

# 超宽带移动通信（EUHT）系统

## 京津城际高速铁路试验段

### 测试报告



北京全路通信信号研究设计院集团有限公司  
Beijing National Railway Research & Design Institute of  
Signal & Communication Group Co., Ltd.

2016年1月

## 目 录

1	摘要.....	1
2	概述.....	2
	2.1 测试背景.....	2
	2.2 测试目的.....	2
	2.3 缩略语.....	3
3	测试系统.....	4
4	测试环境.....	7
	4.1 测试环境.....	7
	4.2 系统配置.....	8
5	测试工具.....	9
6	测试内容.....	10
	6.1 场强覆盖测试.....	10
	6.2 通信性能测试.....	10
7	测试结果.....	10
	7.1 场强覆盖测试结果.....	10
	7.1.1 环境干扰测试结果.....	10
	7.1.2 信道功率测试结果.....	11
	7.1.3 RSSI、SNR 测试结果.....	11
	7.2 网络性能测试结果.....	12
	7.2.1 吞吐率测试结果.....	12
	7.2.2 入网成功率测试结果.....	12
	7.2.3 切换成功率/切换延迟测试结果.....	13
	7.2.4 传输延迟/丢包率测试结果.....	13
8	结论.....	14

## 图表目录

图 1	EUHT 试验系统结构图.....	4
图 2	车站机房内机柜和交换设备.....	5
图 3	基站 EAT 天线.....	5
图 4	EBU 设备.....	6
图 5	测试使用的 CRH3C-3021 动车组.....	6
图 6	车载 EAT 天线.....	7
图 7	车载 EAU 设备.....	7
图 8	区间 EBU 位置图.....	8

## 1 摘要

为了加快推进超宽带移动通信（EUHT）技术产业化，创造我国高铁优势产能，由通号新岸线公司牵头，广东新岸线计算机系统芯片有限公司和北京全路通信信号研究设计院集团有限公司参加，在北京铁路局和通号通信信息集团有限公司的大力支持下，于 2016 年 1 月在京津城际高速铁路试验段进行了超宽带移动通信（EUHT）系统测试。

现场实际测试数据显示，超宽带移动通信（EUHT）系统在列车全程 300km/h 高速运行的极端情况下，实现了高可靠入网、高可靠切换、超短通信时延和超高数据吞吐率，证明了 EUHT 技术优越的通信传输性能，具体测试结果如下。

测试指标	测试结果	测试指标	测试结果
入网成功率	100%	峰值吞吐率	85 Mbps
切换成功率	100%	平均吞吐率	36 Mbps
切换延迟	≤95 ms	丢包率	≤0.3%
端到端时延	≤6 ms		

测试结果表明，超宽带移动通信（EUHT）系统完全满足高铁，特别是列车高速运行情况下移动通信的需求。与 4G 移动通信技术相比，EUHT 技术在传输带宽、通信时延和可靠性等方面，均极大地超越了 4G 技术，既支持高速宽带，又支持高速移动通信。EUHT 系统是以实际产业级应用，覆盖了未来 5G 的主要技术场景和关键性能挑战，是全世界首个取得测试成功的 5G 范例。

超宽带移动通信（EUHT）技术依靠超宽带、低时延、高可靠的优越性能，将突破高铁最核心的车地通信技术瓶颈，使建设面向旅客服务的高铁移动互联网，和面向运营维护的高铁物联网成为现实。EUHT 系统技术将综合承载高速铁路列控、监控和旅服业务，实现“三网”合一，同时还将使高铁列车无人驾驶、远程驾驶、列车调度与驾驶一体化成为可能，将从根本上改变高铁的运营、维护和服务模式。

此外，超宽带移动通信（EUHT）技术具有完全自主知识产权，拥有多项核心技术专利，完全自主设计核心芯片和关键设备。超宽带移动通信（EUHT）与高铁技术结合，将进一步丰富我国高铁核心技术，巩固其国际领先地位，必将为高铁“走出去”和国家“一带一路”战略的实施发挥重要作用。

## 2 概述

### 2.1 测试背景

EUHT 是新一代无线超宽带技术，已获中国通信行业标准和智能运输系统国家标准共两项标准。这两项标准中所涉及到的系统架构、核心技术、关键流程等已申请了 69 项中国及国际 PCT 专利，拥有完全自主知识产权。鉴于 EUHT 技术具有良好的移动适应性、高吞吐率、可靠的切换性能等特点，适合用于承载旅客信息化应用等综合业务。根据《基于高速环境下多通道通信技术的旅客信息化应用研究》京津城际铁路技术方案和京辆电[2016]56 号《关于在京津城际重新组织高级修竣 CRH3C-3021 动车组进行试运行工作的通知》的要求，为了加快推广 EUHT 技术在轨道交通行业的应用及标准化，在满足工业和信息化部《5470-5725 兆赫兹频段无线接入系统频率使用相关事宜》的规定下，由通号新岸线公司牵头，广东新岸线计算机系统芯片有限公司和北京全路通信信号研究设计院集团有限公司参加，在北京铁路局和通号通信信息集团有限公司的大力支持下，于 2016 年 1 月在京津城际高速铁路 300km/h 线路速度区段进行了超宽带移动通信（EUHT）系统的现场测试。试验验证了 EUHT 技术在高铁环境下满足列车 300km/h 高速运行的通信需求，为后续该技术在高铁领域推广应用奠定基础。

### 2.2 测试目的

为了验证 EUHT 系统在高速铁路列车 300km/h 运行环境下满足列车通信需求，取得极端条件下车地通信性能数据，选取了京津城际高速铁路亦庄-永乐高速运行区段进行网络性能测试。

京津城际高速铁路由北京南站始发，终点站为天津站，全长 119 千米，其中约 86%为高架线路。京津高速铁路是中国第一条时速 300 公里以上城际高速铁路，是中国首条高速铁路客运专线。全线 40 个 GSM-R 基站铁塔，平均间距为 3km。其中，亦庄-永乐段全长 25km，基本为高架区段，试验选取了区间内 YZ-YL01 至 YZ-YL06 共 6 个 GSM-R 基站铁塔，该区段线路速度和列车运行速度均满足 300km/h 高速测试需求。

除 YZ-YL01 至 YZ-YL06 基站外，本次试验为了验证布网灵活性，为后续工程

设计打下基础，增设了 3 个 EUHT 移动基站，使整体方案可以根据未来业务需要灵活选择站点位置。

## 2.3 缩略语

缩略语	全称	含义
EUHT	Enhanced Ultra High Throughput	增强型超高吞吐率
EAT	EUHT Antenna	EUHT 天线单元
EAU	EUHT Access Unit	EUHT 接入单元
EBU	EUHT Base station Unit	EUHT 基站单元
EDU	EUHT Doom Unit	EUHT 室内单元

### 3 测试系统

京津城际铁路试验段车地通信系统由 EUHT 系统构成，用于承载旅客信息化应用等业务的车地传输，并包含地面通信网络、区间无线网络和车载网络三个部分，如下图所示：

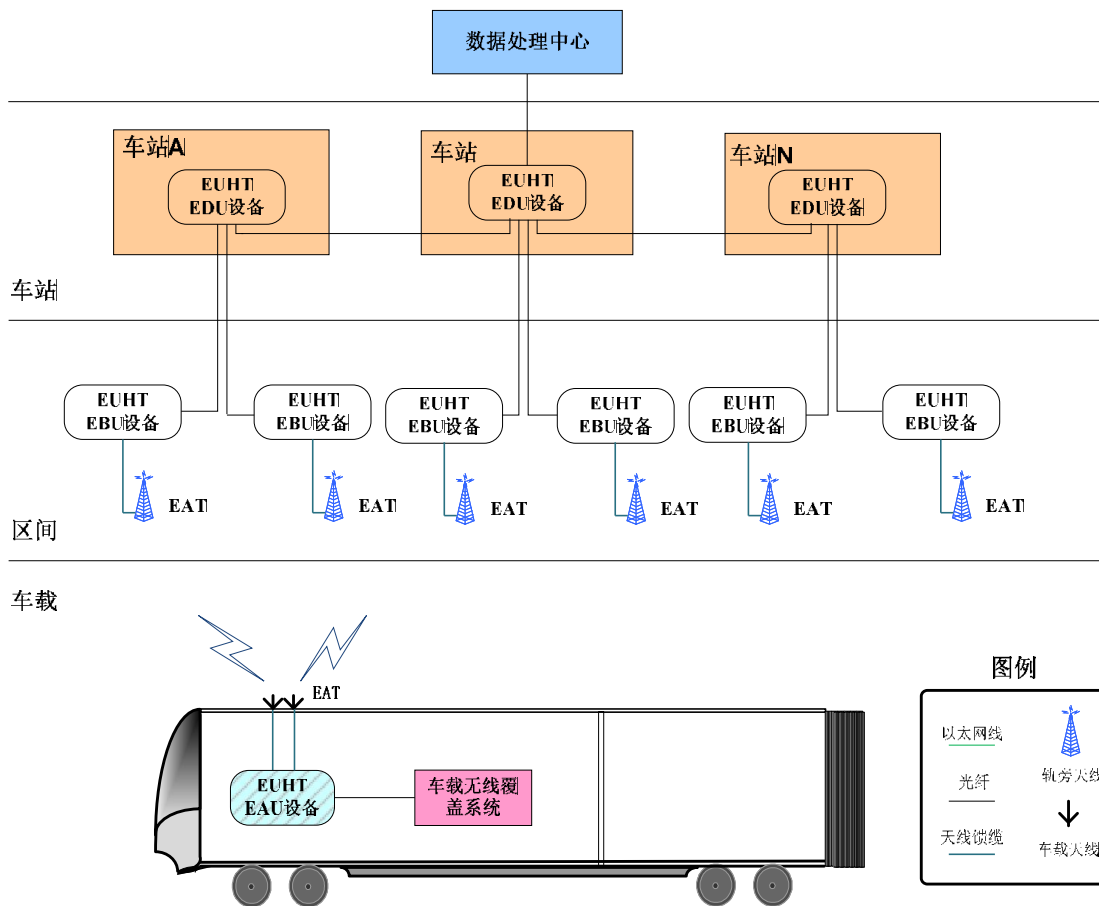


图 1 EUHT 试验系统结构图

各部分的功能如下：

（1）地面通信网络：在各个车站设置 EDU，实现对所在区域的无线系统的接入管理、认证、控制等，EDU 设备内含交换机，各节点 EDU 通过光纤连接，构成 EUHT 地面通信网络。通过 EDU 可以连接至数据处理中心。



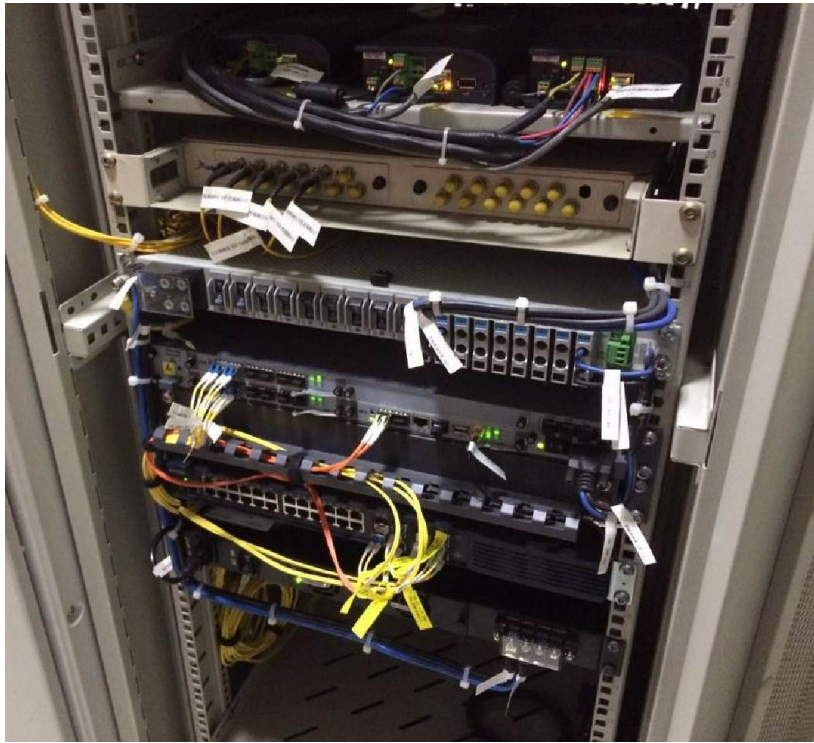


图2 车站机房内机柜和交换设备

(2) 区间无线网络：由 EBU 和区间 EAT 组成，EBU 和车站 EDU 之间通过光缆连接，EBU 与 EAT 间通过馈线连接, 实现线路的 EUHT 信号覆盖，完成车地之间双向数据流的无线传输功能。



图3 基站 EAT 天线



图 4 EBU 设备

(3) 车载网络：车载设备包括 EAT、EAU。EAT、EAU 设置在车头和车尾司机驾驶室，完成与地面的无线通信，进行无线信号的收发和控制。EAU 内含交换单元，可连接至车载无线覆盖系统（旅客 Wi-Fi 系统）。



图 5 测试使用的 CRH3C-3021 动车组





图 6 车载 EAT 天线



图 7 车载 EAU 设备

## 4 测试环境

### 4.1 测试环境

本次试验段选取京津城际高速铁路亦庄-永乐段，全长 25km，基本为高架区段，区间内包含 GSM-R 基站 YZ-YL01 至 YZ-YL06 共 6 个。

此外，增设 3 个 EUHT 移动基站。测试中移动基站设置间距为 1.1~1.2km。

区间 EBU 及移动基站设置的位置见下图：

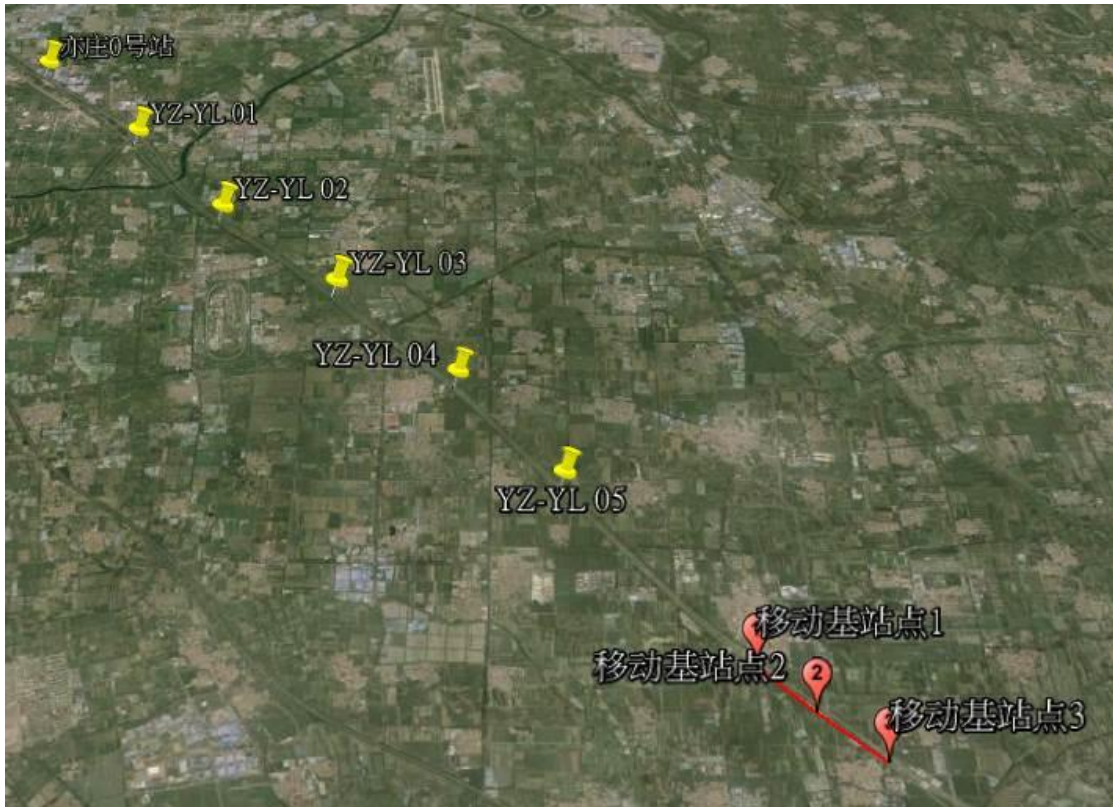


图 8 区间 EBU 位置图

安装试验动车组一组（CRH3C-3021），在 8 号车厢安装一套 EUHT 通信系统的车载设备。

## 4.2 系统配置

待测 EUHT 设备由车载设备 EAU 机笼和基站设备 EBU 箱及相应的天线组成，车载与基站设备共同组建 EUHT 通信网络，提供无线网络服务。

待测设备的配置如下：

表 1 待测设备配置

类别	参数	配置值
天线参数	基站天线增益	10dBi
	车载天线增益	10dBi
发射功率配置	EBU 最大发射功率	20dBm
	EAU 最大发射功率	20dBm
EUHT 通信系统配置	EUHT 工作频点	5.6GHz
	EUHT 工作频宽	基础带宽 40MHz
	EUHT 工作模式	MIMO 自适应

类别	参数	配置值
	EUHT 上下行配比	TDD 上下行配比 1:3
	EUHT 物理帧长	4ms

## 5 测试工具

表 2 测试设备

位置	设备	型号	数量	备注
车载	频谱分析仪	R&S FSV7	1 台	测试频谱、信道功率
	笔记本电脑		2 台	测试、记录 log
	Android 手机		1 部	记录 GPS 信息
地面	笔记本电脑		1 台	测试、记录 log

## 6 测试内容

### 6.1 场强覆盖测试

测试基站对轨道沿线的 EUHT 无线信号场强覆盖情况。通过测试分析 EUHT 系统针对高速运行高铁环境的覆盖距离、信号强度、信噪比等性能。此外也测试在工作频段内的环境干扰情况。

评价指标：环境干扰强度、信道功率、RSSI、SNR。

### 6.2 通信性能测试

测试列车高速行驶过程中 EUHT 网络的通信性能指标。通过收集 EUHT 系统通信过程中的日志，分析统计车载终端入网和切换情况，并提取时间戳统计切换延迟。此外，使用网络性能测试工具进行测试，评估通信性能。

评价指标：入网成功率、切换成功率、切换延迟统计、峰值吞吐率和平均吞吐率、传输延迟统计、丢包率。

## 7 测试结果

### 7.1 场强覆盖测试结果

#### 7.1.1 环境干扰测试结果

测试案例：HighSpeedRailway-JingJin-SITETEST-EUHT-001

测试配置：

- (1) 频谱仪扫频范围：5GHz 至 6GHz
- (2) 频谱仪测量模式：最大值保持

测试结果：

序号	干扰位置	干扰频段	干扰带宽	干扰最大强度	干扰来源
1	全线	5.18GHz	20MHz	-80dBm	Wi-Fi_5G
2	全线	5.74G~5.8GHz	20MHz	-65dBm	Wi-Fi_5G

测试结果表明：在高架开放区段存在一定环境干扰，主要为 Wi-Fi（802.11ac）在 5GHz 频段的信号。EUHT 系统需注意防范或避开这些外来干扰。

### 7.1.2 信道功率测试结果

测试案例：HighSpeedRailway-JingJin-SITETEST-EUHT-002

测试配置：

- (1) 频谱仪信道测量范围：5.5GHz 至 5.7GHz
- (2) 频谱仪测量模式：信道功率测量
- (3) 频谱仪信道测量带宽：40MHz/信道

测试结果：

区段		高架
边缘信道功率（dBm）	垂直极化	-80
	水平极化	-81
是否达标（ $\geq -85$ dBm）		是

测试结果表明：EUHT 无线信号的信道功率在垂直、水平两种极化方式下，覆盖良好。

### 7.1.3 RSSI、SNR 测试结果

测试案例：HighSpeedRailway-JingJin-SITETEST-EUHT-003

测试配置：

- (1) EUHT 系统工作频宽：40MHz
- (2) EUHT 系统工作模式：MIMO 自适应

测试结果：

区段	高架
边缘 RSSI（dBm）	-85
边缘 SNR（dB）	10
是否达标（RSSI $\geq -85$ dBm, SNR $\geq 10$ dB）	是

测试结果表明：EUHT 无线信号的 RSSI、SNR 沿线覆盖良好。



## 7.2 网络性能测试结果

### 7.2.1 吞吐率测试结果

测试案例：HighSpeedRailway-JingJin-SITETEST-EUHT-004

测试配置：

- (1) EUHT 系统工作频宽：40MHz
- (2) EUHT 系统工作模式：MIMO 自适应，单通道测试

测试结果：

行车情况	高速行车（典型车速 300km/h）		
	上行（Mbps）	下行（Mbps）	总和（Mbps）
峰值	15	70	85
均值	5.4	30.4	36

说明：测试列车目前已安装一套 EAU 设备，每套 EAU 设备目前配置 1 个通道（40MHz 频宽）。根据广州地铁 6 号线 EUHT 系统测试结果，EAU 设备可以按照 2 个通道配置，实现 80MHz 频宽聚合，上述吞吐率测试数据将翻倍。

### 7.2.2 入网成功率测试结果

测试案例：HighSpeedRailway-JingJin-SITETEST-EUHT-005

测试配置：

- (1) EUHT 系统工作频宽：40MHz
- (2) EUHT 系统工作模式：MIMO 自适应

测试结果：

行车情况	高速行车（典型车速 300km/h）
总入网次数	12
成功入网次数	12
入网成功率	100%

说明：入网成功率 = 成功入网次数/尝试入网次数 × 100%。

结果表明：EUHT 终端在列车 300km/h 高速运行场景下，一次入网成功率 100%。

### 7.2.3 切换成功率/切换延迟测试结果

测试案例：HighSpeedRailway-JingJin-SITETEST-EUHT-006

测试配置：

- (1) EUHT 系统工作频宽：40MHz
- (2) EUHT 系统工作模式：MIMO 自适应

测试结果：

行车情况	高速行车（典型车速 300km/h）
总切换次数	24
成功次数	24
重连成功次数	0
失败次数	0
切换成功率	100%
最大切换延迟	95 ms

### 7.2.4 传输延迟/丢包率测试结果

测试案例：GuangZhouMetro-Line6-SITETEST-EUHT-007

测试配置：

- (1) EUHT 系统工作频宽：40MHz
- (2) EUHT 系统工作模式：MIMO 自适应

测试结果：

测试项目	ping 短报文 (32 字节)	ping 长报文 (1500 字节)
Ping 延迟 (2ms 帧长)	11 ms	12 ms
Ping 延迟 (4ms 帧长)	17 ms	18 ms
丢包率	0.3%	0.3%

测试结果表明：EUHT 网络传输的环路延迟接近 12ms (2ms 帧长) 或 18ms (4ms 帧长)，端到端延迟约为环路延迟的一半。

## 8 结论

本次现场测试表明，在高速列车全程 300km/h 运行情况下：

（1）超宽带移动通信（EUHT）系统车地通信能够可靠入网、可靠切换，能够高吞吐率传输数据。

（2）车载通信终端小区漫游切换延迟小于 100ms，切换成功率 100%，端到端传输时延 $\leq 6\text{ms}$ （2ms 帧长）或 10ms（4ms 帧长），数据丢包率 $\leq 0.3\%$ 。

（3）车载通信终端配置为单通道、40MHz 频宽时，实测系统峰值吞吐率 85Mbps，均值吞吐率 36Mbps，并具备双通道配置，80MHz 频宽聚合，成倍提升系统吞吐率的能力。