

文章编号: 1674—8247(2018)05—0023—04

郑徐高速铁路 GSM-R 受公网无线信号干扰影响分析

陶雪华¹ 王珂玮²

(1. 中原工学院信息商务学院, 郑州 451191; 2. 中国铁路郑州局集团有限公司, 郑州 450052)

摘要:高速铁路列车的 C3 列控系统对 GSM-R 通信网络质量要求非常高,但是随着公网基站在铁路沿线布局越来越密,对铁路的干扰也越来越严重,并且不仅是明显的频点干扰。文章系统性说明通过测试试验发现公网基站设备存在杂散及三阶互调频率落在 GSM-R 频谱内,对高速铁路存在干扰;同时,发现加装杂散滤波器可以有效抑制干扰的影响,为后期的干扰排查指明了新方向。

关键词:GSM-R; 高速铁路; 杂散; 频谱; 滤波器; 三阶互调

中图分类号:U284.93 **文献标志码:**A

Analysis of Zhengzhou-Xuzhou High-speed Railway GSM-R Network Interfered by Public Network Wireless Signal

TAO Xuehua¹ WANG Kewei²

(1. College of information & Business, Zhongyuan University of Technology, Zhengzhou 451191, China;

2. China Railway Zhengzhou Bureau Group Co., Ltd., Zhengzhou 450052, China)

Abstract: CTCS-3 of High-speed trains has high requirements on the quality of GSM-R communication network, but with the more and more dense network of current network base stations along the railway, the railway is interfered more and more seriously, and it is not just the obvious frequency points interference. It is found out through test that the equipment of network base stations have stray and the existence of spurious three order intermodulation frequency in the GSM-R spectrum, which have disturbance on high-speed railway. At the same time, it is found that adding stray filter can effectively suppress the interference, which points out a new direction for the later investigation of interference.

Key words: GSM-R; high-speed railway; stray; spectrum; filter; three order intermodulation

铁路 GSM-R 系统主要用于铁路列车运行控制、指挥调度,是以服务于铁路生产、运输需要为目的的专用移动通信网^[1]。

2017 年下半年,中国铁路总公司综合检测列车对郑徐高速铁路进行 GSM-R 网络场强及服务质量检测时发现,郑徐高速铁路传输干扰时间 T_{TI} 与传输恢复时间 T_{REC} 多处不合格,总体指标不达标,多处 RXQUAL (通话质量)质量较差,载干比不合格,6 月综合检测车测试问题如图 1 所示。

1 测试标准与测试结果说明

根据铁技运[2008]168号《CTCS-3级列控系统 GSM-R 网络需求规范》^[2]:当接收到的 30 字节用户数据帧与发送的用户数据帧存在部分或完全偏离,则发生传输干扰。传输干扰由传输干扰时间 T_{TI} 、传输无差错时间(又称为“恢复时间”) T_{REC} 来表示。传输干扰时间 T_{TI} 从第一个出错的用户数据帧开始计时,到出现第一个无错的用户数据帧时结束。传输干扰时间

收稿日期:2018-03-15

作者简介:陶雪华(1980-),女,讲师。

引文格式:陶雪华,王珂玮. 郑徐高速铁路 GSM-R 网络受公网无线信号干扰影响分析[J]. 高速铁路技术,2018,9(5):23-26.

TAO Xuehua, WANG Kewei. Analysis of Zhengzhou-Xuzhou High-speed Railway GSM-R Network Interfered by Public Network Wireless Signal[J]. High Speed Railway Technology, 2018, 9(5): 23-26.

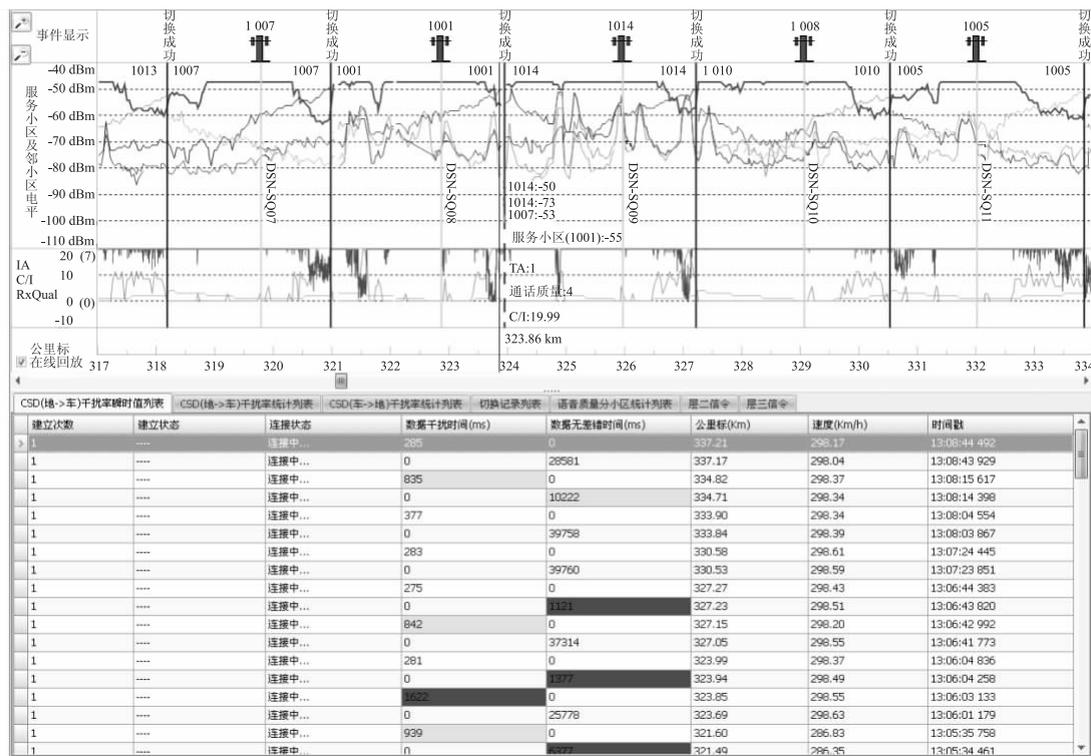


图1 6月综合检测车测试问题截图

T_{REC} 从出现第一个无错的用户数据帧开始计时,到出现第一个出错的用户数据帧结束。

根据 TB 10430 - 2014《铁路数字移动通信系统(GSM-R)工程检测规程》^[3]: T_{TI} 不大于规定时间的百分比 = 不大于规定时间的 T_{TI} 个数/总 T_{TI} 个数 $\times 100\%$ 、 T_{REC} 不小于规定时间的百分比 = 不小于规定时间的 T_{REC} 个数/总 T_{REC} 个数 $\times 100\%$ 。

根据 TG/TX 106 - 2014《铁路通信维护规则》^[4]: T_{TI} 小于 0.8 s (95%), 小于 1 s (99%); T_{REC} 大于 20 s (95%), 大于 7 s (99%)。

6月郑徐高速铁路测试结果 T_{TI} 小于 0.8 s (97.73%), 小于 1 s (98.4%); T_{REC} 大于 20 s (94.18%), 大于 7 s (98.82%)。其余月份测试结果大体相同,郑徐高速铁路测试指标不合格。

根据铁总运[2015]11号《铁路专用无线通信系统场强和服务质量检测管理办法》^[5]: GSM-R 系统的场强覆盖是在满足同频道载干比(C/I)不小于 12 dB 条件下,按 95% 的地点、时间概率统计。测量接收机天线输入端的最小接收电平值应符合承载列控类数据(CSD)业务 GSM-R 系统不低于 -92 dBm 的要求。

从测试结果来看,郑徐高速铁路全线 GSM-R 系统的场强均合格。

根据 TB 10088 - 2015《铁路数字移动通信系统(GSM-R)设计规范》^[6]: GSM-R 网络同频载干

比 ≥ 12 dB, 邻频载干比 ≥ -6 dB。

在测试中发现,郑徐高速铁路多处 RXQUAL 质量 ≥ 6 , 当 RXQUAL ≥ 6 时,基本无法保证通话^[7]。而在 RXQUAL 质量较高时,同频载干比也会低于 12 dB。这说明:RXQUAL 表示的是一个测量报告周期内接收限号质量的平均值,范围为 0 到 7, 0 级最好, 7 级最差^[8]。

根据 TB 10761 - 2013《高速铁路工程动态验收技术规范》^[9]: 检测天线应安装在试验列车车顶,天馈线驻波比不大于 1.5。从总公司出具的测试报告看,天馈线驻波比为 1.12,排除测试系统问题。

2 原因分析

排除 GSM-R 网络基站设备及综合检测车问题,定位为干扰。干扰种类可分为同频干扰、邻频干扰、互调干扰、杂散干扰,分别由外部干扰、内部干扰或 2 种干扰叠加而生,对 GSM-R 移动通信系统形成上行干扰、下行干扰^[10]。

通过分析数据发现,这类干扰在 2017 年下半年出现,且在地理分布上相对均匀,初步判断与移动公司高速铁路覆盖专网使用的分布式基站有关。移动公司高速铁路覆盖专网为移动公司为确保高速列车乘客使用正常,紧邻高速铁路布置的网络,与 GSM-R 网络相似,以线性网络分布,基站及硬件设备与 GSM-R 网络基站

设备位置很近,同时具备 4 G/3 G/2 G 网络。其中 2 G (GSM) 网络由于工作制式与铁路 GSM-R 相同,工作频率相近,故可能对 GSM-R 产生干扰。为定位此类网外干扰的发生原因,并寻求技术解决方案。

重点选取 4 个干扰区段进行现场测试,如表 1 所示。

表 1 干扰严重区域

序号	区间
1	SQXXLS-MQB01 至 SQXXLS-MQB02 区间
2	SQXXLS-MQB03 至 SQXXLS-MQB04 区间
3	SQXXLS-MQB04 至 SQXXLS-MQB05 区间
4	SQXXLS-MQB09 至 SQXXLS-MQB10 区间

在上述区间内,商丘移动已使用华为分布式基站进行了高速铁路覆盖专网建设,分布式基站的 RRU 按照大致 1 km 左右的距离,较为均匀分布。其分布情况与 GSM-R 基站的相对位置如图 2 所示。



图 2 商丘西线路所 - 民权北区间示意图

4 个测试点均发现公网分布式基站产生了较强的网外干扰,导致 GSM-R 通信质量受到严重影响,甚至导致掉话。4 个测试点均未发现公网非法使用铁路 GSM-R 频点的情况,干扰原因并非直接的同频干扰。

因此,推断导致干扰的原因为分布式基站设备自身射频性能问题导致的杂散干扰或三阶互调干扰,应针对公网基站设备进行相关测试。

3 公网基站设备测试

3.1 测试方案

由于推断公网基站设备存在问题,故决定公网基站设备的发射情况进行测试,即将公网基站设备天线甩掉,直接连接频谱仪,将频谱仪带宽设置为 GSM-R 下行频段(930 ~ 934 MHz),判断公网设备发出信号是否落到 GSM-R 频段。

3.2 测试过程

3.2.1 杂散测试

在 DSN-SQ03 与 DSN-SQ04 区间干扰严重区域进行针对设备射频性能的现场测试。测量的公网覆盖电

平在 -40 dBm 左右。采用 GSM-R 手机锁频至 GSM-R 频点后电平约为 -75 dBm。当定向天线对准移动基站设备天线后,通信质量恶化,直接导致掉话。

对该基站(虞城城关镇田庙基站)华为该型分布式基站设备的 RRU 侧配置有杂散滤波器,过滤频段 930 ~ 934 MHz(带阻),以降低其对铁路 GSM-R 通信频段的干扰。

为判断和评估此滤波器的性能,测试按照是否连接此滤波器,分两次进行。测试设备连接如图 3 所示。

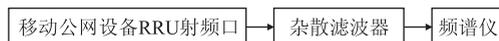


图 3 杂散干扰测试设备连接图

无杂散滤波器时,移动公网(GSM)测试电平如图 4 所示。经测试,其工作频点的电平值约为 42 dBm 左右。在 930 ~ 934 MHz 频段内的杂散信号电平约为 -30 dBm 左右。经计算,相对于其工作频点电平,杂散信号抑制约 70 dB 左右。

未连接杂散滤波器时 GSM-R 频段内杂散信号强度大致为 -53 ~ -63 dBm。

连接杂散滤波器时 GSM-R 频段内杂散信号强度大致为 -75 ~ -85 dBm。

对比测试结果:华为 RRU 设备加装的杂散滤波器可使其在 GSM-R 频段的杂散信号电平降低 25 ~ 30 dB 左右。考虑到在公网基站天线附近,其工作频点的峰值电平在 -20 dBm 左右,杂散抑制约 70 dB,加上此滤波器 25 ~ 30 dB 的额外衰减,再加上空中损耗,其落在铁路线上 GSM-R 频段内的杂散信号电平应在 -100 dBm 以下,应不会对铁路通信造成严重的影响。

因此,GSM-R 优化中发现的干扰信号强度远高于以上杂散干扰信号强度估算值,说明导致干扰的主要原因并非仅仅是杂散干扰。

3.2.2 互调测试

在 SQXXLS-MQB01 与 SQXXLS-MQB02 区间进行三阶互调测试。

将 RRU 直接连接频谱仪,为了保证该小区所有频点均处于发射状态,打开基站空闲 burst 测试。同时,为验证杂散滤波器的性能,同样按照是否连接此滤波器进行两次测试。测试时,连接该小区 RRU 的 A 通道,其频点配置为 ARFCN:34/36/80/87。

由频谱图可知,RRU 的 A 通道在 GSM-R 频段(930 ~ 934 MHz)产生了较强的三阶互调信号,且信号电平均达 -30 dBm 以上,电平非常强。

根据其信道频点配置,其可能产生的落在 GSM-R 频段内的三阶互调频率如表 2 所示。

表 2 三阶互调频率表

F1	F2	F3
34	87	1 005
36	87	1 009
80	34	1 009
34	80	1 012
36	80	1 016

注:F1、F2——公网设备使用的频点号;F3——GSM-R 频点

测试结果表明,按照此频点配置,可以产生较多落在 GSM-R 频段的互调产物,且电平很强。加上杂散滤波器后,互调干扰的电平信号有所下降,但仍然在 -60 dbm 左右。

加装滤波器后,落在 GSM-R 频段的三阶互调信号电平下降 30 dB 左右,但仍在 -60 dBm 左右,会对铁路通信造成明显干扰。为进一步验证三阶互调干扰情况,将 A 通道配置 4 个频点 80/85/87/90,将 B 通道配置 3 个频点 34/36/41,分别对 A-B 通道再次进行测试。

大频点配置到同一通道时,电平值降至 -70 dB 以下。小频点配置到同一通道时,电平值降至 -70 dB 以下。测试结果表明,修改频点配置后,落在 GSM-R 频段内的互调干扰明显降低。但整体测试结果表明,现有公网设备即使在加装杂散滤波器的情况下,其三阶互调干扰仍然较强,仍会对铁路正常通信造成干扰。

4 结论及建议

经测试发现,移动 GSM 郑徐专网在加装带阻滤波器的情况下,杂散对铁路不会产生明显干扰,但互调干扰较为明显。

互调干扰分为发射机干扰与接收机干扰,移动专网在天馈系统增加了带阻滤波器,可有效降低发射机干扰对于 GSM-R 网络的干扰,但由于频点规划的不合理且移动基站覆盖较强,机车电台依然受到接收机互调干扰的影响,导致出现下行质量下降。

按照互调干扰产生理论 $2F1 - F2 = F3$,当 F3 的频率落入到 $930 \sim 934$ MHz 频率段,即对 GSM-R 网络产生干扰。当公网采用最高频点 94 号(953.8 MHz)时,为避免对 GSM-R 网络产生干扰,可使用的最小频点为 45 号(944.8 MHz),频率间隔为 49 (9.8 MHz)。当使用最小频点小于 45 号频点,大于 35 号频点时,产生的互调干扰将落于 $930 \sim 934$ MHz 区间内。

当公网采用最小频点 1 号(935.2 MHz)时,使用 $6 \sim 27$ 号频点产生的互调干扰将落于 $930 \sim 934$ MHz 频率段内,对 GSM-R 网络产生干扰。

在后续的工作中,要积极协调网络优化及频点配置,从根源上减少三阶互调干扰的产生。

参考文献:

- [1] 信部无函[2003]394号,关于铁路专用 GSM-R 移动通信系统使用频率及有关问题的函[S].
Letter [2003] No. 394, Letter on the Frequency and Related Problems of the Railway Special GSM-R Mobile Communication System [S].
- [2] 铁技运[2008]168号,CTCS-3 级列控系统 GSM-R 网络需求规范[S].
Tie Ji Yun [2008] No. 168, CTCS-3 Class Control System GSM-R Network Requirement Specification [S].
- [3] TB 10430-2014 铁路数字移动通信系统(GSM-R)工程检测规程[S].
TB 10430-2014 Specification for Engineering Test of Railway Digital Mobile Communication System (GSM-R) [S].
- [4] 铁总运[2014]295号,铁路通信维护规则[S].
Tie Zong Yun [2014] No. 295, Railway Communication Maintenance Rules [S].
- [5] 铁运[2012]184号,铁路专用无线通信系统场强和服务质量检测管理办法[S].
Tie Yun [2012] No. 184, Measures for the Management of Railway Wireless Communication System and Field Service Quality Inspection [S].
- [6] TB 10088-2015 铁路数字移动通信系统(GSM-R)设计规范[S].
TB 10088-2015 Code for Design of Railway Digital Mobile Communication System (GSM-R) [S].
- [7] 杨保国. 客运专线 GSM-R 网络干扰及排查[J]. 科技信息, 2011, 28(17):94-95.
YANG Baoguo. Interference and Investigation of GSM-R Network in Passenger Dedicated Line [J]. Science & Technology Information, 2011, 28(17):94-95.
- [8] 钟章队,李旭,蒋文怡,等. 铁路 GSM-R 数字移动通信系统[M]. 北京:中国铁道出版社,2007.
ZHONG Zhangdui, LI Xu, JIANG Wenyi, et al. GSM-R Digital Mobile Communication System of Railway [M]. Beijing: China Railway Publishing House, 2007.
- [9] TB 10761-2013 高速铁路工程动态验收技术规范[S].
TB 10761-2013 Technical Specification for Dynamic Acceptance of High-speed Railway Engineering [S].
- [10] 赵武元. GSM-R 移动通信系统干扰分析及查找[J]. 铁路通信信号, 2009, 45(12):55-57.
ZHAO Wuyuan. Interference Analysis and Lookup of GSM-R Mobile Communication System [J]. Railway Signalling & Communication, 2009, 45(12):55-57.

(编辑:刘会娟 白雪)