

# 中国绿色算力发展研究报告

## (2024 年)

中国信息通信研究院产业与规划所

内蒙古和林格尔新区

2024年6月

---

## 版权声明

---

本报告版权属于中国信息通信研究院、内蒙古和林格尔新区，并受法律保护。转载、摘编或利用其它方式使用本报告文字或者观点的，应注明“来源：中国信息通信研究院、内蒙古和林格尔新区”。违反上述声明者，编者将追究其相关法律责任。

## 前 言

习近平总书记强调，绿色发展是高质量发展的底色，新质生产力本身就是绿色生产力，必须加快发展方式绿色转型，助力碳达峰碳中和。算力作为一种新质生产力，已成为推动数字经济发展的核心力量，但是随着计算和存储需求大幅提升，算力的能源消耗和温室气体排放也持续增长，发展绿色算力已经成为我国建设数字经济底座设施和展现节能减碳大国担当的重要命题。2024年是“十四五”规划目标任务的关键一年，在政策、产业、技术多重因素引导下，我国绿色算力围绕着算力生产、供给、运营、应用的全过程，积极推进算力设备、算力载体、算能协同和算用协同等多个环节绿色化发展，取得了以下相关进展。

**在算力设备绿色化方面，我国算力设备整体效能不断提升。**通过芯片制造封装工艺技术进步以及处理器架构创新提升单芯片性能，运用先进存储、存算一体、无损网络融合等技术促进计算存储网络协同等方式，我国算力设备整体效能不断提升。

**在算力载体绿色化方面，我国数据中心单机架耗电量及 PUE 持续降低。**截至 2023 年底，我国数据中心 810 万在用标准机架总耗电量达到 1500 亿 KWh，2023 年全社会用电量 92241 亿千瓦时，数据中心在用标准机架总耗电量占全社会用电 1.6%，数据中心碳排放总量为 0.84 亿吨。2023 年我国数据中心平均电能利用效率(PUE)为 1.48，与 2022 年的 1.54 相比有进一步下降。中西部地区绿色数据中心发展

迅猛，入选“国家绿色数据中心”数量占比从第一批占比 26.6%增长到第五批的占比 46%。

在算能协同绿色化方面，积极探索多种方式推动算力和能源协同发展。目前，我国积极探索通过算力布局选址靠近能源侧，提升可再生能源利用率、推进绿电和绿证交易、采用储能和微电网等先进技术以及建设综合能源与算力协同调度系统等方式推动算力和能源协调发展，当前我国数据中心参与绿电绿证交易规模持续扩大，算能协同发展仍有较大潜力空间。

在算用协同绿色化方面，不断推进绿色算力赋能千行百业。在绿色算力的支撑下，数字技术与电力、工业、建筑、交通等重点碳排放领域深度融合，减少能源与资源消耗，促进传统产业能源优化、成本优化、风险预知及决策控制，整体上实现节能降本提质增效。在绿色算力发展带动下，新一代人工智能算力基础设施的包容性、普惠性、安全性、共享性及节能性进一步增强，公共算力服务平台建设加快推进，算力的公共性与普惠性进一步带动数字化转型和智能化升级。

2024 年报告在 2023 年的基础上，进一步完善绿色算力相关内涵和发展框架，加强了全球和我国绿色算力发展的研究，客观评估全国一体化算力网络国家枢纽节点的绿色算力发展水平，给出区域绿色算力实践案例，希望为推进绿色算力技术、产业及应用发展提供参考。

报告仍有诸多不足，恳请各界批评指正。

# 目 录

版权声明 .....	1
前 言 .....	1
一、绿色算力发展背景及内涵框架 .....	1
(一) 新形势下催生绿色算力发展新要求 .....	1
(二) 绿色算力内涵和发展框架不断演进 .....	2
二、绿色算力总体发展取得新进展 .....	6
(一) 宏观政策环境 .....	6
(二) 中观产业动态 .....	13
(三) 微观企业实践 .....	16
三、算力设备绿色化发展态势 .....	18
(一) 算力设备绿色发展总体情况 .....	18
(二) 芯片：工艺和架构创新驱动芯片产品实现高效降耗 .....	21
(三) 服务器：整机性能优化及动态节能管理助力降低能耗 .....	22
(四) 存储：效率和密度不断优化升级引领绿色节能方向 .....	23
四、算力载体绿色化发展态势 .....	25
(一) 算力载体绿色发展总体情况 .....	25
(二) 制冷：液冷和自然冷源利用成为降低能耗的重要手段 .....	31
(三) 供配电：降低传输损耗是供配电系统节能重点方向 .....	33
(四) 运维：智能化能效管理助推数据中心迈向精准节能 .....	34
(五) 资源回收：回收技术助力绿色算力变碳为能 .....	35
五、算能协同绿色化发展态势 .....	36
(一) 可再生能源利用：有效降低算力基础设施碳排放 .....	36
(二) 绿电绿证交易：全面推动算力产业绿色用能 .....	39
(三) 储能和微电网：显著提升能源供应安全稳定性 .....	42
(四) 算能协同及算力调度：促进算力和能源协同联动调度 .....	44
六、算用协同绿色化发展态势 .....	47
(一) 算用协同赋能产业绿色低碳转型 .....	47
(二) 算用协同赋能居民低碳环保生活 .....	49
(三) 算用协同赋能城乡绿色智慧发展 .....	49
七、绿色算力区域发展成效 .....	51
(一) 东部国家枢纽节点：加强算力高效利用提升绿色算力水平 .....	51
(二) 西部国家枢纽节点：充分发挥资源优势打造绿色算力产业 .....	53
八、趋势展望与发展建议 .....	55
(一) 创新引领，加强绿色算力技术研发产品应用 .....	55
(二) 政策保障，优化绿色算力发展政策支持环境 .....	55
(三) 产业筑基，构筑绿色算力产业协同服务生态 .....	56
(四) 算能协同，强化绿色算力与能源协同发展 .....	57
(五) 算用融合，推动算力应用绿色化全面拓展 .....	57
附件：东数西算枢纽节点各片区绿色算力发展情况 .....	58
1、京津冀枢纽张家口集群—怀来县 .....	58
2、京津冀枢纽张家口集群—张北县 .....	58
3、京津冀枢纽张家口集群—宣化区 .....	59

4、长三角枢纽长三角一体化集群—上海市青浦区.....	61
5、长三角枢纽长三角一体化集群—浙江省嘉兴市嘉善县.....	61
6、长三角枢纽长三角一体化集群—江苏省苏州市吴江区.....	62
7、长三角枢纽芜湖集群—鸠江区.....	63
8、长三角枢纽芜湖集群—弋江区.....	63
9、长三角枢纽芜湖集群—无为市.....	64
10、粤港澳大湾区枢纽韶关集群—高新区.....	64
11、成渝枢纽天府集群—成都市双流区.....	65
12、成渝枢纽天府集群—成都市郫都区.....	66
13、成渝枢纽天府集群—成都市简阳市.....	67
14、成渝枢纽重庆集群—重庆市两江新区水土新城.....	67
15、成渝枢纽重庆集群—重庆市西部（重庆）科学城璧山片区..	68
16、成渝枢纽重庆集群—重庆市经济技术开发区.....	68
17、贵州枢纽贵安集群—贵安新区贵安电子信息产业园.....	68
18、内蒙古枢纽和林格尔集群—和林格尔新区.....	69
19、内蒙古枢纽和林格尔集群—集宁大数据产业园.....	70
20、甘肃枢纽庆阳集群—庆阳西峰数据信息产业聚集区.....	71
21、宁夏枢纽中卫集群—中卫工业园西部云基地.....	71



## 图目录

图 1 绿色算力发展框架 .....	6
图 2 2023 年全国算力及数据中心相关政策词频云图.....	11
图 3 2021-2023 年区域绿色算力政策布局文本词频分析情况.....	13
图 4 算力产业链呈现绿色化转型趋势 .....	14
图 5 算力中心能耗结构（以 PUE=1.5 为例） .....	19
图 6 全球 IT 设备及 AI 工作负载趋势 .....	20
图 7 互联网流量与数据中心能耗对比 .....	26
图 8 IEA 对全球数据中心、加密货币、AI 等需求用电量的预测 .....	27
图 9 全球数据中心数量 .....	28
图 10 各类数据中心数量复合增长率 .....	29
图 11 全球数据中心平均年 PUE（按机房部署的最高功率机柜） .....	29
图 12 2023 年全国各区域 PUE 情况.....	30
图 13 全国区域绿色数据中心占比 .....	31
图 14 2023 年中国不同类型电源累计发电装机量及占比情况.....	38
图 15 全球绿色电力交易情况 .....	40
图 16 2010-2022 年购买 PPA 的主要企业.....	40
图 17 我国绿电和绿证交易发展历程 .....	41

## 表 目 录

表 1 2023 年算力及数据中心相关政策.....	9
表 2 国内外算力市场主体绿色算力实践及碳中和行动计划.....	17
表 3 通用芯片与智能芯片代表产品情况.....	21
表 4 全国及主要省市可再生能源发电量占用电量比例.....	38
表 5 我国部分算力调度平台建设情况.....	45



## 一、绿色算力发展背景及内涵框架

### （一）新形势下催生绿色算力发展新要求

面对全球气候变化、技术革新以及能源转型的新形势，发展低碳、高效的绿色算力不仅是顺应时代的要求，更是我国建设数字基础设施和展现节能减碳大国担当的重要命题，在此背景下也要求在提升算力规模和性能的同时，积极探索推动算力基础设施向绿色、低碳、可持续的方向转型。

从算力侧看，发展绿色算力是我国提升人工智能和算力基础设施国际竞争力的必然要求。随着 AI 技术的快速发展，以生成式 AI 为代表的人工智能应用对算力提出更高的要求，同时也带来了巨大电力消耗。根据斯坦福人工智能研究所研究显示，ChatGPT-3 单次训练耗电量高达 1287 兆瓦时，<sup>1</sup> 单日耗电量超过 564 兆瓦时，以美国每个家庭每日平均耗电量换算，ChatGPT-3 每天需要消耗掉 1.7 万个美国家庭一天的用电量。根据美国 Uptime Institute 预测，到 2025 年人工智能业务在全球数据中心总用电量中的占比将从目前的 2% 猛增至 10%。同时，未来 AI 算力集群功耗普遍超过 20kW/柜，而机柜功率超过 15kW 后，目前数据中心主流风冷制冷技术也将面临瓶颈。因此，在此背景下就必须要求算力基础设施通过算法与框架优化、高能效硬件升级、可再生能源利

<sup>1</sup> 《2023 年人工智能指数报告》

用以及热回收系统、液冷技术等节能措施的实施，破除人工智能发展所带来的算力和能源瓶颈。

**从能源侧看，发展绿色算力是加快能源结构转变和促进算能协同发展的必然要求。**当前，全球气候变化挑战日益严峻，而算力所消耗大量电网电力通常依赖化石燃料，是碳排放的重要来源。与此同时，算力需求与能源资源分布呈现空间不均衡态势，我国东西部算力与能源资源供需失衡挑战突出。在此背景下，算力基础设施探索基于多能互补的能源供应和算能协同的空间布局成为必然趋势。

**从需求侧看，发展绿色算力是赋能千行百业和助力社会节能减排的必然要求。**算力作为数字经济时代的新型基础设施，承担着数字经济赋能者、护航者的角色和使命。从这个角度来讲，算力消耗的电能本质上并非完全来自自身，而是来自其内部所承载的各类关乎经济社会运行、千行百业发展所必需的数字化业务系统。这些数字化业务系统托管在集约化建设、专业化运营的算力基础设施之上，避免了因分散建设导致的能耗和碳排放增加。同时，算力赋能千行百业，提高全过程生产效率，降低全链条能源消耗，实现发展和减排的双赢，助力推动全社会高质量发展。

## **（二）绿色算力内涵和发展框架不断演进**

绿色算力是算力的绿色低碳发展追求，是算力高质量发展的重要目标，是一个动态演进的概念，其内涵和框架随形

势与时俱进、不断丰富演进。2023 年中国绿色算力发展研究报告基于绿色算力的内涵和特点，围绕算力的生产、运营、管理、应用四个层次构建了绿色算力发展研究框架。在此基础上，本报告结合新形势新要求从算力设备、算力载体、算能协同和算用协同等四个维度进一步丰富和完善绿色算力内涵和发展框架，如图 1 所示。

绿色算力指围绕着算力生产、供给、运营、应用的全过程，通过融合推进算力设备、算力载体、算能协同和算用协同等多个环节的绿色低碳，实现现代化高质量算力的绿色化发展。从算力全生命周期来看，算力的碳足迹主要来源于三个方面，算力以能源使用为主体的能源间接温室效应气体（Greenhouse Gas, GHG）排放，覆盖算力全生命周期资产投入及运营管理产生的间接碳排放，算力运行过程中拥有和控制的排放源产生的直接碳排放。结合算力碳足迹和绿色算力的内涵特点，本报告进一步完善丰富了算力设备高效（Efficient）、算力载体节能（Conservation）、算能协同清洁（Clean）、算用协同普惠（Inclusive）发展的绿色算力 ECCI 框架。

**算力设备绿色化——高效：**算力设备是包括芯片、服务器、存储等生产供给算力的核心 IT 设备，提升高效性是其绿色化的关键本质。算力设备绿色化，主要指生产算力的核心 IT 设备运行的高效化，通过芯片制造封装工艺技术进步以及

处理器架构创新提升单芯片性能（芯片层），运用先进存储、存算一体、无损网络融合等技术促进计算存储网络协同（系统层）等方式提升底层 IT 软硬件高效性从而降低能耗，是绿色算力在算力设备微观层面的核心体现。目前业界较为关注衡量配套设施节能水平的 PUE 指标，但对于 PUE 为 1.5 的数据中心来说，供电、制冷等配套设施能耗仅为 IT 设备能耗的一半，由此可见算力设备是能耗和碳排放的重要来源。IT 设备能耗、算效（CE）、存效（SE）是算力设备高效性的主要核心指征。

**算力载体绿色化——节能：**算力载体是承载算力设备的计算/数据中心载体设施，持续节能降碳是其绿色化的主要目标。算力载体绿色化，主要指计算/数据中心载体设施通过运用绿色建筑、供配电、制冷、智能运维等新技术持续降低计算/数据中心载体设施的能耗及碳排放，推进计算/数据中心载体设施资源及能源的循环利用，包括水资源回收利用、余热回收利用等，是当前业界主体推进绿色算力发展的主要手段。电能使用效率（PUE）、水资源利用率（WUE）等是算力载体节能化的主要核心指征。

**算能协同绿色化——清洁：**算能协同聚焦算力侧与能源侧的协同布局，提升清洁能源使用率是其绿色化的核心所在。算能协同绿色化，主要指通过算力布局选址靠近能源侧，提升可再生清洁能源利用率、推进绿电和绿证交易、采用储能

和微电网等先进技术以及建设综合能源与算力协同调度系统等方式推动算力和能源协调发展，旨在实现算力基础设施更高效、可靠和可持续的能源利用，是支撑算力绿色化发展的关键所在。可再生能源使用率、数据中心绿电绿证采购应用用量等是算力协同绿色化的主要核心指征。

**算用协同绿色化——普惠：**算用协同聚焦算力侧与应用侧的协同赋能，推进算力行业赋能的低成本集约发展是其绿色化的根本要义。算用协同绿色化，主要指算力赋能应用的集约化，深层次融入支撑应用侧提升效率，实现算力公共普及，进一步提质增效和降低成本，促进应用侧节能减排，其本质是推进算力基础设施的可持续发展，也是绿色算力发展的重要延伸。

算力设备和算力载体是绿色算力创新发展的基础底座，反应了绿色算力的发展水平；算能协同是绿色算力创新发展的坚实支撑，反应了绿色算力的重要条件；算用协同是绿色算力创新发展的牵引拉动，反应绿色算力的需求和应用状况，四大方面相互促进、协同发展。



图 1 绿色算力发展框架

## 二、绿色算力总体发展取得新进展

### (一) 宏观政策环境

全球主要国家重点聚焦推进算力设备高效演进和算力载体节能低碳。在推进算力设备高效演进方面，2023年美国更新《国家人工智能研发战略计划》，通过此计划创新量子计算和高级半导体技术以提升算力效能，责成各机构识别和报告每个数据中心未充分利用的服务器数量，并要求逐步减少服务器数量。欧盟委员会公布《2023-2024年数字欧洲工作计划》目标之一就是提升算力效率，并从2024年3月份开放超级计算机“MareNostrum 5”，该计算机使用了目前最先进的加速器芯片，完全由可持续能源提供动力，其运行时产生的热量将用于为所在建筑供暖，成为欧洲最环保的超级计算机之一。日本2023年6月发布《半导体和数字产业战略》修

订稿，提出提高数字设备和电子元件中所使用的半导体性能以降低整体能耗。在推动**算力载体绿色低碳**方面，美国政府制定数据中心优化倡议（DCOI）、美国联邦数据中心整合计划（FDCCI）、联邦政府信息技术采购改革法案（FITARA）等一系列政策和法规，通过整合和关闭数据中心、设定数据中心 PUE 及服务器使用率具体标准、退役老旧机器等方式，大幅减少数据中心数量和降低 PUE 值，要求既有数据中心的 PUE 目标达到 1.5，新数据中心为 1.4。2023 德国出台《能源效率法案》，要求 2026 年 7 月或之后开放的数据中心 PUE 达到为 1.2，从 2025 年起新建的数据中心余热回收率达到 30%。新加坡发布的《绿色数据中心技术路线图》提出提高冷却设备效率、IT 设备温湿度耐受能力、数据中心的资源调度和负荷分配集成优化能力等建议。在推进**算能协同**方面，美国俄勒冈州提出数据中心清洁能源新标准，规定到 2027 年将数据中心用电产生的温室气体排放量减少 60%，到 2040 年减少 100%，即达成碳净零排放。欧盟通过《欧洲绿色协议》设定了到 2030 年数据中心能源效率提升至少 30% 的目标，并要求新建设施必须达到严格能效标准。同时，欧盟通过绿色债券、碳交易等工具为数据中心绿色改造提供资金支持，支持数据中心企业绿色转型。在推进**算用协同**方面，日本能源效率委员会提出在未来 5 年内将绿色计算技术作为提高能

源效率的主要手段之一，通过绿色计算技术提高日本整体能源效率和降低碳排放。

我国多措并举引导算力算效提升、推进算能和算用协同高质量发展。2021 年之前我国政策重点聚焦数据中心等算力载体绿色化发展，大力推动绿色数据中心建设。2019 和 2021 年工信部先后发布了《关于加强绿色数据中心建设的指导意见》《新型数据中心发展三年行动计划(2021-2023 年)》等政策文件，提出提升新建数据中心绿色发展水平，加强在用数据中心绿色运维和改造，加快绿色技术产品创新推广。随着“双碳”战略和“东数西算”工程启动，绿色算力发展进入加强算力算效提升、绿色能源利用和数智赋能等全面发展阶段。通过对 2023 年国家发布数据中心和算力相关政策词频分析可以看出，上一年我国政策更加聚焦提升算力算效、推动算能协同及算用协同方面，如图 2 所示。2023 年 10 月，工业和信息化部等六部门联合印发《算力基础设施高质量发展行动计划》，提出完善算力综合供给体系、提升算力高效运载能力、强化存力高效灵活保障、深化算力赋能行业应用、促进绿色低碳算力发展、加强安全保障能力建设等六点任务。2023 年底，国家发展改革委、国家数据局、中央网信办、工业和信息化部、国家能源局联合印发《深入实施“东数西算”工程 加快构建全国一体化算力网的实施意见》，提出通用算力、智能算力、超级算力一体化布局，东中西部算力一体化

协同，算力与数据、算法一体化应用，算力与绿色电力一体化融合，算力发展与安全保障一体化推进等五个统筹出发，推动建设联网调度、普惠易用、绿色安全的全国一体化算力网。2023年国家标准委正式发布国家标准 GB/T 43331-2023《互联网数据中心（IDC）技术和分级要求》，规定了互联网数据中心（IDC）在绿色、可用性、安全性、服务能力、算力算效、低碳等六大方面的技术及分级要求，提升不同行业深化赋能作用。

表 1 2023 年算力及数据中心相关政策

地区	政策文件名称	主要内容	发布时间
全国	《算力基础设施高质量发展行动计划》	提出完善算力综合供给体系、提升算力高效运载能力、强化存力高效灵活保障、深化算力赋能行业应用、促进绿色低碳算力发展、加强安全保障能力建设等六点任务。	2023.10
	《深入实施“东数西算”工程 加快构建全国一体化算力网的实施意见》	提出通用算力、智能算力、超级算力一体化布局，东中西部算力一体化协同，算力与数据、算法一体化应用，算力与绿色电力一体化融合，算力发展与安全保障一体化推进等五个统筹出发，推动建设联网调度、普惠易用、绿色安全的全国一体化算力网。	2023.12
	国家标准 GB/T 43331-2023《互联网数据中心（IDC）技术和分级要求》	规定互联网数据中心（IDC）在绿色、可用性、安全性、服务能力、算力算效、低碳等六大方面的技术及分级要求，提升不同行业深化赋能作用。	2023.12
北京	《北京市算力基础设施建设实施方案（2024-2027年）》	提出建成具有国际影响力的智算产业创新应用高地；提升智算中心绿色低碳水平，鼓励存量数据中心在能耗总量不增加的前提下，改造升级为智算中心，或采用液冷、模块化电源、模块化机房等高效系统设计降低PUE、CUE指标，新建及改扩建智算中心提高绿色节能技术和设备覆盖率。	2024.4

上海	上海市智能算力基础设施高质量发展“算力浦江”智算行动实施方案（2024-2025年）	提出建成具有区域乃至全国影响力的智能算力创新及应用示范区，通过优化智算中心绿色能源使用和加快智算中心新型节能技术应用，提升低碳节能的绿色智算水平。	2024.3
广东	《广东省人民政府关于加快建设通用人工智能产业创新引领地的实施意见》	提出到2025年智能算力规模实现全国第一、全球领先，构建全国智能算力枢纽中心；加快绿色节能技术应用，鼓励企业加快高效能、低碳排的算网存设备部署，推动软硬件协同联动节能。	2023.11
贵州	《关于促进全国一体化算力网络国家（贵州）枢纽节点建设的若干激励政策》	支持数据中心企业购进绿色能源，按规定落实相关税收优惠政策；发放“贵州算力券”，用于支持省内外企业、高校、科研机构等购买贵州算力服务时抵扣一定比例服务费用，从而提升数据中心利用率。	2023.11
内蒙古	《关于支持内蒙古和林格尔集群绿色算力产业发展的若干意见》	支持数据中心电力用户按照《内蒙古自治区战略性新兴产业目录》，依法依规享受相关政策，稳定保障低成本电价优势，绿电比例不低于80%；鼓励企业算力资源接入和林格尔数据中心集群“多云”算力监测与调度平台，按照其在平台结算额的10%给予每年最高200万元奖励；对同一主体每年购买算力服务费用100万元以上的，按照算力服务实际结算费用的30%给予最高200万元奖励；大力拓展绿色算力应用场景，对入围国家数据局“数据要素×”典型案例的项目给予最高不超过200万元的一次性奖励。	2024.6
宁夏	关于支持中卫大数据产业中心高质量发展的实施方案	建设全国一流绿色数据中心集群，优先支持PUE(电能利用效率)≤1.15、可再生能源利用率≥65%的大型和超大型数据中心建设，禁止PUE>1.3的数据中心新建和扩建。提高电力供给保障水平，加快绿电园区建设，提高新能源供给能力；统筹推进数据中心集群绿电供应。	2023.5
青海	《青海省促进绿色算力产业发展若干措施》	为打造立足西部服务全国的青海绿色算力基地，因地制宜推动绿色算力成为青海省的重要新质生产力，针对绿色算力产业的绿电支撑、产业培育、金融支持、科技创新、人才引进、营商环境等方面提出了若干支持措施。	2023.3



算中心绿色低碳水平，鼓励存量数据中心在能耗总量不增加的前提下，改造升级为智算中心，或采用液冷、模块化电源、模块化机房等高效系统设计降低 PUE、CUE 指标，新建及改扩建智算中心提高绿色节能技术和设备覆盖率。广东省发布《广东省人民政府关于加快建设通用人工智能产业创新引领地的实施意见》，提出到 2025 年智能算力规模实现全国第一、全球领先，构建全国智能算力枢纽中心；加快绿色节能技术应用，鼓励企业加快高能效、低碳排的算网存设备部署，推动软硬件协同联动节能。西部地区着重算力绿色能源利用和数据中心利用率提升。贵州发布《关于促进全国一体化算力网络国家（贵州）枢纽节点建设的若干激励政策》，支持数据中心企业购进绿色能源，按规定落实相关税收优惠政策；发放“贵州算力券”，用于支持省内外企业、高校、科研机构等购买贵州算力服务时抵扣一定比例服务费用，从而提升数据中心利用率。内蒙古发布《关于内蒙古和林格尔新区推进数据中心项目绿色化建设的意见》，落地的数据中心项目提出绿色化、集约化、规模化要求，新建或改扩建数据中心项目按约定建设计划建成并运营后，电能利用效率（PUE 值）年度平均值不高于 1.2，绿色低碳等级评估达 4A 以上，且算力算效达到国内领先水平。目前，呼和浩特正在全力建设绿电消纳示范基地，持续将数据中心优先纳入电力多边交易体系，提高数据中心“绿电”使用比例。

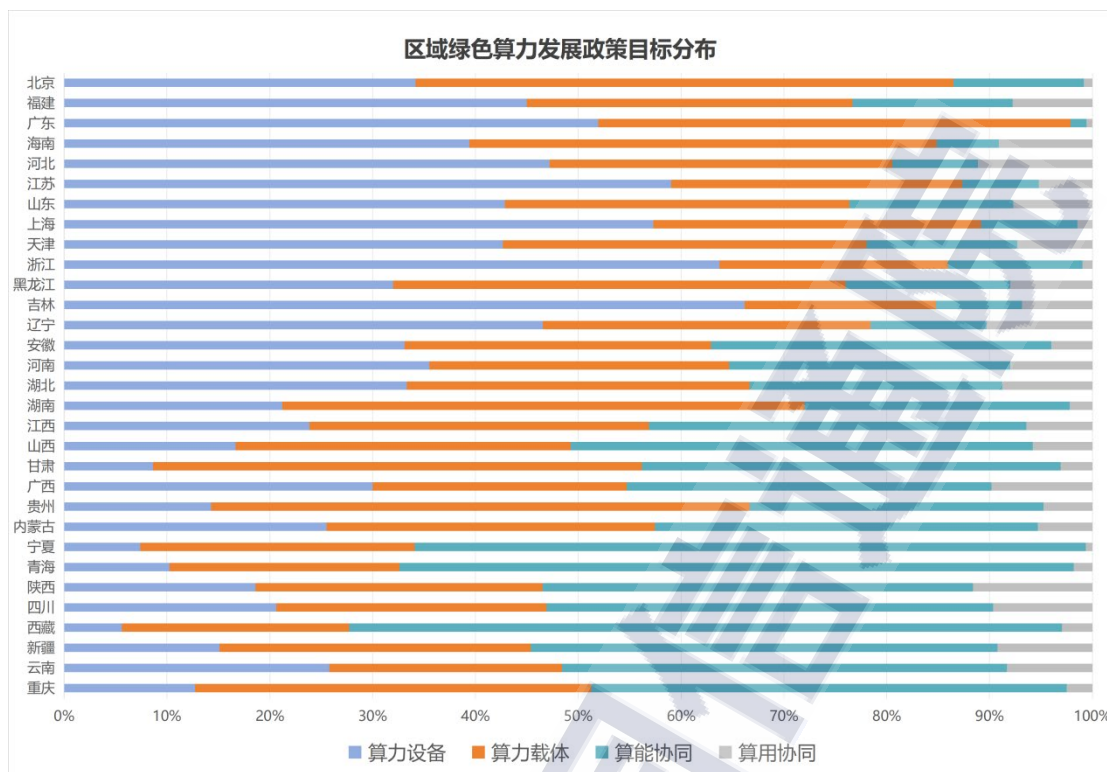


图 3 2021-2023 年区域绿色算力政策布局文本词频分析情况

## （二）中观产业动态

随着互联网和通信技术不断发展，算力产业分工进一步明确，在绿色低碳政策背景下，算力产业链呈现绿色化转型的新发展趋势。绿色算力产业链主要由上游绿色算力设备和软件供应商、绿色算力能源供给商、中游绿色算力载体建设及服务商和下游绿色算力赋能应用客户组成。



图 4 算力产业链呈现绿色化转型趋势

上游算力设备供应商通过提升核心 IT 设备高效运行实现绿色发展，精简指令集架构和高密服务器厂商不断兴起。在指令集架构领域，新兴的 RISC-V 架构是基于精简指令集（RISC）的开源架构，具有高度的可定制性和灵活性。相比于 ARM 架构，RISC-V 架构更加开放，可以根据特定的应用需求进行定制，以提供更高的性能或效率。随着新型算力需求激增，RISC-V 进入应用爆发期，华为、百度、中兴、中科院等企业和机构，都利用这一特点采用 RISC-V 架构，研发自己的芯片，根据 RISC-V 基金会统计，2022 年 RISC-V 架构芯片出货量已突破 100 亿颗，中国厂商就 50 亿颗以上，占比超过 50%。服务器方面，AIGC 等应用要求提供高密度的算力服务，传统的 2.5KW-4KW 的单柜已不能满足 AIGC 市场的需求，20KW-40KW 高密服务器逐渐成为主流。

**上游绿色能源供给商依托电力能源优势跨界进入绿色算力新赛道。**随着算力对绿色能源利用需求愈发旺盛，很多能源企业也依托自身从发电到配售电、移动储能、能效管理的“源网荷储”一体化产业优势，通过微电网整合冷热电联产、新能源、燃料电池和储能，在与市电电源并网运行的情况下，为数据中心供电消纳新能源，实现绿电自发自用和用电需求全覆盖，打造大规模零碳算力。当前，中国能建、中国节能环保集团等能源行业龙头企业纷纷开始布局规划数据中心源网荷储一体化项目建设。

**中游绿色算力载体建设和服务商不断升级节能减排技术，液冷和模块化供电服务商发展迅猛。**随着数据中心业务量增加，冷负荷密度提升，风冷技术面临散热不足、能耗严重的问题，在此背景下，液冷技术以及超高能效，超高热密度的特点引起了行业的普遍关注。2023 年国内三大运营商发布的《电信运营商液冷技术白皮书》中预测，到 2025 年 50% 以上数据中心项目应用液冷技术。国内外多家算力企业面向客户提供定制化液冷技术解决方案，科技公司也逐步建设部署自身的液冷数据中心。根据 IDC 预计，2022—2027 年，中国液冷服务器市场年复合增长率将达到 56.6%，2027 年市场规模将达到 95 亿美元。高效 UPS、UPS 智能在线模式和电力模块等节能技术已通过互联网企业实践逐步进入规模化应用，模块化供配电系统成为趋势。另外，微模块化 UPS、

变压器 UPS 融合和智能配电母线等使配电系统成为一个整体，实现数据中心供配电系统按需运行，有利于加大限度降低配电系统电缆传输损耗，降低运维成本。

下游云服务商和互联网企业的绿色算力需求增加，各行业应用客户将绿色算力纳入自身运营及供应链碳中和计划。阿里巴巴的碳中和路线图将作为自身实现自身运营和上下游供应链碳中和的三大目标之一，计划不晚于 2030 年实现上下游价值链碳排放强度减半，率先实现云计算的碳中和和绿色云。腾讯也启动数据中心分布式新能源项目的开发建设，设计了整体绿色电力交易策略，使用零排放的可再生能源电力，预计不晚于 2030 年实现自身运营及供应链的全面碳中和；不晚于 2030 年实现 100%绿色电力。

### （三）微观企业实践

全球算力企业多维度创新绿色实践，推进“碳中和”计划实践。2023 年国际数据中心龙头企业 Equinix 宣布将其 49 亿美元绿色债券收益全额分配给包括热回收系统、先进冷却技术等绿色数据中心建筑和能效项目。国际互联网科技巨头 Google 在 2020 年提出计划到 2030 年在全球范围内所有数据中心以小时单位实现实时可再生能源供电，也就是 24/7 零碳运营管理计划。其他科技巨头也提出了相似的目标，亚马逊计划到 2040 年实现净零排放，苹果公司计划到 2030 年其供应链和产品实现碳中和。

我国算力企业积极响应国家政策，加速推进绿色算力碳中和路径。目前，中国三大运营商对于绿色低碳行动都设立了明确的规划，中国电信通过开展节能技术应用，将在十四五期间实现大型、超大型绿色数据中心占比超过 80%；中国移动将开展零碳、低碳数据中心建设部署；中国联通通过供电降损简配、空调利用自然冷源等技术提高系统能效。第三方数据中心服务商也积极推出绿色算力碳中和计划，万国数据发布环境、社会及治理报告，提出在 2030 年同时实现碳中和及 100%使用可再生能源，秦淮数据提出将打造 100%可再生能源供电的超大规模生态集群。

表 2 国内外算力市场主体绿色算力实践及碳中和行动计划

国际部分算力企业	绿色算力实践及碳中和行动计划	我国部分算力企业	绿色算力实践及碳中和行动计划
<b>Equinix</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>绿色债券收益分配绿色数据中心建筑和能效项目</li> <li>到 2030 年，将实现 100%可再生能源利用</li> <li>到 2030 年，温室气体和排放较 2019 年减少 50%</li> </ol>	<b>中国电信</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>“1248”双碳行动</li> <li>将在十四五期间实现大型、超大型绿色数据中心占比超过 80%</li> </ol>
<b>Amazon</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>2025 年实现 100%可再生能源利用</li> <li>2040 年实现净零排放早于巴黎协议 10 年</li> </ol>	<b>中国移动</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>C<sup>2</sup>三能—碳达峰碳中和行动计划</li> <li>开展零碳、低碳数据中心建设部署</li> </ol>
<b>Google</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>2007 年实现碳中和</li> <li>2017 年实现 100%可再生能源</li> <li>2030 年实现实时零碳运营</li> </ol>	<b>中国联通</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>“3+5+1+1”碳达峰碳中和行动方案</li> <li>通过供电降损简配、空调利用自然冷源等技术提高系统能效</li> </ol>
<b>Microsoft</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>2025 年实现 100%</li> </ol>	<b>万国数据</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>在 2030 年同时实现碳</li> </ol>

	可再生能源 2.2030 年实现碳负排放 3.2050 年消除成立以来所有碳排放		中和及 100%使用可再生能源 2. 绿色电力证书
<b>Facebook</b>	1.2019 年实现 100% 可再生能源 2.2020 年实现自身运营碳中和 2.2030 年实现供应链碳中和	<b>秦淮数据</b>	1.打造 100%可再生能源供电的超大规模生态集群 2.高性能服务器机柜
<b>Apple</b>	1.2019 年实现 100% 可再生能源 2.2020 年实现自身范围碳中和 3.2030 年实现整体碳中和	<b>腾讯</b>	1. 数据中心分布式新能源项目开发建设 2. 2030 年实现自身运营及供应链的全面碳中和; 3. 2030 年实现 100%绿色电力。
<b>Intel</b>	1.2030 年, 全球运营使用 100%再生能源 2.2040 年全球业务事项温室气体净零排放	<b>华为</b>	1. 运用人工智能技术对数据中心能效进行调优 2. 加强低碳散热技术研发

数据来源：中国信息通信研究院根据公开信息整理

### 三、算力设备绿色化发展态势

#### （一）算力设备绿色发展总体情况

全球算力设备能耗随人工智能需求爆发大幅增长。算力设备是算力能耗和碳排放的重要来源，以 PUE 为 1.5 的数据中心为例，其 IT 设备耗能约占 67%，制冷系统约占 27%，供配电系统约占 5%，照明及其它约占 1%，设备耗能中服务器约占 50%，存储系统约占 35%，网络通信设备约占 15%，如图 5 所示。随着人工智能应用需求爆发，全球对算力需求也呈现指数级增长，其中生成式 AI 将逐渐成为算力 IT 设备负载增长的主要来源。根据调研显示，2022 年主流 AI 推理

型服务器和通用计算存储型服务器的处理器、DIMM 内存等主要芯片能耗占服务器设备总能耗 60%左右，而在主流 AI 训练型服务器中，这一数值超过 75%。<sup>2</sup>根据研究显示，预计到 2030 年，全球数据中心的 IT 设备负载将从 2023 年的 33GW 增长到 100GW，年平均增长率达到 17%，其中，AI 工作负载将以 43%的年平均增长率增长，在 IT 设备总负载占比将从 2023 年的 13%增长到 2030 年的 50%以上。从 2024 年到 2030 年，AI 芯片将为数据中心 IT 设备负载带来每年 4 至 9GW 的新需求，在数据中心新增的全部 IT 设备负载中占 70%<sup>3</sup>。

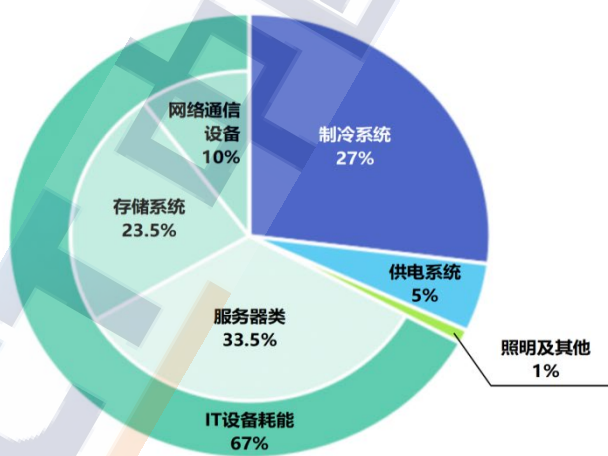
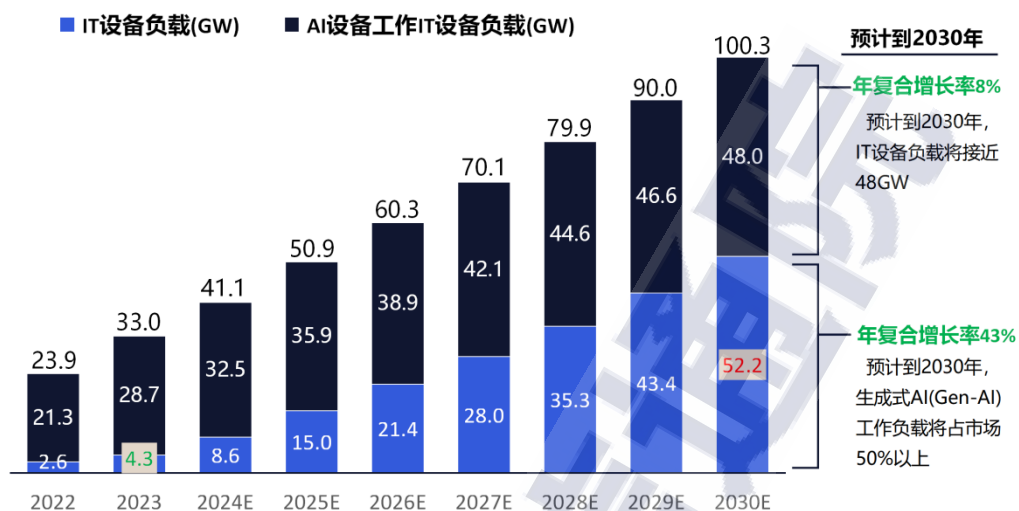


图 5 算力中心能耗结构（以 PUE=1.5 为例）

<sup>2</sup> 数据来源：《中国数字化绿色化协同转型发展进程报告（2023）》

<sup>3</sup> 数据来源：datacenterHawk (DCH), FactSet, Cogent Communications, Citi Research



来源：datacenterHawk(DCH),FactSet,Cogent Communications, Citi Research

图 6 全球 IT 设备及 AI 工作负载趋势

**我国算力设备整体效能不断提升。**单纯依靠增加晶体管数量来提升算力的边际效益逐渐减少，同时能耗问题成为进一步提升算力效率的主要瓶颈，因此，数据中心每瓦功耗所产生的算力成为衡量算力整体效能的重要指标。近年来，通过芯片制造封装工艺技术进步以及处理器架构创新提升单芯片性能，运用先进存储、存算一体、无损网络融合等技术促进计算存储网络协同，以及通过异构计算资源池化实现算力统一调度等方式提升 IT 设备高效性从而降低能耗，我国算力设备整体效能不断提升。据工业和信息化部统计，截至 2023 年底，我国在用数据中心机架总规模超过 810 万标准机架，算力总规模达到 230EFLOPS，算力总规模近 5 年平均增速近 30%，2023 年我国存力总规模约 1200EB，先进存储容量占比超过 25%。

## （二）芯片：工艺和架构创新驱动芯片产品实现高效降耗

头部科技企业围绕先进工艺和架构优化创新推动实现芯片高效节能。先进制程工艺、架构优化设计和电源管理等方式是提高通用芯片算效的主要方式。在先进制程工艺方面，ARM 发布的新一代移动处理器超大核 Cortex-X4，基于最新的 ARM9.2 架构和 N3E 工艺，相比上一代在性能上提升了 15% 左右，在相同频率下降低 40% 的功耗。英伟达推出的 Blackwell GPU 采用 4nm 工艺，结合第二代 Transformer 引擎、第五代 NVLink、RAS 引擎和解压缩引擎等技术，可支持多达 10 万亿参数的模型进行 AI 训练和实时 LLM 推理，比上一代 GPU 芯片性能提升 30 倍，能耗可降低 25 倍。基于 6nm 工艺改进、Zen3+ 核心架构优化以及 LPDDR5 内存和先进省电机制加持，功耗则可降低 35%。在架构优化方面，阿里自研的倚天 710 内含 128 核 CPU，与飞天操作系统及 CIPU 融合，在数据库、大数据、视频编解码、Web 服务器等核心场景中的性能提升 30% 以上，单位算力功耗降低 60% 以上。

表 3 通用芯片与智能芯片代表产品情况

芯片类别	产品名称	厂商	产品特性
通用芯片	Cortex-X4	ARM	基于 ARM9.2 架构和 N3E 工艺，性能上提升了 15% 左右，在相同频率下降低 40% 的功耗

	Ryzen PRO 600	AMD	基于 Zen3+核心架构优化以及 LPDDR5 内存和先进省电机制加持，功耗降低 35%
	Veyron V2	Ventana Micro Systems	采用 RVA23 功能集和 8 级流水线设计，性能提升 40%
	倚天 710	阿里	性能提升 30%以上,单位算力功耗降低 60%以上
智能芯片	Blackwell GPU	英伟达	性能提升 30 倍，能耗降低 25 倍
	思元 290	寒武纪	算力提升 4 倍，内存带宽提高 12 倍，芯片间通讯带宽提高 19 倍，可提供更优性能功耗比
	昇腾 910AI 处理器	华为	采用达芬奇架构，支持异构计算，性能提升 2 倍，能耗降低 50%
	全模拟光电智能计算芯片	清华大学	系统级能效相当于现有高性能芯片的 400 万倍

来源：中国信息通信研究院根据公开信息整理

### （三）服务器：整机性能优化及动态节能管理助力降低能耗

建设高密度服务器是提升计算效率和降低能耗的重要举措。高密度服务器一般具备高密度的处理器、内存和存储配置，以及高效的电源和冷却技术。一方面，高密度服务器可以较小的物理空间内集成更多的处理器和 I/O 扩展能力，并根据客户需求进行灵活扩展操作，显著提升计算机的性能；另一方面，高密服务器多台节点共享电源和风扇，可以更好的提高电源和散热系统的使用效率，实现降低能耗和成本的作用。目前，算力服务器企业围绕计算效率和降低能耗加快高密度服务器产品迭代升级。浪潮信息发布的高密度服务器支持 X86、ARM 等多种计算平台，计算性能提升 60%~107%，同时支持 CXL 技术，实现按需内存扩容，有效数据带宽提升

达 87%至 125%。HPE 的 ProLiant DL560 Gen10 高密度服务器，在 2U 空间内提供 4 路计算密度，处理性能提高 68%，计算内核数量提升 27%。

**服务器整机节能技术可有效实现能耗节约。**在服务器设计、制造和使用过程中，优化整机架构以及利用管理技术对电源和散热进行智能调控，可降低服务器能源消耗。一是动态节能管理技术，主要通过功耗封顶、主备供电、节能风扇调速、部件休眠等技术，动态调整服务器的运行状态和电力分配，使服务器保持高性能的同时最大程度降低运行功耗。二是通过电源模块全局池化以及 AI 自调节超融合节能技术，根据负载动态调节电源供电和储能，在硬件模块化的基础上实现管理的智能化，使电源始终工作在最佳效率区间并控制能耗。浪潮推出的 M6 四路服务器采用 PID 智能温度检测机制调控技术，风扇能够精确按业务负载节能调速，实现精准送风并解决温度传递滞后性问题。同时配合硬件低风阻布局，如防回流型导风罩、T 型散热器、一体化风扇墙等，具备智能功耗封顶功能，可有效提升散热效率，助力机房在节能降耗方面提升 6%。

#### **（四）存储：效率和密度不断优化升级引领绿色节能方向**

提升存储密度是应对存储需求激增降低单位容量存储功耗的主要途径。随着数据量不断增长以及 AI 技术革命推

动，存储需求急剧攀升，进而引发存储耗电量的大幅增加，驱动存储设备性能向更快传输速度和更高存储密度提升。新一代动态随机存取存储器 DDR5 拥有超高频宽及低功耗优势，不仅传输速率较上一代增加 50%，工作电压亦由 DDR4 的 1.2V 下降至 DDR5 的 1.1V，能够提高整体系统能源效率。非易失性存储器闪存（Flash Memory）作为当前固态硬盘主流的存储介质，其存储阵列中的存储单元是由晶体管组成，相较于依靠磁盘转动以及读写加载数据的传统机械硬盘（HDD），具有高存储密度、低能源消耗、低成本的优势，数据访问速度提高了大约 100 倍，单盘 IOPS 提升了至少 1000 倍以上，可以更好为热数据提供在线存储。高带宽存储器（HBM）使用先进的封装方式垂直堆叠多个 DRAM，与处理器通过中介层互联实现近存计算，拥有多达 1024 个数据引脚，可显著提升带宽和密度，降低功耗和封装尺寸。

龙头企业围绕存储效率的提升逐步向极限物理制程演进。在非易失性存储器技术方面，华为发布的消费级固态硬盘，采用基于 7nm 工艺制造的控制芯片和闪存颗粒，可提高数据传输速率并降低响应时间延迟，功耗仅为 6.5 瓦，是 PCIe 4.0 接口 SSD 产品平均水平的一半。长江存储推出的 PC411 SSD 采用了第四代 3D 堆叠技术闪存芯片，可实现高达 2400MT/s（每秒百万次传输）的速率，并降低了 25% 的功耗。在高带宽存储器技术方面，SK 海力士推出的 HBM3E，

采用 1 $\beta$ (1-beta) 制程技术，数据传输率从上一代的 6.40GB/s 提高至 9.6GB/s。另外，得益于先进的 MR-MUF（大规模回流成型底部填充）封装工艺，HBM3E 散热性能比其前代产品提高了 10%。在光存储技术方面，我国推出的超级光盘在国际上首次实现了 PB 量级的超大容量光存储，超越传统光盘存储极限的数据写入和读取功能，数据密度达到了每平方英寸（6.45 平方厘米）26TB。

#### 四、算力载体绿色化发展态势

##### （一）算力载体绿色发展总体情况

AI 需求爆发前，全球数据中心耗电量相较于需求增长较为平稳。2010—2022 年间全球互联网用户数量增长了 1.25 倍<sup>4</sup>，全球互联网流量增长了 25.74 倍<sup>5</sup>，而数据中心能耗却仅增长了 33-89%<sup>6</sup>。相比数据中心需求增长量而言，数据中心的能耗占比全球用电量并没有增长太多，始终维持在 1%左右。AI 应用快速发展将带来全球数据中心耗电量大幅增长。自 2022 年 11 月 30 日 OpenAI 首次发布 ChatGPT，并于 2023 年 1 月累计用户超过 1 亿，AI 迎来快速发展。随着 AIGC 率先在传媒、电商、影视等数字化程度高、内容需求丰富的行业取得重大创新发展，与此同时，金融、医疗、工业等各领域

<sup>4</sup> 数据来源：International Telecommunication (ITU), Global Connectivity Report 2023

<sup>5</sup> 数据来源：International Telecommunication (ITU), Global Connectivity Report 2023

<sup>6</sup> 数据来源：International Energy Agency (IEA), Electricity Market Report 2024

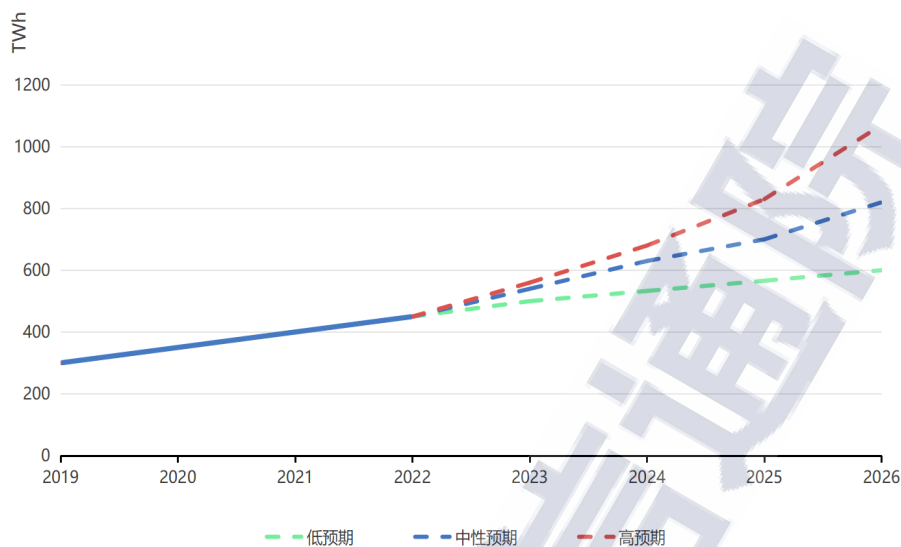
AIGC 的应用也都在快速发展，AI 应用的普及将成为全球的重要电力需求增长来源。根据国际能源署（IEA）于 2024 年 1 月公开发布的《2024 年电力报告》数据显示，全球数据中心、加密货币、AI 等相关电力需求将从 2022 年的 460TWh 上升至 2026 年的 620-1050TWh，4 年 CAGR 为 9.6%-22.9%<sup>7</sup>，数据中心和人工智能消耗全球总用电量占比明显跳升。

	2010年	2022年	增幅
互联网用户数	22.7亿	51亿	125%
互联网流量	0.2ZB	4.4ZB	2574%
数据中心用电量	180.33TWh	240-340TWh	89%

来源：International Energy Agency(IEA)、International Telecommunication(ITU), Global Connectivity Report 2023

图 7 互联网流量与数据中心能耗对比

<sup>7</sup> 数据来源：International Energy Agency(IEA), Electricity Market Report 2024



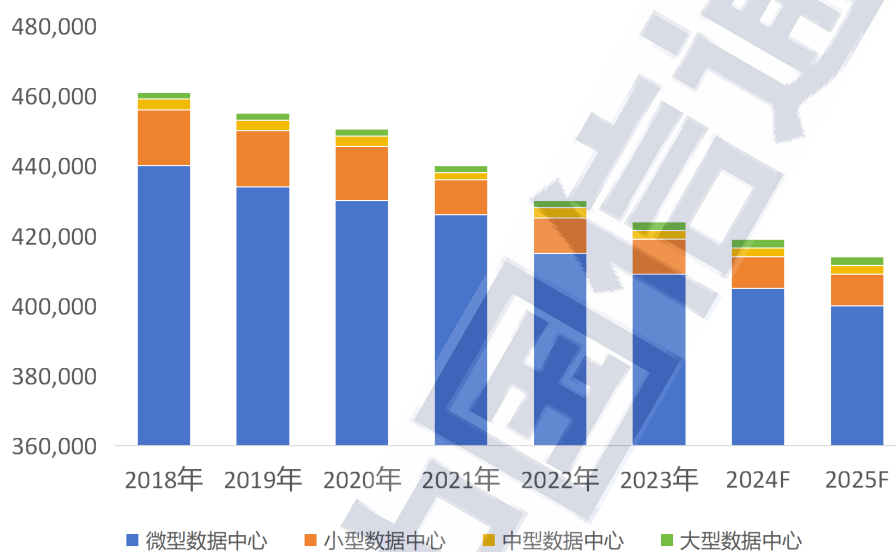
来源: International Energy Agency (IEA)

图 8 IEA 对全球数据中心、加密货币、AI 等需求用电量的预测

### 全球数据中心能效水平进一步提升，持续下行空间有限。

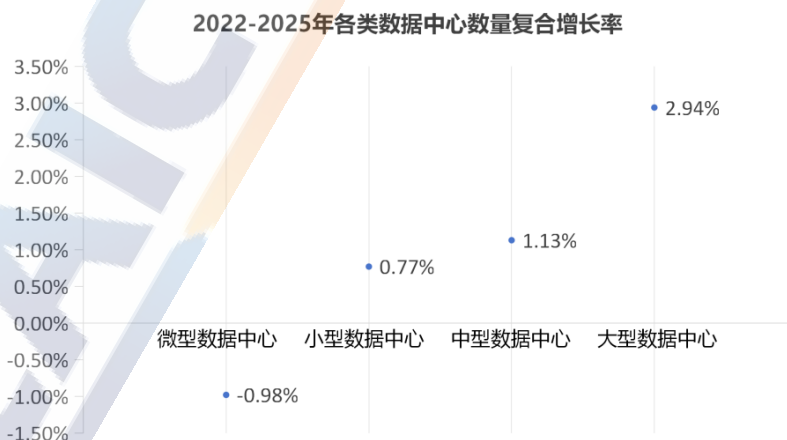
根据 Uptime Institute 统计数据，随着老旧数据中心广泛应用冷热空气隔离、优化冷却控制和提高送风温度等措施，推动全球 PUE 从 2007 年的 2.5 迅速下降至 2014 年的 1.65。2014 年至今，空气冷却仍然占据数据中心冷却主导地位，全球 PUE 持续下降空间已明显缩窄，导致整体用电量的节约幅度明显弱于 2007-2014 年期间的水平。全球超大型数据中心加速建设，推动数据中心 PUE 进一步优化。随着技术以及商业模式发展，数据中心业务形态从机柜租赁转为算力租赁，这要求算力更为高效和集约部署，推动全球超大规模数据中心加速建设，并带动一批老旧小数据中心淘汰关停。根据 Gartner 的数据，2022 年全球数据中心数量从 2015 年的 45

万个缩减至 2022 年的 43 万个。Synergy Research Group 的数据显示，截止到 2023 年底，大型数据中心数量增加到 992 个，并在 2024 年初增长到超过 1000 个，比 2018 年数量增长了一倍。全球大型和超大规模数据中心集约化建设，带动全球数据中心 PUE 不断下降。



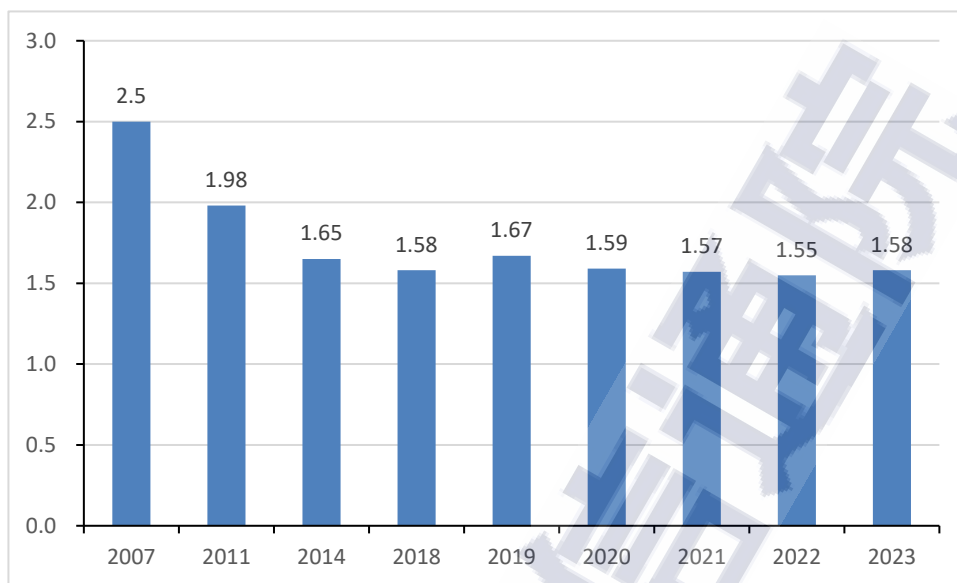
来源：Gartner

图 9 全球数据中心数量



来源：Gartner

图 10 各类数据中心数量复合增长率

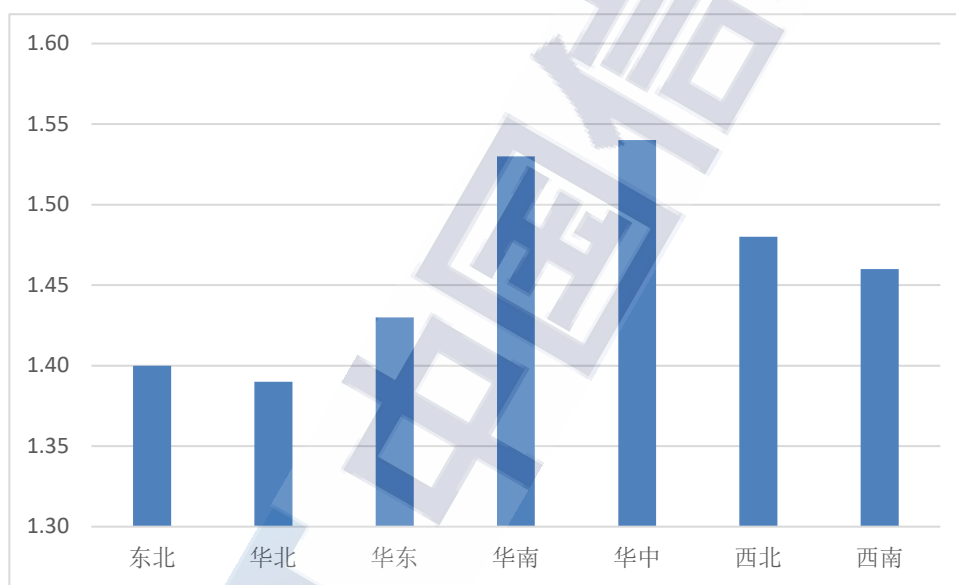


来源: Uptime Institute

图 11 全球数据中心平均年 PUE（按机房部署的最高功率机柜）

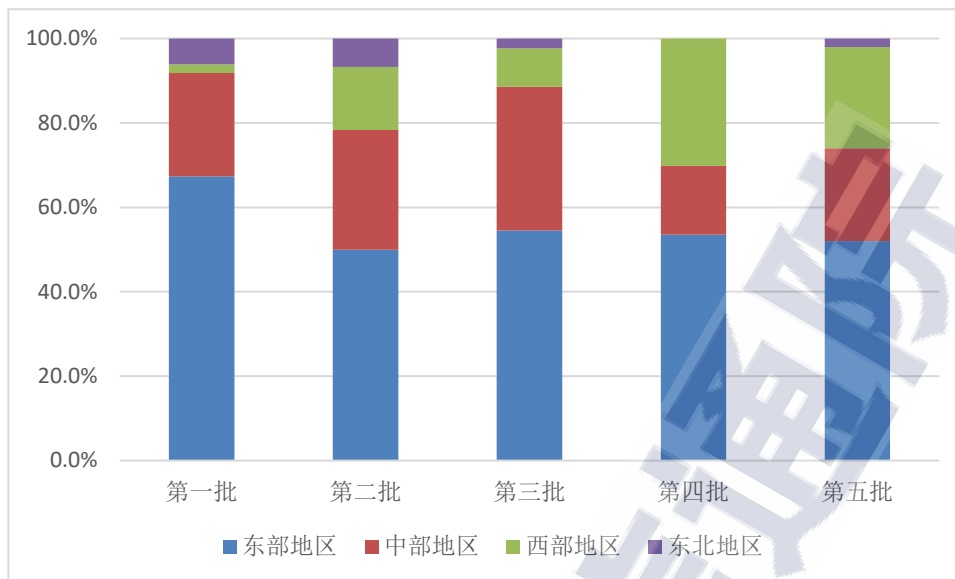
**我国数据中心耗能水平呈下降趋势，中西部地区绿色算力发展迅猛。**据中国信息通信研究院测算，截至 2023 年底，我国数据中心 810 万在用标准机架总耗电量达到 1500 亿 KWh。国家能源局数据显示，2023 年全社会用电量 92241 亿千瓦时，同比增长 6.7%，因此，数据中心在用标准机架总耗电量占全社会用电 1.6%，数据中心碳排放总量为 0.84 亿吨。我国数据中心广泛采用的自然冷源利用、优化冷却控制、提高供电效率等能效措施取得明显成效。据测算，2023 年我国数据中心平均电能利用效率（PUE）为 1.48，与 2022 年的 1.54 相比有进一步提升。其中，东北、华北等北部地区充分利用自然风冷等自然资源优势，平均 PUE 分别为 1.40 与 1.39，远低于华南、华中等南部地区平均 PUE 1.53 与 1.54。与此同时，为引导数据中心绿色低碳发展，助力实现碳达峰碳中和

目标，国家层面通过示范遴选一批能效水平高且绿色低碳、布局合理、技术先进、管理完善、代表性强的数据中心，推动各地绿色数据中心建设。中西部地区绿色数据中心发展迅猛，根据工业和信息化部统计最新公示的《2023 年度国家绿色数据中心名单》，2023 年度共遴选了 50 个国家绿色数据中心，其中，中西部地区入选“国家绿色数据中心”数量占比持续提升，从第一批占比 26.6%增长到第五批的占比 46%。



来源：中国信息通信研究院

图 12 2023 年全国各区域 PUE 情况



来源：中国信息通信研究院

图 13 全国区域绿色数据中心占比

## （二）制冷：液冷和自然冷源利用成为降低能耗的重要手段

利用自然冷源是近年业界日益重视的探索方向。数据中心一年四季都需要制冷，冬季及过渡季节室外温度低于室内温度时，自然界存在着丰富的冷源，合理开发利用自然冷源是降低数据中心能耗，降低机房 PUE 关键性措施。自然冷却主要包括空气侧自然冷却技术，水侧自然冷却技术，氟侧自然冷却技术，以及二氧化碳载冷技术等。其中，**新风直接自然冷却作为最直接的自然冷却方式**，可直接利用新风系统，将室外冷风供应到数据中心，减少换热流程。目前，新风直接自然冷却技术已经在部分地区得到了应用，如雅虎在纽约地区数据中心采用全新风自然冷却技术，PUE 可达 1.08。**直接水侧自然冷却技术应用稳步推广**。直接水侧自然冷却系统直接抽取较为冷且恒定湖、海水等自然低温水，将冷却源直

接引入数据中心，在冷却的过程中不对内部环境造成影响，可最大化使用自然冷源，取得良好的节能效益，受到业界关注。Google 位于芬兰的数据中心采用了海水冷却方式，利用水下通道将海水运输至数据中心，并混合热水进行调温，以达到适合数据中心冷却的温度，年均 PUE 约为 1.14。自然冷源选择需要考虑数据中心布局建设所在地的气候及温湿度条件等因素。我国华北、西北及东北等地区，室外气温低于 10℃ 的天数全年占比可观，“东数西算”规划布局中，十个国家枢纽节点集群所在区域在气候环境都有比较优势，利用当地自然冷源不仅能够节省机械制冷的能耗，而且自然冷源供给充足、无污染，属于绿色冷源。

**液冷技术成为数据中心高效制冷热点方向。**随着市场主流芯片功耗密度持续提升，传统风冷散热技术已难以满足当前的高密度计算散热需求，液冷技术将高比热容的液体作为热量传输媒介，直接或间接接触发热器件，缩短送风距离，传热路径短，换热效率高，成为 AI 时代支撑高密度部署、应对节能挑战的重要途径。目前，冷板液冷和浸没式液冷是数据中心行业应用的两种主流液冷技术。**冷板式液冷技术已形成相对成熟的解决方案。**冷板式液冷作为非接触式液冷，通过液冷板将发热器件的热量间接传递给封闭在循环管路中的冷却液体带走热量。冷板式液冷对于服务器芯片组件及附属部件改动较小，主要途径为加装液冷模块，采用集中式或

分布式 CDU 供液、Manifold 分液，对芯片、内存等部件进行精准制冷。浸没式液冷技术有望实现大规模商用。浸没式液冷是将发热电子元器件直接浸没在非导电冷却工质中，通过冷却工质循环流动来进行散热的接触式冷却技术，可实现 100%液体冷却，散热节能优势明显。未来随着浸没式液冷技术标准推进、应用部署成本降低，将进入大规模商用加速道。

### （三）供配电：降低传输损耗是供配电系统节能重点方向

提升供电设备负载能力可优化供电系统整体效率。数据中心传统的供配电系统组成复杂，包括变压器、UPS、配电柜等多套设备，同时传统 UPS 供电方案电能损耗较大，能效水平不高。提升单一设备能效，如发展节能型变压器以及高效交流不间断电源，可有效提升数据中心供电效率。以非晶合变压器为代表的节能变压器与普通变压器相比，具有高饱和磁感应强度和低损耗的特点，去磁与被磁化的过程极易完成，可降低损耗、增加有效载荷，比 315KVA 硅钢磁芯变压器在空载或负载时下降 40%-60%的损耗。UPS 的增强型 ECO 模式（Ecology、Conservation 和 Optimization）让 UPS 在减少电源保护的情况下运行，可实现高达 99%的效率，当旁路输入异常时，0ms 切换至电池供电，旁路输入恢复正常，0ms 切换回旁路供电，整流单元正常充电，使 UPS 运行在经济状态下。

**系统架构重构提升供电系统能效逐渐在数据中心领域获得广泛应用。**集成式电力模块作为一种供、配电一体化解决方案，将变压器、低压柜、补偿柜、不间断电源、馈线柜、电力监控等多个变配电设备和电源系统的全部功能进行集约整合，通过一体化设计减少占地和供电级数，缩短供电链路和部署工期，形成功能更加完备的全融合型电源系统。联通位于德清的数据中心采用融合型智能电力模组，从变压器出线柜逐级到 UPS 输出，全部柜体并排安装，柜体之间全部采用铜排母线连接，铜排母线与配电柜体整合设计制造，简约了级间保护的重复设置，解决了传统攒机方案相邻柜体间电缆上下翻折、降低线路和配电损耗的问题；同时采用一级能效变压器、高效模块化 UPS 及动态在线功能提升整体电力模组运行效率。

#### **（四）运维：智能化能效管理助推数据中心迈向精准节能**

**智能化运维管理助力数据中心走向能源效率精准管理。**智能化运维管理系统可以根据运行状态实时匹配合理的服务容量与资源，应用数据分析手段改善电能利用率、制冷供冷效率，避免资源的闲置与浪费。一方面，采用数字化 3D、数字孪生等新技术，集中管理数据中心 IT 设备、基础设施层面的物理设备，结合全方位实时监控感知计算、网络、存储等资源的使用情况及能耗水平，通过全局可视化帮助管

理者把握数据中心运行状态，发现任何异常或潜在的能源浪费可及时采取措施应对，实现全生命周期端到端的能耗能效管理和优化。另一方面，利用算法 AI 自我学习、动态调节的能力对海量数据进行智能化分析，整合预训练好的深度学习预测模型，结合运维专家能效调优的经验协助动态匹配机房负载和环境参数，可自动推理暖通系统最低能耗运行参数。同时，输出的结果可及时反哺节能模型，推动节能模型不断迭代，优化节能策略。目前，以华为、阿里巴巴、腾讯、秦淮数据为代表的企业逐渐在 AI 能效调优方向落地实践，开展数据中心用能监测分析与负荷预测。

#### **（五）资源回收：回收技术助力绿色算力变碳为能**

数据中心资源回收技术创新不仅可以有效降低数据中心的能源消耗，同时也降低温室气体的排放，助力绿色算力变碳为能。目前，数据中心资源回收主要包括废热回收和废水等资源回收。余热回收主要分为空气余热回收和水余热回收两种方式。空气余热回收是在数据中心内设置空气余热回收器，将排出的空气经过余热回收器的过滤处理，回收产生的废热以便再利用。水余热回收是在数据中心内设置水余热回收装置，将数据中心产生的废水进行处理，使其转化为符合条件的热量，再通过系统进行回收利用。一方面，余热回收技术可有效降低数据中心空调系统和园区供热系统的能耗，提高能源综合利用率；另一方

面，回收的热量也可销售，摊薄数据中心运营成本，产生经济效益。同时，水资源回收利用也日益成为行业关注焦点。根据 Uptime Institute 发布的数据，单个大型数据中心每年的用水量高达 675 万加仑。废水资源回收技术应用能够有效减少数据中心耗水量，提高水利用效率。通过排污水再回收、雨水回收两种途径，可提高非传统水源利用效率，减少数据中心外部水源的输入量。对于排污水再回收，由于空调或者冷却的排污水水质具有高盐分、高硬度、高碱度等特点，需采用膜法处理改变浓缩倍数，降低排污水的无机盐含量后再次回到循环水或其他用水点，可有效降低数据中心水资源消耗。对于雨水回收，将雨水作为一种资源回收利用，回收后的雨水经过净化、消毒等处理后，可以作为市政供水的一种有效补充。

## 五、算能协同绿色化发展态势

### （一）可再生能源利用：有效降低算力基础设施碳排放

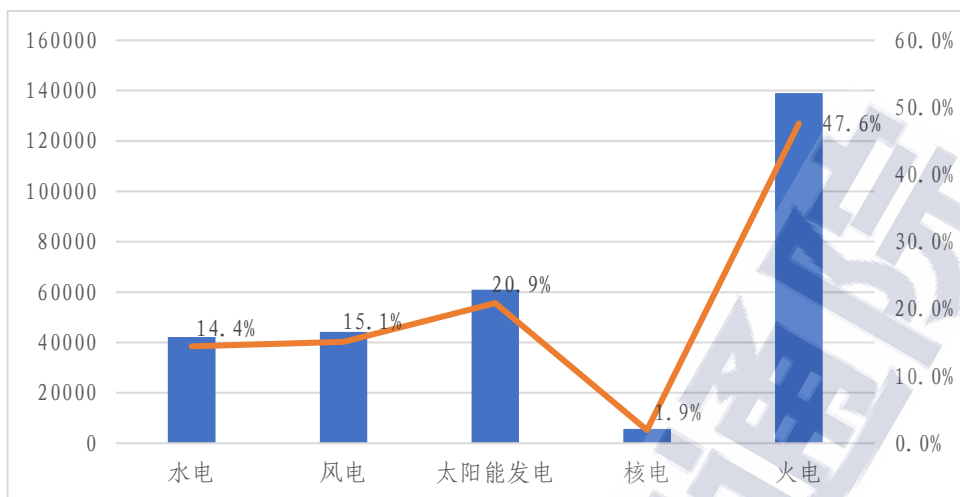
全球能源结构转型拐点初步显现，龙头算力企业积极探索可再生能源 100% 利用。根据全球能源智库 Ember 基于多国数据集（包括国际能源署、欧盟统计局、联合国以及各个国家统计部门数据）发布《2024 全球电力评论》显示，2023 年得益于太阳能和风力发电量的增长，可再生能源发电量在全球发电量中的占比达到了前所未有的 30%，2023 年或将成为电力行业碳排放量达到峰值的标志性转折点，比 2007 年

的峰值低 12%。值得一提的是，我国在 2023 年对全球风电和太阳能发电增长作出巨大的贡献，新增太阳能发电占全球总量的 51%，新增风能占比更是达到 60%。龙头科技和算力企业纷纷积极探索可再生能源 100% 利用，美国十大互联网及算力公司中，谷歌、苹果和 Facebook 已经实现 100% 可再生能源，进一步降低了数据中心碳排放。亚马逊、微软、Salesforce 等其他 7 家领先互联网企业也承诺在 2025-2035 年之间实现 100% 可再生能源应用率。

**我国可再生能源高质量跃升发展，绿色能源资源禀赋与算力用电负荷时空仍需适配。**近年来，我国大力发展可再生能源，新型能源体系加快构建。2023 年，我国可再生能源发展出现历史性变化，总装机达 15 亿千瓦，在全国发电总装机中占比过半，超过火电装机<sup>8</sup>。新能源配建储能装机规模约 1236 万千瓦<sup>9</sup>，主要分布在内蒙古、新疆、甘肃等新能源发展较快的省区。其中，西藏、青海、新疆、内蒙古南部、山西、陕西北部、河北、山东、辽宁、广东东南部等地区的太阳能资源相对富集。内蒙古、辽宁、吉林、甘肃、新疆、河北及沿海等地风能资源分布广泛。但目前算力资源和需求仍集中在东部地区，绿色电力富集地区与算力用电负荷地区仍需加强调配。

<sup>8</sup> 数据来源：国家能源局发布 2023 年全国电力工业统计数据

<sup>9</sup> 数据来源：国家能源局 2024 年一季度新闻发布会



来源：国家能源局

图 14 2023 年中国不同类型电源累计发电装机量及占比情况<sup>10</sup>

表 4 全国及主要省市可再生能源发电量占用电量比例

区域	可再生能源发电量占用电量比例	区域	可再生能源发电量占用电量比例	区域	可再生能源发电量占用电量比例
云南	129.90%	山西	30.94%	重庆	14.48%
四川	107.12%	新疆	29.35%	福建	14.43%
西藏	98.96%	广西	25.84%	辽宁	13.34%
青海	83.37%	湖南	25.33%	江西	12.93%
湖北	56.09%	黑龙江	25.20%	江苏	10.71%
甘肃	53.86%	河南	24.51%	海南	7.67%
宁夏	38.09%	山东	19.90%	广东	6.99%
吉林	35.12%	安徽	19.40%	浙江	6.55%
内蒙古	35.04%	河北	18.61%	天津	2.42%
贵州	33.75%	陕西	15.87%		

来源：国家能源局、各省市政府网站公开数据

当前我国数据中心可再生能源推广利用仍处于起步阶段。当前我国数据中心可再生能源推广利用仍有较大潜力空

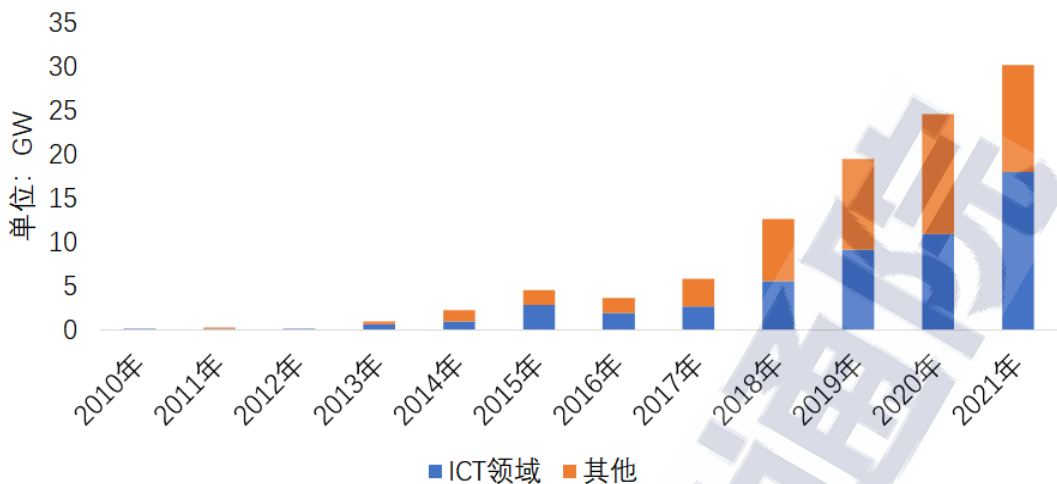
<sup>10</sup> 数据来源：国家能源局发布 2023 年全国电力工业统计数据

间。根据《绿色数据中心政府采购需求标准（试行）》，数据中心使用的可再生能源使用比例应逐年增加，2023 年可再生能源最低使用率 5%、2025 年 30%，2027 年 50%、2030 年 75%、2032 年达到 100%。<sup>11</sup>数据中心行业一直在积极应用可再生能源电力。阿里巴巴、腾讯、百度、秦淮数据、万国数据等企业积极探索通过可再生能源专线供电、开展可再生能源电力交易或可再生能源绿色电力证书交易等方式提高可再生能源利用比例。

## （二）绿电绿证交易：全面推动算力产业绿色用能

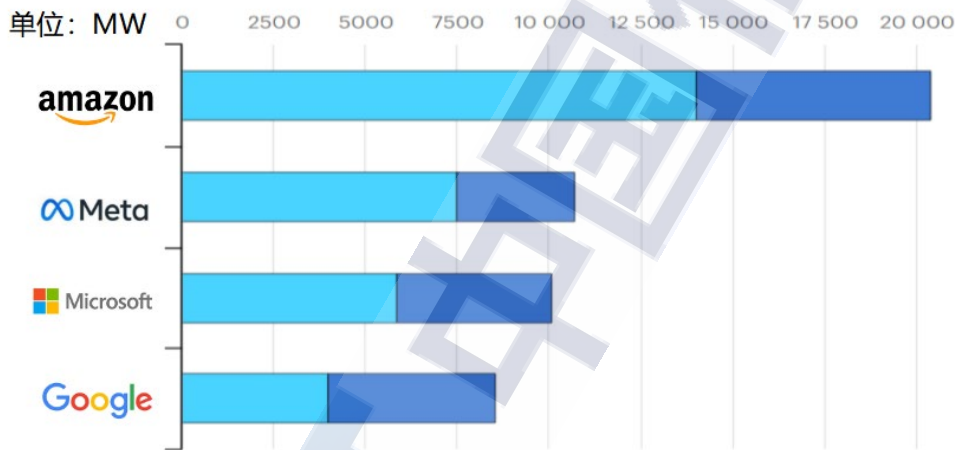
全球 ICT 行业积极投入绿电交易，数据中心运营商通过绿电交易降低碳足迹。全球 ICT 行业的能源消耗量与二氧化碳排放量逐年增长，上游能源短缺和成本上升，下游数据流量需求旺盛，将给 ICT 行业带来双重压力。ICT 行业在可再生能源项目上投入了大量资金，以保护自己免受电价波动影响，减少对环境的影响，并提高其品牌声誉。超大规模数据中心运营商主要通过签署数据中心可再生能源电力购买协议（PPA），降低运营时产生的碳足迹。亚马逊、微软和 Meta 和谷歌已签订超过 38W 的合同，以匹配其当年以数据中心为主的全部电力运营消耗。

<sup>11</sup> 《2022-2023 年中国 IDC 行业发展研究报告》



数据来源：国际能源署

图 15 全球绿色电力交易情况



数据来源：企业年报、企业 ESG 报告

图 16 2010-2022 年购买 PPA 的主要企业

我国数据中心绿电绿证交易仍有较大发展潜力。自 2021 年 9 月启动试点以来，我国绿电交易政策体系持续完善，绿电交易市场规模持续扩大，截至 2023 年底，国网经营区累计成交绿电规模 830 亿千瓦时<sup>12</sup>。数据中心已发展成为绿电交易的主要参与者，国网青海电力充分发掘绿电交易需求，通

<sup>12</sup> 来源：北京电力交易中心

过“e-交易”平台组织省内平价光伏电站和大数据企业参与绿色电力交易，2023 年累计成交电量 0.46 亿千瓦时<sup>13</sup>。互联网头部企业绿电交易意愿强，规模大，如阿里云自 2021 年 9 月参加国内首次市场化绿电交易后，显著提高了自建数据中心清洁能源的使用比例。2023 财年，阿里云自建数据中心的清洁能源电力占比为 53.9%，减碳量达 110.5 万吨，处于同业领先水平<sup>14</sup>。2023 年腾讯数据中心可再生能源设施总装机容量达 52.2 兆瓦，同比增长 166.3%，共采购绿电约 60.4 万兆瓦时，避免碳排放约 34.5 吨<sup>15</sup>。绿证是我国可再生能源电量环境属性的唯一证明，是认定可再生能源电力生产、消费的唯一凭证，是为绿色算力发展提供绿色电力消费的权威证明。根据国家能源局公布数据，截至 2022 年底，全国累计核发绿证约 5954 万个，累计交易数量 1031 万个。伴随绿电绿证交易规模持续扩大，数据中心企业参与度仍有待提升。



图 17 我国绿电和绿证交易发展历程

<sup>13</sup> 来源：国网青海省电力公司

<sup>14</sup> 来源：阿里巴巴集团《2023 阿里巴巴环境、社会和治理报告》

<sup>15</sup> 来源：腾讯《2023 年环境、社会及管治报告》

### （三）储能和微电网：显著提升能源供应安全稳定性

储能成为降低算力中心电力成本的重要技术。算力中心储能技术是指用于存储电能并在需要时释放以满足数据中心电力需求的技术，应用优势明显。储能可以替代柴发进行应急，作为数据中心的备用电源，能够在市电断电时，提供稳定的供电；储能能够成为数据中心的一路主供电源，通过并网为数据中心提供高安全性的日常供电。数据中心还可利用储能系统在波谷时存储电力，并在高峰期利用，参与电力市场调峰、辅助调频等，使数据中心从中获益。

储能电池和储能系统目前受到算力行业广泛关注。储能电池是实现电能存储和释放主要载体，可提供备用电源和平衡电力负载。当前铅酸电池在我国数据中心储能领域的市场占有率超过 90%，与铅酸电池方案相比，磷酸铁锂电池寿命长达 10 年，且体积是铅酸蓄电池 2/3、重量是其 1/3，可有效节省空间。未来，锂离子电池在数据中心的应用将显著增加。储能系统通常由储能电池组、能量转换器、控制器、监控系统等组成，提供综合能源管理功能，帮助数据中心实现更加高效可靠的能源管理。目前主流数据中心储能系统包括不同功率的液冷储能系统、风冷储能系统、储能电池集成系统等。如科创储能推出的浸没式液冷储能系统，具备 UPS 功能，并给其精密空调供电，增加数据中心应急电源的容量和备用时间，延长供电时间，降低 UPS 系统的投资成本，充放电深度

可达 100%，系统效率可达 90%以上，循环寿命提升 30%以上，预计十年累计减少二氧化碳排放量 100 万千克以上。

电化学储能技术在数据中心储能系统中仍是主流技术，液流电池、重力储能、氢储能等长时储能技术未来可期。液流电池储能技术相对成熟，基本具备大规模开发技术条件。“东数西算”京津冀起步区的怀来云数据中心 500kW/4000kWh 铁铬液流电池储能项目成功交付，标志着铁铬液流电池储能技术从试点示范迈向规模化商业应用。重力储能是一种利用重物的重力势能来储存电能的方式，河北怀来 25MW/100MWh 重力储能项目是全球首个服务于数据中心的重力储能项目，利用人工智能算法控制储能块的移动，实现势能与电能的相互转化，可连续储存 4 小时电量，储能规模为 100MWh。氢储能技术是唯一具备物质和能量双重属性的储能技术，是仅有的储能容量能达到太瓦级、可跨季节储存的能力储备方式。苹果、谷歌、Equinix 等国外企业的探索应用已证实了氢能数据中心的可行性，随着可再生能源电力和氢能成本的下降，未来氢能在数据中心领域将起到重要作用。

微电网为数据中心绿色能源的稳健供应保驾护航。微电网是指由分布式电源、储能装置、能量转换装置、负荷、监控和保护装置等组成的小型发配电系统，既可与大电网联网运行，也能在电网故障或需要时与主网断开单独运行。数据

中心基于微电网系统，能够实现能量供需的精确平衡和调度优化，从而提高能源利用效率。腾讯天津高新云数据中心分布式新能源微电网项目总装机容量达 10.54 兆瓦，年产零碳绿电量 1200 万度，相当于 6000 个家庭一年用电量。

#### **（四）算能协同及算力调度：促进算力和能源协同联动调度**

通过算力资源的动态调度和统筹优化提升资源利用率是算力绿色发展新方向。算力调度是通过构建算力、存力、网络资源的智能调度平台，根据计算任务的需求，合理分配和管理计算资源，采用分布式、异构算力虚拟化、云原生等方案，实现模块化部署、池化共享、智能化调度，提高计算资源的利用率和灵活性，利用算力感知、算网编排、算力路由等技术，针对算力业务需求，根据全域实时的算、网、数据资源以及云、边、端分布情况，灵活、动态地计算最优协同策略与调度路径，减少部分闲置资源的无负载运行，大幅降低设备的运行成本和能源消耗，实现算力资源动态调配、优化利用和精准匹配，已成为算力绿色发展新趋势和方向。

**各地积极建设算力调度平台，推动算力绿色高效利用。**目前，包括地方政府、科研机构、社会团体、算力企业、互联网交换中心等多方主体积极布局算力调度领域。在地方层面，自 2022 年底开始，“东数西算”国家一体化算力网络枢纽节点纷纷开启算力调度工作，其他非枢纽节点地区也纷纷

开始开展布局算力调度平台。在企业层面，基础电信运营商及云服务商依托自身在网络及云资源的优势联合产业链上下游建设算力调度平台，对算网资源的开展智能调度和优化。在第三方机构层面，科研机构、社会团队和互联网交换中心等第三方机构自身不拥有网络资源、算力资源，凭借第三方中立的身份更有利于开展算力调度服务，尤其适合中小型网络服务商、算力服务商抱团发展，也推动算力调度发展模式创新。

表 5 我国部分算力调度平台建设情况

平台名称	省/市	最新进展
全国一体化算力网络长三角枢纽节点吴江算力调度中心	苏州	2023年1月已开工建设
集群算力服务调度与采购平台	北京	2023年2月已正式发布
南京市城市算力网运营平台	南京	2023年2月已正式发布
上海市人工智能公共算力服务平台	上海	2023年2月已正式启用
庆阳-郑州高新区算力网络平台	庆阳、郑州	2023年2月已签署合作框架协议
东数西算一体化算力服务平台	宁夏	2023年2月已正式发布
郑州城市算力网	郑州	2023年2月已启动建设
算力互联互通验证平台	北京	2023年3月平台二期已发布
天翼云成渝枢纽重庆3AZ节点、天翼云重庆城市云、“东数西算”重庆算力调度枢纽	重庆	2023年3月已正式发布
内蒙古和林格尔新区“多云”算力资源调度示范项目	内蒙古	2023年3月已通过备案
甘肃省算力资源统一调度平台	甘肃	2023年3月已正式上线
粤港澳大湾区算力调度平台	深圳	2023年4月已正式发布
全国一体化算力网络国家枢纽节点山西枢纽（太原）项目	太原	2023年5月已开工建设
AI算力服务中心	广西	2023年5月已正式发布
全国一体化算力算网调度平台	北京	2023年6月1.0版正式发布
苏州市公共算力服务平台	苏州	2023年8月已正式上线

全国一体化算力网络国家（贵州）枢纽节点调度平台	贵州	2023 年 10 月 3.0 版正式上线
上海算力交易平台	上海	2023 年 12 月 2.0 版正式发布
粤港澳大湾区一体化算力服务平台	深圳	2023 年 12 月已正式发布
安徽省算力统筹调度平台（长三角枢纽芜湖集群算力公共服务平台）	芜湖	2024 年 5 月已正式发布
中国算力网粤港澳大湾区算力服务平台	韶关	2024 年 5 月正式上线
青岛市算力调度服务平台	青岛	2024 年 5 月已正式发布

来源：中国信息通信研究院根据公开信息整理

**算力和能源系统协同调度对绿色算力输出具有重要作用。**数据中心实现 80%绿电且要保证能源的高效利用，离不开与电力的深度融合，“源网荷储”可精确控制用电负荷和储能资源，解决清洁能源消纳及其产生的电网波动性等问题。数据中心综合能源系统是一种将多种能源资源和能源管理技术结合起来，以实现数据中心能源的高效利用和管理的系统。对比源网荷储一体化更侧重于电力和储能之间的整合，无法应对突发的能源波动或负载波动，综合能源系统能够通过统筹调度算力与电力解决同一站点内源、荷、储缺乏协同，能源运营效益未得到有效开发的问题。阿里巴巴和华北电力大学联合实现行业首次数据中心和电力系统以促进可再生能源消纳为目标的协同调度。在电力系统调峰信号的引导下，将位于江苏省南通数据中心部分算力负载转移至河北省张北数据中心，完成跨区域算力-电力优化调度验证实验，有效增加华北电网可再生能源消纳。中国移动浙江公司首创通信

站点源网荷储一体化能源体系，以源网荷储一体化为依托，推进能源运营从被动用电向主动调度转型。

**算力、能源、热力协同耦合的算力综合能源系统是新的发展方向。**数据中心在消费巨量电力的同时，其 GPU、CPU 以及 IT 设备散产生大量的中低温余热。随着综合能源系统不断创新实践，带动数据中心算力与能源互动协同，有效利用数据中心能源消费侧海量低温余热，实现数据中心算力与能源、热力的耦合互动以及多目标下的最优运行将成为数据中心节能减碳的关键。美国能源部最早开展了用户侧冷、热、电负荷的需求侧响应和管理；日本建立的智能工业园区示范工程，将电力、燃气、供热/供冷等多种能源系统有机结合，通过多能源协调调度，提升企业能效、满足用户多能源的高效利用。因此，基于综合能源系统的理念、技术和模式，围绕数据中心构建算力综合能源系统，可在源荷储数智化管理的基础上，利用热泵、吸收式制冷、蓄冷蓄热等技术，实现数据中心余热再利用。数据中心通过需求响应等方式有效减少用电量和热能的浪费，实现节能减排与提质增效。

## 六、算用协同绿色化发展态势

### （一）算用协同赋能产业绿色低碳转型

**赋能工业绿色化发展。**我国工业领域能源消费占总量 2/3 左右，碳排放量占比 70% 左右，是实现碳达峰碳中和目标的重点领域。算力与工业互联网、大数据、5G 等新一代信息技

术融合以数字化转型驱动生产方式变革，从能源消费低碳化、资源利用循环化、生产过程清洁化等方面助力工业节能减排，全面提升工业绿色低碳技术创新、绿色制造和运维服务水平，推动工业经济绿色低碳发展。例如新华粤集团围绕能耗管理、碳资产管理、节能减排三大场景构建能耗双碳管理平台，采用“云、管、边、端”的架构，通过采集电表、水表、蒸汽表等能耗数据，在边缘计算层对能耗数据计算，实现设备利用率提升 12%，生产效率提升 13%，预估 2023 年碳减排量为 8900 吨，实现碳资产增值 50 万元。

**赋能建筑业节能降碳。**我国建筑能耗约占全社会能源消费的 28%~30%，在建筑运行阶段碳排放占全社会总排放比例为 22%。“绿色建造”和“高质量发展”是“十四五”规划对建筑业提出的新要求，为实现“智能、绿色、安全、高质量、可持续”等具体发展目标，建筑行业正面临着达成行业碳达峰碳中和目标和实现 AEC（即建筑、工程和施工）行业数字化转型的双重挑战。算力与数字技术融合对建筑业的节能减排具有重要作用，在建筑建造阶段，将云计算、BIM（建筑信息模型）、5G 等新一代数字技术与建筑传统行业深度融合，可改善传统工地施工现场粗放管控角度，实现节能、节地、节水、节材和环境保护。在建筑运行阶段，基于智能灯具、智能传感控制器及智能照明物联网管理平台打造新型智能建筑，可实现建筑的零碳照明。

## （二）算用协同赋能居民低碳环保生活

**赋能绿色出行。**交通领域碳排放约占全球碳排放总量的四分之一，受到各国的高度重视。在我国，交通运输领域的碳排放量大约占我国碳排放总量的 10%，道路交通在交通全行业碳排放中的占比约 80%，且仍处于快速发展阶段。随着“双碳”目标的进一步落地，以道路交通为主的交通行业绿色化转型势在必行。算用协同赋能绿色出行，通过以数据算力优化交通运力，将人、车、线、站、路、停车场等多方面数据传递给城市交通的“智慧大脑”，形成分级决策方案，让交通系统更智能，公交出行更高效、自驾出行更环保，为减缓道路交通碳排放持续增长提供了重要路径。

**赋能绿色就医。**《Healthcare’s Climate Footprint》报告指出，医疗机构的碳足迹相当于全球净排放量的 4.4%（约为 20 亿吨二氧化碳当量），其中我国医疗机构的碳排放总量位列全球第三。在“双碳”战略背景下，持续提升用能效率，打造绿色、友好的医疗及工作环境是当前我国医疗机构转型的重要方向。算力与数字技术融合在赋能医疗领域的广泛深度应用，通过覆盖医院内外全场景、全流程实践，为医学影像、药物研发、辅助诊断、精准医疗、健康管理、医疗信息化、医疗机器人等场景提供灵活高效的支撑，全面提高医疗服务质效，提升患者就诊体验，极大便利了居民绿色就医。

## （三）算用协同赋能城乡绿色智慧发展

**赋能生态环境治理。**当前，算用协同赋能生态文明建设已成为提升生态环境治理现代化水平、全面推进美丽中国建设、加快推进人与自然和谐共生的现代化的关键所在。通过算力设施与应用（技术）融合，构建起覆盖大气、水、土壤、生态、海洋各类环境要素的多手段综合、响应快速的监测网络，实现生态环境要素全域监测感知，全面提升环境治理的整体性、系统性、协同性，推动形成绿色智慧的生产生活方式。

**赋能园区绿色运营。**工业园区的耗能约占全社会总耗能的 69%，碳排放占全国总排放约 31%。因此，将工业园区定为精准减排的落脚点、攻坚区，确保节能、减耗、提质、减碳工作的落实，是我国实现碳达峰、碳中和目标的必然要求和重要途径。算用协同赋能园区绿色运营，重点围绕安全生产管控、全流程数据化监管、环境质量检测、能源管理等模块，通过边缘计算、人工智能等技术对园区内的设施、设备、资源等进行集成管理，全面提高园区的智能化水平和运营效率，实现园区低碳、低污染、高效能运行。例如，中国联通智研院研发“5G+北斗”双碳园区无人化运营平台，通过构建以业务运营为核心抓手的“智慧云脑”（业务运营平台），结合 5G、北斗、边缘计算等技术，助力客户实现园区管理自动化、无人化和协同化，提高生产管理流程安全性和工作效率，实现园区的绿色低碳、高效运营。

## 七、绿色算力区域发展成效

算力作为新质生产力，因其对经济增长具有倍增和持续效应，成为支撑区域经济发展的原动力和区域发展数字经济竞争的新焦点。随着八大国家算力枢纽节点全面启动，“东数西算”工程已经从系统布局阶段进入到全面建设阶段，算力网络国家枢纽节点抢抓国家实施“双碳”战略、“东数西算”工程重大机遇，聚力培育壮大绿色算力产业，在算效、存效、年均电能利用效率（PUE）、算力水资源利用率（WUE）、可再生能源利用率等方面取得明显成效。

### （一）东部国家枢纽节点：加强算力高效利用提升绿色算力水平

京津冀、长三角、粤港澳大湾区、成渝四个东部国家枢纽节点服务于重大区域发展战略实施需要，一方面加强新型算力基础设施系统设计，推进建设涵盖通用计算、智能计算、超级计算的融合算力中心，部署满足低时延业务需求、架构先进、技术成熟的数据中心，有效提升算力算效水平。另一方面，东部国家枢纽节点进一步统筹城市内部和周边区域的数据中心布局，实现大规模算力部署与土地、用能、水、电等资源的协调可持续，推动算力中高时延需求向周边区域和西部地区转移。东部国家算力枢纽节点周边区域积极采用新型节能技术降低数据中心能源消耗，通过探索建设分布式光伏发电、燃气分布式供能等配套系统，以及自建可再生能源

设施、绿色电力交易、认购可再生能源绿色电力证书等方式，优化用能结构，来推动数据中心高效利用可再生能源。

### 专栏 1：东部国家枢纽节点区域绿色算力发展基础及实践

**粤港澳大湾区枢纽节点韶关集群起步片区高新区：**截至 2023 年底，韶关集群高新区在运营数据中心项目共 2 个，数据中心机架总计 0.9 万标准机架，总算力规模为 23PFlops，总存力规模为 80PB，其中先进存储规模为 46PB。韶关集群电力资源、可再生能源相对充足，为数据中心发展提供电力保障。韶关是广东主要的电力能源基地之一，同时加快推进新能源电力保障工程，为韶关集群高新区数据中心提供绿色能源。

**京津冀枢纽节点张家口集群起步片区怀来县：**截至 2023 年底，张家口集群怀来县片区在运营数据中心项目为 10 个，数据中心机架总计 22.3 万标准机架，总算力规模达 2921PFlops，总存力规模达 12941PB，其中先进存储规模占比接近 60%，约为 7663PB。张家口集群怀来县年平均气温 9.1℃，空气湿度小，基于风能和太阳能资源，为数据中心产业提供充足的绿色能源供应。怀来大数据产业基地投资建设 3 座 220 千伏变电站、3 座 110 千伏变电站，实施源网荷储一体化、分布式光伏发电、数据中心余热回收、抽水蓄能等工程，加快建设绿色零碳数据中心集群。

## （二）西部国家枢纽节点：充分发挥资源优势打造绿色算力产业

贵州、内蒙古、甘肃、宁夏四个西部国家枢纽节点气候适宜，可再生能源丰富，充分发挥自身资源优势，定位于不断提升算力服务品质和利用效率，打造面向全国的非实时性算力保障基地，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。西部国家算力枢纽节点也在积极更新换代老旧数据中心，加快部署新型数据中心，以承接东部地区中高时延业务需求。一方面，西部国家算力枢纽节点积极应用绿色算力技术和产品，提升整体算力能效利用水平。根据信通院调研统计，截至 2023 年底，我国八大国家算力枢纽节点年均电能利用效率（PUE）值达到 1.257，基本接近于 2025 年新建大型、超大型数据中心目标值 1.25<sup>16</sup>。另一方面，西部国家算力枢纽节点加强可再生能源利用，推动算能协同发展，积极探索绿电直供模式，通过“风-光-储”一体化清洁能源供电方式为算力基础设施提供“绿电”。

### 专栏 2：西部国家枢纽节点区域绿色算力发展基础及实践

<sup>16</sup> 国家发展改革委等部门印发《贯彻落实碳达峰碳中和目标要求 推动数据中心和 5G 等新型基础设施绿色高质量发展实施方案》

**内蒙古枢纽节点和林格尔集群起步片区和林格尔新**

**区：**截至 2024 年 5 月底，内蒙古枢纽和林格尔数据中心集群已集聚数据中心项目 32 个，已投用标准机架达到 26.6 万架，服务器装机能力达到 150 万台。总算力规模达 2.4 万 P，其中智算算力规模 2.18 万 P，通用算力规模 1500P，超级算力规模 200P。和林格尔新区区位、气候条件适宜，年平均气温约 6.2℃，有利于数据中心自然冷却。风电资源丰富，配套多元化储能和综合能源供应系统等，数据中心用电可再生能源利用率占比近 80%。全市总出口带宽达到 58.5T，与国内 18 个主要城市实现了直连，实现了“京津冀互访延时 7 毫秒、长三角枢纽互访延时 15 毫秒、粤港澳大湾区枢纽互访延时 23 毫秒”。蒙西电网电力价格较低，数据中心用电价格 0.32 元/度。积极探索绿电直供模式，实施绿色能源供给示范项目，未来数据中心可实现 100%绿电供应。

**贵州枢纽节点贵安集群贵安新区起步片区贵安电子信**

**息产业园：**截至 2023 年底，贵安集群贵安新区贵安电子信息产业园在运营数据中心项目 19 个，数据中心机架总计 15.3 万标准机架，总算力规模达 1005PFlops；总存力规模达 9097PB，先进存储规模为 5543PB。贵州气候条件优越，相较于周边省市气温低 5-6℃，空气质量优良，可为数据中心提供优质自然冷源。贵州电力资源充足，作为“西电东送”

电力输出省份，“水火风光”四电并举，清洁能源资源丰富，片区内数据中心用电可再生能源占比可达 52%。

## 八、趋势展望与发展建议

### （一）创新引领，加强绿色算力技术研发产品应用

**加强绿色算力核心技术研发。**鼓励产业加大技术研发投入，推动高性能芯片工艺和架构一体化创新，开展先进存储、存算融合先进技术研发，加强新型数据中心预制化、液冷等技术创新，加快仿真模拟热管理和可再生能源、分布式供能、微电网利用等领域新技术研发，探索数据中心智能运维机器人系统创新。**加快先进绿色技术产品应用。**大力推动绿色数据中心创建、运维和改造，加快应用高密度集成等高效 IT 设备、液冷等高效制冷系统、高压直流等高效供配电系统、分布式能源、储能电池管理、能效环境集成检测等高效辅助系统技术产品。

### （二）政策保障，优化绿色算力发展政策支持环境

**加强绿色算力顶层政策规划。**“十四五”是“碳达峰”的关键期，应综合考虑当前算力发展和能源紧缺现实情况，多部委联合完善绿色算力发展机制，加强绿色算力政策顶层设计，统筹推进算力、算法、数据、能源协同一体发展，推动绿色算力技术和产业蓬勃发展，为保障算力高质量发展发挥重要支撑作用。**优化绿色算力区域发展政策环境。**加强区域绿色算力产业发展规划，支持地方在绿

色算力产业培育、金融支持、科技人才、能源消费等方面政策贯彻实施，加强产、学、研、用、政、金多维度协同机制。加快形成区域绿色算力评估体系，研究制定绿色算力发展指数，推进区域绿色算力发展成效评估，遴选典型示范。**加强绿色算力标准规范制定。**加强贯穿绿色算力全生命周期绿色标准，从包括绿色算力等级评定、清洁能源利用评价、算力设备能效等级、绿色算力智能运维规范等多方面推动算力设备、算力载体、算能协同及算用协同层面同步实现标准建设。

### （三）产业筑基，构筑绿色算力产业协同服务生态

**打造产业体系提升绿色算力供给能力。**加快培育壮大先进绿色算力产业，构建先进绿色计算企业梯度培育体系，在做大做强先进绿色算力领军企业的同时，引导“专精特新”中小企业发展，构建大中小融通发展，产业链上下游协同创新的发展格局。**加强各方协作完善绿色算力第三方服务体系。****依托第三方服务机构，落地构建相应评估评测体系，**引导行业开展能效星级评级、节能等级评价、绿度评价认证等工作，鼓励企业依据评测优先采购，引导供应链绿色生产。**搭建服务平台构造绿色算力产业生态。**汇聚技术、产品、人才等各种资源，推动绿色算力领域的交流与合作，促进要素之间的流动，为绿色算力发展营造良好环境。

#### （四）算能协同，强化绿色算力与能源协同发展

推动绿电与算力协同布局，完善绿电资源开发，深挖区域可再生能源潜力，持续引导数据中心因地制宜利用绿色资源。推动西部数据中心通过自建风光储和新能源专线供电等方式，丰富绿色电力直供机制，增加对可再生能源的充分利用和就近消纳。鼓励东部数据中心通过绿电绿证市场落实减排义务，间接实现绿色低碳转型。建立健全算力电力协同调度机制，支持国家枢纽节点地区利用“源网荷储”等新型电力系统模式，精准匹配算力需求和绿电供给，形成可持续的绿色电力供应体系。健全完善绿电交易环境。探索并建立合理完善的跨区域绿色交易机制，逐步推进绿电交易市场实现统一定价和统一协调分配，实现绿色电力就近消纳和跨区域绿电交易的协同运行。推动绿电交易与碳市场有效衔接，激发企业购买绿电的积极性。

#### （五）算用融合，推动算力应用绿色化全面拓展

深入挖掘绿色算力赋能应用场景。建设绿色算力消费鼓励机制，引导企业积极消费绿色算力，探索绿色算力和企业碳交易、碳汇结合发展模式，支持绿色算力消费纳入企业 ESG 报告。鼓励加强绿色算力行业应用创新。推动绿色算力在垂直领域的拓展应用，打造一批绿色算力产品及行业应用优秀案例，推进面向重点领域的试点示范和规模落地，促进数字化绿色化协同发展，激发绿色算力引擎赋能千行百业。

## 附件：东数西算枢纽节点各片区绿色算力发展情况

### 1、京津冀枢纽张家口集群—怀来县

2020 年以来，张家口集群怀来县数据中心加速发展，形成良好的产业集聚，并带动数据中心上下游产业发展。腾讯华北信息技术产业总部基地、中国联通怀来数据中心、万国数据 HL1 一期、云之鼎普洛斯怀来大数据科技产业园、合盈数据（怀来）科技产业园一期以及秦淮数据多个数据中心项目建成并投入运营，为腾讯、字节跳动、美团、快手等头部互联网企业业务提供数据服务支持。在上游设备制造领域，引进芯片制造、重力储能、化学电池储能等项目。

张家口集群怀来县自然条件良好，有利于数据中心低碳高效运行。怀来县地势较高，年平均气温 9.1℃，空气湿度小，为数据中心散热和降低能耗提供天然优势。同时，怀来县积极优化数据中心配套资源，基于风能和太阳能资源，为数据中心产业提供充足的绿色能源供应。怀来大数据产业基地投资建设 3 座 220 千伏变电站、3 座 110 千伏变电站，实施源网荷储一体化、分布式光伏发电、数据中心余热回收、抽水蓄能等工程，数据中心绿电采购应用量达 4.26 亿千瓦时，绿证采购应用量 2 亿千瓦时，源网荷储一体化数据中心项目用电量 1.26 亿千瓦时，加快建设绿色零碳数据中心集群。

### 2、京津冀枢纽张家口集群—张北县

张家口集群张北县积极承接北京市数据中心溢出需求，深度绑定阿里巴巴等头部行业客户。2014 年起北京市收紧数据中心政策，2014 年 8 月，《关于张北云计算项目建设的战略合作协议》将张北云计算项目作为京津冀重点项目推进，张家口集群张北县数据中心产业起步。2018 年，万国数据多个数据中心项目投入运营，张北县数据中心产业进入高速发展阶段。目前张北县落地 11 个数据中心项目，主要客户为阿里巴巴。

张家口集群张北县风、光等可再生能源丰富，为数据中心绿色发展提供可靠保障。张北县可再生能源总装机规模居全国前列，年发绿电量超过 100 亿千瓦时。同时，充分利用可再生能源示范区扶持政策，将数据中心用电纳入可再生能源电力交易平台，实现绿电优惠价格长期供应。张北县数据中心自建自用可再生能源电站发电量达 2.23 亿千瓦时，数据中心绿电采购应用量达 1.33 亿千瓦时，实现可再生能源就地消纳，降低数据中心碳排放及运营成本。

### 3、京津冀枢纽张家口集群—宣化区

宣化区紧抓京津冀协同发展和国家一体化算力网络国家枢纽节点张家口数据中心集群建设机遇，秉承与怀来、张北错位发展的原则，以数据中心有序发展、数据中心设备制造和大数据技术差异化发展为方向。依托国家政策红利和自

身工业基础，宣化区将大数据产业确定为新的立区产业，加速大数据产业发展。

宣化区绿色能源丰富，并拥有工业基础优势和人才优势。区域电网可再生能源电力占比约为 24%，数据中心绿色低碳发展具有良好条件。装备制造是宣化区基础优势产业，为发展数据中心产业上游业务提供较好的产业基础和配套条件。另外，大量技术人才及产业工人为数据中心产业链上下游提供人才支持。

#### 4、长三角枢纽长三角一体化集群—上海市青浦区

长三角一体化集群青浦区数据中心产业发展在“东数西算”工程启动后取得较快发展。目前青浦区在运营项目基本为基础电信运营商数据中心，主要服务于腾讯、华为、网易等重要客户。

上海市网络条件优越，青浦区作为长三角枢纽起步区，网络升级至骨干网级别，将吸引部分上海本地低时延互联网业务需求。同时，青浦区积极搭建核心算力网络，建设多个算力调度平台作为长三角国家算力枢纽节点，共同服务长三角地区数字经济发展，中长期算力需求潜力巨大。

#### 5、长三角枢纽长三角一体化集群—浙江省嘉兴市嘉善县

长三角一体化集群嘉善县数据中心产业起步较晚，“东数西算”工程启动后进入快速发展阶段。目前嘉善县在运营项目为中航信云数据中心，正在建设的中国电信长三角国家枢纽嘉兴算力中心项目总投资超 50 亿元，定位于全国性高能级算力调度中心、长三角算力枢纽核心节点。

长三角一体化集群嘉善县具有上海“后花园”和长三角城市群核心区域双优势，有利于承接上海算力产业发展溢出红利。嘉善县位于苏浙沪交汇处，东邻上海市青浦、金山两区，通过 G60 科创走廊进一步发展壮大嘉善国家经济开发区、中新嘉善现代产业园、嘉善临沪新区等多个园区。同时，上海持续推动算力平台建设，调度周边省市算力实现多地算力资

源的统筹共享，嘉善县有望加强与上海市在算力产业层面的合作和交流。在资金方面，嘉善以股权投资为起点，建立了“基金+股权+项目”的创新招商模式，充分发挥政府产业基金引导作用，与康桥资本、华登国际、君桐资本等专业机构合作，撬动项目投资，为算力企业提供发展资金支持。

## 6、长三角枢纽长三角一体化集群——江苏省苏州市吴江区

长三角一体化集群吴江区主要承接上海市数据中心溢出需求，但数据中心资源总体规模不大，目前在运营项目主要为基础电信运营商数据中心，服务于阿里、百度、字节跳动、华为、网宿、金山等客户。

基于土地价格、电力价格等优势，长三角一体化集群吴江区在“东数西算”工程启动前已落地头部互联网 IT 部署需求。吴江先后引进华为、海尔卡奥斯、徐工信息、腾讯云等国家级“双跨”平台，并培育了本土首家国家级“双跨”平台亨通数科，依托苏州强大的工业基础，传统行业数字化转型背景下数据中心需求潜力巨大。政策方面，《苏州市关于推进算力产业发展和应用的行动方案》设立算力和人工智能相关产业基金，基金规模超过 350 亿元，将通过算力券，对使用智算服务的企业按照实际支付费用的 20% 给予补贴；给予大模型建设方每年最高 300 万元，最多 3 年的算力成本补贴。人力资源方面，苏州大学等高校也能够为吴江区算力产业发展提供人才支撑。

## 7、长三角枢纽芜湖集群—鸠江区

芜湖集群鸠江区数据中心产业起步相对较晚，数据中心产业基础薄弱，但本地经济发展水平良好，汽车、AI、机器人等产业较为发达。区域内超算、智算资源完备，已落地旷视芜湖 AI 超算中心、中国电信长三角（芜湖）智算中心。鸠江区重视算力资源调度建设，在运营的长三角枢纽芜湖集群算力调度与公共服务平台累计上架通用算力超 10 万核，智算算力超 200PFlops，正在同步对接智算算力资源 1000P，已接入安徽省内五大算力资源池，实现省内跨域算力接入。

芜湖集群处于长三角中部，与浙北和一体化示范区衔接，同时能够服务苏北和中部等长江以北地区，区位优势明显。芜湖集群鸠江区利用本地优势产业推动算力产业快速发展。鸠江区以新能源及智能网联汽车、机器人及智能装备为核心产业，支持汽车整车厂与互联网、5G、通信等企业跨界合作，推进自动驾驶示范区，同时培育优化汽车研发、设计、制造、测试、应用全产业链生态，预计未来智能网联汽车的高速发展将带来大量算力需求。此外，区域政策保障产业发展，2023-2025 年省级财政每年统筹安排 1 亿元，用于支持起步区数据中心项目建设。

## 8、长三角枢纽芜湖集群—弋江区

芜湖集群弋江区数据中心产业起步较晚，数据中心产业基础薄弱，“东数西算”工程启动后，“东数西算”长三角集群

（润六尺）智算中心、安徽星载智算中心智项目加快建设并落地。弋江区重视数据中心产业发展，强化用能、用地、用水等要素保障，规划用地 818 亩，其中首期选址 253 亩，计划投入 125 亿，用于拆迁、选址、电力设施配套建设等。

芜湖集群弋江区促进本地核心产业和算力产业相结合，推动形成一批“算力+汽车”“算力+工业”“算力+农业”等特色产业集聚发展，构建“错位竞争、点面联动、优势互补”的数据中心产业生态体系。资金保障上，2023-2025 年省级财政每年统筹安排 1 亿元，用于支持起步区数据中心项目建设。

## 9、长三角枢纽芜湖集群—无为市

无为市依托“东数西算”数据中心起步区的定位，强化招引培育数据中心等算力产业，有序推动数字经济产业园规划、建设，挖掘引导本地新能源汽车、电线电缆等行业龙头企业发展工业互联网，积极承接江浙地区电子信息类产业转移，推进数字经济产业发展。

## 10、粤港澳大湾区枢纽韶关集群—高新区

韶关集群高新区数据中心产业起步较晚，“东数西算”工程启动后，广东省项目审批政策及主要项目布局重点向韶关倾斜。目前韶关集群在运营 IDC 机柜资源较少，2021 年华韶数据谷一期项目投产运营后韶关市数据中心机柜资源逐步增加，预计 2024 年后韶关集群数据中心机柜供给将快速增长。

韶关集群电力资源、可再生能源相对充足，为数据中心发展提供电力保障。韶关是广东主要的电力能源基地之一，同时加快推进新能源电力保障工程，为韶关集群高新区数据中心提供绿色能源。另外，广东省数据中心政策向韶关集群倾斜，广东省部分低时延类业务、中时延类业务数据中心需求转移至韶关集群，促进集群算力资源利用。

## 11、成渝枢纽天府集群—成都市双流区

天府集群双流区数据中心产业发展起步早，数据中心产业发展基础良好。2018年以前，双流区已落地中国联通四川天府信息中心一期、中国移动（西部）云计算数据中心、成都万达科技数据中心等多个数据中心项目。同时，成都市政府积极出台各项政策，推动数字经济发展，带动数据中心产业发展。

成都是国家八大通信枢纽之一，网络条件优良。在推进算力赋能应用方面，天府集群专项政策聚焦鼓励算力服务、赋能城市建设和产业发展，创新“算力券”供给机制，针对科研机构、数据大模型、高端人才三类算力需求主体制定奖补措施，降低算力使用门槛，加快算力资源消纳和数据流通。另外，天府集群同时拥有超算中心和智算中心，有利于算力资源协同发展。四川大学、电子科技大学、西南交通大学等一流高校在信息、计算机领域研究水平较高，为区域算力产业发展提供充足人才保障。

## 12、成渝枢纽天府集群—成都市郫都区

郫都区作为天府数据中心集群的一部分，与成都高新区联动，共同打造引领未来的智算产业高地，在智算产业方面具有明显的发展潜力和优势。目前中国联通郫都区云数据中心、万国数据成都一号数据中心、四川电信万国机房、成都智算中心均已投入运营，并积极融入“智慧蓉城”人工智能平台、成都市工业互联网公共服务平台，推动企业数智化转型和数字化改造。

郫都区区位优势明显，具有可再生能源优势和人才优势，数据中心基础设施建设完备，智算产业发展潜力大。郫都区紧邻成都市中心，交通便利，可吸引人才和企业投资；水电资源丰富，数据中心用电可再生能源使用比例可达 83%，有利于推进绿色数据中心发展；郫都区拥有电子科大等 19 所高校、31 所国家级实验室，为数据中心发展提供人才和技术支撑。

### 13、成渝枢纽天府集群—成都市简阳市

简阳市与成都东部新区联动，打造服务全国的云计算高地，重点发展云计算服务，并聚焦云计算产业链的关键技术研发。简阳市已经签约入驻了多个大型数据中心项目，如阿里云西部云计算中心及数据服务基地、简阳市立昂云数据一号基地、四川能投天府云数据产业基地等。简阳市通过引进以算力为基座、辐射带动区域产业发展的数字综合服务商，着力构建以数据中心为核心的智慧产业园，促进当地产业结构的优化升级，加快产业转型和发展。

### 14、成渝枢纽重庆集群—重庆市两江新区水土新城

两江新区水土新城算力资源丰富。作为国家“东数西算”工程的重要节点，水土新城已建成多个大型数据中心，包括腾讯、浪潮、中国联通、中国电信、中国移动等知名企业的数据中心，是西部地区集中度最高、规模最大的云计算基地。已建立腾讯云、华为云、阿里云等大型云平台 20 余个，支撑移动互联网、政务、金融、制造等多个领域发展。两江新区正进一步加快建设两江云计算数据中心，搭建重庆数字化转型促进平台，推进中新互联互通国际超算中心和国家大数据中心西南中心项目建设。

水土新城位于重庆主城区北部，交通便捷。重庆市是国家互联网骨干直联点之一和西部唯一跨境数据专用通道枢纽节点，骨干直联城市超过 38 个，并拥有工业互联网标识解

析西部唯一国家顶级节点，网络条件良好。此外，两江新区电力资源充沛，水土高新技术产业园分布有 220 千伏变电站 2 座、110 千伏变电站 5 座，可保障园区电力供应。

### **15、成渝枢纽重庆集群—重庆市西部（重庆）科学城璧山片区**

科学城璧山片区作为西部（重庆）科学城的重要组成部分，重点发展科技创新和数字经济产业，并已经规划建设多个科技区和创新小镇。西部（重庆）科学城璧山片区打造高性能计算集聚区，已建设中科曙光先进计算中心，采用浸没液冷系统，打造集通用计算、异构计算、智能计算于一体的先进数据中心，为新能源汽车、新一代信息技术、先进制造等多个领域提供大规模算力服务。目前，芯片、半导体企业英特尔，康佳，新能源汽车企业比亚迪、泛互联网企业百度、小米、华为等等头部企业入驻璧山片区，大数据产业集群效应初显。

### **16、成渝枢纽重庆集群—重庆市经济技术开发区**

重庆经济技术开发区已建成江南大数据产业园、京东探索研究院超算中心、易华录数据湖等。其中京东探索研究院超算中心一期 1500 多个高标准服务器机柜已全部投入使用。该片区数据中心的发展满足了经济开发区智能制造的算力需求，有利于该区域市级战略性新兴产业集群建设。

### **17、贵州枢纽贵安集群—贵安新区贵安电子信息产业园**

贵安新区已经吸引运营商中国电信、中国联通、中国移动，泛互联网头部企业华为、腾讯、苹果、网易，以及美的、富士康、气象局、贵州农信、国家电投等企业进行大规模布局。贵州气候条件优越，相较于周边省市气温低 5-6°C，空气质量优良，可为数据中心提供优质自然冷源。贵州电力资源丰富，作为“西电东送”电力输出省份，“水火风光”四电并举，清洁能源资源丰富，片区内数据中心用电可再生能源占比可达 52%。此外，贵州是国家互联网骨干直联点之一，已建成国际互联网数据专用通道，可为数据中心提供高带宽低时延的优质网络。

## 18、内蒙古枢纽和林格尔集群—和林格尔新区

截至 2024 年 5 月底，内蒙古枢纽和林格尔数据中心集群已集聚数据中心项目 32 个，已投用标准机架达到 26.6 万架，服务器装机能力达到 150 万台。总算力规模达 2.4 万 P，其中智算算力规模 2.18 万 P，通用算力规模 1500P，超级算力规模 200P。

和林格尔集群区位、气候条件适宜，年平均气温约 6.2°C，有利于数据中心自然冷却。风电资源丰富，配套多元化储能和综合能源供应系统等，数据中心用电使用可再生能源占比近 80%；网络条件良好，呼和浩特是全国第 14 个国家互联网骨干直联点城市，三大运营商均将呼和浩特设为网内核心节点。全市总出口带宽达到 58.5T，与全国 18

个直辖市和省会城市建立了直达链路，实现了“京津冀互访延时 7 毫秒、长三角枢纽互访延时 15 毫秒、粤港澳大湾区枢纽互访延时 23 毫秒”。同时，开通了全球首条商用 400G 全光省际（北京—内蒙古）骨干网，已形成内联全国、外接俄蒙及欧洲的高速宽带网络和国际通信业务通道。区域电价优势明显。依托相对独立的蒙西电网，实施电力多边交易，数据中心平均用电价格稳定在 0.32 元/千瓦时，与此同时，积极探索绿电直供模式，实施绿色能源供给示范项目，通过“风—光—储”一体化清洁能源供电方式为算力基础设施提供“绿电”，未来数据中心可实现 100%绿电供应。依托良好配套条件，和林格尔数据中心集群已支持中国移动、中国电信、中国联通三大运营商、中国银行、中国农业银行、中国建设银行、交通银行、浦发银行、人保集团等多家金融机构、华为、并行、光环新网等行业头部企业以及国家气象局等国家部委数据中心落地建设。

## 19、内蒙古枢纽和林格尔集群—集宁大数据产业园

集宁大数据产业园政策支持力度大，积极保障数据中心用能、用地、用电等基础设施建设。乌兰察布市对落地集宁大数据产业园的面向全国提供算力服务的数据中心企业，支持申报国家、自治区能耗单列指标，优先保障项目建设用地。

此外，蒙西电网电力价格较低，政府对于数据中心用电提供补贴，区域电价优势明显。

## 20、甘肃枢纽庆阳集群—庆阳西峰数据信息产业聚集区

庆阳集群按照打造“东数西算”数据融合创新示范区、人工智能产业基地和红色数据灾备基地，旨在服务算力需求、打造算力能力、发展人工智能产业。目前已聚集燧弘科技、憨猴科技、金山云、智谱华章、百川智能等智算企业及大模型企业落地。庆阳市与中国电信、中国移动、中国联通、秦淮数据、中国能建等 17 家大数据、云计算头部企业签订合作协议。金山云、中国能建、秦淮数据、亚康万玮、易事特、猫匠、航途旅业在庆阳成立全资子公司。

庆阳集群推动能源综合开发利用，加快产业运行管理建设，从人才和资金等方面给予优惠。庆阳政府成立工作专班分别到京津冀、长三角、粤港澳、成渝等区域开展数字经济招商工作，积极引进数字产业项目，如大数据、云计算、人工智能、电子信息制造、大数据硬件制造、软件服务等，加快本地算力生态建设。

## 21、宁夏枢纽中卫集群—中卫工业园西部云基地

中卫市云计算和大数据呈现出集聚式、规模化良好态势。中卫市政府积极发展云计算和大数据产业，设立产业发展基金，精准开展招商引资，引进更多云计算、云制造、云应用、云服务企业和项目落户中卫，全力打造“西部数谷”。目前，

中卫已建成运营亚马逊、美利云、中国移动、中国联通、浩云长盛等大型、超大型数据中心，中国电信、亚马逊二期、爱特云翔、中国联通二期等数据中心正在加快建设。区域内引进培育美团、亚信、新享等 200 多家云计算及配套企业。

中卫市配套基础设施环境优良，地质较稳定，年均气温较低，数据中心可长时间用自然冷却。风、光等可再生能源丰富，电力充足，电价较低。中卫市是西电东送通道的重要电源点和输电节点，共拥有 12 座风电站、38 座光伏电站，可再生电力资源充沛。此外，政策对于产业发展提供资金保障，自治区财政每年安排 1 亿元一般债券资金，支持数据中心集群重大基础设施建设，对落户宁夏的大数据、云计算等优势企业，3 年内可按实际投入的 20% 给予补助，最高不超过 300 万元。

中国信息通信研究院 产业与规划研究所

地址：北京市海淀区花园北路 52 号

邮编：100191

电话：010-68021321

传真：010-68021321

网址：[www.caict.ac.cn](http://www.caict.ac.cn)

