

单独在工程预算里安排安全生产费, 严格按照规定比例列支, 接着开工之前要根据合同确定安全生产费用的支付比例、支付方式及时间支付安全生产费用。与此同时, 还须编制安全生产费用投入清单, 其中包括: 防护设施配备、安全教育培训、应急演练、隐患治理、防护用品购置等, 且须明确各项支出额度、责任人及使用节点。施工单位则应构建内部安全费用管理制度, 制定费用提取比率、审批手续、职责分工、台账管理等规定, 将一切支出做到专款专用且纳入安全检查之中。此外, 施工单位费用提取还须和通信工程建设安全生产管理相挂钩, 以确保施工阶段的各种安全措施得到充分落实。监理单位要负责对安全费用的使用情况进行全程监督并对专款的使用进行审核及记录, 同时每月要召开一次专门的稽核会议, 组织建设、监理、施工单位共同确认当月度费用的执行情况及安全措施是否达到标准要求, 若发现有挪用、占用及失误现象发生, 建设单位应当立刻停止拨款并进行整顿<sup>[9]</sup>。施工单位待通信工程建设完成后编制安全费用决算报表并提交, 其中包括各项费用明细、支出与结余情况, 同时根据规定将剩余资金退还建设单位且接受审计监督。另外, 根据通信工程行业中安全生产费用提取和使用管理相关办法, 明确施工单位不得将安全费用用于非安全类开支, 一旦发现违规支出须追责整改。

### 3.5 推进监管机制与动态闭环治理体系

通信工程建设安全生产管理机制的完善需构建系统化监管机制与动态闭环治理体系。行业主管部门及地方通信管理局应实施年度与专项结合的监督机制, 明确监督周期、执法流程与责任主体, 要求建设与施工单位定期提交安全责任落实、隐患治理及制度执行资料。监督方式应采用“双随机、一公开”抽查制度, 对重点项目实施现场执法检查, 形成书面通报并限期整改, 将整改结果纳入年度安全考核档案。施工单位需建立隐患整改“销号”制度, 将隐患排查、责任分配、整改时限录入安全台账, 整改后经监理复查确认后方可“销号”, 并将结果纳入绩效档案作为奖惩依据。动态闭环治理方面, 施工现场应执行“旁站监督—督查反馈—应急演练”

一体化管控模式, 监理或第三方安全监察人员在高危作业环节进行旁站监督, 一旦出现隐患须立即报告; 建设单位安全管理部门每月组织复查与汇总分析, 对整改执行情况、旁站记录及绩效台账开展对比评估, 形成书面整改意见并反馈施工单位执行。应急管理环节应通过定期事故处置演练验证预案可行性, 将演练中发现的问题纳入“经验教训库”, 由行业协会及社会监督组织共同参与管理, 实现隐患治理经验共享与推广。为确保体系运行的持续有效, 建设单位应建立制度执行追踪机制, 按季度向主管部门报送自查报告、整改销号台账及安全绩效记录。监管部门依据数据分析结果实施动态抽查与联合约谈, 对存在制度执行偏差、隐患反复的项目采取行政处罚或信用约束。通过监管、整改、反馈、评估及再监督环节的闭环运行, 实现安全责任链条的可追溯化与全过程动态管控, 形成权责明晰、运行高效的通信工程建设安全生产治理体系。

## 4 结语

综上所述, 鉴于通信工程建设环境以及要求都比较特殊容易出现复杂和严重的安全问题的情况, 上文通过查阅相关文献以及结合实践情况下针对其安全生产管理机制构建由责任划分、风险防控、制度培训、资金投入以及监管闭环五个方面探讨出系统化路径, 从而切实保障通信工程建设安全。

## 参考文献

- [1] 许英达. 通信工程建设的安全生产管理机制构建路径[J]. 卫星电视与宽带多媒体, 2023(8):196-198.
- [2] 刘军滇. 通信工程建设的安全生产管理机制的探讨[J]. 中国新通信, 2018, 020(002):215.
- [3] 李思红. 通信工程施工中的创新性安全管理方法[J]. 移动信息, 2023, 45(4):232-234.
- [4] 刘李军. 安全生产监督管理中的风险评估与控制研究[J]. 葡萄酒, 2024(13):0155-0157.
- [5] 程宏伟, 姚正端, 谭义潮, 等. 浅谈新形势下通信基站建设中的安全生产管理[J]. 电信工程技术与标准化, 2023, 36(S01):294-297.

# 5G Network Handover Performance and Coverage Optimization in High-Speed Mobile Scenarios

Hanyu Deng<sup>1</sup> Jingnan Huang<sup>2</sup>

1. Guangxi Communication Planning and Design Consulting Co., Ltd., Nanning, Guangxi, 530100, China

2. Zhejiang Zhongtong Wenbo Service Co., Ltd., Nanning, Guangxi, 530100, China

## Abstract

5G networks play a critical role in high-speed communication for scenarios like high-speed railways and autonomous vehicles. However, rapid cell handovers and drastic channel variations frequently cause handover failures and link disruptions. This study investigates the root causes of degraded handover performance through three dimensions: wireless propagation characteristics, mobility management mechanisms, and network resource allocation. It proposes technical solutions including coverage enhancement, adaptive handover parameter adjustment, collaborative network architecture, and multi-layer heterogeneous network optimization. Research demonstrates that establishing continuous coverage zones, improving link robustness, and implementing multi-station coordinated handover architectures can significantly reduce handover failure rates while ensuring throughput and service continuity. The findings provide theoretical support and engineering references for stable 5G operation in high-speed mobility environments, offering valuable insights for mobility management design in 5G-Advanced (5G-A) and 6G networks.

## Keywords

5G network; high-speed mobility; handover performance; coverage optimization; mobility management; cooperative communication

## 高速移动场景下 5G 网络切换性能与覆盖优化

邓汉宇<sup>1</sup> 黄静南<sup>2</sup>

1. 广西通信规划设计咨询有限公司, 中国·广西 南宁 530100

2. 浙江中通文博服务有限公司, 中国·广西 南宁 530100

## 摘要

5G网络在高速铁路、无人驾驶等高速移动场景中承担关键通信任务,但快速小区穿越与信道剧变导致切换失败、链路中断等问题突出。本文从无线传播特性、移动性管理机制及网络资源配置三方面剖析了切换性能下降的根源,并提出覆盖增强、切换参数自适应调节、协作网络构建及多层异构网络协同优化等技术路径。研究表明,通过构建连续覆盖区、提升链路鲁棒性及多站协同切换架构,可显著降低切换失败率,保障吞吐量与服务连续性。该研究为高速移动环境下5G稳定运行提供了理论支持与工程参考,并对5G-A与6G网络的移动性管理设计具有重要启示。

## 关键词

5G网络; 高速移动; 切换性能; 覆盖优化; 移动性管理; 协作通信

## 1 引言

随着我国高速铁路、智慧交通与无人化运输系统规模迅速扩大,高速移动场景正成为5G网络部署的重要领域。高速列车速度可超过350 km/h,汽车群组网络中节点速度差异显著,无人机与物流运输则呈现更加复杂的空间动态特性。在此类环境中,无线传播环境快速变化,信道老化严重,用户驻留时间缩短,切换决策频繁,导致网络需要在极短时间内完成链路探测、测量报告与切换执行。若切换执行不及时或参数设置不合理,极易出现切换失败、Ping-pong切换

与无线链路中断,影响网络的可靠性与用户体验。

相比传统LTE系统,5G在高频段、小区更密集、移动性管理机制更复杂,使高速移动场景的挑战更加突出。高频信号衰减明显,穿透力弱,导致覆盖边界更加敏感;网络切换参数受速度、角度及邻区配置多重因素影响,难以保证自适应;多层异构网络的协同切换机制尚未完全成熟。针对高速移动场景提出切换优化与覆盖提升策略,已成为5G网络工程实践中的关键课题。

本文重点研究高速移动对切换性能与覆盖连续性的影响机制,从无线链路动态特性、切换参数优化与协作通信结构三个维度展开分析,并提出系统优化路径,为高速场景5G网络的稳定性与可靠性提供参考。

【作者简介】邓汉宇(1992-),男,壮族,中国广西南宁人,本科,中级,从事通信工程研究。

## 2 高速移动场景下 5G 网络切换性能下降的机理分析

### 2.1 快速小区穿越导致的切换频率急剧增加

在高速列车或高速公路等典型高速移动场景中，终端用户在小区中的驻留时间显著缩短，由传统网络环境中的分钟级迅速压缩至数秒甚至不足一秒。高速移动导致用户在多个小区间快速穿越，使网络必须在极短时间内连续完成测量、上报、准备与执行多个切换过程，显著增加切换负载压力。由于信道快速变化带来明显滞后效应，终端上报和基站判决之间存在时间差，使得切换触发时机往往不能准确反映真实的无线环境。在高频段微小区部署场景下，覆盖半径进一步减小，信号衰落边界更为陡峭，导致切换触发更加频繁，Ping-pong 切换与切换失败率显著升高，影响网络连续性与系统容量利用。快速穿越带来的高频切换压力已成为高速移动场景中亟须解决的核心挑战之一<sup>[1]</sup>。

### 2.2 高速移动导致无线信道快速衰落

高速移动条件下，终端与基站之间的无线信道呈现更强的时变特性。由于显著的 Doppler 频移效应，接收信号的频率偏移不断扩大，使基站的信道估计误差增加，从而降低测量精度。相干时间的缩短意味着信道状态在极短时间内发生变化，使参考信号测量变得滞后甚至失效。此外，随着速度提升，多径效应更加复杂，反射路径数量与角度变化更加频繁，导致信号质量呈现高波动性。信号强度、信噪比、参考信号质量等关键指标在短时间内剧烈变化，使网络难以依靠单一参数或静态阈值进行准确切换判决。这种快速衰落特性直接削弱了切换触发条件的稳定性，是导致切换失败与中断概率上升的重要因素。

### 2.3 网络架构与覆盖边界对切换性能的限制

5G 网络大量部署高频段与微小区，虽然提升了容量和速率，但也带来了覆盖能力弱、边界衰落剧烈的问题。当终端处于覆盖边界时，信噪比波动显著，极易触发不稳定或过早切换。传统单基站切换机制难以综合利用邻区信息，对边界区域的信道变化缺乏全局判断能力，导致切换时机偏差。此外，5G 的多层异构网络结构中宏小区与微小区的覆盖范围、频段特性与发射功率差异明显，一旦未进行有效的参数协调，用户在跨层移动时会频繁触发切换，造成附着关系不稳定。

## 3 高速移动环境下的切换瓶颈与性能影响因素

### 3.1 测量报告滞后与切换判决不匹配

高速移动环境中，终端与基站之间的测量—上报—判决—执行链路受到明显时延影响。终端在测量过程中受到多普勒频移、快速衰落和多径变化的叠加作用，使测量结果本身具有时间敏感性。当测量值上传并由基站处理时，无线环境可能已发生显著变化，导致切换基于滞后的信道信息执行，使得目标小区与源小区在切换瞬间均无法提供稳定链

路。此类滞后效应在角度变化频繁、传播环境复杂的高速铁路和高速公路场景中尤为显著。测量窗口无法捕捉信号变化的真实轨迹，使切换判决在稳定性和时效性之间失衡。缺乏补偿机制的传统切换模型难以应对高速移动造成的信道突变，导致中断率上升、切换失败率增加，成为影响网络连续性的关键瓶颈。

### 3.2 切换参数固定配置难以适应复杂场景

5G 网络中常用固定偏移量、触发门限及滞后时间来控制切换触发条件，但这种静态参数配置难以匹配高速移动用户的动态需求。当用户速度显著提升时，信号衰落区间缩短，固定门限可能导致切换执行过晚，使链路在切换完成前已降至不可用状态<sup>[2]</sup>。反之，若设置的门限过低，则会引发频繁切换或 Ping-pong 现象，导致信令负荷增加，也会引起系统资源浪费及用户体验恶化。此外，高频段与低频段信道差异显著，不同小区类型之间的最优切换点并不一致，而静态配置无法针对多场景进行实时调整。随着网络架构复杂度提升，跨层、跨频、小区形态差异显著加剧了切换参数固化带来的不匹配问题，使得提升自适应能力成为高速移动场景优化的核心需求。

### 3.3 多层异构网络协同不足

在宏小区和微小区共存的 5G 异构网络环境中，高速用户在不同层级小区之间穿越频繁，如果缺乏有效的跨层协调机制，切换路径往往会呈现无序性。宏小区覆盖范围广，主要承担基础控制面连接；微小区覆盖较小、密度高，负责容量补充。然而高速移动用户在微小区中的驻留时间极短，易导致频繁跨层切换，进而引起连接不稳定、服务连续性受损。如果不同小区之间缺乏负载状态、信道特性与用户位置的共享机制，就难以形成统一的切换决策依据，增加切换失败概率。此外，多站点协同不足会导致网络无法提前感知用户轨迹，使得切换更多依赖局部瞬时信号判断，缺乏前瞻性规划。异构网络未能形成有效协同机制，是高速场景中切换不连贯的重要诱因，也暴露出当前移动性管理在体系化和智能化方面的不足。

## 4 高速移动场景下 5G 网络切换优化技术

### 4.1 切换参数自适应调节机制

高速移动场景中，用户的速度变化会导致信道衰落特性、驻留时间及小区穿越频率呈现显著动态性，使传统固定阈值切换策略难以满足连续性要求。为适应高速环境，应构建能够实时感知用户运动状态的自适应调节机制。通过速度感知算法获取用户瞬时速度与加速度，并结合信道质量变化趋势，对触发门限、滞后时间与偏移量等关键参数进行动态更新，使切换决策更加贴合当前无线环境。多维数据融合技术可综合接入信号强度、信噪比、信道粗糙度及角度变化数据，从时间与空间维度捕捉信道衰落趋势，进一步提升参数调节的准确性<sup>[3]</sup>。自适应调节机制的引入不仅减少切换提前