

大力推进以产业发展为导向的科技创新

李国杰

中国科学院计算技术研究所 北京 100190

摘要 文章从科技工作者的角度，讨论有关科技创新和产业创新深度融合的一些认识和观念问题。首先指出，从强调“成果转化”到强调“科技创新和产业创新深度融合”，是对科技和经济发展规律认识上的升华；科技创新与产业创新的链接点是要解决的问题，链接重点是探索可行途径的前沿技术研究；做好专利许可和转让是件大事；人才的灵活流动是产学研融合的前提。进而，文章简要介绍了中国科学院对发展新质生产力的贡献和中国科学院计算技术研究所技术转移的成功经验。文章的重点是阐述以产业发展为主要导向的科技创新，解释为什么要强调产业技术导向，破除“纵向”与“横向”科研的思维定式，探讨科技—产业融合创新的新体制、新机制。文章最后提出了推动科技—产业融合创新的几点建议。

关键词 科技创新，产业创新，深度融合，产业技术导向，新体制，新机制

DOI 10.3724/j.issn.1000-3045.20250418005

CSTR 32128.14.CASbulletin.20250418005

党的二十届三中全会审议通过的《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》提出，“加强创新资源统筹和力量组织，推动科技创新和产业创新融合发展”，为我国如何发展新质生产力指明了方向。本文从科技工作者的角度，讨论有关科技创新和产业创新深度融合的一些认识和观念问题。只有认识到位了，科技创新才会走上与产业创新深度

融合的康庄大道。

1 科技创新与产业创新深度融合应做什么？

1.1 从“成果转化”到“科技创新和产业创新深度融合”

最早提出“创新”这个概念的是美籍奥地裔利政治经济学家熊彼特。他认为创新是一种价值创造活

动，属于经济学领域。按照原始的定义，“产业创新”就是创新的本意。现在我们讲的“科技创新”是把创新的概念泛化了，实际上科技创新是指新的科学发现和技术发明。发明只是创新的中间结果，正如熊彼特所说：“只要发明还没有得到实际应用，那么在经济上就是不起作用的。”从发明到产生经济价值还要走过九死一生的“死亡之谷”，这正是产业创新要做的事。大家都说爱迪生是世界上最伟大的发明家，实际上他是产业创新的先驱。他自己说：“我一生都在做一个商业发明家，从来不做任何没用的东西。”他在发明家的身份前面加上“商业”二字，点出了“发明”与“创新”的本质区别。

1945年，范内瓦·布什在给美国总统罗斯福的报告《科学：无尽的前沿》(Science, the Endless Frontier)中，区分了基础研究、应用研究和技术开发，强调基础科学研究的重要性，后来被科技界总结为“科研线性模型”。新中国成立的时候，几乎没有能从事应用研究和技术开发的企业，本应由企业完成的产业创新就都交给了大学和科研单位。因此，在经济系统之外形成了一个独立的科技系统，体制内的事业单位几乎成为科研的唯一载体。由于企业技术开发能力薄弱，我国在“科研线性模型”的末端又加了一个“成果转化”阶段，形成“基础研究—应用基础研究—技术开发—成果转化”的中国科研模式，这种模式一直持续到现在，这就是人们常说的“科技与经济两张皮”。近十几年，我国企业的研发能力明显提高，有些企业已经走到世界科技前沿。现在是遵从科技和经济发展规律，完璧归赵、物归原主，让企业成为技术创新主体的时候了。

“成果转化”只是大学与科研机构实现技术转移的一种方式。“成果转化”的基本思路是从技术出发找市场，而成功的企业几乎都是根据市场找技术。“成果转化”是单向的，而科技创新和产业创新发展是双向的闭环。大学与科研机构的科研成果，往

往是论文、专利或概念性的原型系统。原型系统也许能实现90%的目标，但实现剩下的10%可能要付出10倍以上的努力。所谓科研成果是看长板，往往“一俊遮百丑”，而企业的产品要补足所有的短板。因此，一般而言，企业的新产品不是直接从科研成果转化出来的，而是根据市场需求从顶层设计开始研发出来的，大学与科研机构转移的某项新技术往往只是其中的一种技术元素。从强调“成果转化”到强调“科技创新和产业创新深度融合”，是对科技和经济发展规律认识上的升华，是我国经济向高质量发展的必然选择。

1.2 科技创新与产业创新的链接点在哪儿？

科技创新与产业创新的链接点不是已经完成的科研成果，而是要解决的问题。在开展科研活动之前，科技界和产业界就应该有密切的交流，在解决什么问题形成共识。在很多领域，发现要解决的问题比找解决方案更重要。许多科研成果转化不了，不是因为科研人员不努力，而是这个问题产业界不感兴趣。一提起科技创新与产业创新融合，科技界很多人就想到要花更多的精力向下游延伸，做更靠近企业的事，这是一种误解。由于对市场需求和各种限制条件不熟悉，大学和科研单位直接做一两年内就能推广应用的产品开发，往往不如企业自己开发有效。科技支持产业的效果并不取决于论文和专利的多少，而是需求与供给之间的“契合度”；关键是提供什么问题的知识，是否在未知领域找到了正确的问题和正确的研究方向。

传统的“基础研究—应用研究—技术开发”三阶段分类模式中，中间的应用研究阶段表达不清楚，不容易区分大学、科研单位和企业的分工。本文将科研工作分成“纯基础研究—目标导向的应用基础研究—探索可行途径的前沿技术研究—目标明确的技术开发”4个阶段(图1)，并标明了大学、科研机构和企业科研活动的范围。图1中的年份是科研工作各个阶

段到大规模产业化的大致时间预计。每个领域的科研进展快慢不同，图1只是提供了可供参考的数据。应用基础研究和前沿技术研究的界限也是模糊的，而且有越来越靠近的融合趋势。纯基础研究和目标导向的基础研究的成果主要是论文和专利，这些成果大多是一些公共知识，对企业有指导作用，但不是企业关注的焦点。科技界和产业界链接的重点阶段是探索可行途径的前沿技术研究阶段，该阶段的产出主要不是论文，而是专利和原型系统。满足社会的某种需求、实现某些技术的产业化往往有多种途径，企业最头疼的就是看不准哪一条技术途径可能会成功。大学与科研机构要做的主要工作就是降低技术实现的不确定性。

在制定《国家中长期科学和技术发展规划纲要（2006—2020年）》时，党中央提出了“自主创新，重点跨越，支撑发展，引领未来”的指导方针。20年过去了，我国的科技和产业实力都有实质性的提高，“引领未来”变得越来越重要。引领未来就必须探索未知领域，“探索未知”已成为科技创新和产业创新深度融合的主要内容。大学与科研机构的主要使命，已经不是验证外国科学家提出的概念和技术的正确性，以及在外国的知识体系内修修补补，而是要进入“无人区”，掌握全世界无人知道的新知识。解决“卡脖子”问题也不能只靠跟随，需要另辟蹊径。近年来DeepSeek、新凯来等企业在人工智能和芯片技术上取得的突破，都表现在技术路径选择上。我国汽车产业等一批传统产业取得市场占有率世界第1位的历史性

突破，也是因为在汽车引擎等传统技术的升级换代上找到了新的技术途径。例如，将多所高校和科研机构的燃烧动力学研究成果迅速应用于汽车发动机设计，燃油转化率提升到46%的全球最高水平；高铁领域形成了“动态耦合系统设计理论”，重构了行业技术新范式。科技创新只有不断探明企业向高端发展的新路，融合创新才能深入下去。

1.3 做好专利许可和转让是件大事

专利和论文一样，都是公开的知识。对于产业创新而言，专利知识可能比论文知识更重要。但现在我国的科技评价更看重论文，比较忽视专利，这在一些领域是一个误区。专利制度的核心逻辑是：发明人公开技术细节，换取一段时期的技术垄断权，以垄断换公开，推动技术扩散，使社会更快获得新的专业知识。若没有专利保护，大学和科研机构可能以秘而不宣的方式保护科研成果，反而导致技术封锁，专利赋予的排他权为企业提供了商业化动力。专利的作用不在多少，而在含金量。目前，我国发明专利转让费低于10万元的比例超过90%，绝大多数专利转让费不到美国专利转让成交均价的1/10^[1]，这说明我国的发明专利质量不高，需要花大力气提高专利的含金量。

专利是手段而非目的，将技术以开源的方式公开也是一种技术转移手段，要根据实际情况作出抉择。一个产业在刚刚兴起的阶段，用专利阻止同行进入，反而不利于新兴产业的发展。采取开源的方式，放弃专利维权，往往能促使星星之火迅速形成燎原之势。

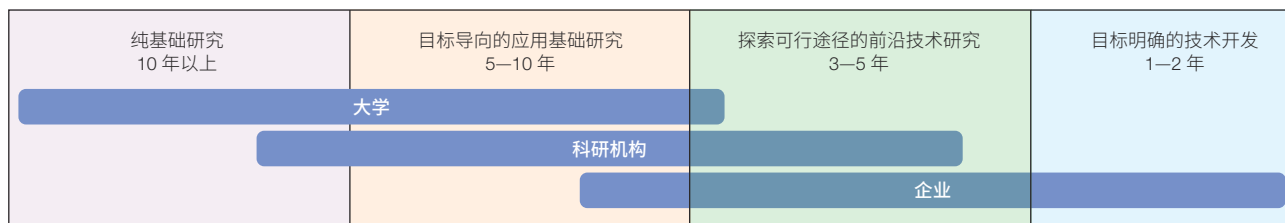


图1 科研的四阶段模式

Figure 1 Four stages model of scientific research

DeepSeek 就是通过开源获得成功的案例。知识产权是企业的战略杠杆，要撬动什么目标？支点设在什么地方？如何发力？需要有战略思维。专利是沟通发明与创新的桥梁，要实现科技创新和产业创新的深度融合，做好专利许可和转让是件大事，全社会都应高度重视。现在有不少企业，仅仅是为了满足高新企业认证的资质要求，购买大学或科研单位的专利来“装门面”，这就失去了专利的意义。

大学和科研机构的作用是“把钱变成知识”，企业的作用是“把知识变成钱”。只有通过知识产权的杠杆和放大，才能产生比“钱直接生钱”更大的经济价值。如果大学与科研机构将专利抓在手里，不迅速转移到企业，专利就是“一张废纸”。《中国专利调查报告》披露，2022年中国大学发明专利的产业化率只有3.9%，科研机构发明专利产业化率也只有13.3%。而且，近2年我国科研机构发明专利的实施率呈下降趋势^①。这说明大学和科研机构的许多专利还没有真正在产业化中发挥作用。发明专利的产业化率应当设为大学和科研机构的考核目标之一。

专利转让和许可不是大学和科研机构的主要收入来源，但也会起到反哺科研的作用。2024年Dealroom发布的报告显示，英国剑桥科技生态系统的总价值为1910亿美元，占整个英国科技生态系统的18%，英国剑桥大学通过股权增值、技术许可收入和基金分红等多种方式获得丰厚的回报^②。对企业而言，选择自主研发还是通过获取专利许可快速推出产品，是企业创新发展路径上的商业选择。相比所谓“完全自主创

新”，通过专利许可的方式加速产品开发，可能更加有效。20世纪70年代，约80%的创新来自单个公司内部的研究实验室；到21世纪初，超过2/3的创新与组织间的合作有关，加速创新的最佳战略是加强与外部组织的合作。

1.4 人才的灵活流动是产学研融合的前提

科技创新和产业创新的链接主要靠知识和人才的产生和供给。科技与产业融合不仅是新知识的扩散，科技人员的跨界流动可能是更重要的内容。国外有用大学校友创办企业的规模来衡量大学对社会贡献的评价标准。美国斯坦福大学的校友企业在全球有39900家，年营销额达到2.7万亿美元。如果将美国斯坦福大学的校友企业视作一个经济体，其经济规模排名全球第6位左右，与英国相当^③。“杭州六小龙”一鸣惊人之后，媒体上很多人也在赞扬浙江大学校友创办独角兽企业的业绩。今后评价大学和科研机构，不仅要看学术成果，也要看校友创办企业的效益，一个大学的毕业生（包括硕士、博士）中有多少人从事创业工作应该作为衡量创新文化的标准之一。当然，校友创办企业主要是反映大学的教育成果，科技与产业的融合创新更加关注关键核心技术的突破和转移。

一般而言，科学家和企业家是两种不同类型的人才，科学家很难成为企业家，但我们希望多培养一些具有市场眼光的科学家和真正重视科学技术的企业家。通过跨界人才交流，可以提高科研人员的眼光、格局和品味。科技界和产业界人才灵活流动的“旋转门”机制，促使基础研究与应用开发始终处于对话状

① 国家知识产权局战略规划司，国家知识产权局知识产权发展研究中心. 2022年中国专利调查报告. (2022-12-01)[2025-04-28]. <https://www.cnipa.gov.cn/module/download/downloadfile.jsp?classid=0&showname=2022%E5%B9%B4%E4%B8%AD%E5%9B%BD%E4%B8%93%E5%88%A9%E8%B0%83%E6%9F%A5%E6%8A%A5%E5%91%8A.pdf&filename=bc6d1655fc8247fcb9ef92e9b27f6ca8.pdf>.

② 2024剑桥科技的崛起及其在未来创新中的作用报告(英文版). (2024-06-07)[2025-04-28]. https://news.sohu.com/a/784298978_121665362.

③ 改变世界：穿越周期的一流大学校友企业家——吴晓波教授在湖州“浙江大学校友日”上的演讲. (2024-09-18)[2025-04-28]. http://hzi.zju.edu.cn/sitem/news_content_view?m=d67dd8ac-c021-48c3-9ec5-b1f400a3954c.

态。国外的大学大多有学术休假制度 (sabbatical)，休假期间可以参加企业的研发工作。美国高校允许教授保留职位的同时，进行创业或在产业界任职。例如，人工智能领域的知名专家李飞飞是美国斯坦福大学人工智能实验室主任，在学术休假期间曾担任美国 Google 公司副总裁，不久前她又创立了市值超过 10 亿美元的人工智能公司。人才的灵活流动是产学研融合的前提，现在我国企业的研发水平提高了，为了促进知识、技术、经验的跨界融合与共享，企业与大学、科研机构的科研人员灵活流动应当成为常态。只有科技界与企业界人员的交流畅通了，才会真正实现科技创新和产业创新的深度融合。

2 中国科学院科技创新对产业创新的引领和支撑

DeepSeek 横空出世以后，媒体上有一些对国家科研机构的微词，认为国家科研机构还是遵循计划经济的旧模式，对产业创新作不出重大贡献。这种偏激的看法可能源于对中国科学院等科研机构的现状不太了解。

不同行业科学和技术的成熟度不同，科技创新对产业创新的贡献在各个行业有不同的表现。对于量子计算、量子通信、核聚变、生物合成等基础研究还在深入进行的领域，科研机构的作用较明显。中国科学院技术大学、中国科学院合肥物质科学研究院等离子体物理研究所、中国科学院深圳先进技术研究院等单位，分别在以上几个领域起到龙头和骨干作用，已做出国际一流的科研成果，正在加速产业化。对于互联网应用、人工智能等技术已经广泛普及的领域，企业的作用显得更加突出，即便在这些领域，中国科学院也在一定程度上起到了引领作用，为企业提供了关键

核心技术。

储能设备是发展新能源的关键，中国科学院工程热物理研究所已建成全球领先的 300 MW 压缩空气储能示范系统。中国科学院上海光学精密机械研究所等单位在全球首次实验验证了 PB 量级超大容量光存储，相当于把数据中心机柜缩小到一张光盘上。针对东北地区黑土地退化严重、地力透支等威胁国家粮食安全和生态安全的重大问题，中国科学院启动实施“黑土粮仓”科技会战，取得了水土流失减少 70%、水分利用效率提高 30%、粮食增产 5%—22% 的重大进展。2024 年，中国科学院自动化研究所研制的 Q 系列人形机器人入选中央广播电视总台发布的“2024 年度国内十大科技新闻”^④。以上只是几个典型案例。中国科学院对发展新质生产力的贡献是全方位的，《中国专利调查报告》显示，截至 2023 年底，中国科研机构有效发明专利拥有量为 22.9 万件，其中中国科学院的有效发明专利数量为 10.75 万件，约占全国科研机构总量的 47%。至 2022 年，10 年内中国科学院累计向社会转化了约 11 万项科技成果。

科技创新的主要作用是引领产业创新，中国科学院在人工智能芯片领域的引领贡献是一个典型案例。美国英伟达公司第 1 款专门支持深度学习的人工智能加速芯片 (AI 加速芯片) 是 2017 年发布的 Volta 架构图形处理器 (GPU)。而早在 2010 年，中国科学院计算技术研究所 (以下简称“计算所”) 就在国际上率先开展基于神经网络的深度学习加速芯片研究。2014 年，陈云霄、陈天石团队在国际顶级会议——国际计算机学会国际编程语言和操作系统架构支持会议 (ASPLOS) 上发表了人工智能芯片领域的开山之作《DianNao: 一款用于无处不在的机器学习的小型高通量加速器》(DianNao: A small-footprint high-

^④ 一图读懂:中国科学院 2025 年度工作会议报告. (2025-01-20)[2025-04-28]. https://www.cas.cn/yw/202501/t20250120_5045586.shtml.

throughput accelerator for ubiquitous machine-learning) [2]。该作品当年获得该会议的最佳论文奖，10年后（2024年）又荣获ASPLOS最具影响力论文奖。该论文累计被引用近2 000次，施引者包括美国英伟达公司，华为的麒麟手机AI加速芯片也借鉴了DianNao开创的技术。

计算所通过向企业许可或转让知识产权，以及与企业合作开发、孵化创办企业等多种方式支持产业发展，效果最明显的是创办企业。计算所先后创办联想、曙光、龙芯、寒武纪等高科技企业，曙光公司又与投资者合作，创办了海光、中科星图、曙光数控等上市公司。这些企业在高性能计算机、中央处理器（CPU）和AI加速芯片等领域，已经成为行业的龙头或骨干企业。在美国政府发动的针对中国高科技公司的科技战中，曙光、海光、寒武纪等公司成为重点围攻击击对象。这些公司顽强拼搏，为我国电信、金融等关键领域提供国产化的核心芯片和高性能计算机，为解决我国信息领域核心技术“卡脖子”问题作出了重要贡献。以计算所创办的公司为主的“中科系”已经成为中国股市的重要板块，在社会上有较高的知名度，使计算所从计算机事业的摇篮转变为计算机产业技术的源头。

计算所创办企业获得成功的主要经验是，研究所创办企业不是纯粹以盈利为目的，而是要解决国家重大需求。创办曙光、龙芯、寒武纪等公司都是形势所逼，为实现高性能计算机、CPU、AI加速芯片的产业化，找不到比创办企业更有效的方式，只能以自己掌握的源头技术创办硬科技公司，因此这些企业都有较强的使命感。技术转化有多种多样的形式，科研人员创办企业是其中之一。有些未来可能为国家办成大事的企业，初创时科研院所通过适当的方式做“背书”，可以减少企业通过“死亡之谷”的风险。

计算所对自己创办的企业并没有特殊的利益输送，反而花了更多的人力投入与非“中科系”的行业

龙头企业合作。2011年9月，计算所与华为公司签订联合实验室框架协议，5年内华为公司投入充分的科研经费，计算所投入100多名科研人员，主要从事高通量服务器等项目研制，计算所和华为公司都从合作中受益。近10年参与华为合作的团队在计算机系统机结构四大顶会发文量在国内排名第1位，贡献了中国这一领域41%的高水平论文。2012—2015年有26位计算所毕业的博士和8位硕士加入华为公司。通过与计算所的合作，华为公司也积累了一批关键核心技术。计算所与华为公司的第2期战略合作到2021年12月，合作的经费和规模缩小，主要是做产品线的委托开发，没有产生影响力显著的合作成果。站在科技创新和产业创新深度融合的高度，我们需要反思，国家科研机构和龙头企业的强强合作要如何进行，才能为发展新质生产力作出更大的贡献。

3 以产业发展为主要导向的科技创新

大学和科研单位对我国产业的发展作出过重要贡献，功不可没。但是不可否认，与国家的要求和企业的期盼还有相当大的距离。当中国的科技创新进入“并跑”和“领跑”的新阶段，要形成兼具国家使命担当与市场竞争优势的新型举国体制，必须进行更加深入的科技体制改革，也要对以产业发展为主要导向的科技创新有一次认识上的升华。

3.1 为什么要强调产业技术导向？

长期以来，我们强调科技强则国家强。一个真正的创新型国家的全面形成，拥有几所世界一流大学和科研机构固然重要，但根本上还在于企业界的实力和科技创新活力。近代以来，任何忽视市场力量，不能发挥企业组织优势的国家都逐渐凋落，只有由企业推动新质生产力高速发展，才能成为世界强国。从这个意义上讲，科技强国的逻辑是“科技强则企业强，企业强则国家强”。

目前，科技界强调的“国家大事”，许多是以科

技界为主要承担者的上天入海的重大工程，许多国防科技任务直接下达给科研单位完成。为国防安全和国防服务是中国科学院等科研单位的重要任务，这些任务大多需要高精尖的技术。因此，很多人把产业技术当成低端技术的代名词，做产业技术研究的学者难以戴上人才“帽子”，更难评上院士。但是，绝大多数技术只有成为产业技术，才能改变社会，真正能够普及的技术都应该经过市场的洗礼。光刻机、发动机等“卡脖子”技术也是产业技术。近几年，我国产业技术发展迅猛，但总体来讲，仍然是需要加强的短板。产业技术并不是人们常说的大学和科研机构成果转化后的应用开发，而是引导大学和科研机构的原始动力。令人高兴的是，中国科学院最近部署的关键核心技术相关专项，如构建 RISC-V 开源芯片产业生态等，大多是针对企业没有能力解决的“卡脖子”问题，也是在中美科技竞争的背景下产生的国家重大需求。

科研的归宿在哪里？这是科研人员必须考虑的根本性问题。除了极少数纯基础研究的目的是发现客观世界的新规律、新知识，通过论文公之于众；绝大多数科研的归宿应当是变成产业技术。但是，现在许多大学和科研单位的科研项目的结题是成果验收和获得科技奖励，并没有把如何变成产业技术放在心上。这是我国大学和科研单位科研成果的产业化率不高的根本原因。大学和科研机构的技术研究不一定要做出可商品化的产品，但研究什么问题应该考虑产业界的需求；很多研究基于不合理的假设，做出来的论文将被历史淘汰。科研项目结束以后，获得的新知识以什么方式转移到企业手中，也必须考虑。一定要树立“科技成果只有转化才能真正实现创新价值、不转化是最大损失”的理念。我们经常讲“企业是技术创新的主体”，笔者理解，它的意思就是指以发展产业技术为主要目标。

3.2 破除“纵向”与“横向”科研的思维定式

“纵向项目”与“横向项目”二元划分体系，本

质上是计划经济时代科研分工思维的产物，已难以适应创新范式变革的需求。我们需要打破“国家事=政府任务”的认知局限，重构“国家战略需求”的内涵与外延，将与企业的战略性合作提升为新型举国体制的重要组成部分。传统的纵向项目大多聚焦“已知目标”，即国外已经掌握的技术，但是我们还不明白。这类项目属于“已知的未知”，很多承担单位实际上是在国外的技术路径上跟踪模仿。现在要做的新型“国家事”，许多是应对“无人区”探索，如通用人工智能、量子计算等，需要动态响应市场需求。

近年来，计算所对横向经费的认识不统一，与企业的合作有弱化趋势。科研单位与企业合作的战略重要性，不能完全从合作经费多少来衡量，有些只有几百万元合作经费的项目，可能对产业的自主可控有重大意义。在人工智能领域，一批规模不大的企业迅速成长，可能成为未来的骨干企业；与这些企业的合作，即使合作经费不很大，也值得支持。对于国家科研机构，限制仅以获取科研经费为目标的小而散的企业合作项目是必要的，但对提高受国外封锁打压企业的自主开发能力的合作项目应高度重视。

3.3 科技—产业融合创新需要新体制、新机制

人工智能等新兴科学技术正在引发科技的范式革命。历史的经验表明，每次科技范式革命都会催生科技的新体制和新机制。在智能时代的新赛道上，能够把握技术融合和生态开放的企业与国家，将赢得未来产业创新的主导权。中国的创新体系正面临历史性的重构窗口，正在构建新型产学研融合范式，从单纯支持成果转化转向构建创新共同体，形成具有自组织能力的创新生态系统。

推动科技和产业的融合，我们过去已经做了很多尝试和努力。1998年联想公司接管计算所的失败说明，企业研究所和国家研究机构的目标不完全一致，不能把国家科研机构直接变成企业研究所。几年前，广东、江苏、山东等地都在创办新型研发机构，号称

“四不像”——不像大学、不像国家科研机构、不像公司、不像事业单位，近几年都遇到了“成长的烦恼”。这说明，新型研发机构到底要采用什么体制机制，还需要认真探索。近几年也出现一些体制机制创新的成功案例，例如：上海交通大学陈海波教授2017年正式加入华为公司，担任操作系统内核实验室主任和首席科学家，以全职身份主持鸿蒙操作系统研发，为构建我国独立自主的系统软件生态作出了重大贡献；他目前仍是上海交通大学特聘教授，并担任该校并行与分布式系统研究所所长，通过学术与产业的“流动”，既实现了操作系统的自主产业化，又继续在学术领域指导学生、发表研究成果，推动操作系统前沿探索。中国科学院深圳先进技术研究院在光明科学城的“楼上楼下”模式，开创了物理空间融合新范式。楼上实验室聚焦基础算法突破，楼下创业工场进行工程化验证，这种布局使某些项目的产品化周期比传统模式快3倍。我们需要认真总结经验，同时也要从新的实践中发现规律，让科技和产业创新融合走上良性发展的轨道。

探索科技创新与产业创新深度融合的新体制、新机制，不能采取“一刀切”的做法，一定要注意不同行业、不同领域的特点，因“行”制宜。最近蓬勃兴起的人工智能领域，由于大模型需要大算力，财力雄厚的企业已经走在大学与科研机构前面，技术开发上可能要更多发挥企业的主体作用，大学和科研机构转向做探索新途径研究。而对于量子计算、光子计算、核聚变、室温超导、集成电路工艺的颠覆式创新等领域，还需要做深入的目标导向基础技术研究，探索可行的技术途径，就要提倡潜心研究，不能把单点工艺的实验室突破当成可批量生产的产业技术。出成果是主要依靠对科学的热爱和好奇心，还是靠集中力量办大事，也要区分科研的不同阶段和不同的行业。在技术路线未明确的阶段，资源过度集中于某个想当然的方向可能产生“技术锁定负效应”。日本“第五代计

算机计划”的失败就是源于过早将国家资源押注在逻辑推理路线上，没有预见到后来兴起的深度学习浪潮。

每个行业中企业的科研能力不同，但总的来说，中国的企业已经成为科技发展的主力。大学和科研机构的科研人员应当改变观念，不要总觉得企业只是自己科研成果的承接者。2023年，中国企业研发投入为25 922亿元，占全国研发经费的77.7%，其中华为公司研发投入1 615亿元，接近中国科学院全院年度经费（约1 700亿元，含大科学装置运维经费）。国家重点研发计划中企业参加或牵头的占比已接近80%。国家公共财政支持要注重普惠性，国家科技项目应聚焦行业共性技术，推动技术共享和产业升级。企业承担的国家项目产生的专利，至少20%应当与其他企业共享。龙头企业要以构建产业生态为己任，国家应鼓励龙头企业牵头组建创新联合体，联合高校、科研机构开展前沿技术探索和行业共性关键技术攻关。总的来讲，我国高水平的科研人才还是大量集中在大学和科研单位的全国重点实验室，龙头企业要着力培养和引进有长远和全局眼光的战略科学家。计算所和华为公司的合作表明，以企业生产部门的意见为导向往往使合作转向算法微调层面，难以触及底层架构创新。我国的企业也需要改变观念，应从“短期功利主义”转向“中长期价值创造”。只有从“项目合作”升级为“生态共建”，科技和产业的创新融合才能真正进入良性循环。

科技评价体系在促进科技与产业融合创新中起到关键作用。论文的引用率是明确的；专利的转化率包括作价入股等潜在效益，其中可能有水分。成果鉴定中往往需要企业的应用证明，但转让或许可的技术在企业的产品和服务中究竟发挥了多大作用，一般是讲不清楚的。今后对技术成果的评价应引入战略价值指标，包括安全兜底能力（国外断供时的替代能力）、产业链的控制力（在产业链中的关键程度）等。国家

的主要科技政策应该有长期稳定性，引导科技人员潜心做科研，不必担心由于政策改变自己就从“先进者”变成“后进者”。由什么主体来担任科技评价者也很重要，是否通过项目验收往往是布置项目的部门说了算，但完成了项目指标的科研成果未必有产业价值。今后在成果验收和鉴定上，要提高下游企业的发言权重。

4 推动科技—产业融合创新的建议

4.1 制定修改完善相关法律法规

关于产学研合作和成果转化，我国已经制定了多部法律。党的二十届三中全会《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》明确提出了深化科技成果转化机制改革的重要方向。近几年各省市也陆续出台了一些新的政策。例如，《上海市促进科技成果转移转化行动方案（2024—2027年）》规定，“推动符合尽职免责条件的科技成果转化不纳入国有资产绩效和保值增值考核范围”。《海南省全面深化职务科技成果权属改革实施方案》规定，“国有资产审计不再包括职务科技成果”。根据《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》和各省份的实践经验，国家应尽快修改完善《中华人民共和国科学技术进步法》等相关法律。国有资产流失是科研单位负责人不可触及的红线，在合规管理优先的形势下，必须对无形资产管理有非常明确的规定，如此科研单位的领导才会敢于做知识产权处置。

4.2 改革目标导向国家科技项目的验收规则，以可市场化的产品为目标

我国的重大科研项目（包括国防科研项目）大多以样品和原型系统验收为目标，导致许多科研成果没有进入市场。我国的光伏和新能源汽车产业的崛起，验证了“战略需求牵引+全链条攻关+市场迭代反馈”的科研范式，提供了如何开展目标导向科学研究的成功经验，其他领域应学习光伏和新能源汽车产业的经

验。今后对国家重大科技项目要进行区分：对探索性强的项目可以以验证可行性为目标；目标明确的已具备市场化条件的国家重大科研项目，验收目标应延伸到产品开发，考核是否在市场上取得成功。

4.3 出台包容失败、鼓励创业的政策

我国现在高技术创业的环境亟须改善。目前，几乎所有的风险投资都要求与创业者签订“对赌协议”；相当多的“对赌协议”要求创业者承担无限责任，而我国的法律部门大多承认这种苛刻的“对赌协议”的合法性。一旦创业失败，创业者就成为进入黑名单的“失信者”，个人财产也被冻结。要求创业者超出注册资金之外，赔偿投资人全部投资，不符合公司法规定的有限责任公司的基本原则。政府应出台法律，对风险投资者应当承担的风险做出明确规定。对有重大意义的创业公司，政府可以采取灵活的办法，承担一定比例的创业风险，企业成功后通过特别所得税等方式返还（这是以色列的做法）。

4.4 学习德国弗朗霍夫协会的经验，重点扶持中小微型创新企业

德国弗朗霍夫协会是德国公助、公益、非营利的科研机构，重点为中小企业开发新技术，有近15 000名科研人员，一年为3 000多企业客户完成约10 000项科研开发项目，年经费超过21亿欧元。德国联邦和州政府投入约30%的基本资金，70%的订单来自工业界和公共资助的研究项目。在汤森路透发布的“全球最具创新力的政府研究机构25强”榜单中，德国弗朗霍夫协会排名世界第2位。我国还没有重点为中小微企业服务的国家科研机构，而中小微企业又特别需要技术支持，德国弗朗霍夫协会的运作机制值得借鉴。各地创办的新型研发机构的初衷，大多是支持中小微企业，国家应当出台新型研发机构的相关法律，为其可持续发展保驾护航。

4.5 实行更灵活的人才流动政策

人才灵活流动是科技和产业创新融合的关键，对

于面向企业的人才交流，应当采取更宽松的政策。有条件的大学和科研单位，可以学习国外的带薪年假制度，鼓励科研人员在年假期间去企业工作。《中华人民共和国科学技术进步法》规定，“公立高校或公立科研机构科研人员在不发生利益冲突的前提下，可到企业从事兼职工作”。所谓“利益冲突”主要是指技术秘密。国家科研单位不应以盈利为目标，而应以扩散技术和知识为己任，技术秘密应当尽量申请专利予以公开。从政策上讲，要鼓励大学与科研机构的科研人员向企业传播知识。

4.6 公布“负结果”，使创新企业少走弯路

“负结果”指研究未达预期、技术路线失败的实验成果。科学研究中发现哪条路走不通，对创新企业来说，是非常重要的信息。目前大量有价值的“负结果”被埋没，由于负结果未公开，导致许多科研工作重走弯路，造成巨大资源浪费。“负结果”发表机制的本质是对科学探索规律的尊重，其推广不仅需要政策创新，更需重构“失败即进步”的科研文化生态。

4.7 实施“场景补贴”政策

新技术的落地需要场景，需求侧激励是支持产业创新的有效措施，如开放医疗影像应用场景，对医学影像人工智能企业是求之不得的事。“场景补贴”政策是政府或相关机构为促进特定应用场景或消费场景

的发展而制定的经济扶持措施，通过资金支持、税收优惠、资源倾斜等方式，推动新技术、新业态、新服务在具体场景中的落地。与传统的行业补贴不同，“场景补贴”更强调具体应用场景的示范性和推广性。例如，支持新能源汽车在公共交通中的应用等。

致谢 中国科学院计算技术研究所孙凝晖、陈熙霖、洪学海对本文初稿提出了中肯的修改意见，李小涓提供了相关的信息和数据，在此表示衷心感谢。

参考文献

- 1 张艳. 技术创新的商业价值: 从知识产权认知变革到管理实践. 北京: 机械工业出版社, 2025.
Zhang Y. Business Value of Technological Innovation: From Intellectual Property Perception Change to Management Practice. Beijing: Machinery Industry Press, 2025. (in Chinese)
- 2 Chen T S, Du Z D, Sun N H, et al. DianNao: A small-footprint high-throughput accelerator for ubiquitous machine-learning. Proceedings of the 19th International Conference on Architectural Support for Programming Languages and Operating Systems. Salt Lake City: Association for Computing Machinery, 2014: 269-284.

Vigorously promote technological innovation oriented towards industrial development

LI Guojie

(Institute of Computing Technology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China)

Abstract From the perspective of scientific and technological workers, this study discusses some understanding and conceptual issues related to the deep integration of technological innovation and industrial innovation. Firstly, it points out that the shift from emphasizing “transformation of achievements” to emphasizing “deep integration of scientific and technological innovation and industrial innovation” is a sublimation in the understanding of the laws of scientific and technological development and economic growth. The connection point between scientific and technological innovation and industrial innovation is the problem to be solved, and the focus of the connection is frontier technology research to explore the feasible pathways. Doing well in patent licensing and transfer is a major issue. The flexible flow of talents is the premise of the integration of industry, university, and research. Then, it briefly introduces the contribution of the Chinese Academy of Sciences to the development of new quality productive forces and the successful experience of technology transfer in the Institute of Computing Technology, Chinese Academy of Sciences. The focus of this study is to elaborate on technological innovation primarily oriented towards industrial development, explain why emphasizing the orientation of industrial technology is crucial, break away from the mindset of “vertical” and “horizontal” scientific research, and explore new systems and mechanisms for technology-industry integration and innovation. Lastly, several suggestions for promoting technology-industry integration and innovation are proposed.

Keywords technological innovation, industrial innovation, deep integration, industry-oriented technology, new system, new mechanism

李国杰 中国工程院院士, 发展中国家科学院院士。中国科学院计算技术研究所原所长、研究员。《中国科学院院刊》副主编。主要从事并行算法、高性能计算机、未来网络、人工智能、大数据和技术发展战略等领域的研究。E-mail: lig@ict.ac.cn

LI Guojie Academician of Chinese Academy of Engineering (CAS), Fellow of the World Academy of Sciences for the advancement of science in developing countries (TWAS). Professor and former Director of Institute of Computing Technology, CAS. He serves as Associate Editor-in-Chief of *Bulletin of Chinese Academy of Sciences*. He mainly engages in research on parallel algorithm, high performance computer, future network, artificial intelligence, big data, and technology development strategy.

E-mail: lig@ict.ac.cn

■ 责任编辑: 文彦杰