

数 据 中 心 白 皮 书

(2018 年)

CAICT 中国信通院

中国信息通信研究院
开放数据中心委员会
2018 年 10 月

版权声明

本白皮书版权属于中国信息通信研究院和开放数据中心委员会，并受法律保护。转载、摘编或利用其它方式使用本白皮书文字或者观点的，应注明“来源：中国信息通信研究院和开放数据中心委员会”。违反上述声明者，本院将追究其相关法律责任。

CAICT 中国信通院

前 言

在信息技术快速发展的背景下，数据中心作为各行各业的关键基础设施，为我国经济转型升级提供了重要支撑。我国数据中心产业总体起步较晚，2013 年以来，随着移动互联网、云计算、大数据等技术的发展，产业规模高速增长，产业布局逐步优化，能效水平总体提升，产业链不断完善并取得一系列技术创新成果，但是产业发展仍面临着东西部地区供给需求不平衡、市场服务仍需完善、运维水平有待提高等问题。随着 5G、物联网、人工智能、VR/AR 等新一代信息技术的快速演进，将对数据中心提出更高的要求，我国数据中心产业将面临新的机遇和挑战。

中国信息通信研究院联合开放数据中心委员会首次发布《数据中心白皮书》，通过梳理国际、国内数据中心产业发展状况，分析国内外数据中心产业发展热点，总结数据中心基础设施、IT 设备、建设模式等方面的技术发展特点和趋势，结合我国数据中心产业面临的政策环境，提出了产业发展展望和政策建议，为政府及产业界提供参考。

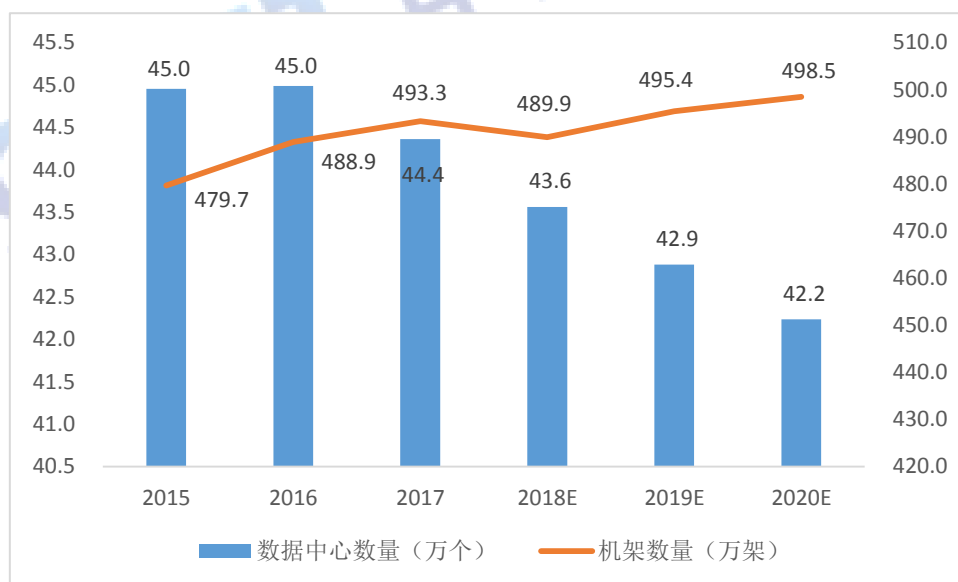
目 录

| | | |
|-----|-----------------------------|----|
| 一、 | 全球数据中心产业发展状况及分析..... | 1 |
| (一) | 全球数据中心产业规模及发展趋势..... | 1 |
| (二) | 全球数据中心产业热点分析..... | 2 |
| 二、 | 我国数据中心产业发展状况及分析..... | 6 |
| (一) | 我国数据中心产业规模及发展趋势..... | 6 |
| (二) | 我国数据中心产业热点分析..... | 8 |
| 三、 | 数据中心技术发展特点..... | 12 |
| (一) | 高密度、绿色化引发数据中心基础设施变革..... | 12 |
| (二) | 模块化数据中心成为数据中心建设新模式..... | 13 |
| (三) | 定制化成为数据中心设施设备的发展方向..... | 14 |
| (四) | 速度和性能成为数据中心计算存储设备追求的热点..... | 16 |
| (五) | 大规模、高流量加速数据中心网络设备与技术演进..... | 17 |
| 四、 | 我国数据中心产业政策环境分析..... | 19 |
| (一) | 政策引导数据中心布局不断优化..... | 19 |
| (二) | 示范评优引领数据中心产业进步..... | 20 |
| (三) | IDC 业务管理政策逐步完善..... | 21 |
| (四) | 绿色节能仍是地方数据中心政策的主要抓手..... | 22 |
| 五、 | 我国数据中心发展展望与政策建议..... | 23 |
| (一) | 发展展望..... | 23 |
| (二) | 政策建议..... | 28 |

一、全球数据中心产业发展状况及分析

（一）全球数据中心产业规模及发展趋势

全球数据中心数量减体量增。2010年以来全球数据中心平稳增长，从2017年开始，伴随着大型化、集约化的发展，全球数据中心数量开始缩减。据Gartner统计，截至2017年底全球数据中心共计44.4万个，其中微型数据中心331.9万个，小型数据中心1.4万个，中型数据中心5732个，大型数据中心1341个，预计2020年将减少至42.2万个¹。从部署机架来看，单机架功率快速提升，机架数小幅增长，2017年底全球部署机架数达到493.3万架，安装服务器超过5500万台，预计2020年机架数将超过498万，服务器超过6200万台。

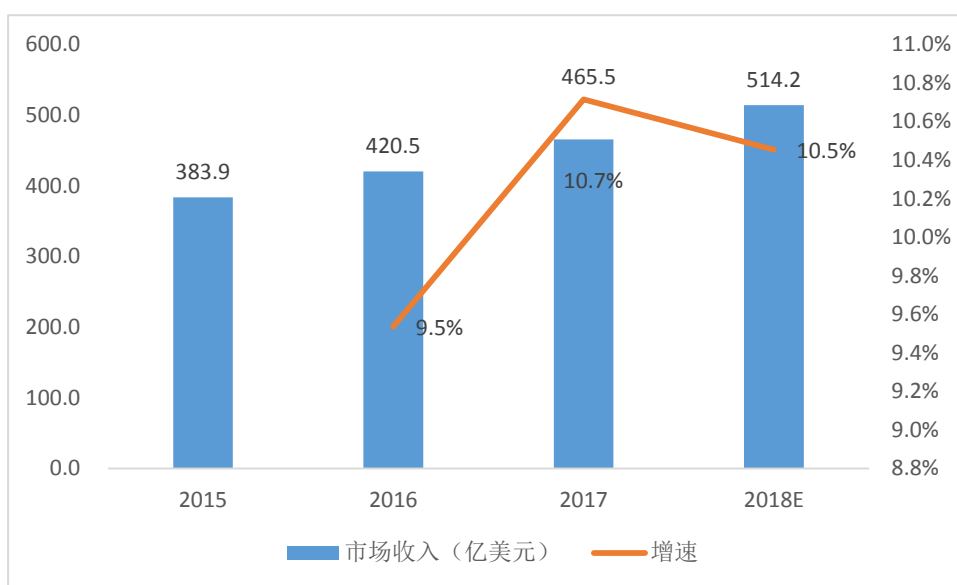


数据来源：Gartner

图1 2015-2020年全球数据中心和机架数量统计及预测

¹微型数据中心是指机架数小于25的数据中心；小型数据中心是指机架数介于25-100的数据中心；中型数据中心是指机架数介于100-500的数据中心；大型数据中心是指机架数超过500的数据中心。

全球数据中心市场规模总体平稳增长。2017 年全球数据中心市场规模近 465.5 亿美元（仅包括数据中心基础设施租赁收入，不包括云服务等收入），比 2016 年增长 10.7%，预计 2018 年将达到 514 亿美元。从行业应用来看，仍以互联网、云计算、金融等行业为主。



数据来源：中国信息通信研究院

图 2 2015-2018 年全球 IDC 市场规模²

(二) 全球数据中心产业热点分析

1. 发达国家政府积极推进数据中心整合和能效提升

美国积极推进政府机构数据中心整合。2010 年，美国管理和预算办公室（OMB）启动了美国联邦数据中心整合计划（FDCCI），以减少对昂贵和低效的老旧数据中心的整体依赖。2014 年，美国推出了“联邦信息技术采集办法改革法案（FITARA）”，加大了对联邦政

² 互联网数据中心（IDC）是指利用相应的机房设施，以外包出租的方式为用户的服务器等互联网或其他网络相关设备提供放置、代理维护、系统配置及管理服务，以及提供数据库系统或服务器等设备的出租及其存储空间的出租、通信线路和出口带宽的代理租用和其他应用服务的数据中心。提供 IDC 服务的企业简称 IDC 企业，IDC 企业相关业务收入总和为 IDC 市场规模。

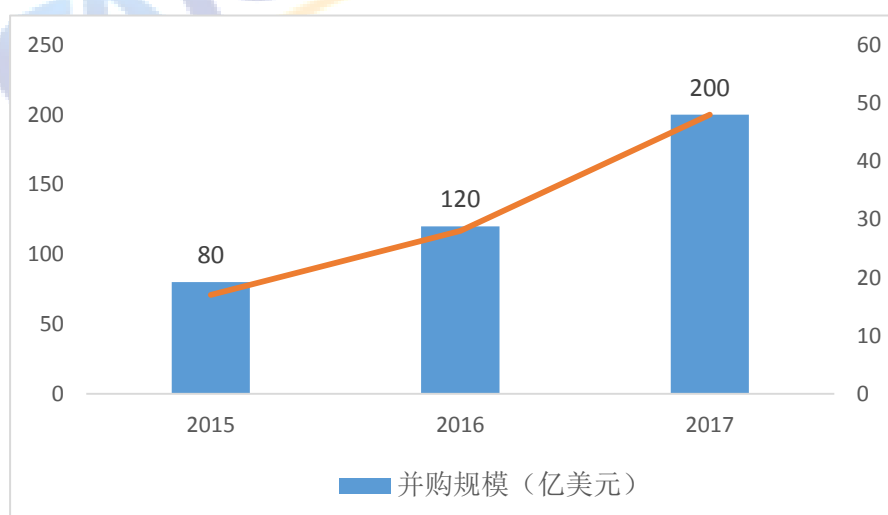
府 IT 支出的监督力度和透明度。这两项政策促使 2010 年到 2015 年共关闭了 1900 多个联邦数据中心。2016 年美国公布“数据中心优化倡议（DCOI）”，要求美国政府机构实现数据中心电能、PUE 目标、虚拟化、服务器利用率以及设备利用率等指标监控和度量。在三年时间内，至少关闭其 25% 的 Tier 级数据中心（即大型数据中心）及其 60% 的非 Tier 级的数据中心，这将导致美国联邦政府关闭约 52% 的现有数据中心，数据中心新建量减少 31%。减少美国政府庞大的数据中心库存和需要维持其运营的资金，三年内降低的成本和节省的费用预计达到 27 亿美元。

欧盟为提高能效水平提出数据中心行为规范。数据中心行为规范是 2012 年在欧盟主导下，由英国计算机协会及 AMD、APC、Dell、Fujitsu、Gartner、HP、IBM、Intel 等公司共同发起以提高数据中心能效为目的项目。欧盟数据中心行为规范项目主要针对小型数据中心开发减少能耗和碳排放的解决方案，要求遵循行为规范的数据中心必须实施节能最佳实践方案，满足采购标准，同时每年报告能耗。对于数据中心设备提供商，需要开发和使用高能效的服务器和低能耗的 CPU，保证在降低能耗的情况下，具有相同的处理能力，来符合行为规范的要求。项目鼓励采用软件，特别是虚拟化的方法来管理能耗、提高服务器的使用率。

2. 国际 IDC 企业加速全球扩张保持领先优势

国际领先的传统数据中心服务商加大全球扩张。紧随其大企业客

户的全球化战略，国际领先的 IDC 企业加大全球扩张，通过投资并购等方式在全球各地建设数据中心提供全球化服务。Synergy Research 的调查报告表明，全球数据中心收购交易量在 2017 年创下历史新高，全年数据中心收购交易 48 宗，并购交易规模达到 200 亿美元，超过了 2015 年和 2016 年的 45 宗收购交易的总和。且单笔交易规模逐步提高，2017 年完成的交易中有 12 宗交易的收购价格在 10 亿美元到 100 亿美元，31 宗交易价格超过 1 亿美元。如美国 Equinix 公司 2016 年以 36 亿美元完成了对 Verizon 的 29 个数据中心及运营部门的收购，2017 年完成了对英国 IO 的收购，以及西班牙和葡萄牙 Itconic 的收购。经过连续收购，2017 年公司净市值达到 68.50 亿美元（约 432 亿人民币），总机柜数达到 24.26 万个。通过大型并购交易和原有市场增长，Equinix 市场份额增长速度远超整体市场，牢牢占据托管市场第一的位置。



数据来源：Synergy

图 3 全球 IDC 并购规模及案例数（亿美元）

3. 全球数据中心围绕市场需求聚焦发达城市布局

受市场需求驱动，全球领先的传统 IDC 企业数据中心资源重点围绕经济发达、用户聚集、信息化应用水平较高的中心城市布局。

Equinix 目前在全球范围内拥有 196 个数据中心，遍布美洲、亚太、EMEA(欧洲、中东、非洲)地区，主要位于全球各区域中心城市，如北美的亚特兰大、芝加哥、纽约、硅谷、华盛顿，EMEA 地区的巴黎、都柏林、阿姆斯特丹、伦敦，亚太地区的悉尼、上海、东京等城市。Digital Realty Trust 在全球拥有 205 个数据中心，其中美国主要分布在经济基础雄厚的东西海岸地区以及部分内陆中心城市，在全球其他地区的数据中心也主要分布在大型发达城市。

亚马逊、IBM 等提供云服务为主的新型 IDC 企业，其数据中心亦主要布局于中心城市。亚马逊 AWS 云在全球运营着 55 个可用区，每个可用区由一或多个数据中心构成。IBM 云数据中心遍布全球，数量达到 60 个，其中 33 个数据中心用于承载公有云业务。亚马逊和 IBM 的数据中心分布在北美、亚洲、欧洲和大洋洲四个大洲，大多位于经济发达的大型城市，如洛杉矶、华盛顿、伦敦、法兰克福、东京、香港、悉尼、北京等城市。

4. 企业自用数据中心受成本驱动向自然条件优越的地区部署

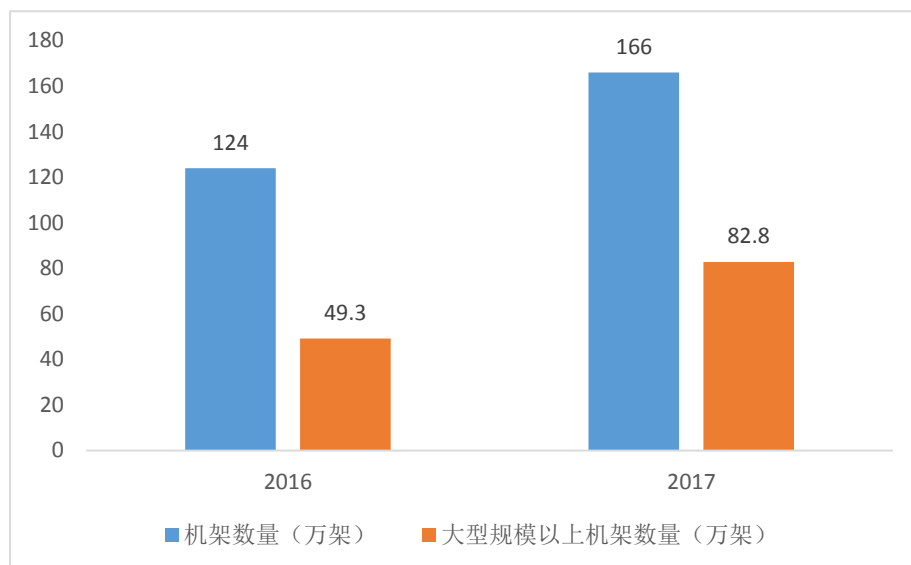
国外大型互联网公司将自有业务部署在自然条件优越地区，以降低建设和运营成本。苹果公司目前正在丹麦奥罗本自治市建设大规模的数据中心，预计 2019 年开始运营，丹麦全年气温较低，最热月平

均气温只有 15 度至 17 度，可为数据中心节约大量用电成本。谷歌公司在比利时 Saint-Ghislain 建设了利用运河水进行自然冷却的数据中心，平均每年只有 7 天气温不符合免费冷却系统的要求，全年平均 PUE 可达到 1.11。寒冷地区的数据中心利用气候条件优势可以实现极低的 PUE 值，大幅降低运营成本。这些数据中心大多承载企业内部自有业务，通过灵活、智能化的网络组织调度，满足业务质量要求。

二、我国数据中心产业发展状况及分析

（一）我国数据中心产业规模及发展趋势

我国数据中心规模和数量快速增长。据统计，2013 年以来，我国数据中心总体规模快速增长，到 2017 年底，我国在用数据中心机架总体规模达到 166 万架，总体数量达到 1844 个，规划在建数据中心规模 107 万架，数量 463 个。其中大型以上数据中心为增长主力，截止 2017 年底，大型以上数据中心机架数超过 82 万，比 2016 年增长 68%，数据中心总体规模占比近 50%，比 2016 年增长 10%，预计未来占比将进一步提高。

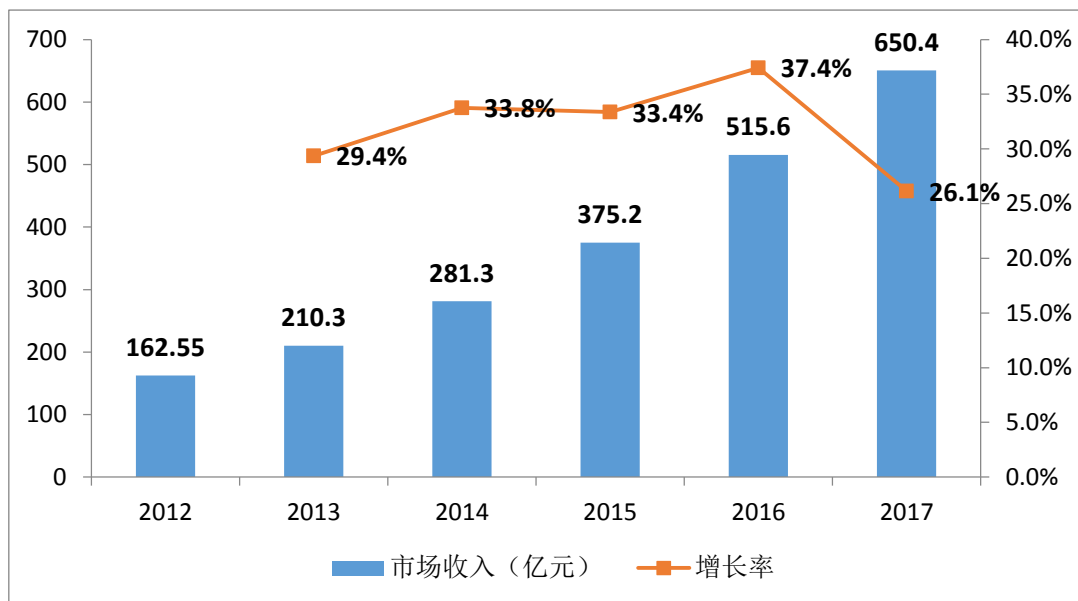


数据来源：工信部发布文件

图4 2016-2017年我国数据中心规模

我国 IDC 市场规模高速增长。受“互联网+”、大数据战略、数字经济等国家政策指引以及移动互联网快速发展的驱动，我国 IDC 业务收入连续高速增长。根据中国信息通信研究院统计，2017 年我国 IDC 全行业总收入达到 650.4 亿元左右，2012-2017 年复合增长率为 32%，持续保持快速增长势头³。根据测算，2017 年我国传统 IDC 业务收入为 512.8 亿元，占 IDC 全行业总收入的比重为 78.8%。云服务收入 137.6 亿元，占比 21.2%，比 2016 年提高 2.8%。随着“企业上云”行动实施，预计未来云服务收入在我国 IDC 业务收入中的占比仍会进一步增加。

³ 2015 年工信部发布《电信业务分类目录（2015 年版）》，除数据中心租赁、服务器托管等传统 IDC 业务外，将互联网资源协作服务（IaaS 与 PaaS）纳入互联网数据中心（IDC）业务定义范畴，我国 IDC 业务收入包含 IaaS 和 PaaS 云计算业务部分。



数据来源：中国信息通信研究院

图 5 2012-2017 年我国 IDC 市场收入规模及增长率

(二) 我国数据中心产业热点分析

1. 我国数据中心利用率和能效水平不断提高

东部一线城市数据中心较饱和，中西部地区利用率不断提高。截至 2017 年底，我国超大型数据中心上架率 34.4%，大型数据中心上架率 54.87%，与 2016 年比均提高 5% 左右，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。全国数据中心总体平均上架率为 52.84%，总体供需平衡，但与发达地区数据中心成熟市场仍有一定差距，数据中心利用率仍可进一步提高。

我国数据中心能效水平总体提升，优秀绿色数据中心案例不断涌现。截至 2017 年底，受上架率影响，全国在用超大型数据中心平均运行 PUE 1.63；大型数据中心平均 1.54，最优水平达到 1.2 左右。2017

年在建超大型、大型数据中心平均设计 PUE 分别为 1.41、1.48，预计未来几年仍将进一步降低。从绿色技术来看，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 2015 年，百度云计算（阳泉）中心采用整机柜服务器、高压直流+市电直供、机器学习控制系统、高温服务器等技术，实现年均 PUE1.23；2016 年，阿里巴巴千岛湖数据中心采用湖水自然冷却系统、太阳能电池板、高压直流等技术，达到年均设计 PUE1.28；2017 年，腾讯青浦三联供数据中心采用天然气三联供、离心变频冷机、磁悬浮冷机等技术，实现年均 PUE1.31；2018 年，阿里巴巴/张北云联数据中心采用无架空地板弥散送风、全自动化 BA 系统实现自然冷源最大化等技术，实现年均 PUE1.23。

2. 我国数据中心总体布局逐步优化

我国数据中心总体布局逐步优化。自 2013 年五部委联合发布《关于数据中心建设布局的指导意见》（以下简称《指导意见》），2018 年工信部印发《全国数据中心应用发展指引》（2017）以来，我国数据中心布局渐趋完善，新建数据中心，尤其是大型、超大型数据中心逐渐向西部以及北上广深周边地区转移。西部地区数据中心占比逐步提升，截至 2017 年底，西部地区在用数据中心机架数全国占比由 2016 年的 20% 提高到 22%。伴随周边地区数据中心的快速发展，一线城市数据中心紧张问题逐步缓解，如随着张北、廊坊、乌兰察布等周边地区大量新建数据中心的落地投产，承接部分大型互联网公司的应用

需求，北京市数据中心应用不再“一柜难求”，数据中心租赁价格也有所降低，上海、广州、深圳也随着周边省市数据中心的建设，承接转移了部分应用需求。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%。但受用户需求、网络条件等因素影响，新建数据中心仍趋向于东部地区。

旧厂房改造成为一线城市数据中心建设新模式。数据中心作为高能耗产业，需要大量电力、水力及空间资源。一线城市电力、水力资源紧张，碳排放、标煤等考核指标严格，新建数据中心数量逐步减少。随着我国产业结构升级、新型城市规划建设，传统制造业企业逐渐迁出一线大城市，大量老旧工业厂房空置，不少企业将原有建筑改造建设数据中心，充分利用原有电力水力资源，如北京顺义的人民教育出版社印刷厂、上海市的宝钢集团钢厂等。另一方面，随着数据中心产业快速发展，众多房地产、设备商、钢铁、制造等企业通过并购或改造一到两个数据中心投资该行业，缺乏数据中心建设运营经验，部分新建数据中心质量较差。

3. 运维管理逐渐成为数据中心产业关注热点

从 2010 年开始，我国数据中心产业进入高速发展阶段，产业规模以每两年翻一番的速度增长；2013 年以来，国家和多个地方政府陆续发布数据中心产业引导政策，数据中心建设布局、绿色节能成为业界主要关注点。近两年，随着数据中心规模和数量的快速增长，高效运维管理以及人才问题凸显，多数据中心出现运维人才短缺，运维

能力跟不上数据中心建设速度等问题，尤其以西部地区更为明显。同时，受资源环境政策和成本压力的影响，数据中心追求低 PUE、快速响应也对数据中心运维人员提出了更高要求。产业界的关注点逐步由建设转向运营管理，数据中心运维成为一大热点。国内第三方行业组织“开放数据中心委员会（ODCC）”开展了数据中心运维工程师培训，获得了产业界的热烈反响。受数据中心管理平台、人员经验和运维水平等影响，国内运维人员人均管理 100 个机柜，国外优秀数据中心人均管理上千个机柜，我国数据中心总体运维水平仍有待进一步提高。

4. 国际企业加快中国 IDC 市场布局

随着我国互联网、云计算技术与应用的快速发展，国际巨头云计算公司纷纷加快在中国市场的布局。2013 年 6 月，微软通过与世纪互联蓝云合作，成为首家入华的国际公有云服务商。2014 年，世纪互联与 IBM 联合宣布基于 IBM 全球统一标准的企业级云平台 Cloud Managed Services 云管理服务正式上线。2016 年，全球云计算龙头亚马逊 AWS 同光环新网合作正式落地中国。2016 年，甲骨文宣布与腾讯云合作共同为中国企业提供云计算服务。2017 年 12 月，亚马逊与西云数据合作运营的 AWS 中国（宁夏）数据中心成为 AWS 在中国的第二个可用区域。国外龙头企业通过合作运营模式进入中国，进一步加剧国内市场竞争。国际云计算企业纷纷在华落地迫使阿里云宣布全线产品进行降价，部分产品降价 50%。

三、数据中心技术发展特点

（一）高密度、绿色化引发数据中心基础设施变革

受高成本、高能耗驱动，数据中心供电架构逐步简化。传统数据中心供电以不间断电源 UPS 为主，产业链成熟，但转换效率较低。随着产业规模快速增长，数据中心建设成本和能耗激增，可靠性高、成本低的高压直流（HVDC），成为数据中心供电系统的新选择，采用“HVDC+市电直供”相结合的模式，供电效率可提升到 94%-95%，若采用 HVDC 离线模式，其供电效率可提升至 97% 以上，目前 HVDC 已在 BAT 等大型互联网公司得到了广泛应用。近年来，互联网公司探索 48V、12V 供电模式，如谷歌、Facebook 的 48V 整机柜供电架构、百度的 12V 分布式锂电池系统等，进一步提高供电效率，并实现模块化部署，热插拔维护。总体来看，供电系统逐渐由交流/集中式向直流/分布式转变，提高效率，降低成本，简化运维。

业务量扩大和功率密度提升，促使液冷成为数据中心制冷新风尚。

伴随产业的快速发展，数据中心制冷技术不断革新，空调机组从风冷型、水冷型向冷冻水型、双冷源型过渡，气流组织也从传统的机房级向更精准的机柜行级演进。然而，随着人工智能等技术的快速发展，特别是 GPU、TPU 等专用芯片部署后，服务器功率大幅提升，数据中心逐渐向高密度、超大规模转变，对制冷系统提出了更高要求。传统风冷已无法达到所需的散热能力，液冷逐渐成为数据中心制冷的新模式。如 Google 专为人工智能设计的 TPU 服务器在性能飙升的同时，

功耗也逐代翻倍，最新一代 TPU3.0 服务器已必须使用液冷方案来降温。液冷模式通过液体直接导向热源带走热量，不需要像风冷一样间接通过空气循环降温，散热效率更高、更节能、运行噪音更小。

液冷应用逐渐由超算中心向各行业数据中心渗透。高性能计算 HPC 是当前液冷方案应用最多的领域，目前液冷主要有冷板、浸没、喷淋三种部署方式，冷板式部署介质无需直接接触发热器件，对原有 IT 基础设施的要求和改造最小，应用进展较快，如德国莱布尼茨计算中心和我国曾两度获得 ISC 国际超算大会 TOP500 冠军的“神威·太湖之光”均采用冷板式液冷；浸没式液冷让发热器件直接与液体接触，散热效率最高，同时技术难度也最大，当前美国德州 TACC、日本东京工业大学超算中心采用浸没式液冷技术；喷淋式还处于发展初期、技术突破阶段，尚未出现大规模的部署案例。除了用于国家超算中心外，液冷也逐渐出现了商用案例，如位于中科院大气物理研究所的地球数值模拟装置原型系统和位于国家电网电力科学研究院仿真中心的超级计算系统，都采用了曙光集团的液冷服务器。液冷的市场化程度正逐步加强，应用方案也逐渐渗透到互联网、金融、教育、影视等领域，应用场景和环境越来越丰富，如目前已有互联网公司小规模部署应用浸没式液冷方案，预计 2018 年底会正式上线。

(二) 模块化数据中心成为数据中心建设新模式

模块数据中心进入大批量投产应用阶段。2012 年，我国互联网公司国际首创的微模块数据中心，将数据中心的建设由“工地”迁移到

“工厂”，通过工厂预制、现场安装，可实现 40 天完成部署，大幅降低传统 2-3 年的建设周期，并且以模块为单位，可按照需求快速灵活部署。模块化数据中心高效、灵活、快速、节能的特点解决了数据中心建设运营中的大量问题，在互联网、电信、金融、政府等多个行业得到了快速应用。据 ODCC 统计，截止 2017 年底，微模块数据中心的部署量已从 2013 年的 300 套增长到 4500 套，相当于 5 万多个 20A 机架规模，预模块数据中心完成 9100 个 40A 整机柜的部署，相当于 1.8 万个 20A 标准机柜，模块化数据中心累计完成约 7 万个标准机架的部署，容纳服务器能力超过 100 万台。运行 6 年来安全稳定，平均 PUE 下降 0.2-0.4，运行成本降低 20%-40%，节能降支效果非常明显，对数据中心产业模块化、绿色化具有很强的带动和引领作用。

（三）定制化成为数据中心设施设备的的发展方向

自主设计的整机柜服务器迭代创新支撑新技术新应用。整机柜服务器通过整体机柜、集中供电、集中散热、统一管理、一体化交付、模块化运维，可实现 TCO（总投入成本）降低 10%-20%，部署效率提升 20 倍，日交付能力提升至 1 万台，整体能效提升 15%，故障率降低 40%，支撑大量互联网新技术应用。天蝎整机柜服务器目前完成三代技术演进，1.0 和 2.0 版本实现了服务器供电、散热和系统管理层面标准化、资源池化，在实际应用中大幅提高效率并降低能耗。如整机柜大容量存储服务器面向存储业务，单机柜可部署硬盘 720 块，密度提升 50%，单 TB 功耗 1.1W；整机柜 ARM64 服务器，对比同配

置 X86 服务器，计算性能提升 1-2 倍，单节点功耗省 40W；整机柜 GPU 服务器，通信带宽提升 2-4 倍，延时缩小 1 倍，比传统 GPU 服务器性能提升 30%，功耗降低 7% 以上。3.0 版本将实现对服务器计算、存储和传输资源的解耦和池化，解决云计算、大数据、人工智能等多种应用场景下，服务器部件资源利用不均衡等问题。整机柜服务器的创新应用推动产业快速发展，据统计截止 2017 年底，天蝎整机柜服务器累计部署规模约 1.5 万架，近 50 万台服务器解决方案，产值达 150 亿元，节约用户投资 10 到 15 亿元，节约用电超 2 亿度。

电信行业探索深度定制化服务器，致力推进电信网络重构。当前全球运营商面临网络转型的机遇与挑战，服务器等基础设施如何更好满足 IT 化的电信应用需求，是包括运营商、服务器供应商、电信设备供应商等在内的整个产业密切关注的问题。由传统网络向基于通用服务器、开源云计算平台的技术架构演进，提升网络效率、降低成本成为电信行业的普遍共识。为此，中国移动联合中国电信、中国联通、中国信通院、英特尔等公司发起 OTII (Open Telcom IT Infrastructure) 项目，探索深度定制化服务器，形成电信行业面向网络 IT 化转型的开放标准、统一规范的服务器技术方案，致力解决电信行业的网络转型困境。实验显示，OTII 服务器能够在运营商 NFV 总体框架下平滑接入现网，有效支持 vBRAS（虚拟宽带远程接入服务器）等典型虚拟化网元的承载和运行，特别是在设备规格、功耗、管理能力等方面能够满足运营商边缘机房 DC 化重构的特殊需求，在运营商网络中拥有广阔的应用前景。随着网络重构的逐步推进，在开源软件、开放硬

件的基础上进行关键部件的自主研发和深度定制，将成为运营商新的运营模式。

(四) 更高的性能和速度成为数据中心 IT 设备技术发展趋势

GPU 服务器突破了 CPU 服务器的效率瓶颈，计算速度大幅提升。

人工智能的发展让数据中心面临更大的计算难题，尤其是深度学习、图片编解码和视频渲染等应用需求的出现，让传统的 CPU 服务器陷入计算瓶颈，逐渐暴露出被 cache 占据大量空间、计算工作占比低、控制逻辑复杂等不足。与 CPU 需要较强通用性来处理各种数据类型所不同，GPU 拥有数量众多的计算单元、超长的流水线和简单的控制逻辑，具备高效的图形处理能力和计算能力，更适应类型高度统一、相互无依赖的大规模数据和不需要被打断的纯净的计算环境，可应对人工智能在训练和推理过程中对计算性能、能耗、吞吐和延迟等方面的更高要求，成为了数据中心应对人工智能应用场景的重要基础设施。

人工智能应用的爆发式增长，引发 GPU 服务器市场的快速扩张。

近年来各行各业落地的人工智能应用层出不穷，GPU 服务器因其高并行计算性能和成熟的软件生态优势，成为现阶段人工智能领域应用最广泛的加速计算解决方案，市场呈现高速发展态势。据 IDC 统计，2017 年中国 GPU 加速计算服务器市场规模为 5.65 亿美元，同比增长 230.7%。预计 2017 到 2022 年间，市场销售额年复合增长率为 43%，也吸引了众多厂商加入到这场市场角逐中。

固态硬盘的出现改变了机械硬盘独占鳌头的市场格局。硬盘作为

主要的存储设备，随着计算机的进步而飞速发展，目前市场上的主流硬盘大致分为机械硬盘（HDD，传统硬盘）和固态硬盘（SSD 盘，新式硬盘）两种，SSD 主要依靠 FLASH 闪存芯片或 DRAM 两种不同的存储介质读写数据，而 HDD 则使用高速转动的盘片和磁头来回寻道读写数据。进入 2010 年后，SSD 凭借快速读写的优势逐渐占领市场，据统计，近几年来 HDD 的销量以 5%—10% 的速度逐年降低，反之 SSD 年出货量增幅稳定在 30% 左右并仍有上升之势。按照目前的市场发展和应用情况，SSD 有望取代 HDD 占领数据中心硬盘市场。

闪存技术进步助力固态硬盘突破容量限制，有望推动成本下调。

随着视频、电商、网络游戏、SNS 等互联网应用的推动，以及移动互联网和智能终端设备的普及，数据中心在短时间内需要处理和存储的数据体量从 TB 向 PB、EB 发展，对存储设备的读写技术提出了更高要求，固态硬盘在缓解该问题的同时也面临着容量增长限制。伴随 3D NAND 闪存颗粒的诞生，主要依靠闪存颗粒进行存储的 SSD 彻底解决了因制程极限而无法提高单位存储容量的问题，固态硬盘的成本有望因技术突破而下调。目前来看，市场售价偏高和安全性较低的现实困境仍然存在，固态硬盘的持续发展仍需要通过闪存技术的进一步革新来推动。

(五) 大规模、高流量加速数据中心网络设备与技术演进

数据中心建设规模、承载业务以及存储与计算等技术变化不断影响数据中心网络技术的演化。随着新建、改造数据中心规模不断扩大，

网络设备数量大幅增加，网络建设成本高、运维管理负担重等问题凸显，促使 SDN、白盒交换机等技术的研究进展加快。同时，数据中心承载业务的不断变化，以及计算虚拟化、存储虚拟化等技术的应用，使得数据中心东西流量高速增长，对数据中心内部网络管理和性能提出了更高要求。而无损网络、光模块等技术则可以帮助更好地实现数据中心内部快速、高效的数据传输。

白盒交换机推动数据中心网络开源开放。区别于传统交换机软硬件捆绑销售，白盒交换机通过软硬件解耦的方式，实现降低成本、提高灵活性、简化运维等目标。通用而低价的硬件设备，消除用户对特定厂商的依赖，降低网络建设成本。同时，用户通过自研或选购软件，进一步增强网络灵活性、可编程性，促进网络自动化，减轻运维负担。然而，目前白盒交换机在操作系统、软件等方面仍存在较大挑战。一方面，单一用户受限于网络规模、投入力度等因素，难以独立承受自有交换机操作系统长期的研发成本投入；另一方面，开源交换机操作系统也面临着社区长期运作能力、软件架构设计、操作系统兼容性、功能可扩展性等方面的挑战。目前 BAT 等大型互联网公司开始研究探索白盒交换机设备以及操作系统的研发和应用，通过“凤凰项目”开放网络硬件和软件，推进数据中心网络资源灵活调度和高效管理。

新型业务场景驱动网络技术创新，无损网络成为技术新热点。大型在线数据密集（OLDI）服务、高性能深度学习网络、NVMe（非易失性内存主机控制器接口规范）高速存储业务等场景的大量应用，使得数据中心面临内部流量激增、网络阻塞、高延时等问题。无损网

络通过流量控制、拥塞控制、负载均衡等方面的技术改进与创新，具备无丢包、低延时的特点，可以较好的应对上述挑战，成为数据中心网络研究热点。业界不断加快无损网络标准的制定工作，国际方面，2018年8月无损网络在IEEE 802正式立项并发布白皮书。国内方面，ODCC多次召开无损网络研讨会，发布了《无损网络技术与应用白皮书》、《数据中心无损网络典型场景测试方法》、《数据中心无损网络总体技术要求》等相关标准和规范。

数据中心光模块市场需求旺盛，40G和100G正逐渐广泛应用，400G研发量产提速。近年来，持续的新建与改造数据中心，刺激了光模块市场需求，光模块市场规模不断扩大。作为数据中心交换机互联技术，光模块经历了10G->40G->100G的变迁，目前新建或改造数据中心较多的应用40G和100G光模块。同时，为抢占市场先机，各厂商加快400G光模块的研发速度。在2018年美国OFC光纤通讯展览会上，包括光迅科技、Finisar、Mellanox、旭创科技等在内，超过10家公司对400G光模块进行了现场的展示。目前，部分公司已经将400G光模块送样测试，且具备量产能力。预计2019年400G光模块将规模化部署。

四、我国数据中心产业政策环境分析

（一）政策引导数据中心布局不断优化

《关于数据中心建设布局的指导意见》为数据中心产业布局指明了方向。2013年，工信部联合发改委等五部委发布《指导意见》，将

我国数据中心建设区域划分为四类地区，鼓励新建大型、超大型数据中心，特别是以灾备等实时性要求不高的应用为主的数据中心，重点考虑气候环境、能源供给等要素进行选址布局，优先在能源充足、气候适宜的一二类地区建设。在政策指引下，贵州、内蒙、宁夏等能源充足、气候适宜地区积极开展数据中心布局引导，有力促进了我国数据中心产业整体布局优化，缓解了东部地区数据中心供给不足、资源紧张等问题。

《全国数据中心应用发展指引》引导数据中心供需对接。为了引导各区域数据中心统筹协调、提升应用水平，指引用户从全国数据中心资源中合理选择，工业和信息化部通信发展司编制出版了《全国数据中心应用发展指引(2017)》，首次公布了全国数据中心的总体情况，针对六大区域（北京及周边地区、上海及周边地区、广州、深圳及周边地区、中部地区、西部地区、东北地区）进行了详细的建设应用统计分析，并提出了各区域数据中心布局引导方向和用户选择数据中心的方法指引，供各区域开展数据中心建设规划、用户科学合理选择数据中心作参考，预计将每年持续更新。

(二) 示范评优引领数据中心产业进步

国家层面开展新型工业化产业示范基地（数据中心）评选。2017年，工信部印发《关于组织申报 2017 年度国家新型工业化产业示范基地的通知》，首次将数据中心、云计算、大数据等新兴产业纳入国家新型工业化产业示范基地创建的范畴，并提出优先支持，旨在评选

出在节能环保、安全可靠、服务能力、应用水平等方面具有示范作用、走在全国前列的大型、超大型数据中心集聚区，以及达到较高标准的中小型数据中心，发挥产业引领作用。经过材料审核、专家评审、征求意见等环节，河北张北云计算产业基地、江苏南通国际数据中心产业园、贵州贵安综合保税区（贵安电子信息产业园）三个数据中心园区通过评审，具体如表 1。通过示范基地评选，带动了河北、贵州等地数据中心集聚区的产业发展和技术进步，进一步促进了当地经济发展。

表 1 2017 年国家新型工业化产业示范基地（数据中心）评选结果

| 上报单位 | 基地名称 | 申报系列 |
|--------|----------------------------------|------|
| 河北省通管局 | 大型数据中心（大数据类）河北张北云计算产业基地 | 特色 |
| 江苏通管局 | 大型数据中心（实时应用类）江苏南通国际数据中心产业园 | 特色 |
| 贵州省通管局 | 南方数据中心（大数据类）贵州贵安综合保税区（贵安电子信息产业园） | 特色 |

（三）IDC 业务管理政策逐步完善

我国优化 IDC 业务事前准入流程，落实“先照后证”改革。2012 年底，工业和信息化部发布《关于进一步规范因特网数据中心业务和因特网接入服务业务市场准入工作的通告》，进一步完善了 IDC 业务准入要求。2017 年工业和信息化部公布了修订后的《电信业务经营

许可管理办法》，取消了申请经营许可时提交企业名称预核准通知书的要求，删除了电信业务经营许可证作为工商变更登记前置程序的规定。监管政策降低了 IDC 市场准入门槛，促进 IDC 市场健康快速发展。

我国推进“放管服”改革，完善 IDC 事中事后管理体系。建立 IDC 信息化管理平台，推进 IDC 经营许可证的网上申请、审批、管理及相关信息公示、查询、共享。建立信用管理制度，设立经营不良名单和失信名单，对列入经营不良名单和失信名单的 IDC 企业重点监管。建立年报制度，将经营许可证年检制度调整为信息年报和公示制度。建立随机抽查机制，对年报信息、日常经营活动、执行电信管理机构有关规定的情况等进行检查。2017 年工信部发布《工业和信息化部关于清理规范互联网网络接入服务市场的通知》，依法查处 IDC 业务市场存在的无证经营、超范围经营、“层层转租”、违规接入等违法行为，加强经营许可和接入资源的管理，强化网络信息安全管理。构建权责明确、透明高效的 IDC 事中事后监管机制，有利于维护公平竞争的市场秩序，有利于进一步优化 IDC 企业经营环境，使市场机制的作用得到充分发挥。

(四) 绿色节能仍是地方数据中心政策的主要抓手

各地积极出台数据中心节能减排鼓励政策，促进数据中心绿色化发展。近年来，北京市积极制定地方节能标准，发布了《数据中心能效分级》、《软件和信息服务业节能评估规范》、《数据中心节能设计规

范》、《数据中心节能监测》等地方标准，规范新增数据中心建设和存量数据中心节能改造。2018年，北京市发布《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；中心城区全面禁止新建和扩建数据中心。与2015年版的限制目录相比，对数据中心的要求进一步提高。

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，必须确保绿色节能。在此基础上，上海市还从多个方面对能源管理和节能减排的重点工作予以推进。广东省利用碳排放配额管理、能源消费指标等多种手段降低数据中心能耗水平。广东省节能中心统筹全省节能监察计划、标准、规程等相关研究工作，组织开展节能技术、产品和新机制推广，推进绿色数据中心项目落地。受北上广等一线城市政策限制，部分数据中心建设需求向周边地区外溢。

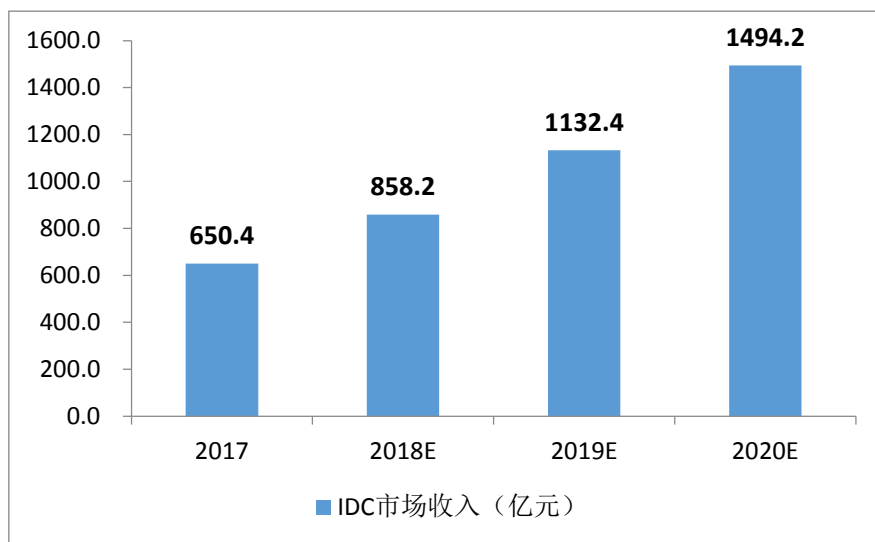
五、我国数据中心发展展望与政策建议

（一）发展展望

1. 我国 IDC 市场规模仍将快速增长

2020年我国IDC市场收入规模有望突破1500亿元。根据统计，2012-2017年我国IDC市场收入年复合增长率32%。在移动互联网、互联网+、云计算、大数据、物联网等新兴领域的蓬勃发展和带动下，

预测我国 IDC 市场未来三年仍将处于快速发展期，按照未来三年收入增长势头平滑测算，预计到 2020 年我国 IDC 市场业务总收入可达 1500 亿元。



数据来源：中国信息通信研究院

图 6 2018-2020 年我国 IDC 市场收入预测

2. 龙头企业加快全球布局，企业竞争力不断增强

我国 IDC 龙头企业启动全球化扩张。中国电信是国内最早“走出去”的电信运营商，在中国境内拥有 400 多个数据中心，在境外拥有 13 个自有数据中心和 300 多个合作数据中心，与全球超过 100 家互联网运营商建立网络互联关系，与 80 多家运营商开展 IDC 合作，数据中心遍布亚太、美国、欧洲、中东和非洲等地区，形成了云网融合的全球化布局。据 451Research 统计，2017 年中国电信在全球数据中心托管市场占据 3.3% 的市场份额，仅次于美国公司 Equinix（9.5%）和 Digital Realty Trust（5.7%），随着海外布局的拓展，国际市场竞争力将进一步增强。

中国移动也开始在海外提供数据中心服务，香港成为亚太的首个布局区域，2018年5月正式对外开放了四个数据中心，为跨国及内地企业客户提供数据中心及网络服务。2018年7月，中国移动在新加坡开始建设新的数据中心，成为亚太地区布局的第二个数据中心服务区域。我国龙头云服务企业阿里云2014年开始全球化布局，目前在全球共有11个地域节点，44个可用区，覆盖亚太、美国、中东和欧洲地区。

3. 新一代信息技术对数据中心产生深刻影响

当前，全球信息技术创新进入新一轮加速期，5G、物联网、人工智能、VR/AR等新一代信息技术和应用快速演进，对数据中心的规模、建设模式、性能各方面产生重要影响。从规模来看，5G和物联网将带动数据量爆炸式增长，引领数据中心需求猛增，带动数据中心总体建设规模持续高速增长，并且集约化建设的大型数据中心比重将进一步增加。从性能来看，新型技术及应用需要海量计算、存储、分析以及灾备等能力，对数据中心提出更高要求，如高性能计算设备和GPU服务器的使用，将使单机架用电规模朝着20KW-30KW甚至更高规模发展，而用电密度提升对数据中心制冷系统提出挑战，液冷等新型制冷方式或将大幅应用。

边缘数据中心推进数据中心建设两级分化。物联网、人工智能、VR/AR等新型技术及应用缔造“云计算+边缘计算”的新型数据处理模型，数据中心将呈现两极化发展。一方面资源逐步整合，云数据中心

规模越来越大；另一方面，将涌现大量边缘数据中心，以保障边缘侧的实时性业务。云数据中心将时延敏感型业务卸载，交由边缘数据中心处理，减少网络流量和往返延迟。边缘数据中心负责实时性业务，短周期数据存储；云数据中心负责非实时性，长周期数据存储业务，保证用户良好体验。

金融、电力等传统行业数据中心加快技术研发和应用。传统金融等行业数据中心大多只注重安全性、可靠性，对数据中心的建设、能耗、效率等重视不够，随着移动互联网的快速发展和上层业务的转型更迭，如何建设高效、安全、绿色的数据中心，将数据中心基础设施与上层业务紧密结合，成为传统行业的关注点。部分银行探索微模块、预制模块等数据中心建设模式，考虑集约化的大型数据中心与边缘数据中心整体布局方向。随着新一代信息技术的发展和应用、绿色节能要求的不断提高，传统行业数据中心将进一步加快、加大数据中心建设模式、供电制冷、IT 设备、网络等方面的新技术研究和布局，以更开放的心态面对产业和技术创新，实现高效快速灵活响应的目标。

4. 业务差异化驱动数据中心三级层次化布局

数据中心区域布局将呈现三级层次化结构。未来数据中心将根据不同业务属性选择适宜的区域布局，冷数据备份、离线计算分析以及其他对网络时延要求较低的应用将优先选择能源充足、气候适宜地区的数据中心，降低建设运行成本。面向区域、对时延敏感、以实时应用为主的业务将选择在用户聚集地区依市场需求灵活部署数据中心。

对于虚拟/增强现实、车联网等对时延极为敏感的业务，需要最大限度贴近用户分布式部署微型数据中心，直达居民区、企业办公场所等区域，满足用户极致体验要求。三层数据中心在整体网络架构下，统一管理、动态调度、协调配合，更好地支撑上层业务应用。

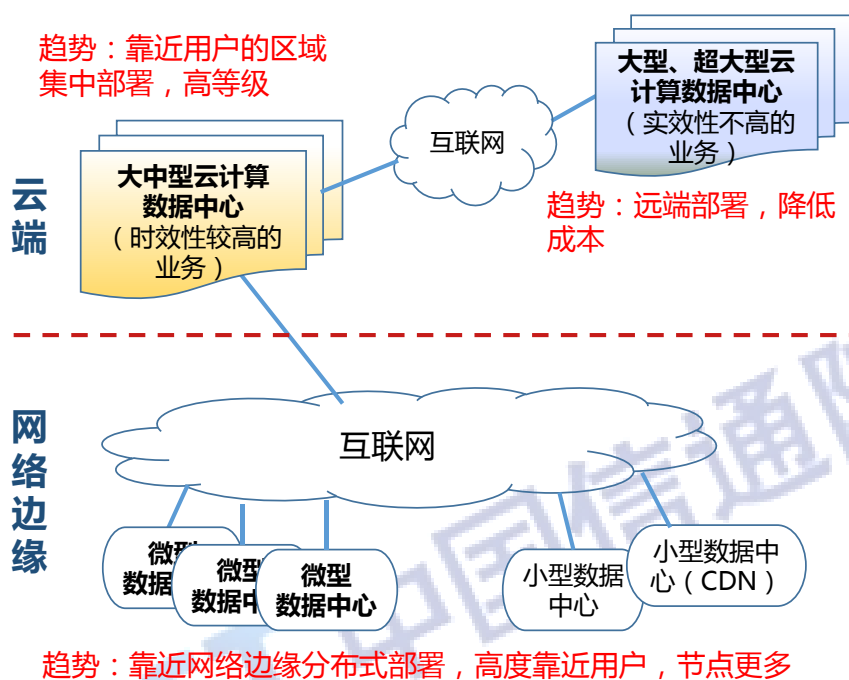


图7 我国数据中心未来布局趋势图

5. 数据中心朝着智能化的方向发展

DCIM（数据中心基础设施监控管理）等数据中心智能化管理平台正在加速部署应用。随着数据量的高速增长，新建数据中心大多以大规模、超大规模为主，大量的设备和复杂的系统为高效管理带来了挑战。智能化的数据中心基础设施管理通过对IT设备和数据中心风火水电基础设施的在线监控、管理，节省大量维护时间和费用，让企业更加专注于上层业务。在人工智能、云计算的快速发展下，部分管理平台如DMaaS，将基础设施管理与IT设备管理集成，运用大数据

分析和机器学习等算法可实现有效预测和防止数据中心基础设施发生的事件和故障，缓解数据中心效率低下和容量不足问题，提高数据中心运营效率。智能能耗管理系统采集数据中心各设备的用电参数，精确分析数据中心的能耗水平（PUE）、能耗分布及构成，实现主动式分析与预警、精细化监测与管理、合理化规划与决策，为管理者能耗优化提供有力依据。如通过监测分析精确定位数据中心局部“热点”，采取整体或局部优化措施，实现精确制冷，并减少安全隐患。

智能运维机器人或将替代大量传统人工巡检。随着数据中心单体规模不断攀升，越来越多的基础设施设备需要日常维护和管理，传统做法是人工定期巡视，对于关键设备需有专人 24 小时值班巡检。人工投入大、成本高、效率低、可靠性差是众多数据中心面临的共同问题。智能运维机器人能 24 小时不间断地在数据中心巡逻，收集环境数据的同时，还能实时读取主要设备的异常情况并自动报警，大大提升巡逻的可靠性和规范性，降低劳动强度、提高运营效率、降低运行维护成本。未来通过优化智能运维机器人智能巡检、深度学习的能力，将逐步实现以智能机器人辅助人工巡检甚至替代人工巡检，形成“智能化管理平台+智能机器人+专业工程师”的三道运维安全防线。

(二) 政策建议

1. 完善市场监管，继续做大做强 IDC 产业

建议继续优化 IDC 业务准入程序和事中事后监管体系，加强 IDC 项目节能审查和能耗监测评估，提升产业发展质量。借助“企业上云”

行动，有序推进企业用户将应用系统和数据资源向云 IDC 迁移，深挖 IDC 增量市场。依托 ODCC 等第三方行业组织，完善数据中心建设、运营、服务标准规范，开展第三方数据中心评价评测机制，引导企业提高数据中心建设质量、运行维护水平和服务能力。

2. 支持骨干企业全球化发展，提高国际化竞争力

鼓励国内数据中心服务商借助一带一路、丝绸之路等国家战略，推进沿线国家的数据中心建设和服务，依托国内企业全球化发展布局，开展全球化业务服务。建议工信部联合发改委、财政部等部门进一步落实优惠政策，通过专项资金投入、财税优惠、政策引导等方式，扶持国内骨干 IDC 企业加强技术创新、业务创新和服务模式创新，推动 IDC 企业做大做强。鼓励骨干 IDC 企业、第三方网络中立的数据中心服务商加强平台资源开放，丰富业务种类，构建以骨干企业为核心的协同共赢的产业生态，推进国内数据中心产业规模化、分工精细化进程，提升全球市场业务竞争力。

3. 加快下一代数据中心技术研究和布局

加强新一代信息技术对数据中心规模、建设模式以及处理能力影响的研究和预测，顺应新技术发展要求，合理引导承载新一代信息技术的云数据中心及边缘数据中心建设。加快对高密度数据中心、边缘数据中心以及液冷等新技术的研究，完善网络基础设施建设，做好下一代数据中心的规划布局，满足新一代信息技术对数据中心的新需求。

同时，推动老旧数据中心改造和整合，适度引导集约化数据中心建设。

4. 分区分类引导数据中心合理布局

依托工信部发布的《全国数据中心应用发展指引》，每年更新全国数据中心的总体情况和分区域情况，各区域可根据供需情况，统筹布局应用需求的转移和承接，用户可根据需求科学合理选择数据中心。加强一线城市周边及西部基础设施建设和应用引导，优化国内网络结构和布局，加强数据中心网络互连建设，推动西部数据中心聚集区升级为互联网骨干节点，引导数据中心全国范围内合理布局。建议构建数据中心布局统筹管理机制，加强中央与地方、政府与企业之间在数据中心布局方面的沟通与协调，引导数据中心服务商进行科学的数据中心选址规划。

5. 加强数据中心关键技术研发和人才培养

加快模块化数据中心技术研发应用，实现数据中心业务快速灵活部署。推进数据中心新型服务器、存储、网络设备与技术的研发和产业化，适应新型定制化业务需求，加快整机柜服务器、OTII、闪存、GPU 服务器等技术发展。支持大规模分布式计算、海量数据分布式存储和管理等技术研发，推动传统数据中心云化转型。加快推进智能运维、智能管理等技术研发，提升数据中心智能化水平，降低运营成本。加大高校定向人才培养，增强国际技术交流，提高国内数据中心运维管理能力。借助第三方行业组织和机构，开展人才培养，提高数

据中心技术和运维人员总体水平。

CAICT 中国信通院

中国信息通信研究院

地址：北京市海淀区花园北路 52 号

邮政编码：100191

联系电话：010-62304839

传真：010-62304980

网址：www.caict.ac.cn



开放数据中心委员会

地址：北京市海淀区花园北路 52 号

邮政编码：100191

联系电话：010-62300542

传真：010-62300094

网址：www.opendatacenter.cn

