



蓝皮书系列·2021

零碳中国·数据中心

以实现碳中和为目标的数据中心行业发展研究

中国投资协会能源投资专业委员会

中国工程建设标准化协会城乡建设信息化与大数据工作委员会



能源与投资
中国投资协会能源投资专业委员会官方公众号



数据中心
标准、技术沟通交流平台



本书采用环保纸制作
节能降碳 由我做起



作者与鸣谢

作者

曲海峰、曲鸣、朱华、刘灵丰、刘培国、孙耀唯、李一帆、李宝宇、李勇、李健、李朝辉、吴劲松、张广河、张杰、闵睿、陈川、陈江平、邵诗洋、罗志刚、周晓斌、姜艺、郑冬冬、钟景华、谭晓阳、潘洲、魏莉莉

(按姓氏笔画顺序排列)

联系方式

郑冬冬: ccei_zd@163.com

宋媛媛: songyuanyuan@cdcc2009.com

鸣谢

我们向为本研究提供意见和建议的来自企业和研究机构的专家们表示诚挚的感谢。

关于我们



中国投资协会 (The Investment Association of China, IAC)

中国投资协会 (The Investment Association of China, IAC) 是经中华人民共和国民政部登记注册, 具有社团法人资格的全国性社会团体, 是中国投资建设领域权威性、综合性社团组织, 其政策和业务指导部门为国家发展和改革委员会。中国投资协会下设16个投资委员会, 拥有超过1000家大中型投资企业会员单位。本报告由中国投资协会能源投资专业委员会执行。2020年, 中国投资协会能源投资专业委员会牵头联合50多家国内外机构发起“零碳中国”倡议, 将以实现“碳中和”为目标, 为推进国家能源转型和绿色发展做出应有的贡献。



中国工程建设标准化协会城乡建设信息化与大数据工作委员会

中国工程建设标准化协会城乡建设信息化与大数据工作委员会 (简称: 大数据工作委员会) 深耕于数据中心行业相关的前瞻性科学研究、国家标准推广、技术白皮书编制、热点课题研讨、项目整体服务、市场调研等技术工作, 致力于提高中国数据中心行业标准化水平, 推动相关市场发展和技术进步。

大数据工作委员会以国家自主创新为己任, 以推动中国数据中心建设标准化进程为目标, 以编制技术标准规范为手段, 聚集了众多行业内国家标准编写成员和资深专家, 携手共建信息化与大数据工作委员会的权威战略智库, 成为重点技术与平台的引领者、新技术核心标准的制定者; 凝聚广大数据中心建设单位、设计单位、施工单位以及产品厂商等专业技术骨干的智慧, 努力推进中国数据中心行业标准化工作。



目录

前言	05
01 原则及定位	07
02 全国数据中心行业用电量和碳排放现状盘查与分析对标	10
03 节能降碳技术	20
04 数据中心碳中和评价指标与评价计算	29
05 碳中和策略方法	38
06 碳中和的价值	42
07 组织	45
08 建议	48

前言

在全球共同应对气候变化的普遍共识下,实施绿色发展,降低碳排放成为世界多数主要国家的核心发展战略。中国作为负责任大国,是《联合国气候变化框架公约》首批缔约方之一,也是《巴黎协定》的坚定支持者和积极推动者,在推动能源转型、降低碳排放方面取得显著成绩。

2020年1月11日,中国投资协会联合多家行业组织和机构共同发起《零碳中国倡议》,倡议以“零碳中国,绿色投资,推动中国能源革命,实现中国能源转型”为宗旨,由中国投资协会能源投资专委会执行和推进落实,围绕能源及主要耗能产业领域,向社会普及“零碳”理念,把握全球低碳发展新机遇,培育经济发展新动能,以绿色投资为手段,推动零碳项目的落地,探索和开创符合中国国情的绿色、低碳、循环发展道路。中国工程建设标准化协会城乡建设信息化与大数据工作委员会作为《零碳中国》倡议联合发起单位,协助共同开展“零碳中国”系列活动。

2020年9月22日,习近平主席在第75届联合国大会上宣布“中国将提高国家自主贡献力度,采取更加有力政策和措施,二氧化碳排放力争于2030年前达到峰值,努力争取2060年前实现碳中和”。碳达峰和碳中和目标,为实现“零碳中国”指明了方向,为生态文明建设、绿色可持续的高质量发展提供重要内容,更将成为能源革命的强劲推动力。碳中和目标向市场发出了强烈信号,对中国来说是挑战更是机遇,引导着中国各产业转型的方向,将促使更多长期价值投资者关注零碳发展,树立投资零碳资产、零碳项目和零碳技术的信心。

数据中心产业在数字经济发展中扮演至关重要的角色,近年来我国数据中心产业发展迅速,成为能源消耗的主要领域之一,且保持着较快的能源消耗增长速度。在“双碳目标”背景下,数据中心产业的绿色和低碳发展进程正在不断引发社会关注,产业转型已迫在眉睫。

基于此,中国投资协会能源投资专业委员会(简称:能投委,EIPC)与中国工程建设标准化协会城乡建设信息化与大数据工作委员会(简称:大数据工作委员会,CDCC)共同编制此《零碳中国·数据中心》蓝皮书,旨在当前国际国内大背景下,通过梳理数据中心行业在实现碳中和目标过程中所面临的挑战和机遇,为数据中心相关企业及行业的决策者、数据中心政策的制定者和执行者、新能源技术提供者以及对行业发展有充分信心的投资者等应对业已到来的全球低碳转型大潮提供一定的参考和借鉴。

● 编制目标

本蓝皮书的主要内容包括:帮助数据中心行业人员在双碳背景下快速明确战略方向和实现路径,使数据中心行业能够领先于国家的整体要求,率先达到碳中和。同时本蓝皮书致力于理清碳、电、能耗三者的关系,帮助企业及从业者对数据中心行业碳中和有深入理解,帮助企业了解长期碳排放的价值,构建数据中心碳中和统一认识,最终获取碳排放权,实现数据中心可持续发展。

本蓝皮书的核心思想:希望通过探讨解决数据中心用能、能耗双控和产业支撑的问题形成数

据中心行业的可持续发展和资源安全的核心思路,让数据中心行业率先高质量的完成碳中和。

● 碳排放统计范围

结合当前国内外倡导的碳中和大背景,从数据中心行业自身发展的情况出发,对碳排放核算体系进行了细致分析。同时,关注到国家相关部门关于优化可再生能源发电补贴政策,以及财政部下达的用于支持可再生能源电价附加补助资金预算等利好政策。

根据既定目标,制定了以下方案:在建议数据中心更多使用间接(过网/交易/PPA)低碳电力的同时,要求数据中心尽力部署在直接使用可再生能源地区。虽然目前光伏等方案因为选址环境的不同导致规模很小,但对碳中和实现意义重大。

除此之外,也对使用碳汇抵消(C CER/绿证)等途径和手段进行论述,虽然碳抵消只是在环境总量中促进了碳中和比例,但依然是目前可行的方式,需要通过科学的研究及引导,帮助企业快速决断及部署。

(1) 碳排放核算体系的三个范围

范围一,只考虑企业拥有或控制的排放源产生的直接排放;

范围二,测算与企业购买的电力、蒸汽、供热或制冷有关的间接排放量;

范围三,覆盖企业价值链中产生的所有间接排放,包括所采购的原料、员工商务差旅、产品运输和配送等环节中产生的排放。

(2) 数据中心行业的碳排放核算体系

范围一,直接产生的排放,包括但不限于:柴油机燃烧产生的二氧化碳、氮氧化物;冷却系统制冷剂泄露产生的温室气体;电气系统绝缘气体六氟化硫;冷却系统排污水中的NXO(氨氮气体);以及可能的取暖燃料燃烧(煤、油、甲烷)。

范围二,是数据中心最大的碳排放领域,其最主要因素是间接二次能源——电力的使用。目前行业内部甚至整个社会相关企业及管理部门,对电力的能源性质如何界定充满歧义。若以碳为全周期视角,则各种能源均会产生碳排放,故地球上并无绝对为零碳的电力产生方式(飞行在太空中的核燃料电池和光伏板另做讨论)。此外,在范围二中还应包括间接能源的使用,如水资源的消耗。正因如此,PUE和WUE成为近年来备受关注的数据中心能效的指标。

范围三,即间接排放是最难统计和衡量的。例如,数据中心的建筑、设备、材料的碳排放,以及更大的温室气体排放,这涉及到绿色建造的内容;而绿色运营又涵盖了组织内人员的行为排放、上下游供应链所产生的排放、企业供价值链上下游可能产生的所有排放。因数据中心涉及到所有数字基础设施支撑,确实难以统计。所以范围三应该涵盖建造、运营、利旧与回收等全部环节。

01 原则及定位

数据中心实现碳中和是系统工程，不仅仅是目标，更重要的是实现过程和落地路径。2020年9月22日，中国国家领导人提出了“双碳”目标：“二氧化碳排放力争于2030年前达到峰值，努力争取2060年前实现碳中和”。国家碳中和是长期战略，因此数据中心碳中和战略也将是相关技术、运营模式的长期演进和组合。

数据中心的碳中和应紧密跟踪国际和国内碳中和的相关公约、协议、标准以及规定。数据中心企业在具体开展碳中和工作中，需要建立相应的碳排放量核算标准，制定明确的碳管理目标并进行年度分解，并从战略规划、组织体系、资金技术等方面进行全方位推进。

数据中心碳中和就是在确保数据中心功能和安全标准的同时，从供能侧、用能侧、碳抵消侧和上下游供应链等维度着手，采用多种可持续能源供应方式、全生命周期绿色数据中心技术应用等手段，在数据中心实现尽可能的低碳绿色发展的基础上，充分利用碳排放抵消技术，达成数据中心碳中和目标。

1.1 数据中心碳中和的原则

(1) 全范畴

数据中心的碳中和不仅是指自身的碳中和，也是指产业链上下游的碳中和；不仅包括数据中心运营阶段，也包括设计和报废等全生命周期。

(2) 合规性

数据中心碳中和的目标和实现路径、措施是符合国家政策导向和国内/国际相关技术标准要求的。

(3) 并重性

数据中心实现碳中和要紧紧围绕供能侧、用能侧、碳抵消侧和产业链，即“三侧一链”等四个方面。四个方面的推进应该齐头并进，不能仅仅侧重于某一个方面，尤其不能仅重视和运用碳抵消技术，而忽视供能、用能侧的节能降碳措施。

(4) 特征性

数据中心碳中和方案的制定并非“一刀切”，在政策合规、技术适用的前提下，应根据不同数据中心的具体用能和碳排放特征，制定“量体裁衣”的碳中和方案。

(5) 经济性

碳中和数据中心实现的路径和措施是多样化的，在达成同等碳减排效果的前提下，采用不同路径和措施能带来显著的成本差异。实践主体需要探索和求得数据中心“碳中和”的“最佳效益解”。

(6) 普适性

在资本市场、政府主管、行业团体等不同受众和应用场景下，碳中和数据中心实现的各种路径和措施的认可、接受程度是不同的，实践主体必须考虑由此带来的风险和成本压力，尽可能采用各方普遍认可的，具有普适性的方法。

1.2 数据中心“碳中和”的定位

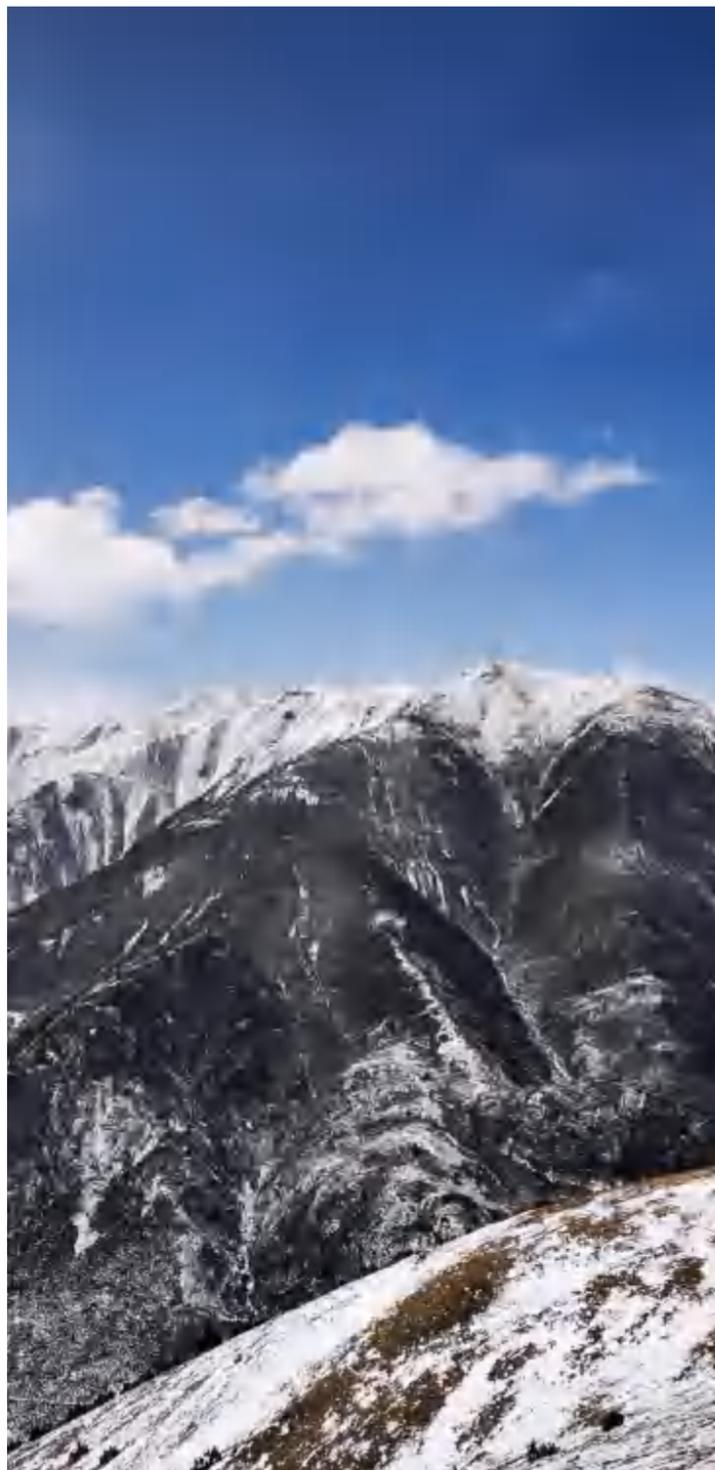
数据中心实现碳中和是运用各种低碳技术和商业模式创新的综合集成,主要包括:

(1) 在数据中心的规划中,应尽可能利用自然风资源、自然水资源、地热以及周边的发电供热、LNG系统冷能等外部环境资源。

(2) 在数据中心的建设运营中,应采用绿色低碳的设计,集成运用各种低碳、高效技术持续优化IT设备、制冷系统、供电系统和建筑本身的能效水平,建设和运营储能、余热回收系统,提升数据中心能源体系的总体效率,持续提升减排水平。

(3) 数据中心可投资建设集中和分布式的风、光、氢等清洁可再生能源系统,也应充分利用电力交易、碳交易等手段,通过电力和绿证交易体系购入光伏发电、风电、水电等清洁可再生能源和绿电证书,提高数据中心的绿电使用率;通过碳配额交易、碳自愿减排认证交易等措施,抵消化石能源使用产生的碳排放。

值得同样重视的是,在数据中心的产业链体系中,应努力构建低碳产业链,赋能行业碳中和。建立数据中心行业低碳运营的设计、建设、运营基线标杆和标准输出,为数据中心上游客户提供高标准的碳中和服务,引导下游供应链积极践行碳中和战略。



02

全国数据中心行业用电量和碳排放现状盘查与分析对标



2.1 行业现状

目前数据中心的能耗问题阻碍了其自身的发展与节能社会的构建,尤其是在北上广深等一线城市,面临着数据需求旺盛和能耗“双控”要求严格的矛盾,新建数据中心指标越发难以获取。因此,随着国家“碳达峰、碳中和”目标要求的提出,绿色低碳势必将成为未来数据中心建设运营的重要目标。低碳绿色,乃至“碳中和”数据中心已经成为未来数据中心发展的“风向标”和确定趋势。为此,如何对数据中心的碳排放进行精准盘查核算就成为了非常基础和必要的关键工作。

2.1.1 全国数据中心年用电量和二氧化碳排放量盘查与分析

数据中心行业如何实现“双碳”目标?最首要的问题是要“摸清家底”,清晰了解我国的行业发展现状。所谓“摸清家底”就是要知道中国的数据中心目前与未来到底有多少IT设备在运行?这些IT设备及其配套的基础设施每年用多少电?折合多少二氧化碳?

以X86服务器每年的出货量为计算依据,根据IDC及CDCC提供的调研数据,2019年,中国数据中心在线运行的服务器为1200万台,每年服务器的出货量、每年在线运行服务器的数量见下图1、2所示。



图1 每年服务器的出货量



图2 每年在线运行服务器的数量

将数据中心节能效果分为两个阶段,以2025为界,2025年之前平均电能利用效率(PUE)按1.4计算,从2025年开始,平均电能利用效率(PUE)按1.3计算。

根据在线运行服务器的数量(N),测算出每年数据中心全部设备的使用功率(P)、全国数据中心年用电量见图3、4所示。



图3 每年数据中心全部设备的使用功率



图4 全国数据中心年用电量

经测算,全国数据中心年用电量和二氧化碳排放量如下表1:

表1 全国数据中心年用电量和二氧化碳排放量

参数	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
新增服务器(万台)	320	330	360	390	430	460	500	540	590	640	690	750
净增服务器(万台)	—	90	100	110	130	130	150	160	180	190	200	220
在运行服务器数量(万台)	1200	1290	1390	1500	1630	1760	1910	2070	2250	2440	2640	2860
使用功率(MW)	9240 PUE=1.4	9930 PUE=1.4	10700 PUE=1.4	11550 PUE=1.4	12550 PUE=1.4	13550 PUE=1.4	13650 PUE=1.3	14800 PUE=1.3	16090 PUE=1.3	17450 PUE=1.3	18880 PUE=1.3	20450 PUE=1.3
年用电量(亿度)	810	870	937	1012	1100	1187	1200	1296	1410	1530	1654	1800
折合标煤量(万吨)	2510	2700	2900	3140	3410	3680	3710	4020	4370	4740	5130	5550
二氧化碳排放量(万吨)	6780	7290	7830	8480	9210	9940	10000	10850	11800	12800	13850	15000

2020年,中国全社会用电量75110亿度,全国数据中心用电量870亿度,数据中心的用电量仅占全社会用电量的1.16%。

2020年,中国数字经济规模达到39.2万亿元,占GDP的38.6%,数据中心用全社会1%左右的用电量支撑了38.6%的国民生产总值。预计到2030年,中国数据中心用电量为1500亿度,将支撑超过50%的国民生产总值,数据中心成为中国经济发展的重要支点。

根据CICCC的研究和演算,预计到2030年,中国实现碳达峰,峰值规模在100亿吨左右。根据CDCC的研究和演算,预计到2030年,中国数据中心实现碳达峰,峰值规模在1.5亿吨左右,数据中心的碳排放量占全社会碳排放量的1.5%。

数据中心行业在“双碳”的道路上任重道远,“碳达峰”是节能手段,“碳中和”才是最终目标。分析数据中心碳达峰的目的是摸清家底,采取措施减少数据中心对能源的需求量,使数据中心从高碳行业转向低碳行业,降低二氧化碳排放量。

2.2 行业盘查

2.2.1 盘查对象

本蓝皮书中针对数据中心碳排放的盘查对象仅指二氧化碳(CO₂)。

2.2.2 盘查原则

为确保碳盘查结果的准确,在盘查过程中务必坚持以下原则:

- (1)完整性 排放主体的盘查应涵盖与该主体相关的直接和间接排放;
- (2)真实性 排放主体用于盘查的数据应真实、完整;
- (3)可控性 排放主体应建立符合自身排放特征的,能覆盖整个碳排放环节的,科学可行的监测计划,确保整个盘查周期的碳排放能够准确监测和盘查计算;
- (4)一致性 用于盘查的碳排放方法应与监测计划保持一致;
- (5)可溯性 盘查过程中所获取的活动水平等原始数据是可溯源和复核的。

2.2.3 核算方法

数据中心的碳排放一般可分为直接排放和间接排放(不涉及过程排放)。对于大部分数据中心来说,直接排放为:柴油等化石燃料燃烧产生的排放,间接排放为:外购电力或热力等所产生的排放。在市政电力供应可靠的区域,数据中心95%以上的二氧化碳排放为间接排放。

表2 数据中心的碳排放类型

排放类型	排放示例
直接排放(燃烧排放)	如:柴油、煤、石油、天然气、汽油等燃烧排放
间接排放	外购电力和热力产生的排放

大部分数据中心在运营过程中,直接排放为柴发机组燃烧柴油产生的排放,间接排放为外购电力产生的间接排放。但是,也不排除有部分数据中心,会产生其他类型的直接排放和间接排放。如使用三联供燃气机组过程中燃烧天然气产生的直接排放,或者外购蒸汽产生的间接排放。

(1) 直接排放

直接排放主要基于分燃料品种消耗量、低位热值、单位热值含碳量和氧化率计算得到。

(2) 间接排放

间接排放是指排放主体因使用外购的电力和热力等所导致的碳排放,该部分排放源于上述电力和热力的生产。

2.2.4 监测计划

监测和盘查应该是一对“孪生兄弟”,没有制定科学可操作的监测计划,就不能获取可靠的原始数据,若不能确保原始数据的准确性,那么盘查工作就无从开展,盘查所得的碳排放结果的准确性也无法保证。对

于大部分数据中心来说,制定碳排放的监测计划,就是制定电和柴油的监测计划。

排放主体应根据核算方法的特征,对活动水平数据和相关参数等进行监测。活动水平数据的监测主要指对能源消耗量,如柴油、天然气、电力和热力的消耗量等,具体可采用结算凭证或存储量记录等方式。相关参数的监测主要指对低位热值、单位热值含碳量、氧化率和过程排放因子等的监测。若排放主体选择检测的方式对相关参数(如柴油的低位热值等)进行监测,则应遵循标准方法。

监测计划的制定可参考国家或数据中心所在地区主管部门发布的相关核算指南,一般应包括排放主体的基本信息、排放主体的边界、核算方法的选择和相关说明等。

2.2.5 行业特征

(1) 从盘查方法中发现数据中心的碳排放特征

从碳排放的计算公式可以看出,直接排放量的计算主要取决于柴油等实物能源消耗量、该能源品种的低位热值和单位热值含碳量。一般企业在计算直接排放时,低位热值和单位热值含碳量会直接采用相关技术标准中的缺省值。但是,一些以直接排放量为主的高排放企业,如热电厂,在计算碳排放量用于参与碳交易市场时,会对上述两个参数进行定期的实测,在计算碳排放量时采用实测值而非缺省值(实测值小于缺省值的情况十分常见),充分释放政策红利。曾有热电企业,通过排放因子的实测等举措,在消耗等量等质化石能源的条件下,碳排放减少了5%~10%,这对于一年上百万碳排放总量的

企业来说,碳减排和经济效益是十分可观的。但是,大部分数据中心是以间接排放为主,间接排放量计算的关键是外购电力消耗量和电力排放因子,电力排放因子的数值以各省市主管部门发布的为主,是区域电网电厂的总排放除以总发电量计算得出的,不受数据中心等重点排放企业控制或改变。因此,对于大部分数据中心来说,主要的碳减排路径就是在达成同等算力算效的工况下,减少电力消耗,以及中和电力消耗所产生的碳排放。

(2) 原始活动水平数据和相关参数的获取

本蓝皮书仅简要阐述大部分数据中心使用的主要能源品种,即电力和柴油等原始活动水平数据及其相关参数的获取。

数据中心年度电力消耗数据的获取和认可,目前主要是采用电力公司出具的电费单据。若某数据中心存在电力转供等相关实际情况,则应扣除转供部分的电力。当然,对于转供电力的计算,就依赖于转供电力表具的精准计量和转供电量的及时准确统计。

对于数据中心年度柴油消耗的统计计算,尤其是柴油消耗量较大的数据中心,原则上可通过“消耗量=购买量+(期初存储量-期末存储量)-其他用量”,计算得出。但是随着我国社会经济的不断发展,城市供电可靠保障能力有了极大的提升,这对于建设在城市内,尤其是数据业务需求旺盛的一线城市来说,数据中心的柴油消耗量极少,仅用于每月柴发空载或带载测试。因此,目前部分数据中心对于柴油消耗的精准统计体系暂未建立,年度柴油消耗是通过空载(带载)小时油耗和相应月度测试时间的乘积累加计算得出的,而非实际监测统计数据。从碳

排放数据的可靠性来说,这种计算方法是不完善的,仅为初期碳排放盘查的权宜之计,而非长远之策。因此,针对各数据中心不同的柴油消耗特征,从各自运维实际出发,建立科学可行的柴油消耗监测统计方法是急需解决的问题。当然,对于柴油等化石燃料消耗量较大的数据中心,定期按批次对柴油低位发热值等相关参数进行实测,以便统筹考虑实测值和缺省值之间的关系,也是应有之举。

(3) 节能技改对数据中心碳减排的影响

有人对数据中心实施节能技改后,能否抵扣碳排放量提出了疑问。要回答这个问题,首先要弄明白的是,数据中心实施的是何种类型的节能技改项目,是否存在载能工质的对外转供。例如,数据中心实施余热回收利用项目,而且回收的余热以热水的形式转供数据中心周边用户,那么转供部分就应该在数据中心的碳排放量中予以折算扣除。若数据中心实施自发自用、余电上网模式的分布式光伏建设项目,或者冷源系统的节能改造项目,那么这种类型项目的节能(减碳)量在数据中心的总能耗中已经体现,无法再次进行抵扣。因此,总体上来说,节能技改项目产生的碳减排量是否进行抵扣的依据是:是否存在载能工质对外的输出再利用。

2.2.6 其他间接温室气体排放

在前言中,将温室气体排放分为了三类,其他间接温室气体排放是某排放主体活动的后果,但由非该排放主体拥有或控制的来源发生,主要包括上游排放和下游排放,涉及的排放范围和排放主体比较繁杂,且具有针对性,应根据某特定排放主体具体分析计算。对于许多排放主体而言,源于主体外部的能源消耗所产生的温室气体排放,可能远高于其范围一和范围二所产生的温室气体排放。

表3 范围三温室气体排放上、下游示例

类别	活动
上游	购买的商品和服务;非主体受控的上游运输和配送;员工出差和通勤;运营产生废物等
下游	所售产品的再次加工和使用;非主体受控的下游运输和配送;下游租赁资产等

2.3 行业对标

国际互联网科技巨头大都承诺在2030年以前实现碳中和。Google、Apple和Facebook分别在2017、2018和2020年完成运营体系的100%可再生能源使用,包含数据中心基础设施。Microsoft和Amazon将完全实现可再生能源使用的目标节点定在2025年。截止2019年,Amazon可再生能源使用率为42%,Microsoft的数据中心产业可再生能源使用率为60%。

数据中心企业也在加快可再生能源的应用,以尽早实现“碳中和”目标。万国数据通过绘制“三侧一链”全景图,以尽早达成“碳中和”发展战略,简要路径如下图所示。

供能侧:持续优化能源结构	用能侧:不断提高能效水平	抵消侧:积极践行抵消策略	产业链:构建低碳产业链 赋能行业碳中和
自建分布式 可持续能源发电项目	绿色低碳设计和 节能智慧运维	参与碳配额交易 自愿碳减排认证市场	树立数据中心行业在设计、建设、 运营等环节的低碳标杆和标准引领
自建/收购大型集中式 可持续能源发电项目	IT设备单位算力 能耗持续降低	采购国际/国内 绿色电力证书	为上游客户输出高标准 “碳中和”服务能力
通过电力交易 直购绿色电力	制冷/供配电系统 能效提升改造	参与碳/绿色 金融业务	引导并要求下游供应链积极 践行“碳中和”发展策略
储能、氢能等供能	余热回收/余冷利用等	探索研究碳汇、碳捕集等固碳技术	

全面达成“碳中和”战略目标

战略规划保障	组织体系保障	资金预算保障	技术能力保障
--------	--------	--------	--------

图5 万国数据“碳中和”全景图

秦淮数据在2016年将能源作为选址关键决策因子,运营阶段优先消纳可再生能源,于2019年优化升级100%可再生能源长期目标,并在2020年提出碳中和目标,进一步参与投资开发新能源发电厂,计划在2030年实现中国运营范围内所有新一代超大规模数据中心100%采用“可再生综合能源解决方案”,直接参与投资不少于2GW的清洁能源。

以下就重点对标分析国内外互联网科技企业(包括数据中心在内)的“碳中和”路径。

1、Google:以循环为中心的碳中和路径

谷歌通往碳中和的路径主要遵守出自“循环经济”的三大循环性原则:通过设计减少浪费、产品与材料的重复使用、完成可再生能源转型。2019年,谷歌开始全面通过循环经济降低碳排放,且逐步向可再生能源转型。谷歌的循环性原则主要运用于办公室、数据中心、电子设备供应链上。通过供给零碳能源加上产品材

料等重复利用,达成高效使用能源的循环,以此构建通往碳中和的道路。按照谷歌给出的预期,在2030年谷歌将完成可再生能源转型,实现零碳排放。

表4 谷歌减碳措施

年份	措施类别	碳中和相关项目/计划
2007年	战略承诺	率先承诺致力实现“碳中和”
2014年	节能技术	通过开发和使用高效率的制冷系统,谷歌数据中心的能耗只有行业平均的一半
2016年	节能技术	谷歌联合 Deep Mind 通过机器学习,优化数据中心的冷却系统,实现 30%的能量节省(其中,服务器冷却耗能减少 40%,日常运营耗能减少 15%)
2017年	可再生能源	通过购买与自身能源消耗量等量的可再生能源,实现“净零”碳排放
2018年	循环技术	通过“循环经济”策略,实现全球所有数据中心 87%的填埋减量
2019年	循环技术	全面推进循环经济,降低碳排放
2020年	绿色金融	通过购买高质量的碳信用额抵消自 1998 年成立以来的其他碳排放,实现碳中和
2030年	可再生能源	所有数据中心和公司园区的运营都将 100%使用可再生能源,实现 7x24(指7天24小时全天候)零碳排放

2、Microsoft:设立气候创新基金,实施内部碳税

以碳中和为目标,微软有三项主要措施与计划减少自身的碳排放。

(1) 设立气候创新基金。微软新设立的气候创新基金将承诺在未来四年内向新技术投资10亿美元,除了这个新基金,微软还将继续通过 AI for Earth项目投资碳监测和建模项目。

(2) 嵌入战略联盟。微软还致力于寻求与客户建立新的合作伙伴关系,以解决碳减排问题,包括与客户和合作伙伴共同创新,开发低碳解决方案,微软与L&T Technology Services、ABB和Johnson Control在可持续智能建筑解决方案上的合作,能够减少40%的能源消耗。将可持续发展嵌入微软的战略联盟,推动跨行业合作和联盟并开发新的标准和工具。

(3) 实施内部碳税。2019年,微软将碳排放的费用提高到每吨15美元。同时,微软根据各业务集团的范畴1、范畴2碳排放和商务航空旅行的碳排放收取费用。2020年,该费用扩大到涵盖每个业务集团的范畴3排放。

表5 微软减碳措施

年份	措施类别	碳中和相关项目/计划
2019年	绿色金融	将碳排放的费用提高到每吨15美元。同时,微软根据其各业务集团的范畴1、范畴2碳排放和商务航空旅行的碳排放收取费用
2020年	绿色金融	费用扩大到涵盖每个业务集团的范畴3排放
2025年	可再生能源	100%的可再生能源供应,实现碳中和
2030年	可再生能源	通过支持森林碳汇、碳捕集等技术,实现碳负排放
2050年	战略目标	将从环境中消除该公司自1975年成立以来直接或通过电力消耗所造成的所有碳排放

03 节能降碳技术



当前数据中心节能降碳所面临的四大挑战分别是：

- 01** 问题：大量的建设需求和日趋严格的地方政策限制以及供给减少带来的挑战。
风险：直接导致新建数据中心无法通过能评、无法拿到政府合法批文进行下一步的数据中心建设。
- 02** 问题：客户业务复杂性所带来的技术架构和节能方案的选择难度增大。
风险：直接导致数据中心建设成本升高、投资亏损或因为能效不达标而引发的高额罚款或被迫整改工作。
- 03** 问题：外部电力资源利用效率低。
风险：直接导致数据中心的得电率低、出柜率低。
- 04** 问题：IT设备算力的提高带来的单机柜功率密度不断增加。
风险：直接导致数据中心内部热点难以消除，使得较严重的宕机风险不断增高。

对于数据中心运营者来说，要不断提升技术能力，充分研究、合理应用系列先进的可落地的节能减排技术，从而最大限度地实现数据中心绿色、低碳、节能的运行，为未来数据中心实现“碳中和”的最终目标打下坚实的基础。

3.1 整体节能技术

3.1.1 全预制模块化数据中心技术

预制模块化数据中心采用全栈建设理念，融合数据中心土建工程及机电工程，功能区域采用全模块化设计，结构系统、供配电系统、暖通系统、管理系统、消防系统、照明系统、防雷接地、综合布线等子系统预集成于预制模块内，所有预制模块在工厂预制、预调测，同步现场站点进行地基土建建设。交付过程，预制功能模块从工厂运输到站点现场，无需进行大规模土建，只需要进行简单吊装、实现快速建设及部署，相比传统方式上线时间提前50%。

3.1.2 高可靠性和高可用性保障的低PUE整体架构技术

技术方案在高可靠性和高可用性的基础上实现可落地交付性和适用可行性。供配电系统采用模块化预制化设计、密集母线、集中补偿、新能效1级变压器、高频UPS、融合型智能电力模组。制冷系统充分利用自然冷源、冷热通道隔离、全变频氟泵、独立加湿机和除湿机以及AI智能制冷等技术。

3.2 数据中心电气节能技术

3.2.1 UPS智能在线模式

UPS智能在线是指在满足GB/T 7260.3 (IEC62040-3)中规定电网输入条件下，UPS可以从VFI模式0ms切换到VFD/VI模式，并可以根据负载情况在VFD和VI模式之间实现0ms切换。当电网条件不满足标准规定的电网输入条件下，UPS可以从VFD/VI模式0ms切换至VFI模式。

3.2.2 高效UPS

高效UPS双变换效率最大可达到97% (R载)，使用超高效UPS (97%效率)比普通UPS (94%效率)生命周期可减少二氧化碳排放。

3.2.3 固态变压器

电力电子变压器是一种通过电力电子技术实现能量传递和电力变换的新型变压器，电力电子变压器的本质是通过电力电子器件将电能高频化，以减小变压器体积和成本，同时实现了能量的交流直流可控。



3.2.4 电力模块技术

电力模块是一种包含变压器、低压配电柜、无功补偿、UPS及馈线柜、柜间铜排和监控系统的一体化集成、安全可靠的全新一代供配电产品，输入为三相无中线+PE的10kV、50Hz的交流电源，输出为380V三相四线+PE交流输出。节省机房占地面积、提升供电系统效率、安装省时省力、提升供电系统的整体可靠性。

3.2.5 自备电温控技术

温控自备电技术是通过设备内部集成备电功能，从而可以取消动力设备前端集中UPS和电池，简化温控动力设备供电链路，提高供电效率。在设备内部集成备电功能后，可以完全实现设备内风机、压缩机、水泵供电不间断，真正意义上做到连续制冷。

3.2.6 供配电系统全功率链融合型智能电力模组技术

供配电系统全功率链融合型智能电力模组技术是一种集成化系统级方案，供配电全功率链设备可做到工厂预制、系统联调，与现场应用环境解耦，使得现场工程安装部署工作大大简化，实现了高质量、高标准快速交付，具有极简、快速、可靠、节地、美观以及节能等多方面技术优势，支持超高效率的UPS或HVDC产品集成，方便实现供配电系统预防性维护。



3.3 数据中心制冷节能技术

3.3.1 高温冷冻水空调技术

高温冷冻水空调系统由机房内空调末端和机房外部制冷机组组成，机房外部制冷机组分风冷冷冻水系统与水冷冷冻水系统。高温冷冻水空调通过提升冷冻水温度，可有效提升制冷运行效率，降低运行PUE和OPEX，减少碳排放量。

3.3.2 氟泵技术

氟泵系统代替传统的压缩机机械制冷系统进行制冷，可以有效的节能降耗，实现碳排放的减少。搭载氟泵技术的制冷循环系统，在室外低温的工况时不需要压缩机压缩气态制冷剂以达到所需的冷凝压力，此时采用氟泵就可克服系统阻力，驱动整个制冷循环。在过渡季节，采用氟泵技术的混合模式提升了冷凝器后的液态制冷剂压力，从而在相同的电子膨胀阀开度的情况下，提升蒸发压力，减少压缩机做功，从而达到节能效果。



3.3.3 多联空调技术

数据中心领域多联系统组成：压缩机、油分、冷凝器、蒸发器、节流装置、气分及管路组成，其中室外机模块之间、室内机模块之间采用分歧管进行并联连接，保证模块间冷媒分配均匀，也可采用环网管道将内外机模块进行连接。制冷模式下，可以根据动力系统分为纯压缩机模式、氟泵模式、混合模式三种。

3.3.4 相变蓄冷技术

相变蓄冷是利用材料在不同物态转换过程中的热力学状态变化，实现冷量的存储与释放。夜间环境温度较低，开启冷水机组机械冷却模式，同时启动相变蓄冷（边供冷边蓄冷）。白天环境温度升高，在高峰时段冷水机组关闭，启动蓄冷模式放冷，达到节能运行的目的。

3.3.5 冷板式液冷技术

冷板式液冷技术利用工作流体作为中间热量传输的媒介，将热量由热区传递到远处再进行冷却。在该技术中，工作液体与被冷却对象分离，工作液体不与电子器件直接接触，而是通过液冷板等高效热传导部件将被冷却对象的热量传递到冷媒中。由于液体比空气的比热大，散热速度远远大于空气，因此制冷效率远高于风冷散热。该技术可有效解决高密度服务器的散热问题，降低冷却系统能耗而且降低噪声。

3.3.6 浸没式液冷技术

数据中心浸没式液冷技术根据冷却液换热过程中是否发生相变可分为单相浸没式液冷与



两相浸没式液。数据中心浸没式液冷技术的能耗主要来源于促使液体循环的泵和室外冷却设备。由于浸没式液冷的室外侧通常是高温水，其室外冷却设备往往可以利用自然冷源且不受选址区域的限制，从而起到节能减排的目的。

3.3.7 间接蒸发冷却技术

间接蒸发冷却技术是指利用干湿球温度差，通过非接触式换热器将直接蒸发冷却得到的湿空气冷量传递给需要处理的热空气从而实现等湿降温的过程。间接蒸发冷却系统由单体大冷量的间接蒸发冷设备直接对数据中心进行制冷，其冷量来自于室外低温空气；当室外气温较高时，通过蒸发喷淋或压缩机机械制冷辅助，全年运行时其具备三种运行模式：干工况、湿工况和混合工况。

3.3.8 预制式全变频及全时自然冷的无水极致节能氟泵技术

预制式全变频及全时自然冷技术是以风冷全变频风冷氟泵精密空调系统为基础，通过实时的全自动控制实现对室外自然冷源的实时、充分利用，全面满足数据中心制冷系统的低初投资、低运行成本、运维简便、高可靠性、快速交付等核心需求。可以跟随室外气候环境温度的变化实现全自动调节，实现最佳匹配节能，并且全程不需要任何水处理，大大降低了维护的工作量。在不同室外气候环境温度下，空调机组运行具备全变频压缩机模式、部分混合模式和完全经济运行模式等三种自动切换的运行模式。

3.3.9 AI节能自控技术

数据中心AI节能自控技术，机器学习精准节能，采用AI挖掘和分析更多数据去适应数据中心复杂情况，从而实现稳定控制温度、消除局部热点、降低PUE等功能，缩小实际能效与设计能效的差距，起到辅助优化作用。

3.3.10 相变冷却技术

相变冷却技术将无油概念引入到制冷循环系统，实现极致逆卡诺循环，相较传统冷冻水系统能效大幅提升。

3.4 数据中心资源回收技术

3.4.1 污水回收技术

将排污废水经过超滤、脱盐等处理，产出符合要求的冷却水，再进入数据中心内制冷系统循环利用，大幅度提高水资源的循环使用效率。

3.4.2 老旧设备替代

旧设备能耗远远高于同类新设备，技术上也不能满足软件化、智能化发展需要，技术持续迭代推动的产品更新换代加速，加快数据中心的升级改造，提高整体能效。

3.4.3 热回收技术

数据中心内大量的电能最终是以服务器发热的形式损耗掉，大量的热源浪费是节能减排的巨大浪费，将数据中心巨大的热量输送给有需要的场地，即可以帮助整个社会节能减排，还

能减少数据中心的能源消耗一举两得。

3.4.4 冷却蒸发水回收

水冷型的数据中心每天都需要蒸发掉大量的水,可考虑进行冷却蒸发水的回收,同样是目前比较绿色的措施。

3.4.5 电子脉冲节水

采用电子脉冲除垢技术,无须再添加化学药剂进入水系统中,还能提高水处理的效率,也是很好的减排措施。

3.4.6 废旧设备处理

妥善处理数据中心内淘汰的各类废弃物,加强固体废物、危险废物管理,防止其在贮存、处置过程中造成二次污染。

3.5 其他节能技术

3.5.1 智能照明系统

采用智能照明系统,做到人走灯灭,尽可能降低人为的用电损耗。

3.5.2 光伏发电

随着光伏技术发展、以及政府支持清洁能源发展的政策不断落地,光伏发电的成本在不断降低。随着广泛的运用,带来的节能减排效果显而易见。数据中心可以利用屋面、园



区空闲面积建立光伏电站,推动降低数据中心碳排放量。

3.5.3 IT服务器节能减排的技术

数据中心总能耗是指维持数据中心正常运行的所有耗电,包括IT设备、制冷设备、供电系统和其他设施的耗电的总和。在保证IT设备算力、稳定性的同时,降低IT设备的能耗,未来IT设备从多个方面进行优化。

3.5.4 量子计算机

量子计算机是一种使用量子逻辑进行通用计算的设备,在已经有提出速算的量子算法情况下运算速度比传统计算机快数亿倍,量子计算对传统计算作了极大的扩充,其最本质的特征为量子叠加性和量子相干性。量子计算机的处理器虽然自身功耗很小,只有不到1微瓦,但由于需要工作在绝对零度温度附近,因此制冷系统的功耗巨大。尽管如此,量子计算机的单位能耗提供的计算能力仍大幅优于传统计算机,会以更低的碳排放提供更高的算力。

3.5.5 专有处理器芯片

推出适合于AI和云计算业务的专有处理器芯片,以代替现有的CPU和GPU架构。在云计算市场,使得CPU的核能全部释放出来用于计算,能释放更多有效计算性能,有明显的性能与能耗优势。解决数据中心多节点服务器互联效率问题,提升节点间的通讯效率,降低TCP/IP时延,从而达到降低流量的功耗和成本。

3.5.6 多系统协同

数据中心通过CPU等核心器件定制,服务器系统架构设计,动力环境基础设施高效化,运营运维智能化,实现数据中心服务器集群,暖通空调系统,供电系统的全系统协同节能降耗。在同等算力情况下,数据中心整体节能可达到65%。逐步实现数据中心全系统数字化建模,全生命周期智能统筹联动,根据算力需求直接控制能量输入。

3.5.7 碳捕获利用封存

碳捕获与封存,又称为碳封存或碳收集及储存等(简称CCS),是指收集从点源污染(如火力发电厂)产生的二氧化碳,将它们运输至储存地点并长期与空气隔离的技术过程。此项技术的主要目的是防止在发电过程中或其他行业使用化石燃料而释放大量二氧化碳至大气层,同时是一种潜在手段以减轻因为使用化石燃料时所释出的排放物而造成的全球暖化及海洋酸化。

3.5.8 生物能源与碳捕获和储存

生物能源与碳捕获和储存(BECCS)是一种温室气体减排技术,结合了碳捕获和储存和生物质的使用,能够创造负碳排放。以生物质能源捕获二氧化碳能够有效地从大气中清除二氧化碳。碳捕获和储存(CCS)这个技术能够拦截二氧化碳释放到大气中,并把它重定向到地质储存地点。

3.5.9 氢燃料电池

利用氢燃料电池代替柴油发电机进行发电的应用,实现真正意义上的零碳排放,配合UPS不间断电源和后备锂电池对数据中心进行现场供电。

04 数据中心碳中和评价指标与评价计算

4.1 适用范围及时间

本蓝皮书数据中心碳中和评价阶段为全生命周期,适用于投产1年(含)以上,可明确定义物理边界,且能源消耗可独立计量的数据中心,包括:

- 封闭管理的数据中心园区;
- 数据中心单体建筑;
- 与其他项目共用建筑但有明显物理边界并能独立计量能耗的数据中心项目;
- 可实现能耗独立计量的单个数据中心机房。

4.2 评价对象

具有温室气体排放行为的法人企业或视同法人的独立核算单位,在上述选定的评价范围内,维持数据中心正常运行、日常运维、改造工作的所有基础设施设备(包括但不限于上述范围内的供配电系统、暖通空调系统、给排水系统、智能化系统、消防系统、园区公共交通系统、供热系统、清洁能源系统等)和IT设备在评价期内产生的所有温室气体,并将其换算为同等辐射强度上质量相当的二氧化碳排放(以下简称“碳排放”),以及在通过核算边界内自身减排,剩余部分温室气体排放量被核算边界外相应数量的碳汇、碳配额、碳信用等产生的二氧化碳碳抵消(以下简称“碳抵消”)。

注:如无特别说明,本蓝皮书中的温室气体包括二氧化碳(CO₂)、甲烷(CH₄)、氧化亚氮(N₂O)、氢氟碳化物(HFCs)、全氟碳化物(PFCs)、六氟化硫(SF₆)与三氟化氮(NF₃)。

4.3 评价指标

以评价对象的碳中和率作为数据中心运营阶段碳排放评价指标,即评价对象的碳抵消与碳排放的比值。见以下公式:

$$\text{碳中和率} = \frac{\text{碳抵消}}{\text{碳排放}} \times 100\%$$

4.4 评价方法

核算方法包括两种类型：



4.4.1 排放因子法

采用排放因子法计算时, 温室气体排放量为活动数据与温室气体排放因子的乘积, 见式:

$$EGHG=AD \times EF \times GWP$$

式中:

EGHG——温室气体排放量, 单位为吨二氧化碳当量 (tCO₂e);

AD ——温室气体活动数据, 单位根据具体排放源确定;

EF ——温室气体排放因子, 单位与活动数据的单位相匹配;

GWP ——全球变暖潜势, 数值可参考政府间气候变化专门委员会 (IPCC) 提供的数据。

注: 在计算燃料燃烧排放二氧化碳时, 排放因子也可为含碳量、碳氧化率及二氧化碳折算系数 (44/12) 的乘积。

4.4.2 实测

通过安装检测仪器、设备 (如柴油计量表、天然气计量表、电力计量表、水表、热力计量表等), 并采用相关技术文件中要求的方法测量温室气体源排放到大气中的温室气体排放量。

4.4.3 选择与收集温室气体活动数据

根据所选定的核算方法的要求来选择和收集温室气体活动数据, 数据的类型按照优先级, 如下表所示。应按照优先级由高到低的次序选择和收集数据。

表6 温室气体活动数据收集优先级

数据类型	描述	优先级
原始数据	直接计量、检测获得的数据	高
二次数据	通过原始数据折算获得的数据	中
替代数据	来自相似过程或活动的数据	低

5.4.4 选择或测定温室气体排放因子

温室气体排放因子获取优先级如下表所示。

表7 温室气体排放因子获取优先级

数据类型	描述	优先级
排放因子实测值或测算值	通过对评价对象的直接测量或能量平衡等方法得到的排放因子或相关参数值	高
排放因子参考值	采用相关指南或文件中提供的排放因子	低

评价报告中应对温室气体排放因子的来源作出说明。

4.5 计算与汇总碳排放和碳抵消

应根据所选定的核算方法对温室气体排放量进行计算。所有温室气体的排放量均应折算为二氧化碳当量,单位为吨二氧化碳当量(t CO₂e)。

4.5.1 碳排放

包括化石燃料直接燃烧碳排放、电力消耗产生的间接碳排放、热力消耗产生的间接碳排放以及暖通系统中空调主机使用氟利昂产生的碳排放。

4.5.2 化石燃料直接燃烧碳排放

评价对象在评价期内燃烧化石燃料直接产生的二氧化碳排放当量。

化石燃料消耗量应根据排放单位能源消耗实际测量值来确定,按以下优先序获取。只有当前面优先级的数据无法获取时,才能使用后面来源的数据,在之后各个评价期内的获取优先序不应降低:

在上述范围内,评价对象的生产系统记录的读数;

购销存台账中的数据;

供应商提供的结算凭证上的数据。

测量仪器的标准应符合GB17167《用能单位能源计量器具配备和管理通则》的相关规定,且计量器具在评价期内检验有效。

按照燃料种类分别计算其燃烧产生的温室气体排放量,并以二氧化碳当量为单位进行加总。见以下公式:

$$E_{\text{燃烧}} = \sum_i E_{\text{燃烧}i}$$

式中:

$E_{\text{燃烧}}$ ——燃料燃烧产生的温室气体排放量总和,单位为吨二氧化碳当量(t CO₂e);

$E_{\text{燃烧}i}$ ——第*i*种燃料燃烧产生的温室气体排放,单位为吨二氧化碳当量(t CO₂e)。

(1) 电力消耗碳排放

评价对象在评价期内所消耗的电力对应的火电生产造成的二氧化碳排放当量。

电力消耗的活动数据按以下优先序获取,只有当前面优先级的数据无法获取时,才能使用后面来源的数据,在之后各个评价期内的获取优先序不应降低。

在上述范围内,评价对象的电表记录的读数;

供电局提供的电费结算凭证上的数据。

根据以下公式换算成碳排放当量:

$$E_{\text{电力}} = AD_{\text{电力消耗}} \times EF_{\text{电力}} \times GWP$$

式中:

$E_{\text{电力}}$ ——消耗的电力所产生的二氧化碳排放当量,单位为吨二氧化碳(tCO₂)

$AD_{\text{电力消耗}}$ ——参照《数据中心资源利用第3部分:电能能效要求和测量方法》(GB/T 32910.3-2016)测量并计算评价对象的所有用电量(包含该评价对象直接消耗的清洁电力),单位为兆瓦时(MWh)。

$EF_{\text{电力}}$ ——电力生产排放因子,单位为吨二氧化碳每兆瓦时(t CO₂/MWh)。

电力生产排放因子推荐采用区域电网平均排放因子。为了既能反映不同地区电源结构特点,又便于确定区域电网的供电平均排放因子,将区域电网边界按目前的东北、华北、华东、华中、西北和南方电网划分。各电网平均排放因子在不同的年份有所不同,由国家主管部门每年发布。评价对象应选用最近年份公布的区域电网平均排放因子。

GWP——全球变暖潜势,数值可参考政府间气候变化专门委员会(IPCC)提供的数据。

(2) 热力消耗碳排放

评价对象在评价期内所消耗的蒸汽或热水对应的火电生产而造成的二氧化碳排放当量。所需的活动水平是评价期内评价对象计量的外购蒸汽和热水的数量。

热力消耗的活动数据按以下优先序获取,只有当前面优先级的数据无法获取时,才能使用后面来源的数据,在之后各个评价期内的获取优先序不应降低。

在上述范围内,评价对象的热力记录的读数;

供热单位提供的热力结算凭证上的数据。

根据以下公式换算成碳排放当量:

$$E_{\text{热力}} = AD_{\text{热力消耗}} \times EF_{\text{热力}}$$

式中：

$E_{\text{热力}}$ ——消耗的热力所产生的二氧化碳排放，单位为吨二氧化碳 (tCO₂)

$AD_{\text{热力消耗}}$ ——消耗的热力量，单位为吉焦 (GJ)

$EF_{\text{热力}}$ ——热力生产排放因子，单位为吨二氧化碳每吉焦 (tCO₂/GJ)。由国家统一规定确定，现可采用 0.11 tCO₂/GJ。

(3) 制冷剂排放

暖通空调系统中由于氟利昂制冷剂的使用而产生的温室气体对应的二氧化碳排放当量，根据一下公式计算：

$$Cr = mr/ye \times N \times GWPr/1000$$

式中：

Cr ——建筑使用制冷剂产生的碳排放量 (t CO₂e/a)

r ——制冷剂类型

mr ——设备的制冷剂充注量 (kg/台)

N ——设备数量 (台)

ye ——设备使用寿命 (a)

$GWPr$ ——制冷剂 r 的全球变暖潜势，数值可参考政府间气候变化专门委员会 (IPCC) 提供的数据。

4.5.3 碳抵消

包括评价对象主体通过采用清洁电力、碳汇、获取碳配额和碳信用产生的碳抵消。

(1) 清洁电力抵消的碳当量

评价对象在评价期内所消耗的清洁电力对应的火电生产而造成的二氧化碳排放当量。

绿证

评价期内，与评价对象相同主体购买的绿证证明，单位为千瓦时 (kWh)。

直购绿电在评价期内，与评价对象相同主体签订的绿电直购合同，单位为千瓦时 (kWh)。

自建分布式绿电

与评价对象相同主体在指定区域内自行投资、建设、消纳的分布式风电、光电、水电系统，且有独立能耗计量装置，计量仪表在评价期内经校验有效。在评价期内，通过能耗计量表读取的绿电消耗量，单位为千瓦时 (kWh)。

投资绿电企业

与评价对象相同主体自行或通过第三方来投资可再生能源发电项目，该主体拥有所投资项目的全部或部分所有权，从而获得相应的绿电指标，单位为千瓦时 (kWh)。

$$\text{评价对象获得的绿电} = \frac{\text{评价期内可再生能源发电企业并网消纳的电量}}{\text{评价对象主体在该发电企业的股权占比}}$$

以上清洁电力对应的火电所产生的的二氧化碳当量可用以下公式计算：

$$E_{\text{绿电}} = AD_{\text{绿电消耗}}/1000 \times EF_{\text{绿电}} \times GWP$$

式中：

$E_{\text{绿电}}$ ——消耗的绿电所产生的二氧化碳排放当量，单位为吨二氧化碳 (tCO₂)

$AD_{\text{绿电消耗}}$ ——与评价对象为同一主体购买绿电的证明或投资绿电企业的占股证明，单位为兆瓦时 (MWh)。

$EF_{\text{绿电}}$ ——电力生产排放因子，单位为吨二氧化碳每兆瓦时 (t CO₂/MWh)。

与电力消耗碳排放的取值一致。

GWP ——全球变暖潜势，数值可参考政府间气候变化专门委员会 (IPCC) 提供的数据。

(2) 碳汇

通过植树造林、森林管理、植被恢复、碳捕捉和碳封存等固碳技术将评价对象在评价期内排放的二氧化碳长期储存在地下，不向大气层释放，从而减少温室气体在大气中浓度的过程、活动和机制。

林业碳汇是目前最具潜力和可行性的碳中和手段。它指通过市场化手段参与林业资源交易，从而产生额外的经济价值。主要包含四种类型：

碳汇造林项目，平均单位面积年均减排量11.26 t CO₂e/公顷；

竹子造林碳汇项目，平均单位面积年均减排量9.35 t CO₂e/公顷；

森林经营碳汇项目，平均单位面积年均减排量2.87 t CO₂e/公顷；

竹林经营碳汇项目，平均单位面积年均减排量5.87 t CO₂e/公顷；

(3) 碳配额

碳配额只在碳排放权交易市场下，参与碳排放权交易的评价对象主体在评价期内，依法取得可用于交易和碳市场重点排放单位温室气体排放量抵扣的指标。1个单位碳配额相当于1吨二氧化碳当量。

(4) 碳信用

温室气体减排项目按照有关技术标准和认定程序确认减排量化效果后，由政府部门签发或其授权机构签发的碳减排指标。1个额度碳信用相当于1吨二氧化碳当量。

4.5.4 计算碳中和率

序号	评价项	值 (tCO ₂)	碳中和率
1	碳排放	1.1+1.2+1.3+1.4	碳中和率= 碳抵消 ÷ 碳排放
1.1	化石燃料直接燃烧碳排放		
1.2	电力消耗碳排放		
1.3	热力消耗碳排放		
1.4	制冷剂排放		
2	碳抵消	2.1+2.2+2.3+2.4	
2.1	清洁电力抵消的碳当量		
2.2	碳汇		
2.3	碳配额		
2.4	碳信用		

05 碳中和策略方法



5.1 总体发展策略

数据中心行业应积极参与建立绿色电力交易市场,其碳中和总体策略应纳入绿色电力认证体系总体策略。即:在国家有关政策和电力交易市场建设允许的条件下,做好绿色电力认证的市场体系、认证流通体系的顶层设计和部署实施,不断扩大绿色电力参与市场规模,逐步形成贯通绿色电力生产、认证、流通、消纳的稳定有序生产消费制度,积极构建以新能源为主体的新型电力系统,推动可再生能源从能源绿色低碳转型的生力军成长为碳达峰碳中和主力军。

我国已全面开启绿色电力交易试点,构建了试点交易平台,在绿色电力生产的同时开展了初级认证,实现了绿证与绿电的捆绑交易,初步建立绿色电力的市场交易体系。目前我国企业用户获取绿色电力的两种主要方式为自建新能源场站和从电网企业购买。为实现绿色电力高度市场化、竞争化发展。未来我国绿色电力市场交易体系可能新增长期购电协议、非捆绑绿证两种绿色电力获取和消纳形式,在现有电力交易平台基础上建设覆盖绿色电力全生命周期的交易管理平台。

多方协同,共同建立绿色电力认证流通体系。绿色电力认证流通体系应包括:基于区块链技术的绿色电力追踪机制、与国际市场绿证的转化互认机制、绿色电力采购认证与碳减排的联动机制。为保障市场主体使用绿色电力权威认证的可信度,我国绿色电力市场应在多方协同,共同参与的框架下,进一步建立健全能够有效还原可再生能源固有价值的绿色电力认证流通体系,促进绿色电力的环境效益在经济效益中有效体现。

绿色电力交易试点工作在相关政府部门指导下,将由电网公司与电力交易公司具体开展,编制绿色电力交易实施细则,进一步完善交易平台功能,组织开展市场主体注册及绿色电力交易。试点初期拟选取绿色电力消费意愿较强的地区,待绿色电力交易试点工作启动后,其他有意愿地区后续也给予积极支持。试点过程中,相关部门将加强指导,完善相关配套政策,及时协调解决相关问题,为开展绿色电力交易营造良好环境。

在碳信用机制下,企业使用碳信用对自身排放进行抵消的过程称为碳抵消(carbon offsetting)或碳中和。自愿购买碳信用并进行注销,用于抵消组织活动、产品等的碳排放,是国际上普遍认可和广泛接受的一种碳中和实现方式,尤其是对于难以用绿电替代的非电力碳排放量,抵消是终极手段。

5.2 技术领域的发展策略

在实现碳中和的路上,数据中心的技术发展策略应分两步进行。

5.2.1 短期内需要实现的目标

(1) 一是企业应积极利用现有的空间及资源,大量部署光伏及风电等绿色能源。提高数据中心的绿色能源比重。同时利用数据中心用电量负荷相对稳定的优势在供电交易市场签订优惠的供电合同,并要求供电企业提供最大比例的绿色能源,通过此类合同可以促进发电企业重视绿色能源的开发及投入。

(2) 二是在采用先进节能产品的同时,重视精细化运行等节能技术。利用节能技术的不断优化和AI等技术的运用,提高数据中心的能效。

5.2.2 中长期规划

数据中心应充分发挥自身技术优势,积极借助网络及云等互联网企业技术实践双碳目标。

(1) 企业上云

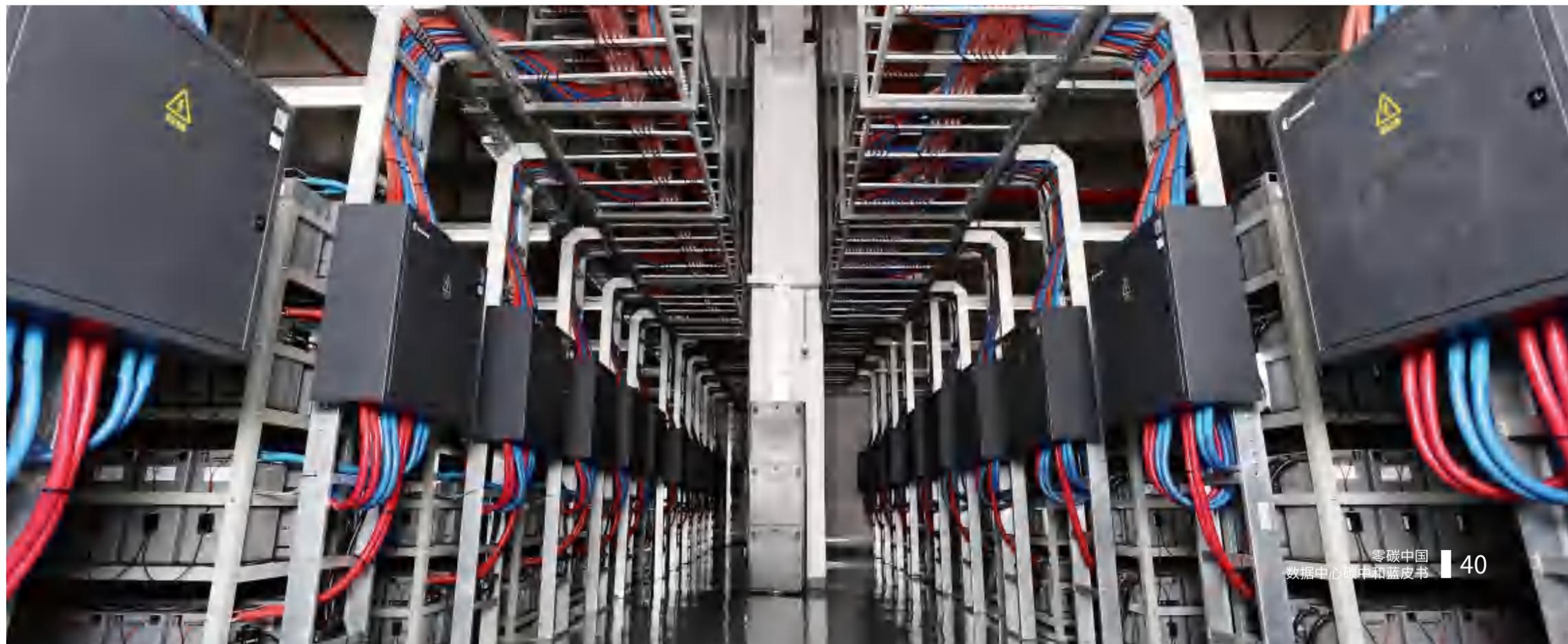
采用更高效的云化技术实现企业数据中心的高效运行,实现碳减排。

(2) 能源综合利用管理平台

数据中心通过建设新能源云碳中和支撑服务平台,分类分层分策进行碳管理,实现数据中心和周边企业供应商的绿色低碳转型。

(3) 综合绿色运营

联合政府管理部门,利用数据中心周边企业的生产工艺互补,为周边企业及生活环境提供热源、储能电力等综合服务。





06 碳中和的价值

(4) 新型能源的开发利用

数据中心企业应积极投入人力物力,开发氢能、核能等新兴能源在数据中心的应用方案。

(5) IT设备的技术创新

硬件定制化

采用定制化服务器的硬件设计,充分利用服务器的资源,提高系统的扩张效率以及计算密度,让数据中心的部署更简易和灵活。服务器定制可以从服务器自身出发,设计能减少空间的占用,降低数据中心建设成本。

结构设计

减少多余或少用部件,在数据中心级别上能减少可观的运营成本。

更新处理器

算力是数据中心重要运营指标,而各种处理器是算力的主要来源,在提升算力方面:推出适合于AI和云计算业务的专有处理器芯片,以代替现有的CPU和GPU架构。单位算力所需的能耗能将大幅下降。

DPU(数据处理单元),是一款由新型 DOCA(Data Center Infrastructure On A Chip Architecture)架构支持的处理器解决方案。其可实现

具有突破性的网络、存储和安全性能。DPU 可从CPU上卸载关键的网络、存储和安全任务。DPU核心是解决数据中心多节点服务器互联效率问题,提升节点间的通讯效率,降低TCP/IP时延,从而达到降低流量的功耗和成本。

散热方案

短期散热方案可采用液冷+风扇结合的方式。对主要的发热体CPU、GPU通过液冷方带走运行过程中产生的热量,其他部件,如磁盘、内存、网卡等产生的热量,可以使用体型、功率、转速更低的风扇即可。

长期方案,采用无风扇的浸没式散热,整机浸入不导电的工业液体中,由工业液体将服务器运行过程中产生的热量带走,然后再集中冷却塔内降温处理,提高转换效率。

性能优化

短期通过服务器BIOS等手段优化CPU的性能,通过CPU休眠等手段,减少CPU功耗。长期在云计算场景下,进一步细分上层应用,除秒杀等应用外,整机应用可按需激活CPU核,共享CPU核。在低负载的场景,可休眠整颗CPU的大部分核,随着负载增加,调动内核管理模块,动态调整部分核,从休眠模式唤醒,提供计算资源。

本蓝皮书编制有两个核心，第一是为企业决策者梳理清晰做碳中和的价值和意义，第二是阐明做碳中和会付出巨大的成本，这个成本是短期利益跟长期利益之间的矛盾和协调。希望通过本书形成一个价值认知体系，最终会实现了行业的一种认知，才可能把数据中心实施碳中和的成本循环体现到业务服务上。例如：目前数据中心采购绿电，会增加额外的成本，但最终形成其所服务的数据即数据中心基础设施体系中的业务价值。这个过程的初期可能是公益的，应需要有价值的认知，随着行业的发展，在未来将可能会成为一种经济性行为。

6.1 社会价值

随着各国陆续接受碳中和概念并着力实现相关目标，碳中和概念下相关绿色产业将迎来发展机遇。从产业发展角度来看，中国节能减排相关产业起步较晚，早期在注重经济发展，该产业未获得足够重视。随着中国发展过程中绿色环保意识的增强，以节能服务为代表相关企业数量显著增加，产业结构日益完善，但总体存在多而小的局面。未来在碳中和目标驱动下，节能减排相关产业将有望得到政策高度重视，迎来良好发展机遇，带动全社会资源，形成良好的社会价值体现。

碳中和目标意义重大，涉及领域广泛，是中国提出的重要战略发展方向。其中，发展新能源是碳中和顶层设计中较为关键的环节，直接催生出了众多新兴产业。例如光伏发电、水力发电、氢能发电等。随着相关政策的完善，新能源在中国碳中和目标的整体框架和顶层设计下迎来蓬勃发展阶段。

在绿色经济的倡导下，以清洁能源为代表的新能源技术有望再次改变现有数据中心的能源结构，推动相关技术的快速发展。在此趋势下，能源转型持续进行，清洁能源发电和消费比重显著提高，新能源利用成本将有所降低、利用率继续攀升，进而对现有数据中心能源供应和能源利用带来冲击。

6.2 企业价值

未来碳中和目标下，企业的可持续发展能力将包括三个新的因素，同时也是碳中和为企业发展带来的无形价值。

6.2.1 低碳发展能力

低碳发展能力会成为企业可持续发展能力的重要内容。低碳发展能力的核心是低碳发展的技术和研发能力。

6.2.2 企业责任担当

过去，中国很多企业家认为企业社会责任主要是做公益；未来，企业将要承担更多对环境和气候变化的责任，更多的承担对公众和社会的责任。其中包括有消费者数据是否被滥用、消费者权益是否受损，以及对环境和对气候变化的责任等更广阔的范畴。

6.2.3 公司治理能力

企业的最终目的一定不是只为企业发展，而一定是为大众、为社会甚至是为人类社会的进步而存在的。因此，企业需要有公正、公开、规范、透明的公司治理机制和治理能力，以维护和保障所有利益关联方的利益。公司治理能力要求把关联方的所有责任纳入到公司的治理体系当中，因此我们原来的管理制度、管理程序、管理



思想都要做出相应调整，即意味着在可持续发展能力上增加了新的内容。

企业的共同语言是企业的共同责任和价值。产品、市场价格属于企业自身的特殊语言，只有在共同语言、共同价值的基础上再谈特色，才会获得市场的接受。要求企业必须具备可持续发展能力，正是碳中和带来的价值影响。

6.3 商业价值

随着碳达峰、碳中和纳入生态文明建设整体布局，数据中心行业将迎来新一轮变革。积极推进太阳能、风能、生物质能、氢能等可再生能源在数据中心的利用是双碳目标下数据中心能源开发技术的变革趋势。中国正在致力于依托科技进步和创新走绿色发展的道路。数据中心对推动低碳经济增长有着举重若轻的作用。

应对双碳的机遇和挑战，数据中心企业需要从价值链和业态分析入手、需要制定中短期和长远的目标并明确企业自身碳中和工作的范围、需要在务实的底层逻辑之上推演顶层设计。实现双碳目标是复杂的系统工程，需要站高一层，在整个社会范围来指导对问题的分析和规划，从而制定并实施推进；需要有供给端和消费端的协调进展，供给端需要开发解决方案、提供基础设施支撑；消费端需要同步形成绿色消费的生活方式和日常行为。同时我们倡导提升政策导向的效率，强化监管、评估和监测的效果，加强公共教育的效能，疏通绿色价值变现的渠道，进而形成一个促进双碳目标达成的社会化协调、合作和创新的生态。



随着国家双碳政策的明确以及考核机制的不断完善，碳中和工作在数据中心领域的开展处于蓬勃发展阶段，数据中心相关企业面临的挑战和机遇并存。为保证企业能够在碳中和活动中正确理解政策，规避风险并抓住机遇开发新的商机及产品，企业应制定出适合自己的发展途径与之配合的组织架构，支持碳中和工作。同时也应该充分借助企业外部组织的力量，实现碳中和目标。

为在数据中心行业率先实现“碳达峰、碳中和”目标，数据中心企业应做好深入细致的研究及实施工作，包含：

数据中心应深入理解国家双碳政策的具体要求及衡量标准；

数据中心企业应针对企业的具体情况对碳减排各项技术进行研究并制定实施方案；

数据中心企业应制定满足企业需求的碳汇及碳抵消策略；

数据中心企业应积极响应号召，制定绿色能源的投资和建设计划。

企业应动员内部及外部资源，积极开展上述碳中和相关的调研、研发及实施工作，这些工作

需要要求企业内部多个部门协调工作，并和外部相关组织加深合作。必要时，企业应对现有组织架构进行必要的调整，以配合碳中和工作的落地。

7.1 企业内部组织

首先，企业中的战略部门应该主持碳中和战略的制定，负责战略政策解读，制定企业战略目标，完成碳中和工作发展规划。

投资及财务部门的介入，数据中心企业在进行能源结构调整，购买绿证或采用投资清洁能源等各项措施实现碳中和前，势必需要进行投资回报的核算，这些核算的结果将直接影响企业的碳消费的战略决策。

由于数据中心系统及运营的复杂性，数据中心企业实现碳中和目标必须数据中心建设及运营部门全程参与，数据中心建设部门在设备及方案选择阶段应以低碳为主要性能指标。数据中心运营部门应在保障可用性的同时，积极采用各种节能运行方式降低碳排放。同时在企业

通过碳汇、碳抵消、碳配额、碳信用等方式实现碳中和的过程中提供技术支持。

数据中心企业实现碳中和的目标,企业战略中包含绿色建造及绿色运营等手段,涵盖了组织内人员的行为排放、上下游供应链所产生的排放、企业供价值链上下游可能产生的所有排放,比如原材料的开采、生产和运输,数据中心直接用户和间接消费者所使用服务产生的排放等等。在这些环节全面进行碳中和管理,势必需要采购部门的支持。

数据中心企业实现碳中和必须公司各部门的合作,同时企业应根据相关国际法规,政策和考核标准,结合企业本身的规模在企业内部规划碳中和相关管理组织架构。包含并不限于:成立碳中和管理部门,聘请碳中和专家或专业咨询机构,作为企业碳中和技术支持人员,建立或采购数据中心碳排放管理平台和能耗管理信息系统,监控和管理碳排放及碳减排数据,安排专人配合相关机构的检测工作。

加强数据中心碳中和管理制度和产业体系建设。探索数据中心碳中和在线监测平台,开展企业内部计量审查,实时监测碳排放值,建立数据中心运行定期(动态)评测机制。

7.2 企业外部组织

碳中和咨询机构,碳中和的压力使企业产生出碳中和方案、策略的咨询需求,相关组织及设计院等具有碳中和知识和方法论的公司应为相关企业提供技术及战略咨询,帮助数据中心企业实现碳中和目标。

设计及研发机构:针对碳中和国家战略,各地政府同步制定了严格的碳排放及数据中心能耗政策,政策及制度的变化要求研发机构及设计院等同时能研发出低碳及能耗利用相关的技术、设备及方案。

碳盘查核算认证机构:碳排放管理部门应尽快认证授权有技术能力和资质的碳盘查机构,同时提供碳监控及测量计算咨询。



08 建议



与世界主要碳排放国家相比,我国2060年实现碳中和目标可以说是压力大、任务重、时间紧,如果按照之前按部就班地推进碳减排是远远不够的,未来需要以更大的决心与魄力,采取更强有力的措施去推动实现。

8.1 增加与碳减排相关的资金投入

碳中和目标提出后,势必将通过目标任务分解和细化到各地,地方政府将成为能否实现目标的关键所在和必要条件。事实上,为推动碳减排工作,我国自2010年以来陆续开展了低碳城市试点工作,期间遇到的最大难题就是资金支持力度不足,资金缺口较大,地方积极性不高。研究显示,2030年实现碳达峰,每年资金需求约为3.1万亿-3.6万亿元,而目前每年资金供给规模仅为5256亿元,缺口超过2.5万亿元/年以上。2060年前实现碳中和,需要在新能源发电、先进储能、绿色零碳建筑等领域新增投资将超过139万亿元,资金需求量相当巨大。但从我国政府财政资金来看,除了清洁发展机制(CDM)项目的国家收入和可再生能源电价附加外,目前没有直接与此相关的公共资金收入。因此,未来需要不断完善与碳减排相关的投融资

体制机制,增加资金来源和对地方的财政投入,助推地方碳达峰和碳中和。

8.2 设立低碳转型或碳中和相关基金

推进能源转型,实现"碳中和"是有成本和代价的。由于我国地域辽阔,各地产业结构、资源禀赋不一样,不同地方、行业、企业将面临不同的约束与挑战。例如,低碳转型肯定会加速"去煤化",就会有大量的职工要从煤炭等高碳产业

链中转移出来,这对于山西、内蒙古等传统的煤炭富集且经济发展水平相对较低的地区来说,影响较大。成本高,转型阵痛更为明显。这就需要借鉴欧盟公平转型机制,由国家设立低碳转型或碳中和相关基金,通过专项资金,对这些地方和群体进行倾斜,帮助和支持这些地区传统能源产业工人的培训和转岗,尽量避免出现因低碳转型而导致贫困化等社会问题和不利影响。

8.3 设置更高的年度碳减排目标

尽管2019年我国单位GDP碳排放比2005年和2015年分别下降48.1%和18.2%,超额完成了之前设置的目标,但横向对比来看,我国单位GDP碳排放依然较高,是世界平均水平的3倍多,欧盟的6倍多,人均碳排放也要超过部分发达经济体(如英国、法国)。况且随着我国经济社会发展,能源需求仍会有所增长,未来必须降低单位GDP碳排放强度,只有单位GDP碳排放下降的速度高于GDP年均增长速度,才能抵消能源消费增长带来的碳排放增量,使二氧化碳的排放不再增长。而要进一步降低二氧化碳排放存量,单位GDP碳排放下降幅度则要更高。初步预计,未来40年我国单位GDP碳排放年均下降9%左右,才能实现"碳中和"目标,比2005-2019年年均下降4.6%的降幅要高出约1倍。

8.4 大幅降低煤炭直接消费

我国"富煤、贫油、少气"的能源资源禀赋特点,导致我国经济发展高度依赖高碳排放的煤炭,能源消费结构不合理。2019年,煤炭在我国一次能源消费中占比为57.7%,远远超过世界平均水平(30%)。尽管煤炭行业可以通过洁净煤生产和相关工艺来降低碳排放水平,但要



实现碳中和,必须大幅削减煤炭直接消费(特别是散煤消费),降低煤炭在一次能源消费中占比,逐步摆脱对煤炭的高度依赖才是根本解决之道。电力是我国碳排放主要来源,而其中火电又占比最高。因此,在电力供给侧,未来需合理控制燃煤电厂的总规模,提升清洁电力在总发电量中占比。在消费侧,则要持续推进交通、供暖、工业、建筑等领域的电能替代工程。

8.5 努力降低清洁能源的成本

能源是国民经济最重要的基础性投入之一,能源价格的变化对经济、居民生活造成影响。在现有技术条件下,如果不计"外部性成本",传统能源的高效减排以及清洁低碳能源的利用势必会导致整个能源使用成本的上升。此外,"碳排放权"市场的建立意味着传统能源类企业将面临高昂的成本,成本的上升必然会传导到能源产品价格中去。所以,实现碳中和要算"经济账",通过加强清洁能源技术创新,加快能源体制机制改革,提高能源效率,设计有益于提升清洁能源企业竞争力的政策等方式,努力实现低碳能源的规模化,降低低碳能源使用成本。

8.6 推动能源科技进步和创新

能源技术进步和创新是推动能源转型的根本动力,也是实现碳中和的关键驱动力和必然选择。研究表明,如果延续当前政策、投资和碳减排目标,现有低碳/脱碳技术无法支撑我国实现碳中和目标。因此,未来必须要有革命性先进技术的突破和创新来支撑,并加快成熟低碳技术的推广与应用。例如,加速可再生能源发电技术推广;重点发展碳捕集利用与封存(CCUS)技术;加强储能和智能电网等技术研发和扩大示



范规模;加快新能源乘用车和氢燃料电池汽车的部署;研究重点区域及行业非二氧化碳温室气体减排技术,形成全口径温室气体管控技术方案等。

8.7 推进国内产业转型升级和高质量发展

碳排放和产业结构之间互相影响、互相作用:产业结构升级能够减少碳排放、提升碳排放绩效,同时碳排放又对产业结构升级有推动作用。我国作为“世界工厂”和制造业大国,工业产业既是传统用能大户,能源消费占总终端能源消费的2/3,又是我国二氧化碳排放的主要领域,占全国总排放量的80%左右。工业产业中,钢铁、化工和石化、水泥和石灰以及电解铝等4个传统产业的能源密集、碳排放相对较高。因此,实现碳中和既要严格控制上述几大传统高耗能行业新

增产能,优化存量产能,推动其进行节能改造,调整产品和产业结构。还要加快现代服务业、高新技术产业和先进制造业、数字经济等新兴产业发展。依靠技术进步和创新驱动产业增长,促进传统产业的低碳转型,大力发展新型绿色低碳经济,推进产业结构调整 and 升级,降低工业产业的能源消费和碳排放,逐步实现经济增长和碳排放的脱钩。

8.8 推动煤炭、油气等传统化石能源企业转型

目前我国有数百家以煤炭、油气为主要业务的国有化石能源企业。碳中和目标的提出,将倒逼这些化石能源企业进行深度变革。企业加快转型步伐,需做到以下三点:一是将碳排放纳入到绩效考核、投资决策、资产配置等公司运营的方方面面,实现生产运营过程各个环节的低碳



化;二是加速调整企业未来经营战略,加快布局发展氢能、风能、太阳能等零碳新能源业务,努力将自己打造成能源技术服务的提供商,而不是能源资源的提供方,实现提供能源产品服务的低碳化;三是以数字化和低碳化相结合,充分利用物联网、大数据、云计算、人工智能技术等先进技术手段,以创新来推动传统化石能源企业转型,适应与引领“碳中和”目标的实现。

8.9 推动电力与碳交易两大市场建设

碳中和将推动风能、太阳能等零碳新能源发电进入规模化“倍速”发展,而新能源发电的规模化发展又依赖于两大市场建设:

(1) 电力市场建设。受体制改革不到位、市

场机制不健全、市场化程度低等影响,我国新能源发电一直存在限电、弃电等消纳难题。因此,未来应加快建设电力中长期电力市场、现货市场、辅助服务市场和可能的容量市场等,出台新能源市场化发展政策,在全国统一电力市场设计中统筹新能源市场机制,使各种电力资源都能市场交易中实现其经济价值,以促进新能源在更大范围、全电量市场化消纳。

(2) 碳交易市场建设。碳交易市场作为一种低成本减排的市场化政策工具,已在全球范围内广泛运用。它主要有两个功能:一是激励功能,即激励新能源产业或非化石能源产业,以解决减排的正外部性问题;二是约束功能,即约束抑制化石能源产业,解决碳排放的负外部性问题,从而最低成本、最高效率地改变能源结构,提高能源效率,治理环境污染。应在总结梳理之前我国碳交易试点工作经验基础上,构建全国统一

的交易市场,在碳排放配额、企业参与范围、产品定价机制等作出系统性的安排,以达到优化资源配置、管理气候风险、发现排放价格,从而低成本、高效率地减少碳排放的目标。

8.10 树立新的能源安全观,更多关注技术层面风险

目前我国能源安全风险集中体现两个方面:

一是能源供给风险,主要是指石油、天然气因对外依存度较高,对自然灾害、国际金融危机、地缘政治等外部环境风险更为敏感。

二是技术层面风险,尤其是电力系统的安全稳定运行风险。随着碳中和目标的推进,由于零碳新能源大规模、大比例进入能源电力系统,所面临的能源安全问题将发生重大变化,即能源安全从担心国外供给转为担心国内供给,从能源供给风险转为技术层面风险。一方面,新能源大规模应用后,油气占比将有所降低,其对外依存度过高所带来的外部风险将逐步降低,能源供给从油气过高依赖国外进口转化为能源自主供给比例加大。另一方面,新能源发电具有很强的波动性、不稳定性、随机性,新能源大比例地发展和进入将对电力系统安全稳定运行造成巨大影响,一旦出现大面积、长时间的阴天、雨天、静风天,发生大面积电力系统崩溃风险的概率将增大。

8.11 避免出台"一刀切"、激进的碳减排措施

我国地区发展差异很大,不同地区经济发展、行业结构、能源结构等基本情况不一样碳中和是一个远景目标,实现此目标不可能一蹴而就,也不能搞"一刀切",因此要因地制宜,不同地区



应有不同的碳达峰与碳中和时间表。有些地区的民生还依赖于高碳能源的生产与消费,在压减高碳能源的同时,各地要有配套的社会政策,避免这些人群陷入困境。此外,还要防止各地为早日实现碳达峰、碳中和目标出台激进的、不符合本地实际情况的碳减排措施。不应为了互相攀比,搞碳减排竞赛,大幅度减少煤炭、油气等化石能源的产量与消费,导致出现因能源转型力度过大、化石能源投资不足而带来的能源短缺,损害经济的发展。对此,国内外都有过经验教训。国外方面,2020年夏天美国加州分区轮流停电,一个重要原因就是在该州在大幅提高新能源发电比例、推进能源转型的同时没有实现正确的能源组合,最终导致缺乏充足的电力资源。国内方面,2020年为完成当年能源"双控"目标和"减煤"工作任务,浙江义乌市、温州市等地推出措施,在一定条件下限制机关单位、公共场所、部分企业等用电。

8.12 坚持系统思维,打破各种壁垒和藩篱

碳中和目标的提出,将对我国经济、能源、技术、政策体系带来深刻影响与挑战,也说明实现碳中和是一个巨大的系统性工程。不仅需要思想观念的转变、技术的进步、商业模式创新、政策扶持和体制机制保障,还需坚持系统思维,打破各种壁垒和藩篱:

(1)打破能源企业、种类之间的壁垒。传统能源体系下,煤电油气核等各类能源相互割裂、各自为战,能源体系整体布局还停留在单一、少数能源种类上,造成能源综合效率低下。我国的能源资源禀赋和国情现状决定未来不可能发展单一能源,需要进行多能互补,实现各类能源融合

发展,提高全社会能源整体利用效率;

(2)打破能源与其它行业之间的壁垒。能源行业虽然是二氧化碳排放量最多的行业,但建筑业、工业、交通等排放量也不少。所以实现碳中和不仅是能源一个行业部门的事,而是包含其它众多行业在内的事。不仅是行业生产领域的事,也是行业消费领域的事;

(3)打破中央与地方、不同地区、不同部门之间壁垒。立足全局,统一谋划,统筹处理好局部与全局利益关系,突破区域壁垒,形成"全国一盘棋",让要素、资源在更大范围内自由流动,发挥市场主体作用;

(4)打破不同主体之间的壁垒。碳中和涉及政府、企业、个人等不同主体,每个主体在其中具有至关重要而又各有侧重的作用。所以,碳中和目标的实现离不开不同主体的相互配合和社会的良性互动,这需要全民族的共识和全社会的行动,任何主体都不能缺席。

参考文献

- 1.CDCC, 2020年中国数据中心市场报告, 2020.
- 2.IDC, 2019年X86服务器市场报告, 2019.
- 3.中国信息通信研究院, 中国数字经济发展白皮书, 2020.
- 4.CDCC, 2019中国数据中心图鉴, 2019.