工程研究——跨学科视野中的工程 2026 年 2 月
JOURNAL OF ENGINEERING STUDIES http://jes.ucas.ac.cn 跨学科视野中的工程

工程哲学

DOI: 10.3724/j.issn.1674-4969.20240144
CSTR: 32282.14.JES.20240144

# 深化对科技-工程-产业创新深度融合的规律性认识

李三虎[1*]，徐琳[2]

1. 山西大学 马克思主义学院，太原 030006；
2. 中国工程院 战略咨询中心，北京 100086

**摘要：**引入工程创新作为科技创新和产业创新之间的中间环节，旨在认识以科技创新和产业创新深度融合助力新质生产力发展之路。凡世界科学中心，必定是科技-工程-产业创新融合之国度。历次科技革命和产业变革以及世界科学中心转移表明，一个国家要成为世界科学中心并引发科技革命和产业变革，需要厚植创新文化土壤、培养吸引人才力量和推动科技成果应用转化，实现科技-工程-产业创新融合。借鉴这些历史经验，中国要着眼高质量发展新优势塑造，强化科技成果应用转化、高水平科技自立自强、顶尖人才培养和赓续创新奋斗精神血脉，以科技-工程-产业创新深度融合引领传统产业转型升级、战略性新兴产业跨越发展和未来产业新领域培育。古代中国曾经取得过辉煌的科技文明成就，深化对科技-工程-产业创新深度融合的规律性认识，有利于中国以高度的历史文化自信自觉，把握新一轮科技革命和产业变革趋势，探索从科技创新到工程创新和产业创新的深度融合新路，取得人类最强的科技、最优的工程和最好的产业，努力成为世界主要科学中心和创新高地。

**关键词：**科技-工程-产业创新；世界科学中心；高质量发展；创新文化

**中图分类号：**N19 **文献标识码：**A **文章编号：**1674-4969(2026)01-0085-14

## 引言

“扎实推动科技创新和产业创新深度融合，助力发展新质生产力。”[1]这一表述创新性地阐释了创新主导新质生产力发展的命题，引发科技界、产业界及社会各界的广泛讨论，主要体现在以下三方面：其一，强调高质量发展与高水平安全的双重目标，其核心在于将培育新质生产力作为内在驱动力，而新质生产力的发展又根植于科技创新与产业创新的深度融合，这种融合构成了其不可或缺的内生动力[2-3]；其

**收稿日期：**2024-11-27; **修回日期：**2024-12-18
**基金项目：**中国工程院战略研究与咨询项目：习近平科技创新重要论述体系研究（2024-HZ-06）
**作者简介：***李三虎（1964—），男，博士，教授，研究方向为马克思主义理论、科技和工程哲学研究。Email: sh.li@foxmail.com（通讯作者）
徐琳（1990—），女，硕士，助理研究员，研究方向为科技政策研究。Email: xl@cae.cn
**引用格式：**李三虎, 徐琳. 深化对科技-工程-产业创新深度融合的规律性认识[J]. 工程研究——跨学科视野中的工程, 2026, 18(1): 85-98. DOI: 10.3724/j.issn.1674-4969.20240144. CSTR: 32282.14.JES.20240144
LI S H, XU L. A Regular Investigation into the Deep Integration of Technological, Engineering and Industrial Innovations[J]. Journal of Engineering Studies, 2026, 18(1): 85-98. DOI: 10.3724/j.issn.1674-4969.20240144. CSTR: 32282.14.JES.20240144

©The Author(s) 2024. This is an open access article under the CC-BY 4.0 License (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

二，注重科技创新与产业创新的互融互促[4]，需以高质量科技供给为基础，同时突出企业在科技创新中的主体地位[5]；其三，聚焦科技成果转化应用，着力打通融合过程中的关键路径，通过围绕产业链部署创新链，将科技创新切实落实到产业创新中[6]，从而推动具体产业创新发展[7-8]。

这些讨论着重强调科技创新作为发展新质生产力的核心要素，以及产业创新作为其现实载体，但“科技创新与产业创新深度融合”这一新命题背后仍有许多问题亟待探讨。特别是：工程创新在二者融合中扮演何种角色？笔者认为，工程创新是发展新质生产力的关键环节——唯有通过工程创新，科技供给的科学知识与技术成果才能转化为现实生产力，使科技成果从样品变为产品、形成产业，最终实现科技创新与产业创新的深度融合。从科技创新到产业创新，必须经过工程创新这一中间环节。以创新驱动新质生产力发展，本质上就是要实现科技-工程-产业创新的深度融合。由此，如何理解新质生产力发展的内生动力，便成为一个关键的认识论问题。我们能够从科技创新史中获得哪些启示？现实中，中国又应遵循哪些规律来推动三者的深度融合？在此过程中，如何培育具有中国特色的创新文化土壤？

本文拟从世界科学中心转移、高质量发展优势塑造和创新奋斗精神传承三个维度，深化对科技-工程-产业创新深度融合规律的认识。

## 1 从世界科学中心的转移看科技-工程-产业创新深度融合的条件和要求

以中国式现代化全面推进中华民族伟大复兴，明确到2035年建成科技强国，到21世纪中叶建成世界科技强国。衡量科技强国的核心要素之一，是必须“拥有强大的国际影响力和引领力，成为世界重要科学中心和创新高地”[1]。世界科学中心与创新高地的桂冠，始终属于那些实现科技、工程与产业创新深度融合的国家。纵观近代科学史，可归纳出这样一条规律：每个历史时期总有一个国家成为世界科学中心，以科技-工程-产业创新的深度融合为驱动力，引领全球科技发展浪潮，而后这一中心又会转移至其他国家。学界普遍认为，近代以来的世界科学中心经历了五次转移，涉及五个国家（见表1）。在世界科学中心的五次转移过程中，相继引发了人类历史上的三次科技革命和产业变革[9]（见表2）。为将中国建设成为世界主要科学中心和创新高地，我们不妨回溯历史，通过分析历次科技革命、产业变革及世界科学中心转移，总结科技-工程-产业创新深度融合所需的条件与要求。

第一，厚植创新文化土壤，促进科技-工程-产业创新深度融合。意大利成为首个世界科学中心，得益于其繁荣的城市商贸、地中海航线枢纽地位及深厚的古典文化传统，这些因素共同孕育了欧洲文艺复兴，为创新融合提供了沃土。例如，达·芬奇（Leonardo da Vinci）不仅是杰出的诗人和艺术家，还是卓越的工程设计家；伽利略（Galileo Galilei）作为物理学家和天文学家，开创了实验科学新纪元，其发明的天文望远镜极大推动了科学发展。同样，法国成为第三个世界科学中心，源于启蒙运动营造的创新文化氛围——政府任命众多科学家担任要职，改革巴黎科学院等皇家机构，创办巴黎综合理工学院、巴黎高等师范学院等新型院校，使科技创新从宫廷走向工程、产业和社会，实现了科技-工程-产业的有机融合。

第二，以最优的教育制度和科研环境培育科技-工程-产业创新融合型人才。德国成为第四个世界科学中心，主要体现在两方面体制机制创新：一是推动大学体制改革，创立导师制，促使研究型大学兴起，实现大学教育与科技创新的紧密结合；二是创建产业实验室，将大学与产业界联系起来，实现科技创新与产业创新的深度融合。德国这种以人才为核心的科研教育体制，有效推动了科技创新成果转化，催生了以电气化为标志的第二次科技革命和产业变革。美国之所以崛起为世界科学中心，主要得益于其构建的高效创新生态体系，该体系实现了从科技创新、工程创新到产业创新的全链条衔接。美国将德国模式的研究型大学升级为更具活力的创业型大学，并将产业实验室发展为集科研、孵化、产业化于一体的科技园区。此外，美国独特的金融体系催生的风险投资机制，有力加速了科技成果从实验室到市场的转化进程。可以

**表1**　近代以来的五个世界科学中心及其科技-工程-产业创新融合特点

**Table 1**　The five world science centers since modern times and their characteristics of integration of science, technology, engineering, and industrial innovation

| 阶段 | 不同历史时期的世界科学中心 | 科技-工程-创新深度融合特点 |
|---|---|---|
| 1500年前<br>多文明轴心 | 中华文明，以及巴比伦文明、古印度文明、古埃及文明、古希腊文明、罗马文明、阿拉伯文明等 | 文明之间尽管相互交流非常缓慢，但各自都取得巨大的古代科技成就 |
| 第一次<br>世界科学中心转移 | 欧洲文艺复兴，意大利实现世界科技从古代到现代的转型，成为近代历史上第一个世界科学中心 | 创新思想得到解放，文艺家、科学家、工程师和商业家群星汇聚 |
| 第二次<br>世界科学中心转移 | 第二个世界科学中心是第一次科技革命和产业变革时期的英国，发生了世界科学中心第二次转移 | 更加注重工匠精神，以技术创新引发第一次工业革命 |
| 第三次<br>世界科学中心转移 | 第三个世界科学中心是启蒙运动时期的法国，发生了世界科学中心第三次转移 | 培育深厚的创新文化，推动科技-工程-创新融合 |
| 新四次<br>世界科学中心转移 | 第四个世界科学中心是第二次科技革命和产业变革时期的德国，发生了世界科学中心第四次转移 | 改革教育制度推动各类创新人才辈出，在创新融合上执世界牛耳 |
| 第五次<br>世界科学中心转移 | 第五个世界科学中心是第三次科技革命和产业变革时期的美国，发生了世界科学中心第五次转移 | 优化最优科研环境，吸引世界各国顶尖创新型人才培育新领域 |
| 第六次<br>世界科学中心转移? | 中国能否在新一轮科技革命和产业变革中抢占先机，成为第六个世界科学中心，推动实现世界科学中心第六次转移? | 以历史文化自信，强化科技-工程-产业创新深度融合，努力成为世界主要科学中心和创新高地 |

**表2**　近代以来的三次科技革命和产业变革

**Table 2**　The three technological revolutions and industrial transformations since modern times

| 阶段 | 科学革命 | 技术革命 | 产业变革 |
|---|---|---|---|
| 第一次<br>科技革命和产业变革 | 哥白尼日心说、牛顿力学等 | 动力机：蒸汽机；<br>传动机：齿轮、蜗轮、皮带及绳索等传动部件；<br>工具机：机床、纺织机、火车与蒸汽船等机械设备 | 机械化 |
| 第二次<br>科技革命和产业变革 | 热力学、电磁学等 | 动力机械：内燃机、发电机等；<br>传动系统：电动机、电力输配、无线通信；<br>工作机械：汽车、飞机等 | 电气化 |
| 第三次<br>科技革命和产业变革 | 量子力学、相对论、核物理等等 | 动力体系：核裂变发电、可充电电池等；<br>传动体系：互联网、移动通信等；<br>工作机：自动化设备；<br>计算机：信息处理系统 | 信息化 |
| 新一轮（第四次）<br>科技革命和产业变革 | 纳米-生物-信息-认知(nanotechnology-biotechnology-information technology-cognitive science，NBIC）融合 | 驱动系统：绿色动力；<br>机械结构：物理构造；<br>控制系统：智能算法；<br>感知系统：人机交互与数据输入输出 | 智能化 |

说，美国科技发展既继承了英国实验科学传统，又吸收了德国科技教育体系精华。在此基础上，美国打造的优越科研环境，不仅培养还吸引了全球顶尖人才，为以信息技术为核心的第三次科技革命和产业变革提供了沃土，深刻改变了世界发展格局。

第三，坚持以科技创新为先导，推动科技成果向工程创新和产业创新转化应用。17世纪初，受弗兰西斯·培根（Francis Bacon）科学思想影响，英国成为第三个世界科学中心。从政府到公众普遍重视知识价值，倡导科学实验，1662年成立的皇家学会有力推动了自然科学发展。此后，牛顿力学、电磁场理论、进化论等重大科学理论相继问世，科学成就成为

技术革命的先导。瓦特（James Watt）在前人基础上改良蒸汽机，使其效率显著提升。蒸汽机技术与纺织机械技术的结合，引发了第一次科技革命和产业变革，彻底改变了全球生产与社会生活面貌，推动人类从农业时代迈入工业时代。在科技成果转化方面，美国通过建立完善的科技教育体制和创新体系，大力支持基础研究与原始创新，培养创新人才，运用科学管理方法推进科研教育发展，并促进文化繁荣与文化产业兴起，始终引领着科技-工程-产业创新的融合发展。

第四，以独创的科技发展战略和鼓励原始创新的政策为科技-工程-产业创新深度融合提供支撑。美国自建国之初便推行鼓励移民的政策，首任总统华盛顿（George Washington）在致约翰·亚当斯（John Adams）的信函中，明确支持鼓励“有用的技术工人和一些特定种类或有特定职业的人”移民的公共政策。联邦政府通过人才引进政策，为自由开放的原始创新提供资金保障。19世纪美国人才匮乏，曾被欧洲视为文化荒漠；但至20世纪初情况显著改观——1890至1900年间，美国经济总量超越英国，并涌现出一批杰出人才。两次世界大战更创造了吸纳全球顶尖人才的契机。战后，以爱因斯坦（Albert Einstein）、费米（Enrico Fermi）为代表的德国科学家群体移居美国，在特色科技发展战略和创新激励政策的双重推动下投身科研。从原子能、计算机到空间技术，从微电子到互联网、人工智能及生物科技等领域，美国始终保持着世界科学中心的领先地位。

## 2 着眼塑造高质量发展新优势 探索科技-工程-产业创新深度融合新路径

根据日本学者汤浅光朝[10]与中国学者赵红州[11]的统计分析，世界科学中心的转移呈现周期性规律。1540—1610年的意大利、1660—1730年的英国、1770—1830年的法国、1810—1920年的德国以及1920年至今的美国，这些国家的科学兴盛期均持续约80年。基于此研究，汤浅光朝曾预测美国将在2000年前后退出科学中心地位。该预测虽引发当时全球政界、经济界与科技界的高度关注，但也启示中国需以历史自觉与自信推动科技、工程与创新的深度融合，把握新一轮科技革命与产业变革的机遇，力争成为世界主要科学中心和创新高地。

近代以来，世界科学中心经历了五次转移，自1540年至今不足五百年，其地理空间主要集中于欧美国家。若追溯1540年前的世界历史，拥有五千年文明的中华民族虽历经朝代更迭，但每个朝代均存在约百年的稳定发展期，并创造了辉煌的古代科技成就。指南针、火药、印刷术等重大发明，不仅为意大利成为欧洲首个现代意义上的世界科学中心奠定了技术基础，更预示着资产阶级社会的来临，成为欧洲思想启蒙运动最有力的推动杠杆。随着近代科学中心向欧美转移，中国逐渐从世界科技强国沦为半封建半殖民地。1949年以后，新中国科技发展，特别是“两弹一星”的成功研制，见证了中国科技自立自强的辩证历史过程。当今世界正处于百年未有之大变局，科技创新成为关键变量。世界科学中心既是科技发展水平的集中体现，也是科技、工程与创新创业的融合枢纽。科学中心的转移不仅反映国家或地区在全球科技竞争中的格局变化，更彰显其综合国力的消长。历史表明，科学中心的转移始终伴随着工程制高点与产业竞争力的迁移，意大利、英国、法国、德国的崛起莫不如此，当今美国亦然，未来中国必将循此轨迹。作为曾引领世界科技发展的文明古国，中国理应具备成为全球主要科学中心和创新高地历史自信。

20世纪以来，科技-工程-产业创新日益深度融合，世界主要科学中心仍然主要集中在欧美发达国家，但呈现出向亚洲和太平洋地区转移的趋势。随着新兴国家和地区经济科技迅速发展，世界科学中心正在呈现多中心局面。特别是中国的科技研发支出快速增长，技术创新能力明显增强，已经成为科技-工程-产业创新融合发展的高度活跃地区。近10多年来，中国研发经费实现了300%增长。2023年，美国科研经费总投入6075亿美元，排名全球第一，占全球比达到35.6%；中国科研经费总投入4680亿美元，占全球比达到27.5%。中美两国科研总投入占比超过全球一半，达到53.1%。按折合全时工作量计算的研发人员总量，中国从2013年至今稳居世界第一。新时代

以来，中国基础前沿研究实现新突破，战略高技术领域迎来新跨越，创新驱动引领高质量发展取得新成效（见表3）[1,12-15]。中国成为世界主要科学中心和创新高地有其历史必然，要增强成为世界主要科学中心和创新高地的历史自觉。

过去40余年，中国以高速增长弥补了错失前两次科技革命与产业变革的缺憾，成功抓住第三次科技革命与产业变革的契机，从追赶到逆袭，成为世界科技-工程-产业创新融合发展的佼佼者。纵观前三次科技革命与产业变革，其演进路径基本遵循“科技突破→工程创新→产业变革”的范式。进入21世纪，全球正处于第三次与新一轮科技革命及产业变革的历史交汇期，科技-工程-产业创新融合呈现新特征：科学研究向极宏观、极微观、极端条件和极综合交叉领域纵深推进，持续突破认知疆界；技术创新进入空前活跃期，人工智能、量子科技、生物技术等前沿领域呈现爆发式突破，催生链式变革效应[1,15]。围绕新一轮科技革命和产业变革，大国竞争更加激烈：“科技革命与大国博弈相互交织，高技术领域成为国际竞争最前沿和主战场，深刻重塑全球秩序和发展格局。虽然我国科技事业发展取得了长足进步，但原始创新能力还相对薄弱，一些关键核心技术受制于人，顶尖科技人才不足。必须进一步增强紧迫感，进一步加大科技创新力度，抢占科技竞争和未来发展制高点。”[1,15]中国必须要抓住这次历史机遇，把握科技-工程-产业创新深度融合规律，拥有人类最强的科技、最优的工程和最好的产业，进而在未来世界多极格局中占据重要地位。

第一，科技-工程-产业创新深度融合是发展新质生产力的本质要求，要将科技力量转化为高质量发展新优势。这种深度融合是生产力跃迁的必然选择，关乎高质量发展的效率、动能和优势。科技创新作为新质生产力发展的核心要素，为工程创新和产业创新提供内生动力。科技是第一生产力，工程则是直接生产力。工程创新将科学知识和技术发明应用于生产，推动生产力和产业变革：“工程科技是推动人类进步的发动机，是产业革命、经济发展、社会进步的有力杠杆。”[15-16]任何工程项目实践都具有“首创性”，其本身就是科技创新的体现。在大科学时代，科技创新与工程创新已密不可分。互联网基础设施建设、大规模高铁建设等工程创新既源于科技创新，又引发广泛而深刻的产业创新。产业创新往往依托关键工程创新对

**表3** 新时代中国科技事业取得的历史性成就、发生的历史性变革及未来布局[1,12-15]

**Table 3** Historic achievements, historic changes, and future layout of China's scientific and technological undertakings in the new era[1,12-15]

| 科技事业取得的历史性成就、发生的历史性变革 | 科技创新和产业创新融合发展布局 |
|---|---|
| 基础设施建设取得重大成就：高铁、高速路网全球领先，机场、港口、水利、能源及信息基础设施建设成果显著[1,12-15]；<br>科技自立自强加速推进：研发经费跃居世界第二，研发人员总量登顶全球[1,12-15]；<br>关键技术与新兴产业突破发展：基础研究强化，原始创新能力提升，载人航天、探月探火等多领域关键技术取得突破，战略性新兴产业壮大，标志我国迈入创新型国家行列[1,12-15] | 强化产业基础与装备攻关：实施产业再造与装备攻关，扶持专精特新企业，促制造业高端化、智能化、绿色化[1]；<br>巩固优势与补齐短板：巩固优势产业，加速补安全短板，增强战略资源供应[1]；<br>培育战略性新兴产业集群：推动新兴产业融合发展，打造信息、AI、生物、新能源等多领域经济增长[1] |
| 基础前沿研究新突破：量子、生命、物质、空间科学等领域原创成果丰硕。微分几何学两大核心猜想被证明，化学小分子实现细胞重编程，二氧化碳人工合成淀粉技术取得突破；<br>战略高技术领域新跨越：“嫦娥”奔月、“天和”驻空、“天问”探火、“地壳一号”入地、“奋斗者”探海。全球首座四代核电站商运，树立技术新碑；<br>创新驱动发展新成效：集成电路、AI等新兴产业崛起。6G卫星升空，北斗服务全球。国产大飞机，高铁技术领先。新能源汽车激活产业，生物育种、新药、绿色低碳技术助力国家发展，保障粮食、健康与生态安全 | 突破产业瓶颈，强化科技支撑：聚焦产业重点与弱项，加大集成电路、工业母机等关键技术研发，确保产业链自主可控[1]；<br>瞄准科技前沿，培育新兴产业：加速新一代信息技术、人工智能等领域科技创新，培育新兴产业与未来产业[1]；<br>新技术赋能，传统产业转型升级：利用新技术推动传统产业向高端、智能、绿色方向升级[1] |

产业进行变革改造。科技创新作为源头活水，通过基础研究在科研链条起始端实现关键核心技术突破，全面提升影响经济社会发展的基础技术水平，为产业创新奠定基础；通过工程应用研究创新，将特定科技创新成果与产业核心技术突破相衔接，直接推动产业升级乃至变革，使科技力量转化为产业竞争优势。由此，通过科技-工程-产业创新的深度融合，可促进中国产业迈向全球价值链中高端，重塑全球供应链产业链新格局。

产业创新作为科技创新与工程创新价值实现的根本途径，对二者具有显著的价值牵引作用："要及时将科技创新成果应用到具体产业和产业链上，改造提升传统产业，培育壮大新兴产业，布局建设未来产业，完善现代化产业体系。"[17]这为通过科技-工程-产业创新深度融合来完善现代产业体系、发展新质生产力提供了明确指引（见表4）。其中，未来产业不仅代表着三链融合的发展方向，更是大国竞争的战略焦点、重塑全球格局的关键力量，以及建设世界主要科学中心和创新高地的生产力基础。发展未来产业必须夯实基础科学研究根基，通用基础技术的更新迭代将赋能全产业链，为抢占未来发展制高点提供技术支撑。随着量子信息、深海空天开发、生命科学、元宇宙、人形机器人等前沿产业的科技创新研发，将有力推动新型工业化，形成新优势。要推动基础研究与应用研究协同互促，夯实科技创新和产业创新深度融合基础；推动科技创新与市场应用衔接互动，搭好科技创新和产业创新深度融合的工程创新舞台。只有科技-工程-产业创新深度融合，形成科技-工程-产业创新正相关的良性循环系统，才能推动新质生产力发展。

第二，推进高水平科技自立自强是科技-工程-产业创新深度融合必由之路，要把创新发展主动权牢牢掌握在中国人自己手中。高水平科技自立自强是国家强盛之基、安全之要，是大国创新发展的必由之路：

**表4**　科技-工程-产业创新深度融合助力新质生产力发展

**Table 4**　Deep integration of science, engineering, and industrial innovation to drive the development of new quality productive forces

| 分类 | 规律性认识 | 经验案例 |
|---|---|---|
| 助力传统产业转型升级 | 发挥科技创新引领带动作用，促进数智技术与传统产业深度融合，提升生产效率与产品质量，推动传统产业的智能化、高端化、绿色化转型，夯实传统产业"基本盘"地位 | 以新能源汽车产业为例：汽车是超百年传统产业，新能源汽车是汽车产品新类型。新能源汽车产业是综合集成了电化学、智能、物联网、大数据、结构新材料等诸多领域技术创新形成的全新产品。目前围绕新能源汽车全产业链，中国新能源汽车产品生产，降低能源消耗，实现生产成本降低，在驾驶、交互等环节给消费者带来更多更好体验，技术创新已从根本上变革了汽车产业格局。相对于关键核心技术和部件受制于人的传统燃油车，中国新能源汽车通过弯道超车，做到了全球第一，使中国汽车产业得到根本改变 |
| 助力战略性新兴产业跨越发展 | 推动重要科技领域跨越发展，加快促进创新链产业链资金链人才链深度融合，实现关键核心技术自主可控，提升原始创新能力，创造更多"从0到1"的新突破，增强战略性新兴产业新动能 | 以数字技术产业为例：数字技术的快速创新发展使数据成为新型生产要素，围绕数据要素的创新配置将构建全新产业生态，从而形成新质生产力。当前，通过大规模采集数据并对其进行清洗、分析，产品供给方能够更精准地把握需求方向、对象、内容及规模，在不增加资金、土地、劳动力等传统要素投入的情况下实现更高效率产出。数据要素的优化配置催生了更优质的生产力成果。中国"东数西算"的区域分工模式，有效激活了数据作为新质生产力的潜能，培育了全新的数字产业生态，为发展提供了跨越式路径 |
| 助力培育未来产业新竞争优势 | 加快原创性、颠覆性技术创新，以前沿技术突破引领未来产业发展，打造世界未来产业重要策源地 | 通过为量子特性寻找应用场景，以场景创新推动技术应用，量子保密通信、量子精密测量和量子计算等产业方向逐渐明晰。在应用领域方面，量子信息技术率先在对保密性要求较高的金融等行业实现落地。2014年，中国建成上海陆家嘴量子保密通信应用示范网；2017年，"墨子号"卫星成功实现无中继千公里级量子密钥分发。近期光量子芯片的重大突破绕过了光刻机的技术限制，通用量子计算机有望在未来10~20年内问世。目前，合肥等地的量子通信产业集群已处于全球领先地位，正通过技术路径创新赢得未来发展优势 |

“推进高水平科技自立自强，推进高水平对外开放，建成现代化经济体系，加快构建新发展格局。”[18]实现高水平科技自立自强，把主动权牢牢掌握在自己手中。这是对当前国际科技竞争态势的积极回应，更是对国家长远发展的战略布局。只有坚持高水平科技自立自强，才能在国际竞争中占据主动，提高中国应对外部重大风险挑战的能力，筑牢民族复兴之基。强调高水平科技自立自强，不是搞封闭型创新系统，不是唱“独角戏”，而是营造具有全球竞争力的开放创新生态。其根本目的，是形成有活力的科技-工程-产业创新深度融合发展氛围。既要通过自主创新，占领科技革命和产业变革的先机和制高点，实现关键核心技术自主可控、拥有强大的科技原创能力，打破外部技术封锁束缚，又要以包容并蓄的胸怀学习世界先进创新成果，扩大国际科技交流合作，汇聚全球优质创新资源，深入参与全球科技创新治理，破解人类共同面对的重大科技问题，引领全球科技创新可持续发展（表4）。

第三，人才是第一资源，要把教育制度优势转换为筑牢科技-工程-产业创新深度融合人才根基的新动力。强大的关键核心技术攻关能力，强大的原始创新能力，都要落脚到强大的高水平科技人才培养和集聚能力上。“世上一切事物中人是最可宝贵的，一切创新成果都是人做出来的。硬实力、软实力，归根到底要靠人才实力。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。”[15]只有人才强盛，才能实现科技强、工程强、产业强、国家强。当前中国人口年龄中位数仍处于较低水平，人口红利持续存在，但这种红利已从廉价劳动力转向工程师红利，人才价值正日益凸显。数据显示：复兴号高铁设计研发团队平均年龄38岁，北斗卫星核心团队平均年龄36岁，中国天眼研发团队平均年龄30岁，“墨子号”量子卫星团队平均年龄不到35岁，天宫载人航天团队的平均年龄和“蛟龙”号潜水器团队平均年龄为32岁，长三甲系列火箭总体设计团队平均年龄不足30岁。唯有人才辈出、后继有人，才能持续提供科技发展动力。自1999年高校扩招以来，2023年中国在校大学生总数达4763.19万人，规模居世界首位，是美国的两倍多。随着教育科研投入持续加大，中国创新能力快速提升。当前正着力培养战略科学家、科技领军人才与创新团队，造就卓越工程师、大国工匠和高技能人才，促进科技与产业人才交流，培育复合型人才梯队，同时吸引全球顶尖人才，为科技-工程-产业深度融合奠定坚实人才基础。

## 3 以赓续创新奋斗血脉滋养科技-工程-产业创新深度融合所需文化土壤

中国式现代化是物质文明和精神文明相协调的现代化。科技-工程-产业创新深度融合是以助力新质生产力为目标的物质文明发展动力，创新文化作为精神文明的重要内容则是为这一物质文明发展动力营造良好的文化氛围和社会环境。“人才成长和发展，离不开创新文化土壤的滋养。”[1]要“培育创新文化，传承中华优秀传统文化的创新基因，营造鼓励探索、包容失败的良好环境，使崇尚科学、追求创新在全社会蔚然成风。”[1]“必须增强文化自信，发展社会主义先进文化，弘扬革命文化，传承中华优秀传统文化……激发全民族文化创新创造活力。”[18]这意味着可以从中华优秀传统文化、革命文化和社会主义先进文化这三个方面，考虑科技-工程-产业创新深度融合的文化土壤厚植问题。

第一，根植5000年中华文明历史，传承中华优秀传统文化的创新基因。“创新是一个民族进步的灵魂，是一个国家兴旺发达的不竭动力，也是中华民族最深沉的民族禀赋。”[14]从创新文化视角来看，中华优秀传统文化的精髓主要体现在科技向善的价值导向与革故鼎新的生生不息两大维度。要实现科技自立自强，必须坚守科技向善理念。科技向善，是要贯彻“人民至上”原则，促进科技-工程-产业创新深度融合，更好地增进全体人民和人类福祉。这种创新价值观，深扎于中华5000年文明沃土。汉代班固《汉书·河间献王传》[19]中的“实事求是”，明代王阳明的“知行合一”，这些哲学思想或理论是在创新融合中追求真理和注重实践的指导原则。《礼记·大学》[20]中的“修齐治平”，明末顾炎武《日知录·正

始》[21]中的“兴亡有责”，这种家国情怀为我们提供了创新融合的内在动力和精神支持。《尚书·五子之歌》[22]中的“民惟邦本”，《论语·为政》[23]中的“为政以德”，这些治国理政思想为创新深度融合提供了面向国家需要和民生福祉的根本要求。《管子·治国》[24]和《论语·子张》[25]中的“富民”，《尚书·大禹谟》[26]中的“厚生”，《荀子·大略》[27]中的“义利两有”（义利兼顾），这些注重经济和社会效益平衡的经济伦理观点，为我们提供了融合创新发展的价值观念和实践策略。《礼记·礼运》[28]中的“讲信修睦”，《左传·隐公六年》[29]中的“亲仁善邻”，这种交往之道引导我们在创新融合中注重社会公平正义。《礼记·礼运》[28]中的“天下为公”“天下大同”，这种理想社会设想为创新融合提供了人类道义境界和世界胸怀格局。深入挖掘中华文明的智慧结晶和精华所在，可以丰富科技-工程-产业深度融合的精神内涵。

中华民族是富有创新精神的民族，中华文明是革故鼎新、与时俱进、自强不息的文明，创新精神是中华民族最鲜明的禀赋。《周易》[30]中的“富有之谓大业，日新之谓盛德，生生之谓易”，《礼记·大学》[20]中的“苟日新，日日新，又日新”，都内含着创新精神。公元554年成书的《魏书》[31]中记载说“革弊创新者，先皇之志也”，这是汉语“创新”一词的最早出处。缺乏现代科学中的形式逻辑体系，没有通过系统实验发现因果关系的方法，中华民族能够在科技创新上作出杰出的历史成就，就在于她自身拥有注重适用的、直觉的、意向的思维方法。即使在今天，我们仍然可以从这些创新思维方法中汲取丰富的营养和力量。我们仍然要把注重适用看作科技-工程-产业创新深度融合的主要动力和源泉，强调直觉对颠覆性创新的决定性作用，以意向思维与科学思维互补转换出新的创新思维方法，唤起和开发出中国人固有的创新创造潜力。要遵循科技创新发展规律，鼓励基础研究和原始创新，处理好“无用”与“有用”的辩证关系，把中国独特的“求诸己”的内向实践与马克思主义的“改造世界”的外向实践有机结合起来，实现科技-工程-产业创新深度融合发展。

第二，立足100多年中国共产党历史，从革命文化中汲取创新奋斗精神养分。100多年来，中国共产党弘扬伟大建党精神，在长期奋斗中形成中国共产党人精神谱系（见表5）。可以看到，中国共产党自成立之日起，就高举先进文化的前进旗帜，始终视科学为“历史有力的杠杆”和“在历史上起推动作用的、革命的力量”。既重视科学作为先进生产力集中体现和主要标志的基础性物质力量，又重视发挥科学在思想解放、推动文化发展繁荣方面先导性的精神力量。

中国共产党成立初期，中国共产党人致力于借助科学文化传播马克思主义。1923—1924年，中国思想文化领域发生了一场影响深远的“科玄论战”。中

**表5**　中国共产党人精神谱系分类汇总[32]

**Table 5**　Classification and summary of the spiritual spectrum of the Chinese Communists [32]

| 时期 | 历史事件类 | 地域和行业类 | 人物类 |
|---|---|---|---|
| 新民主主义革命时期 | 伟大建党精神，长征精神，抗战精神 | 井冈山精神，苏区精神，遵义会议精神，延安精神，红岩精神，西柏坡精神，照金精神，东北抗联精神，南泥湾精神，太行精神（吕梁精神），大别山精神，沂蒙精神，老区精神 | 张思德精神 |
| 社会主义革命和建设时期 | 抗美援朝精神 | “两弹一星”精神，西迁精神，红旗渠精神，北大荒精神，塞罕坝精神，“两路”精神，大庆精神（铁人精神），老西藏精神（孔繁森精神） | 雷锋精神，焦裕禄精神，王杰精神 |
| 改革开放和社会主义建设新时期 | 改革开放精神，抗洪精神，抗击“非典”精神，抗震救灾精神 | 特区精神，载人航天精神，青藏铁路精神，劳模精神（劳动精神、工匠精神），女排精神 | |
| 中国特色社会主义进入新时代 | 脱贫攻坚精神，抗疫精神 | 科学家精神，企业家精神，探月精神，新时代北斗精神，丝路精神，“三牛”精神，右玉精神 | |

国共产党人参与其中，努力用马克思主义改造中国文化，宣传唯物史观，扩大马克思主义影响，马克思主义逐渐成为“新文化中的新文化”。延安时期，坚持实事求是，实际上就是倡导“科学方法”“科学态度”，反对“反科学的”“形式主义的”“主观主义的”方法和态度。整个新民主主义革命过程，尽管中国共产党尚未取得执政地位，但以毛泽东为代表的中国共产党人提出了建设“民族的科学的大众的新民主主义文化”的新民主主义文化纲领，用“科学”作为中国新文化的内在属性和前进方向，把科学精神、科学态度发展到新的高度，体现了科学性与人民性、真理性与实践性的高度统一，标志着中国共产党人形成了初步的文化自信。

科学精神是科学文化深层结构中蕴含的价值理念表达，以求实和创新为核心诉求，倡导追求真理的理性信念、符合事实的实证方法、明辨是非的批判态度、鼓励探索和宽容失败的试错模式。“坚持真理、坚守理想”的伟大建党精神，“坚定执着追理想、实事求是创新路、艰苦奋斗攻难关”的井冈山精神，“坚定信念、实事求是、独立自主、敢闯新路”的遵义会议精神，以“解放思想、实事求是”“自力更生、艰苦奋斗”的延安精神，“谦虚谨慎、艰苦奋斗”的西柏坡精神，所有这些精神谱系都体现了崇尚科学、追求创新的精神实质，为中国共产党执政后推动科技-工程-产业创新深度融合奠定了坚固的创新奋斗精神基础。

第三，把握中华人民共和国历史，把创新文化作为先进文化加以培育。“发展面向现代化、面向世界、面向未来的，民族的科学的大众的社会主义文化，激发全民族文化创新创造活力。”[33]透过社会主义革命和建设时期、改革开放和社会主义建设新时期和中国特色社会主义新时代的中国共产党人精神谱系，可以看到与科技-工程-产业创新深度融合相关的精神品格：一是“两弹一星”精神、载人航天精神、新时代北斗精神、探月精神等，它们代表的是科技攻关、重大工程实施全过程的精神象征，集科技创新、工程创新和产业创新的精神品格于一体；二是科学家精神、教育家精神、企业家精神、工匠精神等，它们在一般意义上代表着科技创新、工程创新和产业创新各领域的带有职业性的精神象征。这两种类型的中国共产党人精神谱系，是社会主义先进文化的重要组成部分。社会主义先进文化以社会主义核心价值观为精髓，渗透于科技-工程-产业创新发展各个领域，有利于为科技-工程-产业创新深度融合营造尊重人才、尊重创造的创新文化氛围。富强、民主、文明、和谐是引领创新融合发展的价值方向，自由、平等、公正、法治是对创新创业的价值规范，爱国、敬业、诚信、友善是对参与创造合作的价值要求。广大科学家、科技工作者、教育家、企业家和劳动者，要以核心价值观为引领，不断弘扬并拓展创新创业的精神品格，在崇尚科学、追求创新基础上，立足工匠精神，在科学家精神与企业家精神之间拓展出工程师精神，在弘扬科学精神基础上培育工程精神，为科技-工程-产业创新深度融合灌注强大的精神动力。

## 4 结论

本文引入工程创新，把它作为科技创新和产业创新的中间环节，旨在深化对以科技创新和创新深度融合助力新质生产力发展的规律性认识。这种做法在理论上，有利于在理解强化科技创新和产业创新深度融合助力新质生产力这一命题时，避免在强调产业创新时忽略科技创新和在强调科技创新时忽略产业创新，意在突出科技-工程-产业创新是一个创新复合体。在实践上，也有利于通过工程创新探索科技创新和产业创新深度融合的各种复杂机制，在科学与技术、技术与工程、工程与产业以及科学家与工程师、工程师与企业家之间架起桥梁，实现创新链和产业链的相互嵌入和互为渗透。以创新主导新质生产力发展，突出的是以工程创新实现科技创新和产业创新的互相贯通。

目前，中国正在致力于建设科技强国，无论是以强大的基础研究和原始创新能力持续产出重大原创性、颠覆性科技成果，以强大的关键核心技术攻关能力支撑高质量发展和高水平安全，还是以强大的国际影响力和引领力成为世界重要科学中心和创新高地，以强大的高水平科技人才培养和集聚能力壮大国家战略科技力量，以强大的科技治理体系和治理能力形成世界一流的创新生态和科研环境，都要集中到科技-

工程-产业创新深度融合命题上。从世界科学中心转移、高质量发展优势塑造和赓续创新奋斗血脉三个层面，初步得出一些结论。凡世界科学中心，必定是科技-工程-产业创新融合之国度。历次科技革命和产业变革以及世界科学中心转移表明，一个国家要成为世界科学中心并引发科技革命和产业变革，需要厚植创新文化土壤、培养吸引人才力量和推动科技成果应用转化，实现科技-工程-产业创新深度融合。

透过人类创新历史可认识到，一个民族，一个国家，要成为科技强国并以科技强国支撑经济实力、国防实力乃至综合国力，必须要强化从教育强到人才强再到科技强和国家强的基本逻辑，这一基本逻辑的背后是厚重的创新文化培育。借鉴历史经验，中国要着眼高质量发展新优势塑造，强化科技成果应用转化、高水平科技自立自强、顶尖人才培养和赓续创新奋斗精神血脉，以科技-工程-产业创新深度融合引领传统产业转型升级、战略性新兴产业跨越发展和未来产业新领域培育。古代中国曾经取得过辉煌的科技文明成就，中国要以高度的历史自信、文化自信，把握新一轮科技革命和产业变革趋势，探索从科技创新到工程创新和产业创新的深度融合新路，取得人类最强的科技、最优的工程和最好的产业，努力成为世界主要科学中心和创新高地。

## 参考文献

[1] 习近平. 在全国科技大会、国家科学技术奖励大会、两院院士大会上的讲话[J]. 共产党员, 2024, (13): 4-7.
Xi J P. Speech at the National Science and Technology Congress, National Science and Technology Awards Ceremony, and the Congress of Members of Both Academies[J]. Communist Party Members, 2024, (13): 4-7.

[2] 黄群慧, 盛方富. 以科技创新和产业创新深度融合助力发展新质生产力[N]. 光明日报, 2024-07-16(11).
Huang Q H, Sheng F F. Boosting the development of new-quality productivity through the deep integration of technological innovation and industrial innovation[N]. Guangming Daily, 2024-07-16(11).

[3] 杜红亮. 深度融合科技创新与产业创新[N]. 经济日报, 2024-07-02(5).
Du H L. Deeply integrating technological innovation and industrial innovation[N]. Economic Daily, 2024-07-02(5).

[4] 张荣. 促进科技创新和产业创新深度融合[J]. 国家治理, 2024(21): 7-8.
Zhang R. Promoting the deep integration of scientific and technological innovation with industrial innovation[J]. National Governance, 2024 (21): 7-8

[5] 徐康宁. 推动科技创新和产业创新深度融合[N]. 经济日报, 2024-11-01.
Xu K N. Promoting the deep integration of scientific and technological innovation with industrial innovation[N]. Economic Daily, 2024-11-01.

[6] 洪银兴. 围绕产业链部署创新链: 论科技创新与产业创新的深度融合[J]. 经济理论与经济管理, 2019, 39(8): 4-10.
Hong Y X. Deploy innovation chain around the industry chain: On the deep integration of scientific and technological innovation and industrial innovation[J]. Economic Theory and Business Management, 2019, 39(8): 4-10.

[7] 吕建中. 以科技创新和产业创新深度融合促进新能源高质量发展[J]. 科技中国, 2024(8): 6-9.
Lyu J Z. Promoting the high-quality development of new energy with the deep integration of scientific and technological innovation and industrial innovation[J]. China Scitechnology Think Tank, 2024(8): 6-9.

[8] 余江, 陈凤, 郭玥. 现代化产业体系中科技创新与产业创新的深度融合: 全球新一代光刻系统的启示[J]. 中国科学院院刊, 2024, 39(7): 1141-1152.
Yu J, Chen F, Guo Y. Deep integration of technological innovation and industrial innovation in modern industrial system: Inspiration from global new generation lithography systems[J]. Bulletin of Chinese Academy of Sciences, 2024, 39(7): 1141-1152.

[9] 克劳斯·施瓦布. 第四次工业革命[M]. 李菁, 译. 北京: 中信出版社, 2018.
Schwab K. The Fourth Industrial Revolution[M]. New York: Crown Currency, 2016.

[10] 汤浅光朝. 解说科学文化史年表[M]. 张利华, 译. 北京: 科学普及出版社, 1984.
Mitsutomo Y. Explain the Chronology of the History of Science and Culture[M]. Zhang L H, Trans. Beijing: General Science Press, 1984.

[11] 赵红州. 科学能力学引论[M]. 北京: 科学出版社, 1984.
Zhao H Z. Introduction to Scientific Competence[M]. Beijing: Science Press, 1984.

[12] 白静. 发挥新型举国体制优势 奔向科技强国伟大征程 全国科技大会、国家科学技术奖励大会、两院院士大会在京隆重召开[J]. 中国科技产业, 2024(7): 1-4.
Bai J. Give full play to the advantages of the new national system and march towards the great journey of strengthening the country by science and technology. The National Science and Technology Conference, the National Science and Technology Awards Conference and the Academician Conference of the two academies were held in Beijing[J]. Science & Technology Industry of China, 2024(7): 1-4.

[13] 习近平. 高举中国特色社会主义伟大旗帜 为全面建设社会主义现代化国家而团结奋斗[N]. 人民日报, 2022-10-26.
Xi J P. Hold high the great banner of socialism with Chinese characteristics and unite and strive for the comprehensive construction of a modern socialist country[N]. People's Daily, 2022-10-26.

[14] 习近平. 在欧美同学会成立一百周年庆祝大会上的讲话[EB/OL]. (2013-10-21). http://www.moe.gov.cn/jyb_xwfb/xw_zt/moe_357/s7865/s8417/s8420/201410/t20141024_177246.html.
Xi J P. Xi Jinping's speech at the celebration of the 100th anniversary of the establishment of the European and American Returned Scholars Association[EB/OL]. (2013-10-21). http://www. moe. gov. cn/jyb_xwfb/xw_zt/moe_357/s7865/s8417/s8420/201410/t20141024_177246.html.

[15] 习近平. 在中国科学院第十九次院士大会、中国工程院第十四次院士大会上的讲话[EB/OL]. (2018-05-28). http://www.xinhuanet.com/politics/leaders/2018-05/28/c_1122901308.htm.
Xi J P. Speech at the 19th Academician Conference of the Chinese Academy of Sciences and the 14th Academician Conference of the Chinese Academy of Engineering[EB/OL]. (2018-05-28). http://www.xinhuanet.com/politics/leaders/2018-05/28/c_1122901308.htm.

[16] 白春礼. 学习进行时奋力开创新时代科技事业新局面——深入学习贯彻习近平总书记关于科技创新重要论述[J]. 旗帜, 2019(10): 46-48.
Bai C L. When the study is carried out, we will strive to create a new situation in the cause of science and technology in the new era: In-depth study and implementation of General Secretary Xi Jinping's important expositions on scientific and technological innovation[J]. Qi Zhi, 2019(10): 46-48.

[17] 习近平. 发展新质生产力是推动高质量发展的内在要求和重要着力点 [EB/OL]. (2024-01-31). http://www.qstheory.cn/dukan/qs/2024-05/31/c_1130154174.htm.
Xi J P. The development of new quality productivity is an intrinsic requirement and an important focus for promoting high-quality development [EB/OL]. (2024-01-31). http://www.qstheory.cn/dukan/qs/2024-05/31/c_1130154174.htm.

[18] 中共中央关于进一步全面深化改革 推进中国式现代化的决定[M]. 北京: 人民出版社, 2024: 4.
The Central Committee of the Communist Party of China's Decision on Further Comprehensively Deepening Reform and Promoting Chinese Modernization[M]. Beijing: People's Publishing House, 2024: 4.

[19] 古诗文网. 汉书 • 传 • 景十三王传原文[EB/OL]. https://www.gushiwen.cn/guwen/bookv_569d13ef3fd6.aspx.
Ancient Chinese Poetry and Prose Website. The Book of Han: Biographies of the Thirteen Kings of Jing (Original Text) [EB/OL]. https://www.gushiwen.cn/guwen/bookv_569d13ef3fd6.aspx.

[20] 古诗文网. 礼记 • 大学原文[EB/OL]. https://www.gushiwen.cn/guwen/bookv_a32e509dee6c.aspx.
Ancient Chinese Poetry and Prose Website. Book of Rites: The Great Learning(Original Text) [EB/OL]. https://www.gushiwen.cn/guwen/bookv_a32e509dee6c.aspx.

[21] 顾炎武. 日知录[M]. 黄汝成, 集释. 北京: 中华书局, 2020.
Gu Y W. Ri Zhi Lu[M]. Huang R C, Trans. Beijing: Zhonghua Book Company, 2020.

[22] 古诗文网. 尚书 • 夏书 • 五子之歌原文[EB/OL].https://www.gushiwen.cn/guwen/bookv_bcfc23295a5b.aspx.
Ancient Chinese Poetry and Prose Website. Shang Shu, The Book of Xia, Song of the Five Sons[EB/OL].https://www.gushiwen.cn/guwen/bookv_bcfc23295a5b.aspx.

[23] 古诗文网. 论语·为政篇原文[EB/OL]. https://www.gushiwen.cn/guwen/bookv_eec1d4c6eb80.aspx.
Ancient Chinese Poetry and Prose Website. The Analects of Confucius, Chapter on Government[EB/OL]. https://www.gushiwen.cn/guwen/bookv_bcfc23295a5b.aspx.

[24] 古诗文网. 管子·治国原文[EB/OL]. https://www.gushiwen.cn/guwen/bookv_48d2549c8e68.aspx.
Ancient Poetry and Literature Network. Guanzi: The State[EB/OL]. https://www.gushiwen.cn/guwen/bookv_48d2549c8e68.aspx.

[25] 古诗文网. 论语·子张篇原文[EB/OL]. https://www.gushiwen.cn/guwen/bookv_b18e13b147ec.aspx.
Ancient Poetry and Literature Network. The Analects of Confucius, Chapter Zizhang[EB/OL]. https://www. gushiwen. cn/guwen/bookv_b18e13b147ec.aspx.

[26] 古诗文网. 尚书·虞书·大禹谟原文[EB/OL]. https://www.gushiwen.cn/guwen/bookv_60d937f10e13.aspx.
Ancient Poetry and Literature Network. The Book of Documents: Yu Shu: Da Yu Mo[EB/OL]. https://www.gushiwen.cn/guwen/bookv_60d937f10e13.aspx.

[27] 古诗文网. 荀子·大略原文[EB/OL]. https://www.gushiwen.cn/guwen/bookv_082eafed3607.aspx.
Ancient Poetry and Literature Network. Xunzi: The General Outline[EB/OL]. https://www.gushiwen.cn/guwen/bookv_082eafed3607.aspx.

[28] 古诗文网. 礼记·礼运原文[EB/OL]. https://www.gushiwen.cn/guwen/bookv_018653ac3639.aspx.
Ancient Poetry and Literature Network. The Book of Rites: Liyun[EB/OL]. https://www.gushiwen.cn/guwen/bookv_018653ac3639.aspx.

[29] 古诗文网. 左传·隐公·隐公六年原文[EB/OL]. https://www.gushiwen.cn/guwen/bookv_6aca504b83d8.aspx.
Ancient Poetry and Literature Network. Zuo Zhuan: Duke Lin: Sixth Year of Duke Yin[EB/OL]. https://www.gushiwen.cn/guwen/bookv_6aca504b83d8.aspx.

[30] 周易译注[M]. 黄寿祺, 张善文, 译, 注. 上海: 上海古籍出版社, 2018.
Zhou Yi Yizhu[M]. Huang S Q, Zhang S W, Trans & Annotated. Shanghai: Shanghai Ancient Books Publishing House, 2018.

[31] 魏收. 魏书[M]. 北京: 中华书局, 1974.
Wei S. Wei Shu[M]. Beijing: Zhonghua Book Company, 1974.

[32] 求是网. 中国共产党人的精神谱系[EB/OL].[2024-12-08]. http://www.qstheory.cn/zt2021/qz100zn/dcdrjspx.htm.
Qiu Shi. The spiritual genealogy of the Chinese Communists[EB/OL].[2024-12-08]. http://www.qstheory.cn/zt2021/qz100zn/dcdrjspx.htm.

[33] 习近平. 高举中国特色社会主义伟大旗帜 为全面建设社会主义现代化国家而团结奋斗: 在中国共产党第二十次全国代表大会上的报告(2022年10月16日)[M]. 北京: 人民出版社, 2022.
Xi J P. Hold High the Great Banner of Socialism with Chinese Characteristics and Strive in Unity to Build a Modern Socialist Country in all Respects: Report in the 20th National Congress of the Communist Party of China(CPC) (October 16, 2022) [M]. Beijing: People's Publishing House, 2022.

# A Regular Investigation into the Deep Integration of Technological, Engineering and Industrial Innovations

LI Sanhu[1*], XU Lin[2]

1. *School for Marxism Studies, Shanxi University, Taiyuan* 030006, *China*;
2. *Center for Strategic Consulting, Chinese Academy of Engineering, Beijing* 100088, *China*

## Highlights

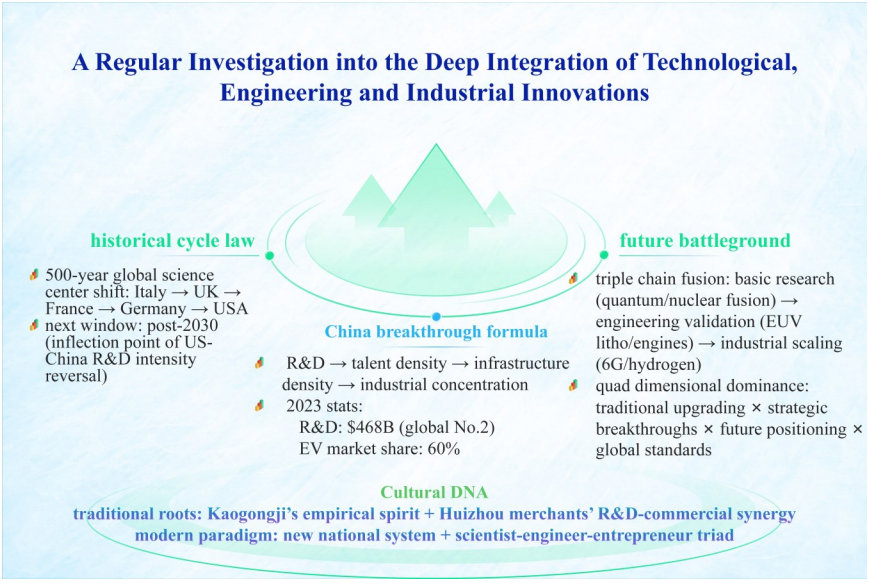
500-year sci-tech shifts (Italy→UK→US) hinge on fusion of innovation chains; China's R&D intensity (27.5%) narrows gap with US (35.6%) by 2030.

$468B R&D → Global No. 1 talent pool → 42000 km high-speed rail → 60% EV dominance. Triple-chain fusion rewrites global innovation rules.

From da Vinci's art-engineering synthesis to Silicon Valley's lab-to-factory pipeline, engineering boosts efficiency 300%. China's high-speed rail achieves 97% tech self-sufficiency.

Ancient Kaogongji empiricism + Huizhou merchant synergy. Modern "iron triangle" (sci-engineers-entrepreneurs) + state-led system—unlocking 5000-year innovation genes.

## Graphical Abstract




**Abstract:** This paper introduces engineering innovation as an intermediate link between scien-technological and industrial innovations, aiming to deepen the understanding of the inherent patterns by which the deep integration of scien-technological innovation fosters the development of new quality productivity. Theoretically, this approach helps avoid the pitfall of overemphasizing industrial innovation while neglecting scien-technological innovation, or vice versa, when examining the proposition of strengthening their deep integration to advance new quality productivity. It underscores that innovation spanning science, technology, engineering, and industry forms an interconnected complex.

Practically, it facilitates the exploration of the intricate mechanisms through which scien-technological innovation and industrial innovation deeply integrate. It builds bridges between science and technology, technology and engineering, engineering and industry, as well as between scientists and engineers, engineers and entrepreneurs, thereby enabling the mutual embedding and permeation of innovation chains and industrial chains. By prioritizing innovation to drive new quality productivity, the emphasis lies on leveraging engineering innovation to achieve the seamless integration of scien-technological innovation with industrial innovation.Currently, China is committed to building itself into a global leader in science and technology. Whether it is continuously generating major original and disruptive scien-technological achievements through robust basic research and original innovation capabilities, supporting high-quality development and high-level security with strong core technologies, becoming a major science center and innovation highland in the world with significant international influence and leadership, strengthening national strategic scien-technological forces by cultivating and attracting top talents, or fostering a world-class innovation ecosystem and research environment through advanced governance systems and capabilities—all must converge on the proposition of deep integration among scien-technology, engineering, and industrial innovation.

Historically, any nation that has become a global science center has invariably achieved deep integration of scien-technological,-engineering and industrial innovations. Global technological revolutions, industrial transformations, and scientific center transfers in history demonstrate that for a nation to emerge as a scientific leader and catalyze such revolutions, it must

cultivate a fertile culture of innovation, attract and nurture top talents, and promote the application and transformation of scien-technological achievements—thereby realizing the deep integration of engineering-industry innovations. Reflecting on the history of human innovation reveals that for a nation to become a technological powerhouse and thereby bolster its economic strength, national defense, and overall comprehensive power, it must reinforce the fundamental logic of progressing from educational strength to talent strength, then to scien-technological strength, and ultimately national strength. Underpinning this logic is the cultivation of a profound culture of innovation.

Drawing from above historical experiences, China must focus on shaping new advantages for high-quality development by strengthening the application and transformation of scien-technological achievements, achieving self-reliance and self-improvement in high-level science and technology, cultivating top talents, and perpetuating an innovative and striving spirit. Through the deep integration of scien-technological, engineering and industrial innovations, China can lead the transformation and upgrading of traditional industries, the leapfrog development of strategic emerging industries, and the cultivation of future industries. Certainly, fostering the deep integration of scien-technlogical, engineering and industry innovations also has its own cultural and historical foundation. Throughout China's long civilization, the spirit of innovation has been deeply embedded in its cultural DNA. The ancient Chinese philosophy of "harmony between nature and humanity" and the pragmatic approach of "applying knowledge to practical use" have shaped a unique innovation paradigm—one that emphasizes holistic thinking, practical problem-solving, and the seamless connection between knowledge creation and real-world application. In the "statecraft tradition" in Chinese governance, innovation was never pursued for its own sake but always in service of societal needs and national development. In the modern context, this cultural heritage manifests as a natural propensity for the deep integration of scien-technological, engineering and industrial innovation, including mission-oriented innovation, system-level thinking, and socially-embedded R&D. This cultural endowment provides China with distinct advantages in accelerating technology commercialization, executing complex national innovation programs, mobilizing cross-sector collaboration at scale.

As China advances its innovation-driven development strategy, consciously drawing upon these cultural resources while integrating global best practices will be crucial for developing a distinctive innovation model with Chinese characteristics. Ancient China once achieved glorious technological accomplishments. Now China must grasp the trends of the new round of scien-technological revolution and industrial transformation, explore new pathways for the deep integration of scien-technological, engineering, and industrial innovation, and strive to attain the strongest science, the finest engineering, and the most advanced industries in the world, aspiring to become a major science center and innovation highland in the world, with a high degree of historical and cultural confidence.

**Keywords:** scien-technological, engineering and industrial innovations; global science center; high quality development; innovation culture