

# 既有铁路GSM-R系统工程设计研究

刘盛尧<sup>1</sup>, 李 坚<sup>2</sup>

(1. 中铁工程设计咨询集团有限公司, 北京 100055)

(2. 中国铁路北京局集团有限公司, 北京 100038)

**摘要:**既有铁路 GSM-R 系统工程由于项目资金紧张、既有情况复杂等因素, 导致工程设计难度往往大于新建铁路。以既有京哈铁路 GSM-R 系统工程为例, 针对既有铁路的特殊问题制定有针对性的解决方案, 尤其是室外型一体化机柜首次大范围的应用于干线铁路, 具有行业示范和应用推广的效益, 供后续工程参考。

**关键词:**既有铁路; GSM-R; 工程设计

中图分类号: U285.5

文献标志码: A

文章编号: 1673-4440(2021)10-0048-06

## Engineering Design of Existing Railway GSM-R System

Liu Shengyao<sup>1</sup>, Li Jian<sup>2</sup>

(1. China Railway Engineering Design and Consulting Group Co., Ltd., Beijing 100055, China)

(2. China Railway Beijing Group Co., Ltd., Beijing 100038, China)

**Abstract:** For the existing railway GSM-R system project, due to the shortage of project funds, the complexity of the existing situation and other factors, the difficulty of engineering design is often greater than that of the newly-built railway. Taking the Beijing-Harbin Railway GSM-R system project of China Railway Beijing Group as an example, this paper formulates targeted solutions to the special problems of the existing railway, in particular, the outdoor integrated cabinet has been widely used in trunk railways for the first time, which has the benefits of industry demonstration and application promotion, and provides reference for the subsequent projects.

**Keywords:** existing railway; GSM-R; engineering design

### 1 概述

既有铁路 GSM-R 系统工程属于更新改造工程, 项目投资往往都非常紧张。根据以往的工程经验, 在 GSM-R 系统工程中, 机房、杆塔、征地赔补的成本往往要高于通信设备购置及安装调试的造价, 尤其是征地赔补的费用具有极大的不确定性, 并且

既有铁路的车站及线路情况复杂, 这就需要设计人员在充分调查既有资源的基础上, 尽可能利用既有资源, 制定有针对性的解决方案。

首先, 设计人员在充分调查、收集既有铁路相关资料的基础上进行分析、归纳, 确定主要问题; 其次, 针对不同的问题制定相对应的解决方案; 最后, 在实施过程中全程跟踪。

## 2 问题分析

本文以京哈铁路中国铁路北京局集团有限公司（简称北京局集团）管段为例，铁路起始于北京站，途径河北、天津，设有北京站、北京东、双桥等 32 个车站，全长 298.8 km，沿线经过地区经济状况较为发达，线路情况复杂，与大秦铁路、津秦高铁、张唐铁路、迁曹铁路等既有 GSM-R 系统的铁路有交叉并线关系。经过现场勘查后发现以下问题急需解决。

问题 1，车站：车站铁塔多为老式角钢塔，塔高、承重均无法满足 GSM-R 系统的需求，需新建铁塔，由于既有车站站场用地紧张，多处新建铁塔位置距离机房超过 100 m，基站（Base Transceiver Station, BTS）+ 天馈系统的方式无法实施。

问题 2，区间：考虑到征地赔补的费用具有极大的不确定性，新设区间站点应尽量设置在铁路红线范围内，减少征地赔补，并尽可能实现“零征地”。

问题 3，特殊区段：与多条既有 GSM-R 系统的铁路有交叉、并线关系，网络规划难度大，尤其是大秦铁路，为承载机车同步操控业务的重载铁路，GSM-R 系统无线网采用冗余覆盖方式，网络规划难度大。

解决这些问题需要设计人员充分利用既有技术、创新设计理念，制定切实可行设计方案，在功能性和经济性方面都达到相关要求。

## 3 方案制定

### 3.1 组网方案

#### 1) 设备选型

在充分查阅调研现有 GSM-R 系统设备的最新技术资料基础上，梳理出可供研究的关键性技术信息。

众所周知，目前，BTS、分布式基站（含基带单元（BBU）、射频拉远单元（RRU））、数字直放站均为 GSM-R 系统无线覆盖的主流设备，其中，数字直放站主要使用于隧道弱场区段，由于京哈铁路地处平原，且数字直放站只能以“共小区”的模式进行无线覆盖，因此，京哈铁路 GSM-R 系统无

线覆盖仅考虑基站与分布式基站搭配组网。

为节约区间基站用地，设计方案考虑引入室外型一体化机柜替代传统机房。室外型一体化机柜已广泛的应用于公共移动通信系统（移动、联通、电信等运营商），直接处于户外气候环境条件下，内部可集成通信电源、温控、监控等系统功能，各集成模块若发生故障可单独更换，为内部通信设备提供机械和环境保护的柜体。其特征是集成度高、扩展灵活、安装简单、支持整散件运输、整体运输和吊装、设备空间按温度逻辑分区、免进人维护等。

以下将针对基站组网方案、基站 + 分布式基站混合组网方案、分布式基站组网方案，从系统技术指标、实施指标、经济指标 3 方面进行比选。

#### 2) 技术、实施指标比选

方案一：基站组网方案。在车站及区间设置 BTS 设备，主要板卡冗余配置，频率利用率低，可靠性高；区间基站需新建机房及配套设施，经现场勘察测量，部分场坪超出了铁路限界，需新增用地，实施难度大；此方案无法解决车站新建铁塔位置距离机房过远的问题。

方案二：基站 + 分布式基站混合组网方案。在车站设置 BTS 设备，区间设置分布式基站 RRU 设备，RRU 设备通过光纤与基站设备连接，主要板卡冗余配置，频率利用率高，可靠性高；区间 RRU 设备可采用室外型一体化机柜安装，占地面积小，经现场勘察测量，可将场坪控制在铁路限界内，无新增用地，实施难度小；利用 BTS/BBU 设备与 RRU 设备灵活组网，将 RRU 设备与铁塔同址设置，可以解决车站新建铁塔位置距离机房过远的问题。

方案三：分布式基站组网方案。在车站设置分布式基站 BBU 设备，车站及区间设置分布式基站 RRU 设备。根据 BBU 设备配置的载频数，RRU 设备通过光纤与 BBU 设备连接，设备均冗余配置，频率利用率高，可靠性高；区间分布式基站可采用室外型一体化机柜安装，占地面积小，无新增用地，实施难度小；该方案同样可以解决车站新建铁塔位置距离机房过远的问题，如图 1 所示。

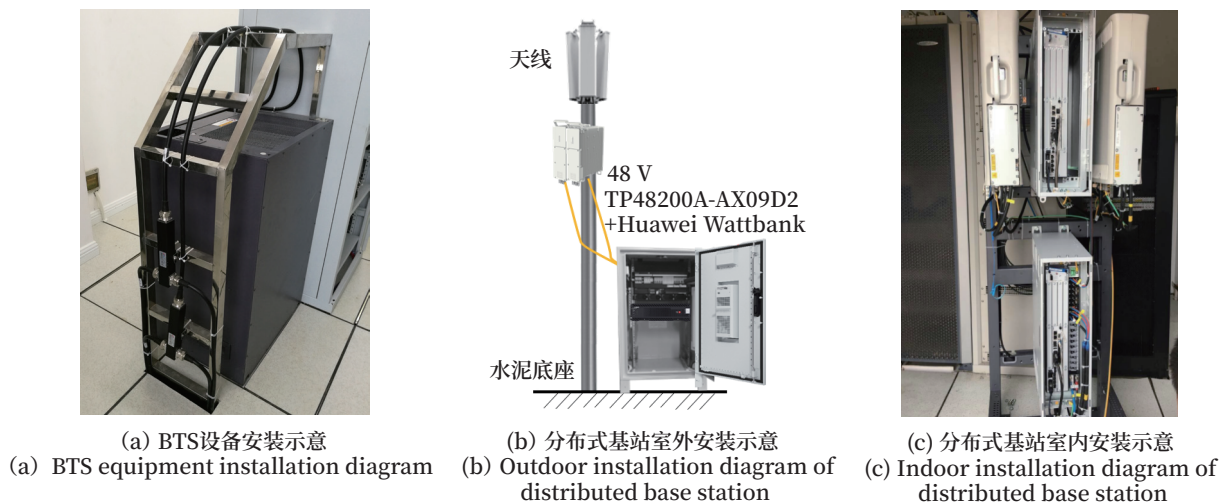


图1 基站与分布式基站安装对比示意  
Fig.1 Schematic diagram of comparison of base station and distributed base station installation

### 3) 经济指标比选

通过针对京哈铁路车站间距 8 km 以下区间、8 ~ 10 km 区间、10 ~ 16 km 区间、16 ~ 18 km 区间、20 km 以上区间 5 种情况对基站组网、混合组网、分布式基站组网方案进行造价分析, 得出单区间综合造价如图 2 所示。

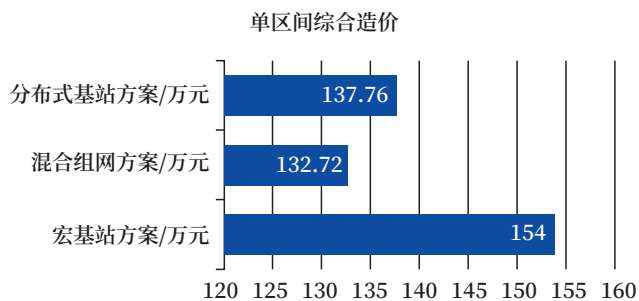


图2 单区间综合造价比选  
Fig.2 Comprehensive cost comparison and selection of single section

混合组网方案既充分利用 BTS 设备覆盖能力强的特点, 又很好的利用了 RRU 设备组网灵活、便于安装的优点, 综合造价最低。

### 4) 进一步优化

在现场调查过程中小组成员发现京哈沿线既有视频铁塔塔龄不足 10 年, 状态良好, 铁塔高度满足本工程 GSM-R 覆盖的需要, 因此考虑铁塔利旧方案, 并综合考虑 GSM-R 网络覆盖的需求, 可以大幅的减少新建铁塔数量。

考虑到工程中征地费用的不确定性, 本工程考虑采用室外型一体化机柜取代砖混结构的机房, 大幅度减少了场坪的使用面积, 使得所有场坪均纳入铁路限界范围内, 可实现全部新建站点“零征地”。

室外型一体化机柜虽已广泛的应用于公共移动通信, 公路旁、小区内等公共区域均随处可见, 但是由于可靠性差、功能分区简单等问题, 未在铁路 GSM-R 系统中得到广泛应用。因此, 设计人员在积极调研运维单位需求、分析各供货商的设备特点的基础上, 对室外型一体化机柜进行了优化设计, 为铁路“量身定制” GSM-R 系统室外型一体化机柜。较公网应用的室外型一体化机柜做如下优化: 优化柜体结构尺寸, 集成电源双切箱, 规范功能分区; 对柜体的材质、厚度、耐腐蚀、防火、保温提出具体要求; 要求柜体集成空调、热交换温控和加热盒等温控设备, 保证柜体内设备正常工作温度; 防盗措施、防盗装置的相关要求。如图 3 所示。

### 5) 提出解决方案

结合上述比选的情况, 对比打分情况 (每项满分为 5 分) 如表 1 所示。

综合考虑, 本工程采用方案二: 基站 + 分布式基站混合组网方案, 区间基站采用室外型一体化机柜取代砖混结构的机房。

## 3.2 特殊区段覆盖方案

### 1) 大型车站覆盖方案



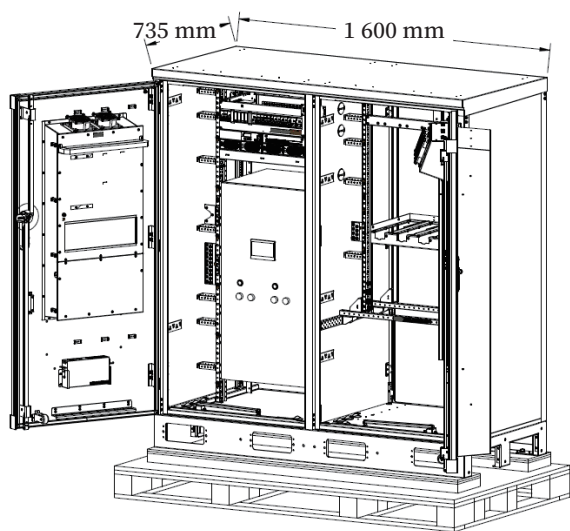


图3 箱体结构示意图  
Fig.3 Schematic diagram of cabinet body structure

表1 打分对比表  
Tab.1 Comparison of scoring

类别	评价项目	方案一	方案二	方案三
技术指标	频率利用率	3	5	5
	抗干扰能力	5	5	5
	业务可靠性	5	5	5
实施指标	施工困难度	3	5	4
	频率规划难度	4	5	5
经济指标	工程建设成本	3	5	4
	征地拆迁成本	3	5	5
	环境保护效益	3	5	4
分数汇总		29	40	37

大型车站由于站区范围大，不利于定向站型的覆盖，并且站房结构及站台雨棚对 GSM-R 信号屏蔽效果好，工程中往往需要对大型车站 GSM-R 网络覆盖进行特殊设计，例如在站台两端设置直放站 + 定向天线或在站台雨棚下设置室内分布天线对站台雨棚范围 GSM-R 网络覆盖进行针对性补强，这样虽然可以解决大型车站 GSM-R 网络覆盖问题，但是仍然存在多径时延干扰、站场范围内施工难度大等问题。

以北京站为例，北京站属特等站，站场雨棚规模大，且北京站为既有车站，地处北京市繁华区段，站场用地极其紧张，既有站场施工难度巨大，不具备新设铁塔条件，这需要在设计过程中，灵活利用现有设备，创新设计方案。如图 4 所示，设计人员在调查过程中发现北京站东侧约 1.3 km 处具备新设铁塔的条件，在这个位置通过合理的设置天线挂高降低入射角可以很好的解决北京站站台下的 GSM-R 网络覆盖问题，并能够充分利用定向天线主瓣角的宽度实现站场范围的 GSM-R 网络覆盖。最终的解决方案确定为，在北京站通信机房设置 BBU 设备，在北京站东侧约 1.3 km 的位置设置 RRU 设备、铁塔及天线。

## 2) 与既有 GSM-R 线路并线区段覆盖方案

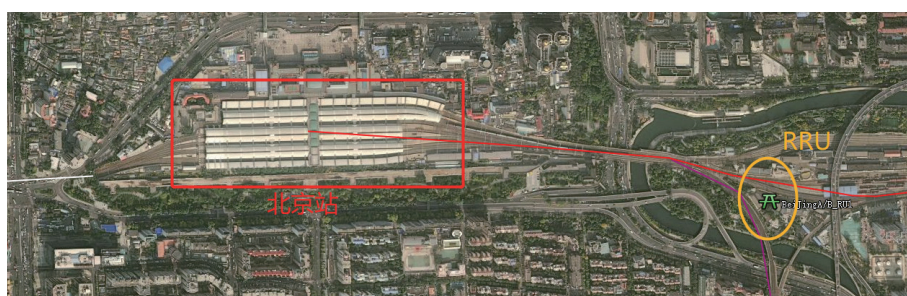


图4 北京站站场示意  
Fig.4 Schematic diagram of Beijing Railway Station

无论是新建铁路还是既有铁路的 GSM-R 系统工程，与既有 GSM-R 系统线路临近、并线的特殊区段是 GSM-R 系统工程的重点和难点，设计方案需要充分调查既有情况、合理的利用测试数据，充分掌握既有线路的 GSM-R 网络在本线的分布情

况，本文以京哈铁路、大秦铁路相邻区段为例，根据《中国铁路总公司关于做好特殊区域 GSM-R 网规划工作的通知》（铁总运 [2014]252 号）中的要求“以既有和在建的 GSM-R 网络为基础，按照各线均装备 GSM-R 系统的要求进行规划。规划和建

设是，应优先保障高等级线路运用，最大限度减少对既有无线网络物理设施的调整。”京哈铁路在段甲岭站-别山站区段与大秦铁路大石庄-蓟县西-翠屏山区段相邻（最近处约 200 m），其中，大秦铁路 GSM-R 网络承载机车同步操控业务，因此，京哈铁路 GSM-R 系统网络需要尽可能利用大秦铁路 GSM-R 网络并对本线进行必要的补强。

如图 5 所示，大秦铁路的 GSM-R 网络在本线段甲岭站以西的覆盖效果较差，且在段甲岭站两侧

各 1 km 范围切换关系较为混乱，如图 6 所示，本工程考虑在段甲岭站以东 1.6 km 处新设区间 RRU 设备，在段甲岭站设置 BBU 设备。为避免对大秦铁路的影响，RRU 设备只设置一个方向天线（西向，采用窄波瓣天线），用以覆盖段甲岭站以及区间，并在大秦铁路 DSZ-JXX03 基站新设段甲岭站方向天线，补强京哈铁路的 GSM-R 网络覆盖，新设的基站设备与大秦铁路 DSZ-JXX03A/B 小区设置邻区关系。



图5 京哈、大秦相邻区段既有GSM-R小区覆盖情况示意

Fig.5 Schematic diagram of existing GSM-R cell coverage in adjacent sections of Beijing-Harbin and Datong-Qinhuangdao railway



图6 京哈、大秦相邻区段线路示意及设备布置示意

Fig.6 Schematic diagram of line and equipment layout in adjacent sections of Beijing-Harbin and Datong-Qinhuangdao railway

大秦铁路 DSZ-JXX04A/B 小区与 JiXianXiA/B 小区在京哈铁路切换关系较为混乱，鉴于 DSZ-JXX04 基站距离京哈铁路仅为 200 m，在京哈线的覆盖场强良好，本工程考虑在 JiXianXi 增设京哈铁路方向天线，补强京哈铁路蓟县南站西侧区间的覆盖；本工程在蓟县南站设置 BBU 设备，在蓟县南站以西 0.8 km 处新设 RRU 设备（采用窄波瓣天线，距 DSZ-JXX04 基站 5.6 km，与大秦线直线距

离 1.5 km），实现蓟县南站以及区间的覆盖，新设的基站设备与与大秦铁路 JiXianXiA/B 小区设置邻区关系。

大秦铁路的 GSM-R 网络在京哈铁路蓟县南站至别山站区间内覆盖效果不佳，切换关系较为混乱，本工程考虑新设区间 RRU 设备，为避免对大秦铁路的影响新设区间基站均采用窄波瓣天线，并严格控制基站设备的发射功率。

## 4 实施跟踪

项目实施过程设计人员应全面跟踪项目实施进程,安排设计人员进行施工配合,分阶段进行设计交底,保障项目的顺利实施。在验收测试过程中,全程跟踪测试工作进程,并参与到网络优化过程中,与参建各方制定合理的网络优化方案。

京哈铁路 GSM-R 系统工程通过合理的设备选型、结合灵活的组网方案成功解决了车站新建铁塔位置距离机房过远的问题;通过灵活利用现有设备、创新设计方案,成功解决了大型站场的 GSM-R 网络覆盖问题;在充分调查既有情况、合理的利用测试数据基础上,成功解决与既有 GSM-R 线路并线区段 GSM-R 网络覆盖问题,系统各项指标均符合标准及规范要求。并且,参照公网的成熟经验,创新性提出“采用室外型一体化机柜替代传统机房”的区间站点设置方案,降低施工难度、节约建设投资。在后续 5G-R 系统建设中,考虑到 5G 系统的技术特点,5G 基站间距将小于 GSM-R 系统,区间采用室外型一体化机柜替代砖混结构机房的方案也可以应用于 5G-R 系统。

### 参考文献

- [1] 中华人民共和国铁道部.TB/T 3324—2013 铁路数字移动通信系统(GSM-R)总体技术要求[S].北京:中国铁道出版社,2013.
- [2] 中华人民共和国国家铁路局.TB 10006—2016 铁路通信设计规范[S].北京:中国铁道出版社,2017.
- [3] 中华人民共和国国家铁路局.TB 10088—2015 铁路数字移动通信系统(GSM-R)设计规范[S].

北京:中国铁道出版社,2016.

- [4] 中国铁路总公司.铁总运[2017]91号 铁路数字移动通信系统(GSM-R)分布式基站设备及组网暂行技术要求[S].北京:中国铁路总公司,2017.
- [5] 中华人民共和国铁道部工程设计鉴定中心.中国铁路 GSM-R 移动通信系统设计指南[M].北京:中国铁道出版社,2008.
- [6] 中国铁路总公司.铁总运[2014]252号 中国铁路总公司关于做好特殊区域 GSM-R 网规划工作的通知[S].北京:中国铁路总公司,2014.
- [7] 中国铁路总公司.铁总运[2013]189号 既有普速铁路无线列调系统改建 GSM-R 系统方案优化指导意见[S].北京:中国铁路总公司,2013.
- [8] 刘盛尧,孙传斌.高速铁路枢纽区段 GSM-R 系统解决方案[J].铁路技术创新,2011(2):30-34.  
Liu Shengyao, Sun Chuanbin. The Solution to the GSM-R in High-speed Railway Terminal Sections[J]. Railway Technical Innovation, 2011(2): 30-34.
- [9] 刘盛尧.铁路枢纽 GSM-R 系统网络规划及实施方案研究[J].铁路通信信号工程技术,2020,17(5):16-21.  
Liu Shengyao. Research on Planning and Application of GSM-R System Networks for Railway Hubs[J]. Railway Signalling & Communication Engineering, 2020, 17(5): 16-21.

(收稿日期:2021-07-06)

(修回日期:2021-08-09)

\*\*\*\*\*

### 广告索引

2021世界标准日公益广告 1  
中移铁通有限公司北京分公司  
2021世界标准日公益广告 2

封面  
封三  
封底