



其他

铁塔公司多运营商高铁共建站址设置方案

王星, 秦文, 周双波, 王韬

(中国移动通信集团设计院有限公司, 北京 100080)

摘要: 高铁速度快、穿损高, 运营商网络制式、覆盖电平要求多样, 选址问题是高铁覆盖中的难点。分析了各运营商覆盖受限的网络, 对比了各系统重叠切换区域的设置, 研究了不同车体的损耗, 从提升共建共享利用率的角度给出了一种铁塔公司多运营商共建站址的设置方案。

关键词: 铁塔; 多运营商; 高铁; 共建; 站址

中图分类号: TN929.53

文献标识码: A

doi: 10.11959/j.issn.1000-0801.2015361

A multi-operators co-construction site plan of high-speed rail by Chinatower

WANG Xing, QIN Wen, ZHOU Shuangbo, WANG Tao

China Mobile Group Design Institute Co., Ltd., Beijing 100080, China

Abstract: With high speed, high penetration losses, multiple networks and multi-standard coverage levels, site plan is the key point of multi-operators coverage of high-speed rail. A multi-operators co-construction site plan by Chinatower was proposed by analyzing the limited coverage networks of operators, comparing overlapping switch area settings of various systems and investigating penetration losses of various trains.

Key words: Chinatower, multi-operators, high-speed rail, co-construction, site

1 引言

根据行业标准《高速铁路设计规范》中的定义, 高速铁路定义为新建铁路旅客列车设计最高行车速度达到 250 km/h 及以上的铁路。各运营商各个系统的高铁公网覆盖都要求带状连续覆盖, 而高铁贯穿多种地形地貌, 同时高速移动带来的多普勒频移大、切换频次多、各系统切换时间不一致、重叠覆盖切换区随车速而增大、高铁车体穿透损耗高、不同车体穿损相差大等因素使得铁塔公司在多运营商共建公网覆盖的最大难题是站址的选择。一个好的站址设置方案必须既满足各运营

商多系统的良好覆盖, 又能最大限度地共建共享, 本文通过分析各运营商覆盖受限的网络, 研究各系统重叠切换区域的设置, 对比不同车体的损耗, 给出了这样一种方案。

2 高铁列车穿透损耗分析

高速铁路上行行驶车辆车型分为五大类和若干子类, 其设计时速会影响切换重叠区的设置, 穿透损耗直接决定了站距, 车体高度和车窗位置影响了站址高度、站址与轨道的距离以及入射角度。表 1 对高铁列车的重要参数指标进行了比较。



表 1 高铁列车参数一览表

序号	型号	子型号	设计最高时 速/(km·h ⁻¹)	运营最高时 速/(km·h ⁻¹)	编组定员	生产厂商	运行高铁线 路/(km·h ⁻¹)	车顶至轨面 高度/m	车窗距离轨 面高度/m	2 GHz 穿 透损耗/dB
1	CRH1	CRH1A	250	205	670	BST	200	4.04	2.072 5	28
		CRH1B		220	1 299	BST	200	4.04	2.072 5	
		CRH1E		250	618	BST	200	4.04	2.072 5	
2	CRH2	CRH2A	300	250	610	四方股份	250	3.7	2.005	24
		CRH2B	300	250	1 230	四方股份	250	3.7	2.005	
		CRH2C	370	350	610	四方股份	300	3.7	2.005	
		CRH2E	300	250	630	四方股份	250	3.7	2.005	
3	CRH3	CRH3C	350	350	601	唐车公司	300	3.89	2.06	28
4	CRH5	—	250	250	622	长客股份	250	4.27	2.00	28
5	CRH380	CRH380A	400	380	1 061	四方股份	300	3.7	2.005	26
		CRH380B	400	380	1 005	唐车公司	300	3.89	2.06	28
		CRH380C	400	380	1 053	长客股份	300	3.89	2.06	28
		CRH380D	420	380	—	BST	300	4.16	2.06	28

高铁列车车体损耗大,且不同区域的损耗值不同,如车厢连接处、乘客坐席处的损耗就不同。目前国内高速列车中除 CRH2、CRH380A(原型车 CRH2C)外,其他车型穿透损耗均较高。

对不同车型穿透损耗不同引起覆盖能力的差异分别进行核算,考虑到高铁线路上同时运营多种车型,如福建等南方线用到 CRH1 型车,沈阳等东北线用到 CRH380B 型车,因此本文采用高穿损车型为参考模型,以满足、兼容高速铁路通信网对全系列高速列车的参考要求。本文对各系统采用的穿透损耗见表 2。

表 2 各移动通信系统列车高穿透损耗参考

制式	GSM900/ CDMA	LTE FDD/WCDMA/ TD-LTE F 频段	TD-LTE D 频段
穿透损耗/dB	23~25	28~30	30

3 各通信系统覆盖分析

3.1 通信系统网络制式与覆盖目标

根据各运营商当前的通信系统网络制式和发展规划,近期分场景的系统建设典型需求见表 3。

主要场景为 3 运营商满足 5~7 个制式系统的建设需求,各系统高铁覆盖目标和要求见表 4。

3.2 通信系统网络制式链路预算

按照上文高铁车体分析结论和各运营商关于高铁覆盖的目标,分析各运营商各通信系统网络制式的链路预

表 3 高铁各运营商近期系统建设典型需求

区域/频段	市区	郊区/乡镇	农村
中国移动	GSM900	GSM900	GSM900
	TD-LTE (D 频段或 F 频段)	TD-LTE (F 频段)	TD-LTE (F 频段)
中国联通	WCDMA	WCDMA	WCDMA
	LTE FDD	LTE FDD	LTE FDD
中国电信	CDMA	CDMA	CDMA
	LTE FDD	LTE FDD	LTE FDD

算,选取覆盖受限的网络如下。

(1)中国移动主要是 TDD-LTE 覆盖受限

表 5 给出了限定条件下测算的 TDD-LTE 和 GSM 最大路径损耗结论。

(2)中国联通 WCDMA 系统语音业务和 VP 业务一般为上行链路受限

对于 FDD-LTE 系统,从链路预算可以看出,FDD-LTE 覆盖距离略大于 WCDMA CS64K 连续覆盖情况,因此基站站间距以 WCDMA CS64K 连续覆盖为准。表 6 给出了限定条件下测算的 WCDMA CS64K 和 FDD-LTE 最大路径损耗主要结论。

(3)中国电信主要是 FDD-LTE 覆盖受限

对于 CDMA 系统链路预算需要考虑 cdma2000 1x 语音和数据覆盖、Ev-Do 覆盖。Ev-Do 上行和 cdma2000 1x 数据上行链路预算接近,经比较,cdma2000 1x 数据上行覆盖受限。表 7 给出了限定条件下测算的 FDD-LTE 和 CDMA 最大路径损耗结论。

表 4 高铁各运营商网络覆盖目标和要求

网络制式及频率序号	电信运营企业	网络制式	参考指标	覆盖要求	有效覆盖率	速率要求
1	中国移动	GSM	RxLev、C/I	车外 $RxLev > -65$ dBm 且 $C/I > 12$ dB	90%	—
2		TD-SCDMA	RSRP、C/I	车外 PCCPCH $RSCP \geq -70$ dBm 且 PCCPCH $C/I \geq -3$ dB	95%	HSPA 业务时隙速率:下行/上行 ≥ 128 kbit/s
3		TDD LTE	RSRP、RS-SINR	车内 $RSRP \geq -113$ dBm 且 $RS-SINR \geq -3$ dB	95%	下行边缘速率(50RB) ≥ 1 Mbit/s
4	中国联通	WCDMA	RSCP、 E_c/I_0	车内 $RSCP \geq -95$ dBm 且 $E_c/I_0 \geq -12$ dB	95%	平均吞吐率:下行 ≥ 1 Mbit/s, 上行 ≥ 0.5 Mbit/s
5		FDD LTE	RSRP、RS-SINR	车内 $RSRP \geq -110$ dBm 且 $RS-SINR \geq -5$ dB	90%	边缘速率:下行 ≥ 2 Mbit/s, 上行 ≥ 0.512 Mbit/s
6						平均吞吐率:下行 ≥ 25 Mbit/s, 上行 ≥ 15 Mbit/s
7	中国电信	cdma2000 1x	Rxpower、 E_c/I_0	车内城区 $Rxpower \geq -90$ dBm 且 $E_c/I_0 \geq -12$ dB	95%	—
				车内城区 $Rxpower \geq -94$ dBm 且 $E_c/I_0 \geq -12$ dB	95%	—
8				车内城区 $Rxpower \geq -80$ dBm 且 $SINR \geq -3.75$ dB	95%	覆盖边缘吞吐量 ≥ 307.2 kbit/s 业务总吞吐量 ≥ 1.2 Mbit/s
		cdma2000 Ev-Do	Rxpower、SINR	车内城区 $Rxpower \geq -90$ dBm 且 $E_c/I_0 \geq -6.5$ dB	95%	
9				车内 $RSRP \geq -110$ dBm 且 $SINR \geq -3$ dB	90%	边缘速率:下行 ≥ 2 Mbit/s, 上行 ≥ 0.256 Mbits
		FDD LTE	RSRP、RS-SINR			

表 5 中国移动链路预算

项目	LTE 市区 F 频段	LTE 市区 D 频段	LTE 郊区、农村 F 频段	GSM 市区/郊区
车内最大允许路损/dB	113.41	111.41	115.5	114.7
覆盖半径/m	505	343	613	476/890

表 6 中国联通链路预算

项目	WCDMA CS64 上行	FDD LTE 上行
车内最大允许路损/dB	113.4	115.89
覆盖半径/m	1 140	1 290

表 7 中国电信链路预算

项目	FDD LTE 上行	CDMA 上行(郊区)	CDMA 上行(农村)
车内最大允许路径损耗/dB	115.89	120.04	120.04
覆盖半径/m	1 290	1 520	2 710

4 各通信系统重叠覆盖区分析

重叠覆盖区用于覆盖的相邻基站设置切换带,以免高速行驶列车行驶引发的快速切换导致掉话等行为。合理设置重叠覆盖区域是实现业务连续的基础,重叠覆盖区域过小会导致切换失败,过大则会导致站间距减小,因此高铁覆盖

要合理设计重叠覆盖区域。覆盖重叠距离应按式(1)计算。

$$L=2 \times V \times T \tag{1}$$

其中, L 为覆盖重叠距离, V 为列车时速, T 为切换时间。相邻小区间设置足够的重叠覆盖区域,以满足终端在高速移动过程中对切换时间的要求。考虑到小区间的双向切换,重叠覆盖距离应为切换距离的 2 倍以上,具体见表 8。

5 各通信系统高铁覆盖站间距要求

根据上文链路预算结论和重叠覆盖区域设置结论,参考各运营商的指导,考虑高铁 300 km/h 的主流速度,各通信系统高铁覆盖站距分析如下。

中国移动分市区 F 频段,市区 D 频段,郊区、农村 F 频段,场景站间距要求见表 9。对于市区内路段,LTE 应结合 GSM 高铁覆盖站点情况,采取共用+新建补充站点进行建设。GSM 高铁采用专网覆盖,市区站间距建议不超过 1 km,郊区、农村路段站间距建议不超过 1.7 km。

中国联通综合不同场景和小区组网技术对小区站间距的要求,给出站间距的设置,详见表 10。

从上述分析中可以看出,满足语音连续覆盖的站间距设置区间为 1.84~2.34 km,满足 CS64k 连续覆盖站间距



表 8 各移动通信系统列车运营速度与重叠区域对应

序号	车速/(km·h ⁻¹)	车速/(m·s ⁻¹)	重叠覆盖区域/m				
			WCDMA(2.4 s)	GSM(10 s)	GSM(12 s)	LTE(2 s)	CDMA(0.6 s)
1	250	69	167	694	833	139	42
2	300	83	200	833	1 000	167	50
3	330	92	220	917	1 100	183	55
4	350	97	233	972	1 167	194	58
5	380	106	253	1 056	1 267	211	64

表 9 中国移动网络站间距要求

场景	小区内/间	站/杆间距/km
市区 F 频段	小区内	1
	小区间	0.8
市区 D 频段	小区内	0.6
	小区间	0.4
郊区、农村 F 频段	小区内	1.2
	小区间	1
GSM 网络	市区专网	1
	郊区专网	1.7

表 11 高铁各运营商站间距推荐取值

运营商	小区内/间	站间距/m	备注
中国移动	小区内	1 000	TDD LTE 市区 F 频段
	小区间	800	
	小区内	600	TDD LTE 市区 D 频段
	小区间	400	
中国联通	小区内	1200	TDD LTE 郊区、农村 F 频段
	小区间	1000	
	小区内	1 800~2 000	WCDMA、FDD LTE
	小区间	1 600~1 800	
中国电信	小区内	1 200	市区 cdma2000 1x、FDD-LTE
	小区间	1 000	
	小区内	1 800~2 250	郊区、农村 cdma2000 1x、
	小区间	1 600~2 200	FDD LTE
GSM 网络		1 000	市区专网
		1 700	郊区专网

设置在 1.77~2.28 km。根据京沪高铁实测数据的分析,站间距应控制在 1.6~2 km。综合链路预算和实测结果,取其中最小值区间作为网络建设中站间距的设置要求,中国联通站间距设置区间为 1.6~2 km,最佳站间距区间为 1.6~1.8 km。

根据中国电信 CDMA 不同场景下链路预算结果,考虑受限因素,站间距市区约为 1 km,郊县及农村站间距约为 2.2 km。FDD-LTE 连续覆盖站间距在 1.77~2.28 km。

根据上文分析,鉴于 3 家运营商的使用频率、设备能力及组网方式不同,各运营商各制式高铁站间距推荐取值见表 11。

6 多运营商共建站址的设置方案

在满足各系统站距要求的基础上,要提高共建共享率,需详尽调研运营商的网络性能要求、频率使用方案、设备能力、设备型态,推荐使用多小区合并技术、同 PN 码等

技术提高站距,在此基础上进行统一的站点布局规划。具体步骤上可参考如下原则。

(1) 优先选取表 11 中站间距要求最严格的运营商进行规划布点,作为基础站点网络。

(2) 在基础站点网络上,按照其他运营商的覆盖需求,参考表 11 中的站距要求,进行需求合并,不断优化。

(3) 考虑到工程实施相对于规划站址的偏离,选址偏移要尽量控制在规划点方圆 $R/4$ (R 为基站覆盖半径) 范围内或 $D/6$ (D 为基站平均站距) 范围内,以保持基站网络结构的合理性,同时参考表 11 选址偏移要求不影响小区内合并以及小区间切换。

表 10 不同方式站间距设置

业务类型	站间距设置	双 RRU0.5+0.5 共小区方式	RRU 功分方式	多 RRU 并联共小区(链状级联且小区合并)
AMR12.2 连续覆盖站间距	市区内/km	1.91~2.13	1.55~1.81	2.12~2.34
	市区外/km	1.84~2.06	1.48~1.74	2.12~2.34
CS64 连续覆盖站间距	市区内/km	1.84~2.07	1.50~1.77	2.05~2.28
	市区外/km	1.77~2.00	1.43~1.70	2.05~2.28

天线挂高按照 COST231-Hata 模型的适用范围, 每升高 5 m 获得的平均增益见表 12。

在具体工程中, 天线视距覆盖不被树木等遮挡的条件下, 可根据站间距要求调整天线挂高, 覆盖距离要求较大的天线可挂于塔桅较高位置, 并根据共享情况确定挂高。

考虑 4 小区合并 6 塔桅建设市区和郊区站间距示例分别如图 1 和图 2 所示。

7 结束语

铁塔公司多运营商高铁共建公网覆盖涉及面广、选站难度大, 站址设置方案必须分析各当地运营商的具体覆盖要求、设备选型情况, 考虑具体高铁线路的实际运行情况, 寻求最大限度的共建共享。今后还需继续深入研究隧道、

桥梁等特殊场景的高铁共建公网覆盖方案。

参考文献:

[1] 国家铁路局. 铁路 GSM-R 数字移动通信系统设计规范 TB 10088-2015 [S]. 2015.
State Railway Administration. Code for design of railway digital mobile communication system (GSM-R): TB 10088-2015[S]. 2015.

[2] 国家铁路局. 高速铁路设计规范 TB 10621-2014[S].2014.
State Railway Administration. Code for design of high speed railway TB 10621-2014[S]. 2014.

[3] 中国移动通信集团有限公司. 4G 网络高速铁路覆盖技术要求[S]. 2014.
China Mobile Communications Corporation. Technical requirements for high speed railway coverage of 4G network[S]. 2014.

表 12 覆盖半径与高度变化获得增益变化关系

覆盖半径/km	1.5	1.2	1	0.9	0.6	0.5	0.3
每升高 5 m 获得的平均增益/dB	0.90	0.86	0.83	0.81	0.74	0.71	0.63

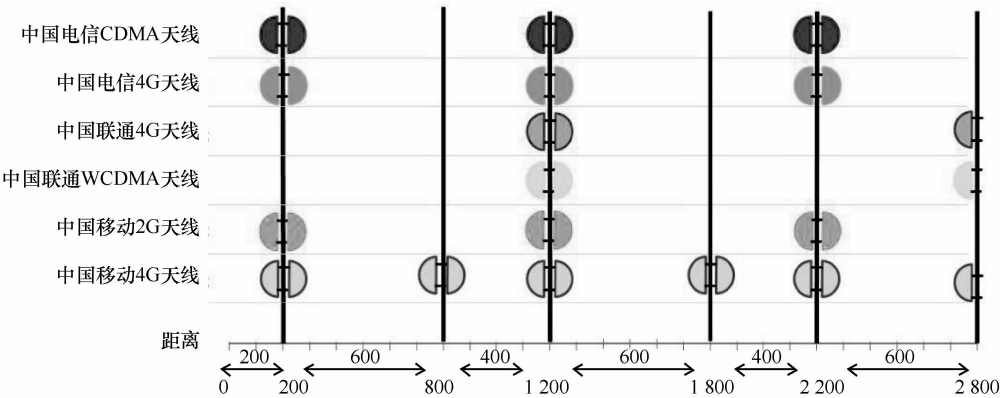


图 1 市区 4 小区合并 6 塔桅站间距示例

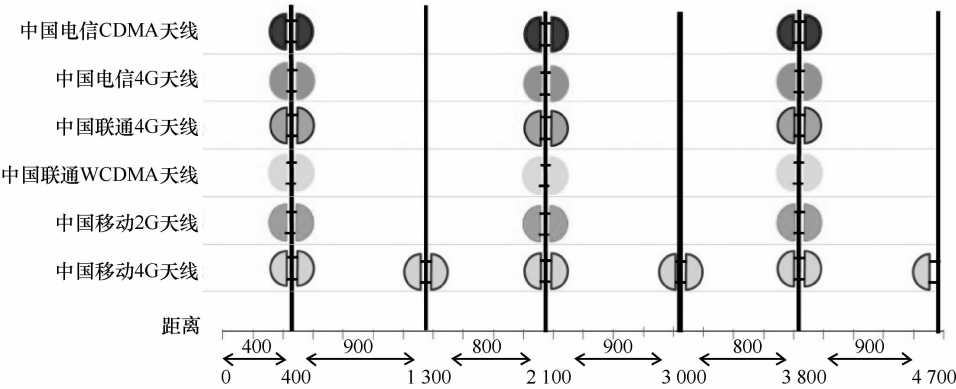


图 2 郊区农村 4 小区合并 6 塔桅站间距示例



- [4] 中国移动通信集团有限公司.关于高速铁路覆盖网络建设的指导意见[S]. 2012.

China Mobile Communications Corporation. Guiding opinions on the construction of high speed railway covering network [S]. 2012.

- [5] 中国联合网络通信集团有限公司. 高速铁路 WCDMA/LTE 网络建设指导意见[S]. 2014.

China Unicom Co.,Ltd. Guiding opinions on the construction of WCDMA/LTE network of high speed railway[S]. 2014.

- [6] 中国电信集团公司. 高速铁路 CDMA 网络建设指导意见[S]. 2009.

China Telecom Co.,Ltd. Guiding opinions on the construction of high-speed railway CDMA network[S]. 2009.

[作者简介]



王星(1978-),男,中国移动通信集团设计院有限公司高级工程师,主要研究方向为移动通信和电信基础设施共建共享。



秦文(1969-),女,中国移动通信集团设计院有限公司高级工程师,主要研究方向为移动通信。



周双波(1969-),男,中国移动通信集团设计院有限公司教授级高级工程师,主要研究方向为 2G/3G/4G 无线网络深度覆盖和电信基础设施共建共享。



王韬(1973-),男,中国移动通信集团设计院有限公司高级工程师,主要研究方向为移动通信。