

文章编号: 1005-8451 (2009) 02-0038-04

室内覆盖系统在中国铁路的应用及工程实例

杨琪

(铁道第三勘察设计院集团有限公司 电化电信处, 天津 300251)

摘要: 通过对室内覆盖系统在中国铁路 GSM-R 系统、地铁 TETRA 系统、公网引入系统及公安无线引入系统中的应用案例进行介绍, 针对各频段、各制式的移动通信系统的室内覆盖系统的设计原则及技术方案进行了总结。

关键词: 室内覆盖; GSM-R; TETRA; 公网引入

中图分类号: TP393 **文献标识码:** B

Research on the indoor coverage solution used in China Railway Mobile Communication System

YANG Qi

(Electrification & Telegraphy Engineering Design Research Department, The 3rd Railway Survey & Design Institute Group Co., Ltd, Tianjin 300251, China)

Abstract: It was introduced the design principles and the technique of the indoor coverage solutions firstly used in China railway at Tianjin Station, the information about network configuration of indoor coverage solutions had been used for GSM-R System in China railway and for TETRA System, Public Mobile Communication System and the Analog Trunked Communication System for Public Security Bureau in subway.

Key words: indoor coverage solution; GSM-R; TETRA; public Mobile Communication

随着铁路的发展, 大型枢纽车站站房的建筑质量越来越高, 对室内形成较强的电磁波屏蔽, 造成大型站房内及站房地下建筑物(地下中转大厅)内等环境移动信号弱, 形成了移动通信盲区; 在大型站房的中间楼层, 由于来自不同基站信号的重叠, 易产生乒乓效应, 移动台切换频繁, 话音质量差, 掉话率高。需要引入室内的微蜂窝覆盖系统解决覆盖问题和通话问题。

对于地铁而言, 地下各车站的站房、站厅及控制中心的高层建筑也需要室内覆盖系统对移动台进行覆盖。并且公众移动通信网(移动 GSM、电信 CDMA、联通 GSM)及公安专用无线通信网对于地铁地下线路及地下站厅(台)也有覆盖需求。

1 室内覆盖系统的建设

1.1 室内覆盖系统的技术方案

1.1.1 微蜂窝有线接入方案

室内新建微蜂窝基站作为信号源, 即有线接

入方案。此方案的优点是微蜂窝基站能分担室外宏蜂窝覆盖基站的话务量, 增加网络容量, 且对室外宏蜂窝基站干扰小。其缺点是因为要为微蜂窝基站配置相应的传输系统及解决基站至交换机间的传输通道, 故投资比较大。

1.1.2 宏蜂窝无线接入方式

在室外基站容量富余的情况下, 室内新建射频直放系统, 通过使主天线接收室外宏蜂窝大站射频信号, 经放大后转发至室内吸顶天线阵覆盖室内弱场区。此方案对室外基站影响小, 不需要专用的传输通道引入。但是通过空中接口接收室外大站信号, 信源不稳定, 易受干扰。

1.1.3 光纤直放站接入方式

在室外基站容量富余的情况下, 通过在室内设置光纤直放站将室外信号引入室内的覆盖盲区。此方案成本较微蜂窝方案低, 施工方便; 但缺点是光纤直放站会降低基站的接收灵敏度, 减小基站的覆盖范围, 降低基站的容量。且光纤通道难以解决。

1.2 室内覆盖系统设计原则

1.2.1 设计思路

收稿日期: 2008-10-28

作者简介: 杨琪, 工程师。

(1) 考虑系统的投资效益比：以保证系统质量为前提，尽量降低造价；

(2) 为避免站房内信号对站台室外基站信号产生干扰，须严格控制站房内信号辐射到站台上：应保证站房外 10 m 处时，室内信号电平比室外信号电平低 10 dB；

(3) 应遵循联合国世界卫生组织与中华人民共和国国家标准 GB9175-88《环境电磁卫生标准》，微波辐射一级卫生标准为 10 uw/cm^2 ；

(4) 除非特别必要，应尽量不使用干线放大器，以减少噪声的引入；

(5) 若室内覆盖需引入不只一个小区的信号源时，应考虑不同小区间的信号泄漏和切换；

(6) 在地铁工程中，考虑公众网引入时多网合一覆盖，所有的耦合器、功分器和室内天线均采用宽频器件。

1.2.2 室内覆盖系统设计原则

1.2.2.1 设备选型

室内分布器件：一般采用天馈分布方式，无源器件主要使用耦合器分器、室内吸顶天线、八木天线。部分狭长地段可采用漏泄同轴电缆。

信号分配：通过耦合器和功分器将射频信号合理均匀地分配到所需要覆盖的各个楼层及地下空间。

1.2.2.2 室内吸顶天线覆盖效果预测

以距离天线 20 m 处 M 点为例：

天线口输出信号电平：10 dBm

900 MHz 信号 20 m 可视空间传播损耗：

$$L_b = 32.4 + 20 \lg d(km) + 20 \lg f(MHz)$$

$$= 32.4 + 20 \lg 0.02 + 20 \lg 900$$

$$= 58 \text{ dB}$$

以此类推，可得：

表 1 各频段室内覆盖天线传播损耗

	10 m	15 m	20 m	30 m
900 M (GSM-R, GSM)	52 dB	55 dB	58 dB	61 dB
800 M (TETRA, CDMA)	50 dB	54 dB	56 dB	60 dB
350 M (模拟集群)	73 dB	60 dB	57 dB	54 dB

室内吸顶天线增益为：2.1 dBi

多路径衰落余量约：8 dB

隔墙损耗约：10 dB

假设某天线输出功率为 -5 dBm，则：

距离该天线最远点 15 m 处的手机场强为：

$$-5 \text{ dBm} + 2.1 \text{ dBi} - 8 \text{ dB} - 10 \text{ dB} - 55 \text{ dB} = -75.9 \text{ dBm}$$

距离天线最远点 20 m 处的手机场强为：

$$-5 \text{ dBm} + 2.1 \text{ dBi} - 8 \text{ dB} - 10 \text{ dB} - 58 \text{ dB} = -78.9 \text{ dBm}$$

可知在天线按覆盖半径 20 m 时，天线出口功率控制在 -5 至 +10 dBm 范围内，可以满足 GSM-R 网络覆盖要求。

1.2.2.3 各吸顶天线的分布和功率分配计算

天线口功率的算法为：

$P = \text{天线所在微蜂窝或直放站的输出功率} - \text{合路单元的损耗} - \text{馈线总长度的损耗} - \text{馈线接头的损耗} - \text{器件的损耗}$

相应的各种常用器件及馈缆损耗列表如下：

表 2 室内覆盖常用器件及馈缆损耗

器件名称	损耗
二功分器	3.2 dB
三功分器	5.0 dB
四功分器	6.2 dB
6dB 耦合器	主通道：1.5 dB 耦合通道：6 dB
10dB 耦合器	主通道：0.6 dB 耦合通道：10 dB
15dB 耦合器	主通道：0.4 dB 耦合通道：15 dB
20dB 耦合器	主通道：0.3 dB 耦合通道：20 dB
1/2 馈线	7.3 dB/100m(900M) 11 dB/100m(1800M)
7/8 馈线	4.1 dB/100m(900M) 6.2 dB/100m(1800M)
接头	0.05 dB/个

2 GSM-R 室内覆盖系统

2.1 GSM-R 室内覆盖系统设计原则

2.1.1 GSM-R 系统简介

GSM-R 为铁路专用移动通信系统的简称，是目前中国铁路承载无线列车调度通信、无线调度命令传送、TDCS 无线车次号校核等功能的专用移动通信系统。其硬件结构与 GSM 网络一致，增加了增强多优先级与强拆 (eMLPP) 业务、语音组呼业务 (VGCS)、语音广播呼叫业务 (VBS) 等集群调度业务功能及功能寻址、基于位置的寻址、无线列调、调度数据和铁路综合信息接入等铁路特殊业务。

2.1.2 GSM-R 网络覆盖指标

(1) 站房内没有调车业务，故用户话务模型按车站地面用户忙时话务量为 $0.015 \text{ Erl}/\text{用户}\cdot\text{预测}$ ；

(2) 干扰保护比: 同频干扰保护比: 控制信道及列控业务信道 $C/I \geq 12 \text{ dB}$, 其他业务信道所在频率的 $C/I \geq 9 \text{ dB}$,

邻频干扰保护比: 200 KHz 邻频干扰保护比: $C/I \geq -6 \text{ dB}$; 400 KHz 邻频干扰保护比: $C/I \geq -38 \text{ dB}$;

(3) 连接建立失败概率: $<10^{-2}$,

(4) 无线覆盖边缘场强 $\geq -98 \text{ dBm}$ (参铁路标准, 低速语音信息);

(5) 在基站接收端位置接收到的上行噪声电平小于 -120 dBm ,

(6) 根据国家环境电磁波卫生标准, 室内天线的发射功率小于 $15 \text{ dBm}/\text{载频}$;

(7) 覆盖区与周围小区之间有良好的无间断的切换。

2.2 工程实例——天津站改扩建工程

天津站改扩建工程专用无线通信系统的场强覆盖范围: 地下进站大厅、高架候车厅、行包地道及旅客地道以及南站房综合楼, 共计约 4 万 m^2 。

配合京津城际铁路引入天津站, 该工程新设 GSM-R 二载频全向 O2 基站, 接入京津城际铁路北京 BSC。采用光纤直放站结合室内覆盖天线阵方式覆盖整个站房内部。新设设备包括: 1 个 GSM-R 基站、1 台光纤直放近端、4 台光纤直放远端机及天津站内 (北站房除外) 的所有约 150 付室内天线、4.8 Km 7/8 射频同轴电缆, 260 m 1/2 超柔射频电缆、800 m 短段光缆、30 套功分器、180 套耦合器等系统相关配线及安装附件等。

3 地铁室内覆盖系统

在地铁及城市轨道交通项目中, 由于绝大部分车站站台、站厅及相关线路均位于地下, 故室内覆盖系统规划的比重占地铁专用移动通信系统覆盖规划的 90% 以上。且由于地铁内存在着庞大的乘客流量, 也使得地铁地下空间内公众移动通信网的引入及市公安局专用公安、消防专用移动通信网的引入成为了必须。为节约投资, 统一利用地铁内电力、机房等资源, 许多城市都采用由地铁建设单位统一建设地铁调度专用移动通信系统、公网引入系统及公安无线引入系统, 建成后向相关运营维护单位移交的方式。故地铁内室内

覆盖规划时将以上系统统一考虑, 采用新建合路平台的方式将多个制式的不同频段信号统一接入覆盖。

3.1 TETRA 数字集群室内覆盖系统

TETRA (TErrestrial Trunked Radio 陆上集群无线电) 是由欧洲电信标准协会 (ETSI) 推荐的集群标准, 采用 TDMA 制度。该系统具有强大的集群功能及调度能力, 故在国内地铁项目中应用广泛。

由于地铁内列车调度的高安全性及高可靠性需求, 在目前各地铁项目中, TETRA 系统一直独立建设地下车站室内覆盖及隧道内覆盖系统, 不与其它公众网、公安网系统合设。其规划原理与本文前面所介绍的室内覆盖规划设计思路相同, 一般在按在地下覆盖区内 95% 的位置、95% 的时间无线覆盖边缘场强 $\geq -85 \text{ dBm}$ (无特殊说明边缘区域) 的原则规划。

目前在建的津滨轻轨二期工程、天津地铁二、三号线工程地下车站均在各车站设置 TETRA 集群基站作为室内覆盖信号源, 通过射频电缆及功分、耦合器接入在地下站台层、站厅层及各出入口均匀布设的室内吸顶天线, 以及接入隧道内敷设的漏泄同轴电缆, 为地铁内行车、环境控制、防灾等调度人员提供无缝覆盖。

3.2 公安无线室内覆盖系统

目前, 北京市、天津市和上海市等市公安局采用模拟集群系统。该系统在地铁地下车站设置数字集群分基站, 通过空中接口或光纤传输通道与市公安局地面大网联通。公安基站的控制信道设置为专用控制信道, 系统可以实现紧急呼叫、强拆强插通话、组呼维护、遥感复活和动态重组等诸多警用功能。

公安专用通信系统要求安全、可靠和无盲区, 故在地铁项目中均按公安无线引入系统单独建设考虑。在地下站台层、站厅层及各出入口均匀布设的室内吸顶天线, 以及隧道内敷设的漏泄同轴电缆通过射频电缆及功分、耦合器接入基站, 为地铁内公安人员提供覆盖。

3.3 公网引入室内覆盖系统

3.3.1 地铁内公网引入系统简介

地铁内需要接入的公网移动通信系统包括:

(1) 移动 GSM、移动 DCS1800;

- (2) 联通 GSM 系统、DCS1800；
- (3) 电信 CDMA 系统、PHS 系统（要求压缩 5M 带宽）；
- (4) 卫通 GOTA 系统（少数城市）。

为考虑未来 3G 系统引入，还需预留 TD-SCDMA、CDMA2000、WCDMA 接入条件。

由于地铁地下工程可提供机房面积有限、布线管道紧张等各方面原因，直接造成施工困难；且各运营商若分别进行地铁内室内分布系统的建设，会引起社会资源的极大浪费，故在地铁公众网引入系统提倡将室内分布系统合路建设，统筹规划，规范室内的多系统综合覆盖，实现地铁地下空间资源的共享，可以有效解决多个运营商多种技术体制的地铁内信号覆盖问题。

3.3.2 公网引入系统设计原则

3.3.2.1 共用机房、线槽统一建设

地铁建设单位统一规划设计公网引入机房，各运营商提供各自设备物理参数指标以及需求，由地铁建设单位统一预留设备机位、机房供电电源、空调、接地等配套设施。统一规划线槽开孔，多运营商共同使用，避免“多次开孔，多次穿缆”，对地下建筑结构产生不良影响。工程建设时，各运营商提供设备，由地铁工程建设人员依据设计图纸实施安装。

3.3.2.2 室内分布系统共用

采用天馈共用设备 POI (Ponit Of Interface)，对公网各系统进行合路，使得多运营商共同使用一套室内分布天馈，覆盖地下区间。

POI 又称多系统接入系统，特别指移动通信系统的多系统接入，它包括同频段内和异频段间的系统合路。

同频段内的系统合路：如移动 GSM 935-954 MHz 与联通 GSM954-960 MHz 的系统合路，通常采用 3 dB 电桥实现。

完成同频内的系统合路后，再使用多频段合路器完成异频系统间的合路：由于系统间频率间隔较大，对多频段合路器的指标要求较高，实现较为困难，为了确保系统间无干扰，通过收发分缆方式增加空间隔离，以及合路器的带外抑制达到隔离度指标。

注：附图 1 举例给出了 CDMA 与 GSM 合路的情况，POI 支持更多系统的同时合路。

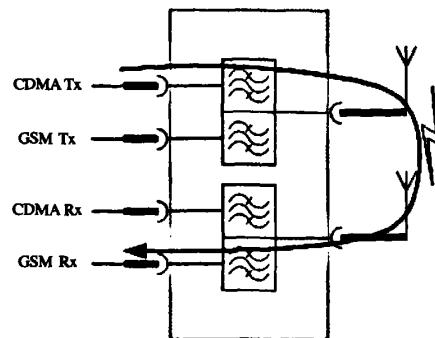


图 1 POI 室内分布隔离开度示意图

目前在建的天津站交通枢纽工程既采用公网共用室内分布系统方式：公网各系统（GSM、DCS、CDMA、PHS、GOTA、TD-SCDMA、WLAN 等）在交通枢纽地下机房新设光纤直放远端（RRU），其射频信号经 POI 多系统接入平台设备合路后分上、下行分别接入室内吸顶天线对地下主广场及副广场进行覆盖。

4 结束语

国铁大型站房内及地铁地下车站内室内覆盖系统的规划，需要综合考虑话务量、网络通信质量及覆盖范围的需求，周边的无线环境等因素，合理选用信号源和覆盖方式；进行覆盖链路预算及上下行链路平衡的计算；然后通过对各种射频器件、天线的选择和组合，进行功率分配系统的设计。并结合车站建筑景观的要求，合理设计天线位置及走线方式。对于在同一建筑内安装的不同制式通信系统的室内覆盖天线，要严格按照隔离度要求间距布设天线，以免系统间产生干扰。

参考文献：

- [1] 钟章队, 李旭, 蒋文怡, 丁建文, 张小津, 吴昊, 杨焱等. 铁路 GSM-R 数字移动通信系统 [M]. 北京: 中国铁道出版社, 2007.
- [2] 郑祖輝, 陆锦华, 郑嵒. 数字集群移动通信系统 [M]. 北京: 电子工业出版社, 2005.
- [3] 苏华鸿, 孙儒石, 杨孜勤, 王秉均. 蜂窝移动通信射频工程 [M]. 北京: 人民邮电出版社, 2005.
- [4] 吴忠志. 移动通信无线电波传播 [M]. 北京: 人民邮电出版社, 2002.