

创造力支持系统的体系结构研究

梁志成^{1,2}, 于跃海², 仲伟俊¹

(1. 东南大学管理科学与工程系, 南京 210096; 2. 国网电力科学研究院, 南京 210003)

[摘要] 介绍了创造力支持系统发展历程、创造力与创造性思维, 综合研究了各类创造力支持系统, 给出了创造力支持系统的构成要素、体系结构, 并以构建系统用于电力系统故障分析实例研究, 阐述了创造力支持系统对专家思维的支持过程。为创造力支持系统开发实现与应用提供参考。

[关键词] 创造力支持系统; 体系结构; 群体研讨环境; 表决链表

[中图分类号] TP18 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1009-1742(2010)01-0074-07

创造力支持系统(creative support system, CSS)是人机结合的综合信息处理系统, 支持激发个人及团队潜能, 以期获得创造性产出。目前, 信息技术、网络技术、人工智能理论、优化理论已经成为创造力支持系统的重要的理论基础和组成部分。当然, 人是创造的主体, 人的创造性是系统完成任务的关键。

创造力支持系统是由管理信息系统(management information system, MIS)、决策支持系统(decision support system, DSS)、群体决策支持系统(group decision support system, GDSS)、群体支持系统(group support system, GSS)发展而来的^[1]。这样的发展过程说明了人们从只关心决策结果发展到关心决策过程、思维过程; 从定量分析、定性分析发展成为定性、定量综合集成分析; 所解决的问题也越来越复杂, 从面向复杂系统到面向复杂巨系统, 再到面向开放式复杂巨系统^[2,3]; 从解决结构化决策的问题发展成为解决半结构化问题, 到非结构化问题; 人类专家参与系统的行为越来越多, 专家在系统中发挥的作用也越来越大。

关于人的创造力、创造性思维过程, 国内外很多专家学者做了深入研究^[4-6], 笔者将分析创造过程的特点, 讨论如何构建创造力支持系统, 以帮助人类

专家获得最大、最充分的发挥。

1 创造力与创造性思维

创造力不是个体活动的简单相加, 而是一系列的复杂思维过程的综合, 包括了认知过程和社会互动过程^[7], 是定性分析和定量分析的融合^[8]。

创造性思维方法, 即创造性思维作用下形成的实用方法、法则与技能, 是科学方法与使用技巧的有机结合, 也是指导我们研究创造力支持系统的重要参考, 有美国 BBDO 广告公司 A. Osborn 的“智暴(Brainstorming)”^[9,10], 也有人称之为“大脑风暴”; 日本东京大学 K. Jiro 的 KJ 法^[11]; 日本发明家 N. Masakazu 的 NM 法^[12]; 前苏联发明家兼工程师 G. S. Altshuller 的 Triz^[13] (俄文缩写, 意思是“创造性解决问题的理论”); 英国科学家 E. Bono 的“水平思考法”^[14] 等。

创新思维模型, 结构化了的抽象的创造力概念, 可以看作是对创新思维的激励和培养, 为创造力支持系统建模提供了理论基础; 创造性思维方法则提供了创造力支持系统的模型组织原则, 可以看作是对创新能力的训练。

[收稿日期] 2008-01-18; **修回日期** 2009-10-13

[基金项目] 江苏省科技成果转化基金(BH2004022)

[作者简介] 梁志成(1960-), 男, 江苏盐城市人, 国网电力科学研究院研究员, 主要研究方向为创造力支持理论与应用;

E-mail: Liangzhicheng@nari-china.com

2 创造力支持系统构成要素

著名科学家钱学森院士提出并主张采用“从定性到定量的综合集成技术”把人的思维、思维的成果、人的知识、智慧以及各种情报、资料、信息统统集成起来。它所构思的“从定性到定量的综合集成研讨厅体系”^[15,16],致力于把今天世界上千百万人的聪明才智和已经不在世的古人的智慧都综合起来,形成一个工程领域,集中人类智慧的工作体。创造力支持系统就是这样的,面向复杂巨系统,综合人类智慧,以达到某一领域的集大成。钱学森院士也把该领域称为“大成智慧工程(metasynthetic engineering)”^[17,18]。

开放式复杂巨系统,其开放性指:a.系统与系统中的子系统分别与外界有各种信息交换;b.系统中的各子系统通过学习获取知识。其“复杂性”可概括为:a.系统的子系统间可以有各种方式的通信;b.子系统的种类多,各有其定性模型;c.各子系统的知识表达不同,以各种方式获取知识;d.系统中子系统的结构随着系统的演变会有变化,所以这类系统的结构不断改变。

因此创造力支持系统必须有以下7个要素,才能适应被研究本体的需要。

2.1 主题

主题(Topic),创造力支持系统的中心思想,一切创造性活动将以之为中心展开。对于“综合集成研讨厅”来说,指讨论的议题。主题决定了创造力支持系统的知识库的内容、形式;模型的选择;决策判断的方式、方法。

2.2 人

人(Person),是创造力支持系统的主体,也是创造力支持系统的缔造者;是创造力支持系统的起点,即为主题的提出者;是创造力过程的执行者,在创造力支持系统知识、模型的协助下,完成分析、判断;也是创造力支持系统的终点,即结果的评判与实施者。

参与创造力支持系统的人可以是来自于各个学科的,不拘泥于主题、范围的限制。正如普朗克提出的“科学是内在的整体,它被分解为单独的整体不是取决于事物的本身,而是取决于人类认识能力的局限性。实际上存在着从物理到化学,通过生物学和人类学到社会学的连续的链条,这是任何一处都不能被打破的链条”。更何况,学科间是相通的,具有相似性,成功应用于某一领域的知识、方法,某种

情况下可以同比应用于新的领域。

以决策结果为目的的决策支持系统往往过多地强调了机器的智能,忽视了发挥主观能动性的人,取得一些成功的应用,但未能公众所接收。而创造力支持系统,将以人为主体的,一切机器智能是在辅助人的思维过程,协助人完成任务。

2.3 范围

范围(Scope),定义了创造力支持系统研究的边界,决定了系统运行接收的事实,使用的知识、方法的边界,做到有针对性。任何系统都不可能包罗万象,解决各种问题。在创造力支持系统上参与讨论的专家也不可能天马行空,任意发表言论,紧扣主题的同时也有其范围。

2.4 知识

知识(Knowledge),是通过实践、研究、联系或调查获得的关于事物的事实和状态的认识,是对科学、艺术或技术的理解,是人类获得的关于真理和原理的认识的总和。对于创造力支持系统而言,知识就是人类围绕特定主题的事实和状态认识的总和。知识是创造力支持系统存在的基础。创造力支持系统需完成知识工程的全部包括知识表示、知识获取、知识应用。

1)知识表示,指在某一专门领域内,把事实知识和只有特定专家所具有的经验知识形式化,使计算机能够接受和对它进行操作。它涉及知识库的设计和管理。

2)知识获取,是对于假设的对象问题领域,把事实知识和经验知识转移到知识库,它主要包括支持从专家那里抽取知识、维持知识库的完整性、保持新旧知识的一致性、知识编辑和机器学习等。知识往往蕴含在专家的论断、事实的描述、经验的总结、成功或失败的案例中,需要通过一定的工具来获取。

3)知识应用,在某一数据结构的基础上,利用形式化的知识解决问题。这涉及推理机的设计问题。知识表示和知识应用如同数据与算法,存在着表里一体的关系。

2.5 方法

方法(Method),指人们在实践中将主观和客观、理论和实际具体历史地结合起来的方式、做法、手段、措施、办法。所以,方法既要以客观世界为前提,又要以主观世界为前提,既要有外部的东西(实际),又要有内部的东西(思想)。方法是就主观和客观、理论和实际的相互结合来讲的,是联结主观与

客观、理论与实际的桥梁。方法有规律可寻的,就是指人们的思想方法、工作方法的变化规律。方法会随着人们实践活动的深入,而不断改进的。

创造力支持系统面向不同主题,在各领域应用。不同的主题涉及的知识面不同,不同的应用领域存在着不同的客观规律,因此,研究该领域问题使用的方法不同。

2.6 模型

在创造力支持系统中,模型(Model)是指在当前对被研究对象理解的基础上,建立的用于描述其特性的表达。其表达形式可以有多种形式,由人们对被研究对象的理解程度而定,如数学模型、统计模型、数值分析模型、专家推理模型等。

2.7 计算机系统

计算机系统(Computer),是创造力支持系统存在的物质基础,国际互联网(Internet)是目前最大的计算机系统,可以将关心创造力支持系统研究主题的专家通过虚拟环境集合到一起,形成虚拟的研讨世界。

计算机系统,基于相应的处理软件可以提供数据管理与存储、数据分析与挖掘、自然语言分析与理解、人工智能计算、专家知识获取、模型计算等。

目前,计算机系统以浏览器/服务器(browser/server)分层体系结构,如图1所示,逐步取代了客户/服务器(Client/Server)结构,具有更高效的信息共享和可扩展性。其中的数据库服务器、应用功能服务器、web服务器是功能的表示,实际系统中是许多计算机的组合。

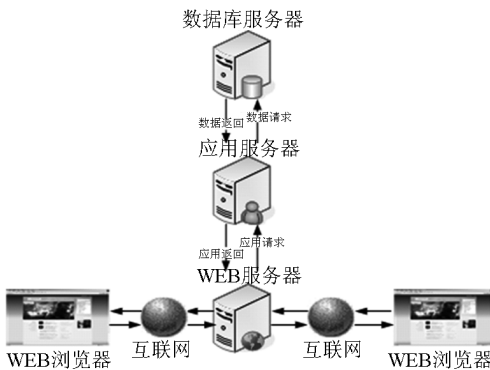


图1 浏览器/服务器多层体系结构
Fig.1 The multi layer architecture of browser/server system

综合以上的内容,创造力支持系统可由以下的7元组表示:

CSS = (Topic, Person, Scope, Knowledge, Method, Model, Computer)

3 创造力支持系统体系结构

创造力支持系统是面向复杂系统、开放式复杂巨系统研究的,有其特殊性。这里采用钱学森院士提出的“综合集成”理念,将其7个要素有机地组织起来,形成系统,以发挥创造力支持系统的功效,为人类专家的创造力活动提供支持。

3.1 创造力支持系统体系结构

创造力支持系统的体系结构如图2所示。

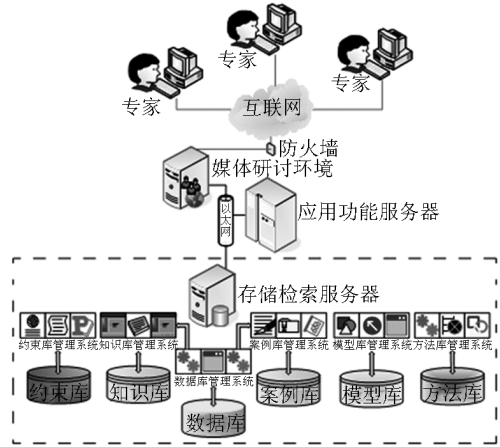


图2 创造力支持系统体系结构
Fig.2 The architecture of creativity support system

从图2所示的创造力支持系统体系结构的总体看,与以往的决策支持系统相比,在知识、模型、方法、案例运用管理上,数据库的使用上,可能发现不了什么差别,其中最大的差别在群体研讨环境上,群体研讨环境支持专家发挥创造力。

1)约束库、约束库管理系统,约束反映了问题求解的限制条件,对于某类问题的约束是相对一致的;约束,也是对主题理解知识的一部分;同时在分析专家研讨语言的基础上,由约束库管理系统不断地丰富约束库的内容。

2)知识库、知识库管理系统,专家知识,以规则形式存储,由知识库管理系统不断在数据库中提取更新知识库。

3)数据库、数据库管理系统,数据库中的数据实际上是事实性知识的表现形式,提取出来就成为了知识库中的知识。

4)案例库、案例库管理系统,案例,是知识的另一种表现形式,是成功、失败经验的积累,也是最常

见的模仿人类思维的模式,通过大量案例的积累、案例的匹配合成,为专家思维判断过程提供支持。

5)模型库、模型库管理系统,以软件形式存储于计算机系统中,随着专家理解的深入,经模型库管理系统不断更新,专家使用经模型库管理系统调用。

6)方法库、方法库管理系统,以逻辑判断、应用系统支持形式存在,会随着新方法尝试应用不断更新。

3.2 群体研讨环境体系结构

群体研讨环境,与钱学森院士提出的“综合集成研讨厅”功能一致,支持专家活动。其体系结构如图3所示,总体分成以下4个部分:

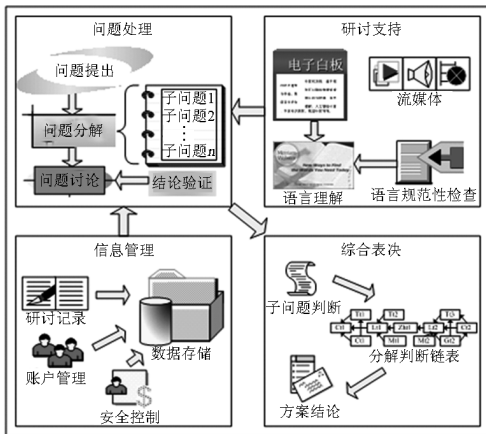


图3 群体研讨环境体系结构
Fig. 3 The architecture of group argumentation environment

1)研讨支持,提供电子白板、语言规范性检查、语言理解功能。电子白板供参与研讨专家发表看法,辅助以流媒体(如语言、视频);语言规范性检查是非常重要的环节,检查专家发表言论是否符合系统要求,是否是前件、结论方式的判断语句;语言理解,将专家语言用关键词库的关键词表示,形成谓词逻辑语句。

2)问题处理,支持问题提出、问题分解、问题讨论环境。问题提出,由研讨主持人(参与研讨专家之一)将问题表达出来;问题分解,在专家的参与、计算机智能的辅助下,将复杂问题分解成子问题;问题讨论,本着“大胆假设,小心求证”的态度,应用方法库的各种方法,对判断加以在可能的条件下做出结论验证,同时可以形成新的方法更新到方法库中。

3)信息管理,提供研讨记录、账户管理、安全控制、数据存储功能。研讨记录,是形成案例的基础,特别是对研讨过程的记录与分析,反映了专家思维

过程,是研究思维模型的第一手资料;账户管理,管理参与研讨的专家的信息;安全控制,防止非法登陆,破坏研讨环境;数据存储,包括了生成的约束、知识、案例、模型、方法等的存储,存储的形式可以是数据库、软件程序等。

4)综合表决,提供子问题判断、分解判断链表生成、方案结论生成。子问题判断,是专家对于分解的每个子问题得出的结论评判,系统提供评判的方法;分解判断链表,针对一个问题而分解出来的子问题集是一个有机整体,根据其对问题的影响,可以形成判断链表,综合起来成为整个问题的解;方案结论,最终问题的结论。

4 实例研究

基于以上提出的创造力支持系统的体系结构,结合电力行业的特点,组织实施了以“电力系统故障分析”为主题的创造力支持系统。以下是一次故障分析过程实例。

4.1 研讨环境组成

研讨环境的组成是创造力支持的物质基础,研讨的组成如下:

1)参与的专家:继电保护专家(Sheng, Zeng, Li, Chen)、稳定控制专家(Xu, Fan)、通信专家(Lu, Tian),主持人(Liang)。还有其他专家参与,只是发言对结论意义不大而未列出。

2)范围:某地区出现的跨市的大面积停电。

3)知识:继电保护,线路保护、变压器保护、电抗器保护、电容器保护、母线保护、电动机保护,这些保护基本原理模型的综合应用;可控串联补偿的组合应用;约束,包括电力系统静态稳定判据、动态稳定判据、发电机运行极限判据;输电线路热稳判据、电磁力动稳判据;案例,源自以往故障分析;

4)方法:电力系统暂态分析方法、稳态分析方法、复故障计算方法、仿真方法、动态模型方法等。

5)模型:电力系统分析模型、序分量模型、故障计算模型;用于继电保护的过电流、过电压、距离、差动、突变量、纵联、失灵等判断模型;用于安全稳定控制判断的过负荷、低频低压减载、失步振荡解列判断模型;电力系统一次设备模型,发电机(凸极机、隐极机)、电动机、线路(分布参数、集中参数/直流输电模型、交流输电模型)、变压器、电抗器、电容器、直流阀组等模型;电力系统二次控制设备模型,励磁控制、调速控制、直流控制、可控串联补偿、静止无功

补偿等。

6) 计算机系统: 创造力支持系统所用的计算机、仿真计算机系统、广域网系统。

4.2 研讨过程

研讨过程如下:

Liang(主持人): 大家好, 现在开始讨论, 某地区发生特大型电力事故, 导致了跨城市的大面积停电, 现请各位专家分析事故原因, 事故过程录播、事故陈述报告在数据库中可以随时供大家调阅分析。(分析判断: 大停电(波形), 原因)

Xu(稳定控制专家): 从几个重点变电站的波形看, 有一个大面积的振荡过程, 需要知道什么原因导致的振荡, 振荡过后发生了大面积停电, 电压、电流波形没有了。(分析判断: 振荡导致大停电, 导致振荡的原因是什么)

Li(继电保护专家): 会不会发电机发生故障, 导致了振荡呢? 可以查阅陈述报告、分析录波波形。(分析判断: 发电机故障可能导致振荡)

Xu(稳定控制专家): 陈述报告中没有发电机故障的报道, 从波形看, 没有发电机故障。(分析判断: 发电机故障会导致振荡, 没有发电机故障发生)

Chen(继电保护专家): 变电站呢? 有没有变电站内的元件故障报道?(分析判断: 变电站元件故障会导致振荡)

Li(继电保护专家): 没有。(分析判断: 变电站元件故障会导致振荡, 没有变电站元件故障)

Fan(稳定控制专家): 是的, 振荡发生了, 会不会是两点之间的断面输送容量不够, 引起振荡, 而导致停电呢? 可以通过仿真计算验证。(分析判断: 振荡存在, 仿真验证)

Sheng(继电保护专家): 引起振荡也是有原因的, 什么原因呢? 据事故陈述报告, 发生了一次线路被切除, 会不会引起振荡, 可能性很大, 可以仿真线路切除来验证。(分析判断: 线路切除导致振荡, 仿真验证)

(建立两点间的输电模型, 模拟该线路切除过程, 结果表明, 两点间发生了振荡)(分析判断: 线路切除引起振荡)

Liang(主持人): 现在通报仿真研究结果, 线路切除确实导致了振荡, 从陈述报告, 排除了其他导致振荡的可能。(分析判断: 线路切除导致振荡)

Li(继电保护专家): 那就要寻找线路被切除的原因, 人为、自然灾害、线路故障、继电保护装置动

作、安全稳定控制装置动作等都可能导致线路切除。(分析判断: 人为、自然灾害、线路故障、继电保护装置动作、安全稳定控制装置动作, 都可能导致线路切除)

Fan(稳定控制专家): 从陈述报告看, 人为、自然灾害是不可能的, 没有线路故障的陈述, 从波形看, 也没有切除前的过电流现象。(分析判断: 否定人为、自然灾害、线路故障)

Liang(主持人): 那就分析继电保护装置动作、安全稳定控制装置动作。(分析判断: 继电保护装置或安全稳定控制装置动作导致线路切除, 谁动作? 什么原因引起动作?)

Chen(继电保护专家): 陈述报告中有故障上报的记录, 可以看到所有变电站的安全稳定控制装置动作时刻是在振荡发生后, 因此安全稳定控制装置动作不会导致线路切除; 得看看继电保护装置, 看看录波波形, 是的, 是在振荡前动作的。(分析判断: 非安全稳定控制装置动作引起线路切除, 继电保护装置动作导致线路切除)

Liang(主持人): 那就分析继电保护装置动作的原因, 已经排除了故障引起动作, 只可能是误动了。(分析判断: 什么导致继电保护装置误动?)

Chen(继电保护专家): 继电保护设备自己的故障报告记录的是收到对方保护的非常通信码, 应该要闭锁的呀? 为什么没有?(分析判断: 可能是通道误码导致继电保护设备误动)

Li(继电保护专家): 对呀, 应该闭锁, 可能继电保护功能设计没有闭锁功能。问问在座通信专家, 是不是有通道误码。(分析判断: 无通道误码闭锁导致继电保护误动)

Lu(通信专家): 从记录的通道码看, 确实不是正常的通道码, 码值不对, 从保护动作报告看, 也反映了这样的问题。(分析判断: 通道误码导致继电保护误动)

Tian(通信专家): 应该可以认定, 是这样的问題, 但是继电保护不该没有误码闭锁功能, 需要改进啊。(分析判断: 通道误码、缺少闭锁, 导致了继电保护设备误动)

4.3 结果表决

根据以上研讨过程, 可以得出分解判断链表, 如图4所示。

根据专家判断, 计算机智能的支持, 得出了这次大停电事故的分解判断链表, 可以很容易得出事故

原因。分解判断链表表明了该分析过程是发散型思考、收敛型求证的过程。分析的结果经扩大范围的

专家评审,判断是正确的,并作为事故报告上报给上级主管部门。

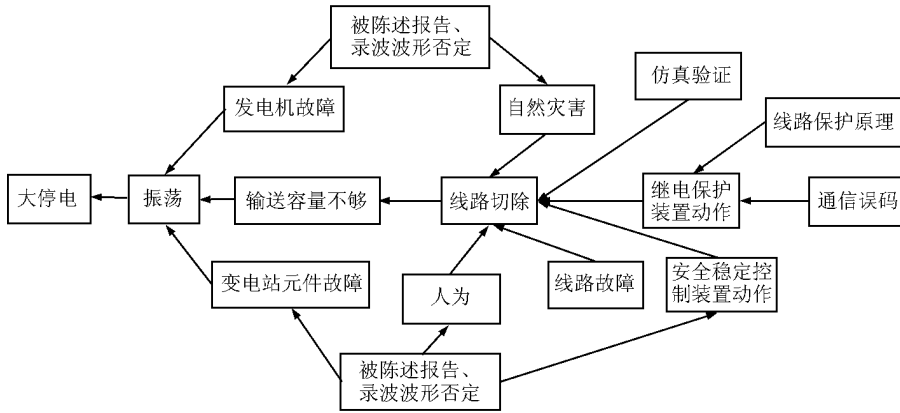


图4 分解判断链表
Fig.4 Decision list

5 结语

综合分析了创造力支持系统构成要素、体系结构,从实际应用的需求出发,为人类专家发挥创造力提供机器智能的支持。文中提出的体系结构在电力系统故障分析创造力支持系统中的应用,取得了很好的应用效果,为创造力支持系统在电力系统故障分析中应用提供了参考。

参考文献

[1] 刘怡君. 创造力支持系统研究[D]. 北京:中国科学院研究生院,2006

[2] 戴汝为. 复杂性问题研究综述:概念及研究方法[J]. 自然杂志,1995,17(2):73-78

[3] 于景元. 钱学森的现代科学技术体系与综合集成方法论[J]. 中国工程科学,2001,3(11):10-18

[4] 田友谊. 国外创造力研究新进展[J]. 上海教育科研,2004,1:14-17

[5] Heck P S, Ghosh S. A study of synthetic creativity through behavior modeling and simulation of an ant colony[A]. 5th International Symposium on Autonomous Decentralized Systems[C]. 2001:391-397

[6] Kryssanov V V, Tamaki H, Kitamura S. A Prolegomenon to a Semiotic Theory of Creativity[A]. Proceedings of the 2000 IEEE International Conference on Industrial Electronics, Control and In-

strumentation[C]. Nagoya, 2000:2583-2588

[7] Hori K. Information technology support for creativity[J]. Knowledge-Based Systems, 1997,10:1-2

[8] 于景元,周晓纪. 从定性到定量综合集成方法的实现和应用[J]. 系统工程理论与实践,2002,10:26-32

[9] 李淑文. 创新思维方法论[M]. 北京:北京广播学院出版社,2006

[10] 车宏安. 软科学方法论研究[M]. 上海:上海科学技术文献出版社,1995

[11] Ohiwa H, Kawai K, Koyama M. Idea processor and the KJ method[J]. Journal of Information Processing, 1990,13(1):44-48

[12] Nakamura Y. Combination of ARIZ92 and NM Method for the 5-th Level Problems[A]. Altshuller Institute's TRIZCON2003[C]. USA,2003

[13] 高天志. Triz法应用于工业设计构想发展之初探[D]. 台北:国立台湾科技大学设计研究所,2005

[14] Bono E. 严肃的创造力:运用水平思考法获得创意[M]. 杨新兰,译. 北京:新华出版社,2003

[15] 崔霞,戴汝为. 以人为中心的综合集成研讨厅体系——人工社会(一)[J]. 复杂系统与复杂性科学,2006,3(2):1-8

[16] 崔霞,戴汝为. 以人为中心的综合集成研讨厅体系——人工社会(二)[J]. 复杂系统与复杂性科学,2006,3(2):9-20

[17] 戴汝为. 大成智慧工程[J]. 冶金自动化,2000,1:1-6

[18] 戴汝为. 钱学森论大成智慧工程[J]. 中国工程科学,2001,3(12):14-20

Research on the architecture of creativity support system

Liang Zhicheng^{1,2}, Yu Yuehai², Zhong Weijun¹

(1. Economic Management School, Southeast University, Nanjing 210096, China;

2. Nanjing Automation Research Institute of China, Nanjing 210003, China)

[**Abstract**] This paper introduces the development of creativity support system, creativity and creativity thinking, studies many kinds of creativity support systems, and gives out the major elements and architecture of creativity support system. Based on the results of this paper, one creativity support system for power system fault analysis was built. And the procedure of creativity support was provided in this paper. This paper will provide reference for building the creativity support system.

[**Key words**] creativity support system; architecture; group support environment; decision list