

信息技术领域需要下移研究重心和遏制马太效应

刘宇航¹ 赵沛霖²

¹ 中国科学院计算技术研究所

² 哈尔滨工业大学

关键词：“重工业”科研模式 人才培养 核心技术 逆马太效应

引言

两年前，在“中兴事件”刚刚爆发的时候，我们撰写了一篇对策性的分析文章^[1]。近两年来，美国对我国采取了一系列新的打压措施，并且在未来还可能继续。在这样的时代背景下，更需要从科研模式变革的角度给出具体的对策。

几十年来，我国在科学技术领域取得了举世瞩目的成就。中国研发人员总量在2017年达到了403万，居世界首位^[2]；2010年到2019年，中国大陆发表的国际科研论文为489万篇，占比为16.8%，发文量仅次于美国（662万篇），排在全球的第二位^[3]；同时，我国在5G通信、高铁、超级计算机等方面都处在世界较为领先的地位。但是，在取得辉煌成就的同时也

存在许多问题：2014年第五次国家技术预测对1346项技术的评价显示，处于“领跑”的技术领域只有16.3%，而剩下83.7%的技术仍处于“并跑”或者“跟跑”状态^[4]。在后者中，不乏有光刻机、芯片这样的核心技术。作为短板，这些技术势必会成为美国打压中国的工具。

面对信息技术领域日益严峻的卡脖子危机，本文在分析危机原因的基础上，提出开启以重心下移和逆马太效应为特征的我国信息技术领域科研模式变革。按照“缺什么就补什么”的原理，本文的核心观点是：

1. 开启科研“重工业”模式，重心要下移，大量的人力要从“短平快”的轻型应用端转向重型基座端，鼓励长周期研究，资源向刚需研究倾斜。如图1所示，从上到下，从第I层到第V层，基础性逐渐增加，分量逐渐增加。

2. 以“全国化”抵消“逆全球化”的影响，开展全国范围内的多要素联合攻关，抑制科技界日益严重的马太效应^[5]，在科技界体现群众观点，避免大吹大擂、重复奖励，多雪中送炭，少锦上添花。

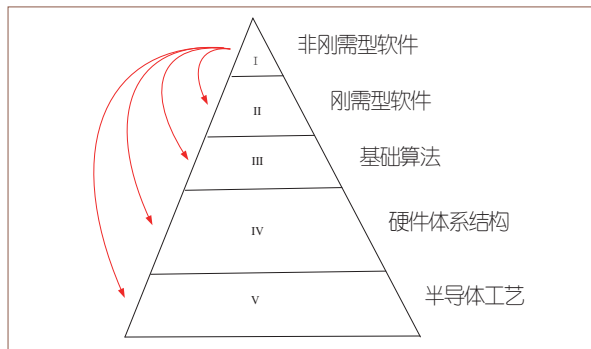


图1 计算机系统的栈式结构

美国对我国信息领域的打压措施及原因

2020年，在新冠肺炎疫情大规模传播的情况

下,全球经济遭到重创。某些言论恶化了中美关系,因此也加速了美国对中国高新技术产业的制裁。

美国对中国的科技制裁从很早就已经开始。(1) 2018年4月,美国商务部宣布,美国政府在未来7年内禁止中兴通讯向美国企业购买敏感产品;(2) 2018年12月1日,华为首席财务官孟晚舟被美国盟友加拿大政府逮捕;(3) 2019年6月,美国要求荷兰阻止对华出口先进的光刻机;(4) 2020年5月,33家中国公司或机构被美国列入“实体清单”;(5) 2020年6月开始,因哈工大等学校被列入美国商务部实体名单,所涉学校的MATLAB软件无法正常使用;(6) 2020年8月5日,美国抛出了“清洁网络计划”,要求美国应用商店禁止上架微信和抖音这样“不受信任”的中国APP;(7) 禁止全球所有使用美国技术和设备公司向华为供应芯片;(8) 顶级软件容器平台Docker也更新了最新的《服务协议》,禁止禁运国家和被列入“美国实体清单”的企业等使用Docker商业版及其他服务,等等。

可以看出这些制裁措施主要针对开发周期长、产业链复杂、用户范围广、属于刚性需求的领域,如芯片领域、光刻机技术、EDA软件、MATLAB等,主要涉及集成电路和基础软件,这些明显具有重心低的特点。

美国对中国的一系列制裁措施打压了中国企业和相关科研机构;在实施这些制裁的同时,美国的企业也受到了很大影响。我国是全球最大的半导体产品市场,每年消耗掉的芯片约占全球芯片总额的1/3^[6]。因此如果美国禁止本国企业与中国进行相关商业来往,这对美国企业也是非常大的打击。美国之所以从科技上对我国进行打压,原因可能是:

首先,中国的快速发展引起了美国国内霸权主义政客的担心。美国从二战结束之后就有称霸世界的想法,因此美国国内霸权主义政客认为有必要对发展中的中国进行遏制。回顾历史,一些帝国主义殖民落后国家的根本力量就是科技,比如洋枪洋炮打开了旧中国的大门。而美国要想取得霸权,就要在科技上具有足够的优势,因此不能容忍中国在科

学技术领域的领先。

其次,在从2018年开始的中美贸易战中,美国并没有获得特别大的实质性收益。虽然美国采取了提高关税等措施,但是由于中国市场巨大的吸引力,许多美国企业依旧选择在中国做生意。从科技领域打压中国似乎能收效,也能在某种程度上满足美国总统大选需要。

最后,还有美国方面公布的其他原因,如担心中国政府通过胁迫中国企业获取美国公民的数据,担心中国获取商业机密和高尖端人才,担心中国利用人工智能等技术对美国国家安全造成影响,等等。

我国当前科研模式与国际形势不相适应之处

我国相关核心技术有过辉煌的发展历史。以光刻机技术为例,1965—1985年一直保持研发,甚至接近国际水平,但此后近20年受“造不如买”思想的影响,技术水平停滞不前。在本世纪初后起直追后,目前我国光刻机的较高水平是上海微电子的90nm制程,而世界顶尖的光刻机是荷兰阿斯麦(ASML)公司的7nm EUV光刻机,差异巨大^[7]。有相关研究表明,中国目前在先进制造工艺方面与国际先进水平甚至有着25年的技术差距^[8]。科研模式没有绝对的对错之分,只有是否与不断变化的国际形势相适应之分。我国现在的科研模式与国际形势不相适应之处至少有以下方面:

首先,过于看重短期效果,忽视中长期效益;过于看重全球化,忽视逆全球化。相关企业和研究机构过于看重短期的产业化成果,依赖全球化,而忽视高新技术的研发和长线研究。为了取得相应的经济效益,不少企业会选择直接租用或者购买国外的先进技术。即使国内技术只是稍稍落后于国外,一些企业也会倾向于国外稍好的技术以追求经济效益。这样忽视高新技术的研究,使得我国与发达国家在技术上的差距慢慢拉大,最终造成了如今的困局。

其次,过于看重上层应用,忽视底层基座技术。长期以来,我国的研究结构过于强调人工智能应用、

计算机视觉、自动推荐系统这类“短平快”的“轻工业”研究，忽视基础和刚需研究。很多不是计算机专业的学生也可以胜任上述短平快的应用研究，导致很多计算机专业的学生不去学习计算机体系结构、编译原理、操作系统等底层技术，而满足于上述短平快的应用研究。我国是一个应用科学大国，但是过分强调科学的应用有一定的弊端，即缺乏对原理的深入剖析、完善优化和创新。

以“机器学习”这个方向为例，可以有三个不同的层次：第一个层次是调用函数包，用已知模型去拟合数据集，这是非常简单的；第二个层次是了解、分析算法的内在原理，这有一定的困难；第三个层次是开发新算法，难度又有所提升。第一层次的难度最低，但是应用最为广泛，因此在经济世界中意味着成本低、收益高；第三层次难度最高，研究周期长、产出周期不确定性高，因此在经济社会中很少人会采用第三层次这种模式。恰恰中国的很多研究者就采用了第一层次的模式，在面对问题时只思考如何用已知的模型去解决，而忽视了核心技术本质上的创新，这也导致了許多核心技术受制于人。我国表面上是一个在机器学习领域发展繁荣的国家，每年在该领域的一些知名国际会议或期刊上有很多论文发表，但大多数都是应用，很少有像反向传播（Back Propagation, BP）这种基础算法的原始成果。

再次，我国科学界的“马太效应”过于明显，对取得成绩者大吹大擂、重复奖励，科技资源分配和科研评价体系亟待改善。华为创始人任正非在近期的一次座谈会上谈到，中国舆论界对韩春雨开始是大吹大擂，后是无情封杀打压，行为都过了头。科学界的“马太效应”一般指著名的科学家获得了与他们的科学贡献不相称的太多荣誉和资源，而那些相对不知名的科学家总是获得与其贡献相比相对较少的荣誉和资源，导致荣誉和资源越来越集中到少数科学家。1968年，《科学》（*Science*）杂志就对科学界存在的马太效应现象进行过研究和论述^[5]。当前，马太效应对我国解决卡脖子问题是极其有害的。重复奖励、大吹大擂、明星式的吹捧使得资源配置失衡，对广大科技工作者产生错误导向。因此，

“马太效应”的存在使得一些具有才华的科学家被埋没，不利于调动广大科研人员的积极性。与西方相比，中国科学界的“马太效应”更为明显。长期的积淀要比短期的轰动更加重要。

最后，过于看重论文，忽视了发展原创性的理论和重大技术的突破。中国的论文数量在世界范围内是非常多的，但是通过这场科技战，人们发现中国的科技实力并没有那么强。这其中的原因就是中国学术界过分看重论文，把专利、文章等作为所谓“业绩考核”的主要标准。缺乏理论原创性和重大技术突破性的研究也是中国核心技术落后的一个原因。即使在表面上繁荣的人工智能领域，仍然缺乏原创的核心技术创新，大量的研究者热衷于将现有的算法应用于不同的场景，论文中的所谓创新大多是小技巧（tricks）。我们需要在图1所示的栈式结构中，在第II、III、IV、V层都有技压群雄的中国方案，而不是仅仅停留在第I层。中国的卡脖子技术不只是眼前比较紧迫的光刻机，而是涉及到第II、III、IV、V层等各个层次。

科研模式变革的方向和方式

目前，中美竞争日趋激烈。我们需要找到一些强有力的措施去应对此次危机。

开启重心下移的“重工业”科研模式

高新技术行业的科研人员是国家在这场高新技术攻坚战中的中坚力量，因此国家需要重视相关人才的培养。

目前在信息技术领域，我国的处理器结构、芯片、操作系统等“重工业”型人才储备严重不足。中科院计算所研究员包云岗在《处理器芯片开源设计与敏捷开发方法思考与实践》一文中提到：2008—2017年的10年间，体系结构顶级会议ISCA论文的第一作者中有85%选择在美国就业，仅有4%在中国就业^[9]。同时，研究核心技术的相关企业如华为公司也存在人才储备不足的情况。华为的芯片设计团队很多在美国，一旦美国限制出口，即使是华为的全资子公司，技术也

不能输入到华为总部。但值得注意的是,已经有不少科研机构、企业开始重视人才的培养。例如中国科学院大学开展了“一生一芯”计划,由5位本科生主导完成了一款64位RISC-V处理器SoC芯片的设计并实现了流片,这项计划旨在鼓励学生接触并参与高新技术、核心技术的研究;华为公司也开始从高校高薪挖人。

加强计算机体系结构和系统人才培养是构建开源芯片生态的一个重要环节。纵观一些知名高新技术企业,都十分注重人才培养。世界500强企业三星集团一直将“人才第一”的理念贯穿于人力资源体系中的每个部分;谷歌公司也对人才有严格的把控,有研究表明,进入谷歌的难度是进入哈佛大学的25倍^[10]。加强计算机体系结构和系统人才培养,可以从以下两个方面入手:

1. 鼓励研究生或本科生参与重大科研项目,加强和拓宽重型基座技术的人才培养力度和渠道。在信息技术领域,我国在计算机组成原理、体系结构、操作系统等方面的教学水平要低于应用软件的教学水平。大量事实表明,研究生或本科生是有能力进行科技研究的,较早接触科研领域,就可以较早地学习科学研究的一般方法,提高科学研究的素质等。就像包云岗研究员所负责的“一生一芯”项目,5名本科生学习了相关关键模块的工作原理,进行了一些探索性尝试,还适应了4个月高强度的攻关状态。这对日后自身的发展以及国家相关核心领域的建设大有裨益。

2. 避免以论文数、专利数、帽子数作为人才考核的唯一标准,资源向从事刚需研究的人才倾斜,多雪中送炭,少锦上添花,调动和发挥大量科研人员的积极性。正如之前所分析的那样,中国大部分论文缺乏原创性,而且这些论文对于解决“卡脖子”问题没有实质性帮助。我们可以采用伯克利的“科研重工业模式”,不唯论文数量论英雄,力求做出高水平的原型系统。在信息技术领域,我们经历了这样3个阶段:一是1956—1976年,这20年是做机器的阶段;二是1977—2012年,这35年开始强调发SCI和EI论文;三是2012年至今,这8年

CCF发布了推荐会议和期刊列表。论文本来应该是“有感而发”,在做出了扎实的原型系统和理论建树之后以规范的形式向学术界报告,是自然而然的研究活动伴随的产物。但现在很多研究者为了写论文而去研究,做容易发论文的研究,这就本末倒置,削足适履。钱学森、袁隆平没有写过很多论文,但做出的巨大贡献毋庸置疑。我们要尊重和激励每一位扎实做工作的人才,鼓励低调踏实的人,不要用各种机械的指标去简单地衡量和论断一个人,最好能做到一人一议、一事一议,坚持问题导向、任务导向,把论文写在国家最需要的地方,激发和调动大多数人才的积极性,服务国家最迫切的需求,解决国家最受困扰的问题。

发展替代性的另辟蹊径的核心技术

发展替代性的核心技术,有助于为研发紧缺技术赢得时间。以芯片行业为例,摩尔定律^[11]已经接近失效,如何在“后摩尔定律”时代发展芯片技术,是“延续摩尔”还是“超越摩尔”,这些问题处于目前的研究前沿。我们要抓住计算机系统持续算力提升这一核心需求,结合业界的具体业务应用,开辟我国自主创新的道路。具体来讲,对于“后摩尔时代”,一部分研究人员试图通过算法和软件寻求突破,另一部分研究人员则从材料源头寻找出路。就我国目前的情况而言,基于硅基半导体的工艺被西方压制多年,同时算法和相关软件(尤其是EDA技术)也处于世界“跟跑”水平。因此,我国可以尝试发展碳基半导体(中国科学院院士彭练矛团队较早地开始研究碳基半导体,目前已取得一定进展^[12])。

在可以预见的未来相当长的一段时期,我们可能仍然要基于硅基半导体。在此背景下,通过算法、软件和硬件体系结构的创新实现芯片领域的弯道超车是现实可行的重要途径。即使工艺水平倒退,在可用硬件晶体管资源变少的情况下,提出新型的硬件体系结构,实现较有限资源的更优化配置,仍然有可能将服务质量、性能、用户体验等受到的损害降到最低。目前市场上的主流芯片是基

于 ARM 框架,这就很容易受制于西方具有先进的 ARM 框架技术的国家。因此改变芯片的架构是非常重要的。目前, RISC-V 芯片发展迅速,由于其模块化的指令集架构及高性能、低功耗的优点,很有可能在未来发展成为主流芯片。结合我国芯片领域的现状,可以大力发展 RISC-V 指令集体系结构这一新兴领域。除了芯片细分领域,基础软件等被西方“卡脖子”的其他细分领域也可以采用这个发展策略,研发具有替代性、另辟蹊径的核心技术。

在国内大循环下联合攻关核心技术

在全球化受到阻碍、逆全球化成为趋势的背景下,有必要以“全国化”替代“全球化”。目前世界上顶尖的核心技术一般是由几个国家或者几个公司共同研发的。一台尖端光刻机融合了许多国家的技术,如德国的蔡司镜头、瑞典的精密机床、日本的复合材料以及美国的控制软件等。这启示我们必须进行联合研发。在外国实施技术制裁之前,我们还可以与外国企业进行合作、共同研究,但随着国际形势的变化,我们必须进行联合攻关,划分清楚每个企业或者科研机构需要承担的科研任务,协同攻克核心技术难题。

联合攻关不仅是科研机构的事情,还需要企业和政府的参与,有必要建立新型“研发联合体”,高效率地汇集和利用各方面科技资源^[13]。政府要加大对核心技术产业的扶持,同时要完善相关制度:完善创新激励制度,从经济及精神上鼓励创新;在后“中兴事件”时代,在开放成为趋势的情况下,要重视对知识产权的保护;最后,改善科技创新管理体系,去除创新过程中的冗余环节,实现高效的科技创新。相关科研机构应积极与企业合作,鼓励科研人员进行院企之间的交流,加速成果转化。

结束语

信息技术是现代化的重要支撑。美国日益加剧的打压措施,在现阶段给我们带来了很大的被动,我们需要正视我国现在科研模式中与国际形势不相

适应之处,通过以重心下移和逆马太效应特征的科研模式变革,逐步扭转被动局面,最终建立更加稳固的信息技术创新体系和生态系统。 ■



刘宇航

CCF 高级会员, CCF 特邀专栏作家, CCF 职业伦理与学术道德委员会常委。中科院计算所副研究员、硕士生导师。主要研究方向为计算机体系结构、高性能计算、数据密集型计算、存储系统。

liuyuhang@ict.ac.cn



赵沛霖

CCF 学生会会员。哈尔滨工业大学本科生。主要研究方向为计算机系统结构、存储系统。

参考文献

- [1] 刘宇航. 后“中兴事件”时代的科学研究模式转型[J]. 中国计算机学会通讯, 2018, 14(7): 56-60.
- [2] 曹琴, 玄兆辉. 中国与世界主要科技强国研发人员投入产出的比较[J]. 科技导报, 2020, 38(13): 96-103.
- [3] 汪洋, 刘虹. “双一流”视角下高校科研论文影响力的文献计量分析[J]. 上海教育评估研究, 2020, 9(04): 74-79.
- [4] 陈光. 从 0 到 1: 中国未来 15 年科技创新发展的战略转向[J]. 中国科技论坛, 2020(08): 3-6.
- [5] Merton, R. K. The Matthew Effect in Science: The reward and communication systems of science are considered[J]. *Science*, 1968, 159(3810): 56-63.
- [6] 胡建兵. 政策组合拳护航 助国产芯片腾飞[N]. 中国商报, 2020-08-21(001).
- [7] 杜峰. 华为芯片受限停产凸显“中国芯”突围紧迫[N]. 通信信息报, 2020-08-19(008).
- [8] 腾讯网. “中国芯”设计面临的主要问题[EB/OL]. <https://xw.qq.com/amhtml/20190704A08L8X00>.
- [9] 包云岗, 张科, 孙凝晖. 处理器芯片开源设计与敏捷开发方法思考与实践[J]. CCF, 2019, 15(10): 42-48.
- [10] 博克, 宋伟. 重新定义团队: 谷歌如何工作[M]. 北京: 中信出版社, 2015.
- [11] Mitchell M. More than Moore[J]. *Nature*, 2016, 530(2): 145-147.
- [12] 彭练矛: 国产碳芯片发展领军人[J]. 发明与创新(大科技), 2020(03): 1.
- [13] 钱锋, 黄辛, 卜叶. 集成电路高质量发展需疏“堵点”补“断点”[N]. 中国科学报, 2020-08-20(003).