



技术创新方法培训丛书

科学技术部

技术创新方法概论

TECHNOLOGY INNOVATION
METHOD OVERVIEW

张武城 著

科学技术部

技术创新方法培训丛书

技术创新方法概论

张武城 著

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书是《技术创新方法培训丛书》之一。

本书以创造学理论为基础,提出了个体创造力结构模型,对创新思维、创新技法、创新技能及创新方法作了全面介绍,指出了我国制造业要获得自主知识产权,必须重视生产制造前端技术创新,掌握有关战略计划和概念设计阶段的创新方法,并和 TRIZ 理论方法集成融合,形成我国独特的技术创新方法。

本书适合于企业领导、机关干部、科研院所研究人员、管理人员和大专院校的教师们阅读,也适合供大学生自学参考。

图书在版编目(CIP)数据

技术创新方法概论 / 张武城著. —北京: 科学出版社, 2009
(技术创新方法培训丛书/科学技术部)

ISBN 978-7-03-023420-9

I. 技… II. 张… III. 技术革新—研究 IV. F062.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 179406 号

责任编辑: 李 敏 刘 鹏 / 责任校对: 钟 洋

责任印制: 钱玉芬 / 封面设计: 黄华斌

科 学 出 版 社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

中 国 科 学 院 印 刷 厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2009 年 1 月 第 一 版 开本: B5 (720 × 1000)

2009 年 1 月 第一次印刷 印张: 17 1/4 插页: 3

印数: 1—4 000 字数: 350 000

定价: 48.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换〈环伟〉)

《技术创新方法培训丛书》总编委会

主任 刘燕华 科学技术部副部长、党组成员

副主任 王伟中 科学技术部科研条件与财务司司长

梅永红 科学技术部政策法规与体制改革司司长

郭日生 中国 21 世纪议程管理中心主任

委员 (按姓氏笔画排序)

么 厉 马俊如 马晋并 仲伟俊 李 普

吴 英 吴波尔 张 璐 张武城 陈 劲

赵 敏 翟立新 潘晓东 檀润华

总 序

2006年2月，国务院发布了《国家中长期科学和技术发展规划纲要（2006—2020年）》，纲要中明确提出了建设创新型国家的宏伟战略目标。2007年10月，胡锦涛总书记在党的十七大报告中指出：“提高自主创新能力，建设创新型国家是国家发展战略的核心，是提高综合国力的关键。”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、叶笃正、刘东生院士《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，科学技术部会同国家发展和改革委员会、财政部、教育部和中国科学技术协会，联合启动了创新方法工作。

创新方法是科学思维、科学方法和科学工具的总称，科学思维创新是科学技术取得突破性、革命性进展的先决条件，科学方法创新是实现科学技术跨越式发展的重要基础，而科学工具创新则是开展科学研究和实现发明创造的必要手段。创新方法工作要以思维创新、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养的素质教育体系，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。

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、研相结合的技术创新体系的关键所在。因此，2007年8月以来，按照“政府引导、企业主体、专家支撑、社会参与、突出重点、试点先行、扎实推进”的原则，科学技术部进行了技术创新方法培训工作的部署，并在地方申报的基础上，在黑龙江、四川、上海、江苏、浙江、内蒙古等省（自治区、直辖市）推动实施了技术创新方法培训地方试点工作。

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、适应企业技术创新能力建设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。2008年2月，在科学技术部科研条件与财务司、政策法规与体制改革司的协调领导下，中国21世纪议程管理中心组织专家启动了《技术创新方法培训丛书》的编写工作。按照《技术创新方法培训教材编制方案》总体框架，系列培训教材分为通用类和专业类两个层面。首批通用类培训丛书主要包括：技术创新方法概论、企业技术创新管理理论与方法、中国技术创新政策、TRIZ入门及实践、六西格玛管理与企业案例集等。专业类培训丛书则按制造、电子、农业、材料、能源、环保等不同行业领域分类，建设符合行业技术创新活动特点的专业化教材体系。

“自主创新，方法先行”。创新方法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。希望《技术创新方法培训丛书》的出版，为全国不同地区开展技术创新方法师资、科技管理人员、企业家和技术研发人员的培训提供标准化的教学参考书，为探索有中国特色的技术创新方法能力建设体系提供经验借鉴。让我们继续解放思想，转变观念，大胆探索，积极实践，以技术创新方法培训作为重要载体，扎实有效地推进创新方法工作，为提升我国的自主创新能力、实现建设创新型国家的宏伟目标作出积极的贡献！

科学技术部 副部长

2008年9月

前 言

当今世界，国与国之间政治、经济、军事的竞争实质上是科学技术的竞争，是人才的竞争，归根结底是人的创造创新能力的竞争。中国共产党第十六届五中全会明确指出：发展科技教育和壮大人才队伍，是提升国家竞争力的决定性因素。

只要拥有一个健康的大脑，就会拥有无限的创造潜力。普通人和“天才”的差距，只是创造创新能力开发程度的不同。努力学习并掌握好创造创新方法，将会为开发并提高人的创造力创造条件。

拥有综合的、扎实的基础知识和专业知识是杰出人才的必备条件，同时还必须具有良好的能力结构和心理结构。本书第一章简要介绍了创造学和技术创新的相关概念，并提出了个体创造力结构模型。立志创造者可以从中学会认识自我，完善自我，充分发挥创造创新潜力，实现自我梦想。

创造性思维是人类区别于其他动物的最根本特征。千百年来，人类运用创造性思维不断地认识世界和改造世界，创造出无数物质文明和精神文明成果，创造性思维是一切科学研究的起点，始终贯穿于科学和技术发展的全过程，是技术创新工作的灵魂。

创造技能综合地反映了创造者智力技能、感情技能和动作技能的水平，它是培育创造创新思维能力和灵活运用知识的基石。本书第二章简要介绍了创造性思维方法和较为重要的五种基本创造技能，并为提高创造技能提出相关途径。

历史上后进超先进的经验表明，创新方法是科技跨越式发展的关键。研究创新方法，不仅意味着更容易进入科学研究的前沿并占领战略制高点，而且意味着向新的领域、新的方向开拓时占领了先机，具备了跨越式发展的竞争优势。谁掌握了创新方法，谁就会形成一定的创新能力，谁就能驾驭科技创新的原动力和把



握科技发展的优先主导权。

从工业革命时代至今，心理学家、社会学家和创造学家们，根据人们大量的创新实践，研究归纳出的创新技法大约有 1000 多种，其中被人们普遍认同和推广应用的创新技法约有 25 种，如智力激励法、联想法、形态分析法、检核表法、头脑风暴法等，我们称它们为传统的创新技法。其中一些创新技法曾有过成功的辉煌纪录，但总体上讲，这些传统的创新技法是抽象的、随机的、方向不明确的，强调个人的“灵感”和“悟性”，普适性差，没有创新理论的指导，更没有知识库的支持，因此，难以用这些技法去培育人的创新能力，而与 TRIZ（萃智）等现代创新方法的集成融合，以增强其活力，是传统的创新技术的发展方向。本书第三章就常用的 25 种传统创新技法作了简要介绍。

组织技术创新的行为是在总体战略计划指导下，通过技术创新战略确定发展方向，并对技术创新战略进行详细的计划分解之后，逐步展开运作。本书第四章介绍了战略计划阶段技术创新方法和工具。

技术创新活动是一种经济性的活动，具有一定的风险性，仅仅靠增加科研投入并不一定能够保证创新的产出的提高。杰出的俄罗斯发明家根里奇·阿奇舒勒说过：“人类在试错法中损失的时间和精力远比在自然灾害中遭受的损失要惨重得多。”要提高创新的产出一定要遵循创新的规律，研究创新的方法，才能突破创新效率的瓶颈，增强企业创新的能力，使企业实现快速发展。

阿奇舒勒将发明创新从对某些天才的研究转向了对全人类创新成果的结晶——专利的研究，通过对数十万件高水平发明专利所做的分析、归纳和提炼，基于辩证唯物主义的认识论、矛盾论和系统论的思想，发现了人类进行科学研究和发明创新的背后所遵循的客观规律，提出了发明问题的解决理论——TRIZ。本书第五章着重介绍了当今风靡世界、卓有成效的 TRIZ 理论。

产品的创新往往始于新概念的诞生，许多研究文献也清楚地显示早期概念开发活动对于新产品开发有着直接的重要贡献。可以说，新产品概念开发是技术创新活动，特别是生成自主知识产权的自主创新的基础性工作之一。本书第六章介绍了概念设计的主要方法。

生产制造过程中创新方法的应用对保证企业技术创新的成功至关重要。基于产品创新的特点，具有明显的学科和过程的交叉，产品创新需要研究开发、生产

制造、市场营销等多部门的参与，TRIZ理论与生产制造过程的创新方法如六西格玛、ADT、QFD等理论的融合，能使创新产品从概念设计开始，直至生产、销售，确保各个环节高质量、高速度地完成。我国企业应根据自己产品的特点，坚持不懈地学习和运用这些方法，包括利用相关软件工具，这对我国从制造大国转向制造强国具有十分重要的意义。本书第七章介绍了生产制造过程的创新方法及其与TRIZ理论方法集成的典型例证。

中华民族本是高智商的民族，运用标准解、效应知识库和解决发明问题的程序等程式化的解题方法更是我国科技人员特有的优势。“自主创新，方法先行”，只要我们大家都能学会创造性思维，提高创新意识，掌握创新方法，中华民族再创世界辉煌的时代必将指日可待。

本书涉及多种学科，是自然科学、社会科学、生命科学、管理科学和教育学等的集成和融合的产物。本书综合了国内外诸多学者的论点和研究成果，可供科技研究人员、工程技术人员、教师、机关企业领导和管理干部等阅读，也可以作为大学生课外阅读参考资料。

本书在撰写过程中，围绕企业技术创新主题参阅了国内外创造学专家们的大量专著和论文，将其中的一些观点、理论进行了归纳和集成，并将有些部分列为书中的案例一并介绍。由于篇幅所限，可能未将所有参考文献一一列出，在此谨向各位原作者表示歉意和感谢。撰写者有关创造学方面理论修养水平有限，不当之处，敬请指正。

本书的撰写得到了科学技术部刘燕华副部长和政策法规与体制改革司李普、翟立新、吴英以及中国21世纪议程管理中心潘晓东、王志强等领导的具体指导，浙江大学陈劲教授、清华大学罗振璧教授、伊维讯集团北京分公司赵敏总经理等曾提供了大量的国内外研究报告，北京工业经济联合会有关领导提供了大量调研材料和支持，在此表示深深的谢意。

张武城

2008年8月

目 录

总序

前言

第一章 创造学概述	1
第一节 技术创新的相关概念	1
一、技术创新的基本术语	1
二、创造、创新、科学发现、技术发明及技术创新的共同特点	5
第二节 创造力	5
一、创造力的生物基础	6
二、创造力的构成	10
三、个体创造力结构模型	12
四、创造力开发	21
思考题	25
第二章 创新思维和创新技能	26
第一节 概述	26
一、创新思维的分类	26
二、创新思维的基本特性	29
三、创新思维阶段	32
第二节 逻辑思维	33
一、逻辑思维的涵义	33



二、逻辑思维的基本形式	34
三、归纳思维	35
四、演绎思维	39
五、分析与综合思维	40
六、类比思维	42
七、有序思维	42
八、收敛思维	43
第三节 非逻辑思维	43
一、想象思维	43
二、联想思维	46
三、直觉思维	48
四、灵感思维	50
五、发散思维	52
第四节 观察力	52
一、观察的涵义	52
二、观察应遵循的基本原则	54
三、创造性观察机制	55
四、观察能力的培养	57
第五节 发现问题能力	57
一、提高发现问题能力的途径	57
二、发现问题能力的培养	58
第六节 操作能力	58
一、操作能力与创造创新的关系	59
二、操作能力的表现	59
三、操作能力的培养	60
第七节 系统分析和系统决策能力	61
一、系统分析能力的涵义	61
二、系统分析能力的培养	62
三、系统决策能力的培养	64

第八节 信息能力	66
一、信息与创新的关系	66
二、信息源	67
三、信息的检索	69
四、专利文献的运用	70
五、创新者应具备的信息能力	72
思考题	73
第三章 传统创新技法	74
第一节 传统创新技法的分类	74
第二节 逻辑推理型技法	76
一、类比法	77
二、自然现象和科学效应探索法	83
三、等价变换法	84
四、KJ法	85
五、类推法	86
第三节 组合型技法	87
一、组合法	87
二、分解（分割）法	90
三、形态分析法	91
四、信息交合法	93
五、横向思考法	96
第四节 有序思维型技法	97
一、奥斯本检核表法	97
二、5W1H法	100
三、和田十二法	101
第五节 联想型技法	104
一、智力激励法	104
二、联想技法	109



三、逆向构思法·····	112
第六节 形象思维型技法·····	113
一、形象思维法·····	113
二、灵感启示法·····	114
三、大胆设想法·····	115
第七节 列举型技法·····	117
一、特性列举法·····	117
二、缺点列举法·····	119
三、希望点列举法·····	122
思考题·····	123
第四章 战略计划阶段技术创新方法和工具·····	124
第一节 概述·····	124
一、当今世界经济的新特点·····	124
二、技术创新方法和工具体系模型·····	126
第二节 战略阶段技术创新方法和工具·····	128
一、技术预见·····	128
二、技术预测·····	131
三、情景分析·····	136
第三节 计划阶段技术创新方法和工具·····	139
一、路径图法·····	139
二、高标准定位法·····	141
思考题·····	146
第五章 TRIZ 理论方法·····	147
第一节 概述·····	147
一、TRIZ 的发展历程·····	147
二、TRIZ 理论体系·····	149
三、发明等级·····	150

四、学习和掌握 TRIZ 理论的重要意义	151
第二节 产品与技术系统的进化	153
一、技术系统进化法则	153
二、产品进化 S 曲线	158
第三节 创新发明原理	160
一、48 个通用工程参数	160
二、40 个创新发明原理	162
三、矛盾矩阵表	164
四、物理矛盾分离方法	167
第四节 物 - 场模型及发明问题标准解	171
一、物 - 场模型	171
二、发明问题标准解法	173
三、发明问题标准解法应用流程	176
第五节 效应知识库、发明问题解决程序和计算机辅助创 新 (CAI)	177
一、效应知识库	177
二、发明问题解决程序 (ARIZ)	178
三、TRIZ 理论工具的综合应用	180
四、计算机辅助产品创新 (CAI)	181
思考题	186
 第六章 概念设计	 187
第一节 概述	187
一、概念设计的界定	187
二、概念设计的重要意义	187
三、产品概念设计使用的方法工具	189
第二节 领先用户法	189
一、领先用户法的产生及其作用	189
二、领先用户法的特点、基本要素及其操作流程	192



三、应用领先用户法的注意事项·····	194
第三节 模糊前端（FFE）法·····	194
一、模糊前端的重要意义·····	195
二、模糊前端的活动要素·····	196
三、FFE 法操作流程·····	197
四、FFE 法与突破性创新·····	198
五、应用案例·····	199
第四节 质量功能展开（QFD）和田口法·····	200
一、质量功能展开（QFD）·····	200
二、田口法·····	208
第五节 公理化设计理论（ADT）·····	210
一、概述·····	210
二、公理化设计要素·····	211
三、小结·····	216
第六节 功能结构法·····	216
一、基本理论·····	216
二、功能结构法的操作·····	217
三、小结·····	218
第七节 阶段门法·····	218
一、阶段门法的界定及其特征·····	218
二、阶段门法的基本要素·····	219
三、创意的获取和处理·····	221
四、阶段门流程实施指导原则·····	222
思考题·····	223
第七章 生产制造阶段的技术创新方法·····	225
第一节 六西格玛管理法·····	225
一、六西格玛管理法的起源及涵义·····	225
二、西格玛统计度量·····	228

三、摩托罗拉推行六西格玛方案及其绩效·····	230
四、六西格玛的发展·····	231
五、企业引入六西格玛管理应具备的条件·····	233
六、六西格玛管理质量指数统计单位及其换算·····	234
七、推行六西格玛管理法的步骤·····	238
八、小结·····	240
第二节 并行工程·····	241
一、可制造设计与可制造与装配设计·····	241
二、DFM 与 DFMA 的应用 ·····	242
第三节 丰田生产方式与精益生产·····	244
一、丰田生产方式与精益生产的提出·····	244
二、TPS 与 LP 的哲学管理思想 ·····	245
三、TPS 与 LP 的技术体系构架 ·····	246
四、系统化、知识化、层次化的 TPS 与 LP 系统结构 ·····	247
第四节 创新设计工具的综合运用·····	248
一、TRIZ 的应用与发展 ·····	248
二、CAI 技术与产品设计周期 ·····	250
三、TRIZ 理论与公理化设计 (ADT) 的融合 ·····	252
四、TRIZ 理论与六西格玛管理法的融合 ·····	253
思考题·····	255
参考文献 ·····	256
附录 1 英文缩写意译总汇 ·····	258
附录 2 2003 矛盾矩阵表 ·····	插页

第一章 | 创造学概述

创造学是一门研究人类创造活动的规律和方法，探索其过程、特点和机理，开发人类创造力的学科，包括创造思维、创造过程、创造人才、创造方法、创造环境、创造的评价、创造教育等。其研究分支涵盖了哲学、心理学、神经生理学、脑科学、认知科学、行为科学、自然科学和社会科学等多门学科，是一门综合性和实用性很强的现代科学。其研究成果应用于社会政治、经济、科学、技术、工程技术、文学、艺术、军事、社会活动等领域。创造学的根本宗旨是研究和揭示人类创造活动的心理机制、生理机制和社会机制，总结和归纳创造的一般方法、特点和规律，培养和开发人的创造力，挖掘人的最大潜能。因此，创造学实际也就是技术创新的理论基础。

第一节 技术创新的相关概念

一、技术创新的基本术语

(一) 创造和创新

1. 创造的概念

史书记载：“创，始造之也。”我们的祖先很早就将“创”和“造”紧紧地联系在一起了。但是，究竟什么是创造呢？到目前为止，世界各国的学者还没有一个统一的说法，对“创造”的定义大致有如下几种：

1) “创造是不同质的素材的新组合”。这种定义对科学、艺术、哲学等领域都是适用的。重点在“新组合”上，而且是“不同质的素材的新组合”。

2) “人们在自己的思维和实践过程中，只要能产生某种新颖、独特、有社会价值的成果，这便是创造。”（石光明，2004）

3) “创造就是提供新颖的有社会意义的事物的活动。”（周道生，2000）



2. 创新的概念

“创新”（innovation）一词首先出自熊彼特（J. A. Schumpeter）1912年德文版的《经济发展理论》中，他把“创新”定义为：企业家实现对“生产要素的重新组合”。其表现形式有六种：引进一种新产品或提供一种产品的新质量；采用一种新的生产方式；开辟一个新市场；找到一种原料或半成品的新来源；发明一种新工艺；实现一种新企业组织形式。在以后的许多研究者对创新也分别作了界定，具有代表性的定义有如下几种。

1) 创新过程的三部曲^①：发明、转化和商业化。

2) 创新过程的五个阶段^②：①认知；②发明；③发展；④执行；⑤传播。

3) 创新是由新的联结而产生的信息培育而来，是从对其他学科和领域的洞察而来。创新源自交换的不断循环，这个过程中信息不仅仅被积累和存储，而且被创造。知识再次从以前不存在的联系中产生^③。

4) 丹尼斯·舍伍德（Dennis Sherwood）在其《创新管理》一书中的定义：“创新是由产生创意、评价、开发和实施四个步骤组成的过程。”

5) 艾米顿（M. Amidon）等研究了40种以上的创新的定义，这些定义基本上可归为以下两个观点：①发明本身是一个过程，不同于创新的过程；②发明是创新过程的第一阶段，是创新的一部分。

多数学者倾向于第二种观点，为了有效管理创新过程，必须将其作为一个完整的价值系统来运作。我们曾经把创新过程简化为3C：知识创造（knowledge creation）、知识转化（knowledge conversion）和知识商业化（knowledge commercialization）。

在以往众多的国内外传媒和有关书籍中，创新是一个模糊不清的概念，许多人认为创新就是发明创造，也有人把创新与科学发现和技术发明视为同义词。人们经常将创造与创新混为一谈，认为提出了一个崭新的概念就属于创新了。“创造”和“创新”其本质是相通的，它们表现的共性是都要出成果，其成果都具有独创性和新颖性。它们表现的差异性“创造”不一定能产生价值和经济效益，而“创新”必须具有社会性和价值性，即创造成果的成功实

① 美国商业部助理秘书布鲁斯·麦瑞菲尔德（Bruce D. Merrifield）1986年发表的一篇演讲《影响高科技产业变化的力量》《创新高速公路》（美）戴布拉·艾米顿著，陈劲、朱朝晖译

② 莫德斯托·麦迪奎（Modesto A. Maidique）. 1980. 企业家、支持者与技术创新. 斯隆管理评论（冬）

③ 玛格丽特·惠特利. 1992. 领导能力和新科学, 洛杉矶: 贝衫特-科勒出版社 (Berrett-Koehler Publishers): 113



施。创新是在创造基础上经过提炼的结果，是新创意、新概念发展的实际和成功应用的阶段，代表了人类先进的生产力和先进文化，有益于人类社会的进步。

2005年8月8日来自美国《商业周报》公开宣布：“创新力经济”已经悄然出现！该报定义“创新力经济”是由创意的想象力和创新力主宰的新的经济阶段，即企业组织的自主创新推动经济的发展，出现了把对“创造学”的研究统一归向于对“创新学”的研究的趋势。因此，一般情况下，创造力和创新力、创造意识和创新意识、创造精神和创新精神、创造性思维和创新性思维、创造性人才（指高水平的创造者）和创新性人才（指高水平的创新者）、创造者和创新者（也称创造创新者）等之间没有严格的区别。

有关创造和创新概念的讨论仍在继续着，至今尚无一致的结论。但是，正如著名学者彼得森所说：“我们没有更多的时间去弄清正在发生的事情及其原因，但我们必须用足够的时间去组织创新。”

（二）科学发现和技术发明

科学发现是发现新的科学事实和新的科学理论的创造活动，是要解决“是什么”和“为什么”的问题，探索尚未被人们发现的各种事物的现象和规律，揭示事物的客观存在。例如，马克思的剩余价值规律的揭示、门捷列夫的元素周期率的理论等。

技术发明是应用科学理论改造世界，主要回答“做什么”和“怎么做”的问题，是人为地利用自然科学的规律在技术领域创造出具有新颖性、独创性和实用性并能获得专利权的技术成果。

“科学发现”和“技术发明”与“创造”是比较接近或者是等同的概念，具有社会性和价值性的可能性都很小，这是它们与“创新”的最突出差异。

（三）技术创新

要理解“技术创新”这一概念的特定内涵，应抓住以下要点：

1) 技术创新是科技活动过程中（图 1-1）的一个特殊阶段，即技术领域与经济领域之间的技术经济领域，其核心是知识商业化。国家大力度的科技投入，为基础研究、技术发明和技术前沿攻关，使投入（钱）转化为知识（或成果）；而企业的技术创新，则是使这些知识（或成果）实现商业价值（转化为钱）。

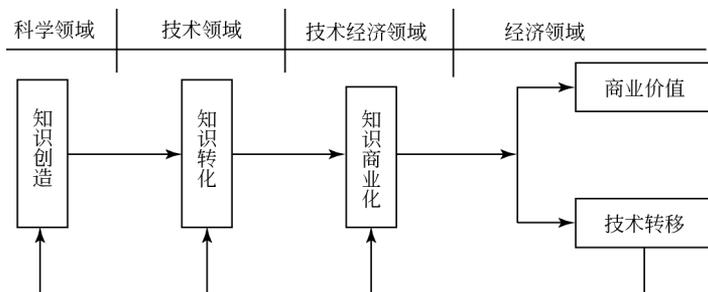


图 1-1 创新活动过程

2) 技术创新是受双向作用的动态过程 (图 1-2)。技术创新始于综合科学技术发明成果与市场需求双向作用所产生的技术创新构想, 通过技术开发, 使发明成果首次实现商业价值。

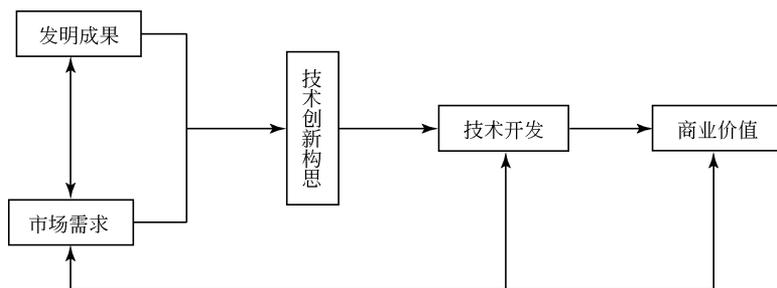


图 1-2 双向作用下的技术创新动态

3) 衡量技术创新成功的唯一标志是技术成果首次实现其商业价值。技术创新是以市场为导向、以效益为中心, 而不是以学科为导向和以学术水平为中心。这就表明, 具有创造性和取得市场成功是技术创新的基本特征。同时, 技术创新的目的不仅仅是要推动技术进步和生产发展, 主要在于“实现社会商业价值”。

4) 企业是技术创新的主体, 企业家是企业技术创新的灵魂。美国经济学家曼斯菲尔德认为: 一项发明当它可以应用时, 方可称之为“技术创新”。澳大利亚学者唐纳德·瓦茨认为: “技术创新是企业对发明成果进行开发并最后通过销售而创造利润的过程。”

熊彼特继 1912 年德文版的《经济发展理论》发表后, 在 1939 年出版的《商业周期》(Business Cycles) 一书中又首先提出过“技术创新”一词, 然而, 并没有直接对技术创新进行狭义的定义。《经济发展理论》于 1934 年被译



成英文，从那时起，国外对“技术创新”的研究已经历了半个多世纪。凯密（M. I. Kamin）等认为：熊彼特在1912年提出的创新概念过于强调从经济角度来考察创新。技术创新不仅只是在经济学意义上的包括新产品、新过程、新系统和新装备等形式，还应当包括与技术产生与应用有直接联系的那些基础研究和市场行为。这将熊彼特所定义的“创新”内涵给予了扩展和延伸。在当前“创新力经济”时代，技术创新是创新的核心，甚至全部，因此可以认为，“技术创新”与“创新”基于同一概念。《中共中央、国务院关于加强技术创新，发展高科技，实现产业化的决定》中，对技术创新的定义与熊彼特的创新定义在精神上是一致的，范围比较宽，实际上包含以下五个部分：

- 1) 开发生产新的产品；
- 2) 采用新的生产方式或新工艺；
- 3) 开辟新的市场；
- 4) 提供新的服务；
- 5) 采用新的经营管理模式。

在此后的许多论文和著作中，众多学者把“技术创新”统归为“创新”。

二、创造、创新、科学发现、技术发明及技术创新的共同特点

1) 它们是人类运用知识、思维、方法、技巧和经验创造出有利于社会经济和文化进步的新成果，是人类有别于其他动物的根本标志，也是人类推动社会进步的强大动力。

2) 创造主体、创造资源、创造对象和创造环境是它们的四大要素。

3) 新颖、独特、优美、实用等是它们的成果的特征。

4) 它们的过程都要求创新主体科学地运用创新思维、创新方法和工具，不畏艰险、不怕失败、勇往直前，这样才有可能攀登科学的高峰。

创造、创新、科学发现、技术发明及技术创新，彼此相互作用、相互渗透、相互推动，已经成为了不可分割的体系，致使在日常论述中难以界定。

第二节 创造力

“创造力”是由拉丁语“creare”一词派生出来的，大意是指创造、创建、生成，“创造力”又称“创新力”或“技术创新能力”。斯腾博格认为，创造力

是一种提出或产出具有新颖性（即独创性和新颖性）和适宜性（即有用的、适合特定需要的）工作成果的能力，是在对已有知识经验的分析、综合的基础上，进行想象、加工构思，以新的创意解决前人未曾解决的课题。简单地讲，创造力就是个体发现问题、分析问题，并能创造性地解决问题的能力。

一、创造力的生物基础

（一）大脑的结构和功能

大脑是人体产生思维和心理意识的器官，含有 1000 亿个神经元，是人类一切智慧和行为的生物基础，是人世间一切创造性活动的策源地。了解人脑科学的理论基础，能够充分地开发大脑的潜能，从而在创造和创新过程中开发创造力。

研究证明，人脑分为脑干、小脑与大脑三部分，如图 1-3 所示。脑干上承大脑，下连脊髓，呈不规则的柱状，由延脑、网状系统、脑桥和中脑组成，脑干的功能主要是维持人体生命，控制心跳、呼吸、消化、视觉、体温、睡眠等生理运作；小脑为脑的第二大部分，位于大脑的下方、脑干之后，小脑由左右两半球构成，小脑和大脑皮层运动区共同控制肌肉的运动，用以调节姿势与身体的平衡；大脑位于脑的顶部，分左右两个半球，其结构和其他哺乳动物不同。大脑表面的灰质层叫大脑皮层，是神经细胞分布最为密集的地方，数量达 100 亿 ~ 140 亿之多，因而是脑的核心部位，是人的心理活动和意识活动的最重要的部位。大脑皮层有无数的皱纹，展开面积约 2200 平方厘米，其中皱纹凸起的部分叫回，凹下的部分叫沟或裂。根据功能的不同，大脑皮层可分为许多区，其中布鲁德曼的

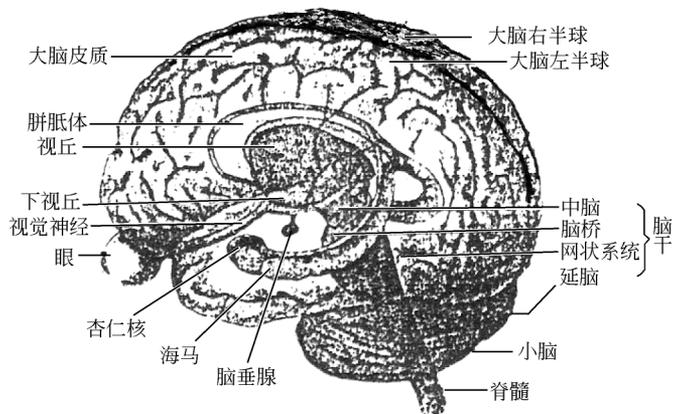


图 1-3 脑部透视略图

52 个分区得到了多数人的公认。这些区大体上可以概括为感觉、运动、语言和联合等四大功能区域，不同区域在功能上具有不同的分工，称为大脑皮质的功能定位。

美国著名心理学家西尔瓦诺·阿瑞（Xierwanuo Arui）在人们公认的 52 个大脑区划外，又发现了 TOP 和 PF 两个新区域，并研究了它们的功能。所谓 TOP 指颞叶（temporal lobe）、枕叶（occipital lobe）和顶叶（parietal lobe）三个词的第一个字母，由这三个脑叶组成的 TOP 区其功能是：接受外界刺激，将知觉、语音、信息等通过科学分析与综合，加工制作成最高级的概念、假设、观念，参与直观知觉转变为抽象思维，将有组织的经验储存于记忆中。因此，TOP 区为接受、加工和储存信息的联合区，组成了人类认识活动的最高级形式的脑基础。PF 区（额前区）的主要功能是集中注意、预见未来、实行序列组织和进行选择。可见这两个区域承担着重要的思维功能。

（二）人脑的创造创新能力

最新的研究表明，每个神经细胞都含有成千上万种蛋白质，可以组成不同的传递信息、发布指令的单元，形成一个由单元构成的控制系统，而每一个神经细胞都有和其他神经细胞相联系的分支（轴突或树突），平均每一个神经细胞与其他 2000 多个神经细胞相联系着。因而认为，每一个神经细胞功能相当于一台微型电子计算机，人脑就是类似由 100 亿 ~ 140 亿台微型电子计算机组成的庞大信息网络处理系统。美国麻省理工学院的一份报告指出，一个正常人的大脑可储存 1000 万亿信息单位，相当于一般电子计算机储量的 100 万倍，如果全部用来储备知识，人脑的记忆容量相当于 5 亿本书籍的知识总量。俄罗斯学者伊·尹尔菲莫夫经过研究指出，人的大脑可以同时学习 40 种语言，可以默记一套大英百科全书的全部内容，还有余力去完成 10 门大学课程的教研活动。这说明人脑的功能非常强大，它是宇宙间最复杂、最精致、最具有创造性的生物机器，是人的智慧之府，也是人的创新之源。

大脑由分开的两半球（左脑和右脑）组成，大小不尽相同，其间由约 2 亿根神经纤维组成的胼胝体相连，如图 1-4 所示。大脑左右两半球的重量占人脑全部重量的 60%，其体积约占人脑全部体积的 1/3。美国加利福尼亚理工学院的罗杰·斯佩里（Roger W. Sperry）博士通过对“裂脑人”的卓越研究，证明了人的大脑左右两个半球具有不同的功能，左半球主要是对语言、书写、计算、排列、分类、抽象记忆、时间感觉和连续逻辑分析；右半球主要是处理表象信息，是进行形象思维、发散思维的中枢，它主管人们的视知觉、形象记忆、认识空间、识

别几何图形、想象（包括做梦）、理解、发现隐蔽关系、模仿、音乐、节奏、舞蹈及情感等，即左半球的功能与理解力相对应，右半球的功能与想象力相对应。可以说，许多较高的认识功能都集中于右半球，右半球在创造性思维中占有更重要的地位。

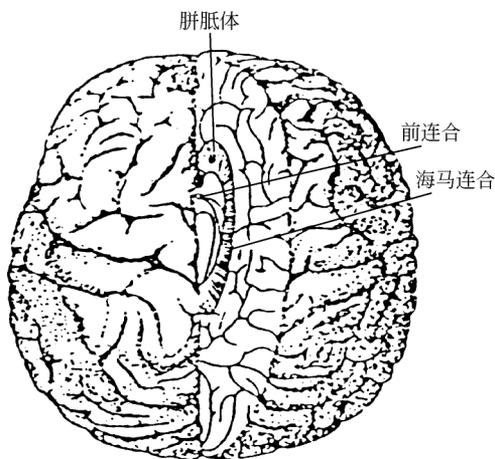


图 1-4 左右半脑

而日本学者春山茂雄则认为，左脑是自身脑，只储存个人毕生经验；而右脑是祖先脑，储存了人类 500 万年在进化中所积累的智慧，赋予人以直觉、创意等，右脑的信息量为左脑的十万、百万乃至千万倍以上，是人思维的“基础软件”。总体上讲，右脑的这些特点符合人们在创造性活动中的思维机制。

左右脑在创新活动中所起的作用各有不同，但这种不同是相对的，任何创新活动，都是左右脑密切配合、协同活动的结果，可以说两半球对于进入大脑的信息的反应几乎是同时进行的。正如斯佩里所说，在正常条件下，两半球“是紧密地结合得如同一个单位而进行工作的，而不是一个开动，另一个闲置着”。先进的正电子放射层面 X 光成像术使科学家清楚地看到：当一个人在进行创新思维时候，他的左右半球同时都在积极地活动着，这是对创新思维脑机制进行的直接的研究。它令人信服地证实了创新乃是大脑两半球功能整合的结果。斯佩里的这一研究，导致了人们对大脑认识的重大修正，打破了认为右半球是从属、劣势的旧概念，把功能专门化的理论提高到了一个崭新的水平。因此，斯佩里与另外两位科学家分享了 1981 年诺贝尔生理学 and 医学奖。

20 世纪 80 年代以后，脑认知功能模块论取代了大脑两半球分工说。1976 年

哥泽尼戈 (Keze Newar) 第一个提出了模块新概念, 他认为: “脑是由在神经系统的各个水平上进行活动的子系统以模块的形式组织在一起的。” 1983 年认知科学家沃德 (Ward) 也提出了智能的模块性 (modularity)。1995 年加拿大著名教授托尔文 (Endel Tulving) 把这一理论进一步完善化, 提出人脑内的五大记忆系统: ①程序记忆; ②知觉启动记忆; ③语义记忆; ④工作记忆; ⑤情景记忆。总之, 当代高级脑功能模块理论极大地改变了简单脑机能定位和两半球分工的理论, 使人们对创造的生物基础有了更深入的了解, 并推动了第五代智能化计算机的开发。

(三) 神经元与创造

神经系统的结构功能单元是神经细胞, 又称神经元, 它是神经系统的最小结构单位, 如图 1-5 所示。神经元的主要组成包括细胞体、树状突与轴突三个部分。每个神经元从细胞体伸出一个轴突和多个树状突, 并通过它们与其他神经元相联系。神经元的主要功能是反应与传导, 其反应形式有两种: 一是抑制, 即由活动状态转入静止状态; 二是传递, 当遇到一定强度的刺激时, 神经元就产生兴奋, 神经冲动就是通过神经元之间的联系在神经系统中进行传递的。由于神经元联系众多, 所以, 神经冲动可以在极短的时间里向所有方向进行多种多样的传递。每一个神经元在活动时都与其他神经元产生相互作用、相互结合并产生很多的单元体, 大小不同的单元体因其功能及在大脑中的位置不同而形成各种功能区, 各功能区能动地联系在一起共同活动, 从而产生各种心理现象。

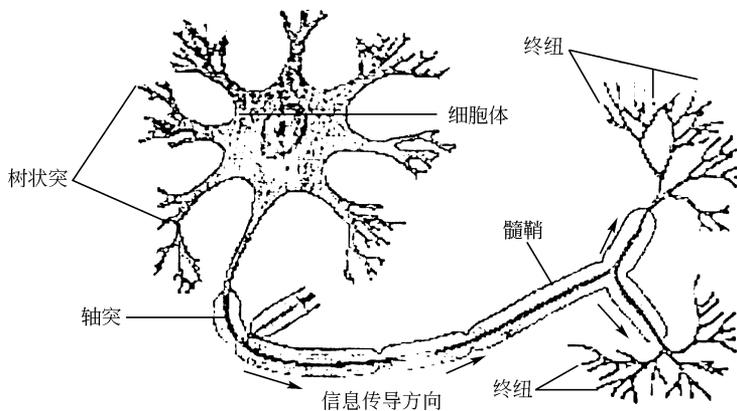


图 1-5 神经元略图



正电子发射断层摄影术 (PET) 可以用来测量大脑葡萄糖的代谢率 (GMR), GMR 是大脑某一部分活跃程度的一个指标。一般发现认为: GMR 与人的智商和对某个问题了解的程度呈负相关 (Haier, Sigel, Tang, Abel & Buchsbaum, 1992)。也就是说, 一个人越聪敏或越善于解决问题, 他的大脑活跃点越集中 (Parks, 1988)。

通常认为这种负相关是因为轴突修剪 (Huttenlocher, 1979), 与去除多余的神经元联结有关。每一个神经元上的轴突联结数目从出生后到 5 岁逐渐增多。5 岁后, 轴突联结逐渐减少到一个较低的水平, 这样 GMR 也随之下降。

黑尔 (Haier) (1993) 认为, 一方面, 不充分的树状突修剪 (即过高的 GMR) 可引起智力迟滞; 另一方面, 过多的树状突修剪, 即过低的 GMR, 可导致精神障碍。最有意思的是, 他提出假设: “处在正常水平和精神病理水平中间的神经修剪也许就导致了创造力。”

近年来的研究显示, 人脑的重量平均为 1400 克左右, 一般人和超群者并无显著差异。但大脑使用程度高者, 其神经元树状突较长。神经元的这种结构差异, 对人的创造性会发生影响。爱因斯坦是伟大的科学家, 他创立了划时代的广义相对论。在一般人看来, 他一定具有与众不同的大脑结构。美国普林斯顿医疗中心首席病理学专家冯姆斯·哈维 (Fumusi Havel) 博士在爱因斯坦逝世后, 征得其家属的同意, 对爱因斯坦的大脑进行了长达 20 年的解剖研究, 得出以下结论: 爱因斯坦的大脑既不比常人的大, 也不比常人的重; 组织上、结构上的变化没有超出正常范围; 脑细胞的数量也与同龄人相同, 只是脑神经元树状突较长一些, 颜色也显得深一些。由此表明, 爱因斯坦的成就, 就是来自于勤奋思考。

通过对人脑功能、结构的研究, 说明了一个简单的道理: “凡是健康的人, 就具有创造、创新能力”。这不是空中楼阁, 而是有坚实的生物学理论基础的。只要是正常的人, 都拥有无限创造思维能力的大脑, 其功能的发育全在于后天的锻炼和运用, 脑越用越灵, 要加强脑部机能的锻炼, 重视左右脑的平衡协调发展, 充分开发脑的潜能, 使这台功能无限的巨型生物智能计算机在创造、创新过程中发挥更大的作用。

二、创造力的构成

近来, 国内外创造学者对创造力的构成进行了大量的研究, 其中, 得到较多学者认可的是斯腾博格和鲁伯特 (Sternberg & Lubart) (1991, 1992, 1995, 1996) 提出的投资理论: 创造力的产生是由多因素影响的结果, 并强调指出,



创造力是由不同特征的、彼此又相互关联的六种资源，即智商、知识、认知风格、个性品质、内部动机和环境汇集而成。

1. 智商

广义的“智商”，包含观察力、记忆力、想象力、逻辑思维能力、辩证思维能力、操作力、表达力等。智商可以显示一个人灵活地掌握知识、应用知识和解决实际问题的综合能力、分析能力和实践能力的高低。这里，“综合”意味着产生想法，“分析”是对这些想法评估权衡，而“实践”是指建立一种方式能有效地实现这些想法。

2. 知识

知识是人们对自然界和社会的观察、认识、实践和归纳而得到的感知总和，经验也是一种知识，它是组成创造力结构的基础要素。

3. 认知风格

认知风格即认知活动过程的风格或倾向性。斯腾博格和克登（Kirton）（1976）认为，认知风格有三种类型：立法式认知风格（即乐于建立自己规则和善于解决非预制的问题）；执行式认知风格（偏向于用现成的规则解决具有现成结构的问题）；司法式认知风格（用判断分析和批判倾向看待事物，他们乐于对规则和程序作出评价，对现有的结构作出判断，从而来检查自己和他人的行为）。富有创造力的个体具有立法式认知风格。

4. 个性品质

个性品质对创造力的发挥具有着重要影响。

5. 内部动机

内部动机是驱使个体从事创新活动的动力。

6. 环境

环境可以激发一个人的创造力，也可以抑制一个人创造力的发挥。

上述六种因素对创造力的作用不是孤立的，而是互相影响、以综合效果发挥作用的。斯腾博格和鲁伯特根据这一理论特别指出：创造力充分发挥的关键是创造力六种因素的投入和它们的凝聚方式，将这六种因素经有效聚合后才能产生出

高创造力来。

三、个体创造力结构模型

笔者经过多年的研究，提出了影响个体创造力发挥的结构模型，如图 1-6 所示，它由九大因素组成：知识（基础知识、专业知识和交叉学科知识）、创新技能、创新技法和方法、个性品质、表达能力、创新思维、外语能力、体能、哲学基础理论。创造力的产生正是这九大因素共同作用的结果。创新思维是技术创新的核心，是个体创造力的重要体现；知识是个体创造力的坚实基础；观察力、记忆力、发现问题能力、操作能力、信息能力等各种创新技能反映了创新者的智力技能、感情技巧和动作技能；创新技法和方法促进了创新者知识和技能的灵活运用；创新技能和创新技法、方法的掌握，是使个体创造潜力发挥和提升的必要条件；个性品质、表达能力、创新思维、体能和外语能力是个体创造力的重要支柱，决定了个体创新意识和适应环境的能力；哲学基础理论的掌握将极大地影响着创新者在攀登技术创新的崎岖道路上，能够沿着正确的方向和始终保持高度的水平。

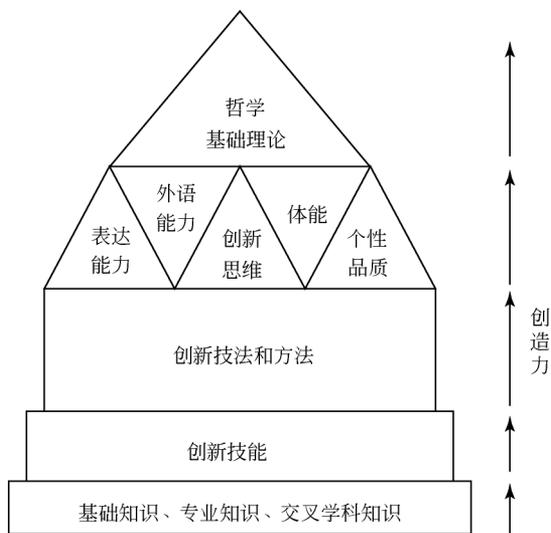


图 1-6 影响个体创造力发挥的结构模型

有关创新思维、创新技能及创新技法将在后面的第二章、第三章和第四章中分别给予详细阐述，至于表达能力、外语能力和体能不言而喻为众所周知，这里就不再赘述，其他部分阐述如下。



(一) 知识与创造力

海斯 (Hayes) (1989) 研究表明, 知识和创造力呈正比关系, 知识越丰富创造力越强, 正如大厦一样, 地基越扎实, 建成的高楼就越坚实。韦斯伯格 (Weisberg) (1999) 和奇克森特米哈依 (Csikszentmihalyi) (1996) 完全支持这种“地基”观。

众多领域的专家经研究认为, 杰出专家的出现均应遵循“十年定律”的理念: 个体从踏上某一领域到他真正掌握该领域的知识从而使第一个有水平的成果问世, 需要约十年时间。十年期间, 个体进行大量的研究、学习, 掌握该学科领域及其相邻学科的知识, 并坚持长期培训专业的技能为创造创新打下基础。加德纳 (Gardner) (1993) 对数个领域的杰出人物, 如爱因斯坦 (物理学、逻辑学)、毕加索 (绘画)、斯特拉文斯基 (音乐)、甘地 (政治)、弗洛伊德 (精神分析) 和艾略特 (语言学) 等进行了研究, 得出的结论是: 个体成长之前要在该领域有相对的发展期或称孕育期, 而这些杰出人士的生涯也同样遵循“十年定律”。

杰出人才的头脑里有大量的、综合的、精炼的、高水平的知识, 他们在长期的工作和学习中不断分析、归纳、综合和对比, 建立起相关知识间的网络联系, 形成系统化、有序的知识通道。创造者应善于总结和管理已有的知识, 不断地对自己的知识加以梳理, 使其格式化, 形成自己的动态的知识库, 为创造力的改善提供知识支撑。同时, 应改进学习方法, 尤其应熟练掌握信息技术, 从 TRIZ 理论的强大知识库中获得创新资源。

1. 知识水平对创造力的影响

1) 影响创新方向的准确性。创新活动必须以一定的知识水平为基础, 才能全面深入地了解事物的全貌, 以确定创新活动的方向。

2) 影响整个创新过程的新颖程度和可操作性。创新活动在选择什么方法、激活哪些思路、提取哪些信息、是否新颖独特、是否具有理论或实践价值等方面受知识水平的制约。

3) 影响新概念产生的速度、数量和质量。概念不是凭空产生, 只有具备广博的知识, 才能在遇到问题时迅速做出优化抉择。凭借具有相当广度和深度的知识, 才有可能敏锐地洞察到某类事实或现象背后隐藏的规律, 才能促成重大创新。

但根据西蒙顿 (Simonton) (1984) 的研究, 知识水平和创造力呈倒 U 型曲线关系, 当知识水平高于一定程度, 将给创造力带来负效应。



由此可以看出，愈演愈烈的应试教育方式，对学生、尤其对儿童创造力的成长不利。

2. 知识结构与创造力

创造力的产生，要求人们不仅要有较高的知识水平，还应具备合理的知识结构。合理的知识结构包括：

1) 基础知识。基础知识也称一般知识，是指数理化、生物等知识及社会生活各个领域的一般常识。基础知识不牢固，就很难掌握更加高深的专业知识。有继承才能发展，个体只有继承了足够丰富的基础理论（包括应用基础理论）知识才有可能展示创造力。因为，一个新科学问题的提出和解决，总是与以往相关科学问题的提出与解决相联系的，是在原有科学知识基础上的再发展。

2) 专业知识。专业知识也称学科知识，是从事创新活动领域中最新的学科专业知识系列。爱因斯坦是学物理专业的，如果他不掌握当时理论物理的最新专业知识，不是站在当时的学科前沿，即使他有高深的数学基础和创造潜能，对牛顿力学也不可能再认识，也就不可能发现相对论。

3) 交叉学科知识。科学研究的深入和发展，不断派生交叉学科，并产生许多边缘学科等，当代交叉学科和边缘科学将会给个体带来广阔的创新空间和更多的机会。

知识结构对创造力的影响主要集中表现在以下四个方面：

1) 对流畅性的影响。人们遇到问题时，首先就要在头脑中形成解决问题的设想，知识面越广，知识掌握得越扎实，可提取的信息就越多，思维就越流畅，就能在短时间内迅速发散出许多思维成果。

2) 对变通性的影响。要使思维从一个方向向另一个方向转变，或实现从一个领域到另一个领域的跨越，就必须以丰富的专业和基础知识为先决条件。

3) 对新颖性的影响。缺乏专业知识往往使人们创造性思维的来源枯竭，缺乏哲学知识可能使人迷失方向；缺乏创新的方法、技法知识易使人的思路禁锢。

4) 对创造优势的影响。专业知识面的宽窄和知识水平的高低在很大程度上决定了一个人的创造优势。创造活动的成败往往是由于知识结构上的一点点差距所造成的。

（二）创造性人才的个性品质与创造力

总体上讲，创造性人才（指高水平创造者或创新者）的个性品质是具有创造活动者的各种心理品质的总和，每一个人都有区别于他人的个性特征。