



5G 毫米波在中国的机遇

2020年3月





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,超过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的信息,请阅览www.gsma.com。

在Twitter上关注GSMA:[@GSMA](https://twitter.com/GSMA)或在微信上搜索“GSMA集伺盟”关注我们。



TMG是一家专业的信息与通信技术产业咨询公司。在过去的25年多里, TMG在ICT政策和监管议题上协助了全球很多的政府和私营机构。我们的团队关注为客户提供关于技术与市场趋势,移动服务,频谱政策与管理,宽带和ICT战略,经济分析与评估等的专业分析和策略。

更多信息请阅览www.tmgtelecom.com。

目录

1.	引言	2
2.	毫米波在中国的潜在优势	4
3.	5G 毫米波在中国的技术考量因素	6
3.1.	5G 频谱要求	7
3.2.	5G 生态系统的发展	8
3.3.	解决垂直行业的频谱需求	8
3.3.1.	频率共享协议	8
3.3.2.	预留频谱	9
4.	案例研究	10
4.1.	工业 4.0 – 制造业	12
4.2.	互联交通	15
5.	结语	18

1. 引言



5G 具备更高的速度和更低的时延, 能为以往移动技术难以支持的新型应用提供前所未有的支持。这些 5G 网络需要结合使用 3 个不同频段的频率 (低于 1 GHz、1-6 GHz 和高于 6 GHz) 以便最大程度发挥其功能。每个频段都能提供不同的性能特征, 以帮助中国实现其 5G 愿景。而后一段 (24 GHz - 86 GHz) 5G 毫米波频谱的分配将为大量 5G 应用需求提供所需的扩展带宽和性能。这一频谱范围预期将发挥重要作用, 以满足增强移动数据服务和新型应用的需求。

中国正在迅速成为 5G 技术的领导者之一，并在 2019 年成为第一批宣布开展商业部署的国家之一。¹ 在此基础上，中国目前还在更加深入地了解 5G 毫米波的潜在影响，并积极探索有利于发展和促进 5G 生态系统的最佳监管方案。在这一阶段，中国应考虑近期的国际动向，例如，2019 年国际电信联盟 (ITU) 的世界无线电通信大会 (WRC-19) 确定了 24 GHz 至 86 GHz 之间的毫米波频段将用于国际移动通信 (IMT)。其中包括 24.25 - 27.5 GHz、37 - 43.5 GHz、45.5 - 47 GHz、47.2 - 48.3 GHz 和 66 - 71 GHz 频段。这其中大约 85% 为国际协同频谱，意味着全球产业朝 5G 毫米波的最佳性能和规模经济影响最大化迈出了坚实的一步。²

为了最大限度地发挥 5G 毫米波的优势，某些监管措施至关重要。移动网络运营商 (MNO) 需要对授权式频谱拥有可靠且可预测的长期使用权，以证明部署网络所需的大量投资是合理的。对于毫米波频谱，中国监管机构应考虑为每个运营商分配约 1 GHz 带宽的连续频谱，以此为数据密集型应用的额外需求提供支持。

此外，在考虑频谱预留和强制性共享制度等潜在替代方案时，中国政策制定机构应仔细考虑这些方案将如何影响 5G 服务的成功。更重要是确保不会出现频谱未被充分利用的风险，并保证频谱的分配不会妨碍运营商提供 5G 全部性能的能力，包括对工业应用的支持。与此同时，在使能 5G 在各垂直行业的应用的同时应相应平衡保障运营商具有可预见的频谱使用权，这对提供更大带宽和更高质量的 5G 服务来说至关重要。

新的用例将推动 5G 毫米波的发展并助力该技术带来巨大的社会效益。鉴于制造业在中国经济中的主导地位，利用 5G 毫米波的工业应用将为中国提供推动经济增长的绝佳机会。在有关工业 4.0 和交通运输的案例研究中，本报告进一步详细介绍了未来的机遇。

关键点：



- * 监管机构应分配较大且连续的毫米波频段，以支持数据密集型 5G 应用。
- * 移动网络运营商必须针对授权式频谱具有可预测的长期使用权，以保护网络投资并实现速度和容量目标。
- * 应仔细考虑频谱预留方案和强制性共享制度，以避免频谱利用率不足、破坏公平频谱发放，以及降低 5G 服务质量。

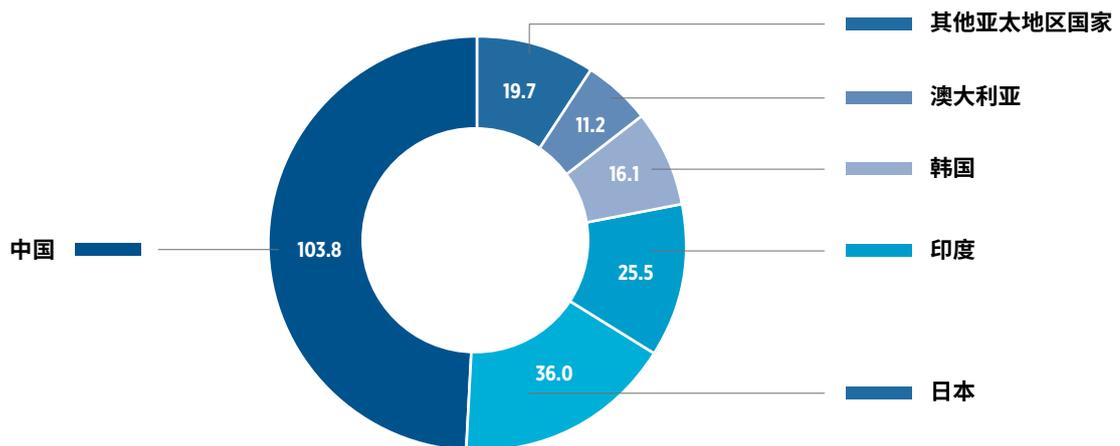
1. BBC 于 2019 年报道“中国推出了世界最大规模的 5G 网络之一”，详情参阅 <https://www.bbc.com/news/business-50258287>。

2. ITU 于 2019 年报道“WRC-19 确定其他 5G 频段”，详情参阅 <https://news.itu.int/wrc-19-agrees-to-identify-new-frequency-bands-for-5g/>。

2. 毫米波在中国的潜在优势

中国是 5G 的先行者,于 2019 年宣布了商用 5G 服务的初步部署。作为 5G 的领跑者,预计中国也将在其 5G 网络中使用毫米波频段。预计到 2034 年,在中国使用毫米波频段所带来的经济受益将产生约 1040 亿美元的效应。这大约占亚太地区毫米波频段预估贡献值(预计将达 2120 亿美元)的一半。亚太地区其他有可能的先行国家包括澳大利亚、印度、日本和韩国,这些国家加上中国将大约占该地区 5G 毫米波产生总 GDP 贡献的 90% (请参阅图1)。

图1.截至 2034 年的亚太地区 5G 毫米波 GDP 贡献结构



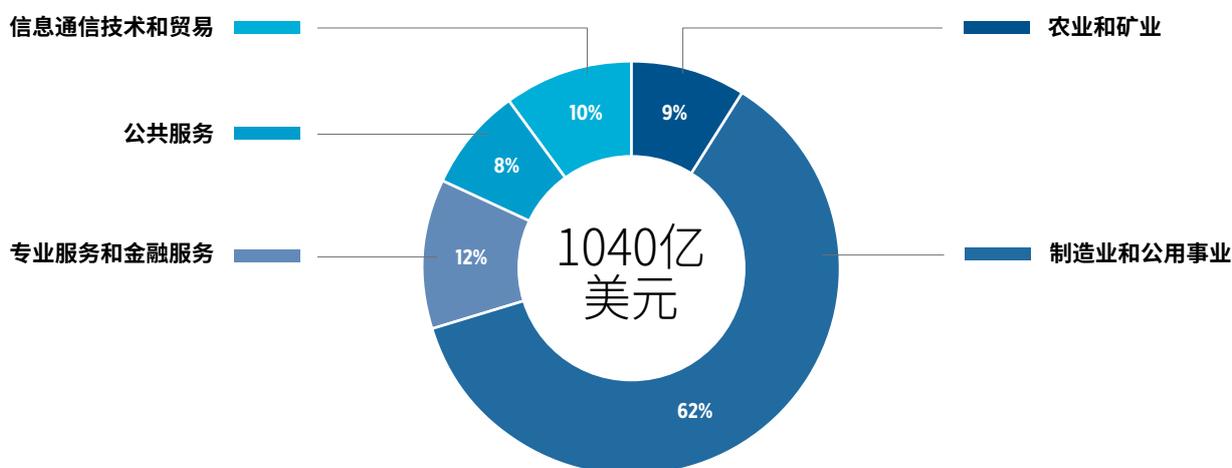
来源:TMG,基于 GSMA 和 TMG (2018),“毫米波频段提供的 5G 服务的社会效益研究”,
<https://www.gsma.com/spectrum/wp-content/uploads/2019/01/5G-mmWave-benefits.pdf>。

考虑到 5G 毫米波对中国 GDP 的预期贡献,垂直行业领域中的制造业和水电等公用事业是目前可见贡献最大的行业,占贡献总数的 62%;其次是专业服务和金融服务,占 12%;信息通信和贸易,占 10%;然后是农业和矿业,最后是公共服务(请参阅图2)。考虑到中国在全球制造业中的重

要性,制造业在中国 GDP 中的主导地位是可以预期的。随着 5G 毫米波的使用不断增长,这种经济优势加上 5G 毫米波的众多潜在工业应用,将为垂直行业对 GDP 的重大影响做出贡献。

3. 这些数字基于 2018 年 GSMA 报告“毫米波频段提供的 5G 服务的社会效益研究”,该报告研究了 15 年内(2020-2034 年)毫米波频谱的社会经济影响。有关详细信息,请访问以下链接参阅完整报告:<https://www.gsma.com/spectrum/wp-content/uploads/2019/01/5G-mmWave-benefits.pdf>。所报告的数字是 15 年间的累积数字,到 2034 年为止。

图2. 2034 年中国垂直行业 5G 毫米波 GDP 贡献结构

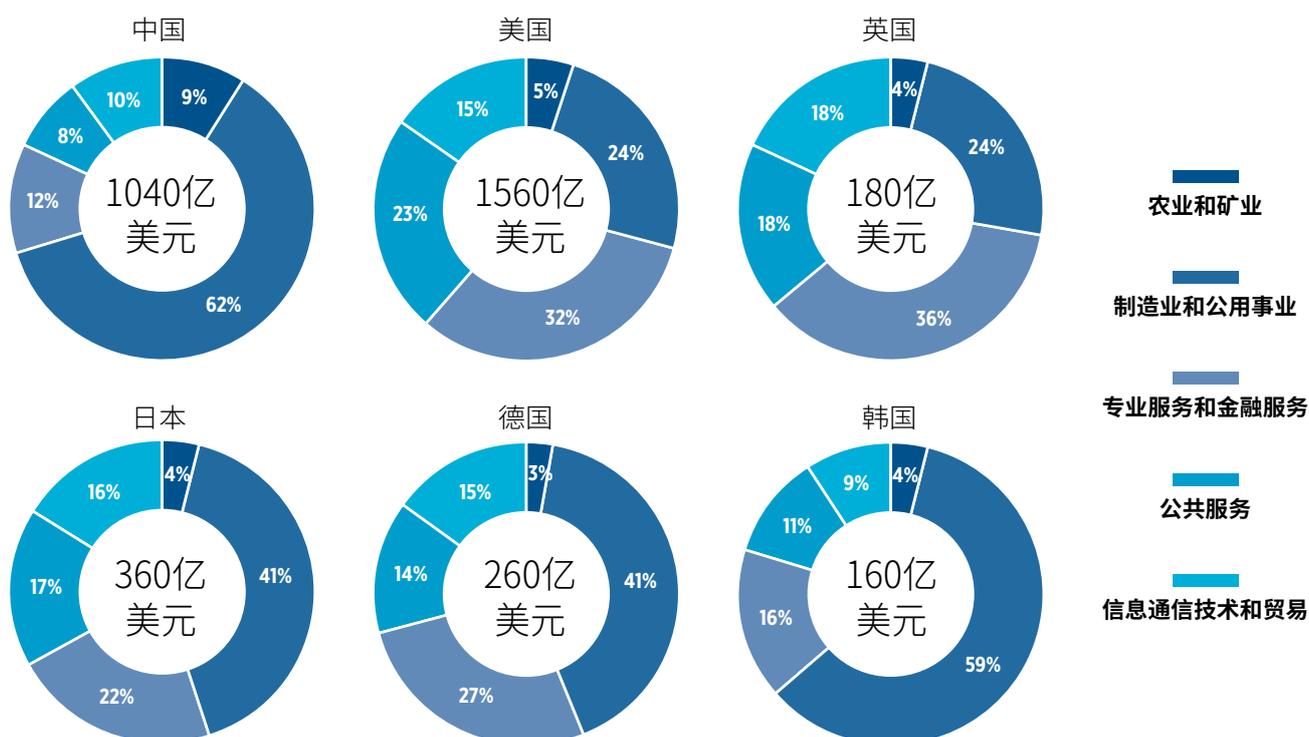


来源: TMG, 基于 GSMA 和 TMG (2018), “毫米波频段提供的 5G 服务的社会经济效益研究”, <https://www.gsma.com/spectrum/wp-content/uploads/2019/01/5G-mmWave-benefits.pdf>.

与预期在全球引领 5G 部署的其他国家 (例如, 德国、日本、韩国、英国和美国) 相比, 中国 5G 毫米波对国内 GDP 的预期贡献将仅次于美国, 这两个国家的贡献值分别为 1040 亿美元和 1560 亿美元 (请参阅图3)。在中国、德国、韩国和日

本, 由于 5G 毫米波, 制造业和公用事业领域对国内生产总值的贡献所占比例最大, 而专业服务和金融服务领域则是美国和英国的最大贡献领域。

图3: 中国与其他 5G 引领国家的 5G 毫米波 GDP 贡献对比



来源: TMG, 基于 GSMA 和 TMG (2018), “毫米波频段提供的 5G 服务社会经济效益研究”, <https://www.gsma.com/spectrum/wp-content/uploads/2019/01/5G-mmWave-benefits.pdf>.

3. 5G 毫米波在中国的技术考量因素



3.1. 5G 频谱要求

5G 不仅仅是更快的 4G 技术。5G 丰富了使用，令其更加多样化，包括超可靠的低时延应用，并支持各种物联网 (IoT) 服务。这就需要多样化的频谱 - 低、中、高频段的组合，以便将频谱用于提供最大价值的服务或应用。借助 5G，每个频段范围都在整个 5G 生态系统中扮演着不同的角色，从而让移动网络运营商以最佳的组合形式提供覆盖范围和容量。此外，5G 将启用新服务和设备、连接新领域，并创造新的用户体验。

认识到不同频谱频段组合的重要性，中国已经在推动 5G 部署的初始阶段方面取得了长足的进步，特别是在 6 GHz 以下的频段。2018 年 12 月，中国工业和信息化部 (MIIT) 向中国电信、中国移动和中国联通发放了频段为 2.6 GHz、3.5 GHz 和 4.8 GHz 的 5G 网络试验频率使用许可。2019 年 6 月，工信部向三大运营商以及一家新的运营商 - 中国广电颁发了 5G 商业牌照，以允许在全国范围内开始商用 5G 服务。⁴

在 WRC-19 期间，两个 5G 毫米波频段获得了成员国的最大支持 - 24.25-27.5 GHz 和 37-43.5 GHz 频段。在 WRC-19 上达成的协议还包括了为 24.25-27.5 GHz 频段设置的带外发射限值，而该协议正在推动该频段的标准化和生态系统发展。在此基础上，中国的下一步将要考虑如何将毫米波频段纳入国家 5G 频谱政策框架，包括频谱的发放工作。在行政分配 2.6 GHz、3.5 GHz 和 4.8 GHz 频段的工作中，中国采取了有利于投资的方案，即在最初几年免去频谱费用。其他市

场也采取了类似的方法。在香港，运营商获得了 26 GHz 和 28 GHz 频段的直接许可，并且在两个频段的使用率达到 75% 之前都不支付频谱费用。⁵ 同样，在日本，总务省 (MIC) 为运营商分配了 3.7 GHz、4.5 GHz 和 28 GHz 频谱，以换取网络投资和部署承诺。⁶ 参考这些示例，中国应该通过免频占费的行政方式来分配毫米波频谱，或者至少像之前对其他频谱频段那样免除前几年的频占费。另一种可参考的办法是通过措施激励 (例如，部署承诺) 以换取更多的频占费的减免。这三种分配方法中的任意一种都将在帮助在最大程度上鼓励投资和网络部署。

频谱的协同对于 5G 网络仍然很重要，正如每个运营商在每个频率范围内都有足够的频谱可供使用。例如，ITU IMT 愿景对于 5G 网络功能的展望表明，5G 赋能的移动宽带系统应实现 10 Gbps 的数据传输容量。这类场景很可能是因其作为热点而不需要广泛的覆盖范围，所以最好由 24 GHz 以上的频段提供。在广阔的城市和郊区覆盖范围内，5G 被期望能为客户带去至少 100 Mbps 的速度体验，此速度最适合 6 GHz 以下的频段。⁷ 请注意，需要使用不同的 5G 频段来满足特定要求，并充分利用 5G 网络的全部能力，每个中国运营商都应至少具有以下频谱资源：

- 80-100 MHz 的中频段连续频谱 (例如，3.5 GHz 频段)，以及
- 在毫米波频段内至少为 1 GHz 的频谱。

因此，中国的国家法规能符合这些国际建议非常重要。

4. 以上对象和工信部 (2019), “中国 5G 的发展和战略”, <https://static1.squarespace.com/static/5bf2b77d75f9eefcd937cb5c/t/5d1a20eb11a9570001f95d65/1561993455970/5.+Julin+LIU.pdf>.

5. OFCA (2019), https://www.ofca.gov.hk/filemanager/ofca/en/content_1127/26_28_GHz_Successful_Applicant_Notice.pdf.

6. MIC (2019), “审批计划以打开特定的基站，用于引进第五代移动通信系统”, https://www.soumu.go.jp/menu_news/s-news/01kiban14_02000378.html. MIC (2019), “审批特定基站的建设计划，以引入 5G 移动通信系统 (5G) (概览)”, https://www.soumu.go.jp/main_content/000613734.pdf.

7. ITU-R M.2083-0 建议 (2015), “IMT 愿景 - 2020 年及未来 IMT 发展的框架和总体目标”, 第 14 页 <https://www.itu.int/rec/R-REC-M.2083-0-201509-l/en>.

3.2. 5G 生态系统的发展

中国认识到 5G 设备生态系统发展的重要性，并注意到 5G 芯片和模块尚未实现全行业标准化。⁸ WRC-19 确定了在国际范围使用每个毫米波频段的技术条件，从而为继续标准化以支持设备生态系统的发展铺平了道路。

多项与 5G 相关的标准化工作正在进行中。除了国际电联在超越 2020 的国际移动通信 (IMT-2020) 方面的工作外，第三代合作伙伴计划 (3GPP) 也正在更新 5G 新空口 (5G NR) 的使用规范。该规范最初在第 15 版中引入，并创建了一个全球标准以允许从 2019 年开始实施商用 5G。⁹ 国际电联正在开展将 3GPP 标准考虑在内的相关工作。定义 IMT-2020 规范的过程应在 2020 年底之前完成。¹⁰

亚洲、欧洲和北美的一些国家和地区已经授予运营商 5G 毫米波牌照。根据全球移动供应商协会 (GSA) 的数据，在 2019 年，所发布的 5G 设备数量迅速增长，跟上了世界各地运营商推出首批商业 5G 服务的步伐。到 2020 年 1 月，已经发布了 200 多种 5G 设备，其中三分之一已经支持部分毫米波频段 (26.5-29.5 GHz、27.5-28.35 GHz、37-40 GHz 和 66-71 GHz)。¹¹ 这表明日益发展的 5G 毫米波设备生态系统已经可以支撑在中国的商用。

3.3. 解决垂直行业的频谱需求

工业和信息化部于 2019 年 12 月发布的“5G + 工业互联网”计划强调了政府对实现工业 5G 应用承诺的信心。¹² 5G 毫米波确实有潜力通过关键行业垂直领域中的工业应用为中国带来巨大利益。考虑到这些工业应用，已提出某些替代频谱管理方法作为参考，例如，频谱共享和预留。¹³ 中国决策者在做出任何决定之前都应认真思考这些潜在的替代方案可能会对 5G 服务和应用的成功产生什么影响。

3.3.1. 频率共享协议

监管机构可以选择支持产业自愿的频率共享协议，也可以选择强制共享以实现特定的政策目标。在自愿频谱共享协议中，运营商可以选择与传统或非典型的电信服务提供商

共享频谱。此选项可以促进一些超快速 5G 服务并提升频谱的使用效率。通过这种方式，运营商就可以保持对授权式频谱使用的确定性，并且可以有效地使用频谱，以更好地促进提供广泛、高质量的 5G 服务和应用，包括针对垂直行业等非传统频谱用户的服务和应用。在强制性频谱共享协议中，根据定义的标准，移动网络运营商有义务与特定用户共享频谱。与自愿协议不同的是，由于运营商有义务与其他用户共享频谱，因此减少了运营商可使用的授权式频谱的数量。此种频谱的减少可能会限制移动网络运营商提供优质服务，从而降低频谱对运营商的价值。因此，鉴于这些潜在的弊端，中国决策者应谨慎考虑强制与例如垂直行业用户的频谱共享。

8. 中国政府 (2019), 正在逐步实现“5G + 工业互联网”目标。

9. 3GPP (2019), “第 15 版”, <https://www.3gpp.org/release-15>。

10. ITU (2012), “国际电信联盟将在 2020 年及未来实现国际移动通信目标”, <https://www.itu.int/en/ITU-R/study-groups/rsg5/rwp5d/imt-2020/Pages/default.aspx>。

11. GSA (2020), “5G 设备生态系统”, <https://gsacom.com/paper/5g-device-ecosystem-report-february-2020/>。

12. 中国政府 (2019), 正在逐步实现“5G + 工业互联网”, 最初由《经济日报》发布, https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&rurl=translate.google.com&sl=zh-CN&sp=nmt4&tl=en&u=http://www.gov.cn/xinwen/2019-12/02/content_5457468。

13. 工信部 (2019), “中国 5G 的发展和战略”, <https://static1.squarespace.com/static/5bf2b77d75f9eefcd937cb5c/t/5d1a20eb11a9570001f95d65/1561993455970/5.+Julin+LIU.pdf>。另请参阅, 例如, 工信部的最新新闻稿, 工信部 (2020), “信息技术开发部参加了 2020 年中关村工业互联网创新解决方案峰会”, <http://www.miit.gov.cn/n1146290/n1146402/n1146440/c7622172/content.html>。



3.3.2. 预留频谱

用于特定行业案例或垂直行业领域的预留频谱也有被讨论过。值得注意的是，一些垂直行业可能主张使用专用频谱，以支持其专用网络中的高级宽带功能，包括直接访问对 4G 和 5G 网络至关重要的频段。政府的“5G+工业互联网计划”表明，争取适当的平衡以支持 5G 工业应用是政府的首要任务。¹⁴ 至关重要的一点是，中国必须找到适当的平衡点，以确保移动网络运营商能够可靠地访问毫米波频谱，同时提供连接以支持行业垂直领域的一系列广泛的 5G 工业应用。

在中国，在毫米波频谱中专门为非传统运营商预留频谱存在一些风险。其中包括：

- 频谱未被充分利用的风险；
- 毫米波频谱的公平分配和使用可能会受到损害，因为在明显不同的条件和义务下，更多用户需要进一步协调，并可能与移动网络运营商竞争；而且
- 由于可用的毫米波频谱较少，可能会限制国家移动网络运营商实现全部 5G 功能和用例。

5G 网络的一个主要组成部分是通信运营商支持中国众多垂直行业需求的能力，包括为特定的 5G 应用类别设置特定的网络参数。这样，不给垂直行业在毫米波频段内预留频谱也能满足他们的需求。为了实现政府的“5G+工业互联网”计划目标，应为中国移动运营商提供足够的毫米波频谱，以便他们更好地部署 5G 网络。除了 5G 技术的技术能力外，移动网络运营商还具有专业知识，不仅能够支持工业应用，还能最好的维护网络以持续提供服务，从而满足不同垂直行业的质量和部署要求。¹⁵

5G 支持针对特定用途（例如，网络切片）的流量管理新方法，以为不同的用户或群体提供适当的服务质量（关键任务、公共安全、无源传感器、消费者宽带），使通信运营商为特定的垂直行业用户提供最佳支持。因此，鉴于 5G 对中国的重要性，关键在于决策者确保移动运营商获得毫米波频谱以促进使用。

14. 毫米波可以大大提高 5G 网络的容量和时延能力。首先，基于毫米波频谱里更大的带宽，工业自动化的广泛实施将受益于额外的容量，特别是要求高度精确的流程。5G 毫米波还将支持每个自动机器人将产生或接收的大量数据，以及这些机器人在密闭区域中的密度。其次，鉴于连接丢失或时延可能带来的负面安全隐患，所以在运输环境中，维持高速连接的稳定性至关重要。由于预计网联汽车的数量会出现增长，尤其是在人口稠密的城市地区，所以带来的传输数据量将是巨大的，这使得毫米波变得更加重要。与平均移动数据使用量相比，网联汽车的数据量预测预计会大幅增加：英特尔预测，无人驾驶汽车每天将传输 4 TB 的数据，而 ITS 汽车公司预测，普通汽车每天将传输多达 30 TB 的数据。

15. 此外，移动数据量有望继续增长，并且对移动网络提出更多要求。随着传输数据量的不断增加，额外的毫米波频段容量对于网络来说将变得更加必要。因此，在 5G 中添加毫米波频段有助于使网络变得更加“面向未来”，以应对未来几年不断增长的移动数据流量。

4. 案例分析



如上所述,低、中、高频段频谱将各自在 5G 网络中发挥关键作用。中低频段频谱 (6 GHz 以下) 具有广泛的覆盖能力,但是其中已有很多的频谱用户,无法提供较大且连续的带宽,这也降低了它们的总容量。高频段(例如,毫米波频段)针对每个蜂窝基站具有较小的覆盖区域,但其中现有其他频谱用户比较少,可以提供更多连续的带宽和相应额外的容量。¹⁶ 因此,低频段对于提供广泛的覆盖范围和连续服务而言至关重要,而毫米波频谱将是为 5G 网络带来更多容量和更高吞吐量的关键。这些增加的容量和高吞吐量功能将支持 5G 预计的数据密集型和低时延应用的使用需求。应该注意的是,尽管在某些情况下较低频段也可以为这些应用可以提供支持,但是在考虑到应在特定区域内支持的大规模连接设备时,毫米波的潜力才真正发挥作用,例如,下面这两个用例所描述的内容。

毫米波可以大大提高 5G 网络的容量和时延能力。首先,基于毫米波频谱里更大的带宽,工业自动化的广泛实施将受益于额外的容量,特别是要求高度精确的流程。¹⁷ 5G 毫米波还将支持每个自动机器人将产生或接收的大量数据,以及这些机器人在密闭区域中的密度。其次,鉴于连接丢失或时延可能带来的负面安全隐患,所以在运输环境中,维持高速连接的稳定性至关重要。由于预计网联汽车的数量会出现增长,尤其是在人口稠密的城市地区,所以带来的传输数据量将是巨大的,这使得毫米波变得更加重要。与平均移动

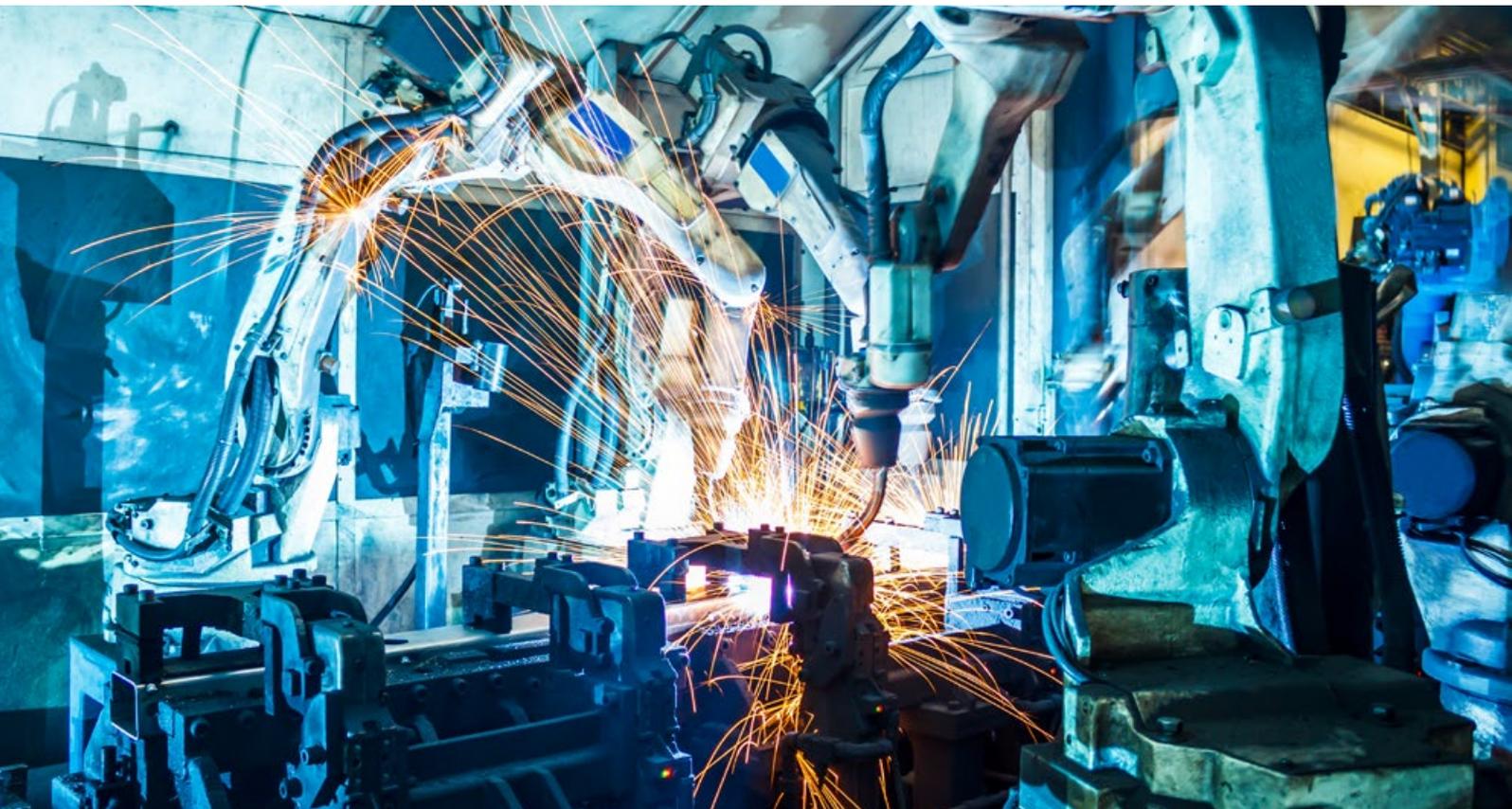
数据使用量相比,网联汽车的数据量预测预计会大幅增加:英特尔预测,无人驾驶汽车每天将传输 4 TB 的数据,而 ITS 汽车公司预测,普通汽车每天将传输多达 30 TB 的数据。¹⁸

此外,移动数据量有望继续增长,并且对移动网络提出更多要求。随着传输数据量的不断增加,额外的毫米波频段容量对于网络来说将变得更加必要。因此,在 5G 中添加毫米波频段有助于使网络变得更加“面向未来”,以应对未来几年不断增长的移动数据流量。

16. 另请参阅 Rangan, S. 等。(2014)“毫米波蜂窝无线网络:潜能与挑战”,<https://ieeexplore.ieee.org/document/6732923>。

17. Semiar, O. 等。(2018)“集成毫米波和 6 GHz 以下的无线网络:超可靠的低延迟通信路线图”,https://www.researchgate.net/profile/Mehdi_Bennis/publication/323141860_Integrated_Millimeter_Wave_and_Sub-6_GHz_Wireless_Networks_A_Roadmap_for_Ultra-Reliable_Low-Latency_Communications/links/5a8d25e5a6fdcc786eb06393/Integrated-Millimeter-Wave-and-Sub-6-GHz-Wireless-Networks-A-Roadmap-for-Ultra-Reliable-Low-Latency-Communications.pdf。

18. 英特尔 (2016)“数据是自动驾驶未来的新‘石油’”,<https://newsroom.intel.com/editorials/krzanich-the-future-of-automated-driving/#gs.w50hec>。SAS (2015) 中提到的 HIS Automotive 公司预测,“互联车辆:大数据,大商机”,https://www.sas.com/content/dam/SAS/en_us/doc/whitepaper1/connected-vehicle-107832.pdf。



4.1. 工业 4.0 – 制造业

如本节 2 所述,中国的制造业是毫米波频谱对 GDP 预计影响的最大贡献领域,占总数的 62%。5G 毫米波技术的潜力为促进工业 4.0 发展以及提高效率和生产力提供了大量机会。政府同样看到了 5G 工业应用的潜力,旨在通过其“5G + 工业互联网”计划来促进工业 5G 应用创新,并开拓至少 20 种典型的工业应用场景。¹⁹

中国已经是智能制造部署方面的全球领先者,通过在制造过程中使用互联设备,其中越来越多的公司已经创造了更

高的利润。²⁰ 此外,在工业机器人的需求方面,中国也处于领先地位,在 2017 年就已占全球市场的 20%。²¹ 中国处于利用智能制造的有利地位,因为相对于欧洲和美洲的制造中心而言,中国相对较新的工厂更容易部署和改造工业机器人流程。²² 毫米波频谱可通过提供高容量、低时延的无线连接,为制造商提供必要的网络条件,以实现互连设备和自动流程的全部潜力。多种 5G 毫米波应用可以帮助实现工业 4.0 的 5G 潜力,包括远程控制系统、工业机器人、远程监控和质量控制以及自主工厂运输(请参阅表 1)

19. 中国政府 (2019),正在逐步实现“5G + 工业互联网”,最初由《经济日报》发布, https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&rurl=translate.google.com&sl=zh-CN&sp=nm4&tl=en&u=http://www.gov.cn/xinwen/2019-12/02/content_5457468.htm&xid=17259,15700023,15700043,15700186,15700190,15700256,15700259,15700262,15700265,15700271&usg=ALkJrhiXjGTda8p7G44cnpOFD7QqDexg (2019 年 12 月 12 日,网址为:www.gov.cn)。

20. 德勤 (2018),“中国智能制造:长期稳步推进”, <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/cn/Documents/energy-resources/deloitte-cn-eri-2018-china-smart-manufacturing-report-en-190403.pdf>。

21. 德勤 (2018),“中国智能制造:长期稳步推进”, <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/cn/Documents/energy-resources/deloitte-cn-eri-2018-china-smart-manufacturing-report-en-190403.pdf>。

22. 德勤 (2018)。

表 1.5G 毫米波工业应用

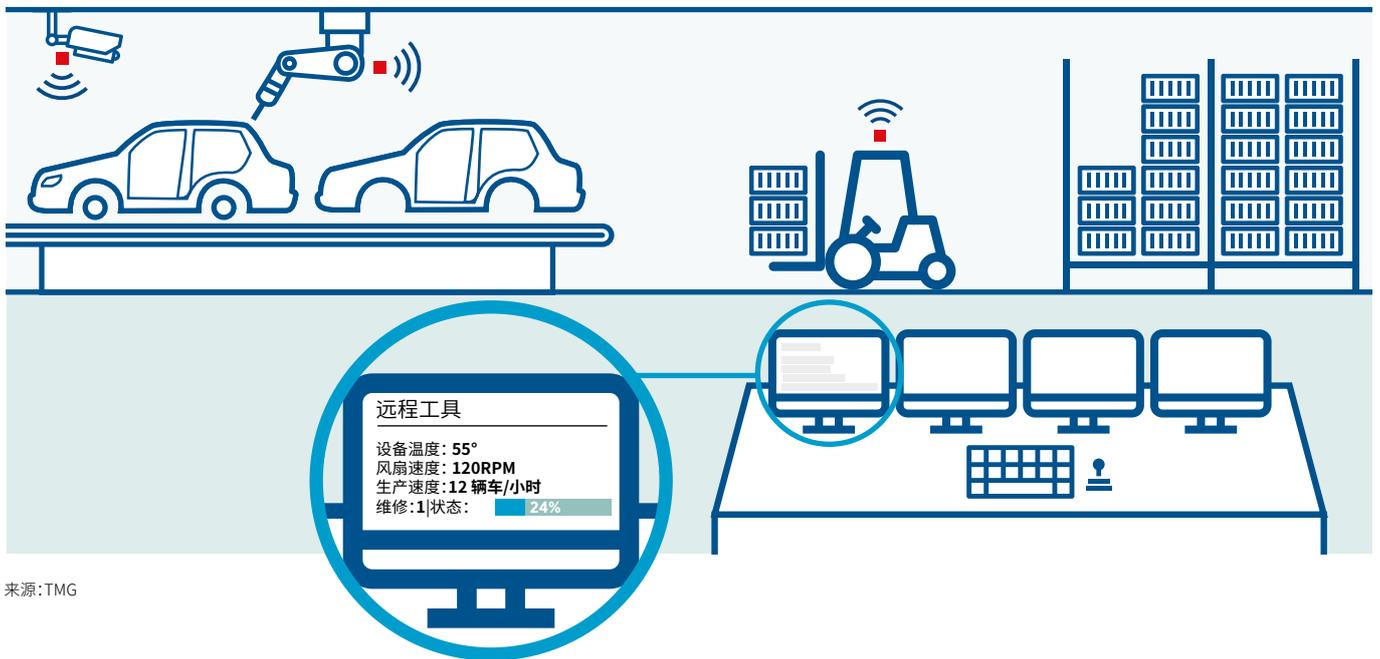
<p>远程控制系统</p> 	<p>可以实施远程对象监控和操纵，以提高效率并改善智能工厂的安全性。通过远程操作工厂设备，可以使涉及挥发性化学物质或温度敏感材料的工业流程更安全。通过允许远程操作员基于对中央控制站的实时反馈停止、减速或加速任何互联机器，也可以提高效率。</p>
<p>工业机器人</p> 	<p>通过工业机器人技术，智能工厂中的每台机械几乎都能立即响应请求和指令，从而在生产中快速做出响应，以满足需求的实时变化。这也使得制造产品的定制有可能达到前所未有的规模。这些互联设备之间的通信也可以提高效率。</p>
<p>远程监控和质量控制</p> 	<p>实时数据收集和分析，特别是诸如高速成像以及虚拟和增强现实应用之类的数据密集型流程，可以通过以下方式提高产量并提供在职培训：</p> <ul style="list-style-type: none"> · 员工可以在工厂车间查看实时数据，并将有缺陷的机器图像与工作订单中的图像进行比较； · 通过虚拟模拟对新员工进行培训； · 顾问/专家不在现场时可以提供远程协助，或者为工人提供自动化的流程，使他们可以独立于专家进行故障排除。
<p>自主工厂运输</p> 	<p>与更广泛的运输环境类似，工厂环境中的无人驾驶汽车（例如，手推车、起重机等）可以与中央控制或监控中心以及工厂内的其他机器、设备、对象，以及其他更广泛的基础设施进行通信。</p>

综上所述，上表中概述的潜在应用将通过工业 4.0 环境中预期的大量互联设备传输大量数据。庞大的数据量、伴随着某些应用程序的关键特性（例如，远程控制系统和自主工厂运输），以及支持高级增强现实 (AR)/ 虚拟现实 (VR) 应用和高速成像的数据量，将需要可靠、大容量、低时延的毫米波频谱连接。与更广泛的环境相比，相对较小的工厂车间覆盖区域也非常适合毫米波频谱的自然传播特性。

另外，这些应用可以共同协作于同一个工厂环境，如图 4 中所述：例如，可以将互联机器人集成到现有工厂生产线中，以实时收集和分析数据，并监控和标记维护问题。通过与周围基础设施和中央指挥部进行通信，使用自动导向机械的自主工厂运输可以在工厂车间高效地移动组件。远程分析以及远程设备操作支持远程操作员根据工厂情况进行故障排除并做出实时决策。



图 4.可用于工业 4.0 场景中的 5G 毫米波应用



来源: TMG

对于提供高容量和低时延以支持这些工业用例而言, 5G 毫米波是必不可少的。中国将从实施远程控制系统、工业机器

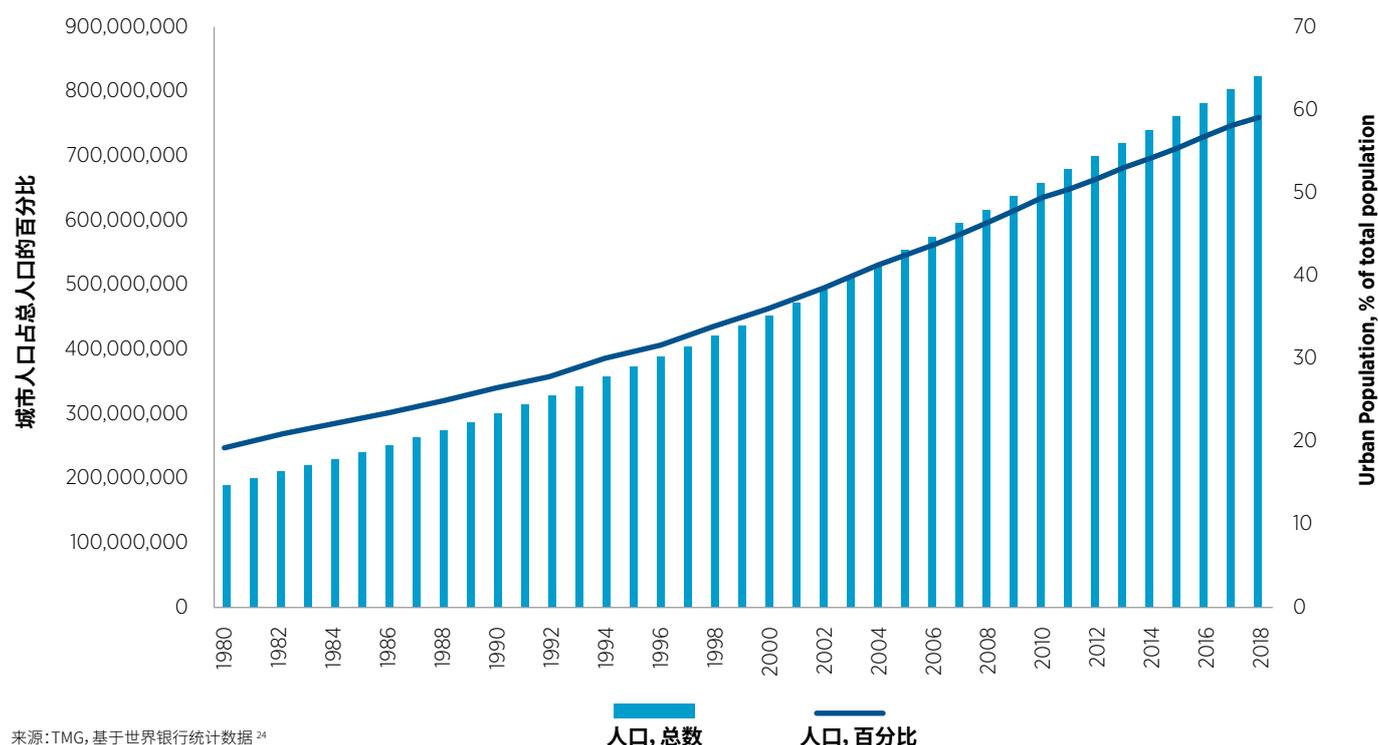
人、远程分析和监控, 以及自主工厂运输等工业应用以提高工厂车间的安全性和效率中受益匪浅。

4.2. 互联交通

鉴于交通基础设施每天都需要转移庞大的人口数量，交通运输对于中国特别重要。随着中国城市人口的增长，交通系统负担也随之增加。自 1980 年以来，城市人口一直稳定增长，现已接近中国 14 亿总人口的 60% (请参阅图 5)。²³ 这

种快速的城市化进程促使城市发展迅速，并且经常因此而发生城市扩张。随着这些城市的扩张，由于在农村人口涌入城市之前制定的城市规划和基础设施建设都已过时，所以带来了许多挑战。

图 5.1980-2018 年中国城市人口的增长、总数和百分比



来源: TMG, 基于世界银行统计数据²⁴

私家车拥有量的增加伴随着城市人口的增长。中国国家统计局的报告显示，2006 年至 2015 年间，中国的私家车数量平均每年增长 20%，但城市道路的数量每年仅以 3.5% 的速度增长。²⁵ 这种失衡表明，目前的道路基础设施不足以应对越来越多的城市出行者对道路的需求。鉴于城市居民人数众多，所以这不仅适用于私家车驾驶员对道路基础设施

的需求，还适用于其他公共交通方式。交通运输系统负担过重还伴随着其他影响，例如，日益上涨的市中心住房成本。反之，这种现象迫使许多员工去城市远郊购买其能够负担得起的住房，导致通勤时间更长，并且也更依赖可靠的交通基础设施。²⁶

23. 世界银行集团 (2018), “城市人口 (占总人口的百分比): 中国”和“人口, 总计: 中国”, 2018 年报告的最新数据, <https://data.worldbank.org/indicator/SP.URB.TOTL.IN.ZS?locations=CN> 和 <https://data.worldbank.org/indicator/SP.POPTOTL?locations=CN>。

24. 世界银行集团 (2018), “城市人口 (占总人口的百分比): 中国”和“城市人口: 中国”, 2018 年报告的最新数据, <https://data.worldbank.org/indicator/SP.URB.TOTL.IN.ZS?locations=CN> 和 <https://data.worldbank.org/indicator/SP.URB.TOTL?locations=CN>。

25. Du, L. 等. (2018), “中国新兴城市的可持续交通发展战略: 模拟方法” <https://doi.org/10.3390/su10030844>。

26. BBC (2017), “在京工作者要忍受六个小时的通勤路”, <https://www.bbc.com/worklife/article/20170221-the-gruelling-six-hour-commute-of-beijings-workers>。

这些情况使交通运输的有效管理成为中国需要解决的一个课题。5G 毫米波解决方案可以帮助解决由城市化和交通负担过重带来的一些挑战, 并且政府已指定 5G 毫米波解决方案作为一项潜在的 5G 应用。²⁷ 毫米波频谱可通过增加的容量和低时延宽带来支持互联交通环境, 这在运输应用中尤为重要, 因为延迟或连接断开会导致严重后果。全面的车联网 (V2X) 生态系统可以在安全和交通运输管理方面实现各种改进, 包括:

- 车对车 (V2V) - 汽车队列行驶安全;
- 车对基础设施 (V2I) 或车对路 (V2R) - 碰撞或障碍预警;
- 车辆对行人 (V2P) - 提醒过人行横道的行人或骑自行车者, 及其与车辆的距离; 和
- 车辆对网络 (V2N) 通信 - 在自动驾驶或辅助驾驶的情况下, 更好地遵守交通规则和自适应驾驶。

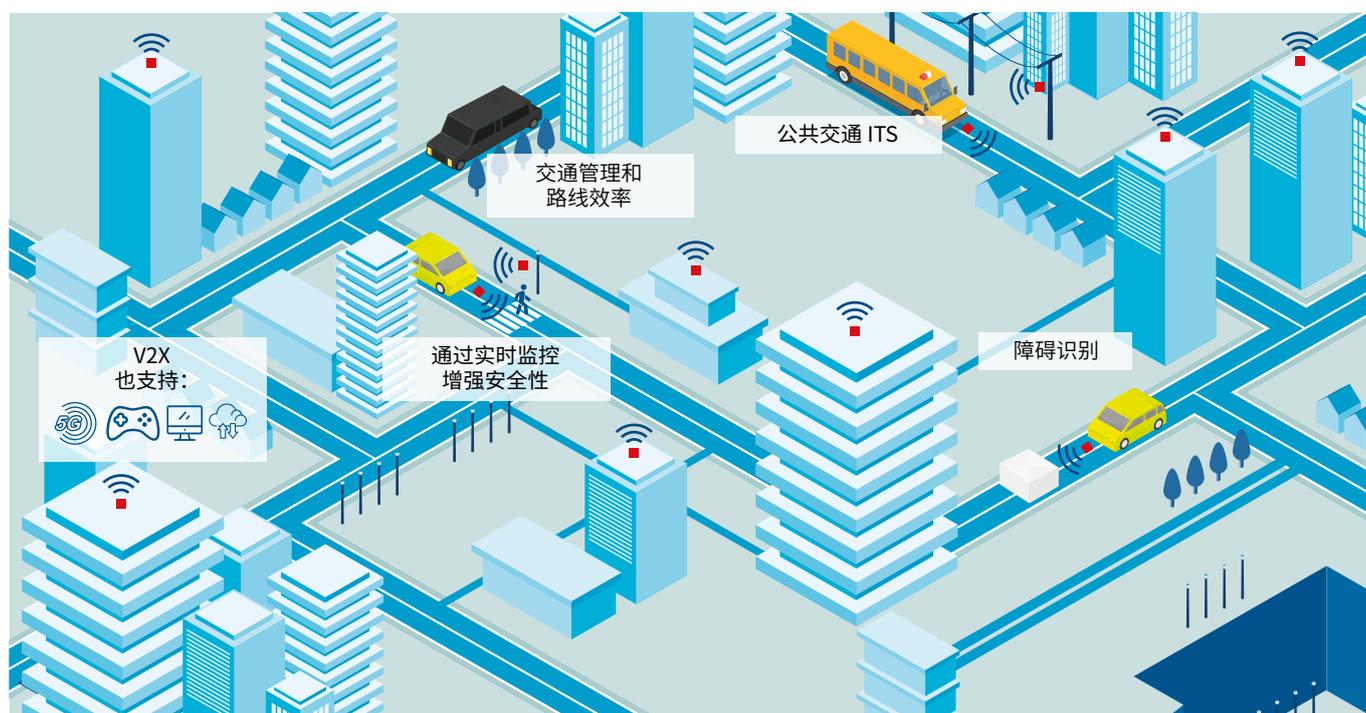
V2X 环境还可以更好地促进交通管理。通过 V2V 通信实现的队列行驶, 不仅可以针对附近的其他车辆进行速度和方向的自适应重新校准来提高安全性, 而且还可以在比正常情况下真人驾驶更快的速度行驶来改善交通流量 (请参阅图 6)。这在很大程度上可通过队列行驶中各个车辆之间的连续数据共享来实现。

此外, V2X 应用的另一种可能用途是实施智能交通系统 (ITS) 来以减少城市地区的交通拥堵。基础设施和车辆中连接的传感器和摄像头可以向交通管理中心发送有关交通流量、事故和交通拥堵的高质量、详细的实时信息。同样的, 这些中心可以分析数据, 以重新安排路线或对交通基础设施重新发送信号, 并将这些信息立即传递给已连接的车辆 (请参阅图 6)。随着时间的推移, 可以对数据进行分析 and 评估, 以做出有效且有影响力的城市交通规划决策, 进而更有效的管理交通变化, 并为驾驶员提供详细且最新的导航地图。智能交通系统还可以帮助实现公共政策, 例如, 在符合政府目标的情况下, 于其他运输方式相比选择优先发展公共交通。



27. 中国政府 (2019), “中国大力推动智慧城市的 5G 及其他信息技术服务建设”, 最初由新华社在 2019 年 11 月 29 日发布于 www.gov.cn, https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&rurl=translate.google.com&sl=zh-CN&sp=nmt4&tl=en&u=http://www.gov.cn/xinwen/2019-11/29/content_5456970.htm&xid=17259,15700023,15700043,15700186,15700190,15700256,15700259,15700262,15700265,15700271&usg=ALkJrhjlv1OF4qww2yRozObuX16MbAnSQ.

图 6. 互联运输环境中潜在的 5G 毫米波应用



高效化的车队行驶
与路线设置

受天气影响的车队行驶可调整因素



来源: TMG

最后, 虽然与改善交通管理没有直接关系, 5G 毫米波网络也可以实现沉浸式车载娱乐和高速宽带。针对这些可能在广告和娱乐方面应用潜力的讨论已经展开。

5G 毫米波支持的应用为中国提供了许多可能, 例如, 通过 V2X 生态系统和智能交通系统的使用减轻城市交通基础设施的负担。

5. 结语

```
class MirrorX(object):
    def __init__(self, x):
        self.x = x
        self.mirror_mod.use_x = True
        self.mirror_mod.use_y = False
        self.mirror_mod.use_z = False
    elif _operation == "MIRROR_Y":
        self.mirror_mod.use_x = False
        self.mirror_mod.use_y = True
        self.mirror_mod.use_z = False
    elif _operation == "MIRROR_Z":
        self.mirror_mod.use_x = False
        self.mirror_mod.use_y = False
        self.mirror_mod.use_z = True

    def selection(self, context):
        mirror_ob.select()
        modifier_ob.select()
        bpy.context.selected_objects.active = modifier_ob
        print("Selected %s" % str(modifier_ob)) # modifier_ob is the active object
        mirror_ob.data_path = bpy.context.selected_objects[0].data_path
        # modifier_ob.data_path = bpy.context.selected_objects[0].data_path + "/modifiers/1"
    except ValueError:
        print("Please increase selected objects to two objects, the last object is the modifier")

class MirrorX(bpy.types.Operator):
    """This adds an X mirror to the selected object"""
    bl_idname = "object_mirror_mirror_x"
    bl_label = "Mirror X"

    @classmethod
    def poll(cls, context):
        return context.selected_objects
```

在中国,为 5G 网络分配毫米波频谱的预期社会经济影响是巨大的。如所展示的两个案例分析所述,在工业 4.0 场景和互联交通运输场景中部署 5G 毫米波应用将会带来诸多益处。毫米波频谱,特别是 24.25-27.5 GHz 和 37-43.5 GHz 频段中的毫米波频谱,能够提供为大量数据密集型 5G 应用所需求带宽而必须的连续频谱。为了使中国继续为其人民谋求更好的未来,并保证经济的持续增长,应尽快分配足够大带宽的频谱,以确保运营商能够提供高速、大容量和低时延的 5G 能力。此外,这些频段应遵循区域内的最佳实践并在分配时不被收取任何频谱初始费用。

为实现中国及其民众的 5G 愿景,移动运营商需要投入大量的网络部署。为确保这项投资的确定性,移动运营商应有机会获得针对频谱的长期独家授权使用权力。共享是提高频谱使用率的实用工具之一,尤其是在无法进行频谱重耕的情况下。同样,频谱预留也可以作为考虑选项之一,但是中国应该非常慎重地看待这一选择以免损害网络投资或限制移动网络运营商访问授权式频谱。然而,在其他行业需要使用频谱的情况下,例如,垂直行业中的专用网络,政府应鼓励并支持移动运营商与客户之间的自愿性频谱租用协议,从而确保各方都能最好的利用 5G 毫米波的潜能。





www.gsma.com/spectrum



Floor 2, The Walbrook Building
25 Walbrook, London EC4N 8AF UK
Tel: +44 (0)207 356 0600

spectrum@gsma.com
www.gsma.com

© GSMA March 2020

