




自主创新 方法先行

创新方法教程 (高级)

创新方法研究会
中国21世纪议程管理中心

 高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

创新方法教程(高级)

Chuangxin Fangfa Jiaocheng(Gaoji)

创新方法研究会
中国 21 世纪议程管理中心



高等教育出版社·北京
HIGHER EDUCATION PRESS BEIJING

内容简介

本教程分初级、中级、高级三册,本册为高级分册。本册介绍了产品创新领域经常采用的高级创新方法及其应用案例,包括高级创新思维技法、创新设计知识资源与应用、功能分析、效应、裁剪、ARIZ 算法、计算机辅助创新、失效预测原理、公理设计、精益生产、六西格玛管理等。本册给出了问题分析方法,并为突破性产品创新过程中的困难问题提供解决方案,支持企业产品创新。

本册可以帮助制造企业研发人员,特别是设计人员、管理人员、大学高年级本科生及研究生提高创新能力,也可作为创新方法培训高级阶段的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

创新方法教程:高级/创新方法研究会,中国 21 世纪
议程管理中心编. —北京:高等教育出版社,2012.5

ISBN 978-7-04-033420-3

I. ①创… II. ①创…②中… III. ①创造学-教
材 IV. ①G305

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 273054 号

策划编辑 张海雁
插图绘制 尹莉

责任编辑 张海雁
责任校对 刘莉

封面设计 于文燕
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 唐山市润丰印务有限公司
开 本 787mm × 1092mm 1/16
印 张 22
字 数 410 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.landracom.com>
<http://www.landracom.com.cn>
版 次 2012 年 5 月第 1 版
印 次 2012 年 5 月第 1 次印刷
定 价 49.00 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 33420-00

《创新方法教程》编辑委员会

主任:刘燕华

副主任:吴学梯 周元 孙增奇 马晋并

委员(按姓氏笔画排序):

齐二石 仲伟俊 刘春晓 任定成 李彦

陈光 吴博 林岳 郑健 常影

霍竹 檀润华

主审:周元 任定成

《创新方法教程》(高级)编辑委员会

主编:檀润华

副主编:李彦 齐二石

编委:林岳 曹国忠 毛照昉 施亮星 马建红

陈子顺 江屏 张换高 张建辉 孙建广

张鹏 刘芳 韦子辉 李文强 栾芸

高洁雯 谢茜 周斌 杨帆

本书得到了创新方法工作专项
“创新方法培训认证体系建设与
企业试点示范”项目的资助

序

为深入贯彻党的十七大精神,落实科学发展观和《国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006—2020年)》,从源头上推进创新型国家建设,按照温家宝总理在王大珩、刘东生、叶笃正院士《关于加强我国创新方法工作的建议》中“自主创新,方法先行”的批示要求,2007年,科技部会同国家发展改革委、财政部、教育部和中国科协,联合启动了创新方法工作。创新方法是自主创新的根本之源,创新方法是创新活动的推进器、创新过程的催化剂,系统掌握、运用创新方法并不断发现新的创新方法是提升自主创新能力、实现跨越式发展的重要途径。

我们常说“思路决定出路,方法决定成败,工具决定实效”。创新方法工作以思维创新、方法创新和工具创新为主要内容,以机制创新、管理创新和体制创新为主要保障,营造良好的创新环境,建立有利于创新型人才培育的素质教育体系,形成全社会关注创新、学习创新、勇于创新的良好社会氛围,培养掌握科学思维、科学方法和科学工具的创新型人才,培育拥有自主知识产权和持续创新能力的创新型企业,研发具有自主知识产权的科学方法和科学工具,为自主创新战略、建设创新型国家提供强有力的人才、方法和工具支撑。

四年来,创新方法工作紧紧围绕自主创新战略和建设创新型国家的重大需求,在科学思维、科学方法、科学工具等诸多领域部署了18项重点任务。尤其是在区域及企业推广应用技术创新方法方面卓有成效。目前,全国已有24个省市开展了创新方法工作,据不完全统计,已有9万余人参加了技术创新方法培训,其中培训时间为2天以上的3万余人,解决核心技术难题近千个。同时结合技术创新工程和战略性新兴产业发展需求,在中国北车唐山轨道客车有限责任公司等国家级创新型企业深入开展了创新方法企业试点示范活动,企业需求强烈,成效显著。目前全国创新方法试点示范企业共计375家,形成了“一汽轿车精益管理模式创新”、“中铁二院CAI辅助技术创新成果”等一批典型的成功案例,为企业培养了一批创新人才,解决了一批技术难题,切实提升了企业的核心竞争力与自主创新能力。社会各界关注创新方法,践行创新方法的氛围已经初步形成。

技术创新方法培训作为创新方法工作面向国民经济和社会发展主战场的重要方面,是区域与企业技术创新方法应用与推广的基础,是传播技术创新方法、推广技术创新工具,增强企业自主创新能力的重要抓手,是提高科技人才创新能力的重要工作。以技术创新方法培训为突破口,传播创新意识和创新方法、推广

创新先进手段,培育创新型人才,增强企业自主创新能力,是建设以企业为主体,产、学、研、用相结合的技术创新体系的关键所在。

培训教材建设是开展技术创新方法培训的基础性工作。必须开发针对性强、实用性高、适应需求的权威性的培训教材,为技术创新方法培训工作提供有力的支持。通过近几年的培训、企业试点示范以及区域创新方法推广等,积累了丰富的实践案例与宝贵的经验,在集中国内创新方法领域优势专家系统总结与提升后,形成本套《创新方法教程》。希望本套教程的出版能够为不同需求的读者系统掌握创新的方法和工具提供有益的参考和帮助,为企业及区域的创新人才培养与创新方法推广提供有力的支撑,为探索具有中国特色的技术创新方法能力建设体系提供经验借鉴,也能为我国的创新型国家建设起到一定的促进作用。

“十二五”期间是我国创新能力全面提升的关键时期,也是我国创新型国家建设的攻坚阶段。创新方法工作是一项从源头推进自主创新的开创性、长期性和基础性工作。作为“十二五”科技工作的重要抓手,我衷心地希望大家继续关注、关注和参与创新方法工作,以创新促转变,以转变促发展,为我国经济社会的健康、平稳、较快发展做出新的更大的贡献!

国务院参事

刘燕华

创新方法研究会常务副理事长

2012年4月

前 言

人类发展及科学技术进步中的每一次重大跨越和重要发现都与思维创新、方法创新、工具创新密切相关。离开了“创新”，人类社会不可能向前迈进，科学技术也不可能有实质性的进步。可以说，“创新”已经成为现代社会发展与进步的基本动力。据统计，从1901年诺贝尔奖设立以来，大约有60%~70%是由于科学观念、思维、方法和手段上的创新而取得的。近代、现代科学技术的发展历程表明，科学思维、方法和工具的创新已经成为科学技术发展与进步的重要动力。

但在我国，科学思维、方法和工具的创新却存在着以下五个方面的问题：

一是科学思维培育不够。创新思维与创新精神培养缺位，目前灌输式的教学方法抑制了学生的创新思维和创新精神；科研活动创新思维不足，自主创新研究成果少；以跟踪模仿为主；2011年5月前中国申请人在世界知识产权组织的PCT专利申请只占总量的8%。

二是科学方法研究与应用不够。科技界关于科学方法的意识薄弱，科研活动中忽视研究方法的规范性、创新性；对科学方法的研究不够，仅限于对国际科学方法的跟踪、了解，缺乏对前沿方法的前瞻性研究；科学方法的研究与应用严重脱节；企业技术创新能力不足，缺乏科学创新方法。

三是具有自主知识产权的科学仪器设备匮乏。“十五”期间，国家主体科技计划用于“科学仪器设备研制与开发”项目的经费仅占三大科技计划经费的千分之二和科学仪器购置经费的百分之一；科学仪器水平与发达国家存在明显差距；科学研究“空心化”现象严重，每年科学仪器固定资产投资中的60%用于进口设备，其中，精密仪器、生命科学仪器、大型科学仪器等高技术含量的产品更是90%以上依靠进口。

四是创新政策环境还不完善。虽然近年来我国科学研究与发展(R&D)经费投入不断增加，但与发达国家以及同等发展水平的发展中国家相比，我国科技投入水平还不高。以2010年为例，我国研发经费仅占GDP比例的1.5%。这一数字与发达国家相比还有很大差距。

五是评价方法有待改进。目前，我国科技成果评价方式也不利于创新方法的发展。科研院所对科研人员研究能力的评价标准不全面，过分重视SCI，而忽视一些基础性或方法上的重要问题。

正如王大师、刘东生、叶笃正三位老科学家所说：“自主创新，方法先行。

创新方法是自主创新的根本之源。”从一定意义上说,谁掌握了最先进的科学方法,谁就掌握了科技发展的优先权。我国目前正在全面落实科学发展观,贯彻执行《国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006—2020年)》,建设创新型国家。要有效推进这些战略目标的实现,就要加强科学思维、科学方法与科学工具的创新,具体包括以下几点:

(1) 建设创新型国家迫切需要创新科学方法。建设创新型国家,核心就是把增强自主创新能力作为发展科学技术的战略基点,走出一条具有中国特色的自主创新道路。我国要在激烈的国际竞争中掌握主动权,就必须在若干重要领域加强科学方法的研究与创新,只有这样才能掌握一批核心技术和关键方法,从而降低科技发展对外国技术和方法的依赖,真正提高自主创新能力。

(2) 创新方法上的突破是实现科学技术跨越式发展的重要基础。实现科学技术的跨越式发展是我国由科技大国向科技强国转变的根本途径。科技史上后进赶超先进的经验表明,创新方法是科技跨越式发展的关键。研究思维、方法和工具上的突破与创新不仅意味着能够进入并占领科学研究的前沿和战略制高点,而且意味着能够在向新的领域、新的方向开拓时占据先机,具备跨越式发展的竞争优势。

(3) 企业创新能力的增强有赖于科学方法的应用与创新。企业是一个国家经济发展的主体,科技自主创新的关键是企业科技的自主创新。企业为适应生产发展和市场需求,必然以开拓新技术、新产品、新市场为经济目的进行科技创新活动。如美国的波音、日本的丰田、德国的大众汽车等公司,其企业自身就拥有庞大的科研机构,不断开展科学研究与技术创新。可以说,科学思维与方法的研究与创新不仅为企业研发提供了必要的知识,而且科学思维和方法研究及其与先进科研仪器的结合能够大力增强企业研发能力,从而提升企业的技术创新能力和市场竞争力。我国目前正处在经济发展的重要时期,提高企业的国际竞争力是我国目前经济发展的重要任务,而提高企业竞争力的最重要途径就是提高企业的技术研发能力。因此,现阶段有必要对企业在科学思维、方法和工具的应用与创新方面加大能力建设,为有效提高企业的自主创新能力与国际竞争力提供帮助。

(4) 普及科学方法、弘扬科学精神是提高全民科学素养的重要手段。科学素养是公民素质的重要组成部分,公民的科学素养反映了一个国家或地区的软实力。自主创新、科技发展不仅依赖于社会的物质保障,还与社会文化环境和广大公众的科学素养高低紧密相关。据有关调查显示,2010年我国公民具备基本科学素养的人口比例仅为3.27%,与美国2001年已经达到的17%的水平相距甚远,这与实现建设创新型国家和全面建设小康社会战略目标的要求形成了很大反差。要提高全民科学素养,不仅要加强公众对科学内容的了解,更要提高公

众对科学思维、科学方法和科学工具的认识,只有这样才能使公众形成对科学具体而丰富的把握。全面推动方法的研究与创新,并在此基础上加强对相关知识的传播,将对全面提高全民科学素养产生重要而深远的影响。

本教程是创新方法系列教程,包含了创新思维技法、TRIZ、工业工程三大方法体系,其具体技术内容被梳理归纳和总结,形成了初级、中级、高级三册。本册为高级分册。参加高级分册编写工作的有:李文强(第1、第2章),张鹏、刘芳(第3章),曹国忠(第4章),张换高(第5章),孙建广、韦子辉(第6章),张建辉、马建红(第7章),陈子顺(第8章),江屏(第9章),毛照昉(第10章),施亮星(第11章),梅姝娥、黄超(第12章)。

本册在编写过程中,参考了大量的文献,向所有参考文献的作者表示诚挚的敬意与谢意!由于参考文献较多,尽管作者做了许多细致的工作,但仍存在个别文献处理不合适的可能,如果存在此类问题,作者向您表示真诚的歉意。

由于作者水平有限,书中肯定存在不妥与错误之处,殷切希望广大读者对书中的错误和不妥之处批评指正。

创新方法研究会

中国21世纪议程管理中心

2012年3月

目 录

第 1 章 设计思维过程与创新策略	1
1.1 产品创新设计	1
1.2 影响设计人员创造力的因素	1
1.3 基于认知过程的创造性设计思维	3
1.3.1 创造性设计思维过程	3
1.3.2 创造性概念设计思维过程模型	4
1.3.3 创造性概念设计中的思维回路	6
1.4 产品创新设计思维过程模型	7
1.5 用户需求获取与分析	8
1.6 创新概念生成	10
1.6.1 创新问题定义与表征	10
1.6.2 产品创新设计的创新求解策略	11
1.6.3 面向问题的创新求解策略	11
1.6.4 面向目的的创新求解策略	12
1.6.5 面向产品的创新求解策略	13
1.6.6 面向载体的创新求解策略	15
1.6.7 创新方案结构设计	16
1.7 方案评价	18
思考题	21
本章参考文献	22
第 2 章 创新设计知识资源与应用	24
2.1 知识的定义与作用	24
2.2 产品创新设计中的知识资源	24
2.2.1 产品创新设计中的知识需求	25
2.2.2 产品创新设计中的知识类型	26
2.2.3 设计知识的属性提取与构建	26
2.2.4 设计知识的表达方法	28
2.3 支持产品创新设计的知识库	29

2.3.1	发明原理实例库	29
2.3.2	科学效应库	30
2.3.3	专利知识库	32
2.3.4	领域知识库	33
2.3.5	专题知识库	34
2.4	知识库管理及应用	35
2.4.1	基于 Agent 的多知识协同管理	35
2.4.2	面向设计过程的知识搜索	37
	思考题	42
	本章参考文献	43
第 3 章	功能分析	44
3.1	功能结构	44
3.1.1	功能	44
3.1.2	功能分解	45
3.1.3	建立功能结构的两种方法	47
3.2	三元件模型及其改进	58
3.2.1	功能及功能三元件	58
3.2.2	三元件符号系统的改进	59
3.3	功能模型分析	59
3.3.1	功能分类	59
3.3.2	现有产品功能建模及分析	60
3.3.3	工程实例	64
	思考题	67
	本章参考文献	68
第 4 章	效应	69
4.1	效应模型与效应链	69
4.1.1	效应模型	69
4.1.2	效应模式	70
4.1.3	效应链推理方法	71
4.1.4	效应及应用	73
4.2	基于效应的功能设计	78
4.2.1	基本概念	78
4.2.2	基于效应的基本映射单元	81

4.2.3 基于效应模功能设计过程模型	82
4.3 工程实例	84
思考题	90
本章参考文献	90
第5章 裁剪	92
5.1 裁剪原理和过程	92
5.1.1 裁剪原理	92
5.1.2 裁剪对象选择	94
5.1.3 基于裁剪的产品创新设计过程模型	98
5.2 工程实例	99
思考题	108
本章参考文献	110
第6章 ARIZ 算法	111
6.1 ARIZ 的基本思想和主要内容	111
6.1.1 标准化的问题分析模型	111
6.1.2 克服思维惯性	111
6.1.3 系统化的问题解决流程	117
6.1.4 广义的可用资源利用	118
6.1.5 不断更新知识库	118
6.2 ARIZ85-C 详细步骤	118
6.3 ARIZ85-C 应用实例	126
思考题	134
本章参考文献	134
第7章 计算机辅助创新技术(CAI)	135
7.1 CAI 软件的应用流程	135
7.2 CAI 在功能设计中的应用	136
7.2.1 功能元-效应综合法	136
7.2.2 基于 CAI 的效应综合算法	137
7.2.3 CAI 在功能设计中的应用流程	139
7.2.4 工程案例	139
7.3 CAI 中 TMMS 模块实现原理及其应用	145
7.3.1 TMMS 的预测模型	145

7.3.2	TMMS 的预测步骤	148
7.3.3	工程案例	149
	思考题	158
	本章参考文献	159
第 8 章	失效预测原理 (AFD)	160
8.1	失效预测过程	160
8.1.1	AFD 方法	160
8.1.2	AFD 与 TRIZ 工具结合的方法	163
8.2	工程实例	165
	思考题	172
	本章参考文献	174
第 9 章	公理设计	175
9.1	公理设计的创新过程	175
9.2	设计公理及其推论	176
9.2.1	公理 1 功能独立性公理	177
9.2.2	公理 2 信息最少公理	179
9.2.3	设计公理的推论及相关设计理论	181
9.3	公理设计分析过程模型	182
9.3.1	公理设计活动	183
9.3.2	一致性	184
9.3.3	设计过程模型	186
9.3.4	公理设计的分析过程模型	188
9.3.5	公理设计分解过程模型	191
9.4	公理设计实例分析	194
	思考题	213
	本章参考文献	214
第 10 章	精益生产	216
10.1	精益生产概述	216
10.1.1	精益生产的核心思想	218
10.1.2	精益生产的内涵	218
10.1.3	精益生产的框架	219
10.1.4	TPS 与精益生产	220

10.2	精益物流与精益供应链	221
10.2.1	精益物流的起源	221
10.2.2	精益物流的系统流程	221
10.2.3	精益供应链	222
10.3	精益生产的系统实施方法	235
10.3.1	“一个流”	235
10.3.2	生产均衡化	236
10.3.3	安灯系统	237
10.3.4	标准化作业	237
10.3.5	目视化管理	239
10.3.6	自动化	242
10.3.7	准时化	242
10.3.8	技能培训与内部晋升	243
10.3.9	全面生产维护 TPM	244
10.3.10	现地现物	245
10.3.11	持续改善	246
10.4	精益技术详解与实操	248
10.4.1	5S 与 6S 管理	248
10.4.2	价值流的分析与应用	250
10.4.3	A3 资料简介	253
10.4.4	看板运作方式	254
10.4.5	生产线平衡	256
10.4.6	精益物流方式	258
	思考题	263
	本章参考文献	263
第 11 章	六西格玛管理	265
11.1	六西格玛管理概述	265
11.1.1	六西格玛的起源与发展	265
11.1.2	六西格玛的基本概念	267
11.1.3	六西格玛管理的组织	270
11.1.4	六西格玛管理的核心理念和价值观	271
11.1.5	六西格玛的实施意义	273
11.2	六西格玛管理方法论	275
11.2.1	六西格玛改进的模式——DMAIC	276

11.2.2	六西格玛设计的模式	278
11.3	项目界定	280
11.3.1	六西格玛项目效益预估	280
11.3.2	六西格玛项目风险与分析	284
11.3.3	六西格玛项目立项表和计划	284
11.4	测量	287
11.4.1	过程分析与文档	287
11.4.2	数据的收集和整理	289
11.4.3	测量系统分析	291
11.4.4	过程能力分析	293
11.5	分析	295
11.5.1	过程分析	296
11.5.2	数据分析工具	299
11.6	改进	300
11.7	控制	302
11.7.1	过程改进成果的文件化	303
11.7.2	建立过程控制计划	303
11.7.3	实施持续的过程测量和控制	304
11.7.4	控制图概述	305
11.8	六西格玛设计	309
11.8.1	六西格玛设计概述	309
11.8.2	FMEA 分析	310
	思考题	315
	本章参考文献	316
第 12 章 知识产权保护与专利申请		317
12.1	概述	317
12.2	专利保护	318
12.2.1	专利及分类	318
12.2.2	专利权	322
12.2.3	中国专利申请程序	327
12.2.4	国外专利申请程序	331
12.3	小结	333
	本章参考文献	334

第1章 设计思维过程与创新策略

1.1 产品创新设计

产品创新设计是指充分发挥设计人员的创造力,利用人类已有的相关科学技术成果、理论、方法和技术原理等,构思创新产品概念,并进一步应用新技术、新原理和新方法进行产品设计和分析,开发具有新颖性和实用性产品的实践活动。产品创新设计是以用户需求为目标的整体工程,它是功能创新、原理创新和结构创新等多维交织的组合创新。由于创新设计能够有效满足客户对产品求新和多样化的需求,提高产品市场竞争力,因此,产品创新设计已成为企业的重要发展趋势。产品概念设计是产品创新设计的早期阶段,它是产品设计过程中最重要、最复杂,同时又是最活跃、最富于创造性的设计阶段。这一设计阶段决定的产品成本平均高达80%,并且产品的创新性及其所具有的竞争能力基本上也是这一设计阶段就被确定下来的。因此,这一阶段是产品创新设计过程中最重要的一部分。要在产品概念设计阶段辅助设计人员发挥创造力,需在了解设计人员创造力主要影响要素的基础上,面向产品概念设计过程中,建立规范的创造性设计思维过程和相应的创新策略与方法。

1.2 影响设计人员创造力的因素

产品创新设计过程是设计人员借助一定的设计规则与创造性思维策略,对某种需求功能创造性设计方案的实现过程,在这个过程中,设计人员的创造力起着至关重要的作用。根据 Sternberg & Lubart 提出的创造力投资理论,设计人员的创造力是由智力、知识、思维风格、人格、动机和环境等成分联合产生的,本书对影响个体设计者创造力的因素总结为十个关键因素:创造性行为、智力、思维风格、知识、动机、个性品质、环境、信息、设计技术及计算机支持工具进行分析,建立了面向个体设计者的创造力模型,如图 1-1 所示。

(1) 创造性行为是整个创造力模型的核心,研究如何激发设计人员的创造性行为是建立和分析创造力模型的目的。创造性行为由创造性思维、创造性活动及在不断的创造性活动中形成的创造性习惯组成。创造性思维是一种能激发创造力的思维方式,能够引导设计者从不同角度、不同层面思考设计问题。

(2) 智力构成了创造性行为的基础。健康的神经功能,特别是大脑的功能