

“十五五”时期未来产业教育科技人才一体化发展取向观察

胡拥军 关乐宁 徐凌验

摘要:未来产业作为新质生产力最活跃的产业载体,以教育科技人才一体化发展机制为关键支撑,该机制兼具理论逻辑、历史逻辑、现实逻辑,是引领教育创新、厚植人才沃土、赋能科技变革的必然选择。未来产业教育科技人才一体化发展应以“三螺旋”模式推进,政府、企业、高校三类创新主体通过内部整合、功能拓展、组织衍生形成“超组织”协同网络,实现“三螺旋”协同聚才、“三螺旋”协同育人、“三螺旋”协同创新。未来应通过健全政策统筹机制、打造平台共建共享生态、深化利益协同联动格局、夯实技术赋能基础底座等举措,以“三螺旋”模式大力推进未来产业教育科技人才一体化发展,实现以未来产业抢抓科技革命新机遇、培育经济新动能、构筑国家竞争新优势的发展目标。

关键词:未来产业;教育科技人才一体化;“三螺旋”;新质生产力

中图分类号:F124 **文献标识码:**A **文章编号:**1003-7543(2026)04-0044-14

《中华人民共和国国民经济和社会发展第十五个五年规划纲要》部署“前瞻布局未来产业”的战略任务,提出要“瞄准引领未来发展重点领域,构建未来产业全链条培育体系,推动量子科技、生物制造、氢能和核聚变能、脑机接口、具身智能、第六代移动通信等成为新的经济增长点”^[1]。未来产业由前沿技术驱动,当前处于孕育萌发阶段或产业化初期,是具有显著战略性、引领性、颠覆性和不确定性的前瞻性新兴产业。纵观历史经验,每个时代皆有其对应的“未来产业”,未来产业始终是重构世界创新版图、重塑全球经济结构的新引擎。目前,以量子科技、生物制造、氢能和核聚变能、脑机接口、具身智能、第六代移动通信等为代表的未来产业已成为各国战略布局的新方向和新焦点。全球新一轮科技革命与我国加快转型升级形成历史性交汇,未来产业将

成为我国构建新发展格局、抢占发展制高点、培育竞争新优势进程中不容错失的战略机遇。

未来产业具有与传统产业截然不同的属性,它是高科技创新驱动的新兴产业,主要特征是技术密集型、知识密集型而非劳动密集型,其价值创造方式呈现指数增值而非线性增值,组织形态呈现网络化而非条块式,创新周期具有高度不确定性。因此,未来产业的发展机制不能简单套用线性、单向的老办法,需要更加重视系统化、协同化的创新发展机制。习近平总书记提出,“要按照发展新质生产力要求,畅通教育、科技、人才的良性循环”^[2]。未来产业作为新质生产力的重要体现,其发展也应当坚持这种思路,要在各创新主体的协同下,推进教育科技人才一体化发展。“三螺旋”模式能够较好地解释这种协同作用,政府、高校、企业三类关键创新主体相互

基金项目:国家社会科学基金项目“健全因地制宜发展新质生产力体制机制研究”(24ZDA019)。

作者简介:胡拥军,国家发展改革委国家信息中心研究员;关乐宁,国家发展改革委国家信息中心助理研究员;徐凌验,国家发展改革委国家信息中心副研究员。

协同,以教育为基础、以科技为引擎、以人才为资源,三元融合、共生演进,从而发挥引领教育创新、厚植人才沃土、推动科技变革等发展效能,以推动未来产业发展。

当前,学术界对于面向未来产业的教育科技人才一体化发展的理论阐释还不充分,未能充分立足未来产业的发展特性,结合教育科技人才一体化的战略指向和政策目标,系统阐释以教育科技人才一体化发展推动未来产业创新发展的作用机制,并提出系统化发展建议。基于我国未来产业发展的重要性及当前相关研究的不足,本文运用“三螺旋”理论对未来产业教育科技人才一体化发展问题展开分析。首先,从理论逻辑、历史逻辑、现实逻辑三重逻辑分析未来产业教育科技人才一体化发展的目标和意义;其次,引入“三螺旋”概念,梳理“三螺旋”模式下未来产业教育科技人才一体化发展的理论脉络,分析政府、高校、企业三类创新主体如何通过内部整合、功能拓展、组织衍生实现“三螺旋”协同;再次,分析如何以未来产业发展为目标,以“三螺旋”协同聚才、“三螺旋”协同育人、“三螺旋”协同创新为路径,推动教育科技人才一体化发展;最后,结合发展实践,从健全政策统筹机制、打造平台共建共享生态、深化利益协同联动格局、夯实技术赋能基础底座等方面,提出“十五五”时期“三螺旋”模式下未来产业教育科技人才一体化发展的对策建议。

一、未来产业教育科技人才一体化发展的三重逻辑

从理论逻辑来看,未来产业要建立契合自身成长规律和发展特性的运行机制。未来产业的发展应统筹把握“未来”和“产业”两大核心要义。“未来”既意味着具有面向未来的蓬勃发展潜力,“是抢占国际竞争制高点的战略‘先手棋’,也是打造经济增长新引擎的关键‘胜负手’”^[3];但同时,“未来”也意味着未来产业的生命力在于“未

来”时期,这类产业尚处于探索萌芽阶段,需要以“战略耐心”加以培育,前瞻布局科技变革和强化人才储备。“产业”的本质在于为人们和社会提供所需要的产品和服务,是同类企业的集合。未来产业既代表着最先进的生产力,“是重大前沿科技创新成果商业化的产物”^[4],又代表着需求升级的大方向,“以满足经济社会不断升级的需求为目标、代表科技和产业长期发展方向”^[5],需要联结政产学研各方面主体强化科技成果转化。因此,未来产业的发展逻辑应当遵循系统思维和全局视野,促进政府、高校、企业的协同合作,实现教育科技人才一体化发展,以形成要素自由流动、循环高效畅通、内生动力充沛的良好生态。从创新主体层面看,企业是国家创新体系的核心主体,欲成为联结科技和产业的桥梁纽带,既要积极应用新技术新模式,又要以应用为导向牵头开展创新研发、培养创新人才、投资创新活动。高校除了承担教书育人的重任外,还应扮演好知识资本化的角色,注重利用自身科技创新成果,支撑乃至创办高技术企业,对研究成果进行转化、孵化,向“创业型大学”发展^[6]。政府则需要通过巧妙的机制设计,引导创新行为的轨迹和方向,推动各类创新节点对接集聚,保障创新生态各环节形成正向循环。在创新主体“三螺旋”协同共进下,教育能为未来产业的科技研发和转化应用提供良好的创新环境和坚实的人才支撑,前沿科技的发展为人才涌现和教育改革提供了强劲动能,而未来产业人才梯队的构建,则成为科技创新和教育发展最宝贵的资源。这种创新生态的构建,能够形成“1+1+1>3”的整体性功能,具有“孤立的部分及总和不具有的特性”^[7],催生新质生产力“涌现”效应。

从历史逻辑来看,世界科学中心与高等教育中心、人才中心之间存在显著的共生关系,未来产业的科创策源地往往也是世界人才的集聚地、教育创新的前沿地。这种互动关系不仅体现在空间地理的重叠上,还表现为知识生产、人才培

养与科技创新之间的深度耦合。16世纪以来,全球先后形成5个科学和人才中心,分别是16世纪的意大利、17世纪的英国、18世纪的法国、19世纪的德国和20世纪的美国^[8]。这些世界科学中心普遍呈现经济快速发展、科技创新活跃、顶尖人才荟萃、重视教育科研、文化高度包容、国际交流密切等共性特征。意大利作为欧洲文艺复兴的发源地,诞生了一些具有开创性的科技成果。意大利的科学繁荣与当地大学办得最早和最多、科学教育活跃开展有着密切联系。17世纪的英国率先建立并形成高度重视知识价值、倡导科学实验和发明创造的现代科学体制,涌现牛顿、吉尔伯特、波义耳等一批杰出科学家,科技成果引领了手工业、煤炭、航海等行业的蓬勃发展。18世纪的法国,思想启蒙运动营造了崇尚科学和民主的社会氛围,教育从教会中独立出来,拉格朗日、拉普拉斯、拉瓦锡、安培等卓越科学家相继涌现,为世界科学作出重大贡献。19世纪中叶的德国开创性地进行了大学科研体制变革,创立了研究型大学、“导师制”等机制,人才活跃和科技创新让德国在第二次工业革命浪潮中快速崛起。“二战”后的美国汇聚了爱因斯坦、冯·诺依曼等全球顶尖人才,在全社会范围内大力推广高等教育,逐步形成由国家主导的科技创新体系,教育进步和人才荟萃推动科创成果大量涌现、社会生产力实现飞跃。世界科学中心的历史变迁给予我们重要启示: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,需要三者一体谋划、一体推进。

从现实逻辑来看,虽然我国创新体系建设取得显著成效,但融合性、协同性仍然不足,教育科技人才之间彼此割裂,难以适应未来产业的创新发展需要,主要断点包括:一是技术产业变革趋势下“育才”苗圃创新能力塑造不足。传统“应试教育”以学生刷题提分、追求高分为主要目标,忽视了对学生独立思考、勇于探索、保持好奇、敢于质疑等创新人才基本素养的培养。尤其

是在新一代人工智能快速发展的背景下,教育目标更需加快从“培养知识容器”向“锻造人的独特性”转变。二是专业课程滞后于未来技术和未来产业快速发展的实践。高等教育中专业课程与实践应用脱节,课程内容未能及时根据技术进步和行业发展更新换代,导致学生所学内容与目前主流技术工艺差异较大,不利于学生创新能力的塑造培养。虽然近年来国家大力推进产学研融合教育,但高校和企业尚未探索出合作的双赢路径,企业和高校联合培养的学生未必最终入职,学生的实践能力培养又与高校教师评价体系脱节,导致各相关主体的推进动力不足。三是“平而不尖”的人才结构难以适应未来产业科技闯关和突破需要。我国人才总量大,但拔尖创新人才不足。如在美国斯坦福大学等机构发布的《全球前2%顶尖科学家榜单2024》中,中国大陆有10687名科学家入选,位列全球第4,与位列第1的美国(84202名)还有较大差距。四是创新人才的科技生产力尚未被充分激发。国家知识产权局数据显示,截至2025年底,高校发明专利产业化率达10.1%,科研机构发明专利产业化率为17.2%^[9],还有较大提升空间。科技成果转化面临“不会转”“不能转”“不敢转”“不愿转”等多重困境,大量科技成果沦为沉睡的“陈果”。要紧抓新一轮科技革命和产业变革机遇,提升国家创新体系整体效能,打通当前存在的各种堵点痛点,以“三螺旋”模式为支撑,推动教育科技人才一体化发展。

二、“三螺旋”模式下未来产业教育科技人才一体化发展的理论脉络

(一)“三螺旋”模式的理论源流

美国遗传学家理查德·列万廷在《三螺旋:基因、生物体和环境》中最先使用“三螺旋”来模式化基因、生物体和环境之间的关系。他认为,基因、生物体和环境的关系像三条螺旋缠绕在一起,都同时是因和果,是一种“辩证的关系”。20

世纪90年代,亨瑞·埃茨科瓦茨(Henry Etzkowitz)和勒特·雷德斯道夫(Loet Leydesdorff)首次引入“三螺旋”概念模型来分析解释政府、企业和大学三者 in 知识经济时代的新型关系,将“三螺旋”定义为“大学—产业—政府关系的交互式网络”^[10]。“三螺旋”模型(Triple Helix Model)是创新系统理论的核心框架之一。该模型以生物学中的DNA“三螺旋”结构为隐喻,将大学、产业和政府视为创新生态系统的三大主体,强调三者通过动态交互、角色重叠和功能协同,共同驱动知识生产和技术转化^[11]。其核心内涵包含三重维度:一是主体关系重构。传统创新理论多基于线性模式,而“三螺旋”模型突破单向传递逻辑,主张大学、产业和政府形成“螺旋式上升”的共生网络。三者既保持独立职能(大学负责知识生产、产业推动商业化、政府提供制度支持),又通过联合实验室、科技园区等混合组织实现功能渗透^[12]。例如,大学通过衍生企业参与市场活动,政府以风险投资形式介入技术孵化,产业则资助基础研究以获取长期竞争力^[13]。二是动态非线性互动。“三螺旋”模型强调创新过程的非线性和自组织特性。通过引入复杂系统理论,三者间的信息交换和反馈机制会引发“协同演化”,形成超越单一主体能力的创新涌现效应^[14]。例如,美国硅谷的崛起源于斯坦福大学的技术溢出、加州政府的宽松政策、风投产业的资本支持的持续互动^[15]。三是制度和知识双重驱动。该模型将制度安排(如知识产权法、税收激励)和知识流动(如专利共享、人才迁移)视为创新系统的双重引擎。“三螺旋”的效能取决于“重叠领域的制度化能力”,即能否将临时合作转化为稳定的治理结构^[16]。

2000年,亨瑞·埃茨科瓦茨和勒特·雷德斯道夫进一步提出“三螺旋”理论的三种运行模式(见图1,下页)。一是国家干预模式。该模式以政府为核心驱动力,通过政策制定、资金调配和战略规划主导创新。政府通常设立国有科研

机构、构建强制性技术转移机制,并直接干预产学研合作方向。其特点包括:集中资源攻克关键技术、优先满足国家战略需求,但易抑制市场活力和基层创新自主性。大学和产业在此模式下主要扮演政策执行者角色,三方互动呈现政府向产业和大学的单向指令传导。二是放任模式。该模式强调市场机制对创新的主导作用,政府仅提供政策支持和公共设施,避免直接干预微观创新活动。企业基于利润动机自主开展研发,大学通过技术许可、衍生企业实现知识市场化。其优势在于激发企业创新活力和技术快速迭代,但易导致基础研究投入不足、产学研合作短期化,并加剧区域创新失衡。政府在此模式中处于“守门人”地位,三方关系松散且缺乏系统性协调。三是平衡协同模式。该模式追求大学、产业、政府的平等协作和资源共享,通过制度设计构建风险共担、利益共享的创新生态系统。三方联合设立孵化器、产业联盟等混合组织,政府以税收优惠、匹配基金等政策工具引导而非主导创新。其核心特征包括:动态反馈机制、多元主体协同治理、知识流动双向渗透。该模式既能规避过度干预引发的僵化风险,又可缓解市场失灵导致的创新碎片化,被视为“三螺旋”理论的理想实践形态。

“三螺旋”模型理论认为,在理想实践形态下,政府、企业和大学的“交叠”才是创新系统的核心单元,其三方联系是推动知识生产和传播的重要因素。在将知识转化为生产力的过程中,各参与者相互作用,推动创新螺旋上升。在创新系统中,知识流动主要体现为三大范畴:一是各参与主体内部的交流和变化;二是一方对其他某方施加的影响,即两两互动;三是三方功能重叠形成的混合型组织,以满足技术创新和知识传输的要求。

(二)未来产业教育科技人才协同发展机制的“三螺旋”模式解析

在全球新一轮科技革命和产业变革背景

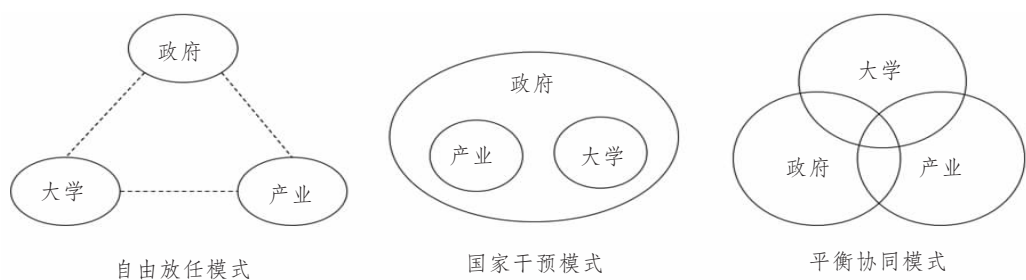


图1 “三螺旋”模型的三种模式

下,未来产业教育科技人才三大核心要素的协同发展已成为国家竞争力的关键支柱。基于“三螺旋”理论框架,各领域的政府、高校和企业通过内部整合、功能拓展和组织衍生,形成驱动未来产业发展的“创新螺旋体”。

1. 内部整合

政府跨部门整合,破解政策协同梗阻。从部门功能耦合治理角度看,跨部门整合通过消除“权责交叉地带”提升政策协同能力。这种整合本质上是将科层制的“垂直控制”转化为网络化的“水平协商”,通过建立跨部门联席会议、数据共享平台等机制,形成政策工具的组合创新。从实践路径和制度创新角度看,跨部门整合机制通过构建“制度化信任”和“收益共享承诺”破解部门目标不同、资源不对等难题。

高校分类整合,重构知识生产链条。高校通过差异化定位可优化资源配置,有效驱动知识沿势能梯度流动。研究型大学聚焦“从0到1”的原始创新,打破学科壁垒,建设跨学科研究中心,提供的基础知识具有公共品属性;应用型大学构建“产业教授”制度,将企业工程难题转化为毕业设计选题,形成应用型知识产品;技能型大学则通过“教学工厂”模式,实现课程标准与职业资格认证体系的全面对接,形成技能应用型实践知识。通过分层协作,三类高校构建“知识势差”,可有效促使知识沿“基础理论→应用技术→操作技能”梯度扩散。研究型大学、应用型大学和技能型大学通过“生态位互补”,实现系统整体创新效能超越个体能力总和。

企业生态位整合,完善创新价值链。专业化分工能减少创新过程的不确定性。技术企业专注核心技术攻关,通过整合内部研发部门,建立“预研一代、开发一代、商用一代”的梯次布局;科技成果服务企业通过构建技术经纪人网络,提供价值评估、法律咨询、融资对接等市场化服务;设计企业充当技术和市场的“转译者”,将实验室成果转化为用户可感知的产品原型。产业链上下游企业通过联合研发可构建知识共享池,依托模块化分工实现技术解耦和系统集成,并通过收益对赌协议等方式平衡风险分配,最终形成“研发—孵化—商业化”的链式加速机制。这种整合通过生态位锁定和资源耦合,将碎片化创新转化为系统性解决方案。

2. 功能拓展

政府职能转型助推其实现从行政管控到创新治理的模式创新。一是创新治理工具的系统化升级。政府从“指令型管控”转向“生态型赋能”,促进政策供给与创新需求的动态匹配,最终形成“制度演化牵引工具创新,工具升级反哺治理效能”的共生机制。例如,通过政策沙盒机制构建“容错—迭代”回路,将市场经营主体的试错数据转化为治理规则的适应性调优依据。二是新型研发组织的战略性布局。政府从“行政主导”转向“平台化使能”,依托政策工具破除资源流动壁垒,促进跨域研发联盟的发展。例如,通过“揭榜挂帅”机制重塑研发价值分配规则,将市场需求转化为研发组织的战略锚点,驱动研发组织从“技术孤岛”向“生态枢纽”跃迁。三是跨界协同的

机制化保障。政府从“科层权威主导”转向“数字契约联结”,依托区块链、智能合约等新技术建立跨部门数据确权和利益分配规则,破解行政壁垒下的资源错配困局。通过重塑跨域协同的激励相容机制,将地理边界转化为价值网络节点。

高校功能延展推动其实现从教书育人到创新引擎的范式变革。高校正突破“象牙塔”传统定位,向以知识生产、技术转化和创业孵化三位一体的“创业型大学”模式转型。一是知识生产模式的范式跃迁。高校科研逐渐从“真理探索”拓展至“问题解决”,评价标准从“同行评议”拓展至“技术转化率和产业影响力”。这种“应用激发型基础研究”重构了科研范式,使高校成为产业技术供给的“预研基地”。二是技术转化机制的体系化创新。一方面,创业型大学通过制度重构打通“实验室—市场”梗阻,将分散的学术资源转化为可交易的制度性资产;另一方面,通过构建“概念验证中心—技术经纪人网络—衍生企业孵化器”转化链条,实现隐性知识的编码化、标准化和资本化。三是创业教育的生态化再造。高校正在重构创业教育生态:横向整合商科、工科和设计学科,形成跨学科课程群;纵向搭建“竞赛—实训—创投”进阶式实践平台;外向引入企业导师,构建社会网络支持系统。这种再造将孤立的课堂教学升级为创业支持网络,最终实现从“创业教育”向“教育创业生态”的范式跃迁。

企业功能升维促使其实现从市场跟随者到创新策源者的角色重构。一是创新决策权的结构性转移。企业正通过构建“技术预见—资源编排—路径重构”的能力闭环突破传统价值链末端的被动地位。例如,宁德时代通过布局钠离子电池研发,倒逼全球锂资源供应链重构,其技术路线选择直接影响了高校材料学科科研方向,体现了“企业主导技术标准→重塑产学研资源配置”的权力重构路径。二是创新组织形态的生态化演进。企业通过“核心—边缘”模块化重构,将封闭式科层组织解耦为灵活的创新单元集群,核

心部门专注基础技术突破,边缘部门则对接细分市场,形成“战略管控+自主演化”的双层结构。三是市场和研发的反馈闭环构建。通过对市场信号的即时参数化解析,借助模块化架构将研发流程解耦为可动态重组的“技术积木”,实现对市场需求的快速响应。例如,小米生态链用户社群直接参与硬件定义,既加速隐性需求的显性化编码,又通过技术迭代反向培育市场认知阈值,最终实现需求牵引和技术推动的共生。

3. 组织衍生

在创新生态系统从线性模式向网络化范式转型的进程中,政府、高校和企业“三螺旋”主体的交叠融合催生了产教联合体、技术创新中心等新型组织。这些组织以功能为导向,突破单一主体边界,通过制度重构和资源重组形成“超组织”协同网络(见图2,下页)。

政—企协同衍生技术创新中心,促使制度嵌套和效能释放。政府和企业的交叠融合催生了技术创新中心。政府以“制度供给者”角色创设混合型治理架构,将政策工具转化为企业技术路线的战略锚点;企业则以“市场反哺者”身份嵌入政策实验场域,通过需求侧数据流影响研发资助的优先级配置。这种螺旋式纠缠催生出“超组织能力”。政府通过政策支持化解企业基础研究投入的沉没成本焦虑,企业则借力标准规范等“制度性知识”重构行业竞争规则。技术创新中心既保留了政府和企业的主体功能差异性,又通过“制度接口”的柔性设计实现了风险共担和价值共创的闭环,使传统产学研合作难以突破的转化周期大幅缩短。

企—校协同衍生概念验证中心,推动知识转化和风险缓释。企业和高校通过“知识势能差转化器”实现创新链断裂带弥合的制度性突破,形成概念验证中心。概念验证中心的企业通过“需求反向定义”机制重塑高校研发的适用性框架,高校则借力概念验证基金将实验室成果推进至技术成熟阶段,消解初创企业不敢接棒的“死

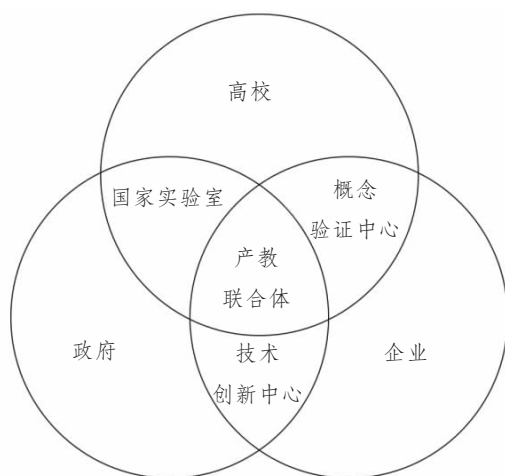


图2 “三螺旋”模式下的“超组织”协同网络

亡之谷”风险。概念验证中心的特殊价值在于构建了“风险过滤网”：高校依托知识产权前置评估体系筛除商业化潜力薄弱的技术成果，企业通过“中试平台共投共建”分担工程化阶段的试错成本。

政—校协同衍生国家实验室，夯实战略科技力量锻造基础。政府和高校通过国家实验室聚焦未来产业关键技术领域，推动基础研究向战略科技突破的效能跃迁。政府以“战略需求锚定者”角色重构高校科研的使命导向，高校则以“知识势能池”功能反哺国家战略。国家实验室的核心在于“制度性风险缓释”，政府通过“长周期研发契约”化解高校基础研究的沉没成本困境，高校则借力“战略科技研发”将政府投入转化为产业共性技术供给。国家实验室不仅突破传统纵向课题制的资源错配困境，还通过科研经费包干制等创新制度体系，实现战略目标牵引和学术自由探索的动态平衡，最终锻造出“国家需求引领科研能级，学科突破重塑战略格局”的科技强国引擎。

政—企—校协同衍生产教联合体，重构创新策源地生态系统。政府、企业和高校的协同突破制度边界，打造了“创新策源地”——产教联合体。政府以“战略基础设施供给者”角色打造混

合型载体，将政策工具转化为校企协同研发的催化剂；企业通过“需求拓扑网络”倒逼高校知识生产模式变革，将学科逻辑定向耦合成产业技术图谱；高校则扮演“知识织网者”角色，依托新型研发载体将基础研究成果预验证至技术成熟阶段，破解先进技术成果转化的“死亡之谷”困境。

三、“三螺旋”模式下未来产业教育科技人才一体化发展的作用机理

“三螺旋”模式下的未来产业教育科技人才一体化发展，是以政府、高校、企业为“三螺旋”创新主体，以协同聚才、协同育人、协同创新为路径，实现教育科技人才一体化发展的目标（见图3，下页），形成“教育培养人才—人才带动科技—科技赋能产业—产业反哺教育”的良性创新循环生态。

（一）“三螺旋”协同聚才驱动未来产业教育科技人才一体化发展

在未来产业教育科技人才一体化发展中，人才是科技发展、教育创新的核心动力。全部科技史都证明，谁拥有了一流创新人才、拥有了一流科学家，谁就能在科技创新中占据优势^[17]。例如，20世纪20年代，美国之所以能取代德国成为世界科学中心并保持至今，关键因素在于全球顶尖人才的汇聚。一方面，大力吸引科学家跨国迁移。据统计，1900—1960年，移民到美国的杰出科学家人数占全美杰出科学家总数的18%。自1970年以来，65%的诺贝尔奖获得者在美国，且超过1/3的获得者是移民。另一方面，高度重视培养本土高层次人才。美国拥有约4000所大学，高等教育入学率达到70%。在2024年度QS世界大学排名中，美国大学在前10名中拥有4所，在前20名中拥有10所^[18]。

面向未来产业的教育科技人才一体化发展，需要发挥“三螺旋”模式下协同聚才的驱动作用，激活推动未来产业科技突破、适应未来教育

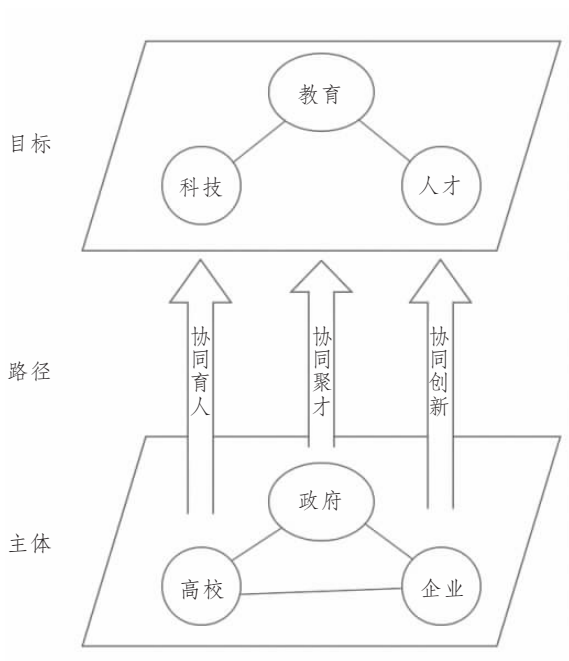


图3 “三螺旋”模式下未来产业教育科技人才一体化发展模式

变革的关键动力。

一是增强人才结构协同性,根据未来产业发展特征建设高水平、多层次人才梯队。总体来看,未来产业需要创新型、应用型、技能型、转化型等各类高水平人才队伍。既需要以战略科学家、一流科技领军人才为代表的创新型人才勇闯未来产业“无人区”,不断开展实验研究和理论建构,实现面向前沿的科技攻关;又需要以卓越工程师为代表的应用型人才,将实验室成果转化为可量产的产品或工艺,实现未来产业技术的工程化落地;也需要高技能人才在实践中不断创新生产工艺,保障未来智能制造、先进制造的精度和效率;还需要科技成果转化人才发挥桥梁作用,打通“实验室—生产线—市场”链条,推动技术商业化。各类人才的能力素养培育和作用发挥不能仅依靠单一主体,而需要政府、高校、企业“三螺旋”协同发力。

二是增强人才流动机制的协同性,创新未来产业人才的组织形式。当前人才组织多呈现以编制、岗位为核心的线性组织结构特征,这

种模式下组织能够稳定运行,但存在组织知识边界有限、跨领域难以协调、成员能动性被抑制、推进流程冗长等问题,难以适应复杂敏捷的未来产业创新场景。未来产业教育科技人才一体化发展需要构建起动态化、网络化、无边界的新型组织,基于网络联结构建起多方协同的创新生态系统,让各类资源要素快捷流动、各类创新主体加速融合。成员之间的联结以知识、技能为导向,而非以编制、岗位为导向,政、产、研、用各方都有机会基于教育科研等任务交互协同,包括高校科研人员入企、政府管理人员入企、企业人才入校、企业人才担任政府咨询顾问等。

三是增强人才使用机制的协同性,营造激发未来产业人才活力的发展环境。历史发展经验表明,人才的集聚动因是发展生态的“化学反应”,而非政策优惠的“算术叠加”,在适宜的发展生态中,人才会自驱动、自组织,激发创新的自涌现。这需要高校、政府、企业协同发力,既要为人才创造公平竞争环境,建立以创新价值、能力、贡献为导向的人才评价体系,创新重大科技项目组织管理方式,让有真才实学的青年人才能够脱颖而出、挂帅出征;又要对人才赋权增能,破除束缚未来产业人才手脚的繁文缛节,完善引导激励机制,吸引更多人才投身原创性基础研究和关键核心技术攻关,强化“把论文写在大地上”的科技成果转化;还要为人才创造试错容错空间,明确创新免责情形,鼓励科研人员、企业家、干部、投资者等在未来产业发展中锐意改革、大胆探索,营造干事担当作为的社会氛围。

(二)“三螺旋”协同育人支撑未来产业教育科技人才一体化发展

在未来产业教育科技人才一体化发展中,教育是科技创新、人才培养的先导性基础性支撑。从历史演变规律来看,教育变革是促进世界重要人才中心和创新高地建设的关键动因。如德国在19世纪中叶抓住了第二次工业革命的发展机遇,涌现世界上第一台大功率发电机、第

一台四冲程内燃机、第一辆四轮汽车等重大科技成果,电气、化学、石油等新兴产业高速发展。德国的科技成就与其教育改革密切相关,其开创性地突破了传统大学仅作为纯粹教学机构的定位,将科学研究职能引入大学,确立了教学和科研相统一的原则,并借鉴行会制度中师徒关系的培养模式,首创研究生教育导师制,还在企业设立工业实验室组织科学研究。这些具有划时代意义的改革让德国成为“创新高地”,爱因斯坦、普朗克、黑格尔、亥姆霍兹、薛定谔、叔本华、海涅等一大批学术大师均曾在柏林大学任教或学习。

面向未来产业的教育科技人才一体化发展,需发挥“三螺旋”模式下协同育人的支撑作用,夯实人才培育和科创孵化的基础。

一是在育人方向上增强协同性,根据未来产业快速迭代升级的趋势建立动态调整机制。在传统模式下,教育呈现“专业→学业→就业→产业”的单向线性流程,学生在进入大学前选定专业,进入大学后完成既定课程体系,毕业后进入预设岗位,最终服务于特定产业。在这种线性思维下,各环节相对独立、缺乏互动,必然会出现诸多脱节问题,包括专业设置滞后于产业升级、课程内容脱离技术前沿、就业指导缺乏产业洞察等。未来产业的人才培育需要推动专业、学业、就业、产业一体贯通、深度融合。在政府驱动下,将企业需要、产业需求及时反馈至高校专业设置环节,学业内容根据产业发展动态调整优化。学生在学习过程中便接触实际企业产业项目,就业后能更快适应并推动科技创新和产业创新。

二是在育人模式上增强协同性,根据未来产业融合性发展特征推动跨学科整合。未来产业往往萌发于不同技术之间、技术和产业之间、产业和产业之间的跨界耦合地带,需要培养一批学科复合型、专业交叉型人才。教育教学模式需打破以院系为单位、以专业为分界的横向壁垒,从

“学科本位”走向“能力本位”,以人才能力塑造为中心进行课程、学科、教师、导师等配置,学科交叉从简单叠加转向深度重构,培养模式从知识传授转向问题牵引,育人生态从单一学科支撑转向产学研协同,以培养具备跨专业、跨学科、跨领域能力的拔尖创新人才。

三是在育人机制上增强协同性。面向未来产业发展需要,建立利益协同的政产教融合联盟。由于教育具有技能外溢效应,且存在学生毕业后未必入职等不确定性,当前的产教融合仍面临企业参与动力不足问题。以技术生产力落地为指向的未来产业发展,要进一步发挥企业创新主体的作用,建立外部性内部化机制。可在“政府搭台、企业出题、学校答题”模式下,以高水平科技突破为导向,将产业难题转化为科研课题,再将科研成果应用于教学实践,构建闭环式全链条人才培养生态链。引导校企围绕未来产业关键领域,共建中试基地、实习基地、产教融合示范性校外实践教学基地等,集成实践教学、社会培训、真实生产、技术服务等功能,在承接企业研发生产任务中培养人才。

(三)“三螺旋”协同创新引领未来产业教育科技人才一体化发展

未来产业是以未来技术为驱动的产业,科技在未来产业教育科技人才一体化发展中,具有引领性作用。纵观历代工业革命,均以颠覆性、突破性、通用性技术为引领,成为打破原有增长瓶颈、推动经济社会高质量发展的新引擎^[19]。例如,英国凭借蒸汽机的颠覆性创新,带动了纺织、铁路、钢铁等一批18世纪的未来产业发展,成为第一次工业革命的先行者。美国通过电力技术的颠覆性创新,带动了电动机、化学、汽车、航空等一批19世纪的未来产业发展,并抓住信息技术革命机遇,在互联网、计算机、集成电路、软件等领域实现突破,引领20世纪的未来产业发展,成为全球经济超级大国^[20]。如今,全球科技创新进入空前密集活跃的时期,信息技术、

生命科学、能源技术、空间和海洋技术等加速突破应用,新一轮科技革命和产业变革正在重构全球创新版图、重塑全球经济结构。我国亟须把握历史发展机遇,在“三螺旋”模式下实施有组织的产业技术政策,抢占科技革命和产业变革高地。

面向未来产业的教育科技人才一体化发展,需要以“三螺旋”模式下的协同创新发挥引领作用,以科技创新为目标,组织人才力量,推动教育创新。

一是增强创新机制的协同性,根据未来产业技术攻关需要构建协同作战的创新生态。世界进入大科学时代,科学研究和技术创新组织化程度越来越高,仅依靠相关创新主体自发、分散的努力难以有效应对未来产业重大问题突破,要构建整合政府、高校、企业、科研机构等多方力量的协同生态。如美国以区域创新联盟为抓手,聚力推动面向未来产业领域的人才培养和技术创新。在量子领域,美国成立了量子经济发展联盟,该联盟将科学研究和教育活动相结合,紧密协同当地国家实验室、研究型大学、部落学院、社区学院及行业伙伴,其中企业成员 174 家、高校 42 家、联邦政府投资的研发中心 10 家、政府部门及其他机构 54 家^[21],共同推动量子技术的研发和应用。我国发展未来产业也可借鉴此思路,各地可因地制宜围绕特色未来产业构建产学研战略联盟,在政府引导下,统筹国家实验室、科研机构、高水平研究型大学、科技领军企业等战略科技力量,共享创新思维、科技成果、实验基地、仪器设备、研究资金等,开展协同攻关,从而更好地攻克未来产业科技难题,并在科技攻关实践中培育高水平人才。

二是增强孵化体系的协同性,根据未来产业成果转化需要构建全生命周期的创新服务体系。要把握未来产业的演化机制和发展特征,围绕“种子期”“发育期”“成熟期”各发展阶段,在政府引导下,由具有行业优势和公共服务功能的高

等院校、科研机构和龙头企业,汇聚成果、人才、资本、市场等科技成果转化要素,分别构筑概念验证、中试熟化、产业加速的服务载体。围绕产业“种子期”,建设一批加速挖掘和释放基础研究成果价值的概念验证中心,提供科技成果评估、转化、投融资、商业化开发等一体化服务,支持和培育早期项目从实验室走向市场。围绕产业“发育期”,搭建一批聚焦推进产品化、商业化的中试熟化平台,打通从成果到样品、产品的转化通道,加速科技产品熟化进程。围绕产业“壮大期”,建设一批聚焦推进产业化、规模化的产业加速园,提供供应链、原材料、人才、金融、咨询等一体化的高效低成本服务,快速形成产业发展的集聚效应和规模效应^[22]。

三是增强跨域创新的协同性,建立跨地区、跨部门、跨主体的未来产业“连线”机制。一方面,未来产业的技术复杂度和创新资源需求度远超传统产业,单一区域难以独立完成全链条创新,需要最大限度整合不同区域的创新能力,从而提高整体创新效能。另一方面,我国未来产业需要形成体现大国竞争优势的“大木桶”,而非各个地方分裂孤立的“小木板”,因而在区域发展上需要重视协同性。要推动建立以跨区域高水平协同创新为目标的未来产业“连线”机制:既要实现未来产业政策“连线”,通过协同治理打破制度壁垒,实现未来产业战略布局的一体化,增强政策执行一致性;又要实现未来产业主体“连线”,包括各类高校、科研院所、创新型企业等,建立起多元化的产学研共同体;还要实现创新资源“连线”,推动信息、数据、人才、技术、设备等创新资源的跨域流动。

四、“十五五”时期“三螺旋”模式下未来产业教育科技人才一体化发展的推进路径

《中华人民共和国国民经济和社会发展第十五个五年规划纲要》部署“一体推进教育科技人才发展”的重要任务,提出要“深化教育科技人

才一体改革,强化规划衔接、政策协同、资源统筹、评价联动,促进科技自主创新和人才自主培养良性互动”^[1]。“十五五”时期是应对全球经济格局重构、科技革命深化、国内发展模式转型的攻坚期,抢抓未来产业发展机遇至关重要。应聚焦未来产业发展需求,一体推进教育科技人才发展,形成产业发展、就业提升、技术突破的良性循环。

(一)健全政策统筹协调机制,高位推动未来产业战略实施

未来产业发展需形成全国“一盘棋”的发展合力,立足未来产业战略发展需求,构建上下联动、跨域协同的协调机制,促进技术、人才、资金等要素高效流动,形成跨主体、跨区域的协同创新模式。

完善跨主体融通创新机制,释放“人才—技术—资本”协同效能。就制度层面而言,要探索建立“科技副总”、科研机构人员流动及薪酬体系双边协议制度,允许高校教授保留编制入驻企业担任首席技术官,支持企业工程师带课题进入高校实验室开展研究,打破人才流动壁垒。就组织层面而言,要围绕量子科技、生物制造、氢能和核聚变能、脑机接口、具身智能、第六代移动通信等未来产业重点方向,组建“科学家+企业家”研究团队,实行“里程碑考核”和“动态股权激励”双轨管理模式,激发团队创新活力。探索设立“未来产业人才银行”,运用区块链存证技术实现人才信用跨主体互认,着力破解职称互斥、社保续接等人才流动梗阻,助力构建全国统一人才市场。

构建跨区域创新共同体,激活“空间—资源—能力”协同网络。探索未来产业联合创新券,允许企业跨区域使用科技创新券购买第三方技术服务,降低企业创新成本。探索组建未来产业算力联盟,建立算力预约共享和数据互认机制,提升算力资源利用效能。推进“创新飞地”建设,促进一线城市与其他城市对接,实现“研发

在一线、产业化在本地”,探索构建适应跨区域创新的制度环境,创新飞地政策“跨域通兑”、飞地人才柔性流动、飞地成果转化专项支持等模式。

深化制度创新,激发“教育—科技—人才”一体化内生动力。探索开展学科专业设置备案制,支持高校根据产业发展需求,动态调整交叉学科招生规模,提升人才培养与产业需求的适配度。构建“技术成熟度+市场渗透率”双维度考核体系,将概念验证中心等载体建设成果纳入高校学科评估指标,赋予战略科学家团队技术路线决策权和经费调剂自主权,充分释放科研创新活力。搭建“产业创新大脑”平台,通过智能匹配算法生成区域未来产业“发展潜力热力图”,为政策靶向发力、精准施策提供数据支撑和决策依据。

(二)打造平台共建共享生态,加速培育未来产业创新集群

人才是未来产业发展的核心支撑,要聚焦未来产业发展紧迫需求,构建产教融合、校企协同、全链条衔接的人才培养体系,打造多层次、高素质未来产业人才梯队。

深化校企协同育人体系建设,分层分类培育未来产业专业队伍。紧扣未来产业重点领域、关键环节人才需求,打破高校和企业资源壁垒,搭建共建共享、优势互补的产教融合协作平台。聚焦未来产业重点方向,支持高校联合行业龙头企业、专精特新企业组建未来产业特色学院,精准设置适配产业发展的专业方向,优化课程体系,将企业前沿技术、实际项目融入课堂教学。推行校内导师和企业导师“双导师制”,构建课堂理论教学、平台实操实训、项目攻坚历练一体化育人体系,着力培养兼具理论素养、实践能力和创新精神的复合型人才。探索编制未来产业岗位技能标准体系,推动企业专业技能认证和高校学分认定互通互认,畅通人才成长通道,实现人才培养与岗位需求精准衔接,为未来产业创新集群建设提供坚实的专业人才支撑。

完善全链条成果孵化载体布局,构建概念

验证、中试熟化、市场推广一体化支撑体系。围绕产业“种子期”，建设专业化概念验证中心，为研发创意提供技术可行性分析、商业化前景评估、种子基金支持等全流程服务，加快推动科研成果从实验室走向实际应用。围绕产业“发育期”，根据未来产业重点领域分类建设小试中试平台，有效降低企业技术研发和试验试错成本，助力中小企业快速突破技术瓶颈、完善产品工艺。以小试中试平台为载体，深化产教融合、校企协同育人，与高校、职业院校共建实训基地，定向培养小试实验、中试熟化、质量检测等领域技能人才。围绕产业“壮大期”，打造一批可复制、可推广的示范应用场景，如未来工厂、未来交通、未来学校、未来城市等，为成熟技术、产品提供市场化应用试点，加速技术成果产业化落地。

（三）深化利益协同联动格局，系统优化未来产业资源配置

教育科技人才一体推进涉及不同组织、不同主体。形成促进未来产业发展的合力，需平衡多方利益关系，以制度重构、机制创新、数字赋能为抓手，构建要素自由流动、权责清晰、协同高效的创新生态体系。

健全风险共担、收益共享的利益分配机制。设立未来产业产教融合专项基金，构建企业购买人才培养服务、高校定制特色课程模块、政府落实税收抵免激励的联动运行模式。推行校企订单式人才培养契约管理，鼓励企业提前锁定高校专业储备人才，承担部分培养经费和优先录用责任。同时，加大财税扶持力度，落实企业相关投入所得税加计扣除政策。通过成本合理分摊、收益深度绑定，有效化解校企合作人才流失风险，补齐评价衔接不畅短板。

完善人才身份互通、权益互认管理制度。健全双轨人事管理模式，配套完善社会化保障支撑体系。推行人才双向聘任机制，支持高校在编教师保留原有身份待遇到企业兼任产业教授；鼓励企业技术骨干以科技副总身份进驻高校科研平

台开展攻关合作，保障聘期内相关人员原有基本工资、社保待遇。搭建未来产业人才信用管理平台，依托区块链技术归集留存人才职称评审、科研履历、项目成果等跨单位流动信息，实现资质一次认定、全域互通互用。

深化科研赋权改革，加强容错纠错机制建设。严格贯彻落实《中华人民共和国促进科技成果转化法》相关规定，依法保障科研人员权益。探索赋予科研人员不低于十年的职务科技成果长期使用权，支持企业依托专利使用权开展资产证券化融资，拓宽成果转化资金筹措渠道。完善科研尽职免责制度，对因技术路径选择等客观因素导致成果转化失败的，经综合研判后依规予以容错免责，解除科研人员后顾之忧，充分释放成果转化内生动力。

（四）夯实技术赋能基础底座，全面激活未来产业核心动力

以先进技术赋能未来产业发展，依托新一代信息技术整合教育资源、打通人才链路、畅通转化渠道，系统性构建智慧育人体系和科技成果转化支撑底座，全面夯实产业创新发展基础保障。

统筹搭建国家级未来产业虚拟仿真教育一体化平台。集成企业数字孪生生产场景、高校跨学科课程体系和区块链学分管理系统，闭环打造场景教学、能力认证、就业衔接全流程数字化育人模式。依托智能技术优化平台运营管理，运用大模型赋能学科建设，结合产业技术发展方向动态更新教学案例资源，增强课程内容的实用性和针对性。优化人才供需精准匹配机制，运用智能分析手段梳理企业岗位需求，结合学科专业储备开展精准对接，持续提升人才配置效能。通过数字化改造推动教育供给模式优化升级，由标准化培养向定制化服务转型，实现产业迭代、教学更新和人才成长同向发力、协同共进。

完善区块链赋能的科技成果转化基础体系。统筹建设未来产业科技成果转化区块链公

共服务平台,整合高校专利资源、企业技术需求和惠企政策工具,实现合作履约信息全程上链存证溯源,为科技成果价值研判提供真实可靠的数据支撑。严守数据安全和权属管理底线,有序推进科研数据、生产经营数据与政务数据合规融合共享。搭建跨境科研数据安全应用沙箱,依托区块链等技术,在保障数据不出域前提下有序参与智能模型训练,兼顾开放创新和安全管控。强化数字化治理支撑,运用智能技术仿真模拟各类政策组合实施成效,科学评估多方协同运行效能,为优化政策提供量化参考和决策支撑。**Reform**

参考文献

- [1] 中华人民共和国国民经济和社会发展第十五个五年规划纲要[N].光明日报,2026-03-14(1).
- [2] 习近平在中共中央政治局第十一次集体学习时强调 加快发展新质生产力 扎实推进高质量发展[EB/OL].(2024-02-01)[2026-03-05].https://www.gov.cn/yaowen/liebiao/202402/content_6929446.htm.
- [3] 胡拥军.前瞻布局未来产业:优势条件、实践探索与政策取向[J].改革,2023(9):1-10.
- [4] 杨丹辉.未来产业发展与政策体系构建[J].经济纵横,2022(11):33-44.
- [5] 李晓华,王怡帆.未来产业的演化机制与产业政策选择[J].改革,2021(2):54-68.
- [6] 蔡翔,王文平,李远远.三螺旋创新理论的主要贡献、待解决问题及对中国的启示[J].技术经济与管理研究,2010(1):26-29.
- [7] 许志国.系统科学[M].上海:上海科技教育出版社,2000:20.
- [8] 王绍超.世界科学中心转移的历史变迁及启示[J].中国人才,2025(1):83-85.
- [9] 去年涉专利技术合同成交额超万亿元 高校、科研机构发明专利产业化率明显提升[EB/OL].(2026-03-24)[2026-03-28].https://www.gov.cn/lianbo/202603/content_7063611.htm.
- [10] Leydesdorff L, Etzkowitz H. The triple helix as a model for innovation studies[J]. Science and Public Policy, 1998, 25(3): 195-203.
- [11] Leydesdorff L. The triple helix—university-industry-government relations: a laboratory for knowledge-based economic development[J]. Glycoconjugate Journal, 1995, 14(1): 14-19.
- [12] Loet, Leydesdorff L. The triple helix, quadruple helix, ..., and an N-tuple of helices: explanatory models for analyzing the knowledge-based economy?[J]. Journal of the Knowledge Economy, 2012, 3(1): 25-35.
- [13] Etzkowitz H. The second academic revolution and the rise of entrepreneurial science [J]. IEEE Technology and Society Magazine, 2001, 20(2): 18-29.
- [14] Leydesdorff L, Etzkowitz H. The transformation of university-industry-government relations[J]. The Socjournal, 2001, 5(4): 1-17.
- [15] Saxenian A. Regional advantage: culture and competition in silicon valley and route 128 [M]. Cambridge: Harvard University Press, 1994.
- [16] Etzkowitz H. Innovation in innovation: the triple helix of university-industry-government relations[J]. Social Science Information, 2003, 42(3): 293-337.
- [17] 形成天下英才聚神州的创新局面——习近平总书记两院院士大会上的重要讲话引起热烈反响[EB/OL].(2018-06-03)[2026-03-05].https://www.gov.cn/xinwen/2018-06/03/content_5295959.htm.
- [18] 黄涛,黄德菲,樊艳萍.20 世纪的美国:引领世界科学技术发展的潮流[J].中国人才,2024(11):80-82.

- [19]关乐宁,徐凌验.通用目的技术视角下新一代人工智能的作用机理与治理体系[J].系统工程理论与实践,2024(1):245-259.
- [20]胡拥军.全球未来产业发展的技术预见、实践探索与经验总结[J].中国物价,2024(1):67-71.
- [21]李欣,程浩伦,乔铮,等.引导企业加强基础研究的有关思考[J].创新科技,2024(6):66-78.
- [22]关乐宁,胡拥军.锚定“四链”融合 厚植未来产业发展优势[J].经济,2024(8):36-39.

Integrated Development Orientation of Education, Science and Technology, and Talent in Future Industries during the 15th Five-Year Plan Period

Hu Yongjun Guan Lening Xu Lingyan

Abstract: As the most dynamic carrier of new quality productive forces, future industries rely on an integrated development mechanism of education, science and technology, and talent as their key support. This mechanism embodies threefold logic—theoretical, historical, and practical—serving as an inevitable choice to drive educational innovation, foster a fertile talent ecosystem, and empower technological transformation. The integrated development of education, science and technology, and talent in future industries should advance through the "triple helix" model, where three types of innovation entities—government, enterprises, and universities—form a "meta-organization" collaborative network through internal integration, functional expansion, and organizational evolution. This enables collaborative talent aggregation, joint talent cultivation, and synergistic innovation across the "triple helix". Future efforts should prioritize establishing a policy coordination mechanism, building a platform-based sharing ecosystem, deepening interest-aligned collaboration frameworks, and strengthening the foundational infrastructure for technological empowerment. By vigorously promoting the integrated development of education, science and technology, and talent in future industries through the "triple helix" model, we aim to seize new opportunities in technological revolution, cultivate fresh economic drivers, and establish new competitive advantages for national development.

Key words: future industries; integration of education, science and technology, and talent; "triple helix"; new quality productive forces

(责任编辑:罗重谱)