

DATA CENTER FULL LIFECYCLE  
GREEN COMPUTING POWER INDEX WHITE PAPER

数据中心全生命周期  
绿色算力指数白皮书

远景科技集团 | 合盈数据  
中国信通院云计算与大数据研究所  
2024年6月



## 版权声明

本白皮书中所含的所有内容，包括但不限于文字、图表、数据、图片、音频、视频等，均为中国信通院、远景科技集团、北京中科合盈数据科技有限公司三方所拥有的知识产权，受到相关法律法规的保护。未经书面授权，任何单位或个人不得以任何方式使用、复制、修改、翻译、传播、展示或分发本白皮书的任何部分。对于未经授权而擅自使用本白皮书内容的行为，将保留追究法律责任的权利。

## 指导单位：

河北省数据和政务服务局、河北省发展和改革委员会、河北省能源局、张家口市人民政府

## 参编单位：

安永(中国)企业咨询有限公司、北京恒盈电投科技有限公司、北京恒源新能科技有限公司、北京三快在线科技有限公司、北京赛格联科科技有限公司、北京泰豪智能工程有限公司、北京中和碳能科技有限公司、河南昆仑技术有限公司、华为数字能源技术有限公司、科大讯飞股份有限公司、绿融(广州)信息科技有限公司、摩根士丹利(香港)、南德认证检测(中国)有限公司、上海浦东发展银行股份有限公司、上海运柏投资管理有限公司、新加坡吉宝集团、曙光数据基础设施创新技术(北京)股份有限公司、天津合盈资产管理有限公司、无锡远景红杉碳中和股权投资基金(有限合伙)、芯鑫融资租赁有限责任公司、招银金融租赁有限公司

# 前 言

绿色算力，是算力基础设施实现绿色、低碳、可持续发展的一种算力形式。中国信通院发布的《绿色算力技术创新研究报告》指出，绿色算力是把自然资源、环境资源作为算力发展考虑的关键要素，把经济效益和环境保护、社会责任有机融合，可实现算力的低碳清洁、高效利用与科学配置，达成算力设施、算力设备、算力平台和算力赋能的“四位一体”绿色发展。本白皮书是《绿色算力技术创新研究报告》的延伸和细化，旨在基于算力设施开展绿色算力评估，推进算力全产业链节能减排。

数据中心是算力关键底座。当前，新一代信息技术与传统产业加速融合，数字经济蓬勃发展，数据中心作为各行业信息系统运行的物理载体，已成为经济社会运行不可或缺的关键基础设施，在数字经济发展中扮演至关重要的角色。近年来，国家高度重视数据中心产业发展，不断加大政策引导力度，战略布局了东数西算八大节点及全国一体化算力网络，发布了《算力基础设施高质量发展行动计划》，以算力高质量发展支撑经济高质量发展。

算力是数字经济时代的新型生产力。随着社会各行业对算力需求的快速增长，目前算力发展也面临着一个不可忽视的挑战——如何在保障算力充足的同时，实现其绿色和可持续发展，从而牵引新型基础设施投资。绿色低碳是数据中心发展的趋势所向，支撑绿色算力生产输出的基础设施将成为拉动绿色投资的重要载体，数据中心绿色低碳发展为企业带来节能效益和经济效益的同时，还可以提升企业社会责任形象与竞争力。

全生命周期绿色算力指数是推动零碳节能的关键工具。通过参考欧盟绿色数据中心指标体系建设成果以及国内行业智库机构关于绿色算力的研究，结合数据中心绿色高质量发展方向，为引导产业链、供应链低碳化发展和践行企业社会责任，本白皮书创新性地构建了数据中心全生命周期绿色算力指数体系，给出了全生命周期绿色算力的研究范畴和测算方法。全生命周期绿色算力指数不仅能够为投资决策提供科学评估依据，也可通过结合绿色金融产品

引导资本流向更加绿色、高效算力资源。指数评估体系的应用，不仅可以全方面评估数据中心绿色低碳化程度，还可以识别和推广绿色算力发展的突破创新实践，引导算力和绿色电力协同建设，充分发挥可再生能源资源优势，鼓励应用绿色低碳技术，构建新型能源系统，赋能智算发展，形成新质生产力，增强绿色算力供给水平，促进智算行业可持续发展。

本白皮书在编写过程中，查阅和参考了行业相关材料，并对算力产业链的众多核心企业开展了调查研究，感谢业界对本白皮书的支持！由于绿色算力正处于高速发展阶段，白皮书仍存在诸多不足，恳请各位读者批评指正。

# 目 录

第一章 绿色算力指数概述 .....	1
1、内涵与意义 .....	1
2、需求与趋势 .....	3
3、国内外指标体系 .....	4
第二章 全生命周期绿色算力指数体系构建 .....	8
1、研究目标 .....	8
2、研究方法 .....	8
3、指数体系 .....	8
第三章 全生命周期绿色算力指数体系分解 .....	10
1、安全高效性 .....	10
2、绿色低碳性 .....	13
3、管理智能性 .....	16
4、全生命周期绿色管理 .....	19
第四章 全生命周期绿色算力指数评价应用与建议 .....	22
1、评价与应用 .....	22
2、展望与建议 .....	23



# 第一章 绿色算力指数概述

当前，我国数字经济正踏入新一轮快速增长期，数字经济规模稳步增长。数据中心作为数字经济的核心载体，在推动数字经济发展中发挥着越来越重要的作用。但同时，数据中心建设及运营也引发了全球对于能源消耗和碳排放问题的担忧，推动算力的绿色化已迫在眉睫、势在必行。

## 1、内涵与意义

算力是数字经济时代集信息计算力、网络运载力、数据存储力于一体的关键生产力，部署了大量服务器的数据中心是算力的主要载体。根据算力类型的不同，数据中心通常分为通用数据中心、智算中心和超算中心。绿色算力是评价数据中心计算能力和可持续发展程度的关键。构建科学、规范的绿色算力评价指标体系，是推动绿色算力发展的关键抓手，也是引导绿色算力评价标准化，提升绿色算力认可度和透明度，加大社会、人才、金融资源投入绿色算力基础设施建设的重要方式。

近年来，绿色算力在全球呈现三个主要的发展态势。

(1) 降低数据中心能耗成为各国关注重点。

《欧洲数据中心行为准则》（EU DC CoC）早在 2008 年就被提出，鼓励和引导数据中心运营商和所有者在不影响设施关键任务功能情况下，经济高效地降低能源消耗。美国于 2016 年提出了数据中心优化计划（DCOI），该计划通过整合数据中心、应用先进节能技术等手段，降低数据中心运营成本，提高数据中心计算效率。2021 年，欧洲云基础设施服务提供商和欧洲数据中心协会共同签署了《气候中立数据中心公约》（CNDCP），提出 2030 年实现欧盟所有数据中心的气候中立目标，减少气候环境影响。同年，欧盟修订《人工智能协调计划》，指出要探索制定能够测度人工智能对环境负面影响的关键绩效指标。2023 年德国通过《能源

效率法案》，其中提到数据中心建设必须尽可能满足能源利用高效和气候保护的要求，同时应该建立能源管理或环境管理系统。

2023年，我国先后发布《算力基础设施高质量发展行动计划》、《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》，提到要提升资源利用水平，促进绿色低碳算力发展。对我国来说，大力发展数字经济和人工智能，一方面可利用数智技术、绿色技术加快传统产业转型升级，另一方面可夯实数据中心、新型通信等信息基础设施的绿色算力建设，采用先进的技术、产品与解决方案提升能效水平，健全能源管理体系，实施节能降碳改造升级，打造新质生产力，同时还可促进社会资本参与投资建设，推进数字产业化发展。

### （2）可再生能源电力正成为数据中心主要电力来源。

国际能源署(IEA)数据显示，2022年全球数据中心用电量达到4600亿千瓦时，占全球总电力需求近2%<sup>1</sup>。据中国信通院统计，2023年全年，我国数据中心用电量达到1500亿千瓦时，同比增长15.4%，占全社会用电量的1.63%。用电量需求的增长，驱使我国数据中心行业加速寻求扩大可再生能源电力的解决之法，从而降低数据中心建设及运营的碳排放。《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，到2025年底，国家枢纽节点新建数据中心绿电占比超过80%。太阳能光伏、风能等能源的利用，能够进一步提升可再生能源利用比例，降低数据中心碳排放。绿电证书及绿电交易市场机制的建立和完善，也在持续激发数据中心使用可再生能源的积极性。

### （3）智慧能源管理为数据中心绿色低碳发展提供有效助力。

在碳中和战略的大背景下，数据中心能耗问题愈发突出。在传统数据中心，产品级节能技术应用已接近天花板，且存在系统复杂、设备繁多等痛点，各系统设备间能耗影响关系错综复杂，亟需采用数字化手段和人工智能技术来转变能源管理方式，实现从以专家经验为基础进行的传统预测和能效优化向基于多系统协同联动的智能化数据驱动方式转变。通过构建

<sup>1</sup> 2022，国际能源署 IEA，电力 2024：到 2026 的分析和预测



智慧能源管理平台，数据中心管理者能够实时掌握能耗数据，发现能源使用中的能源浪费与潜在问题，进而制定合理的节能措施与优化方案。

## 2、需求与趋势

2023 年我国算力核心产业规模达到 2 万亿元，算力正加速向政务、工业、交通、医疗等各行业各领域渗透。中国信通院数据显示，截至 2023 年底，全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。预计到 2030 年，我国数据中心能耗总量将超过 4000 亿千瓦时，若不加大可再生能源利用比例，2030 年全国数据中心二氧化碳排放或将超 2 亿吨。围绕绿色算力建立和完善标准体系，推进绿色算力在数据中心等相关重点企业和领域中应用，必要且紧迫。

我国正按照国家枢纽节点、省内中心、边缘中心，梯次与可再生能源资源丰富区域相结合的策略，全面布局我国数据中心建设，重点建设 8 个“东数西算”国家枢纽节点和 10 个数据中心集群，并明确绿色集约建设、加强能源供给保障、强化能耗监测管理等 9 大重点任务<sup>2</sup>。

2025 年国家枢纽节点规划目标：（1）新建数据中心绿电占比超过 80%；（2）各类新增算力占全国新增算力的 60%以上；（3）初步实现 1ms 时延城市算力网、5ms 时延区域算力网、20ms 时延跨国家枢纽节点算力网。统筹通用、智能、超级算力一体化布局，统筹东中西部算力一体化协同，统筹算力、数据与算法一体化应用，统筹算力与绿色电力一体化融合，统筹算力发展与安全保障一体化推进，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<sup>3</sup>。

<sup>2</sup> 2021，国家发展改革委、中央网信办、工信部、国家能源局《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）。

<sup>3</sup> 2023，国家发展改革委、国家数据局、中央网信办、工信部、国家能源局，《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》（发改数据〔2023〕1779号）。

《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》等文件指出，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，面向国家枢纽节点内部及国家枢纽节点之间开展算力电力协同试点。加快建设能源算力应用中心，支撑能源智能生产调度体系，实现源网荷互动、多能协同互补及用能需求智能调控，同时鼓励企业建设数据中心，提供“能源流、业务流、数据流”一体化算力。

目前各省已开始跟进上述国家政策，上海市通信管理局等 11 个部门联合印发《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）》，将优化智算中心绿色能源使用列为重点任务，提出：探索电网算网一体化“源网荷储”协同方案，鼓励光伏储能微电网技术、电池人工智能技术、锂电池储能系统、直流微电网系统在智算中心的示范应用。河北省人民政府办公厅颁布的《关于进一步优化算力布局推动人工智能产业创新发展的意见》指出：智能算力基础设施布局与绿色电力一体化融合，提升可再生能源使用率，把我省绿电优势转换成算力发展优势；与电力设施联动布局，统筹考虑智算中心建设规模和时序，保障数据中心用电需要。同时，河北省发展和改革委员会基于《河北省源网荷储一体化项目实施细则（试行）（征求意见稿）》的落地，完善“源网荷储一体化示范项目”的核准原则，通过市场化交易机制，降低企业入市风险及顾虑，促进风光等新能源电力的消纳，提高风光新能源入市规模，提升负荷侧的绿电使用水平；在政策优化的基础上，通过市场化机制保证源网荷储商业化模式快速落地，持续支持双碳转型。

各地将立足于全国一体化算力网建设蓝图，围绕算力投入（基建）、算力供给（能力）、算力应用（市场与产业）、算力创新（人才/知识产权）、算电协同、算网安全进行一体化指标体系设计，充分发挥绿色算力指数对算力枢纽和集群一体化部署的引导作用。

### 3、国内外指标体系

欧盟数据中心评估框架（2023年更新版本）<sup>4</sup>，纳入超过500个数据中心成员，致力于提升数据中心的能源使用效率。该框架按照整个数据中心、新建或改造、新建IT设备、运营、新购软件5种适用对象，建立起包括106项指标的指标体系，满分为379分。该评估框架是《欧洲数据中心行为准则》（EU DC CoC）的有效补充，为验证数据中心是否正确应用公司治理相关政策提供了行之有效的标准和要求。

工信部《国家绿色数据中心评价指标体系》，2019年初版发布后推动了全国绿色数据中心评选，指标体系包括能源高效利用、绿色低碳发展、科学布局及集约建设、算力资源高效利用等四方面共计16项指标，满分为100分，2023年改版后新增“可再生能源及储能利用水平”指标，将PUE权重从60%调整降为40%<sup>5</sup>。国家绿色数据中心评价指标从初版发布到2023年一直在不断地更新和迭代，其评价体系主要有以下几方面的发展趋势：第一，评价指标综合性提升，PUE评价指标的权重降低；第二，更加关注数据中心综合能源使用和可再生能源利用水平；第三，关注数据中心全生命周期绿色化发展，加大关注供应链绿色化管理。第四，更加关注数据中心能源智能化管控运维与管理，在后续能耗双控向碳排放双控转变过程中，智能化管控范围应该会同时关注能源和碳排放。

北京市地标《绿色数据中心建设与评价指标体系》<sup>6</sup>，建立了涉及电能使用效率、能源管理制度、节能技术应用、能源利用、水资源使用、资源循环利用、环境影响管理、相关方管理的8类一级指标，22项二级指标，其中基础指标100分，PUE权重为50%；加分指标20分，包含节能技术应用、清洁能源与可再生能源利用、环境影响管理制度等相关指标。

算力基础设施高质量发展与“碳中和等级”能力指标体系展望未来绿色算力发展。《算力基础设施高质量发展行动计划》（工信部联通信〔2023〕180号）将促进绿色低碳算力发

<sup>4</sup> 2023，欧盟委员会，Assessment Framework for Data Centres in the Context of Activity 8.1 in the Taxonomy Climate Delegated Act

<sup>5</sup> 2023.11，工信部办公厅 国家发展改革委办公厅 商务部办公厅 国管局办公室 金融监管总局办公厅 国家能源局综合司关于组织开展2023年度国家绿色数据中心推荐工作的通知（工信厅联节函〔2023〕341号）。

<sup>6</sup> 2022，北京市地方标准《绿色数据中心建设与评价规范》。

展作为重点任务，指出要提升资源利用和算力碳效水平、引导市场应用绿色低碳算力和赋能行业绿色低碳转型，包括优化算力设施电能利用效率、水资源利用效率、碳利用效率，提升算力碳效水平；积极引入绿色能源，鼓励算力中心采用源网荷储等技术，支持与风电、光伏等可再生能源融合开发、就近消纳，逐步提升算力设施绿电使用率；构建“算力+”绿色低碳生态体系，降低社会碳排放总量。

表 1-1 《算力基础设施高质量发展指标》<sup>7</sup>

类型	序号	指标	2023 年	2024 年	2025 年
计算力	1	算力规模（EFLOPS）	220	260	300
	2	智能计算中心（个）	30	40	50
	3	智能算力占比（%）	25	30	35
运载力	4	重点应用场所光传送网（OTN）覆盖率（%）	50	65	80
	5	SRv6 等创新技术使用占比（%）	20	30	40
	6	国家枢纽节点数据中心集群间网络时延达标率（%）	65	75	80
存储力	7	存储总量（EB）	1200	1500	1800
	8	先进存储容量占比（%）	25	28	30

《算力基础设施高质量发展行动计划》进一步明确提出，要构建算力中心、算力应用“碳中和等级”能力指标体系，开展算力设施、算力应用碳效核查与评估。引导供电、制冷、服务器、网络、存储等产业链各环节梳理核算碳足迹，发布创新低碳产品与解决方案目录，推进算力应用全产业链节能减排。

鉴于当前数据中心发展趋势，结合以往国内外绿色数据中心指数评价体系，本报告认为：

第一，要提升可再生能源替代、供给、结构等方面的权重。PUE 通常被认为是数据中心评价的核心指标，但随着 PUE 优化空间的不断缩小以及数据中心耗电量的不断增加，单纯从

<sup>7</sup> 2023.10, 工信部 中央网信办 教育部 国家卫健委 人民银行 国务院国资委关于印发《算力基础设施高质量发展行动计划》的通知（工信部联通信〔2023〕180 号）。

PUE 角度进行评价已无法适应绿色数据中心的发展。与此同时，行业对于数据中心使用的电是否为可再生能源电力关注度仍有不足，随着经济社会对数据中心碳排放量的关注度不断提升，针对数据中心应用绿色电力逐渐成为降低碳排放的关键。第二，要强化算力设施设备与算力平台资源利用效率的统一整合。指标方面，应由单纯的电能利用效率（PUE）、水资源利用效率（WUE）、碳利用效率（CUE）扩展为与算力能效、算力碳效、计算效用等算力利用水平的统一整合，并重视科学集约布局与绿色算力建设的协调性，同时应加强数据中心全生命周期的管理。第三，要注重指标体系整体的可操作性。为了确保数据的准确性和可信度，每一项指标所依据的数据都应当源自于可信赖的来源如官方统计、权威第三方调查等，且要力求能逐一对应具体的技术要求和减排措施，并有对应的记录或文件以供佐证。

因此，要构建直接、简便、合理的绿色算力的指标体系，需在吸收国内外指标体系的基础上，关注近期国家提出的数据中心碳中和指标体系和碳足迹研究，结合数据中心及算力未来发展趋势，融合绿色金融产品创新体系，提出可行方案。



## 第二章 全生命周期绿色算力指数体系构建

### 1、研究目标

梳理国内外数据中心绿色化相关指标体系，建立数据中心全生命周期绿色算力评价方法，提升绿色算力标准化、透明度和认可度，促进高效集约可持续的算力基础设施投资，引导土地、金融和人才等资源要素，更多参与绿色数据中心建设。

从金融支持层面看，推动算力基础设施低碳可持续发展的重点，包括：一是支撑数据中心的绿色金融融资，降低融资成本。将绿色治理成果对标为定量化指数，与国内外金融机构合作，构建绿色产融生态，结合绿色信贷/基金/Reits等金融产品，推动绿色挂钩金融产品的落地。二是凸显零碳管理的价值，在资本市场共识的基础上，提升绿色数据中心资产溢价，提高绿色数据中心投资回报。

最终目标是提出适用于数据中心绿色算力全生命周期评价方法，围绕算力高效、绿色、低碳、智能发展相关方面，建立综合指数层级体系。

### 2、研究方法

参考国内外绿色数据中心的评价方法和实践，结合可持续数据中心投资框架、可再生能源软硬件系统、零碳物联操作系统、能碳管理体系等方案，以全生命周期评价视角，对绿色算力的设计、建设、运行、回收进行算效、算力利用水平、电能利用效率、水利用效率、碳利用效率、全生命周期碳足迹、绿电使用比例、能碳管理系统等指标的全面跟踪和测算；结合未来发展趋势，构建绿色算力指数体系，优化权重设置，实现单个数据中心和数据中心集群枢纽的综合评估能力。

### 3、指数体系



绿色算力指数体系从上至下依次划分为三层。第一层为目标层，包含算力安全高效性、算力绿色低碳性、能碳管理智能性和全生命周期绿色管理三大指标；第二层为准则层，包含算力生产力、算力利用水平、绿色选址、资源消耗水平、可再生能源水平、碳利用水平、综合能源管理、碳排放管理、全生命周期管理制度、循环利用十项指标；第三层为指标层，包含算力能效、数据中心规模、安全性、可用性、上架率、IT 负载率、CPU/GPU 利用率、选址管理、PUE、WUE、可再生能源利用比例、可再生能源获取方式、CUE、算力碳效、智慧能源管理、智慧碳管理、温室气体核算与报告、全生命周期绿色发展战略、资源回收等细化指标集。

绿色算力指数体系如表 2-1 所示。

表 2-1 绿色算力指数体系

一级指标	二级指标	细化指标
算力安全高效性	算力生产力	算力能效
		数据中心规模
		安全性
		可用性
	算力利用水平	上架率
		IT 负载率
		CPU/GPU 利用率
绿色选址	选址管理	
算力绿色低碳性	资源消耗水平	PUE
		WUE
	可再生能源水平	可再生能源利用比例
		可再生能源获取方式
		CUE
碳利用水平	算力碳效	
能碳管理智能性	综合能源管理	智慧能源管理
	碳排放管理	智慧碳管理
全生命周期绿色管理	全生命周期管理制度	温室气体核算与报告
		全生命周期绿色发展战略
	循环利用	资源回收

## 第三章 全生命周期绿色算力指数体系分解

### 1、安全高效性

绿色算力的安全高效体现在数据中心算力供给高效、软硬件可靠安全、算力利用水平有效提升等方面。根据上述内容，在绿色算力的安全高效性一级指标下，主要按照算力生产力、算力利用水平、绿色选址设置 3 个二级指数，并设置算力能效、数据中心算力规模、安全性、可用性、上架率、IT 负载率、CPU/GPU 利用率、选址管理 8 个三级指数。

表 3-1 绿色算力的安全高效性指标

二级指数	三级指数
算力生产力	算力能效
	数据中心算力规模
	安全性
	可用性
算力利用水平	上架率
	IT 负载率
	CPU/GPU 利用率
绿色选址	选址管理

提升算力安全高效性的重点任务包括：

- (1) 关注综合算力能效，提升安全可靠，保障算力生产力

广义的算力又可称为综合算力，是集算力、存力、运力于一体的新型生产力，其核心是将信息计算能力、数据存储能力、网络运载能力三者高效协同、一体化发展，以实现数据快速处

理、可靠存储、稳定传输。算力能效指标立足综合算力核心内涵，推进数据中心明晰能效优化升级方向。此外，一定的数据中心规模与安全可用能力也是保障算力持续输出的基石。

算力能效用于表征数据中心全栈的综合能效水平，可覆盖数据中心全生命周期的综合能源效率评估，指的是数据中心使用期间，数据中心总能耗转化为算力的效率，是评估数据中心实际综合能效的量化参数。可通过计算能效、存储能效和网络能效的归一化计算得出。可参考服务器和数据存储设备能效“领跑者”评价要求（T-CECA-G 0284-2024），评估数据中心算力设备每秒浮点运算次数每瓦（TFLOPS/W）的能力。

对于数据中心来讲，只有具备了一定规模才能保证算力生产，从而实现算力生产力的提高。在推动算力发展的同时，不仅要鼓励建设超大型数据中心，还应充分考虑和支持大中型数据中心、边缘数据中心的发展，实现算力资源的高性能协同。数据中心规模指标可以将数据中心设计总功率作为衡量依据，评价数据中心规模大小。

数据中心作为各个行业信息系统运行的物理载体，应以发展与安全并重为原则，进一步强化物理层面和网络安全的建设和能力，构建完善的安全保障体系。安全性评估聚焦物理安全、人员安全、设备安全、消防安全、网络安全等方面，可参考《互联网数据中心（IDC）技术和分级要求》（GB/T 43331-2023）、《数据中心设计规范》（GB50174-2017）、DC-Tech 安全性相关要求，为数据中心安全性程度提供了参考依据。

可用性聚焦数据中心供电系统、温控系统、设备和环境监控系统及网络布线的相应技术要求，可参考《互联网数据中心（IDC）技术和分级要求》（GB/T 43331-2023）、《数据中心设计规范》GB50174-2017、DC-Tech 可用性相关要求，为数据中心可用性能力提供了专业参考和借鉴。

## （2）减少算力资源浪费，提高算力利用水平

评估算力资源是否被高效运用，可通过考量算力利用水平来实现，数据中心的上架率、IT 负载率以及 CPU/GPU 利用率都是该模块的有效指标。

上架率是已使用机柜数与已完成基础机电配置机柜数的比值。如根据国家绿色数据中心标准，上架率的统计口径对应的有效利用机柜，具体为 80%以上机柜可利用空间安装有信息设备，且所安装信息设备已通电有效运行。不过，该指标适用于传统的通用计算为主的机柜，对于智能计算领域，由于 GPU 单体服务器功率较高，一般机柜无法满足 80%以上机柜可利用空间安装有信息设备，因此需要分利用场景完善上架率适用范围的定义。上架率可直观的反映数据中心基础设施的利用水平，上架率越高，意味着对于总机架的利用水平越高，对于服务器资源的容纳程度越充分。据中国信通院统计，2022 年我国的平均上架率约为 62.7%。

IT 负载率可以反映数据中心 IT 设备的有效工作效率，该指标评价对象为在运行的服务器，是服务器总实际功率与总额定功率的比值，可以在设备层面给出服务器的利用水平。如根据国家绿色数据中心标准，算力负荷利用水平是指数据中心连续运行一年内数据中心机柜年均用电功率平均值与数据中心机柜标称功率平均值的比值。

由于算力资源的多源、异构等特点，对算力集群计算效用的评估是个较为复杂的任务，从目前行业实践来看，选取 CPU 利用效率进行衡量较为常见。一般而言，CPU 利用效率越高，代表着算力集群整体对算力资源的利用越充分，在相同能耗下能够支持完成更多的应用任务，并达到更佳的绿色减碳效果。CPU 利用效率实际反映的是算力硬件与软件的联合性能。在评估过程中，需要综合考虑工作负载类型、软硬件构成等多种因素的影响。与 CPU 利用率相似，GPU 利用效率可以反映对于 GPU 计算能力的释放程度，但 GPU 设备当前正在快速迭代发展，产业界正在积极探索针对 GPU 利用效率评估的具体方法和标准。

### （3）选址优先枢纽节点集群，共享国家绿色算力优势资源

数据中心是包括风火水电的数字设施，是典型的资本密集和技术密集型设施，选址对于数据中心算力生产的高效安全性有着不言而喻的重要性。数据中心绿色选址需要综合考虑网络、可再生能源、国家枢纽节点以及国家相关政策等因素。应考虑不同的时延需求来确定数据中心的选址，且可再生能源丰富的地区更加有利于数据中心的绿色建设。近年来国家政府

出台了一系列政策文件，鼓励数据中心在国家枢纽节点建设、稳步提高数据中心单体规模及单机架功率、实现数据中心集约化高密化部署等，以上都是数据中心在选址时应充分考虑的因素。

## 2、绿色低碳性

算力绿色低碳性主要从资源的使用维度进行评价，通过节能、节水和能源替代等方式，减少数据中心的资源消耗、化石能源使用和碳排放。在算力绿色低碳性一级指标下，共设置了资源消耗水平、可再生能源水平、碳利用水平 3 个二级指数，并进一步细化了电能利用效率 (PUE)、水利用效率 (WUE)、可再生能源利用比例、可再生能源获取方式、碳利用效率 (CUE)、算力碳效 6 个三级指数。

表 3-2 绿色算力的绿色低碳性指标

二级指数	三级指数
资源消耗水平	电能利用效率 (PUE)
	水资源利用效率 (WUE)
可再生能源水平	可再生能源使用比例
	可再生能源获取方式
碳利用水平	碳利用效率 (CUE)
	算力碳效

提升算力绿色低碳性的重点任务包括：

- (1) 采用新技术新模式，提高供配电以及制冷散热效率

算力基础设施能耗主要来自于计算、制冷和配电系统，其中老旧数据中心制冷约占总能耗的 30%-50%，配电系统约占 10%。减少非计算设备的能耗占比，能够有效降低数据中心整体能耗。

电能利用效率（PUE）是衡量数据中心工程性能的主要指标，是数据中心总耗电量与数据中心 IT 设备耗电量的比值，PUE 数值越接近 1 表明用于 IT 设备的电能占比越高，制冷、供电等非 IT 设备耗能占比越低。近年来，国家及地方相继出台了一系列政策，对数据中心 PUE 实行管控，其中新建数据中心项目足额办理节能审查成为必要条件，存量数据中心监管趋严，不合格数据中心需进行节能改造。为加快绿色数据中心先进适用技术产品推广应用，工信部组织开展了绿色数据中心先进适用技术产品筛选工作，产生了《绿色数据中心先进适用技术产品目录》，涉及能源、资源利用效率提升、绿色运维管理等多个领域的技术产品。数据中心采用推荐技术产品可以实现数据中心节能与绿色发展水平持续提升，可在实践中参考应用，从而降低 PUE 水平。

水资源利用效率（WUE）也是绿色评价的重要维度，我国水资源在地区分布上具有显著的不均衡性，具体表现为“东多西少，南多北少”。北部约占全国总面积的 60%，但不足全国总径流量的 20%，特别是华北地区和西北地区，缺水最为严重。北方地区缺水问题已经引起了部分政府的重视，北京、宁夏、甘肃、内蒙古乌兰察布等地均出台政策对数据中心水资源利用和 WUE 指标提出明确要求。

## （2）提高可再生能源占比，优化可再生能源供给结构

采用可再生能源替代传统能源是减少数据中心碳排放，实现能耗与碳排脱钩的主要手段。

可再生能源使用比例可用数据中心可再生能源电力耗电量与数据中心总耗电量的比值进行计算。数据中心获取可再生能源有多种途径，不同途径在可持续性上有明显差别，可再生能源比例和供给结构同样重要。因此引入可再生能源获取方式指标，对引导数据中心能源供给往更优质可持续的方向发展有着积极促进作用。提高可再生能源比例主要获取方式有直接购买并应用可再生能源电力、在中国绿色电力证书认购平台上认购绿色电力证书、数据中心园区自建分布式能源电站、建设以数据中心为负荷的“源网荷储”一体化项目等方式。其中，



算力基础设施自建绿电设施，尤其是自建“源网荷储”一体化项目，是数据中心实现高质量、可持续的绿色算力，落实新质生产力的重要技术手段。

微软、谷歌、亚马逊等公司纷纷在全球范围内签署了众多电力购买协议（PPAs）获取可再生能源，进而提升可再生能源使用比例。微软 2022 财年在全球签署了新的电力购买协议（PPAs），使其零碳能源总量超过了 13.5 吉瓦。谷歌在 2022 年通过 PPAs 使其电力消耗产生的碳排放减少了 69%。亚马逊也持续与新能源公司签署 PPAs。

我国在落地“源网荷储”方案，提高可再生能源消纳比例上，也有进展与实践。张家口正在规划建设全国一体化算力网络京津冀枢纽节点唯一的国家级数据中心集群，重点承接北京等地的实时性算力需求。张家口市也是国务院批复设立的全国首个国家级可再生能源示范区，拥有丰富的风电、光伏等可再生电力资源。

合盈数据（怀来）科技产业园是环京区域源网荷储一体化碳中和示范项目。项目率先探索“绿色供能+绿色用能”模式，推进“源网荷储”一体化在数据中心场景下的应用，建设 100%使用新能源电力的绿色数据中心。项目从 2021 年开始，同时启动风电、光伏与大数据产业基地的建设。在张家口的蔚县、沽源、张北建设总计 5.53 吉瓦装机容量的新能源电站，共分为 13 个新能源发电项目，年新增新能源发电量达 130 亿千瓦时，满足合盈数据（怀来）科技产业园 1 吉瓦负荷规模。项目通过电力市场化交易打通源网荷储的落地路径，确保电能量与绿色环境权益的转移。为稳定供电，新能源也计划配置储能系统，预计 2024 年并网，总建设规模 1 吉瓦/2 吉瓦时。

乌兰察布积极实践“源网荷储一体化”国家级绿色数据中心示范项目建设，通过风光互补、储能调峰保障绿电供应、深度挖掘需求消纳侧的调节效益，探索发电端与消纳端互动新模式。为实现“源网荷储一体化”的智能调控和发用匹配，乌兰察布与远景共建方舟一体化源荷互动平台，探索新能源与大数据中心之间的“源荷互动”，通过融合市级碳管理、源荷互动经济最优调度、电力现货及中长期交易终端、园区可视化多场景展示等功能，最终实现源荷协调管理友好互动，更好的匹配新能源出力和负荷用电。

### (3) 加强数据中心碳排放核查，促进算力碳效持续降低

当前，算力基础设施绿电应用比例不高，大多数仍选择直接国网代理购电进行生产运营，由此产生的二氧化碳间接排放是企业最大的排放源之一。其次，部分数据中心配置柴油发电机作为备用电源在运行时也会产生碳排，消费天然气用于动力或热力供应时也会产生一定碳排放。碳利用效率（CUE）是数据中心量化碳排放的综合性指标，是数据中心运营碳排放总量与 IT 负载能源消耗的比值，CUE 数值越小，代表数据中心碳排放强度越低。中金数据昆山一号数据中心在绿色低碳发展理念的引领下，通过采用节能技术、可再生能源采购等方式，减少自身碳排放，使数据中心的碳利用效率（CUE）达到先进水平。

算力碳效指标是从综合算力视角出发，用于评价数据中心全栈碳排放效率的有效指标，是数据中心综合算力与碳排放的比值，即单位碳排放产生的综合算力。

## 3、管理智能性

算力基础设施数字化智能化升级正成为产业关注焦点。《算力基础设施高质量发展行动计划》，提出“推动新一代信息技术与算力设施融合应用，引导算力运营智能化升级”。《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“打造供给高效化、调度机制化、运营智能化的算力服务新生态”。未来数据中心管理将向“技术密集型”演进，充分利用人工智能、大数据、数字孪生等技术，强化算力基础设施智能化管理水平，实现全系统数据采集、可观可视、分析处理，从而形成整体多系统的节能管理，真正促进数据中心整体能耗降低。

在能碳管理智能性一级指标下，设置综合能源管理、碳排放管理 2 个二级指数，并设置智慧能源管理、智慧碳管理 2 个三级指数。

表 3-3 绿色算力的管理智能性指标

二级指数	三级指数
综合能源管理	智慧能源管理

碳排放管理	智慧碳管理
-------	-------

相关绿色指标评价的重点任务分解如下：

(1) 建立智慧能源管理系统实现能源监测及高效利用

利用物联网、人工智能等技术可实现对能源消耗和设备运行的实时监测、分析和优化，为企业提供节能减排的建议和方案，降低能源消耗和减少污染物排放，推动绿色数据中心的建设和发展。智慧能源管理以全面掌握数据中心能效及运营情况的特定系统为依托，通常包含以下功能：1) 数据展示功能：提供时间、空间、子系统、设备等多维度的数据展示功能，清晰展示数据中心的能耗分布，实时展示各设备及子系统的能耗使用情况；2) 数据分析功能：支持多维度对数据中心实时、历史能耗数据进行精细化的分析；3) 趋势预测功能：提供能耗使用趋势预测；4) 分级分析功能：打通能源相关的多个子系统（如：楼宇自控、动环监控）等数据，实现数据中心能效状况分层、分级的能耗评估；5) 能效因子驱动分析：基于当前数据中心基础设施的运行情况，分析出影响 PUE 的因子以及他们的权重值；6) PUE 预测：实现具有多种图标展示、分机房、总体的 PUE 可统计、可视化等功能，并结合当前基础设施的运营情况，预测并描绘未来 24 小时内的 PUE 曲线，辅助运维人员监控数据中心的能源能耗，并及时调整运营策略，达到节能降耗的目的；7) 节能优化方案：对整体楼宇的用电、子系统用电成本统计和分析，自动生成节能优化方案。

除数据中心常规能源管理模块外，结合新型电力系统的发展需求，需要关注数据中心园区整体综合能源系统的部署，主要包含以下模块：

1) 调控模块

实现对设备远程监控及人员统一调度，有问题能及时发现处理，支撑园区变电站安全生产管理。主要包含以下功能：设备监控、实时告警、视频监控、温湿度监测、调度管理。

## 2) 电量采集及电力营销模块

对计量表计统一管理，提高月度用电量抄表核对、电费计算效率，分析月度园区运行情况，并根据电量信息实现对设备的辅助分析。电量采集主要包含以下功能：能源监测总览、电量数据监测、电量统计分析、数据统计查询、设备档案配置、客户档案管理、电量统计报表；电力营销模块主要包含以下功能：电费核算管理、收费财务管理、用电业务管理、分布式光伏、分散式风电、余热利用、统计分析、系统支撑。

## 3) 电力交易模块

开展市场化电力交易，管理购售电合约，提升负荷预测能力。该模块主要功能如下：售电合约管理、电量预测、负荷预测、电费计算、购售电交易、电价套餐。

国内外相关企业已展开了多样化实践，主要为通过 AI 采集算力基础设施在线运行的参数，帮助组织提前做出资源分配和调度的决策，减少资源浪费提升算力基础设施的运营效率，尽可能避免能源的浪费。

### (2) 建立智慧碳管理系统助力节能降碳目标实现

智慧碳管理是指利用人工智能、云计算、大数据、物联网等技术，对碳排放进行全生命周期的监测、分析、控制和优化，以实现低碳目标。智慧碳管理一般可实现以下功能：1) 碳排现状展示：采用专业的碳盘查工具提供多维度的数据中心碳排放分布和实时展示；2) 碳排数据分析：通过多系统多维度对比分析展示数据中心碳排放情况；3) 碳排趋势分析：通过对比分析、人工智能技术等提供数据中心碳排放趋势预测；4) 碳减排项目绩效追踪：对项目采用的各类减排项目进行梳理和绩效追踪，通过对各系统碳排放量与减排量的分析，生成优化方案，并预测优化后的碳排放走势；5) 碳排交易决策：聚焦减碳需求，根据企业实际情况，综合考虑成本、税收等因素，为企业购买绿电、绿证。碳资产等交易产品提供科学决策，实现环境权益的分配，追踪和管理。6) 碳报表：生成温室气体排放报告和清册，以多种形式报表展示及导出，支持第三方认证机构开展碳核查。

## 4、全生命周期绿色管理

全生命周期绿色管理主要从算力的设计、建设、运行、回收的全生命周期的角度评价算力的绿色性。在全生命周期绿色管理一级指标下，按照全生命周期管理制度、循环利用设置 2 个二级指数，并设置温室气体核算与报告、全生命周期绿色发展战略、资源回收 3 个三级指数。该模块作为附加评价，引导数据中心运营机构从机构组织形式和管理办法等方面引入低碳的理念，管理上促进低碳持续改进。

表 3-4 绿色算力的全生命周期绿色应用指标

二级指数	三级指数
全生命周期管理制度	温室气体核算与报告
	全生命周期绿色发展战略
循环利用	资源回收

相关绿色指标评价的重点任务分解如下：

### (1) 建立全生命周期管理制度，打造绿色算力产供应链体系

全生命周期管理制度是现代企业为实现绿色低碳、可持续发展而采取的一套系统性方法。它涵盖了温室气体核算与报告以及全生命周期绿色发展战略两个关键方面。温室气体核算与报告可理解为对数据中心全生命周期过程中的碳排放进行量化评估，实现温室气体核算体系 (GHG Protocol) 的范围 1+范围 2+范围 3 测算,体现数据中心统计及管理全价值链排放的能力。全生命周期绿色发展战略意味着数据中心的规划设计、施工建设、运行维护直至最终退役和废弃处置的全过程都要充分考虑绿色发展，并确保企业在组织结构和运营模式上都能够体现出对环境保护的承诺。在这一过程中不仅关注初始投资成本和建设质量、碳管理战略制定、碳减排学习宣传等具体措施，更强调对资源的有效利用、节能减排、可持续发展和环境友好理念。



近年来，ESG 逐渐成为衡量企业综合实力的体系，甚至成为影响企业获得投资的重要考量，其中，环境因素（Environment）的重要性日益凸显。腾讯、阿里、联想等头部互联网企业表示，将会逐渐提升对隐形碳排放的重视程度，并承诺推动全供应链脱碳。

2023 年 4 月，腾讯设置了绝对排放量减排目标，覆盖范围一、二和三，并已通过 SBTi 认证，符合 1.5°C 目标。腾讯的《2023 年环境、社会及管治报告》中显示，2023 年腾讯温室气体排放总量为 579.38 万吨二氧化碳当量，其中范围 1 排放量占 4.75%，范围 2 排放量占据 44.21%，范围 3 排放占 51.04%。腾讯提出以 2021 年为基准年，到 2030 年范围一和范围二绝对排放量减少 70%，范围三 2030 年绝对排放量减少 30%。

## （2）推动数据中心资源循环利用，提高绿色算力资源利用水平

资源的循环利用是数据中心等企业实现全生命周期绿色管理的重要手段之一，它不仅包括对于各类资源的回收利用，也涵盖了对于二氧化碳的捕集和存储。资源回收可以大大降低数据中心对于能源的消耗以及碳排放，目前数据中心等企业关注重点主要在：水资源回收、余热利用以及设备回收等方面。在水资源回收方面，数据中心应该加强对于水资源的利用效率，减少水资源浪费，并尽可能实现对水资源的重复利用，如收集雨水，采购再生水等等。余热利用可以收集数据中心在运行过程中产生的大量余热，然后将余热回收用于周围地区及自身的供热。此举不仅解决了设备散热需要消耗大量电力等资源的问题，同时降低了供热所需的能源消耗。设备回收层面主要关注数据中心对于淘汰的老旧设备再利用，每年企业消耗的材料中只有极小一部分能够进入循环利用，加强设备回收使用比例可以大大降低企业的材料消耗和浪费。针对电器电子有害物质，我国制定了《电器电子产品有害物质限制使用管理办法》，通过的一系列管理措施，确保电器电子产品在设计、生产阶段就考虑到环境保护和资源利用效率，目的是从源头上加强电子信息产品污染防治管理，减少电子信息产品废弃后对环境造成的污染和其他公害，实现产品清洁生产和行业可持续发展。因此在数据中心设备循环利用的过程中，需要根据国家标准，减少过程中有害物质的影响。



微软数据中心在水资源回收方面以及设备回收方面都做出了重要举措。其数据中心非常重视水资源利用效率，着力减少数据中心水资源的浪费，并且持续监测微软在全球范围内数据中心的水资源重复使用情况，诸如采购再生水、收集雨水等等都是微软采用的循环利用策略。微软还在阿姆斯特丹建立了一个“循环中心”，实现了对于退役资产的 82%进行重复利用和回收。我国数据中心也在余热利用领域进行了探索实践，数据港张北数据中心在余热回收方面采用了水源热泵机组进行数据中心楼的余热回收，并为当地的运维办公室进行供暖。

## 第四章 全生命周期绿色算力指数评价

### 应用与建议

展望未来，生成式人工智能带来算力需求的爆发式增长，同时也伴随了能源消耗的急剧增长，在“双碳”背景下，算力的绿色转型是算力可持续发展的必由之路，如何对绿色算力进行全面评价变得尤为紧迫。数据中心全生命周期绿色算力指数以算力可持续发展为核心，体现了算力绿色化发展的未来方向，具有透明化、标准化等特征。该指数是资本市场服务绿色算力基础设施建设与发展、引导绿色算力基础设施投融资的重要指标，是绿色金融投资绿色算力基础设施的有效工具。绿色算力指数评价是一项重要且持续的工作，政策引导、技术创新、指标体系、行业标准，环环相扣缺一不可，需要全社会的共同努力。

#### 1、评价与应用

为了进一步明确数据中心绿色算力的相对水平，数据中心全生命周期绿色算力指数将参照《互联网数据中心（IDC）技术和分级要求》（GB/T 43331-2023）<sup>8</sup>和《20214360-T-469 绿色数据中心评价规范》，将数据中心全生命周期绿色算力指数进行综合性分级，按照不同级别代表不同的算力绿色化程度，直观反映绿色算力先进性。

根据绿色算力基础设施建设项目的规划期、建设期、运营期等不同阶段，将本指数体系作为绿色算力基础设施企业实现高水平、全生命周期可持续发展的指南，探索数据中心可持续发展挂钩贷款新模式。

<sup>8</sup> 2023，国家市场监督管理总局 国家标准化管理委员会，《互联网数据中心（IDC）技术和分级要求》

首先，完成目标设定，项目可根据本指数体系与金融机构共同设立基线和阶段性目标，这些目标应具有一定的挑战性；其次，金融产品设计，根据指数目标，设定产品架构，完善贷款利率调整机制；最后，完成指数目标考核，通过指数智慧化管理系统及第三方验证机构，出具指数阶段性评分以及各指标评分。达成阶段性目标，可根据约定对贷款利率进行调整。

在绿色数据中心与新能源生产联合投资项目中，根据本指数体系，创新挂钩开发贷等更多绿色金融模式，引导更多绿色算力示范项目开展，制定务实有效的绿色算力减排目标，通过达成减排目标获得绿色金融产品的利率支持，实现高水平的算力基础设施的绿色建设、运营及管理。

数据中心作为重资产投资，金融机构的认可，能够激发投资人、数据中心运营商对指数的关注和运用。长期来看，通过持续发布数据中心绿色算力指数数据，利用投资人、金融机构对指数的关注和认可，推动数据中心运营商落地指数应用场景，促进新质生产力提升。同时探索金融机构与政府协同建立数据中心绿色算力跟踪评估机制，加速绿色算力推广与发展，引领数据中心行业迈向低碳可持续高质量发展轨道。

## 2、展望与建议

加强绿色算力政策保障，引导绿色算力基础设施可持续发展。政策保障是支撑算力绿色发展的根本，当前绿色算力仍然存在成本压力较大、可再生能源应用水平较低、绿色算力服务普及程度不高等问题。未来应加大对绿色算力研发、应用和推广的财政支持力度，对绿色数据中心建设和改造给予财政补贴、贷款优惠政策，引导绿色金融进入绿色可持续算力基础设施的建设领域。实施绿色算力认证制度，引导用户选择绿色算力服务。鼓励增加自建分布式新能源的类型及规模，发挥分布式能源就地消纳的积极作用。加强绿色算力人才培养和教育，提高绿色算力基础设施建设、运营和管理人员的专业素质和技能。

深化全生命周期绿色算力指数评价理论研究，不断完善评价指标体系。全生命周期绿色算力指数评价是衡量数据中心绿色发展水平的重要指标体系。绿色算力指数评价体系仍然存

在巨大的发展空间，首先需要保证数据中心采集数据的精准性，在绿色算力指数使用过程中要建立完善的能耗以及碳排放核算体系，健全数据中心采集及监测制度，制定数据中心绿色算力指标监测标准，明确数据采集边界、内容、方法和时限。其次，要提高全生命周期绿色算力指数评价的先进性，保证其随着技术的发展可以不断更新，从而不断适应新技术新环境，引导算力基础设施的绿色低碳转型，为绿色算力评价提供科学的参考依据。

推广全生命周期绿色算力指数评价结果的应用，引导数据中心运营者提升绿色发展水平。当前的绿色算力指数评价结果应用水平仍然较低，要积极建立全生命周期绿色算力指数评价结果的应用机制，在设计、建设、运行、回收的各个阶段提供政策支持。构建评价考核体系和应用结果奖励机制，积极探索与银行、融资租赁、基金及交易所的合作，引导社会资源、人力资源、债权资金、股权资金的持续投入。加强全生命周期绿色算力指数评价宣传推广，提高社会各界对绿色算力指数的认知度。展示绿色算力技术和标准应用示范项目，推广绿色算力发展经验。

探索算电协同发展模式，提升数据中心绿电使用比例。当前人工智能、大模型技术迅猛扩展，对算力需求爆发式增长，随着数据中心和算力集群规模的不断扩张，世界范围的产业巨头纷纷提出要寻求创新性的能源解决方案以满足未来可预见的庞大用电需求。对我国而言，算力与电力的协同和融合发展是“人工智能+”战略下的必然之路，可有效推动我国新质生产力发展和双碳战略目标实现。当前，算力产业在应用能源电力时主要有两大诉求，一是电量供给可满足持续不断增长的用电需求，二是转向绿色电力得以达成碳排与能耗的脱钩进而实现零碳。未来，要全面夯实绿色算力能源底座，鼓励算力中心采用源网荷储等技术，支持与风电、光伏等可再生能源融合开发、就近消纳。支持数据中心园区探索建设增量配电网，为算力产业提供长期稳定可再生能源保障。充分发挥我国能源资源禀赋，积极引入可再生能源，保障算力用电需求稳定，逐步提升算力设施绿电使用率，推动算电协同与融合发展。

推动数据中心绿色化发展进程，全方位构建绿色算力未来发展体系。针对绿色算力指数评价体系的各项指标，数据中心首先需要提高自身的算力生产力，保证数据中心基础设施以

及 IT 设备层面的利用效率，保障自身的安全可用性。软件层面可以通过升级计算平台系统架构、更新业务软件以及协同设计业务应用与平台系统等高质量方式与硬件协同，提高算力资源在使用过程的效用。数据中心需提高自身能源利用效率，降低数据中心 PUE、WUE 等能耗指标，提高数据中心的可再生能源使用比例，通过源网荷储等方式获取更多的可再生能源资源。数据中心可以基于大数据和人工智能的发展，积极研发更加智能的能源管理系统，能够实时监测、预测并优化能源消耗，通过精细化运维提升整体能源管理水平，从而助力数据中心在全生命周期内达到更低的碳排放、更高的资源利用效率以及更强的环境适应性。进行更加全面的温室气体排放核算，构建绿色低碳组织与战略，关注废弃物分类、高效回收和循环再利用等，推进数据中心资源回收利用，实现数据中心废弃物精细化管理。

