

基于 TRIZ 中需求进化定律的 一类原始创新过程研究

檀润华, 马建红, 陈子顺, 江 屏

(河北工业大学创新设计研究所, 天津 300130)

[摘要] 需求进化定律是发明问题解决理论(TRIZ)体系中的最新研究成果,在分析这些定律的基础上,提出未来需求预测原理,定义了困难功能元的概念及效应综合方法,形成了从需求预测到困难功能元效应综合实现的一类原始创新过程模型。

[关键词] TRIZ;需求进化定律;原始创新;困难功能元;效应综合法;过程模型

[中图分类号] TH122 [文献标识码] A [文章编号] 1009-1742(2008)11-0052-07

1 前言

原始创新(original innovations)是创新的一种。Adams 将首次得到问题的解称为原始创新,而以往该问题没有相似的答案^[1];Manley 认为以往未见过的创新是原始创新^[2];Godenberg 等在 TRIZ 技术进化及冲突解决原理的基础上,提出了一种原始创新模板,认为原始创新是在已有产品的基础上获得的新解^[3]。陈雅兰等认为原始创新是指通过科学实验和理论联系实际研究探索事物的现象结构、运动及相互作用规律,或运用理论解决社会经济发展中的关键科学技术问题,所形成的重大科学发现、重大理论创新、重大技术创新等^[4];王寅等认为原始创新是指向科学共同体贡献出以前从未出现过,甚至连名称都没有的东西,在时间序列上可分为原创孕育、原创激发、原创验证与原创扩散 4 个阶段,并建立了基于知识螺旋的原始创新演化机制模型^[5];石林芬等认为原始创新是原创技术,是关于原型的系统知识^[6]。

理解及获取用户需求经常是创新的第一步。已有很多关于获取用户需求的研究,如产品研发人员到产品的应用环境实地考察^[7];采用质量屋(HOQ)

收集及系统表达用户之声(VOC)^[8];由研发人员及用户共同参加的产品沟通会议^[9]等。新方法还在不断地出现,如采用数据挖掘的方法,将用户的隐性知识转变为显性知识^[10];将用户各种需求与特征用可视化方法表达^[11]等。研究的趋势表明,对用户需求的理解及获取方法还不完善,还有待进一步发展。

TRIZ 是诞生于前苏联的创新理论^[12,13],目前已与精益生产理论、6 西格玛并列为制造业世界级降低成本、保证质量与创新的结构化方法^[14]。目前应用中的 TRIZ 有 16 种方法,这些方法即可单独应用又可几种集成应用^[15]。Durand 等认为,TRIZ 中的方法与其他创新方法集成是重要的方向^[16]。需求进化定律^[17]是 TRIZ 理论体系中的最新研究成果,笔者将这些定律应用于用户新需求产生,以此确定新功能,并由 TRIZ 中的效应方法确定困难功能元的原理解,形成一类原始创新过程模型。

2 基于需求进化定律的新需求产生

2.1 需求进化定律

文献^[17]认为,需求处于进化状态,这种进化受客观规律支配,并归纳为 5 条需求进化定律,即需求进理想化(idealization of needs)、需求进化动态

[收稿日期] 2008-01-18

[基金项目] 国家“八六三”计划资助项目(2006AA042109);教育部博士点基金(20060080002);河北省科技攻关计划(07215602D-2)

[作者简介] 檀润华(1958-),男,河北任丘市人,教授、博士生导师,主要研究方向为创新设计

化(dynamization of needs)、需求进化协调化(coordination of needs)、需求进化集成化(integration of needs)、需求进化专门化(specialization of needs)。在很多情况下,需求进化理想化通过需求进化动态化、需求进化集成化及需求进化专门化实现,后3者又经常通过需求进化协调化实现,如图1所示。

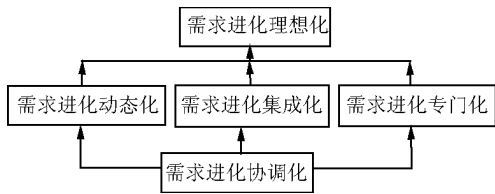


图1 需求进化定律系统

Fig.1 System of demand evolution laws

1)定律1 需求进化理想化。指增加需求的数量、提高需求的质量,减少实现这些需求的时间消耗、成本及副作用是需求进化的趋势。用公式(1)定性描述。

$$I = \frac{\sum_{i=1, j=1}^{\infty} Q_i Q_j}{\sum_{k=m} C_k + \sum_{l=n} H_l} \quad (1)$$

I —需求进化理想化水平;

Q_i —需求的数量;

Q_j —需求的质量;

C_k —满足需求所需的成本,包括时间;

H_l —实现需求的副作用。

公式(1)中,需求进化理想化水平趋于无穷大是需求进化理想化进化趋势。根据这种趋势可以有4种方法推进需求进化的理想化,即增加需求的数量、提高需求的质量、减少满足需求的时间及成本、减少实现需求的副作用。

2)定律2 需求进化动态化。指需求按时间、空间、场所、职业等变化而变化。该定律预示如下4种进化趋势:a.需求在时间、空间、结构及基于条件的变化趋势;b.需求要适应特定的位置、场所、地区及特定的人群,适应特定的时间、地点及形式;c.需求将体现民族特性、职业、年龄、性别、受教育水平、宗教信仰、季节或一天中的时间段等;d.需求将体现减少人的介入,如机械化、自动化与半自动化、可控制性等。

3)定律3 需求进化协调化。指构成系统的各子系统之间在参数、结构、条件、空间、时间等方面的协调。协调可以是动态的,失调导致失望、矛盾、破产、灾难、腐败、战争、生态破坏等。需求协调还可以理解为系统存在不协调因素,从而需要改进。

4)定律4 需求进化集成化。指有用功能或特征集成应用、有害功能或特征得到补偿、或保持在一定的水平之内。有如下5种集成的方法:a.集成相同或相似的需求;b.产生具有不同特征的相似需求;c.产生竞争或多样化的需求;d.集成不同种类的需求;e.集成相反的需求。

5)定律5 需求进化专门化。指将需求浓缩,使其更精确及具有更高的质量。确定该类需求的步骤如下:a.选择需求中最重要的部分;b.扩展这部分需求;c.提供更好的条件充分满足这部分需求。

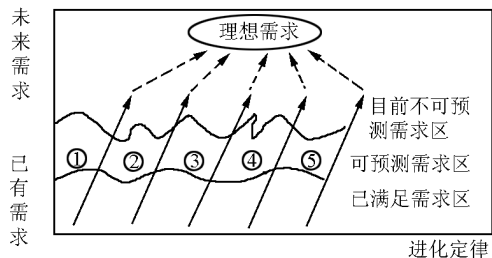
每条定律都指出了需求进化的一个方向,研发人员可以根据该方向预测所开发产品可能的未来需求,引导企业今天开发未来的产品。

2.2 新需求产生

需求通常是通过需求管理过程获得的,包括需求提取、需求分析、需求确认,其输出是待开发产品的功能需求^[18]。需求进化定律可用于需求提取,其基本原理为:需求进化理想化水平处于无穷大的状态是理想需求状态,是所有需求进化的最终状态,需求均向理想需求方向进化。上述5条定律指明了需求进化的方向,按这几个方向,逐步接近理想需求的需求是未来需求,即向理想需求进化过程中的每一个或一组需求状态都是未来的需求。这些需求中未出现过的需求是新需求。

图2是基于需求进化定律的需求预测原理。图中纵向分为已满足需求、可预测需求及目前不可预测需求3个区,分别表示已满足的需求、可通过需求进化定律预测的需求、及通过定律目前不能预测到的需求。横向分为5个区,分别表示按定律1至定律5进化的区域。目前不可预测需求区是由于人们的知识所限,对遥远的未来在今后某个时间段才能预测的区域。可预测需求区是应用已有的知识及需求进化定律,对近期未来将出现需求的预测,很多需求将是新需求。所有需求都向趋近于理想需求的方向进化,可预测需求区与已满足需求区相比更接近

于理想需求状态。



- ① - 理想化; ② - 动态化; ③ - 协调化;
④ - 集成化; ⑤ - 专门化

图2 未来需求预测原理

Fig. 2 Principle of future demand forecasting

产品创新可分为创造未来产品及已有产品改进两类。未来产品是目前不存在的产品,该类产品需求预测的第一步是确定一个待开发的领域,之后应用5条定律中的1条或几条预测或发现新需求,之后将需求转换为功能需求并开发出相应的产品。对应于未来产品的需求是原始需求或新需求。

大量的产品创新是对已有产品的改进。已有产品可以是本企业正在生产中的产品,又可以是其它企业生产的竞争产品。不违反专利规则,又借助已有产品中的概念进行创新,是企业级产品创新通常的活动。首先选择产品原型,发现该产品未确认的缺点及未来可能发生的潜在问题,然后确认用户目前及未来还没有满足的希望,分析这些问题或希望,确定新需求。确定新需求采用的方法具体可以分为如下5步。

第1步:选择原型产品。本企业或市场上销售的产品,经过选择都可以作为产品创新原型。

第2步:确认原型产品的缺点或问题。可以按传统方法进行,如现场考察、用户之声、产品沟通会等。

第3步:确认原型产品未来的缺点或问题。采用需求进化定律逐条分析的方法。

第4步:问题分类及系统化。将已存在的、未来的缺点及问题分类并系统化,如采用质量屋或需求树表达目前及未来的需求。

第5步:确定新需求。分析上述需求,结合开发人员的经验与实现的可能性,确定新需求。

3 新需求的功能 - 效应实现方法

3.1 产品功能模型

为了产品的后续开发,新需求要转换成待开发

产品的功能需求,通常用功能模型描述功能需求,如功能树、功能结构等均是常用的功能模型。产品设计满足功能,功能满足需求,通过制造过程将设计转变成产品,最终通过市场产品满足新需求,通过创造新市场,企业获得效益。

不同类型的设计所采用的功能模型有所不同。如对于定单设计产品,其所有功能几乎不变,个性化功能的实现需要个性化处理,该类设计可以采用功能树或功能方法树的方法建立产品功能模型。本研究对象是创新设计的产品,可能是未来产品,也可能是某种产品大的改进,其功能模型是新建模型,或是已有功能模型大的改进。该类问题的功能模型采用传统设计理论中的总功能—分功能—功能元分解过程及功能结构模型^[19]是合适的。

建立功能结构的第一步是根据用户需求抽象出待设计产品的总功能,之后根据需求将总功能分解为若干分功能,每个分功能继续分解一直到功能元,由能量流、物料流及信息流连接所有功能元形成的网络是功能结构。功能结构包含通常功能元及困难功能元两类,如图3所示。前一类功能元的解或实现容易得到,如已有部件、子系统可能是该类功能元的解,或设计者依据经验提出该类功能元的原理及结构;但后一类功能元的解很难得到,属于一类发明问题^[20],其解决问题的路径及问题的解均是未知的,且很难得到。该类功能元求解是产品创新设计过程中形成新概念的核心。在TRIZ理论中,效应方法已用于功能元的求解^[21~23],但并没有区分通常功能元或困难功能元两类。笔者认为TRIZ中的效应方法可以为困难功能元提供一种求解方法,并称之为效应综合法。

3.2 困难功能元效应综合法

效应方法的基本原理是应用物理、化学、几何等领域中的科学原理解设计中的问题,即按照科学原理的规定将输入量转化为输出量,实现功能的预期行为。TRIZ中的效应是通过专利分析,在找出专利中产品的行为与实现该行为的科学原理之间相关性的基础上形成的,效应是输入、输出之间的关系,用输入量和输出量联系起来的科学原理来描述。按照包含信息不同,效应分为物理效应、化学效应、几何效应、生物效应等类型。

功能元与效应之间存在映射关系。只要两者的输入/输出物理量相似,该效应可能是该功能元的一种原理解;或几个效应有机组合形成的效应链可能

是功能元的一种原理解。本研究称困难功能元原理解的一类效应链为目标效应链。单个效应实现一个功能元是目标效应链的最简单情况。几个目标类

效应链可能均能实现一个功能元。因此,功能元与目标效应链之间的映射是一对多的关系,如图4所示。

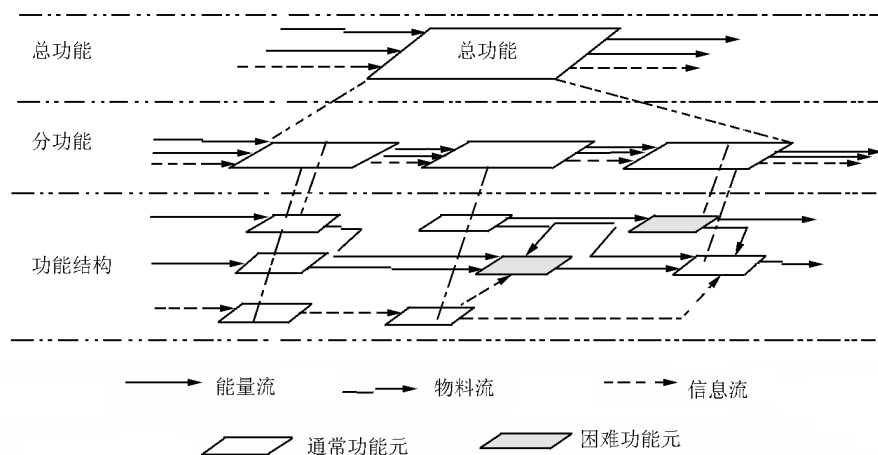


图3 面向创新的一类功能模型

Fig. 3 Function model oriented to first class innovation

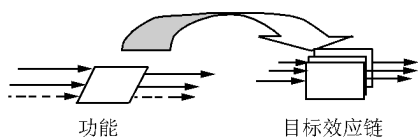


图4 功能元与目标效应链之间的映射

Fig. 4 Mapping between function unit and target effect chain

困难功能元很难求解,采用效应方法是一种选择。如果每一条特定的效应都称为知识,则该类知识存在于不同的领域之中,如力学、电子学、化学、物理学等,每个领域又分为不同的掌握范围:个人、企业、本行业、外行业、社会、全人类。根据设计人员的知识,如果待解决困难功能元的解初始判断处于力学领域,企业掌握范围,初始解完善的过程往往沿力学领域所给的方向进行。但为了得到问题的高质量解决方案,所需要的知识处于电子学或化学领域,熟悉问题所在领域的设计人员往往不熟悉多领域的知识,因此,高质量解决方案很难产生。不同领域中的知识利用成为困难功能元求解的主要障碍。

在困难功能元到目标效应链的映射中找到一个目标效应链的过程称为效应综合算法。该算法要克服不同领域中效应知识的有效利用,其基本条件是要得到效应知识库的支持,如图5所示。效应知识库中的知识来源于不同领域,并随着科学技术的发展

不断添加。在效应知识库的支持下,困难功能元经过效应综合算法,被转换成目标效应链,该效应链是困难功能元的一种原理解。

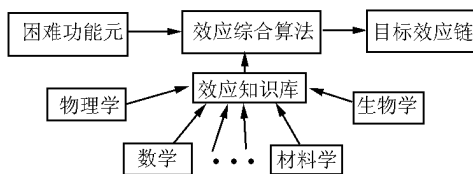


图5 效应综合法原理

Fig. 5 Principle of effect synthesise

效应知识库是计算机辅助创新软件系统(CAIS, computer-aided innovation system)中的一个知识库。应用较多的CAIS^[24],如Goldfire Innovator, Innovation Workbench(IWB)等,均以TRIZ为基础,将TRIZ中的概念、原理、工具与知识库紧密结合,构成计算机辅助创新软件系统。设计者通过使用这些软件,可以参考世界上优秀工程设计实例或知识,为正在开发中的产品或为待解决的问题提供解决思路。国产CAIS为Invention Tool 3.0,该软件的理论基础也是TRIZ,包括技术成熟度预测、技术进化、冲突、效应及标准解等模块,同时软件中还包括与模块对应的知识库,如效应知识库、冲突解决知识库、技术进化知识库等。

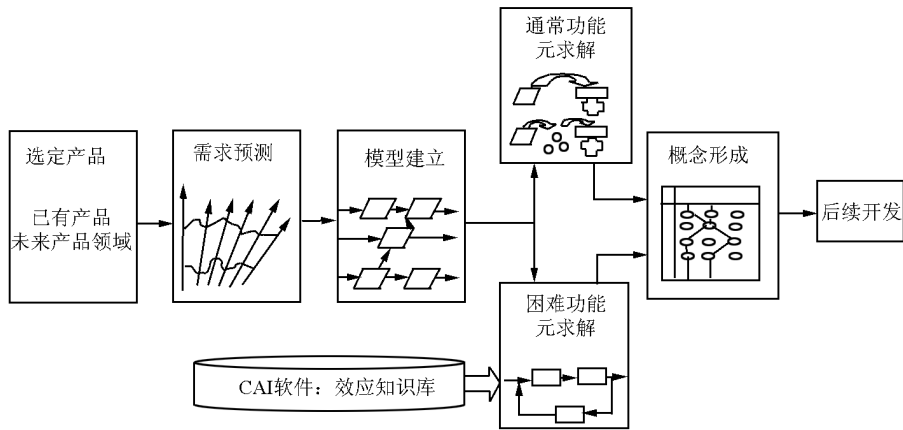


图6 基于需求预测及困难功能元求解的原始创新过程模型

Fig. 6 Process model of original innovation based on the demand forecasting and difficult function unit solving

在计算机辅助创新系统 Invention Tool 3.0 中, 效应综合算法包括字符串匹配法及功能本体法。前者输入困难功能元预期解或初始解的可能关键词, 系统自动寻找与之匹配的所有效应, 设计者浏览这些效应并选择目标效应, 还可以通过效应的关联与控制找到关联与控制效应, 形成效应链, 即目标效应链。功能本体法是基于已构建的功能本体, 自顶层向下手工搜索, 通过浏览, 并经过关联与控制操作, 一直找到所需要的效应或效应链, 即目标效应链。目标效应链是实现一个困难功能元的效应组合。按照效应的输入、输出以及邻接效应之间的相容关系, 一个或多个效应的组合可以实现一个困难功能元。

将目标效应链转换成待开发产品的结构是人工过程。设计者的经验、软件工具的运用(如 CAD, CAE 的运用), 对问题的理解程度及对本企业工艺过程的熟悉程度等, 决定所开发产品结构的实现功能、可靠性、使用方便及成本等所达到的指标, 对未来创造新市场也起着重要作用。

4 一类原始创新过程模型

如果从已有产品或未来产品领域出发, 通过需求进化定律在可预测需求区内预测未来需求, 将这些需求转换功能结构, 其组成功能元分为通常功能元与困难功能元两类, 前者采用通常方法获得原理解, 后者采用效应综合法求解, 则形成基于 TRIZ 中需求进化定律的一类原始创新过程模型, 如图 6 所示。图 6 表明, 新需求不是来源于市场, 而是应用需求进化定律分析已有或未来产品领域的结果; 功能结构中含有困难功能元, 需要采用 TRIZ 中的效应方法解决; 该过程需要 CAI 软件中的效应知识库及

其综合算法的支持完成。应用该模型的创新过程分为 6 步: 选择产品、需求预测、模型建立、功能元求解、概念形成及后续开发。

第 1 步: 选定产品。本企业生产的产品, 或国内外市场上的竞争产品均可为选定产品。如果企业拟进入一个新的行业或领域, 在对该领域研究、分析的基础上, 选定该领域的产品; 或对未来产品有一初步的预期, 该预期产品作为选定产品。选定产品作为未来开发过程的原型产品。

第 2 步: 需求预测。应用需求进化定律分析原型产品, 在可预测需求区内发现及确认新需求。对于未来预期产品直接应用 5 条需求进化定律预测未来需求, 对于已有产品通过 5 步法确定新需求。

第 3 步: 模型建立。根据新需求, 首先抽象总功能, 之后将总功能分解为不同分功能, 再将分功能分解为不同功能元, 通过能量流、物流、信息流将功能元组合成功能结构。通过经验区分通常功能元及困难功能元。

第 4 步: 功能元求解。通常功能元求解, 采用传统方法求解, 如直接将功能元转换成结构, 或将功能元分解为行为的组合, 之后构造结构。困难功能元求解采用效应综合法, 在 CAI 软件系统中效应知识库及综合算法的支持下, 选择与功能元匹配的目标效应链。

第 5 步: 概念形成。可以采用形态学矩阵的方法, 找出待开发产品的多个原理解, 经过评价选定一个或少数几个, 将其形成概念, 即用简图表示工作原理, 用草图表示初步的结构。原理简图或结构草图为可触摸的形体, 形成发明。

第 6 步: 后续开发。包括技术设计、详细设计、

工艺设计、制造,最后形成产品,并将其推向市场,企业获得效益。从而完成创新的全过程。

后续开发尽管内容还很多,但都是企业研发特别是设计、工艺及销售所熟悉的内容,很多软件均支持这些工作,如 CAD/CAM/CAPP, ERP, PDM 等支持不同侧面的工作。因此,只要 5 步完成,将概念变成产品及效益已是企业经常性的活动。

5 结语

提出了以未来产品领域或已有产品为产品原型的未来需求预测方法。需求要转换为功能结构,功能结构中含有困难功能元,该类功能元求解是创新的核心。采用效应综合法,在 CAI 系统中效应知识库的支持下,可以确定困难功能元的目标功能链。以此为基础,定义了一类原始创新。将需求进化定律、功能结构建立、困难功能元效应综合法求解过程集成,形成了基于 TRIZ 中需求进化定律的一类原始创新过程 6 步模型。应用该模型企业研发人员可以在理论成果的指导下,应用软件工具完成产品原始创新。

参考文献

- [1] Richard Adams. Perceptions of innovations: Exploring and developing innovation classification [D]. United Kingdom: Cranfield University, 2003
- [2] Manley K, Blayse A, McFallan S. Demonstrating the benefits of construction innovation [A]. Creating and Entrepreneurial Economy: The Role of Enterprise and Innovation, International Research Conference [C]. University of Waikato, Hamilton, New Zealand, 2005
- [3] Jacob Goldenberg, David Mazursky, Sorin Solomon. Templates of original innovation: Projecting original incremental innovations from intrinsic information[J]. Technological Forecasting and Social Change, 1999, 61(1): 1 - 12
- [4] 陈雅兰, 李必强, 韩龙士. 原始性创新的界定与识别[J]. 发展研究, 2004, 7:78
- [5] 汪寅, 王忠, 刘仲林. 基于知识螺旋的原始创新过程与机制研究[J]. 科学学与科学技术管理, 2007, 28(8): 41 - 47
- [6] 石林芬, 胡翠平. 原创技术的基本特征与研发要素[J]. 科技管理研究, 2007, 01: 206 - 208
- [7] Leonard Dorothy, Jeffrey F Rayport. Spark innovation through empathic design [J]. Harvard Business Review, 1997, 75(6): 102 - 113
- [8] Ulwick Anthony. Turn customer input into innovation [J]. Harvard Business Review, 2002, 80 (1):91 - 97
- [9] List Dennis, Mike Metcalfe. Sourcing forecast knowledge through argumentative inquiry [J]. Technological Forecasting and Social Change, 2004, 71(5): 525 - 535
- [10] Su Chaoton, Chen Yunghsin, Sha DY. Linking innovative product development with customer knowledge: A data - mining approach [J]. Technovation, 2006, 26(7) :784 - 795
- [11] Ji Young Woo, Sung Min Bae, Sang Chan Park. Visualization method for customer targeting using customer map [J]. Expert Systems with Applications, 2005, 28 (4) : 763 - 772
- [12] Altshuller G. The Innovation Algorithm, TRIZ, Systematic Innovation and Technical Creativity [M]. Worcester: Technical Innovation center, 1999
- [13] Fey V, Rivin E. Innovation on Demand [M]. Cambridge: Cambridge University Press, 2005
- [14] Silerstein D, Decarlo N, Slocum M. Insourcing Innovation [M]. Longmont: Breakthrough Performance Press, 2005
- [15] Martin G M. How combinations of TRIZ tools are used in companies - result of a cluster analysis [J]. R&D Management, 2005, 35 (3) :285 - 296
- [16] Julien Durand, Pierre Alain Weite, Claude Gazo, et al. Determination and evaluation of the possible links and sequences between TRIZ and other design methods[A]. International Conference on Engineering Design [C], Cite des Sciences et de l'Industrie, Paris, France , August 2007
- [17] Vladimir Petrov. Laws of development of needs [EB/OL]. <http://www.triz-journal.com/archives/2006/03/02.pdf>
- [18] Jiao Jianxin, Chen Chunhsien. Customer requirement management in product development: A review research issues [J]. Concurrent Engineering Research and Application, 2006, 14 (3) :173 - 185
- [19] Pahl G, Beitz W. Engineering design: A systematic approach [M]. London: Springer, 2001
- [20] Savransky S D. Engineering of creativity [M]. New York: CSC Press, 2000
- [21] 檀润华. 发明问题解决理论 [M]. 北京: 科学出版社, 2004
- [22] Cao Guozhong, Tan Runhua, Zhang Ruihong. Connect effects and control effects in conceptual design[J]. Journal of Integrated Design and Process Science, 2004, 8(3) :75 - 82
- [23] Cao Guozhong, Tan Runhua. FBES model for product conceptual design [J]. International Journal of Product development, 2007, 4(1/2): 22 - 36
- [24] Kohn S, Husig S, Kolya A. Development of an empirical based categorisation scheme for CAI software [A]. 1st IFIP TC - 5 Working Conference on CAI [C]. ULM, Germany, 2005

Study on the process model of an original innovation based on needs evolution laws of TRIZ

Tan Runhua , Ma Jianhong , Chen Zishun , Jiang Ping

(*Institution of Innovation, Hebei University of Technology, Tianjin 300130, China*)

[**Abstract**] Law of needs evolution is the latest success about the research of theory of inventive problem solving (TRIZ). The future needs forecasting principle is put forward by analyzing the above laws. The difficult function unit and method of effect synthesizing are defined and then a type of new process model of original innovation is built and it begins from the needs forecasting to the effect synthesizing of difficult function units.

[**Key words**] TRIZ; law of needs evolution; original innovation; difficult function unit; method of effect synthesizing; process model

(上接 22 页)

Design and implementation of pharos information system along Yangtse River

Wu Yunping¹ , Li Guoxiang² , Ai Tinghua³ , Cai Shengzhen¹ ,

Wang Hong³ , Yu Jianlin² , Li Wangbiao¹ ,

Du Yangwen² , Liu Huasong⁴ ,

Zhu Huang³ , Su Weida¹ , Wu Jinying¹

(1. *Electronic and Information Department, Fujian Normal University, Fuzhou 50007, China;*

2. Changjiang Waterway Bureau, Wuhan 430010, China; 3. *School of Resource*

and Environmental Science, Wuhan University, Wuhan 430079, China;

4. Fujian Minyou Digital Information Company Ltd., Fuzhou 350003, China)

[**Abstract**] A remote terminal unit of pharos monitor system based on double MCUs is developed to lower its power cost down to 30 mA/4 V. Multi - buffer and multi - class are used to deal with pharos' s data. RTCM is transferred through GPRS VPN to improve accuracy of GPS up to 0.9 m. The extended GIS based on S - 57 is the platform for users. The system has been running in the Three Gorges along Yangtse River for almost 4 years, and it still works well.

[**Key words**] the Three Gorges; pharos monitor; double MCUs architecture; S - 57; DGPS