

高等职业教育高速铁路系列教材

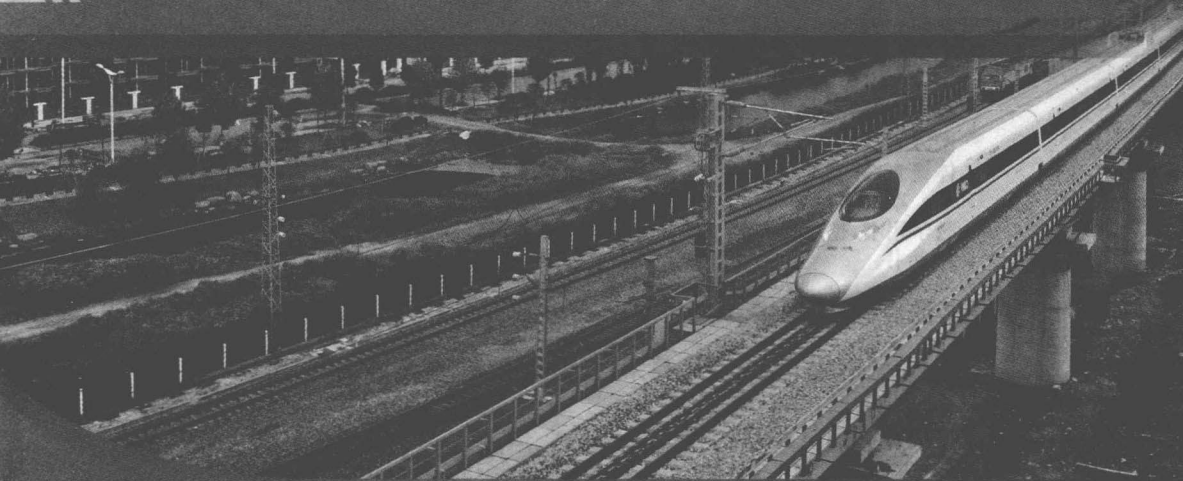


高速铁路GSM-R通信系统

庞高荣 张树凯 主编

中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

高等职业教育高速铁路系列教材



高速铁路GSM-R通信系统

庞高荣 张树凯 主编
欧阳红 主审

中国铁道出版社

2011年·北京

内 容 简 介

本书为高等职业教育高速铁路系列教材之一。全书分为5章,主要讲述了GSM-R的发展现状、GSM-R的应用、GSM-R技术简介、GSM-R组网方案、武广高速铁路GSM-R应用,以帮助读者迅速建立起GSM-R的整体概念,并力求充分反映高速铁路通信技术的迅速发展。

本书可作为高职高专铁道通信、铁道信号、城市轨道交通自动控制专业教学用书,也可作为想了解高速铁路GSM-R移动通信系统的技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

高速铁路 GSM-R 通信系统/庞高荣,张树凯主编. —北京:中国铁道出版社,2011.4

高等职业教育高速铁路系列教材

ISBN 978-7-113-12846-3

I. ① 高… II. ① 庞… ② 张… III. ① 高速铁路—时分多址—铁路通信:数字通信:移动通信—高等职业教育—教材 IV. ① U238② U285.21

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 062716 号

书 名:高速铁路 GSM-R 通信系统

作 者:庞高荣 张树凯 主编

责任编辑:刘红梅

电话:010—51873133

电子信箱:mm2005td@126.com

封面设计:崔丽芳

教材网址:www.tdjiaocai.com

责任校对:胡明锋

责任印制:陆 宁

出版发行:中国铁道出版社(100054,北京市宣武区右安门西街8号)

网 址:<http://www.tdpress.com>

印 刷:中国铁道出版社印刷厂

版 次:2011年4月第1版 2011年4月第1次印刷

开 本:787 mm×960 mm 1/16 印张:6.5 字数:117 千

印 数:1~4 000 册

书 号:ISBN 978-7-113-12846-3

定 价:16.00 元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版的图书,如有缺页、倒页、脱页者,请与本社读者服务部调换。

电 话:市电(010)51873170,路电(021)73170(发行部)

打击盗版举报电话:市电(010)63549504,路电(021)73187

高等职业教育高速铁路系列教材

编 审 委 员 会

主 任:戴力斌

副 主 任:曹 毅

委 员:(按姓氏笔画排列)

邓昌大 何奎元 应夏晖 李 宏

李章凤 陈志雄 陈建译 周 伟

唐新权 晔 亓 郭飞跃 谭墩枝

薛双纲



序

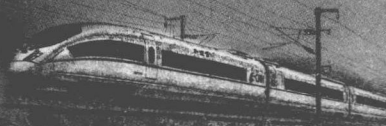


中国铁路一直认真贯彻党中央、国务院关于铁路技术装备现代化的部署,按照“先进、成熟、经济、适用、可靠”的技术方针,瞄准世界高速铁路最先进技术,通过原始创新、集成创新和引进消化吸收再创新的有机结合,取得了一系列重大技术创新成果,系统掌握了时速 250 km 和时速 350 km 速度等级的涵盖设计施工、装备制造、系统集成、运营管理等高速铁路成套技术,构建了具有自主知识产权和世界先进水平的高速铁路技术体系。目前,中国已经成为世界上高速铁路发展最快、系统技术最全、集成能力最强、运营里程最长、运行速度最高、在建规模最大的国家。

根据中长期铁路网规划,到 2020 年,铁路营业里程将达到 12 万 km 以上。其中,新建高速铁路将达到 1.6 万 km 以上;加上其他新建铁路和既有线提速线路,我国铁路快速客运网将达到 5 万 km 以上,连接所有省会城市和 50 万人口以上城市,覆盖全国 90% 以上人口。

为了建设和维护好高速铁路,确保其高效、安全、准时和舒适平稳运行,必须要有一大批掌握高速铁路建设、运用与维护等专业知识的工程技术人员,这些技术人员目前迫切需要一本适合他们要求的、同时具有一定理论深度的相关教材或技术参考书。

湖南高速铁路职业技术学院正是在上述背景下,在广泛收集国内外有关高速铁路的技术资料和调研的基础上,经过消化吸收和系统归纳整



理,结合高职院校教学特点以及国内高速铁路运营实际,组织教师 and 大量现场工程技术人员共同编写了高速铁路系列丛书,主要涵盖铁道工程、铁道运营管理、铁道通信、铁道信号等专业,可供高等职业院校相关专业教学使用,亦可供高速铁路施工、运营、维护等技术人员培训使用。

相信本套教材的出版会为进一步提高教学质量、帮助学生更快适应工作岗位、促进铁路职工更好地提高专业技能打下坚实的基础,为中国高速铁路的发展做出应有的贡献。

丛书编委会
2011 年 4 月

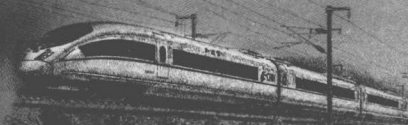


前言



我国铁路建设是国家中长期发展战略的需要。国家中长期综合交通发展规划纲要提出,到 2020 年全国铁路营业里程达到 12 万 km 以上,主要繁忙干线实现客货分线,复线率和电化率分别达到 60% 和 70% 以上,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;国家中长期科技发展规划纲要已将“高速轨道交通系统”、“高效运输技术与装备”、“高速运输安全与应急保障”列为交通运输领域的优先发展主题;铁路科技发展“十一五”规划和国家中长期铁路网发展规划纲要已将高速列车、高速行车控制技术、高速铁路安全监控系统列为重点研发内容;2008 年科技部、铁道部启动《中国高速列车自动创新联合行动计划》研制时速 350 km 以上的高速动车组和基于 GSM-R(Global System for Mobile Communications for Railway,全球铁路数字移动通信系统)的列车运行控制系统 CTCS-3(Chinese Train Control System 3)。

铁道部已经将 GSM-R 作为一项重要的技术装备政策,相继在青藏线、大秦线和胶济线进行 GSM-R 网络的建设与试验,并且取得了很大的成功;同时武广高铁客运专线的开通,以及沪杭、宜万、包西、京沪等高铁陆续建设,使 GSM-R 在高速铁路中的地位越来越重。基于这种情况,中国铁道出版社出版了这套关于高速铁路系列教材,本书就是这套教材之一。



本书对于通信、信号及铁路相关专业的学生都可学习和借鉴,由于通信专业学过移动通信技术,因此理解起来相对容易;而对非通信专业来说,鉴于书中各章都具有一定的独立性,可视具体情况节选,不会影响教学的完整性。

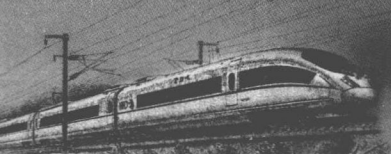
本书在编写过程中力求简单、全面地阐述 GSM-R 的基本原理、网络组成及应用,方便各层学生熟悉 GSM-R 并为日后求职和工作做好铺垫。

本书由湖南高速铁路职业技术学院庞高荣和张树凯主编,广州通信段欧阳红主审。具体编写分工如下:庞高荣编写第 1~4 章,张树凯编写第 5 章。在本书的编写过程中得到了学院很多教师的帮助——特别是段智文老师,在此一并表示感谢。

由于编者水平有限、时间仓促,书中难免存在不足和错误之处,请读者批评指正。

编者

2011 年 4 月



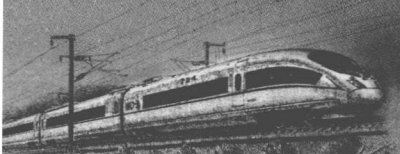
目 录



1 GSM-R 的发展现状	1
1.1 铁路无线通信的发展	1
1.2 GSM-R 在世界的发展现状	6
1.3 GSM-R 在我国的发展现状	9
复习思考题	10
2 GSM-R 的应用	11
2.1 GSM-R 与话音通信	11
2.2 GSM-R 与列车控制	13
2.3 GSM-R 与铁路信息化	14
2.4 GSM-R 技术在我国铁路通信中的应用	15
复习思考题	16
3 GSM-R 技术简介	17
3.1 GSM-R 系统结构及设备组成	17
3.2 GSM-R 工程组网技术	52
复习思考题	62
4 GSM-R 组网方案	63
4.1 概 述	63



4.2 GSM-R 网内组网及路由选择方案	63
4.3 GSM-R 网与其他通信网组网	66
4.4 GSM-R 网内及与其他通信网间码号传递方案终端显示方案	69
复习思考题	70
5 武广高速铁路 GSM-R 应用	71
5.1 武广高速铁路 GSM-R 网络概况	71
5.2 武广高速铁路 GSM-R 技术应用	75
5.3 可靠性措施	80
5.4 GSM-R 技术维护手册	87
复习思考题	93
参考文献	93
英—中术语对照表	94



1 GSM-R 的发展现状

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。预计到2020年,全国铁路营业里程达到12万km以上,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,只能选择一种新的铁路数字移动通信技术。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,对通信信号技术的发展提供了新的发展机遇。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。

本章通过简要介绍 GSM-R 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的最新进展,以开拓人们的视野。

1.1 铁路无线通信的发展

1.1.1 我国铁路既有线无线通信的现状

我国铁路目前已经形成了7万多公里的规模,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、尾部风压无线传输、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,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。

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、400M+400K 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、列车尾部风压无线传输等。

2. 站场无线列调系统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。

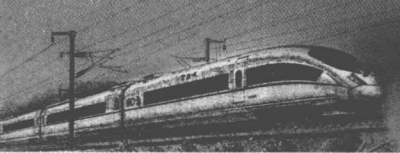
3. 各种独立单工通信系统

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。

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四十多年的运营,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。

1.1.2 现代铁路运输对无线通信的要求

1. 铁路信息化的要求

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要求

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、客运专线的要求

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. 技术发展的要求

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 20 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);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。

1.1.3 铁路综合数字移动通信网络在信息化中的地位

1995 年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,它们是: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,图 1.2 中所示。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,通信网络系统和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。

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

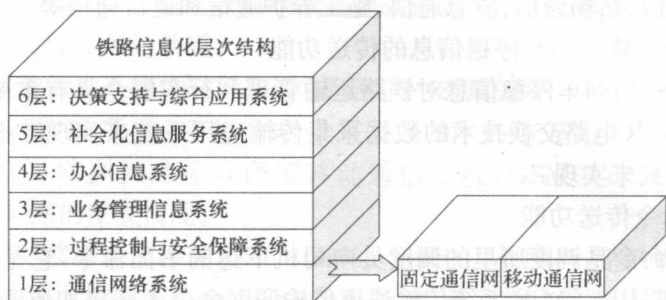


图 1.1 铁路信息化体系层次图

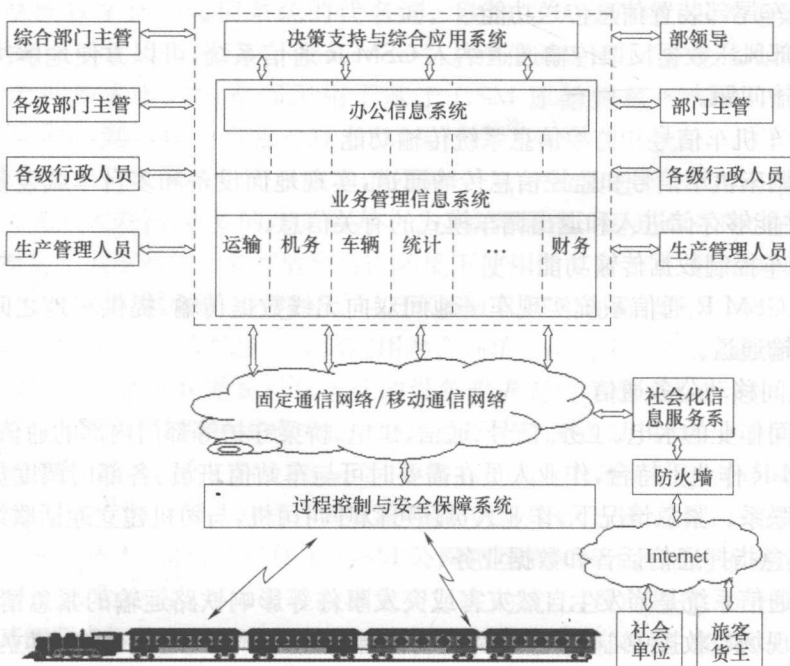


图 1.2 铁路信息化体系结构图

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。

1.1.4 GSM-R 的功能

1. 调度通信功能

调度通信系统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。

2. 车次号传输与列车停稳信息的传送功能

车次号传输与列车停稳信息对铁路运输管理和行车安全具有重要的意义,它可通过基于 GSM-R 电路交换技术的数据采集传输应用系统来实现数据传输,也可以采用 GPRS 方式来实现。

3. 调度命令传送功能

铁路调度命令是调度所里的调度员向司机下达的书面命令,它是列车行车安全的重要保障。采用 GSM-R 系统传输通道传输调度命令无疑将加速调度命令的传递过程,提高工作效率。

4. 列车尾部装置信息传送功能

将尾部风压数据反馈传输通道纳入 GSM-R 通信系统,可以方便地解决尾部风压数据传输问题。

5. 调车机车信号和监控信息系统传输功能

提供调车机车信号和监控信息传输通道,实现地面设备和多台车载设备间的数据传输,并能够存储进入和退出调车模式的有关信息。

6. 列车控制数据传输功能

采用 GSM-R 通信系统实现车—地间双向无线数据传输,提供车地之间双向安全数据传输通道。

7. 区间移动公务通信

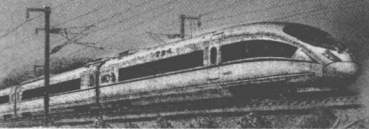
在区间作业的水电、工务、信号、通信、供电、桥梁守护等部门内部的通信,均可以使用 GSM-R 作业手持台,作业人员在需要时可与车站值班员、各部门调度员或自动电话用户联系。紧急情况下,作业人员还可以呼叫司机,与司机建立通话联络。

8. 应急指挥通信话音和数据业务

应急通信系统是当发生自然灾害或突发事件等影响铁路运输的紧急情况时,在突发事件现场与救援中心之间,以及现场内部采用 GSM-R 通信系统,建立语音、图像、数据通信系统。

1.2 GSM-R 在世界的发展现状

随着欧洲政治、经济的不断发展,欧洲在国际事务中的作用越来越重要。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轨道。

欧洲铁路运输管理系统(ERTMS)就是继 96/48/EC 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)。本文重点介绍 GSM-R 在欧洲铁路的发展情况。

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 Communications”,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(GSM for Railway)系统基于公网 GSM 系统演进而来,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要素组成,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地改动,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,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,使得从一开始 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 M 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