

要让分布于我国东西各地的数据节点及时畅通连接，能源的稳定供应是非常关键的保障。因此，数据中心的电要够用、够稳，还要有更低的用能成本、更低的碳排放。作为落实国家重大战略的可靠力量，国家电网开展了系统筹划和创新实践。

国家电网： 助力数据中心“控碳不控电”

文 / 本刊记者 张越月

数字经济狂飙突进，数据中心的用电量激增备受关注。根据生态环境部公布的数据，2021年，我国数据中心耗电量占全社会用电量的2.6%，碳排放则占全国碳排放量的1.14%左右。据预测，社会对算力的需求将以每年20%以上的速度增长，行业对电力的需求也会继续增加。

同时，能源支出已经成为数据中心运营的主要成本之一。清华大学能源互联网创新研究院常务副院长高文胜曾在公开场合指出，随着我国数据中心能源消耗的逐年攀升，电费支出约占数据中心年运营成本的95%。

这正是数据行业面临的难题：如何才能做到既发展又减碳，还要降低成本？数据行业业内人士提出的期

望是：控碳不控电。控碳，即尽可能让数据中心使用绿色电力，同时做好综合能源管理，实现节能，减少碳排放；不控电，是指给予充足的电力供应，并在电压、频率等方面确保电能优质。

这也是“东数西算”工程的目标之一。作为数据中心电力供应方、数据中心的参与者以及节能服务提供者，国家电网有限公司正在“源网荷储”等环节发力，通过电网消纳、新能源接入、综合能源服务和新型储能应用，助力新型数据中心实现“双碳”目标。

源：两条路径 助力绿电接入

根据测算，我国数据中心有95%



控碳，即尽可能让数据中心使用绿色电力，同时做好综合能源管理，实现节能，减少碳排放；不控电，是指给予充足的电力供应，并在电压、频率等方面确保电能优质。

>> 多家数据集团在河北张家口布局数据中心集群，依托当地富集的可再生能源，有效承接北京等城市的算力外溢需求，并推动算力零碳化转型。图为国网冀北电力有限公司工作人员在协助秦准数据中心为设备消缺（摄影/焦鹏）。

以上的碳排放都属于间接排放，即用能带来的二氧化碳排放。要改变现状，最有效的办法是改变能源供应结构，使用绿色电力。

在四部委2021年5月联合发布的《全国一体化大数据中心协同创新体系算力枢纽实施方案》中，落实“数据中心使用绿色电力”可以通过两条途径：一是推动数据中心充分利用风能、太阳能、潮汐能、生物质能等可再生能源；二是扩大可再生能源市场化交易范围，鼓励数据中心企业参与可再生能源市场交易。

无论直接使用还是间接购买，让

数据中心用上绿色电力是终极目标。这需要参与者根据不同地域的不同特点，做到因地制宜、合理配置。正如暨南大学经济学院助理教授张毅所说，“东数西算”更多地强调根据数据存储地以及算力的需求，匹配相应的枢纽节点，从而实现资产配置中的效能最优化方案。

根据资源禀赋设计最优方案，正是国家电网有限公司为数据中心配置绿色电力中遵循的原则。

对于绿色电力资源丰富的地区，国家电网落实国家实施方案，积极推动利用清洁能源电力，保障数据中心

供电；对于缺乏绿色电力资源的地区，国家电网也在现有绿电交易的基础上，扩大可再生能源市场化交易范围，鼓励数据中心企业参与可再生能源市场交易。

需要注意的是，引入绿色电力、助力数据中心减排，不能仅靠电网一个环节。

2020年，中国电子学会推出的《中国数据中心可再生能源应用发展报告（2020）》曾指出，我国数据中心应用可再生能源尚存三大障碍：一是可再生能源使用量认定机制尚不完善，用户在使用电能时，无法区分其能源来源及生产地点，因此无法确定可再生能源的使用量；二是绿电生产企业参与电力交易积极性波动大，如保障小时按月测算，当部分月份风力较小时，保障小时数以上电量强制结算和差额收益会与发电企业预期利益产生偏差，此时，绿电生产企业参与交易量及电价波动均较大；三是数据行业对扩大可再生能源应用认识不足。

可见，不断完善的机制、持续提升的参与度对数据中心绿色目标的落实更为关键。

网：技术加持 实现稳定供应

“东数西算”工程中，“机架”是一个高频词。“机架”即数据中心服务器机架，主要用于容纳数据中心IT设备。一般情况下，一个机房放置50~100个机架，每个机架的负载量约为几千瓦。

有分析指出，“东数西算”工程启动后，我国机架数量将快速增加。

据统计，仅京津冀、长三角、成渝、甘肃、宁夏5个国家算力网络枢纽节点和冀北张家口、长三角、安徽芜湖、四川天府、重庆、甘肃庆阳、宁夏中卫7个数据中心集群，目前规划建设的标准机架数量便已超过500万架。

如果按照规划建设500万标准机架、单个机架2.5千瓦测算，再考虑制冷负荷等，集群用电负荷将超过1500万千瓦。如果按照年均5000~7000小时数测算，全年总用电量达750亿~1050亿千瓦时，几乎与我国超大城市一年的用电量相当。

为应对负荷的增加，国家电网各省公司在“十四五”规划中，已经充分考虑了“东数西算”工程新增用电需求，通过推动负荷中心常规电源建设、提升跨区输电能力、优化区域主网架等各种措施，确保安全可靠供电。

在华东，特高压交流骨干网架将进一步完善，白鹤滩—浙江、白鹤滩—江苏等特高压直流通道建成后，将有力支撑长三角集群、安徽芜湖集群的用电需求。

在冀北，借助国家风光储输、张北柔性直流输电等工程，新能源可实现就地利用，为张家口集群供应绿色电力。

在西北，依托区域电网，通过加强省间资源优化配置和多能互补，满足宁夏中卫、甘肃庆阳两大集群的用电需要。

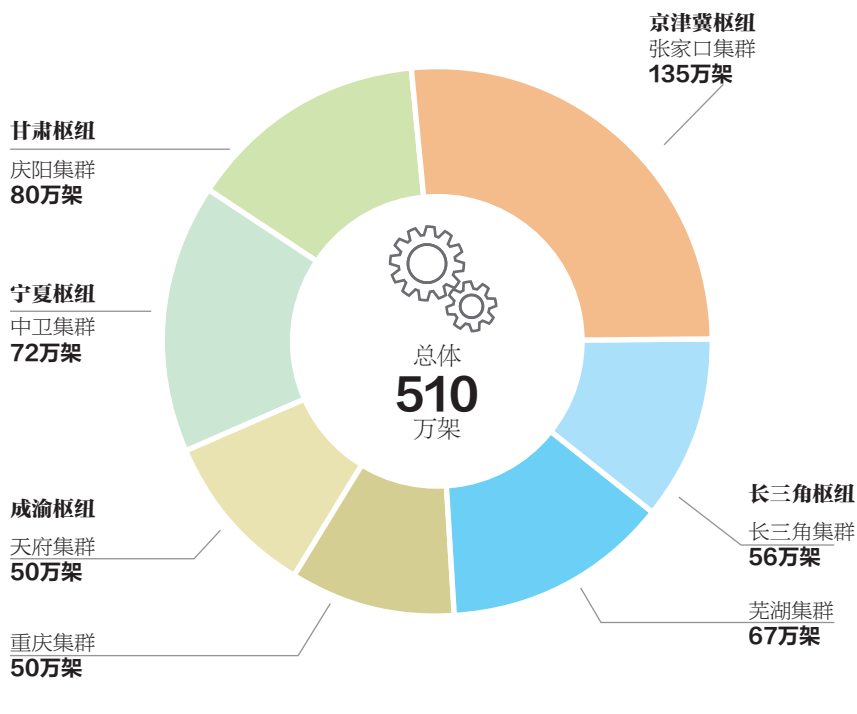
在西南，天府、重庆两大集群位于成渝经济圈，“十四五”期间，这里将规划建设特高压交流骨干网架，

国家电网有限公司经营区内“东数西算”的节点分布和集群规划

国家算力网络枢纽节点

数据中心集群

目前规划建设的标准机架数量



>> 本刊整理

更好地将川西清洁能源送至上述负荷中心。

根据相关机构的预测，相比美国、欧洲等国家和地区，中国将成为世界上数据中心规模体量最大的区域。要让分布于各地的数据节点实现及时畅通连接，能源的稳定供应是非常关键的保障。可见，未来数据中心建设对于供电的要求，除了够用，更要够稳。

当下，国家电网已经按照“东数西算”工程落地情况和建设进度，在各省公司“十四五”规划明确了电网配套建设方案——各省基本上都实现了220千伏双环、110千伏双方向链式、10千伏双方向供电的高可靠性结

构，保证两个电源供电，且两个电源不会同时受到损坏。

新能源同样会给电力稳定供应带来挑战。面对随机性大，极热无风、晚峰无光，“大装机小出力”且顶峰能力差的新能源，国家电网正在研究推进新型电力系统建设，开展新能源主动支撑技术应用、“新能源+储能/调相机”“源网荷储”一体化、需求侧响应等建设，借助技术加持，保障数据中心稳定运行。

荷：节能改造只是首要任务

在数据中心的电力消费清单中，机房空调用电量占比高达40%，服务器等信息通信设备用电量占比第二、

为35%左右，不间断电源（UPS）占比为18%左右，其余则是配电电源和常规照明等，用电量占比均在10%以下。

不难看出，除了设备运行的能耗，数据中心对电力的需求主要来自空调系统和供配电系统——设备本身需要大量电力，运行效率低也会推高能耗。

中国工程院原副院长、光纤传送网与宽带信息网专家邬贺铨曾指出，数据中心要实现绿色低碳运行，需要做到优化选址，形成自然风洞效应，叠加光伏、综合供能、高效制冷、余热循环利用等。

换句话说，建筑节能、设备节能和管理节能这三种手段，在数据中心的节能改造中缺一不可。

在建筑节能方面，除了选择气候条件适宜、绿电供应充足的地区建设数据中心，还可利用山洞自然冷风循环、海水制冷等技术。数据中心的园区建设则可采用预制化装配式建筑，在建设上叠加光伏，采用综合供能、高效制冷、余热循环利用等措施。

在设备节能方面，国家发展改革委在启动建设全国一体化算力网络的复函中，明确要求将数据中心电能利用效率控制在1.25倍额定功率以内。基于此，数据中心应借助技术和综合能源手段，对IT设备、制冷设备、供电设备进行节能改造。

在管理节能方面，可借助信息化手段，实现数据中心用能子系统，如空调控制系统、照明智慧、热泵系统和变配电设备的智能化管控，上述手段也将有效降低能耗。

设备节能和管理节能，其实正是综合能源服务的应用方向。当下，诸多在综合能源领域拥有丰富经验的企业，已经开始根据数据中心的实际需求定制解决方案。

在安徽芜湖，国网安徽电力依托热电联产、余能利用、水蓄冷空调、热泵等高效能源转换技术，构建数据中心“余热回收+蓄冷蓄热+光储智能微电网耦合”的多能互补综合能源利用系统，实现电、热、冷等多种能源的协同优化运行与一体化供应。项目同时开展了“一站式”能源托管服务示范，对全站能源使用情况进行监测与智慧用能分析，并根据运行情况不定期开展能耗分析，减少能源浪费，提升了系统整体运行效率。

对于负荷端而言，“东数西算”产生的改变不仅是提升效能、实现低碳，从长远看，还有望开启能源供应新模式。

很多人把“东数西算”与“西电东输”“西气东送”列为横跨地域的超级工程，但后两项工程均是将西部的资源运往东部，以解决我国能源资源和需求的逆向分布问题。随着部分数据中心“西迁”，原本聚集在东部的负荷也有望向西部转移，有望实现能源和负荷的就地平衡。一位电力行业资深人士向记者表示，如果这种基于资源本身的“就地平衡”能够出现，无论是从系统运行的可靠性、电网的安全水平，还是整个社会经济的

成本来考量，都是非常理想的。从电网围绕负荷“腾挪”，到负荷西迁带动电网调整规划，对规划者来说也是一次“认知升级”。

储：合理协同 催生有效价值

对于数据中心，储能不可或缺。按照时长区分，储能技术可分为短时储能（小于30分钟）、中短时储能（30~360分钟）和长时储能（大于360分钟）三类。目前，这三类技术在数据中心均有应用。

除了技术路线多样，储能和数据中心的应用方向也呈现多元化，主流应用方向有三种：一是配合新能源，作为一路主供电源为数据中心供电，其主要作用在于平抑新能源波动，稳定电能；二是储能作为数据中心的备用电源，同时参与电力市场调峰、辅助调频等辅助服务，在提高数据中心供电可靠性的同时，也从电力市场服务中获取收益补偿；三是采用特殊结构的储能系统替代传统不间断电源（UPS）。

在上述三种应用中，作为备用电源的储能可为数据中心提供缓冲时间，但时间较短，一旦出现问题，仍要依靠柴油发电机等设备。因此，第四种模式应运而生——多站融合应用。这种应用模式将发电、充电、储能等多种模式融合，可以实现绿电生产、平抑峰谷、降低排放等多重目标，更重要的是，它可以提供足够的

能源，真正发挥“兜底”作用。

当前，包括国家电网、科华数据、华为在内的多家企业已经开始参与多站融合的研发和应用。

2021年7月，世纪互联在广东推出新一代荷储IDC项目，项目以“数据中心+光伏+规模化储能”为特色，使数据中心形成一个负荷可变、可调的复合体，并能根据电网需求、新能源发电需求，调整充放电策略。

2021年12月，全球首套百兆瓦先进压缩空气储能国家示范项目在河北张家口建成，这座一体化储能站的建设规模为100兆瓦/400兆瓦时，可配合风电、光伏、区域电网、云计算中心等联合运行，形成大规模储能系统运行新模式。

对于目前落地的项目，业内的主流观点是肯定的，但他们同时指出，要让储真正与源、网、荷相融，成为构建绿色数据中心的有机组成，还需要合理协同、挖掘价值。

高文胜曾就此问题建议：“数据中心的储能系统在未来发展中，还需要提升储能资源调度的预测能力和聚合能力，同时探索如何将储能资产由原来的‘冗余备用’转变为‘有效的价值产出’，这就需要基于实际场景的储能资产精进分析来做深入的研究，以保证实现合理价值。”