

TRIZ

何·以·新·之·丛·书

工程师创新手册(进阶)

CAFE-TRIZ方法与知识库应用

姚威 韩旭 储昭卫 胡顺顺◎著

让天下没有难做的创新

An Advanced Handbook of Innovation
for Engineers

— *The CAFE-TRIZ Method and Effects Database*



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. 进阶: CAFE-TRIZ 方法与知识库应用 / 姚威等著. —杭州: 浙江大学出版社, 2019. 3
ISBN 978-7-308-19011-4

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 (2019) 第 043901 号

工程师创新手册(进阶)——CAFE-TRIZ 方法与知识库应用

姚 威 韩 旭 储昭卫 胡顺顺 著

责任编辑 李海燕
责任校对 张培洁
封面设计 雷建军
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 杭州好友排版工作室
印 刷 杭州高腾印务有限公司
开 本 710mm×1000mm 1/16
印 张 16.5
字 数 315 千
版 印 次 2019 年 3 月第 1 版 2019 年 3 月第 1 次印刷
书 号 ISBN 978-7-308-19011-4
定 价 52.00 元

版权所有 翻印必究 印装差错 负责调换

浙江大学出版社市场运营中心联系方式: (0571) 88925591; <http://zjdxcs.tmall.com>

目 录

01

系统化创新方法介绍及发展趋势

- 1.1 发明问题解决理论(TRIZ)简介 / 1
- 1.2 TRIZ 基本概念及工具介绍 / 2
 - 1.2.1 发明等级 / 2
 - 1.2.2 技术系统 / 6
 - 1.2.3 功能及功能的抽象表述 SVOP / 7
 - 1.2.4 属性 / 8
 - 1.2.5 理想度 / 9
 - 1.2.6 理想化最终结果 / 10
 - 1.2.7 资源 / 11
 - 1.2.8 矛盾与工程参数 / 12
 - 1.2.9 矛盾矩阵及发明原理 / 13
 - 1.2.10 科学知识效应库 / 14
- 1.3 系统化创新方法理论体系的发展趋势 / 15
 - 1.3.1 TRIZ 解题流程的标准化 / 16
 - 1.3.2 TRIZ 与其他创新方法的集成应用 / 18
 - 1.3.3 TRIZ 理论体系的简化及革新 / 29
- 1.4 系统化创新方法的比较评价 / 31

02

C-K 理论简介

- 2.1 C空间和K空间 / 33
- 2.2 四个算子的内涵 / 34
- 2.3 C-K 理论视角下的设计流程 / 35
- 2.4 C-K 理论的应用及发展 / 38
 - 2.4.1 对 C-K 理论的实施和验证 / 38
 - 2.4.2 对 C-K 理论的改进 / 38

2.4.3 在创新方法评价领域的应用 / 39

03 C-K 理论视角下系统化创新方法评价

- 3.1 对经典 TRIZ 矛盾矩阵法的评价 / 41
 - 3.1.1 C-K 理论视角下的经典 TRIZ 矛盾矩阵方法 / 41
 - 3.1.2 C-K 理论视角下经典 TRIZ 矛盾矩阵法的评述 / 42
- 3.2 对 USIT 的评价 / 43
 - 3.2.1 C-K 理论视角的 USIT 方法 / 43
 - 3.2.2 C-K 理论视角下 USIT 方法的评述 / 44
- 3.3 对 ASIT 的评价 / 46
 - 3.3.1 C-K 理论视角下 ASIT 方法的流程 / 46
 - 3.3.2 C-K 理论视角下 ASIT 方法的评述 / 47
- 3.4 C-K 理论视角下系统化创新方法评价结论 / 48
 - 3.4.1 三种系统性创新方法特征横向比较 / 48
 - 3.4.2 理想化创新方法应具备的特征 / 49
 - 3.4.3 系统性创新方法评价比较未来展望 / 50

04 CAFE-TRIZ 方法应用流程

- 4.1 步骤 1: 工程问题描述 / 51
 - 4.1.1 步骤 1.1: 系统工作原理描述 / 52
 - 4.1.2 步骤 1.2: 现存问题及产生条件描述 / 52
 - 4.1.3 步骤 1.3: 对新系统的定量要求 / 53
- 4.2 步骤 2: 系统约束识别 / 53
 - 4.2.1 步骤 2.1: 功能型约束分析及识别 / 54
 - 4.2.2 步骤 2.2: 资源型约束分析及识别 / 58
- 4.3 步骤 3: 消除功能型约束 / 59
 - 4.3.1 步骤 3.1: 运用功能配置法 / 59
 - 4.3.2 步骤 3.2: 运用效应库进行事中事后补救 / 60
 - 4.3.3 步骤 3.3: 运用效应库进行事先预防 / 69
- 4.4 步骤 4: 消除资源型约束 / 71
 - 4.4.1 步骤 4.1: 系统维度资源搜寻法 / 72
 - 4.4.2 步骤 4.2: 操作维度资源搜寻法 / 73
 - 4.4.3 步骤 4.3: 进化维度资源搜寻法 / 73
- 4.5 步骤 5: 构建综合解决方案 / 74
 - 4.5.1 步骤 5.1: 方案汇总及评价 / 74

- 4.5.2 步骤 5.2:方案改进及综合 / 75
- 4.6 CAFE-TRIZ 方法的优势分析 / 75

05 综合案例 1:降低智能锁电容式触摸按键故障率

- 5.1 步骤 1:工程问题描述 / 78
 - 5.1.1 步骤 1.1:系统工作原理描述 / 78
 - 5.1.2 步骤 1.2:现存问题及产生条件描述 / 78
 - 5.1.3 步骤 1.3:对新系统的定量要求 / 79
- 5.2 步骤 2:系统约束识别 / 80
 - 5.2.1 步骤 2.1:功能型约束分析及识别 / 80
 - 5.2.2 步骤 2.2:资源型约束分析及识别 / 81
- 5.3 步骤 3:消除功能型约束 / 82
 - 5.3.1 步骤 3.1:运用功能配置法 / 82
 - 5.3.2 步骤 3.2:运用效应库进行事中事后补救 / 83
 - 5.3.3 步骤 3.3:运用效应库进行事先预防 / 85
- 5.4 步骤 4:消除资源型约束 / 86
 - 5.4.1 步骤 4.1:系统维度资源搜寻法 / 86
 - 5.4.2 步骤 4.2:操作维度资源搜寻法 / 87
 - 5.4.3 步骤 4.3:进化维度资源搜寻法 / 87
- 5.5 步骤 5:构建综合解决方案 / 88
 - 5.5.1 步骤 5.1:方案汇总及评价 / 88
 - 5.5.2 步骤 5.2:方案改进及综合 / 90
- 5.6 经典 TRIZ 解题流程对比 / 91
 - 5.6.1 系统功能分析 / 91
 - 5.6.2 系统因果分析 / 92
 - 5.6.3 确定问题突破点 / 93
 - 5.6.4 运用矛盾矩阵及发明原理解决问题 / 93
 - 5.6.5 运用物-场模型及标准解解决问题 / 93
 - 5.6.6 CAFE-TRIZ 与经典 TRIZ 的概念解对比 / 96

06 综合案例 2:降低自动分拣机大转盘直线电机温度

- 6.1 步骤 1:工程问题描述 / 98
 - 6.1.1 步骤 1.1:系统工作原理描述 / 98
 - 6.1.2 步骤 1.2:现存问题及产生条件描述 / 99
 - 6.1.3 步骤 1.3:对新系统的定量要求 / 99

- 6.2 步骤 2:系统约束识别 / 99
 - 6.2.1 步骤 2.1:功能型约束分析及识别 / 99
 - 6.2.2 步骤 2.2:资源型约束分析及识别 / 100
- 6.3 步骤 3:消除功能型约束 / 102
 - 6.3.1 步骤 3.1:运用功能配置法 / 102
 - 6.3.2 步骤 3.2:运用效应库进行事中事后补救 / 102
 - 6.3.3 步骤 3.3:运用效应库进行事先预防 / 105
- 6.4 步骤 4:消除资源型约束 / 105
 - 6.4.1 步骤 4.1:系统维度资源搜寻法 / 105
 - 6.4.2 步骤 4.2:操作维度资源搜寻法 / 107
 - 6.4.3 步骤 4.3:进化维度资源搜寻法 / 108
- 6.5 步骤 5:构建综合解决方案 / 108
 - 6.5.1 步骤 5.1:方案汇总及评价 / 108
 - 6.5.2 步骤 5.2:方案改进及综合 / 110

07 综合案例 3:改善工业缝纫机牙架处漏油

- 7.1 步骤 1:工程问题描述 / 111
 - 7.1.1 步骤 1.1:系统工作原理描述 / 111
 - 7.1.2 步骤 1.2:现存问题及产生条件描述 / 112
 - 7.1.3 步骤 1.3:对新系统的定量要求 / 112
- 7.2 步骤 2:系统约束识别 / 112
 - 7.2.1 步骤 2.1:功能型约束分析及识别 / 112
 - 7.2.2 步骤 2.2:资源型约束分析及识别 / 114
- 7.3 步骤 3:消除功能型约束 / 114
 - 7.3.1 步骤 3.1:运用功能配置法 / 114
 - 7.3.2 步骤 3.2:运用效应库进行事中事后补救 / 116
 - 7.3.3 步骤 3.3:运用效应库进行事先预防 / 118
- 7.4 步骤 4:消除资源型约束 / 118
 - 7.4.1 步骤 4.1:系统维度资源搜寻法 / 118
 - 7.4.2 步骤 4.2:操作维度资源搜寻法 / 120
 - 7.4.3 步骤 4.3:进化维度资源搜寻法 / 121
- 7.5 步骤 5:构建综合解决方案 / 121
 - 7.5.1 步骤 5.1:方案汇总及评价 / 121
 - 7.5.2 步骤 5.2:方案改进及综合 / 122

08 科学效应库云平台“创新咖啡厅”介绍

- 8.1 创新咖啡厅云软件开发理念 / 124
- 8.2 TRIZ 工具与创新咖啡厅云软件概况 / 125
- 8.3 矛盾模块使用介绍 / 127
 - 8.3.1 经典矛盾矩阵 / 127
 - 8.3.2 2003 矛盾矩阵 / 128
 - 8.3.3 管理矛盾矩阵 / 129
 - 8.3.4 48 个工程参数简介 / 129
 - 8.3.5 40 条发明原理 / 132
 - 8.3.6 物理矛盾 / 133
 - 8.3.7 原理反查矛盾 / 136
- 8.4 知识库模块使用介绍 / 136
 - 8.4.1 知识库简介 / 136
 - 8.4.2 知识库——功能检索 / 137
 - 8.4.3 知识库——属性检索 / 138

参考文献 / 140

附录 科学效应定义总表 / 147

图 目 录

- 图 1.1 飞机整流罩改进方法 / 4
- 图 1.2 飞机整流罩改进实物 / 5
- 图 1.3 系统功能的 SVOP 定义法 / 8
- 图 1.4 标准化解题流程 / 17
- 图 1.5 一种集成了 QFD、TRIZ 和 LCA 的通用设计方法 / 20
- 图 1.6 CBR 应用的流程 / 26
- 图 1.7 CBR 与 TRIZ 集成应用流程 / 28
- 图 1.8 USIT 的核心理念 / 30
- 图 2.1 C-K 理论四个算子运行模式 / 36
- 图 2.2 C-K 理论的设计方图 / 37
- 图 2.3 冰山结构示意图 / 37
- 图 3.1 经典 TRIZ 矛盾矩阵方法流程 / 42
- 图 3.2 USIT 方法流程 / 43
- 图 3.3 经典“四框解题流程” / 45
- 图 3.4 USIT 的“六框解题流程” / 45
- 图 3.5 ASIT 理论流程 / 46
- 图 4.1 CAFE-TRIZ 应用流程 / 52
- 图 4.2 摩托车功能模型图 / 57
- 图 4.3 逐步抽象的功能定义 / 71
- 图 5.1 智能门锁 / 79
- 图 5.2 智能门锁工作原理 / 79
- 图 5.3 智能门锁按键系统功能模型 / 81
- 图 5.4 智能门锁系统功能配置后模型 / 83
- 图 5.5 智能门锁系统查询功能库和属性库 / 84
- 图 5.6 适配智能手机的门锁方案 / 90
- 图 5.7 智能门锁手机 App / 91
- 图 5.8 智能门锁系统因果分析(经典 TRIZ) / 92
- 图 5.9 智能门锁问题的物—场模型(经典 TRIZ) / 94
- 图 5.10 引入活性附加物后的物—场模型(经典 TRIZ) / 94

- 图 5.11 构造新物质后的物—场模型(经典 TRIZ) / 95
- 图 5.12 引入第二物质后的物—场模型(经典 TRIZ) / 95
- 图 5.13 引入一个新的场后的物—场模型(经典 TRIZ) / 95
- 图 5.14 引入新物质后的物—场模型(经典 TRIZ) / 96
- 图 6.1 直线电机工作原理 / 98
- 图 6.2 直线电机系统功能模型图 / 100
- 图 6.3 自动分拣机系统功能配置后模型 / 103
- 图 6.4 直线电机系统查询功能库和属性库 / 103
- 图 6.5 中空凹铝板 / 107
- 图 7.1 某型工业缝纫机工作原理 / 111
- 图 7.2 工业缝纫机漏油 / 112
- 图 7.3 工业缝纫机系统功能模型图 / 113
- 图 7.4 工业缝纫机系统功能配置前模型图 1 / 115
- 图 7.5 工业缝纫机系统功能配置后模型图 1 / 115
- 图 7.6 工业缝纫机系统功能配置前模型图 2 / 116
- 图 7.7 工业缝纫机系统功能配置后模型图 2 / 116
- 图 7.8 工业缝纫机系统查询功能库和属性库 / 117
- 图 7.9 利用电泳原理防止漏油的概念方案 / 117
- 图 7.10 利用毛细管原理形成回油 / 118
- 图 7.11 工业缝纫机综合改进方案 / 123
- 图 8.1 创新咖啡厅云软件首页 / 126
- 图 8.2 创新咖啡厅公众号二维码 / 126
- 图 8.3 经典矛盾矩阵检索 / 127
- 图 8.4 2003 矛盾矩阵检索 / 128
- 图 8.5 48 个工程参数检索 / 132
- 图 8.6 40 条发明原理检索 / 134
- 图 8.7 物理矛盾检索 / 135
- 图 8.8 物理矛盾检索详解 / 135
- 图 8.9 原理反查矛盾检索 / 136
- 图 8.10 知识库检索 / 137
- 图 8.11 功能库检索 / 138
- 图 8.12 属性库检索 / 139

表 目 录

表 1.1	发明的五个等级 / 3
表 1.2	直觉表达与抽象表达定义的系统功能 / 8
表 1.3	规范属性的参数 / 9
表 1.4	矛盾矩阵 / 14
表 1.5	公理设计与 TRIZ 的比较 / 22
表 1.6	CBR 与 TRIZ 的对比 / 应 26
表 4.1	组件列表格式 / 55
表 4.2	摩托车的组件 / 55
表 4.3	相互作用矩阵 / 56
表 4.4	摩托车的相互作用矩阵 / 56
表 4.5	功能模型图例 / 57
表 4.6	资源型约束列表 / 58
表 4.7	运用效应库进行事中事后补救 / 61
表 4.8	功能库规范动词 / 62
表 4.9	属性库规范参数 / 64
表 4.10	运用效应库进行事先预防 / 70
表 4.11	操作维度资源搜寻法 / 73
表 4.12	技术系统进化法则 / 74
表 4.13	方案汇总 / 74
表 4.14	经典 TRIZ 工程参数 / 76
表 4.15	CAFE-TRIZ 属性参数 / 76
表 5.1	智能门锁按键系统组件 / 80
表 5.2	智能门锁按键系统资源型约束 / 82
表 5.3	智能门锁系统运用效应库进行事中事后补救 / 83
表 5.4	智能门锁系统运用效应库进行事先预防 / 85
表 5.5	智能门锁系统操作维度资源搜寻法 / 87
表 5.6	智能门锁系统概念方案汇总 / 88
表 5.7	CAFE-TRIZ 与经典 TRIZ 概念解对比 / 96
表 6.1	直线电机系统组件 / 99

- 表 6.2 直线电机系统资源型约束 / 101
- 表 6.3 直线电机系统运用效应库进行事中事后补救 / 102
- 表 6.4 直线电机系统运用效应库进行事先预防 / 105
- 表 6.5 直线电机系统操作维度资源搜寻法 / 107
- 表 6.6 直线电机系统概念方案汇总 / 108
- 表 7.1 送布机构系统组件 / 113
- 表 7.2 工业缝纫机系统资源型约束 / 114
- 表 7.3 工业缝纫机系统运用效应库进行事中事后补救 / 116
- 表 7.4 工业缝纫机系统运用效应库进行事先预防 / 118
- 表 7.5 工业缝纫机系统操作维度资源搜寻法 / 120
- 表 7.6 工业缝纫机系统概念方案汇总 / 121
- 表 8.1 48 个工程参数详解 / 129
- 表 8.2 40 条发明原理 / 133
- 表 8.3 分离原理与发明原理之间的对应关系 / 134
- 表 9.1 科学效应的定义解释 / 140

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 发明问题解决理论(TRIZ)简介

创新是引领发展的第一动力,创新能力愈发成为国际经济竞争甚至综合国力竞争的关键所在。2017年,党的十九大报告50余次提到创新,进一步明确了创新在引领经济社会发展中的重要地位,标志着创新驱动作为一项基本国策,在新时代中国发展的道路上,将发挥越来越显著的战略支撑作用。

创新,在很大程度上意味着现实问题的创造性解决。而创新方法是解决问题过程中所运用的科学思维、科学方法和科学工具的总称。“自主创新,方法先行”,创新方法的研究与推广工作,是从源头上增强我国自主创新能力和推进创新型国家建设的实际举措。

国内外对创新方法的研究始于20世纪中叶。最初,研究者们多是对创造性个体所具备的特质进行分析,以挖掘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上,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。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”(英文简称 TRIZ)脱颖而出,该理论通过对大量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。具体包含以下三方面内容:

(1)理想化的方向:对于技术发展的新认识——所有技术系统都最终向理想化的方向进化,这使得发明有了明确的方向,不再依赖试错和灵感;

(2)系统化的流程:TRIZ 提供了系统化的“问题分析—问题解决”流程,能够将具体的工程问题转化为标准问题,进而运用结构化的知识库构建解决方案;

(3)结构化的知识库:TRIZ 认为“某人、某时、某地已经解决了你的问题或类似的问题。你只需找到那个答案,应用到目前的问题上”,因此开发了常用知识效应库,采用从功能/属性到所需知识(实现方法)的组织形式,有效帮助创新者迅速准确地找到所需要的知识,大大提高了发明的效率。

1.2 TRIZ 基本概念及工具介绍

本节对本书中用到的 TRIZ 基本概念及工具进行介绍,明确相关概念。有关 TRIZ 更多详细的介绍,请参阅《工程师创新手册》(姚威等,2015)。

1.2.1 发明等级

在阿奇舒勒开始对大量专利进行分析、研究之初,他就遇到了一个无法回避的问题:如何评价一个专利的创新水平?海量的专利之中,有的是在原有基础上,对技术系统内某个性能指标进行简单改进;有的专利则是提出了原来根本不存在的全新技术系统(如蒸汽机、飞机、互联网的发明),这些是人类科技发展史上的里程碑,具有极高的技术含量。显然,这两种专利在创新水平上是有差距的,那么该如何制订一个相对客观的标准来评价它们在创新水平上的差异?这样的标准可以将专利分门别类,以便更加科学、有效地进行剖析。阿奇舒勒认为,克服技术系统中存在的矛盾,是创新的最主要特征之一。基于这样的思想,阿奇舒勒提出了发明专利的五个级别,如表 1.1 所示。

下面以飞机设计和制造领域的案例具体比较和解释这五级发明的内涵:

第一级发明:解决方案明显,属于常规设计问题或者是技术系统的简单改进,可以利用个人的、本领域的相关专业知识加以解决,大约 35%的问题属于这一级。例如将单层玻璃改成双层玻璃,以增加飞机客舱的保温和隔音效果;再比如运用高强度工程塑料代替飞机上的某些传统金属部件,既能够保证材料强度,

又能够减轻重量,易于加工,方便个性化定制——这是技术系统的简单改进,属于一级发明。

第二级发明:对技术系统的局部进行改进,所需知识仅涉及单一工程领域,常常利用折中设计思想降低技术系统内存在矛盾的危害性,大约45%的问题属于此等级。例如,需要增加某型号飞机的发动机功率,然而问题在于,发动机功率越大,工作时需要的吸入空气越多,发动机整流罩的直径就要增大。整流罩增

表 1.1 发明的五个等级^①

发明等级	重要特征	
第一级发明 合理化建议 (占总体的 35%)	原始状况	带有一个通用工程参数的课题
	问题来源	问题明显且解题容易
	解题所需知识范围	基本专业培养
	困难程度	课题不存在矛盾
	转换规律	在相应工程参数上发生显著变化
	解题后引起的变化	在相应特性上产生明显的变化
第二级发明 适度新型革新 (占总体的 45%)	原始状况	带有数个通用工程参数、有结构模型的课题
	问题来源	存在于系统中的问题不明确
	解题所需知识范围	传统的专业培训
	困难程度	标准问题
	转换规律	选择常用的标准模型
	解题后引起的变化	在作用原理不变的情况下 解决了原系统的功能和结构问题
第三级发明 专利 (占总体的 16%)	原始状况	成堆工作量,只有功能模型的课题
	问题来源	通常由其他等级系统和行业中的知识衍生而来
	解题所需知识范围	发展和集成的创新思想
	困难程度	非标准问题
	转换规律	利用集成方法解决发明问题
	解题后引起的变化	在转变作用原理的情况下 使系统成为有价值的、较高效能的发明

^① 部分内容改编自:姚威,朱凌,韩旭. 工程师创新手册[M]. 杭州:浙江大学出版社,2015.

续表

发明等级	重要特征	
第四级发明 综合性重要专利 (占总体的3%)	原始状况	有许多不确定的因素, 结构和功能模型都无先例的课题
	问题来源	来源于不同的知识领域
	解题所需知识范围	渊博的知识和脱离传统概念的能力
	困难程度	复杂问题
	转换规律	运用效应知识库解决发明问题
	解题后引起的变化	使系统产生极高的效能并将明显地 导致相近技术系统改变的“高级发明”
第五级发明 新发现 (占总体的1%)	原始状况	没有最初目标,也没有任何现存模型的课题
	问题来源	来源或用途均不确定
	解题所需知识范围	运用全人类的知识
	困难程度	独特异常问题
	转换规律	科学和技术上的重大突破
	解题后引起的变化	使系统产生突变, 并将会导致社会文化变革的“卓越发明”

大,从而机罩离地面的距离就会减小,而该距离的减小是不允许的,此为一对矛盾。折中解决方案的思路是这样的:增大整流罩直径,以便增加空气的吸入量,但为了不减少与地面之间的距离,将整流罩底部的曲线变为直线,以增加离地面的距离,这样的解决方案属于二级发明,如图 1.1 以及图 1.2 所示。

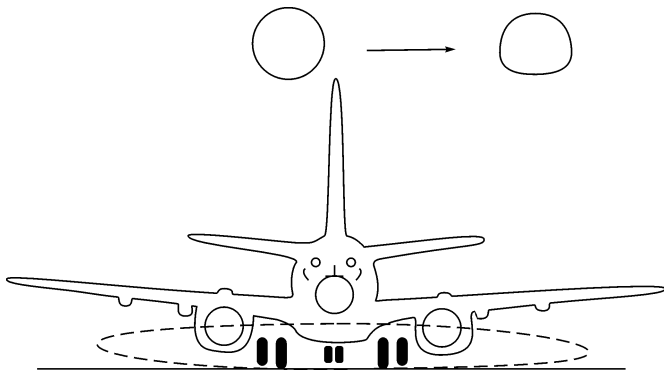


图 1.1 飞机整流罩改进方法



图 1.2 飞机整流罩改进实物

第三级发明:对技术系统进行本质性的改进,大大提升了系统性能,这其中所需的知识涉及不同工程领域,设计过程需解决矛盾,大约 16% 的问题属于此等级。例如,将传统的活塞式发动机改进为喷气式发动机,能够把吸气、压缩、燃烧、做功四个工作过程连接起来,增加了能量密度,属于三级发明。

第四级发明:全面升级现有技术系统,引入完全不同的体系和全新的工作原理来完成技术系统的主要功能,这需要不同科学领域的知识,大约 3% 的问题属于此等级。例如,在制造飞机高强度部件时,需要用到金刚石刀具进行切割,此时不希望金刚石内部有微小裂纹。因此需设计一种设备,可以将大块金刚石沿已存在的微小裂纹的方向将其分解为小块,保证每个小块内部没有裂纹。

该问题的解决,需要用到其他领域的知识。在食品工业中,将胡椒的皮与籽分开采用升压与降压原理。首先将胡椒放在容器中,将容器中的空气升至八个大气压,之后快速降压,胡椒的皮与籽就分开了。采用同样的道理,设计一个耐压容器,将大块的金金刚石放入,之后升压(具体压力值可由实验得到),突然降压,大块金刚石将沿内部微裂纹分开。通过升压/降压分解金刚石的原理来自于机械行业以外其他科学领域的知识,属于四级发明。

第五级发明:通过发现新的科学现象或新物质来建立全新的技术系统,所需知识涉及整个人类的已知范畴,只有约 1% 的问题属于此等级。在这个过程中,新的技术系统逐步融合到社会发展过程中,原有技术系统被逐步淘汰。例如,电

磁感应的发现成为发电机发明的基础,蒸汽机和内燃机逐步退出历史舞台;质能方程的提出为后续原子弹的发明做了根本性铺垫,这些都是人类科技发展史上的里程碑,属于五级发明。磁流体发动机的飞速发展将有可能取代现有的涡轮或冲压发动机,使低成本的超音速飞行成为可能,但为适应超音速飞行,飞机的气动布局、航控系统等都将进行相应调整,从而颠覆整个传统的飞机制造领域,也将对人类的出行方式造成影响,因此可视为五级发明。

阿奇舒勒认为,第一级的发明只是对现有的系统的某些参数进行简单改进,并没有针对性地解决矛盾,因此归类为一级发明;而对于第五级的发明,通常起源于重大的科学或者技术的进步,进而引起人类社会的巨大变革,而这样的发明不到发明总数的1%。研究表明,TRIZ可以帮助人们完成至少80%的创新产品技术课题;通过不断地、充分地实践,学会综合利用TRIZ所有工具,则实际上可以帮助人们程序化地迅速解决95%的课题。

1.2.2 技术系统

技术系统,是指人类为了实现某种目的而设计、制造出来的一种人造系统。该定义阐述了技术系统的两点本质:第一,技术系统是一种人造系统,它是人类为了实现某种目的而创造出来的,这也是与自然系统的最大差别;第二,技术系统能够提供某种功能,实现人类期望的某种目的,因此,技术系统具有明显的“功能”特征,在对技术系统进行设计、分析的时候,应该牢牢地把握住“功能”这个概念。

一个技术系统,往往是由多个组件(这个概念不仅仅局限于实体组件,虚拟的也可以)按照一定的关系组合在一起形成的。系统中最小的组件或组件之间的连接关系,通常被称为系统的元素。由这些元素组成的、具有一定功能的集合体通常被称作子系统。一个能够完成一定功能的技术系统往往是由多个子系统构成的。

任何技术系统包括一个或多个子系统,每个子系统执行自身功能,它又可分为更小的子系统。TRIZ中,最简单的技术系统由两个元素以及两个元素间传递的能量组成。例如,技术系统“汽车”由“引擎”“换向装置”和“刹车”等子系统组成,而“刹车”又由“踏板”“液压传动装置”等子系统组成。所有的子系统均在更高层系统中相互连接,任何子系统的改变将会影响到更高层系统。当解决技术问题,常常要考虑与其子系统和更高层系统之间的相互作用。

子系统是当前系统的一部分,而超系统为可影响整个分析系统的外部要素。需要注意的是,“超系统”的概念与“环境”的概念是不同的,系统边界外的要素都可以算为环境要素,但只有系统外部环境要素与系统或系统组件发生关系时才