

在新一轮科技变革和世界政治经济秩序转型背景下，生物武器传统安全问题，重大传染病、实验室生物安全、生物入侵等传统生物安全问题，与生物科技的两用性、网络生物安全等非传统生物安全问题交织，与经济安全、科技安全、生态安全、军事安全等融合，引发日益严峻的国家安全问题，深刻影响国家发展和国际格局。以总体国家安全观为指引，全力践行人类命运共同体、人类卫生健康共同体倡议，加快探索构建有中国特色的生物安全体系，实现生物安全从被动应急到主动防御转变，已经成为重要战略议题。

构建未来重大生物安全风险的战略预警体系

洞见未来生物安全风险源头。展望未来，生态系统的变化、全球化旅行和贸易等，导致致病微生物与人类接触机会显著增加，驱动致病微生物由其自然栖息地向人体加速迁移，来自自然界的生物安全风险长期持续存在。同时，来自技术进步和人类社会活动的生物风险显著增强。生物科技变革及其在健康、资源、能源、环境、国家安全领域的广泛应用，使得既有科技研发组织管理、转化应用监管治理模式、国家安全机器都面临不同程度挑战。可以预计，未来生物安全风险来源更加广泛，危害将进一步累积叠加、聚集扩散。

坚持人类命运共同体与共，自觉把生物安全置于中华民族伟大复兴战略全局、世界百年未有之大变局来把握和谋划，推进生物安全风险战略预警。从长远看，新生物科技革命是关于生物和生命存在发展演化内在指向的科技，“双刃剑”效应极其突出。既有大国秉持零和博弈思维、冷战思维，与新兴经济体在太空、网络、海洋、生物等具有战略价值的新边疆形成强烈的观念对峙和利益冲突，对全球战略稳定影响深远。亟须从国家综合竞争力、制度与发展理念的角度，从科技与自然生命互动、科技与社会互动、科技与人性互动的角度，系统审视生物安全起源本源、大流行传染病应对公共产品稀缺、生命伦理道德底线模糊、微生物耐药、全球生物多样性加速丧失等人类发展面临的系列重大问题，自觉回应时代挑战。

芯片是信息社会的核心基石，也是各国竞相发展的重要新兴技术和产业。在某种程度上，一个国家的芯片科技水平以及在全球分工位置，意味着该国在全球科技竞争中的地位。

芯片科技发展的基本特质

芯片科技与半导体产业的发展，具有明显的知识经济特征。一是基础科学为先导。从1833年法拉第在硫化银的实验中首次发现半导体现象，到1947年贝尔实验室制造出第一个晶体管，再到1958年基尔比、诺伊斯等提出“微芯片”的想法并发明了硅基集成电路，科学发现与技术发明相映成辉。今天，这种科学先导作用依然显著，从蔡少棠第四元件预言到亿阻器，从量子纠缠到量子计算，莫不如此。二是社会应用为牵引。现代计算机在二战前后被发明，与当时经济统计、弹道计算、氢弹研制等社会需要密不可分。如冯·诺依曼主持的MANIAC计算机在1951年进行首次测试，其任务就是热核爆炸，计算结果得到了1952年和1954年两次核爆的验证。今天这种应用牵引作用，更由于经济发展的智能化被千百倍放大着。

三是知识资本双密集。经过一个多世纪的发展，半导体相关科技已形成诸多细分学科和领域，每年培养大量专业技术人员。半导体产业还富含隐性知识，一个半导体领域的博士从毕业到成为独当一面核心技术团队负责人，常常要在研发一线经历10—15年以上的打磨。同时，半导体行业拥有极高的资本准入门槛。据估计，最先进的3nm芯片，其设计费用约为5—15亿美元，生产线投资规模则更是高达150—200亿美元。

四是政府市场双引擎。高昂的投入、快速的迭代，半导体产业“生而傲娇”，尽管它在美国发源，但唯有全球化才能达成今天的高度。半导体产业既需要市场的巨量需求，更需要政府的战略支撑。美国政府是早期半导

加快探索完善国家生物安全体系

□ 王小理 田德桥 李劲松

核心阅读

在新一轮科技变革和世界政治经济秩序转型背景下，生物武器传统安全问题，重大传染病、实验室生物安全、生物入侵等传统生物安全问题，与生物科技的两用性、网络生物安全等非传统生物安全问题交织，与经济安全、科技安全、生态安全、军事安全等融合，

引发日益严峻的国家安全问题，深刻影响国家发展和国际格局。以总体国家安全观为指引，全力践行人类命运共同体、人类卫生健康共同体倡议，加快探索构建有中国特色的生物安全体系，实现生物安全从被动应急到主动防御转变，已经成为重要战略议题。

打造立体感知生物安全风险态势的监测识别体系

“图之于未萌，虑之于未有”。国家生物监测识别体系的战略目标是实现对各时段、各地区、各类生物安全风险的立体、总体态势感知，实时监控生物安全事件发生，研判发展历程、发展趋势，以达到危害的早预警、早识别、早干预。

坚持顶层设计、循序渐进，国家生物监测识别体系建设着眼发挥科技支撑和理念引领作用。在开发实施满足疾控、农林、环保、军事、安全、海关、科研等多部门基础需要的检测装备和“条状”监测网络上，面向不同层次终端用户需求，进一步建设集成数据采集传输、全谱监测、数学建模、数据挖掘、风险评估与态势预警等多功能模块的智能网络，建设覆盖国内、国境和海外任务区监测预警网，建设科技文献、专利标准数据、开源科技信息、灰色数据的风险态势监测与趋势预见的信息情报工作体系，建设对多渠道来源乃至相互冲突、异质性生物安全风险预警信息科学解读的综合集成研讨机制。实现对生物安全苗头性事件的触发既感知、本底生物风险的长期积累与验证利用。

建立集中生物安全决策指挥和高效处置工作体系

生物安全危害防控是一项人、技、器、制度协同的系统性工程，涉及复杂的协调活动。目前，国家生物安全工作委员会及其协调机制、重大疫情国务院联防联控机制，基本运作体系已经搭建。也毋庸讳言，在物质科技储备、政策协调等方面存在薄弱环节，缺乏深度磨合和长期、系统高强度经费投入。据粗略统计，“十三五”时期，生物安全领域年度中央财政科技能力投入在40亿元左右，人均不到3元，处置保障能力相对不足。

坚持适度超前，设置集中统一的决策指挥与管理体制。横向上完善国家生物安全工作协调机制、重大疫情国务院联防联控机制、军队生物安全工作协调机制、集中统一的生物安全预算机制，纵向上划分中央部委部门、军队和地方政府的事权划分，建立协调机制下的部门、区域管理体制与各司其职的职责体系、对应政策保障。将不同层面的生物安全战略智库建设和作用发挥纳入各决策指挥和管理处置支撑体系，形成专家委员会支撑的“统一权威、高效运转”指挥处置体系格局。

坚持“人民至上”，坚持实践检验，加强生物安全危机模拟测试，建

立应急工作体系以及动态调整物资储备目录机制。完善应急预案，开展经常演习演练、应急疏散，增强疾控、医疗系统、教育、交通物流等行业的应急能力建设；强化生物安全教育，筑牢全民族生物安全意识，推动合力攻坚的社会动员体系。

打造牢固生物盾牌，将锻造科技国之重器、保底手段摆在更加突出的位置。加强顶层设计、强化前瞻布局，构建以国家实验室等为核心的科技创新体系，提高体系化对抗能力和水平。针对“侦检消防治”优先攻关方向，部署库、网、技、装四大领域关键技术攻关，搭建广泛“产学研医”平台，提供更快、更有效的应对物质手段、技术装备和理论策略，推动我国生物安全体系由被动应急到主动防御的战略转型。

全面夯实国内生物安全法律和规则指引体系

努力构建系统完备的生物安全法律法规体系。我国有关生物安全的法律法规和政策文件共90多项，但多为行业主管部门牵头制定，缺乏规划性、全面性和协调性，造成管理处置行为困境。根据即将出台的生物安全法，系统梳理国家生物安全相关政策及其关联与指向，制定国家生物安全战略实施方案和生物安全法实施细

则，清理相关的法律规范。强化监督检查，推动各类风险评价制度、分类与分级制度、列表制度、许可制度、标志制度、越境转移事先知情同意制度、应急制度、培训与角度制度、公众参与制度和法律责任制度等制度落地。

推进生物安全领域国家治理能力现代化。围绕区域生物安全治理、部门生物安全治理、行业生物安全治理、单位生物安全治理全过程，强化“放管服”，引入更多柔性政策指引工具、治理型规制工具和对话平台，靠前服务更大范围“监管服务对象”，加强政府同学术界、产业界、金融界和社会机构等不同主体间的协调，审慎调整生物安全高等级实验室审批运维和统一调用政策，建立更流畅的生物安全产品监管和市场准入体系。

提升全球生物安全治理参与度和影响力

我国是有关国际组织成员国和条约缔约国，也是人类命运共同体和人类卫生健康共同体的倡导方，提高我国在全球生物安全治理中的参与度 and 规制制定能力，对于优化国际治理体系、维护战略安全环境、服务保障国家外交大局具有战略价值。

坚持量力而行，制定生物安全国际合作规划、统筹深度参与全球生物

把握芯片科技发展趋势 促进半导体产业创新突破

□ 李 万

体工业的首个大卖家，硅谷兴盛的背后，是联邦政府“有形之手”的倾力相助。日本为发展本国半导体产业，几乎倾注全国之力，组织了著名VLSI联盟。在发展极紫外光源（EUV）光刻机过程中，前台是荷兰ASML公司，后台则是美国、日本、中国台湾、韩国一众头部公司的大力支持。据估计，ASML只掌握了不到10%的核心技术，但它是8000个核心零部件的集成者。今天，芯片已经形成多种多样的系列规格。从处理信号的类型上，可分为数字芯片和模拟芯片（如射频芯片、电源管理芯片等）；从功能上，可以分为微处理器芯片（如CPU，图形处理器GPU）、存储芯片（包括动态随机存储器DRAM、非易失闪存NAND Flash等）……芯片科技和半导体产业已经成为国民经济的重要基石和主导产业之一，成为世界各国角逐的关键所在。

芯片科技的发展趋势

芯片一直呈现出微型化、高速化、低功耗的趋势，其背后是摩尔定律的作用发挥。近年来，随着摩尔定律的放缓，芯片的发展将可能迎来新的拐点。

一是现有技术的极限。50多年来，人类已使得微观器件加工面积缩小了一万亿倍！研究认为，半导体行业大约每隔20年，就会有新的危机出现，而今正处于危机循环节点。下一步是该“延续摩尔”还是“超越摩尔”，目前还莫衷一是。

二是新兴技术的突破。新架构晶体管技术（如互补场效应晶体管、垂直纳米线晶体管、负电容场效应晶体

管、隧穿场效应晶体管等）、新材料晶体管技术（如第三代半导体材料、碳基纳米材料、二维半导体材料等）、新型存储芯片技术（如相变存储器、磁性存储器、阻性存储器、铁电存储器、碳纳米管存储器等）、新架构芯片技术（如存内计算、神经形态、深度神经网络、量子计算、光电集成等）快速崛起。替代的技术路线相互竞争。三是产业组织的调适。随着芯片技术发展到特大规模集成电路（ULSI）和芯片级系统（System on Chip），产业组织也从系统厂商主导、到IDM（集成设备制造商）、Fabless（无工厂芯片供应商）+Foundry（代工）模式、Fab-lite（轻晶圆模式）、SIP（硅知识产权）设计，再到适应Chiplet（小芯片）和异构集成的集群虚拟垂直整合（CWI）模式。新的商业模式将带来新机遇。

四是市场格局的变动。芯片市场规模已近5000亿美元，其中美国约占一半左右，远超过其他国家和地区，为中国的15倍。但包括中国在内的亚太地区一直在快速增长。现在75%以上的芯片生产线都在亚洲。

可以预见，未来5—10年，将是芯片科技和半导体产业发生重要变动甚至是革命性变化的关键时段。技术创新、商业模式创新以及各种力量的博弈，将会带来前所未有的机遇和挑战。

促进我国芯片科技发展的建议

回顾半导体产业发展的历程，不难看出，作为工业的顶尖领域，半导

体产业需要长期耐心的投入，大量的基础研究注入，众多优秀人才的集聚，持续的市场反馈迭代。我国在促进芯片自主可控的发展过程中，亟待注重以下几方面。

一是加强前瞻性基础研究。据不完全统计，今天的智能手机中，曾经有至少18位诺贝尔奖获得者的工作与之相关。要注重变革性的科学选题，鼓励科学家突破现有科学范式，去实施那些有可能引领未来一个世纪的前瞻性选题。在新架构方面，着力在量子计算、光电集成、全光计算、神经形态计算、存内计算等方向上进行探索。在新材料上，除第三代半导体、二维半导体材料之外，我国在碳基纳米材料方面业已取得一定突破，可以考虑加大研发投入，巩固碳基半导体技术优势，并力争实现市场化应用。利用税收优惠政策，鼓励和引导企业和社会资本加大对基础研究的投入，通过创业企业开展应用基础研究，在快速迭代中实现性能优化，进而率先形成新的先发优势。在全社会营造尊崇STEM（科学、技术、工程与数学）的风尚，要让曾经的口号“学会数理化，走遍天下都不怕”再次广泛流传起来。

二是注重战略性需求牵引。几十年的发展历程表明了，芯片技术是在科研与市场高度互动过程中持续优化完善的。每一次产业技术的重大创新，都可能带来价值链的变动、产业格局的调整。在新基建中，注重人工智能、5G、智能物联网等快速发展对芯片的需求牵引。如在汽车领域，中国已经成为世界级汽车制造中心和最重要的市场之一，智能汽车被认为是

“四个轮子上的手机”，未来对芯片的需求巨大。数据显示，汽车半导体市场将在2022年突破600亿美元，亚太地区以41%的增速领跑全球。与手机和电脑芯片相比，汽车芯片是相当不同的市场（如故障率和温度范围等），对于后来者而言，具有一定的战略机遇。在强化研发和技术创新的同时，中国汽车芯片公司还需要加强质量管控、交付能力、产品全生命周期管理等，进而造就一批隐形冠军。在需求牵引中，更要突出政府对首台套、首批次、首版次等的采购，为新产品提供新市场。同时，政府采购中也应注重竞争机制，激励不同技术路线在良性竞赛中不断优化、熟化。

三是推动全链条重点布局。半导体产业涉及从设计到应用一条相当长的链条，在诸多环节上，都或多或少存在“卡脖子”技术。这需要开展产业技术创新规律、态势与布局的深度分析，绘制产业技术路线图和技术创新地图，形成对“卡脖子”技术攻关的优先次序，在此基础上，通过重点突破，获取在全球范围内产业分工制衡的能力，实现整体突围。在上游的设计环节，继续提升基于开源架构RISC-V的芯片设计优势，支持EDA设计软件，提升在x86等架构上的跟随能力。在中游晶圆制造和封装测试环节，芯片制程决定了代工厂的先进程度，由于“瓦森纳协议”等限制，国内制造企业难以得到先进的光刻机等关键装备，与国际先进水平相差两个世代。在这一环节要以超强的战略意志，支持若干有一定基础的企业实施攻关，鼓励和引导应用和终端企业加大芯片订单投放。封装测试环节应鼓

励社会资本支持该环节企业扩大优势，同时，应布局封测关键装备和仪器的研发。四是注重领军型人才培养。实现芯片技术跃升，既需要一流的科学家，也需要卓越的工程师，更需要有远见的企业家。高校是人才培养基地，要强化创新思维养成，强化应用导向，联结产业市场，培养一流人才。在产业领域，因我国芯片企业大多较为年轻，优秀工程师往往会“研而优则管”，脱离技术前沿，从而使得整个行业极度缺乏“一万小时工作经验”的工程师。这需要弘扬“工程师文化”，使那些既会动手、也会动脑的技术人才始终居于企业的核心，潜心于技术。在全球范围内引进诸如张汝京、梁孟松这样的顶尖人才，以现代管理体制给予他们“开疆拓土”的空间。

发展国家生物安全理论体系

作为国家安全新兴领域，生物安全既是重大实践问题，也是重大理论问题，蕴含生物安全主体、生物安全客体、风险和危害演变、战略目标、安全策略与手段等要素，涉及科技变革、生物安全科技、生物科技安全、生物安全事件、生物非安全、传统生物安全、非传统生物安全、生物武器、生物主动防御、外来生物威胁与内部生物安全漏洞、国家生物安全主观感知、生物安全能力、生物安全治理、生物安全制度与规则、智库人才等诸多概念范畴。

人类社会已经迈入“生物安全时代”，亟须对生物安全领域的基本命题、核心问题、基本构成要素及其组成的复杂理论体系，再回顾、再前瞻、再综合。例如，重大理论问题方面，生物安全主体的边界问题和客体危害形态的本质区别与内在联系问题。重大政策战略方面，生物安全战略态势如何评估和净评估？具有哪些颠覆性生物安全风险，如何主动塑造国际生物安全？重大工作举措方面，战略目标如何设定，选用何种安全策略与手段，避免低风险向高风险转化，避免风险交叉感染？如何更好发挥政府和市场作用，推动生物安全事业可持续发展？要坚持生物安全理论的革故鼎新、生物安全体系实践推陈出新、生物安全观念和体制制度的吐故纳新，推动生物科技进步、构建生物安全体系阔步向前。



励社会资本支持该环节企业扩大优势，同时，应布局封测关键装备和仪器的研发。

四是注重领军型人才培养。实现芯片技术跃升，既需要一流的科学家，也需要卓越的工程师，更需要有远见的企业家。高校是人才培养基地，要强化创新思维养成，强化应用导向，联结产业市场，培养一流人才。在产业领域，因我国芯片企业大多较为年轻，优秀工程师往往会“研而优则管”，脱离技术前沿，从而使得整个行业极度缺乏“一万小时工作经验”的工程师。这需要弘扬“工程师文化”，使那些既会动手、也会动脑的技术人才始终居于企业的核心，潜心于技术。在全球范围内引进诸如张汝京、梁孟松这样的顶尖人才，以现代管理体制给予他们“开疆拓土”的空间。

五是实施最广泛开放创新。半导体产业在全球转移的历程表明，产业技术创新要进行最为广泛的协作。尽管当前出现了不利于全球化的一些情况，但在促进我国半导体产业发展，实现芯片技术自主可控的过程中，必须以更大魄力、更大胸怀进行开放创新。从设计到封测，从装备到软件，尽可能利用开源系统进行研发创新。要以产业创新生态系统的策略，在全球范围内打造研发、创新和应用的“朋友圈”和“生态链”。

半导体产业作为当今工业“皇冠上的明珠”之一，几十年来，众多国家和地区竞相“为之折腰”。苏联重视基础研究，但忽视了应用牵引；日本受美国打压失去了存储芯片的全球优势，但在材料及设备领域保持领先；韩国和我国台湾用了15—20年的时间，成为内存和晶圆制造的全球领导者。面对新形势，我国要充分把握芯片科技发展态势，调动一切积极因素，努力实现技术跃升，为全球半导体产业发展作出更大贡献。

