



专题：新型网络技术

论算力时代的三定律

李正茂，王桂荣

(中国电信集团有限公司，北京 100033)

摘要：从日益增长的算力需求角度出发，指出了建设泛在多样、绿色安全、智能敏捷的算力设施是企业、区域乃至国家的必然选择。以算力为核心的数字信息基础设施直接影响着数字经济的发展速度和社会智能的发展高度。在政策和需求的双重驱动下，将“算力三定律”作为底层运行法则的算力时代正在加速到来，算力与电力、热力一样会成为新型生产力，推动数字经济高质量发展，推动社会、生活、科研发生前所未有的巨变。

关键词：算力时代；数字信息基础设施；数字经济；算力三定律；云网融合

中图分类号：TP393

文献标志码：A

doi: 10.11959/j.issn.1000-0801.2022141

Laws of computing power in the computing power era

LI Zhengmao, WANG Guirong

China Telecom Group Co., Ltd., Beijing 100033, China

Abstract: From the perspective of the growing demand for computing power, it was pointed out that the construction of ubiquitous, green, trusty, intelligent and agile computing power facilities was an inevitable choice for enterprises, regions and countries. The digital information infrastructure with the core of computing power will directly affect the development speed of the digital economy and the development height of social intelligence. Driven by both policy and demand, the arrival of era with “the laws of computing power” as the underlying operating rules is the general trend. Computing power will promote the high-quality development of the digital economy, by replacing electricity and heat as a new type of productivity, and promote unprecedented changes in society, life and scientific research.

Key words: computing power era, digital information infrastructure, digital economy, laws of computing power, cloud network convergence

0 引言

近年来，网络游戏、自媒体、短视频等应用的崛起，加快了数据流量的增长，而 5G 时代的到来，使得互联网从过去人与人的连接进化为万物互联，不仅连接的数量多，单节点产生的数据也

多，全社会的数据规模迎来新一轮爆发性增长，算力的需求和价值将极大提升。据统计，1992 年全人类每天只产生 100 GB 数据，时至今日全球 70 亿人，平均每人每天产生的数据高达 1.5 GB，仅一辆自动驾驶汽车，一天能产生 64 TB 数据^[1]。

在数据总量攀升和算力需求愈加迫切的背景



下,算力逐渐演变成各国进行科技角逐的战略焦点。2020年美国发布《引领未来先进计算生态系统战略计划》,希望构建一个面向未来的先进计算生态系统;2021年3月欧洲联盟提出《2030年数字指南针》,计划通过部署1万个边缘计算节点,为企业提供云计算、大数据和人工智能服务;2019年日本启动新一代国产超级计算机计划,投入大量资源提升超级计算机的整体实力。

在顶层设计的牵引下,众多科技巨头纷纷加大对算力领域研发建设的投入。亚马逊、谷歌、微软等跨国企业着力投资超大规模数据中心,其中亚马逊除了在全球范围加速建设超大规模数据中心外,还推出多款面向数据中心的自研芯片,包括服务器处理器、交换机、人工智能芯片等。阿里云于2015年开始着手自建超级数据中心,未来还将陆续规划10座以上超大规模数据中心。与此同时,电信企业在算力领域以云网融合为发力点,密集布局云计算和边缘计算。

学术界和产业界形成一股算力研究的热潮。例如,基于计算能力、计算效率、应用水平和基础设施支持4个维度,国际数据公司(International Data Corporation, IDC)提出了计算力评估模型,并得出“新兴技术应用是推动算力发展的加速器”等十大趋势洞察^[2];中国信息通信研究院(以下简称“信通院”)通过研究我国算力发展现状,结合算力发展特点和重点影响因素,建立了算力发展指数^[3];很多知名院士、顶尖学者对算力的概念和发展关键点提出了一系列非常有见地的思考。在标准化层面,国际电信联盟(International Telecommunications Union, ITU)通过Y.2501算力网络框架与架构标准的发布,鼓励算力网络化技术的标准发展^[4]。在我国,中国通信标准化协会(China Communications Standards Association, CCSA)同步启动了算力网络系列的标准编制工作。除此之外,算力绿色化、算力可信化、算力智能化的相关研究在同步开展,并取得了一定的理

论和实践成果^[5]。本文在分析算力发展特点的基础上提出了算力三大定律,即时代定律、增长定律、经济定律,揭示了算力时代背景算力的运行规则,对算力产业未来发展趋势进行了预测,并阐述了算力和经济的内在联系。

1 算力的特点

在政府、产业、学术三方形成合作之势推进算力布局建设的过程中,数字化转型的需求被逐步挖掘和释放。算力无论在应用的广度还是深度都大大提高,未来,算力的发展将呈现以下3个显著的特点。

- 算力多样性态势日益凸显。当前,高性能计算机在海洋学、核能研究、气象预测、药物研发等领域都有着巨大应用潜力,逐渐成为算力设施的重要组成部分。同时,元数据、感知数据、训练数据等多样化数据类型成为智能社会的重要组成部分。算力从传统的CPU,迈入以图像处理单元(graphics processing unit, GPU)、神经网络处理单元(neural network processing unit, NPU)、深度学习处理单元(deep learning processing unit, DPU)、张量处理单元(tensor processing unit, TPU)等为主导的智能异构算力时代,形成包含通用算力、智能算力、超算算力及前沿算力(如量子计算、光子计算)的多元化算力系统。
- 算力布局呈现泛在化趋势,算力资源正在从集中的部署方式向多级化的方向发展,尤其以边缘计算、端计算为代表的算力形态的出现,与规模化算力形成互补之势,构建新型的算力基础设施。同时,为顺应降本增效的生产需求,全社会算力资源集约化发展正在成为主流,算力网络技术可以将不同归属、不同地域、不同架构的算力整合,打破“数据孤岛”,形成有机运转的算力生态体系。

- “智能敏捷、绿色安全”将作为算力发展新要求，即算力智能化、算力绿色化、算力可信化成为未来发展方向。当今数字世界和物理世界的边界正变得越来越模糊，智能化不仅是对无人驾驶、工业互联网等上层应用的要求，同时也是对底层软/硬件基础设施的要求，智能敏捷将是智能社会算力设施的必备属性；当下，数字经济和绿色安全相伴相生，人们在实践绿色低碳目标时，也要兼顾诸如数据安全、网络安全、信息安全等。

可以预见，在算力多样化、网络化、智能化、绿色化、安全化等发展趋势下，算力基础设施将进一步演变成为高速泛在、天地一体、云网融合、智能敏捷、绿色低碳、安全可控的智能化综合性数字信息基础设施。

2 算力三定律

算力作为数字时代核心资源的作用越来越突出，以算力为核心的数字信息基础设施直接影响着数字经济的发展速度和社会智能的发展高度。加快算力建设成为当前我国实现自立自强的内在要求。在当前的背景下，算力正在并且将长期遵循以下 3 个趋势，称为“算力三定律”。

(1) 算力第一定律（时代定律）：算力就是生产力

马克思在《资本论》第一卷中说过：“各种经济时代的区别，不在于生产什么，而在于怎样生产，用什么劳动资料生产。”从古至今，人类生产力的发展经过了 4 个阶段，即人力时代、畜力时代、动力时代和算力时代。在人力时代，人们主要依靠自身体力劳动和石器辅助性的工具从事生产活动，生产力的提升主要依靠扩大劳动人口规模和劳动工具的改良升级。石器时代的演变过程极为漫长，生产力整体处于相对稳定的状态，社会发展前进的速度相对缓慢。进入畜力时

代，人们开始通过驯化动物获取更丰富的生产力。畜力时代的生产资料如土地、原料等，与人力时代相比没有发生本质变革，所以劳动工具的变化并没有在生产力方面引发质的跃迁。在动力时代，人类通过科技革命将蒸汽和电力等各类能源转化为动力驱动机器，以机器代替人力实现了规模化生产，生产力得到重大突破。在算力时代，即 20 世纪下半叶开始的信息社会，生产力主要体现为对数据等新生产资料的高效处理能力。电子计算机的出现为全球自动化、信息化和网络化发展提供了基础条件，加速了人类对新生产资料的挖掘能力，拓展了人类认识和探索未知领域的的能力。

算力时代的生产资料从以石油、钢铁为核心逐渐转变为以数据为核心，并演变到分子、原子等微观领域。当下，算力不再是电子计算机时代信息技术领域的专有服务，而是渗透到各行各业生产全过程，算力参与度和所占比重越来越高。算力不仅可以助力企业降低运营成本，而且能提供智能决策支持。算力真正实现了对人力和脑力的替代，成为人类能力的延伸和推动社会进步的变革性力量。可以用全民算力拥有量和人均算力观察国家的繁荣程度、先进程度。正如美国学者尼古拉·尼葛洛庞帝在《数字化生存》一书中所言“计算，不再只是与计算机有关，它还决定了我们的生存”^[6]。总之，算力就是生产力，被称为算力第一定律，“算力时代”真正到来。

(2) 算力第二定律（增长定律）：算力每 12 个月增长一倍

随着 5G 的商用规模部署与人工智能、物联网、大数据、VR/AR 等关键信息技术的发展，未来社会将逐步走向智能化，持续带动全球数据总量攀升与联网设备数量的爆发式增长。据 IDC 预测^[7]，全球数据量在 2024 年将达到 142.6 ZB，到 2025 年全球联网设备总量将达到 559 亿。在数据量井喷的趋势下，世界各国产业端正以云和 AI 为战略重点，持续加大对算力领域包括超大规模



数据中心、边缘计算节点等的建设布局。结合算力需求增长趋势与算力基础设施建设情况,国内外各家机构对未来算力布局规模做出了预测研判。

据信通院估计,未来5年全球算力规模速度将超过50%,到2025年各类算力整体规模将达到3 300 EFLOPS(每秒百亿亿次浮点计算),其中智能算力增速将远超总算力,在算力增长中发挥核心拉动作用^[3]。华为公司预测到2030年,全球通用算力将增长10倍,达到3.3 ZFLOPS,人工智能算力将超过100 ZFLOPS,较2020年增长500倍^[8]。罗兰贝格认为2018—2035年为算力发展的早期阶段,主要国家或地区的人均算力由2018年的不到500 GFLOPS增长到2035年10 000 GFLOPS,涨幅近20倍;2035—2045年为发展阶段,主要国家人均算力增长至29 000 GFLOPS;2045年后进入成熟阶段,量子计算成为算力增长的主要引擎,量子计算的大规模商用将会进一步加速算力发展^[9]。赛迪研究院对国内算力发展情况进行了分析,预测到2025年,我国通用算力将达到300 EFLOPS, AI算力将超过1 800 EFLOPS^[10]。

算力的增长,包括数据中心建设规模的增加、处理器性能的提升,还有网络传输方面的技术进步,以及软/硬件方面协同能力的提升。笔者基于未来数字产业化转型、算力云-边-端协同发展、AI技术大规模应用等发展趋势,结合全球各国算力发展水平、全球算力规模分布情况以及相关机构对算力发展的预测,提出了算力第二定律,即算力增长定律:算力每12个月增长一倍。

(3) 算力第三定律(经济定律):算力每投入1元,带动3~4元GDP经济增长

算力的渗透为各行各业带来了显著的成效和经济价值,日益成为推动数字经济、国民经济高质量发展的关键动力。有研究表明,算力指数平均每提高1个点,数字经济和GDP将分别增长3.3%和1.8%;算力指数越高,算力的提升对经济增长推动的倍增效应就越突出^[2]。另外,全球各

国算力规模与经济发展水平呈现显著的正相关关系,算力规模越大,经济发展水平越高。

研究表明,算力对产业能级的带动作用日益增强。例如某智能制造企业在生产系统中自建20台服务器,为100台智能机器人提供模型训练服务,通过5G专网和云边算力协同改造后,不仅提高了生产效率,还为企业节约了大量资产购置和设备运营的费用。不仅如此,算力也在其他领域助力生产效率的提升。例如,在生物医药领域,算力提升使得基因测序时长从13年缩短到1天,新药研发鉴定周期从5 000天缩短到100天;在天气预报领域,算力的发展把天气预报准确率从过去的21.8%提高到现在的90%以上;在工业生产领域,把整个生产流程在数字世界中重建,通过仿真模拟进行优化使得生产效率提高30%^[11]。算力已成为当下提升数字经济活力和推动企业转型的关键指标。

3 算力产业化

当前,产学研各界都在积极推动算力的布局。国内外相关标准组织和产业联盟都在推进算网融合技术研究和标准化进程,并取得了丰厚的成果;云服务商结合已有计算资源优势,基于分布式云策略,将云计算服务逐步向网络边缘侧进行分布式部署;国内三大电信运营商和设备厂商也在积极推进算力网络的应用落地,建设算力生态圈,其中中国电信以算力网络作为重要技术方向,加快推动云网融合的纵深发展。

作为建设网络强国和数字中国、维护网信安全的国家队主力军,中国电信早在2016年提出云网融合的发展方向,推动企业从连接提供商向云服务商转型。2019年,中国电信率先提出“算力网络”概念,完成了第一个国际电信联盟的算力网络架构标准,并积极付诸实践,基于无处不在的网络连接,将多级算力资源进行整合,实现云、边、网高效协同,提高算力资源利用效率,实现用户体验的一致性、服务的灵活性。当前,中国电信正积极推进国

家云建设,按照国家一体化大数据中心枢纽节点的建设要求,进一步完善“2+4+31+X+O”的云和大数据中心布局,建设梯次分布、云边协同、多种技术融合、绿色集约的新型信息基础设施。在蒙贵两个全国性云基地打造融合资源池;在京津冀等4个大区建成大规模公有云;在31省(首府)省会(区市)和重点城市建设属地化专属云;在X节点打造差异化边缘云;布局“一带一路”沿线国家,将算力体系延展至海外。此外,通过快速推进新一代云网运营系统建设,横向拉通云、网、边、端,纵向贯通资源到客户,提供智能敏捷的综合信息服务。

在国家密集布局、产业链逐步成熟、ICT 不断应用等因素的联合推动下,云和网从独立发展走向深度融合,为信息基础设施的技术架构、业务形态和运营模式带来了深刻变革,以“云网融合”为代表的“连接”+“算力”融合将成为未来信息网络技术发展的新领域和新锚点。

4 结束语

本文提出了算力三定律,即时代定律、增长定律、经济定律,算力三定律揭示了算力时代背景下算力的运行规则,对算力产业未来发展趋势进行了预测,并阐述了算力和经济的内在联系。在时代定律中,本文指出算力不仅可以提高企业生产的效率,而且还能提供智能决策支持,真正实现对人力和脑力的替代;在增长定律中,本文从人工智能、物联网、VR/AR 等热门应用对算力的正向推动作用出发,结合主流机构对算力发展水平的预测,提出了算力每12个月增长的预测;在经济定律中,通过生物医药、天气预测、工业互联网的实践,量化探讨算力对企业的经济效益贡献。强大的算力是数字经济的核心,越来越多的数据处理任务对算力提出更高的要求,产业各方正在不同的赛道推进算力规模化布局,伴随研究和实践的深入,算力将像水电一样,成为一种随取随用的社会服务资源。

参考文献:

- [1] 莫干山研究院. 赋能数字经济, 拥抱算力时代[R]. 2021. Moganshan Research Institute. Empowering the digital economy, and embracing the era of computing power[R]. 2021.
- [2] IDC. 2020 全球计算力指数评估报告[R]. 2020. IDC. 2020 global computing index[R]. 2020.
- [3] 中国信息通信研究院. 中国算力指数发展白皮书[R]. 2021. CAICT. White paper on China's computing index[R]. 2021.
- [4] ITU-T. Y.2501 computing power network-framework and architecture[S]. 2021.
- [5] 李正茂, 雷波, 孙震强, 等. 云网融合: 算力时代的数字信息基础设施[M]. 北京: 中信出版社, 2022. LI Z M, LEI B, SUN Z Q, et al. Cloud network convergence: computing era's digital information infrastructure[M]. Beijing: CITIC Press Group, 2022.
- [6] NICHOLAS N. 数字化生存[M]. 胡泳, 范海燕, 译. 北京: 电子工业出版社, 2017. NICHOLAS N. Being digital[M]. Translated by HU Y, FAN H Y. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2017.
- [7] IDC. 未来算力推动企业迈向数字化 2.0[R]. 2021. IDC. Future computing power drives enterprises towards digitalization[R]. 2021.
- [8] 华为公司. 计算 2030[R]. 2021. HUAWEI. 2030 computing[R]. 2021.
- [9] HUAWEI. Ubiquitous computing power the cornerstone of an intelligent society[R]. 2020.
- [10] 赛迪研究院. 先进计算产业发展白皮书[R]. 2021. CCID. White paper on advanced computing industry development[R]. 2021.
- [11] 中国如何赢得新一轮超算竞赛? 关键在向数据密集型超算转变[EB]. 2021. How does China win a new round of supercomputing competition? The key is to shift to data intensive supercomputing[EB]. 2021.

[作者简介]



李正茂 (1962—), 男, 博士, 中国电信集团有限公司董事、总经理, 历任中国联合网络通信有限公司副总经理、中国移动通信集团有限公司副总经理等职务。2017 年 12 月荣膺 IEEE 杰出行业领袖奖, 2021 年 6 月入选“全球 IPv6 互联网名人堂”, 在业界率先提出“算力时代”的论断。



王桂荣 (1976—), 男, 中国电信集团有限公司科技创新部总经理、高级工程师, 中国通信标准化协会理事, 中国电信科学技术委员会副主任, 长期从事网络运营系统与业务系统研发工作。