

# 基于 TRIZ 理论的快递电动车创新设计

杨培, 曹国忠, 周坤, 张家祺, 檀润华  
(河北工业大学, 天津 300401)

**摘要:** **目的** 发现并解决现有快递电动车使用时的问题, 提出创新设计方案。将多种设计方法结合, 得到更加完善的解决方案。**方法** 首先, 在 iNPD 理解机会阶段, 引入 TRIZ 理论中基于专利分析的技术成熟度预测模块, 运用智慧芽软件进行专利检索与分析, 判定产品的生命周期, 确定产品的创新方向。其次, 概念化机会阶段, 引入冲突矩阵分析法和 40 个发明原理进行产品创新设计。最后, 对方案进行价值属性分析评价。**结果** 设计出改良版的快递电动车。优化后的快递电动车车厢分为左右两侧, 内部采用可灵活移动的隔板装置, 解决了之前车厢空间利用率低等问题。**结论** TRIZ 理论可以很好地解决设计中的具体问题; iNPD 可以获取以用户为中心的准确需求, 完善 TRIZ 理论中该部分的不足。研究和应用 TRIZ 理论对各种产品的创新设计具有重要的理论和现实意义。

**关键词:** 快递电动车; iNPD; TRIZ; 专利分析; 产品生命周期

**中图分类号:** TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2019)14-0135-09

**DOI:** 10.19554/j.cnki.1001-3563.2019.14.023

## Innovative Design of Express Electric Vehicle Based on TRIZ Theory

YANG Pei, CAO Guo-zhong, ZHOU Kun, ZHANG Jia-qi, TAN Run-hua  
(Hebei University of Technology, Tianjin 300401, China)

**ABSTRACT:** The work aims to find and solve the problems in the use of the existing express electric vehicles to put forward an innovative design scheme and integrate a variety of design methods to get a better solution. Firstly, in the iNPD understanding opportunity phase, the technology maturity prediction module based on the patent analysis in TRIZ theory was introduced, and the patent search and analysis were used to determine the product life cycle and innovation direction by means of the intelligent bud software. Secondly, in the conceptual opportunity stage, the conflict matrix analysis method and 40 inventive principles were used for the innovative design of the products. Finally, the value attribute analysis and evaluation of the scheme were carried out. An improved version of the express electric vehicle was designed, and its carriage was divided into two sides. The inside of the improved vehicle was provided with flexibly moving baffle device, which solved the old problem of low utilization rate of carriage space. TRIZ theory can solve the specific problems in design very well. iNPD can get user-centered demand accurately and improve the deficiency of TRIZ theory. Research and application of TRIZ theory has important theoretical and practical significance for innovative design of various products.

**KEY WORDS:** express electric vehicle; iNPD; TRIZ; patent analysis; product life cycle

快递业的“投递服务”是一个非常重要的业务环节, 快件从分拨中心到用户手中的“最后一公里”问题也是现今快递业发展的一个瓶颈<sup>[1]</sup>, 然而目前关于“最后一公里”用车的针对性设计几乎是一片空白。

我国快递行业终端派送使用的车辆都是在现有两轮或三轮摩托车、电动自行车和面包车的基础上改装而来, 这些改装车辆存在许多设计缺陷, 魏雅莉等<sup>[2]</sup>对现有快递配送车的优、劣势进行了分析, 现存配送车设

收稿日期: 2019-02-21

基金项目: 河北省科技厅技术创新体系建设专项(18244902D)

作者简介: 杨培(1982—), 男, 河北人, 博士生, 河北工业大学讲师, 主要研究方向为设计驱动创新和老龄化设计。

计的不足使得快递员作业繁琐、效率降低,严重影响了快递行业的服务质量,也加剧了快递员的劳动强度<sup>[3]</sup>。

目前关于快递车的一些研究如下。通过物联网技术结合智能控制系统,杨琪等设计了具有自助寄取快递功能的城市轻物流中小型站点式智能快递车<sup>[4]</sup>。齐英杰等以物联网技术为视角,提出车用信息终端设计方案和快递流程优化方案,并对车辆进行了概念设计<sup>[3]</sup>。魏雅莉等从整体风格、材质以及功能三方面出发,采用仿生设计,以“小丑鱼”为原型对快递车进行了设计<sup>[2]</sup>。针对小区或学校,杨作云等设计了一种车厢内部采用电机、链轮的快件传送机构<sup>[5]</sup>。以上研究有些只针对某些特定区域;有些只是对快递车的外观进行了设计或者在设计中采用了复杂的传动装置。从实用性、通用性的角度来说,多少都有些不足,没能完全以用户为中心进行设计,未抓住用户的主要痛点,因此研发一种新型快递电动车已成为既现实又迫切的社会需求。

## 1 TRIZ 理论在产品创新设计中的应用研究

TRIZ 即发明问题解决理论,是由前苏联发明创造学家根里奇·阿奇舒勒提出的系统化方法学。其核心是创造性发现和解决系统中存在的矛盾,基于技术发展演化的规律研究整个设计和开发过程,获得最终理想解<sup>[6]</sup>。TRIZ 是解决问题和冲突的有效方法。

卡耐基梅隆大学的 Craig Vogel 和 Jonathan Cagan 总结出来的 iNPD (integrated New Product Development), 也被称为一体化新产品开发或整合新产品开发,是产品创新设计领域的重要理论工具。该方法强调开发团队以用户需要、要求和愿望为中心<sup>[7]</sup>。以用户为中心的 iNPD 理论对现代的设计工作有较强的指导意义,大大减少了后续设计过程中可能出现的诸如零件整合、造型和功能特征等问题,提高了工作效率,降低了生产成本,从而提高了产品的市场竞争力和成功率<sup>[8]</sup>。

### 1.1 TRIZ

TRIZ 理论包括技术进化发展、最终理想解、40 个发明原理、39 个工程参数和矛盾矩阵、物质-场模型、76 个标准解等<sup>[9]</sup>。应用 TRIZ 解决问题的常规步骤:首先,对给定的问题进行描述。其次,采用 TRIZ 分析工具对问题进行功能、因果、冲突及可用资源等分析。接着,将目标问题 TRIZ 化。最后,选择合适的 TRIZ 工具解决问题<sup>[10]</sup>。常用的 TRIZ 解决问题工具为 40 条发明原理和 76 个标准解。40 条发明原理可指导使用者找出用于创新的解决方案,在解决经过冲突分析过程得到的冲突时,冲突矩阵会推荐应当考虑的原理。76 个标准解用于解决基于技术系统进化模式的标准问题,在这之前须先基于物质-场模型确定问题的类别。经过以上 TRIZ 分析、TRIZ

工具解决问题可得到目标问题不同解,对其进行筛选评价,得到问题的最优解<sup>[11]</sup>。

### 1.2 iNPD

iNPD 过程包括识别机会、理解机会、概念化机会、实现机会 4 个阶段,其中前 3 个阶段是主体,也是产品概念形成的重要阶段。第 4 阶段为过渡阶段,产品开发进入一个更具体的阶段。

#### 1.2.1 识别机会

该阶段的核心是产品机会的识别和选择,目标是找到新产品或者改良产品的机会缺口。首先,利用 SET 因素分析法,分析社会趋势 (Social)、经济动力 (Economic) 和先进技术 (Technology) 3 个主要方面的因素。在有必要的情况下进行访谈调研、搜索相关文献资料等。接着,对结果进行头脑风暴,得到多个产品缺口,再采用机会权衡矩阵,对所得的多个产品缺口进行定性评估,选出最佳的产品缺口。最终的产品缺口以包含潜在用户的简单故事情节的形式呈现出来。

#### 1.2.2 理解机会

该阶段需要把第一阶段分析得出的产品缺口进行多方面的研究,将其转化为目标产品属性的全方面定义和诠释。主要是对目标市场、专门用户、现有产品、周边产品进行调研,然后对调研获取的结果进行分析总结。具体方法有群体文化学、情景分析法、任务分析法等。辅助的方法包括人机因素和人机工程学、生活形态参考、有关的信息数据库等。

#### 1.2.3 概念化机会

根据上一阶段产生的目标产品属性和标准,采用头脑风暴等方法将产品机会转化成产品概念。然后进行分析、讨论、推敲,选定较好的产品概念并重复以上步骤。经过多个循环后,形成最终的产品概念。在这个过程中,对产品概念进行价值机会分析是十分重要的。价值机会分析是一个值得参考的重要准则,它包括情感、人机工程学、美学、特性、影响、技术核心、质量效应、利益效应、品牌效应、可扩展性 10 个方面<sup>[7]</sup>。

#### 1.2.4 实现机会

该阶段的任务是对上一阶段形成的产品概念进行反复的细节推敲和修改,进一步完善方案,形成最终的产品模型和提案。

### 1.3 TRIZ 和 iNPD 的融合应用

使用 TRIZ 得到的产品解主要是针对技术性的问题; iNPD 更注重的是用户需求,提倡以用户为中心进行产品设计,因此将两者结合可以更好地进行产品设计。

通过 iNPD 的识别机会阶段,找到目标产品的机

会缺口。在理解机会阶段，主要运用群体文化学、情景分析法、任务分析法等易掺杂设计师主观意见的方法来确定目标产品的各种特征，而辅助方法中的现有数据库则弥补了以上弊端，只依据现实进行分析，故在该阶段引入 TRIZ 理论中基于专利分析的技术成熟度预测方法，进行目标产品创新方向的确定，综合以上两类分析方法对目标产品进行全面的特征定义与诠释。在接下来的第三阶段，使用具体的设计方法来产生初步设计方案。目前关于 iNPD 的研究大部分都偏重于第一和第二阶段<sup>[12-13]</sup>，对第三阶段并没有提出

高效或者具体的设计方法。大多研究仍延续使用头脑风暴法<sup>[14]</sup>或者依据价值分析得出设计方案<sup>[15]</sup>，也有个别学者在该阶段采用创新性的设计方法，如语义差分法 (Semantic Differential, 简称 SD)<sup>[16]</sup>进行设计。TRIZ 作为创新设计理论和方法，在解决问题和冲突方面有着举足轻重的作用，因此，在 iNPD 的第三阶段引入 TRIZ 理论中的冲突分析法和 40 个发明解决原理，用于解决出现的具体设计问题，使产品的创新设计事半功倍。iNPD 和 TRIZ 设计方法应用流程见图 1。

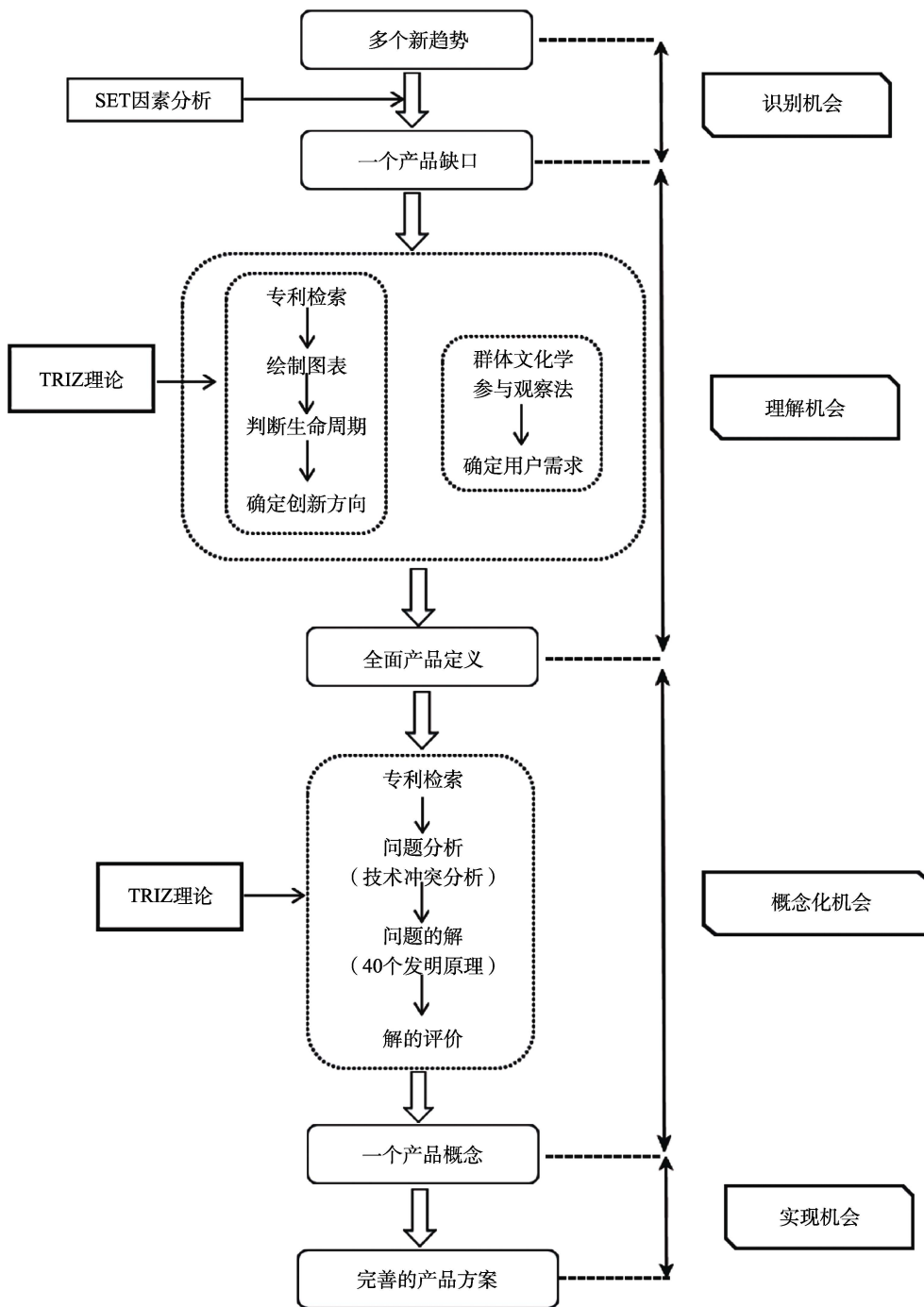


图 1 iNPD 和 TRIZ 设计方法应用流程  
Fig.1 The application process of iNPD and TRIZ

## 2 解决快递电动车的设计问题

快递包裹数量的陡增带来的是快递配送车辆的增多,然而市场上现有的快递电动车均为现有简易车辆改装而来,快递员使用起来有诸多不便。

### 2.1 识别机会

在该阶段对快递电动车进行了 SET 因素分析(见图 2),发现了市场机会缺口,并确定了快递电动车运输装载包裹的高效率问题为产品机会,因此设定了简单的故事情节。小王为一名快递配送员,他负责的派送范围内有 10 个小区,交通工具为加了一个封闭车厢的普通电动三轮车。每天派件的时候,他要把快

递按照小区、楼号或者手机号码先大致分好类后装进车厢,再按照路程的远近派送。在进行派送时,快递的放置位置以及分类方法只有他自己清楚。在给顾客拿包裹时,他需要从车子后面打开车厢门,但车厢开门空间太小,经常需要进入到车厢最内部取件,十分不方便。而且由于车厢内部设施简陋,没有照明工具,不易找件,所以小王在车厢内取件起身时易发生磕碰的问题。另外,顾客取件时间比较集中,因此人多时可能给顾客带来较长的等待时间,这也增加了对小王服务的投诉概率。最近快递数量的增长速度很快,快递车厢内部上方的空间不能充分利用,导致有时候小王需要来回跑很多趟。总之,使用现有快递电动车进行快递派件工作的效率不高,时间浪费问题严重。

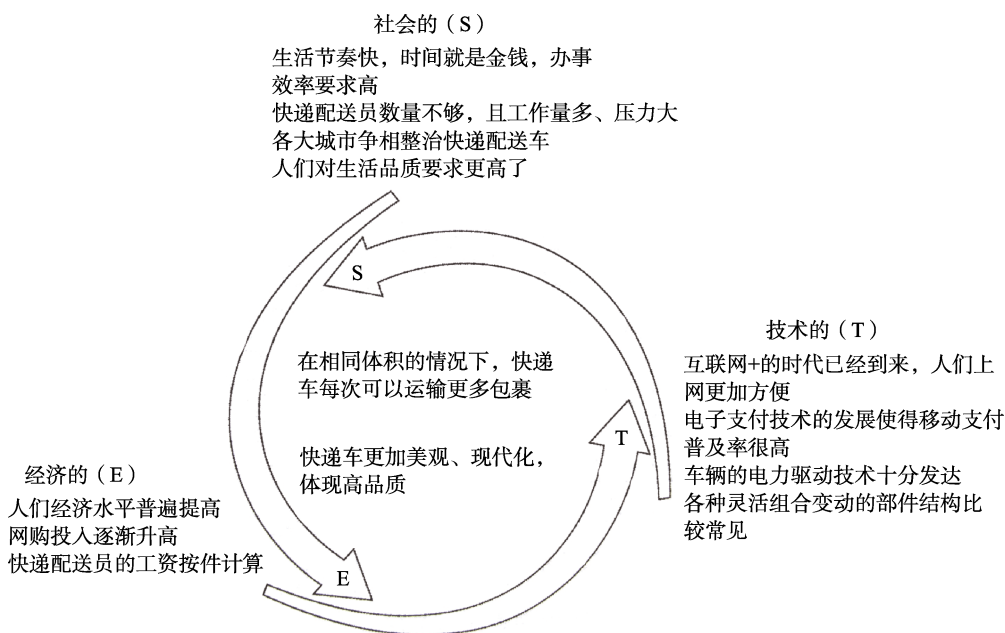


图 2 SET 因素分析  
Fig.2 Analysis of SET factors

### 2.2 理解机会

首先运用 TRIZ 理论中的专利检索来判断快递车产品的生命周期。通过智慧芽专利检索工具,以“快递车”为搜索关键词进行搜索,共检索出 442 条专利。将专利进行规范化处理,得到有效专利共 435 条,其中发明专利有 211 条,实用新型专利有 202 条,外观专利有 22 条。最近十年专利申请总数趋势见图 3。

专利申请数据可以作为产品生命周期的判断依据,具体公式如下:

$$\text{技术生长率: } V = \frac{a}{A} \quad (1)$$

$$\text{技术成熟系数: } \alpha = \frac{a}{a+b} \quad (2)$$

$$\text{技术衰老系数: } \beta = \frac{a+b}{a+b+c} \quad (3)$$

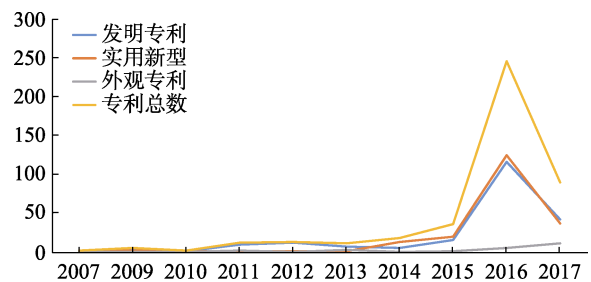


图 3 专利申请总数趋势  
Fig.3 Trend of total number of patent applications

式中,  $a$  为当年发明专利申请量,  $b$  为当年实用新型专利申请量,  $c$  为当年外观申请量,  $A$  为过去 5 年发明专利总申请量。 $V$  若呈递增趋势,说明产品处于成长期;  $\alpha$  若呈递减趋势,说明技术日趋成熟,产品处于成熟期;  $\beta$  若呈递减趋势,说明技术陈旧,产品处

于衰退期<sup>[17]</sup>。判断时三者有顺序原则，即判断为成长期后，即使符合成熟期和衰退期的判断标准，产品也属于成长期。根据上述判断方法，通过软件计算出近十年相关专利技术生长率  $V$ 、技术成熟系数  $\alpha$  和技术衰老系数  $\beta$  的发展趋势。专利申请趋势见图 4。

从图 4 可以看出技术生长率  $V$  偶有波动，但整体呈递增趋势，综合专利申请量快速增长、专利申请人增多等情况，可以判断产品处于生命周期的成长期。成长期产品创新方向见图 5<sup>[18]</sup>。由图 5 可得出新型快递电动车应该为多功能性产品，增加、强化其功能性；补偿其有害功能。其次，应该更好地针对快递配送员及取件、寄件的顾客的需求。最后，在结构、空间等方面应更加协调，降低其副作用，提高使用功效。

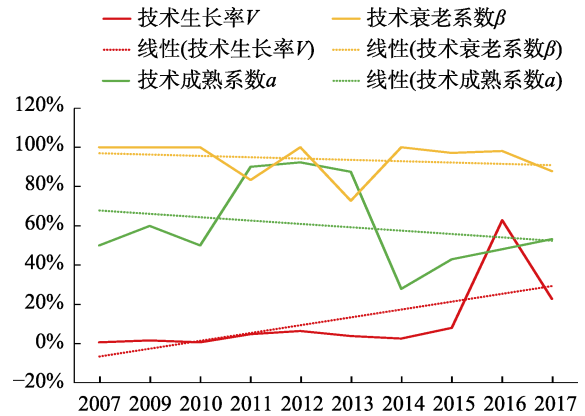


图 4 专利申请趋势  
Fig.4 Trend of patent application

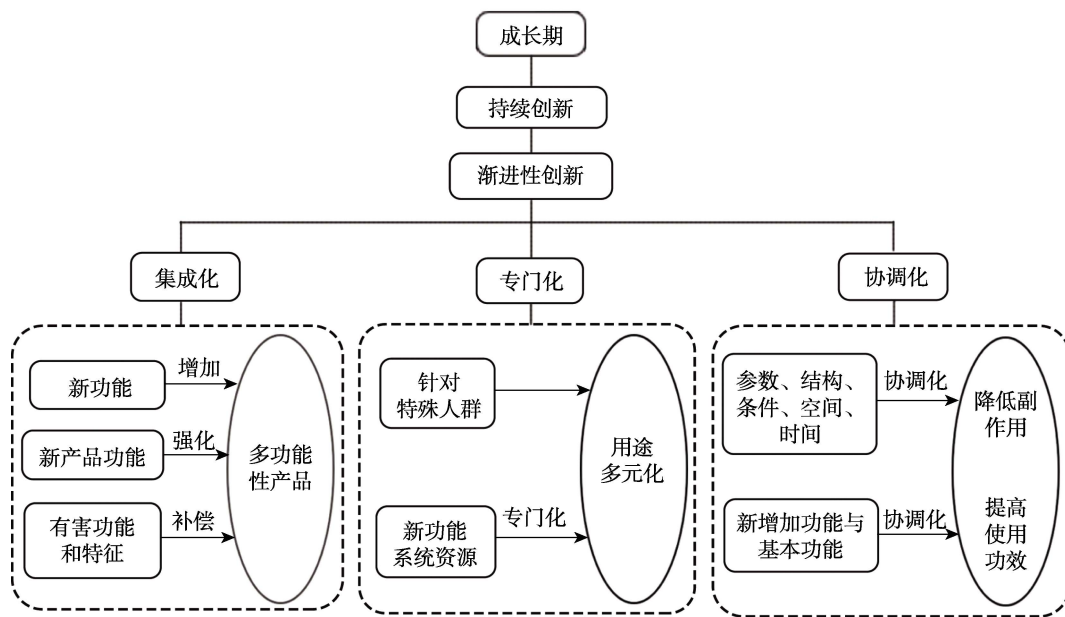


图 5 成长期产品创新方向  
Fig.5 The direction of product innovation in the growth period

再用 iNPD 中群体文化学的深度访谈法和参与观察法中的半参与观察法对快递员进行调查，快递电动车现状见图 6。在对天津市北辰区几个主要快递中转站的设计调研中，随机抽取了 6 名快递员，对其使用快递电动车的工作过程进行了观察记录，并在事后对其进行了深度访谈，发现他们使用快递电动车派件时有诸多不便。综合观察和访谈的结果，结合基于专利的技术成熟度分析，提出了对目标产品改良的产品定义，即新型快递电动车的主要目标使用人群为“最后一公里”的快递配送员，而主要购买者为各大快递公司，因此外观应该具有现代感、高品质与专业性，这样既能优化公司的品牌形象，还能提升快递配送员的工作效率及价值。产品的车厢空间利用率较高，应进行功能性拓展，可满足快递配送员高效地进行各种工作。应降低其副作用，避免操作过程中碰头等现象的出现，使新型快递电动车更符合人机工程学，驾驶及使用起来也方便快捷，易上手。



整体外观	车厢内
工作场景	驾驶座椅

图 6 快递电动车现状  
Fig.6 Present situation of express electric vehicle

## 2.3 概念化机会

应用 TRIZ 中的冲突分析法和 40 条发明原理解决理解机会阶段提出的产品设计问题。

### 2.3.1 问题描述

问题所在技术系统为快递电动车,该技术系统的主要功能为运输和装载快递包裹。该系统的关键子系统包括各种大小不一的快递包裹,负责摆放、装卸快递包裹的快递员以及来取快递包裹的顾客,然而当前技术系统存在以下问题:(1)快递车厢只有一个整体的箱体,上方空间难以利用;(2)每个派送目的地的包裹数目和大小都不固定,单一的空间无法满足快递数目变化多样性的需求;(3)快递员从车后方进入车厢内部取放快递不方便,操作不灵活。基于以上分析,对于此次设计的新产品系统的要求为空间灵活可变,利用率高,取放包裹简单便利。

### 2.3.2 问题分析

在技术冲突分析的过程中,对目标技术系统进行冲突描述。即在快递件数不变的情况下,如果车厢内

部采用可变的自由分格结构来适应不同区域、不同包裹的大小,那么车厢内部快递在运输过程中可能会产生晃动,稳定性可能会降低,同时装置的复杂性也会变高。

将以上描述中涉及到的参数转换为 TRIZ 的 39 个工程参数,需要改善的参数为 N0.33“可操作性”,N0.35“适用性及多用性”,恶化了的参数为 N0.27“可靠性”,N0.36“装置的复杂性”,需要保持不变的参数为 N0.7“运动物体的体积”。

对问题所在技术冲突进行理想解分析,最终理想解为快递包裹不需要人工配送,可以通过某种方式自己直达顾客的手中,快递电动车就失去了存在的必要性。次理想解为快递车厢内部有一个可以灵活调节分格数量以及格子大小的快递架,这样无论是快递员还是顾客取放包裹都一目了然。

### 2.3.3 问题求解

根据以上步骤得到的改善及恶化参数查找冲突矩阵,得到对应的发明原理及相应的解。工程参数及发明原理见表 1。

表 1 工程参数及发明原理  
Tab.1 Engineering parameters and principle of invention

改善的参数	恶化(不变)的参数		
	N0.7 运动物体的体积	N0.27 可靠性	N0.36 装置的复杂性
N0.33 可操作性	1(分割)、16(未达到或超过的作用)、35(参数变化)、15(动态化)	8(重量补偿)、17(维数变化)、27(低成本、不耐用物体)、40(复合材料)	12(等势性)、17(维数变化)、26(复制)、32(颜色变化)
N0.35 适用性及多用性	15(动态化)、35(参数变化)、29(气动或液压结构)	8(重量补偿)、13(反向)、24(中介物)、35(参数变化)	15(动态化)、28(机械系统的替代)、29(气动或液压结构)、7(套装)

在以上冲突中, N0.33 可操作性与 N0.7 运动物体的体积之间的冲突、N0.35 适用性及多用性与 N0.7 运动物体的体积之间的冲突均为重要技术冲突。从表 1 中可以看到解的可能方向有多个,经过分析最终选择 1(分割)、15(动态化)、17(维数变化)、35(参数变化) 4 个发明原理形成结构设计方案。

1) 发明原理 1(分割)指将 1 个物体分成相互独立、容易组装及拆卸的部分;增加物体相互独立部分的程度。解决方案为在车厢内部加入多层隔板,将整体空间根据常见包裹大小分割为多个小部分空间。

2) 发明原理 15(动态化)是使 1 个物体或其环境在操作的每 1 个阶段自动调整,以达到优化的性能;将物体划分成具有相互关系的元件,元件之间可以改变相对位置。解决方案为将车厢内部加入可以活动的隔板设置,以适应不同大小和数量包裹的存放。

3) 发明原理 17(维数变化)是将物体用多层排列代替单层排列。解决方案为在车厢内部加入隔板,使原来单排放置的包裹变为多层排列。

4) 发明原理 35(参数变化)是改变物体的浓度。解决方案同样是在车厢内部加入隔板,使得单位空间内包裹的数量变多。

### 2.3.4 问题的解决方案

依据上面得到的若干创新解,通过评价、综合分析,得到最终问题解决方案为在车厢内部加入多层可以活动的隔板结构来适应不同数量和大小的包裹,产品设计原理见图 7。

## 2.4 实现机会

将产品按照图 7 进行细节推敲,得到最终的产品效果图和车厢原理图,见图 8 和图 9。快递电动车厢内部采用灵活可变的的多层隔板装置,充分利用车厢上部的空间,同时也可以灵活地根据包裹数量和大小来设置分区,对其进行分类摆放。将车厢内部分为左右两侧,实现了去程和回程的包裹自动分类。车厢开门方式从后侧改为左右两侧,方便快递员和顾客进行包裹的取放,透明的车厢门使包裹的信息一目了然。快

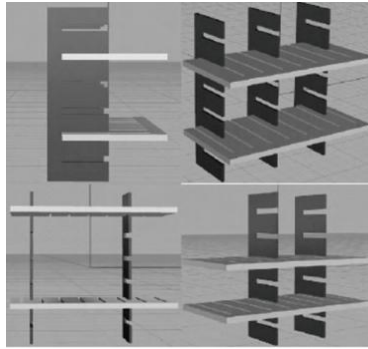


图 7 产品设计原理  
Fig.7 Product design principle

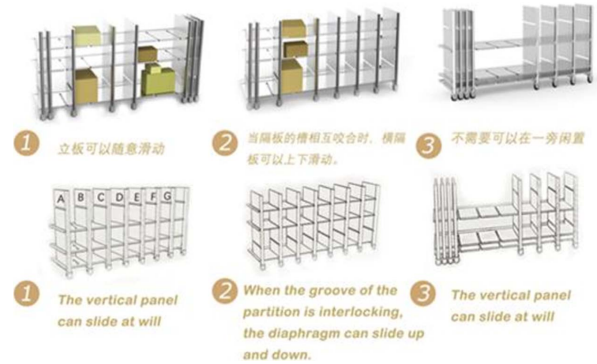


图 9 车厢原理图  
Fig.9 Carriage schematic diagram



图 8 产品效果图  
Fig.8 Product effect diagram

递电动车整体采用了黑色和透明色，给人以现代的简约感和高端感，完成了前期的产品设计目标。

### 3 设计方案评价

采用群体文化学中的深度访谈法，对在理解机会阶段参与的 6 名被调查者进行二次调查研究，6 名工作人员均反映产品有很大改进，解决了以前快递电动车使用上的大部分问题。

对改造前后的快递电动车分别进行价值属性分析，得到表 2、表 3。旧版电动快递车价值属性见表

表 2 旧版电动快递车价值属性

Tab.2 The value attribute of the old version of the electric express car

价值属性	价值特征指标	低	中	高
情感	冒险			
	独立			
	安全			
	感性			
	信心			
人机工程	力量			
	舒适			
	安全			
美学	易用			
	视觉			
	听觉			
	触觉			
	嗅觉			
特征	味觉			
	适时			
	适地			
影响	个性			
	社会的			
核心技术	环境的			
	可靠性			
质量	可用性			
	工艺			
利益效应	耐用度			
	品牌效应			
	可扩展性			





- [4] 杨琪, 李国卿, 郝俊杰, 等. 智能快递车自助寄取快递系统的设计[J]. 机电技术, 2017(2): 2—6.  
YANG Qi, LI Guo-qing, HAO Jun-jie, et al. Design of Self-service Delivery System for Intelligent Express Vehicle[J]. Mechanical & Electrical Technology, 2017(2): 2—6.
- [5] 杨作云, 张瑞杰, 何富君, 等. 智能快递服务车设计[J]. 科技展望, 2016, 26(21): 154.  
YANG Zuo-yun, ZHANG Rui-jie, HE Fu-jun, et al. Design of Intelligent Express Service Car[J]. Science and Technology, 2016, 26(21): 154.
- [6] 檀润华. 发明问题解决理论[M]. 北京: 科学出版社, 2004.  
TAN Run-hua. Theory of Inventive Problem Solving[M]. Beijing: Science Press, 2004.
- [7] CAGAN J, VOGEL C M. 创造突破性产品[M]. 辛向阳, 潘龙, 译. 北京: 机械工业出版社, 2003.  
CAGAN J, VOGEL C M. Creating Breakthrough Products[M]. XIN Xiang-yang, PAN Long, Translate. Beijing: Machinery Industry Press, 2003.
- [8] 龚纯, 胡伟峰, 梁峭, 等. 基于 iNPD 的电动滑板车开发设计[J]. 设计, 2017(14): 114—115.  
GONG Chun, HU Wei-feng, LIANG Qiao, et al. Development and Design of Electric Scooter Based on iNPD[J]. Design, 2017(14): 114—115.
- [9] 李田, 成思源, 赵荣丽. 基于计算机辅助创新技术的磁碟包装结构设计[J]. 包装工程, 2013, 34(19): 1—5.  
LI Tian, CHENG Si-yuan, ZHAO Rong-li. Design of Ceramic Dish Packaging Structure Based on Computer Aided Innovation[J]. Packaging Engineering, 2013, 34(19): 1—5.
- [10] 檀润华, 王庆禹, 苑彩云, 等. 发明问题解决理论: TRIZ——TRIZ 过程、工具及发展趋势[J]. 机械设计, 2001(7): 7—12.  
TAN Run-hua, WANG Qing-yu, YUAN Cai-yun, et al. Theory of Inventive Problem Solving: TRIZ and TRIZ Processes, Tools and Trends[J]. Journal of Machine Design, 2001(7): 7—12.
- [11] 檀润华. TRIZ 及应用技术创新过程与方法[M]. 北京: 高等教育出版社, 2010.  
TAN Run-hua. TRIZ and Applications, The Process and Methods of Technological Innovation[M]. Beijing: Higher Education Press, 2010.
- [12] 孙雯倩. 基于 iNPD 方法导向的城市微型电动汽车造型设计[D]. 南京: 东南大学, 2016.  
SUN Wen-qian. The Design of Urban Micro-electric Vehicles Which Based on the INPD Theory[D]. Nanjing: Southeast University, 2016.
- [13] 汤浩, 杨继栋, 郑胜. 以 SET 因素为导向的移动电源产品设计和开发[J]. 包装工程, 2013, 34(8): 45—48.  
TANG Hao, YANG Ji-dong, ZHENG Sheng. SET Factor-Based Design and Development of Portable Electronic Energy Products[J]. Packaging Engineering, 2013, 34(8): 45—48.
- [14] 佟佳妮. 创新产品与服务开发——基于 iNPD 的交互式 E-Time 系统的研究和设计[J]. 设计, 2016(6): 118—120.  
TONG Jia-ni. Innovative Product and Service Development: Research and Design of Interactive E-Time System Based on iNPD[J]. Design, 2016(6): 118—120.
- [15] 杨熊炎, 肖狄虎. 以 iNPD 方法为导向的按摩垫产品设计[J]. 机械设计, 2014, 31(4): 111—113.  
YANG Xiong-yan, XIAO Di-hu. Product Design of Massage Pad Based on iNPD Method[J]. Journal of Machine Design, 2014, 31(4): 111—113.
- [16] 李梦君, 许开强. 基于 INPD 与 SD 的角向磨光机造型设计[J]. 机械设计, 2017, 34(2): 115—118.  
LI Meng-jun, XU Kai-qiang. Modeling Design of Angle Grinder Based on INPD and SD[J]. Journal of Machine Design, 2017, 34(2): 115—118.
- [17] 杨木容, 陈小平. 国内企业、大专院校和科研单位专利情报对比分析[J]. 情报科学, 2010, 28(7): 1029—1032.  
YANG Mu-rong, CHEN Xiao-ping. A Comparative Analysis of Patent Information of Domestic Enterprises, Universities and Research Institutions[J]. Information Science, 2010, 28(7): 1029—1032.
- [18] 曹国忠, 檀润华. 功能设计原理及应用[M]. 北京: 高等教育出版社, 2016.  
CAO Guo-zhong, TAN Run-hua. The Principle and Application of Functional Design[M]. Beijing: Higher Education Press, 2016.