

自研高铁专用天线介绍

中国电信研究院
中电信智能网络科技有限公司

2023年9月

自研高铁专用天线基本特性1

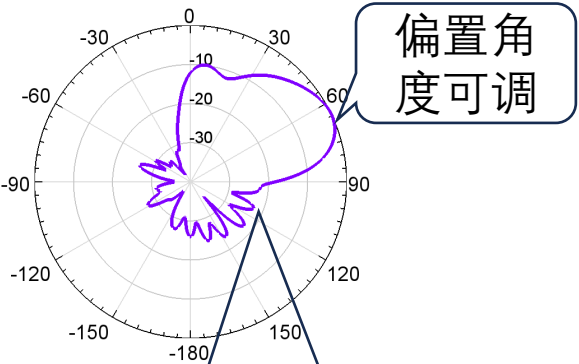


天线外观



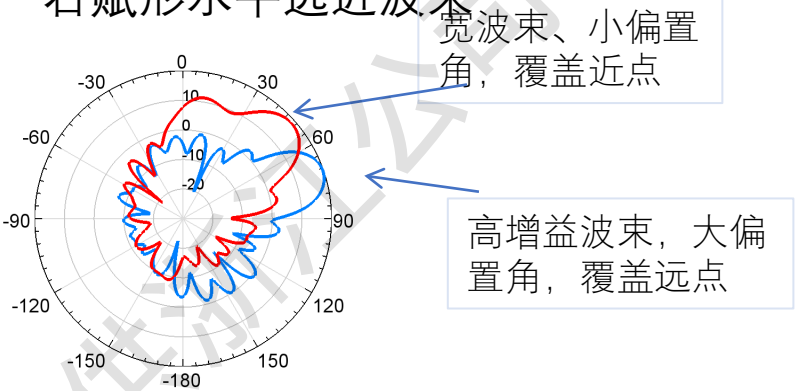
产品名称	自研高铁专用天线
产品型号	CTIN-GTL8-N78-R
工作频率 (MHz)	3300-3600
端口数	4/4
增益 (dBi)	18±1 (远) /17±1 (近)
极化 (°)	±45
覆盖波束指向(°)	55 (远)) /29 (近)
水平偏置角(°)	55-65
3dB水平波束宽度(°)	15±4 (远) /19±5 (近)
10dB水平波束宽度(°)	28±4 (远) /64±6 (近)
3dB垂直波束宽度(°)	15±4 (远) /15±4 (近)
10dB垂直波束宽度(°)	28±4 (远) /28±4 (近)
水平覆盖范围 (°)	90
前后比 (dB)	25
极化隔离度 (dB)	≥25
波束隔离度 (dB)	≥22
电压驻波比	≤1.5
输入阻抗 (Ω)	50
功率容量 (W)	100 (每端口)

右赋形水平波瓣图（合成）



合成的特殊波瓣形状，
匹配高铁覆盖要求

右赋形水平远近波束



- 垂直铁轨方向安装，通过旋转内部反射板调整方向角
- 左右赋形两种天线，分别覆盖左向及右向
- 确保天线主波瓣能量精确覆盖至铁轨上

- ❑ **问题：**传统天线的设计，以面覆盖、点覆盖为目标，对于高铁线覆盖场景覆盖效果差
- ❑ **方案：**针对高铁线覆盖场景进行特殊设计
 - 双波束合成异形波束形状，辐射特性符合线覆盖要求，实现主波瓣能量在铁轨上的均匀分布
 - 采用可旋转反射板，调整天线辐射范围，确保水平方向精确覆盖
 - 增添校准标志，使工程实施更加简单、精确，实现垂直方向精确覆盖
 - 专用天线无需复杂的分配和移相网络，天线能量转化效率高

例：板状天线覆盖范围近似计算：

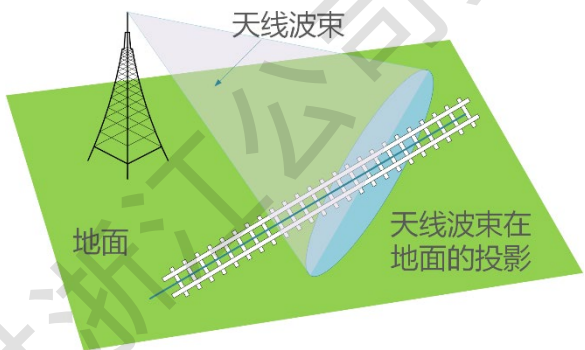
站高：25米

天线倾角：8°

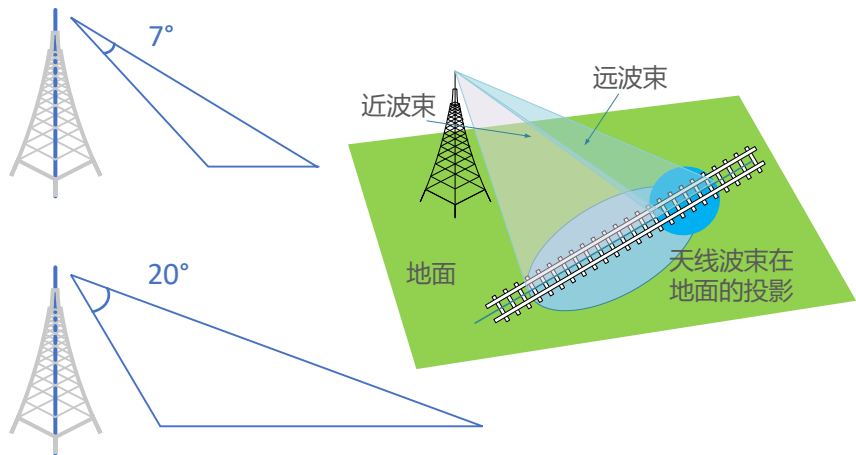
垂直波宽：7°

垂直波瓣上边沿覆盖半径：318米

垂直波瓣下边沿覆盖半径：126米



传统板状天线主瓣波束投影与铁轨不重叠

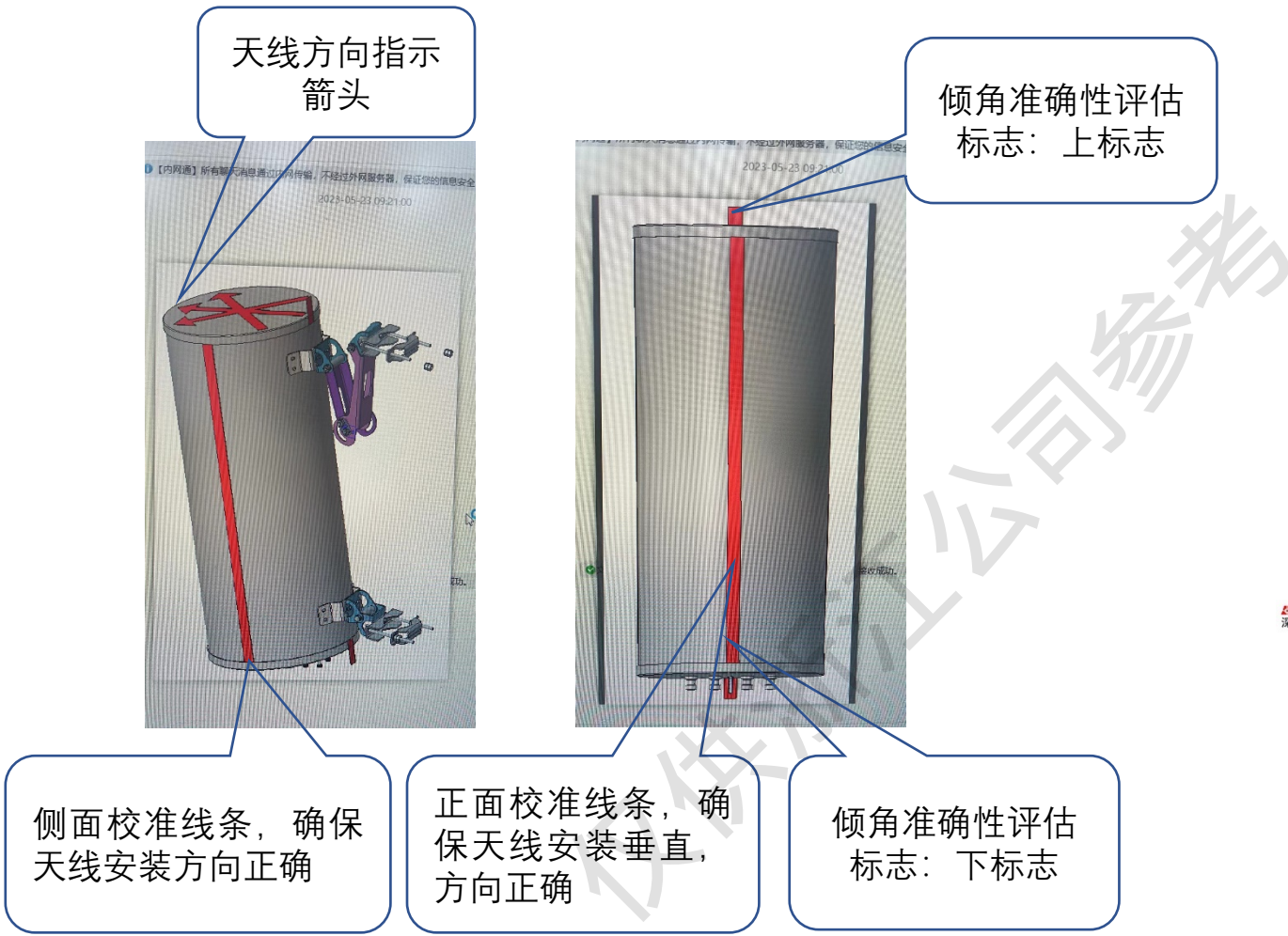


专用天线可确保主瓣能量精确投影至铁轨上

创新校准机制确保天线安装方便、精确



多重校准标志，提升工程精确度，降低施工难度，便于工程质量评估



测距/测高仪



倾角仪



望远镜

安徽3.5G高铁专用天线试点案例



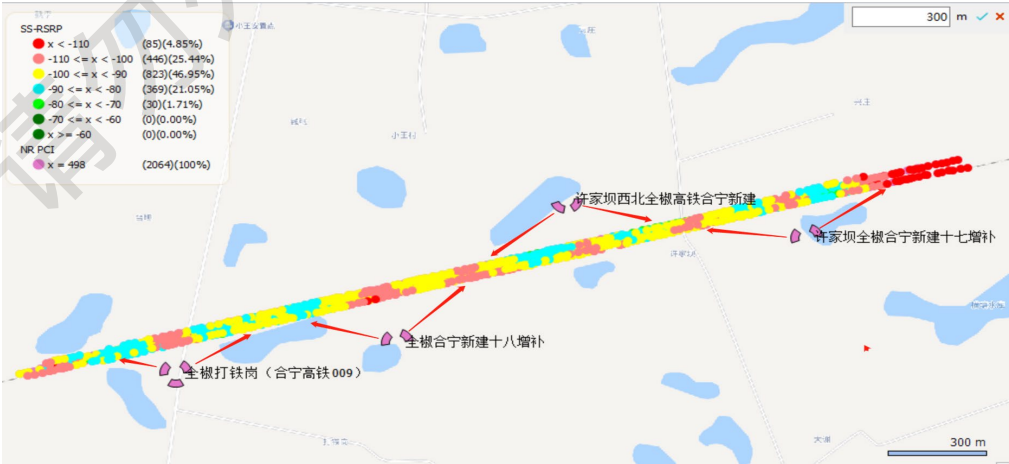
■ 安徽3.5G高铁专用天线试点

- ✓ 8个RRU合并成1个超级小区，覆盖2.2公里，更换天线前后对比测试

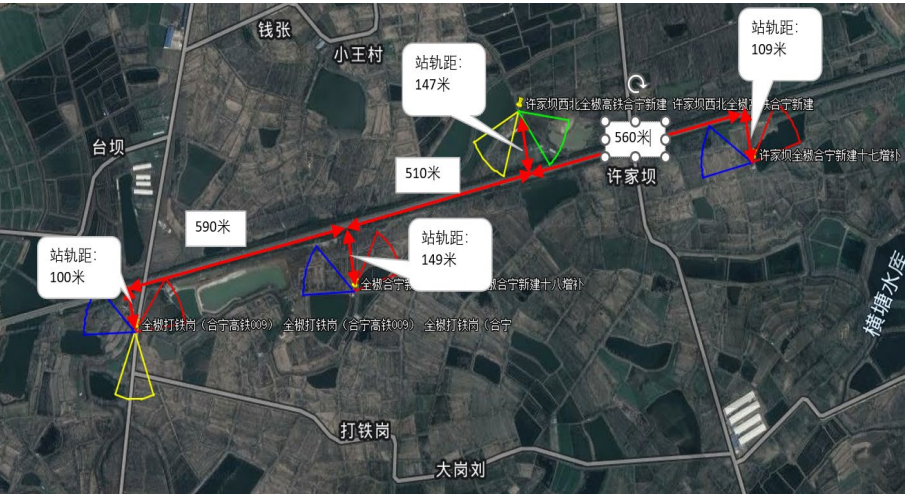
■ 试点效果

- ✓ 信号波动明显减小，边缘场强平均提升10dB以上；
- ✓ 平均场强提升5dB以上（天线改造前平均RSRP为-96.32dBm，改造后平均RSRP为-90.63dBm）；

改造前



改造后



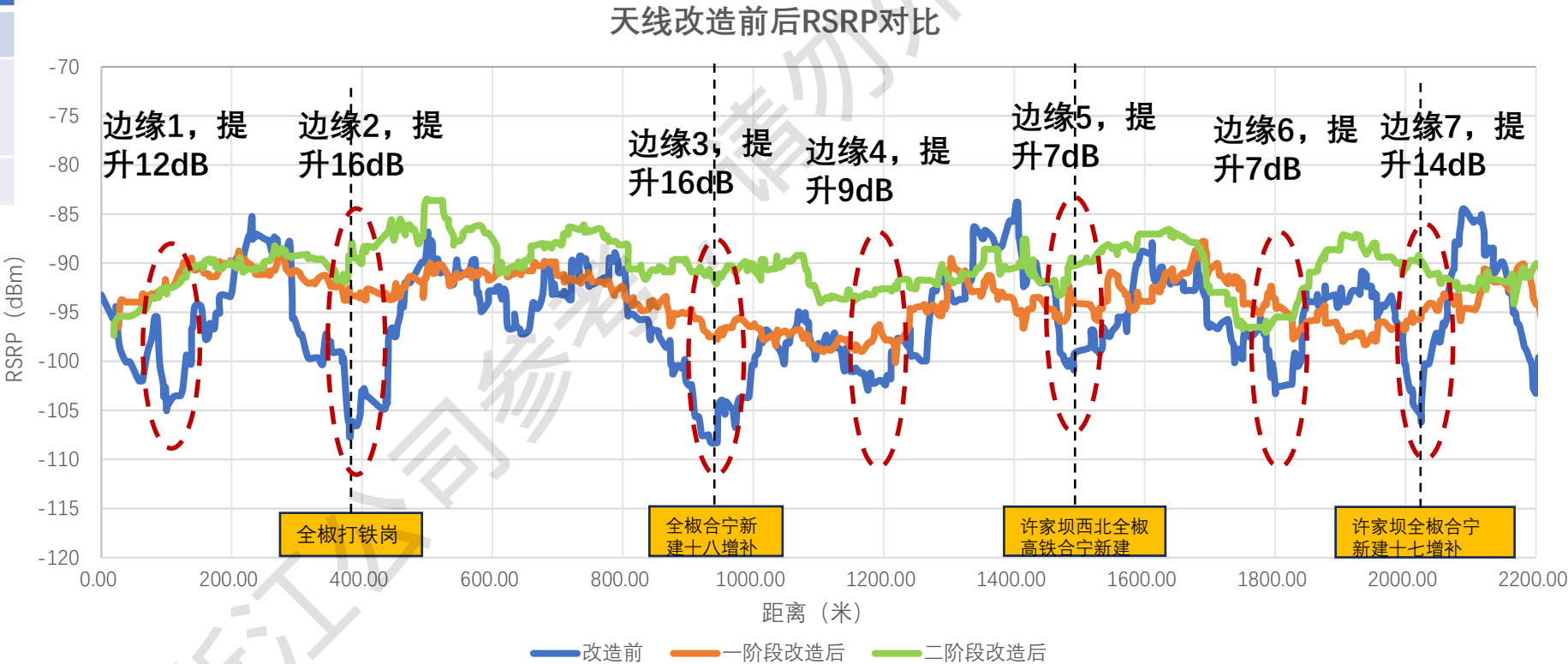
安徽3.5G高铁专用天线试点，天线改造前后RSRP对比(4个站点8面天线，合并为一个超级小区)

5Ghello

站点名称	站轨距(米)	站间距(米)	
全椒打铁岗	100	590	510
合宁十八增补	149		
许家坝西北	147	560	510
合宁十七增补	109		

测试方法

列车类型	复兴号
座位选择	列车车厢三座位或者两座位相连的靠走廊位置
测试方法	1、往返路测； 2、单趟同时做业务上传下载测试； 3、手机放在身前； 4、传统天线、定制天线改造前后对比测试



■ 自研高铁专用天线试点效果:

- ✓ 信号波动明显减小，一阶段试点边缘场强提升7~8dB，二阶段试点边缘场强平均提升10dB以上；
- ✓ 一阶段试点，平均场强提升2dB以上（天线改造前平均RSRP为-96.32dBm，改造后平均RSRP为-94.23dBm）；
- ✓ 二阶段试点（优化天线设计），平均场强提升5dB以上（天线改造前平均RSRP为-96.32dBm，改造后平均RSRP为-91.17dBm）；

■ 覆盖性能明显提升

- ✓ 信号波动明显降低，深衰落明显减少
- ✓ 边缘场强平均提升10dB
- ✓ 平均覆盖场强提升5dB

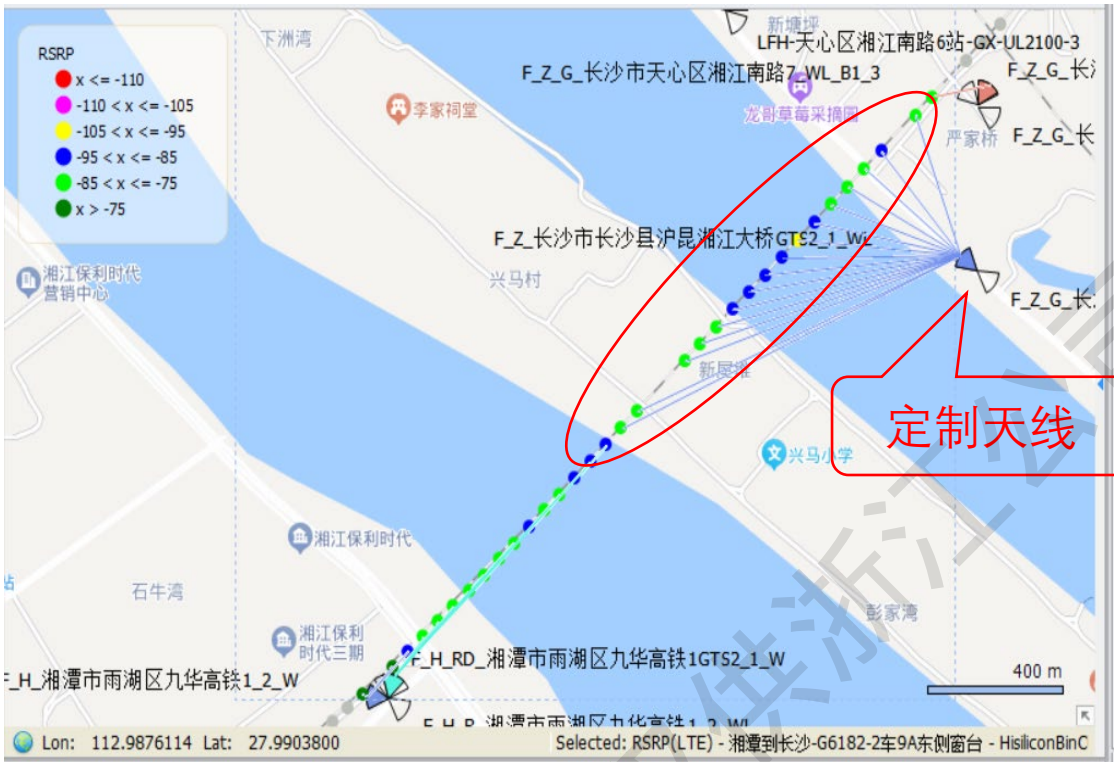
■ 简易实现精确工程安装

- ✓ 天线设置多重校准标志，确保一次上站实现精确施工，后续基本无需工程调整

湖南湘江大桥2.1G高铁专用天线试点-改造后覆盖情况



测试方向	测试时长 (小时)	测试里程 (公里)	覆盖率 (RSRP≥-110 & SINR ≥-3)	RSRP均值 (dBm)	SINR均值 (dB)	下载均速 (Mbps)	下载优良比 (≥12Mbps)	上传均速 (Mbps)	上传优良比 (≥5Mbps)	里程覆盖 率
湘潭到长沙-靠近基站侧	0.01	1.92	100.00%	-86.62	14.56	14.11	22.22%	23.83	100.00%	99.85%
长沙到湘潭-远离基站侧	0.01	1.92	100.00%	-95.76	11.49	4.57	0.00%	26.06	100.00%	99.43%



湘潭到长沙方向，手机放置在基站侧窗边



长沙到湘潭：测试手机放在远离基站侧窗边

一面高铁专用天线，实现湘江大桥的大范围、长距离覆盖

■ 3.5G频段进行高铁覆盖，具有带宽大、干扰小、无需过多考虑周围兼顾覆盖、易于建设专网等特点，用户体验可保证

✓ 2.1G难以协调40M带宽，难以多小区合并及建设高铁专网

■ 隧道占比高路段，以2.1G为基础进行覆盖

✓ 隧道的原有漏缆只能支持2.1G频段，难以更换支持3.5G或更换成本太高

✓ 连续5公里以上隧道的路段可考虑采用3.5G进行局部覆盖（采用异频切换或载波聚合）提升用户感知

■ 平原地区路段，优先考虑3.5G覆盖

✓ 高性能的自研高铁天线，让不调整站间距直接部署

3.5G高铁覆盖成为可能

■ 良好高铁覆盖的决定性因素：信号进入车体的入射角 $\leq 75^\circ$

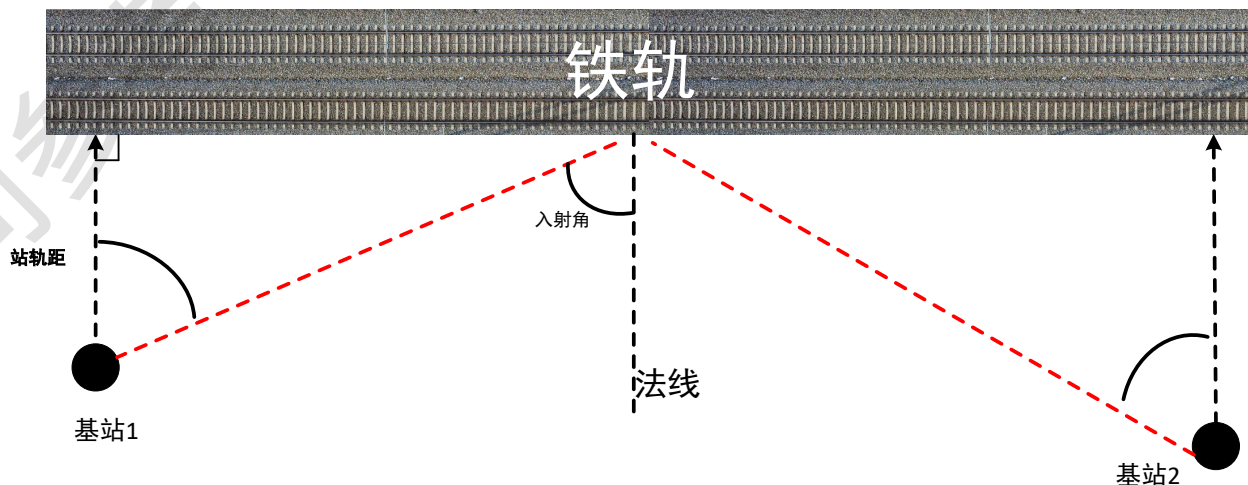
✓ 对应站轨距：覆盖距离=1：4（无遮挡环境）

✓ 100米以上站轨距，可支持800米的站间距

■ 决定站间距的因素：

1. 信号进入车体的入射角度，该因素与频段无关

2. 自由空间传播特性，2.1G优于3.5G 4.4dB

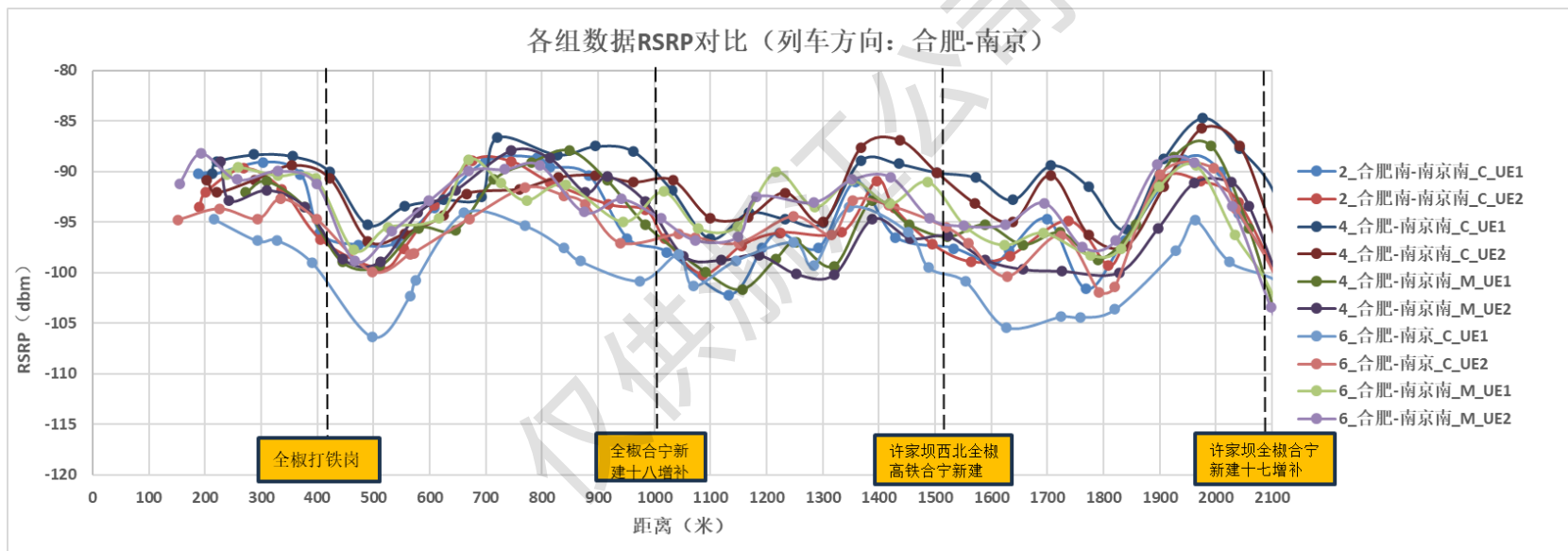
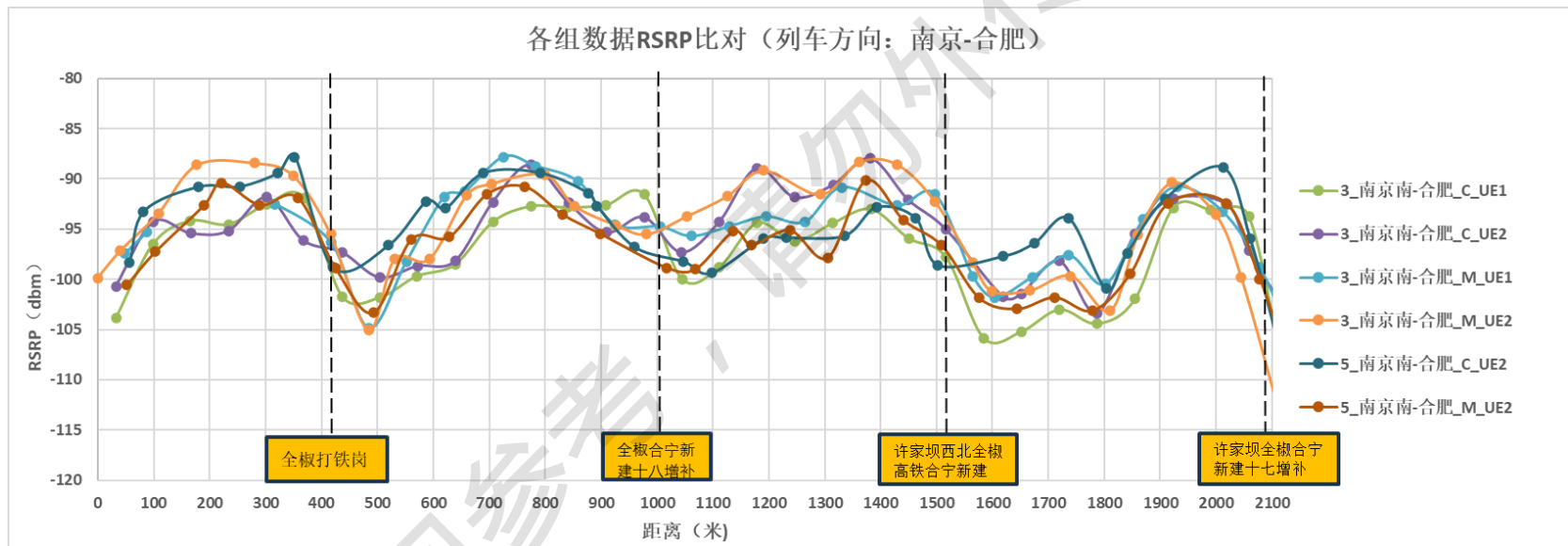


是否具备部署3.5G高铁覆盖的条件，可根据站轨距、站间距情况进一步分析决定

每站只开一面天线的覆盖情况

- 每个站点只开启一面天线的RSRP覆盖情况

✓ 4个站点，每个站点只保留西向扇区开启，东向扇区关闭



少量打点的SS-RSRP低于-105dbm

3.5G频段高铁极限覆盖能力研究性测试



- 合宁高铁安徽全椒段，高铁建设没有采用高架桥形式，轨道高度较低，信号覆盖受两侧树木遮挡，影响严重；
- 分别关闭“新建十八增补”和“许家坝西北”两个站点，站间距分别达到1070米和1100米，进行大站间距测试

测试结果（以-100dBm作为边缘场强）：

- 无树林遮挡环境：站轨距:覆盖铁路距离为1:4
- 树林遮挡环境：站轨距:覆盖铁路距离为1:2.5~1:2.7

理论依据：高铁无线信号覆盖为自由空间+穿透损耗模型，信号进入车体的入射角是信号强度的决定性因素，覆盖距离不是决定性因素



- ✓ 站轨距达到100米以上时，采用自研高铁定制天线，3.5G频段平均站间距可达到650米~750米（-100dBm作为边缘场强）
- ✓ 高架形式的高铁路段由于没有树林遮挡，站间距可进一步扩大

采用自研高铁专用天线

- ① 可大幅提升高铁覆盖水平
- ② 信号进入车体的入射角度，是决定覆盖能力的决定性因素；频率选择不是站间距设置的决定性因素
 - ✓ 传统天线覆盖性能太差，不得不考虑频率传播特性；
 - ✓ 自研高铁定制天线试验结果显示，没有遮挡情况下，只要入射角度满足要求（ $\leq 75^\circ$ ）即可具有良好覆盖性能；
- ③ 隧道占比小的路段可大胆尝试采用3.5G频段进行高铁覆盖
 - ✓ 高架路段，站间距可按照**站轨距*4*2**进行考虑
 - 100米的站轨距，可在800米站间距情况下获得良好覆盖
 - ✓ 非高架路段，站间距可按照**站轨距*2.7*2**进行考虑