

基于功能&结构分析与TRIZ理论集成的产品创新设计

成思源^{1,2}, 吕瑟¹, 卜研^{1,2}, 杨雪荣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** 提出一种基于功能&结构分析与TRIZ理论集成的产品创新设计方法。**方法** 首先利用功能分解和功能结构流图的方法,明确产品的功能元组成和功能元间的关系,然后找出与待改进问题相关的功能元,并与待改进产品实体结构对应,将功能元、实体结构和待改进问题,按功能结构流图的关系绘制功能&结构链,再运用TRIZ理论及工具等对功能元和相应结构进行分析与改进,最后应用于吸油烟机的创新设计中。**结果** 得到了吸油烟机的油网和集烟罩等实体结构的改进创新方案。**结论** 对吸油烟机的改进创新,证明了功能&结构分析与TRIZ理论集成的产品创新设计方法的有效性。

关键词: 功能分解; 功能结构流图; 功能&结构链; TRIZ; 吸油烟机

中图分类号: TB472 文献标识码: A 文章编号: 1001-3563(2016)06-0104-05

Product Innovation Design Based on Function & Structure Analysis and TRIZ Theory

CHENG Si-yuan^{1,2}, LYU Se¹, BU Yan^{1,2}, YANG Xue-rong¹

(1. Guangdong University of Technology, Guangzhou 510006, China; 2. Key Laboratory of Innovation Method and Decision Management System of Guangdong Province, Guangzhou 510006, China)

ABSTRACT: A method of product innovation design based on function & structure analysis and TRIZ theory is put forward. Firstly, function decomposition and function structure diagram are used to figure out the function units of a product and the relationship between the function units. Then, the function units that related to the problems that need to be improved are screened out and the entity structures of the product were corresponded to them. According to the function structure diagram, the function & structure chain is plotted that including the function units, the entity structures and the problems that need to be improved. Subsequently, TRIZ theory and tools are used to analyze the function units and improve the corresponding structures. Lastly, the method is applied to the design of the range hood. The innovation scheme of the oil filter and the smoke collecting cover and other entity structures are obtained. The validity of the method based on function & structure analysis and TRIZ theory is verified by the innovation design of the range hood.

KEY WORDS: function decomposition; function structure diagram; functions & structures chain; TRIZ; range hood

功能分析既是实现功能创新的重要方法,也是实现产品创新的关键技术^[1],它将对实体结构的思考转化为对产品功能的思考,以使设计师获得更多元的设计构思。而若直接对产品实体结构改进创新,设计思维往往又会受到实体结构的限制^[2],所得到的产品方案的创新性一般也不够,但在实体结构基础上改进创

新又可大大缩短设计时间。功能&结构分析则从功能的角度引导实体结构的改进,不仅可以获得更多更好的创新方案,而且还可以缩短产品设计的时间。TRIZ理论是一套具有完整体系的发明问题解决理论和方法^[3-5],可快速发现问题本质或矛盾冲突,利用系统的方法和工具解决技术难题。功能&结构分析从功能的

收稿日期: 2015-12-03

基金项目: 广东省教育部产学研结合项目(2011A091000040); 广东省科技计划项目资助(2011A060901001、2013B061000006)

作者简介: 成思源(1975—),男,重庆人,博士,广东工业大学教授,主要研究方向为机械创新设计、工业设计。

角度明确了需改进的实体结构,TRIZ理论则为改进问题提供了系统的分析工具与解决工具,两者结合能更快速有效地实现产品的创新设计。

吸油烟机起着净化厨房环境的作用,是一个现代化厨房的标配。目前,国内吸油烟机技术基本满足国家标准的要求,但是吸油烟机性能远没达到人们的期望值,油烟吸净率、净化率、噪声、清洁等性能^[6]都还有很大的提升空间。这里提出了功能&结构分析与TRIZ相集成的方法,将功能元、实体结构和待改进问题,按功能结构流图的关系绘制功能&结构链,再运用TRIZ理论及工具等,对功能元和相应结构进行分析和改进,最后应用于吸油烟机的创新设计中。

1 功能&结构分析和TRIZ理论

1.1 功能&结构分析

1) 功能分解。对一个系统提出的总功能要求,通常具有一定的复杂性,往往很难立即找出解决方案。功能分解是一个化繁为简的过程,将抽象的总功能以一定的方式逐级分解,直至最后的层级,即功能元,如此将对总功能的求解转化为对功能元的求解。通过功能分解,可以直观地看到实现总功能对应的各具体的功能元,但却不能知道各功能元间的逻辑关系和功能的分解是否正确。

2) 功能结构流图。功能结构流图是一种基于功能关系的流图,它建立在将功能表示为信息、物质和能量的交换关系上,可以清楚地表达出技术系统的功能元组成和功能元间的关系,通过这些关系,可以检验功能元的设立和划分是否合理^[7]。若合理,则可据此组成实现总功能的解决方案,若不合理,则重新划分功能元和调整功能结构。由此,可以说功能结构流图是功能分解的校正。功能结构流图见图1(文中图片均由笔者绘制)。

3) 功能元与结构的对应。对产品的改进创新主要是基于对实体结构的改进,将各功能元与产品实体结构一一对应,有对应实体结构的,可根据待改进问题在原结构的基础上进行改进,或者直接根据功能元要求完全突破创新;没有对应实体结构的,可根据待改进问题和功能元的要求设计新结构。将功能元、实体结构和待改进问题正确对应起来,按功能结构流图的关系,建立功能&结构链,通过功能&结构链,可以明确后续待改进问题所对应的功能与结构以及它们之间的关系,以不恶化另一待改进问题为原则来改进结构。

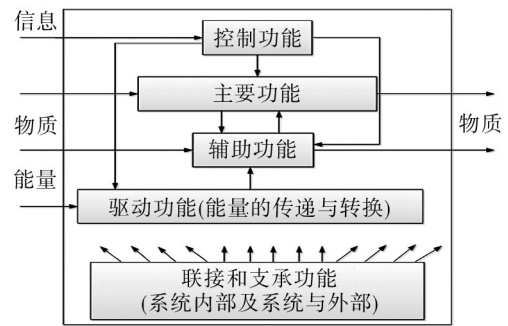


图1 功能结构流图

Fig.1 Function structure diagram

1.2 TRIZ理论

TRIZ由阿奇舒勒于1946年提出,它是基于大量各学科领域高水平专利文献的分析研究后所建立的系统的、实用的发明问题解决理论和方法体系^[8-10]。该理论为创新设计提供了系统的问题分析工具和解决工具,帮助人们更快地解决技术难题。TRIZ将发明问题模型分为4种形式:技术矛盾、物理矛盾、物场模型和How to模型。相应的解决工具也有4种:矛盾矩阵、分离原理、标准解和知识库与效应库。这里在对吸油烟机创新设计时主要应用到了技术矛盾和物理矛盾这两种问题模型,下面主要对它们作简单介绍。

1) 技术矛盾。技术矛盾是指系统中的某一参数得到改善,而引起系统中的另一参数恶化。TRIZ利用39个技术参数描述工程领域中的绝大多数技术矛盾,并制定矛盾矩阵,极大地简化了解决技术矛盾的过程,只需用39个技术参数中的两个参数准确定义问题,通过查找矛盾矩阵,便可得到解决问题的发明原理^[11]。

2) 物理矛盾。物理矛盾是指在同一技术系统中对同一个参数提出了相反的要求。解决物理矛盾有4种分离方法:空间分离、时间分离、条件分离和整体与部分分离,核心思想都是为了实现矛盾双方的分离^[12]。

1.3 功能&结构分析与TRIZ理论集成

功能&结构分析从功能的角度明确并引导需改进的实体结构,TRIZ则为改进问题提供系统的分析工具与解决工具,两者结合,前者解决“做什么”,后者解决“怎么做”^[13],有利于实现产品的创新。根据功能&结构分析与TRIZ解决问题的一般过程^[14],得到的产品创新设计路线。基于功能&结构分析与TRIZ集成的产品创新设计路线见图2。

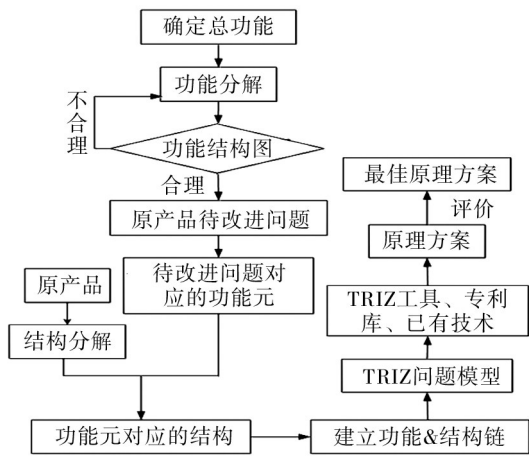


图2 基于功能&结构分析与TRIZ集成的产品创新设计路线
Fig.2 Solution route based on function & structure analysis and TRIZ

2 基于功能&结构分析和TRIZ理论集成的吸油烟机创新设计

2.1 问题描述

吸油烟机工作时,电机驱动叶轮快速旋转,将机壳内的空气迅速排出,在进风口处形成空气负压区,进而将上升的油烟和周围的空气吸进吸油烟机内。对于烹饪者而言,最能直观地感受到厨房地油烟浓度和巨大的噪声,对环境而言,油烟与空气分离得不彻底又会带来巨大的危害。

2.2 吸油烟机的功能&结构分析

1) 吸油烟机功能分解。吸油烟机的主要功能是将厨房内的油烟经过滤后排向室外,总功能即为“吸除油烟”,经过对现有吸油烟机进行综合分析后,得到的吸油烟机功能分解,见图3。

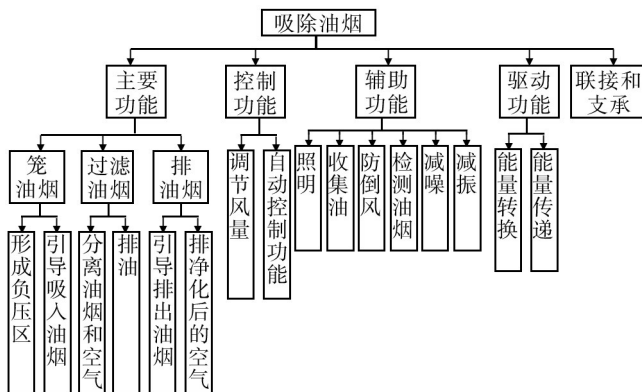


图3 吸油烟机功能分解

Fig.3 Function decomposition of range hood

2) 吸油烟机功能结构流程图。为检验吸油烟机功

能划分的正确性和明确各功能元间的关系,建立了吸油烟机功能结构流程图,见图4,可以看到,功能分解得基本合理。

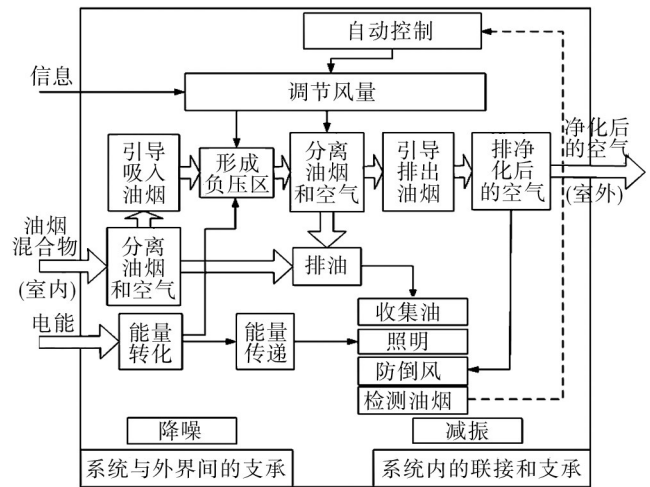


图4 吸油烟机功能结构流程图

Fig.4 Function structure diagram of range hood

2.3 待改进问题对应的功能元

这里将针对吸油烟机存在的排烟不彻底、油气分离难和噪声问题进行分析与改进。结合现有的吸油烟机技术和功能分解:排烟不彻底主要与笼油烟和排油烟有关,也即与形成负压区、引导吸入油烟、引导排出油烟和排出净化后的空气等功能元的实现有关;油气分离难主要与分离油烟和空气这一功能元的实现有关;噪声产生的原因有多个方面,既有机械噪声,又有气动噪声,它主要是由形成负压区、引导排出油烟、排出净化后的空气等功能元产生的,这可由减噪功能适当消除。

2.4 待改进产品结构分解

将现有的吸油烟机结构^[15]按功能分解的形式进行分解,得到吸油烟机结构分解,见图5。

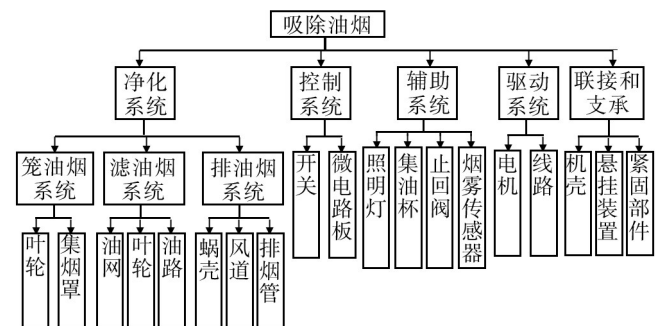


图5 吸油烟机结构分解

Fig.5 Structure decomposition of range hood

2.5 功能元与结构的对应

在图5中找出待改进问题所对应的功能元的实体结构,建立吸油烟机功能&结构链,见图6。从图6中可以看到,改进排烟不彻底、油气分离难以及噪声这些问题,可以从油网、叶轮、集烟罩、蜗壳和排烟管方面进行改进,也可以加一个减噪装置。由于叶轮和蜗壳等的改进主要是基于仿真优化进行的,因此这里将主要通过对油网、集烟罩以及减噪装置的创新,实现对排烟不彻底、油烟分离难和噪声问题的改进。

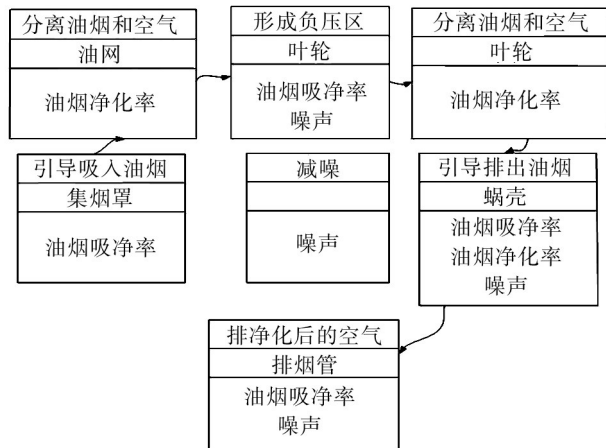


图6 吸油烟机功能&结构链
Fig.6 Function & structure chain of range hood

2.6 TRIZ解决问题

1) 油网——油气分离难。油网的功能是分离油烟和空气,油烟与油网的接触面越大,油烟分离程度越高。一般油网包括滤油网和导油网两部分,滤油网起着分离过滤油烟的作用,导油网引导分离出的油滴进入油杯。为增大接触面,通常会使用网眼更小更密的滤油网或使用多层平行滤油网,但这样会导致进风口处的风量减小,抽吸到的油烟更少,由叶轮产生的风量不能得到高效的利用,进而使排烟不彻底问题更加凸出,因此,可以定义为静止物体的面积与能量损失这两个参数间的矛盾,是一个技术矛盾。根据矛盾矩阵,得到的发明原理:空间维数变化、嵌套、柔性客体或薄膜。滤油网与导油网通常平行安装,横向拦截油烟,从空间维数变化原理得到启示,改变对象的方向来改变对象的维度,便会想到将部分滤油网垂直于导油网安装,从而纵向扩大油网对油烟的接触面。油网改进方案见图7,整个油网呈立体型,底部是与油网边框一体成型的滤油网,在油网边框内侧设置卡槽,将多张小滤油网插入其中,既能更多地拦截油烟,又

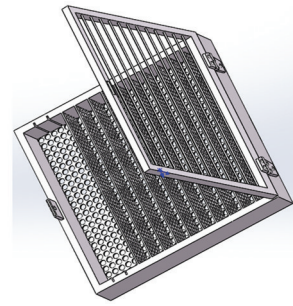


图7 油网改进方案
Fig.7 Scheme of oil filter

便于取下清理;导油网一边与油网边框通过合页铰接,另一边用螺栓锁住,可随时拧开螺栓,换取脏的小滤油网。

2) 集烟罩——排烟不彻底。集烟罩可以引导吸入油烟,容纳来不及排走的油烟,避免大量油烟外溢,提高排烟效率。柜式吸油烟机因为有集烟罩两侧板的有效引导,排烟效果最好,但柜式吸油烟机的两侧板会影响到烹饪者的操作空间,也不美观,因此就出现了这样的矛盾,烹饪中希望有这两块侧板,且越大越好,同时又不希望不要影响操作空间,越小越好,这就构成了一个物理矛盾。根据解决物理矛盾的4种分离方法,可采用空间分离原理解决:将侧板的安装维度从一维不变转化成N维可变,也就是说,将安装变不动为可动,烹饪者可随时转动侧板,从而不影响操作空间。集烟罩改进方案见图8,侧板安装于转动轴上,可90°任意转动,扇形板贴合于集烟罩上面,随侧板转动,可阻挡油烟从上侧溢出,整个结构可有效提高排烟效果。

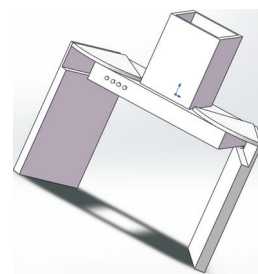


图8 集烟罩改进方案
Fig.8 Scheme of smoke collecting cover

3) 减噪装置——噪声。吸油烟机主要的噪声源是由叶轮、蜗壳和电机组成的风机系统产生的。降低风机噪声的途径一般有两种:一是利用气动声学原理设计低噪声风机;二是采用消声、阻声或吸声等措施。前者难度比较大,目前尚不够成熟,因此可考虑

额外加入一个减噪装置。蜗舌处是风机系统的一大噪声源,消声器又是降低空气动力性噪声的主要措施,因此可在蜗舌处安装一个消声器。

3 结语

先采用功能分解和功能结构图的方法,明确待改进产品的功能元组成及其关系,然后找出与待改进问题相关的功能元,并与产品实体结构对应,再将功能元、实体结构及待改进问题,按功能结构流图的关系绘制功能&结构链,以明确后续待改进问题所对应的功能与结构以及它们之间的关系,最后运用TRIZ理论及工具或其他方法进行分析和求解。对吸油烟机的改进创新,说明了基于功能&结构分析与TRIZ理论集成的产品创新方法是合理可行的。

参考文献:

- [1] 刘杰,侯智,廖林清.基于功能分析的产品创新方法的研究[J].组合机床与自动化加工技术,2004(8):13—15.
LIU Jie, HOU Zhi, LIAO Lin-qing. Research on Product Innovation Method Based on Function Analysis[J]. Combined Machine Tools and Automatic Processing Technology, 2004(8): 13—15.
- [2] 卢希美.基于功能分析的液压往复密封增效技术研究[D].天津:天津科技大学,2010.
LU Xi-mei. Efficiency-reinforcement Technology Study for Hydraulic Reciprocating Sealing Based on Functional Analysis [D]. Tianjin: Tianjin University of Science & Technology, 2010.
- [3] HIPPLE J. The Use of TRIZ to Increase the Value of Intellectual Property[EB/OL]. <http://www.innovation-triz.com/papers/property.html>.
- [4] CHO C H, CHAE S W, KIM K H. Search for a New Design of Deburring Tools for Intersecting Holes with TRIZ[J]. International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2014, 70(9): 2221—2231.
- [5] ALTSHULLER G S. Creativity as an Exact Science[M]. New York: Gordon and Breach Science Publishers Inc., 1984.
- [6] 冯黔军,徐茂青.吸油烟机性能指标及关键技术分析[J].家电科技,2012(12):44—46.
FENG Qin-jun, XU Mao-qing. Analysis of Performance and Key Technology of Range Hood[J]. China Appliance Technology, 2012(12): 44—46.
- [7] 周桂霞.集成设计理论与信息建模的研究[D].天津:河北工业大学,2013.
ZHOU Gui-xia. Research on Integrated Design Theory and Information Modeling[D]. Tianjin: Hebei University of Technology, 2013.
- [8] HUHNS M N, SINGH M P. Service-Oriented Computing: Key Concepts and Principles[J]. Journal of IEE Internet Computing, 2005.
- [9] 吴国荣,余畅. TRIZ原理对香水容器的创新改造设计[J]. 包装工程, 2014, 35(2): 48—50.
WU Guo-rong, YU Chang. TRIZ Principle of Innovation and Transformation of the Perfume Container Design[J]. Packaging Engineering, 2014, 35(2): 48—50.
- [10] 李田,成思源,赵荣丽,等.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 Li-rong, et al. Design of Ceramic Dish Packaging Structure Based on Computer Aided Innovation[J]. Packaging Engineering, 2013, 34(19): 1—5.
- [11] 赵鹏睿.基于TRIZ理论的汽车造型语义解集[J].包装工程, 2014, 35(2): 44—47.
ZHAO Peng-rui. Automobile Modeling Semantics Solution Set Based on TRIZ Theory[J]. Packaging Engineering, 2014, 35(2): 44—47.
- [12] 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.
CHENG Si-yuan, ZHOU Jin-ping, GUO Zhong-ning. Technology Innovation Method: TRIZ Theory and Application [M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2014.
- [13] 王秀红.基于QFD和TRIZ集成理论的电动吸尘黑板擦创新设计[J].包装工程,2014,35(18):39—42.
WANG Xiu-hong. Innovative Design of Electric Vacuum Blackboard Eraser Based on QFD and TRIZ[J]. Packaging Engineering, 2014, 35(18): 39—42.
- [14] 赵朋飞,陆君. TRIZ创新理论在楼梯助力扶手设计中的运用[J].包装工程,2013,34(6):41—44.
ZHAO Peng-fei, LU Jun. Application of the TRIZ Theory Design to the Stair Assistance Armrest Design[J]. Packaging Engineering, 2013, 34(6): 41—44.
- [15] 王毓慧.吸油烟机营销导购知识讲座 2[J].现代家电,2005(6):58—59.
WANG Yu-hui. Knowledge Lecture of Range Hood Marketing Guide 2[J]. Modern Appliances, 2005(6): 58—59.