习界定为无意识获得刺激环境复杂知识的过程。在内隐学习中, 人们并没有意识到或者陈述出控制他们行为的规则是什么, 但却学会了这种规则。<sup>[8]</sup>内隐学习的特点与顿悟很相似, 如自动性、无意识性。

近年来Hilde Haider和Michael Rose提出了一种研究顿悟问题的内隐学习范式, 通过内隐学习任务分析顿悟过程。<sup>[9-10]</sup>这种研究主要想通过被试对实验情境隐含规律的口头报告来了解顿悟的机制, 重点是无意学习的条件下引发可口述表达的规律知识。<sup>[11]</sup>“可口述的知识”指的是被试在实验结束后通过口述能够很容易描述的规律。在实验结束后问被试是否注意到实验的一些特点, 但是不明确要求被试描述研究中的潜在规律, 因为这可能会使被试开始思考实验中的规律。<sup>[12]</sup>在顿悟发生前会出现片刻的僵固, 随后被试在实验中就会出现反应时突然下降的现象, 也就是Response Time Drop(RT-drop), 这是顿悟

发生的重要指标。RT-drop反应出他们在解决问题时策略的变化,因为在执行任务过程中突然顿悟规律,然后被试的反应时会突然的减少,被试常常会有“啊哈”反应。<sup>[13]</sup>

### (二) 内隐学习范式的基本程序

内隐学习任务中的数字减少任务(NRT)比较适合顿悟研究。在NRT实验过程中,被试在屏幕上会相继看到6个数字,这6个数字是由3个不相同的数字按顺序排列而成的。例如1、4、9在试验中按不同的顺序出现“999141”。被试的任务是根据两个规则在下面一行输入数字。第一个规则是,如果相邻的两个数字相同,那么输入一个相同的数字(同一规则)。第二个规则是,如果相邻的两个数字不同,那么被试要在下面输入第三个数字(相异规则)。在图1中,被试一开始看到两个数字“99”,根据同一规则,被试在下面输入“9”,接着下一个数字“9”就会出现,被试把出现的数字和刚才输入的数字进行比较,输入“9”。然后再把出现的“1”与刚输入的“9”比较,根据相异规则要输入“4”。数字串的最后最后一个结果输入时要被试确认。

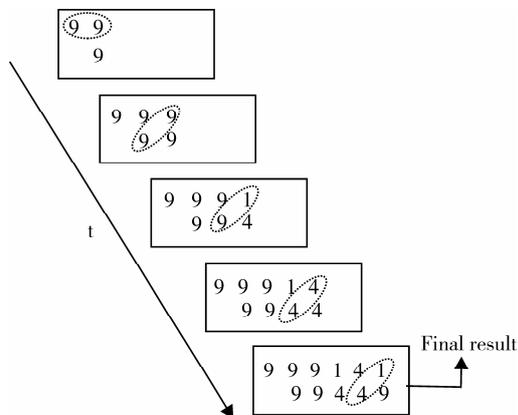


图1 数字减少任务图示

在标准的NRT中,被试所处理的数字串包含以下潜在规律:第二个数字总是和第五个数字相同,第三个数字总是和第四个数字相同。而且,在4和5位置上输入的数字都与2和3位置上的形成映射。

### (三) 用NRT研究顿悟的可行性

首先,具有动态监控性。NRT的表面特征和任务中规则的建立是任意的,可以进行修改。这是NRT一个明显的优势,这种动态变化的实验范式便于直观的监控顿悟的发生。

其次,NRT易于判断顿悟的开始点。NRT中出现顿悟的一个重要指标就是RT-drop,RT-drop是指在两个连续训练之间出现RT差异的最大均值,也就是说两个连续组块之间出现的最大时间差。<sup>[14]</sup>NRT是基于时间序列的一种实验范式,被试进行实验时的操作是连续的,在没有发生顿悟现象之前,其解决问题的平均时间要明显长于顿悟后的解决时间。因为,被试在发现内隐学习中潜在的学习任务后,就能通过潜在规律提前预测到下一个要输入的数字。在发生顿悟的时候,会出现一个僵着现象,这时候可以用RT-drop来判断。

最后,NRT易于研究顿悟过程。NRT是一个多实验的研究范式,被试会反复进行同一类型的任务,便于研究顿悟过程。任务的重复表征提供了基于实验到实验的顿悟研究方法。相比之下,传统顿悟问题解决实验中的被试只是针对一个单一任务或者一个类型的几项任务。唯一可测量使用的指标也就是反应时和解决比例,对于顿悟来说这些结果都不具有说服力。

内隐学习的研究范式不仅有利于通过反应时间的变化对顿悟的过程进行抽象分析,而且也有利于采用认知神经技术研究顿悟。因此,在后续的研究中可以尝试采用这种范式对顿悟的心理机制及其影响因素进行更为深入的研究。

## 三、顿悟问题解决的谜语范式

### (一) 谜语范式的原理

罗劲等使用谜语作为实验材料,通过向被试呈现提示来研究顿悟过程。谜语材料比较丰富,因此可以获得足够数量的、经过良好筛选的谜语作为实验材料。<sup>[15]</sup>在实验中,先向被试呈现谜语,令其进入对特定问题的准备和思索状态,在其无法解答的情况下,向其呈现提示,被试在看到提示的瞬间便会产生顿悟。<sup>[16]</sup>这样就能在短时间内获得足够数量的顿悟过程,并可以锁定顿悟发生的时间,从而确定在顿悟时发生了怎样的大脑活动。

谜语范式能在一定程度上满足脑成像研究的要求,但是它也有缺陷。傅小兰指出,呈现提示引发的顿悟与经典的顿悟不同,被试只须理解给出的提示,看清问题陈述与答案的关系就能解决问题,这可能只是领悟而不是严格意义上的顿悟。

悟。<sup>[17]</sup>邱江,张庆林等以顿悟的原型激活理论为理论基础,用学习-测试的二阶段实验范型来进一步探讨顿悟问题解决的脑机制。<sup>[18-19]</sup>他们用中国传统的字谜作为实验材料,在学习阶段让被试学习一个原型字谜,在测试阶段,让被试去解决一个同型的靶字谜,通过原型字谜的学习,被试可以获得解决靶字谜的启发性信息,从而较快的猜到字谜的答案,达到顿悟。

## (二) 谜语范式与顿悟研究

在顿悟的脑机制研究中,罗劲等使用了三种类型的谜语。第一种是需要用谜底来解决看似矛盾的谜面。如:能搬动沉重的木头却不能搬动小钉子的东西(谜底是“江河”)。第二种是有歧义的因果短句,需要重新理解句子中词的优势含义来解释句子的意思。如因为布破了,所以干草堆变得很重要(谜底是“跳伞”)。第三种是脑筋急转弯。例如,很不幸,史密斯和儿子出了车祸;史密斯死亡,儿子重伤。但是外科医生却说:“对不起,我不能给自己的儿子做手术。”这怎么可能发生呢?(答案是外科医生是儿子的妈妈)。在解决这些谜语时,解决者的最初解法与最终解法是不同的,这涉及到了重构过程。<sup>[20]</sup>

脑成像数据的分析要靠目标状态和参照状态的对比,好的参照状态包含与顿悟类似的问题要素和解决程序。可以作为基线与重构对比的事件包括:静止休息的状态,问题的起始状态,回答知识型问题的状态,解决者知道了结构原则但未能解决问题而给出提示的状态,已经解决问题而给出假提示的状态,没有解法的假问题给出假提示的状态。大多数研究使用了一个问题一个提示的程序,一个问题只跟随一个提示。在最近的研究中,罗劲等的谜语范式使用了一个问题多个提示的程序。一个问题跟随几个提示,这些提示有的能促进重构,有的不能。

有了大量的顿悟过程后,我们就可以检验假设。在检验顿悟有无特殊之处时,罗劲等认为通过比较顿悟和非顿悟下激活的神经网络,可以判断顿悟与非顿悟的差异:看两种情况下所激活的神经网络的重叠程度,重叠的区域少说明顿悟具有特殊性的可能性大,重叠的区域多则说明顿悟特殊的可能性小。在检验各个脑区的功能时,罗劲等用谜语为材料,采用事件相关fMRI技术,

将包含以及不包含思维定势打破的两类心理事件锁定在标准答案呈现的那个时刻上。研究结果表明:相对不包含思维定势打破的项目,包含思维定势打破的项目激活的主要有两个区域,一是扣带前回(ACC);二是接近或位于左侧额叶的岛叶和额下回。邱江,张庆林等以字谜为材料,通过分析猜中与再认的差异波发现,扣带后回(PCC)可能对思维定势或认知冲突进行监控和抑制,而右侧海马旁回(BA34)可能主要与新异联系的形成有关。<sup>[21]</sup>

## 四、小结

认知神经范式为顿悟的脑机制研究提供了帮助,但一方面由于认知神经范式还不是很成熟,另一方面由于顿悟问题的难以界定,这些范式是否适合顿悟研究还存在着许多的质疑。从性质上看,远距离联想测验是一项分析任务,它可能更多的与人的概念整合能力相联系;NRT的很多特点都很适合认知神经科学的研究,但它是一个规则学习的过程,能否当作顿悟问题解决还是一个问题。对于谜语范式的批评主要集中在顿悟和领悟的区别上,毕竟“催化”的顿悟与自发的顿悟是不同的,而邱江等对谜语范式的改进从一定程度上克服了这一缺点。从谜语的性质上看,谜语的解决更接近顿悟问题解决,谜语范式是比较适合顿悟研究的范式。

## 参考文献

- [1] 邢强. 顿悟:心理学的解释、困境与出路[J]. 宁波大学学报:教育科学版, 2008, 30(6): 43-47.
- [2] 邱江,张庆林. 字谜解决中的“啊哈”效应:来自ERP研究的证据[J]. 科学通报, 2007, 52(22): 2 625-2 631.
- [3] MEDNICK S A. The associative basis of the creative process[J]. Psychological Review, 1962, 69(3): 220-232.
- [4] BOWDEN E M, BEEMAN M J. Normative data for 144 compound remote associate problems[J]. Behavior Research Methods, Instruments&Computers, 2003, 35(4): 634-639.
- [5] BEN-ZUR H. Automatic and direct search processes in solving simple semantic-memory problems[J]. Memory & Cognition, 1989, 17(5): 617-626.
- [6] BOWDEN E M, BEEMAN M J, FLECK J, et al. New approaches to demystifying insight[J]. Cognitive Sciences, 2005, 9(7): 322-328.
- [7] BOWDEN E M, BEEMAN M J. Methods for investigating the neural components of insight[J]. Methods, 2007, 42: 87-99.
- [8] 郭秀艳. 内隐学习和外显学习关系评述[J]. 心理科学进展,

- 2004, 12(2): 185-192.
- [ 9 ] HAIDER H, ROSE M. How to investigate insight: A proposal[J]. *Methods*, 2007, 42: 49-57.
- [ 10 ] HAIDER H, FRENSCH P A. The generation of conscious awareness in an incidental learning situation[J]. *Psychological Research*, 2005, 69: 399-411.
- [ 11 ] HAIDER H, FRENSCH P A, JORAM D. Are strategy shifts caused by data-driven processes or by voluntary processes[J]. *Consciousness & Cognition*, 2005, 14(3): 495-519.
- [ 12 ] CLAPPER J P, BOWER G H. Adaptive categorization in unsupervised learning[J]. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory & Cognition*, 2002, 28(5): 908-923.
- [ 13 ] ROSE M, HAIDER H, WEILLER C. The relevance of the nature of learned associations for the differentiation of human memory systems[J]. *Learning & Memory*, 2004, 11(2): 145-152.
- [ 14 ] ROSE M, HAIDER H, BÜCHEL C. Unconscious detection of implicit expectancies[J]. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 2005, 17(6): 918-927.
- [ 15 ] 罗劲, 张秀玲. 从困境到超越: 顿悟的脑机制研究[J]. *心理科学进展*, 2006, 14(4): 484-489.
- [ 16 ] 罗劲. 顿悟的大脑机制[J]. *心理学报*, 2004, 36(2): 219-234.
- [ 17 ] 傅小兰. 探讨顿悟的心理过程与大脑机制——评罗劲的《顿悟的大脑机制》[J]. *心理学报*, 2004, 36(2): 234-237.
- [ 18 ] 张庆林, 邱江. 顿悟与源事件启发信息的激活[J]. *心理科学*, 2005, 28(1): 6-9.
- [ 19 ] 邱江, 罗跃嘉, 吴真真, 等. 再探猜谜作业中“顿悟”的ERP效应[J]. *心理学报*, 2006, 38(4): 507-514.
- [ 20 ] LUO J, KNOBLICH G. Studying insight problem solving with neuroscientific methods[J]. *Methods*, 2007, 42(1): 77-86.
- [ 21 ] LUO J, NIKI K, PHILLIPS S. Neural correlates of the Aha! Reaction [J]. *NeuroReport*, 2004, 15(13): 2 013-2 017.

## A Review of Cognitive Paradigm of Insight Problem-solving Research

XING Qiang<sup>1</sup>, CHE Jing-shang<sup>1</sup>, TANG Zhi-wen<sup>2</sup>

( 1. Psychology Dept., Guangzhou University, Guangzhou 510006, China;

2. Management School, Jinan University, Guangzhou 510632, China )

**Abstract:** The article is trying to review certain cognitive and neuroscience paradigms such as implicit learning, remote association and riddles cracking. It maintains that these paradigms have contributed much to researches in cognitive and neural mechanisms of insight.

**Key words:** insight; implicit learning; remote association; riddles-cracking paradigm

( 责任编辑 夏登武 )