



# GSM-R

## 通信技术与应用

朱惠忠 张亚平 编著  
蒋笑冰 李 旭 吴 昊

中国铁道出版社  
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

# GSM-R 通信技术与应用

---

朱惠忠 张亚平 编著  
蒋笑冰 李 旭 吴 昊

中 国 铁 道 出 版 社

2006年·北京

## 内 容 简 介

本书参考文献资料,介绍了国内外铁路无线通信现状;针对 GSM-R 的业务性质、特点,叙述了 GSM-R 的基本原理、系统功能、网络结构;理论与实际相结合,以大秦线、青藏线、胶济线 GSM-R 初步设计举例。本书分为 5 章,第 1 章为概述,第 2 章为 GSM-R 的基本原理,第 3 章为 GSM-R 的功能,第 4 章为 GSM-R 的网络结构,第 5 章为设计举例。

本书简单易懂、实用性强,可供从事铁路专用通信设计、施工和维护等工作的技术人员、管理人员学习和培训使用,也可作为中等专业学校、高等院校相关专业师生的参考书。

### 图书在版编目(CIP)数据

GSM-R 通信技术与应用/朱惠忠等编著. —北京:中国铁道出版社,2005.6 (2006.11 重印)

ISBN 7-113-06576-7

I. G… II. 朱… III. 时分多址—铁路通信:数字通信:移动通信 IV. U285.21

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 069255 号

书 名: GSM-R 通信技术与应用

作 者: 朱惠忠 张亚平 蒋笑冰 李 旭 吴 昊

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)

责任编辑: 任 军 魏京燕

封面设计: 冯龙彬

印 刷: 北京鑫正大印刷有限公司

开 本: 787×960 1/16 印张: 8.75 字数: 205 千

版 本: 2005 年 6 月第 1 版 2006 年 11 月第 2 次印刷

印 数: 7001~9000 册

书 号: ISBN 7-113-06576-7/TN·157

定 价: 20.00 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,请与本社发行部调换。

编辑部电话: (021)73146(路电)

发行部电话: (021)73169(路电)

(010)51873146(市电)

(010)63545969(市电)

# 序

为了适应中国铁路跨越式发展的需要,铁路运输将在机车车辆装备现代化、大面积提速调图、运输经营、基础性改革等方面取得重大发展。铁路无线通信是铁路运输系统的重要组成部分,是铁路信息化的基础。

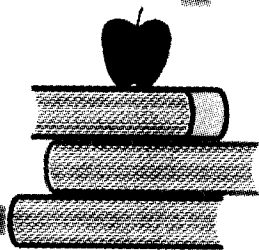
进一步加强铁路专用无线通信的建设、维护管理,以适应铁路运输现代化的需要。GSM-R 是一种基于目前世界最成熟、最通用的公共无线通信系统 GSM 平台上的、专门为满足铁路应用而开发的数字式的无线通信系统,针对铁路通信列车调度、列车控制、支持高速列车等特点,为铁路运营提供定制的附加功能的一种经济高效的综合无线通信系统。

该书针对 GSM-R 的业务性质、特点和要求,比较全面的介绍了 GSM-R 的基础知识、网络构成和系统功能,既有基础理论又有实例分析,是一本铁路综合数字移动通信系统的专著,对铁路无线通信系统改造和维护管理有一定的指导意义,为从事该领域工作的技术人员、管理人员提供了帮助,同时也为相关人员研究如何全面实现铁路无线通信网络化、宽带化、智能化提供思路。

作为来源于铁路、服务于铁路的中国铁通集团有限公司铁道业务部,始终跟踪 GSM-R 战略的部署实施及各项相关工作的推进,组织编写《GSM-R 通信技术与应用》一书。希望该书能为铁路无线通信领域深化改革、走向市场、开拓新业务、满足市场多层次用户群体多种业务和功能要求作出贡献。

周孝先

2005 年 4 月 18 日



# 前 言

根据铁道部通信技术政策,铁路将大力发展铁路综合数字移动通信系统(GSM-R),为普及GSM-R的基本知识,适应铁路通信事业的发展,以及设备维护人员实际工作的需求,特编写了《GSM-R通信技术与应用》。本书主要介绍了GSM-R在铁路上的特殊业务和应用,并运用实际设计举例,可使读者对GSM-R整个通信系统体系有初步的了解。

本书参考国内外大量最新文献以及相应的设计文本,对GSM-R的基本原理、GSM-R的功能、GSM-R的网络结构等做了较为详细的描述,并举例说明。

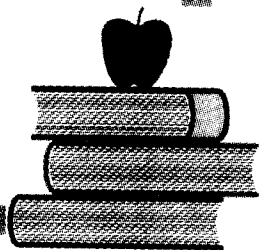
此书由中国铁通集团有限公司铁道业务部编撰,朱惠忠担任主编,张亚平担任副主编。其中,第1章由李旭、蒋笑冰编写;第2章由李旭编写;第3章由李旭、吴昊编写;第4章由吴昊编写;第5章由蒋笑冰编写。全书由张朝华、蒋笑冰校改,张亚平、钟章队审定。本书作为简易读本,语言简练,浅显易懂,重点突出,实用性强,是相关技术人员、管理人员了解GSM-R技术和实际工作必备的参考书。

编者感谢在本书写作过程中提供大量帮助的北京交通大学、北京全路通信信号研究设计院、铁道第一勘察设计院、铁道第二勘察设计院、Nortel、Simens、华为公司等。感谢金晓军、朱刚、赵洪军、邸士萍、王丹、段永奇的大力支持和帮助。

由于时间仓促,本书难免有错误或疏漏,敬请读者给予批评指正。同时也真诚的希望能与读者共同探讨基于GSM-R技术开展的新业务,扩大应用范围,建立健全维护运营体系,进一步促进中国铁路专用移动通信的繁荣和发展。

编 者

2005年4月



## 目 录

## CONTENTS

|                                   |    |
|-----------------------------------|----|
| 第 1 章 概 述 .....                   | 1  |
| 1.1 引 言 .....                     | 1  |
| 1.2 铁路无线通信的发展及我国铁路既有无线通信的现状 ..... | 1  |
| 1.3 现代铁路运输对无线通信的要求 .....          | 5  |
| 1.4 铁路综合数字移动通信网络在信息化中的地位 .....    | 6  |
| 1.5 GSM-R 的发展历史 .....             | 8  |
| 第 2 章 GSM-R 基本原理 .....            | 15 |
| 2.1 GSM-R 网络概述 .....              | 15 |
| 2.2 线状覆盖 .....                    | 16 |
| 2.3 无线信道的特性 .....                 | 24 |
| 2.4 传输技术 .....                    | 31 |
| 2.5 信息处理技术 .....                  | 40 |
| 2.6 系统评价指标 .....                  | 42 |
| 第 3 章 GSM-R 的功能 .....             | 43 |
| 3.1 GSM-R 的终端类型 .....             | 43 |
| 3.2 GSM-R 的业务原理 .....             | 44 |
| 3.3 GSM-R 的基本电信业务 .....           | 47 |
| 3.4 GSM-R 补充业务 .....              | 51 |
| 3.5 GSM-R 业务统计 .....              | 54 |
| 3.6 GSM-R 在铁路中的应用(10 大功能) .....   | 56 |
| 第 4 章 GSM-R 的网络结构 .....           | 67 |
| 4.1 网络组成 .....                    | 67 |
| 4.2 BSS .....                     | 68 |
| 4.3 NSS .....                     | 71 |
| 4.4 OSS .....                     | 76 |

|                  |                         |     |
|------------------|-------------------------|-----|
| 4.5              | 接口协议 .....              | 76  |
| 4.6              | 网络互连 .....              | 81  |
| 4.7              | 用户数据管理 .....            | 84  |
| 4.8              | 移动性管理 .....             | 86  |
| 4.9              | 无线资源管理 .....            | 87  |
| 4.10             | 连接管理 .....              | 88  |
| 4.11             | 安全性管理 .....             | 88  |
| 4.12             | GPRS 叠加网络 .....         | 89  |
| 4.13             | 我国铁路 GSM-R 网络编号计划 ..... | 91  |
| 第 5 章 举例说明 ..... |                         | 95  |
| 5.1              | 网络设计 .....              | 95  |
| 5.2              | 大秦线部分 .....             | 96  |
| 5.3              | 青藏线部分 .....             | 102 |
| 5.4              | 胶济线部分 .....             | 106 |
| 附                | 录 缩略语 .....             | 123 |

# 第1章

# 概述

## 1.1 引言

近10年来,我国铁路经历了重载运输、电气化改造、既有线提速、秦沈客运专线建设等一系列的技术进步,推动了铁路通信信号的发展。截至2004年底,我国铁路营运里程已达7.4万km,预计到2020年,全国铁路营运里程达到10万km左右。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,必须选择一种新的铁路数字移动通信技术。我国铁路正在朝高速铁路、客运专线方向发展。经过近几年的不断提速,我国铁路已形成1.9万km,速度达120~160km/h的快速铁路网,广深线已达200km/h,秦沈客运专线运营速度将达到250km/h以上。未来5年至15年,我国快速铁路和高速铁路将会有很大的发展。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需求高度可靠、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,给铁路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,结合中国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。

## 1.2 铁路无线通信的发展及我国铁路既有无线通信的现状

我国铁路目前已有7.4万km,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、TDCS无线车次号校核、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。我国铁路既有无线通信系统主要包括列车无线调度通信系统(即无

线列调)、站场平面调车无线通信系统、各专用(部门)对讲机系统等。这些无线通信设备在铁路运输安全生产中发挥越来越重要的作用。

### 1. 无线列车调度通信

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,开发了 A、B、C 三种制式。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、车长之间的通话。

为了适应机车长大交路运用,实现无线列调机车电台在跨越制式、频率运用时自动转换工作模式,研制了列车无线调度通用式机车电台。机车运行过程中,通用式机车电台控制单元根据 GPS 接收机实时输出的地理位置信息,与存在于通用式机车电台中的地理信息数据库线路坐标相比较,得出机车当前位置的模式信息,控制机车电台主机保持或转换成与当前地面系统一致的工作模式。自 2004 年 4 月铁路第 5 次大提速后,各类新建或改造的无线列调工程统一采用通用式机车电台,不再使用和发展其他制式的机车电台。

当前,正在研制和测试机车综合无线通信设备(CIR),该设备由主机、操作显示终端(以下简称 MMI)、打印终端、连接电缆、天线、射频馈线等构成。其中主机包括机柜(含子架)、主控单元、接口单元、电源单元、电池单元、GPS 单元、GSM-R 话音单元、GSM-R 数据单元、高速数据单元、录音单元、天馈单元、450 MHz 机车电台单元、800 MHz 列尾和列车安全预警车载电台(简称 800 MHz 车载电台)单元等,各组成部分模块化,可根据功能要求进行模块配置。它既满足了以往铁路无线列车调度通信的需求,也适应了铁路专用移动通信系统 GSM-R 的需求。

既有无线通信系统主要是为话音通信设计的,存在功能单一、频率利用率低、多用户争抢信道、制式不统一等缺陷,不适应技术发展和现代化运输生产的需要,不能满足列车控制系统(CTCS)安全信息传输的需求。

### 2. 无线调度命令传送系统

无线调度命令传送系统为含调度命令、行车凭证、调车作业通知单、列车接车进路预告信息的无线传送系统,由 TDCS 系统设备、无线列调系统设备、TDCS 无线车次号校核系统设备、机车安全信息综合监测装置(TAX 箱)、调度命令车站转接器、调度命令机车装置等组成。该系统主要功能包括:

- (1)调度员向辖区内的运行列车发送调度命令。
- (2)调度员向辖区内的运行列车发送行车凭证。
- (3)调度员向辖区内的运行列车发送调车作业通知单。

(4)车站值班员向辖区内的运行列车发送行车凭证。车站值班员向辖区内的运行列车发送调车作业通知单。

- (5)自动向辖区内的运行列车发送列车接车进路预告信息。
- (6)列车接收调度命令后能发送自动确认和签收信息,并将信息送发送方显示。
- (7)调度命令发送方未收到自动确认信息,应自动重发。自动重发后仍未收到自动确认,应向调度命令发送方提示。
- (8)机车装置判断是发给本次列车的调度命令,在显示操作终端上显示。
- (9)机车装置提示司机签收调度命令,司机根据需要选择打印。
- (10)TDCS 设备和机车装置应存储调度命令并记录操作过程。
- (11)机车装置未收到来自监控装置的机车号和车次号信息时,接收的命令信息中机车号与机车装置记录的机车号相同,应显示所接收到的调度命令。
- (12)系统中各终端应具有语音提示功能,对各种命令的提示音应有区分。机车装置可向车站发送调车请求。
- (13)机车装置工作在补机状态时应显示、记录所有接收到的调度命令及签收、打印等操作过程,此时确认信息不向地面发送。

### 3. TDCS 无线车次号校核系统

TDCS 无线车次号校核系统由机车安全信息综合监测装置、机车数据采集编码器、无线列调机车电台、车站数据接收解码器、调度监督分机和调度监督总机等设备及连接电缆组成。机车安全信息综合监测装置、无线列调机车电台、调度监督分机和调度监督总机为既有设备,机车数据采集编码器、车站数据接收解码器为新增设备,机车上配置数据采集编码器,车站配置数据接收解码器。机车数据采集编码器采集机车安全信息综合监测装置(以下简称 TAX 箱)的车次号、机车号、位置(公里标)、机车速度、列车总重、车辆计长、车辆辆数等信息(以下简称车次号信息),在编组站、沿线车站的规定位置控制机车台实时传送车次号信息,车站数据接收解码器接收车次号信息后传送给 TDCS 车站分机,由 TDCS 系统进行车次校核。

### 4. 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在内的站场无线通信系统,另外许多单位部门投资建设的各种独立的单工通信系统也广为使用。

平面无线调车系统以铁路调车标准为依据,提供调车区长台、机车台、手持台之间的通信,解决峰头、峰尾之间编组场内的调车问题。它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。

### 5. 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各单位自行投资建设的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。

## 6. 集群移动通信系统

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服务。

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。

数字集群 TETRA 系统 2004 年在秦沈线正式开通。TETRA 是开放而全新的并逐渐走向成熟的数字集群移动通信系统。TETRA 最初是由欧洲电讯标准学会(ETSI)开发的,它是一种用于“专网”(PMR)和“公网”(PAMR)的开放性数字集群标准。近年来,在制造商、使用者、经营者以及一些专家的合作下,TETRA 标准得到了提高,值得强调的是新的标准可以满足紧急情况下的需要,应用范围包括公安系统、医疗救护、消防、军事、在地域上封闭的人群、采矿业等等。这个标准是构筑在以前的集群无线通信系统之上,自从 TETRA 标准进入数字集群的市场竞争以来,它就因为其优点和潜力已得到欧洲以外越来越多人的认同。TETRA 自 1995 年颁布以来,一直都在进行不断的修订和完善,并在原有的基础上增加了一些新的标准,如 RTS/TETRA - 04046(TETRA DAWS 逻辑链路控制服务),RTS/TETRA - 04047(TETRA DAWS 媒体接入控制服务)等。

TETRA 可以提供快速接入,适合于不同用户的紧急业务,具有很好的集群通信支撑,在无线电设备、数据包及电路数据之间支持直接的操作模式,有效利用频率和很好的安全特性等特点。TETRA 无线网络结构可以满足用户在系统容量、可用性和呼叫建立速度上的多种严格要求。系统的呼叫建立时间非常短,要求小于 0.3 s,用户可以在按下 PTT 键后立刻开始通话。TETRA 系统可小可大,扩容可以逐步模块化增加,适用于小、中、大型调度系统;设计组网灵活,既适合组建集群通信专网,也适合组建集群通信公共网。

现在正在进行的中国铁通集团有限公司(以下简称铁通)数字集群商用实验采用的是两种国内的制式:基于 GSM 技术由华为提出的 GT 800 和基于 CDMA 2000 技术由中兴提出的 GOTA。

## 7. 其他机车设备

除几种铁道标准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 MHz + 400 kHz 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、列车尾部风压无线传输等。

### (1) 机车安全信息综合监测装置

机车安全信息综合监测装置(TAX 箱),为 TDCS 无线车次号校核系统提供信息来源,通过 RS-485 接口周期地向机车数据采集编码器传送车次号、机车号、列车种类、编

组、速度、位置等信息。

### (2) 库检设备

设在机务段内的无线检修工区。具有自动、手动测试机车数据采集编码器的功能,对故障机车应有提示,记录信息数据保存时间不小于1个月。

(3) 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40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,因此,现代铁路运输需要一种崭新的移动通信制式。

## 1.3 现代铁路运输对无线通信的要求

### 1. 铁路信息化

在铁路主要干线建设分散自律、调度集中系统(CTCS),实现调度指挥现代化。为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

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TDCS无线车次号校核、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,确保在铁路线路的施工、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. 高速、客运专线

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. 机车综合通信

- (1) 具有网络以及功能号注册、注销功能。
- (2) 支持调度通信系统功能。
- (3) 支持通用数据传输功能。
- (4) 支持不同制式下的自动或手动切换功能。
- (5) 可向用户提供机车所在的小区位置信息、GPS信息等。

## 5. 基于通信的列车控制

随着列车运行速度的不断提高,铁路智能交通系统中车地间的双向通信已经无法通过传统手段完成。因此必须研究基于通信的列车控制(Communication Based Train Control,简称 CBTC)系统和具有高可靠性的高速铁路数字调度移动通信。

为了实现铁路运输高效与安全,高速铁路智能交通综合信息系统在信息利用方面,必须采用基于通信的列车控制(CBTC)方式。与传统的基于轨道电路的列车控制(Track Circuit Based Train Control System,简称 TBTC)系统相比,CBTC 有很多优越性,其中最重要的是:

(1)列车和地面控制设备之间通过双向无线通信传递信息,构成闭环控制系统,使列车运行的安全性大大提高。

(2)CBTC 可以实现移动闭塞方式(Moving Automatic - block System,简称 MAS),使两列车追踪间隔大大缩短,提高列车在区间追踪运行的密度,从而大大提高铁路运输效率。

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 trend。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;无线局域网朝着宽带数据业务发展;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。

## 1.4 铁路综合数字移动通信网络在信息化中的地位

在 1995 年召开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明确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 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。

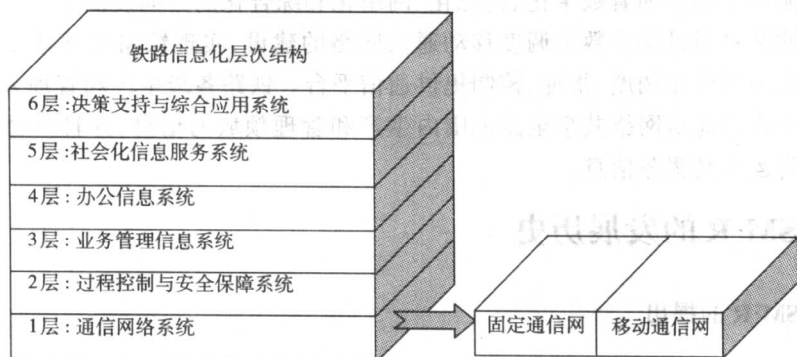


图 1—1 铁路信息化体系层次图

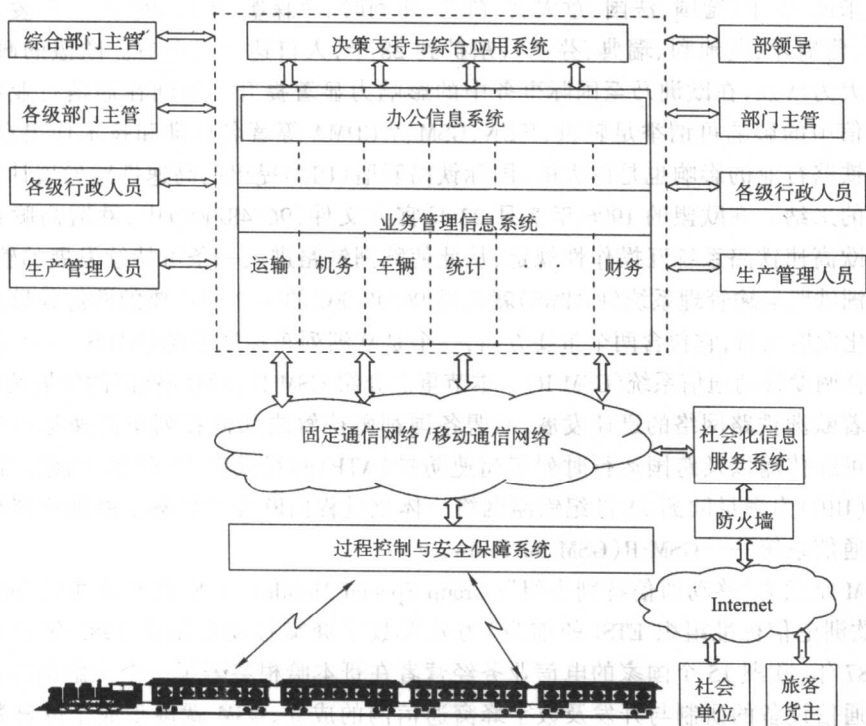


图 1—2 铁路信息化体系结构图

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服务需求,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。

## 1.5 GSM-R的发展历史

### 1.5.1 GSM-R的提出

随着欧洲政治、经济的不断发展,欧洲在国际事务中的作用越来越重要。欧盟成员国由原来的15个(德国、法国、意大利、荷兰、比利时、卢森堡、英国、爱尔兰、丹麦、希腊、西班牙、葡萄牙、奥地利、瑞典、芬兰),东扩到28个,人口达5亿左右。欧盟的政治、经济实力大为增强,在欧洲乃至国际事务中的影响力显著提升。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),一个是欧洲铁路综合调度移动通信系统(GSM-R)。本节重点介绍GSM-R在欧洲铁路的发展情况。

随着欧洲铁路网络的迅速发展,欧盟各国都亟待解决如何在列车高速运行时语音数据的可靠传输以及跨国运行时列车超速防护(ATP)的互操作性(兼容)问题。国际铁路联盟(UIC)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。1987年,欧洲15个国家的电信业务经营者在哥本哈根签署了一个谅解备忘录。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 是在 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,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 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(先进语音呼叫业务)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,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 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 的基本特性已在欧洲铁路移动无线系统试验中得到安装、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(通用移动通信系统)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。

### 1.5.2 GSM-R 的发展

GSM-R 的发展大致分为 3 个阶段:

#### 1. 标准制定阶段

1993 年国际铁路联盟(UIC)与欧洲电信标准组织(ETSI)协商,提出了欧洲各国铁路下一代无线通信以 GSM Phase 2+ 为标准的 GSM-R 技术,这一提议在 1995 年经 UIC 评估并最终确认。之后,UIC 展开了一系列的标准制定和测试工作。首先,UIC 建立了标准化组织 EIRENE(欧洲铁路综合移动通信网络),制定了一系列铁路需求规范,涉及范围包括业务功能、调度台车载台需求、电磁环境等各项指标。其次还密切与欧洲电信联盟合作,最终将其所提出的系列调度业务需求纳入到 GSM Phase 2+ 规范中,为 GSM-R 的发展奠定了坚实基础。

#### 2. GSM-R 系统试验阶段

1997 年,24 个国家的 32 个铁路组织签署了 GSM-R 谅解备忘录,签字的铁路组织至

少要将 GSM-R 用于过境运输通信。同年,为了验证 GSM-R 系统的可靠性、兼容性等指标,UIC 还成立了另一个专门组织 MORANE(欧洲铁路移动无线系统),它的主要成员包括铁路运营商、GSM-R 制造商和研究机构。MORANE 项目的重点放在包括测量高速环境的 GSM-R 特性上。从 1997 年至 2000 年间,MORANE 组织分别在法国、意大利、德国的高速线上开展了 3 个试验项目,对 GSM-R 系统进行了严格的测试。

法国 SNCF 试验线,该项目从 1997 年开始研究,2000 年 8 月完成。测试线路在巴黎城内(Rue de la Chapelle, Longueil—Arsy—Monchy),全长 30 km,共采用了 4 个 BTS、1 个 BSC/TRAU 和 1 个 MSC/VLR/HLR/AC、1 个 SGSN/GGSN。

意大利 FS 试验线开始于 1997 年 10 月,2000 年 8 月测试完成。线路的位置从 Prato—Florence—Arezzo,总长 78 km,其中从 Prato—Florence 之间是城市环境,而在 Florence—Arezzo 之间有很多高架桥和隧道。测试线上共有 20 多公里的隧道和 9 km 的高架桥,隧道中采用天线和泄漏电缆实现覆盖。此项目共采用了 19 个 BTS、1 个 BSC/TRAU 和 1 个 MSC/VLR/HLR/AC。

德国 GTS 试验线从 1998 年 7 月开始,测试线路设在 Stuttgart—Mannheim 间的高速线上,测试环境有城市的也有乡村的环境,其中约 27 km 的测试线分布在 14 个隧道中,在隧道中的无线覆盖采用直放站。试验线上共采用了 18 个 BTS、2 个 BSC 和 1 个 MSC。

在进行测试的同时,MORANE 还制定了一系列技术标准用来规范一些主要流程和设备接口,从而保证将来 GSM-R 系统在各过程中不仅要设备兼容,而且还要终端兼容、业务兼容。

### 3. GSM-R 工程实施阶段

1999 年第一个 GSM-R 网络在连接瑞典到丹麦的 Oresund 大桥建成并投入运营。Oresund 大桥铁路线属于瑞典 SIR/Banverket 全国线路工程的一部分。全国线路工程分为四期实施,覆盖线路总长 7 200 km,第一期工程 2 400 km 的设备安装、调试和验收已经在 2000 年夏天完成并投入商业运行。随后,瑞士、德国、荷兰、法国、西班牙、匈牙利、美国等相继建设了自己的 GSM-R 系统。另外,芬兰、挪威、印度等国家也开始对 GSM-R 进行招标或商业咨询。在实施 GSM-R 时,各国铁路部门考虑的重点不同。瑞典、德国铁路首先考虑的是话音通信,用 GSM-R 取代目前的各种落后的互不兼容的模拟设备;瑞士铁路是为实现高速双线客货混用;西班牙铁路为全国高速线做前期准备等。

奥地利已签署了 MoU(谅解备忘录)和 AoI(实施协议),不过到目前为止还没有开始实施。一个主要原因就是 ÖBB 新组织迄今为止没有达成最终结论。试验线计划已接近完成。但因为经费的冻结导致招标进程难以开始。不考虑这个障碍,GSM-R 已取得了一定进展。因为从 2005 年要过渡到 GSM-R,所以迫切需要为机车装备双模机车台,允许工作在模拟和数字网络中。ÖBB 已订购了 650 台机车台以满足目标。

SNCF(比利时全国铁路公司,法语)在 2002 年中期开始实施,最早建设的线路已接近完成。整个网络建设分为 4 个阶段,包括新建的高速线 I2 和 I4。站点和建筑已取