



上海理工大学教师理论学习资料

2023 年第 5 期（总第 8 期）

上海理工大学党委教师工作部

2023 年 6 月

目录

【学习贯彻习近平新时代中国特色社会主义思想主题教育：教育强国】	1
（一）加快建设教育强国 为中华民族伟大复兴提供有力支撑	1
（二）以教育之强夯实国家富强之基——习近平总书记在中共中央政治局第五次集体学习时的重要讲话指明教育强国建设方向	6
（三）把握好建设教育强国的核心课题	10
（四）把服务高质量发展作为建设教育强国的重要任务	12
【教育 科技 人才：理工科人才培养】	14
（一）改革开放以来我国高等理科教育的基本经验、问题挑战与发展应对	14
（二）创新高等理科教育 提高人才培养能力	22
（三）新中国高等工程教育发展历程与未来展望	31
（四）新时代工程教育改革：挑战与模式设计	43
（五）育拔尖人才，强基础研究根基	70
（六）美国高校跨学科培养科技人才对我国的启示	73
【新时代教师队伍建设：科学家精神】	83
（一）习近平总书记关于科学家精神的重要论述	84
（二）中共中央办公厅 国务院办公厅印发《关于进一步弘扬科学家精神加强作风和学风建设的意见》	85
（三）科学家精神内涵阐释	91
（四）科学家精神 为科技强国凝聚磅礴力量	95
（五）以科学家精神培育时代新人	100
（六）弘扬老一辈科学家精神	103
（七）心有大我 至诚报国——科学家精神述评	107

【学习贯彻习近平新时代中国特色社会主义思想主题教育： 教育强国】

加快建设教育强国 为中华民族伟大复兴提供有力支撑

■ 教育兴则国家兴，教育强则国家强。建设教育强国，是全面建成社会主义现代化强国的战略先导，是实现高水平科技自立自强的重要支撑，是促进全体人民共同富裕的有效途径，是以中国式现代化全面推进中华民族伟大复兴的基础工程。要全面贯彻党的教育方针，坚持以人民为中心发展教育，主动超前布局、有力应对变局、奋力开拓新局，加快推进教育现代化，以教育之力厚植人民幸福之本，以教育之强夯实国家富强之基，为全面推进中华民族伟大复兴提供有力支撑

■ 党的十八大以来，党中央坚持把教育作为国之大计、党之大计，作出加快教育现代化、建设教育强国的重大决策，推动新时代教育事业取得历史性成就、发生格局性变化。我国已建成世界上规模最大的教育体系，教育现代化发展总体水平跨入世界中上国家行列。据测算，我国目前的教育强国指数居全球第 23 位，比 2012 年上升 26 位，是进步最快的国家。这充分证明，中国特色社会主义教育发展道路是完全正确的

■ 我们要建设的教育强国，是中国特色社会主义教育强国，必须以坚持党对教育事业的全面领导为根本保证，以立德树人为根本任务，以为党育人、为国育才为根本目标，以服务中华民族伟大复兴为重要使命，以教育理念、体系、制度、内容、方法、治理现代化为基本路径，以支撑引领中国式现代化为核心功能，最终是办好人民满意的教育

■ 培养什么人、怎样培养人、为谁培养人是教育的根本问题，也是建设教育强国的核心课题。我们建设教育强国的目的，就是培养一代又一代德智体美劳全面发展的社会主义建设者和接班人，培养一代又一代在社会主义现代化建设中可堪大用、能担重任的栋梁之才，确保党的事业和社会主义现代化强国建设后继有人。要坚持不懈用新时代中国特色社会主义思想铸魂育人，着力加强社会主义

核心价值观教育，引导学生树立坚定的理想信念，永远听党话、跟党走，矢志奉献国家和人民

■ 要坚持把高质量发展作为各级各类教育的生命线，加快建设高质量教育体系

■ 要把服务高质量发展作为建设教育强国的重要任务。建设教育强国、科技强国、人才强国具有内在一致性和相互支撑性，要把三者有机结合起来、一体统筹推进，形成推动高质量发展的倍增效应

■ 从教育大国到教育强国是一个系统性跃升和质变，必须以改革创新为动力

■ 要完善教育对外开放战略策略，统筹做好“引进来”和“走出去”两篇大文章，有效利用世界一流教育资源和创新要素，使我国成为具有强大影响力的世界重要教育中心

■ 强教必先强师。要把加强教师队伍建设作为建设教育强国最重要的基础工作来抓，健全中国特色教师教育体系，大力培养造就一支师德高尚、业务精湛、结构合理、充满活力的高素质专业化教师队伍

■ 建设教育强国是全党全社会的共同任务。要坚持和加强党对教育工作的全面领导，不断完善党委统一领导、党政齐抓共管、部门各负其责的教育领导体制。各级党委和政府要始终坚持教育优先发展，在组织领导、发展规划、资源保障、经费投入上加大力度。学校、家庭、社会要紧密合作、同向发力，积极投身教育强国实践，共同办好教育强国事业。全党全国人民要坚定信心、久久为功，为早日实现教育强国目标而共同努力

中共中央政治局5月29日下午就建设教育强国进行第五次集体学习。中共中央总书记习近平在主持学习时强调，教育兴则国家兴，教育强则国家强。建设教育强国，是全面建成社会主义现代化强国的战略先导，是实现高水平科技自立自强的重要支撑，是促进全体人民共同富裕的有效途径，是以中国式现代化全面推进中华民族伟大复兴的基础工程。要全面贯彻党的教育方针，坚持以人民为中心发展教育，主动超前布局、有力应对变局、奋力开拓新局，加快推进教育现代

化，以教育之力厚植人民幸福之本，以教育之强夯实国家富强之基，为全面推进中华民族伟大复兴提供有力支撑。

清华大学党委书记、中国科学院院士邱勇就这个问题进行讲解，提出工作建议。中央政治局的同志认真听取了讲解，并进行了讨论。

习近平在听取讲解和讨论后发表了重要讲话。他指出，党的十八大以来，党中央坚持把教育作为国之大计、党之大计，作出加快教育现代化、建设教育强国的重大决策，推动新时代教育事业取得历史性成就、发生格局性变化。我国已建成世界上规模最大的教育体系，教育现代化发展总体水平跨入世界中上国家行列。据测算，我国目前的教育强国指数居全球第23位，比2012年上升26位，是进步最快的国家。这充分证明，中国特色社会主义教育发展道路是完全正确的。

习近平强调，我们要建设的教育强国，是中国特色社会主义教育强国，必须以坚持党对教育事业的全面领导为根本保证，以立德树人为根本任务，以为党育人、为国育才为根本目标，以服务中华民族伟大复兴为重要使命，以教育理念、体系、制度、内容、方法、治理现代化为基本路径，以支撑引领中国式现代化为核心功能，最终是办好人民满意的教育。

习近平指出，培养什么人、怎样培养人、为谁培养人是教育的根本问题，也是建设教育强国的核心课题。我们建设教育强国的目的，就是培养一代又一代德智体美劳全面发展的社会主义建设者和接班人，培养一代又一代在社会主义现代化建设中可堪大用、能担重任的栋梁之才，确保党的事业和社会主义现代化强国建设后继有人。要坚持不懈用新时代中国特色社会主义思想铸魂育人，着力加强社会主义核心价值观教育，引导学生树立坚定的理想信念，永远听党话、跟党走，矢志奉献国家和人民。坚持改革创新，推进大中小学思想政治教育一体化建设，提高思政课的针对性和吸引力。提高网络育人能力，扎实做好互联网时代的学校思想政治工作和意识形态工作。

习近平强调，要坚持把高质量发展作为各级各类教育的生命线，加快建设高质量教育体系。建设教育强国，基点在基础教育。基础教育搞得越扎实，教育强国步伐就越稳、后劲就越足。要推进学前教育普及普惠安全优质发展，推动义务教育优质均衡发展和城乡一体化。基础教育既要夯实学生的知识基础，也要激发学生崇尚科学、探索未知的兴趣，培养其探索性、创新性思维品质。要在全社会

树立科学的人才观、成才观、教育观，加快扭转教育功利化倾向，形成健康的教育环境和生态。建设教育强国，龙头是高等教育。要把加快建设中国特色、世界一流的大学和优势学科作为重中之重，大力加强基础学科、新兴学科、交叉学科建设，瞄准世界科技前沿和国家重大战略需求推进科研创新，不断提升原始创新能力和人才培养质量。要建设全民终身学习的学习型社会、学习型大国，促进人人皆学、处处能学、时时可学，不断提高国民受教育程度，全面提升人力资源开发水平，促进人的全面发展。

习近平指出，要把服务高质量发展作为建设教育强国的重要任务。建设教育强国、科技强国、人才强国具有内在一致性和相互支撑性，要把三者有机结合起来、一体统筹推进，形成推动高质量发展的倍增效应。进一步加强科学教育、工程教育，加强拔尖创新人才自主培养，为解决我国关键核心技术攻关提供人才支撑。系统分析我国各方面人才发展趋势及缺口状况，根据科学技术发展态势，聚焦国家重大战略需求，动态调整优化高等教育学科设置，有的放矢培养国家战略人才和急需紧缺人才，提升教育对高质量发展的支撑力、贡献力。统筹职业教育、高等教育、继续教育，推进职普融通、产教融合、科教融汇，源源不断培养高素质技术技能人才、大国工匠、能工巧匠。

习近平强调，从教育大国到教育强国是一个系统性跃升和质变，必须以改革创新为动力。要坚持系统观念，统筹推进育人方式、办学模式、管理体制、保障机制改革，坚决破除一切制约教育高质量发展的思想观念束缚和体制机制弊端，全面提高教育治理体系和治理能力现代化水平。把促进教育公平融入到深化教育领域综合改革的各方面各环节，缩小教育的城乡、区域、校际、群体差距，努力让每个孩子都能享有公平而有质量的教育，更好满足群众对“上好学”的需要。深化新时代教育评价改革，构建多元主体参与、符合中国实际、具有世界水平的教育评价体系。加强教材建设和管理，牢牢把握正确政治方向和价值导向，用心打造培根铸魂、启智增慧的精品教材。教育数字化是我国开辟教育发展新赛道和塑造教育发展新优势的重要突破口。进一步推进数字教育，为个性化学习、终身学习、扩大优质教育资源覆盖面和教育现代化提供有效支撑。

习近平指出，要完善教育对外开放战略策略，统筹做好“引进来”和“走出去”两篇大文章，有效利用世界一流教育资源和创新要素，使我国成为具有强大

影响力的世界重要教育中心。要积极参与全球教育治理，大力推进“留学中国”品牌建设，讲好中国故事、传播中国经验、发出中国声音，增强我国教育的国际影响力和话语权。

习近平强调，强教必先强师。要把加强教师队伍建设作为建设教育强国最重要的基础工作来抓，健全中国特色教师教育体系，大力培养造就一支师德高尚、业务精湛、结构合理、充满活力的高素质专业化教师队伍。弘扬尊师重教社会风尚，提高教师政治地位、社会地位、职业地位，使教师成为最受社会尊重的职业之一，支持和吸引优秀人才热心从教、精心从教、长期从教、终身从教。加强师德师风建设，引导广大教师坚定理想信念、陶冶道德情操、涵养扎实学识、勤修仁爱之心，树立“躬耕教坛、强国有我”的志向和抱负，坚守三尺讲台，潜心教书育人。

习近平最后强调，建设教育强国是全党全社会的共同任务。要坚持和加强党对教育工作的全面领导，不断完善党委统一领导、党政齐抓共管、部门各负其责的教育领导体制。各级党委和政府要始终坚持教育优先发展，在组织领导、发展规划、资源保障、经费投入上加大力度。学校、家庭、社会要紧密合作、同向发力，积极投身教育强国实践，共同办好教育强国事业。全党全国人民要坚定信心、久久为功，为早日实现教育强国目标而共同努力。

——《人民日报》2023年5月30日

以教育之强夯实国家富强之基

——习近平总书记在中共中央政治局第五次集体学习时的重要讲话 指明教育强国建设方向

教育兴则国家兴，教育强则国家强。

习近平总书记 29 日在中共中央政治局第五次集体学习时强调：“建设教育强国，是全面建成社会主义现代化强国的战略先导，是实现高水平科技自立自强的重要支撑，是促进全体人民共同富裕的有效途径，是以中国式现代化全面推进中华民族伟大复兴的基础工程。”

习近平总书记的重要讲话，阐释了建设教育强国的重要意义，指明了教育强国建设的前进方向。广大师生和教育工作者表示，要以习近平总书记重要讲话为指引，积极投身教育强国实践，为全面推进中华民族伟大复兴提供有力支撑。

全面落实立德树人根本任务

走进北京市八一学校，教室内传出琅琅书声，孩子们在操场尽情奔跑，一派生机勃勃。

“习近平总书记指出，我们建设教育强国的目的，就是培养一代又一代德智体美劳全面发展的社会主义建设者和接班人。这就要求我们深入分析学生的年龄特点和发展规律，开展各种入脑入心的活动，引导学生坚定理想信念，永远听党话、跟党走。”八一学校初一年级组长、道德与法治教师贾茜说。

贾茜说：“在日常教学中，我们围绕勠力同心、欣欣向荣、薪火相传等主题，深入开展德育教育，全面贯彻立德树人根本任务。下一步，我们将进一步贯彻落实总书记重要讲话精神，结合正在开展的走进抗日战争纪念馆活动，带领学生汲取精神滋养，坚定矢志奉献国家和人民的理想。”

“培养什么人、怎样培养人、为谁培养人是教育的根本问题，也是建设教育强国的核心课题。”习近平总书记的重要讲话，令西安交通大学马克思主义学院副院长韩锐深受启发。

“一段时间以来，我们坚持用习近平新时代中国特色社会主义思想铸魂育人，传承弘扬西迁精神，引导广大学子争做有理想、敢担当、能吃苦、肯奋斗的新一

代好青年。”韩锐说，“接下来，我们要认真领会总书记重要讲话精神，采用专题式讲授、开放式讨论、多样化实践教学方式，努力推动党的创新理论入脑入心，为党育人、为国育才。”

在安徽医科大学口腔医学院党委书记王润玲看来，培养可堪大用、能担重任的栋梁之才，需要推动专业“小课堂”与社会“大课堂”有机融合。“今年以来，我们通过理论学习微党课、赴幼儿园开展义诊等方式，推动学生在学思践悟中练就过硬本领。我们也将继续按照总书记要求，在专业能力和理论知识提升方面双向发力，为学生成长为仁心医者打下坚实基础。”

“思政课作为落实立德树人根本任务的关键课程，在培育社会主义建设者和接班人过程中发挥不可替代的作用。”复旦大学高等教育研究所所长高国希说，“习近平总书记对提高思政课的针对性和吸引力提出要求，这意味着思政教育工作者必须拥抱新趋势，找到新方法，创造性地开展工作，引导学生坚守正确价值选择，真正成长为为中国特色社会主义事业奋斗终身的有用人才。”

把高质量发展作为各级各类教育的生命线

习近平总书记指出，建设教育强国，基点在基础教育。作为一名奋斗在基础教育战线的“老兵”，湖南省教育厅基础教育处处长黄智勇倍感振奋。

“基础教育处于人才培养起步阶段，凝结了国家对未来的期望。更高质量的基础教育，是教育强国建设的底座，也是更好满足人民获得感的基石。”黄智勇说，“下一步，我们将以高质量发展为主线，加快推进学前教育普惠性资源扩容增效、义务教育优质均衡发展和城乡一体化、普通高中多样特色化发展，让教育改革成果惠及更多师生。”

建设教育强国，龙头是高等教育。

手握国家发明专利授权15项、国际发明专利授权1项、SCI期刊论文3篇，南京航空航天大学能源与动力学院车辆工程专业博士研究生周小川在自己的研究领域深耕细作，为推动中国汽车产业进步贡献智慧力量。

“从一名高中生长成长为科研一线博士生，我真切感受到国家对人才培养的重视程度不断提升。”周小川说，“近年来，学校大力加强基础学科、新兴学科、交叉学科建设，瞄准世界科技前沿和国家重大战略需求推进科研创新，为我们成

长成才创造更多条件。我们要乘着时代的东风,以更加饱满的学习热情探索前沿,为服务经济社会发展作出更大贡献。”

三百六十行,行行出状元。在全面建设社会主义现代化国家新征程中,职业教育前途广阔、大有可为。

“从培黎职业学院首批毕业生就业现状来看,尊重技能、重视技能已经成为新时代主流价值取向,技能人才正成为就业市场的‘香饽饽’。”甘肃培黎职业学院文化旅游学院教师朱海颖说,“我们要进一步把课堂教学向企业一线延伸、学生作品向企业产品延伸,为学生实习、实训、就业提供更大空间,努力培养更多服务高质量发展的高素质技能人才。”

建设教育强国是全党全社会的共同责任

习近平总书记指出,从教育大国到教育强国是一个系统性跃升和质变,必须以改革创新为动力。

“推进教育改革创新,应当坚持系统观念,统筹推进,通过全面提高教育治理体系和治理能力现代化水平促进改革创新;应当在改革中坚持促进教育公平,努力让每个孩子都能‘上好学’;还应当深化教育评价改革,构建起有中国特色、有世界水平的教育评价体系。这些目标的达成,都需要全党全社会共同努力。”青海师范大学副校长冶成福说。

教育数字化,是我国开辟教育发展新赛道和塑造教育发展新优势的重要突破口。

汇聚 550 余万条优质资源、6.6 万个微课……近年来,浙江积极推进国家智慧教育平台应用整省试点,初步形成覆盖各级各类学校的教育数字化体系。

“数字化的本质是利用现代技术手段汇聚优质教育资源、赋能教育教学。”浙江省教育厅副厅长陈峰说,“习近平总书记要求进一步推进数字教育。我们将不断完善党委统一领导、党政齐抓共管、部门各负其责的教育领导体制,继续推进‘学在浙江’数字化教育平台建设,为扩大优质教育资源覆盖面和教育现代化提供更好支撑。”

建设教育强国,既要修炼“内功”,也要开放交流。

对此,暨南大学校长宋献中认为,教育对外开放是教育现代化的重要推动力,也是提高国家影响力的重要渠道。

“习近平总书记在讲话中提出统筹做好‘引进来’和‘走出去’两篇大文章。我们要在组织领导、发展规划、资源保障、经费投入上加大力度，以更加务实的态度传播中国经验，积极参与全球教育治理，为提高我国教育的影响力和话语权而努力。”宋献中说。

强国必先强教，强教必先强师。

在重庆，为支持和吸引更多优秀人才从教，当地大力实施教师周转宿舍建设项目，提高乡村教师岗位生活补助标准。

“推进教育现代化，迫切需要培养造就一支师德高尚、业务精湛、结构合理、充满活力的高素质专业化教师队伍。”重庆市教育委员会主任刘宴兵表示，“接下来，我们要举全社会之力，培育形成尊师重教氛围，推动学校、家庭、社会紧密结合、同向发力，积极投身教育强国实践，共同办好教育强国事业，以教育之强夯实国家富强之基。”

——《人民日报》2023年5月31日

把握好建设教育强国的核心课题

本报评论员

中共中央政治局5月29日就建设教育强国进行第五次集体学习，习近平总书记在主持学习时强调，培养什么人、怎样培养人、为谁培养人是教育的根本问题，也是建设教育强国的核心课题。我们建设教育强国的目的，就是培养一代又一代德智体美劳全面发展的社会主义建设者和接班人，培养一代又一代在社会主义现代化建设中可堪大用、能担重任的栋梁之才，确保党的事业和社会主义现代化强国建设后继有人。

建设教育强国，必须坚持马克思主义指导地位，贯彻习近平新时代中国特色社会主义思想，坚持社会主义办学方向，落实立德树人根本任务。青少年是祖国的未来、民族的希望。我们党立志于中华民族千秋伟业，必须培养一代又一代拥护中国共产党领导和我国社会主义制度、立志为中国特色社会主义事业奋斗终身的有用人才。在这个根本问题上，必须旗帜鲜明、毫不含糊。这就要求我们把下一代教育好、培养好，从学校抓起、从娃娃抓起。

建设教育强国，要坚持不懈用习近平新时代中国特色社会主义思想铸魂育人，着力加强社会主义核心价值观教育，引导学生树立坚定的理想信念，永远听党话、跟党走，矢志奉献国家和人民。育人的根本在于立魂。要持续强化科学理论武装，深入推动习近平新时代中国特色社会主义思想 and 党的二十大精神进教材、进课堂、进头脑，用马克思主义中国化时代化最新成果铸魂育人，讲深讲透习近平新时代中国特色社会主义思想，引导广大青少年树立马克思主义信仰，坚定中国特色社会主义道路自信、理论自信、制度自信、文化自信，形成正确的世界观、人生观、价值观。

建设教育强国，要坚持改革创新，推进大中小学思想政治教育一体化建设，提高思政课的针对性和吸引力。要把大中小学思政课一体化建设作为新时代学校思政课改革的重要内容，强化顶层设计，遵循学生不同年龄段认知发展规律和教育教学规律，推进思政课开设和内容实现大中小学循序渐进、螺旋上升，避免课程之间内容的过度重复，提高学段之间的衔接性。加强学校思政课教学方式改革，

更好运用所在地区的优秀文化资源，推进高校与中小学共享思政教育资源、共研教学方式、共育党建活动品牌，为学生提供更丰富多样的成长体验和更广阔的实践舞台。

建设教育强国，要提高网络育人能力，扎实做好互联网时代的学校思想政治工作和意识形态工作。面对互联网时代给育人带来的机遇和挑战，要推动学校思想政治工作和意识形态工作传统优势同当今信息技术高度融合，充分整合网络教育资源，挖掘网络教育资源，培育优秀网络文化品牌，推动网络平台同频共振，不断加强学校思想政治工作网络平台、网络文化和网络教育工作队伍建设，大力构建网络育人质量提升体系，从而牢牢把握网络思想政治工作主导权、主动权、话语权。

路虽远，行则将至；事虽难，做则必成。各地各校要深入学习贯彻落实习近平总书记在中共中央政治局第五次集体学习时重要讲话精神，切实解决好培养什么人、怎样培养人、为谁培养人这一根本问题，提高政治站位、增强行动自觉，全面贯彻党的教育方针，坚持“五育”并举、强化目标导向、创新行动路径，扛牢为党育人、为国育才的职责使命，充分发挥学校育人主阵地作用，构建学校主导、家庭主动尽责、社会有效支持的协同育人新格局，展现人才培养工作的新面貌、新气象，在全面建设社会主义现代化国家的新征程中培养担当民族复兴大任的时代新人。

——《中国教育报》2023年6月2日

把服务高质量发展作为建设教育强国的重要任务

本报评论员

高质量发展是兴国之道的、强国之策，是全面建设社会主义现代化国家的首要任务。习近平总书记在主持中共中央政治局第五次集体学习时指出，要把服务高质量发展作为建设教育强国的重要任务。习近平总书记的重要讲话高屋建瓴，为建设教育强国指明了方向，擘画了蓝图，具有十分重要的战略意义。

服务高质量发展，必须一体统筹推进教育强国、科技强国、人才强国建设。教育强国、科技强国、人才强国是实现高质量发展的基础性、战略性支撑。科技是第一生产力、人才是第一资源、创新是第一动力，实现创新驱动的高质量发展，必须依靠科技进步，必须依靠拔尖创新人才，必须依靠高质量的教育。要坚持教育优先发展，办好人民满意的教育，筑牢建设科技强国和人才强国的根基。必须坚持科技自立自强，突出科技反哺教育和人才事业的动力源头作用，完善科技创新体系，充分激发创新活力，发挥新型举国体制的制度优势，强化国家战略科技力量，优化国家科研机构、高校、科技领军企业布局，加强科技基础能力建设，坚持走中国特色自主创新道路。

服务高质量发展，必须加强拔尖创新人才自主培养。着力造就大批拔尖创新人才，聚天下英才而用之，把我国建设成世界重要人才高地和创新高地。科学教育建设是提高国民科学素养、培养高素质劳动者大军、塑造科技创新拔尖人才的奠基性工程，要把加强科学教育作为铸就拔尖创新人才自主培养策源地。必须强化科学教育供给，拓展优化青少年科技创新实践时空，探索构建科学英才大中小学一体化科学教育新机制，形成协同培养新格局。要加强和改进工程教育，凸显工程教育对服务高质量经济社会发展和产业升级的“发动机”重要作用，深化对工程教育的自身规律性认识和把握。完善高校与科研院所、行业企业联合培养机制，以信息化激发工程教育创新活力和潜能，造就更多卓越工程师和高质量技术技能人才，不断推动我国从工程教育大国向工程教育强国迈进。要深化基础学科拔尖创新人才自主培养，促进学科深度交叉融合，创新教育、科技、人才一体化学科组织模式，走高水平的科教协同和产教融合之路，形成可复制可推广的学科

育人模式，把一批“双一流”高校打造成为拔尖创新人才自主培养的战略基地。

服务高质量发展，必须提升教育的支撑力、贡献力。当前，我国经济正处在转变发展方式、优化经济结构、转换增长动力的攻坚期，中国制造如何迈向中国智造、中国创造，人口红利如何转为人才红利，乡村振兴如何衔接共同富裕，均需要强化教育、科技、人才支撑。必须系统分析我国各方面人才发展趋势及缺口状况，根据科学技术发展态势，坚持把优先发展教育事业作为推动党和国家各项事业发展的重要先手棋，不断使教育同党和国家事业发展要求相适应、同人民群众期待相契合、同我国综合国力和国际地位相匹配。必须聚焦国家重大战略需求，以服务经济社会高质量发展为导向，想国家之所想、急国家之所急、应国家之所需，动态调整优化高等教育学科设置，建好建强国家战略和区域发展急需的学科专业。推动学科链人才链创新链产业链深度融合，提升教育在加快构建新发展格局、推动高质量发展中的贡献力。

服务高质量发展，必须统筹推进职普融通、产教融合、科教融汇。要深入推进职业教育、高等教育、继续教育协同创新，建立健全多形式衔接、多通道成长、可持续发展的梯度职业教育和培训体系，创造人人皆学、时时能学、处处可学的社会环境，促进全民学习、终身学习，不断提高劳动者综合素质，更好适应服务高质量发展需要。要坚持以教促产、以产助教、产教融合、产学合作，延伸教育链、服务产业链、支撑供应链、打造人才链、提升价值链，推动形成同市场需求相适应、同产业结构相匹配的现代职业教育结构和区域布局。要紧紧围绕国家重大战略和新兴产业的变革趋势，优化专业课程体系、教学组织模式以及资源配置方式，注重将科技创新的思维、方法和内容融入职业教育的课程教学和实训各环节，培养更多高素质技术技能人才、能工巧匠、大国工匠，为服务高质量发展提供更加坚实的支撑、作出更多实质性贡献。

征程万里风正劲，重任千钧再出发。在充满光荣与梦想的新征程上，必须坚定不移按照习近平总书记的战略指引，踔厉奋发、勇毅前行，在服务高质量发展的征途中，续写教育强国建设新辉煌！

——《中国教育报》2023年6月5日

【教育 科技 人才：理工科人才培养】

改革开放以来我国高等理科教育的基本经验、问题挑战与发展应对

王青林 施佳欢 阎燕

高等理科教育是培养基础研究人才的重要途径,是发展应用学科、技术学科、综合学科和交叉边缘学科的重要依托,是一个国家科学、教育发展水平的重要标志,是经济社会发展的关键支撑,具有重要的战略地位。当前,新一轮科技革命和产业变革迅猛发展,我国高等教育也迈入普及化阶段。高等理科教育改革发展的环境、条件、任务、要求都在快速变化,有必要在全面总结高等理科教育改革发展历史经验的基础上,探索新时代高等理科教育创新发展的可行路径。

一、改革开放以来高等理科教育发展的主要历程

1979年,教育部召开部属综合大学理科专业调整会议,明确重点综合大学理科专业应着重培养自然科学理论研究和实验人才,着重办好基础学科专业,有选择地设置应用学科和技术学科专业。同时,在“科学的春天”良好社会氛围之下,学习“数理化”的热情被激发,高等理科教育得到了快速发展,逐步形成了一套适应计划经济的人才培养模式,对恢复高等理科教育秩序和提高教学质量起到了关键作用。

20世纪80年代中后期,随着经济体制、产业结构的调整以及人事制度、高校毕业生分配制度的改革,高等理科人才的供求关系发生了急剧变化,出现了结构性过剩,理科专业“招生难、分配难”,理科专业划分过细、理科毕业生专业适应性窄等问题集中暴露了出来,理科教育的目标、结构、布局 and 规模与社会需求已不相适应。为了改变这个局面,一些高校也呼吁用人单位应转变观念,“理科毕业生去工矿企业大有作为”。

1990年7月,原国家教委在兰州召开全国高等理科教育工作座谈会(以下简称“兰州会议”),发布了《关于深化改革高等理科教育的意见》,对高等理科教育的发展产生了深远的影响。在“加强基础、重视应用、分流培养”的原则指导下,高等理科教育发展发生了重大转向。国家理科基础学科研究和教学人

人才培养基地被作为高等教育改革的战略性举措和推进实施,在对保护和加强培养少而精、高层次理科基础性人才培养上起到了非常重要作用;与此同时,一大批高校也主动优化学科专业结构,不断扩大理科教育的服务面向。

世纪之交,随着高校扩招的推进,高等教育进入大众化阶段,在规模发展的同时,提高质量被放在更加突出的位置上。高校深化教学改革,着力提高大学生的学习能力、实践能力和创新能力,全面推进素质教育。高等理科教育的基本建设水平和内涵质量也得到了大幅提升,逐步从外延式发展向内涵式发展转变。

2009年,“基础学科拔尖学生培养试验计划”启动,构建基础学科拔尖人才培养的专门通道。2018年,教育部启动“拔尖计划2.0”,目前已遴选设置理科拔尖基地109个左右。2020年,教育部又启动“强基计划”,提出要突出基础学科的支撑引领作用,重点在数学、物理、化学、生物等相关专业招生,选拔培养有志于服务国家重大战略需求且综合素质优秀或基础学科拔尖的学生。同时,在一流专业建设“双万计划”、一流本科课程“双万计划”等项目的推动下,高校围绕课程、教师、教学、学生、教学方法与技术等持续深化改革,持续构筑高等理科教育发展的优良生态。

二、高等理科教育发展的基本经验

1. 科学定位人才培养目标

“培养什么人”是教育活动的出发点,科学定位人才培养目标,要结合历史现实条件和内外部情况,适应科技、文化、经济和社会发展趋势,充分考虑国家、市场、社会、个人等多元化需求。

改革开放初期,理科高层次人才短缺、高级专业技术人员结构老化,高校、科研机构急需大批理科人才,这一时期的高等理科教育以培养基础研究人才为主,强调现代科学技术的掌握、应用和研究,是以学科为中心的专业教育。据统计,1981年至1985年,部属综合性大学理科毕业生考取研究生和进高校、科研机构的平均比例达到75%。后随着高校、科研机构的人才趋于饱和,到厂矿企业工作的理科毕业生人数逐渐增加,因此“有关专业的实际工作的能力”被许多高校明确列为培养目标。

在深化经济体制改革的背景下,对基础性科学研究和教学人才、科学应用人才进行“分流培养”成为高等理科教育转型发展的关键举措,理科人才培养目标

更加关注科学素养和基本训练。之后，面对如何培养“跨世纪人才”的时代课题，高等理科教育目标更加突出“全面综合素质”。进入 21 世纪，在建设创新型国家战略背景下，基础学科拔尖计划的培养目标定位在“未来学术领军人才”，旨在培养造就新知识的创造者、新技术的发明者、新学科的创建者。在当前新科技革命和产业变革、中美战略博弈以及新冠肺炎疫情影响共同叠加的战略变局下，聚焦“建成世界主要科学中心和创新高地”的发展目标，从提升国家硬实力、为中华民族伟大复兴培养战略力量的高度进一步提升拔尖人才培养的目标定位，强调要培养具有家国情怀、人文情怀、世界胸怀、勇攀世界科学高峰的未来科学家。

综上，可以看到，高等理科教育的培养目标根据国家战略、社会需求、高等教育自身的发展阶段以及学生个体需要等不断地拓展演变，逐步实现了学科中心向学生中心的转变，从仅关注基础知识、基本技能转向全面发展的综合素质，从关注面向现实需求的胜任力转向面向未来的可持续竞争力。

2. 主动调整优化专业结构

改革开放初期，在“专业对口”服务经济社会发展的思路下，高等理科专业数量与种类不断增多，在 1987 年发布的《普通高等学校理科本科基本专业目录》中，理科专业高达 70 种，这也导致专业划分过细、口径过窄、学生适应性差等问题。随着社会主义市场经济的确立以及产业结构的不断调整升级，社会对于综合素质高、基础宽厚的复合型人才的需求越来越大，原国家教委对本科专业进行重新梳理，撤销了一些过窄或过旧的专业，在 1993 年颁布的本科专业目录中，理科专业压缩到 55 种。1997 年开始，为进一步增强专业的适应性，拓宽专业基础，对相近相似专业进行了合并，在 1998 年公布的专业目录中，理科专业调整到 30 种。为适应经济社会发展新需求和高等教育大众化阶段的新要求，2012 年发布的专业目录按照“以宽为主、宽窄兼顾”的原则，进一步调整专业口径，理科专业调整为 36 种。此后，结合学科交叉新趋势，又陆续增设了一批新专业，如量子信息科学、气象技术与工程等，主动布局未来战略性人才培养，提升人才培养的支撑引领作用。

动态调整专业目录、优化学科专业结构、提高人才培养和社会需求的契合度是提升高等理科教育水平的重要手段。总体来看，适应经济社会发展需求是理科专业数量与结构调整的主要动因。但是，由于理科的特殊性以及人才培养的相对

滞后性，仅考虑市场逻辑容易导致同质化和“结构性过剩”。因此，要综合考虑学科发展与人的全面发展的需要，在面向需求的同时，加强前瞻性布局，发挥对社会产业结构升级转型的引领作用，加强培养引领性创新人才。

3. 探索多元培养模式

第一，分类培养。在“兰州会议”提出“保护基础、加强应用、分流培养”的原则后，高校按照“基础性”和“应用性”两类，开展了大量分类培养的探索。一方面，注重保护基础，吸引最优秀的学生投身基础科学研究，重视基础知识、基本理论和从事科学研究的方法与手段的培养，以满足基础学科教学研究需要；另一方面，注重加强应用，加强与行业企业合作，重视学生的实践动手能力和创新能力的培养，提升就业创业能力。

高等理科教育要为国家基础科学研究培养后备人才，为工、农、医、管等应用学科和人文社会学科输送具有较高科学素养的后备人才，为科学普及教育培养人才，还要培养适应大科学工程需要的领军人才。因此，加强分类指导，克服同质化倾向，制定个性化的培养方案变得尤为重要。在高等教育从精英化阶段向大众化、普及化阶段发展的过程中，大学生群体构成更加复杂，分类培养也可以更好地契合学生特点与多样化发展需求。根据北京大学、兰州大学、南京大学课题组的调研结果，85%以上的专家认同“应该提倡分层、分流培养”；但从选取的理科学生的样本来看，实施分类培养且与学生自身发展预期相符合的仅占四分之一左右，因此还需要进一步加大分类培养的覆盖范围和执行力度。

第二，重点培养。通过设置专门的培养计划和设立形式多样的人才培养试验区，强化政策支持与经费保障，调动各方积极性开展重点培养。例如：自1992年启动的国家基础科学研究和教学人才培养基地，按照“强化基础、注重能力、提高素质、突出创新”的理念，围绕基本条件、科研训练、实习基地、师资培训等方面进行重点建设，基地还专门配套了“基础科学人才培养基金”。在此基础上，一批研究型大学通过设立专门的培养机构进行拔尖创新人才培养探索，如北京大学“元培学院”、南京大学“匡亚明学院”、复旦大学“复旦学院”等。此外，还有“拔尖计划”。“拔尖计划1.0”通过导师制、小班化、个性化、国际化等举措，建立了全面发展与个性发展相结合的培养机制，为学生成长提供了宽松的环境和自主选择的空间，推动学生自主学习、自由探索、深度探究。“拔

尖计划 2.0”则在 1.0 的基础上，采取书院制、导师制、学分制等举措，进一步引导学生服务国家重大需求、应对人类未来重大挑战、聚焦科学重大问题、依托国家重大科研项目，为未来实现重大科学突破、抢占世界科学发展制高点奠定基础。

第三，协同培养。高校与中学协同培养是持续提升学生创新精神、创新能力的重要手段。为了探索高校与中学联合发现和培养青少年科技创新人才的有效方式，中国科学技术协会和教育部自 2013 年开始实施“中学生科技创新后备人才培养计划”，选拔优秀中学生走进大学，在自然科学基础学科领域的著名科学家指导下参加科学研究、学术研讨和科研实践。同时，高校也在积极探索与中学的协同培养。例如：20 世纪七八十年代 12 所重点高校的少年班，将 16 岁以下的超常少年提前吸引到大学的优势学科，探索“预科+基础通识+宽口径专业教育”等模式；西安交通大学在西安交通大学附属中学、江苏省苏州中学、天津市南开中学等开设预科基地，为学生从高中向大学的过渡建立支持机制。还有高校与中学联合开展培养项目，如南京大学与金陵中学共同开展的“准博士培养站”项目，遴选高一学生与南京大学微结构国家实验室的教师结对进行实验和研究等。

而应用型理科人才培养强调对接需求，重视实践创新能力。高校与实务部门、行业企业联合制定培养目标和培养方案、共同开发教学资源、共建实验室和实训实习基地、合作培养培训师资，将产业和技术最新进展、行业对人才培养的最新要求引入教学过程，对培养支撑引领经济社会发展需要的应用型理科创新人才具有重要作用。教育部自 2014 年起实施“产学研合作协同育人项目”，通过政府搭台、企业支持、高校对接、共建共享，开展了多样化的探索实践，为理科高等教育发掘育人资源、提升育人内涵创造了有利条件。

三、深化高等理科教育改革面临的问题与挑战

1. 理科人才培养与国家、社会的需求之间还存在脱节

一方面，理科人才培养对国家创新驱动发展的支撑度还不够。技术瓶颈背后的实质是科学问题的制约，要解决“卡脖子”问题，必须要突破核心科学问题。另一方面，理科人才培养与产业发展特别是区域产业的结合还不够。在产业分工与体系格局快速变化的背景下，劳动力与就业需求结构产生重大变化，需要具有合理知识结构、全面综合素养和创新实践能力的应用型理科人才。总体来看，高

校理科人才培养目标还存在着定位不清、缺乏特色等问题。

2. 理科人才培养的系统性、交叉性和融合性有待提高

第一，系统性不足。在应试教育的大环境特别是高考选科模式之下，基础教育和高等教育在理科创新人才培养方面“冷热不均、彼此断裂”的现象依然严峻。高中教育还主要是为了高考而教，他们最紧迫的任务是提高高考成绩，所以并不重视培养创新能力，或者认为这是大学的任务。朱邦芬院士也曾指出，随着课程难度和挑战度的下降，学生大量的时间耗费在“刷题”上，使得不少真心喜欢科学、有天分的学生，学习兴趣和热情都消磨殆尽，对学生创造力和想象力的发展产生长远的负面影响。而高校在衔接培养方面的探索，也是以体验性的项目、课程为主，高校与中学协作育人的内涵、形式有待进一步充实。

第二，交叉性不足。从近年来的诺贝尔奖评选可以看到，物理学、化学、生物学、医学之间的界限越来越模糊，基础科学研究成果的产出呈现鲜明的学科交叉特征，跨学科研究和学科交叉融合不断发展，学科之间相互交叉和渗透，逐渐形成了许多界限模糊的连续区间并产生了大量的科学新增长点。国家自然科学基金委已将交叉科学部作为第九大学部，“交叉学科”也被列为第14个学科门类。尽管促进学科交叉已经形成广泛共识，但受到长期以来形成的“封闭式”学科文化的影响，学科壁垒和体制性障碍仍然存在，交叉复合培养机制尚不健全。高校虽然在大类招生培养、通识教育与专业教育相结合、扩大学生自主选择权等方面已经开展了大量实践探索，但是在专业培养阶段，大多依旧是聚焦学科专业本身。一些高校也试点建设了交叉培养平台，但是在实施过程中“拼盘式”的项目较多，没有形成基于知识体系逻辑重构的课程体系，也缺少选课等方面配套机制的支撑。

第三，融合性不足。应用型理科人才培养“重理论轻实践、重知识传授轻能力培养”的现象还存在，与产业链、创新链的对接还不够，需要进一步推动从传统的理科知识生产向解决现实应用情境问题转变，强化对产业技术创新的服务和支撑；企业参与人才培养的形式仍以“资源融合”为主，需要根据育人规律和产业需求，进一步优化资源要素的配置，提升融合的深度和持续性。

3. 理科人才培养的生态有待优化

基础理科具有“问题导向、好奇心驱动、重在讨论争论、以个人或者小团队为主”等特征，前期投入大，成果转化慢，很难迅速产生经济效益，重大原创性

成果往往需要“耐得住寂寞、坐得了冷板凳”。而在功利主义等影响下，学生、家长普遍具有追求“热门”专业的升学观，往往忽视学生个人真实的兴趣和和能力特征，从而也影响了理科人才培养的健康、可持续发展。

四、新时代高等理科教育改革创新的路径探析

1. 强化使命意识

要进一步提高站位，坚定卓越取向，强化使命意识，面向国家重大需求和国际学术前沿，以突破基础性、本原性、原创性问题为目标，加快构建更高层次的理科人才培养体系。要更加强化价值引领、注重以德为先，结合理科特点，依托鲜活案例，弘扬新时代科学家精神，让知识传授、能力培养和价值引领同频共振、相向而行，增强学生服务国家、服务人民的社会责任感。要推动构建师生共同体，让学生在良师引路过程中培养科学思维和科学精神，营造独立思考、自由探索、勇于创新的氛围。

2. 促进多学科交叉复合

要深入研究学科交叉对科学研究内容、方法等产生的影响，完善多学科交叉复合的培养制度体系。鼓励打破学科界限，面向未来发展需求，优化重组学科结构与专业体系，设置新专业；进一步提升培养方案的灵活性和自主性，允许学生根据兴趣建立灵活的课程修读方案，创设跨学科育人平台；围绕系统思维能力和综合问题解决能力，推动课程形态创新，如以问题导向建设模块化课程、以科研项目为载体建设课程等。

3. 优化长周期培养机制

一方面，要进一步加强基础教育与高等教育阶段的协同，推动从零散的项目、活动向教学模式、教学资源的共建发展，强化创新能力与批判性思维的持续养成，加强内涵上的贯通；同时，要在充分总结以往自主招生经验的基础上，研究制定更加兼顾公平和科学的人才选拔模式，进一步完善“强基计划”等政策，积极探索综合素质评价方式，选拔真正对基础学科感兴趣、有潜力的学生。另一方面，要建立更加顺畅的本硕博贯通招生与培养机制，结合基础理科特点制定长周期培养方案，科学设置课程教学、科学研究、创新实践、论文撰写等培养环节的梯度结构，进一步提高培养效率，提升培养质量。强化本科教育的基础性，本科阶段重在为学生打牢宽厚基础，开展学科基础教育、拓展学科视野、强化思维方式与

能力的培养；研究生阶段则重在提升知识创新和实践创新能力。

4. 深化创新创业教育改革

进一步推动培养观念的转变，将创新精神、创业意识和创新创业能力融入理科教育，促进理科专业教育与创新创业教育的融合。要进一步深化产教融合协同育人，建立需求导向的学科专业结构和动态调整机制；完善校校、校企、校地协同育人机制，加强实验室、实习实训基地、实践教学等平台建设，加强大学科技园、创业孵化基地等创业平台建设；推行研究性学习方法和综合性实践科目等，引导学生主动探究，提升科研实践能力及社会适应能力，进一步支持学生结合理科专业特点开展创新创业活动。

5. 构建优质育人生态

进一步推动优质资源共建共享，探索建立学分互认及转换机制。推动更多高水平大师参与本科人才培养工作，将高水平科研项目与人才培养工作结合起来，为学生从事相关领域工作奠定工作基础、认识基础与情感基础，对教师的编制、工作量计算、成果认定等给予政策保障，同时建立稳定的经费支持机制，为师生“坐冷板凳”提供基础的物质保障。此外，还应注重营造良好氛围。一方面，要积极搭建学生交流平台，如举办全国性学术活动等，鼓励学生开展学术交流，提升沟通能力及质疑、批判和反思精神，促进知识习得和能力培养的融会贯通；另一方面，要广泛开展理科领域发展成就、先进典型宣传，加强科学普及教育，在社会上营造推崇理科、尊重科学、宽松包容的氛围，树立正确的舆论与价值导向。

——《北京德育（高教）》2021年第10期

创新高等理科教育 提高人才培养能力

潘保田，郭明宙，乔振峰

高等理科教育是培养基础学科高层次人才的重要载体，是发展应用学科、技术学科、综合学科和交叉边缘学科的重要依托和源泉，是其他各学科门类高等教育的基础。瞄准世界科技前沿，强化基础研究，实现前瞻性基础研究，引领性原创成果重大突破，是实现中华民族伟大复兴的必由之路。1977年，恢复高考以后，我国高等学校重新回到招生、教学等人才培养主战场，高等理科教育随之进入了新的发展阶段，为我国改革开放、经济社会发展、科技创新和综合国力提升做出了突出的贡献。当今世界正经历百年未有之大变局，新科技革命和产业变革的时代浪潮奔腾而至。站在新的历史方位，我们必须超前识变、积极应变、主动求变，应对高等教育进入普及化阶段带来的新机遇与新挑战，抓牢发展机遇，加快创新高等理科教育。

一、我国高等理科教育现状

（一）高等理科教育的战略现状

随着我国高等教育迈入普及化阶段，高等理科教育人才培养的社会需求及定位已经发生了变化，培养现状与社会期盼和需求仍有不小的落差。高校中针对高等理科教育人才培养的激励机制和保障制度略显单薄，对西方高等教育强国的教育理念、教育体系、教育模式等内容研究越来越多，但将国外先进经验吸收、借鉴、融入和指导我国高等理科教育的实践与探索偏少，开展高等理科教育战略研究的项目存在数量不够多、范围不够广、质量不够高等问题。不同类型的高校对于高等理科教育人才培养的定位趋同化现象比较普遍，“双一流”建设高校、一般性院校人才培养定位的差异性不明显，培养体系雷同现象较为普遍，构建符合国情、满足社会需求的高等理科教育人才培养体系任重道远。

（二）高等理科教育的培养模式现状

1990年7月25-30日，教育部在兰州召开高等理科教育工作座谈会，讨论了深化改革高等理科教育的系列问题，对我国高等理科教育发展具有“里程碑”意义，至今的作用和效果仍然非常显著。从1991年开始，国家选择了一批代表

我国较先进水平的、在国内具有重要影响和起骨干带头作用的数学和自然科学一级学科专业点，分五批建立了 106 个“国家理科基础科学研究和教学人才培养基地”，这些“理科基地”为国家培养了一大批德智体美劳全面发展的、优秀的基础科学研究和教学后备人才。2009 年开始，教育部联合中组部、财政部在北京大学等 20 所高校实施“基础学科拔尖学生培养试验计划”。2018 年，教育部等六部门在“基础学科拔尖学生培养试验计划”积累的“一制三化”（导师制、小班化、个性化、国际化）等有效模式基础上，启动基础学科拔尖学生培养计划 2.0，进一步拓展范围、增加数量，实施新一轮基础学科拔尖学生培养模式探索与创新。近年来，相关高校积极推进高等理科教育人才培养模式的革新，例如：清华大学实施“清华学堂人才培养计划”，以培养拔尖创新人才为目标，以“领跑者”理念为指导，从理念创新、氛围营造、机制改革等方面，深入推进拔尖创新人才培养模式改革与创新；南京大学推行“三三制”本科教学改革，把本科教育分成“大类培养、专业培养、多元培养”三个培养阶段，“专业学术类、交叉复合类、创业就业类”三条个性化发展路径；北京大学积极建设通识教育和专业教育相结合的本科博雅教育体系。高等理科教育工作座谈会以来，我国高等理科教育人才培养体系日趋完善、人才培养能力得到大幅度提升，但我国高等理科教育人才培养模式单一、文理割裂，专业与课程设置过于褊狭、缺乏灵活性等一系列问题仍然存在。

（三）高等理科教育的招生数量现状

1999 年，我国高等教育仍处在精英化阶段，普通高校本科招生规模 936690 人，其中理学招生 99870 人，占比 10.7%；研究生招生规模 92225 人，其中理学研究生招生 13182 人，占比 14.3%，理学研究生占理学学生（本科生和研究生之和，下同）的 11.7%。2019 年，我国高等教育迈入普及化阶段，普通高校本科招生规模 4312880 人，其中理学招生 306668 人，占比 7.1%；研究生招生规模达 916503 人，其中理学研究生招生 77385 人，占比 8.4%，理学研究生占理学学生的 20.1%。20 年来，理学本科生和研究生在对应学历教育层次的招生规模占比均有所降低，但是理学研究生占理学生的比例却增加了近一倍，这也和 1990 年原国家教委《关于深化改革高等理科教育的意见》中的“面向科学、教育事业，加强基础性科学研究和教学人才的培养，是高等理科教育的基本任务，发展趋势

是少而精、高层次”的判断和发展思路是吻合的。在这期间的2012年，教育部调整了本科专业目录，部分应用性较强的理学专业划归到经济学、工学等非理学专业，专业的统计口径变小，也在一定程度上影响着理学本科生在全国招生规模中的占比。

二、高等理科教育的新机遇与新挑战

（一）前沿科学问题研究的需求

Science杂志于2005年提出了125个重要的科学问题，其中包含25个最突出的重点问题以及其他100个生命科学、物理学、数学等领域的难题。简单归纳统计这125个问题，其中涉及生命科学的问题占46%，关系宇宙和地球的问题占16%，与物质科学相关的问题占14%以上，认知科学问题占9%。其余问题分别涉及数学与计算机科学、政治与经济、能源、环境和人口等，这125个问题中超过90%与基础学科有着紧密的关系，这些问题是全人类面临的共同问题，也是全世界科学家需要共同攻克的难题。中国科学院科技战略咨询研究院发布的《2020研究前沿热度指数》指出，在十一大学科领域整体层面，美国最为活跃，研究前沿热度指数得分为226.6分，位居全球首位，中国以151.3分位居第二。在十一大学科领域的110个热点前沿和38个新兴前沿中，美国研究前沿热度指数排名第一的前沿数为79个，占全部148个前沿的53.4%，中国排名第一的前沿数为42个，约占28.4%，其中十大学科领域与基础学科有着密切的联系。现阶段，我国社会发展模式、经济增长方式等需要快速转型升级，劳动密集型产业优势必须向技术密集型转变，在这个历史转型中，国家对基础科学研究发展具有迫切的现实需求，要实现前瞻性基础研究、引领性原创成果重大的突破，核心是人，是具有创新能力的基础学科拔尖创新人才。

（二）我国基础科学研究的需求

十九届五中全会通过的《中共中央关于制定国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标的建议》提出，“加强基础研究、注重原始创新，优化学科布局和研发布局，推进学科交叉融合”“支持发展高水平研究型大学，加强基础研究人才培养”。要把我国建设成为科技强国，离不开高等理科教育的支撑，要实现真正的技术突破，基础理论首先要实现质的飞跃，这就需要我们培养更多高层次有能力的基础理论研究人才。《国务院关于全面加强基础科学研究

的若干意见》（国发〔2018〕4号）提出，坚持从教育抓起，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。我国自主创新能力不强，很重要的原因就是基础研究弱项突出。培养基础研究、应用基础研究的高水平科技人才，是高等理科教育责无旁贷的使命和责任。

（三）我国高等理科教育存在的问题

丘成桐先生批评中国大学的基础科学教育薄弱，他曾表示理论数学的水平跟不上，一直制约着中国数学的发展。钱颖一先生认为，我国高等教育人才培养质量与国外高等教育强国相比，“均值”高、“方差”小，整体培养质量高于国外，但拔尖人才、引领性高端人才培养质量低于国外，人才培养质量高而不尖，高端人才整体质量与国外相比偏低。《高等理科教育的发展与挑战》指出，高等理科教育面临着该如何摒弃授课内容不断增加的痼疾，该如何将科学知识、探索精神与科学价值观不断融合的挑战。“厚基础、宽口径、强能力、重素质”的高等理科教育人才培养理念在实践应用中仍存在理解和认识的片面化、狭义化。专业教育过分强化专业知识和能力的塑造，缺乏好奇心、想象力、批判性思维、跨学科思维与方法的训练，学生的非认知能力不强的现象比较突出。存在学生专业志趣不高、学业规划不清晰、未来职业规划趋利等问题，教师和学生“板凳甘坐十年冷”的毅力不够，社会在这方面的保障度也不够，导致对基础学科的持续学习、研究志趣不高，优秀人才“留不下、待不住”。学生实践动手能力、跨专业知识整合能力亟待提升，实践环节低层次、重复性教学内容偏多，启发学生进行探索性、试验性的实践环节偏少，学生学习获得感不强。

三、构建高等理科教育发展新格局

（一）注重战略规划和政策支持

实现中华民族伟大复兴，对高等理科教育的需要，对科学知识和优秀人才的需要，比以往任何时候都更为迫切。需要进一步加快构建国家层面的全局性、贯穿大中小学一体化的理科教育战略性规划以及系列性配套政策支撑制度，提升理科教育人才培养的战略地位，推进拔尖创新人才培养战略布局。人才培养的应用和成效具有滞后性，需要加强国家层面对高等理科人才培养的战略研究，依托相关高校，在国内组建若干国家级高等理科教育研究中心（智库或咨询研究机构），

建立周期性的全国高等理科教育发展战略研究和现状调研分析机制,包括对人才培养规模、培养规格、培养质量的趋势研判,注重提前布局和加强政策激励与引导,提升高等理科教育人才培养对基础研究、科技创新、经济社会发展的适应度和支撑度。高校层面应发挥智力优势,建立激励机制和保障制度,培养一批战略专家、理论专家和实践专家,注重对高等理科教育国家战略和实践探索的长期、深入研究,加快培育一批高质量的研究成果,为我国高等理科教育发展提供方向性指引和借鉴性经验。

（二）重塑人才培养目标与定位

人才培养目标与定位是高校主动适应社会需求制定的人才培养规格。1990年的全国高等理科教育工作座谈会提出的“保护基础、加强应用、分流培养”的改革方针对优化新时代高等理科教育人才培养目标与定位仍然具有很强的指导意义。新时代,高校需要进一步结合社会需求和院校性质类型,根据大学章程、办学定位和发展规划,制定“创新型、复合型、应用型”的人才培养目标与定位,建立与之相匹配的人才培养方案、课程体系、教学方法、教学模式和管理机制。不同类型高校应基于自身的专业特点,建立本校特色的人才培养发展思路。“双一流”建设高校拥有一流师资队伍和高水平育人平台,肩负着“着力培养具有历史使命感和社会责任心,富有创新精神和实践能力的各类创新型、应用型、复合型优秀人才”的使命,发挥科教融合优势,注重科研反哺教学,聚焦“面向世界科技前沿、面向经济主战场、面向国家重大需求、面向人民生命健康”的科技创新方向,重点培养“创新型、复合型”基础理科拔尖人才,适度兼顾培养“应用型”理科拔尖人才,服务国家重大战略对高层次人才需求。一般性院校应根据自身办学定位和区域经济社会发展需求,在深入调查研究的基础上制定符合校情的人才培养目标与定位,重点聚焦培养“应用型、复合型”理科人才,根据自身专业特色和优势,可适当兼顾培养“创新型”基础理科拔尖人才,要与“双一流”建设高校的人才培养目标与定位错位发展,构成不同培养规格的“金字塔”型人才培养模式,塔基是应用型人才,塔身是复合型人才,塔尖是创新型人才。

（三）深化因材施教育人理念

高中阶段学生对于大学专业设置以及专业内容的了解比较欠缺,高考专业志愿的选择受家长及社会的影响比较大,导致部分学生进入大学后发现所学专业与

自身兴趣和爱好不匹配，缺乏学习动力和积极性。因此坚持大类招生、低年级大类培养与高年级分流培养的教育理念愈发重要和迫切，低年级坚持“厚基础”的课程体系设置思路，为学生打牢所在学科专业和相关学科知识基础，夯实学科思维和方法，为后续的分流培养奠定好发展基础。通过低年级的专业导读、学术专题讲座、实践实习、科研兴趣训练等教学环节，强化学科专业认知和专业兴趣熏陶，增强学生对专业的深层次了解和认识，提升学生专业学习规划能力。根据学生的专业兴趣和个人学习情况，将因材施教理念融于分流培养的全过程，在三四年级对学生按照“创新型、复合型、应用型”开展分类培养，以“厚基础、宽口径、强能力、重素质”为理念，强化学科专业基础和分类型的专业教育、跨学科的学科方法与思维能力培养，实施逐级递增、有挑战度的科研能力训练计划，培育学生的专业志趣和职业认同感。分流培养有两种模式，一是在专业内部实施三种类型的分流培养，二是在三种类型培养目标专业间实施分流培养。分流培养的核心目标是基于学生专业兴趣和职业规划，强化学生的社会责任、科学精神等价值观塑造，坚持因材施教理念，通过育人环境的浸染熏、实践实习与科研训练等，提升专业的吸引力，增强学生专业自信心和志趣，引导学生合理规划学业和职业，提升学生的学业目标和专业培养目标的適切度，培养一批热爱科学、立志科学研究的拔尖创新人才。

（四）探索本研一体化人才培养体系

据麦可思研究院的2017—2019届本科各学科门类读研调查数据显示，理学专业本科生的读研比例高达22.8%以上，“双一流”建设高校的理学本科生读研比例更高，很多专业已超过50%。近年来，理学本科生的专业能力已很难满足专业型工作岗位和产业升级对其高阶性科技创新的能力需求，随着理学研究生规模的持续扩大，攻读研究生已成为理学本科生的重要选择之一，部分“双一流”建设高校已着手构建本研一体化人才培养体系，着力推动学生学习方式变革，激发学生内在学习动力、学习潜能，实现理学人才培养内涵式革新，为优秀学生脱颖而出、施展才华搭建平台。建立长学制本研贯通培养体系，是未来人才培养模式改革的重要方向之一，有利于培养不同类型的高层次拔尖创新人才，需要坚持“以学生为中心”的理念，建立多元与多维相结合的选拔、考核、分流机制，注重培养学生学术志趣、创新意识和专业能力。教育部实施的基础学科拔尖学生培养计

划 2.0、“强基计划”等人才培养计划是探索实施本研一体化人才培养的重要载体，构建本研贯通人才培养方案，形成思想政治理论教育、专业教育与通识教育合力育人体系具有很强的现实意义。本研一体化人才培养需要重点思考以下 5 个方面：一是优化现有的本研教学体系，包括课程体系、教材体系和培养环节，明确课程层级、关联性及其先后顺序，避免重复设课和讲授内容重复，形成知识结构完整、课程衔接合理、培养环节优化的本研一体化课程体系。二是本科低年级按大类贯通培养，实施通识和学科基础教育，本科高年级修读高阶的专业及专业方向课程、开展有深度的科研训练。三是构建覆盖本研各阶段的实践教学一体化平台，建立针对不同阶段培养需求的多层次开放实践平台，统筹利用本科生科技创新竞赛、创新项目与研究生科研创新等实现整体协同创新。四是实施本研贯通培养导师的遴选和评价机制，学生与导师之间实行双向选择。五是创新人才选拔方式和机制，依托一流育人平台，选拔一批有志向、有兴趣、有天赋的学生，坚持因材施教，注重营造育人环境和交叉合作，增强使命感与责任感，激发学术志趣和内生动力。

（五）推进跨学科课程与专业建设

2021 年 1 月，国务院学位委员会、教育部印发了设置“交叉学科”门类、“集成电路科学与工程”和“国家安全学”一级学科的通知，学科交叉融合是当前科学技术发展的重大特征，是培养“创新型、复合型、应用型”人才的有效路径。2018 年，习近平总书记在北京大学考察时指出“要下大气力组建交叉学科群”。1901-2008 年，在总共授予 356 项诺贝尔自然科学奖的奖项中，交叉研究成果有 185 项，占 52.0%，表明在整个诺贝尔自然科学奖成果中有半数以上属于交叉学科研究成果，且通过数据分析发现诺贝尔自然科学奖中交叉研究成果呈逐渐上升的趋势。随着科学技术的不断发展，研究领域已经越来越需要多学科知识的融合来推动相关问题的解决和应对，这对高等理科教育提出了新要求，需要适度淡化专业教育，更要注重跨学科课程和专业的学习。跨学科学习可以分为跨学科的课程学习，还有就是跨学科专业学习，“跨”不是目的，而是手段，需要通过“跨”的形式实现相关学科的交叉和知识体系、思维方式的融合。跨学科学习的低层次主要是以学习跨学科课程为主，由两个或多个不同学科的知识重新构建一门相互融合的课程。跨学科学习的高层次是跨专业的学习，跨专业学习的初级

阶段是相关课程的简单罗列，高级阶段是相关跨学科知识融合后的系列新课程，并由诸多跨学科课程组成跨学科专业、交叉专业。跨学科学习也可以通过双学士学位、辅修专业、辅修学士学位或荣誉学士学位等项目来实现。

（六）革新专业教育知识体系

以培养“创新型、复合型、应用型”三种类型人才为目标，构建适应不同类型人才培养目标的公共基础课、学科基础课、专业核心课、专业方向课和交叉学科模块的专业教育知识体系。以“通识教育+专业教育”相融合为总思路，加快专业课程供给侧改革，优化专业大类培养机制，构建科研训练、创新创业教育能力逐级提升与毕业论文融合机制。一是建立课程知识内容定期更新机制。定期将专业知识体系中不适应科技发展现状和趋势的内容及时缩减或去除；定期将学科发展前沿的知识内容充实到课程知识体系中；完善专业教材定期更新、修订机制。兰州大学物理学专业以“大类招生、分类培养，普及基础、按需选课，出口分流、标准多样，体系连贯、结合前沿”为原则和思路，建设物理学“课程群”体系，对于革新专业知识体系具有一定的借鉴意义。二是注重理论教学与社会发展相结合。教师在专业课教学中应注重将理论知识在社会发展中的应用、前沿科技发展现状等有机融入课堂教学，破解理论知识与社会发展脱节或不相适应的问题，提升课堂教学吸引力和教学效果。三是完善课程分级教学模式。针对不同专业同一课程建立和完善分层、分类的分级教学课程知识体系，尤其是公共基础课程，要提升单一课程支撑专业人才培养目标的有效度，课程要结合专业优化教学内容，避免出现“一本教材、一份教学大纲管所有专业，用十年、二十年”的现象。四是革新课堂教学模式。从向学生传输大量现存观点、原理和知识，转向培养学生思考问题、分析和解决问题的能力。五是深化学业评价方式改革。强化过程性评价，控制对单纯记忆性知识考核的比例，注重对学生创新思维和创新能力的引导和培养；以课堂教学模式变革推进专业知识体系的不断革新。四川大学实施的“启发式讲授、探究式研讨、互动式交流”和“全过程考核—非标准答案”考试等一系列教育教学改革，对于专业知识体系和课堂教学模式改革具有很好的借鉴作用。

四、结语

改革开放以来，我国高等理科教育人才培养取得了显著成效，在收获成功的同时也要清醒地认识到，我国有着全世界最大规模的高等教育，社会对高等教育

的需求特别多样，情况尤其复杂，如何加快实现高等教育大国向高等教育强国的转变，是需要高等教育者积极思考和应对的重大挑战。未来已来，将至已至，科技创新加速教育变革，从战略上应该加强高等理科教育的战略研究、理论研究，加快支撑经济社会发展对高等理科教育的需求，从战术上应该注重构建高水平的高等理科教育人才培养体系，全面提高高等理科教育人才培养能力。

——《高等理科教育》2021年第5期

新中国高等工程教育改革发展历程与未来展望

陈聪诚

一、我国高等工程教育改革与发展的历程

（一）起步探索期（1949—1976年）

新中国成立后，我国工科类高等院校及专业建设得到高度重视。1949年全国高校共计205所，其中工科类高等院校28所，占全部高校的13.7%；高校学生总数11.65万人，其中工科生3.03万人，占总学生数的25.9%。1951年，全国工学院院长会议提出工科类高等院校调整方案，注重培养工业建设人才和师资、发展专门学院和专科学校。此后两年时间全国新建矿冶、钢铁等12个工学院，建成化工、电机等专业体系。1952年后，全国高校共201所，其中工科类高等院校数量为43所，首次居各类院校第一，占比21.4%；高校学生总数19.11万人，其中工科生的数量6.67万人，亦位列各科学生数第一，占比34.8%。1957年，全国高等院校调整工作基本结束，高等教育部组织工业院校召开修订高等工业学校教学计划座谈会，反思我国学习苏联高等工程教育模式中出现的弊端，针对发展速度过快等主要问题提出修正建议。

1961年1月，中国共产党第八届中央委员会第九次全体会议决定对国民经济实行“调整、巩固、充实、提高”的八字方针，高等教育亦按此作了相应变动。当年9月，《教育部直属高等学校暂行工作条例（草案）》（简称“高教六十条”）发布。1962年，高等工业学校教学工作会议召开，以提高高等工业学校教学质量为主题展开全面探讨，并出台《教育部关于直属高等工业学校修订教学计划的规定（草案）》，对高等工业学校的教学大纲、计划、教材等进行了修订。1966年5月至1976年10月，经历了十年浩劫的“文化大革命”，我国高等工程教育发展亦遭遇严重阻碍。

梳理1949年至1976年的高等工程教育发展数据，发现工科类高等院校数及工科学生数在1960年达最高值。探其原因是，新中国成立后，必须尽快改造贫穷落后的旧工业，经济建设最主要的任务就是加快工业化进程，改变以农业经济为主的经济结构。为此，从第一个五年计划时期开始，我国实施了重工业优先发

展战略，针对当时西方国家的封锁形成诸多发展瓶颈，优先发展“卡脖子”的战略性产业，如石油、化学工业、电子工业、核工业和航天工业等重工业来打破封锁，加快工业化的进程。此后，我国工业化水平不断提高，但也形成了重工业占比过高的工业经济结构。而高等工程教育在这一时期的发展历程，正是我国实施了重工业优先发展战略在高等教育发展历程的要求和写照。当然这段时期，也受“大跃进”思潮影响，使高等工程教育超常规扩张，此后随着“高教60条”等相继颁布，高等工程教育发展回归理性。高等工科专业数则一直处于稳步上升阶段。

（二）快速发展期（1977—1986年）

自1977年起，我国高等工程教育快速发展。1977年，教育部召开全国高等学校招生工作会议，决定恢复已经停止10年的全国高等院校招生考试，高等教育开始重整振兴。当年10月，国务院批转教育部《关于高等学校招收研究生的意见》，决议恢复研究生教育。1978年1月，教育部发出《关于高等学校1978年研究生招生工作安排意见》。1980年2月，第五届全国人大常委会审议通过《中华人民共和国学位条例》，并于次年1月起施行。1981年5月，国务院批准《中华人民共和国学位条例暂行实施办法》，制定了学士、硕士、博士的学位标准，我国学位制度正式形成。高等工程教育形成了从专科生、本科生、硕士生到博士生的四层次人才培养体系。

与此并行的是，1978年4月，全国教育工作会议召开，邓小平指出：提高教育质量，提高科学文化的教学水平，教育事业必须和国民经济发展的要求相适应。1980年1月，教育部委托直属高等工业学校拟定《教育部关于直属高等工业学校修订本科教学计划的规定（草案）》，规定培养目标为“德、智、体全面发展的高级工程技术人才”，且“必须获得工程师的基本训练”。1980年4月，教育部发出《关于全国重点高等工业学校本科修订基础课和技术基础课程教学大纲的几项原则（草案）》，明确教学大纲是教学的指导性文件和教材选编工作的依据，并提出修订工作的七项规定。

1983年，教育部召开“高等工程教育层次、规格和学制的研究”专题研讨会，论证了高等工程教育四层次人才培养的科学性及合理性，指出专科层次的工程教育是培养工程技术应用人才，本科层次的工程教育是使学生获得工程师的基

本训练，研究生层次的工程教育是培养工程师，既要适应我国经济社会发展和建设需要，也要适应国际形势需求。1984年4月，教育部下发《关于高等工程教育层次、规格和学习年限调整改革问题的几点意见》，确定了各个层次人才的基本规格、学习年限、训练要求。

1985年，《中共中央关于教育体制改革的决定》出台，标志教育体制改革全面启动、高等教育改革步入新阶段。《决定》指出，当前高等教育改革的关键是“扩大高等学校的办学自主权，加强高等学校同生产、科研、社会等其他各个方面的联系，使高等学校具有主动适应经济和社会发展需要的积极性和能力。”国家教委随后发出《关于开展高等工程教育评估研究和试点工作的通知》，提出建立高等工程教育评估制度，高等工程教育质量评估工作随之施行。

回顾1977年至1986年的高等工程教育发展，自1977年恢复高考后，1978年召开党的十一届三中全会、全国科学大会、全国教育工作会议等系列重要会议，高等工程教育迎来持续健康发展时期。我国工科类高等院校数、工科生数等均持续上升，而工科专业数在历经调整后趋于理性及日渐规范。这一时期高等工程教育呈现两大主要特征。一是高等工程教育人才培养规格得以显著提升，工科类研究生教育得到快速发展。工科类招生数从1977年到1985年增长了近3倍，而工科类硕士、博士生总数从1977年到1985年增长了近10倍；工科类硕士、博士生占工科招生数的5%提升到19%。二是高等工程教育培养目标日渐明晰，对专科、本科、研究生层次的人才培养目标和各个层次人才的基本规格、学习年限、训练要求作出明确界定，并要求高等工程教育必须主动适应经济和社会发展需要。

（三）调整优化期（1987—2005年）

1. 专业目录多次调整，管理体制大幅变革。1987年，教育部首次修订《普通高等学校本科专业目录》，专业种数由1300多种调减至671种，较好地破解了“十年动乱”所造成的专业设置混乱局面，专业名称及内涵得到规范与整理。1993年，再次修订《本科专业目录》，重点解决专业归并和总体优化的问题，形成了体系完整、统一规范、比较科学的本科专业目录。修订后的目录共分10大门类，下设二级类71个、504种专业，比修订前的专业数减少309种，其中工学门类下设二级类22个、181种专业。

1993年3月，中共中央、国务院发布《中国教育改革和发展纲要》，成为指导20世纪90年代以及21世纪初我国教育发展的纲领性文件。1994年，全国教育工作会议召开，决议改革学校单一的隶属关系，加强省级人民政府的统筹，转条块分割为条块有机结合等，提出了共建、合作、合并、协作、划转五种改革形式。全面推进高等教育管理体制的改革成为这一时期的重大事件，涉及到上述体制改革的合并院校数总共有103所，改革后则缩减为42所，理工类院校数从38所缩减为14所，体制改革后的理工类院校数的变化体现了改革要求。

1998年，教育部进一步修订《本科专业目录》，以“科学、规范、拓宽”为原则，使学科门类达11个、专业类71个，专业种数由504种调减到249种，其中工学门类专业类由22个减至21个、工科专业由181种减至70种，改变过分强调“专业对口”的培养模式。

2. 工程研究中心、教学基地、专业学位、精品课程等纷纷设立。1994年，国务院发布关于《中国教育改革和发展纲要》的实施意见，提出“到本世纪末建成100个左右国家级的基础研究基地和工程（技术）研究中心”。1995年，国家教委下发《关于加强对高等学校科技工作管理的通知》，强调建设包括重点实验室和工程研究中心在内的重点学科和重点研究基地。工程研究中心可以促进教学、研究、实践更好结合，有利于解决高等工程教育存在的实践教学薄弱、工程训练不足等问题。1996年9月，国家教委发布《关于建设国家工科基础课程教学基地的通知》，决定在全国各普通高校建设一批国家工科基础课程教学基地，而第一批建设基地有45个，其中国家教委直属高校22个，其他部委所属高校23个。

1997年4月，国务院学位委员会审议通过《工程硕士专业学位设置方案》，决定设置工程硕士专业学位。当年11月，国务院学位办下发《关于批准部分高校开展工程硕士培养工作的通知》，首批54所高校率先培养工程硕士。1998年11月，中国工程院教育委员会成立，委员会旨在组织开展有关工程教育方面的咨询研究、学术活动、宣传科普，促进教育界、产业界和科技界的联系，推进工程教育改革。发展。

1999年6月，国家计划发展委员会和教育部联合发出紧急通知，决定1999年中国高等教育在年初扩招23万人的基础上，再扩大招生33.7万人，史称“高

校大扩招”。2000年，教育部下发《关于实施“新世纪高等教育教学改革工程”的通知》，批准第一批“本科教育教学改革立项项目”670项。2003年，教育部启动“高等学校教学质量与教学改革工程精品课程建设”，以促进优质教育资源提升及共享、全面推进教育教学质量发展创新，在国家精品课程中，工科类占较大比例。

这一时期高等工程教育呈现3个方面主要特征。一是工科类高校和工科学生数增幅较大，注重高等工科类应用人才培养。工科类高等院校数，在这一期间虽历经多次波动，但在21世纪后呈现大幅上升态势。各类工科学生数不断上升，尤其是体现应用人才培养导向的工科专科生数量增幅高达20倍；同时设置工程硕士专业学位，强化高等工程高层次应用人才培养。二是调整优化工科专业，注重宽口径培养。高等工科专业数量1987年为372个，到1995年进入高峰期为410个，到2005年则调整为215个，缩减了47.6%的专业数。工科专业数先上升后下降，逐步规范趋于合理。三是注重高等工程教育质量。通过建设高等工科基础课程教学基地、强化本科（工科）教学精品课程建设等，注重高等工科类人才培养的教学质量；同时通过建设工程（技术）研究中心、重点实验室、强化本科（工科）教育教学改革项目建设等，不断破解实践教学和工程训练不足的现实问题，也是对1985年建立的高等工程教育评估制度实施后提出的整改建议的有效反馈。

（四）创新发展期（2006—2016年）

1. 高等工程教育专业认证实行并取得佳绩。2006年，教育部办公厅发布《关于成立教育部工程教育专业认证专家委员会的通知》，旨在推动我国工程教育专业认证的政策改革、方案设计、措施执行，并为教育行政部门提供咨询服务，为高校开展认证工作提供指导。同年，启动国家工程教育专业认证试点工作，设立了机械工程等4个工程教育专业认证试点工作组，清华大学等8所高校的5种不同类型专业通过了专业认证。2007年，教育部、财政部决定实施“高等学校本科教学质量与教学改革工程”，以积极探索专业评估制度改革，重点推进工程技术、医学领域的专业认证试点工作，力图构建适应社会与职业需要的认证体系。当年12月，成立全国工程教育专业认证监督与仲裁委员会，进一步促进工程教育质量提高、专业认证体系完善、试点工作规范有序。

2013年，我国成为《华盛顿协议》预备成员。2014年，我国华东理工大学的化学工程与工艺专业通过ABET认证，属全国首例。2016年年初，我国接受《华盛顿协议》组织的转正考察，北京交通大学、燕山大学代表国家作为考察观摩单位。2016年6月，我国成为《华盛顿协议》正式会员，标志我国工程教育专业认证体系与国际认证体系实质等效，毕业生取得的学位可获得《华盛顿协议》其他国家组织的认可，极大提升了我国工程教育的国际影响力。2015年10月，中国工程教育专业认证协会成立，协会由教育部主管，负责组织实施我国工程教育认证工作，致力于促进工程教育适应政府、行业和社会需求、提升工程教育的国际竞争力。协会设立计算机类、水利类、环境类等14个分专业委员会。

2. CDIO工程教育模式及卓越计划创新开展。CDIO以产品研发到产品运行的生命周期为载体，促进学生学习更加主动、更具实践、更有效果。2008年，教育部高等教育司成立“CDIO工程教育模式研究与实践课题组”，分析国际工程教育改革，研究CDIO工程教育模式、理念、做法，指导我国高校开展CDIO工程教育模式试点工作。当年12月，“CDIO工程教育模式试点工作会议”确立第一批18所CDIO试点高校；2010年4月，确立第二批21所CDIO试点高校。2016年，在“CDIO工程教育改革试点工作组”基础上组织成立了“CDIO工程教育联盟”。

2010年，教育部启动实施“卓越工程师教育培养计划”（简称“卓越计划”），以期培养一大批创新能力强、适应经济发展需要的高质量各类型工程技术人才。“卓越计划”遵循“行业指导、校企合作、分类实施、形式多样”原则，形成高校与行业企业联合培养人才的新机制，强化工程能力与创新能力培养。2013年，教育部、中国工程院印发《卓越工程师培养计划通用标准》，为“卓越计划”中本科工程型人才、工程硕士人才、工程博士人才分别制定了培养通用标准，作为高校的宏观指导。

2012年，教育部第四次修订《普通高校本科专业目录》，学科门类由11个增至12个，工科专业由70种增至169种，工学门类专业类由21个增至31个。

此外，2011年2月，国务院学位委员会审议通过《工程博士专业学位设置方案》，决定设置工程博士专业学位。清华大学等25所学位授予单位批准开展工程博士专业学位授予工作。2018年9月，国务院学位委员会办公室下发《关

于对已有的工程硕士、博士专业学位授权点进行对应调整的通知》，将工程专业学位类别调整为电子信息等 8 个专业学位类别。

2006 年至 2016 年，我国工程院校数量、工科类学生数等都在不断上升。与之相比，工科专业数总体基本持平。

高等工程教育 10 年创新发展的路径与特征，亦印证了“中国作为较大发展中经济体，经济增长首先以完成工业化为目标，而高等教育结构的调整以产业结构调整为导向，为产业结构的调整和优化服务”。高等工程教育进入 21 世纪后，更为快速地发展，在高等教育中占有较大比重，工业类院校占全国高校数比例高达 35.64%，高于综合性大学 11.8 个百分点，展现了高等工程教育的大国崛起。同时，在注重高等工程学术教育的同时，亦通过大力发展和不断普及高等工程职业教育、开展高等工程类的高层次专业学位教育，来调整优化高等工程教育的层次结构，适应产业的变化发展、转型升级和结构优化。

（五）新工科建设期（2017 年至今）

2017 年起，教育部积极推进新工科建设，先后形成“复旦共识”“天大行动”“北京指南”，努力探索领跑国际的中国工程教育模式。2017 年 2 月，教育部在复旦大学举行高等工程教育发展战略研讨会，达成“复旦共识”。4 月，教育部在天津大学举办工科优势高校新工科建设研讨会，公布《新工科建设行动路线》，称为“天大行动”。6 月，教育部在北京召开新工科研究与实践专家组成立暨第一次工作会议，通过《新工科研究与实践项目指南》，称为“北京指南”，为新工科建设进一步提出指导意见。

2018 年 3 月，教育部办公厅印发《关于公布首批“新工科”研究与实践项目的通知》，公布了首批认定的 612 个“新工科”研究与实践项目名单，高校新工科建设步入实施阶段。教育部明确将拓展实行“卓越工程师教育培养计划”（2.0 版），适时增加“新工科”专业点；在产学研合作协同育人项目中设置“新工科建设专题”，汇聚企业资源。当年 9 月，教育部、工业和信息化部、中国工程院发布《关于加快建设发展新工科 实施卓越工程师教育培养计划 2.0 的意见》，指出将经过五年的努力，形成中国特色、世界一流工程教育体系，进入高等工程教育的世界第一方阵前列。

新工科作为正在形成的或将要形成的新的工程学科,是具有跨行业、跨学科界限的跨界特征的新学科,呈现出引领性、交融性、创新性、跨界性和发展性等特征。其建设指向要求我国高等工程教育必须承接包括且不限于以下方面的使命担当:新工科学科建设、专业建设和相关卓越工程高层次人才培养,满足于国家和区域经济社会发展、产业升级优化等是最新的产业或行业发展要求等。

二、我国高等工程教育改革的思考

新中国成立以来,我国高等工程教育能不断适应经济社会发展,尤其是社会生产发展的需求,从设置数量、规模和专业结构等多方面进行适应性改革,高等工程教育规模除大跃进时期的规模异常外,整体呈逐渐上升趋势,反思高等工程教育发展的五个阶段,就会发现有其发展规律,呈现出以下的特征。

(一) 制度变迁

高等工程教育上升发展的不同阶段,都必然有制度性的变革。当客观条件发展至一定阶段,制度则在某个节点发生重大变革。高等工程教育在院校调整、培养目标与制度改革、层次与学位划分、办学水平评估、专业认证试点、专业学位设立等重要发展节点中,先后出台了关于工科类高等院校修订教学计划、教学大纲,规范教育层次、规格、学制,修订本科专业目录等文件。制度在教育实践中的变迁呈现出鲜明特征:走过了从结构调整到制度改革、质量优化,再到创新发展的发展路径;高等工程教育的治理重心由国家本位、指令性计划、高度集中到重心下沉、职能下移、权利下放,高校自主权不断扩大,现在高校已拥有学生招收、教师评聘、资源与配置、专业与设置、科研与服务、机构与人事、财务与管理、国际与合作等诸多权力;高等工程教育在改革实践过程中,做到了自上而下的、行政命令的强制性变迁与自下而上的、自主吁求的诱致性变迁相结合,并广泛吸纳了处于政策下位群体的意见要求。但亦存在着大而不强的现实困境,进入21世纪之后,大力发展高职教育、实施加大体现应用人才培养导向的工科专科生培养力度策略,2000年至2005年,工科专科生数增长4.5倍,研究生数同期增长2.45倍,工科专业数缩减47.6%,正是我国为高等工程教育大国而非强国的映射。

(二) 适应并服务于工业及产业的变革

从工业及产业变革的视角分析，新中国成立 70 年来，我国工业发展从无到有，由重工业、军事工业到轻工业、基础工业，再到现代工业、高新技术产业，第一产业逐步式微、第二产业不断发展、第三产业高速发展，并且由劳动密集型、资本密集型向技术密集型不断转变，并将进入高新科技密集型产业的新时代。与之相对应，我国高等工程教育主动并积极回应国家工业及产业结构变革的需求，先后成立中国工程院教育委员会、教育部工程教育专业认证专家委员会、全国工程教育专业认证监督与仲裁委员会、中国工程教育专业认证协会等，通过美国工程与技术认证委员会、《华盛顿协议》等认证，推动实施 CDIO、卓越工程师计划、新工科建设等项目，持续探索、不断破解高等工程教育适应工业及产业变革的问题。

（三）反映了知识生产模式的转型变迁

再从知识生产模式的视角分析，知识生产模式经历了三代转型变迁。在知识生产模式 I 中，知识生产属于“小科学时代”产物，其以学科为中心，知识生产具有同质性、等级制的特点，体现了“学院科学”的理念。在知识生产模式 II 中，知识生产属于“大科学时代”产物，其以跨学科为基础，知识生产具有异质性、非等级制的特点，彰显了“后学院科学”的逻辑。而在知识生产模式 III 中，知识生产耦合围绕“高校-产业-政府-社会”四维螺旋结构，而且导向现实情境、指向具体语境、肩负社会责任、唤醒产业意识。新中国成立 70 年来的高等工程教育改革史，也是一部伴随着知识生产模式的转型变革史，从教育规模、教育结构、教育模式、教育外部环境与内部环境的融合、课程与教材变革、实验实训实习与工程研究、产学合作的互动等，都适时作出了调整、革新、升级，尤其在学科与专业的设置、教育与学习的形式、人才培养的模式、能力发展的方向等方面不断进行反思变革。但如何让高等工程教育真正在政校行企的有效融合中，产生深层的重组与聚变，新工科“天大行动”中提出的“六问”正是对这一问题的聚焦，我国高等工程教育的新工科建设更需要政府、产业行业企业、高校和社会协同创新推进、共同跨界参与，以改变高等工程教育原创性、工程性不足和学术化去工化普遍、社会责任和职业素养教育不够、引领生产模式革新乏力等系列问题。

我国高等工程教育 70 年的变化也密切体现了教育的内外部关系规律并启示着未来发展走向的规律遵循。在外部关系方面，“教育作为社会的一个子系统，与整个社会系统及其他子系统——经济、政治、文化系统之间相互作用。”简而言之，“教育与社会的发展相适应。”在内部关系方面，“在教育的过程中存在诸多要素，它们之间存在必然的联系与关系，教育与这些要素相互作用。”具体而言，“教育与人的全面发展相适应，与教师教学、学生学习等相适应。”我国高等工程教育发展受到多重逻辑的交织作用，既与外部社会、经济、科技等的变化息息相关、积极适应，也不断变革并契合内部人才培养改革的新需求及新方向。

三、我国高等工程教育发展展望

高等工程教育作为高等教育发展的重要一翼，无论从高等教育外部现实要求亦或是高等教育自身发展逻辑要求，以改革为常态是实现我国高等工程教育未来持续发展的不易旨归。面对新一轮工业革命的强烈冲击，人工智能、大数据、物联网、云计算、区块链的“如火如荼”，各国政府纷纷启动部署、决议战略，德国的“工业 4.0”、美国的“工业互联网战略”、法国的“新工业法国”、日本的“日本再兴战略”、中国的“中国制造 2025”等等，都将对世界工业改革及工程教育发展产生重大影响。毋庸讳言，我国工程领域核心关键技术对外依存度高，大多处于全球产业链和价值链的中端或低端。对于高等工程教育而言，人才培养链、科研创新链、产业市场链等的衔接不够密切，政产学研协同合作的深度、广度尚待加强，学科专业的结构体系较为守旧，对新经济新需求的回应不足，工科生结构性供给短缺与过剩并存，区域性工程人才在对应匹配与质量数量上呈现乏力。高等工程教育的教育教学、科学研究、教师发展、治理体系、理念目标、实践效果等，都需要深入改革和创新。

面对经济社会发展出现的新科技、新业态、新产业以及新工科建设的方向要求，未来我国的高等工程教育要扬弃历史制度主义、工业及变革、知识生产模式视角所归纳的经验与不足，让高等工程教育秉持回归引领、回归创新、回归实践、回归质量、回归协同。在学科专业方面，要明晰产业发展的新方向需求，精准拿捏、研判到位，突破学科基础导向，转为产业需求导向，调整优化、改造升级学科结构、专业阵容，积极主动布局新工科建设，敢为人先设置前沿及短缺专业，同时破除专业分割壁垒、不断跨界交叉融合。在人才培养方面，要明晰经济社会

发展的新人才需求,抢先培养引领未来科技与产业发展的人才,持续有效更新工程人才知识体系,创新工程教育方式手段,提升工科生的国际视野、工匠精神以及工程伦理、生态思维,促进工科生的工程科技创新、跨学科及跨场域能力,明确全周期、立体化、多维度的教育理念与实践,构建个性化人才培养模式,鼓励学生依据专业志趣、职业规划、生涯路径,选择专业、学习课程、提高本领,而且提高工科生的大工程视域与创新创业素养。在产学研融合方面,深入优化多元主体协同育人体系,破解相关体制机制阻碍,搭建多层次、跨领域的校企联盟,推动政产学研的合作办学、育人、创新、共赢,积极探索发展现代产业学院、特色行业学院,构建区域共享的人才培养及实践平台。综合联通、运用内外部资源条件,打造工程教育开放融合的新生态。在质量建设方面,构建工程人才培养质量标准及体系,制定不同专业类别的人才培养细则及规制,优化彰显中国特色、国际实质等效的工程教育专业认证制度,推进“学生中心-成果导向-持续改进”的国际工程教育专业认证制度,建设质量文化,提高成效影响,形塑体现工程教育特质的师资评价标准、建设发展机制,加入对教师产业经历的考查和要求,创新新工科教师队伍建设路径,将质量生命内化为高校师生的共同追求、自觉行为。此外,推进高等工程教育的信息化,以信息化促进高等工程教育转型升级、迭代创新,推动智慧泛在、万物互联、海量数据、超级计算与工程教育的衔接融合;促进工程教育的实体合作办学及项目合作办学、推进智库及智库群建设;鼓励不同类别、不同层次、不同专长的工科高校办出特色、办出水平,积极组建跨学科新型组织及专家力量,针对疑难复杂的工程问题开展有效教学与科学研究。响应“一带一路”倡议、粤港澳大湾区建设等国家重大战略,打造工程教育共同体、工程高校战略联盟,提高竞争力、扩大国际影响力。

四、结语

70年来,新中国高等工程教育形成中国特色自主创新之路,为国家战略发展、社会经济进步、产业转型升级、大国工匠培育等作出卓越贡献。未来我国高等工程教育所面临的挑战与希望并存,须坚守自信与自省、担当与作为、开放与创新的主旨,注重在专业与综合、科技与信息、质量与数量、公平与效率、供给与需求等多层面、多维度上发力。秉持持续提升我国高等工程教育质量的题中之

意，实现由跟跑并跑走向超越领跑的跨越发展，为构建世界一流工程教育体系和建成高等工程教育强国而服务。

——《中国高教研究》2019年第12期

新时代工程教育改革：挑战与模式设计

郝莉 康国政 何诣寒 郝佳佳

一、概述

2012年，美国电子与电气工程师学会（IEEE）会士 J. E. Froyd 在为 IEEE 成立百年纪念所撰写的文章中指出，美国工程教育发展经历了五个重大转变：第一是工程科学革命，其结果是工程教育立足点从动手实践转向数学建模和科学分析；第二是工程教育专业认证转为基于学生学习成果开展评估和持续改进；其余三个转变正在进行当中，包括重新强调工程设计、学习与教育研究对工程教育产生持续影响、信息计算与通信技术（ICCT）为教育带来改变。

我国高等工程教育从建国初期到“文革”前，与经济建设相适应，出现了一次大的发展。这一阶段主要借鉴前苏联工程教育的模式与经验，系统理论知识与工程实践及实际操作能力并重，但存在培养专业狭窄等问题。“文革”后，我国高等工程教育一方面受美国科学导向理念影响，另一方面面临扩招等的压力，轻实践问题较突出。在这样的背景下，2010年我国启动了“卓越工程师教育培养计划”。经过几年时间建设，“卓越计划”带来了不少可喜的成绩和变化，但许多困扰我国工程教育的问题，比如创新人才缺乏，工科毕业生在国际竞争、经营管理、学科知识交叉融合、实际动手等方面能力不足的问题，未能得到根本解决。

近年来，国内高校持续开展了工程教育改革的探索，涌现了不少好的做法和创新，主要体现在培养模式（开设卓越班等）、培养目标（更加多维）、课程体系（课程整合重构）与教学模式变革（PBL、混合式教学）等。工程教育专业认证也为工程专业建设树立了“质量意识”。然而，各高校工程教育改革也普遍存在一些瓶颈问题，如理念与指导思想不统一，差异很大甚至混乱；改革系统性不强，整体设计不足，不同改革点间呼应不够；与产业界合作缺乏适当途径，合作层次浅，作用不大；缺乏对改革效果的科学评价，一定程度上存在看起来热闹、实效性不足的问题；愿意投入教学改革的教师不多，学生学习积极性不高，改革的深度和广度受限等等。应该说各高校都还处于探索和实践的过程当中，取得较大成效的同时，继续深化改革也面临较大挑战。

2022 年底，美国人工智能研究公司 OpenAI 推出聊天机器人 ChatGPT，掀起了新一波人工智能发展应用的高潮。ChatGPT 能够听懂自然语言指令，自动生成可运行软件代码，完成数据分析等任务，由此引发了未来哪些职位会被人工智能取代的广泛讨论。显然，技术发展将使得工作被不断重新定义，新一代工程师必须能够应对快速变化的现实世界，不断学习和创新。另一方面，他们还必须学会与人工智能合作，知晓如何克服偏见和缺陷，在帮助智能机器提升生产力的同时，不断发展自己。

在第四次工业革命（工业 4.0）数字化转型基础上，第五次工业革命（工业 5.0）正在推动工业向可持续、以人为中心和有韧性方向发展，高素质工程技术人才培养直接决定了国家的工程技术水平、工业化水平以及现代工业竞争力。随着我国 2016 年正式加入华盛顿协议、2018 年启动卓越工程师 2.0 计划、2022 年 18 家国家卓越工程师学院建设单位联合发布《卓越工程师培养北京宣言》，中国高等工程教育正在迈向新时代。本文从对理论研究的梳理与实践案例的分析出发，探讨新时代高等工程教育改革的指导性原则以及实施途径和改革模式建议，以为各高校、专业的工程教育改革提供参考。

二、高等工程教育改革指导性原则

结合高等工程教育的发展历程、现实需求与未来展望，我们梳理出高等工程教育改革的七条指导性原则，用以阐明改革的目标与方向。

原则 1——实现工程科学与工程实践的有机结合

Seely 详细介绍了工程科学革命如何发生，以及为何会发生。20 世纪早期，美国工程教育以实践为主。尽管有少部分工程教授开始在课堂里介绍学科原理并提供相关数学工具，但其目的是更好地完成工程，而不是产生更优秀的学科理论。1920 年后情况开始发生变化，来自欧洲受过良好科学训练的工程教师相信应用数学在工程学中的作用，并对发展工程的理论基础更感兴趣。但他们不仅仅是理论家，他们与工程师一样致力于解决现实问题，只是他们相信，与仅依赖设计经验和经验方法的实用型的美国工程师相比，自己拥有更强大的解决问题工具。

二次世界大战后，工程科学开始成为美国工程教育的主流。一方面来自联邦机构的大额研究经费取代了来自企业的小额项目资助，这些项目涉及尖端技术的原创性研究，因而工程科学家比实践工程师更易得到资助；另一方面，工程教授

们的战时经历使他们相信，工程师需要了解并能够应用最新的科学知识。美国工程教育协会（ASEE）发布的《1955年工程教育评估委员会报告》（也称格林特报告）中，阐释了“工程科学”概念，明确提出“科学导向的本科课程”思想，即增加数学和科学课程，更多强调工程科学基础知识，减少对具体技术的关注。

1965年ASEE开展的工程教育调查表明，1945年后工程教育发生了很大变化，工程科学成为几乎所有工学院的中心。对此，Seely认为，这种基于工程科学的工程教育体系，很大程度上是在巨大的联邦研究经费推动下形成的，偏离了教育改革者最初推动这项改革的愿景与初衷——将工程科学与工业实践联系起来，从而造成了工学院和工业实践之间的鸿沟。

由此不难看出，如今遭受广泛批评的工程教育科学化问题，其本质不在于工程科学与工程实践孰轻孰重，几乎所有人都赞同二者同等重要，而且必须相互结合。问题根源是工程专业师资结构的变化。Crawly等指出，在美国，早期大学工程系是杰出的工程实践者，到了20世纪50年代，工程科学革命开始，工学院雇用了一批年轻的工程科学家。因而20世纪60年代是黄金时代，彼时学生们接受的是老教师主导的以实践为基础的和年轻的工程科学家主导的以工程科学为主的混合教育。然而到了20世纪70年代，随着年长教师退休，所有教师都是工程科学家，这导致了工程教育的文化和背景明显转向了工程科学。

这种转向，正如Bulleit指出的，除了体现在课程体系中的工程设计和实践内容较少，也体现在由于教师缺乏实际的工程实践经验，往往用教授科学的方法来教授工程科学。Bulleit认为，工程科学虽然包含了许多乍看起来似乎是科学的主题，但事实上工程科学和科学研究这些主题的方式是完全不同的，科学是用来理解自然是如何运行的，而工程科学是用来设计人工制品的。换句话说，科学是用来 knowing-that，而工程教育的目的是 knowing-how。

因此，为了推动工程科学与工程实践的有机结合，一方面需要设计整合的课程体系，另一方面在工程科学课程的教学中，需要帮助学生学会应用理论解决工程问题，而不仅仅是理解科学原理甚至只是会解题。

原则2——整合学科知识学习与工程职业能力培养

早期的工程教育专业认证旨在通过质量控制，确保毕业生为专业实践做好准备。然而，到了20世纪80年代，认证标准变得越来越规范，阻碍了不断变化的

工程实践对专业提出的创新发展需求。有鉴于此，ABET 对认证体系进行了重大调整，发布了强调学习成果、评估和持续改进的工程标准 2000 (EC2000)，ABET 委托进行的一项为期多年的调查表明，EC2000 标准使得工程教育面貌发生了改变。

然而，在实施学习成果导向的工程教育改革过程中，必然会面临的一个问题是，工程教育真正期待的学习成果是什么？在有限学时约束下，Crawley 等指出，这个问题凸显了两个明显冲突的需求间的紧张关系：一方面作为大学教育者，我们有责任帮助学生掌握宽广扎实的学科知识；另一方面，工程师必须具备工程职业能力，包括广泛的个人和人际能力、产品/流程/系统构建技能等，使他们能够在工程团队中发挥作用，从而为社会做出实际贡献。

因此，Crawley 等认为，应将学科知识和工程职业能力融入课程体系的总体规划当中，并给出了图 1 所示三种模式。图中从左到右表示一个学年的两个学期，黑色代表学科课程，对角线阴影代表工程职业技能培养。最大程度的整合发生在图 1 (c) 所示整体模式中，将个人和人际能力、产品/流程/系统构建技能等完全嵌入到学科课程中，所有课程都具有加强学科知识和提升工程职业技能的双重功能。图 1 (b) 为并行整合模式，与学科课程同步，学生通过持续一个或多个学期的项目式学习来发展职业技能。图 1 (a) 为时间整合模式，专门留出一块时间用于集中的项目式学习来发展职业技能，例如短学期的实习与课程设计。

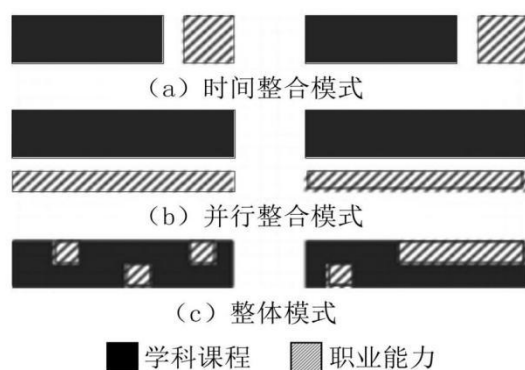


图 1 课程结构的整合模式

显然，在重构课程体系时，需要选择适当模式，整合学科知识学习与工程职业能力培养，从而支持专业毕业要求的达成。同时，在学科课程和项目式课程中，

都应将二者同时作为主要教学目标，并通过评价方式和学习任务的设计，支持课程目标达成。

原则 3——为学生提供贯穿四年的“设计-实施”学习体验

Bulleit 指出，工程师创造人工制品，而科学家追求知识，工程教育的最终目标是培养能够从事工程设计的人，因为创造人工制品需要设计。从 20 世纪 90 年代开始，工程教育越来越强调设计，其重要原因之一是人们认为对科学和数学的重视已经走得太远了。通过 10 年的改革，ABET 研究表明，2005 年，超过一半的教职员工和近 3/4 的专业负责人认为，本科工程人才培养更加强调设计。

然而，Foryd 等认为，尽管对设计的重新强调带来了第一年和第四年工程课程的变化，但第二、三年的课程并未发生重大改变。因此，学生第一年的工程设计体验与大四顶石课程体验间存在鸿沟。有研究表明，如果中间两年不作出相应改变，从一年级末到四年级初，学生对自身职业能力的信心会在五方面下降，即作为职业的工程、工程方法、设计、沟通和团队合作。

此外，尽管对“设计”的强调已成共识，但如何开展教学却存在着很大分歧。正如 Froyd 等指出的，各大学工程科学课程的教学方法非常统一，但在工程设计的教学上，由于各大学的资源限制和看重的优先事项不同，教学方法的巨大差异是惊人的。

Goldman 认为，工程体现出任意性、特殊性、概率性、具体性和实践性等特点，解决工程问题所采用的，是一种基于偶然性的推理形式，因而与主导现代科学基础的基于必然性的理性模式形成鲜明对比。Bulleit 进一步指出，工程科学通过使用控制体和简化模型，消除了工程的许多偶然性和不确定性。然而，工程教育必须能够帮助学生学习处理设计中的偶然性和不确定性，这意味着工程师需要在现有资源约束下，在理解不充分的情况下，使用启发式方法，做出最佳改变。这里的启发式方法，定义为“在解决问题时提供看似合理的帮助或方向，但归根结底是不合理的、无正当理由的，甚至可能出错的东西。”这意味着，很多时候基于工程科学的精确解根本不可用，甚至近似理论解也太复杂，无法用于设计。在这些情况下，工程师必须能够采用半经验解决方案，将测试数据和基本理论结合，从而得到启发式的解决方案。

Crawley 等进一步定义了工程中的设计，提出在工程教育中必须融合“设计

-实施”学习体验：“与传统的‘纸面’设计课程不同，‘设计-实施’学习体验的本质特征是，学生实际地实现他们的设计，并对其性能进行验证。”因此，与一般意义上的设计不同，这里的“设计-实施”体验，具有如下特征：

(1) 涉及实际动手的学习活动；

(2) 解决方案的设计和应达到学生可操作测试的状态；

(3) 学生通过设计-实施-验证解决方案，可以轻松地在数学模型和物理现实间转换，并充分理解假设和估计的含义；

(4) 通过设定基本标准，学生能够获得对其工作成功与否的直接反馈，进而反思在设计-实施过程中，什么有效，什么无效，不同元素间如何关联，各种改变和操作如何影响系统的特性与性能等等。

值得注意的是，“设计-实施”体验并不直接等同于项目式学习或者实验。项目式学习是在有限时间内，在给定资源和约束条件下，将学生分组并让他们共同完成某项任务。由于基于项目的学习不一定会产生真实世界中可验证的结果，因此也就不一定是“设计-实施”体验。而实验室实验尽管是真实的，但除非其过程中包含了实验的设计、实施和测试，否则也不属于“设计-实施”体验范畴。

因此，尽管设计在工程教育改革中受到广泛关注，但突出工程设计的真正内涵—包含设计-实施-验证的完整过程、建立模型与真实世界间联系、在偶然与不确定性下提供解决方案、提供反思的机会等—却并未得到足够重视和强调。进一步，如何将这样的“设计-实施”学习体验贯穿学生大学四年完整培养过程，也是在改革中需要特别关注的重点问题。

原则 4——促进学科知识的深度学习

Crawley 等指出，由于传统教学通常限于知识的传递，学生通过被动听讲获得知识，因此往往不能将理论与解决问题和工程实践联系起来，这与教师将理论视为解决问题和理解世界的基础的方式形成鲜明对比；此外，大多数学生都采用了浅层学习的方法，因此习得的知识往往结构不良且容易遗忘。一般来看，浅层学习的参与度低，通常侧重于记忆或应用不涉及反思的程序性知识，学生往往为了获得及格分数而学习；相比之下，深度学习需建立对学习内容的理解并赋予其意义，因此学生更关注学习内容各方面间关系，他们会提出关于问题或概念结构的假设，并更多表现出获得学习和理解的内在兴趣。

学生的浅层学习往往与基于教授主义（instructionism）的课堂实践有关。具体来看，教授主义基于以下假设：知识是有关世界的“事实”以及有关问题解决的“程序”的集合；教学目标是将这些事实和程序灌输到学生头脑中，因此教师的职责也就是将这些内容传达给学生；学习总是按照从简单到复杂，以及教科书确定的先后顺序进行的；考核主要测试学生掌握了多少事实和程序。

索耶指出，当学生学习的不是表面而是深层知识，并且学习如何在真实情境与实践环境中运用这些知识时，他们能够学习得更好。因此，尽管由于学时等的限制，学科知识学习和工程职业能力培养间存在着紧张关系，但如果能够通过教学帮助学生实施深度学习，让他们学得更快更好，就有可能取得双赢。

原则 5——激发学生对工程学科的积极情感

《全新工程师》一书指出，传统工程教育改革，将注意力集中于改变课程体系、教学内容和教学方法，没有深入到更为根本问题上去思考，也就是学生的内在情感，即“去探索能让学生成大事、体验生活和工作意义的内在情感价值。”

Kellam 等认为，需要深入理解情感在工程教育中的重要作用。情感会对学生学习、职业认同等产生影响，积极的情感有助于培养工程学生的关联认知，这里的关联认知包括批判性思维、合理决策、动机和终身学习。基于对 21 名工程专业本科生的叙事研究，Kellam 指出，与教师形成良好互动、完成具有挑战性的学习任务、知晓所学内容与真实世界的联系等，都会为学生带来积极情感，激发他们与所学内容发生更多联系，进而发展关联认知

工程教育改革往往会面临学生学习动力不足，尤其是多数学生缺乏从好奇心出发，为解决问题而持续努力的内在动力等问题。事实上在高等教育普及化的今天，学生学习动力不足是几乎所有学校都要面对的挑战，而工程专业的求学过程由于专业知识体系的庞杂、数理知识的深奥、实践能力的高要求，格外可能成为“单调乏味的苦差事”。传统工程教育对学生学习兴趣与内在动力关注不足，是改革成效不高的重要原因。改革试点班中常采用的高淘汰制，由于过分强调外部动力，单纯通过“分分计较”的量化考核激励学生，更加剧了学生对学习本质的忽视，带来学生间恶性竞争，甚至造成部分原本优秀学生由于在过分激烈的分数竞争中被淘汰，求学生涯以失败告终。

因此，我们的工程教育，应该让学生体验到工程学习中的积极情感：第一是

有价值，即学生认为他们的学习是与生活和现实世界紧密连接的，他们可以通过自己的努力让世界和生活变得更美好。第二是快乐，即让工程成为“既具有挑战性又充满快乐的生活方式”，包括设计和制造的工程之乐、个人成长和发展的学习之乐，以及建立亲密关系共同奋斗的团队之乐。第三是信任，教师放手让学生对自己的成功负责，比在学习过程中每一步都控制、评估、评判更有效。

原则 6——促进数字资源与技术在教学中的创新应用

Froyd 提出的工程教育的第五个转变是信息、通信和计算技术在工程教育中的应用，但同时指出，尽管使用 ICCT 技术来实现教育目标的人数在增加，但大多数情况下增长速度都低于预期。有趣的是，这篇文章发表于 2012 年，没有能够准确预测出近十年慕课等在线学习方式的大规模应用。

然而，正如 HarvardX 专职研究员 Reich 在其 2020 年出版的《颠覆失败：为什么仅靠技术无法改变教育》一书的前言中所指出的，由于新的学习技术很少对基本的教学理念进行创新，慕课没有能够带来教学和教育创新，简单照搬了广泛应用于传统实体课堂的教授主义，大多数课程只是记录了一位教授的演讲，不能为学习者提供更好的教学体验。

但从另一个角度看，在线学习将为工程教育改革提供新的动力，Graham 指出，越来越多的世界领先的工程培养体系将通过整合个性化在线学习和动手实践，为更多学生提供以学生为中心的学习，这意味着学生“在线学习大多数基础知识”，并通过“大学间更多的教学资源共享”以降低成本。

可以预见，在工程教育改革中，由于学生需要更丰富的设计-实施体验以及课外甚至校外实践体验，课内学时将进一步压缩；但与此同时，需要学习的学科知识/技术基础却在不断增加，对学习深度和广度的要求也在不断提升。如果能够创新应用在线资源与数字化技术，并将其与独特的实践学习模式结合，将会有效应对这一挑战，甚至成为一种颠覆性的力量，导致整个工程教育格局发生变化。

原则 7——培养面向工业 5.0 的新一代工程师

“工业 4.0”将互联网和新兴技术结合，推动了工业生产中的基本范式转变；在此基础上的“工业 5.0”，将通过研究和创新推动工业向可持续、以人为中心和有韧性转移，其中有韧性是指工业生产应发展出更高层次的稳健性，从而更好应对扰乱，确保能够在危机时期提供和支持关键基础设施，以快速应对（地缘）

政治变化和自然突发事件。这种新的范式转变发生在传统学科的边缘，将带来前所未有的学科融合，因此需要对未来的工程教育进行彻底的讨论。针对工业 5.0 的发展趋势，Broo 指出当前工程教育存在如下问题。

(1) 与智能相关的教育不足，人工智能、机器学习、神经网络、数据等相关技术和工具未纳入除计算机外的其它专业的培养体系当中；而对计算机专业来说，与这些技术相关的伦理、偏见、信任和社会影响也未包含在教育当中。

(2) 学生不具有处理现实世界工程数据的能力，工业数据比其它行业数据面临更多挑战，如可用数据不足、数据质量不高、需要集成大量异构数据并理解系统间关系等，当前教育未帮助学生做好准备。

(3) 未将可持续发展纳入工程教育，工业 5.0（或社会 5.0）旨在通过工业 4.0 实现的物理空间和虚拟空间的整合来解决社会问题，教育尚未为此做好准备。

显然，面向未来，工程教育改革应超越单纯的专业知识学习，体现出工程对社会与人文问题的关注，并对人工智能带来的变化做好准备。Broo 具体提出四种策略：终身学习和跨学科教育，可持续、韧性和以人为中心的设计，提升处理和管理数据的能力，实现人与智能机器的良好交互。Broo 特别指出，工业 5.0 时代工程教育的成功，很大程度上取决于人类和智能机器间的“相互学习”，即人与机器相互协作依赖、共同行动产生影响，从而创造新的含义或概念，并提升学习者的能力。新一代工程师必须能够创造并深度参与这种合作学习，因此教育中应挑战学生对人与智能机器交互的看法，并让他们体验不同沟通和协作方式。

三、高等工程教育改革实施路径建议

基于上述指导性原则，下面从培养计划、课程体系、教学改革、文化变革四个角度给出实施工程教育改革的途径建议。

1. 重构多维度整合的培养计划，为学生系统设计更广泛的学习经历

Graham 指出，即使在顶尖大学，工程教育改革也往往是孤岛式的，仅限于“局部”，“学习并未纳入现实世界的大背景，学生没有从经历中获得最大的收益。”因此，应在培养计划中实现多个维度上的整合，既包括将两方面学习成果——学科知识与工程职业能力——进行整合，也包括工程科学与工程实践、通识教育与专业教育的整合，还包括学生课内、课外乃至校外学习经历的整合，以及学生在跨学科学习中对多学科知识方法的整合等。具体途径建议包括：

途径建议 1：打破课程与学期界限，整合设计培养计划。

近年来各高校开展了较大范围的课程教学改革，但这些改革往往是零散孤立的，课程间的呼应和互动较少，因而没有能够在学生四年培养过程中，通过课程间的联系与迭代帮助学生不断深化所学知识 with 技能。

Foryd 指出，学生需要在数学、科学和工程三者之间和内部建立更好联系，从而实现认知关联，并将一个学科领域的概念和想法应用于另一学科的任务当中。针对专家与新手的学习科学研究表明，专家头脑中已经形成了一个以知识技能的深层特征为基础的复杂而相互关联的结构，因此可以快速识别出有意义的模式、提取相关信息并应用知识技能。而作为新手的学生，其知识组织往往基于表面特征，知识点之间没有或者只有很少的连接，因此他们很容易遗忘，也很难将学习过的知识应用到新的场景中，即进行迁移。因此，Foryd 基于案例与统计数据指出，如果对数学、科学和工程课程进行整合，强调学科领域间联系，学生更容易将数学与科学知识迁移到工程课程中。

因此，打破课程之间、学期之间的界限，整合设计学生的培养方案，是工程教育改革应关注的重点内容。新加坡科技设计大学（SUTD）的“4D”设计活动值得重点关注，即单一课程中的 1D、跨越多门课程的 2D、跨学期的 3D 及课外的 4D 设计活动，非常好地实现了培养计划的整合。

途径建议 2：强化人文与社会科学的学习，重构工科学生通识教育体系。

教育部关于卓越工程师学院建设的核心要求明确指出，人文精神是卓越工程师培养的重要内容。工业 5.0 社会对可持续、以人为中心和有韧性工业的需求，进一步模糊了工程学科与社会学科的界限，如果缺乏通识教育，工程师们就有可能使得自己在社会中边缘化，而所有的创新都必须从这个社会世界中来，并为这个世界服务。

工科专业学生所接受的通识教育，是他们进入大学之初对未来工程师职业的探索，最终帮助他们成长为充满信心的负责任的工程师，因此不能简单照搬文科学生的博雅教育，更不应该看作是简单的概论课程，而是应该在培养方案中发挥其重要基础支撑作用。除传统人文与社会科学课程外还应将设计学、工程伦理、美学、微观经济学等有机纳入通识体系中，并体现出跨学科的特色。McCants 强调，通识教育的重要标志就是广泛的学科接触。

Steneck 在工程专业通识教育白皮书中给出了三种通识课程模式建议：一是传统的人文与社会科学课程，由这些学科的教师授课，为学生提供沉浸在其它学科的知识视角和文化中的机会；二是整合式课程，由科学/工程学科的专家授课，整合沟通、道德或团队合作等领域；三是跨学科课程，侧重于工程实践与人文/社会科学重要交叉点，由人文/社科教师与工程/医学/科学学科教师合作组成教学团队。

途径建议 3：强化学生主导的课外学习并推动非学校情境下的学习，拓展学生学习的广度。

尽管学生在课外有大量自我主导的学习活动，如学科竞赛、SRTP 项目等等，但往往并未纳入整体培养体系中，与课程一起进行整合设计。Graham 指出，应在原本通常与课程经历无关的环境和文化中建立以学生为主导的课外活动。荷兰代尔夫特理工大学（TU Delft）的课外活动在学生学习中起着至关重要的作用，超过一半的学生参加一个或多个俱乐部或社团，这些社团很大部分关注的是科学和工程及其在社会中的应用。SUTD 每周两个下午和每年第一个月致力于学生主导的活动，包括学生主导的俱乐部和研究项目等。Graham 报告中的一位受访者谈到，“清华大学最让我兴奋的是学生团体—创新俱乐部，企业家俱乐部，飞行俱乐部—这些团体强大而充满激情”。

此外，随着工程教育的发展，人们越来越重视学校以外的学习经历，例如基于工作的学习。SUTD 规定，毕业前所有学生必须完成至少一次为期 16 周的行业实习，并鼓励他们到国外参加交换生计划或暑期课程。重庆大学与辛辛那提大学的联合学院采用在校学习与企业实习交替的方式，为学生提供多样化工作岗位，拓展学生实习实践经历。

途径建议 4：从复杂真实问题开始，不断迭代实施跨学科学习。

跨学科整合知识和有效工作的能力，越来越被视为所有工程毕业生应具备的基本技能。跨学科学习有助于激发学生学习动机，能够全面提升学生的抽象思维、辩证思维、创新思维及整体思维等能力素质。当学生走向未来时，跨学科素养会让他更具有事业心、爱学习、反思、容忍复杂状态的歧义和悖论，更加懂得世界的多样性，从而更愿意对话、交流、合作。

然而，跨学科学习不是多学科知识的简单叠加。我们在前期的研究中，将工

程领域的跨学科教育定义为包含“具有现实关注超出单门学科范畴的复杂问题”“作为基础和依托的学科”“整合多门学科的迭代过程”“通过设计实现产品提升学生能力素质”“体现对利益相关者的关注”等五个要素。总体来看，应将跨学科学习体验整合于培养计划当中，让学生在定义和解决真实问题的过程中学习。贝恩在评价西南交通大学开设的跨学科课程时指出：“该大学推出了一些引人瞩目的跨学科课程，这些课程的培养目标比单一课程或学科的培养目标更大。在追求这一宏大目标的过程中，学生受到它的魅力和潜在力量的激励，成为自主学习型学者。他们摆脱了很多困扰传统课堂的问题，深深沉迷于自己的探索，并意识到自己所面对的任务和重要性。”

2. 打造设计-实施体验项目课程，帮助学生应用课程所学并发展工程职业能力

Crawley 等指出，设计-实施体验的重要作用在于：能够补充理论学习从而支持高效深层学习、在知识学习和能力提升两方面同时发挥作用、实现课程体系内的迭代从而建立课程间联系、包含了主动学习和体验学习、能够有效激发学生动力并帮助他们建立自信等等。

下面我们给出在开设设计-实施体验项目课程时的 3 个建议。

途径建议 5: 让学生参与真实实践，将设计思维发展与技术卓越培养相融合。

设计思维可以帮助我们系统地提取、教授、学习和应用以人为中心的技术，以创造性和创新的方式解决问题，因而被认为新时代工程师必备的能力之一。它基于设计者的理解和方法，将技术可行性、商业策略与用户需求相匹配，被普遍认为具有综合处理能力的性质，能够理解问题产生的背景、能够催生洞察力及解决方法，并能够理性地分析和找出最合适的解决方案。斯坦福大学的 D. SCHOOL 团队给出了设计思维包含的五个阶段，即同理心、问题定义、概念生成、原型制造、测试改进。

总体来看，创新依赖于问题识别/解决、用户同理心、实地研究、团队合作、以用户为中心的产品开发流程等，正如 Parmar 指出，设计思维能够将这些技能与学科知识/专业技能相结合，因而可以有效促进产品创新。Lynch 则指出，传统的针对商科学生的创业教育并不适合理工科学生，通过设计思维将技术与创业精神结合，是针对理工科学生开展创业教育的有效手段。

Ranger 介绍了 MIT D-Lab 一门基于以人为中心的设计思维方法构建的课程，学生在课程中为发展中国家设计制作低成本的假肢和辅助设备，并有机会到全球各地对本学期生成的原型进行现场测试，极大促进了他们的职业发展。由此不难看出，为了促进设计思维发展与技术卓越的融合，项目式设计-实施体验课程应体现如下三方面特征。

(1) 参与真实实践。学生如果参与到与学科专家类似的日常活动中，即参与真实实践，他们就能学到更深层的知识。因此，应将项目置于现实世界的大背景当中，同时将设计思维的前三个步骤融入到真实问题情境当中，即帮助学生获得对试图解决问题的共情理解、用“以人为中心”的方式来定义问题，并基于头脑风暴等方法扩大问题空间形成概念。

(2) 创造“手工制品”。学习科学研究表明，学生在创造手工制品的时候学习效果更好，因为手工制品是知识建构的外在表现。通过创造手工制品，学生可以建构自己的理解，从而使得原本静态离散的知识点成为有机联系的知识体。同时，在创造“手工制品”过程中，学生进一步深入学习如何使用各种技能，因而“原型制造”是项目式学习的重要环节。

(3) 通过不断迭代深化学习。项目式学习应包含测试阶段，这个阶段产生的结果，经常用于重新定义一个或多个问题，并告知用户的认知、使用条件、人们的思维方式、行为、感受。基于测试结果，应让学生有机会通过学习和实践对项目进行迭代，从而对“手工制品”进行不断优化，以得到最好的解决方案。

途径建议 6：逐年迭代递进，为学生提供贯穿四年的设计-实施学习体验。

Crawley 等指出，应在课程体系中设置一系列而非只是单门的设计-实施体验项目课程，这些课程的复杂性和挑战度应逐步迭代地增加，早期介绍基本概念、设计策略和工具，其后更复杂的项目帮助学生整合在整个课程体系中获得的知识和技能，相关的方案示例如表 1 所示。总体来看，贯穿四年的设计-实施学习体验包含三个部分：

(1) 新生项目课程，支持学生应用设计思维并快速掌握原型制造技能。应让学生在导论课程中开始他们的第一次设计-实施学习体验，因为这是介绍学科内容和专业工程技能/态度的好方法，同时能够改变学生在应试教育中形成的死记硬背的学习习惯，培养创新思维和在现实世界中解决问题的意识与能力。

Parmar 介绍了一种创新的课程结构，将设计作为一年级信息通信与技术本科学生的核心课程，研究表明学生的问题识别、设计研究和新产品开发能力均有所提高。新生项目课程一般为期一年，学生完成一系列从简单到复杂的子项目，通过这些子项目的快速迭代，一方面体验设计思维的五个步骤，并实现电路板制作、3D 打印、激光雕刻、开源硬件、网站制作、Python 编程等相关技能的快速学习。通过该项目，学生能够将设计思维应用于后面的项目当中，同时掌握的造物技能为后续项目中的原型制作奠定基础。

(2) 第 2、3 学年“基石能力”项目，形成课程间联系。“基石能力”项目一般为期两年，可包含 3、4、5、6 四个学期，以及一、二年级暑假短学期的实习等，主要对学生在学科课程中学到的知识进行整合。以 SUTD 一项持续四个学期的“3D”活动为例，学生应用他们在课程中的所学来改进完善雷达的设计：第 4 学期“电路与电子”课程要求学生构建一个简单的低频雷达，用来测量高速公路上汽车的速度；第 5 学期“系统和控制”课程要求学生改进雷达的控制；在第 7、8 期的多门选修课都对雷达设计进行了改进，如“电磁学和应用”课程中改进天线设计，“信号处理”课程分析处理来自雷达的信号，流体力学课程开发应用于船上的定位雷达。通过这些项目，能够强化学生课程学习并发展他们的工程职业技能，从而跨越第一年到第四年间设计-实施体验缺失带来的鸿沟。

(3) 第 4 学年“顶石”项目，帮助学生整合大学所学解决真实问题。“顶石”项目在第 7、8 学期实施，其中第 8 学期为毕业设计。这些项目来自真实情境，项目目标是解决现实挑战，因而这些项目应能够得到“行业支持和启发”，至少部分项目直接来自行业合作伙伴，即以公司为客户。项目以团队方式进行，如果可能应组建跨学科团队，要同时考虑解决方案的技术和非技术方面，制作完成原型系统并有机会进行真实测试。

表 1 本科课程体系四年设计-实施体验整合方案案例

年级	项目课程类型	课程特征	课程内容
第 1 学年	工程导论课程	创意概念设计	简单原型制造、定量分析、口头报告、书面报告
第 2 学年	联合项目课程(连接多门学科课程)	考虑多学科、将公司视为用户	高级原型制造、部分仿真、口头报告、书面报告
第 3 学年	Re-design 项目课程	考虑多目标、在提高性能或降低成本等约束下重新设计	满足需求的原型制造、高级仿真、口头报告、书面

			报告
第4学年	软件工程项目课程 机电工程项目课程 X 工程项目课程(本专业)	包含商业计划的创意设计、跨系团队、将公司视为用户	满足需求的原型制造、满足需求的仿真、商业计划、口头报告、书面报告

途径建议 7：打造物理工作空间与指导教师团队，支持学生快速实现原型制造。

设计-实施体验项目要求学生根据定义的问题和生成的概念，制造出能够工作的原型系统，学生也在这种制作中，不断迭代方案，提升设计与制造的技能。由于将“手工制品”作为项目的最终成果，因此一个可以制作出几乎任何东西的物理空间，就成为必需。Crawley 等也指出，为学生提供成功的设计-实施体验，需要一个有足够空间、设备和工具的学习环境，即工作空间（workspace）。与传统作为科学研究场所的实验室不同，工作空间支持学生的创造性工程开发，为学生提供积极的实践学习环境，让他们可以很方便地沉浸其中完成设计-实施体验的全过程。它可以是新建空间，也可以对现有实验室和房间重新分配用途，在没有普通场地情况下甚至可以通过在实地研究现场启用适当设备来获得。

推动学生的设计-实施体验课程可能遇到的另一个瓶颈问题是师资队伍的结构。目前几乎所有大学工程专业教师都为工程科学家，他们往往擅长开展学术研究，撰写研究论文，而非工程实践。Crawley 等指出，在一个典型的工程系，通常只有一小部分教职员工有开发复杂系统的实践经验，而开设设计-实施项目课程需要足够的教师资源，才能确保稳定和可持续的运行。对此提出建议是，一方面可以通过组建研究生助教团队、从企业聘请对指导学生项目感兴趣的专家担任技术顾问等方式，为学生提供宝贵的技术援助；另一方面更重要的，是要采取措施提高教师的工程技能培养能力，例如实行到企业工作的职业休假制度、将工程实践作为招聘和晋升的标准、在新聘教师开始教学前给予他们一年行业经验、为教师提供工程实践与技能方面的培训等等。

3. 开展学习与教育研究，推动以学生为中心的教学范式变革

从工程教育改革目标来看，学生需要在学科知识/技术基础与工程职业能力两个方面都得到强化，同时还要加强通识教育，学会与人工智能“互相学习”，

并获得现实世界背景下丰富的课内、课外直至校外的学习体验，在学制不延长、学时不增加情况下，这似乎成为了不可能完成的任务。因此，必须彻底变革现有工程课程的教与学模式，只有当教学不再是低效率、碎片化、单向的知识传授，而是真正以学生为中心，帮助学生建构起头脑中的知识体系开展以应用和迁移为目标的深层学习，使得他们成为高效的终身学习者，才有可能应对上述现实挑战。对此，我们建议从推动教育研究和基于数字资源技术开展教学创新两个角度入手。

途径建议 8：提升教师教学能力与学校教育研究能力，推动教学范式变革。

正如 Froyd 等所指出的，教育、学习和社会行为等的研究正在影响工程教育。行为心理学研究影响了学习成果评价方法与掌握型学习目标模型等；社会心理学研究帮助许多教师采用了提高学生参与度的教学方法，包括积极学习、互动学习、合作学习、建立学习社区与实践社区等；认知心理学、教育和学习科学的研究，推动了基于问题/项目的探究式学习方法，促进概念理解的教学策略、综合式课程设计方法等的应用。因此有必要从教师、专业、学校等多个层面推动教育研究，具体举措可以包括：

(1) 打造工程教育改革学习共同体。工程教育改革需要强有力的教育研究支持，尤其是面向培养计划、课程设计、学习成果评价、教学策略实施等微观层面的研究，直接决定了如何对改革进行迭代，并实施有效改进。如果缺乏必要的研究支持，改革很可能成为拍脑袋的盲目行为，最终动静很大、付出很多，收效并不显著。此外，所有改革都有风险，如果希望既鼓励改革创新又能够保证风险可控，也必须依赖于深度的教育研究和实验。应以教师发展活动、教改项目等为依托，通过交流、分享、研讨，着力打造工程教育改革学习共同体，推动教与学范式的变革。

(2) 通过政策鼓励教师参与教学改革。Graham 指出，缺乏教师的参与和学校的认可是全球工程教育进步的主要障碍，教师被任命和晋升的准则已经成为抑制教育卓越和改革能力的主要因素。因此，如果要支持更多教师持续性地深度参与教学改革，学校的职称晋升、津贴发放、岗位考核等政策机制都应与之适应。此外，通过设置教学卓越奖或创新奖，也可以鼓励教师的投入，但应确保奖项的评审标准和评选结果，能够将更多教师的教学改革导向正确方向。

(3) 提升学校工程教育研究能力。Graham 报告中的案例大学均着力打造工程教育研究能力，以创建一个基于实证的体系，开发独特的内部工具和机制，为工程教育改革提供支持。例如，伦敦大学学院（UCL）、SUTD 和澳大利亚查尔斯特大学（CSU）都开发了用于学生评估的工具，这些工具与它们独特的教学方法兼容：UCL 和 SUTD 用这些工具确保学生对小组项目的贡献得到恰当的认可，而 CSU 则用在线工具来评估学生对主题的掌握程度。

建议途径 9：创新混合式学习，提升学习的深度和广度。

Graham 指出，在 CSU 的工程教育中，最独特的元素是其在线学习，几乎所有“技术工程内容”——包括知识获取和技能发展——都被分解为一组在线提供的“主题”，称为“主题树”，供学生按需在自己方便的时候独立访问，其中核心工程概念和技能被分解为独立的三小时主题。TU Delft 则于 2014 年启动了一项重大举措，将其数学教学转变为混合式学习，首先在土木工程学院试点。新课程使用翻转课堂方法，学生在课前观看介绍性视频并完成在线练习，在课堂上分组完成与自己学科相关的练习，然后在课后进行在线测验和作业。课程内容根据学生的学科量身定做，并根据在线和课堂上的定期反馈进行调整。使用交互式概念图进一步支持主动学习和学生的参与，概念图引导学生完成每个数学概念并增强对这些概念间联系的理解。

近年来，中国慕课的建设 and 应用取得了巨大成就，课程数量与学习规模已位居世界第一。为了在工程教育改革中更好发挥这些课程资源的作用，需要创新混合式学习模式。我们建议工程专业推动实施“知识图谱+在线学习+项目式学习”模式。在已有在线课程资源基础上，施江勇等指出，通过知识图谱可以实现各类资源的有机联系和整合，帮助学生通过多维度多方式的资源学习，提高学习的效果。因此，专业及课程应对专业知识与技能进行梳理，将在线资源重新进行整理和补充，成为设计-实施体验项目学习的基础，确保学生学习的完整性与知识体系的严谨性。

4. 打造开放合作共享的工程教育文化，推动工程教育范式深层变革

Crawley 等指出，当今工程教育的主导范式建立在工程科学基础上，为了将其转化为期望的愿景，就需要推动机构的文化变革。这里我们主要从打造开放、合作、共享的工程教育文化角度，提出两个方面途径建议。

途径建议 10：寻求合作伙伴，搭建对外合作平台。

工程教育改革至少在如下三个方面需要企业支持：一是真实工程项目；二是企业真实工作环境，包括企业文化、设备工具与管理流程等；三是企业导师。然而，学校的育人需求很难与企业的生产研发需求自然对接，因此需要搭建合作平台，打造有利于校企合作并推动创新创业氛围的有机生态。从校外看，将政府、企业、孵化器等相关资源融入进来；从校内看，将各类科研、教学型实验室、创客中心等集成在一起。该平台不仅是设备资源的集成，更是人的智力、热情与时间的共享。借鉴共享经济人人为我、我为人人的理念，该平台将成为工程教育改革的引擎。

笔者曾访问过荷兰两所高校，TU Delft 及方提斯大学，后者是一所规模较大的应用型大学。两所大学都与企业建立了非常密切的合作，前者的创业孵化基地让人印象深刻，很多学生毕业后仍留在学校周边创办企业，形成了非常好的创新创业氛围与产业链；方提斯大学则利用飞利浦公司废弃不用的厂房进行改造，建立了名为“Brain Harbour”（创新港）的创新基地，100 多家公司带着项目入驻，所有学生有一个学期不在学校上课，进入创新基地完成企业创新项目，企业会安排导师进行指导。从国内看，重庆卓越工程师学院与明月湖科创基地合作，其建立的生态链包含近百家企业，提供了非常好的校企合作平台。笔者访问期间，遇到研发无人船的初创企业来洽谈合作。这一类致力于技术创新的初创企业，由于规模不大、管理灵活、对市场和新技术敏感度高，其项目非常适合学生参与。

此外，还应与世界上引领工程教育改革的高校开展深度合作。无论是 SUTD 与 MIT 的合作、伊利诺伊大学与欧林工程学院（Olin）的合作，还是重庆大学与辛辛那提大学的合作，都显示出与世界上工程教育改革引领高校开展合作，能够在教育理念更新、教学模式变革、课程体系设计、课程项目开发、教师培训、校企合作模式创新、学生交流与国际学习体验拓展等方面极大地受益，从而降低改革风险、减少改革阻力、提升改革实效。

途径建议 11：打破壁垒，建立合作的校内文化。

首先，应打破学院与专业间壁垒。跨学科学习和为学生提供更多选择机会将成为未来几十年最佳工程培养方案的关键特征。然而，这种发展将受制于工程学科之间和之外经常存在的结构分离以及缺乏跨越这些界限的日常交流。高校应通

过顶层设计和常态化机制，使得教师以及学生有机会突破学科与专业的限制，开展跨学科的合作。

其次，需要建立师生、生生间合作关系。值得注意的是，Graham指出，其报告中的案例高校在改革早期都曾面临学生群体的质疑甚至抵制。新培养体系要求学生参与探索性和开放性的问题解决，并应对跨学科的挑战，部分学生会对此产生畏难情绪，并对这些经历是否与专业培养相关持怀疑态度。因此，如果期待学生接纳改革并深度参与，就需要在师生以及生生之间建立起合作关系，营造出平等开放共享的氛围，让学生成为自己学习经历的创造者。

SUTD致力于营造“初创”氛围，以及学生群体中的“友情和社区精神”。在整个新生年（Freshmore Year）三个学期的学习中，50名学生组成一个“组群”，全组群一起在专用的课堂上完成所有课程和项目，组群内有相当多的互动，有效激发了学生的内在动力：“三个学期中这五十个人每天互动……不再追求学业上的竞争，它更具协作性……人们愿意互相帮助。愿意熬夜帮助另一群人。”除学生间合作外，Olin通过“合伙人之年”形成的师生合作也极富创意。由于校园建设工期延误，学校招收的第一届学生被定义为合伙人，即与教师一起作为平等的团队成员，参与建立一所大学。通过这种方式，学校形成了一种文化，即学生被视为教育合伙人，而不是消费者。

四、高校工程教育改革面临结构性难题与改革模式建议

通过案例分析我们发现，不同高校尽管改革目标方向大体一致，但具体模式却可能千差万别，这与各高校改革愿景、现实条件约束等的不同密切相关。下面首先分析高校开展工程教育改革时可能遇到的结构性难题，随后提出在设计改革模式时需关注的平衡性问题并给出三种模式建议。

1. 高校工程教育改革面临的结构性难题

大体来看，高校的工程教育改革面临如下五个方面的结构性难题：

首先，对改革未形成必要共识，改革不能形成合力。虽然很多老师和教育管理者都对工程教育中存在的问题有所感觉，但对改革目标、途径等分歧很大。比如应如何形成课程间迭代，帮助学生融会贯通？如何将人工智能发展融合到课程体系？是否以及如何拓展学生的课外、校外学习体验？如何发展学生沟通交流、团队合作等非技术能力？工程学生的数学、科学、通识课程应该怎样上？什么才

是真正的基于真实问题的实践？如何促进学生基于应用和迁移的深层学习？什么样的评估可能是有效的等等。尤其在学校层面，课程建设、教学研究、质量保障、教师发展、学生课外活动等管理职能往往归属不同行政部门，通识课、基础课与专业课的教学也往往依托不同学院不同系进行，如果在改革涉及的管理人员和老师中不能对改革形成一定程度的共识，大家的努力不能形成合力，改革很可能收效甚微。

第二，选择的模式不合适，改革无法持续。从案例分析看，每个高校都选择了自己的改革模式，也都遇到了各自不同的困难和挑战。如果模式选择不适当，不能很快看到初期成果，或者不能让管理人员和老师接受，就无法持续推进下去。因此改革方案的出台最好建立在广泛而深入的研讨、小范围试错等的基础上，再逐渐实施创新的扩散和实践的推广，确保改革模式的适应性。

第三，教师在教学学术水平、教学能力、工程实践能力等方面无法达到改革的要求。决定改革成败最主要因素在于教师，而教师在工程教育改革中将面临很大的挑战，这些挑战包括：①教学学术方面，教师需要学习更多教学原理，并在教学研究与教学实践间不断迭代；②教学能力方面，教师需要提升教学设计水平，能够创新性地将真实情境引进到课堂中，并加以简化后为学生搭建学习环境，同时能够有效评估学生从而不断改进教学；③实践能力方面，教师需要指导学生完成真实工程项目，因而对其自身的技术储备与定义解决实际问题能力的要求大大提升。

第四，学生只对高分、免研等外部激励感兴趣，对改革不接受不适应。很多学生、包括通常意义上的优秀学生，都习惯于采取策略性学习，即如何付出最少努力获得尽量好的分数，因而兴趣很难被激发，内驱力明显不足，与我们期待他们成为的，充满热情和自信、愿意不断学习和成长、立志通过自己的努力让世界变得更美好的工程师，有较大的差距。另一方面，任何改革都会经历一个从不成熟、不完善到逐渐成熟完善的过程，改革有可能被学生质疑甚至抵制。因此选择合适有较强意向性的学生参与到改革幅度较大的项目中，同时把他们当做合伙人，建立初创氛围，师生一起共同创造他们的教育经历，是需要重点关注和精心设计的问题。

第五，缺乏配套政策机制、支撑条件不足。从机制和政策层面，如何在校内

形成合力组织和推动改革，如何在资源条件约束下最大化成效，如何创新开展国际合作与校企合作等等，都是改革中面临的重要挑战。此外，如何认可积极投身改革的教师的努力、付出与成就，是国内外所有案例高校都面临的问题，也被Graham的报告列为重大挑战之一。此外，支撑条件也很大程度上决定了改革的成败，包括工作空间打造、持续的经费投入、深入的教育研究、与改革相关的岗位设置等等。

2. 选择改革模式时需关注的平衡性问题

工程教育改革是一个多目标、多约束、多利益相关者的复杂问题，且涉及范围广、成果见效慢、关联因素多，因此在设计改革模式时，需要应用系统思维，关注多方面的权衡，避免重蹈工程教育科学化那样的覆辙。下面提出四个需要重点关注的平衡性问题。

平衡性问题 1——教学内容：项目式学习 vs. 学术严谨性

Graham指出，对以学生为中心和以项目为基础的课程体系的批评中，往往提及个人和专业能力的发展（如系统思考、解决问题和团队合作等）是以“降低”数学和工程科学的学术标准为代价的。因此工程教育改革，必须处理好项目式学习与学科严谨性之间的平衡。

一般来说，传统研究性大学较少存在这方面担忧，TU Delft的毕业生被评价具有“扎实的数学，力学和工程基础知识背景”。作为新兴学校，Olin较少存在这个方面的担心，这与其较小的学生规模和低录取率带来的高素质学生有关；SUTD由于在创设初期引入了MIT的课程体系，其课程大部分内容与MIT一样，仅在少数几门课程中对学习深度做出了妥协，鉴于MIT的课程体系以学术严谨性闻名全球，因此尽管SUTD课程体系采用了以设计为中心、以项目为基础的范式，其学术严谨性仍然很高。对于课程体系和课程内容发生根本变革的培养计划来说，确实存在降低学术严谨性的风险。伦敦大学学院（UCL）主要依靠教学骨干团队对整个培养计划进行全局把控来解决，而CSU则通过创新地应用在线学习保证了学术严谨性，即使学生除了最初的18个月外，其它时间都在企业实习。

总体来看，项目式学习具有的真实性、实践性等特点，能够激发学生动力、培养他们的多元思维。但同时，也存在学习系统性缺失、部分学生容易“摸鱼”等风险。通过创新应用在线学习、完善学习成果评价方法、实施对培养计划的总

体监控等，在推广项目式学习同时不降低学术严谨性，是工程教育改革需要面对的挑战。

平衡性问题 2——学生范围：总体 vs. 部分

Graham 在调研访谈过程中发现，尽管大多数专家都预期“响应社会和业界需求的基于团队的、亲自动手的学生学习”将定义未来几十年世界领先的工程培养计划，但也担忧大型公立大学很难向大规模学生群体提供此类教育培养计划：“这些东西很多都是局部的，它可能是一个培养项目或一个系。”

我们在表 2 中对五所案例高校的工程教育改革涉及学生情况进行了简要总结，从中可以看到，Olin 和 SUTD 是两所新学校，且学生总量并不是太大，因此他们的教育改革与教育实验覆盖了全体学生。UCL 的改革涉及了工学院所有学生，总量大约 3000 人。Graham 指出：“UCL 的 IEP 的范围令人印象深刻。这不是一个‘补丁式’的经历，也不是仅提供给一小部分学生的选项。几乎所有在 UCL 工程院学习的本科生都参加了 IEP。”TU Delft 也涉及所有工科学生，但每个系独立地开展改革，学校相关团队与各个系开展合作并予以支持，因此各专业改革情况差别比较大。总体来看，确定改革涉及的学生范围大小，主要与如下因素相关：

(1) 学生的学习动力：涉及所有学生的改革，都会遇到部分学生兴趣与动力不足的问题；如果是经过双向选择进入改革后培养体系的学生，会具有更好内驱力。

(2) 能够承担教学改革任务的教师团队：这是改革成败最为关键因素。包括教师的认识、理念、能力、意愿，与产业企业界的联系等。

(3) 能够提供的支持资源：包括政策、经费、设备、场地、教师激励政策、教育研究支持等等。

因此，高校需要在学生规模和改革深度上保持平衡。首先，对于部分有强烈意愿和内驱力的学生开展更聚焦、更有深度的卓越工程师培养；以此为基础并进行辐射，进一步设计实施更大范围的工程教育改革，让所有工科学生都能从中受益。

表 2 五所案例高校工程教育改革的学生规模情况

	范围	学生人数	特色
欧林工程学院 (Olin)	全校学生	80 人/年	成立于 2001 年，全新设计的培养计划
新加坡科技设计大学 (SUTD)	全校学生	2017 年招收 439 名	成立于 2010 年，全新设计的培养计划
伦敦工程学院 (UCL)	工学院全体学生	3000 人	在整个工学院实行统一的课程框架 IEP
查尔斯特大学 (CSU)	工程培养项目	30 人/年	2016 年新推出的培养项目，本硕连读。CSU 传统上没有工程专业。
代尔夫特理工大学 (TU Delft)	全校分学院进行	以航空航天学院为例，1400 人	教师具有较强的创新传统，学校有通过共同协议达成共识的文化，能够有效推动教学改革。

平衡性问题 3——培养体系：分离 vs. 整合

Graham 指出，如何管理、架构和实施培养体系，特别是如何把最佳实践整合到一个综合的课程体系当中，以便能够在有限的预算支持下，服务大量的学生，是定义全球工程教育下一篇章的关键创新。为了实现培养体系的整合与迭代，就需要从零开始系统性重构课程体系，将所有的学习经历都纳入现实世界的大背景中，诸如与现实世界紧密结合的设计-实施体验项目、学生主导的课外学习活动、基于工作的校外学习经历等，都应和学科知识课程学习一样，作为培养方案的核心整合起来贯穿学生整个培养过程。

总体来看，整合性与参与改革的学生规模成反比关系。学生数量越大，培养体系的整合与系统设计就越困难，也就需要学校更大强度的支持和更多教师的深度参与。

平衡性问题 4——培养过程：分专业 vs. 跨学科

近年来，为学生提供跨学科学习体验成为各高校工程教育改革的重要方向，CDIO 课程体系也将培养跨学科团队合作与跨学科沟通作为重要内容。以 UCL 为例，尽管工学院学生较多，但保证了各系学生在前两年的学习期间聚集在一起，参与一系列跨学科项目和模块。例如，第二学年结束时学生会参与一个为期两周

的集中项目 How to Change the World，所有学生在跨学科团队中工作，解决开放式的社会问题。

与培养计划的整合一样，随着学生人数的增加，提供跨学科的学习将变得更加困难。可以从两个途径进行平衡。一方面是控制人数，对少量学生实施两年甚至更长的跨学科学习；另一方面，针对更大规模的学生，让他们求学期间有机会参与精心设计的跨学科课程与项目。

3. 改革的三种建议模式

基于上述对高校改革中面临结构性难题以及需关注平衡点的讨论，这里给出三种改革模式建议，如表 3 所示。

表 3 高校工程教育改革三种建议模式

模式	范围	推动形式	主要内容
模式 1-课程/项目建设与研究	全校	各类项目立项，如课程建设、教学研究、实验项目、教师发展等项目	工程教育通识课程、工程科学课程、设计-实施体验项目课程、跨学科课程、基于工作的学习项目、课外学习项目、混合式教学创新课程、海外学习项目、工程教育研究项目、教师发展活动项目
模式 2-整合式培养	部分专业全体学生	选取若干工科专业开展试点	培养计划重构、通识课程模块、工程科学课程模块、新生项目课程、基石项目课程、顶峰项目课程、跨学科课程模块、(学生自主)课外学习模块、校外/海外学习模块
模式 3-跨学科培养	部分专业部分学生	设立“跨学科培养试点班”	跨学科教育模块、辅修专业、双学位

模式 1——课程/项目建设与研究

该模式可包括（但不限于）通识、工程科学、项目式、混合式创新、跨学科等课程的建设，各类课外、校外、海外学习项目的开发，同时还应支持工程教育研究项目与教师发展项目。该模式可通过对项目进行立项并提供政策经费支持的方式在全校范围开展，因此可以实现较大层面的改革，但需关注四个方面的问题：

一是需要下大力气实施项目总体设计，在愿景、理念等方面形成必要程度的共识并制定相应的实施计划；二是需要在人员、经费、场地、政策等方面提供充足支持，形成全校合力；三是为了将所有的改革都置于学校总体的工程教育体系框架下，应对各种课程、项目等制订质量标准并开展评价；此外，在项目的研究和实施当中，应为教师提供更多分享、交流、研讨、合作的机会，促进教师教学研究共同体的发展成熟。

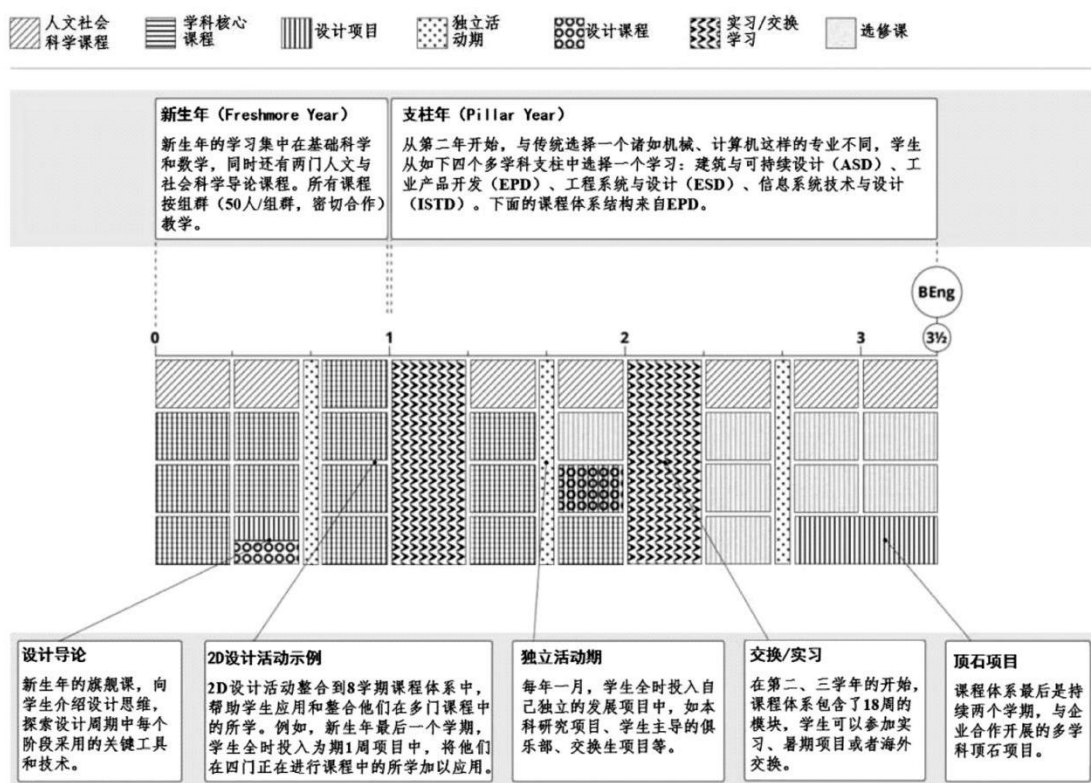


图 2 SUTD 课程体系结构，其中“支柱年”取自 EPD

模式 2——整合式培养

该模式的目标是重构培养计划，纵向针对 8 个学期形成知识与能力的迭代，横向从课内拓展到课外、校外及国际，可针对（但不限于）表中所示模块进行综合设计，并使这些模块紧密关联支持专业毕业要求达成。作为示例，图 2 给出了 SUTD 的课程体系结构，分成两个阶段。第一阶段是包含前三个学期的新生年，主要包括数学和科学课程、人文与社会科学导论课程、沉浸式 2D 项目、设计导论课程四个部分。第二阶段为支柱年 (pillar years)，学生在四个多学科支柱中选择一个进行学习。支柱年课程体系最引人注目的特征之一是 1D、2D 和 3D

活动在课程中、课程间、学年中、学年间的交织。

高校在实施中，可选择若干工科专业，应用这种模式开展专业试点，具体来看可以有三种试点途径：一是从专业学院中遴选若干专业，其优点在于专业基础好、容易组织，缺点在于来自传统教学模式的改革阻力较大，不易实施根本性变革；二是单独成立试点学院，其优势在于可以从零开始系统性设计培养计划，可能会带来重大的变革，但如果涉及机构调整，实施难度可能较大；第三种是折中方案，成立的试点学院，与专业学院一起，对试点专业实施双重管理，由试点专业主导改革，专业学院负责提供保障。

模式 3——跨学科培养

跨学科培养模式中，前两年不同专业学生共同完成跨学科教育模块，后两年实施主修+辅修（或双学位）培养，学生可选择相关专业毕业证书。跨学科培养模式可通过设立“跨学科培养试点班”方式进行，一开始学生人数不宜过多，选拔时应着重考察学生兴趣志向个性等与改革目标的一致性。

作为示例，图 3 中给出了 UCL 的 IEP 课程体系结构，大致分为两个阶段。第一阶段是前两个学年，包含如下培养环节：①在第一年开始是两个沉浸式、为期五周的“Challenges”（挑战）项目；②一系列为期五周的“Scenarios”（场景）课程，学生们花费四周的时间学习关键的工程技能和知识，随后将其应用完成为期一周的任务密集性设计项目；③设计和专业技能发展方案，学生在他们的 Scenarios 和 Challenges 中应用并发展；④跨工程学科的辅修专业，如可持续建筑设计、海洋工程和再生医学；⑤针对特定学科的核心工程模块。

值得注意的是，上述三种改革模式是逐级递增的，即后一级模式是建立在前一级基础上的。因此，模式 3 可以全部呼应本文第 3 部分提出的所有途径建议，但能够容纳的学生数量有限，对学生素质，特别是学习兴趣和动力要求比较高。模式 2 在跨学科培养方面偏弱，可通过跨学科课程与项目等进行一定程度的补充。模式 1 可以带动所有工科专业的改革，但其表现可能是散落在整个学校内的联系比较松散的点上的变革，还需要从专业角度进行推动和整合。此外，需要关注的是，模式 1 和 2 所开展的教学改革，可以通过合作、分享、教师培训等方式进行辐射，其它专业可以学习吸收或允许学生选择参与改革课程或项目，替代原有培养方案中的课程，正如伊利诺伊大学 iFoundary 的做法。总体来看，上述模式划

分应是阶段性的，高校应将改革试点班和试点专业作为孵化器，对培养方案、课程体系、课内课外项目等不断迭代，支持所有工科专业的教学改革与学校的新工科建设。

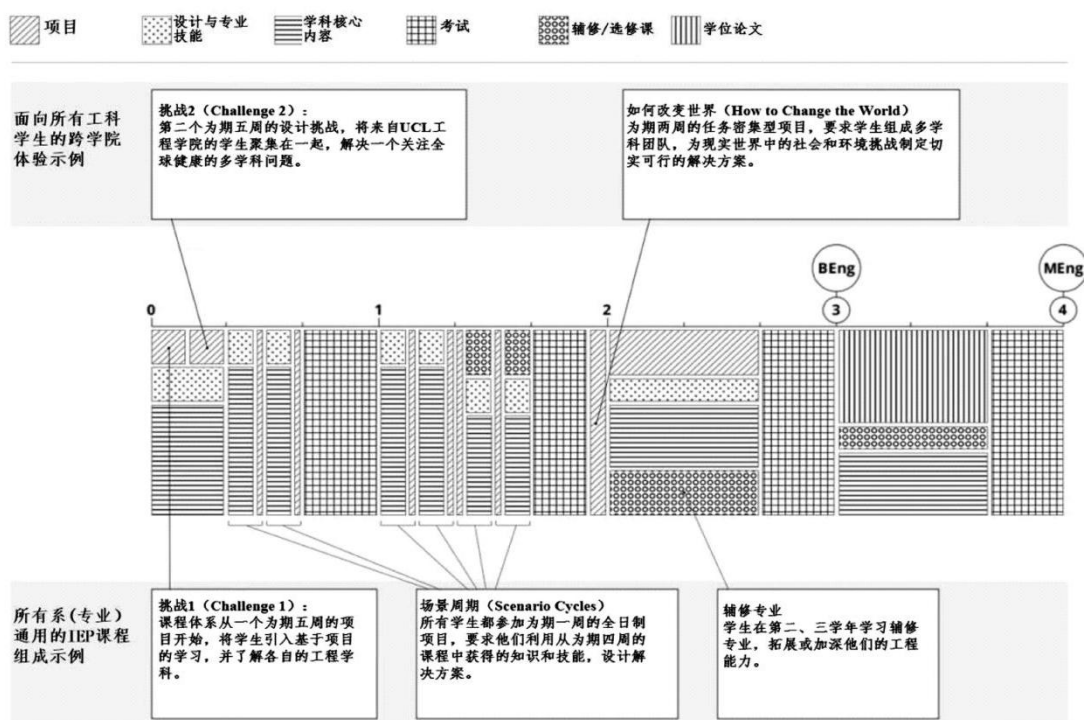


图 3 UCL IEP 课程体系架构

五、结束语

在本文写作过程中，我们一直在思考，我们心中的工科毕业生画像应该是什么样的？我们认为，他/她应该是：具有人文关怀和同理心，知晓自己作为工程师所承担的社会责任，愿意恪守职业道德与伦理；能够应用设计思维和分析思维，定义、解决问题并不断改进，不断追求创新与卓越；不惧怕困难和失败，拥抱不确定和变化，相信成功会在某一次的坚持之后来临；具有良好的人际思维，享受与团队一起为了梦想共同奋斗；能够不惧怕踏入未知领域，充满了学习动力。

——《高等工程教育研究》2023年第3期

育拔尖人才，强基础研究根基

近日，全国各地约 30 所高校相继公布了 2023 年“强基计划”招生简章。不久前，同样重点瞄准基础研究人才培养的“中学生英才计划”在各地先后启动。开展十余年的“拔尖计划”也已升级至 2.0 阶段。

近年来，围绕基础研究，我国出台了一系列针对性举措，基础研究人才选拔、培养水平显著提升。但面向实现高水平科技自立自强的迫切需求，如何尽快形成体系化、高层次的基础研究人才培养机制，让更多基础研究人才竞相涌现，仍需要各方不断探索。

三大人才计划瞄准基础研究

2 月底、3 月初，在江苏、湖南、重庆等地，一场场别开生面的“拜师”仪式正在各大高校举行。“弟子”是来自 25 个城市、经过层层选拔的高一、高二学生，老师则是各大高校的著名科学家。这是 2023 年各地举行的“中学生英才计划”启动仪式。

“中学生英才计划”全称为“中学生科技创新后备人才培养计划”，是由中国科协 and 教育部于 2013 年共同组织实施的人才培养项目。据中国科协相关负责人介绍，“中学生英才计划”的主要任务是选拔一批品学兼优、学有余力的中学生走进大学，在自然科学基础学科领域著名科学家的指导下参加科学研究、学术研讨和科研实践，进而发现一批具有学科特长、创新潜质的优秀中学生。基础学科是“中学生英才计划”的重点发力目标，培养学科包括数学、物理、化学、生物、计算机。入选该项目的中学的高一、高二学生首先选好学科、导师进行报名，经过学科潜质测试、面试层层筛选后，利用周末和寒暑假时间，进入到导师所在高校的实验室，接受导师及其团队的面对面指导。

在高等教育阶段，早在 2009 年，教育部就启动了“基础学科拔尖学生培养试验计划”即“拔尖计划”，以清华大学、北京大学等 19 所高校的数学、物理、化学、生物科学、计算机科学等学科为依托建立了一批国家基础学科人才培养基地，在高校内遴选出一批拔尖人才进行重点培养。培养模式上，不同高校各有特色。长期对“拔尖计划”进行追踪研究的中国科学院大学公共政策与管理学院教授刘继安认为，普遍来讲，“拔尖计划”各试点高校聚集了一批一流师资，形成

了一流师资引领的教学和培养团队。为了促进拔尖学生进行深度学习，充分激发拔尖学生自主探究的活力，各高校充分学习和借鉴国外一流大学的培养方案和课程设置，开设有挑战性的课程，采取研讨课等小班化教学方式。2018年，教育部在“拔尖计划”前期探索的基础上，启动实施“拔尖计划”2.0版，进一步拓展范围、增加数量、提高质量、创新模式。

相比“拔尖计划”基于入校后二次选拔，开始于2020年的“强基计划”将选拔环节前置，在高考招生阶段，面向数学、物理、化学、生物科学等基础学科，遴选有志于服务国家重大战略需求且综合素质优秀或基础学科拔尖的学生。根据目前已公布的招生简章，大部分高校均对入选“强基计划”的学生给予一定的资源倾斜。

上述三大人才计划只是我国加强基础研究领域人才培养的一个缩影。近年来，部分高校也结合自身特色制定了面向基础研究领域的人才培养计划。

成果丰硕但需不断探索

诸多人才计划实施成果如何？刘继安表示，从跟踪数据来看，“拔尖计划”可以说成果丰硕。据官方2019年披露的数据显示，“拔尖计划”1.0阶段共培养本科生9800人，已毕业5500余人。其中，98%的毕业生继续攻读研究生，在基础学科和相关领域继续深造的比例达97%；首批500名“拔尖计划”博士毕业生中，已有40名学生获得世界一流大学教职。

“中学生英才计划”同样硕果累累。有400余名英才学生在国际科学与工程大奖赛（ISEF）等国际国内青少年科技竞赛活动中获奖，一大批学生入选“强基计划”“拔尖计划”，继续在基础学科领域深造。

虽然已取得显著成效，但要实现基础研究高质量发展，基础研究人才培养水平也应不断提升。刘继安指出，如何更有效地甄选基础研究人才，并在基础教育到高等教育之间做好衔接培养，仍然需要各方进一步摸索。刘继安建议，培养拔尖人才的重点，首先在于甄别和筛选出具备天赋和发展潜力的学生，开辟特殊通道，为这些学生提供因材施教的环境和资源，支持引导和培养他们，使他们的潜力得到最大程度的激发。同时刘继安也表示，可以考虑在中考、高考之外，为拔尖人才的选拔培养提供发展通道和路径，使他们的天赋不被埋没。但在基础教育阶段对特殊人才开辟特殊通道，容易引起对教育公平的质疑，因此科学设计和规

范实施选拔机制，使二者之间做到有机平衡非常重要。

在基础教育阶段对拔尖人才进行识别、培养的“中学生英才计划”一直坚持非功利性原则，不与高考升学直接挂钩。中国科协相关负责人介绍，“中学生英才计划”的目的就是为了帮助同学们拓宽科学视野、培养科学志趣，尤其是培养学生持之以恒、专注思考的能力，以志趣为导向，使其沉心静气地成长为基础研究人才。

遴选有志趣的人才进行培养

以诺奖得主等为代表的拔尖人才是否有成长规律可循？刘继安坦承，在世界范围内，学界对于基础研究领域拔尖人才成长规律的研究存在局限。目前更多的是关注拔尖人才在个人品质、学术经历、师承关系等方面的共性特征。但从认知心理、学习科学、脑科学、人格品质与情感态度形成与发展视角来探究内外部因素对拔尖人才成长的影响机理的研究非常有限。

虽然目前尚未形成基础研究领域人才培养的“金科玉律”，但基于基础研究特点，其人才选拔培养可以进行一些创新尝试。刘继安认为，从事基础研究面临着挑战性大、回报不确定性高等问题，这就需要遴选出那些真正对基础研究有志趣的人才进行精心培养。“在诺奖得主的获奖感言中，绝大部分获奖者都会谈到兴趣对自身成长的作用。基础研究的特点决定了其更加需要有兴趣热情、有远大志向的人才。”同时她也表示，长周期培养是基础研究人才培养的一个重要模式，但是政策需要具有一定灵活性，比如设置合理的退出机制，使不适合从事基础研究的学子有其他选择和发展的机会，降低学生进入基础研究领域时的顾虑。

而从基础研究领域人才培养的过程来看，刘继安认为，导师制、个性化、国际化、跨学科、本博贯通长周期培养等对于人才成长具有非常重要的价值。“导师指导下参与科研、个性化培养和国际化访学经历等，帮助‘拔尖计划’学生培养了学术志趣，扩宽了学术视野，提升了创新能力和理实结合能力。相信将来他们当中会涌现出一批领军人才。”刘继安说道。

——《科技日报》2023年4月26日

美国高校跨学科培养科技人才对我国的启示

陈翠荣 张翔志

2017年,我国出台《关于开展新工科研究与实践的通知》,明确提出推动现有工科的交叉复合、工科与其他学科的交叉融合,跨学科培养科技人才是我国新工科改革的重要内容之一。2018年,教育部、财政部、国家发展改革委联合印发《关于高等学校加快“双一流”建设的指导意见》,强调要“制定跨学科人才培养方案”、“探索跨院系、跨学科、跨专业交叉培养创新创业人才机制”。“师夷长技以制夷”,美国高校在跨学科培养科技人才方面具有丰富的经验,美国国家教育数据统计中心(National Center for Education Statistics, NCES)发布的数据显示,2010—2017年授予自然科学与工程领域跨学科学位65万个。麻省理工学院、斯坦福大学、加州理工学院、普林斯顿大学、加州大学伯克利分校五所世界一流大学较早开始了跨学科培养科技人才的探索,分析其动力机制、实施策略,对我国高校改革科技人才培养模式,培养一流科技人才具有重要启示。

一、美国高校跨学科培养科技人才的动力机制分析

(一) 现实需求:对具有跨学科素养科技人才的迫切需要

当今世界,人类社会面临的环境、资源、生态等科技难题日益增多,而这些难题往往涉及多个科学知识领域,难以通过单一学科知识来解决,迫切需要高校培养具有跨学科知识和技能的复合型人才。1998年,美国卡耐基教学促进会发布报告《重建本科教育:美国研究型大学发展蓝图》,指出研究型大学应致力于打破学科壁垒,消除跨学科教育的障碍,建立跨学科的人才培养机制。2015年,麦肯锡顾问公司对美国企业开展关于员工多样性知识背景的调查,结果表明具有跨学科背景的复合型人才在未来将受到更多的青睐。2018年,美国工程教育协会(American Society for Engineering Education, ASEE)的研究指出,美国社会对复合型科技人才的职业需求数量预计达60万个,因为社会工业生产日益体现出跨学科协作的需求,这一点尤其体现在信息技术和工业自动化领域。据此,ASEE认为美国高校应着力

发展机械工程、计算机工程等方面的跨学科教育，帮助科技领域的学生适应未来跨学科生产的趋势。对具有跨学科综合素养的高科技人才的现实需求，极大地推动了美国研究型大学跨学科培养科技人才的进程。2019年NCES的统计数据显示，各级跨学科学位数量增长迅速。2006—2018年，在自然科学与工程学领域，美国跨学科副学士学位从15838个增长至30482个，跨学科学士学位从32118个增长至49658个，跨学科硕士学位从4613个增长至9234个。此外，跨学科博士学位从2278个增长至2836个。

（二）政策驱动：联邦政府出台系列跨学科教育支持举措

进入21世纪，跨学科培养科技人才引起了联邦政府的高度重视。联邦教育部在《国家教育2026年愿景报告》中指出，跨学科教育有利于培养学生应对重大挑战的能力，可有效利用科学、技术和创新来解决国家或全球重大问题。2005年，美国国家科学院(National Academy of Science)在报告《推进跨学科研究》(Facilitating Interdisciplinary Research)中指出，跨学科教育是未来教育重要的趋势之一。为更好地指导高校调整专业和学位，NCES在2002年颁布的学科目录(Classification of Instructional Programs 2000, CIP-2000)中，特新设了一个“跨学科”学科群，共包含22个新型的跨学科学位，在2010年颁布的CIP-2010中，跨学科学位增至29个，而在最新修订的CIP-2020中的增加数目则更多。

设置跨学科项目也是联邦政府推动大学跨学科培养科技人才的常用策略。1998—2013年，联邦政府设立了“研究生教育与科研训练一体化”项目(IGERT)，对跨学科研究生培养提供经费资助，旨在“超越传统学科界限，开创跨学科研究生培养的新模式”。2014年，联邦政府设立了“国家科学基金会研究培训”项目(NRT)，重点培养STEM跨学科人才的研究能力。五所高校均参加了这两个项目，以加州大学伯克利分校为例，IGERT项目涉及纳米技术与工程、计算机科学与工程、计算机工程与材料工程、物理学与生物工程、能源工程与纳米技术等领域，NRT项目涉及计算机工程与通信技术、材料工程与通信技术、生物工程与遗传科学、计算机科学与工程等领域。此外，其他联邦机构在高校跨学科培养科技人才方面也给予了大力支持。2003年，国家科学院提供1.58亿美元的资金用于支持研究生在工程和医学等领

域的跨学科研究。2005年,国家卫生研究院(National Institutes of Health, NIH)发起了“共同资助跨学科研究项目”,资助了包括麻省理工学院、斯坦福大学、加州大学伯克利分校在内的九个跨学科研究机构,为科技类学生参与跨学科研究提供技术和方法培训。

(三) 理论指引: 科技知识再生产方式变革

随着科学技术的飞速发展,以问题为基础的跨学科知识生产模式逐步取代了传统的以单一学科为基础的知识生产模式。早在20世纪50年代,埃德加·莫兰(Edgar Morin)就提出复杂性思想理论,指出世界本身就是一个复杂体,只从某一学科的角度去认识事物难以反映其全貌,不同学科之间应该融合和统一,应从多学科视角审视事物。莫兰将该理论应用于教育领域,提出教育的目标应当是“构造得宜的头脑”(Well Constructed Mind),大学应致力于促进不同学科知识之间的融合,培养学生的综合性认识范式和跨学科解决问题的思维方式。1994年,迈克尔·吉本斯(Michael·Gibbons)进一步提出了“知识生产模式I”和“知识生产模式II”的概念。前者指以某个单一学科来概括在其知识领域内所必须遵循的认知规范和知识生产方式,后者是以问题解决为中心的跨学科动态性知识生产方式,具有明显的学科融合的特点。吉本斯认为大学应该教给学生的核心技能是“解决问题”,为此就必须放弃以单一学科知识为导向的教育办法,转而采取跨学科的培养方式。美国研究型大学充分认识到,科技知识再生产方式变革对科技人才培养转型的指导性意义,积极开展了跨学科培养科技人才的实践探索。斯坦福大学鼓励学生开展跨越传统学科界限的学习和研究,通过成立跨学科科技研究中心及实验室进行跨学科人才培养。麻省理工学院启动了综合学习计划(MIT Integrated Learning Initiative)。加州理工学院在生物工程、材料工程、机械工程等专业广泛开设跨学科课程。普林斯顿大学在2016年出台的战略规划中提出,要促进不同学科间的协作研究,营造跨学科人才培养的校园氛围,支持环境工程、地球科学、土木工程等学科联合培养科技人才。加州大学伯克利分校在2017年制定的战略规划中,提出要鼓励各个学术部门制定跨学科教学计划,为跨学科教育提供更加灵活的空间。

二、美国高校跨学科培养科技人才的主要策略

（一）确立跨学科素养培养目标，打造多元化、包容性的校园文化

2016年，麻省理工学院校长拉斐尔·莱夫(L. Rafael. Reif)在美国国家工程院会议上提出，未来科技人才必须具备以问题为中心的跨学科思维，跨学科素养必将成为其重要特征，跨学科教育是美国高等教育变革的重要内容。2016年，普林斯顿大学在战略报告中特别强调，要培养学生跨学科能力，以适应未来的研究与就业趋势。重视跨学科素养培养，成为美国高校科技人才培养的重要目标，为此研究型大学纷纷成立了跨学科研究中心、设立跨科学学位等。普林斯顿大学拥有14个跨学科研究中心，斯坦福大学和加州理工学院分别设有18个、21个跨学科研究所及实验室，全部对完成通识教育的本科生和所有研究生开放，学生可以在修本专业之余选修跨学科课程或参加跨学科研究，也可以直接申请这些研究中心设立的跨科学学位。

多元化、包容性的校园有利于打破学科界限，增强科技人才培养的跨学科性，从而进一步强化跨学科素养这一培养目标。在普林斯顿大学，学校必须发展成为容纳不同学科、文化背景师生的校园，其课程、研讨会等必须拥有更广泛的内容，以适应学生的跨学科需求。麻省理工学院在其招生声明中指出，“学校致力于为学生提供多元化校园的支持，学生的不同背景对MIT跨学科教育的成功至关重要”。2005-2018年，MIT国际学生的占比从24%上升到30%。MIT还成立了多元文化计划办公室，设立多元文化奖(Multicultural Awards)，激励全体师生维护校园的多元文化氛围。斯坦福大学提出“多样化倡议”，认为来自不同文化、学科、民族的师生对同一问题有着不同见解，有助于推动跨学科研究与教育，并为学生开展跨学科研究提供资金，以及为优秀学生提供奖学金。

（二）设置完备的跨学科课程体系

课程作为实现培养目标的重要载体，其体系建设状况很大程度上决定了人才培养能否取得成功。为了拓展科技人才跨学科知识，提升其跨学科思维能力和综合性素养，美国研究型大学纷纷倡导设置完备的跨学科课程体系。麻省理工学院在其发展战略规划中，提出要增强学校的跨学科教育能力，为学生开设多种跨学科课程。普林斯顿大学为了帮助学生更好地应对未知领域内的问题，指出要在课程设置与教学实践中重点培养学生跨学科视野和知识

储备，特别提出了“综合科学”课程计划。以计算机科学跨学科课程为例，从中窥见美国研究型大学为科技类学生在不同年级所设计的跨学科课程情况。一方面，计算机课程包括入门课程、基础课程、主题课程和高级课程，注重培养学生将计算机科学与其他领域交叉融合的能力。普林斯顿大学开设自然科学综合课，将物理、生物学、数学等和计算机科学结合起来讲解，斯坦福大学和加州大学伯克利分校开设跨学科研讨会，邀请不同学科师生共同讨论计算机与其他学科融合形成的新技术，加州理工学院则利用计算机应用课程，培养学生在不同学科领域的运用技术。另一方面，计算机课程设计上注重由浅入深，基础理论知识的学习集中在一年级，二三年级开设多门主题课程，为学生系统讲授计算机与其他学科融合的知识和技术，四年级高级课程则提供在跨学科研究中心学习的机会，通过参与相关跨学科研究项目，为以后的深造或职业选择奠定基础。

（三）注重跨学科学习和跨学科研究相结合，跨界联合构建实践教育体系

学习和科研相结合，素来是美国高校科技类人才培养的基本特征之一，在跨学科教育时代尤为突出。加州大学伯克利分校将跨学科研究融入学生的学习日常，设立了“跨学科学习计划”（Interdisciplinary Studies Field, ISF），鼓励学生完成通识教育课程后根据自己的兴趣、特长，在专业课程之外申请参与跨学科研究，每年有两次申请机会。斯坦福大学数学与计算科学中心的学生可根据学习兴趣联系一位导师，在导师的指导下完成3—15个单元的跨学科研究性学习，此外该中心还为学生提供暑期跨学科研究计划。跨学科学习和研究的有机结合，有助于学生在研究实践中夯实跨学科知识，形成跨学科思维方式和综合素养。在美国高校，“做中学”的实践教育对跨学科培养科技具有至关重要的作用，其贯彻落实则需要校内外跨界合作。从跨界形式上看，美国高校业已形成了跨校合作、社会合作、政府合作、跨国合作等多种类型。以普林斯顿大学为例，其跨校合作如与莱斯大学、霍普金斯大学等合作光子传感中心，与新泽西州立大学、新泽西理工学院合作智能城市建设跨学科研究项目；其社会合作如与埃克森美孚公司合作环境与能源的跨学科研究项目，与百时美施贵宝公司合作分子材料研究中心；其政府合作如与国家科学基金会合作建设材料研究科学与工程中心，与美国陆军合作网

络科学与应用中心；其跨国合作如与肯尼亚 Mpala 合建研究中心(MRC)，与德国西门子医疗公司合作神经科学研究所。美国高校的跨界实践培养体系，以跨学科研究中心（所、实验室）为载体，与学校、企业、政府等部门开展合作，打破学科壁垒，注重优势教育资源之间的融合贯通，共同打造形式多样的跨学科实践平台，为学生提供丰富多彩的跨学科实践资源。

（四）突破传统组织制度藩篱组建跨学科师资队伍

师资力量是影响跨学科人才培养质量的关键要素。传统以学科为基础形成的院系组织制度，不利于跨学科师资队伍建设，难以满足跨学科人才培养要求。为此，美国高校突破传统组织制度制约，采取集中聘任制、联合聘任制、独立聘任制、外来访问制等方式，组建跨学科师资队伍。

集中聘任制指学校统一选任教师，专门组建跨学科中心，教师隶属于该独立行政单位，专门负责跨学科研究与人才培养工作。联合聘任制指跨学科研究机构与相关院系共同聘请教师的方式，受聘教师同时属于两个或多个院系。普林斯顿大学、加州大学伯克利分校主要采取联合聘任制的师资组建模式。如普林斯顿大学信息技术政策研究中心，其对学生培养以计算机技术为主，大多数教师来自普林斯顿大学计算机系，而政策类相关课程的教师则来源于社会学系、伍德罗威尔逊公共管理学院等。加州大学伯克利分校的跨学科科研教育一体化项目在学校多个学院共同配合下完成，在师资队伍上也采取了联合聘任制，此外还从麻省理工学院、纽约市立大学等聘请教师。独立聘任制指跨学科研究机构作为单独的行政单位自主聘请教师，由该机构负责受聘教师的工作分配、管理、考核及酬劳等事务。外来访问制指在某些跨学科教育及研究项目实施过程中，可以聘请该领域的专家学者参与联合研究，这类教师无明确的聘任期限，一般以其所参与的研究项目的结束时间为限。

在实践中，高校往往同时采用多种聘任方式，广泛多样地构建跨学科师资队伍。例如，斯坦福大学材料与能源科学研究所，其教师既有与本校物理学系、化学系联合聘任的，也有独立聘任的长期从事材料能源跨学科研究的教授；加州理工学院的喷气推进实验室是与美国能源部合作的跨学科研究实验室，其部分教师从万豪国际公司、国家税务局、美国能源部聘请，大大增强了教师队伍的多元化。

（五）建立科学的跨学科人才培养质量管理制度

跨学科人才质量是跨学科教育活动成效的最终体现，关乎跨学科教育活动的成败，而科学的跨学科人才培养质量管理制度是其高质量的保障基础。普林斯顿大学明确指出，质量管理是跨学科教育的重中之重，需要有着明确的级别划分。跨学科人才培养往往涉及诸多部门和利益群体，严格的质量管理有助于增强教育认同，获得广泛支持。加州大学伯克利分校教务长保罗(Paul)认为管理考核很大程度上为学校的跨学科教育提供了保障。正因为如此，美国研究型大学十分注重跨学科人才培养质量管理建设。一方面，成立或指定专门管理部门负责跨学科人才培养的日常管理事务，如跨学科教育委员、跨学科教育办公室等。普林斯顿大学的跨学科中心(Interdisciplinary Centers)，加州大学伯克利分校的学生学术顾问委员会(Student Academic Advisor)，斯坦福大学的学术咨询会(Academic Advising)，这些部门具体负责跨学科教育日常管理。另一方面，出台详细的评价考核办法。美国高校跨学科人才培养考核主要包括两部分内容：课程学分和高级论文（或其他的高级学术成果）（见表1）。

表1 美国研究型大学本科跨学科专业考核内容一览表

	考核内容	
	课程学分要求	高级论文（或其他的高级学术成果）
普林斯顿大学	至少获得 124 学分	学生需要结合自身所学课程，选择某一跨学科研究领域，进行较深入的学术性探索，最终完成毕业答辩。
麻省理工学院	至少获得 180 学分	
斯坦福大学		
加州理工学院		
加州大学伯克利分校	至少修满本专业学位课总学分的 2/3	

学校会依据每位同学的表现评出 A+到 F 共计 11 个等级，最后两个等级 D、F 意味着学分未修满或考核未达标，需要按照培养方案重修。高级论文是对高年级学生的要求，需要学生在三年级后联系学生学术顾问会的教师或研究生导师，递交自己的学术研究计划书，由指导教师分析确定该研究计划的可行性，然后指导学生开展学术论文写作或研究设计，最后进行答辩。加

州大学伯克利分校要求其申请跨学科学士学位的学生至少完成 30 个单元的主题课程学习，课程成绩等级必须在 B-及以上，同时必须参加跨学科高级论文研讨班，提交高级论文并由教师分等级评判。麻省理工学院申请计算与认知科学跨学科学士学位的学生需要修满 180 学分，参加专业必修课考试、跨学科主题课程考试以及研讨会交流考试，毕业时应具备计算机跨学科的基本工作技能和研究素养。

三、对我国高校培养一流科技人才的启示

（一）高度重视科技人才的跨学科培养问题

当今世界科技竞争日益加剧，科技人才培养水平高低拉开了国家间综合实力的差距。同时，学科内部知识不断融合，人工智能、生物工程、量子计算等新兴学科领域涌现，利用跨学科培养科技人才是高校教育改革的必然趋势。《国家教育事业发展规划“十三五”规划》，提出要着力培养创新型、复合型人才，美国研究型大学在科技人才培养中，也特别强调打破固有学科领域的界限，形成体现多学科交叉融合特征的科技人才培养模式。因此，在科学技术领域，跨学科培养科技人才已经成为必然，而其成功开展无疑需要政府、高校和社会各界的高度重视且合力推动。

首先，国家在政策层面要予以引导和支持，出台专项文件和制度，自上而下推行跨学科人才培养理念，并借鉴美国国家科学基金会的做法，成立跨学科专项基金资助体系，搭建适合跨学科培养的研究平台等。其次，高校要结合自身特点做好跨学科培养科技人才的战略规划，使师生明确跨学科教育对科技人才培养的价值，并通过邀请专家学者开设跨学科相关论坛、研讨会及系列相关讲座，在校内形成浓厚的跨学科教育氛围，打造良好的文化环境。最后，社会的用人导向直接影响着高校人才培养的定位，用人单位在科技人才招聘中要摒弃传统用人理念，大胆吸纳和启用跨学科人才。同时，社会团体和组织也应积极参与到跨学科培养科技人才的活动中来，通过与高校合作设立跨学科教育实践平台，为高校跨学科教育提供资金支持。

（二）构建系统的跨学科课程体系

科学的跨学科课程设置是跨学科培养科技人才的重要基础。美国高校构建了完备的跨学科课程体系，为其跨学科培养科技人才提供了有力保障。相

形之下，我国高校不同学科之间没有在课程中实现真正的交叉融合，跨学科程度并不深入。课程实施囿于学科界限，教学设计刻板，教学方式方法单一，缺乏有效的跨学科教学评价方法。

我国要着力构建系统的跨学科课程体系。首先，进一步打破学科边界，围绕核心科技问题组织跨学科课程。麻省理工学院的跨学科课程就是围绕某一跨学科主题，将各个学科的知识有机组合成模块讲授。我国高校可以借鉴这一经验，基于问题组建多样化跨学科课程模块，强化科技发展的最新理论与技术，加强不同学科之间的深度交融。其次，课程体系设计上要注重由浅入深，一年级强调夯实基础理论知识，二三年级结合关键问题、核心技术开始各类主题课程，培养学生的跨学科思维，四年级则可以为学生提供更多机会参与跨学科研究课题、到跨学科研究中心实践等，鼓励本科生参与科学研究，获得体验式学习。最后，在课程实施过程中要着力培养学生的跨学科素养，增强学生从多学科角度思考问题的能力，激发学生对跨学科学习和研究的兴趣。同时要强化跨学科人才培养的质量意识，尊重跨学科人才培养的规律，基于跨学科领域的特性形成多维度、多层次的教學评价方法，建立科学完备的管理考核机制。

（三）加强跨学科师资队伍建设

跨学科师资队伍是跨学科培养科技人才培养的基础和保障。我国高校教师的工作关系往往严格隶属于某一学院、学科，不同学院、学科因为其知识特点和学生培养模式的不同，导致对教师的评价原则、考核原则难以统一，甚至存在互相冲突的情况，教师对除了所在院系以外的跨学科研究和教育缺乏内在动力，这无疑增加了我国跨学科师资队伍建设的难度。

我国高校可从以下两方面采取措施：一方面，学习美国高校做法，采用多种形式组建跨学科教师队伍。采用集中聘任形式，由学校将与跨学科教育相关的教师从原有院系中抽离出来，成立专门的跨学科中心、实验室或研究所，在学校层面突破学科障碍、组织壁垒。也可采用联合聘任、独立聘任的形式，支持学院之间开展跨学科合作，实现师资共享。还可以根据跨学科教育和研究的需要，采用外来访问制在更大范围内吸纳优秀人才。同时，针对不同的聘任形式，根据跨学科人才培养过程的特点，结合跨学科部门的工作

性质与职能要求，为跨学科教育教师制定相应的管理制度、考核标准，形成科学合理的教师评价机制。另一方面，要积极开展跨学科教师培训，激励更多教师加入到跨学科教育行列。跨学科教育作为一种新的教育模式，需要教师转变原有的学科专业教育观念和方法，掌握跨学科教育教学的新理念、新模式，通过相关教师教育培训，可以吸引更多的教师成为跨学科教育的支持者。斯坦福大学就为教师开设了跨领域专业化培训课程，帮助教师掌握跨学科培养学生的方法。我国也应该开展跨学科教师教育，提高不同学科教师间的合作水平，增强教师的跨学科教育素养。

（四）完善跨学科培养科技人才的管理机制

我国高校对科技人才培养的跨学科性重视不够，缺乏专门的跨学科人才培养的招生机制、评价机制、淘汰机制，缺乏涉及本硕博三个层次的完备跨学科人才培养机制，更缺少跨学科人才培养的跨界合作机制，高校与政府、企业、社会及国际组织的合作较少。我们需要完善跨学科培养科技人才的相关机制。首先，国家应该完善相关的顶层制度设计。完备的学科学位制度，将为跨学科人才培养提供重要的制度保障，美国联邦教育部在其学科专业目录中设置了专门的跨学科学位，对其跨学科科技人才培养起到了重要的政策支撑作用。我国应尽快完善学科专业目录，增设相关跨学科门类，设置跨学科学位或联合学位，以政策制度引导高校跨学科人才培养。其次，完善跨学科人才的教育机制。在课程设置、培养方案、学生管理等方面积极向美国高校学习，对跨学科人才开展多元化、针对性培养，制定专门考核制度，保障跨学科培养科技人才的质量。最后，高校要积极构建跨界合作机制。美国高校与政府、社会合作培养跨学科人才，更有利于整合跨学科教育资源，培养学生的跨学科素养。我国高校要主动与政府、企事业部门、技术研发机构及国际组织建立合作机制，为学生提供更多进行跨学科学习、研究和实践机会。

——《中国高校科技》2020年第11期

【新时代教师队伍建设：科学家精神】



习近平总书记关于科学家精神的重要论述

培育创新文化，弘扬科学家精神，涵养优良学风，营造创新氛围。

——2022年10月16日，习近平在中国共产党
第二十次全国代表大会上的报告

在中华民族伟大复兴的征程上，一代又一代科学家心系祖国和人民，不畏艰难，无私奉献，为科学技术进步、人民生活改善、中华民族发展作出了重大贡献。新时代更需要继承发扬以国家民族命运为己任的爱国主义精神，更需要继续发扬以爱国主义为底色的科学家精神。

——2021年5月28日，习近平在两院院士大会
中国科协第十次全国代表大会上的讲话

科学成就离不开精神支撑。科学家精神是科技工作者在长期科学实践中积累的宝贵精神财富。新中国成立以来，广大科技工作者在祖国大地上树立起一座座科技创新的丰碑，也铸就了独特的精神气质。

——2020年9月11日，习近平在科学家座谈会上的讲话

中共中央办公厅 国务院办公厅印发

《关于进一步弘扬科学家精神加强作风和学风建设的意见》

2019年6月11日，中共中央办公厅、国务院办公厅印发了《关于进一步弘扬科学家精神加强作风和学风建设的意见》，并发出通知，要求各地区各部门结合实际认真贯彻落实。

《关于进一步弘扬科学家精神加强作风和学风建设的意见》全文如下。

为激励和引导广大科技工作者追求真理、勇攀高峰，树立科技界广泛认可、共同遵循的价值理念，加快培育促进科技事业健康发展的强大精神动力，在全社会营造尊重科学、尊重人才的良好氛围，现提出如下意见。

一、总体要求

(一) 指导思想。以习近平新时代中国特色社会主义思想为指导，全面贯彻党的十九大和十九届二中、三中全会精神，以塑形铸魂科学家精神为抓手，切实加强作风和学风建设，积极营造良好科研生态和舆论氛围，引导广大科技工作者紧密团结在以习近平同志为核心的党中央周围，增强“四个意识”，坚定“四个自信”，做到“两个维护”，在践行社会主义核心价值观中走在前列，争做重大科研成果的创造者、建设科技强国的奉献者、崇高思想品格的践行者、良好社会风尚的引领者，为实现“两个一百年”奋斗目标、实现中华民族伟大复兴的中国梦作出更大贡献。

(二) 基本原则。坚持党的领导，提高政治站位，强化政治引领，把党的领导贯穿到科技工作全过程，筑牢科技界共同思想基础。坚持价值引领，把握主基调，唱响主旋律，弘扬家国情怀、担当作为、奉献精神，发挥示范带动作用。坚持改革创新，大胆突破不符合科技创新规律和人才成长规律的制度藩篱，营造良好学术生态，激发全社会创新创造活力。坚持久久为功，汇聚党政部门、群团组织、高校院所、企业和媒体等各方力量，推动作风和学风建设常态化、制度化，为科技工作者潜心科研、拼搏创新提供良好政策保障和舆论环境。

(三) 主要目标。力争1年内转变作风改进学风的各项治理措施得到全面实施，3年内取得作风学风实质性改观，科技创新生态不断优化，学术道德建设得到显著加强，新时代科学家精神得到大力弘扬，在全社会形成尊重知识、崇尚创

新、尊重人才、热爱科学、献身科学的浓厚氛围，为建设世界科技强国汇聚磅礴力量。

二、自觉践行、大力弘扬新时代科学家精神

（四）大力弘扬胸怀祖国、服务人民的爱国精神。继承和发扬老一代科学家艰苦奋斗、科学报国的优秀品质，弘扬“两弹一星”精神，坚持国家利益和人民利益至上，以支撑服务社会主义现代化强国建设为己任，着力攻克事关国家安全、经济发展、生态保护、民生改善的基础前沿难题和核心关键技术。

（五）大力弘扬勇攀高峰、敢为人先的创新精神。坚定敢为天下先的自信和勇气，面向世界科技前沿，面向国民经济主战场，面向国家重大战略需求，抢占科技竞争和未来发展制高点。敢于提出新理论、开辟新领域、探寻新路径，不畏挫折、敢于试错，在独创独有上下功夫，在解决受制于人的重大瓶颈问题上强化担当作为。

（六）大力弘扬追求真理、严谨治学的求实精神。把热爱科学、探求真理作为毕生追求，始终保持对科学的好奇心。坚持解放思想、独立思辨、理性质疑，大胆假设、认真求证，不迷信学术权威。坚持立德为先、诚信为本，在践行社会主义核心价值观、引领社会良好风尚中率先垂范。

（七）大力弘扬淡泊名利、潜心研究的奉献精神。静心笃志、心无旁骛、力戒浮躁，甘坐“冷板凳”，肯下“数十年磨一剑”的苦功夫。反对盲目追逐热点，不随意变换研究方向，坚决摒弃拜金主义。从事基础研究，要瞄准世界一流，敢于在世界舞台上与同行对话；从事应用研究，要突出解决实际问题，力争实现关键核心技术自主可控。

（八）大力弘扬集智攻关、团结协作的协同精神。强化跨界融合思维，倡导团队精神，建立协同攻关、跨界协作机制。坚持全球视野，加强国际合作，秉持互利共赢理念，为推动科技进步、构建人类命运共同体贡献中国智慧。

（九）大力弘扬甘为人梯、奖掖后学的育人精神。坚决破除论资排辈的陈旧观念，打破各种利益纽带和裙带关系，善于发现培养青年科技人才，敢于放手、支持其在重大科研任务中“挑大梁”，甘做致力提携后学的“铺路石”和领路人。

三、加强作风和学风建设，营造风清气正的科研环境

（十）崇尚学术民主。鼓励不同学术观点交流碰撞，倡导严肃认真的学术讨

论和评论，排除地位影响和利益干扰。开展学术批评要开诚布公，多提建设性意见，反对人身攻击。尊重他人学术话语权，反对门户偏见和“学阀”作风，不得利用行政职务或学术地位压制不同学术观点。鼓励年轻人大胆提出自己的学术观点，积极与学术权威交流对话。

（十一）坚守诚信底线。科研诚信是科技工作者的生命。高等学校、科研机构和企业等要把教育引导和制度约束结合起来，主动发现、严肃查处违背科研诚信要求的行为，并视情节追回责任人所获利益，按程序记入科研诚信严重失信行为数据库，实行“零容忍”，在晋升使用、表彰奖励、参与项目等方面“一票否决”。科研项目承担者要树立“红线”意识，严格履行科研合同义务，严禁违规将科研任务转包、分包他人，严禁随意降低目标任务和约定要求，严禁以项目实施周期外或不相关成果充抵交差。严守科研伦理规范，守住学术道德底线，按照对科研成果的创造性贡献大小据实署名和排序，反对无实质学术贡献者“挂名”，导师、科研项目负责人不得在成果署名、知识产权归属等方面侵占学生、团队成员的合法权益。对已发布的研究成果中确实存在错误和失误的，责任方要以适当方式予以公开和承认。不参加自己不熟悉领域的咨询评审活动，不在情况不掌握、内容不了解的意见建议上署名签字。压紧压实监督管理责任，有关主管部门和高等学校、科研机构、企业等单位要建立健全科研诚信审核、科研伦理审查等有关制度和信息公开、举报投诉、通报曝光等工作机制。对违反项目申报实施、经费使用、评审评价等规定，违背科研诚信、科研伦理要求的，要敢于揭短亮丑，不迁就、不包庇，严肃查处、公开曝光。

（十二）反对浮夸浮躁、投机取巧。深入科研一线，掌握一手资料，不人为夸大研究基础和学术价值，未经科学验证的现象和观点，不得向公众传播。论文等科研成果发表后1个月内，要将所涉及的实验记录、实验数据等原始数据资料交所在单位统一管理、留存备查。参与国家科技计划（专项、基金等）项目的科研人员要保证有足够时间投入研究工作，承担国家关键领域核心技术攻关任务的团队负责人要全时全职投入攻关任务。科研人员同期主持和主要参与的国家科技计划（专项、基金等）项目（课题）数原则上不得超过2项，高等学校、科研机构领导人员和企业负责人作为项目（课题）负责人同期主持的不得超过1项。每名未退休院士受聘的院士工作站不超过1个、退休院士不超过3个，院士在每个

工作站全职工作时间每年不少于3个月。国家人才计划入选者、重大科研项目负责人在聘期内或项目执行期内擅自变更工作单位，造成重大损失、恶劣影响的要按规定承担相应责任。兼职要与本人研究专业相关，杜绝无实质性工作内容的各种兼职和挂名。高等学校、科研机构和企业要加强对本单位科研人员的学术管理，对短期内发表多篇论文、取得多项专利等成果的，要开展实证核验，加强核实核查。科研人员公布突破性科技成果和重大科研进展应当经所在单位同意，推广转化科技成果不得故意夸大技术价值和经济社会效益，不得隐瞒技术风险，要经得起同行评、用户用、市场认。

（十三）反对科研领域“圈子”文化。要以“功成不必在我”的胸襟，打破相互封锁、彼此封闭的门户倾向，防止和反对科研领域的“圈子”文化，破除各种利益纽带和人身依附关系。抵制各种人情评审，在科技项目、奖励、人才计划和院士增选等各种评审活动中不得“打招呼”、“走关系”，不得投感情票、单位票、利益票，一经发现这类行为，立即取消参评、评审等资格。院士等高层次专家要带头打破壁垒，树立跨界融合思维，在科研实践中多做传帮带，善于发现、培养青年科研人员，在引领社会风气上发挥表率作用。要身体力行、言传身教，积极履行社会责任，主动走近大中小学生，传播爱国奉献的价值理念，开展科普活动，引领更多青少年投身科技事业。

四、加快转变政府职能，构建良好科研生态

（十四）深化科技管理体制机制改革。政府部门要抓战略、抓规划、抓政策、抓服务，树立宏观思维，倡导专业精神，减少对科研活动的微观管理和直接干预，切实把工作重点转到制定政策、创造环境、为科研人员和企业提供优质高效服务上。坚持刀刃向内，深化科研领域政府职能转变和“放管服”改革，建立信任为前提、诚信为底线的科研管理机制，赋予科技领军人才更大的技术路线决策权、经费支配权、资源调动权。优化项目形成和资源配置方式，根据不同科学研究活动的特点建立稳定支持、竞争申报、定向委托等资源配置方式，合理控制项目数量和规模，避免“打包”、“拼盘”、任务发散等问题。建立健全重大科研项目科学决策、民主决策机制，确定重大创新方向要围绕国家战略和重大需求，广泛征求科技界、产业界等意见。对涉及国家安全、重大公共利益或社会公众切身利益的，应充分开展前期论证评估。建立完善分层分级责任担当机制，政府部门要

敢于为科研人员的探索失败担当责任。

（十五）正确发挥评价引导作用。改革科技项目申报制度，优化科研项目评审管理机制，让最合适的单位和人员承担科研任务。实行科研机构中长期绩效评价制度，加大对优秀科技工作者和创新团队稳定支持力度，反对盲目追求机构和学科排名。大幅减少评比、评审、评奖，破除唯论文、唯职称、唯学历、唯奖项倾向，不得简单以头衔高低、项目多少、奖励层次等作为前置条件和评价依据，不得以单位名义包装申报项目、奖励、人才“帽子”等。优化整合人才计划，避免相同层次的人才计划对同一人员的重复支持，防止“帽子”满天飞。支持中西部地区稳定人才队伍，发达地区不得片面通过高薪酬高待遇竞价抢挖人才，特别是从中西部地区、东北地区挖人才。

（十六）大力减轻科研人员负担。加快国家科技管理信息系统建设，实现在线申报、信息共享。大力解决表格多、报销繁、牌子乱、“帽子”重复、检查频繁等突出问题。原则上1个年度内对1个项目的现场检查不超过1次。项目管理专业机构要强化合同管理，按照材料只报1次的要求，严格控制报送材料数量、种类、频次，对照合同从实从严开展项目成果考核验收。专业机构和项目专员严禁向评审专家施加倾向性影响，坚决抵制各种形式的“围猎”。高等学校、科研机构和企业等创新主体要切实履行法人主体责任，改进内部科研管理，减少繁文缛节，不层层加码。高等学校、科研机构领导人员和企业负责人在履行勤勉尽责义务、没有牟取非法利益前提下，免除追究其技术创新决策失误责任，对已履行勤勉尽责义务但因技术路线选择失误等导致难以完成预定目标的项目单位和科研人员予以减责或免责。

五、加强宣传，营造尊重人才、尊崇创新的舆论氛围

（十七）大力宣传科学家精神。高度重视“人民科学家”等功勋荣誉表彰奖励获得者的精神宣传，大力表彰科技界的民族英雄和国家脊梁。推动科学家精神进校园、进课堂、进头脑。系统采集、妥善保存科学家学术成长资料，深入挖掘所蕴含的学术思想、人生积累和精神财富。建设科学家博物馆，探索在国家 and 地方博物馆中增加反映科技进步的相关展项，依托科技馆、国家重点实验室、重大科技工程纪念馆（遗迹）等设施建设一批科学家精神教育基地。

（十八）创新宣传方式。建立科技界与文艺界定期座谈交流、调研采风机制，

引导支持文艺工作者运用影视剧、微视频、小说、诗歌、戏剧、漫画等多种艺术形式，讲好科技工作者科学报国故事。以“时代楷模”、“最美科技工作者”、“大国工匠”等宣传项目为抓手，积极选树、广泛宣传基层一线科技工作者和创新团队典型。支持有条件的高等学校和中学编排创作演出反映科学家精神的文艺作品，创新青少年思想政治教育手段。

（十九）加强宣传阵地建设。主流媒体要在黄金时段和版面设立专栏专题，打造科技精品栏目。加强科技宣传队伍建设，开展系统培训，切实提高相关从业人员的科学素养和业务能力。加强网络 and 新媒体宣传平台建设，创新宣传方式和手段，增强宣传效果、扩大传播范围。

六、保障措施

（二十）强化组织保障。各级党委和政府要切实加强对科技工作的领导，对科技工作者政治上关怀、工作上支持、生活上关心，把弘扬科学家精神、加强作风和学风建设作为践行社会主义核心价值观的重要工作摆上议事日程。各有关部门要转变职能，创新工作模式和方法，加强沟通、密切配合、齐抓共管，细化政策措施，推动落实落地，切实落实好党中央关于为基层减负的部署。科技类社会团体要制定完善本领域科研活动自律公约和职业道德准则，经常性开展职业道德和学风教育，发挥自律自净作用。各类新闻媒体要提高科学素养，宣传报道科研进展和科技成就要向相关机构和人员进行核实，听取专家意见，杜绝盲目夸大或者恶意贬低，反对“标题党”。对宣传报道不实、造成恶劣影响的，相关媒体、涉事单位及责任人员应及时澄清，有关部门应依规依法处理。

中央宣传部、科技部、中国科协、教育部、中国科学院、中国工程院等要会同有关方面分解工作任务，对落实情况加强跟踪督办和总结评估，确保各项举措落到实处。军队可根据本意见，结合实际建立健全相应工作机制。

——新华网

科学家精神内涵阐释

郭清

北京师范大学马克思主义学院

科学家精神作为中国共产党人精神谱系之一，凝聚着党和人民的创造性，代表着党以科学的态度和方法号召全体人民迎接挑战、面向未来的决心与信心。从基本内涵来看，科学家精神崇人文情怀，尚科学思维，体现了合规律性与合目的性的辩证统一。爱国、奉献、育人是思想认识层面的价值目标，注重以人文情怀引领社会发展，而创新、求实、协同是科学研究层面的价值准则，它们强调以科学思维解释客观世界，构成逻辑严谨的理论整体并统一于社会实践，形成了推动全社会奋发向上的强大精神力量。

一、思想认识层面：爱国、奉献、育人

爱国、奉献、育人代表科学家精神在思想认识层面的价值目标，内蕴新时代科学家秉持的情感寄托和品质修养，是广大科技工作者以人文情怀引领社会发展、参与社会实践的“出发点”。“科学绝不是一种自私自利的享乐，有幸能够致力于科学研究的人，首先应该拿自己的学识为人类服务”。中国共产党始终把人民利益和人的发展视为一切认识和实践活动的出发点和归宿，以人的发展作为科学研究的价值尺度，倡导科技工作者从主观能动性出发，以积极向上、美好崇高的价值言行发掘科技发展的积极作用。在党的领导下，许多中国科学家的一生是矢志报国、攻坚克难的一生，淡泊名利、担当奉献的一生，也是春风化雨、诲人不倦的一生。他们凭借“国为重、家为轻”的家国情怀和“择一事、终一生”的价值追求，将毕生精力倾注于祖国科技事业，以慧眼识才的伯乐之能和“传帮带”的育才之举发挥余热，不断为中国科教事业的发展作出重要贡献。

爱国作为历史性范畴，是中华民族在长期生存和发展中逐步形成的民族气节，浸润着世代中华儿女的心田，是凝心聚力的兴国强国之魂，也是科技工作者投身社会实践的政治前提和情感共识。“要有强烈的爱国情怀。这是对我国科技人员第一位的要求”。一方面，科研领域是科学家弘扬爱国主义的主战场。科学无国界，科学家有祖国。内在的信仰力量往往比外在的力量更能起到对行为主体的激励和约束作用。政治属性贯穿中国共产党科学技术思想发展演变全过程，在政治

与科学的辩证统一中，我国科技实践服务于每一个历史时期的特定政治目标，政治文化也引领着科技事业的发展方向。旗帜鲜明讲政治，保持政治与科学的良好互动，才能更好地让科学技术服务于国家建设和社会发展，让科学家承担科研工作、肩负历史重任，发挥自身积极性和创造性，将科学追求和一腔热血融入中国科技建设发展中。另一方面，增强对国家的认同感和归属感是科学家贡献社会、投身实践的必要条件。心中没有任何敬畏，行为就没有任何底线。爱国从来不是抽象的情感，更是一种义务与责任。科学家不仅是为国尽忠、为民尽职的典范，也是人类道德标准和价值导向的引领者。他们兼具科学思维和人文情怀，不仅以自身的学识推动着中国科技事业的蓬勃发展，也将科学技术服务于国家建设和人民需要，确保科技发展成果能够惠及国民、造福人类。质言之，科技工作者只有秉持深挚坚定的爱国情怀，具备正确的价值判断力和道德责任感，以报效祖国、服务人民为自觉追求，才能更好地发扬奉献、育人精神，在践行社会主义核心价值观中率先垂范。

奉献、育人展现的是科技工作者的崇高品格和责任担当。科学作为一项承前启后、不断创新、不断超越的伟业，不仅需要科研人员具备无私奉献的高尚品格，也需要科学家甘做“引路人”和“铺路石”，在薪火相传中推动科技事业拾级而上、登高望远。一方面，奉献、育人是正确处理个人利益与集体利益的生动体现。个人价值与社会价值深度融合、相互促进，要“把实现个人价值同党和国家前途命运紧紧联系在一起”。科学家精神是关于坚定信念、爱党爱国、服务人民的价值体系，是科学家自身价值与社会价值高度统一的体现。在中国科技发展史上，在个人兴趣与国家需要发生矛盾的时候，科学家们主动将“小我”融入“大我”，不断创造着更大的社会价值，以实际行动诠释着奉献社会、教书育人的真正意义。另一方面，奉献、育人是正确处理价值理性与工具理性的重要体现。科学技术本身具有两面性，不仅能为人类社会带来前所未有的福祉和便利，也容易造成许多具有挑战性的伦理道德问题，隐藏着“科技异化”的种种隐患。工具理性和价值理性作为人类理性的两个方面，二者相辅相成、融合共生。将科学技术置于工具理性和价值理性的平衡区间内，可以让科学技术与人类社会建立明确有序的发展、形成共进之道，从而实现科学技术的普遍性与特殊性、科学性与伦理性、真理性与价值性的统一。而中国科学家早已突破工具理性的局限，成长为具有强烈社会

责任感和使命感的群体，明确了科学技术为谁服务的问题。他们善于分析、正确抉择、稳重自持、坚定自励，能够自觉抵制不良诱惑和风气，以人文情怀参与实践，为国为民无私奉献，推动、确保党的科技事业向前发展、后继有人。

二、科学研究层面：创新、求实、协同

创新、求实、协同代表科学家精神在科学研究层面的价值准则，内蕴新时代科学家积淀的方法规范和工作态度，是广大科技工作者以科学思维解释世界、参与社会实践的着力点。科学是一种探索性的认识活动，旨在揭示客观事物的本来面目，总结规律性内容，以理性思维从事科学研究和创新发展。科技工作者除却自己的优秀才能和满腔热情，还要有开拓创新的勇气、敢为人先的锐气和科学务实、实事求是、团结合作的积极态度。这既是科学的本质特征，是科学家在勤勉治学中应当持有的专业素养，也是科技进步乃至社会发展、实践深化、历史前进的必然要求。一方面，创新、求实、协同是科学家实现与祖国建设同行、与社会发展共振的必要条件。科学研究既不是闭门造车的主观想象，也不是浅尝辄止的装点门面，而是需要从实践中来、到实践中去，在实践中发现问题、提出问题，在不断创新创造中攀登科技高峰。如新中国成立后，在西方学者所谓的中国贫油的猜测下，以李四光为代表的中国科技工作者跋山涉水在全国各地进行石油普查勘测，并通过我国独创的地质力学方法研究了地壳运动和油气聚集规律，解释了我国东部新华夏构造体系的三个沉降地带具有广阔的含油前景，不仅使我国成功开发出大庆、大港等油田，摘掉了“中国贫油”的帽子，也让中国自1963年起实现了石油自给。可见，中国科技发展离不开科学家创新、求实、协同的工作方法和科学态度。特别是在今天，在科学理性基础上不断加强科技创新与合作，既是中国科学家的使命责任，也是科学家精神的主旋律。另一方面，创新、求实、协同与优良的作风学风一脉相承，与爱国、奉献、育人的优秀品质相呼应。优良作风学风是做好科技工作的“生命线”。创新是引领发展的第一动力，求实目的在于追求真理、独立思辨，协同则是形成科学共同体的重要保障。科技创新、解决难题并非一朝一夕之功，需要科研力量的大力协同。协同创新既是科研领域攻坚克难的重要法宝，也是各领域解决问题的正确方法和推进科学发展的时代需求。同样，求实意味着要将仰望星空探求真理与脚踏实地创新探索相统一，怀揣淡泊名利、不计利益得失的奉献精神，在自己的科研领域深耕细作，不为物欲所惑、

不为权势所趋、不为利害所移，以谦虚严谨、坚持真理的治学态度、高尚的人格风范和优良的作风学风书写一生。此外，科学家是学问品行之师。育人的根本在于立德。唯有遵从严谨的治学态度，才能培养堪当民族复兴大任的时代新人和有能力、有担当的科技英才，才能在言传身教中引导学生树立强烈的历史责任感和使命感，这也是聚焦党的事业后继有人、选拔培养中国科技人才的根本保证。

——节选自《宁夏大学学报（人文社会科学版）》2023年第3期

科学家精神 为科技强国凝聚磅礴力量

罗方述

教育部高等学校科学研究发展中心 主任

科学成就离不开精神支撑。在向第二个百年奋斗目标进军的新征程上，深刻领会科学家精神的科学内涵，在全社会大力弘扬科学家精神，既能为广大科技工作者创造能干事、干成事、成大事的良好环境，也能引领爱科学、学科学、用科学的社会风尚，为实现中华民族伟大复兴的中国梦凝聚磅礴力量。

科学家精神的形成过程

在中国共产党百年伟大征程中，党始终高度重视科技事业发展与知识分子工作。一代又一代科技工作者经历了科学救国、科研报国、科教兴国、科技强国的非凡旅程，为促进科学技术进步、经济社会发展与人民生活改善作出了不可磨灭的贡献，在长期的科学实践中积累了宝贵的精神财富，铸就了独特的科学家精神。

科学救国思潮与科学家精神的萌芽。1840年鸦片战争以后，为求得民族独立和人民解放，志士仁人进行了艰难的探索，科学救国思潮随之兴起。中国共产党自诞生之日起，就把“为中国人民谋幸福，为中华民族谋复兴”写在自己的旗帜上，在环境异常艰苦与基础十分薄弱的情况下，自力更生发展科技事业。广大科技工作者遵循科学发展的基本原理，汲取中华优秀传统文化元素，形成了科技界独特的气质，孕育出了以爱国主义为主要内容的科学家精神。

科研报国理想与科学家精神的形成。新中国成立前夕，《中国人民政治协商会议共同纲领》指出：“努力发展自然科学，以服务于工业农业和国防的建设。奖励科学的发现和发明，普及科学知识。”新中国成立后，随着对农业、手工业和资本主义工商业的社会主义改造顺利完成，我国确立了社会主义制度，为科技事业的快速发展奠定了重要基础。1956年，毛泽东号召全党努力学习科学知识，为赶上世界科学先进水平而奋斗。全国从此掀起了“向现代科学进军”的热潮。广大科技工作者在一穷二白的基础上开辟了中国科技事业的崭新局面，大批留学海外的科学家冲破艰难险阻，以献身科学、报效祖国的实际行动铸就了科学家精神。

科教兴国战略与科学家精神的发展。改革开放使我国科学发展迎来了新的春天。邓小平提出了“科学技术是第一生产力”的科学论断，强调“中国必须发展自己的高科技，在世界高科技领域占有一席之地”。江泽民在党的十四大报告中提出，“经济建设必须依靠科技进步和劳动者素质的提高”。1995年5月，党中央、国务院提出实施科教兴国战略。胡锦涛多次强调，科学精神是科学技术的灵魂，必须坚持弘扬科学精神，他指出，“发展创新文化，培育全社会创新精神，是科技进步和创新最深厚、最持久的社会基础”，“历史表明，每一次科技革命的发生和发展都伴随着科学精神的发扬光大，科学精神又为科技进步和创新提供强大精神动力”。在深入贯彻落实科教兴国战略中，科技工作者为实现科技自立自强、国家兴盛富强勇毅前行，进一步丰富发展了科学家精神。

科技强国目标与科学家精神的升华。党的十八大以来，以习近平同志为核心的党中央坚持党对科技事业的全面领导，实施创新驱动发展战略，统筹规划科技创新工作，将创新摆在我国现代化建设全局的核心地位，不断完善科技创新体制机制。2016年5月30日，习近平总书记发出“为建设世界科技强国而奋斗”的号召，从2017年开始，每年5月30日成为“全国科技工作者日”。习近平总书记在不同场合反复强调，全社会都要关心、尊重知识分子，要求广大知识分子为建设世界科技强国作出更大贡献。2019年，中共中央办公厅、国务院办公厅联合印发《关于进一步弘扬科学家精神加强作风和学风建设的意见》，明确给予科学家精神六个方面的丰富内涵。2020年9月，习近平总书记在科学家座谈会上再次强调了科学家精神的内涵。2021年9月，习近平总书记在中央人才工作会议上强调，弘扬科学家精神是“做好人才工作的精神引领和思想保证”。正是在党中央的高度重视与统一领导下，广大科技工作者怀抱建设世界科技强国的使命感、责任感与紧迫感，取得了一大批世界领先的成果，进一步升华了科学家精神。

科学家精神的丰富内涵

科学家精神是几代科学家群体的成长与中国科技发展的实践同频共振的结晶，是中华优秀传统文化和改革开放时代精神的集中体现，是科学精神与人文精神的有机统一，蕴含了长期科学研究中积淀的科学规范，体现了科学家浓厚的家国情怀与强烈的社会责任感。

胸怀祖国、服务人民的爱国精神。科学无国界，但科学家有祖国。爱国主义

是科学家精神的鲜明底色。新中国第一代科学家大多在民族危难之际负笈海外，但始终心系祖国、情牵故土。在新中国成立前后，他们毅然放弃海外的高薪待遇，冲破各种艰难险阻，选择回国服务，以实际行动生动诠释了爱国、报国的拳拳之心。“我的事业在中国，我的成就在中国，我的归宿在中国”，是“中国航天之父”“中国导弹之父”钱学森毕生兑现的誓言。“中国近代力学之父”钱伟长说：“祖国和人民的忧就是我的忧，祖国和人民的乐就是我的乐。”“中国原子弹之父”钱三强表示：“祖国再穷，是自己的；而且正因她贫穷落后，更需要我们去努力改变她的面貌。”对他们来说，为祖国努力奋斗是崇高使命，也是神圣职责。

勇攀高峰、敢为人先的创新精神。科学无极限，创新无止境。创新是科学家精神的主旋律与最强音。只有崇尚创新精神，科学才能发展，社会才有活力，国家才有未来。老一代科学家在党的坚强领导下，成功书写了科技创新的绚丽华章。进入新时代，广大科技工作者在基础研究中发挥排头兵作用，在关键核心技术攻关中发挥主力军作用，在诸多领域实现了从跟跑、并跑到领跑的伟大跨越，促进中国科技总体实力从量的增长迈向质的跃迁。一批又一批世界领先的“国之重器”，彰显了重大科学成就喷薄而出的良好格局，书写了勇攀高峰、敢为人先的创新精神。

追求真理、严谨治学的求实精神。实事求是科学家精神的基础。追求真理、严谨治学要求一切从实际出发，严格遵循客观规律，讲实话、办实事，重实干、求实效，在纷繁复杂的外表下追求事物的本质。“中国地质学之父”李四光面对“中国贫油论”的叫嚣和中国石油工业落后的现状，矢志追求科学真理，创造性地运用地质力学对中国大地构造进行研究，得出新华夏构造体系三个沉降带有广阔油田地带的结论。随着多个陆上油田的开发及海底大型石油矿区的发现，中国彻底扔掉了“贫油国”的帽子。

淡泊名利、潜心研究的奉献精神。广大科技工作者“板凳甘坐十年冷”，以“数十年磨一剑”的超然毅力，皓首穷经钻研一个领域，密切追踪科技发展的前沿，在推动科技进步与谋求人民幸福的道路上奋力前行，创造出了许多石破天惊的科技成就。袁隆平从上个世纪60年代开始研究杂交水稻，几乎奉献了自己的一切，最终创建了超级杂交稻技术体系，为中国解决14亿多人口吃饭问题作出了突出贡献，成功实现“将饭碗掌握在中国人自己手里”。

集智攻关、团结协作的协同精神。协同是科学家精神的重要内容，也是我们能够接连创造科技奇迹的关键密码。从某种意义上来说，新中国成立以来的科技发展史，就是一部集智攻关、团结协作的历史。几乎所有的“国之重器”都是众多科研机构、高校与企业合作攻关的结果。“两弹一星”的研制就是一项规模庞大、技术复杂、综合性强的系统工程。据统计，仅参加第一颗原子弹研制工作的就有 26 个部委，20 个省、自治区、直辖市的 900 多家工厂、科研单位、大专院校。

甘为人梯、奖掖后学的育人精神。科技创新，贵在接力。科学家既是科技事业的开拓者，也是提携后学的领路人。新中国成立 70 多年来取得的科技成就，是一代又一代科学家薪火相传、接续奋斗的结果。江风益院士率领团队研发出“硅衬底高光效 GaN 基蓝色发光二极管”，开辟了国际 LED 照明技术第三条路线，实现了用中国创新照亮世界的“发光梦”。他在科研上对学生严要求、严把关，在生活上对学生关怀备至、爱护有加。

科学家精神的时代价值

没有挺得起腰的科学家精神，很难有站得住脚的科学成果。党的二十大报告再次强调弘扬科学家精神，我们要自觉践行、大力弘扬新时代科学家精神。

弘扬科学家精神，就要坚定“祖国和人民的利益高于一切”的信仰。胸怀祖国、服务人民是科学家精神的首要内容和鲜明标签。习近平总书记强调，具有强烈的爱国情怀，是对我国科技人员第一位的要求。在中华民族伟大复兴的征程上，一代又一代科学家心系祖国和人民，不畏艰难、无私奉献，为科学技术进步、人民生活改善、中华民族发展作出了重大贡献。

弘扬科学家精神，就要具有“敢为天下先，永远争第一”的胆识。创新要求不拘一格、不循常规、突破现状、冲破禁区。新中国成立以来，广大科技工作者在党的坚强领导下，坚持创新精神，突破了一大批“卡脖子”关键技术，充分发挥了科技创新的引领作用。新征程上，广大科技工作者要勇攀科学高峰，敢为人先、追求卓越，以国家战略需求为导向，集聚力量进行原创性引领性科技攻关，坚决打赢关键核心技术攻坚战。

弘扬科学家精神，就要坚持“科学以探究真理、发现新知为使命”的追求。习近平总书记要求广大院士“做坚守学术道德、严谨治学的表率”。探究真理、

发现新知，必须有追求真理之热情与激情，不迷信学术权威，不盲从既有观点，大胆假设、严密求证；必须有热爱科学之内在驱动力，坚持学术自律，守护学术良知；必须有崇尚学术之自觉，脚踏实地，下真功夫、细功夫、苦功夫，真正推动科学研究的发展。

弘扬科学家精神，就要坚守“苦干惊天动地事，甘做隐姓埋名人”的情怀。习近平总书记指出：“很多科学研究要着眼长远，不能急功近利，欲速则不达。”据统计，2018年度国家自然科学奖、国家技术发明奖、国家科学技术进步奖从立项到结项的研究时间平均为11.4年，从结项到提名国家奖的时间间隔为4.4年，其中近一成的项目经历了超过20年的攻关和积累。新中国成立70多年来，广大科技工作者主动肩负民族国家的重任，一心向学、静心笃志，推动了我国科技事业在短短几十年时间内实现了从无到有、从小到大、从弱到强的跨越式发展。

弘扬科学家精神，就要秉持“既要有工匠精神，又要有团结精神”的传统。当今时代，科技发展日新月异，学科之间深度交叉融合，集智攻关、团结协作才是赢得科技竞争的重要法宝。从某种意义上说，党领导下的百年科技发展史，其实就是科学家依靠集体智慧与团队力量赶超世界先进科技发展水平的历史。启航新征程，科学家也要依靠团结协作，创造一个又一个科技发展奇迹。

弘扬科学家精神，就要争做“甘为人梯、奖掖后学”的典范。科学事业是接力事业，只有薪火相传、后继有人，才能实现科学事业的可持续发展。广大科学家要肩负起培养青年科技人才的责任，甘为人梯、言传身教、慧眼识才，不断发现、培养、举荐人才。

——《中国教育报》2023年1月12日

以科学家精神培育时代新人

王翌

延安大学马克思主义学院

科学家精神是中国共产党人精神谱系的重要组成部分。习近平总书记指出，“新时代更需要继承发扬以国家民族命运为己任的爱国主义精神，更需要继续发扬以爱国主义为底色的科学家精神”。青年一代作为科技创新的重要群体，继承和发扬老一辈科学家的崇高精神，对肩负起实现中华民族伟大复兴的历史重任，推进全面建设社会主义现代化国家的历史征程具有重要意义。

深入学习领会科学家精神是前提。弘扬科学家精神，前提是要深刻领会科学家精神的丰富内涵。科学家精神是科技工作者在长期科学实践中积累的宝贵精神财富。当代青年身处科技大竞争的新时代，必须深入学习领会、大力弘扬科学家精神。第一，要学习科学家胸怀祖国、服务人民的爱国精神。科学无国界，但科学家有祖国。一代代科学家之所以能作出彪炳史册的重大贡献，就是因为他们始终心系国家需要，不断克难攻坚，推动了我国科技事业的发展。诚如程开甲院士所说：“我这辈子最大的幸福，就是自己所做的一切，都和祖国紧紧地联系在一起。”第二，要学习科学家勇攀高峰、敢为人先的创新精神。创新始终是一个民族进步的源泉，在现代化建设全局中居于核心地位。当今社会，科技竞争日益激烈，对青年一代自主创新的担当提出了更为迫切的要求。第三，要学习他们追求真理、严谨治学的求实精神。“善学者尽其理，善行者究其难。”说到底，科学研究贵在求真求实。广大青年人才要做到将论文写在祖国的大地上，必须学习科学家求真求实的精神品质。第四，要学习他们淡泊名利、潜心研究的奉献精神。“干惊天动地事，做隐姓埋名人”是习近平总书记对几代科学家群体的生动描摹，这样的品质值得新一代青年继承与弘扬。第五，更要学习科学家集智攻关、团结协作的精神。个人的力量是有限的，许多关键技术领域瓶颈的突破都离不开集体的智慧和团队的力量。“两弹一星”精神、载人航天精神等都是科学家群体精神的表征。因此，青年一代要积极融入集体，甘当科研工作中的一颗“螺丝钉”，潜心科研，久久为功。

发挥高校教师榜样示范作用是关键。科研育人是培育时代新人的重要路径。高校教师承担着培养我国高等人才的任务，是大学生习得科学家精神的主导者，是识才、育才、用才的导师，承担着培育时代新人的光荣使命。培育新时代青年的科学家精神，关键在教师。师之言传身教，生之耳濡目染。事实上，教师与学生科研互动的每一个环节都会发挥隐性的思想政治教育作用。苏霍姆林斯基说过，教师在帮助学生认识世界时，自己也作为周围世界的极重要成分而出现在别人的智慧和心灵面前。只有热爱科学的人出现在学生面前，才能唤起学生热爱科学的情感，这是教师与学生科研互动过程中情感“濡染”的必然过程，是班杜拉“观察学习理论”的科学依据，是大学生习得导师科研精神的必然过程。人们可以感受到，课堂的知识可能会被遗忘，但是教师们孜孜不倦致力科研的精神品质，却会成为自己一生科研工作的精神指引。教师教给学生的知识不是与教师个性相分离的东西，而是与学生的感觉体验融合在一起的。质言之，受教育者是教育者的一面镜子，具有科学家精神的高校教师对培育新时代的青年科学家具有重要的榜样示范意义。

激发青年人主体能动性是根本。全部社会生活本质上是实践的，这是马克思主义的鲜明观点。科学家精神是科学家潜心科研实践的精神表征。新时代的青年人是实现中华民族伟大复兴的生力军，是我国科学事业发展的未来。继承和弘扬伟大的科学家精神，需要青年人自觉投身社会实践，砥砺意志品质。科学家精神就是一代又一代科技工作者在不断的科研探索过程中体现出来的精神力量。以“两弹一星”精神为例，我国在远远落后于世界其他科技先进国家的背景下，在极其艰苦的社会条件下，创造了举世瞩目的“两弹一星”成就，生动地书写了科学家“胸怀祖国、勇攀高峰、敢为人先、潜心研究的无私奉献精神”。任何崇高精神、优秀品格的生成都离不开躬身实践，这是人的道德品格形成的基本规律。科学家精神的弘扬最终要以大学生形成较为稳定的科学家行为为目标。亚里士多德指出，我们是通过做勇敢的事情而成为勇敢的人。勇敢的品质源于勇敢的行为。黑格尔认为，真正的英雄绝不是沽名钓誉，而是始终如一的人格展现。科学家是崇高科学精神的人格载体。新时代的青年人才要做到勇于实践，用实际行动践行科学家精神，赓续其精神血脉。

优化科学创新体制机制是保障。体制机制是科学创新的保障。科学创新的体

制机制包括科技人才的管理、激励、评价等内容。良好的机制能够释放青年人才主体科技创新的活力和能动性，激发他们干事创业的热情。习近平总书记指出，我国科技人才制度方面存在“还不适应科技创新要求、不符合科技创新规律”的问题，激发青年一代科学创新的积极性，就要进一步优化改革我国科学领域的体制机制，破除阻碍科技人才潜心研究的体制机制障碍。新制度经济学理论认为，科学的制度安排能够优化资源配置，降低交易成本，激发人创造的活力与效率。反之，制度缺陷会造成内耗、形式主义等问题，不利于科技创新。2018年国务院印发了《关于全面加强基础科学研究的若干意见》（以下简称《意见》），对我国基础研究工作从布局建设、人才队伍、发展机制等方面做了系统的制度部署与改革安排，是优化科学领域体制机制的积极探索。《意见》在“把人的创造性活动从不合理的经费管理、人才评价等体制机制中解放出来”的激励措施方面，提出“进一步深化科研项目和经费管理改革”办法，完善“让经费为人的创造性活动服务”的体制机制；在改进基础研究评价方面，强调“建立完善符合基础研究特点和规律的评价机制”，是促进科技领域良性发展的针对性举措，为培育时代新人弘扬和践行科学家精神，进行科研攻关，提供了制度保障。

——《中国社会科学报》2023年3月30日

弘扬老一辈科学家精神

习近平总书记指出：科学成就离不开精神支撑。科学家精神是科技工作者在长期科学实践中积累的宝贵精神财富。新中国成立以来，广大科技工作者在祖国大地上树立起一座座科技创新的丰碑，也铸就了独特的精神气质。我国科技事业取得的历史性成就，是一代又一代矢志报国的科学家前赴后继、接续奋斗的结果。习近平总书记的重要讲话，为大力弘扬科学家精神、推进新时代科技创新、建设创新型国家和世界科技强国，进一步指明了前进方向、提供了根本遵循。老一辈科学家求真务实、报国为民、无私奉献的爱国情怀和高尚品格，是新时代广大科技工作者攻坚克难、勇攀高峰的强大动力源和精神营养剂。

胸怀祖国、服务人民的爱国精神

爱国精神是中国科学家精神之魂。1956年，空气动力学家钱学森在《写给郭永怀的两封信》中，对尚滞留美国的郭永怀发出了“快来、快来！”的呼唤，并认为“这里的工作，不论在目标、内容和条件方面都是世界先进水平。这里才是真正科学工作者的乐园！”提出“请兄多带几个人回来”的重托。20世纪80年代初，我国科技经历了“向科学技术进军”的发展后，迎来了“科学的春天”，钱学森在《写在〈郭永怀文集〉的后面》一文中，回忆了归国以来的经历，认为“郭永怀同志对发展我国核武器是有很大的贡献的”“由于郭永怀同志的这些贡献，我想人民是感谢他的。人民感谢郭永怀同志！作为我们国家的一个科学技术工作者，作为一个共产党员，活着的目的就是为人民服务，而人民的感谢就是一生中最好的评价！”科技发展关乎国家命运。科学没有国界，科学家有祖国。从“西学东渐”的迷思到“西学东源”的彷徨，从“徐图自强”的努力到“科学救国”的觉醒，从“科教兴国”的追赶到“科技强国”的信念，我国科技发展始终浸润着一代代科学家的心血和汗水，也体现着一代代科学家的智慧和精神。新时代科技工作者应把满足国家需求和人民需要作为科技工作的出发点，时刻从国家需要、国家发展的角度审视自身研究的意义和价值，想国家之所想、急国家之所急，通过发展科技夯实党执政兴国的物质和技术基础，为实现“两个一百年”奋斗目标提供坚强科技支撑。

勇攀高峰、敢为人先的创新精神

创新精神是中国科学家精神之要。半导体物理学家黄昆在《关键要敢于和善于创新》一文中说：“回顾半个多世纪的科研经历，我深深体会到：科学研究贵在创新，要做到‘三个善于’，即善于发现和提出问题，善于提出模型或方法去解决问题，善于作出最重要、最有意义的结论。其中最关键的是善于抓住机遇，发现和提出问题。”发现和提出问题，一方面要从学科内部不同观点的冲突和矛盾中寻找突破，另一方面要从生产需求和技术配套的链条中寻找线索，黄昆院士的“三个善于”是创新之道的高度凝练。创新是引领发展的第一动力，是科技进步的本质要求。开创领域的工作是最重要的创新，是“创新的创新”。这就要加强对关系根本和全局的科学问题的研究部署，遵循基础研究和工程技术不同的发展规律和路径。科学家和科技工作者敢于提出新理论、开辟新领域、探寻新路径，在研究对象和方法上努力做到“非对称”，在独创独有上下功夫，推动我国科技发展实现从“追随者”“复制者”向“原创者”“引领者”的根本性转变。

追求真理、严谨治学的求实精神

求实精神是中国科学家精神之本。早在1916年，时任中国科学社社长任鸿隽发表在《科学》杂志的《科学精神论》一文开宗明义，“科学精神者何？求真理是已”。任鸿隽还总结了科学精神的5个特征：崇实、贵确、察微、慎断、存疑。他说：如果再加上不怕困难、不为利诱等品德，就更完备了。他认为当时的中国学界有四大弊病：材料偏而不全，研究虚而不实，方法疏而不精，结论乱而不秩。任鸿隽的这些判断，在百余年后的今天依然振聋发聩。“龙芯”首席科学家胡伟武在《创新文化就是求实文化》中说：“创新的目的是什么？自主创新的根本任务是促进经济社会发展，科研的目的归根到底是为国家经济社会发展服务。”求真务实是科技工作者的精神底色。在新时代发扬求实精神，就要坚持创新为民的科技价值观，把热爱科学、探求真理作为毕生追求，坚持解放思想、独立思辨、理性质疑，大胆假设、认真求证，坚持立德为先、诚信为本，坚守科研诚信的底线，让成果落地生根，把论文写在祖国大地上，在加快关键核心技术攻坚中勇于担当。

淡泊名利、潜心研究的奉献精神

奉献精神是中国科学家精神之基。核物理学家邓稼先和诺贝尔物理学奖获得者杨振宁两人是“50年的友谊，亲如兄弟”，杨振宁在《没有任何外国人参加

——追忆两弹元勋邓稼先》一文中写到：在 20 世纪人类历史上，“中国人站起来了”可能是最重要、影响最深远的巨大转变。对这一巨大转变作出了巨大贡献的有一位长期以来鲜为人知的科学家：邓稼先。他认为，邓稼先是一个最不引人注目的人物。在我所认识的知识分子当中，包括中国人和外国人，他是最有中国农民的朴实气质的人。我想邓稼先的气质和品格是他所以能成功地领导许许多多各阶层工作者为中华民族作了历史性贡献的原因：人们知道他没有私心，人们绝对相信他。邓稼先逝世以后，在杨振宁写给他夫人许鹿希的电报中写到：稼先为人忠诚纯正，是我最敬爱的挚友。他的无私的精神与巨大的贡献是你的也是我的永恒的骄傲。科技创新是具有高度“正外部性”的活动，每一项重要成果诞生后，在丰富原有理论体系、提升技术配套能力、生产效益和国家整体实力的同时，必然促进社会整体福利的提升。与此同时，作为创新主体的科学家，在这一过程中收获的“名利”必然是有限的。当前的形势，急需科学家静心笃志、心无旁骛、力戒浮躁，甘坐“冷板凳”，肯下“数十年磨一剑”的苦功夫，能够“沉住气”“静下来”“钻进去”，瞄准世界一流，解决实际问题，力争实现关键核心技术自主可控，把创新主动权、发展主动权牢牢掌握在自己手中。

集智攻关、团结协作的协同精神

协同精神是中国科学家精神之根。树高叶茂，系于根深。这是我国早期的科技工作者主动与工业界加强协同创新的真情流露。新中国成立初期，气象学家竺可桢在《中国科学的新方向》一文中说：“为谋达到给人民谋福利起见，我们新中国发展科学的道路将朝那方向走呢？第一我们必得使理论与实际配合，使科学能为工农大众服务。第二我仍必须群策群力用集体的力量来解决眼前最迫切而最重大的问题。第三大量培植科学人才以预备建设未来的新中国。”竺可桢这里所述的“中国科学的新方向”，事实上就是通过发展科学技术促进国家建设，这是“向科学技术进军”的历史先声。不同创新主体之间的协同合作，是科技创新行稳致远的必然要求，是建设国家创新生态系统的必由之路。发扬协同精神、促进协同创新，要优化创新体系的顶层设计和统筹协调，避免简单的大拼盘、“拉郎配”；要推进不同创新主体之间的优势互补，打造“长板”，弥补“短板”，强化跨界融合思维，倡导团队精神，坚持全球视野，加强国际合作，打破“孤岛效应”，避免“谷仓式”“烟囱式”科研组织模式；要建立协同攻关、跨界协作机

制，创造条件使不同创新主体之间发生“物理碰撞”和“化学反应”，促进学科交叉融合。

甘为人梯、奖掖后学的育人精神

育人精神是中国科学家精神之源。数学家华罗庚曾说：“人有两个肩膀，我要让双肩都发挥作用。一肩挑起‘送货上门’的担子，把科学知识和科学方法送到工农群众中去；一肩当做‘人梯’，让年轻一代搭着我的肩膀攀登科学的更上一层山峰，然后让青年们放下绳子，拉我上去再做人梯。”这是他作为优秀教育家的真实写照。数学家苏步青倡导并实现了“培养学生超过自己”的目标，被称为“苏步青效应”。汉字激光照排系统创始人王选说：“希望我国能出现一大批‘苏步青效应’”。科技创新是一代又一代人的接力赛，科学后备人才的培养是科技事业持续发展的基础。对年轻人的关心和栽培，是每一代科学家肩负的重要使命。家有“家风”，校有“校风”，同一师门中也有“门风”。在科学界，一代又一代科学家之间传递的不仅有知识、方法，更有精神和“门风”。这就要求科学家以欣赏、宽容和发展的眼光看待年轻人，多做点拨、助力和引导，善于发现培养青年科技人才，敢于放手、支持其在重大科研任务中“挑大梁”，甘做致力提携后学的“铺路石”和领路人。

老一代科学家心系祖国、艰苦奋斗、精诚报国的优秀品质，坚持国家利益和人民利益至上的情怀，以支撑服务社会主义现代化强国建设为己任的自觉，着力攻克基础前沿难题和核心关键技术的行动，带给我们攻坚克难的无穷精神力量。

——《学习时报》2020年9月16日

心有大我 至诚报国

——科学家精神述评

“两弹一星”到载人航天，从“天眼”问天到万米深潜……一项项举世瞩目的科技成就，不断书写中华民族发展恢弘史诗的新篇章。

一部科学史，就是一部科学家的精神史。从钱学森、邓稼先、黄旭华到黄大年、南仁东、刘永坦，我国不同时期、不同领域的科技工作者有着共同的精神内核——胸怀祖国、矢志创新。

2020年9月11日，习近平总书记主持召开科学家座谈会并发表重要讲话，指出“科学家精神是科技工作者在长期科学实践中积累的宝贵精神财富”，强调大力弘扬科学家精神。习近平总书记的重要讲话极大鼓舞和激励了广大科学家和科技工作者不断攀登科学高峰，为实现中华民族伟大复兴作出新的更大贡献。

矢志报国为民

“当祖国需要我一次把血流光，我就一次流光；当祖国需要我一滴一滴流血的时候，我就一滴一滴地流！”

这是共和国第一代核潜艇总设计师黄旭华的铿锵誓言，更是他矢志报国的人生写照。

远离家乡、荒岛求索，隐姓埋名三十载；在一穷二白中“头拱地、脚朝天，也要把核潜艇搞出来”……在这位“共和国勋章”、国家最高科技奖获得者心中，最大的骄傲是我国第一艘核潜艇下水，“是我们自己干出来的”。

“怕家国难安！怕人民受苦！怕受制于人！”为了锻造海防线上决胜千里之外的“火眼金睛”，科学家刘永坦一生专注于国之重器——新体制雷达的研究，带领团队在荒芜的海岸线上奋战多年，终于使我国新体制雷达实验系统首次实现目标探测。

为中华之崛起，为民族之复兴——这是我国一代代科学家的自我期许、使命担当。

大学毕业时，年轻的黄大年在同学的毕业纪念册上郑重写下“振兴中华，乃我辈之责”。归国后，这位战略科学家像陀螺一样不知疲倦地旋转，带领团队突破国外高精度探测装备技术封锁，推动中国真正进入“深地时代”。自己的生命

却定格在 58 岁。

“报国为民”，是我国科技工作者不变的奋斗底色。

“太行山上的新愚公”李保国 35 年如一日扎根太行山、以创新成果助力广大农民致富；“糖丸爷爷”顾方舟一生致力研究脊髓灰质炎防控、守护几代国人健康成长；植物学家钟扬长期致力于生物多样性研究和保护，16 年跋涉于青藏高原，采集了数千万颗种子……他们以实现国家富强、民族振兴、人民幸福为己任，把热血、汗水挥洒在祖国大地上。

2021 年 5 月 28 日，习近平总书记在两院院士大会、中国科协第十次全国代表大会上强调：“在中华民族伟大复兴的征程上，一代又一代科学家心系祖国和人民，不畏艰难，无私奉献，为科学技术进步、人民生活改善、中华民族发展作出了重大贡献。新时代更需要继承发扬以国家民族命运为己任的爱国主义精神，更需要继续发扬以爱国主义为底色的科学家精神。”

敢于创新创造

标志性的八字胡、一双锐利的眼睛……原“中国天眼”首席科学家兼总工程师南仁东的塑像，静静伫立在贵州大窝凼，守护着他燃尽一生铸就的“天眼”。

20 世纪 90 年代初，南仁东提出 500 米口径球面射电望远镜（FAST）工程设想。当时中国最大的射电望远镜口径不到 30 米。

力排众议，亲历选址、论证、立项、建设和攻克一系列技术难题……南仁东把人生的最后 20 多年奉献给了“中国天眼”。

这一具有我国自主知识产权的重大科研基础设施自落成以来，已发现近 400 颗脉冲星，是同期国际上其他望远镜发现脉冲星总数的 2 倍多。

凭着勇攀高峰的创新精神、敢为人先的自信勇毅，广大科技工作者敢于提出新理论、开辟新领域、探索新路径，在独创独有上下功夫，突破“卡脖子”瓶颈，涌现出一批批高水平的原创成果。

中国电科国基北方第三代半导体技术团队，肩负着我国载人航天、北斗导航、5G 通信等重大工程核心芯片自主保障的使命。

科技成果从实验室到产业化，中间横亘着大量的工程难题。早期实验中一个微不足道的小波动，在产业化阶段都会呈几何倍数放大。团队不舍昼夜、联合攻关，建成了先进的化合物半导体工艺线，每年为各类重大装备提供几百万只核心

芯片，有力支撑了装备现代化。

从“嫦娥五号”探月、“天问一号”落火，到快速研制新冠病毒检测试剂和高水平疫苗；从成功下线时速 600 公里高速磁浮交通系统，到突破二氧化碳人工合成淀粉技术……中国科技工作者不断以创新成果“惊艳”世界。

接力精神火炬

2021 年年 5 月，“杂交水稻之父”袁隆平与世长辞。

禾下乘凉梦，一梦逐一生。去世前两个月，年过九旬的他还在海南三亚南繁基地开展科研；病危之际，他最挂念的仍是稻子长势。

传精神火炬，自有后来人。

目前，我国众多科研人员从事杂交稻研究，仅国家水稻产业技术体系里的科学家就有 100 多位，创制了一大批育种材料，育成了一大批产量高、品质好、抗性强的新品种。

值得欣慰的是，一代年轻科技工作者登台接棒，用追求真理、严谨治学，淡泊名利、潜心研究，集智攻关、团结协作的精神品格，奏响科学报国的时代乐章——

中科院古脊椎动物与古人类研究所“80 后”研究员付巧妹甘坐“冷板凳”，致力于开发创新古基因组实验技术，探索人类群体的起源与演化；“改革先锋”叶聪先后担任“蛟龙”号主任设计师和首席潜航员、“深海勇士”号副总设计师、“奋斗者”号总设计师，深度参与并见证了我国载人深潜的每一次跨越……

全社会研发经费投入逐年增长，推行“揭榜挂帅”“赛马制”“包干制”……一系列改革蓝图徐徐展开，为扎根学术、潜心科研的科技工作者保驾护航。

“坚持面向世界科技前沿、面向经济主战场、面向国家重大需求、面向人民生命健康，不断向科学技术广度和深度进军。”习近平总书记这样勉励广大科学家和科技工作者。

科学充满未知，探索永无止境。在科学家精神指引下，我国科技工作者有信心、有意志、有能力肩负起历史重任，以更加昂扬的精神状态和奋斗姿态，投身建设世界科技强国，书写更多创新故事。

——新华网