



GTI

中国 5G: 典型行业应用分析

不止于速



GSMA 代表全球移动运营商的利益，致力于帮助近 800 家移动运营商与更广泛的移动生态系统内超过 300 家公司建立合作关系，这些公司包括手机和设备制造商、软件公司、设备供应商和互联网公司，以及相关行业领域的组织机构。此外，GSMA 还负责举办业界顶级活动，如世界移动大会、世界移动大会-上海、世界移动大会-美洲和 Mobile 360 Series 会议。

欲了解更多信息，请访问 GSMA 公司网站 www.gsma.com

关注微信公众号：@GSMA 集伺盟

GTI

GTI 是由中国移动、日本软银、英国沃达丰、印度巴蒂电信等运营商于 2011 年发起成立的国际产业合作平台。2016 年 2 月在巴塞罗那正式启动 GTI 2.0，致力于持续推动 TD-LTE 演进和全球商用，同时积极推动 5G 发展和跨行业融合创新。

如需更多信息，请访问 GTI 网站 <http://gtigroup.org/>

GSMA 智库

GSMA 智库是全球移动运营商数据、分析和预测的权威来源，同时是权威行业报告和研究的发行商。

我们的数据涵盖各运营商群体、网络和移动虚拟网络运营商，遍布于世界各国。这是一套最精确完整的可用行业指标，由数以千万的单个数据点组成，并且每日进行更新。

运营商、供应商、监管者、金融机构和第三方业内公司使用 GSMA 智库为战略决策和长期投资计划提供依据。这些数据可作为行业的参考指标，并经常被媒体和业内引用。

我们的分析师和专家团队会定期编制研究报告，内容涵盖各个行业，引领行业思想风潮。

www.gsmaintelligence.com

info@gsmaintelligence.com

致谢：

作者：

Tim Hatt, GSMA 研究主管
Pablo Iacopino, GSMA 生态系统研究总监
施磊, GTI 秘书处
于江, GTI 秘书处

贡献者：

中国移动：
刘光毅
肖善鹏
高有军
马帅
程锦霞
旷婧华
江天明
张龙
刘玮
李凤
周荣
李文智

中国联通：
裴小燕
胡云
王题
刘平宇
王又祥
刘旻
赵仁乾
刘琪
盛煜

中国电信：
曹磊
陈晨
刘晴

目录

总体摘要	4
1 市场现状	5
1.1 运营商表现和展望	5
1.2 5G 试验和商用时间点	6
1.3 网络部署和频谱	7
1.4 预测和展望	8
2 汽车领域	10
2.1 全球概况	10
2.2 应用场景	11
2.3 5G 与可替代技术的对比	14
2.4 商业模式	14
3 无人机	16
3.1 全球背景	16
3.2 应用场景	17
3.3 5G 与可替代技术的对比	18
3.4 商业模式	19
4 制造业和工业 4.0	20
4.1 全球背景	20
4.2 应用案例	21
4.3 5G 与可替代技术	22
4.4 商业模式	23
5 政策影响	24
5.1 普遍特性	24
5.2 垂直领域特性	25

总体摘要

目前，移动产业关于 5G 已经制定多年发展规划，以保证技术产品研发、网络部署策略制定、外场测试和标准化工作的有序开展。2017 年，GSMA 智库发布了系列报告，关注 5G 区域发展情况，并作为全球范围研究的补充。我们关注人口基数大、经济实力强和技术先进的先发市场，首先是中国、日本和韩国，其次是美国。尽管这些国家不一定大规模商用 5G，但其发展情况和市场表现还是会引起其他国家和地区运营商、厂商、互联网企业和政府的关注。未来，我们的区域系列报告还将涵盖中东和欧洲市场。

随着 5G 商用步伐的临近，更多现实问题日益受到关注。消费者眼中的 5G 相比 4G LTE 有什么特别之处？是否值得为此买单？对于运营商而言，5G 如何变现？网络部署应该如何开展？应当如何融资？企业客户是否有使用 5G 的动力？如果是，哪些垂直行业潜力最大？

尽管消费者应用似乎更受关注，但是，鉴于刚刚开始且无法阻挡的大片成熟市场和一些新兴市场的数字化转型大潮，企业客户市场其实孕育着更多商机。本报告关注 5G 服务垂直行业应用的潜力。我们聚焦中国，因为这里是全球最早开展 5G 试验的国家之一，经济基础足够支撑快速结构转型，而且政府有意推动全球范围内的技术创新引领。本报告与 GTI 联合推出，内容基于 2018 年 4 月对中国移动、中国联通、中

国电信等移动运营商的调研，以及对与垂直行业合作伙伴联合项目的观察。

报告聚焦三大领域：

- 车联网与自动驾驶
- 无人机
- 制造与工业 4.0 转型

针对每个领域，我们综合全球情况，并针对中国市场前景分析、业务部署、5G 与其他技术对比以及运营商收入模式的分析。最后将提出政策建议，包括针对特定行业管制机构和整体建议，以及频谱政策和跨部门监管等。

1 市场现状

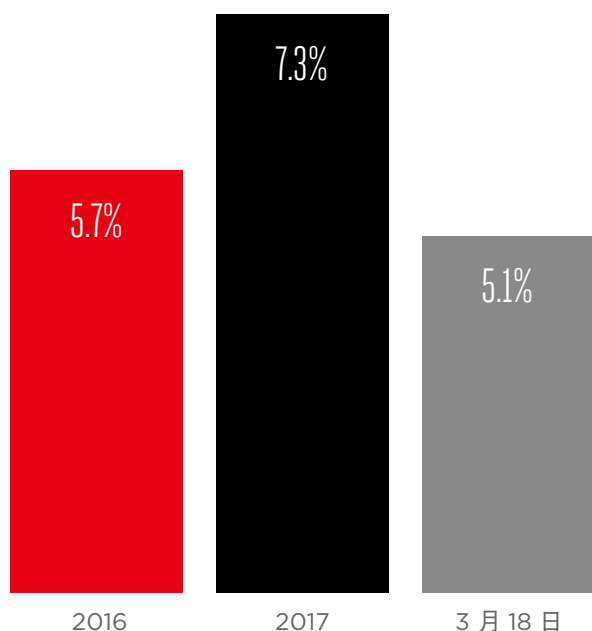
1.1 运营商表现和展望

尽管 2018 年中国的移动市场运营环境面临挑战，但整体表现仍好于多数成熟市场。由于 4G 用户增长率趋缓，在服务收入增长率方面，相比于 2017 年的 7.3% 和第四季度的 12.5%，2018 年第一季度略有下降至 5.1%。LTE 用户渗透率达到 70-80% 的区间（很大程度上体现在互联网用户渗透率），由于短期新业务发展处

于“爬坡期”，收入增长将可能在下几个季度里持续减缓。由于资本支出的攀升，净现金流和利润依然面临压力。在 2014-15 年 LTE 网络扩张阶段，资本支出保持在服务收入的 25% 以下，在当前投资周期的中间阶段，为实现 2019 年底 5G 商用目标，资本支出将会大幅增加。

图 1:

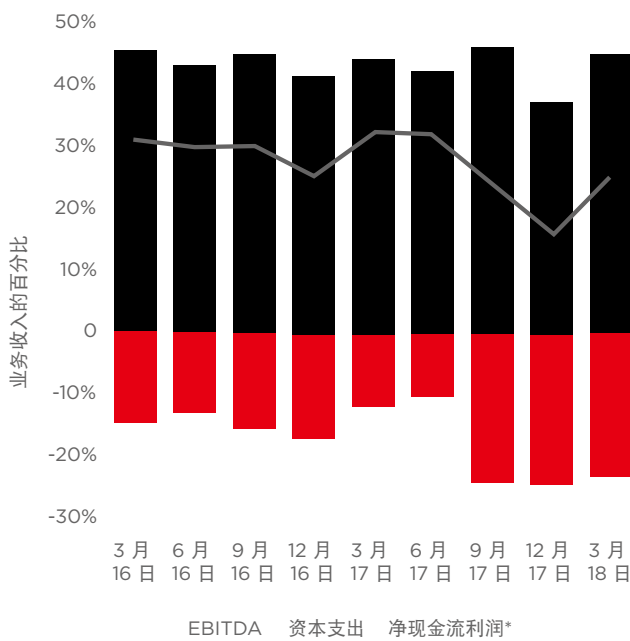
业务收入增长趋势



*净现金流 (EBITDA 减去资本支出, 用业务收入的百分比表示)
数据来自中国移动和中国联通
来源: GSMA 智库

图 2:

资本支出增长带来的利润压力



1.2 5G 试验和商用时间点

5G 制定的多年发展规划保障了外场测试、技术产品研发、网络部署策略制定和标准化工作有序开展。中国的三家运营商持续开展 5G 试验。

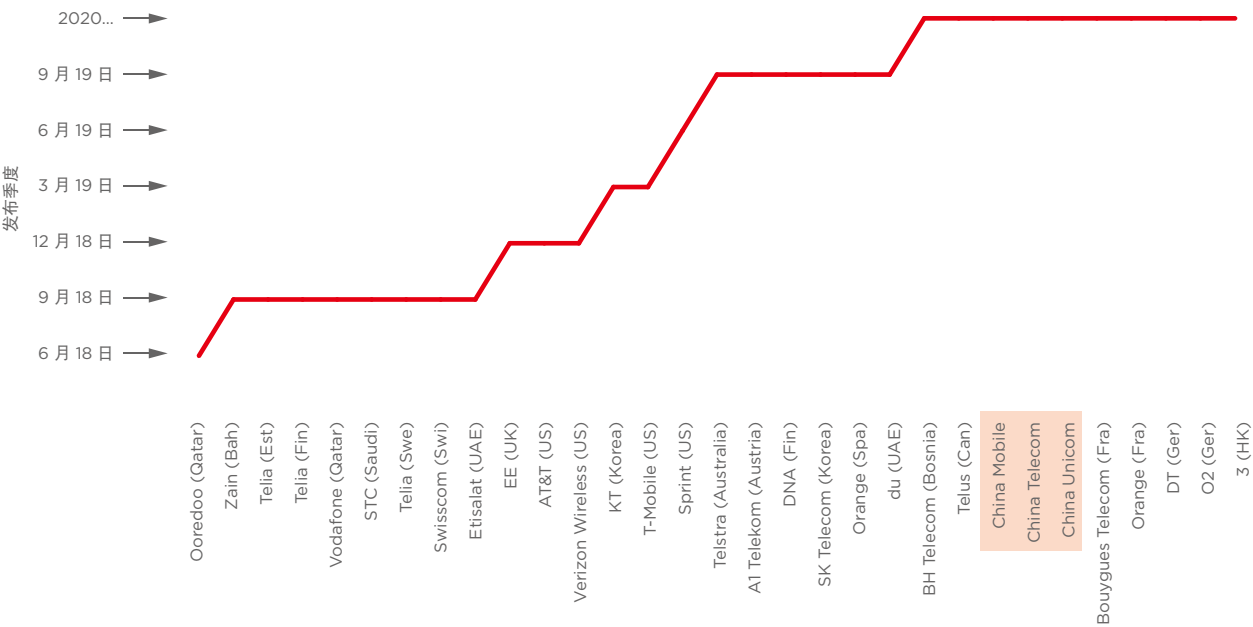
- 中国移动将在杭州、苏州、广州、上海和武汉 5 个城市建设 500 个基站，并于 2018 年在另外 12 个城市开展试点和应用示范。
- 中国联通将于 2018 年在包括北京、天津、上海和深圳在内的 16 个城市开始测试。并与华为公司签署 5G 网络切片联合创新协议，开展游戏（增强现实/虚拟现实）、自动驾驶和制造领域外场测试。
- 中国电信将在兰州、成都、深圳、雄安、苏州、上海等 12 个城市启动 5G 创新示范网试验，每个城市

6-8 站。目前主要在 3.5Ghz 频段的无线组网能力和方案验证。

已公布 5G 商用计划的全球移动运营商中，其中 40% 计划在 2018 和 2019 年商用（中东地区最早），其它 60% 计划在 2020 年后商用。该数据来自于相对较小的样本量（800 家以上运营商中的 55 家）；对于很多地区而言，5G 尚不是近期发展重点。在中国，3 家中国运营商均计划在 2020 年底正式商用。初期 5G 商用将主要用于高密度城市中心区域，以便在郊区和农村地区部署之前测试网络性能和用户使用水平。总的来说，中国预商用和商用基站规模将是位居全球前列。

图 3

5G 网络商用时间表



来源：GSMA 智库

1.3 网络部署和频谱

网络部署策略包括基于独立部署和非独立部署两种架构。独立部署实际上是建立全新网络，包括基站、接入网和核心网（基于新空口标准）。非独立部署则利用现有 LTE 基站实现 5G 接入网功能。NTT DoCoMo 还提出了一种“Phantom Cell”的工作模式，详情见图 4。

网络部署的两种策略是在部署商用速度（非独立部署最快且核心网侧性价比最高）和长期规模经济和质量之间（独立部署最佳）的权衡。频谱可用性依然是重要且亟待解决的因素。如果低频段频谱资源可用，运营商可以在城市中心采用独立部署方式，但由于低频段频谱带宽较少，传输速率需求较高，建站密度需要增加至 LTE 的两倍。同时，因为其较好的信号传播性

可以适当降低基站部署密度，5G 网络甚至可以以独立部署的方式在郊区和农村地区进行建设。如果低频段频谱资源不可用，可以在城市密集地区采用独立部署方式，并在郊区和农村地区采用非独立部署方式。无论何种方式，早期商用将主要在城市地区。基于前期商用情况和回报，2021 至 2022 年会为郊区和农村地区提供商用服务。

24Ghz 及以上的毫米波高频段频谱于 2017 年 7 月获批用于测试。这些频谱可以承载很高的数据传输量，是高密度城市区域部署的理想选择。目前，中国运营商对如何在 5G 商用网络中应用毫米波还有待明确，将综合考虑试验结果和相关器件生态成熟情况。

5G 网络提供的移动边缘计算和网络切片等新能力，不仅可以为运营商提供全新商业模式和市场机会，也能够为各行各业带来多样化的应用服务。

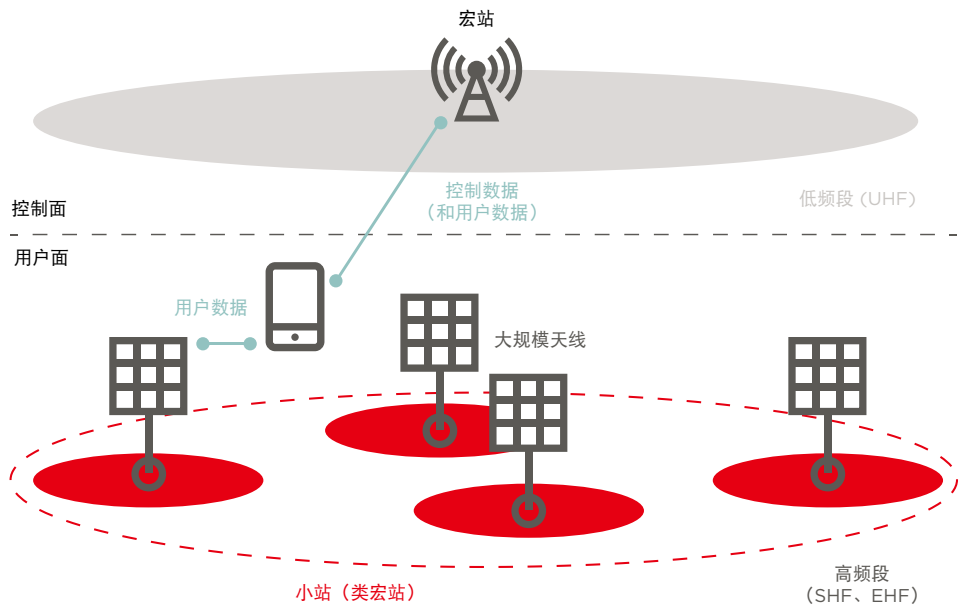
移动边缘计算可以有效赋能面向 5G 的新型智能服务。并为互联网应用开发者和云计算供应商提供基于移动边缘网络的开放平台和信息技术整合环境。这些应用可能包括本地内容缓存、移动内容分发网络、本地路由、服务优化和基于网络能力开放的数据服务。

移动边缘计算可以带来更低业务时延、更少传输网络负载和更好的业务体验。

独立部署模式下的网络切片由 MSMF 进行端到端管理、由不同切片管理子模块执行，可以提供基于统一平台的定制的、隔离的和质量可保证的端到端逻辑专用网络。一个网络切片实例包括接入网、核心网、传输承载网络功能及资源。

图 4

在密集城市区域使用“Phantom Cell”进行非独立网络部署



源自：NTT DoCoMo

1.4 预测和展望

按照绝对值计算，我们预测中国到 2025 年将拥有大约 4 亿 3 千万连接，将是 5G 最大市场。网络渗透率将达到 30% 左右，与欧洲持平，低于美国、韩国和日本。对于多数市场而言，基于以下假设，5G 将会经历相对 4G 较缓慢的发展曲线以：

消费者偏好

- 早期应用案例依然局限于超高速需求（增强型移动宽带）。尽管有 8K 视频和增强现实、虚拟现实等增强应用场景，但这些依然只在发展的初期阶段。
- 除了超低时延业务，LTE-A 可以提供的速率增益足够接近 5G 技术，为 5G 的必要性打上问号。

网络覆盖

- 在韩国和日本，主要的人口都居住在城市，因此他们都是 5G 天然的潜在用户。美国也是城市国家，因此运营商在 5G 早期部署时对客户的争夺将是非常残酷的，T-mobile 已经先于 Sprint 宣布在 2020 年之前将在全国范围内部署 600Mhz 的 5G 系统。
- 中国运营商将推进覆盖全国的 5G 网络，但由于中国地广人口疏密不均，要实现全国覆盖也将会是一个更长的过程。

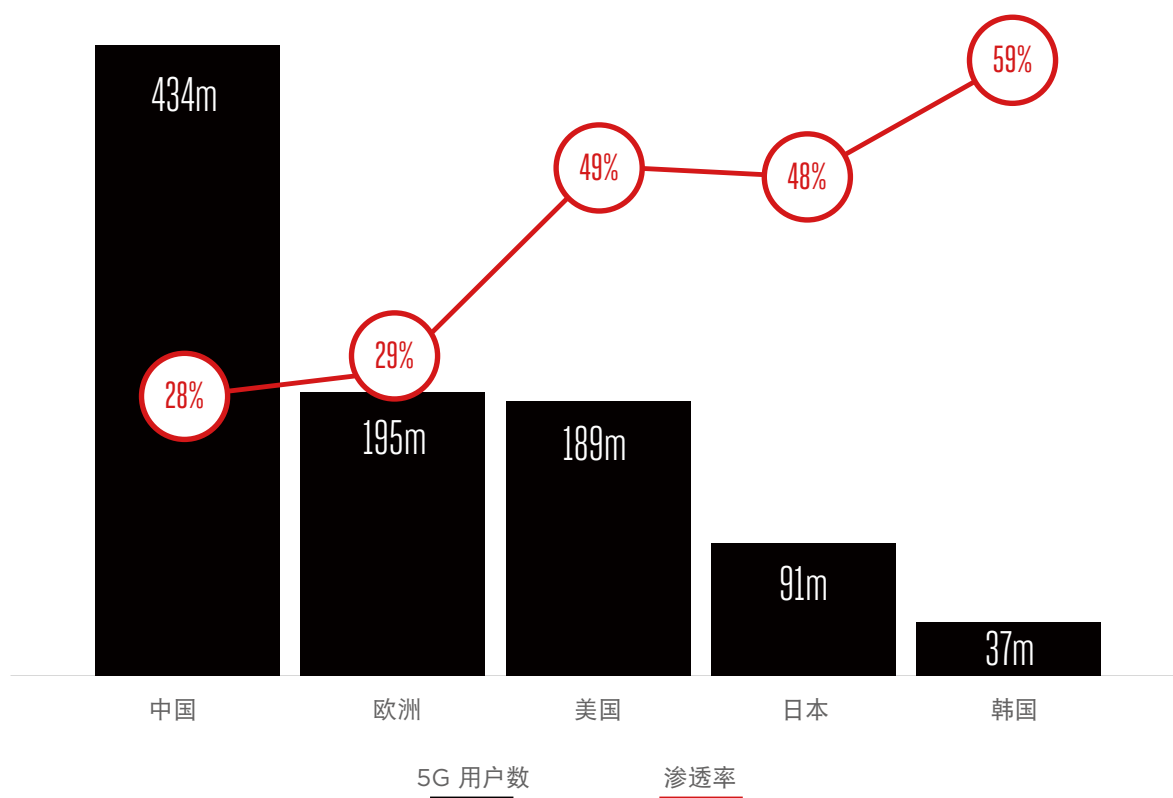
终端成熟度：2021-2025

- 在中国，5G终端产品会随着5G网络的部署浮出水面。
- 满足用户增强型数据业务需求。

该预测主要针对个人用户连接，暂不包含企业用户（5G 业务潜在收入主要来源）。

图 5

2025 年各国 5G 移动用户数渗透率预测



源自：GSMA 智库

2 汽车

2.1 全球概况

全球汽车领域正经历深刻变革。车联网已经成为主流，移动即服务 (MaaS) 类应用的用户规模正迅猛增长。自动驾驶将迎来未来几十年内的黄金发展期。

从技术角度来说，未来的汽车工业与 5G 的关系将更加紧密，5G 让汽车驾驶超越“车联网”时代，全面赋能自动驾驶技术（例如超高清地图、实时交通状况监控、更高级的自动驾驶辅助系统），尤其是让远程控制自动驾驶和实现真正的无人驾驶汽车成为可能。

因此，毋庸置疑的是中国必将在 ICT 与汽车工业融合方面发挥重大作用。中国是轿车的最大消费国，同时也是轿车的最大生产国，中国的汽车生产企业有比亚迪、长安汽车、广汽集团、上汽集团等。中国政府一直致力于在高技术领域引领产业发展，并扮演关键性角色。汽车工业也是“中国制造 2025”计划中的一项。北京和上海都已经发布了自动驾驶汽车路测规则文件。

¹在中国主导自动驾驶的公司主要是 BAT（百度、阿里、腾讯），他们在中国引领着人工智能AI的发展潮流，并一直致力于AI在自动驾驶方面的应用。2018年5月，百度完成了首个基于5G的自动驾驶路测演示，并表示要在2019年以前在中国实现真实道路上的自动驾驶

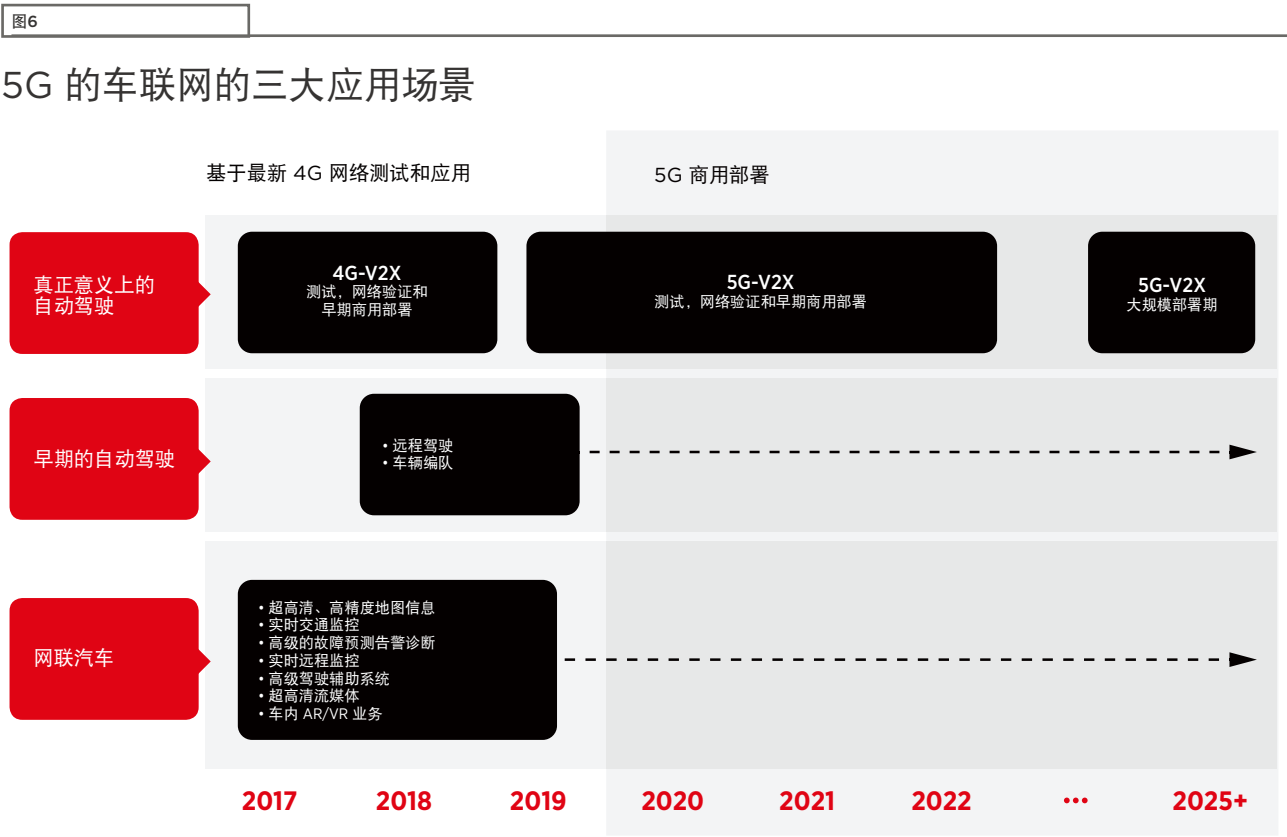
中国三大运营商，中国移动、中国电信、中国联通目前都在车辆远程信息处理、车连接、车联网等方面进行了布局。随着移动技术与汽车工业的结合以及向 5G 和自动驾驶方面的迈进，中国运营商通过与自动驾驶垂直领域合作伙伴的合作，发布了很多基于 LTE 和 5G 的自动驾驶实验系统。形成了诸如 C-V2X 远程驾驶、车辆集群、自动驾驶等全新的应用方案，目前这些应用是基于 4G 网络实现的，未来通过 5G 来提升能力将是指日可待的事情。

运营商通过与垂直领域的联合创新来构建协同化汽车驾驶生态系统。杰出的例证有：中国移动的 5G 联合创新中心，百度阿波罗 (Apollo) 自动驾驶开源软件平台，以及中国联通、清华、中兴、大唐、福特、一汽共同推出的关于对车外行人的预碰撞告警系统。中国移动与中国联通都是 5G 自动驾驶联盟 (5GAA) 的成员，5GAA 是一个全球化的，交跨行业的组织，其成员包括电信运营商、汽车制造商和汽车配件厂商。

2.2 应用场景

图 6 给出了在中国及全球范围内的 5G 与车辆相结合的三大应用场景。其中，车联网是目前已有的一大类应用场景，通过使用 5G 将最晚于 2020 年对该应用场景进行能力增强；当然，另一种全新的自动驾驶应用场景将从基于 5G 的 C-V2X 获得巨大应用优势。从网

联汽车向远程驾驶、车辆编队和真正意义上的无人自动驾驶的转变需要网络技术进步的支持。这些应用场景需要超低时延、超高带宽、超大容量和更强壮的网络可靠性，5G 恰恰能够提供这些能力。



源自：GSMA 智库

车联网

目前，3G 与 4G 网络已经大量应用于已有的车联网业务之中。中国计划于 2020 年商用 5G 网络，因此，图 6 中所列出的一些网联汽车功能及服务将随着 5G 网络的使用而得到增强。从 2017 年到 2025 年，全球网联汽车的规模将实现三倍增长，达到 12 亿个连接规模，其中中国、美国和欧洲将成为领头羊。这些市场预测数量包括汽车前装市场、自行车、摩托车，以及后装的例如保险和导航信息处理装置等。

早期的自动驾驶

依靠蜂窝网络来远程控制车辆的所有技术装备就可以实现所谓的远程控制自动驾驶应用。潜在的应用场景就是在诸如挖矿、废物处理等恶劣环境下，或者是在特别偏远情况下的远程驾驶。当远程工作更有效率，或在发生灾害地区的一些安全任务等紧急情况下，远程驾驶就显得尤为重要。随着自动驾驶和 5G 时代的到来，我们将会看到更多的关于远程驾驶的测试验证，以及诸如机器人出租车（加利福尼亚的 Waymo 就是一个很好的例证）等无人自动驾驶辅助系统。

车辆编队也是 5G 车联网的一种重要应用场景，目前正在进行卡车方面的测试。车辆编队是一组运动行为联系非常紧密的车辆，头车控制所有车辆的运行速度与方向，其它所有车辆都响应头车的运动行为。使用

蜂窝网络的连接能力和自动驾驶控制系统让大量车辆彼此连接并协同运动，这样可以提高交通安全、降低燃油消耗、降低二氧化碳排放，以及更好地利用道路空间。

随着运营商和大型车场的积极参与，实验展示及野外测试案例越来越多。中国联通与奇瑞汽车在无锡的世界物联网大会上展出了自动驾驶应用案例，包括直道与弯道自动驾驶、交通信号灯自动感知、自动跟随与紧急制动。中国移动、上海汽车和华为共同在普通的乘用车上展示了基于 5G 的 C 频段的远程驾驶技术。操作者在距离车辆 30 公里以外的地方实现远程的全时段全控制。就在最近，中国的一些 AI 企业，及自动驾驶公司在雄安新区完成了许多远程控制汽车的实际道路测试实验。使用 5G 网络可以在 20 公里以外完成对车辆的远程控制操作，相应时长在 6 毫秒以内，几乎比 4G 快了 10 倍。当然，这是实验环境的结果，可能有别于商用网络下的性能表现。当然，这是实验环境的结果，可能有别于商用网络下的性能表现。

真正意义上的自动驾驶

4G 网络带动了早期车联网及第一代 C-V2X 的发展，5G 将在增强 C-V2X 以提供真正意义上的自动驾驶的更大规模商用验证方面发挥更大作用，如图 7 关于自动驾驶水平层面中的第 4、5 级的水平描述。

图 7

自动驾驶发展水平的分级情况



源自：GSMA 智库、美国汽车工业工程师协会 SAE、美国国家道路交通安全管理局

从技术角度来看，有两方面问题值得关注。一方面是要实现图中第 4、5 级自动驾驶水平，就需要车辆自身能够完全自主控制、能够自主观察研判、能够分析和预判有选择性的路线及环境。如果由于远端的云服务平台太慢而无法应对突发紧急状况时，这时就需要车载电脑系统来处理 and 引导所有自动驾驶操作。另一方面就是事关 5G 网络对自动驾驶的赋能了。自动驾驶汽车作为一个数据收集的独立实体，它将通过 V2X 深刻影响整个自动驾驶生态系统，包括与其它车辆的连接 V2V、与道路设施的关系 V2I、与如何一个道路使用者的关系 V2P 等。这些全方位的生态信息非常主要，它们将作为车辆传感器、照相机、车辆雷达、激

光测距等设备收集信息的补充。这些对信息的处理和收集都大大加重了行车电脑的处理复杂性，包括重量和功耗。

一种可能的方式是使用 5G 网络的边缘计算和 C-V2X 技术来增强行车电脑的能力。C-V2X 开发设计两种辅助传输模式。第一种模式不依赖于蜂窝网络，直接在车辆之间、车辆与道路设施之间、车辆与其它道路参与者之间建立通信连接。而第二种模式正好可以发挥通信网络的优势，能够方便于车辆使用该区域的实时交通路况信息。

2.3 5G 与其它可替代技术的对比

目前有两种车联网通信技术：一种是专用短距离通信技术 DSRC，另一种就是蜂窝网。

- DSRC 是一种短距离双向通信协议，标准为 IEEE802.11p，它是对早期基于 Wi-Fi 的 IEEE802.11 标准的修正版本。它无需使用 Wi-Fi 基站就可以在车辆之间提供无线连接 (WAVE)。IEEE802.11p 工作于非授权的 5.9GHz 频段，无需蜂窝网络就可以自行组网。
- 车联网 C-V2X 技术既可以提供直接通信服务 (DSRC 亦可)，也可以提供基于网络的通信服务 (V2N)，目的都是为安全驾驶提供网络辅助，和移动运营商的云数据或信息接入等商用化服务。直接通信有两种工作模式：被管理模式 (PC5 Mode3)，此模式下车辆终端受限网络安排；自主模式 (PC5 Mode4)，一般工作于非授权 5.9GHz 频段和商用授权蜂窝频谱，此模式下车辆将独立于网路进行通信。基于移动网络的车联网将可以使用蜂窝网络的已授权频段。

DSRC 是这两种通信技术中的最早确立的。在美国，为了车辆应用的安全保障，联邦通信委员会 (FCC) 的智能交通系统 (ITS)，在 5.9 GHz 频段中设置了 75 兆赫的专用频谱。但是，近期 C-V2X 势头迅猛，获得了移动运营商、设备制造商和汽车制造商的青睐，包括奥迪、宝马、戴姆勒、福特、标志雪铁龙和上汽公司。自动驾驶协会 (5GAA) 认为基于 3GPP 的蜂窝技术提供了比 IEEE 802.11p 更优的性能和更具前瞻性的无线接入。北美、亚太和欧洲更是开展了越来越多的试验，甚至超过了 2018 年初的商业部署。中国就是首批部署 C-V2X 的国家之一。

就是因为 C-V2X 具备安全、网络（现在是 LTE，将来是 5G）全覆盖、支持短程和远程传输等几个关键技术优势。许多汽车制造商将 C-V2X 连接应用到他们的车辆上。C-V2X 技术自从在 2017 年 6 月 3GPP 标准 R14 版本中发布，在 2018-R15 版本及 2020-R16 版本中都有演进，可见 C-V2X 技术将会在今后一段时间持续发展。

2.4 几种商业模式

中国三家运营商除了提供传统的车联网服务外，都在关注汽车服务领域的其他收入。可以来自于云计算、边缘计算、云存储、网络切片、实时数据分析以及基于云平台的车联网服务等。合作是推动业务快速发展和商用的关键。可以合作的伙伴主要有汽车制造商、汽车模块提供商（即传感器、雷达、激光雷达、摄像机、软件、地图和其他导航工具）和车载服务提供商。鉴于汽车模块提供商还未成熟，相应的商业模式目前尚不明确。

营收模式

用于 C-V2X 通信的 B2B 模式：运营商提供 V2X 连接技术所需的低延迟、超高带宽、高数据传输容量服务给车辆制造商、车队经理或互联网叫车公司，从中收取网络连接服务费。

基于平台服务的 B2B2X 模式：运营商与第三方（即汽车制造商或车辆信息服务提供商）合作，共同开发车联网平台，依据 B2B 平台共享提供一系列服务（即数

据分析、安全、远程信息处理）。这也可以为“基于网络通信的平台服务”打开商机。鉴于车辆是由本地和全球许多公司制造的，很难汇总所有这些车辆产生的相关数据。构建基于 5G 网络的分级平台可以在更大范围内更快地收集数据，并为一系列数据分析、精确映射和实时软件更新创建更好的数据库。特别是对于政府和智慧城市来说，与交通、道路和消费者流动行为相关的信息和数据将日益成为一种新的资产。另外，保险公司也可以是数据分析的重要客户。

基础设施模型

为了充分挖掘汽车行业与 5G 充分融合带来商业价值，运营商需要为不同的应用场景提供定制的网络功能。就像两个云计算公司（亚马逊和微软）同时瞄准同一个商业机会一样，毫无疑问，这一领域的竞争是激烈的。

5G 的一个关键技术是移动边缘计算，它将信息处理智能分布到网络的多个层级，比如极端边缘处理极低延迟。这种边缘本地化信息处理使得某些类型的服务和应用离终端用户更近。网络切片是一种很有潜力的技术。运营商在保障汽车客户的服务质量时，就需要通过对网络切片设计，来保留网络容量片的具体参数，如延迟、容量和安全性。

与专用网络（这需要大量的投资）相比，切片技术为更好地使用网络资源提供了更灵活的操作方式。利用网络切片技术，运营商可以低成本地定制网络满足不同业务需求。对于远程驾驶、自动驾驶和车载连接等服务，不同的网络切片可用于满足不同的速度要求、不同的时间延迟和不同的服务质量要求。

3 无人机



3.1 全球概况

无人机市场是从军事领域起家然后发展到民用领域的。该技术在工业领域发展最快，特别是在地图绘制、实时视频分发和平台分析等技术方面。在现场勘测、损害评估、测绘和远程安全巡逻等技术也已开始发挥作用（见表 1）。该技术在物流类场景的应用包括：内部仓库库存管理（沃尔玛）、包裹递送和追踪（亚马逊）和大量的非政府组织资助类管理（比如向受灾地区运送必需供应品，这些通常没有道路或网络接入）等。

为了给没有网络覆盖的偏远地区提供互联网连接，脸书（通过艾森塔）和谷歌（通过泰坦）在海拔 20 至 25 公里的高空试飞无人机。这两种努力都吸引了人们的眼球，但在没有商业部署的情况下（比如泰坦）已经停滞不前。

主要的初创企业如大疆（深圳）、3DR、Airware 和 鹰派仍然活跃，越来越多的公司预备在无人机领域投资。在中国，2025 年，民用无人机市场（包括消费和工业应用）估计为 800 亿人民币（合 130 亿美元）。

然而，这些只能作为市场指导。更重要的是产业链仍然是活跃的。为了实现精确飞行，软件分析平台的开发投入已经超过在硬件和模组上的初始投资，并以严格的安全协定填补法规的空白。

表 1

工业应用中最有潜力无人机应用

产业	消费者	物流	网络连接
远程现场勘测 (如采矿、石油钻机)	摄影摄像	仓库运输	偏远农村地区的网络连接
农业检测	娱乐休闲	库存管理	远程物联网
安全监控 - 私人和边境		灾害响应与监测	
地质勘查 (如水坝、水道)			
基础设施检查 (如基站、电力线)			
保险 (如险情评估)			
娱乐 (如直播体育节目)			

来源：GSMA 智库

3.2 应用场景

对于工业垂直行业而言，中国的蜂窝网络服务模式主要聚焦在 500 到 3000 米高空场景。特定的应用程序可以用于远离陆地网络覆盖的农村或偏远地区（见图 8）。蜂窝网络连接可以支持两个级别的无人机飞行操作。无论哪种，SIM 或是潜在的 eSIM，都需要放在无人机上。

连通性

- 主要用于引导和改变飞行参数，例如高度、方向、速度和倾斜。

- 从无人机到地面的视频传输，特别是用于高空远程飞行（如在地震后调查损伤程度）。
- 偏远地区覆盖（中国联通颁布了与无人机相关的紧急通信行业标准，并在几个省份开展试点）。
- 使用低频频谱（更强的信号传播能力）的 LTE 来满足对延迟不敏感的应用，超 1 Gbps（如超高清视频）的高带宽需求将通过 5G 满足。

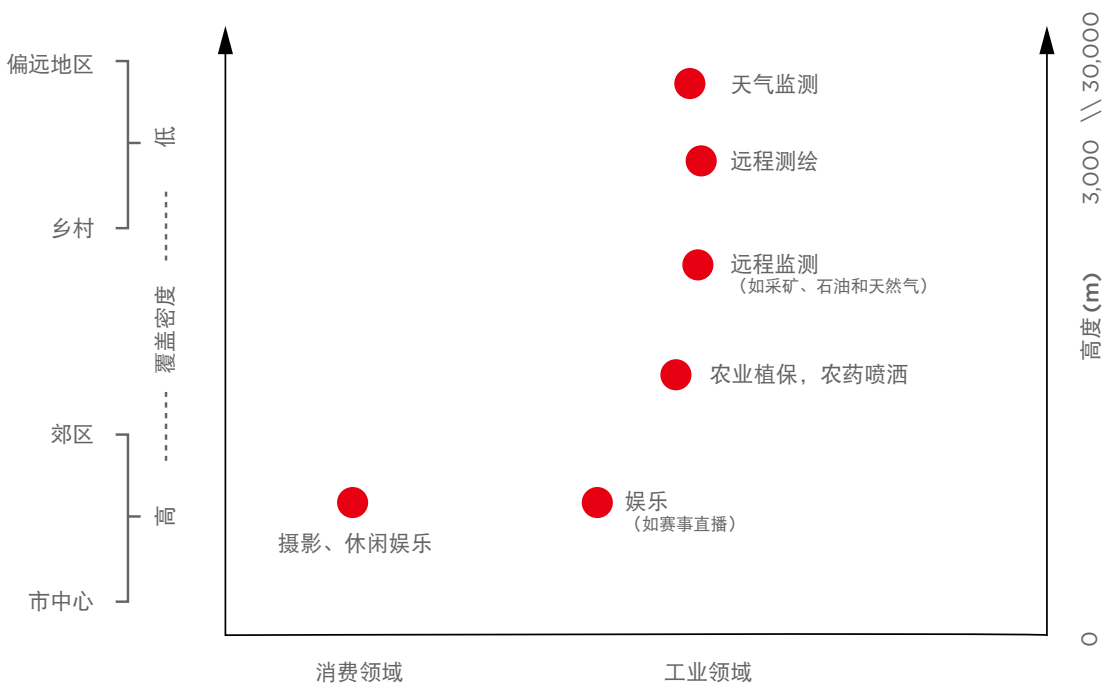
控制平台（云）

- 集中式平台，管理和分享数据流、管理 API 访问商务或是政务第三方系统。
- 鉴于航空分析对延迟的要求，平台侧对于 5G 有更多需求。边缘计算基础设施也可能必不可少。

- 中国联通在云南开发了一个民航局认可的工业无人机云平台，处理和管理来自所有省份的无人机数据。

图 8:

工业无人机在远离陆地覆盖的偏远地区飞行需求



3.3 5G 与可替代技术的对比

现有的无人机连接通常通过点对点或基于卫星的控制来提供服务。点对点连接需要在航线上通过人工或半自动化的测量和控制中继建立大量观察和控制站。这适用于短程飞行，对于涉及难以到达的偏远地区的长途飞行是次优方案。点对点连接还涉及现场施工和设备维护的高成本，并且频谱使用效率低。卫星连接提供更大范围的飞行覆盖，但跟踪设备成本高，而且信

号延迟随高度呈指数增长并很容易遭受雨衰。短距离物联网协议不适用于长距离传输需求。

LTE 和 5G 允许非视线信号传输，网络的大规模部署带来更好的经济性，终端板上 SIM 确保最佳安全性；另一个重要的优点是，LTE 和 5G 是基于云的平台链接，给客户能提供端到端的服务模型。

3.4 商业模式

鉴于 LTE 和 5G 连接无人机尚未达到商业部署，收入模型仍处于概念阶段。根据无人机的应用场景，其商务模式有两个方面：连接和平台。连接是基本收入，因为大多数无人机制造商和系统集成商没有能力或意愿主导网络连接技术。一种更高价值的方式是不收取连接服务，而通过服务包的方式提供云平台数据管理和分析收取费用。端到端模型，是运营商处理所有数据传输和分析，而无人机公司只负责无人机飞行，这

将需要基础网络大规模部署、一定用户规模和与供应链的整合。鉴于无人机应用在三到五年后才成熟，这可能是第二阶段的模型。提供 API 调用可以作为下一步的选择，但如果被调用频率增高，提供大量服务包更加合适。除了连接和平台，目前越来越多的垂直行业客户尝试租赁服务，而非购买整套解决方案，这将降低成本并极大促进了无人机的广泛应用。

4 制造业和工业 4.0

4.1 全球背景

第四次工业革命，也被称为工业 4.0，在亚太、欧洲和北美地区持续保持着增长势头，许多制造公司越来越多地采用机器人、机器学习、传感器和一系列工业物联网解决方案。虽然各地区制造业发展数字化的进度不同，但全球的最终目标是一致的：数字化、自动化、人工智能和物联网的使用有望优化生产流程，提高生产力和效率，推动产品创新并带来新的收入机会。

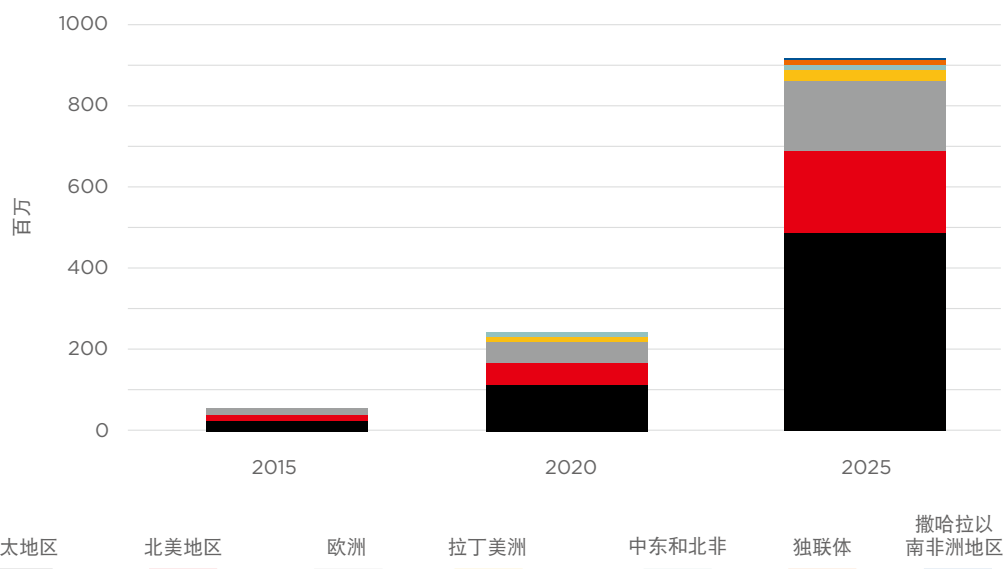
许多国家制定战略并采取一系列举措来推动物联网在制造业中的应用，特别是德国、美国、日本、中国、北欧和英国。中国政府正在加大力度开展试点应用，并在包括原材料、设备、消费品和电子产品在内的多个重要垂直领域开展智能制造项目。这是广泛意义的“中国制造 2025”战略计划的一部分，旨在将中国转变为先进的制造业经济体。此外，还有一些例如工业互联网联盟 (All) 的组织，旨在通过中国的产业合作来加速工业互联网的发展。

在全球范围内，智能制造物联网连接数将在 2017 年至 2025 年间增长 9 倍，几乎达到 10 亿个连接点，其中中国、美国和欧洲处于领先地位（图 9）。该市场预

测包括库存跟踪、监控和诊断以及仓库管理等一系列物联网解决方案。随着企业进行第四次工业革命，制造业将在更广泛的工业物联网中以最快速度增长。

图 9:

各地区智能制造物联网连接数 (蜂窝和非蜂窝)



来源：GSMA 智库

4.2 应用案例

随着自动化和人工智能的大规模使用，为时延和网络可靠性提出了新的要求，5G 将在推动智能制造未来发展方面发挥关键作用。5G 网络还将实现机器、设备和机器人之间前所未有的互动和协调，使制造更加趋向技术和数据驱动。为激发发展与创新，华为于 2017 年 12 月与多个业界合作伙伴及研究机构成立无线互联工厂特别兴趣小组 (SIG)，探讨支持 5G 的制造应用案例以推动 5G 在未来智能制造的应用。

我们已经明确了 5G 在智能制造中的四类应用案例，如图 10 所示。除了连接工厂中越来越多的机器人外，5G

还可以通过监控和实时远程决策支持远程制造。一个极端的例子就是工厂不需要任何人员参与完全自主运作。例如，长盈精密科技公司创建了一个无人工厂，所有用于生产、存储的设备以及无人运输卡车都由计算机控制的机器人操作，技术人员通过中央控制系统监控所有活动。

5G 与工业 AR、AI 的结合将会解锁其他应用案例，例如在各种制造环境中对人机交互进行高精度模拟，这对于员工培训非常有用，以及实时数据收集以实现即时制造决策。

图 10:

智能制造中的 5G 应用案例

机器人和机器人技术

- 5G 将逐渐取代工厂中基于 Wi-Fi 的连接
- 整个生产线上机器人实时协作和集成
- 基于云的无线机器人技术

远程实时或近距离实时制造

- 远程实时监控、机器人重新配置
- 远程质量检测

劳动力增强

- 5G 与工业 AR 结合使用，可以进行员工培训并提高员工技能
- 各种制造环境下对人机交互进行高精度模拟

关联运作的智能和分析

5G 与 AI 结合可以实时收集数据，以实现即时制造决策

基于 5G 的各领域大规模数据分析（例如过程、低效率、机器人的预测性维护）

来源：GSMA 智库

4.3 5G 与可替代技术

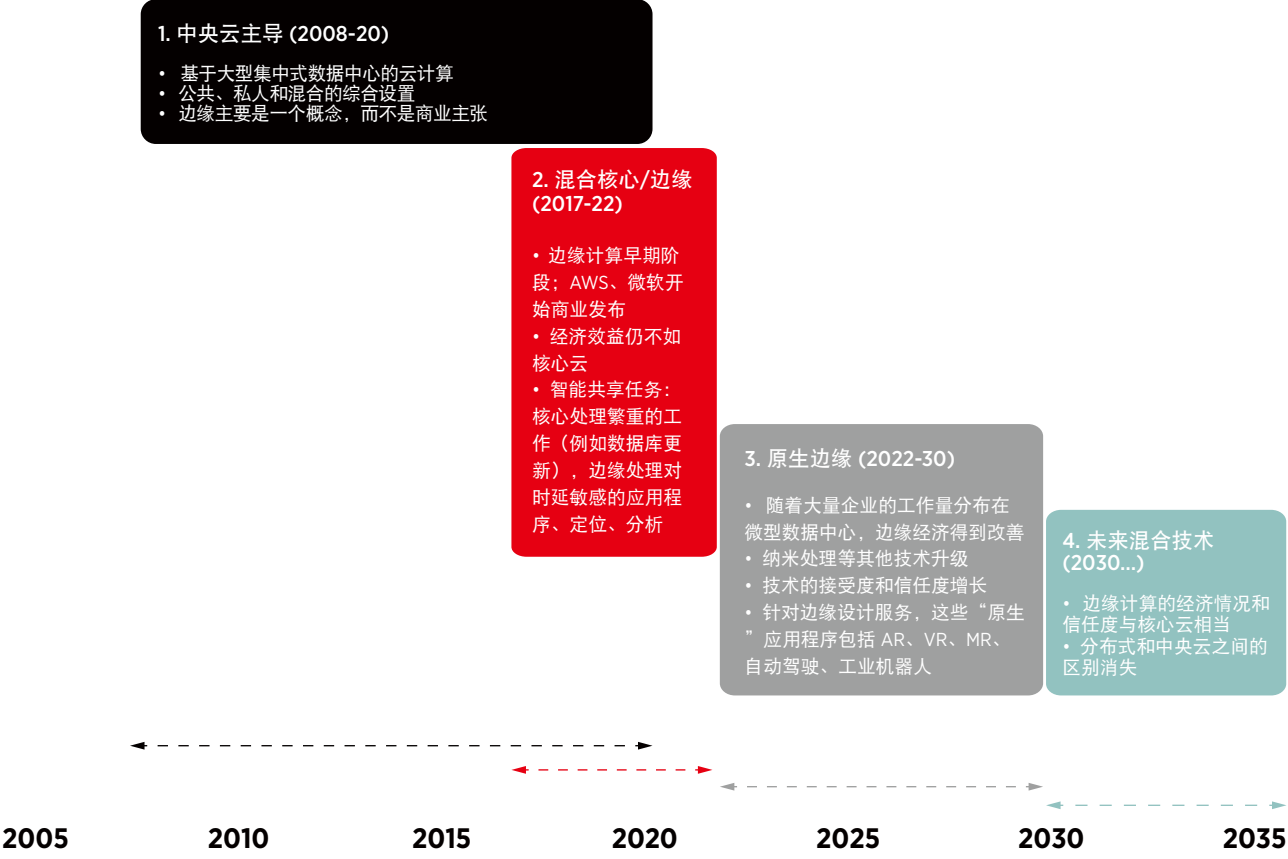
在高科技制造（工业 4.0）中实现流程自动化的转变依赖于低时延连接来满足精确阈值和实时分析。5G 理论标准可提供亚毫秒级别的往返时延，如果与可以为工厂所有者提供有保证的 QoS 的网络切片相结合，将会更有吸引力。但是，在实践中实现这种低时延可能需要边缘计算基础设施，比如云服务器位于工厂附近（甚至内部）。

亚马逊 (AWS Greengrass)、微软 (Azure Edge)、谷歌和阿里巴巴都在大力投资边缘产品以服务于工业物联

网应用，通用电气、IBM、博世和富士康等众多公司拥有与云关联的专有控制平台（或者是本公司自有，或者是通过与 AWS 等签订租赁容量协议），并且能够提供端到端服务方案。端点连接通常由使用非授权频段的短距离传感器服务，从客户角度看，价值点在控制平台和分析中，而不是端点连接。由电信运营商、云计算公司和企业 PaaS 分别提供服务的智能制造业份额将受 10 - 15 年内边缘计算经济发展速度的推动（见图 11）。

图 11

10 - 15 年内边缘计算的发展



来源：Macro Meta Consulting，GSMA 智库

4.4 商业模式

电信公司向工业客户销售有两种收入模式。一种是单独提供连接，也可能包括一些终端设备和模组，这可能具有较高的利润率，但在整体价值中所占份额相对较低。另一种是提供完整的服务，包括连接、配套终端以及最为重要平台层。连接可能会被收取费用，

或者可能作为更大服务捆绑的一部分提供，电信公司将成为监督其客户工业运营的综合合作伙伴。完整的服务模式是竞争最激烈的地方，正如上述提到的许多规模较大的云基础架构公司和企业 SaaS 公司（SAP，Oracle）早已经进入市场。

5 政策影响



5G 技术在垂直行业应用对于积极的公共政策环境具有一定影响。其中一些具有普遍特性，一些具有垂直行业特性。对于每种情况，我们都本着行业与政府之间合作精神提出意见，以平衡 5G 对经济的潜在收益和扩大部署所需的投资资本。

5.1 普遍特性

在国家频谱规划方面，来自不同垂直领域的频谱分配需求会引起频谱碎片化，导致效率下降、创新迟缓。监管应在技术与服务的中立方案下进行，避免进一步频谱碎片化，允许商业 IMT 网络向垂直行业提供 5G 服务。移动运营商在最大化频谱效率方面具有丰富经验，为其分配频谱资源将确保这种稀缺资源得到最佳使用。此外，为 5G 划分国际统一频谱将有助于推动规模经济，其表现为其他条件相同情况下降低手机成本。

在跨部门监管方面，5G 与垂直行业的融合会给现有的监管框架带来挑战。传统电信部门很快将需要监管涉及其他领域的服务，这些领域可能会有自己的监管机构和监管者。因此有必要建立一个全国协调机制来管理跨部门政策的制定和执行，特别是对本报告中研究的三个垂直领域 - 自动驾驶、无人机和制造业。

5.2 垂直领域特性

汽车

鼓励创新就意味鼓励投资

- 随着我们进入自动驾驶和 5G 时代，立法者和监管者需要创建一个能够助力未来发展并且鼓励创新和投资的政策框架。

4 级和 5 级自动驾驶的监管标准

- 北美、欧洲和亚太地区的立法者已表示愿意创建一个积极环境以发展自动驾驶，例如为公司颁发许可证，允许其在某些公共道路上测试自动驾驶汽车。
- 然而，这个法规大部分要求驾驶员在场情况下进行测试，并能够在必要时对车辆进行控制。为 4 级和 5 级的自动驾驶制定合适的立法会带来一系列挑战，比如事故责任、汽车黑客行为和数据隐私等。

技术中立性

- 我们认识到目前正在制定一些技术标准，电信产业的角度来看，考虑到 5G-V2X 将在自动驾驶和未来智能交通中发挥关键作用，政策制定者需要确保没有监管障碍影响 5G 基础设施的发展，频谱可用性或市场规则可能会减缓 5G-V2X 技术发展。

无人机

通用标准

- 用于工业目的的无人机在中国没有明确的政策规定。制定连接管理和飞行参数（例如允许的飞行距离、高度、视线路径）的通用标准有助于加速基础设施和服务模式的投资和部署。

- 对于消费级和工业级无人机，内置 SIM 卡的通用标准和监管规范将支持平台之间的互操作性，并推动规模经济。

空中交通管制协议

- 无人机产业界和空中交通管制部门需要采取协作方式，以便为空域使用达成空中飞行管制协议和经济有效的频谱许可。

技术中立性

- 制定工业无人机监管规章制度是应该对技术保持中立的，在 2020 年之后过渡到 5G 之前，将允许使用 LTE 连接进行试点及初始部署。

制造业和工业 4.0

通用标准

- 垂直领域中物联网连接和系统集成当前价值链高度分散。制定平台和设备之间互连的通用标准将有助于推动规模经济，并减少在两个独立协议之间权衡或定制解决方案的需求来加快上市速度。

安全

- 工厂和生产设施中 IP 设备数量的增加会相应增加网络安全威胁，监管机构应考虑为设备和连接协议引入严格和通用的安全阈值。



GSMA 总部

Floor 2
The Walbrook Building
25 Walbrook
London EC4N 8AF
United Kingdom
电话: +44 (0)20 7356 0600
传真: +44 (0)20 7356 0601

GSMA 中国

金融街中心南楼 10 层
金融大街甲 9 号
北京, 中国
100033