

5G时代通信基础设施规划的挑战与解决方案

梅雪浩

胜通和科技有限公司江苏分公司, 江苏 南京 210003

DOI:10.61369/EPTSM.2026010032

摘 要 : 5G技术推进商用提速, 通信基础设施规划的网络形态、建设模式、技术路径出现深刻变化, 高频段使用、基站密集布设及多业务同步运行, 传统以覆盖为核心的规划方式, 没法满足高带宽、低时延和大连接的发展需求, 瞄准5G网络架构演进、站址布局优化、频谱和资源协同利用等关键问题, 分析通信基础设施规划碰到的关键挑战, 从技术和管理层面给出配套优化方案, 为优化5G基础设施规划的科学性和实施效率提供参照。

关 键 词 : 5G通信; 基础设施; 网络规划; 站址优化; 资源协同

Challenges and Solutions for Communication Infrastructure Planning in the 5G Era

Mei Xuehao

Shengtonghe Technology Co., Ltd. Jiangsu Branch, Nanjing, Jiangsu 210003

Abstract : With the accelerated commercialization of 5G technology, profound changes have occurred in the network architecture, construction models, and technical pathways of communication infrastructure planning. The utilization of high-frequency bands, dense deployment of base stations, and simultaneous operation of multiple services have rendered traditional coverage-centric planning methods inadequate in meeting the development demands for high bandwidth, low latency, and massive connectivity. Focusing on key issues such as the evolution of 5G network architecture, optimization of base station site layouts, and coordinated utilization of spectrum and resources, this paper analyzes the critical challenges encountered in communication infrastructure planning. It proposes corresponding optimization solutions from both technical and management perspectives, providing a reference for enhancing the scientific rigor and implementation efficiency of 5G infrastructure planning.

Keywords : 5G communication; infrastructure; network planning; base station optimization; resource coordination

引言

5G技术批量落地应用, 正在改变通信网络现有形态, 网络建设目标从只做单纯覆盖, 逐步变为容量提升、时延控制和多业务协同齐抓, 工业互联网、智慧城市和车联网等新应用接连诞生, 让通信基础设施规划在频段配置、站址布局和网络协同等方面面临更高复杂度, 传统规划模式跟不上5G网络的发展需求, 要系统梳理关键挑战并摸索有效应对方案, 为后续通信基础设施的科学建设和高效运行铺垫基石。

一、5G时代通信基础设施规划面临的主要挑战

(一) 网络架构复杂化带来的规划难度提升

5G网络的体系结构采用传统的单层宏站覆盖模式, 升级为宏站、小站、室分系统配合部署的多层异构网络形态, 宏基站核心承担广域覆盖和基础容量保障, 小微基站承担热点区域的容量补充和深度覆盖, 两类基站的发射功率、覆盖半径、回传需求差异明显。以典型城市区域为例, 宏站可覆盖500 ~ 1000 m范围, 小站有效覆盖范围一般达不到100m, 网络层级和拓扑结构复杂度显

著提升^[1], 给5G核心网加入云化与虚拟化技术, 功能模块拆分后分散部署, 提高接入网与承载网协同的要求, 规划工作得统筹无线侧覆盖和容量配置, 还得兼顾传输链路带宽、时延和可靠性指标, uRLLC业务的端到端时延需控制在1 ms以内, 迫使网络规划从整体架构层面实施系统性设计, 大幅提升规划工作的技术难度与精细化水平。

(二) 高频段应用导致站址与覆盖压力加大

5G网络大面积采用3.5 GHz及以上中高频段, 跟4G常用的1.8 GHz、2.1 GHz频段比, 信号自由空间传播损耗明显上升,

拿3.5 GHz举例，相同发射功率条件，覆盖半径占2 GHz频段的60% ~ 70%，还能令建筑物穿透损耗提高5 ~ 10 dB^[2]。为保障连续覆盖和容量要求，需大幅提升基站部署密度，城市人口稠密区，5G基站搭建数量一般为4G的1.5 ~ 2倍，核心商圈、交通枢纽这类热点区域甚至要达到3倍以上，大量新增站点让现有站址资源承压明显，尤其聚焦老城区和室内复杂环境，站址协调、供电接入、传输引入难度不断上升，成为妨碍通信基础设施规划和落地实施的核心因素^[3]。如表1所示。

表1 典型频段5G基站覆盖与部署参数对比				
频段类型	中心频率 (GHz)	单站典型覆 盖半径 (m)	穿透损耗 (dB)	相对部署密度 (以2.0GHz为1)
低频段	0.8	1200 ~ 1500	5 ~ 8	0.6
中频段	2.0	800 ~ 1000	8 ~ 10	1.0
中高频段	3.5	400 ~ 600	12 ~ 18	1.8
高频段	4.9	200 ~ 300	18 ~ 25	2.5

（三）多场景业务需求对规划精细化提出更高要求

5G网络需同步支撑增强型移动宽带、低时延高可靠通信和海量机器类通信等多类业务，不同业务在速率、时延、连接密度上差异明显，面向增强型移动宽带场景，下行峰值速率最高10 Gb/s，低时延高可靠通信在时延和可靠性上要求极高，典型可靠性指标需达99.999%，海量物联网场景更聚焦连接数密度，单平方公里连接规模能超百万级^[4]。

基于这样的前提，通信基础设施规划需从单一对覆盖的侧重转到场景导向，按照区域功能属性和业务特征做差异化配置，必须重点保障工业园区和智能制造场景的时延和可靠性，商业区和居住区更聚焦容量和用户体验，规划模型精度、数据支撑能力及动态调整机制都要达到更高标准。

（四）建设成本与能耗控制压力持续增加

基站设备、传输系统、电力配套及机房资源等多方面都要投入到5G网络建设中，整体建网成本明显比4G网络高，单站建造成本普遍上涨20% ~ 40%，设备高密度布设区域，投资压力格外明显，5G基站耗电量偏高，典型5G宏站满载时的功耗为4G基站的1.2 ~ 1.5倍，网络规模扩张会持续推高整体能耗水平^[5]。

依托“双碳”目标，通信基础设施规划要兼顾性能指标达标，统筹兼顾能效优化和绿色建设要求，怎样借助科学站址布局、设备选型及网络协同设计，控制投资规模 同步压缩单位流量能耗，已是5G时代通信基础设施规划中亟需解决的核心问题。

二、5G通信基础设施规划的关键技术与方法优化

（一）基于分层分区的网络规划技术

5G通信基础设施规划需摒弃传统以连续覆盖为核心的规划路径，切换为以业务承载能力和网络效率为核心的分层分区规划模式，从空间层面看，要结合城市功能布局、人口密度及用地属性，精细划分规划区域，一般可划分为核心商业区、普通居住区、工业园区、交通枢纽及城市边缘区等类别，各区域在用户规模、业务类型、流量峰值上差异明显，对网络容量和性能指标的要求互不相同。

核心商业区与商务办公聚集区，用户密度一般为每平方公里1万 ~ 2万人，业务流量高峰表现出集中属性，要求较高的下行速

率和网络并发能力，这类区域规划里，要采用宏站和小站叠加部署模式，靠增加站点密度、提升频谱复用效率满足容量需求。常规居住区用户分布相对均衡，流量起伏幅度偏小，以宏站连续覆盖为核心，搭配局部小站补充强化，就能兼顾性能和成本，做网络层级设计时，分层规划明确宏站、小站和室分系统的功能划分与配合，宏站主要承担广域覆盖、基础信令和移动性管理，小站聚焦热点区域容量卸载和深度覆盖，室内分布系统承担复杂室内场景的信号质量保障工作，按规则划分各层网络的覆盖边界和承载任务，可切实降低局部拥堵概率，叫停不必要的站点重复建设，让单位面积的容量配置贴合实际业务需求，整体拉高网络资源利用效率^[6]。

（二）多维数据支撑下的精细化规划方法

靠精细化规划能切实提升5G通信基础设施建设质量，这是关键技术手段，核心依托多维数据构建更精准的需求预测模型，规划开展阶段，应统筹整合人口分布、终端数量、历史业务流量、应用类型及用户行为特征等数据，从时间和空间两个维度分析网络负载变化规律，工作日与节假日、白天与夜间等各类时段，同一区域业务流量的差值可达到2 ~ 3倍，仅按静态平均值做规划，往往导致高峰时段容量不足、低谷时段资源闲置。

地理环境因素对无线传播特性影响显著，精细化规划必须重视的核心变量，接入高精度数字高程模型和三维建筑模型，能更精准模拟计算遮挡效应、多径传播及信号衰减，城市建成区范围内，三维建模支撑的覆盖预测，误差可控制在±3 dB范围，和传统二维模型比，站址选择和天线参数配置的准确性得到明显提升，用多维数据驱动的规划手段，让网络建设从经验驱动转为数据驱动，可在规划阶段提前发现潜在容量瓶颈和覆盖薄弱区域，缩减后期大规模调整和反复优化的需求。

（三）传输与接入网络协同规划机制

5G网络速率与业务复杂度不断上升，传输网络已成拖累整体性能的关键节点，协同规划接入网络和承载传输网络十分关键，从无线接入端出发，单座5G基站的峰值回传带宽一般可达10 Gb/s以上，传输链路容量配置未达标，易出现“无线富余、传输受限”的结构性梗阻，干扰用户体验^[7]。

规划阶段要同步统筹无线站点布局和传输网络结构设计，统一敲定光纤资源、汇聚节点位置和链路容量等级，聚焦城域网层级，按需配置接入层、汇聚层和核心层节点，调整优化链路拓扑结构，能把端到端业务时延控制在5 ms以内，为低时延应用筑牢基础支撑，协同规划机制能减少重复建设与资源浪费，防止无线网络扩容和传输网络改造进度脱节，保障网络各层级能力配置匹配合理，全面增强通信基础设施的稳定性和可扩展性。

（四）绿色节能导向的规划技术应用

5G网络覆盖范围不断扩大，绿色节能是通信基础设施规划里必须重点考量的约束条件之一，规划阶段采用站址共享和集中建设途径，可切实减少重复布点数量，一般可让区域内基站总数量降低10% ~ 20%，从源头控制能耗及运维压力。

设备选型与网络设计环节，采用高效能比基站设备、智能电源系统及集中供电方案，可拉低单站平均功耗，采用智能休眠、动态功率调整和负载自适应控制机制，可在低业务负载时段明显减少能耗，夜间低负载状态，恰当的能耗控制策略可实现20% ~ 30%的节能目标，把能耗指标放进通信基础设施规划评估体系，能兼顾覆盖和容量要求，保障网络建设和运行的长期可持续发展，为5G网

络大规模铺设筑牢更扎实的技术基础。如表2所示。

表2 规划优化措施实施前后关键指标对比

指标类别	传统规划模式	优化规划模式	改善幅度
单平方公里基站数量（站/km ² ）	18	15	↓约17%
单站平均功耗（kW）	3.8	3.0	↓约21%
单Gb数据能耗（kWh/Gb）	0.42	0.31	↓约26%
年度运维成本（万元/km ² ）	92	74	↓约20%

三、5G时代通信基础设施规划的解决方案与实施路径

（一）推进通信基础设施共建共享

5G网络高密度搭建的阶段，通信基础设施共建共享是缓解站址紧张、控制建设成本的有效手段，落实站址、铁塔、管道、电力接入的共享运作模式，可有效杜绝重复建设，以城市核心区域为样本，用共建共享办法，单个区域基站重复建设率可降低30%~40%，站址协调周期能压缩20%以上，可加快整体建设效率。看技术维度，共建共享要求在规划环节统一技术参数和接口标准，保障不同网络制式和设备类型可兼容部署，同一站址下采用多系统合设，促成2G、4G和5G设备协同运转，不额外占地就能满足网络升级需求，给通信基础设施可持续建设拿出实际路径。

（二）强化规划与城市建设的协同衔接

5G通信基础设施规划应与城市空间布局及市政工程建设打造协同机制，把通信设施归入城市总体规划和专项规划体系，新建城区和功能片区开发阶段，同步预留通信机房、管道及电力接口，可切实降低后续建设难度，同步建设模式能让单站综合建设成本减少15%~25%，同时降低对城市景观和交通秩序的干扰，开展现有城区改造，和道路改造、地下管廊及建筑更新工程同步开展，可集中落实通信设施敷设和站点建设，防止多次开挖和重复施工，规划与城市建设深度契合，能优化通信基础设施整体布局合理性和长期适用性^[8]。

（三）引入智能化规划与动态优化机制

网络规模逐步扩张，业务复杂度持续上升，传统静态规划方式无法适配5G长期运行需求，加入智能化规划和动态优化机制，能对网络运行状态做持续评估与调整，构建仿真模型，对不同站点布局和参数配置方案做多轮推演，可在规划阶段提前甄别覆盖盲区和容量瓶颈，管控规划偏差至可接受范围。实际运转阶段，结合实时业务流量、用户分布变化，周期性修正规划方案，可让网络资源配置契合实际需求，大型活动举办或流量高峰时段，靠

动态调整小站开启策略和功率配置，能把局部拥塞概率降低20%以上，显著增强规划方案的长期契合能力。如图1所示。

（四）完善政策与标准支撑体系

要落地5G通信基础设施规划，必须依托政策和标准体系，看技术层面，以统一的规划设计规范、站址建设标准和能效指标要求为准，能降低规划执行过程的不确定性，从管理维度，明确通信设施在城市建设中的合法身份，帮着提高规划方案实施效率，缩减审批周期，优化共建共享管理机制及技术标准，可保证多主体协同建设过程里权责清晰、运行安全，把规划标准和实施管理结合，为5G通信基础设施规划搭建稳定、可操作的制度框架，是保障规划成果转化与实际网络能力的核心依托。

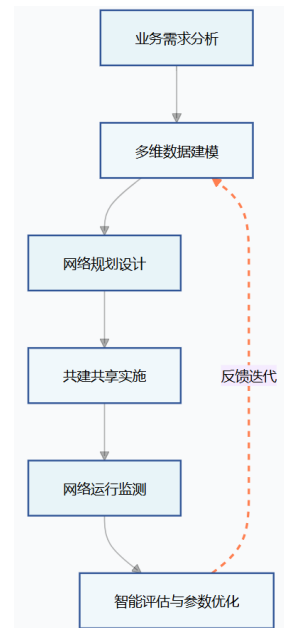


图1 5G通信基础设施规划实施与动态优化流程

四、结语

5G时代通信基础设施规划正从大规模建设转向精细化、协同化建设，优化网络架构设计，强化分层分区规划，推进共建共享机制，引入智能化手段，可切实应对高密度部署和多场景需求带来的挑战，优化政策与技术标准配套，利于增强规划落地实效，夯实5G网络长期稳定运行和数字经济发展的稳固根基。

参考文献

- [1] 李贵光. 智慧城市进程中通信基础设施的规划与设计研究 [J]. 通讯世界, 2025, 32(04): 22-24.
- [2] 彭新. 乐山市电信基础设施建设政府监管问题及对策研究 [D]. 电子科技大学, 2024.
- [3] 安晓辉. 城乡规划中通信基础设施规划 [J]. 财富时代, 2024, (04): 65-67.
- [4] 饶皓璞. 基于国土空间布局的5G通信基础设施规划方法研究 [J]. 中国战略新兴产业, 2024, (02): 51-53.
- [5] 李进华. 电子信息产业园智慧园区信息通信基础设施专项规划解决方案 [J]. 广东通信技术, 2023, 43(11): 49-54.
- [6] 盐城市人民政府办公室关于印发数字经济发展配套通信基础设施建设实施意见的通知 [J]. 盐城市人民政府公报, 2023, (05): 101-103.
- [7] 安平, 李林娟, 闫希. 新一代信息技术助力智慧城市建设实践——以四川天府新区5G通信基础设施体系为例 [C]// 中国城市规划学会. 人民城市, 规划赋能——2022中国城市规划年会论文集 (03城市工程规划). 成都天府新区规划设计研究院有限公司; 2023: 258-274.
- [8] 张艳, 张斌, 张春艳. 以5G为引领的新型信息基础设施规划研究 [C]// 武汉市自然资源和规划局, 武汉市城建集团 (武汉市城市更新中心), 《规划师》编辑部. 城市有机更新与精细化治理. 重庆市规划事务中心; 重庆市规划和自然资源局; 2023: 199-207.