

# 5G 移动网络在城市高密度区域的建设方案与覆盖优化研究

王冰 姜琳 左军

中国联合网络通信集团有限公司北京市分公司，北京，100038；

**摘要：**城市高密度区域建筑密集、用户集中、信号干扰复杂，对5G移动网络的覆盖广度、信号稳定性及容量承载能力提出极高要求。本文围绕5G在该类区域的建设与优化展开，先结合区域特点明确建设核心需求与面临的挑战；再针对性设计涵盖站点规划、组网架构、设备选型的建设方案，确保网络基础覆盖与容量达标；最后从信号增强、干扰抑制、容量调度三方面提出覆盖优化策略，提升网络运行效能，为5G在城市高密度区域的高效落地提供可行路径。

**关键词：**5G 移动网络；城市高密度区域；网络建设方案；覆盖优化；容量承载

**DOI：**10.69979/3041-0673.26.03.008

## 引言

城市高密度区域，如核心商圈、大型居民区、交通枢纽等，是用户通信需求最集中的场景，既是5G网络建设的核心重点，也面临诸多建设难点。此类区域高楼密集，5G信号易被遮挡衰减；高峰时段用户及智能设备并发接入量大，网络易出现拥堵；且5G、4G、WiFi等多类信号交织，易产生相互干扰。传统建网模式已难以满足5G“高速率、低时延、广连接”的核心要求。当前，5G技术在民生服务、商场运营、交通指挥等领域的应用持续深化，提升城市高密度区域5G信号覆盖完整性与网络性能，不仅是保障用户使用体验的关键，更是推动5G技术落地见效的核心任务，已成为当前通信网络建设领域需重点突破的问题。

## 1 5G 在城市高密度区域建设的核心需求与挑战

### 1.1 核心建设需求

城市高密度区域5G建设需聚焦三大核心需求，确保网络适配多场景使用，保障用户体验。一是信号广覆盖需求，需实现区域全域无盲区覆盖。此类区域高楼错落密集，墙体厚度、材质差异大，5G信号传输时易被遮挡，建设需覆盖高楼楼顶、地下车库、商场内部、居民楼楼道等全场景，确保用户在任意位置均可稳定接入5G信号，无使用死角。二是网络大容量需求，需支撑高并发接入与大流量业务。商圈节假日、交通枢纽早晚高峰等时段，用户及智能设备集中接入，需保障网络可承载海量并发连接，满足高清视频播放、云游戏、视频通话等大流量业务需求，避免出现网速骤降、通话中断、内

容加载卡顿等问题。三是网络低时延需求，需保障实时性应用正常运行。当前5G在实时导航、远程民生服务等场景应用渐广，此类场景对网络时延要求严苛，建设需确保网络时延持续处于低水平，为实时性应用提供稳定支撑，避免因时延过高导致应用失效或风险。

### 1.2 主要建设挑战

城市高密度区域5G建设面临三大突出挑战，直接影响建设进度、成本控制与网络最终使用效果。一是信号衰减严重，5G信号波长较短、穿透能力较弱，而高密度区域高楼密集，信号传输时易被墙体、楼板、玻璃等遮挡，强度快速衰减，室内场景信号穿透难度更高；同时，高楼间易形成信号反射、折射，部分区域会出现“信号阴影区”，导致覆盖遗漏。二是网络干扰复杂，为满足覆盖与容量需求，区域内需部署大量5G基站，且周边已存在4G网络、WiFi信号及各类智能设备专用信号，多类信号频段交织，易产生相互干扰，如同频段5G信号重叠干扰、5G与4G/WiFi信号交叉干扰，最终导致信号不稳定、网速下降。三是容量承载压力大，高峰时段用户集中使用高清视频、直播、大型手游等大流量应用，网络资源短时间内被大量占用，若容量储备不足，易出现网络拥堵、网速大幅下滑甚至断网，既无法满足用户需求，也制约5G在商业、民生场景的应用落地。

## 2 5G 在城市高密度区域的建设方案设计

### 2.1 站点规划：分层布局，兼顾覆盖与容量

站点规划是5G建设的基础，需摒弃传统“固定间距建站”模式，结合高密度区域高楼分布（高度、密度、排列方式）与人员分布（高峰时段集中区域），采用“宏

站+微站+室分系统”分层布局策略，通过多类型站点协同，实现“全域覆盖、容量充足”的目标。一是宏站部署，依托宏站“覆盖范围广、信号强度高”的优势，构建区域5G信号基础覆盖网。部署选址优先选择区域周边高楼楼顶、现有信号塔、市政设施顶部等高位区域，借助高位优势扩大信号传输范围，重点解决室外场景（街道、广场）及高楼中高层的信号覆盖问题。二是微站部署，利用微站“体积小、部署灵活、覆盖精准”的特点，填补宏站覆盖盲区。部署前先开展全域信号检测，定位宏站信号薄弱区域，如高楼中层（宏站高位传输导致中层信号衰减）、居民楼间隙（高楼遮挡形成信号缺口）、街道拐角（建筑遮挡信号），在这些区域精准部署微站，并调整微站位置与信号辐射方向，实现盲区精准覆盖，提升区域信号均匀度。三是室分系统部署，针对室内场景信号衰减难题，通过室分系统“覆盖均匀、衰减少”的优势，解决室内信号覆盖问题。结合不同室内场景特性差异化部署：大型商场、写字楼楼层多、隔断密集，在每层吊顶、墙面合理规划天线点位，通过多天线协同传输，保障店铺、电梯、走廊等全区域信号稳定；地下车库为封闭空间，在通道两侧、立柱上部部署天线，确保信号可穿透车辆。

## 2.2 组网架构：融合组网，提升网络灵活性与承载能力

组网架构作为5G网络的核心“骨架”，其合理性直接决定网络的灵活性、容量承载能力与用户体验。传统单一宏站组网模式，难以应对高密度区域高峰时段的高并发需求，且无法解决室内外信号切换中断问题，因此需构建“宏微协同+室内外联动”的融合组网架构，实现资源高效调度与网络无缝衔接，兼顾资源利用率、承载能力与稳定性。一方面，推动宏站与微站协同调度，核心是建立资源共享与动态调配机制，既应对高峰人流压力，又实现能耗管控。依托专属网络调度系统，实时监测宏站与微站的运行状态，包括用户接入数量、流量占用率等核心指标：高峰时段（如商圈节假日、交通枢纽早晚高峰），当宏站负载接近饱和时，系统自动将部分用户业务调度至周边低负载微站，形成“宏站承载核心流量、微站分担冗余压力”的协同模式，避免宏站拥堵；非高峰时段（如夜间、工作日平峰期），用户接入量与流量需求下降，系统自动关闭部分冗余微站，仅保留关键补盲微站，同时下调宏站发射功率，减少无效能

耗，实现“按需供能、降本增效”。另一方面，打通室内外网络切换通道，核心是优化切换参数与构建专属衔接链路，解决用户移动时的信号中断、网速波动问题。高密度区域内用户室内外移动频繁（如商场与街道、写字楼与室外），若切换机制不完善，易出现通话中断、网速骤降等问题。对此，需精准优化5G网络切换参数，明确切换触发阈值、切换时长等关键指标。

## 2.3 设备选型：适配场景，兼顾性能与实用性

设备选型是5G建设的“硬件基石”，需结合高密度区域“安装空间有限、信号环境复杂、需求动态变化”的特点，摒弃“唯参数论”，优先选择场景适配性强、兼顾性能与实用性的设备，保障建网效果、网络稳定性与后续运维经济性。一是基站设备选型，聚焦“多频段兼容、大容量承载、易部署”三大核心需求。多频段兼容方面，优先选用支持当前主流5G频段，且预留后续新增频段扩展接口的设备，确保当前满足使用需求；易部署方面，针对区域内安装空间有限（如居民楼墙面、商场矮吊顶）的特点，微站优先选用小型化、轻量化机型，支持墙面挂载、吊顶吸附等便捷安装方式，降低部署难度与施工成本。二是天线设备选型，按“室外与室内差异化适配”原则，重点关注信号强度、波束可控性与空间适配性。室外宏站天线，优先选用高增益、窄波束机型：高增益特性可扩大信号传输距离，提升室外覆盖范围；窄波束特性可精准调控信号辐射方向，避免信号向无需求区域扩散，减少同频基站间的重叠干扰，优化室外信号质量。室内室分系统天线，优先选用小型化、低功耗机型：小型化设计适配室内复杂布局（如吊顶、墙面），可灵活部署且不占用过多空间；低功耗特性可降低长期能耗与设备发热概率，延长设备使用寿命。三是核心网设备选型，围绕“灵活扩容、高速处理、稳定运行”核心需求，匹配高密度区域动态变化的用网需求。针对区域内用户量与流量“峰谷差异大”的特点，选用可弹性扩容的核心网设备，高峰时段通过软件或模块升级快速提升容量，满足海量数据处理需求，非高峰时段收缩容量，避免资源闲置。

## 3 5G 在城市高密度区域的覆盖优化策略

### 3.1 信号增强优化：精准补盲，提升信号强度

通过“点位调整+参数优化”双路径，精准定位信号薄弱区域，针对性提升信号强度与覆盖均匀度，消除

覆盖盲区。一方面，优化基站与天线点位布局。开展全域信号检测，定位信号覆盖盲区（如高楼低层、地下车库角落、居民楼夹缝），通过调整室内外天线的安装位置与辐射角度，或新增小型补盲设备（如微型天线、信号放大器），确保信号有效覆盖；针对信号强度较弱但未形成盲区的区域，更换高增益天线，提升信号辐射强度，改善信号接收质量，确保区域内信号强度达标且分布均匀。另一方面，优化基站发射参数配置。结合区域信号覆盖实际情况，动态调整基站发射功率与频段配置：对信号薄弱区域，适当提升基站发射功率（不超过标准阈值），增强信号穿透力；对信号重叠较多的区域，合理调整频段配置，避免功率过高引发额外干扰，实现“信号强度提升”与“干扰控制”的平衡，既保障覆盖效果，又不影响网络整体稳定性。

### 3.2 干扰抑制优化：多维度管控，降低干扰影响

针对高密度区域多信号交织的复杂环境，从频段规划、参数调整、设备隔离三个维度协同发力，系统性降低干扰，保障信号稳定性与网速。一是优化频段规划，明确信号频段边界。合理划分 5G 与 4G、WiFi 等其他网络的频段范围，避免频段重叠引发交叉干扰；同时，对区域内 5G 基站的同频频段进行细分，为不同基站分配专属子频段，减少同频基站间的信号重叠干扰，从源头降低干扰风险。二是优化网络运行参数，缩小干扰范围。调整基站切换门限与发射功率，控制基站信号覆盖半径，减少相邻基站的信号重叠区域，降低重叠区域的干扰强度；对已出现干扰的基站，通过波束赋形技术优化信号波束方向，将信号精准聚焦于目标覆盖区域，避免信号扩散至其他基站覆盖范围，进一步抑制干扰扩散。三是优化设备隔离措施，阻断设备间电磁干扰。对安装间距较近的基站与天线（如同一楼顶的多运营商基站、室内密集部署的微站），加装电磁隔离板等防护装置，阻断设备间的电磁辐射传播，减少设备直接干扰，保障各类设备正常运行，降低干扰对信号质量的影响。

### 3.3 容量调度优化：动态调配，保障高峰时段体验

构建“流量预判—高峰分流—边缘减负”的动态容量调度机制，确保高峰时段网络容量充足，非高峰时段

资源不浪费，兼顾用户体验与资源利用率。一是流量预判与提前扩容，做好容量储备。通过分析历史流量数据，精准预判区域内不同时段（如商圈节假日、交通枢纽早晚高峰）、不同区域的流量峰值，提前为对应基站与核心网设备进行容量扩容（如增加频段带宽、升级核心网处理模块），避免高峰时段容量不足导致网络拥堵。二是高峰时段分流调度，均衡资源负载。依托网络调度系统，实时监测各基站、各频段的负载情况，将高负载基站的流量调度至低负载基站，实现基站间负载均衡；引导部分非实时业务用户切换至空闲频段，保障语音、视频通话等核心业务的频段资源。三是部署边缘计算节点，减轻核心网压力。在核心商圈、交通枢纽等用户密集、本地业务需求多的区域，部署边缘计算节点，将高频本地应用（如商场导航、本地直播）的数据存储与处理功能下沉至边缘节点，用户访问时无需将数据传输至远端核心网，既降低网络时延，又大幅减轻核心网的数据处理压力，间接提升区域网络的实际容量承载能力。

## 4 结语

5G 在城市高密度区域的建设与优化，需以“适配场景、兼顾覆盖与容量”为核心，通过分层站点规划、融合组网架构、场景化设备选型，搭建坚实的网络基础；再依托信号增强、干扰抑制、动态容量调度的优化策略，解决运行中的核心问题，最终实现网络覆盖无盲区、信号稳定、容量充足的目标。这一过程既需结合区域环境特性精准设计方案，也需根据网络运行实际动态优化，才能充分发挥 5G 技术优势，保障用户通信体验，为 5G 在城市高密度区域的深度应用（如智慧商圈、智能交通）奠定坚实的网络基础。

### 参考文献

- [1] 范天伟,王慧东,王森,尤扬,郭希蕊. 5G 农村广覆盖低成本建设方案研究, 邮电设计技术, 2023(10):6-11
- [2] 杨诚. 新型数字化室分建设应用分析, 中国新通信, 2022, 24(21):68-70
- [3] 吴晓乐,张鹏,范天伟,薛超粤,陈玲. 基于 TCO 的 5G 室分场景化解决方案研究, 邮电设计技术, 2023(10):12-16