

中国式科技原创的基本路径

——科技文化视野下的中国原创之路

朱亚宗

(国防科技大学 军政基础教育学院, 湖南 长沙 410073)

摘要: 中国科技创新正在进入高层次突破的关键时期, 也即大力培育发展科技原创的时期。这不仅关系到中国科技的高水平自立自强, 而且对伟大复兴事业与中华民族的世界性文化贡献, 都有深远的历史性影响。从科技文化视角, 对中国现当代成功的科技原创事例与人才进行了初步分析, 指出中国式科技原创最根本的特征, 即国家主导的集体及个人积极性的有效调动与创造性的高度发挥。归纳出三条中国式科技原创的基本路径: 一是国家任务引领, 个人独辟蹊径; 二是大师开辟方向, 政府协调攻关; 三是立足有闲岗位, 跨界创造奇迹。

关键词: 科技原创; 中国式科技创新; 创新路径; 基础研究

中图分类号: G640 **文献标志码:** A **文章编号:** 1672-8874 (2023) 04-0045-08

The Basic Path of Chinese Style Technology Originality

—The Road of Chinese Original Creation from the Perspective of Technology and Culture

ZHU Yazong

(College of Basic Education, National University of Defense Technology, Changsha 410073, China)

Abstract: China's technological innovation is entering a critical period of high-level breakthroughs, a period of vigorously cultivating and developing technological originality, which not only relates to the high-level self-reliance and self-improvement of Chinese technology, but also has a profound historical impact on the great rejuvenation and the contribution of the Chinese people to the world culture. From the perspective of technology and culture, a preliminary analysis was conducted on successful examples and talents of technological originality in modern and contemporary China. The fundamental characteristic of Chinese style technological originality is the high-level collective and individual initiative and creativity within the administration of the country. Three basic paths for Chinese style technological originality were summarized: national tasks plus individual innovation, directions made by masters and government coordination, and idle positions and miracles across borders.

Key words: technology originality; Chinese style technology innovation; innovation path; basic research

一部人类科技创新史, 是人类科技文化史中最激动人心的华章之一, 而其主流的轨迹大致经历了经验技术原创性发明及扩散, 科学理论原创

性发现及应用, 理论、技术、工程、产业协同原创及扩散等历史阶段。中国古代曾经在医、农、天、算等经验性技术原创以及代数理论原创等方

面,长期灿烂辉煌,领先于世界。与此同时,也创造了独树一帜的中国式科技文化。只是在西方近代科学技术革命后,中国科学技术开始从总体上落后于西方。经过近一百余年的学习、追赶,中国科技已有长足进步,总体上开始逼近世界先进水平。但是在科技原创领域,无论是重大的成果原创,还是杰出的原创人才仍有不小的差距。在中国科技发展的这一历史转折时代,从科技文化的视角和高度,回顾并总结中国现代科技原创的历史经验,对中国科技突破最后一道难关,对中国的伟大复兴事业,对中华民族的世界性文化贡献,都有难以估量的历史性影响。本文从这一主旨出发,不揣冒昧,对中国式科技原创的基本经验作初步的科技文化分析,诚望识者批判教正。

中国式科技原创最重要的历史经验和最根本的文化特征,是国家主导下的集体及个体积极性的有效调动与创造性的高度发挥。这一根本的文化特征,深刻地渗透到中国的科技创新活动中,并在以下中国式科技原创路径中有举足轻重的影响。

一、国家任务引领,个人独辟蹊径

对国计民生重大需求的感知与敏锐,组织综合考察勘察的能力,常常不是沉浸于专业研究的专家学者所长,且不得不让位于政府有关方面的管理者,而动用巨额资金、决策重大工程更非专业科技人才所能。但是专家学者一旦被遴选入相关国家工程项目,却也可能迸发出惊人的创新才华,而成为完成国家重大任务的功臣,甚至进而攀登世界科技的新高峰。计算数学的杰出学者冯康院士,即是立足国家重大任务进而作出重大科学原创的世界级科学大师。

1954年,黄河水利委员会在《黄河技术报告》中,规划在黄河中游建立集发电、灌溉和防洪于一体的大型水电枢纽——刘家峡水电站。1955年,第一届全国人民代表大会第二次会议关于治理和开发黄河的综合规划决议,将刘家峡水电站工程的勘测、设计等工作提上日程。1958年初,水电部成立刘家峡水利发电工程局,刘家峡水电工程被列入156个国家重点项目,并于1958年9月27日正式开工。由于刘家峡水电站是中国第一座超百万千瓦级的大型水电站,其水坝是中国第一个自己设计、施工、建造的超百米高程的大型混凝

土坝,因此在设计、建造中遇到了一系列科学与技术方面的难题。

1963年2月,刘家峡大坝设计组的工程师来到中国科学院计算技术研究所,请求帮助解决刘家峡大坝的应力分析问题,所长冯康听取了访求者的问题和要求,将任务交给了刚从大学毕业一年的崔俊芝,计算所三室二组的人员也参与进来。在当时国内103、104计算机计算能力的限制下,运用已有计算方法,结果均不理想。“正当大家对刘家峡水坝计算问题一筹莫展的时候,冯康在计算所的一次学术报告会上重点讲述了一篇文章,为年轻学者指出了崭新的研究方向。冯康提到的是普拉格和辛格1947年发表在美国《应用数学季刊》的一篇文章,对计算水坝很有启发……更重要的是冯康推荐的一本书……是福赛斯与沃索的《偏微分方程的有限差分方法》。”^{[1]143-144}在刘家峡国家水电工程需求引领下,冯康领导的计算所三室终于在1964年五一节前,找到了当时最好的基于变分原理的差分格式算法,刘家峡水坝工程设计组对计算结果非常满意。1966年10月,刘家峡水电站大坝成功截流,计算所三室受到了中央表彰。

难能可贵的是,冯康的计算研究工作并没有止步于水坝工程设计需求,而是深入探求如何从特殊计算上升为普遍算法。“冯康在指导与总结刘家峡水坝计算的过程中,如诗人灵感到来,看见了一整套求解偏微分方程边值问题的计算方法,一个用‘变分原理进行差分计算’的方法。”^{[1]147}1965年5月,冯康在哈尔滨召开的全国计算机学术会议上,作了题为《基于变分原理的差分格式》的精彩报告,相应的论文发表于《应用数学与技术数学》期刊。

冯康用中文发表于国内期刊的这篇原创性算法论文,长期以来不为世界计算学界知晓,改革开放后传到西方,相关学术权威陆续给予高度评价。1989年春,著名力学家、美国工程院院士奥登在有限元算法的历史性评论中指出:“冯康1965年用中文写作的文章,西方十多年以后才予以了解,被很多人认为是有限元方法收敛性的第一个证明。”^{[1]152-153}1993年冯康去世后,世界级数学大师、美国纽约大学科朗数学研究所所长拉克斯院士在纪念冯康的文章中写道:“独立于西方国家在应用数学方面的发展,创造了有限元方法理论……

在方法的实现及理论基础的创立两方面都作出了重要贡献。”^{[1]154}今天关于深刻影响科学研究与工程技术的现代有限元算法，数学界已公认由美国弗里德里希·苏联奥加涅相和中国冯康三位数学家各自独立地创立，三人的开创性研究共同奠定了有限元算法。2006年，牛津大学特列菲森院士指出，人类计算数学史上共有29项重大成果，有限元法位列其中，而中国自古至今的各类算法发明人仅有刘徽、冯康二人。

冯康的有限元法创新，是从工程实践问题提升为科学理论的精彩案例，同时也是国家任务引导下的重大科学突破的成功案例。这种提升、突破的一个必要条件，是拥有深厚科技素养的杰出科学家积极参与其中。冯康具有经典物理、工程技术、基础数学与计算机等四个方面的综合性知识结构，在二十世纪五六十年代的中国与世界学界鲜有其匹。参与刘家峡水电大坝应力计算研究的科学家不止冯康一人，意欲将有效的应用性算法提升到科学理论水平的科学家也不止冯康一人，最终唯有冯康出手不凡登上科学峰巅。冯康先生的一位同事黄鸿慈以赞赏的口气不得不承认：“冯先生最重要的工作是在1965年提出有限元方法并在最一般的条件下证明了方法的收敛性，我同样有一篇文章也证明了收敛性而且给出了误差估计，但我的数学工具比较差……冯先生精通广义函数，他是在极其广泛的条件下给出了收敛性证明，这在世界上是最早的。”^{[1]152}

中国当代另一位在国家任务引导下作出重大科学突破的诺贝尔奖得主屠呦呦，同样也具有与众不同、独树一帜的综合性知识结构。屠呦呦毕业于北京大学医学院药学系，有扎实的西药学理论基础，大学毕业后就职于中国中医科学院，参加工作四年后又离职系统学习中医药知识两年半，经过这次脱产培训，“屠呦呦真正开始熟练掌握拥有能阅读中医和西医两种医学语言的能力，并能够了解各自的历史和理念差异，进而将传统医学经验性知识和现代生物医学最高水平联系在一起”^[2]。屠呦呦在中药与西医两方面的精深造诣，促成了中西药知识与方法的辩证结合，奠定了屠呦呦开辟世界治疟药物新方向的学术基础。

被誉为“中国枪王”的轻武器设计大师朵英贤院士，也是在投身于国防科技重大工程的课题中，凭借深厚的力学理论素养，主持设计了中国

95式5.8毫米自动步枪，以重量最轻、长度最小、射程最远、威力最大等四个方面的优势，胜过了苏联和美国的两款世界名枪AK47和M16^{[3]242}。苏联枪王卡拉什尼科夫和美国枪王斯通纳，虽然实践经验非常丰富，但二人学历皆不高，分别是初中与高中文化程度。而朵英贤就读于北京工业学院自动武器专业，毕业后留校任教，曾自编讲义并讲授“光测弹性力学原理与应力测试技术”“自动炮概论”“自动武器概论”“自动武器架座设计”等课程，后来又曾专门从事轻武器设计多年，也有较丰富的实践经验。对于自身的优势，朵英贤有独到的见解：“我们是以理论为主，经验为辅。”^{[3]241}确实，对于任务性导向的应用性工程课题而言，并不缺乏实践经验丰富的研发人才，所缺的是既有丰富实践经验又有高超理论水平的大师级杰出人才，冯康、屠呦呦、朵英贤即是这类能够超越经验水平而独辟蹊径的科学大师。

二、大师开辟方向，政府协调攻关

尊重人民群众的首创精神，是马克思主义的基本原理。“群众有伟大的创造力。中国人民中间，实在有成千上万的诸葛亮……我们应该走到群众中间去，向群众学习，把他们的经验综合起来，成为更好的有条理的道理和方法。”^[4]在科学技术领域，确实也有青年时代出道即巅峰的爱因斯坦式的天才科学家，但是绝大多数科技权威，都从默默无闻的科技群众起步，经过长期的探索，方才登上科学的高峰。袁隆平是从平凡的科技群众起步，独自开辟重大科技新方向，引领国内外大批科技工作者，并影响政府决策，是为解决中国与世界粮食问题作出重大贡献的伟大科学家。

1961年7月的一天，32岁的湖南省安江农校教师袁隆平，在农校水稻实验田选种时，“突然，在一丘早稻田块里，发现一株形态特优的稻株‘鹤立鸡群’，长得特别好。穗子大，籽粒饱满，十多个有8寸长的稻穗向下垂着，像瀑布一样。我挑了一穗，数一数籽粒，竟有230粒！”^{[5]44}然而，这株特优水稻的种子在第二年的生长状况令袁隆平大失所望。“抽穗早的早，迟的迟，高的高，矮的矮，参差不齐，没得一株有它‘老子’那个模样。”^{[5]45}通过深入思考这一出人意料的现象，袁隆平联想到遗传学上的“分离现象”，由此产生了一

个了不起的灵感。“那株鹤立鸡群的水稻，乃是一株天然的杂交稻!”^{[5]45}这是一个冲破“水稻是自花授粉植物，没有杂交优势”的经典水稻育种理论的创新思想。虽然这一新思想已为美国琼斯及日本、印度、马来西亚等国个别水稻育种专家所认识，但身处穷乡僻壤的安江农校的袁隆平，通过自己的实践和思考，竟独立地作出了这一重大发现，并上升到遗传育种学的理论高度，仍是令人惊赞的事情。这标志着袁隆平不仅开辟了国内水稻育种的新方向，而且已跻身世界水稻育种的一流水平。接下来，便是更为持久和复杂的水稻杂交优势开发应用的竞争。起步较迟、孤身一人的袁隆平面对的是菲律宾国际水稻研究所等机构雄厚的科研资金与专家队伍，但袁隆平乐于肩负，不觉其重，在探索的道路上越跑越快，最终后来居上。

袁隆平的水稻杂交育种研究受到玉米、高粱杂交成功的启示，第一步先要找到雄性不育株，再给它授以特定的正常花粉，就可能产生杂交优势。1964年7月5日，经过十四天的艰苦搜寻，终于找到了出现概率仅为数万分之一的一株水稻雄性不育株。1964、1965两年，袁隆平筛选了几十万个稻穗，共找到6株雄性不育植株。通过进一步研究，袁隆平撰写了论文《水稻的雄性不孕性》，发表于权威期刊《科学通报》1966年第4期。这一论文的发表，不仅将袁隆平开辟水稻育种新方向的业绩公之于世，而且极大地改变了袁隆平的人身处境与科研条件。

国家科委领导及有关部门、湖南省各级领导、中国科学院及农业院所，陆续大力支持袁隆平的科研工作，并组织各方力量协作攻关。在聂荣臻主任支持下，赵石英局长于1966年5月向湖南省科委和安江农校发函，责成其支持袁隆平的研究，使得袁隆平在国家动荡的岁月仍能继续开展刚刚起步的杂交水稻研究工作。1970年6月，湖南省召开了交流农业科技经验的常德会议，根据大会的决定，省农林局将“水稻雄性不育研究”列为重大研究课题，此后又组织成立了有安江农校、湖南省农科院、湖南省贺家山原种场、湖南农学院与湖南师范大学生物系等五个单位参加的“湖南省水稻不育研究协作组”，杂交水稻的省内协作研究与袁隆平的个人探索开始互补交融。

1970年11月，袁隆平团队在海南岛发现了野生稻的雄性不育株——“野败”，给边缘优质杂交

带来巨大希望，后来的研究果然证实了“野败”的优异品质。作为中国杂交水稻研究的创始人灵魂袁隆平，功力深厚，勇于实践，勤于思考，学术新思想层出不穷，不怕别人超越自己，也不会保守新的材料与想法。他及时公布了“野败”这一最新成果，“以便争取更多的人参加进来”^{[5]86}。1971年春，在中国科学院组织下，“先后有广东、广西、江西、湖北、新疆等八个省、自治区的30多位同志到海南岛南红农场湖南基地来跟班学习，逐步发展为大协作的态势”^{[5]84}。“1972年3月，水稻雄性不育研究被列为全国农村重大科研会战项目，这时已有19个省、直辖市、自治区开展相应研究工作……此后，全国各地的有关农业科研单位利用我们（指袁隆平团队——引者）提供的‘野败’细胞质不育材料，大大加速了利用‘野败’与栽培稻杂交转育的进度。这一举措也成为正式启动全国杂交水稻大协作的标志。”^{[5]88}此后，中国的杂交水稻研究，无论是攻克三系配套关、优势组合关、制种关，还是从三系法育种简化为两系法育种，以致一直到超级杂交稻研究，始终沿着袁隆平引领技术方向、全国大协作攻关的模式，克服一重又一重难关，使中国的杂交水稻研究后来居上，登上世界杂交水稻研究的顶峰，袁隆平则在数十年间始终是引领世界杂交水稻研究的旗手。

中国当代另一个精彩案例是，新中国第一个特大油田——大庆油田的发现。1953年，谢家荣院士发表《探矿的基本事实与我国地下资源的发现》一文，提出松辽大平原下面可能有石油储存的见解。1954年，李四光院士在《从大地构造观点看我国石油资源勘探的远景》的报告中指出，松辽平原的“摸底”工作是值得进行的。李四光“在地质力学理论的指引下，不仅为我国在东部找石油指出了方向，而且其战略指导思想到战术性的论点……都得到了证实”^[6]。1954年，黄汲清院士等人编写了《中国含油远景分布图》，也把松辽平原列为可能含油区。正是在上述地质学大师的研究基础上，1958年党中央作出了石油勘探东移的决策。1959年4月11日，松辽石油勘探局32118钻井队开钻，并于9月26日实现原油高产。1960年5月1日，石油部在萨尔图召开万人石油会战大会。随后，大庆油田迅速建成。1963年12月3日，周恩来总理在全国人大会议上宣布，中国

人民使用洋油的时代即将一去不复返。

中国由政府协调攻关的成功经验有很多，其中最重要的是，有袁隆平式的学风、水平、情怀具臻一流的学术带头人，有远见卓识并按科学规律组织协调攻关的强有力的各级行政领导。但是，并非每项重大科技工程项目都有这样的条件。著名的中国人工合成结晶胰岛素科研课题，虽然最终达到了世界领先水平，但中间的曲折历程是应该引以为戒的。1958年8月，上海生物化学研究所王应睐、曹天钦、邹承鲁、钮经义等生化专家认准了一个世界级的科研难题，即合成一个蛋白质。所内组成了五个攻关小组，这一项目后来又吸引了北京大学、复旦大学、上海有机化学研究所等单位参加。在北京大学、复旦大学的竞争压力下，中国科学院领导督促上海分院加大研究力度，形成了上海分院生化所、有机所、药物所、试验生物所、生理所等五个研究所的“大兵团作战”格局，共计344人参加合成工作，后来又增加了北京化学研究所的一名研究员和17名中专实习生^{[7]71-72}。但是，由于缺乏袁隆平式的权威技术路线下的科学的分工协作，参与研究的各个团队水平不一，技术路径不同，甚至出现方法不规范等科学问题，致使攻关效果很不理想。生化所所长王应睐向中国科学院有关领导反映了攻关中的一系列问题，“科学院党组认真考虑后接受了王应睐先生的建议，科学院的大兵团作战就此告一段落”^{[7]74}。最终，生化所只留下两组精兵强将继续攻关。一组是钮经义领导的B链组，另一组是邹承鲁领导的拆合组。这支精简的高水平科研团队，克服重重困难，终于在1965年9月17日首先攀登上世界生物化学的一座高峰——人工合成结晶牛胰岛素。

三、立足有闲岗位，跨界创造奇迹

人类科技史上，经常有大爆冷门出奇制胜的重大创新。原因是一些有大志、有训练、有毅力的杰出人才虽处于专业不对口的岗位，依然坚持攀登科技高峰，并取得了成功。这类创新与学术主流中的创新，往往在思路、方法上迥然不同，常常产生颠覆性的科技影响。1905年，26岁的苏黎世工业大学物理系毕业生爱因斯坦，任职于瑞士伯尔尼专利局，远离物理研究中心，既无创新

平台，又无名师指导，却在完成本职工作的同时，于物理学的相对论、光量子论、分子原子运动论等领域作出了彪炳史册的伟大创新。科学史界因此称1905年为爱因斯坦奇迹年，一百多年来，成为物理学、科学史、人才学等领域经久不衰的常新话题。究其原因是爱因斯坦不仅成功创造了一连串近于神化的科学故事，而且深刻揭示了人类基础研究创新的一个重要特征。诚如2013年诺贝尔化学奖得主M. 维莱特所言：“什么是基础科学？它是意料之外的发现，是没有办法预测的。”“一个科学发现……很难按计划走，很难预测。”^[8]基础科学研究的这一特征，也是人类一切文化领域基础创新的共同特征。以独树一帜的中国书法创新而言，书法史上最重大的创新，无一不是业余书法家的业余创新，如王羲之、王献之、张旭、怀素、李邕、欧阳询、颜真卿、柳公权、苏轼、黄庭坚、米芾、蔡襄等大师的作品。

在科学、技术、工程、产业逐渐融汇一体化的今天，基础研究的内涵正在不断拓展，已远远超越纯粹基础科学研究的界限。最近，丁汉院士又提出“制造科学”与“制造业基础研究”的概念^[9]。拓展后的基础研究，具体成果的不可预测性依然是其基本特征之一。中国的基础研究创新，也生动地体现了这一特征。虽然现当代的中国式基础研究有不少原创性重大成果，源于职业的发现与发明，并有长期规划的引导，但不管是创新平台之外的散兵游勇，还是创新平台之内的职业科学家，出乎意料、不可预测仍是基础研究的基本特征之一。有鉴于此，科技部门及管理者绝不应忽视这类小众的真正的科学家的业余探索，若能慧眼发现，理应给予更好的条件与更多的支持，重大的突破或许酝酿于斯。袁隆平的水稻杂交技术原创性发明研究总体上是顺利的，在仅仅发表了一篇初步的论文后，就受到国家科委的关注和支持，后又得到湖南省主要领导的有力支持。然而，王选的汉字激光照排技术的原创性发明研究，却迟迟未得有关管理部门应有的关注和支持，直至取得明显的重大进展后，方才受到重视。

王选于1958年毕业于北京大学数学系计算数学专业，被分配到北京大学无线电系工作。当时北京大学决定研制一台每秒一万次定点运算的中型电子计算机——“红旗机”，刚留校的王选被抽调参与研制，全国许多高校也派员加入，人数多

达七八十人。王选是其中极少数既懂计算机又懂电路的人,成为“逻辑设计的主力,同时,他还承担了部分电路设计和工程设计工作……1959年春天,王选住进了实验室,早、中、晚三段工作,晚上就睡在办公桌上”^{[10]56}。1961年春天,计算机研制工作告一段落,因磁心存储器等关键部件不过关,最终没有投入生产和使用。而王选因为过度紧张的工作和学习,加上营养不良,1961年夏天,王选开始生病,“低烧不退,胸闷憋气,呼吸困难……肺部有很重的阴影,血压升高,白血球一度下降到3,000以下……一年过去了,吃了各种各样的药,跑了多少趟医院,王选的病没有一点起色,反而日益加重,到后来,连饭都要依靠同宿舍的董士海每天三顿从食堂打回来……1962年夏,王选向学校请了长期病假”^{[10]62}。王选回上海家中治病和养病,并得到母亲的精心调理。1963年春天,王选身体开始好转,但仍然不能一口气打完一套太极拳。王选在家边休养边自学了三年后,于1965年夏回到北京大学校园。28岁的王选只是无线电系一位每月拿40多元病休工资的小助教,身体又处于重病后的恢复阶段。但此时的王选已令人刮目相看。“红旗机”的研制,使王选在计算机硬件方面不仅拥有了理论知识修养,而且具备了实践操作经验,由此培养了线路设计、工程设计中硬件领域的创新能力。“红旗机”研制结束后,在大量阅读国内外计算机文献的过程中,王选受世界上第一台电子计算机发明者阿塔纳索夫、“存储程序”概念提出者冯·诺伊曼、微程序创始人维克斯等计算机先驱的启发,“总结出一点,20世纪50和60年代计算机硬件方面的很多高招都来自程序和应用(后来叫软件)的需要,硬件和软件的结合给计算机体系结构带来一系列的突破,可见,程序和应用对硬件设计是非常重要的,只掌握硬件设计,不懂得程序和应用,照样产生不出创新的想法。看来,这就是创造的源泉。就在1961年,王选决定:从硬件转向软件,从事软、硬件结合的研究……他把这称作‘一生中最最重要的一个决定’……从那以后,王选找到了产生创新思想的汨汨源泉”^{[10]61}。在上海家里养病的三年间,王选在未来的妻子、北京大学计算机软件专家陈堃铎的帮助下,深入学习了计算机高级语言编译系统的资料,在软件方面得到进一步提升。而从1963年起就开始坚持收听电台英语

广播的王选,其英语口语能力与英语阅读速度也得到了大幅提高。这样,王选拥有了计算机软硬件能力,还有较高的英语水平,加上早年习得的深厚数学功力,可以毫不夸张地说,王选已具有全面而独特的计算机应用创新素质,不仅在二十世纪六七十年代的中国计算机学界走在前列,而且在世界计算机学界也鲜有其匹,如果再加上关于计算机及其应用创新规律的真知灼见,王选可说是信息科技领域一匹即将异军突起的潜在黑马。

此时王选却仍在北京大学无线电系的助教岗位上,岗位与王选的专业显然极不匹配。突破工作岗位的限制和学科专业的界限,只待机遇的降临。自然,天降大任于斯人时,还须经历许多精神与身体上的磨难。但在与陈堃铎结婚后,王选不仅得到了很好的照顾和安慰,而且在计算机专业领域又有了进一步的提升。

1975年初,陈堃铎参加了北京大学关于计算机应用的调查组,在印刷厂听说了“748”工程。据王选后来回忆,“陈堃铎告诉我,‘748’工程有三个子项目:汉字通信系统,汉字情报检索和汉字精密照排。我分析了一下……汉字精密照排……虽然难度巨大,但它的价值和前景同样不可估量,因为在当时,中国最多的厂,恐怕就是印刷厂了”^{[10]89-90}。王选毅然选择了汉字精密照排这一研究方向,对王选来说,这既是跨专业,又是跨行业的充满挑战的一个世界性难题。通过查阅文献和分析梳理,王选看清了近半个世纪世界印刷技术所经历的四代发展状况。“第一代是手动照排机,1946年美国Intertype公司研制成功——是一种西文的照相排字机……第二代是光学机械式照排机,是1951年美国研制的……二代机曾是欧美20世纪60年代电脑排版的主力,日本20世纪70年代初期仍很流行……第三代是阴极射线管照排机,1965年由德国的RudolfHell公司研制,1968年成为商品……1975年的时候,三代机在欧美广泛使用,十分流行。第四代是激光照排机。字模以点阵形式存贮在计算机中,输出时用激光束在底片上直接扫描打点成字。英国蒙纳(Monotype)公司到1976年才研制成功,1975年还处于研制阶段,能查到的资料非常少,而且都反映困难重重。”^{[10]92}王选同时也摸清了国内共有五家单位从事汉字照排系统的研究,包括清华大学、上海印刷技术研究所等实力雄厚的机构。在技术路线上,

有两家选择了光学机械式的二代机，有三家选择了阴极射线管输出的三代机。

基于对四代印刷技术的深入分析和扬长避短的研究策略，王选于“1976年提出了用轮廓加参数的方法描述高分辨率汉字字形，提出了跨过光机式第二代照排机、阴极射线管第三代照排机，直接研制第四代激光照排系统，提出了用逐段高速形成版面点阵并缓冲的方法驱动逐线扫描的高精度激光输出设备。当时相信的人很少，认为我在玩弄骗人的数学游戏，根本无法实现。1980年当原理性样机（华光Ⅰ型）排出样书后，人们相信上述方案是可以实现的，但多数人认为即使能够实现，也无法与国外产品竞争。直到1989年外国公司纷纷败下阵来，局面才戏剧性地根本扭转”^{[11]133}。上述运用“轮廓加参数”压缩信息量庞大的汉字字形信息的方法，只有具备深厚数学功底的数学家才能想到这一奇招。

1985年，华光Ⅱ型系统通过国家鉴定，被列为1985年中国十大科技成就；1986年，华光Ⅲ型系统获第14届日内瓦国际发明展览会金奖；1987年，《经济日报》率先购进华光Ⅲ型照排系统，所属印刷厂卖掉铅字，成为中国第一个废除铅排作业的印刷厂。《经济日报》印出了世界上第一张采用计算机组版、整版输出的中文报纸。采用专门超大规模集成芯片的华光Ⅳ型系统研制成功后，在全国印刷系统迅速推广应用，被誉为继毕昇活字印刷术后中国印刷技术的第二次革命，王选荣获国家科技进步一等奖。1992年，王选遴选为中国科学院院士。1995年，中文电子出版系统再次被评为中国十大科技成就，获国家科技进步一等奖。2002年，王选荣获第二届国家最高科学技术奖。

王选首创汉字激光照排系统的艰辛曲折历程，是人类科技原创史上的精彩案例，也是中国式科技原创不可或缺的一条重要路径。王选是具有科技哲学与科技史眼光的杰出科学家，在总结自己的成功经验时强调了如下几点：“好的数学基础，强的动手能力和第一线实践经验，再加上洞察力和创造性等因素，就有可能取得出色的成就。”^{[11]133}事实上，汉字激光照排系统的首创过程，能为后人总结科技原创经验提供更多丰富的信息，无论是科技工作者，还是科技管理人员都可从中得到更多的教益。1975年11月，在照排系统方案

论证会上，尽管王选代表北京大学提出了领先世界的高倍率信息压缩技术及汉字点阵还原技术，并有北大技术人员用计算机作出演示，“但那些守旧头脑仍认为北大的方案只是一种离奇的幻想。王选的方案竟然遭到淘汰”^[12]。而“748”工程项目及经费则花落北京出版局与北京新华印刷厂。

发人深省的是，王选这个在北京大学长期病休的边缘化的小助教，出人意料地创造了科技奇迹。对此，王选自己的理解耐人寻味：“我的编制在无线电系，但我是‘吃劳保’的病号，没人管我，也没有什么杂事，可以集中全部精力来完善总体方案。”^{[10]97}王选可算是立足有闲岗位，充分利用时间与所提供的条件，奋力训练提升自己，并抓住机遇，创造科技奇迹的奇人。科技原创舞台上，实在有太多出人意料的奇人奇迹。

2013年，诺贝尔化学奖得主M. 莱维特曾来中国访问，提出了基础研究创新常是“意料之外的发现，是没有办法预测的”见解，并提出了小团队的建议，“我们需要小的团队……应该2个人组队或3个人组队，最多不超过5个人组队，做你们想做的任何研究，做最疯狂的研究”^[13]。这说明了王选模式在某种程度上具有普遍性，至少在一类原始创新领域（如基础理论研究与技术原创）有普适性。

中国当代由个人或小团队作出的重要科技创新，虽不多见，也非罕见。在印刷技术领域，北京大学一位长期处于边缘化的数学老师王选曾独辟蹊径，超越国际印刷技术走过的照相排版—光机照排—阴极射线照排—激光照排的发展路线，设计并实现了汉字印刷技术从照相排版直接跳跃到第4代激光照排的技术路径，不仅胜过了国内多家实力雄厚、团队庞大的研发机构，而且击败了不少国际竞争对手。在数学研究领域，华东师范大学物理系毕业后分配到包头当中学老师的陆家羲开创并奠基了中国的组合数学研究，填补了中国现代数学的一个空白。数学家与教育家张景中院士，北京大学数学科班出身，曾在新疆生产建设兵团农二师二十一团管后勤。“这是个较为轻松的工作。张景中便有了更多时间去思考数学问题。他记得华罗庚在《积分的近似计算》一书中讲过巴芒（苏联数学家）计算台形体积的公式。这公式不便计算，并且对简单形体不能给出精确值。经过一番琢磨，张景中提出了另一个消除这些缺

点的公式，并将结果整理成论文，投给了《数学的实践与认识》杂志。”^[14]王选、陆家羲、张景中三人皆在远离创新平台的岗位上，单枪匹马地跨界作出了重要科技创新。

最近，习近平主席在《求是》杂志的《加强基础研究 实现高水平科技自立自强》一文中指出，“要塑造有利于基础研究的创新生态”，并提出了“切实推进科教融汇，……培育具备科学家潜质、愿意献身科学研究事业的青少年群体”^[15]。这是提升中国科技原创力的一个有战略意义的思想。近来，有人提出了“为什么中国不能首先诞生 ChatGPT 等大模型”的质疑^[16]。到北京参加“首届国际基础科学大会”的德国国家工程院院士、德国汉堡大学信息学科系教授张建伟，即从科教融汇的视角表达了意见。“我们的人才选拔，以高考分数为最重要的指标，偏功利化。到了大学可以转换方式，让兴趣型的学生变得越来越多、功利型的学生变得越来越少，鼓励他们探索并允许失败，让他们可以长时间摸索。科研方面，要减少硬性的 KPI 式的考核，允许科学家坐‘冷板凳’、十年磨一剑，允许失败，才有可能取得 ChatGPT 这样的重大突破。”^[17]这一见解不失为促进科教融汇，提升中国基础研究原创动力的一家之言。

参考文献：

[1] 宁肯,汤涛.冯康传[M].杭州:浙江教育出版社,2019.
[2] 《屠呦呦传》编写组.屠呦呦传[M].北京:人民出版社,2015:50-51.

[3] 朵英贤,曹占英.朵英贤自传[M].北京:高等教育出版社,2013.
[4] 毛泽东.组织起来[M]//毛泽东选集:第3卷.北京:人民出版社,1991:933.
[5] 袁隆平,辛业芸.袁隆平自传[M].长沙:湖南教育出版社,2015.
[6] 湖北省李四光研究会.李四光学术研究文集[M].北京:地质出版社,1984:34.
[7] 熊卫民,邹宗平.邹承鲁传[M].北京:科学出版社,2008.
[8] 郑金武.产生一个诺奖需要多少成本[N].中国科学报,2021-10-12(4).
[9] 倪思洁.第五届雁西湖会议聚焦高端制造前沿进展[N].中国科学报,2023-07-04(11).
[10] 丛中笑.王选的世界[M].上海:上海科学技术出版社,2002.
[11] 王选.王选文集[M].修订版.北京:北京大学出版社,2006.
[12] 宁肯.当代毕昇王选[N].作家文摘,2017-09-01(6).
[13] 郑金武.产生一个诺奖需要多少成本[N].中国科学报,2021-10-12(4).
[14] 彭晓伟.张景中:弄斧到班门[N].中国科学报,2021-06-17(8).
[15] 习近平.加强基础研究 实现高水平科技自立自强[J].求是,2023(15):4-9.
[16] 韩扬眉.挫折和错误帮你接近正确方向[N].中国科学报,2023-08-03(3).
[17] 韩扬眉.挫折和错误帮你接近正确方向[N].中国科学报,2023-08-03(3).

（责任编辑：邢云燕）

（上接第 4 页）

参考文献：

[1] 中央军委政治工作部.习近平强军思想学习纲要[M].北京:解放军出版社,2019.
[2] 聚焦实现建军一百年奋斗目标 深入实施新时代人才强军战略[N].解放军报,2021-11-29(1).
[3] 张忠福.知识能力素质三者关系和素质教育[J].教育与教学研究,2010(2):37-39.
[4] 杨叔子,姚启和.对知识、能力、素质三者关系的探讨

[J].煤炭高等教育,1998(3):1-4.
[5] 聚焦实现建军一百年奋斗目标 深入实施新时代人才强军战略[N].解放军报,2021-11-29(1).
[6] 孙世岩,梁伟阁,赵洋.新时期军队院校生长军官融合培养课程建设模式探讨[J].教育现代化,2021(19):163-166.
[7] 唐西光.信息化条件下混合式教学模式改革[J].教育现代化,2018(35):66-67.

（责任编辑：高 娟）