

基于技术系统进化理论的停车警示装置创新设计

杨杰^{1,2}, 王丽丽¹, 张志明¹, 李蓉¹, 刘攀¹

(1.广东工业大学, 广州 510006; 2.广东省创新方法与决策管理系统重点实验室, 广州 510006)

摘要: **目的** 研究现有停车警示装置的类型、特点及存在的问题, 探索高效构建创新方案的新途径。**方法** 首先基于九屏幕法寻找新的解题思路, 其次基于系统进化的产品改进流程解决次生问题, 最后综合应用最终理想解和资源分析等进一步提高技术系统的理想度。**结论** 设计结果表明, 新方案在带给客户更多有用功能的同时, 极大地降低了产品的成本, 是一个高理想度的解决方案, 对其他产品的创新具有积极的借鉴意义。

关键词: TRIZ; 技术进化论; 九屏幕法; 最终理想解

中图分类号: TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2018)14-0013-05

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2018.14.003

Innovative Design of Parking Warning Device Based on Evolution of Technique

YANG Jie^{1,2}, WANG Li-li¹, ZHANG Zhi-ming¹, LI Rong¹, LIU Pan¹

(1.Guangdong University of Technology, Guangzhou 510006, China; 2.Guangdong Provincial

Key Laboratory of Innovation Method and Decision Management System, Guangzhou 510006, China)

ABSTRACT: It aims to study the types, characteristics and existing problems of the parking warning devices, and find a way to construct new innovative solution efficiently. The nine-screen approach is used to find new problem-solving ideas, and then the corresponding secondary problem could be solved by the systematic process of product improvement. With application of ideal final result and resource analysis method, the ideality of technical system could be further improved. Design results show that the new solution provide more useful function to customers, while the cost of the product could be greatly reduced. As a highly ideality solution, it can give a positive reference for other product innovation.

KEY WORDS: theory of inventive problem solving; evolution of technique; nine screen approach; ideal final result

好的产品设计必须要密切围绕客户需求^[1], 而传统客户需求的获得方式一般为市场调查, 该方式反馈回来的信息主要存在两个方面的问题。一是主观性较强且信息不完整, 二是多聚焦于当前产品与需求之间的矛盾, 缺乏对产品未来发展趋势的有效把握, 因此, 如何更高效且高质量地进行新产品的设计成为一个亟待解决的问题。而 TRIZ 理论则是建立在技术进化论基础上的一种发明问题解决理论, 它的创新流程和工具可为产品的设计或改进提供一个系统化创新路径^[2-3]。本文以一类停车警示装置为例, 应用 TRIZ 技术进化理论, 探索产品设计或改进的新思路, 期望该系统化创新流程能够快速开发出满足客户需求的

新产品设计方案, 为其他新产品的开发提供借鉴。

1 问题描述及分析

目前, 常见的停车警示装置主要有三角警示牌和交通锥两种类型, 见图 1, 两者表面均有反光材料制成的被动反光体。当遇到突发故障停车检修或者发生意外事故时, 可将其放置到车后方安全距离处, 实现提醒其他车辆注意避让的功能, 以避免二次事故的发生, 因此, 该产品的设计关系到每一个驾车和乘车人的生命安全, 其重要性不言而喻。

图 1a 中的三角警示牌具有体积小、可折叠及占

收稿日期: 2018-05-11

基金项目: 广东省科技厅科技计划项目 (2014A04042008)

作者简介: 杨杰 (1974—), 男, 陕西人, 博士, 广东工业大学副教授, 主要研究方向为产品系统创新思维与方法论、现代检测技术与仪器、机电智能控制。

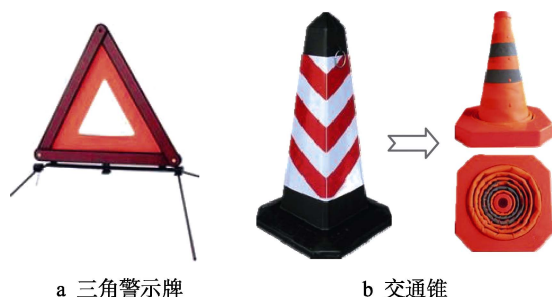


图 1 交通锥与三角警示牌
Fig.1 Traffic cone and triangle warning signs

用存储空间小的特点,因此被广泛应用于各种运输车辆,但当遇到突发事故时,其撑开后的体积也不是很大,从而导致警示效果并不是非常的理想。图 1b 中的交通锥应用的范围和场合范围则更加广泛,但较大的体积以及相对较低的使用频率,使其很难被大部分运输车辆所采用。鉴于此,出现了基于动态化和嵌套发明原理的可伸缩形的交通锥,较好地解决了这个问题。

TRIZ 中的提高理想度法则作为八大进化法则的核心法则,揭示了技术系统进化的方向,即不断提高理想度。理想度^[4-6]计算公式如下所示,其为有用功能之和与有害功能之和再加上成本的比值。动态和非动态的交通锥实现了同样的有用功能,虽然前者的成本会略有增加,但是其显著降低了后者占用存储空间大的缺点,因此理想度高于后者,即使与三角警示牌相比较,其理想度也相当。

$$\text{理想度} = \frac{\sum \text{有用功能}}{\sum \text{有害功能} + \text{成本}}$$

既然技术系统是不断发展进化的,应该还有相近理想度或者更高理想度方案,因此,本文以提高技术系统的理想度为出发点,尝试应用 TRIZ 理论相关工具,寻找新的解题思路,进而挖掘出客户的潜在需求,创造出更有价值的产品。

2 基于九屏图寻找解题思路和解题资源

当人们确定存在问题的技术系统后,问题描述、问题分析及问题解决则主要围绕此技术系统展开,这种局限在狭窄范围内的普通思维模式不足以推动项目取得显著的进展。九屏幕法^[7-8]见图 2,是一种很好的理解问题的手段,它可以帮助设计者重新定义问题或矛盾,从而发现解决问题的新途径。

九屏幕法除了关注技术系统本身以外,还从空间维度关注宏观的超系统和微观的子系统,同时又从时间维度关注它们各自的过去和未来。视角不同,思维和想象力在解题过程中的参与深度也不同,九屏幕法可使设计者能够从多个角度展开对同一个问题的研究,同时也是寻找和利用资源解决工程问题的一种有效工具。资源分析^[9-10]是为了找到系统中存在的资

源,特别是廉价、免费甚至有害资源的充分利用,有助于技术系统理想度的进一步提高。交通锥的九屏幕法见图 3。

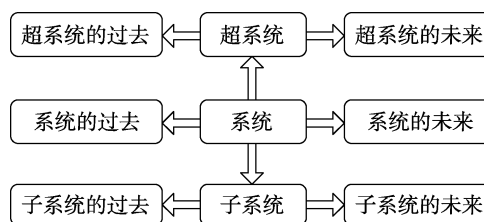


图 2 九屏幕法
Fig.2 Nine screen approach

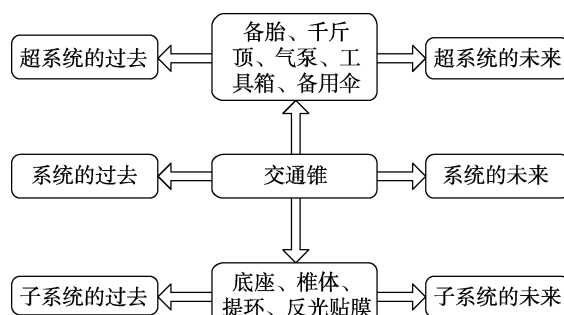


图 3 交通锥的九屏幕法
Fig.3 Nine screen approach of traffic cone

本文仅分析了技术系统、子系统和超系统的部分资源,这些资源即包括物质也包括场。从图 3 中超系统资源中,发现了一个和交通锥具有相似外观轮廓的资源,即备用伞。从功能角度而言,人们需要的不是交通锥本身,而是需要交通锥的功能,即反射光线。如果备用伞表面贴上同样的反光材料,能够实现同样反射光线的功能,则交通锥本身可以被裁减掉,因此,利用备用伞取代交通锥的初步方案立刻跃然纸上。九屏幕法的使用避免了设计者误将自己限制在一个较为狭窄的范围内思考问题,可在较短时间内获得更多的解题思路或方案。初步方案得到之后,实际还存在一系列的次生问题有待解决。例如,备用雨伞如何保持类地面等诸多问题,可基于 TRIZ 相关工具进一步分析并加以解决。

3 基于系统进化的产品改进

阿奇舒勒将系统进化分为 4 个主要阶段,见图 4。第一个阶段是从现有系统中选择新系统需要的组件,第二阶段是根据新系统的要求对选定的组件进行改进,第三阶段是系统动态化,第四阶段是转变为具有自我控制和自我发展能力的系统^[11-13]。



图 4 技术系统进化的阶段
Fig.4 Evolution period of technical system

3.1 选择新系统需要的组件

备用雨伞表面粘贴或涂覆反光材料的方案较容易实现,但该装置需要固定于地面之上,而截面积较小的手柄自然很难牢固固定该装置。若应用物场模型^[14]来分析,相当于只有对象 S1 备用伞,缺少工具 S2 和场 F,此即为不完整物场模型,见图 5。依据对应的标准解法 No.1 “制造物场”,提示引入物质 S2 及场 F。从功能分析的角度, S1 需要的不是一个专用的固定装置,它所需要的是“固定”的功能,即所有能够实现“固定”功能的物质都是潜在的 S2。

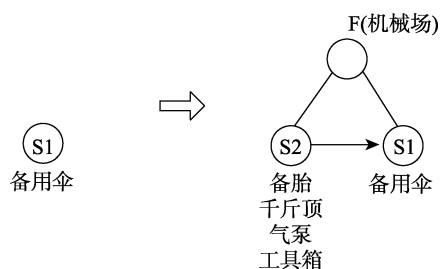


图 5 不完整物场模型
Fig.5 Incomplete substance-field mode

为避免盲目使用头脑风暴和试错导致创新效率不高的现实,依据图 3 的九屏幕法,首先从系统、子系统和超系统中寻找理想资源。此时,可发现备胎、千斤顶、气泵、工具箱等均可用来固定备用伞。由于这些资源业已存在于汽车这一更大的超系统之中,其在一定程度上相当于廉价乃至免费的资源,所以可有效提高技术系统的理想度。综合考虑改进的难易程度和易操作性等因素,初步选择利用工具箱固定备用伞。

3.2 组件的改进和发展

工具箱和备用伞两者属于完全独立的系统组件,因此必须加以改进才能实现易于拆装的功能,以方便用户的收放操作。图 5 是将备用伞和工具箱这两个较大的系统作为两个物质构建了物场模型。而就子系统而言,通常应该是备用伞的子系统伞把手和工具箱上盖板直接接触,由于两者是通过表面接触实现固定的功能,可考虑应用协调性进化法则中的表面属性协调进化路线。该法则指出,物体一般通过表面实现相互间的接触,因此系统任何元素的表面都是对其进行改良的重要资源。通过改变表面的微观形状和特性,可以控制物体间的摩擦力、黏附力及其他物体对物体的作用。其中一条进化路线为相同形状→自兼容形状→兼容形状→特殊形状^[15]。从相同形状的进化节点,可考虑在工具箱上盖板打一定深度圆孔,以与截面积为原型的伞把手配合,实现易于装卸的功能,但随之产生一个次生问题,为不影响工具箱已有工具的正常收放,空的深度不能太深,而且由于风这一超系统的存在,备用伞很容易被吹走,所以构建不足完整物场模型,见图 6。

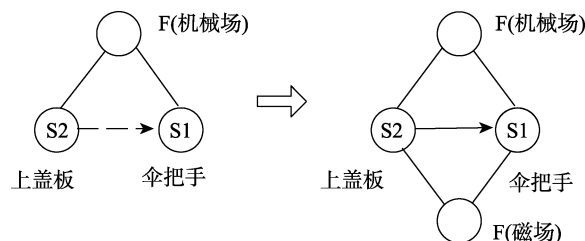


图 6 不足完整物场模型
Fig.6 Insufficient substance-field model

其为不足完整物场模型,对应 2, 3 级标准解,选择 2.1 子集的标准解——并联物场,即在机械场的基础上引入磁场,可在孔的深度受限的情况下,实现足够的紧固力,同时也易于拆装。

3.3 系统动态化

动态性进化法则指出技术系统沿着结构柔性、可移动性、可控性增加的方向发展进化,以适应变化的性能需求、变化的环境条件及功能的多样性需求。其中一条柔性进化路线可描述为:刚体→可动链接→弹性体→粉末→液体→气体→场,见图 7。其中可动链接包括了单铰链、双铰链及多铰链等多种形式。

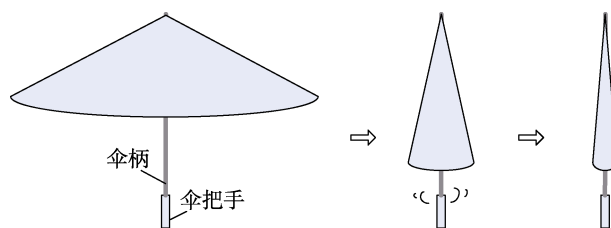


图 7 柔性进化路线的应用
Fig.7 Application of flexible technology evolution route

通过增加一个铰链装置实现图 7 中的中间状态,即类似于常规交通锥的外观轮廓。同时可考虑将原本刚性连接在一起的伞把手和与之接触的伞柄改为“铰链”形式,例如增加轴承结构,使伞柄可绕伞把手转动,从而使伞面对入射光线的反射由类似“固定频率”变为类似“脉冲频率”的变化形式,从而更易在较远距离就引起后方司机或行人的注意,避免二次事故的发生。

3.4 自我控制和自我发展

通常,如果要实现伞柄的转动,需要引入一个新的动力装置、传动装置、控制装置及能量源等,例如可引入太阳能电池、直流电机、开关等。这相当于从完备性进化法则的角度重新构建了一个新的技术系统,但只是实现了一个“转动伞柄”的功能。显然,对外寻找资料并不能显著提高技术系统的理想度,甚至反而会降低。而让伞柄能够自我转动,显然也是以个非常棘手的问题,但是,其一旦实现,则是一个理想度更高的解决方案,这也正好符合技术系统不断提高理想度的进化趋势。由此可见,可引入理想最终解

IFR, 其主要采用 6 个步骤来进行问题的分析, 见图 8。

对图 3 作进一步分析, 可发现在超系统中还存在另一个非常重要的免费资源, 即风。在系统动态化改

进的基础上, 原本需要电机等驱动伞柄转动的装置可被裁减掉, 同样实现伞柄转动并带动反光面转动的功能由风来实现, 产品方案见图 9。

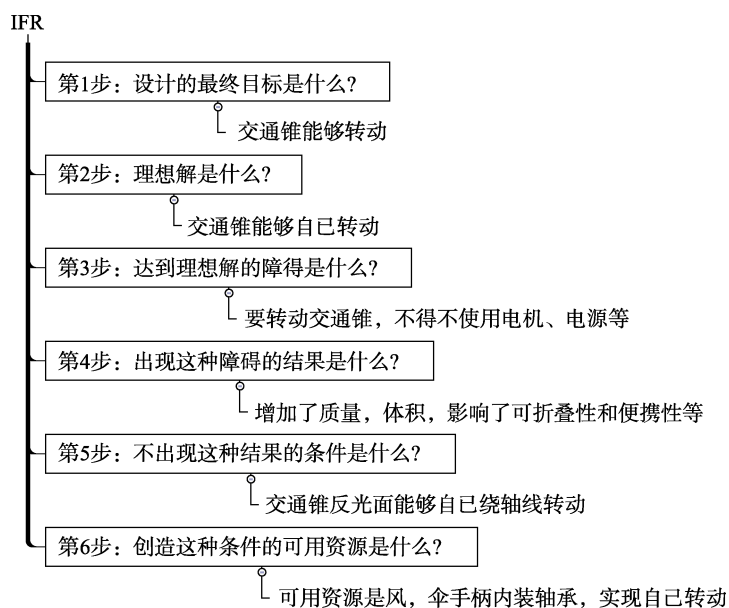


图 8 最终理想解

Fig.8 Ideal final result



图 9 产品方案

Fig.9 Product solutions

一套需要较高成本的装置即被这一免费资源所取代, 该系统实现了自我转动, 而且该装置同时还可作为雨伞使用, 在不增加成本的情况下, 其有用功能增加, 产品理想度得到了进一步提高, 从而可以更好地满足客户需求。该方案明显区别于传统基于已有交通锥或者三角警示牌的改进, 而是一个全新的设计思路, 同时产品的理想度明显更高, 产品设计周期明显缩短。

4 结语

TRIZ 的应用可帮助设计者系统地、有规律地解决产品设计研究中遇到的问题。相比于传统的方法, 基于技术系统进化理论可以明显地提高系统创新的效率和效果, 并且能够应用于众多其他产品的开发及改进。九屏幕法的应用使创新从漫无边际的随意想

象, 转变为一种有“法”可依的科学想象, 为创新方案的构建提供了一个新的有效途径。而技术进化法则、进化路线以及物场模型等工具的综合应用, 能将概念方案具体化, 而最终理想解 IFR 的应用则可进一步提高技术系统的理想度, 从而既可获得更高质量的创新方案, 又能显著缩短产品的开发周期。

参考文献:

- [1] 冯泰文. 客户参与和企业竞争优势——基于需求不确定性的调节效应[J]. 软科学, 2014, 28(5): 75—78.
FENG Tai-wen. Customer Involvement and Competitive Advantage: Based on the Moderating Effects of Demand Uncertainty[J]. Soft Science, 2014, 28(5): 75—78.
- [2] 裴晓敏, 张增常. TRIZ 技术系统进化辩证观[J]. 系统科学学报, 2013, 21(2): 39—42.
PEI Xiao-min, ZHANG Zeng-chang. Dialectics Views in TRIZ Technological Evolution Theory[J]. Chinese Journal of Systems Science, 2013, 21(2): 39—42.
- [3] MENAOUER B, KHALISSA S, NADA M. Methodology for Innovative Eco-design Based on TRIZ[J]. Journal on Interactive Design and Manufacturing, 2015, 9(3): 167—175.
- [4] KAREN G. TRIZ for Engineers[M]. A John Wiley & Sons, Ltd., 2011.
- [5] 吕瑟, 成思源, 杨雪荣, 等. 基于功能分析系统技术与 TRIZ 的牙签包装机设计[J]. 包装工程, 2015, 36(20): 65—69.
LYU Se, CHENG Si-yuan, YANG Xue-rong, et al.

- Toothpick Packaging Machine Design Based on Function Analysis System Technique and TRIZ Theory[J]. Packaging Engineering, 2015, 36(20): 65—69.
- [6] 曹国忠, 郭海霞, 檀润华, 等. 面向功能创新的功能进化、组合与失效研究[J]. 机械工程学报, 2012, 48(11): 29—38.
- CAO Guo-zhong, GUO Hai-xia, TAN Run-hua, et al. Research on Function Evolution, Combination and Failure Mode for Product Function Innovation[J]. Journal of Mechanical Engineering, 2012, 48(11): 29—38.
- [7] LILLY H G. TRIZ for DUMMIES[M]. A John Wiley & Sons, Ltd., 2016.
- [8] 李弘, 肖玉, 颜惠庚. 技术系统进化法则在九屏幕法中的应用[J]. 统计与管理, 2013(2): 145—146.
- LI Hong, XIAO Yu, YAN Hui-geng. Technical System Evolution Law in the Application of Nine Screen Method[J]. Statistics and Management, 2013(2): 145—146.
- [9] 赵峰, 杨豪中, 刘晓霞. 基于 TRIZ 理论的城市应急避难设施设计研究[J]. 西安建筑科技大学学报, 2011, 43(5): 700—704.
- ZHAO Feng, YANG Hao-zhong, LIU Xiao-xia. Closed Studies on the Design of City Emergency Shelter Facilities Based on TRIZ [J]. Journal of Xi'an University of Architecture and Technology, 2011, 43(5): 700—704.
- [10] MICHAEL A O. Modern TRIZ: a Practical Course with Easy TRIZ Technology[M]. Springer, 2012.
- [11] 艾萨克·布柯曼. TRIZ——推动创新的技术[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 2016.
- ISAK B. TRIZ Technology for Innovation[M]. Beijing: China Science and Technology Press, 2016.
- [12] LABOURIAU F C, NAVEIRO R M. Using the Evolutionary Pattern to Generate Ideas in New Product Development [J]. Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering, 2014, 37(1): 231—242.
- [13] 高常青, 陈伟, 密善民. 基于 TRIZ 的技术预测方法研究与应用[J]. 机械设计, 2014, 31(8): 1—5.
- GAO Chang-qing, CHEN Wei, MI Shan-min. Research on Methodology of Technology Forecasting Based on TRIZ[J]. Journal of Machine Design, 2014, 31(8): 1—5.
- [14] GORDON C. TRIZICS[M]. Create Space, 2010.
- [15] 成思源, 郭钟宁, 周金平. 技术创新方法——TRIZ 理论及应用[M]. 北京: 清华大学出版社, 2014.
- CHENG Si-yuan, GUO Zhong-ning, ZHOU Jin-ping. Technology Innovation Method: Theory and Application of TRIZ[M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2014.