



5G 极简站点

白皮书

2019.05



目录

1 5G 极简站点概览	3
1.1 5G 市场进展	3
1.2 5G 时代站点变化趋势	3
1.3 5G 站点部署总体策略	4
2 5G 时代目标网	5
2.1 5G 网络演进趋势	5
2.1.1 多制式共存	5
2.1.2 业务不均衡加剧	5
2.1.3 目标网特点	6
2.2 面向 5G 的目标网	6
3 场景化 5G 极简站点	8
3.1 站点资源共享与效率提升	8
3.1.1 站点资源共享	8
3.1.2 频谱效率提升	9
3.2 存量站点极简演进	10
3.2.1 5G Radio 极简	10
3.2.2 5G 天线极简	11
3.2.3 5G 前传极简	12
3.2.4 5G 回传极简	13
3.2.4.1 微波回传	13
3.2.4.2 光纤回传	13
3.2.5 5G 电源极简	14
3.2.6 5G 长期演进构想	16
3.3 新建 5G 极简站点	17
3.3.1 5G 新建站点挑战	17
3.3.2 5G 新建宏站部署策略	17
3.3.3 5G 新建杆站部署策略	18
3.4 5G 室内覆盖	19
3.4.1 5G 室内覆盖挑战	19
3.4.2 5G 室内覆盖部署策略	20
4 站点开放	21
4.1 站点开放必要性	21

4.1.1 站址获取难度增大	21
4.1.2 站点部署难度增大	21
4.2 从封闭走向开放，从专有走向共享	21
4.2.1 社会资源开放给站点	21
4.2.2 站点资源共享给社会	21
4.3 构建开放站点生态，加速 5G 站点部署	21
4.3.1 政策开放	22
4.3.2 资源开放	22
4.3.3 设计标准开放	22
5 缩略语	23

1 5G 极简站点概览

1.1 5G 市场进展

截至 2019 年 1 月中旬，全球已有 83 个国家的 201 家运营商对 5G 移动网络和 5G 固定无线接入（FWA）网络进行了投资，全球二十个国家完成 5G 频谱拍卖/发放。（数据来源：GSA）

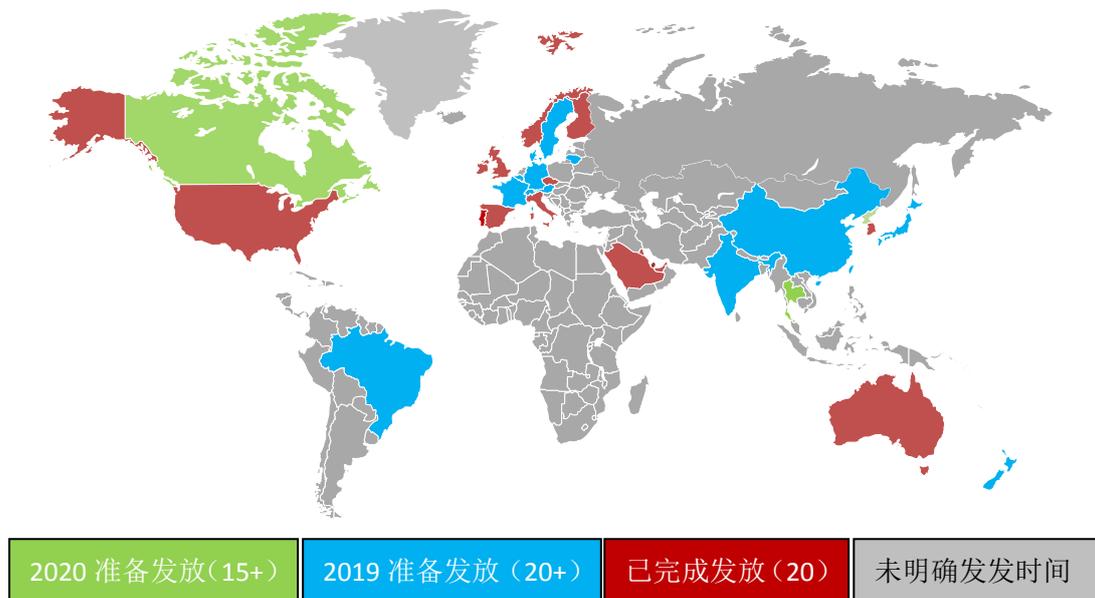


Figure 1-1 全球 5G 频谱发放情况

46 个国家的 86 家电信运营商已宣布将在 2022 年之前推出 5G 商用服务。其中，欧洲 14 个国家已完成频谱拍卖，亚太地区 19 个国家的 52 家运营商正在投资 5G，韩国 3 家运营商 2019 年 4 月 3 日正式商用，美国也在同一天宣布 5G 正式商用。另外 11 个国家的 19 家运营商已宣布，将在 2019 年或 2020 年推出 5G 服务。

未来 2~3 年，全球将迎来 5G 的大规模部署阶段，终端快速普及，业务将如火如荼的展开。

1.2 5G 时代站点变化趋势

随着 5G 时代的来临，网络的制式和频段越来越多，已有的制式将与 5G 长期共存，网络变得越来越复杂。70%以上运营商多于 5 个频段，未来网络会叠加更多的频段，例如 C-Band、mmWave 等等。

目前 2/3/4G 站点主流基站的形态是 BBU+RRU+天线的形式，5G 时代主流基站将演变成 BBU+AAU 的形态。

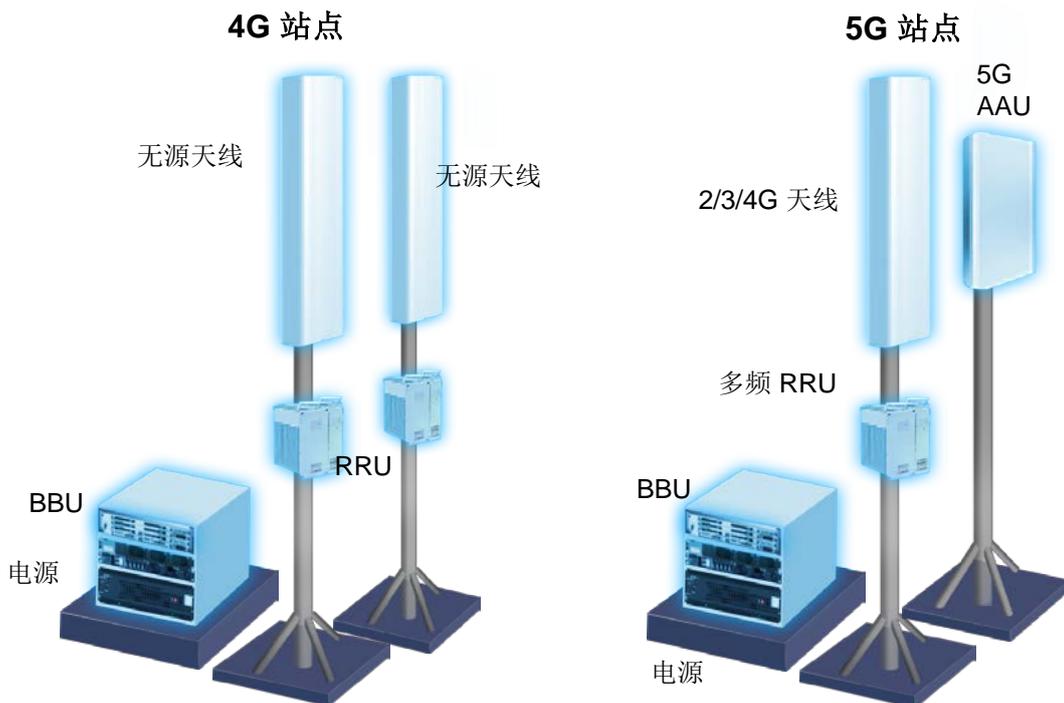


Figure 1-2 5G 时代基站形态演进

1.3 5G 站点部署总体策略

5G 面临频段越来越多，网络越来越复杂，设备越来越多，OPEX 越来越高的问题，如何更好的建设和维护 5G 网络是大多数运营商亟待解决的问题。提升网络资源利用效率，差异化的站点方案，开放站点资源实现站点 TCO 最优，5G 极简站点部署应基于以下几个策略：

- 资源共享与效率提升：通过频谱共享、功率共享以及通道共享复用运营商资源，同时通过多扇区、多通道、Massive-MIMO 等技术最大化频谱效率；
- 站点易部署：最小化站点基础设施改造，包括天线整合、供电改造、传输改造等，提升 5G 站点部署效率；
- 绿色节能：通过“部件”、“站点”“网络”三个层级协同降能耗，减少运营商 OPEX 负担；
- 可演进：所有硬件包括 Radio，天线，电源 5G Ready 和频谱 4G/5G 动态按需分配，支持 Sub-3G 平滑面向 5G 演进。

5G 极简站点白皮书分为四大章节：

- 第一章节介绍 5G 市场进展，站点变化趋势以及站点建设关键要素和策略；
- 第二章节展示典型的 5G 目标网和三层立体组网架构；
- 第三章节针对 5G 目标网络对站点的诉求，提出场景化 5G 站点极简方案，解决运营商网络部署的问题；
- 第四章节聚焦站点开放话题，5G 站点建设需要更多的社会资源，推动 5G 网络的快速部署和发展。

2 5G 时代目标网

2.1 5G 网络演进趋势

2.1.1 多制式共存

预计 2025 年之前，大多数运营商的网络将是多制式共存的状态。目前主流运营商 OPEX 在 TCO 中的占比在 60%以上，随着 5G 部署，若 2/3/4/5G 四网共存，OPEX 支出将会更大。为了提升运营效率，逐步关断 2G 或者 3G，将语音、数据和 IoT 业务向更高频谱效率的 4/5G 网络迁移，简化网络是大势所趋。

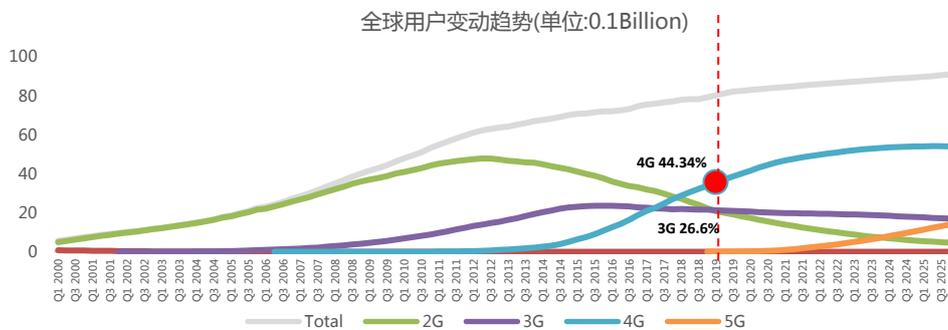


Figure 2-1 全球用户变动趋势

2018 年 6 月，具有里程碑意义的 5G NR 首版本 3GPP R15 协议冻结。R15 全面提升 LTE 空口能力，引入了对 LTE/NR 双链接 (E-N dual connection) 的支持及 LTE connect to NG core 的支持，使 LTE 演进成为 5G 时代网络两大重要组成部分之一，LTE 与 NR 将相辅相成、并行演进，共同构筑 5G 时代目标网“LTE Evolution + NR”。

2.1.2 业务不均衡加剧

由于用户分布和业务模型的差异化，带来不同区域 CS/PS 业务分布不均衡。下图是 T 运营商 LTE 网络的用户和业务分布，不同栅格的终端用户数差别大，最大和最小栅格内用户数差别 50 倍以上，业务量差别 80 倍以上。

5G 时代，用户套餐比 4G 时代增加 10 倍以上，同时不同用户群套餐差别也很大，不同站点的流量不均衡性更为突出；如韩国某运营商 5G 基本套餐 150GB，而 4G 时代是 2GB。可以预见，在 5G 商用网络中不同区域的站点方案差异性更加突出，站点的差异性和多样化会更加明显。

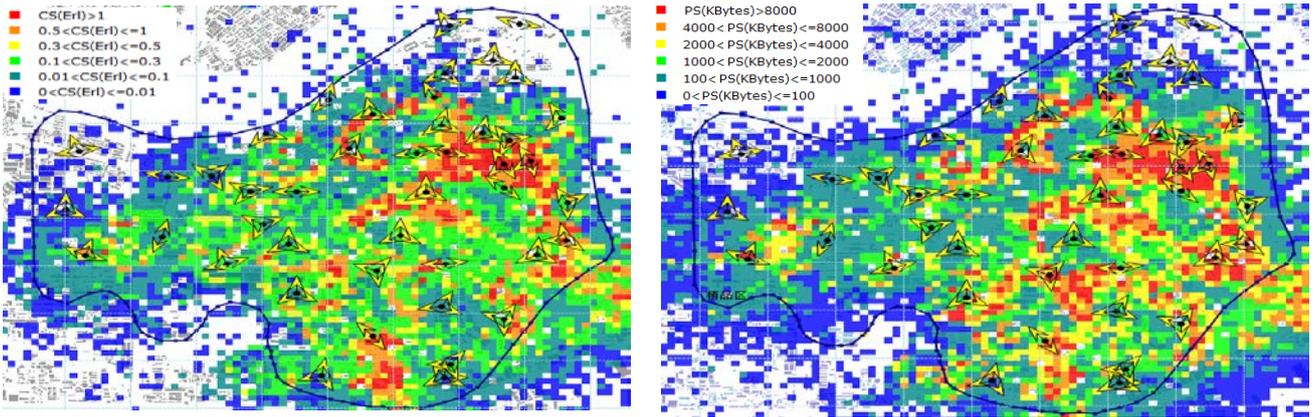


Figure 2-2 T 运营商 CS/PS 业务分布图

2.1.3 目标网特点

通过分析 5G 业务对网络和站点的需求可以发现，5G 目标网具有如下特点：

- 站点密度大：5G 主流频段覆盖比 4G 差，边缘速率要求更高，需要更大的站点密度；
- 杆/宏比高：5G 室内或者街道盲区覆盖问题更为突出，需要普通杆站协同宏站快速完善室外连续覆盖和局部室内深度覆盖；
- 室分同步建设：5G 穿透损耗大，室外覆盖室内困难，为保证 5G 业务体验，室内数字化网络需要同步建设。

2.2 面向 5G 的目标网

考虑到多制式将长期共存，业务不均衡以及目标网特点对站点部署的影响，5G 时代网络架构需要三层立体组网：

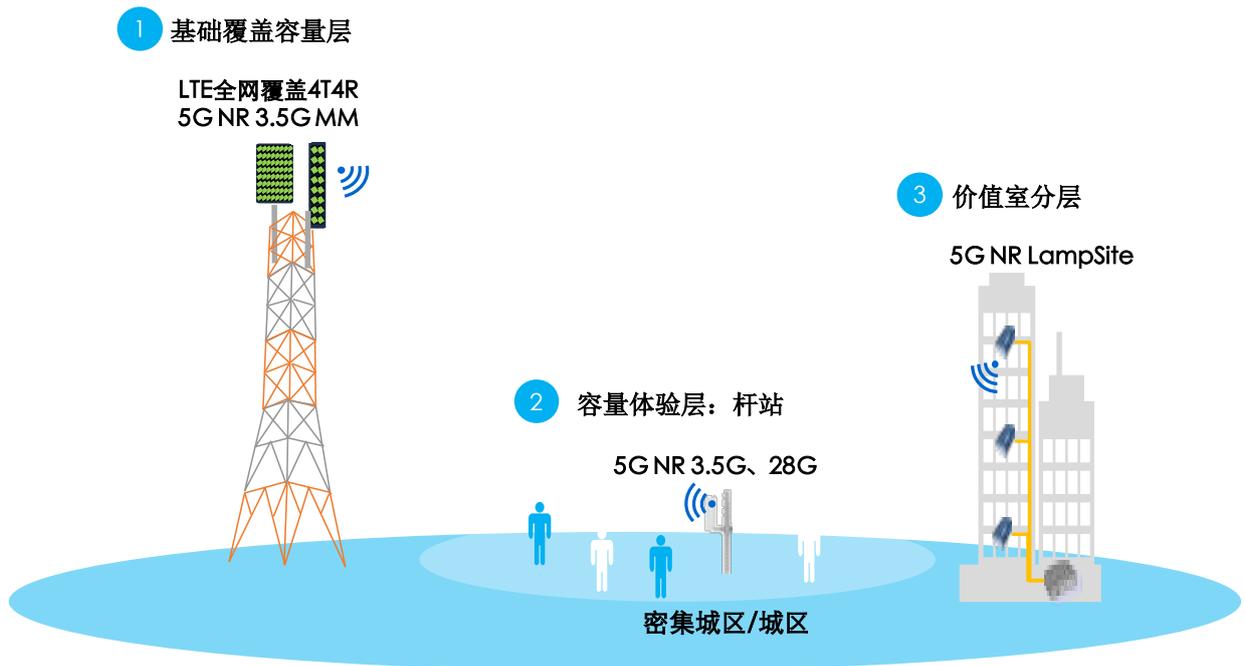


Figure 2-3 三层立体组网模型

- 基础覆盖容量层（底层网）：以宏站为主的连续覆盖和容量网络，满足基本的覆盖和容量吸收，主要用于室外普遍的业务承载。
- 容量体验层（中层网）：以杆站等简易站为主的非连续覆盖和容量网络，针对特定场景的容量释放，满足体验一致性需求的网络。针对宏站边缘区域或流量高地，主要集中在道路，高层建筑，居民区，大型集会，风景区等。
- 价值室分层（室内覆盖）：以室内数字化为主的室内价值建网，吸收室内流量，保证业务体验。主要针对 CBD，交通枢纽、商场等大型建筑室内场景。

3 场景化 5G 极简站点

如何在有限的站点和频谱资源的情况下，实现 5G 快速部署是目前亟需解决的难题。本章节根据部署场景，详细说明了单站资源共享与效率最大化、存量站点向 5G 演进、新建 5G 室外站、5G 室分覆盖等多种场景当前部署面临的挑战与演进方案。

3.1 站点资源共享与效率提升

随着 SingleRAN 成为业界无线网络的事实标准，单个物理基站多频段、多制式共存成为普遍现象。对比 2/3G 时代，无线通信网使用静态分配机制管理频谱、功率和发射通道，当前技术的进步使能基站可以使用动态分配和共享机制来管理频谱、发射功率和通道资源，进一步提升 4/5G 时代移动通信网络效率。

3.1.1 站点资源共享

1) 频谱共享

在过去数十年，无线网络中多制式共存于同一频段时使用的是 refarming 机制，也就是网络给不同制式静态分配固定频谱资源块。现阶段，通过在基站侧使用新的算法，实现频谱资源的动态管理，并在制式间快速调度和分配，提升网络资源效率，改善用户体验。

LTE 和 5G 能够实现时域和频域两个维度的灵活共享，即 RB 级共享，大幅提高频谱共享度和效率。3GPP 标准规定，LTE 和 5G 都使用资源块（Resource Block）来管理空口资源，使得 LTE 和 5G NR 将可以以更精细（RB 级）和更快速（ms 级）的方式实现频谱动态分配。

如果在 Sub-3GHz 等存量频谱上部署 LTE 和 5G，可以最大程度利用存量站点的 Radio、天馈、供电、机柜等资源，通过轻量级网改或者软件升级，实现 5G 网络的广覆盖。对运营商也可大幅节约购买频谱的费用和网络部署的时间，缩短投资回报周期。

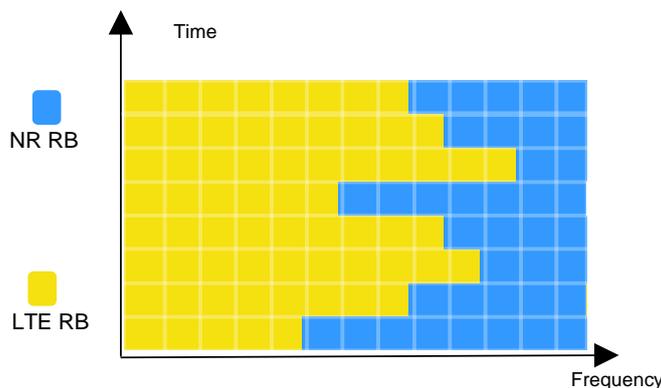


Figure 3-1 频谱动态共享示意图

2) 功率共享

SingleRAN 射频单元的多载波、多制式特性，使得运营商能够在单个射频单元内共享发射功率，实

现载波间、制式间和频段间功率共享，提升小区边缘用户的体验和小区吞吐率。

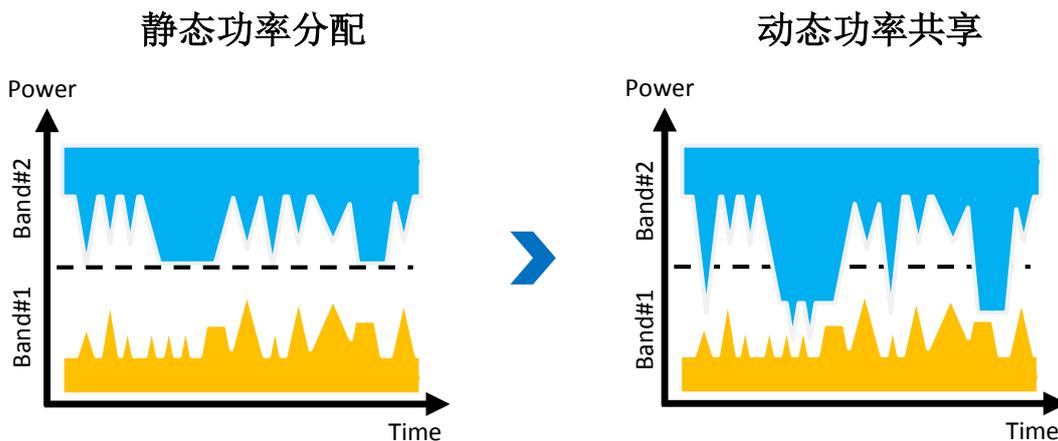


Figure 3-2 功率共享示意图

3) 通道云化

传统网络是以网络为中心的。换言之，当用户在小区边缘，信号变弱会导致用户体验下降。

以用户为中心的网络

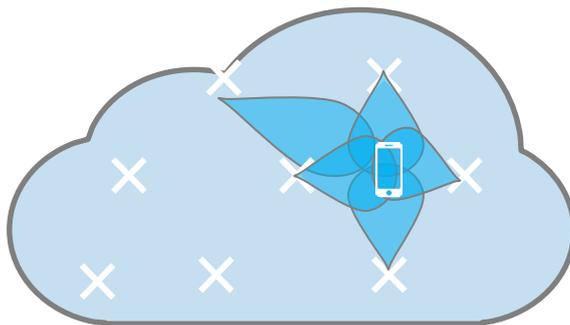


Figure 3-3 通道云化示意图

通道云化实现了以用户为中心的网络，提供无边缘的用户体验。通道云化利用重叠覆盖区域接收到的多个信号，提升信号质量，同时 MIMO 技术也可以提升网络容量。基于用户位置，网络为用户动态调度服务基站，从而实现动态服务簇。这种机制在体育馆、室内等高密区域，可以有效提升用户体验和网络容量。

4) 上下行解耦

当前 C 波段已经被确立为 5G 的首选频段，为运营商提供了丰富的频谱资源，但是覆盖半径要比 Sub-3G 小。在现有的 LTE 上行频段上实现 LTE 和 5G 新空口的动态频谱共享，利用 C-Band 丰富的频谱资源作为 5G 新空口的下行链路，能够极大扩展 5G 的覆盖范围，实现 C-Band 与 Sub-3G 的同覆盖。

3.1.2 频谱效率提升

传统 2/3/4G 网络站点受限于经典扇区化结构，单小区仅能实现 1~2 个数据流的并发。在一些频谱紧缺区域（比如亚太）或者流量热点区域（比如日韩），传统技术的站点已经不能满足日益增长的流量诉求。通过天线、射频和波束赋型等创新技术，可以在不同场景实现站点容量倍增：

- 多扇区：传统 2T2R 三扇区升级为 2T2R 六扇区或 4T4R 六扇区，同等覆盖区域小区数量倍增，可实现 UMTS 和 LTE 网络的容量倍增。
- 多通道：将传统 1T2R/2T2R 基站系统升级为 4T4R、8T8R，实现并行发射更多数据流和高阶 MIMO，提升频谱效率和小区容量。4T4R 小区在 2R 终端场景下，可实现 1.1~1.3x 频谱效率；在 4R 终端场景下，可实现 1.5~1.9x 频谱效率。
- Massive MIMO：源于 5G 的 Massive MIMO 技术可以使得 4/5G 网络容量倍增。Massive MIMO 通过更精准的信道估计和更精细的波束赋型，使能基站空口资源空分复用，实现站点频谱效率和容量倍增。3D MIMO 可实现 3~5x 的频谱效率。

3.2 存量站点极简演进

城区宏站主要是屋顶站和绿地站，欧洲、日韩、中国、中东等率先建设 5G 的区域和国家，城区以屋顶站为主，绿地站为辅。屋顶站的比例大约 70%~80%，绿地站的比例大约 20%~30%。

存量站点向 5G 演进面临着部署难、OPEX 高、不支持持续演进的挑战。针对存量站点演进的场景，极简站点提出“易部署”、“绿色节能”、“可持续演进”的理念，下面分别说明站点各模块面临的挑战及演进方向。

3.2.1 5G Radio 极简

随着 5G 时代的到来，一个典型的无线基站会出现四代(2/3/4/5G)和六制式(GSM、UMTS、LTE FDD、LTE TDD、NB-IoT、NR)共存的场景。未来一个运营商单站的频谱将超过 10 个频段，总带宽超过 1000MHz(C-Band 典型 100M, mmWave 典型 400M~800M, Sub3G 存量频段 100M~300M)。5G 新频谱带宽大，且主流将以 Massive MIMO 部署；存量 LTE 网络随着网络容量的持续提升，4T4R 将作为基础配置，多扇区，Massive MIMO 也会作为热点区域的容量解决方案；未来 LTE 频段也将逐步向 5G NR 演进。这都给 5G 时代的 Radio 带来了很大的挑战。

5G 时代的 BBU 需具备如下特点：

- 超大容量：5G 时代 BBU 模块要具备较强的处理能力，以匹配 C-Band，毫米波等大容量大带宽的需求；
- 灵活配置：BBU 需要支持 4T4R、8T8R、Massive MIMO 不同规格小区的灵活、按需配置；
- 方便演进：5G 时代 BBU 需要满足灵活的演进诉求，一次网络建设，满足未来 5~10 年网络发展。演进仅按需插卡扩容，避免供电、散热等配套的重复改造。
- 容易部署：5G BBU 需要支持灵活的部署方式，存量站点有空间支持直接叠加 5G BBU；新建或者存量站点空间受限场景，支持 5G BBU 收编存量 BBU，或者采用存量室内 BBU + 5G 新增室外 BBU 等方式灵活部署，避免对机柜、机房的改造。

从铁塔资源角度来看，新频谱(C-Band、mmWave)的引入以及 Massive MIMO 形态的普及，导致塔上的 box 数量越来越多，越来越重，给铁塔空间和承重带来了更严峻的挑战。未来射频模块必然朝着多频段、多通道、一体化(A+P)的趋势发展：

- 多频段：超宽频技术的发展让一个射频模块可以同时支持多个频段，并提供足够的发射功率。多频模块可以有效的降低塔上 Box 数量，在减少铁塔租金的同时也减少了工程安装成本。低三频模块(700M+800M+900M)，高两频模块(1800M+2100M)将成为主流的射频模块。

- 多通道：发展多通道技术，是应对流量爆炸式增长的最有效的手段。
- 一体化 (Active + Passive)：天线有源+无源一体化将是必然的选择，其中无源部分支持所有 Sub-3G 频段，有源部分支持 C-Band Massive MIMO。A+P 一体化技术，使天线空间极端受限的站点可以持续的向 5G 演进，并且为未来部署毫米波预留空间。

3.2.2 5G 天线极简

3/4G 时代，新频引入和网络扩容的时，运营商通常选择简单叠加天线，使得单扇区天线个数越来越多。但是目前天面资源有限，站点的承重接近饱和，同时美化的诉求，超长的审批周期，已成为 5G 部署面临的重大挑战：

- 空间受限：5G 通常采用 RRU 与天线集成在一起的 AAU 的形态，需要占用独立的天面空间，争夺原本 2/3/4G 就已拥挤的天面空间。目前 70% 的站点抱杆上 box 已满，无法新增天线，极大的增加了 5G 部署的难度。
- 风载/承重受限：抱杆的风载受限，部分站点不足以支撑 2/3/4G 的天线+AAU，需要升级抱杆或对抱杆进行加固，还有部分站点承重超过楼面限制，进一步加大了改造的难度。
- 租金增加：站点租金占网络 OPEX 的 20%，一般会根据抱杆数量，风载，承重，box 数量进行收费，5G 部署增加新天线或抱杆，会带来租金上涨或站点改造的高昂费用。
- 审批耗时：新增抱杆导致环境变化，需要政府相关部分审批，从申请到获得许可不同国家耗时 3~12 个月不等。

面对天线部署的挑战，站点向 5G 演进针对不同的场景推荐不同的演进方案。

1) 空间足够场景

当前站点铁塔自有，空间及抱杆充足，承重又不受限。这种场景直接利旧空余抱杆或者新建抱杆，Capex 最小，部署最快。

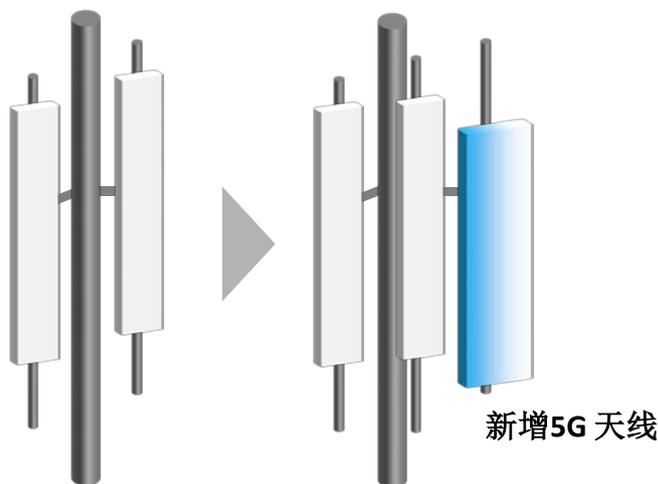


Figure 3-4 空间充裕场景的天线 Overlay

2) 空间不足，双抱杆场景

1 个抱杆安装多端口全频段 Passive 天线收编所有 Sub-3GHz 频段，1 个抱杆安装 5G AAU，简化天面，避免新增抱杆，同时满足未来 3~5 年网络演进。

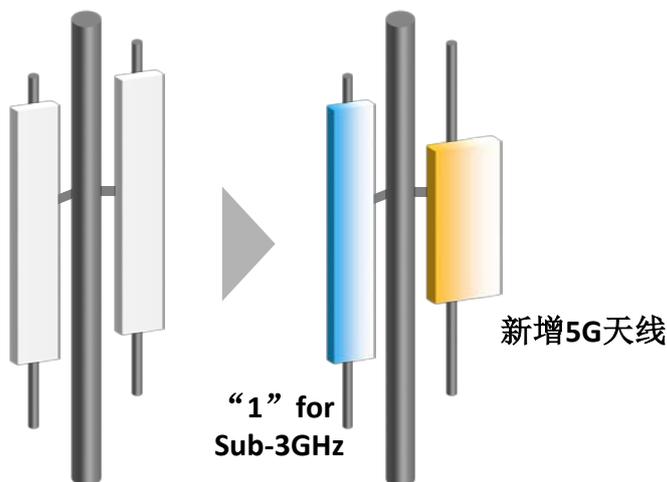


Figure 3-5 空间不足双天线场景 1+1 方案

3) 空间极度不足，单抱杆场景

针对空间极度受限，每扇区只有一根抱杆，同时改造成本高或者审批极困难的场景，推荐无源天线+Massive MIMO 一体化的解决方案，总长度控制在 2~3m，简化现场许可和塔上 box 数量，实现 5G 快速部署。



Figure 3-6 无源天线和 Massive MIMO 一体化

3.2.3 5G 前传极简

5G 空口能提供很高的峰值速率，这也意味着 5G 网络需要大量的传输资源。对于 5G 基站而言，前传承载网络要满足带宽、光纤资源、时延和时钟同步的苛刻要求：

- 从 4G 演进到 5G，CPRI 接口带宽从 9.8G→100G，提升了 10 倍以上，给前传承载网络提出了巨大挑战；
- 到站光纤数量不足，重新部署光缆难度大、成本高、周期长；
- CPRI 和 eCPRI 需要满足超低时延的要求，单向传输时延不高于 100us（CPRI 标准）；
- 4G TDD 和 5G TDD 业务均要求超高的时钟精度，前传时钟精度误差在 $\pm 0.15\mu\text{s}$ 以内。

面对上述挑战，推荐解决方案如下：

- 通过 CU/DU 灵活切分的方式，前传采用 eCPRI 技术，将单 AAU 的带宽需求从 100G 降低到 25G；
- 采用光纤复用的方案，最大程度降低主干光纤数量。目前主流复用方案包括无源 CWDM/DWDM 和有

源 OTN;

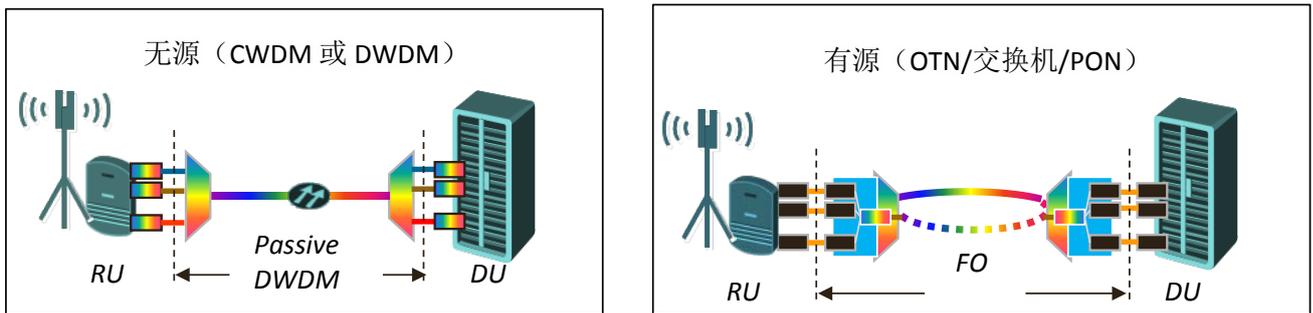


Figure 3-7 光纤复用方案示意图

- 由于 5G 对单向传输时延要求高，建议前传设备转发时延单跳不大于 5us；
- 为达到 5G 业务超高的时钟精度要求，要求前传设备支持 ITU-T 协议，且时延抖动小于 0.05us。

3.2.4 5G 回传极简

一般来讲，无线回传的解决方案主要有 2 种，分为微波回传和光纤回传。在向 5G 演进时，每种回传方式面临的挑战和解决方案各有不同，下面就 2 种回传方案分别进行介绍。

3.2.4.1 微波回传

光纤方案具备大带宽优势，但是往往受到路权、工期、技术等限制。随着微波新技术的引入和频谱的开放，可以实现更大的带宽，从而满足 5G 的要求。针对 5G 时代站点更加密集，微波部署的灵活性也在一定程度上拥有优势。对光纤不可达或施工成本高的情况，建议采用微波解决方案。

微波的部署面临需要上塔施工，占用塔上天面空间，且演进、运维困难的挑战。这就要求 5G 微波具备“极简”、“超宽”、“平滑演进”三个特点：

- 1) 极简：传统方案采用多个 ODU 的堆叠实现大容量，但会对铁塔空间和承重提出较大的挑战，例如：实现 10Gbps 回传带宽需要 4~8 个 ODU 堆叠。对于运营商来说，采用高集成度的射频单元 (ODU)、以及小尺寸的天线可以有效帮助运营商极简部署。
- 2) 超宽：由于微波频段分布较宽，不同频段传输距离不同，根据传输距离主要有三种应用场景：
 - 远郊场景 (20Km 内)：推荐 6-42GHz 频段。为了适配 5G 时代链路 5~10Gbps 的带宽要求，推荐采用更高集成度的模块，如 2 通道合一、4 通道合一的射频模块 ODU。
 - 密集城区 (3Km 内)：推荐 E-band 频段。由于 E-band 大波道间隔的特点，单通道可达 10Gbps 带宽，叠加极化交叉后，带宽可达 20Gbps。
 - 近郊 (3~10Km)：推荐常规频段+E-band 频段 Multi Band Link 方案，可平衡链路容量和传输距离，同时提供 10Gbps 以上带宽。
- 3) 平滑演进：随着 5G 业务的不断发展，回传带宽在不断增长，需要对 5G 微波进行升级，模块化的设计和具备软件扩容能力将更为重要。

3.2.4.2 光纤回传

5G 网络的新业务、新架构、新频谱、新空口给光纤回传提出了四大挑战：

- 带宽 10 倍增长

- 时延 10 倍降低
- 高精度时间同步
- 支持切片的能力

针对以上挑战，5G 光纤回传的部署策略建议如下：

- 为满足 5G 回传带宽要求，可利用现有的机房、光缆资源，采用基于 PAM4 的方案实现环形组网，构建 10G 到站，50G 接入环能力。

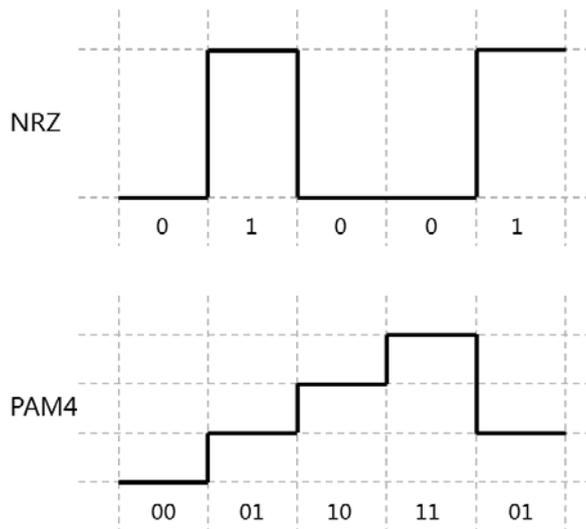


Figure 3-8 RAM4 技术原理

- 为解决时延问题，针对 5G 时延敏感业务，例如车联网，需将网关下移，减少终端到网管的通信距离，降低光纤传输时延；同时选择低时延的 5G 设备，降低转发和调度时延。
 - 为解决同步问题，通常采用部署 GPS 或采用 PTP 将同步信息传送至基站侧。
- 为支持回传切片，需要针对不同业务进行硬隔离（FlexE 和 ODUk）或软隔离（VPN+HQoS）。

3.2.5 5G 电源极简

业界 5G 设备单站功耗普遍在 5000W 左右，相比当前 2/3/4G 站点功耗大幅增长，因此将会对现有电源系统带来挑战：

- 交流供电能力不足：市电扩容成本高、周期长，将严重拖累 5G 部署节奏，大幅增加投资。
- 供电系统容量不足：叠加 5G 设备后，整站功耗超过 10kW，现网老旧电源难以支撑，扩容难度大。
- 电池容量不足：叠加 5G 设备后，备电时间减少。传统铅酸电池能量密度低，扩容难。
- 不支持大功率负载拉远：在 5G 大功率 AAU 拉远供电场景中，线缆压降大，传输距离受限。
- 电费大幅增加：影响运营商收入的同时，也无法满足政府节能减排要求。

针对上述问题，5G 电源推荐优先利用旧有电源，保护运营商的现有投资，推荐采用如下几项技术。

- 1) 智能削峰：部分站点市电输入只能满足典型功耗，但是小于最大功耗。采用智能削峰方案，备电闲时充电，忙时放电，将市电需求从峰值降为典型值，减少市电改造率。
- 2) 动态升压：电源系统和 AAU 联动，根据 AAU 端电压动态实时调整电源输出电压，避免换粗线缆，同时降低了线损。
- 3) 全链路节能：单一部件的节能已无法支撑 5G 站点的节能要求，5G 网络需从“部件”、“站点”、“网络”三个层级打造智能高效网络，追求“0 bit 0 Watt”的终极目标。

针对电源本身容量不足，可采用高密电源、锂电，以最小的空间代价实现快速扩容。细分为以下三种具体实施方案：

- 利用现有机柜空间，叠加高密电源、高密锂电，给 5G 设备独立供电。

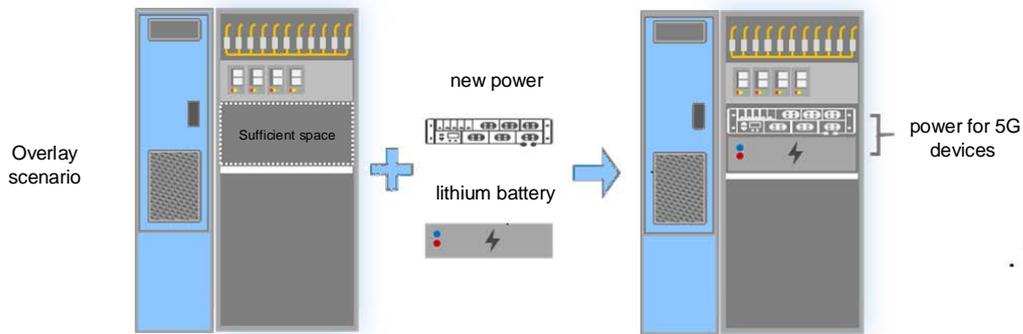


Figure 3-9 5G 电源简单叠加

- 当现有机柜空间不足，建议拆除原有电源，替换为体积更小，容量更大的高密电源，单个电源满足 2/3/4/5G 整站供电需求；拆除原有铅酸电池，替换为高密锂电。

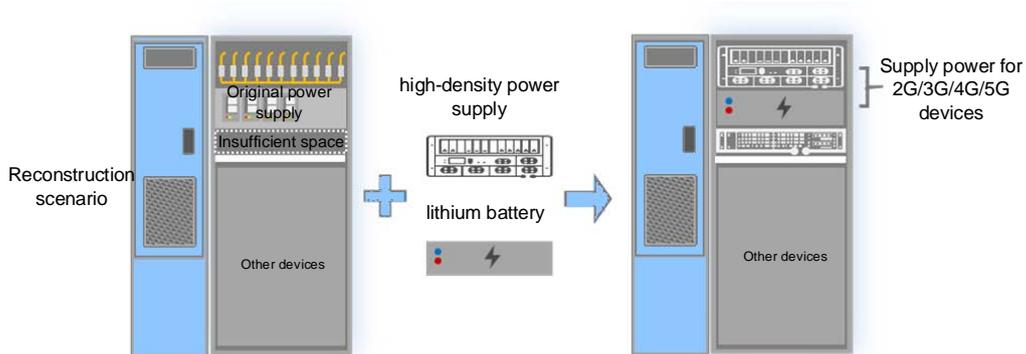


Figure 3-10 高密电源、高密锂电实现极简改造

- 针对全室外场景或者现有电源系统升级改造困难的站点，可根据不同的负载大小采用不同容量的室外刀片电源、电池给 5G AAU 单独供电，实现当前站点免改造、零占地快速部署。



Figure 3-11 室外刀片电源支持极简叠加 AAU

3.2.6 5G 长期演进构想

从目前频谱发放，终端产业发展以及运营商 5G 的布局分析，大多数运营商 5G 长期演进的主流路线：在 5G 初期优先部署 3.5GHz 频段，随着业务的增长，Sub-3G 也需要向 5G 演进或新增部署 mmWave。

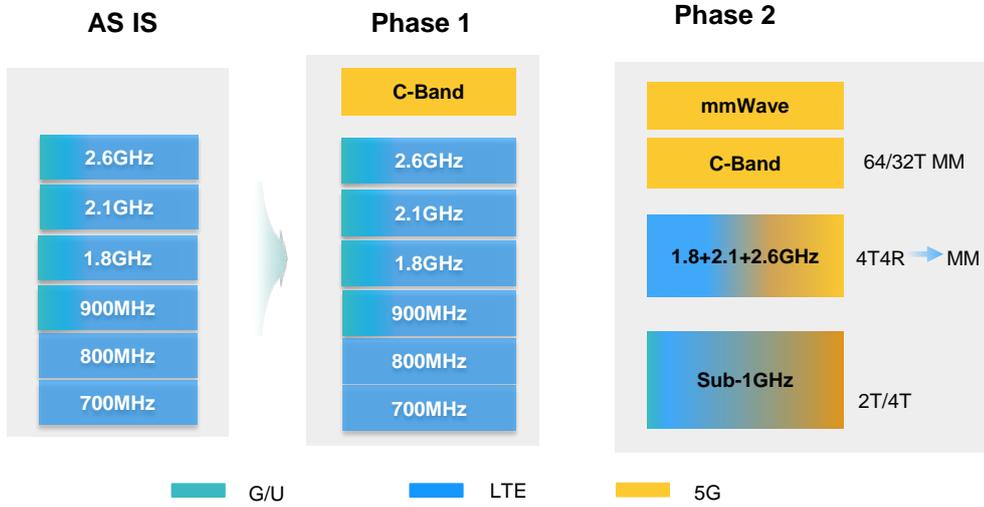


Figure 3-12 5G 时代目标网演进

前面章节已经详细介绍 C-Band 如何向 5G 演进，本小节会重点介绍 Sub-3G 和毫米波向 5G 演进的方案构想。

1) Sub-3G 演进到 5G

Sub-3G 向 5G 演进，站点将面临更多的困难和挑战。C-band 部署以后，站点天面可用的空间更小，电源可用的容量也更小，而且站点 Radio 设备也面临着完全替换的风险。因此 Sub-3G 频谱向 5G 演进时，需要综合考虑硬件、频谱、天线和供电的需求。

- Radio 5G Ready: Sub-3G 射频和基带硬件 Ready，通过软件升级，平滑向 5G 演进。
- 频谱动态分配: 根据网络的需求，4G、5G 频谱 RB 资源动态实时分布，支持 Sub-3G 平滑演进到 5G。
- 天线 1+1 持续演进: Passive 天线和 C-Band 进一步的融合，支持 Sub3G 向 5G 演进，避免新增抱杆。

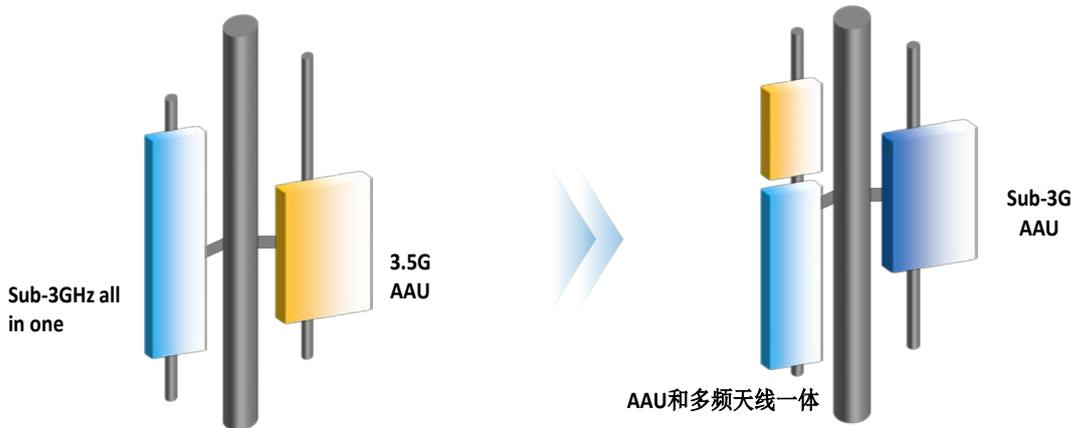


Figure 3-13 天线 1+1 演进

- 电源模块化设计，按需扩容: 整流器、电池、温控系统模块化设计，根据站点功耗模块化按需扩容。

2) 5G 毫米波部署

毫米波是 3GPP 给 5G NR 规划的全新高频频谱。R15 协议定义了如下毫米波频谱：

- n257 (26.5GHz - 29.5GHz)，俗称 28G 频谱；
- n258 (24.25GHz - 27.5GHz)，俗称 26G 频谱；
- n260 (37GHz - 40GHz)，俗称 39G 频谱；
- n261 (27.5GHz - 28.35GHz)，28G 的子频谱。

毫米波属于超高频段，具有明显的速率与容量优势，同时空口时延小，反射能力强，但穿透损耗高，绕射、穿透能力不足，适合 LOS 直射与富反射场景，高 EIRP 优势明显。

毫米波采用射频和基带一体化设计，体积小，重量轻，功耗小。适合屋顶、挂墙、抱杆安装。毫米波穿透损耗高，绕射能力不足带来的覆盖问题需要充分利用社会的杆站资源规模建站，弥补覆盖不足的问题。例如采用智慧杆、路灯杆、监控杆等公共资源建站，快速获取站址，降低站点的建设费用。



Figure 3-14 毫米波主要的部署方式

3.3 新建 5G 极简站点

3.3.1 5G 新建站点挑战

根据前面章节 5G 三层目标网架构论述可知，5G 网络站点密度将进一步增大，新建站点必不可少。传统的新建站点模式，由于多频多制式共存，站点形态极其复杂，因此在 5G 时代，形态极简、去机房、去机柜、全室外将成为 5G 时代新建站点的首选。

按照容量大小、覆盖范围、演进能力的不同，室外新建站点可以分为新建宏站和新建杆站。

3.3.2 5G 新建宏站部署策略

5G 第一波新建宏站建设主要在城市，而城市建设将以屋顶宏站为主。传统的屋顶建站模式是层层叠加 2/3/4/5G，站点形态会十分复杂，为最小化站点基础设施建设，同时兼顾站点的可演进性，5G 新建屋顶宏站需要具备以下两个关键特征：

- 基站设备（含 RRU、AAU、BBU、电源、电池）全室外、模块化设计，支持灵活拼装，简化站点部署；
- 天面组件化设计，可以考虑将无源天线与有源 Massive MIMO 天线合为一体，实现“一扇区一天面”，最大限度节约宝贵的天面空间。

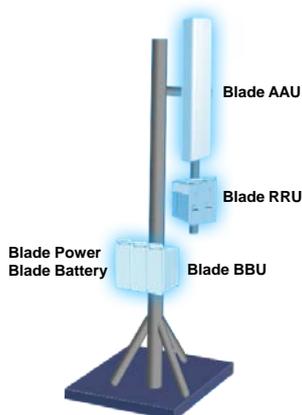


Figure 3-15 新建屋顶宏站

随着屋顶资源越来越少，站址越来越难获取，新建绿地宏站作为新建屋顶宏站的补充，在 5G 时代新建宏站中也会扮演重要的角色。在城区建设绿地宏站，首要考虑的就是站点形态与环境进行融合，部分国家市政要求非常高，如巴西、沙特、秘鲁等国家明确要求站点不允许外挂通信机柜。

为了匹配站点美化要求，很多运营商和设备商在尝试新的站点形态，如利用管塔的垂直空间收容 BBU、RRU、传输、电源、电池等设备。这种方案可以实现免机柜，站点面积小且美观的同时，提供宏站信号的覆盖，有效支持 5G 网络部署。



Figure 3-16 新建绿地宏站

3.3.3 5G 新建杆站部署策略

除了新建宏站，5G 时代还会在盲点和热点区域新建杆站，以更好的满足容量和体验的需求。新建杆站按照杆体是否利旧可划分为利旧杆站和智慧杆站。

利旧杆站，即充分利用现有社会资源（如监控杆、电力杆、灯杆等）作为站址，结合 5G 小型化基站模块，快速批量部署站点。



Figure 3-17 利旧杆站

智慧杆站，则是采用一杆多功能的理念，可以集智能照明、视频采集、移动通信、交通管理、环境监测、气象监测、应急求助、信息交互等诸多功能于一体，成为带有通信功能的复合型公共基础设施。



Figure 3-18 智慧杆站

3.4 5G 室内覆盖

统计表明，4G 移动网络中有超过 80% 的业务发生在室内。伴随着 5G 业务种类的持续增加、行业边界的不断扩展，业界预测未来更多的移动业务将发生在室内。因此，5G 时代的室内移动网络质量也将成为运营商的核心竞争力之一。

3.4.1 5G 室内覆盖挑战

建设一张 5G 室内网络，会面临高频组网、工程复杂、海量运维等诸多挑战：

- 5G 频段室内深度覆盖不足：和 4G 时代的 sub-3GHz 频段相比，5G 网络所采用的 C-Band 与 mmWave 穿墙链路损耗更大，导致室内深度覆盖不足，因此一般情况下需要针对 5G 频段单独部署室内覆盖系统，才能够保障移动用户室内、外体验的一致性。
- 传统室分系统难以支持 5G 演进：传统室分系统（DAS）起源于 2G/3G 时代，主要解决室内信号弱覆盖问题，在向 5G 演进的过程中，存在两个主要问题导致无法向 5G 平滑演进：

现网器件无法利旧：传统室分系统中很多元器件如合路器、功分器等还不支持 3.5GHz 或替换成本过高，更换难度很大；

4*4 MIMO 工程建设难度高：4 路 DAS 需要部署 4 根馈线、4 套器件和天线，工程无法落地，还会导致链路不平衡，引起性能问题。

- 海量头端带来运维挑战：传统无源 DAS 系统管理维护困难，有源数字化头端可管可控，但也面临大量头端带来运维复杂度提升的风险，因此端到端的智能运维成为未来室内覆盖的必备要素。

3.4.2 5G 室内覆盖部署策略

考虑到传统室分系统（DAS）在弹性容量、数字化运营、可视化运维、高频适应性等方面无法满足 5G 业务要求，因此室内数字化系统将成为 5G 室分建设中的必然选择。为匹配 5G 时代高流量、高密度、超大带宽、超高可靠性、超低时延、海量连接、位置服务和可视化运维与智能化运营等诉求，5G 室内数字化分布系统要具备如下特征：

- 小型化一体化：5G 的室内网络密集部署将成为常态，需要集成度更高、功率更高的数字化头端。需要充分考虑不同场景的特点和入场难度，设备具备小型化、易部署的特点，降低综合部署成本。
- 端到端数字化管控：首先，可实时诊断海量头端和其他网元设备的工作状态，其次可根据检测到的网元设备的工作状态，实现对不同网元的控制操作，如调整功率，开关射频等；最后，还能够自动根据周边信道条件和用户密度自优化网络资源分配，。
- 灵活化适配业务与场景：灵活支持 3G/4G/NB-IoT/C-band 和毫米波等各个频段；同时具备软件扩容能力，避免运营商二次进场；对于有潮汐效应的业务场景，要求网络具备 AI 运维能力，能够根据业务变化灵活调整区域容量，降低综合布网成本。
- 自动诊断和自我愈合，能力开放：基于全有源的数字化系统和头端级的 MR 能力，实现网络设备的可视化和网络性能的地理化，支持网络故障快速恢复和预防性管理，最大化减少人工介入以降低运维成本；同时提供室内定位服务，支撑 5G 网络能力开放和持续运营。

4 站点开放

4.1 站点开放必要性

在 4G 时代，很多国家和地区因站址获取难、部署难度大、TCO 高等问题，已经开始尝试通过站点联盟的形式开放社会公共资源。随着 5G 时代的到来，站点密度更高、可用空间更小，导致上述问题更加突出，需要进一步开放站点资源。

4.1.1 站址获取难度增大

站址获取一直是运营商新建站点面临的一道难题。当前站址获取已经面临严重挑战，如政府审批难、邻里社区阻挠、租金诉求高、候选站址资源少、特殊建站限制等。5G 基站距离人群更近、新建站点更多，在当前站址资源接近枯竭的情况下，将会进一步加大站址获取的难度。

4.1.2 站点部署难度增大

为了满足站点容量需求的增加，5G 新频段的引入将会进一步挑战有限的天面空间；5G 站点功耗的提升，也会导致现有电源容量的不足，同时对现有电源的改造提出了挑战；5G 需要更高的传输速率，这将导致对现有的传输进行升级和改造，这些都会对 5G 站点部署带来重大挑战。

4.2 从封闭走向开放，从专有走向共享

4.2.1 社会资源开放给站点

截止到 2019 年，全球拥有 700 万+无线站点，而社会杆资源 10 亿+，广告牌资源 1 千万+，便利店资源 1 千万+，如果能够利用这些社会资源，开放给无线站点，将极大的加速 5G 部署。目前部分国家和地区已尝试开放公共资源，用于站点建设。这种模式不仅加快了无线站点的部署，同时给资源拥有者带来租金等额外收益，实现多方共赢。

4.2.2 站点资源共享给社会

利用目前通讯塔挂高的资源优势，可以实现“森林防火监控”、“气象监测”、“铁路沿线高点监控”、“地震监测”等应用，可以显著降低各行业应用的部署成本，缩短部署周期。

5G 时代，由于站间距较小，站点部署从远离人群，到走近人群，同时通过进一步集成节能照明、LED 显示屏、视频监控、气象监测等多种设备功能，开展电子导游、人流量检测、智能停车指引、车牌识别等多元化业务，实现无线站点资源的社会化。

4.3 构建开放站点生态，加速 5G 站点部署

为了更好的推进通信站点资源和社会资源的有机结合，需要构建 Open Site 生态，联合各个产业共同参与，持续做好 3 个方面的开放与合作：包括政策的开放、资源的开放和设计标准的开放。目前，多个国家和地区已做出了尝试与探索。

4.3.1 政策开放

江苏省人民政府就 5G 网络的“建设部署”、“审批流程”、“产业发展”等多个方面发布了指导意见，要求简化铁塔、基站、管线、机房等设施建设审批流程，加快落实“不见面审批”服务改革。

- 1) 公共资源开放：政府要求将公共资源，如市政路灯杆、公安监控杆、城管监控杆、电力塔等杆塔资源向 5G 网络设施开放。
- 2) 用电支持：针对 5G 网络设施的布局特点，要求电力公司组织推进具备条件的 5G 基站转供电改直供电工程。
- 3) 多功能智慧杆：政府组织编制智慧杆建设规范，要求智慧杆集成 5G 通信、智慧照明、视频监控、交通管理、环境监测、信息交互、应急求助等多种功能于一身。

4.3.2 资源开放

在站址获取问题上，印尼塔商与大型物业资源拥有方合作，获取了海量的站址资源。其中，与 AlfaMart，IndoMart/IndoMobile 合作获取了 25000 多个连锁超市站址资源；与 MAC 物业公司签署合作协议，开放 750 栋大型楼宇的室内站址资源部署室内数字化系统；与电力公司合作，获取了 53 万根电力杆资源。

4.3.3 设计标准开放

香港政府将智慧城市与 5G 建设相结合，提出了开放智慧杆标准兼容 5G 网络功能的策略。要求当地运营商、市政规划部门、灯杆厂商和通信设备供应商，共同制定智慧杆标准，要求该设计面向 5G Ready。通过开放智慧杆顶杆单元接口，确保智慧杆具备 5G 模块安装能力，实现与杆塔厂家快速灵活对接。

目前香港政府已经启动试点建设，智慧杆不仅实现了绿色照明、监控等公共功能，同时实现 5G 站点的迅速部署。

5 缩略语

缩略语	英文全名	中文解释
AAU	Active Antenna Unit	有源天线处理单元
BBU	Baseband Unit	基带单元
CAPEX	Capital Expenditure	资本支出
CBD	Central Business District	CBD 区
CPRI	Common Public Radio Interface	通用公共无线接口
DAS	Distributed Antenna System	分布式天线系统
eCPRI	Enhanced-Common Public Radio	增强型通用公共无线接口
EIRP	Equivalent Isotropically Radiated Power	等效全向辐射功率
eMBB	Enhanced Mobile Broadband	增强移动宽带
EMF	Electromagnetic Field	电磁辐射
GULNR	GSM, UMTS, LTE, NR	GSM/UMTS, LTE, NR 四种制式
IoT	Internet of Things	物联网
LOS	Line of Sight	视距
LTE	Long Term Evolution	长期演进
MEC	Multi-Access Edge Computing	多址边缘计算
mMTC	Massive Machine-Type Communications	海量物联网通信
NR	New Radio	新空口
OMU	Optical Multiplexer Unit	光合波单元
OPEX	Operating Expense	运营支出
PTP	Precision Time Protocol	精确时间协议
RRU	Remote Radio Unit	射频拉远单元
TCO	Total Cost of Ownership	总体拥有成本
uRLLC	Ultra-Reliable and Low-Latency	极高可靠极低时延场景
vEPC	Virtualized Evolved Packet Core	虚拟演进型分组核心网
VoLTE	Voice over Long Term Evolution	LTE 网络语音业务