

西安交通大学学科交叉融合创新 体系改革研究探索

前沿院

随着以人工智能、大数据、物联网等为特征的第四次工业革命的到来,未来社会对人才的需求发生了巨大变化。以人工智能、航空航天、光电芯片、生物技术、信息技术、新材料、新能源、智能制造等为代表的新兴技术和产业领域具有高度的学科交叉融合特征,需要大量具有跨学科知识背景的复合型人才支撑。习近平总书记在中央政治局第三次集体学习时指出:“要优化基础学科建设布局,支持重点学科、新兴学科、冷门学科和薄弱学科发展,推动学科交叉融合和跨学科研究,构筑全面均衡发展的高质量学科体系。”这一重要论述为新时代推动学科交叉融合和跨学科研究指明了方向。

学科日益呈现出深度分化的趋势,传统意义上的学科之间的边界越来越模糊、淡化,多学科交叉所形成的综合性、

系统性、渗透性知识可以有效解决人类面临的新问题、新挑战,成为取得原创性重大成果的重要途径。多学科交叉融合不仅能深度激发学科发展活力,更能高效加快学科知识体系的更迭和学科的与时俱进。推进学科深度交叉融合,既是培养符合经济社会发展所需复合型人才的重要途径,也是以学科建设推动解决国家、社会发展命题的重要举措。

一、学科交叉现状

(一)国家高度重视学科交叉建设

交叉学科研究与交叉学科建设兴起的背后,除了学科演进自身的原因,还有一系列国家相关政策的强力支撑。《国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006—2020年)》强调:“加强基础科学和前沿技术研究,特别是交叉学科的研究”。2006年,教育部《关于加强国家重

点学科建设的意见》中也指出,要“促进学科交叉、融合和新兴学科的生长”。学科交叉融合已成为高校发展的重点。2009年,国务院学位委员会、教育部发布《学位授予和人才培养学科目录设置与管理办法》,改革了二级学科设置办法,逐渐出现诸多参照二级学科管理的交叉学科。2017年,《统筹推进世界一流大学和一流学科建设实施办法(暂行)》明确提出要“突出学科交叉融合和协同创新”,鼓励发展新兴学科、交叉学科。2018年,教育部、财政部和国家发展改革委联合发布的《关于高等学校加快“双一流”建设的指导意见》进一步提出,要优化学科布局,打破传统学科之间的壁垒,整合相关传统学科资源,促进基础学科、应用学科交叉融合,在前沿和交叉学科领域培植新的学科生长点,通过学科组织模式创新,加强学科协同交叉融合。2020年召开的全国研究生教育会议,决定新增“交叉学科”作为我国的第14个学科门类;此后,国家自然科学基金委正式成立第九大学部即交叉科学部,以改革完善项目资助机制,为学科交叉融合和交叉学科的创新发展提供良好的支撑。2021年,国务院学位委员会印发《交叉学科设置与管理办法(试行)》,首次对交叉学科的内涵进行了界定,明确了交叉学科的设置条件、培养要求和调整退出机制等,进一步规范交叉学科管理,完善中国特色学科专业体系。2022年,教育部、财政部和国家发展改革委出台《关于深入推进世界一流大学和一流学科建设的若干意见》提出创新交叉融合机制,打破学

科专业壁垒,促进学科交叉融合。

(二)其他高校学科交叉探索情况

随着“双一流”建设的深入推进与配套支持政策体系的逐步构建,我国高等院校及科研院所等学科建设主体对学科交叉融合和交叉学科建设进行了广泛探索,积累了丰富的理论研究成果和宝贵的实践经验。21世纪初,北京大学、清华大学、上海交通大学、复旦大学、中国科学院等都成立了学科交叉研究中心,为开展学科交叉研究提供了广阔平台。如2002年,中国科学院成立上海交叉学科研究中心,主要围绕生命科学多学科交叉的前瞻性和战略性理论开展研究,涉及的学科主要包括生命科学、数学、物理、化学、信息科学等。2006年,北京大学成立前沿交叉学科研究院,涉及的学科主要包括数学、化学、生物等,由研究院牵头,教育部批准北京大学先后在前沿交叉学科研究院自主设立了“数据科学”“纳米科技”和“整合生命科学”三个全新的交叉二级学科。2007年,上海交通大学成立了Med-X研究院,主要涉及生物医学工程、生物学、影像医学、核医学、材料科学与工程四个学科,通过学科交叉研究解决了多个重大医学工程问题,并形成了国内自主知识产权。2015年,上海交通大学成立材料基因组联合研究中心,材料、物理、电信、化工、数学等9个学科通过学科交叉研究,突破技术瓶颈实现了高通量的结构和成分表征,率先在国内构建了Materials Project Asia Hub高通量计算平台,并原创自主地建立了软物质的高通量计算及机器学习平台。

(三) 我校学科交叉探索情况

1. 建设“学术特区”

西安交通大学是国内较早探索多学科交叉背景下科研组织模式、人才培养模式、人才评价模式改革的高校之一，在学科交叉方面积累了宝贵的经验。2010年学校启动实体化学科交叉研究特区——前沿科学技术研究院(以下简称“前沿院”)建设，是学校投资筹建的首个“学术特区”。前沿院现有4个学科交叉研究中心，涵盖物理学、化学、化学工程与技术、材料科学与工程、生物医学工程、生物学等一级学科。打造形成面向化学、材料、计算、生物、物理、工程等领域的多学科交叉科研平台，建立了完备的校级、院级大型设备共享管理制度，并与国家级科研基地和分析测试中心、微纳制造中心、医学研究中心等校级平台合作，形成了全面满足跨学科交叉学科研究的实验平台。

通过实施独立PI制、扁平化科研管理模式，探索“小同行评价”与长周期考核，短时间内集聚了一批海外优秀青年人才。前沿院实行与国际接轨的独立PI制，学校出台专门文件赋予学院完全的管理自主权，在人才遴选、学生培养、教学科研、经费使用、成果发表、业绩考核等方面，均按照国际水准和规则设计运行，建立了特殊政策。学院实行终身轨道制的人事体制和扁平化管理模式，引入合作与竞争机制，使不同学科、不同研究方向深度交叉融合。学院率先开展“小同行评价”与长周期考核，推动学校探索建立人才发展的新体制、新模式，优化和改善学术生态环境。通

过灵活的体制机制，前沿院汇聚了来自美国、英国、加拿大、瑞典、日本、新加坡等多个国家涉及物理、化学、材料、生命医学、电气、能动不同学科背景的优秀青年人才。学院现有高层次人才33人，占学院教师总数超70%。

聚焦学科交叉，探索跨学科复合型人才培养模式，培养出一批交叉学科前沿研究的生力军。前沿院坚持把落实立德树人作为根本任务，聚焦学科交叉，着力培养具有家国情怀和国际视野的跨学科复合型人才。充分发挥导师队伍国际化的优势，积极探索多学科交叉的创新人才培养模式，成效显著。来自机械、电气、能动、材料、生物、化学、物理、生命医学等不同学科背景的学生经过前沿院学科交叉模式的培养，独立创新能力强、国际视野开阔，已成为交叉学科前沿研究的重要后备力量。多位研究生在校期间以第一作者在《Nature》《Science》上发表重要论文，已成长为可再生能源高效利用、智能材料等前沿研究领域的佼佼者；在跨学科复合型人才培养模式引领下，学生自主创新能力显著提升，研发的断层光谱分析仪等重要仪器设备，填补了国内相关领域的空白，已进入产业化阶段。

强化基础交叉研究，在国际顶级期刊发表2000余篇高影响力论文，形成40余项共性关键技术，多项成果获产业基金资助，基础研究成果转化周期明显缩短。学院教师主持国家973项目、国家重点研发项目、国家自然科学基金重点项目等一批重点、重大项目，在包括《Nature》《Science》等国际顶级期刊

发表高影响力论文 2000 余篇,在交叉领域形成 40 余项共性关键技术,创立随机统计的铁电极化翻转国际三大理论之一,发现铁性智能材料新物理效应,高性能金属催化剂研究取得系列重大突破,宽温域超弹性应变玻璃钛镍基合金成功应用于探月工程。绿色氢能技术、柔性传感技术、热电能源材料技术、高性能生物材料技术、计算材料技术等智能材料、信息材料、医药科技、新能源领域的多项共性技术成果获得产业基金资助,学科交叉基础研究成果的转化周期明显缩短。

前沿院以引领基础研究、培养一流人才、服务国家战略为己任,通过体制机制改革,不断创新科研组织模式、人才培养模式和人才评价模式,强化多学科交叉基础研究,培养和汇聚高水平创新人才,充分发挥学科交叉融合“催化剂”的作用,倾力打造新形势下基础研究的新高地。历经 13 年的体制机制创新,学院已初步建成具有鲜明学科交叉特色的科学研究和人才培养特区,构建了学科交叉、产教融合组织体系。

2. 政策制度探索

2015 年,学校出台《西安交通大学“科学家工作室”暂行办法》(西交人〔2015〕35 号),给跨学科领域的优秀人才提供更广阔的天地,鼓励其自主管理、自由探索,实现多学科融合。2018 年,学校出台《西安交通大学推进学科交叉的实施办法》(西交学科〔2018〕11 号),推动校内跨单位的学术合作与协同创新,提高人才培养质量,构建开放式的一流学科体系,在“双一流”建设经

费中设立“新兴交叉学科建设专项”,支持具有重大发展前景的跨学科平台或学科交叉方向建设,为培育新的优势学科、抢占新兴学科制高点奠定基础。2019 年,出台《西安交通大学新兴学科培育与学科交叉项目管理办法》(西交学科〔2019〕3 号),强化学科间交叉融合,优化学科布局,促进基础学科、应用学科交叉融合,在前沿和交叉学科领域培植新的学科生长点。2021 年,出台《鼓励学科交叉进行多学科成果认定的举措(试行)》(西交学科〔2021〕6 号),实行多学科合作成果认定,承认团队其他完成人的学术贡献,以促进学科交叉、团队合作,促进产出大成果。以上文件的出台为我校学科交叉提供了政策支持。

二、学科交叉融合发展过程中存在的问题

在发展学科交叉融合发展过程中,学校主动出击、积极探索,已经积累了一些宝贵经验,但仍存在运行管理机制不完善、考核评价机制不健全、支持经费投入不足、仪器设备共享不足、资源分配机制待完善、学科交叉带头人缺乏、科研人员交叉融合意识不够等制约因素,制约着学科交叉研究的快速发展。

(一)与学科交叉相适应的组织管理模式有待健全

无论是学科交叉组织及平台的正常运转,还是科学推进学科交叉融合发展创新,都需要建立健全学科交叉融合发展相应的组织制度,创新交叉学科研究组织形式,从而为学科交叉融合发展提供有效的组织保障。当前,科研管理

模式一般为“单向型”“纵向型”管理模式,其适用于管理同类学科、单一学科的科学研究,与学科交叉融合发展相适应的科研组织管理模式仍然有一定欠缺。

(二)与学科交叉相适应的学术制度建设有待加强

交叉学科融合发展研究区别于传统的单一学科或同类学科研究模式,是一种系统化的知识生产模式,具有跨学科、系统性等鲜明特征。必须多方位多举措不断深化学科交叉融合发展的体制机制改革,进一步建设学科交叉融合发展的学术制度。当前,学科交叉融合发展成果归属认定机制缺失等问题较为突出,科研成果归属认定机制一般只认定“第一单位”“第一作者”,这样的认定方式阻碍了学科交叉融合发展。

(三)与学科交叉相适应的评价体系有待完善

构建符合人才成长规律的、与学科交叉发展相适应的评价标准、体系、方法,是学科交叉研究的人才培养的重要保障。学科交叉融合发展需要不同学科经过多领域、长周期的协同创新,实现科学发展的远期目标。不断推动学科交叉研究创新发展,必须构建符合基础研究规律的评价方法体系,科学评价学科交叉研究的成果、制度以有效监管学科交叉融合创新发展工作。

(四)学科交叉人才培养与引进有待加强

人才是推进学科交叉融合创新发展的第一资源和第一动力。长期以来,

不同学科方向的科研人员受各院系的单向管理,跨学科科研人员联合培养管理机制欠缺,使得学科交叉融合创新发展形成人事管理壁垒,不利于跨学科发展思维与视野的形成。亟需建立健全形式多样、科学规范的学科交叉研究人事管理机制,不断健全交叉学科体系,促进学科交叉人才培养与科技创新统一发展,着力培养能做好学科交叉研究工作的综合性人才,为学科交叉发展提供人才基础。

(五)复合型人才培养模式亟待建立

当前,跨学科技术创新已成为中国重大原始技术创新的主导方式,传统的单一学科人才培养体制已经不适应现代科学的发展需要。高等学校作为培养科技人才的摇篮,亟待建立学科与跨学科协同发展的培养新机制,围绕传统学科与优势学科,实现学科的交叉整合,显著提升培养高素质的跨学科复合型人才和提升自主创新能力。

(六)学科交叉的意识有待增强

长期在同一个学科领域进行科学研究,容易形成单一学科思维的科研意识,无形中使科研人员逐步淡化了对于其他学科领域科技创新的关注,而学科交叉研究是要在原有学科研究的基础上,持续深入协同其他学科进行创新。应不断强化科研组织与人才培养模式同步创新,在跨学科研究、融合育人中破除不利于教师和科研工作健康发展的“藩篱”,形成潜心研究、安心育人、舒心成长的文化氛围。

三、学校学科交叉融合的创新体系改革建议

高效推进和保障学科交叉融合创新发展,需要打通学科交叉融合创新体系构建的实施路径。加强创新体系顶层设计、建设相适应的平台体制、加强对学科交叉学术方向的引导、增强科研人员学科交叉意识、重视学科交叉人才培养与引进、建立学科交叉激励机制等是建立完善学科交叉融合创新体系构建的有效实施路径。

(一)深刻把握学科交叉融合发展的总要求

以习近平新时代中国特色社会主义思想为指导,认真落实习近平总书记关于推动学科交叉融合的指示精神,把加强学科交叉融合和交叉学科建设作为学校“双一流”建设的战略重点,坚持目标导向与问题导向相结合、打造学科高峰与突出优势特色相结合、服务国家关键领域迫切需要和原始创新长远需求相结合,以构建交叉融合的学科生态为基础,以体制改革和机制创新为动力,以弘扬科学家精神和创新文化为引领,加快构建学科交叉融合的人才培养体系、科学研究体系和社会服务体系,系统解决传统学科专业化、窄化、僵化和功能弱化的倾向,着力增强破解“卡脖子”关键难题的能力,推动学校内涵发展、特色发展和高质量发展,为把学校建成世界一流大学奠定坚实基础。

(二)加强对学科交叉融合发展的统筹协调和组织实施

针对学科交叉建设过程中面临的一系列难题,学校党委把加强学科交叉

融合和交叉学科建设作为学校改革发展的重要策略,作为治理体系与治理能力现代化建设的重要内容。加强顶层设计和校级统筹,聚焦发展理念、校级协调决策机制、人事管理体制、人才培养体系、科研组织模式、运行管理机制等学科交叉融合的瓶颈问题,以管理体系改革为基础,以人事制度改革为根本,以人才培养和科研组织改革为核心,完善体制机制,创新组织方式,优化要素配置,突破现有教师聘用、考核、晋升制度上的限制,突破现有研究生招生、培养、学位授予上的限制,突破现有科研组织管理、成果认定、平台共享上的限制,打造适合学科交叉发展的软环境,提升学科交叉融合的内生动力,推进形成多学科通力协作、资源共享、成果共享的发展新格局。

(三)建立深层次交叉融合的跨学科平台

面向国家重大战略需求,大力推进学科交叉中心建设工作。以培养造就拔尖创新人才为核心,以问题导向的交叉研究为依托,建设学科交叉融合的国家级科研育人平台,引领知识生产和人才培养模式变革,孕育重大原创成果,增强自主创新能力。重点聚焦人才培养、队伍建设、科研创新、管理机制等制约学科交叉融合的关键环节和制度政策,集聚优质资源,引领知识生产和人才培养模式变革,为全面深化新时代研究生教育改革提供示范样板,为建设世界重要人才中心和创新高地提供有力支撑。学科交叉研究中心充分依托中国西部创新港科研基地,以引领知识生产和人

人才培养模式变革为目标,以学科交叉领域重大科学问题为牵引,打造学科交叉示范高地、开创学科交叉领域基础研究和应用基础研究有组织科研的新范式,并通过与科技创新领军企业的协同创新,实现“四链”深度融合,形成颠覆性原创技术的策源地、高层次复合型人才培养的先行区。

一是通过创新高层次复合型学科交叉人才培养理念,从学生来源、培养方案、课程设置、教学模式、导师选聘、学位授予等全方位重塑,构建以提升解决问题能力为导向的多学科协同育人培养模式,引领知识生产和人才培养模式变革,打造高端学科交叉人才培养高地。

二是精准引进顶尖科学家、引育一批青年拔尖人才,努力打造高层次学科交叉人才创新团队,营造更加开放、富有效率、充满活力的软环境,让人才充分发挥作用,建设一支师德高尚、业务精湛、结构合理、勇于创新的高素质人才队伍。

三是瞄准“四个面向”,围绕交叉领域重大科学问题,系统规划、超前布局,有效汇聚与优化配置学校创新资源,围绕重点攻关方向开展前沿科学与前沿技术研究,抢占科学研究制高点,解决关键技术与共性技术问题,持续产生重大原创成果和前沿性、革命性、颠覆性技术。

四是打破传统学科“壁垒”,积极探索建立学科交叉的校级协调决策机制、人事管理体制、人才培养体系、科研组织模式、运行管理机制,打造适合学科

交叉发展的软环境,提升学科交叉融合的内生动力,建成学科交叉融合的具有重要国际影响、高层次复合型人才培养与高水平科技创新的有机融合的国家级学科交叉中心。

(四)凝练学科发展方向

围绕国家重大战略需求和国际学术前沿,加强新型学科、交叉学科建设,凝练未来学科交叉融合发展方向。

未来能源方向以“碳中和、碳达峰”国家重大战略需求为牵引,重点在制氢与碳的协同转化、氢气大规模固态储运技术、基于丰产元素的电化学储能新体系、碳基能源的高效催化转化、新能源化学体系的构建、智慧能源系统等交叉领域开展研究工作,促进绿色能源的规模化高效利用。

先进电子方向围绕后摩尔时代电子领域和“卡脖子”技术,重点在反常价态物质、智能软体、关键电子材料与器件、柔性电子器件与系统、泛半导体芯片制程等交叉领域开展研究工作,助力新兴电子未来产业发展。

医工交叉方向围绕人类生命健康领域,重点在数字诊疗和智能诊断、肿瘤精准诊疗、智能医用材料与器械、AI辅助药物研发、磁电医学等领域开展医工交叉科学与生物交叉技术研究,解决医学重大问题,促进临床医学创新协同发展。

基础前沿交叉方向为可拓展的交叉方向(X方向),聚焦智能科学、融合科学及重大工程基础研究领域交叉研究,采用多学科会聚、多工具融合的交叉科学研究手段,解决我国经济转型过

程中关键科学与技术问题以及工程与制造领域中的重大瓶颈问题,推动自然科学与人文、管理交叉融合,推动传统学科转型升级。

(五)改革创新学科交叉人才培养体制机制

以国家战略需要为导向,建立多学科间的“强交叉”“广交叉”与“深交叉”科研组织与推进机制。从学术前沿和国家重大需求中凝练学科交叉重大科学问题,以“强交叉”“广交叉”与“深交叉”为目标,系统布局研究任务,强化同国家战略目标、战略任务的对接,精心布局重点攻关方向,确定学科交叉中心重点领域及其优先主题;以前沿院为核心,建立学科间交叉融合的科研组织载体,采用“1+N”模式,充分融合现有学科交叉科研团队,开展重大原创成果和前沿性、颠覆性技术攻关。

以复合型人才培养需求为导向,建立学科交叉人才培养联合指导与考核评价机制。成立学科交叉学位评定委员会,推动与钱学森学院在拔尖人才培养方面的联动,整合校内学科资源,设立复合型人才培养项目,推动以项目牵引、团队联合指导、跨学科实验室研究的培养机制;积极探索多学科交叉的复合型创新人才培养评价机制,开展跨学科、多学科学位论文评审机制,实施交叉研究双学位认定办法。

以激发创新活力为导向,建立有利于学科交叉的长周期考核与国际化的成果评价机制。继续探索有利于学科交叉的教师考核评价、职称晋升制度体系,实施长周期考核模式,完善根据代

表性业绩贡献的学科交叉教师职称晋升的小同行评价模式,探索自主用人选拔机制;引入国际化评价体系,在科研业绩评价方面把原始创新和解决重大问题放在首位。

四、结束语

推进学科深度交叉融合不仅是培养符合国家经济社会发展需求的复合型高层次人才的重要途径,也是以学科建设推动解决国家重大发展命题的关键举措。在多学科交叉融合模式下培养学生掌握科学的思维方式、解决复杂问题的方法以及终身学习的能力,这既是学生教育的发展趋势,也是拔尖创新人才培养的主要途径。大力推动学科交叉融合发展,加强基础研究,以更好实现高水平科技自立自强,建设世界科技强国,推进中国式现代化。

作者

刘莹 西安交通大学党委教师工作部部长,高层次人才办公室主任

邵金友 西安交通大学科研院常务副院长,教授

邵永平 西安交通大学前沿院副院长,教授

李英英 西安交通大学学科办副主任

何刚 西安交通大学前沿院副院长,教授

李惠昊 西安交通大学前沿院院办主任

吴丹 西安交通大学前沿院分党委书记