



“十二五”国家重点图书出版规划项目
中国隧道及地下工程修建关键技术研究书系

XIANDAI DITIE
MINYONG
WUXIAN TONGXIN

现代地铁



民用无线通信

蒲先俊 陶孟华 编著



人民交通出版社股份有限公司
China Communications Press Co., Ltd.



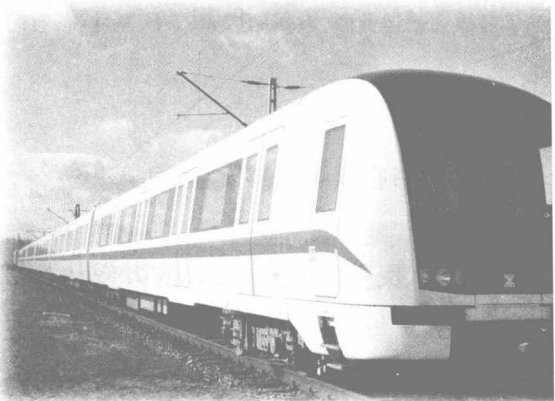
“十二五”国家重点图书出版规划项目

中国隧道及地

书系

XIANDAI DITIE
MINYONG
WUXIAN TONGXIN

现代地铁



民用无线通信

蒲先俊 陶孟华 编著



人民交通出版社股份有限公司
China Communications Press Co., Ltd.

内 容 提 要

本书以深圳地铁通信工程建设为基础,对现代地铁民用无线通信系统进行了全面论述和重点剖析。全书共十章,内容包括:总论、地铁里的电波传播、泄漏电缆、POI(多网接入平台)、区间设备、接入系统及其核心技术、传输系统、越区切换、场强覆盖、干扰及其抑制。

本书可供城市轨道交通以及相关行业的通信工程建设管理人员、系统设计人员和工程技术人员参考,也可供通信运营商、设备制造商、系统集成商、通信研究人员以及相关专业研究生参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

现代地铁民用无线通信 / 蒲先俊,陶孟华编著. —

北京:人民交通出版社股份有限公司,2016. 1

ISBN 978-7-114-12596-6

I. ①现… II. ①蒲… ②陶… III. ①地下铁道—无线电信 IV. ①U231②TN92

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 263410 号

书 名: 现代地铁民用无线通信

著 者: 蒲先俊 陶孟华

责任编辑: 吴燕伶

出版发行: 人民交通出版社股份有限公司

地 址: (100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街 3 号

网 址: <http://www.ccpres.com.cn>

销售电话: (010)59757973

总 经 销: 人民交通出版社股份有限公司发行部

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京盈盛恒通印刷有限公司

开 本: 787×1092 1/16

印 张: 18

字 数: 430 千

版 次: 2016 年 1 月 第 1 版

印 次: 2016 年 1 月 第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-12596-6

定 价: 56.00 元

(有印刷、装订质量问题的图书由本公司负责调换)



前言

地铁,全名地下铁路交通或地下铁路,是城市轨道交通的主要形式。


现代地铁,是现代化城市繁荣的重要象征,是投资最大的市政工程。

我国已经进入地铁建设的快速发展期。截至 2014 年底,我国内地运营、在建及规划建设地铁的城市共计 42 座,正式运营线路已达 97 条。

飞速发展的民用无线通信业务,也伴随地铁的开通而进入地铁。能否手机通话,能否上网,通信质量如何,早已成为地铁乘客关注的话题。将民用无线通信引入地铁也成为移动通信发展的一个重要领域。

本书以深圳和其他城市地铁建设为背景,以场强覆盖和干扰分析为主线,以系统集成和工程实践为视角,以通信理论和自身经验为依托,以形象插图和简明表格为手段,对现代地铁民用无线通信系统进行了深入浅出的全面论述和重点剖析,力求为读者送上一份丰盛而美味的技术大餐,希望对相关的建设管理人员、系统设计人员和工程技术人员有所裨益,亦可供通信运营商、设备制造商、系统集成商、通信研究人员和在校研究生参考。

全书共分十章。第 1 章,对地铁、地铁通信、地铁无线通信和地铁民用无线通信的概貌,移动通信技术的发展和移动互联网的突起,无线通信频率资源和地铁民用无线通信系统案例,进行了综合述评和介绍。第 2 章,在重温电波传播基本概念之后,着重论述了各种地铁场景下的电波传播,其中最后一节(地下建筑物内的电波传播)是作者的研究成果。第 3 章,对漏缆的发展、应用、构成、原理、指标、特性和测试进行了全面论述,其中对漏缆的泄漏频率和极化的分析,也是作者的研究成果。第 4 章和第 5 章,对 POI、频段分合路器和干放这三个关键设备,分别进行了深入剖析。第 6 章,对无线公网接入系统的引入原则、引入方案、实际系统及核心技术,进行了全面介绍。第 7 章,在光纤通信概念的基础上,论述了传输系统的总体要求、使用现状和复用体制,列举了 SDH 和 MSTP 传输系统的应用实例。第 8 章,讨论了越区切换的基本概念、技术分类、一般准则、控制方式和基本特征,并对各种体制系统的越区切换进行了分析。第 9 章,系统地讨论了公网场强覆盖,包括覆盖指标、典型配置、设计原则、边缘场强和覆盖方案。第 10 章,梳理了 4G 时期我国地铁无线通信频段,探讨了干扰形成机理、干扰抑制办法和干扰分析方法,重点分析了公网与专网间的干扰以及公网内系统间的干扰。书中部分内容是第一次公开发表,每章后面附有主要参考文献。



在此, 特别感谢深圳市地铁集团有限公司、广州市地下铁道总公司、中国电信深圳市分公司、中国中铁二院工程集团有限公司领导和同事的大力支持和真诚帮助, 感谢在地铁工程建设过程中, 设计院、监理单位、施工单位和通信集成商的交流与合作, 感谢家人对我们编撰工作的理解和支持, 感谢人民交通出版社的大力支持和高效工作。特别感谢在本书出版和资料收集中, 肖远强、周杭、蔡昌俊、黄格宁以及贺明、蒲瑶等的热情相助。封面照片由深圳市地铁集团有限公司提供(周元拍摄)。

我们虽然长期工作在第一线, 有较多的经验积累, 但由于时间、条件及水平的限制, 书中疏漏和错误之处在所难免, 诚挚欢迎读者批评指正。

作者

2015年8月28日





目录

第 1 章 总论	1
1.1 关于地铁	1
1.2 地铁通信	3
1.3 地铁民用无线通信	4
1.4 移动通信技术的发展.....	11
1.5 移动互联网.....	14
1.6 无线通信频率资源.....	15
1.7 我国地铁民用无线通信系统案例.....	18
1.8 《地铁设计规范》要求.....	25
本章参考文献	25
第 2 章 地铁里的电波传播	26
2.1 电波传播的基本概念.....	26
2.2 陆地移动环境中的电波传播.....	30
2.3 隧道里的电波传播.....	34
2.4 地面建筑物内的电波传播.....	40
2.5 地下建筑物内的电波传播.....	44
本章参考文献	50
第 3 章 地铁用泄漏电缆	51
3.1 泄漏电缆的发展和应用.....	51
3.2 泄漏电缆的构成.....	53
3.3 泄漏电缆工作原理.....	53
3.4 泄漏电缆的性能指标.....	58
3.5 深圳地铁漏缆.....	62
3.6 漏缆测试.....	73
3.7 2G 和 3G 时代公网漏缆的特性比较	77
本章参考文献	79
第 4 章 POI(多网接入平台)	81
4.1 概述.....	81



4.2	POI 基本功能	81
4.3	POI 基本构成	82
4.4	POI 整机指标	83
4.5	上海地铁 POI	85
4.6	深圳地铁一期工程 POI	89
4.7	深圳地铁 2 号线 POI	98
	本章参考文献	100
第 5 章	区间设备	101
5.1	概述	101
5.2	区间设备功能	102
5.3	区间设备组成	103
5.4	频段分合路器	107
5.5	直放站	112
5.6	干放	117
5.7	光纤直放站	124
	本章参考文献	131
第 6 章	引入系统及其核心技术	133
6.1	引入原则及方案选择	133
6.2	公众无线通信系统简介	135
6.3	不同时期的引入系统	138
6.4	引入系统的核心技术	151
	本章参考文献	162
第 7 章	传输系统	163
7.1	总体要求	163
7.2	光纤通信基础概念	164
7.3	系统技术现状	165
7.4	传输复用体制	170
7.5	SDH 传输系统应用实例	172
7.6	MSTP 传输系统应用实例	178
7.7	技术展望	186
	本章参考文献	188
第 8 章	越区切换	189
8.1	越区切换的基本概念	189
8.2	越区切换的技术分类	190
8.3	越区切换的一般准则	191
8.4	越区切换的控制方式	192
8.5	地铁无线通信越区切换的基本特征	193
8.6	地铁民用无线通信越区切换分析	196



8.7 各种体制系统的切换分析	202
本章参考文献	210
第9章 场强覆盖	211
9.1 引言	211
9.2 噪声综述	212
9.3 地铁无线公网场强覆盖指标	216
9.4 地铁无线公网覆盖设备的典型配置	216
9.5 地铁覆盖设计的原则、要求与步骤	220
9.6 地铁覆盖区的最低容限值(边缘场强)	221
9.7 地铁无线公网的隧道覆盖	224
9.8 公网覆盖地铁站台站厅出入口	229
9.9 公网对站台及相应站厅的覆盖	232
9.10 对地铁出入口的覆盖	239
9.11 用漏缆覆盖地铁站台	241
9.12 3G 时代的场强覆盖	244
9.13 4G 时代的场强覆盖	249
本章参考文献	250
第10章 干扰及其抑制	251
10.1 引言	251
10.2 干扰种类	252
10.3 干扰形成机理	256
10.4 干扰抑制办法	258
10.5 电磁兼容性与干扰分析法	260
10.6 4G 时期我国地铁无线通信频段	264
10.7 公网与专网间杂散干扰分析	266
10.8 公网与专网间互调干扰分析	269
10.9 公网内系统间杂散干扰分析	271
10.10 公网内系统间互调干扰分析	273
10.11 2.4GHz 频段特征分析	274
本章参考文献	278
附录	279

第1章 总论

1.1 关于地铁

地铁,全名地下铁道或地下铁路,是在城市中修建的快速、大运量、用电力牵引的轨道交通。列车在全封闭的线路上运行,位于中心城区的线路基本设在隧道内,中心城区以外的线路一般设在高架桥或地面上。

地铁和城市规划同步,可引领城市功能分区,使产业布局和调整趋于合理。

地铁在未来城市交通中将占一半以上。

地铁架起了一座不同阶层人们之间沟通的桥梁,让市民深切感受到“人同城,车同轨”的温馨。

地铁站作为现代城市的独特建筑,也是国际大都市的繁华象征。

地铁建设和运营水平反映城市现代化水平,是高质量城市化的重要组成部分。

据统计,截至2014年底,中国地铁(含轻轨)共有97条线路正式运营,其中运营线路数量最多的是北京17条,其次是上海14条,再次是香港的12条。如果香港另算,则地铁运营线路数量最多的四个城市正好是四个一线城市,即“北上广深”。在现已拥有地铁的城市中,随着城市不断向郊区扩大,或是补充和完善原有线网,各城市都选择继续兴建新路线或是延伸老路线。

截至2014年底,我国内地各城市地铁运营线路数量如图1-1所示,各城市地铁车站总量

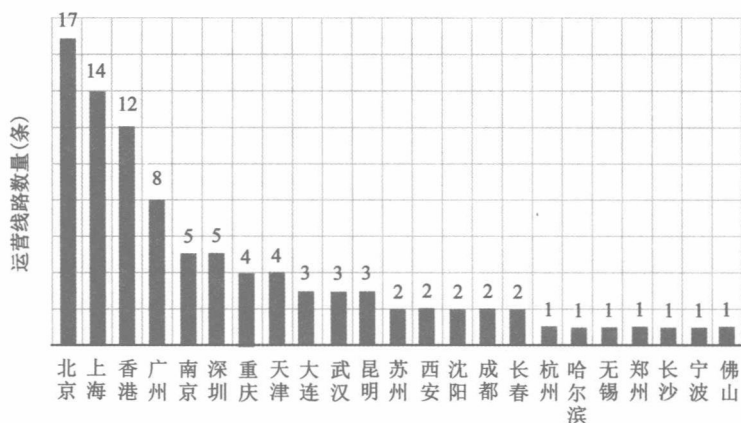


图1-1 我国内地各城市地铁运营线路数量

如图 1-2 所示,各城市地铁线网长度如图 1-3 所示。

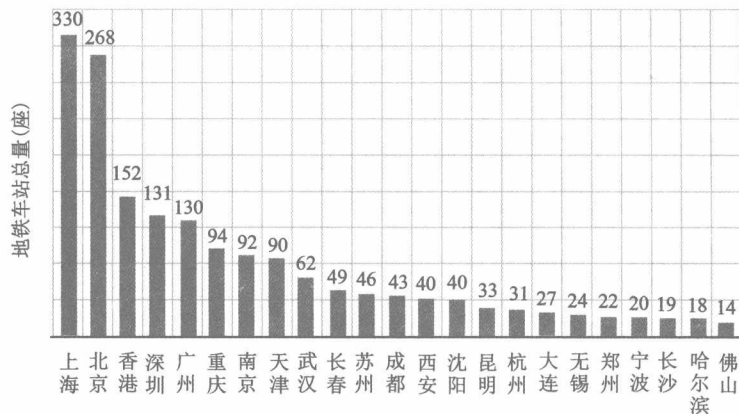


图 1-2 我国内地各城市地铁车站总量

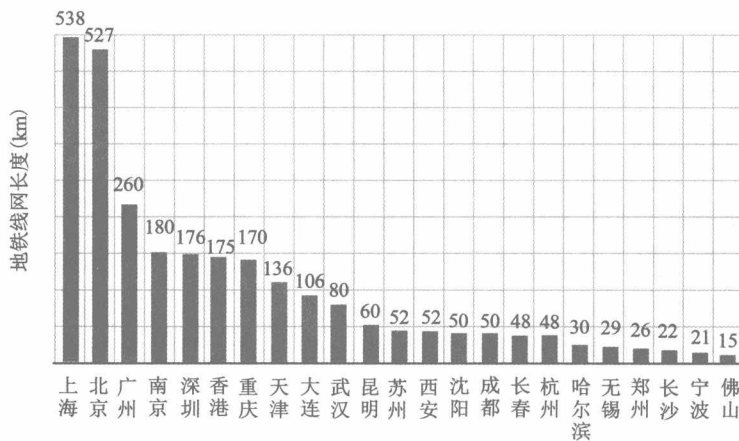


图 1-3 我国内地各城市地铁线网长度

实际上,除 2014 年底地铁运营的 23 座城市外,我国内地在建及规划建设地铁的城市还有 19 座,包括徐州、东莞、贵阳、常州、温州、福州、太原、乌鲁木齐、南昌、珠海、兰州、厦门、澳门、合肥、济南、南宁、泉州、南通、镇江。这样,我国内地运营、在建及规划建设地铁的城市共计 42 座。(台湾地铁运营城市有台北和高雄)

从 2014 年底的统计数据来看,上海地铁车站数量最多,有 330 座,而北京有 268 座名列第二。同时,上海和北京也分列线网公里长度排名前两位。这直接反映了两座城市面积之大,需要对应的地铁网络来覆盖。从客运量来看,北京地铁单日峰值超过 1000 万人次,而上海地铁客运量的历史最高峰值是 938.1 万人次。拥挤的地铁需要依靠密集的发车频率来疏散人流,但进一步的分流只能依靠合理的网络设计。

深圳,别称鹏城,计划单列市,中国国家区域中心城市(华南),地处广东省南部,珠江口东岸,与香港一水之隔,东临大亚湾和大鹏湾,西濒珠江口和伶仃洋,南边深圳河与香港相连,北部与东莞、惠州接壤。



深圳是我国改革开放以来所设立的第一个经济特区,是我国改革开放的窗口。2013年,深圳地区生产总值(GDP)14500.23亿元,比上年增长10.5%;人均GDP为22113美元;地方公共财政收入1731亿元,增长16.8%。深圳市域边界设有中国最多的出入境口岸。深圳是国家重要的综合交通枢纽和边境口岸,皇岗口岸实施24小时通关。

深圳市轨道交通的发展目标是:构筑以轨道交通为核心的一体化客运交通体系;远期公交在机械化出行中的分担率达到80%,轨道交通在公交中的分担率达到50%~60%。

根据2015年4月3日审议并原则通过的《深圳市轨道交通规划(2012—2040年)》,深圳城市轨道交通网络远期共规划20条线路,总里程约748.5km(含弹性发展线路约73.7km);同时规划5条城际线路,形成约146.2km的城际线网。加上国家铁路,深圳轨道交通总里程远景规划将达到1080km,轨道规模和密度与东京等国际先进城市基本相当。

时至2015年,深圳地铁正在进行三期工程建设,包括6号线、7号线、9号线、11号线(机场快线)和8号线(初步确定为跨坐式单轨系统)。

地铁工程,涵盖土建(主体结构)、车辆和机电设备三个方面。其中,机电设备又分为常规设备(通风、空调、给水、排水、车站照明等)和系统设备(信号、通信、电梯、自动扶梯、自动售检票、防灾报警、环境与设备监控、供电等)两大类。

就设计使用年限而言,地铁的主体结构是一百年,而机电设备一般只有十至二十年。因此,机电设备的建设、使用、升级、换代等任务,愈来愈受到广泛关注和高度重视。

1.2 地铁通信

地铁通信系统,是地铁机电设备系统的重要组成部分,是地铁的血脉和神经,由专用通信系统、民用通信系统和警用通信系统组成,如图1-4所示。

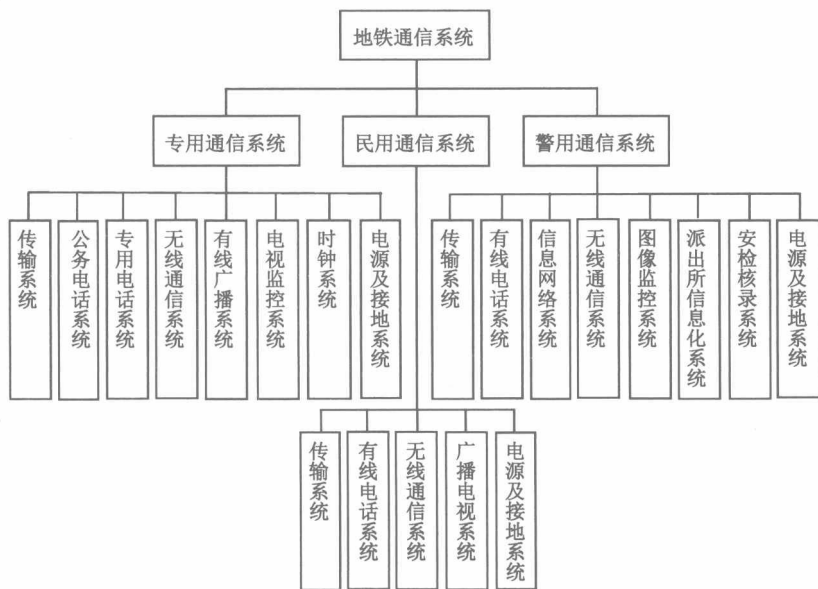


图1-4 地铁通信系统的基本组成

地铁专用通信系统的功能是:为列车运营提供多种调度指挥和通信联络手段;在灾害或事故情况下,作为应急处理、抢险救灾的手段。此系统由以下八个系统组成:传输系统、公务电话系统、专用电话系统、无线通信系统、有线广播系统、电视监控系统、时钟系统和电源及接地系统。

地铁民用通信系统的功能是:为旅客提供移动通信、有线电话和广播电视等信息服务。此系统由以下五个系统组成:传输系统、有线电话系统、无线通信系统、广播电视系统和电源及接地系统。

地铁警用通信系统的功能是:为保证市民的出行安全和地铁列车的运行安全,为快速、准确、高效地执行地铁安全保卫任务,提供信息通信保障。此系统由以下八个系统组成:传输系统、有线电话系统、信息网络系统、无线通信系统、图像监控系统、派出所信息化系统、安检核录系统和警用电源及接地系统。

此外,有的城市把政务通信系统(或称应急通信系统),也列在地铁通信系统或地铁无线通信系统之中。

由此可见,地铁通信系统不是单一的系统,而是多个独立系统的组合。这些独立系统在不同的运营环境下,应能可靠地协调工作,以使整体作用最大化。

1.3 地铁民用无线通信

值得一提的是,在我国地铁行业中,人们习惯于把专用无线通信系统称作无线专网,把民用无线通信系统称作无线公网。本书尊重并使用这种习惯叫法。

1.3.1 地铁民用无线通信的发展

研究表明,地铁发展史也伴随着一段通信发展史。

地铁最初是灯光通信和有线电话通信,后来虽然增加无线通信,但都是用于列车调度和地铁运营的专用通信。在相当长时期内,地铁并无直接为公众服务的民用无线通信。

20世纪80年代中后期,无线寻呼出现了,并很快被引入地铁。20世纪90年代初期,蜂窝移动通信出现了,又很快进入地铁应用。

20世纪90年代后期,在建设上海地铁和广州地铁的时候,蜂窝移动通信已不再是单一的中国移动的GSM900系统,中国移动的GSM1800、中国联通的GSM900和CDMA800系统也争相上市,于是地铁里又有了新的移动通信。

2000年深圳地铁破土动工时,无线市话已有迅猛发展,数字电视亦已崭露头角,这就使得深圳不得不考虑把市话通(也称小灵通)、移动数字电视和立体声调频广播引入地铁(后来有所调整)。

如果说,地铁无线公网在上海和广州诞生并得到初步发展,那么地铁无线公网在深圳则得到了新的更大发展。

在深圳地铁一期工程的建设中,无线公网与地铁同时开通运行,而且引入移动通信系统之多前所未有的,为我们展示了地铁无线公网的如下发展:

(1) 接入网数的发展

从单网接入的延伸起步,向双网接入、三网接入发展,再向更多的无线公众网接入发展。



(2) 接入业务的发展

从接入无线寻呼和单项移动通信业务起步,向增加无线市话、移动数字电视、无线数据传输等业务发展。

(3) 覆盖地域的发展

从覆盖火车隧道和办公大楼起步,向覆盖地下铁路、地下商业城、大型会展中心、大型体育场馆、大型综合楼宇等地域发展。

(4) 覆盖技术的发展

从使用单频带分布式天线和单频带漏缆覆盖技术起步,向多频带(特宽频带)漏缆覆盖技术和无漏缆覆盖技术发展。

1.3.2 地铁民用无线通信的实质

从技术层面看,地铁无线公网是地面民用无线通信网向地铁的延伸,实质是一个无线多网接入覆盖系统。随着地铁的快速发展,地铁内乘客对移动通信的需求以及在地铁内发生的移动通信的通话量也在飞速增长。由于地铁内移动通信是地面移动通信的扩展和延伸,所以,地铁内移动通信的制式和技术也是和地面网的发展紧密同步的。

2000年以来,我国地铁引入民用无线通信系统的典型案例见表1-1(★为实际引入,☆为引入预留)。从中不难看出,实际引入及预备引入的系统有调频广播、移动数字电视、移动通信和移动互联网(WiFi)。而且,移动通信是引入的重点,移动互联网是引入的创新。

2000年以来我国地铁引入民用无线通信系统的典型案例

表1-1

序号	被引入的民用无线通信系统		北京地铁5号线 (2007年10月开通)	深圳地铁一期 (2004年12月开通)	深圳地铁二期 (2010年6月开通)
1	调频广播 FM		★	☆	☆
2	移动数字电视 DVB-T		☆	★(初期)/☆	☆
3	移动通信	2G			
		①联通 CDMA800	★	★	★
		②移动 GSM900	★	★	★
		③联通 GSM900	★	★	★
		④移动 DCS1800	★	★	★
		⑤小灵通 PHS	★	—	—
	⑥市话通 CDMA1900	—	★	—	
	3G				
	⑦联通 WCDMA				★
⑧电信 CDMA2000	☆	☆	★		
⑨移动 TD-SCDMA			★		
4	移动互联网(WiFi)		—	—	★(2号线改进)

当然,地铁内移动通信的引入,不是简单地像楼宇、大型馆所或商场室内覆盖,仅需安装天馈系统,在必要的弱场区增加有源设备,在通话量大的地方增加系统基站。地铁内的移动通信,与楼宇、大型馆所或商场室内覆盖有很多不同,主要体现在以下四个方面:

①人员的流动性很大,乘客进地铁主要是为了便捷和快速的交通,而且,乘客进入列车车厢后,会随着列车的运行,从车站进入隧道。成百上千人集体快速移动和切换,对移动通信系统的技术要求就非常高。

②地铁内空间非常狭小,在隧道内,天馈系统与移动终端(手机)的距离非常近,由此带来的系统的多径干扰和多普勒效应很明显。大量的人员和手机集中在车厢里,造成的阻挡也很严重。

③为了方便乘客出入地铁,地铁车站的出入口很多,有许多地铁车站和地下商业区相连,地下覆盖的信号和地面覆盖的信号的衔接和切换,频率的复用和网络优化都比较复杂。地铁是一个线状的交通工具,在地下走一个区间,到下一个车站,可能从地面来看,已经出了本区或本市,其如何计费,也是需要解决的问题。

④由于地铁是一个现代化程度很高的工程,在狭小的空间内布放了大量的各种控制和检测设备,仅仅无线通信系统就有四大类(专用、警用、消防、移动无线通信系统),其中移动无线通信系统又包含中国移动、中国联通、中国电信三大运营商的2G、3G、4G,共九个系统、几十个载频。所以,防干扰、抗干扰,以及避免对其他系统或设备产生干扰,也是一个重要的课题。

这一切说明,地铁内移动通信系统的建设不仅仅要跟随整个地面移动通信的技术发展而变化,而且,还要根据新通信体制的新的技术要求制订工程措施来满足其对覆盖环境和边界条件的要求。所以,要想跟随移动通信的发展,保持地铁内能够建设一个让乘客满意、通信质量高,并和地面网同步发展的通信系统,将是一个长期的、不断改进的过程;而且,只要移动通信系统不停止发展,这个过程就会不断进行。

1.3.3 地铁民用无线通信的系统功能

地铁民用无线通信系统(又称地铁无线公网),具有多网接入、射频分配、全面覆盖和网管监控四大功能,具体如下:

(1) 多网接入功能

所谓多网接入,就是完成对多个不同无线公众网发射与接收高频信号的接入。一方面,要将多路发射高频信号合成一路实施下行传输;同时,又要将多路接收高频信号合成一路实施上行传输。

(2) 射频分配功能

射频分配以POI为中心并分上下行两路展开,以减少相互之间的干扰。POI的一端与各运营商的基站相连,另一端与天线分布子系统及漏缆分布子系统相连。

(3) 全面覆盖功能

所谓覆盖,是指所接入(引入)的多个无线公众通信网,对地铁预定区域(包括运行中的车厢)实施信号场强的无线覆盖,以保证无线用户正常收发信息。

所谓全面覆盖,就是要保证覆盖区域在预定区域的95%以上。

(4) 网管监控功能

对每个射频网络及机房环境进行监测控制。各车站监控系统设备与中心机房之间的传输,由民用通信传输系统承担。



1.3.4 地铁民用无线通信的系统组成

地铁民用无线通信系统,主要由信源(基站)、多系统接入平台、信号分布系统、网管监控系统以及传输系统五大部分组成,如图 1-5 所示。

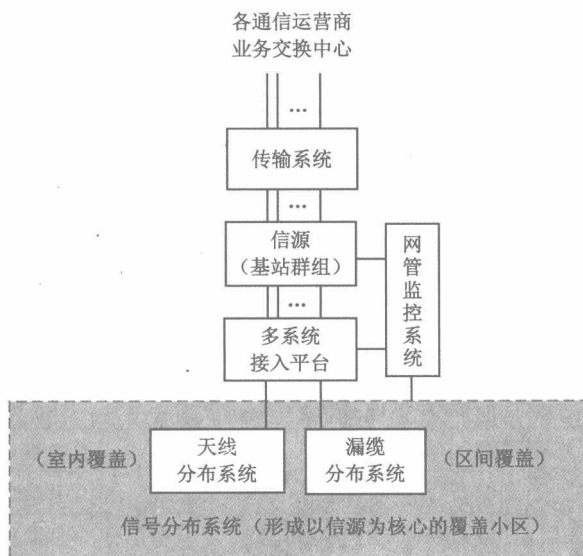


图 1-5 地铁民用无线通信系统基本组成

(1) 施主信源

施主信源是指商用的各类移动通信制式的基站,由通信运营商提供。

(2) 多系统接入平台(POI)

多系统接入平台,又叫多网接入平台,英文全称 Point of Interface 或 Point of Interconnection,缩写为 POI。包括下行 POI 和上行 POI,用于实现系统的“多网接入”功能。

(3) 信号分布系统

信号分布系统的上下行分开,包括:

①天线分布系统,用于车站、车辆段等处的室内覆盖。

②漏缆分布系统,用于区间(隧道和高架线)的覆盖。

当区间较长时,为保证传输距离,要加装以信号放大为核心的区间设备。

(4) 网管监控系统

由各站段的监测模块、传输网络和监控中心构成,用于对每个通信系统的射频网络及机房环境进行监测控制。

(5) 传输系统

各站点所设信源(基站群组),同各通信运营商业务交换中心之间通信信号的对口传输,以及网管监控信号的传输,都由传输系统完成。

应当指出,每个站点所设信源是一个基站群组,由频段不同的多个基站构成。因此,信号分布系统所形成的乃是以信源为核心的覆盖小区,而且若干个这样的覆盖小区首尾重叠——呈链状结构,从而实现对整个地铁线路的无缝覆盖,如图 1-6 所示。

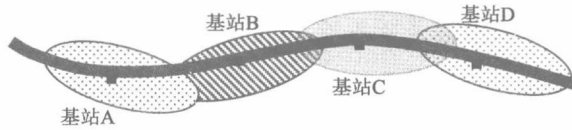


图 1-6 地铁无线公网的链状覆盖

深圳地铁一期和二期工程民用移动通信系统构成见表 1-2。两者的区别在于：

①一期工程引入的是 2G 系统(包括市话通)，二期工程引入的是 2G 系统(无市话通)和 3G 系统。

②一期工程区间设备是射频系统(射频直放站)，二期工程区间设备是光纤系统(光近端机 + 光远端机)。

③一期工程传输系统是 SDH 光纤传输系统，二期工程是 MSTP 光纤传输系统。

此外，地铁民用移动通信系统还有配合整个系统正常工作的供电系统和接地系统。

深圳地铁民用移动通信系统构成

表 1-2

序号	比较项目	深圳地铁一期工程 (2004 年 12 月开通)		深圳地铁二期工程 (2011 年 6 月开通)	
1	移动通信 基站群组	2G	①联通 CDMA800	2G	①电信 CDMA800
			②移动 GSM900		②移动 GSM900
			③联通 GSM900		③联通 GSM900
			④移动 DCS1800		④移动 DCS1800
			⑤市话通 CDMA1900		⑤联通 WCDMA
		3G	(预留)	3G	⑥电信 CDMA2000 ⑦移动 TD-SCDMA
2	区间设备	射频系统(射频直放站)		光纤系统(光近端机 + 光远端机)	
3	传输系统	SDH 光纤传输系统		MSTP 光纤传输系统	
4	区间覆盖设备	泄漏电缆子系统(上下行分设)			
5	车站覆盖设备	分布式天线子系统(上下行分设)			
6	监控系统	综合网管子系统			

1.3.5 地铁民用无线通信的关键技术

(1) 特宽频带

每个无线公众网都有规定的工作频带。由于至少两个公众网才叫多网，因此多网接入必然占据较宽甚至特宽的频带。上海地铁和广州地铁涉及移动和联通两个运营商的三个系统。深圳地铁一期工程目前涉及四个运营商的六个系统，即：

深圳移动的 900MHz GSM 和 1800MHz GSM。

深圳联通的 900MHz GSM 和 800MHz CDMA。

深圳电信的 1900MHz CDMA(市话通)。

移动数字电视(630 ~ 638MHz / 716 ~ 724MHz)。

如果考虑到调频广播和 3G 系统，无线多网接入覆盖系统的工作频带则从 100MHz 左右扩



展到 2400MHz 左右,频带特宽。

(2) 收发隔离(上下行隔离)

以京信通信系统控股公司的无线多网接入覆盖系统为例,除综合网管子系统外,其他三部分(装在每个站段)都有下行(发射)和上行(接收)两个通道,而且在电气上相互隔离(或称收发隔离)。

两个通道一个下行一个上行,分别包括下行 POI、下行分布式天馈子系统、下行分布式漏缆子系统,以及上行 POI、上行分布式天馈子系统、上行分布式漏缆子系统。这如同一条有隔离墙的双向高速公路,综合网管子系统管理则好似高速公路的监控中心。

(3) 互不干扰

互不干扰,是指公众网各系统之间,以及公众网与专用网之间,不能产生相互干扰,这在技术上又是一个系统工程。可能存在的主要干扰是杂散干扰、互调干扰和阻塞干扰。

1.3.6 地铁民用无线通信的优越性

地铁无线公网(地铁无线多网接入覆盖系统),与独立并行的多个接入覆盖系统相比,有明显的优越性,主要体现在以下五个方面:

(1) 有利于解决设备数量与设备安装空间的矛盾

地铁属大型地下建筑物,需要安装的设备很多,但安装空间非常有限。无线多网接入覆盖系统,较好地解决了设备数量与设备安装空间的矛盾。以隧道中漏缆为例,深圳地铁每个隧道只有 2 条漏缆(收发分开)。如果各系统各自敷设自己的漏缆,则需 8 条漏缆(收发合一)或 14 条漏缆(收发分开),难以甚至无法安装。

(2) 有利于避免各无线接入覆盖网间的相互干扰

覆盖与干扰是地铁无线公网要解决的两个关键问题,而如何避免各无线接入覆盖网间的相互干扰又是关键中的关键,因为如果干扰存在则覆盖便无从谈起。经验证明,解决多网相互干扰本身就是一个复杂的系统工程,只有通过统一规划、统一设计和统一调试,才能较好地解决多网相互干扰问题。

(3) 有利于整个系统的集中统一监控和高效管理

接入地铁的各个无线公众网都需要进行监管,因此都有自己的监控系统。采用无线多网接入覆盖系统后,实行集中统一的监控,必将使管理效率大为提高。

(4) 有利于系统的扩展与提高

为了便于系统的扩展与提高,整个系统在设计上都留有扩展的空间,都奠定了提高的基础。比如,系统的频带范围远大于现时需要的频带,以便新系统的加入。又比如,在功率容量上,系统也考虑了更多载频的工作。

(5) 有利于降低整个系统的建设成本和维护成本

由于设备数量和维护人员成倍的减少,系统的建设成本和维护成本必然明显降低。

1.3.7 地铁民用无线通信的总体指标

1) 环境电磁卫生要求

根据《电磁波环境控制限值》(GB 8702—2014)微波辐射一级卫生标准的要求,室内天线