



算网融合技术与产业白皮书

(2022 年)

算网融合产业及标准推进委员会

2022年12月

版权声明

本白皮书版权属于算网融合产业及标准推进委员会，并受法律保护。转载、摘编或利用其它方式使用本白皮书文字或者观点的，应注明“来源：算网融合产业及标准推进委员会”。违反上述声明者，编者将追究其相关法律责任。



参与编写单位

(排名不分先后)

中国信息通信研究院、山东省计算中心（国家超级计算济南中心）、浙江省新型互联网交换中心有限责任公司、中盈优创资讯科技有限公司、杭州安恒信息技术股份有限公司、中国联合网络通信有限公司研究院、浪潮通信技术有限公司、奇安信科技集团股份有限公司、广东省云桥通网络科技有限公司、浪潮通信信息系统有限公司、迈普通信技术股份有限公司、联智科技（北京）有限公司、上海缔安科技股份有限公司、中国科学院计算机网络信息中心、安徽省大数据中心、中国电信股份有限公司研究院、中国科学院声学研究所

主要撰稿人

(排名不分先后)

穆域博、韩淑君、张寒月、柴瑶琳、毕立波、宋平、张玮、谭立状、刘国正、张士聪、顾晨辉、程鸿柳、简建勋、宋刚、卢云扬、曾剑峰、田丽丹、李剑锋、曹畅、张岩、王施霁、尤佳莉、王紫程、高娴、尹梦君、王茜、赵福辰、王黎、初宇飞、李泉、许春涛、林茂、陈丽莎、方晖、付鸿雁、陈炬、田昊、刘玉、李俊、申罕骥、吴海博、刘扬、王巍、李华楠、李鑫

前 言

随着国家数字化转型的深入推进，大数据、区块链、高性能计算、边缘计算、人工智能等信息技术快速发展，智能制造、智慧金融、车联网、卫星互联网等“高算力、大连接、强安全”的应用场景不断涌现，带来持续攀升的算力和网络需求。算网融合聚焦“计算”+“网络”协同发展，整合异构计算、网络、存储等多种资源进行统一调度和智能编排，构建融合、智能、安全的新型服务模式，对于产业来说意义重大。算网融合不仅能够驱动新一轮的内生性经济增长，为宏观经济形势注入投资新动能，还可以助力关键技术实现突破，培育产业发展链条，赋能地方经济实现全面转型。

本白皮书分析算网融合市场规模构成及发展趋势，结合产业发展现状，构建算网融合“2+1”新架构。本白皮书首次提出“计算网络化”、“网络计算化”、“算网安全化”三大技术发展趋势，提炼了各趋势的年度技术特征，围绕算网基础设施的发展现状，归纳了典型的算网应用场景，最后，总结了2023年度算网融合发展机遇和挑战，明确了生态建设任务。

白皮书仍然存在诸多不足，恳请各界批评指正。

目 录

一、 算网融合“2+1”新趋势	1
(一) 算网融合市场规模	1
(二) 算网融合“2+1”新架构	6
二、 三大趋势的年度发展态势	9
(一) 网络计算化智能连接万物	9
(二) 计算网络化智联异构算力	10
(三) 算网安全提升服务可靠性	11
三、 算网基础设施部署助力新场景	14
(一) 算网基础设施是算网融合发展重要底座	14
(二) 政策布局加快推进算网基础设施建设	16
(三) 算网基础设施典型场景	18
四、 2023 年度展望：机遇与挑战并存	22
(一) 算网融合发展挑战	22
(二) 算网融合发展建议	23

图 目 录

图 1 2021 年我国算网融合产业市场规模	2
图 2 2021 年和 2025 年我国 IT 行业市场规模及增速	3
图 3 2021 年和 2025 年我国 CT 行业市场规模及增速	4
图 4 2017-2022 年上半年我国算力网络行业市场规模	5
图 5 2021 年和 2025 年我国 SecT 行业市场规模及增速	5
图 6 算网融合“2+1”新架构	7
图 7 算网基础设施架构图	15

一、算网融合“2+1”新趋势

（一）算网融合市场规模

1. 市场构成

数字时代下，算网融合以“计算”+“网络”深度融合为发展目标，面向新型智能应用“高算力、大连接、强安全”的需求，成功牵引了信息（IT）、电信（CT）、安全（SecT）三大行业的技术融合创新及基础设施智能升级。算网融合作为ICSecT领域技术创新的重要趋势，已经成为驱动我国数字经济高质量发展的重要引擎。

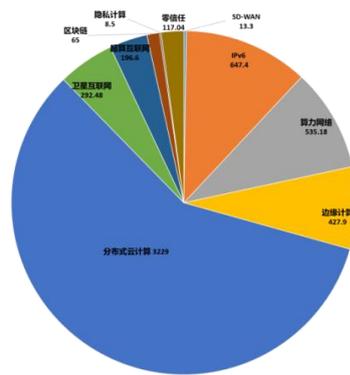
目前，算网融合领域已经形成了以国家政策为指引，以行业创新为支撑，以技术研发和标准研制为抓手，以产业布局为依托的良好生态，初步构筑了多方协同，优势互补的良好态势，形成了快速增长的市场发展趋势。

算网融合的技术内涵涉及IT、CT及SecT三个行业的多个方面，产业链条繁杂交错，因此，本白皮书将主要参照《算网融合技术与产业白皮书（2021年）》列举的关键技术能力，按照三大行业的维度分别统计各自的市场规模，纳入算网融合总体市场的规模评估。

IT行业细分子领域以提供高效算力服务为目标，主要包括边缘计算、分布式云计算、超算互联网、卫星互联网等内容。CT行业细分子领域以提供弹性可靠的网络连接为目标，主要包括SD-WAN、

IPv6/IPv6+、确定性网络、5G MEC、算力网络等内容。SecT行业细分子领域以提供安全可信服务为目标，主要包括零信任、隐私计算、区块链等内容。

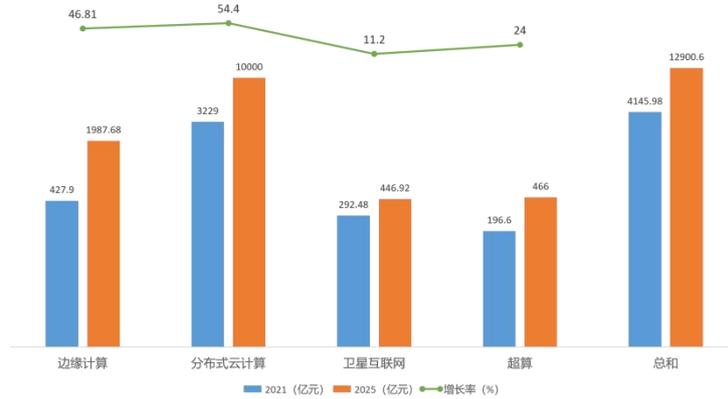
2.规模分析



来源：中国信息通信研究院

图 1 2021 年我国算网融合产业市场规模

算网融合产业规模持续快速增长。根据中国信通院统计，2021 年我国算网融合产业市场总规模达 5532.4 亿元。IT 行业持续高歌猛进，市场规模达到 4145.98 亿元，占总体规模的比例约为四分之三，其中分布式云计算市场规模份额占比最高，总值为 3229 亿元；CT 行业市场突破千亿大关，2021 年市场规模增至 1195.88 亿元，其中算力网络保持 CT 行业各细分市场中最高占比，市场规模达到 535.18 亿元；SecT 行业保持稳定增长的态势，2021 年市场规模达 190.54 亿元，零信任有望成为未来几年我国安全市场增长的主要动力，市场规模达到 117.04 亿元。



来源：中国信息通信研究院

图 2 2021 年和 2025 年我国 IT 行业市场规模及增速

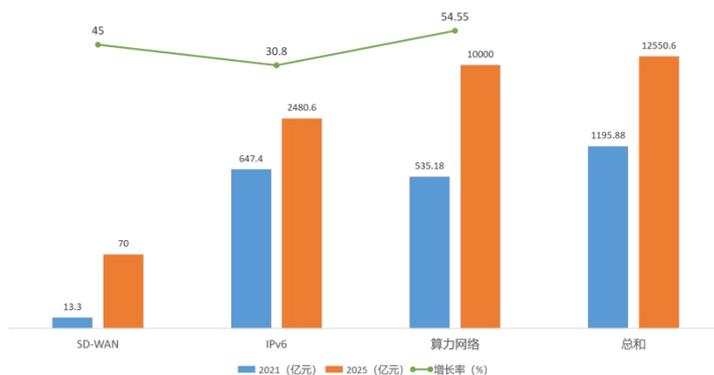
IT 行业的边缘计算领域保持高速增长态势，根据亿欧智库统计，2021 年我国边缘计算市场总规模为 427.9 亿元，预计 2025 年将会达到 1987.68 亿元，年复合增速将为 46.81%¹。分布式云计算领域，我国云计算市场前景广阔。2021 年我国云计算市场规模增至 3229 亿元，同比增长率达到 54.4%²，预计到 2025 年有望突破万亿大关。超算领域进入成熟期，在国家政策的支撑和引导下，我国超算发展已达到世界先进水平。2021 年我国超算服务市场规模增至 196.6 亿元，预计 2025 年超算服务市场规模将达到 466 亿元，复合增速有望达到 24%³。卫星互联网领域还处于发展初级阶段，据统计，2021 年我国在轨卫星 499 个，在所有在轨卫星中占比 10.28%，在轨有效卫星拥有国位居全球第二。2021 年我国卫星互联网领域市场规模为 292.48 亿元，预计到 2025 年将达到 446.92 亿元，2021 至 2025 年

¹ 数据来源：《2022 中国边缘计算产业研究报告》，亿欧智库

² 数据来源：《中国互联网发展报告 2022》，中国互联网协会副理事长兼副秘书长何桂立，2022 年 11 月

³ 数据来源：《中国超级计算市场运营现状调研与发展战略预测报告（2022-2029 年）》

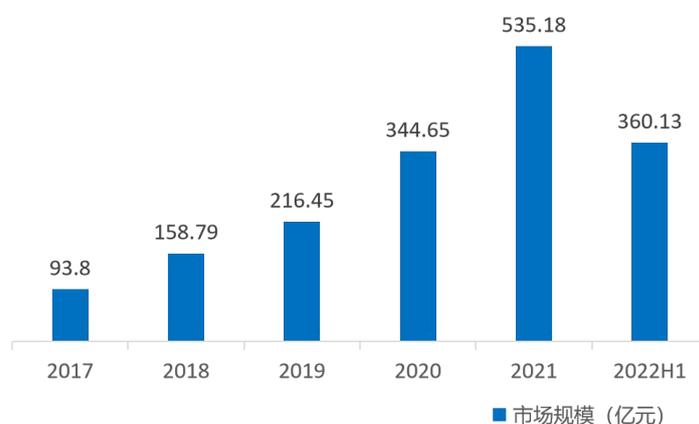
复合增长率达到 11.2%⁴。



来源：中国信息通信研究院

图 3 2021 年和 2025 年我国 CT 行业市场规模及增速

CT 行业以 SD-WAN、IPv6/IPv6+、算力网络等为代表的网络技术日益成熟。算力网络发展势头强劲，数据显示，2021 年全球算力网络市场规模为 231.68 亿美元，2017 至 2021 年复合增长率为 38.55%。截至 2022 年上半年，我国算力网络市场总规模已增至 360.13 亿元⁵。



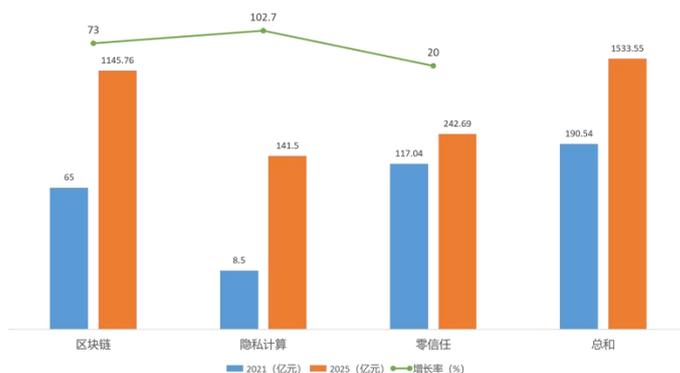
来源：中国信息通信研究院

⁴ 数据来源：《中国卫星互联网行业现状深度分析与发展前景研究报告（2022-2029 年）》，观研天下

⁵ 数据来源：《中国算力网络市场运营现状调研与投资战略预测报告（2023-2030 年）》，观研报告网

图 4 2017-2022年上半年我国算力网络行业市场规模

SD-WAN 发展步伐加快，IDC 数据显示，2021 年我国 SD-WAN 市场规模达到 1.9 亿美元，增速约为 90%，2022 上半年我国 SD-WAN 市场规模达到 1.2 亿美元，同比增长 45.8%，预计 2026 年 SD-WAN 市场规模将增至 17.2 亿美元⁶。IPv6/IPv6+加速推进，在国家政策驱动下，我国 IPv6/IPv6+规模部署和应用加速推进。截至 2022 年 12 月，我国 IPv6 活跃用户数达 7.28 亿。2020 年 IPv6+市场规模已经达到 647.4 亿元，预计到 2025 年将增至 2480.6 亿元，复合增长率达到 30.8%⁷。



来源：中国信息通信研究院

图 5 2021 年和 2025 年我国 SecT 行业市场规模及增速

受国际环境和我国政策引导，安全行业市场规模快速增长。据统计，2017 年我国安全软件市场规模为 52.3 亿元，2021 年增至

⁶ 数据来源：IDC 统计数据

⁷ 数据来源：“构建“IPv6+”产业生态，支撑数字经济发展”

<https://mp.weixin.qq.com/s/EnEhzEt1iZ3wTgBqUKFa4w>

117.2 亿元，年复合增长率达 22.4%；硬件市场规模从 2017 年的 205.1 亿元增至 2021 年的 287.4 亿元，年复合增长率为 8.8%⁸。

细分子领域中，**零信任市场加快布局**。据 IDC 预测，2024 年国内网络安全市场总体支出将为 167.2 亿美元，零信任市场占比 10%，达到百亿人民币规模，预计未来 5 年安全行业市场规模增速在 20% 左右⁹。隐私计算被 Gartner 列为 2021 年企业机构九大重要战略科技之一。根据 IDC 调研发现，2021 我国隐私计算市场规模突破 8.6 亿元¹⁰，预计 2025 年将达到 145.1 亿元，年复合增长率高达 102.7%¹¹。随着区块链政策逐步完善，我国区块链垂直行业应用持续拓展。据 IDC 预测，2021 年我国区块链产业规模为 65 亿元，2026 年可达 163.68 亿美元，年复合增速达 73%¹²。

整体来看，算网融合发展周期较长，目前正处于快速发展的阶段。在产业各方的共同努力下，我国算网融合发展取得一定先发优势。从增长空间来看，我国 SD-WAN、边缘计算、Pv6/IPv6+等技术领域前景广阔，有很大的成长空间。数字化转型的不断推进，对算网安全的要求也会不断提高，预计未来我国安全领域市场规模增量明显。

（二）算网融合“2+1”新架构

⁸ 数据来源：2022 年中国网络安全行业白皮书

⁹ 数据来源：IDC 统计数据

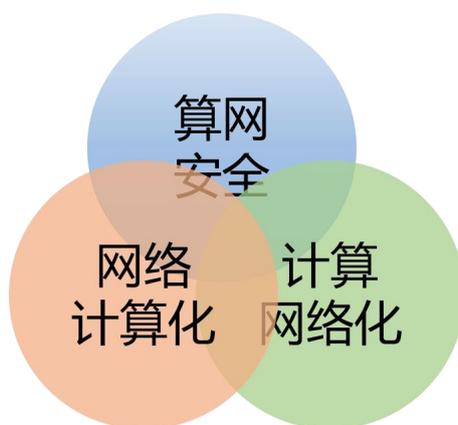
¹⁰ 数据来源：《IDC Perspective：隐私计算全景研究》，IDC

¹¹ 数据来源：《中国隐私计算行业研究报告：云程发轫，精耕致远》，艾瑞咨询

¹² 数据来源：《2021 年我国区块链年度发展白皮书》，赛迪研究院

1.从“4+6”到“2+1”

《算网融合技术与产业白皮书（2021年）》首次提出了算网融合的内涵和外延，构建算网融合“4+6”架构：从算网基础设施、算网平台、算网安全以及算网应用四个维度实现服务、智能、运维、数据、算力及网络六个方面的能力融合。以“计算”+“网络”深度融合为发展目标，算网融合“4+6”架构被视为 ICT 领域长期演进的必然结果。



来源：中国信息通信研究院

图 6 算网融合“2+1”新架构

为了实现这一发展目标，当前，IT/CT/SecT 各自形成了渐进式演进的创新发展趋势。IT 行业依托跨域算力基础设施，构建网络化的异构算力互联网；CT 行业则基于智能网络设施，不断释放网络计算能力，全面升级算网服务能力；SecT 行业全面拥抱新的安全理念，积极研发解决方案，重塑算网安全新体制。总体上看，ICSecT 已初步形成“计算网络化”、“网络计算化”以及“算网安全”的“2+1”技

术体系架构，符合当前阶段算网融合演进的特点。

2.新架构新内涵

网络计算化是 CT 技术融合发展的新趋势。网络计算化是以网络为主体，提供算网融合服务的一种新型网络形态。网络计算化通过连接存储、算力、数据等多维度资源，使用 SD-WAN、IPv6+等创新技术体系，实现网络泛在连接、数字平台智能管控、一体应用多维感知、融合服务弹性敏捷、内生安全动态信任等能力要求。

计算网络化是 IT 技术融合发展的新趋势。计算网络化以异构算力融合为目标，利用各类互联网络连接软硬件资源，构建形成算力规模更大、服务能力更强的算力系统。计算网络化本质是一种算力资源服务。以高质量互联网络为能力基础，一体化算力服务为能力核心，未来，计算网络化能够为未来政企/个人用户提供网络和云，还能够将计算任务进行按需调度。

算网安全是 SecT 技术升级的新趋势。算网安全是算网安全产业发展的基石，是网络安全融合算网应用的延伸。算网安全是一个复杂的系统工程，需兼顾算网业务的整体发展需要，聚焦多个防护对象，全面覆盖从需求规划、安全设计、安全防护、安全运营，到持续安全运行、维护包括安全监测、威胁防御、应急响应等的全生命周期，打造安全新闭环。

二、三大趋势的年度发展态势

（一）网络计算化智能连接万物

网络计算化以提供网络即服务为核心，通过融合网络节点计算能力，智能感知用户业务对底层资源的需求，提升网络服务能力。

网络计算化是指网络连接海量设备，感知异构的算力，用户业务通过网络接入后自动获取网络、计算及安全等各类资源，并且网络可根据实时感知的资源状态和用户业务 SLA 需求，自动进行智能路径计算，灵活调度业务到最优的节点上，提升用户体验。

当前，网络计算化采用 SD-WAN 融合 SRv6、随流检测、网络切片等新型网络技术，实现网络对算网业务的需求感知、智能决策和服务开放。网络计算化通过引入网络通告算力、传播算力的机制，将算力信息融入网络，成为网络可开放服务的一部分，打造业务级、细粒度的差异化网络服务能力。与此同时，网络计算化技术通过与 5G、人工智能等新技术融合，推动行业网络智能运维、自我优化发展，支撑车联网、云 XR、泛在人工智能等业务场景的通信和计算需求，使能大规模分布式计算。

未来的网络计算化将更加强调智能化、自动化和敏捷化。网络将更加智能化，能够自动感知和响应用户需求，并能够自主调整网络拓扑结构和资源分配，实现网络能力的进一步软化，将网络资源

转换为可调度的服务，释放网络作为算网底座的潜力。网络作为泛在算力的基础，拉通不同位置的计算节点，做到计算资源即插即用、计算能力状况和算力使用需求实时感知，通过网络的统一管理和协同调度，实现连接和算力在网络的优化升级。

专栏 1 网络计算化技术应用实践

民生银行基于“SD-WAN+5G”解决方案率先在深圳分行、分支行之间构建了新一代智能广域网，加速网络资源池化、5G提速、智能运维的创新发展。

华润数科基于 SD-WAN 技术打造了“NaaS 网络智能解决方案”，以华润数科自研建设的“一体化运营管控平台（RNET）”为核心，通过这个平台，客户自助下单申请线路，管控平台自动计算连接业务系统的最优接入方式及 POP 点，实现网络的自动驾驶。

中国联通某省公司以智能城域网为基础，通过部署 IPv6+ 先进能力，应用云网一体智慧运营平台，构建面向云网融合的 IPv6+ 综合承载网，满足数字时代业务需求，应对业务变化新挑战。

中国移动在 2022 中国移动全球合作伙伴大会产业链创新暨算力网络分论坛上，发布基于强大算力网络中国移动云电脑，助力企业及个人降本增效、提升数据安全等级，突破传统电脑的种种使用桎梏，达成轻松、便捷、功能多样的使用体验。

（二）计算网络化智联异构算力

计算网络化是指众多不同规模、不同类型的算力，通过网络为各个位置的用户提供各类个性化的服务，实现计算资源由“端”变“网”，形成全网覆盖的算力供给。计算网络化打破异构算力地域限制，在同一网络实现统一接入和对外开放，用户使用算力时屏蔽对实际计算节点的感知，通过使用网络化的算力来提高计算效率，优化算力供需关系，实现节能减排、降本增效的目的。

当前，计算网络化采用高性能计算、分布式云计算和边缘计算技术，对不同地域、不同类型、服务能力差异明显的算力资源进行整合。同时，计算网络化技术使用高速网络连接异构算力，通过网络高带宽、低时延、支持多种通信协议和安全机制的特性，保障数据传输和响应的高效安全。依托云化环境，计算网络化实现对资源的灵活调度和供给，为用户提供全面、灵活的一体化算力服务。

未来的计算网络化将更加强调异构性、可扩展性和高可靠性。不同类型、不同性能的计算资源将得到更加充分的利用，形成更加灵活的算力服务。同时，计算资源的可靠性和扩展性也将得到进一步的提高，使得算力服务更加适应不同的应用需求。

专栏 2 计算网络化技术应用（边缘计算 EC+，超算互联网，高性能计算，智能计算）

研华为客户提供从边缘计算、边缘控制、边缘可视化等一系列产品与解决方案，从硬件到软件，从产品到平台，满足现场各类高性能计算处理、实时可靠运行以及灵活快速的人机交互显示等多种边缘计算需求场景，推动各产业的数字化、智能化深度变革。

科技部高新技术司组织召开国家超算互联网工作启动会，提出建设建设超算互联网，目标是紧密连接供需双方，通过市场化的运营和服务体系，实现算力资源统筹调度，降低超算应用门槛，并带动计算技术向更高水平发展，推动自主核心软硬件技术深度应用，辐射带动自主可控产业生态的发展与成熟。按照计划，到 2025 年底，国家超算互联网将形成技术先进、模式创新、服务优质、生态完善的总体布局，有效支撑原始科学创新、重大工程突破、经济高质量发展、人民生活品质提高等目标达成，成为支撑数字中国建设的“高速路”。

2022 年上半年超级计算机排行榜 TOP500 榜单中，美国橡树岭国家实验室的 Frontier 被认为是世界上第一台官方认可的 E 级超算（百亿亿级超级计算即 10^{18} 次方的浮点运算），功率为 21100KW（21.1 兆瓦），小于日本富岳 29899KW（29.9 兆瓦）的功率。

（三）算网安全提升服务可靠性

算网安全技术体系是算网融合和蓬勃发展的保障。算网安全技术体系，覆盖网络安全、应用安全、数据安全三个方面，关注从底层架构、业务运行、安全交易等多个方面的安全问题。

算网底层架构安全采用以零信任为代表的安全技术，通过构建身份和访问管理系统，隔离算网融合各安全段，提供网络节点隐身保护服务。算网业务运行过程安全采用以安全能力自动化编排为代表的算网安全融合技术，优化了安全业务订购、安全能力生成、安全能力响应、安全资源释放的整个安全能力生命周期，实现业务的安全内生。算网安全结算安全采用以区块链和隐私计算为代表的安全技术，对算网融合架构中管理和控制相关的操作与行为、以及算网融合业务中的交易过程行为和数据进行有效的记录、跟踪，保证算力交易数据管理和流通的安全性和可信性，基于行为进行安全审计和分析，有效提高系统整体的安全防护能力。

未来，算网安全技术体系以解决安全风险为目标，筑牢算网安全防线，推动算网融合更加强劲、绿色、健康的发展。

专栏 3 算网安全技术应用

百度点石安全计算平台（MesaTEE）是百度安全在隐私计算面向企业落地的重要平台。基于百度飞桨开发的开源联邦学习框架 PaddleFL，让企业之间的合作能够在数据层面安全开展。PaddleFL 提供多种联邦学习策略及其在计算机视觉、自然语言处理、推荐算法等领域的应用。

字节跳动在隐私计算领域布局较为集中，最主要的产品是 Fedlearner 联邦学习平台。2020年，Fedlearner 开源，支持多类联邦学习模式，整个系统包括控制台、训练器、数据处理、

数据存储等模块，各模块对称部署在参与联邦的双方集群上，透过代理互相通信实现训练。

深信服以自己为样板开展零信任落地实践。通过零信任构建动态访问策略，针对不同敏感度应用实现不同安全控制，切实提升安全效果，长久治理防守端存在的问题，在保障业务高效运行的同时大幅降低运维成本。

安恒信息 AiTrust 团队实现了对于某城市商业银行的移动办公接入终端较高的安全性以及国产化对接推进，并对接行内同步建设的 IAM 系统，达成了终端设备、用户账号、访问基线一体化动态安全策略的初步目标。

三、算网基础设施部署助力新场景

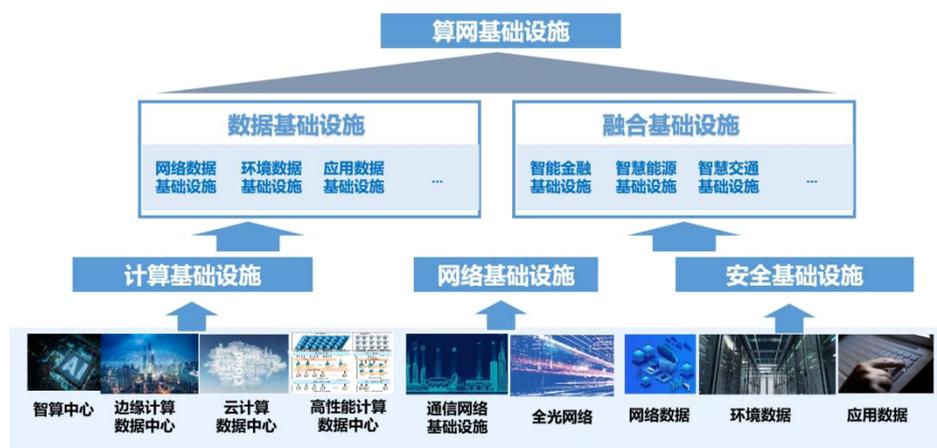
（一）算网基础设施是算网融合发展重要底座

算网基础设施以云计算数据中心、智能计算中心、高性能计算园区等算力设施为支点，依托5G、物联网、工业互联网、卫星互联网等网络设施，融合人工智能、大数据、零信任等新技术，实现海量数据的安全流通、处理及存储，支撑政府、教育、医疗、交通及垂直行业新场景新应用，助力数字经济升级转型，是一种超融合的信息基础设施的典型实现。

在战略层面，算网基础设施建设部署成为各国推动数字经济发展的**重要抓手**。当前，国际主要国家和经济体高度关注新型信息通信领域的发展趋势，高效算力、泛在网络以及信息安全等领域技术发展和创新，已经成为各国数字经济发展的必争之地。**计算领域**，以中美两国为第一梯队的算力大国正在引领全球算力基础设施建设高速发展，据统计数据显示，算力指数每提高一个点，就会给数字经济带来3.5%的贡献¹³。**网络建设领域**，我国取得较为显著成绩，目前已建成全球规模最大、技术领先的网络基础设施。工信部数据显示，截至2022年6月底，5G基站数达到185.4万个，5G移动电话用户数超过4.5亿户。**国家及网络安全领域**，2022年2美国众议院通过了《2022美国竞争法案》，法案从政府指导及权利、技术和标准研制、流程及产品研发、政策措施及工具、实施方案及评估、加强意识及人才培育、国际合作等多方面构建网络安全架构，提升美国的全球领导地位和国家安全。

¹³ 数据来源：《2021—2022 全球算力指数评估报告》

在产业层面，我国已经形成算网融合软硬件基础设施及相关平台、服务、应用场景上中下游完整产业链布局，初步巩固了我国在算网基础设施领域的主导地位。产业链上游，在新基建、信创、东数西算、双碳等政策引导下，加速大算力、高性能、低功耗的算网软硬件基础设施的落地部署，推动自主可控与创新产品的研发应用。产业链中游，通过搭建算网一体化管理与运营交易的平台，为用户提供按需分配、按需随取的算网资源灵活调度和供给服务模式。产业链下游，通过构建多维一体的算网服务，优化供需对接，赋能产业数字化发展，实现算网融合的价值流通与落地。



来源：中国信息通信研究院

图 7 算网基础设施架构图

算网基础设施采用“云”、“网”、“边”、“端”分布式部署，具有融合、协同、智能、安全等特定，是算网融合的物理底座。算网基础设施支撑“2+1”新架构对计算和网络资源的实时感知和灵活调度，为上层算网平台提供确定性、可靠性、可扩展的智能网络

服务。

（二）政策布局加快推进算网基础设施建设

近年来，国家层面密集发布政策及措施，涉及“东数西算”、新型数据中心建设、数字经济等国家重大工程及规划。推动算网融合发展，加大算网基础设施投资建设已成为国家推动数字经济发展的关键引擎和手段。

表1 2022年算网基础设施政策汇总

序号	时间	发布单位	名称	算网基础设施内容
1	2021年5月	国家发改委、网信办、工信部、国家能源局四部门	《全国一体化大数据中心协同创新体系算力枢纽实施方案》	建设全国算力网络国家枢纽节点，发展绿色可持续的数据中心，推动老旧基础设施转型升级。
2	2021年7月	工业和信息化部	《新型数据中心发展三年行动计划（2021-2023年）》	要求用三年时间基本形成算力规模与数字经济相适应的新型数据中心发展格局，布局全国一体化算力网络，降低算力使用成本，提升应用赋能作用
3	2022年1月	国务院	《“十四五”数字经济发展规划》	规划八大算力网络国家枢纽，推进云网协同和算网融合发展，打造一体化新型智能基础设施
4	2022年1月	工业和信息化部、国家发改委	《关于促进云网融合 加快中小城市信息基础设施建设的通知》	要求强化云网融合、产业联动、协调推进，提升中小城市信息基础设施水平和服务能力，到2025年，我国东部和中西部及东北大部分地区基本建成覆盖中小城市的云网基础设施。
5	2022年2月	国家发改委等四部门	《京津冀地区启动建设全国一体化算力网络国家枢纽节点的复函》	同意启动八大国家算力枢纽节点建设，规划设立十大数据中心集群，正式启动“东数西算工程”。
6	2022年12月	国家发改委	《“十四五”扩大内需战略实施方案》	加快构建全国一体化大数据中心体系，布局建设国家枢纽节点和数据中心集群。加快实施

2022年“东数西算”工程正式进入启动建设阶段，共布局10个国家数据中心集群和8个国家算力枢纽节点，按照节点功能地位及资源环境特点可分为两大类：

第一类是位于西部地区的贵州、内蒙古、甘肃、宁夏四节点，具有可再生能源丰富、气候适宜、数据中心绿色发展潜力较大等优势。通过不断提升算力服务品质和利用效率，依托丰富的资源优势，夯实网络等基础保障，积极承接全国范围的后台加工、离线分析、存储备份等非实时算力需求，致力于打造面向全国的非实时性算力保障基地。第二类是粤港澳大湾区、成渝地区、长三角地区、京津冀地区四节点，其特点是用户规模较大、算力需求量大。第二类节点的定位是，统筹数据中心布局，协同管理城市内部和周边地域算力、水、电力、土地等资源，实现资源持续、灵活供给。八个节点侧重点不同，互相补充，加速推动力资源向西转移，有效缓解西部算力供需失衡问题。

各级政府加快算网基础设施规划布局。2022年4月，河北省人民政府办公厅转发省发展改革委等部门《关于加快推进城镇环境基础设施建设实施方案的通知》指出，推进数字化融合，充分运用大数据、物联网、云计算等技术，推动城镇环境基础设施智能升级，提升基础设施现代化水平。2022年6月，山东省人民政府《关于印发基础设施“七网”建设行动计划的通知》指出，依托数字孪生、建筑信息模型（BIM）、智能建造等技术，推动智慧公路、智慧港航、智慧铁路、智慧机场、智慧城市轨道交通建设，促进综合交通基础设施全要素、全周期数字化和网联化。《四川省“十四五”新一代人工智能发展规划》

指出，到2025年，四川将建成5个左右人工智能特色产业集聚区，形成人工智能核心产业规模超1000亿元，带动相关产业规模5000亿元以上。

专栏 4 算网基础设施建设动态

四川加大人工智能领域研究，中国移动四川南区枢纽中心首批上架的 1700 台 AI 服务器用于提供人工智能算力。

宁夏结合大数据、云计算及节能新技术建设“闽宁云”数据中心，致力于打造成算、网、智慧应用一体化服务体系。

内蒙古依托地质稳定、气候凉爽、距京津冀应用市场近的优势，以“援京助东”为目标，加快建设和林格尔数据中心集群。

甘肃庆阳“东数西算”智慧零碳大数据产业园将使用“源网荷储一体化”绿色供电，新能源消纳利用率将不低于 90%。

（三）算网基础设施典型场景

产业各界积极开展相关技术研究，加速推动算网基础设施落地和部署，与此同时，也在逐步探索总结算网基础设施应用于各垂直行业的典型场景。

网络基础设施建设层面，新兴互联网交换中心以“一点接入，多点互通”的服务能力，汇聚基础电信运营商、公有云服务商、互联网内容服务商、大数据中心等不同类型网络生态，优化我国互联网顶层架构，提高企业互联互通水平。2019年，工信部启动了新型互联网交换中心试点工作，至今已批复国家（杭州）新型互联网交换中心、国家（深圳·前海）新型互联网交换中心、国家（中卫）新型互联网交换中心和国家（上海）新型互联网交换中心共4家新型互联网交换中

心，在客户规模、带宽规模、流量规模等方面已经取得了一定的成果。

网络基础设施应用层面，以算网基础设施在智慧交通领域的应用为例，在辅助驾驶场景中，车辆在行驶中可能存在车辆视野盲区、障碍物等安全问题，通过引入边缘计算技术，边缘计算节点采集和分析车辆周边道路及交通信息，对安全隐患进行预警，保护驾驶人安全行驶。此外，通过数字孪生技术搭建数字孪生体模拟特殊情况下的交通信息变化情况，被应用于交通事故、大型赛事或演出等场景对道路信息变化的模拟，分析交通路网的承受能力，为交通部门制定应急预案提供合理的决策依据。

计算基础设施建设层面，智算中心是当前计算基础设施建设的热点，也是全国一体化大数据中心建设和“东数西算”工程的重要组成部分。据统计，目前我国在建或提出建设的智算中心超过 30 个，并且在“东数西算”工程支撑下从东部向西部扩展。智算中心建设以总体规划、政企协同、需求牵引为宗旨，聚焦先进的技术和适配典型场景。同时，以智算中心建设和应用带动人工智能产业集群的汇聚，吸引数字化人才，激发人工智能产业的创新活力，推动人工智能产业和区域经济的可持续发展。

超算互联网是一种高性能计算基础设施，满足高等院校、科技研究所、政府等领域科研的工程需求。在技术上，通过网络协同连接不同超算中心的算力、存储、数据等超算资源，实现资源的统一协同调度和开放共享。在产业生态上，超算互联网聚焦高性能计算、

分布式系统、算力网络等多个领域，基于超级计算和高性能网络，为企业提供灵活高效、开放共享的算力服务。

计算基础设施应用层面，以工业互联网场景为例，利用数字孪生技术的数字模型设计，对数据进行采集和智能分析，将分析结果与控制平台进行交互，把物理设备的基本属性映射到虚拟空间里，降低了产品研发成本，其中算网基础设施连接工厂内分布式异构算力，对运行数据进行并行计算和低时延传输，为智慧生产园区构建弹性、智能、高效的算网服务。

安全基础设施建设层面，作为算网基础设施建设部署的重要保障，涉及物理安全、云安全、云主机安全、边缘计算安全等方面的安全需求，对计算资源的安全防护主要通过加强硬件设备安全能力，建立对虚拟化和操作系统的安全防护机制，同时可以引入云原生技术，依托云原生隔离、弹性、自动化的特性，对业务应用进行实时监控、故障分析和响应，建立完备的安全防护体系。对网络资源的防护，通过引入零信任、隐私计算、联邦学习等技术，将传统的安全架构被动防御转向主动防御和自动防御，保证算网基础设施的安全可信。

数据基础设施建设层面，分布式存储成为开始走进企业级市场，被广泛应用于影音文件、视频监控、图像资料等。随着软硬件一体方案的市场趋势逐渐明显，超融合架构和理念成为各厂商关注的焦点。摩尔定律的不断演进，推动软件的升级发展，从而带动超融合在功能

性能上的不断完善和丰富，超融合设备已经在很多核心系统中得到了部署和应用。

专栏 5 算网基础设施产业动态

截至 2023 年 1 月，国家（杭州）新型互联网交换中心已接入企业 158 家，接入带宽 9.76T，峰值流量达 2.4Tb/s，规模已跻身全球千家互联网交换中心 TOP100；

国家（深圳·前海）新型互联网交换中心已接入企业 80 余家，接入带宽超过 3.8T，峰值流量达 859Gb/s；国家（上海）新型互联网交换中心已接入企业 28 家，接入带宽超过 1.1T，峰值流量达 191Gb/s。

华为智慧公路隧道网络解决方案基于华为新一代工业交换机 CloudEngine S5735I-S-V2 系列产品构建，在提供工作宽温、室外防雷的基础服务外，围绕隧道机电终端的安全、无感、融合接入、智能化需求，进行行业探索和创新。

2022 年 8 月，阿里云推出的全栈智能计算解决方案“飞天智算平台”和张北智算中心、乌兰察布智算中心两大智算中心的启动，飞天智算平台依托先进技术体系实现 90%的千卡并行计算效率，同时支持“一云多芯”，可以在 X86、GPU、ARM 等多种芯片类型的服务器上运行，实现多种处理器的统一调度部署。

在存储器市场，对 SSD，3D TLC 仍处于存储介质的主流地位，随着 200+技术的逐渐成熟，3D TLC 还有很大发展空间；以三星 Z-NAND、东芝 1Flash 为代表的 MLC 在低时延场景中得到越来越多的应用。HDD 依托 SMR、MAMR 技术、HAMR 等技术发展，在容量和性能上加速发展。广东联通围绕韶关、广州双核枢纽打造低时延、直达的全光底座，构建市内 1ms、湾区 3ms、韶关至全省 5ms 时延圈。未来将基于中国算力网连接各地智算中心、超算中心、“东数西算”枢纽节点，实现全国算力网络一体化。

四、2023 年度展望：机遇与挑战并存

（一）算网融合发展挑战

算网融合实现泛在算力、网络资源的最优调度，屏蔽厂商地域差异，为客户提供易用易获得的泛在算力服务，是国家数字经济战略新型数字底座。目前算网融合工程建设在持续推进当中，但仍存在网络与计算在技术、产品等维度孤立发展的现状，算网融合尚存挑战，主要体现在以下方面：

一是技术标准缺乏统一共识。从算网融合技术发展来看，多项关键技术尚待完善，如算力的标识与度量体系、算网平台调度和感知标准和模型等还在研究阶段，一体化安全防护体系尚未建立。

二是产业发展不成熟。网络基础设施信息互联互通难，存在多张网络、多种异构计算资源，经营主体、运维方式各不相同，算网信息的匹配共享和算力资源互联互通存在困难。

三是商业模式不清晰。从产业和政策来看，算网融合技术涉及多产业融合，但当前各方对算网认识不充分，理解不一。基础设施谁来建设，工程结束后谁来运营目前分工不清晰。

四是算力交易机制尚未建立。算力交易的产品和服务提供形式有待验证。当前产品多是已有业务的简单组合，算网能力与业务场景深度融合的创新产品还需探索。算网交易规则尚未建立，国内数

据等交易平台仍处于初级阶段。

（二）算网融合发展建议

算网融合涉及 IT、CT、SecT 等多个领域的协同，需要综合考虑国家政策、标准规范、业务场景、商业模式、产品技术以及生态合作等多个层面。因此，针对上述算网融合发展存在的挑战，主要提出以下建议：

一是加强推动政策布局，助力算网领域顶层规划。支撑国家规划各项配套政策，明确算网融合发展目标。从技术研究、标准研制、商业模式、设施升级和平台建设五个维度形成算网融合发展指导意见。

二是构建统一开放的应用创新平台，降低技术创新成本。依托算网融合产业应用创新的平台，促进产业各方交流合作，建立健全相关技术标准和测试评估体系，积极参与国际标准活动，为国际标准制定做出贡献。

三是加快探索业务场景，明确商业模式。目前智算和超算资源的业务场景多样化，行业需要探索如何利用模型化的服务满足差异化的应用需求，平衡各方利益诉求。构建创新的商业模式与应用部署模式，构建面向业务需求驱动的算网融合体系。

四是共建算网产业生态，加强资源共享。促进产业发展以算网基础设施建设为主，补齐软件技术和场景解决方案能力。鼓励依托

现有和在建的智能数据中心升级基础设施，采用“信息技术+行业经验”的模式，构建与场景应用相呼应的算网编排管理系统，以算网安全技术完善算网交易溯源体系，助力算网交易透明规范。

算网融合产业及标准推进委员会（TC621）

地址：北京市海淀区花园北路 52 号

邮编：100191

电话：010-62300090

传真：010-62304980

网址：www.ccnis.org.cn

