

第一章 数据中心及数据中心冷却概况

1.1 数据中心发展现状

互联网数据中心（Internet Data Center, IDC）是一个建筑物或建筑群内的专用空间，用于容纳计算机系统和相关联的组件，例如电信和存储系统。IDC 设备通常包括冗余或备用组件以及用于电源、数据通信、环境控制和各种安全设备的基础架构。从根本上讲，IDC 是设备操作、存储、管理和发布数据的地方，是 IT(Internet Technology)设备运营的中心主机。IDC 拥有最关键的的网络系统，对相关服务器运行的连续性有极高的要求，因此，IDC 的可靠性和安全性十分重要。IDC 起源于上世纪 90 年代中期，当时 IDC 存在的意义只是对大型主机进行维护和管理。随着进入到信息化发展的新阶段，云计算、大数据、物联网、人工智能、5G 移动通信等信息技术快速发展，同时传统产业也在经历数字化的转型，数据量呈现几何级增长，因此 IDC 流量和带宽也成指数增长，IDC 的发展由普通服务器机房向大规模数据中心演进。近些年，全球对物联网、云计算的需求持续走高，同时，5G 在全球加速部署。在此背景下，对数据中心市场需求、发展趋势及相关影响进行分析，具有重要意义。

1.1.1 全球数据中心发展概述

随着信息技术的发展，物联网、云计算、大数据、人工智能、5G 及区块链技术近些年发展迅速，人与人之间的信息交流形式不再是以往的文字为主，图文、视频等多元化信息交流成为现状。此外，电子商务、视频、游戏等行业客户需求持续稳定增长。在此背景下，数据量在传输端、存储端呈现几何级增长。根据国际权威机构 Statista 的统计和预测，全球数据量在 2019 年约达到 41ZB，并保持稳定增长。预计到 2025 年，全球数据量将比 2016 年的 16.1ZB 增加十倍，达到 163ZB(见图 1.1-1)。



图 1.1-1 全球数据总量预测(2016~2025)

注：图中 E 表示预测值

作为海量数据的载体，数据量爆发式增长促进着 IDC 产业不断发展。智研咨询《2020-2026 年中国互联网数据中心（IDC）行业分析及发展策略咨询报告》显示，2009-2011 年，由于数据中心基数较小，互联网产业开始飞速发展，数据中心市场增长迅速。2013-2019 年，全球数据中心市场整体呈稳定线性增长，并预计在未来几年内仍会保持高速增长趋势(见图 1.1-2)。



图 1.1-2 2009~2020 全球数据中心市场规模及增速

此外，全球数据中心的发展趋势为大型化、集约化，以往老旧的分散小型数据中心被淘汰，大型、超大型数据中心不断发展，使得全球数据中心整体数量呈下降趋势，而机架数呈上升趋势。据国际权威机构 Gartner 统计和预测，2020 年全球数据中心数量约为 42.2 万个，而机架数上升到 498.5 万架。



图 1.1-3 2015~2020 全球数据中心和机架数量统计及预测

中国产业信息网《2018 年全球数据中心建设行业发展趋势及市场规模预测》指出，在 2016 年，超大规模数据中心的数据运算能力占全部数据中心的 39%，数据存储量占全部数据中心的 49%，数据传输量占全部数据中心的 34%，服务器数量占全部数据中心的 21%。随着云计算的集中化趋势扩大，预计到 2020 年，超大规模数据中心将占到全部数据中心数据运算能力的 68%，数据存储量的 57%，数据传输量的 53%和服务器数量的 47%。

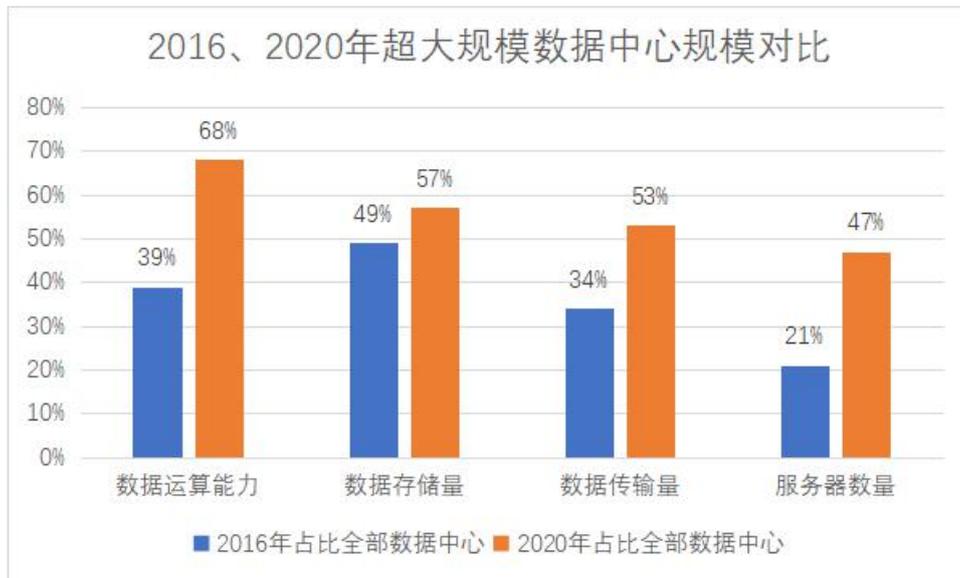


图 1.1-4 2016、2020 年超大规模数据中心规模对比

全球大型数据中心建设中，美国处于领先地位，EMEA(欧洲、中东和非洲)和亚太地区近些年发展最快。根据 Synergy Research 的最新数据报告显示，相较于 2017 年全球超大规模数据中心 390 个，2019 年数据中心增长了 104 个。且在 2020 年上半年，全球超大规模数据中心达 541 个，并有 176 个规划建设中。

Synergy Research 的最新数据显示，截至 2019 年第三季度末，超大规模提供商(Hyperscale Providers)运营的大型数据中心数量增加到 504 个，其中，美国占据主要云和互联网数据中心站点的近 40%。紧跟其后的地区是中国、日本、英国、德国和澳大利亚，它们合计占总数的 32%。相较于 2017 年美国占比 44%，中国 8%，日本和英国占比 6%，欧盟和亚洲国家的数据中心占比有不断提高的趋势。且根据数据中心市场和人口分析，未来中国数据中心仍将持续保持高增长模式，其在全球数据中心占比将不断提高。

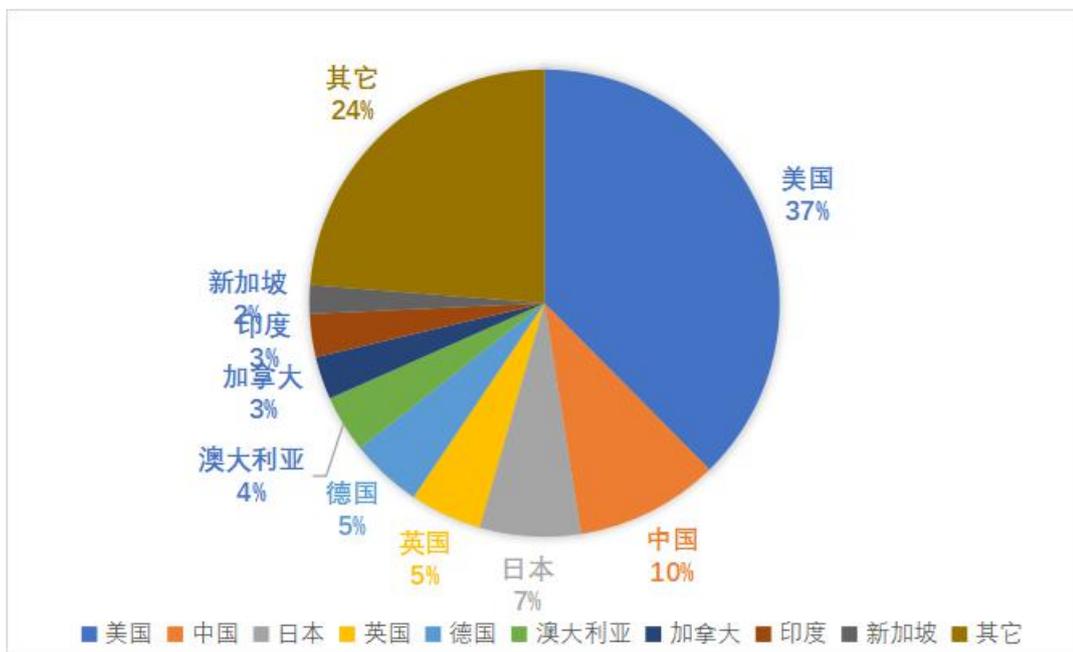


图 1.1-5 2019 年全球大型数据中心区域分布

1.1.2 我国数据中心市场发展现状

中国作为人口大国，互联网产业发达，IDC 市场广阔。根据科智咨询《2019-2020 年中国 IDC 产业发展研究报告》，2009 年我国数据中心市场开始高速增长，2014-2019 年中国数据中心市场规模持续稳定发展，增长整体呈线性。2019 年年末，中国 IDC 业务市场规模达到 1562.5 亿元，同比增长 27.2%，相较 2018 年增速放缓 2.6 个百分点，市场规模绝对值相比 2018 年增长超过 300 亿元。

尽管我国数据中心发展较快，但相比于美国日本，我国数据中心人均占有量仍处于较低水平，我国广大的人口基础和市场基础将会促使我国数据中心产业持续高速增长。据中国产业信息网《2019 年中国 IDC 市场发展空间及 IDC 技术发展趋势分析预测》，中国 IDC 市场规模在全球比重持续增加，在 2019 年预计达到 30% 左右。此外，工信部统计数据显示，2019 年 12 月底我国取得互联网数据中心业务许可的业务数达到 2153 家。预计在未来十年左右，我国 IDC 产业仍将保持稳定高速增长。



图 1.1-6 2009~2020 年中国 IDC 市场规模及增长率



图 1.1-8 2015~2019 年中国互联网数据中心持证企业数

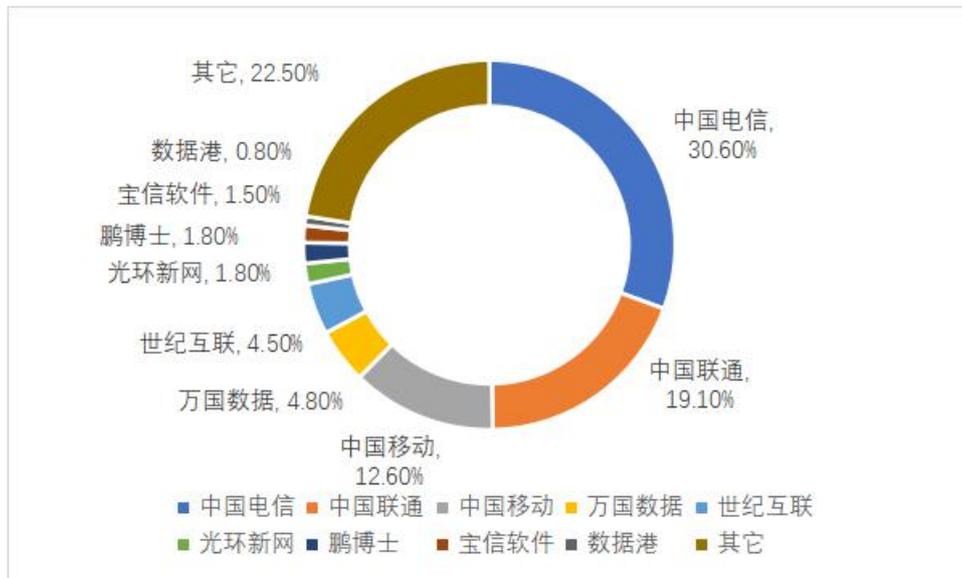


图 1.1-9 2019 年中国数据中心市场格局

据前瞻产业研究院《2020 年中国数据中心行业市场现状及发展趋势分析》指出，如表 1.1-1 所示，目前市场上主要有三类公司在参与数据中心的建设，分别是运营商、规模较大的互联网企业、专门从事细分领域的数据中心第三方提供商。此外，在中国，华为等大型通信企业也是数据中心建设的中坚力量。近两年，由于电力配套相关要求，一些电厂也参与到了数据中心建设。运营商单个 IDC 机柜数量一般在 200-1000 个左右，全球主要企业有 Verizon、DT 等，中国主要企业有中国电信集团有限公司、中国移动通信集团有限公司、中国联合网络通信集团有限公司。互联网企业单个 IDC 机柜数量一般在 4000-10000 个左右，全球主要企业有 Amazon、MS 等，中国主要企业有阿里巴巴、腾讯、字节跳动等。第三方 IDC 企业单个 IDC 机柜数量一般在 200-3000 个左右，全球主要企业有 DigitalRealty 等，中国主要企业有光环新网、万国数据、网宿科技。其中，中国 IDC 市场中，运营商由于具有较大的带宽资源，占据着约 65% 的份额。由于运营商 IDC 大多为自用，与市场具体需求不完全匹配，专业性不足，无法满足服务高时效和客户定制化需求。因此，我国数据中心仍存在着较大的改进空间。

表 1.1-1 数据中心行业内三类企业对比

企业类型	单个 IDC 机柜数量	全球主要企业	中国主要企业
运营商	200-1000	Verizon、DT 等	中国电信、 中国移动、中国联通
互联网及大型	4000-10000	Amazon、MS 等	阿里巴巴、腾讯、

通信企业			华为、字节跳动
第三方 IDC 企业	200-3000	DigitalRealty 等	光环新网、万国数据、网宿科技

1.1.3 我国数据中心数量、规模及态势分析

2013 年工业和信息化部、国家发展改革委、国土资源部、电监会、能源局共同出台的“十二五”《关于数据中心建设布局的指导意见》（简称《意见》），将数据中心大小规模划分为超大型、大型、中小型三个类别，以推进数据中心产业合理发展和布局。《意见》中按照标准机架数量和功率对数据中心规模的分类（此处以标准机架为换算单位，以功率为 2.5kW 为一个标准机架）如表 1.1-2 所示，《意见》将标准机架数量转化为标准机架功率作为判断数据中心规模的标准，总机架功率小于 7500kW 的数据中心被称为中小型数据中心，机架功率处于 7500kW 与 25000kW 的数据中心分类为大型数据中心，机架数大于或等于 25000kW 中心被分为超大型数据中心。

表 1.1-2 按照标准机架数量和机架功率对数据中心规模的分类

类别/条件	超大型	大型	中小型
标准机架数量	≥ 10000	3000~10000	< 3000
标准机架功率 (kW)	≥ 25000	7500~25000	< 7500

目前，标准化、集约化的超大型数据中心成为主流发展趋势。我国数据中心建设中，超大型数据中心数量不断提高。据前瞻产业研究院《2020 年中国数据中心行业市场现状及发展趋势分析》统计，2019 年中国数据中心数量大约有 7.4 万个，较 2012 年增加 2.3 万个。其中，已建成的超大型、大型数据中心数量占比达到 12.7%，若包含规划在建数据中心数量，超大型、大型数据中心数量占比达到 36.1%。

2019 年我国数据中心可用机架数量为 244 万架，较 2018 年增长 40 万架，机架数增长较为平稳。

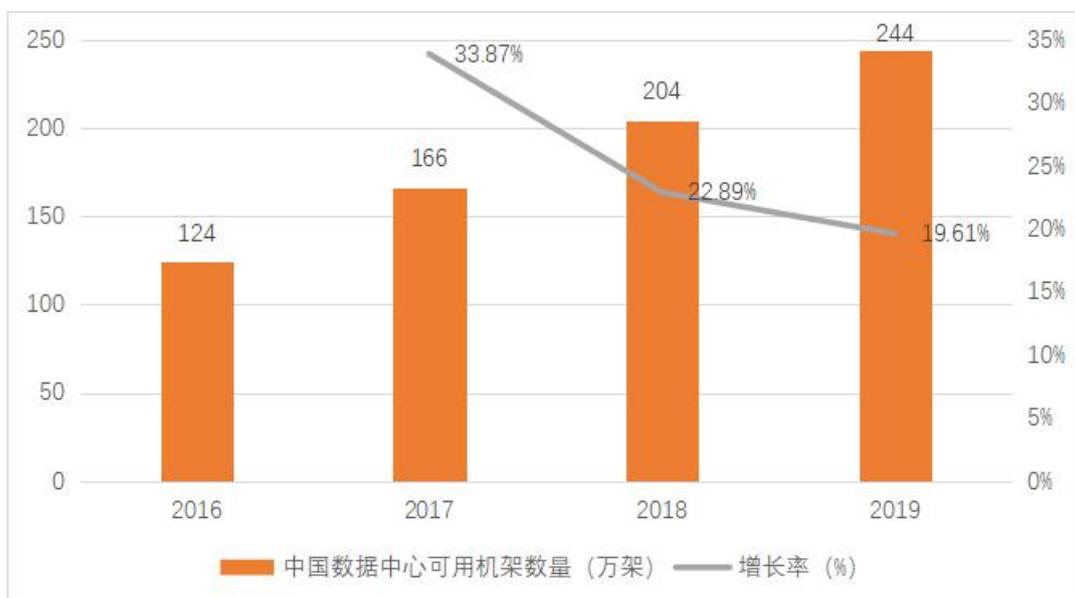


图 1.1-10 2016~2019 中国可用机架数及增长率

根据工信部发布的《全国数据中心应用发展指引》，截止 2016 年全国数据中心中小型数据中心机架数为 75.1 万架，大型数据中心机架数为 35.2 万架，超大型数据中心 14.1 万架，截止 2017 年全国数据中心中小型数据中心机架数为 83.2 万架，大型数据中心机架数为 54.5 万架，超大型数据中心 28.3 万架。又根据中国信通院的统计数据，大型和超大型数据中心总机架数超过中小型数据中心机架数。

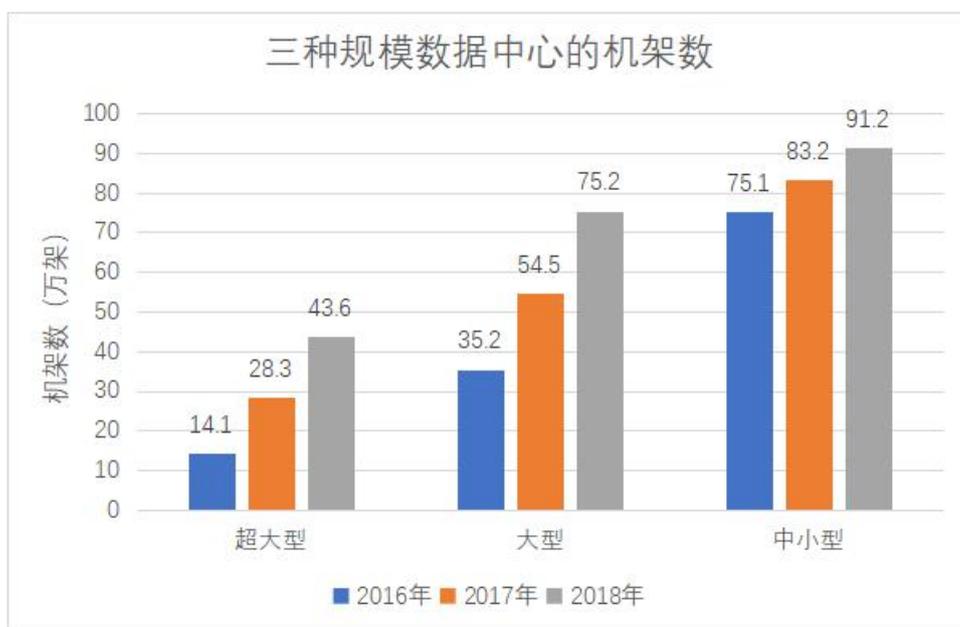


图 1.1-11 2016~2018 年我国三种规模数据中心的机架数

据前瞻经济学人《2018年中国数据中心发展现状分析》指出，截至2017年底，我国超大型数据中心上架率为34.4%，大型数据中心上架率54.87%，与2016年相比均提高5%左右，全国数据中心总体平均上架率为52.84%。另外《数据中心深度报告：IDC投资快速增长，坚定看好2个核心标的》一文中提到，截至2016年底，我国超大型数据中心上架率为29.01%，大型数据中心上架率50.16%，全国数据中心总体平均上架率为50.69%。可以看到，超大型和大型数据中心的上架率与2017年相比分别相差5.39%和4.71%，与相差5%左右这一说法基本吻合，认为这个数据是合理的。超大型数据中心的上架率比全国总体水平低了20%-15%左右，所以超大型数据中心的利用率还有很大的发展空间，不过超大型数据中心的上架率增长还是比较快的；而大型数据中心的上架率比全国总体水平要高一些，说明大型数据中心的利用率还是比较好的。

在地域分布上，除北上广深等一线城市，河南、浙江、江西、四川、天津等地区上架率提升到60%以上，西部地区多个省份上架率由15%提升到30%以上（根据《2018年中国数据中心发展现状分析》）。由此看来，我国数据中心上架率仍可进一步提高，不过还是在往平衡的方向发展的。

我国数据中心规模的发展态势，总的来说是，大型和超大型数据中心的成长占主要部分，我国数据中心往大规模方向发展。其中的原因是多方面的，主要包括信息产业的发展使得数据量飞速地增长，还有云计算的集中化趋势扩大等等原因，造成数据中心所需要的服务器数量快速增长，并且也推动了数据中心的数据处理能力的增长，推动着数据中心网络不断向大带宽低时延方向演进。可以预计未来大型和超大型数据中心将在IDC数据、流量及处理能力方面发挥越来越重要的作用。

1.1.4 我国数据中心区域分布情况

数据中心区域分布主要受市场需求、政策和成本等因素影响。在我国，由于一线城市人口密集、互联网产业发达，其数据中心业务需求旺盛。《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》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，对中国各地区大型及以上、大型以下数据中心现状进行了估算。各省市大型及以上数据中心分布比例见图。可以看到，北京、上海和广东三个地区仍然是大型及以上数据中心主要分布

的地区。大型及以上规模数据中心的比例分别为 20.8%、12.8% 和 9.6%。比例排序紧随其后的是内蒙、浙江、江苏、贵州，大型及以上数据中心在内蒙的数量占到了全国的 8%，贵州也占到了 4.8%。因此，数据中心的建设在中部地区、西部地区也有了不错的发展。

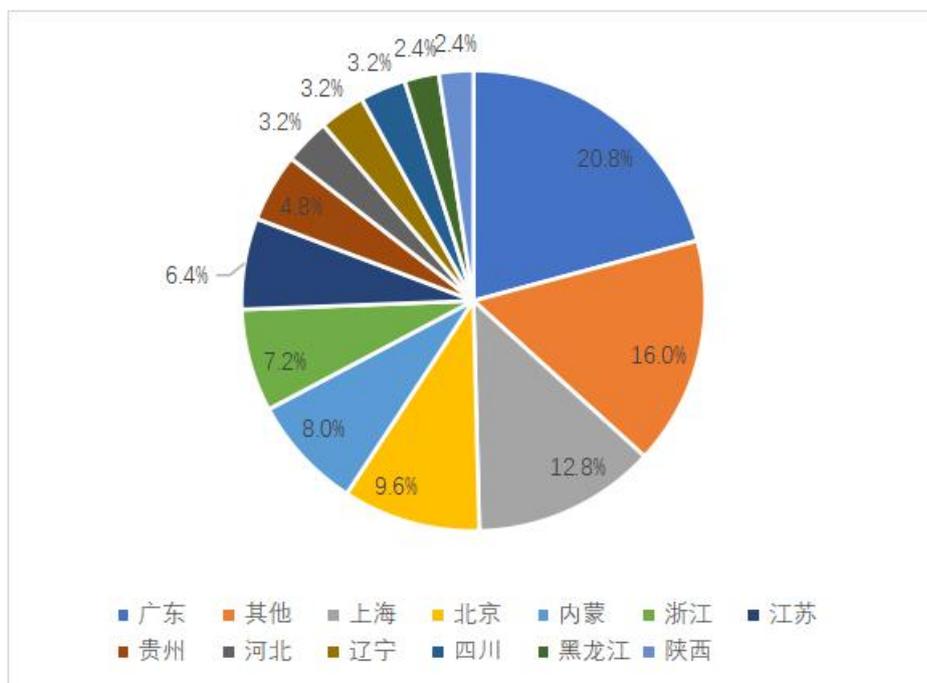


图 1.1-11 2018 年全国大规模数据中心区域分布情况（数据来源：前瞻产业研究院）

2018 年，工信部发布《全国数据中心应用发展指引》，对我国数据中心整体布局提出政策性引导，近些年，我国数据中心布局不再局限于一线城市，而向一线城市周边和中西部非一线城市延伸。工信部信息通信发展司《全国数据中心应用发展指引（2018）》给出了北京及周边地区、上海及周边地区、广州及周边地区、中部地区、西部地区和东北地区这 6 个地区在 2016 年的在用机架数、2017 年的在用机架数、2018 年的可用机架数以及 2019 年的预测可用机架数，数据如下图所示。

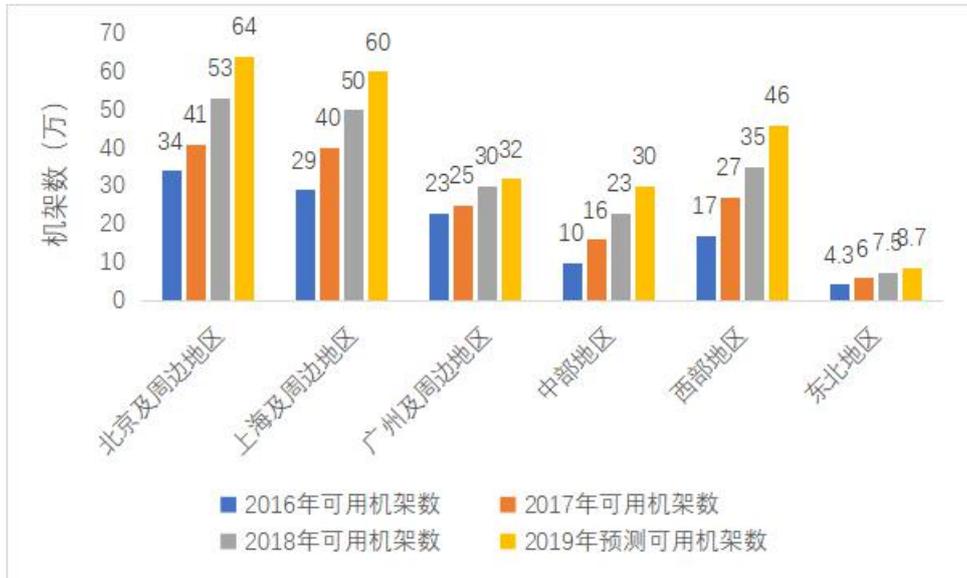


图 1.1-12 2016-2019 年中国主要地区数据中心机架数

表 1.1-3 数据中心区域划分

北京及周边地区	北京、天津、河北、内蒙古
上海及周边地区	上海、浙江、江苏
广深及周边地区	广东、深圳、福建
中部地区	安徽、湖北、湖南、河南、江西、山西
西部地区	广西、宁夏、新疆、青海、陕西、甘肃、四川、西藏、贵州、云南、重庆
东北地区	黑龙江、吉林、辽宁

从该图中可以看出，全国各地区的机架数都有所增长。其中，北京及周边地区、上海及周边地区继续保持较快的增长速度，西部地区由于一系列的优势，数据中心的发展也相当可观。相比来说，广州及周边地区的数据中心发展似乎达到了饱和，增长较慢。中部地区数据中心发展也较快，大有超过广州及周边地区的趋势。

综合来讲，我国数据中心区域分布呈现四个特点，分别是：一线城市为市场需求核心、逐渐向一线城市周边延伸、中部地区的数据中心建设吸引力有所提高、西部地区占比提高。

1) 由于市场需求在数据中心前期建设中的主导作用，一线城市北上广深成为数据中心建设的热点和中心地带。一线城市具有地方性的高密度互联网金融企业，对数据中心有大量需求，考虑到延迟性能，大部分数据中心选择在这些地方

建立。我国幅员辽阔，大陆面积近 960 万平方公里。气候条件方面，我国自北向南跨越亚寒带、中温带、暖温带、亚热带、热带，黑龙江冬天能达到零下 40 度，而重庆夏季温度超过 40 度，气候环境变换巨大。另外也有各种各样的自然灾害，比如四川地震频发，沿海一带台风肆虐，但数据中心都能在这些地区建设起来。这些数据中心为当地人民带来了生活水平的提高，也推动了经济发展。而目前，我国数据中心的分布仍然严重不均。一个地区数据中心的数量依旧和该地区的经济发展程度成正相关的关系，主要体现在大型及以上数据中心上。我国的大型数据中心主要还是集中在北京、上海、广东；。

2) 数据中心的布局逐渐向一线城市周边延伸。出现这一现象的原因是多方面的，其一是北上广等地区相继出台了相关的禁限政策，其二是在一线城市周边，相对于市内，土地更为充足、租金更低、电价成本更低，同时又因为靠近一线城市，可以通过拉光纤专线来解决带宽问题。

3) 许多非一线城市地区的数据中心建设吸引力有所提高。这些地区的经济发展水平基本在全国经济发展水平的中等水平。这些地区建设数据中心可以有效地减轻北京，上海和广州这三个城市的数据中心建设压力。近年来，许多地方政府纷纷大力建设数据中心，为增强在当地建立数据中心的吸引力，出台了许多优惠的减税政策。希望通过数据中心带动当地经济。地方政府主要引入运营商和第三方数据中心服务提供商。例如，四川就引入了中国联通和中国电信，建设了十几个大型数据中心，包括中国联通国家数据中心、中国电信四川成都第二枢纽中心、四川电信莲花枢纽中心、四川电信天府热线数据中心等；山东引入了中国联通，建设有山东青岛二枢纽数据中心、潍坊联通 IDC 数据中心、济南联通云数据中心、济南二枢纽数据中心等；浙江引入中国移动，建设有宁波移动 IDC、杭州移动三墩西湖科技园数据中心等。第三方数据中心服务提供商方面，包括有武汉新软件数据中心，国际电联电信云计算数据中心（河南），企业在线商务京东数据中心（河北），浙江绿谷云数据中心等。这些第三方数据中心也可以向外提供机房和机柜租赁业务，对于运营商是一个有益补充。

4) 欠发达地区比如西北、西南等，数据中心市场也在逐步发展起来。近年来，在西部的一些地区，建立了几个超大型的数据中心。数据中心市场的发展可以有效地改善当地信息发展水平。欠发达的西部地区发展数据中心主要有这几个

促进因素：政策因素、西部地区电价和土地价格更便宜、西部地区具有可再生资源方面的优势。不过，西部地区数据中心的发展仍然存在一些问题。比如西部地区的科技发展相对较为滞后。一方面高科技产业不发达，另一方面相关的技术、管理人才也相对较少。另外，西部地区数据中心的发展还存在网络资源匮乏的问题。这严重限制了数据中心客户的进入。数据中心由大型存储服务器和通信设备组成，它用于企业在线存储海量数据。它需要高速，可靠的内部和外部网络环境。而目前，西部地区所提供的网络环境仍然较差，宽带跟不上，网速较慢，网络稳定性较差。

1.2 我国数据中心发展趋势

2019 年互联网产业和通信服务行业继续保持高速发展，据《中国互联网发展报告 2020》报告，截止至 2019 年底，我国移动互联网网民规模已有 13.19 亿。工信部快报数据显示，2019 年我国规模以上互联网和相关服务企业完成业务收入 12061 亿元，同比增长 21.4%。其中，互联网数据服务（含数据中心业务、云计算业务等）实现收入 116.2 亿元，同比增长 25.6%，增速高于互联网业务收入 4.2 个百分点；部署的服务器数量达 193.6 万台，同比增长 17.3%。此外，物联网、云计算、人工智能、区块链、大数据、5G 等产业的迅速发展使得 IT 设备使用量和服务器密度的与日俱增，数据中心产业规模持续高速增长。2019 年 6 月和 10 月，工信部分别向三大运营商和华为分别发行 5G 牌照和首个 5G 无线电通信设备进网许可证，5G 的大量部署将会促使对数据中心需求的进一步增加。区域发展方面，由于数据中心带来的供电压力、用地紧张等问题，过去几年，北京、上海、深圳相继出台了限制数据中心建设的政策。可以预见，在未来数据中心需求稳定增长的背景下，数据中心建设将呈现区域延伸和能效提升的特点。其中，区域延伸主要指数据中心建设将更多向一线城市周边及中西部等非一线城市扩展。而能效提升主要指未来高效节能的绿色数据中心成为数据中心发展建设的主要方向。

1.2.1 我国数据中心数量及规模持续稳定增长

在过去十多年中，由于通信技术的发展，电子商务、游戏、直播、短视频等行业迅速发展，数据量在存储端和传输端几何级增长。同时，移动互联网和大数据技术的发展和进一步促使 IDC 产业高速发展。在未来，由于物联网、5G、

区块链等技术进一步发展应用，工业计算、AR/VR 等需求会成为数据中心建设新的驱动力。

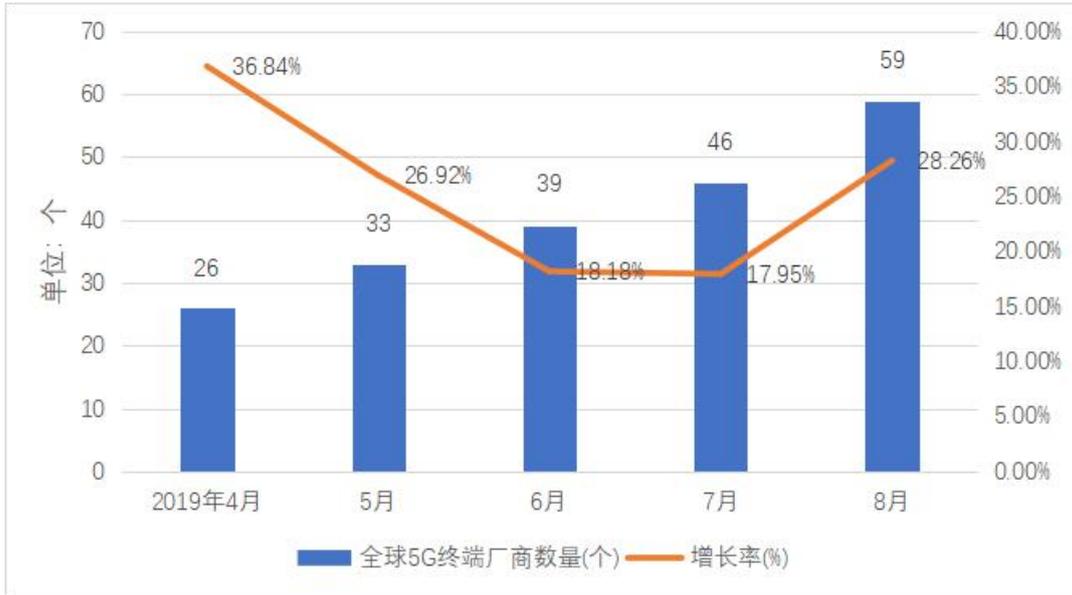


图 1.2-1 2019 年 4 月~8 月全球 5G 厂商数量及增长率

2019 年 6 月和 10 月，工信部分别向三大运营商和华为分别发行 5G 牌照和首个 5G 无线电通信设备进网许可证，5G 的大量部署将会促使对数据中心需求的进一步增加。5G 的规模增长将导致数据传输速度和数据量的激增，从而进一步促进数据中心的发展。

未来十年中，中国对“新基建”的持续推动，5G 的推广和 6G 的研发及应用，以及高速传输带来 VR/AR 等更多高新科技产业发展，可能会使人们的信息交流方式进一步发展，从而驱动数据中心的发展。此外，从全球端分析，与欧美、日本等发达国家相比，我国的人均数据中心数量占有率偏低，未来还存在很大的发展及改进空间。从另一方面来说，由于能耗压力，数据中心的区域发展一定程度上受到约束。

在市场需求、政策与能耗压力的多重作用下，预计未来十年内，数据中心依然会保持稳定高速增长。其中，市场需求是主要驱动力，能耗压力是客观约束，政策是调控手段。为了缓解能耗压力，数据中心区域布局将向一线城市周边和中西部更多非一线城市转移，西部与北部自然条件良好的城市有潜力成为超大型数据中心的布局中心。同时，在数据中心相关研究方面，高能效的数据中心及散热机理将成为研究的热点。

根据工信部《全国数据中心应用发展指引》和中国产业信息网《2019年中国 IDC 市场发展空间及 IDC 技术发展趋势分析预测》发布的 2009-2019 年我国数据中心市场规模，通过线性拟合对未来五年的数据中心市场规模做出了预测。在未来，一方面，随着互联网与通信技术的发展，势必对数据中心有持续增长的需求。同时，我国大力发展新基建，进一步促进了数据中心普遍化发展，为数据中心发展提供了新动力。另一方面，由于数据中心高耗能问题，制定行业标准，优化建设布局，出台限制政策，提高数据中心能耗效率成为发展的主流趋势。根据过去十年间的数据中心市场规模变化趋势，考虑多重因素的作用，数据中心市场规模预计保持稳定高速增长，其增长率将稳定在 28%左右。其中，大型、超大型数据中心为主依旧是目前发展的主流趋势。



图 1.2-2 2020-2025 我国数据中心市场预测

1.2.2 数据中心向一线周边和中西部城市转移

数据中心的建设主要受需求、成本和政策影响。由于金融机构、互联网企业主要集中在一线城市，对于数据中心访问时延、运维便捷以及安全性有较高要求，伴随数据量持续增加，这些地区对数据中心需求持续上升。二十一世纪初，由于政策支持和需求导向主导，我国数据中心建设主要集中在北上广深一线城市。近两年，考虑到一线城市土地、电力资源稀缺，加之政策监管趋严，数据中心的供给已经达到天花板，数据中心建设逐渐向一线城市周边和中西部非一线城市转移。

2013年，政府发布《关于数据中心建设布局的指导意见》，鼓励数据中心向自然条件优越的地区，以降低建设和运营成本。2018年工信部发布《全国数据中心应用发展指引》，我国数据中心总体布局逐渐趋于完善，新建数据中心，尤其是大型、超大型数据中心逐渐向西北地区以及一线城市周围地区转移。2019年前后，北京、上海、深圳针对数据中心建设问题相继出台了限制政策。纵观数据中心区域性发展，可以看出发达地区由于经济、人才、市场等优势，在数据中心建设中始终处于主导地位。为了降低数据中心区域性集中带来的用电压力，北京、上海和深圳等地相继出台了政策对此加以限制，同时，欠发达地区政府出台地方政策促进本地数据中心建设。在未来，数据中心将可预见地向一线城市周边转移。

表 1.2-1 北上深数据中心建设限制政策

区域	时间	政策	主要内容
北京	2018.09	《北京市新增产业禁止和限制目录(2018)》	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；中心城区全面禁止新建和扩建数据中心。
上海	2019.01	《关于加强本市互联网数据中心统筹建设的指导意见》	到 2020 年，全市互联网数据中心新增机架数严格控制在 6 万架以内；坚持用能限额，新建互联网数据中心 PUE 值严格控制在 1.3 以下，改建互联网数据中心 PUE 值严格控制在 1.4 以下
深圳	2019.04	《关于数据中心节能审查有关事项的通知》	PUE1.4 以上的数据中心不享有能源消费的支持，PUE 低于 1.25 的数据中心可享有能源消费量 40% 以上的支持。

表 1.2-2 一线城市及周边地区 2018~2019 年在用机架数

地区	2018 年在用		2019 年在用		增长率 (%)
	北京	机架数(万架)	北京	机架数(万架)	
北京及周 边	北京	13.5	北京	14.1	4.4
	河北、天津、内 蒙古	21.7	河北、天津、内 蒙古	41.3	90.3

上海及周 边	上海	27.9	34.8	24.7
	浙江、江苏	32.8	37.9	15.5
广州、深圳 及周边	广州、深圳	20.9	22.2	6.2
	广东其它地区、 福建、海南	16.1	19.7	22.4

据赛迪顾问《简析全国数据中心布局情况》统计，与2018年相比，2019年北京、广州、深圳在用机架增长率均在7%以下，在能耗压力和政策限制下，未来一线城市数据中心增长预计会进一步减少。在需求端，由于互联网和通信技术进一步发展，电子商务、工业互联网、金融、5G、VR/AR等应用持续发展，数据量仍将持续呈几何级增长，一线城市仍对数据中心有较高需求。在需求、能源和政策的三重作用下，一线城市周边地区将成为新的数据中心建设热点区域，目前，国内互联网企业如阿里巴巴、腾讯、今日头条、百度等对数据中心的布局渐向河北、内蒙古、江苏、浙江、福建等一线周边城市扩散。从表1.2-3可以看到，与2018年相比，2019年北京、上海、广州、深圳周边地区增长率分别为90.3%、15.5%和22.4%。预计在未来，这些城市仍有较大发展空间。一线城市中，上海较为特殊，由于上海周边互联网、金融等企业数量众多且电子信息产业发展迅猛、企业数字化转型需求较强等因素，加之南京、上海是国家网络骨干节点、网络基础雄厚，上海及周边江苏、浙江等地区2019年在用机柜增长率均保持在15%以上的较高增长率

除了一线城市周边之外，中西部非一线城市也成为数据中心布局的重点。中西部城市由于自身独特的地理环境，往往可以利用自然冷源，所建成的数据中心具有较低的PUE值。内蒙古、宁夏、贵州等区域自然气候独特，可再生能源丰富，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，出台了一系列有利于数据中心发展的政策，如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。如2018年中旬腾讯在贵州省贵安新区兴建的腾讯贵安七星数据中心开启试运行，该数据中心用地面积776亩，隧洞面积3万平方米，建设投资近100亿元，应用腾讯自主研发的T-block技术，实现快速拼装、节能绿色的目标。根据2016年

4月26日工信部电信研究院测量，T-block 最小 PUE \approx 1.0955，比国内其他主流数据中心节能 30%。腾讯七星数据中心是一个特高等级绿色高效灾备数据中心，未来将用于存储腾讯最核心的大数据。贵州有着得天独厚的自然条件，企业充分利用了贵州水利能源的优势，打造出高安全等级，高绿色的数据中心。其它中西部城市中，河南、江西、浙江、四川、天津等地区上架率均提高到 60%以上。在西北区域，由于当地政府的支持，大力鼓励发展数据中心产业，开展大数据战略行动。电信、移动、联通三大运营商和华为、腾讯、阿里巴巴等很多有行业影响力的公司在新疆、陕西、宁夏等西北地区投资建设了一批数据中心。然而，在需求端，中西部城市大型互联网企业较少，数据中心上架率低、空置资源多成为建设面临的主要问题。

综上所述，数据中心的建设要充分考虑市场需求、能源与政策及成本相关因素。目前，我国数据中心布局已相对成熟。预计在未来，多区域协同发展将成为数据中心建设的主旋律。而在其中，一线城市周边如内蒙古、贵州、浙江、江苏等地由于市场需求较高，将成为短期数据中心建设的重点。此外，其它中西部城市如四川、河南、江西等地，在当地政府政策鼓励下，数据中心也将保持增长趋势。在较为长久的未来，随着新基建不断发展，数据中心作为互联网基础设施，是改善民生的重点，其全国分布将更加均匀合理。与此同时，以发达地区为中心辐射也很有可能成为未来数据中心的最终布局特点之一。

1.2.3 数据中心能耗效率不断提高

数据中心能耗问题是全球数据中心发展及建设面临的重大挑战。数据中心的迅速发展和其数量规模的不断壮大也引起了巨大的能源消耗。图 1.2-3 显示了 2010-2025 年数据中心能耗变化及预测。根据工业信息化的数据,2014 年我国数据中心年耗电量约为 829 亿 kWh, 占全国总用电量的 1.5%; 2015 年我国数据中心电力消耗达到 1000 亿 kWh, 相当于三峡水电站的年发电总量; 2016 年我国数据中心总耗电量超过 1108 亿 kWh, 占全国量的 2%左右, 和农业的总耗电量相当; 2017 年达到 1250 亿 kWh, 这个数字超过了三峡大坝 2017 年全年发电量(976.05 亿 kWh)和葛洲坝电厂发电量(2017 年葛洲坝电厂发电量 190.5 亿 kWh)之和。



图 1.2-1 2014-2020 年全国数据中心耗电量及预测（图中 E 表示预测值）

随着互联网及通信技术的发展，未来对数据中心的需求将持续不断走高，如何提高数据中心的能效，尤其是制冷能效，成为相关研究人员研究重点。目前，数据中心制冷能效比的提升主要从液冷和自然冷源两方面入手。从制冷方式来看，风冷将逐渐被安装灵活，效率更高的液冷方式所取代。据预测，2020 年单机架功率密度可达到 40kW，传统的风冷形式已经无法满足制冷的需求，服务器级的液冷技术无疑成为的更好的选择。液冷技术无需冷机、送风末端等组件，而是利用液体把芯片组等器件在运行时所产生的热量带走，故 PUE 值可达 1.09 以下，能大幅降低数据中心的整体能耗。同时，针对某些特定年均气温较低的地区，采用自然冷源是一种更加节能且经济的方式。西部及北部地区冬季气温低，存在着大量的可利用自然冷源，将数据中心建设在这里，可以大幅度减少能耗，提升系统能效。所以，以液冷技术承担芯片产生的主要热负荷，非液冷技术承担剩余环境、人员等小部分热负荷的组合式制冷技术无疑是未来数据中心制冷系统的发展趋势。

根据《“十三五”国家信息化规划》，到 2018 年，新建大型云计算数据中心能耗效率（PUE）值达到 1.5 以下，图 1.2-2 为全国数据中心 PUE 情况（数据来源于工信部信息通信发展司），到 2020 年，信息通信网络全面应用节能减排技术，淘汰老旧的高能耗通信设备，实现高效节能的目标。新建大型、超大型数据中心 PUE 值不高于 1.4，从而实现单位电信业务总量能耗与 2015 年底相比下降

10%，通信业能耗达到国际先进水平，全面推进电信基础设施建设绿色发展。截至 2017 年底，随着上架率的提高，全国在用超大型数据中心平均运行 PUE1.63；大型数据中心平均 1.54，最高水平达到 1.2 左右。同时 2017 年规划在建超大型数据中心平均设计 PUE 为 1.41，大型数据中心为 1.48,预计未来几年仍将进一步降低。



图 1.2-5 2017、2018 年全国数据中心 PUE 情况

“绿色计算”已成为当下 IT 基础设施的建设潮流。早在 2012 年，中科曙光便在“多元技术融合”、“计算提效升级”等方面投入大量研发资源。如今，曙光已实现国内首个“冷板式液冷服务器”、“浸没式液冷服务器”的大规模应用项目落地，曙光采用的“相变液冷”技术的服务器产品，PUE 值可降到 1.05 以下，处于世界领先水平。国内数据中心不断创新绿色节能新应用，多个数据中心获得 TGG（绿色网格）与开放数据中心委员会联合认证的 5A 级绿色数据中心。如 2018 年阿里巴巴张北云联数据中心采用阿里云自主研发的飞天操作系统，采用电能限制管理等方式，提高 IT 设备效率。制冷系统采用无架空地板弥散送风、热通道密闭吊顶回风、预制热通道密闭框架、自然冷源最大化利用等技术。供配电采用一路市电+一路 240V 直流的供电方式，结合预制模块化，高效供电架构的设计减少了配电环节的能源消耗，提升能源效率。实现年均 PUE=1.23。图 1.2-3 为阿里液冷服务器集群，PUE 可逼近理论极限值 1.0。



图 1.2-4 阿里液冷服务器集群

市场研究机构 IDC 在“中国首届绿色计算高峰论坛暨绿色计算应用成果发布会”发布了《2019 中国企业绿色计算与可持续发展研究报告》，报告调查了 200 多家大型企业，其中超过 50%的企业已大规模部署并使用模块化数据中心、液体冷却等“绿色计算”技术。表 1.2-2 为受访企业数据中心的 PUE 值情况，可以发现中国企业数据中心 PUE 值有明显降低。PUE 值大于 2.0 的企业从 2012 年的 34.6% 下降到 2019 年的 2%，而 PUE 值小于 1.5 的企业从 3.7% 上升到 12.9%。但依然有 85% 的受访企业数据中心的 PUE 在 1.5-2.0 之间，未来仍有很大的提升空间。

表 1.2-3 中国企业能效管理调查受访企业数据中心的 PUE 值

PUE	2012	2015	2019
<1.5	3.7%	8.1%	12.9%
1.5-1.8	23.4%	29.5%	39.1%
1.8-2.0	38.3%	37.2%	46%
>2.0	34.6%	25.2%	2%

1.3 我国数据中心冷却系统概况

1.3.1 数据中心冷却系统评价指标

数据中心冷却系统的能效问题越来越受到关注。建立高效的数据中心十分重要，而数据中心冷却系统是数据中心能耗重要的组成要素之一。目前，很多数据

中心成功案例，通过采用自然冷却、地源热泵、采用芯片级系统等方法，合理配置数据中心冷却系统，达到建成高效数据中心的效应。然而，现行的数据中心冷却系统能效评价方法存在一些问题。

为了研究数据中心的能效问题，在 ASHRAE 和绿色网格组织提出了数据中心能效指标 PUE(Power Usage Effectiveness, 用能效率)。PUE 指标以 IT 设备能耗和设备总能耗的关系为研究对象。PUE 计算通常应该以年度为单位，采用的全年数据中心设备总耗电量 (E_{costDC}) 及 IT 设备总耗电量 (E_{costIT}) 进行计算。数据中心 PUE 表达式如下：

$$PUE = \frac{E_{costDC}}{E_{costIT}} \quad (1.3.1)$$

PUE 指标运用普遍，然而美国乃至整个国际对 PUE 的评价贬褒不一，ASHARE、绿色网格等不同组织对是否应该在标准中使用 PUE 指标持有不同意见。目前，业界公认 PUE 是一个片面的指标，有标准规范欠缺、受测量标准和测量方法影响大、被严重商业化、无法体现设备效率、能源生产率和环境绩效等诸多缺点。

为了应对 PUE 评价存在的问题，业内提出了使用数据中心冷却系统综合性能系数 (GCOP) 评价指标的方案。该方案的核心思路是以数据中心冷却系统为评价对象，以制冷设备提供的冷量与制冷系统输入功率之比衡量系统的能效。由于数据中心制冷系统提供的冷量难以测量，数据中心 GCOP 实际以耗电量替代数据中心冷却系统的冷负荷，即只基于对数据中耗电量的统计结果进行计算。因此，只需要直接利用数据中心原有的电表设备 (或简单改造)，即可应用 GCOP 评价标准评价数据中心冷却系统的能效。目前，已有部分数据中心响应新标准的推行，采用数据冷却系统 GCOP 评价系统能效。然而，目前还未被所有数据中心统一使用，数据中心 GCOP 评价也仍不完善，合理定义数据中心 GCOP 方法仍可以进一步探索。

在一般空调系统 COP 能效评价指标的启发下，结合数据中心冷却系统的实际情况及数据中心冷却系统评价工程需要，本次报告中，数据中心 GCOP 指标按如下公式计算：

$$GCOP = \frac{E_{costDC} - E_{costCS}}{E_{costCS}} \quad (1.3.2)$$

其中，GCOP 为数据中心冷却系统综合性能系数指标，用于评价数据中心冷却系统的能效。 E_{costDC} 为数据中心总能耗，其中不仅包括数据中心市电供电量，也包括数据中心配置的发电机的供电量。 E_{costCS} 为制冷系统能耗，包括机房外制冷系统的能耗，另外包括 UPS 供电的制冷风扇、关键泵以及设备机柜内风扇等制冷设备产生的能耗。

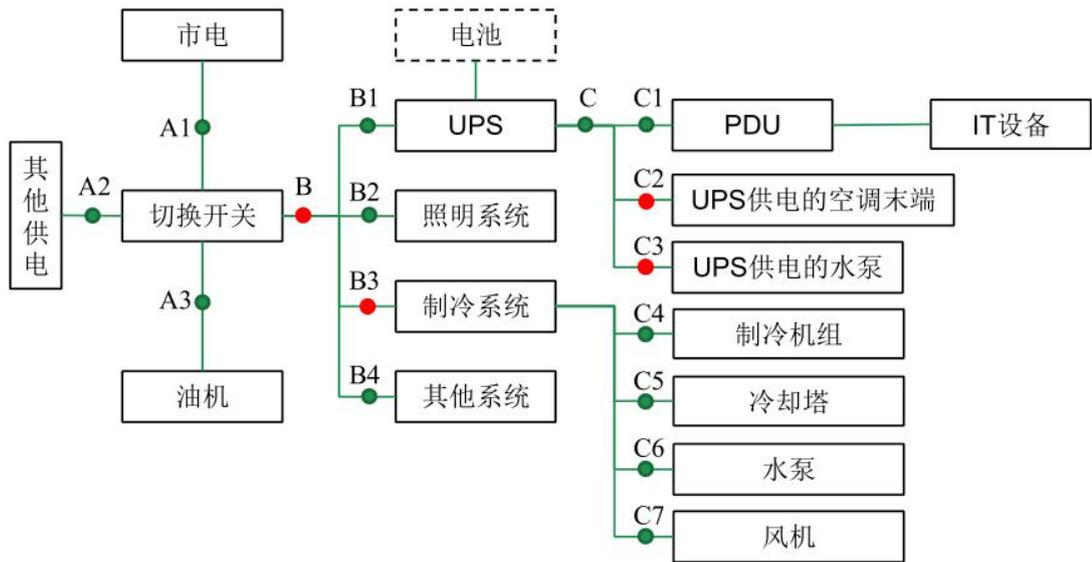


图 1.3-1 数据中心能耗监测点位置图

为得到计算 GCOP 的能耗数据，在典型的数据中心中需要配置测点的位置如图 1.3.1 所示。基于 GCOP 指标的计算公式，目前提出的数据中心冷却系统综合 COP 指标要，求数据中心应至少在以下位置安装设置电能计量仪表或选为测量点：

(1) 测量数据中心总电能消耗 (E_{costDC})，测点位置如图中的 B 点所示。

(2) 测量数据中心 IT 设备总电能消耗 (E_{costIT})，测点位置如图 1 中的 C1 点所示。IT 设备能耗的测量应充分利用原设计中已有的配电设施和低压配电监测系统，结合现场实际合理设计计量系统所需要的计量仪表、计量表箱和数据采集器的数量及安放位置。

(3) 测量冷却系统总能耗 ($E^{cost_{CS}}$), 其组成包括供电系统直接供电的制冷系统 (含制冷机组、冷却塔、水泵、风机等) 的电能消耗 (B3 点)、由 UPS 供电的空调末端 (C2 点) 和由 UPS 供电的水泵 (C3 点) 三个部分。

根据电表实测结果, 计算系统全年 COP 的公式如下:

$$GCOP = \frac{E_B - (E_{B3} + E_{C2} + E_{C3})}{E_{B3} + E_{C2} + E_{C3}} \quad (1.3.3)$$

其中, E 代表各电表的读数结果, 各种下标指示了对应电表的位置。

实际情况中, 建议采用全年能耗数据计算全年平均的 GCOP, 从而更好地体现一年内数据中心的总体运行状态, 并使能效评价结果更具有说服力与可比较性。数据中心全年平均综合性能系统数的 (GCOPA) 指标的计算如公式 1.3.4 所示:

$$GCOP_A = \frac{E_{cost_{DC,A}} - E_{cost_{CS,A}}}{E_{cost_{CS,A}}} \quad (1.3.4)$$

式中, $E_{cost_{DC,A}}$ 为数据中心全年耗电量; $E_{cost_{CS,A}}$ 为冷却系统全年耗电量。

数据中心冷却系统的工作效率受 IT 设备总功率、室外温度等条件影响, 因此系统能效可能随工况发生改变。因此, 对特定工况 (如 IT 设备功率最大) 下数据中心冷却系统进行单独评价, 可以更全面的评价数据中心冷却系统的能效。特定工况下数据中心冷却系统综合性能系数 (GCOPS) 指标的计算如公式 1.3.5 所示:

$$GCOP_S = \frac{E_{cost_{DC,S}} - E_{cost_{CS,S}}}{E_{cost_{CS,S}}} \quad (1.3.5)$$

式中, $E_{cost_{DC,S}}$ 为特定工况下数据中心耗电量; $E_{cost_{CS,S}}$ 为特定工况下冷却系统耗电量。

1.3.2 数据中心冷却系统能效现状的评价

为了初步评估 1.3.1 节中采用的数据中心冷却系统综合 COP 计算标准的可行性, 同时对国内数据中心能效进行分析, 本节基于部分高效数据中心能耗实测数据, 使用 GCOPA 进行了数据中心冷能效分析, 并与 PUE 指标的评价效果进行了对比。

本节采用的数据中心数据来自内蒙古呼和浩特、广东深圳、河北廊坊等地的高效数据中心。这些数据中心分布在不同建筑气候区，使用了不同系统形式和运行策略，例如高效末端、自然冷却、AI 控制的运行优化等。这些高效数据中心冷却系统的实例，曾在 2019 数据中心冷却技术年度发展报告中被详细介绍。根据这些数据中心的逐月能耗数据和 1.3.1 中的 PUE、GCOPA 的计算方法，本节计算得到如下表所示的能效评价结果。

表 1.3-1 高效数据中心能效评价结果

地点	系统形式	总电能消耗 (万 kW·h)	IT 设备 电能消耗 (万 kW·h)	制冷设备 电能消耗 (万 kW·h)	冷却系统 GCOP _A	数据中心 PUE
内蒙古 呼和浩特	高压冷水机组+ 高效末端+自然 冷却	11309.39	8321.62	1834.79	5.16	1.36
广东 深圳	冷水主机+独立 湿度+精细化管 理	4240.02	3221.83	661.10	5.41	1.32
河北 廊坊	冷水制冷系统+ 自然冷却+行级 制冷空调 +icooling 能 效优化	7233.48	5677.08	698.54	9.36	1.27

由表可见，各不同实例中 GCOPA 评价结果有显著不同。在严寒地区、夏热冬冷地区和夏热冬暖地区的多个不同城市、不同系统形式的高效机房实例中，数据 GCOPA 在 5.16~9.36 间变化，PUE 在 1.27~1.36 间变化。GCOPA 评价结果表明，气候、系统形式、运行调节方案等条件不同时，高效数据中心冷却系统间仍可能存在显著差异。

我国数据中心 PUE 实际大多大于 1.3，且许多数据中心 PUE 大于 2.0。因此，研究中如果包含不够高效的一般效数据中心冷却系统，则不同气候区和系统形式的冷却系统间 GCOP 差异将比表中计算的范围差异更大。为了验证这种情况，我们基于上海某普通效率的数据中心的 3 月能耗数据和湖南资兴某高效机房 10 月能耗数据进行了对比评价。结果表明，PUE 为 2.031 的上海一般机房的 GCOP

为 1.73，而 PUE 为 1.182 的湖南高效机房的 GCOP 为 9.41。该 GCOP 评价结果显示，我国的数据中心冷却系统能效存在极大差异，而一般数据中心 GCOP 能效水平仍明显较低，因而提升我国数据中心冷却系统的能效意义重大。

根据初步评价结果，目前我国数据中心冷却总体表现为寒冷地区的、系统形式和节能方案先进的数据中心具有更好能效评价结果。该结果说明我国数据中心冷却系统的现状中，冷却系统仍存在巨大的节能潜力，而分区研究不同气候区数据中心冷却系统能效，建立高效数据中心冷却系统是一种合理的提升系统能效的研究思路。

目前的评价结果表明，本次提出的 GCOP 的变化范围比 PUE 更大，数值差异更加显著，GCOP 指标评价结果具有与 PUE 指标显著不同，具有反映不同信息的参考意义。

值得指出的是，本次提出的 GCOP 计算方法结果大于过去提出的公式 ($GCOP = E_{cost_{IT}}/E_{cost_{CS}}$)。例如，河北数据中心的 GCOP 按原公式计算，结果为 8.12，深圳数据中心的 GCOP 为 4.87，该评价结果的差值 (3.25) 小于现有公式的 (3.95)。由于新的公式分子实际包括了冷却系统对数据中心 IT 设备以外的能耗产生的热量的处理，因此得到了更大的 GCOP 评价结果。在数据中心其他能耗不可避免时，可以更准确反映数据中心对负荷的处理能力。

根据评价结果，使用 GCOP 指标评价数据中心冷却系统时，评价结果具有更好的区分度，有利于指导数据中心，减少其他系统次要能耗的影响。

1.4 数据中心制冷共性问题

1.4.1 新建机房设备设计与运行负荷不均衡

设计建造新数据中心时，由于近些年计算能力需求和功率密度的增长使得许多的数据中心在建立不到十年的时间内便面临运行的空间或电源功率不足的问题，因此投资者往往会将数据采用超大规模设计来避免容量不足的问题。但数据中心的制冷系统需要全天候不间断运行，现代大型数据中心总冷量需求更是巨大，但同时也会降低能效。这就导致了数据中心在投入使用的过程中，对资源需求的不准确定位，服务器配置与性能过度，从而导致数据中心能耗的增长与浪费。

数据中心的能源使用效率直接受到实际使用负荷所占设计负荷的比例的影响，通常数据中心负载利用率越低，则其效率越低，而数据中心的负荷利用率受上架率影响。一般而言，数据中心建成投产初期上架率低，因此热负载很低，因

此不少数据中心运营初期都存在设备设计容量与运行负荷不平衡导致能效降低的问题。从各省数据中心利用率看，北上广深等一线城市数据中心已经处于饱和状态，但西部地区很多省份数据中心上架率还在 15%-30%之间，提升空间巨大。特别是近年来我国在贵州、内蒙古等自然冷资源丰富的地区建设的超大型数据中心，虽然能耗优势明显，但受限于网络带宽和产业配套等因素，实际利用率并不高。《全国数据中心发展指引 2018》显示，目前我国超大型数据中心上架率仅为 34.4%，远低于行业平均水平。

此外，大多数数据中心确保设备的可靠性和保持正常运行时间，从未按照 100%的设计负载能力运行。一般实际运行的载荷不超过 80-85%的设计额定值，有些可能会达到 90%)。这是相当必要的，但这也是可靠性与能效之间谨慎的妥协。

1.4.2 部分小型机房扩容导致室外机散热环境恶劣

为了降低成本，许多早期小型数据中心会在原有的机房空间内放入更多的运行设备，希望能避免新建机房和购买土地的花销，从而导致了早期建好的数据中心原有的散热能力无法满足强行加入新设备的散热需求。室外机之间无法留出足够的距离，可能导致后排冷凝器的进风口被前排冷凝器的出风口影响的情况。按照冷凝器水平出风的安装技术要求，出风口 4 米内应保持畅通，无遮挡物。引入了更多机柜等设备后，势必挤占原有制冷设备的空间。冷凝器，室外机等设备很可能被迫被安置在狭小的空间或面墙处，导致冷凝器进风量不足。墙面、防护栏、前排机器等阻挡会使出风阻力变大，风量减小，这样翅片上的热量就无法被迅速带走，极大地影响散热效果。

室外机的换热效率直接影响空调制冷效率。过高的室外机进风温度将导致出风温度上升，空调频繁出现高压保护，严重影响设备的稳定运行，大大影响数据中心制冷系统制冷效果。这种影响在夏季高温天气尤为严重。



室外机安装实景

1.4.3 大型机房选址问题

随着数据中心的发展和节能的需要，充分考虑资源环境条件，我国积极引导大型数据中心优先在能源相对富集、气候条件良好、自然灾害较少的地区建设，推进“绿色数据中心”建设。我国各大数字经济企业都将数据中心业务逐步往西部省份迁移。如阿里数据中心全国布局分“三步走”，第一步是布局一线城市；第二步是布局一线城市周边 200-300 千米辐射圈；第三步是布局西部地区。中国电信在宁夏中卫、内蒙、贵州等西部地区均已建设数据中心，并提前部署骨干节点。目前，除在线游戏、电商交易、在线支付等对网络时延要求极高的应用之外，大量从事数据存储、离线数据分析等业务的数字经济企业均可通过购买西部地区数据中心云服务来有效降低运营成本。

尽管数据中心西进的趋势已经形成，但是目前来看数据中心的建设选址依然倾向于东部大城市周围。这是由于大城市周围的配套设施占据优势，西部城市电网配套滞后现象明显。出于降低成本节约能耗的考虑将数据中心建设在西部城市，电网企业在配套建设电站及电网时，成本往往很大，建设积极性不高；其次，大城市服务体系，一个数据中心可能需要数十人左右的技术团队来运营，同时也需要数百名技术工人（包括电工，管道工和水暖工）来建造和维护设施，西部城市的人才储备往往不足。另外，东部城市的数据体量，吞吐和消纳能力都是西部地区无法比拟的。以上因素共同导致现阶段数据中心选址，仍然更倾向于东部大城市周围。

1.4.4 数据中心空调运行状态设定问题

大型数据中心为了达到节能的需要，在冬季和夏季采用不同的运行模式实现节能。在冬季及过渡季节，当外界湿球温度小于 4°C 时，采用自然冷却运行模式，

即冷水机组停止运行，经冷却塔散热后的冷却水和从精密空调来的冷冻水在板式换热器内进行热交换，将机房内的热量带走，此时冷却塔起到冷水机组的作用。在此过程中仅冷却塔的风扇、水泵及精密空调等设备在耗电，而冷水机组完全没有耗电。在夏季及过渡季节，当外界湿球温度高于 4℃时，冷却运行模式已无法满足数据中心制冷需求，此时冷水机组开始制冷，按照传统的空调压缩机制冷模式运行。国际上有越来越多的数据中心设计和管理人员在讨论现有的数据中心运行温度是否太低，认为应将温度设置到 81 华氏度（27.2℃），甚至是 95 华氏度（35℃）。据了解，国外某些机房照此温度运行，效果十分理想。据有关报道，设定温度上升 1℃，能节省 5%~10%的冷却电耗。

我国现行的机房标准对温度设定过低，不利于机房节能。提高机房温度所带来的最大益处是可以延长自然冷却的使用时间，提高精密空调送风温度和提高了冷冻水出水温度。但是，由于不同位置进入服务器的空气温度不一致，若提高供水温度时，会导致个别温度较高设备无法获得足够的冷量，导致机房内部出现局部热点温度过高。如何进一步改善温度均匀性，尤其是避免各种不同温度的气流之间出现的冷热掺混现象，是解决这一问题的关键。相关研究人员针对气流组织形式并结合工程实际，总结出了一些处理局部热点问题的实际经验，可以在提高水温的同时消除局部热点，保证制冷效果：

1) 通过适当减少地板通孔率，以提高静压箱压力，使其维持在 400mm 以上，从而使地板出口阻力成为系统的主要阻力，从而使室内不同位置气流分布均匀；

2) 合理调节穿孔地板的数量及通孔率，控制地板出风速度，以避免某些区域冷量过大而某些区域冷量偏小的情况；

3) 机柜宜采用“面对面，背对背”布置形式形成冷热通道，并采用盲板封闭机架上的空置区域，防止冷风和热风混合，降低制冷效率。

总而言之机房冷却的节能可以归纳为两条主要途径：通过发展各种新型的末端方式，消除冷热掺混现象，从而进一步提高要求的冷源温度；在高水温条件下，尽可能利用自然冷源，采用小压比高效冷机，降低冷源电耗

1.5 数据中心相关政策走向

1.5.1 数据中心国家及地方政策部分有关内容

从 2018 年开始，党中央和国务院多次通过会议和文件的形式强调要加强新型

基础设施建设。新基建所涉及的领域可归为两大类，一类对传统交通能源等设备进行升级改造，二是积极实施服务于 5G 网络、工业互联网、人工智能、大数据等数字化领域的新型基础设施的建设。随着“新基建”的推进，相关设备及服务需求增加，数据中心作为底层基础设施有望持续增长，数据中心建设及扩容的步伐也会相应加快。在 2020 年 3 月召开的中共中央政治局常务委员会会议上，数据中心和 5G 网络一起，被划入新型基础设施建设领域。下表梳理了 2018 年来国家层面提出的针对数据中心发展规划的部分文件及主要内容。

表 1 自 2018 年来国家层面提出的针对数据中心发展规划的部分文件及主要内容

时间	会议/文件	主要内容
2018 年 3 月	《关于推动资本市场服务网络强国建设的指导意见》	全面贯彻落实党的十九大精神，以习近平新时代中国特色社会主义思想为指导，充分发挥资本市场在资源配置中的重要作用，建立完善部门间工作协调机制，规范和促进网信企业创新发展，推进网络强国、数字中国建设。
2018 年 7 月	《推动企业上云实施指南（2018-2020 年）》	工业和信息化部统筹协调企业上云工作，各地工业和信息化主管部门要结合本地实际，以强化云计算平台服务和运营能力为基础，以加快推动重点行业领域企业上云为着力点，以完善支撑配套服务为保障，有序推进企业上云进程。
2018 年 12 月	2018 中央经济工作会议	明确提出将 5G、人工智能、工业互联网、物联网等确定为“新型基础设施建设”。
2019 年 3 月	十三届全国人大二次会议	2019 年政府工作报告明确要“加强新一代信息基础设施建设”。
2019 年 12 月	《长江三角洲区域一体化发展规划纲要》	推动数字化、信息化与制造业、服务业融合，发挥电商平台、大数据核心技术和长三角制造网络等优势，打通行业间数据壁垒，率先建立区域性工业互联网平台和区域产业升级服务平台。
2020 年 1 月	国务院常务会议	大力发展先进制造业，通过信息网络等新型基础设施投资和支持政策，推进智能、绿色制造。

2020年2月	中央全面深化改革委员会 第十二次会议	统筹存量和增量，兼顾传统和新型基础设施发展，着力打造集约高效、经济适用、智能绿色、安全可靠的现代化基础设施体系。
2020年3月	中央政治常务委员会会议	要加快5G网络、数据中心等新型基础设施建设进度。
2020年3月	国家发改委新闻发布会	首次明确定义了新基建的范围，将数据中心划入信息化基础设施范畴。

1.5.2 多项措施共助“新基建”背景下的数据中心建设

随着社会信息化数据化的进程不断加快，数据中心作为实现信息化的重要基础设施也驶入了发展的快车道。我国也大力推进数据中心的布局建设，从标准制定、规划发展以及鼓励扶持措施等方面都出台了相关政策。《关于2019年国民经济和社会发展计划执行情况与2020年国民经济和社会发展计划草案的报告》指出，国家发改委将在2020年制定加快新型基础设施建设和发展的意见，并实施全国一体化大数据中心建设重大工程，将在全国布局10个左右区域级数据中心集群和智能计算中心。国家发改委明确，今年将出台推动新型基础设施建设的相关政策文件，推进5G、物联网、车联网、工业互联网、人工智能、一体化大数据中心等新型基础设施投资。释放消费潜力，加速5G网络建设和场景应用，完善新型基础设施布局，推动超高清视频、虚拟现实等新兴消费。着力培育壮大新动能，深入实施国家大数据战略、“互联网+”行动，推动新型智慧城市建设，推进5G深度应用。实施扩大内需战略方面，释放消费潜力，加速5G网络建设和场景应用，完善新型基础设施布局；积极扩大关于数据中心的有效投资，推进5G、物联网、车联网、工业互联网、人工智能、一体化大数据中心等新型基础设施投资。

支持数字经济发展具体举措如下：

(1) 加强政策引导，建立制度保障。建立健全绿色数据中心标准评价体系和能耗监管体系，打造一批绿色数据中心先进典型，形成一批具有创新性的绿色技术产品、解决方案，培育一批专业第三方绿色服务机构。

(2) 实体经济数字化融合。加快传统产业数字化转型，布局一批国家数字化转型促进中心，鼓励发展数字化转型共性支撑平台和行业“数据大脑”，推进前

沿信息技术集成创新和融合应用。

(3) 持续壮大数字产业。以数字核心突破为出发点，推进自主创新产品应用。鼓励“互联网+”、物联网、等新产业的发展。

(4) 促进数据要素流通。实施数据要素市场培育行动，探索数据流通规则，深入推进政务数据共享开放，开展公共数据资源开发利用试点，建立政府和社会活动的大数据采集形成和共享融通机制。

(5) 推进数字政府建设。深化政务信息系统的信息整合，促进不同政务部门之间的信息共享，建设集约高效的全国一体化政务服务平台和国家数据共享交换平台。

(6) 持续深化国际合作。结合“一带一路”等国家重大战略，加快开拓国际市场，利用技术和服务优势，形成一批具有国际竞争力的大数据企业和产品。充分利用国际合作交流机制和平台，加强在大数据关键技术研究、产品研发、数据开放共享、标准规范、人才培养等方面的交流与合作。

(7) 发展新型基础设施。制定加快新型基础设施建设和发展的意见，实施全国一体化大数据中心建设重大工程，布局 10 个左右区域级数据中心集群和智能计算中心。

1.5.3 “新基建”背景下数据中心建设的新要求

在可预见的未来数据中心的发展会得到充分的政策支持，同时也会面临更严格的要求和标准。节能环保绿色逐渐成为“新基建”背景下数据中心建设的主要考量。按照工业和信息化部、国家机关事务管理局、国家能源局三部门联合下发的《国家绿色数据中心试点工作方案的通知》要求，数据中心在建设之初就应当结构设计合理，降低能耗，提高能源利用效率新建的数据中心要不能再走随意建设，随意扩容的路子。应充分考虑数据中心的数据处理需求，避免后期随意扩容造成的数据处理能力不足，能耗增加，效率降低等情况。

各地也对新建的数据中心提出了更严格的要求：《北京市数据中心能效限额标准》要求数据中心 PUE 值低于 1.3，即新建的数据中心 PUE 值要求低于 1.3；原有的 PUE 值高于 1.4 数据中心要进行节能改造。上海市发布的《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)》要求新增数据中心机架数小于等于 6 万个，新增数据中心 PU 低

于等于 1.3，建设 E 级高性能计算中心，推进数据中心布局和加速器体系建设。深圳市印发的《关于数据中心节能审查事项的通知》则要求建立完善能源管理体系，实施减量替代，强化技术引导。强化节能技术创新支撑作用，鼓励数据中心建设单位在“以高代低、以大代小、以新代旧”等减量替代方式的基础上，采用绿色先进技术提升数据中心能效。广州市发展和改革委员会印发的《广州市加快推进数字新基建发展三年行动计划 2020-2022 年》要求制定广州市数据中心建设发展指导意见、建设导则及绿色数据中心评价标准，坚持数据中心以市场投入为主，支持多元主体参与建设，统筹土地、电力、网络、能耗指标等资源，合理布局建设各类数据中心，优化数据中心存量资源。加快发展信息技术应用创新，以通用软硬件适配测试中心（广州）为纽带，支持建设具有自主核心创新能力的绿色数据中心。优先支持设计能源利用效率（PUE 值）小于 1.3 的数据中心，重点发展低时延、高附加值、产业链带动作用明显的第一、二、三类业务数据中心。推动中国电信粤港澳大湾区 5G 云计算中心建设，积极配合广东省改造扩容广州至各数据中心集聚区的直达通信链路建设。

综合来看在新建数据中心时要遵循以下基本原则：

（1）提升能效降低排放。严格遵守新建数据中心 PUE 值的规定，要努力提升能源效率，提升可再生能源在数据中心能源消耗中所占的比重，利用分布式的太阳能和风能作为数据中心辅助设备的能量来源，切实降低碳排放和水资源消耗。努力提高现有数据中心设备利用率，充分挖掘设备的节能潜力。对废气设备要加强回收处理环节的监管，并建立长效监督机制，避免有毒有害物质的二次污染，全面建设绿色低碳环保的新型数据中心。在新建数据中心的过程中，从原料采购，建筑设计，施工建造的全过程都应当努力实现绿色节能，全面实现绿色增量。

（2）因地制宜开展指导。数据中心有相通之处，但针对不同地区，不同用途，不同规模的数据中心应建立起差异化个性化的运行和维护指导方针，使数据中心的运行充分符合当地的需要，避免由于资源需求的不准确定位，导致服务器配置与性能过度，从而导致数据中心能耗的增长与浪费。

。同时要努力做好数据互联互通工作，打破数据壁垒，确保数据资源和运算能力能得到充分利用。

(3) 技术与管理并行。现代化数据中心运行和维护体系的建立离不开先进适用产品的研发与应用。要充分利用技术方法解决数据中心的运行和维护过程中的技术问题和能耗问题，切实提升数据中心的运行水平和管理水平。

1.5.4 “新基建”背景下数据中心的政策走向预判

消费、投资和出口一向是拉动我国经济快速发展的三驾马车。2020年新冠肺炎疫情抑制了居民的消费需求致使消费水平下滑，也抑制了外国市场的需求导，致出口贸易疲软。为了如期完成全面建成小康社会的宏伟目标，为了打赢脱贫攻坚战、为了夺取“十三五”规划的收官之战全面胜利，党中央和地方各界同心协力，推进重大项目落实完成、稳定我国经济增长。在此大环境下，投资将成为经济发展的主要驱动力。基础设施投资是我国固定资产投资的主要来源之一，但传统基础设施建设所采用的大水漫灌式的投资方式也引发了我国传统行业产能过剩，经济结构不平衡等一系列结构性问题。如今新基建的建设需要摒弃无重点，一窝蜂式的投资方式，做到精准高效，有的放矢。

自2015年11月中央提出供给侧结构性改革旨在优化产业结构、提高产业质量，此后一系列产业升级、科技创新的政策不断出台。5G网络、工业互联网、人工智能和大数据中心等新型基础设施建设具有周期长、规模大的投资特点，将在促内需和稳投资中发挥重要作用。另一方面，新型基础设施建设所涵盖的新兴技术，将带动国民经济各行业的生产基础设施迈向数字化、网络化、智能化，使科技成为我国经济增长的新动能。大力推行新基建作为稳定投资的一项关键举措，在保增长的同时还将推动我国经济转型升级，其重要地位日益凸显。

其次，为了使数据中心符合“新基建”的要求，国家在出台各项优惠措施助力数据中心建设的同时，也会要求各地区因地制宜，或是有大量的数据处理需求，又或者依托当地充足的能源（或者气候较冷可以实现低PUE），实现数据中心的高上架率和高回报率。另外，我国东南部沿海发达地区有大量数据运算存储的需要，但是气候较为炎热，且能源相对不足；与之对应的西北部地区可再生资源丰富，却无大量数据处理的需要。实现云随电走、东数西算，需要打破数据壁垒，统一规划，政策引导，让西部数据中心承担东部省份的数据处理需要。

1.5.5 数据中心投资前景分析

随着有关“新基建”相关政策的陆续出台，对新建数据中心的PUE限制也

越来越严格，希望促进数据中心的高质量发展，不能一窝蜂的上马数量众多的数据中心项目，而忽略了数据中心的质量。这给数据中心的投资前景带来的少许不确定性。就全国来看，虽然各地都在大谈“新基建”，强调数据中心广阔的前景，但实际的投资和建设都相对谨慎。研究分析数据中心建设地区发展优势评价系数、年平均温度、年降水量、空气质量指数、地震带、信息传输企业固定资产、网民数、发电量、全社会用电量、互联网普及率等标准，经过建模、分数量化评价，内蒙古自治区和贵州省为超大型或大型数据中心选址的优选地区。而贵州依托其得天独厚的气候优势，以及迫切的发展需要，数据中心的建设如火如荼。只有选址合理，技术先进，管理科学的数据中心头部企业才有较高的成长性与投资价值。

本章参考文献:

- [1] 赛迪智库政策法规研究所 产业政策研究所. “新基建”政策白皮书(上) [N]. 中国计算机报, 2020-09-07 (008).
- [2] 智研咨询 《2020-2026 年中国互联网数据中心 (IDC) 行业分析及发展策略咨询报告》