



强于大市

公司名称	股票代码	股价(人民币)	评级
中兴通讯	000063.SZ	31.50	买入
网宿科技	300017.SZ	13.04	未有评级
顺网科技	300113.SZ	18.18	买入
数据港	603881.SH	39.15	未有评级

资料来源：万得，中银国际证券
以 2019 年 4 月 10 日当地货币收市价为标准

主要催化剂/事件

- 运营商 5G 临时牌照与正式牌照将相继发放，5G 网络即将进入全面建设阶段，而边缘计算正是 5G 网络的重要组成部分
- 互联网企业开拓新应用的蓝海市场，需要将核心云平台的能力延伸到边缘部分
- 我国对安防监控、工业互联网等重点项目的持续推进将提升端级边缘计算的硬件需求
- 国家政策推动车联网，需要完善边缘计算

相关研究报告

《通信行业 2019 年年度策略》2018.12.24

中银国际证券股份有限公司
具备证券投资咨询业务资格

通信

程荣彦

(8621) 20328305

shenyan.cheng@bocichina.com

证券投资咨询业务证书编号：S1300517080004

边缘计算行业专题报告

边缘计算与 5G 同行，开拓蓝海新市场

随着日渐成熟的 SDN/NFV、大数据、人工智能等技术，5G 网络将成为各行业数字化转型的关键基础设施。边缘计算技术作为 5G 网络架构中核心的一环，顺随运营商边缘机房智能化改造的趋势，致力于解决 5G 网络对于低时延、大带宽、海量物联的硬性要求，正在成为各大运营商与行业相关企业占据 5G 发展快速道、把握未来全新业务形态、开拓蓝海市场的关键。

支撑评级的要点：

- **发力网络边缘侧，边缘计算开拓蓝海新市场。**边缘计算指的是在网络边缘侧即靠近终端的位置提供业务场景所需的计算服务。边缘计算天生具备分布式特征，根据具体业务场景的个性化需求，边缘计算平台可以灵活部署在网络中的各个位置，概括起来主要有两种，一种部署在网络的接入侧，即与不同级别的宏基站联合部署；另一种则直接部署于设备现场，就近提供计算服务。边缘计算与云计算相互协同合作，云计算负责全局性、非实时、长周期的大数据处理与分析，而边缘计算则面向网络边缘侧全新业务形态，根据业务需求对局部性、实时、短周期数据的处理与分析。
- **与 5G 同行，多方共同打造 MEC 产业生态。**网络侧多接入边缘计算 MEC 是一种基于通信网络的全新分布式计算方式，已经被 3GPP SA2 列为 5G 网络架构的关键技术。通过部署在一定的计算存储能力部署在 RAN 端、构建接入网云环境，使得一部分的网络服务与网络功能在脱离核心网的情况下进行，从而大幅度的减少数据传输的时延，节省带宽，降低网络负载，同时还能够保证数据的安全性。MEC 具备丰富的应用场景，典型的如智能驾驶、AR/VR、超高清视频等等。基于运营商的部署规划，5G 时期 MEC 建设将会为市场带来约 1485 亿元的海量硬件需求，而随着更多层次 MEC 建设的推进，相关厂商将会从中获益。
- **借力产业升级趋势，端级边缘计算迎来海量需求。**端级边缘计算实际上就是将计算能力完全下沉到最底层，以智能芯片的形式与终端设备深度融合，使得终端设备具备一定计算能力，从而能够完全或者预处理自身所产生的数据信息，指导自身生产运行。目前端级边缘计算在工业制造领域、智慧安防、智能家居领域已经有相关应用，一些 OT 厂商也已经有了完整的解决方案。随着国家对于产业智能化的进一步推进，基于边缘计算技术的行业应用也将会迎来爆发，国内的相关芯片厂商及相关元器件供应商也将迎来一波机遇。因此新增的蓝海市场有望带来超过 1.7 万亿的巨大空间。

重点推荐：

- 随着 5G 组网建设的推进，我们认为边缘计算的应用市场将迎来高速发展时代，产业链上的相关企业将先后受益。推荐：具备包含边缘计算方案在内的 5G 完整建设方案供应商的**中兴通讯**；在细分行业领域已经落地边缘计算应用的**顺网科技**；关注：携手运营商建设网络侧边缘计算的**网宿科技**；协助阿里云提供云数据中心解决方案的**数据港**等。

评级面临的主要风险：

- 运营商投入不及预期；商业模式不清晰；边缘计算标准不完善等。

目录

关于边缘计算的概述.....	5
边缘计算的概念	5
边缘计算与云计算的关系	6
边缘计算的类别划分	8
网络侧多接入边缘计算，与 5G 同行.....	10
MEC 的推动因素	10
MEC 部署方案	12
MEC 生态圈	14
MEC 典型用例	20
现场侧端级边缘计算，催生应用新蓝海.....	22
端级边缘计算在智慧安防领域的应用	22
端级边缘计算在工业互联网领域的应用	24
端级边缘计算在智能家居领域的应用	26
重点企业.....	28
中兴通讯：5G 边缘计算完整解决方案的提供者	28
网宿科技：携手运营商，建设边缘计算网络.....	28
顺网科技：专注网吧细分市场，落地边缘计算应用	29
数据港：助力阿里云拓展边缘计算体系	30
风险提示.....	31
运营商投入不及预期	31
商业模式不清晰	31
边缘计算标准不完善	31
披露声明	33



图表目录

图表 1.	边缘计算的概念	5
图表 2.	边缘计算参考框架	6
图表 3.	边缘计算所具备的特点与属性	6
图表 4.	云计算的不足之处	7
图表 5.	传统云计算模型与边缘计算模型	7
图表 6.	边缘计算与云计算的关系	8
图表 7.	边缘计算平台部署位置	8
图表 8.	MEC 基础架构	10
图表 9.	世界物联网设备接入数量预测	11
图表 10.	各业务场景网络需求	11
图表 11.	2013-2018 年电信收入结构（语音和非语音）情况	12
图表 12.	5G 网络组网及 MEC 部署策略	13
图表 13.	4G 网络典型传输时延（单向）	13
图表 14.	边缘设备部署需要考虑的因素	14
图表 15.	MEC 产业链	15
图表 16.	多接入边缘计算 PaaS 功能视图	15
图表 17.	多接入边缘计算 IaaS 功能视图	16
图表 18.	中国移动边缘计算应用案例	16
图表 19.	中国联通边缘计算应用案例	16
图表 20.	浪潮 OTII 边缘计算服务器 NE5260M5	17
图表 21.	CDN 系统架构	18
图表 22.	基于 MEC 的视频业务端到端流程	18
图表 23.	MEC 建设规模测算	19
图表 24.	2016-2023 全球边缘计算硬件需求规模	19
图表 25.	基于 MEC 平台的智能驾驶系统框架	20
图表 26.	基于 MEC 平台的增强现实应用	21
图表 27.	基于 MEC 平台的 VR 直播	21
图表 28.	本地级边缘计算框架	22
图表 29.	边缘计算在视频监控行业的应用	23
图表 30.	我国安防行业市场规模变化及预测	23
图表 31.	工业互联网系统三层架构	24
图表 32.	验布机传统架构	24
图表 33.	验布机边缘云架构	25

除《企业家第一课》、《企业家功成堂》外，其他公众号分享本期资料的，均属于**抄袭**！
邀请各位读者朋友尊重劳动成果，关注搜索正版号：[《企业家第一课》](#)、[《企业家功成堂》](#)

谢谢观看！

企业家第一课，专注做最纯粹的知识共享平台



关注官方微信
获取更多干货



加入知识共享平台
一次付费 一年干货



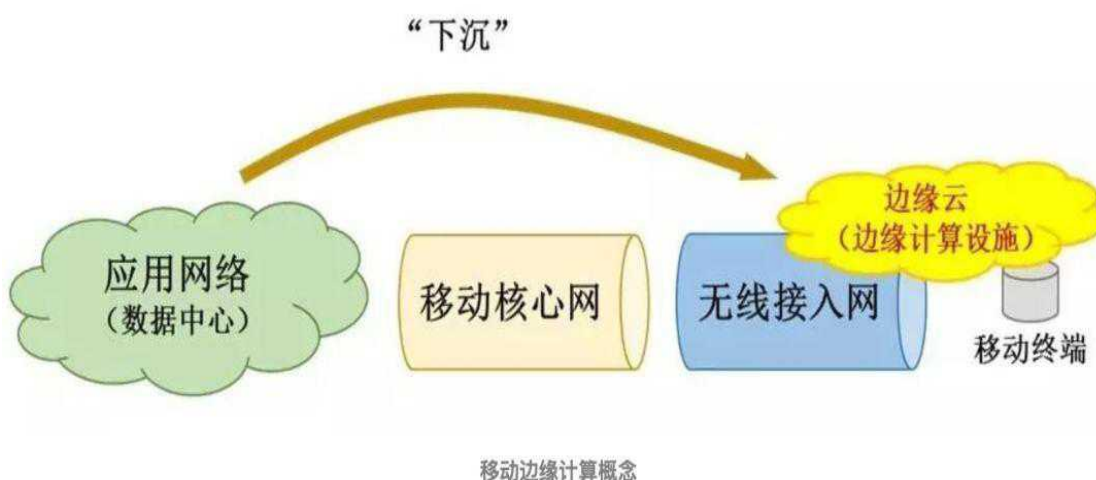
图表 34. 我国智能制造行业市场规模变化及预测	25
图表 35. 物联网智能家居示意图	26
图表 36. 我国智能家电行业市场规模变化及预测	26
图表 37. 中兴通讯 MEC 解决方案	28
图表 38. 基于边缘云的智能监控解决方案	29
图表 39. 顺网云示意图	29
图表 40. 顺网云特性	30
图表 41. 阿里云物联网平台产品架构	30
附录图表 42. 报告中提及上市公司估值表	32

关于边缘计算的概述

边缘计算的概念

按照边缘计算产业联盟的定义，边缘计算是指在靠近物或数据源头的网络边缘侧，融合网络、计算、存储、应用核心能力的开放平台，充分利用整个路径上各种设备的处理能力，就地存储处理隐私和冗余数据，降低网络带宽占用，提高系统实时性和可用性，满足行业数字化在敏捷联接、实时业务、数据优化、应用智能、安全与隐私等方面的关键需求。通俗来说，边缘计算就是将云端的计算存储能力下沉到网络边缘，用分布式的计算与存储在本地直接处理或解决特定的业务需求，用以满足不断出现的新业态对于网络高带宽、低延迟的硬性要求。

图表 1. 边缘计算的概念



资料来源：C114, 中银国际证券

边缘计算其实早在 2002 年就已提出，近些年来，随着 SDN/NFV 等先进网络技术的日渐成熟，各大网络标准化组织才逐渐意识到边缘计算对于网络功能的巨大提升；并于 2016 年 4 月，将之列为 5G 网络架构的关键技术。2016 年 11 月，华为、英特尔、ARM、中国科学院沈阳自动化研究所、中国信息通信研究院和软通动力发起成立了边缘计算产业联盟(ECC)，致力于边缘计算在各行业的数字化创新与行业应用落地。

根据 ECC 发布的边缘计算参考架构，整个系统被分为三层，即现场层、边缘层、云端。其中边缘层又划分为边缘管理器和边缘节点两部分，边缘节点是具有计算和存储能力的功能模块，包括负责处理和转换网络协议的边缘网关，负责闭环控制业务的边缘控制器，负责大规模数据处理的边缘云以及负责信息采集与简单处理的边缘传感器；而边缘管理器则主要是实现对边缘节点的各项功能进行统一管理和调度。

图表 2. 边缘计算参考框架



资料来源：《边缘计算参考框架 3.0》，中银国际证券

整个框架强调了云—边—端一体化的要求，边缘传感器将设备端基础数据汇集到边缘云平台，在平台上对数据进行分析处理，得到的即时结果反馈到设备端；而边缘管理器则负责数据的统一调配，与云端建立联系，将业务相关数据传输到云端进行更加深入的分析，而后再对边缘侧算法进行优化，从而灵活高效的指导生产实践。

边缘计算是云与端连接的桥梁，其所处的地理位置与具备的功能定位决定了它自身所必然具备的特点与属性：

图表 3. 边缘计算所具备的特点与属性

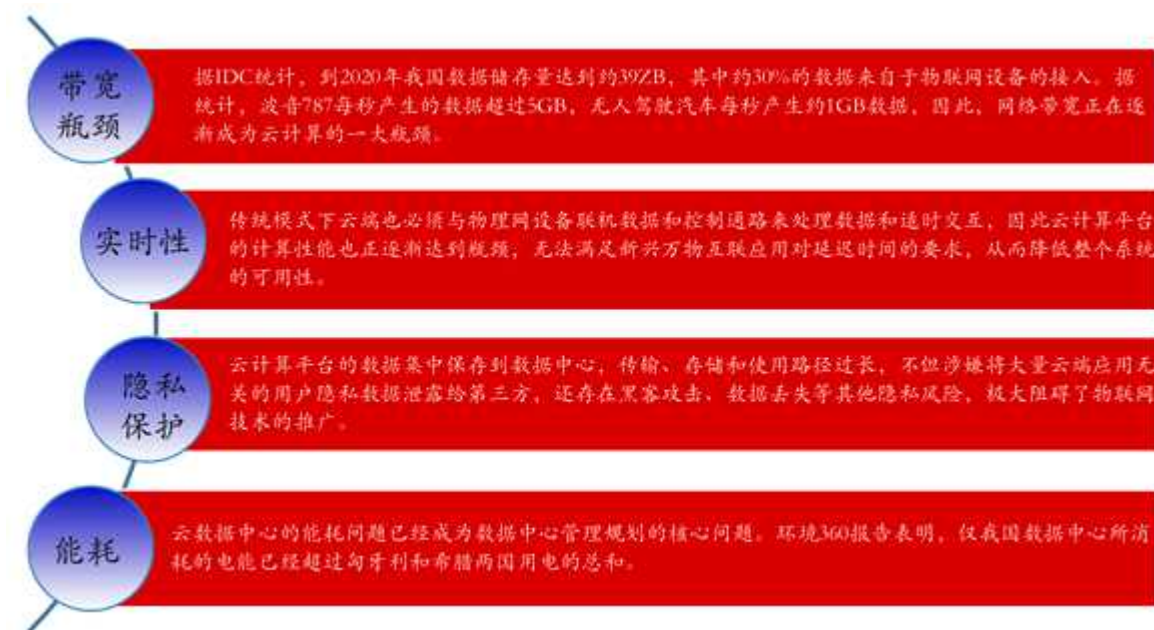
特点	属性
数据第一入口	边缘计算平台部署于网络边缘靠近终端设备的位置，因而面临着大量的实时、完整的第一手数据。
连接性	边缘计算面对的下游场景丰富，因而需要具备丰富的连接功能，如各种网络接口、网络协议等。
分布性	边缘计算实际部署天然具备分布式特征，因此必须支持分布式计算与存储，实现分布式资源的动态调度与统一管理，支持分布式智能，具备分布式安全等能力。
约束性	边缘计算设备处于网络的边缘，将面临相对恶劣的工作条件与运行环境，因而边缘计算产品需要通过软硬件的集成与优化来匹配各种条件约束。
融合性	边缘计算是 OT 技术与 ICT 技术融合的基础，需要在联接、数据、管理、控制、应用、安全等方面的协同。

资料来源：《边缘计算参考框架 3.0》，中银国际证券

边缘计算与云计算的关系

与边缘计算相比，云计算有诸多劣势。首先是实时性，传感器接收到数据以后，云计算需要通过网络传输到数据中心，经过分析处理后再由网络反馈到终端设备，这样数据来回传输就造成了较高时延。其次云计算对带宽的要求也越来越大，例如在公共安全领域，每一个高清摄像头都需要 2M 的带宽来传输视频，这样的摄像头一天就可以产生 10 几个 G 的数据，如果这样的数据全部传到数据中心进行分析存储的话，对带宽的消耗非常大。第三是能耗方面，现在数据中心的能耗在业界已经占据了非常高的比例，国家也不断对数据中心的能耗指标作出要求。最后是数据安全和隐私方面，数据经由网络上传到云端经历了众多环节，每个环节数据都有可能被泄露。

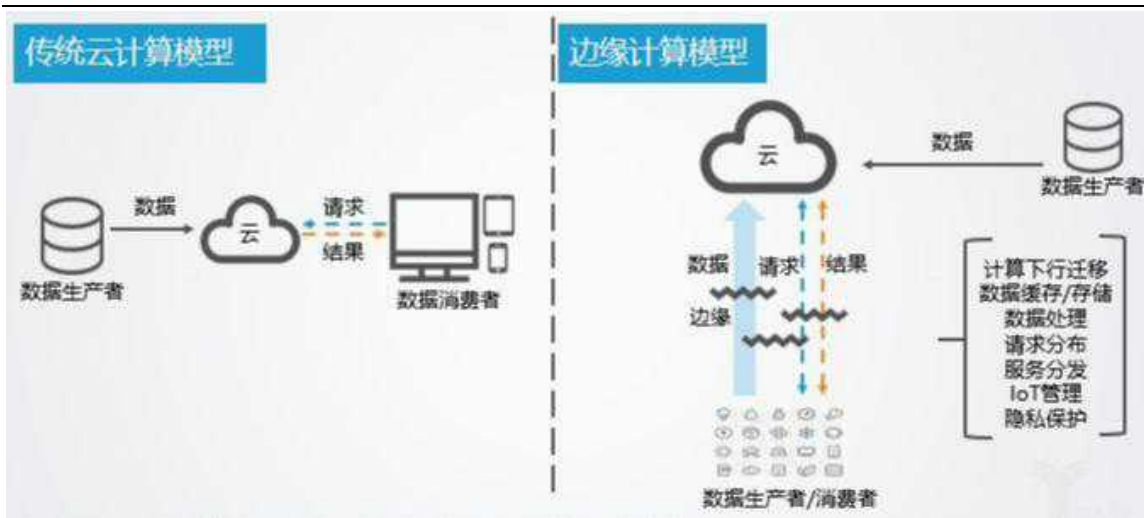
图表 4. 云计算的不足之处



资料来源：中国知网，中银国际证券

而边缘计算则可以完美的解决以上诸多问题，边缘计算就部署在接入网，在网络边缘就可以完成对数据的分析处理，数据甚至都不必上传至云端，这样就大幅降低了数据传输时间，减轻了通信网络的带宽压力，数据在边缘处理存储也更加高效安全。

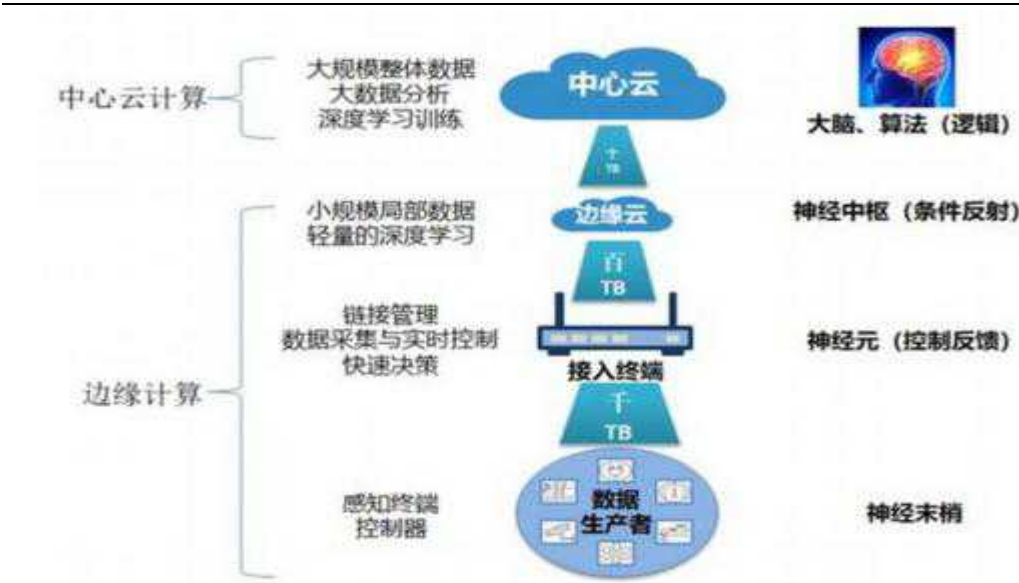
图表 5. 传统云计算模型与边缘计算模型



资料来源：强川科技，中银国际证券

实际上，云计算与边缘计算的关系更像是人体的神经网络系统，大脑即为云计算中心，而神经中枢与神经元则代表了下沉到不同程度的边缘计算。传感器从边缘设备对数据进行初始的采集，到边缘层进行一部分实时的处理，再传输到核心层进行深度的计算分析，最后再将分析结果回馈到边缘，对边缘智能进行优化完善。两者构成了一套完整的系统，云计算负责全局性、非实时、长周期的大数据处理与分析，而边缘计算则根据特定的需求对局部性、实时、短周期数据的处理与分析。

图表 6. 边缘计算与云计算的关系

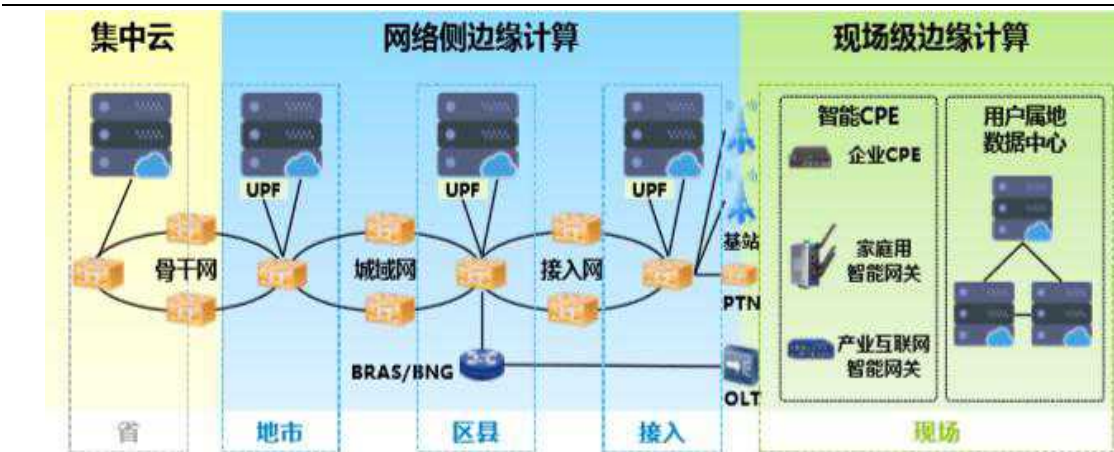


资料来源：浪潮，中银国际证券

边缘计算的类别划分

就像人体的神经网络一样，神经中枢与神经元都具有一定程度的“计算”能力，但究竟在什么情况下用哪个还是得依据人体各部分具体的机能来定。同样的，不同的行业具体的业务需求不同，对于边缘计算中“边缘”的位置理解也不同。典型的如 OT 领域，有的工业设备可能仅仅需要处理简单的数据，不需要进行复杂的运算，但是机器设备对于加工精度有着比较高的要求，对时间延迟十分敏感；这种情况下，主流公司就采用现场设备智能化升级的方案，通过向现场设备部署 SDK 的方式来应对具体的业务需求。另一种典型的如自动驾驶，行驶中的汽车需要根据周围复杂的环境信息运算得出下一步的驾驶指令，由于汽车驾驶过程中产生的数据量十分巨大，所进行的复杂运算也需要专业的服务器才能完成，这时就需要借助网络将运算迁移到最近的边缘计算平台上来进行。以上两种场景实际上代表了边缘计算部署的两种模式，一种是将算力直接部署在设备终端旁，最大限度的发挥边缘计算的优势；另一种则是将边缘计算平台部署在终端附近，一个平台负责一片区域内的业务需求。

图表 7. 边缘计算平台部署位置



资料来源：中国移动边缘计算技术白皮书，中银国际证券



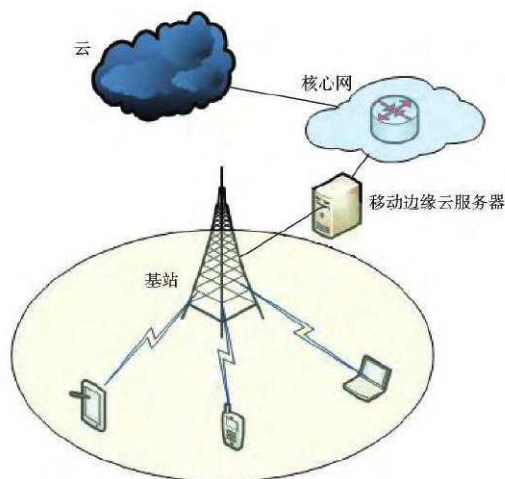
目前市场上边缘计算的建设主体主要有电信运营商、第三方厂商、OT 厂商等，电信运营商采用 MEC 多接入边缘计算的形式将边缘计算部署在网络的边缘，一般是在宏基站的机房内或者多个宏基站的汇聚点。第三方厂商则需要借助运营商 MEC 平台开放底层资源来推出自己个性化服务，一般是自身云计算业务的在边缘处的延伸。而 OT 厂商则聚焦于边缘设备，对其进行智能化改造，让终端设备具备一定的计算能力，用以满足自身业务需求。

由于以上两类边缘计算应用形式面向的客户场景不同，体现的客户价值也不同，所以各建设主体对于边缘计算的理解、用到的关键技术等都有较大的区别。各参与者根据自己的优劣势，在不同的业务形态中担任不同的角色。需要说明的是，在实际部署的商业用例中，上述两种边缘计算应用可以独立存在，也可以两者相互融合互补并存。

网络侧多接入边缘计算，与 5G 同行

网络侧的多接入边缘计算 MEC (Multi-Access Edge Computing) 是一种基于通信网络的全新分布式计算方式，包含了原先移动边缘计算 (Mobile Edge Computing) 的核心理念并予以升级，它在新一代通信网络中已经被 3GPP SA2 列为 5G 网络架构的关键技术。技术上，通过部署一定的计算存储能力部署在无线接入网端，在接入网端构建一个云服务环境，使得一部分的网络服务与网络功能在脱离核心网的情况下进行，从而大幅度的减少数据传输的时延，节省带宽，降低网络负载，同时还能够保证数据的安全性。

图表 8. MEC 基础架构



资料来源：中国知网，中银国际证券

MEC 的推动因素

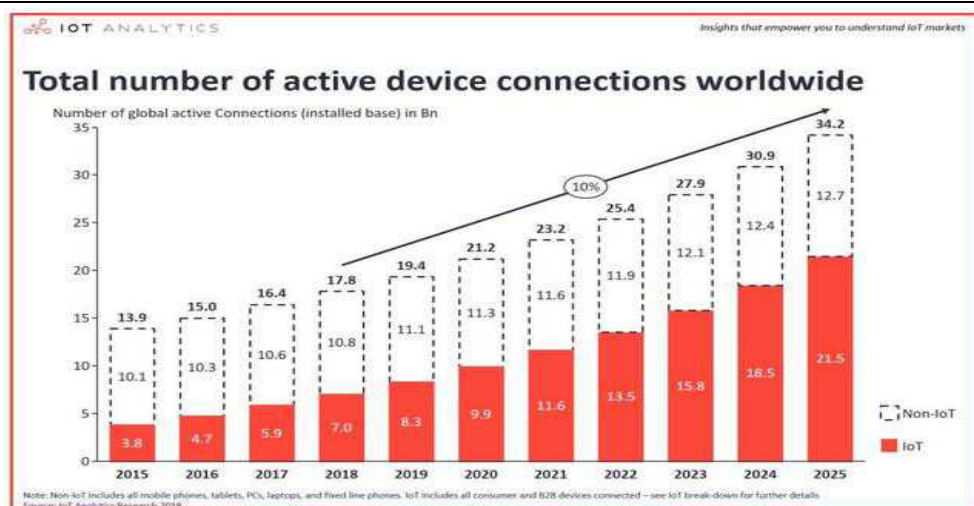
MEC 之所以能得到运营商及市场的认可，我们认为，主要是基于两个原因：一方面是客观上 5G 三大应用场景，即 eMBB（增强移动宽带）、mMTC（海量机器类通信）和 uRLLC（超可靠低时延通信）对 MEC 的迫切需求；另一方面则是运营商主观上认为 MEC 是摆脱自身网络沦为低附加值管道的一个机遇。

MEC 助力 5G 腾飞

随着 5G 时代来临，一方面，5G 将会为用户提供 4K/8K 视频、AR/VR 等更加真切的业务体验，人机交互方式面临着再次升级；另一方面，以物联网、智慧城市等为代表的典型应用场景与移动通信网络深度融合，海量的机器设备将会接入 5G 网络。全新的业务形态在带给用户更好的体验的同时，通信网络的承载负担无疑也被大大加重。

根据知名市场研究机构 IOT ANALYTICS 的数据，2018 年物联网连接数已经达到了 70 亿，到 2020 年，活跃的物联网设备数量预计将增加到 100 亿个，到 2025 年将增加到 220 亿个：

图表 9. 世界物联网设备接入数量预测



资料来源: IOT ANALYTICS, 中银国际证券

物联网接入设备的爆发性增长无疑会占用大量的网络资源,但是未来增加的也不仅仅是设备数量。近期,工信部等三部门印发的《超高清视频产业发展行动计划(2019-2022年)》中,也将提升网络传输能力,满足4K和8K视频传输的低时延、高宽带、高可靠、高安全应用需求作为其中的重点任务之一。MEC技术通过业务本地化、缓存加速以及本地分流、灵活路由等技术可以有效降低网络回传带宽需求,缓解核心网的数据传输压力,从而进一步避免了核心网传输资源的进一步投资。

对于一些对可靠性要求严格的场景,例如远程医疗、车联网、工业控制等,对网络时延有着严苛的要求。其中,低时延高可靠场景中对空口时延的要求甚至为1ms量级。基于MEC提供的边缘云计算服务,可以将传统的部署在Internet或者远端云计算中心的业务应用,迁移至无线网络边缘部署。此时,特定业务或者将非常受欢迎的内容可以部署或者缓存在靠近无线接入网以及终端用户的位置,从而可以有效降低网络端到端时延,从而提升用户的服务质量。

以下为具体各业务正常运行所需要的网络状况,不同的业务对于时延、带宽、安全性等都有多样化的需求,而多接入边缘计算则是目前来看最好的解决方案。

图表 10. 各业务场景网络需求

业务场景	时延	带宽	隐私
AR/VR	<5ms	100Mbps-9.4Gbps	No
V2X	<10ms	>100Mbps	No
视频监控	Variable	>20Mbps	No
智慧工厂	<10ms	Variable	Yes
智慧医疗	<10ms	Variable	Yes
物联网管理	Variable	Variable	No
4K/8K 视频	10ms	>100Mbps	No

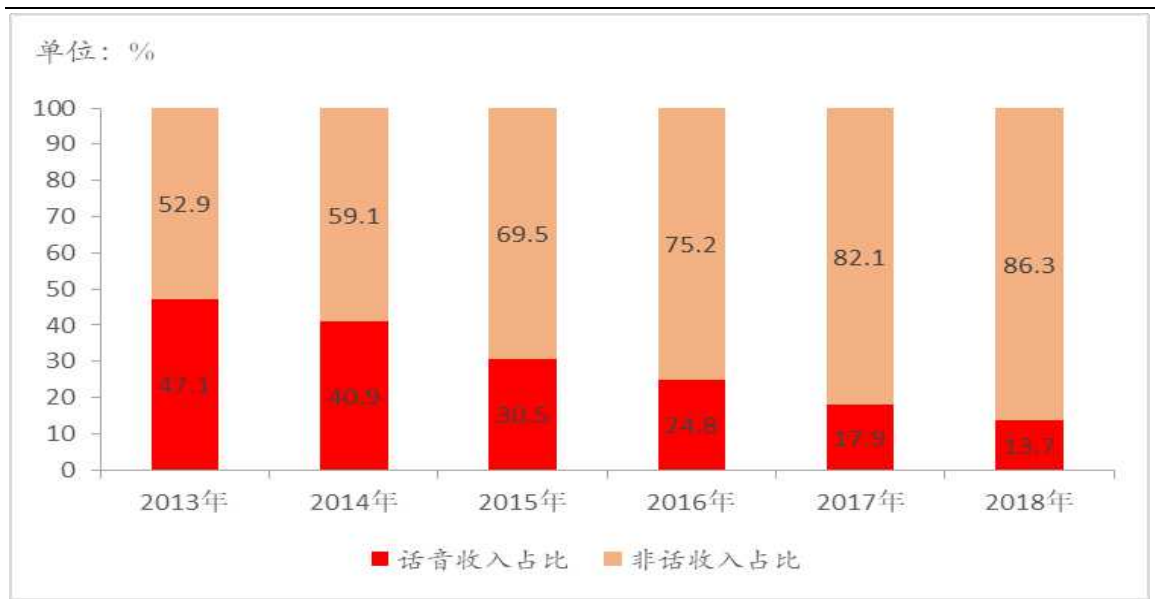
资料来源: ETSI, 中银国际证券

MEC 助力运营商摆脱“管道困境”

移动互联网打破电信运营商原有的围墙花园模式，OTT 多种多样服务类型的快速出现以及相应业务量的急剧增长，促使移动通信网络逐渐管道化，运营商对用户的掌控力度将逐步减弱，沦为数据“哑管道”的趋势加剧，成为移动互联网中产值较低的环节。运营商当前以计数据流量为主的资费模式，相对于 OTT 灵活的商业模式显得较为单一。

根据工信部统计数据，在互联网应用的替代作用及取消长途漫游资费双重影响下，2018 年运营商话音业务收入完成 1776 亿元，比上年下降 25.7%，在电信业务收入中的占比降至 13.7%，比上年下降 4.2 个百分点。受 OTT 厂商挤占，运营商的传统业务生存空间一再被压缩。

图表 11. 2013-2018 年电信收入结构（语音和非语音）情况



资料来源：工信部，中银国际证券

运营商亟需寻求全新的业务增长引擎，在今年政府工作报告中，国务院总理李克强提出“今年中小企业宽带平均资费再降低 15%，移动网络流量平均资费再降低 20%以上”，这对以“卖流量为生”的运营商来说，无疑又是业绩增长的一大阻碍。

作为 IT 和 CT 融合的产物，MEC 则会是运营商转型的最好方式。电信运营商不仅可以利用 MEC 平台的存储、计算能力开放给应用开发商和内容提供商，为他们提供全新的业务开发环境及用户体验；也可以将无线侧 eNB 信息封装成各种服务（例如，RNIS、位置服务、带宽管理服务），运行在 MEC 平台之上，开放给企业和垂直行业使用，从而提供更多的增值服务，实现网络价值的最大化。

MEC 部署方案

未来 5G 网络的基础设施平台将主要由采用通用架构的数据中心（data center, DC）组成，主要包括中心级、汇聚级、边缘级和接入级，其各自的功能划分大致如下：

(1) 中心级

主要包含 IT 系统和业务云，其中 IT 系统以控制、管理、调度职能为核心，例如网络功能管理编排、广域数据中心互联和 BOSS 等，实现网络总体的监控和维护。除此之外，运营商自有的云业务、增值服务、CDN、集团类政企业务等均部署在中心级 DC 的业务云平台。

(2) 汇聚级

主要包括 5G 网络的控制面功能，例如接入管理、移动性管理、会话管理、策略控制等，主要部署在省级 DC。同时原有 4G 网络的虚拟化核心网、固网的 IPTV 业务平台以及能力开放平台等可以共 DC 部署。除此之外，考虑到 CDN 下沉以及省级公司特有政企业务的需求，省级业务云也可以同时部署在该数据中心。

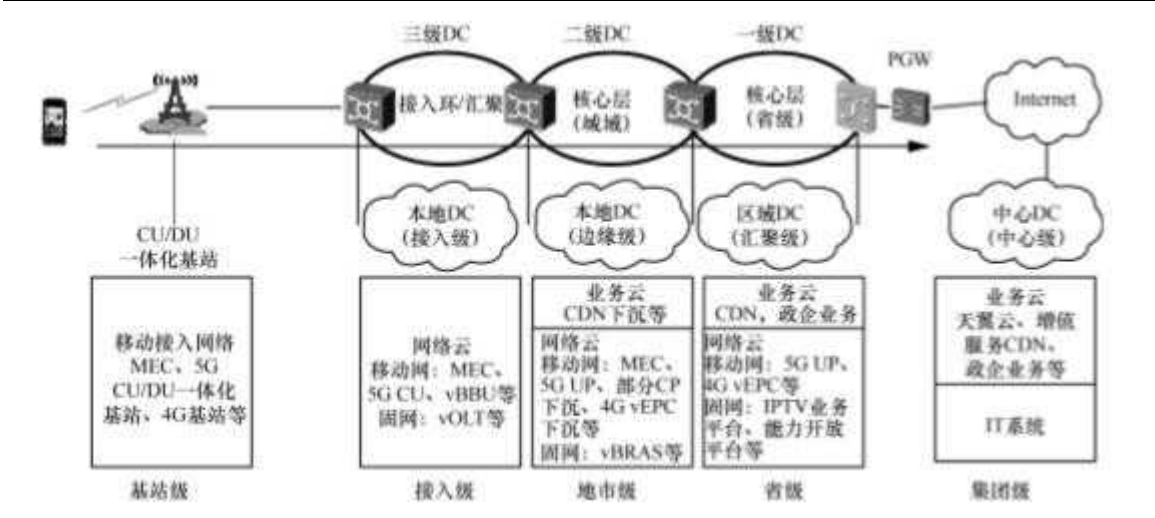
(3) 边缘级

部署在地市级，主要负责数据面网关功能（包括 5G 用户面功能以及 4G vEPC 的下沉 PGW 用户面功能 PGW-D）。除此之外，MEC、5G 部分控制面功能以及固网 vBRAS 也可以部署在本地 DC。更进一步，为了提升宽带用户的业务体验，固网部分 CDN 资源也可以部署在本地 DC 的业务云里。

(4) 接入级

对于本地接入级 DC，则重点面向接入网络，主要包括 5G 接入 CU、4G 虚拟化 BBU（池）、MEC 以及固网 vOLT 等功能。其中 5G 接入 CU 也可以与其分布式单元（DU）合设，直接以一体化基站的形式出现，针对超低时延的业务需求将 MEC 功能部署在 CU 甚至 CU/DU 一体化基站上。

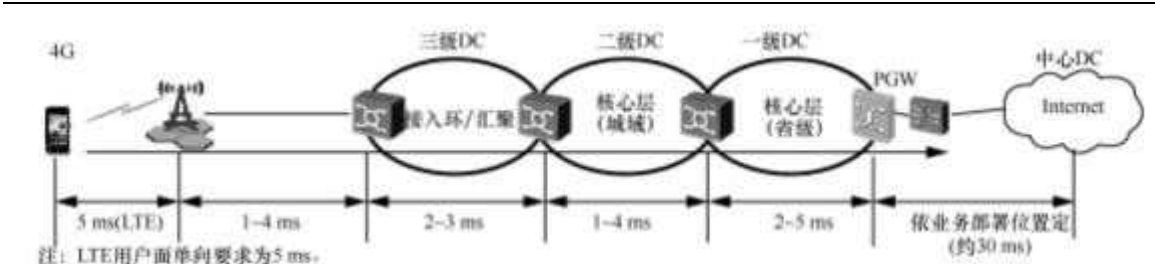
图表 12. 5G 网络组网及 MEC 部署策略



资料来源：中国知网，中银国际证券

MEC 部署的位置较为灵活，在基站级、接入级、地市级均可部署，具体部署的位置还要按照具体的业务需求来确定。考虑到影响 MEC 部署位置最主要的是业务要求时延，时延要求越严格，MEC 部署的位置就越接近用户端。

图表 13. 4G 网络典型传输时延（单向）



资料来源：中国知网，中银国际证券

根据 3GPP 对 5G 接入场景及需求的研究，5G eMBB 场景下空口的单向时延要求为 4 ms，相比于 LTE 网络空口单向要求 5 ms 而言，性能要求提升不是很严苛。对于 uRLLC 场景，则要求无线空口单向时延要求为 0.5 ms。除此之外，5G 网络针对 eMBB 业务和 uRLLC 业务分别提出了 10 ms 及 1 ms 的端到端极低时延要求。因而对于 eMBB 场景，MEC 的部署位置不高于地市级均可；而对于 uRLLC 业务，针对 1 ms 的极低时延要求，就必须直接将 MEC 功能部署在 5G 接入 CU 或者 CU/DU 一体化的基站上，将传统的多跳的网络转化为一跳网络，完全消除传输引入的时延。

MEC 部署的位置较为多样，特别是对于部署在接入端的 MEC 平台，由于部署时需要足够靠近用户端，边缘设备布置的场景难以得到保证，边缘节点的分布式特征也为自身的运维管理造成了一定的麻烦。因而在实际部署时需要根据 MEC 平台的商务模式、资源条件、业务需要、运维需求等因素综合考虑。采用软硬一体的物理形态或承载在云资源池之上的云化形态是目前运营商计划的部署方式，采用云化形态在部署、运维、计费方面更加灵活，边缘业务提供者可按需使用资源，避免边缘计算资源的浪费。具体部署时需要考虑诸多因素，如边缘设备的统一运维、自治性、轻量化部署、灵活使用及计费等。

图表 14. 边缘设备部署需要考虑的因素

因素	属性
统一运维	采用边缘计算云管理平台作为统一运维入口（省级或地市级），对辖区内所有边缘节点的硬件设备进行运维管理，实现无人值守边缘节点的远程运维。
自治性	边缘节点存在地市、区县、接入等多个位置，但每个位置的边缘计算平台都是可自治的云。
承载多类型云平台	边缘计算应用和相关电信网元可能采用了不同的设计和承载方式，从云的角度需要支持虚拟机和容器两种资源，因此边缘计算硬件设备需要支持 OpenStack 云和 Kubernetes 云。
管理轻量化	区县以及接入等位置的边缘节点资源受限，可采用融合节点、压缩管理组件资源占用等将管理开销轻量化的方式，使得业务可用资源最大化。
按需使用和计费	边缘计算平台或业务可以按需申请使用边缘计算硬件资源，按使用的资源量计费。
统一云资源视图	管理编排器应具备边缘计算硬件资源的统一视图，以便对资源进行一致性的管理。
组网轻量化	区县以及接入等位置的边缘节点内组网需要扁平化设计。
支持 SDN	边缘计算硬件资源需支持 SDN，以及基于 SDN 的切片能力
支持加速	UPF 等用户面网元以及计算密度较高的边缘计算应用等对 CPU 的压力较大，需要支持将加速功能卸载到硬件实现。

资料来源：中国移动边缘计算技术白皮书，中银国际证券

MEC 生态圈

MEC 生态系统主要包括电信运营商、硬件供应商、第三方厂商等。电信运营商是 MEC 产业链的核心，电信运营商根据不同的应用场景部署 MEC 网络，提供 MEC 基础服务；硬件供应商包括基础硬件供应商如英特尔、高通等芯片厂商和系统性硬件供应商如华为、中兴、诺基亚等综合解决方案提供商；第三方厂商主要包括 OTT 厂商如爱奇艺、YouTube 等或视频 CDN 应用、云计算边缘拓展服务等。

图表 15. MEC 产业链

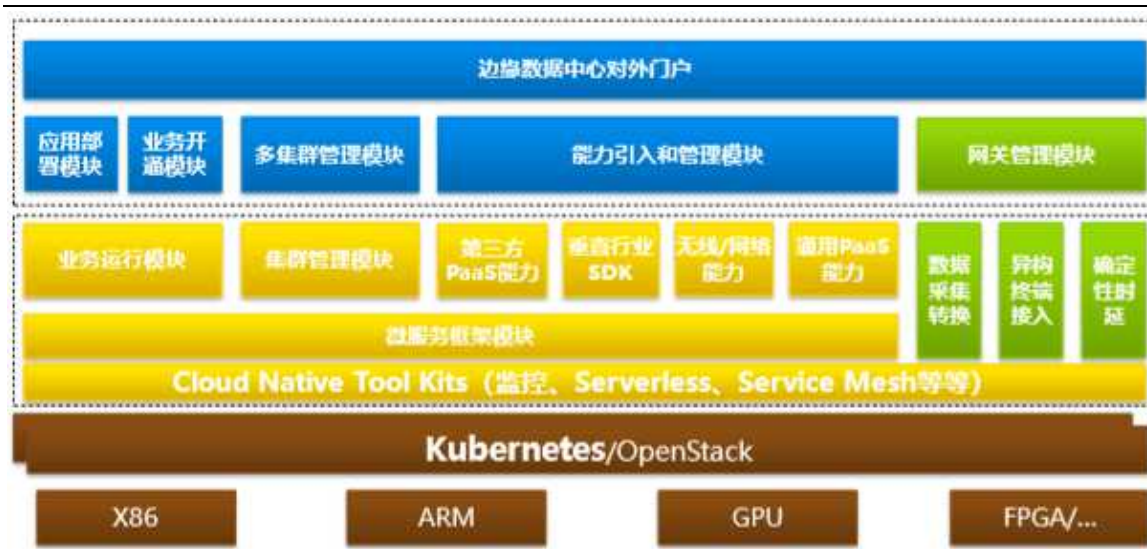


资料来源：《移动边缘计算》，中银国际证券

电信运营商

电信运营商在多接入边缘计算产业链中负责基础设施的建设和 MEC 平台的提供，即在 PaaS 和 IaaS 层面提供相关服务。在 PaaS 层面上，多接入边缘计算具备位置服务能力，无线信息能力，QoS 服务能力和安全能力等关键网络能力，运营商通过对这些的开放，可以为用户和第三方应用提供个性化、差异化的服务；在 IaaS 层面上，需要承载的业务或应用主要包括 MEC APP、MEC PaaS 平台等，此外多接入边缘计算还涉及网关类设备（如 5G UPF）、无线设备（如 5G CU）、CDN 设备等电信网元，运营商需要为这些业务或应用提供基础设施。

图表 16. 多接入边缘计算 PaaS 功能视图



资料来源：中国移动边缘计算技术白皮书，中银国际证券

图表 17. 多接入边缘计算 IaaS 功能视图



资料来源：中国移动边缘计算技术白皮书，中银国际证券

目前，虽然多接入边缘计算还未开始大规模部署，但运营商均已开始开展多接入边缘计算在各行业的应用试点，试图在不同行业间探索具体应用与边缘计算的融合之道。中国移动于 2018 年 10 月 30 日成立了边缘计算开放实验室，目前已有第一批 34 家合作伙伴，各自在自身的领域里探索边缘计算的应用方式；而中国联通则携手华为在全国 15 个省市推出 MEC 边缘云试点项目，共同探索边缘计算的商业模式，目前也获得了丰硕成果。

图表 18. 中国移动边缘计算应用案例

项目名称	领域	合作单位
基于移动边缘计算的智慧城市视频网联服务平台	智慧城市	浪潮
智眸：面向智慧制造的自动化检测方案	智能制造	联想
边缘计算在 CDN 的应用	视频业务	腾讯
基于边缘计算的 5G 快游戏	直播游戏	咪咕
边缘计算在车联网的应用	车联网	百度

资料来源：中国移动边缘计算技术白皮书，中银国际证券

图表 19. 中国联通边缘计算应用案例

项目名称	领域	合作单位
5G Edge-Cloud 智慧港口解决方案	智慧港口	华为
MEC 智能安防项目	智慧城市	星耀科技、H3C
边缘 VR 全景直播	视频业务	华为、INTEL
边缘 Cloud 云游戏	直播游戏	华为、INTEL
浙江联通 5G V2X 边缘云智能驾驶方案	车联网	华为

资料来源：C114，中银国际证券

硬件设备商

面对运营商 MEC 平台多样化的业务需求以及边缘设备复杂的部署环境，硬件供应商需要提供个性化的综合解决方案。由于边缘机房与核心数据中心相比条件有比较大的区别，很多方面无法满足常规通用服务器的部署及运行要求。因而，边缘计算服务器对于服务器的针对性、能耗、温度适应性、运维管理便捷性都有着较高的要求。

边缘机房环境：

- 机架空间限制。传输及接入机房机架多为 600mm 深，少部分达到 800mm；
- 环境温度稳定性。由于边缘机房的制冷系统的稳定性无法有效保证，在制冷系统故障时，机房温度可能会达到 45℃ 以上；
- 机房承重限制。众多边缘机房普遍低于数据中心承重标准。

- 其他方面的限制。部署于边缘机房的服务器还将面临抗震、电磁兼容和防噪等要求较高、机房空气质量欠佳等众多限制。

目前，针对边缘机房极端的部署环境和所承载的业务应用，中兴发布了 ES600S MEC 服务器，该服务器具备体积小，宽温度工作（-5~45）及高异构加速扩展能力，并且支持风扇热插拔，能够较好的适应边缘的应用场景；浪潮也发布了 NE5260M5 服务器，该产品专为 5G 设计，可承担物联网、MEC 和 NFV 等 5G 应用场景，其在耐高温、防尘、耐腐蚀、电磁兼容、抗震等方面优质性能能够支持其部署在环境简陋的边缘数据中心。

图表 20. 浪潮 OTII 边缘计算服务器 NE5260M5



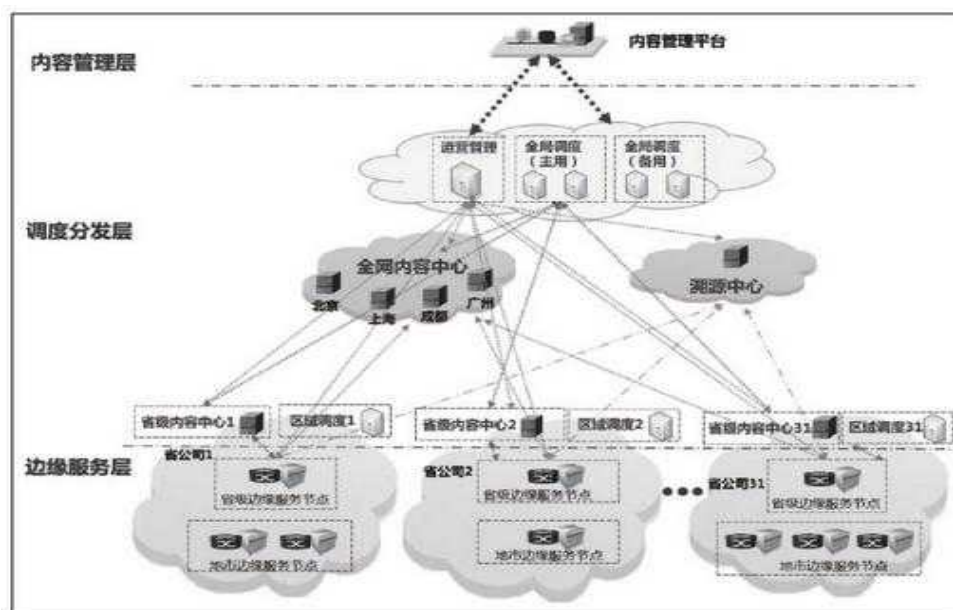
资料来源：C114, 中银国际证券

第三方厂商

多接入边缘计算生态图中，电信设备商负责提供基础设施，运营商负责建设 MEC 平台，建成的 MEC 平台通过向第三方厂商开放边缘计算接口，提供平台资源，两者在应用层面上达成合作。下面我们以 CDN 厂商为例：

CDN（内容分发网络）即将大量存有网络内容的服务器分布到离用户距离较近的站点，利用全局负载均衡技术将用户的访问指向距离最近的工作正常的缓存服务器上，使用户就近获取所需内容，降低网络拥塞，提高用户访问响应速度和命中率。

图表 21. CDN 系统架构

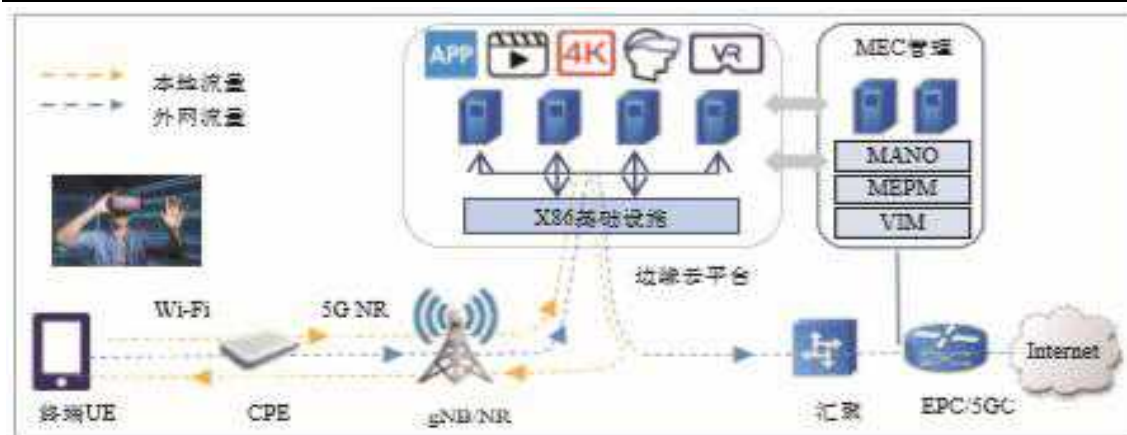


资料来源：中国知网, 中银国际证券

目前，CDN 厂商的边缘节点均部署在城域网层面，其部署的位置离用户还是不够接近。并且随着国家对于 4K/8K 超高清视频产业的推动，传统的 CDN 架构将遭遇带宽瓶颈。以 4K 的视频为例，一个用户的带宽需求为 22.5~75 Mbit/s。如果基站到核心网使用的是 1G 网口，则只能提供 13~44 个用户；如果使用的是 10G 网口，也只能提供 130~440 个用户。考虑到控制面、网管等开销，真正能同时承载的用户数就会更少。

相对于 CDN 节点，MEC 下沉的位置更深，并且具备一定的数据处理能力。面对未来 4K/8K、AR/VR 等诸多超高清视频应用，在边缘处具备智能调配能力和处理、计算海量数据的能力将变得尤为重要。因而，传统 CDN 厂商需要与运营商 MEC 平台寻求更加深入的合作，促进 CDN 架构与 MEC 平台的深度融合，用以应对不断的业务升级对于自身技术能力的考验。

图表 22. 基于 MEC 的视频业务端到端流程



资料来源：中国知网, 中银国际证券

MEC 建设规模核算

根据中国移动对于 MEC 节点服务器资源池的预估，区县边缘节点资源池约为几十台服务器（总占用空间约 40U-150U）（取均值 95U）量级，对于可延伸到接入侧的边缘节点，规模可低至几台或者十几台服务器（总占用空间约 2U-40U）（取均值 21U）。按照我们之前的预测，5G 基站整体规模在 440 万个左右，虽然 CU/DU 分开部署是未来的趋势，但目前运营商仍然采取的是 CU/DU 合设的方式，具体未来一个 CU 对应多少个 DU 目前也没有定论，因而我们假设 1 个 CU 对应 8 个 DU，那么全国范围内共有 55 万个 CU 节点。

考虑到投资规模的问题，边缘计算前期很有可能以区域节点及 CU 节点的部署为主。由于区域中心部署环境较好，承担的算力较大，区县级的数据中心采用专业服务器，价格保守估计 2 万元一台；而 CU 和 DU 端相对的则采用定制版的边缘服务器，价格保守估计为 1 万元一台。目前市面上 2U 高度的服务器最受市场青睐，这里边缘计算也采用 2U 服务器。根据统计年鉴最新的数据，我国目前共有 2851 个区县，因而区域层面边缘计算的部署需要约 27 亿元的资金投入；CU 节点层面上，按照之前的假设值，共需要 578 亿元的资金投入。所以，边缘计算建设初期在区域及边缘 CU 节点上仅服务器部署就需约 605 亿元的投资。

图表 23. MEC 建设规模测算

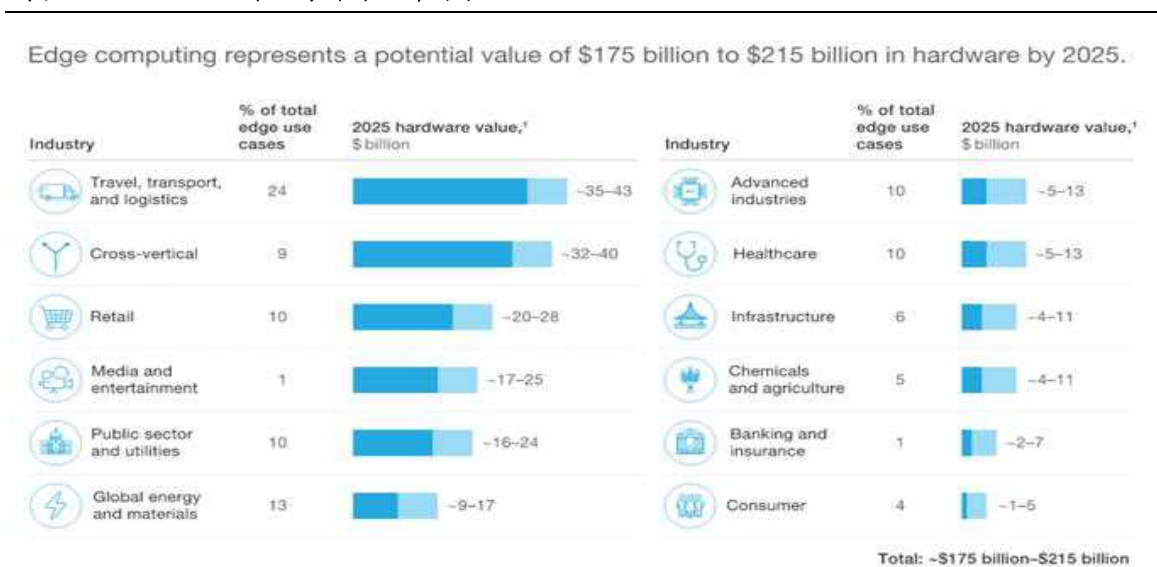
建设前期				建设后期	
全国区县数量	2851 个	CU 节点数量	550000 个	DU 节点数量	4400000 个
机架服务器空间	95U	机架服务器空间	21U	机架服务器空间	4U
服务器价格	20000 元	服务器价格	10000 元	服务器价格	10000 元
服务器高度	2U	服务器高度	2U	服务器高度	2U
投资规模	27 亿	投资规模	578 亿	投资规模	880 亿
前期合计:	605 亿元		总体规模:	1485 亿元	

资料来源：中国移动边缘计算技术白皮书，中银国际证券

未来，如果边缘计算能够下沉到足够边缘，即部署在单个 DU 节点，每个节点两台定制化边缘服务器，那么运营商还需要追加 880 亿元的投入。总体而言，边缘计算会是一个高达千亿的市场规模，相关的服务器厂商将持续受益。

据麦肯锡公司预测，边缘计算将在未来 5-7 年创造 1750-2150 亿美元的海量硬件价值，为大量行业创造新的机遇。

图表 24. 2016-2023 全球边缘计算硬件需求规模



资料来源：麦肯锡，中银国际证券

MEC 典型用例

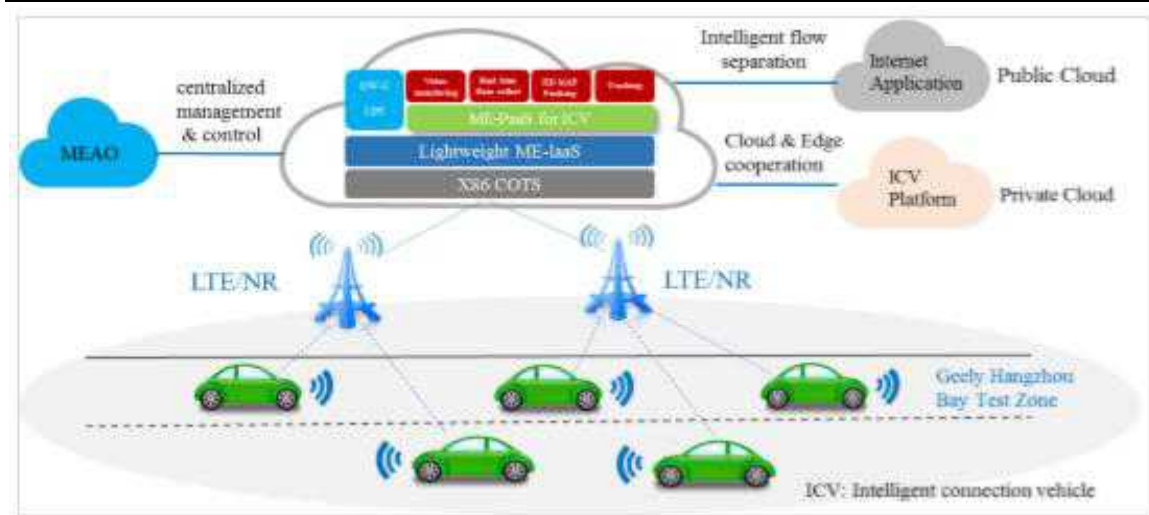
MEC 使能智能驾驶

智能驾驶实际上就是通过先进的通信网络，将车辆传感器收集到的所有信息集合处理，从而根据信息处理结果给车辆下达驾驶命令。这里的信息指的是车辆遇到的任何东西（V2X），包括其他车辆、道路、人员等等。目前的智能驾驶汽车都是通过车身自带的中央处理单元来对车辆传感器收集到的信息进行处理，受限于中央处理单元的性能，目前市场上的智能汽车最高只能达到 L3 级别。

实现智能驾驶的另一个更好的方式是将车辆遇到的所有信息都传输到云端处理，这样就能够实现更多及更复杂的运算来指导车辆行驶。但是，由于车辆每时每刻产生的数据量过于巨大，对于网络的带宽有着苛刻的要求，根据中国联通发布的白皮书数据，智能驾驶的带宽至少需要超过 100Mbit/s 才能满足要求；并且，车辆在高速行驶中，对于时延的要求也极高，驾驶过程中时延必须保持在 1ms~10ms 之间；根据 Gartner 的数据，目前美国云计算公司为智能驾驶服务时，汽车数据在网络中往返传输的时延达到了 343ms，这样的时延显然只能为汽车提供较低级别智能服务。

而 MEC 的出现则刚好弥补了云计算的不足。由于 MEC 平台直接部署在网络的接入端，能够极大的减少数据传输所消耗的时间；而 MEC 平台分布式特征则能够很好的解决海量数据处理及海量终端连接的问题。

图表 25. 基于 MEC 平台的智能驾驶系统框架



资料来源：中国联通 CUBE-EDGE2.0 及行业实践白皮书，中银国际证券

根据中国联通与吉利汽车共同进行的测试，吉利智能驾驶私有云平台 and MEC 边缘云平台通过专线高速互联，网络的平均端到端延迟达到 8 毫秒，与之前的网络延迟相比大大降低，满足自动驾驶的要求。车载多摄像头传输带宽超过 100 Mbit/s，高清视频监控流畅。与以前的网络视频质量相比，视频质量得到显著提升。MEC 边缘云平台与车辆工厂的智能驾驶服务平台的协同，提高了车辆与网络平台之间的信息交互效率，智能驾驶的安全性及可靠性得到有效保障。

MEC 在 AR/VR 领域的应用

AR（增强现实）是一种实时地计算摄影机影像的位置及角度并加上相应图像、视频、3D 模型的技术，而 VR（虚拟现实）则是一种通过计算机技术构造出一种多源信息融合的、交互式的三维动态视景和实体行为的仿真系统，使用户沉浸其中。通俗的说，AR 是真实世界和虚拟信息相结合，在摄像头拍摄的画面基础上，再加入虚拟信息进行互动。VR 是虚拟的场景，用户需要通过 VR 设备进入虚拟世界进行互动交互。

现有的AR解决方案中，用户需先下载安装巨大的APP来进行AR的体验，但手机的内存、电量和存储容量局限了AR的发展。通过网络接入侧的MEC平台，确定用户位置后利用本地AR服务器提供实时的AR内容匹配计算和推送，实现本地实景和AR内容频道实时聚合，这样就省去了在用户终端上进行的运算处理，从而带给客户全新的用户体验。

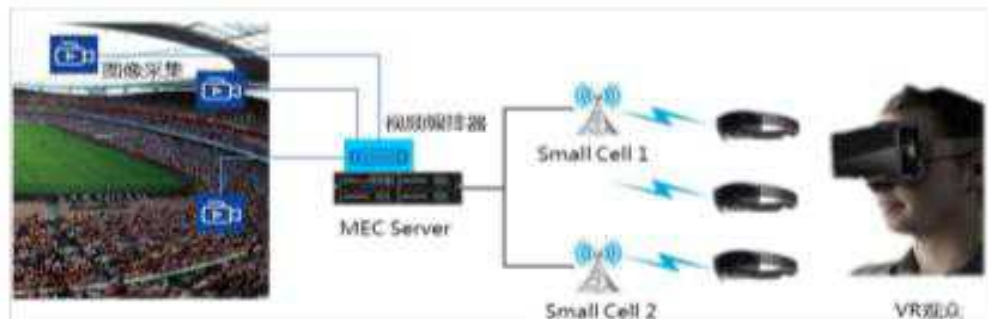
图表 26. 基于 MEC 平台的增强现实应用



资料来源：中国联通边缘计算技术白皮书，中银国际证券

在大型的电竞、球赛、F1赛车、演唱会等直播场景，用户对时延及沉浸式体验有较高的要求。MEC平台可实现VR视频源的本地映射和分发，为观众提供高品质的VR视频体验。并可通过多角度全景摄像头为观众带来独特的视角体验。另外，MEC的低时延、高带宽优势可避免在观看VR时因带宽和时延受限带来的眩晕感，并且可减少回传资源的消耗。

图表 27. 基于 MEC 平台的 VR 直播



资料来源：中国联通边缘计算技术白皮书，中银国际证券

现场侧端级边缘计算，催生应用新蓝海

在现实的生产实践中，遇到的案例并不总是像智能驾驶、视频优化等应用一样在一个平台提供集中式的数据分析与处理，有些场景如工业现场的设备检测及管理，不同的设备可能面对的是完全不同的业务需求，现场的数据处理需求太过碎片化，异构的数据导致难以或者无法提供一个通用的解决方案。这时，将边缘计算的计算存储能力直接下沉到设备边缘，即对设备进行智能化改造，在设备端直接对数据进行处理，分析结果直接用于指导现场设备的生产制造，这样就可以解决边缘侧需求多样化的问题，从而降低企业的生产成本，提高生产效率。

图表 28. 本地级边缘计算框架



资料来源：边缘计算产业联盟，中银国际证券

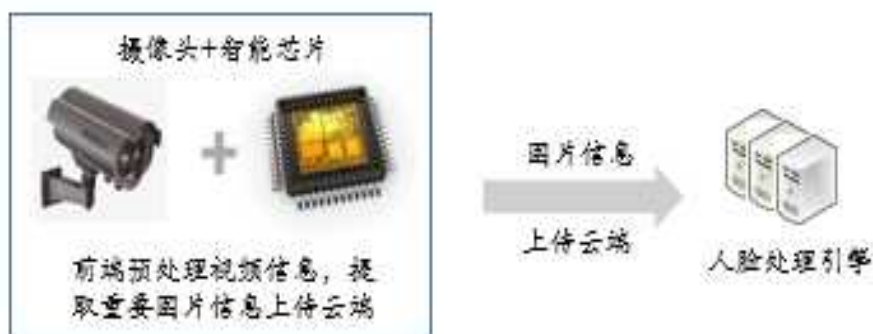
目前，计算能力直接下沉到端的应用主要集中在三个领域：智慧安防、工业互联网、智能家居领域，其共同的特点是终端数量庞大，产生的数据多且杂，如果采用云计算的方式，要么不满足具体业务的需求，要么会造成大量网络资源的浪费。而边缘计算则可以很好的满足上述要求，边缘设备甚至无需联接外网，就可以满足自身业务需求。

端级边缘计算在智慧安防领域的应用

在智慧安防领域，一个二线城市可能就有上百万个监控摄像头，针对产生的海量视频数据，云计算中心服务器计算能力有限。如果我们能够在边缘处能够对视频进行预处理，将部分或全部视频分析迁移到边缘处，那么我们就可以大大降低对云中心的计算、存储和网络带宽需求。

根据现有的实践案例，如果我们仅仅用摄像头把原始视频传送到云端人脸引擎，一台 4 核的 16G 内存的服务器只能支持 3 个摄像头的数据处理；如果我们将计算能力直接下沉到端，即在摄像头附近加一个数据处理芯片，功能就是把视频流有人脸的图片传输到服务器，没有的则直接省去，在边缘侧实现数据的预处理，那么一个人脸引擎可以处理 20 个摄像头的的数据。市场上 200 万像素的摄像头大概在 300~500 元之间，如果加入芯片与存储，价格会在 800~1000 左右，成本会增加 80% 左右，但是从整体网络带宽的消耗和服务端整体成本来看，这种解决方案还是大大节省了开支。

图表 29. 边缘计算在视频监控行业的应用



资料来源：海康威视官网，中银国际证券

随着“平安城市”建设进程的推进，我国的安防行业保持了快速发展的势头，安防产业链不断完善，市场规模持续增长。据智研咨询发布的报告，2022 年我国安防行业市场规模将会达到 9737 亿元。

图表 30. 我国安防行业市场规模变化及预测



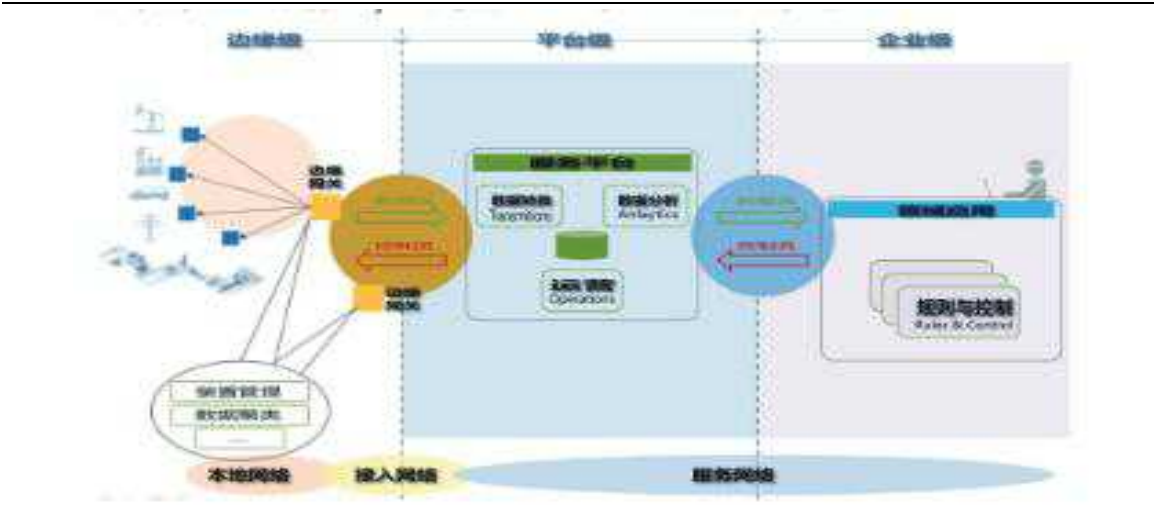
资料来源：智研咨询，中银国际证券

安防行业收入主要来源于安防工程和安防产品。根据智研咨询发布的数据，2016 年中国安防工程产值约 3100 亿元，安防产品产值约 1900 亿元，报警运营服务及其他产值约 410 亿元。其中视频监控产品产值在全部物理安防产品产值中占比最高，2016 年我国视频监控产品产值约达到 962 亿元，已占到了全部电子安防产品的 1/2 以上。目前边缘计算在安防行业还处在市场推广的阶段，其应用还未真正普及。我们认为，基于边缘计算的视频监控、门禁系统等应用场景确实能够大大减少安防领域的开支，随着边缘计算在行业应用的不断深入，应用边缘计算的安防设备将会成为市场主流。如果按照 2016 年安防行业各子模块业务收入比例测算，视频监控产品收入约占安防行业整体规模的 18%，按照 60% 的边缘计算产品渗透率，2022 年基于边缘计算的视频监控产品市场规模将达到 1052 亿元。

端级边缘计算在工业互联网领域的应用

工业互联网是新工业革命的关键支撑和智能制造的重要基石。构建企业工业互联网系统，核心是平台，工业互联网平台是面向制造业数字化、网络化、智能化需求，构建基于海量数据采集、汇聚、分析的服务体系，支撑制造资源泛在连接、弹性供给、高效配置的工业云平台。工业互联网平台第一层是就是边缘层，在边缘端通过大范围、深层次的数据采集，以及异构数据的协议转换与边缘处理，构建工业互联网平台的数据基础。边缘层对数据的处理主要是三个层次，一是通过各类通信手段接入不同设备、系统和产品，采集海量数据；二是依托协议转换技术实现多源异构数据的归一化和边缘集成；三是利用边缘计算设备实现底层数据的汇聚处理，并实现数据向云端平台的集成。

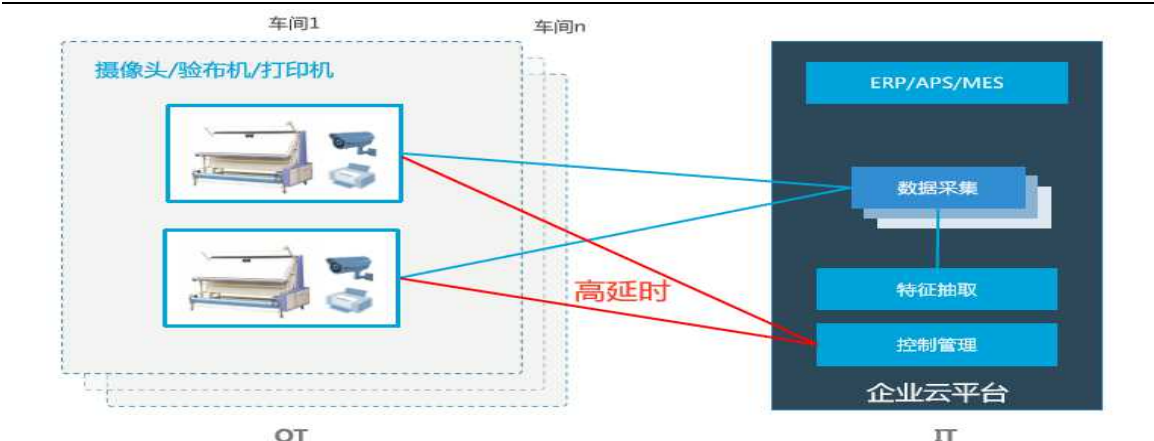
图表 31. 工业互联网系统三层架构



资料来源：边缘计算产业联盟，中银国际证券

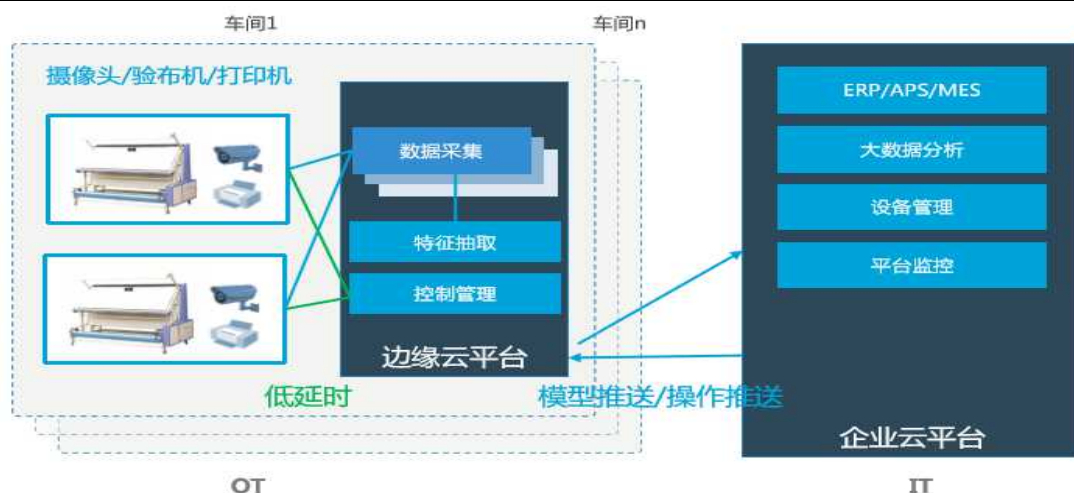
边缘层是数据采集与预处理是工业互联网得以实行的基础，边缘的智能化对于某些特定的业务场景来说尤为重要。如在工业制造领域的纺织行业，传统方法是通过人工验布的方式来检验布的瑕疵，受检验员的主观意识、经验、环境、认知等因素的限制，检测结果往往差异性大，一致性差。将边缘计算引入后，在设备边缘直接布置具备简单计算能力的智能设备，在机器运行时采集相关数据，直接在现场实时处理和分析数据，最大限度的减少因时延而造成产品缺陷。经过对边缘机器的智能化改造后，一台智能验布机的验布效率相当于 5-6 台人工验布机，并且检测精度更高，误检漏检率更低。

图表 32. 验布机传统架构



资料来源：99cloud，中银国际证券

图表 33. 验布机边缘云架构



资料来源：99cloud，中银国际证券

在国家政策的推动下，我国的工业互联网在过去几年经历了爆发式的增长，2019 年两会政府工作报告中明确提出：打造工业互联网平台，拓展‘智能+’，为制造业转型升级赋能。而边缘计算在工业互联网中的应用实际上更多是以边缘设备的智能化改造的概念提出来的，两者的核心理念也较为接近，都是采用在终端安装智能芯片或外接智能设备的方式让设备具备一定计算能力，从而实现对设备自身简单生产流程的把控。根据智研咨询发布的数据，2017 年，中国智能制造产业规模将近 15000 亿元，预计到 2022 年市场规模将超过 25300 亿元，随着国家对工业智能制造的不断推动，我们预测到 2022 年基于边缘计算技术的智能制造渗透率至少达到 60%，即市场规模将达到 15180 亿元。边缘智能元器件作为智能制造的重要支撑，必将受益于智能制造的不断深入。

图表 34. 我国智能制造行业市场规模变化及预测



资料来源：智研咨询，中银国际证券

端级边缘计算在智能家居领域的应用

在智能家电领域，边缘计算也有着极大的用武之地。这里所说的智能家电与我们目前生活中的智能家电有一定的区别，目前我们所接触到的智能家电同样也装有传感器及处理芯片，但其感知的对象是其所处的物理环境因素，如感知时间、环境温度等等。这里所说的智能家电更具智能化，家电自身将变成一个拟人智能终端，通过对人的行为习惯的感知为用户提供生活上的指导建议，而物联网的应用又使得其对身边的物具备了感知能力，这样所有家电就构成了一套完善的智能家居系统，为生活提供更多智能化服务。

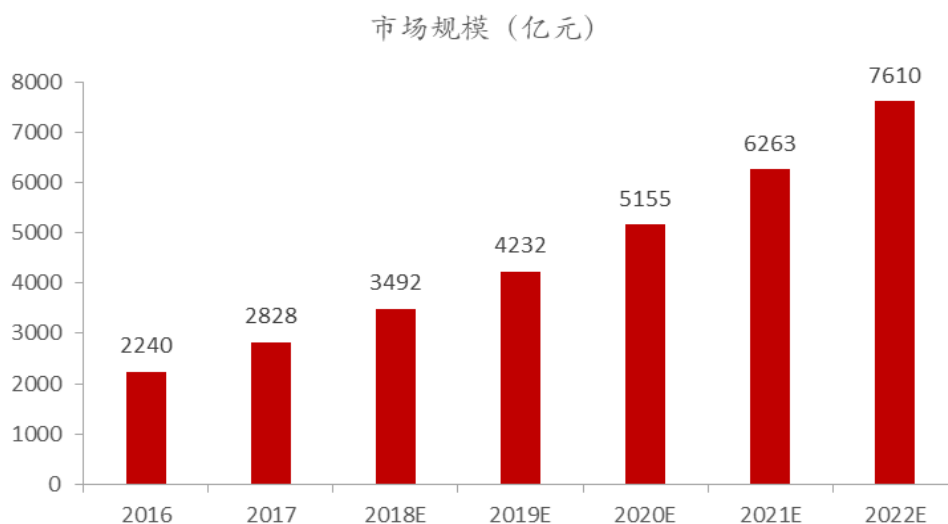
图表 35. 物联网智能家居示意图



资料来源：和讯网，中银国际证券

家电作为人们生活中不可或缺的一部分，其自身的智能化发展是必然的趋势。边缘计算技术也将作为一项基本技术嵌入智能家居系统中。截至 2016 年，家电行业已有海尔、长虹、创维、美的、海信、海立、九阳、老板（等）8 家企业先后成为工信部“智能制造综合试点示范”项目。根据中商产业研究院的数据，2017 年中国家电行业市场规模达到了 7740 亿元，其中，智能家电行业市场规模为 2828 亿元，占比达 36.54%，预计 2022 年智能家电行业规模将达到 7610 亿元。

图表 36. 我国智能家电行业市场规模变化及预测



资料来源：中商产业研究院，中银国际证券



未来，基于边缘计算技术的智能家居系统将会是市场主流，即将所有家电产品的控制、数据分析等集中到一个智能终端上，在终端上通过紧紧粘合消费者的细节需求、情感需求、关爱需求等，为用户提供可以无限延伸的、个性化的服务，通过人和产品之间、产品和产品之间的交互，构建一体化的智慧家庭。但受限于网络基础设施建设进度，基于边缘计算技术的智能家居渗透率可能不像工业领域那样高，保守估计，2022 年边缘计算技术在智能家居领域的渗透率为 20%，那么这一块将会是 1522 亿元的市场规模。

目前，端级边缘计算是各 OT 厂商争相抢占的战略高地之一。智慧安防、工业互联网、智能家居是目前端级边缘计算主要的应用场景，各厂商在这些应用场景下也都有了完整的解决方案。并且在智慧安防及工业互联网领域，端级边缘计算带来的红利肉眼可见，因而这两个领域会是接下来端级边缘计算应用的主战场；而智能家居带来的好处多是用户体验层面，决定权在用户，其推广势必会相对较慢，但一体化智能家居系统是未来发展的方向。国家层面上，政策也在积极推动传统工业的数字化转型，应用先进的数字通信技术为传统工业赋能。从上面大致的测算来看，端级边缘计算下游应用会是一个超过 1.7 万亿元(智能安防 1052 亿+智能制造 15180 亿+智能家居 1522 亿)的市场规模，国内的相关芯片厂商及相关元器件供应商也必将从中获益。

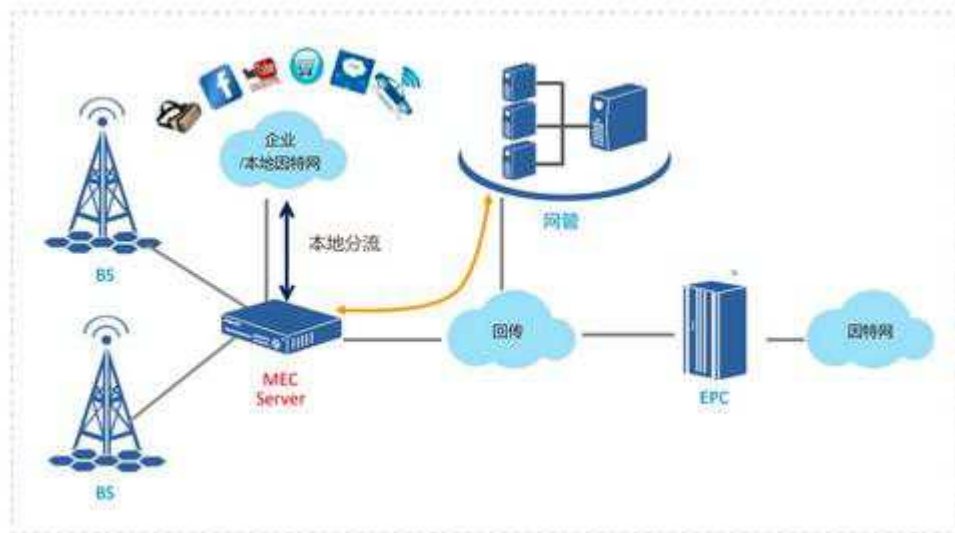
重点企业

中兴通讯：5G 边缘计算完整解决方案的提供者

中兴通讯是全球领先的综合通信信息解决方案提供商，拥有通信行业完整的、端到端的产品和融合解决方案。公司不断加大在 5G 无线、核心网、承载、接入、芯片等核心领域的研发投入，目前公司已经与全球 30 家运营商开展 5G 合作，在 5G 领域战略布局专利超过 3000 件，同时公司在 5G 关键技术的商用网络实践也保持业界领先地位。

而作为 5G 网络一项关键性技术，中兴早在 2016 年就开始了对边缘计算技术的探索，并提出了 2020 弹性网络架构模型。目前，中兴通讯已拥有完整的多接入边缘计算 MEC 解决方案，包括虚拟化技术、容器技术、高精度定位技术、分流技术、CDN 下沉等核心技术和专利。相关解决方案覆盖业务本地化、本地缓存、车联网、物联网等六大场景，满足 ETSI 标准定义的 MEC Host 架构，并根据实际应用落地需求，综合考虑 MEC 管理系统、MEC 集中控制系统等方案定制。

图表 37. 中兴通讯 MEC 解决方案



资料来源：中兴官网，中银国际证券

2019 年世界移动大会期间，中兴通讯发布了针对边缘计算应用场景的 ES600S MEC 服务器，该款服务器搭载英特尔最新英特尔® 至强® Scalable processor，配合 AI 加速卡，使其在边缘侧具备很强的神经网络推理能力。另外，在本次大会上，中兴还携手中国联通、英特尔联合发布了 Edge-Cloud 平台，聚焦高清视频、VR/AR、工业互联网、车联网等下游业务场景，共同构建 5G 网络边缘生态。

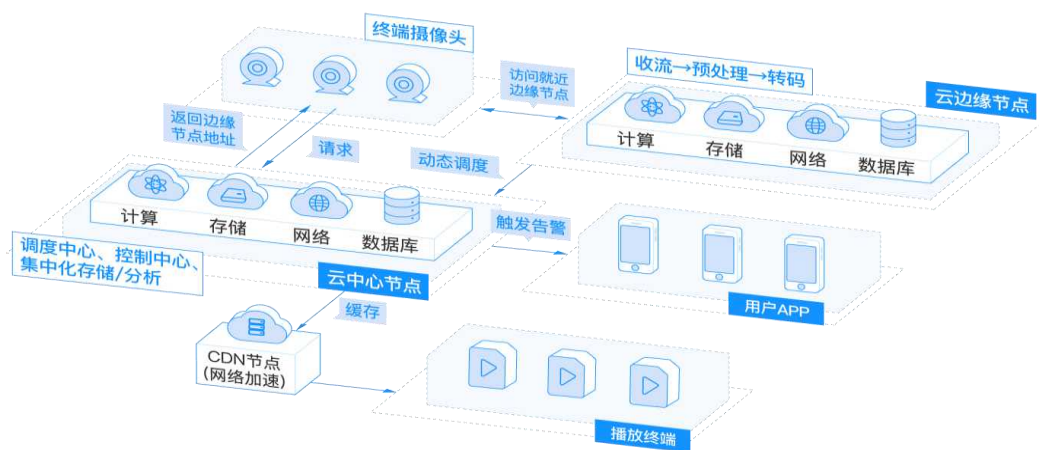
中兴通讯是 5G 领域核心标的，并且是边缘计算技术的深度参与者，其在边缘计算诸多下游应用场景下丰富的技术储备及应用经验是公司未来具备高成长性的关键，随着 5G 网络及边缘计算平台建设的推进，公司业绩有望得到有力支撑。

网宿科技：携手运营商，建设边缘计算网络

网宿科技始创于 2000 年 1 月，于 2009 年 10 月在深交所上市，公司主要提供互联网内容分发与加速（CDN）、云计算、云安全、全球分布式数据中心(IDC) 等服务。从公司的收入结构来看，CDN 业务是公司的主营业务，收入占据了总营业收入的 90% 以上。目前公司在世界范围内部署了超过 1000 个 CDN 节点，为客户提供全球范围内的网络加速服务。

随着高清视频、VR/AR、大数据、物联网、人工智能的普及，传统 CDN 已经无法满足用户对低时延、海量数据处理能力的需求，这要求 CDN 必须从传统的以缓存业务为中心的 IO 密集型系统演化为边缘计算系统。公司在 2016 年年底网宿科技就提出边缘计算会是 CDN 的未来，并开始战略性投入边缘计算领域。目前公司已逐步将 CDN 节点升级为具备存储、计算、传输、安全功能的边缘计算节点，以承载高频、高交互的海量数据处理。公司还与中国联通成立了合资子公司，双方将结合各自优势，共同探索 CDN 与边缘计算的深度融合。目前，公司已推出多种基于边缘计算的行业解决方案，将客户相关的业务处理下沉至边缘，并与云中心全面结合，为客户构建“中心+边缘”的业务提供资源基础。下图为智能监控解决方案，网宿云采用“云中心调度+云边缘处理+CDN 加速”模式，调度中心根据请求返回离终端最近的云边缘节点进行数据计算处理。

图表 38. 基于边缘云的智能监控解决方案



资料来源：网宿科技官网，中银国际证券

顺网科技：专注网吧细分市场，落地边缘计算应用

顺网科技成立于 2005 年 7 月，是国内领先的网吧平台服务商。公司主要从事网吧管理和计费软件的设计、开发和销售，并在此基础上形成的网吧渠道优势提供网络广告及推广服务、互联网增值服务、游戏运营服务等。

公司 2018 年推出了面向企业终端的 IT 管理的边缘计算的云产品——“顺网云”，实现了边缘计算技术在网吧行业的首次应用。顺网云通过在网吧附近部署边缘节点的方式，将一定范围的网吧的管理系统移植到云上，从而实现在云端统一管理网终端，从而大大降低企业运维 IDC 的成本，为客户提供更好的性能和实时性体验。

图表 39. 顺网云示意图



资料来源：顺网科技官网，中银国际证券

顺网云基于自身特性能够大幅缩减客户成本，加上公司深耕网吧行业 14 年，在网吧行业树立了一定品牌知名度，具备较高的市场认可度，客户粘性较大，因而顺网云产品具备大规模推广的基础。目前公司已将在 32 个城市部署了 80—90 个边缘节点，一个边缘节点接入 50—60 个网吧。未来，公司将加大投入力度，计划在全国部署超过 1000 个边缘节点，接入网吧数超过 5 万家。

图表 40. 顺网云特性



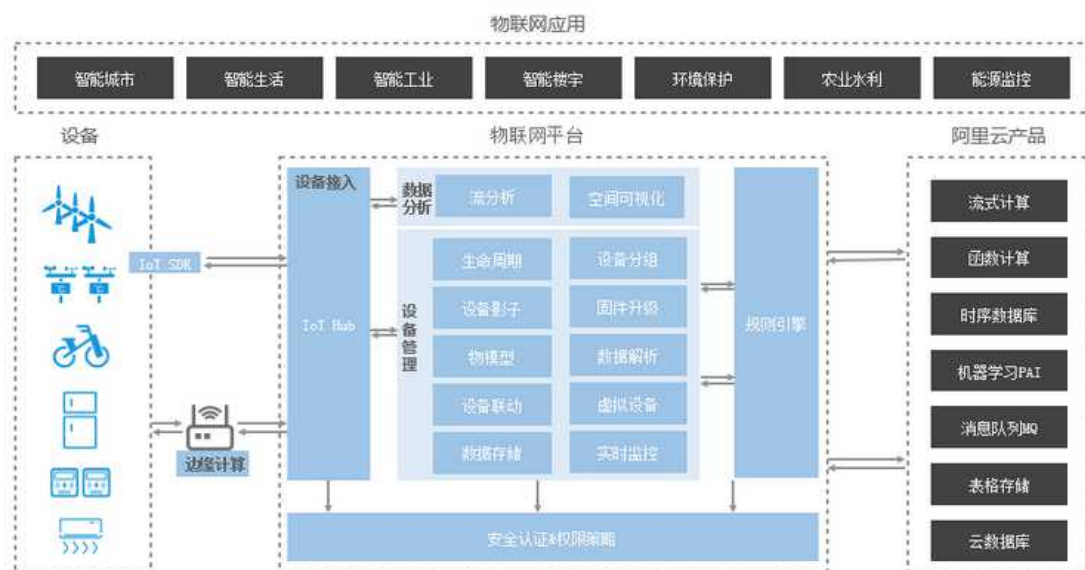
资料来源：顺网科技官网，中银国际证券

数据港：助力阿里云拓展边缘计算体系

公司成立于 2009 年，于 2017 年上市。公司业务以批发型数据中心服务为主，面向大型互联网公司或电信运营商提供定制化的服务器托管服务；以提供零售型数据中心服务为辅，面向中小型互联网公司、一般企业等客户提供相对标准化的服务器托管服务及网络带宽服务。目前，公司已成为国内少数同时服务于阿里巴巴、腾讯、百度的定制化数据中心服务商。公司不断加强与阿里巴巴的合作，公司目前不包括在建的有 5 个数据中心为阿里巴巴服务，另外 18 年阿里巴巴再次向公司发出需求函，意向与公司在国内合作建设五个数据中心，总服务费金额达到 82.8 亿元。

阿里云于 2018 年三月宣布将战略投入边缘计算技术领域，并推出了首个 IoT 边缘计算产品 Link Edge，将阿里云在云计算、大数据、人工智能的优势拓宽到更靠近端的边缘计算上，打造云、边、端一体化的协同计算体系。公司作为阿里云数据中心的最大供应商，有望在边缘计算领域继续深化与阿里云的合作并从中获益。

图表 41. 阿里云物联网平台产品架构



资料来源：阿里云官网，中银国际证券

风险提示

运营商投入不及预期

由于边缘计算的建设进度跟 5G 基本是同步的，如果运营商在 5G 建设中投资不力，边缘计算的建设进度也会受影响。

商业模式不清晰

边缘计算下游应用具体的盈利方式仍存在一定的不确定性。

边缘计算标准不完善

边缘计算相关标准仍然还在制定中，具体标准存在不确定性。

附录图表 42. 报告中提及上市公司估值表

公司代码	公司简称	评级	股价	市值	每股收益(元/股)		市盈率(x)		最新每股净资产
			(元)	(亿元)	2018A	2019E	2018A	2019E	(元/股)
000063.SZ	中兴通讯	买入	31.50	1,251.09	(1.67)	0.98	(18.86)	32.14	5.46
300017.SZ	网宿科技	未有评级	13.04	337.15	0.33	0.42	39.52	31.05	3.56
300113.SZ	顺网科技	买入	18.18	152.97	0.52	0.81	34.96	22.44	4.55
603881.SH	数据港	未有评级	39.15	83.46	0.68	0.94	57.57	41.65	4.76

资料来源：万得，中银国际证券

注：股价截止日 2019 年 4 月 10 日，未有评级公司盈利预测来自万得一致

披露声明

本报告准确表述了证券分析师的个人观点。该证券分析师声明，本人未在公司内、外部机构兼任有损本人独立性与客观性的其他职务，没有担任本报告评论的上市公司的董事、监事或高级管理人员；也不拥有与该上市公司有关的任何财务权益；本报告评论的上市公司或其它第三方都没有或没有承诺向本人提供与本报告有关的任何补偿或其它利益。

中银国际证券股份有限公司同时声明，将通过公司网站披露本公司授权公众媒体及其他机构刊载或者转发证券研究报告有关情况。如有投资者于未经授权的公众媒体看到或从其他机构获得本研究报告的，请慎重使用所获得的研究报告，以防止被误导，中银国际证券股份有限公司不对其报告理解和使用承担任何责任。

评级体系说明

以报告发布日后公司股价/行业指数涨跌幅相对同期相关市场指数的涨跌幅的表现为基准：

公司投资评级：

- 买入：预计该公司在未来 6 个月内超越基准指数 20%以上；
- 增持：预计该公司在未来 6 个月内超越基准指数 10%-20%；
- 中性：预计该公司股价在未来 6 个月内相对基准指数变动幅度在-10%-10%之间；
- 减持：预计该公司股价在未来 6 个月内相对基准指数跌幅在 10%以上；
- 未有评级：因无法获取必要的资料或者其他原因，未能给出明确的投资评级。

行业投资评级：

- 强于大市：预计该行业指数在未来 6 个月内表现强于基准指数；
- 中性：预计该行业指数在未来 6 个月内表现基本与基准指数持平；
- 弱于大市：预计该行业指数在未来 6 个月内表现弱于基准指数。
- 未有评级：因无法获取必要的资料或者其他原因，未能给出明确的投资评级。

沪深市场基准指数为沪深 300 指数；新三板市场基准指数为三板成指或三板做市指数；香港市场基准指数为恒生指数或恒生中国企业指数；美股市场基准指数为纳斯达克综合指数或标普 500 指数。

风险提示及免责声明

本报告由中银国际证券股份有限公司证券分析师撰写并向特定客户发布。

本报告发布的特定客户包括：1) 基金、保险、QFII、QDII 等能够充分理解证券研究报告，具备专业信息处理能力的中银国际证券股份有限公司的机构客户；2) 中银国际证券股份有限公司的证券投资顾问服务团队，其可参考使用本报告。中银国际证券股份有限公司的证券投资顾问服务团队可能以本报告为基础，整合形成证券投资顾问服务建议或产品，提供给接受其证券投资顾问服务的客户。

中银国际证券股份有限公司不得以任何方式或渠道向除上述特定客户外的公司个人客户提供本报告。中银国际证券股份有限公司的个人客户从任何外部渠道获得本报告的，亦不应直接依据所获得的研究报告作出投资决策；需充分咨询证券投资顾问意见，独立作出投资决策。中银国际证券股份有限公司不承担由此产生的任何责任及损失等。

本报告内含保密信息，仅供收件人使用。阁下作为收件人，不得出于任何目的直接或间接复制、派发或转发此报告全部或部分内容予任何其他人，或将此报告全部或部分内容发表。如发现本研究报告被私自刊载或转发的，中银国际证券股份有限公司将及时采取维权措施，追究有关媒体或者机构的责任。所有本报告内使用的商标、服务标记及标记均为中银国际证券股份有限公司或其附属及关联公司（统称“中银国际集团”）的商标、服务标记、注册商标或注册服务标记。

本报告及所载的任何信息、材料或内容只提供给阁下作参考之用，并未考虑到任何特别的投资目的、财务状况或特殊需要，不能成为或被视为出售或购买或认购证券或其它金融票据的要约或邀请，亦不构成任何合约或承诺的基础。中银国际证券股份有限公司不能确保本报告中提及的投资产品适合任何特定投资者。本报告的内容不构成对任何人的投资建议，阁下不会因为收到本报告而成为中银国际集团的客户。阁下收到或阅读本报告须在承诺购买任何报告中所指之投资产品之前，就该投资产品的适合性，包括阁下的特殊投资目的、财务状况及其特别需要寻求阁下相关投资顾问的意见。

尽管本报告所载资料的来源及观点都是中银国际证券股份有限公司及其证券分析师从相信可靠的来源取得或达到，但撰写本报告的证券分析师或中银国际集团的任何成员及其董事、高管、员工或其他任何个人（包括其关联方）都不能保证它们的准确性或完整性。除非法律或规则规定必须承担的责任外，中银国际集团任何成员不对使用本报告的材料而引致的损失负任何责任。本报告对其中所包含的或讨论的信息或意见的准确性、完整性或公平性不作任何明示或暗示的声明或保证。阁下不应单纯依靠本报告而取代个人的独立判断。本报告仅反映证券分析师在撰写本报告时的设想、见解及分析方法。中银国际集团成员可发布其它与本报告所载资料不一致及有不同结论的报告，亦有可能采取与本报告观点不同的投资策略。为免生疑问，本报告所载的观点并不代表中银国际集团成员的立场。

本报告可能附载其它网站的地址或超级链接。对于本报告可能涉及到中银国际集团本身网站以外的资料，中银国际集团未有参阅有关网站，也不对它们的内容负责。提供这些地址或超级链接（包括连接到中银国际集团网站的地址及超级链接）的目的，纯粹为了阁下的方便及参考，连结网站的内容不构成本报告的任何部份。阁下须承担浏览这些网站的风险。

本报告所载的资料、意见及推测仅基于现状，不构成任何保证，可随时更改，毋须提前通知。本报告不构成投资、法律、会计或税务建议或保证任何投资或策略适用于阁下个别情况。本报告不能作为阁下私人投资的建议。

过往的表现不能被视作将来表现的指示或保证，也不能代表或对将来表现做出任何明示或暗示的保障。本报告所载的资料、意见及预测只是反映证券分析师在本报告所载日期的判断，可随时更改。本报告中涉及证券或金融工具的价格、价值及收入可能出现上升或下跌。

部分投资可能不会轻易变现，可能在出售或变现投资时存在难度。同样，阁下获得有关投资的价值或风险的可靠信息也存在困难。本报告中包含或涉及的投资及服务可能未必适合阁下。如上所述，阁下须在做出任何投资决策之前，包括买卖本报告涉及的任何证券，寻求阁下相关投资顾问的意见。

中银国际证券股份有限公司及其附属及关联公司版权所有。保留一切权利。

中银国际证券股份有限公司

中国上海浦东
银城中路 200 号
中银大厦 39 楼
邮编 200121
电话: (8621) 6860 4866
传真: (8621) 5888 3554

相关关联机构：

中银国际研究有限公司

香港花园道一号
中银大厦二十楼
电话: (852) 3988 6333
致电香港免费电话：
中国网通 10 省市客户请拨打：10800 8521065
中国电信 21 省市客户请拨打：10800 1521065
新加坡客户请拨打：800 852 3392
传真: (852) 2147 9513

中银国际证券有限公司

香港花园道一号
中银大厦二十楼
电话: (852) 3988 6333
传真: (852) 2147 9513

中银国际控股有限公司北京代表处

中国北京市西城区
西单北大街 110 号 8 层
邮编: 100032
电话: (8610) 8326 2000
传真: (8610) 8326 2291

中银国际(英国)有限公司

2/F, 1 Lothbury
London EC2R 7DB
United Kingdom
电话: (4420) 3651 8888
传真: (4420) 3651 8877

中银国际(美国)有限公司

美国纽约市美国大道 1045 号
7 Bryant Park 15 楼
NY 10018
电话: (1) 212 259 0888
传真: (1) 212 259 0889

中银国际(新加坡)有限公司

注册编号 199303046Z
新加坡百得利路四号
中国银行大厦四楼(049908)
电话: (65) 6692 6829 / 6534 5587
传真: (65) 6534 3996 / 6532 3371