

# 4G 和 5G 容量解决方案—— 比较研究

Amar Mandhyan

版本 1.1; 日期: 2019 年 7 月 15 日

# 目录

引言 .....	3
面向容量的天线解决方案 .....	3
天线在空间复用 (MIMO) 和波束赋形之间的权衡 .....	3
多波束天线 .....	5
面向容量的有源天线 .....	5
容量比较 .....	5
TDD .....	6
FDD .....	7
针对网络流量场景的适用性 .....	8
带宽和设备 .....	8
费用比较 .....	9
优势与挑战 .....	10
小结 .....	10

运营商希望在优化成本的同时增加网络容量，以满足不断增长的数据需求。在运营商所采用的策略中，包括使用各种天线技术，以在 4G 和即将到来的 5G 网络中实现更高的数据速率。这些技术涵盖波束赋形等多入多出 (MIMO) 技术，以及多波束和有源天线的使用。



本文评估了各类技术在增加容量上的表现，及其在各种网络场景中的应用。为了提供更加深层次的内容，我们将根据特定的约束条件来比较这些技术，例如成本、生态系统支持、频分双工和时分双工 (FDD/TDD) 以及信道带宽。由于我们的目的是进行评估和比较，因此本文不会讨论这些技术的基本工作细节。

## 面向容量的天线解决方案

### 天线在空间复用 (MIMO) 和波束赋形之间的权衡

借助无源天线，通常可以在基站使用一、二、四或八根发射天线并在用户设备 (UE) 中使用二、四或八根接收天线来实现 LTE 网络。这些天线配对可以表示为：1x2、1x4、1x8、2x2、2x4、2x8、4x2、4x4、4x8、8x2、8x4 和 8x8 MIMO (空间复用)，其中第一个数字是发射机中每个扇区的天线数量，第二个数字是接收机的天线数。

传统的基站天线由排成一列的多个交叉极化组件构成。与针对波束赋形应用优化的配置相比，针对 MIMO 优化的配置在列排列上有所不同。

MIMO 需要不相关的通道，其典型的列间距约为波长的 0.7 倍或以上。与此相对的是，波束赋形在间隔较近的阵列中表现更加出色，并且列之间的建议距离为波长的 0.5 倍。

MIMO 最少可以使用两个天线端口 (例如，单个双极化阵列)，其中列的交叉极化组件形成两层 MIMO 通道。与此相对的是，波束赋形在多个列上使用相同极化的组件，并且通常需要在水平面上部署四个或更多的阵列才能在水平面上形成波束。波束赋形至少需要两个阵列，但是大多数实现方案使用至少四个阵列 (八个端口)。

因此，图 1 中的八端口天线可在高达八层 MIMO (具有  $\geq 0.7$  波长列间距) 中发挥最佳性能；或者通过波束赋形，在具有 0.5 波长间距的两层 MIMO 中发挥最佳性能。在后一情景中，所有 +45 度单元组成一个 MIMO 层，-45 度单元组成另一个 MIMO 层。即使每个波束赋形层使用四个物理天线端口，UE 也会将其视为来自单个天线端口的单个层 (虚拟端口)。

MIMO 配置可以部署在单用户或多用户模式下。单用户 MIMO 在每个时频资源中仅允许一个用户。无论网络负载如何，此模式都有助于提高单个用户的吞吐量。在多用户 MIMO 中，多个用户共享相同的时频资源。该模式可用于增加整个蜂窝的容量，但要以牺牲单个用户吞吐量为代价。在多用户模式下，网络负载越大，蜂窝容量的增量越大。

8 端口天线

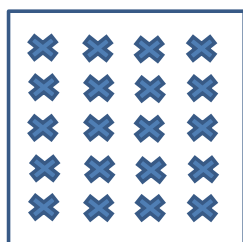


图 1:

列间距: 波束赋形:  $0.5\lambda$ , MIMO  $\geq 0.7\lambda$

下表根据技术标准，概述了 MIMO 和波束赋形的不同变体：

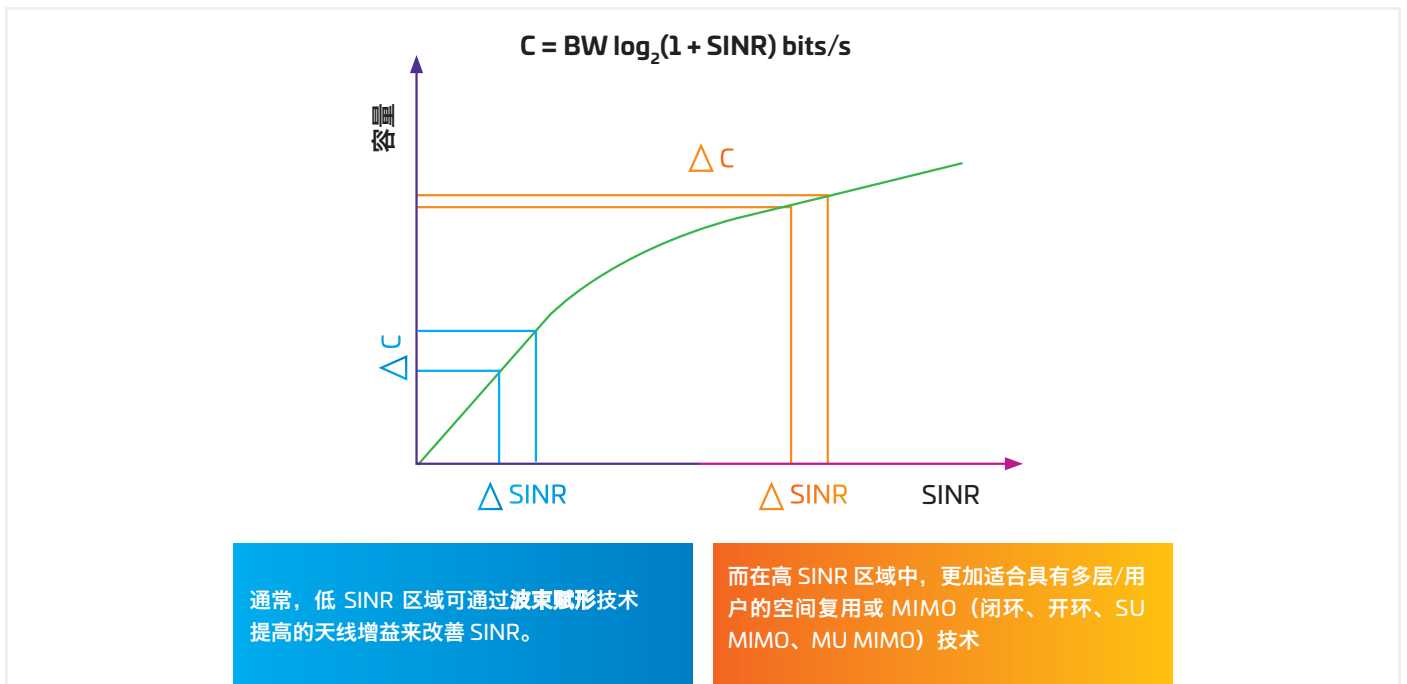
发射模式	天线类型	天线端口	说明
2	两个或四个天线	端口 0 至 3	开环发射分集，秩 1；通过具有不同编码/频率资源的多个天线发射相同的信息
3	两个或四个天线	端口 0 至 3	开环 SU-MIMO，秩 2 至 4；不发送预编码矩阵信息 (PMI)；UE 仅发送秩指示符 (RI) 和 CQI；用于快速移动的 UE
4	两个或四个天线	端口 0 至 3	闭环 SU-MIMO，秩 2 至 4；UE 根据 eNodeB 发送的 CRS 信号估计信道信息，并使用 PMI、RI 和 CQI 做出响应；用于固定或缓慢移动的 UE
5	两个或四个天线	端口 0 至 3	与 TM4 相似，但用于多用户 MIMO，秩 2 至 4
6	两个或四个天线	端口 0 至 3	与 TM4 相同，使用 PMI 反馈，但仅作为单一层闭环 MIMO，秩 1
7	以相同的 UE 特定权重发射数据和附加解调参考信号 (DMRS)，从而形成使用多个物理天线的虚拟天线方向图 (端口 5)。UE 将此信号视作来自单个天线端口。	端口 5 (虚拟端口)	单层波束成型；对于 TDD 是必需的，对于 FDD 是可选的
8	与 TM7 相同，但适用于双层。eNodeB 在天线处对两个单独的层进行加权，因此波束赋形可以与一个或多个 UE 的空间复用相结合	端口 7 和 8 (虚拟端口)	双层波束赋形，SU-MIMO 或 MU-MIMO；对于 TDD 是必需的；对于 FDD 是可选的
9	八个天线	虚拟端口 7 至 14	八层 SU/MU-MIMO；最适合 MU-MIMO 的 TM，对于 FDD 和 TDD 系统都是如此
10	八个天线	虚拟端口 7 至 14	针对 TM9 的增强，支持 CoMP 进行八层传输；对于 FDD 和 TDD 系统都是如此

波束赋形天线可用作覆盖范围或容量策略。波束赋形过程提供的阵列增益可在服务波束中提供更高的下行链路增益，并在上行链路中实现更高阶的接收分集。由此提高蜂窝边缘吞吐量或扩展蜂窝边缘覆盖范围，以实现所需的最低用户吞吐量。

一种评估 MIMO 和波束赋形适用性的方法是通过香农 (Shannon) 的容量定理。容量定理是一个对数曲线，在低信噪比 (SINR) 时呈线性，而在高 SINR 时趋于平坦。

在高 SINR 条件下，每单位 SINR 增长产生的容量增加相对较低。在这样的环境中，波束赋形 (进一步提高信噪比) 的效率不如 MIMO。MIMO 在单用户或多用户模式下使用多层，并且效率更高。

在低 SINR 条件下，SINR 与容量之间的关系是线性的。由于具有较高的信号增益，波束赋形技术在这种情况下被证明非常高效。使用到达方向 (DoA) 信息的波束赋形在低散射和低 SINR 环境中更为高效。但是，通过使用来自 UE 的通道状态信息 (CSI) 反馈，就可以进一步提高波束赋形的准确性，这使波束赋形技术在所有模式中都能保持高效。



## 多波束天线

多波束天线等效于在一个天线罩中安置多个窄波束天线，旨在帮助运营商节省空间、减少安装错误并加快部署。从功能上讲，多波束天线在多个波束上复用频谱，以增强（致密化）现有容量。该天线解决方案是高流量区域的理想选择，非常适合扇区分割和户外场馆应用。这些解决方案都有助

于提高投资回报 (ROI)。例如，通过使用双波束天线，运营商可以将现有蜂窝的容量几乎提高一倍。在无法建立新站点的前提下，这样做可以优化站点成本，并提供一种变通方式。

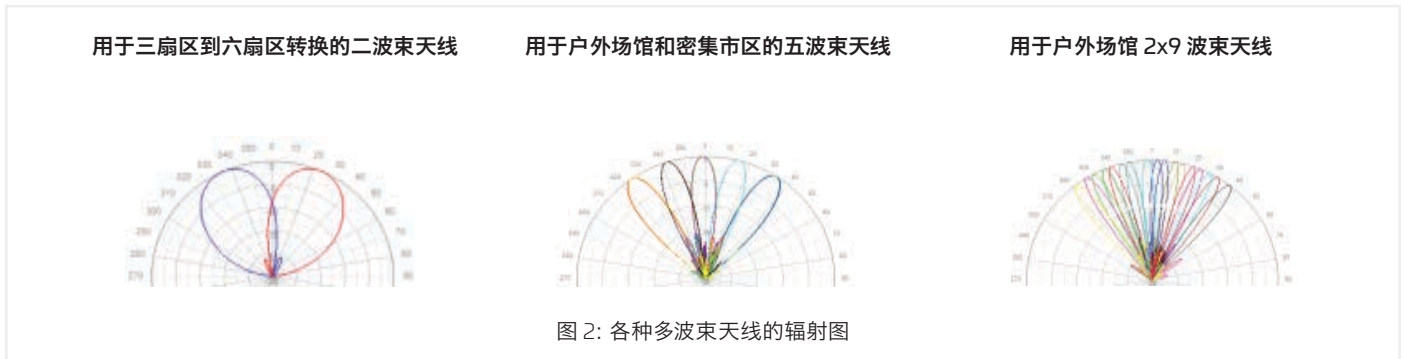
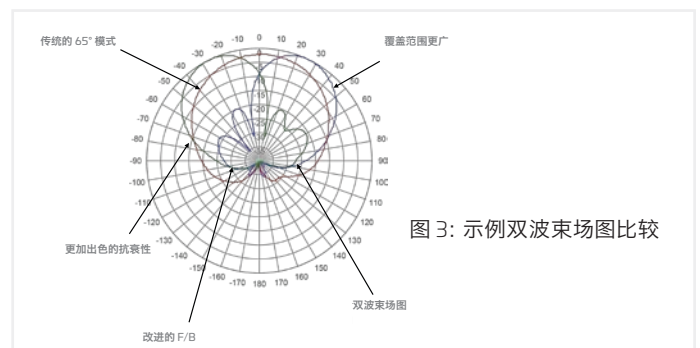


图 3 比较了双波束天线和传统 65° 天线的辐射图。明显可见的是，双波束天线改进了波束边界约束和边界收缩，从而减少了蜂窝之间的干扰。增强的天线覆盖范围还可在天线轴线范围内产生 2-3 dB 的增益，从而增加网络的覆盖范围。在处理双波束之间的重叠时，应使其将蜂窝间干扰降到最低，但不影响 0 度方位角附近的覆盖范围。通常，最好重叠点低于轴线点 8 至 10 dB。



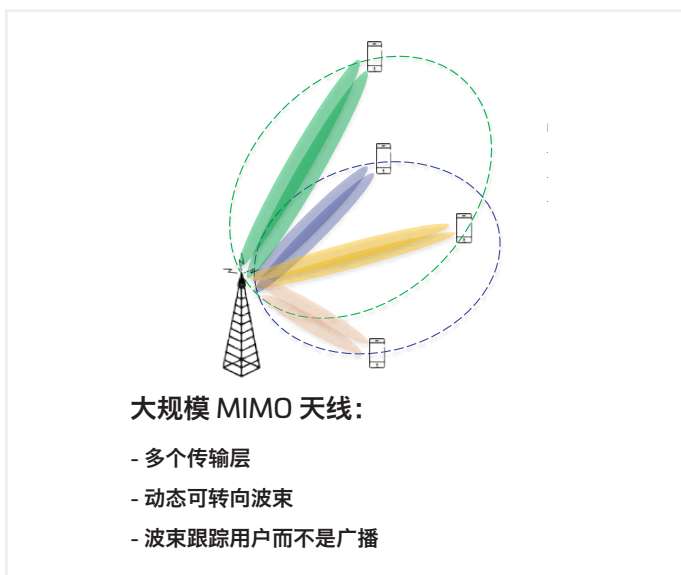
## 面向容量的有源天线

运营商正在积极部署有源天线和大规模 MIMO 天线，即在基站中使用大量使波束指向可转向的天线单元。具有 192 个或更多单元的天线被部署用于当前频段，例如 2.3 GHz TDD、2.5 GHz TDD、3.5 GHz TDD；用于毫米波频段的单元数量高达 256 个或更多。它们配备外部或内部集成的无线电单元。一些有源天线还能够在水平和垂直平面上进行波束赋形，它们也称为“全方位 MIMO”。

有源天线的波束赋形可以通过数字方式实现，也可以在模拟域中完成。数字波束赋形是通过施加波束赋形权重而在频域中实现的基带功能。

但是，这将以较大的计算复杂性和功耗为代价。另一方面，模拟波束赋形通过在天线的时域中施加权重。模拟波束赋形的优点是减少了对前接接口的比特率要求。混合波束赋形结合了两种技术，可以在每个子帧内创建多个时域波束。

使用有源天线可以提供非常高的容量优势，尤其是在密集的城市部署中。在较高频率下运行的系统更适合有源天线，因为天线阵列将因为较小的波长而变得更小。



## 容量比较

在比较 4G 站点的容量潜力时，我们将了解五种不同的配置:

1. 发射和接收分集
2. MIMO
3. 波束赋形
4. 双波束
5. 大规模 MIMO(64T64R)

具体来说，我们将考虑使用 TDD 和 FDD 时，这些配置对于容量的影响。本节中列出的平均值取自各类来源的现场试验和行业报告。这些数值应仅视为参考，因为实际值将取决于多个变量，包括 OEM 无线电功能、RF 环境和终端。

## TDD

大多数运营商将 4T4R 部署为 LTE TDD 网络的默认无线电配置（例如，频段 40 和频段 41）。因此，此配置的容量被视为基准，其他配置将根据该基准进行评估。

在进行容量预估时，我们做了如下假设：

- TDD 将使用下行链路中 70% 的无线电资源。
- 在对于 4x4 MIMO 的预估中，假设使用 4Rx 的用户设备 (UE) 的渗透率为 100%。
- 在接收机处启用了干扰消除合并 (IRC) 功能。
- 结果基于针对每个 3GPP 3D-城市宏站 (UMa) 模型进行仿真的行业平均值。

表 1 比较了使用 TDD 传输 (UMa) 时，各种配置的测量值与使用 4x4 MIMO 的 DL 容量基准值。图 4 说明了每种配置的标准化站点容量。

TDD 站点配置	标准化站点容量 DL	相较基准增加的百分比
使用 4x4 MIMO 的 4T4R (基准)	1.0	
8T8R 波束赋形 (平面阵列)	1.2	20%
使用 4x4 MIMO 的 4T4R 双波束	1.8	80%
大规模 MIMO(16T16R)	2.0	100%
大规模 MIMO(32T32R)	2.3	130%
大规模 MIMO(64T64R)	3.0	200%

表 1

表格中显示的值代表行业中当前部署的多功能天线。实际数值可能会随特定的部署场景而变化。其目的是对各类选择进行广泛比较。

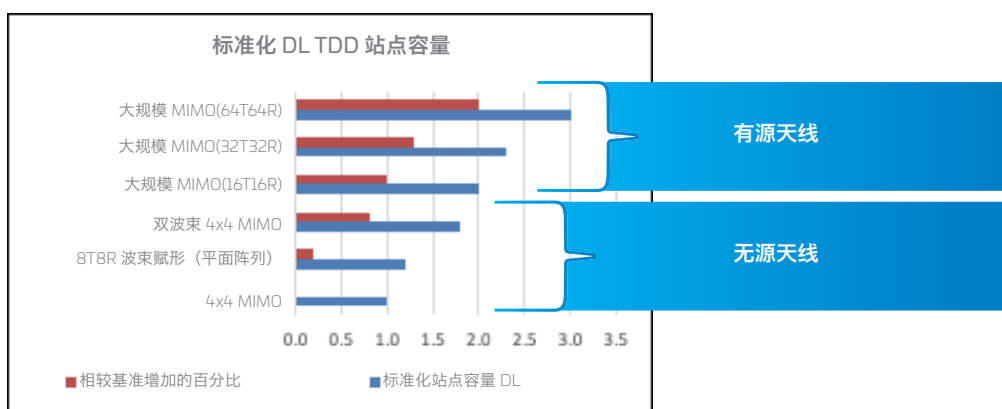


图 5:

基于此评估，使用多波束 4x4 MIMO 方式的无源天线能够提供最佳的容量。当流量需求大多源于 RF 条件可能不太好的蜂窝边缘或建筑物内部时，8T8R 波束赋形方案将非常有效。在这些覆盖欠佳的区域中，波束赋形可优化网络 SINR，其表现优于 4x4 MIMO。一些研究（以及商用网络的结果）表明，8T8R 波束赋形可以将蜂窝边缘的下行链路吞吐量提高 150%，并将蜂窝边缘的上行链路吞吐量提高 100%。这是由于 8 Rx 分集。与传统的 4T4R 无线电配置相比，波束赋形还可以用作覆盖策略，以解决难以建设站点的区域的信号覆盖问题。

使用有源天线时，从 4T4R 到 16T16R 的增量收益要远远高于从 4T4R 到 32T32R。结果就是，与 32T32R 相比，（升级）16T16R 配置可提供更大的单位 TRX 容量增量。64T64R 能够提供最佳的绝对容量，但同时也是最昂贵的选择。为了将 64T64R 的收益尽可能放大，运营商应考虑将这种配置主要部署在高流量区域（例如有较多高层建筑）。这是因为这些区域需要在垂直平面上具有良好的空间分布。

运营商在决定采用有源天线配置之前应考虑以下问题：

1. 站点的容量预测
2. 各类有源天线配置的成本效益分析（包括总拥有成本）
3. 采用单一“有源-无源”天线策略的可行性
4. 每个候选方案的空间/重量/功率要求所产生的基础设施问题

有趣的是，对于频率低于 6 GHz 的单个“有源-无源”天线策略，16T16R 可能也是最可行的配置。对于 TDD 和 FDD 频段都是如此。考虑到物理尺寸和塔架载荷的增加，与 32T32R 或 64T64R 有源天线阵列相比，评估更大规模的有源-无源天线会很困难。

对于需要单个有源天线的应用（使用 6 GHz 以下频段的 4G 或 5G），运营商可以考虑两种可能有效的策略。第一种策略是在每个蜂窝/扇区中使用两个天线：一个无源天线和一个有源天线；对于 3.5 GHz，天线配置通常为 64T64R。第二种选择是将单个有源 16T16R 阵列与无源阵列集成在一起。例如，四端口、低频带无源阵列以及 4/8 端口中频带阵列，用于容纳其余的常用 4G 频带——700-900 MHz 和 1700-2700 MHz。



## FDD

对于 FDD 系统，大多数运营商的默认无线电配置为 2T2R。因此，本文将 2x2 MIMO 视为基准容量。当前，许多市场都有将 FDD 升级到 2T4R 或 4T4R 的趋势。这主要由于以下几个原因：

- 4x2 MIMO 可在下行链路中提供额外的容量优势，其中 4T 带来了大约 20% 的容量增长
- 与 2 Rx 分集相比，上行链路中 4 Rx 分集可以提供 50% 的上行链路容量增益
- 在 TM4 中，2+dB 的波束赋形增益可以优化下行链路的覆盖范围

运营商还应该考虑到在 FDD 中对大规模 MIMO 提供支持需要网络中的 R14 终端。这意味着随着这些移动设备的普及，在 FDD 中使用大规模 MIMO 的容量优势将不断提高。

下方的表 2 比较了使用 FDD 传输 (UMa) 时，各种配置的测量值与使用 4x4 MIMO 的 DL 容量基准值。并做出以下假设：

- 在对于 4x4 MIMO 的预估中，假设使用 4Rx 的用户设备 (UE) 的渗透率为 100%。
- 在接收机处启用了干扰消除合并 (IRC) 功能。
- 结果基于针对每个 3GPP 3D-城市宏观 (UMa) 模型进行仿真的行业平均值。

图 6 说明了每种配置的标准化站点容量。

FDD 站点配置	标准化站点容量 DL (参考)
使用 2x2 MIMO 的 2T2R	1.0
使用 4x2 MIMO 的 4T4R	1.2
使用 4x4 MIMO 的 4T4R	1.7
使用 2x2 MIMO 的 2T2R 双波束	1.8
使用 4x2 MIMO 的 4T4R 双波束	2.2
使用 4x4 MIMO 的 4T4R 双波束	3.1
大规模 MIMO(16T16R)	3.4
大规模 MIMO(32T32R)	3.9

表 2

表格中显示的值代表行业中当前部署的多功能天线。实际数值可能会随特定的部署场景而变化。其目的是对各类选择进行广泛比较。

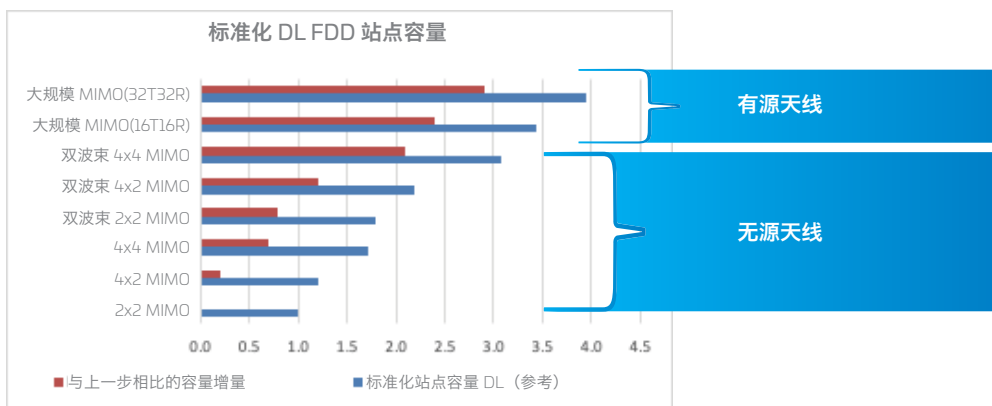


图 6: FDD 站点容量的比较图

4x4 MIMO 的容量取决于 Cat 6 类或更高类别的移动设备的渗透率。因此，基于市场中具有四个接收链的移动电话普及还受限制的现状，与 4x4 MIMO 相比，双波束 2x2 MIMO 天线配置可能是更加有效的容量选择。

对于有源天线，运营商正在等待终端获得更多生态系统支持，然后再进行投资。一些运营商正在考虑使用与天线盲配的无线电 (RRU)。这样做的好处是，可以更好地管理塔上的空间、降低线缆/接头的损耗，并在天线内实现两个频带的内部合路。

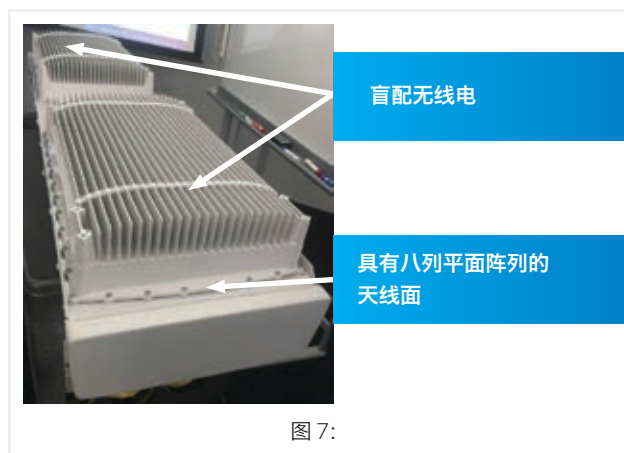


图 7:

## 针对网络流量场景的适用性

现在，我们已经评估了各种天线配置的 TDD 和 FDD 性能，下面我们将了解它们在不同网络流量场景中的性能。图 8 说明了典型网络在高峰时段跨扇区/站点的网络流量分布。

请注意，在高峰时段很少有高负荷的蜂窝，但存在大量超轻负荷的蜂窝。该图显示了随着网络流量随时间增加而持续的趋势。

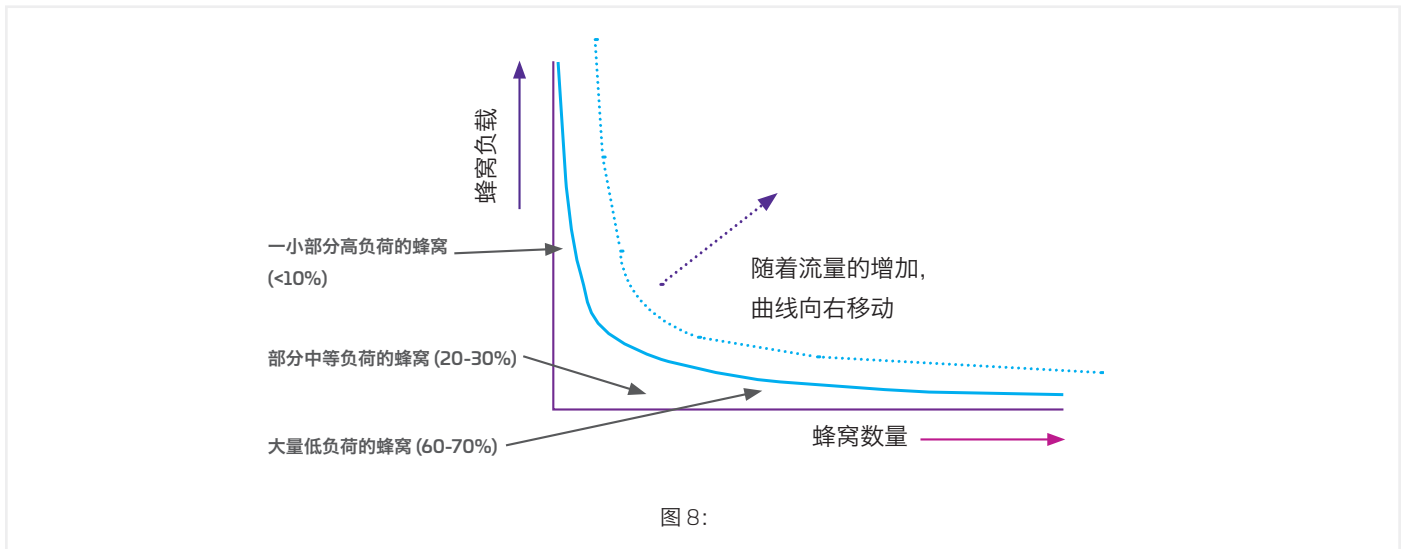
并且根据高流量、中等流量和低流量站点的容量需求预测，谨慎选择最合适的容量解决方案。例如，投资昂贵的容量解决方案以服务于中等流量或低流量区域将导致次优的成本效益分析。

像大规模 MIMO 这样的超大容量解决方案最适合非常密集流量区域（在所有站点中通常不足 10%）。其他解决方案（例如 4x4 MIMO、波束赋形和多波束天线）可以为大多数站点提供更具成本效益和更加可行的解决方案。

如前所述，4x4 MIMO 解决方案要求良好的 SINR (>17 dB) 和高水平的 UE 渗透率才能保持高效。通常，站点附近区域的 SINR 条件最佳，这是因为在这些区域中的蜂窝服务信号的主导性最强。因此，通过网络优化，就可以改善 MIMO 性能。

前面也提到过，波束赋形对于提高蜂窝边缘的性能非常有效，并且可以将蜂窝边缘的吞吐量提高多达 150%。在网络规划期间，必须记住这一点，因为运营商希望增加蜂窝的覆盖范围。一些 OEM 建议结合使用波束赋形天线和软分裂八端口无线电，以实现近似于双波束 2x2 MIMO 配置的性能。另一方面，在许多需要大容量的位置，双波束天线可以替代大规模 MIMO。如前所述，这样既可以扩展覆盖范围，又可以将单个蜂窝的原有容量提高约 1.8 倍。

对于诸如体育场馆这样需要局部高容量以满足小区域中大量人群无线流量需求的室外场所，较高的波束解决方案（例如 5 波束和 18 波束）可能是不错的选择。



## 带宽和设备

除无线电和天线配置外，容量优势还取决于两个其他关键因素：受关注频段中的可用带宽量和该频段中的设备渗透率。表 3 列出了常用的频段及其带宽，以及可选技术和设备可用性。运营商可以根据其频段许可情况/分配来持有这些频段的子集。

如表 3 中绿色突出显示的那样，B1、B3 和 B7 频段在大多数类别中得分较高，而 B40 和 B41 频段在带宽方面拥有优势。B40 和 B41 两个 TDD 频段还为 TDD 波束赋形和大规模 MIMO 提供了传统设备支持。在相同线路上，B2 和 B4 是美国常用的频段。

频段	带宽 (MHz)	设备总数 (GSA, 2018 年 11 月)
B7(2600)	<b>2 x 70</b>	<b>7938</b>
B41(2600 TDD)	<b>194</b>	3300
B40(2300 TDD)	<b>100</b>	4449
B1(2100)	<b>2 x 60</b>	<b>7285</b>
B3(1800)	<b>2 x 75</b>	<b>8877</b>
B8(900)	2 x 35	4216
B5(850)	2 x 25	4597
B28(700)	2 x 45	1450
AWS 频段 4	2 x 45	3594
B20(800)	2 x 30	5211
B2(1900)	2 x 60	3472

表 3: 一些常用的频段及其总带宽和可用设备数量



请注意，在大多数 TDD 网络中 4x4 MIMO 相当普遍，除了 4x4 MIMO 效果较差的基于 TDD 的固定无线接入 (FWA) 网络除外。但是，在 FWA 网络中，2T4R 配置可以大大提高上行链路吞吐量，并且可以在上行链路链路预算和容量受限的情况下使用。

传统做法是在 FDD 频段中部署 2T2R 无线电。但是，最近运营商已经在许多网络中升级到 4T4R 无线电。这样在下行链路中产生了更高层的 MIMO 优势、通过波束赋形优化了覆盖范围，并且还在上行链路中提供了 1x4 Rx 分集的优势。通过升级到 4T4R/2T4R 无线电，许多上行链路受限的场景都可以极大地受益。

对于涉及多个频段外部合路的大容量应用（例如 1800/2100 或 2300/2600），使用支持 1700 MHz 至 2300 MHz（或 2300 MHz 至 2700 MHz）宽频段的多波束天线可能非常高效。另一个专门的容量解决方案在同一天线结构中结合了 MIMO 和多波束配置，创建了一种混合天线，可以减少现场的实际天线数量，并为所有频段提供单天线容量解决方案。

## 费用比较

表 4 比较了上述每种解决方案的容量和成本。成本数据基于市场研究，不同的地区和客户可能会有所不同。

如表 4 和图 9 所示，运营商成本与无源天线容量之间的关系几乎是线性的；而对于大规模 MIMO，则会以更高的速率增加成本（运营商部署大规模 MIMO 的成本会随着时间的推移，因为天线数量的增加而增加）。大规模 MIMO 解决方案还需要对基础设施进行大量投资，包括塔顶空间、抱杆强度以及向塔顶提供大量功率。对于希望部署大规模 MIMO 的运营商而言，这些增加的成本和考虑因素已经构成了最主要的障碍，尤其是在 6 GHz 以下频段进行部署时。

到目前为止，大规模 MIMO 的容量优势仍然是理论上的，并且只是基于模拟结果、现场试验和极少量商业部署。业界还在等待大规模部署的现场数据是否可以支持预期的结果。

TDD 站点配置	标准化站点容量 DL(≈)	标准化加权成本	天线功率 (W)*
4x4 MIMO	1.0	1.00	不适用
8T8R 波束赋形 (平面阵列)	1.2	1.19	不适用
双波束 4x4 MIMO	1.8	2.02	不适用
大规模 MIMO(16T16R)	2.0	3.21	500
大规模 MIMO(64T64R)	3.0	8.56	800

表 4

\*无源天线无需供电，但外部无线电单元将需要供电，每个 4T4R 无线电的功率消耗约为 400 瓦。

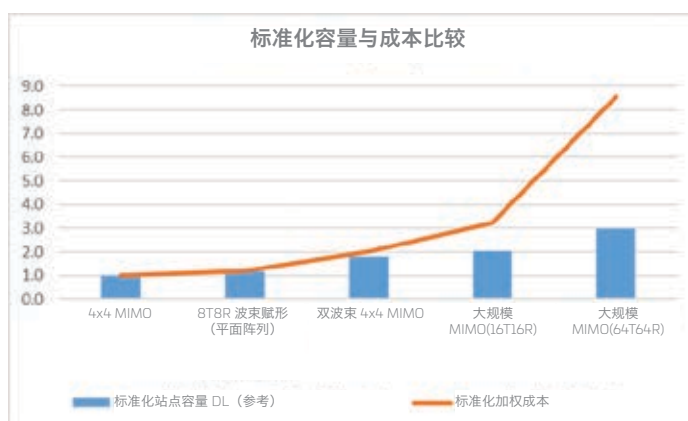


图 9:

## 优势与挑战

容量解决方案	优势	挑战
2x2 MIMO	基准场景	
4x4 MIMO	<ol style="list-style-type: none"> <li>易于实施</li> <li>需要优秀 SINR 才能保持高效</li> <li>上行链路 Rx 分集可改善上行链路的覆盖范围/容量</li> <li>由于 UE 支持, TDD 的典型配置</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>UE 在 FDD 中的渗透率限制容量</li> <li>容量收益取决于地理流量分布 (即仅来自射频情况良好位置的流量会受益)</li> </ol>
8T8R 波束赋形 (平面阵列)	<ol style="list-style-type: none"> <li>改善蜂窝边缘性能</li> <li>改善射频情况欠佳位置的 SINR 表现</li> <li>支持传统 UE</li> <li>改进的上行链路 Rx 分集有助于改善上行链路的覆盖范围/容量</li> <li>可以用作覆盖解决方案, 减少新建应用的站点数量</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>需要八端口无线电</li> <li>容量收益取决于地理流量分布 (即仅来自射频情况欠佳位置的流量会受益)</li> <li>可能需要在簇内进行射频优化以获得最佳结果</li> </ol>
双波束 2x2 MIMO	<ol style="list-style-type: none"> <li>可在 FDD 中提供出色容量 (通常与 2x2 MIMO 无线电一同部署)</li> <li>不会产生新建站点的成本</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>需要额外的无线电</li> <li>可能需要在簇内进行射频优化以获得最佳结果</li> </ol>
双波束 4x4 MIMO	<ol style="list-style-type: none"> <li>可在 TDD 中提供出色容量 (通常与 4x4 MIMO 无线电一同部署)</li> <li>上行链路 Rx 分集可改善上行链路的覆盖范围和容量</li> <li>不会产生新建站点的成本</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>需要额外的无线电</li> <li>可能需要对区域进行射频优化以获得最佳结果</li> <li>UE 在 FDD 中的渗透率限制容量</li> <li>塔负载</li> </ol>
大规模 MIMO(16T16R)	<ol style="list-style-type: none"> <li>在水平面上优于 8T8R 的波束赋形</li> <li>与 32T32R 相比, 容量增益更高; 因此在 64T64R 不可行或成本效益竞争力不高的情况下, 可作为首选的有源天线配置</li> <li>可与无源阵列结合使用, 组成混合式“有源-无源”天线, 节省空间和成本</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>垂直平面中的容量优势有限</li> <li>与传统的无源解决方案相比, 从每比特成本的角度来看, 成本高昂</li> <li>需要为塔顶天线供电</li> <li>基础设施问题 (低于 6 GHz)</li> </ol>
大规模 MIMO(64T64R)	<ol style="list-style-type: none"> <li>提供最大的容量潜力</li> <li>改善覆盖范围</li> <li>支持传统 UE</li> <li>适用于高容量需求的稠密城市地区</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>基础设施问题——空间/供电/重量 (低于 6 GHz)</li> <li>非常昂贵, 影响投资回报率</li> </ol>

## 小结

随着数据流量的增加和运营利润的不断降低, 运营商必须在降低成本的同时, 寻找新的方式来增加网络容量。每个站点在射频环境、室内/室外流量模式、覆盖需求以及已部署的频谱资产方面都具有独特性。在选择无线电和天线解决方案时, 除了需要考虑额外的容量和实现成本, 还要考虑所有这些因素。

在本文中, 我们探讨了几种基于天线的解决方案, 它们可以为网络运营商提供必要的额外容量, 同时无需获取更多频谱或投资建设新站点。在某些场景中, 大规模 MIMO 具有强大的潜力来帮助应对容量挑战。与此同时, 在几种 LTE 或 5G 网络场景中, 波束赋形、多波束和有源天线的使用可以提供即时有效的解决方案, 并具有良好的成本和效益。

康普通过创意构想和突破性发现，推动通信技术的发展。这些构想和发现均足以激发伟大的人类成就。我们与客户和合作伙伴合作设计、创造并构建世界上最先进的网络。发现新的机遇并实现更美好的明天是我们的激情和承诺。了解更多信息，请访问 [commscope.com.cn](http://commscope.com.cn)。

### 康普公司（全球总部）

地址：1100 CommScope Place, SE  
Hickory NC 28602, 美国  
电话：+1 828 324 2200

### 业务联系方式

#### 北京办公室

地址：北京市东城区建国门南大街7号  
璞邸酒店C座6层605室  
邮编：100005  
电话：010 - 8593 7300

#### 上海办公室

地址：上海市闵行区吴中路1799号  
万象城B座2楼  
邮编：201103  
电话：021 - 8022 3300

#### 广州办公室

地址：广州市天河区珠江新城华夏路28号  
富力盈信大厦1102 - 03单元  
邮编：510623  
电话：020 - 8560 8128

#### 成都办公室

地址：成都市锦江区一环路东5段8号  
天府国际大厦第15层01A单元  
邮编：610065  
电话：028 - 6132 0508

#### 武汉办公室

地址：武汉市洪山区珞狮南路（文荟街交叉口）  
星光时代大厦10楼1003号  
邮编：430079  
电话：027 - 8768 8258, 8768 8558

#### 深圳办公室

地址：深圳市福田区中心区民田路  
新华保险大厦715 - 718室  
邮编：518048  
电话：0755 - 8320 1458

#### CommScope Solutions International Inc.

地址：香港九龙观塘道388号  
创纪之城一期一座  
811 - 18室  
电话：+852 - 2515 7500

#### CommScope Technologies LLC Taiwan Branch

地址：台北市信义区松仁路89号18楼之一A室  
邮编：11073  
电话：+886 - 2 - 2758 2998

### 工厂联系方式

#### 康普科技（苏州）有限公司

地址：江苏省苏州市苏州工业园区  
出口加工区二期启明路77号  
邮编：215121  
电话：0512 - 8818 1000

#### 康普通讯技术（中国）有限公司

地址：江苏省苏州市苏州工业园区  
苏虹西路68号  
邮编：215021  
电话：0512 - 6761 0069

请关注



@康普公司 

# COMMSCOPE®

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

欲了解更多信息，请访问我们的网站或联系您的康普销售代表。

© 2019 CommScope, Inc. 版权所有。

本文件仅供规划设计之用，不涉及对任何康普产品或服务相关规格要求或保证的修改或补充。

所有标有®或™的商标均为康普公司相应的注册商标或商标。康普致力于最高标准的商业诚信和环境可持续发展，其全球诸多分支机构已获得ISO 9001、TL 9000、ISO 14001等国际认证。

更多相关康普公司的承诺，请访问 <http://zh.commscope.com/About-Us/Corporate-Responsibility-and-Sustainability>。

WP-113400.1-ZH-CN (07/19)