

打造“不设天花板”的基础学科 拔尖创新人才培养空间

郑庆华

2022年3月,习近平总书记在主持召开中央全面深化改革委员会第二十四次会议时强调,要全方位谋划基础学科人才培养,科学确定人才培养规模,优化结构布局,在选拔、培养、评价、使用、保障等方面进行体系化、链条式设计,大力培养造就一大批国家创新发展急需的基础研究人才,这为高校开展基础学科人才培养提供了根本遵循。

一、基础学科发展规律与特点

基础学科是指研究社会基本发展规律,提供人类生存与发展基本知识的学科,如数学、物理、化学、哲学、经济学、历史、文学等。历史发展表明,基础学科是人类创新发展的源泉、先导和后盾,能够跨越国家地域、跨越行业领域、跨越组织人群,呈现出如下发展规律与特点:

一是基础学科具有抽象性、概括性的特点。与形象性、具体性的应用学科成果的独占性不同,基础学科的研究结果具有公共产品属性,是属于全人类的共同财

富。例如,著名英国物理学家麦克斯韦于1873年全面总结了电磁学研究成果,系统创建电磁场理论体系,预言了电磁波的存在,为无线电和现代电子工业从无到有的飞跃奠定了基石。

二是基础学科具有长期性、连续性的特点。基础学科的研究往往非常艰苦,一个创新或突破,可能需要经过一代人、甚至几代人,在前人研究的基础上不断挖掘深入,才能发生。例如,哥德巴赫猜想自1742年提出后,包括陈景润在内的20多名科学家不断推进,至今尚未征服,成为世界近代三大数学难题之一。

三是基础学科作用发挥具有深层次和隐蔽性特点。基础学科通常商业价值不明显,较难产生直接经济效益,往往需要很多的中间环节,才能发展为生产力。从1947年美国贝尔实验室肖克利、巴丁等科学家发现第一个晶体管,到1961年集成电路的诞生,到1971年英特尔发布第一个微处理器,再到2016年劳伦斯伯克利国家实验室的一个团队打破了物理极限,将现有的最

精尖的晶体管制程从 14nm 缩减到了 1nm。这一过程中基础物理、化学、材料发挥了关键作用,推动计算技术不断突破,为其市场发展打下了深厚基础。

二、基础学科人才培养的意义

基础研究是破解“卡脖子”难题的关键。没有强大的基础研究,很难突破原创性、变革性、颠覆性的核心技术,基础研究的基础在基础学科人才。因此,加强基础学科人才培养被提升至党和国家的战略高度,重要意义已非同一般。

1. 提升原始创新能力的关键

基础学科作为整个科学体系的源头,是科技创新的母机、战略安全的底牌,国家富强的血脉。世界各国特别是发达国家,持续加强对基础研究人才的培养,例如,美国《确保美国科学技术全球领先法案(2021)》,日本“50年30个诺贝尔奖计划”(2001)等。对基础研究人才的重视和培养,使美国基础研究能力长期处于世界领先地位,获得诺贝尔科学奖的人数占全球获奖人数的70%以上,美国成为在科学研究与技术产品创新方面最具影响力的国家。

2. 实现科技自立自强的基础

当今世界,国际形势风云变幻,我国对战略科技支撑的需求比以往任何时期都更加迫切,而掌握核心技术的关键在于基础理论和基本原理。2020年,《科技日报》曾推出系列文章报道制约我国工业发展的35项“卡脖子”技术,其中芯片产业、飞机产业、基础软件、工业软件、农作物种子、科学试验用仪器设备等面临的困境最多,其根子都是由于基础理论研究跟不上,源头和底层的東西没有搞清楚。要改变这种现状,就必须加强基础学科人才的培养,着力攻破关键核心技术,真正实现科技自立自强。

3. 建设创新型人才强国的核心

人才强国战略是我们党和国家立足“两个大局”提出的一项重大战略。我国研究与开发(R&D)人员总量在2020年达到523.5万人,其中从事基础科学研究的技术人员为42.7万人,占比8.16%(《中国统计年鉴2021》)。国家统计局网站数据显示,2021年我国的基础研究投入已经达到1696亿元,占全社会研发投入的比例为6.09%,这与美国等发达国家15%-20%的占比相比仍有较大差距。整体来看,我国从事基础研究活动的R&D人员全时当量不足,急需改善。要实现人才强国战略目标,提高我国高科技产品的自主研发能力和科技创新能力,就必须全方位谋划基础学科人才培养,优化结构布局,加快建设高质量基础学科人才培养体系。

三、我国基础学科人才培养的现状

基础学科是建设世界科技强国的基础,但其招生困难、学习不易、培养费力、就业不佳的特点对全链条人才培养提出了挑战,导致目前我国基础学科拔尖创新人才培养存在以下难点:

一是招生难。重统招、轻分类的招考制度对中学阶段的学生引导和培养指导不足,大一统的选拔体制难以激发中学生主攻基础学科的兴趣,难以选拔出国家战略需要、志向高远、基础扎实、热衷基础科研的天才、奇才,大学很难招到“偏才、怪才”,较难吸引优秀的学生立志投身基础研究。

二是分类指导培养难。重制度、轻个性的培养模式导致完全学分制培养很难大面积展开,加之基础学科整体师资力量不足,难以培养学生的批判性思维、创新能力,本、研培养割裂,还没有形成“招生-培养”贯通、“中学-大学”贯通、“本科-研究生”贯通的全链条、体系化基础学科人才培养机制。

三是留人难。重效益、轻事业的从业观点,以及基础学科人才培养的经济期望无法达到其他学科的“井喷式”爆发,加上基础研究成果的长周期、不确定性以及后续成效的不可预见性,导致基础人才即使能够坐得住基础学科研究的“冷板凳”,也无法长期面对未来“又难又穷”、难以预料的状况。

基础学科人才培养难题制约着我国科技发展,为此多年来我国针对基础学科拔尖创新人才培养不断进行探索。1978年,国家为探索培养“少而精的基础科学工作队伍”,在中国科技大学开办少年班,1985年,教育部批准西安交通大学等12所重点高校举办少年班,拉开了我国基础学科拔尖人才培养的序幕。1990年,国家探索培养“少而精、高层次”的基础性科学研究与教学人才,先后累计在48所高校建立了“国家理科基础科学研究和教学人才培养基地”,基础学科拔尖人才培养的探索范围进一步扩大。

2009年,为进一步加强基础人才培养,回应“钱学森之问”,教育部等六部委联合实施基础学科拔尖学生培养计划(以下简称“拔尖计划1.0”)。2018年进入拔尖计划2.0阶段,覆盖范围从5个学科拓展到17个学科,探索形成了“选拔设通道、培养留空间、评价长周期、保障建特区、协同聚合力”的育人模式。目前,拔尖计划已在77所高水平大学布局建设288个基础学科拔尖学生培养基地,2020年教育部又推出了“基础学科招生改革试点”(即“强基计划”),从而建立起一条从招生到培养的比较系统的基础学科人才培养链条,每年吸引1万余名优秀学生投身基础学科。

四、西安交通大学的探索与实践

1.钱学森“集大成、得智慧”教育理念
钱学森是交通大学的杰出校友,是世

界著名科学家。他在总结一生科学研究和人才培养的过程中,提出了集思广益、推进学术协同发展的“集大成、得智慧”的大成智慧学教育理念,并在系统科学、思维科学的启发下,创立了融哲学、社会科学、自然科学于一体的现代科学技术体系。钱老提出的“大成智慧学”强调在人才培养中要注重的五个结合,即“量智与性智结合、科学与艺术结合、科学与哲学结合、逻辑思维与形象思维结合、微观认识与宏观认识结合”。

西安交通大学于2016年创办钱学森学院,以钱学森“集大成、得智慧”教育理念为引领,对标现代科学技术体系,科学设计培养方案,健全招生到培养的体系建设,在理念引领、选拔培养、成效评价等方面积极探索,以“基础厚实、志向远大、视野宽阔、勇于创新”为培养目标,创设“两阶段四模块”拔尖人才选拔模式和“三重一化一中心”培养模式,培育了一批基础学科拔尖人才。

2.基础学科拔尖创新人才培养举措

两阶段四模块甄选方式。遵循“兴趣使然、学业优秀、心理健康、体能达标”的德智体综合评价体系,试验班选拔分为笔试、面试两个阶段,完成文化课笔试、数理思维、人文素养、创新潜能四个模块。笔试和面试主要考查学生的基础能力、心理素质、应变能力、科学素养和创新潜能。通过四个模块的内容考核,重点选拔综合能力强、科研兴趣浓、学习天赋高、创新潜质优的学生。

三重一化一中心培养模式。形成“重基础知识、重科研创新、重个性发展、比学赶超国际化、立德树人为中心”的“三重一化一中心”拔尖人才培养模式。一是重基础知识通识教育。为拔尖学生构建“融通培养”的模块化课程体系,建立了从“基础”到“专业”“创新”的阶梯化课程模块;二是

重科研创新能力提升。开设“小课题研究”“科研训练ABC三层次”科研特色课程；三是重学生个性化培养。提供多样化培养菜单,构建模块化课程体系；四是营建国际化学术氛围。形成了“大一大二国内学习,大三国外提升,大四回国升华”的“三段式”国际化学习培养模式；五是以立德树人为中心。将家国情怀、使命感、责任感融入教育全过程。

质量监控体系督导人才。依托学校教育教学质量实时监测大数据平台,对拔尖学生的课堂、生活数据进行精准采集,并进行智能化分析和精准评判,保障试验班教师的授课质量,了解学生的听课喜好；结合分析结果,创建与教务、学工等多部门协调联动的精准督导机制,引导教学良性发展；结合学业、社团、社交、消费、上网、作息等六维特征的学生精准画像,及早介入,采取学业辅导、心理疏导、经济帮扶等教育引导。形成“量化精准、常态持续、全面覆盖、实时动态”的拔尖人才培养质量保障与监控体系。

3. 西安交通大学基础学科拔尖创新人才培养成效

深化体制机制创新,激发人才培养活力。作为首批入选拔尖计划的试点高校,西安交通大学成立校领导小组和专家委员会,全面统筹推进拔尖计划,确定总体指导思想、总体目标和培养模式。首创“学院+书院”双院育人体制,助力人才培养实践,学院和书院统一领导、合署办公,构建了“横向协作、纵向贯通、教书育人统筹协调”的创新人才培养管理体系,为学生打造不设天花板的拔尖创新人才培养空间。

打造高质量育人体系,优秀学子不断涌现。截至2021年,拔尖计划9届毕业生共389人,99%的学生前往哈佛大学、麻省理工学院、北京大学、清华大学等世界一流高校继续深造。其中,赴世界前50名高校

(QS排名)深造的毕业生占总数的39%,赴世界前100名高校(QS排名)深造的毕业生占总数的52%。试验班学生发表论文115篇,其中Nature3篇,Science2篇。学生毕业后,大多数选择进一步深造研究,部分师从世界顶级名师,收获各种荣誉。例如:物理试验班2016届贾怡毕业后前往麻省理工学院深造,师从诺贝尔物理学奖得主丁肇中院士,现就职于欧洲核子研究所(CERN);数学试验班2017届杨金成在美国德州大学奥斯汀分校跟随沃尔夫奖得主Luis A.Caffarelli教授攻读博士,获Frank Gerth III Graduate Excellence Award;数学试验班2019届谢鹏程入选共青团中央“全国向上向善好青年——勤学上进好青年”(全国仅20名);少年班2020届陶中恺以年龄最小参赛选手的身份获得2021年阿里巴巴全球数学竞赛金奖;计算机试验班2020届张子杰、丁聪,少年班毕业生孙飞扬入选华为“天才少年”计划。

引领教育教学发展,改革创新成果卓著。2010年以来,学校围绕拔尖人才培养开展了“管理改革、课程改革、交叉探索”三大类、累计60项研究项目,182人次的教学管理人员参与研究,共计发表教改论文36篇,CSSCI期刊收录32篇,带动全校探索拔尖人才培养模式。自2013年起陆续出版《少年班》《聚力腾飞育英才》《脚踏实地仰望星空》《新松千尺足下万里》等4本拔尖创新人才培养纪实性书籍。2018年获国家级教学成果奖二等奖,2015年、2019年分别获陕西省教学成果奖特等奖各1项,2019年荣获教育部“拔尖计划”典型案例奖,钱学森学院荣获陕西省高等学校教学管理先进单位,2019年数学、物理拔尖学生培养基地均获陕西省教学成果奖特等奖,2021年获教育部“拔尖计划2.0”创新案例奖。

推广经验辐射全国,社会各界高度评

价。学校自2017年钱学森文化展厅及线上数字展厅筹建完成,已累计接待100多家来访单位,调研人数近600人。近年来,中央电视台以“试验班的故事”“中国梦、少年强”等为题材对拔尖人才培养工作进行了多次专题报道,中国教育报、新华网、光明网、央广网、凤凰网、中国新闻网等媒体原始报道22次,各类媒体大量转载。在吸收借鉴钱学森学院培养实践的经验基础上,学校先后开办全国首个储能科学与工程专业、首批设立并筹建未来技术学院,不断在育人实践中探索前进。2019年10月22日,中共中央政治局委员、国务院副总理孙春兰在学校调研时,对钱学森学院个性化人才培养模式、大数据平台质量监测、科教结合育人实践工作给予高度赞扬和肯定。

五、基础学科拔尖人才培养的路径建议

1. 优化基础学科人才选拔评价机制

持续优化多维度考核评价招生模式,尝试突破现有渠道进行探索。一是建议设立专门通道从高中一、二年级甚至初中生中,挖掘基础学科的“千里马”,避免应试教育的“田忌赛马”;二是不断总结各个高校二次选拔的经验,为真正热爱基础学科研究的“偏才、怪才”提供机会;三是加大优秀本科生免试攻读基础学科研究生的比例,在研究生培养层面设立与“英才计划”“拔尖计划”对应的项目,加快高层次基础学科人才储备。

2. 完善基础学科人才培养分类指导

强化基础学科教育系统化部署,加强统筹协调,整合各方资源,在研究生指标、条件建设、人才引进、考核评价等方面给予政策支持和资源倾斜。加强基础学科师资建设,从基础学科优秀教师政策吸引、经费支持、职称评定等各个方面建立专门特殊通道,全面保障基础学科人才培养;推动基础学科与应用学科均衡协调发展,鼓励开

展跨学科研究,促进自然科学、人文社会科学等不同学科之间的交叉融合,吸引更多优秀人才从事基础性研究。

3. 强化基础学科研究平台磁吸效应

政府、企业、高校和研究机构要着眼“四个面向”、立足长远,加强基础研究投入,吸引优秀拔尖人才从事基础研究。实施和完善高校引进、培养基础学科人才的专项计划,广泛建立基础学科教学平台、开放国家级高端基础研究平台培养人才。建立政产学研一体大型基础科学研究中心或实验室,通过机制创新和政策激励吸引人才,为高层次基础学科人才提供用武之地和就业保障,大量储备基础研究人才,为实现基础研究原创性突破提供源源不断的人才支撑。

(原文刊载于2022年《中国高等教育》第12期)

参考文献:

- [1] “亟待攻克的核心技术”系列报道[N]. 科技日报, 2018. 06.
- [2] 中华人民共和国国家统计局. 中国统计年鉴2021[M]. 北京: 中国统计出版社, 2021.
- [3] 叶俊飞. 从“少年班”“基地班”到“拔尖计划”的实施——35年来我国基础学科拔尖人才培养的回溯与前瞻[J]. 中国高教研究, 2014(04): 13-19.

作者

郑庆华 西安交通大学常务副校长, 教授