

新时代科技政策话语体系需要引入“工程科学”与“工程科学家”

谢咏梅^{1*}, 黄鹰航²

1. 哈尔滨工业大学 马克思主义学院, 哈尔滨 150001;

2. 哈尔滨工业大学(深圳) 马克思主义学院, 深圳 518055

摘要: 当今世界前沿技术领域已经成为大国竞争的焦点, 更加凸显工程科学的战略地位。美国《无尽前沿法案》将NSF更名为NSTF, 意味着工程科技的研究与开发得到政府特别关注。习近平强调要通过加强多学科融合的现代工程和技术科学研究, 带动基础科学和工程技术发展, 意味着我国新时代科技发展将逐渐从“基础研究驱动的线性模式”转向“工程科学驱动的复杂网络模式”。然而, 目前科技政策使用线性模式的“基础—应用”话语体系不能凸显甚至遮蔽工程科学的战略地位, 需要将“工程科学”和“工程科学家”概念引入政策话语体系。为此, 工程科学的相对独立性与先导性需要从学理上被证成, 赵汀阳“动词存在论”的哲学视域可能使该问题变得更加清晰。最后重申钱学森“工程科学作为一种新职业”的思想, 阐释推动工程科学共同体研究的政策意义。

关键词: 工程科学; 工程科学家; 工程科学共同体; 工程科学驱动

中图分类号: TB1

文献标识码: A

文章编号: 1674-4969(2022)06-0519-11

引言

世界百年未有之大变局加速演进, 世界各主要国家纷纷强化前沿技术领域的自主创新能力, 试图抢占大国竞争的科技制高点。习近平总书记指

出, 进入21世纪以来, 全球科技创新进入空前密集活跃的时期, 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。^[1]《2021年美国创新和竞争法案》针对关键技术领域加大基础研究投入, 以及《无尽前沿法案》对美国国

收稿日期: 2022-07-16; 修回日期: 2022-08-10

基金项目: 黑龙江省哲学社会科学学科体系繁荣计划(2019); 哈尔滨工业大学研究生教育教学改革研究项目(22MS056)

作者简介: *谢咏梅(1962—), 女, 教授、硕士生导师, 研究方向为工程哲学、技术哲学。E-mail: yongmeixie@sina.com (通讯作者)

黄鹰航(1984—), 女, 博士, 助理教授、硕士生导师, 研究方向为技术社会史、马克思主义基本原理。

E-mail: huangyinghang@hit.edu.cn

引用格式: 谢咏梅, 黄鹰航. 新时代科技政策话语体系需要引入“工程科学”与“工程科学家”[J]. 工程研究——跨学科视野中的工程, 2022, 14(6): 519-529. DOI: 10.3724/j.issn.1674-4969.22101601

Xie Y M, Huang Y H. “Engineering science” and “engineering scientists” needs to be considered when constructing a discourse system of science and technology policies in the new era[J]. Journal of Engineering Studies, 2022, 14(6): 519-529.

DOI: 10.3724/j.issn.1674-4969.22101601

家科学基金会 (NSF) 进行重大改组; 我国“十四五”规划及2035年远景目标的建议明确了目标导向和自由探索“两条腿走路”“强化应用研究带动, 鼓励自由探索”的基础研究原则, 表明中美都在做科技战略调整, “工程和技术科学”的战略意义日益凸显。然而, 在我国目前科技政策话语体系中, “基础研究”与“应用研究”相对, 从逻辑上讲, “应用研究”意味着对“基础”的“应用”, 没有“基础”便无从“应用”。在这种逻辑关系中, 何以可能实现“应用研究带动”? 与此同时, “工程科学”通常被归入“应用研究”, 其不过是对“基础研究”的应用, 从而遮蔽了“工程科学”的相对独立性及其在现代科学技术体系中的战略意义。需要从学理上辨明工程科学之于自然科学的相对独立性和战略优先性, 明确工程科学作为“一种新职业”在体制目标、精神气质以及质量控制等方面的独特性, 并在科技政策上给予其相对于自然科学不同的考量, 才可能摆脱“基础——应用”线性模式, 充分发挥工程科学在我国科学技术体系中的战略作用, 从而形成新型举国体制, 实现高水平科技自立自强。

1 大国竞争中的工程科学

1.1 从美国NSF改组看其科技政策文化转向

自1945年万尼瓦尔·布什的《科学——没有止境的前沿》^[2]作为美国第一部科技政策出台, 之后的70余年之中, 美国科技政策不断调整, 从“小科学”的研究体系逐步过渡到“大科学”的国家科研体系, 其目的是建构应对国际竞争的战略体系, 维护国家利益, 保持美国的科技领先地位。自2017年特朗普当选美国总统后, 在“使美国再次伟大”的国家战略之下, 科技政策更强调国家安全, 聚焦面向未来产业发展的新兴技术和国内需求, 在人工智能、量子科技等领域取得了突出成就。^[3]尽管美国两党之间斗争激烈, 但是在对科学技术保持美国竞争优势问题上有着高度共识。2021年5月, 美国国会参议院通过了《2021年美国创新和竞争法案》, 其核心内容是计划未来五年美国政府将投资约1000亿美元, 在人工智能、半导体、量子

计算、先进通信、生物技术及先进能源等10个关键技术领域加大科研力度。该法案对抗中国的意味浓厚, 被广泛评论为“领先中国法案”, 表明美国已经将中国作为高科技领域的战略竞争对手, 中美从贸易摩擦走向高科技领域脱钩。针对上述关键技术领域加大基础研究力度意味着工程科学在美国政府的科技政策中具有重要的战略地位。在《2021年美国创新和竞争法案》中, 备受瞩目的是《无尽前沿法案》(The Endless Frontiers Act), 在此, 需要关注两项重要内容:

一是《无尽前沿法案》对美国国家科学基金会 (NSF) 进行重大改组, 设立一个新的技术与创新 (“科学与工程解决方案”) 管理部门理事会, 并在四年内将其预算规模提高到现有的80亿美元的4倍以上。运行了70年的国家科学基金会将更名为国家科学技术基金会 (NSTF), 科学和技术部门将分别由一名副主任领导。这意味着一直以探索知识的基础研究为使命, 主要资助基础的、兴趣导向型研究的NSF有了新的使命——技术研究和开发, 关键科技产业的创新和发展开始重新回到了以政府力量主导的战略框架下。同时NSTF运作方式也将与原来NSF不同, 采纳国防部高级研究计划局 (DARPA) 所采用的一些管理方式, 聚焦最为关键的项目并强调项目管理的敏捷性, 力图在民生领域打造第二个DARPA, 表明该法案旨在推动高效创新的导向。尽管NSF的改组在美国内部也引发争议, 但是“在文化上, 这将是一个重大的转变”。^[4]尽管70年来美国的科技政策在不断调整, 但是像这样在“科技政策文化”层面 (特别是NSF的研究文化层面) 的改变还是前所未有的。由此也可以想象, 这样的制度安排是否正意味着科学和工程 (技术) 更加紧密地联系, 国家科学基金会要积极为社会解决急迫的问题。

二是《无尽前沿法案》提出创设区域技术中心, 资助新的本科、社区大学高级技术教育计划以及研究生奖学金, 提高对关键技术领域的博士后支持力度, 发展多元化的STEM (科学、技术、工程和数学) 人才培养体系。法案强调科技人才是发展重点科技领域的战略储备, 要通过对各层

次人才培养的资助, 鼓励学生从事重点科技领域的学习研究, 吸引更多国内外学生进入重点竞争的科技产业领域; 在学科建设上, 鼓励高校和社会为重点科技领域专业硕士研究生提供业界和政府的工作实习机会, 助力科技发展。^[5]总之, 通过一系列措施建构多元化的人才体系, 引导学生进入与国家战略目标相关的科技产业领域, 促使他们关注并直接融入工程、产业乃至政府的实际工作中, 这可谓美国版的“产教融合”。

1.2 我国逐步建构“工程科学驱动的复杂网络模式”

面对世界百年未有之大变局, 我国国内外形势极其复杂, 高科技的竞争前所未有地与国家的政治、经济、安全日益紧密地联系在一起。党的十九届五中全会和国家“十四五”规划提出, 坚持创新在我国现代化建设全局中的核心地位, 把科技自立自强作为国家发展的战略支撑。科技自立自强成为新时期中国科学技术发展的战略方针。在这一特定历史语境下, 与以往笼统地使用“科学”或“科学技术”概念不同, “工程科技”“现代工程与技术科学”等概念出现在习近平总书记的讲话中, 并被置于现代科学技术体系的“关键”位置, 这一思想正在影响中国科学技术的发展方略。

早在2014年国际工程科技大会上, 习近平总书记发表题为《让工程科技造福人类、创造未来》的主旨演讲, 强调工程科技是社会生产力发展的一个重要源头, 工程科技更直接地把科学发现同产业发展联系在一起, 成为经济社会发展的主要驱动力。并作出未来几十年, 新一轮科技革命和产业变革将同人类社会发展形成历史性交汇, 工程科技进步和创新将成为推动人类社会发展的主要引擎的重要判断^[6]。2015年中国工程院启动“中国工程科技2035发展战略研究”, 其研究成果“中国工程科技2035技术预见”备受关注。

现代工程科技的重要特点在于其对科学研究及基础理论的依赖, 而关于基础研究的来源, 在2020年9月11日科学家座谈会上, 习近平总书记指出: “基础研究一方面要遵循科学发现自身规律, 以探索世界奥秘的好奇心来驱动, 鼓励自由探索

和充分的交流辩论; 另一方面要通过重大科技问题带动, 在重大应用研究中抽象出理论问题, 进而探索科学规律, 使基础研究和应用研究相互促进。要明确我国基础研究领域方向和发展目标, 久久为功, 持续不断坚持下去。”^[7]在这里, 特别强调针对重大科技问题、重大应用研究的需求确定基础研究方向并带动基础研究的研究路径。

在2021年5月28日召开的两院院士大会上, 习近平总书记首先对当代科学技术研究方式的变革作出判断: “新一轮科技革命和产业变革突飞猛进, 科学研究范式正在发生深刻变革, 学科交叉融合不断发展, 科学技术和经济社会发展加速渗透融合”。进而更加明确地指出: “现代工程和技术科学是科学原理和产业发展、工程研制之间不可缺少的桥梁, 在现代科学技术体系中发挥着关键作用。要大力加强多学科融合的现代工程和技术科学研究, 带动基础科学和工程技术发展, 形成完整的现代科学技术体系。”^[8]从而进一步明确了“工程和技术科学”在我国目前科学技术体系中的关键地位, 以及通过“工程和技术科学”研究带动基础研究和工程技术发展, 解决“卡脖子”问题的基本方略。中共中央关于“十四五”规划及2035年远景目标的建议中, 也明确了“强化应用研究带动, 鼓励自由探索”的基础研究原则。以工程科学驱动或牵引并不是忽视基础研究, 相反, 国家“基础研究十年规划”的制定意味着对基础研究的强化, 问题在于基础研究的价值导向需要调整。科学技术部党组书记、部长王志刚曾撰文做了清晰的解释: 制定实施基础研究十年规划, 优化基础研究布局, 以应用研究带动基础研究, 形成我国科技事业独具特色的发展新模式。^[9]这意味着中国科技发展试图超越“基础研究驱动的线性模式”并转向“工程科学驱动的复杂网络模式”。

2022年8月30日教育部出台的《关于加强高校有组织科研推动高水平自立自强的若干意见》以及2022年9月6日中央全面深化改革委员会第二十七次全体会议审议通过的《关于健全社会主义市场经济条件下关键核心技术攻关新型举国体制的意见》, 这两个文件更像是面对复杂的国际环

境, 尤其是世界各主要国家和地区重点部署新技术、新产品的前期探索研究所制定和实施的一系列工程科学相关战略规划(如美国《无止境前沿法案》等), 向全国发出的“战时动员”。文件要求, 科技发展要瞄准事关我国产业、经济和国家安全的关键领域及重大任务, 明确主攻方向和核心技术突破口, 重点研发具有先发优势的关键技术和引领未来发展的基础前沿技术。大学也被给予厚望, 但大学的研究应当以战略需求为导向, 以学科优势为基础, 聚焦战略高技术、高端产业等领域, 依托高校优势学科开展关键核心技术和基础科学攻关。至此, 习近平总书记提出的通过“加强多学科融合的现代工程和技术科学研究, 带动基础科学和工程技术发展”^[8]的思想进一步在政策上加以落实。

1.3 高等工程教育改革的尝试与问题

人才储备和培养是推进新发展模式的关键, 实现“工程科学驱动”需要扎实推进工程科学发展和工程科学人才培养的改革。2017年教育部启动的“新工科”建设是我国工程教育改革里程碑事件。2018年, 教育部、工业和信息化部、中国工程院又推出《关于加快建设发展新工科实施卓越工程师教育培养计划2.0的意见》, 其目标是通过建设一批新型高水平理工科大学、多主体共建的产业学院和未来技术学院、产业急需的新兴工科专业、体现产业和技术最新发展的新课程等措施, 培养一批工程实践能力强的高水平专业教师, 以加入国际工程教育《华盛顿协议》组织为契机, 形成中国特色、世界一流工程教育体系, 进入高等工程教育的世界第一方阵前列。

大国科技竞争日趋复杂和激烈, 两年来国家加速推进卓越工程师培养以及产教融合。2022年9月27日, 教育部、国务院国有资产监督管理委员会联合举行卓越工程师培养工作推进会, 教育部部长怀进鹏强调: 进一步提高政治判断力、政治领悟力、政治执行力, “深刻理解卓越工程师培养的极端重要性”, 着力破解工程教育的核心难题, 实现工程教育办学方式从学科专业单一性和独立性

向学科大类交叉、校企深度融合模式的根本转变, 培养目标从重视理论传授向重视工程创新能力的根本转变, 评价标准从唯论文唯奖项等向考察实际创新贡献为主的根本转变等。^[10]这里“政治判断力”“政治领悟力”“政治执行力”以及“极端重要性”等用词极其严肃, 可见“卓越工程师培养”是关于国家前途重大问题。

在上述背景下, 近年来各大学纷纷尝试高等工程教育改革, 例如建立“未来技术学院”“卓越工程师学院”“产教联盟基地”以及具体实施“工程管理(MEM)项目”等等。但是在实际操作过程中发现, 人们在观念上并不十分明确其中的意义。例如, 就MEM项目而言, 在近两年的实践中, 不论是管理项目还是参与项目的行动者(如进入项目的研究生)对项目的定位和意义的理解并不十分清楚。一些学校的此类项目更像是在原来工程硕士培养方案基础上的翻版。大学已有的科学文化传统和行政管理模式的路径依赖十分强大, 加之现有师资本身知识结构和工程能力的局限以及大学的社会资源的可及性有限等等, 总是无意中把新的尝试拉回到原有的模式中。尽管对“卓越工程师”的要求中包含了与一般工程师不同的“研究”性质, 即“工程科学家”, 但是作为政策话语, “卓越工程师”概念仍显模糊。从语义上理解“卓越工程师”仍然是“工程师”, 不过是其中更具有工程能力的“卓越”者, 是程度上的差异, 而不是类型的区别。因此也导致人们对“卓越工程师培养”计划下的许多做法认识模糊乃至不能当作“政治任务”加以“严肃”对待。为此, 需要有更准确定位的“工程科学”和“工程科学家”概念进入政策话语体系。哲学社会科学科学家需要与政策研究者、工程技术专家以及产业界人士积极对话, 为上述政策和正在试点中的改革提供可靠的“学理”依据。

2 工程科学何以可能成为“桥梁”和“关键”

近年来, 科技界、工程界、企业界以及哲学界对“工程科学”在当代中国社会特定历史条件下所具有的战略意义保持了高度敏感。特别是中国科学

院前沿科学与教育局、中国工程院工程管理学部、中国科学院大学、中国科学院力学研究所、中国科学院大学跨学科工程研究中心和中国国际工程咨询有限公司等单位, 分别于2019年11月和2020年12月, 联合召开了题为“工程科学与工程创新”和“工程科学与大国装备”的中国工程科学高峰论坛, 积极推动了工程科学的相关研究。在这些讨论中达成的共识是: 在科学、技术、工程、产业、社会日益一体化的背景下, 工程科学已经成为现代科学的一种基本形式。工程科学是现代工程技术的思想源泉和概念基础, 是未来各种战略前沿技术和颠覆性技术的摇篮。只有以工程科学为基础和先导, 大力发展原创性工程技术, 才能够根本摆脱国际制约, 真正成为工程强国。^[11]在此基础上, 还需要给出对于工程科学的独立性和先导性的充分论证。

2.1 反思“纯科学”到“基础研究”演变背后隐含的价值

要确立“工程科学”独立的“桥梁”和“关键”地位, 首先需要反思现有科技政策术语中所隐含的价值倾向所导致的问题。美国物理学家亨利·奥古斯特·罗兰“为纯科学呼吁”一文^[12]曾被看作是美国科学独立宣言, 这是较早使用“纯科学”概念的文献。1947年钱学森在“工程和工程科学”一文中, 使用“纯科学家”与“工程科学家”来对应。而当今科技政策语境中, 从万尼瓦尔·布什的《科学: 没有止境的前沿》开始, 策略性地用“基础研究”或“基础科学”替代了“纯科学”, 从而使国家对由“好奇心驱动”的“纯科学”的支持和投入具有了合法性和合理性, 并强调“基础科学”与“应用科学”的明确区分。在这种语境中实际上暗示着一种以“基础科学”(“纯科学”)为核心并且基础科学具有优先性, 而其他领域(如“工程科学”)都是“科学的应用”的线性模式的逻辑。在这样的逻辑中“工程科学”不可能获得独立意义, 仅仅是自然科学的附庸, 囿于传统政策文化语境无法提供新的政策想象力, 因此也不可能在政策上给出明晰的制度安排。

约翰·齐曼曾指出: “欧洲大陆对‘科学’的理解是可取的: ‘科学’(science)一词应该总是被解释为涵盖所有有条理的知识。当然存在着许多不同的‘科学’(sciences)——物理科学、生物科学、行为科学、社会科学、人文科学、医学科学、工程科学等等。然而, 它们全都是同一文化物种(cultural species)的变种”。^[13]在这里所谓的“同一种文化物种”即约翰·齐曼所说的“学院科学”^{[13]35}或迈克尔·吉本斯所说的“知识生产模式I”。^[14]正是因为被视为“同一种文化物种”, 对不同“科学”研究业绩的评价便可以套用统一的标准。这或许是关于科学认知的局限所致, 抑或是出于政策制定者简化管理(或者懒政)的策略。但显而易见的是, 这种均质化的评价正是我国目前科技评价体系“立新标”所要面对的问题。实际上, 科学、技术、工程、社会的关系已经进入复杂模式, 约翰·齐曼的“后学院科学”以及迈克尔·吉本斯的“知识生产模式II”在学术界早已被广泛接受, 关于科学研究的“基础——应用”线性模式已被认为不合时宜, 但是政策话语中仍没能实时引入这些成果。甚至尽管一些工程科学类的研究实际上更靠近“模式II”, 但政策却不能给出与这类研究相称的评价体系, 仍然按照“模式I”的科学化、学科化的指标来评估几乎所有类型的研究, 激励错位。2020年2月教育部、科技部发布“破四唯”的文件强调按照分类评价、注重实效的原则, 积极探索科学的评价体系, 建立健全分类评价体系正是针对上述问题。

尽管目前尚无法完全摆脱既有的政策术语, 但是反思这些术语给人们的暗示是必要的。笔者认为使用“自然科学”而不是“基础科学”, “工程科学”而不是“应用科学”, 并在“自然科学”和“工程科学”之间做基本的区分是必要的也是合理的。

2.2 创制哲学视域下工程科学相对于自然科学的独立性和先导性

人们公认钱学森最早在1947年明确阐述了“工程科学”这一重要概念的本性、内涵和意义。^[15]也基本遵循了钱学森关于“工程科学”概念的理解, 并

基本接受“工程科学即技术科学”的看法^[16], 这些讨论无需赘言。李伯聪以“两类物质”——自然物与人工物为本体论基础, 简洁而清晰地区分了“基础(自然)科学”与“工程科学”, 旨在确立“工程科学”相对独立的地位, 并且在与“自然科学”的比较中阐释了“工程科学”的研究对象、发展动力等问题。^{[16]639-641}这些观点将成为本文关于“工程科学”相关问题讨论的基础。在此基础上, 还要进一步理解“工程科学”在现代科学技术体系中的“关键作用”以及战略上相对于自然科学的“先导性”或“优先性”。

2.2.1 赵汀阳关于认识者与创造者视域的基本区分 赵汀阳在其“动词存在论与创造者视域”一文中, 提出建立一种区别于欧洲主流哲学的“认识者的哲学”的“动词哲学”或“创造者哲学”, ^[17]这一思想对于理解“工程科学”独特性和优先性极具启发性。在他看来无论知识论或形而上学甚至伦理学, 都以认识者视域去理解世界以及人自身的创造。“希腊哲学的主要问题基于获得超常知识的超常‘视觉’冲动。这个出发点指引欧洲传统的主流哲学成为‘认识者的哲学’”。实际上, 一般抽象概念的“存在”(to be; being)只有分析性的意义, 对存在无从提问, 其问题即答案。因此, 存在不是存在论中的一个问题。作为一般抽象概念的存在限于自身, 没有宾语, 不及物而无所说明。在认识者视域里, 一切问题的预期终点都是真理。如果不能通达真理, 知识就无价值。然而, 在认识者视域中, 知识的真理性却始终以某种无从证明的先定的或超验的知识(如关于上帝的完美性、康德的先验范畴)为前提。因此, 如果思想局限于认识者视域, 就无法摆脱知识和信仰的循环。在赵汀阳看来, 人类的存在论身份是创造者, 解释人类存在的存在论必定同时是创世论, 即创世存在论。创世论需要落实在一个存在论的完整结构中才是有效的, 这个存在论的完整结构意味着主语、谓语和宾语同时在场, 即创世作为“存在论事件”的每个相关项都不能缺席, 创造者、创造性的动词和创造物必须同时在场才能在场对质中形成有效证词。在这个意义上, 人的创造是唯一

有意义的本源问题。^{[17]24-45+204}这一观点也可以用李伯聪“我造物故我在”的命题来表达, 当然, 赵汀阳所谓的“创造”比造物更广泛, 包括了整个文明。这种认识者视域和创造者视域给我们审视自然科学和工程科学提供了更加深刻的思想资源。

2.2.2 认识者视域的自然科学 “自然科学”显然直接来源于古希腊“认识者哲学”传统。“自然科学”之所以可能首先是因为相信“事物有其自身”, 进而在亚里士多德的自然哲学中, “自然”被固化为可以用逻辑和语词表征的“静观的知识(scientia)”, 亦即“确定性的知识”。近代自然科学一方面遵循了古希腊哲学的理性和知识论的传统, 另一方面将科学实验作为基本的方法, 因此被称为“实验科学”或“实证科学”。“实验科学”通过科学仪器干预对象从而表征对象, 使“自然科学”在一定程度上具有“创造”或“建构”的因素, 因此也构成近代科学与希腊古典科学的区别。但是在为近代科学奠基的笛卡尔“主体——客体”二元论哲学中, 作为自然科学对象的“自然”成了独立于认识者的自在的实体——自然界, 它不是人类的作品, 而是“上帝的作品”。尽管科学实验在一定程度上使人的认识者身份更具能动性, 但“观察渗透理论”, 科学仪器与科学理论关系使科学不能彻底摆脱从理论到理论的循环论证, 科学仪器与科学事实之间相互纠缠也会导致柯林斯在追踪引力波案例时所提出的“实验者回归”问题。而被爱因斯坦看作物理学开端的“没有摩擦的小球”——理想实验方法使自然科学可能在“纯粹的”预设中获得思想的“自由”。于是形成了自然科学的基本图示: 预设(P) + 证据(E) + 逻辑(L) → 结论。在这个图示中, 预设作为科学认识的前提, 既包括被理论自身明确的假设, 更包括一系列“未经宣布的假设”——信念, 如本体论上关于自然界均质化的预设、认识论上的可知性预设以及对形式逻辑作为规则的预设和对当下的科学仪器的信任等等, 而这些预设或信念都是先验或超验的。这套近代自然科学方法和认识论结构使自然科学获得了长足的发展, 但在“纯科学”中知识和“信仰”的循环使得科学的真理性从根本上无法保证。众所周知, 通过实验来解释因果的合理性也

是哲学上悬而未决的问题。因此, 科学需要从“认识者视域”进入到创造者的创制活动中, 方可使其真理性或有效性得到证成。

2.2.3 创造者视域的工程科学 “工程科学”研究以人工物和工程活动为对象, 在现实的创制过程中展开, 在这里创造者、创造物(包括知识与人工物)同时在场, 可以形成有效的知识和行动的闭环。在这一过程中科学知识作为工程科学研究所需要的多种“投入”之一, 作为“工具”而到场。但是这里值得强调的是, 在“工程科学”研究中, 人们并非在用既有“自然科学”理论解决问题, “工程科学”并非“自然科学”的应用。“工程科学”中最普遍的研究方法是“建模—仿真”, 即面对现实的工程问题, 利用包括“自然科学”理论在内的、多元和有限的知识建构一个权宜性的“模型”, 然后通过对对象的仿真, 即在“模型”与工程问题之间进行反复“对话”, 不断修正模型(建构知识)同时解决问题或创造人工物的过程。在这个过程中所运用的科学理论并不具有真理意义的优先性, 仅仅是一个权宜性的工具。相反, 在问题的有效解决或人造物的有效运行之后, 科学理论有可能被完善或修正, 科学的“真理性”问题转换成“有效性”, 从而人们信任了“自然科学”。

栾恩杰院士曾谈到:“对各类对象进行建模仿真, 这是工程设计中必须进行和运用的手段, 大型电子对撞机、核电站仿真控制模拟、铁路运营调度仿真系统等, 我们很难将其划分为是设计阶段的工具, 还是验证阶段的手段, 或是运营阶段的装置。这些工程设施所提供的成果既是设计成果, 也是验证结果, 也是运营的伴行装置; 既是对象的物理表现, 也是其模型化认识的基础科学”。^{[18]326}在这个过程中作为工具的知识、研究的对象以及创制的成果之间因“创制”而得到贯通并相互印证, 这意味着创造者和创造物的互相建构、互为自变量和因变量。

正如赵汀阳所说: 假如人类不是作为创造者而存在, 任何思想和知识都无意义, 也难以有任何推进。因此, 科学知识进化的单元必须从“预设(P)+证据(E)+逻辑(L)→结论”, 进一步

扩展到与技术及工程相关的更广泛的链条。正是因为人作为人工物和工程活动的创造者以及被造之物的具体性, 对于工程物和工程活动拥有真正的反思性或可理解性, “工程科学”才具有相对独立的地位, 才成为现代工程技术的可靠的思想源泉和概念基础, 也因此才有“工程比科学更严谨”的说法。

“工程科学”的先导性还因为作为其研究对象的“器”(人工物)“事”(人的行动)本身多维度与复杂性, 人工物创制以及工程活动必然需要多学科交叉融合, 涉及“物理”“器理”“事理”并在复杂的自然和社会情境中展开, 与经济发展和人类福祉联系最为密切。^{[15]463-471}因此, 可以“引发”更多的研究问题, 正如习近平总书记指出的, 现代工程与技术科学可以“带动基础科学和工程技术发展”。

2.2.4 从科学与工程关系史看创制的优先性 从近代以来科学与技术及工业的关系的历史演变来看, 作为认识活动的自然科学也总是服务于人类的创制活动。“自然科学”在古希腊作为“仰望星空”的纯科学时代, 并未获得像今天这样“崇高”甚至“高贵”的地位。近代科学在其诞生之时就不再是自足的或因为自身而有意义的, 正如罗伯特·金·默顿通过扎实的科学史料的研究所得出的结论:“宗教和经济结合起来的为科学‘功利性’提供论证……为什么要从事科学、为什么要支持科学?——自然哲学家们、教士们、商人们、矿者们、士兵们和民政官员们开列出一张予人深刻印象的清单, 说明科学的各种‘功利’”,^[19]因此, 正是“功利主义”才使科学成为一项合法的事业。在关于近代科学与工业革命的关系问题上, 美国历史学家林恩·怀特认为, 古典科学和现代科学之间的联系在于中世纪的技术革命, 这一点在历史上和概念上都先于现代科学的兴起, 并为现代科学的兴起打下了基础。在工业革命之前, 蒸汽机、水力、机械工具、钟表制造、冶金等技术上的重大进步很少或者几乎是在没有具体的力学理论的指导下发展起来的。^[20]科学哲学家劳丹也指出:“技术是在没有科学理论的帮助下发展的, 这一立场可以总结为一句口号:‘科学受益于蒸汽机的, 要比蒸汽机受

益于科学的要多’。”^[21]。科学获得更广泛的社会认同是在电力技术革命之后,人们看到了科学对于经济和军事的强大力量,科学家作为一种职业也需要“为承认而斗争”,因此才有19世纪80年代末,美国物理学家亨利·奥古斯特·罗兰充满矛盾的论证:一方面强调科学是纯粹而“高贵”的,另一方面呼吁“为了应用科学,科学本身必须存在”^{[12]81}。20世纪40年代,波兰尼和贝尔纳之间关于“自由科学”与“计划科学”的争论之后,在1945年万尼瓦尔·布什的《科学:没有止境的前沿》中,“纯科学”概念消失了,代之以“好奇心驱动”的“基础研究”,并且要让科学成为公共政策的对象,需要对科学在“为了向疾病的斗争”“为了国家的安全”以及“为了公共福利”等方面的功利价值进行论证。^{[2]24-25}

因此,正如赵汀阳所说:“在存在论意义上,创造者身份优先于认识者身份,创造是思想和知识的潜在容量的前提”。^{[17]32}“物理”“器理”和“事理”只有在人作为创造者的创制活动中融通和获得意义。因而在现代科学技术体系中,对作为创制活动的工程进行研究的“工程科学”更具有激发性或先导性。

3 推动工程科学共同体研究及政策意义

3.1 钱学森工程科学思想中被忽视的部分——作为职业的工程科学

目前国内关于“工程科学”的研究几乎都基于钱学森“工程和工程科学”^[22]和“论技术科学”^[23]两篇文章。人们充分阐释了钱学森关于“工程科学”的任务、“工程科学”作为“科学和工程之间的桥梁”以及“工程科学家”培养等思想。但是,钱学森关于“工程科学”作为“一个新职业”的思想却是一个被忽视、而在今天恰恰更值得在政策研究中关注的问题。

1947年,钱学森在“工程和工程科学”一文中谈到:“纯科学家与从事实用工作的工程师间密切合作的需要,产生了一个新的职业——工程研究者或工程科学家。他们形成纯科学和工程之间的桥梁。”^[22]在钱学森看来,“工程科学”是“一个新职业”,“工程科学家”或“工程研究者”是一种可以区

别于“纯科学家”的新的职业角色,而不是“应用科学家”。十年之后,钱学森在“论技术科学”一文中进一步强调技术科学(工程科学)作为“知识的一个新部门”和“新职业”的独立性:“为了不断地改进生产方法,我们需要自然科学、技术科学和工程技术三个部门同时并进,相互影响,相互提携,决不能有一面偏废……我们要明确的是:在任何—一个时代,这三个部门的分工是必需的,我们肯定地要有自然科学家,要有技术科学家,也要有工程师。”^{[24]292}

目前尽管人们都意识到“工程科学”在现代科技体系和解决“卡脖子”问题的战略意义,却鲜有关于工程科学作为一种社会建制的独特性的研究。现有政策话语体系中“工程科学”概念的缺位,使得人们也缺少对于这一职业的自我意识和社会认同,从而也就无法在操作层面上对“工程科学”这一类特殊的研究活动以及工程研究者这一特殊群体给出明晰的管理和评价标准。针对当前科技评价中的“分类评价”和“立新标”问题,沿着钱学森关于工程科学作为“一个新职业”的思想进一步展开关于“工程科学共同体”相关问题的研究是必要的。

3.2 关于工程科学共同体研究的主要问题

在社会学意义上,可以把作为一种职业的工程科学家群体称之为“工程科学共同体”。关于“工程科学共同体”的研究是需要充分展开讨论的新课题,在此只是按照社会学的框架试探性地提及几个问题。

3.2.1 角色 “工程科学共同体”的角色即“工程科学家”或工程研究者。在科技高度职业化的今天,他们一般会供职于特定的建制化的机构,例如工程院、研究型工科大学(当然医学、农学也越来越具有工程性质)、工业实验室(或企业的研发机构)、工程研究中心等等。因此在政策上说要“分类评价”时,首先要把“工程科学家”从自然科学家、工程师等角色中区分开来。但是现实中并不意味着每一个人只能对应着一种角色,正如钱学森所说:“我们也必须承认这三个领域的分野不是很清晰的,它们之间有交错的地方。如果从工作

的人来说, 一人兼在两个部门, 或者甚至三个部门是可以的; 所以一个技术科学家也同时是一个工程师; 一个物理学家也可以同时是一个技术科学家。”^[23]²⁹²因此, 在使用“工程科学家”这一概念时, 旨在强调角色意义上的区分。

3.2.2 体制目标 体制目标也就是作为共同体“宪章”的价值观——工程科学为了什么? 如果说自然科学的体制目标是为了“扩展确证无误的知识”, 那么“工程科学”的目标是为工程活动或造物活动而研究。“工程科学”源于工程, 并服务于工程。“工程科学”要研究工程中的一般性问题或基础理论问题, 要建构“工程科学”理论, 但是“工程科学”不是为理论而理论, 而是为工程而理论。工程最终要服务于社会, 造福于人类。因此“工程科学”研究本身就是负荷价值的活动, “工程科学家”的职业行为要有伦理考量。

3.2.3 精神气质或规范 在这里需要讨论的是服从并服务于体制目标, 共同体的成员在其职业行为中应该具有怎样的价值取向、遵守怎样的行为规范。周琪院士在谈到基础研究和工程科学在精神层面的差异时指出: “基础科学对应的是科学精神, 求真、求实、追寻那些未知科学问题的解决; 工程科学对应的是工匠精神, 敬业、精益, 追求极致的高质量产品和工序。”^[24]在这里实际上涉及到多方面的价值选择问题, 例如在研究问题选择上需要怎样的学术价值观? 如何看待自己的研究成果的完善程度? 是实践第一, 还是理论优位? 等等。在价值判断的问题上往往会充满矛盾, 例如在普遍主义和特殊主义、集体主义和个人主义、公共利益和局部利益、短期利益与长远利益等问题上要作出权衡与选择。“工程科学共同体”的有效运行需要理解和塑造工程科学的文化特质。

3.2.4 质量控制与激励 在波兰尼看来, 科学共同体是一个“高度自治的科学共和国”, 默顿认为科学自身有一套精致的奖励系统。但“工程科学”的体制目标(为工程而不是为自身)决定其不可能自我评估, 需要面对社会问责。什么是“好的”工程科学? 由谁来评价? 都是工程科学治理需要研究的问题。“好的”工程科学标准应当是多元的, 至少应当

是“学术卓越与工程效用”的结合, 而“效用”应当包含价值(伦理)意涵。既然“好的”工程科学的标准是多元的, 那么, 需要从专家同行评议扩展到包括非专家的“用户”在内的相关者共同评议。同时, 由于作为“工程科学”研究对象的工程本身的风险性以及应用场景的复杂性, 对“工程科学”的评价应当是在工程实践以及工程运行的全生命周期中连续的评价。习近平总书记在2021年5月28日两院院士大会上强调, 要重点抓好完善评价制度等基础改革; 在人才评价上, 要“破四唯”和“立新标”并举。^[8]而在各种不同类型的研究中, 确立“工程科学”的“新标”是最为紧迫的。2022年9月6日, 中央全面深化改革委员会第二十七次全体会议审议通过的《关于深化院士制度改革的若干意见》中指出: “要注重在重大科学研究和国家重大工程中选拔院士”, ^[25]其中“在重大工程中选拔院士”明确了我国工程科学评价的基本价值导向, 其政策含义值得充分关注。

3.3 工程科学共同体研究的政策意义

众所周知, 在科学职业化的进程中, 默顿从20世纪40年代开始展开的科学体制社会学的研究及其获得的洞见(如“默顿规范”“成果-承认”的奖励机制、优先权与越轨等), 一方面成为理解科学共同体的经典知识; 另一方面, 随着这些思想被广泛接受和传播, 也反过来型塑了科学共同体的精神气质, 形成共同体内部的自我认知和文化, 从而也成为科学共同体自治以及国家科学奖励制度的学理依据。在这个意义上, 关于“工程科学共同体”的研究, 既是广义的科学社会学或工程社会学需要研究的学术问题, 也是一个建立“工程科学家群体”自我认知自我塑造的文化规范问题, 更是制定有效的科技政策必须考量的问题。也是另一种意义上的“创造者和创造物的互相建构、互为自变量和因变量”。在社会建制的意义上辨明“工程科学”研究活动的体制目标以及工程科学家特殊的精神气质, 才可能在政策上给出适当评价和激励。而适当评价和激励作为一种“反馈”将型塑工程科学研究职业。

正如凯文·凯利在谈到技术 (technology) 概念产生时所说:“每个部族的文明都知道, 名字带来力量; 为隐形之物命名, 它便能为人所见。”^[26]工程科学作为一类研究、一种职业需要在政策话语体系中被明确, 工程科学不是“科学的应用”或“应用科学”, 工程科学家也不是工程师职业中的“卓越者”。从建构新时期中国特色科技政策理论和话语体系的意义上, 以“自然科学——工程科学”替代“基础科学——应用科学”的政策话语体系, 将使得科技政策更准确地表达“科学研究范式正在发生深刻变革”^[7]的深刻意涵。

4 结论

万尼瓦尔·布什的《科学——没有止境的前沿》^[2]对于美国冷战时期确立其大国地位具有重要意义, 也深刻地影响了世界各国的科技政策范式。其作为美国第一部科技政策有其产生的历史语境, 通过对科学的功利价值的充分论证, 作为政策概念的“基础研究”替代了“纯科学”, 这既是对科学社会功能的正确认识, 也包含着科学共同体的某种说服策略, 同时也意味着科学不再是可以自我评估的“高度自治的科学共和国”。但是, 由此而产生的“基础——应用”的话语体系实际上隐含着“科学——技术——经济社会”线性模式和“小科学”的理念。几十年来, 正如从“巴斯德象限”到“后学

院科学”和知识生产“模式 II”等概念所表达的, “科学研究范式正在发生深刻变革”, “基础”与“应用”之间边界模糊并呈现复杂关系, “基础——应用”的政策术语实际上已无法准确表达变化中的科学技术研究的丰富性。

如前所述, 工程科学以人工物和工程活动为研究对象, 在现实的创制过程中展开, 在这里创造者、造物 (包括知识与人工物) 同时在场, 可以形成有效的知识和行动的闭环, 并可能对作为工具而投入其中的自然科学理论进行修正或完善, 广义的科学知识进化单元实际上已由自然科学扩展到工程 (或技术) 科学。现代工程科学因其在问题激发、目标聚焦以及知识验证等方面的功能, 可以“带动基础科学和工程技术发展”, 大科学时代需要充分理解工程科学在现代科学技术体系中相对独立和先导性地位。

面对大国竞争, 中美政府的科技政策都聚焦关键技术的源头和底层知识问题的研究, 而这类研究更多属于目标导向、多学科交叉融合的工程科学范畴。鉴于工程科学在知识生产方式、合理性判断上与学科化、专业化的学院科学的显著差异, 及其在整个科学技术体系中的先导性和战略意义, 新时期科技政策话语体系需要明确引入“工程科学”和“工程科学家”概念, 并建构与之相应的管理和评价体系。科技政策概念的创新也将型塑工程科学研究文化和工程科学职业角色。

参考文献

- [1] 习近平. 努力成为世界主要科学中心和创新高地[J]. 奋斗, 2021(6): 4-11.
- [2] 万尼瓦尔·布什, 拉什·D. 霍尔特. 科学——没有止境的前沿[M]. 范岱年, 等. 译. 北京: 商务印书馆, 2004.
- [3] 樊春良. 变动时期美国科技政策发展的逻辑和走向: 从特朗普到拜登[J]. 中国科技论坛, 2021(5): 1-13.
- [4] 魏刘伟. 美国国会公布NSF重组计划[J]. 世界科学, 2020(7): 46-47.
- [5] 周子彭. 科技竞争新动态——解读美国《无尽前沿法案》[EB/OL]. 上海: 第一财经研究院, 2021. (2021-05-11). https://www.sohu.com/a/465822197_463913.
- [6] 习近平. 让工程科技造福人类、创造未来: 在2014年国际工程科技大会上的主旨演讲[N]. 人民日报, 2014-06-04(2).
- [7] 中共中央党校(国家行政学院)网. 习近平: 在科学家座谈会上的讲话[EB/OL]. (2020-09-11). https://www.ccps.gov.cn/xxsxk/zyjs/202009/t20200911_143356.shtml.
- [8] 中共中央党校(国家行政学院)网. 习近平: 在中国科学院第二十次院士大会、中国工程院第十五次院士大会、中国科协第十次全国代表大会上的讲话[EB/OL]. [2021-05-28]. https://www.ccps.gov.cn/xxsxk/zyjs/202105/t20210529_148977.shtml.

- [9] 王志刚. 加快科技自立自强和科技强国建设步伐[J]. 智慧中国, 2022(1): 8-12.
- [10] 国务院国有资产监督管理委员会网. 教育部国资委联合召开卓越工程师培养工作推进会 [EB/OL]. [2022-09-27]. <http://www.sasac.gov.cn/n2588025/n2643314/c26106033/content.html>.
- [11] 刘芳, 李达. 工程科学助推大国装备创新发展: 2020中国工程科学高峰论坛综述[J]. 工程研究——跨学科视野中的工程, 2021, 13(1): 97-98.
- [12] 亨利·奥古斯特·罗兰. 为纯科学呼吁[J]. 前沿科学, 2012, 6(3): 81-93.
- [13] 约翰·齐曼. 真科学——它是什么, 它指什么[M]. 曾国屏, 匡辉, 张成岗, 译. 上海: 上海科技教育出版社, 2008.
- [14] 迈克尔·吉本斯, 卡米耶·利摩日, 黑尔佳·诺沃茨曼. 知识生产的新模式: 当代社会科学研究的动力学[M]. 陈洪捷, 沈文钦, 译. 北京: 北京大学出版社, 2011.
- [15] 李伯聪. 工程科学的对象、内容和意义: 工程哲学视野的分析和思考[J]. 工程研究——跨学科视野中的工程, 2020, 12(5): 463-471.
- [16] 郑哲敏. 工程科学与应用力学(一): 纪念钱学森诞辰一百周年[J]. 力学进展, 2011, 41(6): 639-641.
- [17] 赵汀阳. 动词存在论与创造者视域[J]. 中国社会科学, 2022(8): 24-45, 204.
- [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.
- [19] 罗伯特·金·默顿. 十七世纪英格兰的科学、技术与社会[M]. 范岱年, 吴忠, 蒋效东, 译. 北京: 商务印书馆, 2009.
- [20] White L. Medieval Technology and Social Change[M]. London: Oxford University Press, 1962.
- [21] Laudan R. The Nature of Technological Knowledge: Are Models of Scientific Change Relevant?[M]. Dordrecht, The Netherlands: Reidel, 1984.
- [22] 钱学森. 工程和工程科学[J]. 工程研究——跨学科视野中的工程, 2010, 2(4): 282-289.
- [23] 钱学森. 论技术科学[J]. 科学通报, 1957, 2(3): 97-104.
- [24] 周琪. 生命的创造与延续: 从基础科学到应用科学[J]. 工程研究——跨学科视野中的工程, 2020, 12(5): 457-462.
- [25] 新华网. 习近平主持召开中央全面深化改革委员会第二十七次会议强调 健全关键核心技术攻关新型举国体制 全面加强资源节约工作 [EB/OL]. [2022-09-06]. http://m.news.cn/2022-09/06/c_1128981539.htm.
- [26] 凯文·凯利. 技术元素[M]. 张行舟, 余倩, 等, 译. 北京: 电子工业出版社, 2012.

“Engineering Science” and “Engineering Scientists” Needs to be Considered When Constructing a Discourse System of Science and Technology Policies in the New Era

Xie Yongmei^{1*}, Huang Yinghang²

1. School of Marxism, Harbin Institute of Technology, Harbin 150001, China;

2. School of Marxism, Harbin Institute of Technology, Shen Zhen, Shenzhen 518055, China

Abstract: Research on global cutting-edge technologies has become the focus of competition among large nations. The US Endless Frontier Act changed the name of National Science Foundation (NSF) to National Science and Technology Foundation (NSTF), highlighting the country's intent to lead the development of engineering science and technology. Xi Jinping proposed promoting the development of basic science and engineering technology by strengthening the multidisciplinary integration of modern engineering and technological research. Accordingly, China's scientific and technological development has evolved from a “linear model driven by basic research” to a “complex network model driven by engineering science.” However, current discourse on policies concerning linear models of science and technology does not emphasize the strategic position of engineering science. Zhao Tingyang's philosophical perspective of “verb ontology” sheds light on the relative independence, priority, and inspiration of engineering science as the “focus” of the policy. On this basis, we reiterated Qian Xuesen's concept of “engineering science as a new profession” and explained the importance of promoting research within the engineering science community.

Keywords: engineering science; engineering scientist; engineering science community; engineering science drive