

工业控制与智能制造丛书

SYSTEMATIC
INNOVATION IN INDUSTRY

工业创新 方法与实践

刘勇谋 主编



机械工业出版社
China Machine Press

工业控制与智能制造丛书

SYSTEMATIC
INNOVATION IN INDUSTRY

工业创新 方法与实践

刘勇谋 主编

王治国 王志刚 王鹏（大） 王鹏（小）



机械工业出版社
China Machine Press

图书在版编目(CIP)数据

工业创新方法与实践 / 刘勇谋主编. —北京: 机械工业出版社, 2016.6
(工业控制与智能制造丛书)

ISBN 978-7-111-53991-9

I. 工… II. 刘… III. 制造业—技术革新—研究—中国 IV. F426.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 123074 号

工业创新方法与实践

出版发行: 机械工业出版社 (北京市西城区百万庄大街 22 号 邮政编码: 100037)

责任编辑: 刘立卿

责任校对: 殷虹

印刷: 北京瑞德印刷有限公司

版次: 2016 年 6 月第 1 版第 1 次印刷

开本: 170mm×242mm 1/16

印张: 17.5

书号: ISBN 978-7-111-53991-9

定价: 69.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

客服热线: (010) 88379426 88361066

投稿热线: (010) 88379604

购书热线: (010) 68326294 88379649 68995259

读者信箱: hzit@hzbook.com

版权所有·侵权必究

封底无防伪标均为盗版

本书法律顾问: 北京大成律师事务所 韩光 / 邹晓东

自 2003 年起,编者及其所带团队开始在国内向企业和高校推广系统创新方法,搭建系统创新平台,同时,还为国内近 200 家企业完成了超过 500 项系统创新项目。

经过多年来的系统创新实践,编者发现,众多进行产品研发、工艺研发和创新管理的技术人员和管理人员,亟须一本深入浅出、理论全面、通俗易懂且案例丰富的参考书,用于指导或启发企业实现技术创新。针对这一现状,编者本着学以致用、知行合一的思想,精心筛选了若干种系统创新相关理论,并设计了若干个以广大读者喜闻乐见的日常用品为主的系统创新案例,编写了本书,目的是将系统创新的方法学原理介绍给广大从事自主设计和自主研发的人员。

事实上,作为一门新兴学科,系统创新理论和技术仍在不断发展和变化中,有些理论本书暂未收入,但并不意味着那些理论不能用于系统创新工作,这一点相信广大读者能够理解。

本书包括理论篇和实例篇两部分,共分 17 章。其中第 1 章“TRIZ 基础”由刘勇谋编写,第 2 章“价值工程”和第 7 章“六西格玛设计”由王治国编写,第 3 章“质量功能展开”由王鹏(小)编写,第 4 章“潜在失效模式及后果分析”由王鹏(大)编写,第 5 章“田口方法”和第 8 章“专利常识”由江平编写,第 6 章“公理设计”由王志刚编写。实例篇第 9 ~ 17 章由上述作者联合编写。

感谢机械工业出版社华章公司计算机出版中心的王颖副总编,她对本书的出版提出了很多建设性的意见。

感谢中国自动化联盟的王健秘书长,他对本书的出版给予了极大的帮助。

由于编者水平和能力有限,书中可能存在一些缺陷和不足,希望广大读者批评指正。

目 录 Contents

前 言

理 论 篇

第1章 TRIZ 基础	2
1.1 阿奇舒勒传奇及 TRIZ 发展历程	2
1.2 基本概念	6
1.2.1 冲突	6
1.2.2 解的级别	7
1.2.3 物-场模型	8
1.2.4 资源	9
1.2.5 系统理想度、理想机器及最终理想解	10
1.3 基本方法	11
1.3.1 冲突消解方法	11
1.3.2 物-场分析方法	16
1.3.3 资源解题方法	16
1.3.4 科学效应解题方法	17
1.3.5 标准解方法	18
1.3.6 进化法则方法	20
1.3.7 思维定式消除方法	24
1.3.8 S 曲线方法	27

1.3.9 系统功能建模及裁剪法	30
1.3.10 ARIZ 方法	34
参考文献	35
第2章 价值工程	36
2.1 产生背景	36
2.2 发展历程	37
2.3 基本概念	37
2.3.1 价值	38
2.3.2 功能	38
2.3.3 寿命周期成本	39
2.4 基本方法	40
2.4.1 价值工程的工作程序	40
2.4.2 价值工程对象选择和信息收集	41
2.4.3 功能分析与评价	43
2.4.4 方案创新与评价	44
2.5 应用实例	45
2.5.1 实例背景	45
2.5.2 确定价值工程的分析对象	45
2.5.3 功能分析与功能评价	45
2.5.4 方案创新	47
2.5.5 方案评价	48
参考文献	49
第3章 质量功能展开	50
3.1 产生背景	50
3.2 发展历程	51
3.3 基本概念	51
3.3.1 质量功能展开的概念	51
3.3.2 质量功能展开的基本原理	52
3.3.3 质量屋	53

3.4 基本方法	54
3.4.1 赤尾模式	54
3.4.2 四阶段模式	54
3.5 应用实例	55
3.5.1 顾客需求	56
3.5.2 产品规划	56
3.5.3 零件规划	61
3.5.4 工艺规划	63
3.5.5 质量控制规划	66
参考文献	68
 第4章 潜在失效模式及后果分析	 69
4.1 产生背景	69
4.2 发展历程	69
4.3 基本概念	70
4.3.1 FMEA	70
4.3.2 SFMEA (CFMEA)	71
4.3.3 DFMEA	71
4.3.4 PFMEA	72
4.3.5 失效	72
4.3.6 功能	72
4.3.7 失效模式	73
4.3.8 失效原因	73
4.3.9 失效影响	73
4.3.10 过程确认	73
4.3.11 设计确认	73
4.3.12 现行控制	73
4.3.13 数据	74
4.3.14 可靠性	74
4.3.15 FMEA 分析表	74
4.3.16 RPN	76

4.4 基本方法	77
4.4.1 FMEA 项目实施步骤	77
4.4.2 FMEA 表的实施步骤	80
4.5 应用实例	81
参考文献	81
 第5章 田口方法	 88
5.1 产生背景	88
5.2 发展历程	89
5.3 基本概念	90
5.3.1 品质	90
5.3.2 品质特性	90
5.3.3 品质损失函数	90
5.3.4 控制因子	90
5.3.5 信号因子	91
5.3.6 干扰因子	91
5.3.7 S/N	91
5.3.8 直交表	91
5.4 田口方法的实施步骤	92
5.5 应用实例	93
5.5.1 选定品质特性	93
5.5.2 判定品质特性的理想机能	93
5.5.3 寻找所有影响此品质特性的因子	94
5.5.4 定出信号因子的水准	94
5.5.5 定出控制因子的水准	94
5.5.6 定出干扰因子的水准，必要的话，进行干扰实验	94
5.5.7 选定适当的直交表，并安排完整的实验计划	94
5.5.8 执行实验，搜集数据	95
5.5.9 资料分析	96
5.5.10 确认实验	98
参考文献	98

第6章 公理设计	99
6.1 产生背景	99
6.2 发展历程	100
6.3 基本概念	100
6.3.1 域	100
6.3.2 名词定义	101
6.3.3 映射与设计方程	101
6.3.4 设计公理	102
6.3.5 耦合设计、冗余设计和理想设计	102
6.3.6 推理和定理	103
6.4 基本方法	106
6.4.1 分解、层次和反复迭代	106
6.4.2 第一公理：独立公理	107
6.4.3 第二公理：信息公理	108
6.5 应用实例	111
参考文献	115
第7章 六西格玛设计	116
7.1 产生背景	116
7.2 发展历程	117
7.3 基本概念	118
7.3.1 六西格玛的统计含义	118
7.3.2 六西格玛的管理含义	119
7.4 基本方法	119
7.4.1 六西格玛改进模式	120
7.4.2 六西格玛设计模式	120
7.4.3 六西格玛设计的主要工具	123
7.5 应用实例	126
7.5.1 六西格玛改进实例	126
7.5.2 六西格玛设计实例	127

参考文献	129
第8章 专利常识	130
8.1 授予专利权的实质条件	130
8.2 专利的申请	130
8.3 专利的优先权	131
8.4 专利权的期限	131
8.4.1 美国专利	131
8.4.2 日本专利	131
8.4.3 德国专利	131
8.4.4 英国专利	132
8.4.5 法国专利	132
8.4.6 加拿大专利	132
8.4.7 意大利专利	132
8.4.8 欧洲专利	132
8.4.9 韩国专利	132

实 例 篇

第9章 如何提出创新问题	134
9.1 基于公理设计提出创新问题	134
9.1.1 独立公理的应用	134
9.1.2 信息公理的应用	135
9.2 基于 FMEA 提出创新问题	136
9.2.1 风险优先数 RPN 的应用	136
9.2.2 严重度 S 的应用	138
9.3 基于质量功能展开提出创新问题	140
9.4 基于 TRIZ 提出创新问题	141
9.5 基于价值工程提出创新问题	142
参考文献	144

第 10 章 如何建立创新问题模型	145
10.1 如何进行单一功能描述	145
10.2 如何用中性语言描述系统	145
10.3 基于功能模型的裁剪	147
10.4 如何进行创新问题剖析	149
参考文献	151
第 11 章 如何解决创新问题	152
11.1 消解冲突解决创新问题	152
11.1.1 消解物理冲突	152
11.1.2 消解技术冲突	155
11.2 利用资源解决创新问题	160
11.3 利用系统进化模式解决创新问题	161
11.4 利用标准解解决创新问题	165
11.4.1 第一类标准解和第二类标准解	165
11.4.2 第三类标准解：系统传递到双系统、多系统或微观水平	168
11.4.3 第四类标准解：探测和测量的标准解法	171
11.4.4 第五类标准解：简化与改善策略标准解	173
11.5 功能导向搜索	175
11.6 利用科学效应解决创新问题	177
11.7 如何解决衍生问题	178
11.8 思维定式去除	179
11.8.1 小智人法	179
11.8.2 九屏法	180
11.8.3 DTC 算子	181
11.8.4 金鱼法	183
参考文献	185
第 12 章 如何评估创新方案	186
12.1 专家评估法	186

12.1.1 单专家评估法	186
12.1.2 多专家评估法	187
12.2 如何确定评估参数	188
12.3 解的级别	189
12.4 利用 FMEA 对创新方案进行评估	191
12.5 价值工程方案评价	194
第 13 章 怎样设计新系统和混合系统	196
13.1 怎样设计一个新系统	196
13.1.1 基于 AD 和 TRIZ 设计新系统	196
13.1.2 基于 TRIZ 创新理论的新系统设计	201
13.1.3 六西格玛设计	207
13.2 怎样设计一个混合系统	215
13.2.1 基于 AD 和 TRIZ 设计混合系统	215
13.2.2 基于 TRIZ 设计混合系统	217
参考文献	219
第 14 章 怎样改进现有产品	220
14.1 如何消除产品缺陷或失效	220
14.1.1 基于 TRIZ 和 FMEA 消除产品缺陷	220
14.1.2 基于六西格玛消除产品缺陷	227
14.1.3 基于 TRIZ 创新理论和田口方法的产品缺陷消除	230
14.2 如何降低成本: 基于 TRIZ 和 VE 的产品改进	238
14.3 怎样改进现有产品	241
参考文献	243
第 15 章 如何进行特定目标的产品改进	244
15.1 提出创新问题	244
15.2 建立问题模型	244
15.3 求解创新问题	245

第 16 章 如何进行专利规避..... 247

16.1 确定规避对象..... 247

16.2 定义规避问题..... 248

16.3 解决规避问题..... 251

16.4 评估创新方案..... 253

参考文献..... 253

第 17 章 如何进行产品的技术进化趋势分析..... 254

17.1 如何建立产品的 S 曲线..... 254

17.2 如何判断产品在 S 曲线上所处的时期..... 256

附录 1 冲突矩阵..... 258

附录 2 40 个发明原理..... 260

附录 3 76 个标准解..... 265



理论篇

- 第 1 章 TRIZ 基础
- 第 2 章 价值工程
- 第 3 章 质量功能展开
- 第 4 章 潜在失效模式及后果分析
- 第 5 章 田口方法
- 第 6 章 公理设计
- 第 7 章 六西格玛设计
- 第 8 章 专利常识

TRIZ 基础

我不但自己发明，我还有责任帮助那些想发明创造的人。

——根里奇·斯拉维奇·阿奇舒勒

1.1 阿奇舒勒传奇及 TRIZ 发展历程^[1]

我们知道，TRIZ 是俄文 *ория Решения Изобре ТаТелЪских ЗаДаЧ* 的缩写，对应的英文缩写为 TIPS (Theory of Inventive Problem Solving)，意为创造性问题解决理论。谈到 TRIZ，就必须先介绍一下 TRIZ 的奠基者——根里奇·斯拉维奇·阿奇舒勒 (Genrich S. Altshuller, 1926—1998)，这位在人类科技进步史上可与发现化学元素周期表的德米特里·门捷列夫 (Dmitri Ivanovich Mendeleev, 1834—1907) 媲美的人物。

根里奇·斯拉维奇·阿奇舒勒 1926 年 10 月 15 日出生在苏联的塔什罕干，早在他 14 岁时，他就获得了一个“作者证书”（苏联的专利证书），其专利作品是一种利用过氧化氢分解来获取氧气的水下呼吸装置。15 岁的时候，他制作了一条船，船上就装了他发明的使用碳化物做燃料的喷气发动机。

阿奇舒勒的出众之处，不仅在于他年少时已成为一个发明家，而且在于他对隐藏在发明家头脑深处的发明技法有着更为浓厚的兴趣。他坚定地认为：发明者的成果，除了灵感爆发，一定还隐藏着某种方法，这种方法一旦被找到或揭示出来并传授给大众，则人人都可以成为发明家或解决问题的高手。而促使他产生这一信念的起因，却是来自于他年少时的一段亲身经历。

我们知道，苏联位于高纬度地区，冬季十分寒冷，由于取暖的原因，冬季的电力负荷很高，这常常会造成变压器的损坏。一次，阿奇舒勒所居住小区的变压器就在寒冷的冬天损坏了，由于这时的供电局忙于处理大量的类似事故，因而维修装备根本忙不过来，这样，供电局就出台了一个临时性的政策：哪个小区能够自行将损坏的变压器卸下，就优先给哪个小区更换新的变压器。然而，在没有专用升降设备的情况下，如何才能卸下变压器呢？这时，居住在阿奇舒勒小区的一个会计，给出了一个很巧妙的解决方案：先用四块长长的木板将变压器围住，在切断线路之后，向围好的木板内泼水，由于天气寒冷，很快，围起的木板中间就冻成了冰块，去掉木板后，在冰块的下部点火，这时，奇迹出现了！在没有借助任何专用设备的条件下，冻在冰里的变压器缓缓地落在了地面上！

在类似这样的经历的激发之下，执着的阿奇舒勒终于在 1946 年，经过对近 250 万份高水平专利的研究之后，找到了发明背后存在的一些技法，并据此提出了 TRIZ 理论！

为了验证这些理论，阿奇舒勒随后用 TRIZ 理论中的方法做出了多项发明。如排雷装置（获得苏联发明竞赛一等奖）、船用火箭发动机、无法移动潜水艇的逃生方法等等，其中多项发明被列为苏联的最高军事机密，鉴于此，阿奇舒勒被安排到海军专利局担任专利评审官。

海军专利局局长是个喜欢奇思妙想的人，一次，他让阿奇舒勒为他的一个念头想出答案：给困在敌区的士兵找出不用任何外界支援而逃脱的办法。为解决这个问题，阿奇舒勒发明了一种新型装备——一种由普通药物制作的剧毒化学品，这是一项很好的发明，他因此得到了国家安全部（克格勃的前身）首脑贝利亚的亲自接见。

1948 年 12 月，阿奇舒勒在其同学拉菲尔·沙佩罗的劝说下，给斯大林写了一封引来危险的信，他向这位当时苏联的最高领导人指出，苏联普遍缺乏创新精神，在信的末尾，他还表达了更强烈的想法：他有一种可以帮助工程师进行发明的理论，这种理论能够带来可观的效果，并可以引起技术世界的一场革命！

1950 年，阿奇舒勒和他的同学突然得到通知，让他们到格鲁吉亚的第比利斯报到，然而，当他们到达后却被逮捕了。他们被指控为利用发明技术进行阴谋破坏，判刑 25 年。

在审讯室，由于阿奇舒勒拒绝签署认罪书，他被定为“连轴审讯”对象：白天不许睡觉，夜晚通宵审讯！阿奇舒勒明白，如果这样下去，他将生存无望。利用他的 TRIZ 理论，他将问题定义为：我怎么才能同时既睡觉又不睡觉呢？乍一看，这项任务似乎很难完成。他被允许的只能是在椅子上坐着，不能闭眼。

这意味着：为了对付监管人员的检查，他的眼睛必须睁着；而为了睡觉，他的眼睛又必须闭着！同样，利用他的 TRIZ 理论，他找到的解决办法是：从烟盒上撕下两片纸，用烧过的火柴头在每片纸上画上黑眼珠。将两片“纸眼珠”蘸上口水后粘在他闭着的眼睛上，然后他就坐着，朝着牢房门的窥视孔，安然入睡！这样下来的结果是：阿奇舒勒天天精神抖擞，他的审讯者们却最终疲惫至极！

后来，阿奇舒勒被转到西伯利亚的古拉格，他在那里每天工作 12 h。想到这样繁重的劳动难以支持下去，他向自己提问：“哪种情况更好些？是继续工作，还是拒绝工作而被监禁起来？”他选择监禁而被转到监狱和罪犯关在一起。

后来，他又被转到另一个集中营，这里关押着很多高级知识分子（科学家、律师、建筑设计师），大部分人都在郁郁等死。为了使这些人燃起生之希望，阿奇舒勒开启了他的著名的“一个学生的大学”。每天用 12 ~ 14 h，他挨个到每个重新激起生活热情的教授那里去听课，就这样，他完成了他的“大学教育”。

在古拉格集中营的瓦库塔煤矿，他每天利用 12 ~ 14 h 研究 TRIZ 理论，并不断地为煤矿发生的紧急技术问题出谋献策。没有人相信这个年轻人是第一次在煤矿工作，他们都认为他在骗人，矿长更不愿意相信：是 TRIZ 理论和方法在帮助阿奇舒勒解决问题。

斯大林去世一年半后，阿奇舒勒被释放了。在他返回巴库时才知道自己的母亲因为看不到与儿子重逢的希望而自杀了。

1956 年，阿奇舒勒和沙佩罗合写的文章“发明创造心理学”在苏联的《心理学问题》杂志上发表了。对研究创造性心理过程的科学家来说，这篇文章无疑是一枚重磅炸弹。因为在此之前，苏联和其他国家的心理学家都一致认为：发明是由偶然顿悟产生的！而阿奇舒勒发明的 TRIZ 理论，彻底地颠覆了这一观点。

1961 年，阿奇舒勒出版了他的第一本书《如何学会发明》。在这本书里，他嘲笑人们普遍接受的看法，即发明家是天生的。他也批评了试错法。

为了使他的理论得到认可，1959 年，阿奇舒勒给苏联最高专利机构 VOIR（苏联发明创造者联合会）写了一封信，他要求得到一个证明自己理论的机会。但直到 9 年后，在写了上百封信后，他才终于得到了回信，信中要求他在 1968 年 12 月之前到格鲁吉亚的津塔里举行一个关于发明方法的研讨会。

这是关于 TRIZ 理论的第一个研讨会，也是阿奇舒勒首次遇到了后来成为他的学生的人。随后，这些年轻的工程师（以后还有更多的人）在各自的城市开办了 TRIZ 学校，成千上万的在 TRIZ 学校受过培训的人，邀请阿奇舒勒去苏联不同的城市举办研讨会和 TRIZ 学习班。