

doi: 10.12052/gdutxb.200122

基于可拓学与CAI技术的无尘黑板专利规避设计

李千静, 成思源, 陈晓菁, 杨雪荣, 陈斌

(广东工业大学 机电工程学院, 广东 广州 510006)

摘要: 针对传统面授课堂上因使用粉笔导致室内粉尘含量过高而不利于人体健康的问题, 本文运用可拓学和基于发明问题解决理论(Theory of the Solution of Inventive Problems, TRIZ)的计算机辅助创新技术对已有的无尘黑板专利产品创新设计。检索并选择无尘黑板专利作为研究对象, 利用计算机辅助创新软件Goldfire的专利规避模块完成功能分析, 建立功能模型, 判断模型中的问题功能并用可拓基元模型表达功能信息。确定规避路径后运用可拓变换方法对被替换组件进行规避, 获得可拓规避模型。结合TRIZ求解工具与发散树对规避问题进行求解获得解决方案并判断其可行性。通过该流程的应用为其他产品的专利规避提供借鉴。

关键词: 无尘黑板; 计算机辅助创新; TRIZ; 发明问题解决理论; 可拓学

中图分类号: TB472

文献标志码: A

文章编号: 1007-7162(2021)02-0020-06

A Patent Evasion Design of Dust-free Blackboard Based on Extension and CAI Technology

Li Qian-jing, Cheng Si-yuan, Chen Xiao-jing, Yang Xue-rong, Chen Bin

(School of Electromechanical Engineering, Guangdong University of Technology, Guangzhou 510006, China)

Abstract: In view of the problem that the indoor dust content is too high due to the use of chalk in the traditional face-to-face classroom, Extenics and computer aided innovation technology based on the theory of the solution of inventive problems (TRIZ) are used to innovate the existing dust-free blackboard products. Searching and selecting the dust-free blackboard patent as the research object, using the patent evasion module of computer-aided Innovation Software goldfire to complete the function analysis, a function model is established, the problem function in the model judged, and the function information expressed with the extension basic element model. After determining the circumvention path and using the extension transformation method to evade the replace components, the circumvention model is obtained. Combined with TRIZ solution tool and the divergence tree, the solution is obtained and its feasibility judged. The application of this process can provide reference for other products to design around patent.

Key words: dust-free blackboard; computer aided innovation; TRIZ; theory of the solution of inventive problems; Extenics

可拓学是由中国学者蔡文教授于1983年提出的一门原创性横断学科^[1], 以形式化的模型探讨事物拓展的可能性和开拓创新的规律与方法, 并用于处理矛盾问题。可拓学是解决矛盾问题的理论和方法体系, 通过形式化模型的描述和运算等操作解决矛盾问题, 具有可操作性强的特点。TRIZ (Theory of the Solution of Inventive Problems, 发明问题解决理论)由

苏联的根里奇·阿奇舒勒(Genrich Altshuller)于1946年所创立, 主要用于解决工程矛盾问题。杨春燕等^[2]在可拓创新方法与TRIZ的比较分析中提出在解决矛盾问题时可拓创新方法与TRIZ方法相比更具有普适性, 同时可拓创新方法与TRIZ具有互补性。而多年的研究发现TRIZ理论与可拓学在解决矛盾问题方面不仅可以互相弥补缺陷而且有相似之处, 因此学者针

收稿日期: 2020-09-10

基金项目: 教育部产学合作协同育人项目(教高司函[2020]6号); 广东省研究生教育创新计划项目(2020JGXM039); 广州市高校创新创业教育项目(20170422)

作者简介: 李千静(1996-), 女, 硕士研究生, 主要研究方向为可拓学与创新方法, E-mail: 1025269819@qq.com

对两种理论的集成进行了研究,唐文艳等^[3]结合TRIZ与可拓学提出了基于折叠纸打印夹的创新设计。江帆等^[4]将TRIZ与可拓创新方法融合,形成产品优化创新方法,并运用到可变方桌的创新设计中,设计出可变面积方桌。张文林等^[5]在功能模型中引入可拓基元模型,使系统的功能模型能清楚表达出组件的属性以及组件间的相互关系。江帆等^[6]提出了基于TRIZ与可拓学的盘类铸件打磨方案设计。花黄伟等^[7]提出了基于因果分析的事元蕴含系方法。楼炯炯等^[8]针对TRIZ在解决矛盾问题时存在初始问题分析难、发明原理具体化难等问题,进行了基于可拓创新方法的改进TRIZ研究。郭恒发等^[9]将融合可拓学与TRIZ的产品设计创意生成方法运用到手机充电器的产品设计中,获得了多个具有可行性的创意方案。虽然TRIZ理论能提供创新的指导方向,但是具体的创意设计更多依赖于设计工作者的个人经验和专业知识,为此,随着计算机时代的发展,基于TRIZ理论的计算机辅助创新(Computer Aided Innovation, CAI)软件被开发,并得到很好的发展,CAI可以辅助设计人员在创新设计时不再受限于个人经验和专业知识^[10]。付敏等^[11]将TRIZ和CAI结合得到新的创新问题解决流程,在概念设计阶段该流程能有效地解决创新过程目标模糊的特点。管芳景^[12]将基于TRIZ理论的CAI应用于船舶设计中,证明了CAI的出现是对制造业计算机辅助技术体系的发展和完善。罗佳龙等^[10]提出了基于计算机辅助创新软件Pro/Innovator的功能分析与创新设计流程。把基于TRIZ理论的计算机辅助创新软件与可拓学相结合,将有利于发挥两者的优势。Goldfire是CAI软件中的一种,该软件以TRIZ理论为基础,结合现代方法学、价值工程和全球专利库等方法学科,为用户提供全面的创新解决方案,而且该软件更加容易分析、解决问题以及产生最优的创新方法^[13]。

传统的面授课堂主要采用粉笔板书的授课方式,与多媒体教学相比黑板板书的授课方式更为直观和系统,更有利于学生的学习与理解,所以黑板在课堂中的使用仍然是效率最高的^[14]。因此,以降尘为目的的无尘黑板出现在市场上,降尘的主要方式是增加吸尘装置,更改黑板擦的集尘效果等,但是这些措施只是加快粉尘飘落的速度、降低空中粉尘的含量,并不能从根源上解决粉尘问题。本文以专利CN201810225639.8一种自动擦拭的无尘黑板^[15]为研究对象,利用可拓学与计算机辅助创新软件Goldfire对该专利进行深入的系统分析,并使用它们的创新

工具对该专利进行创新规避设计,得到最终创新设计方案并判断其可行性,通过该流程的应用为其他产品的专利规避提供借鉴。

1 系统工作原理分析与问题识别

将Goldfire软件与可拓学结合的专利规避设计流程是:在确定好规避专利对象后,用Goldfire进行功能分析以初步识别系统中的关键组件和关键功能;再对关键组件与关键功能建立基元模型实现问题的识别;紧接着选择规避路径并用可拓变换方法形式化地表达出规避操作以获得可拓规避模型,规避模型中的新问题需要用TRIZ工具找出其启发性原理解;并通过可拓创新方法中的发散树方法与Goldfire的知识库查找出原理解在不同领域的应用实例以获得新的启发,将启发应用到专利规避设计中便得到新的设计方案,最后判断其可行性。

Goldfire的专利规避模块可以建立专利产品的功能模型和运用TRIZ理论进行问题求解。功能分析是TRIZ中分析问题的工具,它可以识别系统组件、超系统组件和系统中的有用、不足、过剩和有害功能^[16]。基元模型是可拓学中用于形式化、模型化表示物、事和关系的基本元,基元的三要素分别是对象 O (物、动作或关系名词)、对象 O 的特征 C 和对象 O 关于特征 C 的量值 V 。基元模型可深入分析专利产品组件和组件间的相互作用关系的相关参数^[17]。功能分析包括组件分析、相互作用分析和建立功能模型3个步骤。经功能分析所得的功能模型能获取产品组件和功能的基本信息,却不能表达出组件的参数与造成功能不足的关键性因素,而可拓基元模型能有效表达出组件的参数与影响功能性能的关键性因素,因此基元模型与功能分析的结合能有效识别系统存在的具体问题。

1.1 工作原理分析

在Goldfire检索框输入关键词“无尘黑板”,得到多个相关专利。选择专利CN201810225639.8一种自动擦拭的无尘黑板^[15]为研究对象,其具体结构如图1所示。该专利将板面设置成传送带结构安装在卷轴上,通过减速器与联轴器将电机与卷轴连接,使板面可转动。该装置还设有棉布、供水装置与供风装置,供水装置用于加湿棉布,供风装置用于烘干棉布,棉布在板面转动过程中由两者之间的摩擦力实现擦拭。此外,废水箱用于收集废水以供重复使用。

1.2 建立功能模型和基元模型

进入Goldfire专利规避设计模块,选择产品高级

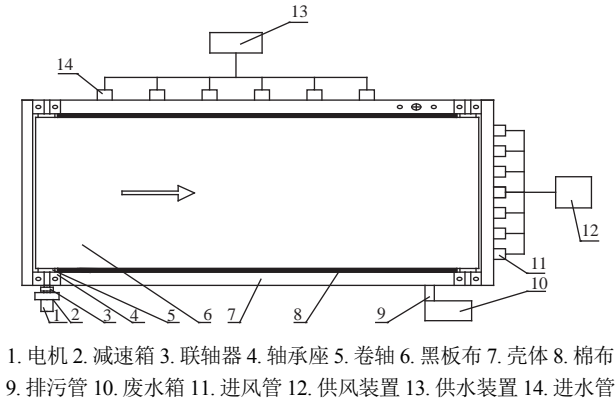


图1 一种自动擦拭的无尘黑板
Fig.1 Dust-free blackboard with automatic wiping function

设计,开始专利产品的功能分析。点击图2所示的 Build Model Wizard可以通过查找组件(Find Elements)找到专利产品的系统、超系统和目标组件,并使用工具栏建立功能模型。该软件建立功能模型有4步:一是找到系统组件;二是找到超系统组件;三是找到目标组件;四是定义组件间的功能。

根据上述的步骤,找到系统组件为电机、减速箱、联轴器、轴承座、卷轴、黑板布、壳体、棉布、排污管、废水箱、进风管、供风装置、供水装置、水泵、进水管;超系统组件为空气、水、电源、粉笔;目标是粉尘。接着通过工具栏对组件间的功能进行定义,得到如图3所示的功能模型图。

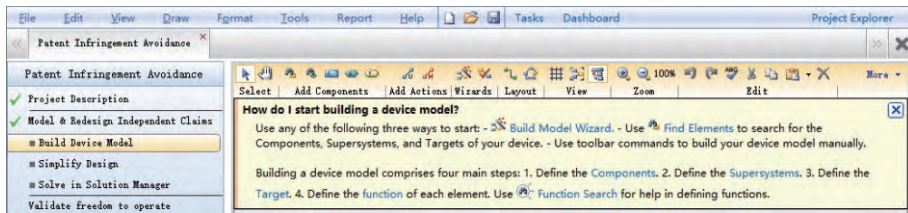


图2 Goldfire建立功能模型步骤图
Fig.2 Steps for Goldfire to build functional model

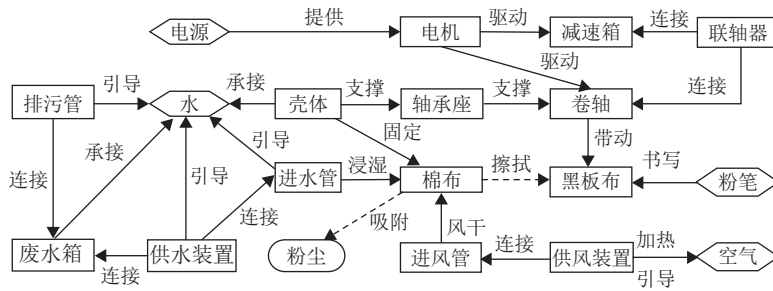


图3 无尘黑板功能模型
Fig.3 Functional model of dust-free blackboard

通过分析功能模型可知,整个产品的目标功能是防止粉尘,与防止粉尘相关的组件功能为棉布对黑板布的擦拭功能和棉布对粉尘的吸附功能。产品的整体虽然能有效地降低粉尘的含量,但因为以粉笔作为书写工具,所以在书写时仍会有粉尘的飘落,表现为不足功能。此外,棉布虽然固定在壳体内,但由于棉布与黑板布之间长时间存在摩擦力会使棉布逐渐处于非拉紧状态,而不能完全擦干黑板布,同时对粉尘的吸附作用也会降低,所以擦拭功能和吸附功能表现为功能不足。分析可知与系统的目标功能相关的关键组件为粉笔与粉尘,与擦拭功能相关的关键组件是棉布与黑板布,与吸附功能相关的关键组件为黑板布。对关键组件和组件之间的关系建

立基元模型。

(1) 建立物元系统

$$M_1 = \begin{bmatrix} \text{无尘黑板,} & \text{形状,} & \text{长方形} \\ & \text{应用场景,} & \text{教室} \\ & \text{自动化程度,} & \text{高} \end{bmatrix}$$

相关系统组件为

$$M_2 = \begin{bmatrix} \text{黑板布,} & \text{材质,} & \text{复合树脂塑料胶} \\ & \text{形状,} & \text{传送带结构} \\ & \text{运动方式,} & \text{转动} \\ & \text{颜色,} & \text{黑色} \\ & \text{面积,} & \text{4.8 m}^2 \\ & \text{可书写性,} & \text{好} \end{bmatrix}$$

$$M_3 = \left[\begin{array}{l} \text{棉布, 材质, 棉} \\ \text{形状, 长方形} \\ \text{面积, } a \text{ m}^2 \\ \text{吸湿性, 良好} \\ \text{柔软性, 好} \end{array} \right] a > 4.8 \text{ m}^2$$

超系统为

$$M_4 = \left[\begin{array}{l} \text{粉笔, 颜色, \{白, 粉, 黄, \dots\}} \\ \text{形状, 圆台形} \\ \text{材质, 硫酸钙, 碳酸钙} \\ \text{书写性, 好} \\ \text{长度, 7 cm} \\ \text{重量, 8 g} \end{array} \right]$$

目标组件为

$$M_5 = \left[\begin{array}{l} \text{粉尘, 形状, 颗粒} \\ \text{直径, } b \text{ } \mu\text{m} \end{array} \right], b > 100 \text{ } \mu\text{m}$$

(2) 建立功能事元与关系元

$$A_1 = \left[\begin{array}{l} \text{防止, 支配对象, } M_5 \\ \text{接受对象, 人} \\ \text{工具, } M_1 \\ \text{效果, 不足} \end{array} \right]$$

$$A_2 = \left[\begin{array}{l} \text{擦拭, 支配对象, } M_2 \\ \text{工具, } M_3 \\ \text{方式, 摩擦} \\ \text{效果, 不足} \end{array} \right]$$

$$A_3 = \left[\begin{array}{l} \text{吸附, 支配对象, } M_5 \\ \text{工具, } M_3 \\ \text{方式, 吸附力} \\ \text{效果, 不足} \end{array} \right]$$

$$A_4 = \left[\begin{array}{l} \text{写, 支配对象, 字} \\ \text{施动对象, 人} \\ \text{工具, } M_4 \\ \text{地点, } M_2 \\ \text{效果, 良好} \end{array} \right]$$

$$R_1 = \left[\begin{array}{l} \text{连接关系, 前项, 壳体} \\ \text{后项, } M_3 \\ \text{维系方式, 嵌入} \\ \text{程度, 100\%} \end{array} \right]$$

2 规避目标专利

专利文献上由摘要、权利要求书、说明书和附图组成,而权利要求书记录着专利产品的核心技术的关键部分,是权利判定的依据^[18]。专利规避设计是通过找出专利产品中的漏洞和不足,在不侵犯专利权的前提下,对这些漏洞和不足进行技术改进和创新,以避免专利权人进行专利诉讼^[19]。专利规避设计方法有4种:删除必要的技术特征,防止侵犯全面覆盖原则;替换组成要件,防止侵犯等同原则;综合分析权利要求书、说明书和审查档案的内容,合理利用禁止反悔原则和贡献原则^[20]。目前常用的规避方法有删除法、替换法、合并法、分解法等。规避路径的选择实际上是对功能载体和功能对象进行删除或替换的

操作,寻找可代替的对象,实现删除或替换的功能载体或对象的功能,具有一定的规律性。

从功能模型可知,要从根源上彻底解决无尘的方法是裁剪掉超系统组件粉笔或选择无尘材质的笔,与此同时选择新的黑板布材质以服务于新笔,故需将黑板改变为自动显示字的黑板结构或同时替换粉笔与黑板布的材质。因多媒体教学的授课方式是在黑板上显示字,因此应选择替换粉笔与黑板布材质作为本专利规避路径。擦拭与吸附功能的不足主要是因为棉布的装配和有效使用时间引起的。对此,选择将系统组件棉布进行删除,需用其他资源代替棉布的主要功能,即对黑板布的擦拭作用。根据规避原则选择删除功能组件和用新的功能载体和对象替换的规避路径对黑板布、粉笔和棉布进行规避设计。因可拓变换方法中的置换变换不仅可以表达出被替换组件的特征参数,而且可形式化表达出对技术方案的规避操作,所以用可拓变换方法表达规避路径,确定创新方案的初步设计思路,得到以下的可拓规避表达式

$$T_1 M_{21} = T_1(\text{黑板布, 材质, 复合树脂塑料胶}) = (\text{黑板布 } D_1, \text{ 材质, 新材料}) = M'_{21}$$

$$T_2 M_{43} = T_2(\text{粉笔, 材质, \{硫酸钙, 碳酸钙\}}) = (\text{笔 } D_2, \text{ 材质, 新材料}) = M'_{43}$$

$$T_3 A_{22} = T_3(\text{擦拭, 工具, } M_3) = (\text{擦拭, 工具, } O_1) = A'_{22}$$

其中, O_1 表示代替被删除的棉布实现擦拭功能的未知组件。

从以上表达式可知:对粉笔与黑板布的材质进行规避设计,使用新的材质来替换粉笔与黑板布的材质;删去系统组件棉布后,用其他资源来实现擦拭功能。通过功能模型分析可知,对棉布进行规避设计时,供风装置、供水装置、进风管、进水管、废水箱和排污管由于传导作用,即关联作用,也不再需要。通过可拓基元模型与可拓变换方法的分析可知,对黑板布进行规避设计时,无需删除整个黑板布和重新设计相应结构,只需对其材质进行规避设计,降低结构设计复杂程度即可。

3 求解规避模型

上述规避操作对系统的组件进行删除和置换,导致系统的可操作性降低,使得系统出现了技术矛盾,即参数物质或事物的数量得到了改善,但可操作性参数恶化了。在Goldfire平台输入这一对技术矛盾参数,即可得到解决该矛盾的发明原理^[16]和相关案例,得到的发明原理包括:物理或化学参数的改变原

理35、气压和液压结构原理29、自服务原理25、预先作用原理10。由Goldfire给出的例子分析可知,第29、25、10条发明原理对解决本产品系统的问题不合适,故选用第35条物理或化学参数的改变原理:改变一个对象或系统的属性,使其提供某种有用功能。

受该发明原理的启发知,应从规避对象的功能出发寻求解决该技术矛盾的方法。将该启发与规避模型相联系可知,经可拓变换后的组件应该能实现原组件所实现的功能。即黑板布 D_1 (替换黑板布的组件)与笔 D_2 (替换粉笔的组件)应能实现黑板布和粉笔所实现的功能 A_4 ,另外,待确定组件 O_1 应能代替棉布实现擦拭功能。用发散树方法表示写字和擦拭功能的不同实现方法,得到以下可拓模型表示式

$$A_4 = \begin{bmatrix} \text{写, 支配对象, 字} \\ \text{施动对象, 人} \\ \text{工具, } M_4 \\ \text{地点, } M_2 \\ \text{效果, 良好} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \text{写, 支配对象, 字} \\ \text{施动对象, 人} \\ \text{工具, } M'_4 \\ \text{地点, } M'_2 \\ \text{效果, 良好} \end{bmatrix} = A'_4 \quad (1)$$

$$A_2 = \begin{bmatrix} \text{擦拭, 支配对象, } M_2 \\ \text{工具, } M_3 \\ \text{方式, 摩擦} \\ \text{效果, 不足} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \text{擦拭, 支配对象, } M'_2 \\ \text{工具, } O_1 \\ \text{方式, } c_1 \\ \text{效果, 良好} \end{bmatrix} = A'_2 \quad (2)$$

分析可知,写字是因为字具有可见性可以传递信息,擦拭黑板布的目的是去除黑板布上的字迹,因此,变换后的组件也应实现字的可见性和可消除的特点。根据物理性质,物体对光的吸收与反射的性质可知,不同光照射物体时会出现光被反射或光被吸收的现象。由此考虑使用光的物理性质作为上述表达式(1)、(2)的解,即不同的光下黑板布显示的颜色可变。

经上述分析可知,可将黑板布的可书写性改变为可变色,即用可变色材料替换原有黑板布,在Goldfire中通过关键词“变色”进行专利检索,再分别依据关键词“发明专利”“已授权”“材料应用”“激光”等缩小结果范围,从结果中找到一种光致变色材料,该材料可在紫光下显示黑色,红光下褪色,将其应用可拓规避模型中有

$$M'_{21} = (\text{黑板布 } D_1, \text{ 材质, 光致变色材质})$$

$$M'_{43} = (\text{笔 } D_2, \text{ 材质, 激光})$$

$$A'_{22} = (\text{擦拭, 工具, (灯 } O_1, \text{ 光线颜色, 红色)})$$

由可拓规避模型的解对被替换组件进行再设计,得到的灯 O_1 (待确定组件 O_1 的解)、 M'_2 (黑板布 D_1)、 M'_4 (笔 D_2)以及 A'_2 (新的擦拭功能)的模型为

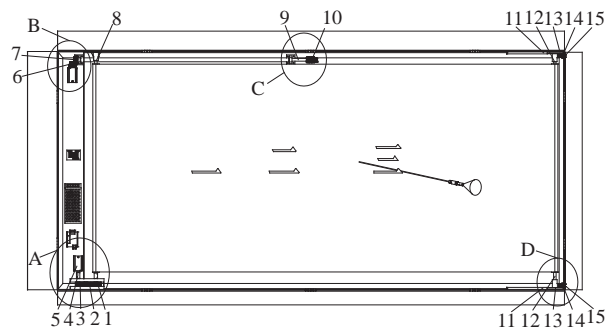
$$M_6 = \begin{bmatrix} \text{灯 } O_1, & \text{光线颜色,} & \text{红色} \\ & \text{形状,} & \text{灯泡状} \end{bmatrix}$$

$$M'_2 = \begin{bmatrix} \text{黑板布 } D_1, & \text{材质,} & \text{光致变色材质} \\ & \text{形状,} & \text{传送带结构} \\ & \text{运动方式,} & \text{转动} \\ & \text{颜色,} & \text{白色} \\ & \text{面积,} & \text{4.8 m}^2 \\ & \text{可书写性,} & \text{好} \end{bmatrix}$$

$$M'_4 = \begin{bmatrix} \text{笔 } D_2, & \text{颜色,} & \{\text{白, 粉, 黄, ...}\} \\ & \text{形状,} & \text{笔状} \\ & \text{材质,} & \text{激光} \\ & \text{书写性,} & \text{好} \\ & \text{长度,} & \text{10 cm} \\ & \text{重量,} & \text{15 g} \end{bmatrix}$$

$$A'_2 = \begin{bmatrix} \text{擦拭, 支配对象, } M'_2 \\ \text{工具, } M_6 \\ \text{方式, 物理变化} \\ \text{效果, 良好} \end{bmatrix}$$

由以上表达式对系统结构进行设计,得到如图4所示的新的产品方案,该方案仍将板面设置成传送带结构,电机与卷轴通过齿轮连接,并增加了模块D调整板面的松紧程度了,而安装在壳体上的蜗杆9、蜗轮10以及壳体背后的丝杆能带动黑板整体上下移动。在书写时可用激光笔发出紫光书写文字,激光笔另一端可发出红光有助于书写时局部修改,在壳体内两侧分别装有一竖排发出红光的灯,可对整个板面进行擦拭。本设计用了光致变色材料,使用时不需粉笔书写,使课堂实现完全的无尘,减少对人体的伤害。



1. 第一齿轮 2. 第二齿轮 3. 第三齿轮 4. 联轴器 5. 第一电机
6. 第二电机 7. 锥齿轮 8. 第一轮轴 9. 蜗杆 10. 蜗轮 11. 滑轨
12. 卷轴 13. 滑块 14. 螺母 15. 螺栓

图4 新黑板方案

Fig.4 New blackboard scheme

4 方案评价与分析

本设计方案减少了供风装置、供水装置、进风管、进水管、废水箱和排污管,并且用光致变色材料作为黑板布,擦拭的方式不再用棉布,书写的方式变为激光笔书写,与原技术方案不同,且改进的新方案不是原方案的上位或下位概念,是本领域技术人员

经过创造性活动才能想到的方法,根据侵权原则、全面覆盖原则与等同原则,可确认本方案没有侵权。

本方案的创新点:一、将可拓学与TRIZ理论结合,利用Goldfire软件中TRIZ求解工具解决规避问题得到方案解,并通过专利性分析验证其效果。二、将光致变色材料引入无尘黑板的设计中,利用材料的变色性能,实现书写与擦拭,解决粉尘对人体伤害的问题。此外,在结构上,加入调整板面松紧的结构,便于黑板布的安装,还加入了蜗轮蜗杆,让黑板整体可以上下调整,适应教学环境。

5 结论

TRIZ理论具有系统的分析与求解工具,总结了解决工程领域问题的原理与效应,可帮助设计者摆脱思维惯性,获得不同领域的求解方向,但其工具较为抽象,分析问题停留在组件层面。可拓学可以通过形式化模型表达事物的特征,深入分析事物存在的问题,了解导致问题的关键特征。将可拓学引入到TRIZ理论专利规避设计中,能充分发挥各自的优点,起到互补作用。以TRIZ理论为核心的CAI技术提供了明确的操作流程,便于分析、确定问题组件,同时也为可拓变换后的规避模型提供求解思路以及应用实例。

参考文献:

- [1] 杨春燕,蔡文.可拓工程[M].北京:科学出版社,2007.
- [2] 杨春燕,李兴森.可拓创新方法及其应用研究进展[J].工业工程,2012,15(1):131-137.
YANG C Y, LI X S. Research progress in Extension innovation method and its applications [J]. Industrial Engineering, 2012, 15(1): 131-137.
- [3] 唐文艳,吕文阁,张晓伟,等.折叠纸打印夹的创新设计[J].广东工业大学学报,2017,34(1):15-18.
TANG W Y, LYU W G, ZHANG X W, et al. An innovation design of print clip for folded paper [J]. Journal of Guangdong University of Technology, 2017, 34(1): 15-18.
- [4] 江帆,卢浩然,陈玉梁,等.基于TRIZ与可拓学的可变面积方桌设计[J].广东工业大学学报,2019,36(4):108-112.
JIANG F, LU H R, CHEN Y L, et al. Designing a variable area square table based on TRIZ and Extenics [J]. Journal of Guangdong University of Technology, 2019, 36(4): 108-112.
- [5] 张文林,成思源,杨雪荣.基于基元理论的改进功能分析方法研究[J].广东工业大学学报,2019,36(1):10-15.
ZHANG W L, CHENG S Y, YANG X R. A research on improved function analysis method based on basic element [J]. Journal of Guangdong University of Technology, 2019, 36(1): 10-15.
- [6] 江帆,陈玉梁,陈江栋,等.基于TRIZ与可拓学的盘类铸件打磨方案设计[J].广东工业大学学报,2019,36(2):20-25.
JIANG F, CHEN Y L, CHEN J D, et al. Design of a grinding equipment based on TRIZ and Extenics [J]. Journal of Guangdong University of Technology, 2019, 36(2): 20-25.
- [7] 花黄伟,杨春燕.基于因果分析的事元蕴含系及其应用[J].智能系统学报,2017,12(1):60-66.
HUA H W, YANG C Y. Affair-elements implication system and its application based on causal analysis [J]. CAAI Transactions on Intelligent Systems, 2017, 12(1): 60-66.
- [8] 楼炯炯,桂方志,任设东,等.基于可拓创新方法的改进TRIZ研究[J].计算机集成制造系统,2018,24(1):127-135.
LOU J J, GUI F Z, REN S D, et al. Improved TRIZ based on Extension innovation method [J]. Computer Integrated Manufacturing System, 2018, 24(1): 127-135.
- [9] 郭恒发,李兴森,刘仁湖.融合可拓学与TRIZ的产品设计创意生成方法——以手机充电器产品设计为例[J].广东工业大学学报,2020,37(5):7-12.
GUO H F, LI X S, LIU R H. A creative generation method of product design based on Extenics and TRIZ—taking the design of mobile phone charger as an example [J]. Journal of Guangdong University of Technology, 2020, 37(5): 7-12.
- [10] 罗佳龙,成思源,杨雪荣,等.基于Pro/Innovator的功能分析与专利规避[J].现代制造工程,2016(2):22-28.
LUO J L, CHENG S Y, YANG X R, et al. The functional analysis and patent circumvention based on Pro/Innovator [J]. Modern Manufacturing Engineering, 2016(2): 22-28.
- [11] 付敏,于大雪.基于TRIZ和CAI的产品概念设计及应用研究[J].工业技术经济,2015(11):147-153.
FU M, YU D X. Innovation conceptual design and application research based on TRIZ and CAI [J]. Journal of Industrial Technological Economics, 2015(11): 147-153.
- [12] 管芳景.基于TRIZ理论的CAI在船舶设计中的应用分析[J].科技资讯,2016,14(32):37-38.
GUAN F J. Application analysis of CAI in ship design based on TRIZ theory [J]. Science and Technology Information, 2016, 14(32): 37-38.
- [13] 陈晓菁,成思源,杨雪荣,等.基于计算机辅助创新平台的专利规避设计研究[J].现代制造工程,2019(10):35-39.
CHEN X J, CHENG S Y, YANG X R, et al. Research on patent circumvention design based on computer aided innovation platform [J]. Modern Manufacturing Engineering, 2019(10): 35-39.
- [14] 徐勤.重提初中数学传统板书[J].基础教育研究,2014(5):31-32.
XU Q. Revisit the traditional blackboard writing of junior middle school mathematics [J]. Basic Education Research, 2014(5): 31-32.
- [15] 黄牧雷.一种自动擦拭的无尘黑板:CN201810225639.8[P].2018-07-03.
- [16] 成思源,周金平,郭钟宁.技术创新方法——TRIZ理论及应用[M].北京:清华大学出版社,2014.
- [17] 杨春燕.可拓创新方法[M].北京:科学出版社,2017.

(下转第47页)

- evolutionary algorithms [J]. *Soft Computing*, 2019, 23(12): 4367-4381.
- [8] 曾永泉, 张鹏. 具有现实约束的均值-方差模糊投资组合绩效评价[J]. *模糊系统与数学*, 2020, 34(3): 134-145.
ZENG Y Q, ZHANG P. Measuring the efficiency of possibilistic mean-variance portfolio selection with real factors constraints [J]. *Fuzzy Systems and Mathematics*, 2020, 34(3): 134-145.
- [9] LI W M, DENG X. Multi-parameter portfolio selection model with some novel score-deviation under dual hesitant fuzzy environment [J]. *International Journal of Fuzzy Systems*, 2020, 22(4): 1123-1141.
- [10] LIU B D, LIU Y K. Expected value of fuzzy variable and fuzzy expected value models [J]. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, 2002, 10(4): 445-450.
- [11] KAMDEM J S, DEFFO C T, FONON L A. Moments and semi-moments for fuzzy portfolio selection [J]. *Insurance Mathematics and Economics*, 2012, 51(3): 517-530.
- [12] 王灿杰, 邓雪. 基于可信性理论的均值-熵-偏度投资组合模型及其算法求解[J]. *运筹与管理*, 2019, 28(2): 154-159.
WANG C J, DENG X. Mean-entropy-skewness portfolio model based on credibility theory and its algorithm solution [J]. *Operations Research and Management Science*, 2019, 28(2): 154-159.
- [13] ZHANG P. Random credibilistic portfolio selection problem with different convex transaction costs [J]. *Soft Computing*, 2019, 23(24): 13309-13320.
- [14] 刘明明, 高岩. 摩擦市场中允许卖空的最优投资组合选择[J]. *中国管理科学*, 2006, 14(5): 23-27.
LIU M M, GAO Y. Portfolio selection with short sales in a frictional market [J]. *Chinese Journal of Management Science*, 2006, 14(5): 23-27.
- [15] 张鹏, 张忠楨, 曾永泉. 限制性卖空的均值-方差投资组合优化[J]. *数理统计与管理*, 2008, 27(1): 124-129.
ZHANG P, ZHANG Z Z, ZENG Y Q. The optimization of the portfolio selection with the restricted short sales [J]. *Application and Statistics and Management*, 2008, 27(1): 124-129.
- [16] 李晨, 陆忠华, 胡嘉力, 等. 基于非凸交易成本的投资组合优化问题求解[J]. *计算机工程与设计*, 2017, 38(12): 3258-3266.
LI C, LU Z H, HU J L, *et al.* Portfolio optimization problem solving under concave transaction costs [J]. *Computer Engineering and Design*, 2017, 38(12): 3258-3266.
- [17] 孙薇, 张卫国, 张群, 等. 具有投资限制的风险资产模糊随机投资组合模型[J]. *数学的实践与认识*, 2015, 45(24): 51-60.
SUN W, ZHANG W G, ZHANG Q, *et al.* Fuzzy random portfolio model with investment limited [J]. *Fuzzy Systems and Mathematics*, 2015, 45(24): 51-60.
- [18] GUO S N, YU L, LI X, *et al.* Fuzzy multi-period portfolio selection with different investment horizons [J]. *European Journal of Operational Research*, 2016, 254(3): 1026-1035.
- [19] GUPTA P, MEHLAWAT M K, YADAV S, *et al.* Intuitionistic fuzzy optimistic and pessimistic multi-period portfolio optimization models [J]. *Soft Computing*, 2020, 24(16): 11931-11956.
- [20] 徐维军, 罗伟强, 张卫国. 考虑破产风险约束的多项目投资组合决策模型[J]. *运筹与管理*, 2013, 22(6): 92-98.
XU W J, LUO W Q, ZHANG W G. Multi-project portfolio model with bankruptcy risk [J]. *Operations Research and Management Science*, 2013, 22(6): 92-98.
- [21] LIU Y J, ZHANG W G, ZHANG Q. Credibilistic multi-period portfolio optimization model with bankruptcy control and affine recourse [J]. *Applied Soft Computing*, 2016, 38: 890-906.
- [22] CAO J L. Algorithm research based on multi period fuzzy portfolio optimization model [J]. *Cluster Computing*, 2019, 22(2): 3445-3452.
- [23] GUERRA M L, STEFANINI L. Approximate fuzzy arithmetic operations using monotonic interpolations [J]. *Fuzzy Sets and Systems*, 2005, 150(1): 5-33.
- [24] SAMUELSON P. The fundamental approximation theorem of portfolio analysis in terms of means, variances and higher moments [J]. *Review of Economic Studies*, 1970, 37: 537-542.
- [25] RAHIMI M, KUMAR P. Portfolio optimization based on fuzzy entropy [J]. *International Journal on Interactive Design and Manufacturing*, 2019, 13(2): 531-536.
- [26] LIN C C. A weighted max-min model for fuzzy goal programming [J]. *Fuzzy Sets and Systems*, 2004, 142(3): 407-420.
- [27] ZHANG W G, ZHANG X L, XU W J. A risk tolerance model for portfolio adjusting problem with transaction costs based on possibilistic moments [J]. *Insurance: Mathematics and Economics*, 2010, 46(3): 493-499.

(责任编辑: 赵少飞)

(上接第25页)

- [18] 米晶晶, 成思源, 杨雪荣, 等. 基于可拓变换的专利创新再设计方法[J]. *包装工程*, 2017, 38(18): 151-155.
MI J J, CHENG S Y, YANG X R, *et al.* Patent product innovation redesign methods based on Extension transformation [J]. *Packaging Engineering*, 2017, 38(18): 151-155.
- [19] 成思源, 王瑞, 杨雪荣, 等. 基于TRIZ的专利规避创新设计[J]. *包装工程*, 2014, 35(22): 68-72.
CHENG S Y, WANG R, YANG X R, *et al.* Methods of patent around design based on TRIZ [J]. *Packaging Engineering*, 2014, 35(22): 68-72.
- [20] 刘友华, 陈蹇. 我国专利侵权判定原则及其适用研究[J]. *湖南科技大学学报(社会科学版)*, 2014, 17(1): 52-59.
LIU Y H, CHEN Q. Patent infringement's judging principles and its applicableness in China [J]. *Journal of Hunan University of Science and Technology (Social Science Edition)*, 2014, 17(1): 52-59.

(责任编辑: 张玮欣)