



TRIZ 及应用

技术创新过程与方法

TRIZ and Applications

The Process and Methods of
Technological Innovation

檀润华 编著



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

TRIZ JI YINGYONG
JISHU CHUANGXIN GUOCHENG YU FANGFA



TRIZ 及应用

技术创新过程与方法

TRIZ and Applications

The Process and Methods of Technological Innovation

檀润华 编著

内容摘要

产品创新需要方法,苏联的 TRIZ(发明问题解决理论)是世界级的产品创新方法。本书从介绍 TRIZ 的基本概念出发,系统论述了需求进化、产品技术成熟度预测、技术进化、冲突发现及解决、标准解与效应、ARIZ(发明问题解决算法)、失效预测、TRIZ 与其他方法的集成过程与方法、计算机辅助创新设计、系统化创新过程与方法,并提供了很多工程实例,从而构成了完整的 TRIZ 知识体系。本书给出了发现问题的方法,并为产品创新过程中出现的困难问题提供解决方案,支持企业技术与产品创新。

本书特别适合于企业创新工程培训、创新团队建立,也适合于企业研发人员、管理人员、工科研究生、本科高年级学生、MBA 学生参考。

图书在版编目(CIP)数据

TRIZ 及应用:技术创新过程与方法/檀润华编著.

—北京:高等教育出版社,2010.11

ISBN 978-7-04-030569-2

I. ①T… II. ①檀… III. ①创造学 IV. ①G305

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 198369 号

策划编辑	刘占伟	责任编辑	项 杨	封面设计	王凌波
版式设计	王 莹	责任校对	杨雪莲	责任印制	韩 刚

出版发行 高等教育出版社

社 址 北京市西城区德外大街 4 号

邮政编码 100120

经 销 蓝色畅想图书发行有限公司

印 刷 北京鑫丰华彩印有限公司

开 本 787×1092 1/16

印 张 25.5

字 数 490 000

插 页 1

购书热线 010-58581118

咨询电话 400-810-0598

网 址 <http://www.hep.edu.cn>

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

网上订购 <http://www.landaco.com>

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

联想教育 <http://www.widedu.com>

版 次 2010 年 11 月第 1 版

印 次 2010 年 11 月第 1 次印刷

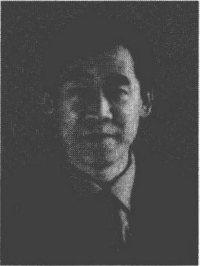
定 价 9.00 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 30569-00

作者简介 | AUTHOR INTRODUCTION



檀润华,男,1958 年生,博士,教授、博士生导师。现任河北工业大学副校长、河北省制造业创新方法工程技术研究中心主任、IFIP (国际信息处理联合会)WG5.4 (计算机辅助创新组织)副主席 (亚洲)、中国机械工程学会理事、机械设计分会设计理论与方法专委会理事长、TRIZ 研究会理事长、河北省机械工程学会理事长、河北省 CAD 研究会理事长、《International Journal of Systematic Innovation》编委、《机械工程学报》编委、《计算机集成制造系统》编委。主要从事创新设计、概念设计、面向大规模定制的设计、技术创新管理等方面的研究。已主持完成纵向科研项目二十多项,包括科技部创新方法工作专项 2 项、国家科技支撑计划 1 项、863 项目 2 项、国家自然科学基金 6 项、教育部重点项目 2 项;已申请并授权发明专利及软件登记 15 项、获省部级科技奖 5 项;已出版 TRIZ 专著 4 部,发表学术论文 300 多篇,被三大索引收录 150 多篇。

全世界的企业都在参与市场竞争,每年开发出的能成功进入市场的新产品是企业竞争中取胜的关键。新产品是创新的结果。产品创新包含模糊前端、新产品开发及商品化三个阶段,每个阶段都存在很多问题需要解决。依据经验能够解决其中的一些问题,但不能解决困难问题或发明问题,这些问题形成了产品或过程创新的障碍。TRIZ 被称为发明问题解决理论,能帮助企业研发人员解决困难问题,从而排除产品或过程创新中的障碍。在我国的企业中推广应用 TRIZ,对提高自主创新能力与市场竞争力意义重大。

近年来,为配合科技部科研条件与财务司所推进的创新方法工作,我应约参加过多次各级政府、企业、研究院所举办的以 TRIZ 为核心的技术创新方法讲座,包括由中国科学院联想学院、航天五院、移动通信中央研究院、海尔集团中央研究院、一汽轿车公司、中国科协、广东省、黑龙江省、陕西省、内蒙古自治区、天津市、河北省、厦门市等举办的讲座。同时,我还承担了国家创新方法师资班,黑龙江省、天津市及河北省的创新工程培训班的培训工作。但由于时间所限,每次讲座都不能系统地、详细地介绍 TRIZ 的全部内容。很多各行各业的一线研发人员希望我提供或推荐更多、更全面的 TRIZ 资料,但国内已出版的有关 TRIZ 的著作还不能很好地满足需求,这就成为我撰写本书的动力。尽管我已于 2002 年及 2004 年分别在机械工业出版社及科学出版社出版过《创新设计——TRIZ:发明问题解决理论》及《发明问题解决理论》两本书,但那只是我当年学习应用 TRIZ 的心得体会,而本书是我这些年对 TRIZ 的认识、研究与体会的总结。

本书共 14 章。第 1 章绪论,从定义问题开始,逐渐引出 TRIZ;第 2 章系统介绍 TRIZ 中的理想解、创新分级等基本概念;第 3 章介绍需求进化定律,这是 TRIZ 中的最新研究成果之一;第 4 章产品技术成熟度预测技术及第 5 章技术进化定律,形成了产品创新的战略研究方法并提供了工具;第 6 章产品设计中的冲突及发现方法和第 7 章冲突解决理论,系统阐述了 TRIZ 中发现冲突及解决冲突的基本原理;第 8 章及第 9 章分别是 76 个标准解和基于效应的功能设计;第 6~9 章形成了产品创新的战术方法;第 10 章 ARIZ 算法,即发明问题解决算法,是系统应用前面各章的系统化方法;第 11 章失效预测原理,是 TRIZ 领域中的最新研究成果之一;第 12 章集成型概念

设计过程模型,是将 TRIZ 的一些方法与 TOC(约束理论)、AD(公理设计)等集成的方法;第 13 章计算机辅助创新设计,简要介绍 InventionTool 3.0 软件及借助于该软件的创新设计过程;第 14 章系统化创新过程模型,展现了创新的系统化方法;第 10 ~ 14 章是应用 TRIZ 的系统化方法。附录为冲突矩阵。

我学习、研究、应用 TRIZ 已有十几年的时间,从一开始接触 TRIZ,就深受 TRIZ 之父所开创的事业鼓舞,又被 Fey、Savransky、Petrov、Zlotin 及 Zusman 等 TRIZ 大师们的研究成果所蕴涵的洞察力所吸引。目前我国从制造业大国变为强国、一大批企业要变成创新型企业的强烈需求一直是我克服时间不足的困难、坚持在该领域从事研究工作的动力。我坚信,该领域的研究成果及推广应用将有助于创新型国家的建立。

我的博、硕士研究生们的研究成果为本书提供了部分素材,他们是曹国忠、陈子顺、江屏、马力辉、刘晓敏、张焕高、孙建广、张建辉、刘芳、张鹏等。马建红教授带领的团队开发的计算机辅助创新设计软件 InventionTool 3.0,使第 13 章的内容成为可能。第 9 章及第 11 章分别依据了曹国忠博士及陈子顺博士的研究成果。

本书的编写得到了科技部创新方法工作专项(2008IM030100、2009IM020700)、国家自然科学基金项目(70972050)、河北省科技攻关项目(09212102D)、河北省自然科学基金(E2009000070)的资助。

在编写本书的过程中参考了很多学者的论文或专著,我十分感谢这些学者对创新的理解、洞察力与贡献,是他们的思想给予我研究的火花,但只有主要文献列入每章的参考文献,希望未被列入的作者给予理解。此外,书中引用了一些图片,它们对作者观点的阐释起到了不可或缺的作用,由于不便或未能与版权人一一取得联系,在此谨向他们致以深深的谢意。

感谢曹国忠博士、刘芳博士在完稿的最后阶段所做的审核、校对、编排等工作。

限于水平,书中错误与不足之处在所难免,敬请读者批评指正。

檀润华
2010 年 5 月

□ 第 1 章 绪论	1
1.1 概述	1
1.2 问题及分类	1
1.2.1 问题的提出	1
1.2.2 问题的定义	2
1.2.3 问题的分类	3
1.2.4 通常问题与发明问题	5
1.3 问题解决	6
1.3.1 问题解决的定义	6
1.3.2 问题解决的过程	7
1.3.3 创新技法	8
1.3.4 创新技法的进化	10
1.4 发明问题解决理论	11
1.4.1 TRIZ 的发展简史	12
1.4.2 TRIZ 的体系结构	15
1.4.3 TRIZ 的研究现状	16
1.4.4 TRIZ 的发展方向	17
1.5 本章小结	18
本章主要参考文献	18
□ 第 2 章 基本概念	19
2.1 概述	19
2.2 功能	19
2.2.1 功能的概念	19
2.2.2 功能模型的建立	21
2.2.3 功能分类	25

- 2.3 理想解 27
 - 2.3.1 理想化 27
 - 2.3.2 理想化水平 28
 - 2.3.3 理想解与最终理想解 29
 - 2.3.4 理想解的确定及应用 31
- 2.4 创新分级 33
 - 2.4.1 试验纠错法 33
 - 2.4.2 新概念分级 34
- 2.5 可用资源 39
 - 2.5.1 发明资源 40
 - 2.5.2 进化资源 42
 - 2.5.3 资源利用 49
- 2.6 物质-场模型 50
 - 2.6.1 物质-场概念与符号 50
 - 2.6.2 物质-场特性 52
- 2.7 克服思维惯性 54
 - 2.7.1 9 窗口方法 54
 - 2.7.2 尺寸-时间-成本(DTC)方法 57
 - 2.7.3 聪明小人方法 58
- 2.8 本章小结 60
- 本章主要参考文献 61

- 第 3 章 需求进化定律 63
 - 3.1 概述 63
 - 3.2 需求定义及其分类 63
 - 3.3 需求进化定律系统 68
 - 3.3.1 用户需求实现系统 68
 - 3.3.2 需求进化五定律 70
 - 3.4 需求预测 74
 - 3.4.1 新需求预测原理 74
 - 3.4.2 已有产品需求预测 75
 - 3.4.3 面向未来产品的需求预测 76
 - 3.5 用户需求表达 78
 - 3.5.1 产品指标及其定义 78
 - 3.5.2 目标指标的建立 79

3.6 本章小结	82
本章主要参考文献	83

□ 第4章 产品技术成熟度预测技术 85

4.1 概述	85
4.2 生命周期	85
4.2.1 产业生命周期理论	86
4.2.2 产品生命周期	87
4.2.3 技术生命周期	89
4.2.4 技术与产品生命周期	90
4.2.5 S - 曲线	90
4.3 TRIZ 中的 S - 曲线及技术成熟度预测	92
4.3.1 分段 S - 曲线	92
4.3.2 技术成熟度预测	92
4.3.3 基于专利分析的技术成熟度预测	93
4.3.4 TMMS 的预测模型	95
4.4 多流束机械式热量表的技术成熟度预测	98
4.4.1 基于专利分析的技术成熟度预测的步骤	99
4.4.2 机械式热量表专利分析	100
4.4.3 热量表技术成熟度预测	101
4.5 蝶阀的技术成熟度预测	103
4.6 本章小结	105
本章主要参考文献	105

□ 第5章 技术进化定律 107

5.1 概述	107
5.2 技术进化阶段	107
5.2.1 技术系统的诞生及进化	107
5.2.2 产品进化的四个阶段	111
5.3 技术进化系统	111
5.3.1 技术进化系统的组成	111
5.3.2 技术进化定律与进化路线	113
5.4 技术进化潜力	130
5.5 产品概念形成顺序过程模型	132

5.6	技术进化实例	133
5.6.1	蝶阀的技术进化	133
5.6.2	带式输送机的技术进化	136
5.6.3	场控镜头	141
5.7	本章小结	142
	本章主要参考文献	143
□ 第 6 章	产品设计中的冲突及发现方法	145
6.1	概述	145
6.2	冲突及其分类	145
6.2.1	技术发展过程中的冲突	146
6.2.2	TRIZ 中的冲突分类	147
6.2.3	产品设计中的冲突实例	148
6.3	技术冲突的通用化	149
6.3.1	通用工程参数	149
6.3.2	技术冲突一般化实例	152
6.4	物理冲突	154
6.5	技术冲突与物理冲突	154
6.6	发现冲突的方法	155
6.6.1	基于物质-场分析的冲突确定	155
6.6.2	基于 QFD 的冲突确定	158
6.6.3	基于公理设计(AD)的冲突确定	165
6.6.4	约束理论(TOC 法)	171
6.7	本章小结	175
	本章主要参考文献	176
□ 第 7 章	冲突解决理论	177
7.1	概述	177
7.2	技术冲突解决理论	177
7.2.1	发明原理	177
7.2.2	冲突矩阵	209
7.2.3	技术冲突问题解决过程	210
7.2.4	技术冲突解决工程应用	211
7.3	物理冲突解决理论	215

7.3.1	分离原理	215
7.3.2	分离原理与发明原理的关系	219
7.4	本章小结	220
	本章主要参考文献	220
□ 第 8 章	76 个标准解	221
8.1	概述	221
8.2	物质 - 场 (Su - Field) 模型的建立	221
8.2.1	符号系统	221
8.2.2	功能分类及其模型	222
8.3	76 个标准解	223
8.3.1	第 1 类标准解 (Class 1)	223
8.3.2	第 2 类标准解 (Class 2)	225
8.3.3	第 3 类标准解 (Class 3)	229
8.3.4	第 4 类标准解 (Class 4)	230
8.3.5	第 5 类标准解 (Class 5)	232
8.4	标准解应用过程	234
8.5	工程实例:昆虫危害粮食的解决方案	236
8.6	本章小结	238
	本章主要参考文献	238
□ 第 9 章	基于效应的功能设计	239
9.1	概述	239
9.2	效应及效应链	239
9.2.1	效应	239
9.2.2	效应模式	240
9.2.3	效应链推理方法	241
9.2.4	效应及应用	244
9.3	基于效应的功能设计过程	249
9.3.1	基本概念	249
9.3.2	基于效应的基本映射单元	252
9.3.3	基于效应的功能设计过程模型	253
9.4	工程实例:滴丸机的创新设计	255
9.5	本章小结	260

本章主要参考文献	260
□ 第 10 章 ARIZ 算法	261
10.1 概述	261
10.2 ARIZ 进化过程	261
10.3 ARIZ 基本思想	262
10.4 ARIZ85 - AS 详细步骤	266
10.5 陨石撞击模拟器改进设计	275
10.6 本章小结	279
本章主要参考文献	279
□ 第 11 章 失效预测原理 (AFD)	281
11.1 概述	281
11.2 AFD 与传统失效预防技术的不同	281
11.3 AFD 分析技术	282
11.4 工程实例	285
11.4.1 直升机螺旋桨的黑点问题	285
11.4.2 点电流传输电缆末端电压检测问题	288
11.5 本章小结	290
本章主要参考文献	290
□ 第 12 章 集成型概念设计过程模型	291
12.1 概述	291
12.2 基于 TOC 与 TRIZ 集成的概念设计过程	291
12.2.1 基于 TOC 与 TRIZ 集成的概念设计过程模型	291
12.2.2 工程实例	294
12.3 基于 AD 与 TRIZ 集成的概念设计过程	300
12.3.1 基于 AD 与 TRIZ 集成的概念设计过程模型	300
12.3.2 工程实例	303
12.4 基于 TOC、FTA 与 TRIZ 集成的多冲突解决过程	307
12.4.1 基于 TOC、FTA 与 TRIZ 集成的多冲突解决过程模型	307
12.4.2 工程实例	310
12.5 技术进化过程驱动的产品概念设计宏观过程模型	315
12.5.1 进化过程驱动的用户需求分析	315

12.5.2	产品概念设计宏观过程模型	315
12.5.3	工程实例	316
12.6	本章小结	320
	本章主要参考文献	320

□ 第 13 章 计算机辅助创新设计 321

13.1	概述	321
13.2	发明问题解决过程中的知识利用	321
13.3	计算机辅助创新(CAI)软件	323
13.3.1	CAI 软件组成	323
13.3.2	CAI 软件及其主要功能	324
13.3.3	CAI 驱动的产品创新领域解获取原理	326
13.4	InventionTool 3.0	329
13.5	工程实例:蝶阀密封结构的创新设计	333
13.5.1	蝶阀总体结构	333
13.5.2	现有蝶阀产品问题分析	333
13.5.3	确定产品改进方向	334
13.6	本章小结	339
	本章主要参考文献	339

□ 第 14 章 系统化创新过程模型 341

14.1	概述	341
14.2	创新及分类	341
14.3	新产品开发过程模型	342
14.3.1	新产品开发漏斗模型	342
14.3.2	产品创新模糊前端模型	343
14.3.3	新产品开发阶段 - 门模型	346
14.4	基于 TRIZ 的模糊前端设想产生过程模型	350
14.4.1	高质量创新设想产生的障碍	350
14.4.2	基于 TRIZ 的创新设想产生系统化方法	352
14.4.3	工程实例	358
14.5	面向冲突解决的 UXD 驱动产品概念设计过程模型	360
14.5.1	概念设计中的冲突及其解决过程	360
14.5.2	面向冲突解决的类比驱动概念形成	361

- 14.5.3 冲突解决过程中由 TRIZ 解得到的 UXDs 363
 - 14.5.4 UXDs 驱动的概念设计过程模型 365
 - 14.5.5 工程实例 366
- 14.6 基于 TRIZ 中裁剪的产品创新设计过程模型 370
 - 14.6.1 功能分析 370
 - 14.6.2 裁剪 374
 - 14.6.3 基于裁剪的产品创新设计过程模型 378
 - 14.6.4 工程实例 378
- 14.7 基于 TRIZ 中需求进化定律的一类原始创新过程模型 384
 - 14.7.1 基于需求进化定律的新需求产生 385
 - 14.7.2 新需求的功能 - 效应实现方法 386
 - 14.7.3 一类原始创新过程模型 389
- 14.8 本章小结 392
- 本章主要参考文献 392

1.1 概述

全世界的企业都在参与市场竞争,每年开发出能成功进入市场的新产品是企业竞争中取胜的关键。新产品是创新的结果。产品创新包含模糊前端、新产品开发及商品化三个阶段,每个阶段都存在很多问题需要解决。依据经验能够解决其中的一些问题,但不能解决困难问题,这些不能解决的问题成为产品或过程创新的障碍。创新方法能帮助企业研发人员解决困难问题,从而克服产品创新或过程创新中的障碍。推广应用创新方法将成为创新型企业建立的助推力。

本章给出问题分类、发现问题及解决问题的过程,各种创新技法,引出发明问题解决理论(TRIZ),并介绍其历史及基本内容。

1.2 问题及分类

1.2.1 问题的提出

产品创新包含模糊前端、新产品开发、商品化三个阶段,如图 1.1 所示。模糊前端阶段要根据市场机遇产生多个设想,并根据企业能力,通过评价确定若干个设想,这些设想启动新产品开发项目。新产品开发包括产品设计与制造,该阶段通过概念设计、技术设计、详细设计、工艺设计及制造,将上阶段输入的设想转变成产品,并输出到商品化阶段。经过市场运作,在商品化阶段将产品转变成企业效益,从而完成产品创新的全过程。

产品创新过程的各阶段(如模糊前端、概念设计、技术设计、详细设计、工艺设计、制造)会遇到很多问题,有些问题很简单,有些很复杂,研发人员依赖自身、企业的经验或与外界的交流,可以解决简单问题和一些复杂问题,但很难或不能解决所有复杂问题。不能解决的复杂问题的解不是唯一的,含有相互矛盾的需求,求解过程不清楚或存在至少一步很难通过的路径。不解决这些复杂问题,创新就不能实现,而依据已有的经验又不能彻底解决该类问题。因此,该类复杂问题的存在及解

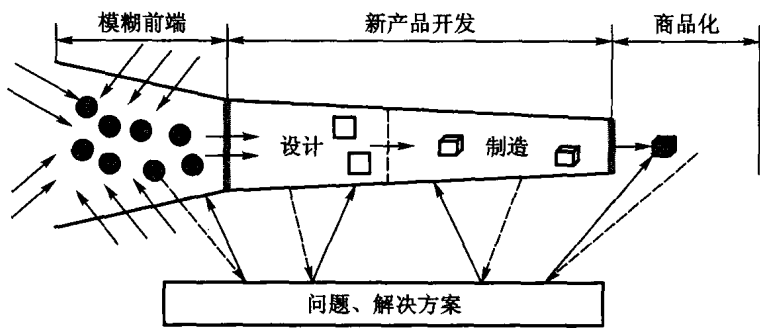


图 1.1 产品创新过程模型

决成为产品创新的主要障碍。

1.2.2 问题的定义

关于问题的定义,在不同时期、不同领域也并不相同。早在 1910 年心理学家 Dewey 定义问题为当一个人不能以已有的习惯或经验来应付面临的情况,人们对现状不满或不知如何获得想要的东西时,问题即已产生;Duncker 认为,当人们有一个目标而不知如何达到目标时,便是问题;Skinner 将没有办法立即获得解答的刺激称为问题;Maier 认为在对一个状况所期望的反应受到阻碍时,就是问题;Kepner & Tregoe (1965)将问题定义为离开工作标准的一种偏差;Newell 和 Simon (1972)认为,当一个人想去获得他想要的东西但不知如何行动时就是问题;佐藤允一认为问题就是目标与现状的差距,是必须要解决的事情。

可以看出,以上各学者对问题的定义是分别从个人掌握的知识和经验、心理期望以及从事情的发展与目标的比对等不同侧面进行的,这反映了问题存在的广泛性与复杂性。综合以上学者对问题定义的不同观点,研究其共同点,可以给出问题的定义:“期望状态”与“当前状态”相比较所存在的距离。该定义体现了问题动态发展的特性。如图 1.2 所示,当前状态与期望状态之间存在距离 L , L 即为问题。

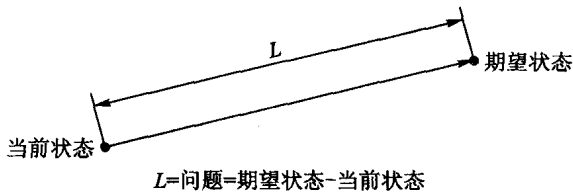


图 1.2 问题的图形表示

1.2.3 问题的分类

由于问题的多样化,人们认识问题和解决问题存在很多困难,因而期望能够将繁多的问题抽象后归于有限的几类问题,以便人们在面对问题时通过其特征能够容易识别问题的性质,进而选择适当的资源和方法,最终能够高效地解决问题。现将各学者对于问题的分类归纳如下。

(1) Kepner & Tregoe(1965)将问题分为两类,即变化型问题和自始型问题。变化型问题是指由于某些原因导致了系统的变化,变化导致了问题的出现;自始型问题是指系统初始即存在的问题。两位学者以引起问题的原因来源区分问题,这可以帮助设计者在开始分析问题原因时确定一个寻找引起问题原因的方向。

(2) Simon (1973)、VanGundy (1988)、Jonassen (2004)将问题划分为两类,即结构良好问题(well-structured problems)和结构不良问题(ill-structured problems)。结构良好问题是指问题的目标、解的路径及相对解的障碍均基于给定的信息,都是清楚的。结构不良问题是指缺乏清晰的问题陈述和解的路径,甚至难以陈述问题的目标。此分类方法产生于认知心理学,应用范围比较宽。Simon 等人对问题的划分是以问题所具有信息量的多寡为原则的。对于设计者或问题解决人员,构成问题的信息量越多,理解问题就越容易,从而越便于解决问题。

(3) 佐藤允一(1984)将问题划分为发生型问题、探索型问题和假设型问题。发生型问题是指能看到的问题。探索型问题是指虽然目前未发生问题,但若提高目标值或水平则会导致问题发生。假设型问题也是目前未发生的问题,它是由于设定了至今所没有的、全新的目标而引起的问题。假设型问题是站在未来的角度考虑目前应创造和解决什么问题。因此,对于探索型问题,如果从被提高的目标角度看,它属于假设型问题,而从目前各方面状况停滞不前的原因看,它又属于发生型问题。因此,探索型问题具有两种问题的性质,如图 1.3 所示。此类方法可用于管理或工程问题。佐藤允一划分问题是以当前时间为基准点,通过事实与目标的比较产生问题。用此方法划分问题可以容易地知道已经发生的问题和未来的问题。

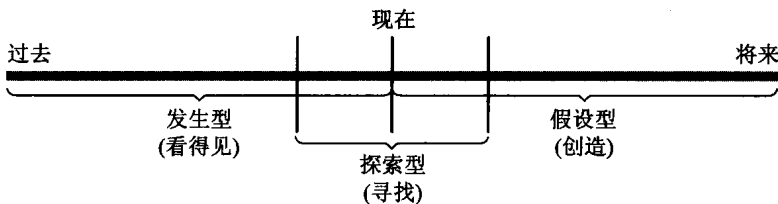


图 1.3 问题类型