

CHANPIN GONGNENG CHUANGXIN SHEJI
LILUN YU YINGYONG
JIYU TRIZ CHUANGXIN YUANLI

产品功能创新设计 理论与应用

——基于TRIZ创新原理

金 辉 曹国忠 著

南开大学出版社

产品功能创新设计理论与应用

——基于 TRIZ 创新原理

金辉 曹国忠 著

南开大学出版社
天津

图书在版编目(CIP)数据

产品功能创新设计理论与应用：基于 TRIZ 创新原理 /
金辉，曹国忠著. —天津：南开大学出版社，2020.3
ISBN 978-7-310-05955-3

I. ①产… II. ①金… ②曹… III. ①产品设计—研
究 IV. ①TB472

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2020)第 164708 号

版权所有 侵权必究

产品功能创新设计理论与应用：基于 TRIZ 创新原理
CHANPIN GONGNENG CHUANGXIN SHEJI LILUN YU YINGYONG:
JIYU TRIZ CHUANGXIN YUANLI

南开大学出版社出版发行

出版人：陈敬

地址：天津市南开区卫津路 94 号 邮政编码：300071

营销部电话：(022)23508339 营销部传真：(022)23508542

<http://www.nkup.com.cn>

北京虎彩文化传播有限公司印刷 全国各地新华书店经销

2020 年 3 月第 1 版 2020 年 3 月第 1 次印刷

240×170 毫米 16 开本 17 印张 2 插页 293 千字

定价：48.00 元

如遇图书印装质量问题，请与本社营销部联系调换，电话：(022)23508339

序

功能设计在整个产品设计过程中处于非常重要的阶段，然而目前在设计理论与方法领域，还未形成一种公认的、广泛适用的功能创新设计理论与方法，还不能为企业设计人员提供功能创新设计的理论指导，以满足企业对产品功能创新设计理论的迫切需要。产品创新过程包括3个阶段：模糊前端、新产品开发和商业化。模糊前端阶段是形成若干设想并根据市场机遇评估筛选设想的过程，然后依据设想确定新产品开发项目；新产品开发阶段由概念设计、技术设计、详细设计、工艺设计和加工制造几个步骤组成，将模糊前端阶段确定的创新设想转化为产品；商品化阶段是通过市场化运作，利用产品为企业创造效益，最终实现产品创新。

概念设计位于新产品开发前端，其主要任务是确定满足需求功能的原理解，即确定构成目标功能所用到的原理集。功能是概念设计中的关键因素，概念设计过程即需求功能确定、功能结构建立、功能实现原理和结构构建的过程，因此概念设计是面向功能的设计。该阶段是与产品创新紧密相关的一个设计阶段，在很大程度上决定着最终产品的性能、创造性、价格、市场响应速度和速率等。据统计，功能设计阶段实际投入的费用只占产品开发总成本的5%，但它却决定了产品总成本的70%~80%，而且后续技术设计和详细设计很难甚至不能纠正概念设计阶段的设计缺陷和错误。功能设计是产品设计的重要阶段，这一观点在各种设计理论和方法中得到了广泛认可。

本书主要根据国内企业产品和技术创新需求，针对产品功能创新设计中存在的关键问题，应用专利知识挖掘、TRIZ（发明问题的解决理论）等方法，研究产品功能创新设计过程中的功能建模、功能模型形式化表达、功能结构创新和功能原理解构建等，形成相应功能设计关键技术，进而构建支持产品功能创新设计的系统化过程模型，并以实例应用展开实证研究，以期机械产品功能创新设计提供技术与方法支持，主要研究内容如下：

第一，功能创新事前准备技术研究。主要进行客户需求获取、需求聚类与需求进化研究，结合常规需求分析方法和需求进化定律，形成全面获取客

户需求的系统化方法，得到面向产品创新的需求进化机制模型，基于专利分析抽取功能进化定律，将为功能创新设计提供一种新的途径，为后续功能创新设计明确设计目标，做好事前准备。

第二，功能创新形式化表达技术研究。主要进行功能分类、功能集构建和功能结构规范表达研究，形成功能创新设计中功能分解、功能原理解构建过程中的形式化表达技术，以规范说明和限定功能设计空间，从而使设计者更好地理解设计需求，及在功能空间进行有效推理。功能分类中安全性、可靠性、易用性和经济性等因素的引入，将从功能设计层面上为解决传统产品向可持续性产品转型问题提供一种可用的方法。

第三，功能创新原理方案构建技术研究。主要进行基于扩展效应的功能、效应，结构间映射研究及功能进化定律抽取，形成功能分解、功能原理解构建和功能结构创新的实现技术，为功能分解中横向功能关系的建立与功能原理解的建立提供支撑途径。

第四，功能创新设计过程模型研究与验证。针对不同的产品设计类型，分别建立新产品开发和已有产品改进两种创新设计过程模型。构建的功能创新设计的过程模型将为产品功能设计提供一种系统化方法。通过自顶向下与自底向上相融合的多层次映射，实现从需求获取、功能分解、功能结构创新到功能-结构映射的全过程，并应用与电池机械功能创新设计相关案例，验证本书建立的研究方法的可行性与有效性。

本书的研究成果在于，基于专利分析抽取功能进化定律，为功能创新设计提供了一种新的途径。功能分类中安全性、可靠性、易用性、经济性等因素的引入，为我们从功能设计层面解决传统产品向可持续性产品转型问题提供了一种可用的方法；构建的功能创新设计的过程模型，为产品功能设计提供了一种系统化方法。本研究对于改进和丰富产品设计理论，提高企业的自主创新能力和创新效率，增强企业的市场竞争能力，具有重要的理论意义和工程应用价值。

本书通过对客户需求特点和产品开发实际进行分析，利用 TRIZ 等技术创新方法和统计分析方法等，针对现有功能设计中存在的形式化、可操作性和创新性等问题进行改进，提出若干功能创新设计的关键技术，并最终形成了系统化功能创新设计过程模型。本书的创新点具体体现在：提出了功能类别与等级概念，并建立了标准功能集和产品功能建模符号，应用功能分解过程模型形成了形式化多层次融合功能建模方法；基于专利知识挖掘抽取了功能进化定律，并提出了功能进化定律的选取准则，为功能结构创新方向的确

定提供了方法保证；建立了新产品开发和已有产品改进两类产品功能创新设计过程模型，具有更好的可操作性和实用性。

本书是在檀润华教授和曹国忠教授指导下的博士学位论文的基础上写作完成的。本书在写作过程中得到了国家自然科学基金项目“机械产品突破性概念创新设计机理研究（项目编号：51275153）”的重点支持与资助。本书虽然针对可持续性产品创新设计的技术风险进行了一定深度的研究和探索。但由于时间仓促和研究能力有限，建立完善的理论体系并取得理想的成果有一定难度，很多内容还有待进一步深入研究，其中出现的疏漏之处，敬请指正，共同探讨，以促进和改善我们今后的研究工作。

著者

2020年3月

目 录

第 1 章 基于 TRIZ 的产品创新理论与研究综述	1
1.1 引言	1
1.2 TRIZ 的定义与产品创新理论框架	2
1.3 矛盾（冲突）矩阵与求解工具	5
1.4 TRIZ 问题矩阵和求解工具应用案例 ——砧板的改良设计	21
第 2 章 基于专利的产品生命周期与需求分析	29
2.1 引言	29
2.2 基于专利知识挖掘的产品周期性及需求分析	30
2.3 基于技术进化的产品生命周期与技术成熟度	50
2.4 客户需求分类及需求竞争优先级	64
2.5 基于产品生命周期的需求特征与预测	75
2.6 基于产品生命周期的需求进化创新	78
第 3 章 产品功能创新设计理论与应用	91
3.1 引言	91
3.2 产品功能的概念与分类	94
3.3 产品功能认知与功能结构表达	104
3.4 常见的功能结构分析方法	111
3.5 新产品功能创新设计方法	123
3.6 基于 TRIZ 产品功能创新设计模型	128
3.7 基于 TRIZ 集成的产品创新设计理论与方法	136
第 4 章 基于扩展效应功能创新设计与功能进化预测	156
4.1 引言	156
4.2 扩展效应链推理技术	157
4.3 基于扩展效应的功能设计技术	163
4.4 功能进化与预测技术	166

第 5 章 新产品功能创新设计实例——扣式电池极壳自动扣圈机	187
5.1 引言	187
5.2 面向新产品开发的功能创新设计过程模型	188
5.3 新产品功能创新设计实例——扣式电池极壳自动扣圈机	195
第 6 章 已有产品功能创新设计实例——电池极片称重分选装置	206
6.1 引言	206
6.2 面向已有产品改进的功能创新设计过程模型	207
6.3 电池极片称重分选装置功能创新设计	209
第 7 章 产品功能创新前景	219
7.1 功能创新结论	219
7.2 功能创新前景	220
参考文献	221
附 录	245
[附录 1] 矛盾 (冲突) 矩阵	245
[附录 2] TRIZ 39 个通用工程参数	246
[附录 3] 分离原理对应的发明原理	247
[附录 4] TRIZ 40 条发明原理	247
[附录 5] TRIZ 标准解系统	248
[附录 6] 多冲突参数排列组合算法	249
[附录 7] 产品外观设计中的发明原理	250
[附录 8] 手机专利数及专利申请人分布表	252
[附录 9] 驱蚊功能专利分析一览表	253
[附录 10] 基于 MP3、电冰箱专利分析的需求归纳	254
[附录 11] K-means 算法程序代码	255
[附录 12] 37 个进化趋势的进阶数	258
[附录 13] 常见的物质流、信息流和能量流	259
[附录 14] 国内外常用的专利检索网站	260

第1章 基于TRIZ的产品创新理论与研究综述

1.1 引言

随着全球一体化的发展，市场竞争日趋激烈，产品功能创新已经成为企业生存的关键因素，也是当今时代的重要特征。TRIZ理论自引进我国创新理论领域起，通过总结各种技术发展进化所遵循的规律模式，以及解决各种技术矛盾和物理矛盾的创新原理和法则，建立起一套能够解决冲突技术并实现创新设计的，由各种方法、算法组成的综合理论体系。TRIZ不仅有具体的实施方法，还有详细的实施步骤。目前，TRIZ在现代产品创新设计中的应用已经越来越广泛，既可以用于产生创造性的想法、解决技术问题，还可以应用于企业、商业中，如福特、西门子、三星、飞利浦、LG等一些著名大公司，已经开始研究并应用TRIZ来解决产品创新设计技术问题。

本章首先回顾TRIZ的定义与产品创新理论框架——经典TRIZ的理论体系和现代TRIZ的理论体系。经典TRIZ理论以进化法则为系统的理论基础，以物质-场分析、技术冲突工程参数、发明原理、科学效应原理与发明问题标准解为问题求解工具。其次，解析TRIZ解决问题的具体流程，重点探究TRIZ理论中解题工具的基本原理、结构模型、功能模型、具体步骤及应用过程。其中，经典TRIZ理论中典型的解题工具有矛盾矩阵、分离原理、标准解法系统、HOW TO模型和科学效应与知识库、ARIZ算法特征；现代TRIZ理论新增的创新解题工具有对标分析、特征传递、功能导向搜索、功能分析与裁剪法、根本原因分析和失效预测分析。再次，将TRIZ中的冲突理论应用于产业造型设计中，为解决产品造型设计中的冲突问题提供新思路，使产品的外观造型和功能结构尽可能达到和谐与统一。最后，本章以砧板的改良设计为例，针对产品造型设计中的技术冲突，展示了利用TRIZ 39个通用工程参数、40条发明原理和冲突矩阵等，解决产品设计中技术冲突的方法。

1.2 TRIZ 的定义与产品创新理论框架

1.2.1 TRIZ 的定义

苏联天才发明家根里奇·S. 阿奇舒勒 (Genrich S. Altshuller) 创立的 TRIZ (发明问题的解决理论) 是由庞杂的理论体系组成的。Altshuller 原本是苏联海军专利局的一名专利审查员, 在审查专利过程中, 他发现所有发明创造的背后都隐藏着某些特定的模式和规律, 于是带领 1500 余名研究团队的成员对成千上万份专利文献进行分析研究, 总结出了产品及技术发展所遵循的客观规律, 形成了原始的 TRIZ 理论。TRIZ 理论一直作为苏联的国家机密而未对其他国家公开, 直到苏联解体, 一批早期研究 TRIZ 理论的专家移居欧美国, 由此将 TRIZ 带往全世界。TRIZ 理论引起了学术界和企业界的极大关注, 促进了 TRIZ 理论的快速发展。TRIZ 既是一种哲学思想, 又提供了解决具体问题的方法论和工具 (见图 1-1)。哲学层面包含理想度、资源和矛盾, 它们是具有普适性的哲学概念。方法论层面指的是 ARIZ, 又称创为新问题解决算法, 它能组织各种工具形成一整套问题解决方法。工具层面包含理想解、39 个工程参数矛盾冲突矩阵与 40 条发明原理、分离原理、物质-场分析与 76 个标准解、功能分析、知识与效应库、资源分析、技术进化规律等。这些都属于问题解决工具, 既可独立解决创新问题, 也可以组合起来应用。

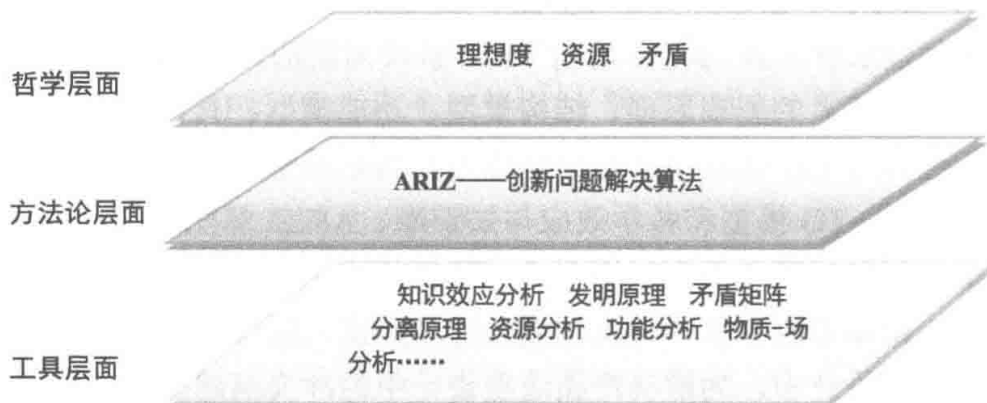


图 1-1 TRIZ 创新理论体系

TRIZ 专家萨夫兰斯基 (Savransky) 博士给出的 TRIZ 定义如下: TRIZ 是基于知识, 面向设计者, 解决创新问题的系统化创新方法。TRIZ 理论的核

心思想包括：①技术系统进化过程不是随机的，而是有客观规律可以遵循的；②在解决发明问题的实践中，遇到的各种矛盾及相应的解决方案总是重复出现的；③最有效的彻底而不是折中解决技术矛盾的创新原理与方法；④包含了大量来自其他领域的科学知识。TRIZ 进一步发展，以吸收整个人类的知识精华作为自己的知识库，其中 ARIZ（发明问题的解决算法）采用逻辑流把各种工具联系在一起，形成一整套问题解决方法。TRIZ 单独形成一个体系，每个体系之间存在交叉的工具集，创新问题可以应用不同的工具进行解决。TRIZ 理论已发展成为一套具有完整体系且实用的发明问题解决理论和方法。

1.2.2 产品创新理论框架

TRIZ 的理论体系可分为经典 TRIZ 的理论体系和现代 TRIZ 的理论体系。经典 TRIZ 的理论是数百万专利分析的结果，其理论体系结构主要由理论来源、理论基础、基本概念、问题分析工具和问题解决工具等 5 个部分组成。该理论以矛盾、资源与理想化为系统的基本概念；以八大进化法则为系统的理论基础；以物质-场分析、价值分析、矛盾分析与资源分析为问题分析工具；以 39 个描述技术矛盾（或冲突）的工程参数、解决技术矛盾的 40 条发明原理、解决物理矛盾的四大分离原理、100 多种科学效应原理与 76 个发明问题标准解为问题求解工具；以发明问题解决算法（ARIZ）为基础的经典 TRIZ 的解题流程（见图 1-2）。

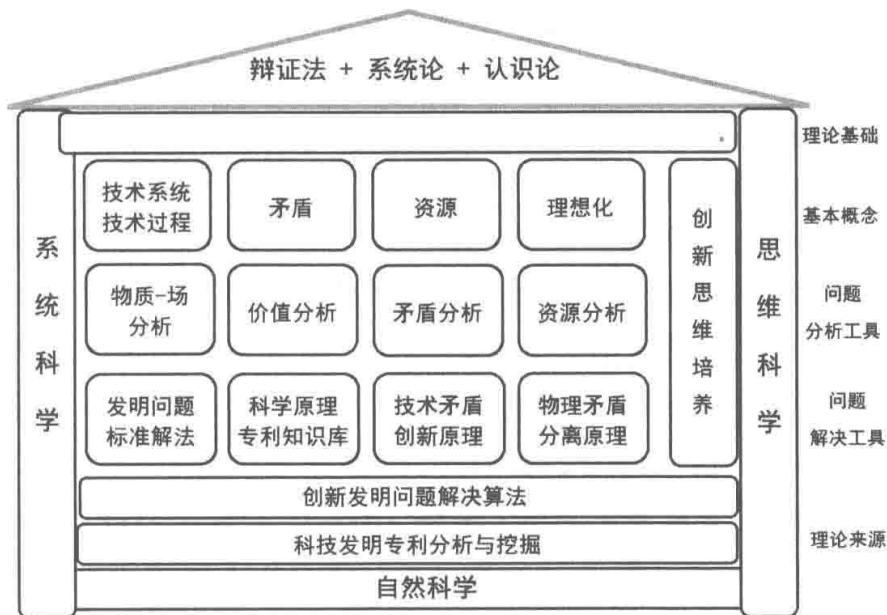


图 1-2 经典 TRIZ 创新理论体系

经过半个多世纪的发展，TRIZ 理论已经形成了一个集哲学思想、方法论

和大量工具于一体的庞大体系。按时代划分，TRIZ 可分为经典 TRIZ 和现代 TRIZ，前者专注于解决发明类问题，后者则更擅长于分析和发现关键问题。在经典 TRIZ 中，常用的创新解题工具有技术进化趋势、冲突分析与发明原理、物质-场分析及 76 个标准解、科学效应库、ARIZ 算法等。运用这些工具不仅可以有效地打破思维惯性，拓展创新思维，还可以让使用者按照更科学合理的途径寻求问题的解决思路。在现代 TRIZ 中，新增的主要创新解题工具有对标分析、特征传递、功能导向搜索、功能分析与裁剪法、根本原因分析、失效预测分析等。相对于经典 TRIZ，这些工具有明显的结构层次与更为具体的实施方法，不仅可以用于产生创造性的想法、解决技术问题，而且侧重于企业、商业的应用，开发具有实际意义的创新技术和产品。

1.2.3 矛盾（冲突）解决流程

TRIZ 依据发明专利对科学的贡献、技术的应用范围及为社会带来的经济效益等情况，将发明专利或发明创造分为以下 5 个等级，以便更好地推广应用。一级：多数为参数优化类的小型发明，一般为简单的设计或对已有系统的简单改进。这一类发明并不需要任何相邻领域的专门技术或知识，问题的解决主要凭借设计人员自身掌握的知识和经验，不需要创新，只是知识和经验的应用。二级：通过解决一个技术矛盾对已有系统进行少量改进。这一类问题的解决主要采用行业内已有的理论、知识和经验，解决这一类问题的传统方法是折中法。三级：对已有系统的根本性问题进行改进。这一类问题的解决主要采用本行业以外的已有方法和知识，在设计过程中要解决矛盾。四级：采用全新的原理完成对已有系统基本功能的创新。这一类问题的解决主要是从科学的角度而不是从工程的角度出发，充分控制和利用科学知识、科学原理实现新的发明创造。五级：科学原理导致一种新系统的发明和发现。这一类问题的解决主要是依据自然规律的新发现或科学的新发现。

TRIZ 按问题所表现出来的参数属性、结构属性和资源属性，将问题模型划分为 4 种：技术矛盾、物理矛盾、物质-场问题和知识效应问题，与此相对应的 TRIZ 解题工具为矛盾矩阵、分离原理、标准解系统和科学效应库。其中，矛盾矩阵是最重要的方法。经典 TRIZ 理论解决问题的一般流程如下：首先，对遇到的实际问题进行分析并转化为 TRIZ 问题模型；其次，针对不同的问题模型采用相应的 TRIZ 工具加以解决，进而得到解决方案；最后，通过可行性判断与评价得到最终设计方案（见图 1-3）。

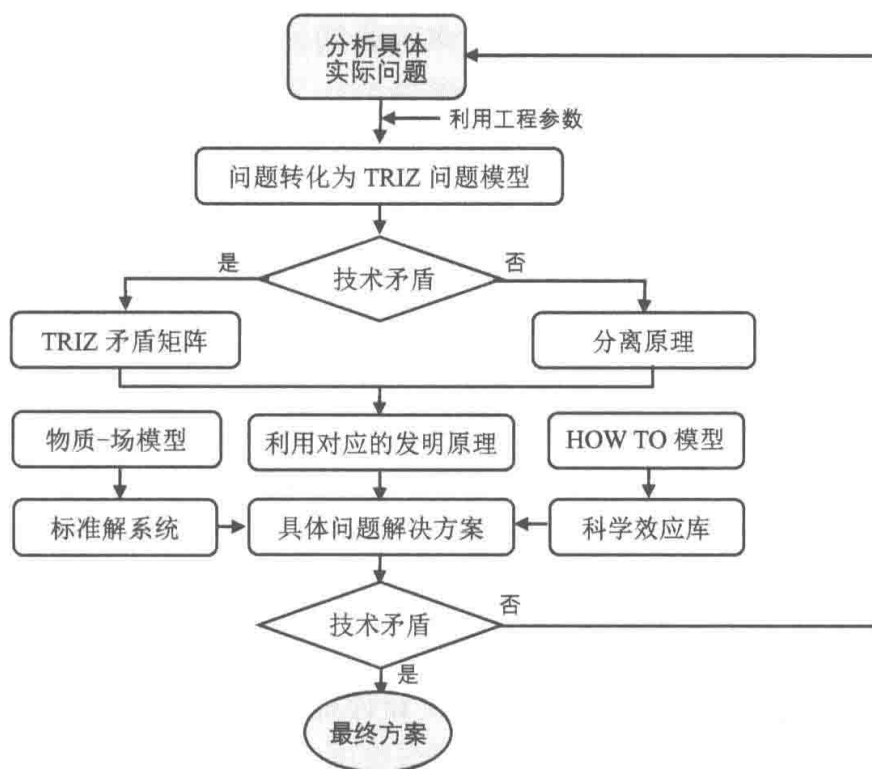


图 1-3 运用矛盾原理的 TRIZ 解题流程

与经典 TRIZ 的体系结构相比,现代 TRIZ 不仅在问题识别与问题解决的工具上发生了很大变化,而且比经典 TRIZ 多了一项概念验证。概念验证的内容主要包括次级问题的解决、方案验证、超效应分析与概念评估。运用现代 TRIZ 工具解题主要可以分成问题识别、问题解决和概念验证三个阶段,其问题识别工具包括对标分析、功能分析、流分析、因果链分析、进化法则分析、裁剪法、特征传递和关键问题分析。问题解决工具主要包括 ARIZ、功能导向搜索、标准解的应用、科学效应库的应用、克隆问题的应用及发明问题的应用。现代 TRIZ 问题分析、解题工具的发展与概念验证等内容更贴近现代产品设计的应用,实用性更强,对提高产品设计效率具有重要意义。

1.3 矛盾（冲突）矩阵与求解工具

1.3.1 矛盾（冲突）概念及矛盾矩阵

矛盾可以理解为解决方案过程中引发的冲突。矛盾（冲突）存在于技术特性与（成本相关联的）技术经济因素间、技术特性与（生产复杂性相关的）

工艺因素间、功能的不兼容相关的技术因素间、特性状态不兼容相关的物理因素间，以及前述各项的组合。通过矛盾分析，一个全新的解决方案，可能会改善工程系统某个方面的特性，但也可能会导致系统其他方面的特性恶化。比如，如果系统需要增加材料来加大某种产品的强度，就会导致产品重量增加。这种矛盾（冲突）是使系统的功能与性能不能满足需求和兼容要求的主要因素，所有的真实系统都存在冲突，因此会引发系统及其组件实现主要有用功能与特性的冲突。它们既是系统必须进行技术创新或者改进的依据，也是实施系统及其组件创意与发明创造所面对的技术问题和客观基础。

矛盾表现的是一种相反的收益诉求，通过截然不同的功能或特征得以实现。矛盾可分为管理矛盾、技术矛盾和物理矛盾三类。TRIZ 致力于解决的主要矛盾是技术矛盾和物理矛盾，并总结出 40 条发明原理和 39 个通用工程参数。TRIZ 理论有助于解决以技术矛盾（冲突）和物理矛盾为特征的复杂发明问题，通过系统化的解决问题流程，使设计师得到最有效的解决方案。TRIZ 理论的矛盾分析解题流程如图 1-4 所示。

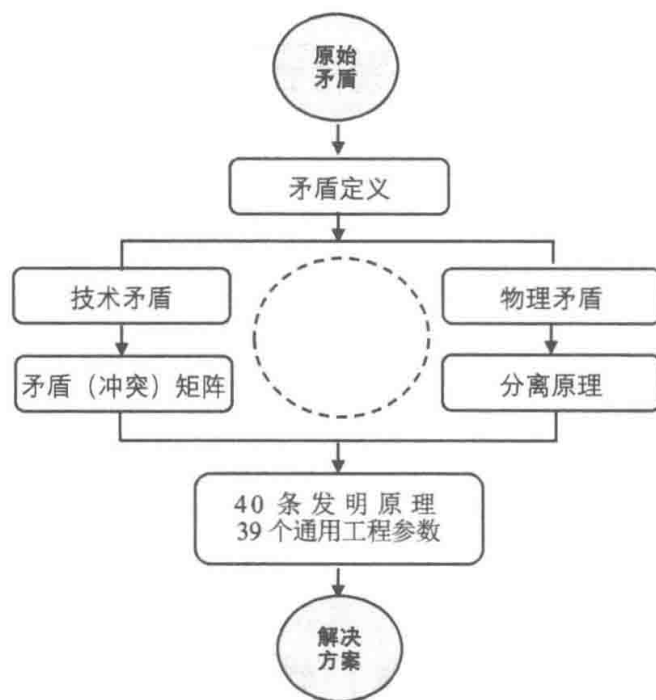


图 1-4 TRIZ 矛盾分析解题流程

1.3.1.1 技术矛盾（冲突）与发明原理

1.3.1.1.1 技术矛盾

技术矛盾是指技术系统中有两个参数存在着相互制约的关系。也就是说，当系统中的某一个参数得到改善时，就会导致另一个有用参数的作用

减弱，或者会使某一个有害参数的作用增强。技术矛盾是非常普遍的一类矛盾，比如，增加机翼的尺寸可以提高飞机的升力，但是会使飞机的重量增加，机翼的尺寸与飞机的重量属于一对技术矛盾。

1.3.1.1.2 TRIZ 矛盾（冲突）矩阵与工程参数

阿奇舒勒（Altshuller）认为，矛盾在产品设计中普遍存在，发明问题的核心就是解决矛盾。在分析专利时，Altshuller 和他的团队构建了一个 39×39 的矛盾矩阵，将事物中几乎所有的解决方案与这 1200 多种矛盾匹配在一起，称为 Altshuller 矛盾矩阵（简称矛盾矩阵或冲突矩阵）。矛盾（冲突）矩阵是 TRIZ 理论中行之有效的应用最频繁的工具之一。

矛盾矩阵是一个 39 行 39 列的冲突矩阵，每行和每列的表头包含 39 个通用工程参数中的一个，横向参数为恶化参数，竖向参数为改善参数，行与列交叉处为推荐采用的发明原理序号（矛盾矩阵见附录 1）。矩阵轴由 39 个技术参数组成，每行和每列的表头包含 39 个通用工程中的一个参数（后来扩展成为 48 个工程参数，冲突矩阵是一个 49×49 的矩阵，其中第一行或者第一列是按照顺序排列的 48 个描述冲突的通用工程参数，其余 48 行 48 列形成矩阵。矩阵元素为“，”间隔若干数字，冲突矩阵中，横向排列参数表示恶化的参数，纵向排列参数表示改善的参数，矩阵元素表示推荐使用的 40 条发明原理的序号，提示设计者最有可能成功解决问题的原理和方法，空白处表示的是对应参数不存在冲突或者暂时尚未找到合适的发明原理解决这类技术冲突）。

竖列中的参数为欲改善参数，而横行中的参数为被恶化的参数。这些技术参数代表了系统的普遍特性或者功能，从简单到复杂，可以用来诠释工程学中的不同种类技术矛盾。矛盾矩阵可以解决很多不同种类的问题。为了有效地使用矛盾矩阵，研究人员需要在问题与技术参数之间建立起正确的联系，然后通过正确的提问，澄清问题并思考解决问题的原则。39 个通用工程参数按物理、几何、能力、资源和操控等类别进行分类。任意两个不同的参数就可以表示一种技术矛盾，所以这 39 个通用工程参数两两组合可以以 1482 种最常见、最典型的技术矛盾表示。创新的过程就是消除这些矛盾，让相互矛盾的通用技术参数不再相互制约，从而推动产品向提高理想度的方向发展。实践证明，运用 TRIZ 理论可大大加快人们创造发明的进程，而且能得到高质量的创新产品设计方案，是解决冲突问题的有效工具（39 个工程参数见附录 2）。

1.3.1.1.3 TRIZ 发明原理与矛盾矩阵

TRIZ 中与技术矛盾对应的问题解决工具是发明原理，发明原理是在全世

界专利分析研究的基础上提炼出来的,是对各个领域各类问题解决方法的高度概括,是一种超越领域的原理,具有重要的意义(40条发明原理见附录4)。在经典 TRIZ 理论的形成过程中,Altshuller 研究了大量的发明专利,发现虽然每个专利解决的问题不同,但解决这些问题的原则基本相同。也就是说,虽然在不同领域的解决方案差异很大,但所使用的原则基本上是相似的。Altshuller 总结了这些典型的解决方案,并将其编号,共计 40 条,这就是所谓的发明原理。在大量专利的分析中,他还发现所有工程参数都可以用一系列有限的通用工程参数来描述。之后,他对数量众多的工程参数进行归纳,最终确定并编号 39 个能够表达所有技术矛盾的通用工程参数。

Altshuller 在研究大量专利的过程中发现,由两个相同通用工程参数构成的技术矛盾中,某些发明原理被使用的次数明显要高于其他的发明原理。于是他将 40 条发明原理与 39 个通用工程参数相结合,建立了矛盾矩阵。根据矛盾矩阵,技术人员在解决矛盾问题时就可以直接使用最有效的发明原理,无须花费大量时间和精力去逐个试用 40 条发明原理。矛盾矩阵极大地简化了技术矛盾求解的过程。首先用通俗的语言描述具体问题,再尝试用通用工程参数中的两个参数来定义矛盾双方,然后查找矛盾矩阵,就可以得到 TRIZ 推荐的发明原理,进而以这些发明原理为启发进行扩展,得到解决问题的方案;若是由推荐的发明原理不能得到可行方案,可以选择从另一个角度用另外两个参数重新定义技术矛盾,再查找矛盾矩阵。

1.3.1.2 物理矛盾(冲突)与分离原理

1.3.1.2.1 物理矛盾

物理矛盾是指在同一个技术系统中同一个参数呈两种相反状态,比如,我们希望电脑的屏幕大一些,以便看得更加清楚,但从便于携带的角度考虑又希望它小一点,“大”和“小”就构成了一个物理矛盾。物理矛盾是技术系统中常见的较难解决的一类矛盾,它比技术矛盾更能体现问题的本质。

1.3.1.2.2 分离原理

TRIZ 理论总结出了解决物理矛盾的 4 种分离方法:空间分离、时间分离、条件分离和系统级别分离(整体与部分分离)。这些方法都是为了实现矛盾双方的分离。空间分离原理,顾名思义,是指将矛盾双方在空间上分离,在不同的空间位置满足不同的需求,或者在系统的不同部位满足不同的需求,以降低解决物理矛盾的难度。时间分离原理是指在不同的时间内处理矛盾双方,使系统在一段时间内满足一种需求,在另一段时间内满足另一种需求。条件分离原理是指设置不同的条件实现矛盾双方分离,使系统在不同的条件下满足不同的

需求。系统级别分离原理是指将矛盾双方在不同的系统级别上（子系统、系统、超系统）分离，从而解决物理矛盾。

英国巴斯大学的曼恩（Mann）通过研究，提出了解决物理矛盾（冲突）的分离原理与发明原理之间存在的关系。矛盾（冲突）矩阵及分离原理是 TRIZ 理论重要的创新工具，利用矛盾（冲突）矩阵或分离原理可以找到对应的发明原理，以发明原理为启发点进行思考，通过解决产品技术元件内部的冲突来实现产品的形态与结构的创新设计。对于物理矛盾（冲突），通常利用分离原理进行求解。相关研究表明，对空间分离（在哪里）、时间分离（什么时候）、条件分离和系统级别分离对应的每种分离，已在 40 条创新原理中找出发明原理并形成对应关系（分离原理对应的发明原理见附录 3 和附录 4）。设计者在判定出物理冲突并选定所需的分离原理后，可直接运用创新原理与相关的设计案例提出有启发的创新方案，方便解决问题中存在的矛盾（冲突）。

1.3.2 物质-场模型和标准解

1.3.2.1 物质-场模型

物质-场模型（Su-Field Analysis）是将复杂系统分解为简单系统的有效方法。其基本原理为系统中所有的功能都可分解为两种物质和一种场，即一种功能由两种物质及一种场三个要素构成。由于产品是功能的载体，因此可用物质场模型对产品进行功能分析。利用对目标区域进行物质场分析，构建出相应的技术系统最小问题模型，利用技术系统的最小问题模型来简化问题解决的过程。

物质-场模型是 TRIZ 理论的重要工具，物质-场分析是指从物质和场的角度分析和构造最小技术系统的理论和方法，反映技术系统的结构属性，是对最小技术系统的抽象化和模型化描述。物质-场分析是从功能出发，以图形表示设计系统为基础，建立相互关联的物质-场模型。物质-场分析方法基于以下 3 条基本定律：

（1）技术系统的物质-场模型的所有功能至少包含两种物质（ S_1 和 S_2 ）和一种场（ F ）三个元件。其中物质 S_1 、 S_2 可以是材料、粒子、物质、零件或系统；场（ F ）是一种能量形式。用于描述物质 S_1 、 S_2 之间的相互作用与影响，如热能（ FT ）、机械能（ FME ）、电/磁能（ FE/FM ）、液/气压能（ FH/FP ）、化学作用（ FC ）等。

（2）只有同时满足三个基本元件，功能才能存在。

（3）三个基本元件通过有机组合和相互作用，构成一个功能（见图 1-5）。