

目 录

1. 算力碳效可信评价的政策环境和背景	2
1.1 算力基础设施发展现状与趋势	2
1.2 国家“双碳”背景下算力基础设施高质量发展需求	3
2. 算力碳效可信评价的定义和意义	4
2.1 现有能效指标和评价手段及其局限性	4
2.1.1 现有主要能效指标和评价手段	4
2.1.2 现有主要能效指标和评价手段的局限性	6
2.2 算力碳效可信评价的定义	7
2.3 算力碳效可信评价的优势和意义	8
2.3.1 算力碳效可信评价的优势	8
2.3.2 算力碳效可信评价的意义	10
3. 算力碳效可信评价技术方案和评价要素	11
3.1 算力碳效可信评价技术方案	11
3.2 算力碳效可信评价要素	14
3.2.1 算力碳效评价对象	14
3.2.2 算力碳效核算边界	14
3.2.3 算力碳效核算方法	15
3.2.4 算力碳效评价流程	19
3.2.5 算力碳效分级方法	21
4. 算力碳效可信评价的应用实践和实用前景	21
4.1 数据中心试点应用实践成效	22
4.2 促进算网运营中算网协同与融合技术的绿色发展.....	25
4.3 构建算力基础设施建设阶段的绿色供应链体系	26
5. 算力碳效可信评价的趋势和展望	28
缩略语列表.....	32
参考文献	34

1. 算力碳效可信评价的政策环境和背景

1.1 算力基础设施发展现状与趋势

算力基础设施是集信息计算力、网络运载力、数据存储力于一体的新型信息基础设施，可实现信息的集中计算、存储、传输与应用，呈现多元泛在、智能敏捷、安全可靠、绿色低碳等特征。其作为新质生产力关键驱动要素之一的算力的载体，通过汇集算力资源，提升算力价值，充分释放数据要素潜能，支撑数字经济与实体经济快速融合。

2022年2月17日，国家发改委等部门联合印发通知，同意在京津冀等8地启动建设国家算力枢纽节点，并规划了10个国家数据中心集群。2023年2月，中共中央、国务院提出要系统优化算力基础设施布局，促进东西部算力高效互补和协同联动，引导通用数据中心、超算中心、智能计算中心、边缘数据中心等合理梯次布局，进一步明确了我国算力设施发展的重点任务。“东数西算”首次将算力资源提升到水、电、燃气等基础资源的高度，统筹布局建设全国一体化算力网络国家枢纽节点，将我国算力基础建设推向新阶段。

基于顶层设计和国家政策的“推波助澜”，我国算力规模及算力基础设施投资建设规模均呈爆发式增长。截止2023年底，中国算力总规模达到230EFLOPS（每秒230百亿亿次浮点运算），位居全球第二，近5年年均增速近30%；智能算力规模达到70EFLOPS（每秒70百亿亿次浮点运算），增速超过70%。

中国移动算力网络秉承着“网络无所不达、算力无所不在、智能无所不及”的愿景，计划通过泛在协同、融合统一、一体内生三步走实现。2023年，中国移动积极落实国家“东数西算”工程部署，初步建成技术和规模全面领先的全国性算力网络。数据中心覆盖国家“东数西算”全部枢纽节点，通用算力规模达到8EFLOPS（FP32，32位单精度浮点数）；智算中心覆盖呼和浩特等11省12个区域节点，智能算力规模达到10.1EFLOPS（FP16，16位半精度浮点数）；建设全球首个最大规模省际骨干400G OTN网络，打造“1-5-20ms”三级算力时延圈。中国移动算力网络正式走进“融合统一”的2.0新阶段。

随着我国算力及算力基础设施建设规模的快速增长，算力基础设施建设与运营所带来的能源消耗和二氧化碳排放量也随之激增，导致全球变暖正以前所未有的速度发展。中国作为负责任的大国，做出了力争 2030 年前实现碳达峰、努力争取 2060 年前实现碳中和的重大战略目标（简称“双碳”）。但是，当前多采用人工线下模式进行碳核查，极易产生虚报、瞒报现象。因此，在“双碳”背景下，有效并可信地推进算力基础设施高质量发展，成为算力产业发展及实现我国“双碳”目标所要面临的重要任务之一。

1.2 国家“双碳”背景下算力基础设施高质量发展需求

2021 年 10 月国家发布碳达峰碳中和“1+N”政策体系的顶层设计，明确了“双碳”工作的时间表、路线图、施工图。随后各有关部门出台 12 份重点领域、重点行业实施方案和 11 份支撑保障方案，31 个省（区、市）制定本地区碳达峰实施方案，“双碳”政策体系完成构建并持续落实。



图 1. 国家碳达峰碳中和“1+N”政策示意
（摘自《中国碳达峰碳中和政策与行动报告（2023）》）

新型基础设施属于“1+N”政策体系中的重点行业之一。它是以新发展理念为引领，以技术创新为驱动，以信息网络为基础，面向高质量发展需要，提供数字转型、智能升级、融合创新等服务的基础设施体系。新型基础设施是推动实体经济数字化和绿色低碳转型，进而推动经济高质量发展的重要基础。因此，在“双碳”背景下，作为一种新型基础设施，以数据中心、智算中心为代表的算力基础

设施必须进行高质量发展。

“绿色低碳、安全可靠”是算力基础设施高质量发展的重要原则。针对算力基础设施绿色发展，国家相关管理部门发布多项指导意见。具体如下：

（1）2022年8月，国家发改委等七部委联合发布了《信息通信行业绿色低碳发展行动计划（2022-2025年）》，提出2025年信息通信行业绿色低碳目标，对重点设施（数据中心、通信基站、通信机房）的绿色低碳发展给出指导。

（2）2023年10月，工业和信息化部等六部门印发《算力基础设施高质量发展行动计划》，提出要促进绿色低碳算力发展，全面提升算力设施能源利用效率和算力碳效水平，推动算力标准体系建设的相关要求。

（3）2023年12月，国家发改委等五部门发布《关于深入实施“东数西算”工程加快构建全国一体化算力网的实施意见》，提出以算力高质量发展赋能经济高质量发展为主线，统筹通用算力、智能算力、超级算力，构建绿色安全的一体化算力网，开展绿色数据中心建设，提升能源利用效率的指导意见。

算力基础设施绿色化、低碳化、智能化发展是我国“十四五”期间的发展的主旋律。绿色算力是对算力的绿色低碳追求，是算力高质量发展的重要目标，可通过推进算力生产、算力运营、算力管理、算力应用等层次的绿色化来实现。绿色算力从提升算力和减少碳排放出发，可以在实现资源利用最大化的基础上减少对环境造成的负面影响。目前业界主要通过应用高效IT设备、优化节能减排技术、使用绿色能源等技术手段，达到能源节约、降低二氧化碳排放量的目的。在绿色算力评价方面，业界更关注电源使用效率（PUE）等能耗指标，但针对算力基础设施实际产生的有效算力与二氧化碳排放量之间关联关系的评价，则比较缺乏统一标准和方法。

2. 算力碳效可信评价的定义和意义

2.1 现有能效指标和评价手段及其局限性

2.1.1 现有主要能效指标和评价手段

当前国内外广泛使用PUE作为衡量数据中心等算力基础设施能效的关键指

标。PUE 是一年内数据中心总耗电量与数据中心 IT 设备总耗电量的比值。PUE 值越接近于 1，表示数据中心的绿色化程度越高；PUE 值越高，表示数据中心非 IT 设备的总耗电量越高，因此数据中心的能效就越低。

除 PUE 以外，业界多年来尝试研究其他指标用于从更多维度评价数据中心能效，衍生而来的能效指标主要包括：局部 PUE（pPUE）、碳利用效率（CUE）、水资源利用效率（WUE）、电能使用效率（EEUE）等。pPUE 是 PUE 概念的延伸，可以评价数据中心更小区间内的能效；CUE 是数据中心二氧化碳总排放量与 IT 负载能源消耗的比值，理想情况下，CUE 值为零，表示数据中心没有碳排放；WUE 是数据中心水资源的全年消耗量与数据中心 IT 设备全年耗电量的比值，用于评价数据中心用水状况；EEUE 参照 PUE，并充分考虑我国国情，根据数据中心的制冷技术、使用负荷率、安全等级和所处地域的不同，制定了能源效率值调整模型。另外，还有绿色网格联盟（TGG）提出的 IT 设备热一致性（ITTC）、IT 设备的容错性（ITTR），ISO 提出的可再生能源系数（REF）、IT 服务器能源效率（ITEEsv）等指标，这里不再一一介绍。

目前上述指标中，仅有少部分参数（如耗电量数据）可以通过智能电表和动环系统进行自动化采集，并且也只是部分数据中心能够自动化采集。其他绝大部分参数基本都是通过人工方式手动进行采集，比如二氧化碳总排放量的测算，需要采集数据中心内部直接或间接产生二氧化碳气体排放的各种能源、原材料等物质的活动量，例如电能、柴油、空调制冷剂、废水处理药剂等，再用各种物质的活动量乘以对应的碳排放因子计算得出相应的二氧化碳排放量。目前，以上这些物质的活动量绝大部分都是通过人工方式手动获取，比如利用计量器具、拍照、记录等手段测量采集后，再人工填写表格或录入系统。针对数据的核查一般也是通过人工方式，线下实地查阅、核对原始数据和辅助性证明材料。

现有算力及算力相关能效评价体系主要以服务器作为评价对象。数据中心的算力及算力相关能效是在数据中心所有服务器评价结果的基础上汇总得出。目前服务器算力及算力相关能效的评价方法以测试法为主。通过在全新的服务器上运行一系列基准测试集的方式，以测试分数作为服务器算力及算力相关能效评价价值。目前主流的基准测试套件有 SPEC Power、SERT、BenchSEE、MLPerf、Linpack、以及开放数据中心委员会（ODCC）、事务处理性能委员会（TPC）等组织发布的

基准测试规范和测试集。这些基准测试套件可以测试多种领域、多种典型业务、多种负载水平下的服务器性能和能耗。不同套件的测试集不尽相同，测试的服务器组件对象和侧重点也不尽相同。

2.1.2 现有主要能效指标和评价手段的局限性

当前业界广泛采用的 PUE 等指标存在诸多缺陷。例如，当 IT 设备的老化引起耗电量的增加时，PUE 值反而会降低；当 IT 设备采用虚拟化等技术时会大幅降低 IT 设备的数量及能耗，然而数据中心总耗电量并不会同样程度地降低，两者之间不是简单的线性关系，因此反而会造成 PUE 值升高。由此可见，某些情况下 PUE 值变化的意义可能与实际情况相反。此外，PUE 只提供了设备用电的评价视角，主要考虑了电力能效方面而忽略了算力和碳排放相关的情况，没有考虑碳排放对数据中心建设的社会效益和经济效益的影响。尽管 PUE 可以描述数据中心总体能耗和 IT 负载能耗之间的关系，却未能全面反映数据中心对环境的影响。数据中心的运行除了消耗大量电能外，还会产生大量碳排放，这是由于电力供应链和转换过程中产生的废气排放所导致的。CUE 指标虽然与碳排放相关，但仍然是二氧化碳排放量和 IT 设备耗电量的关系，与 PUE 的区别并不大，仍然是二氧化碳排放量与能源消耗的关系，没有体现二氧化碳排放量与数据中心的算力之间的关系。WUE 则与二氧化碳排放量和数据中心算力均无关联。EEUE 则类似 PUE。

因此，仅从能源和资源消耗角度，凭借 PUE 等指标来评价数据中心的能效是有局限性的。时至今日，取代 PUE 作为评价新型基础设施绿色指标的呼声越来越高。为了更全面地评价数据中心的生产效率、更综合地评价数据中心对环境的影响，需要将二氧化碳排放量与算力生产关联起来进行评价。建立新的能效评价指标及评价体系迫在眉睫。

目前现有能效指标的相关参数主要是由人工方式手动采集和填报，并且核查也是线下实地人工核查。现有方式的自动化程度低，容易受人为因素干扰，效率低，时效性差，并且极易产生虚报、瞒报的情况，虚假数据将导致评价结果不准确甚至错误的情况。近年来，PUE 有被严重商业化的趋势，业界甚至出现在评测过程中人为操纵 PUE 值的现象。不少数据中心声称其 PUE 值已低于 1.2 甚至 1.1，然而这些公司并未给出具体采用的节能措施、测量方式和计算数据等细节，或者

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/935303214013011244>