

多功能婴儿车的概念设计

唐文艳^{1,3}, 吕文阁^{1,3}, 张晓伟^{1,3}, 成思源^{1,3}, 杨春燕^{2,3}

(1.广东工业大学 机电工程学院, 广州 510006; 2.广东工业大学 可拓学与创新方法研究所, 广州 510006; 3.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** 针对婴儿车的安全性和实用性的缺陷, 设计一款适合上下楼梯, 更加安全可靠的婴儿车。**方法** 采用可拓创新方法对婴儿车进行改进设计, 使婴儿车适合在平地 and 上下楼梯时方便使用。在设计过程中, 通过对婴儿车整体的共轭分析, 采用可拓分析和可拓变换得到多种备选方案; 根据可拓学的关联函数进行优度评价, 得到最好的设计方案。**结论** 采用可拓创新方法, 成功设计一款功能全面、使用安全可靠的婴儿车。可拓创新方法适合产品的概念设计。

关键词: 概念设计; 婴儿车; 可拓创新方法

中图分类号: TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2017)06-0118-05

Concept Design of Baby Stroller

TANG Wen-yan^{1,3}, LYU Wen-ge^{1,3}, ZHANG Xiao-wei^{1,3}, CHENG Si-yuan^{1,3}, YANG Chun-yan^{2,3}

(1.Faculty of Electromechanical Engineering, Guangdong University of Technology, Guangzhou 510006, China;

2.Research Institute of Extenics and Innovation Methods, Guangdong University of Technology, Guangzhou 510006, China;

3.Key Laboratory of Innovation Method and Decision Management System of Guangdong Province, Guangzhou 510006, China)

ABSTRACT: According to void defects of security and practicability, a new stroller is designed, which is suitable to going upstairs and downstairs and is safer. A new stroller is designed by extension innovation method, which can walk on the flat ground and stair. Many schemes are gotten by extension analysis and extension transformation. Each scheme is evaluated by dependent function, and the best one is chosen in the end. A stroller scheme is carried out on the basis of extension innovation method. Extension innovation method is feasible for concept design of products.

KEY WORDS: concept design; baby stroller; extension innovation method

儿童是一直受到社会各个方面关注的一个特殊群体, 尤其对于现在中国的绝大部分家庭而言, 基于家庭结构的原因, 对于儿童的关注度极高, 对儿童的用品的要求越来越高。婴儿手推车作为一种必备的儿童用品, 走进千家万户。现代的婴儿车在功能的实现方式上还有非常广阔的空间, 可额外追加的功能还有很多。陈媛媛^[1]对婴儿手推车在造型、功能、结构、色彩等方面的仔细剖析, 从婴儿车的需求出发, 针对性地提出功能改善与提升的建议。文献[2]在普通婴儿车上增加传感器、监控系统和辐射屏蔽等实现对婴儿行动的监视。李廷志等人^[3]提出了利用 MEMS 加速

度传感器技术的坡度敏感的婴儿车智能刹车系统方案。邵雯^[4]介绍了由单片机控制的新型多功能婴儿车, 检测婴儿的各种状态。伍红军等人^[5]设计了一款具备骑行、推行的婴儿车。殷彩玉^[6]采用更方便折叠的机构在发生火灾时逃生。目前婴儿车都是以各种尺寸的车轮为行走机构, 适合于平坦路面的行走。随着人们生活水平的提高, 居住环境的不断改善, 城市中电梯楼越来越普及, 但是在城市中心区仍然存在很多楼梯房, 携带婴儿车和怀抱婴儿上下楼梯存在很多不便, 同时也存在安全隐患, 目前市场上的婴儿车没有考虑这方面的因素。针对目前婴儿车市场, 本文意在设计

收稿日期: 2016-10-28

基金项目: 广东省科技计划项目 (2014A040401078, 2013B061000007)

作者简介: 唐文艳 (1973—), 女, 辽宁人, 博士, 广东工业大学机电工程学院副教授, 主要从事结构优化、计算力学和创新方法方面的研究

一款适用于上楼梯、下楼梯，并且具有更安全刹车装置的多功能婴儿车。婴儿车的设计采用可拓创新方法，通过对目前产品的分析，明确需求与条件之间的矛盾；依据可拓分析和变换得到多种待选方案；按照优度评价方法选择出较优的方案。

1 可拓创新方法

可拓学是由中国学者蔡文于 1983 年提出的一门原创性横断学科，它以形式化的模型，探讨事物拓展的可能性以及开拓创新的规律与方法，并用于解决矛盾问题。而产品的创新设计就是不断解决创新设计过程中出现的各种矛盾问题。基于可拓方法的新产品构思实际上是新产品的概念设计，本质上就是从解决矛盾问题的角度出发，构思一个 n 维基元；利用可拓方法，分别从消费者的需要出发或从已有的产品出发去构思一系列新产品^[7-9]。可拓学近几年的蓬勃发展已经在应用在各个领域，在概念设计应用也有相应的研究^[10-14]，但是未见婴儿车产品概念设计的应用。产品的概念设计过程，就是不断解决目标与条件的矛盾冲突，其创新过程的主要步骤：形式化，并提取矛盾问题。根据需求的产品 G 和目前产品 M ，提出研究问题的目标 G 和条件 L ；根据共轭分析，分解原产品，并列出共轭部的主要功能特征。对目前产品 M 进行共轭分析，并构建产品主要功能模块的基元；拓展分析与变换。对产品 M 的各主要功能模块基元进行可拓分析，得到多种待选的方案；对各功能模块方案的组合变换，得到整个产品的多种方案；评价。建立关联函数，对各方案优度评价，从而得到优秀的方案。

2 多功能婴儿车设计

2.1 矛盾问题的提出

可拓学中，建立了物元、事元和关系元等作为可

$$W_1 = \begin{bmatrix} \text{行走装置}A, & \text{结构}, & (\text{单轮}, \text{数量}, 4) \\ & \text{路况}, & \text{平坦} \end{bmatrix}$$

$$W_2 = \begin{bmatrix} \text{行走装置}A, & \text{结构}, & (\text{行星轮}, \text{数量}, 4) \\ & \text{路况}, & \text{平坦} \oplus \text{楼梯} \end{bmatrix}$$

$$W_3 = \begin{bmatrix} \text{行走装置}A, & \text{结构}, & \text{履带} \\ & \text{路况}, & \text{平坦} \oplus \text{楼梯} \end{bmatrix}$$

$$W_4 = \begin{bmatrix} \text{行走装置}A, & \text{结构}, & (\text{单轮}, \text{位置}, \text{前轮}) \oplus (\text{行星轮}, \text{位置}, \text{后轮}) \\ & \text{路况}, & \text{平坦} \oplus \text{楼梯} \end{bmatrix}$$

$$W_5 = \begin{bmatrix} \text{行走装置}A, & \text{结构}, & (\text{单轮}, \text{位置}, \text{后轮}) \oplus (\text{行星轮}, \text{位置}, \text{前轮}) \\ & \text{路况}, & \text{平坦} \oplus \text{楼梯} \end{bmatrix}$$

$$W_6 = \begin{bmatrix} \text{行走装置}A, & \text{结构}, & \text{单轮} \oplus \text{履带} \\ & \text{路况}, & \text{平坦} \oplus \text{楼梯} \end{bmatrix}$$

拓学的逻辑细胞，采用形式化语言描述物、事和关系。本文的需求是设计一款能够适应上下楼梯的婴儿车，则该问题的目标基元可表示为：

$$G = [\text{设计}, \text{支配对象}, (\text{婴儿车}M, \text{路况}, \text{楼梯} \wedge \text{平坦})]$$

而目前的婴儿车 M 基本上适合在平坦路面上行走，其条件基元表示为：

$$L = \begin{bmatrix} \text{婴儿车}M, & \text{路况}, & \text{平坦} \\ & \text{功能}, & (\text{承载}, \text{支配对象}, \text{婴儿}) \end{bmatrix}$$

根据条件和目标基元，可以看出婴儿车 M 适合的路况存在差异，无法满足客户的需求，由此构成矛盾问题： $P = G \cdot L$ 。

2.2 可拓分析

在处理矛盾问题中，目标和条件的基元是可以拓展的；从虚实、软硬、潜显、负正描述物的构成，通过研究共轭部及其转化，以获得解决矛盾问题的多种可能途径。

首先对婴儿车进行共轭分析，寻求解决问题的途径。从物的系统性，物的组成部分的全体称为物的硬部；物与其组成部分之间及与该物以外的物之间的关系称为物的软部，则婴儿车由硬部 $hr(M)$ 和软部 $sf(M)$ 及软硬中介部 $mid_{sf-hr}(M)$ 组成，即：

$$\text{婴儿车}M = hr(M) \oplus sf(M) \oplus mid_{sf-hr}(M)$$

婴儿车 M 的硬部又是由很多部分组成的，可表达如下：

$$hr(M) = \text{推把} \wedge \text{遮阳棚} \wedge \text{车架} \wedge \text{行走装置} \wedge \text{刹车}$$

其中的各部分根据基元的可拓展性，形式化表示为：

$$W = \begin{bmatrix} \text{行走装置}A, & \text{结构}, & \text{车轮} \\ & \text{路况}, & \text{平坦} \end{bmatrix}$$

$$H = [\text{推把}B, \text{连接形式}, \text{单向}]$$

$$S = [\text{刹车}C, \text{方式}, \text{手刹}]$$

根据基元的拓展性，下面对各部分基元进一步拓展。根据“一特征多量值”的发散分析原理，将行走装置 A 进行发散：

$$W_7 = \begin{bmatrix} \text{行走装置}A, & \text{结构}, & \text{行星轮} \oplus \text{履带} \\ & \text{路况}, & \text{平坦} \oplus \text{楼梯} \end{bmatrix}$$

$$W_8 = \begin{bmatrix} \text{行走装置}A, & \text{结构}, & (\text{单轮} \oplus \text{辅助轮}, \text{位置}, \text{后轮}) \oplus (\text{行星轮}, \text{位置}, \text{前轮}) \\ & \text{路况}, & \text{平坦} \oplus \text{楼梯} \end{bmatrix}$$

根据“一对象多特征”的发散分析原理, 将推把 B 进行发散:

$$H_1 = [\text{推把}B, \text{连接形式}, \text{换向}]$$

根据“一对象多特征”的发散分析原理, 将刹车 C 进行发散:

$$S = [\text{刹车}C, \text{方式}, \text{手刹}]$$

$$S_1 = \begin{bmatrix} \text{刹车}C, & \text{支配对象}, & \text{前轮} \\ & \text{方式}, & \text{手刹} \\ & \text{状态}, & \text{常刹} \end{bmatrix}$$

$$S_2 = \begin{bmatrix} \text{刹车}C, & \text{支配对象}, & \text{后轮} \\ & \text{方式}, & \text{手刹} \\ & \text{状态}, & \text{常刹} \end{bmatrix}$$

$$S_3 = \begin{bmatrix} \text{刹车}C, & \text{支配对象}, & \text{前轮} \\ & \text{方式}, & \text{脚刹} \\ & \text{状态}, & \text{常刹} \end{bmatrix}$$

$$S_4 = \begin{bmatrix} \text{刹车}C, & \text{支配对象}, & \text{后轮} \\ & \text{方式}, & \text{脚刹} \\ & \text{状态}, & \text{常刹} \end{bmatrix}$$

$$S_5 = \begin{bmatrix} \text{刹车}C, & \text{支配对象}, & \text{前轮} \\ & \text{方式}, & \text{脚刹} \\ & \text{状态}, & \text{常开} \end{bmatrix}$$

$$S_6 = \begin{bmatrix} \text{刹车}C, & \text{支配对象}, & \text{后轮} \\ & \text{方式}, & \text{脚刹} \\ & \text{状态}, & \text{常开} \end{bmatrix}$$

$$S_7 = \begin{bmatrix} \text{刹车}C, & \text{支配对象}, & \text{前轮} \\ & \text{方式}, & \text{手刹} \\ & \text{状态}, & \text{常开} \end{bmatrix}$$

$$S_8 = \begin{bmatrix} \text{刹车}C, & \text{支配对象}, & \text{后轮} \\ & \text{方式}, & \text{手刹} \\ & \text{状态}, & \text{常开} \end{bmatrix}$$

$$S_9 = \begin{bmatrix} \text{刹车}C, & \text{支配对象}, & \text{前轮} \wedge \text{后轮} \\ & \text{方式}, & \text{手刹} \\ & \text{状态}, & \text{常开} \end{bmatrix}$$

$$S_{10} = \begin{bmatrix} \text{刹车}C, & \text{支配对象}, & \text{前轮} \wedge \text{后轮} \\ & \text{方式}, & \text{脚刹} \\ & \text{状态}, & \text{常开} \end{bmatrix}$$

$$S_{11} = \begin{bmatrix} \text{刹车}C, & \text{支配对象}, & \text{前轮} \wedge \text{后轮} \\ & \text{方式}, & \text{手刹} \\ & \text{状态}, & \text{常刹} \end{bmatrix}$$

$$S_{12} = \begin{bmatrix} \text{刹车}C, & \text{支配对象}, & \text{前轮} \wedge \text{后轮} \\ & \text{方式}, & \text{脚刹} \\ & \text{状态}, & \text{常刹} \end{bmatrix}$$

$$S_{13} = \begin{bmatrix} \text{刹车}C, & \text{支配对象}, & \text{前轮} \wedge \text{后轮} \\ & \text{方式}, & \text{手刹} \wedge \text{脚刹} \\ & \text{状态}, & \text{常开} \end{bmatrix}$$

$$S_{14} = \begin{bmatrix} \text{刹车}C, & \text{支配对象}, & \text{前轮} \wedge \text{后轮} \\ & \text{方式}, & \text{手刹} \wedge \text{脚刹} \\ & \text{状态}, & \text{常刹} \end{bmatrix}$$

根据上述的拓展分析, 组成硬部的行走装置、推把和刹车得到多种解决问题的方案。

2.3 可拓变换

解决矛盾问题的工具是可拓变换。通过可拓变换, 使不相容的问题转化为相容问题。可拓变换的基本变换有 5 种: 置换、增删、分解、扩缩和复制。

根据问题的矛盾, 目前的婴儿车多数满足在平坦地面的行走, 但是上下楼梯非常不方便, 根据上述的分析可以得到很多种方案的组合, 其中 W_1 方案由于仅适合在平坦路面上行走, 不符合设计要求。对推把的设计, 在平坦的路面上行驶, 推把单向或换向影响不大, 一旦行驶在斜坡上 (如上楼梯、下楼梯), 则换向的设计可以使婴儿在车中更安全、舒适, 则设计中推把采用 H_1 的换向设计。对婴儿车的设计, 安全性是第一位, 特别是刹车的设计, 对于常开状态的刹车装置, 一旦发生紧急情况, 忘记刹车则会造成惨痛的教训, 这样的悲剧也不少见, 故本设计优先选用常刹状态的刹车装置, 保证婴儿的安全。故在刹车 C 的拓展分析中, 舍弃常开状态的 $S_5, S_6, S_7, S_8, S_9, S_{10}, S_{13}$ 方案。经过可拓变换可以得到很多方案, 本文仅选择部分方案进行分析, 上述的拓展出的各个硬部基元组合形成可选择的方案如下:

$$z_1 = W_2 \oplus H_1 \oplus S_2$$

$$z_2 = W_3 \oplus H_1 \oplus S_2$$

$$z_3 = W_4 \oplus H_1 \oplus S_2$$

$$z_4 = W_5 \oplus H_1 \oplus S_2$$

$$z_5 = W_6 \oplus H_1 \oplus S_2$$

$$z_6 = W_7 \oplus H_1 \oplus S_2$$

$$z_7 = W_8 \oplus H_1 \oplus S_2$$

$$z_8 = W_8 \oplus H_1 \oplus S_1$$

$$z_9 = W_8 \oplus H_1 \oplus S_{11}$$

2.4 优度评价

根据上述可拓变换，得到多种可行方案，需要对各方案进行评价。本文选取婴儿车安全性、结构的复杂性、操作性为评价指标，即衡量指标分别为 M_i ($i=1, 2, 3$)。文中的每个评价指标均为离散型取值，因此可建立离散型关联函数，以衡量各方案关于各评价指

标符合要求的程度。建立的关联函数如下：

$$k_i(z_j) = \begin{cases} 1 & x = 5 \\ 0.5 & x = 4 \\ 0 & x = 3 \\ -0.5 & x = 2 \\ -1 & x = 1 \end{cases}$$

各方案的关联度见表 1。

表 1 各方案的关联度
Tab.1 Dependent degree for all schemes

	z_1	z_2	z_3	z_4	z_5	z_6	z_7	z_8	z_9
MI_1	0.5	0.5	0	0.5	0	0.5	1	0.5	1
MI_2	0.5	0	0.5	0.5	0	0	1	1	0.5
MI_3	0.5	0	0.5	0.5	-0.5	-0.5	1	1	1

根据文献[15]的方法，给出各评价特征的权重。权重系数如下：

$$\alpha = (\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3) = (0.686, 0.211, 0.102)$$

综合考虑各评价特征的影响权重，得到各方案最终的优度评价值，见表 2。

表 2 优度评价
Tab.2 The final dependent degree

	z_1	z_2	z_3	z_4	z_5	z_6	z_7	z_8	z_9
MI_1	0.5	0.5	0	0.5	0	0.5	1	0.5	1
MI_2	0.5	0	0.5	0.5	0	0	1	1	0.5
MI_3	0.5	0	0.5	0.5	-0.5	-0.5	1	1	1
C	0.5	0.343	0.157	0.5	-0.051	0.292	1	0.656	0.894

从表 2 可以看出，方案 7 的优度值是最高，则方案 7 的设计是最好的。这个方案即前轮采用行星轮，后轮具有辅助轮，缓冲下楼的冲击；手柄可以改变方向，方便上下楼梯，并且增加婴儿与家长的互动；刹车制动后轮，并且是常闭的状态，婴儿车机构见图 1。



图 1 婴儿车机构
Fig.1 Final main structure of stroller

3 结语

本文将可拓创新方法应用于婴儿车的概念设计，

对婴儿车整体进行共轭分析；针对婴儿车的行走机构、手柄及刹车进行可拓分析，经过可拓变换每部分都得到多种实现方案，综合形成多种可实现上下楼梯更安全的设计方案；采用关联函数，用优度评价的方法选择最佳的概念设计方案。由此，可拓创新方法引导概念设计的构思方向，为产品的概念设计提供了新的方法。

参考文献：

[1] 陈媛媛. 婴儿车推车的综合设计研究[J]. 科教导刊 (上旬刊), 2013(1): 182—195.
CHEN Yuan-yuan. Baby Stroller Design Research[J]. The Guide of Science & Education, 2013(1): 182—195.

[2] 杨军艺. 新型智能婴儿车的原理及设计[J]. 机械工程与自动化, 2011(6): 183—184.
YANG Jun-yi. Principle and Design of New Intelligent Baby Carriages[J]. Mechanical Engineering & Automation, 2011(6): 183—184.

[3] 李廷志, 王俭. 一种基于加速度传感器的婴儿车智能刹车系统研究[J]. 苏州科技学院学报(工程技术版), 2012, 25(4): 72—75.
LI Ting-zhi, WANG Jian. A Smart Accelerometer-Based Braking System for Baby Strollers[J]. Journal of Suzhou University of Science and Technolo-

- gy(Engineering and Technology), 2012, 25(4): 72—75.
- [4] 邵雯. 智能婴儿车控制系统的设计[J]. 大众科技, 2012, 14(11): 30—31.
SHAO Wen. Design of Smart Baby Carriage Control System[J]. Popular Science & Technology, 2012, 14(11): 30—31.
- [5] 伍红军, 范兴铎, 施忠萍. 推骑一体式婴儿车的创新设计[J]. 中国科技信息, 2014(3—4): 130—132.
WU Hong-jun, FAN Xing-duo, SHI Zhong-ping. Innovation Design of Stroller by Riding and Pushing[J]. China Science and Technology Information, 2014(3—4): 130—132.
- [6] 殷彩玉. 婴儿车在火灾逃生中应用的探究[J]. 科技创新导报, 2010(11): 99—101.
YIN Cai-yu. Research on Stroller Escaping from Fire[J]. Science and Technology Innovation Herald, 2010(11): 99—101.
- [7] 杨春燕, 蔡文. 可拓工程[M]. 北京: 科学出版社, 2010.
YANG Chun-yan, CAI Wen. Extension Engineering[M]. Beijing: Science Press, 2010.
- [8] 赵燕伟, 苏楠. 可拓设计[M]. 北京: 科学出版社, 2010.
ZHAO Yan-wei, SU Nan. Extension Design[M]. Beijing: Science Press, 2010.
- [9] 蔡文. 创意的革命[M]. 北京: 科学出版社, 2010.
CAI Wen. Creative Thinking[M]. Beijing: Science Press, 2010.
- [10] 杨刚俊, 余隋怀, 初建杰. 基于可拓学模型的产品创新设计方法[J]. 包装工程, 2011, 32(18): 30—33.
YANG Gang-jun, YU Sui-huai, CHU Jian-jie. A New Product Innovation Design Method Based on Extenics Model[J]. Packaging Engineering, 2011, 32(18): 30—33.
- [11] 侯汉平. 敏捷产品可拓概念设计模型研究[J]. 上海理工大学学报, 2002, 24(4): 379—383.
HOU Han-ping. Research on Extendible Conceptual Desing Model for Agile Product[J]. Journal of University of Shanghai for Science and Technology, 2002, 24(4): 379—383.
- [12] 刘玲玲, 薛澄岐. 基于菱形思维模型的创意设计方法与表征研究[J]. 包装工程, 2013, 34(10): 7—9.
LIU Ling-ling, XUE Cheng-qi. Creative Design Methods and Characterization Based on Rhombus Thought[J]. Packaging Engineering, 2013, 34(10): 7—9.
- [13] TANG W Y, LI S Y, ZHANG X W, et al. Selection and Evaluation of Mechanical Motion Scheme Based on Extension Theory[C]. Beijing: Proceedings of the International Symposium on Extenics and Innovation Methods, 2013.
- [14] 赵燕伟. 机械产品可拓概念设计研究[J]. 中国工程科学, 2001, 3(5): 67—71.
ZHAO Yan-wei. Study of Conceptual Design of Extension for Mechanical Products[J]. Engineering Science, 2001, 3(5): 67—71.
- [15] 王晶, 杜凡荣. 结合 AHP 方法的可拓理论在协同制造合作伙伴评价体系中的应用[C]. 中国管理科学学术年会, 2007.
WANG Jing, DU Fan-rong. Application of AHP with Extension Theory in Cooperative Manufacturing Partner Selection[C]. Chinese Journal of Management Science, 2007.