



Roland  
Berger



# 5G 应用 立场文件



# 目录

<b>摘要</b>	1
<b>01</b> 5G广泛应用，需要高性能低成本的技术，需要全行业的参与和投资	3
<b>02</b> 国际标准化降低成本、加速应用	6
<b>03</b> 全球频谱协同，发放全国范围的连续频谱	10
<b>04</b> 5G的应用为经济与社会发展带来大量机遇	13
<b>05</b> 5G生态系统的健康、高产和相辅相成，有助于可持续创新	25
<b>06</b> 词汇表	28

1.1 5G不止于更快的速度，将创造一种新的范式

1.2 运营商在内的所有利益相关方参与投资，将推动5G增长，实现规模效应，惠及生态系统

2.1 标准化，有助于降低投资与部署的成本，提高互联与互操作性，便利消费者和企业

2.2 标准组织和利益相关方在5G领域开展合作

3.1 实现5G应用，需利用多个频段

3.2 监管框架应支持5G的部署和应用

4.1 5G不仅关乎商业，还将带来社会经济影响

4.2 5G推动商业模式的创新、创造更多行业价值

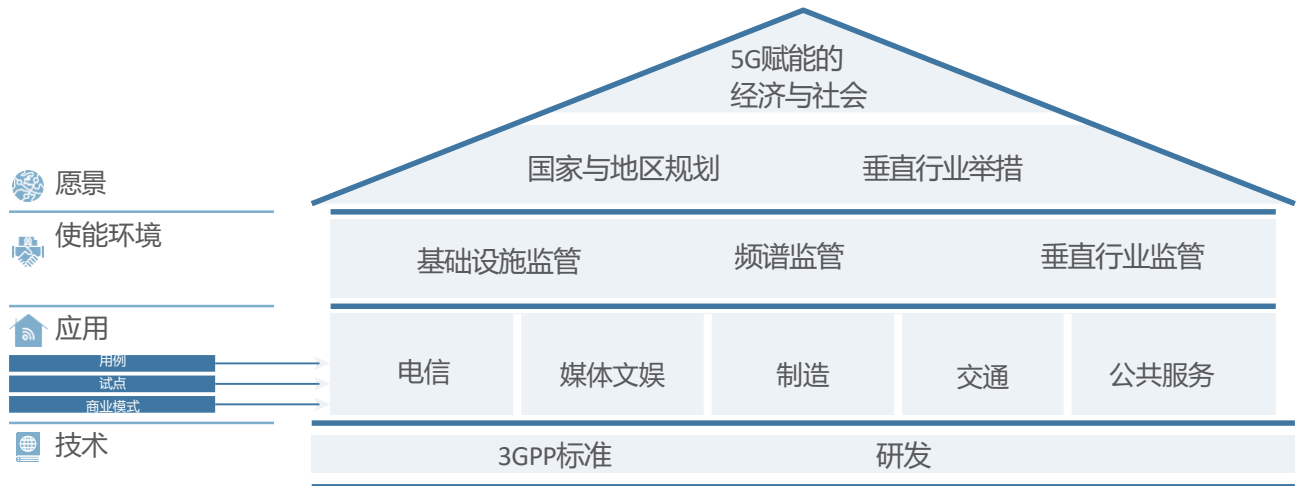
4.3 试点项目孵化新的商业模式，多方共同提供创新服务

5.1 政府与监管机构应制定5G规划和方案，提供透明的监管政策

5.2 完善对不同行业的监管，实现机构间的合作

5.3 利益相关方需互相协调，构筑5G潜在应用、商业模式和生态所需的能力

# 摘要



## 5G是一种新的范式

5G可以提供增强移动宽带（eMBB）、高可靠低时延通讯（URLLC）与大规模机器类通讯（mMTC）服务，将为消费者、家庭、企业与社区带来大量机遇。

- 截至2035年，5G有望创造12万亿美元的收入
- 截至2035年，80%的电信收入（宽带、硬件与服务）将与5G相关

5G有助于推广医疗、教育等基础服务、降低服务成本、促进平等；推广无线应用、提高设备自动化程度，从而减少碳排放并保护资源。最终，经济增长将促进各国的直接和间接就业。

## 电信运营商、设备供应商与行业共同发展5G应用，推进产业转型

5G率先应用于：

- **电信** 家庭宽带（如：固定无线接入）与移动服务
- **媒体文娱** AR/VR游戏、广告、广播多播服务
- **制造** 涉及产品全生命周期的智能工厂与工业联接
- **交通** 自动驾驶、车载信息娱乐系统
- **公共服务** 远程医疗、远程教育

## 国际标准化降低成本、加速应用

首个版本5G国际标准已经发布，支持5G非独立组网、独立组网和初始应用。下一步重点在于，未来几年内强化5G生态，扩大应用潜力，Release 16和Release 17两版标准将于2020年和2021年发布。

- 标准机构“第三代合作伙伴计划”（3GPP）引领5G的标准化进程。5G需要运营商、设备供应商和行业企业广泛合作，从而达成共识。

## 频谱分配是关键的监管和技术问题

5G需要多个频段来实现广泛的用例。

- 全球频谱协同，有助于降低供应商、运营商、行业伙伴乃至最终用户实现5G的复杂程度及成本。
- 发放全国范围的频谱，是各国监管机构首选和主推的模式。
- 应考虑网络同步，降低干扰。

## 倡导稳定可靠、开放透明的5G生态

除了技术的质量和成本，5G的长期成功有赖于良好的营商环境。

- 明确的国家规划路线图，能为相关方提供充分的指导，鼓励持续投资于基础设施。
- 5G汽车协会、5G产业自动化联盟、5G应用产业方阵等行业协会，联合相关企业开展合作。
- 为电信等行业提供监管政策支持，出台激励措施。

## 5G广泛应用需要全行业的参与和投资

不仅运营商投资，设备供应商与行业相关方的积极参与也将促进规模效应，惠及整个产业生态。

- 随着性能不断优化、规模效应显现，5G将逐步推广和应用。
- 新业务可利用现有的投资：全国范围的频谱已经发放给移动网络运营商，运营商利用网络切片技术，能够为垂直行业提供网络和技术方案。

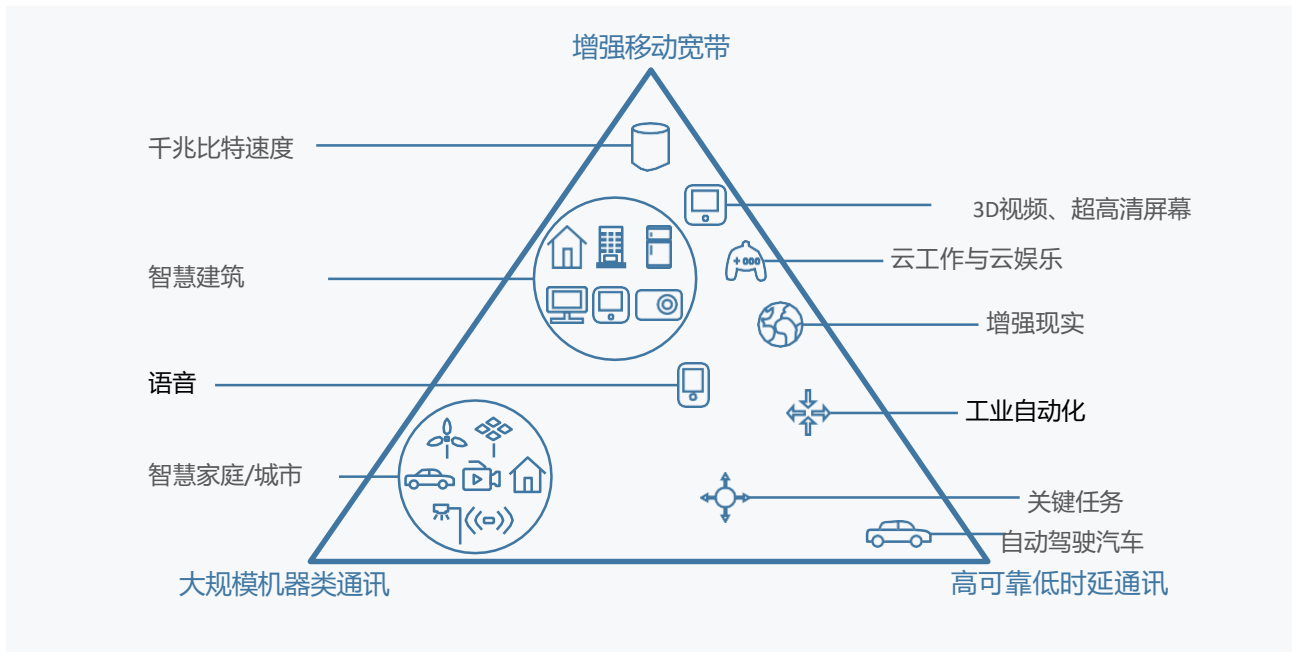


# 01

## 5G广泛应用，需要高性能低成本的技术，需要全行业的参与和投资

随着性能不断优化、规模效应显现，5G将逐步推广和应用。实现规模效应是运营商、设备供应商和行业相关方追求的共同目标。运营商建设覆盖全国的5G网络，极大推进了规模实现。同时，通过运营商网络，各行各业能够投资5G应用。

## 1.1 5G不止于更快的速度，将创造一种新的范式



图表1: 5G的三大支柱与相关用例示例

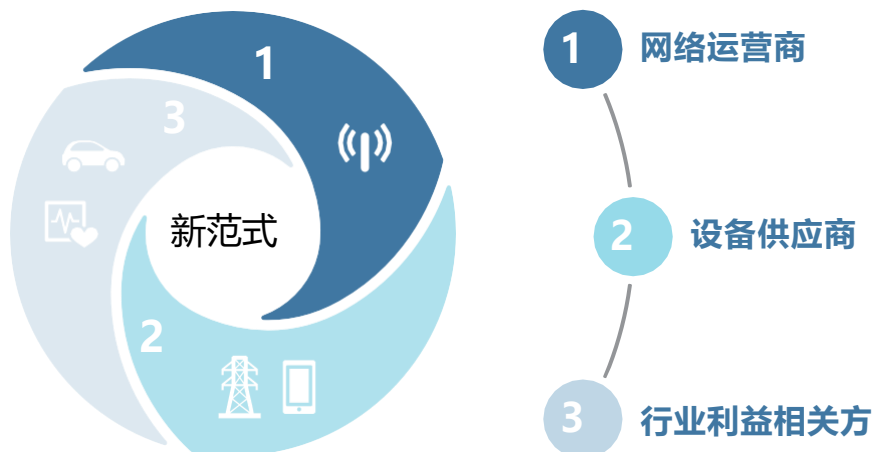
资料来源: 国际电信联盟

围绕三大方向，5G将带来大量机遇：

- 增强移动宽带（eMBB）为移动网络用户与行业用户提供更好的体验，推动B2C、文娱媒体和服务业发展。
- 高可靠低时延通讯（URLLC）将支持自动驾驶、远程手术、工业自动化等新用例的实现。
- 大规模机器类通讯（mMTC）按照特定的网络要求，连接制造、设施、物流等行业场景下的大量设备。

与此前的技术相比，5G带来技术和商业上的新机遇，将运营商、供应商与行业相关方联合起来。

- 运营商部署和运营5G网络，发挥重要作用，因此承担必要的资本与运营支出。
- 供应商开发5G技术、定义和生产5G设备（无线网络、核心网、服务、手机等）。
- 新机遇促使行业相关方参与其中，涉及产品方面（如：网联汽车）和生产方面（如：工业互联网）的规模创新。



资料来源: 罗兰贝格



## 1.2 运营商在内的所有利益相关方参与投资，将推动5G增长，实现规模效应，惠及生态系统

5G投资规模预计将在2018年至2025年间<sup>1</sup>达到1万亿美元：

- 对内发展看，运营商的商业模式受数据的指数型增长（2017年至2024年间<sup>2</sup>增长6倍）驱动，面临网络管理成本与风险增加的压力。
- 用户对优质服务与新应用的需求、国际竞争格局的变化和国家基础设施的需求等，成为运营商发展5G的外部推动力。

对5G日益增长的需求，也推动了行业相关方的投资。

规模投资将触发规模效应。随着5G网络的生产和维护成本下降，对用户而言，网络的相对价值将提高。由网络外部性理论（卡茨与夏皮罗<sup>3</sup>）或梅特卡夫定律可知：

- 随着越来越多5G产品遵循统一的技术标准，用户将从负担得起的终端、高质量服务中获益。
- 技术的广泛使用将提高行业的互操作性与合作潜力，促进新业务的开发；因此，当更多的垂直行业采用5G技术，最终用户将收获更大价值。

所有利益相关方的投资和参与将降低5G的部署成本，有助于发挥这项新技术的潜力。这将推动规模经济和5G产业链的价值创造，而规模效应和价值创造又将进一步撬动5G的推广。

---

<sup>1</sup> 5G投资，GSMA智库，2019年6月

<sup>2</sup> BuddComm、罗兰贝格分析

<sup>3</sup> 《网络外部性、竞争与兼容性》，《美国经济评论》，第75卷，第3期。（1985年6月），第424-440页



The background is a dark blue, abstract composition of glowing lines and triangles. The lines are thin and sharp, creating a sense of depth and perspective as they converge towards the center. Several bright blue triangles are scattered throughout, some pointing towards the viewer and others away, adding to the geometric complexity. The overall effect is a futuristic, high-tech aesthetic.

02

国际标准化降低成本、加速应用

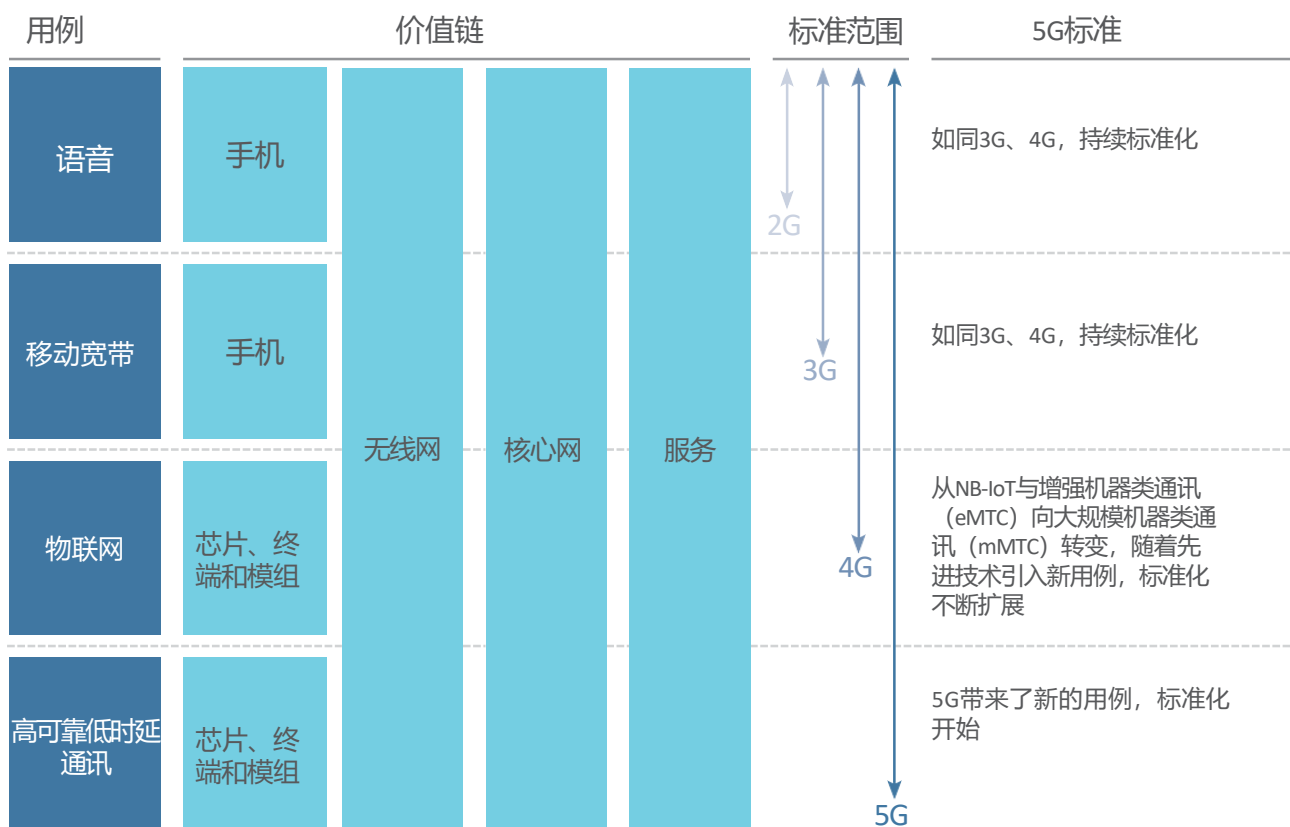
## 2.1 标准化，有助于降低投资与部署的成本，提高互联与互操作性，便利消费者和企业

5G标准化，涉及微处理器、终端、终端模组、以及网络基础设施：

- 核心网是网络交换的骨干，负责收集与分发数据包
- 无线接入网络连接核心网与用户终端
- 服务与系统，关乎整体架构与业务能力

不同类型的网络基础设施，需要供应商对多项硬件与软件进行协同。异厂商的设备具有互操作性，是为了确保网络的良好性能和生产的经济效益。技术的标准化，就为了实现互操作性。

由于涉及其它行业相关方，因此，5G标准化比4G的波及范围更广，包括终端接口的标准化。基于通用标准进行硬件的整体设计、同时具备灵活的网络能力，对于5G成功是至关重要的。如果模组和用户终端采用标准化的接口和规范，那么全行业都将受益于规模经济，加速5G应用。



图表2：2G到5G标准

资料来源：罗兰贝格

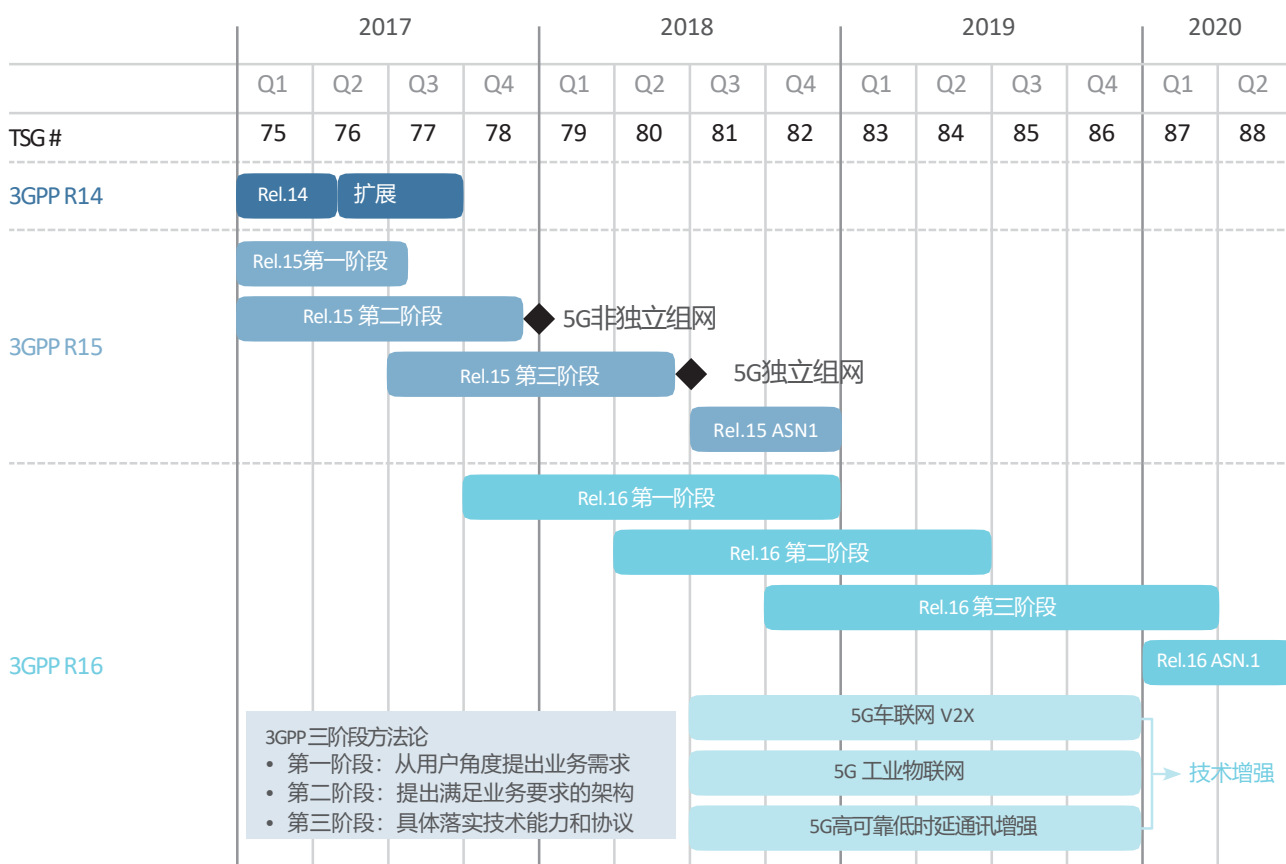
## 2.2 标准组织和利益相关方在5G领域开展合作

标准机构“第三代合作伙伴计划”（3GPP）由地区性标准组织于1988年建立，以技术报告与技术规范定义3GPP技术：

- 组织性质：聚焦技术，决策方式“非政治性”，由标准开发组织（SDO）相互合作，以共识来形成决策
- 架构程序：按无线接入网络、服务与系统、核心网与终端设置技术规范组（TSG），通过任务和事项组织活动；制定清晰的议程、截止日期与规则

5G将被纳入3GPP多个版本的标准。2017年发布了Release 15版本，2020年将发布Release 16版本，2021年则是Release 17版本，包含行业应用的技术规范。

Release 15是首个版本5G标准，包括独立组网（5G无线网络与5G核心网）与非独立组网（帮助移动网络运营商从LTE向5G系统转变的架构）。独立组网方案于2018年6月冻结，而非独立组网标准于2017年12月冻结。



图表3：5G标准时间表

资料来源：3GPP网站、2018年10月23日至24日3GPP研讨会、罗兰贝格



Release 16标准预计将于2020年中发布，包含：5G技术规范的增强、行业相关技术规范。

Release 16标准涉及两大重要的垂直行业：汽车与工业自动化。

- 汽车：Release 16包括基于低时延的车联网技术特性，服务于编队行驶等用例
- 工业自动化：Release 16通过定义时间敏感网络和高可靠性，支持工厂自动化。3GPP旨在用5G NR来补充工厂中的有线以太网。完善高可靠低时延通讯的技术规范，将是Release 16标准取得的重要进展。

Release 16还将为交通（如：轨道交通的未来移动通信系统）和媒体（如：5G增强移动宽带媒体分配）等其它垂直行业提供支持，并带来多个行业受益的通用改进技术，例如定位、MIMO与能耗优化等。

对于5G的整体改进，Release 16将进一步规范5G系统，包括：无线有线集成、网络自动化、接入流量切换与分流管理、增强基于服务的架构等。

此后，Release 17将增强Release 15和Release 16标准中定义的功能，并增加新特性，服务于更多的行业及业务。相关工作范围将于2019年末确定，这些工作可能包括：

- 跨域技术特性：MIMO增强、覆盖增强、数据传输优化等
- 行业相关技术特性：物流、电子医疗、互联工厂等

# 03

## 全球频谱协同，发放全国范围的连续频谱

### 3.1 实现5G应用，需利用多个频段

各国监管机构进行频谱协同，从而实现规模效应、跨境协作与最终用户漫游，有助于5G的发展和应用。

为了满足范围广泛的5G用例，需利用多个频段的频谱：

- 满足“覆盖”需求的频段，即低于2 GHz（如700 MHz）的频谱，满足广域和深度室内覆盖。当低频段与3300-3800 MHz共同使用时，打破了上下行绑定于同一频段的传统限制，运营商将受益于频谱组合，最大化频谱资源利用率、大幅提升网络覆盖。
- 满足“覆盖与容量”需求的频段，即2-6 GHz之间的频谱（如C波段），能够在网络容量和覆盖范围之间取得最佳平衡。
- 满足“超大容量”需求的频段，即6 GHz以上频谱（如24.25-29.5和37-43.5 GHz），用于满足大容量、高速率的业务需求（如固定无线接入、热点）。

政府监管机构应考虑规划和发放上述频段的连续频谱（覆盖与容量频段，建议实现每张网络拥有80-100 MHz，超大容量频段则需要800 MHz连续），反之，碎片化将影响频谱的利用效率、推升建网成本。

未来5到10年，发展5G仍需要更多的中频频段，满足覆盖与容量需求。5925-7125 MHz能较好地平衡覆盖范围和网络容量，是理想的备选频段。由于部分国家的现有业务已经占用了该频段，建议WRC 23议程考虑研究国际移动通信与现有业务之间的共享性与兼容性，并基于ITU-R的研究，考虑标识该频段用于国际移动通信。

### 3.2 监管框架应支持5G的部署和应用

监管需考虑三个关键点：

- 遵循技术中立、业务中立的原则，允许在现有频段与新频段中平滑引入最新的技术与业务，允许LTE与5G共享上行频谱。
- 发放全国范围的频谱，作为主要和首选方式，从而鼓励运营商投资，保障可预见的网络性能与服务质量。

#### **发放全国范围的频谱仍是5G频谱发放的主要和首选模式**

对于频谱发放，建议在国家层面卷入利益相关方，广泛地讨论和研究，以便达成共识，尤其是针对市场需求和频谱的供应。全球内发放的首批频谱中，大多数监管机构优先或惟独向移动网络运营商颁发了全国频谱的牌照，移动网络运营商可通过网络切片技术为垂直行业提供网络接入和技术方案。



大多数国家通过拍卖分配频谱，保护移动网络运营商投资能力的关键是保证价格的合理性。Coleago咨询公司通过比较网络的预期收入，分析频谱成本的可持续性。该公司认为，低于预期年收入5%是可持续的频谱成本，高于预期年收入10%的频谱成本可能会影响网络的可持续性。部分市场利用其它方式分配频谱，比如：日本通过申请流程（选美）为移动网络运营商分配频谱。

- 应考虑网络同步，从而减少干扰。

### **应鼓励和支持网络同步**

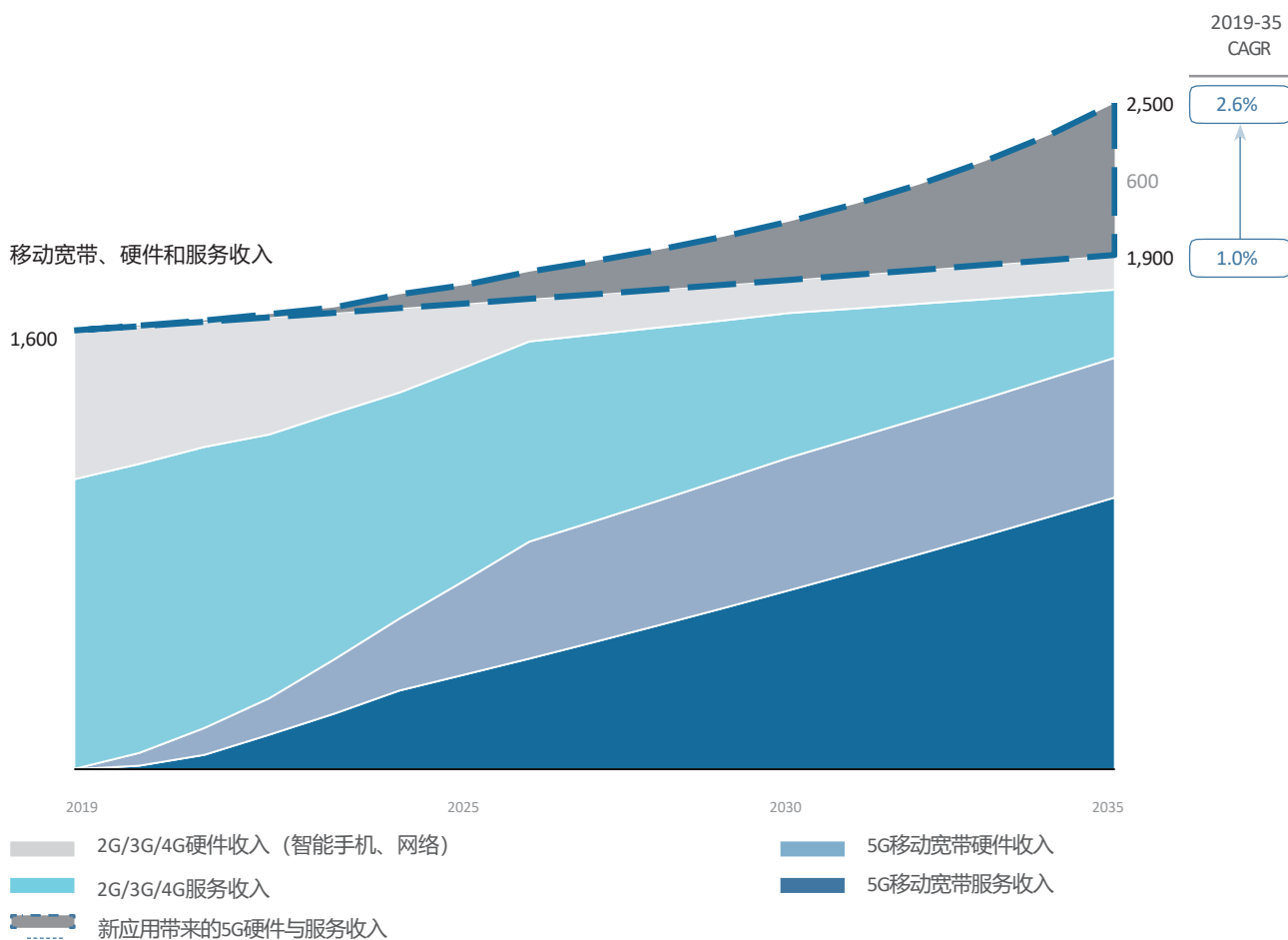
网络同步对于提升频谱效率、降低干扰和简化滤波器等发挥着至关重要的作用。国家监管机构可以验证和研究合理的技术规范，比如：上行/下行比率，控制有害干扰的机制。

网络同步在4G TDD网络中已成功应用，无需在运营商频块之间设置保护频段，保障了频谱资源的有效使用。为有效部署5G-NR网络，运营商的网络需保持同步，协同上下行传输（时隙和帧同步）。因此，监管应促进网络同步，充分利用宝贵的5G频谱资源。

5G的应用为经济与社会发展  
带来大量机遇

## 4.1 5G不仅关乎商业，还将带来社会经济影响

2019年至2035年，电信运营商的传统宽带、硬件和服务收入预计每年将增长1%。5G将为移动运营商带来新的机遇（到2035年约为6000亿美元），推动整个电信行业在2019年至2035年间达到3%的年增长率。由于5G带来新的商业机会（行业应用），并替代一部分2G / 3G / 4G移动宽带收入，预计到2035年5G将贡献约80%的收入<sup>4</sup>。



图表4：移动宽带和新的5G应用为电信公司（运营商、供应商、基础设施）带来的硬件和服务收入 [十亿美元，2019-2035]

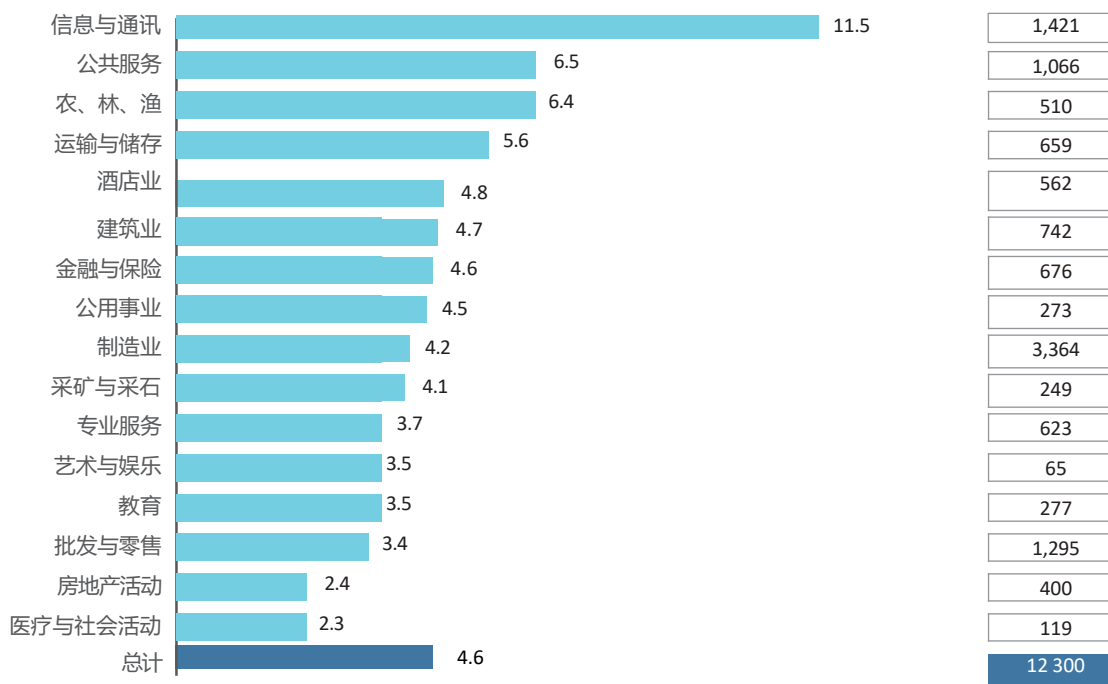
资料来源：商业研究公司、Mason、Technavio、GSMA、专家访谈、罗兰贝格分析

5G网络和5G应用（网络切片技术），能够促进运营商与行业创新商业模式。5G有望在2035年实现12万亿美元的经济产出，约占全球产出的4.6%<sup>5</sup>。

<sup>4</sup> 罗兰贝格分析

<sup>5</sup> IHS Markit, 5G经济：5G技术将如何为全球经济做出贡献，2017年1月

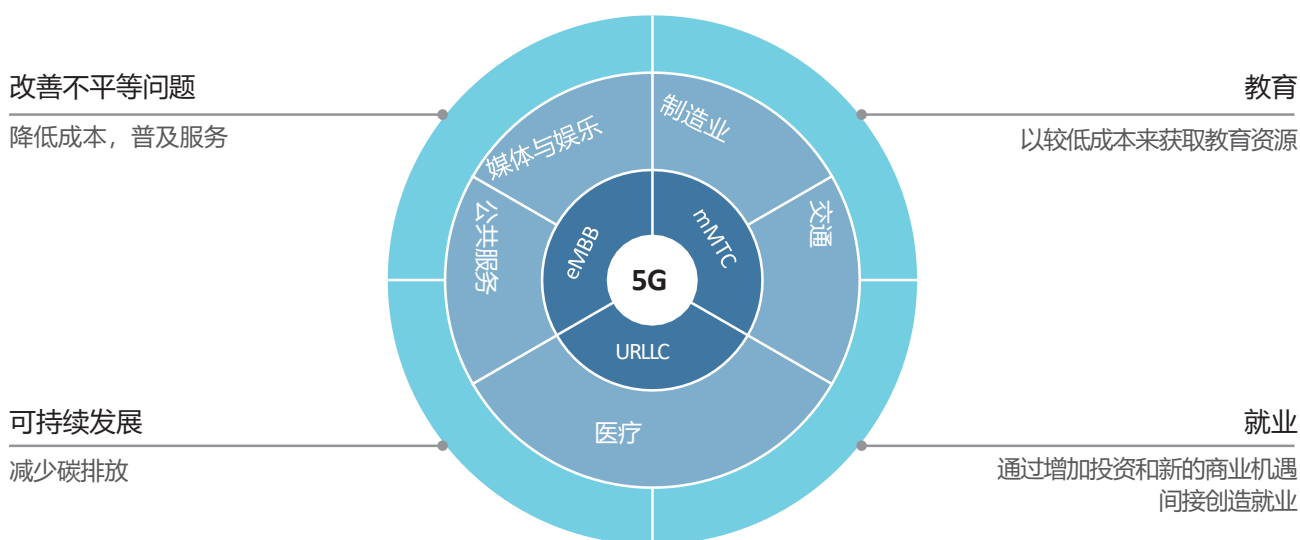




图表5: 2035年5G的全球经济产出 [占总量百分比, 2016年, 10亿美元]

资料来源: IHS Markit、罗兰贝格

5G为经济及消费者、家庭、企业和社区等带来了重大机遇。新技术带来的成本节约和效率提升有助于不少服务业务的普及。人们可以通过网络联接获取更多信息和教育资源。众多行业的新商机将促进投资和就业。通过扩大无线技术的应用范围并提高设备的自动化程度, 长期来看5G将有助于减少碳排放和保护自然资源。相比过往技术, 5G将更加包容、先进、成熟与强大。



图表6: 5G的社会经济影响

资料来源: 罗兰贝格

## 4.2 5G推动商业模式的创新、创造更多行业价值

有许多充满活力与商机的行业与5G密切相关，包括电信、媒体文娱、制造、交通、公共服务等，每个行业都有与之相关的业务和潜在用例，其中已经开始试点探索。

### 4.2.1 电信

电信行业企业最早把握住5G机遇，到2030年至2035年间，5G业务将贡献其大部分收入。5G技术有助于应对电信行业当前面临的一些问题，比如：数据量的增长。大容量的5G能提高向客户提供数据服务的效率。

#### 主要机遇

目前，运营商从本地试点开始，正在逐步实现全国5G网络覆盖。固定无线接入（FWA）可以帮助政府实现为家庭提供高质量、普遍宽带接入的目标，特别是在人口低密度的区域。作为云计算的演进，边缘计算使计算和数据存储更贴近用户位置。边缘计算在电信业务转型中发挥重要作用：运营商运营5G网络，因此在边缘计算业务中拥有优势。

#### 网络要求

4G可达到100 Mbps速率，5G预计将达到1 Gbps，这将改变电信行业的业务范围。通过5G的增强特性和高效，迈向万物互联将更加容易。

LTE-Advanced技术实现的固定无线宽带网络已经能够提供快速、高质量的连接。5G固定无线网络将达到新的高度，速度将接近1 Gbps<sup>6</sup>。

5G网络为多接入边缘计算（MEC）的部署提供环境。多接入边缘计算应用与5G系统交互，影响边缘计算应用的流量路由，并获悉相关事件，从而提高效率、改善最终用户体验。

用例	特定场景	URLLC (ms/% <sup>1</sup> )	eMBB (Mbps)	mMTC (密度)
通过智能手机接入增强移动宽带 (eMBB)	通过智能手机，获得更好的连接体验、更高的宽带速率	<20	100	低到中
	电视与视频服务	<20	100	低到中
固定无线接入 (FWA)	在人口密度较低的地区改善家庭宽带接入	<20	1,000	中
边缘计算	数据中心与用户之间的连接更紧密、更迅速	<20	1,000	低

资料来源：Ovum、华为、专家访谈

<sup>6</sup> Ovum, 固定无线接入：改变家庭宽带互联的面貌，2018年

## 市场进展洞察

5G网络服务和硬件将逐步替换目前的2G、3G和4G产品，预计到2035年占据约80%的市场。

固定无线接入（FWA）近期将成为5G的主要应用之一。5G固定无线接入的市场规模，有望从2019年不到10亿美元增长到2026年近500亿美元（年增长率为97%）。<sup>7</sup>

### 5G智能终端

- 2018年5月，华为与领先的瑞士运营商Sunrise宣布在瑞士推出5G智能终端。在Sunrise体验店内，通过华为室内覆盖系统实现5G覆盖。
- 通过华为Mate 20 X (5G) 智能手机，用户能够体验5G网络服务，每月收费10瑞士法郎（智能手机价格997瑞士法郎）
- Sunrise采用华为的端到端5G技术，包括网络和终端。Sunrise在瑞士的5G网络部署中领先，已经覆盖173个城镇。通过Sunrise网站能获得5G网络覆盖的最新信息。Sunrise拟2019年底实现瑞士全国5G覆盖。



资料来源：华为新闻稿

## 4.2.2 媒体文娱

媒体文娱是5G早期应用的领域之一，相关用例将迅速开展。5G可以支持高质量的视听服务以及社交媒体的实时视频共享。

### 主要机遇

随着5G网络部署，移动媒体收入将在未来十年内翻番，于2028年达到4200亿美元。5G将促进多播和高清移动视频的发展：通过安全、低时延的连接汇聚图像源，图像可在云端处理。

5G还将促进增强现实和虚拟现实的应用，从2021年到2028年，带来超过1400亿美元的收入。此外，5G可能释放立体3D内容及其生态的市场潜力。借助AR技术，游戏将会是5G创新的前沿应用。快速响应、高分辨率、实时流媒体有助于云游戏的发展。到2028年，5G移动游戏的年收入将超过1000亿美元。

长期来看，结合响应灵敏的触感穿戴设备和虚拟现实技术，5G能够支持触觉应用。这种全新的虚拟现实体验预计在2025年之前发展起来，到2028年能带来50亿美元的年收入。<sup>8</sup>



## 网络要求

随着数据量增加，5G不仅需要提供增强移动宽带，还要支持高密度的终端设备。不同网络技术的无缝衔接，将带来零中断的移动网络和服务体验。

用例	特定场景	URLLC (ms/% <sup>1</sup> )	eMBB (Mbps)	mMTC (密度)
高清流媒体	多播图像处理	<20	100	中至高
	高清移动视频	<20	100	中至高
增强现实与虚拟现实 (AR/VR)	实时增强现实服务	<20	100	中至高
	沉浸式游戏或培训	<20	100	中至高
	高阶虚拟现实功能 (触觉体验、3D全息显示)	<20	100	中至高

资料来源: WirelessX实验室、EUBEREC、华为

## 市场进展洞察

随着增强现实和虚拟现实的应用，5G自2022年将逐步释放出应用潜力。未来十年内，沉浸式体验与新媒体应用将形成规模。



### 韩国部署5G并迅速应用于虚拟现实和增强现实

- 韩国是最早发展5G的市场之一，也是首批推出5G AR和VR的国家之一。
- 2019年4月，韩国一半人口可以使用三家全国性运营商至少一家的5G网络，并体验早期版本的5G VR和AR。2019年6月，5G用户超过100万，用户增长速度快于4G。同时，部署于云端的5G VR/AR服务已经上线 (LG U+)。
- 三分之一的5G用户同时也是VR/AR的用户，后者使用率相当高。受移动视频模式 (流量管理、优先服务内容、专属穿戴设备) 的启发，5G AR/VR商业模式发展迅速。

资料来源: 华为新闻稿、LG U+、SKT、KT

<sup>7</sup> <https://www.globenewswire.com/news-release/2019/03/21/1758742/0/en/46-36-Bn-5G-Fixed-Wireless-Access-FWA-Market-by-Offering-Demography-Application-and-Region-Global-Forecast-to-2026.html>

<sup>8</sup> Ovum, 5G将推动媒体与娱乐业务转型

### 4.2.3 制造业

工业4.0的发展，离不开信息物理系统和物联网的推动；5G网络能够提供支持，使未来的工厂更为高效、互联、灵活。

#### 主要机遇

在工厂内部，5G使制造流程更加便捷，包括：提高生产线的效率（比如，在流程管理中应用机器视觉、高清视频）、连接工厂中的自动搬运车辆（比如，自动驾驶），以及利用高可靠低时延通讯低于5毫秒的时延实现机器控制。

在工厂外部，5G能够帮助制造业改进产品生命周期管理，比如：预测性维护、产品响应式设计。企业间的沟通也将更便利，可以实现低成本、端到端的货物跟踪，或者在模拟场景或协同设计中实现数据交换。

#### 网络要求

室内的制造流程对网络的要求非常严格。在工厂异构的网络环境中，为了保障连接的低时延和高可靠性，4G和5G技术需要进一步改进加强。

通过连接货物部件来开发利用产品生命周期的数据，需要有低功耗、高度自动化和低成本的新技术。

用例	特定场景	可用性	周期	典型载荷	终端数量	典型服务区域
动作控制	印刷机械	>99.9999%	< 2ms	20 bytes	>100	100mx100mx30m
	机械工具	>99.9999%	< 0.5ms	50 bytes	~20	15mx15mx3m
	包装机械	>99.9999%	< 1ms	40 bytes	~50	10mx5mx3m
移动机器人	协同动作控制	>99.9999%	1ms	40-250 bytes	100	< 1 km <sup>2</sup>
	视频操作远程控制	>99.9999%	10-100ms	15-150 kbytes	100	< 1 km <sup>2</sup>
移动控制面板	装配机器人或铣床	>99.9999%	4-8ms	40-250 bytes	4	10mx10m
	移动吊车	>99.9999%	12ms	40-250 bytes	2	40mx60m
流程自动化（流程管理）		>99.99%	> 50ms	各异	每千米10000个设备	

资料来源：5G-ACIA、ZVEI

#### 市场进展洞察

德国于2011年发布了为期15年的“工业4.0”计划，成为该领域的先行者。为此，德国政府支持科研、跨行业网络建设和标准化。

2018年，美国发布了“先进制造业的美国领导力”国家规划，开发新兴制造技术并进行制造业转型。当前，美国制造业产出占比全球产出的17%。<sup>9</sup>



### Worcestershire 5G测试平台

- Worcestershire 5G测试平台拟通过机器人、大数据分析和5G增强现实技术来提升生产效率。全球范围内的专家和合作伙伴参与其中，支持这一政府发起的项目。
- 该项目探索：
  - 提高制造业生产效率
  - 检测
  - 远程维护
  - 新模式——安全考量纳入制造业的流程设计当中
  - 培养下一代5G工程师

资料来源：英国政府、uk5G.com, zdnet.com

## 4.2.4 交通

汽车行业率先采用了众多连接技术。主要驱动力是汽车制造商致力于开发网联汽车，希望借助增强移动宽带（eMBB）与高可靠低时延通讯（URLLC）技术逐步向自动驾驶的长期愿景迈进。

### 主要机遇

在汽车行业，5G不仅能支持车联网通信，为自动驾驶奠定基础，也能支持车载娱乐服务。随着车联网进一步发展，位置、使用情况、性能、远程驾驶等数据的大量积累，车辆远程诊断、按行驶付费的保险、5G驾驶辅助服务等商业机会也将出现。前述用例还将向其它交通方式扩展，比如：轨道交通、空运、港口等。

### 网络要求

5G能够支持自动驾驶、V2X通讯、车载娱乐等用例，换言之，支持在移动环境中的实时、低时延数据交换。车联网的概念超出车与车之间的通信，还包括与基础设施（V2I）和行人（V2P）之间的通信，统称为车联万物（V2X）。其中，逐步得到推广的通信方案之一，即蜂窝车联网技术（C-V2X），蜂窝网指的是4G或5G。从Release 16标准开始，5G-V2X将增强性能，用于自动驾驶。具体而言，短距离直接通信将依赖5G（低时延和高带宽）。<sup>10</sup>

<sup>9</sup> 经济合作与发展组织（OECD）

<sup>10</sup> 5GAA, C-V2X部署时间表



用例	特定场景	URLLC (ms/% <sup>1</sup> )	eMBB (Mbps)	mMTC (密度)
车联万物 (V2X)	碰撞规避与紧急制动	<5		低
	智能交通系统 (车与基础设施互联)	<5		中
编队行驶	卡车运输系统	<5/ 99.99%	10	中
先进驾驶	利用仪表盘连接的摄像头观察前车路况	3/ 99.999%	30	中
远程驾驶	多路实时高清视频支持远程驾驶员远程控制	5/ 99.999%		中
车载娱乐服务	按需娱乐服务 交通管理 增强 GPS 天气与定位服务	10	>10	低
数据收集	按行驶付费保险		>10	中

资料来源: 华为、EUBEREC 1. 毫秒级时延, 可靠性百分比

## 市场进展洞察

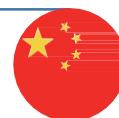
汽车制造商预计将于2019年开始生产配备蜂窝车联网通信芯片模组的汽车, 自2020年至2021年间投向市场。

宝马与标致雪铁龙已经公布了相关计划。福特也宣布自2022年初起, 所有美国售卖的新车将配备蜂窝车联网模组。3GPP Release 16版本标准新增了5G-V2X特性, 目前仍处于规范制定阶段。采用Release 16版本标准的车辆预计最早将于2021年问世。

车联网市场的成熟和商业本身有关系, 车联网可以有效地节约成本。比如, 卡车编队行驶可以降低10%的油耗。

### 5G远程驾驶

- 在上海举行的2017年移动世界大会上, 试验了普通乘用车通过5G技术实现远程驾驶。华为为上汽智能汽车 (iGS) 提供了5G无线解决方案, 中国移动提供了5G网络。
- 驾驶员距离车辆30多公里开外, 能完全操控汽车。车辆上安装的高清摄像头向驾驶员发回了多路实时高清视频流, 提供240度视角。
- 对方向盘、油门踏板和制动器的控制信号, 通过5G网络进行低时延传输。



资料来源: 华为新闻稿

## 4.2.5 公共服务

全球对优质医疗服务的需求持续增长，但服务成本由2000年占国内生产总值8.5%持续攀升至2016年占10%以上。

<sup>11</sup>5G能够帮助带来持续的健康收益，改善生活质量。

### 主要机遇

在医疗领域，5G结合大规模物联网和增强移动宽带，能够实现远程医疗，实现远程诊疗（比如，患者在家透析，或远程控制医疗设备）。通过5G技术，远程医疗和医疗设备联网成为可能。

### 网络要求

智能急救车、遥感网络和其它可穿戴设备，都需要高速率、低时延的数据传输。

用例	特定场景	URLLC (ms/% <sup>1</sup> )	eMBB (Mbps)	mMTC (密度)
智能用药	远程处方，网络用药	<10	<10	高
	增强处方：多点互联、远程医疗	100	10	中
无线远程手术	机器人无线远程手术	<1/ 99,999%	10-15	低
医院资产管理	医院内追踪设备位置与使用情况	100	<10	高

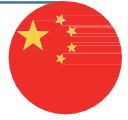
资料来源：WirelessX Labs、EUBEREC、华为、专家访谈

1. 毫秒级时延，可靠性百分比

### 市场进展洞察

据预测，5G应用于公共服务领域，有望在7到10年内形成规模。目前，大部分试点项目是远程医疗、或者现有医疗网的延伸，便于规模化（比如，视频）。

<sup>11</sup> 世界银行：世界健康组织全球健康花费数据库



### 5G远程手术

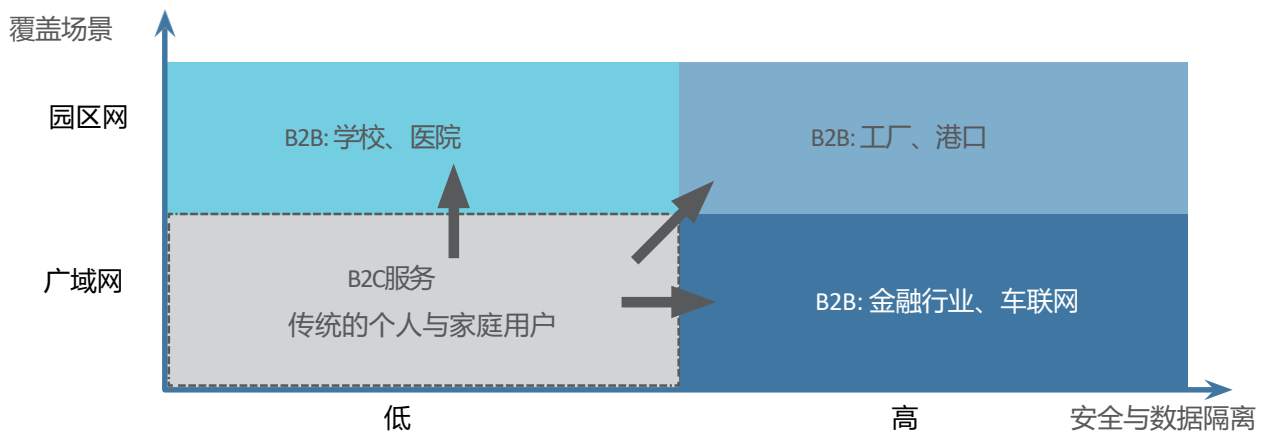
- 华为、中国联通、福建医科大学孟超肝胆医院、苏州康多机器人有限公司合作开展了一项5G远程手术试验。
- 外科医生通过5G实时传输进行操作，手术机器人同步对实验动物进行肝叶切除。5G网络承载着控制链路和两条视频链路。
- 整个手术耗时约60分钟，时滞极小。手术切口整齐，过程无大出血。术后实验动物的生命体征稳定。
- 外科医生对5G网络的反馈相当正面：“我对5G网络的体验是，和光纤承载的高清视频体验一致”。



资料来源：华为新闻稿

## 4.3 试点项目孵化新的商业模式，多方共同提供创新服务

5G的出现引发了网络产业的变革，改变了电信运营商的传统商业模式。运营商和行业相关方将合作构建新的价值模型。



图表 7：运营商的新业务机会

资料来源：华为，罗兰贝格

5G技术使服务和最终用户更加多元化，为运营商和行业相关方开启了新的商业模式。如今，运营商面临着更为多样化的需求：加强网络安全和隔离（比如，工厂中的数据隐私），在关键区域提供本地深度覆盖。运营商和行业相关方的合作将进一步深化，按需建设网络。

基于公网的模式行之有效。网络可为运营商所有，也可由提供网络切片服务和/或接入服务的企业所有。垂直行业企业可以借助切片技术利用公网，而无需承担建设私网的成本。运营商应建设能够满足最终用户需求的网络，做好数据的隔离和管理。



# 05

5G生态系统的健康、高产和相辅相成，有助于可持续创新

## 5.1 政府与监管机构应制定5G规划和方案，提供透明的监管政策

政府构建监管环境，支持5G发展：

- 参与国际标准化进程
- 梳理流程，及时发放频谱，推动基础设施部署
- 调整电信和垂直行业的监管政策，满足5G需求
- 共享公共基础设施
- 鼓励开展5G实验（如，经济激励、组织相关方等）

由于基础设施是产业发展的基础，监管工作应侧重于为5G基础设施提供合理的制度框架。



图表8：5G国家战略

资料来源：罗兰贝格

## 5.2 完善对不同行业的监管，实现机构间的合作

5G应用的领域涉及众多相关方，面向行业的监管也由此需要更新。电信监管机构和其它垂直行业的监管部门应密切合作，给予监管政策支持，在确保安全的同时创造商机。

例如，交通（如，自动驾驶）和医疗（如，远程手术）在归责方面需要政策法规的具体规定。同时，监管需要跨政府机构间的合作。

### 5.3 利益相关方需互相协调，构筑5G潜在应用、商业模式和生态所需的能力

行业组织应与研究机构、运营商、设备供应商和其它行业相关方开展合作，实现共同目标：

- 了解并对齐垂直行业的需求
- 标准化垂直行业的需求
- 探索行业用例和商业模式，并推动先进性研究

在合作和协调发展5G方面，部分行业走在了前列：

- 5GAA（5G汽车协会）与欧洲监管机构协同推进蜂窝车联网技术。行业利益相关方合作开发了白皮书，说明应用场景、路线图和关键技术要求。
- 5G-ACIA（5G产业自动化联盟）成立于2018年，旨在实现5G工业应用。
- 5G AIA（5G应用产业方阵）致力于商用化行业用例，分为5个垂直行业工作组，协调各自行业的产业价值链。同时，该行业组织设立了投融资组，为5G试点项目提供孵化基金。

# 06

## 词汇表

3GPP: 第三代合作伙伴计划

5G-ACIA: 5G产业自动化联盟

5G AIA: 5G应用产业方阵

5GAA: 5G汽车协会

API: 应用程序接口

B2B: 企业对企业

B2C: 企业对消费者

CAPEX: 资本支出

CAPIF: 通用应用程序接口框架

C-V2X: 蜂窝车联网通信

DSRC: 专用短程通信技术

eCAPIF: 增强通用应用程序接口框架

FDD: 频分双工

FRMCS: 未来轨道移动通信系统

FWA: 固定无线接入

IMT-2020: 第五代移动通信技术

ITS: 智能运输系统

ITU: 国际电信联盟

ITU-R: 国际电信联盟无线电通信部门

LGA: 平面网格阵列封装

LTE-A: 进阶长期演进技术

MC: 关键任务

MEC: 多接入边缘计算

MIMO: 多输入多输出技术

mIoT: 大规模物联网

mMTC: 大规模机器类通讯

MNOs: 移动网络运营商

NR: 新无线电

OPEX: 运营成本

PDC: 个人数字蜂窝

SDOs: 标准开发组织

TDD: 时分双工

TSG: 技术规范组

V2V: 汽车互联

V2X: 车联万物/汽车与其它互联

WLAN: 无线局域网

WRC: 世界无线通信大会

WTTx: 固定无线接入

XR: 扩展现实



版权所有©华为技术有限公司 2019。保留一切权利。

非经华为技术有限公司书面同意，任何单位和个人不得擅自摘抄、复制本手册内容的部分或全部，并不得以任何形式传播。

#### 商标声明

 HUAWEI  是华为技术有限公司商标或者注册商标。在本手册中以及本手册描述的产品中，出现的其它商标，产品名称、服务名称以及公司名称，由其各自的所有人拥有。

#### 免责声明

本文档可能含有预测信息，包括但不限于有关未来的财务、运营、产品系列、新技术等信息。由于实践中存在很多不确定因素，可能导致实际结果与预测信息有很大的差别。因此，本文档信息仅供参考，不构成任何要约或承诺，华为不对您在本文档基础上做出的任何行为承担责任。华为可能不经通知修改上述信息，恕不另行通知。

**华为技术有限公司**

深圳龙岗区坂田华为基地

电话：+86 755 28780808

邮编：518129

[www.huawei.com](http://www.huawei.com)