

# 基于龙勃透镜技术的创新型射灯天线攻克黑点

史伟

中国移动通信集团广东有限公司，广东 广州 510630

DOI: 10.61369/TACS.2025110024

**摘 要：** 针对城中村等通信黑难点区域存在的高投诉风险、传统天线隐蔽性与覆盖效果难以兼顾、复杂环境信号覆盖困难等问题<sup>[10]</sup>，详细阐述了利用龙勃透镜技术实现天线性能突破的技术路径。经赤石社区、土洋村北等试点验证，成功解决建站受阻问题，实现密集城中村场景覆盖范围与深度显著增加，吸收话务与流量提升超30%，室内 RSRP 电平提升 3dB 以上，有效覆盖面积提升 20%，速率提升 20%，掉话率改善 5%，同时降低 80% 以上选点与租金成本，为通信基站在敏感区域建设提供了创新性解决方案，具有重要的推广价值与应用意义。

**关 键 词：** 龙勃透镜技术；创新型射灯天线；通信黑难点；城中村覆盖；基站建设

## Innovative Spot Beam Antenna Based on Luneberg Lens Technology Conquers Coverage Black Spots

Shi Wei

Mobile Group Guangdong Co., Ltd., Guangzhou, Guangdong 510630

**Abstract：** Aiming at the problems existing in communication black spot areas such as urban villages, including high complaint risks, the difficulty of balancing concealment and coverage effect of traditional antennas, and the challenge of signal coverage in complex environments<sup>[10]</sup>, this paper elaborates on the technical path to achieve antenna performance breakthroughs using Luneberg lens technology. Verified by pilot projects in Chishi Community, northern Tuyang Village, etc., the proposed antenna has successfully solved the problem of construction obstacles. It has significantly increased the coverage range and depth in dense urban village scenarios, with voice traffic and data traffic increased by over 30%, indoor RSRP level improved by more than 3 dB, effective coverage area expanded by 20%, data rate enhanced by 20%, and call drop rate reduced by 5%. Meanwhile, it has lowered the site selection and rent costs by over 80%. This innovative solution provides a practical approach for constructing communication base stations in sensitive areas and holds significant promotion value and application significance.

**Keywords：** luneberg lens technology; innovative spot beam antenna; communication black spots; urban village coverage; base station construction

### 引言

在通信网络快速发展的当下，城中村、学校、居民小区等区域却因建筑密集、居民对电磁辐射高度敏感等因素，成为通信基站建设的“黑难点”。传统基站天线在这些场景中，面临着居民投诉不断、隐蔽性差以及难以适应复杂环境等诸多问题，严重制约了通信网络的全面覆盖与质量提升<sup>[1]</sup>。为打破困境，中国移动广东公司开展基于龙勃透镜技术的创新型射灯天线项目，旨在研发出适用于敏感区域的高性能通信天线，提升通信网络覆盖水平。

### 一、项目背景与挑战

#### （一）黑难点场景核心挑战

城中村等敏感场景的通信基站建设面临三大核心挑战。其一，居民对电磁辐射感知强烈，常规基站建设极易引发投诉，甚

至出现极端阻工行为。例如，在宝安兴围村基站建设时，周边居民因担心辐射问题，不仅坐在梯间顶阻挠施工，还到社区工作站楼顶以跳楼相威胁，要求拆除杆塔；西乡麻布村基站施工过程中，也因居民投诉辐射，多名村民聚集阻挠，施工人员只能报警脱身。其二，密集的建筑导致信号传播严重受阻，信号覆盖难度

大幅增加，难以满足通信需求。其三，传统美化天线虽能保证一定的隐蔽性，但存在站点未能达到预期的信号覆盖效果。

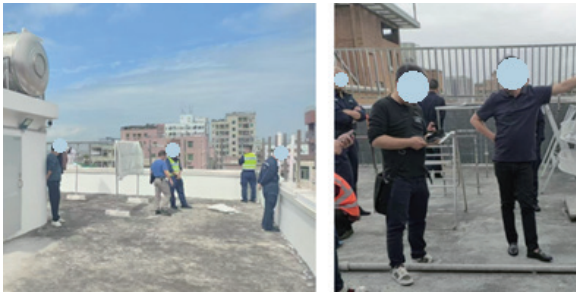


图1 传统基站建设受阻场景图

## 二、创新型射灯天线技术与方案

### （一）龙勃透镜技术应用

项目引入天线行业前沿的电磁超材料技术实现的龙勃透镜，实现了对传统天线性能的重大突破<sup>[2]</sup>。借助龙勃透镜技术，创新天线能够在较小的体积下，达成以往1.7米常规板装天线才能实现的性能指标。创新天线的3dB水平覆盖宽度和垂直覆盖宽度均达到65°，增益最大可达17dBi，形成了立体多波束覆盖模型，有效应对了城中村建筑密集、墙体穿透损耗大的覆盖难题<sup>[7][8]</sup>。

### （二）创新型射灯天线技术方案

创新型射灯天线通过双波束赋形技术，能够同时形成两个高增益的波束，分别覆盖不同区域。这种双波束设计可以有效解决高楼大厦之间信号遮挡的问题，确保信号在水平和垂直方向上的均匀覆盖。相较于传统的单波束天线，双波束创新型射灯天线能够显著提高覆盖范围和信号强度，尤其是在复杂的城市环境中<sup>[3]</sup>。

（1）该天线具备高增益和窄波束特性，能够将信号能量更集中地辐射到目标区域。高增益特性可以有效提升信号的穿透能力，减少信号在传播过程中的损耗；窄波束则能够降低干扰，提高信号的稳定性和可靠性<sup>[4]</sup>。在楼宇密集区域，这种特性尤为重要，可以确保用户在室内也能享受到高质量的通信服务。

（2）创新型射灯天线设计灵活，可以根据不同的楼宇结构和覆盖需求进行定制化安装。其紧凑的尺寸和隐蔽的外观使其能够轻松融入楼宇环境，减少对建筑外观的影响，降低居民对基站建设的抵触情绪。此外，天线的双波束特性还可以根据楼宇的布局进行精准调整，实现最优的覆盖效果。<sup>[9]</sup>

（3）使用创新型射灯天线可以减少天馈的数量，从而降低建设成本和运营维护费用。由于其高增益和良好的覆盖性能，单个天线可以覆盖更大的区域，减少了对多个基站的需求。同时，灵活的安装方式和较低的维护要求也进一步降低了运营成本。<sup>[5]</sup>

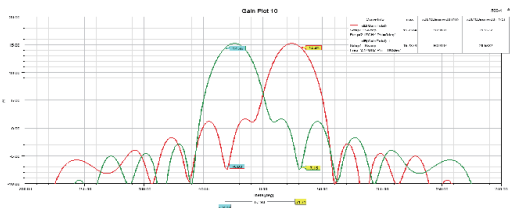


图2 创新型射灯天线产品仿真图

### （三）天线设计创新

创新型射灯天线在设计上充分考虑了应用场景的特殊性。其体积小巧，采用射灯及空调外挂机外形，便于安装在房屋女儿墙或外墙，与周边环境高度融合，极大地降低了居民对基站建设的抗拒心理。同时，天线采用U型抱杆结构，可直接安装，无需额外抱杆，不仅节省了建站空间与费用，还显著缩短了建站周期。

### （四）项目实施路径

项目通过与国内头部天线厂家展开合作，共同开发1-2种满足城中村场景需求的创新型天线。外部合作单位负责天线的研发工作，深圳移动则组织工程施工单位进行天线安装与覆盖效果测试，通过明确分工与紧密协同，确保项目顺利推进。

## 三、项目实施与成果

### （一）试点应用成效

在赤石社区和土洋村北等试点站点，创新型射灯天线取得了良好的应用效果。赤石社区站点因居民辐射投诉长期无法建设，采用新型透镜天线隐蔽施工后，成功完成站点建设；土洋村北站点通过采用透镜天线方案，说服村委支持建设楼面站，解决了选址难题。试点站点建设后，网络覆盖质量得到显著提升，且未发生辐射投诉，各项网络指标均达到要求。

站点1赤石社区于2019年11月下达需求，因周边居民对辐射投诉非常敏感，前期进场施工被周边居民暴力阻挠，因长期无法建设也纳入了省黑点。期间多次换址均因周边居民投诉问题导致未建成。最后采用新型的透镜天线，隐蔽施工，完成站点建设。建设前后对比：



图3 赤石社区站点建设前后覆盖对比图

试点2土洋村北，站点标签：省黑点+23年4G利旧+24年FDD1800第二阶段+精品网5G。该站点为典型城中村站点，2020年6月下达建设需求，因周边居民对于辐射非常敏感，村委也不敢支持我公司基站建设，仅能提供绿地建设地面站，但位置不满足覆盖需求。后通过采用透镜天线的方案替代常规的美化方案，成功说服村委支持我公司建设楼面站，建设前后对比：



图4 土洋村北站点建设前后覆盖对比图

（二）预期成果达成

项目成果在多方面表现优异。在覆盖效果上，射灯天线在密集城中村场景的覆盖范围与深度显著增加，吸收话务与流量提升超30%；在成本控制方面，大幅降低物业协调难度与成本，节省80%以上的选点与租金成本；在覆盖质量提升方面，室内RSRP电平提升3dB以上，有效覆盖面积提升20%，速率提升20%，掉话率改善5%<sup>[6]</sup>。此外，项目预计产出实用新型专利2个，为技术创新提供了有力的知识产权保障。

四、应用前景与效益分析

创新型射灯天线具有广阔的应用前景，其可推广至全省500个以上难点建设，适用于居民小区楼顶、学校、城中村等辐射投

诉严重区域。凭借65° 三维立体多波束的天线赋型辐射特性，该天线还适用于高层小区覆盖，能够减少室内分布系统建设，降低建设成本与维护成本。在5G-A 毫米波技术演进的背景下，龙勃透镜技术的应用潜力巨大，将为通信技术发展开辟新的方向。

五、结论

中国移动广东公司基于龙勃透镜技术的创新型射灯天线项目，成功攻克了城中村等通信黑难点，在技术创新、成本控制、覆盖优化等方面取得了显著成果。该项目为通信基站在敏感区域的建设提供了创新性解决方案，为通信行业技术发展提供了有益借鉴，具有重要的推广价值与应用意义，有望推动通信网络建设迈向新的台阶。

参考文献

[1] 林鹏. 强电磁环境下机载线缆的电磁兼容特性研究 [D]. 沈阳航空航天大学, 2023.  
[2] 朱迁, 张文杰, 董永利, 等. 基于场驱动的 X 波段龙勃透镜平面化设计研究 [J]. 空间电子技术, 2024, 21(05): 40-45.  
[3] 彭臻. 高扫描率双波束漏波天线设计研究 [D]. 华东师范大学, 2022.  
[4] 程振桥. 基于透镜天线阵列的大规模 MIMO 系统性能优化研究 [D]. 北京邮电大学, 2022.  
[5] 李晓凤, 杜援, 黄明娟, 等. 基于性能和成本平衡的5G 天线最佳覆盖场景方案 [J]. 山东通信技术, 2023, 43(2): 5-9.  
[6] 孙俨. 不同天线微站及射灯天线在小区覆盖应用效果的比较 [J]. 通信电源技术, 2019, 036(004): 176-179, 181.  
[7] 颢斌. 龙勃透镜天线在移动通信中的应用探讨 [J]. 江西通信科技, 2025(01).  
[8] 刁枫, 刘航, 符凯, 等. 龙勃透镜天线在高铁场景下的应用研究 [J]. 移动通信, 2021.  
[9] 李兵, 蒋燕. 面向4G 与5G 网络的高层覆盖解决方案研究 [J]. 湖南邮电职业技术学院学报, 2021, 20(02): 4.  
[10] 石瀚洋. 人眼不可感知的可见光通信关键技术研究 [D]. 吉林大学, 2020.