

# 卫星通信市场概览

应对卫星通信市场迅猛增长需要高性价比  
解决方案

Anokiwave Is Now  
**QORVO**

 [cn.qorvo.com](http://cn.qorvo.com)

 [beamforming-sales@qorvo.com](mailto:beamforming-sales@qorvo.com)

2024 年，Qorvo 收购了 Anokiwave。两家公司各自优势的结合，让 Qorvo 得以提供高度集成的完整解决方案和 SiP，满足国防、航天和网络基础设施应用的需求。

Anokiwave 创新的有源天线 IC 产品组合，结合 Qorvo 在产品互补性、全球影响力和市场占有率方面的优势，为实现高度集成和高性能的有源天线提供了新的选择，有望将[有源相控阵天线技术普及开来](#)。

以下白皮书全面概述了卫星通信市场的发展驱动力，市场如何定义卫星通信系统的用户终端，Anokiwave（现已并入 Qorvo）如何助力卫星通信终端的发展，并展望了不同技术的共存和新一代解决方案。鉴于 Anokiwave 已被收购，白皮书对所有相关引用都进行了更新。

© 06-2024 Qorvo US, Inc. 版权所有 | QORVO 是 Qorvo US, Inc. 的商标。

## 摘要

卫星通信 (SATCOM) 领域正在快速发展和演变。

全球互联互通的需求从未如此迫切。随着地面网络向 5G 演进以满足联网需求，许多运营商意识到，在海洋和偏远陆地上空，如果没有卫星群的协助，单靠移动网络本身无法实现全球覆盖。对全球覆盖的追求正在深刻地改变着各行各业的竞争格局和价值创造方式，影响着人们的沟通和社交方式，乃至军队为公民提供安全保障的方式。

Anokiwave（现已并入 Qorvo）撰写了本系列文章，以全面概述卫星通信市场的发展驱动力，市场如何定义卫星通信系统的用户终端，Qorvo 如何助力卫星通信终端的发展，并展望不同技术的共存和新一代解决方案。

本系列的第一部分概述：

- 卫星通信市场的发展驱动力和关键细分市场。
- 推动市场发展的新投资举措和主要卫星群。
- Qorvo 在为这一新兴卫星通信市场提供新型平板天线方面发挥的作用。

第二部分概述卫星通信用户终端生态系统的演变方式和推动这种演变的因素，包括：

- 基于卫星群、市场和平台的可扩展性要求。
- 天线终端性能考量因素，包括散热、架构和成本。
- Qorvo 的架构专为 IC 而设计，可轻松集成到卫星通信天线中并发挥出色性能。

第三部分主要讨论：

- Qorvo Ku 和 Ka 频段硅基 IC、工具和支持方案，有助于卫星通信 OEM 为基于有源天线的用户终端开发高性能、经济高效的解决方案。
- 客户利用 Qorvo 技术开发和交付高性能卫星通信终端的成功案例。

最后的第四部分主要讨论：

- 市场向包含地面和非地面系统的综合 5G 网络过渡所引发的未来需求。
- 不断发展的新用例，展示了 5G 和卫星通信的融合与共存；Qorvo 如何为 5G 和卫星通信市场提供高性能、高集成度、紧凑、经济高效的商用 IC 平台，助力 OEM 加快产品上市。

## 目录

摘要 .....	III
第一部分 - 市场驱动力 <sup>2</sup> .....	1
Qorvo 在卫星通信市场中的作用 .....	5
第二部分 - 用户终端的驱动因素 .....	6
理想的 AESA 解决方案 .....	11
Qorvo 助力打造高性能、经济高效的卫星通信用户终端 .....	11
第三部分 - 助力成功的解决方案 .....	12
Qorvo 助力客户成功交付基于 AESA 的天线 .....	13
第四部分 - 展望未来.....	17
5G 非地面应用.....	18
Qorvo 推动共存和融合技术的商业化.....	21
无处不在的连接.....	22
尾注 .....	23

太空经济规模预计将从 2020 年的 4.16 亿美元增长至 2040 年的 1 万亿美元以上。其中，最大的一部分将是运营和服务，即地面公司利用卫星提供的解决方案（用户终端）。这一部分将增长近三倍，从 2020 年的 2410 亿美元增至 2040 年的 6870 亿美元<sup>1</sup>。

## 第一部分 - 市场驱动力<sup>2</sup>

随着巨额资金涌入新通信卫星群的建设，人们对价格更低、功能更全的新技术的需求也日益强烈。这种技术主要集中在平板天线，更具体地说是有源电子扫描天线 (AESA)。

目前，这些卫星群主要利用 Ku (10.7-12.75 GHz Rx/13.75-14.5 GHz Tx) 和 Ka (17.7-21.2 GHz Rx/27.5-31.0 GHz Tx) 频段来为用户终端提供服务。随着新卫星群投入运营，对用户终端的需求将激增。大部分用户终端将会配备有源相控阵平板天线，以便与运动状态下的卫星通信。卫星通信 AESA 市场即将迎来爆发式增长。

卫星通信用户终端的应用场景非常多样化，覆盖了众多市场领域。这些终端的要求往往因其所依托的卫星群和所服务的目标市场而异。

四大市场包括**消费类**、**商业移动**、**企业**和**政府**。在这些市场中，有许多要求是重叠的，包括性能要求、尺寸、重量、功耗、吞吐量性能、成本和耐用性。一般来说，消费类市场的要求最为独特，在目标市场以外的地方，可行性非常有限，因此与其他市场的重叠程度最低。



近年来，卫星发射次数屡创新高，基于卫星的应用也日益增多，加上大量资本涌入各种太空计划，卫星运营商的前景从未如此光明。

其他三个市场在具体要求上有更大程度的重叠，与消费类终端相比，一个关键区别是耐用性。高耐用性通常意味着更高的成本、更强的电力供应能力和需要更高的吞吐量性能。尽管许多要求存在重叠，但每个市场对用户终端都有其独特的一组要求，如下图 1 所示。

终端所连接的卫星群也会直接影响所需的性能指标和功能要求。轨道可分为两类：传统的地球静止轨道 (GEO) 和非地球静止轨道 (NGSO)。NGSO 包括近地轨道 (LEO)、中地球轨道 (MEO) 和高椭圆轨道 (HEO)，它们对终端性能都有独特的要求。

相较于传统的 GEO 卫星，LEO 巨型卫星群有望实现**带宽提升 100 倍**，延迟降低 10 倍，同时能够服务多得多的用户。

## 卫星通信用户终端的四个主要市场：

- **消费类**：家庭互联网用户、车辆和私人海事用户
- **企业**：数据中心、大中型企业和卫星通信地面站
- **政府**：航空、地面移动、海事和地面运输
- **商业移动**：农业、建筑、采矿、海运、航空和地面运输

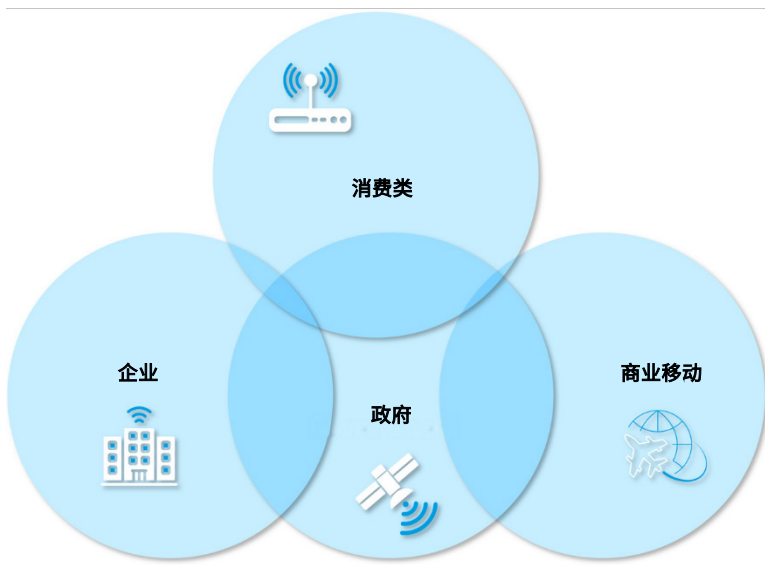


图 1：在主要市场中，企业、政府和商业移动终端的要求存在较大程度的重叠，而消费类终端的要求相对独立。

与 GEO 卫星相比，MEO 卫星的延迟更低，吞吐量更高，服务的用户更多，但全球覆盖范围不如 LEO 卫星广阔。HEO 卫星用于填补 GEO 和 MEO 系统的“空白”，实现对高纬度地区和极地的覆盖。

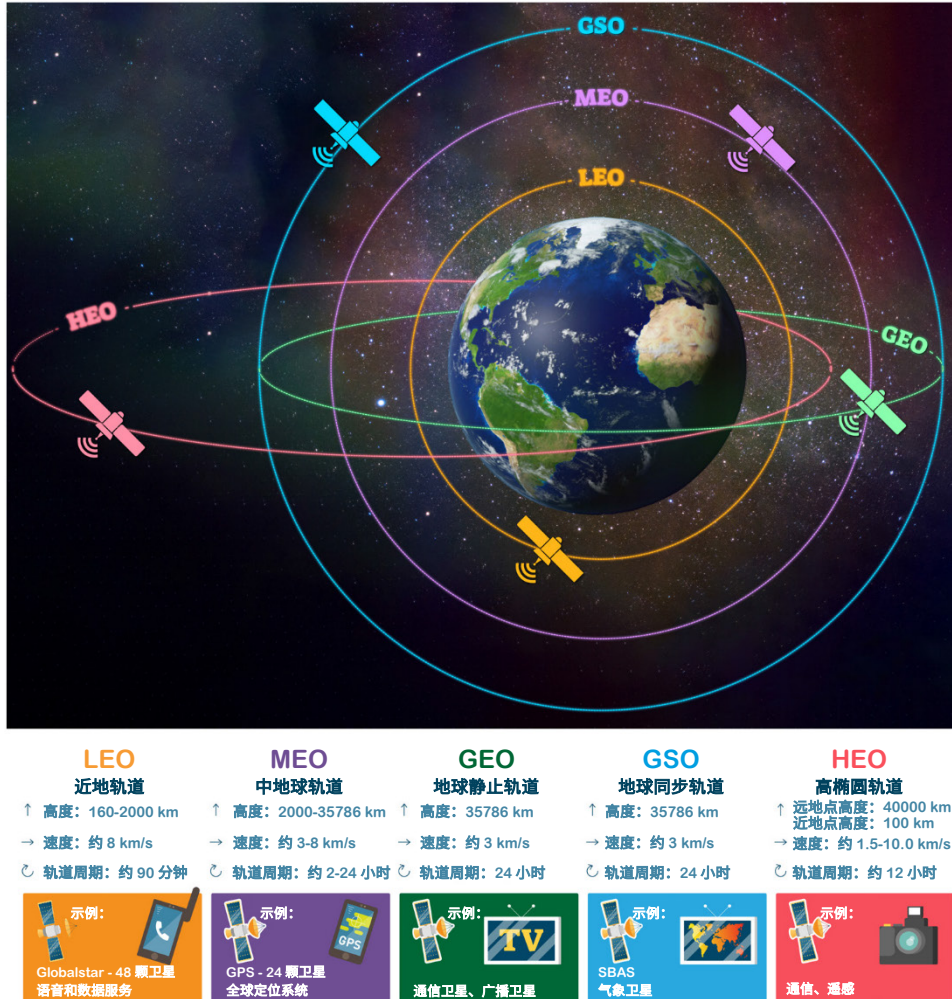


图 2：卫星运行轨道对用户终端的相关要求有重大影响

### 卫星通信轨道定义

- 传统的地球静止轨道 (GEO) 或地球同步轨道 (GSO) - 距离地球 35,786 公里的圆形轨道，沿着地球自转方向运行。
- 近地低轨道 (LEO) - 距离地球 500 公里至 1,500 公里的轨道。相较于 GEO，这些系统的带宽提高 100 倍，并且延迟降低 10 倍。
- 中轨道 (MEO) - 以地球为中心的轨道，高度距离地球 2,000 - 35,786 公里。
- 高椭圆轨道 (HEO) - 近地点高度低于 1,000 公里、远地点高度超过 35,756 公里的椭圆轨道。

目前，前四大 LEO 卫星群公司分别是 Amazon、OneWeb、SpaceX 和 Telesat。根据他们的计划，初始阶段将部署总计 3,176 颗卫星，最终的完整卫星群将拥有 15,687 颗卫星。这些卫星群的总数据容量非常惊人，尤其是与 GEO 卫星的当前能力相比而言。截至 2022 年 3 月，全球在轨运行的通信卫星共有 3,135 颗，相比 2020 年 12 月增加了 70% 以上，其中主要是 OneWeb 和 SpaceX 发射的 LEO 卫星。

表 1 显示了卫星群规模的对比。发射运力的大幅增长，加上政府和商业移动市场的需求不断攀升，预计从现在到 2030 年，卫星通信市场将保持 6-12% 的复合年增长率 (CAGR)。2021 年市场规模为 38.77 亿美元，预计到 2028 年将超过 60 亿美元。对于能够以合理的价格开发、制造终端并获得认证的终端制造商而言，这种需求和增长意味着巨大的机遇。

系统	GEO	Amazon	OneWeb	SpaceX	Telesat
频率	Ku 和 Ka	Ka	Ku	Ku	Ka
初始卫星数量	~1,000	578	716	1,584	298
最终卫星数量	~400	3,236	6,372	4,408	1,671
高度 (km)	35,786	590-630	1,200	540-570	1,015-1,320
延迟 (ms)	560	~30	~40	~30	~40-50
卫星寿命 (年)		7	~5	5-7	10-12
容量	3 Tbs	~30-32 Tbs	~5 Tbs (~7.5 Gbps/卫星)	~75 Tbs (~17 Gbps/卫星)	~12 Tbs (~20-50 Gbps/卫星)
目标市场	消费类、企业、移动、政府	消费类、企业、移动、政府	企业、移动、政府	消费类、企业、移动、政府	消费类、企业、移动、政府

表 1: 前四大 LEO 卫星群的初始运行部署和完整部署规模



## Qorvo 在卫星通信市场中的作用

硅基平板有源相控阵天线正成为所有新兴卫星通信细分市场的首选架构之一。

借助 Qorvo 提供的硅基卫星通信 IC，可以实现**高性能、小尺寸、低成本**的相控阵天线用户终端。Qorvo 的 IC 用于支持 FDD（频分双工）操作，但也可以支持 TDD（时分双工）操作，覆盖全球卫星通信 Ku 和 Ka 频段。该系列中的每个 IC 都支持四 (4) 个双极化辐射元件，具有充分的极化灵活性。每个通道都有自己的相位和增益控制，以提供尽可能大的灵活性。

这些 IC 采用专为批量射频生产而设计的商用 CMOS 硅基工艺，确保性能和成本实现理想平衡，让卫星通信的平板有源电子扫描天线的商业化成为现实。

多年来，Anokiwave（现已并入 Qorvo）已成为行业标杆和值得信赖的合作伙伴，我们的硅基 IC 使得 LEO、MEO 和 GEO 卫星通信终端的毫米波平板有源天线能够实现高性能、小尺寸和低成本。



卫星通信终端技术不断发展，以满足不断变化的用户需求。该领域的主要趋势是研发低成本、小尺寸的设备，要具有很强的可扩展性，能适应从便携式消费类终端到机上连接航空终端的各种用例。

## 第二部分 - 用户终端的驱动因素

与商业电信终端相比，卫星通信终端的开发更加复杂。5G 系统的建设存在一套行业标准，不同细分市场的硬件设备都符合统一的规范要求。

遗憾的是，卫星通信用户终端的情况并非如此，不同卫星群在性能要求、物理硬件接口、波形、调制解调器和 IF 频率等方面并不一致，这给终端研发人员带来了很大的挑战。

随着船队、军队和企业对“随时随地”连接的需求不断增长，市场迫切需要能够同时支持多个频段、多种轨道且价格合理的终端设备。然而，要灵活支持所有卫星群，势必会增加终端成本。因此，终端开发者的挑战在于如何平衡成本、性能和功能，找到理想解决方案。

基于硅基毫米波 IC 的有源电子扫描天线 (AESA) 技术，实现了成本和性能的精妙平衡。平板 AESA 设计中使用的硅基 IC 具备多种优势，包括高性能、应用灵活、易于集成、高能效和经济效益显著等。



现在，借助运行在 LEO 网络上的便携式消费终端，人们即使在最偏远地区也能轻松连接。

(图片来源：Adobe Stock #551556433；星链终端)

AESA 系统在成本上呈现出规模效应，即产量越大，单价越低，这与其他消费电子产品非常相似。要获得最大价值，解决方案必须灵活，能够适应不同卫星群和细分市场的需求。

理想的 AESA 解决方案主要需要具备以下几个因素：可扩展性、天线在性能和成本方面的灵活性、散热性能、波束成形实现方式。

## 可扩展性

GEO 和 NGSO (LEO、MEO 和 HEO) 系统对 EIRP (有效全向辐射功率, 发射功率的一个指标) 和 G/T (Rx 天线增益/系统噪声温度, 衡量接收器的质量) 有不同的要求。AESA 自然是一种很好的技术解决方案, 因为只要设计得当, 可以非常方便地进行扩展。这可通过可扩展子阵列构建模块来实现, 所设计的系统规模可以根据应用需求轻松调整。

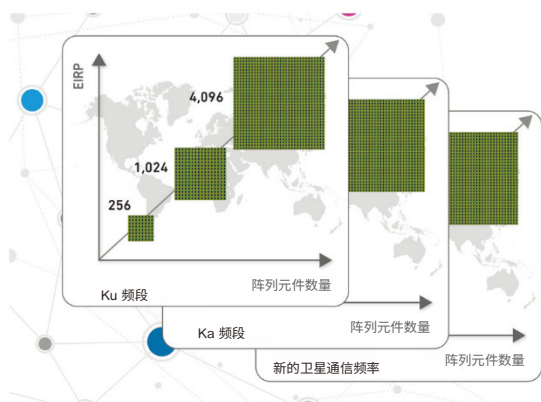


图 3: 只要设计得当, AESA 的规模可以灵活扩展

理想的 AESA 解决方案取决于四个关键方面:

- **可扩展性:** AESA 的孔径可扩展, 从而提供灵活的架构。
- **天线在性能和成本方面的灵活性:** 利用极化灵活的硅基波束成形器 IC 实现。
- **散热性能:** 在整个温度范围内具有稳定的幅度和相位, IC 可轻松散热。
- **波束成形实现方式:** 利用 AESA 固有的快速波束控制功能来管理“先连后断”的 LEO 连接。



图 4: 市场迫切需要能够同时支持多个频段、多种轨道且价格合理的终端。终端开发者的挑战在于如何平衡成本、性能和功能, 找到理想解决方案。

## 天线在性能和成本方面的灵活性

**性能：**利用灵活的波束成形器集成电路 (BFIC)，管理系统极化、交叉极化性能、发射功率谱密度 (PSD) 和旁瓣性能。

能够产生和控制各种极化对于支持不同系统要求至关重要。在 Ku 频段，通过电子方式从双线性切换到右手或左手圆极化，便可实现所有卫星群和轨道的互操作。类似地，在 Ka 频段，从右手或左手圆极化切换可以满足不同卫星群和轨道的多样化要求。为使所需极化的能量最大化，同时交叉极辐射最小化以获得峰值性能，并防止卫星上同时使用两种极化时产生干扰，需要采用基于角度的交叉极化管理。

为了控制发射信号的功率谱密度 (PSD)，从而避免对相邻卫星造成干扰，需要实施阵列锥化（为阵列中的各个元件分配不同增益的过程，中心元件被分配最高增益，而外围元件被分配较低增益）。

**成本：**对于数千元件阵列而言，每平方毫米 GaAs 和 GaN 的高昂成本导致大规模卫星通信终端应用的解决方案过于昂贵。高集成度的硅基波束成形器 IC 提供了兼容的尺寸，可轻松集成到阵列格栅中，并且其成本可以随着产量增加而降低，非常适合大规模应用。通过结合新的印刷电路板 (PCB) 材料/制造能力，成本可以降低，更重要的是，大规模量产成为可能。较新的架构基于商业上可行的多层 PCB，一面放置辐射元件，另一面放置表贴 IC。这些架构采用现有广泛用于生产大批量商用手机和 WiFi 接入点产品的技术制造，因此在成本和性能上具有可行性<sup>3</sup>。



Qorvo 大批量交付硅基卫星通信波束成形器 IC，适用于 Ku 和 Ka 频段，满足各种 AESA 性能要求，并已实际应用于商业部署的卫星通信终端中，展现出可靠的性能。

- [AWMF-0197](#)：K-Rx 卫星通信 IC
- [AWMF-0198](#)：Ka-Tx 卫星通信 IC
- [AWMF-0146](#)：Ku-Rx 卫星通信 IC
- [AWMF-0147](#)：Ku-Tx 卫星通信 IC

利用 Qorvo 设计的模拟硅基 BFIC，开发者可以实现 Ku 和 Ka 频段平板 AESA 卫星通信终端的发射和接收所需的全部功能。底层架构使单个 IC 能够支持四个天线元件的双极化馈送。这些 IC 具有低压单电源和集成逻辑控制等特性，可轻松集成到大型相控阵天线终端中。专为批量生产而设计的商用芯片制造工艺确保能以低成本实现高性能。

## 散热性能

AESA 必须支持各种温度环境。在所有终端类型和市场中，机载用户终端是要接受极端温度考验的一个典型例子。它们不仅要经受停机坪上可能超过 120°C 的酷热（太阳直射时），还要在飞机飞到 4 万英尺高空时承受 -46°C 至 -62°C 的极寒。

如此极端的温度变化要求终端具备出色的散热设计，并且电子元件能够在整个工作温度范围内稳定运行。BFIC 架构可能是一个重要的影响因素，具体取决于其实现方式。采用**矢量调制器实现的移相器电路**，其性能会随温度而变化，因此需要在整个温度范围内进行大量的幅度和相位校准。Qorvo 通过采用**在整个温度范围内幅度和相位性能稳定的专有结构**，避免了上述实现方式。

## 双波束实现方式

业界一般认为，卫星通信终端接收 IC 需要双波束设计才能支持先连后断连接，但这其实是一个误解。随着应用场景、技术和新轨道的发展，我们发现双波束架构不再需要，因为连接是在网络内进行管理，而 AESA 可以提供固有的快速波束控制<sup>4</sup>。



具有高性能、采用商业制造方法且规模可扩展的扁平 AESA，将使卫星行业能够大规模生产具有足够数量电子扫描波束的天线，从而充分利用所部署的重要太空资源。

多项测试、演示和现已投入运营的消费类终端，已经验证了单波束架构的有效性。此外，多波束实现方式会对卫星容量产生不利影响，因此目前没有任何 LEO 提供商支持多波束切换。

有些终端运营商为了提高弹性或增加容量，会同时提供双重服务。这些应用独具特色，看上去不错，但却有其局限性。如果同时订阅多个服务，费用很快就会变得难以承受，而且很难管理在任一时间或地点应该使用哪种服务。有些运营商开始提供 LEO 和 GEO 融合服务套餐，采用单一波束，根据位置、可用容量和用户需求自动提供最合适的服务。

捆绑多个服务通道可让服务提供商提供更高的吞吐量，但鉴于整体网络延迟，这种做法也带来了新的技术挑战。GEO 和 LEO 系统就是很好的例子，它们的传播延迟差异很大。此外，在不同的 LEO 系统中，因地面站位置和可能实施的星间链路不同，总路径延迟会有很大差异。

在用户终端中采用单波束架构，就无需集成第二个模拟波束成形网络，也无需转向更复杂、更昂贵的数字波束成形来实现双波束架构，因而成本大幅降低。这种成本节省不仅体现在设备本身，而且体现在电路板复杂性的降低上，因为更复杂的电路板意味着更高的功耗和更大的散热需求。

#### 为什么当今的卫星通信系统不需要双波束架构

- 先连后断连接是在网络内进行管理，并通过 AESA 固有的快速波束控制功能实现，因此无需双波束架构。
- 目前在轨运行的 LEO 卫星系统不支持先连后断的多波束切换。
- 运营商已转向 LEO 和 GEO 融合服务套餐，以提供最合适的服务，为不需要多波束方案的最终用户提供经济实用的选择。
- 单波束架构可显著降低复杂性、功耗和成本。

## 理想的 AESA 解决方案

在评估了 AESA 的可扩展性、天线性能和成本灵活性、散热性能及波束成形实现方式之后，显而易见，与多轨道卫星通信系统通信的商用大容量终端需要一种**低成本天线**。这种天线应具备**极快的波束指向调整速度**，并采用**温度性能稳定且支持灵活极化方案**的 IC 架构设计。基于 Anokiwave CMOS 的卫星通信波束成形器 IC 可提高性能、降低成本、简化散热管理，并提供一系列独特的数字功能来简化整体系统设计，从而实现**理想的 AESA 解决方案**。

## Qorvo 助力打造高性能、经济高效的卫星通信用户终端

采用硅基技术的卫星通信用户终端已实现性能和成本的精妙平衡。

Qorvo 是市场知名且经验丰富的硅基 Ku 和 Ka 频段波束成形器 IC 提供商，提供的此类 IC 专为平板电子扫描天线设计，适用于多轨道卫星通信系统。与最近才开始转向硅基的其他供应商不同，Qorvo 已实现多代技术的量产，这使我们能够为 OEM 提供更有价值的应用专业知识，帮助实现更好的阵列设计并加快产品上市。

Qorvo IC 广泛应用于全球各地的实时卫星通信终端设计。凭借出色的性能、优良性价比和充足的供应量，Qorvo IC 帮助客户从容地设计、制造并部署卫星通信系统，为商业成功提供坚实保障。



要想从卫星通信基础设施投资获得回报，低成本地获取卫星信号是根本。为了降低用户的使用门槛，运营商和终端供应商都在想方设法降低终端成本。<sup>5</sup>

### 第三部分 - 助力成功的解决方案

Qorvo 正在大批量交付用于卫星通信用户终端的量产波束成形器 IC (BFIC)，以支持 Ku 和 Ka 频段的发射和接收功能。这些 IC 采用量产型商用硅工艺制造，是让平板有源天线的电子波束控制在产量和成本方面都具有商业可行性的关键技术。

这些 IC 用于支持 FDD (频分双工) 操作，但也可以支持 TDD (时分双工) 架构，覆盖全球卫星通信 Ku 和 Ka 频段。IC 的底层架构使单个 IC 能够支持四 (4) 个双极化辐射元件，具有充分的极化灵活性。每个通道都有自己的相位和增益控制，以提供尽可能大的灵活性。



Qorvo 大批量交付硅基卫星通信波束成形器 IC，适用于 Ku 和 Ka 频段，已实际应用于商业部署的卫星通信终端中，展现出可靠的性能。

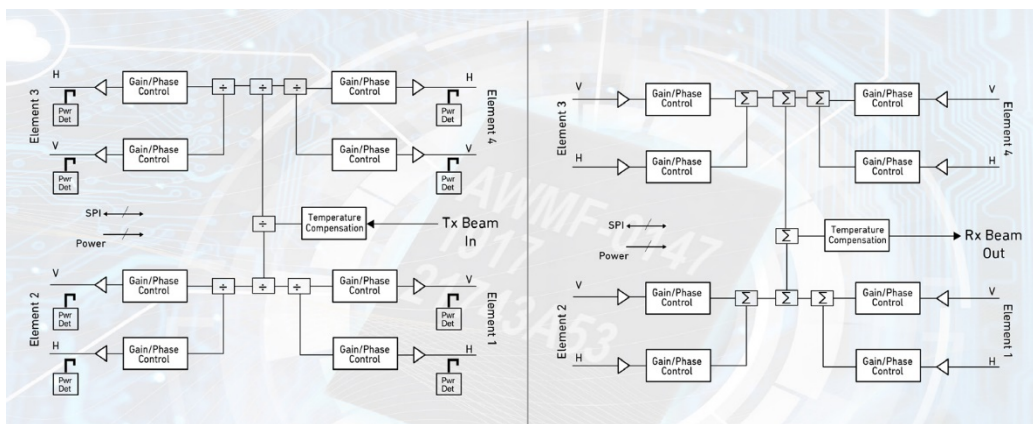


图 5: Qorvo 的 BFIC 架构支持四 (4) 个双极化辐射元件，具有充分的极化灵活性。



## Qorvo 助力客户成功交付基于 AESA 的天线

Qorvo 始终以客户的成功为目标，通过关键创新和提供先进工具，帮助客户更快地将经过验证的解决方案推向市场。

对于我们的许多客户来说，一个关键问题是需要对卫星通信系统进行建模和优化。这项工作要求工程师具备射频、数字电路、散热设计、系统要求等多个领域的专业技能。我们优秀的系统和天线团队能够为客户提供行业知识和独到见解，帮助他们充分发挥 IC 在整个系统中的性能。

我们网站上的卫星通信[阵列计算器](#)可提供有关天线尺寸、发射功率、接收 G/T、扫描量等的重要建议，从而帮助制造商加快产品上市。

Anokiwave（现已并入 Qorvo）的客户已成功将我们的 BFIC 应用到终端中。这些 IC 已在全球多个实时卫星链路中得到验证，覆盖多种应用、多个卫星群和不同轨道。其出色的性能、高性价比和充足的供应量，让客户能够放心地设计、制造并部署卫星通信系统。

以下部分介绍我们客户的一些成功案例。

### 案例研究 1: Smartellite™ 终端<sup>6</sup>

我们与客户合作，助力他们开发出低成本的语音、数据和物联网 (IoT) 终端系列。这些终端在 Ku 或 Ka 频段运行，兼容多个 LEO（近地低轨道）、MEO（中轨道）和 GEO（高轨道）卫星群。无论是个人还是具有完整网络管理系统 (NMS) 的企业，都可以轻松使用这些终端。用户和组织可以在任何移动设备上，通过专用程序随时随地自由沟通。

Anokiwave（现已并入 Qorvo）提供商业部署的毫米波 IC 已有 20 多年的经验，对毫米波相控阵天线的商用部署有着其他公司所不具备的独到见解和深刻理解。这种独特的优势体现在 IC 和工具的诸多特性上，并帮助我们的客户取得成功。

我们的客户已成功将 BFIC 集成到小巧的终端中，并已在多颗 GEO 卫星上进行了实际测试，结果符合 FCC（美国联邦通信委员会）和 ETSI（欧洲电信标准协会）制定的 Ku 频段标准。

## 案例研究 2：模块化、可扩展的 AESA<sup>7,8,9</sup>

我们与客户（天线解决方案领域的一家知名厂商）合作开发模块化、可扩展的平板 AESA，以满足 Ku 和 Ka 频段各种应用和市场需求。这些 AESA 产品旨在支持快速增长的卫星通信终端需求，包括激增的 LEO 通信卫星群。我们的客户已与一家全球知名代工厂合作，开始大规模生产通信产品。AESA 架构通过充分利用代工厂的先进制造基础设施和组装工艺，提升了生产效率，降低了制造成本<sup>10</sup>。

产品采用全电子设计，没有运动部件或特殊材料，而且是模块化的，方便客户满足设计和成本方面的要求。

这些 AESA 应用于许多支持多轨道功能的商业产品中，其中商业需求最大的是机上连接 (IFC)。GEO 在航空枢纽和跨洋通信方面具有独特的优势，可以有效弥补 LEO 在容量和极地覆盖方面的不足。这种无缝的多轨道连接已经通过单波束接收技术得到验证。

关于机载 AESA，一个相关的例子是阿拉斯加航空公司最近宣布采用 Intelsat 机载用户终端，实现与传统地球高轨道 (GEO) 卫星和新型近地低轨道 (LEO) 卫星的通信，从而在飞机上提供高速流媒体卫星 Wi-Fi 服务<sup>11</sup>。



阿拉斯加航空公司最近宣布采用 Intelsat 的 AESA 终端，为支线喷气式飞机提供高速连接能力。

图片来源：[阿拉斯加航空公司<sup>11</sup>](#)

### 案例研究 3：ESA（电子扫描天线）卫星通信终端<sup>12</sup>

我们与一家为 LEO、MEO 和 GEO 连接提供全集成式终端解决方案的瑞典客户合作，助力他们开发出一系列适用于多个卫星群的产品。ESA 系列产品既支持背负式部署终端，也支持移动卫星通信 (SOTM) 终端。

该系列终端支持全双工通信，能够通过单波束快速切换和扫描执行 GEO、LEO 和 MEO 操作。ESA 终端提供多种级别的集成方案，包括带有嵌入式调制解调器、天线控制单元 (ACU)、信标接收器、GPS、惯性测量单元 (IMU) 和上/下变频器的全集成式终端。ESA 终端还可以集成 Wi-Fi 和蜂窝通信<sup>13</sup>。



搭载了 Qorvo 卫星通信 IC 的 Ku 和 Ka 频段轻型电子扫描天线，  
可用来为背负式和移动式卫星通信打造高性能、低成本的用户终端。

## Qorvo 推动卫星通信 AESA 天线商业化

Anokiwave（现已并入 Qorvo）的成功与客户成功息息相关。这是我们公司 20 多年来一直秉承的理念。Anokiwave（现已并入 Qorvo）预见到了毫米波通信市场的到来，很早就投资于相控阵毫米波硅基 IC。我们的使命是实现毫米波有源天线商业化。如今，Anokiwave（现已并入 Qorvo）已批量生产多代用于卫星通信、国防、航天及 5G 的产品。

凭借服务多个细分市场的能力，我们得以将各个市场中的创新应用到我们的产品中。这样一来，我们就可以不断利用所有细分市场的发展成果，并将这些成果引入新的细分市场，找到新的应用场景。

这种为不同细分市场灵活调整产量的能力，可以让卫星通信终端制造商受益良多。得益于发射成本的大幅下降、卫星制造技术的进步、云计算的广泛应用和越来越多的私人资本推动创新，卫星通信行业有望改变全球范围内当今互联网服务的交付方式。为了实现与卫星的连接，终端供应商需要经济高效的解决方案<sup>14</sup>。Qorvo 的卫星通信 IC 为这一令人兴奋的市场提供高性能、经济高效的终端用户解决方案，并已实现大规模量产。



下一代通信网络将实现地面和卫星通信的融合，让我们能够随时随地以几乎任何速度连接一切。卫星和太空技术对于建设和运营此类未来网络至关重要，将为我们带来更安全、更稳定、覆盖范围更广、灵活机动的通信体验<sup>15</sup>。

## 第四部分 - 展望未来

人们对随时随地连接的需求在迅速增长，5G 应用也如雨后春笋般涌现，未来我们会看到统一的网络基础设施，它将整合地面 5G 网络和多轨道卫星群，从而提升通信网络接入的规模和范围。

在 5G 网络中，卫星非常适合提供额外的回程，增强关键环节的冗余度，为偏远和农村地区提供更广泛的网络覆盖。3GPP 标准机构将非地面网络（包括高空平台系统、无人机、NGSO 和 GEO 卫星）视为 5G 技术发展的一个重要方向，并在第 17 版和第 18 版中都包含了对非地面网络的支持。

这些趋势的共同点是需要利用毫米波平板 AESA 来同时支持两种类型的系统。Anokiwave（现已并入 Qorvo）已在这些市场深耕了 20 多年。我们已经开发出多代卫星通信和 5G 产品，并实现了量产交付，为 OEM 提供了极具价值的应用技术支持。这让我们的客户能够开发出更好的阵列设计，并加快产品上市。更重要的是，我们拥有丰富的经验，能够为客户提供支持，帮助他们将网络拓展到传统 5G 或卫星通信之外的更多应用场景。



未来，地面和非地面网络将会共存和融合，连接的规模和范围将大幅提升，所有人都能享受无缝网络服务。Qorvo 的毫米波芯片和天线技术将成为这一切的基石。

## 5G 非地面应用

全球约有 40% 的人口无法享受高速稳定的互联网连接<sup>16</sup>。其中仅有一小部分需求可以通过直接卫星连接来满足，但将卫星连接用于回程以支持其他通信服务的用例越来越多。

NGSO 卫星将成为拓展蜂窝 5G 网络的重要一环，让高速移动通信服务覆盖空中、海上和其他未被小基站网络覆盖的偏远地区。对于最终用户而言，卫星可以将 5G 服务从城市无缝扩展到飞机、游轮和偏远地区的其他载具。

### 卫星通信加入电信市场

随着非地面网络被纳入 3GPP 5G 标准，卫星服务提供商迎来了新的机遇。他们可以不再局限于为小众市场提供专有解决方案，而是有机会转向更广阔的大众市场，提供更全面的解决方案<sup>17</sup>。

统一的通信架构为卫星服务提供商带来了广阔的发展前景。从回程和流量分流，到移动边缘计算和为移动用户提供连接服务，这些都将成为可能。

已经有用例开始展示地面网络和非地面网络共存与融合的发展趋势。正如所有新兴通信网络一样，未来将会涌现出我们今天想象不到的新应用场景。

### 机上连接 (IFC)

机上连接 (IFC) 应用是利用卫星的大数据吞吐量同时为多个用户提供服务的典型例子。此类应用在当今的商业卫星通信需求中占比最大。

5G 和卫星通信等未来通信网络的理想用例是什么？

“这种预测徒劳无益，因为一旦基础设施建成，一切就会明朗。企业家和创新者很快将在平台上推出新的应用，这将创造远超平台本身的巨大价值。”<sup>18</sup>

关于 IFC 用力，一个相关的例子是阿拉斯加航空公司最近宣布采用 Intelsat 机载用户终端，实现与传统地球静止轨道 (GEO) 卫星和新型近地轨道 (LEO) 卫星的通信，从而在飞机上提供高速流媒体卫星 Wi-Fi 服务<sup>19</sup>。

## 将 5G 网络拓展到网络覆盖不足的区域

网络融合的另一新兴应用是 5G 回程，LEO 和 MEO 服务由于具有低延迟（比 GEO 改善 20 倍）和高吞吐量能力而非常适合此类应用，农村偏远地区将因此获得更好的连接选择。这是一个很好的补充方案，许多人认为它可以替代地面光纤连接。

随着人们对连接的需求持续呈指数级增长，卫星将需要为高度联网的城市以外的地区提供服务，以实现移动连接、关键紧急服务、边缘网络和设备互联（物联网）等目的。

据美国政策论坛组织威尔逊中心称，基础技术和卫星公司商业模式的演进使这种整合在技术上和经济上均变得可行<sup>20</sup>。

## 未来军事应用

美国军方希望利用 5G 来改善恶劣环境下指挥官与士兵和军事装备之间的通信。然而，为使 5G 网络适应未来的军事行动，一些人认为基础设施必须包括基于地球和太空的系统。

在美国华盛顿特区举行的“卫星 2022”会议的小组讨论中，美国陆军未来司令部网络跨职能团队主任 Jeth Rey 准将表示：“太空 5G 让我们能够在行动中分散部署我们的部队。”<sup>21</sup>



随着人们对连接的需求迅速增长，卫星将为高度联网的城市以外的地区提供服务，以实现移动连接、关键紧急服务、边缘网络和设备互联（物联网）等目的。

为此，美国国防部 (DoD) 宣布资助在军事基地演示 5G 网络的实验。这些实验表明，美军有意将商用技术应用于固定和移动通信，这将深刻影响未来对太空通信服务的需求<sup>22</sup>。

### 新一代解决方案和用例

如前所述，一旦基础设施建成，未来地面和非地面网络融合与共存的最佳用例就会出现。从智能汽车到全球航运，未来可以设想的应用场景非常丰富。所有这些应用都会推动需求大幅增加，最终拉低采用平板 AESA 的用户终端的成本。在所有这些领域，数据整合路线图非常复杂。我们可以预见，卫星通信和 5G 技术的融合将能够满足全球不同地区多样化的数据需求。下图展示了卫星通信融入社会各个通信领域的众多实例。

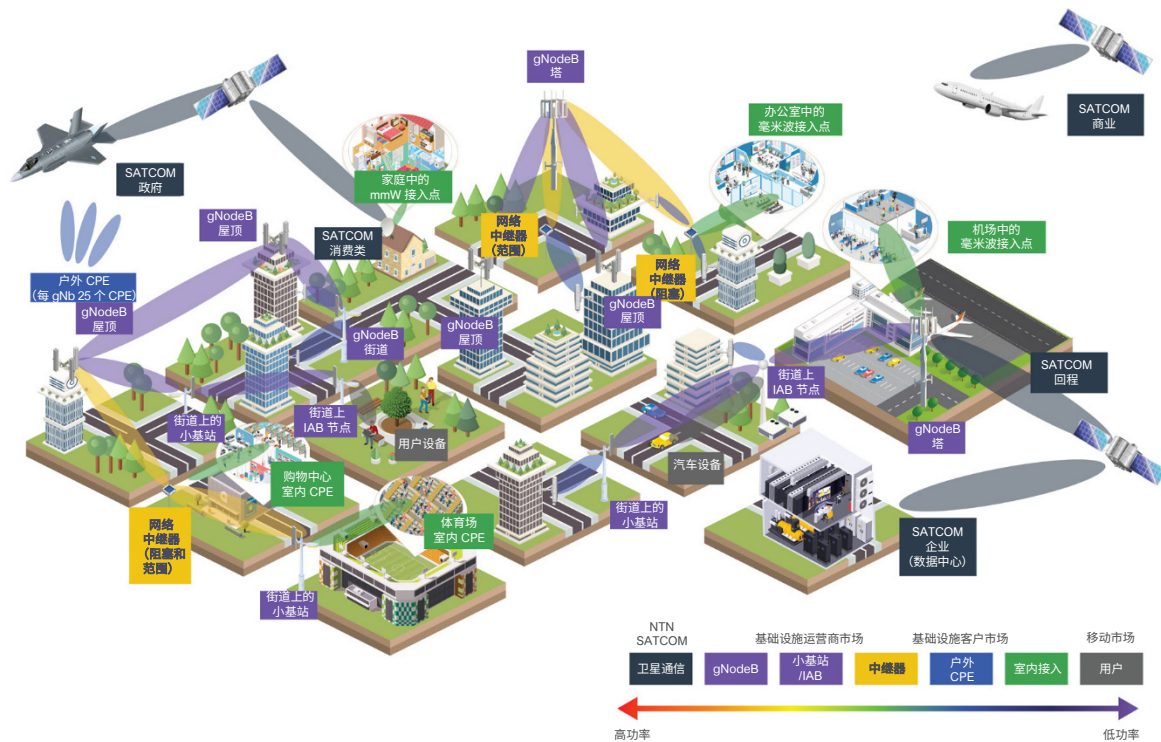


图 6：卫星通信与 5G 和私有网络的整合非常复杂，涉及众多技术植入和应用场景。



## Qorvo 推动共存和融合技术的商业化

随着市场逐渐走向一体化 5G 网络，Qorvo 持续致力于打造一个高产能的制造平台，以尽可能低的成本、尽可能高的性能满足市场需求。

本文所述应用中使用的平板 AESA 可以利用 Qorvo 波束成形器 IC (BFIC) 来实现。我们不断创新和开发新产品，以使这种实现方案更简便、更经济，同时提升性能。我们的下一代 BFIC 将突破 IC 性能和成本曲线的极限，达到新的水平，而且采用与前几代相似的架构，以便充分利用现有设计。这些进步在我们的第四代 5G IC 上得到了体现，已被主要设备制造商广泛采用。

凭借先进的解决方案和与客户共同创新，我们不断降低 OEM 应用毫米波技术的难度，成为创新解决方案的可靠来源。Qorvo 致力于开发高性能、高集成度、紧凑、经济高效的商用量产 IC 平台，助力客户加快产品上市。



## 无处不在的连接

通过全面了解卫星通信市场的发展驱动力，分析市场如何定义系统的用户终端，阐述 Qorvo 如何推动卫星通信终端发展，探讨未来的共存局面和新一代解决方案，我们看到，卫星通信市场在为所有人实现无处不在的连接方面发挥着重要作用。

为了实现真正无处不在的连接，与多轨道卫星通信和 5G 系统通信的商用大容量终端需要一种**低成本天线**。这种天线应具备**极快的波束指向调整速度**，并采用**温度性能稳定且支持灵活极化方案**的 IC 架构设计。Qorvo 硅基毫米波波束成形器 IC 可提高性能、降低成本、简化散热管理，并提供一系列独特的数字功能来简化整体系统设计，从而**产生理想的 AESA 解决方案，为实现无处不在的连接**提供极具经济效益的途径，使相关应用场景对运营商和消费者而言均具备商业可行性。

Anokiwave（现已并入 Qorvo）已在这些市场深耕了 20 多年。我们已经开发出多代卫星通信和 5G 产品，并实现了量产交付，为 OEM 提供了极具价值的应用技术支持。让我们的客户能够开发出更好的阵列，并加快产品上市。更重要的是，我们拥有丰富的经验，能够为客户提供支持，帮助他们将网络拓展到传统用例之外的更多应用场景。



### 关于 Anokiwave

2024 年，Qorvo 收购了 Anokiwave。Anokiwave 创新的有源天线 IC 产品组合，结合 Qorvo 在产品互补性、全球影响力和市场占有率方面的优势，为实现高度集成和高性能的有源天线提供了新的选择，有望将**有源相控阵天线技术普及开来**。

两家公司通过技术融合，实现了**技术创新、商业规模和良好声誉的独特组合**，在 5G 毫米波、卫星通信、国防和航天市场取得了公认的商业成功。

- 毫米波硅基 IC
- Intelligent Array IC Solutions®
- mmW Algorithms to Antennas®

---

## 尾注

1 - 波士顿咨询，“卫星是工业公司的下一个前沿领域”，2022 年 11 月 29 日：

<https://www.bcg.com/publications/2022-unlocking-the-value-of-the-satcom-market>

2,3,4 - 有关此话题的更深入讨论，请参阅 2023 年 5 月出版的 IEEE《微波杂志》（受 IEEE 版权保护）：

<https://mtt.org/publications/ieee-microwave-magazine/2023-may/>

5 - Space Capital SatCom Playbook，2022 年 2 月 1 日发布：

<https://www.spacecapital.com/publications/the-satcom-playbook>

6 - Anokiwave/HiSky 新闻稿，“Anokiwave 公司与 HiSky 合作实现 Smartellite™ 卫星通信终端的大规模商业应用”，2020 年 6 月 25 日：

[https://www.anokiwave.com/media/press\\_releases/releases/Anokiwave\\_Smartellite\\_Terminals.html](https://www.anokiwave.com/media/press_releases/releases/Anokiwave_Smartellite_Terminals.html)

7 - Anokiwave/Ball Aerospace 新闻稿，“Anokiwave 公司与 Ball Aerospace 合作实现平板相控阵的空中、陆地和海上应用”，2020 年 4 月 28 日：

[https://www.anokiwave.com/media/press\\_releases/releases/Anokiwave\\_Flat\\_Panel\\_Antennas.html](https://www.anokiwave.com/media/press_releases/releases/Anokiwave_Flat_Panel_Antennas.html)

8 - Anokiwave/Ball Aerospace 新闻稿，“Anokiwave 和 Ball Aerospace 为空中、陆地和海上应用平板相控阵产品组合新增 Ku 频段选项”，2020 年 5 月 27 日：

[https://www.anokiwave.com/media/press\\_releases/releases/Anokiwave\\_Flat\\_Panel\\_Antennas\\_Ku.html](https://www.anokiwave.com/media/press_releases/releases/Anokiwave_Flat_Panel_Antennas_Ku.html)

9 - Anokiwave 的 Bill Nevius 和 Ball Aerospace 的 Paul Freud 在 SatMagazine 上共同发表的文章“实现可扩展且经济实惠的卫星通信解决方案”，2020 年 9 月：<http://www.satmagazine.com/story.php?number=305453489>

10 - Ball Aerospace 新闻稿，“Ball Aerospace 与 Flex 合作扩大生产规模，为商业和军事市场提供高性价比平板天线”，2022 年 3 月 21 日：<https://www.ball.com/aerospace/newsroom/news-releases/ball-aerospace-and-flex-collaborate-to-ramp>

11 - 阿拉斯加航空公司网站：

<https://news.alaskaair.com/alaska-airlines/alaska-airlines-plans-streaming-fast-satellite-wi-fi-upgrades-to-our-e175-regional-jets/>

12 - Anokiwave/Requitech AM 新闻稿，“Anokiwave 与 Requitech AB 合作实现高性能移动卫星通信用户终端”，2022 年 3 月 15 日：[https://www.anokiwave.com/media/press\\_releases/releases/Anokiwave\\_Requitech.html](https://www.anokiwave.com/media/press_releases/releases/Anokiwave_Requitech.html)

13 - Requitech 网站：<https://requitech.com/phased-array-terminals/>

14 - Space Capital SatCom Playbook，2022 年 2 月 1 日发布：

<https://www.spacecapital.com/publications/the-satcom-playbook>

15 - 欧洲航天局 5G 和 6G 空间：<https://artes.esa.int/space-5g-6g>

16 - Mission Critical 文章，“光纤和近地轨道卫星 - 竞争还是融合”，2022 年 4 月 11 日：  
<https://www.missioncriticalmagazine.com/articles/94053-optic-fiber-and-leo-satellites-competition-or-convergence>

17 - Kratos Constellations 文章，“卫星如何成为 5G 的一部分”，2022 年 11 月 16 日：  
<https://www.kratosdefense.com/constellations/articles/how-satellite-became-a-part-of-5g>

18 - sdxcentral 新闻文章，“爱立信首席执行官：现在试图定义 5G 杀手级应用徒劳无益”，2020 年 7 月 8 日：  
<https://www.sdxcentral.com/articles/news/ericsson-ceo-defining-5g-killer-apps-now-is-futile/2020/07/>

19 - 阿拉斯加航空公司网站：  
<https://news.alaskaair.com/alaska-airlines/alaska-airlines-plans-streaming-fast-satellite-wi-fi-upgrades-to-our-e175-regional-jets/>

20 - 威尔逊中心 - 文章，“卫星在 5G 网络中的作用”，2021 年 10 月 1 日：  
<https://www.wilsoncenter.org/article/role-satellites-5g-networks>

21 - 国防杂志 - 文章，“最新消息：五角大楼与工业界合作部署太空 5G 网络”，2022 年 3 月 23 日：  
<https://www.nationaldefensemagazine.org/articles/2022/3/23/pentagon-industry-collaborating-to-field-space-based-5g-network>

22 - 太空新闻 - 文章，“卫星公司关注国防部 5G 发展方向”，2022 年 7 月 6 日：  
<https://spacenews.com/satellite-companies-watching-where-dod-goes-with-5g/>