

“双碳”目标下， “东数西算”节能新路径

文/中国电子节能技术协会 吕天文

2022年2月17日，国家发展改革委、中央网信办、工业和信息化部、国家能源局联合印发文件，同意在京津冀、长三角、粤港澳大湾区、成渝、内蒙古、贵州、甘肃、宁夏启动建设国家算力枢纽节点，并规划了张家口集群等10个国家数据中心集群。至此，全国一体化大数据中心体系完成总体布局设计，“东数西算”工程正式全面启动。针对上述国家政策，笔者结合中国数据中心发展的现状，重点论述“双碳”目标下，“东数西算”节能新路径。

当前数据中心现状分析

我国数据中心规模已达500万标准机架，算力达到130EFLOPS。伴随数字经济的持续发展，全社会对算力需求仍十分迫切，预计每年仍将以20%以上的速度快速增长。算力已成为国民经济发展的重要基础设施。加快推动算力建设，将有效激发数据要素创新活力，加速数字产业化和产业数字化进程，催生新技术、新产业、新业态和新模式，支撑经济高质量发展。

“十四五”数字经济发展主要指标见表1。

表1 “十四五”数字经济发展主要指标

指标	2020年	2025年
数字经济核心产业增加值占GDP比重（%）	7.8	10
IPv6活跃用户数/亿户	4.6	8
千兆宽带用户数/万户	640	6 000
软件和信息技术服务业规模/万亿元	8.16	14
工业互联网平台应用普及率（%）	14.7	45
全国网上零售额/万亿元	11.76	17
电子商务交易规模/万亿元	37.21	46
在线政务服务实名用户规模/亿户	4	8

数据来源：中国政府网站。

人物简介：



吕天文，中国电子节能技术协会秘书长。兼任数据中心节能技术委员会秘书长；CDCE国际数据中心展发起人；业内多家上市公司独立董事及顾问。

根据咨询机构ICTresearch的统计，2020年全国数据中心的数量为8万个左右，总耗电量为1 660亿kW·h。根据中国能源局统计的2020年全社会用电量75 110亿kW·h计算，数据中心的耗电量占全社会总用电量的比例为2.2%。根据环保部规划院统计测算，2021年国内数据中心机架规模达到543.6万架（换算成2.5 kW的标准机架），同比增长27%；耗电量占全社会总用电量的2.6%，碳排放占全国的1.14%左右。2025年，国内数据中心机架规模将达到759万架，较2021年增长40%；电量较2021年增加62%，约占全社会总用电量的4%，碳排

放占全国的比重接近2%。

“十四五”期间，河北、广东、江苏、上海和浙江等省市机架规模、耗电量和CO₂排放最较大，5个地区之和占全国一半左右。由于数据中心的耗电量同机架数量和深度挂钩，在从供电侧很难有作为的情况下，只能通过布局优化等手段，对存量数据中心进行整改的同时，尽量将数据中心布局在气候适宜、绿色能源充沛等条件好的地区，以降低碳排放，“东数西算”的布局由此而来。

“东数西算”政策对数据中心的影响

2022年3月，提请十三届全国人大五次会议审查的计划报告提出，实施“东数西算”工程。数字时代正在召唤一张高效率的“算力网”。“东数西算”是把东部密集的算力需求有序引导到西部，使数据要素跨域流动。打通“数”动脉，织就全国算力一张网，既缓解了东部能源紧张的问题，也给西部开辟一条发展新路。“东数西算”相关文件（不完全梳理）见表2。

表2 “东数西算”相关文件（不完全梳理）

区域	成文时间	文件名	发文字号
先导文件	2021-05-24	《全国一体化大数据中心协同创新体系算力枢纽实施方案》	发改高技〔2021〕709号
贵州	2021-12-20	《国家发展改革委等部门关于同意贵州省启动建设全国一体化算力网络国家枢纽节点的复函》	发改高技〔2021〕1842号
内蒙古	2021-12-20	《国家发展改革委等部门关于同意内蒙古自治区启动建设全国一体化算力网络国家枢纽节点的复函》	发改高技〔2021〕1843号
宁夏	2021-12-20	《国家发展改革委等部门关于同意宁夏回族自治区启动建设全国一体化算力网络国家枢纽节点的复函》	发改高技〔2021〕1841号
甘肃	2021-12-20	《国家发展改革委等部门关于同意甘肃省启动建设全国一体化算力网络国家枢纽节点的复函》	发改高技〔2021〕1844号
京津冀	2022-02-07	《国家发展改革委等部门关于同意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》	发改高技〔2022〕212号
长三角	2022-02-07	《国家发展改革委等部门关于同意长三角地区启动建设全国一体化算力网络国家枢纽节点的复函》	发改高技〔2022〕211号
粤港澳大湾区	2022-02-07	《国家发展改革委等部门关于同意粤港澳大湾区启动建设全国一体化算力网络国家枢纽节点的复函》	发改高技〔2022〕66号
成渝	2022-02-07	《国家发展改革委等部门关于同意成渝地区启动建设全国一体化算力网络国家枢纽节点的复函》	发改高技〔2022〕88号

数据来源：国家发展改革委。

“东数西算”工程通过构建数据中心、云计算和大数据一体化的新型算力网络体系，将东部算力需求有序引导到西部，优化数据中心建设布局，促进东西部协同联动。简单地说，就是让西部的算力

资源更充分地支撑东部数据的运算，更好地为数字化发展赋能。“东数西算”中的“数”指的是数据，“算”指的是算力，即对数据的处理能力。数据中心两类枢纽节点定位及发展思路见表3。

表3 数据中心两类枢纽节点定位及发展思路

枢纽节点	区域特点	发展思路
京津冀、长三角、粤港澳大湾区和成渝	用户规模较大，应用需求强烈	重点统筹好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、水和电等资源的协调可持续，优化数据中心供给结构，扩展算力增长空间，满足重大区域发展战略实施需要，原则上布局不超过两个集群
贵州、内蒙古、甘肃和宁夏	可再生能源丰富，气候适宜，数据中心绿色发展潜力较大	重点提升算力服务品质和利用效率，充分发挥资源优势，夯实网络等基础保障。积极承接全国范围需后台加工、离线分析和存储备份等非实时算力需求，打造面向全国的非实时性算力保障基地。原则上布局一个集群
国家枢纽节点以外的地区		重点推动面向本地区业务需求的数据中心建设，加强对数据中心绿色化、集约化管理，打造具有地方特色、服务本地及规模适度的算力服务。加强与邻近国家枢纽节点的网络联通。后续，根据发展需要，适时增加国家枢纽节点

数据来源：《全国一体化大数据中心协同创新体系算力枢纽实施方案》。

实施“东数西算”工程，推动数据中心合理布局、优化供需、绿色集约和互联互通，具有多方面

意义。一是有利于提升国家整体算力水平。通过全国一

体化的数据中心布局建设，扩大算力设施规模，提高算力使用效率，实现全国算力规模化集约化发展。

二是有利于促进绿色发展。加大数据中心在西部布局，将大幅提升绿色能源使用比例，就近消纳西部绿色能源，同时通过技术创新、以大换小和低碳发展等措施，持续优化数据中心能源使用效率。

三是有利于扩大有效投资。数据中心产业链条长，投资规模大，带动效应强。通过算力枢纽和数据中心集群建设，将有力带动产业上下游投资。

四是有利于推动区域协调发展。通过算力设施由东向西布局，将带动相关产业有效转移，促进东西部数据流通、价值传递，延展东部发展空间，推进西部大开发，形成新格局。

我国数据中心大多分布在东部地区，由于土地、能源等资源日趋紧张，在东部大规模发展数据中心难以为继。而我国西部地区资源充裕，特别是可再生能源丰富，具备发展数据中心、承接东部算力需求的潜力。“东数西算”有利于推动数据中心合理布局、优化供需，提升国家整体算力水平，扩大有效投资，推动区域协调发展，具有多方面多层次重要意义。本次“东数西算”的全面启动，叠加数字经济确定的发展方向，对于整个数通侧将是确定性大机会，算力、流量持续高速增长是必然趋势，配套基础设施持续建设扩容是刚性需求，未来3~5年具有高确定性。

数据中心节能技术应用

近几年来，作为新基建的代表产业，数据中心为5G、人工智能、物联网和边缘计算等产业的快速发展提供了重要支撑，已经成为推进数字经济产业发展的关键物理基础资源。但是随着数据中心的单位功率密度大幅度提升，整体能耗水平也呈现指数级增长。为了应对能耗增长过快问题，数据中心的节能技术如雨后春笋般涌现，当前主要的节能技术分为以下几类。

1. 充分利用自然冷源

为维持恒定的机房温度，需要全年为机房降温，由此带来了数据中心巨额的耗电量。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，如何利用大自然的冷源进行冷却是机房空调节能减排的重点问题。采用自然冷源冷却策略时，主

要有间接空气交换和直接空气交换两种方法。

间接空气交换指外部空气通过一个热交换器，该热交换器将数据中心内部的空气与外部较冷的空气分开。这种方法可以防止颗粒物进入数据中心机房区域，并有助于控制湿度水平。

直接空气交换指外部空气通过一个蒸发冷却器，然后通过过滤器直接进入数据中心的冷通道。当外部温度过低时，系统将外部空气与回风的热空气混合，以达到设备的冷却降温。

2. 高密度数据中心可以考虑液冷

根据统计分析，数据中心液冷技术与传统风冷技术相比，耗电量约节省30%以上，应用液冷技术的数据中心机房的整体能效可提升30%。并且随着数据中心单机柜功率密度不断提高，液冷技术的散热优势更为明显。

数据中心液冷与风冷的比较分析见表4。

表4 数据中心液冷与风冷的比较分析

指标	风冷	液冷		液冷优势
		冷板式	浸没式	
PUE	1.6	1.3以下	1.2以下	节能
数据中心总能耗 单节点均摊	1	0.67	0.58	
数据中心总成本单节点均摊（量产后）	1	0.96	0.74	成本低
功率密度/ (kW/机柜)	10	40	200	节地
核温/℃	85	65	65	CPU可靠
温度、湿度、洁净度、腐蚀性气体（硫化物、盐雾）	要求高	要求高	要求低	对机房环境要求低

数据来源：ICTResearch。

数据中心制冷的模式分析见表5。

表5 数据中心制冷的模式分析

每平方米功率	数据中心密度	制冷方式
1.2 kW/机柜以下	超低密度数据中心	房间级-风冷
1.2~2.7 kW/机柜	低密度数据中心	房间级-风冷
2.7~7.5 kW/机柜	中、低密度数据中心	行间级-风冷/水冷
7.5~18 kW/机柜	中、高密度数据中心	行间级-水冷； 液冷-冷板式
18~30 kW/机柜	高密度数据中心	液冷-冷板式； 液冷-浸没式

数据来源：ICTResearch。

3. 尽量利用可再生能源

数据中心的能耗问题已经引起了全球的广泛关

注，对计算机系统可持续能力的设计已不可避免。虽然可再生能源具有间歇不稳定的特性，但是设计可再生能源驱动的数据中心，除了可以降低数据中心的碳排放外，还有许多其他的好处。

可再生能源发电是高度模块化的，可以逐渐增加发电容量来匹配负载的增长，减小数据中心因电力系统超额配置的损失，因为服务器负载需要很长一段时间才能增长到可升级的配置容量。此外，可再生能源发电系统规划和建造的间隔时间（又称为筹建时间）要比传统的发电厂短很多，降低了投资和监管的风险。而且，可再生能源的价格和可用性相对平稳，使IT公司的长远规划变得简单。

4. 注重数据中心的余热利用

当前数据中心主要对冷冻水回水余热进行二次回收利用，代替传统市政供热设施，为园区的办公场所提供冬季热源，从而减少煤炭等燃料的燃烧，降低CO₂排放。数据中心余热回收的流程并不复杂，其关键点在于如何在支持数据中心稳定安全运行的前提下实现余热的科学回收。在余热回收过程中，依靠对数据中心及余热回收两套系统的深入分析，对施工安装中可能发生的安全风险提前做好应急预案，对可能影响数据中心安全运行的故障点做好隔离与应急措施，并对如何确保冬季供暖及数据中心运行双向安全的基本目标提前规划出备份系统。

数据中心发展建议

1. 规模以上数据中心设立监管平台

数据中心节能工作是跨学科、多领域的技术创新工程和跨部门、多行业的标准化推进工程，要改变当前耗能大、技术落后及无专门机构管理和参与的局面，就需要在政府及信息产业主管部门支持下，在新产品应用、新技术研究、新标准制定与推广及产业政策环境等方面加以引导及协调。

较为有效并且可行的方式是设立数据中心能耗管控平台，为已建、新建、改扩建和节能改造的数据中心安装整体的能耗监测软件，并和国家或省市的数据中心能耗管控平台相对接，可以时时掌握数据中心能耗情况，以便制定相应的政策和监管措施。利用能耗管控平台，开展每年例行的数据中心能效评价和监测。

2. 设置相关的能源管理岗位

数据中心能源管理岗位人员是指数据中心领域从事能源管理工作的领导和专业管理人员，由数据中心负责能源管理的领导和管理部门、生产单元负责节能工作和能源管理的技术负责人或专职工程师担（兼）任，是数据中心管理人才的重要组成部分。能源管理人员应具有良好的职业素养，具备相应行业的知识，掌握现代企业管理方法，精通企业能源管理工作。

通过对数据中心行业能源管理人员的培养和体系建立，可有效改善与保障数据中心对能源的合理需求和使用，提高能源利用水平，降低成本，减少污染排放，落实节能减排指标，培养能源领域的领军人物，担当起社会及企业重任，为国家节能减排事业发展做贡献。

3. 落实国家标准和先进技术标准

针对当前数据中心节能标准缺失的现状，要尽快启动节能设计、节能运维等标准的制定工作。提高对数据中心节能减排工作重要性和紧迫性的认识，坚持把节能减排作为调整结构方式的重要抓手，抓好数据中心节能减排重大科技研发和推广应用，加强企业节能减排技术改造和重点领域节能减排，强化目标责任，加强监督执法，综合运用市场、法律和标准手段推进节能减排工作。

4. 尽快制定数据中心碳中和路线图

针对数据中心能耗高的问题，设定未来10年的数据中心碳中和路线图。靠能耗天花板方式进行监控，对数据中心整体碳排放进行峰值设置，同时考虑不同区域的峰值，最终实现数据中心面积增长而能耗不显著增长。

要合理、合规、有效地对老旧数据中心进行节能改造，对新数据中心进行节能设计，同时要引导存量数据中心的节能运维。通过以上的各种努力，争取在2025年之前实现数据中心能耗拐点。

对增量和存量的数据中心的能耗要求要加以区分，按照拐点时间进度设置能耗走势路线图，控制市场准入门槛。同时，各类标准要快速和及时到位，避免标准实施时已经过时的现象。另外要加快出台地方标准和团体标准。各个地区、省市的标准要和国家标准的要求相符合，但也要和地方实际情况结合起来。EA