



高等职业院校“十三五”规划教材——铁道通信类

GAODENG ZHIYE YUANXIAO SHISANWU GUIHUA JIAOCAI TIEDAO TONGXIN LEI

GAOSUTIELU

YIDONG TONGXIN XITONG YU SHEBEI WEIHU

高速铁路 移动通信系统与设备维护

主 编 ● 庞高荣
副主编 ● 向慕雨 刘 阳

 西南交通大学出版社

高等职业院校“十三五”规划教材——铁道通信类

高速铁路移动通信系统与设备维护

主 编 庞高荣

副主编 向慕雨 刘 阳



西南交通大学出版社
· 成 都 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

高速铁路移动通信系统与设备维护 / 庞高荣主编.

—成都: 西南交通大学出版社, 2017.7

高等职业院校“十三五”规划教材. 铁道通信类

ISBN 978-7-5643-5545-6

I. ①高… II. ①庞… III. ①高速铁路—铁路通信—移动通信—通信系统—维修—高等职业教育—教材②高速铁路—铁路通信—移动通信—通信设备—维修—高等职业教育—教材 IV. ①U238②U285

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 157105 号

高等职业院校“十三五”规划教材——铁道通信类

高速铁路移动通信系统与设备维护

主 编 / 庞高荣

责任编辑 / 李芳芳

封面设计 / 何东琳设计工作室

西南交通大学出版社出版发行

(四川省成都市二环路北一段 111 号西南交通大学创新大厦 21 楼 610031)

发行部电话: 028-87600564

网址: <http://www.xnjdcbs.com>

印刷: 成都中铁二局永经堂印务有限责任公司

成品尺寸 185 mm × 260 mm

印张 14.75 字数 340 千

版次 2017 年 7 月第 1 版 印次 2017 年 7 月第 1 次

书号 ISBN 978-7-5643-5545-6

定价 45.00 元

课件咨询电话: 028-87600533

图书如有印装质量问题 本社负责退换

版权所有 盗版必究 举报电话: 028-87600562

前 言

GSM-R 是在公网 GSM 标准基础之上,通过增加铁路调度通信功能和高速环境组成要素而建立起来的技术体制。它是开放性技术,随着业务需求的发展,我国积极开展基础理论的研究工作和应用技术条件的制定工作,推进设备及终端的国产化,并大力开发铁路新应用,同时,把握工程关键,合理制定工程设计指标及验收指标,注重工程后期的无线网络优化与运营维护工作。对世界铁路 GSM-R 的发展有着积极的推动作用和拉动效应。GSM-R 进入中国已有十余年的历程,经过理论研究、技术之争、政策审核、网络建设、施工验收等层层考验,目前应用情况良好。

近年来,教育部将高等职业教育人才培养目标定位于高素质高技能的培养,每年教育部举办的全国职业院校技能大赛的比赛内容均有无线网络相关内容。中国铁路总公司也举办了关于 GSM-R 技术设备操作的比赛。本书根据职业教育的目标与基本理念,结合 GSM-R 技术课程的特殊性,分八章分别阐述了 G 网的基本技术、相应标准、具体应用等,内容深入浅出,可作为高职院校通信类专业教材,也可作为从事 GSM-R 技术应用、运营、设备维护等方面工作人员的参考用书,亦可作为自学材料。

本书由湖南高速铁路职业技术学院庞高荣担任主编,湖南高速铁路职业技术学院向慕雨、刘阳担任副主编,湖南高速铁路职业技术学院聂立文教授担任主审,其中庞高荣编写了第一到四章,向慕雨编写了第五、六章,刘阳编写了第七、八章。在本书的编写过程中,得到了广州通信段、衡阳电务段同仁的技术支持与指导,也得到了西南交通大学出版社的关心和支持,同时湖南高速铁路职业技术学院通信教研室老师对本书编写提出了许多宝贵的意见,在此对他们表示诚挚的感谢。

本书在编写过程中参考了有关作者的文献和资料,在此一并表示感谢。

由于时间仓促,加之编者水平有限,书中难免存在疏漏之处,恳请各位读者批评指正。

编 者

2017 年 5 月

目 录

第一章 铁路移动通信概述	001
第一节 铁路移动通信的发展	001
第二节 GSM-R 的发展	006
第三节 GSM-R 的应用	009
本章小结	021
复习思考题	022
第二章 GSM-R 基本原理	023
第一节 移动通信基本概念	023
第二节 移动通信中信号的基本处理过程	028
第三节 无线区域覆盖结构	032
第四节 频率利用	040
第五节 移动通信中的控制与交换	052
第六节 移动网络的抗衰落、抗干扰技术	055
本章小结	066
复习思考题	068
第三章 GSM-R 网络结构	069
第一节 GSM-R 系统组成	069
第二节 GSM-R 系统接口	086
第三节 GSM-R 网络的互连	096
第四节 用户数据管理	100
本章小结	116
复习思考题	118
第四章 GSM-R 组网及业务	119
第一节 GSM-R 网内组网	119
第二节 GSM-R 网与其他通信网组网	121
第三节 GSM-R 网与铁路调度通信网 (FAS) 组网	123
第四节 GSM-R 工程组网	124
第五节 GSM-R 终端显示方案	125
第六节 GSM-R 的业务	127
第七节 铁路特定业务	129
本章小结	133
复习思考题	134

第五章 GSM-R 基站天馈系统	135
第一节 基站天馈系统组成	135
第二节 天 线	137
第三节 基站天线的分类和选型	141
第四节 馈 线	144
第五节 天馈系统的测试	146
第六节 基站天线参数的调整	147
本章小节	150
复习思考题	151
第六章 GSM-R 基站设备	152
第一节 基站机房的设备配置	152
第二节 GSM-R 基站主设备	153
本章小结	168
复习思考题	169
第七章 GSM-R 直放站	170
第一节 直放站概述	170
第二节 GSM-R 直放站设备	178
本章小结	184
复习思考题	184
第八章 GSM-R 基站建设与维护	186
第一节 GSM-R 基站工程施工流程	186
第二节 天馈系统的安装	189
第三节 漏泄同轴电缆安装	197
第四节 基站室内设备安装	200
第五节 GSM-R 系统的测试	209
第六节 GSM-R 基站维护	211
第七节 GSM-R 网络优化	222
本章小结	226
复习思考题	227
参考文献	229

第一章 铁路移动通信概述

近年来我国铁路得到了大规模的发展，重载运输，电气化改造，既有线提速，青藏线、武广高铁的开通等一系列的技术进步，推动了铁路通信信号的发展。截至 2015 年年底，我国铁路运营里程已达 12.1 万千米，位居世界第二位，预计到 2020 年，全国铁路营业里程将达到 15 万千米。在这样庞大的铁路交通运输网中，要想大幅度提高铁路复线率、电气化率、自动闭塞比重，实现主要繁忙干线客货分线运输，只能选择一种新的数字移动通信系统。铁路提速和客运专线网络化、智能化、综合化的行车调度指挥系统更需要高度可靠、高度安全、快速接入的综合移动通信系统以及透明、双向、大容量的车-地安全和调度指挥的信息传输通道。

既有线提速，客运专线、青藏线建设和高速铁路研究，为通信信号技术的发展提供了新的机遇。我国铁路发展移动通信网络的总体目标是建立语音、数据综合业务的移动通信系统平台，形成现代化的调度通信、公务移动、信息传输、列车控制一体化的通信系统，并向社会实时提供铁路客货运及其他服务的信息。铁路综合数字移动通信网络的形成是一项十分艰巨、需要持续发展的系统工程，与铁路运输组织、控制、生产、安全密切相关。它应该充分考虑世界移动通信技术的发展方向，特别是第三代移动通信技术，以及世界铁路市场规律和运输技术装备趋势，结合铁路运输的具体情况进行开发，形成一张覆盖铁路干线的巨大网络，以达到为铁路运输提供高质量服务的目的。

本章首先通过简要介绍铁路移动通信的发展状况，从全新的角度探讨发展 GSM-R、形成铁路专用综合数字移动通信的必要性、发展模式，同时介绍目前发达国家 GSM-R 的最新进展，以开拓我们的视野。最后介绍 GSM-R 在铁路上的业务及其应用。

第一节 铁路移动通信的发展

铁路移动通信系统是指铁路部门专用的移动通信系统。它负责实现铁路工作人员之间或铁路专用设备之间的无线通信。铁路移动通信是保证行车安全、防止作业事故、提高运输效率以及改善服务质量等不可缺少的通信手段，是铁路通信的重要组成部分。

一、我国铁路移动通信的现状

我国铁路目前已经形成了 12 万多千米的规模，成为国民经济的支柱产业和交通的命脉。铁路移动通信从 20 世纪 60 年代开始，设备不断发展，制式不断完善，在无线列调、平面调车、区间移动、单信道对讲机、道口无线、DMIS 无线车次号传输、尾部分

压无线传输、红外轴温无线传输等方面都有较大的发展。至今已形成全路全网的规模，成为保障铁路运输安全生产的重要手段。

1. 无线列车调度电话

目前，我国铁路无线列车调度电话系统作为行车“三大件”之一，对提高运输效率、保证行车安全有着重要作用。根据我国铁路运输的特点，铁路无线列车调度电话系统参考 UIC751 标准开发主要有 A、B、C 三种制式，为 450 MHz 或 150 MHz 的单工或双工通信系统，在全国铁路沿线的场强覆盖已经达到 93% 以上，能够完成列车调度员、车站值班员与进入其管辖区段内的列车司机、车长进行通话。无线列调从 20 世纪 60 年代起，经历了 TW8C/D、TW12、TW42 三代产品。

当前我国铁路正在推广使用机车综合无线通信设备(CIR)。该设备可配置 GPS 单元、GSM-R 语音单元、GSM-R 数据单元、高速数据单元、450 MHz 机车电台单元、800 MHz 列尾单元和列车安全预警车载电台单元等，可根据功能要求进行模块配置。它既满足以往铁路无线列调通信的要求，也适应铁路综合数字移动通信系统的需求。

2. 站场无线及各种单工通信系统

除了无线列调系统之外，在铁路的区段站、编组站还存在着包括平面调车等站场无线通信系统，另外还有许多部门单位投资建设各种独立的单工通信系统也广为使用。

平面无线调车系统解决峰头、峰尾之间编组场内的调车问题，以铁路调车标准为依据，提供了包括调车区长台、机车台、手持台的平面调车系统，不仅提供了语音通话功能，而且提供了包括信令传输、灯光显示、语音提示等一系列符合现场使用要求的专用功能，满足了调车指挥的需要，在全路得到了广泛的采用。

3. 各种独立单工通信系统

为了满足其他工种的作业通信要求和车站内部指挥的需要，在站场内及铁路沿线还存在大量由部门单位自行投资建设各种独立的单工通信系统，如工务、公安、电力、水电、电务维修、列检、施工等。这部分系统均以同频或异频单工通信方式为主，独立使用，缺少统一的规划和集中管理，但同时又是不可缺少的部分。

4. 集群移动通信系统

为加速铁路专用移动通信的发展，从 1991 年起我国铁路系统积极研究开发集群移动通信系统在铁路上的应用。安装了多套 800 MHz 单基站模拟集群移动通信系统进行试用，并在柳州至南宁铁路区段建设模拟集群移动通信系统试验线，主要开展话音业务。集群移动通信系统是多信道综合业务无线移动通信系统，可以为行车调度、客货站场调度指挥、公安保卫、施工维修等运输生产部门提供移动通信手段。

除了上述的几种铁标规定的标准无线列调制式设备，各设备生产厂家还根据现场的实际需要开发出一些新的满足铁路生产需要的无线产品，在功能上有许多扩展，也承载了许多新业务，包括：机车出入库检修电台、场强自动测试电台、400 M + 400 K 感应电台、区间互控式遥控电台、具有数话同传功能的无线列调电台等无线列调产品，列车无

线防护报警系统、监护道口无线报警系统、DMIS 无线车次号传输系统、列车尾部风压无线传输系统等。

二、既有铁路移动通信的不足

我国铁路从 20 世纪 80 年代末不断地研究和探索满足铁路运输需要的无线通信功能，既有无线列车调度通信制式经历了三十多年的运营，其他无线通信手段也基本是模拟制式。我国铁路正在朝高速铁路、客运专线方向发展，既有无线通信提供的业务和功能与现代铁路运输需要之间的差距在不断扩大，这种差距主要体现在以下方面。

(1) 模拟无线列调单信道制式严重制约铁路应用，枢纽地区同频干扰严重、信道接入困难已经开始妨碍使用。

(2) 铁路移动数据通信业务日益增多，无线车次号传输、尾部风压无线传输等都叠加在无线列调之上，造成本已紧张的无线列调信道更是不堪重负。

(3) 铁路工种繁多，各部门无线移动通信自成体系，不能互联互通。

(4) 模拟无线列调不能满足新一代基于通信的列车控制系统 (CBTC) 对车-地传输通道的要求。

(5) 单信道无线列调不能满足客运专线和高速铁路等现代铁路运输的信息化和旅客服务对车-地间传输提出的更高要求。

因此，现代铁路运输呼吁着一种崭新的移动通信制式。

三、现代铁路运输对移动通信的要求

随着铁路信息化的发展和高速客运专线的建设，现代铁路对移动通信提出了更高的要求。

1. 铁路信息化的需要

满足以旅客为主体的移动信息服务系统的需要，包括车上订票服务、电子移动商务、旅客移动增值服务等；满足铁路路网移动体（机车、车辆、集装箱等）实时动态跟踪信息传输的需要，为开展实时网上信息查询和各种管理信息系统提供移动传输通道。

2. 调度指挥和安全生产的需要

作为无线列调的更新换代产品，同时能够满足区间公务移动、紧急救援、调车编组作业、站场无线等移动话音通信的需要；满足 DMIS 无线车次号传输、列车尾部风压、机车状态信息、车辆轴温监测、线桥隧道监护、铁路供电状态监视、道口防护等移动和固定无线数据传输的需要；满足以移动列车为主体的安全信息分发与预告警系统的需要，确保沿铁路线的施工、轨道养护、平交道口与车辆、车站等人员和设备的安全，减少事故。

3. 青藏、高速、客运专线的需要

青藏铁路需要建设接近连续式的无线机车信号；铁路提速、高速和客运专线网络化、智能化、综合化的行车调度指挥系统需要高度可靠、高度安全、快速接入的综合移动通信系统，以及透明、双向、大容量的车-地信息传输通道。

4. 技术发展的需要

我国铁路移动通信从无到有，从模拟到数字，从单一业务到多业务再到综合业务，这一方面是铁路运输发展的需要，也是技术进步的趋势。IT 业在过去二十年突飞猛进，表现在：微电子技术从微米向纳米技术过渡；交换网络已程控化，从单一业务向智能多业务交换发展；骨干传输网朝着全光网络方向发展；接入网出现三网融合（计算机、通信、广播电视）；蜂窝公众移动通信已经完成从模拟到数字的过渡，朝着宽带多媒体发展；无线局域网朝着广带数据业务发展；计算机网络 IP 化，移动 IP 和移动计算成为电子商务的关键技术。IT 业的这些技术进步必将推动铁路综合数字移动通信网络的发展。

可以看出，既有的铁路移动通信系统已经不能满足现代铁路运输的要求，因此，必须要建设新一代的铁路综合数字移动通信系统。

四、铁路综合数字移动通信网络在信息化中的地位

1995 年的铁道部科技大会上指出铁路的发展最终取决于现代化，而铁路信息化是铁路现代化的主要标志。1999 年 4 月，铁路运输信息工作会议进一步指出了全路信息化建设的重要性，统一了进行铁路信息化建设的认识。铁路信息化是指在统一规划及有序组织下，充分利用国内外先进的信息技术与网络资源，深入开发、运用各种信息资源及信息系统，逐步实现铁路市场经营、运输生产、社会服务、运行维护和管理决策等方面的现代化。将信息技术广泛应用于铁路生产经营的各项活动中，可以改造传统产业，提高铁路运输生产率与竞争力。

信息化的关键是共享、使用、综合。铁路信息化体系由六大系统组成，即业务管理信息系统、过程控制与安全保障系统、办公信息系统、社会化信息服务系统、决策支持与综合应用系统、通信网络系统。其中通信网络系统又分为固定通信网络和移动通信网络两大部分，如图 1-1 和图 1-2 所示。各系统在信息化体系中处于不同的层次并相互作用、相互支撑，构成了紧密相连的有机整体。作为我国铁路信息化的基础结构，通信网络系统是所有其他五个系统进行系统传输与共享的根基，是铁路信息化建设和铁路现代化发展的关键因素，在铁路信息化建设中占有举足轻重的地位，达不到基本的通信要求，信息化只能是空谈。因此，在新的形势下，如何根据我国铁路的实际情况，融合世界先进通信与网络技术，快速而又高效地建设与形成我国铁路通信网络，对于加快铁路信息化建设步伐，促进铁路现代化发展，提高铁路的竞争能力，更好地为社会提供运输服务都具有非常重要的意义。

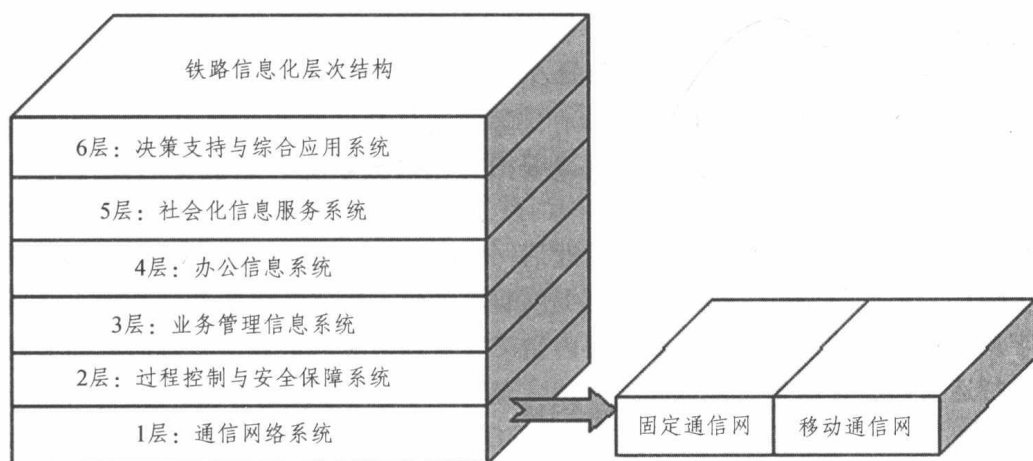


图 1-1 铁路信息化体系层次图

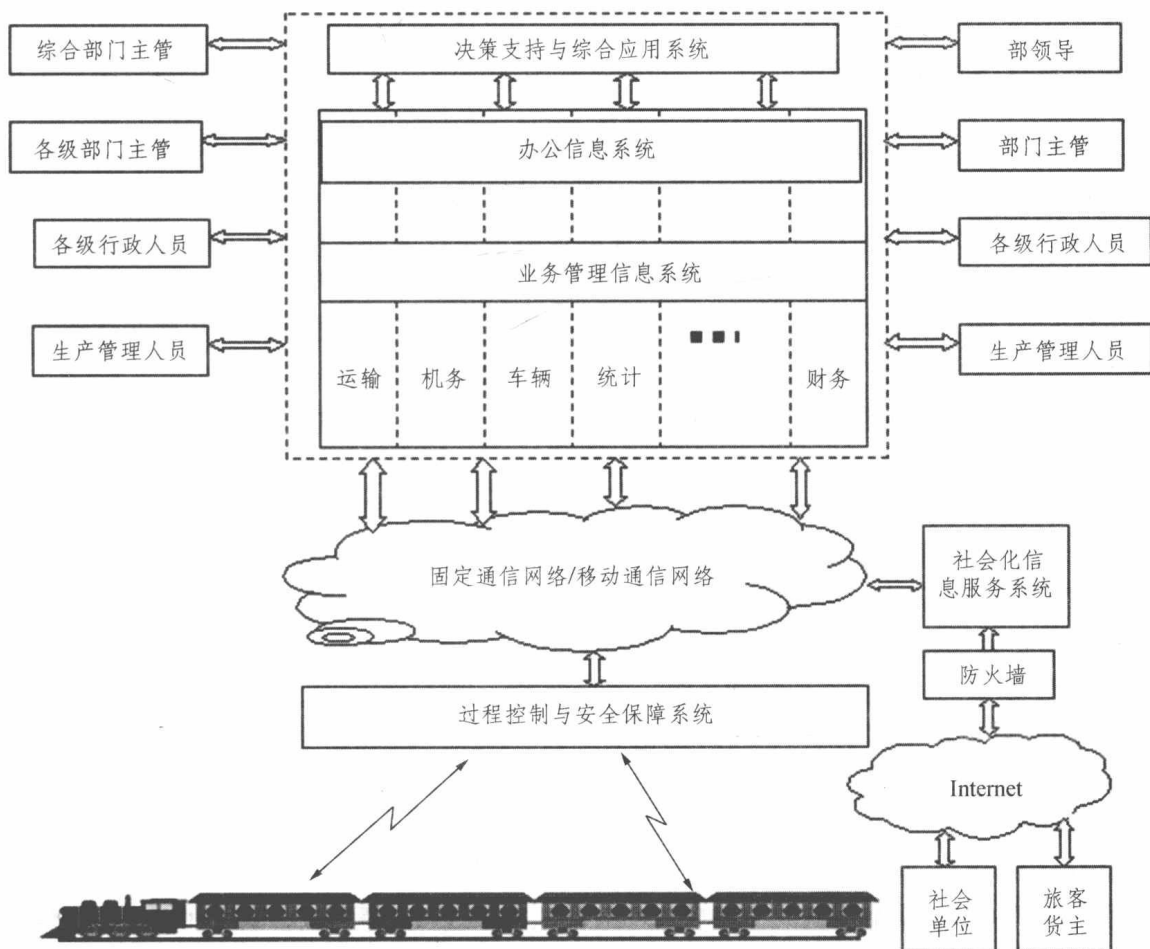


图 1-2 铁路信息化体系结构图

而作为铁路通信网络的重要组成部分，移动通信网必须满足铁路运输主业和路内各种需求服务，同时也要为广大旅客和职工提供服务。它的建设也必将奠定良好的网络基础和带来新的发展契机，带动铁路信息化进程，并大大提高铁路信息化水

平。随着 IT 技术和当代铁路的发展,铁路通信信号技术发生了重大变化,铁路通信信号技术相互融合,行车调度指挥自动化等技术,冲破了功能单一、控制分散、通信信号相对独立的传统技术理念,车站、区间一体化,机电一体化,运输调度指挥和列车控制一体化,推动了铁路运输调度指挥朝着数字化、智能化、网络化和综合化的方向发展。

我国铁路将通过综合数字调度移动通信网络的建设,实现铁路各种移动信息资源采集、传输,为现代化调度、指挥、控制提供通信平台。铁路各级生产和管理人员通过综合数字调度移动通信网络共享全路范围内生产和管理领域的信息,并且向社会实时提供铁路客货运及其服务信息。

第二节 GSM-R 的发展

一、GSM-R 的提出

随着欧洲政治、经济的不断发展,欧洲在国际事务中所发挥的作用越来越重要。欧洲在通信行业特别是移动通信中的影响可谓举足轻重,ISDN、GSM、WCDMA 等著名标准和技术均出自欧洲。欧洲对铁路行业的影响也是巨大的,国际铁路联盟(UIC)提出的高速铁路发展计划得到欧委会的采纳。在欧盟的 1996 年 7 月 23 日官方文件(96/48/EC)中,欧盟高瞻远瞩地提出泛欧高速铁路系统互操作性规定,从此使欧洲铁路进入一条可持续发展的道路。

欧洲铁路运输管理系统(ERTMS)就是继 96/48/EC 之后的一个很重要的欧洲铁路通信信号一体化发展项目,它包含两个重要方面:一个是欧洲列车控制系统(ETCS);另一个是欧洲铁路综合调度移动通信系统(GSM-R)。随着欧洲铁路网络的迅速发展,欧盟各国都亟待解决在列车高速运行时语音数据的可靠传输以及跨国运行时自动列车防护(ATP)的互操作性(兼容)问题。国际铁路联盟为满足欧洲 21 世纪铁路网络一体化进程向欧委会推荐了欧洲铁路综合调度移动通信系统——GSM-R(GSM for Railway)。

GSM 原意为“移动通信特别小组”(Group Special Mobile),是欧洲邮电主管部门会议 CEPT(欧洲电信标准组织 ETSI 的前身)为开发数字蜂窝移动系统在 1982 年成立的机构。随着移动通信设备的研制与开发及数字蜂窝通信网的成立,GSM 就逐步成了欧洲数字移动通信系统的代名词。欧洲的专家们将 GSM 重新命名为“Global System for Mobile Communication”,从而使其变成了“全球移动通信系统”的简称。全世界大多数国家都采用了基于 GSM 原始规范的 GSM、DCS1800、PCS1900 等系统,到 2002 年年底全球 GSM 的用户已经超过 7 亿。

GSM-R 系统基于公网 GSM 系统演变而来,在网络结构、设备功能方面无太大差别,重要的改变是为了适应铁路需求。因此,GSM-R 在 GSM 蜂窝系统上增加了调度通信功能和适合高速环境下使用的组成要素,能满足国际铁路联盟提出的铁路专用调度通信的要求。由于 GSM-R 可实现跨越国界的高速和一般列车之间的通信,能将现有的铁路通

信应用融合到单一网络平台中，以减少集成和运行费用，而且由于 GSM-R 是由已标准化的设备改进而成，GSM 平台上已经提供了大量的业务，因而引入铁路专用的功能时只需最低限度的改动，故能保证价格低廉、性能可靠地实现和运行；在 GSM Phase 2⁺中添加了 ASCI（增强的语音呼叫业务）特性，它能灵活地提供专网中所需的语音调度服务如 VBS、VGCS 和 eMLPP，因此 GSM-R 是面向未来的技术，它将从广阔的 GSM 公网市场和 GSM 技术的不断演进中获益，具有巨大的发展空间，GSM-R 在欧洲取得巨大的成功，目前超过 30 个铁路公司已承诺在其国际路网中使用该技术。截至 2003 年 6 月底，有德国、瑞典、瑞士、意大利、西班牙、英国、比利时、荷兰、芬兰等国家签订了全国铁路商用化合同，在 2005 年至 2008 年完成全国网络的建设。

GSM-R 系统很多技术借鉴了公网的 GSM 技术，保留了 GSM 的大体结构，因此从一开始 GSM-R 系统就是一个成熟可靠的系统，它的绝大多数软硬件都已在现网中得到检验。不仅如此，由于二者都可以工作在 900 MHz 频段，因此在无线网络规划方面也是基本相同的，GSM-R 系统的规划设计也可借助于已成熟的 GSM 系统工具，可以方便快捷地为用户提供网络设计安装。GSM-R 的基本特性已在铁路网的 MORANE 试验中得到安装、测试和验证。出于众多的需要，GSM 新技术如 GPRS 已经规范化并将安装使用，向 UMTS 的演进将提供新的业务和更加强大的无线系统。GSM-R 据此可最大限度地引入新的业务。

截至 2003 年 3 月，GSM-R 在全世界范围内的工程实施情况见表 1-1。

表 1-1 GSM-R 在世界范围内的进展情况

国家	项目名称	起始时间	运营时间	设备状况	线路全长
法国	SNCF 试验线	1997	2000/8	4BTS、1BSC/TRAU、1SGSN/GGSN	30 km
意大利	FS 试验线	1997/10	2000/9	19BTS、1BSC/TRAU、1MSC/VLR/HLR/AC	78 km
德国	GTS 试验线	1998/7	2000/9	18BTS、2BSC/TRAU、1MSC/VLR/HLR/AC	79 km
瑞典	SIR/Banverket 全国网	1998	2000 夏	400BTS、2BSC/TRAU、1MSC/VLR/HLR/AC、1SGSN、1GGSN、IN	8 000 km
瑞士	SBB ETCS 试验线	1998 底	1999 夏	6BTS、1BSC/TRAU、1MSC/VLR/HLR/AC	35 km
德国	DB 国家线	2000	2004	7MSC、60BSC、1600BTS、1IN	27 000 km
西班牙	GIF 高速线	2000/10	2003/3	100BTS、2BSC/TRAU、2MSC/VLR、IN、语音信箱、短消息中心	486 km
荷兰	NS-RIB 全国线	2000 底	2002 底	300BTS、4BSC/TRAU、1MSC/VLR/HLR/AC、1SGSN、1GGSN、IN、微波设备	两段 ETCS 试验线共 93 km、全国 2 800 km
匈牙利	MAV 试验线	2000/10	2001/3	12BTS、1BSC/TRAU、1MSC/VLR/HLR/AC、车载台	100 km

续表 1-1

国家	项目名称	起始时间	运营时间	设备状况	线路全长
英国	WCML	2001/3	2005	2MSC、1IN、175BTS	700 km
	CTRL 新线	2001/12		1BSC/TRAU、1MSC/VLR/HLR/AC	9 km
俄罗斯	MPS 试验线	2001/10	2002/10	16BTS、1BSC/TRAU、1MSC/VLR/HLR/AC、车载台、调度台	153 km
斯洛伐克	试验线	2002	2003 中	1MSC、40BTS、1IN	
意大利	FS ETCS 试验线	2002	2002/3	19BTS、1BSC/TRAU、1MSC/VLR/HLR/AC	78 km
	FS 全国 GSM-R 网络	2002	2005	1111BTS、1HLRi、4MSC	7 500 km
	TAV 高速线	2003	2003 底	1MSC、1IN、60BTS	218 km
瑞士	SBB 全国线路	2003	2003 中		3 200 km
美国				1MSC、1GGSN、1SGSN、2BTS、1IN	30 km

从以上分析,欧洲在选择发展新一代铁路综合数字调度移动通信网络的时候,经过了非常周密的标准制定、试验论证、法律准备、实施计划,预计 GSM-R 在世界铁路移动通信方面会如同 GSM 在世界公众蜂窝移动通信市场上一样成功。欧洲的经验值得我们学习和借鉴,我国铁路选择发展新一代综合数字调度移动通信网络也是当务之急的一件大事,事关铁路运输现代化的总体进程。

二、GSM-R 在我国的发展

欧洲 GSM-R 的成功运用,为我国铁路通信技术发展提供了良好的技术借鉴。我国从 1994 年就开始对铁路专用移动通信技术进行跟踪研究,原铁道部对铁路数字移动通信技术体制开展广泛论证,当时重点是对 GSM-R 和 TETRA 系统进行比较,由于 GSM-R 具有更适应铁路运输特点的功能优势,更成熟的技术优势以及更符合通信信号一体化技术发展的需要,更重要的是 GSM-R 支持铁路移动通信的可持续发展,最后确定采用 GSM-R 体制,并写入铁路技术装备政策。2003 年 2 月,铁道部建立 GSM-R 应用与模拟系统实验室,2003 年 9 月 22 日,信息产业部无线电管理局批准 GSM-R 的使用频段。自 2003 年 6 月开始,青藏、大秦、胶济三条线的建设,相关技术规范和标准的制定,工程建设可行性论证和建设规划的展开等,标志着 GSM-R 在我国铁路的全面实施。

我国铁路 GSM-R 网络的发展目标是在全路建立一张移动通信网络,利用通信的手段实现铁路移动设施和固定设施的无缝连接,确保列车平稳、高速、安全地运行。同时,在我国《中长期铁路网规划》中,计划到 2020 年,全国铁路营业里程达到 15 万千米,主要繁忙干线实现客货分线,复线率和电化率均达到 50%,运输能力满足国民经济和社会发展需要,主要技术装备达到或接近国际先进水平,这为 GSM-R 在中国的发展提供了宽广的发展空间。

GSM-R 进入中国已有十余年的历程,经过理论研究、技术革新、政策审核、网络建

设、施工验收等层层考验，最终在 GSM-R 工程方面取得了骄人的成绩。初步建设了分别代表高原、重载和繁忙干线的青藏线、大秦线、胶济线三条 GSM-R 线路，武广专线也于 2009 年 12 月 26 日开通，客运专线的建设也已进入实施阶段。其中，青藏线是一条集多种领先技术于一身的往返于“世界屋脊”的铁路；大秦线是使中国步入重载领域先进行列的标志性工程，它突破性地实现了年运量 2 亿吨的目标，现在技术还在不断创新，预计年运量将达到 4 亿吨；胶济线的建设是对 GSM-R 技术应用于具有中国特色环境的一个尝试，它的成功与否影响着 GSM-R 技术在时速 200 km/h 铁路线路的普及率。

与此同时，GSM-R 也面临着新的挑战。在技术、工程上仍然存在未攻克的难点，如 GPRS 技术能否应用于列控和高速铁路，如何解决与中国移动间的共用带宽干扰问题等。GSM-R 目前仅满足了铁路运输业务的基本需求，增值业务还未纳入发展规划。

第三节 GSM-R 的应用

GSM-R 系统向铁路用户提供两类业务：语音业务和数据业务。语音业务通过电路交换方式实现。数据业务既可以通过电路交换方式实现，即电路型数据业务（CSD），也可以通过分组交换方式实现，即分组型数据业务（GPRS）。电路交换依靠 MSC 完成，分组交换依靠 SGSN 完成。

语音业务包括在调度通信、区间通信、公务通信、紧急通信中使用的点对点语音通信、语音组呼、语音广播呼叫。

电路型数据业务负责完成安全数据的传输。安全数据是指与列车控制有关的信息，如列车控制信息、机车同步操作信息、调车机车信号和监控信息等。为保证安全数据传输通道资源的可用性，采用了 eMLPP 业务，并给安全数据传输业务分配了较高的 1 级优先级。

分组型数据业务完成非安全数据的传输。非安全数据包括调度指挥、应急抢险、运营监控、管理维护和旅客服务等类数据。目前一般采用或即将采用 GPRS 模式，多用户共享一个分组数据传输通道，且只有当需要传输数据时才占用信道。

下面介绍 GSM-R 系统在铁路中的一些主要应用。

一、调度通信

调度通信系统的业务包括列车调度通信、货运调度通信、牵引变电调度通信、其他调度及专用通信、站场通信、应急通信、施工养护通信和道口通信等。

1. 系统结构

利用 GSM-R 进行调度通信系统组网，既可以完全利用无线方式，也可以同有线方式结合起来，共同完成调度通信业务。由 GSM-R + FAS（固定用户接入机）构成的无线/有线混合网络主要由 NSS（包括 MSC、HLR、AuC、VIR、GCR 等）、BBS（包括 BSC、BTS）、OSS、FAS、调度台、车站台、CIR、OPH 及其他固定终端等构成，系统构成及组网方式如图 1-3 所示。

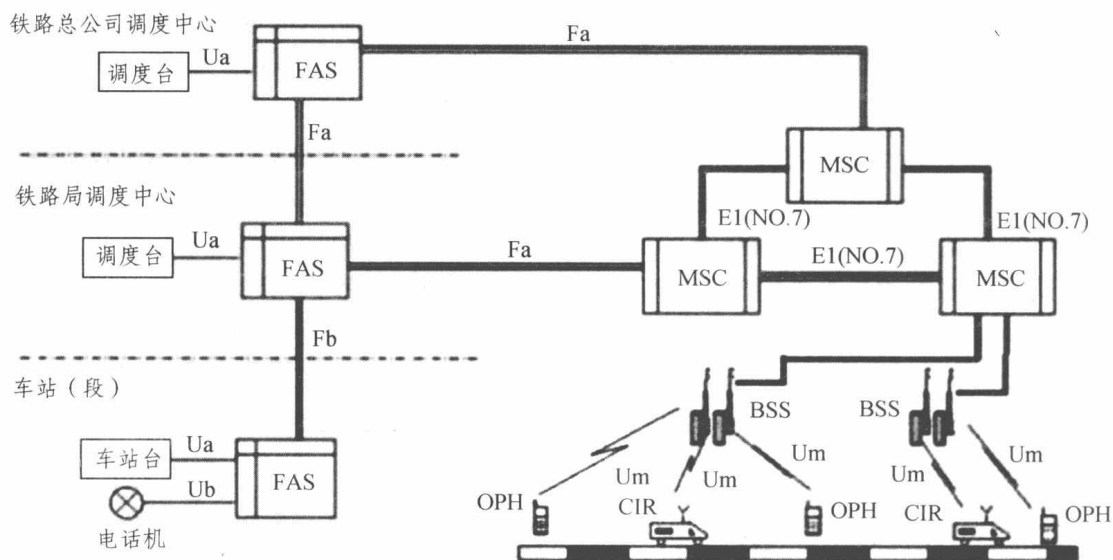


图 1-3 GSM-R 调度通信系统构成及组网方式示意图

铁路沿线采用无线覆盖，机车上采用 CIR 设备，而车站台和调度台都是有线终端。在铁路总公司、铁路局设置 FAS，就近与 MSC 连接；沿线车站根据需要设置 FAS，接入局 FAS，既有线干调网、数字区段调度应改造升级后接入 GSM-R 网络，其中车站台和调度台通过 FAS 连接到 GSM-R MSC 上，从而实现有线和无线用户的通信。下面以列车无线调度电话（简称无线列调）为例，介绍其是如何采用 GSM-R 系统来实现的。

2. 无线列调

无线列调是重要的铁路行车通信设备，负责指挥列车的运行，其工作成员包括行车调度员、车站值班员、助理值班员、机车司机、运转车长等。

机车司机和运转车长（一般是客运）均处于允许的列车上，共同负责列车的运行，在每个车站。有一名车站值班员和若干名助理值班员，负责本车站管辖范围内的列车运行。助理值班员一般工作在室外，而车站值班员在车站室内操作指挥。行车调度员位于调度所，一般一个调度所管理多个车站，因而行车调度员的管辖范围大于车站值班员的管辖范围。

无线列调系统的主要问题是解决“大三角”和“小三角”通信。“大三角”通信是指行车调度员、车站值班员与机车司机之间的通信。“小三角”通信是指车站值班员、机车司机和运转车长之间的通信。

列车调度的语音通信需求可以归结为四类：点对点通信、多方通信、语音组呼、语音广播呼叫。点对点通信，移动台呼叫固定台，即从移动台到固定台的寻址，由于固定台位置是不动的，故可以采用基于位置的寻址；固定台到移动台的寻址，移动台处于不断移动的状态，故不能采用基于位置的寻址，而采用功能寻址。表 1-2 中是所有语音通信应用到的 GSM-R 业务和功能，具体细节需要结合我国铁路实际功能定义和编号方式。

表 1-2 GSM-R 列车调度系统语音通信功能的实现

主叫	通信范围	被叫	实现方法
行车调度员	调度范围	某一司机	车次功能号
		某一运转车长	车次功能号
		司机和运转车长	VGCS
		司机和运转车长（广播形式）	VBS
		车站值班员、助理值班员、司机、运转车长	VGCS
		所有运转车长	VGCS
	车站范围	车站值班员、助理值班员、司机、运转车长	VGCS
列车司机	调度范围	行车调度员	基于位置寻址
	车站范围	车站值班员、助理值班员	语音组呼
	本列车内	运转车长	完整电话号码
	动态范围	区域内其他司机	语音组呼
运转车长	调度范围	行车调度员	基于位置寻址
	车站范围	车站值班员、助理值班员	语音组呼
	本列车内	列车司机	完整电话号码
车站值班员	调度范围	行车调度员	完整电话号码
	车站范围	某一司机	车次功能号
		所有司机	语音组呼
		某一运转车长	车次功能号
		所有运转车长	语音组呼
		所有助理值班员	语音组呼
		所有助理值班员、所有司机、所有运转车长	语音组呼
		某一助理值班员、某一车次的司机和运转车长	ISDN 多方通信/GSM-R 多方通信
	相邻车站	相邻车站的车站值班员	完整电话号码
助理值班员	车站范围	某一司机	车次功能号
		某一运转车长	车次功能号
		所有司机、所有运转车长	语音组呼
		车站值班员、其他助理值班员	语音组呼

对于基于位置的寻址，涉及一个小区规划的问题。由于 GSM-R 网络的最小定位范围是小区，这就是说，当列车呼叫车站值班员的时候，如果一个小区覆盖多个车站那么呼叫将被路由到多个车站值班员，因此，GSM-R 小区最大设置为覆盖一个车站。

而对于车次功能号，由于 GSM-R 的标准中只包含了 0~9 数字车次号，而中国的车