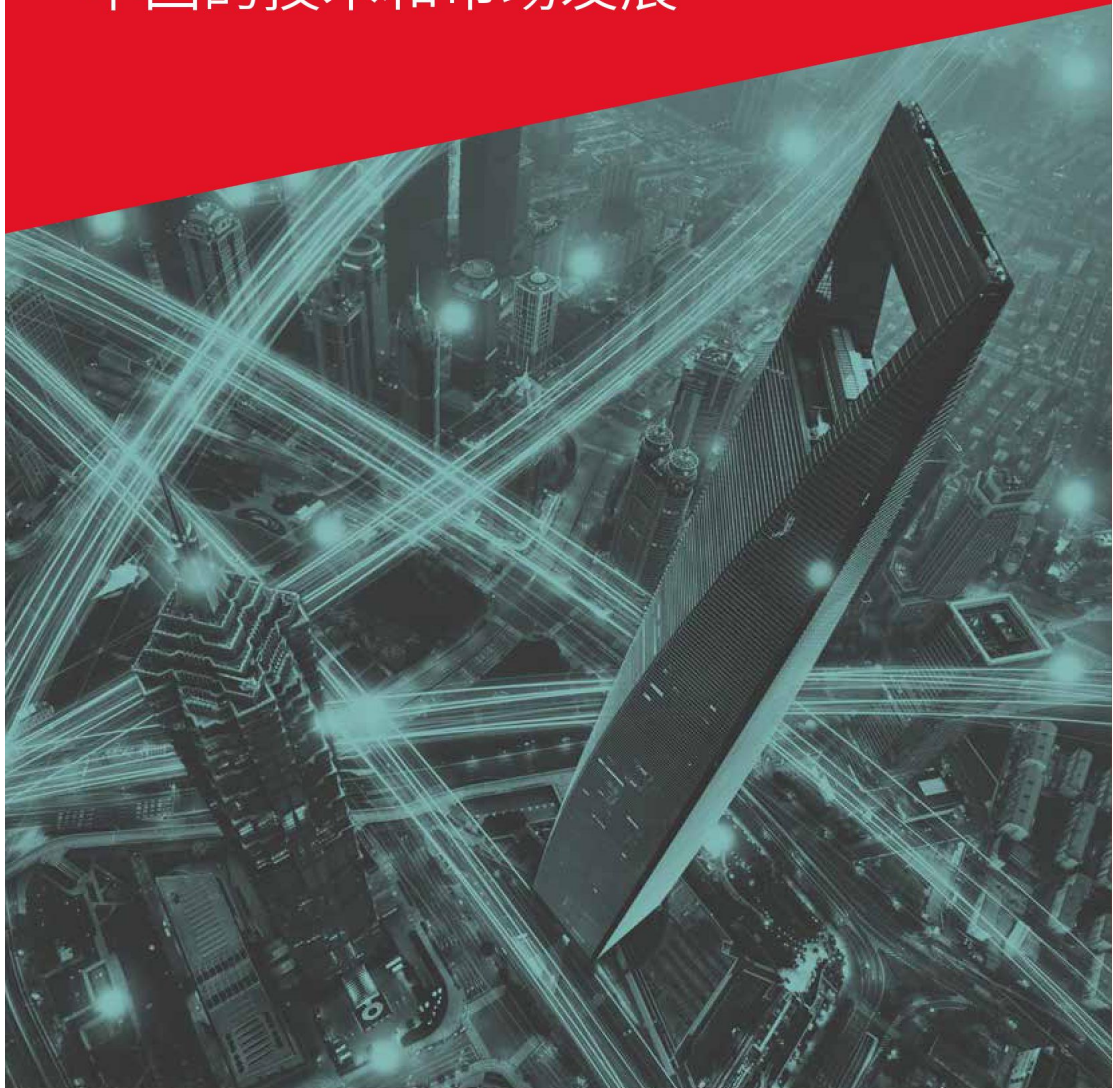




5G时代的边缘计算： 中国的技术和市场发展



Copyright © 2020 GSM Association



GSMA[®] Intelligence

GSMA代表全球移动运营商的共同权益。GSMA在更广泛的全球移动生态系统中联结着750多家移动运营商和将近400家企业，其中包括手机与终端制造商、软件公司、设备供应商、互联网企业，以及相关行业组织。GSMA每年在巴塞罗那、洛杉矶和上海举办业界领先的MWC大会，以及Mobile 360系列区域会议。

更多有关GSMA信息，请浏览www.gsma.com

或关注Twitter: @GSMA，微信公众号: GSMA_MWCS



边缘计算产业联盟（Edge Computing Consortium，英文缩写ECC），成立于2016年11月30日，由华为技术有限公司、中国科学院沈阳自动化研究所、中国信息通信研究院、Intel、软通动力信息技术（集团）有限公司、ARM六家单位联合发起成立，在自愿、平等、互利、合作的基础上，汇集国内外边缘计算产业相关的企、事业单位、社团组织、高等院校、科研院所等，自愿结成的跨行业、开放性、非营利性的社会组织。旨在汇聚产业界力量，促进相关主体之间的交流和深度合作，促进供需对接和知识共享，共建边缘计算产业生态，面向商业成功，有效推进边缘计算产业发展。截止2019年底，成员单位共254家。

详细章程等请见：<http://www.eccconsortium.net/>。

ECC贡献者

石红芳	边缘计算产业联盟秘书长
翁志强	边缘计算产业联盟副秘书长
吕明	边缘计算产业联盟专家委员会
郎巍峰	边缘计算产业联盟专家委员会
孙凝	边缘计算产业联盟秘书处

GSMA智库（GSMA Intelligence）是全球通信移动运营商获取数据、分析和预测结果的权威来源，也是权威行业报告和研究的发行机构。

从阿富汗到津巴布韦，GSMA智库的数据覆盖了全球各个国家的所有运营商集团、网络和移动虚拟网络运营商，是目前最准确、最完整的行业指标集，内容包括每天更新的数以万计的数据点。GSMA智库提供的数据被各大运营商、供应商、监管机构、金融机构和第三方行业参与者用于指导战略决策和长期投资规划，被视作业界参考指标，并作为权威口径在传媒发布。

GSMA智库的分析师和专家团队围绕一系列行业主题，定期发布前瞻性的研究报告。

官网：www.gsmainelligence.com

联系我们：info@gsmainelligence.com

作者

Pablo Iacopino	GSMA智库生态研究总监
David George	GSMA智库咨询业务负责人
Yiru Zhong	GSMA智库物联网及企业业务首席分析师

贡献者

庞策	GSMA大中华区战略合作总经理
关舟	GSMA大中华区公共政策总经理
吕晶晶	GSMA大中华区助理项目经理

本报告分别从技术、应用、市场前景、机会、商业模式、政策法规多个角度，剖析了边缘计算生态的现状和未来发展。在重点关注中国之前，本报告将先从全球角度出发进行概述。

虽然边缘技术可以部署在任何移动网络或固定网络上（并为之集成），但5G才是推动绝大多数边缘计算应用的网络接入技术。因此，本报告聚焦5G网络中的边缘计算，旨在为中国边缘技术利益相关方解决面临的关键问题。

为更好地了解中国生态圈对于边缘计算发展及机遇的看法，我们针对中国边缘计算开展了一次专项调查。为此我们收集了这一新兴生态中关键企业的最新洞察和观点，其中包括中国三大运营商、网络设备供应商、云和边缘技术专家、技术人士以及来自多个垂直行业的公司。调查结果和公司意见汇总如下。

GSMA对以下各方提供的重要洞察表示感谢：

九州云	大唐移动	诺基亚
白山云	爱立信	中国科学院沈阳自动化研究所
中国信息通信研究院	海尔工业智能研究院	新松机器人
中国移动（成都）产业研究院	和利时	舜宇智能科技
中移物联网有限公司	地平线	网宿科技
中国移动研究院	华为	中兴通讯
中国电信	爱奇艺	
中国联通	东软	

边缘计算的定义

本报告所指“边缘计算”为一系列边缘计算技术（包括硬件和软件），相比完全基于云的传统模型，边缘计算技术能让存储、计算、处理和网络更接近生成或使用数据的设备。这些技术包括边缘节点、本地边缘、云边缘、边缘云、边缘网关、边缘负载和边缘应用。对于移动网络来说，“接近”是一个相对概念，它可以是比较近的位置（即在传输网中），也可以是客户所处的位置（无论在用户设备内部还是在用户驻地）。



目录

1	报告摘要	2
2	推动边缘计算发展的背景和全球趋势	8
	2.1 边缘技术的驱动因素	9
	2.2 边缘计算的定义	11
	2.3 全球新兴边缘计算生态	13
	2.4 全球挑战：从商业模式到物理位置	19
3	中国边缘计算：为全球领先地位奠定基础	20
	3.1 边缘计算发展势头在中国生态中日渐强劲	21
	3.2 中国边缘计算的独特背景	23
	3.3 推动中国边缘计算发展的关键角色	26
	3.4 技术视角：在移动网络中部署边缘计算的关键问题	34
	3.5 边缘计算在中国的应用：主要应用场景和初具商用规模时间表	42
	3.6 中国边缘计算生态面临的机遇和挑战	56
	3.7 中国运营商边缘计算的商业模式	62
	3.8 物联网边缘计算：为数字化添砖加瓦	65
4	政策法规：为中国边缘部署创造有利环境	70
5	未来愿景推动中国边缘计算大规模发展	72

1 报告摘要

随着全球移动产业迈向5G，边缘计算在全球获得空前关注

相比完全基于云的传统模型，新的场景需要更为去中心化的计算和组网方式，这推动了边缘计算从概念阶段向早期部署过渡。美国、欧洲、中国和亚太发达市场的电信运营商、网络供应商和云服务公司正在试点并发行早期商用产品。目前，边缘技术试点大多在4G或早期5G网络上进行，但移动生态圈希望借助5G的逐步部署，推动更大规模的边缘部署。

部分算力从云端迁移到边缘，很大程度上可以视为以运营商为中心的技术转移，这种技术转移基于以往网

络软件化和虚拟化等的发展成果，并在5G部署中发挥作用。继协力定义移动边缘计算（MEC）及相关标准之后，业界开始大力探索MEC技术在各种行业应用中的价值，并希望通过MEC和5G技术进一步加深连接和计算的融合。

尽管边缘计算各项试点持续有所进展，但围绕最佳边缘位置、边缘投资规模以及实际商业模式，仍有一些关键问题亟待解决。

中国的独特前景：在边缘计算、5G和物联网领域均处于领先地位

根据实验网和早期商用部署的速度，显然，中国产业生态力求在边缘计算发展中发挥主导作用。众多公司正全力推动边缘计算的发展，其中三大电信运营商以及华为、中兴、诺基亚、爱立信等主要网络供应商发力最大。边缘计算生态的合作也在本地产业组织（ECC、CAICT、CCSA、5G DNA）和国际组织（ETSI、3GPP、GSMA）的推动下不断扩大。

中国政府致力于将中国打造为新型技术强国，而工业4.0是推动数字化进程的主要驱动力，为5G和物联网的发展提供支撑。中国拥有全球最大、最发达的物联网市场，三大运营商制定了宏大的5G规划，包括计划从2020年推出的5G SA网络。中国在5G和物联网领域的领先地位为边缘计算产业发展创造了良好的产业环境，运营商处于该产业的核心地位。

中国的技术视角：5G的确定性和边缘位置的不确定性

尽管各方一致认为5G将是推动中国边缘计算部署的关键接入技术，但就边缘的具体位置以及不同行业场景所需的边缘技术看法不一。

许多受访公司表示，针对智能工厂、智慧港口和智慧园区等，应就近部署边缘技术以支撑关键应用，为其提供超低时延、实时处理分析、安全可靠网络等一体的最优运行环境。如果需要覆盖更广范围的应用场景，包括智慧城市、自动驾驶、云/边缘沉浸式游戏以及通过移动终端接入和使用的其他服务，那么以区

或市为颗粒度来部署边缘基础设施将更加经济有效，在这些场景下，中国运营商通过快速部署5G并结合网络切片技术，可以提供所需的网络能力。

关于边缘位置并没有统一的答案。边缘位置的确定取决于多种因素，诸如各种边缘计算应用的具体要求（时延、带宽、实时分析能力、传输数据量、安全性）、技术（边缘配置、云和设备之间的距离等）以及业务需求（实际需求、经济性）。

中国边缘计算应用：自动驾驶、智能制造、游戏将引领潮流

边缘计算最适用的场景需至少满足以下一项（或全部）：超低时延（通常小于10毫秒的往返时间），实时计算、渲染和分析的实时处理，大容量数据传输，确定性组网。除了技术要求之外，安全和数据保护也是推动边缘计算的关键因素。众多场景需要具备上述网络能力，但应用时间有所不同。

- 受访公司反映，真正的自动驾驶汽车对边缘计算的需求最大。然而，要达到4级或5级自动驾驶，需要进一步完善立法层面和提高车辆技术，并大量投资道路基础设施建设，因此预计在中国，自动驾驶相关的边缘计算会于2023-2025年才开始初具商用规模。
- 工业4.0提供了一系列有发展潜力的边缘应用场景。中国经济高度依赖工业领域发展（占GDP的41%），因此提高生产率至关重要。高度自动化的成功取决于能够满足高精度阈值和实时分析

的低时延网络连接。要实现这一目标，需要结合5G、切片以及部署在工厂附近（理想情况是部署在工厂内部）的边缘计算基础设施。目前，智能工厂和智慧港口已经初显发展势头。

- 基于边缘和AR/VR技术的游戏和电子竞技预计会在2021-2022年间得到强劲发展，但这需要更广泛地部署边缘计算基础设施。考虑到游戏的实时性，要保障固定用户体验所需的时延则需相应的5G技术和边缘计算能力。云对于一些沉浸体验要求更高的应用来说可能太远，另一方面从空间和设计的角度将所有计算能力内置在设备中也是不可行的。考虑到所涉及的内容，在边缘节点存储内容还会提升回传网的利用效率。现场活动直播（如智慧体育场）、现场电视制播也能从5G和边缘计算中受益，且不需要进行大范围的边缘侧部署。

边缘计算为中国生态带来新的机遇和挑战

近90%的受访公司认为边缘计算是5G时代创收的机会。但就边缘计算带来的机遇和挑战而言，各公司考虑的出发点不尽相同。

- 电信运营商——中国移动、中国电信和中国联通认为，边缘计算发挥了5G优势，是面向行业和企业数字化转型的下一个超越连接的市场机会。三大运营商的云市场份额比阿里、腾讯小，因此可通过网络切片来探索新的应用场景，以及发挥云、边缘、核心电信网络的集成优势从而为运营商提供更广阔的发展空间。此外，向第三方开发者开放5G网络也是一种商业机会，在网络边缘孵化5G业务生态。

- 网络设备供应商——随着边缘计算、人工智能（AI）等新技术与核心网和接入网的融合规模不断加大，复杂性不断增长，华为、中兴、诺基亚、爱立信等企业将日渐成为中国运营商和有意部署边缘计算的云服务公司的关键合作伙伴，特别是针对基于现有电信基础设施设计的符合3GPP标准的边缘计算基础设施。供应商面临的挑战在于，不仅要设计真正无缝的端到端网络转型解决方案，还要在更大范围内创造新的B2B2B市场模式（供应商-运营商-企业），促进ICT和垂直行业之间的联接。

- **主要云服务提供商**——对于阿里、腾讯和其他云服务公司而言，边缘计算是对其云能力和云服务产品的扩展。这些公司与中国各行各业企业广泛建立了合作关系，并拥有丰富的云资源以供使用。然而，紧紧围绕5G技术构建的边缘计算架构

也带来了新的挑战，将云服务企业带入一个分布式计算的新领域，特征包括大规模的移动互联设备以及需要边缘/云深度协同编排。与此同时，云服务提供商正在寻求将边缘计算技术应用到基于互联网的消费者业务中（例如云游戏）。

中国运营商的商业模式：仍在探索

中国运营商预计分三步部署边缘计算，这也反映了5G网络逐步部署的态势以及行业和企业的数字化速度。

- **第一波（2018-2020年）：实验网及定制化小规模部署。**在这一阶段，边缘部署主要涉及专门的场景，旨在满足智慧港口、智慧园区和智能工厂的需求，边缘基础设施大多就近部署在现场。市场教育是吸引企业的关键。
- **第二波（2021-2023年）：初具商用规模。**随着中国运营商大规模部署5G网络（GSMA智库预测，截止2023年底5G网络将覆盖中国60%的人口），自动驾驶、体育赛事和游戏等边缘计算应用也将进行更多探索，边缘基础设施部署在基站汇聚点附近、区县/市区、区域数据中心。
- **第三波（2024年以后）：成为主流。**随着5G技术的成熟，5G设备成本的降低，以及移动行业和企业之间的协作加深，边缘计算部署的规模将逐渐得到扩大。自动驾驶和智能制造技术的进一步发

展创造了更有利的环境，边缘部署的需求也随之增加。随着规模增长，边缘计算的经济性以及效率都得到提高（如纳米处理），市场接受度也随之提升。

边缘计算的收入模式仍在摸索阶段。对中国运营商来说，提供仅具备连接功能的边缘计算场景能带来的收入不高。一种更有趣（也更可能）的发展方向是，运营商来负责部署和管理解决方案所需的边缘基础设施，并提供相应的网络连接、设备和IT服务。此外，运营商也可以向其他公司提供边缘托管或共享业务。向价值链上游延伸，运营商可以选择全栈模式（连接、设备、IT服务、平台和智能分析），成为全面覆盖企业客户边缘相关业务的合作伙伴。拥有领先的边缘计算平台，意味着运营商可以向第三方提供边缘IaaS和边缘PaaS解决方案，以及各种终端用户应用所必需的连接、计费和网络相关服务。这是价值高地，同时也是竞争最激烈的领域，云和ICT公司都瞄准了这个产业机会。

推动中国边缘计算的发展和规模：关键措施

边缘计算的最新进展，加上中国生态定位新技术前沿的明确目标，为进一步发展边缘计算奠定了坚实的基础。然而，要发掘边缘计算的长期潜力，还需要开展大量工作。我们已经确定了 7 项关键措施，如果这些措施付诸实施，将推动未来 5 年中国边缘技术的发展和应用。其中许多措施涉及整个边缘计算生态，而有些措施则针对特定种类的公司。

技术发展

明确边缘计算的最佳部署模式，推动边缘标准化

将边缘计算整合到更广义的5G网络投资规划中

解决云/边缘计算以及更广义的5G网络相关的高能耗成本问题

市场推广

产业协同进一步下沉，拓展边缘计算与垂直行业间的探讨

利用企业对边缘计算的认知，推动边缘计算新试点和部署

提升媒体娱乐、智慧城市产业对边缘计算的关注度

政策法规

考虑到边缘技术部署的独特性质和挑战，建立清晰明确的产业政策

中国边缘计算：市场和数字

1800亿美元

5G CAPEX

2018-2025年间，中国运营商在移动市场的资本投入将达2500亿美元，其中1800亿美元用于5G网络建设。全球近20%的5G网络投资在中国。

19亿

授权蜂窝物联网连接

中国是迄今为止全球最大、最发达的物联网市场。预计到2025年，中国将有19亿授权蜂窝物联网的连接。中国四分之三的企业已经部署了物联网，属全球最高。

53%

企业探索边缘计算能力的兴趣

GSMA智库企业物联网调查显示，约有一半中国企业认为边缘计算对其未来物联网的部署具有吸引力，而在美国和欧洲，这一比例低于40%。

4.9

边缘计算对真正无人驾驶汽车的重要性

中国生态圈（即受访公司）表示，在分析的近50个应用场景中，自动驾驶（4级和5级）对边缘计算的需求最大，得分4.9（评分范围1-5）。但预计2023-2025年才能开始扩大规模。

~90%

对边缘计算创收的期望

近90%的公司认为边缘计算是5G时代创收的机会。三分之二的受访者希望通过提升运营效率创造价值。

7

推动边缘计算发展和规模化需要采取的措施

这七项措施可分为三大类：技术发展、市场推广、政策和监管。大部分措施涉及中国所有边缘计算利益相关者。

2 推动边缘计算发展的背景和全球趋势

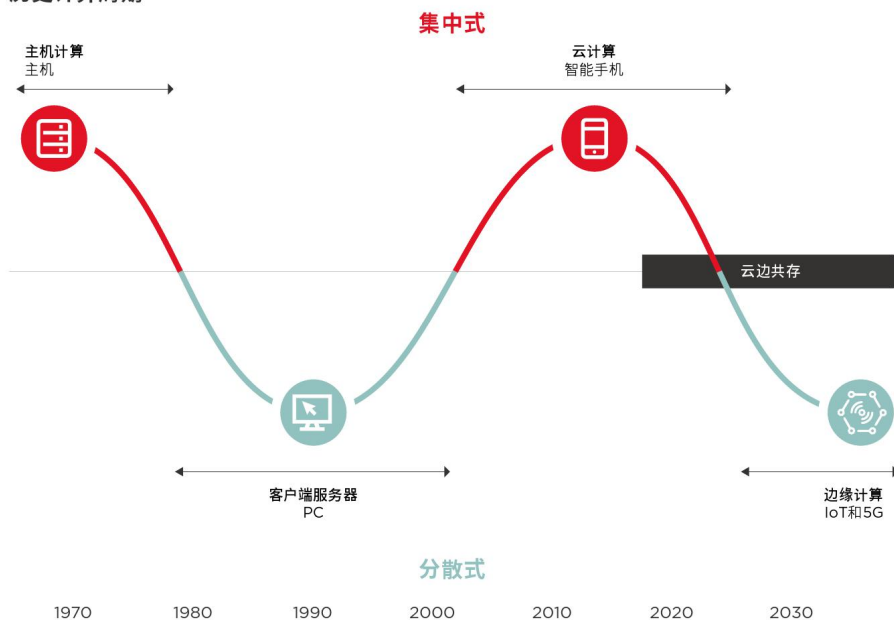
2.1 边缘技术的驱动因素

在过去40年里，算力和处理在集中式架构和分布式架构之间交替往复。21世纪，随着互联网、企业IT和智能手机的大规模商用，激起了以大型集中服务器群为基础的云计算浪潮。一些公司成为这个领域的领军者，即所谓的超大规模云计算玩家，包括亚马逊、微软和谷歌。近年来，其他公司也加入了这一市场，并正在迅速扩大规模，包括IBM、Oracle以及中国的阿里巴巴和腾讯。

尽管边界很难严格定义，但可信迹象表明，边缘计算这一新浪潮正在发展，这标志着算力和资源靠近客户部署的分布式转型将成为趋势。本质上讲，这表示业务模式从以网络为中心转变为以工作负载为中心，本地化成为首要原则。但这并不是非此即彼的情况，集中式云数据中心将继续存在，且整体容量仍可能继续扩大，但新的需求（如物联网和企业）以及5G时代超低时延业务的潜力正在将计算拉近最终用户。

图2-1

历史计算周期



来源：GSMA智库

边缘计算的发展综合考虑以下几个方面：

- **容量**——如果将大量连接设备产生的越来越多的数据传输到位置较为集中的云服务上，需要超大带宽和回传容量。¹而边缘计算和本地数据处理可以减少需要传输的数据量。
- **成本**——就带宽问题而言，远距离传输大量数据也会产生成本。此外，很多设备产生的大量数据可能无关业务，因此不需要传输到中央处理。
- **分析**——数据是数字经济的基础资产。要具备将数据转换为实时（或近实时）分析和操作的能力，需要将处理和计算功能的位置转移到更接近生成或使用数据的设备。
- **安全**——许多公司可能不希望敏感数据离开现场或自有服务器。围绕数据隐私的国家法律法规也是一个影响因素。
- **时延**——虽然5G比4G时延更低，但在远距离和多跳网络中实现极低时延会很困难。
- **弹性**——边缘计算能比集中模式提供更多的通信路径。这种分布可以更好地保障数据通信的弹性。

¹ GSMA智库预测，截止2025年底，全球将有约90亿移动连接（手机和仅支持数据业务的终端）以及近250亿IoT连接（蜂窝和非蜂窝业务）。



2.2 边缘计算的定义

计算向本地化、分布式的整体转型趋势会影响整个ICT生态。从电信行业或者更具体地从电信运营商的角度来看，边缘计算最初被称为移动边缘计算

(MEC)。欧洲电信标准协会 (ETSI) 对MEC的定义如下：

99

移动边缘计算在移动网络的边缘、无线接入网 (RAN) 的内部以及移动用户的近处提供了一个IT服务环境以及云计算能力。

2017年，MEC的定义被修正为“Multi Access Edge Computing”，这反映的一个事实是，边缘部署实际上可以利用包括固网在内的一系列接入技术。虽然本报告的重点是5G网络中的边缘计算潜力，但边缘应用的前景并不仅限于未来5G的发展。

MEC使网络功能更靠近最终用户，使运营商能够将网

络逐渐开放给第三方，使企业可以在智能工厂、智慧港口、智慧医院等场所构建专网环境。这些业务场景通常涉及多种应用，要求网络在边缘位置提供超低时延和强大的处理、计算和存储能力。数据无需回传至网络中心，而是在本地完成处理、存储和下发。5G MEC技术还支持连接和计算集成，提高与最终用户的交互效率。

移动网络中边缘计算部署的“边缘”在哪里？

与完全基于云的传统模式相比，边缘系统架构将存储、计算、处理和组网等云功能推近生成或使用数据的设备。对于移动网络来说，“接近”是一个相对概念，它可以是比较近的位置（即在传输网中），也可以是客户所处的位置（无论在用户设备内部还是在用户驻地）。图2-2为移动网络中边缘的简化图。

关于边缘位置并没有统一的答案。边缘位置的确定取决于多种因素，诸如各种边缘计算应用的具体要求（时延、带宽、实时分析能力、传输数据量、安全性）、技术（边缘配置、云和设备之间的距离）以及业务需求（实际需求、经济性）。边缘计算的模式可能因市场而异，反映了如频谱许可或数据隐私法规等地方因素。第3章深入分析了决定边缘位置的各项因素。

图2-2

移动网络中边缘的简化图



来源：GSMA智库

2.3 全球新兴边缘计算生态

边缘计算仍处于起步阶段。然而，在美国、中国、欧洲和亚太地区的一些发达市场，正在扩大相关的试点和小规模部署。鉴于边缘计算的潜在影响和转型性质，移动和云生态中的许多公司正在探索早期阶段的边缘计算，宣布各自的试点计划和项目。

世界上越来越多的电信运营商有些正在开展边缘计算试点，有些则在推行边缘商用产品和解决方案（见表2-3）。² 尽管当前试点大多在4G或早期5G网络上进

行，但移动行业希望借助5G的逐步部署，推动更大规模的边缘部署。

理论上，边缘计算可以和运营商部署的5G网络以及软件定义网络（SDN）、网络功能虚拟化（NFV）等软件控制技术适配地非常好，这些技术以分布式的方式运行某些虚拟网络功能（包括在网络边缘）。得益于此，边缘技术也可能受益于5G时代虚拟网络的网络能力，从而充分挖掘分布式计算的潜力。

² 如需详细了解中国运营商的边缘部署情况，参见《中国边缘计算》一节。



表2-1

电信领域的边缘计算活动

美国	
AT&T	
AT&T正在商用其面向企业客户的MEC平台，包括定制化解决方案。其平台可潜在应用于多个行业。在零售业，AT&T携手Badger Technologies（零售自动化解决方案供应商）探讨MEC和5G技术如何帮助零售商处理本地门店的大量数据。这可以推动机器人在商店中的应用，同时帮助零售商自主决定哪些敏感数据应该留在店内。	AT&T Foundry拥有专门的边缘计算社区，可以与整个技术生态内的合作伙伴一起，洞察AT&T基础设施的发展情况，帮助AT&T客户开发潜在的边缘服务和解决方案。 微软与AT&T有着多年合作关系，将微软Azure云的全球规模与AT&T的国内5G功能相结合，旨在进一步扩展边缘部署，加速边缘计算应用（如游戏）的开发。
Verizon	
Verizon已经开发了自有的边缘计算平台，计划2019年底投入商用。在纽约的早期测试显示其平台时延低于10ms。Verizon希望将边缘计算技术主要部署在城市和工业区，同时使用自己的数据中心和第三方数据中心。但在其他地方复制这种模式需要在整个网络中部署边缘资产，这会导致成本增加。	Verizon正与企业客户以及创新中心和孵化实验室的当地初创企业密切合作，开发低时延应用。同时Verizon还在开展一系列试点。通过位于网络设施中的MEC设备，人脸识别应用就能在使用该应用的网络边缘进行信息分析（而不是通过多跳传输直到最近的中央数据中心）。试点的结果是，相比通过中央数据中心，设备工程师通过MEC能够以两倍速度成功地识别出个体。
CenturyLink	
CenturyLink（一家面向企业的固定网络运营商）计划对边缘计算网络进行“数亿美元的投资”，	先从全美100个地方开始。这些设施将提供时延不高于5ms的本地业务。

**欧洲****BT**

BT的“网络云”项目，计划将其云平台扩展到英国100多个地方。这一计划将降低BT网络时延并使能新业务。BT云平台边界将延伸到城域之外，扩展到BT在英国运营的部分中心局点。目前，BT拥有近1200个本地端局，它们可以作为第一汇集点。

据报道，BT计划在其移动子公司EE的5G商用元年，将平均时延从30ms降低到20ms。中期目标是低于10ms，以此使能一组新的5G应用，如动态机器人和无人机业务。借助其新架构，BT还可以通过多种访问技术提供服务。

Deutsche Telekom

德国电信此前表示，将于2019年初采用旗下MobileEdgeX公司开发的技术，成功部署全球首个公共移动边缘，将现有网络运营商资源聚合到应用云容器中。德国电信已授权MobileEdgeX访问德国境内正在进行现网应用测试的6个站点。

MobileEdgeX正在构建“中间件”，让第三方应用在运营商的边缘计算资产上运行。德国电信也已启动业务试点，其中包括为一款名叫MagentaGaming的云游戏。该业务将于2020年投入商用。

Telefónica

MEC是Telefónica总体网络演进战略的重要组成部分，是Telefónica向全融合、虚拟化和软件定义网络（称为开放访问网络（OPA）和Unica计划）转型的组成部分。作为Unica计划的一部分，Telefónica正在完成其数据中心的虚拟化，当前重点工作为中心局点。Telefónica围绕如何广泛部署边缘能力展开了一系列探讨，从长远来看，这可能反映市场的发展情况。

Telefónica正在为客户搭建现网试点案例，其中云游戏于2019年第二季度推出，第一季度推出混合存储业务。利用其边缘能力，Telefónica近期商用了扩展现实（XR）内容。

亚太地区	
Telstra Telstra与Ericsson、澳大利亚联邦银行合作，通过在5G网络上测试端到端银行解决方案，探索金融行业边缘计算应用和网络能力。通过类	似试点，可以预测未来银行网点将呈现什么形态，以及基于5G的边缘计算如何帮助减少目前银行网点所需的网络基础设施。
Korea Telecom KT在韩国主要城市的8个地点部署了边缘计算。KT表示，初始阶段主要是为各地的5G设备	提供服务。KT还表示计划通过MEC中心支持自动驾驶汽车、智慧工厂和AR/VR业务的部署。
Rakuten 日本乐天（Rakuten）表示，作为虚拟化网络建设的一部分，将进行大规模边缘部署，计划提供4000种边缘业务。尽管在初始阶段，边缘计	算资源将主要用于支撑公司核心移动业务的交付，但在2020年其5G网络商用之后，乐天将可以探索并开发第三方应用和业务。

各大云业务公司也在努力推动全球边缘计算的发展（见表2-4）。³ 略为讽刺的是，曾经推崇向集中计算转型的大型云服务提供商现在则在寻求向分布计算模式转型。但有一点很重要的区别是，云从业者并不希望基于云的业务被取代。相反，他们是对本节前面概述的一些驱动因素做出反应，尤其是将海量数据的传输和处理从客户位置转移到中央云的挑战。

³ 如需详细了解中国云从业者的当前部署情况，参见《中国边缘计算》一节。

表2-2

各大云服务公司的边缘计算活动

主要云公司	
AWS Amazon于2017年推出其首个商用边缘产品AWS IoT Greengrass，该产品将AWS业务无缝扩展到边缘设备，使这些设备对各自产生的数据进行本地处理，同时使用云上管理、分析和存储。 Amazon还开发一种数据迁移和边缘计算设备AWS Snowball Edge，用于数据本地存储和大规模数据传输。该设备可以部署在客户现场，内置存储和计算功能。它不仅可以实现本地环境和AWS云之间的数据传输，还可以按需承载 本地处理和边缘计算的工作负载。AWS称这些设备还可以部署在网络连接受限或没有网络连接的荒地、临时或移动环境中。 Amazon还提供现场运行AWS基础设施的AWS Outposts。它专为网联环境设计，可用于支撑因低时延或本地数据处理需求而必须留在本地的工作负载。企业可以从公有云获取惯用的、相同的本地AWS业务。	
Microsoft Microsoft将智能边缘定义为一组不断扩展的网联系统和设备，它们在靠近最终用户、数据、或两者兼有的位置收集和分析数据。通过Microsoft的Azure Stack，客户可以在各自的数据中心小规模地复制云环境，Microsoft也是首批使用这项技术的公司之一。对于没有数据中心的地区，另一种解决方案是物理移动数据，比如通过存储容量超大的“数据盒子”产品，这些“盒子”会定期运至Microsoft，实现数据云上提取和处理。相比之下，Azure数据盒子边 缘实现互联网上传输数据、在边缘执行计算。 2019年Microsoft发布的Azure SQL Database Edge，旨在通过高度可用及安全的SQL引擎来解决边缘侧数据和分析的需求。开发人员可以在统一的编程面上对SQL数据库进行开发，并在本地、云或边缘运行相同的代码。此外，通过Azure SQL Database Edge，开发者可以构建即使在完全断网的边缘场景下也能运行在边缘设备上的AI应用。	
Google Google推出的应用平台Cloud Anthos，使企业能够改造现有应用，构建新的应用，并随时随地（包括本地）运行这些应用，确保了本地应用和云环境的一致性。Google对源代码开源，意味着兼容不同厂商的硬件和应用程序。 随着云端训练的AI模型越来越需要边缘运行，Google也推出了Edge TPU解决方案支撑AI边缘运行。Edge TPU是对Cloud TPU和Google Cloud业务的补充，提供端到端基础设施（云到边，硬件+软件），用于部署客户基于AI的解决方案。Edge TPU方案性能高、功耗低、安装空间小，使能AI高精度边缘部署。	

Ericsson、华为、Nokia、中兴和Cisco等主要电信网络厂商在边缘计算领域非常活跃，一方面扮演试点和部署所需的边缘计算技术供应商的角色，另一方面作为寻求边缘部署的运营商和云服务公司的合作伙伴。⁴ 对于运营商而言，这种合作是更大层面上网络转型战略的一部分，旨在构建5G时代智能、自动化和高效的网络。

除了规模较大的厂商以外，许多小公司也开始部署边缘网络和解决方案。EdgeMicro是一家边缘计算公司，目前正在美国开发边缘微型数据中心，未来可能扩展到欧洲、中东、非洲以及拉丁美洲。公司初期的

重点是开发可外场部署的集装箱式六机柜微型数据中心。公司的愿景是，让成千上万个与网络无关的小型模块化数据中心站在通信铁塔和市区屋顶上提供多租户共享业务。

基础设施公司Vapor IO组织创建了动态边缘联盟（KEA），KEA是一个由硬件、软件和网络公司组成的行业工作小组，致力于实现边缘计算易用性，将边缘计算利益相关者与最终用户联系起来。Vapor IO正在搭建边缘共享节点的分布式网络，这些节点处于微型模块化数据中心，可以部署在网络中的关键位置，包括通信铁塔和天线站点。

⁴ 如需详细了解网络设备厂商在中国的部署情况，参见[中国边缘计算](#)一节。

2.4 全球挑战：从商业模式到物理位置

由于现在处于发展前期，越来越多的试点和项目仍聚焦于开发边缘计算的潜力。而实际商业模式和实际的应用场景在很多情况下则仍不明确。边缘的完整定义依然不明确，特别是关于计算资源的部署位置和边缘基础设施的规模没有统一观点。

当然，很多运营商和云从业者的发展蓝图是不一样的。例如，BT目前重点关注英国市场上约100个边缘节点，而Google则建议，其云游戏平台Stadia等业务在每个市场可能需要数百个节点。欧洲某大型运营商的一位高管表示，其公司的边缘部署计划不太可能覆盖几百个以上节点，因为时延要求决定了没必要在每个本地中心局点设立边缘节点。

运营商仍需充分确定各自的商业模式，一种选择是向第三方提供共站基础设施，以满足Google、Amazon和Microsoft等公司的需求。然而，云从业者已经在构建自己的边缘基础设施（或使用第三方供应商的设施），同时许多小型企业和铁塔服务商也正在开发自己的边缘计算解决方案，通常是相互协作，即不仅提供物理空间和硬件，还提供业务服务。传统上关注网络功能/能力的基础设施与更关注计算和存储性能的基础设施之间存在边界模糊不清的问题，这可能加剧边缘生态中不同参与者之间的竞争。

除了本地对数据安全和隐私的关注和规定以外，确定边缘位置的关键因素还包括特定业务或应用所需的时延水平，以及实时或近实时处理和分析的需求。一些运营商表示，在选定的主要城市部署有限的边缘设

备，可以让整个覆盖范围的时延控制在20ms。然而，为保障关键业务的网络时延不超过5ms（理论上通过5G是可以实现的），必然需要更广泛地部署边缘节点。为了证明所需的大量增资是合理的，又牵扯到特定用例和商业模式的问题。

要部署边缘基础设施，就需要大量投资，但在应用场景和商业模式仍然较为模糊的情况下，要确定这种投资是否合理是对运营商的一个挑战。从边缘互联到全虚拟化5G网络，可能需要协同考虑经济和战略因素。两者都需要更分散的处理能力，而要实现5G超低时延的潜力，则需要算力靠近设备。边缘计算的发展可能分多个阶段，而我们目前正在经历边缘部署的初始阶段。随着需求和应用场景的发展，区域和城域数据中心已经在许多市场得到更广泛的建设，并逐步向更多边缘位置转移。

随着计算向边缘发展，一些实际存在的挑战亟待解决，尤其是目标站点更具挑战性的时候，比如迁向信号发射塔而非企业站点。这些挑战包括供电、安全、业务保障和缺乏具备适当技能的现场工作人员（这个问题对当地企业局点和信号发射塔来说都可能是个挑战）。讽刺的是，这些同时也是导致公司将其服务器和软件从自有的、本地的数据中心迁移到远程服务器群的原因。虽然目前有一些举措来应对这些挑战，但这可能会成为实现完全分布式、真正本地化的边缘基础设施的最大障碍。但同时，它也可能是电信运营商（拥有大量驻地工作人员和一系列安全的物理站点）能够获取明显竞争优势的领域。

3 中国边缘计算： 为全球领先地位 奠定基础

3.1 边缘计算发展势头在中国生态中日渐强劲

虽然边缘计算在中国还处于起步阶段，但发展迅速，特别是近两年来进展更加明显，使得中国在试点、早期部署和生态合作方面领先于其他主要国家和地区。

边缘计算试点和项目展露势头

目前，国内各从业者积极投身尚在起步阶段的边缘计算，其中包括三大运营商、主要网络设备提供商（Ericsson、华为、Nokia和中兴）以及中国大型云服务企业（阿里巴巴、腾讯和百度）。众多小型ICT公司、云和边缘技术专业公司、垂直行业也纷纷加入，寻求边缘新业务和解决方案的机会。这份名单很长，而且成员会越来越多。本文关于本报告一节罗列了参与我们调查的所有成员。

中国运营商是这个领域最活跃参与者之一。中国移动

2019年边缘计算蓝图涵盖了300项具体的边缘措施，包括测试节点评估、开放API接口以及携手合作伙伴推广边缘商业应用。自2018年以来，中国联通在20个省市开展了60多项MEC试点和商用项目。中国边缘计算产业联盟（ECC）⁵ 数据显示，分布在40个城市的100多个MEC试点项目覆盖多个行业和应用场景，包括智慧园区、智能制造、AR/VR、云游戏、智慧港口、智慧矿山、智慧交通，这充分证实了发展的迅猛势头。

生态合作呈上升趋势

中国国内不乏边缘计算论坛和行业工作小组，参与者包括运营商、网络厂商、其他生态参与者、政府机构以及全球/本地行业协会，如欧洲电信标准协会（ETSI）、边缘计算产业联盟（ECC）、第三代合作伙伴计划（3GPP）、中国信息通信研究院（CAICT）、中国通信标准协会（CCSA）、5G确定性网络联盟（5G DNA）和GSMA。

ECC在促进产业协作、促进创新、提升边缘计算意识和早期应用方面发挥着重要作用。ECC成立于2016年，成员单位超过230家，覆盖几乎所有主要行业，同时成立技术标准、测试、安全、市场推广等工作

组。2019年9月，ECC与网络5.0产业与技术创新联盟（N5A）签署合作协议，共同成立边缘计算基础网络联合工作组（ECNI），推动边缘计算产业发展。

开源项目也在增加。2017年11月，中国移动、中国电信、中国联通以及其他科技公司联合在开放数据中心标准推进委员会（ODCC）上发布了面向电信应用的开放电信IT基础设施（OTII），旨在构建适合5G网络边缘计算部署的开放、统一的服务器解决方案。⁶ OTII边缘服务器将分布于大量边缘局点和接入中心局点，并已在一些实际试点中投入使用。

⁵ 2016年，六大公司和组织共同创建了ECC，包括：华为技术有限公司、中国科学院沈阳自动化研究所、中国信息通信研究院、Intel公司、ARM公司和软通动力信息技术（集团）有限公司。

⁶ ODCC由百度、腾讯、阿里巴巴、中国电信、中国移动、CAICT和Intel公司共同创建，旨在中国创建一个开放的数据中心平台，推动行业基础设施标准化发展。

2018年10月，中国移动成立了边缘计算开放实验室，旨在提供行业合作平台，促进边缘计算生态的跨行业发展。截至2019年初，开放实验室共有34家合作伙伴，与各领域合作伙伴共开展15个测试平台项目，其中包括4个智慧城市项目、6个智能制造项目、4个直

播和游戏项目、1个车联网项目。Akraino和StarlingX是另外两个主要的开源边缘计算项目，由运营商、企业和开发人员组成的开放社区提供支持，他们试点软件并通过文档和用例参与社区活动。

中国企业对边缘计算的认知日益提高

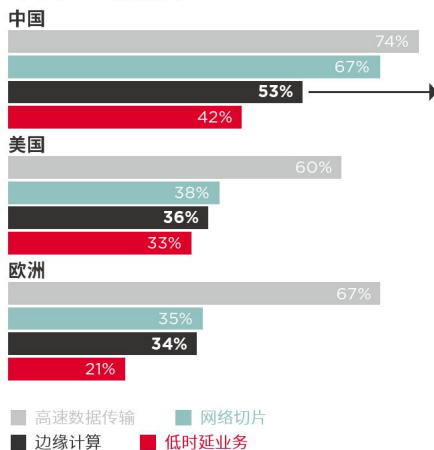
GSMA智库全球企业物联网调查显示，76%的中国企业计划在未来部署物联网时采用5G技术。⁷虽然在许多国家，5G的速度增益似乎是其最引人注目的能力，但中国企业（相对于其他区域）对5G能够提供的其他网络能力（包括网络切片、边缘计算、低时延）有更强的认知（见图3-1）。中国企业规模越大，5G的物联网能力对其就越有吸引力。

中国运营商早期的合作和试点促进了这种认知的提高，企业广泛使用边缘计算能力的意愿就证明了这一点。约有一半的中国企业认为其未来物联网部署需要具备边缘能力，而在美国和欧洲，这一比例不到40%。制造业和运输业尤为突出，与平均水平相比，这些行业的公司更期望通过探索边缘计算技术助力业务发展。

图3-1

企业看重的5G能力

企业看重的5G网络能力



问题：下列哪些5G能力将促使你所在组织在未来的物联网部署中更具竞争力？
 回答者所占百分比（可多选）

来源：《2018年Q4 GSMA智库企业物联网调查》

边缘计算对垂直行业的吸引力（中国）



⁷ IoT之于商业：2019年GSMA智库关于解决方案要求的企业观点

3.2 中国边缘计算的独特背景

尽管美国、亚太地区发达市场及欧洲正呈现强劲的边缘计算试点势头，但以下因素使得中国的前景尤为引人注目。这些因素将决定边缘计算在未来5年是否会规模商用。

5G取得重大进展——接入技术将推动边缘部署和应用场景

中国将5G列为国之重事，5G网络将推动经济更大范围的数字化转型。中国三大运营商继2018年底获得全国5G中频频谱（2.6GHz、3.4-3.6GHz、4.8-4.9GHz），并于2019年6月获得5G商用牌照之后，正在迅速推进5G建设。2019年已建成超过13万个5G基站（中国移动5万、中国联通4万、中国电信4万），覆盖中国50多个城市，其中北京、上海、广州等城市核心城区实现连续覆盖。2020年，三大运营商将继续扩展5G覆盖到所有地市。

GSMA智库预测，到2025年，中国将拥有全球最大的5G消费用户市场，5G用户数将接近8亿，占全国移动连接数的50%。为满足5G业务对网络的需求，2018年

至2025年，中国运营商将投资2500亿美元用于移动网络资本支出，其中1800亿美元将用于5G网络。中国将占全球近20%的5G网络投资。

三大运营商也明确表示，将推出5G SA网络来支持一系列行业应用，这将推动中国成为SA部署和商用市场的领导者，推动全球设备和终端兼容SA的生态建设。5G是边缘计算的关键，不仅将成为边缘部署的主要接入技术，而且是探索应用场景的强大驱动力。第3.5节中讨论的许多边缘计算应用场景都要求超低时延、实时处理和实时分析能力以及大量的数据传输，由此可见建设5G SA网络为边缘计算在中国的部署提供了良好环境。

图3-2

中国5G前景

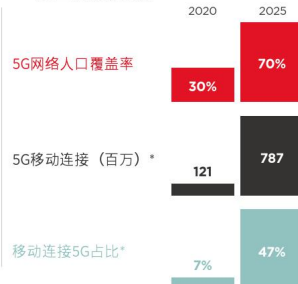
移动资本支出（10亿美元）



*不包括授权的蜂窝物联网和固定无线。5G覆盖和商用情况为年底数据。

来源：GSMA智库

5G覆盖和商用情况



中国政府致力将中国打造为新技术和工业4.0的领先国家

“中国制造2025”战略计划是推动数字化演进的重要力量。近几年来，中国已经成为测试和使用新技术的领先国家，这包括早期的边缘计算应用。得益于全球最大的数字消费群体（截止2019年年底，全国移动互联网用户近9亿）、具有竞争力的成本优势和巨大的经济体量，中国生态系统正在提升其技术领导力和创新能力，在移动和移动领域之外催生了大量初创企业

和创新公司。与其他新兴技术一样，边缘计算需要一个创新和合作的生态系统。

许多国家政府都希望本国在21世纪20年代达到技术创新的前沿水平，但中国工业的规模（中国GDP的41%来自制造业，而美国为19%）以及以移动为中心的服务与商业生态系统的建立，使中国拥有部署5G时代边缘计算的有利环境。

运营商计划更大规模地超越连接服务

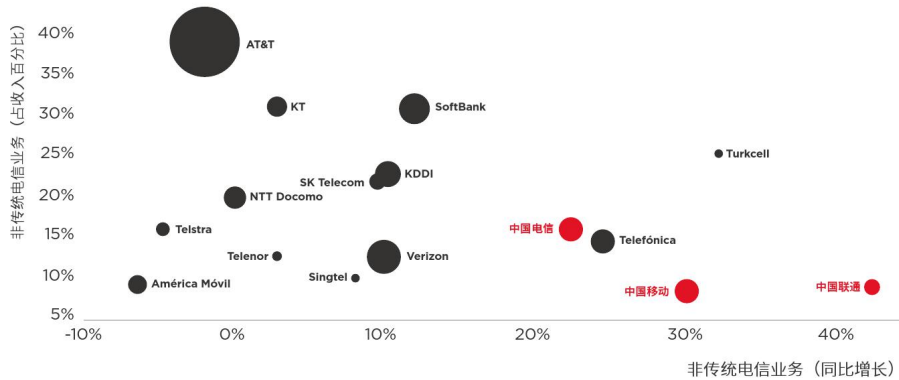
对于全球大部分主要运营商而言，核心移动业务和固定业务占收入的80-90%，而非传统电信业务占收入的10-20%。也存在一些例外情况，例如AT&T、韩国电信和日本软银SoftBank（非传统电信业务的收入占比分别约为40%、30%），其非传统电信业务收入源于并购而非来自有机增长。

中国运营商在非传统电信业务收入增长率上保持领先。2018年，非传统电信业务（消费者和企业）为

中国三大运营商创造了1440亿人民币（折合220亿美元）的总收入，同比增长约30%。这其中包括付费电视、节目和广告、物联网、企业解决方案以及包括金融、支付和生活方式在内的更广泛的数字业务领域。中国移动、中国电信和中国联通都寄希望于行业和企业数字化转型，以期在连接之外增加未来收入，将核心网、云和边缘的融合定位为企业数字化运营和服务的关键使能技术。

图3-3

2018年核心电信业务以外的收入



来源：公司集团数据和GSMA智库重新分类和预测数据。根据财政年度报告周期计算的年度数据。AT&T：截止2019年6月的过去12个月（以反映时代华纳自2018年第三季度100%全面整合入AT&T）。SoftBank：SoftBank+Yahoo日本。气泡大小反映2018年非传统电信业务收入。

物联网全球领先，边缘计算解决方案市场前景广阔

中国是目前全球最大、最发达的物联网市场。中国授权蜂窝物联网连接约占全球三分之二（2019年），即超过10亿。此外，四分之三的中国企业已经部署了物联网，全球占比最高。中国也是推动全球物联网市场发展和增长所需技术的主要供应商，包括传感器、微芯片和其他组件。

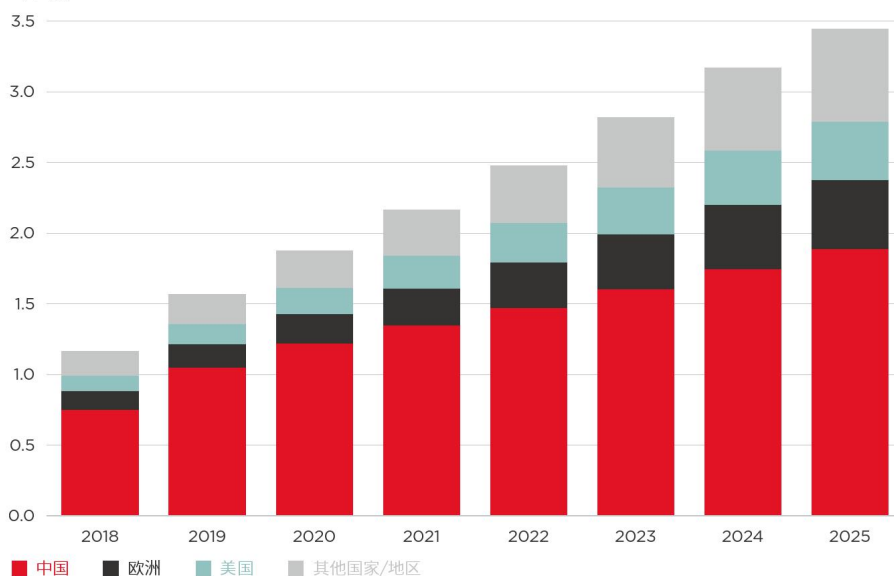
从收入来看，2018年中国三大运营商共创造物联网收入110亿人民币（折合17亿美元），其中三分之二来自

中国移动。物联网收入以本币计增长约50%，主要来自于连接持续增长和NB-IoT的推动。虽然这在中国运营商总收入中占比很小（2018年约为1%），但企业物联网是超越连接边界的重要驱动力。中国在物联网和边缘计算领域的领先地位为部署边缘技术提供了有利环境，特别是对于需要将大量数据进行存储、处理和分析而更接近用户的物联网场景，以加快分析和响应的速度。

图3-4

全球授权蜂窝物联网连接

(十亿)



来源：GSMA智库

3.3 推动中国边缘计算发展的关键角色

许多中国企业投入项目、建立合作关系并参与行业论坛和倡议，积极推进边缘计算的发展。

企业调研发现，由于5G和边缘计算紧密关联，网络设备供应商（华为、中兴、诺基亚、爱立信等）和中国三大运营商在边缘计算早期阶段起到了显著推动作用（见图3-5）。

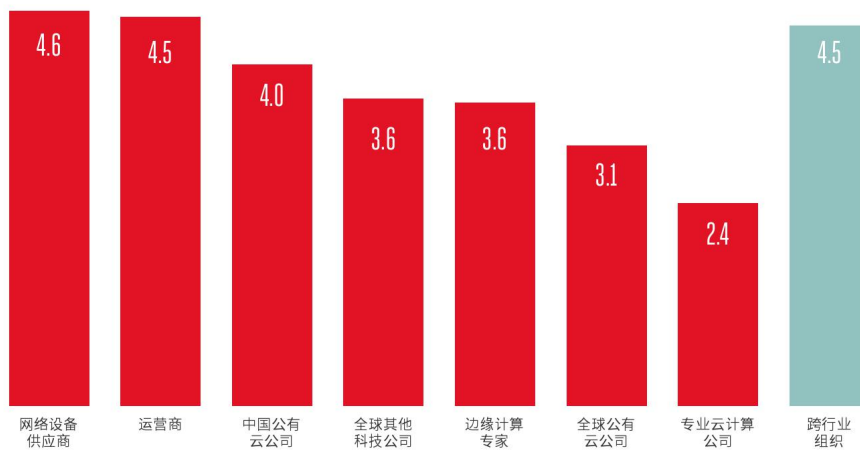
中国云收入排名前两位的云公司（阿里巴巴、腾讯），以及百度等正在采取重大举措，寻求在新兴的边缘计算中扩展云能力和云产品。许多边缘计算平台

已投入商用，阿里主推边缘节点服务（ENS），百度和腾讯也分别推出OpenEdge和Smart Edge Connector。阿里占据云市场最大份额，百度创新推出ABC（人工智能、大数据和云计算）发展战略，即以人工智能为中心，广泛应用边缘技术。此外，百度重点打造自动驾驶，融合了边缘云计算以及人工智能的广泛应用。

跨行业组织发挥关键作用，积极推动行业发展与协作，在中国边缘计算推动力调查中斩获4.5高分，其中多数调研企业已意识到行业论坛及工作组对新型生态系统的重要价值。

图 3-5

推动中国边缘计算技术发展的公司类型



问题：谁在推动当前中国边缘计算技术的发展？评分范围为1-5分，其中1分代表“影响较小”，5分代表“显著影响”。

来源：《2019年GSMA智库关于中国边缘计算的调查》