

# 基于经验学习的创造力支持系统层次结构模型

冯勤超, 江孝感, 孙 锦

(东南大学经济管理学院, 南京 210096)

**[摘要]** 分析了创造力活动过程的特点, 讨论了影响人的创造力的认知因素, 详细分析了创造力支持系统(CSS)的基本功能, 并提出一种基于经验学习的创造力支持系统的层次结构。

**[关键词]** 创造力; 认知; 创造力支持系统; 经验学习

**[中图分类号]** TP18 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1009-1742(2006)04-0019-05

在各种社会实践活动中, 创造力活动是适应并推动知识经济发展最重要的活动形式<sup>[1]</sup>。创造力理论与实践越来越清晰的表明, 创造力是一般人共同具有的一种智力品质, 而并非那些伟人们所独有; 创造力存在于科学发现、技术创新、设计、管理、决策等各种社会实践活动中。

尽管人类对创造力的本质还没完全搞清楚, 但人们已经从具有创造力的社会实践活动过程中, 研究并开发了基于计算机的辅助该类活动的信息系统。研究表明, 创造力活动是问题求解和信息处理的过程; 创造力是可以学习的; 创造力支持系统(CSS)能够支持人们生产创新的产品<sup>[2]</sup>。

笔者详细分析了创造力活动的过程及其特点, 分析了创造力的认知因素, 提出了基于经验学习的创造力支持系统层次结构模型。

## 1 创造力的活动过程及其特点

### 1.1 创造力的活动过程

创造力的活动是一多阶段的过程<sup>[3]</sup>, 一般包括4个阶段: 提出问题、准备、产生思想、评价。

**1.1.1 提出问题** 根据需求提出并明确要解决的问题, 确定问题空间、问题的类型、特点。选择或提出问题的合理的表示方式。

**1.1.2 准备阶段** 搜集与要解决的问题相关的信

息, 逐步使这些信息概念化、系统化, 经过学习形成创造主体的知识。

**1.1.3 产生思想** 创造主体从自己的知识系统中不断探索解决问题的可行方案、思想, 该阶段是发散思维的过程, 是创造力活动的核心。

**1.1.4 评价阶段** 选择合理的方法和有效的技术对可行方案集和有效思想库进行筛选, 选择出实际的行动方案和指导思想。

### 1.2 创造力的活动特点

创造力的活动过程本质上是问题求解和信息处理过程。该过程与其他社会实践活动(设计、决策、管理等)有很多相似或一致之处, 比如在决策过程中, 概括起来主要有产生方案集、选择满意方案两个阶段, 后一阶段是一评价的过程, 人们对后一阶段研究的比较多, 如果客观上有效的方案不在其方案集中, 评价的方法和处理设计的再好, 筛选出的方案是不能有效解决问题的。方案集的产生不是严格的推理过程, 其实质是创造的过程, 比如头脑风暴法就是产生方案集的常用方法。

尽管创造的过程是问题求解过程, 但与其他问题求解不同的是它直接面向人的行为和素质, 人的不同的智力水平和不同的知识结构, 不同的认知风格及不同的环境对人们解决该类问题会产生巨大的影响。笔者认为创造力的活动过程有下述特点:

1) 通过问题求解,产生创新的产品(可以是具体的实物产品,也可以是方案、方法、知识等)。与人们创造能力的培养和训练不同,创造力的活动过程的目标是解决实际问题,产生创新的产品,并在该类过程中不断提高人们的创造能力。由于往往带有主观因素和评价标准不统一,严格界定创新产品是困难的;但可以认为,与创造主体以往创造的产品及目前同类产品的一般水平相比,只要是有效的,明显具有新颖性,就称为创新的产品。

2) 发散—聚合思维。发散思维指对同一个问题从不同的方向、不同的方面进行思考,从而寻找解决问题的正确答案,是发挥人们创造力的核心思维方法;聚合思维是根据已有的事实和命题,将涉及问题的各种信息集成,沿着单一或归一的方向进行推导,寻找满意答案。在创造的过程中,该两种思维方法相反相成,缺一不可。

3) 认知风格。创造的主体是人,人的智力、知识、动机、信念、情绪及所处的环境对人的创造力的发挥都可能直接的影响。

4) 信息和知识结构。创造的过程也是信息处理的过程,信息的搜集、信息的表示和信息处理方法都起着重要作用。

5) 该过程是一反复的人、问题、信息(知识)的交互过程。人们不断地搜集信息,处理信息,通过学习形成知识,从新认识问题,寻求问题的解。

6) 该过程是人的学习的过程。对于理论抽象较弱而经验性因素较强的应用领域,解决问题过程中更注重学习,学习的过程也是启发人们思维的过程。在处理实际问题时,人们往往习惯于某种学习方式和思维模式,识别和合理地运用人们的学习方式、思维模式,有助于人们更有效地解决问题。

## 2 创造力认知因素分析

目前较一致的看法是把创造力定义为:根据一定的目的和任务,运用一切已知信息,开展能动思维活动,产生出某种新颖、独特、有社会或个人价值的产品的智力品质。该定义把创造力视为一种思维品质,强调思维能力的个体差异,这种个体差异可以从创造力的认知因素中体现出来。该认知因素主要概括为3个方面:

### 2.1 问题因素

问题是人们求解的对象,如果考虑空间中的空值,任何问题都存在问题空间、问题解空间及问题

表示空间。有关前两个空间的讨论较多,无须赘言;笔者提出的问题表示空间的概念是基于:首先,问题表示的方式或形式不但影响人们对问题的认识和识别,同时也影响人们解决问题的方法和技术;其次,人的知识结构、认知能力是不尽相同的,并是动态变化的,同一问题的表示不同,人的认知、思维的效果可能不同;最后,目前对问题表示的方法和技术讨论的较多,但很少讨论该类方法和技术之间的相关性及其对人的个性因素(人的知识结构、智力水平、认知风格等)的影响。问题表示空间是描述问题的一切方法和技术的总合。

### 2.2 信息和知识因素

创造力的活动往往处理复杂的、高层次的、非结构化的问题,解决该类问题需要大量的信息和知识,包括问题的领域知识和非领域知识;需要专家的知识,也含有非专家的知识;包括问题属性信息,也包括规则、方法、策略。关键是需要什么信息,如何搜集信息及知识的表示,这一因素不但与问题及其表示有关,也与人的个性因素相关。

### 2.3 人的个性因素

影响人的创造能力的个性因素很多,如人的智力、知识、动机、工作方式、信念、情绪等,描述和处理这些因素是困难的,但也是非常重要的,人工智能领域对这方面的研究已经取得了一些进展。

## 3 创造力支持系统的目标及基本功能

目前,对解决问题过程中创造力发挥的研究很多<sup>[4-7]</sup>。从系统的研究方向看,有基于认知科学、创造力心理学模型的系统 and 基于历史经验(一般由案例表示)的系统;从应用角度看,创造力支持系统应用于设计、决策、艺术创作活动的较多,其中有些应用的效果比较好;从应用的方法技术看,越来越注重认知科学、心理学、人工智能、信息科学等多学科和技术的综合。就目前的研究及应用现状,可归纳为以下几个特点:

多学科的综合研究越来越明显:心理学、工程技术、管理科学、信息科学等的综合运用,尤其注重认知科学、行为科学、软科学等的研究和应用。

人工智能的方法和技术的应用越来越普遍。比如,知识的表示与获取、基于案例的推理方法、基于类比联想的推理技术、模糊技术、粗集理论等。

更注重人机交互的过程。对创造力支持系统,人机交互更频繁,互动性更强,注重用多种方式

(文字、图、多媒体等)表示信息、知识,更有效地辅助人的思维。

思想产生器的开发与应用。思想产生器是目前应用较广,也是相对比较成熟的创造力支持系统软件。思想产生器常用来支持人类早期的、紧急的和创造性阶段的智力活动,包括研究计划、概念设计、软件需求分析、知识获取、决策制定、咨询服务以及激励等。思想产生器帮助使用者从一个全新的角度看待问题,以非线性的、游戏性质的方式来思考问题,从而改变人们日复一日的工作形成的思维定式,激发新的灵感和思考方法<sup>[8]</sup>。思想产生器也是该类系统研究的重点和难点。笔者认为创造力支持系统的研究在以下方面还远远不够:

基于案例的系统,成功案例的应用研究较多,而失败案例的应用研究很少。实践表明,有时失败的经验对人更有启发性,人们通过失败经验的学习效果可能会更好;很多研究都是针对问题本身领域及其涉及的该领域知识的研究,而重大的发现、发明创造,在解决关键问题时,可能看似不相关的事物,对人的启发更深刻;认知科学、心理学的研究表明,不论解决什么问题,在某一阶段,人都有特定的思维习惯或思维模式,对人的思维模式的识别、表示和处理是创造力支持系统研究非常重要的方面。

任何基于计算机的信息系统都是辅助人们解决实际的问题,都存在人与计算机系统协同工作的问题,也就是说哪些处理由计算机完成,哪些工作必须由人来完成,任务在人和计算机间的合理分配是非常重要的。不同的系统是基于人们不同的社会实践活动过程的,而任何的系统(不只是信息系统)都是由系统目标、系统功能、系统结构组成的。创造力支持系统的目标就是使人们更有效的生产出创造力的产品<sup>[9]</sup>。

笔者认为创造力支持系统应具有以下功能:

### 3.1 学习功能

该类系统的学习包括两个方面:一是机器学习,人工智能领域的最新进展为机器学习提供了许多有效的途径,但是,显然机器学习不能完全替代人的学习;另一方面是系统辅助人类的学习,人们解决问题的过程也是学习的过程,采用合理、有效的方法和技术,能够使人们加深对问题的理解,刺激人的思维,帮助人们找出解决问题的有效方法。

### 3.2 推理功能与联想计算

在很多创造力支持系统中,类比推理和基于案

例的推理方法的应用是普遍的。类比推理比较适合不同领域的问题求解,而案例推理适合于同一领域问题的解决。

计算机系统与人脑系统解决问题的主要区别在于,前者没有想象力,而想象力在人的创造力思维活动中起着非常重要的作用。联想计算使系统能对跨领域问题进行多角度分析,唤醒人的记忆,刺激联想,帮助产生直觉,发现解决问题的有效方法。

### 3.3 评价功能与策略控制

创造力的活动是多阶段的过程,每个阶段都需要进行评价,而评价活动需要人的价值判断,该功能应能辅助人们选择合理的评价方法,能进行评价计算,帮助人们分析评价结果;创造力支持系统是不断进行人机交互、多策略的系统,策略的比较、筛选、控制为人们提供解决问题的多种途径。

### 3.4 多形式表示功能

知识的不同表示形式不但决定了知识处理的策略和方法,同时也影响人们的学习效果。实践表明,人们普遍对知识的形象化的表示容易接受,但由于人的认知因素个性影响,人们对知识不同表示的接受程度不尽相同,分析人的个性差异,识别人最易接受的知识表示方式,能提高人的学习效率。

## 4 基于经验学习的创造力支持系统结构

目前,研究创造力支持系统有两种方法<sup>[9]</sup>:一种是基于心理学模型的方法,该方法的研究和应用的成果不多;另一种是基于历史经验的方法,该方法的研究成果很多,其中也有不少好的应用,但是,由于过多的依赖于人工智能技术和注重价值的客观判断,降低了系统的柔性。笔者提出一种基于经验学习的创造力支持系统的系统层次结构(图1所示)。该结构将系统分为存储层、处理层、策略控制层3个层次。

### 4.1 存储层

该层包含问题库、知识库、案例库、思想库、描述工具库。用案例表示人的历史经验,一个案例是由问题(往往不只一个)、知识(属性知识和决策知识)、思想(问题解决方法的抽象概括)、描述(案例有多种表示形式)构成,案例库中存储的是构成案例的四种要素的标引。

### 4.2 处理层

该层包含学习、处理两个子系统。学习子系统

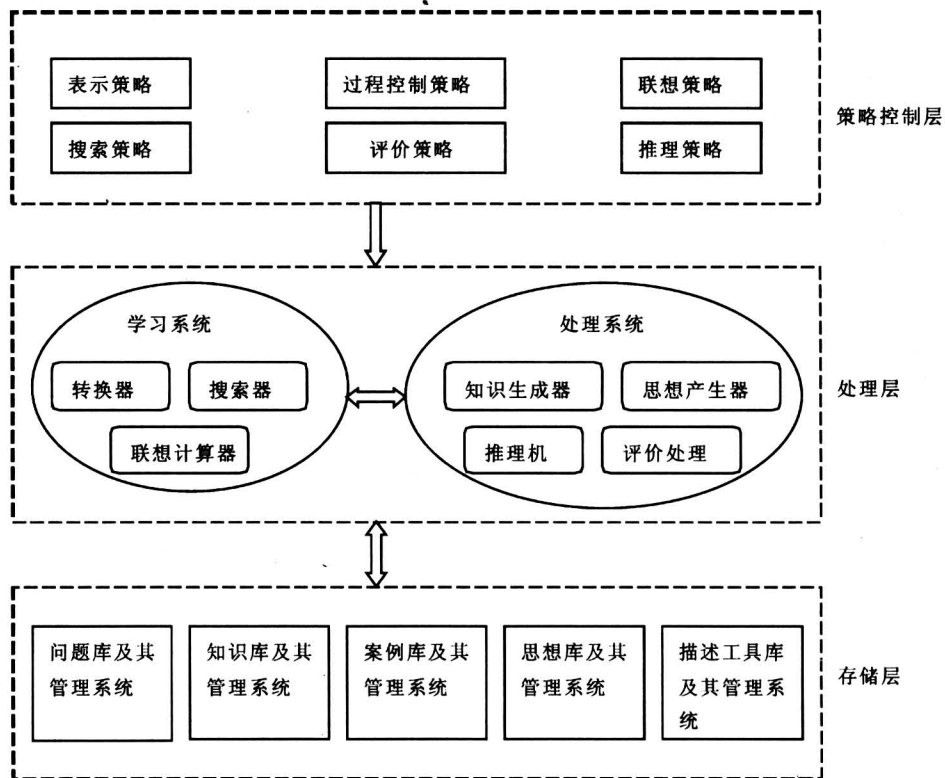


图1 基于经验学习的创造力支持系统层次结构

Fig.1 The hierarchical model of the creativity support system based on experimental learning

可依据学习的策略，既可按案例构成的四种要素分别学习、组合学习及整个案例学习，并有联想计算的功能，通过转换器处理可将学习的内容表示成易于被人接受的形式；处理子系统包括知识生成器、思想产生器、推理机及评价处理，思想产生器可以通过对具体知识抽象处理，也可以通过人机交互辅助人提出思想。推理机主要由基于案例的推理方法和类比推理方法构成；评价处理包括问题表示评价、思想方法评价、知识结构评价、推理机制评价及最终结果评价5个模块。处理系统的运行机理是：根据问题的描述，运用思想产生器生成解决问题的思路；运用知识生成器生成解决该问题所需的知识集；运用推理机生成问题的解集；按逆向运用最终结果评价、推理机制评价、知识结构评价、思想方法评价、问题表示评价分别评价并逆序调整推理机制，运用知识生成器生成新的知识集，运用思想产生器生成新的思路，修改问题的表示，直至产生满意的结果。在该正序和逆序的每一阶段都与学习系统进行信息通讯以帮助处理系统更有效的完成

各阶段的任务。

#### 4.3 策略控制层

该层包含表示策略、过程控制策略、联想策略、搜索策略、评价策略、推理策略。表示策略是问题、知识、案例和思想表示的不同形式；过程控制策略是控制学习过程、问题求解过程的各个阶段，该层具有联想计算方法、搜索方法、评价方法、推理方法的筛选和处理功能。

## 5 结语

在社会实践活动中，如何充分发挥人的创造能力，是人类一直不断追求的目标，创造力支持系统的研究与开发，能够辅助人们在解决问题的过程中更好地发挥人的创造力。尽管目前创造力支持系统的应用很多，但还没有开发该类系统的一般方法。本文讨论了创造力支持系统的目标和基本功能，提出了一种基于经验学习的创造力支持系统的层次结构。

参考文献

[ 1 ] Isaksen S G, Dorval K B, Treffinger D J. Creative approaches to problem solving kendall and hunt [ J ]. Dubuque, IA(1994)

[ 2 ] Candy L. Computers and creativity support: Knowledge, visualization and collaboration [ J ]. Knowledge-Based System, 1997, (10): 3 ~ 13

[ 3 ] Schmid K, Making AI systems more creative: the IPC-model [ J ]. Knowledge-Based System 1996, (9): 385 ~ 397

[ 4 ] Hori K, Concept space connected to knowledge processing for supporting creative design [ J ]. Knowledge-Based System, 1997, (10): 29 ~ 35

[ 5 ] Strzalecki A. Creativity in design: General model and its verification [ J ]. Technological Forecasting and Social Change, 2000, (64): 241 ~ 260

[ 6 ] Gero J S. Computational models of innovative and creative design processes [ J ]. Technological Forecasting and Social Change 2000, (64): 183 ~ 196

[ 7 ] Keys P. Creativity, design and style in MS/OR [ J ]. Omega, 2000, (28): 303 ~ 312

[ 8 ] Chen Z. Toward a better understanding of idea processors [ J ]. Information and Software Technology, 1998, 40

[ 9 ] Boden M. The creative mind: Myths and mechanisms [ M ]. New York: Basic Books, 1991

[ 10 ] Hori K. Preface of information technology support for creativity [ J ]. Knowledge-Based System, 1997, (10): 1 ~ 2

## A Hierarchical Model of the Creativity Support System Based on Experimental Learning

Feng Qinchao, Jiang Xiaogan, Sun Jin

(Economic Management School, Southeast University, Nanjing 210096, China)

[Abstract] The capacity of people to be creative in their approach to their work will be a major necessary. Creative problem solving (CPS) is the common name for methods that utilize creativity techniques within an organizing framework. Based on analyzing the characters of creative process, this paper discusses the elements of creative cognition. The basic functions of creativity support system (CSS) are studied. A hierarchical model of the creativity support system based on experimental learning is presented.

[Key words] creativity; cognition; creativity support system; experimental learning

### 《中国工程科学》2006 年第 8 卷第 5 期要目预告

<p>东北地区有关水土资源配置 生态与环境保护 和可持续发展的若干战略问题研究 ..... 中国工程院“东北水资源”项目组</p> <p>全息胚学说对当前基因工程问题的解决策略 ——多基因获得与期望形状强化技术 ..... 王瑞库</p> <p>复杂信息系统构建的新方法 ——多活性代理方法 ..... 王 越</p> <p>青藏高原湖泊动态变化的地球卫星遥感 监测及地球动力学分析 ..... 胡东生等</p> <p>基于 CAN 总线的 TT-FPS 调度算法研究 及其性能分析 ..... 吕伟杰等</p> <p>平坦快衰落条件下天线数较多时空时 格玛的设计 ..... 耿 嘉等</p> <p>自适应 BPSK 解调方法研究 ..... 李炎新等</p> <p>协同设计中基于 DSM 过程重构的研究 ..... 徐路宁等</p> <p>歼击机环控系统控制性能分析 ..... 姚洪伟等</p>	<p>非均质岩体中一维应力波演化过程分析 ..... 钟光复等</p> <p>新型碳酚醛材料动静态力学性能和本构 关系研究 ..... 张 泰等</p> <p>工程结构可靠性分析的高阶矩法研究 ..... 官凤强等</p> <p>某露天采场爆破震动特性及减震 技术研究 ..... 林大能等</p> <p>聚能效应在岩石定向断裂爆破中的研究 ..... 罗 勇等</p> <p>我国电子废弃物处理处置技术路线 选择研究 ..... 阎 利等</p> <p>灵活可变的运动图像的分割算法 ..... 赵彦玲等</p> <p>细水雾对障碍物挡板火灭火有效性的 实验研究 ..... 刘暄亚等</p> <p>基于单位有效疏散宽度使用率的一种 疏散设计评价方法 ..... 杨健鹏等</p>
---	---