

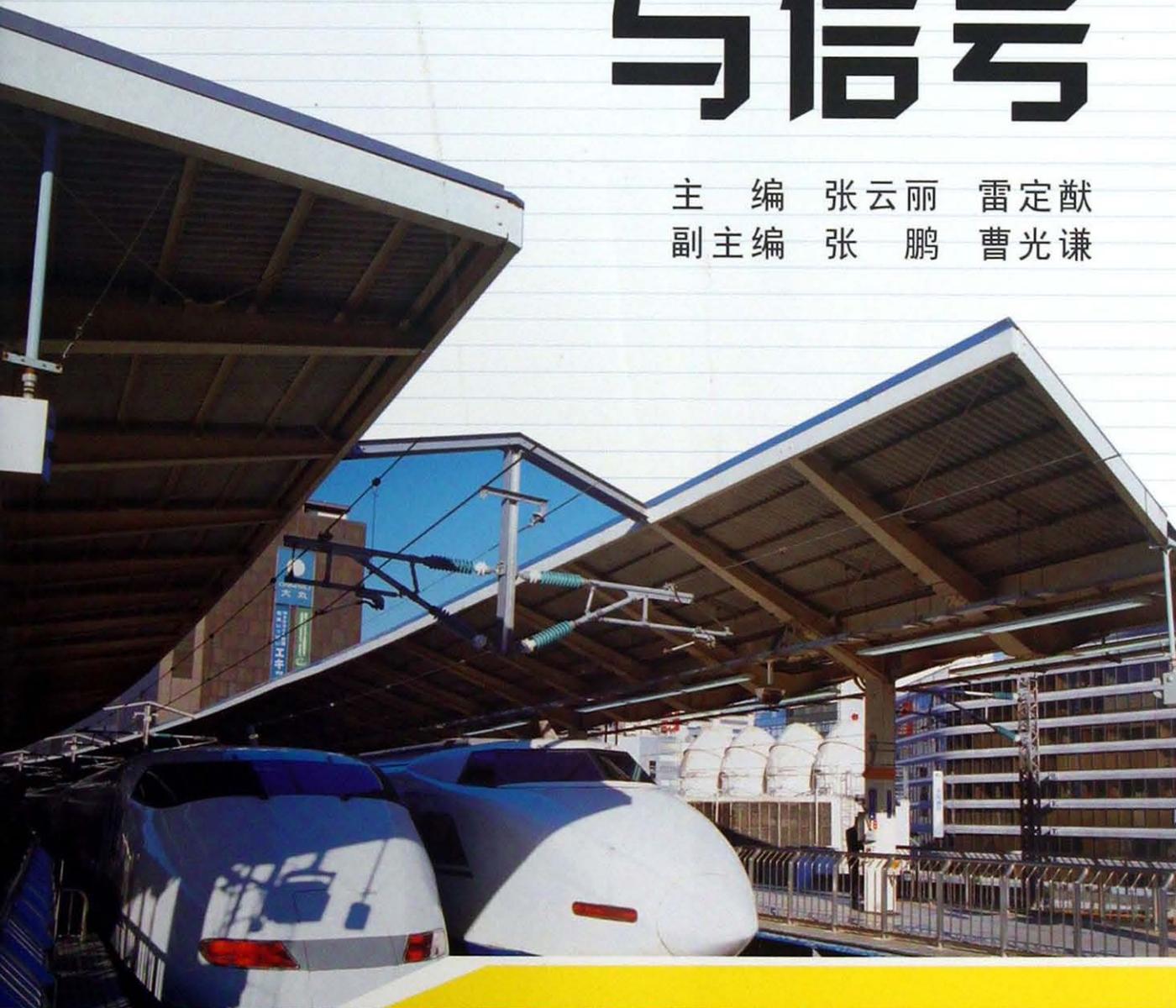


高等院校交通运输类十二五规划教材

丛书主编 田红旗

# 铁路通信 与信号

主 编 张云丽 雷定猷  
副主编 张 鹏 曹光谦



TIELUTONGXINYUXINHAO

TIELUTONGXINYUXINHAO

TIELUTONGXINYUXINHAO



中南大学出版社  
www.csupress.com.cn

# 铁路通信与信号

主 编 张云丽 雷定猷  
副主编 张 鹏 曹光谦  
参 编 高双喜 王大文 肖龙文  
叶峻青 张英贵 钟柯华



中南大学出版社  
[www.csupress.com.cn](http://www.csupress.com.cn)

---

图书在版编目(CIP)数据

铁路通信与信号/张云丽,雷定猷主编. —长沙:中南大学出版社,2013. 1  
ISBN 978-7-5487-0767-7

I. 铁... II. ①张... ②雷... III. ①铁路通信②铁路信号  
IV. ①U285②U284

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 006099 号

---

铁路通信与信号

主编 张云丽 雷定猷

- 
- 责任编辑 刘 辉  
责任印制 文桂武  
出版发行 中南大学出版社  
社址:长沙市麓山南路 邮编:410083  
发行科电话:0731-88876770  
传真:0731-88710482  
印 装 长沙市宏发印刷有限公司

- 
- 开 本 787×1092 1/16 印张 23. 75 字数 588 千字 插页 4  
版 次 2013 年 1 月第 1 版 2013 年 1 月第 1 次印刷  
书 号 ISBN 978-7-5487-0767-7  
定 价 50. 00 元
- 

图书出现印装问题,请与出版社调换

高等院校交通运输类十二五规划教材

## 编 审 委 员 会

丛书主编

田红旗

编委会委员

(按姓氏笔画为序)

方晓平	邓连波	叶峻青	史 峰	冯芬玲
朱晓立	杨 岳	李明华	李学苗	张云丽
尚龙文	罗意平	郑国华	姚家林	秦 进
夏伟怀	雷定猷			

# 总序

---

---

.....

交通运输业是国民经济体系的重要组成部分，也是促进国民经济发展的主要基础产业和推动社会发展的先决条件。在最近的30年里，我国交通运输业整体上取得飞速发展，交通基础设施、现代化运输装备、客货运量总量和规模等都迅猛扩展，大量的新技术、新设备在铁路等交通运输方式中被投入应用。同时，通过大量的交通基础设施建设，特别是近年来我国高速铁路的不断投入使用，使我国的交通供需矛盾得到一定的缓解，我国交通运输网络的结构也得到了明显改善，颇具规模的现代化综合型交通运输网络已经初步形成。

我国交通运输业日新月异的发展，不仅对专业人才提出了迫切的需求，更使其教材建设成为专业建设的重点和难点之一。为解决当前国内高校交通运输类专业教材内容落后于专业与学科科技发展实际的难题，由中南大学出版社组织国内交通运输领域内的一批专家学者，协同编写了这套交通运输类“十二五”规划教材。参与规划和编写这套教材的人员都是长期从事交通运输专业的科研、教学和管理实践的一线专家学者，他们不仅拥有丰富的教学和科研经验，同时还对我国交通运输相关科学技术的发展和变革也有深入的了解和掌握。这套教材比较全面、系统地介绍了目前国内交通运输领域尤其是高速铁路的客货运输管理、运营技术、车站设计、载运工具、交通信息与控制、道路与铁道工程等方面的内容，在编写时也注意吸收了国内外业界最新的实践和理论成果，突出了实用性和操作性，适合大中专院校交通运输类以及相关专业的培养目标和教学需求，是较为系统和完整的交通运

输类系列教材。该套教材不仅可以作为普通高校交通运输专业课程的教材，同时还可以作为各类、各层次学历教育和短期培训的首选教材，也比较适合作为广大交通运输从业人员的学习参考用书。

由于我们的水平和经验所限，这套教材的编写也有不尽如人意的地方，敬请读者朋友不吝赐教。编者在一定时期之后会根据读者意见以及学科发展和教学等的实际需要，再对教材进行认真的修订，以期保持这套教材的时代性和实用性。

最后衷心感谢参加这套教材编写的全体同仁，正是由于他们的辛勤劳动，编写工作才得以顺利完成。我们还应该真诚感谢中南大学出版社的领导和同志们，正是由于他们的大力支持和认真督促，这套教材才能够如期与读者见面。

田红旗

# 前 言

本书是高等院校交通运输类十二五规划教材，是由中南大学交通运输专业教材开发领导小组组织编写，并经铁道部相关业务部门审定，适用于高等院校铁路特色专业教学以及铁路专业技术人员使用。本书为铁道运输专业系列教材之一。

铁路通信与信号系统被誉为“铁路的中枢神经系统”，在铁路运输中具有极为重要的地位，是铁路运输的基础设施，担负着铁路各种行车设备的控制和行车信息的传输，是实现铁路统一指挥调度，保证列车运行安全、提高运输效率和质量的关键技术设备，也是铁路信息化技术的重要技术领域。随着微电子技术、计算机技术、网络技术、信息技术和控制技术的迅速发展及其在铁路领域中的应用，铁路通信与信号系统本身的作用已远远超出其传统的作用，现代铁路通信与信号系统的功能和内涵发生了巨大的变化，铁路通信与信号系统已经朝着智能化、信息化、网络化、系统化的方向发展。

为此急需编写反应铁路通信与信号系统技术现状和发展的适用教材，为铁路通信与信号的技术进步和人才培养提供有力的技术支持和保证。本书结合我国铁路通信与信号的相关技术和设备，从普及的层面出发，分十二章内容对我国铁路及城市轨道交通通信与信号系统的基本知识、相关设备原理及应用作了全面系统的介绍。

本书的特点如下：

(1) 本书内容由浅入深，首先介绍了铁路通信与信号基础知识，然后依次介绍了铁路通信与信号的设备系统组成、功能、原理和应用。最后介绍城市轨道交通通信与信号系统。

(2) 本书内容完整、系统，各章节又有一定的独立性。读者可根据自己的需要选读有关内容。

(3) 本书内容新颖、覆盖面广，包括了铁路通信与信号和城市轨道交通通信与信号的主要技术。

(4) 本书在讲清当前铁路通信与信号技术的基础上，尽量兼顾了国内铁路通信技术的最新技术和设备。

本书由中南大学张云丽、雷定猷主编。其中绪论由中南大学雷定猷编写，第一篇第一章由中南大学张英贵、雷定猷编写，第二章由郑州铁路职业技术学院王大文编写，第三章由中南大学叶峻青编写；第二篇第一章由中南大学肖龙文编写，第二、三、五、七章由中南大学张云丽编写，第四章由中南大学曹尧谦编写，第六章由湖南高速铁路职业技术学院高双喜编写，第三篇第一章由上海申通地铁集团有限公司钟柯华编写，第二章由卡斯柯信号有限公司张鹏编写。在本书的撰写过程中得到了中南大学有关部门的大力支持和指导，特别是中南大学交通运输工程学院李夏苗教授等的指导，也得到了中南大学同仁的帮助和支持，在此表示衷心的感谢。

由于作者水平有限，错误遗漏在所难免，恳请读者批评指正。

# 目 录

绪 论·····	(1)
复习思考题·····	(7)

## 第一篇 铁路通信

第一章 铁路通信概述·····	(8)
复习思考题·····	(18)
第二章 铁路专用通信·····	(19)
第一节 概述·····	(19)
第二节 铁路专用通信设备·····	(21)
第三节 铁路调度通信·····	(23)
复习思考题·····	(38)
第三章 铁路综合数字移动通信系统·····	(39)
第一节 GSM-R 基础·····	(39)
第二节 GSM-R 系统业务·····	(43)
第三节 GSM-R 在铁路中的应用·····	(50)
复习思考题·····	(61)

## 第二篇 铁路信号

第一章 铁路信号·····	(62)
第一节 铁路信号概述·····	(62)
第二节 色灯信号机·····	(64)
第三节 信号机的设置·····	(69)
第四节 信号显示·····	(79)
复习思考题·····	(85)
第二章 铁路信号基础设备·····	(86)
第一节 信号继电器·····	(86)

第二节 转辙机 .....	(96)
第三节 轨道电路及其他列车定位设备 .....	(113)
复习思考题 .....	(127)
<b>第三章 车站信号控制系统</b> .....	<b>(128)</b>
第一节 车站信号控制系统基本概念 .....	(128)
第二节 6502 电气集中联锁 .....	(143)
第三节 计算机联锁 .....	(150)
复习思考题 .....	(164)
<b>第四章 区间信号控制系统</b> .....	<b>(165)</b>
第一节 闭塞的概念和分类 .....	(165)
第二节 半自动闭塞 .....	(168)
第三节 自动站间闭塞 .....	(171)
第四节 自动闭塞 .....	(173)
第五节 道口信号 .....	(186)
复习思考题 .....	(189)
<b>第五章 编组站调车控制系统</b> .....	<b>(190)</b>
第一节 编组站调车控制系统基础设备 .....	(190)
第二节 自动化驼峰 .....	(203)
第三节 峰尾平面调车集中联锁 .....	(213)
第四节 编组站综合自动化 .....	(216)
复习思考题 .....	(222)
<b>第六章 行车调度指挥自动化系统</b> .....	<b>(224)</b>
第一节 行车调度指挥系统发展 .....	(224)
第二节 列车调度指挥系统 .....	(226)
第三节 新一代分散自律调度集中系统 .....	(238)
第四节 高速铁路运营调度指挥系统 .....	(258)
复习思考题 .....	(265)
<b>第七章 列车运行控制系统</b> .....	<b>(266)</b>
第一节 列控系统概述 .....	(266)
第二节 机车信号 .....	(277)
第三节 站内轨道电路电码化 .....	(284)
第四节 列车运行监控记录装置 .....	(285)
第五节 CTCS-2 系统 .....	(288)
第六节 CTCS-3 系统 .....	(296)



第七节 增强型列车运行控制系统·····	(305)
复习思考题·····	(308)

## 第三篇 城市轨道交通通信与信号

第一章 城市轨道交通通信系统·····	(309)
第一节 城市轨道交通通信系统概述·····	(309)
第二节 轨道交通通信系统组成·····	(311)
复习思考题·····	(315)
第二章 城市轨道交通信号系统·····	(316)
第一节 城市轨道交通信号设备概述·····	(316)
第二节 信号基础设施·····	(323)
第三节 联锁设备·····	(334)
第四节 列车自动控制系统·····	(337)
复习思考题·····	(354)
附 录·····	(356)
附录 1 信号显示意义·····	(356)
附录 2 信号的基本灯光颜色·····	(361)
附录 3 CTCS-3 级列控系统总体结构图·····	(362)
附录 4 车站信号平面布置图·····	(363)
附录 5 6502 电气集中控制台盘面图·····	(365)
附录 6 联锁表·····	(367)
参考文献·····	(371)

## 绪 论

铁路信号是保证行车安全,提高区间和车站通过能力以及编组站编解能力的自动控制及远程控制技术的总称,其主要功能是保证行车安全,提高运输效率。铁路通信是组织铁路运输,指挥列车运行和铁路业务联络并迅速、准确地传输各种信息的通信系统的总称。担负着铁路各种行车设备的控制和行车信息的传输,是铁路信息技术的重要组成部分。

随着当代铁路的发展,铁路通信信号技术发生了重大变化,车站、区间和列车控制的一体化,铁路通信信号技术的相互融合,以及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,推动了铁路通信信号技术向系统化、信息化、智能化、网络化和通信信号一体化的方向发展。GSM-R 的成功应用,推动了铁路通信信号的技术进步,加快实现铁路通信信号一体化的进程。

### 一、现代铁路通信信号系统的组成

作为列车运行指挥和控制的中枢,铁路信号包括信号系统和信号设备、器材两个层次。铁路信号包括行车调度指挥控制、车站联锁、区间闭塞、列车运行控制、驼峰调车控制和信号集中监测等系统。信号设备、器材包括继电器、信号机、轨道电路、转辙装置、控制台、电源屏、应答器、计轴器等。

铁路信号系统的各个组成部分通过通信和网络等技术有机结合,实现地面控制与车上控制结合、本地控制与中央控制结合,构成了一个以安全设备为基础、集行车指挥、列车运行控制、集中监测等功能为一体的集中指挥、分散控制的综合性闭环控制系统。

基于 GSM-R 无线通信实现列控信息车一地之间传输的铁路信号系统的构成如图 0-1-1 所示。

### 二、铁路通信信号的作用

铁路通信信号是铁路的主要技术设备。实践证明,铁路通信信号对于保证行车安全、提高运输效率、减轻劳动强度等方面起着非常重要的作用。随着铁路运输向高速度、高密度、重载化、电气化发展,铁路通信信号的地位和作用日渐突出,铁路通信信号现代化是铁路现代化的重要标志和必要条件。

#### (一) 保证行车安全

铁路运输的基本任务是运送旅客,运送国民经济建设和工农业生产中所需要的货物。因为要切实保证旅客和货物平安完整地运送到目的地,所以,运输安全是运输业中永恒的主题。

为了保证行车安全,除了提高铁路员工的思想水平、工作能力和加强劳动纪律、以及积极发挥人的主观能动性外,还必须采取一系列的技术措施,完善和提高通信信号设备现代化水平,使行车安全建立在可靠的物质基础上,杜绝和消灭危及行车安全的因素,使行车安全

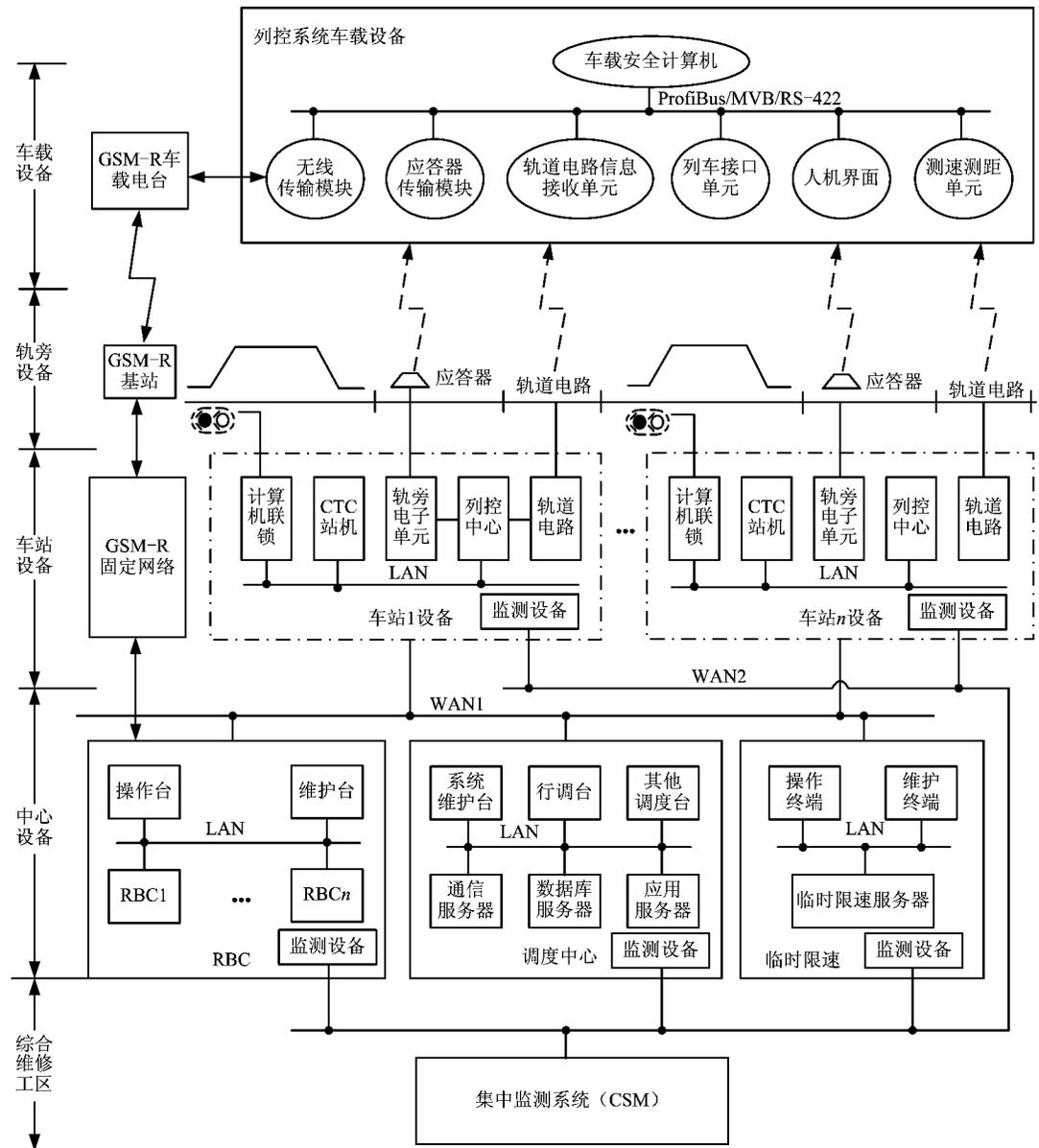


图 0-1-1 铁路信号系统构成框图

处于有序可控的状态。依靠技术装备保证行车安全，提高铁路运输安全水平是铁路运输重中之重。

在车站上利用联锁设备，使有关的道岔和信号相互联系，只有当进路上的道岔均在正确位置并锁闭后，才容许有关信号机开放以指示列车安全地通过进路，当采用电气集中联锁时，由于轨道电路和电气锁闭的作用，可以避免在机车车辆运行中扳动道岔，防止向被占用的轨道上接车和避免敌对进路的同时开通，列车在站内的运行安全就能得到进一步的保证。据统计，车务部门历年发生的行车重大、大事故中，发生在非集中联锁的车站占一半，另有

17%左右发生在非联锁区和信号设备停用时。我国铁路电气集中联锁车站装备率从1985年的43%上升到1995年的80%，2000年更是达到了90.4%，全路因错办进路造成向有车线接入列车的险性事故数大幅度下降，由“八五”期间的13件降至“九五”期间的4件。

同理自动闭塞和半自动闭塞能防止向占用区间发出列车、未办或错办闭塞发出列车等事故，确保区间行车安全。统计表明，当自动闭塞与半自动闭塞设备装备率达到90%以上时，向占用区间发出列车的险性事故，年发生10~20件，当装备率达到95%以上时，此类事故的年发生件数降至5~10件，当装备率上升到98%左右时，年发生件数在5件以下，一般为2件。机车信号系统对于保证行车安全的效果非常显著。例如在列车进路的始端装设易于瞭望的信号装置，就可以及时地通知列车关于前方运行的条件，借以减少冒进禁止信号的事故。但随着列车速度的不断提高和运输工作的日益繁忙，司机仍易失去警惕性，易于造成事故。此外，地形复杂和气候条件不良，也是易于产生事故的原因。如果装设了机车自动信号及自动停车装置，机车信号能自动地和及时地反映出前方线路上运行条件，如果司机未能确认并认真执行停车或减速信号显示要求时，自动停车装置能强迫列车自动实行紧急制动，这就使列车冒进信号减少到最少。据统计，1985年机车信号装备率为73%时，全路发生冒进信号的险性事故176件。到1995年机车信号装备率达98%，冒进信号的险性事故降至9件。到2000年装备率提高到100%，机务系统冒进信号的险性事故由“八五”期间的128件降至“九五”期间的17件。

而驼峰自动化设备对溜放进路、溜放速度进行自动控制，消除了因人为因素造成的危及调车安全的事故。例如南翔编组站在1971—1977年为机械化驼峰，发生61起调车事故；1978—1982年为半自动化驼峰，发生12起调车事故；1983年以后为自动化驼峰，没有发生一件事故。

信号设备的持续快速发展，使行车安全得到有效的保证，行车事故逐年减少。图0-1-2所示为全路行车重大、大事故率与信号设备装备率增长比较示意图，从图中可以看出，随着信号设备装备率的提高，全路行车重大、大事故明显呈下降趋势。

## (二) 提高运输能力

铁路通信信号技术对铁路扩能提效具有重要作用，这已被我国铁路发展的进程所证实。采用先进的信号设备可提高车站和区间的通过能力、编组站的解编能力，从而提高行车密度。

集中联锁把全站的道岔、进路和信号集中起来控制，控制迅速，不再需要分散控制时所需要的联系时间，因而大大提高了车站作业效率。电气集中与非集中联锁比较，咽喉通过能力可提高50%~80%，到发线通过能力可提高15%~20%。

对单线自动闭塞追踪系数定为0.5的前提下，单线自动闭塞比半自动闭塞平行运行图能力可增长13.8%~19.0%。在实际设计中，追踪系数一般按0.4计算能力，则平行运行图能力可提高10.7%~14.7%；采用计轴自动站间闭塞比继电半自动闭塞，能力可提高4%左右；定点计轴自动闭塞能力可提高10%以上。兰新线哈密—柳园段，曾建成带复线插入段的单线自动闭塞，并实行调度集中控制，追踪系数0.4，提高了平行运行图能力14.8%，列车对数由26.6对增加到35对，有力地支持了兰新线的双线改造。宝成段广元—成都段曾建成单线定点计轴闭塞，使该区段增开列车2.5对，并增加供电系统维修天窗时间。双线自动闭塞将追踪间隔时间分别按8 min、7 min、6 min计算，每昼夜平行运行图能力可由半自动闭塞的70对

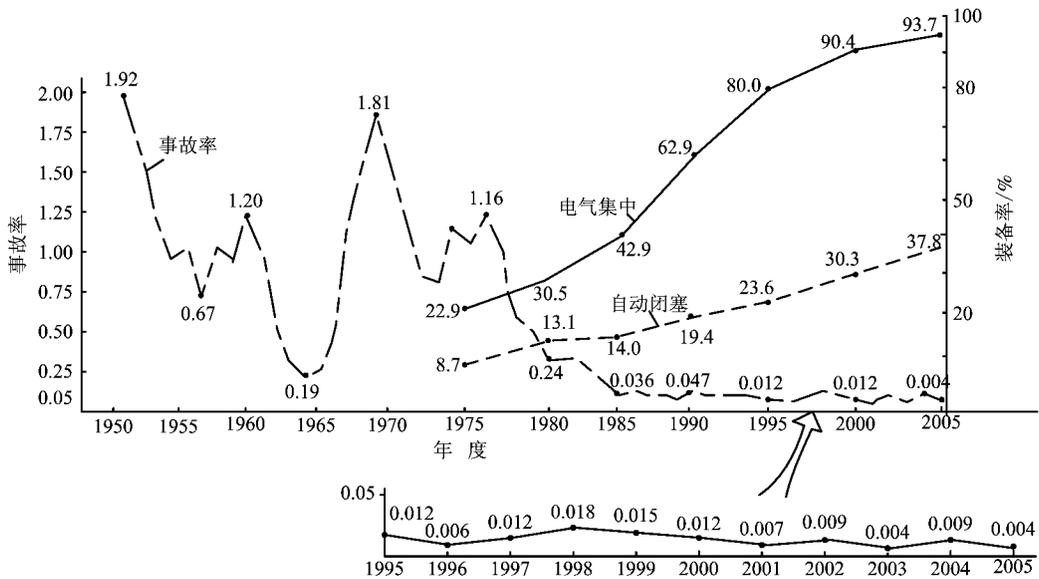


图 0-1-2 全路行车重大、大事故率与信号设备装备率增长比较示意图

注：事故率系指每百万机车走行公里的事数

分别提高到 180 对、205 对和 240 对，可提高通过能力 2~3 倍。

驼峰自动化、半自动化是提高编组站解编能力、协调点线能力的最有效手段。驼峰道岔自动集中可提高解编能力 10%~20%；机械化与非机械化驼峰相比，可提高解编能力 50% 左右；半自动化驼峰比机械化驼峰提高 10%~15%；自动化驼峰可再提高 10%~15%。例如南翔站由半自动化驼峰改建为自动化驼峰后，解体能力从 61 列提高到 77 列，日均办理辆数从 3825 辆提高到 5550 辆。郑州北编组站和石家庄编组站先后实现综合自动化以后，编解能力在原有基础上，分别提高了 17.3% 和 15%，使点线能力得到协调。

调度集中虽不是直接提高通过能力的手段，但可通过集中控制，提高行车调度的自动化程度，从而充分发挥线路通过能力。据统计，有的双线区段采用调度集中，可在自动闭塞的基础上继续提高效率达 34%，单线可提高 50%。

### (三) 改善其他运营指标

信号设备经济效益显著，投资回收期短。例如京沪线南京东—滁州间自动闭塞列车间隔时间 8 min 改为 7 min 后，提高运能 25 对，每年增收达 550 万元，而投资仅为 150 万元。徐州—孟家沟间改半自动闭塞为自动闭塞后，提高平行通过能力 42.8%，工程投资 30 万元，当年 8 个月就净增收入 695 万元。南翔编组站实现自动化后比机械化时每昼夜多解体 16 列车，如其他条件具备，可增开 8 列列车，年获利 1800 多万元，而自动化工程全部投资仅 450 万元。

原电务局长胡耀华在其著文中指出：1986—1995 年铁路新增的运输能力中，通过电务技术装备增加行车密度，贡献率为 24.2%，折合产量约为 1460 亿吨公里，累计新增运输收入约 270 亿元，每年平均 27 亿元，经济效益显著。同期电务部门新增固定资产约为 70 亿元，固定资产投资产出率累计为 3.7 元/元，投资回收期约为 2.5 年，而铁路总资产投入产出率累计为

1.25 元/元,投资回收期约为 8 年。相比之下,电务设备投资的效益极好,充分体现了投资省、见效快、收益大的技术优势。

铁路通信信号的发展还为行车部门提高了劳动生产率,节省了大量行车人员,减轻了作业过程和风险,具有明显的社会效益和经济效益。

据统计,电务技术装备使行车人员劳动生产率在 1986—1995 年提高了 50%,至少减少 6 万人,同时在减轻劳动强度与风险,减少人员伤亡等方面取得了明显的社会效益,例如电气集中因集中控制和监督,不再需要劳动强度大、危险性大的扳道员;半自动闭塞无需实物凭证,大大减轻了车站值班员和机车乘务员的劳动强度;自动闭塞无需办理闭塞和确认列车整列到达,大大减轻了车站值班员的劳动强度;机车信号和列车运行控制系统的运用,改善了机车乘务员的瞭望条件,减轻了机车乘务员的劳动强度;调度集中和调度监督使行车调度员从繁重的手工劳动中解放出来。随着通信信号设备的进一步发展和完善,铁路行车人员伤亡也在逐年下降。当集中联锁车站装备率由 40% 上升到 80% 时,行车人员伤亡率降至 20%,两者呈近似的倒数关系。

综上所述,采用现代化的通信信号设备是必要的、有效的、经济合理的,它是为了保证运输安全而诞生和发展的,同时对提高列车密度和运输能力具有重要的作用,且能最大限度地发挥各种设备的能力,取得明显的社会效益。

### 三、我国铁路通信信号近年来的成就

至 2010 年底全国铁路营业里程达到 9.1 万 km,其中自动闭塞区段达到 32879 km,装备率达到 36.1%,而双线铁路自动闭塞装备率也达到 75% 以上;半自动闭塞区段达到 37396.5 km,装备率达到 41.1%,这标志着我国铁路在区间闭塞自动化程度上有了显著的提高。至 2010 年底,全路电气集中车站已达 3064 个,计算机联锁车站已达 2610 个,非集中联锁车站仅为 260 个。集中联锁装备率由 1990 年底的 62.9% 提高到现在的 95.6%。从行车调度控制方面,调度集中已从 1995 年的 1226 km 发展到 2010 年的 12473.5 km,调度监督设备从 1995 年的 5504 km 发展到 2010 年的 47597.8 km。机车信号也得到发展,从 1995 年的 14188 套发展到 2010 年底的 24432 套,营业线上的机车信号已全部配齐,列车运行监控记录装置也达到 24446 台。装有信号设备的驼峰调车场,到 2010 年底已达 223 个,其中:综合自动化编组站和自动化驼峰达到 119 场、半自动化驼峰 20 场、机械化驼峰 3 场、非机械化和简易的小能力驼峰 81 场,基本上实现了路网性编组站和区域性编组站的驼峰综合自动化和自动化。到 2010 年底全路装设微机监测站场达 4717 个。在通信方面,GSM-R 覆盖线路里程已达 10763 km,装设机车综合无线通信设备 10125 台,拥有无线列调调度总机 280 台,车站电台 11810 台,机车电台 29349 台。装设 800 M 列尾车载电台 3111 台,道口预警设备 1116 台,列车预警接收器 26 台。拥有综合视频监控摄像机 11024 台,视频服务器 830 台,视频显示终端达到 1370 台。卫星设备达到 138 套,应急通信静图设备 494 套,动图设备 74 套。

### 四、铁路通信信号的发展趋势和特征

近年来,铁路运输由于出现了重载、高速、城郊轻轨(含地铁)交通等新型运输形式,世界性能源危机加剧以及人类环境意识的增强,使得铁路运输业重新得到各国交通运输部门的普遍关注和重视,从而推进了铁道科学技术的新发展。

随着计算机、现代通信与控制技术及相关理论的发展及高速铁路通信信号技术的应用,世界铁路通信信号技术正酝酿着一场本质性的飞跃,铁路通信信号正在经历由传统技术向数字化、网络化、智能化、综合化发展的转变中,在通信信号系统的功能上,已由原来的单一化走向系统化、信息化、综合化。从单纯保障行车安全、扩展到提高运输效率、改善管理和改进服务及业务综合管理方向发展,从而充分发挥铁路通信信号系统的整体综合效能,使其成为行车控制、调度指挥、信息管理和设备监测的综合自动化系统。这是铁路向高速、高密、重载、电气化发展的需要。铁路靠科技兴路,靠科技提高运能,靠科技保证安全,迫切需要现代化的通信信号技术。这将导致铁路通信信号系统的内涵和外延有所改变。

### (一) 功能和作用综合化

以计算机技术、网络技术、现代控制技术及现代通信技术为代表的信息技术在铁路通信信号领域的广泛应用使得铁路信号的功能进一步扩展,铁路通信信号的任务从最初的保障行车安全发展到满足安全可靠、高效节能、快捷舒适和优质服务,信号的作用从指示司机安全行车,控制现场行车设备发展到实现车、机、工、电、辆各部门间高效协作,实现行车各种信息的采集、传输、处理和管理等方面。例如,在车站联锁的基础上,实现调度员对线路区段的集中监控,构成调度集中系统,实现对全线列车群调控指挥,并进一步发展将为各种调度集中在一起的综合调度中心,形成高度集成的综合运营管理系统。铁路信号综合化要求铁路信号内部各系统间及与其他业务系统间的综合,这正体现了当今信息技术发展的特征。

另外,联锁、闭塞、调度集中等信号设备由完成的单一功能向以铁路运输业务为主体的多功能综合系统发展,包括运输计划的实施和调整、行车和调车作业的指挥和控制、旅客导向和货主服务等。这些系统既能保证行车安全,提高铁路运输效率,又能优化管理,降低运输成本,改进和提高运输生产和服务质量。

随着列控系统及调度指挥系统的发展,铁路信号制式与运行模式发生变化,铁路信号从以车站联锁为中心向以列车运行控制系统为中心转化;列车运行调度指挥从调度员——车站值班员——司机三级管理向由调度员直接控制移动体(列车)转化;区间闭塞由固定闭塞方式向准移动闭塞方式转化;信号显示制式由速差式向速度式(目标距离)转化。

### (二) 信号设备数字化、智能化

当前信号设备正在经历从继电技术为基础发展为以计算机为主体的系统,如:微机联锁正逐步替代电气集中继电器联锁,调度集中、电子闭塞,列车自动控制系统和编组站自动控制系统都是以计算机为核心的设备。新一代信号设备功能强,自动化程度和适应能力高,具有智能和自诊断功能。

以计算机为核心的信号设备使得自动化、数字化与智能化成为可能,信号显示由无特定速度含义的颜色信息向允许速度、目标距离转化;列车运行由以人为主确认信号和操作向实现车载设备的智能化转化。

智能化包括系统的智能化与控制设备的智能化。系统智能化是指上层管理部门根据铁路系统的实际情况,借助先进的计算机技术来合理规划列车的运行,使整个铁路系统达到最优化;控制设备的智能化则是指采用智能化的执行机构,来准确、快速地获得指挥者所需的信息,并根据指令来指挥、控制列车的运行。如:调度指挥系统根据准确的行车、环境和条件变化信息,自动编制运行计划,合理规划列车的运行,列控系统与车站联锁系统根据指令来指挥、控制列车的运行。日本铁路还实现了基于模糊控制的智能化列车控制系统。

另外,大量信息在采集点就已经电子化数字化,系统之间信息交换数字化。信息数字化便于网络上的传输、处理,并且改善了信息的传输质量。同时,数字化信息可以融合更为丰富的信息内容,增加信息的含量。

### (三) 系统结构网络化

由于现代铁路信号系统强调将各种分散的信号设备联成一个整体,为铁路的运营、控制和管理打下良好基础。铁路信号系统的总体体系结构必然是一个网络化结构。铁路信号系统网络化是铁路运输综合调度指挥的基础。在网络化的基础上实现信息化,从而实现集中和智能管理。它涉及到底层设备(实现信息传感采集和控制执行)、信息传输通道和信息应用几大部分。信号系统可以分成四层,最低层是现场的道岔设备、轨道电路、信号机、机车信号、通信的传输装置等;第二层是安全控制设备,包括车站联锁、列控装置、道口安全控制等;第三层是局调度中心,包括调度集中、电力调度、机车调度、车辆调度、设备维修中心;第四层是部调度中心,宏观的决策系统。信息的利用主要是指上层的调度指挥系统;实现调度指挥的优化管理与决策支持,另外铁路信号采集的基础信息可供其他管理信息系统使用。信息的传输涉及各种通信技术(网络、无线、微波、卫星等),通信网络技术融入各个子系统内部和各子系统之间,并按照安全的等级,实现网络连接,达到信息传输和控制目的。

### (四) 通信信号一体化

随着当代铁路的发展,铁路通信信号技术发生了重大变化,车站、区间和列车控制的一体化,铁路通信信号技术的相互融合,以及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,推动了铁路通信信号技术向数字化、智能化、网络化和一体化的方向发展。

ERTMS/ETCS(欧洲铁路运输管理系统/欧洲列车控制系统)是欧盟支持的统一的行车控制系统,采用 GSM-R 作为传输系统,其成功应用进一步推动了铁路通信信号的技术进步,加快了实现铁路通信信号一体化的进程。日本新干线在 1995 年成功开发和投入运行的 COSMOS 系统,则是通信信号一体化的又一个成功案例。该系统包含运输计划、运行管理、维护工作管理、设备管理、集中信息管理、电力系统控制、车辆管理、站内工作管理等 8 个子系统,应用通信信号一体化技术,实现中心到车站各子系统的信息共享,并使系统达到很高的自动化水平。另外成功地应用了安全光纤局域网,使之成为联锁系统、列车运行控制系统的安全传输通道,达到通信技术与信号安全技术的深度结合,实现了通信信号一体化。通信信号一体化是现代铁路信号的重要发展趋势。

## 复习思考题

1. 简述现代铁路信号的组成,它们之间的关系如何?
2. 简述铁路通信信号的作用。
3. 简述铁路通信信号的发展趋势和特征。