

doi: 10.12052/gdutxb.210057

解决设计问题的可拓创意生成方法—— 以区庄地铁站地面烟蒂问题为例

张紫然¹, 李兴森², 郭恒发^{2,3}, 王昊³

(1. 广东工业大学 艺术与设计学院, 广东 广州 510090; 2. 广东工业大学 可拓学与创新方法研究所, 广东 广州 510006;
3. 广东工业大学 机电工程学院, 广东 广州 510006)

摘要: 创意生成是设计过程中的关键环节之一, 但受限于个人技能, 往往难以获取可穷举的系统性创意。可拓学研究矛盾问题处理的方法可以为解决设计中的问题提供参考。以广州区庄地铁站解决乱扔烟蒂影响公共生活环境问题为例, 引入可拓创新方法, 对问题进行基元建模; 基于区庄地铁站的实际情况分析, 把问题拆解为多个基元进行详细的拓展分析, 利用可拓创新方法中的可拓变换, 最终提出了13种以上的解决方案。通过在区庄地铁站区域的应用, 验证了方案的有效性。该方法可为解决设计中创意生成的系统性问题提供新思路。

关键词: 可拓学; 可拓创新法; 创意生成; 烟蒂污染问题

中图分类号: TB472

文献标志码: A

文章编号: 1007-7162(2021)06-0103-08

A Creative Generation Method Solving Design Problems Based on Extenics—Removing the Cigarette Butts on the Ground of Ouzhuang Metro Station as an Example

Zhang Zi-ran¹, Li Xing-sen², Guo Heng-fa^{2,3}, Wang Hao³

(1. School of Art and Design, Guangdong University of Technology, Guangzhou 510090, China; 2. Research Institute of Extenics and Innovation Methods, Guangdong University of Technology, Guangzhou 510006, China; 3. School of Electromechanical Engineering, Guangdong University of Technology, Guangzhou 510006, China)

Abstract: Idea generation is a key aspect in design, but it is difficult to obtain systematic ideas due to the limited skills of individuals. The method of studying the treatment of contradictory problems in Extenics can provide a reference for solving the problems in design. Taking Ouzhuang metro station in Guangzhou as an example to solve the problem of littering cigarette butts affecting the public living environment, an Extension innovation method is introduced to model the problem with basic elements, and based on the analysis of the actual situation of Ouzhuang metro station, the problem is studied by detailed expansion analysis on multiple basic elements, and using the extension innovation method such as transformation to obtain more than 13 solutions. Finally, the application in a small area of Ouzhuang metro station proved the effectiveness of the solutions. The method can provide new directions for generating systematic ideas for problem solving in design.

Key words: Extenics; extension innovation method; creative generation; cigarette butt pollution problem

城市环境污染日趋严重, 随着生活压力增大, 吸烟人数的增长, 原本设计意在保护人体健康的香烟滤嘴随着乱丢现象的普遍, 变成了世界上最常见且数量最多的固体废物, 目前中国正在开展垃圾分类,

但对于烟蒂垃圾的处理还没有一定的法规要求, 烟蒂仍在很多公共场所随处可见^[1]。根据近几年的数据显示, 由吸烟引起的火灾占了火灾中的很大比重^[2], 每年发生火灾的数量中, 每6起火灾中就有一起是因

收稿日期: 2021-03-21

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(72071049); 教育部人文社会科学研究项目(18YJAZH049)

作者简介: 张紫然(1998-), 女, 硕士研究生, 主要研究方向为产品设计、可拓设计

通信作者: 李兴森(1968-), 男, 教授, 博士, 主要研究方向为可拓学与可拓智能创新, E-mail: lixingsen@126.com

为烟蒂所引起的。撇开烟蒂未灭带来的火灾后果,就熄灭了的烟蒂而言也具有很强的危害。吸完烟后被丢弃的烟蒂由醋酸纤维和大量有毒化学物质组成,醋酸纤维的分解时间长达10年之久,而且烟蒂中混杂的焦油和尼古丁等重金属和有毒化学物质残留物浸入环境中会带来更为严重的危害^[3]。为了展示烟蒂所含物质的毒性强度,有许多团队为此做了验证实验,使用过的烟蒂放入蒸馏水中浸泡后的浸泡液对实验小鼠有严重危害,除此之外有研究表明烟蒂将有毒化学物质浸入水中后,烟头浸渍中的化学物质对水生生物(包括微生物)也产生剧毒危害,并可能对底栖动物产生长期影响^[4-6]。这一系列的数据显示地面的烟蒂未被及时清理极有可能会带来很大的危害,因此本文主要探讨如何生成解决该类烟蒂垃圾清除较为全面的方法。

可拓学主要研究矛盾问题处理,除了可以解决矛盾问题,也同时适用于解决创意生成问题^[7-9]。应用可拓创新法来解决问题的步骤如下,首先将问题进行描述,根据问题所展现的条件、准则和目标建立基元模型,这个过程将问题代入基元公式的模型中,对问题中的复杂事物信息进行降维表达,把问题中的事物拆解成物元、事元、关系元,再逐个进行拓展分析,进而更详细地了解事物信息后寻求解决办法,再利用可拓变换进行问题的求解^[7,10-13]。利用可拓学中形式化的模型研究方法,拓展问题求解的可能性,把握事物创意生成的规律与方法,得到解决矛盾问题的系统性的解决方案^[8-9]。

1 烟蒂问题可拓学求解的整体步骤与基元建模

1.1 利用可拓学解决烟蒂问题的创意生成的总体步骤

为了找到解决问题的突破口,以区庄地铁为实验区域,对区庄地铁地面烟蒂情况运用可拓学方法进行问题分析。首先找到问题的条件、准则以及目标,建立元素、准则和论域的基元模型,使用可拓创新法中的相关分析、蕴含分析、共轭分析等方法对基元进行拓展,通过置换变换、扩缩变换、增删变换、组分变换和复制变换拓展出另一些可能方案^[7]。最后,通过评价以及验证的方式来选取最优的创意策略^[14-17]。

1.2 烟蒂问题分析与相关基元建模

地面烟蒂多这一现象的直接原因是清理不到位而形成的,通过问卷、访谈等,对区庄地铁的清洁工人、清洁工人人们的清洁工具、区庄地铁的环境等建立基元模型。

1.2.1 条件相关基元建模

现有的问题是解决区庄地铁地面烟蒂乱扔现象的问题,因此对区庄地铁的地面烟蒂的形成条件进行分析,也就是烟蒂的清理问题,首先物元的对象有清洁工人、清洁工具、区庄地铁的环境等,事元主要是扫、捡、夹等清理行为,关系元是烟蒂与清洁工人之间的关系、烟蒂与清洁之间的关系、烟蒂与地面之间的关系等。建立区庄地铁地面烟蒂现象问题的基元模型,基元模型如下。

$$M_1 = \begin{bmatrix} \text{清洁工人 } D_1 & \text{性别,} & \text{女} \\ & \text{作用,} & \text{清洁环境} \\ & \text{工作单位,} & \text{区庄地铁站 } D_2 \\ & \text{工作时间,} & \text{9:00 ~ 18:00} \end{bmatrix}$$

$$M_2 = \begin{bmatrix} \text{区庄地铁站 } D_2, \text{车站位置,越秀区环市东路与农林下路交汇} \\ \text{途经线路, \{广州地铁 5 号线, 6 号线\}} \\ \text{站台类型, \{地下站厅, 地面站厅\}} \\ \text{出入口, \{A 口, B 口, C 口, D 口, E 口\}} \end{bmatrix}$$

$$M_3 = \begin{bmatrix} \text{清洁工具 } D_3, & \text{名称,} & \text{扫帚 } S_1 \\ & \text{别名,} & \text{扫把} \\ & \text{长度,} & \text{1 米} \\ & \text{自动化程度,} & \text{无} \end{bmatrix}$$

$$A_1 = \begin{bmatrix} \text{扫, 支配对象, 烟蒂 } D_5 \\ \text{施动对象, 清洁工人 } D_1 \\ \text{接受对象, 区庄地铁站 } D_2 \\ \text{工具, 扫帚 } S_1 \end{bmatrix}$$

$$A_2 = \begin{bmatrix} \text{捡, 支配对象, 烟蒂 } D_5 \\ \text{施动对象, 清洁工人 } D_1 \\ \text{工具, 手套 } S_{11} \end{bmatrix}$$

$$A_3 = \begin{bmatrix} \text{夹, 支配对象, 烟蒂 } D_5 \\ \text{施动对象, 清洁工人 } D_1 \\ \text{工具, 火钳 } S_{12} \\ \text{位置, 角落缝隙处} \end{bmatrix}$$

1.2.2 目标相关基元建模

区庄地铁的环境不算特殊,植被等也是各个区域比较常见的,造成难以清理的主要问题是该地区的烟蒂“乱扔”现象比较严重。对解决地面烟蒂现象的条件目标进行目标分析后,得出以下几个拓展方向。从“扔”上找解决办法,如何可以让人们不扔在地上而是垃圾桶里,就不会产生难清理的问题?或者烟是否最后都需要产生剩余物呢?如果没有人抽烟是不是就不会有扔烟蒂的问题呢?扔烟蒂会产生危害,那么是否可以扔烟蒂无危害?根据以上几个方向再进行目标相关的基元分析。

1) 烟蒂扔的位置分析

$$M_4 = \left[\begin{array}{l} \text{垃圾桶}D_4, \quad \text{作用,} \quad \text{装垃圾} \\ \text{材料,} \quad \text{塑料} \\ \text{位置,} \quad \text{地铁站角落} \\ \text{可移动性,} \quad \text{否} \\ \text{颜色,} \quad \text{灰色} \\ \text{形状,} \quad \text{方形} \\ \text{趣味性,} \quad \text{一般} \end{array} \right]$$

2) 扔烟蒂的比率分析

$$A_4 = \left[\begin{array}{l} \text{扔,} \quad \text{支配对象,} \quad \text{烟蒂}D_6 \\ \text{施动对象,} \quad \text{抽烟者}S_2 \\ \text{接受对象,} \quad \text{垃圾桶}D_5 \\ \text{地点,} \quad \text{区庄地铁站} \\ \text{投中程度,} \quad \text{50\%} \\ \text{输出结果,} \quad \text{垃圾桶顶部} \end{array} \right]$$

3) 抽烟人群分析

$$M_5 = \left[\begin{array}{l} \text{抽烟者}D_5, \quad \text{年龄,} \quad \text{18岁+} \\ \text{性别,} \quad \text{男} \\ \text{烟瘾性,} \quad \text{强} \end{array} \right]$$

$$A_5 = \left[\begin{array}{l} \text{抽,} \quad \text{支配对象,} \quad \text{烟}S_3 \\ \text{施动对象,} \quad \text{抽烟者}S_3 \\ \text{频率,} \quad \text{一小时两根} \\ \text{原理,} \quad \text{尼古丁刺激神经} \\ \text{结果,} \quad \text{感到兴奋} \end{array} \right]$$

4) 烟蒂扔在地上形成的危害分析

$$M_6 = \left[\begin{array}{l} \text{烟蒂}D_6, \quad \text{释义,} \quad \text{烟吸到最后剩下的部分} \\ \text{形状,} \quad \text{圆柱形} \\ \text{材质,} \quad \text{聚丙烯丝束} \\ \text{分类,} \quad \text{干垃圾} \\ \text{降解性,} \quad \text{低} \\ \text{污染性,} \quad \text{强} \end{array} \right]$$

$$A_6 = \left[\begin{array}{l} \text{禁止,} \quad \text{支配对象,} \quad \text{烟}S_3 \\ \text{接受对象,} \quad \text{抽烟者}D_5 \\ \text{方式,} \quad \text{法律法规宣传} \\ \text{工具,} \quad \text{\{海报, 标语\}} \end{array} \right]$$

2 基元模型的拓展与创意生成

2.1 拓展分析的基本思路

建立了条件和目标的基元模型后,继续对基元模型进行拓展分析,从一对象多征、一征多值、一征多对象、一值多征等方向,在原先的基元模型基础上进行拓展,看是否可以得到更多的信息。可以使用共轭方法对事物的虚实、软硬、正负、潜显进行分析,或者对基元进行相关分析,客观世界中,任何事物都是相互联系的,当某个部分变化时很多部分也会随之改变^[7]。从目标或者条件出发,分析基元,利用相关分析列出基元网,从而在分析基元网中找到新基元去解决矛盾问题。还可以对目标进行蕴含分析,因为对事物进行建模后会更清晰地了解物、事和关系三者间的蕴含性,以基元为形式化工具梳理其内在的蕴含关系,当该基元无法实现时,寻找其蕴含的条件基元,如果该基元的所有必要条件都实现时,就表示找

到了解决该矛盾的路径。

可拓变换可变换元素、准则、论域,在初始创意上做加减乘除,由于万事万物都是紧密联系的,因此在某一个对象、特征、量值等在进行变换时会对结果也产生影响。某个变换的产生有时是由于另一个变换的传导变换引起的。也可使用置换变换,将产生矛盾的特征转换为其他特征,以达到解决矛盾问题的目的;或者做增删变换或扩缩变换,将事物进行必要的增删;又或者对事物进行组分变换,将不同的对象、特征进行组合分解,将问题拆解开来解决或合并多个问题共同解决,从而找到合适的矛盾问题的解法。

为节省篇幅,下文将基元模型拓展与创意生成的过程一起描述。

2.2 基元拓展与创意生成

2.2.1 方向一: 清理方向

从清理工具的角度出发做拓展分析与变换可以生成以下5个解决方案。

$$M_3 = \left[\begin{array}{l} \text{清洁工具}D_3, \quad \text{名称,} \quad \text{扫帚}S_1 \\ \text{长度,} \quad \text{1 m} \\ \text{自动化程度,} \quad \text{无} \end{array} \right]$$

$$\dashv M_{31} = \left[\begin{array}{l} \text{清洁工具}D_{31}, \quad \text{名称,} \quad \text{智能清洁工具} \\ \text{高度,} \quad \text{0.5 m} \\ \text{自动化程度,} \quad \text{较高} \end{array} \right]$$

$$A_3 = \left[\begin{array}{l} \text{夹,} \quad \text{支配对象,} \quad \text{烟蒂}D_5 \\ \text{施动对象,} \quad \text{清洁工人}D_1 \\ \text{工具,} \quad \text{火钳}S_{12} \\ \text{位置,} \quad \text{角落缝隙处} \end{array} \right]$$

$$\dashv A_{31} = \left[\begin{array}{l} \text{吸,} \quad \text{支配对象,} \quad \text{烟蒂}D_5 \\ \text{施动对象,} \quad \text{吸尘器机器人} \\ \text{位置,} \quad \text{角落缝隙处} \end{array} \right]$$

$$M_4 = \left[\begin{array}{l} \text{垃圾桶}D_4, \quad \text{作用,} \quad \text{装垃圾} \\ \text{材料,} \quad \text{塑料} \\ \text{位置,} \quad \text{地铁站角落} \\ \text{可移动性,} \quad \text{否} \\ \text{颜色,} \quad \text{灰色} \\ \text{形状,} \quad \text{方形} \\ \text{趣味性,} \quad \text{一般} \end{array} \right]$$

$$\left\{ \begin{array}{l} M_{41} = \left[\begin{array}{l} \text{垃圾桶}D_{41}, \quad \text{作用,} \quad \text{装垃圾} \\ \text{颜色,} \quad \text{\{绿色, 黄色\}} \\ \text{位置,} \quad \text{抽烟室} \end{array} \right] \end{array} \right.$$

$$\dashv \left\{ \begin{array}{l} M_{42} = \left[\begin{array}{l} \text{垃圾桶}D_{42}, \quad \text{作用,} \quad \text{装垃圾} \\ \text{位置,} \quad \text{地下站亭} \\ \text{可移动性,} \quad \text{强} \end{array} \right] \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} M_{43} = \left[\begin{array}{l} \text{垃圾桶}D_{43}, \quad \text{作用,} \quad \text{装垃圾} \\ \text{形状,} \quad \text{卡通动漫形} \\ \text{趣味性,} \quad \text{高} \end{array} \right] \end{array} \right.$$

1) 方案1: 方便的清理工具

现有的清理工具大多是手动的,除此之外市面上也有很多方便清理的清理工具的设计,也可以在很大程度上帮助快速清理地面烟蒂。智能清洁工具市场上已有。

2) 方案2:吸尘器机器人

火钳等工具在清理角落缝隙的烟蒂垃圾时不便利,若是把火钳变成吸尘器作为清洁工具,可以解决细小地方难以清理的问题,吸尘器是电动的,可以省很多的力气,也可以更快地清理烟蒂垃圾,除此之外,吸尘器是否可以自动清理,若是可以自动吸附地面的烟蒂,那么吸尘器自己本身就可以作为一个智能清洁工人,定时定点地清理地面的烟蒂,可以大大减少地面烟蒂清理的人工不足问题。

3) 方案3:自动垃圾桶

很多抽烟者就是不愿意把烟蒂扔进垃圾桶,那么是否可以让垃圾桶可以自行移动,走到吸烟者旁边,让吸烟者更好地把烟蒂丢进垃圾桶内。

4) 方案4:醒目位置合适的垃圾桶

区庄地铁站的垃圾桶颜色是灰色和金属色的,非常的不显眼,很难让人察觉到,因此可以将垃圾桶的颜色变得鲜艳突出,而且根据对与抽烟者较为满意的抽烟环境的调查后选择靠近抽烟人常停留的区域,查看是否能改善“乱扔”的现象,如图1所示。

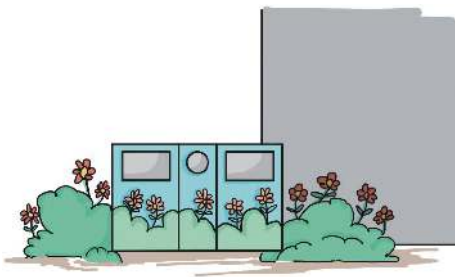


图1 醒目的垃圾桶
Fig.1 Eye-catching trash cans

5) 方案5:趣味烟蒂桶

也可将垃圾桶设计得富有趣味,让抽烟者自己走向垃圾桶扔烟蒂,在拓展的抽烟者的爱好中可以了解到抽烟者对于天气、新闻事实、美食等资讯比较关注,因此可以在垃圾桶的设计上做改动。在调研中发现大部分人对于投票和抽奖都抱着比较大的兴趣,因此在垃圾桶的设计上,可设计为一种投票箱,必须要用烟蒂才能进行投票,激起抽烟者把烟蒂扔进投票箱的兴趣,如图2所示。



图2 趣味投票烟蒂垃圾桶

Fig.2 Fun cigarette butt trash cans

$M_{61} =$	烟蒂 D_6 , 释义, 材质, 降解性, 污染性,	烟吸到最后剩下的部分 可降解材料 高 小
$A_7 =$	打, 支配对象, 原理, 疫苗 S_4 结果, 产生抗体, 抑制尼古丁 抽烟使人难受	
$A_5 \oplus A_7 =$	抽 \oplus 打, 支配对象, 原理, 烟 $S_4 \oplus$ 疫苗 S_4 结果, 尼古丁被抑制 抽烟使人难受	

1) 方案6:烟蒂种子

烟蒂落在地面形成了不美观的城市环境,而且烟蒂作为固体垃圾不能在地面上自动消失,初步分析源于两大原因,首先是大部分扔烟蒂的位置不能让烟蒂逐步被分解,第二大原因则是烟蒂本身落在土壤被分解需要很长的时间,而且分解过程会释放有毒物质,因此如果能让烟蒂落地不污染环境且有利于环境美化,则乱扔烟蒂就不会成为一个问题,如图3所示。

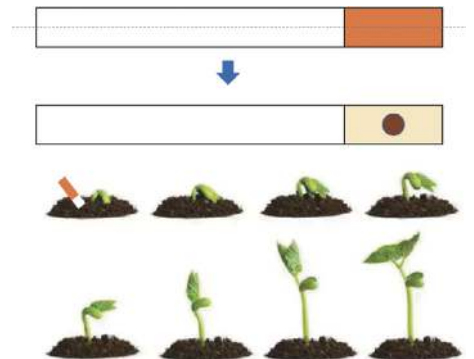


图3 烟蒂种子

Fig.3 Cigarette seeds

2.2.2 方向二: 危害方向

从烟蒂的危害往其上游追溯的角度出发做拓展分析可以生成以下2个解决方案。

$M_6 =$	烟蒂 D_6 , 释义, 材质, 降解性, 污染性,	烟吸到最后剩下的部分 聚丙烯丝束 低 强
---------	--	-------------------------------

2) 方案7:烟疫苗

抽烟者抽烟有很大的原因是因为有烟瘾,包括在调查中很多人都曾试过戒烟,但都没有成功,是否

有什么方法会让人不想抽烟,比如研发一种疫苗,让人失去想抽烟的感觉,就不用很辛苦地戒烟,可以打一个疫苗就对烟失去兴趣了。

2.2.3 方向三: 宣传方向

从政府未来法规颁布的角度出发做拓展分析可以生成以下2个解决方案。

方案8: 法规宣传

根据控烟条例显示,为了防止火灾事故,地铁附近的5 m范围内是禁烟区,通过了解区庄地铁的吸烟者们对控烟条例的了解,展开了一系列的问卷调查,结果显示大部分的吸烟者对于控烟条例不了解。根据控烟条例的宣传显示,现在社区、地铁内的宣传力度不足,鲜少有人了解控烟条例的内容。

因此有必要展开一系列的法规宣传,包括海报、标语、广告屏、广播、视频等多个方式进行相关的控烟条例宣传。

2.2.4 方向四: 监控方向

从禁止吸烟和烟蒂入手做拓展变换可以生成以下2个解决方案。

$$A_6 = \begin{bmatrix} \text{禁止,} & \text{支配对象,} & \text{烟} S_3 \\ \text{接受对象,} & \text{抽烟者} D_5 & \\ \text{方式,} & \text{法律法规宣传} & \\ \text{工具,} & \text{(海报, 标语)} & \end{bmatrix}$$

$$+ \begin{cases} A_{61} = \begin{bmatrix} \text{禁止,} & \text{支配对象,} & \text{烟} S_3 \\ \text{接受对象,} & \text{抽烟者} D_5 & \\ \text{方式,} & \text{监控拍摄抽烟者} & \\ \text{工具,} & \text{监控装置} & \end{bmatrix} \\ A_{62} = \begin{bmatrix} \text{禁止,} & \text{支配对象,} & \text{烟} S_3 \\ \text{接受对象,} & \text{抽烟者} D_5 & \\ \text{方式,} & \text{私密提醒} & \\ \text{工具,} & \text{智能监督系统} & \end{bmatrix} \\ A_{61} = \begin{bmatrix} \text{禁止,} & \text{支配对象,} & \text{烟} S_3 \\ \text{接受对象,} & \text{抽烟者} D_5 & \\ \text{方式,} & \text{仿真动态显示} & \\ \text{工具,} & \text{仿真警示装置} & \end{bmatrix} \end{cases}$$

$$M_6 = \begin{bmatrix} \text{烟蒂} D_6, & \text{释义,} & \text{烟吸到最后剩下的部分} \\ \text{材质,} & \text{聚丙烯丝束} & \\ \text{分类,} & \text{干垃圾} & \end{bmatrix}$$

$$+ M_{62} = \begin{bmatrix} \text{烟蒂} D_6, & \text{释义,} & \text{烟吸到最后剩下的部分} \\ \text{材质,} & \text{金属丝} & \\ \text{分类,} & \text{可回收垃圾} & \end{bmatrix}$$

1) 方案9: 监控装置

监控在很多的情况下可以很好地规范人的行为,就比如超速快拍等摄像头就会让驾驶的司机遵守交通规则,从而保证行驶的安全,因此,摄像头在一定程度上会让人注意自己的一举一动,但是摄像头的安装需要一定的费用,因此无法在所有地方都安置摄像头,特别是公园中。因此假的摄像头装置只要外貌逼真,也可以在一定程度上规范该区域的行驶者的行动,可低成本布置无录像功能的装饰摄像

头,其外观与正常摄像头无异。

2) 方案10: 智能监督系统

很多的非吸烟者并不喜欢在室内或户外活动时有人在旁边吸烟,但大部分人并不会鼓起勇气上前制止吸烟者的行为,绝大部分的原因是这样的制止行为容易引起冲突,特别是吸烟者较为强势的情况下,容易带来更差的结果。可以设计一种装置,让非吸烟者私密提醒,但吸烟者不知道提醒者,如不停止吸烟则智能拍照,将吸烟者照片上传。

3) 方案11: 烟蒂收集所

为什么烟蒂没有和其他的塑料瓶垃圾、易拉罐垃圾、纸皮垃圾等可回收垃圾一样被除了清洁工以外的人收集,是因为它没办法给收集者带来利益,因此不会有人收烟蒂。如图4所示,如果烟蒂和易拉罐一样可以收集起来卖钱,那么必然会产生新的收集者,也就在一定程度上减少了清洁工的清理压力,并且也可以推动吸烟者将其收集起来换钱。



图4 烟蒂收集所
Fig.4 Cigarette butts collection

4) 方案12: 智能灭烟装置

根据地铁法规规定,为了保证地铁的安全,地铁的消防安全规定,地铁出口5 m内不得吸烟,被列为禁止吸烟区,以防止火灾引起事故,因此现在的区庄地铁的大部分地区属于禁止吸烟区,但很多人依旧我行我素。可以设计一种智能装置,感知附近有人吸烟时发出异响或灭烟泡沫,让吸烟者在该区域的吸烟体验感极差,从而不在此处继续抽烟,如图5所示。



图5 灭烟装置
Fig.5 Smoke extinguishing device

5) 方案13: 仿真警示装置

很多吸烟者之所以一直随地扔烟头是因为其未亲身经历乱扔烟头带来的后果。因此,如果在地面上装上热力感应屏,当烟蒂落地时,会因为烟蒂带有温度使得地面产生爆炸的动效,让吸烟者从此谨记烟蒂不可乱扔,如图6所示。

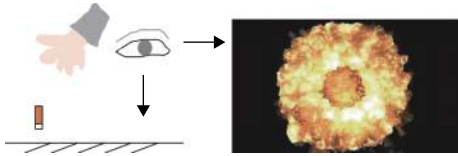


图6 地面警示装置
Fig.6 Ground warning device

2.3 方案评价

1) 地面烟蒂数量对照评估

以区庄地铁地面烟头是否减少验证方案有效性,通过对比区庄地铁垃圾桶内烟蒂和地面烟蒂的数量比,以及每日地面烟蒂的数量比则可以得出该方案是否有效。适用于方案1、6、8、10、11、12、13。

2) 使用满意度评估

适用于方案2,根据描述设计并采用问卷评估的方式得到了以下的满意度问卷结果,显示该设计方

案可行性较高,但还缺乏政府出资方面的评估,评估结果如图7所示。

		方案一	方案二	方案三	方案四
使用者满意度 (访谈环卫工人)	产品技术需求	★★★★☆	★★★★☆	★★★☆☆	★★★★☆
	产品功能和性能	★★★★☆	★★★★☆	★★★☆☆	★★★★☆
	学习成本满意度	★★★☆☆	★★★★☆	★★★★☆	★★★☆☆
	场地使用适配性	★★★☆☆	★★★★☆	★★★★☆	★★★☆☆
技术可行性 (技术人员)	制造复杂性	★★★★☆	★★★★☆	★★★☆☆	★★★★☆
	结构复杂性	★★★★☆	★★★☆☆	★★★☆☆	★★★★☆
经济性	产品方案成本	★★★★☆	★★★★☆	★★★☆☆	★★★★☆

图7 智能清洁工具清洁工评估结果

Fig.7 Smart cleaning tool cleaner assessment results

3) 实验验证评估

(1) 应用于方案4,很多吸烟者认为扔烟蒂的位置不佳,垃圾桶不醒目,垃圾桶位置与自己所行路线不符,于是逐一进行实验。实验一为改变垃圾桶的位置看是否可以达到减少烟蒂落地的情况,图8实验结果显示在较多人重合的路径上设置垃圾桶后,准确扔烟蒂入桶的情况并未明显提升。

第二个实验将垃圾桶的颜色更改为蓝色、黄色进行烟头收集实验,颜色选择上参考了大多数人对于可回收垃圾桶的颜色认知,图9实验结果显示黄色的结果比蓝色稍好,但效果皆不佳。

	对照组	实验组			
垃圾箱位置	<p>原有位置视角, A区能看见, B区完全被挡</p>	<p>让原有垃圾桶从不可见变可见</p>	<p>搬到B区最多人吸烟的角落, 因相同环境设置, 两个角落等效</p>	<p>搬到A区最多人吸烟的花坛边</p>	<p>B区工对长椅的花坛中点</p>
实验过程	<p>实验期间仅有一位路人在旁边短暂地吸烟并将烟头投入箱中</p> <p>观察发现, 会走过去扔烟头的人非常少, 且一般是过路人, 而不是A/B区休息的用户。</p>	<p>将烟头投入垃圾箱的两位都是过路人, 而非在区域内休息的</p> <p>改变位置后, 对B区的人们可见但关注度几乎为0, 针对A区效果微弱</p>	<p>有5位走到旁边吸烟, 其中仅两位将烟头投入垃圾箱</p> <p>关注多为儿童, 有效果人们会到其旁边吸烟, 但因没留意, 有3位虽在其2米范围内抽烟, 仍然选择扔到地上。</p>	<p>背对装置的人们都没留意到, 正对装置的只有花坛坐下才会扔。</p> <p>关注度明显上升, 但是区域限制非常明显, 只有朝着正对装置的路径走才会留意到。</p>	<p>正对装置, 仅有少数人会走过去吸烟扔烟</p> <p>关注度相对最高, 但是仍选择直接扔在地上的人更多, 且容易被来往的儿童拿走。座椅距离垃圾桶约3米。</p>
收集率	4.76%	9.52%	23.8%	17.1%	13.4%

图8 醒目的垃圾桶位置实验结果说明

Fig.8 The results of the eye-catching trash can location experiment as shown

(2) 应用于方案9,有实验显示可将烟蒂变废为宝,制成建筑保温用材等,并且在西安有实行过烟头银行,专门回收烟头可以换取油等物品,因此设置烟蒂回收具有一定的可行性,可以与广告公司合作吸

引更多关注。

4) 暂时无法评估

烟蒂种子目前有相关技术的研究以及专利的提出,但还未有明确的实验验证等结果。烟蒂疫苗方案

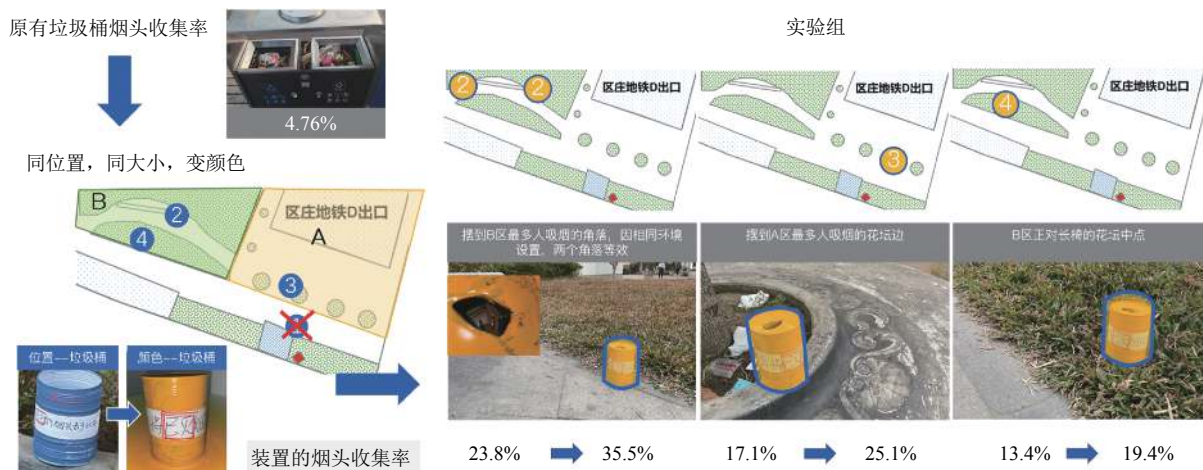


图9 醒目的垃圾桶颜色实验结果说明

Fig.9 Description of the results of the eye-catching trash can color experiment

目前暂无研究,排除方案3、7。

3 总结与展望

通过对区庄地铁站的地面烟蒂产生的原因、清理方式等进行基元建模与分析,发现应用可拓创新方法可以进一步拓展到区庄地铁站的设施环境以及地面烟蒂处理相关的物、事、关系,在基元模型基础上利用拓展和变换,生成解决问题的更多创新方案,实践应用证明不少方案是可实现的以及有效的。可拓学对解决设计中的矛盾问题有很好的启发作用。

设计创新的整个过程,其实就是解决各种各样矛盾问题的一个过程,为了能够找到更好的解决区庄地铁地面烟蒂清理的问题,必须细化解决问题的过程。通过不同系统的视角去观察事物,对事物进行基元分析与拓展、变换以实现新的改进,还可以从不同的方面去思考同一事物的不同之处。形式化、模型化的拓展分析方法,可以有效摆脱惯性思维,从原先的单纯依靠头脑风暴的设计创意生成方式,到加深对物体或事件的了解程度,利用流程化方法发现新的可拓展的区域与对象,利用可拓变换得出系统全面的解决方案,并通过优度评价等方法得到最优解。论文仅仅是初步利用了可拓学的一些创新方法进行分析,其中共轭分析还有待深入,如可以对区庄地铁地面的烟蒂处理进行虚实部分分析、软硬部分分析、正负部分分析、潜显部分分析等。分散分析、相关分析、蕴含分析等分析方法的系统性拓展和变换的传导效应分析等还有待深化。从可拓集合角度,本文主要使用基本变换法中的置换、增删、分解、扩缩、复制变换,将基

元模型进行拓展变换,后续还可将论域和准则改变为新的论域和新准则。

参考文献:

- [1] 杨幸, 龚浩, 翟勤, 等. 关于烟蒂环境危害及其管理措施的研究[J]. *环境科学与管理*, 2013, 38(2): 22-23.
YANG X, GONG H, ZHAI Q, *et al.* Environmental hazards and management of cigarette butts [J]. *Environmental Science and Management*, 2013, 38(2): 22-23.
- [2] 王忠喜. 严防吸烟火患[J]. *水上消防*, 2015(2): 44-46.
WHANG Z X. Prevent smoking fire hazards [J]. *Marine Fire*, 2015(2): 44-46.
- [3] KURM U H, MOHAJERANI A. The toxicity and valorization options of cigarette butts [J/OL]. *Waste Management*, 2020, 104: 104-118[2021-01-22]. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X20300118>. doi: 104-118:10.1016/j.wasman.2020.01.011.
- [4] 王菲菲, 江春雨, 孔希锦, 等. 烟蒂水浸泡液对小鼠的急性毒性作用研究[J]. *现代农业科技*, 2015(2): 269.
WANG F F, JIANG C Y, KONG X J, *et al.* Study on the acute toxic effect of cigarette butt water immersion liquid on mice [J]. *Modern Agricultural Science and Technology*, 2015(2): 269.
- [5] KING I C, LORENZI V, BLASUIS M E, *et al.* Leachates from cigarette butts can persist in marine sediment[J/OL]. *Water Air and Soil Pollution*, 2021, 232(38): 1-13[2021-03-03]. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11270-021-04999-3>. doi: 0.1007/s11270-021-04999-3.
- [6] SLAUGHTER E, GERSBERG R M, WATANABE K, *et al.* Toxicity of cigarette butts, and their chemical components,

- to marine and freshwater fish[J/OL]. Tobacco control, 2011, 20(1):i25-i29[2021-03-03]. https://tobaccocontrol.bmj.com/content/20/Suppl_1/i25.full. doi: 10.1136/tc.2010.040170.
- [7] 李兴森, 张玲玲. 可拓创新思维及训练[M]. 北京: 机械工业出版社, 2016
- [8] 杨春燕. 可拓创新方法[M]. 北京: 科学出版社, 2016
- [9] 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.
- [10] 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. The creative generation method of product design based on extenics and TRIZ—take the design of mobile phone charger as an example [J]. *Journal of Guangdong University of Technology*, 2020, 37(5): 7-12.
- [11] 陈晓菁, 成思源, 杨雪荣. 面向专利产品创新设计的可拓变换方法研究[J]. 包装工程, 2020, 41(24): 137-142.
CHEN X J, CHENG S Y, YANG X R. Extension transform method for patent product innovation design [J]. *Packaging Engineering*, 2020, 41(24): 137-142.
- [12] 李仔浩, 杨春燕, 李文军. 可拓创新方法在发电机创新设计中的应用[J]. 广东工业大学学报, 2020, 37(1): 1-6.
LI Z H, YANG C Y, LI W J. An application of extension innovation method in generator innovation design [J]. *Journal of Guangdong University of Technology*, 2020, 37(1): 1-6.
- [13] 刘晓敏, 程广驰, 李娇蓉, 等. 融合仿生学与可拓学的自清洁玻璃创新设计[J]. 中国工程机械学报, 2019, 17(4): 323-328.
LIU X M, CHENG G G, LI J R, *et al.* Innovative design of self-cleaning glass incorporating bionics with extension [J]. *Chinese Journal of Construction Machinery*, 2019, 17(4): 323-328.
- [14] 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.
- [15] 张文林. 基于可拓学与TRIZ的专利产品创新设计方法[D]. 广州: 广东工业大学, 2019
- [16] 李文军, 杨春燕, 汤龙, 等. 可拓学中相关关系的变换方法研究[J]. 智能系统学报, 2019, 14(4): 619-626.
LI W J, YANG C Y, TANG L, *et al.* Research on the transformation method for the correlation relation in extenics [J]. *CAAI Transactions on Intelligent Systems*, 2019, 14(4): 619-626.
- [17] 白仲航, 王雯, 张敏, 等. 基于可拓学与因果链分析的产品创新设计研究[J]. 机械设计, 2020, 37(11): 139-144.
BAI Z H, WANG W, ZHAGN M, *et al.* Research on product innovation design based on extenics and causal chain analysis [J]. *Journal of Machine Design*, 2020, 37(11): 139-144.

(责任编辑: 杨耀辉)