



# 未来趋势 2023 年的专用网络

概述专用网络面临的挑战、市场驱动力、使用案例和发展趋势。



Disruptive Analysis



# 目录

摘要.....	3
毫米波在专用 5G 中的作用 .....	7
从概念验证到大规模部署 .....	9
公共场所（如体育场、酒店、机场）的专用网络.....	13
在企业中将专用 5G 与 Wi-Fi 相结合.....	16
其他主要趋势和地区差异 .....	18
专用网络的国际差异 .....	19



# 摘要

私人或专用蜂窝网络并非新生事物。早在 20 多年前的 2G/3G 时代，铁路、能源、海事和公共安全领域就已部署了各种网络。企业的本地频谱许可证或政府机构部署专用网络以某种形式存在已超过 15 年。

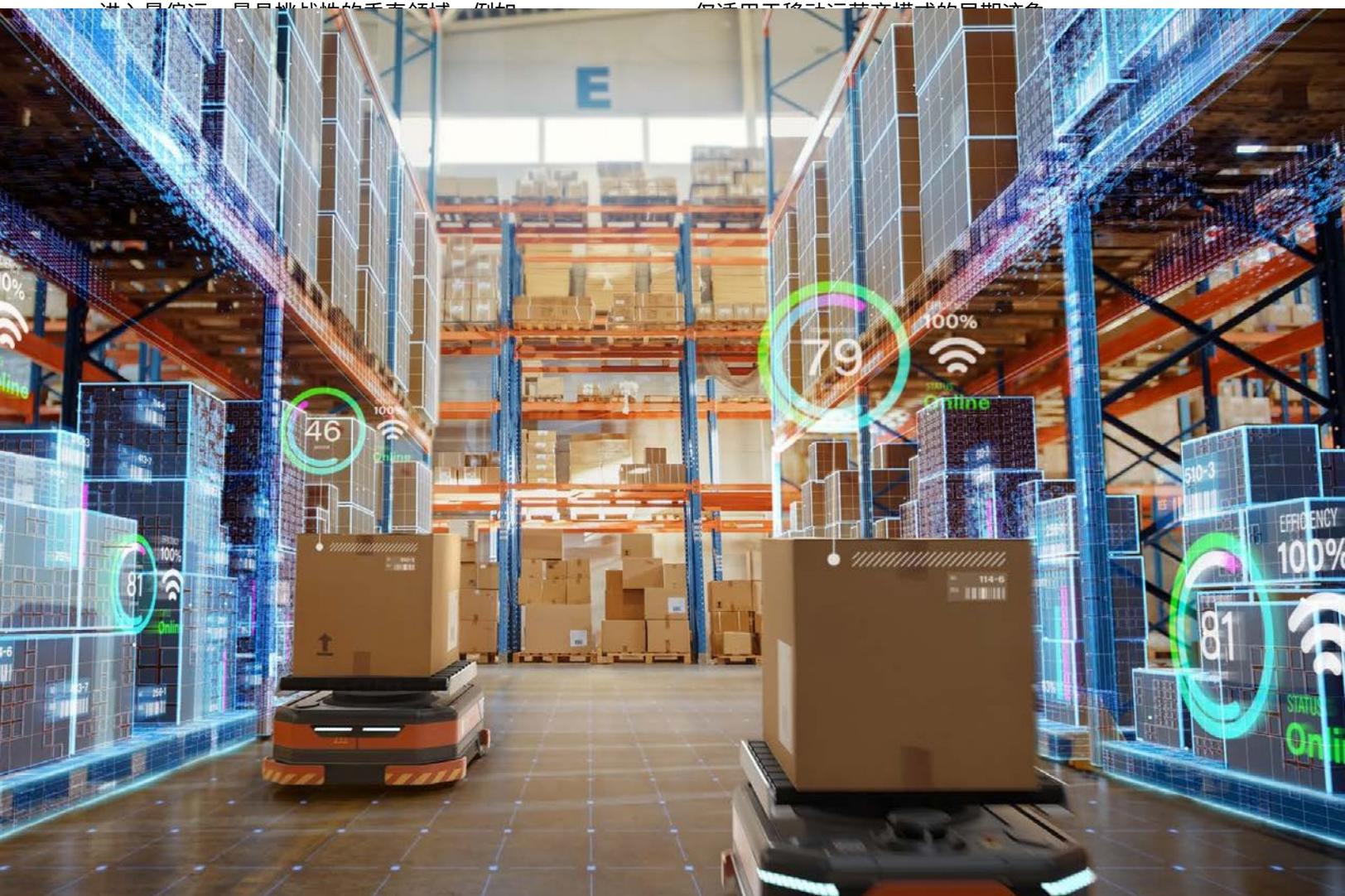
然而，2022 年是这一概念成为主流的关键转折点。新网络甚至 1000 个或更多，通常用于企业园区、工业场所或本地固定无线网络。

适当的“生产”使用已变得越来越普遍，而不仅仅是试验和概念验证。专用 5G 正在超越其关键通信的根基，进入供应链、最具挑战性的垂直领域。例如

物流/仓库、建筑和国防。随着 5G 无线电设备、独立核心以及摄像机和手持设备等适用设备的普及，私人 4G 向 5G 的过渡开始加速。

虽然公共移动网络运营商（MNO/运营商）希望看到 5G 的 B2B 应用推动收入增长，但许多运营商已经认识到，专用网络需要独立的单元、更新的运营模式，有时还需要不同的供应商和基础设施设计。许多新的系统集成商和专业服务提供商也加入了价值链。

与此同时，越来越多的政府和监管机构也紧跟潮流，直接向企业发放频谱，甚至印度和中国也出现了摆脱 5G 仅适用于移动运营模式的早期迹象。



## 那么，预计 2023 年及以后的专用网络将呈现哪些趋势？

各行各业都面临着一系列广泛的基本趋势和转型驱动因素，正在向互联互通，特别是专用无线网络转变。一些转型驱动因素，如宏观经济的不可预测性，是外部因素，在多个行业中普遍存在。其他驱动因素，如去碳化和安全，则会对重工业和能源行业产生非常特殊的影响。

市场趋势背后的其他驱动因素包括

- › **提高员工安全 and 生产率：** 通过使用远程控制设备、近距离感知或使用传感器来发现危险的早期迹象，改进的连接性可以大大提高安全性。
- › **网络安全：** 安全挑战正变得多层次和高度复杂。专用无线网络可在光纤或其他链路出现故障时用作备份，还可降低与旧式专有系统相关的风险。
- › **数据和分析：** 企业目前正在迅速改造传统的模拟基础设施和人工流程。更好的联网设备、物联网传感器和视频输入可以改善资产管理、实现故障检测、提高生产率和资源分配、延长资产使用寿命、帮助诊断和优化维护。与过去相比，海量数据需要性能更高和更强大的网络。
- › **地缘政治：** 许多行业不得不对国际政治舞台上的不断变化。一些国家和地区实行贸易限制和禁运。税收、关税和进口法规不断变化。政府要求明确整个供应链中的就业和环境合规性。公司必须处理更多的文书工作，并保持更好的记录。这本身就是数据和网络密集型工作。
- › **设备移动性和可重用性：** 车辆、个人和资产在不同地点之间以及与租赁公司或扩大的供应链等合作伙伴之间的利用率不断提高，这就需要持续可靠的网络连接，以实现有效的监控和连接。

专用蜂窝网络是应对这些挑战的解决方案之一。它

们使企业 IT 和 OT 团队能够控制自己的连接，同时保持高性能和高可靠性。



2023 年，随着更多的设备、解决方案提供商和应用投放市场，以及频谱供应的增加和政府的支持，人们对私人 4G/5G（即需求）潜力的认识不断提高，这也反映了行业供应的改善。

本电子书探讨了决定市场变化的五大趋势。阅读时应参考 iBwave 的其他资源，这些资源描述了需求的基本 "5C" 驱动因素（覆盖、控制、云、成本和补偿），以及各种垂直行业的具体需求。

下文将以单独的章节重点介绍其中的每一个主题：

- › 专用网络从 4G 转向 5G › 毫米波在专用 5G 中的作用
- › 从概念验证到大规模部署
- › 体育场馆、酒店和机场等公共场所的专用网络
- › 在企业中将专用 5G 与 Wi-Fi 相结合

最后一节简要介绍了其他一些趋势，并讨论了国际上的差异。



## 专用网络从 4G 转向 5G

尽管许多评论家和供应商都在谈论企业的 "专用 5G"，但目前的市场主要由专用 4G/LTE 部署组成。目前几乎所有的

美国的 CBRS 实施基于 4G 网元和设备，而欧洲的许多专用 5G 网络仍处于测试和试验阶段（一些市场的安装基础还有大量遗留的专用 2G/3G 网络，其中一些已有 15 年以上的历史）。

然而，这种情况现在正在迅速发生变化。行业供应商协会 GSA 最近的一项研究<sup>[2]</sup>显示，约有 41% 的公开引用专用网络采用了某种类型的 5G。尽管与整个 5G 网络相比，这一比例可能被夸大了。

鉴于公关部门更倾向于宣传最前沿的部署，这仍然是一个重要的指标。

目前，真正的 5G 专用网络有 100 多个，未来这一数字将攀升至 1000 个，甚至更多。值得注意的是，这一数字指的是 *专用的私有网络*，即使是由运营商 /MNO 部署的网络也是如此。

作为业务解决方案。未来还可能会出现更多基于国家公共 5G 基础设施的扩展或片段的 "半私有" 或虚拟网络，尽管这种模式迄今为止发展缓慢。

这里有各种因素在起作用：

- ▶ **一些国家为本地网络分配的频谱只适用于 5G**，特别是在中上频段 4GHz+ 和毫米波范围内（见下一节）。在这些频段根本无法使用私人 4G，因为设备或网络设备不支持 5G。
- ▶ **许多 5G 移动网络运营商最初部署主网络时使用的是 "非独立" 模式**。这需要一个 4G 网络无

线电和核心网作为 "锚"。这意味着，对于采矿、石油和天然气设施，甚至更大的港口等孤立的部署，他们需要同时安装 4G 和 5G 覆盖范围。

- ▶ **直到 2022 年，市场上支持 5G 的独立 (SA) 小基站或核心网产品还很少**。现在，这些产品已变得更加多样化、



尽管对于大宗物联网应用来说，它们的成本仍然太高。

- ▶ **5G 频段的分散使小批量物联网供应商难以证明创建和认证设备的合理性**，直到芯片或模块的价格降低从最初以智能手机为导向的成本点开始下降。一些频率，如英国使用的 77 频段中的 3.8-4.2GHz 部分，直到最近还特别罕见。
- ▶ **某些产品和应用只有 4G 版本**。对于使用专用网络进行关键语音通信的场所（推送对讲），主要手持设备使用 LTE--通常是与 P25 或 TETRA 等 PMR 系统的混合系统。
- ▶ 在美国，**CBRS 产品指南和**  
**在 2022 年之前，认证主要集中在 4G。**
- ▶ **许多企业认为 5G 尚不成熟，是一个 "移动的目标"**，特别是他们可以看到 15、16、17 及以后版本的时间表--许多更有用的功能（如超低延迟）要到以后才能实现。因此，一些公司将 4G 作为概念验证的基础，或在未来进行全面但 "去风险 "的部署。  
短期。

尽管私人 4G 部署可能还会持续数年，特别是在性能足以满足初始应用需求且重点是在多个站点推出，而不是在单个站点推出更复杂的应用程序。

近期有利于 5G 的主要发展以及 2023 年的预期发展包括

- 许多监管机构目前正在将其专用网络分配集中在 5G 专用频段，如 3.8-4.2GHz、4.9GHz 和更高的毫米波范围。  
有时这样做是为了避免 "预留" 面向移动网络运营商的先驱频段，而另一个原因是决策者将 5G 的采用视为国家战略目标。
- 目前，多家供应商都有可供企业和系统集成商部署的 5G SA 内核，既可用于内部部署，也可基于云交付。这些内核通常还可以与 4G 和/或 5G 非独立内核以混合模式协同工作，以获得更大的灵活性和向后兼容性。
- 更多的移动网络运营商拥有 5G SA 网络，可通过覆盖范围扩展或（最终）某种形式的网络切片，为专用或半专用网络提供潜在支持。

- 一些移动网络运营商的监管和频谱管理团队在为企业进行本地化分配方面变得更加灵活。B2B 解决方案团队可以查看特定地点是否有可用于专用系统的闲置公共网络频率 "库存"。
- 设备生态系统（尤其是物联网模块、网关和摄像头）正在更广泛地采用 5G，并越来越支持以下两个方面 5G SA 模式和一系列不同的频率选项--尽管一些国家的本地频段仍主要仅限于 4G。
- 5G RedCap（降低能力）开始出现，旨在为低成本物联网模块优化 5G。它可以被视为 "轻型 5G"，是未来某些专用网络场景的理想选择。
- CBRS 联盟（也被称为 "OnGo"）等行业组织正开始对 5G 解决方案进行认证，这为更多集成商打开了市场，也使得与 SAS 授权数据库提供商之间的互动更加容易。

公司/地点	私人 4G	5G 非andalone	5G 第 15 版单机	5G Rel 16/17 独立型
可用性	宽阔、成熟	最近。需要移动网络运营商 4G "锚"。	最近，增长迅速	尚未提供
适用于 <4GHz 频段	优秀	对移动网络运营商有利	主要用于 48、77 和 78 频段	主要是 48、77 号频段、78（未来）
适用于 4-7GHz 频段	没有	机会有限	频段 77、79、也许 96、104	波段 77、79，也许 96、104
适用于毫米波频段	没有	机会有限	频段 257、258、260	频段 257、258、260
博利登	瑞典	远程机械和车辆。	4G + 5G 升级路径	Telstra, Ericsson
设备支持	优秀	好（物联网没问题）	有限，不断增长	尚无
移动网络运营商的作用	常见，但与完全私有的	仅限移动网络	目前罕见	尚无
网络切片	只有基本的服务质量方法	只有旧的服务质量方法	可进行基本的 3GPP 分片	可进行高级 3GPP 切片

# 的作用 私人 5G 中的毫米波

迄今为止，几乎所有的专用蜂窝网络都部署在低于 1GHz 的低频段或 1-6GHz 的中频段。这既适用于完全专用的网络，也适用于定制的企业安装移动运营商（MNO）。私人或“垂直”网络对 20GHz 以上高频段或毫米波频率的使用非常有限。

有许多 5G 指定的毫米波频段，3GPP 也将其称为 FR2（频率范围 2）。其中一些频段已在公共 5G 领域进行了有限的部署，特别是在美国、日本和韩国，但主要用于移动网络运营商提供的固定无线接入和室外无线接入。

在密集的城市地区提高容量。然而，在企业环境中的部署，或者在欧洲和中国的任何应用中的部署，都是少之又少。

体育场馆和机场航站楼等一些超密集公共场所已经部署了毫米波室内覆盖系统，但几乎没有证据表明私人网络的额外“租户”。

毫米波在专用网络中的应用历来有限，这有几个原因：

- ▶公共移动网络运营商很少部署可扩展至私人/企业使用的广泛毫米波 5G 网络。
- ▶很少有国家发放许可，允许企业直接在本地/室内共享毫米波频段。
- ▶适用的毫米波设备数量非常有限，尤其是最常用于专用网络的设备类别，如摄像头、车载网关、物联网模块和工业手持设备。
- ▶典型的射程和传播特性较差，这意味着毫米波 5G 通常在移动性或视线受限的环境中难以发挥作用。
- ▶缺乏能够处理毫米波频段的合适小型基站和其他基础设施元件。
- ▶全球使用多个不同的毫米波波段，导致潜在需求分散。
- ▶只适合 5G 使用，因此没有现有的 4G 设备/器件基础来刺激市场。

表：5G 毫米波频段

乐队	名称	范围，千兆赫	现有/计划中的国家
N257	28 千兆赫，LMDS	26.5-29.5	在美国、韩国、日本等地用于公共 5G/FWA 在香港、韩国和日本，有一些可用于本地/非 MNO 垂直许可。
N258	26 千兆赫，K 波段	24.25-27.5	获得欧洲、中国等地移动网络运营商公共 5G 授权。 - 在英国室内使用未获许可（低功率） - 一些国家在部分/全部频段上分配本地许可，例如德国、芬兰、香港
N259	42 千兆赫，V 波段	39.5-43.5	目前很少使用
N260	39 千兆赫，Ka 波段	37.0-40.0	在美国某些地点用于移动网络运营商提供的 FWA，并可能用于专用 5G

N261	28 千兆赫, Ka 波段	27.5-28.35	
(未命名)	60 千兆赫	57-71GHz	非授权。用于 Wi-Fi 变体 802.11ad/ay、各种专有无线和雷达用途。未来可能用于公共/私人网络的 5G 频段。
(未命名)	70GHz+		未来各种 5G/6G 应用的潜在用途
资料来源颠覆性分析			

秒或更低。在某些中频段范围内，有时对频谱的使用方式有技术限制，以便与频段内的其他无线用户共存。

然而，私人 5G 市场目前已开始走向成熟

- 或者说，至少它正在形成一个更好理解的形状。

拥有毫米波分配的现有移动网络运营商正更热切地关注企业用例，而某些国家的监管机构则允许企业和系统集成商直接使用这些频段。在德国，德国电信最近

宣布<sup>[3]</sup>结合其国家 3.7GHz 和网络切片，对本地许可的 26GHz 进行了测试。

最终，公共和私人 5G 都需要低/中/高频段，尽管当地频谱可用性和政治考虑可能会留下一些空白。

引入毫米波 P5G 的主要理由包括

- ▶ **提供比中频范围更多的频谱**，有可能分配 100-800MHz 供企业使用。这使得吞吐量更高，峰值速度可达数百 Gbps。
- ▶ **与 "预留 "宝贵的中段频率相比，对监管机构来说政治争议较小**，尤其是在有 4 家以上公共移动网络运营商争夺分配权的国家。
- ▶ **更容易部署真正的超低延迟网络**，响应时间可达到 1 毫

► 移动网络运营商通常可将现有许可的毫米波频



► 敏感场景：建筑物的墙壁可避免毫米波 5G 网络信号传到室外。例如，军事仓库或机密的工业研发设施。

代市场，因为短距离的公共 5G 服务的使用率有限

。

- 设计增强型毫米波覆盖的能力不断提高，特别是增加了新的室内系统/小蜂窝，以及新的中继器和增程器。
- 能够根据特定应用需求定制上行链路/下行链路比率，或使用上行链路载波聚合技术将毫米波和中频 5G 频率结合起来。

毫米波专用网络的典型用例可能是更广泛的 P5G/PLTE 市场用例的一个子集。特别是，以下可能是重要的应用：

- 高分辨率和多点摄像机网络，尤其是与实时视频分析和人工智能平台相连接时。
- 控制静态自动化机械，如汽车厂生产线上的高端机器人。这些机器人通常是固定在特定楼层点的关节臂，因此可以设计网络，使每个机器人都能与两个或更多毫米波无线电设备进行视线连接。

► 移动或自动驾驶车辆行驶

有明确规定的路径，特别是在轨道或预先确定的道路。这些道路需要精心的网络设计，以确保可靠地从小区对小区，没有视线受阻的风险。

- 潜在的 AR/VR 头戴式设备和其他可穿戴设备，尤其是在房间或密闭空间内，可轻松规划覆盖范围，



## 毫米波频段可用于私人、地方和企业 5G



2023 年 1 月 |

颠覆性分析有限公司版权所有 2023

值得注意的是，目前亚洲用于 P5G 的毫米波可用性高于欧洲和美洲。这种情况可能会在 2023-24 年期间发生变化，因为欧洲监管机构似乎正在重新关注这一频段。目前，拉丁美洲和非洲还没有毫米波 P5G 的明确迹象。

# 从概念验证到大规模部署

2023 年专用网络的另一个主要趋势是，4G/LTE 以及越来越多的 5G 基础设施和应用越来越多地采用全面的 "生产" 部署。

虽然在港口和矿山等地有许多实际的全站点网络实例，但制造业等其他行业似乎需要更长的时间。

内，许多领域应会有显著改善。

除了最初的试验或概念验证，或者可能只连接了大型校园中的一栋建筑之外，取得进展的较少。然而，尽管有

虽然不会全面转向快速吸收，但在未来 12-18 个月



这种无法扩大试验规模的现象在技术领域众所周知。公司内部负责探索新概念的团队通常会进行小型试验。它们可能会从供应商那里获得优惠条件，被公关团队和高管视为宣传 "前沿 "实践的低风险来源，也可能适合政府拨款或其他外部资金来源。

**然而，将这些项目转化为全面的商业应用会带来多重挑战，尤其是当这些项目被视为对某些人构成威胁时。**



未参与试验平台的内部团体。此外，还有许多其他障碍，从技术依赖性到感知到的监管复杂性，或供应商的稳定性。企业内部涉及合规性或风险管理的其他部门，以及涉及复杂供应链的外部利益相关者可能会带来障碍。

值得注意的是，许多经常讨论的 P4G/P5G 部署实例，就所提及的公司或站点的总体规模而言，规模都相当小。

例子包括

- ▶ **一家汽车制造商在原型预生产设施中部署了两个 4G/5G 小蜂窝。**该装置是工业示范和测试平台设置的一部分，旨在为未来将于 2024-25 年建成的全规模工厂提供“实验室”。
- ▶ **一家大型城市医院和医疗机构宣布部署 P5G 网络。**事实上，最初的部署是针对远郊园区的一栋特定建筑（和非临床应用）。
- ▶ **一个城市当局在一个特定的交通路口使用了本地 5G 连接，**将摄像头和传感器连接到路边装置，以优化公共汽车和自行车的流量。

这是一个由政府资助的试验平台，尚未扩展到该市的其他地区或其他地方。

这些都不是 "失败", 而且确实可能导致更长期、更大型的项目。但对于运营商、集成商和解决方案供应商来说, 重要的是在对特定行业或业务模式做出承诺之前, 对案例研究进行更深入的挖掘。

大规模部署新的私人 4G/5G 基础设施的许多障碍都是非技术性的。

企业需要考虑各种财务、法律和监管问题, 特别是在网络运营商、系统集成商、多个供应商、云提供商和工业自动化供应商 "环环相扣 "的复杂多方利益相关者情况下。

对于一家公司的律师和合规团队来说, 确定一个预算小于 100 万美元的孤立测试平台项目是一回事, 而将解决方案应用于一个运行中的工厂则是另一回事, 因为在这个工厂里, 停机时间每天可能会造成数百万美元的损失, 而工人的安全则是最重要的, 并受到 100% 可靠通信或 "停止 "按钮的驱动。

最困难的大型专用网络项目是那些同时拥有新应用、新平台、新业务案例和新网络的项目。

通过替换现有的 TETRA, 为一家公用事业供应商部署 4G 关键通信系统正在被 "终结生命 "的无线电是一个相对简单的问题

决定。相反，如果一家制造商希望在一个巨大的新工厂中将毫米波 5G 独立用于超可靠、低延迟的机器人连接和人工智能质量控制摄像头，则要困难得多。

- 而且往往需要更慢地做出决定。

2023 年将会出现各种有利于决策的发展。虽然这些发展会因行业、应用和国家市场而异，但其中一些最重要的变化包括：

- ▶ **提供 3GPP 第 16 版网络和设备，其网络质量、低延迟和定位精度等各种功能日趋成熟。**
- ▶ **更广泛的案例研究、强大的投资回报率模型以及有关其他部署的文档。**
- ▶ **有更多训练有素、技术熟练的人员能够部署和运行专用 5G 网络。**
- ▶ **更多监管机构为企业提供频谱，3.8-4.2 千兆赫等特定频段在多个国家实现（大致）统一。**
- ▶ **专用网络的 "模板化" 模式更加成熟，对每个站点的定制要求降低。** 其中一些将是云交付的 "网络即服务" 方案，而另一些则更像是 "盒装网络"。这两种模式都能更好地支持扩展。
- ▶ **新的融资和商业模式，如 "边成长边付费" 的云模式、外部银行贷款或租赁方式、捆绑到更大的工业项目中系统的资本支出和折旧计划，或各种基于 CSP 的订购**

下表试图总结不同垂直行业大规模部署 P4G/P5G 的复杂性。

由于每个行业都有多个子行业或场地类型（例如，海洋石油钻井平台与炼油厂相比，零售加油站相比），因此这张图必然不完美，但其目的是提供一个宏观的概述。

它根据一套六项标准对每个垂直行业进行评分，这六项标准共同决定了从试验和测试平台向以下方向发展所面临的挑战

私人蜂窝电话的主要生产部署。绿色表示有很强的部署动力，而红色则表示有很大的抑制因素。

标准是

- ▶ **初步业务论证：**在某些情况下，对特定网络有迫切的业务需求，与财务或业务效益相比，其成本显然较低。更换旧的关键通信推送对讲系统在工业或军事环境中使用现代 4G/5G 升级就是一个很好的例子。相反，在大学中部署可能会有不太明确的应用、较弱的财务商业案例或更多的替代技术选择。
- ▶ **简单/复杂的利益相关者模式：**有些部署可由单个公司或政府机构在其控制的特定地点进行，拥有自己的现金储备，很少有其他方面参与决策过程。采矿就是这就是一个很好的例子。反之，有些行业可能涉及一系列复杂的场所所有者、网络运营商、集成商、租户、基础设施提供商、政府机构、金融家等等。不可避免的是，后一种多方利益相关者模式在谈判、签约和实施方面更为繁琐。
- ▶ **长期项目：**有些专用网络部署是相当 "独立" 的，例如连接工业场所的周边安全摄像头。其他实施则与更大的项目相关联，例如为下一代工厂创建整体工业自动化系统。在这种情况下，专用蜂窝网络的部署可能需要更



长的时间才能完成。

决策和投资。

► **用例 "堆叠"**：在某些行业，对某一 P4G/P5G 应用的初步试验可能不仅本身是成功的，而且还可能凸显出一系列额外的后续应用，从而在证明该技术后使商业案例变得更容易。例如，在港口，对起重机上的摄像头进行初步试验，可以激发人们对 5G 的兴趣，用于

无人机、卡车、个人手持设备、交通控制等等。这种 "叠加" 使投资决策变得更加容易。

► **技术依赖性：**某些行业或特定应用可能在很大程度上依赖于技术的演进和成熟度。5G 的某些行业用例非常明确，但确实需要 5G 第 16 或 17 版的功能，而这些功能可能尚未推出。其他一些案例可能与 4G LTE 配合得天衣无缝，而 5G 则是未来的演进选项。由于特定场所或公司可能会有短期和长期的混合技术需求，因此这一点很难打分。

► **监管依赖性：**一些行业可能需要特殊的监管发展，才能利用私人 4G/5G。在这方面，频谱可用性和使用规则尤为重要--如果一个频段只有低功率或短期（如 3 年）许可证，可能会让人望而却步。其他监管问题可能与特定行业的认证有关，特别是存在安全或干扰问题的行业（如医疗设备和无线）。



Disruptive Analysis  
Don't Assume

### 从最初的试验和 PoC 开始，轻松扩大私人 4G/5G 规模

	明确的商业案例 (例如，取代遗留的利益相关者 关键用途技术)	简单与 简单的利益相关者 (易于决策)	复杂取决于 模式，可能 "堆叠" 长期项目 与集成	应用/用例 模式	技术依赖性 (如 或设备)	监管依赖性 5G Rel 16/17, (如频谱、认证) 可用性)
公用设施	简单	简单	挑战	简单	简单	挑战
交通枢纽 (港口、 机场)	简单	简单	简单	简单	简单	挑战
采矿	简单	简单	简单	简单	简单	简单
石油和天然气	简单	简单	简单	简单	简单	简单
仓库和物流中心	简单	简单	简单	简单	简单	简单
制造业	简单	简单	挑战	简单	挑战	简单
教育	挑战	挑战	简单	简单	简单	简单
医疗保健	挑战	挑战	挑战	简单	简单	挑战
接待与娱乐	挑战	挑战	简单	挑战	简单	简单
公共安全/国防	简单	挑战	挑战	简单	挑战	简单

简单
中度
挑战性
硬质

2023 年 1 月 | 颠覆性分析有限公司版权所有 2023



# 公共场所（如体育场、酒店、机场）的专用网络

2023 年，专用网络开始从工业环境转向更广泛的地点类型，尤其是那些更面向游客（以及他们的智能手机）的地点。

最近的大多数私人 4G/5G 部署都是针对工业应用或其他不对公众开放的场所。港口、矿山、军事基地、石油和天然气设施、仓库和制造工厂是典型的使用案例。其他应用则有 "封闭用户群" 和严密的安全性，用于大范围的关键通信，如公共安全机构、公用事业和铁路。

但是，在对公众开放的场所部署私人蜂窝网络的情况还很少，即使是机场，也大多是在维修机库或机场车辆 "停机坪" 上部署网络，而不是在客运航站楼内。

这与分布式天线系统 (DAS) 等室内无线系统的传统市场截然不同。这些系统往往更广泛地应用于机场航站楼、体育场馆、购物中心、大型办公楼、医院和酒店或会议中心等场所。

这些都要求在私有财产上实现高密度的公共网络接



入。由于它们支持移动网络运营商的客户对室内连接的要求，因此，尽管经常会就“谁付费？”或运营商要求的具体技术特性发生争论，但人们对此类部署的可取性已经达成了密切的一致意见。



在 2023 年之前，这些行业的影响力有限，原因是多方面的：

长期以来，人们一直在猜测，私人网络可以取代或整合公共场所的室内系统。

事实上，私人 4G/5G 在这些地点有许多理论用途：

- › 游客设备上机，提供本地化服务，在手机屏幕上显示 "Venue Mobile" 品牌图标，或减少对公共 Wi-Fi 或手机漫游的依赖（尤其是在机场或酒店）。
  - › 场所拥有的 "中立主机" 网络，公共运营商成为其（付费）租户或漫游合作伙伴。在公共网络覆盖有限的偏远地区，如度假胜地或近海岛屿，这一点尤为重要。
  - › 用于场馆物联网或自动化系统（如支付终端、售票亭或安全摄像头）的专用无线网络。
  - › 通过为零售商、活动管理和广播、餐饮人员等现场租户提供 "服务"，实现专用网络的盈利。
  - › 例如，在坚固耐用的手持设备上为员工通信提供独立的无线网络。
  - › 寻求使用专用移动网络为企业或住宅用户增值、用于楼宇管理/物联网目的，或（如上所述）意图成为中立主机或实现公共运营商网络 "卸载" 的物业公司。
- 许多公司已经提供光纤主干网、Wi-Fi 接入或出租屋顶作为移动基站，因此私营 4G/5G 似乎是一个自然的延伸。

虽然所有这些对场地所有者都有明显的吸引力，但其中许多概念直到现在才慢慢实现。

► **公共场所与大流行期间受影响最严重的场所有很大的重叠。**酒店人去楼空，体育场馆关闭，零售业在很大程度上转向了配送模式。很少有人有信心或闲置资金来部署新的、基本上未经测试的通信基础设施。新的运营模式减少了一些使用案例。例如，现在酒店员工打扫房间的频率降低了，因此对复杂的新通信系统的需求也减少了。

► **早期的 4G 特别是 5G 专用系统相对昂贵，尤其是对于直接货币化或可证明投资回报率有限的地点而言。**虽然矿山可以为提高工人生产率或增强自动化程度来证明专用网络成本的合理性，但对于市政厅的访客或购物中心的售货亭来说，就很难有类似的论据了。

► **这些场所中的大多数都已经配备了无线网络。**虽然有时会遇到拥堵或上机不便的问题，但这些问题正日益得到解决。

Wi-Fi6/6E/7 或更简单的登录页面，或使用 OpenRoaming 或 PassPoint 实现自动化。这样一来，专用网络就不那么容易被证明是合理的了。

► **将消费者/访客智能手机接入专用网络非常困难**

。有 100 多种不同类型、不同版本的操作系统。虽然现在很多手机都有 eSIM 或双 SIM 卡功能，但很多人并不熟悉如何使用这种功能，否则可能会被运营商锁定。在 2FA 安全或短信发送票据的时代，如何处理用户正常电话号码上的电话或信息也是个问题，这一点至关重要。没有任何场所愿意为这些问题运行支持台。

► **事实证明，中立主机业务模式在实践中很难实现。**

在某些市场，公/私混合网络存在监管障碍，信任和网络安全问题，将场地运营网络整合到移动网络运营商更广泛的基础设施和管理系统的复杂性，等等。商业模式仍在测试之中。

最终结果是，基于公共场所的 P4G/P5G 起步相对缓慢。不过，这种情况在 2023 年将开始改变，最近和正在出现的各种趋势将促进这些领域的增长。

► **已经确定了具有价值的特定利基和用例。**创收或安全关键型系统，如刷卡手持设备或登机口检票栅栏，需要与公共 Wi-Fi 网络的潜在拥堵隔离。安保摄像机可能需要无线备份连接，以防电缆中断。为此类重要应用创建业务案例较为容易。

- ▶ **专用 4G/5G 的成本和复杂性正在迅速降低。** 基于云的解决方案的出现，以及使专用蜂窝网络的安装和运营 "像 Wi-Fi 一样简单 "的总体意图已初见成效。各种供应商正在开发打包的 "盒装 "解决方案，以及可扩展的 "现收现付 "成本模式。
- ▶ **与 2021 年相比，最终用户对专用 4G/5G 的了解要多得多。** 而供应商和即使是监管机构也在谈论 "布道 "的必要性，但现在技术出版物的报道已成为主流，而 Wi-Fi 和企业解决方案会议现在也将包括有关专用移动技术的部分。在针对酒店、机场、医疗保健或 "物业技术" (proptech) 的行业活动中，都会讨论到专用无线技术。
- ▶ **生态系统迅速扩大。** 现在有了面向体育场馆等公共场所的垂直专业集成商和解决方案提供商或酒店。各种企业管理服务提供商 (MSP) 已将专用蜂窝添加到其现有产品组合中。规划和设计工具更容易获得和理解。
- ▶ **一些公共场所的室外区域尤其采用了 P4G/P5G 技术。** 零售商的停车场、大学校园、商业园区和交通枢纽都采用了 P4G/P5G 技术。

物联网枢纽通常覆盖广阔的区域，这对于 Wi-Fi 来说是不切实际的。虽然它们可能有公共移动网络覆盖，但很少有这样的场所愿意为监控摄像头的视频录像支付按 GB 计的费用--它们可能希望将物联网系统更紧密地连接到其 IT 平台中。

- ▶ **中立主机功能不是作为专用网络的附加功能提供，而是反向可能会更容易。** 一些 DAS 类型的系统开始允许在现有或新的中立主机平台上提供专用网络作为辅助功能，具体取决于支持的频率。
- ▶ **P5G-aaS "的机会可能会越来越多，例如为节日或临时地点建立临时网络。** 不过，这可能需要监管机构有更大的灵活性，尤其是在频谱许可由 "人工 "而非 CBRS SAS 等自动系统完成的市场。

平心而论，将客人/访客设备接入专用网络仍然很难。

在理想的世界里，到达酒店或医院的人只需扫描二维码，然后下载 eSIM，并自动配置到本地网络。或者，Wi-Fi 漫游和联盟系统也可用于 P5G。

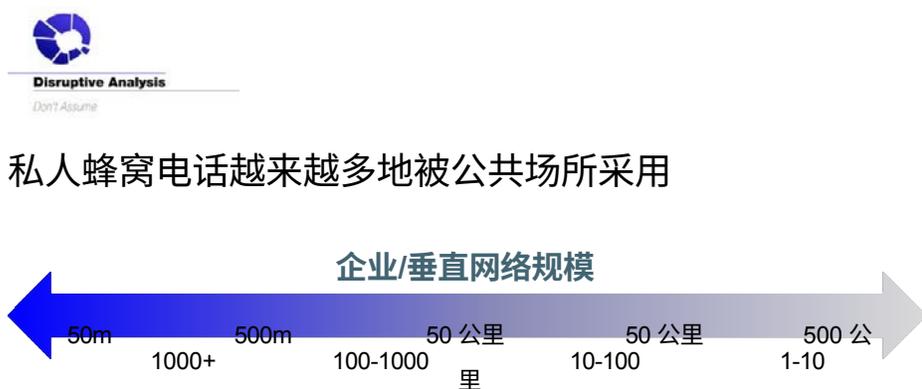
这种方法需要更多的时间，尽管我们很可能在未来看到一些演示和测试平台。

未来 12-18 个月。

不过，私人 5G 在公共场所的部署趋势非常明显。

预计 2023 年将有更多关于零售店、体育和娱乐设施网络的公告。

娱乐场所、医院和向公众开放的类似场所。它仍将是



## 私人蜂窝电话越来越多地被公共场所采用

办公楼 酒店 购物中心 体育馆 游轮 仓库/物流 零售商店 数据中心内部	医院大楼 大学校园 发电站 机场 (航站楼) 港口 主题公园 商业公园 音乐节	智慧城市采矿 石油和天然气 机场 军事 战术 风能/太阳能/水库 农村中 立主机 离岸网络 偏远办	铁路网 公路 公共安全 公用网 全国批发 高频交易
--------------------------------------	---	---	---------------------------

我们很难得看到游客像今天  
使用 Wi-Fi 一样连接到 "免  
费 5G"，但这很可能会在  
2024 年及以后出现。

# 在企业中将专用 5G 与 Wi-Fi 相结合

鉴于许多企业场所同时需要这两种技术，关于将专用 4G/5G 与 Wi-Fi 整合或融合的讨论非常多。

然而，整合的实际性质仍然是分散和多层次的，许多部署在技术上仍然是 "分道扬镳"，即使它们来自相同的综合预算或由相同的多学科团队管理。

一些供应商的解决方案以蜂窝技术为中心，使用 5G 3GPP 核心作为替代 "接入 "无线电的锚。其他厂商则采取相反的方法，在现有的大型 LAN/WLAN 基础设施上增加一个二级专用 5G 层，可能用于室外覆盖或连接车辆。

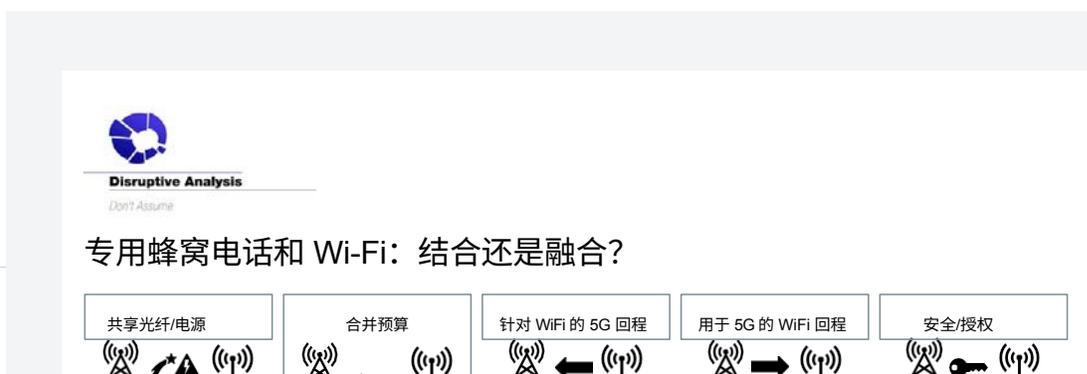
以 3GPP 为中心的标准不断演进，如 I-WLAN、ANDSF、N3IWF 和 ATSSS。<sup>[4]</sup>I-WLAN、ANDSF、N3IWF 和 ATSSS 等以 3GPP 为中心的标准不断发展，通过核心网络和各种网关将各种技术结合在一起。有一些机制可将企业级安全和身份模型及证书映射到移动类 SIM/eSIM 上。各种供应商

有的平台将移动切片与 Wi-Fi QoS 和 VLAN 连接起来。其他公司则更多地关注仪表盘和管理/网络连接的融合。

诊断工具、设备管理、回程和电力基础设施，甚至是物理机房混合接入点和小蜂窝。

对于 2023 年和 2024 年，颠覆性分析认为，无线技术的 "组合 "仍将比真正的技术 "整合 "更为重要。随着时间的推移，可能也会出现平台级的融合，但这种情况可能会非常罕见--就像公共网络中的融合仍然不常见一样，尽管 "蜂窝网络 "已经发展了近 20 年。+ Wi-Fi 融合 "标准和概念。

人们往往使用 "无缝 "这样的字眼，但实际上，许多 "接缝 "实际上是有用的界限，如果不在其他方面做出重大妥协，就很难去除。除了体操运动员和游泳运动员，我们很少有人穿无缝衣服，这是有原因的！



私人蜂窝电话和 Wi-Fi 组合的一些例子包括

- ▶将在同一地点使用 P5G 和 Wi-Fi 的设备和应用分开，如体育场内的工作人员手持设备（P5G）与游客智能手机。这可以隔离不同的流量类型，并在安全、干扰和拥塞以及预算/管理方面对每个域进行环形围栏。
- ▶配备本地 Wi-Fi 的 P4G/P5G 网关设备，部署在车辆或维护棚等远程企业结构中。
- ▶从室外公共 Wi-Fi 接入点进行 CBRS 或 P5G 回程，因为光纤传输距离较远，难度较大或成本较高。
- ▶相反，在光纤难以在短（室内）距离内运行的情况下，Wi-Fi 或 60GHz 回程到 4G/5G 小基站可能会被证明是有用的。
- ▶专用蜂窝网络（如使用 CBRS），用于“未联网”家庭的固定无线接入，由教育、医疗保健或地方政府机构部署。这些网络通常使用 Wi-Fi 作为最终设备连接的内部设备。
- ▶将连接从一个网络切换到另一个网络，例如将室内 Wi-Fi 机器人或 AGV 切换到 P5G，以便在锚定的建筑物之间移动

例如，德国电信为校园网络中的 AGV 提供的多路径演示（德国电信为园区网络中的 AGV 提供的多路径演示）。

- ▶为不同客户和场所生产和销售带有可插拔或可切换模块的物联网设备（如摄像头）。这些设备可支持 4G、5G、Wi-Fi 或某些组合。
- ▶可在多个无线电之间进行绑定或负载平衡的设备。这方面有多种方法，可能涉及网络中的某种智能“组合器”单元，也可能只是设备上的连接管理软件将独立的连接组合起来。多路径 TCP 等技术在这方面越来越有用。
- ▶综合规划、设计、运营和安全工具，涵盖多种网络类型（可能包括 P5G、Wi-Fi 以及局域网/以太网基础设施）。
- ▶将建筑物内的公共 5G 信号“卸载”到 Wi-Fi 和专用 5G 信号的概念，或许可用于不同移动网络运营商的流量或不同类别的设备。

在身份识别、安全性、投资周期、系统集成、供应商选择和设备管理方面存在许多微妙之处。因此，2023 年我们将不会看到一个“胜出”的架构出现，但我们肯定会看到更多概念验证的例子，也可能会看到一些“失败验证”的例子。

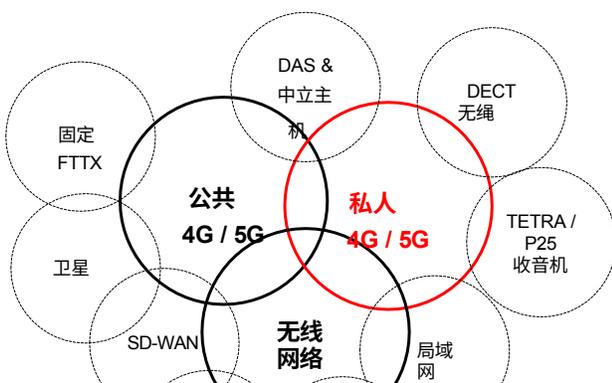
至少在初期，各种服务提供商（如移动网络运营商、企业 MSP、楼宇内中立主机）似乎比企业自身的 IT 和网络团队更热衷于追求完全融合的平台。

需要与（或围绕）专用蜂窝网络协同工作的也不仅仅是 Wi-Fi。物联网连接、用于工业自动化的各种工业以太网和网状系统、点对点无线、DECT 和 TETRA 无线电、卫星通信等。



Disruptive Analysis  
Don't Assume

## 网络融合是一种多技术格局



融合可能是多技术、多层次和多利益相关方的融合。这将是一个持续的过程，很可能需要数年时间，而且随着新的点解决方案的部署，分歧也将同时出现。

# 其他主要趋势和地区差异

本电子书重点介绍了专网快速发展的五大领域，预计 2023-24 年与近期相比将发生巨大变化。然而，这份清单并不详尽。显然，还有许多其他趋势和发展，包括技术和商业方面的趋势和发展。

值得强调的一些领域--也可能是未来报告（以及社交媒体帖子和文章）的主题--包括

- ▶ **开放式 RAN 和专用无线网络：**从理论上讲，P5G 应是构建网络基础设施的新分类模式的必然选择。然而，有关标准和设备的大部分工作都集中在宏观 RAN 和运营商领域。少数供应商专注于室内和专用网络规模的产品，但较少的预算意味着定制的 "混搭" 集成和测试很难满足单个专用网络项目的需求。取而代之的可能是更多使用 OpenRAN 类型接口的预集成或单一供应商解决方案。这样，既能为未来提供保障，又能在短期内快速、简单地部署小型网络。
- ▶ **政府运营的专用网络：**一个日益增长的趋势是，P4G/P5G 以政府为重点的垂直行业正在崛起，尽管在不同地区有些零散。这包括为智能城市应用或医疗保

健而部署的市政网络，以及安全网络。

以及国防场所和基地。2023 年，公共部门采用专用网络的情况可能会大幅增加。

常需要更多的连接性，这对该行业是有利的。P5G 部署中直接使用的能源数量

与它们所协助的工业或运输系统相比，它们的成本往往较低。

► **结合专用网络和中立主机：**本报告在多处提到中立主机批发移动网络，但商业发展缓慢。这种情况正开始发生明显的变化，随着供应商、场地和监管机构开始了解各种移动部分，2023-24 年这种混合网络的使用会越来越多。尽管如此，商业模式和技术差距仍有待解决，例如网络安全/非法拦截和机制方面的差距。

用于处理跨境支付和监控服务质量。

► **小型专用网络：**大多数 P4G/P5G 网络都部署在校园规模的站点或更大的广域领域（如公用事业电网）。随着产品变得更加标准化、更易于部署和自动化（“零接触”），基线应大幅缩小，特别是在使用基于云的 NaaS 方法时。拥有多个类似站点（如零售连锁店或酒店）的公司可以从“cookie cutter”设计和推广模式中获益。在这方面对于专门从事此类垂直行业的新渠道合作伙伴来说，这可能是一个重要的角色。

► **云：**越来越多的 P4G/P5G 供应商倾向于云交付或云管理功能，尤其是核心网络。我们可以预期这种模式将进一步发展，尽管随着亚马逊 AWS 等公司推动新的商业模式和“边增长边付费”的方法，前期成本较低，并与物联网和人工智能平台等应用进行了更紧密的集成，2023 年大规模市场部署的可能性不大，但 2024-25 年的可能性较大。尽管如此，仍需要根据特定的建筑设计、无线电环境和公司的具体细节进行定制，这些细节包括很难实现自动化或远程交付。此外，现场勘测、安装和维护的需求始终存在。

► **可持续性：**人们越来越关注所有连接和计算基础设施的环境足迹，从能源消耗到“体现”在设备和装置中的二氧化碳排放量。制造。通常情况下，这与新型自动化高效建筑或流程所带来的节能效果相比，尽管碳的数学计算/核算非常复杂，而且往往值得商榷。对于专用网络而言，风能、太阳能和氢能工厂等新型场所将带来机遇，而煤矿和石油生产等其他场所则可能

# 专用网络的国际差异

正如本电子书所指出的，P4G/P5G 的全球市场差异很大，这主要是由于频谱可用性的原因，但也与产业结构和当地产业的需求有关。

英国、德国和日本等一些市场已制定了完善的法规，允许共享频谱

为特定的工厂或港口获得，尽管有时是在不寻常的范围内或短期内获得

许可证的时间。目前，美国的 CBRS 网络生态系统正在不断发展壮大，但要为小区域获取优先 PAL 许可证却很困难。

从行业角度来看，智利和澳大利亚等国偏远地区的矿山需要连接，而其他国家的主要港口或机场则更多地采用 P4G/P5G。德国的重点是制造业用例，而英国似乎在市政和建筑工地采用了大量的 P4G/P5G。其中一些反常现象只是早期市场的特征，因此 2023-24 年应随着时间的推移，这些影响会逐渐“消失”。

该行业可使用的本地频谱包括

表：本地许可频谱选择示例

国家	频谱带	许可模式
美国	3.55-3.7 吉赫	通过自动 SAS（频谱接入系统）提供商进行分级许可和动态接入。优先接入许可证以县为单位进行拍卖。一般授权接入可广泛使用。
德国	3.7-3.8 吉赫	预留给本地专用网络许可，可使用 4G 或 5G 设备。许可证持有者可向国家监管机构申请特定地点的权利—通常用于校园规模的设施。
法国	2.6GHz 3.8-4.2GHz	2.6GHz 频段的 40MHz 部分已提供给关键通信和工业宽带使用。Ban 77 中本地许可证的新用途正在发展并可能扩大。
英国	3.8-4.2GHz 1.8GHz 2.3GHz	3.8-4.2GHz 频段可用于本地 5G 使用，但需保护现有许可证持有者。1.8GHz 和 2.3GHz 也有少量分配。另一类许可证可在未使用的特定地点对现有移动网络频段进行商定的二次利用。
日本	4.6-4.9 吉赫	本地 5G 许可证。
澳大利亚	1.8GHz	为企业和社区团体预留 30MHz 频率。
芬兰	2.3GHz 26 千兆赫	用于工业网络和其他用例的本地许可证。
智利	2.6GHz	本地网络广泛用于采矿。此外，移动网络运营商的参与允许使用国家许可的频段。
丹麦	3.7GHz	向移动网络运营商租赁是可能的，尽管很少见。
加拿大	可能或正在咨询各种乐队	偏远地区拥有 700-950MHz 附近各种许可证的工业 SP，但加拿大也在考虑 CBRS 类型的模式。
台湾	4.8GHz	

中国

获得 MNO 或政府许可  
的各种乐队

中国移动和其他移动网络运营商共同参与产业项目，政府提供频谱支持。

资料来源颠覆性分析



2023/2024 年值得关注的主要发展包括

- ▶ **印度：**电信行业、政府和其他利益相关者就 P5G 的合适频谱和规则正在进行磋商和辩论（经常是强调）。
- ▶ **欧洲：**欧盟监管机构和各个国家正在研究新的频段，特别是在 3.8-4.2GHz 频段，以及更新的 5G "行动计划"和将来 "数字十年"战略。挪威已经开通了这一频段，法国也有一些早期测试许可证。
- ▶ **中国：**有早期迹象表明，可能会在 6GHz 频段向某些企业直接分配频谱。直到最近，该频段一直由移动网络运营商主导。
- ▶ **加拿大：**加拿大没有与美国 CBRS 频段直接对等的频段，但一直在研究 3.0-4.0GHz 频段。
- ▶ **中东：**阿联酋和沙特阿拉伯等一些国家一直在研究 4.0-4.2GHz 频段等方案。2023 年可能会有更多动向。

- ▶ **韩国：**2023 年期间，对私人 5G 的重视程度将不断提高，其中包括在 4.7GHz 和 28GHz 频段运行的双连接解决方案。三星的目标是成为全球主要的参与者，并得到政府的支持，包括为一些机构的内部需求打造 P5G。

世界各地在分配 6GHz 频段（尤其是 Wi-Fi 6E/7）供非授权使用方面还有一个不同之处。一些国家，如美国、加拿大和巴西，释放了 5.9-7.1GHz 之间的整个 1200MHz 频段，而其他国家则只分配了部分频段。2023-24 年还将推出用于室外的 AFC（自动频率协调）。

虽然 Wi-Fi 和专用 4G/5G 在使用情况上大致互补，但也有一些重叠和替代。关于 6GHz 的立场可能会导致中期分歧--年底举行的世界无线电大会（WRC-23）的结果值得密切关注。



# 关于作者

**Dean Bubley**，颠覆性分析有限公司总监。网络技术与未来分析师/顾问。

迪恩-布布利 (Dean Bubley, @disruptivedean) 是伦敦一家独立技术行业分析和咨询公司 "颠覆性分析" (Disruptive Analysis) 的创始人。他是一位直言不讳的分析师和未来学家，拥有超过 25 年的经验，擅长无线/电信领域。

他的研究领域涵盖 5G/6G、Wi-Fi、FTTX、边缘/云计算、企业专用网络以及包括频谱在内的政策问题。他是领先的市场观察家和预测家之一，研究领域包括 5G/6G、Wi-Fi、FTTX、边缘/云计算、企业专用网络、物联网以及频谱、竞争和宽带批发等政策问题。自 2001 年以来，他一直在报道专用蜂窝网络。

他以逆向思维和远见卓识著称，经常发表与行业相悖的挑战性意见。

共识。他每年在 30 多场会议和其他活动中发表演讲，并被《经济学人》、《金融时报》和《华尔街日报》等刊物引用，是一位权威人士和煽动者。他经常出现在科技行业视频、播客和博客中。

Bubley 先生曾是投资银行 Robert W. Baird 英国分部的股票分析师，负责通信类股票。在此之前，他在英国研究公司 Datamonitor 工作了八年，共同创建了公司的技术业务，管理互联网和网络领域以及定制咨询业务，担任首席分析师和咨询总监。他拥有牛津大学凯布尔学院物理学学士学位。

## 参考资料

- [1] 行业协会 GSA 登记了 66 家公开部署专用 4G/5G 的大型（大于 10 万美元）新企业  
在其数据库中，到 2022 年第三季度，每年将有 250 多家企业安装该系统。考虑到一些企业拥有多个站点，其他安装情况未公开，而且许多企业规模较小，因此总数超过 1000 家是有可能的。
- [2] <https://gsacom.com/technology/private-mobile-networks/>
- [3] <https://www.telekom.com/en/media/media-information/archive/5g-millimeter-wave-technologies-for-industry-1024054>
- [4] IWLAN = 无线局域网 (WLAN) 互通 ANDSF = 接入网络发现和选择功能 ATSSS = 接入流量转向、切换和分流 N3IWF = 非 3GPP 接入互通功能
- [5] <https://www.telekom.com/en/company/details/deutsche-telekom-demonstrates-multipath-for-fixed-mobile-convergence-on-campus-625838>



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