

# 5G通信基站选址布局优化策略研究

刘 溢

润建股份有限公司 广西 南宁 530000

**摘要:** 5G规模化商用推动通信网络升级, 基站选址布局的科学性对网络覆盖质量、建设成本及服务效能至关重要。本文基于我国5G基站建设实际数据, 剖析选址布局中覆盖不均衡、成本管控不足、干扰突出、协同性差等问题, 运用GIS地理信息系统与层次分析法构建多目标优化模型, 从覆盖、成本、干扰、协同四维度提出精准布局、成本控制、规避干扰、协同发展、技术赋能等优化策略, 为5G网络高质量建设提供实操参考。

**关键词:** 5G通信基站; 选址布局; 优化策略; 覆盖效能; 成本控制

**引言:** 数字经济快速发展下, 5G技术深度融入多领域, 基站建设作为5G网络落地的核心, 其选址布局合理性关乎网络服务质量。截至2025年底, 我国5G基站超425万个, 实现“县县通5G”并向行政村覆盖。然而, 建设过程中粗放式布局带来覆盖不均、成本高昂、电磁干扰等问题。为此, 本文聚焦选址布局优化, 结合实操数据与技术方法, 破解痛点, 为5G网络精细化建设提供支撑。

## 1 5G通信基站选址布局的理论基础与影响因素

### 1.1 5G通信基站核心特性

5G基站作为5G网络的核心接入节点, 主要分为宏基站、微基站、皮基站三类, 其核心特性与选址布局密切相关。宏基站覆盖半径较大, 通常为500-1000米, 适用于郊区、城乡结合部等大范围覆盖场景, 单站建设成本约30-50万元, 运维成本年均5-8万元; 微基站覆盖半径200-500米, 适用于城市密集区域补盲, 建设成本约10-15万元; 皮基站覆盖半径50-200米, 主要用于室内、地下空间等特殊场景, 成本约3-5万元。与4G基站相比, 5G基站具有高频段、高带宽、低时延的优势, 但信号穿透力弱、覆盖范围小, 对选址的地形、周边环境要求更高, 需通过科学布局实现覆盖与成本的平衡。

### 1.2 选址布局核心理论与技术

5G基站选址布局的核心理论包括覆盖理论、干扰理论与成本效益理论。覆盖理论强调基站布局需满足区域信号覆盖阈值, 确保用户通信质量; 干扰理论要求规避基站间同频、邻频干扰, 保障网络稳定性; 成本效益理论注重控制建设与运维成本, 实现资源最优配置。常用技术方法包括GIS地理信息系统, 可实现区域地形、人口密度、交通流量等数据的可视化分析; 层次分析法, 用于量化选址影响因素权重; 多目标优化模型, 兼顾覆盖、成本、干扰等多个目标, 提升选址科学性。大数据分析技术可挖掘区域用户需求分布, 为选址提供数据支撑<sup>[1]</sup>。

### 1.3 选址布局的核心影响因素

结合5G基站特性与实践经验, 选址布局主要受四大类因素影响: 一是技术因素, 包括信号覆盖范围、电磁干扰、基站间距、供电条件等, 其中5G宏基站合理间距为500-800米, 微基站间距为200-300米, 间距过近易产生干扰, 过远则导致覆盖盲区; 二是经济因素, 涵盖建设成本、土地租金、运维成本等, 城市核心区域土地租金较高, 单站年均租金可达2-3万元, 显著增加总成本; 三是环境因素, 包括地形地貌、建筑物遮挡、周边居民接受度等, 高楼密集区域易形成信号遮挡, 居民对电磁辐射的误解易导致选址受阻; 四是政策因素, 包括城市规划、通信基础设施专项规划、电磁辐射标准等, 需符合国家及地方相关规定。

## 2 5G通信基站选址布局现状及问题分析

### 2.1 5G基站建设现状与数据支撑

近年来, 我国5G基站建设呈现快速发展态势, 截至2025年底, 5G基站总数达425.6万个, 占移动基站总数的32.5%, 5G移动电话用户达10.8亿户, 占移动电话用户总数的61.3%。从区域分布来看, 东部地区5G基站数量达188.6万个, 占比44.3%; 中部地区112.8万个, 占比26.5%; 西部地区124.2万个, 占比29.2%, 区域分布不均特征明显。从场景分布来看, 城市区域基站密度约每平方公里0.95个, 农村区域约每平方公里0.18个, 城市核心区覆盖冗余, 而偏远农村、山区仍存在覆盖盲区。以下为2023-2025年我国5G基站建设相关数据统计表格, 直观呈现建设规模与区域分布特征。

年份	5G基站总数(万个)	东部地区(万个)	中部地区(万个)	西部地区(万个)	5G用户数(亿户)	基站共享率(%)
2023年	337.7	152.3	89.2	96.2	8.05	32.7
2024年	382.4	170.5	101.6	110.3	9.52	36.8
2025年	425.6	188.6	112.8	124.2	10.80	41.2

从运营数据来看,我国5G基站单站平均运维成本约6.5万元/年,其中电费占比达56%,部分城市核心区基站由于覆盖冗余,利用率不足42%,造成资源与成本浪费;而偏远地区基站由于用户量少,单用户运维成本偏高,难以实现可持续运营。不同场景下5G基站的覆盖半径与成本差异显著,高频段基站覆盖范围小、成本高,低频段基站则相反,这也加剧了选址布局的复杂性。

## 2.2 选址布局存在的核心问题

当前5G基站选址布局主要存在四大问题。一是覆盖不均衡,城市核心区基站密度过高,间距不足300米导致电磁干扰加剧;而农村及山区覆盖不足,2025年农村5G覆盖率仅为81.2%,远低于城市的97.1%。二是成本管控不合理,部分选址未充分考虑土地租金与运维成本,盲目追求覆盖范围,导致单站平均成本增加15%-20%。三是电磁干扰与环境适配性差,部分基站靠近居民区却未进行充分电磁评估,引发居民担忧;同时未考虑地形与建筑物遮挡,高楼密集区信号穿透损耗达20-30dB,影响通信质量<sup>[2]</sup>。四是协同性不足,基站选址未与城市规划深度融合,与电力、通信管线布局冲突;运营商间缺乏共享机制,重复建设严重,截至2025年底基站共享率仅为41.2%,与发达国家仍有差距。

## 2.3 问题产生的根源分析

上述问题的产生,主要源于三个方面。一是选址理念滞后,部分运营商仍采用“重覆盖、轻效益”的粗放式布局模式,依赖经验判断,缺乏科学的数据分析与模型支撑,未结合区域用户需求、地形环境进行精准选址。二是技术应用不足,GIS地理信息系统、大数据分析等技术未广泛应用于选址过程,难以实现多因素综合考量,导致选址科学性不足<sup>[3]</sup>。三是协同机制不完善,运营商之间、运营商与政府部门之间缺乏有效的沟通协作,基站选址未纳入城市总体规划,同时缺乏统一的选址标准与评估体系,导致布局混乱、重复建设。此外,公众对5G电磁辐射的认知存在偏差,也增加了选址难度。

## 3 5G 通信基站选址布局优化模型构建

### 3.1 优化目标与原则

5G基站选址布局优化的核心目标是实现“覆盖最优、成本最低、干扰最小、协同性最强”的多目标平衡,具体包括三个层面:一是覆盖目标,确保区域5G信号覆盖率不低于95%,用户通信速率满足1Gbps以上;二是成本目标,控制单站建设与运维总成本,实现投资回报率最大化;三是干扰目标,基站间电磁干扰强度控制在-120dBm以下,保障网络稳定性。优化原则包括需求导向原则,结合区域用户密度、业务需求精准布局;技

术适配原则,兼顾5G基站特性与地形环境;成本效益原则,平衡建设成本与运营效益;协同发展原则,与城市规划、多场景应用深度融合。

### 3.2 优化模型构建

本文结合层次分析法与多目标优化模型,构建5G基站选址布局优化模型,具体步骤如下:第一步,确定评价指标体系,结合前文分析的影响因素,选取覆盖效能、成本控制、干扰规避、协同适配4个一级指标,以及信号覆盖率、基站间距、建设成本、运维成本、干扰强度、城市规划适配度等12个二级指标;第二步,采用层次分析法确定各指标权重,其中覆盖效能权重0.35,成本控制权重0.30,干扰规避权重0.20,协同适配权重0.15;第三步,构建多目标优化函数,以覆盖效能最大化、成本最小化、干扰最小化为目标,结合约束条件(基站间距、电磁辐射标准、城市规划要求),通过MATLAB软件求解最优选址方案。不同场景下5G基站的最优间距与覆盖要求,可结合数据进一步细化适配。

## 4 5G 通信基站选址布局优化策略

### 4.1 精准布局,提升覆盖效能

基于区域用户需求与地形环境,实施差异化选址布局。城市区域采用“宏微协同”模式,核心商圈、高校园区等用户密集区域,以微基站补盲,合理控制宏基站间距在500-800米,避免覆盖冗余;城市郊区采用宏基站为主、微基站为辅的布局,扩大覆盖范围。农村及偏远地区,结合人口分布,采用“广覆盖、低成本”模式,优先利用现有通信塔、电线杆等资源,部署宏基站与低成本微基站,重点覆盖乡镇、行政村,逐步提升农村5G信号覆盖率,目标到2026年农村地区5G信号覆盖率突破88%。针对地下车库、地铁、商场等室内场景,部署皮基站,解决室内覆盖盲区问题<sup>[4]</sup>。

### 4.2 成本管控,实现效益最大化

建立全生命周期成本管控体系,降低建设与运维成本。选址阶段,优先选择土地租金低、供电便利、交通便捷的区域,避免占用高价土地;充分利用现有通信基础设施(如4G基站站址、通信塔),进行升级改造,减少新增站址建设成本,据测算,升级改造现有站址可降低成本30%-40%。运维阶段,优化基站供电方案,采用节能设备,降低电费支出;推动运营商之间基站共享,分摊建设与运维成本,提升资源利用率,目标到2026年底基站共享率突破50%。建立成本动态监测机制,定期分析单站成本与效益,对利用率过低的基站进行优化调整,避免资源浪费。

### 4.3 规避干扰,保障网络质量

强化电磁干扰防控,科学规划基站位置与参数。选址时,避开居民区、学校、医院等敏感区域,若必须部署,需进行电磁环境评估,确保电磁辐射符合国家《电磁环境控制限值》(GB 8702-2014)标准,即公众暴露控制限值为 $40\mu\text{W}/\text{cm}^2$ ,并通过科普宣传,消除公众误解。合理规划基站间距与频率分配,宏基站间距不小于500米,微基站间距不小于200米,避免同频、邻频干扰;优化基站天线挂高与方位角,减少信号遮挡与干扰,提升信号稳定性。建立干扰监测机制,定期检测基站干扰情况,及时调整基站参数,保障网络通信质量。

#### 4.4 协同发展,推动融合布局

加强多方协同,推动基站选址与城市规划、多场景应用深度融合。将5G基站选址纳入城市总体规划与通信基础设施专项规划,与电力、交通、市政等基础设施协同布局,避免管线冲突,降低建设难度<sup>[5]</sup>。推动运营商之间、运营商与政府部门、企业之间的合作,建立基站共享机制,提升基站共享率,力争2026年实现基站共享率突破50%。结合智慧城市、工业互联网、智慧交通等场景,精准布局基站,如在产业园区、交通枢纽、智慧社区等区域,优化基站布局,满足场景化通信需求,实现“一站多用”,提升基站利用效益。

#### 4.5 技术赋能,提升选址科学性

推广GIS地理信息系统、大数据、人工智能等技术在选址中的应用。利用GIS系统实现区域地形、人口密度、用户需求等数据的可视化分析,精准识别覆盖盲区与冗余区域;通过大数据分析挖掘区域用户行为、业务需求,为选址提供数据支撑;引入人工智能算法,优化选址模型,提升选址效率与科学性。建立选址评估体系,对选址方案进行技术、经济、环境等多维度评估,确保

选址方案合理可行<sup>[6]</sup>。加强技术研发,推动基站小型化、美化化发展,提升基站与周边环境的适配性,减少选址阻力。

#### 结束语

5G基站选址布局优化是推动5G网络高质量建设、适配数字经济发展的关键举措,直接关系网络覆盖质量、建设成本与服务效能。研究表明,科学的选址布局能够有效提升网络覆盖效能、降低建设与运维成本、保障网络稳定性。未来,随着5G-A技术的发展与应用,需进一步优化选址模型,结合边缘计算、数字孪生等技术,推动基站选址布局向精细化、智能化发展,同时加强多方协同,破解选址难题,助力5G网络更好地服务于数字经济发展与民生改善。

#### 参考文献

- [1]周承波. 5G通信基站智能化升级技术路径研究[J]. 通信电源技术,2026,43(3):195-197.
- [2]郭彦文,田亚平,郭志成. 5G移动通信技术基站选址方案的研究[J]. 现代信息技术,2023,7(16):1-5.
- [3]黄文辉,王笏辉,周丽萍,等. 用户需求驱动的5G基站选址方法[J]. 计算机研究与发展,2025,62(3):672-681.
- [4]张运伟,李锋. 通信基础设施提供商在5G时代移动基站规划建设研究[J]. 长江信息通信,2024,37(10):179-181.
- [5]李金雨,宋福龙,马俊杰,等. 基于5G基站可调度潜力与配电网集群划分的储能选址定容方法[J]. 电力系统自动化,2023,47(18):151-160.
- [6]王一蓉,陈常龙,于宙. 基于粒子群算法的5G基站选址决策与优化研究[J]. 工程数学学报,2024,41(6):1170-1178.