

• 研究构想(Research Reports) •

顿悟体验的心理与神经机制*

袁媛^{1,2} 沈汪兵³ 施春华³ 刘畅³ 刘取芝⁴ 刘昌¹

(¹ 南京师范大学心理学院暨认知神经科学实验室, 南京 210097)

(² 南京特殊教育师范学院康复科学学院, 南京 210038)

(³ 河海大学公共管理学院暨应用心理学研究所, 南京 210098)

(⁴ 河海大学大学生心理发展研究中心, 南京 210098)

摘要 顿悟体验研究是揭示顿悟本质的重要途径。先前研究从认知角度对顿悟问题解决中的“旧而无效解题思路如何抛弃”与“新而有效解题思路如何形成”过程进行了颇多探讨, 但较少探讨顿悟体验本身。顿悟体验研究对理清创造性顿悟中关键过程间的关系及阐明顿悟的科学规律均有重要的意义。基于创造性顿悟的“新旧交替”的动态视角, 本项目拟借助多元方法来对言语类和视图类问题解决过程中尝试解题阶段和答案闪现阶段的顿悟体验的心理实质与脑机制进行研究。本项目成果不仅可以丰富和优化顿悟问题研究的方法学体系, 而且能从知情转化层面深化对创造性顿悟脑机制的认识。

关键词 顿悟体验; 多维标量法; 顿悟问题解决; 啊哈体验; 情绪调节

分类号 B842

1 问题的提出

创新是人类文明和社会持续发展的关键驱动力, 是实现国家创新驱动战略的关键基石和重要保障。在大力推进创新型国家建设并对杰出创新人才(施建农等, 2012)和社会创新需求更加旺盛的时代背景下, 就作为促进和实现个体或社会创造性重要手段的创造性顿悟(creative insight)进行科学研究无疑具有非常重要的意义。创造性顿悟是创新实现的关键环节(Wallas, 1926; 罗劲, 2004; 詹慧佳, 刘昌, 沈汪兵, 2015)和重要途径(Sandkühler & Bhattacharya, 2008; 邱江, 张庆林, 2011), 反映并表征着人类的智慧(沈汪兵, 袁媛, 罗劲, 刘昌, 2015; 邱江, 张庆林, 2011), 在最近两个世纪里

得到了广泛关注。学者们从心理和神经层面对创造性顿悟的心理特点、认知过程、作用机制、神经基础及其影响因素进行了大量探讨, 提出了许多创造性观点(e.g., 罗劲教授的“顿悟是‘新旧交替’视角的问题解决过程”的观点)和理论模型(e.g., 张庆林教授和邱江教授团队的“原型启发理论”), 并发展出了某些重要的创造性顿悟培养或提升策略(Kounios & Jung-Beeman, 2014; Ren et al., 2011; Wagner, Gais, Haider, Verleger, & Born, 2004; Wei et al., 2014; Xing, Zhang, & Zhang, 2012; Zhao et al., 2013)。顿悟体验(insight experience)作为伴随顿悟过程的重要心理特征(Qiu et al., 2010; Shen, Yuan, Liu, & Luo, 2016), 被视为标志顿悟发生重要且可捕捉的行为现象学指标(Danek, Fraps, von Müller, Grothe, & Öllinger, 2014; Gick & Lockhart, 1995; Jung-Beeman et al., 2004), 但有关顿悟体验的探讨非常有限。这使得人们对顿悟体验的本质缺乏深入和系统的认识。因此本项目主要致力于揭示顿悟体验的心理与神经机制, 现将论述顿悟体验涉及到的行为学和认知神经科学方面的研究, 并分析国内外该领域的发展动态。

收稿日期: 2015-11-03

* 国家自然科学基金青年科学基金(31500870)、中央高校基本科研业务费专项资金资助项目(2014B15314)和江苏省普通高校研究生科研创新计划项目(KYLX15_0770)支持。

通讯作者: 沈汪兵, E-mail: wbsenhhu@126.com;

刘昌, E-mail: liuchang@njnu.edu.cn

1.1 顿悟体验的内涵：伴随顿悟问题解决全程的心理体验

学界对顿悟体验的关注肇始于格式塔心理学家柯勒对人猿的顿悟学习的研究，但开启顿悟的科学研究之前，人们就已存在有关顿悟体验的“前科学”认识。这些认识大多源于名人轶事和现实生活中自己解决问题过程中的心理感受。一个流传甚广的轶事是有关阿基米德发现浮力定律的故事。传说当时有位国王邀请物理学家阿基米德来解决自己所打造的皇冠中是否是纯金而没有掺杂其他物质的问题。阿基米德百思不得其解，但某天洗澡时他猛然意识到了答案——利用物体排开水的体积来计算皇冠的密度并将之与金块密度对比的方式来确定皇冠是否是纯金的。阿基米德意识到这个问题答案后，赤裸地跑到大街上并“忘乎所以”地大叫“我找到了，我找到了”。心理学家认为阿基米德获得问题答案的过程是一种创造性顿悟(Chein & Weisberg, 2014; Weisberg, 2013)，而他并没有意识到自己赤裸身体而暴露于公众前的“得意忘形”则是突然顿悟伴随的强烈的主观体验所致。类似阿基米德获得问题解决方案的这种伴随题解顿悟的心理体验被称为“啊哈体验”(aha experience; Jung-Beeman et al., 2004; Shen et al., 2016; Ovington, Saliba, Moran, Goldring, & Macdonald, in press)。

最近有学者针对日常生活中哪些人通常在何时何地会产生顿悟体验的问题进行了调查(Hill & Kemp, in press; Ovington et al., in press)。研究选取了1114名18到85岁的澳大利亚居民为调查对象，让他们完成一些有关顿悟体验的开放问题。统计结果显示，80%的调查对象(891人)报告自己有过顿悟体验，且女性较男性拥有更多顿悟体验，18-44岁之间的青年人群体较45岁以上的中老年群体拥有更多顿悟体验。有趣的是，随个体受教育水平的增加，拥有顿悟体验者的比例却在减少，且以拥有顿悟体验的博士学历群体中比例最小。进一步分析显示，个体的顿悟体验经历与个体的性别和受教育水平有显著关联，但与年龄并无明显关联。个体所从事的职业也会影响他们的顿悟体验经历。90%以上从事管理、物理和社会科学艺术和娱乐业以及服务相关行业的人群有过顿悟体验，只有不到70%的从事建筑、法律和生

业者报告自己有过顿悟体验¹。大多数顿悟体验出现在夜晚(79%)、工作过程中(32%)和沐浴时(30%)，而在安静休息(16%)、搭乘交通工具(13%)、体育锻炼(11%)和在大自然中放松时(6%)较少感受到顿悟体验。统计结果还显示，约59%的回答者认为顿悟体验源于无意识或直觉，43%的回答者则认为顿悟体验是思维的结果，仅11%的回答者认为顿悟体验源于问题解决，10%的回答者认为源于睡眠(Ovington et al., in press)。上述研究提示，顿悟体验是与现实生活密切相关且有待深入研究的一个有趣的心理现象。

如上述调查显示的，创造性顿悟是可遇而不可求且长期被常识性地视为有别于常规问题解决的瞬间实现的无意识过程或心理状态(Siegler, 2000)。然而，越来越多的证据显示，顿悟过程是一个非瞬间实现的动态加工系列(Sheth, Sandkühler, & Bhattacharya, 2009; Sandkühler & Bhattacharya, 2008; Zhao et al., 2013; Luo & Niki, 2003; Qiu et al., 2010; Moss, Kotovsky, & Cagan, 2011; 邢强, 张忠炉, 孙海龙, 张金莲, 王菁, 2013)。例如，罗劲(2004)率先提出了顿悟问题解决是一个“旧的有效思路如何被抛弃”和“新的有效联系如何实现”的“新旧交替”过程；张庆林、邱江和曹贵康(2004)原创的原型启发理论主张，顿悟问题解决是激活原型和随后在原型启发下顺利解题的过程；Zhao等人(2013)和黄福荣、周治金和赵庆柏(2013)认为顿悟是信息选择和新颖信息组合的系列过程。上述研究表明，顿悟过程中因顿悟主体的旧知识经验而促发的思维定势的尝试解题与由于新思路而催生的新异联结的答案闪现是顿悟过程的两个关键阶段。相应地，作为伴随顿悟全程心理体验的顿悟体验也不能完全等同于传统意义上适于瞬间实现的无意识顿悟观的啊哈体验。有鉴于上述创造性顿悟阶段观(Weisberg, 2013; Öllinger, Jones, & Knoblich, 2014)中思维定势的自动激活及其所致思维僵局的顽固性²与新颖联系形成对创造性顿悟题解获得的重要性，本研究中推测作为伴随顿悟问题解决全程主观体验具有较明显的阶段性，

¹ 因研究者未将问题答案限定为单选，导致调查对象提供了多个答案，进而使得各类比例之和不为1。

² 思维僵局的顽固性是指思维僵局的存在是界定创造性顿悟过程的定义性特征(e.g., Ohlsson, 1992)。

且可能包含着成功重构前因思维定势激活而促发思维僵局产生的尝试解题阶段的主观体验和成功重构后因新颖联系形成而导致问题题解有意识突现的题解闪现阶段的主观体验(即传统意义上的啊哈体验)。对上述顿悟过程两关键阶段的主观体验的系统观察与科学研究有望肃清将顿悟体验等同于为啊哈体验的常识性“谬误”,形成动态的两阶段顿悟体验观。

1.2 顿悟体验的实质:认知经验还是情绪感受?

确定体验的结构和内涵是明确顿悟体验心理实质的重要基础。虽然上文从伴随顿悟过程的主观体验或心理体验来对顿悟体验进行了概念界定,但它并不涉及顿悟体验的内涵或构成要素。以往研究中,顿悟体验由于受到传统意义上的瞬间实现的无意识顿悟观影响而被简单视为伴随新颖联系形成的题解闪现阶段的啊哈体验,并因此在相当长时间内被简化为兴奋感(Gick & Lockhart, 1995; Gruber, 1995; Kaplan & Simon, 1990)。作为伴随顿悟问题解决或创造性顿悟全程的心理体验,顿悟体验的内涵可能远不止如此。暂且不论以往研究中的顿悟体验只是答案闪现的啊哈体验,单就顿悟体验中体验的内涵来说,顿悟体验就十分复杂。在词源上,体验即 experience,由“经历”或“经验”演化而来,是个体对某种事物的实际经历或亲身经历,意指体验的产生离不开个体的经验(张鹏程,卢家楣,2013);体验作为概念使用则可追溯到生命哲学家狄尔泰。在他看来,体验是等同于内感的一种最基本的认知和被认知的单元(安延明,1990)。心理学中,体验被认为是“情绪的心理实体,是由环境影响并通过表情动作复合的内导刺激引起的具有特定色彩且同人脑内的感情性信息和认知的高级功能相联系的一种感觉状态”(孟昭兰,2000)。从上述内涵可知,体验中存在着认知和情绪因素,知情相互作用可视为其典型特征。实际上,不仅如此,体验同认知、情绪、行为、身体经验和生理唤醒均有着非常密切的联系。例如,Damasio的躯体标记假说(somatic marker hypothesis, SMH; Bechara, Damasio, Tranel, & Damasio, 2005)主张:“任何一种主观感受(包括身体感受和通常概念下的情绪、情感体验),都由两个心理特征结合而成,即由某种刺激引起的认知性感知觉及其伴随的情绪,这两个心理特征各自由一个独立而不同的神经回路产生,并随后融合于工作记忆系统中,从而产生了当前刺激的完整

感受”。基于上述诸多观点,我们有理由相信顿悟体验可能并非传统意义上由“兴奋感”构成的单一心理结构。

针对顿悟体验的结构,虽少有研究对此进行实证探讨,但以往有关顿悟问题题解闪现阶段心理体验或啊哈体验的报告为此提供了重要启示。例如,Gick和Lockhart(1995)认为答案闪现阶段的顿悟体验(即传统意义上的啊哈体验)主要是指伴随答案闪现的突然性和惊讶。突然性的强度取决于答案显现在意识领域的速度,而惊讶产生于问题初始表征与重构表征间的不一致。与此类似,Danek, Fraps, Müller, Grothe和Öllinger(2013)从情绪影响后续认知加工的角度也观察到被试对能成功诱发啊哈体验的正确题解的正确回忆率相较于无法诱发该体验的题解回忆率显著更高,且情绪密切有关的杏仁核的激活程度能显著预测事后1~3周内之前所诱发啊哈体验事件的正确回忆率(Ludmer, Dudai, & Rubin, 2011)。

Jarman(2014)率先基于顿悟的表征变换理论,认为顿悟体验无非是认知突变性(radicality)和突发性重构体验(sudden restructuring experience, SRE)。其中,前者是近似于Gick和Lockhart(1995)的伴随啊哈体验的惊讶感,主要由顿悟刹那解题者所知觉到的新旧表征间的主观差异所诱发;然而,后者则主要表征的是解题者对重构的表征的沉浸程度。与此同时,Danek等人(2014)以多个传统顿悟定义涉及的核心特征建构形成了顿悟体验五要素,认为伴随答案闪现的啊哈体验主要包括无法被元认知预测的突发性(Weisberg, 2013; Metcalfe, 1986)、惊讶感(Gick & Lockhart, 1995)、愉悦感(Gruber, 1995)、僵局感(Ohlsson, 1992)以及解题成功未经验证的直觉确定感(certainty)。上述的多方面证据提示,与前述理论分析一致,答案闪现阶段的顿悟体验可能是由认知经验和情绪感受构成的复合心理结构。在之前的工作中,我们运用顿悟要素解构的方法对个体解决中文复合远距离联想问题过程中答案闪现阶段的顿悟体验进行系列实证探讨,发现伴随答案发现的顿悟体验不仅涉及情绪层面的开心、惊喜和兴奋等,而且包含了认知层面的轻松和确信等(Shen et al., 2016)。本研究中将进一步采用顿悟要素的解构方法对答案闪现阶段的顿悟体验的多维构成要素进行探讨,并尝试该方法对因思维定势自动激

活所导致的思维僵局阶段的尝试解题性顿悟体验的心理结构进行实证研究。鉴于若干证据提示, 解题者在陷入创造性顿悟过程思维僵局时, 不仅会在认知上受到已有知识限制与思维定势抑制 (Anderson, Anderson, Ferris, Fincham, & Jung, 2009; Payne & Duggan, 2011), 而且会产生焦虑、挫折感、失败感甚至绝望等负性情感 (Beefink, van Eerde, & Rutte, 2008; Fleck & Weisberg, 2004)。我们预期, 与答案闪现阶段的顿悟体验主要由情绪层面的开心、惊喜和兴奋以及认知层面的轻松和确信构成的结构不同, 伴随思维僵局的尝试解题阶段的顿悟体验可能主要是由失落、平静、紧张与犹豫等要素构成的多维知情复合体。考虑到主观体验与生理唤醒之间的紧密联系 (Lackner et al., 2013), 本研究预期能够诱发顿悟体验的问题解决过程较之无法诱发顿悟体验的问题解决过程会产生显著性的电生理指标的差异, 突出体现为尝试解题阶段的顿悟体验和答案闪现阶段的顿悟体验均可能诱发显著更大的皮肤电反应和更强烈的心血管反应 (例如, 更高的呼吸或心跳频率)。

1.3 顿悟体验的脑机制

虽然截止目前尚未见到专门探讨顿悟体验神经机制的研究, 但伴随着功能磁共振成像 (functional Magnetic Resonance Imaging, fMRI) 等认知神经科学技术的快速发展, 近 10 多年来越来越多的学者开始借助该技术来探讨创造性顿悟的神经机制。这些研究总体勾勒出了顿悟脑的神经功能框架 (Shen, Luo, Liu, & Yuan, 2013), 并在一定程度上为寻找和认识顿悟体验的脑功能基础提供了资料。以往有关顿悟脑机制的 fMRI 研究 (Aziz-Zadeh, Kaplan, & Iacoboni, 2009; Cranford & Moss, 2011; Luo, Niki, & Knoblich, 2006; Qiu & Zhang, 2008; Shen et al., 2013) 不止一次报告过脑岛 (insula) 和中/后部扣带回 (middle/posterior cingulate cortex) 的激活, 并提示它们可能参与顿悟体验加工, 尤其是参与早期尝试解题阶段顿悟体验的加工。新近若干神经影像研究提示, 杏仁核 (amygdala) 和眶额皮层 (orbitofrontal cortex) 有可能是参与成功重构后伴随答案闪现的顿悟体验——啊哈体验的重要脑功能区。例如, Jung-Beeman 团队 (2004) 联合脑电图 (electroencephalogram, EEG) 和 fMRI 技术, 借助复合远距离联想任务考察了顿悟与非顿悟两类题解获得的差异性过程的神经标记, 并观察到

顿悟题解过程特异性地诱发了了解题者获得顿悟题解前 0.3 秒源于右侧颞上回的高频脑波以及扣带回和双侧杏仁核的显著激活。Zhao 等人 (2013) 借助成语字谜的答案选择范式考察了言语类顿悟脑机制, 且观察到了杏仁核在解题活动阶段的显著激活。结合前述的顿悟体验的两阶段观, 本研究预期有可能观察到下述结果: 成功重构前尝试解题阶段的顿悟体验显著激活右侧脑岛和中/后部扣带回, 而成功重构后题解闪现阶段的顿悟体验则可能显著激活杏仁核和眶额皮层。

2 研究构想

通过对当前研究现状的回顾可知, 顿悟体验从顿悟发生的“新旧交替”视角可分离为尝试解题阶段和题解闪现阶段的两类心理体验, 如图 1 所示, 前者在思维僵局或心理困境出现时最明显, 而后者则是狭义上伴随题解出现的啊哈体验。这两类顿悟体验可能不仅具备情绪特性而且包含认知成分, 其脑功能基础可能主要涉及杏仁核、眶额皮层、中/后部扣带回、脑岛以及中脑和/或纹状体。但现有研究不足以确保顿悟体验的特定成分的有效分离, 尤其是顿悟体验中所含要素与结构等心理实质和神经机制尚欠系统探讨。因此, 可供参考的资料很有限。在摸索适合捕捉阶段性顿悟体验实验模式的过程中, 以往研究所发展的谜题答案催化顿悟和自发顿悟范式极大地启发了本项目的研究思路, 为本研究实验范式的选择提供了经验基础。本项目通过 3 个系列研究, 联合和动态整合主观报告法、认知行为实验法、多导电生理记录技术、高精度的脑事件相关电位和功能磁共振成像技术多种方法从顿悟问题解决的“新旧交替”视角来试图解决下述两个关键科学问题: 顿悟体验包括哪些成分, 具有哪些特点? 伴随顿悟解题全程两关键阶段的顿悟体验的神经机制及其可能的功能连接基础是什么? 重点解决顿悟体验是否是认知与情绪混合而成的包括惊奇感、兴奋感和愉悦感等构成的多维心理构念, 以及顿悟体验的功能基础是否是奖赏与情绪 (体验) 加工所形成的双环路。

2.1 研究 1

创造性顿悟虽曾长期被视为一蹴而就瞬间实现的无意识过程 (Siegler, 2000), 受目标导向的问题解决观 (Anderson, 1980, pp. 257) 影响, 顿悟问

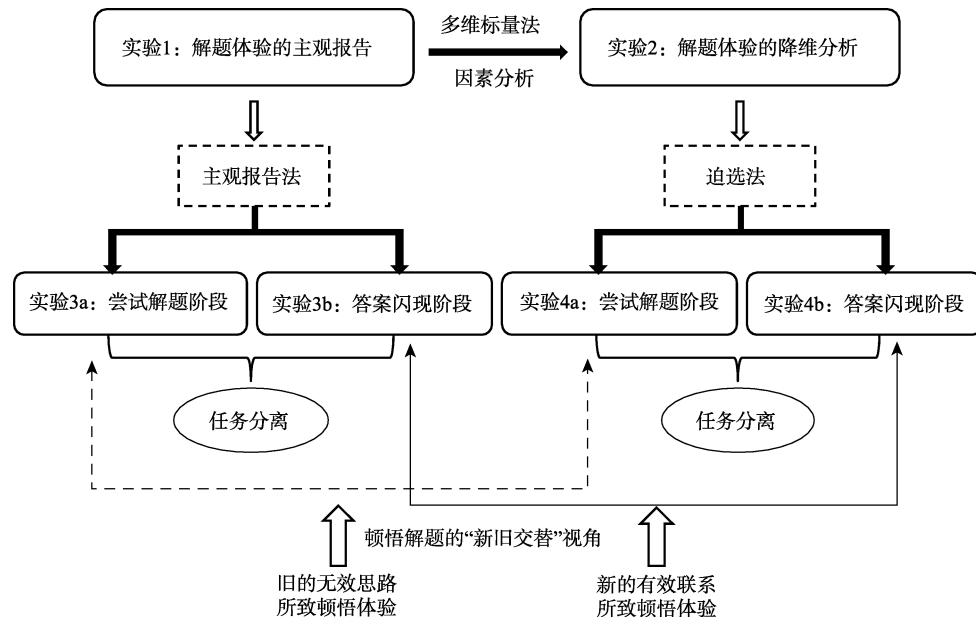


图1 创造性顿悟过程中两阶段顿悟体验的解析途径及其构成要素评估方法

题解决的动态系列观点逐渐被广大学者认同(Sheth et al., 2009; Sandkühler & Bhattacharya, 2008; Zhao et al., 2013; Luo & Niki, 2003; Qiu et al., 2010; Moss et al., 2011; 邢强等, 2013)。顿悟的动态系列思想亦体现在国内学者的原创理论和研究之中。例如, 罗劲(2004)提出的顿悟问题解决是一个“旧的无效思路如何被抛弃”和“新的有效联系如何实现”的“新旧交替”过程观。总体上, 多数理论都认为顿悟是旧思路和新想法相互作用的两阶段系列——旧知识经验促发思维定势的尝试解题阶段与新思路催生新异联结的答案闪现阶段, 这其中体现已有思路穷尽并催生表征重构的思维困境或心理僵局乃是这两个阶段切换的临界(沈汪兵, 刘昌, 罗劲, 余洁, 2012)。基于此, 有必要基于创造性顿悟认知序列的两个阶段来探讨伴随该解题过程的顿悟体验。

如前所述, 目前仅少数研究(Jarman, 2014; Danek et al., 2014; Shen et al., 2016)对顿悟体验的构成要素进行了初步研究。通过对既往该主题研究的细致分析, 不难看出最典型的特点就是顿悟体验成分的解析主要遵从的是自上而下的概念驱动取向, 倾向于从传统顿悟理论学说的角度来解析顿悟体验可能包含的心理成分。近年有关顿悟心理和脑机制研究的大量实验任务和研究范式的兴起, 研究者们越来越清楚地意识到顿悟可能具有非常显著的任务特异性。不同任务所诱发的顿

悟在心理过程和脑机制方面具有相当大的差异, 以致很难形成统合性理论(Dietrich & Kanso, 2010; Shen et al., 2013; Kounios & Jung-Beeman, 2014)。这意味着基于某个顿悟理论抽取出来的顿悟体验的基本成分的解释力将十分有限, 且容易以偏概全。该缺陷主要体现在以下两方面: 一是没有对顿悟体验进行阶段性划分, 将整个顿悟解题过程中的体验视为狭义顿悟体验——啊哈体验来开展顿悟体验构成要素的探索, 无疑不可取; 二是可能忽视或遗漏了某些重要成分的提炼和抽取, 导致所形成的顿悟体验的基本要素不健全或者缺乏对核心要素的把握。自下而上的数据驱动取向可以较好克服自上而下概念驱动取向的不足。因此, 本研究将结合发现, 从自下而上的数据驱动取向联合诸如口语报告和出声思维等能直接反映内在思维过程的第一人称和电生理信号记录与计算机模拟等客观性更强的第三人称的多种方法(Shen et al., 2016; Danek et al., 2014), 设计图1所示的四个系列认知行为实验来探索顿悟问题主动解决全程以及专注于尝试解题阶段和答案闪现阶段的心理体验, 并以多维标量法与因素分析法抽取和确定顿悟体验的基本成分。

2.2 研究2

如前所述, 目前顿悟体验的基本特点仍十分模糊, 不甚明确, 亟需深化和系统化。就当前研究

中普遍提及的顿悟体验的情绪性特点而言,支持该观点最有力的证据主要来自人物传记分析,缺乏实验研讨。Danek 和同事(2013)以及 Ludmer 等人(2011)虽从顿悟体验记忆后效角度观察到了顿悟体验对随后记忆任务回忆率的促进效应(即啊哈体验的记忆增强效应),但该发现并不能说明顿悟体验是情绪性的,如此解释至少是模糊和缺乏力度的。主要原因如下:首先,顿悟体验的记忆增强效应可能是源于顿悟问题解决过程中遭遇了思维困境或者需要从新颖角度进行思考和形成新异联结。即是说,该效应可能是由顿悟问题解决过程中的深层次认知加工引起的(Kizilirmak, Galvao Gomes da Silva, Imamoglu, & Richardson-Klavehn, 2015)。其次,顿悟体验的情绪性没有得到充分阐明。情绪是复杂的心理活动,效价则是情绪最不可忽视的维度之一。先前研究尚未提供有关顿悟体验情绪效价的实质证据,因此有必要探讨顿悟体验可能包含的情绪的效价问题。虽然主观上大多数学者都认为顿悟体验是正性情绪,但顿悟体验相关脑成像研究频繁报告了杏仁核(Zhao et al., 2013; Jung-Beeman et al., 2004)和脑岛(Aziz-Zadeh et al., 2009; Luo et al., 2006; Cranford & Moss, 2011)的激活。众所周知,这些脑区常规意义上是负责负性情绪的加工。少数研究(e.g., Zhao et al., 2013)虽声明顿悟体验相关杏仁核激活与正性情绪的关联,即主张顿悟体验为正性情绪,但实证依据仍很有限。因此,啊哈体验的神经基础仍需进一步澄清。最后,顿悟体验所含情绪是单一情绪(例如,兴奋)还是混合情绪(mixed emotions)尚不清楚。除情绪性以外,顿悟体验是否具有阶段性和多维性等其他特点亦无明确说法。因此,本项目设计了系列实验对顿悟体验的结构特点进行系统探讨。

该部分首先需要借助认知行为实验确定顿悟解题中思维困境或心理僵局最终形成的时间点,也就是由思维定势促发的解题困境为主的尝试解题阶段和以新异联结形成标志的答案闪现阶段的时间间隔和“时间拐点”,以便为准确分离尝试解题阶段和答案闪现阶段的顿悟体验奠定基础。进而借助可以动态记录整个解题过程且能客观反映解题体验变化的多导电生理记录技术来确证尝试解题阶段和答案闪现阶段顿悟体验的情绪维度。

2.3 研究3

从前述的研究现状回顾可知,目前专门对顿悟体验神经机制的探索近乎空白。杏仁核、脑岛、中脑和纹状体等重要脑区均被研究报告与顿悟体验有着不同程度的关联,但针对这些脑区是否是顿悟体验特异的神经机制仍有待研究。首先,这些脑区与顿悟体验之间的关联性缺乏直接发现。因此,有必要对前述提及脑区在顿悟体验中的作用进行筛查,进而厘定顿悟体验的重要或关键脑区,并分析它们之间可能存在的功能连接。其次,已有研究提及的顿悟体验有关脑区是否存在阶段性分离尚不得而知。本研究首次依据解决顿悟问题所含关键过程进行顿悟体验的阶段化解解,由于这两个阶段具有显著的质的差异,于是有必要分析前述脑区在不同阶段顿悟体验中的激活状况和功能连接状况。最后,先前研究中有关顿悟体验神经机制的探讨存在若干不足,例如实验材料性质单一,研究中使用的实验刺激要么是清一色的言语类复合远距离联想问题(e.g., Jung-Beeman et al., 2004; Cranford & Moss, 2011),要么是单一的视图类的模糊图像(e.g., Ludmer et al., 2011; Amir, Biederman, Wang, & Xu, 2015)。因此,本研究的系列实验拟在已有研究发现的基础上,联合言语类复合远距离联想问题和视图类的简笔画两类刺激,并通过整合高时间精度的脑事件相关电位技术和高空间精度的功能磁共振成像技术来动态评估题解诱发和主动求解两类解题模式下尝试解题阶段和答案闪现阶段的顿悟体验的神经机制及其可能的神经回路。

3 理论建构与研究意义

顿悟体验心理机制与动态神经基础的研究具有非常重要的理论与应用价值。仅顿悟领域内顿悟体验要么被视为界定顿悟问题解决过程的核心特征(Gick & Lockhart, 1995; Jung-Beeman et al., 2004; Kaplan & Simon, 1990; Metcalfe, 1986),要么被当作区分顿悟问题和常规问题解决过程的重要且可观察(Danek et al., 2014; Ormerod, MacGregor, & Chronicle, 2002)的现象学特征(Chein & Weisberg, 2014; Jung-Beeman et al., 2004)。因此,对顿悟体验进行研究无疑有助于明确顿悟解题过程核心或者顿悟问题解决有别于常规问题解决的行为现象学特征。顿悟体验还被许多理论(Metcalfe, 1986;

Ohlsson, 1992)和实证研究(Bowden, Jung-Beeman, Fleck, & Kounios, 2005; Jung-Beeman et al., 2004)奉为鉴定顿悟问题的“金标准”,例如, Jung-Beeman 团队(2004)率先以啊哈体验为区分标准探讨了自发性顿悟过程的脑机制。为有效剥离出顿悟过程的脑机制,他们比较了解题过程中能够诱发啊哈体验和无法诱发啊哈体验试次的脑激活差异,并观察到顿悟前 0.3 秒诱发了骤起于右侧颞上回的高频 γ 波。他们随后还在 *Trends in Cognitive Science* 约稿论文中推荐使用该标准来区分顿悟解题过程(Bowden et al., 2005),产生了较大的国际影响。然而, Ohlsson (1992)的思维僵局理论指出,顿悟问题异于常规问题的是解题过程中遭遇了思维僵局——含思维僵局的解题过程即顿悟过程。就此而言,开展顿悟体验的研究有助于肃清当前科学界有关思维僵局是否是顿悟过程必不可少成分的争论。由上可见,专注于顿悟体验的研究不仅有助于查明或解决顿悟体验的心理实质、关键要素、认知与脑机制等重要科学问题,而且有助于深化创造性顿悟过程与机制的认识和理解,拓展与强化对创造性顿悟中各认知环节间的关系以及关键过程的把握,并能为进一步理清和解析创造性顿悟领域的未知问题提供新视角和启示。

如图 2 所示,基于创造性顿悟是目标导向的动态系列的思想(Weisberg, 2013; Anderson, 1980, pp. 257),创造性顿悟中的思维僵局觉察到思维僵局最终形成之间可能存在多个加工过程,目前对

该阶段可能涉及的具体认知加工环节进行深入探索的资料相当有限。不过,当前理论构想中主要关注该过程中的已有知识经验提取(或激活)及其扩散以及反复的认知求解或解题尝试;认知冲突、表征重构和僵局解除之间的方向箭头表明该过程可能是重复多次的。根据现有研究(e.g., Wu, Knoblich, & Luo, 2013),问题解决过程中引发思维僵局或限制成功顿悟的因素或困难并不唯一,可能是多种因素或困难共同导致的。每一次的表征重构可能只能消除一个因素引起的思维僵局并让解题者体验到新的解题状态与问题求解目标状态之间的新的认知冲突。本项目的重点在于借助基于任务分离范式的认知行为实验和具有高时间精度的脑事件相关电位技术来解析我们所发展的中文复合远距离联想问题(Shen, Yuan, Liu, Yi, & Dou, in press)解决过程中两阶段顿悟体验的加工特点和心理机制;并在此基础上借助 fMRI 技术来探讨杏仁核、脑岛和眶额皮层在思维僵局产生阶段(主要通过认知行为实验来准确确定中文复合远距离联想问题解决过程中思维僵局形成的时间点)和答案闪现阶段(主要通过解题者答案获得的行为反应来锁定该阶段)的作用及其可能的功能分离效应。

在理论层面,本研究更新了顿悟体验等同于啊哈体验的陈旧观念,提出了顿悟体验的动态序列观,主张伴随创造性顿悟全程的顿悟体验因其认知求解过程的阶段性可细分为成功重构前由思

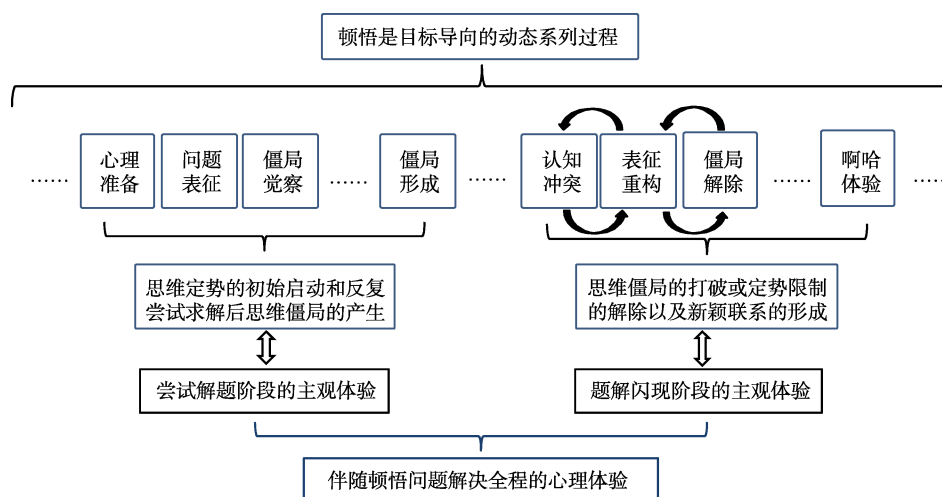


图2 尝试解题阶段顿悟体验和题解闪现阶段顿悟体验解析的理论构想体系

维定势所致思维僵局阶段的尝试解题性顿悟体验和成功重构后因新颖联系形成所致答案获得阶段的题解伴随性顿悟体验。与此同时,从顿悟体验的现象学取向与知情转换角度来解析创造性顿悟及其所蕴含的情感要素,挑战了传统的认知顿悟观,为进一步揭示创造性顿悟的心理本质开辟了新的研究途径。更重要的是,立足于顿悟体验的心理与神经机制,我们在顿悟体验多方法学联合研究基础上尝试提出了创造性顿悟的心-身-脑三元交互观(triadic view of mind, soma, and brain)³。该理论假设主张,创造性顿悟不仅仅是诸如表征重构和组块破解导致的“纯心理过程”或大脑功能网络作用下的问题解决过程,而是“脖子以上的大脑”(brain)、“脖子以下躯体”(soma/body)和心智(mind)三者交互作用下的复杂过程。具体而言,该理论假设涉及两方面的内涵。一方面,创造性顿悟的产生和出现会在心智(可以是解题者的主观感受,亦可以是类似反应时标示心理加工的行为表现)、脑神经活动(某些功能脑区的激活或者类似 N380 这类比较特异性的脑电标记亦或是创造性顿悟特异性的脑神经功能连接)与躯体活动(促使个体产生某些躯体反应、行动定向或姿势)或躯体神经活动(显著增强的皮电反应或心血管反应)三层面产生某些特异性的关联标记;另一方面,若对创造性顿悟的三个功能主体(大脑、躯体和心智)中任意一者进行干预或控制都会影响创造性顿悟过程或其行为效果。上述观点不仅有效彰显了创造性顿悟的具身性(embodiment),而且对创造性顿悟的心理与生理基础进行了合理整合。

除此之外,在研究内容和研究方法方面,本项目具有重要价值。首先,有助于改良和完善当前单纯倚重认知视角解析创造性尤其是创造性顿悟心理与神经机制的方法学路径,避免或弱化了将创造性顿悟的心理机制“人为窄化”为认知机制的窘况,有助于推动创造性顿悟的情感特征研究;其次,有助于丰富和深化顿悟的新旧交互观,并有可能助益于创造性顿悟的现象学研究取向(e.g., Cosmelli & Preiss, 2014)的发展和知情转化研究径

路(Shen et al., 2016)的开拓;最后,该项目研究有助于深化知情交互作用机理及其对创新思维影响的认识,甚至能为抑郁症等心理疾病的干预(罗晓璐, 俞国良, 2010)及其临床顿悟机制研究(Kounios & Jung-Beeman, 2014; Yu, Zhang, Zhang, Zhang, & Luo, 2016)提供启示。

参考文献

- 安延明. (1990). 狄尔泰的体验概念. *复旦学报: 社会科学版*, (5), 47-55.
- 黄福荣, 周治金, 赵庆柏. (2013). 汉语成语谜语问题解决中思路竞争的眼动研究. *心理学报*, 45(1), 35-46.
- 罗劲. (2004). 顿悟的大脑机制. *心理学报*, 36(2), 219-234.
- 罗晓璐, 俞国良. (2010). 青少年创造力、心理健康发展特点及相互关系. *中国教育学报*, (6), 15-19.
- 孟昭兰. (2000). 体验是情绪的心理实体——个体情绪发展的理论探讨. *应用心理学*, 6(2), 48-52.
- 邱江, 张庆林. (2011). 创新思维中原型激活促发顿悟的认知神经机制. *心理科学进展*, 19(3), 312-317.
- 沈汪兵, 刘昌, 罗劲, 余洁. (2012). 顿悟问题思维僵局早期觉察的脑电研究. *心理学报*, 44(7), 924-935.
- 沈汪兵, 袁媛, 罗劲, 刘昌. (2015). 智慧中创造性核心的神经基础. *科学通报*, 60(28-29), 2726-2738.
- 施建农, 陈宁, 杜翔云, 张兴利, 张真, 段小菊, 刘彤冉. (2012). 创造力心理学与杰出人才培养. *中国科学院院刊*, 27(S1), 164-173.
- 邢强, 张忠炉, 孙海龙, 张金莲, 王菁. (2013). 字谜顿悟任务中限制解除和组块分解的机制及其原型启发效应. *心理学报*, 45(10), 1061-1071.
- 詹慧佳, 刘昌, 沈汪兵. (2015). 创造性思维四阶段的神经基础. *心理科学进展*, 23(2), 213-214.
- 张鹏程, 卢家楣. (2013). 体验的心理机制研究. *心理科学*, 36(6), 1498-1503.
- 张庆林, 邱江, 曹贵康. (2004). 顿悟认知机制的研究述评与理论构想. *心理科学*, 27(6), 1435-1437.
- Amir, O., Biederman, I., Wang, Z. J., & Xu, X. K. (2015). Ha Ha! Versus Aha! A direct comparison of humor to nonhumorous insight for determining the neural correlates of mirth. *Cerebral Cortex*, 25(5), 1405-1413.
- Anderson, J. R. (1980). *Cognitive psychology and its implications*. New York: W. H. Freeman.
- Anderson, J. R., Anderson, J. F., Ferris, J. L., Fincham, J. M., & Jung, K.-J. (2009). Lateral inferior prefrontal cortex and anterior cingulate cortex are engaged at different stages in the solution of insight problems. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 106(26), 10799-10804.
- Aziz-Zadeh, L., Kaplan, J. T., & Iacoboni, M. (2009). "Aha!": The neural correlates of verbal insight solutions. *Human Brain Mapping*, 30(3), 908-916.
- Bechara, A., Damasio, H., Tranel, D., & Damasio, A. R.

³ 具体参见: Shen, W.B., Yuan, Y., Liu, C., & Luo, J. (submitted). Uncovering the framework of brain-mind-body in creative insight.

- (2005). The Iowa Gambling Task and the somatic marker hypothesis: Some questions and answers. *Trends in Cognitive Sciences*, 9(4), 159–162.
- Beefink, F., van Eerde, W., & Rutte, C. G. (2008). The effect of interruptions and breaks on insight and impasses: Do you need a break right now?. *Creativity Research Journal*, 20(4), 358–364.
- Bowden, E. M., Jung-Beeman, M., Fleck, J., & Kounios, J. (2005). New approaches to demystifying insight. *Trends in Cognitive Sciences*, 9(7), 322–328.
- Chen, J. M., & Weisberg, R. W. (2014). Working memory and insight in verbal problems: Analysis of compound remote associates. *Memory & Cognition*, 42(1), 67–83.
- Cosmelli, D., & Preiss, D. D. (2014). On the temporality of creative insight: A psychological and phenomenological perspective. *Frontiers in Psychology*, 5, 1184.
- Cranford, E. A., & Moss, J. (2011). An fMRI study of insight using compound remote associate problems. In *Proceedings of the 33rd annual conference of the cognitive science society* (pp. 3558–3563). Austin, TX: Cognitive Science Society.
- Danek, A. H., Fraps, T., von Müller, A., Grothe, B., & Öllinger, M. (2013). Aha! experiences leave a mark: Facilitated recall of insight solutions. *Psychological Research*, 77(5), 659–669.
- Danek, A. H., Fraps, T., von Müller, A., Grothe, B., & Öllinger, M. (2014). It's a kind of magic – what self-reports can reveal about the phenomenology of insight problem solving. *Frontiers in Psychology*, 5, 1408.
- Dietrich, A., & Kanso, R. (2010). A review of EEG, ERP, and neuroimaging studies of creativity and insight. *Psychological Bulletin*, 136(5), 822–848.
- Fleck, J. I., & Weisberg, R. W. (2004). The use of verbal protocols as data: An analysis of insight in the candle problem. *Memory & Cognition*, 32(6), 990–1006.
- Gick, M. L., & Lockhart, R. S. (1995). Cognitive and affective components of insight. In R. J. Sternberg & J. E. Davidson (Eds.), *The nature of insight*. Cambridge: The MIT Press.
- Gruber, H. E. (1995). Insight and affect in the history of science. In R. J. Sternberg & J. E. Davidson (Eds.), *The nature of insight*. Cambridge: The MIT Press.
- Hill, G., & Kemp, S. M. (in press). Uh-Oh! What have we missed? A qualitative investigation into everyday insight experience. *The Journal of Creative Behavior*.
- Jarman, M. S. (2014). Quantifying the qualitative: Measuring the insight experience. *Creativity Research Journal*, 26(3), 276–288.
- Jung-Beeman, M., Bowden, E. M., Haberman, J., Frymiare, J. L., Arambel-Liu, S., Greenblatt, R., ... Kounios, J. (2004). Neural activity when people solve verbal problems with insight. *PLoS Biology*, 2(4), E97.
- Kaplan, C. A., & Simon, H. A. (1990). In search of insight. *Cognitive Psychology*, 22(3), 374–419.
- Kizilirmak, J. M., Galvao Gomes da Silva, J., Imamoglu, F., & Richardson-Klavehn, A. (2015). Generation and the subjective feeling of “aha!” are independently related to learning from insight. *Psychological Research*, 1–16. DOI: 10.1007/s00426-015-0697-2
- Kounios, J., & Jung-Beeman, M. (2014). The cognitive neuroscience of insight. *Annual Review of Psychology*, 65(1), 71–93.
- Lackner, H. K., Weiss, E. M., Schuler, G., Hinghofer-Szalkay, H., Samson, A. C., & Papousek, I. (2013). I got it! Transient cardiovascular response to the perception of humor. *Biological Psychology*, 93(1), 33–40.
- Ludmer, R., Dudai, Y., & Rubin, N. (2011). Uncovering camouflage: Amygdala activation predicts long-term memory of induced perceptual insight. *Neuron*, 69(5), 1002–1014.
- Luo, J., & Niki, K. (2003). Function of hippocampus in “insight” of problem solving. *Hippocampus*, 13(3), 316–323.
- Luo, J., Niki, K., & Knoblich, G. (2006). Perceptual contributions to problem solving: Chunk decomposition of Chinese characters. *Brain Research Bulletin*, 70(4–6), 430–443.
- Metcalf, J. (1986). Feeling of knowing in memory and problem solving. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 12(2), 288–294.
- Moss, J., Kotovsky, K., & Cagan, J. (2011). The effect of incidental hints when problems are suspended before, during, or after an impasse. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 37(1), 140–148.
- Ohlsson, S. (1992). Information-processing explanations of insight and related phenomena. In M. T. Keane & K. J. Gilhooly (Eds.), *Advances in the psychology of thinking* (pp. 1–44). London: Harvester-Wheatsheaf.
- Öllinger, M., Jones, G., & Knoblich, G. (2014). The dynamics of search, impasse, and representational change provide a coherent explanation of difficulty in the nine-dot problem. *Psychological Research*, 78(2), 266–275.
- Ormerod, T. C., MacGregor, J. N., & Chronicle, E. P. (2002). Dynamics and constraints in insight problem solving. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 28(4), 791–799.
- Ovington, L. A., Saliba, A. J., Moran, C. C., Goldring, J., & MacDonald, J. B. (in press). Do people really have insights in the shower? The when, where and who of the Aha! Moment. *The Journal of Creative Behavior*.
- Payne, S. J., & Duggan, G. B. (2011). Giving up problem solving. *Memory & Cognition*, 39(5), 902–913.
- Qiu, J., Li, H., Jou, J., Liu, J., Luo, Y. J., Feng, T. Y., ... Zhang, Q. L. (2010). Neural correlates of the “Aha” experiences: Evidence from an fMRI study of insight problem solving. *Cortex*, 46(3), 397–403.
- Qiu, J., & Zhang, Q. L. (2008). “Aha!” effects in a guessing Chinese logograph task: An event-related potential study. *Chinese Science Bulletin*, 53(3), 384–391.

- Ren, J., Huang, Z. H., Luo, J., Wei, G. X., Ying, X. P., Ding, Z. G., ... Luo, F. (2011). Meditation promotes insightful problem-solving by keeping people in a mindful and alert conscious state. *Science China Life Sciences*, 54(10), 961–965.
- Sandkühler, S., & Bhattacharya, J. (2008). Deconstructing insight: EEG correlates of insightful problem solving. *PLoS One*, 3(1), e1459.
- Shen, W. B., Luo, J., Liu, C., & Yuan, Y. (2013). New advances in the neural correlates of insight: A decade in review of the insightful brain. *Chinese Science Bulletin*, 58(13), 1497–1511.
- Shen, W. B., Yuan, Y., Liu, C., & Luo, J. (2016). In search of the ‘Aha!’ experience: Elucidating the emotionality of insight problem-solving. *British Journal of Psychology*, 107(2), 281–298.
- Shen, W. B., Yuan, Y., Liu, C., Yi, B. S., & Dou, K. (in press). The development and validity of a Chinese version of Compound Remote Associates Test. *The American Journal of Psychology*.
- Sheth, B. R., Sandkühler, S., & Bhattacharya, J. (2009). Posterior beta and anterior gamma oscillations predict cognitive insight. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 21(7), 1269–1279.
- Siegler, R. S. (2000). Unconscious insights. *Current Directions in Psychological Science*, 9(3), 79–83.
- Wagner, U., Gais, S., Haider, H., Verleger, R., & Born, J. (2004). Sleep inspires insight. *Nature*, 427(6972), 352–355.
- Wallas, G. (1926). *The art of thought*. New York: Harcourt, Brace & World.
- Wei, D. T., Yang, J. Y., Li, W. F., Wang, K. C., Zhang, Q. L., & Qiu, J. (2014). Increased resting functional connectivity of the medial prefrontal cortex in creativity by means of cognitive stimulation. *Cortex*, 51, 92–102.
- Weisberg, R. W. (2013). On the “demystification” of insight: A critique of neuroimaging studies of insight. *Creativity Research Journal*, 25, 1–14.
- Wu, L. L., Knoblich, G., & Luo, J. (2013). The role of chunk tightness and chunk familiarity in problem solving: Evidence from ERPs and fMRI. *Human Brain Mapping*, 34(5), 1173–1186.
- Xing, Q., Zhang, J. X., & Zhang, Z. L. (2012). Event-related potential effects associated with insight problem solving in a Chinese logograph task. *Psychology*, 3(1), 65–69.
- Yu, F., Zhang, W. C., Zhang, Z. J., Zhang, J. X., & Luo, J. (2016). Insights triggered by textual micro-counseling dialogues of restructuring orientation in experts and students. *PsyCh Journal*, 5(1), 57–68.
- Zhao, Q. B., Zhou, Z. J., Xu, H. B., Chen, S., Xu, F., Fan, W. L., & Han, L. (2013). Dynamic neural network of insight: A functional magnetic resonance imaging study on solving Chinese ‘Chengyu’ riddles. *PLoS One*, 8(3), e59351.

The psychological and neural mechanisms of insight experience

YUAN Yuan^{1,2}; SHEN Wangbing³; SHI Chunhua³; LIU Chang³; LIU Quzhi⁴; LIU Chang¹

(¹ School of Psychology and Lab of Cognitive Neuroscience, Nanjing Normal University, Nanjing 210097, China)

(² School of Rehabilitation Science, Nanjing Normal University of Special Education, Nanjing 210038, China)

(³ School of Public Administration, Hohai University, Nanjing 211100, China)

(⁴ The Research Center of College Students’ Development, Hohai University, Nanjing 211100, China)

Abstract: Insight experience is an important approach to uncover the nature of insight. Previously, numerous studies focused on the processes of “how to abandon the old and ineffective thinking on problem-solving” as well as “how to form the new and effective thinking on problem-solving” from the perspective of cognition. However, insight experience itself was less discussed. Investigating insight experience has significant contribution to clarify the relationship among critical processes of creative insight and understand the nature of insight. Based on the dynamic perspective on “the transition from the old to the new” of creative insight, the present project explored the psychological characteristics and neural mechanisms of impasse-related and solution-related experience occurred on the problem-solving stage and the flash of problem solution stage, combining verbal and figure creative insight task. The present project could not only enrich and optimize the methodological system of insight problem solving, but also deepen the understanding on neural mechanism of creative insight from the transitional level of cognition to emotion.

Key words: insight experience; multi-dimensional scaling method; insight problem solving; aha experience; emotion regulation