

# 应用 Pro/Innovator 的喷胶装置创新设计<sup>\*</sup>

罗佳龙 成思源 杨雪荣 李海铭 骆少明

(广东工业大学机电工程学院广东省创新方法与决策管理系统重点实验室 广州 510006)

**摘要:** 针对目前喷胶装置中存在无法喷出不同图案的问题,应用计算机辅助创新软件 Pro/Innovator 6.0 对其进行了系统组件的功能分析和因果分析,找到系统存在的矛盾冲突问题。再结合软件对技术系统自身的资源进行挖掘,根据对应的创新原理,创造性地提出了针对喷胶装置无法喷出不同图案问题的解决方案。在问题解决的过程中,对如何应用计算机辅助创新软件 Pro/Innovator 6.0 解决问题的流程和方法进行了探讨。

**关键词:** 喷胶装置; Pro/Innovator 6.0 软件; 创新设计

**中图分类号:** TH122 **文献标志码:** A **文章编号:** 1671—3133(2015)05—0137—04

## Innovation design of spray glue device based on Pro/Innovator

Luo Jialong ,Cheng Siyuan ,Yang Xuerong ,Li Haiming ,Luo Shaoming

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

**Abstract:** Aimed to the current problem that spray pattern can not be produced in spray device ,computer-aided innovation software Pro/Innovator 6.0 is applied to find where conflicts exist through system components' functional and causal analysis. Then the technology system's own resources are excavated by software ,and in accordance to the corresponding innovation principles ,the solution of the problem is presented. In the process of the problem solving ,the process and method of application computer-aided innovative software Pro/Innovator 6.0 is explored.

**Key words:** spray glue device; Pro/Innovator 6.0; innovation design

## 0 引言

TRIZ 理论是由前苏联发明家和创造学家根里奇·阿奇舒勒( G. S. Altshuller ,1926 ~ 1998) 创立,意为“发明问题解决理论”,曾被称作前苏联的“国术”和“点金术”。TRIZ 理论体系是建立在对发明专利的研究、分析、归纳和总结的基础之上,萃取了数以万计发明家的智慧及成果<sup>[1]</sup>。在 20 世纪 80 年代以后,该理论才被广泛应用到产品开发领域,并在世界范围内产生了重要的影响<sup>[2]</sup>。

计算机辅助创新( Computer Aided Innovation ,CAI) 作为工程领域一个全新的工具,给产品的快速更新换代带来了更多的便利,解决了传统创新方法存在的过程偶然性和随机性问题,在当今工程技术领域中有着广泛的应用。本文基于计算机辅助创新软件

Pro/Innovator 6.0 对喷胶装置进行创新设计,使其在保证粘结强度的条件下实现可喷出不同图案的要求。

## 1 TRIZ 和 Pro/Innovator 简介

TRIZ 理论研究人类进行发明创造、解决技术难题过程中所遵循的科学原理和法则,并将这些原理和法则用于解决实际设计工作中所遇到的新问题<sup>[3]</sup>。该理论主要包括技术成熟度预测技术、技术进化定律、冲突解决理论、76 条标准解、基于效应的功能设计、失效预测、ARIZ 算法,以及计算机辅助创新等<sup>[4-5]</sup>。经过 60 多年的发展和完善,TRIZ 理论不仅增加了很多新发现的规律和方法,而且还从其他学科和领域中引入很多新的内容,逐渐形成了比较完整的理论体系。

计算机辅助创新( CAI) 的核心理论为 TRIZ 理论和本体论,由网络技术、知识库技术、现代设计方法

<sup>\*</sup> 广东省省部产学研结合项目( 2011A091000040); 广东省科技计划项目( 2011A060901001 2013B061000006); 广东工业大学大学生创新创业训练计划项目( yj201211845006)

学、语义处理技术、搜索引擎技术以及图形交互等先进技术所组成,是一种先进的高技术软件<sup>[6]</sup>。目前比较影响的 CAI 软件有亿维讯公司的 Pro/Innovator、Invention Machine 公司的 Goldfire Innovator,以及河北工业大学自主研制的 InventionTool 创新软件等。

Pro/Innovator 6.0 是基于知识的平台,通过整合 TRIZ 理论、基于本体的知识表达和重用以及来自高水平发明专利的知识库,可以有效地辅助工程技术人员构造创新方案并帮助企业实现系统化创新知识管理。基于 TRIZ 解决发明问题的核心思想,Pro/Innovator 6.0 提供了清晰的创新设计项目导航功能,明确区分、记录和管理了软件所提供的集体启示和用户在此基础上的创造性工作。此软件典型解题流程图如图 1 所示<sup>[3]</sup>。

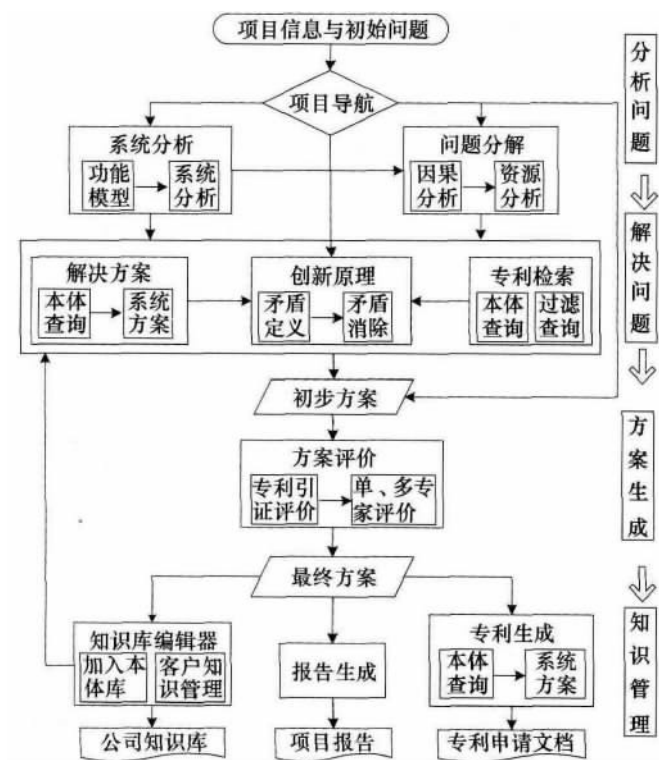


图 1 Pro/Innovator 典型解题流程图

本文针对一款点胶机的喷胶装置进行改进设计,探讨应用计算机辅助创新软件 Pro/Innovator 6.0 解决问题的流程和方法。

## 2 应用实例

### 2.1 项目描述

本文的研究对象为应用于纸箱包装的点胶机喷胶装置,如图 2 所示。此装置为目前比较先进的喷胶装置,用于纸箱包装,其胶线属于多排线。

该装置属于多排胶直线连续喷胶、接触式的螺杆计量泵型,一般都是在企业生产车间流水线上工作,这种装置控制简单,适用的胶体范围广,胶体黏度在 100 ~ 1 500 kcps(千厘帕斯卡·秒)之间<sup>[7]</sup>。因企业所需要喷涂的胶线图案不尽相同,有的是一条或几条直线,有的则要喷出图案,为了使喷胶装置实现价值最大化,降低生产成本,企业希望在同一台喷胶装置中可以选择性地喷出不同图案。

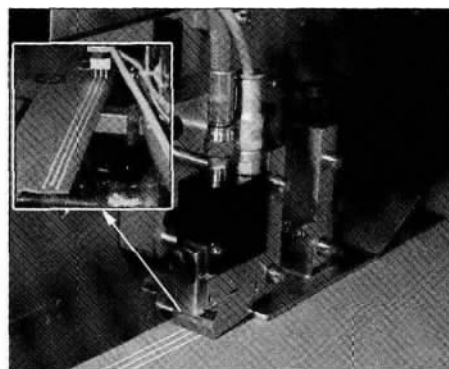


图 2 应用于纸箱包装的点胶机喷胶装置

### 2.2 系统分析

Pro/Innovator 6.0 软件的系统分析模块可对既有技术系统进行功能建模,并建立技术系统的功能单元以及功能单元之间的相互作用关系;对系统功能进行分级分解后,可以帮助工程设计人员更深入地理解系统、准确确定分析问题的着眼点<sup>[8]</sup>。Pro/Innovator 6.0 的建模基于 TRIZ 理论,利用该软件可分析技术系统中一系列组件及组件之间的作用关系,为技术系统建立一个组件模型;此外,还可以建立系统的流模型,这些流显示能量、物质及信息等如何通过系统,以及怎样受到组件之间相互作用的影响。系统分析是定性的,可帮助用户对不同流的组件单元之间的相互作用进行分析,揭示系统功能运作的薄弱环节<sup>[9]</sup>。

喷胶装置主要由溶胶进胶机构、加压机构、喷嘴、PLC 控制机构及平整导向机构等组成。溶胶罐中装有粘胶剂,通过进胶机构来输送粘胶剂,再通过加压机构将粘胶剂经喷嘴喷洒或喷涂在由平整导向机构输送过来的物料(如纸箱)表面上,以便于物料(如纸箱)的封装。本文针对喷胶装置拟实现选择性图案喷涂的问题对与其关联的组件(机架、喷嘴、胶体、粘结物料、出胶管、控制开关及 PLC 控制器等)进行分析,在理清各功能组件间的关系后,笔者在 Pro/Innovator 6.0 的系统分析模块中构建出如图 3 所示的喷胶装置的功能模型图。

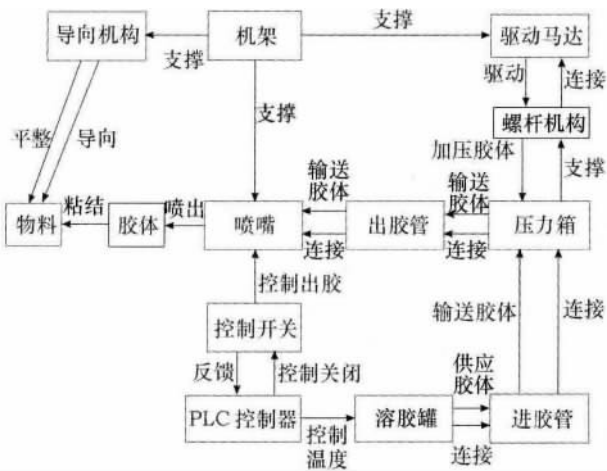


图3 喷胶装置的功能模型图

由功能模型图分析可知,本装置由溶胶罐供应胶体,通过进胶管的输送,经过压力箱上的加压螺杆机构对胶体进行加压,经出胶管输送到喷嘴,最后喷到物料上;因此,在胶体喷涂过程中,喷胶装置的喷涂方式属于连续喷胶,其喷嘴在喷出胶液到粘结物料上时,无法进行图案输出,存在功能不足的问题。在系统组件分析中找到当前系统的不足之处后,需要确定系统最薄弱的环节,从众多问题中找到解决系统问题的突破口。从软件 Pro/Innovator 6.0 的系统分析模块中,通过基于价值工程理论的组件分析可以得到启示,帮助工程技术人员快速、客观地定位系统中的薄弱环节,为后续的系统简化和性能改进提供重要参考<sup>[3]</sup>。

系统组件价值按组件理想度指标进行评定。组件的理想度根据有用功能之和与有害功能之和的比值来确定<sup>[10]</sup>。一般而言,系统组件的理想度指标越高,其对整个系统的价值就越高;反之,系统组件的理想度指标越低,其对系统而言就越可能存在问题<sup>[9]</sup>。本文利用 Pro/Innovator 6.0 软件的组件价值分析功能,针对不能喷出不同图案的问题,对技术系统中各组件的理想度进行计算,其计算结果界面如图 4 所示。从图 4 中可以初步确定最需要改进或简化的组件是喷嘴和螺杆机构(理想度分别为 0.44 和 0)。

### 2.3 问题分解

问题分解模块运用“三轴分析法”,即沿流程时序轴、系统层次轴和因果关系轴对初始问题进行分析,从而将复杂的工程问题分解为多个子问题,继而逐步暴露出初始问题的根本原因,揭示现有系统中可用来解决问题的资源<sup>[3]</sup>。Pro/Innovator 6.0 软件

组件价值分析

理想度计算 理想度诊断分析

系统组件	功能贡献	问题影响	成本百分比		理想度指标	
			评估	百分比	计算值	百分比
机架	12	0	低	2	55.2	31
导向机构	14	0	低	2	64.4	36
喷嘴	4	37	高	22	0.43601895734	0
压力箱	8	32	低	2	1.28671328671	1
驱动马达	14	0	中	7	21.4666666666	12
螺杆机构	0	0	低	2	0	0
出胶管	8	0	中	7	12.2666666666	7
控制开关	17	0	高	22	8.28	5
PLC控制器	8	0	高	22	3.68	2
进胶管	8	0	中	7	12.2666666666	7
溶胶罐	9	32	中	7	1.35294117647	1

☒ 成本分配的定性评估(Q) 计算(A)

图4 喷胶装置的理想度计算结果界面

针对喷胶装置不能喷出不同图案的问题进行分解,得到如图 5 所示的问题分解模型。

通过对图 5 所示的问题分解模型分析可知,喷胶装置不能喷出不同图案的主要原因与喷嘴形状不能改变和螺杆机构转动有关(从图 5 最左边的原因可看出)。喷嘴形状不能改变导致喷嘴喷胶量不能控制,从而引起喷嘴喷胶不足;螺杆机构转动过度导致出胶管的胶体连续不断,从而使得喷胶装置不能喷出不同图案。

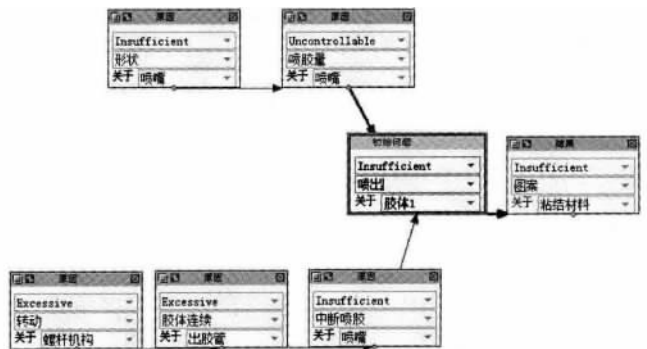


图5 喷胶装置不能喷出不同图案的问题分解模型

### 2.4 方案生成

Pro/Innovator 6.0 软件提供了独一无二的基于本体论的创新方案库,这使设计者能迅速掌握不同领域中有效解决同一类技术问题的不同方案,为快速获得本领域中的创新方案奠定了基础;同时还可以利用创新原理来解决技术矛盾或者物理矛盾<sup>[11]</sup>。

针对喷嘴无法实现喷涂不同图案的技术矛盾,通过 TRIZ 理论的 39 个工程参数对其进行标准化后得知,其改善参数为“35:适用性及通用性”,恶化参数为“36:系统的复杂性”。通过 Pro/Innovator 6.0 提供的矛盾矩阵表,可以查找相对应的参数,得到相应的创新原理。每条创新原理均包含详细的子原理以及来自不同工程领域的创新原理应用实例,以启发技术人

员找到解决方案<sup>[12]</sup>。根据改善和恶化这两个参数查找定位到矛盾矩阵表第 35 行、第 36 列的 4 条创新原理,分别为“15: 动态特性”、“29: 气压与液压机构”、“37: 热膨胀”和“28: 机械系统替代”。在 Pro/Innovator 6.0 的创新原理模块中可得到如图 6 所示的喷嘴图案矛盾问题下的通用解。根据收集的资料及目前的技术条件等各方面的信息,在创新原理 37 和创新原理 29 可达到同等效果的前提下,采用“37: 热膨胀”。而创新原理“28: 机械系统替代”在此处无法实现,故不予考虑。综合分析,最终采用 15、37 这两条创新原理并进行具体设计。

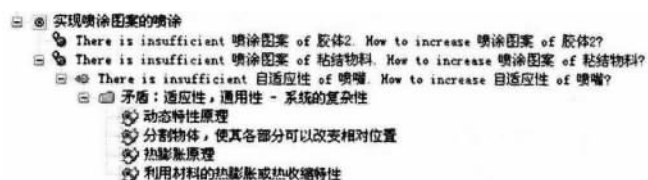


图 6 喷涂图案矛盾问题下的通用解

1) “15: 动态特性”原理,即如果一个物体是刚性的,使之变为活动的或可改变的。考虑到产品的生产模式多为小批量多品种,因此,针对不同的产品将会有不同的喷涂图案或胶体使用量的需求。根据动态化原理的启示,对不同的图案要求或胶体喷胶方式,可将喷嘴的端盖设计成多层式,通过旋转端盖至不同位置,来改变最终喷嘴端面的出口大小及形状,从而满足不同的喷涂图案需求。

2) “37: 热膨胀”原理,即利用材料的热膨胀或热收缩特性。本实例中的喷胶装置是通过螺杆机构的旋转运动挤出胶液。根据热膨胀原理的启示,裁剪掉机械式马达驱动螺杆加压挤出胶液机构,将压力挤出胶液的方式改为添加加热器来加热胶体的方式,通过控制加热的温度,使得胶体自行热膨胀流动到喷嘴实现喷涂,从而实时控制喷胶量大小,实现图案的喷涂。

综合上述分析,应用计算机辅助创新软件 Pro/Innovator 6.0 提出的各种创新方案,可以得到喷胶装置的最终解决方案是:采用多层式的喷嘴端盖,通过旋转各层的相对位置改变喷嘴端面的出口大小及形状,以满足不同喷涂图案的需求;裁剪掉机械式的马达驱动螺杆加压挤出胶液机构,添加加热器来加热胶体,实时控制喷胶量大小,实现图案的喷涂。

得到解决方案后,还可以通过评价模块建立对多个备选方案价值的分析模型,帮助确定哪个备选方案能为所考虑的问题提供最佳的解决方法<sup>[9]</sup>。

### 3 结语

本文结合 CAI 软件 Pro/Innovator 6.0 的操作流程,针对包装行业中的喷胶装置无法喷出不同图案的问题进行改进设计,通过对其进行功能分析和问题分解,提取相关的技术矛盾问题,找到解决问题的创新原理解,结合实际,创造性地提出了适合实际问题的解决思路,从而获得了喷胶装置的改进方案。通过研究案例表明,CAI 软件对于辅助机械产品进行创新设计具有启示作用,随着 CAI 技术的发展和完善,其在解决工程技术问题的过程中将发挥更大的作用。

### 参考文献:

- [1] 檀润华. TRIZ 及应用[M]. 北京: 高等教育出版社, 2010.
- [2] 曾昭旺, 朱文坚. 基于 TRIZ 的药物释放胶囊驱动机构的创新设计[J]. 现代制造工程, 2008(10): 109-111.
- [3] 沈萌红. TRIZ 理论及机械创新实践[M]. 北京: 机械工业出版社, 2012.
- [4] 赵荣丽, 成思源, 李克天, 等. 基于 TRIZ 冲突解决理论的平板电脑包装创新设计[J]. 包装工程, 2012, 33(4): 39-42.
- [5] 朱力. 应用 TRIZ 理论解决泵用机械密封轴套腐蚀问题[J]. 现代制造工程, 2009(4): 70-82.
- [6] 施荣明, 赵敏, 孙聪. 知识工程与创新[M]. 北京: 航空工业出版社, 2009.
- [7] 李章平. 精密点胶螺杆泵胶液流动规律研究[D]. 长沙: 中南大学, 2006.
- [8] 顾银芳. Pro/Innovator 在解决定位装置问题中的应用[J]. 导弹与航天运载技术, 2008, 297(5): 14-20.
- [9] 李祥松, 贾光, 荆洪英, 等. 基于 Pro/Innovator 的滚动转子式压缩机减震降噪研究[J]. 机械制造, 2009, 47(8): 33-36.
- [10] 彭慧娟. 基于 TRIZ/VE 的产品设计技术研究及应用[D]. 广州: 广东工业大学, 2013.
- [11] 闫晓玲. 基于 TRIZ 和 Pro/Innovator 平台的产品创新设计[J]. 机床与液压, 2009, 37(7): 192-195.
- [12] 王瑞, 成思源, 赵荣丽, 等. 基于 TRIZ 和 Pro/Innovator 的红酒包装创新设计[J]. 包装工程, 2013, 34(17): 1-4.

作者简介: 罗佳龙, 硕士研究生, 研究方向为 TRIZ 理论、创新方法和逆向工程技术。

成思源, 博士, 硕士生导师, 研究方向为逆向工程技术、机械 CAD/CAE 技术及创新方法。

E-mail: 13428804604@163.com

收稿日期: 2014-01-08