

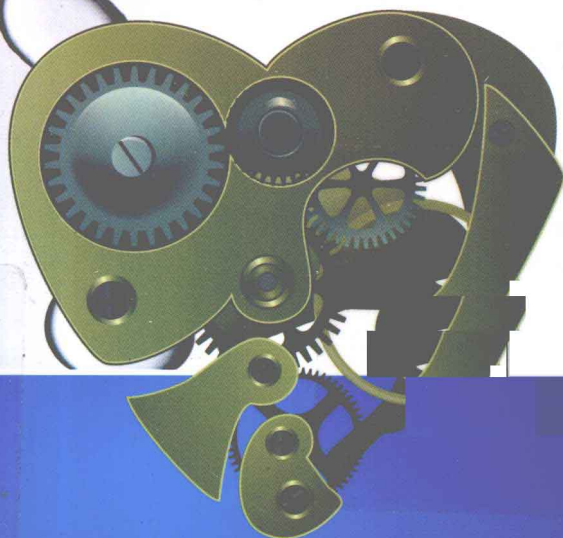
创新工程与创新型人才培养系列丛书

CHUANG XIN

TRIZ理论机械创新设计 工程训练教程

蒯苏苏 马履中 编著
周建忠 主审

- ◎ 76个标准解法，启迪创新设计思维
- ◎ 设计软件辅助，提升创新设计效率
- ◎ 工程案例丰富，强化实际操作能力



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS



创新工程与创新型人才培养系列丛书

TRIZ 理论机械创新设计工程训练教程

编	著	蒯苏苏	马履中
参	编	周链	陈松玲
		杨德勇	王成军
主	审	周建忠	



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

内 容 简 介

本书是一本全面介绍 TRIZ 理论的著作。书中全面介绍 TRIZ 的九大经典理论体系: 40 个发明原理, 39 个工程参数及阿奇舒勒矛盾矩阵, 物理矛盾和分离原理, 技术系统的进化法则, 最终理想解 (IFR), 物-场模型分析, 发明问题标准算法 (ARIZ) 科学知识原理库, 发明问题的 76 个标准解法, 冲突、技术进化、效应及知识库应用的工程实例。同时介绍了 TRIZ 计算机辅助创新设计软件使用方法。

本书可作为高等院校学生从事机械创新设计工程训练的教科书, 也可作为高校教师、工程技术人员、创新设计人员和新产品开发人员创新设计的理论工具书。

图书在版编目 (CIP) 数据

TRIZ 理论机械创新设计工程训练教程/蒯苏苏, 马履中编著. —北京: 北京大学出版社, 2011. 6
(创新工程与创新型人才培养系列丛书)

ISBN 978 - 7 - 301 - 18945 - 0

I. ①T… II. ①蒯…②马… III. ①创造学—应用—机械设计—教材 IV. TH122

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 100286 号

书 名: TRIZ 理论机械创新设计工程训练教程

著作责任者: 蒯苏苏 马履中 编著

策 划 编 辑: 童君鑫

责 任 编 辑: 周 瑞

标 准 书 号: ISBN 978 - 7 - 301 - 18945 - 0/TH • 0241

出 版 者: 北京大学出版社

地 址: 北京市海淀区成府路 205 号 100871

网 址: <http://www.pup.cn> <http://www.pup6.com>

电 话: 邮购部 62752015 发行部 62750672 编辑部 62750667 出版部 62754962

电 子 邮 箱: pup_6@163.com

印 刷 者: 河北滦县鑫华书刊印刷厂

发 行 者: 北京大学出版社

经 销 者: 新华书店

787 毫米×1092 毫米 16 开本 22.5 印张 520 千字

2011 年 6 月第 1 版 2011 年 6 月第 1 次印刷

定 价: 45.00 元

未经许可, 不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有, 侵权必究

举报电话: 010 - 62752024

电子邮箱: fd@pup.pku.edu.cn

前 言

TRIZ 是由苏联发明家根里奇·阿奇舒勒(Genrich S. Altshuller, 也译作根里奇·阿利赫舒列尔)于 1946 年开始, 每年约动用了 1500 人, 在研究了世界各国 250 万份高水平发明专利的基础上, 提出的一套具有完整理论体系的创新方法。

发明问题的求解是产品创新设计的核心, TRIZ 用系统的方法和工具来彻底解决机械、电子等行业“看似不可能解决的问题”。TRIZ 包含了 40 个发明原理, 39 个工程参数及阿奇舒勒矛盾矩阵, 物理矛盾和分离原理, 技术系统的进化法则, 最终理想解(IFR), 物-场模型分析, 发明问题标准算法(ARIZ)科学知识原理库, 发明问题的 76 个标准解法, 冲突、技术进化和效应。

本教材内容适用于各高校“机械创新设计”课程, 以产品实现过程为主线, 阐述从产品构思到产品实现全过程的概念设计方法, 并举例加以说明, 启发学生创造性地解决问题。掌握 TRIZ 理论和计算机辅助创新设计软件(如 InventionTool 2.0 等)的应用, 解决方案便能够实现, 具有自主知识产权的新专利也将应运而生。

因此, 编著者着力将 TRIZ 理论和方法完整地推荐给学生, 让大学生、研究生通过 TRIZ 理论机械创新设计工程训练, 不再走弯路, 并提高创新设计能力。于是结合 2006—2010 年的研究和应用 TRIZ 理论所得的成果, 采用的计算机辅助创新设计软件 Invention-Tool 2.0 [CD] (由河北省石家庄工大创新科技有限公司提供), 参考河北工业大学檀润华编著的《创新设计: TRIZ 发明问题解决理论》完成了本书的编写, 以培训大学生参加全国大学生创新设计大赛、江苏省大学生机械创新设计大赛。本书部分实例结合江苏大学现有的仪器设备, 为学生开展机械创新设计训练, 并以适合学生学习习惯的形式完成内容阐述。

本书编写分工如下: 江苏大学教授、博士生导师马履中编写了第 1 章、第 9 章; 江苏大学高级实验师蒯苏苏编写了第 2 章、第 3 章、第 4 章、第 5 章; 江苏大学实验师周链编写了第 6 章; 江苏大学实验师陈松玲编写了第 7 章; 江苏大学副教授杨德勇编写了第 8 章、附录 A、附录 B, 安徽理工大学讲师王成军编写了第 10 章。

与本书配套的电子课件制作者为蒯苏苏、马履中、周链、陈松玲、杨德勇、王成军、周建忠, 由北京大学出版社监制。电子课件可在 www.pup6.com 网站下载。

本书承江苏大学科技处副处长、江苏大学工程训练中心(工业中心)副主任周建忠教授认真审阅, 并提出了许多指导性建议; 在本书的形成、修改和出版过程中, 得到江苏大学工程训练中心(工业中心)、机械工程学院和教务处的支持, 河北工业大学曹国忠副教授、



河北大学马力辉副教授对 TRIZ 理论的课程内容给予了大力支持和辅导，对本书的形成提供了资源共享平台，并为创新设计软件 InventionTool 2.0 的使用给予大力指导和帮助，在此一并表示衷心的感谢。

由于编著者水平有限，疏漏欠妥之处在所难免，敬请读者批评指正。

编著者
于江苏大学
2011 年 5 月

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 概述	1
1.2 TRIZ 发明问题解决理论	2
1.2.1 冲突	3
1.2.2 技术进化	4
1.2.3 效应	6
思考题	8
第 2 章 TRIZ 设计理论与方法	9
2.1 设计理论概述	9
2.1.1 设计理论分层	9
2.1.2 设计理论与方法	14
2.1.3 五类设计方法	15
2.1.4 设计过程模型	17
2.1.5 发明问题与创新设计	19
2.1.6 TRIZ(发明问题解决理论)	26
2.2 产品设计的基本概念	28
2.2.1 概述	28
2.2.2 系统的基本概念	28
2.2.3 工程目标进化	30
2.2.4 功能	52
2.2.5 设计任务	59
2.2.6 设计中的可用资源	62
2.3 产品概念设计	63
2.3.1 P&B 概念设计过程模型	63
2.3.2 Stone 的功能结构建立方法	67
思考题	81
第 3 章 产品设计中的冲突	82
3.1 产品的外部及内部特性	82
3.1.1 产品性能分类	82

3.1.2 产品设计的过程	83
3.2 冲突及分类	83
3.2.1 冲突的分类	84
3.2.2 冲突问题的结构	87
3.3 技术冲突的一般化	88
3.4 物理冲突	90
思考题	91
第 4 章 产品设计中冲突的确定方法	92
4.1 技术冲突的确定方法	92
4.1.1 物质-场分析基本符号	92
4.1.2 基于物质-场分析的冲突确定	93
4.1.3 物-场分析的一般解法	96
4.2 基于 QFD 的冲突确定	97
4.3 基于公理设计(AD)的冲突确定	103
思考题	106
第 5 章 冲突解决原理	107
5.1 40 个发明原理	107
5.1.1 技术冲突解决原理	107
5.1.2 技术冲突解决原理具体化步骤	107
5.1.3 40 条发明原理详细说明	109
5.2 冲突矩阵	157
5.2.1 冲突矩阵的组成	157
5.2.2 TRIZ 理论的 39 个通用工程参数详细说明	168
5.2.3 冲突矩阵的应用	169
5.2.4 技术冲突问题解决过程	170
5.2.5 技术冲突解决原理	171



5.3 物理冲突解决方法和 分离原理	173	8.2 TRIZ 的效应	219
5.3.1 物理冲突类型及 解决方法	173	8.2.1 效应的概念	219
5.3.2 分离原理	174	8.2.2 基于 TRIZ 的解 搜索策略	231
5.3.3 分离原理与发明 原理的关系	176	8.2.3 效应链与功能 效应模式	232
思考题	177	8.2.4 结构与效应的关系	233
第 6 章 技术进化理论	178	8.2.5 效应的收集	233
6.1 概述	178	8.3 功能、效应和实例之间的关系	234
6.1.1 产品进化过程实例	179	8.3.1 应用科学效应解决问题的 一般步骤	234
6.1.2 产品进化过程曲线	179	8.3.2 利用效应解决 问题实例	235
6.1.3 产品核心技术成熟度 预测	180	8.3.3 柔性微动串并联机构的 划痕机器人	236
6.2 产品进化模式	181	思考题	251
6.2.1 产品进化定律	182	第 9 章 计算机辅助创新设计	252
6.2.2 产品进化模式	183	9.1 发明问题的标准解法	252
6.2.3 产品进化路线	184	9.1.1 标准解法第 1 级	252
6.2.4 进化定律及进化路线的 搜索策略	192	9.1.2 标准解法第 2 级	252
6.3 工程实例	197	9.1.3 标准解法第 3 级	252
6.3.1 筒型纺纱机技术成熟度 预测	197	9.1.4 标准解法第 4 级	253
6.3.2 筒型纺纱机进化路线	199	9.1.5 标准解法第 5 级	253
6.4 进化理论的应用	199	9.1.6 标准解法的应用	253
思考题	200	9.2 发明问题解决算法——ARIZ-85 的 九步骤法	254
第 7 章 最终理想解	201	9.2.1 步骤 1: 分析问题	257
7.1 理想化简介	201	9.2.2 步骤 2: 分析问题 模型	261
7.1.1 TRIZ 中的理想化	202	9.2.3 步骤 3: 陈述 IFR 和 物理矛盾	262
7.1.2 理想化水平	202	9.2.4 步骤 4: 动用物-场 资源	264
7.2 理想化方法	203	9.2.5 步骤 5: 应用知识库	268
7.2.1 部分理想化	204	9.2.6 步骤 6: 转换或替代 问题	270
7.2.2 全部理想化	205	9.2.7 步骤 7: 分析解决物理 矛盾的方法	271
7.3 理想化设计	205	9.2.8 步骤 8: 利用解决 方案	274
7.3.1 最终理想解	206		
7.3.2 最终理想解的确定	216		
思考题	216		
第 8 章 效应	218		
8.1 概述	218		

9.2.9 步骤 9: 分析解决		10.2.1 概述	283
问题的过程	274	10.2.2 标准解法	284
9.3 计算机辅助创新设计概述	275	10.3 标准解法的应用	313
思考题	277	10.3.1 标准解法解决问题的	
第 10 章 物场转换及 76 个标准		四个步骤	313
解法	278	10.3.2 标准解法的应用流程 ...	313
10.1 物-场模型的确立与标准解		思考题	314
分类	278	附录 A 76 个标准解法	315
10.1.1 76 个标准解	278	附录 B 100 个科学效应	318
10.1.2 应用标准解法的		参考文献	345
四个步骤	282		
10.2 发明问题的标准解法	283		

第 1 章

绪 论

1.1 概 述

TRIZ(Theory of Inventive Problem Solving) 是俄文中发明问题解决理论的词头。该理论是由前苏联根里奇·阿奇舒勒及其领导的一批研究人员,自 1946 年开始,花费 1500 人/年的时间,在分析研究世界各国 250 万件专利的基础上,研究与归纳人类在进行发明创造、解决技术难题过程中所遵循的科学原理与法则后建立的。任何领域的产品改进、技术变革、创新和生物系统一样,都存在产生、生长、成熟、衰老和灭亡的过程,是有规律可循的。人们如果掌握了这些规律,就能主动地进行产品设计并预测产品的未来发展趋势。运用这一理论,可以大大加快设计人员创新的过程,提高创新的质量。

如图 1.1 所示,发明问题的求解是产品创新设计的核心,对问题本质有深入准确的认识是创新性解决问题的前提。对于复杂的问题,只有屏除干扰因素,发现问题的根本所在,才可能有效地解决。但人们在解决实际问题的过程中,总是受到思维定式等因素的束缚,需要一些科学的方法帮助人们全面系统地了解问题的情境。实践证明,一旦发现和掌握了发明创造的内在规律和原理,形成科学理论,那么实现创新就可以像求解数学题一样,变得有序可寻,富有可操作性和可预见性,创新的质量和效率也会大大提高。正是基于这样一种理念,1946 年前苏联著名发明家阿奇舒勒及其合作者在分析大量专利的基础上,总结出各种技术发展进化遵循的规律模式及解决各种工程矛盾的创新原理和法则,提出了当前著名的创新理论——发明问题解决理论。



图 1.1 TRIZ 理论的创新模式

相对于传统的创新方法,TRIZ 理论具有鲜明的特点和优势。它成功地揭示了创造发明的内在规律和原理,快速地确认并解决了系统中存在的矛盾,而且它是基于技术的发展



进化规律来研究整个产品的发展过程。因此,运用 TRIZ 理论可大大地加快发明创造的进程,提升产品的创新水平。具体来说,它可以帮助人们对问题的情境进行系统的分析,快速地发现问题的本质,准确地定义创新性问题,对创新性问题和矛盾提供更合理的解决方案和更好的创意,打破思维定式,激发创新思维,从更广的视角看待问题,基于技术系统的进化规律准确地确定探索方向,预测未来的发展趋势,开发新产品,打破知识领域的界限,实现技术的突破。

TRIZ 理论包含了许多系统,科学而富有可操作性的创造性思维方法和发明问题分析方法,有效地打破人们的思维定式,扩展人们的创新思维能力,同时又提供了科学问题的分析方法,保证人们能按照合理的途径寻求问题的创新性解决办法。

经过半个多世纪的发展,TRIZ 理论已经成为一套解决新产品开发实际问题的成熟的理论和方法体系。它实用性强,并经过了实践的检验,应用领域也从工程技术领域扩展到管理和社会等方面。现在,TRIZ 理论已受到了极大的重视,它的研究与实践迅速地普及和发展,为众多知名企业取得了重大的效益。

1.2 TRIZ 发明问题解决理论

在利用 TRIZ 解决问题的过程中,设计者首先将待设计的产品表达成为 TRIZ 问题,然后利用 TRIZ 中的工具,如发明原理、技术进化理论、效应等,求出该 TRIZ 问题的普通解,最后设计者再把该解转化为特定解,如图 1.2 所示。

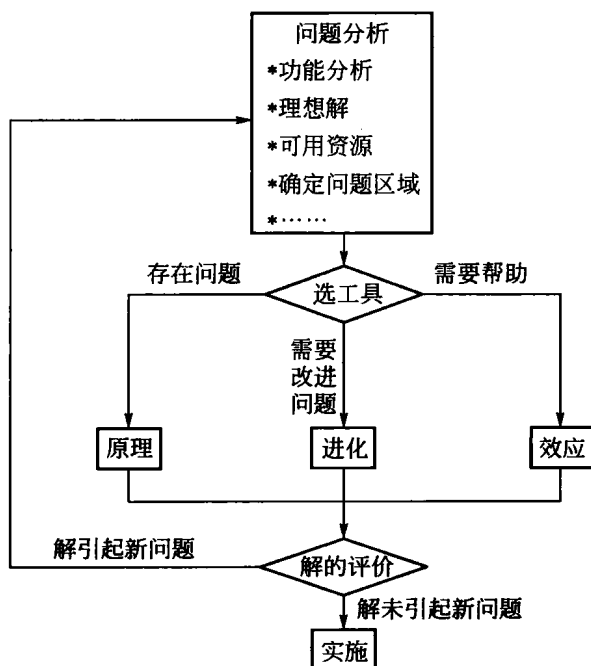


图 1.2 应用 TRIZ 解决问题的简图

计算机辅助创新设计软件 InventionTool 2.0, 采用了模块化结构设计, 每个模块都建立了一个知识库, 库中包含工程实例, 是一种面向对象的软件开发且已商业化运作, 设计者通过使用这些软件, 可以参考世界上优秀工程设计实例, 为正在开发中的产品提供设计思路, 使概念设计快速并高质量地完成。下面分别对冲突、技术进化和效应作简单的介绍。

1.2.1 冲突

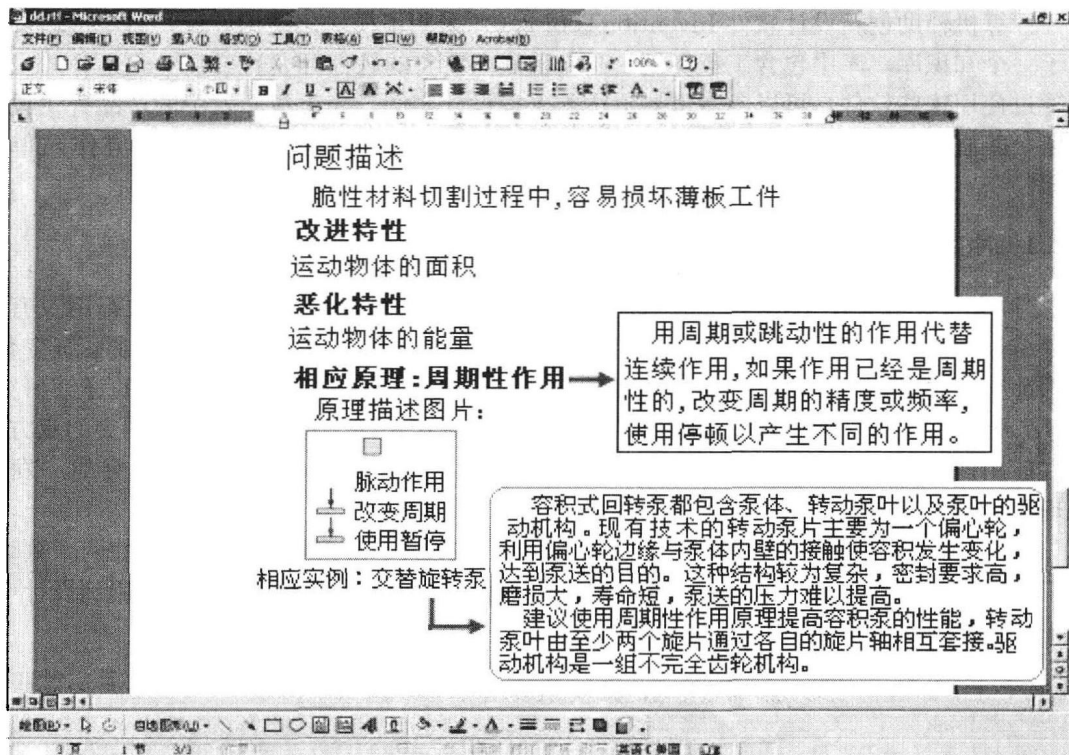
“冲突”普遍存在于各种产品的设计中。技术冲突是指一个作用同时导致有用及有害两种结果, 也可指有用作用的引入或有害效应的消除导致一个或几个子系统或系统变化。技术冲突常表现为一个系统中两个子系统之间的冲突。通过对 250 万件专利的详细研究, TRIZ 理论提出用 39 个通用工程参数描述冲突。实际应用中, 首先要把组成冲突的双方内部性能用该 39 个工程参数中的两个来表示, 然后在冲突矩阵中找出解决冲突的“发明原理”。

图 1.3(a)所示的左侧列表栏为特性参数列表, 提供了改善特性和恶化特性两个列表, 用于用户对工程参数进行选择, 从 40 条发明原理中检索出适合部分, 以此应用到设计中。图 1.3(b)所示为用户将所选择的原理和实例这些资料添加加入报表并保存。



(a) 技术冲突问题中39个工程参数的选择

图 1.3 冲突模块



(b) 冲突模块发明原理输出报表

图 1.3 冲突模块(续)

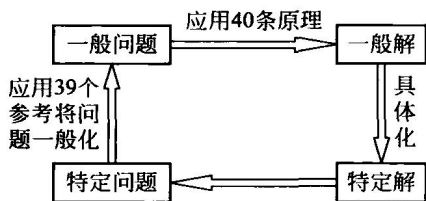


图 1.4 应用冲突解决问题的流程

TRIZ 中的“发明原理”是由专门研究人员对不同领域的已有创新成果进行分析、总结, 得到的具有普遍意义的经验, 这些经验对指导不同领域的产品创新都有重要参考价值。在对全世界专利进行分析研究的基础上, 阿奇舒勒等提出了 40 条发明原理。实践证明这些原理对于指导设计人员的发明创造具有重要的作用。图 1.4 所示是应用冲突解决问题的流程。

1.2.2 技术进化

从历史观点看, 事物不断地向前发展, 而技术创新正是推动事物向前发展的直接动力。技术处于进化之中, 预测未来技术进化的过程, 快速开发新一代产品, 迎接未来变化的挑战, 对任何制造企业竞争力的提高都起着重要作用。

“技术进化”源于通过对世界专利库的分析, 发现并确认了技术在结构上进化的趋势, 即技术进化模式, 每种进化模式都有多条进化路线, 每条进化路线是从结构进化的特点描述产品核心技术所处的状态序列, 其实质是产品如何从一种核心技术移动到另一种新的核心技术, 在新技术里可能是性能极限提高, 也可能是成本降低, 或者是功能增加。产品沿进化路线进化的过程是新旧核心技术更替的过程。基于当前的产品核心技术所处的状态, 按照进化路线, 通过设计, 可使其移动到新的状态, 有助于完成产品的创新设计和改进设计。并且, 在一个工程领域中总结出的进化模式或定律及进化路线可在另一工程领域实

现，即技术进化模式与进化路线具有可传递性。

如果用户知道自己的产品所在的生命周期的阶段(婴儿期、成长期、成熟期和退出期)，那么列出解决该阶段问题可以使用的模块(见图 1.5)，使用 TRIZ 中的技术进化模式和路线设计解决问题。把进化模式、进化路线以及大量的工程实例组合成一个进化树，在进化树中有四级目录，进化模式是一级目录，进化路线是二级目录，进化状态和进化实例是并列的三级目录，改进实例是四级目录(见图 1.6)，专门为用户解决工程问题。

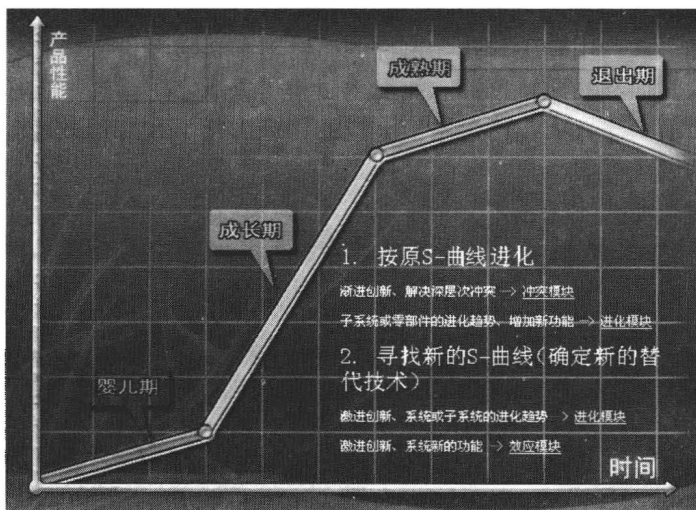


图 1.5 产品所在生命周期模块

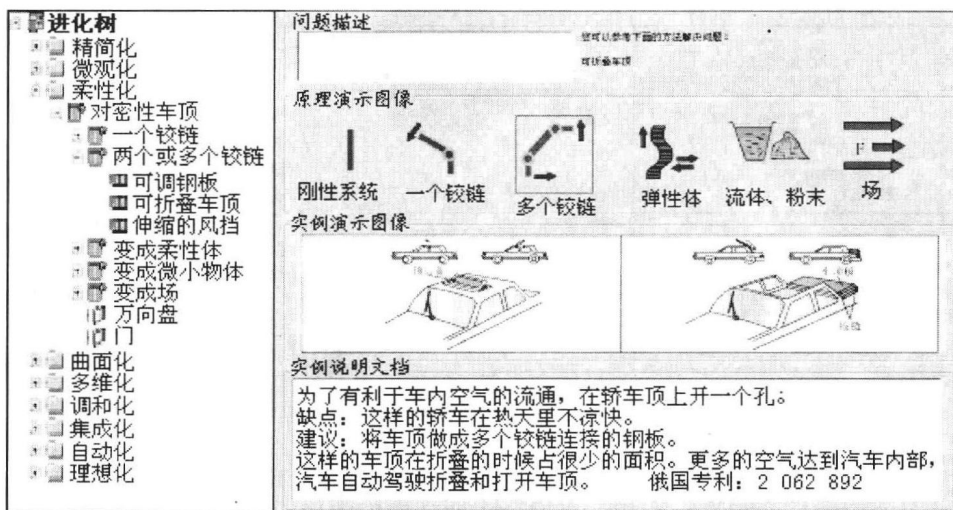


图 1.6 工程实例进化树

使用技术进化模式和路线进行设计的过程总结如下：

(1) 分析。分析给定系统已有的专利和其他可获得的信息，了解其已有的发展；确定系统当前在已有进化路线的位置(状态)；在已有进化路线的基础上开发给定系统的进化路线。

(2) 确定。在进化路线上确定未来的方向和预测产品的新状态。新状态是产品的未来技术。它给设计人员指明了新产品开发的方向。



1.2.3 效应

效应通过将有关的量互相联系起来的定律来描述,即按照定律规定的原理将输入量转化为输出量,实现相应的功能。效应指应用本领域特别是其他领域的有关定律解决设计中的问题,如采用物理、数学、化学、生物、电子等领域中的原理解决工程设计中的创新问题。系统用以实现一定的功能,效应是实现系统功能的原理。

工程问题的解都是以物理和化学现象为基础的,而所有各种解在进一步实现的过程中,总是要以某种形式利用物理和化学事件的。物理和化学事件依靠物理和化学效应的存在,并通过确定的几何和物质特征标志而发生于作用关系之中,这一作用关系促使需求功能得以实现。到目前为止,人类已总结出大量的物理、化学和几何效应,每一个效应都可能是一大批问题的解决方案。

功能可通过下列方式实现:

(1) 单一效应模式:功能通过一个效应实现。

在效应数据库中进行查找,以发现问题所需的效应或实例,如图 1.7 所示。

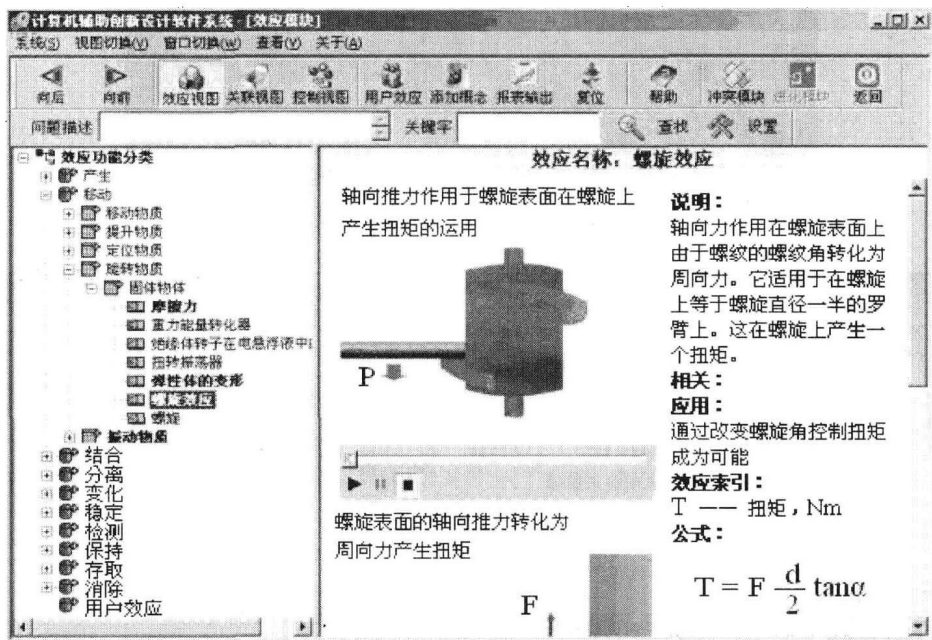


图 1.7 单一效应模块

(2) 关联效应模式:将几个效应结合起来实现一个功能。

在整个效应数据库中进行查找,以发现对所选取的效应或实例能产生影响的相关联的效应或实例,如图 1.8 所示,关联模式产生的新概念可能是存在问题的解决方案。

(3) 控制效应链:通过其他效应的输出量控制另一个效应的技术参数,以改变该效应的实现形式。

控制模式是建立在通过不同现象之间的相互作用来产生新概念这样一种假设的基础上,如果一个效应有一个输入,那么它的输出就可以用其他的参数来控制或调整。如果选择了一个实例而不是效应,则控制模式无法使用,系统会提示选取一个效应。切换的控制

效应链视图如图 1.9 所示。控制模式产生的新概念可能也是存在问题的解决方案。应用效应解决问题的流程如图 1.10 所示。

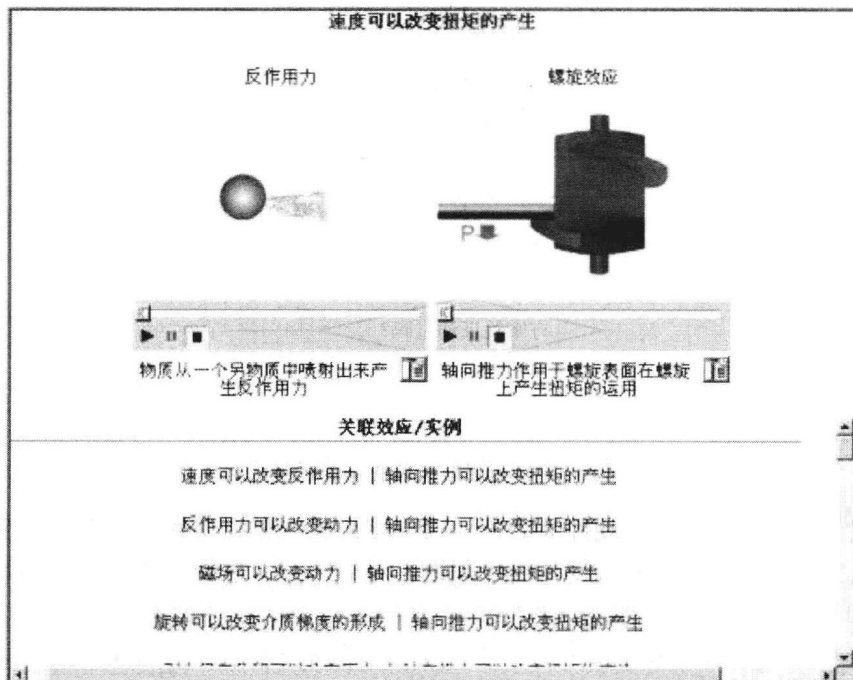


图 1.8 关联效应模块



图 1.9 控制效应链模块

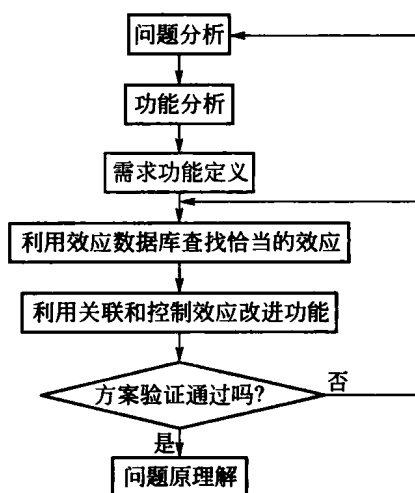


图 1.10 应用效应解决问题的流程

针对以上理论,以 TRIZ 软件为平台,训练项目为背景,从软件综合大量的发明和改进实例中,并根据 TRIZ 形成的创新设计理论,对应冲突、进化、效应三个模块,进行创新设计。例如:马履中、韩亚丽、杨廷力、尹小琴,中国发明专利,200610038352.1 已授权。一种并联机器人机构智能化型综合方法。需要将单开链单元求交思想用计算机编程实现,可通过设立运动副数据库,利用极坐标的方式来描述 P、R、C、S 副的输入;再结合同并联机构的机构特征,确定出该机构的支路数和各单开链支路在动、静平台间的智能化配置方式,最终可实现机型输出。



思考题

1. 产品创新主要取决于什么设计?
2. 什么叫“TRIZ”?
3. 阿奇舒勒所提出的发明问题解决理论(TRIZ)采用什么思维方式?
4. TRIZ 来自对专利的研究,TRIZ 的主要理论和工具是什么?

第 2 章

TRIZ 设计理论与方法

从制造业的战略变迁发展规律出发(图 2.1), 国际上设计理论的研究已有多年的历史, 并取得了丰硕的成果。20 世纪 80 年代中期, 制造业面对激励竞争和挑战时, 加强了生产成本和产品质量的控制, 提高了生产力。到了 20 世纪 90 年代后期, 市场响应速度已形成经济繁荣重要的动力。21 世纪制造业正从加工制造型向解决问题型转变, 建立世界顶级生产技术研发中心, 加快知识分享, 提高新生产技术创新和商品化的速度, 在世界上率先采用新型制造技术, 集成制造系统, 使其成为一个更大的创新生态系统, 焦点在增加产品附加值上。

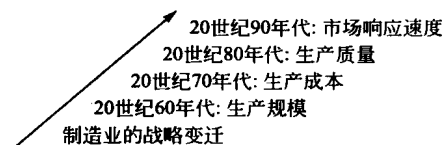


图 2.1 20 世纪制造业的发展规律

本章主要介绍设计理论分层, 设计理论与方法, 发明问题解决理论(TRIZ)的特点, 以及选择 TRIZ 作为产品创新核心理论的原因。

2.1 设计理论概述

设计是人类的基本活动。在过去很长的时间段内, 设计一直作为人类所从事的一种艺术活动, 并采用师傅带徒弟的方式进行。如早期的制陶者根据经验与构思直接操作黏土, 做出所需要形状的陶器, 并没有事先绘制陶器的形状, 经验来自师傅对徒弟的培训及徒弟自身实践的积累。由于社会的发展, 产品竞争加剧, 师傅带徒弟的设计方式已不能满足要求, 而需要设计理论与方法的指导及专业设计人员。

到了 20 世纪 60 年代, 对设计的研究得到空前的关注, 研究目的是提出更好的设计方法以便改进设计过程。正是这些研究, 使设计由艺术转变为科学与艺术的结合, 设计中科学的一面是设计者能更好地理解设计过程, 艺术的一面是设计者的灵感及创造性发挥。

2.1.1 设计理论分层

设计理论与方法是依据设计哲学的研究结果及设计的实践, 建立分步的或细化的设计