

培育创新DNA

——北京市第十二中学创新人才“双螺旋”
培养模式探索

李有毅 著

清华大学出版社

北京

版权所有，侵权必究。侵权举报电话：010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

培育创新DNA：北京市第十二中学创新人才“双螺旋”培养模式探索 / 李有毅著. — 北京：清华大学出版社，2020.5

ISBN 978-7-302-55270-3

I. ①培… II. ①李… III. ①高中生-创造型人才-人才培养-研究-北京 IV. ①G632.0

中国版本图书馆CIP数据核字(2020)第051674号

责任编辑：宋丹青

封面设计：傅瑞学

责任校对：王荣静

责任印制：杨 艳

出版发行：清华大学出版社

网 址：<http://www.tup.com.cn>，<http://www.wqbook.com>

地 址：北京清华大学学研大厦A座 邮 编：100084

社总机：010-62770175 邮 购：010-62786544

投稿与读者服务：010-62776969，c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈：010-62772015，zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 装 者：

经 销：全国新华书店

开 本：160mm×230mm 印 张：18 字 数：222千字

版 次：2020年6月第1版 印 次：2020年6月第1次印刷

定 价：68.00元

产品编号：083558-01

国家社会科学基金“十二五”规划2015年度教育学一般课题

普通高中创新人才培养的实践研究

课题批准号：BHA150118

目 录

绪言	001
第一部分 普通高中创新人才“金字塔”培养目标	
第一章 创新的逻辑起点：创新人才的素养模型建构	011
一、创新人才培养的政策背景	012
二、创新人才培养的科学理论	017
三、创新人才成长的素养培育	032
四、创新人才模型的系统构建	040
第二部分 普通高中创新人才“双螺旋”培养模式	
第二章 创新的精神基础：立心铸魂的家国情怀建树	060
一、学思型活动：在视野开阔中认识创新精神	061
二、对话型活动：在导师引领中内化创新精神	077
三、服务型活动：在社会参与中践行创新精神	090

第三章	创新的知识积淀：厚基激趣的课程体系重构	103
	一、基础性课程：在国家课程中夯实创新根基	104
	二、选择性课程：在校本课程中激发创新志趣	118
	三、发展性课程：在荣誉课程中深耕创新优势	136
第四章	创新的实践能力：萃智共育的创新平台共建	152
	一、创新实验室：在多元体验中激发实践兴趣	154
	二、创客空间：在深度探究中提升实践技能	161
	三、开放创新平台：在高端项目中丰富实践智慧	168
第五章	创新的思维培养：以问拓思的学习模式变革	183
	一、重新定义学科：让学科价值回归思维发展本质	184
	二、重新定义学习：让智慧四问课堂重塑学习关系	205
	三、重新定义评价：让创新思维成为关键评价指标	223
第三部分	普通高中创新人才“真善美”培养生态	
第六章	创新的生态系统：钟灵毓秀的创新土壤培植	241
	一、创新文化环境：涵养创新的文化场域与学习空间	242
	二、创新型教师队伍：致力创新的平台搭建与专家引领	257
结 语		279

绪言

我们正处在一个需要创新、呼唤创新、拥抱创新的时代。放眼2035年的中国，习近平总书记在党的十九大报告中做了如下描绘：“我国经济实力、科技实力将大幅度跃升，跻身创新型国家前列。”创新，决定着国家和民族的未来，是摆在国家发展全局核心位置的重要突破点，是将人口优势转化为人才优势的关键点。“致天下之治者在人才”，习近平总书记指出，“两个一百年”奋斗目标的实现、中华民族伟大复兴中国梦的实现，归根到底靠人才、靠教育，要加快构建具有全球竞争力的人才制度体系，培养宏大的具有创新活力的青年创新型人才队伍。建设创新型的国家，创新人才的培养至关重要，这既是国家发展的迫切需要，也是这个时代人才培养的主旋律。为此，努力促进各类创新人才的竞相涌现，全力提升创新人才培养质量，已成为各级各类学校的主要任务。

创新人才的培养只是大学阶段应重视的吗？我们认为，创新人才培养必须贯穿于教育的全过程，而绝非只是大学阶段的事情，也不能从大

学阶段才开始培养，幼儿园、小学、中学和大学在培养创新人才方面都肩负着重要的责任，发挥着积极的作用。高等教育阶段是培养创新型人才的关键阶段，而作为基础教育阶段的中学教育和小学教育则起着重要的启蒙性和基础性作用。学生在中小学教育阶段养成的学习兴趣、学习能力、学习方法和学习习惯，直接决定了他们在大学阶段和工作后的发展潜力，特别是有些创新素质所必备的良好习惯在基础教育阶段，甚至学前教育阶段就已经养成了。因此，致力于具有中国特色和世界水平的创新型人才培养，不仅是高等教育的使命，也是基础教育的使命。

步入21世纪，教授学生掌握一些通用技能已经无法适应时代的发展，我们必须培养学生的创造力和创新力。高中阶段是成人成才发展的关键时期，在人才培养的通路上起着承上启下的作用。钱学森先生为什么深切怀念他的高中时代？因为高中教育是一个人世界观、人生观、价值观奠基的时期，无疑是创新人才培养的黄金时期。2014年9月，国务院出台了《国务院关于深化考试招生制度改革的实施意见》，其中明确提出，“完善和规范自主招生。自主招生主要选拔具有学科特长和创新潜质的优秀学生”，2016年国务院发布的《全民科学素质行动计划纲要实施方案（2016—2020年）》提出，“在高中阶段要鼓励探索开展科学创新与技术实践的跨学科探究活动，同时规范学生综合素质评价机制，促进学生创新精神和实践能力的发展。”不仅如此，哈佛、牛津、斯坦福等世界著名大学在招生的时候也非常看重学生的创新潜质。高中教育不可能培养出一个成型的拔尖创新人才，高中教育的价值在于，给有潜力的那部分学生打好将来成为拔尖创新人才的基础，同时提升全体学生的创新素养。我们特别重视并珍惜这个创新人才培养的黄金期，一直努力坚持用科学的教育教学方式促进学生主动地学习和发展，不断引导并强化学生创新意识、创新精神、创新思维、创新知识、创新能力、创新

人格的形成。

2015年9月，教育部《关于“十三五”期间全面深入推进教育信息化工作指导意见（征求意见稿）》提出了“有效利用信息技术推进‘众创空间’建设，探索STEAM教育、创客教育等新教育模式”。直面挑战，北京市第十二中学（以下简称十二中）人积83年对教育本真的求索、对普通高中使命的思考和对学校未来发展愿景的期待，开启了对创新人才培养模式深入探索的征程，于2015年12月16日批准立项了“普通高中创新人才培养的实践研究”这一国家社会科学基金“十二五规划2015年度”教育学课题。

课题批准立项后，为了保证研究工作的扎实推进，十二中特聘陶西平、顾明远、石中英等专家组成课题研究专家委员会。专家们亲临学校进行论证，具体指导课题研究实施方案的设计。为使研究成果更具实践性和普适性，十二中邀请哈尔滨市第九中学校、任丘市第一中学、芜湖市第十二中学、本溪市高级中学等10所学校共同开展课题研究，组建了以李有毅校长为组长、各协作校校长为副组长的总课题组，并设立秘书处具体负责日常的管理、协调和推进研究工作。总课题组认真学习研究，科学设计研究方案，精心准备开题报告，制定了详细的研究路线图和时间路线，并按照学科课程和活动课程两条途径提供了43个参考子课题，拟定了协作校和子课题管理办法和申报指南。2016年3月28日，十二中组织了开题报告会，中国教育学会、北京师范大学、北京市和丰台区教委相关专家和领导，来自辽宁、河北、安徽、云南、湖南、新疆和黑龙江等地10多所学校的校长，十二中校长、书记，以及中层以上干部、教研组长、教师代表共计80多人参加了开题报告会。总课题开题报告后，各协作校、部门、年级组和教研组，以及个人，根据“子课题申报指南”积极行动起来，将自身的实际工作与创新人才培养

工作联系起来，积极申报子课题。根据各子课题组的需求，总课题组及时约请专家针对具体情况进行指导。2016年6月至9月，10个协作校先后分别举行了开题报告会，专家对48个子课题进行了认真评议，提出了明确具体的建议。2016年9月至12月，各子课题组按照课题设计全面展开课题研究工作，秘书处及时跟进协调指导，加强沟通交流。2017年1月至3月，总课题组对各子课题组做了“普通高中创新人才培养的实践研究”的中期报告，重点研究了何为创新教育、创新型人才、“三环”创新人才行为以及创客教育和STEAM教育等，形成了学科课程和活动课程普通高中创新人才培养的两条基本途径，至此“普通高中创新人才培养的实践研究”这一课题取得了中期阶段性的研究成果。

在研究和实践普通高中创新人才培养模式的过程中，我们以“真善美”文化为指引，在专家的指导下，确定了五项原则：一是阶段性原则，高中阶段是学生个性形成、自主发展的关键时期，其个性特征和能力才干初步显现，对提高国民素质和培养创新人才具有特殊意义，而且，很多潜在的精英人才显露在高中阶段，我们认为普通高中是创新人才成长奠基的关键阶段；二是普适性原则，世界著名的创造学专家奥斯本认为“人人都有创造力”，对此我们深表赞同，因此我们反复强调，我们开展的创新教育不是针对个别学生群体的创新教育，而是面向全体普通高中学生的创新教育，每个学生都有潜能，教育的功能就在于使这种潜能转化为现实的创造力；三是先进性原则，在“以人为本”理念指导下，基于未来人才的核心素养需求开发课程，遵循创新人才成长规律，开展基于“三环天才理论”和“发明问题解决理论”（TRIZ）引领下的创客教育研究。采用显性与隐性相结合的方式强化科学方法在培养创新人才中的作用，提高创新教育的实效性；四是时代性原则，创新能力是核心素养的核心，它是一种综合性、涵盖性很强的核心素养，我们

充分运用数字制造技术和“互联网+”，将各种社会创新优质资源与学校资源融合，在STEAM教育背景下开展普通高中创新人才培养的实践研究，着力中学生核心素养和创新能力的培养；五是选择性原则，人的发展是多维度、多层次的，基于准成年人身心特征多样化的选择性，学校应结合新高考注重选择的要求，为学生提供多样化的选择平台，以满足多层次的创新人才发展的需要。

在“互联网+”“云教育”和“众创”背景下，教育要为中华民族的伟大复兴、大众创业和万众创新提供智力支撑与人才保障。在从“知识时代”走向“核心素养时代”的今天，我们必须牢固树立“以人为本”的理念，抓住机遇、迎接挑战，大力营造创新文化，打开围墙办教育，打开边界学知识，实现知识融合，并且尽全力探索新途径和新方法，推进创新人才培养模式不断完善与成熟，实现创新人才培养通道的全线贯通，让所有的学生在求知中创新、在实践中创新、在创新中学习、在创新中发展。

作者

第一部分

普通高中创新人才
“金字塔”培养目标

众多研究表明，我国中学生对学科知识的掌握远优于世界主要发达国家的中学生，而创造力却要低于世界主要发达国家的中学生，因此就有了著名的钱学森之问——“为什么我们的学校总是培养不出杰出的人才？”钱学森认为：一个重要原因是没有按照培养科学技术发明创造人才的模式去办学，没有独特创新的东西。

在深入推进“普通高中创新人才培养的实践研究”这一课题的过程中，我们一边研究，一边摸索，一边创建，一边实践，一边反思，一边修正。我们认为，要回答“钱学森之问”，首先要弄明白到底什么是创新人才，创新人才有哪些特征，我们对创新人才培养的目标是什么。只有明确了创新人才的培养目标，才能继续探索有目标、有特色、有质量的创新人才的培养路径，才能真正发挥高中教育这个创新人才培养黄金期的作用。

国家对中国学生的发展核心素养研究制定了素养模型，我们想，我们研究普通高中创新人才培养目标也要最终研制出符合政策背景、符合科学理论、符合人才特质的创新人才模型，清晰直观地表述出我们所理解的创新人才究竟应该具有哪几种独特的素养。经过对创新人才顺乎趋势、合乎规律的系统研究，我们最终确立了普通高中创新人才的“金字塔”培养目标。

之所以将培养目标比作“金字塔”，一方面，“金字塔”根基牢固，坚不可摧，强调了我们要牢牢地抓住高中教育这个培养创新人才的黄金期，出色地完成普通高中创新人才培养这一艰巨任务，为国家的发展和学生个人价值的实现奠定坚实的基础；另一方面，“金字塔”是人类智慧的象征，如同创新人才所表现出来的智慧一样，精彩出萃，令人折服；再一方面，“金字塔”呈阶梯状，代表着创新人才成长的不同阶段，我们给予学生成长的时间和空间，从多个领域发现并发展他们的创新潜能。“金字塔”的培养目标，给予了我们信心和动力，纵使塔尖难以攀登，我们也将勇往直前，在高中阶段创造人才培养的一个又一个奇迹。

第一章 创新的逻辑起点：创新人才的素养模型建构

在2017年《全球创新指数》报告中，中国排名第22位，报告指出：“中国的创新指数排名持续攀升，折射出中国创新含金量的提升。”同年，“世界经济论坛”发布《全球竞争力报告》，中国位列第27位，显示出正在成为更具创新性的经济体，但还不是创新强国的发展特征。两份报告均鲜明提出人才与创新是构成指数的关键要素，是国家竞争力的核心。

对于创新人才的培养，我们习惯专注于思考“如何培养”，缺少研究“何为创新人才”的环节，而这正应该是我们思考的逻辑起点。要回答“何为创新人才”这个问题，就要对创新人才的素养体系做出系统的研究和制定，构建起创新人才模型。在这一过程中，我们始终秉持两个原则：一是要针对高中阶段，进行先进性的创新人才素养设计；二是要针对所有学生，开展普适性的创新人才培养教育。为此，在遵循人才培养政策的前提下，我们广泛而深刻地研究了大成智慧学、天才三环理

论、萃智（TRIZ）理论等多种国内外有关创新人才培养的理论与特征，通过分析总结，解答了“何为创新人才”这个重要的命题，构建了具有中国特色、时代特点和学校特质的十二中四位一体的创新人才模型。

一、创新人才培养的政策背景

在“互联网+”“众创”“数字时代”新时代发展过程中，我们的国家越来越需要更多的一流创新人才，党的十九大报告把建设教育强国作为中华民族伟大复兴的基础工程，将教育事业放在优先位置。我们在培养创新人才的过程中，深入解读国家对于人才培养的政策，紧跟国家对于人才培养的趋势，从新一轮的招考制度改革、课程改革以及核心素养建设、新课标落地过程中去探寻创新人才培养的要求与方向。

（一）新时期国家发展需要

当今世界正处在大发展、大变革、大调整时期，世界多极化、经济全球化深入发展，科技进步日新月异，国际金融危机影响深远，世界经济格局发生新变化，国际力量对比出现新态势，综合国力竞争和各种力量较量更趋激烈，给我国发展带来新的机遇和挑战。改革创新，是迎接国际挑战的有力武器，对于创新人才的培养则是新时期国家发展的迫切需要。

新时代新使命，新征程新作为，创新是民族振兴进步的内在灵魂，

是国家兴旺发达的不竭动力。《国家中长期教育改革和发展规划纲要》指出：“我国正处在改革发展的关键阶段，经济建设、政治建设、文化建设、社会建设以及生态文明建设全面推进，工业化、信息化、城镇化、市场化、国际化深入发展，人口、资源、环境压力日益加大，经济发展方式加快转变，都凸显了提高国民素质、培养创新人才的重要性和紧迫性。中国未来发展、中华民族伟大复兴，关键靠人才，基础在教育。”创新的事业必须由创新的人才来干，人才是创新的核心要素。2017年初，国务院印发的《国家教育事业发展规划“十三五”规划》提出：“优先发展教育，构建现代教育体系，建设学习型社会，培养大批创新人才，已成为人类共同面临的重大课题和应对诸多复杂挑战、实现可持续发展的关键。”党的十九大报告提出2035年要“跻身创新型国家前列”的重要任务，提出“坚定实施科教兴国战略、人才强国战略”“培养造就一大批具有国际水平的战略科技人才、科技领军人才、青年科技人才和高水平创新团队”。由此可见，我国能不能培养出世界级拔尖创新人才，决定着我国能否具有在科学技术上超越他国的能力，决定着世界科学重镇能不能在我国逐步形成，决定着我国能不能成为世界科技强国。

在《全球创新指数》报告中排名远在中国之前的国家，在新技术、新产业快速发展的时代，都非常重视创新人才的培养，特别是注重STEM教育、创客教育。中国的社会经济转型对人才结构提出了更高的要求，2015年，教育部在《关于“十三五”期间全面深入推进教育信息化工作的指导意见（征求意见稿）》中首次提出要“探索STEAM教育、创客教育等新教育模式”，2016年教育部在《教育信息化“十三五”规划》进一步要求：“有条件的地区要积极探索信息技术在‘众创空间’、跨学科学习（STEAM教育）、创客教育等新的教育模

式中的应用，着力提升学生的信息素养、创新意识和创新能力，养成数字化学习习惯，促进学生的全面发展，发挥信息化面向未来培养高素质人才的支撑引领作用”，以及《2017年中国STEM教育白皮书》的发布，意味着STEM教育、创客教育等新型的教育模式纳入国家发展战略政策中，这为在国家快速发展和教育改革的新时期，加快教育教学内容的更新、教学方式的变革，提高学生的实践能力、创新能力，培养创新型复合型人才创造了一条实践通路。

人才与创新两大要素全面推动各国将创新型人才培养纳入国家的发展战略中，人才是创新的根基，创新是发展的引擎，谁拥有一流的创新人才，谁就拥有科技创新的优势和主导权；谁主导创新，谁就主导赛场规则和比赛进程。在每个历史发展阶段，我们对人才的培养总要适应所处时代的发展。我们学校培养创新人才，不仅仅是一种人才培养目标的升级，更是为了满足新时期国家发展的需要，通过在高中阶段培养有社会责任感、创新精神和实践能力的创新人才，能够为更多有创新潜质的学生在未来进入大学打下良好的基础，也能够为国家和社会的未来发展储备更多的极富创造力的栋梁之材。

（二）新时代教育改革趋势

新时代，创新驱动发展是实现经济社会持续健康发展的必由之路，而创新驱动实质上是人才驱动。面对国家新使命，面对新时代新矛盾，面对激烈的国际竞争，习近平总书记鲜明指出，我们比历史上任何时期都更接近实现中华民族伟大复兴的宏伟目标，我们也比历史上任何时期都更加渴求人才。人是科技创新最关键的因素。创新的事业呼唤创新的人才。我国要在科技创新方面走在世界前列，必须在

创新实践中发现人才、在创新活动中培育人才、在创新事业中凝聚人才。

教育改革总是伴随着国家的发展进程而不断变化，以适应国家发展的需要。国家处于呼唤创新、拥抱创新的新时代，教改的趋势也紧跟这一形势，从招考制度改革、课程改革、核心素养确立到新课标的颁布，都在体现个性、多元的特点，都在注重兴趣的发现、潜力的激发，其目的就是要通过教育为各个领域培养和输送创新人才。

新的招考制度改革形成了以“科目成绩+学业水平测试+综合素质评价”的分类考试、综合评价、多元录取的考试招生模式。从整体走向来看，招考制度正向国际评价趋势靠拢，核心精神是综合评价，多元录取。从国际评价的趋势来看，高校具有招生自主权，成绩是录取的重要参考，但成绩以外，重点考察学生的学术潜质、特长爱好及社会实践，这也是我国招考制度改革的方向。国内名校未来将更重视自主招生，自主招生制度改革带来了高校自主招生形式和内容的变化。考核自主权回归高校，由高校自行组织。“学科特长和创新潜质”成为各高校自主招生的核心关键词，真正从看分招生到看人招生。例如，北京大学明确招收有发明创造或参加科技类、人文社科类竞赛全国决赛或国际比赛获得优异成绩者；在自主招生专业范围内有相关学科特长、创新潜质，并在国内外相关专业学习实践活动中取得优异成绩者；在高中阶段参加全国中学生学科奥林匹克竞赛全国决赛获得优异成绩者。上海交大明确招收具有学科特长和创新潜质的学生，高中阶段获得全国中学生奥林匹克竞赛省赛区一等奖，高中阶段获得青少年科技创新大赛、“明天小小科学家”全国一、二等奖的优秀学生。由此可见，学科特长和创新潜质不再是高校招生的口头要求，而是要求考生在学科竞赛、发明专利、科技创新等方面拿出实质

性成绩。

新的课程改革，从培养目标、课程内容到教学安排，都体现出全新的教学理念，为开发学生智力、提高创造力、培养新时代创新人才，创设了非常有利的发展环境。新一轮课程改革强调形成学生积极主动的学习态度，关注学生的学习兴趣，倡导学生主动参与，培养学生的独立性和自主性，引导学生质疑、调查、探究，激发学生的学习积极性和创造力。北京市教委提出将10%的学时用于开展综合学科实践，强调在实践中学习，改变过于注重书本知识学习的现状，突破学校围墙的禁锢，加强课程内容与学生生活以及现代社会和科技发展的联系，这很好地缩短了学生与学习内容之间的距离，调动学生的内在心理活动，促使他们动手、动脑、动口，想办法，找资料，独立自主地去研究探讨，潜移默化地培养学生的创新精神与实践能力。

中国学生发展核心素养的确立，解决了“教育应该培养什么样的人”的问题，核心素养包含“文化基础、自主发展、社会参与”三个方面，“人文底蕴、科学精神、学会学习、健康生活、责任担当、实践创新”六大素养以及18个基本要点。其中在“社会参与”发展素养领域，则聚焦“责任担当”和“实践创新”两项素养。“实践创新”主要是学生在日常活动、问题解决、适应挑战等方面所形成的实践能力、创新意识和行为表现，具体包括劳动意识、问题解决、技术应用等基本要点，这正是未来服务社会发展、参与国家建设的人才所需要必备的品格和能力。美国教育家赫钦斯指出：“教育就是帮助学生学会自己思考，做出独立的判断，并作为一个负责的公民参加工作。”面对复杂多变的未来时代要求，把创新素养作为人才培养的核心，从整体上推动各教育环节的变革，才能真正培养学生适应终身发展和社会发展需要的必备品格与关键能力。

高中新课标中也凸显了对学生创新能力的培养，第一，进一步明确了普通高中培养目标，着眼于进一步提升学生的综合素质，着力发展核心素养，使学生具有理想信念和社会责任感，具有科学文化素养和终身学习能力，具有创新精神和实践能力，具有自主发展能力和沟通合作能力，其中特别提出学生要“敢于批判质疑，探索解决问题，勤于动手，善于反思，具有一定的创新精神和实践能力”。第二，各学科课标充分反映了马克思主义中国化最新成果以及经济社会发展和科技进步新成就，把反映科技进步、知识进步的新知识、新方法等适当纳入，如物理课程引导学生关注宇宙学研究新进展，开展引力波讨论活动等；信息技术、通用技术、数学等课程要求学生了解物联网、人工智能、大数据处理等相关内容，从优化教学内容的方面让学生能够直观地了解国家创新的成果，从而培养学生的创新意识。第三，各学科在课程实施方法中，也注重了对学生创新能力的培养，比如数学学科，在命题时应有一定数量的应用问题，还应包括开放性问题 and 探究性问题，其重点就在于考查学生的思维过程、实践能力和创新意识。

伴随着新时期国家发展的进程，教育改革则越来越关注对创新人才的培养，这需要我们立足学校现阶段的育人模式，根据国家政策要求和教改趋势要求，对教育目标进行进一步的更新升级，让学校的人才培养模式得以优化，让更多具有创新潜质的学生在学校中脱颖而出。

二、创新人才培养的科学理论

“我国基础教育和高等教育阶段学校核心素养总体框架研究”项目

组在制定中国学生发展核心素养的过程中，参考了国内外诸多国家对于学生核心素养制定的理论依据，我们学校的研究创新人才培养模式、构建创新人才模型上，也遵循理论为先的原则。我们认为，学校研制的创新人才培养模式，一定要有科学依据，要遵循创新人才成长与发展的教育规律。为此，我们从国内外有关创新人才成体系、有权威、有借鉴意义的科学论断中去定义何为创新人才，去探索创新人才培养的路径。

（一）大成智慧学

对于创新人才的理论研究，首当其冲的便是钱学森先生提出的“大成智慧学”，这也是我们试图解答“钱学森之问”思考的原点。“大成智慧学”是钱学森先生提出的聚焦创新人才培养的学问。钱老一直十分关注中国的教育事业，如何尽快提高人们的智能和品德，以适应时代发展的需要？这是钱老几十年来着力探索与思考的重大课题。

揭开智慧之谜，是世界性的难题。如何培养有智慧、有创造性的人才，是当今世界关注的热点，世界各国各有奇招。20世纪80年代以来，钱学森一直在关注创新人才的培养和教育改革的方向，他采撷时代精华、探索“大成智慧学”，提出了21世纪中国的教育构想。他指出：“现代科学技术不单是研究一个个的事物、一个个现象，而是研究这些事物、现象发展变化的过程，研究这些事物相互之间的关系。今天，现代科学技术已经发展成为一个很严密的综合起来的体系，这是现代科学技术的一个重要的特点。”

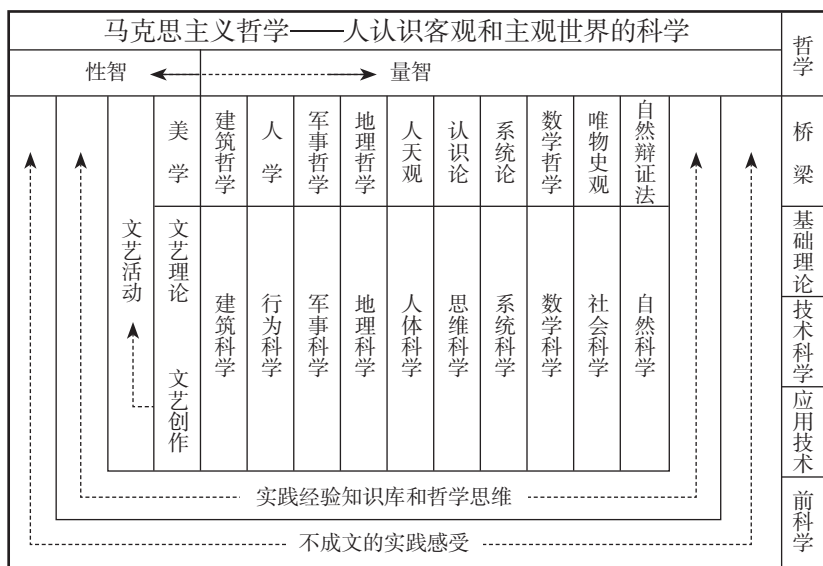


图 1-1 钱学森的现代科学技术体系

在 1994 年 4 月 1 日他明确提出：“大成智慧的核心就是要打通各行各业各学科的界限，大家都敞开思路互相交流、互相促进，整个知识体系各科学技术部门之间都是相互渗透、相互促进的，人的创造性成果往往出现在这些交叉点上，所有知识都在于此。所以，我们不能闭塞。”他反复强调，我们掌握的学科“跨度越大，创新程度也越大”。而这里的障碍是人们习惯中的部门分割、打不通。而大成智慧学却教我们总揽全局，洞察关系，所以促使我们突破障碍，从而做到大跨度的触类旁通，完成创新。即：以科学的哲学为指导，把理、工、文、艺结合起来走向大成智慧，使人们面对浩瀚的宇宙和神秘的微观世界，面对飞速发展、变幻莫测而又错综复杂的事物时，能够迅速做出科学、准确而又灵活、明智的判断与决策，并能不断有所发现、有所创新。

钱学森系统地阐述了“大成智慧学”这一崭新的教育思想。是人类

思维科学和方法的宝贵精神财富，他强调以马克思主义的辩证唯物论为指导，利用现代信息技术和网络，人一机结合、以人为本的方式，集古今中外有关经验、知识、智慧之大成，科学而创造性地去解决各种复杂巨系统问题，教育“必集大成，才能得智慧”。

在培养目标上，致力培养专博相济、文理兼修的“通才”；在培养重点上，致力培养领导人才、科技帅才；在培养手段上，强调人机结合、大成教育；在培养要求上，强调科艺并举、量性双悟。科技与文艺相结合，“冷”与“热”相结合，这就是大科学家、大思想家、大艺术家的智慧之源、创新之源、成功之路。科技可以对事物的内涵有深刻的了解，文艺可以对事物的整体有完整的认识。只有将科技和文艺作为一个相互作用的整体，才能达到对事物整体和内涵两个方面的充分理解。从宏观整体和微观内涵辩证统一的角度认识事物，是钱学森对科技和文艺相互作用的又一规律性认识。科技与文艺恰如车之两轮，鸟之双翼，缺一不可。必须坚持科技与文艺比翼齐飞是科技创新人才成长的重要规律之一，这是成为大成智慧者、科技帅才、科技创新人才的必要条件之一，也是建设创新型国家必须认真研究的一个重要规律。

大成智慧教育的一个显著特点，就是充分利用计算机、信息网络，人一机结合优势互补的长处，使人能够不断及时获得和集成广泛而新鲜的知识、信息与智慧，从而迅速提高人的智能，培养创新的能力。但是，人一机结合这种教学方式、思维方式，也不是对什么样的人灵。关键还在于以人为本，培养学生的品德与素质，发挥人的主观能动性。

“大成智慧学”实际是在当今这个知识爆炸、信息如潮的时代里，所需要的新的世界观、方法论、新型的思维方式和人一机结合的思维体系。“大成智慧学”简要而通俗地说，就是教育、引导人们如何陶冶高尚的品德和情操、尽快获得聪明才智与创新能力的学问。其目的在于使

人们面对新世纪各种变幻莫测、错综复杂的事物时，能够迅速做出科学而明智的判断与决策，并能不断有所发现、有所创新。钱学森对大成智慧学硕士的具体要求体现了大成智慧教育的丰富内涵。要求大成智慧学硕士在思维结构中应具备如下三个层次：

一是知识层：它是由各种科学技术知识、信息、经验、感受（包括现代科学技术的体系结构及体系中已纳入和尚未纳入体系的知识与经验）等要素构成的，是思维结构中最重要、最基础的层次。离开了各种知识、信息、经验、感受等要素，也就无所谓思维。这些要素与从人一机结合的信息网络中检索出来的信息融通在一起，互相激发、碰撞、渗透、综合……是思维得以活跃与发展的前提和基础。是培育大成智慧的土壤。一般说来，知识层越深厚、越坚实、越丰富、越广阔，其思维的能力与品质就可能越高。

二是情感层：它是由人们的价值观念、需要、意识、精神、品德、意志、意向、情趣等等因素构成的，是思维结构中不可或缺的动力与调控层次。思维对象的选择、思维的动力、思维的效率与活力等，大体都受它们的影响与控制。钱学森认为，“科学就是追求真理。”伟大的科学精神、崇高的品德、高度的爱国热忱、集体主义和严格的组织纪律性，往往是认识世界和改造世界的无穷力量。而理、工、文、艺结合起来，既具备渊博的学识又能会通科学精神与人文精神，将会使人们迸发出巨大的热情和威力。

三是智慧层：它是以知识层和情感层的整体融合为基础的，是由科学的世界观、人生观、方法论、思维方式，以及现代科学技术体系观、人一机结合的学习方法、工作方法等基本要素相互促进、相互交融、有机地建构在一起的。是思维结构中最深刻、最复杂、最富于哲理的层次。这个层次的构筑要求：主要是“把哲学和科学技术统一结合起来”，

把科学与艺术结合起来，把逻辑思维与形象思维结合起来，把理论与实践结合起来，灵活有效地汲取、运用各种科学技术知识与经验。这样，才有可能真正集古今中外知识之大成，获得大成智慧与创造的灵感，有所开拓、有所创新。

具体而言，钱学森认为一个具备“大成智慧”的全才应该是：第一，做一个对人类、对祖国有贡献的人，这关乎价值观、人生观的养成；第二，熟悉马克思主义哲学，这强调世界观、发展观、方法论的培养；第三，熟悉科学技术的体系，这对基础科学、技术科学、应用技术的掌握提出了要求；第四，理、工、文、艺结合，有智慧，这其中科技主要是量智、艺术主要是性智；第五，熟悉信息网络，善于用电子计算机处理知识，这其中包括人一机结合、微电子信息技术、灵境技术等。

（二）创造性成分模型

创造性是人类思维的高级形态，是人类智力能力的最集中表现。对创新人才培养很重要的一方面就是对学生创造力的培养，在研究创新人才理论过程中，我们研究了当代美国心理学专家 Amabile 提出的著名的“创造性成分模型”。她认为，不管在什么领域，创新人才的产生都是三个组成成分联合作用的结果，它们是领域相关技能（domain-relevant skills）、创造力相关技能（creativity-relevant skills）和内在任务动机（task motivation）。这三个组成成分，对于创造力的产生是充分与必要条件，它们的共同作用，决定了创造力水平的高低。

领域相关技能，是指个体在某一领域所具备的、有助于产生各种可能反应的全部背景，也可以说是指个体进行创造加工的“原材料”。一是熟悉该领域有关的实际知识，如事实、原理、范例、问题解决的主要

策略、审美标准等；二是该领域的基本技能，如实验技能、雕刻技能；三是属于该领域的特殊才能，如文学天赋、音乐天赋和数学天赋等。领域相关技能所能达到的水平，一方面取决于先天的认知能力和感知能力；另一方面也取决于个体所接受的正规教育、训练及专业实践。创造力相关技能，是指对创造力水平具有最直接影响、对问题解决甚至是具有决定作用的方面。它包括有利于创造的认知风格、启发产生新观念的知识、有助于创造产生的工作风格。创造技能除了取决于训练以外，还与创造个性有关。内在任务动机，包括两个方面：一是个体对工作的基本态度；二是个体对他从事该工作的动机认知。

创造的过程大体可分为五个阶段，即提出问题、酝酿准备、产生反应、验证反应和评价结果。内在任务动机负责发动和维持创造过程，并对产生反应的某些方面有影响作用（直接影响一、三阶段）；领域相关技能则是用于该过程的全部材料，它决定了初始搜索的可能途径，并为所产生的可能反应提供评价标准（直接影响二、四阶段）；创造力相关技能则充当控制和执行部门，它对搜索方式起决定作用（直接影响第三阶段），如图1-2所示。

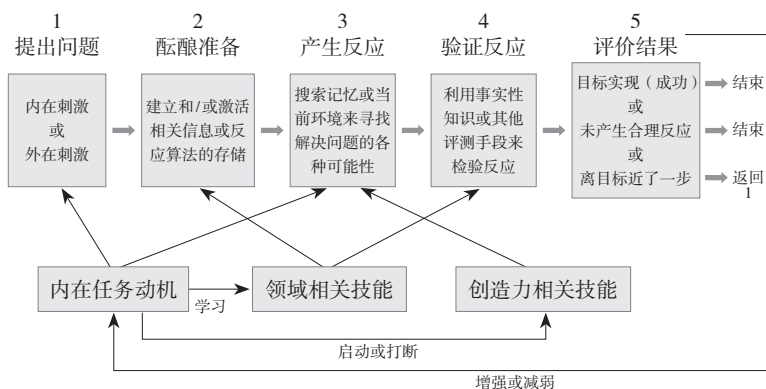


图1-2 创造性成分模型的理论框架

创造性成分模型是一个集主体和客体、内容和形式、宏观和微观等方面于一体的创造力综合模式，从理论上将创造与创新结合起来。从创造性的三个组成部分来看，我们所培养的创新人才，既要具备各领域相关的、丰厚的知识储备和专业技能，又要具备独特的创造性思维，还要具备创造的内在动机。

对于领域相关技能、创造力相关技能与内在任务动机这三种创造性成分，我们认为，领域相关技能更多体现在创新人才通过有广度、有深度地学习各学科知识，具备一定的文化基础，形成一定的知识积淀，如果学生没有学到知识，没有掌握教育内容，没有用所学的知识促进自己身心的发展和变革，那么教育的目的也就成了一句空话，创造性学习则更是无从谈起。创造技能则更多体现在要启发和引导学生用有创意的、独特的角度和方式去思考与解决问题，具有创新精神的学生，应该不仅能获得书本或教师传授的知识，而且能够对教师和书本上的知识进行分析，提出质疑，更自主而有选择地吸收。而内在任务动机则比较抽象，更多地表现在学生要有创新人格，是一种创新的意志品质的体现，需要学生能够积极主动地去发现问题，并有通过知识技能来自解决问题的意愿。

Linux操作系统的发明者Linus Torvalds在谈到自己的童年时回忆道：我是一个极客，我沉浸于计算机、数学和物理学，我擅长这些。优秀的发明者总能够对感兴趣的学习领域投入十分充沛的精力，专注地去学习和研究，并持之以恒地完成每一个研究任务。我们希望培养的学生，在学习态度上，对感兴趣的事物愿花大量的时间去探究，并且具备坚毅的意志品质，能排除外界干扰而专注于某个感兴趣的问题上；在学习兴趣上，有极强的好奇心，有强烈的求知欲，对新鲜的事物和知识有广泛的趣向；在学习动机上，对大千世界有深究的动机和饱满的热情，

渴求找到疑难问题的答案，渴望发现缺陷并加以批判，渴望基于一定的认知去创新和创造。

（三）创造力投资理论

在创造力多维理论中，具有代表性的理论是斯坦伯格（Sternberg）提出的“创造力投资理论”。按照投资理论，创造力需要六个独立而又相互联系的资源共同作用，它们是：智力、知识、思维风格、个性、动机和环境。

斯坦伯格关于智力的理论分为成分亚理论、情境亚理论和经验亚理论三部分；知识是指解决问题的具体过程需要一定的知识储备，一定量的知识储备及良好的知识结构是创造力的必备条件；思维风格是指人们如何运用或驾驭他们的智力和知识，高创造力的个体不仅具有较好的处理新情况的能力，而且有以新的方式看待问题，承担新的挑战，以自己的方式组织事件的愿望；斯坦伯格认为要表明实质的创造力，五种人格特征是关键，它们是：忍受模糊的能力、克服障碍的意愿、成长的意愿、敢冒风险、自信；动机是指当人们从事创造性的工作时，他们的动机是任务中心的而不是目标中心的，是内在的而不是成分外在的；环境是用来支持创造的，环境能够帮助传播创造思想和支持创造思想，通过基础服务评价和修正这些思想。从创造力投资理论中，我们得到了关于创新人才培养的一些启示。

首先，在智力上注重对学生元认知的训练。任何一种有关创造力的理论都不否认一定程度的智力及适宜的监督控制对创造力的重要作用，斯坦伯格强调智力的元成分在创造力中的作用，我们对学生进行创造力培训，在智力上应注意对学生元认知的训练，让学生主动控制

和监督自己的认识活动，而不是由外界监督和控制，限制他们的思维发散空间。对学生的元认知进行训练，能够很好地发挥学生思考和解决问题的主动性，挖掘出他们对问题更加灵活的理解，产生更多有创造性的想法。

其次，要帮助学生搭建起结构合理的知识体系。学生创造力的发挥建立在一定的知识储备上，知识是为服务创造而存在的，学生创造力的发挥很大程度上取决于对知识的调度和运用情况，知识体系越完备，学生在遇到问题的时候想到的层面才会越立体，想法才会越成熟和高明。因此我们要拓宽学生的知识面，通过不同学科知识的相互关联和渗透，引导学生学会从各个角度去分析问题，同时还要让学生学以致用，将学到的知识应用于日常生活中常见实际问题的解决过程当中，锻炼他们创造性的实践能力。

再次，要特别注重引导学生创新思维的养成。创新思维可以说是创新人才培养中最重要、也是最难短期获得的一个方面。思维的形成需要日积月累的训练和久而久之的影响，一个人是否具有创新能力，很大程度上取决于他是否能够用创新的思维思考问题。我们认为，在学生的学习生活中，要善于“故意地”为学生设定一些困难，让学生在困难中接受考验，锻炼他们克服困难、协调事情的能力，引导他们比较巧妙、高效地解决问题，调动他们的自主性和创造性，让他们勇敢表达自己的想法，在一次次的自我否定和自我肯定中提高自己的思维能力。

最后，要培养学生创造的人格和动机。创造人格的形成并不是一朝一夕形成的，它是学生创新思维一种显性的表现，我们需要从更细微的地方去引导和改变学生，从课程的学习内容，到课堂的教学方式，再到班级的管理方式，都要为学生创造接受新事物的机会，要鼓励学生喜欢

表现自己，敢于与众不同，在自己的想法与他人不同时，能够坚持自己的观点，并主动验证自己的想法。在学习动机上，要努力激发学生内在的学习兴趣，通过一些预设的任务，引发学生建立起主动完成任务的意愿，让他们有机会去从事他们感兴趣的活动中，并从感兴趣的活动中创造出更多具有价值的新观点、新成果。

（四）天才三环理论

在我们看来，创新人才不是“天才”，不是完全由天资决定，普通高中培养创新人才的目的，不是简单地为了把这些学生送入国内外的名校，也不是给少数学生贴上“天才”的标签，而是面向全体学生，通过科学的培养途径，为各方面有潜质的学生搭建成长平台。我们认为，创新人才虽不是“天才”，但他们身上确实有经过培养表现出来的一定的卓越行为。

美国心理学家兰祖利（Joseph S. Renzulli）认为，创新人才的行为是由高于平均水平的能力、执着精神和创造力的相互作用而产生的卓越表现行为。如图1-3所示，大环事实上是为某一环或其他两环进行补偿的。然而，重要的是，三环必须在某种程度上存在并相互发生作用，以达到获得高水平的成就之目的。

从学校教育的视角来看，我们认为高于平均水平的能力，很大程度上是指由智商或者其他标准化测试测得的能力，也可以看作学生接受课本知识的能力。执着精神，表现为学生对学习这件事具有的高度热情、顽强意志和责任感。创造力，表现学生在探讨问题时独到的发现和解决问题的能力。由此分析，创新人才不能被贴上“天才”的标签，那么他们身上应该有哪些特质呢？

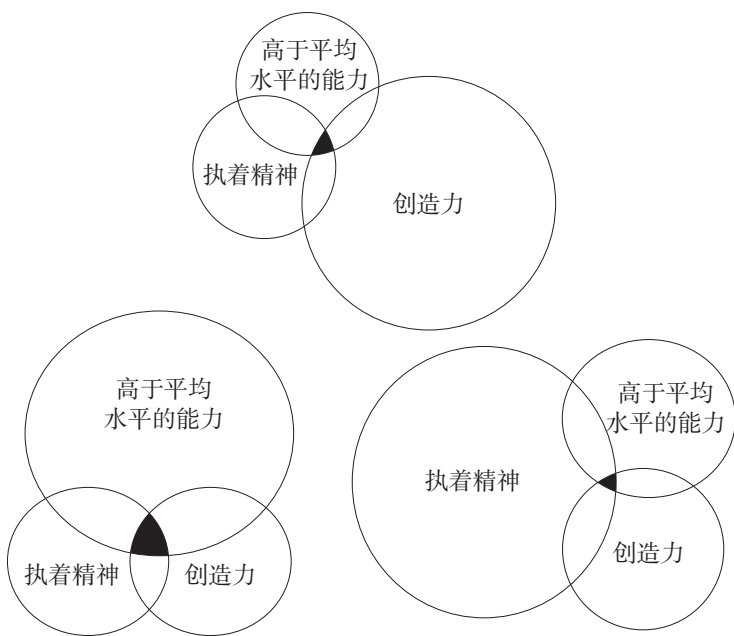


图 1-3 天才三环理论的框架

高于平均水平的能力，我们认为创新人才首先应该具有广博而深刻的知识体系，所谓“见多识广”，“高”一定是建立在“广”的基础之上，只有学生的视野宽广了，对事物才能产生较为深刻的认识，才能有比常人更高屋建瓴、更高层次的理解。同时，这里不仅仅强调的是知识，更注重“能力”二字，学生仅仅习得知识是不够的，还要获得能力，能力是如何获得的呢？很大程度上是从学以致用过程中日积月累获得的，特别是学生发现问题以及质疑问题的能力，运用新的知识和技术工具解决问题的能力，这是创新人才身上所必备的能力。

执着精神（task commitment），直译为“对任务的承诺”，这很接近我们常说的坚毅、坚守、刻苦、认真等意思，这里关注更多的是人的“内因”在学习和处理问题中所起的作用，是人的内在动能的发挥，是

一种主观意愿的表现。由此可见，创新人才不是思想懒惰的人，他们在遇到问题的时候，有某种自我主动的统领欲望，能够最大限度地发挥主观能动性，领导整件事情，理清思路，发挥领袖精神，让事情能够按照自己内在的想法去推进。我们对创新人才的培养，很重要的一方面就是要培养学生的这种主观能动性，培养他们面对困难和解决困难的勇气与魄力，他们的思想要具有正能量，要积极乐观、锐意进取，能够通过自己的能力让事态朝着好的方向发展，并且很重要的一点是要有执着、坚毅的精神，这是支撑他们最终完成任务的核心动力。

创造力，兰祖利看重的不是通常能力倾向测验中的发散思维所定义的创造力，而是强调人在发现和解决实际问题过程中表现出来的一种独特的处理能力。这种能力与“高于平均水平的能力”有关，很大程度上体现为学生看待问题的一种思维方式，创新人才对问题的思考角度总能有一些新颖、独特、意想不到之处，这也是他们“高明”的一种体现，这大概是与他们对知识系统的运用水平有关。我们在培养创新人才的过程中，要特别注重对他们思维的引导，让他们在面对问题与困难的时候，能够多一些思考角度，多一些解决问题的思路，超越固化的模式，培养他们创新的视角。

“天才三环理论”不是采用组成要素并相加的方式来认识创新人才才能结构的，兰祖利反复强调，创新人才的行为不依赖任何单一的特质群，而是取决于特质群与特质群之间的相互作用。高于平均水平的能力相对比较稳定，也是学校在培养创新人才过程中比较好把握的，相对而言，执着精神和创造力则更为灵活与难以把控，它们更具动态性、情境性、具体性，常常因人而异，相伴相生，只能靠学校对学生多观察、多引导、多判断来完成。但不管如何，我们对创新人才的培养，应注重知识结构、创造思维和执着精神这几个方面，并尽可能让它们能够互相作

用到学生的成长过程中，以一种综合、立体的方式存在于学生的内心和头脑中，如此慢慢显现出他们能够创新的一些特质。

(五) TRIZ (萃智或发明问题解决理论)

TRIZ是俄文字母对应的拉丁字母缩写（中译名为“萃智”或“创新算法”），意为解决发明创造问题的理论，英译为Theory of Inventive Problem Solving（TIPS）。TRIZ理论的创立者是苏联发明家阿奇舒勒。在1946年—1985年的数十年中，阿奇舒勒及其研究团队分析了世界近250万份高水平的发明专利，总结出各种技术发展进化遵循的规律模式，以及解决各种技术矛盾和物理矛盾的创新原理和法则，建立一个由解决技术，实现创新开发的各种方法、算法组成的综合理论体系，并综合多学科领域的原理和法则，经过60多年的实践和完善，TRIZ已经建立并成为一套解决新产品开发世纪问题的理论体系，如图1-4所示。

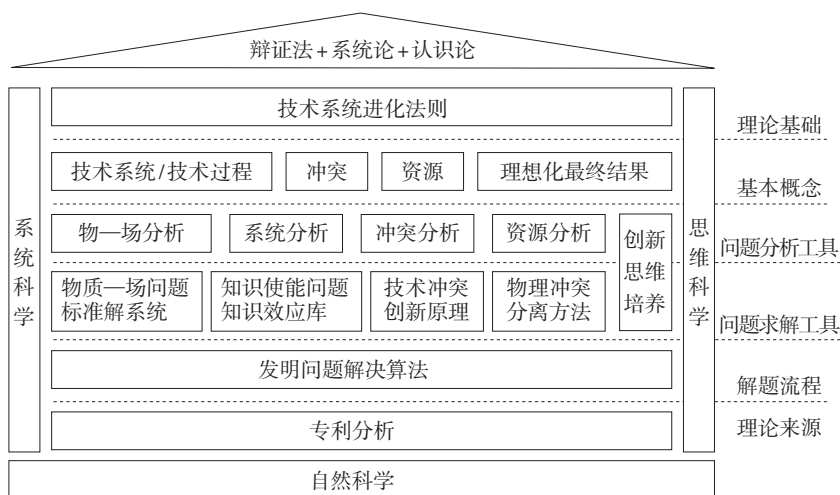


图1-4 TRIZ理论体系

TRIZ理论的核心思想主要包括以下三个方面：首先，无论是一个简单产品还是复杂的技术系统，其核心技术的发展都是遵循着客观的规律发展演变的；其次，各种技术难题、矛盾和矛盾的不断解决是推动这种进化过程的动力；第三，技术系统发展的理想状态是用尽量少的资源实现尽量多的功能。如图1-5所示。

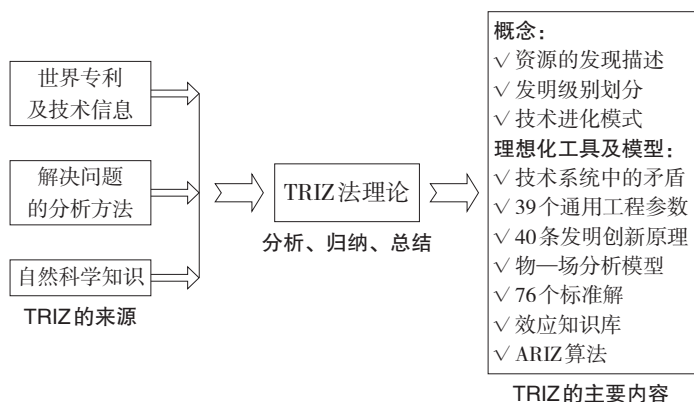


图1-5 TRIZ理论基本思想

阿奇舒勒（Genrich Altshuller）提出了一套解决发明问题的处理流程和方法。是分享无数发明家的知识与经验来增加工程人员知识创造力和解决问题技巧的方法。是当今世界上最先进的科学思维，是技术创新的现代化工具；是一种将发明从“困难的”任务转变为“简单的”任务的方法。如图1-6所示。

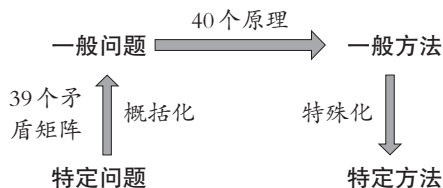


图1-6 TRIZ解决问题的一般模式和流程

我们认为，每个学生本身都有内在的创新潜力，我们在高中阶段做创新教育，就是要根据创新理论，培养学生具有一定的创新意识、创新思维、创新能力以及创新的个性，使学生在牢固、系统地掌握学科知识的同时发展他们的创新能力，而TRIZ理论就给了我们这种想法一种很好的理论支撑。十二中创建的“北京十二中萃智科技创新研学中心”便是取TRIZ理论的“萃智”二字，目的就是学校能够始终追踪科技发展前沿，为学生搭建一个创新实践的平台，通过运用创新发明的科学方法培养自己的创新思维，让“萃智”二字影响孩子的一生。

三、创新人才成长的素养培育

尽管国内外都强调创新人才必须要具有创造性、创新意识、创新能力、创新精神等素质，但具体的培养目标又各自存在差异，要弄清楚什么是创新人才，就要去总结与概括创新人才所具备的素养特质。在研究了创新人才的多种理论之后，我们又进一步研究了美国、日本、法国等国家对于创新人才的培养政策，以及一些世界知名院校对于创新人才的培养目标，综合理论与实践，我们试图总结创新人才的素质特征以及国际上对于创新人才培养的主要方式，这对于我们建立普通高中创新人才的培养模型以及探索创新人才的培养路径将起到重要作用。

（一）创新人才的素养特质

随着我们对创新人才理论研究的深入，我们认为创新人才的内在素养与外在特质，是有其共性并可以概括提炼出来的。世界上众多具有

创新素养特质的科学家、发明家，他们的身上总表现出专注、自律、坚毅、质疑、分享等品质。例如，专注做实验而将怀表误当鸡蛋的牛顿，失败了8000多次但最终凭借坚毅精神发明了电灯的爱迪生，具有强大自律精神、每天坚持凌晨4点起床开始工作的乔布斯，敢于质疑而进行比萨斜塔实验的伽利略，一生不断探索宇宙真理的霍金等，从他们身上总能够找到一些与众不同的品质和一些令人惊叹的奇思妙想。

我们通过研究发现，在美国、英国、法国、日本等一些发达国家，不仅将创新人才的培养纳入国家发展战略中，它们还在教育政策和学校教育目标方面对创新人才的素质特征给予了一定的要求和描述。美国、日本、法国在教育政策方面，对创新人才应具有素质给出了一定的界定。在美国《国家教育目标报告》中，对高等教育提出了“培养大量的具有较高批评性思维能力、能有效交流、会解决问题的大学生”的要求，并指出“培养学生对学术领域问题和现实生活问题的批判思考能力不仅是教育的重要目标，这对在当前复杂多变的世界，培养会思考的公民和有能力的劳动者，进而维护民主社会都意义深远”。日本在教育改革中强调重视个性的原则，培养创造力，面向21世纪的培养目标是“宽广的胸怀、健康的体魄、丰富的创造力；自由、自律与公共精神；世界之中的日本人”这三个方面。其中，教育的中心是要对学生进行身心两方面的均衡培养，在培养学生德、智、体协调发展寻求“真、善、美”的“宽广胸怀”和“健康体魄”；自由、自律精神要求学生要总结自己的思考、提出判断、作出决定、敢于负责；公共精神要求学生要有服务意识，爱国爱家乡，尊重社会规则和秩序，世界之中的日本人要求学生能够具有国际视野，能够站在全人类发展的角度在文化、艺术、体育、科学技术等领域为国际社会作出贡献。20世纪末，法国把改革的重点放在提高国家的创新能力上，提出智慧与创新处于社会发展

的中心，要培养学生的“创新、负责与协商精神”。从这些国家关于人才培养的教育政策方面可以看出，良好的道德修养、批判的思维能力以及具有创造性解决问题的能力等，都是创新人才所应该具有的素养。

除此之外，世界知名院校在学校教育目标中也体现了对创新人才培养培育的要求。例如，英国的学校普遍注重培养学生很高的技术，非常宽的知识基础，很强的个人责任感、革新能力和灵活性，个人不断获取新的技术以适应其需要，判断力强，富有独创性，拥有勇敢、公正、客观和正直等优秀品质。德国的学校注重培养学生基本的科学态度，具有质疑精神和创造精神；独立性和个人责任感；广泛的知识，既包括整体知识，又包括专业知识；适宜的个性特性，如理解力、换位思考、诚实、纪律和坚强等。哈佛大学致力于创造知识，用这种知识陶冶学生的心智，使学生最大限度地利用他们的教育机会。为了达到这些目的，哈佛大学鼓励学生尊重思想和思想的自由表达，乐于发现和进行批判性的思考，以富有成效的精神追求卓越，对个人行动的后果承担责任。麻省理工在培养目标上强调，致力于给学生打下牢固的科学、技术和人文知识基础，培养创造性地发现问题和解决问题的能力，适应现代社会挑战所需要的理解力、成熟的性格及其他能力。从国外以及一些知名院校的培养目标中可以看出，同样是要从优秀的品质、广泛的知识、批判性的思维以及创造性地解决问题等方面来培养学生，使他们的意识和行为中具有“创新”的因子。

美国、德国、日本等国家对创新人才标准做了大量研究，从被当代广泛认可的创新人才培养理论以及各国教育政策和学校培养目标中，我们发现，创新人才的素养应该至少包括四个要素：一是道德素质，具体表现为学生要有坚定的理想信念和人生目标，敢于挑战自我，勇于肩负责任；二是文化修养，具体表现为学生要具有复合型的、跨学科的、完

整的知识体系和开阔的学科视野；三是思维水平，具体表现为学生要拥有哲学的、辩证的、逻辑的、系统的、学术的、设计的、逆向的、批判的等多元思维模式；四是信息与创新素养，具体表现为学生要通过人一机方式等解决现实问题，创造产品，并富于创新。

创新素养，是创新人才品格能力的内在表现，从外在表现来说，我们认为创新素养集中体现为四种特征：一是知识结构，即全领域、流畅性、丰富性的知识储备；二是思维风格，包括问题界定、批判思维、学术和独创精神、独立与变通、精致与灵活、新颖与适宜、不固执的思维弹性等；三是技能，包括领域参与和交流、发现和解决问题、高情商、人际关系、高出平均水平的能力、创造力、新技术获取、理解力等；四是人格，体现为胸怀、体魄、公共精神、自律、内在动机、主动性、专注力、坚毅、执着精神、责任感、勇敢、公正、诚实。由此，我们认为，知识结构、思维风格、技能、人格是构成创新人才的必备特征。

（二）创新人才的培养方式

在研究中我们发现，国际上不仅对创新人才的培养目标有一些类似的要求和表述，对于具有道德素质、文化修养、思维水平、信息与创新素养的创新人才的培养方向和培养思路也基本相同。那么，该如何培养创新人才的人格、知识结构、思维风格、技能这几个方面呢？综合各国培养创新人才的一些做法，我们认为主要集中在全人教育、STEM教育、创客教育、编程教育、创业教育、审美教育这六大方式。

1. 全人教育

我们培养的创新人才一定是有高尚品德与优秀个性的全方面发展的

人，特别是在经济快速发展的时代，更需要创新人才能够秉持良知和社会责任感，更需要他们身上能够具有优秀的品质。党的十九大报告提出要落实立德树人根本任务，发展素质教育，把社会主义核心价值观融入学校教育全过程，坚持文化知识学习与思想品德修养的统一、理论学习与社会实践的统一、全面发展与个性发展的统一。教育部《中小学德育工作指南》提出要坚持以人为本、德育为先，养成良好政治素质、道德品质、法治意识和行为习惯，形成积极健康的人格和良好心理品质，促进学生核心素养提升和全面发展。全人教育关注每个学生智力、情感、社会性、物质性、艺术性、创造性与潜力的全面挖掘，强调对学生负责、诚信、合作、坚持不懈、挑战自我、追求卓越等优秀品质的塑造，这些正是新时代创新人才身上所需要的，也是国家教育政策中所要求的。同时，全人教育鼓励跨学科的互动与知识的整合，强调学科间的整合学习，并清楚没有任何一种科目、议题或因素可以单独解决当今世界发展的相关课题，只有透过学科之间的互动、影响和渗透，超越学科间的各种限制，才能开拓新知识的学习与研究问题视野，真正将世界还原为一个整体，这对于创新人才形成综合整体的知识结构也有着一定的指导意义。

2. STEM 教育

20世纪80年代，缘于对国家竞争力能否持续保持领先的危机感，美国国家科学委员会提出“STEM（Science、Technology、Engineering、Math）教育集成”的建议并发展成为国家战略。STEM教育对于创新人才培养的重要意义不言而喻，各国纷纷将STEM教育作为国家重要的教育计划。STEM教育是一种重实践的跨学科政策的教育理念和教育模式，具有跨学科、趣味性、体验性、情境性、协作性、设计性、艺术性、实证性、技术增强性九个特征，是一种极具创新性和

生命力的综合教育形态，它的一个最大特征就是“跨学科”，在 STEM 教育中，不再将重点放在某个特定学科或者过于关注学科界限，而是将重心放在特定问题上，强调利用科学、技术、工程或数学等学科相互关联的知识解决问题，实现跨越学科界限、从多学科知识综合应用的角度提高学生解决实际问题的能力的教育目标，使学生能够将知识融会贯通，并获得解决真实问题的能力。同时，STEM 教育能够激发学生内在的学习动机，让学生获得将知识进行情境化应用的能力，让学生在群体协同中相互帮助、相互启发，进行群体性知识建构，并且在教学中，它要求利用技术手段激发和简化学生的创新过程，并通过技术表现多样化成果，让创意得到分享和传播，从而激发学生的创新动力。

3. 创客教育

创新型人才的培养必须注重结合时代特征培养学生创新能力。近几年来，以动手制作为核心的创客群体，从欧洲到美国，再到中国，经过不断演变和发展，已成为影响国家战略和产业发展的一股力量。在全球创客运动和“大众创业，万众创新”国家战略推动下，创客教育正日益成为推动经济转型、教育变革和社会发展的驱动力，这为各级各类学校和全社会培养创新创业人才提供了新的选择。美国中小学创客教育旨在为所有中小學生提供适宜的用于创造的环境、资源与机会，尤其是借助技术工具与资源，让学生能够将学习过程融于创造过程，实现基于创造的学习；能够在创造过程中提升学科学习质量，尤其是提升科学、技术、工程、数学、艺术等学科学习中的自信、创造力与兴趣（Maker Education Initiative, 2014）；能够全身心投入基于创造的学习过程中，培养自己的批判性思维、创新思维与问题解决能力，实现全人发展。在我国《教育信息化“十三五”规划》中提出“有条件的地区要积极探索信息技术

在‘众创空间’、跨学科学习（STEAM教育）、创客教育等新的教育模式中的应用，着力提升学生的信息素养、创新意识和创新能力，养成数字化学习习惯”。创客教育是培养创新人才必不可少的一个方向，它以信息技术的融合为基础，传承了体验教育、项目教学、创新教育等教育理念，为重构和优化创新人才培养体系提供了可能的“操作系统”。从目标上讲，创客教育以完成创意作品或创新产品的开发任务为驱动，让学生能够开展基于创造的学习，提高实践能力，勇敢地迎接挑战，获得自信，培养学生综合运用知识技能解决实际问题的能力，并最终发展学生的创新意识、创新思维以及创新能力。创客教育的核心是让学生从知识的消费者变成知识的创造者，它很注重对学生设计思维的培养，如斯坦福设计研究院的EDIPT模型（同理心、定义问题、构想、原型和测试五个阶段），就是将设计思维方法作为课程主线贯穿整个课程学习的始终，学生通过既定的步骤逐步完成阶段性目标，最终实现作品的设计创新。

4. 编程教育

随着互联网科技的发展，编程教育也受到越来越多国家的青睐，如英国为各学段学生制订编程学习计划，从5岁开始，孩子们就能学习编程语言；美国将编程课作为高中必修课程；芬兰将编程技术的理念融入各门课程中，每一门课的老师都可以在自己的课堂上为学生讲解编程的思维。在我国《新一代人工智能发展规划》中，也提出“要推广编程教育，预计会有更多地区高考将涉及编程科目”。通过开展编程教育，能够很好地培养学生的创造性、团队协作、逻辑推理、数据与系统思维等高阶能力。

5. 创业教育

创业教育是各国在培养创新人才过程中注重的一个方向。美国为

基础教育阶段学生设置了一套专门的创业课程体系，这些课程以必修和选修相结合的形式呈现给学生，如通过职业技能课、金融教学课等，让K-12年级的学生学习和掌握生活中的经济常识与基本的生意技巧。日本则从小学到大学形成了创业课程体系，很重视学生创业教育的衔接问题，在小学阶段培养学生的创业心理意识和意志品质；在中学阶段，学校对学生进行简单的理财教育和经营管理教育；在大学阶段，学校实施综合的创业课程教育，加强创业精神教育，开展创业技能培训，这种相互衔接的创业教育体系，从学生一生的创新能力发展出发，为不同教育阶段的学生开展不同形式的创业教育，不仅提升学生不断适应社会的能力，还使学生具有想创业、会创业、能创业的精神和意识。我国在2017年颁布的《关于深化教育体制机制改革的意见》中也明确提出：“要培养职业能力，引导学生适应社会需求，树立爱岗敬业、精益求精的职业精神，践行知行合一，积极动手实践和解决实际问题。”总体来讲，创业教育能够将知识与现实社会、职业价值相结合，让学生热爱学习与创造，对职业发展和人生方向有清晰的目标。

6. 审美教育

审美教育也是创新人才培养过程中很重要的一个方面，没有审美教育，教育是缺乏生气的，它能够带给学生一种思考和成长的灵性，激发学生更多的创造力。《关于全面加强和改进学校美育工作的意见》提出，要构建科学的美育课程体系，改进美育教育教学，统筹整合学校与社会美育资源，以审美和人文素养培养为核心，以创新能力培育为重点。从教育政策和一些名校的教育实践来看，美育教育越来越得到注重。众所周知，创新人才既要精通专业知识，也要有健全的精神构建，而审美教育能够沟通科学技术教育与人文社会科学教育，陶冶学生的情操，并且

让学生学会独立思考与判断、价值认可和尊严意识，全面培养和提升他们的观察、想象、参与、创意、设计、讨论、说理、对话、表达、分享等能力，实现心智的解放和成长，将他们埋藏在心中的有价值的想法激发出来，让他们通过一种创意表达将想法展示出来。

我们认为，全人教育、STEM教育、创客教育、编程教育、创业教育、审美教育这六大方式对于创新人才培养路径的研究都有很强的借鉴意义，它们之中既有对创新人才培养教育的共性，也有其特性。我们对其共性进行进一步聚焦发现，国内外创新人才的培养路径，可以分为三个方向：第一，关注创新人才的学术性发展，可以通过培养他们的哲学思维以及跨学科学习、科技应用、STEM教育、创客教育和编程教育，来增强他们对学术知识的理解、掌握与应用，形成完整的知识结构和多元的专业技能；第二，关注创新人才的社会性发展，可以通过价值观教育、全人教育和创业教育，来建树他们正确的价值观以及塑造他们优秀的意志品质；第三，关注创新人才的人文性发展，可以通过人文教育和审美教育，来提升他们的品格修养以及开发他们的创造思维。这三个方向恰恰与十二中的“真善美教育”不谋而合，所谓学术性发展，就是在“求真”中育智慧，培育学生的科学素养；社会性发展，就是在“崇善”中育精神，培育学生的道德修养；人文性发展，就是在“唯美”中育气质，培育学生的人文涵养。

四、创新人才模型的系统构建

结合我们对创新人才培养政策背景、创新人才理论以及创新人才特征的综合研究，我们试图用精准而形象的人才模型来定义究竟何为创新

人才。我们对人格、知识结构、思维风格、技能创新人才身上集中体现的这四方面特质做了更进一步的具体界定，我们认为，一所普通高中所培养的创新人才应该具备“意志品质、系统知识结构、创新思维、新技术应用”这四项创新素养，这源于我们对创新人才所需要具备的精神基础、知识积淀、思维培养、实践能力的深层次思考。明确了创新人才的创新素养后，我们以“金字塔结构”为原型，构建了北京十二中四位一体的创新人才金字塔模型，并搭建了创新人才的目标体系，这为我们培养创新人才明确了具体的任务和指标。

（一）“四位一体”的创新人才模型构建

我们通过研究大成智慧学、创造性成分模型、创造力投资理论、天才三环理论、萃智理论等国内外创新人才的培养理论，以及国外对创新人才的培养目标和培养方向，发现创新人才大致需要具备优秀的品质、完备的知识体系、独特的思维风格以及较高的实践应用能力等素养要素，具体来说，我们对创新人才的培养，离不开精神基础、知识积淀、思维培养、实践能力这几个培养方面。

我们认为，对创新人才精神基础的培养，主要是培养他们拥有一种优秀的人格，所谓立德树人，创新人才一定是有高尚道德、卓越品格和良好心态的人。对创新人才知识积淀的培养，主要是培养他们拥有一个完整立体的知识结构，对各个知识领域有广泛而深刻的认识，能够建立知识之间横向和纵向的联系，对知识的掌握稳固而灵活。对创新人才思维的培养，主要是培养他们独特思考问题的角度，通过锻炼他们面对复杂性问题作出回应，让他们能形成科学的、理性的、全面的、有创意的思维习惯，这是创新人才区别于一般人才很重要的一个特征。对创新人

才实践能力的培养，主要是培养他们运用知识解决问题的能力，知识对于他们不是静态、固态的，而是动态、可使用、可变化的，他们通过学习一些应用知识的技能，在实践当中将自己的创意思法变为现实。

通过对创新人才特质表现的系列研究和思考，我们搭建了具有中国特色、时代特点和学校特质的创新人才金字塔模型（图1-7），确立了“意志品质、创新思维、系统知识结构、新技术应用”的创新素养。之所以将创新人才的素养用“金字塔”型来构建，一方面，“金字塔”结构坚固、气质独特，我们培养的创新人才同样具有坚不可摧的意志品格和与众不同的素养气质，如“金字塔”鬼斧神工的建造工艺一般，培养的是人中之精品；另一方面，“金字塔”是古埃及文明的代表杰作，是一种顶端和尖端的形象，是人类智慧的象征，象征着创新人才的成长品质，精粹而完美；再一方面，“金字塔”的结构层次分明、阶梯上升，代表着创新人才成长的不同阶段，昭示着我们要给予具有创新潜质的学生足够的成长时间和空间，让他们具有优秀的意志品质以成人，践行知行合一的学习观以成才，掌握创新领域的新技术和新方法以成为创新人才，在每个阶段中我们为学生提供多个成长领域和多层成长阶梯，帮助他们实现自我突破和可持续发展。

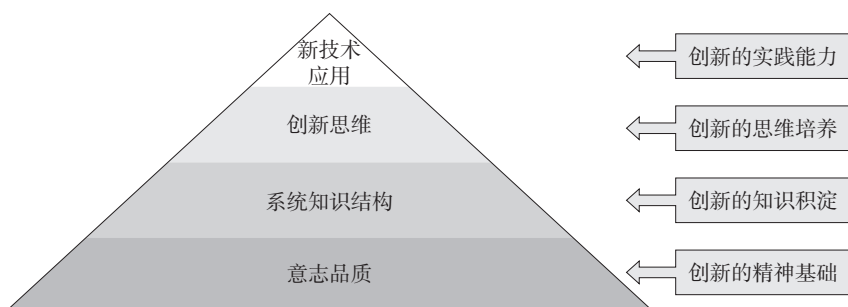


图1-7 十二中创新人才“金字塔”模型

金字塔的底部是“意志品质”，是创新的精神基础，我们认为这是创新人才形成的先决条件。我们培养的创新人才，首先是一个人格健全的人，更多地体现为个体生活于社会中的文化传统、价值观念以及个体的人生追求。对学生意志品质的培养，绝不能脱离中国文化传统、现实国情与世界发展趋势，我们既要注重对他们进行社会主义核心价值观的培养，也要从促进他们德性发展的角度，提升他们的道德修养，培养他们多种优秀品质的集成，特别是在发现问题、解决问题过程中需要具备的认真、担当、果断、坚毅等品质。

金字塔的第二层是“系统知识结构”，丰厚而系统化的知识，是创新的源泉，创新人才首先应该具有广博而深刻的知识体系，对事物才能产生较为深刻的认识，才能有比常人更高屋建瓴、更高层次的理解。同时，学生仅仅习得知识是不够的，还要形成有利于创新的个性化知识与方法体系，获得分析和解决问题的能力。能力很大程度上是从学以致用过程中日积月累形成的，特别是发现问题以及质疑问题的能力，运用新的知识和技术工具解决问题的能力，这是创新人才身上所必备的基础能力。

金字塔的第三层是“创新思维”，是创新的思维模式，我们认为这是创新人才形成的必要条件。创新思维不是生来具有的，而是后天认真思考、培养锻炼出来的，一个人思考问题的角度、看待事情的立场往往决定了做事的风格和行动的导向。对学生创新思维的培养，需要的是我们有目的、灵活的、正向的引导，我们要帮助学生解放思想，打开思维的天窗，从传统、单一、固有的思维模式中跳脱出来，从而尝试更多新奇的、新鲜的、新颖的想法，慢慢形成一种创新思维的惯性，让他们能够在面对问题的时候以多种角度、不同方向去思考。

金字塔的最上一层是“新技术应用”，是创新的实践能力，我们认为这是创新人才形成的关键条件。知识如果学而不用，那再好的创意也

只是想法，无法变为现实。我们培养创新人才，最终的目的是他们能够更好地运用所学知识，未来在他们擅长的领域作出杰出的贡献，为此他们需要掌握一些面向未来的技能，掌握更多与时代接轨的新技术，这都将为他们钻研更有深度的知识和进入更专业的领域打下坚实的基础。

我们认为，意志品质、系统知识结构、创新思维、新技术应用这四个创新素养在创新人才成长过程中缺一不可，它们构成创新人才不同成长维度的几个方面，这几项素养的培养，便是我们学校培养创新人才的目标，就此也解答了我们心中“何为创新人才”的问号。

（二）“四位一体”的创新人才概念阐述

意志品质、系统知识结构、创新思维、新技术应用的“金字塔”创新人才模型，可以说从整体上描绘出了我们学校要培养的创新人才的大体形象。教育是一项精细化的工作，只停留在研究“形象”的基础上是不够的，我们还要继续给这四项创新素养更为具体而精确的阐释，以更加明确我们创新人才的培养目标。

1. 意志品质

所谓意志品质，代表创新人才具有的意志与人格，是指构成人意志的诸因素的总和，具体指创新人才有意识地确立目的，调节和支配行动，并通过克服困难和挫折，实现预定目标的心理过程与精神状态，主要体现为人格的独立性、果断性、自制性和坚韧性。独立性，是一个人善于依靠自己的力量实现自己选择的适当目标的能力，我们认为创新人才应该能够制订适合自己的发展目标、不依赖他人的帮助、不受外在压力的影响，并且能够实现自己确定的发展目标，坚持自己的正确主张，

不过分依赖他人，自己想办法克服困难。果断性，是一个人善于当机立断，毫不犹豫地做出行为决策的能力，我们认为创新人才应该在解决问题的时候，在深思熟虑的基础上，能够敏捷地思考行动的动机、目的、方法和步骤，清醒地估计可能出现的结果。自制性，是一个人善于控制和支配自己行动的能力，我们认为创新人才在实现目标的过程中，应该能够不受无关诱因的干扰，控制好自己的情绪，集中精力，有耐心地、自律地完成既定目标。坚韧性，是一个人以坚忍不拔的毅力、顽强不屈的精神，克服一切困难去执行决定的能力，我们认为创新人才应该能够坚持不懈、百折不挠、勇往直前地完成制定的目标。

2. 系统知识结构

系统知识结构是指一个人经过专门学习培训后所拥有的知识构成情况与结合方式。系统知识的结构是一种分层结构，即低层次的许多的知识点组织在一起构成知识链，不同领域的若干知识链可以按照一定的内在联系和规律构成更加复杂、更高层次的系统化知识。这种结构决定了系统知识是开放的而不是封闭的，处于开放系统中的每个知识点都可以通过某种机制将自己组织到更高的层次中。系统知识主要体现为知识的整体性、层次性、配比性和动态性。整体性，是指创新人才掌握的知识是系统的、完整的，而不是割裂的、断层的，学习的一个知识点能够与另一个知识点相互关联，在头脑中建立起一张学习网。层次性，是指创新人才掌握的知识是有逻辑、有条理的，学到的知识点虽多，但不杂乱，在头脑中能够对知识归类总结，理清知识的层级关系，能够很清晰地调度知识。配比性，是指创新人才掌握的知识是全面的、多元的、科学的，一方面知识配置合理，既有科学技术方面的，也有人文社会方面的，还有艺术情趣方面的。二是知识有所偏重，理工科选择方向的人，

其科学技术方面的知识积淀更丰富些，反之亦然。动态性，是指创新人才掌握的知识是进步的、迭代的，能够跟随世界变化的脚步，与时俱进，不断吸收和补充新的知识，让知识体系更加科学和优化。

例如T型知识结构，是指人不仅在横向方面有广博的知识面，而且纵向方面有较深的专门学问，两者构成了一个“T”字形的知识结构。创新人才既要有精深的专门知识，又要有广博的知识面，具有事业发展实际需要的最合理、最优化的知识体系。建立起合理的知识结构，培养科学的思维方式，提高自己的实用技能，以适应将来在社会上从事职业岗位要求的要求。合理的系统知识是担任现代社会职业岗位的必要条件，是人才成长的基础。

3. 创新思维

所谓创新思维，代表创新人才的思维与学术，是指思维活动的创造意识和创新精神，具体是指创新人才发生在较高认知水平层次上的心智活动或认知能力，表现为分析、综合、评价和创造，是一种理性认知方式，主要表现为思维的科学性、多元性、应变性和独创性。科学性，是指创新人才能够进行理性而有逻辑的分析与思考，在考虑和解决问题的时候，能够保持理智，尊重真理，按照规律办事。多元性，是指创新人才能够多方位、多角度地分析与思考，能够跳出传统、固有的思维限制，能够从不同维度和方向生发处理问题的灵感与办法，解决同一件事情能够有多种策略。应变性，是指创新人才能够敏锐而灵活地分析与思考，遇到任何情况能够看清形势，看透本质，快速反应，不急不慌，不死搬硬套，能够自如变换看待问题的角度。独创性，是指创新人才能够标新立异、别出心裁地分析与思考，能够寻找不同寻常的解决问题的思路，摆脱平庸化，追求新颖和创见，生发更多有

价值的想法。

4. 新技术应用

所谓新技术应用，代表创新人才的技术与技能，是指行业内采用新工艺、新材料、新设备的技术，具体是指创新人才能够使用、管理、理解与评价科学与信息技术的能力，是一个面向目标、面向未来、面向人类不断习得的过程，主要表现为技术的迁移性、专业性、创造性和价值性。迁移性，是指创新人才能够将所学知识和方法运用到陌生的领域，以解决现实中的问题，能够发散性地去思考和解决问题，能够根据现象调动头脑中的知识，衍生出新的解决问题的方法。专业性，是指创新人才在自己擅长的研究领域有精湛的专业技能，能够给出专业意见，提出的解决问题的方法有一定的权威性和准确性，高效解决问题。创造性，是指创新人才能够基于所掌握的知识，提出新的意见和想法，与时俱进，不断更新新的技能。价值性，是指创新人才掌握的技能有很好的应用价值，能够实际地解决现实问题，更好地服务现实世界。

（三）“四位一体”的创新人才目标体系搭建

在不断明晰创新人才创新素养内容及内涵的过程中，我们对创新人才的培养目标越来越清晰，我们需要进一步明确创新人才的创新指标，也就是具体明确要培养创新人才哪些意志品质，让他们具备怎样的知识结构、锻炼哪些思维能力、掌握哪些新技术。

我们依照创新的精神基础、知识积淀、思维培养、实践能力四个创新人才的成长维度，将创新人才意志品质、系统知识结构、创新思维、新技术应用四项创新素养明确了具体的创新指标，如表1-1所示。

表 1-1 十二中创新人才目标体系

创新人才创新素养	创新人才成长维度	创新人才创新指标
意志品质	创新的精神基础	优秀的人格特征，包括远大志向、执着精神、责任态度、卓越意识
系统知识结构	创新的知识积淀	完备的知识系统，包括广域知识、深度学习、开放视野、跨学科能力
创新思维	创新的思维培养	独特的思维风格，包括理性分析、科学评估、逻辑判断、原创意识
新技术应用	创新的实践能力	综合素质优秀、精于融会贯通、能够改进、完善或者重新设计、做出明智的判断与决策

(1) 意志品质的创新指标，主要从创新人才优秀的人格特征方面定义，主要包括远大志向、执着精神、责任态度、卓越意识。也就是说，我们培养的创新人才要有远大志向，心中有追求、有梦想，不安于现状，想要作出改变，并且有明确的方向和目标；要有执着精神，在解决问题的过程中要严格自律、锲而不舍、专心致志、坚持到底，要有耐性、有韧劲儿，要有永不服输的信念；要有责任态度，勇于担当，对自己作出的决定有自信并负责到底，出现问题自己承担和面对，不推诿责任；要有卓越意识，对目标和结果有较高的要求，看重品质，追求完美，精益求精，超越自我，凡事做到最好。

(2) 系统知识结构的创新指标，主要从创新人才完备的知识系统方面定义，主要包括广域知识、深度学习、开放视野、跨学科能力。也就是说，我们培养的创新人才要具备广域知识，热爱学习，对知识的涉猎面较宽，博闻多识，具有丰厚且扎实的文化素养；要注重深度学习，学习的知识不是浮于表面，而是能够深入内心，对感兴趣的学习领域能够

塌下心来专注研究，不断探究和挖掘问题的本质，寻找更优的答案；要开放视野，始终保持求知欲和好奇心，既要发扬本国的传统文化，又要以开放的眼光看待世界的其他文化，包容并理解多元文化，给自己从多个角度解决问题的灵感；要具备跨学科能力，能够综合地统整所学学科知识，善于发现并建立不同学科之间的联系，解决问题过程中能够调动相关学科的知识，灵活运用。

（3）创新思维的创新指标，主要从创新人才独特的思维风格方面定义，主要包括理性分析、科学评估、逻辑判断、原创意识。也就是说，我们培养的创新人才要能够理性分析，解读和分析问题要保持冷静和理智，避免感情用事，按照一定的规律和依据去有条理地分析问题；要能够科学评估，在解决问题之前要对解决问题的方法的有效性作出预测，能够估算出解决问题过程中遇到的风险以及事情最终的结果；要懂得逻辑判断，思考问题要有逻辑、有条理，分清事情的主次关系，对解决问题的先后顺序掌握于心；要有原创意识，要自主思考，避免过分借鉴和抄袭，保有自己的创意，要始终以一个原创者的身份去要求自己，生发更多有价值的想法。

（4）新技术应用创新指标，主要从创新人才综合运用各种科学技术知识与经验，把理论与实践结合起来，动手动脑创造性解决真实问题的能力方面定义，主要包括：专业领域的基本知识，明确知道该做什么，对目标方向有一个初步的判断；知道应该如何去做，相对来说能够创造价值；知道为什么要这样做，最好的效果可以表现为具有训练有素的直觉判断；在乎为何要这样做，具备保持竞争优势的最佳条件。能够将所学知识和方法运用到陌生的领域，以解决现实中的真实问题。能够与更多的人分享新技术应用的经验以及交流新技术应用过程中的问题，能够将有价值的技术传播出去，促进技术的迭代更新，促进人类社会的

进步。

创新素养，是创新人才品格能力的内在表现，从外在表现来说，我们认为这四种素养集中体现为四种特征：一是人格，体现为胸怀、体魄、公共精神、自律、内在动机、主动性、专注力、坚毅、执着精神、责任感、勇敢、公正、诚实；二是知识结构，即全领域、流畅性、丰富性的知识储备；三是思维风格，包括问题界定、批判思维、学术和独创精神、独立与变通、精致与灵活、新颖与适宜、不固执的思维弹性等；四是技能，包括领域参与和交流、发现和解决问题、高情商、人际关系、高出平均水平的能力、创造力、新技术获取、理解力等。由此，我们认为，知识结构、思维风格、技能、人格构成了创新人才的必备特征。