

探究钱学森之问

科技创新人才智能分析

Inquiry into Hsue-shen Tsien Question

Intelligent Analysis of Scientific and Technological Innovation Talents

薛昱 张文宇 冯筠任 露著



科学出版社

探究钱学森之问

科技创新人才智能分析

Inquiry into Hsue-shen Tsien Question

Intelligent Analysis of Scientific and Technological Innovation Talents

薛 昱 张文宇 冯 筠 任 露 著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书将管理科学、系统工程、脑认知和机器智能的相关理论结合在一起应用于科技创新人才关键要素的系统研究中。从定性与定量的综合集成，到概念加工与数据加工的协同运用，通过理论建模分析了科技创新人才的相关指标，并运用了实证分析挖掘出不同层次科技创新人才形成的关键要素，这对我国科技创新人才的培养有着重要的理论意义和社会价值。

本书可供各高等院校教育管理部门阅读，也可供科研院所中教育研究管理人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

探究“钱学森之问”：科技创新人才智能分析 / 薛昱等著. —北京：科学出版社，2019.2

ISBN 978-7-03-059390-0

I. ①探… II. ①薛… III. ①技术人才-人才培养-研究-中国
IV. ①G316

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 250739 号

责任编辑：李 敏 张 菊 / 责任校对：彭 涛

责任印制：张 伟 / 封面设计：无极书装

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>

北京建宏印刷有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2019 年 2 月第 一 版 开本：787×1092 1/16

2019 年 2 月第一次印刷 印张：20 插页：2

字数：300 000

定价：168.00 元

(如有印装质量问题，我社负责调换)

目 录

1	导论	1
1.1	科技创新人才的定义与内涵	1
1.2	科技创新人才研究综述	6
1.3	科技创新人才发展现状	19
2	科技创新人才要素定性分析	23
2.1	科技创新人才七商内涵	23
2.2	七商关键要素分析	28
3	科技创新人才要素关联分析	51
3.1	七商内部要素关联分析	51
3.2	七商之间逻辑关联分析	63
4	科技创新人才系统评价	73
4.1	科技创新人才关键要素指标体系构建	73
4.2	科技创新人才匹配模型	75
4.3	科技创新人才模糊综合评价模型	77
5	科技创新人才关键要素量化分析	84
5.1	数据分析方案设计	84
5.2	“七商”内部要素量化关联分析	88
5.3	七商之间的量化关联分析	96
6	科技创新人才关键要素复杂网络建模	107
6.1	复杂网络基本理论	107

6.2	科技创新人才关键要素复杂网络拓扑结构	122
6.3	科技创新人才“七商”要素复杂网络节点重要性评价	125
6.4	科技创新人才七商要素复杂网络抗毁性研究	133
7	脑认知基本概念与理论研究	137
7.1	人脑认知现状	137
7.2	人脑认知的基本模型	140
7.3	大脑的基本认知模型	161
7.4	科技创新人才的七商在人脑认知四个过程的作用	165
8	脑认知模型下基于机器学习的科技创新人才成长模式研究 ...	167
8.1	概念加工模型下基于贝叶斯分类器的科技创新人才分类	167
8.2	数据加工模型下基于层次聚类算法的科技创新人才鉴别	182
8.3	基于双向协同的科技创新人才关键要素系统研究	195
9	基于机器智能模型的科技创新人才鉴别分析	213
9.1	机器智能	213
9.2	基于机器智能的科技创新人才关键要素的数据建模与分析 ...	243
10	科技创新人才关键要素实证分析	273
10.1	实证数据来源及数据处理	273
10.2	科技创新人才关键要素系统评价分析	274
10.3	科技创新人才关键要素复杂网络模型分析	283
10.4	科技创新人才关键要素脑认知模型分析	298
10.5	科技创新人才关键要素机器智能模型分析	302
	参考文献	306

1 导 论

科学技术的快速发展,推动了社会经济结构由工业经济转向知识经济。知识经济的出现,标志着以能源为主体的工业化时代开始步入尾声,一个以知识、智力资源为主体的知识经济时代即将到来。科技作为一个民族进步的灵魂,是国家兴旺发达的不竭动力,科技的发展已经成为社会生产力的主要推动力量,并渗透到人类生产生活的各个领域。可以说,一个国家和地区对科学技术的掌握及运用程度,决定了其经济社会发展水平的高低。国际竞争最终都体现在科学技术的竞争上。科技的发展在于创新,创新的根源来源于科技创新人才,科技竞争归根结底是对科技创新人才的竞争,科技创新人才的总体数量和层次,直接决定了一个国家国际科技竞争力的高低。

1.1 科技创新人才的定义与内涵

1.1.1 科技创新人才的定义

20 世纪 80 年代,我国兴起了对科技创新人才的研究热潮。相关研究成果中尚缺少对科技创新人才的准确界定,对其概念和认知尚未取得普遍认可。赵宏远^[1]、王广民和林泽炎^[2]、韩利红和李荣平^[3]、廖志豪^[4]、刘敏和张伟^[5]、王贝贝^[6]、李燕^[7]相继从不同角度对科技创新人才进行了定义,但从整体上看,广大学者认为科技创新人才应具有三大

特点：①从事科学技术研究；②具有创新精神；③能够产生巨大的贡献。结合以上学者观点，笔者认为科技创新人才是指拥有广博的专业知识基础和健康身体状况，坚定不移地进行科学研究和创新，确保科学研究的实事求是，并将科研成果无私奉献，对科技进步、经济建设和社会发展产生巨大贡献的人才。

按照贡献程度和社会影响力的不同，笔者将从事科学和技术知识方面的工作或研究的科技创新人才划分为潜在科技创新人才、一般科技创新人才和杰出科技创新人才三个层次，如图 1-1 所示。

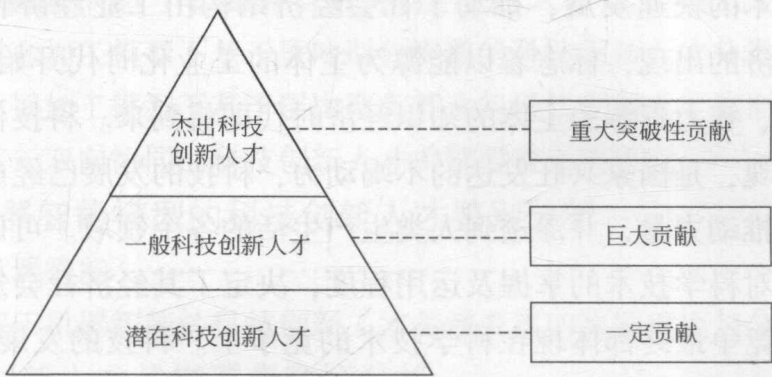


图 1-1 科技创新人才分层金字塔

1) 最底层：潜在科技创新人才，是指学习过一定的专业知识，在知识技能等方面优于一般人员，正在从事或有潜力从事科学技术工作，对科学技术的产生、发展、传播和应用活动具有一定影响，在科学发现和知识产出方面拥有一定的成果，对社会经济发展做出了一定贡献的人才。

2) 中间层：一般科技创新人才，是指拥有良好品质及优秀专业才能，具有敢于探索、研究和创造的创新意识，在科学研究中能够超越前人的理念和研究，产生出科技创新成果或创新理念，并为社会带来巨大贡献的人才。

3) 最顶层：杰出科技创新人才，是指拥有广博知识体系，具有较高学术造诣，能够形成突破性理论、观点、技术和方法的科技创新成果，对科技进步、经济建设和社会发展做出了重大突破性贡献的人才。

综上,科技创新人才队伍的三层划分层层递进,对科技创新人才的综合能力的要求逐渐提升。杰出科技创新人才是科技创新人才金字塔的顶端人才,是科技创新人才队伍的带头人,是充分体现“大成智慧学”全方位发展的人才。

1.1.2 科技创新人才的内涵

根据科技创新人才的定义,科技创新人才应为综合素质很高的人才,除了掌握广博的知识外,还在人格、身体、心理等方面具有较高的素质,具体包括以下四部分内涵。

1.1.2.1 具有良好的知识修养

科技创新是指在现有知识和技术的基础上,对其进行的突破。因此,科技创新人才在知识积累方面需要一定的广度与深度,且具有良好的知识修养。一般说来,科技创新人才的知识结构应该包括:受过系统的专业学习,具有较高的学历,掌握与科技研究相适应的文化知识及基本理论,精通一种或几种专业知识和技能;同时具有开阔的视野,宽泛的知识层面,能够掌握与自己专业相适应的相关的金融、管理、法律等知识。面对日新月异的科技更新,科技创新人才必须保持强烈的求知欲,利用强悍的思维能力去充实和更新自身知识体系,才能有重大创新和成就。

1.1.2.2 具有健康的身体

马克思说:“在科学上没有平坦的大道,只有不畏劳苦沿着陡峭山路攀登的人,才有希望达到光辉的顶点。”^[8]科技创新活动的复杂性和突破性要求科技创新主体必须拥有一副能经得起考验的身体。拥有健康的身体才能在科研活动中投入大量的精力,才能持续活跃在科技成果创新的道路上。相反,一个虽拥有良好的知识结构、科学的研究方法、明确

的科研目标的科研主体，却恰恰缺少了一副健康的身体，结果只能是其科学研究无法顺利进行，科研成果无法达到预期效果。因此，身体作为革命的本钱，是决定科技创新人才的科研成果是否能够有效发挥作用的重要保证。

1.1.2.3 具有高尚的人格品质

人格品质决定了个体的价值观，而价值观对个体的人生观、世界观会产生巨大影响。科技创新人才作为一个国家科学技术发展的领路人，产出的科技成果的应用方向往往与个人品质有直接联系，将对科技创新的发展产生重要影响。科技创新作为发现和改造客观世界的活动，在客观世界中带来巨大的改变。当科研主体具有高尚的人格品质时，才能实事求是地进行科学研究，得到真实、有效的科研成果；才能具有无私的奉献精神，将科技创新作为必胜的奋斗目标，全身心地投入其中；才能引导科技创新成果在正确的渠道发挥作用和价值，不会为了私人利益，损害国家和社会的集体利益。

1.1.2.4 具有健康的心理状况

创新就是突破传统习惯，打破思维定式，创造前所未有的新事物与新思想。突破传统使科技创新主体必须经常承担较大的压力，在经受失败的磨砺后破茧成蝶，以顽强的毅力实现目标。同时，科技创新活动由于其复杂性、综合性特征，某一科技攻关项目往往需要多人通力合作才能完成。但是在巨大的科研压力下科研团队必然会有存在很多矛盾和冲突，因此科技创新人才，只有清楚自身和科研伙伴的地位，进行合理分工，同时恰当地处理和他人的关系，才能保证科技创新活动的高效开展。

现代心理学和成功学的研究提出：人的成功商数可以概括为健商、智商、知商、灵商、情商、心商、胆商、意商、逆商、德商、位商等。在将前人提出的各商进行汇总后发现，各商概念存在一定的重叠。本书从科技

创新人才应该具有的四个方面的素质——良好的知识修养、健康的体魄、优秀的人格素质和健全的心理出发,使用“商”对科技创新人才关键要素进行衡量,提出了科技创新人才所应具有七商。

在衡量个体知识修养方面,表示个体智力水平的智商已涵盖衡量对事物本质的灵感、顿悟能力和直觉思维能力的灵商,同时认为利用大脑思维将信息转化为知识的能力对科技创新人才也尤为重要,因此本书利用智商和知商来衡量科技创新人才的知识修养水平的高低。

在衡量个体身体健康方面,科技创新人才需要健康的身体作为科技创新活动的坚实基础,因此保留健商的概念,并将健商扩充为包括健康意识、自理能力、身体素质、运动协调能力四大方面的衡量个体生命质量的指标。

在衡量情绪管理能力方面,情商和心商概念相近,因此本书提出了涵盖面更广的情商概念,包括个体感受与理解、运用与表达、处理自己与他人之间情感关系以及控制与调节自己情感的能力。在衡量冒险和意志力方面,胆商衡量了胆量、胆识、胆略,逆商则是指个体面对逆境承受压力的能力,原意商是指坚韧性、目的性、果断性、自制力等,三者有一定的相似之处,面对复杂的、长期的、系统的、高风险的科技创新活动,笔者提出了新的意商概念,将意商定义包括个人独立程度、对待事物的主动性、自身行为的把控能力、自信程度、决策执行力、抗压能力等方面的能力水平,将胆商、逆商包含在内。在衡量处位能力方面,科技创新活动需要多个个体组成的科研团队共同完成,因此科技创新人才必须迅速且准确的判断自身在科研团队中所处地位,快速、有效地完成科研任务,即拥有较高的位商。

在衡量个体道德水平方面仍继续沿用德商概念,但结合科技创新人才的具体道德要求,将德商细化为社会责任感、奉献精神、敬业程度和诚信水平四个方面。

总之,良好的知识修养用智商和知商来衡量,为科技创新人才提供知识基础;健康的体魄用健商来衡量,为科技创新活动提供良好的身体基础;而健全的心理则包含情商、意商、位商,使科技创新人才能够利用机

会、相互协作、坚持直至胜利；健全的人格素养，可用德商来衡量，使科技创新人才实现对社会的积极贡献。正是基于这样的思考，笔者试图利用七商在个体发展过程中的变化情况对科技创新人才所应具备的要素进行系统化分析，以期为科技创新人才要素的培养与塑造奠定理论基础。

1.2 科技创新人才研究综述

笔者重点梳理了国内外科技创新人才所需的关键要素，但相关文献有限。在查阅文献的过程中，发现较多对科技创新人才成长规律的文献中都涉及对其发展产生重要作用的一些因素，如家庭因素、学校因素、社会因素等，而这些因素在很大程度上会影响科技创新人才的关键要素。在科技创新人才成长规律相关研究文献的基础上，结合科技创新人才的培养现状及培养过程中出现的问题，系统化分析科技创新人才成长过程中的关键要素。同时，对科技创新人才所需要素的研究方法进行综述，以便采取更为科学、合理的方法凝练出更加完备、针对性更强的科技创新人才关键要素。因此，本书从科技创新人才所需要素、成长规律及培养模式和关键要素研究方法这四个方面，对科技创新人才的相关研究文献进行整理和综述。

1.2.1 科技创新人才所需要素综述

1.2.1.1 国外关于科技创新人才所需要素综述

国外对科技创新人才所需要素的研究时间较长，但研究成果主要以“创新人才”或“创新型人才”为研究对象，尚未聚焦到科技创新人才的要素研究。笔者通过分析国外学者的研究和调查对象，将数据来源为科学家、科技工作者的文献整理，其结果见表1-1。

表 1-1 国外科技创新人才要素特征研究汇总

研究者	知识	智力	创新思维	发散思维	洞察力	想象力	分析能力	创新精神	独立性	乐观平和	自控力	毅力	兴趣爱好	性格孤僻	冒险	严谨态度	自信	创新能力	合作能力
Einstein			✓		✓	✓													
J. P. Guilford			✓		✓	✓	✓												
Barron							✓												
D. Wechsler								✓											
E. P. Torrance				✓							✓								
Frank Barron		✓			✓									✓				✓	
Torrance													✓						
Bailey							✓												
Pravdic																			✓
Ricciardelli	✓																		
Rocom												✓	✓		✓				
Jeery M. Burger ^[9]										✓		✓	✓						

国外学者认为科技创新人才要素主要包括具有创新思维,良好的洞察力、想象力和分析能力,具有独立人格,忍耐力和好奇心强等特征。同时,有部分学者的研究结论略有不同,如 Pravdic (1986 年) 认为科技创新人才应具有较强的合作能力,而 F. Barron (1969 年) 和 W. H. Betty (2008 年) 却认为科技创新人才是性格孤僻的人。综合以上成果,国外对科技创新人才的要素研究主要集中在个人能力与品质,尚未研究身体素质对个体科技创新层次的影响。

1.2.1.2 国内关于科技创新人才所需要素综述

国内对科技创新人才要素进行的研究相对较多。白金铠^[10]、施章清^[11]、朱清时等^[12]、黄楠森^[13]、殷石龙^[14]、张黎^[15]、郝克朋^[16]、隋延力^[17]、陈希^[18]、董国强^[19]、赵传江^[20]、林秀华等^[21]、刘新彦^[22]、王建鸣^[23]、郑婧^[24]、张秀萍^[25]、赵鹏大^[26]、田建国^[27]、王彦梅^[28]、王广民和林泽炎^[2]、王思思^[29]、叶明^[30]、邢媛媛^[31]、姜建明^[32]、余祥庭和李晓锋^[33]、廖志豪^[34]、吕淑琴等^[35]、林崇德和胡卫平^[36]、吕成祯^[37]、郑庆华^[38]、黄小平^[39]等多位学者均从不对角度,根据不同层次的科技创新人才进行研究。笔者将以上学者的研究成果汇总,其结果见表 1-2。

通过对上述学者提出的科技创新人才要素构成因素进行对比分析后发现,知识储备、创新思维、高尚人格及合作精神是科技创新人才的主要特征,为科技创新人才的后续研究及培养提供了一定的理论基础。但由于大多是学者从不同的行业、不同的角度构建的要素评价模型,且研究对象不能确保达到科技创新人才层次,缺少权威机构研究、发布的要素模型,缺乏对关键要素的实证研究成果。大多研究成果只是学者从不同角度、不同领域层面对科技创新人才的要素进行分析,未能完整地建构出明确、具体的要素指标,从而其研究结果呈现出较大的主观性,科技创新人才评价体系尚未得以科学合理的构建,缺乏定量的系统分析。同时,研究成果中大多针对科技创新人才这一广泛的研究对象,未能体现出不同层次科技创新

表 1-2 国内关于科技创新人才要素特征的研究

项目	知识基础	创新思维	注意力、观察能力	记忆能力	想象能力	分析能力	创新能力	好奇心	进取心	持之以恒	健康体格	严谨态度	社会适应力	乐观	高尚人格	合作精神	创新意识	质疑冒险	竞争意识
白金铠	✓							✓	✓	✓		✓			✓	✓			
施章清			✓	✓	✓	✓	✓												
朱清时等	✓		✓					✓		✓			✓			✓			
黄楠森		✓								✓	✓				✓		✓		
殷石龙		✓															✓		
郝克朋															✓		✓		
隋延力								✓		✓							✓	✓	
张黎		✓	✓							✓					✓	✓			
陈希	✓	✓					✓								✓		✓		
董国强	✓	✓					✓								✓		✓	✓	
赵传江								✓		✓							✓		
林秀华等	✓	✓					✓								✓				
刘新彦					✓														
王建鸣										✓				✓	✓	✓	✓	✓	
郑婧	✓									✓					✓		✓		
张秀萍	✓						✓												
赵鹏大		✓					✓										✓		

探究“钱学森之问”——科技创新人才智能分析

续表

项目	知识基础	创新思维	注意力、观察能力	记忆能力	想象能力	分析能力	创新能力	好奇心	进取心	持之以恒	健康体格	严谨态度	社会适应力	乐观	高尚人格	合作精神	创新意识	质疑冒险	竞争意识
田建国	✓						✓	✓							✓				
王彦梅	✓						✓								✓		✓		
王广民和林泽炎	✓		✓			✓											✓		
王思思	✓	✓				✓									✓	✓			
叶明	✓														✓		✓		
张秀萍	✓						✓												
邢媛媛	✓	✓			✓				✓			✓				✓			
姜建明	✓							✓							✓				
余祥庭和李晓峰	✓									✓		✓				✓	✓	✓	✓
吕淑琴等			✓			✓		✓		✓				✓	✓				
林崇德和胡卫平	✓	✓																	
吕成楨								✓							✓		✓		
邓庆华		✓						✓		✓					✓	✓			
黄小平	✓	✓	✓		✓	✓		✓		✓		✓			✓	✓		✓	

人才在所需要素中的区别，研究成果不具有针对性，限制了其在实践应用方面的可操作性。

因此，无论是对科技创新人才的界定，还是研究不同层次科技创新人才的区别，该研究问题都有深入研究的理论意义和实践价值，从而使笔者构建的全面、细化的科技创新人才综合要素评价指标具有深刻的现实意义。

1.2.2 科技创新人才成长规律综述

人才成长规律是指对人才成长过程中各种本质联系的概括与归纳，包括人才成长过程中所接受的各种影响因素，以及不同因素影响下对人才的成长和发展所带来的结果。我国人才学家王通讯通过对人才成长过程的研究，提出了师承效应、马太效应、共生效应等人才成长的八大规律^[40]。对于科学技术研究领域的人才而言，因其面对的研究对象的特殊性和复杂性，使得科技创新人才的成长规律既存在一般人才成长规律，又存在一些特殊规律。

1.2.2.1 国外关于科技创新人才成长规律综述

国外学者对科技创新人才成长规律的研究成果较多，研究范围也比较宽泛，主要包括年龄家庭环境、教育环境、政策影响、地理优势等影响因素，并在对这些影响因素分析的基础上得出了科技创新人才的成长规律（表 1-3）。

表 1-3 国外关于科技创新人才成长规律的研究

作者	研究对象	科技创新人才成长规律
Zuckerman ^[41]	美国诺贝尔奖得主	82% 的获奖者家境优越，影响家庭教育环境
Rocom ^[42]	生物医学领域的科技精英	家庭的作用、遗传、人格和其他影响
Golub ^[43]	克罗地亚的科学精英	拥有较高的学历和外语能力，担任科研领导职务，具有管理科研团队的相关经验

续表

作者	研究对象	科技创新人才成长规律
Ren ^[44]	诺贝尔化学奖获得者	高教育水平、优秀的导师、广泛的学术交流与合作对诺贝尔奖得主有深刻影响
Zweig 等 ^[45]	中国的海归学者	政府政策及赞助商对科学研究资助会对科技创新人才造成多大程度的影响
Parker ^[46]	环境生态领域科学家	采用地理优势累积效应来解释科技创新人才的集聚特征
Chan 和 Torgler ^[47]	1901 ~ 2000 年诺贝尔物理学奖、化学奖、医学奖得主	世界一流大学在科学精英的培养过程中存在优势累积效应

1.2.2.2 国内关于科技创新人才成长规律综述

国内关于科技创新人才成长规律的研究较多，学者对科技创新人才成长过程与规律已有较为全面和深刻的认识。根据所选研究对象的层次不同，将科技创新人才划分为潜在科技创新人才、一般科技创新人才和杰出科技创新人才三个层次，分别针对不同层次的科技创新人才进行具体研究。由于潜在科技创新人才的特征尚不明显，难以把握普遍的成长规律，所以国内相关研究主要针对一般科技创新人才和杰出科技创新人才。

对潜在科技创新人才成长规律的研究：研究对象多为高校普通教师或大学生。主要以普通高校大学生、研究生为主，通过对其学习经历和影响其成长的相关因素进行问卷调查，进而利用统计分析方法得到影响潜在科技创新人才的关键要素。但通过对文献的整理，发现学者对潜在科技创新人才的研究相对较少，且多数研究均是聚焦在科技创新人才成长的某一方面的影响，尚未形成人才成长规律系统性的结论（表 1-4）。

表 1-4 关于潜在科技创新人才成长规律的研究

作者	研究对象	研究结论
郭新艳 ^[48]	四川省部分重点高校的科技创新人才	科技创新人才的成长分为预备、适应、稳定等多个发展阶段，其成长过程是循序渐进的
郭樾 ^[49]	清华大学毕业生	科技创新人才成长是一种具有生长优势的矢量