



运输与物流专用网络

概述运输和物流行业专用网络面临的挑战、市场驱动因素、使用案例和发展趋势。



Disruptive Analysis



目录

摘要	3
运输与物流业的定义	4
主要挑战和市场驱动力	5
物流和运输领域的 4G/5G 应用案例	8
为什么要部署专用网络?	16
频谱选择和趋势	19



摘要

对于新兴的专用 LTE 和 5G 网络以及边缘计算和新版 Wi-Fi6E/7 等邻近技术而言，运输和物流业是最有前途的行业之一。

迄今为止，港口、机场和仓库/物流中心是最先进的采用者，而火车站、大型航空/航海制造商和其他企业也开始表现出浓厚的兴趣。高速公路

机构、铁路网络和市政交通系统则落在后面，尽管它们对中立主机基础设施以及未来针对车对车或下一代铁路连接的专用 5G 版本表现出更大的兴趣。

在这个（广泛而多样的）行业中，公司和公共机构正在部署许多应用程序，其中包括

在带宽、可预测的延迟、安全性和正常运行时间方面，对无线连接提出了苛刻的要求。

安防摄像机或远程驾驶车辆等基于视频的应用可能成为私人 5G 的主要驱动力，尤其是在 Wi-Fi 不适用的室外环境中。

由于场地明确、供应商生态系统不断壮大，交通枢纽和

铁路、港口和机场是国家关键基础设施的一部分，它们往往拥有高度弹性的网络，并需要更多的传统 IT 和电信需求。由于铁路、港口和机场是国家重要基础设施的组成部分，它们通常拥有高度弹性的网络，并且通常是

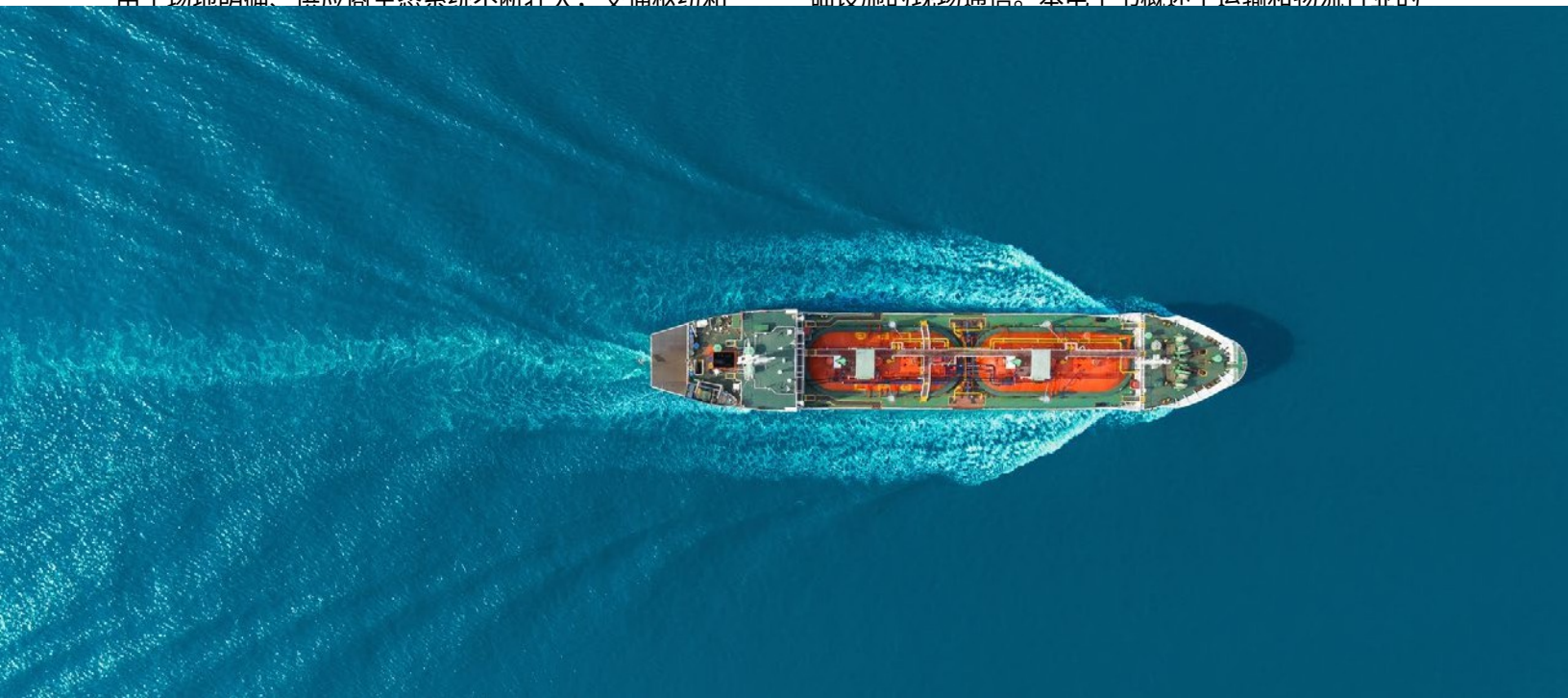
通常为特定用途提供专用技术或频谱业务需求。

随着所有这些部门的自动化程度越来越高，对数据的依赖性越来越强，在物理和网络安全领域面临的挑战也越来越大。它们还执行

作为集装箱、大宗产品和小型包裹的集散中心，在当前全球供应链的变化中发挥着核心作用。

随着 4G 和 5G 蜂窝技术的成熟，当地频谱和设备可用性的变化正在使其 "民主化"，超越了传统的移动网络运营商。现在，专用网络正日益成为现实。

这些因素共同形成了对专用移动网络的供需匹配，用于员工、自动化系统、车辆、物联网传感器、摄像头和基础设施的现场通信。本电子书概述了运输和物流行业的



运输的定义和物流业



- **交通枢纽**，指港口、机场、车站和铁路货场等场所。
- **物流**，涉及集装箱和包裹的集中运输、储存和分拣设施，如仓库和履行/配送中心。
- 包括铁路在内的**运输网络**网络、大都市交通和轻轨系统以及公路网络。

此外，还有一些混合型的物流中心，如联邦快递在孟菲斯和印第安纳波利斯机场旁的大型物流“枢纽”中心。

此外，还有一些与其他部门重叠的地方，如大型制造基地。例如航空航天制造和维护通常在联合工厂/机场进行，如波音公司和空中客车公司的设施。造船和火车生产也有类似的联合作业。采矿、钢铁和水泥公司甚至可能拥有自己的

本电子书涵盖众多运输与物流子行业和场所类型。尽管存在一些共同的特点和市场驱动因素，但不同地点的实际规模和布局、设备和应用平台、传统/替代技术、设备和应用平台、设备和应用平台之间也存在明显差异。

无线技术、监管监督和技术保守主义。

私人铁路线，从偏远地区或工业区到港口或城市的多式联运枢纽。

对于物流站点，应该指出的是，许多设施所有者还拥有



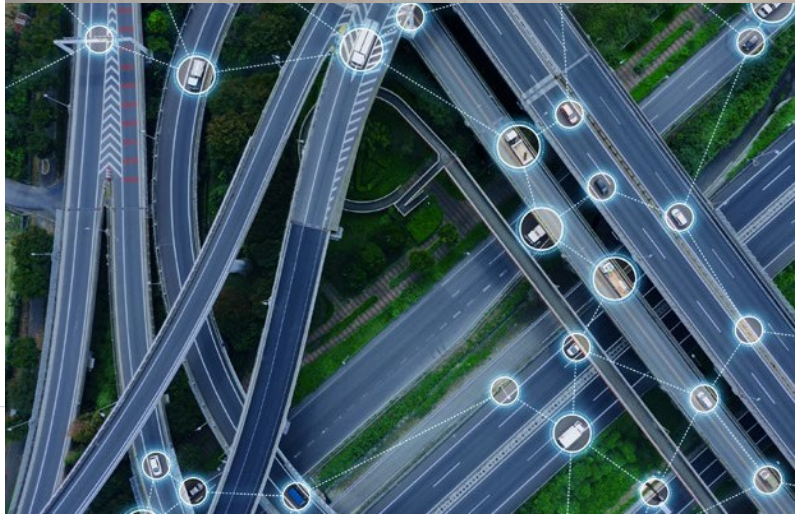
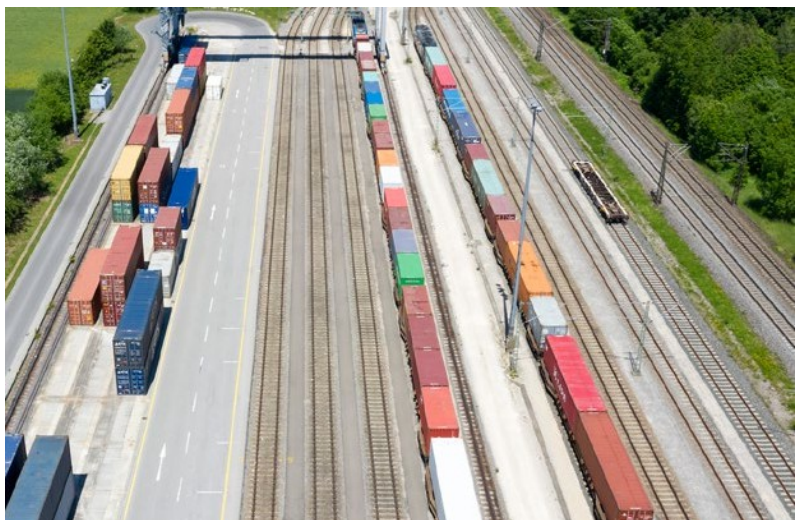
主要挑战和市场驱动力

运输和物流业对私营网络的需求，除了某些地方因素外，最终还受到一些国家和全球高层变化的驱动，例如如对 "自由港 "或企业区的政治支持，或对铁路网络现代化的努力。

总的来说，这些都对连接、控制和信息流提出了更高的要求--这就需要更多的 4G 和 5G 网络，以及 Wi-Fi、光纤和广域网服务。

物流和运输业的一些关键 "大趋势 "包括

- **自动化和机器人技术：**正如本电子书所讨论的，运输枢纽和仓库的自动化程度越来越高。虽然港口起重机、行李处理系统和自动导引车并不是什么新鲜事物，但它们的功能正在迅速增强。特别是，机器人和自动化系统正在使用无线摄像机检测包裹，实现远程控制和许多其他用途。
- **数据与分析：**从喷气式发动机和铁路机车的数字双胞胎，到履行仓库中货物的优化调度和包装，运输和物流公司正处于数据丰富应用的最前沿。连接更好的设备、物联网传感器和视频输入可缩短周转时间、减少装运错误、降低能耗等。乘客有序的交通应减少延误、分散人群并改善客户服务。
- **预测性维护和资产管理：**运输系统是资本密集型的。车辆或关键系统的停机成本





这对仓库或机场航站楼来说都是巨大的挑战。利用网络信息和传感器实现“预测性维护”--在问题变得严重之前解决突发问题，或在需要时安排定期维护--而不仅仅是

► **提高员工安全 and 生产率：**对工业事故的容忍度远远低于其他国家

过去。利用自动化和更好的信息，运输和物流公司希望和提高工人生产率的同时改善安全状况。这涉及许多方面，从确保工人与车辆之间的安全距离，到对任何事故做出快速反应，再到改进记录和培训。可靠的通信是必不可少的，既要使用语音（通常是按下通话），又要满足对视频通信和移动访问企业应用的日益增长的需求。

► **气候变化和去碳化：**未来十年，随着地球向净零碳排放迈进，许多运输和物流企业将面临深刻变革。港口、机场、配送中心和其他场所可能需要新的电力来源，如风能和太阳能、现场电池存储、氢气设施以及电动（通常是自动）现场车辆和机器车队。所有这些都需要连接，还需要能源使用监测、控制、数据收集和报告。

► **地缘政治、再转向和供应链弹性：**中美贸易战、科威德大流行病和俄罗斯/乌克兰战争等近期事件凸显了全球（通常是脆弱的）供应链面对破坏性外部事件的风险。除了本地化生产外，航运和物流也需要更加高效、自动化和互联化，以便重新规划航运路线、存储库存和运输。

并处理新的文书工作和合规要求。

► **网络安全：**运输枢纽和仓库是国家关键基础设施的一部分。自动化和云功能的兴起既带来了安全挑战，也提高了效率。旧的 IT、网络和操作系统如果存在漏洞，将得到加强或淘汰，而网络则需要额外的弹性和冗余。在光纤或其他链路出现故障时，可将无线网络用作备份。



根据通用时间表进行维护--是一个巨大的机遇。例如，增加振动和温度传感器可以在出现异常读数时发出问题"预警"。在航空和航海故障诊断等领域，安全方面的优势也是显而易见的。



所有这些广泛因素以及公司或国家的具体趋势结合在一起，意味着网络需要：

- 大容量、低延迟
- 在可能的情况下采用无线技术，以实现移动性（如 AGV）和进入铺设光纤不可行的地点。
- 尽可能实现标准化，拥有多样化的供应链和广泛的技能组合
- 在网络层以及不同系统和合作伙伴之间的信息传递协议方面具有互操作性。
- 以服务或私人拥有的方式普遍提供
- 安全和弹性，特别是在机场和铁路等敏感的 "关键基础设施" 领域
- 既适用于大型地点（如主要港口），也适用于较小的地点（如火车站）。在某些情况下，它们可能需要扩展到国家公路和铁路网络。
- 降低（或至少可预测）每个站点或每个设备的成本

新的网络系统（如 5G 或 Wi-Fi6/6E）也需要与传统连接类型集成。这涉及许多不同类型的网络、有线和无线。5G 的许多更具 "工业 4.0 "特色的功能只有在未来才能实现，而以后

3GPP 第 16 / 17 / 18 版。这就意味着经常会同时使用多种技术，其中包括各种所需的集成或网关方法。可能会不断升级和更新，并增加新的使用案例。

(此外，在本文件的讨论范围之外，网络管理和控制，包括基于云和边缘的核心网络和运营系统，也在发生着巨大的变化)。





物流和运输领域的 4G/5G 应用案例

鉴于上述行业结构和变化，本报告要解决两层问题：

- 哪些用例适合蜂窝式 4G 和 5G 连接？
- 什么情况下专用 4G/5G 网络比移动网络运营商/运营商提供的公共网络服务更合适？ [注：一些电信公司现在向其企业客户提供完全 "专用 "的网络]

本节重点介绍物流和运输行业中可从蜂窝连接中受益的一些新兴用例，尤其是仓库和履行中心、港口和机场，它们目前可能是私人 4G/5G 的最大客户。

铁路网络和车站等其他部门通常有蜂窝网络覆盖系统或中立主机。

但除了用于关键业务通信的传统 GSM-R 铁路网络外，专用的专用系统却很少见。

(未来的 5G 变体（如 FRMCS）将会改变这种状况，但还需要数年时间）。

虽然总体上可能有数以百计的应用程序 - 为简洁起见，以下内容是这些行业中许多公司的典型愿望。

车辆遥测和状态监测

现代运输和物流车辆会产生大量数据，这些数据来自电机、电池、变速器、车轮、液压系统以及温度、振动和许多其他变量的外部传感器。这同样适用于码头起重机、集装箱和客轮、火车机车、卡车，尤其是飞机。

这些数据可用于多种目的，包括预防性维护（在出现问题之前就发现问题苗头

发生损坏），以及强制保存记录。有些数据会立即用于运行，而其他输入数据则用于优化性能、降低能耗、改进维护方法和输入 "数字双胞胎"（见后文）。

当火车和飞机驶入车站或停靠在机场航站楼



Disruptive Analysis
Don't Assume

利用连通性的新型物流和运输应用

车辆遥测 来自卡车、起重机等传感器的传感器和视频数据。	AGV 和遥控自动或遥控制导车	AR/VR 增强现实与虚拟现实
自动化系统 控制仓库和堆场系统	机器人 仓库机器人	软件下载 在物流/交货期间更新 IT 系统
计量 检查和测量系统	地点 精确的资产跟踪和定位	工人安全接近和安全停止功能

时，可能需要快速 "批量 "上传遥测数据，每次上传的时间可能只有几分钟。可能需要数千兆字节或兆兆字节的数据。

需要在短时间内传输，不受 Wi-Fi 拥塞或公共蜂窝网络争用的影响。

虽然有些遥测数据需要通过公共 4G/5G 移动网络或卫星网络传输（例如路上的卡车或海上的船只），但大量数据将在港口、机场、物流中心和其他私有环境的“园区内”生成或发送。私人 5G 的使用将成为这类应用的重要推动因素。

自动或遥控车（AGV 和远程操作）

各种类型的现场和局部移动车辆及材料处理系统用于在仓库建筑内或港口等更大的场地上移动集装箱、包裹或材料。在建筑物内，自动导引车或 AGV 通常沿着特定的路径移动，出于安全考虑，移动速度相当慢，与人类工人隔开。对于集装箱港口等较大的室外区域，则使用更大的移动装置。轨道式龙门起重机（RMG）沿着码头的轨道移动，而跨运车或橡胶轮胎龙门起重机（RTG）在集装箱堆场周围的移动范围更大。

目前，AGV 和起重机正大幅转向遥控或全自动。这降低了工人疲劳的风险，消除了安全隐患，并缓解了招聘难题。它们使用联网摄像头（有时是十个或十个以上）加上其他传感器（如激光雷达），对周围环境进行分析，特别是在与人类操作员相同的空间内安全使用。

未来，机场还可能会更多地使用自动拖船、货物牵引车和行李车，其中一些已由人工远程控制。

操作员在舷梯上进行操作。有了高清摄像机和足够强大的网络，就有可能在大型港口或机场使用中央控制塔进行远程操作。

5G 是一个理想的连接选择，它支持可靠、大容量的视频上传，以及大范围控制信号的低延迟下行，尤其是摄像头的密度和一些起重机的高度对 Wi-Fi 的覆盖是一个挑战。未来的 URLLC（超可靠低延迟）功能将实现更紧密的边缘云集成和监督，以及与其他机器（如传送带、起重系统或停靠点/充电点）的精确互动。

这些车辆的极端重要性和对安全的影响可能意味着网络必须有重叠、冗余的覆盖范围，每个单元与两个或更多单元有良好的连接。

AR / VR 流程和培训

某些运输和物流场所是增强现实和虚拟现实技术的早期采用者——这一领域也开始被纳入“元宇宙”的范畴。AR 头戴式设备和眼镜使员工能够在复杂的任务中解放双手，如装载车辆或从仓库货架上选择合适的产品。它们可以

查看装运识别数据，或查看显示在其视野中的维护说明，或咨询远程专家。

除野外作业外，XR 应用程序还可用于“后台”任务，例如如产品开发和培训。设计师可以使用 VR 对新飞机或火车内饰进行可视化。模拟可以识别乘客的行为或新机场航站楼或火车站的工作人员。各种各样的培训任务都能从 AR/VR 技术中受益。



虽然 Wi-Fi 和有线连接在当今的 AR/VR 应用中占主导地位，但 4G 和 5G 连接对于室外场景或某些专业应用也变得越来越重要。蜂窝连接（以及 Wi-Fi6/6E）还可以通过以下功能实现实时 AR 流媒体传输

将一些图形任务卸载到边缘计算资源。这就降低了耳机或平板电脑本身所需的处理能力，延长了电池寿命或减轻了所需的重量。触觉（触摸/感应）数据传输也需要低延迟和高吞吐速度。

虽然目前很少有 XR 耳机集成 5G 芯片组，但它们可以与蜂窝调制解调器或移动网关相连。未来的设计可能包括蜂窝选项，特别是针对企业用途。

自动化系统

除了移动车辆和机器人，许多物流设施（尤其是仓库和履行中心）的核心是自动化。它们拥有极其复杂的传送带、分拣系统、收集箱和其他元件阵列。在机场行李处理区或港口和铁路网络的某些区域，也有类似的自动化系统。

这些系统需要多层次的计算和通信，从控制单个从使用 PLC（可编程逻辑控制器）的机器，到用于识别特定货物或按类型分类的摄像头和重量传感器。

所有这一切都需要连接，对可靠性的要求极高，对延迟的要求也很低，而且往往是确定性的，也就是可预测的。

虽然光纤、Wi-Fi 和各种专有无线解决方案在过去得到了广泛应用，但 5G 有可能在未来提供更大的灵活性和/或更低的成本。此外，5G 还能在有数英里金属结构和机电噪声的环境中发挥更好的性能。

尽管如此，“纯 5G”仓库或港口的可能性很小。大多数自动化系统供应商都与多种网络类型合作，为每台机器和应用集成最合适的网络类型。

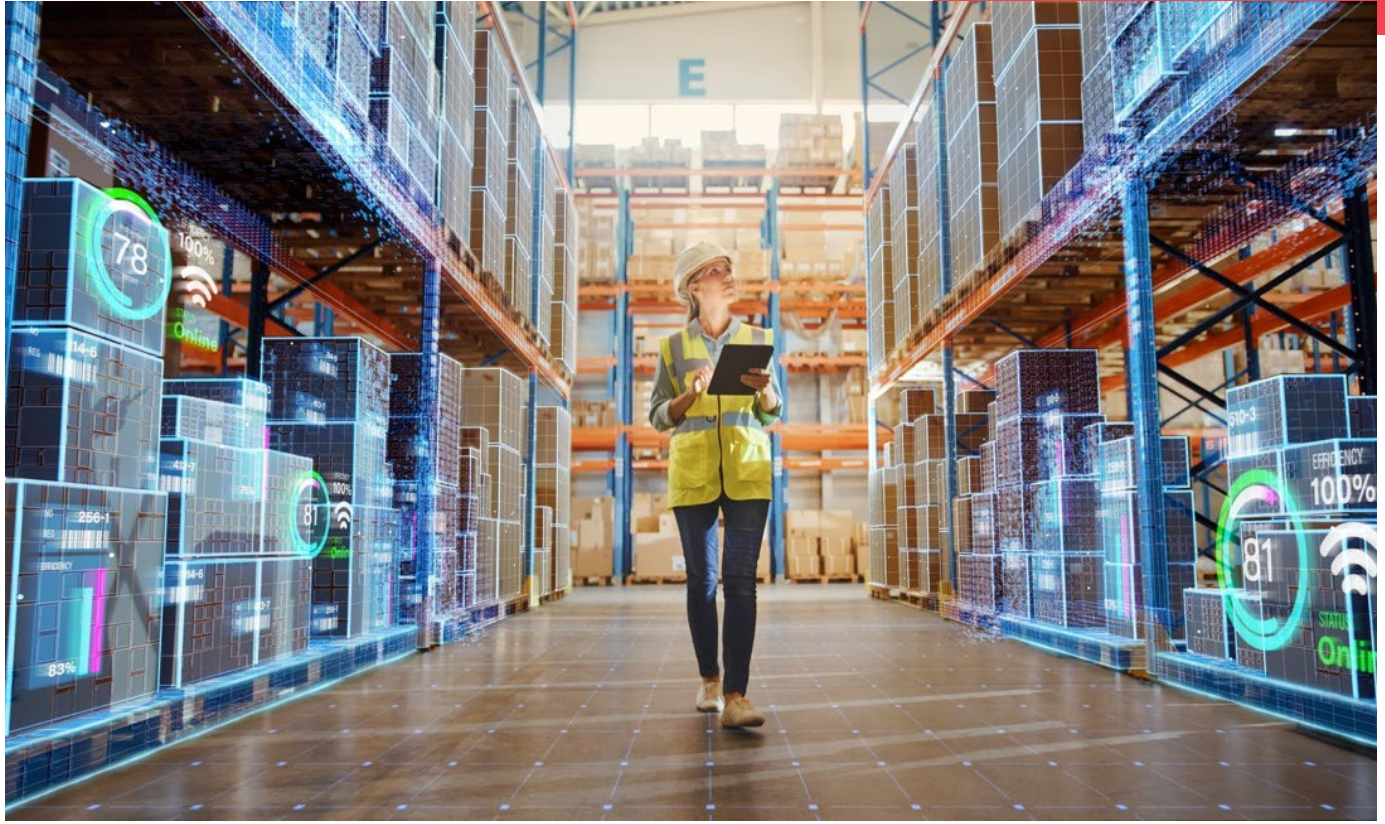
租户和乘客连接

运输和物流企业可以拥有多达三个不同的连接“受众”：

➤自己的员工、系统和机器。 ➤公众，尤其是乘客

。

➤其他商业租户，如火车站的零售商、港口的卡车运输公司或保险公司、机场的航空公司和餐饮公司等。



后两类基本上将场地所有者变成了 "半公共 "网络运营商。他们或者需要在现场提供接入全国 4G/5G 移动运营商的服务, 或者可能将这些群体接入私人蜂窝网络, 作为某种管理服务。许多人还将使用 Wi-Fi。

有些网站 (如仓库) 可能比较简单, 不需要与第三方小组打交道。

租户和乘客 "4G/5G 的使用案例将包括典型的消费者智能手机使用或企业在零售或酒店等相关行业中使用的应用程序。

校内/室内覆盖以及向移动网络运营商提供 "中立主机 "无线服务有多种技术选择。在国际海域或空域的船舶和飞机上进行移动覆盖会给网络建设带来自身的挑战, 这不在本电子书的讨论范围之内。

机器人

机器人--包括固定 "手臂 "和移动装置--正在被运输和物流业广泛采用。根据不同的定义, 其中一些与 AGV (自动导引车) 等其他类别重叠。发展趋势包括

- ▶随着成本的降低和自动化要求的提高, 机器人在更多工业领域的 "民主化"。
- ▶许多岗位, 特别是那些需要重复性和枯燥乏味工作的岗位, 或者在危险或肮脏环境中作业的岗位, 都存在人员短缺问题, 这也是机器人应用的驱动力。
- ▶工业机器人的互联性和仪表化程度越来越高, 配备了额外的传感器、摄像头和反馈系统, 以及大量的数据/遥测反馈。这就需要实时连接。
- ▶与人类操作员协同工作的 "合作机器人" (co-bots) 的相关性越来越大。

- ▶持续开发 "云机器人技术", 以减少在每个机器人上安装成本高昂的集成传感和计算设备的需要。

仓库和配送中心

自动化程度越来越高。对于



例如，在消费类电子商务和交付过程中，需要 "拣选"多个物品，并将其组合成混合包裹进行装运。一些网站使用传统的货架和过道，堆放托盘或大箱子，而另一些网站则使用 "货仓 "来存放较小的产品，由机器人从上面逐一拣选。

装运和交付货物还必须从卡车和集装箱上装卸--由于尺寸、重量和易碎程度各不相同，再加上最终交付司机需要能够在每个地址站提取单个包裹，因此这是一项复杂的任务。

港口和机场也在广泛采用机器人系统，既用于在航站楼与乘客互动，也用于处理业务功能。使用案例包括

- ▶旅客服务机器人可以用多种语言进行互动，提供航班和登机口信息，引导旅客前往机场服务台，协助旅客提取行李等。
- ▶移动值机柜台能够自动移动到拥挤区域，减少排队时间。
- ▶清洁机器人
- ▶行李和货物集装箱装卸系统

所有这些都促使机器人技术需要更多（更好）的无线连接。同样，在许多情况下，5G 被视为一个重要的推动因素。低延迟和高可靠性对于避免碰撞或在出现问题时实现远程控制至关重要。单个仓库可能拥有上千个机器人，遍布包括室外区域在内的大型设施。

此外，5G 不断改进的定位功能在仓库环境中也非常重要，它还能使人类与移动机器人之间的近距离感应更加精确。Wi-Fi 也仍然很重要--Wi-Fi6E 和未来的 Wi-Fi7 等后续版本将有所帮助--但在有大量金属制品的区域可能会受到拥堵或干扰的影响。

批量软件下载

在物流环境中，4G/5G 的一个新用途是管理供应链中产品的软件下载。

特别是，汽车和其他车辆在抵达时可能会收到与特定国家有关的定制软件安装（或更新）。例如，在船运港口旁通常会有巨大的车辆储存设施，可能有成千上万辆汽车等待转运。

现代汽车以及工业设备和消费电子产品等其他产品的控制系统中可能嵌入了数千兆字节的软件。能够 "在现场 " 下载更新非常有用。但是，这可能需要很大的网络容量，而且通常是在室外区域，因为这些区域的网络设备有限。

公共网络覆盖有限。坚固的安全性也很重要。

专用 4G/5G 网络为这类应用提供了一种机制，特别是车辆将

一般都有嵌入式调制解调器和电源。除汽车外，类似的方法还可用于其他运输环境，如将内容上传到飞机娱乐系统或飞行员的 "数字公文包"。

计量

计量学意为 "测量研究"。这是一个涵盖各种活动和系统的广义术语。不过，在运输、物流和工程等工业领域，它通常代表使用照相机或激光来测量（或检查）物体。

在这本电子书中，计量学最重要的例子是飞机、火车和其他需要精密工程来保证可靠性和安全性的交通工具的生产和维护操作。



例如，飞机及其发动机会定期接受检查，以发现微小裂缝或其他可能出现故障的迹象。这种检查通常在大型机场周围的大型机库中进行。船舶、机车、卡车、公共汽车和其他车辆也有严格的维护制度。

计量学的另一个应用领域是物流和仓储--无论是用于装运前的质量检查、测量包装尺寸以提高装载效率，还是用于绘制药品和食品储存温度图等专业用途。

一些测量设备每秒可读取数百万个读数，每天产生的数据量高达 TB。这还不包括用于类似目的的 "正常 "视频馈送。这些数据很可能会利用人工智能增强方法来分析模式，或检测出人眼可能无法看到的缺陷。内部或另一个边缘计算站点的机器视觉系统可以分析这些数据，最好是实时分析。

虽然有些计量系统会与其他设备连线，但也需要便携性和移动性。这类设备越来越多地使用具有高性能和吞吐量的无线网络，特别是在与机器人或无人机结合使用时。5G 可能会在某些场合发挥重要作用，特别是在光纤连接比较困难的地方。

精确的资产位置和定位

在物流和运输环境中，资产定位和实时定位有多种用途。机器人和 AGV 需要确定特定货架或储物箱的位置。它们还需要与充电站准确对接，准确记录任何故障的位置，并确保与人类工人保持安全距离。

例如，需要对铝制运输箱、行李车和轮架等机场资产以及行李手推车等经常移动的其他资产进行跟踪和定位。

火车站、港口、物流中心和其他类似场所也有类似要求。

精确定位可以提高生产率和资产利用率，并通过在指定范围内进行 "地理围栏" 来降低盗窃风险。跟踪技术还有助于预防性维护，确保物品存放在正确的位置。

使用各种无线技术（包括私人部署的 4G NB- IoT）进行资产跟踪已经成为可能，但实时定位，尤其是在室内进行实时定位却很困难。

5G 的后期版本，尤其是 3GPP Release 17 之后的版本，将允许高精度的位置跟踪，甚至达到厘米级定位。在精心设计的专用网络上，这将在航空机库和航站楼、履行中心和其他地点有多种用途。连接专用网络和公共网络它还可以让乘客追踪自己的行李，或让个人和企业查找包裹装运和交付情况。

工人安全系统

专用网络在运输、物流或其他工业环境中的一个关键应用是使公司能够更有效地维护工人的安全。这对于声誉、合规性、责任和其他原因都很重要。这里有许多需要良好连接的要素：

- ▶ 视频摄像机和分析仪用于确保遵守安全规则（如佩戴安全帽和高能见度夹克），或主动观察危险情况。
- ▶ 近距离感知系统和虚拟环形栅栏，可使机器人或自动驾驶汽车远离人类工人。
- ▶ 实时监测工人的健康状况（心率监测、坠落检测等），尤其是在工地最危险的地方（如铁路货场或燃料库），或单独作业的工人。
- ▶ 可靠的无线连接安全停止按钮--用于在工人面临危险时停止自动化系统。

根据具体地点的不同，这些功能可能包括



无论是在仓库等建筑物内，还是在码头或机场停机坪外，甚至是在地下区域或车辆内，都需要这种设备。



现在可以买到内置蜂窝无线电的 "智能工作服", 如头盔或夹克。

专用 4G/5G 可实现可靠的连接, 提供定制的覆盖范围和正常运行时间保证, 这在公共网络和 Wi-Fi 难以到达的地点是很难实现的。

全站网络和员工通信

港口、机场和物流枢纽的跨度可达 10 公里。许多港口都有自己的道路网络, 以及可跨越跑道或海滨长距离的开放区域。某些运输部门, 如铁路和公路网络, 显然跨度更大。工作人员、资产和车辆可能远离运营中心, 需要实时联系和控制。

对于此类站点, 必须拥有覆盖整个站点 (或 "园区") 的网络, 同时覆盖室外和室内区域。通常情况下, 公共移动网络对部分或全部站点的覆盖很差。

各种应用和服务功能都需要可靠的全站连接, 例如

- ▶ 资产监测/定位
- ▶ "对天气状况等环境问题的 "态势感知"
- ▶ 全场车辆控制
- ▶ 安全和安保摄像机、入侵探测系统、警报器等。
- ▶ 为现场员工的手持设备和智能手机提供一般 IT、互联网和云连接。
- ▶ 劳动力关键通信, 如语音或视频对讲 (PTT)、警报系统以及各种形式的协作和 "统一通信"。
- ▶ 用于连接摄像机、传感器和其他设备群组的网关和集线器。
- ▶ 多个组织之间的本地化协调, 如接机人员、燃料公司、行李处理人员、餐饮服务人员和清洁工, 他们在 20-30 分钟内就能 "调转 "飞机。

蜂窝 4G/5G 网络比传统的全站 VHF 无线电或 PMR (专用移动无线电) 系统更加灵活, 并支持容量大得多的数据应用。Wi-Fi 可用于铁路等小型站点



但对于较大型的设施来说则不太可行。向相关工作人员或承包商和供应商发放私人 SIM 卡的功能可以轻松创建 "封闭用户组"。

视频监控系统

运输和物流行业对视频监控和基于视频的运营分析有着巨大的需求。例如港口、仓库和机场对监控安保和安全风险（如恐怖主义威胁、火灾、入侵和盗窃或其他非法活动）有着迫切的需求，这些风险可能涉及室内和室外的大片区域。周边监控和行李处理等最敏感区域的本地视频都是必不可少的。

一些次级行业，如航空制造和造船业，面临着以下问题
来自地缘政治行为者或间谍的额外风险。

4G 和 5G 的无线连接为高分辨率成像提供了更大的容量，并减少了延迟。越来越多的摄像机被安装在车辆、机器人和无人机等移动资产上。这显然需要无线接入。



随着时间的推移，边缘计算与机器视觉相结合，将实现更多的自动化，并能立即发出异常警报

其他用例

在运输和物流领域，专用网络和 5G 还有许多其他用途。其中一些将高度针对特定行业。其中一些例子包括

- ▶ 无人机用于执行各种任务，从向等待驶入码头的船只运送文件，到检查仓库外的材料库存。有些无人机将使用 5G 连接进行视频传输或控制。
- ▶ 从中心大楼到大型场所其他偏远位置（如警卫室、机库或仓库）的固定无线接入。
- ▶ 部署在船上或飞机内的专用蜂窝网络。
- ▶ 铁路信号和铁路货场调度任务，包括满足特定行业的安全和安保需求。
- ▶ 高速公路管理和维护（例如，连接冰雾传感器）
- ▶ 港口和机场周围的环境监测传感器（如空气或水污染传感器）。

为什么要部署专用网络？

上述第二个问题是本报告的核心。为什么这些用例更适合专用 4G/5G 而不是移动网络运营商的公共网络服务？

私人 5G：

- >
- > 覆盖范围
- >
- > 控制成本
- >
- > 云计算集成补偿（或货币化）

以下各节将更详细地介绍这些适用于典型物流和运输行业的方法。

覆盖范围

使用私营 4G/5G 而非公共移动网络运营商服务的一个核心原因是网络覆盖的限制。移动网络运营商倾向于在人口密集区或主要道路沿线部署网络资产。（通常，他们的频谱许可条件规定了对常住人口的覆盖要求）。

然而，港口和仓储中心往往远离主要人口中心和普通住宅/商业区。因此，许多运输和物流公司的设施通常覆盖范围相对较小。即使在公共网络覆盖较好的地方（如机场），大部分区域网络规划也将集中在跑道和机场内。而不是更广阔的机场区域内的维护和其他业务部分。

此外，由于建筑中普遍使用金属和混凝土，与其他场所相比窗户较少，以及各种形式的遮挡，仓库的建筑物内覆盖率特别低。



需求：私营蜂窝电话的 5 C...

覆盖范围	控制	云	费用	赔偿
楼内	安全	边缘计算	取代传统 LRM / 固定链路	生产率
农村/偏远地区	主权	最低延迟	工厂 4.0	私人 SIM 卡
工业	定制	IT/5G 整合	纤维更换	漫游
办事处	超越 Wi-Fi	云市场	避免运营商按 GB 收费	本地 MVNO
公路/铁路	部署	物联网平台中的 5G	物联网连接的总体拥有成本	政府资助
公用设施	生命周期	数字双胞胎		当地 FWA
大城市地区	流动性			MNO 卸载
军事/政府	专用服务质量			



在地下，而港口可能需要良好的无线覆盖来延伸到广阔的水域。

控制

对于大多数运输和物流公司而言，除覆盖范围外，这是专用网络最重要的方面。许多公司，特别是港口、机场和自动化物流/货物集散中心的任何停机成本都极高，而且对网络安全和安全问题的保护也非常严格。

拥有和运营 4G / 5G 无线系统使公司能够自行定义和优化许多网络参数，直接负责服务质量、可靠性、性能和报告。例如，一些港口运营 "全冗余 "基站，任何单个塔台都可能脱机，但整个基站仍能保持全面覆盖和运行。航空维修中心大量使用视频检查和计量系统的视频上行链路，可以在本地配置无线电，以反映流量平衡。

专用网络还意味着企业可以选择自己的冗余和网络安全机制，与特定行业的最佳实践和法规保持一致。这在铁路等领域尤为重要，因为这些领域长期以来一直采用独特的标准和合规方法。

从长远来看，其中一些行业可能会通过各种方式获得公共移动网络运营商 5G 网络的定制 "片断"。API 和 "网络曝光 "功能，但这仍是一种未经验证的模式，只有在未来版本的 5G 技术（3GPP 第 17 / 18 版）普及后才能完全使用。

还可能需要将专用蜂窝域与其他连接系统集成，例如作为 PMR/LMR 的关键或现有的 Wi-Fi 设

运输/物流专用网络 | 电子书

备。增加的复杂性和定制要求可能会



这意味着公共 5G 网络运营商无法胜任这些任务。

成本（和风险规避）

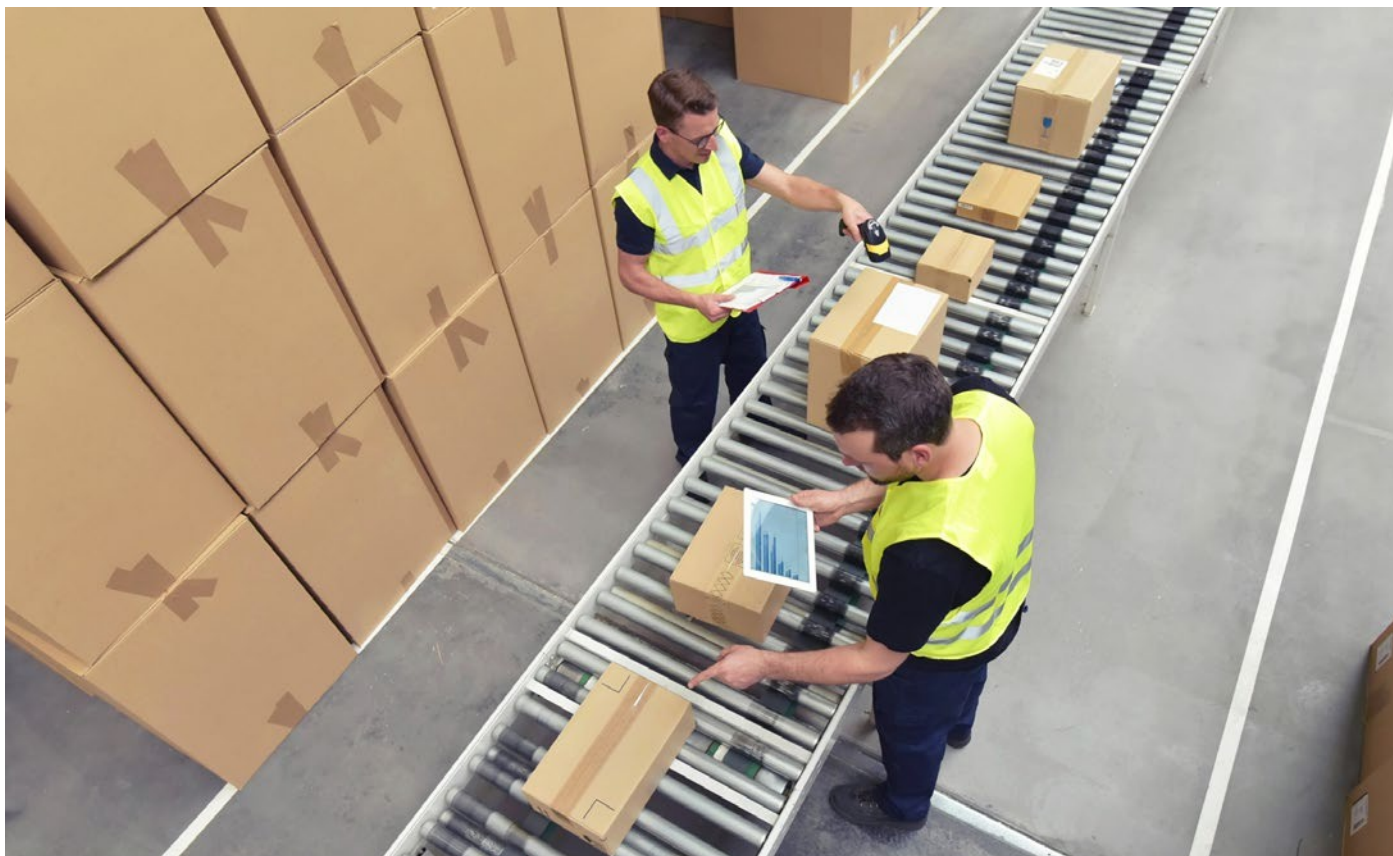
运输和物流公司在现场使用公共 4G/5G 网络的传统相对有限，除了车队需要现场和非现场连接，或客运站需要移动网络运营商的良好覆盖。

然而，它们通常使用其他昂贵的专有（有时几近淘汰）无线电系统进行推送对讲通信或低速数据连接。专用 4G/5G 网络既能降低拥有成本，又能提高数据吞吐量以支持新应用。专用蜂窝网络还可进一步节约成本，减少对新光纤线路的需求，特别是对周边安全摄像机或屋顶等难以接近位置的物联网设备的需求。

未来，当移动网络运营商试图向这一领域的企业出售 5G 托管服务（可能以 "网络切片 "的形式）时，成本计算可能会更加复杂。这些服务基本上将与私人蜂窝产品竞争，但也有可能出现各种混合产品。事实上，一些移动网络运营商现在将专用的内部 4G/5G 解决方案作为专用网络出售。

云

虽然某些细分行业（如铁路）对采用云技术持 "保守 "态度，但其他细分行业（如物流）则表明，私人无线和云平台之间的联系日益紧密。交叉点



通常涉及使用内部或接近内部的边缘计算。(值得注意的是，亚马逊在提供 AWS 云服务的同时还运营着自己的配送仓库，现在又推出了自己的私有 5G 功能)。

边缘云进行整合。不断增长

这里有两个相互关联的趋势：

➤ 专用网络由边缘服务器直接启用，边缘服务器可托管网络核心等软件元素，并通过虚拟化和容器交付。

交通枢纽站点是边缘计算节点的理想位置，这不仅出于其自身的目的，更广泛的原因是这些站点往往拥有充足的资源。

电力供应、光纤回程和良好的安全保障。

➤ 本电子书中讨论的许多用于运输/物流的私人 4G/5G 应用案例本身都可以利用边缘服务器。视频分析、机器人、遥控车辆、物联网监控、预防性维护和 "数字双胞胎" 就是很好的例子。

未来几年，运输和物流行业可能会更多地与专用网络和

对自动化和网络安全的重视将推动关键基础设施站点对更好（更有弹性）的无线网络的需求，通常还需要 "主权 "云/现场计算。

补偿/货币化

这里涉及的一些交通部门，如机场，可以通过向航空公司、餐饮公司等现场租户提供连接服务，直接将私人 4G / 5G 盈利化。希思罗机场例如，英国有自己的商业电信业务部门，与行业集团 SITA 共同运营。

某些船舶和飞机上也有私人蜂窝网络，向乘客出售接入或漫游服务。

今后，传输站点的专用网络还可向公共移动网络运营商提供中立主机功能--本质上是 "覆盖即服务"。

频谱选择 和趋势

概述

运输/物流部门专用网络的一个关键要素是获得用于专用 4G/5G 部署的合适频谱。这方面的决策和趋势涉及以下方面的大量权衡取舍

覆盖范围、容量、成本、设备可用性，以及政治和监管

。

这也直接关系到由企业或专家运营的 "纯 "专用网络与作为托管服务提供的网络的相关性和潜力。

由一家主要运营公共 4G/5G 网络的主流电信公司提供。

尽管大多数适用于蜂窝网络的频谱都是在区域/国家基础上独家授予公共移动运营商 (MNO) 的，但出于运营原因，铁路和航空等一些运输部门仍可使用某些专用频段。与公用事业一样，运输业通常被视为 "重要的国家基础设施"，监管机构对其的待遇与制造业、物流业或地方交通管理部门等商业部门不同。在没有罕见和复杂的租赁安排的情况下，后者历来较少直接使用此类主流蜂窝频段。

随着各国监管机构提供本地许可证或各种形式的共享频谱



网络与其主要的宏观 RAN 和核心基础设施脱钩。

对于运输/物流部门的专用网络，大致有三种频谱选择：

- **低频段：**有时可提供低于 1GHz 的薄片频谱，适合覆盖广阔区域，但容量较低。这些选择往往最适合关键通信（如对讲推送）或窄带传感器数据和控制系统。它们是公路和铁路网络以及机场和港口等大型场所的理想选择。
- **中频段：**对于适用于仓库、客运站、车站和机库的室内和校园范围的覆盖，2-6GHz 之间的中频段通常是最佳选择。这也是目前大多数私人 4G/5G 部署的位置。
- **毫米波频段：**毫米波频段通常在 26-60GHz 范围内，更高的频段已被广泛讨论用于 5G，但仍然很少见--尽管未来它们可能会被证明对需要巨大带宽的高度集中应用特别有用。额外的 "净空 "也使创建超低延迟网络变得更加容易。一些机场室内覆盖系统使用毫米波。



以下各节将更详细地介绍其中的一些内容。
在世界各地提供特定的乐队。

可使用 4G 或 5G 基础设施。许可证持有者可以申请
国家监管机构提供的特定地点--通常是

CBRS 和其他中频段选项

为了实现特定地点或区域覆盖，越来越多的国家为运输和物流公司和组织提供中频段频谱。这通常基于某种形式的频谱共享，对特定区域和频段权利进行人工或数据库驱动的许可。港口和仓储/物流等行业一直是说服政府和监管机构相信潜在经济效益的最有力的声音。

其中最重要的例子有

➤ **美国：**在美国，3.55-3.7 千兆赫之间的 CBRS 频段以共享和多层次的方式提供，由一些自动 SAS（频谱接入系统）提供商管理动态接入。最高级别的现有用户（尤其是海军）拥有最终的优先使用权，但一些企业（尤其是约翰迪尔）已经获得了 PAL（优先接入许可证）几乎可以保证以县为单位接入频段。这非常适合私人网络，并可通过按需使用 GAA（一般授权接入）层级加以补充。目前，只有 4G LTE 设备可随时与 CBRS 配合使用，但在未来 1-2 年内可能会扩展到 5G 产品。该频段已经吸引了大量生态系统，可能是最接近 "按需频谱 "和专用网络广泛民主化的频段。

➤ **德国：**3.7-3.8GHz 频段已预留给本地专用网络许可，

校园规模的设施。制造业企业，尤其是汽车和工程行业的企业，对园区设施的需求最为踊跃。

- 法国：**2.6GHz 频段的 40MHz 部分已提供给关键通信和工业宽带使用。虽然最初的用户主要是机场和铁路等 "基础设施" 组织，但现在已转向在 2021 年和 2022 年初进行生产。此外，部分移动网络运营商的 5G 中频段 3.4-3.8GHz 有与企业在专用网络上合作的监管规定。
- 英国：**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。此外，1.8GHz（原始 DECT 保护频段）和 2.3GHz 也有少量分配。EE 和沃达丰（Vodafone）等公共移动网络运营商也在致力于本地专用网络的部署，包括制造业。
- 日本：**4.6-4.9GHz 频段可用于本地 5G
- 台湾：**4.8GHz 频段有可供私人 5G 使用的频谱。

欧洲其他一些国家和欧盟监管咨询机构 RSPG 也建议将 3.8-4.2GHz 频段用于未来可能的共享/企业使用。西班牙、印度和沙特阿拉伯等许多其他国家也正在就适合工业的中频段方案进行监管倡议或磋商。

其他市场则有可能在当地租赁移动网络运营商分配的全国频谱（例如在澳大利亚、瑞典和丹麦），或让专门从事工业网络的区域运营商在人口稀少地区获得普通许可证（例如在加拿大部分地区）。

主要的例外可能是中国，因为中国仍倾向于向移动网络运营商发放国家许可证。

值得注意的是，2.4GHz、5GHz 以及越来越多的 6GHz 非授权频段也有可能用于私人 4G/5G--尽管缺乏干扰保护可能会限制关键任务应用的范围。

1GHz 以下选项

低频段频谱与物流的相关性有限，但非常适合铁路或公路部门的私人广域通信。其良好的室内/地下传播性能在某些情况下（如机场）也可用于物联网和关键任务语音通信。

一些市场已经提供了这种带子。

➤ **美国：**根据联邦通信委员会 2020 年的一项裁决，一些许可证持有者可以使用 900MHz 频谱，其中 6 兆赫用于宽带，4 兆赫用于窄带。其中，一个主要的频谱持有者 Anterix 与一些地方公用事业公司合作，创建合适的基础设施。目前还不清楚是否也会扩展到制造业。

➤ **挪威：**一些石油和公用事业公司持有 700MHz 和 900MHz 频谱，用于私人近海网络--但同样，这也可能与某些面向能源行业的专业制造商有关。

此外，还可以在各种许可或非许可的 sub-GHz 分配中使用 4G 的窄带物联网版本（NB-IoT 和 LTE Cat-M）。

毫米波

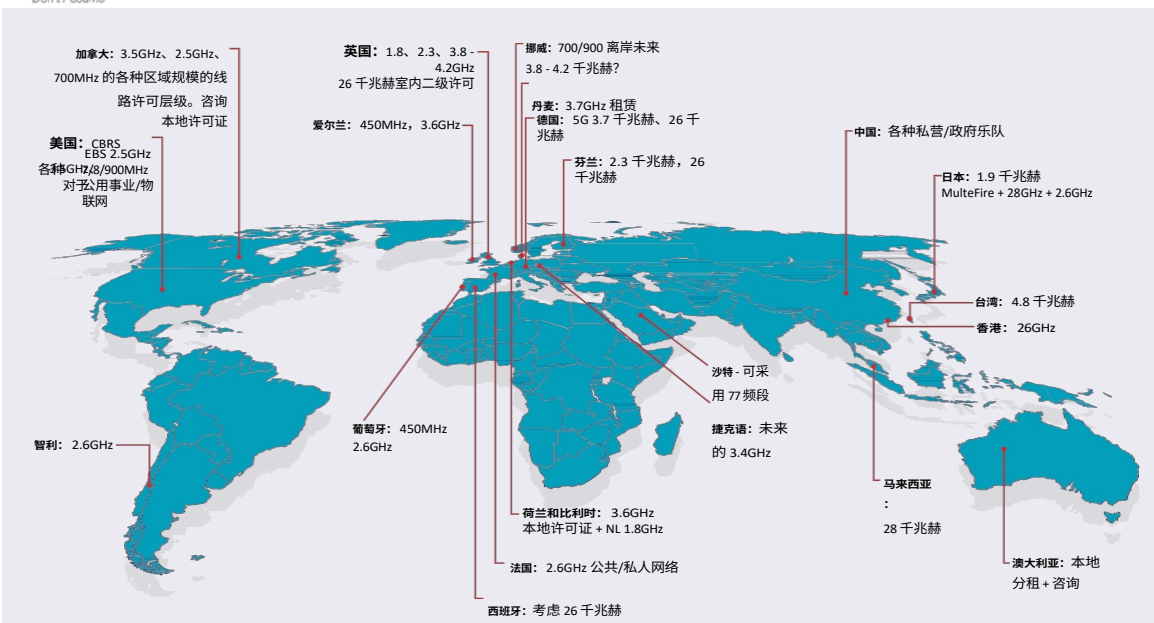
包括德国、英国、芬兰、马来西亚和日本在内的一些国家已提供 26GHz、28GHz 或其他高频段频谱供本地使用。在美国、意大利和韩国，一些移动网络运营商也在研究毫米波专用网络的商机。这主要针对室内/校园站点，如仓库和矿场，以及机场航站楼等高密度客运区。不过，港口和铁路货场等区域也有潜力。

主要用途是本地大容量使用，例如如遥控车或高清摄像机、尤其是安装在车辆、起重机或机器人上时。



Disruptive Analysis
Don't Assume

为非公共 4G/5G 推出新频段



2022 年 3 月 |
颠覆性分析有限公司版权所有 2022

结论与长远未来

运输和物流

该行业已经成为采用专用

蜂窝网络的主流行业之一

。它将需要 "关键通信 "的
早期部门与物联网/OT（操作技术）连接领域中更先进的
专用 4G/5G 应用相结合

。



目前，最热衷于使用私人蜂窝的是航运港口和机场，它们在中等规模的园区内结合了多种高价值的使用案例，并具有较高的水平

现有技术技能和无线连接的使用情况。许多更有价值的功能都是在室外实现的，而在室外，Wi-Fi 和光纤都无法替代。

现代仓库和配送中心是私人 4G/5G 快速普及的另一领域，这得益于高度自动化，以及在电子商务/配送热潮中 "绿地 "新建站点的激增，这些站点从一开始就围绕机器人和物联网系统进行设计。

虽然本报告侧重于专用 4G/5G 的无线电方面，但必须认识到，从核心网络到边缘计算和规划/设计/测试系统等更广泛的生态系统，以及大量的系统集成商和垂直专家都在同步发展。

企业级 5G 技术日益成熟，尤其是 3GPP Release

16/17/18 中与传输相关的功能。与更广泛的

由于本地或专用频谱的存在，在未来许多年内，运输和物流领域将继续保持健康的发展态势。到 2025 年，运输和物流领域的专用网络可能会达到 1000 个，甚至上万个。

此外，虽然新建的物流/仓库场地可能是 "5G 主站"，但在大多数情况下，其他网络技术也会大量安装到位。港口、机场、火车站和类似组织将出于不同目的维护一系列复杂的网络和无线技术--从乘客的 Wi-Fi 连接，到雷达系统和专用列车/火车/飞机的无线网络。空中交通管制协议。此外，还有许多现有供应商，如航空系统或火车制造公司，它们通常会充当（通常是自有品牌的）连接系统的渠道商或集成商。5G 产业需要融入或围绕这些现有供应商。

表格：运输/物流专用 4G/5G 部署/试验实例

公司名称	国家	部门/目的	光谱/业主
南安普敦港	英国	涵盖汽车运输/仓储	本地共享 3.4-3.8GHz
希斯罗机场	英国	坡道车辆及其他用途	3.5GHz （3UK 频段）
布鲁塞尔机场	比利时	用途广泛，包括安全摄像头、物联网、无人机控制、自动驾驶汽车	3.5GHz （LTE + 5G）
巴黎 CDG 机场	法国	用于飞机周转的登机口侧群组语音和数据通信。也可在机库内使用	2.6GHz LTE + 5G 测试
汉莎技术公司	德国	喷气发动机维护/远程检查	3.7GHz 专用 5G 频段
伦敦圣潘克拉斯车站	英国	火车站物联网状态监测	3.8-4.2GHz 5G
亚马逊物流中心	英国	亚马逊仓库外的卡车控制/摄像头	CBRS 专用 LTE
Ferrovial / Silvertown Tnl	波兰	公路隧道施工自动化/数据	3.8-4.2GHz 专用 5G
东急铁路	日本	试用 5G 摄像头 + 用于轨道异常检测的人工智能 + 用于安全关门的平台	被认为是 4.6-4.9GHz 的本地 5G 频段
哈米纳科特卡港	芬兰	视频与分析、车辆、工人 PTT 等。	2.6GHz 专用 LTE
鹿特丹港	NL	集装箱装卸车	3.7-3.8GHz 本地 LTE
萨博	瑞典	航空航天制造物联网	1.8GHz LTE , 3.7GHz 5G
Zyter	美国	智能仓库系统，包括 AGV、AR/VR、数字孪生和物联网传感器	CBRS 专用 LTE
昂达斯网络	美国	一级铁路的关键通信	900MHz 专用 LTE

资料来源颠覆性分析



www.ibwave.com