

点亮绿色云端 中国数据中心能耗与可再生 能源使用潜力研究

主要作者：

张文佳 张素芳 王晓烨 乔军晶 张晶 孔维鉴

技术指导专家：

郑竺凌 上海市绿色数据中心专委会

张素芳 华北电力大学经济与管理学院

王秀强 《能源》杂志社

评审委员：

李洁 中国信息通信研究院云计算与大数据研究所数据中心研究部

王吉凯 工业和信息化部电子第五研究所

丁肇豪 华北电力大学现代电力研究院

鸣谢以下人员给予本报告的帮助

李俊峰 国家应对气候变化战略研究和国际合作中心

袁瑛 绿色和平

叶睿琪 绿色和平

王赫 绿色和平

刘宇 工业和信息化部电子技术标准化研究院

邓崎 华北电力大学经济与管理学院

张钰 华北电力大学经济与管理学院

邢雅婷 华北电力大学经济与管理学院

目录 CONTENTS

执行摘要.....01

01 中国数据中心用能现状与发展趋势.....02

1.1 研究背景介绍.....02	1.2.3 2019-2023 年中国数据中心的机架总数及能耗增长预测.....07
1.1.1 中国信息化的快速发展.....02	1.3 中国数据中心用能结构与环境影响分析....09
1.1.2 中国数据中心的快速发展.....03	1.3.1 中国电力结构现状.....09
1.1.3 数据中心用能研究目标及方法.....03	1.3.2 中国数据中心可再生能源使用情况及其环境影响.....10
1.2 中国数据中心能耗现状及趋势.....04	
1.2.1 数据中心能耗的构成与主要影响因素.....04	
1.2.2 2018 年中国数据中心的机架及能耗测算.....05	

02 典型重点地区数据中心能耗及用能结构分析.....13

2.1 广东.....14	2.2 上海.....15
2.1.1 能耗.....14	2.2.1 能耗.....15
2.1.2 用能结构.....14	2.2.2 用能结构.....16
2.1.3 地方政策.....15	2.2.3 地方政策.....17

2.3	北京	17	2.6	贵州	21
2.3.1	能耗	17	2.6.1	能耗	21
2.3.2	用能结构	17	2.6.2	用能结构	21
2.3.3	地方政策	18	2.6.3	地方政策	22
2.4	浙江	19	2.7	宁夏	22
2.4.1	能耗	19	2.7.1	能耗	22
2.4.2	用能结构	19	2.7.2	用能结构	23
2.4.3	地方政策	19	2.7.3	地方政策	23
2.5	内蒙古	20	2.8	总结	24
2.5.1	能耗	20			
2.5.2	用能结构	20			
2.5.3	地方政策	20			

03 中国数据中心向可再生能源转型的必要性.....25

3.1	大趋势：减排、向可再生能源转型的趋势	25	3.3	中国能源与环境政策要求	27
3.1.1	减排趋势	25	3.3.1	“双控”要求	27
3.1.2	中国能源转型	25	3.3.2	可再生能源电力配额制	27
3.2	数据中心行业能源转型的动力	26	3.4	绿色数据中心标准与可再生能源	29
3.2.1	能源成本驱动企业能源转型	26			
3.2.2	能源转型提升企业品牌	26			
3.2.3	能源转型满足客户需求	26			

04 中国数据中心向可再生能源转型的路径及建议.....30

4.1 中国数据中心采购可再生能源的 现有路径及挑战.....	30	4.2 市场化可再生能源采购模式的探索.....	32
4.1.1 自建可再生能源项目.....	31	4.2.1 中国市场化可再生能源采购模式介绍.....	32
4.1.2 市场化采购可再生能源.....	31	4.2.2 国外采购案例介绍.....	33
4.1.3 采购绿色电力证书.....	31	4.3 中国数据中心向可再生能源转型的建议.....	34
		4.3.1 面向政策制定者的建议.....	34
		4.3.2 面向企业的建议.....	35

05 附录：报告说明.....36

数据的覆盖类型.....	36	数据中心总机架数和总能耗估算、 预测与其他报告的对比情况.....	39
数据可靠度的评价.....	36	一般定义.....	40
数据收集后的预处理.....	37		
数据敏感性说明.....	37		
研究方法论.....	37		

引用文献.....41

注释.....45

报告图标目录

表 1 - 2017.12 -2018.12 互联网基础资源对比.....	02
表 2 - 十三五期间上海数据中心新增机架数及能耗情况.....	07
表 3 - 宁夏数据中心机架及能耗情况.....	18
表 4 - 主要 ICT 企业走访内容.....	22
图 1 - 2018-2021 年中国 IDC 市场规模预测.....	03
图 2 - 数据中心能耗构成.....	04
图 3 - 2018 年中国大规模数据中心区域分布情况.....	05
图 4 - 主要地区大型及以上数据中心机架数及其能耗.....	06
图 5 - 主要地区大型以下数据中心机架数及其能耗.....	07
图 6 - 2019-2023 年主要地区新增用电量占新增总量比例.....	08
图 7 - 未来 5 年中国数据中心机架数和能耗预测.....	09
图 8 - 2014-2018 年中国火电发电量及增长率.....	09
图 9 - 各地区数据中心用电量及市电中的可再生能源比例.....	10
图 10 - 报告所覆盖 44 个数据中心分布.....	10
图 11 - 非市电可再生能源用电量对数据中心行业可再生能源消费水平影响的敏感性分析.....	11
图 12 - 2018-2023 年数据中心行业用电造成的主要环境污染物.....	12
图 13 - 部分地区市电中可再生能源的比例.....	13
图 14 - 广东数据中心案例用电量及用电结构分析.....	14
图 15 - 上海市数据中心分布.....	15
图 16 - 上海数据中心案例用电量及用电结构分析.....	16
图 17 - 贵州数据中心案例用电量及用电结构分析.....	21
图 18 - 全国主要地区 2019 年一季度可再生能源消纳占比.....	29

执行摘要

随着信息技术快速发展，中国数据中心行业规模增长迅猛，从而造成了行业能耗的急剧增长。本报告梳理了中国主要地区数据中心的能耗情况以及用能结构，系统分析了中国数据中心向可再生能源转型的必要性以及主要途径，给政策制定者及企业决策层提供了促进数据中心绿色转型的具体建议。主要结论如下：

1. PUE（Power Usage Effectiveness，电源使用效率）是国际上通行的衡量数据中心电源使用效率的指标。但是 PUE 只能在一定程度上反映数据中心的电能使用情况，无法反映数据中心使用化石能源引起的大气污染和碳排放问题。
2. 2018 年中国数据中心总用电量为 1608.89 亿千瓦时，占中国全社会用电量 2.35%。未来 5 年（2019 年 -2023 年）数据中心总用电量将增长 66%，年均增长率将达到 10.64%，预计 2023 年中国数据中心总用电量为 2667.92 亿千瓦时。
3. 2018 年全中国数据中心使用火电约为 1171.81 亿千瓦时，造成的主要环境影响包括烟尘 4687 吨，二氧化硫 23436 吨，氮氧化物 22264 吨，以及 9855 万吨二氧化碳的排放。如果数据中心不采取额外措施提高可再生能源使用率，未来五年（2019 年 -2023 年）新增数据中心用电量将会额外产生烟尘 3085 吨，二氧化硫 15426 吨，氮氧化物 14655 吨，以及 6487 万吨二氧化碳排放量。
4. 研究结果显示中国数据中心几乎没有自购可再生能源的行为，行业目前尚未形成大规模性采购可再生能源电力的趋势；且数据中心建设选址集中在北京、浙江、江苏等可再生能源电力占比较低的省份，导致 2018 年中国数据中心的可再生能源使用量（23%）低于中国市电中可再生能源量在电力消费量的占比（26.5%）。
5. 气候变化、环境污染、能源成本、品牌效应、客户需求、企业社会责任等都是驱动中国数据中心行业采取行动向清洁、低碳用能结构转型的因素。
6. 目前中国数据中心采购可再生能源的途径包括自建可再生能源发电项目、直接向发电企业采购可再生能源、采购绿色电力证书等方式。随着中国电力市场化交易机制的完善，数据中心未来有望通过分布式市场化交易、委托售电公司代理可再生能源采购、参与电力现货市场交易等更多样化的方式采购可再生能源。
7. 河北、贵州等可再生能源丰富的地区，已经有部分数据中心实现或计划实现 100% 使用可再生能源供电的案例。随着中国电力市场进一步向经营性用户放开以及可再生能源消纳保障机制的落实，中国数据中心大规模使用可再生能源的外部阻碍都将逐渐消除。
8. 为促进中国数据中心行业扩大可再生能源采购规模，建议在相关政策层面可考虑扩大可再生能源市场化交易的试点范围、拓展绿证核发范围、引导部分新建数据中心向可再生能源丰富的中西部地区转移、将数据中心可再生能源使用和“双控”目标挂钩，提升部分东部地区数据中心可再生能源的使用量；在数据中心企业管理层面，可考虑采取以下建议提高其可再生能源使用率，包括设立可再生能源使用的战略目标、将可再生能源使用情况作为 CSR\QEHS 部门的 KPI、以及成立可再生能源采购团队。

01

中国数据中心 用能现状与发展趋势

1.1 研究背景介绍

1.1.1 中国信息化的快速发展

近年来，随着互联网技术与产业不断升级换代，中国信息化进程加速发展。

2015年7月，为推进中国互联网与传统行业的发展，国务院印发了《国务院关于积极推进“互联网+”行动的指导意见》（国发〔2015〕40号），加快了互联网与传统行业相结合的进程，充分发挥中国互联网的规模优势和应用优势，推动互联网由消费领域向生产领域拓展，加速提升产业发展水平，增强各行业创新能力，构筑经济社会发展新优势和新动能。

2016年7月，中央办公厅、国务院办公厅联合发布《国家信息化发展战略纲要》（简称《纲要》），为中国国家信息化规范化发展提供了指导思路。《纲要》要求将信息化贯穿中

国现代化进程始终，加快释放信息化发展的巨大潜能，以信息化驱动现代化，加快建设网络强国。

2017年12月，中国国家信息中心发布的《2017全球、中国信息社会发展报告》，报告表明，中国总体上仍处于从工业社会向信息社会过渡的转型期，但受到《国务院关于积极推进“互联网+”行动的指导意见》和《国家信息化发展战略纲要》等相关政策落地的影响，全国信息社会指数增速由2016年的4.29%提升到了4.61%，31个省份的信息社会指数均在增加。根据中国互联网络信息中心（CNNIC）2019年2月发布的第43次《中国互联网络发展状况统计报告》，中国信息化呈现如下发展趋势：

(1) 基础资源保有量稳步提升

截至2018年12月，中国IPv4地址数量为338,924,544个，拥有IPv6地址41,079块/32。国际出口带宽为8,946,570Mbps，较2017年底增长22.2%。

表1 - 2017.12 -2018.12 互联网基础资源对比

/	2017年12月	2018年12月	年增长量	年增长率
IPv4 (个)	338,704,640	338,924,544	219,904	0.1%
IPv6 (块/32)	23,430	41,079	17,649	75.3%
国际出口带宽 (Mbps)	7,320,180	8,946,570	1,626,30	22.2%

(2) 互联网普及率逐年提高

截至2018年12月，中国网民规模达8.29亿，普及率达59.6%，较2017年底提升3.8个百分点，全年新增网民5653万。中国手机网民规模达8.17亿，网民通过手机接入互联网的比例高达98.6%，全年新增手机网民6433万。

(3) 新兴技术领域保持良好发展势头

2018年，中国在基础资源、5G、量子信息、人工智能、云计算、大数据、区块链、虚拟现实、物联网标识、超级计算等领域发展势头向好。

在5G领域，核心技术研发取得突破性进展，政企合力推动产业稳步发展；2018年12月，工业和信息化部向三大运营

商发放了5G频谱资源，随后将陆续制定和颁布物联网、车联网的频率使用规划。

在人工智能领域，各地规划及政策相继颁布，有效推动人工智能与经济社会发展深度融合；截至2018年11月，中国已有15个省（区、市）发布了人工智能规划，其中12个省（区、市）制定了具体的产业规模发展目标。

在云计算领域，中国政府高度重视以其为代表的新一代信息产业发展，企业积极推动战略布局，云计算服务已逐渐被中国市场认可和接受；工业和信息化部于2018年8月发布了《推动企业上云实施指南（2018-2020年）》，指导和促进企业运用云计算推进数字化、网络化、智能化转型升级。

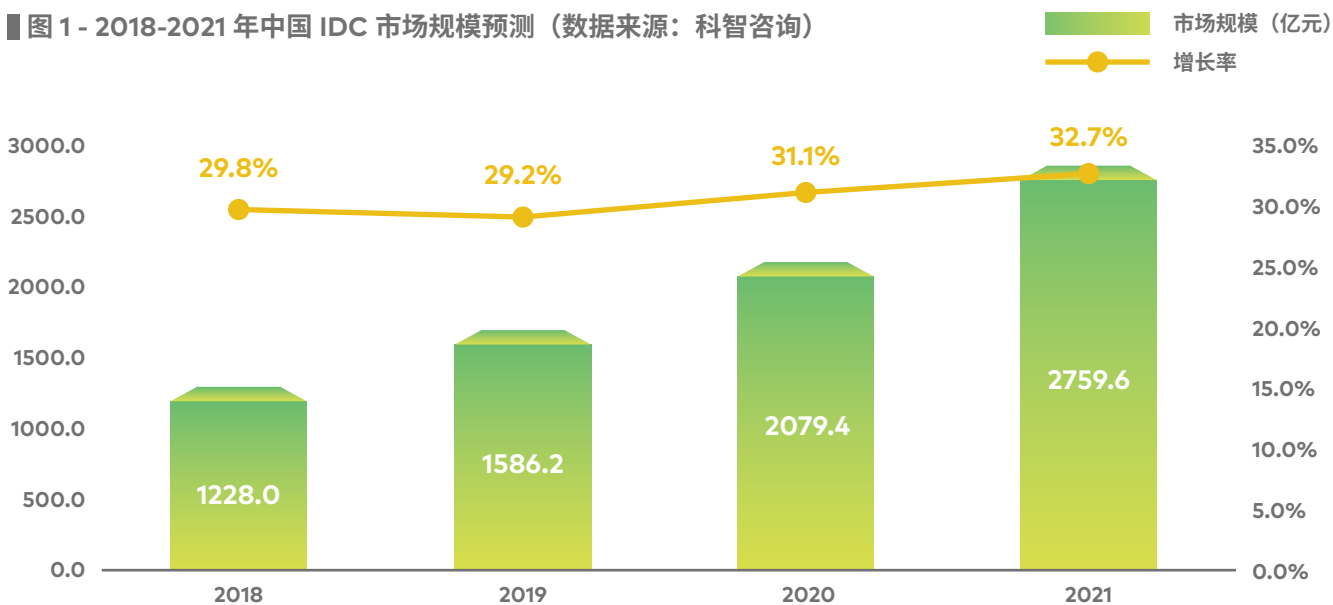
1.1.2 中国数据中心的快速发展

当前，随着我国云计算、大数据、人工智能、互联网、5G 的迅猛发展，数据正呈现数倍增长，作为数据的承载体数据中心也与日俱增，建设体量和建设规模不断扩大。

2015 年中国数据中心保有面积为 1502.3 万平方米，2016 年面积为 1660.9 万平方米，2017 年面积为 1840.7 万平方米，每年的增长率均超过 10%¹。中国“互联网+”、“企业上云”等政策的指引以及移动互联网快速发展的驱动，数据中心已成为现代社会不可或缺的重要基础设施。

据统计，2018 年全球 IDC 业务市场（包括托管业务、CDN 业务及公共云业务）整体规模达到 6253.1 亿元人民币，较 2017 年增长 23.6%。同年，中国 IDC 业务市场总规模达 1228 亿元，较 2017 年增长超过 280 亿元，同比增长 29.8%。预计 2021 年，中国 IDC 市场规模将超过 2700 亿元，同比增长 30% 以上。

图 1 - 2018-2021 年中国 IDC 市场规模预测（数据来源：科智咨询）



1.1.3 数据中心用能研究目标及方法

1. 研究目标

通过对中国数据中心当前耗能总量和用能结构的分析，以显示当前中国数据中心高能耗²、低可再生能源使用量的现状，从而呼吁政策制定者和企业决策层为数据中心的绿色转型发展提供良好的平台。

2. 研究方法

本报告主要通过桌面资料收集和测算等方法，对中国数据中心当前耗能总量和用能结构进行了分析和汇总，并采用类比估算等对中国未来 5 年（2019-2023 年）数据中心发展情况进行预测；演绎分析中国各地区数据中心的能耗及用能结构、

主要 ICT 企业的数据中心的发展方向，对未来五年数据中心向可再生能源转型的必要性、途径进行分析。

(1) 单个数据中心的分析研究方法

单个数据中心的分析遵循场协同理论的主导思想，依托产品参数、理论计算，结合各地气候差异、资源差异、政策差异、市场差异等因素形成对单个数据中心的合理科学的客观评价。与此同时，通过公开信息渠道获取其可再生能源使用情况、可再生能源系统布置情况、周边可再生能源资源等信息，进行可再生能源与单个数据中心结合的可行性分析与比较。本次针对企业可再生能源和可再生能源规划，对中国主要 ICT 企业通过其提供的相关信息分析数据中心对于绿色可再生能源利用的期望以及利用形式。

（2）单一地区的数据处理与分析方法

单一地区的数据中心信息的处理遵循统计分析的基本方法。结合单体抽样与分布统计的两个步骤分别实现点与面的数据获取。通过对已知数据的汇总分析形成已知数据的合理分布模型，以此替代未知数据的分布特性，进而形成全数分布模型。通过对单体抽样代表已知数据与未知数据的合理性判定，建立判断修正系数，最终整合与分布模型一起形成单一地区特征数据。本次研究通过对华东地区（上海、浙江）的数据中心及相关部门进行考察，分析以上区域数据中心发展趋势以及其相关驱动因素，以提出未来数据中心发展的政策指导等。

（3）全国数据汇总与分析方法

全国数据依托于大量汇总统计性数据，报告采用多元校核的方法来确定数据的合理性。对于数据差异较大的，通过单项

数据、历史数据、效能极限、总分差异等多级核对的方式不断逼近实际值。对于数据缺失较多的，结合各地区数据中心分布体量、各地区气候差异、各季节气象差异、各行业用能特性差异、各系统能效差异等参数进行补缺，并进行全年数据核对。

（4）预期数据预测研究方法

对数据中心发展所导致的预期数据的分析主要依托不同系统、不同地区、不同行业对技术发展的需求与能效控制的目标的差异，通过单一系统分析、单因素干扰分析的方式形成单项预期结论。进一步结合横向需求与变化，形成全项预期数据。尤其是对 5G 技术、液冷技术、边缘计算、物联网、人工智能、数字经济等对数据中心的综合冲击与影响进行通盘考虑与衡量。

1.2 中国数据中心能耗现状及趋势

数据中心托管的服务器需要全年不间断运行以向互联网用户提供服务，同时需要空调等辅助制冷设备实时供应冷能以维持其可靠运行，因此电能消耗量巨大。随着数据中心的大量建设，数据中心将面临日益增长的资源 and 电力需求。本报告通过统计数据分析了近年来中国数据中心的发展情况和能耗状况，并对未来的发展趋势进行了相应的估算和预测。

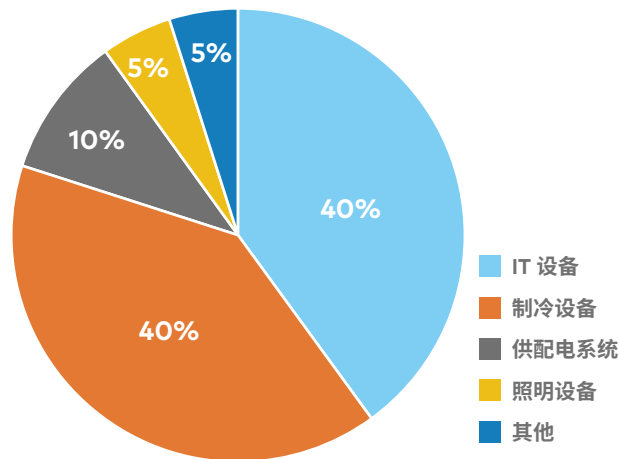
1.2.1 数据中心能耗的构成与主要影响因素

1. 数据中心能耗构成

数据中心的耗能部分主要包括 IT 设备、制冷系统、供配电系统、照明系统及其他设施（包括安防设备、灭火、防水、传感器以及相关数据中心建筑的管理系统等）。各个部分的耗电比例如下所示。

整体来看，数据中心中占据能耗使用比重最大的为 IT 设备与制冷系统，分别占据数据中心总能耗的 40%。IT 设备主要指服务器、网络等负责进行信息交换、存储的设备，而降低制冷系统的能耗是目前数据中心节能、提高能源效率的重点关注环节。

图 2 - 数据中心能耗构成（数据来源：中国数据中心冷却技术年度发展研究报告，2016）



2. 数据中心能耗主要影响因素

数据中心能耗与服务器功率、内部其他辅助设备的能耗相关。同一天的不同时段内，访问量、计算量的变化会对服务器的功率产生影响；而温度、湿度等因素则会对数据中心内部其他辅助设备产生影响。

(1) 能耗（功率）与服务器所承受的访问量、计算量相关

在访问量、计算量升高的情况下，其负载率随之升高，单位时间内服务器功率上升，能源消耗量增加，碳排放量增加。根据相关调查，数据中心在进行计算与提供服务时，不同时间段的访问情况呈现波态分布。访问主要集中在每日 8:30 至 24:00，部分数据访问还会出现在节假日集中而平日较少的情况。

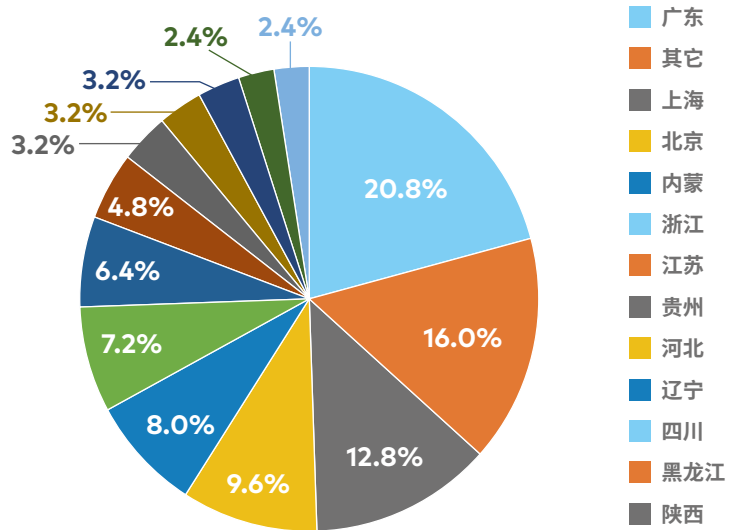
(2) 能耗与能效使用情况相关

电源使用效率（EEUE 或 PUE）是当前国内外广泛使用的数据中心电能能效评价指标。不同数据中心，假设其服务器能耗相同，但是其基础设施架构及运维不同，PUE 越低，数据中心在冷却及其他辅助系统的能耗就越低，总能耗越低。目前中国数据中心企业正在通过改造供电、冷却、管理系统等方式对能耗进行优化，以降低其 PUE，减少相关开支。

1.2.2 2018 年中国数据中心的机架数及能耗测算

中国数据中心的能耗现状目前尚未有统一数据，本报告结合实地考察和桌面信息收集所得上海地区数据中心情况及大规模数据中心分布情况，对中国各地区大型及以上数据中心现状进行估算；以各地区 GDP 数据及浙江省发布的数据中心数量并结合不同规模数据中心的占比，对大型以下数据中心现状进行估算。

图 3 2018 年中国大规模数据中心区域分布情况
(数据来源：前瞻产业研究院整理)



1. 根据 2018 年中国大规模数据中心区域分布情况调查

广东、上海和北京大型及以上规模数据中心的比例最高，分别为 20.8%、12.8% 和 9.6%。各省市大型及以上数据中心³分布比例见图 5。

2. 各地区大型及以上数据中心机架数及其能耗

(1) 上海作为中国经济最发达的城市之一，其数据中心产业发展良好，用户数量众多，结合考虑数据的可获取性，将上海作为重点研究城市，并通过收集上海数据按比例推算出其他省市的情况。根据对上海地区数据中心的信息研究，2018 年上海地区大型及以上数据中心机架数约为 144387 个，综合考虑约有 5% 的机架数未被覆盖，计算得到 2018 年上海市大型及以上数据中心机架数约为 151606 个。

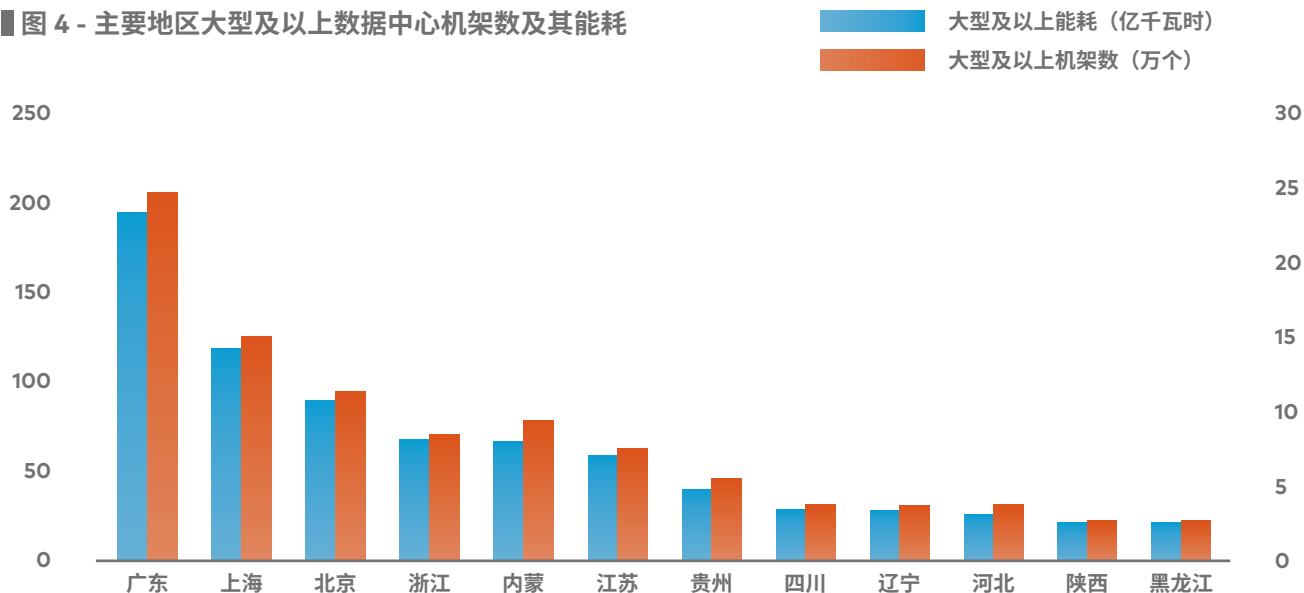
(2) 根据资料显示，上海地区大型及以上数据中心平均 PUE 为 1.9。考虑到不同数据中心单机架功率不同，按单机架功率 5kW，全国平均 PUE 设定为 1.8。

(3) 因内蒙古、贵州、河北等地数据中心以存储为主，对其进行存储能耗系数修正⁴。

(4) 通过以上对各地区大型及以上数据中心机架数估算及相应能耗系数修正，可以得出 2018 年全国大型及以上数据中心的总机架数为 118.44 万个，总能耗为 918.86 亿千瓦时。其中广东、上海、北京、浙江等经济较为发达的区域大型及以上数据中心总机架数为 59.70 万个（占全国总机架数 50.4%）、总能耗为 470.64 亿千瓦时（占全国总能耗 51.2%）；同时由于受到政策和可再生能源优势的影响，内蒙、贵州等区域绿色数据中心数量增多。

主要各地区大型及以上数据中心机架数及其能耗如图 4 所示：

图 4 - 主要地区大型及以上数据中心机架数及其能耗



3. 各地区大型以下数据中心机架数及其能耗

大型以下数据中心主要为政府、医院及中小型企业等服务，其部署数量与各地区经济发展情况具有相关性。综合考虑了主要地区的数据的统计情况以及可获取性，较为详细的数据仅有 2015 年浙江省⁵的统计数据。因此选择浙江省的统计数据作为大型以下数据中心机架数估算的基准数据，对各地区大型以下数据中心能耗进行估算。

(1) 浙江大型以下数据中心机架数

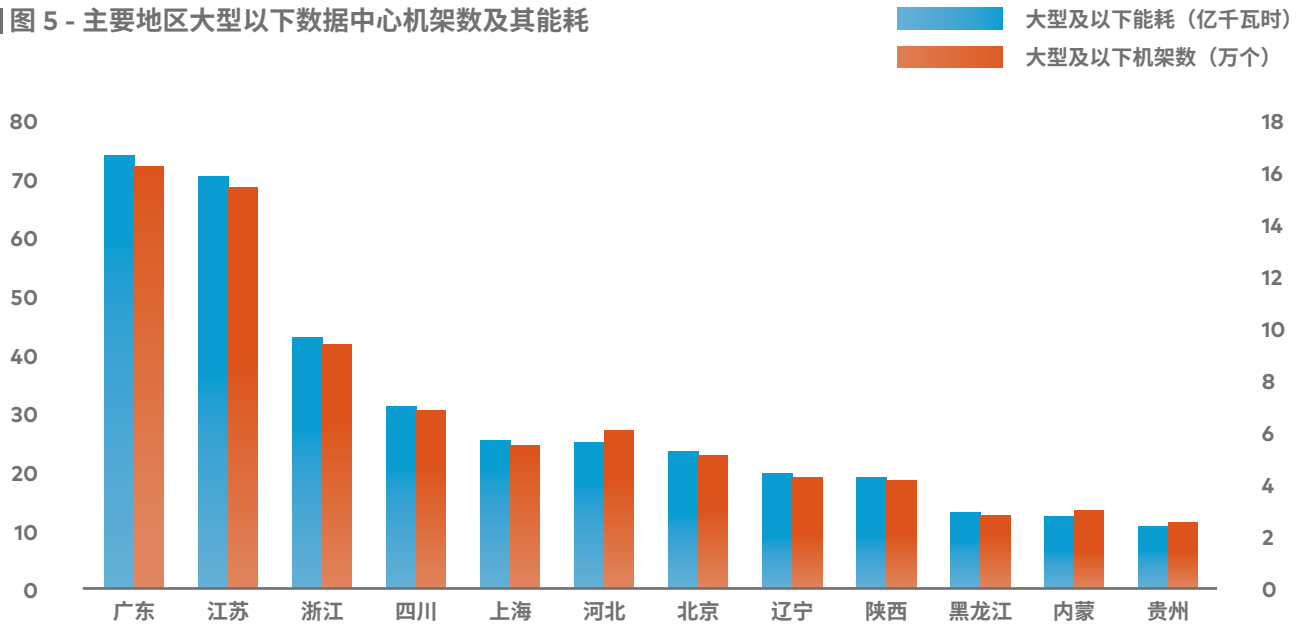
中国信息通信研究院的《数据中心白皮书 2018》显示，大型以上数据中心占比约 50%，浙江地区上架率 60%，以及《浙江省数据中心发展规划》，2015 年浙江共有 67529 个机架，到 2018 年底新建 20 万机架。据此估算得出，2015 年浙江大型以下数据中心机架数约为 33765 个，新建机架中使用机架数约为 120000 个，新建大型以下数据中心使用机架数约为 60000 个。因此，2018 年浙江省大型以下数据中心机架数约为 93765 个。

(2) 考虑到不同数据中心单机架功率不同，大型以下数据中心单机架功率约 2kW，课题组根据公开资源上海地区大型以下数据中心平均 PUE 为 2.6，同时考虑到气候因素对大型以下数据中心的影响较小，本报告认为全国大型以下数据中心 PUE 值可取为 2.6⁶。

(3) 经济越发达的地区，大型以下数据中心的数量越多，以浙江 2018 年 GDP 及机架数为基准，参考各省 2018 年 GDP 与浙江 GDP 的比值，推算可得其余省份大型以下数据中心机架数及其能耗。

通过以上统计分析和估算，我们得到全国大型以下数据中心机架数约为 152.62 万个，总能耗为 690.03 亿千瓦时。其中广东、江苏、浙江等区域的大型以下数据中心机架数为 41.06 万个（占全国大型以下数据中心机架总数 26.9%）；经济发达的上海和北京受限于其行政面积、人口、产业规划、政策等多方面因素，其大型以下数据中心机架数相较广东、江苏、浙江等地区的数量较少（10.51 万个，占全国大型以下数据中心机架数 6.89%）。

图 5 - 主要地区大型以下数据中心机架数及其能耗



4. 全国数据中心能耗现状

综合以上分析统计得出，2018 年中国数据中心机架数总计约为 271.06 万个，总用电量约为 1608.89 亿千瓦时。

2018 年中国数据中心总用电量占中国全社会用电量的 2.35%，占第三产业用电量的 14.9%，已经超过了上海全市 2018 年的全社会用电量（1566.7 亿千瓦时）。

1.2.3 2019-2023 年中国数据中心的机架总数及能耗增长预测

基于 2018 年中国数据中心机架总数和能耗的估算，本报告结合上海数据中心数据、全国及各地区十三五期间全社会用电量情况、新增数据中心单机架功率及 PUE 情况等对未来 5 年（2019-2023 年）中国的数据中心机架总数和能耗进行预测和估算：

1. 未来 5 年中国全社会用电增长量

根据中国国家能源局《能源发展“十三五”规划》报告，“十二五”期间全社会用电增长量 1.5 万亿千瓦时，“十三五”期间中国全社会用电增长量为 1.11-1.51 万亿千瓦时，考虑到近几年经济的迅猛发展，本报告假设“十三五”期间中国全社会用电增长量为 1.5 万亿千瓦时。同时考虑到未来五年（2019 年-2023 年）中前两年属于“十三五”时期，后三年属于“十四五”时期，为了便于估算，本报告假设未来五年（2019-2023 年）中国全社会用电增量和“十三五”期间（2016-2020 年）保持一致，均为 1.5 万亿千瓦时（关于数据准确性的校核，详见附录）。

2. 上海数据中心未来五年新增数据中心总能耗占全社会用电增长量的比重

根据统计，上海“十三五”期间数据中心机架增长量为 61875 个，目前上海数据中心单个机架平均能耗为 1.88 万千瓦时/年。据估算上海数据中心“十三五”期间新增数据中心总能耗占能源消费增长量的比重为 7.55%。根据前述假设，2019-2023 年上海数据中心新增能耗占比为 7.55%。

表 2 - 十三五期间上海数据中心新增机架数及能耗情况

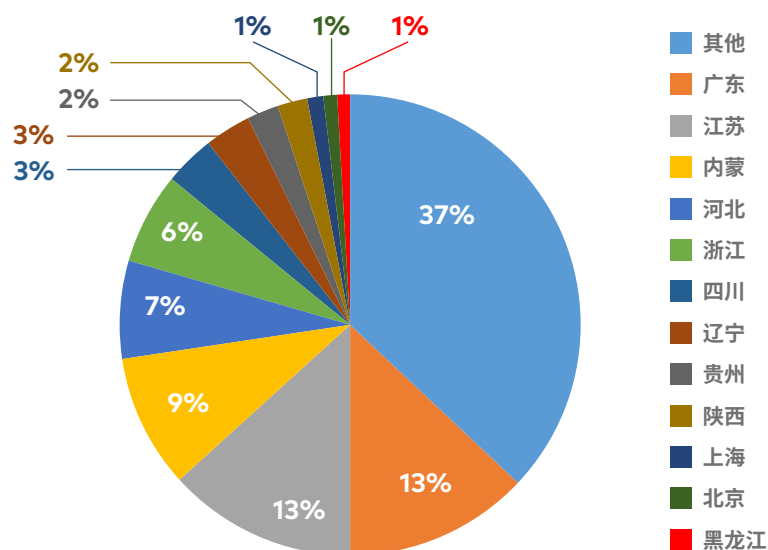
十三五期间上海机架增长量 (个)	61875
每个机架每年能耗 (万千瓦时)	1.88
总能耗 (亿千瓦时)	11.63
十三五期间上海的全社会用电增长量 (亿千瓦时)	154
十三五期间新增数据中心能耗占比	7.55%

3. 中国各地未来五年的 新增数据中心的能耗估算

统计“十三五”期间中国各省市全社会用电计划增长量，并将数据中心占社会总资源比重为“十三五”期间占比均值作为前提，预测未来5年各地区新增数据中心能耗，各个区域的新增数据中心总能耗占能源消费增长量的比例根据当地的经济发展和数据中心选址趋势进行修正后得出未来5年各地区新增数据中心能耗为1059亿千瓦时，相比2018年，增长65.82%。

其中，广东、江苏、浙江、内蒙古、河北五省（自治区）的新增数据中心能耗比例占48.8%。上海、北京等受限于其政策等因素，实际的新增能耗与其他经济较发达的地区相比较低。河北、内蒙古由于其可再生能源资源优势，在大力发展可再生能源领域的情况下，数据中心的数量及其能耗增量也将保持较快的增长。

图6 - 2019-2023年主要地区新增用电量占新增总量比例



4. 未来5年每年新增数据中心能耗

由于数据中心用电量较大，且发展迅速，目前中国部分省市出台新政策以限制数据中心的发展，如《北京市新增产业的禁止和限制目录（2018年版）》明确规定全市禁止新建和扩建互联网数据服务、信息处理和存储支持服务中的数据中心，PUE值在1.4以下的云计算数据中心除外；中心城区禁止新建和扩建互联网数据服务中的数据中心，信息处理和存储支持服务中的数据中心；《上海市推进新一代信息基础设施建设助力提升城市能级和核心竞争力三年行动计划（2018-2020年）》中要求新建机架控制在6万个，总规模控制在16万个。推动数据中心节能技改和结构调整，存量改造数据中心PUE不高于1.4，新建数据中心PUE限制在1.3以下。在中国国家层面的政策上，工业和信息化部、国家机关事务管理局、国家能源局等三部门共同发布的《关于加强绿色数据中心建设的指导意见》中，明确设定了新建大型、超大型数据中心的PUE值达到1.4以下的目标。

鉴于近期各一线城市对新建数据政策有所收紧，本次预测按照未来五年每年数据中心年均增长比相同的情况下进行估算。相比于2018年，未来5年数据中心总能耗增长65.82%，则年均增长率10.64%⁷。

5. 未来5年每年新增数据中心机架数

本报告基于PUE、不同规模数据中心的占比、单机架功率，对未来5年数据中心新增机架数进行预测：

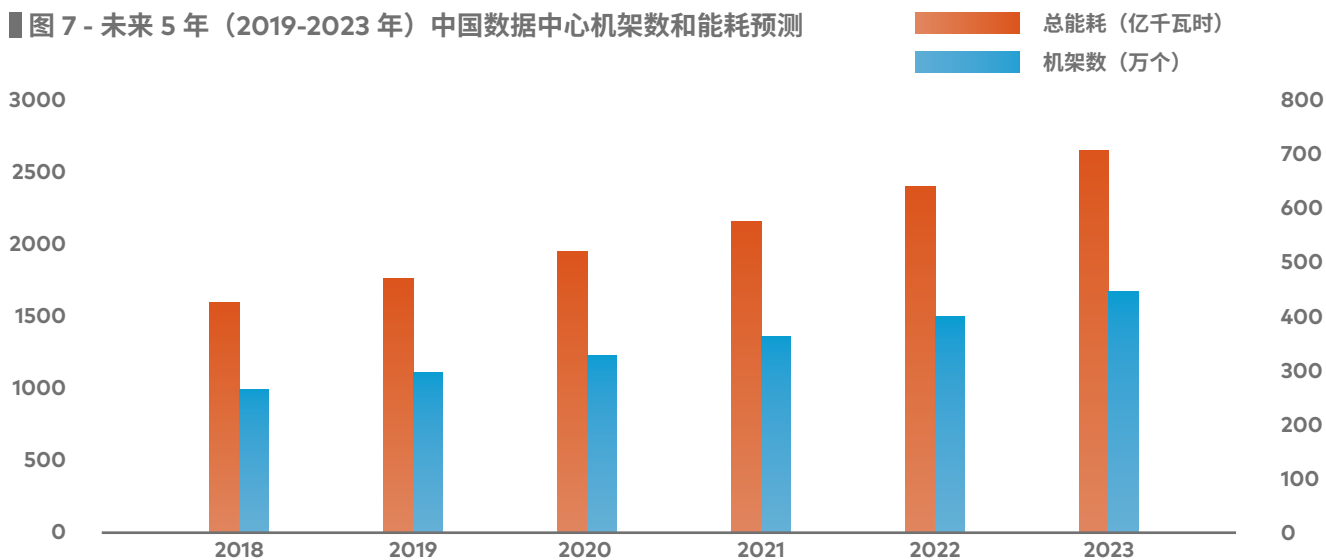
(1) 中国部分地区已开始限制高PUE的数据中心的建设；假定未来5年数据中心行业新增大型及以上数据中心PUE为1.3（考虑到相关要求规定了新建大型及以上数据中心的PUE应低于1.4），新增大型以下数据中心PUE为1.7（目前大部分小型数据中心的PUE停留在1.8左右，并考虑到节能技术的进步）。

(2) 根据2018年的估算，数据中心机架数中大型及以上数据中心机架数占比约57%，大型以下数据中心机架占比约43%；考虑到近几年数据中心产业趋向于大型化及集中化，假定未来5年数据中心机架数中大型及以上数据中心机架占比70%，大型以下数据中心机架数占比30%。

(3) 随着上架率及使用率的提高，数据中心单机架的算力逐渐提升，致使单机架功率升高，假定未来5年新建数据中心中大型及以上数据中心单机架功率位6KW（略高于现状的5KW），大型以下数据中心单机架功率为2KW（与现有相同）。

结合以上分析，未来5年新增数据中心平均PUE为1.42，单机架平均功率为4.8KW，单机架能耗为4.2万千瓦时/年。根据前述估算，未来5年数据中心能耗增长量为1059亿千瓦时，则未来5年数据中心新增机架数为177.56万个，总增长率为65.51%，年均增长率为10.6%。

图7 - 未来5年（2019-2023年）中国数据中心机架数和能耗预测



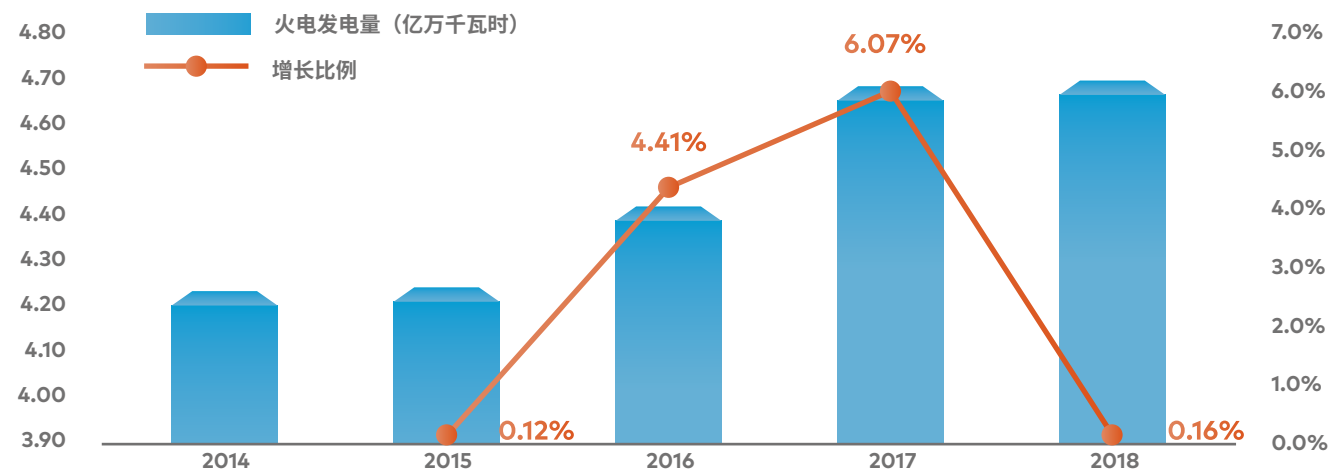
综上所述，未来五年数据中心机架数及其能耗呈现不断增长的趋势。全国数据中心的总机架数将在2022年突破400万。同时，随着机架数的快速增长，全国数据中心总能耗也将在2020年至2021年间突破2000亿千瓦时，并在其后的3年快速增长，在2023年突破2500亿千瓦时。

1.3 中国数据中心用能结构与环境影响分析

1.3.1 中国电力结构现状

根据电力规划设计总院编著的《中国能源发展报告2018》，2018年中国电力装机约19.0亿千瓦，其中火电占比60.2%，水电占比18.5%，风电占比9.7%，太阳能发电占比9.2%，核电占比2.4%，可再生能源总占比约为37.4%。尽管当前中国可再生能源产业发展良好，政府在稳步推进可再生能源发电及用电比例的增长，但火电发电量在中国总发电量中的占比仍然居高不下。过去五年火电发电量占中国总发电量的占比保持在70%左右。在火电去产能，鼓励可再生能源发展的政策导向下，2018年火电发电量⁸在总电量中的占比有所下降，发电结构进一步优化。

图8 - 2014-2018年中国火电发电量及增长率（数据来源：中电联、中国电力发展报告2018）



1.3.2 中国数据中心可再生能源使用情况及其环境影响

1. 可再生能源使用情况估算

当前中国的电力结构仍以燃煤发电为主，在数据中心供电结构中，火电占比超过 70%，仍会产生大量的温室气体及其他污染物。因此，数据中心用能未来的发展方向不应局限于降低 PUE 值、提高设备能效，还应该重点关注可再生能源的开发和利用。

当前中国数据中心可再生能源推广处于起步阶段，大部分省市数据中心并无与使用可再生能源相关的统计，且经过课题组分析研究，绝大部分数据中心完全采用市电进行供能。因此，对于中国全国数据中心的可再生能源量 Q，采取如下

计算方式：

$$Q = \sum_{i=1,2,3,\dots} Q_i * R_i + G_i$$

其中：

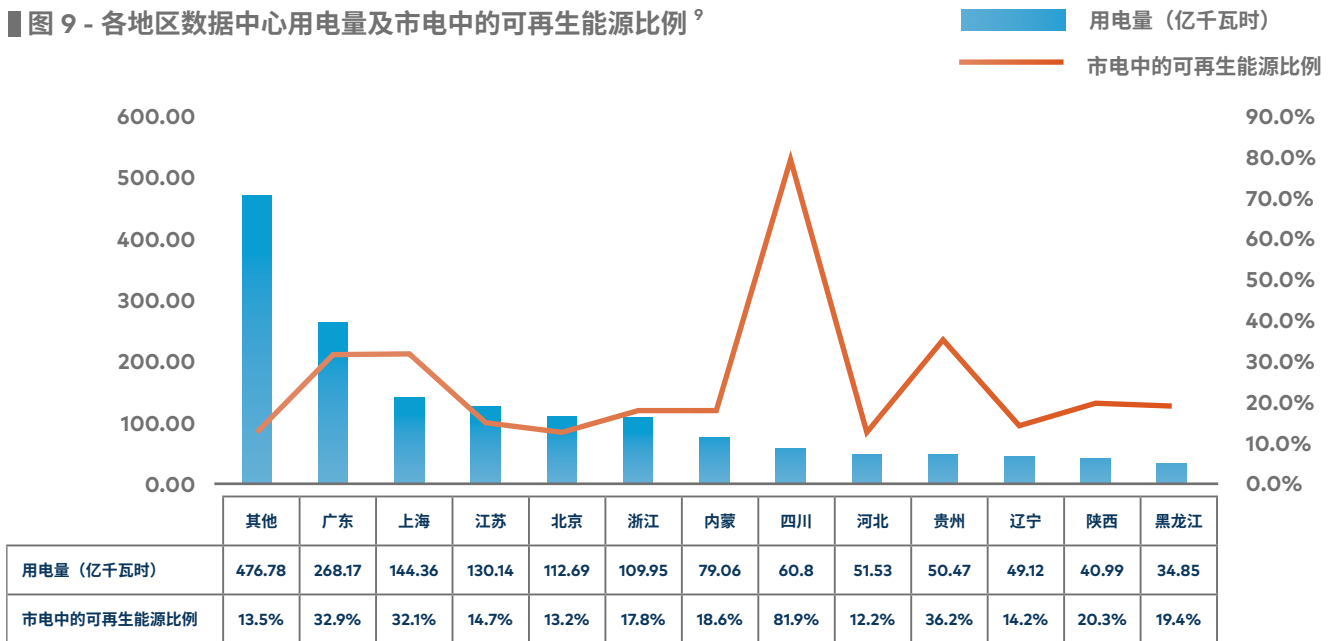
Q：中国数据中心可再生能源量，亿千瓦时；

Qi：各省市数据中心总用电量，亿千瓦时；

Ri：各省市市电中的可再生能源比例；

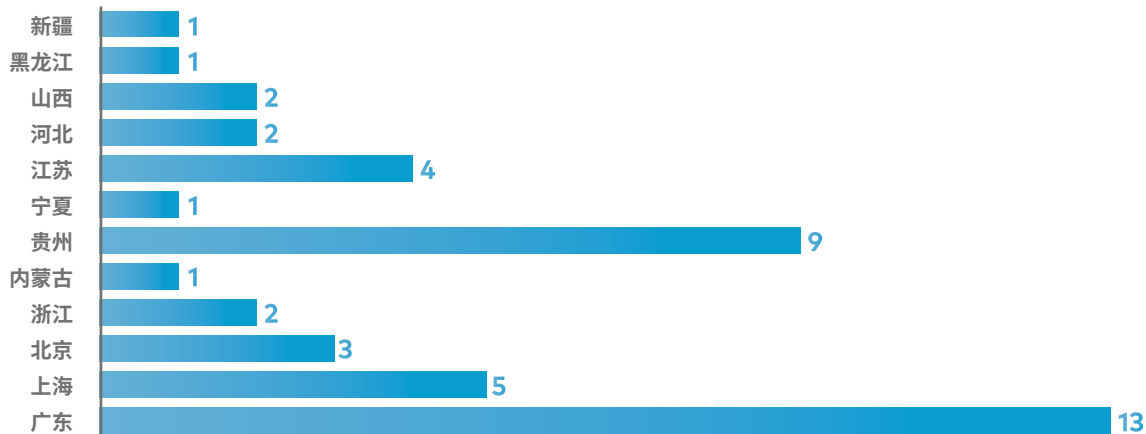
Gi：已知的各省市数据中心非市电中获取的可再生能源量，亿千瓦时；

图 9 - 各地区数据中心用电量及市电中的可再生能源比例⁹



本报告研究和分析了位于北京、上海、广东等重点省、市、自治区共计 44 个数据中心，如下图所示：

图 10 - 报告所覆盖 44 个数据中心分布



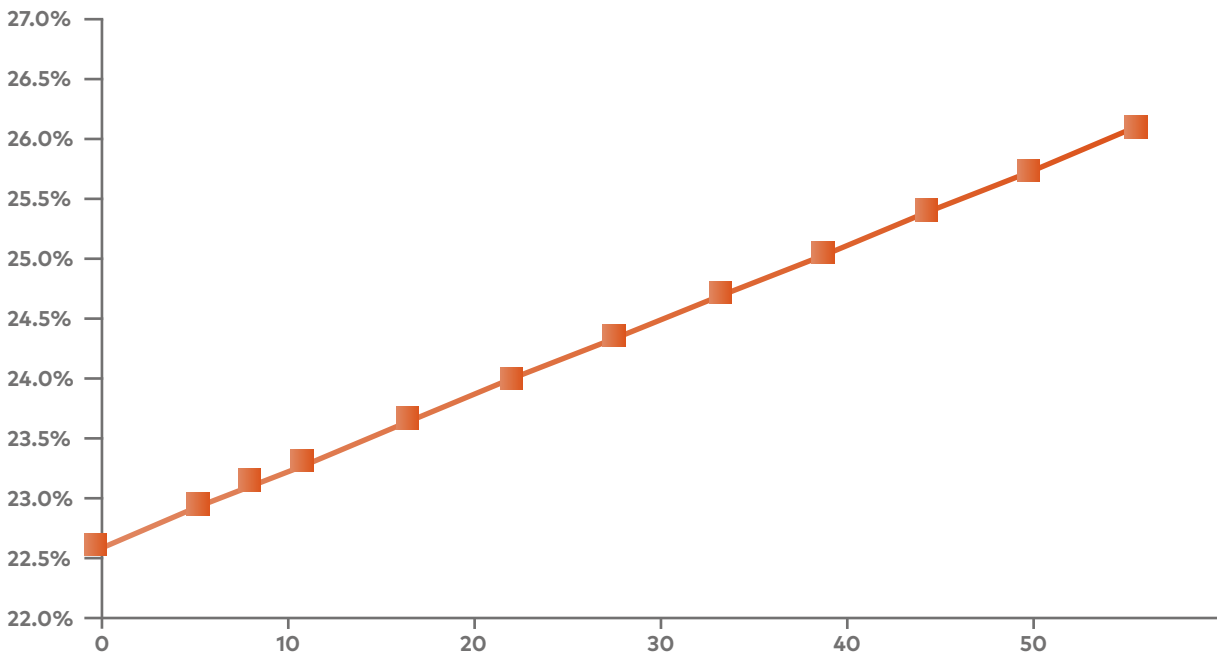
分析数据显示，数据中心采用非市电可再生能源约为 55610 万千瓦时，44 个样本中明确采用了非市电可再生能源的数据中心有 5 个，其中 1 个为 100% 使用可再生能源，1 家可再生能源使用率达到 40% 以上，3 家均有比较大规模布设屋顶式光伏系统：

- 1) 50000 万千瓦时为河北 A 数据中心¹⁰+ 河北 B 数据中心可再生能源使用估算量；
- 2) 5500 万千瓦时为山西 A 数据中心使用风电和光伏的估算量；
- 3) 10 万千瓦时为上海 D 数据中心使用屋顶光伏发电的估算量；
- 4) 100 万千瓦时为北京 C 数据中心使用屋顶光伏发电的估算量。

根据上述研究结果，2018 年中国数据中心可再生能源使用量约为 369.18 亿千瓦时，占数据中心总用电量 22.95%，比例小于同期全国社会总用电量中可再生能源消费比重（26.5%）。根据上述信息可知，大部分数据中心分布于可再生能源在全社会电力消费量的占比较低省市，如北京、浙江、江苏等。

由于样本量的限制，可能存在一部分通过自主安装分布式光伏等途径使用可再生能源未被计入研究结果。本报告通过单变量敏感性分析，确认全国数据中心可再生能源使用量的不确定性基本不影响上述结论。

图 11 - 非市电可再生能源用电量对数据中心行业可再生能源消费水平影响的敏感性分析

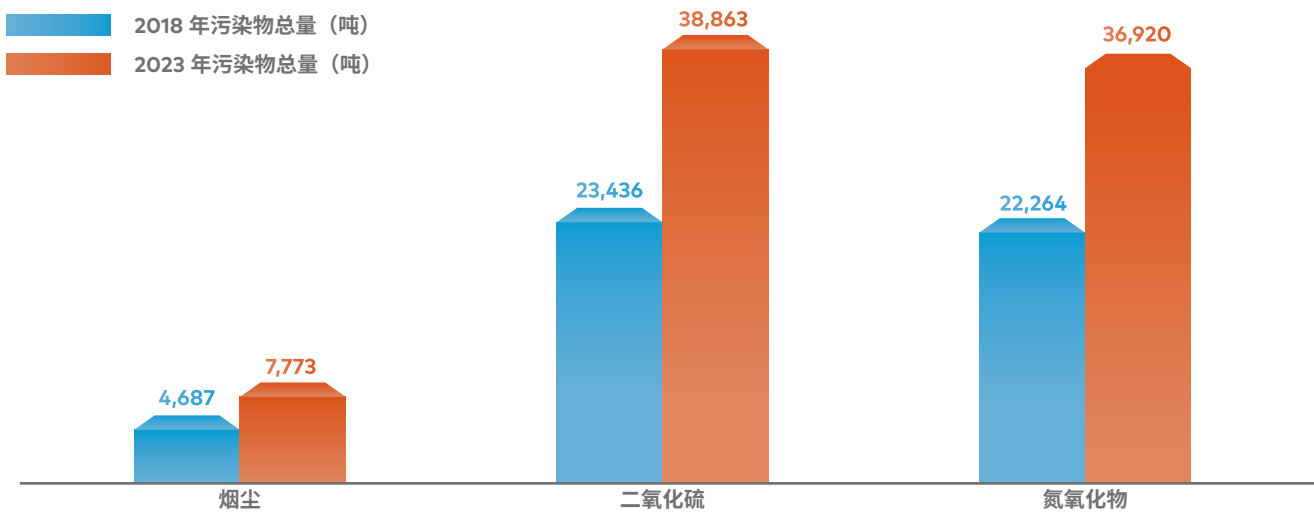


2. 环境影响

根据 2018 年数据中心行业总用电量和可再生能源使用情况，2018 年全国数据中心用电中火电量约为 1171.81 亿千瓦时，占总用电量的 72.83%。

每 1 千瓦时火电造成的潜在环境影响¹¹包括 0.04 克烟尘、0.2 克二氧化硫、0.19 克氮氧化物、以及 0.841 克二氧化碳。用电量分别乘以上述单位电量污染物排放量，即可得出整个数据中心行业对大气环境产生的主要污染物总量。

图 12 - 2018-2023¹² 年数据中心行业用电造成的主要环境污染物



如果未来五年数据中心使用的市电中火电占比保持在 2018 年的水平，且数据中心行业不主动提高可再生能源的消费量，2023 年新增用电量中火电量可能达到 771 亿千瓦时，将额外造成的大气污染排放量为烟尘 3085 吨，二氧化硫 15426 吨，氮氧化物 14655 吨。

2018 年全国数据中心用电相关排放量为 9855 万吨二氧化碳。如果未来五年数据中心采用市电¹³的比例维持 2018 年水平，而企业不采取额外措施提高可再生能源使用，到

2023 年数据中心用电将会造成 1.63 亿吨二氧化碳排放量，五年内新增 6487 万吨的二氧化碳排放量。

如果通过提高可再生能源上网消纳以及数据中心企业更主动采购可再生能源等措施，将 2023 年数据中心行业可再生能源在全社会电力消费量的占比提高至 30%，新增用电量中火电量降至 583 亿千瓦时。相比 23% 的情景减少 188 亿千瓦时，相当于避免二氧化碳排放 1583 万吨。

02

典型重点地区 数据中心能耗 及用能结构分析

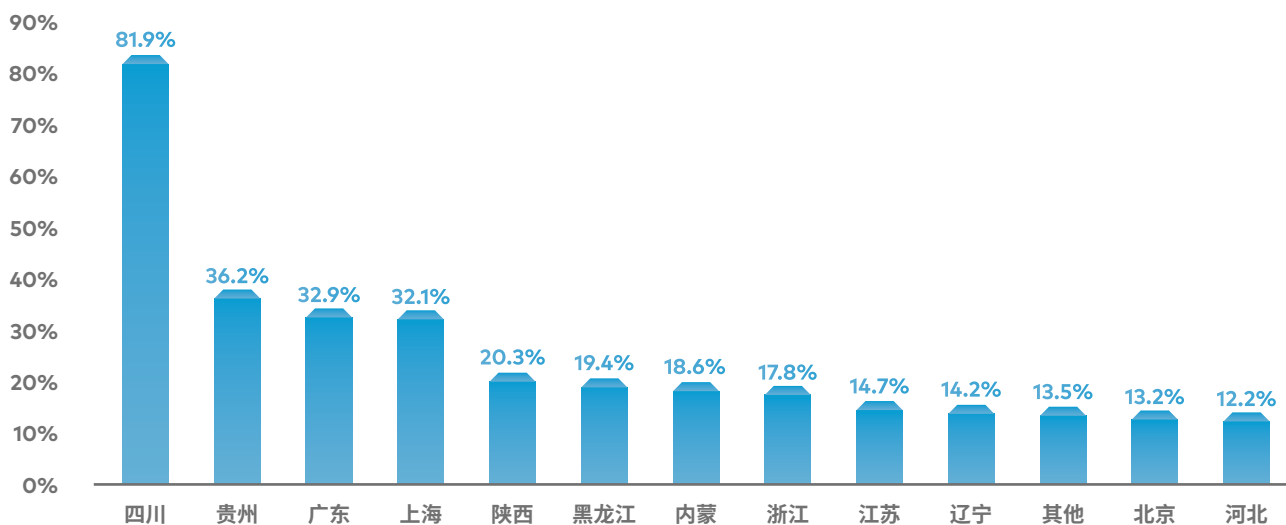
本报告从地域分布和能源利用现状为切入点，分析各地地方政策以及资源分布对数据中心用能结构发展的影响，为从政府层面引导绿色数据中心发展提供决策基础。2019年《绿色数据中心白皮书》中提到，我国数据中心主要集中在北京、上海、广州、深圳等经济发达地区，且受到用户、网络等因素影响，新建数据中心仍趋向于东部地区。

然而随着产业发展，东部地区用电负荷升高，电力供应紧张，这将促使数据中心企业出于自身发展、成本等因素，逐步迁往西部、北部等地区。2013年五部委联合发布的《关于数据中心建设布局的指导意见》，2015年，国务院发布的《关于促进云计算创新发展培育信息产业新业态的意见》，与2018年工业和信息化部印发的《全国数据中心应用发展指引》（2017）均推动数据中心向气候适宜、能源充足、土地价格较低的西部地区发展。

本报告综合考虑数据中心行业发展和可再生能源资源状况，结合第一章对2018年中国各地区数据中心情况的分析，按照数据中心能耗的高低依次对广东、上海、北京、浙江、内蒙、贵州、宁夏等具有代表性的省市进行分析和研究，重点分析了当地整体的能源结构和数据中心用能的能源结构以及当地政策对数据中心用能结构的影响。

目前中国的数据中心主要采用市电供电，这不仅是出于技术、成本和可靠性的考量，也与各省市（绿色）电力采购的政策、可再生资源分布、输配电基础设施等因素相关。各省市的市电结构中可再生能源所占比重如下图所示：

图 13 - 部分地区省市电中可再生能源的比例



2.1 广东

2.1.1 能耗

广东省数据中心主要位于广州、深圳等城市，部分数据中心位于东莞、佛山、惠州、梅州等地区。根据本报告 1.2 节对各地区数据中心机架数与能耗的估算，2018 年广东省机架总数约 40.87 万个，年总能耗约 268.17 亿千瓦时。

2.1.2 用能结构

2018 年广东省总用电量为 6323.35 亿千瓦时¹⁴，可再生能源用电量为 2079.53 亿千瓦时，占总用电量 32.9%。十三五期间，广东省继续发展沿海风电并适度开发陆上风电；同时鼓励各类社会主体投资建设分布式光伏发电系统，因地制宜开发利用生物质能：

(1) 风能发电。继续开发湛江、茂名、阳江、惠州等沿海地区风电资源，适度有序开发韶关、清远、梅州、河源、肇庆等北部山区风电资源；积极推进珠海桂山、湛江外罗、阳江沙扒、阳江南鹏岛、汕头南澳勒门 I 海上风电项目建设，形成海上风电规模化开发。到 2020 年风电装机规模达到 800 万千瓦。

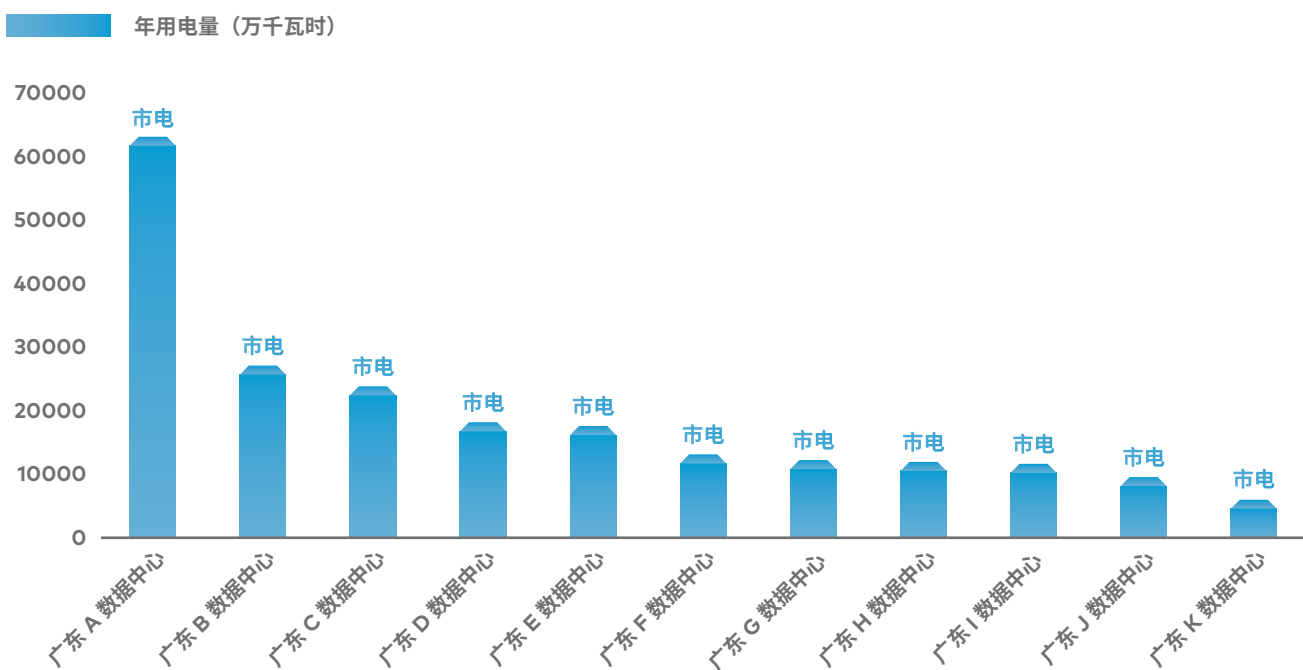
(2) 太阳能光伏发电。鼓励发展工商业厂房、公共建筑、民

居等各类型分布式光伏发电；重点支持各类产业园区规模化发展分布式光伏发电项，因地制宜，有序发展“农光互补”、“渔光互补”、“林光互补”综合利用光伏电站项目；在有条件的贫困县，积极开展光伏扶贫工程建设，实现光伏发电精准扶贫。到 2020 年太阳能光伏发电装机规模达到 600 万千瓦。

(3) 生物质能开发利用。在确保生态和保障资源供应的条件下，因地制宜推进一批农林生物质发电项目建设；结合广东省工（产）业园区集中供热规划，适当发展生物质成型燃料锅炉集中供热工程。推进乙醇汽油在粤西地区推广使用。

综合考虑数据中心典型性及相关数据可获得性，通过对广东省数据中心共计 13 的数据中心的用电结构可知，其使用的电能均来自于市电，可再生能源的比例为 32.4%。

图 14 - 广东数据中心案例用电量及用电结构分析



基于上述情况显示，广东省的数据中心基本采用市电。分析广东省的可再生能源分布及现状发展情况，发现限制数据中心使用可再生能源的原因可能为：

- (1) 深圳、广州等发达地区土地较为紧张，且本地可再生发电量均全额上网，由电网保价收购；
- (2) 国家在十三五期间大力发展风电和太阳能光伏等可再生能源，近三年广东省也对发电企业有一些补贴政策，但针对用户端可再生能源采购，缺少政策支持；
- (3) 目前广东省没有出台数据中心使用可再生能源的激励政策，可再生能源的成本优势目前不足以吸引数据中心大规模直购可再生能源。

2.1.3 地方政策

对广东省近三年相关政策进行梳理：

2016年4月，广东省发布《广东省促进大数据发展行动计划》，建立全省统一的电子政务数据中心，以及10个左右地市级电子政务数据分中心。

2017年8月17日，广东省印发《广东省战略性新兴产业发展“十三五”规划》，将新一代信息技术产业作为发展重点，并推动大数据应用与创新。同时，规划还明确加快分布式光伏与海上风电的开发利用，推进高效节能改造工程。2018年5月，广东省发布了《广东省节能中心重点节能技术推广（2018-2020年）行动方案》，明确了将绿色建筑及绿

色数据中心节能技术作为重点推广技术之一。

深圳市也于2019年4月印发了《深圳市发展和改革委员会关于数据中心节能审查有关事项的通知》。《通知》鼓励数据中心建设单位采用绿色先进技术提升数据中心能效。

近三年广东涉及数据中心的政策仅有两项，主要关注将节能技术运用到数据中心，不涉及鼓励将可再生能源应用到数据中心。

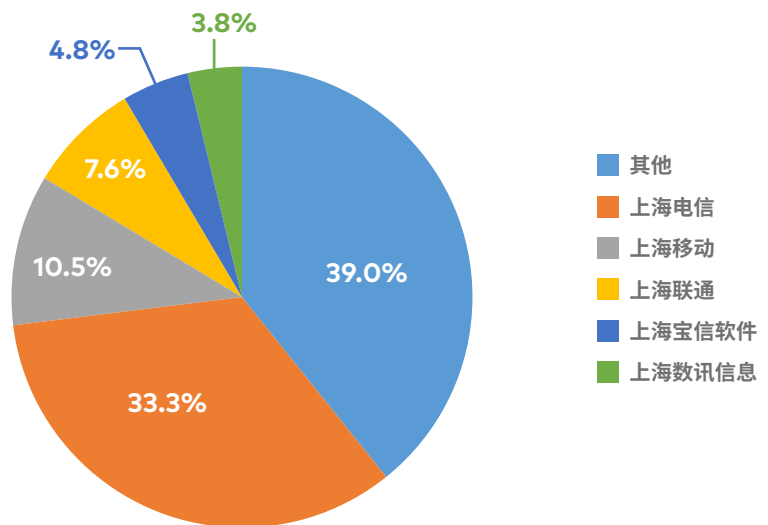
2.2 上海

2.2.1 能耗

上海市作为中国数据中心最重要的市场之一，目前拥有电信增值业务许可证的企业近4000家，位列中国第5位。其中，规模在500个机柜以上的数据中心有105座，上海电信、上海移动、上海联通三家运营商拥有最多的数据中心，占总体数量的51.4%。

根据本报告1.2节对各地区数据中心机架数与能耗的估算，2018年上海地区数据中心机架总数约20.61万个，年总能耗约144.36亿千瓦时。

■ 图表 15 - 上海市数据中心分布



2.2.2 用能结构

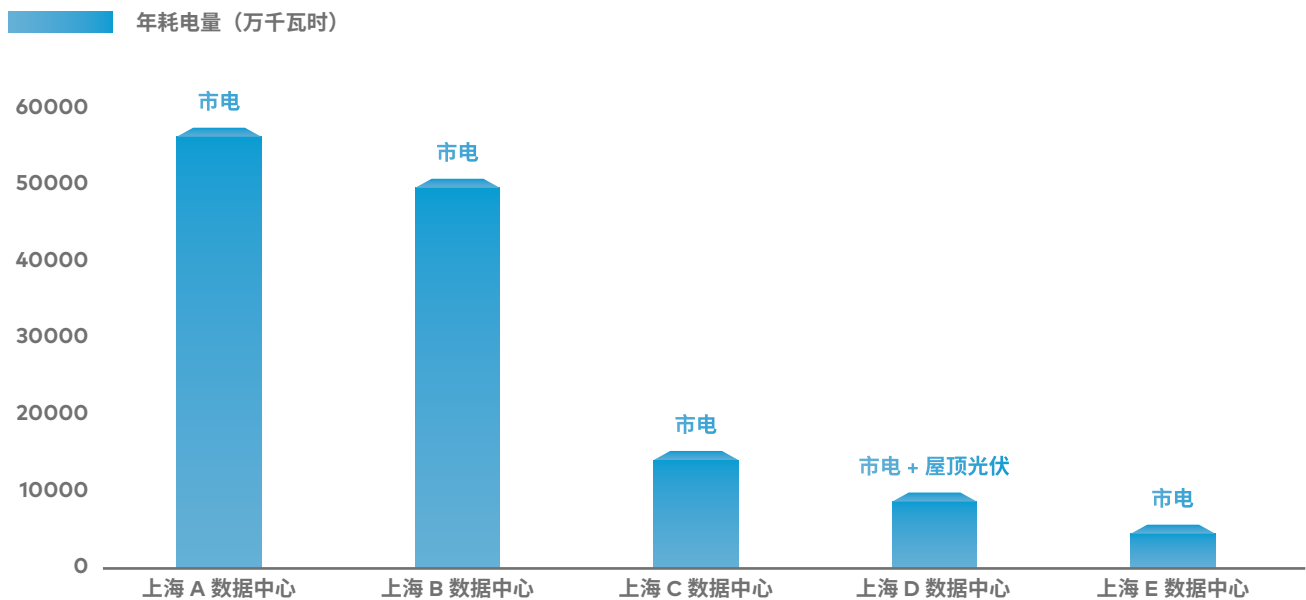
2018年上海市总用电量为1566.66亿千瓦时¹⁵，可再生能源用电量为503.23亿千瓦时，占总用电量32.1%。

目前，上海市市电中的可再生能源主要包括水电、风电、太阳能光伏发电等。水电主要来源于向家坝-上海800千伏特高压直流输电示范工程（每年可输送电量300亿千瓦时）和已经建成的3条三峡至上海高压线路（每年可输送100多亿千瓦时）；风电来源于上海奉贤风力发电厂、上海崇明、南汇风力发电厂并网发电和上海东海大桥海上风电场等工程，

每年累计发电量约24亿千瓦时；上海太阳能利用发展迅速，已建成崇明前卫村光伏发电站、临港光伏发电站等，累计发电量约5.2亿千瓦时。

综合考虑数据中心典型性及相关数据可获得性，通过对上海市共计5家数据中心的5个案例研究和分析，发现5个数据中心主要供电来源为市电，仅上海D数据中心自建屋顶光伏系统替代少量市电。

■ 图表 16 - 上海数据中心案例用电量及用电结构分析



由分析结果可知，上海的数据中心使用的电能主要来源于市电，单独使用可再生能源属于近两年才出现的新趋势。造成这种现象的原因可能有以下几点：

(1) 上海的风能资源较为丰富，但是受限因素较多。如陆上风电场受湿地候鸟自然保护区等的影响；近海风电场受到航道、规划、环保、渔业、水务等条件的限制；

(2) 上海的平均日照辐射量低于全国平均水平，在太阳能资源方面也不具备开发优势；

(3) 上海市当前数据中心和节能环保的相关政策目前主要集中在从技术上降低数据中心能耗和 PUE，缺乏可再生能源使用的约束性政策；

(4) 上海土地资源较为紧张，因此可用于建设可再生能源发电设施的专用地块较少，而且采购可再生能源所必需的传输通道和交易机制都有待完善。

2.2.3 地方政策

对上海市近三年相关政策进行梳理：

2017年3月，上海市发布《上海市节能和应对气候变化“十三五”规划》，指出要严格控制新建数据中心，确有必要建设的，必须确保数据中心能源利用效率（PUE）值优于1.5，全面推进既有数据中心节能改造。

2017年4月上海市发展和改革委员会发布《上海市2017年节能减排和应对气候变化重点工作安排》，推动开展互联网数据中心（IDC）的能效对标工作，推动数据中心能源效率（PUE）高于1.5的数据中心实施节能改造。

2018年11月，上海市制定发布了《上海市推进新一代信息基础设施建设助力提升城市能级和核心竞争力三年行动计划（2018-2020年）》，提出推进数据中心布局和节能改造，“新增机架数量控制在6万个，总规模控制在16万个，存量改造数据中心PUE不高于1.4，新建数据中心PUE限制在1.3以下”。

2019年6月上海市经信委印发《上海市互联网数据中心建设导则（2019）》，从功能定位、选址、资质资质、设计指标、评估监测等方面规范数据中心的建设，旨在管控上海市互联网数据中心建设和新增能耗，实现合理布局。其要求新建IDC第一年综合PUE应不高于1.4，第二年应不高于1.3。

2019年5月，上海市发改委、经信委、华东能监局联合印发的《上海市省间清洁购电交易机制实施办法（试行）》指出，优先考虑上海电网调峰能力范围内的市外风力、光伏、水力等可再生能源发电企业，并对补偿电价的计算方法做了规定。

综上，近三年上海市涉及到数据中心的政策重点关注的是从技术上降低数据中心的能耗，而非鼓励数据中心采用可再生能源。2019年开始试行的省间清洁购电交易机制有利于未来跨省可再生能源的消纳，上海本地数据中心有较大潜力提升可再生能源使用量。

2.3 北京

2.3.1 能耗

北京数据中心覆盖了从小型到超大型的全部规模，其中大型及超大型数据中心主要为互联网服务，中小型数据中心主要为政府、公共事业或其他小微企业自有。北京市数据中心主要分布在四个区域：

- (1) **酒仙桥圈**：包括蓝汛、鹏博士、世纪互联、百度、360、电信、联通等；
- (2) **顺义天竺圈**：包括蓝汛首鸣、上海斐讯、龙宇燃油、歌华、鹏博士、民生银行、联通等；
- (3) **昌平圈**：包括上海有孚、中国石油、移动等；
- (4) **亦庄圈**：包括鹏博士、中金、光环、世纪互联、移动、联通。

根据本报告1.2节对各地区数据中心机架数与能耗的估算，2018年北京地区机架总数约16.43万个，年总能耗约112.69亿千瓦时。

2.3.2 用能结构

2018年北京市总用电量为1142.38亿千瓦时¹⁶，可再生能源用电量为150.75亿千瓦时，占总用电量13.2%。

目前北京市的可再生能源主要包括太阳能、地热能、生物质能、风能，并呈现出太阳能资源储量相对丰富、地热及热泵系统潜力较大、生物质能资源种类多样的特点。《北京市“十三五”时期能源发展规划》指出“十三五”期间北京市一方面加强跨区域调入可再生能源，探索建立可再生能源交易机制，逐步形成京津冀晋蒙可再生能源市场，完善京津冀晋蒙可再生能源协同发展机制，大力支持中国可再生能源示范区（张家口）及内蒙古自治区赤峰市、乌兰察布市和山西省大同市等可再生能源输出基地建设；另一方面充分利用本地可再生能源，充分开发太阳能和地热能，有序开发风能和生物质能。

综合考虑数据中心典型性及相关数据可获得性，北京市可供研究数据中心共计 3 家。根据研究结果来看，3 家数据中心用电均由市电供应，其中 1 家除了接入市电外还在屋顶布设有光伏电站。

对北京市的可再生能源分布及发展现状，发现限制数据中心使用可再生能源的原因可能有以下几个：

(1) 北京市辖区内鲜有专用地块用于可再生能源发电设施建设，而利用园区内有限的空地建设的发电设施也无法满足数据中心的能耗需求；

(2) 北京市在“十三五”期间加强跨区域调入可再生能源，并于 2018 年开始试点区域性可再生能源市场化交易。但是目前的政策主要支持的是“网对网”的跨区消纳，直接参与市场化交易的用户类型目前仅限于电采暖用户、冬奥会场馆设施、电能替代用户和高新技术企业用户四种。

(3) 目前北京关于数据中心的政策主要关注的是限制高 PUE 数据中心的建设，引导数据中心使用可再生能源的相关政策还比较少。

2.3.3 地方政策

对北京市近三年相关政策进行梳理：

2016 年 8 月，北京市政府发布《北京市大数据和云计算发展行动计划（2016-2020 年）》，旨在指导未来 5 年北京市大数据和云计算发展。该行动将巩固大数据和云计算发展、创新与开放。到 2020 年将完成 10 个以上的创新应用示范工程，以及 1000 亿的产业集群。

2016 年 12 月，北京市发布《北京市“十三五”时期信息化发展规划》，提出建设大数据与云计算基础设施，统筹建设政务数据中心体系，推进京津冀云计算数据中心统筹规划布局和共建共享，鼓励开展异地容灾备份。

2018 年 9 月，北京市更新《北京市新增产业的禁止和限制目

录（2018 年版）》，目录内明确规定全市范围内禁止新建和扩建互联网数据服务、信息处理、和存储支持服务中的数据中心（除 PUE 值低于 1.4 的云计算数据中心），且中心城区全面禁止新建和扩建数据中心。

与上海类似，近三年北京市涉及到数据中心的政策重点关注的是从技术上降低数据中心的能耗，较少涉及鼓励数据中心采用更多可再生能源。2019 年开始试行的《京津冀绿色电力市场化交易规则（试行）》作为我国首个可再生能源交易规则，为进一步规范可再生能源市场化交易工作提供了政策支持，如果未来数据中心行业能被纳入试点，将大大提高北京地区数据中心企业使用可再生能源的积极性。

2.4 浙江

2.4.1 能耗

据统计，至 2015 年 12 月，浙江省政府机关、企事业单位、电信运营商及第三方 IDC 服务商已累计建成 10 个机架以上的数据中心 392 个，其中大型数据中心 3 个，中小型数据中心 164 个，微型数据中心 225 个，总计设计机架 67529 个，已使用服务器 318048 台。根据本报告 1.2 节对各地区数据中心机架数与能耗的估算，2018 年浙江省机架总数约 17.9 万个，年总能耗约 109.95 亿千瓦时。

2.4.2 用能结构

2018 年浙江省总用电量为 4532.82 亿千瓦时¹⁷，可再生能源用电量为 826.98 亿千瓦时，占总用电量 17.8%。

目前浙江省的可再生能源包括水电、风电和光伏，其中水电的发电占比最大。根据《浙江省能源发展“十三五”规划》，十三五期间，浙江省大力发展工业厂房、公共建筑屋顶光伏，积极推进光伏发电并网运行智能化、快捷化、便利化，同时积极发展海上风电。

综合考虑数据中心典型性及数据可获得性，在浙江可供研究的数据中心 1 家。分析结果显示，浙江 A 数据中心主要供电来源为市电，但在屋顶部署有少量的太阳能板供其使用，此外还采用了深层湖水制冷的技术以减少冷却能耗。

2.4.3 地方政策

**对浙江省近 3 年内的相关政策进行梳理，
发现仅有一项相关政策：**

2017 年 3 月，浙江省发改委、经信委印发《浙江省数据中心“十三五”发展规划》，《规划》限制新建、扩建 PUE 高于 1.5 的数据中心，并提出到 2020 年，全省新建数据中心 PUE 值应低于 1.5，改造后的数据中心 PUE 值应低于 2.0，绿色数据中心和云计算数据中心比例均超过 40%，数据中心年增长率控制在 30% 以下。至“十三五”末，数据中心机架数不超过 25 万个。同时，《规划》要求大中小型数据中心应选择合理地区建设，引导 1 万机架以上的超大型数据中心到省外适宜地区建设，不支持功能单一、500 机架以下中小型、50 机架以下微型数据中心的建设。

综上，与北京、广东、上海等发达区域相比，近三年浙江关于数据中心的政策较少，仅一项，且该政策关注的是从技术上降低数据中心的能耗，而非鼓励数据中心采用可再生能源。同时，浙江省作为用电负荷集中的省份，全省的可再生能源均能够实现全额消纳，因此省内近期暂无专门鼓励可再生能源交易的相关政策发布。

2.5 内蒙古

2.5.1 能耗

由于政策导向和资源分布等因素影响，内蒙古地区 IDC 机房的分布区域主要集中在呼和浩特、鄂尔多斯、乌兰察布、包头、赤峰 5 个地区，其中已经对外运营或在建的大型数据中心主要集中在呼和浩特、鄂尔多斯、乌兰察布 3 地，包头和赤峰受政策推动力影响进展较为缓慢。

根据本报告 1.2 节对各地区数据中心机架数与能耗的估算，2018 年内蒙古机架总数约 12.36 万个，年总能耗约 79.06 亿千瓦时。

2.5.2 用能结构

2018 年内蒙古总用电量为 3353.44 亿千瓦时¹⁸，可再生能源量为 624.34 亿千瓦时，占总用电量 18.6%。

由于特殊的地理位置，内蒙在太阳能、风能、光伏、生物质能等可再生能源方面有得天独厚的优势。当前内蒙古发展较好的是风电，其次是光伏。

根据《内蒙古自治区能源发展“十三五”规划》，十三五期间内蒙古将从以下两点促进可再生能源的发展：

(1) 加强可再生能源就地消纳，推进完善可再生能源消纳市场机制；

(2) 加快新能源外送基地建设，优化配电网、汇集站规划和建设，加强风能、太阳能等新能源汇集能力和效率。

由于内蒙古地区可用数据中心相关数据的公开信息较少，课题组未能获得具体的数据中心用电量数据。据了解，目前内蒙古开展了电力市场直接交易，风光发电同步参与，并将大数据、云计算等需要建设数据中心的产业的用电竞价列入了优先交易的范围，不设置限制，这将使可再生能源用电价格最低降至 0.26 元 / 千瓦时。同时，内蒙古可再生资源丰富，其 2018 年可再生能源发电总量为 695.1 亿千瓦时。综合考虑以上情况，并结合对内蒙古地区的电力市场、电力结构等的分析，本报告认为该地区的数据中心中具备大规模使用可再生能源的潜力。

2.5.3 地方政策

对内蒙古近三年相关政策进行梳理：

2016 年 11 月内蒙古发布《内蒙古自治区促进大数据发展应用的若干政策》，鼓励相关部门、行业、企业在内蒙古设立数据中心。

2017 年内蒙古发布《内蒙古自治区大数据发展总体规划（2017-2020）》，计划建设和林格尔新区为核心、东中西合理布局的绿色数据中心基地。全面开放自治区数据中心服务空间，面向中国全国提供应用承载、数据存储、容灾备份等服务，着力将内蒙古打造成为中国北方大数据中心。

2017 年内蒙古发布《2017 年自治区大数据发展工作要点》指出，要积极探索绿色数据中心建设模式，加快推进中国电信内蒙古信息园、中国移动（呼和浩特）数据中心、中国联通西北云计算基地、中网科技（内蒙古）云计算数据中心等续建项目建设，开工建设包头大数据中心、海拉尔大数据中心、鄂尔多斯大数据中心、乌海大数据中心等项目。

内蒙古的可再生能源发展较早，积极开展可再生能源直接交易及跨省跨区低谷风电交易。2016 年 4 月，内蒙古发布的《内蒙古自治区可再生能源就近消纳试点方案》明确了蒙东地区支持风电参与大用户直接交易试点；蒙西地区将可再生能源纳入内蒙古电力多边交易市场。

综上，近三年内蒙古涉及到数据中心的相关政策重点关注的是从技术上降低数据中心的能耗，而非鼓励数据中心采用可再生能源。作为拥有两张独立电网的地区（蒙西电网和国家电网），内蒙古依靠其充沛的可再生能源，不断出台的新政策，推动可再生能源市场化交易范围不断扩大，有效促进可再生能源消纳并扩大使用范围，使该地区的可再生能源具有一定的成本竞争力和本地消纳潜力，成为数据中心企业购买可再生能源潜力较大的地区之一。

2.6 贵州

2.6.1 能耗

贵州的数据中心主要分布在贵安新区,主要有苹果中国(贵安)数据中心、腾讯贵安七星数据中心、贵安华为云数据中心、中国移动(贵州)云数据中心、中国电信云计算贵州信息园和中国联通贵安云数据中心等大规模数据中心以及贵阳乾明、贵州翔明数据中心等大型以下数据中心。

根据本报告 1.2 节对各地区数据中心机架数与能耗的估算,2018 年贵州机架总数约 8.16 万个,年总能耗约 50.47 亿千瓦时。但由于贵安大型数据中心仍然在建,贵州地区的机架总数及年总能耗在未来将快速攀升。

2.6.2 用能结构

2018 年贵州总用电量为 1482.12 亿千瓦时¹⁹,可再生能源用电量为 537.22 亿千瓦时,占总用电量 36.2%。

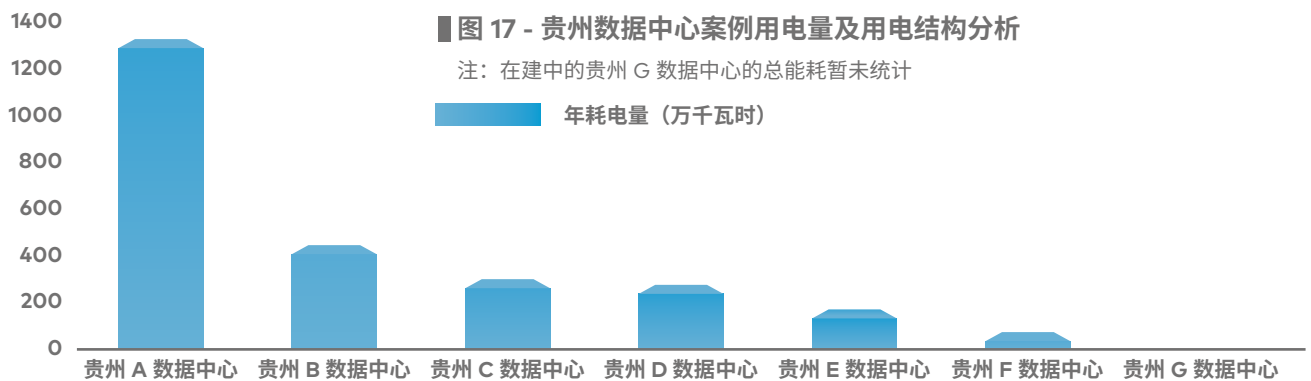
贵州省生物质能丰富,储存量居中国首位,其他可再生能源排名依次是水能、太阳能、风能等。其中水能利用最广泛,其次是风电和太阳能。根据《贵州省能源发展“十三五”规划》,贵州省从以下几点促进可再生能源的发展:

(1) 健康有序发展风电。加强风能资源普查及评价,加快适用于贵州高原山区风电机组的研发。

(2) 积极发展光伏发电。加强太阳能资源普查及评价,积极发展光伏发电及分布式光伏发电。

(3) 优化发展水电。在注重生态环境保护的前提下,优化发展中小型水电站,对有条件的水电站实施扩能改造。优化水电调度运行,提高水电利用率。

综合考虑数据中心典型性及相关数据可获得性,贵州可供研究的数据中心共计 6 家。通过分析发现除在建中的贵州 G 数据中心计划 100% 使用可再生能源外,其他数据中心均直接使用市电。



造成这种现象的原因可能有以下几点:

(1) 水电大多地处偏远山区,为数据中心直供电的线路成本极高且缺乏经济性和可复制性;

(2) 贵州的电力市场直接交易仍处于起步状态,以火电直接交易为主,可再生能源的交易暂未展开;

(3) 企业可再生能源采购的实现路径需要地方政策与市场机制的进一步支持,使得成功案例具备推广复制的价值;

贵州省内可再生能源产业发展良好,随着近年来数据中心高能耗等问题凸显,贵州当地独立采购或使用可再生能源将成为数据中心用电的新趋势。

2.6.3 地方政策

对贵州近三年相关政策进行梳理：

2018年6月贵州发布《贵州省数据中心绿色化专项行动方案》，科学规划和严格把关数据中心项目建设，加强产业政策引导，推动数据中心持续健康发展，使新建数据中心能效值（PUE/EEUE）低于1.4。

2017年10月贵州发布《贵州省关于进一步科学规划布局数据中心大力发展大数据应用的通知》，实施现有数据中心节能设计、技术改造，大力提高实际装机利用率和运营管理水平，推进数据中心绿色化发展。优化大型、超大型数据中心布局，杜绝数据中心和相关园区盲目建设，以减少空置率。

综上，近三年贵州数据中心相关政策重点关注的是从技术上提高数据中心的能效，而非鼓励数据中心采用可再生能源。

2018年贵州出台的《关于创新和完善促进绿色发展价格机制的实施意见》有望通过对贵州省内可再生能源价格机制的完善，提升可再生能源的使用量，有较大的潜力为数据中心企业提供充沛的可再生能源。

2.7 宁夏

2.7.1 能耗

宁夏的数据中心主要分布在中卫，不仅拥有美丽云数据中心（中卫云计算数据中心），共计8栋机房楼，占地约40万平方米，目前已建成亚马逊AWS、奇虎360、美团等数据中心，同时该地区还将兴建西部医疗健康大数据中心等7个新项目。该地区数据中心设计PUE最高为1.34。年均8℃的气温使得数据中心可以常年采用自然冷却来降低消耗，并且中卫地区电价为0.36元/千瓦时，运营成本相较北京、上海等降低50%。

由于大规模数据中心分布比例中未单独列出宁夏的情况，因此对宁夏的数据中心机架数和能耗进行单独估算：

（1）大型及以下数据中心机架的估算

2017年，中卫《西部云基地建设规划》预计2018年年底建成15万台云计算服务器，考虑能耗估算时单机架约为4个服务器，则大型及以上数据中心机架数约为3.75万个。

（2）大型以下数据中心机架数的估算

宁夏2018年GDP为3705.18亿元，和浙江GDP的比值为0.066，根据1.2小节中大型以下数据中心机架数的估算方法，可得宁夏大型以下数据中心的机架数约为0.62万个。

综上，2018年宁夏数据中心的总机架数约为4.37万个，总能耗约32.39亿千瓦时。

表3 - 宁夏数据中心机架及能耗情况

大型及以上机架数 (个)	大型及以下机架数 (个)	总机架数 (个)	大型及以上能耗 (亿千瓦时)	大型及以下能耗 (亿千瓦时)	总能耗 (亿千瓦时)
37500	6200	43700	29.57	2.82	32.39

2.7.2 用能结构

2018年宁夏总用电量为1064.85亿千瓦时²⁰，可再生能源用电量为268.31亿千瓦时，占总用电量25.2%。

目前宁夏的可再生能源包括水电、风电和光伏，其中风电的占比最大，光伏次之。根据《宁夏回族自治区能源发展“十三五”规划（修订本）》，宁夏主要从以下几个方面优化风电、光伏开发进程：

- (1) 有序发展风电，实现风电开发与配套产业协调发展；
- (2) 大力发展太阳能发电，以光伏产业发展带动其它领域投资增长；
- (3) 积极发展其他新能源，鼓励在生物质秸秆资源相对丰富区有序发展生物质能成型燃料、支持大型畜禽养殖场发展沼气发电；
- (4) 推进新能源体制机制创新，完善并网运行服务，推进风电、太阳能发电出力预测机制，建立新能源优先发电权，解决好无歧视、无障碍上网问题。

同时，宁夏于2017年发布《自治区物价局关于我区可再生能源发电项目上网电价管理有关问题的通知》，对陆上风

电、光伏发电项目上网电价，由中国国网宁夏电力公司依据政府能源主管部门制定的建设规划及年度开发指导规模，对照具体项目备案（核准）文件后，按照中国国家发展改革委有关电价政策规定执行；其他可再生能源发电项目上网电价，由中国国网宁夏电力公司依据中国国家发展改革委规定的上网电价执行。该政策的发布极大的促进了可再生能源产业的发展。

综合考虑数据中心典型性及数据可获得性，宁夏可供研究的数据中心1家。宁夏A数据中心占地46209平方米，采取海尔磁悬浮中央空调制冷，总能耗预估为270万千瓦时。研究发现该数据中心电力采用市电，无单独使用可再生能源的情况。

考虑宁夏中卫地区光照充足，周边建设有西北最大的光伏产业园，截止2018年装机已超过1000MW，并且宁夏省政府在《宁夏回族自治区能源发展“十三五”规划》中鼓励可再生能源参与市场交易。因此，本报告认为该地区具备数据中心直接使用可再生能源的潜力。

2.7.3 地方政策

近三年宁夏没有关于数据中心的政策发布，追溯到最近的关于数据中心的相关政策主要为：

2013年4月，宁夏回族自治区政府发布《关于推进新一代数据中心建设发展的意见》运用云计算、虚拟服务、绿色节能等先进技术，整合、改造已建数据中心，推动“绿色数据中心”的建设与发展。

2015年10月，《自治区人民政府办公厅关于进一步加快云计算产业发展的若干意见》颁布，鼓励利用区域能源地理优势，打造云计算产业发展高地；集中优势资源，形成集聚效应，避免各地分散建设数据中心。

宁夏近三年无数据中心相关政策发布，追溯到三年以前的两项政策，集中在鼓励数据中心产业的发展，运用节能技术推动绿色数据中心的发展，而非鼓励数据中心采用可再生能源。2017年《关于我区可再生能源发电项目上网电价管理有关问题的通知》发布，对宁夏的可再生能源上网电价做了规定，明确了各项可再生能源的具体定价主体与定价标准。

2.8 总结

1. 2019年2月三部委联合发布的《关于加强绿色数据中心建设的指导意见》（下称“指导意见”）明确提出，2022年新建大型、超大型数据中心的PUE值达到1.4以下的目标。对七个重点地区的政策梳理后发现，目前地方数据中心行业的节能减排政策也是以鼓励提高节能技术水平为主，对PUE值等能效指标作出约束。

但“指导意见”同时将“清洁能源应用比例大幅提升”作为未来绿色数据中心建设的主要目标。2019年5月出台的《关于建立健全可再生能源电力消纳保障机制的通知》也明确要求售电企业和电力用户协同承担可再生能源的消纳责任。这是从消费端促进可再生能源消纳的重要一步。

基于上述最新国家政策的要求，未来各地方也应把可再生能源应用比例作为新建绿色数据中心的重要衡量标准。

2. 可再生能源丰富的内蒙古、宁夏、贵州等地方政府充分利用当地资源与气候优势，支持数据中心产业发展。同时部分地区也已经开展了一定程度的可再生能源市场化交易的试点，在促进本地消纳的同时降低了用户采购电力的成本。因此综合考虑气候、用电成本、可再生能源的应用潜力等因素，内蒙古、宁夏、贵州为代表的西部省份有望成为新建数据中心选址的热门地区。

3. 在广东、上海、北京为代表的数据中心分布最密集的东部地区，已经相继出台了限制新建数据中心PUE值的政策要求。限制数据中心规模和数量的同时，可再生能源应用情况也应成为新建数据中心的重要考核标准。由于当地可再生能源基本实现全额上网，由电网负责消纳，本地数据中心企业除了自建和采购绿证等途径，未来主要通过跨省可再生能源的采购来满足对可再生能源的需求²¹。

03

中国数据中心 向可再生能源 转型的必要性

3.1 大趋势：减排、向可再生能源转型的趋势

3.1.1 减排趋势

气候变化和环境问题的日益严峻，使得减少二氧化碳排放成为全社会的共识。2016年11月4日正式生效的《巴黎协定》为2020年后全球应对气候变化行动做出了安排，核心内容包括：将全球平均气温升幅控制在工业化前水平 2°C 之内，并为把升温控制在 1.5°C 之内努力；尽快实现温室气体排放达峰；加强气候行动国际合作，实现全球应对气候变化长期目标。

联合国政府间气候变化专门委员会 (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) 在2018年10月8日发布的一份报告中说，能否实现2015年《巴黎协定》所设较为严格的“1.5摄氏度”控温目标，对今后数十年地球生态系统和许多人而言“生死攸关”。要想实现“1.5摄氏度”目标，亟待全球社会大幅减少温室气体排放，并且在能源体系、耕

地使用、城市和工业设计、交通、建筑等领域迅速作出深刻变革。

对任何公司而言，减少气候变化的负面影响符合自身利益。气候变化会影响农业生产和自然资源供应、干扰物流和供应链并引发建筑物和基础设施的损害，从而影响企业的日常运营和能源成本管控。除此之外，企业也面临着气候变化造成的一些间接风险，例如监管和政策变化以及消费者行为的改变。因此，许多处在可持续发展和气候化管理最前沿的公司纷纷公开表示支持《巴黎协定》，不同行业、供应链上下游的企业也都通过制定科学的碳目标、使用可再生能源、提高能效等途径参与到减少碳排放和应对气候变化的行动中。

3.1.2 中国能源转型

能源转型是指能源生产和消费结构的变化，也即能源结构中占主导地位的能量（主体能源）的变化。在这个意义上，迄今人类社会已完成了两次能源转型：第一次转型是煤炭取代薪柴成为主体能源，人类由此进入“煤炭时代”；第二次转型是石油取代煤炭成为主体能源，人类由此进入“石油时代”。目前，人类正在经历从“石油时代”向“低碳时代”的第三次能源转型。

中国能源转型的目标是构建绿色低碳、安全高效的能源体系。能源转型的核心内容，是在优化利用存量化石能源项目、确保实现能源供应安全的前提下，通过政策激励使清洁低碳能源成为我国能源供应增量的主要来源，通过逐步替代，最终实现能源供应主体由高碳化石能源向低碳清洁能源的根本转变²²。

有研究表明，如果要支持全球 2°C 温升目标，中国的能源活动产生的碳排放需要在2025年前达峰。实现 1.5°C 温升控制目标对于中国来说更是极具挑战，这意味着中国要加速经济结构调整和能源转型。鉴于大众对大气污染、气候变化等议题的关注度逐年提升，使用低碳清洁的可再生能源已经成为社会整体对企业的合理期望。只有广泛使用可再生能源，大幅提高用能效率，才可能使碳排放尽快达峰，并在2050年实现温室气体零排放。因此对于企业而言，主动参与、甚至引领本行业的能源转型潮流，将是一流企业核心竞争力的重要体现。

3.2 数据中心行业能源转型的动力

3.2.1 能源成本驱动企业能源转型

大规模数据中心带来的能源成本增加会直接影响企业运营成本的结构。在云技术出现之前，电力成本曾是微软运营预算中相对较小的组成部分，一般通过短期（1到3年）合同采购。但随着微软开始建造20年以上运营寿命的数据中心，其当前和未来预计的用电需求随之大幅增长。具体而言：微软为建造数据中心的每一美元资本支出，在数据中心整个运营寿命期间将带来1.5-2美元的能源成本需求。因此，微软在资本密集型数据中心上的投资意味着电力成本从过去的临时性费用转化为了需要战略化管理的大额长期成本。

为了应对数据中心业务带来的能源成本增长，微软逐渐转向采购可再生能源。截至2018年，微软凭借高达1.2GW的总采购量，成为全球第三大清洁能源电力购买方。通过与发电方签订长期购电协议等方式，微软不仅享受了从大型可再生能源发电项目采购清洁电力的规模经济效益，更拥有了对冲未来电价上涨的风险的能力。

亚马逊也面临着和微软类似的能源成本问题。亚马逊的云计算业务 Amazon Web Services（简称 AWS）是亚马逊增长最快、利润最高的部门，但它也带来了大量前期基础设施建设成本和持续支出，其中最大的支出就是电费。为了更好的管理成本，为世界各地数据中心提供可再生能源，亚马逊在2015年中成立了亚马逊能源（Amazon Energy），专门负责可再生能源采购相关的业务。

中国数据中心企业通过采购可再生能源，也可以大幅度降低用电成本。例如在弃风问题比较突出的河北省张家口市，当地采取了“政府+电网+发电企业+用户侧”的“四方协作机制”，通过挂牌交易的形式，由供电厂来买用户企业的指标，在供电的价格基础上，增加国网等输配电费用，从而使得当地数据中心企业实现100%可再生能源供电的同时，用电单价仅为市电的66%左右。

3.2.2 能源转型提升企业品牌

企业品牌形象代表着方向和目标。它不仅可以使消费者有效识别和选择商品，在艰难时期，良好的企业形象还可以保护企业品牌免于受损。而通过履行社会责任，可以获得所有利益相关者对企业的良好印象，增强投资者信心，提高企业对优秀人才的吸引力，从而提升企业的品牌形象和竞争力。

在全球能源转型的大背景下，使用可再生能源成为很多巨头企业树立企业品牌形象、实践社会责任的一个理想选择。截至2019年上半年，全球市值最高的4家企业（Microsoft、Apple、Amazon、Alphabet）都做出了100%使用可再生能源的承诺（亚马逊的母公司未做出承诺，旗下的云服务业

务 AWS 承诺 100% 使用可再生能源）。上述四家科技企业，加上另外两家 VISA 和 Facebook，这六家作为 2019 年全球品牌价值最高的企业²³，都已经全部承诺了 100% 使用可再生能源。

无论实体制造业还是金融服务业，能源都是公司发展、经济增长的基本驱动力。上述这些耳熟能详的大牌对可在生能源目标的执着，一定程度上说明了可再生能源对于企业践行社会责任的普适性。使用低碳清洁的可再生能源符合社会整体对企业的合理期望。

3.2.3 能源转型满足客户需求

许多以 100% 可再生能源为目标的国际企业，甚至进一步开始要求包括上游供应商在内的合作伙伴提高可再生能源的使用。例如，2019 年 4 月 11 日，苹果公司宣布，有 44 家供应链合作伙伴已经承诺 100% 采用清洁能源生产苹果公司的产品。苹果的供应商企业主要来自中国。作为许多中国企业的大客户，苹果在 2018 年与中国供应商伙伴建立了中国清洁能源基金。许多参与的企业能够借此增加可再生能源的使用，满足来自客户的需求。

除苹果之外，全球许多企业都承诺其在全球范围内的工厂、办公楼实现 100% 可再生能源使用。如全球领先的食物加工与包装解决方案提供商利乐公司就承诺，到 2030 年将在全球工厂、营销公司及办事处百分百使用可再生能源；三星电子将在 2020 年之前为美国，欧洲和中国的所有工厂，办公楼和运营设施使用 100% 的可再生能源，增加在全球范围内对可再生能源的使用。这些对当地能源供应商、合作企业等无疑会是一个不小的挑战，但同时也是重要的驱动力。

事实上，全球已经有超过 170 家的企业加入 RE100²⁴，承诺甚至已经实现了 100% 使用可再生能源。其中既有互联网行业的谷歌、微软、脸书等领导企业，也有可口可乐、宜家、宝洁、

H&M 等大众消费品牌，更不乏麦肯锡、高盛、ING、普华永道等咨询、金融、保险、审计行业的头牌企业。

进一步分析以上承诺 100% 使用可再生能源企业的行业构成，数据中心下游的互联网企业数量排在第三位，排在前两位的行业分别是消费品行业（包含必需品和非必需品）占企业总数的 36%，和金融行业，占企业总数的 25%²⁵。而这两个行业客户群分别对应了庞大基数的普通消费者和前 1% 的投资者。这两个行业对可再生能源的重视显然不仅是出于自身业务用电对环境的影响，更是对客户（普通消费者和投资者）所关注的绿色能源的一种积极响应。

3.3 中国能源与环境政策要求

3.3.1 “双控”要求

1. 双控要求的具体内容

双控要求是指把能源消费强度和能源消费总量作为经济社会发展重要约束性指标。国家“十一五”规划将单位 GDP 能源降低作为约束性指标，“十二五”规划在把单位 GDP 能耗降低作为约束性指标的同时，提出合理控制能源消费总量的要求。“十三五”期间，国家继续实施能耗总量和强度双控行动，按照行动要求，到 2020 年单位 GDP 能耗强度比 2015 年降低 15%，能源消费总量控制在 50 亿吨标准煤以内。

2. 双控要求对数据中心的影响

双控任务实行的是指标分解落实机制，即将指标分解到各省级地方政府。在此压力下，地方政府已陆续出台了降低能源消耗强度、减少主要污染物排放总量的双控实施方案。政府将综合运用经济、法律等手段，加大推进工业、建筑、交通等重点领域节能减排，加强重点行业和企业能源管理体系建设，提高用能设备能效水平，对高耗能行业产品能耗标准将

更加严格。这意味着节能减排、能效管理不仅是企业内部经济成本收益问题，而且是满足政府对企业的强制性要求问题。换言之，节能减排、能效管理不是企业愿不愿意做的问题，而是企业必须做的问题。

就数据中心行业而言，2018 年 10 月 29 日上海市要求存量改造数据中心 PUE 值不高于 1.4，新建数据中心 PUE 值不高于 1.3。类似地，北京市在 2018 年下半年发布的《北京市新增产业的禁止和限制目录（2018 年版）》中也明确规定，“全市层面禁止新建和扩建互联网数据服务、信息处理和存储支持服务总的数据中心（PUE 值在 1.4 以下的云计算数据中心除外）”。2019 年 1 月 21 日，工业和信息化部、国家机关事务管理局、国家能源局印发了《关于加强绿色数据中心建设的指导意见》，明确提出建立健全数据中心标准评价体系和能源资源监管体系，引导大型和超大型数据中心设计 PUE 值不高于 1.4，力争通过改造使既有大型、超大型数据中心 PUE 值不高于 1.8。

3.3.2 可再生能源电力配额制

所谓配额制，是指政府强制要求配额义务的主体完成规定数量或比例的可再生能源电力义务。配额制将电力消费中可再生能源的比重作为约束性指标，鼓励、支持、保障可再生能源电力的“优先发展”和“充分利用”，为可再生能源创造持久的市场需求。配额制在执行过程中，通常由专门机构对可再生能源发电量进行认证，并发放可交易的绿色证书（绿证）。配额义务主体在无法自行开发可再生能源电力，或者认为自己开发可再生能源电力不经济的情况下，可以选择购买绿证来完成其义务。

1. 配额制进展情况及展望

2019年5月10日，国家能源局正式印发了《关于建立健全可再生能源电力消纳保障机制的通知》，可再生能源电力配额制最终更名为“可再生能源电力消纳保障机制”。《通知》对政府部门、电网企业、电力用户等各类承担消纳责任的主体提出优先消纳可再生能源的明确要求，强调对电力消费侧市场行为进行引导，推动能源消费向绿色用能转变。《通知》按省级行政区域对电力消费设定可再生能源电力消纳责任权重，强调由供/售电企业和电力用户协同承担消纳责任。

为了全力推进保障机制切实落地，《通知》提出分两个层次对消纳责任权重完成情况进行监测评价和考核，一是省级能源主管部门负责对承担消纳责任的市场主体进行考核，对未履行消纳责任的市场主体督促整改，对逃避消纳社会责任且在规定时间内不按要求进行整改的市场主体，依规列入不良信用记录，纳入失信联合惩戒。国家按年度公布监测评价报告，作为对其能耗“双控”考核的依据。二是国家按省级行政区域进行监测评价。对超额完成消纳责任权重的省级行政区域予以鼓励，对未完成消纳责任权重的市场主体要求限期整改，将可再生能源消费量与能耗“双控”考核挂钩。《通知》自2020年1月1日起，全面进行监测评价和正式考核。

政策端在强制约束各地最低消纳责任同时，试图引进市场交易的机制。在考核主体实际消纳可再生能源的同时，可以通过两种方式完成消纳任务。

(1) 向超额完成年度消纳量的市场主体购买其超额完成的可再生能源电力消纳量（简称“超额消纳量”），双方自主确定转让（或交易）价格；

(2) 自愿认购可再生能源绿色电力证书（简称“绿证”），绿证对应的可再生能源等量记为消纳量。

可再生能源电力消纳保障机制是在电力市场化交易的总体框架下，为落实可再生能源优先利用法定要求，依法建立强制

性市场份额标准，对各类直接向电力用户售电的电网企业、售电公司和通过电力市场直接购电的用电企业的市场行为进行引导的一种机制，是符合我国目前改革方向的一种市场化的手段，也是推动全社会以总成本最小的方式实现能源转型的最有效措施：

1. 可以解决可再生能源限电问题，使可再生能源消纳具有强制性，提高风电、光伏等可再生能源发电在终端的消费比重；
2. 不仅有利于本省内新能源电力的最大化消纳，还将促进跨区域的调度，对可再生能源电力溢出省份的电力消纳同样帮助较大；
3. 缓解政府补贴压力，改善可再生能源发电企业的现金流压力。

2. 可再生能源电力消纳保障机制（配额制）对企业的影响

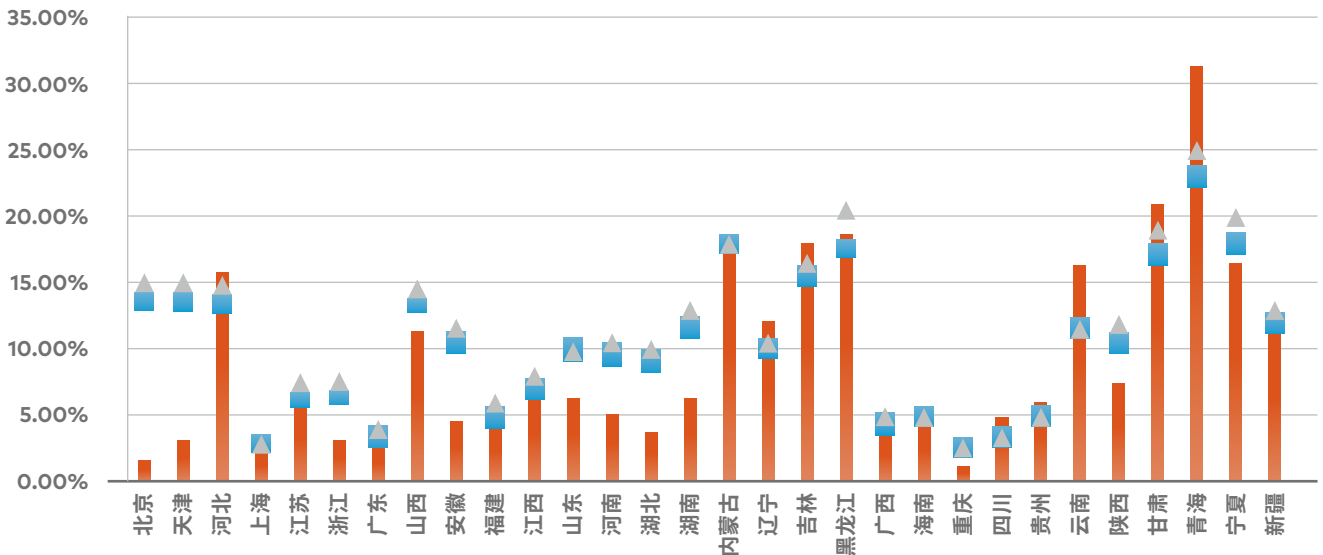
在可再生能源电力消纳保障机制（配额制）下，通过电力批发市场购电的电力用户将是配额制的市场主体，这些企业需承担与其用电量相对应的配额。随着国家对可再生能源发展的重视程度的提高，以及由于技术进步带来的可再生能源补贴政策的退坡，承担可再生能源配额义务的主体的范围将扩大，可能不局限于通过电力批发市场购电的用户，其他用电大户也可能成为配额义务的市场主体。

从图表 22 中可以看出，数据中心较为集中的北京、浙江等地区今年第一季度可再生能源消纳占比均远远低于配额制今明两年的最低目标。结合 2019 年 6 月全面放开经营性电力用户参加电力市场交易的新政策（详见 4.1.2），大量原本没有机会参与电力批发市场交易而不需要完成配额义务的数据中心有可能会受到消纳保障机制的约束，这些地区的企业未来可能面临非常大的可再生能源/绿证采购压力。

图 18 - 全国主要地区 2019 年一季度可再生能源消纳占比

(数据来源：全国新能源消纳监测预警中心，国家能源局)

■ 2019 第一季度实际比值
■ 2019 最低消纳责任权重
▲ 2020 最低消纳责任权重



3.4 绿色数据中心标准与可再生能源

互联网和计算机技术的发展使得数据中心的建设需求也在不断增加。近来，三大运营商、大型央企及部分互联网新兴企业都投入大量资金用于数据中心的建设；而大量数据中心投入运行一段时间后，能源消耗、运营管理、业务响应速度、资源整合各方面都凸显危机，确保数据机房取得最大化的能源效率和最小化的环境影响已成为数据中心建设者追求的目标，绿色数据中心（Green Data Center）便顺势而生。

住房和城乡建设部于 2015 年 12 月颁布了《绿色数据中心建筑评价技术细则》，作为国家标准《绿色建筑评价标准》GB/T 50378-2014 的补充，对新建、改建、扩建的数据中心建筑进行评价，总结了国外近年来绿色数据中心建筑评价的经验与成果，借鉴了国际和国内互联网通信行业数据中心建

设的经验。《细则》将绿色建筑评价分为设计评价和运行评价。设计评价的重点在评价绿色建筑采取的“绿色措施”和预期效果上，而运行评价则不仅要评价“绿色措施”，而且要评价这些“绿色措施”所产生的实际效果。

2017 年 7 月 6 日，《工业和信息化部办公厅 国家机关事务管理局办公室 国家能源局综合司关于开展国家绿色数据中心试点单位评价工作的通知》（工信厅联节函[2017]384 号）文件发布的《国家绿色数据中心试点评价指标体系（2017）》中规定“可再生能源和清洁能源应用：应用高比例可再生能源或清洁能源（包括自有设施生产和外购的可再生能源或清洁能源）”作为加分项，用电比例达到当地供电系统配电网可再生能源渗透率加 1 分，每增加 10% 加 1 分，最多 5 分。

04

中国数据中心 向可再生能源 转型的路径

4.1 数据中心采购可再生能源的现有路径及挑战

4.1.1 自建可再生能源项目

自建项目可以是建立集中式电站或者分布式光伏发电，其中，分布式光伏发电特指采用光伏组件，将太阳能直接转换为电能的分布式发电系统。目前应用最为广泛的分布式光伏发电系统，是建在城市建筑物屋顶的光伏发电项目。我国自2013年开始大力开拓分布式光伏发电市场，鼓励各类电力用户按照“自发自用，余量上网，电网调节”的方式建设分布式光伏发电系统。随着光伏发电技术的提高，成本的大幅下降，集中式光伏电站和分布式光伏发电的上网电价水平均多次下调。

数据中心自建分布式可再生能源项目案例：

北京中经云亦庄数据中心于2016年投入使用，数据中心大楼顶层设计安装有800kW（10000平方米）的光伏电站，利用太阳能为建筑（生活热水、夏季空调）提供电力²⁶。

数据中心投资集中式可再生能源项目案例：

2015年苹果开始对中国光伏产业进行投资，分别与四川晟天新能源、中环能源、加州阳光电力合资成立企业，在四川和内蒙古运营集中式光伏电站。在风电领域，苹果于2016年入股金风科技下属4家新能源公司，各获得30%股权，为中国电网增加285兆瓦的清洁能源²⁷。

根据国家发改委2019年4月30日发布的《关于完善光伏发电上网电价机制有关问题的通知》，纳入2019年财政补贴规模，采用“自发自用、余量上网”模式的工商业分布式（即除户用以外的分布式）光伏发电项目，全发电量补贴标准调整为每千瓦时0.10元；采用“全额上网”模式的工商业分布式光伏发电项目，按所在资源区集中式光伏电站指导价执行。能源主管部门统一实行市场竞争方式配置的商业分

布式项目，市场竞争形成的价格不得超过所在资源区指导价，且补贴标准不得超过每千瓦时0.10元²⁷。

根据国家发改委和国家能源局2017年底相继发布的《关于开展分布式发电市场化交易试点的通知》和《关于开展分布式发电市场化交易试点的补充通知》的规定，企业可以通过直接交易、委托电网企业代售电、电网企业按标杆上网电价收购等三种模式实现分布式发电的市场化交易。

企业自建可再生能源项目（如分布式光伏发电）的经济收益包括三个方面：

- 一、企业自发自用可再生能源减少的购电支出；
- 二、国家给予企业的发电补贴；
- 三、企业向电网公司或其他电力用户的售电收益。

自建可再生能源项目目前对于数据中心用户还存在一些挑战，主要体现在以下两方面：首先，分布式光伏所产生的电量仅能满足少部分的数据中心用电需求；其次，通过投资等方式自建集中式电站虽然能够满足高比例的用电需求，且长期看具备一定的经济性，但是项目前期对资金的要求比较高，作为数据中心企业的非主营业务，国内企业还尚未大范围开展。根据项目前期的沟通，已经有个别行业领导企业对这类投资行为表现出了浓厚的兴趣。

4.1.2 市场化采购可再生能源

2015年3月《关于进一步深化电力体制改革的若干意见》(简称“9号文”)以中共中央国务院名义(中发[2015]9号)高调发布,开启了我国新一轮电力市场化改革。本轮电改的核心内容可以概括为:“三放开、一独立、三强化”。“三放开”是指即按照管住中间、放开两头的体制架构,有序放开输配以外的竞争性环节电价;有序向社会资本放开配售电业务;有序放开公益性和调节性以外的发用电计划。“一独立”是指推进交易机构相对独立,规范运行。“三强化”是指继续深化对区域电网建设和适合我国国情的输配体制研究,进一步强化政府监管;进一步强化电力统筹规划;进一步强化电力安全高效运行和可靠供应。

本轮改革的最大亮点是售电侧改革。除了电网企业的售电公司仍为售电主体之外,社会资本投资增量配电网,拥有配电网运营权的售电公司,以及不拥有配电网运营权,不承担保底供电服务的独立售电公司都可成为售电主体。

2019年6月27日,国家发改委下发《关于全面放开经营性电力用户发用电计划的通知》(发改运行(2019)1105号,简称《通知》),电力用户侧放开走出具有标志意义的一步。《通知》规定,经营性电力用户的发用电量原则上全部放开。这里的“经营性电力用户”,是指“居民、农业、重要公用事业和公益性服务等行业电力用户”。除了不符合国家产业政策的电力用户暂不参与市场化交易外,其他经营性用户(无论是大用户还是小用户),只要是经营性电力用户均可参加电力市场交易。不过,经营性电力市场放开允许各地结合本地区电力供需形势,设定一定时间的过渡期。经营性电力用户全面放开参与市场化交易的主要形式包括直接参与、由售

电公司代理参与、其他各地根据实际情况所确定的市场化方式等。直接参与电力市场,意味着企业可直接与发电企业签订双边电力交易合同。

尤其值得一提的是,为了进一步降低弃水、弃风、弃光现象,《通知》规定,电网企业、电力用户和售电公司应按要求承担相关责任,落实清洁能源消纳义务。鼓励经营性电力用户与核电、水电、风电、太阳能发电等清洁能源开展跨省跨区市场化交易,消纳优先发电计划外赠送清洁能源电量。简言之,电力用户购买清洁能源电力将得到鼓励。

数据中心市场化采购可再生能源项目案例:

百度阳泉数据中心2017年签约风力发电2600万千瓦时,清洁能源使用占比达到16%,2018年风电用量达到5500万千瓦时。可再生能源技术的使用,使得阳泉数据中心全年二氧化碳减排2.6万吨²⁹。

市场化采购可再生能源的主要挑战来自于政策机制层面,目前还在建设中的分布式市场化交易、现货市场等采购模式仍然处于试点阶段,而不同市场机制(中长期交易市场、现货市场、辅助服务市场)之间有待进一步统筹协调。除个别地区的特定类型的电力用户,尚缺乏全国性的针对可再生能源的市场化交易规则。因此一些地区已经存在市场化采购可再生能源的成功案例,目前还有待向其它地区或者其它类型的用户进行更大范围的复制和推广。

4.1.3 采购绿色电力证书

按照国家可再生能源信息管理中心2017年6月公布的《绿色电力证书资源认购交易实施细则(试行)》的规定,绿色电力证书是指信息中心按照国家相关管理规定,依据可再生能源上网电量,通过国家能源局可再生能源发电项目信息管理平台,向符合资格的可再生能源发电企业颁发的具有唯一代码标识的电子凭证。绿证可以在全国绿色电力证书自愿认购交易平台上进行交易。绿证自愿认购交易无交易时间限制,交易参与者可以是纳入绿证自愿认购交易体系的企业、机构,也可以是符合规定的投资机构、其他组织和个人。绿证自愿认购交易试行期间采用单向挂牌或协议转让的交易方式。交易完成后,交易系统自动生成电子交易凭证,具有相应的法

律效力。卖方相应的电量不再享受国家可再生能源电价附加资金补贴。卖方在未申领绿证、申领绿证未挂牌出售或协议转让,以及挂牌出售未售时,仍可继续享受国家可再生能源电价附加资金补贴。

电力成本是数据中心企业的主要运营成本之一,因此大批量采购绿证对于数据中心的挑战主要在于成本。目前中国绿证由于其替代补贴的目的,价格普遍高于国际水平,如果通过大批量采购绿证来提高可再生能源比例,意味着额外增加了电力成本。平价上网、配额制等支持性政策落实以后,绿证成本将大幅下降,企业采购绿证的意愿将会大幅度提高。

企业走访

在针对一些主要的 ICT 企业数据中心进行公开信息收集的同时外，本次针对“企业在可再生能源和可再生能源方面有什么动作和计划”的问题，项目团队与中国主要 ICT 企业的相关负责人进行了交流：

表 5 - 主要 ICT 企业走访内容³⁰

交流对象	交流内容			
	PUE 最优现状	绿电采购意向	企业内部采购	其他
企业 A 某地区数据中心相关负责人	1.3 左右	有兴趣	暂无采购计划	存在数据中心使用可再生能源的情况
企业 B 某地区数据中心相关负责人	1.09	暂无规划	暂无计划	强调了成本的重要性
企业 C 某地区数据中心相关负责人	未提及	暂无规划，但有意向	需进一步讨论	存在数据中心使用可再生能源的情况
企业 D 某地区数据中心相关负责人	未提及	暂无规划	未提及	存在数据中心使用可再生能源的情况

本次交流的 4 家 IDC 企业基本都存在数据中心使用可再生能源的情况，但大多处于实验和试点阶段；尽管现有三种途径存在成本、政策、技术层面的挑战，目前 4 家企业均无比较明确的可再生能源相关的内部采购计划，但在对可再生能源政策和成本变化趋势有了进一步的了解后，各企业相关负责人均表达了采购的兴趣和意向。

4.2 市场化可再生能源采购模式的探索

相比购买绿证与自建模式，市场化采购模式的内涵更为丰富，理论上存在多种互为补充的市场可供用户选择。目前包括现货市场、分布式市场化交易等试点还在推进中，因此缺乏成功的企业用户采购可再生能源案例的借鉴。国外的采购模式与成功案例虽然在短期内在中国推广的难度较大，但是有助于数据中心企业通过国际经验，把握未来中国可再生能源用户端消纳途径的发展方向。

4.2.1 中国市场化可再生能源采购模式介绍

1. 电力直接交易、售电代理模式

按照电力体制改革指导意见及配套政策精神，电力用户可以选择与发电企业、售电公司签订购售电合同，进行电力市场交易。在风电、光伏、水电等清洁能源并网消纳过程中，数据中心可以通过上述方式与清洁能源供应商签订购电协议，提高清洁能源消费比重。

目前，中国已经组建北京、广州 2 个全国性的区域电力交易机构，以及覆盖各个省（市、区）的省级电力交易机构。数

据中心作为市场参与主体，既可以参与省内电力市场交易，也可以参与跨省跨区的电力市场交易。既可以自行参与交易，也可以委托售电公司代理。

大用户直接交易的主要方式有双边协商、集中撮合和集中竞价，交易频次有年度交易、季度交易、月度交易和日前交易。在电力体制改革推进的前期，大用户直接交易试点以地方政府主导，以年度为频率。目前，中国国内交易市场“多买 - 多卖”的交易模式已经形成，交易频次也从年度交易扩展到日前交易。

2. 分布式光伏、分散式风电“隔墙售电”

在“放开两头，管住中间”电力市场改革思路下，中国国家能源管理部门正在积极推进分布式能源市场交易，并下发《关于开展分布式发电市场化交易试点的通知》等文件，推进分布式能源“隔墙售电”，这是中国电力市场化进程的重要进步。

按照相关政策，分布式发电项目单位（含个人）可以与配电网就近电力用户进行电力交易，电网企业（含社会资本投资增量配电网企业）承担分布式发电的电力输送并配合有关电力交易机构组织分布式市场化交易，按照政府核定的标准收取“过网费”。

基于此，数据中心作为配网侧的电力用户，在 110kV 电压等级内，可以选择与就近的分布式能源品种直接交易。目前两类分布式能源正在被积极推向市场：分布式光伏、分散式风电。

分布式光伏与分散式风电最大的优势是贴近用户侧，通过市场交易模式，发电和用电主体可同时得到边际改善。一是发电主体提高经济收益，减少弃风限电的风险，二是用电主体通过市场交易可以降低用电成本，三是市场交易模式下，对于缓解财政补贴压力具有积极的推动作用。

对于分散式风电而言，最大的特点在于可以依托数据中心所在的园区土地资源和负荷资源，实现风资源的就近消纳。目前在政策上，中国鼓励各地采取多种方式支持分散式风电建设。分散式风电可以参与市场化交易，上网电价由发电企业与电力用户直接协商形成，不享受国家补贴；对不参与发电市场交易的，执行当地风电指导电价；按照平价

上网风电 > 分散式风电 > 需国家补贴的竞争性配置风电项目的上网次序。

数据中心可以与分散式风电运营商签订购售电协议，在市场交易的机制下进行可再生能源资源的消纳。

3. 电力现货市场交易

现货市场与中长期直接交易市场、电力期货等衍生品构成现代电力市场体系。电力现货主要包括日前、日内和实时的电量和备用等辅助服务交易市场，具有发挥发现价格、完善交易品种、形成充分竞争的作用。

2017 年 9 月 5 日，中国国家发展改革委办公厅和国家能源局综合司联合发布《关于开展电力现货市场建设试点工作的通知》，选择南方（以广东起步）、蒙西、浙江、山西、山东、福建、四川、甘肃等 8 个地区作为第一批试点。

目前，南方（以广东起步）电力现货市场率先启动试运行，甘肃、山西、浙江电力现货市场开启试运行。山东、蒙西、福建、四川均已完成现货市场建设方案，正按地方政府主管部门计划进行方案完善和规则编制等工作。

2019 年 8 月 7 日，国家发展改革委、国家能源局联合印发《关于深化电力现货市场建设试点工作的意见》，其中明确提出“建立促进清洁能源消纳的现货交易机制”，要求各电力现货试点地区应设立明确时间表，实现清洁能源的优先消纳。在电力现货交易的推进过程中，数据中心可以凭借自身优势参与电力现货交易的申报，作为电力批发市场交易的补充。

4.2.2 国外采购案例介绍

1. 直购电（虚拟购电协议，Virtual Power Purchase Agreement，简称 VPPA）

虚拟购电协议由可再生能源发电企业和购电方直接签署，年限一般是 20 年，在协议规定的年限内买卖双方将按照协议电价和电量进行交易。虚拟购电协议作为直购电协议的一种，不仅能够帮助企业规避远期电力价格波动所带来的风险，还可帮助完成可再生能源使用目标。

为了应对数据中心能耗快速增长以及完成公司碳中和的承诺，2013 年与 2014 年，微软通过 VPPA 的方式分别购买了 20 年的 110MW 和 175MW 的风能以抵消公司的电力消费，实现碳中和目标。两个项目分别位于得克萨斯州与

伊利诺伊州。其中，110MW 项目与微软数据中心属同一电网，购买的可再生能源电量直接进入当地电网并送入数据中心使用。

与常规的“购买市电 + 可再生能源证书”的模式不同，直购电协议由于其合同周期长，可以通过固定电价来规避市电价格的波动性，同时由于协议中的电价包含了可再生能源证书的价格，其实际价格通常比常规方式的价格低。不论从成本角度，还是可持续发展角度，直购电协议均比常规采购可再生能源的方式具有优势。

2. 绿色电费项目 (Green Tariff)

Facebook 的 72% 的碳排放与 98% 的电力消耗均来自数据中心，为了提高能源使用效率、推动可再生能源发展，Facebook 为其新建的数据中心采购 100% 可再生能源。

新墨西哥州的电力市场为传统的管制市场，消费者无法直接从可再生能源发电方购买电力，而需要通过本地公用事业机构完成购买。绿色电费项目是该州为了解决非居民的大户用电企业采购可再生能源问题而实行的项目。该项目的合同时限多为两年以上，且可再生能源价格为固定费用，用户也可以自由选择可再生能源的具体来源，但要求可再生能源需求量必须大于 10MW 且可再生能源比重至少为 75%。

该项目的整体流程始于新墨西哥州公共事业委员会对 Facebook 绿色电费项目方案的审核。该方案于 2016 年 8 月 17 日审核通过，随后交由公共事业公司 (Public Service Company of New Mexico, 简称 PNM) 与可再生能源发电方签署购电协议 (PPA)，同时由 PNM 于 Facebook 签署特殊服务合同。Facebook 的可再生能源合同于 2017 年 1 月 27 日正式签订。可再生能源电力由与 PNM 签署 PPA

协议的可再生能源发电企业经由电网直接输送至数据中心。Facebook 可再生能源项目费用约为 3100 万美元 / 年，其中 PNM 向 PNMR-D 支付的费用为 47.5 美元 / 千瓦时 (包含绿证费用)，包括输配电等特殊服务费用，以及可再生能源法案所要求的可再生能源费用。

项目初期，PNM 向 Facebook 数据中心提供来自 PNMR-D 的 30MW 的太阳能可再生能源。随着后期数据中心扩建，PNM 将从其他发电企业采购可再生能源以满足其 110MW 的用电负荷。当实际用电量超出采购电量时，PNM 可按 Facebook 要求为其购买相似发电设备的绿证。

3. 自持可再生能源发电设施

苹果公司位于加利福尼亚州 Newark 的数据中心在 2013 年完成了 100% 使用可再生能源的目标，能源全部为风电，通过加州直接接入系统直供数据中心。2017 年，苹果在加州自建 130MW 太阳能发电项目上线，数据中心及其他设施全部采用该项目产生的电力。2018 年该数据中心通过直供共计获得 1.14 亿千瓦时的可再生能源。

4.3 中国数据中心向可再生能源转型的建议

由之前的研究和分析可以看出，目前中国数据中心大部分依然在采用市电供电的方式，尽管部分数据中心开始讨论、规划采购可再生能源来替代传统化石能源并减少碳排放，但受限于中国电力市场交易政策等因素，现有可再生能源采购途径存在机制、成本等挑战。为了应对这些长期性的挑战，在现有条件下帮助数据中心企业探索短期内最有可能实现的转型路径，我们特在本节分别针对政策制定者及数据中心企业提出了一些较为直观且可行的建议。

4.3.1 面向政策制定者的建议

1. 扩大可再生能源市场化交易的试点范围

目前中国的电力市场主要以火电交易为主且基本发生在发电企业本省内部。2015 年，中央 9 号文件《关于进一步深化电力体制改革的若干意见》及其配套文件为下一步电力市场化改革打下了基础。但目前可再生能源在保障消纳的基础上进行市场化交易仅有一些地区性的试点，参与试点的企业用户类型比较有限。因此本报告建议，在 2019 年 6 月发改委《关于全面放开经营性电力用户发用电计划的通知》的基础上，中国应参照《京津冀绿色电力市场化交易规则》，扩大可再生能源市场化交易机制试点地区，让更多类型、不同规模的企业用户有机会参与可再生能源采购。

2. 拓展绿证核发范围，降低绿证价格

国家发展改革委、国家能源局《关于积极推进风电、光伏发电无补贴平价上网有关工作的通知》中提出“鼓励平价上网项目和低价上网项目通过绿证交易获得合理收益补偿”。因此，为了解决现有绿证用于替代补贴，导致企业采购绿证成本过高的挑战，本报告建议应拓展绿证的核发范围，将补贴目录以外的平价上网项目的可再生能源也纳入绿证的核发范围。此类绿证不用于替代补贴收入，对发电而言属于额外收益，其价格存在比较大的下调空间，有助于用户以合理的成本获得绿证，提高企业通过绿证实现可再生能源目标的积极性。

3. 双控目标与新建数据中心的审批政策挂钩

部分东部发达地区对数据中心的需求近年来持续增长，当地政府对用电量剧增的数据中心行业设立了新的准建政策。目前中国数据中心建设有放缓的趋势，审批难度相较之前加大，原有的北京、上海、广东等数据中心集中地区均已对新建数据中心的 PUE 作出限制，例如北京限制了 PUE 在 1.4 以上的新建数据中心，上海将新建 IDC 的 PUE 值设在了 1.3。

根据国家发展改革委国家能源局《关于积极推进风电、光伏发电无补贴平价上网有关工作的通知》中“动态完善能源消费总量考核支持机制”的要求，本报告建议将“各地区超出规划部分可再生能源消费量不纳入其‘双控’考核”的政策落实与数据中心行业的建设审批制度相结合将可再生能源的用电量作为抵消数据中心企业部分双控考核的一项指标，将采用可再生能源作为加快审批的加分项，以进一步推广可再生能源在数据中心上的应用。

4.3.2 面向企业的建议

1. 加强能耗管理，设立可再生能源使用目标

能耗问题已成为阻碍数据中心产业发展的主要矛盾。对于数据中心企业，除了采取降低 PUE 等能效手段以外，也应该加强能耗管理能力，特别是提高灵活性和需求侧响应的能力。在此基础上数据中心企业应尽早设立可再生能源使用的中长期战略目标，这将有利于企业基于目标 (Objective) 设立关键性结果 (Key Result)，进一步自上而下地推动相关工作，围绕可再生能源使用这一具有战略重要意义的议题，在企业内部创建即具备长期远景、又具备短期实现目标的可再生能源使用实施路径。

2. 将可再生能源使用情况作为企业社会责任 (Corporate Social Responsibility, 简称 CSR) 和质量环境健康安全 (Quality Environment Health Safety, 简称 QEHS) 部门的 KPI

在设立可再生能源使用目标的基础之上，明确相关部门 (CSR/QEHS) 人员需要将可再生能源的使用情况作为职业评估的重要依据。KPI 作为企业用来评估员工及部门的工作效率、成绩的指标，能够体现在某一方向工作的具体成效。将 CSR/QEHS 部门的 KPI 与可再生能源使用情况相结合，有助于为员工提供与工作内容和职业发展方向匹配的激励，

4. 引导新增数据中心在可再生能源富裕的中西部地区选址

工业和信息化部、国家发展和改革委员会、国土资源部等部委 2013 年联合发布的《关于数据中心建设布局的指导意见》中已经明确了“资源环境优先”的基本原则，并将“能源供给”作为新建数据中心布局导向的主要考虑因素，但是该文件尚未将可再生能源的利用消纳列为数据中心选址的考虑因素。

出于优化产业布局以及提高可再生能源本地消纳的目的，本报告建议未来的相关政策能够将可再生能源在当地电网的消纳水平列为在当地布局数据中心的导向因素之一，有针对性地疏导部分数据中心产能向中西部地区迁移，在可再生能源资源富余、充裕且利用率具备提升潜力的省市布局。

强化相关部门在企业内部的话语权，进而提高企业在气候变化及可持续发展方面的表现。

3. 成立可再生能源采购团队

在可再生能源使用越来越多的情况下，可再生能源的采购需要与政府部门、售电公司 (电力公司)、发电企业进行协商，且可能需要部分资金投入。成立专门的可再生能源采购团队有助于数据中心企业提高可再生能源利用的表现。目前中国的电力市场交易因可再生能源电价优势不明显，政策不完善等因素，主要的交易仍集中于火电、气电等。专门的采购团队对内能够高效地利用公司内部的部门及个人的帮助来建立内部支持，对外能直接和各方进行沟通协调，更好地为使用可再生能源这个目标服务，也能减少数据中心企业在面对能源结构转型时因对政策、市场等不了解所产生的不必要开支。

苹果、微软等企业的实践证明，将数据中心能源采购责任集中在一个部门对实现可再生能源目标是十分关键的。因为相关业务的管理人员一般缺乏资源或动力来推进可再生能源采购交易。此外，与其他可能的采购团队 (如可持续发展部门) 相比，一支具有实际运营经验的团队能在公司关键决策层面前展现更强的专业能力并建立更高的信用度。

05

附录： 报告说明

数据的覆盖类型

本报告收集的数据主要覆盖以下几种类型：

1. 全国及各地区数据中心机架分布、总机架数、实际能耗、能效；
2. 供电方式（市电 / 三联供）
3. 数据中心负载率
4. 数据中心制冷方式（风冷 / 水冷 / 自然冷源）
5. 数据中心单机架功率及配电总容量；
6. 各地区不同体量、不同行业数据中心的实际分布情况；
7. 各地区相关数据中心的运行模式；
8. 全国及各地区能源政策及数据中心能效政策；
9. 数据中心相关节能技术能效；
10. 与数据中心能效相关政策中的参数要求；
11. 各数据中心的可再生能源使用情况、直购电情况；
12. 数据中心自建可再生能源系统现状；
13. 其他与数据中心能效相关的参数。

数据可靠度的评价

针对收集到的数据进行可靠度评价，优先使用可靠度较高的数据。在对数据进行可靠度分析时遵循以下原则：

以数据中心的数据及政府发布文件为最可靠的信息来源；

1. 政府机关（相关部委及地方主管部门）、国家级科研机构（如中国信通院、赛迪研究院等）发布的数据为可靠数据；
2. 三大运营商（移动、电信和联通等）、腾讯、阿里巴巴、华为和及其它有代表性的企业（如金融行业等）发布的数据为较为可靠的数据
3. 以高校牵头的相关文献资料和诚信度较高的第三方机构的资料为较可靠数据；
4. 其他资料、各案例数据、各产品供应商报为参考资料；
5. 若存在多数据校核不一致的情况则应用相应的总量测算及逻辑推导等方法兼顾数据可靠度级别进行校核。

数据收集后的预处理

本报告针对收集到的数据的进行如下几方面的预处理：

1. 针对各数据中心运营单位及设备供应商等提供的数据的偏差，采用横向与纵向双重校核的方式进行单个案例数据修正；
2. 对各地区数据中心分布情况的数据采用单个与整体比对及估算的方式进行数据的修正；
3. 数据处理中尽量采用现场实测数据与监测数据为核心数据，统计及估算数据为参考数据；
4. 结合不同数据来源对数据处理的不同需求以及数据差异化导致的数据甄别需求，进行数据自校验、互校验等数据处理；
5. 对覆盖领域不全的数据参考各领域的差异性进行拟合；
6. 对数据年份不全的数据参考不同年份中气象与设备性能及技术差异的不同进行修正与补全；
7. 对地域覆盖不全的数据结合其他文献中对各地典型项目的特征分析进行估算；
8. 以统一的效率计算方法为核心对各数据中心的能效数据进行归一化处理；
9. 对未确定的参数通过其他数据进行拟合。

数据敏感性说明

本报告中的数据主要来源于数据中心、政府网站、第三方机构文章、相关专著、书籍等。其中政府网站、第三方机构文章、相关专著、书籍等为公开数据，不涉及敏感性问题；供研究数据通过征得提供方同意、隐藏企业敏感信息等方法对数据进行脱敏处理后使用。

研究方法论

1. 单对个技术、系统的分析研究方法

对单个技术、系统的节能分析主要依托各供应商提供的技术文件、测试报告、案例实测等数据并结合项目团队在众多数据中心实测与踏勘的经验，对各技术、系统会对数据中心能耗与能效产生的影响进行客观分析。此分析结果主要用在各典型数据中心分析与修正及能效发展趋势等方面。分析过程所依托的方法主要为各基础理论、模拟分析软件及实验室实测相结合的节能技术客观评价方法。

2. 对单个数据中心的分析研究方法

对单个数据中心的分析遵循场协同理论的主导思想，依、产品参数、理论计算，对数据中心的主要用能组成，如信息设备用能、输配电损耗、冷却系统用能等进行协同计算与分析。结合各地气候差异、资源差异、政策差异、市场差异等因素形成对单个数据中心的合理科学的客观评价。进一步获取的可再生能源使用情况、可再生能源系统布置情况、周边可再生能源资源等信息，进行可再生能源与单个数据中心结合的可行性分析与比较。

3. 单一地区的数据处理与分析方法

单一地区的数据中心信息的处理遵循统计分析的基本方法。结合单体抽样与分布统计的两个步骤分别实现点与面的数据获取。通过对已知数据的汇总分析形成已知数据的合理分布模型，以此替代未知数据的分布特性，进而形成全数分布模型。通过对单体抽样代表已知数据与未知数据的合理性判定，建立判断修正系数，最终整合与分布模型一起形成单一地区特征数据。

4. 全国数据汇总与分析方法

全国数据依托于大量汇总统计性数据，需要采用多元校核的方法来确定数据的合理性。对于数据差异较大的，需要通过单项数据、历史数据、效能极限、总分差异等多级核对的方式不断逼近实际值。对于数据缺失较多的，需要结合各地区数据中心分布体量、各地区气候差异、各季节气象差异、各行业用能特性差异、各系统能效差异等参数进行补缺，并进行全年数据核对。

5. 国外数据研究方法

国外数据的特征如数据完整度、数据来源与国内数据的情况不同。对国外数据的分析处理以个案分析为主，需要针对个案进行数据的自校验与自核对。

6. 预期数据研究方法

对数据中心发展所导致的预期数据的分析主要依托不同系统、不同地区、不同行业对技术发展的需求与能效控制的目标的差异，通过单一系统分析、单因素干扰分析的方式形成单项预期结论。进一步结合横向需求与变化，形成全项预期数据。尤其是对5G技术、液冷技术、边缘计算、物联网、人工智能、数字经济等对数据中心的综合冲击与影响进行通盘考虑与衡量。

7. 研究方法的局限性

本研究的部分结果是基于单个地区（上海、浙江）数据，进行多元校核后推算而出的。虽然综合考量了模型中的主要影响因素，但是鉴于能耗等信息可获得性的限制，其假设及推导过程难免与实际数值存在一定的差异。因此从定量分析的角度看，本报告部分结果，不能完全代表具体数据中心的实测值。但从宏观趋势的定性角度，本报告具有一定理论基础，结果与类似研究文献不存在显著性差异，因此研究方法与估算结果足以支撑本报告的主要结论，也能为后续的研究提供一定的借鉴。

数据中心总机架数和总能耗估算、预测与其他报告的对比情况

1. 大规模数据中心区域分布占比（图 3）与其他报告的对比

（1）与《全国数据中心应用发展指引（2017）》中数据对比

根据《全国数据中心应用发展指引（2017）》，2018年北京可用机架数为18.6万个，内蒙的数据中心机架数为13.1，比值为1.42；根据本报告使用的大规模数据中心区域分布情况，北京占比9.6%、内蒙古占比8%，两个省的比值为1.2。考虑到统计数据有遗漏、缺失等因素，认为该大规模数据中心区域分布情况的比例基本符合。

（2）与《数据中心白皮书（2018）》中数据对比

根据《数据中心白皮书（2018）》，“截止2017年底，北京、上海、广东三个数据中心聚集区的机架数占比由2016年的42%降低到37%”，根据本报告使用的大规模数据中心区域分布情况，北京、上海、广东三个数据中心机架数占比为43.2%（北京9.6%、上海12.8%、广东20.8%），考虑到统计数据有遗漏、缺失等因素，认为该大规模数据中心区域分布情况的比例基本符合。

通过与其他报告的数据比对，认为该大规模数据中心区域分布情况的比例基本符合，可以引用。

2. 现状估算过程中 PUE 取值与其他报告的对比

对于大型及以上数据中心，参考《数据中心白皮书（2018年）》中“大型数据中心 PUE 为 1.54”，《绿色数据中心白皮书》中“目前行业数据显示中国的数据中心的平均 PUE 值在 2.2-3.0 之间”以及多篇论文对于数据中心 PUE 的整体情况分析，结合工业和信息化部等三部门印发的《关于加强绿色数据中心建设的指导意见》对于大型、超大型数据中心 PUE 的规划，认为大型及以上数据中心 PUE 取值 1.8 较为合理。

对于大型以下数据中心，以上海地区 PUE 值为基准，对各地区数值进行天气及发展情况修正，并考虑到各地大型以下数据中心整体发展情况较为相似，参考《绿色数据中心白皮书》中“我国中小规模数据中心电源使用效率普遍在 2.2-3”的分析，认为 PUE 值取 2.6 较为合理。

主要误差存在于，部分数据中心为老旧型数据中心，其实际运行 PUE 也要高于工业和信息化部的新规后新建的数据中心；同时，部分地区数据中心受天气影响，实际 PUE 值稍高；另外，部分数据中心可能出于宣传品牌等原因，其宣传的 PUE 值较低，但实际 PUE 值较高。

3. 中国数据中心机架及能耗现状数据与其他报告数据的比对

（1）《中国数据中心能源使用报告》

根据《中国数据中心能源使用报告》，预测到2018年底，国内服务器装机量为12,196,600台。根据本报告1.2.1小节预测的2018年数据中心机架数271.06万个，可得出单机架约部署4~5台服务器，较为合理。由此认为本报告对数据中心机架数的估算可以接受。

（2）《绿色数据中心白皮书》

根据《绿色数据中心白皮书》，2017年数据中心总能耗为1221.5亿千瓦时，增长率为10.8%，按此增长率2018年数据中心总能耗为1353.42亿千瓦时。由1.2.1小节的估算可知2018年数据中心总能耗为1608.89亿千瓦时，与根据《绿色数据中心白皮书》中数据估算的总能耗数据有一定误差，主要原因为基准数据、分布比例等为不完全统计，存在一定误差；同时，不同密度单机柜功率选择也会造成能耗误差。

(3) 《数据中心白皮书 2018》

根据《数据中心白皮书 2018》，到 2017 年底，中国在用数据中心机架总体规模达到 166 万架，规划在建数据中心规模 107 万架，可知数据中心总机架数约为 273 万个，基本与本报告预测数据（271.06 万个）基本一致。

(4) 未来 5 年中国全社会用电增长量数据与其他报告的对比

1. 《2019 年第一批基础研究年度报告发布会》（国网能源研究院）

国网能源研究院董事长、院长、党委书记张运洲在 2019 年第一批基础研究年度报告发布会上表明，经预测“十四五”期间全社会用电量增长率为 4-5%。

2016 年 -2018 年全社会用电增长量为 1.15 万亿千瓦时³²，“十三五”期间全社会用电增长量为 1.11-1.51 万亿千瓦时，则 2019-2020 年全社会用电增长量记为 0.4 万亿千瓦时。根据本报告 2019-2023 年全社会用电增长量为 1.5 亿千瓦时，则 2021-2023 全社会用电增长量为 1.1 万亿千瓦时。2020 年全社会用电量为 6.8-7.2 万亿千瓦时³¹，则 2021-2023 年年均增长率为 4.8%-5.2%，与国网能源研究院预测基本一致。

2. 《2019-2023 年中国全社会用电量预测分析》（中投产业研究院）

根据中投产业研究院对未来 5 年全社会用电量的预测，“2019 年我国全社会用电量将达到 72, 104 亿千瓦时，未来五年（2019-2023）年均复合增长率约为 6.08%，2023 年将达到 91308 亿千瓦时”。未来 5 年中国全社会用电量为 1.9 万亿千瓦时，和本报告 1.5 万亿千瓦时的取值对比，误差为 0.4 万亿千瓦时。考虑到基础数据和计算方法的不一致，认为本报告取值与其基本一致。

(5) 中国数据中心机架及能耗预测数据与其他报告数据的对比

根据《绿色数据中心白皮书》中的估算结果，2020 年中国数据中心总能耗为 2023.7 亿千瓦时，和本报告的预测数据 1969.61（2020 年），误差为 54.09 亿千瓦时，考虑到基础数据和计算方法的不一致，认为本报告预测数据与其基本一致。

一般定义

PUE: 是国内外数据中心普遍接受和采用的一种衡量数据中心基础设施能效的综合指标，是衡量以空调为主的耗能基础设施配置合理性的关键能效指标，良好的设计 PUE 值将为降低实际运行能耗奠定基础，其计算公式为： $PUE = \text{数据中心总耗电功率} / \text{IT 设备耗电功率}$ 。

可再生能源: 在生产电力的过程中，它的二氧化碳排放量为零或趋近于零，相较于其他方式（如火力发电）所生产之电力，对于环境冲击影响较低。可再生能源的主要来源为太阳能、风力、生物质能、地热等，中国主要以太阳能及风力为主。

IDC: 即互联网数据中心，是指一种拥有完善的设备（包括高速互联网接入带宽、高性能局域网络、安全可靠的机房环境等）、专业化的管理、完善的应用的服务平台。

ICT: 即信息和通信技术，是电信服务、信息服务、IT 服务及应用的有机结合，这种表述更能全面准确地反映支撑信息社会发展的通信方式，同时也反映了电信在信息时代自身职能和使命的演进。

参考文献

- [1] 中国电子技术标准化研究院.《绿色数据中心白皮书(2019)》[R],2019年5月;
- [2] IDC 圈产业研究中心.《2018-2019年中国IDC产业发展研究报告》[R],2019年5月;
- [3] IDC 圈产业研究中心.《2017-2018年中国IDC产业发展研究报告》[R],2018年5月;
- [4] 关于上海数据中心新政 PUE 小于 1.3 的节能对策解读 [EB/OL]. 2019 年 4 月 .
https://blog.csdn.net/Datacenter_PUE/article/details/89677143 ;
- [5] 徐小龙,杨庚,李玲娟, et al. 面向绿色云计算数据中心的动态数据聚集算法 [J]. 系统工程与电子技术, 2012, 34(9):1923-1929.
- [6] 国家能源局.《2018年度全国可再生能源电力发展监测评价报告》[R],2019年6月4日.;
- [7] Belkhir L, Elmelig A. Assessing ICT global emissions footprint: Trends to 2040 & recommendations [J]. Journal of cleaner production, 2018, 177: 448-463.;
- [8] Shehabi A, Smith S, Sartor D, et al. United states data center energy usage report [J]. 2016.;
- [9] Kleyman B. Why Renewable Energy Will Power the Green Data Centers of Tomorrow [J]. 2016;
- [10] Klemick H, Kopits E, Wolverson A. Data Center Energy Efficiency Investments [J]. 2017;
- [11] Avgerinou M, Bertoldi P, Castellazzi L. Trends in data centre energy consumption under the european code of conduct for data centre energy efficiency [J]. Energies, 2017, 10(10): 1470.
- [12] Bertoldi P, Hirtl B, Labanca N. Energy Efficiency Status Report 2012—electricity consumption and efficiency trends in the EU-27[J]. European Commission Joint Research Centre Institute for Energy and Transport, Ispra, Italy, 2012.;
- [13] Whitehead B, Andrews D, Shah A, et al. Assessing the environmental impact of data centres part 1: Background, energy use and metrics[J]. Building and Environment, 2014, 82: 151-159;
- [14] 199IT. IDC: 预计 2018 年日本数据中心投资达 1502 亿日元 [EB/OL].2018 年 7 月 .
<http://www.199it.com/archives/746621.html>;
- [15] 机房 360. 日本京瓷要建设完全由可再生能源供电的数据中心 [EB/OL]. 2019 年 1 月 .
<http://www.jifang360.com/news/201919/n2866114807.html>;
- [16] IDC 圈. 京瓷公司将建设雪地冷却数据中心, 完全由可再生能源提供动力 [EB/OL]. 2019 年 4 月 .
<http://news.idcquan.com/gjzx/161014.shtml>;

- [17] 找机房 . 上海市 150 座主要数据中心名单 [EB/OL]. 2019 年 1 月 .
<https://baijiahao.baidu.com/s?id=1622264348132051578&wfr=spider&for=pc;>
- [18] IDC 圈 . “沙漠水城” 中卫, 新开建四栋大型云数据中心 [EB/OL]. 2019 年 3 月 .
<http://news.idcquan.com/news/159530.shtml> ;
- [19] 钜大锂电 . 宁夏如何突破新能源大发展凸显 “高受阻” 的瓶颈问题 [EB/OL]. 2018 年 9 月 .
<http://www.juda.cn/news/32738.html> ;
- [20] 机房 360 . 2019 中国绿色数据中心大会在京顺利召开 [EB/OL]. 2019 年 5 月 .
<http://www.jifang360.com/news/201958/n1926118931.html> ;
- [21] 联合国政府间气候变化专门委员会 (IPCC) . 《全球升温 1.5°C 特别报告》 [R]. 2018 年 10 月 .
<http://www.tanpaifang.com/tanguwen/2018/1010/62363.html> ;
- [22] 魏翠英, 谢汇 . 某些大气污染对植物的危害 [J], 《生物学通报》 (2002 第 37 卷第 2 期) ;
- [23] 桑军 . 国内碳排放政策浅析及对策探讨 [J]. 《现代工业》 (2018 年第 4 期) ;
- [24] 21 世纪可再生能源政策网络 (REN21) . 《2019 年全球可再生能源现状报告》 [R]. 2019 年 6 月 .
<http://www.cngascn.com/report/201906/35761.html?from=singlemessage> ;
- [25] 中国电力新闻网 . 能效成制定气候政策重要参考 [EB/OL]. 2018 年 7 月 .
http://www.cpn.com.cn/sd/gj/201806/t20180625_1076214.html
- [26] 国家发展和改革委员会, 国家能源局 . 《能源生产和消费革命战略 (2016-2030) 》 [Z]. 2016 年 12 月 .
http://www.ndrc.gov.cn/zcfb/zcfbtz/201704/t20170425_845284.html ;
- [27] 腾讯科技 . 亚马逊云计算业务增长迅速 巨额电费账单却被转嫁给民众 [EB/OL]. 2018 年 8 月 .
<http://www.techweb.com.cn/cloud/2018-08-21/2696344.shtml> ;
- [28] 三星电子 . Samsung Electronics to Expand Use of Renewable Energy [EB/OL]. 2018 年 6 月 .
<https://news.samsung.com/global/samsung-electronics-to-expand-use-of-renewable-energy> ;
- [29] 贡晓丽 . 中国 RE100 的喜与忧 [J], 《中国科学报》 (2015-07-07 第 6 版 能源) .
<http://news.sciencenet.cn/sbhtmlnews/2015/7/301882.shtm> ;
- [30] 环球网 . 44 家苹果供应商承诺用清洁能源 明年可节能 5 千兆瓦 . 2019 年 4 月 [EB/OL].
<http://wap.huanqiu.com/r/MV8wXzEONzA1OTE3XzYxM18xNTU0OtczMjYw> ;
- [31] 利乐加入 RE100 可再生能源倡议, 承诺到 2030 年百分百使用可再生能源 [J]. 《中国包装》, 2016:59;

- [32] 3M 中国 .3M 公司宣布全球 100% 使用可再生能源电力目标 [EB/OL].2019 年 3 月 . https://www.3m.com.cn/3M/zh_CN/company-cn/press-room/full-story/?storyid=cd8a53c7-681e-45b7-b587-413272e44c94.
- [33] 国有资产监督管理委员会 .《中央企业合规管理指引（试行）》 [Z].2018 年 11 月 .
<http://www.ccpitp.org.cn/html/xydt/20181113/3118.html>;
- [34] 安志炜 . 中国企业海外投资合规性审批分析 [J].《国际工程与劳务》 (2018 年 7 月);
- [35] 华为投资控股有限公司 .《2018 年年度报告》 [R].
<https://www.huawei.com/cn/press-events/annual-report/2018>;
- [36] 能源研究俱乐部 , 光伏系统 .《中国能源大数据报告 (2019) 》 [R].
<http://guangfu.bjx.com.cn/news/20190517/981027-2.shtml>;
- [37] 北京市人民政府网 .《北京市新增产业的禁止和限制目录 (2018 年版)》 [Z].2018 年 9 月 . <https://0x9.me/AbutO>;
- [38] 工业和信息化部 , 国家机关事务管理局 , 国家能源局 .《关于加强绿色数据中心建设的指导意见》工信部联节〔2019〕24 号 [Z].2019 年 2 月 . http://www.gov.cn/xinwen/2019-02/14/content_5365516.htm;
- [39] 李鹏 . 关于可再生能源电力配额与绿证交易的思考 [N].《中国能源报》 (2017 年 04 月 03 日第 03 版)
http://paper.people.com.cn/zgnyb/html/2017-04/03/content_1764051.htm;
- [40] 中华人民共和国国家发展和改革委员会 .《关于印发可再生能源中长期发展规划的通知》发改能源〔2007〕2174 号 [Z].2017 年 8 月 . http://www.ndrc.gov.cn/zcfb/zcfbghwb/200709/t20070904_579685.html;
- [41] 国家能源局 .《可再生能源发展“十二五”规划发布》 [EB/OL].2012 年 8 月 .
http://www.nea.gov.cn/2012-08/08/c_131767651.htm ;
- [42] 中华人民共和国国家发展和改革委员会 .《关于建立健全可再生能源电力消纳保障机制的通知》发改能源〔2019〕807 号 [Z].2019 年 5 月 . http://www.ndrc.gov.cn/zcfb/zcfbtz/201905/t20190515_936170.html ;
- [43] 中华人民共和国住房和城乡建设部 .《绿色数据中心建筑评价技术细则》 [Z].2015 年 9 月 .
http://www.mohurd.gov.cn/wjfb/201512/t20151224_226089.html ;
- [44] 北京日报 . 中国绿色建筑突破 10 亿平方米 [EB/OL].2018 年 6 月 .
http://www.xinhuanet.com/politics/2018-06/30/c_1123057993.htm ;
- [45] 中华人民共和国发展与改革委员会 .《关于完善光伏发电上网电价机制有关问题的通知》 (发改价格〔2019〕761 号) [Z].2019 年 4 月 . <http://zfxxgk.ndrc.gov.cn/web/iteminfo.jsp?id=16162> ;
- [46] 中华人民共和国国家发展与改革委员会体制改革综合司 .《关于进一步深化电力体制改革的若干意见》 [Z].2015 年 3 月 .
http://tgs.ndrc.gov.cn/zywj/201601/t20160129_773852.html ;

- [47] 国家发展改革委.《国家发展改革委关于全面放开经营性电力用户发用电计划的通知》(发改运行〔2019〕1105号)[Z],2019年6月22日. http://www.ndrc.gov.cn/gzdt/201906/t20190627_939775.html ;
- [48] 落基山研究所.美国非管制电力市场下企业可再生能源采购案例分析[R].2018年8月.
<https://www.rmi-china.com/static/upfile/news/nfiles/201808171445449656.pdf>;
- [49] 世界资源研究所.美国绿色电力市场综述[J], <http://www.efchina.org/Attachments/Report/report-cpp-20190512-2/%E7%BE%8E%E5%9B%BD%E7%94%B5%E5%8A%9B%E5%B8%82%E5%9C%BA.pdf>;
- [50] 苹果.苹果2019环境责任进展报告[R].2019.
https://www.apple.com/cn/environment/pdf/Apple_Environmental_Responsibility_Report_2019.pdf
- [51] 工业和信息化部,国家机关事务管理局,国家能源局.关于印发国家绿色数据中心试点工作方案的通知[Z],2015年3月23日. <http://www.miit.gov.cn/n1146285/n1146352/n3054355/n3057542/n3057544/c3634716/content.html> ;
- [52] 工业和信息化部办公厅,国家机关事务管理局办公室,国家能源局综合司.关于公布国家绿色数据中心试点单位的通知[Z],2015年12月24日. <http://www.miit.gov.cn/n1146295/n1652858/n1652930/n3757016/c4552917/content.html> ;
- [53] 工业和信息化部办公厅.关于印发国家绿色数据中心试点监测手册的通知.[Z],2016年6月14日.
<http://www.miit.gov.cn/n1146295/n1146592/n3917132/n4061768/c4838880/content.html> ;
- [54] 工业和信息化部办公厅,国家机关事务管理局办公室,国家能源局综合司.关于开展国家绿色数据中心试点单位评价工作的通知[Z],2017年7月16日 http://www.gov.cn/xinwen/2017-07/06/content_5208453.htm;
- [55] 机房360.中国电子学会标准 T/CIE 049-2018 《绿色数据中心评估准则》简介[EB/OL].2019年2月.
<http://www.jifang360.com/news/2019214/n4871116349.html>.

注释

- 1 《绿色数据中心白皮书 2019》，中国电子技术标准化研究院
- 2 本报告中的能耗如无特殊说明，特指用电量，不包括柴油等其它形式的一次能源消耗。
- 3 大型及以上数据中心：即大型及超大型数据中心，根据工信部等五部委印发的《关于数据中心建设布局的指导意见》，以 2.5kw 功率为一个标准机架，超大型数据中心指规模 ≥ 10000 个标准机架的数据中心，大型数据中心指规模 ≥ 3000 、 < 10000 个标准机架的数据中心。结合《2018 年中国 IDC 行业市场分析》、《2017-2018 中国 IDC 产业发展研究报告》等报告，并考虑到中国数据中心统计、政策主要针对大型及超大型数据中心，由此认定该分布图中的大规模数据中心指大型及超大型数据中心，并认为该分布占比适用于本报告中对各省大型及以上数据中心的现状机架数的估算。
- 4 放大这些省市中服务器的类型中存储服务器的数量比例。再根据两种类型服务器的数量和强度的乘积，对其 IT 能耗进行修正，存储服务器和技术服务器的能耗强度差异参考 LEED 等机构的相关资料。
- 5 北京、上海、广东等主要省、区、市数据中心近年统计数据基本针对大型及以上数据中心，对大型以下的统计较少。
- 6 需要得到大型以下数据中心的能效数值进行能耗估算。在此项估算中，仅针对小规模（如 500 个机架以下）的数据中心（或者称为数据机房）进行分析。此等规模数据机房往往建设较早，主要是在云计算兴起之前建设。在此等规模的数据机房里，UPS 的选型空间不大，电源能效主要取决于设备负载率，综合考虑投资方的决策思维相通性，从总体上说，认为负载率分布基本一致。同样，此类数据机房的空调设备基本以风冷专用空调为主，设备型号、性能均接近。在负载率接近条件下，空调效率仅受室外气象的影响。但根据多次测试，虽然空调效率在冬季有明显下降，但总体 cop 提升幅度和室外气温的下降幅度相比差距较大。可以认为受天气影响有限。最终简化为统一的 PUE 值。
- 7 年均增长率的计算公式为 $(\text{五年后的值} / \text{现值})^{1/\text{年数}} - 1 = (1.6582)^{1/5} - 1$
- 8 电力规划设计总院编著《中国电力发展报告 2018》，2018 年火电发电量为 4.67 万亿千瓦时，在全部发电量中占比 67%。
- 9 2018 年度全国可再生能源电力发展监测评价报告
- 10 出于对数据中心的保护，报告中对各数据中心的名称进行了简化，均采用字母表示。
- 11 中国电力行业年度发展报告 2019
- 12 假设 2023 年数据中心使用火电比例保持在 2018 年的水平
- 13 假设市电中可再生能源占比保持不变
- 14 中国国家统计局统计数据，2018 年广东省总用电量为 6323.35 亿千瓦时。
- 15 中国国家统计局统计数据，2018 年上海市总用电量为 1566.66 亿千瓦时。

- 16 中国国家统计局统计数据，2018 年北京市总用电量为 1142.38 亿千瓦时。
- 17 中国国家统计局统计数据，2018 年浙江省总用电量为 4532.82 亿千瓦时。
- 18 中国国家统计局统计数据，2018 年内蒙古总用电量为 3353.44 亿千瓦时。
- 19 中国国家统计局统计数据，2018 年贵州总用电量为 1482.12 亿千瓦时。
- 20 中国国家统计局统计数据，2018 年宁夏总用电量为 1064.85 亿千瓦时。
- 21 西电东送工程、《上海市省间清洁购电交易机制实施办法（试行）》、《京津冀一体化可再生能源消纳实施方案》
- 22 低碳清洁能源是指二氧化碳等温室气体排放量低或者零排放的能源产品。目前，低碳清洁能源可以从不同角度划分为非化石能源、新能源、可再生能源、清洁能源。非化石能源是指煤炭、石油、天然气等化石能源之外的能源，主要包括核能、水能、风能、太阳能等；新能源是指常规能源之外的、有待开发与推广的能源，如太阳能、地热能、风能、海洋能、生物质能和核聚变能等；可再生能源是能在较短周期内再产生的能源，如风能、水能、海洋能、太阳能、地热能 and 生物质能等；清洁能源是指能源消耗后不会对环境造成污染的能源，如水力、电力、太阳能、风能以及核能等。
- 23 来自 2019 年 6 月发布的 BrandZ 全球品牌 100 强排行榜。
- 24 RE 代表的是可再生能源（Renewable Energy）。RE100 是由气候组织召集，与非营利性组织 CDP（碳信息披露项目）合作进行的一项行动计划，希望到 2020 年招募全球至少 100 个非常有影响力的大企业，承诺一定时间段内逐步增加可再生能源使用比例直至百分之百，以助力全球清洁能源转型。
- 25 RE100 2018 Annual Report
- 26 IDC 圈探营：中经云亦庄数据中心，<http://news.idcquan.com/news/97938.shtml>
- 27 新华社：苹果在华首次投资风电项目
<http://xinhua-rss.zhongguowangshi.com/13694/4660762653476101656/1378758.html>
- 28 根据国家发改委 2019 年 4 月 30 日发布的《关于完善光伏发电上网电价机制有关问题的通知》，三类资源区新增集中式光伏电站招标上限电价改为指导价，分别为：I 类地区每千瓦时 0.40 元（含税，下同）、II 类地区每千瓦时 0.45 元、III 类地区每千瓦时 0.55 元。以往已有指标，明确业主但未明确电价的光伏项目，在 2019 年 6 月 30 日（含）前并网的上网电价按照 2018 年电价政策执行，7 月 1 日（含）后并网的，上网电价按 2019 年电价政策执行。
- 29 2018 中国超大规模云数据中心考察报告
- 30 为保护所涉企业的隐私，此处隐去相关人员姓名、数据中心所在地区、及所属公司等具体信息。
- 31 国家统计局统计数据：2015 年全社会用电量为 5.69 万亿千瓦时，2018 年全社会用电量为 6.84 万亿千瓦时。
- 32 根据《能源发展“十三五”规划》，2020 年全社会用电量预计为 6.8-7.2 万亿千瓦时。

著作权及免责声明

本报告为绿色和平东亚（以下简称绿色和平）于环保公益工作中形成的资料。阅读本报告即表示您已阅读、理解并接受下列著作权和免责声明条款的约束。请认真阅读。

著作权声明

本报告由绿色和平发布，绿色和平是本报告的唯一合法著作权所有人。

免责声明

1. 本报告有中文、英文两个版本，如有内容差异，以中文报告为准。
2. 本报告作环保公益和信息分享目的使用，不作为公众及任何第三方的投资或决策的参考，绿色和平亦不承担因此而引发的相关责任。
3. 本报告为绿色和平于报告撰写期间内基于公开信息、估算等途径研究产出的成果。绿色和平不对报告中所含涉信息的及时性、准确性和完整性作担保。



GREENPEACE 绿色和平

绿色和平是一个全球性环保组织，
致力于以实际行动推动积极的改变，
保护地球环境与世界和平。

地址：北京东城区东四十条 94 号亮点文创园 A 座 201 室

邮编：100007

电话：86 (10) 65546931

传真：86 (10) 64087851

www.greenpeace.org.cn