

铁路职业教育铁道部规划教材

列车无线调度通信

LIECHEWUXIANDIAODUTONGXIN

TIELU ZHIYE JIAOYU TIEDAOBU GUIHUA JIAOCAI

黄欣萍 蒋笑冰/主编
张朝华/主审

中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE



铁路职业教育铁道部规划教材

列车无线调度通信

黄欣萍 蒋笑冰 主 编
张朝华 主 审

中国铁道出版社

2011年·北京

内 容 简 介

本书为铁路职业教育铁道部规划教材。本书共分九章,分别介绍了铁路列车无线调度通信系统、无线通信基础知识、450 MHz 列车无线调度通信机车台、450 MHz 列车无线调度通信车站台、区间中继设备、机车综合无线通信设备(CIR)、机车综合通信设备构成原理、列车防护报警及客车列尾系统以及列车无线调度通信设备的维护与测试等内容。

本书可作为高等职业学院铁道通信专业、铁路成人教育的师生教学用书,也可供从事铁路无线通信的现场人员学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

列车无线调度通信/黄欣萍,蒋笑冰主编. —北京:中国铁道出版社,2011.10

铁路职业教育铁道部规划教材

ISBN 978-7-113-13278-1

I. ①列… II. ①黄…②蒋… III. ①列车无线调度
系统—铁路通信—职业教育—教材 IV. ①U285.21

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 203828 号

书 名:列车无线调度通信
作 者:黄欣萍 蒋笑冰 主编

策划编辑:武亚雯 朱敏洁

责任编辑:金 锋 电话:010-51873125

电子邮箱:jinfeng88428@163.com

教材网址:www.tdjiaocai.com

编辑助理:吕继函

封面设计:崔丽芳

责任校对:张玉华

责任印制:陆 宁

出版发行:中国铁道出版社(100054,北京市西城区右安门西街8号)

网 址:<http://www.tdpress.com>

印 刷:三河市华业印装厂

版 次:2011年10月第1版 2011年10月第1次印刷

开 本:787 mm×1 092 mm 1/16 印张:16.75 插页:5 字数:463 千

印 数:1~3 000 册

书 号:ISBN 978-7-113-13278-1

定 价:38.00 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联系调换。

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

前 言

本书由铁道部教材开发小组统一规划,为铁路职业教育规划教材。本书是根据铁路职业教育铁道通信专业教学计划“列车无线调度通信”课程教学大纲编写的,由铁路职业教育铁道通信专业教学指导委员会组织,并经铁路职业教育铁道通信专业教材编审组审定。

近年来,随着国民经济的快速发展,对铁路运输需求越来越高,为了提高运输指挥效率和能力,相继在 450 MHz 无线列调系统中增加了无线车次号校核信息、调度命令信息、列车尾部风压报警信息等数据业务传送功能。列车无线通信设备的装备率达 100%。

随着 GSM-R 数字移动通信的发展,目前已经建立健全了适合我国铁路应用的 GSM-R 数字移动通信网的技术标准体系。GSM-R 数字移动通信网可以囊括列车无线调度通信及各部门各工种的对讲机通信系统,提供列车调度、区间维修、工程施工、应急抢险,以及普通公务通信等需要的移动通信功能,给铁路运输指挥提供更多的先进功能,满足铁路运输生产各种基本要求。

因此目前列车无线调度通信系统包括铁路 450 MHz 列车无线调度通信系统和利用 GSM-R 数字移动通信系统承载的列车调度通信系统。为解决目前两个系统网络并存情况下移动机车的电台适应性,机车上装备了机车综合无线通信设备(CIR)。机车综合无线通信设备(CIR)是基于 450 MHz 列车无线调度通信、GSM-R、800 MHz 列车防护报警等系统的机车终端设备,既满足了以往 450 MHz 列车无线调度通信的需求,也适应了铁路专用移动通信系统 GSM-R 的需求。

教材力求较为全面地介绍目前铁路列车无线调度通信系统,主要讲述了既有线路 450 MHz 列车无线调度通信电台和 GSM-R 综合数字移动通信系统的 CIR 设备。本书共分九章,分别介绍了列车无线调度通信系统的组成和功能、无线通信基础知识、450 MHz 列车无线调度通信机车电台和车站台、区间中继设备、机车综合无线通信设备、机车综合无线通信设备构成原理,以及列车防护报警及客车列尾系统,最后介绍了列车无线调度通信设备维护与测试。每章均有小结和复习思考题。

在教学过程中,各校和有关培训机构可以根据学生的专业方向和工作岗位,对讲授章节进行取舍、调整,安排讲授内容。

本书由柳州铁道职业技术学院黄欣萍和北京铁路通信技术中心蒋笑冰主编,北京铁路通信技术中心张朝华主审。第一章、第二章及第四章由黄欣萍编写,第三章、第七章由柳州铁道

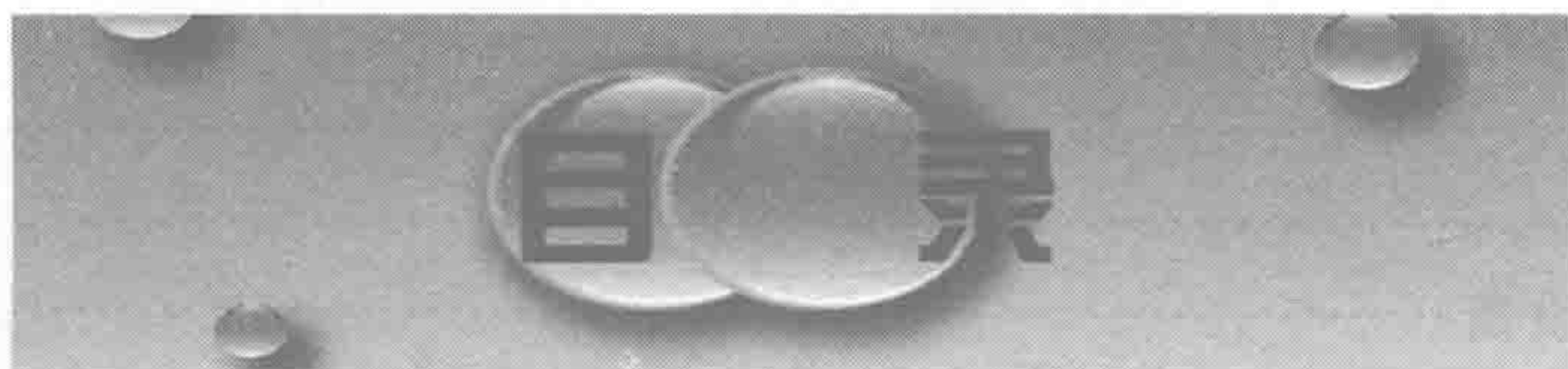
职业技术学院万少云编写,第六章由北京铁路通信技术中心么亮编写,第八章、第九章由北京铁路通信技术中心蒋笑冰、欧阳朔编写,第五章由广州铁路(集团)公司广州通信段彭保民编写。

编者感谢在本书写作过程中提供大量帮助的铁道部有关部门、中国铁道科学研究院,以及北京铁路局电务处、广州铁路(集团)公司广州通信段、南宁铁路局柳州无线检修车间、上海铁路通信有限公司、天津七一二通信广播有限公司、北京世纪东方国铁科技股份有限公司等单位。

由于编者水平有限,书中难免有错误和不妥之处,恳请广大读者批评指正。

编 者

2011年8月



第一章 铁路列车无线调度通信系统	1
第一节 发展概述	1
第二节 450 MHz 列车无线调度通信系统构成及功能	3
第三节 GSM-R 列车调度通信系统	12
本章小结	20
复习思考题	21
第二章 无线通信基础知识	22
第一节 发射机和接收机的结构与工作过程	23
第二节 高频小信号放大器	27
第三节 高频功率放大器	32
第四节 混频器	41
第五节 锁相环频率合成器	46
第六节 调制	55
第七节 解调	66
第八节 无线电波的传播	74
第九节 噪声和干扰	84
第十节 天线	92
第十一节 电平换算和场强的概念	112
本章小结	116
复习思考题	118
第三章 450 MHz 列车无线调度通信机车台	120
第一节 机车台的组成	120
第二节 发射/接收单元	122
第三节 控制单元	124
第四节 电源单元	129
第五节 控制盒	129
第六节 GPS 单元	131
本章小结	133
复习思考题	133
第四章 450 MHz 列车无线调度通信车站台	134
第一节 车站台的组成	134
第二节 收/发信机单元	135
第三节 微机控制单元	136
第四节 控制盒	143

第五节 电源单元	146
第六节 显示单元	148
第七节 车站台主机各接口名称和功能	148
本章小结	151
复习思考题	151
第五章 区间中继设备	152
第一节 漏缆加中继器系统	152
第二节 光纤直放站系统	157
本章小结	161
复习思考题	162
第六章 机车综合无线通信设备(CIR)	163
第一节 主 机	163
第二节 附属设备	164
第三节 CIR 主机各单元模块的配置及功能	167
第四节 主机各接口及与其他设备的接口	171
第五节 机车综合无线通信设备的安装	174
第六节 操作界面显示和控制过程	177
本章小结	181
复习思考题	182
第七章 机车综合无线通信设备构成原理	183
第一节 机车综合无线通信设备构成	183
第二节 主控单元	186
第三节 GSM-R 话音单元	191
第四节 GSM-R 数据单元	193
第五节 MMI 操作终端	194
第六节 GPS 单元	202
第七节 接口单元	205
第八节 电源单元	207
本章小结	208
复习思考题	209
第八章 列车防护报警及客车列尾系统	210
第一节 系统概述	210
第二节 800 MHz 机车电台(LBJ)	214
第三节 旅客列车尾部安全防护装置(KLW)	222
第四节 其他设备	227
本章小结	230
复习思考题	230
第九章 列车无线调度通信设备的维护与测试	231
第一节 列车无线调度通信设备的维护	231
第二节 列车无线调度通信电台测试	235
本章小结	261
复习思考题	261
参考文献	262

第一章

铁路列车无线调度通信系统

铁路列车无线调度通信系统是铁路运输指挥的重要设施,对铁路运输与安全起着重要的作用。随着铁路列车向高速化与准高速化方向的迈进,对行车组织和安全保障提出了更高的要求,为保证行车安全,实现有效地人机控制和提高运输效率,要求建立一个功能更加完善、技术构成更加先进的铁路通信网。在铁路运输指挥系统中,列车调度员除了利用有线调度系统与车站值班员进行通信联络外,在许多场合尤其是紧急情况下,需要通过无线通信设备与机车司机、运转车长进行信息传递,实现行车指挥、业务联络,包括调度命令传递、车次号传输、道口预(报)警等很多数据无线传输任务,以铁路运输调度为主要目的的列车无线调度通信系统,日益显示着其重要性。铁路列车无线调度通信系统作为最主要的铁路移动通信应用系统,其应用情况直接关系到铁路运输的安全和效率。

第一节 发展概述

我国铁路列车无线调度通信开始于 20 世纪 50 年代,从前苏联引进无线调度电台。由于当时技术水平的限制,无线调度电台采用电子管电路,设备笨重,耗电量大,未能得到推广。60~70 年代中期,中国铁道科学研究院研制了 150 MHz 晶体管电路的同频单工 TW-8A 型列车无线调度电台,其具有干扰小、体积小和耗电少等优点,所以在 1975 年鉴定生产后,很快得到推广,装备在各调度区段车站和机车,后来为适应国家标准又改进为 TW-8B(C、D)型,自 20 世纪 70 年代中期开始,列车无线调度通信迅速发展。为了消除列车无线调度通信电台发射相同频率产生的同频干扰,以及解决隧道中无线电波的传播问题,先后研制了 150 MHz、450 MHz 四频组单双工兼容的 TW-12 型、TW-42 型列车无线调度通信电台。随后各种制式列车无线调度电台的试制、试验、开通和运用都为以后进一步完善和发展列车无线调度通信提供了宝贵的数据和有益的经验。为减少电气化区段对 150 MHz 的干扰及克服 150 MHz 频段频率资源少的问题,列车无线调度通信系统的工作频段从 20 世纪 90 年代开始逐步采用 450 MHz 频段,现在已完成从 150 MHz 向 450 MHz 频段的过渡。经过几十年的发展和标准化建设,450 MHz 列车无线调度通信分为 A、B、C 三种制式,在应用中根据实际需要进行选择。目前在全路数万公里的运营线路上列车无线通信设备的装备率已达到了 100%。

450 MHz 列车无线调度通信在稳定提高装备率的基础上,努力提高场强覆盖率,从 1991 年开始,在全路又开展了以列车无线调度通信为信息载体的车机联控,车机联控是以确保列车运行安全为目的,以车务、机务结合部作业控制为主要对象,以列车无线调度通信系统为通信手段,以促进现行规章与作业标准的落实为主要内容,以防止行车事故为重点的安全管理措施。车务、机务等行车有关人员利用列车无线调度通信,按规定联络,确认行车要求,提示行车安全信息,确保行车安全的互控,成为行车组织的标准化制度,由于其具有可移动性且机动灵

活的特点,解决了行车部门主要工种间的互控、联控,在提高运输效率上发挥着显著作用。列车无线调度通信作为机车行车安全的“三大件”之一,同时也防止了可能发生的各类行车事故,利用列车无线调度通信及时沟通信息并采取措施,大大缩短了抢险救援和处理故障的时间,减少或避免了行车事故造成的生命财产的损失,对提高运输效率、保证行车安全有着重要作用。

为规范我国铁路列车无线调度通信系统的制式、技术条件、设备组成,以及工程设计、生产制造、施工安装及维护管理,早在 80 年代初,铁道部就制定了铁路列车无线调度通信系统制式及设备系列的部颁标准(TB 1420—81),1991 年铁道部颁布实施《150、450 MHz 铁路列车无线调度通信系统制式及主要技术条件》(TB/T 2294—1991),规定了我国铁路列车无线调度通信系统制式、系统设备组成和系统技术条件。1993 年颁布实施《铁路列车无线调度通信系统设备技术条件》(TB/T 2457—1993),规定了我国铁路 150 MHz、450 MHz 频段铁路列车无线调度通信 A、B、C 制式设备的基本性能及技术条件,以及自动监测设备、隧道传输设备的技术性能要求。到 2002 年又颁布实施了《列车无线调度通信系统制式及主要技术条件》(TB/T 3052—2002),对以上两个标准(TB/T 2294—1991、TB/T 2457—1993)进行了修订,进一步规定了铁路列车无线调度通信系统制式、系统技术条件、系统设备组成、系统设备的基本性能和系统设备的主要技术条件,这些标准的颁布实施促进了铁路列车无线调度通信的迅速发展。

近年来,随着国民经济的快速发展,对铁路运输需求越来越高,为了提高运输指挥的效率和能力,相继在 450 MHz 无线列调系统中增加了无线车次号校核信息、调度命令信息、列车尾部风压报警信息等数据业务传送的功能,为铁路第五次和第六次大提速做出了贡献。但是,由于该系统的通信手段采用的是模拟和单信道方式,所提供的通信质量和业务功能拓展与我国高速铁路、客运专线建设的快速发展的需求之间的差距在不断扩大,既有 450 MHz 列车无线调度通信系统面临严峻的考验,对于传统的列车无线调度通信系统设备,其频率利用率低、枢纽地区通信干扰严重及可靠性差等实际问题,主要表现为:

(1)《铁路技术管理规程》对加入列车无线调度通信通话的人员范围作了严格规定,但目前列车无线调度通信是开放系统,并未做任何鉴权加密处理,对用户无需进行身份识别,因此社会上好多对讲机、电台,只要其频点和调制方式与列车无线调度通信系统相同,便可以加入到系统内通信,影响到列车无线调度通信的正常使用,给行车安全带来极大的隐患。

(2)现有的列车无线调度通信系统常用对讲组网方式,没有采用信道共用技术,频点(信道)固定分配,当一个信道遇忙时,其他用户只能等待,往往造成该信道上的用户争抢或者出现阻塞,通信质量得不到保证;而信道空闲时,别的系统用户又不能利用该信道进行通信,信道利用率低。

(3)列车无线调度通信系统内存在严重的同频干扰、邻道干扰、阻塞干扰,与其他的系统之间也常常出现互调干扰。这些干扰的存在,往往造成无法正常通话,数据传输误码率增加,影响设备的正常使用。特别在铁路枢纽地区用户多的时候,会由于存在系统内的同频干扰而得不到正常应用,致使枢纽地区调度员不能与枢纽内运行中的列车司机直接通话。

针对上述既有线路上 450 MHz 列车无线调度通信在实际运用中的局限性及存在的问题,以及为满足铁路移动通信发展的需要,铁道部从 1994 年就开始对专用移动通信技术跟踪研究,对在国外铁路广泛应用的 GSM-R 数字移动通信网和 TETRA(陆上集群无线电通信)系统进行比较,并正式确定将 GSM-R 数字移动通信网作为我国铁路移动通信的发展方向。铁道

部主管部门组织路内外科研院校及相关单位制定了一系列技术规范,并结合我国实际应用,对既有技术标准与规范进行修改、完善,逐步建立健全了适合我国铁路应用的 GSM-R 数字移动通信网的技术标准体系。

GSM-R 数字移动通信网可以囊括目前铁路各种无线通信系统业务,包括列车无线调度通信、平面调车及各部门各工种的对讲机通信系统,提供列车调度、编组场调车、区间维修、工程施工、应急抢险及普通公务通信等需要的移动通信功能,可以取代传统的电缆加通话柱的区间通信方式,能够给铁路运输指挥带来更多的好处,提供更多的先进功能,满足铁路运输生产的各种基本要求。

因此,目前列车无线调度通信系统包括铁路 450 MHz 列车无线调度通信系统和利用 GSM-R 数字移动通信系统承载的列车调度通信系统。在既有线路上大多数还是采用 450 MHz 列车无线调度通信系统,而在高速铁路上列车无线调度通信无论是语音,还是数据业务均是由 GSM-R 网络系统承载。针对机车交路的不确定性,机车有可能运行在既有 450 MHz 列车无线调度通信系统覆盖区段,也有可能运行在开通 GSM-R 网络覆盖区段。目前为解决两个系统网络并存情况下移动机车的电台适应性,机车上装备了机车综合无线通信设备(CIR)。机车综合无线通信设备(CIR)是基于 450 MHz 列车无线调度通信、GSM-R、800 MHz 列车防护报警等系统的机车终端设备,既满足了以往 450 MHz 列车无线调度通信的需求,也适应了铁路专用移动通信系统 GSM-R 的需求。

第二节 450 MHz 列车无线调度通信系统构成及功能

一、450 MHz 列车无线调度通信系统构成

(一) 系统构成

450 MHz 列车无线调度通信系统由调度总机、机车设备(机车台、车次号机车编码器等)、车站设备(车站台、车次号车站接收解码器、调度命令传送车站转接器等)、便携电台、区间设备(中继器、异频中继电台、光纤直放站、射频漏泄同轴电缆等)、系统监测设备、机车出入库自动检测设备等共同组成。铁路 450 MHz 列车无线调度通信系统组成如图 1-1 所示。

1. 调度总机

调度总机包括调度总机、控制盒、录音机及连接电缆。调度总机是列车无线调度通信系统中的地面固定设备,设置在调度所,通过四线制有线线路与车站台连接。调度总机由调度员操作使用,通过选择本调度区段与机车邻近的车站台自动转接并发出呼叫,调度员可呼叫司机。

2. 车站台

车站台包括车站台主机(含电源、转接接口)、控制盒及连接电缆、天线及馈线、蓄电池。车站台放置在铁路沿线各车站,主要由车站值班员操作使用,完成调度员、车站值班员、机车司机、车长之间的通信。

3. 机车台

机车台包括机车台主机(含电源)、主/副控制盒及连接电缆、送话器、扬声器、天线及馈线。机车台安装在牵引机车上,内燃机车、电力机车的机车台由机车直流控制电源系统供电,轨道车上的电台由蓄电池供电,机车台供司机使用,用于机车司机与调度员、车站值班员、其他机车司机、运转车长之间通信联系。

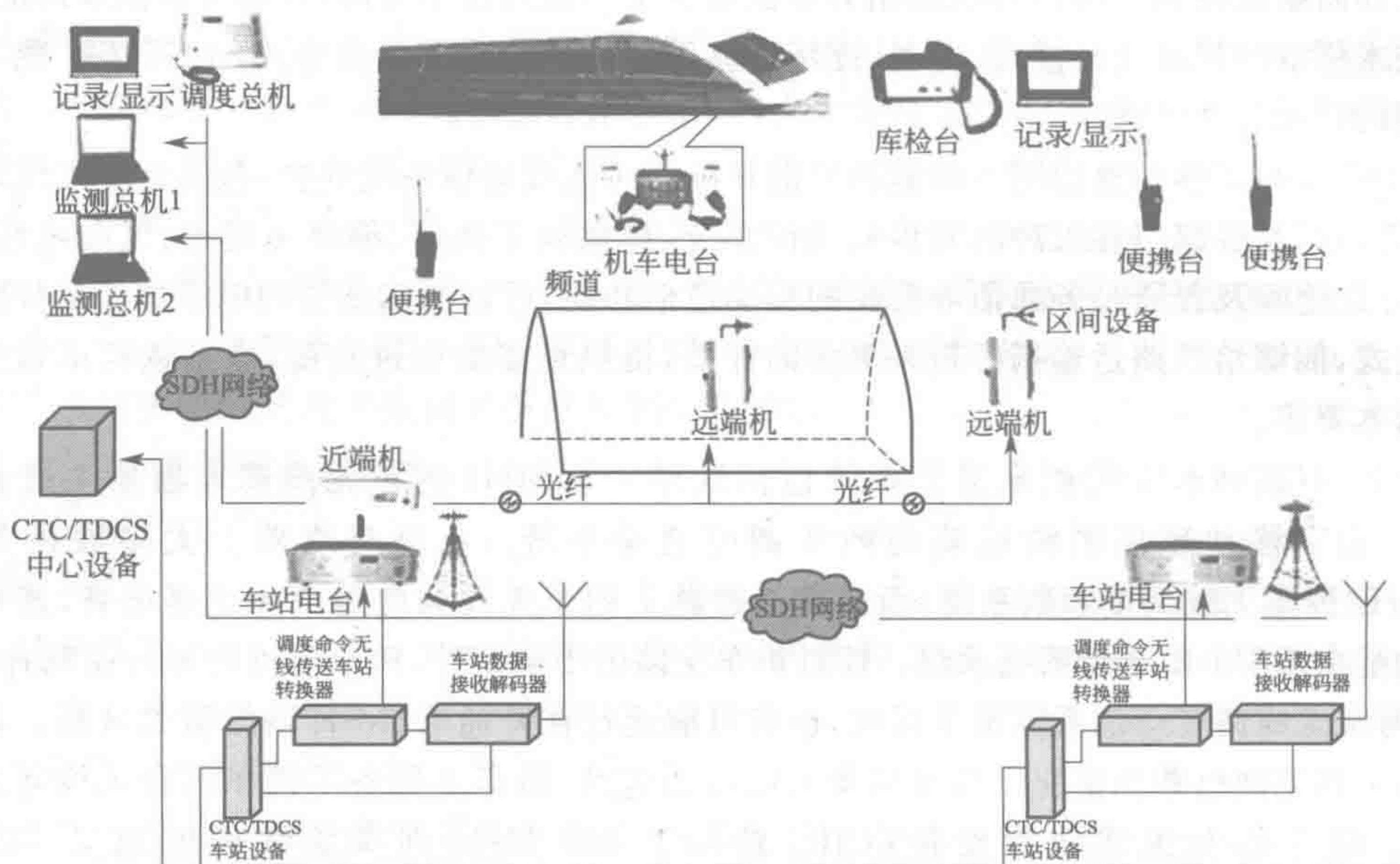


图 1-1 列车无线调度通信系统组成图

4. 便携台业务

包括主机、电池、天线、充电器，便携台可通过内置电池供电。主要用于车站助理值班员、运转车长等人员与机车司机、车站值班员及其他使用便携台的人员进行通话。

5. 区间设备

区间设备包括中继器、区间电台、多频互控电台、异频中继电台、光纤直放站（近端、远端机）、射频漏泄电缆、监测设备及其他附属设备等。

6. 系统监测设备

系统监测设备由系统管理器、监测总机及辅助设备（包括调度总机、车站台、中继器、区间台检测单元和参数设置电路）组成。

7. 机车出入库检测设备

机车出入库检测设备由机车出入库检测主机（包括计算机、打印机、电台主机、天馈线）、启动信号发送设备及相应的机车台内的检测单元等组成。

8. 列车无线车次号校核信息传送设备和调度命令信息无线传送设备

列车无线车次号校核信息传送设备包括机车数据采集编码器和采用 450 MHz 专用频道工作的车站数据接收解码器；调度命令信息无线传送设备主要包括车站数据接收解码器、调度命令无线传送车站转接器，以及 CTC/TDCS 车站设备等。

(二) 特点

1. 450 MHz 列车无线调度通信采用小功率多设台方式每一调度区段设置一套

450 MHz 列车无线调度通信就其通信范围看，属于带状移动通信，根据铁路区段指挥调度的特点，在每一个调度区段设置一套系统，采用小功率多设台的方式。由于系统是主要供调度所的调度员、沿线车站值班员与调度区间的机车司机通信用，铁路线又呈现带状延伸，因此调度所、车站、机车上设置大功率电台的方法，显然既不经济也不合理。故采用在沿线各车站与机车上设置小功率电台的方法，调度员借助于机车附近的车站台和机车司机通信。通常车站台之间距离为

5~10 km,在每一个车站和机车均设置 3~10 W 的小功率电台。两相邻车站电台无线信号连续覆盖,且车站电台的覆盖通常不应小于两相邻电台之间距离的二分之一,如图 1-2 所示。

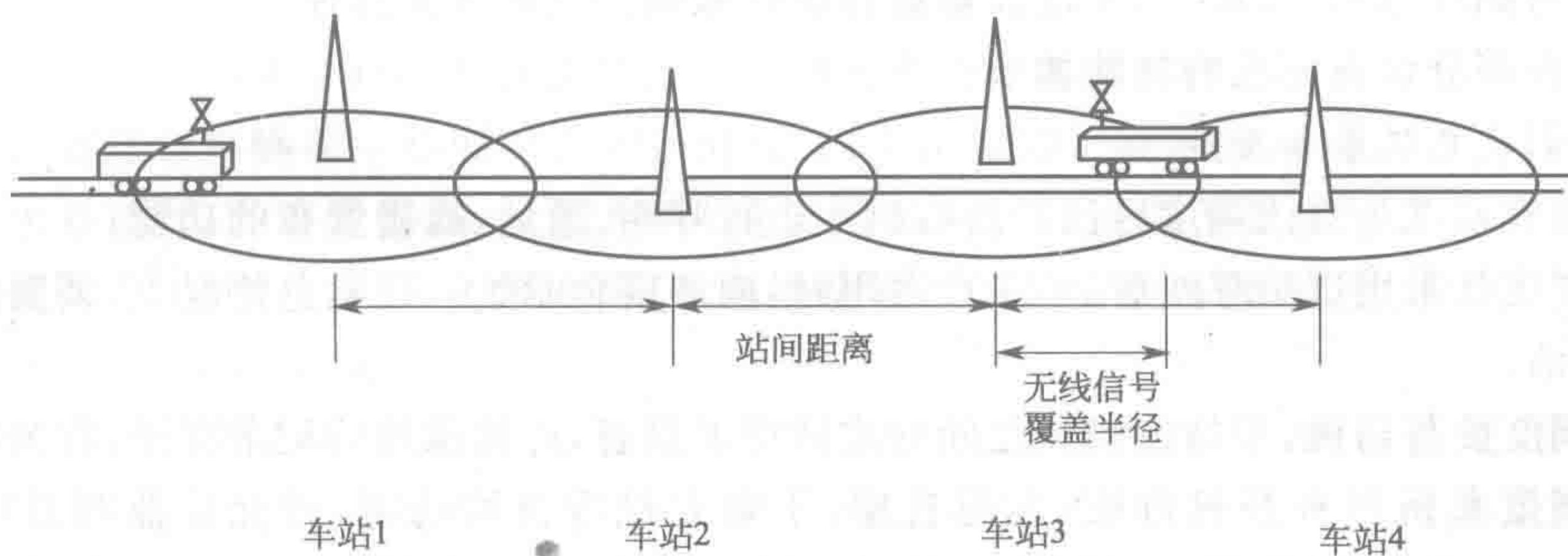


图 1-2 无线信号沿铁路线带状覆盖示意图

2. 450 MHz 列车无线调度通信系统采用有线与无线相结合的组网方式

车站和机车设置小功率电台后,调度员与机车司机通信时,在调度所调度员通过无线调度通信系统的调度总机及与其连接有线四回线通道,控制被呼叫机车附近的车站台(或调度区段沿线所有车站台)以无线方式与机车司机建立通信的,这样可以构成调度员、车站值班员、机车司机之间的“大三角”通信;在调度员不使用车站台时,机车司机、车站值班员以及运转车长之间的通信直接采用无线方式,构成机车司机、车站值班员以及车长之间的“小三角”通信。

若在山区多隧道的弱场强区段,需要借助洞口、洞内中继器或光直放站等区间设备完成系统的“大三角”、“小三角”通信。

3. 450 MHz 列车无线调度通信系统除语言通信外,还可以进行数据传输

系统除完成一般的语音通信外,还可以完成 CTC/TDCS 的车次号信息和调度命令信息的数据传送,这些数据传输方式采用 FFSK 编码方式,由系统中的列车无线车次号校核信息传送设备和调度命令信息无线传送设备以及 CTC/TDCS 车站设备、CTC/TDCS 中心设备来实现。

二、系统功能

列车无线调度通信系统可以实现调度员、车站值班员、机车司机之间的“大三角”通信,以及车站值班员、机车司机、运转车长之间的“小三角”通信。调度员、车站值班员、机车司机、运转车长可以通过这种“大、小三角”通信进行日常行车的调度指挥,调度员、车站值班员均可以向司机预告有关前方信号显示状态,以便控制列车运行速度或不停车通过等,司机发现进路不对或线路有异状时,也可通知车站值班员及时处理,以及传输调度命令信息和车次号信息,从而构成了以列车无线调度通信为基础的行车安全防护信息网络。归纳起来有以下主要功能:

- (1)调度员按车次号个别呼叫司机并通话,也可对调度区段内的所有机车全呼、通话并发布通告。
- (2)调度员采用选站呼叫后,车站台占用时,向调度台示忙。在紧急情况下,调度员可优先与司机通话。
- (3)车站值班员与司机、司机与邻近机车司机及他们与运转车长之间可以呼叫通信。
- (4)车站台、机车台、便携台之间采用亚音信令方式呼叫,也可采用话音直接呼叫便携台。
- (5)调度所设备、车站台和机车台之间具备双向数据传输功能,可以传送实时数据、短数据或报文数据,以完成无线车次号校核信息和调度命令信息的无线传送。

(6)调度总机、车站台和机车台具有录音功能或录音接口。

(7)系统监测设备(系统管理器、监测总机)与调度总机可共用调度回线,采用无线或有线方式完成对调度总机、车站台、中继设备运行状态数据的实时收集监控。

系统各部分设备完成的功能如下:

(一)调度总机基本功能

(1)具有调度员对该调度区段的所有机车进行呼叫、通话、通告发布的功能。

(2)调度员采用选站呼叫后,车站台占用时,向调度台示忙。在紧急情况下,调度员可优先与司机通话。

(3)调度员与司机、车站值班员之间的通话均可录音,并提供通话记录存储、查询功能。

(4)调度总机具有开机自检、定时自检、手动自检等自检功能,并允许监测总机对调度总机监测。监测总机监测时,调度员通话,监测中断;自动监测时,通话完毕后该中断能自动恢复。

(二)车站台的基本功能

(1)无线通信功能:实现调度员与机车司机间通信的无线通路,车站台与机车台相互呼叫并通信,以及与便携台的相互通话。

(2)有线通信功能:实现车站台与调度总机有线通信的功能。

(3)语音输出功能:能对所有本机通话的语音信号进行处理输出,以方便外接录音仪等记录设备。

(4)调度命令转接功能:承载调度命令无线传送系统业务,通过调度命令接口向调度命令转接器传送调度命令信息。

(5)承载无线车次号校核信息传送业务的功能:TDCS 数据接收解码器系统是无线车次号校核系统中的车站设备。

(三)机车台的基本功能

(1)实现机车司机与行车指挥及服务人员的通话,包括接收调度员呼叫并通话,与车站电台相互呼叫并通话,与其他机车电台相互呼叫并通话,与便携台相互呼叫并通话。

(2)承载无线车次号校核信息传送业务。

(3)承载调度命令无线传送业务。

(4)承载 450 MHz 列车尾部风压报警信息业务。

(四)区间设备的基本功能

区间设备主要用于解决铁路沿线路堑、大弯处、隧道群、长大隧道及山区地带等地段受到障碍物的遮挡而形成弱场区和场强盲区的场强覆盖问题。

(五)系统监测设备的基本功能

系统监测设备(系统管理器、监测总机)与调度总机可共用调度回线,在调度回线空闲时,可采用有线方式完成对调度总机、车站台、中继设备运行状态数据的实时收集监控。

一般系统的监测项目包括车站台、区间台的发射机性能、接收机性能、呼叫控制信号、调制解调器、有线线路收发电平、电源等;调度总机的呼叫控制信号、调制解调器、有线线路收发电平、电源等;中继器的正向主/备用放大器工作状态、反向主/备用放大器工作状态、主/备用电源等。在自动监测过程中,能自动发出故障告警指示(音声提示和显示)。

(六)机车出入库检测设备基本功能

主要完成机车出入库自动检测,检测项目主要有发射机性能、接收机性能、呼叫控制信

号、调制解调器、电源等。自检可由人工启动,也可由机车台接收启动检测信号,自动向机车出入库检测主机传送检测信息数据结果。要完成上述基本功能要求被测的机车台具有自检功能。

(七)列车无线车次号校核信息传送设备和调度命令信息无线传送设备功能

车站数据接收解码器主要用于在 450 MHz 的专用频道上接收按规定条件通过机车电台发送的车次号信息,并对数据纠、检错解码,确认信息无误后读取位置信息进行公里标比较。经比较后确认为本站辖区列车传来的信息,则把接收的信息重新打包,通过 RS-422 接口送到本站 CTC/TDCS 车站分机。

调度命令无线传送车站转接器通过控制车站台与机车台建立无线信道,接收 CTC/TDCS 设备发送的调度命令信息,由车站台进行发送;同时接收由机车设备中的调度命令机车装置发送的自动确认、签收、调车请求等信息,并发送给 CTC/TDCS 设备。设备可以记录转发的调度命令信息及自动确认、签收、调车请求等信息,并可存储信息,利用专用设备读出储存的信息。

三、450 MHz 列车无线调度通信的制式

根据 450 MHz 铁路列车无线调度通信的组网方式及设备功能的不同,系统分 A、B、C 三种制式。A、B、C 三种制式中车站台、机车台、便携台之间的通信均采用无线方式,调度总机至车站台的有线通道由数字电路或四线制音频话路构成。

(一)A 制式通信方式

在列车无线调度通信 A 制式中,调度员、车站值班员与司机之间采用双工通信方式;车站值班员、助理值班员、司机、运转车长之间采用半双工或单工(同频或异频)通信方式;助理值班员、司机、运转车长等移动用户之间采用异频单工通话时,由车站台、区间中继设备转信,机车台与调度总机、车站台之间的数据传输采用双工通信方式。

(二)B 制式通信方式

B 制式分为单双工兼容四频组方式(以下简称 B1 制式)和同、异频独立同步半双工方式(以下简称 B2 制式),其通信方式稍有不同。

1. B1 制式通信方式

调度员与司机之间采用双工通信方式;车站值班员、助理值班员、司机、运转车长之间采用双工、半双工、单工通信方式;助理值班员、司机、运转车长等移动用户之间采用异频单工通话时,由车站台、区间中继设备转信,机车台与调度所设备、车站台之间的数据传输采用双工通信方式。B1 制式通信方式在目前铁路列车无线调度通信中应用最为广泛。

2. B2 制式通信方式

调度员、车站值班员与司机之间采用半双工通信方式;车站值班员、助理值班员、司机、运转车长之间采用单工通信方式;车站值班员、助理值班员、司机、运转车长等移动用户之间采用异频单工通话时,由车站台、区间中继设备转信,机车台与调度所设备、车站台之间的数据传输采用半双工通信方式。

(三)C 制式通信方式

调度员与司机之间及车站值班员、助理值班员、司机、运转车长之间工作在同频单工或异频单工方式,各制式的通信方式见表 1-1。

表 1-1 各制式的通信方式

制 式	调度员、司机(大三角)	车站值班员、司机、运转车长(小三角)	移动用户之间	机车台与调度所设备、车站台之间的数据传输
A 制式	双工通信方式	双工通信方式	异频单工方式,车站台、区间中继设备转信	采用双工通信方式
B1 制式(单双工兼容四频组方式)	双工通信方式	双工、半双工、单工通信方式	异频单工方式,车站台、区间中继设备转信	采用双工通信方式
B2 制式(同、异频独立同步半双工方式)	半双工通信方式	单工通信方式	异频单工方式,车站台、区间中继设备转信	采用半双工通信方式
C 制式	单工通信方式	单工通信方式	单工通信方式	采用单工通信方式

四、系统用户和通信频率配置

(一)系统用户

《铁路技术管理规程》规定,铁路各调度区段应装设列车无线调度通信设备。列车无线调度通信设备准许列车调度员、机车调度员、车站值班员、助理值班员、机车司机、大型养路机械及轨道车司机和运转车长加入通话,并允许救援列车主任在执行救援任务时,临时加入通话,道口看守、防护人员和巡守人员在紧急情况下,也可临时加入通话。

(二)通信频率配置

国家标准 GB-T 15844.1—1995《移动通信调频无线电话机通用技术条件》对不同频段的电性能等参数都做出明确的规定,其中对信道的频率选择必须遵守以下规定:

- (1)移动通信调频电台的信道间隔为 25 kHz,频道频率尾数为 00 kHz、25 kHz、50 kHz、75 kHz。在 150 MHz 频段可有插入信道,信道间隔为 12.5 Hz。
- (2)双工及半双工的上下行频率间隔为:150 MHz 频段 5.7 MHz,450 MHz 频段 10 MHz,900 MHz 频段 45 MHz。
- (3)上行(移动台到基站)频率发低收高,下行(基站到移动台)频率发高收低。

在列车无线通信系统中根据不同的通信方式沿线车站台、机车台和便携台的频率配置有所不同,可分为交替频率配置和单一频率配置方式。

1. 交替频率配置和单一频率配置方式

(1)车站台频率配置

车站电台根据系统功能、设备制式的不同和线路条件,采用交替配置频率方式(如图 1-3 所示)或单一频率配置方式。机车电台、便携电台接收频率具有自动扫描和人工设置的方式。

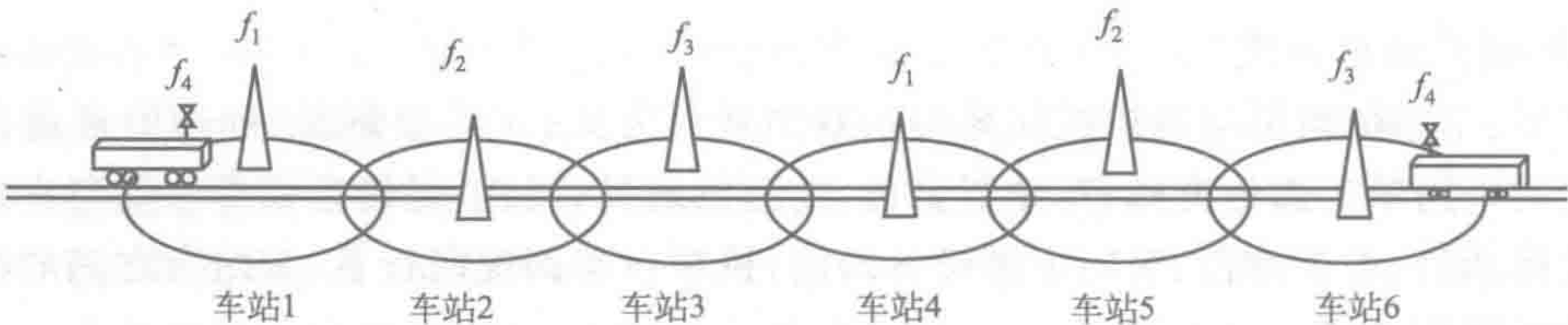


图 1-3 沿线车站台发射频率交替配置示意图

①调度员与司机之间的通信通常采用双工通信方式,调度总机通过有线线路选择某一车站台呼叫机车,沿线车站台发射频率采用交替配置频率方式,沿线各车站电台发射频率为 f_1 、

f_2 、 f_3 交替。在 C 制式中,调度员与司机之间的通信采用单工通信方式,单一频率配置时,车站电台发射频率为 f_2 (异频)或 f_4 (同频)。

②车站值班员与机车司机之间采用双工通信方式,沿线车站台发射频率采用交替配置时,车站电台发射频率为 f_1 、 f_2 和 f_3 。

③车站值班员与机车司机之间的单工通信,车站电台发射频率为 f_2 (异频)或 f_4 (同频)。

(2)机车台和便携台频率配置

机车、便携电台的频率和频组是根据机车运用交路进行配置,一般不少于 4 个工作频组,组间人工切换或自动切换,可根据列车无线调度通信组网方式及设备制式功能的不同,调整使用。机车台发射频率为 f_4 并具有频组内自动扫描频率接收 f_1 、 f_2 、 f_3 (f_4)和 f_2 、 f_4 的功能。

①司机与调度员、司机与车站值班员之间的双工通信,机车电台发射频率为 f_4 ,机车电台呼叫后自动扫描锁定接收频率 f_1 或 f_2 或 f_3 。

②司机(或便携台)与车站值班员之间的单工通信,机车电台发射频率为 f_4 ,机车电台接收频率为 f_2 (异频)或 f_4 (同频)。

列车无线调度通信系统主要以链状网为主,双工通信时车站台发射频率为 f_1 、 f_2 、 f_3 ,沿线车站交替配置,各车站台接收 f_4 ;机车台发射频率 f_4 ,自动扫描锁定接收 f_1 或 f_2 或 f_3 频率。单工通信时车站台发射频率为 f_2 (异频)或 f_4 (同频),各车站台接收 f_4 ;机车台发射频率 f_4 ,机车电台接收频率为 f_2 (异频)或 f_4 (同频)。 f_1 、 f_2 、 f_3 、 f_4 这 4 个频率组成一个四频组,这就是所谓的列车无线调度通信系统四频组频率配置。

系统采用四频组频率配置,车站台发射采用 f_1 、 f_2 、 f_3 3 个频率交替实现场强的连续覆盖,车站台的同频复用距离达到 3 个区间的距离,可以有效地克服同频干扰。列车无线调度通信规定了 8 个频组的四频组频率,各频组具体频率见表 1-2。

表 1-2 8 个频组中的四频组频率配置表

频率 频组	f_1 (MHz)	f_2 (MHz)	f_3 (MHz)	f_4 (MHz)
频组 I	467.450	467.500	467.550	457.500
频组 II	467.500	467.550	467.600	457.550
频组 III	467.650	467.700	467.750	457.700
频组 IV	467.775	467.825	467.875	457.825
频组 V	467.875	467.925	467.975	457.925
频组 VI	467.950	468.000	468.050	458.000
频组 VII	468.150	468.200	468.250	458.200
频组 VIII	468.200	468.250	468.300	458.250

2. 双工时机车台接收频率的自动切换和导频追踪接收

机车司机与调度进行双工通信时,为了实现越区跟踪转换,机车台接收频率要自动切换,其频率切换的依据是场强的变化,而场强的变化又表现在电台输入电压的变化,提取接收机中频信号作为频道切换的信息,依选定的某一中频信号值作为门限值,当接收信号电平低于该门限值时,输入机车台控制单元的控制电平,控制单元中(单片机)一旦收到这一电平,便控制进入双工频道扫描程序,扫描接收更强信号的信道,达到接收频率扫描自动切换的目的。由于机车行进和地面地物的影响,机车台接收场强会有起伏甚至短暂的衰落现象,为了防止干扰,只有超过切换门限值的信号并持续一定时间 T 以上才能锁定接收频率,小于 T 的信号均认为是干扰信号。这样可以保证不会因瞬时干扰或信号起伏超过切换门限而锁定信道,也不会因场

强的短暂衰落而导致误切换信道。

当调度员与机车司机通话时,由于沿线所有车站台都用同一频率 f_4 接收机车台的发射频率,机车台发出的射频信号通常会被相邻两个车站台接收。如果把两个车站台收到的信号都通过有线回路送往调度总机,会因群延迟的不同产生信号混合而影响通话质量。为保证只有一个满足信噪比的车站台把接收下的信号送至调度总机,采用机车台发送导频指定满足信噪比要求的车站台接收方式。

为实现调度与司机通信时的越区自动跟踪,沿线车站台的双工发射频率 f_1 或 f_2 或 f_3 的启动发射是由其接收的相对应控制导频 F_1 (151.4 Hz)、 F_2 (162.2 Hz)、 F_3 (173.8 Hz) 控制。机车台发射 f_4 时,将控制导频 F_1 (151.4 Hz) 或 F_2 (162.2 Hz) 或 F_3 (173.8 Hz) 调制发射,同时相应调制发射的控制导频,机车台接收频率为 f_1 或 f_2 或 f_3 。发射频率为 f_1 的车站台设有 F_1 导频解码器, F_1 导频解码输出控制该车站电台接收机音频输出与有线回路连通,把音频信号送至调度总机。与发射频率 f_1 车站台相邻的车站台只设 f_2 或 f_3 导频解码器,此时不动作,也就不会接通有线回路。这样,利用机车台发射控制导频的方式确保只有一个车站台的接收音频信号经有线回路送至调度总机。

车站台设置导频解码器的另一个作用,就是启动本车站台双工频道载波的发射,并维持载频发射。在机车司机与调度员的通话过程中,如果正利用发射频率 f_1 的车站台接通调度总机,随机车的行进远离车站台,机车台接收 f_1 的场强减小。当 f_1 的场强小于门限切换值时,机车台双工频道扫描开始,先在 f_2 频道上停留以寻找有无超过切换门限值的 f_2 信号,此时机车台载频 f_4 将 F_2 导频调制发射。如果下一个车站台发射频率为 f_2 ,则其导频解码器为 F_2 ,收到 F_2 导频后导频解码器解码输出,便启动发射机发射 f_2 频率。机车台收到 f_2 信号且超过切换门限值,则稳定在 f_2 频道上接收,并一直将 F_2 导频调制在 f_4 上发射出去,以维持车站台发射机载频 f_2 的发射;如果下一车站台发射频为 f_3 ,则其导频解码器为 F_3 ,不接收 F_2 导频,因而不处于发射状态,此时机车台扫描,在 f_2 上寻找不到有足够场强的信号,便转到 f_3 上寻找有无超门限的 f_3 信号,同时机车台载频将 F_3 导频调制发射,于是发射 f_3 频率的车站台因有 F_3 导频解码器而启动发射机发 f_3 信号,这样使机车台双工扫描信停止,稳定在 f_3 上接收。因此,机车行进时,随车站台有效覆盖范围的更递,一一启动车站台实行追踪接收,使机车与调度的通信不因机车的行进而中断,具备了过网功能,即越区频道切换功能。

3. 山区多隧道地区弱电场措施和车站台受控中继转发

在山区峡谷特别是在铁路隧道内,电波被阻挡、吸收而急剧衰减,往往出现电波传播的弱电场区,以致影响可靠通信或完全中断通信。列车无线调度通信系统中,为保证隧道内的正常通信,采用在隧道内挂设漏泄电缆、装设隧道中继器和车站台受控中继转发的措施,隧道内在高度 4.8 m 处的壁上敷设开槽漏泄电缆,每隔 1.2~1.5 km 加装射频双向放大式洞内中继器。洞口则设置定向天线、洞口中继器、功率分配器并用射频电缆线与漏泄电缆相连接。如有隧道群,出入洞口之间距离较近时,则可直接以架空漏泄电缆贯通,以长隧道视之。

在装设上述设备后,调度员、车站值班员与司机可以实现通信,调度员与司机还是异频双工方式;车站值班员与司机采用异频单工,它们之间通过发 186.2 Hz 异频导频和呼叫信号后,建立异频单工通信。但隧道内同一列车主补机司机或司机与运转车长或与其他列车的司机间的通信仍难保证。为此,系统设备提供了站台中继转发的性能。

中继转发时,机车台或车长台也工作在异频单工方式,并发出 186.2 Hz 转发导频,使邻近车站台收到后转为双工中继工作状态,此时车站台发射频道一律改为 f_2 送出并保持 9 s。被