

可信数据空间： 数据产业高质量发展的新动力

□ 梅 宏 黄 昱

数字经济作为继农业经济和工业经济之后的新经济形态，源于互联网、大数据和人工智能等新一代信息技术的高速发展和深度应用，当前正处于成形期，其主要特征之一是数据成为新的生产要素并衍生出数据产业新业态。在此背景下，国家数据局发布《可信数据空间发展行动计划（2024—2028年）》（以下简称《行动计划》），这是国家层面首次针对可信数据空间这一新型数据基础设施进行前瞻性的系统布局。行动计划紧紧抓住数据要素市场化配置改革这一主线，以打造数据空间中国方案——可信数据空间为关键着力点，全力加快培育全国一体化数据市场，进而为推动数据产业迈向高质量发展注入强大动力，可谓意义深远。

数据空间是网络空间新形态，推动实现数据价值最大化释放

大数据的出现，为人类认知世界带来了全新的思维视角，同时也提供了探索客观规律、改造自然与社会的全新工具和方法，例如，2024年诺贝尔化学奖获得者就是基于大数据，使用深度学习来预测蛋白质结构。理论上讲，在足够小的时间和空间尺度上对现实世界数字化，便可构建出一个蕴含现实世界运行规律的虚拟数字映像。在具备充足计算能力和高效数据分析方法的前提下，对该数字映像进行深度分析和挖掘，将有望揭示现实复杂系统的运行状态、行为乃至规律。显然，构建和运用这一虚拟数字映像是数据价值最大化释放的一种理想形态，其前提是实现互联网上各类数据的广泛互联、共享和流通，特别是一般不对外公开的私域数据。

互联网的设计初衷是为了支撑不同计算机之间的协同工作。在传统的计算机应用中，信息系统通常是按照特定的业务需求来设计的，数据则根据系统功能被紧密地组织并耦合在应用之内。在这种情况下，互联网主要扮演了一个数据传输通道的角色，使得运行在不同计算机上的计算任务能

够相互通信和传输数据。因此，在现有互联网技术体系下，数据全生命周期均由互联网上的信息应用系统所控制，数据并非互联网上可直接管理的独立资源。基于互联网的数据共享流通需要在应用之间进行协同，复杂性高、灵活性差、总成本高。为了支撑数据的高效共享流通，需要将数据与应用解耦，并拓展现有的互联网技术体系，使得数据成为互联网上可独立标识、定位、发现和访问的资源。在此基础上，为了支撑各类数据应用，需要面向具体的领域和业务场景，按照数据所对应的物理实体的结构、关系来对数据进行管理和组织，使数据实体、数据活动（包括数据的感知、传输、存储和处理等）及其相互之间的关系构成一个物理世界的数字映像或孪生，即“数据空间（Data Space）”。数据空间可视作网络空间在人机物融合发展趋势下衍生出的新形态，是围绕现实世界的人或物所构建的全量数据集。数据应用运行在特定数据空间内，以满足各类场景化需求，实现数据价值最大化释放。

可信数据空间是畅通数据资源循环的重要载体

数据产业高质量发展的核心关键在于确保数据资源循环能够顺畅无阻地运行，使得数据价值通过数据空间实现最大化释放。《行动计划》紧密围绕个人、企业、行业、城市、跨境等五大关键场景，牢牢抓住价值共创、资源交互、可信管控等数据空间三大核心能力建设，全力促进数据要素整合、高效地流通使用，加速推动数据产业高质量发展新格局的构建。

价值共创是数据资源循环运用的主旨。应构建能够支持多主体协同合作、资源整合以及场景创新的先进技术平台和科学合理的体制机制。例如，在重点行业的数据空间建设中，积极探索创新数据使用、收益分配、治理体系等共建共治共享机制，促进产业链从源头到终端的数据共享流通

利用，探索数据驱动的科研范式创新应用，推动产业链从传统的链式关系向更为复杂和高效的网状生态关系转变。

资源交互是数据资源循环运用的基础。应将不同来源的数据资源、产品和服务进行封装，形成统一的数据模型，实现数据的统一发布、高效查询以及跨主体之间的互认，提升数据共享共用的整体效能。例如，在城市数据空间建设中，充分发挥公共数据资源的引领和“点睛”作用，积极推动公共数据、企业数据、个人数据之间的深度融合应用，构建城市数据资源体系，为城市建设、运营以及治理体制改革提供强有力的数据支撑。

可信管控是畅通数据资源循环的保障。需对数据空间内的主体身份、数据资源、产品服务等进行严格的可信认证，对数据流通利用全过程实施动态监管、实时存证以及结果追溯等措施，切实保障数据空间参与各方的合法权益，维护数据市场的公平竞争秩序。例如，在跨境数据空间建设中，需要建立起高效、便利且安全的数据跨境流动机制，有效降低企业数据跨境成本和合规风险，积极促进国际化的数据有序流动与广泛合作。

可信数据空间是面向数据要素市场化配置改革的中国方案

我国在全球范围内率先将数据确立为生产要素，需要破解数据要素市场化配置改革这个世界级难题。数据空间的概念自2005年提出至今，核心目标主要聚焦私域数据跨区域互联（发布和发现数据）、互通（传输和调度数据）、互操作（访问和使用数据）。所谓的“域（domain）”从最初相对单一的数据管理系统领域，逐步延伸至业务域、管辖域、信任域、时空域等多个维度和层次。从数据要素市场化配置改革的视角看，跨越就是数据供方、需方、服务方等参与主体在业务、管理、信任等方面形成共识规则。实现这些规则的相关技术应当以基础设施的形式呈现，以便各方能够

以低成本、高效率、可信赖的方式加以运用。这种聚焦可信（trusted）、基于共识规则、联接多方主体、实现数据资源共享共用的数据空间，是过去20年形成的各种数据空间技术与系统的荟萃与融合，可称之为“可信数据空间”。

鉴往知来，回顾互联网的发展历程，“internet”（开头字母为小写）泛指采用特定技术和协议连通不同计算机网络而形成的更大的网络，而“Internet”（开头字母为大写）特指基于TCP/IP协议的全球网络基础设施。显然，当前以及过去的数据空间（data space，开头字母为小写）类似“internet”，泛指采用特定技术实现私域数据跨区域互联互通互操作的信息系统。我们相信，为了构建现实世界的虚拟数字映像，各种数据空间技术和系统将在数据产业长期的高质量发展中竞争与融合，最终有望形成，也应该形成私域数据全域可信流通利用的全球一体化的数据空间（Data Space，开头字母为大写）。《行动计划》提出到2028年建成100个以上可信数据空间，形成一批数据空间解决方案和最佳实践，基本建成广泛互联、资源集聚、生态繁荣、价值共创、治理有序的可信数据空间网络，可为面向数据要素市场化配置改革，探索形成全球一体化数据空间的“中国方案”。

习近平总书记深刻指出，构建新发展格局最本质的特征是实现高水平的自立自强。数据空间作为网络空间技术体系转型的一种新形态，由“以计算机为对象”转向“以数据为对象”，蕴含着变革性重大科技问题和创新机遇。因此，需要全面加强数据空间领域科技创新的体系性部署，集合产学研用优势资源，在可信数据空间运营、技术、生态、标准、安全等体系取得突破，支撑培育全国一体化数据市场，立足全球视野谱写数据产业乃至数字经济发展新篇章。

（作者分别系中国科学院院士，北京大学教授、数据空间技术与系统全国重点实验室主任）



在科技创新与能源转型的浪潮中，我国能源装备领域迎来了又一振奋人心的消息——我国自主研制的300兆瓦级F级重型燃气轮机在上海临港首次点火成功，这是继今年2月首台样机总装下线以来取得的又一重要里程碑成果，标志着我国重型燃气轮机自主研制全面进入整机试验验证阶段。这一成就，不仅彰显了我

国能源科技的实力，也引出了一个值得深入探讨的问题：为何重型燃气轮机在全球能源体系及国家发展战略中占据着如此举足轻重的地位？燃气轮机是航空、舰船和能源领域的核心动力装备，按照结构设计特点可以分为重型燃气轮机、航空发动机和轻型燃气轮机（或航改燃机）。燃气轮机设计、制造难度极大，具有技术密集度高、产业带动面广、军民结合属性强等特点，是一个国家工业水平的集中体现，也是关乎国家安全和国民经济发展的“国之重器”，因此被誉为装备制造业“皇冠上的明珠”。

重型燃气轮机的功率是传统发动机的数百倍，可用于天然气发电、电网调峰或减载，并作为中型航空母舰和驱逐舰的动力源。就工作原理而言，重型燃气轮机是一种高速旋转的叶轮机，通过压缩、加热、膨胀、放热4个热力过程将燃料的化学能以及流体动能转换为动力。在这一转换过程中，燃气初温、压气机压比是影响燃气轮机效率的主要因素。20世纪50年代，发电工业引入了燃气轮机。目前，燃气轮机联合循环发电已经达到全球发电总量的1/5（欧美国家已超过1/3）。随着世界范围内天然气资源的开发利用，重型燃气轮机在发电领域得到全面应用，其优异的调峰能力使其在未来以新能源为主体的新型电力系统中发挥越来越重要的作用。我国电力行业对重型燃气轮机产品需求迫切，在最为重要的清洁发电方向，2021年气电总装机容量约为1.086亿千瓦（占电源总装机容量的4.6%），2025年前预计新增气电装机容量3200万千瓦。在碳达峰碳中和战略目标提出后，能源消费清洁低碳化进程将进一步加快，电力也将占据能源体系的主导地位，相关发展任务艰巨。

长期以来，国际上形成了行业巨头高度垄断的重型燃气轮机技术与行业发展格局，这主要是受核心技术门槛高、产业规模化发展、市场竞争等历史性因素的影响造成的。国际主流重型燃机厂商主要包括美国通用电气、德国西门子和日本三菱重工。另外，意大利安萨尔多在2016年收购了法国阿尔斯通

的燃机资产，也成为全球较大的燃机制造商之一。我国在重型燃气轮机制造领域起步较晚，技术积累薄弱，过去长期依赖国外企业来满足设备需求并进行产品维护。追溯历史，我国从20世纪50年代末开始发展燃气轮机技术。通过仿制和研制，到20世纪70年代初，国内厂家研制出了若干车用和发电用燃气轮机，为我国燃气轮机工业奠定了初步基础。然而，自20世纪80年代至20世纪末，受限于国内油气供应短缺，燃气、燃油发电行业进入低潮期，延缓了我国燃气轮机技术的进步，导致与国际先进水平之间的差距被迅速拉大。

自2002年7月起，国家发展改革委组织了多次F级和E级燃气轮机的“打掘招标”，旨在通过市场换技术等方式，推动上海电气、东方电气和哈尔滨电气（即三大电气集团）与国外燃气轮机企业合作，引进重型燃气轮机制造技术。尽管有这些合作，燃气轮机的设计技术、核心部件（燃烧器部件、高温透平叶片部件）的制造和维修技术、试验技术等，仍掌握在外方手中，未实现技术转让。因此，目前在役的重型燃气轮机仍以国外产品为主，存在供应链中断或停运的风险，威胁电力供应稳定和国家能源安全。在此背景下，自主研发重型燃气轮机成为抵御外部环境风险的关键。面对外部技术封锁和内部资源约束，企业必须从零开始，加速自主研发进程，以确保国家在技术装备上的自主性和创新能力，推动产业链转型升级。

在科技强国战略的引领下，我国重型燃气轮机行业已迈入自主研制、创新发展和战略转型的关键阶段。燃气轮机制造企业聚焦重型燃气轮机，攻克多项关键技术，贯通设计制造全流程，取得了一系列重大突破。2022年11月，东方电气自主研发的F级50兆瓦重型燃气轮机正式发运，标志着中国自主燃气轮机产业开启了高质量发展新篇章。随后，2023年6月，中国航发研制的“太行110”重型燃气轮机（AGT-110）在深圳通过验证。2024年2月，我国首台自主研制的

自主研制重型燃气轮机为什么重要

300兆瓦级F级重型燃气轮机样机成功下线，其技术指标与国际主流相当，由国家电投集团联合三大电气集团组建的中国联合重型燃气轮机技术有限公司（中国重燃）负责实施，上海电气集团总装制造，并有来自19个省市的200余家单位参与。今年7月，东方电气自主研制的15兆瓦重型燃气轮机（G15）在四川德阳下线。

当前，重型燃气轮机的技术发展正聚焦于多个关键领域，包括先进材料与智能制造、灵活燃料低污染燃烧、高效气动与先进冷却技术、系统智能测控与运维，以及新型高效发电系统等。这些领域的进步不仅推动了燃气轮机性能的提升，也为其未来发展奠定了坚实基础。展望未来，重型燃气轮机正朝着极限效率、经济可靠、超长寿命的方向发展。由于燃气初温和压气机的压比是决定燃气轮机效率的关键因素。为实现这一目标，需要不断提升燃气初温、部件效率，并增强结构可靠性。因此，燃烧技术、结构材料与涂层、增材制造、热管理、高保真综合仿真与验证试验、先进热力循环、系统集成与优化、基于状态的运行与维护、数字孪生技术及相应基础设施等领域，将成为未来的研究重点。同时，随着碳达峰碳中和战略目标的提出，净零排放和灵活燃料燃气轮机的发展日益加快。这要求燃气轮机不仅要具备更强的掺氢、纯氢燃料适应性，还需具备更宽的负荷调节能力和更低的污染物排放性能。因此，燃料系统、燃烧室等关键部件的材料及制造工艺、新型燃烧室设计等成为亟待解决的关键技术问

题。重型燃气轮机之所以如此重要，不仅因为其作为能源转换与供应的核心设备，在全球能源体系中扮演着关键角色，更在于其技术的发展与突破对于国家整体科技实力、能源安全、绿色转型以及国防能力的提升具有深远影响。党的二十届三中全会明确提出要完善推动新能源、新材料、高端装备等战略性新兴产业发展政策和治理体系。重型燃气轮机正是这一战略方向上的重要一环。因此，我国自主研制重型燃气轮机不仅是一项重大的科技任务，更是实现高质量发展、保障能源安全、促进绿色转型以及提升国防安全水平的必由之路。

（作者系北京科技大学材料科学与工程学院教授）



坚持培育创新文化

□ 万劲波

创新是一个国家、一个民族发展进步的不竭动力。文化和创新相结合，成为国家和民族永葆生命力的重要保证。习近平总书记在全国科技大会、国家科学技术奖励大会、两院院士大会上用“八个坚持”系统总结了新时代科技事业发展的宝贵经验。其中第七个坚持是“坚持培育创新文化，传承中华优秀传统文化的创新基因，营造鼓励探索、宽容失败的良好环境，使崇尚科学、追求创新在全社会蔚然成风”。这一论述深刻指出了创新文化对于国家发展和科技进步的基石作用，对于当前及未来我国科技事业发展具有重要的现实指导意义。

创新文化是指在社会文化体系中，推崇创新思维、创新行为和创新成果的文化。它不仅包括对科学知识的尊重和对创新成果的奖励，还包括对创新过程中可能遇到的失败的宽容态度。创新文化不仅是科技进步的核心动力，更是社会发展的关键要素。通过滋养和熏陶，创新文化能够激发全社会的创新活力，培养大批创新人才，促进创新成果的形成，进而推动国家整体科技水平和综合国力的提升。

传承中华优秀传统文化的创新基因。中华文化，源远流长，博大精深，其中蕴含着丰富的创新基因和创新精神。从古代的农、医、天、算以及四大发明到现代的科技成就，无不彰显着中华民族的创新精神。在新的历史起点上，建设科技强国，必须深

入挖掘传统文化中的创新元素，传承和弘扬中华优秀传统文化的创新基因。首先，深入挖掘传统文化中的创新基因。自强不息、革故鼎新、敢为天下先等思想，是中华民族创新精神的重要体现。这些思想激励着人们不断追求进步，勇于突破传统束缚，敢于探索未知领域。其次，传承老一辈科学家的光荣传统。老一辈科学家以身许国、心系人民，他们的精神品质是激励后人不断前行的宝贵财富。通过传承和弘扬这些精神品质，可以激发新一代科技工作者的创新热情 and 责任感。最后，坚持培育新时代创新文化。新时代创新文化应赋予创新文化新的时代内涵，且通过加强创新文化的宣传和教育，使创新文化成为中华民族现代文明的重要组成部分，不断增强凝聚人民精神力量，筑牢强国建设、民族复兴的文化根基，激励各类创新主体和社会公众争当新时代的创新推动者和创新实践者。此外，积极主动学习借鉴人类一切优秀文明成果，繁荣包括创新文化在内的中国特

色社会主义先进文化。通过吸收借鉴国际先进创新理念和实践经验，不断提升国家文化软实力和中华文化影响力，使之成为推动科技发展的不竭动力。

营造鼓励探索、宽容失败的良好环境。创新往往伴随着风险和失败，而宽容失败的文化氛围对于激发创新至关重要。特别是高风险、高价值的基础研究领域，创新者需要面对各种

不确定性和挑战，只有在宽容失败的环境中，他们才敢于大胆尝试，不断突破。为此，政府和社会各界应共同努力，建立完善鼓励探索、宽容失败的文化和机制。深化项目评审、人才评价、机构评估改革。通过改革评价机制，减少不必要的行政干预和形式主义，为科研人员提供更多自由探索的空间。鼓励开展高风险、高价值基础研究。通过设立专项基金、提供政策扶持等措施，鼓励科研人员勇于选难题、挑重担、敢试错。营造一种鼓励探索、允许试错的创新氛围。通过加强宣传教育、树立典型示范等方式，使全社会形成对创新失败的宽容态度，让创新者在没有后顾之忧的情况下放手工作。

崇尚科学、追求创新的社会风尚是创新文化的重要组成部分。先进生产力产生于创新友好的社会文化氛围里，成长于公众理解和支持创新的社会环境中。打造崇尚科学、追求创新的社会风尚，既需要以上两个方面发力，还需要有利于创新的制度环境、市场环境和文化环境。其一，深化教育改革是关键。教育系统是培养创新人才的重要阵地。通过改革教育模式和方法，注重培养学生的创新意识和实践能力，激发学生的创新潜能和创造力。同时，要加强科普教育，提高全社会的科学素养和创新意识。其二，媒体和社交平台应发挥积极作用。通过广泛传播科学知识和创新成果，提高公众对科学的认知度和对创

新的认同感。同时，加强对创新文化的宣传和推广，使尊重知识、尊重个性、尊重创造、崇尚创新、包容多元成为科技界共同的文化理念和价值导向，营造全社会崇尚科学、追求创新的良好氛围。其三，政府加快出台相关政策，鼓励企业和科研机构加大创新投入。通过税收优惠、资金扶持等措施，激发企业和科研机构的创新活力。加大知识产权保护力度，为创新成果提供有力保障。此外，还应推动创新成果的转化和应用，促进创新与经济社会的深度融合。其四，加强科研诚信建设是保障。通过完善科研诚信体系、加强科研伦理教育等措施，推动形成风清气正的科研生态，使谋划创新、推动创新、落实创新成为科技工作者的内在需求和自觉行动。加大对学术不端行为的惩治力度，维护科研领域的良好秩序和形象。

总之，坚持培育创新文化是科技发展的重要推动力，也是实现高质量发展的关键。加强创新文化建设能激发社会创新活力，培育大量创新人才，并营造鼓励创新、宽容失败、崇尚科学的社会氛围，为国家高水平科技自立自强提供坚实的文化支撑。

（作者系中国科学院科技战略咨询研究院研究员）

