



工程创新视野下的应用基础研究

王大洲

中国科学院大学 人文学院, 北京 100049

摘要: 本文讨论了应用基础研究的性质与类型、应用基础研究与工程创新的关系以及应用基础研究的治理机制, 并对当下我国应用基础研究的政策问题进行了讨论。研究表明, 应用基础研究是基础研究的主战场; 应用基础研究包括自由探索的应用基础研究和组织化的应用基础研究两种类型; 应用基础研究与工程创新之间存在着一种纠缠关系, 并不是单纯的谁先谁后的关系; 针对应用基础研究, 需要进行特殊的治理安排, 充分发挥集中力量办大事的“他组织”优势和分散力量办大事的“自组织”优势, 而我国企业和产业部委应该在应用基础研究中以及相关联的重大工程创新中发挥关键作用并担负可考核的重大责任。

关键词: 工程创新; 应用基础研究; 企业; 产业部委

中图分类号: T-01 **文献标识码:** A **文章编号:** 1674-4969(2023)06-0477-11

引言

近年来, 新的科技革命和工业革命初现端倪, 国家间科技竞争日益激烈, 全球正在发生“百年未有之大变局”, 特别是中美贸易战、科技战已经惊醒国人, 没有原创性重大技术突破, 就无法在国际竞争中站稳脚跟, 而原创性技术突破又离不开基础研究的有力支撑。因此, 社会各界近年来越来越关注基础研究, 而基础研究经费投入不足(基础研究经费在全国R&D经费中的占比长期维持在

5%左右, 2022年也才达到6.6%)被广为诟病^[1]。为此, 一个基本诉求是大幅增加基础研究经费投入, 将基础研究经费投入占比从5%提升到10%以上。但是, 这种诉求本身自有道理, 但并未完全把握住问题的实质。首先, 基础研究投入主要来自政府、企业和社会公益机构(如民间基金会), 政府无法直接“命令”企业或社会公益机构增加投入, 就算政府自身的基础研究投入, 大多也不是在“基础研究”这个标签下进行的。其次, 就算有了更高强度的基础研究经费投入, 如果经费投

收稿日期: 2023-11-05; **修回日期:** 2023-12-15

基金项目: 国家社会科学基金重大项目(19ZDA040); 中国科学院办公厅政策调研项目(ZYS-2021-09); 中央高校基本科研业务费专项资金资助

作者简介: 王大洲(1967—), 哲学博士, 教授, 中国发展战略学研究会创新战略专业委员会副主任, 主要从事工程哲学、工程史与创新政策研究。Email: dzwang@ucas.ac.cn

引用格式: 王大洲. 工程创新视野下的应用基础研究[J]. 工程研究——跨学科视野中的工程, 2023, 15(6): 477-487. DOI: 10.3724/j.issn.1674-4969.20240003

Wang D Z. On applied basic research from the perspective of engineering innovation[J]. Journal of Engineering Studies, 2023, 15(6): 477-487. DOI: 10.3724/j.issn.1674-4969.20240003

入方式和治理机制不当的话, 也很有可能造成基础研究和产业创新的脱节。第三, 基础研究不仅要为“卡脖子”技术难题的解决提供支撑, 而是更应具有战略前瞻性, 为未来的颠覆性技术创新提供支撑, 而“卡脖子”技术突破和颠覆性创新所需要的制度安排并非完全一致, 这也不是单靠增加经费投入可以解决的问题。既然如此, 只是笼统地呼吁增加基础研究经费投入, 提高基础研究投入强度, 就很有可能流于空谈。就是说, 单纯强调基础研究经费投入, 特别是单纯加大高校和科研机构的基础研究经费投入, 尽管的确会产出一系列新知识, 但这些知识很可能难以有效地应用到产业领域以支撑重大技术问题的解决, 从而出现基础研究的“空转现象”。这是当前关于基础研究和创新战略思考必须关注的一个问题。在这种情况下, 只有进一步关注“应用基础研究”, 就是在工程应用场景下开展的而且指向工程应用的基础研究, 才能更好地解决问题^[2]。因此, 本文旨在探讨应用基础研究的性质与地位、应用基础研究与工程创新的关系以及应用基础研究的治理机制, 并据此反思当下我国应用基础研究的政策问题。

1 应用基础研究的性质与类型

关于研究活动, 最初的认识就是二分法——基础研究和应用研究。基本分工是: 政府主抓基础研究, 企业主抓应用研究, 只要基础研究成果能够顺利转移到或者说渗入企业就行了, 这就是体现在《科学——无止境的前沿》这份报告中的“布什模式”^[3]。这种认识长期以来影响着各国科技政策的分析和制定, 同时也在实践中遇到了一些问题。

早在20世纪60年代, 我国学者就率先提出了“应用基础研究”这个新范畴, 试图突破上述二分法。当时, “任务带学科”早已成为我国科学研究的基本方针, 单纯搞基础研究基本没有合法性, 甚至可能会被戴上“走白专道路”的帽子; 只有当研究工作具有应用导向的时候, 其正当性才能得到辩护。那时候, 中国科学院统管全国的科学研究工

作, 杜润生作为院党组副书记、秘书长, 绞尽脑汁“杜撰”了“应用基础研究”概念。他认为这个概念“进可攻退可守”——只要科学家们愿意, 完全可以持之以恒搞基础研究; 别人指责你的话, 则可以凭借“应用导向”来为自己进行辩护^[4]。在这里, 应用基础研究已经不仅是政策概念了, 而且是政治学概念了。到了80年代中期, 应用基础研究概念再次被发掘出来, 我国还出台了一些支持政策, 以至于一些政策文件用了“基础性研究”概念, 作为纯粹基础研究和应用基础研究的统称^[5]。但是总体上看, 当时应用基础研究这个概念并没有真正流行起来, 似乎抓应用基础研究还没有适当“抓手”。

与我国相比, 欧美发达国家的情况尽管有所不同, 但为基础研究正当性进行辩护的需求则有相通之处。事实上, 基础研究的合法性很早就 在欧美发达国家确立起来了, 布什模式则进一步从国家层面捍卫了这种合法性。但是, 20世纪90年代初以来, 欧美社会各界日益要求基础研究活动要具有经济社会关联性 (relevance), 以至于在这种压力下, 科学家们也必须学会“左右逢源”: 他们一方面使用“基础研究”一词将其工作与实际应用保持距离, 以捍卫自己的自主性; 另一方面为了获得更多经费和资源支持, 他们强调基础研究的潜在应用价值, 而“这种左右逢源 (tailoring) 是科学家们自愿承认的。他们还坚称, 这样做并不会影响其研究工作的实际内容。”^[6]也正是在这个大背景下, 斯托克斯 (Donald E. Stokes) 于90年代后期提出“巴斯德象限”这一说法。他基于“是否追求根本理解”和“是否考虑应用”这两个维度, 将所有研究工作分成四类, 从而将“应用基础研究”也就是巴斯德象限凸显了出来^[7]。所谓应用基础研究, 就是既追求根本理解又考虑实际应用的研究, 而法国科学家巴斯德当年进行的微生物学研究就是突出的例子。

“应用基础研究”概念的逐步确立, 为科技政策制定提供了新视野。但是, 在对应用基础研究不加分析的情况下制定科技政策, 仍然会面临一些问题。一种倾向性看法是, 应用基础研究主要是企业的事情, 政府不需要给予特别关注; 另一种

倾向性看法是,应用基础研究既关乎基础又关乎应用,因而应该成为政府支持的重点,进而政府就应该发挥主导作用。无论按照哪种倾向制定政策,都会带来负面后果。因此,需要进一步澄清应用基础研究这个概念。这样,才有可能进一步阐明应用基础研究的政策“抓手”。

可以基于两个维度进一步分析“基础研究”概念:一个维度是“是否考虑应用”;另一个维度是“是否需要严密组织”。据此,就可以将基础研究分成四类:自由探索的纯粹基础研究、组织化的纯粹基础研究;自由探索的应用基础研究、组织化的应用基础研究。这样,就有两类纯粹基础研究:自由探索的纯粹基础研究属于高度个体化的分散性研究,大多凭个人兴趣开展,谁都可以做,以至于能够“天马行空”;而组织化的纯粹基础研究规模大、耗资巨、需要政府决断,例如建设高能对撞机以支持高能物理研究,尽管不需要考虑任何特定应用,也确实离不开国家支持,毕竟花钱太多了。类似的,应用基础研究也有自由探索和组织化之别。尽管组织化的应用基础研究很重要,但是并不能一说应用导向,就要求由政府出面通盘组织。从全社会层面看,应用基础研究完全可以自由探索,例如高校教师可以承担企业资助的“横向课题”并据此发表高水平文章,同时也可以承担国家自然科学基金资助的具有一定应用导向或应用背景的科研项目,这类研究属于自由选题、分散的、个体化的探索活动。甚至今天一些大企业内部,也会开展一些自由探索的应用基础研究,员工可以完全根据自己兴趣、自由选题进行有应用指向性的研究。进而言之,可以将“自由探索的纯粹基础研究+自由探索的应用基础研究”看作小科学,其特点是规模小、投资少、自由探索;将“组织化的纯粹基础研究+组织化的应用基础研究”看作大科学,其特点是规模大、投资巨、组织化。

如此看来,应用基础研究包括两个基本类型:自由探索的应用基础研究(巴斯德象限)和组织化的应用基础研究(不妨命名为“屠呦呦象限”),前者属于小科学,后者属于大科学。这两类应用

基础研究体现了两类科研任务定义机制,即市场导向的自组织机制和计划导向的他组织机制。两者都非常重要,都是突破性工程创新所需要的。但是,它们的发展路径和治理模式很不一样,不能混为一谈,等量齐观。自由探索的应用基础研究关乎市场主体的各个击破;组织化的应用基础研究关乎国家层面的集中攻坚。当然,无论是巴斯德象限还是屠呦呦象限的应用基础研究,都可以看作技术科学或工程科学研究^[8],就是围绕人工物的创制开展的科学研究。在这里,人工制品成为研究的焦点物、焦点装置,而从事基础研究的科学家就围绕着这种焦点物、焦点装置展开基础研究,试图重构人工制品、人工系统或人工过程,从而满足社会的各种功能需求。正因为如此,两类应用基础研究存在着内在联系:自由探索的应用基础研究到了一定程度,有可能需要转化为组织化的应用基础研究^[2];反过来,组织化的应用基础研究的具体开展,也有赖于任务分解和一定程度的自由探索的应用基础研究的介入,这样也就形成了“自下而上”和“自上而下”相互支撑的应用基础研究发展局面。

那么,谁来重点开展应用基础研究?从个体看,是那些从事应用基础研究的科学家,可以称为应用基础类科学家,技术科学家、工程科学家就属于这一类。从机构看,除了中国科学院和大学,同样重要的是企业、国家实验室和工业研究院等,这些机构主要定位于应用基础研究,从而成为联通基础研究和重大工程创新的枢纽。与国外相比,目前我国国家实验室还在布局之中,未成气候;我国企业开展的应用基础研究,也还很不够。据统计,2020年各国基础研究经费部门分布看,中国企业只占6.5%,而美国企业占32.6%,日本企业占47.1%,韩国企业占57.5%,差距巨大;在企业支出的研发经费中基础研究经费占比看,中国只有0.5%,而美国为6.5%,日本为7.4%,韩国为10.5,差别也非常大;从经费绝对值看,我国企业基础研究经费只相当于美国企业基础研究经费的6.47%,不到日本和韩国企业的1/4^[9]。当然,这些统计数据在一定程度上低估了我国企

业的应用基础研究的规模, 因为统计口径将基础研究大体界定为没有任何应用考虑的纯粹研究, 因此这个数据并不是对应用基础研究的直接衡量。尽管如此, 说我国企业应用基础研究体量不大, 应该是没有问题的。

2 工程创新的现象学循环

一般而言, 基础研究需要落实到工程创新并由工程创新的成功, 才能对经济社会做出实质贡献。从这个意义上说, 确立工程创新的视野, 对于应用基础研究来说至关重要^[10]。如何将基础研究牢牢扎根于工程创新之中, 进行面向工程创新的基础研究, 就是需要认真思考的“真问题”, 这实际上关乎基础研究的导向问题。这就要求进一步辨明工程创新的实践逻辑。

当前, 工程创新还不是十分流行的概念, 多数情况下人们使用创新、技术创新、科技创新等概念进行交流。不过, 熊彼特意义上的创新活动, 其本质无非就是工程活动。在他看来, 创新是各种生产要素的新组合。这个界定意味着, 创新的实质就是把技术要素和非技术要素组合起来, 形成新的人工制品、人工系统或人工过程, 因此将创新理解为工程活动——技术要素和非技术要素的集成过程和集成结果^[11]——并无不妥。就此而言, 工程创新这个概念不仅具有合法性, 而且具有包容性, 其覆盖面更宽, 完全可以把技术创新包含进去。今天我们讨论创新问题的时候, 无论是用科技创新、技术创新还是工程创新, 只要注意说话场景和交流对象, 应该不会产生歧义。当然, 这并不排斥人们在更广泛的意义上使用创新概念。

哲学视野中的工程创新可以被界定为一个将知识与社会力量物质化从而对周围世界进行重新安排的过程, 具体包括工程问题界定、工程设计方案的制定、工程实施和工程运行等环节。从发生机制看, 生活世界是工程创新的“基底”, 当习惯性的工作和程序失效时, 主体和客体的“不完备性”就会暴露出来, 人们就会质疑其生存的本体论基

础, 意识到日常生活世界存在“问题”, 而这些问题将引导人们进行创新。从过程看, 工程创新始于生活世界的“裂隙”, 经过一个复杂的激荡过程——冲撞、实验、妥协、整合等, 最终又复归于生活世界, 而这个新的生活世界将会成为后续工程创新的起点^[12]。这实际上是一个工程创新的“现象学循环”, 而科学就是在这个循环中适时“出场”的。有学者提出的所谓“发明-发现循环”就发生在这个更大尺度的现象学循环之中^[13]。

科学之所以“需要”出场, 就在于“现有”知识基础已经满足不了工程创新的需要了, 因而“研究”就成为了必须, 其初始形态就是哲学家海德格尔(Martin Heidegger)所说的“专题研究”^[14]。这样一种专题研究到了一定程度, 就成为了我们今天所说的应用基础研究乃至纯粹基础研究。这样的研究, 其成果又必须返回到工程创新的“场景”中才能发挥实际效用。可以说, 科学植根于工程实践, 持续不断地从物质力量与人类力量的遭遇处(如工厂、战场)生发出来, 并最终返回到这些场所^[15]。当然, 并不是所有工程创新都需要“当下”研究的参与。大多数工程创新通过应用“现有”研究成果就可以顺利完成了。但是, 那些位于工程前沿的“突破性”“引领性”工程创新, 则必须建立在“当下进行”的应用基础研究乃至纯粹基础研究的基础之上。此时的工程创新, 也就同时成为了基础研究的过程, 两者实质性地“纠缠”在一起, 因而共同推动着人类基本认识的提升和工程实践样态的突破。

作为科学活动的表现形式之一, 应用基础研究从根本上发端于由工程支撑起来的生活世界, 其成果则反过来融入工程创新之中并最终返回到生活世界。当然, 如何更加有效地完成这个循环, 是一个必须加以认真思考的问题。之所以将工程创新和应用基础研究关联起来展开讨论, 就是要强调工程实践背景之于应用基础研究的突出重要性。只有植根于工程应用场景进行应用基础研究, 才能拉近应用基础研究与工程应用之间的距离, 才能更好地定义应用基础研究并找到支持应用基础研究的“抓手”。特别是那些具有深远意义的

工程创新, 往往是建立在全新的科学技术基础之上并最终开辟出新产业空间的创新, 如果没有基础研究特别是应用基础研究的有力支撑, 这类突破性工程创新的成功机会往往不会太高。因此, 抓住工程实践这个牛鼻子来强化企业创新能力乃至国家创新能力, 由此扩展到对应用基础研究的关注, 才能找到解决问题的出路。

那么, 谁是工程创新的主体? 从个体层次看, 所有参与工程活动的人所组成的群体可以称之为工程创新的主体。但是这些人并非只有一类角色, 也不能等量齐观, 其中企业家确实起到发动机的作用, 尽管只有企业家的确也干不成工程。工程创新需要一个“实践者共同体”, 起码包括企业家、投资者、管理者、工程师和工人, 甚至包括科学家等角色。特别是对于突破性工程创新活动来说, 科学家角色通常是必不可少的。尽管如此, 科学家在工程创新中必须作为工程创新团队的一分子发挥作用。当然说到创新主体, 也不能只停留在个体层次, 还要关注组织层次。组织层次实际上最重要的还是企业, 正是众多同类企业构成了特定产业部门, 正是靠着企业创新活动, 整个产业乃至经济体系才会焕发活力。就此而言, 强化企业的应用基础研究能力, 就是题中应有之义。不仅如此, 工程创新还必然涉及政府层面, 主要是一些产业部委, 它们在工程创新特别是重大工程创新活动中具有特殊作用。

3 应用基础研究与工程创新的纠缠关系

应用基础研究是面向工程创新的研究, 更是植根于工程创新的研究。两者之间不是简单的谁先谁后的关系, 而是并行的关系、共生的关系、互动的关系, 它们在这种并行、共生和互动中不断进行着迭代学习, 从而一方面提升了关于特定人工制品或人工系统的基础认识, 而且提升了关于特定人工制品和人工系统的创新能力。可以把这样一种关系界定为“纠缠关系”。

一方面, 科学活动需要与人工制品“打交道”, 或者说离不开对人工制品的“操控”, 因而会带来工

程创新。人们经常说现代科学是实验科学, 这就意味着, 现代科学研究要求研究者与实验仪器打交道, 也只有这样, 才能发现新的自然现象、验证新的科学假说。也正是在这个与仪器打交道的过程中, 科学家们能够而且也必然会对技术做出直接贡献, 从而对工程创新有所贡献, 甚至带来突破性工程创新。应用基础研究作为现代科学的组成部分, 不仅必须与仪器设备打交道, 而且其关注的焦点就是人工制品的创制或者人工系统的建构, 因此, 应用基础研究对技术发展和工程创新更是具有直接的重要贡献。

另一方面, 工程创新离不开科学研究的直接支持和介入。尽管科学决定不了造物过程, 但是科学可以决定造不出什么样的物。在工程创新活动中, 科学增进了工程活动特定部分的可计算性、可预见性, 从而有助于缩小必须开展实验的范围, 增加成功的可能性, 同时降低开发的成本。的确, 由于不确定性, 工程创新离不开各种各样的实验, 突破性工程创新更是大量实验的产物, 如果离开科学的直接支持和介入, 乃是不可想象的。不仅如此, 作为技术因素和非技术因素的集成过程, 工程创新活动通常会面临各种各样的技术瓶颈, 而这种瓶颈的存在就意味着需要解决关键的技术问题和科学问题, 从而激发相应的基础研究活动。特别是突破性工程创新或者颠覆性工程创新, 更是离不开当下进行的基础研究特别是应用基础研究的支持。正因为如此, 我们才说基础研究问题常常扎根于工程背景, 而应用基础研究就是从这种应用背景和工程背景中定义出来的。有了这种定义, 再去解决相关问题, 一旦完成, 就可以直接反馈回来, 这样的话就不存在从发现到应用的“距离”了, 应用基础研究的效率就能得到保障。

可见, 正是在工程创新特别是突破性工程创新的情况下, “植根于科学的工程创新”和“面向工程创新的科学研究”能够紧密联系起来。当年爱迪生建构电照明系统的时候, 这种关系表现得特别突出。他实际上就是基于当时各种各样的科学要素、技术要素和其他方面的要素, 率先形成电照

明系统的“意象”，然后基于这个意象，进一步识别关键的技术问题和关键的科学问题，然后进行有针对性的研究与开发，待有关成果出来之后再“返回”到整个系统构架中，最后将整个电照明工程系统建构出来，而此同时电工学也逐步发展起来了^[16]。类似地，关于空气动力学和飞机制造工程之间的关系，也并不是先有了空气动力学成果，然后才基于该成果实施飞机工程创新，而是在飞机工程创新过程中空气动力学也同步发展起来^[17]。这些都是应用基础研究和工程创新彼此纠缠的范例。

那么应用基础研究和工程创新又如何纠缠中实现迭代学习呢？这实际上是一个“面向未来”“超越当下”的改变世界的过程，也是一个“实践探索”和“理论建构”交互作用的过程。在形成任何“现实”的人工制品或人工系统之前，应用基础研究所取得的每项成果或突破，都是在“意象世界”中对未来人工制品或人工系统的“想象性建构”；一旦这些人工制品或人工系统成为现实，针对其使用或运行所产生的问题或风险而展开的更具针对性的新一轮应用基础研究，则意味着对“现实世界”中的工程存在物进行“想象性解构”，而由此取得的成果或突破又会成为建构更高水平的工程的核心要素，由此形成了循环往复、螺旋式上升的发展进程。因此，“纠缠关系”可以理解为在“意象世界”与“现实世界”之间反复“跳跃”、在“实践探索”和“理论建构”之间相互“激发”的迭代学习过程。在这方面，文森蒂基于航空史案例提出的工程知识进化论模型可以看作一个明证^[17]。

应用基础研究可以是植根于工程活动的基础研究，在这种情况下企业当然是主角；也可以是面向工程活动的基础研究，在这种情况下研究机构和大学可以扮演重要角色。关于科学和工程的关系，栾恩杰院士曾经提出科学技术工程之间的“无首尾逻辑”，就是说科学技术工程三类活动构成首尾相接的圈圈，很难在绝对意义上说谁先谁后^[18]。但是他进一步指出，在这个互动循环中，工程发挥着“扳机”作用。所谓“扳机”，就是循环关系中的启动点，这种启动必然发生在科学和技术的应用“场景”之中。只有在这个“场景”里，由工程意象启动，才会引发“连锁反应”。

既然工程视角如此重要，围绕工程创新和应用基础研究之间关系的政策思考，就需要特别关注如何缩小“制度距离”（institutional distance）以形成“场相干效应”的问题。的确，从布尔迪厄（Pierre Bourdieu）场域社会学的视角看，学术界是一个“场”，就像电磁场一样的场，有发挥主导作用的资本和主导性做事方式。类似地，产业界也是一个“场”，有自己的主导资本形式和主导的做事方式，而政府部门也是一个“场”，也有自己的主导资本形式、做事方式。因此，大学/科研机构、企业、政府机构隶属于不同的“场”^[19]。现在的问题是，要形成“场”与“场”之间的相干效应，生成价值网络，才能成就高效率的国家创新体系。这个体系一方面能够成就应用基础研究，另一方面能够成就重大工程创新，从而真正让两者关联起来并相互促进。就此而言，如果说工程创新是创新活动的主战场^[20]，那么应用基础研究就是基础研究的主战场。

工程创新与应用基础研究的纠缠关系要求发展一种游走在场域之间的“边界组织”（boundary organization），诸如国家实验室、工业研究院等。它们重点发力应用基础研究，从而成为联结基础研究与工程创新的纽带，成为直接服务于工程创新特别是突破性工程创新的主力军。这些边界组织一方面与学术场中的高等院校具有密切联系，担负着一定的培养创新人才的职能；另一方面与经济场中的企业具有密切联系，善于从企业找课题，与企业共同开展课题攻关，具有更加灵活的人才评价模式，真正发挥“守门员”和“过滤器”的作用。其实，进一步讲，各类产业部委也可以被看作边界组织，因为它们同时紧密联系着政治场、经济场和学术场，因而可以在应用基础研究和工程创新之间发挥不可多得的纽带作用。无论在中国还是西方发达国家，这都是现实存在的情况。就应用基础研究和工程创新而言，产业部委的独特性在于其“产业”性质，与企业有天然的密切联系，对企业的重大需求有独特的认识。这实际上也是产业部委的一种“创新责任”——它们“有责

任”代表国家发挥这种组织协调作用。

4 面向工程创新的应用基础研究治理

如何将应用基础研究扎根于工程创新之中并发挥其应有的创新驱动作用,实际上涉及应用基础研究的“治理”问题。只有解决好治理问题,我国基础研究的“空转现象”或者说创新过程的“肠梗阻现象”才能得到妥善解决。否则,基础研究与工程创新之间的“断环”就难以弥合,突破性工程创新的期待就很有可能落空。

为此,就需要首先从“科研选题”的角度进行思考。就是说,如何让经济场中的企业成为出题者,让学术场中的高校教师成为答题者,是需要着力解决的大问题。而这个问题的解决,离不开基础研究从业者的努力,更需要基础研究产出的需求方参与。需要特别注意的是,中国今天的科研评价体系对于发端于企业需求的应用基础研究仍然是不利的。在当前流行的科研评价中,来自企业的“横向课题”受到的是不应有的歧视性对待。与“纵向课题”(国家自然科学基金项目、国家重点研发计划项目等)相比,“横向课题”在各类评价中的地位几乎到了可以忽略不计的程度。与此同时,国家自然科学基金委对于企业主导的申请,基本上也是不予支持,或者支持力度很小。这种情况无疑发挥着切断基础研究和工程创新之间有机联系的不当作用,亟待加以解决。因此,在科研评价中公平对待“横向课题”,鼓励开展“横向课题”研究,不失为解决“肠梗阻问题”的有效途径之一。

与此同时,我国各类基金项目指南的编制,在多大程度上体现了经济场中企业的重大需求,企业是否能够有效参与到项目指南的编制过程,也是必须加以反思的问题。我们需要在体制机制上进行深入研究并制定对策。例如,在招投标课题的拟定上,要广泛听取企业的意见以及产业部委的意见,这样才能拉近工程创新和应用基础研究之间的制度距离。今天流行的“产教融合”,也不能只是培养人才的产教融合,而应该同时成为应用基础研究的产教融合。这当然不是强迫大学老师

“经商赚钱”的问题,恰恰相反,是推动大学科研人员进行“以产业问题为导向”的“有意义”的科学研究的问题。其实,位于学术场的大学,其核心职能始终是打造“学术尖塔”,为社会源源不断地供给创新人才和公共知识,而不是终日忙于与“经济场”中的企业“争利”;也正是那些姿态“优雅”、不与企业“争利”的大学(例如斯坦福大学),才能够更加有效地开展有意义的应用基础研究,从而一方面打造出“学术尖塔”,另一方面为突破性工程创新做出杰出贡献^[21]。

上述两方面的改善,对于应用基础研究供需双方的“对接”将具有立竿见影的效果,从而也有利于自由探索式的应用基础研究的开展。但是,要解决重大工程创新问题,还需要强化组织化的应用基础研究工作的开展。这就要求紧抓要害组织,包括企业、国家实验室、新兴研发机构、产业部委等。经济场中的企业之所以愿意从事应用基础研究,乃是因为企业才是应用基础研究最直接的受益者。通过开展应用基础研究,企业不仅可以完成当下的工程创新活动,而且可以识别战略领域,超出现有关切,更好地面向未来进行前瞻布局;可以直接提升企业的知识吸收能力,以便更加有效地广泛吸纳外部知识;可以明确显示自己具有核心能力,从而引起相关行动者的关注^[22,23]。因此,进一步激发企业从事应用基础研究的积极性,是强化应用基础研究的基本前提^[24]。在此基础上,国家实验室和新型研发机构作为边界组织,其基本定位就是组织化的应用基础研究,当然更需要进一步强化,而产业部委应该在这些边界组织的建设中发挥特殊领导作用,或者说要建立产业部委与国家实验室、新型研发机构的紧密联系。在这个基础上,才有望形成能够支撑突破性工程创新的生态网络,培育出纯粹基础研究-应用基础研究-工程创新之间的有机联系。

关于产业部委的重要性,需要稍加展开说明。新中国成立之后直到20世纪80年代,尽管产业部委大多拥有行业性的研发机构,但这些研发力量长期游离在企业或者说厂矿之外,直到90年代,人们才开始意识到,为了促进技术的有效转化和

应用, 研究机构必须深入到企业或厂矿的内部, 这一认识推动了深刻而广泛的改革。在科技体制改革的进程中, 尽管我国企业内部研发机构得到了显著加强, 然而产业部委所属研发机构却经历了一段相对的衰退期。其实, 企业内部研发机构这类制度安排是爱迪生开创的, 他的发明公司率先将科研和商业有机结合在一起。哲学家怀特海(Alfred North Whitehead)曾经高度评价这种制度安排, 称之为19世纪最伟大的发明——“发明的发明”^[25]。尽管企业内部研发机构的重要性日益凸显, 但这并不意味着产业部委就不需要拥有强大的、为整个产业服务的研发机构。我们必须重新审视和认识到产业部委在配置应用基础研究资源方面的重要性。以美国为例, 其国家实验室大多隶属于产业部委, 这些实验室在美国国家创新体系中扮演着不可或缺的角色。它们不仅是科学研究的前沿阵地, 更是被明确界定为服务于国家重大战略需求的“政府科学”机构^[26]。这种设计使产业部委成为应用基础研究和工程创新关联的一个枢纽地带。因此, 只有强化产业部委的应用基础研究资源配置, 使其在应用基础研究和工程创新的关联上有更大作为, 才能更好地解决当下我国面临的突出战略问题。在此基础上, 我们要基于生态思维, 分类治理应用基础研究, 走向二元运行体系——稳定支持与竞争性分配相得益彰, 自由探索与组织化研究双轮驱动, 以便同时孕育各种各样的具有战略意义的原创性发现和突破性创新^[27]。

当前我国存在的典型职能错位是, 相对于企业和产业部委, 人们往往过于强调大学、科研院所乃至科技部在创新活动中的重要性。特别是, 当前我们把各种各样的科技经费聚集到科技部, 然后由科技部统筹, 这种集中性安排反而有可能增大基础研究和工程创新的制度距离, 而这种制度距离的增大对工程创新未必总是有利的。尤其是对于应用基础研究和突破性工程创新, 应该更加强调企业以及各个产业部委的重要性, 需要通过产业部委这个边界组织缩小应用基础研究和突破性工程创新之间的制度距离。在我国许多产业部门, 有一些部委过去从事的工作有很大示范意

义, 尽管这些部委已经发生了很大调整而走向了公司化, 例如曾经的航空航天部、电子工业部等, 后来都撤销了, 相关行政职能最终合并到工业和信息化部了。这类部委及关联公司做的事情, 既有重大工程创新, 也涉及大量应用基础研究, 它们曾经比较好地将应用基础研究和重大工程创新活动融合在一起, 比较好地实现了“集中力量办大事”的目标定位。因此, 应该好好总结这类“产业部委+企业”模式的创新本性及其示范意义, 在此基础上深入思考工信部、农业农村部乃至国家卫生健康委员会等部门有可能进一步发挥的重大作用。我们强调产业部委在应用基础研究中的重要性, 并不是说大学不重要、科研院所不重要、科技部不重要, 也不是要倡导恢复计划经济模式, 而是说近年来我们的确忽视了产业部委对于应用基础研究及相关工程创新的重要性。就此而言, 未来我们需要的是不一样的大学、不一样的企业、不一样的科研机构、不一样的科技部、不一样的产业部委, 我们需要一种将这些组织有机关联起来的同时有利于应用基础研究和突破性工程创新的新型组织生态, 这也是提升国家创新体系整体效能的根本出路。

5 结论

本文表明, 应用基础研究居于特殊地位, 是基础研究的主阵地, 是纯粹基础研究和工程创新之间的桥梁; 应用基础研究包括自由探索的应用基础研究和组织化的应用基础研究两种类型; 应用基础研究与工程创新之间存在着一种纠缠关系, 并非单纯的谁先谁后的关系。针对应用基础研究, 需要有特殊的治理安排, 需要通过深化体制改革, 推动我国企业和产业部委在应用基础研究以及相关重大工程创新中发挥关键作用, 并担负可考核的重大责任。只有这样, 才能有效缩小制度距离, 真正使应用基础研究和重大工程创新融合发展。这无论对于解决当前我国面临的“卡脖子”技术问题, 还是对于推动我国企业开展突破性工程创新来说, 都具有十分突出的重要意义。

全球“百年未有之大变局”让我们再次意识到“地球不是平的”。正是一个个国家，构成了全球竞争舞台上的主角，是其他市场主体必须打交道的“高山”。在我国努力实施“以国内大循环为主，构建国际国内相互促进的双循环的大格局”的宏观战略背景下，中国必须同时面向“世界科技前沿”和“世界工程前沿”开展有意义的工作，以同时达成世界科技强国和工程强国建设的宏伟目标。为此，在应用基础研究的治理上，既要强调“集中力量办

大事”，也要意识到“分散力量办大事”的重要性，意识到两者之间的内在联系。在此基础上，一方面充分发挥集中力量办大事的“他组织”优势，另一方面充分发挥分散力量办大事的“自组织”优势，两者交相辉映、交互作用，共同铸就双轮驱动、相得益彰的“大创新格局”，彻底解决基础研究“空转现象”和工程创新过程的“肠梗阻问题”，实现关键核心技术的自主可控和高水平的科技自立自强，这样以“双循环”为基础的新发展格局也就水到渠成了。

致谢

本文曾于2022年11月在中国发展战略学研究会创新战略专业委员会2022年学术年会上进行过大会交流，与会学者特别是杜澄研究员和孙喜副教授提出了富有启发性的意见和建议，在此一并致谢！

参考文献

- [1] 张先恩, 刘云, 周程, 等. 基础研究内涵及投入统计的国际比较[J]. 中国软科学, 2017(5): 131-138.
Zhang X E, Liu Y, Zhou C, et al. International comparison on connotation of basic research and its expenditure statistics[J]. China Soft Science, 2017(5): 131-138.
- [2] 饶伟, 李达, 王大洲. 柔性液态金属材料的硬核科技: 从应用基础研究到颠覆性技术突破[J]. 工程研究——跨学科视野中的工程, 2021, 13(4): 303-314.
Rao W, Li D, Wang D Z. Flexible liquid metal materials as core technology: On the relationship between basic research and disruptive technological breakthroughs[J]. Journal of Engineering Studies, 2021, 13(4): 303-314.
- [3] 布什. 科学: 没有止境的前沿[M]. 北京: 商务印书馆, 2004.
Bush V. Science, the Endless Frontier: A Report to the President by Vannevar Bush, Director of the Office of Scientific Research and Development[R]. Washington: United States Government Printing Office, 1945.
- [4] 吴明瑜. 科技政策研究三十年: 吴明瑜口述自传[M]. 长沙: 湖南教育出版社, 2015: 108-109.
Wu M Y. 30 Years' research on Policies of Science and Technology[M]. Changsha: Hunan Education Publishing House, 2015: 108-109.
- [5] 张九辰. 基础科学研究: 基于概念的历史分析[J]. 自然科学史研究, 2019, 38(2): 127-139.
Zhang J C. Basic science research: Concept-based historical analysis[J]. Studies in the History of Natural Sciences, 2019, 38(2): 127-139.
- [6] Calvert J. What's special about basic research?[J]. Science, Technology, & Human Values, 2006, 31(2): 199-220.
- [7] 司托克斯. 基础科学与技术创新: 巴斯德象限[M]. 周春彦, 谷春立, 译. 北京: 科学出版社, 1999.
Stokes D E. Pasteur's Quadrant: Basic Science and Technological Innovation[M]. Washington, D.C.: The Brookings Institution, 1997.
- [8] 孙喜, 窦晓健. 我们需要什么样的基础研究: 从科学与技术的关系说起[J]. 文化纵横, 2019(5): 104-113, 143.
Sun X, Dou X J. What fundamental research do we need?[J]. Beijing Cultural Review, 2019(5): 104-113, 143.
- [9] 温珂, 张宁宇, 李振国, 等. 加快完善支持企业基础研究的政策体系[J]. 中国科学院院刊, 2023, 38(4): 602-613.
Wen K, Zhang N N, Li Z G, et al. Accelerating efforts to improve policy system to support basic research in enterprises[J]. Bulletin of Chinese Academy of Sciences, 2023, 38(4): 602-613.
- [10] 张志会. 重大工程牵引基础研究: 理论模型与关键机制[M]. 北京: 科学出版社, 2023.
Zhang Z H. How Major Engineering Projects Stimulate Basic Research: Theoretical Model and Key Mechanism[M]. Beijing: Science Press, 2023.
- [11] 殷瑞钰, 李伯聪, 汪应洛, 等. 工程哲学[M]. 4版. 北京: 高等教育出版社, 2022.

- Yin R Y, Li B C, Wang Y L, et al. *Philosophy of Engineering*[M]. 4th ed. Beijing: Higher Education Press, 2022.
- [12] 王大洲. 关于工程创新的社会理论审视[J]. *工程研究——跨学科视野中的工程*, 2018, 10(3): 256-265.
Wang D Z. A social theory of engineering innovations[J]. *Journal of Engineering Studies*, 2018, 10(3): 256-265.
- [13] 文卡希·那拉亚那穆提, 图鲁瓦洛戈·欧度茂苏. 发明与发现: 反思无止境的前沿[M]. 黄萃, 苏竣, 译. 北京: 清华大学出版社, 2018.
Narayanamurti V, Odumosu T. *Cycles of Invention and Discovery: Rethinking the Endless Frontier*[M]. Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 2016.
- [14] 海德格尔. 存在与时间[M]. 陈嘉映, 王庆节, 译. 北京: 生活·读书·新知三联书店, 2012.
Heidegger M. *Being and Time*[M]. New York: Harper & Row, 1962.
- [15] 皮克林. 实践与后人类主义[C]//夏兹金, 塞蒂纳. 当代理论的实践转向. 苏州: 苏州大学出版社, 2010: 187-199.
Pickering A. Practice and posthumanism: Social theory and a history of agency[C]//Cetina K K, Schatzki T R, von Savigny E. *The Practice Turn in Contemporary Theory*. London: Routledge, 2000: 172-183..
- [16] Hughes T P. *Networks of Power: Electrification in Western Society, 1880—1930*[M]. Baltimore: Johns Hopkins University Press, 1983.
- [17] Vincenti W. *What Engineers Know and How They Know It: Analytical Studies from Aeronautical History*[M]. Baltimore: The Johns Hopkins Press, 1990.
- [18] 栾恩杰. 论工程在科技及经济社会发展中的创新驱动作用[J]. *工程研究——跨学科视野中的工程*, 2014, 6(4): 323-331.
Luan E J. On the innovation driving function of engineering in the development of science, economy and society[J]. *Journal of Engineering Studies*, 2014, 06(4): 323-331.
- [19] 王大洲. 技术创新与制度结构[M]. 沈阳: 东北大学出版社, 2001.
Wang D Z. *Technological Innovation and Institutional Structure*[M]. Shenyang: Northeastern University Press, 2001.
- [20] 李伯聪, 等. 工程创新: 突破壁垒和躲避陷阱[M]. 杭州: 浙江大学出版社, 2010.
Li B C. *Engineering Innovation: Breaking Barriers and Avoiding Traps*[M]. Hangzhou: Zhejiang University Press, 2010.
- [21] 关士续. 大学科技园与大学的角色定位[J]. *哈尔滨工业大学学报(社会科学版)*, 2004, 6(5): 1-9.
Guan S X. Science parks in universities and roles of universities in society[J]. *Journal of Harbin Institute of Technology (Social Sciences Edition)*, 2004, 6(5): 1-9..
- [22] Rosenberg N. Why do firms do basic research (with their own money)?[J]. *Research Policy*, 1990, 19(2): 165-174.
- [23] Pavitt K. What makes basic research economically useful?[J]. *Research Policy*, 1991, 20(2): 109-119.
- [24] 吕薇. 有效发挥企业在基础研究中的作用[J]. *中国科技论坛*, 2020(6): 4-5.
Lv W. Giving full play to the role of enterprises in basic research[J]. *Forum on Science and Technology in China*, 2020(6): 4-5.
- [25] 怀特海. 科学与近代世界[M]. 何钦, 译. 北京: 商务印书馆, 1959.
Whitehead A N. *Science and the Modern World*[M]. New York: The Macmillan Company, 1925.
- [26] Bridgstock M, Burch D, Forge J, et al. 科学技术与社会导论[M]. 刘立, 等. 译. 北京: 清华大学出版社, 2005.
Bridgstock M, Burch D, Forge J, et al. *Science, Technology and Society: An Introduction*[M]. Melbourne: Cambridge University Press, 1998.
- [27] 王大洲, 余永阳. 走向二元治理结构: 关于颠覆性装备创新的哲学思考[J]. *工程研究——跨学科视野中的工程*, 2021, 13(6): 533-542.
Wang D Z, Yu Y Y. Towards dual governance structure: A philosophical reflection on the disruptive equipment innovation[J]. *Journal of Engineering Studies*, 2021, 13(6): 533-542.

On Applied Basic Research from the Perspective of Engineering Innovation

Wang Dazhou

Humanities of School, University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China

Abstract: Currently, the world is undergoing unprecedented and far-reaching changes, and the competition between countries in the realm of science and technology is intensifying. It is imperative for a nation to achieve a prominent position in international competition that it achieves significant technological breakthroughs. These breakthroughs are reliant on robust support for basic research. However, simply prioritizing the allocation of funds towards basic research, particularly in universities and independent research institutions, although resulting in the generation of new knowledge, may struggle to effectively translate this knowledge into practical applications within the industrial sector. Consequently, this may lead to a phenomenon known as “idle research,” where basic research fails to contribute to the solution of major technical challenges. Therefore, it is crucial to emphasize the significance of “applied basic research”, which refers to basic research conducted within engineering application scenarios and geared towards practical engineering applications. Only through this approach can we find better solutions to these challenges.

This paper examines the nature and status of applied basic research, explores the relationship between applied basic research and engineering innovation, discusses the governance mechanism of applied basic research, and specifically analyzes the policy issues of applied basic research in China. The findings reveal that applied basic research is the primary battleground for basic research and can be classified into two types: free exploration applied basic research and organized applied basic research. Furthermore, there exists a complex relationship between applied basic research and engineering innovation, which is not a straightforward causal relationship. In terms of governing applied basic research, it is crucial to leverage the advantages of both centralized power, which enables coordinated efforts to achieve significant advancements, and decentralized power, which allows for greater autonomy and initiative. These two approaches complement each other and interact to establish a mutually beneficial “big innovation pattern” for applied basic research. To achieve this, deeper system reforms are necessary to empower Chinese enterprises and industry ministries to take the lead in applied basic research and related major engineering innovations, thereby bearing significant responsibilities, rather than overemphasizing the importance of universities, research institutes and even the Ministry of Science and Technology in innovation activities. Such reforms will effectively reduce institutional barriers and foster true integration between applied basic research and major engineering innovation.

Keywords: engineering innovation; applied basic research; enterprise; industry-related ministries