安全与发展统筹协调是数字经济与实体经济深度融合的内在要求。面对当前仍然突出的安全风险及其与发展的平衡挑战，需要进一步完善制度和安全技术建设，形成制度与技术双驱动，促进数字经济健康发展。

视觉中国供图

加强安全防护 促进数字经济有序发展

◎刘昌新 吴 静

前不久，习近平总书记在主持中共中央政治局第三十四次集体学习时强调，要站在统筹中华民族伟大复兴战略全局和世界百年未有之大变局的高度，统筹国内国际两个大局、发展安全两件大事，充分发挥海量数据和丰富应用场景优势，促进数字技术与实体经济深度融合，赋能传统产业转型升级，催生新产业新业态新模式，不断做强做优做大我国数字经济。

近年来，我国数字经济快速发展，据中国信息通信研究院测算，2021年我国数字经济占比已经达到GDP的38.6%，同比增长2.4个百分点。随着社会经济各领域数字化建设的推进，数据成为我国政府和企业的核心资产。与此同时，数字经济发展中的安全问题也愈发突出，呈现影响大、损失重的特征。2020年全球数据泄露的损失成本高达1145万美元。

统筹协调发展与安全的关系，对促进我国数字经济健康发展至关重要。

安全与发展既对立又统一

数字经济的发展遵循哲学规律，既有拉动经济增长的作用，也带来新的安全隐患和风险，两者既对立又统一。安全问题不处理好，数字经济发展就成了无本之木。

数字化、网络化和智能化将现实世界连接成一个复杂的网络体系，在给社会经济提供便利的同时，也增加了个人隐私和基础设施的暴露风险程度。当前数字经济发展中的安全问题主要集中于数据安全和网络安全。

在数据安全方面，相关事件表现为国家数据主权受侵犯、商业数据泄露和个人隐私侵犯等。国际数据公司（IDC）数据显示，2020年，全球创造了59.0ZB的数据，其中50.4%的数据需要一定程度的保护，尤其是近25%的数据安全级别很高，却缺乏保护，风险隐患极大。我国用于数据保护的投资仅占数据存储投资的8%，数据安全保护仍有待进一步提高。当数据进行跨境流动时，其安全问题甚至上升至国家安全层面。

在网络安全方面，相关事件表现为关键信息基础设施遭攻击等，影响网络体系中软硬件系统的安全、可靠运行。国际上针对国家关键基础设施的软件勒索和病毒勒索案例日益增多，直接危害国家安全。在我国数字经济发展从消费互联网向工业互联网拓展延伸的背景下，海量生产设备接入互联网，网络安全将引发设备被操控、生产数据泄露等问题，威胁产业链、价值链，侵袭工业体系安全运行。

随着智慧城市、数字孪生城市等数字技术应用综合体建设的持续推进，设施安全和数据安全问题交织融合，加剧安全引起的风险问题。目前，全球至少有60个国家正在部署近400个智慧城市项目。今年，荷兰、英国、新加坡等国家放缓了智慧城市建设速度，主要原因之一是相关项目暴露了个人隐私泄露、关键信息基础设施存在被攻击风险等隐患。目前这些国家陆续强化了智慧城市的数据安全管理措施，并将安全原则前置到设计阶段。

鉴于安全形势严峻，国际上已形成了加强数字经济安全防护的共识。目前全球已有近100个国家和地区制定了数字化基础设施安全、数据安全保护的法律，其中欧盟的《通用数据保护条例》（GDPR）已成为全球参考标准，数据安全保护专项立法已成为国际惯例。我国也已陆续出台《网络安全法》《数据安全法》《个人信息保护法》《关键信息基础设施保护条例》等法律法规，保护个人信息权益，规范个人信息处理活动，保护关键信息基础设施免受攻击、侵入、干扰和破坏。

完善的数字经济规制的出发点和落脚点都是促进发展，而不是约束发展。《数据安全法》强调，“国家统筹发展和安全，坚持以数据开发利用和产业发展促进数据安全，以数据安全保障数据开发利用和产业发展。”《个人信息保护法》也鼓励对匿名数据的价值挖掘。实际上，在保障数据安全的前提下，我国还持续发布政策鼓励云计算与物联网等数字技术的发展，并推动其在医疗、农业、金融、工业等多领域的应用。

统筹安全与发展面临诸多挑战

安全与发展是辩证的两个方面，既要保护数字经济发展安全，更要在安全的前提下促进数据的有序流动，激发数字经济潜能。当前，我国在协调数字经济安全与发展时，仍面临如何有效平衡以下两大问题的挑战。

一是关键基础设施数字化改造和安全保障之间的平衡挑战。在大举推进新基建背景下，大数据中心、工业互联网等新型基础设施在建设之初就对安全问题有了较为完整的考虑，但相对而言，传统基础设施的数字化改造面临较大的挑战。一方面能源、电力、交通、制造等传统行业基础设施改造需求强烈；但另一方面大量的老旧系统、设备在设计中缺乏通信保护、数据加密等安全考量，导致在连接泛在、环境开放、应用复杂性激增时，暴露出大量安全隐患。近几年，针对工业网络领域的攻击事件频频发生，航空、能源、电力、制造等众多企业在勒索攻击面前纷纷沦陷。勒索软件和病毒攻击成为关键基础设施的头号威胁，现有的黑客技术已经超过了传统的专网安全防护能力。2020年，国家工业信息安全发展研究中心共跟踪公开发布的工业信息安全事件274件，其中勒索软件攻击共92件，占比33.6%，涉及20余个国家的多个重点行业。因此，如何在完备关键基础设施保护的前提下，实现对传统基础设施的数字化改造，发展融合型新基建，需要统筹协调。

二是数据本地化与跨境数据流动之间的平衡挑战。当前，全球各国普遍认识到数据作为国家战略性资源的重要性，对数据保护的重视程度前所未有。数据本地化成为全球跨境数据流动的主要趋势，采取此类政策的国家从2017年的35个增加到2021年的62个。数据本地化政策的总数也从2017年的67项增加到2021年的144项。此外，世界各国正在提议或起草另外38项数据本地化政策。但是，单一数据包含的信息密度很低，只有大规模、高维度、及时性很强的“大数据”才能有效发挥规模经济和范围经济效应，此时数据才具有经济价值。因此，在安全的前提下，数据的跨境流动是数字贸易背景下不可回避的现实问题。在这方面，以美国、欧盟为首的发达国家正积极促进安全保障前提下的数据跨境流动，今年4月，七国集团在数字和技术部长会议上建立了数据信任自由流动合作方案，英国、日本和欧盟将率先使用该方案，以确保跨境数据自由流动满足一定的安全和隐私标准。商务部发布的《中国数字贸易发展报告2020》显示，2020年，我国数字贸易额达2947.6亿美元，较2015年增长47.4%。未来，数字贸易市场前景广阔，寻找跨境数据流动中安全与发展的平衡点需求迫切。

多管齐下夯实数字经济发展基础

安全与发展统筹协调是数字经济与实体经济深度融合的内在要求。面对当前仍然突出的安全风险及其与发展的平衡挑战，需要进一步完善制度和安全技术建设，形成制度与技术双驱动，促进数字经济健康发展。

第一，要持续完善并强化落实数字经济安全防护相关法律法规，打造安全可靠的数字经济发展环境。一是进一步推进《网络安全法》《数据保护法》《个人信息保护法》等法律法规的宣传和落实。二是坚持国内国际双循环新发展格局，加强数据跨境流动规则的研究和制定，推进试点工作开展，探索与国际规则对接机制，助力构建数字经济双循环格局。

第二，要将安全防护制度与技术相结合，夯实关键基础设施的安全根基。一是加强关键基础设施监管，依据基础设施等级保护要求，努力实现资产可见、配置可靠、漏洞可管、补丁可用，打好工业网络信息系统可管理、可防御的坚实基础。二是强化安全技术攻防演练，完善关键信息基础设施实战化、体系化、常态化的安全防护机制。

第三，要促进数字经济和技术发展，增强安全防护能力。一是规范使用数据规则和权属关系，探索有效数据确权机制，推进数据资产交易制度建设，充分发挥数据生产要素作用，推动经济增长。二是依靠数字经济发展带动网络安全产业增长，加强数据保护和监管的技术能力建设和研发投入。三是鼓励企业建立隐私策略框架，加强对国际标准化组织有关框架标准的研究和应用。四是加强数字技术人才培养和使用，增强全民数字素养，提升国家网络和数据安全防护能力。

（刘昌新系中国科学院科技战略咨询研究院副研究员，吴静系中国科学院科技战略咨询研究院研究员）

观点热搜

实现『双碳』目标，算力需与电力协同

◎高 峰 杨乔尹 余 芸

国务院近日印发的《2030年前碳达峰行动方案》提出，重点实施能源绿色低碳转型行动、实施节能降碳增效行动等“碳达峰十大行动”。加强以数据中心为代表的新型基础设施节能降碳，推动数据中心使用绿色能源供电，不仅可以促进通信业节能减排，还可以促进能源绿色低碳转型，推动新型电力系统建设，实现“双碳”目标下的“算力+电力”协同。

算力支撑新型电力系统建设

新型电力系统建设中，电力生产将从集中式拓展到分布式，大规模集中式的新能源电站和海量分布式发电站将按资源的可获取性和经济性因地制宜建设与广泛接入。因此，应加强利用数字化技术手段，依托分布式边缘算力和集中式大规模算力，精准实施灵活广泛高效的能源资源优化监控和优化运行管理，充分发挥能源电力消费需求侧响应资源作用，为最大限度接入新能源服务。

其中，大型算力中心是支撑新型电力系统的核心基础设施，将储存和处理海量电力运行数据和设备信息，为基于大数据和人工智能技术的电网的运行分析、运行优化、风险预测等场景提供算力支撑；而分布式边缘计算数据中心其优势在于本地计算和低时延的响应，可以将更多计算处理过程在本地完成，大大提升处理效率，在减轻云端压力的同时保障本地数据的安全性，为用户提供更快的响应服务。

绿色发展要加强算力与电力有机协同

提供算力的数据中心由于自身的高耗电性是能源消耗和二氧化碳排放大户。以北京市为例，数据显示，2021年北京市现有数据中心机柜约占全国总量的10%到12%，数据中心总功率约占全市平均供电负荷8%。数据中心过快增长不仅给北京市碳排放指标带来压力，还给供电安全运行带来挑战。

此外，数据中心为了保障自身可靠运行，配置了不间断电源和备用发电机组，其容量基本与数据中心最大用电功率相同。以广东省为例，截至2020年底，广东省已投产和已通过节能审查的在建拟建的2.5千瓦标准机柜高达150万个，其不间断电源和备用发电机组总容量可以达到375万千瓦，按照储能双向调节能力测算，则可达到750万千瓦的调节能力，超过广州市用电负荷峰值2000万千瓦的三分之一。由此数据可以看出，数据中心所具有的电力灵活性资源具有潜在可用性高、容量大等特征。

为此，数据中心一方面可以加大使用风电、光伏等新能源电力资源，促进新能源更高比例的利用；另一方面可充分利用数据中心电力灵活性特征，通过市场机制，结合先进信息技术，激活并实现沉睡资源的时空聚合，逐步走上绿色低碳发展的道路。

技术、顶层规划和管理制度需不断完善

随着数字经济的发展，算力增长将成必然趋势，而算力的高耗能属性也决定了其与电力存在紧密的相互支撑关系，“算力+电力”有机协同的演进过程不仅需要技术上的推进，也需要顶层规划和管理制度上的不断完善。

首先，需要物理信息技术的支撑。一是需要升级不间断电源和备用电源的管控技术，包括设备状态监测、通道状态监测、行为记录、效果评价、信息交互、联动管控等。二是需要应用区块链技术，其分布式存储，防篡改等特点使其非常适合多主体、多地点、多要素的“算力+电力”协同模式。通过区块链技术将数据中心算力网的灵活性资源上链，以智能合约方式固化“算力+电力”协同的定量认证、收益分配等涉及主体间建立信任的核心要素。为了解决相关技术难题，清华大学能源互联网创新研究院提出“算力+电力”的协同发展创新理念，积极推动实施相关技术研究，开展SPEAR示范工程建设。

其次，需要进行“算力+电力”统筹规划。东数西算（算力）和西电东送（电力）要有机协同。中国大多数新能源分布在西北、西南地区。数据中心则分布在东部的北上广深等发达地区。东部的产业发达，但能源和算力资源紧张。中西部地区能源和算力资源丰富，但是并未充分利用，数据中心机柜上架率低。通过统筹规划，优化算力与电力基础设施和应用的时间和空间布局，匹配实时与非实时、可变与刚性的电力供给和算力需求，有助于形成数据、业务按需和按经济效益配置、有效共享的算力分布，同时促进西北、西南地区新能源的本地消纳及数据中心实现绿色低碳发展。

最后，需要制度上的不断创新。目前数据中心建设规范和导向重点关注评价数据中心能源效率的指标（PUE）等电力使用效率指标，没有数据中心的电力灵活性资源指标。简单地鼓励数据中心采购新能源零碳电力，而自身用电需求保持刚性，是把新能源波动性的负担交给外部系统，在新型电力系统中，各主体均应承担一定的责任和义务。一是可以改变传统思路，在数据中心建设和运行规范中，加入不间断电源和备用电源全部或者部分作为电力灵活性资源的规定。二是要形成有效激励机制，并通过顶层设计和政策引导，促进数据中心运维与数据中心资产剥离，催生新数据行业生态，促使算力调度商、数据中心运维服务商延伸为电力负荷聚合商、电力灵活性资源提供商，积极参与到电力交易与辅助服务市场中。

（高峰系清华大学能源互联网创新研究院副院长、研究员，杨乔尹系清华大学能源互联网创新研究院副研究员，余芸系南方电网数字电网研究院有限公司平台安全分公司总经理）

面向高水平科技自立自强，培养战略科学家

深化人才发展体制机制改革③

◎洪志生

习近平总书记在中央人才工作会议上强调：“要大力培养使用战略科学家，有意识地发现和培养更多具有战略科学家潜质的高层次复合型人才，形成战略科学家成长梯队。”当前，全球科技创新进入密集活跃期，信息、生命、能源、材料、宇宙、物质等领域的前沿突破与交叉融合，正催生系列重大原始性技术创新，深刻影响着人类社会进程；新一轮科技革命与产业变革互为推动，成为全球新格局重构的核心驱力，深刻影响着国家前途命运。战略科学家在国家发展和国际竞争中的作用比以往任何时代更为重要。

加快培养战略科学家具有时代紧迫性

习近平总书记在中央人才工作会议上指出，战略科学家是“具有深厚科学素养、视野开阔、前瞻性判断力、跨学科理解能力，大兵团作战组织领导能力强，在国家重大科技任务担纲领衔”的科学家。

战略科学家具有深厚的科学素养和人文情怀。战略科学家长期深耕某一科学领域，具备敏锐洞察和发现科学问题、高效实验和解决科学问题的能力，善于跳跃式思考和颠覆性创新。此外，战略科学家对推动人类文明的进步具有一定使命感，“心系百姓疾苦，身怀报国壮志”，科学追求的终极目标是为了解决人类的苦难，或社会发展面临的重大挑战。科技发展史表明，伟大的创新往往和这样的使命感与价值感紧密关联。

战略科学家格局宏大且视野前瞻。战略科学家擅长从系统的角度，从时间、空间的大尺度观察、思考自然现象与问题，既能深刻把握人类发展的脉络，在人类进步和民族复兴的历史长河中定位其所关注的科技领域的战略价值；又具有开阔的前瞻视野，能深刻理解科技进步和社会经济发展的关系，拥有想象、创造、引领和实现未来社会需求的意愿和能力，能从人类进步和国家发展需求中定位科学问题，开拓创新方向。

战略科学家具有跨学科理解能力和组织能力。战略科学家不拘泥于自身专业学科，而是及时跟踪关注当前科技发展和人类进步所面临的重大科学问题，关注大学科发展态势，探究交叉学科融合趋势，甚至能以科技、工程、政策等综合性视角观察、思考和研判重大战略问题。战略科学家不仅是一线参与科研的科学家，还是能带领团队攻坚克难的科学家；不仅对科研资金、科研人才、科研设备、科研成果等科技资源的配置管理具有丰富的经验，还拥有领衔“大兵团”攻关重大科技任务的卓越领导力。

随着我国进入“全面建设社会主义现代化国家、向第二个百年奋斗目标进军”的新征程，我国将面临更多样化更高层次更加前端的科技需求，这为我国战略科学家组织实现前沿科学突破和重大技术创新提供了难得的机遇。然而，我国目前战略科学家的数量仍较有限。

一方面，要成为战略科学家对个体基础素质的要求极高，能满足这一素质要求的个体凤毛麟角，可遇不可求。另一方面，战略科学家的成长需要有合适的土壤，是在实践中培养出来的。我国此前的科技创新虽然取得了突出的成就，但总体上仍以依赖发达国家先进科技的集成创新和增量创新为主，在重大原始创新、引领性突破方面的布局和成就仍较少。形成这一创新格局的部分原因是缺乏战略科学家的引领，同时这种格局也反过来影响战略科学家的培养与成长。

多渠道发现、多梯次培养战略科学家

战略科学家作为实现高水平科技自立自强的关键角色，是在解决重大科技问题的创新实践中孕育出来的，需要全方位立体式的发现和培养。

第一，加强高水平研发平台建设，让现有的部分战略科学家脱颖而出。继续大力提升研发投入强度，依托现有国家科研机构、高水平研究型大学等，建设面向前沿领域和未来科技的高水平研究团队；鼓励部分发达地区的地方政府联合高水平科研机构和研究型大学，布局前沿科技领域的高水平研发机构；鼓励民营资本根据产业需求筹建高水平科研机构等。通过建设多元高水平研发平台，试点各类科研管理体制改革，创造宽松的创新氛围，吸引全球顶尖战略科学家及其创新团队入驻。

第二，充分利用现有丰厚创新土壤，主动发现和培养战略科学家。我国近年来创新能力不断提升，《2021全球创新指数报告》显示，我国创新能力排名从2012年的第三十四位跃升到2021年的第十二位；全球领先的科技集群百强中我国占有19个，其中深港穗和北京分别位列全球第二、第三。尤为突出的是，依托发达的产业基础和广阔的市场规模，我国科技创新有着典型的需求导向优势，基于需求引领的新一代信息技术、新能源、新材料、生物科技等前沿科技创新将会在我国涌现。国家可围绕前沿科学、关键技术、重点产业，组织产学研协同攻关，在重大科学突破和技术攻关中发现与培养战略科学家。此外，还应多渠道发现和培养战略科学家。当前，潜在的战略科学家可能在国家科研机构和高水平研究型大学潜心研究；也可能蛰居于科技领军企业的前沿实验室；还可能满怀激情地在某一前沿领域进行科技创业。应持续优化战略科学家发现机制和项目团队遴选机制，深度推进“揭榜挂帅”机制，不拘一格用人才，对于被遴选的战略科学家团队，给予相应的科研条件配套和管理机制配套。

第三，加强基础教育，培养未来战略科学家。深刻把握战略科学家的特质，我们在基础教育中，除了基本科学和人文知识的传授，还应更注重个人情操、思维能力、审美能力、创新能力、组织能力等素质的培养。在北京、上海、粤港澳大湾区等中心城市或区域试点战略科学家英才计划，有针对性地培养战略科学家。在高等教育中，提升自然科学类学生的人文素养，探索战略科学家苗子的选拔和培养机制。

（作者系中国科学院科技战略咨询研究院副研究员）