

The Explicit-Implicit Interaction Theory and Its Explanation to Arguments on Insight

Qiang Xing, Zhonglu Zhang

Department of Psychology, Guangzhou University, Guangzhou

Email: qiang_xingpsy@126.com

Received: Feb. 22nd, 2011; revised: Apr. 20th, 2011; accepted: May. 4th, 2011

Abstract: It is summarized that there are mainly five parts of insight involving inhibition of visual input heuristic information activation breaking of the mental set forming of novel associations and aha experience. Three arguments are discussed (Is insight general or special? Is insight conscious exploring or unconscious activation? Does insight depend on the left or right hemisphere?). A new Explicit-implicit interaction theory has been introduced, including eight principles and one computational modeling, which can offer reasonable explanations for the three arguments.

Keywords: Insight; Restructure; “Aha” Experience; the Explicit-Implicit Interaction Theory; the Computational Modeling

外显内隐交互理论及对顿悟研究争论的解释

邢 强, 张忠炉

广州大学心理学系, 广州, 510006

Email: qiang_xingpsy@126.com

收稿日期: 2011年2月22日; 修回日期: 2011年4月20日; 录用日期: 2011年5月4日

摘 要: 顿悟涉及五个主要成分(视觉输入的抑制、启发信息的激活、心理定势的破除、新异连接的形成以及啊哈体验)。总结了近年来顿悟研究中存在的三大争论(顿悟是一般化还是特殊化的过程? 是外显的搜索还是内隐的激活? 是依赖左脑还是依赖右脑?), 外显内隐交互理论(EII)包括了八个原则以及一个计算模型, 该理论可能对三个争论作出了合理的解释。

关键词: 顿悟; 重构; 啊哈体验; EII 理论; 计算模型

1. 顿悟的定义及成分

现代认知心理学把顿悟解释为突然地、直觉性地、清晰并深刻地理解了复杂的知觉情形或抓住了事物的内在本质, 它包括认知和情感体验两个基本成分, 其中前者是顿悟的主要成分(Bowden & Beeman, 2007), 而重构(restructuring)又是认知过程的核心要素, 它主要包括了两个方面: 破除旧的无效的思路和实现新的有效的问题解决思路(罗劲, 2004)。在不同的研究中, 重构可能涉及不同的类型: 如对问题在知觉上的重新解释(re-interpretation)或转变解决问题的目标, 将注意指向关键的问题元素或元素重新组合(re-combination)从而赋予问题新的意义(Luo & Knoblich, 2007)或者远距离问题元素的整合(Bowden & Beeman, 2007)。从整体视角看, 顿悟的过程是重构新

的格式塔; 从部分角度看, 顿悟则是元素或者事件之间的新异组合, 所以尽管在不同的顿悟问题解决中, 重构有不同的说法, 但其本质是相同的。

认知神经科学研究为重构成分提供了脑基础。研究发现, 思维定势的打破与转移依赖于扣带前回与左腹侧额叶, 新异而有效的联系的形成依赖于海马(罗劲, 2004)。扣带前回(ACC)也可能同时参与思维定势的打破和新异连接的形成(Qiu, et al, 2008), 左额下/额中回(the left inferior/middle frontal gyrus)可能参与形成新异连接和心理定势的破除(Qiu, et al, 2010)。

另一个对顿悟有重要作用的就是视觉区域的抑制过程, 顶枕区的 α 频段活动增强表明视觉输入的抑制对顿悟问题的解决是必要的, 可能是重构的必要成分(wu, et al, 2009; Beeman, et al, 2004)。

然而在顿悟问题解决中,可能需要激活有用的但连接微弱的信息(Bowden & Beeman, 2007),故 Qiu, et al(2008)认为在解决谜语顿悟问题中除了重构之外还涉及另一个核心的认知成分:启发信息的激活,也就是对当前问题解决具有启发作用的认知事件出现于解决者的头脑。启发信息的激活成为顿悟的关键得到了许多实验的支持(邢强等, 2009; 邢强等, 2007; 任国防等, 2007; 曹贵康等, 2006)。左侧颞上回(the left superior temporal gyrus)和顶一颞枕皮层(parietotemporo-occipital cortex)被认为和启发信息的激活有关(Qiu, et al, 2008)。

啊哈情感体验一直被用作判断是否发生顿悟的标准之一,所以也应该被视为顿悟的重要成分,而不是顿悟的副产物(Bowden & Beeman, 2007; Bowden, et al, 2005)。啊哈情感体验可能激活了后扣带回(the posterior cingulate cortex)(Qiu, et al, 2008)。海马损伤病人的研究表明海马的损伤可能是导致病人解决了顿悟问题却没有产生啊哈体验的原因(罗劲, 2004)。

由于顿悟在很短的时间内涉及了复杂的认知过程,顿悟的本质到底是什么,研究者之间存在不同的看法。

2. 顿悟研究的争论焦点

目前关于顿悟研究的争论主要包括顿悟问题解决是一般的过程还是区别于常规问题解决的特殊过程?是外显的搜索还是内隐的激活?是依赖于左脑还是依赖于右脑?

2.1. 一般过程与特殊过程之争

表征转换理论(Representational-change Theory)是特殊论的代表,认为顿悟是特殊问题解决过程:先前对问题的表征使个体陷入困境,为了摆脱困境和解决问题,个体需要转换原来的表征方式,建立新的问题表征,而这样的转换过程需要依赖两个特殊的认知机制:限制解除和(或)组块分解,相对于一般问题的解决,顿悟问题的解决需要解除更宽泛的限制或者分解更紧密的组块(Knoblich, et al, 2001; Öllinger & Knoblich, 2009)。进程监控理论(Progress-monitoring Theory)是一般论的代表,认为顿悟问题的解决和常规问题一样,同样是基于启发式的爬山法思想:问题解决者一方面尽力最小化问题的当前状态和目标状态,

一方面监控这个过程,只选择符合令人满意的进展标准的移动,当某个移动行不通(不符合这个标准)马上放弃它并寻找替代性的解答,一旦成功,顿悟也就产生(MacGregor, et al., 2001; Ormerod, et al, 2002; Chronicle, et al., 2004)。

顿悟的特殊化还是一般化分别得到了不同研究的支持,特别是认知神经科学研究带来的证据。买晓琴等(2005)探讨了猜谜作业中的ERP效应,结果发现,在250~500ms“有顿悟”比“无顿悟”的猜谜所产生的ERP波形有一个更加负性的偏移,这里从神经机制的层面分离并区分了顿悟和非顿悟。研究者用中国方块字在神经层面模拟了顿悟的组块分解机制,发现紧组块的重组(顿悟问题解决过程)比松组块的重组(常规问题解决过程)展现出更加强烈的a波激活(Wu, et al, 2009),而a波的激活预示着早期视觉信息的减弱,这恰恰有利于顿悟问题解决所需要的紧组块的分解。检验顿悟是否特殊的研究一般是基于解决顿悟问题和常规问题两者的对比,大量的研究发现了顿悟的特殊之处,如Wang等(2009)的研究发现在额-中央头皮处顿悟问题比常规问题在300~800ms间引起了一个更加负性的ERP波动(N300-800),在1200~1500ms间引起了一个更加负性的ERP波动(N1200-1500)。在顶枕区顿悟问题比常规问题在300~800ms间引起一个更加正性的ERP波动(P300-800),在1200~1500ms引起了一个更加正性的ERP波动(P1200-1500)。对比于常规问题解决,右脑的前颞上回(the anterior superior temporal gyrus)在顿悟问题解决中得到更大的激活(Bowden & Beeman, 2007)。早期一些研究者认为顿悟问题解决与一般的分析性问题解决没有什么不同(Weisberg & Alba, 1981),目前找到的关于顿悟的一般化的证据相对较少,除了进程监控理论的代表研究之外,Thevenot和Oakhill(2008)巧妙的将表征转换理论应用到了算术问题的解决上(非顿悟问题),证明了限制解除和组块分解的机制在解决算术问题上同样适用:当要求更宽而不是更窄视野的限制松弛时,表征转换变得更难且花的时间更长。从而进一步推论顿悟式和非顿悟式问题解决方式将可能是共用同样的认知机制,其过程也有更多的相似性。也有同时支持两种理论的实验证据,鉴于表征转换理论适用于一步问题,而进程监控理论适用于有限的多步问题,Jones(2003)使用无限步骤的停车游戏同时支持了这两种理论的各自假设。

由于顿悟过程涉及复杂的认知过程(Kershaw & Ohlsson, 2004; Bowden & Jung-Beeman, 2007), 所以顿悟过程可能既有与一般问题解决相同之处, 也具有特殊性。表征转换理论和进程监控理论可能解释了顿悟的不同阶段: 表征转换。

发生在困境期, 而启发式策略在困境前后阶段起着重要作用(Öllinger & Knoblich, 2009)。任国防等(2007)认为表征转换理论解释了顿悟是如何获得的, 而进程监控理论解释了顿悟问题为什么会发生, 顿悟问题解决可能既涉及了表征转换的过程也涉及了进程监控的过程, 而不是单一的过程。

2.2. 外显过程与内隐过程之争

部分研究认为顿悟是外显地搜索答案的过程(MacGregor, et al, 2001; Ormerod, et al, 2002; Chronicle, et al, 2004), 罗劲(2004)的催化范式直接向被试呈现谜底, 只需被试理解答案(傅小兰, 2004), 也可以被认为是支持了顿悟的外显过程。

更多的研究支持了顿悟的内隐过程, 两种表征转换机制——限制解除和组块分解被认为是内隐或者无意识过程(Öllinger & Knoblich, 2009), 一些研究通过操作行为反应来诱导解决经典的顿悟问题(如通过诱导眼动或者注意转移促进对射线问题的解决以及引导被试做伸展运动从而促进对双绳问题的解决, 事后报告显示被试不知道行为反应和问题解决之间的关系, 这证明了被试无意识或者内隐地解决了顿悟问题(Thomas & Lleras, 2009a; Thomas & Lleras, 2009c)。

原型激活理论则认为顿悟过程的原型激活是自动加工(即内隐的)过程(吴真真等, 2009), 而顿悟过程的关键启发信息的激活则是控制加工(外显的)过程(曹贵康等, 2006; 吴真真等, 2008)。

综合起来看, 顿悟过程可能既包括内隐的自动加工过程, 也包括外显的控制加工过程(师宝国, 2004), 因为从顿悟问题解决的整个过程看, 顿悟就包含一个从无意识向意识水平转换的过程, 答案突然的不可预测的进入到意识层面。Siegler(2000)证明顿悟的产生首先是在一个无意识水平上发生, 后来才变得有意识的。Haider等(2007)用数字减少任务(number reduction task)对顿悟进行研究, 被试的反应时开始时微弱减少, 说明被试对任务的学习过程是内隐的, 然后突然陡降, 事后说出规则, 内隐的学习又转为了外显的发现, 说

明了顿悟可能涉及到外显和内隐两个过程。

2.3. 左脑依赖与右脑依赖之争

关于顿悟是依赖于左脑还是右脑的问题, 不同的研究得出了不尽一致的结论。罗劲等的研究主要支持了左脑的作用: 比如他们的研究发现顿悟问题表征方式的转换激活了包括左侧额中回、双侧后部的颞中回、左侧楔前叶(precuneus)、左侧海马旁回在内的“非言语的”视觉空间信息加工网络, 与低可视化的顿悟问题的解决过程相比, 较高可视化的顿悟问题的解决过程激活了左侧额下回、双侧舌回(lingual gyms)及纺锤状回(fusiform gyms), 左腹侧额叶(LVPFC, left ventrolateral prefrontal cortex)则反映了顿悟的认知冲突过程(Luo & Niki, 2003; 罗劲, 2004)。Qiu等用fMRI研究了顿悟问题解决过程中的神经机制, 发现对比于非顿悟问题解决, 与定势破除和新异连接相关的左额下回/额中回(the left inferior frontal/middle frontal gyrus)在顿悟问题解决中得到了更大激活(Qiu et al, 2010)。

支持顿悟的发生依赖于右脑的研究认为微弱的但相互增强的、整合远距离问题元素的激活更可能发生在右半球, 相关的研究结果表明对比于非顿悟问题, 在顿悟问题的解决中右半球特别是右半球的前颞上回(anterior superior temporal gyrus (aSTG))得到更大的激活(Bowden & Beeman, 2003 & 2007; Beeman, et al, 2004)。Kounios, et al(2008)的研究表明在在解决顿悟问题前的休息状态下高顿悟者比低顿悟者展现了更大的右脑活动和更少的左脑活动, 高顿悟者在右侧背额(低 a 波段)\右下额(beta 和 gamma 波段)和右顶部的(gamma 波段)电极显示更大的活动, 同样支持了顿悟的右脑依赖假设。

两种不同的研究结果可能是受研究材料(Qiu, et al., 2010)和认知任务的影响而不同: 内在产生的顿悟引起右半球活动, 而外在触发顿悟主要激活左半球(Luo & Knoblich, 2007)。另外二者看似矛盾的结果可能反映了顿悟的不同过程: 内在产生的顿悟是从无意识向意识转换的过程, 更大的激活了右半球; 而外在触发顿悟可能已经停留在意识层面, 被试只需领悟答案的合理性(傅小兰, 2004), 故更大地激活了左半球。

综上, 这些争论之间可能存在这样的对应关系, 无意识激活属特殊的加工过程, 依赖右脑; 有意识理解是一般认知加工过程, 依赖左脑。

3. 外显内隐交互理论 (The Explicit-Implicit interaction theory, EII)

那么顿悟究竟是无意识的激活还是有意识的理解？特殊的加工过程还是一般的认知加工过程？依赖右脑还是依赖左脑？抑或是分别都有？外显内隐交互理论给出了较好的解释。

3.1. 外显内隐交互理论 (EII)

顿悟问题解决可能涉及多个阶段(wallas, 1926), 以往关于顿悟机制的理论一般只涉及了其中的一个阶段, 并且这些理论之间可能还存在相互矛盾的地方 (Helie, S. & Sun, R., 2010), 基于此, Helie 和 Sun 等人提出了外显内隐交互理论 (EII), EII 理论主要由八个原则 (五个主要原则和三个辅助性原则) 和一个计算模型构成(Helie & Sun, 2010)。

3.1.1. 外显内隐交互理论 (EII) 八原则

原则 1: 外显知识和内隐知识共同存在和相互区别二者存在于不同的模块当中。外显知识更容易存取和用言语表达, 通常是符号化的, 扼要的, 更灵活可变的, 应用外显知识需要更多更广的注意资源; 相反的, 内隐知识相对难接近, 难以用言语表达, 亚符号化的, 更特别, 更模糊, 使用内隐知识不需太多的注意资源。因此二者加工方式是不同的。

外显过程进行一些基于规则的推理形式, 代表扼要、精确的加工过程 (经常涉及硬约束); 内隐加工是联合性的, 代表软约束的满足。

原则 2: 内隐和外显过程同时参与多数任务

这可以通过被用来描述两类知识的不同表征和加工而得到判断。每一种类型的进程可能以相似或者冲突的结论结束。

原则 3: 外显知识和内隐知识的过剩表征

二者常以不同的表征形式相互重新描述, 如原来是内隐的知识后来通过自下而上的学习被重新编码形成外显知识。类似的, 最初学习的外显知识后来经过广泛的练习 (自上而下的同化) 经常被同化和再编码成内隐的形式, 过剩常导致整合。

原则 4: 内隐加工和外显加工结果的整合

尽管内隐和外显知识经常相互重新描述, 他们涉及不同的表征和加工形式, 这可能产生相似或不同的结论, 整合可能会导致协同作用也即整体上更好的操作。

原则 5: 重复的 (可能双向的) 加工

如果外显加工和内隐加工的整合没有产生确定性的结果并且没有时间限制, 另一轮的加工可能会发生, 这可能会使用整合的结果作为新的输入。反方向的推理可能执行这个过程。

三个辅助原则:

第一, 原则 5 暗示需要完成确定性的结果从而结束重复的加工过程。这个停止标准假定了一个元认知监控的原始形式, 它能或多或少精确测量找到答案的可能性。在 EII 中, 这个元认知测量称为内在自信水平。

第二, 存在一个界限规定了确定性结果, 这个界限可能作为任务要求的功能 (函数) 而变化, 并且对于不同自信水平存在多个界限。

最后, 内在自信水平和假定的反应时成负相关。

3.1.2. 执行 EII 理论的计算模型

这主要是基于 (CLARION) 的认知结构建立的关于顿悟和酝酿的模型, 这个模型的示意图如下:

在顶端水平, 外显知识以局部方式进行表征, 也即每一个节点代表一个不同的概念或者假设, 两节点

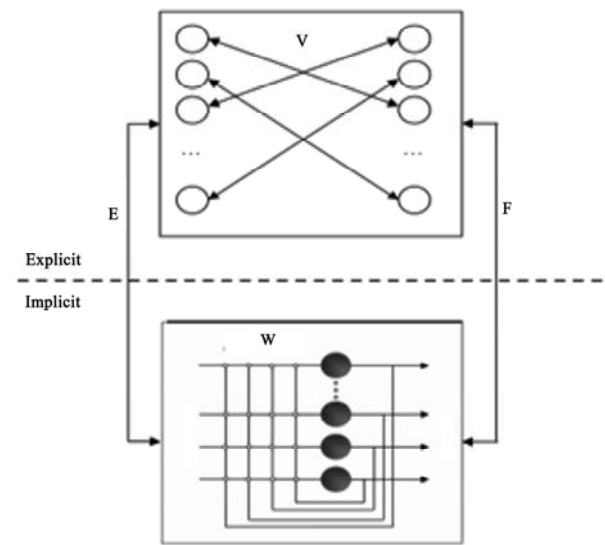


Figure 1. V presents the trade-off matrix connecting regulation of explicit conception, W presents the trade-off matrix of implicit knowledge's characterization, E&F present the trade-off matrix connecting the top and bottom of explicit and implicit knowledge's characterization, (explicit or implicit process)

图 1. 其中 V 表示连接外显概念间规则的权衡矩阵, W 表示表征内隐知识的权衡矩阵, E、F 表示连接顶端和底端外显和内隐知识表征的权衡矩阵, (外显化或者内隐化的过程)

之间的连接代表两个表征整体的外显规则。总之, 顶端被视为线性的连接网络 (包括左层和右层)。基于规

则的加工应用是获取属于创造性问题解决的许多资料集合的基本条件。不像多数其他的连接网络，模型顶端水平没有哪一层（左层和右层）是输出端或输入端，二者都可以被用来充当任意角色。（在下面的讨论中，我们假定信息首先从模型的左端进入，从右端出去）。

经常在 *clarion* 的底端（使用分布式表征）和在顶端（使用局部表征），概念是过剩编码的。只要顶端表征被激活，自上而下的信号可能被传送到底端以激活对应的表征（这个过程称之为内隐化）；类似的，如果底端被激活，自下而上的信号可能会传送到顶端从而激活相应的表征（外显化）。因此刺激经常在 *clarion* 的顶端和底端都得到加工。

需要注意的是，在两个水平上有相等的知识表征形式，其表征的过剩不总是意味着两个水平的同时存在或者交互作用。需要指出一些可能性：第一，如果知识只在一个水平上存在就不存在相互激活；第二，如果相同的知识确实在两个水平都存在，但二者之间的连接未建立，也不存在相互激活；第三，即使是两个水平的表征连接上了，连接也可能没有用（原因可能是分心，缺乏注意，或者低的激活等）。不管怎样，这个模型的一般假设是多数情况相等的知识形式同时存在于两个水平并且他们能够接近或者相互激活。当相互激活发生，复杂的顿悟更可能发生。

这个模型解释了顿悟问题解决的整个过程（例如 *wallas*(1926)的四个阶段），主要步骤分为：

顶端水平的活动——底端水平的活动——自下而上的外显化——整合——评估，每一个过程或状态都是以计算方程进行解释，具体分析如下：

顶部水平的活动：

$$y_i = \frac{1}{k1_i} \sum_{j=1}^n v_{ij} x_j \quad (1)$$

当顶端水平的左层激活， x_j 代表顶端左层节点的激活，通过连接 x_j 和 y_i 的外显的规则 V 向 y_i 传送 ($k1_i$ 表示与 y_i 连接的左层的节点的数量)。顶端节点的激活是双向的。每一个节点 (x_j or y_i) 代表着一个概念（使用局部表征）。节点激活的传送规则保证了 y_i 的激活等于左层 (x_j) 激活的连接数的比例。

(2) 底部水平的活动：

在 *CLARION* 的底端，内隐知识通过分布式激活模式被表征在节点集合上，使用非线性吸引神经网络而得到加工。网络使用一个非线性传导函数，使得模型能够汇聚到真实值吸引子。底端表征是双极节点激

活模型并且通过一个线性方程集合被连接到相应的顶端表征中，这个方程如下：

$$z_{i[t+1]} = f \left(\sum_{j=1}^r w_{ij} z_{j[t]} \right) \quad (2)$$

$z_{i[t]}$ 表示吸引子神经网络在时间 t 的状态（如在时刻 t 网络中所有节点的激活）。 w_{ij} 为编码节点间的内隐连接的权重矩阵。 f 为非线性函数。

这个传导规则和神经网络有规律的同步更新，它保证了模型聚合到一个稳定的状态。

在底端的传送是重复的并且一直保持在底端水平直到达到汇聚或者达到时间限制，一旦满足其中任意标准，信息就自下而上的传送（外显化）以达到两种类型知识的整合。

(3) 自下而上的“外显化”：

在内隐加工完成后，信息以下面的方式被自下而上的传送：

$$y_{[bottom-up]i} = (k2_i)^{-1.1} \sum_{j=1}^r f_{ji} z_j \quad (3)$$

$y_{[bottom-up]i}$ 表示右层顶端水平自下而上的节点的激活。 z_j 表示底端水平第 j 个节点的激活， $k2_i$ 表底端（在 z 中）相互连接的节点的数量。 $F = [f_{ji}]$ 是一个权重矩阵，连接底端水平的表征和相应的顶端水平的表征。

(4) 整合：

一旦自下而上的激活达到了顶端水平，就和现存右层顶端水平的节点中的激活整合（使用 *MAX* 函数）：

$$y_{[integrated]i} = \text{Max} \left[y_i, \lambda \times y_{[bottom-up]i} \right] \quad (4)$$

$y_{[integrated]i}$ 是右层顶端节点激活的整合， λ 是决定任务加工的内隐程度刻度参数。

这个激活的整合模型后来又被转换成 *Boltzmann* 分布（方程 5）作为在右层相应节点的最后激活。

$$P \left(y_{[integrated]i} \right) = \frac{e^{y_{[integrated]i}/\alpha}}{\sum_i e^{y_{[integrated]i}/\alpha}} \quad (5)$$

其中 α 是噪音参数（如温度等）。在 *CLARION* 中，每一个顶端水平的节点代表着一个假设，他们一般化的激活（the *Boltzmann* 分布）是节点表征假设的可能性分布。从这个分布里（最后节点激活的集合），一个假设（节点）是随机选择的。方程中低噪音水平倾向于加大可能的差异，这导致了对可能假设的狭窄搜索

和老套的反应；相反的，高噪音水平倾向与减少可能性差异，这导致了对假设的更完整的搜索。所以在酝酿期间的 a 值大于准备期和验证期。

(5) 评估：

The Boltzmann 分布的统计模式被作为 EII 理论中的内在自信水平(ICL)，如果 ICL (Boltzmann 分布的数据模型) 比预设的阈限高，被选择的假设(被选择的节点表征)被输出到有效模型，并且模型的反应时被计算：

$$RT = a - b * ICL \quad (6)$$

a 和 b 分别是最大化的反应时和 RT 曲线斜率(采用这个方程，因为它是 ICL 和反应时之间最可能的负性关系)。如果模型没有输出反应(比如如果 ICL 少于预先设置的阈限)，被选择的假设(被选择的节点)又作为顶端水平刺激重新开始。之前的内隐加工结果被认为是残留的激活，在下次的重复中被加至自上而下的激活中。

特别的，如果模型没有输出反应，右层顶端水平的信息以以下方式被返回到左层顶端水平：

$$x_i = \sum_{j=1}^m v_{ji} y_{[selected]j} \quad (7)$$

x_i 左层顶端水平里第 i 个节点的激活， $y_{[selected]}$ 是在选择一个假设之后顶端右层分叉的 Boltzmann 分布(比如说被选择的假设(节点)激活值为 1 (已激活)而剩余的假设(节点)激活值为 0 (未激活))， v_{ji} 是连接 y_j 向 x_i 的外显的规则。

接下来，方程 7 的结果自上而下的传来激活底端水平(通过内隐化)，加工开始更新(以同样的方式开始新的重复)。向后的传播激活(在顶端水平从右向左)与反演绎推理(如果 Y 中的选择的假设正确，X 中的可能的原因是什么?)相对应。内隐化等于将这些可能的原因吸收进直觉中(内隐加工)。在顶端和底端水平中的内隐化之后开始一个新的重复加工考虑这种可能的原因(在底端水平以残留激活的形式伴随其他信息)。参考加工的累积不是随机的(甚至在高的噪音条件下)，因为每一个新的重复加工依赖于之前重复的结果。

以下是一个例子更清楚的阐释了这个计算模型对一个经典的顿悟问题解决的解释：

一个巨大的铁金字塔完整的倒立在顶点上，任何的移动都会导致其打翻，在这个倒立的金字塔下面有一张 100 美元的钞票，如何移动这张纸钞而不打翻金

字塔？

在这个问题中，以 CLARION 的观点看，概念 (steel, 100 美元) 被表征在顶端左层(layer)，而可能的解释则被表征在顶端的右层。

每一个概念和解释被不同的顶端水平节点表征(各自在左层和右层)并且这些节点相互连接形成规则(代表着文化上相互共享的先前知识)，这些节点和连接表征了模型中的外显知识。

在 CLARION 的底端水平，被顶端水平节点表征的每个概念也被底端水平节点集合所表征。在顶端水平编码的文化共享的解释规则在底端水平被过剩编码(比如吸引子神经网络被训练来创造它们相应的吸引子)，这代表了模型中的内隐知识。

代表最初的问题(在顶端水平的左层表征和相应的底端水平的表征)的节点首次激活，这个信息然后传到顶端的右层；同时底端水平的激活也在集合，由底端水平达到的稳定状态被自下而上化(外显化)并和右层顶端水平的激活整合。整合的激活传到 (Boltzmann 分布)(最后的激活)并且一个解释的节点在这个基础上被随机选择。这个分布的统计模型被用来估计内在自信水平，并与阈限对比：如果高于阈限，被选择的解释输出到效应模型中，过程结束；不然被选择的解释被送回去并激活顶端水平的左层，从而推测这些被选择的解释的可能原因。顶端左层的激活作为新刺激来启动另外加工的重复(要求基于可能原因的新参考)。当一个解释输出或者时间到时重复过程结束。

3.2. 对争论的解释

依照 EII 理论，顿悟既包括一般的认知加工过程，也包括特殊的加工过程。

比如计算模型的顶端水平的加工活动主要是基于规则加工，也即一般认知加工过程，而计算模型的底端加工活动、外显化及整合等过程主要涉及无意识中概念节点的激活扩散及其与外显知识的整合，这和一般的认知加工(有策略的搜索)是不同的。

依照 EII 理论，顿悟是外显加工和内隐加工的综合。从 EII 理论的原则可以看到，顿悟问题解决涉及了外显知识和内隐知识的同时性加工，内隐加工和外显加工同时发生并整合才能产生顿悟效应，由计算模型的解释也可看到，顶端水平的活动主要涉及了外显知识的加工过程，而底端水平的活动则主要是内隐知

识的激活扩散,外显化、整合及评估过程则同时涉及了外显加工和内隐加工。

依照 EII 理论,顿悟涉及左右脑的同时参与。根据(Bowden, et al, 2005),左半球主要激活了有限的概念集合(外显加工),而右半球主要与概念的发散激活(内隐加工)相关,当右半球的内隐加工和左半球的外显加工发生整合,顿悟也产生了。

4. 总结

综上所述,顿悟作为创造性核心之一近年来逐渐受到研究者重视并在研究上取得了一定进展,然而争论的问题也很多,顿悟的过程是一种无意识的激活还是有意识的理解、特殊的还是一般的加工过程、依赖右脑的还是依赖左脑的,依然存在争论。外显内隐交互理论(EII)可能能够很好地解决了上述三个争论,因为顿悟问题解决过程需要经过像知识激活、外显化、整合并评估的过程,这些过程需要一段时间,而不仅仅只关注顿悟一瞬间发生的事情,因为知识激活、外显化这些过程也是完成顿悟必不可少的,这也就可能为我们看顿悟提供了新的视角:关注的不仅是顿悟一瞬间,而应该是整个顿悟问题解决的过程,从这个视角出发,三个看似矛盾的观点就可以相容并在这个理论中达到统一。

外显内隐交互理论并不是仅仅提出了理论的结构,而是基于对前人关于6个酝酿(如无意识加工理论)和4个顿悟理论(如限制理论)的分析上提出并用新的理论对前人的理论做了合理解释,(这个理论本身也是基于前人理论只解释了顿悟问题解决的一个阶段或者理论间的相互矛盾而提出的),他们在这个新理论的基础上更进一步模拟了前人关于酝酿和顿悟的实验,并取得了较一致的结果(Helie & Sun, 2010)。(然而这既是优点也可能是缺点,因为他们仅仅模拟了前人的结果,没有相应的新的研究来支持他们的理论,所以将来仍需要实验研究来进行检验)。

参考文献 (References)

- [1] 曹贵康, 杨东, 张庆林. 顿悟问题解决的原型事件激活:自动还是控制[J]. 心理科学, 2006, 29(5): 1123-1127.
- [2] 傅小兰. 探讨顿悟的心理过程与大脑机制——评罗劲的《顿悟大脑机制》[J]. 心理学报, 2004, 36(2): 234-237.
- [3] 罗劲. 顿悟的机制[J]. 心理学报, 2004, 36(2): 219-23.
- [4] 买晓琴, 罗劲, 吴建辉等. 猜谜作业中顿悟的ERP效应[J]. 心理学报, 2005, 37(1): 19-25.
- [5] 师保国, 张庆林. 顿悟思维:意识的还是潜意识的[J]. 华东师

- 范大学学报(教育科学版), 2004, 22(3): 50-55.
- [6] 吴真真, 邱江, 张庆林. 顿悟的原型启发效应机制探索[J]. 心理发展与教育, 2008, 24(1): 31-35.
- [7] 吴真真, 邱江, 张庆林. 顿悟脑机制的实验范式探索[J]. 心理科学, 2009, 32(1): 122-125.
- [8] 任国防, 邱江, 曹贵康等. 顿悟:是进程监控还是表征转换[J]. 心理科学, 2007, 30(5): 1265-1268.
- [9] 邢强, 黄伟东, 张庆林. 四巧板问题解决中关键启发信息激活的实验研究[J]. 心理科学, 2007, 30(6): 1389-1391.
- [10] 邢强, 陈军. 元认知监控和归纳意识对顿悟问题解决的影响[J]. 心理科学, 2009, 32(3): 706-708.
- [11] E. M. Bowden, Jung-Beeman. Methods for investigating the neural components of insight. *Methods*, 2007, 42(1): 87-99.
- [12] E. M. Bowden, M. Jung-Beeman, and J. Fleck, et al. New approaches to demystifying insight. *Trends in Cognitive Sciences*, 2005, 9(7): 322-328.
- [13] E. M. Bowden, Jung-Beeman. Aha! Insight experience correlates with solution activation in the right hemisphere. *Psychonomic Bulletin and Review*, 2003, 10: 730-737.
- [14] E. P. Chronicle, J. N. MacGregor, and T. C. Ormerod. What makes an insight problem? The roles of heuristics, goal conception, and solution recoding in knowledge-lean problems. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 2004, 30(1): 14-27.
- [15] E. P. Chronicle, T. C. Ormerod, J. N. MacGregor. When insight just won't come: The failure of visual cues in the nine-dot problem. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 2001, 54A(3): 903-919.
- [16] H. Haider, M. Rose. How to investigate insight: A proposal. *Methods*, 2007, 42(1): 49-57.
- [17] S. Helie, R. Sun. Incubation, insight, and creative problem solving: A unified theory and a connectionist model. *Psychological Review*, 2010, 117(3): 994-1024.
- [18] G. Jones. Testing Two Cognitive Theories of insight. *Journal of Experimental Psychology: Learning Memory, and Cognition*, 2003, 29(5): 1017-1027.
- [19] M. Jung-Beeman, E. M. Bowden, and J. Haberman, et al. Neural Activity when people solve verbal problems with insight. *PLoS Biol.*, 2004, 2(4): e97.
- [20] T. C. Kershaw, S. Ohlsson. Multiple causes of difficulty in insight: The case of the nine-dot problem. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 2004, 30(1): 3-13.
- [21] G. Knoblich, S. Ohlsson, and G. Raney. An eye movement study of insight problem solving. *Memory & Cognition*, 2001, 29(7): 1000-1009.
- [22] J. Kounios, J. I. Fleck, and D. L. Green, et al. The origins of insight in resting-state brain activity. *Neuropsychologia*, 2008, 46(1): 281-291.
- [23] J. Luo, G. Knoblich. Studying insight problem solving with neuroscientific methods. *Methods*, 2007, 42(1): 77-86.
- [24] J. Luo, K. Niki. Function of hippocampus in - insight of problem solving. *Hippocampus*, 2003, 13(3): 316-23.
- [25] J. N. MacGregor, T. C. Ormerod, and E. P. Chronicle. Information processing and insight: A process model of performance on the nine-dot and related problems. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 2001, 27(1): 176-201.
- [26] T. C. Ormerod, J. N. MacGregor, and E. P. Chronicle. Dynamics and constraints in insight problem solving. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 2002, 28(4): 791-799.
- [27] M. Öllinger, G. Gary Jones, G. Knoblich. Investigating the effect of Mental Set on Insight Problem Solving. *Experimental Psychology*, 2008, 55(4): 270-282.
- [28] M. Öllinger, G. Knoblich. *Psychological Research on Insight Problem Solving*. Springer Berlin Heidelberg, 2009: 275-300.
- [29] J. Qiu, et al. The neural basis of insight problem solving: An event-related potential study. *Brain and Cognition*, 2008, 68(1): 100-106.
- [30] J. Qiu, et al. Neural correlates of the "Aha" experiences: Evi-

- dence from an fMRI study of insight problem solving. *Cortex*, 2010, 46(3): 397-403.
- [31] R. S. Siegler. Unconscious insights. *Current Directions in Psychological Science*, 2000, 9(3): 79-83.
- [32] C. Thevenot, J. Oakhill. A generalization of the representational change theory from insight to non-insight problems: The case of arithmetic word problems. *Acta Psychologica*, 2008, 129(3): 315-324.
- [33] L. E. Thomas, A. Lleras. Covert shifts of attention function as an implicit aid to insight. *Cognition*, 2009, 111(2): 168-174.
- [34] L. E. Thomas, A. Lleras. Swinging into thought: Directed movement guides insight in problem solving. *Psychonomic Bulletin & Review*, 2009, 16(4): 719-723.
- [35] L. L. Wu, G. Knoblich, and G. X. Wei, et al. How perceptual processes help to generate new meaning: An EEG study of chunk decomposition in Chinese characters. *Brain research*, 2009, 1296, 104-112.
- [36] G. Wallas. *The art of thought*. New York: Harcourt Brace Jovanovich, 1926.
- [37] T. Wang, et al. The time course of Chinese riddles solving: Evidence from an ERP study. *Behavioural Brain Research*, 2009, 199(2): 278-282.
- [38] R. W. Weisberg, J. W. Alba. An examination of the alleged role of fixation in the solution of several insight problems. *Journal of experimental psychology: General*, 1981, 110(2): 169-192.