

创新方法学 (第三版)

Innovation Methodology

刘燕华 / 李孟刚 / 主编

高等教育出版社

创新方法学

(第三版)

Chuangxin Fangfaxue

刘燕华 李孟刚 主编

高等教育出版社·北京

内容简介

2006年党中央国务院发布了《国家中长期科学技术发展规划纲要》(以下简称“纲要”),“纲要”明确提出中国要走一种新的道路,归纳为“自主创新、重点跨越、支撑发展、引领未来”的16字方针。“纲要”中既有重大专项,也有优先领域。这说明中国的创新已经进入一个新的阶段,如何创新成为当下急需解决的关键问题。本书讲授的创新方法是创新铺路架桥的一些基本功。

本书不仅探讨了创新思维、能力的培养,而且重点介绍了国际上两大重要的创新理论:TRIZ理论和六西格玛理论。前者主要是对创新规律与技巧的归纳与总结,后者则侧重于对创新过程的把握与管理,二者相辅相成,值得现代企业、组织借鉴和学习。

本书由刘燕华和李孟刚主编,参编者为中国产业安全研究中心的在站博士后。

图书在版编目(CIP)数据

创新方法学 / 刘燕华,李孟刚主编. --3版. --北京:高等教育出版社,2015.3
ISBN 978-7-04-041803-3

I. ①创… II. ①刘… ②李… III. ①创造学 IV. ①G305

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 016128 号

策划编辑 陈小平
插图绘制 尹文军

责任编辑 陶 铮
责任校对 陈旭颖

封面设计 张志奇
责任印制 刘思涵

版式设计 杜微言

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
印 刷 北京明月印务有限责任公司
开 本 787mm×960mm 1/16
印 张 25.75
字 数 470 千字
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>
版 次 2011 年 8 月第 1 版
2015 年 3 月第 3 版
印 次 2015 年 3 月第 1 次印刷
定 价 39.90 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 41803-00

第三版前言

《创新方法学》的首次出版迄今已三载有余。超出我们的想象,本书第一版出版后反响比较热烈。一些专家对本书的出版给予较高的评价,首先对我们敢为人先的创新精神给予充分的肯定,同时也提出了一些中肯的意见,还有一些同行和读者(主要是广大本科生和研究生)纷纷求书和求购。2012年首次在北京交通大学开设了全校公选课。2014年,在北京印刷学院面向本科生开设了创新方法学的选修课,深受学生欢迎。2015年,北京师范大学也将开设此门课程。

成绩鼓舞着我们不断求索,实践的发展更激励着我们砥砺前行。三年来,我们始终致力于创新方法学的理论发展完善工作。创新是人类所特有的创造性劳动的体现,是人类社会进步的核心动力和源泉。不可否认,近5年来,创新方法的研究一直是中国学术研究中的一个热点问题。我们认为,研究创新方法理论的目的,是为了更好地指导生产实践,而在创新的过程中,方法的突破往往是产生飞跃的必要条件。如何将理论与生产实践联系起来,是第三版修订中作者不遗余力、深入思考的一个问题。

与前两版相比,本书的最主要变化在于,在各个章节适当的部分新增了大量生动的案例,从而使教材更有可读性和趣味性,在很大程度上实现了教学由课内向课外延伸。这样做不仅可以为学生增加信息量,并且帮助学生迅速掌握重要、抽象的知识点,透彻了解创新方法学的精髓。另外在第一章和第二章中补充了部分新的内容,使理论知识得到及时的更新。同时尽可能地修正了第二版中的错误和疏漏之处,使本书更趋完善。

当然,编写这本教材并非一件容易的事情,尽管我们非常努力,但由于主客观原因,还是有不少不成熟的地方。我们恳切地希望得到来自同行及相关部门的指正,以便我们在今后的教材修订和教学实践中不断改进与提高,为推动创新方法学的发展做出我们的贡献。

编 者

2014年12月

第二版前言

自从2011年新学期伊始,我们在北京交通大学首次尝试开设全校性大学生素质选修课“创新方法学”,我们为该课程用心编写的这部《创新方法学》教材就在北京学院路沿线的高校中不胫而走。当北京师范大学热情地诚邀我们将这门课程带到这所高校以施惠于他们庞大的研究生群体;当我们得知高校学生们对这部教材喜爱有加,本书不仅仅只在北京交通大学成为青年学子们人手一册的工具性读本,而且在河北等地高校因大受追捧而终至脱销时,我们的内心深处着实是喜忧参半。喜的自然心血成果没有枉费,而忧的便是,因为开创性地涉足这一崭新的交叉学科领域,本书无论是就理论的深度和广度而言,还是从运用其指导实践的可操作性来看,都未免欠成熟和欠完善。

本书于2011年8月第一次出版,在如此之短的时间内就销售一空,我们认为,这从一个侧面反映了我国创新教育的教材,特别是面向大学生的创新教育教材严重缺乏;同时也反映了随着我国经济社会的迅速发展,对青年学生进行创新意识培养和普及的阶段已经成为了过去,当代青年学生已经自觉地将创新思维的锻炼、创新能力的提高作为身处于日益激烈的人才竞争中的应对策略。

党的十八大报告明确指出,要实施创新驱动发展战略,并将其作为加快完善社会主义市场经济体制和加快转变经济发展方式的一个重要内容;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。我党依靠创新实现可持续发展的坚定决心和对科技创新的高度重视,以及参与这部教材编写的每一位成员基于能否真正使读者从本书中受益、提升而产生的深深的焦虑感,让我们急切地想要将它重新收拾、装扮,以体体面面地再现于大家视野中,从而无愧于广大读者的厚爱。

与第一版相比,本书不仅新增了“生产运作管理”章节,而且进一步补充了必要的案例来阐述创新方法有关理论的概念;不仅尽可能地修正了第一版中的错误和疏漏之处,而且从框架建构的合理性角度,对第一版个别章节中杂糅的内容进行了分类整理和重点分析,以求为读者通过创新方法的掌握来收获创新能力的提高提供一条扎实的进阶之路。

应该说,创新并非易事,毋庸置疑,科学的方法和专业的指导能极大地增加其成功的砝码。但愿本书不仅仅只是一本教材,而是能够让读者的创新灵感在

其间恣意流淌的河流;但愿读者们只要对创新秉持足够的尊重,渴望创新能力变得足够的强大,它就是一个上乘的选择。

编者

2012年12月

第一版前言

中华民族是勤劳智慧的民族,我国古代的指南针、造纸、印刷术和火药的发明,曾对世界科技进步做出过巨大的贡献。直到明代,我国在科学技术方面仍处于世界领先的水平。然而近几百年来,我们中国落后了。落后的原因是多方面的,其中最重要的一个方面就是我国科技创新能力的衰退。一个国家如果缺乏创新力,就只能尾随于强国之后亦步亦趋而处于受穷挨打的被动地位;一个企业面对风云变幻、优胜劣汰的竞争市场,如果不能积极创新,就不可能有克敌制胜的法宝,必然会惨淡经营、举步维艰。正因为如此,美国汽车大王艾柯卡说:“不创新,就死亡。”

创新是人类最伟大的实践活动,是推动社会进步和经济发展的强大动力。一部人类文明史,就是一部人类创新活动的历史。是创新,使人类能够发明劳动工具,脱离了动物界;是创新,使人类走出了茹毛饮血的原始蒙昧时代;是创新,使人类由原始人进化到现代人,成为地球上最具智慧的生灵。在科学技术高速发展的今天,创新更加显示出不可估量的伟大作用,创造出层出不穷的神话般的奇迹,使人类生活在丰富多彩的物质文明和精神文明的世界中。

半个多世纪以来,世界上众多国家都在各自不同的起点上,努力寻求实现工业化和现代化的道路。一些国家主要依靠自身丰富的自然资源增加国民财富,如中东产油国家;一些国家主要依附于发达国家的资本、市场和技术,发展本国经济,如一些拉丁美洲国家;还有一些国家把科技创新作为基本战略,大幅度提高科技创新能力,形成日益强大的竞争优势,国际学术界把这一类国家称为创新型国家。目前,我国科技创新能力较弱,在全面建成小康社会步入关键阶段之际,根据特定的国情和需求,党中央提出,要把科技进步和创新作为经济社会发展的首要推动力量,把提高自主创新能力作为调整经济结构、转变增长方式、提高国家竞争力的中心环节,把建设创新型国家作为面向未来的重大战略。

胡锦涛主席在全国科学技术大会上的讲话中指出:“我们必须下更大的气力、做更大的努力,进一步深化科技改革,大力推进科技进步和创新,带动生产力的飞跃,推动我国经济增长从资源依赖型转向创新驱动型,推动经济社会发展切实转入科学发展的轨道。这是摆在我们面前的一项刻不容缓的重大使命。”

人类已经进入21世纪,我们正迈入一个人类史上最富挑战性的时代——创新时代。中华民族要实现伟大复兴,就离不开走在世界前沿的属于中国自己的

创新。开拓和创造,是时代赋予中国青少年一代崇高而神圣的使命!

创造、创新是人类社会永恒的主题,是民族进步的不竭动力,是国家强盛的根本。胡锦涛总书记在党的十七大报告中着重强调了“提高自主创新能力,建设创新型国家”的国策。为贯彻这一国策,作为以知识创新、传播、应用和培养高层次人才为目的的各高等学校,应更加注重对创造型人才的培养,坚持育人为本,德育为先,实施素质教育。素质教育就是旨在培养学生的综合素质,而其中以开发创造力、培养创造型人才为目标的创造教育,正是素质教育的重中之重。据此,2011年新学年伊始,为激发学生的创新意识、培养学生的创新能力、支持高等学校创新学科的建设,国务院参事、原科技部副部长刘燕华在北京交通大学首次开设“创新方法”课程,得到该校领导的高度重视,并获得北京交通大学中国产业安全研究中心的大力支持与协助;同时,为促使高等学校能培养出更多的创造型人才和创新管理人才,加强创造、创新教育,我们编写了这部教材。

本书整体框架与章节提纲由李孟刚设计,第一章由刘燕华撰写,第二章由李虹和魏华撰写,第三章由王静、王生、咎欣、张兰和陈芬菲撰写,第四章由郭艳红、王万洲和吕晓岚撰写,第五章由刘燕华和科技部中国21世纪议程管理中心的高新全博士合作撰写。

本书具有理论与实践相结合的特点,力求做到理论讲述与实例举证相结合,既以例示理,又以理析例,阐释论述深入浅出,通俗易懂,体现出较强的知识性、趣味性、技能性、可操作性和实用性。学习本教材,能很好地提高创造理论水平和创新管理能力,对创造型人才,特别是创新管理人才的培养,能起到很好的启迪和促进作用。

中国产业安全研究中心的工作人员连连、徐柠杉、唐石、熊燕等为教材的出版、教学保障等环节做出了不小的贡献,在此一并致谢。

在本书的编写过程中,我们借鉴了有关著者的大量专著、教材和其他资料,在此谨表示诚挚的谢意!

创新方法属于较新的交叉学科领域,同时鉴于我们的水平有限,此书可能存在不足之处。在此诚请各位专家、同行、读者给予批评指正。

编 者

2011年5月

目 录

第一章 引言:创新方法与自主创新	1
第一节 创新方法的内涵	2
第二节 创新方法的重要意义	3
一、科学思维带来研究问题的正确方向	3
二、科学方法提供解开问题症结的有效路径	4
三、科学工具是实现创新的有力杠杆	5
四、创新的五个层面	5
五、发达国家创新方法简介	7
第三节 体制机制创新推动创新模式转型	8
一、创新模式从宝塔式向扁平化转型	9
二、创新链全面衔接,实现系统有效	9
三、知识加工和组织体系	10
第四节 未来我国创新方法工作的几点思路	10
一、实现战略转型	10
二、创新工作机制	11
三、突出重点工作	11
第二章 创新提问能力的培养	12
第一节 怎样学会思考——提出问题的必要性	12
一、案例分析	12
二、理论分析	15
第二节 怎样提问——提出问题的思维方式	22
一、案例分析	22
二、理论分析	24
第三节 如何提出问题——构建问题的方法	29
一、构建问题对于创造性地解决问题的重要性	29
二、构建问题的途径	31
第四节 如何提出好问题——创造性提出问题的能力	43

一、创新意识与创新思维	43
二、创新思维的作用	47
三、创新思维的培养	47
第五节 明确问题与沟通	49
一、明确问题的意义和方法	50
二、沟通	53
第六节 如何培养提问能力——综合提问能力的培养	57
一、创设宽松的心理环境	57
二、问题提出过程的训练	58
三、综合能力的培养	60
第七节 结束语——人生之问	62
一、解决困难之问	62
二、能力之问	62
三、品味人生之问	63
四、布莱克-斯科尔斯公式	63
五、案例分析	65
思考题	67
参考文献	67
第三章 TRIZ 理论	70
第一节 基础理论	70
一、学好 TRIZ 理论的几点基础	71
二、TRIZ 理论与中国谋略	72
三、TRIZ 理论沿革	73
四、TRIZ 理论核心思想	75
五、TRIZ 理论基本内容	75
六、TRIZ 理论基本哲理	81
第二节 TRIZ 理论与实践——资源分析法	87
一、资源概述	88
二、资源分类	89
三、资源分析	92
四、资源利用	94
第三节 TRIZ 理论与实践——系统功能分析	98
一、系统功能概述	98

二、技术系统及其级别	101
三、功能分析	102
第四节 TRIZ 理论与实践——矛盾分析	113
一、解决创新性问题的命门：寻求规律、抓住矛盾	113
二、矛盾分析在 TRIZ 理论体系中占有重要的地位	115
三、TRIZ 理论阐释了辨别矛盾的上佳途径	116
四、TRIZ 理论对矛盾的分类	116
五、物理矛盾与技术矛盾的关系	117
六、阿奇舒勒提出的 39 个通用工程参数和 40 个创新发明原理	120
七、矛盾矩阵及其应用	129
八、小结	131
第五节 TRIZ 理论与实践——物场分析与标准解	133
一、物场分析	134
二、物场模型的种类	135
三、标准解法的由来	137
四、标准解法系统	137
五、物场分析与标准解	149
六、物场标准解法的使用步骤	151
七、小结	152
思考题	157
参考文献	158
第四章 六西格玛理论	159
第一节 六西格玛导论	159
一、六西格玛的起源与发展	159
二、六西格玛的基本知识	163
三、六西格玛管理的组织机构	170
四、推进六西格玛管理成功的关键因素及战略意义	176
第二节 六西格玛管理模式概论	183
一、六西格玛管理模式的内涵与意义	183
二、六西格玛管理模式的统计学基础	186
三、管理模式：改进方法——DMAIC	193
四、总结与展望	201
第三节 六西格玛项目实施	201

一、六西格玛项目选择	201
二、六西格玛路径图	207
三、连接六西格玛路径图的通梯	212
四、六西格玛实施	214
思考题	236
参考文献	236
第五章 生产运作管理	237
第一节 概论	237
一、生产运作管理的基本概念	237
二、生产运作管理的内容	238
三、生产的分类	238
四、生产运作管理在企业管理中的地位	241
五、生产运作管理的发展	242
第二节 新产品开发与服务设计	243
一、新产品的概念、分类及发展方向	243
二、新产品开发的方式与策略	244
三、新产品开发的程序和内容	245
四、服务设计的基本概念	249
第三节 生产过程组织	251
一、生产过程及其构成	251
二、设施选址与布置	252
三、生产过程的时间组织	255
四、流水生产线组织	255
第四节 生产计划管理	256
一、生产计划概述	256
二、需求与生产计划	257
三、生产能力计划	258
四、生产计划的构成及制约因素	259
五、生产计划系统层次	259
六、综合计划	260
七、主生产计划	262
八、物料需求计划	262
九、生产作业计划	263

第五节 库存管理及供应链管理	263
一、库存管理	263
二、供应链管理	267
第六节 质量管理	273
一、质量管理的基本概念	273
二、质量管理基本原理	273
三、工序质量控制的工具与方法	275
第七节 先进生产方式	279
一、准时生产	279
二、精益生产	281
三、敏捷制造	284
四、大规模定制	285
五、约束理论	288
思考题	289
参考文献	290
第六章 创新管理与管理创新	291
第一节 从研发管理到创新管理	293
第二节 创新管理的方式与方法	299
第三节 创新环境和条件	308
思考题	316
参考文献	316
附录:创新案例	319
案例一:CRIMS 自习室资源低碳数字化管理系统	319
案例二:对于建立城市代步自行车系统的探究	336
案例三:电动汽车的公路随动式无线供电技术	338
案例四:高速公路智能节能照明系统	345
案例五:教室灯具智能控制的节能效益分析	359
案例六:气悬浮列车的创新设计及空气动力学研究	372
案例七:节能电梯	383
案例八:针对汽车行驶速度添加 DTBP 助燃剂以提升高辛烷值汽油燃烧效率 的设想	391

第一章 引言:创新方法与自主创新

2006年党中央国务院发布了《国家中长期科学技术发展规划纲要》(以下简称“纲要”),在“纲要”里明确提出了“自主创新、重点跨越、支撑发展、引领未来”16字方针。“纲要”中同时确定了重大专项、优先领域和优先主题,并确定了科技政策与能力建设的有关问题。本教材所介绍的创新方法就是能力建设的重要组成部分,是为自主创新铺路、架桥、打基础的基本功,它既是硬实力,也是一种软实力。

党和国家领导人高度重视创新方法工作。习近平总书记在中共中央政治局以“实施创新驱动发展战略”为主题的集体学习中强调:着力增强自主创新能力,关键是要大幅提高自主创新能力,努力掌握关键核心技术。当务之急是要健全激励机制、完善政策环境,从物质和精神两个方面激发科技创新的积极性和主动性,坚持科技面向经济社会发展的导向,围绕产业链部署创新链,围绕创新链完善资金链,消除科技创新中的“孤岛现象”,破除制约科技成果转移扩散的障碍,提升国家创新体系整体效能。刘延东副总理也做过很重要的批示:科学方法的创新是推动科技进步、提高社会生产力的重要源泉。

我国古代有一部《孙子兵法》,千百年来享誉中外。它不仅为世界各国军事家必读之书,也为现代商业、政治,以及人们的日常行为与处世之道所广泛应用。《孙子兵法》之所以被如此推崇,主要是它从无数战争中,创造性地总结、集成了军事上的谋略、技巧和套路,是我国古代集军事“方法创新”之大成的杰出成果,由此也反映了“创新方法”的重要意义。

回顾科学发展史,每一次重大的跨越和重要的发现,都与思维创新、方法创新、工具创新密切相关。科学思维、科学方法和科学工具3个方面创新的有机结合可以统称为“创新方法”。在近、现代科学史上,许多重大科学发现本身就是科学思维、科学方法或科学工具的创新。牛顿的《自然哲学的数学原理》,不仅是近代科学的奠基之作,也是方法学的经典。另外还有一些科学家,如笛卡儿、达尔文、爱迪生、爱因斯坦等,他们不仅在科学事业中有许多重大发现,而且都是方法学的大师。许多科学家对创新方法都有非常精辟的论述。巴甫洛夫讲:“科学是随着研究方法所获得的成就而前进的。”笛卡儿讲:“人类历史上最有价值的知识是方法知识。”中国老一代的教育家蔡元培在评价当时中国的科技状况时说:“中国没有科学的原因在于没有科学的方法。”华罗庚是著名的科学家,

他为了推动优选法,不遗余力,深入厂矿,深入农村,解决了许多实际问题。

科学技术发展到一定程度,就会形成新的方法,新的方法又推动了新一轮的科技进步,这是一个相辅相成、螺旋式上升的过程(见图1-1)。虽然科学研究没有一成不变的模式,它需要新的突破和新的思维,但是科学研究的过程非常讲究方法、讲究原理、讲究规律,也讲究基本功。我们认为,创新方法就如同打开创新之门的钥匙,逻辑、技巧、手段本身就是智慧的结晶,这是集中了很多经验之后总结出的规律。创新能力是可以通过研究、学习、归纳、训练而得到激发和提升的。

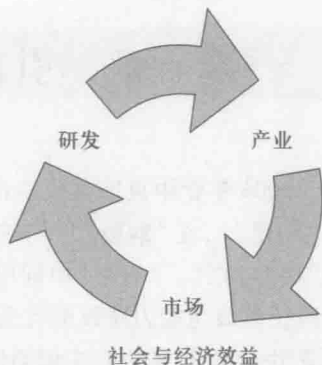


图 1-1 螺旋式推进的创新链示意图

第一节 创新方法的内涵

创新方法的内涵是指,创新中共性与特色的关系,必然与偶然的对立和统一。

中国古代的《孙子兵法》集战争经验于大成,总结出了“三十六计”,在中国传承了几千年。后来又流传到西方,成为西方军事科学教学的经典著作。今天,《孙子兵法》的思想不仅被使用在军事上,而且扩延到政治、外交、商业、经济等领域。既然战争有其方法、技巧和规律,那么搞创新是不是也有方法呢?回答是肯定的。创新肯定也有创新的诀窍及自身的特殊性。

举一个例子:如果有一支队伍很勇敢,但是没有自己的战略战术,没有自己的武器,或者拿着非常落后的武器。他们上战场去和敌人打仗,能不能打胜呢?答案是打胜的可能性很小。再比如,某人看见有一个猎人拿着猎枪去打猎,带回来很多好猎物,如果单纯去模仿他所走的道路去打猎,但是不知道如何去找到猎物,或者没有很好的猎枪,自然也成不了一个好猎手。这些例子说明,我们想做事情就得有做事的能力和技巧,有自己的真本事。真本事怎么来?这需要认真地研究和分析。中国古人有言:“工欲善其事,必先利其器”,还有一句俗语:“磨刀不误砍柴工”,意思相近。其实研究创新方法的工作,就是一种“利器”和“磨刀”的工作,是锻炼基本功的工作。

第二节 创新方法的重要意义

创新方法具体包含3个基本要素:科学思维、科学方法和科学工具,三者结合会对创新起巨大的推动作用。

一、科学思维带来研究问题的正确方向

科学思维的基本意义是:意料之外,情理之中。科学思维突破了传统束缚,符合客观规律,但又是别人没有想到的。

以马车的改进为例,就马车而言,有很多东西可以研究,如研究马的育种、饲养、驯服等,又如研究轱辘、研究车体结构等,可以形成许多成果,但是这些都仅仅局限在牵引式思维的思路下,成果再好也不能够超出马跑的速度。当人们跳出传统的牵引式思维的模式,转入驱动式的思维方式,通过不断创新就有了蒸汽机、火车、轮船、飞机、宇宙飞船等(见图1-2)。这个例子旨在说明传统研究的许多思路需要突破,思维方式不转变,可能会影响我们的研究进程。中国的老子在《道德经》里有一句话,叫做“道法自然”,意思是规律源于对事物本质的认识。创新的本质,也就是创新的出发点,在很大程度上解决的是创意问题,是对解决方向和着力点的选择,即创新思路。科学思维没有实质突破的话,即使做了很多的事情,实际上却是沿着旧的途径、走着老路。也许会有这样那样的进步,但这些进步不会使我们的产业、科技、技术实现根本飞跃。



图 1-2 交通工具的发展示意图

在创新过程中,需要各种各样的思维方式,应该针对不同的问题来选择。如图 1-3 所示,思维方式常用的有:点式思维、线式思维、矩阵式思维、立体思维、多维思维和系统思维等。简单地说,点式思维主要通过一些思想火花、思维跳跃形成灵感,或者通过一些偶然的发现,较适合于艺术创作;线式思维,专注于从初始到结果的过程,很适合工程方面的研究,用于考虑工程过程中的各个环节,环环相扣实现贯穿、流通的效果;矩阵式思维着眼于两个坐标形成的交汇点,在交汇点上寻找答案或途径;立体思维、系统思维更复杂,是对各种思维方式的综合运用,特别适合于大型科学工程的组织和设计。另外还有很多思维方式,比如发散式、收敛式思维,顺向、逆向思维,比较、联想思维,形象思维、逻辑思维,等等。总之,思维方式不同,解决问题的途径就会大相径庭。

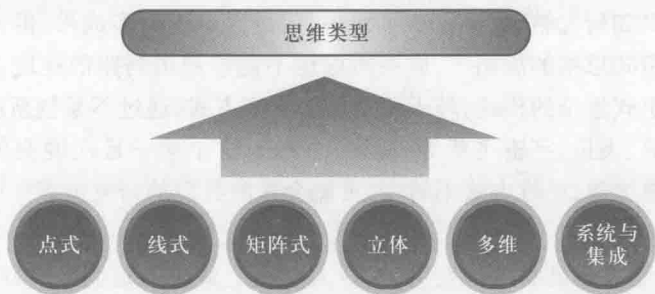


图 1-3 思维类型示意图

二、科学方法提供解开问题症结的有效路径

科学方法是取得科技突破的必要手段,是取得科技进步的必由之路,在科学史上有很多的实例。例如,1928 年英国科学家弗莱明发现了青霉素,但是青霉素怎么用当时并不清楚,如何提纯也不知道,这项工作搁置了 10 年。直到 1938 年,德国和英国的两位科学家联合进行研究,发明了分配色层的分析法,解决了青霉素的提纯问题,才使青霉素得以应用,标志着人类真正进入了抗生素时代。因此,分配色层分析法对于生物科学的进展,对于人类进入抗生素时代,起着至关重要的作用。再如,19 世纪中叶科学家就已经发现了阴极射线,但这项工作研究了 40 年,并不清楚阴极射线到底是什么。直至 1897 年,一位叫汤姆孙的科学家,通过“X 射线轰击气体”的方法,发现了电子,从阴极射线的理论体系进入了电子体系,使人类进入了电子时代。

陈景润是我国著名的数学家,他把哥德巴赫猜想的证明向前推进了一步。我们只知道陈景润在数学领域取得了很高的成就,但很少有人知道他为什么取