

# 基于TRIZ的 印刷机械创新设计 理论和方法

◎ 李艳 著

Theory And Method Of  
Printing Mechanical Innovative  
Design On Triz



机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS

# 基于TRIZ的 印刷机械创新设计 理论和方法

◎ 李艳 著

Theory And Method Of  
Printing Mechanical Innovative  
Design On Triz

TS803

12



机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS

085780410

本书系统地介绍了基于 TRIZ 的印刷机械创新设计理论与方法,全书共 6 章,第 1 章绪论,对基于 TRIZ 的印刷机械创新设计理论与方法进行概述;第 2 章简介 TRIZ 理论,提出 SMS 设计过程模型;第 3 章运用 TRIZ,通过专利分析,对产品技术进行了基于 TRIZ 和进化树的 2 种技术预测分析;第 4 章对创新设计方案评价方法中的价值理想度法、层次分析法进行研究,提出真值表法和误差分析法两种结果校正方法,在此基础上构建印刷机械创新设计方案评价体系;第 5 章印刷机械创新设计平台开发;第 6 章创新设计实例。附录提供了必要的发明原理、矛盾矩阵、编码。

本书适合从事印刷机械设计与研究的科技工作者和工程技术人员阅读使用,也可作为高等院校印刷机械类相关专业研究生和本科生的教学参考书。

## 图书在版编目(CIP)数据

基于 TRIZ 的印刷机械创新设计理论与方法/李艳著. —北京:机械工业出版社,2014.3  
ISBN 978-7-111-45708-4

I. ①基… II. ①李… III. ①创造学—应用—印刷机—机械设计 IV. ①TS803

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 023573 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:李万宇 责任编辑:李万宇 杨明远

版式设计:霍永明 责任校对:闫珏红

封面设计:马精明 责任印制:刘 岚

北京圣夫亚美印刷有限公司印刷

2014 年 4 月第 1 版第 1 次印刷

140mm×203mm·7 印张·154 千字

0001—2000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-45708-4

定价:38.00 元



凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

策划编辑电话:(010)88379732

电话服务

网络服务

社服务中心:(010)88361066

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售一部:(010)68326294

机工官网:<http://www.cmpbook.com>

销售二部:(010)88379649

机工官博:<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线:(010)88379203

封面无防伪标均为盗版

## [ 前 言 >>> ]

印刷装备制造业是为印刷工业提供技术装备的基础性产业,技术创新是提升我国印刷装备制造业自主创新能力的关键。国内印刷装备制造企业普遍创新能力不足,自主知识产权薄弱,因此提高国产印刷机械装备的创新能力是当务之急。TRIZ 被称为发明问题解决理论,能帮助研发人员解决困难问题,从而排除产品创新中的障碍。将 TRIZ 理论应用在印刷机械创新设计过程中,推广应用 TRIZ,对提高印刷装备制造业的自主创新能力与市场竞争力意义重大。

本书对基于 TRIZ 的机械创新设计理论与方法进行了研究,将基于 TRIZ 的 CAI 技术与 CAD 技术相结合进行机械创新设计,提出了基于 TRIZ 的“创新设计策略—创新设计方法—创新设计方案”创新设计过程模型(简称 SMS 模型);基于此模型开发了基于 TRIZ 的印刷辅助设备创新设计平台和印刷机械创新设计方案评价平台;对典型印刷机械进行创新设计并评价。

全书共 6 章。第 1 章为绪论,主要介绍我国印刷机械发展的现状及发展趋势,对机械创新设计的过程、理论、方法进行概括和总结,对基于 TRIZ 的计算机辅助创新设计的现状给予介绍。第 2 章对 TRIZ 进行了介绍,包括 TRIZ 的概念、理论分层、体系结构和发明问题解决方法;提出了 SMS 设计过程模型,以此模型作为基于 TRIZ 的印刷机械创新设计平台的流程,并以骑马订书机为例对模型设计过程进行简要介绍。第 3 章介绍运用 TRIZ,通过专利分析,对产品技术成熟度预测进行了基于 TRIZ 和进化树 2 种方法的研究。第 4 章介绍对创新设计方案评

价方法中的价值理想度法、层次分析法进行研究,并提出真值表法和误差分析法 2 种结果校正方法;在此基础上,构建印刷机械创新设计方案评价体系。第 5 章介绍印刷机械创新设计平台的开发,给出了平台的构成,介绍了平台的系统设计,包括平台开发工具的选择,系统的组成以及系统的流程,并对平台三个模块的设计进行了详细介绍,对创新方案设计系统的开发过程进行了详细的介绍。第 6 章结合骑马订书机、折页机、喷墨头创新设计实例,对基于 TRIZ 的印刷机械创新设计平台做了简要介绍和演示。

本书的出版反映了作者所承担的科技部支撑计划项目“印刷行业产品数控化应用示范—子课题Ⅱ—印刷装备数字化共性关键技术开发及应用—子任务Ⅲ—印刷机数字化创新设计平台开发项目 2012BAF13B05”及北京市教委科技项目“基于 TRIZ 的印刷辅助设备创新设计方法研究 KM201010015001”的研究成果,上述项目的支持为作者创造了学习、研究并应用 TRIZ 的科研环境,谨在此向有关部门表示深深的感谢并致以敬意。

感谢河北工业大学的檀润华、马建红、曹国忠,北京印刷学院的王仪明、袁英才、施向东等诸位教授的支持和帮助,感谢北人集团刘小栋工程师的帮助,感谢张青华女士在 Goldfire 软件方面的支持和帮助,感谢我的研究生肖巍、张肖、刘宁在本书的编写中所做的工作。

感谢数字化印刷装备北京市重点实验室、印刷装备北京市高等学校工程研究中心对作者从事的印刷机械创新设计工作的支持。

限于水平有限,如有疏漏和错误之处,敬请广大读者批评指正。

作 者

2013 年 10 月 1 日于北京

# [ 目 录 >>> ]

## 前言

## 第 1 章 绪论

1

- 1.1 我国印刷机械发展现状及趋势 / 1
- 1.2 机械创新设计研究现状 / 6
  - 1.2.1 机械创新设计简介 / 6
  - 1.2.2 机械产品创新设计理论与方法 / 10
  - 1.2.3 基于 TRIZ 的计算机辅助创新设计 / 12
  - 1.2.4 机械产品创新设计存在的问题 / 13
- 1.3 本章小结 / 14

## 第 2 章 TRIZ 发明问题解决理论

16

- 2.1 概述 / 16
- 2.2 TRIZ 基本理论 / 17
  - 2.2.1 TRIZ 概念 / 17
  - 2.2.2 TRIZ 理论分层和体系结构 / 18
  - 2.2.3 发明问题解决方法 / 19
- 2.3 基于 TRIZ 的 SMS 模型 / 30
- 2.4 SMS 模型应用实例 / 32
  - 2.4.1 创新设计策略 / 32
  - 2.4.2 创新设计方法 / 37
  - 2.4.3 创新设计方案 / 41
- 2.5 基于 TRIZ 的机械创新设计研究现状 / 48

## 2.6 本章小结 / 49

**第 3 章 基于 TRIZ 的印刷机械专利分析及技术预测**

50

## 3.1 概述 / 50

## 3.2 基于 TRIZ 的成熟度预测方法 / 52

## 3.2.1 基于 TMMS 的印刷机械技术成熟度预测 / 54

## 3.2.2 基于 Darrell Mann 模式的印刷机械技术成熟度预测 / 56

## 3.3 基于进化树的印刷机械技术预测分析 / 58

## 3.3.1 进化树的基本原理 / 58

## 3.3.2 基于进化树的印刷机械技术喷墨头技术预测 / 62

## 3.4 本章小结 / 64

**第 4 章 基于 TRIZ 的创新设计方案评价**

66

## 4.1 概述 / 66

## 4.2 价值理想度 / 66

## 4.2.1 价值理想度的基本原理 / 66

## 4.2.2 系统组件的功能分析 / 67

## 4.2.3 喷墨头的价值理想度 / 69

## 4.3 模糊层次分析法 / 71

## 4.3.1 层次分析评价步骤及指标结构 / 71

## 4.3.2 评价指标的权重计算——特征向量方法 / 73

## 4.3.3 基于 TRIZ 的评价指标 / 76

## 4.4 创新设计方案评价法则 / 84

## 4.4.1 真值表法 / 84

## 4.4.2 误差分析法 / 84

## 4.5 本章小结 / 86

## 第5章 印刷机械创新设计平台开发

87

- 5.1 概述 / 87
- 5.2 创新设计平台的构成 / 87
- 5.3 平台系统设计 / 88
  - 5.3.1 工具的选择 / 88
  - 5.3.2 系统的组成 / 89
  - 5.3.3 平台系统的流程 / 90
- 5.4 平台模块设计 / 93
  - 5.4.1 创新设计策略模块 / 93
  - 5.4.2 创新设计方法模块 / 93
  - 5.4.3 创新设计方案模块 / 95
- 5.5 创新设计方案评价模块 / 98
- 5.6 创新方案设计系统的开发 / 106
  - 5.6.1 创新方案库的建立 / 106
  - 5.6.2 界面的开发 / 110
  - 5.6.3 机械知识库计算机编码原则 / 115
- 5.7 本章小结 / 118

## 第6章 创新设计实例

119

- 6.1 概述 / 119
- 6.2 骑马订书机的创新设计 / 119
  - 6.2.1 问题分析 / 120
  - 6.2.2 ARIZ 解决方法 / 121
  - 6.2.3 技术进化解决方法 / 139
  - 6.2.4 创新设计方案评价 / 145
- 6.3 折页机的创新设计 / 157
  - 6.3.1 产品选定与成熟度预测 / 157



- 6.3.2 产品功能结构图及困难功能元确定 / 158
- 6.3.3 解决方法 / 159
- 6.3.4 概念解 / 161
- 6.3.5 概念解功能分析 / 161
- 6.3.6 方案设计 / 163
- 6.4 喷墨头的创新设计 / 165
  - 6.4.1 喷墨印刷方式 / 166
  - 6.4.2 热发泡式喷墨头创新设计方案的评价 / 171
- 6.5 本章小结 / 180

## 附录

181

- 附录 1 40 条发明原理 / 181
- 附录 2 矛盾矩阵 / 182
- 附录 3 机构编码 / 201
- 附录 4 输入输出件编码 / 201
- 附录 5 运动特性编码 / 202

## 参考文献

203

## 第1章 >>>

# 绪 论

## 1.1 我国印刷机械发展现状及趋势

印刷机械是印刷机、装订机、制版机等机械设备和其他辅助机械设备的统称，也就是印前、印刷、印后等一系列设备的统称。印刷机械设备的大体分类如图 1-1 所示。

现代的印刷机械正进一步朝着高速、高效、高质方向发展。大型、多色、多功能，以及自动化、联动化、系列化的机种和机型，亦与日俱增。从我国印刷机械行业的发展来看，近年来，国内印刷设备需求以每年 10% 的增长速度连年上升，中国已成为世界公认的、蕴含最大潜力的市场。

目前，国内印刷机械制造行业的发展势头迅猛。国内印刷机械设备制造企业分布如图 1-2 所示。印刷机械设备制造企业推出自己的系统解决方案，产业链布局更为完整，如北人集团、新机集团、昌昇集团、威海印机、潍坊华光等企业都具有一定的规模；同时一批印后加工设备制造企业开始崛起，如上海紫光、上海紫宏、上海申威达、上海亚华、上海德拉根、深圳精密达、唐山胜利伟业、瑞安华岳等企业的销售额急速增长。

印刷机械行业的特点会随着市场因素、竞争程度和客户的多样性而有所变化。不同印刷机械领域的增长和盈利潜力也有所

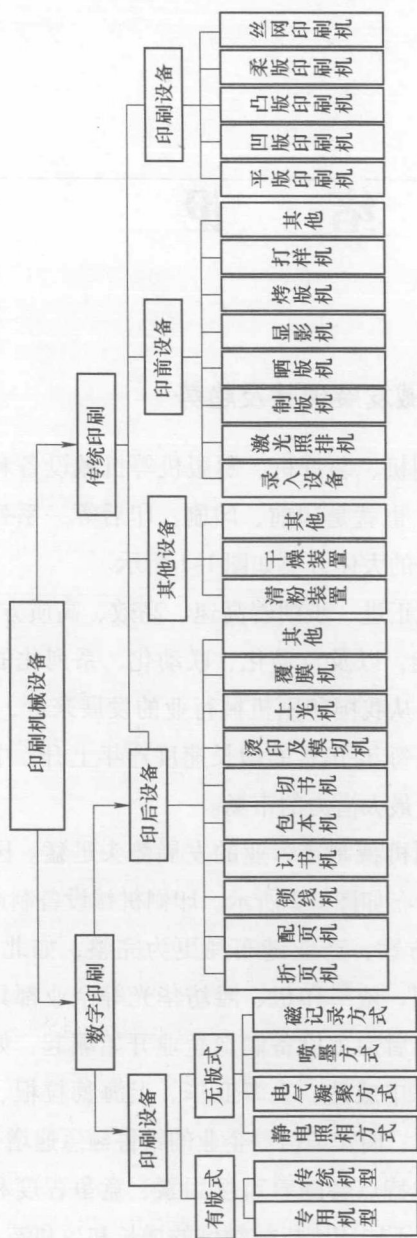


图1-1 印刷机械设备分类

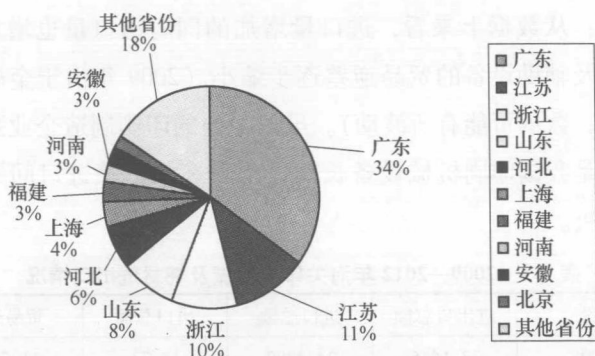


图 1-2 印刷机械设备制造企业分布

不同，在过去几年中，数字计算机直接制版（CTP）技术的使用已经完全超过了传统模拟技术。而现在，有越来越多的中小型印刷厂开始使用数字印前工作流程，市场对印刷品需求的增加和印刷企业产能利用率的提高将促使人们加大对印刷媒体行业的投资。

为快速提高国产印刷设备在国内和国际市场的竞争力，已有不少企业采用国际收购、合资建厂和引进技术等形式，加快技术进步的步伐。上海电气印刷包装机械集团在成功收购日本秋山机械和美国高斯国际公司后，目前成为国内增长最强劲的企业之一。潍坊华光与德国 KBA 合作推向市场的四开单张纸多色印刷机，已初具规模。辽宁大族冠华在 2011 年底收购日本筱原印刷机械公司，同时也在积极研发新产品。

在欧美债务危机的大背景下，一些世界印刷机械制造巨头纷纷在中国市场看到了曙光和巨大的潜在市场。据不完全统计，已有几十家国外印刷设备制造企业在华投资建厂，从而使竞争不断加剧的印刷设备市场，进入一个新的发展时期。

根据表 1-1 可以看出，印刷设备及辅助设备进出口总额大

幅提升；从数据上来看，进口量增加的同时出口量也增加，印刷设备及辅助设备的贸易逆差逐步缩小（2009 年由于金融危机的原因，数据可能有所波动）。虽然国内的印刷制造企业蓬勃发展，但是我国印刷机械设备长期以来存在的依赖进口问题依然没有解决。

表 1-1 2009—2012 年海关印刷机械及耗材进出口情况

| 年份       | 进出口总额   | 进口总额    | 出口总额    | 贸易逆差    |
|----------|---------|---------|---------|---------|
| 2009     | 37.1646 | 24.4387 | 12.73   | 11.7087 |
| 2010     | 49.4832 | 32.5474 | 16.9358 | 15.6116 |
| 2011     | 54.9452 | 35.8514 | 19.0938 | 16.7576 |
| 2012 上半年 | 22.7779 | 12.9386 | 9.8393  | 3.0993  |

综合比较国内印刷设备制造业与国际先进水平的差距，我国印刷机械设备存在的主要问题是：集约化程度不高、低水平重复建设、技术创新能力不足；科研能力弱，产品性能档次低，数字化、智能化水平不高；在产品设计、关键核心技术、零部件材质、制造精度、产品稳定性和可靠性等重要工艺技术研究方面，与国外先进水平差距较大。主要体现在以下方面：

### 1. 产品结构不合理，高端设备依赖进口

我国印刷机械行业产品结构仍不尽合理，高、精、尖印刷技术自主创新能力不强，部分高端印刷机技术水平低，与国际同类产品相比，存在较大差距，以高端胶印机为代表的部分印刷装备仍主要依靠进口。

### 2. 产业集中度低，科研创新能力弱

我国 600 家印刷机械企业的销售额仅相当于德国海德堡印刷机械股份有限公司销售额的 50%。同时，我国印刷装备制造行业科研经费、科研人员配置严重不足，据统计，行业平均科

研发投入低于销售额的4%，科研人员在企业生产人员中占比仅为4%，远低于国外先进企业8%和10%的平均水平。

### 3. 智能制造装备和工具工装少

用于印刷装备制造的智能化数控加工设备目前仍主要依靠进口。我国印刷装备制造企业虽然经过多年来的技术改造和升级，但由于融资渠道不畅，多数企业仅在关键主要部件上采用智能化数控设备加工，大部分一般件仍采用单机加工。特别是装配环节，专用工具工装不足，专用检测设备少，装配标准不全，这严重制约了我国印刷装备产品质量、稳定性、可靠性的提高。

### 4. 配套产品社会化水平低，技术集成能力弱

我国印刷装备零部件配套生产企业专业化程度不高，科研能力较弱，部分关键零部件主要依靠进口，印刷装备制造企业科研经费和人才不足的问题突出，技术集成能力有待提高。

总之，未来印刷机械设备的发展仍较侧重于提高产品研发创新能力和生产率。根据《印刷机械行业“十二五”发展规划》，“十二五”期间印刷机械设备将呈现以下发展趋势：

1) 印刷机械设备将跨越式的向“数字化”发展。从2012Drupe 展会中看出，几乎所有的印刷工业巨头都在大力发展数字化的印刷，自动化、智能化、网络化水平更高的印刷设备必将成为今后的发展趋势。

2) 设备多样化和多功能化。随着印刷品的个性化需求日益增长，也必然要求印刷设备的多样化与多功能化，以便满足客户不同的需求。

3) 绿色环保印刷设备将大力发展。现在全球都将绿色环保作为社会可持续发展的重要战略，制造环保、节约、绿色的印

刷设备有利于社会的可持续发展,必将被大力推广。

## 1.2 机械创新设计研究现状

### 1.2.1 机械创新设计简介

#### 1. 机械创新设计概念

机械创新设计是指充分发挥设计者的创造力,利用人类已有的相关科学技术成果(理论、方法、技术原理等),进行创新构思,应用新技术、新原理、新方法进行产品的分析和设计,设计出具有新颖性、创造性以及实用性的机构或机械产品的一种实践活动。机械创新设计的目标是由所要求的机械功能出发,改进、完善现有机械或创造发明新机械,实现预期的功能,并使其具有良好的工作品质及经济性。

#### 2. 机械创新设计过程

对于机械产品设计过程的不同理解,从本质上说是由于对设计的内涵有不同的认识和对设计的理论有不同的理解。国内外学者对机械产品设计过程有不同的论述,归纳起来主要有这几种:Pahl 和 Beitz 认为机械设计过程分为明确任务、概念设计、技术设计和施工设计四个阶段;Koller 认为机械设计分为产品规划、功能设计、定性设计和定量设计四个阶段;邹慧君教授认为机械设计分为产品规划、方案设计、详细设计和改进设计四个阶段。

机械创新设计活动包含两部分内容:一是改进完善生产或生活中现有机械产品的技术性、可靠性、经济性、适用性等;二是创造设计出新机器、新产品,以满足新的生产或生活的需要。创造发明是人类由来已久的活动,而最早的方法是试错法,即不断选择各种解决方案来解决问题。选择各种可能的解决方

案最初长时间内都是单凭猜想的,但随着时间的推移,人们逐渐积累了大量发明创造经验和有关物质特性的知识。

在机械产品创新设计过程中,存在物理冲突、技术冲突,从而使设计过程成为具有创新性特征的问题解决过程。而创新设计从最通俗的意义上讲就是创造性地发现问题并解决问题的过程,TRIZ 理论的强大作用正在于它提供了解决问题的系统的理论和方法工具。TRIZ 理论在机械产品创新设计中的应用主要是在机械产品的概念设计中,解决技术冲突,而技术冲突的解决是取得创新解的关键。

### 3. 概念设计

创新设计的核心是概念设计,而概念设计的核心是进行创新。

Pahl 和 Beitz 于 1984 年在《Engineering Design》一书中提出概念设计这一名词,并认为概念设计是在原理方面确定一个解。

通常将概念设计定义为:根据产品生命周期各个阶段的要求,进行产品功能创造、功能分解以及功能和子功能的结构设计;进行满足功能和结构要求的工作原理求解和进行实现功能结构的工作原理求解;并且进行实现功能结构的工作原理载体方案的构思和系统化设计。

概念设计的重要性体现在两个方面:概念设计阶段在很大程度上决定着最终产品的性能、创造性、价格、市场响应速度和效率等;此外,据有关资料显示,虽然概念设计阶段实际投入的费用只占产品开发总成本的 5%,却决定了产品总成本的 70%,而且详细设计阶段很难甚至不能纠正概念设计阶段的设计缺陷和错误。

概念设计具有创新性、多样性、层次性等方面的特点,在



概念设计的过程中,要求设计人员掌握现代设计技术方法、先进制造技术、专业理论等方面的知识。机械产品的创新贯穿于产品设计的各个阶段,而概念设计又是产品设计过程中最活跃、最富于创造性的设计阶段,所以创新设计最主要的是在概念设计阶段进行创新。

#### 4. 机械产品概念设计研究的关键技术及研究现状

##### (1) 概念设计本质过程的理论研究

Sturges 等人以价值工程为基础,采用逻辑分解法对产品功能进行划分,通过定义功能之间的关系,使功能图的语义更加完善; Hanburg 提出了设计人员交互工作的问题和在不确定状态下的决策技术; Brancewell 提出分层的信息结构,实现计算机辅助的功能—载体映射; Umeda 以人的认知模型为基础,采用 FBS 法将功能的分解转化为行为描述的分解; Gorti 等提出了一种从符号描述到形状表达的映射方法,从功能关系导出设计目标间的空间关系,求出这些空间关系的解和展示几何形状表达的进化; Wang 对面向概念设计的、基于知识的系统方法学进行了研究; Kotaetal 提出的矩阵表示方法,是形成概念设计的一个可计算方法的基础; 檀润华等将功率键图和键合图用于概念功能设计中; 邹慧君等从机械的运动机构设计角度进行了计算机辅助概念设计的研究; 冯培恩等提出了基于设计目录的原理方案选择智能法; 张根宝等提出了系统化的计算机辅助设计 (SCAD) 的方法; 谢进等对概念设计阶段功能的“粒化”问题进行了相关的研究; 黄克正等提出功能表面的概念,并在此基础上进行了概念设计自动化理论的研究。

(2) 功能的表达和功能的分解与组合及残缺几何信息的表达