

本书获国家自然科学基金青年项目71403240、浙江省自然科学基金
LY13G020001、浙江省教育科学规划项目SCG9资助

· 何以新之丛书 ·

A HANDBOOK OF INNOVATION FOR ENGINEERS

THE SYSTEMATIC APPROACH TO
INVENTIVE PROBLEMS

TRIZ

—— 让 创 新 触 手 可 及 ——

工程师创新手册

发明问题的系统化解决方案

姚威 朱凌 韩旭◎编著



ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS

浙江大学出版社

本书获国家自然科学基金青年项目71403240、浙江省自然科学基金
LY13G020001、浙江省教育科学规划项目SCG9资助

· 何以新之丛书 ·

A HANDBOOK OF INNOVATION
FOR ENGINEERS

THE SYSTEMATIC APPROACH TO
INVENTIVE PROBLEMS



工程师创新手册

发明问题的系统化解决方案

姚威 朱凌 韩旭◎编著

TRIZ



ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS

浙江大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

工程师创新手册: 发明问题的系统化解决方案 / 姚威等编著. —杭州: 浙江大学出版社, 2015. 8

ISBN 978-7-308-14933-4

I. ①工… II. ①姚… III. ①工程师—创造学—手册
IV. ①T-29

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 171495 号

工程师创新手册——发明问题的系统化解决方案

姚 威 朱 凌 韩 旭 编著

责任编辑 李海燕
封面设计 续设计
出版发行 浙江大学出版社
(杭州市天目山路 148 号 邮政编码 310007)
(网址: <http://www.zjupress.com>)
排 版 杭州中大图文设计有限公司
印 刷 杭州杭新印务有限公司
开 本 710mm×1000mm 1/16
印 张 22.25
字 数 412 千
版 次 2015 年 8 月第 1 版 2015 年 8 月第 1 次印刷
书 号 ISBN 978-7-308-14933-4
定 价 62.00 元

版权所有 翻印必究 印装差错 负责调换

浙江大学出版社发行部联系方式: 0571-88925591; <http://zjdxcbbs.tmall.com>

序 一

研究表明,经 TRIZ 培训两天后,有 5%的人会对 TRIZ 着迷。本书作者正是为 TRIZ 着迷的那 5%中的一员。

我与本书作者相识于 2009 年中科院院所联谊会组织的 TRIZ 培训班上,当时我就对他印象深刻,他思维开阔,虚心好学,既创意十足又不失严谨务实,这大概源于他文理交叉的教育背景和认真刻苦的钻研精神。之后我们常常联系,相互学习和切磋。五年之后,当他拿着打印的书稿出现在我面前时,我异常欢喜,就好像自家孩子把奖状捧回家那种感觉。

自 2008 年《关于加强创新方法工作的若干意见》正式实施以来,相关的著作可谓卷帙浩繁。通读本书,感觉与众不同之处有三:

第一,深入浅出。作者多年面向高校及企业开展 TRIZ 理论的培训推广,积累了丰富的丰富教学经验。可贵的是,作者仍能站在初学者的角度引导读者去不断探寻和挖掘 TRIZ 迷宫中的宝藏。本书概念很清晰,结构很合理,案例很生动,很多案例甚至十分有趣,因此这是一本可读性很强的优秀教材。

第二,内容全面,本书结合 TRIZ 理论研究的最新发展,对经典 TRIZ 理论进行了非常全面深入的介绍,包括国内其他著作里鲜有提及的 2003 矛盾矩阵、知识效应库、物-场模型等内容。同时对 TRIZ 理论和工具体系进行了梳理,阐明了 TRIZ 各种工具间的有机联系。

第三,大胆创新,本书结合国内外最新研究成果,深入地剖析了 TRIZ 理论应用于非技术领域的可能性和实现路径,对增加 TRIZ 理论的受众,提升 TRIZ 理论影响力大有裨益。

我与本书作者相识多年,彼此对 TRIZ 理论的研究更有频繁交流。本书的理论价值无需赘言,对于此书编著过程中的辛劳,我更是感同身受,“呕心沥血,著书立说”,是以为序。



2015 年 1 月于求是园

序 二

党的十八大报告明确提出：“实施创新驱动发展战略”。科技创新是提高社会生产力和综合国力的战略支撑，必须摆在国家发展全局的核心位置。要坚持走中国特色自主创新道路，以全球视野谋划和推动创新。

至此创新被提升到了一个前所未有的高度，可以说创新就是“中国梦”，也是每个人的梦想。然而对大多数人来说，创新又是陌生而神秘的，似乎它只是少数天才的专利。传统的创新方法虽然很容易理解，也能解决一些问题，但是，效率很低，成本很高，过程漫长以及失败的可能性非常大等。事实上，创新是有方法的，一旦我们掌握了创新方法，人人都可以成为发明家。

在创新方法中，被世界越来越多的国家所竞相接受、公认为卓有成效的就是 TRIZ——起源于苏联发展于欧美并被喻为“神奇点金术”的发明问题解决理论。TRIZ 理论的核心优势，在于其开发了一套系统化的思维流程，并辅之以完善的知识库。这样的理论体系能够大大提高解决方面问题的效率，其系统化的结构也有利于大范围推广，从而成功将创造力的奥妙展示给每一个需要的人。

作为本书作者的博士导师，我与作者相识多年，在我眼中，他不光是一名勤奋刻苦的学生，更是一位卓有天赋值得信赖的合作伙伴。作者在本书中，文字精炼、图文并茂，精辟地将经典 TRIZ 作了非常全面的介绍，并对经典 TRIZ 理论存在的问题、今后应当努力改进、完善及其发展的方向提出了自己的看法，对广大科技人员、工程技术人员、教师、机关企业领导和管理干部学习创新方法、开拓创新思维、全面掌握 TRIZ 理论无疑是一本好书，给从事 TRIZ 理论研究工作者们提供了一个极好的鉴见。是以为序。

陈 劲

2015 年 3 月于清华园

前 言

“自主创新,方法先行。”TRIZ 理论(俄文“发明问题解决理论”的缩写)是当下最高效的创新方法,是苏联的 1500 多名专家经过数十年对数以百万计的专利文献加以搜集、研究、整理、归纳、提炼和重组,建立起来的一整套体系化的、实用的解决发明问题的理论方法体系。因此,TRIZ 理论的本质是对天才创造成果和创造思维的总结,学习 TRIZ 理论可以使人们快速拥有天才发明家的经验和知识,所以我们说 TRIZ 理论是工程技术人员的“孙子兵法”。

本书将 TRIZ 理论总结为三大核心要素——“理想化的方向”、“系统化的流程”和“结构化的知识库”,内容围绕这三个要素具体展开,共分七章。第一章对 TRIZ 理论的缘起和国内外研究及应用情况进行介绍。第二章介绍 TRIZ 理论的基本概念和主要工具,帮助读者迅速建立起对 TRIZ 理论的整体认识。第三章围绕“理想化的方向”重点介绍“技术系统的进化理论”,着重强调理想度的概念、最终理想解、进化法则以及进化树。第四章以 2003 矛盾矩阵为基础,介绍矛盾分析和创新原理的辨析及应用。第五章主要介绍物-场模型和 76 个标准解,并对每个标准解给予详细的案例说明。第六章介绍知识效应库。第七章主要介绍经典 TRIZ 理论体系的局限及未来发展趋势。

本书强调对 TRIZ 理论中关键概念的剖析和比较,所选教学案例和练习题尽可能贴近生活实际,趣味性和可读性较强,因此适用于广大高校在校大学生和研究生作为系统学习 TRIZ 理论的教材;同时结合编著者多年的 TRIZ 推广经验和实际咨询经历,本书根据 TRIZ 理论研究的最新进展介绍了前人较少涉及的最新研究成果(如 2003 矛盾矩阵、知识效应库、进化树等),优化了各 TRIZ 工具的使用流程,强化了待解决问题与 TRIZ 理论工具间的对应关系,同时也提供了部分实用性较强的综合案例,因此本书也适用于广大一线工程技术人员作为实际应用 TRIZ 理论的指导手册。

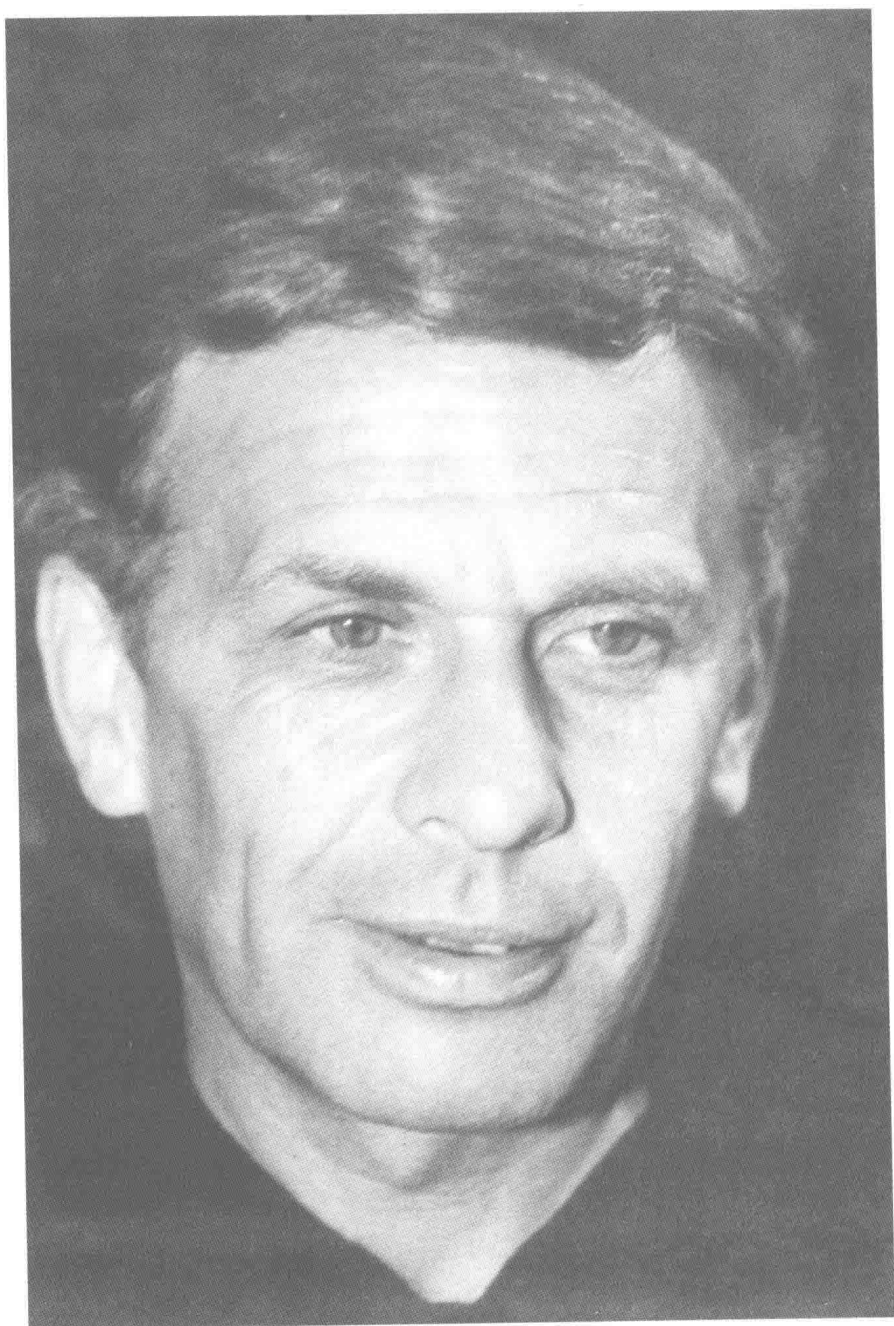
感谢国家自然科学基金、浙江省自然科学基金以及浙江省教育科学规划项目对本研究和本书出版的资助,使得本研究团队有幸成为 TRIZ 理论的学习、研究、应用与推广的探索者。同时感谢浙江大学出版社出版此书。

衷心希望本书能够为更多志同道合的同仁们打开一扇大门,使得更多人关注并投入到 TRIZ 理论的学习和应用中来,共同为实施“创新驱动”战略做出更多的、实际的贡献。

由于水平和时间有限,错漏之处在所难免,敬请广大读者批评指正。

编 者

2015 年 7 月于求是园



根里奇·阿奇舒勒(1926—1998)

目 录

01 TRIZ 的缘起及发展

- 1.1 TRIZ 的发展历程 / 1
- 1.2 TRIZ 在各国的推广应用 / 3
- 1.3 TRIZ 在中国的推广应用 / 5
 - 1.3.1 政府力推 / 5
 - 1.3.2 行业应用 / 6

02 TRIZ 理论的基本概念和工具概览

- 2.1 TRIZ 的基本概念 / 8
 - 2.1.1 发明等级 / 8
 - 2.1.2 技术系统 / 12
 - 2.1.3 矛盾 / 13
 - 2.1.4 资源 / 15
- 2.2 TRIZ 体系之“理想化的方向” / 16
- 2.3 TRIZ 体系之“系统化的流程” / 17
 - 2.3.1 工程参数、矛盾矩阵及发明原理 / 18
 - 2.3.2 物-场模型及 76 个标准解 / 19
 - 2.3.3 科学知识效应库 / 20
 - 2.3.4 发明问题解决算法 / 21
- 2.4 TRIZ 理论与其他创新方法的比较 / 23

2.5 TRIZ 小结 / 25

03 技术系统的进化理论

3.1 理想度的基本概念 / 28

3.2 最终理想解的基本概念 / 29

3.3 最终理想解的训练内容 / 30

3.3.1 寻求最终理想解的思维方式 / 30

3.3.2 最终理想解训练习题 / 30

3.4 技术系统进化的 S 曲线 / 31

3.4.1 S 曲线的基本内涵 / 31

3.4.2 S 曲线族 / 33

3.4.3 S 曲线的应用 / 35

3.5 技术系统的进化法则 / 36

3.5.1 完备性法则 / 39

3.5.2 能量传递法则 / 40

3.5.3 协调性法则 / 41

3.5.4 提高理想度法则 / 42

3.5.5 子系统不均衡进化法则 / 42

3.5.6 向超系统进化法则 / 43

3.5.7 向微观级进化法则 / 44

3.5.8 动态性法则 / 46

3.6 技术系统的进化路线 / 48

3.6.1 从单系统向双系统和多系统转变 / 49

3.6.2 系统裁剪 / 50

3.6.3 系统扩展—裁剪 / 52

3.6.4 物质分割 / 55

- 3.6.5 物质的几何进化 / 57
- 3.6.6 物质内部结构进化 / 61
- 3.6.7 物质表面特性进化 / 62
- 3.6.8 动态化 / 63
- 3.6.9 提高系统元素的可控性 / 69
- 3.6.10 提高系统元素作用的协调程度 / 70
- 3.6.11 深化:构建技术系统进化树 / 72

04 矛盾分析及解决

- 4.1 工程参数 / 80
 - 4.1.1 工程参数的名称及内涵辨析 / 80
 - 4.1.2 提取工程参数训练习题 / 83
- 4.2 发明原理 / 85
 - 4.2.1 发明原理的内涵及实例 / 87
 - 4.2.2 易混淆的发明原理辨析 / 151
 - 4.2.3 扩展阅读:发明原理在抗击非典时的应用 / 152
- 4.3 矛盾矩阵 / 156
 - 4.3.1 运用 2003 矛盾矩阵的流程 / 157
 - 4.3.2 物理矛盾与分离原理 / 162
 - 4.3.3 技术矛盾向物理矛盾转化 / 165
- 4.4 矛盾分析及解决综合案例 / 166

05 物-场分析及标准解系统

- 5.1 物-场模型的概念和构建 / 172
- 5.2 四种基本的物-场模型 / 174
 - 5.2.1 有效的完整物-场模型 / 174
 - 5.2.2 不完整的物-场模型 / 175

- 5.2.3 有害的完整物-场模型 / 175
- 5.2.4 效应不足的物-场模型 / 176
- 5.3 基本物-场模型及其解法训练 / 177
- 5.4 标准解的定义及解析 / 179
 - 第一级 基本物-场模型的标准解 / 179
 - 第二级 增强物-场模型的标准解 / 192
 - 第三级 向双、多级系统或微观级系统进化的标准解 / 217
 - 第四级 测量与检测的标准解 / 223
 - 第五级 简化与改善策略的标准解 / 242

06 科学效应知识库

- 6.1 科学效应的应用模式 / 266
 - 6.1.1 单一效应模式 / 267
 - 6.1.2 串联效应模式 / 267
 - 6.1.3 并联效应模式 / 267
 - 6.1.4 环形效应模式 / 267
 - 6.1.5 控制效应模式 / 268
- 6.2 常用知识库介绍 / 268
 - 6.2.1 学科效应库 / 269
 - 6.2.2 功能库 / 275
 - 6.2.3 属性库 / 275
- 6.3 知识库应用综合案例 / 276

07 TRIZ 的未来发展趋势

- 7.1 TRIZ 理论体系的丰富与完善 / 279
- 7.2 TRIZ 理论体系的革新与简化 / 280
- 7.3 TRIZ 与计算机辅助创新 / 285

- 7.3.1 计算机辅助创新的兴起 / 285
- 7.3.2 计算机辅助创新的基本内涵 / 286
- 7.3.3 TRIZ 与计算机辅助创新 / 287
- 7.4 TRIZ 与其他设计理论的比较与整合 / 290
- 7.5 TRIZ 在非技术领域的扩展应用 / 291
 - 7.5.1 TRIZ 在商业以及管理领域的应用研究 / 291
 - 7.5.2 TRIZ 在各项社会工作领域的应用研究 / 296
 - 7.5.3 结 语 / 297

08 附 录

- 8.1 最终理想解训练习题解析 / 298
- 8.2 提取工程参数训练习题解析 / 300
- 8.3 物-场模型及标准解综合应用案例解析 / 301
- 8.4 思想者专栏解析 / 307
- 8.5 TRIZ 发展历史简表 / 308
- 8.6 TRIZ 全球研究情况 / 311
- 8.7 发明原理案例贡献者 / 318
- 8.8 本书图目录 / 325
- 8.9 本书表目录 / 337
- 8.10 参考书目及文献 / 338

索 引 / 339

后 记 / 341

一个人在黑暗的迷宫中摸索——

或许,会找到一些有用的东西;

或许,会撞得头破血流。

另一个人举着一盏小灯,灯在黑暗中闪烁。

征途中,灯越来越亮,最终变成一盏光芒四射的明灯,

照耀着万物,一览无余。

现在我问你,你的灯在哪里?

——D. I. 门捷列夫

1.1 TRIZ 的发展历程

进入 21 世纪以来,“创新”似乎成了最炙手可热的汉语词汇。人人、时时、处处都在谈论“创新”。党的十八大明确提出实施“创新驱动”战略,将“创新”提升至前所未有的高度。但到底什么是创新,怎样创新?

创新,在很大程度上意味着现实问题的创造性解决。各类创新技法在 20 世纪中叶开始大量涌现。起初研究者们多是对创造性个体所具备的特质进行分析,以分析创造力与人格特征之间的联系;另外一部分研究者,则把重点放在创造力产生的过程中,希望能够找出创造力形成的科学流程,并据此开发出一套适用人群更加广泛的创造力提升方法。这其中,苏联发明家根里奇·阿奇舒勒(Genrich S. Altshuller)所创立的“发明问题解决理论”脱颖而出,该理论通过对高水平发明专利的分析挖掘,总结出各种技术发展进化遵循的客观规律,并提炼出指导人们进行发明创新、解决工程问题的系统化的方法学体系以及知识库。

“发明问题解决理论”的俄文名称为“теории решения изобретательских задач”，将俄文转译成罗马字母之后变为“Teoriya Resheniya Izobreatatelskikh Zadatch”，其首字母缩写为“TRIZ”，此即该理论最常用的称呼，发音/tri:z/。英语通常译作“TIPS”（Theory of Inventive Problem Solving），汉语译作“萃智”，在我国更常见的是直接拼出其英文发音“TRIZ”。

有关 TRIZ 理论的缘起，还要追溯到 20 世纪 40 年代，当时年轻的阿奇舒勒担任苏联海军专利调查员。在因为工作的需要阅读了大量专利文本之后，他敏锐地注意到在这些貌似孤立的专利中存在一些解决问题的通用模式——也就是说，每一个具有创意的专利，基本上都是在解决冲突和矛盾的问题，解决这些冲突和矛盾的基本原理被一再地使用，而且通常是在隔了数年之后。阿奇舒勒据此推论，解决发明问题过程中所寻求的科学原理和法则是客观存在的，大量发明面临的基本问题和矛盾也是相同的，同样的技术创新原理和相应的解决问题方案，会在后来的一次次发明中被重复应用，只是应用的技术领域不同而已。因此将那些已有的知识进行提炼和重组，形成一套系统化的理论，就可以用来指导后来者的发明创新。如果后来的发明家能够拥有早期解决方案的知识，那么他们的发明创新工作将会更为容易。他在当时的笔记中记录下来了他的设想：“一旦我们对大量好的专利进行分析，提取它们的问题解决模式，人们就能够学习这些模式，从而获得创造性解决问题的能力。”

阿奇舒勒随即着手开始验证自己的设想，开发 TRIZ 理论并举办早期研讨班。他于 1956 年首次发表文章“发明创造心理学和技术进化理论”，该文是第一篇正式发表的 TRIZ 论文，介绍了技术冲突、理想化、创造性系统思维、技术系统完整性定律、发明原理等，标志着 TRIZ 理论逐渐进入公众视野。此后，TRIZ 理论在阿奇舒勒全情倾注的耕耘下蓬勃发展，于 1961 年首次出版书籍《如何学会发明》，TRIZ 理论在苏联境内的影响力逐渐提升，成为苏联科学家、发明家以及工程师解决问题的有力武器。20 世纪 70 年代，则诞生了物-场分析、标准解系统、学科效应库等工具的初始版本，TRIZ 理论体系逐步完善。进而，阿奇舒勒于 1985 年提出了经典的 ARIZ-85C，1989 年俄罗斯 TRIZ 学会成立。值此，越来越多的 TRIZ 研究者的加入，为 TRIZ 理论的发展注入新的活力。有关 TRIZ 理论发展历史详细列表，请参见附录 8.5“TRIZ 发展历史简表”。

1.2 TRIZ 在各国的推广应用

TRIZ 理论诞生于 20 世纪 40 年代后期的苏联,其理论深深扎根于工业生产中,并通过问题的解决逐步自我完善,在工业、军事以及航空航天领域展现出前所未有的威力,成为工业时代的“点金术”,在第二次世界大战后为苏联的工业发展提供了强大的推动力,被列为苏联的国家机密。苏联曾经无比强大的综合国力,源自于对创新的重视。其在工业设计部门开展创新实践时规定,设计工程师和创新发明工程师的比例至少为 7:1,也就是说一个 7 人组成的设计工程师团队中至少要配备 1 名创新发明工程师,以保证产品的创新性。与此同时,苏联,以及现今的俄罗斯,对 TRIZ 理论的重视尤其体现在教育方面——苏联曾将注重国民创新能力开发的内容写入宪法中。在阿塞拜疆的巴库、圣彼得堡等地建立了许多具有代表性的 TRIZ 学校,其主要宗旨是训练学生的创新思维,扎实掌握 TRIZ 方法,从而具备解决各种发明创造问题的能力。

在现今的俄罗斯,TRIZ 发展的重心进一步侧重于教育。2012 年,时任俄罗斯 TRIZ 协会会长的基斯洛夫·亚历山大在“科技创新与方法应用国际研讨会”上介绍,当下俄罗斯的 TRIZ 工作,接近一半是面向从少年儿童到大学生等学生群体的推广教育。莫斯科鲍曼国立技术大学、莫斯科国立交通大学等院校开设了“工程创作和科研基础”、“工程创作方法和模型”等一系列基于 TRIZ 的课程,供相关专业的学生修读。针对少年儿童,也有《看,发明家来了!》等一系列经典教材,用生动有趣、浅显易懂的案例为其讲授 TRIZ,并且举办各种类型的创新设计比赛供其大显身手。

TRIZ 理论真正在国际范围内得到充分而广泛的研究,是在苏联解体之后,相当一部分 TRIZ 专家移居西方国家(以美国、英国和以色列居多)。他们将 TRIZ 理论带出苏联,在世界各地开花结果,从而使得 TRIZ 得到了极大的丰富和拓展。世界各国陆续成立了 TRIZ 协会以及相应的研究机构,其主要研究者及成果参见附录 8.6“TRIZ 全球研究情况”。

具体来讲,TRIZ 在世界各国的研究和推广,取得了以下几个方面的成果:

第一,TRIZ 理论自身的发展完善。以色列的 TRIZ 专家 Filkovsky 认为,对 TRIZ 庞大理论体系的简化和整合势在必行,他以 TRIZ 理论中经典的“小人法”为出发点,提出了 TRIZ 的简化模型——系统化创新思想(Systematic Inventive Thinking,简称 SIT)。1995 年,Sickafus 博士将 SIT 思想应用到福特公司,并据此建立了一套专用于企业内部培训的方法体系,称为统一结构化创

新思维 USIT(Unified Structured Inventive Thinking),该方法致力于短期内(3~7天)使被培训者掌握系统化的解决创新问题的流程,从而更加有利于大规模传授推广。

第二,TRIZ 与其他先进设计方法的融合,其中美国和日本在该领域占主导地位。20 世纪 90 年代中期以来,美国供应商协会(American Supplier Institute,简称 ASI)一直致力于 TRIZ 理论与六西格玛(6 σ)、质量功能展开(Quality Function Development,简称 QFD)、田口方法(Taguchi Method)等现代管理方法的整合提升,改进产品设计与生产的哲学理念,推进现代化制造业的本质提升。

第三,以 TRIZ 理论为基础的计算机辅助创新(Computer Aided Innovation,简称 CAI)是现今新产品开发中的一项关键技术。当下的产品设计愈发复杂,单凭人脑已经无法搜集并分析海量的专利方案以及设计信息,计算机辅助创新能够极大地提高创新设计人员的工作效率和效果,将知识转化为有组织的、可搜索的、可共享的。因此,各国都致力于 CAI 的研究和相应软件的开发,目前较为成熟的创新方法软件有:美国 Invention Machine 公司的 Goldfire Innovator、美国 Ideation International 公司的 Innovation WorkBench(IWB)、美国 IWINT 公司的 Pro/Innovator(中国的亿维讯公司被授权使用该平台)、比利时 CREAX 公司的 CREAX Innovation Suite 以及乌克兰 TriSolver GmbH & Co. KG 公司的 TriSolver 等。我国的 CAI 软件有河北工业大学 TRIZ 研究中心研发的 Invention Tool 软件。

第四,TRIZ 在各行各业中被广泛应用,帮助解决实际问题。其范畴不仅局限于化工、医药、机械、电子等工程技术领域,生物科学、社会科学、政府管理等非工程技术领域也已经涵盖在内。其中,美国的福特、波音、通用汽车、3M,德国的博世、西门子以及韩国的三星电子等公司都是 TRIZ 理论的受益者。从 1997 年开始,三星公司开始了 TRIZ 理论的学习和应用研究,制定出了价值创新计划(Value Innovation Program),并且邀请了俄罗斯 TRIZ 专家在研发部门进行技术创新理论的培训。1998 年,三星先进技术研究院(SAIT)应用 TRIZ 理论为该公司解决了大量的技术创新问题,节省了千万美元的研发资金。此后,三星公司在美国的发明专利授权量和排名呈稳步上升趋势。2001 年,三星公司引入了创新能力认证计划(Innovation Master Program),将 TRIZ 理论成功地应用到半导体和打印机的设计项目中,为公司创造了巨大的经济效益,并产生了数十项发明专利。2002 年,三星公司开始实施创新能力认证计划,TRIZ 理论被引入到六西格玛黑带课程中,公司也首次举办了年度 TRIZ 节。

在社会工作以及政府管理领域,TRIZ 理论的成功应用是在 2003 年“非典”