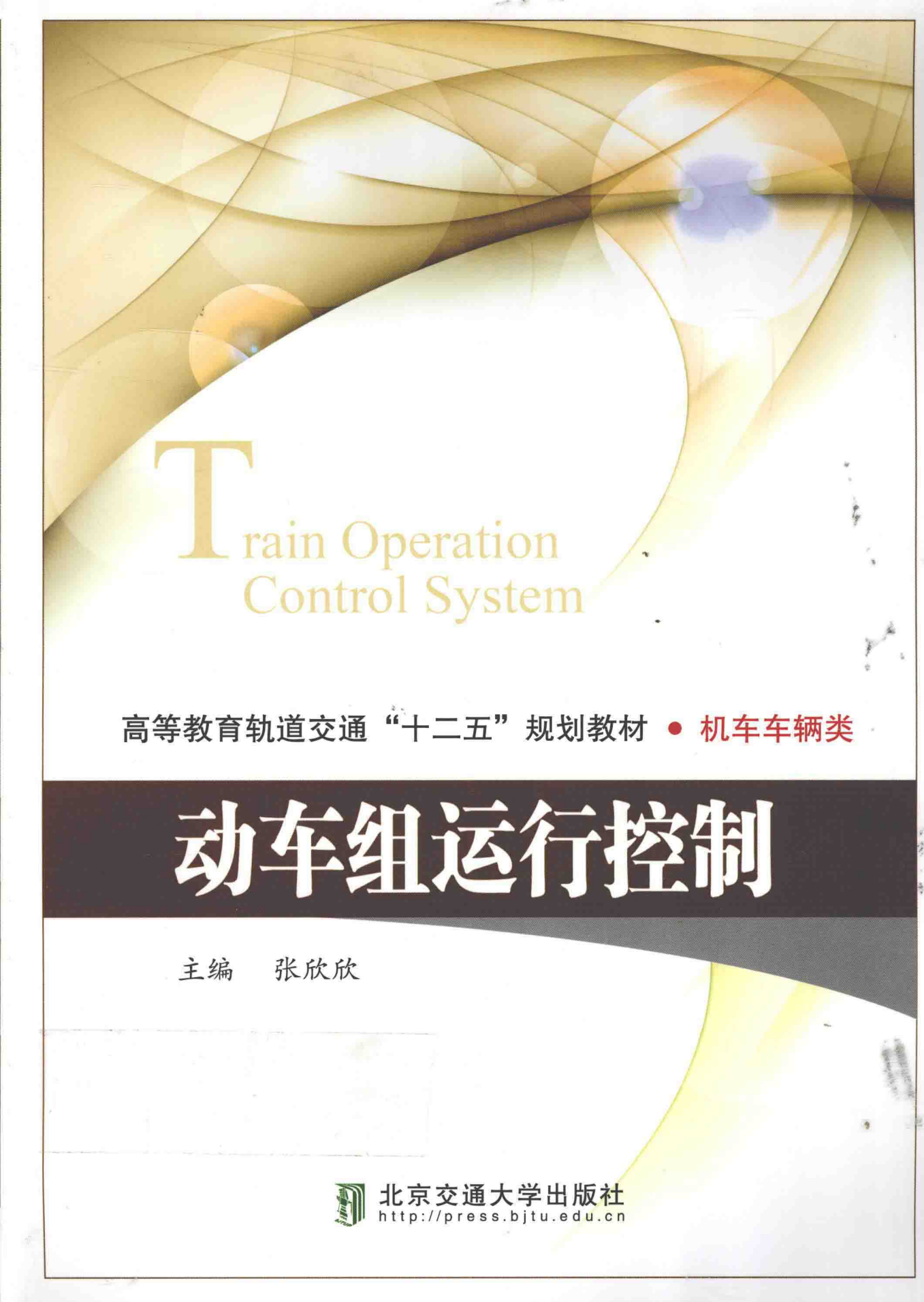




T rain Operation Control System

高等教育轨道交通“十二五”规划教材 • 机车车辆类

动车组运行控制

主编 张欣欣



北京交通大学出版社
<http://press.bjtu.edu.cn>

高等教育轨道交通“十二五”规划教材·机车车辆类

动车组运行控制

张欣欣 主编

北京交通大学出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

本书针对铁路动车组运行控制系统,结合教学的要求,在参考大量文献的基础上编写而成。全书共6章:第1章介绍高速铁路信号与控制系统的概况;第2章介绍列车运行控制系统的基础知识,名词术语,列车过分相 CTCS (Chinese Train Control System, 中国列车运行控制系统) 的概述;第3章和第4章介绍 CTCS-2 级列控系统的构成及特点,控车原理,地面设备及车载设备的组成、功能与基本工作原理;第5章介绍 CTCS-3 级列控系统的功能及构成,地面设备及车载设备的组成和功能;第6章介绍 LKJ2000 的结构及基本工作原理。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

动车组运行控制 / 张欣欣主编. —北京:北京交通大学出版社, 2012. 10

(高等教育轨道交通“十二五”规划教材)

ISBN 978-7-5121-1167-7

I. ① 动… II. ① 张… III. ① 动车-控制系统-高等学校-教材 IV. ① U266

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 205778 号

责任编辑:刘 洵 吴嫦娥

出版发行:北京交通大学出版社

电话:010-51686414

<http://press.bjtu.edu.cn>

北京市海淀区高粱桥斜街44号

邮编:100044

印刷者:北京鑫海金澳胶印有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印张:13.25 字数:339千字 彩插:2

版 次:2012年8月第1版 2012年8月第1次印刷

书 号:ISBN 978-7-5121-1167-7/U·113

印 数:1~3000册 定价:32.00元

本书如有质量问题,请向北京交通大学出版社质监组反映。对您的意见和批评,我们表示欢迎和感谢。

投诉电话:010-51686043, 51686008; 传真:010-62225406; E-mail: press@bjtu.edu.cn。

高等教育轨道交通“十二五”规划教材·机车车辆类

编 委 会

顾 问：施仲衡

主 任：司银涛

副 主 任：李建勇 陈 庚

委 员：（按姓氏笔画排序）

王文静 史红梅 刘 伟

刘志明 齐红元 宋永增

宋雷鸣 张励忠 张欣欣

周明连

编委会办公室

主 任：赵晓波

副 主 任：孙秀翠

成 员：（按姓氏笔画排序）

吴嫦娥 郝建英 徐 琤

出版说明

为促进高等轨道交通专业机车车辆类教材体系的建设,满足目前轨道交通类专业人才培养的需要,北京交通大学交通机械与电子控制学院、远程与继续教育学院和北京交通大学出版社组织以北京交通大学从事轨道交通研究教学的一线教师为主体、联合其他交通院校教师,并在有关单位领导和专家的大力支持下,编写了本套“高等教育轨道交通‘十二五’规划教材·机车车辆类”。

本套教材的编写突出实用性。本着“理论部分通俗易懂,实操部分图文并茂”的原则,侧重实际工作岗位操作技能的培养。为方便读者,本系列教材采用“立体化”教学资源建设方式,配套有教学课件、习题库、自学指导书,并将陆续配备教学光盘。本系列教材可供相关专业的全日制或在职学习的本专科学生使用,也可供从事相关工作的工程技术人员参考。

本系列教材得到从事轨道交通研究的众多专家、学者的帮助和具体指导,在此表示深深的敬意和感谢。

本系列教材从2012年1月起陆续推出,首批包括:《设计与制造公差控制》、《可靠性基础》、《液压与气动技术》、《测试技术》、《单片机原理与接口技术》、《计算机辅助机械设计》、《控制理论基础》、《机械振动基础》、《动车组网络控制》、《动车组运行控制》、《机车车辆设计与装备》、《列车传动与控制》、《机车车辆运用与维修》。

希望本套教材的出版对轨道交通的发展、轨道交通专业人才的培养,特别是轨道交通机车车辆专业课程的课堂教学有所贡献。

编委会
2012年8月

总 序

我国是一个内陆深广、人口众多的国家。随着改革开放的进一步深化和经济产业结构的调整,大规模的人口流动和货物流通使交通行业承载着越来越大的压力,同时也给交通运输带来了巨大的发展机遇。作为运输行业历史最悠久、规模最大的龙头企业,铁路已成为国民经济的大动脉。铁路运输有成本低、运能高、节省能源、安全性好等优势,是最快捷、最可靠的运输方式,是发展国民经济不可或缺的运输工具。改革开放以来,中国铁路积极适应社会的改革和发展,狠抓制度改革,着力技术创新,抓住了历史发展机遇,铁路改革和发展取得了跨越式的发展。

国家对铁路的发展始终予以高度重视,根据国家《中长期铁路网规划》(2005—2020年):到2020年,中国铁路网规模达到12万千米以上。其中,时速200千米及以上的客运专线将达到18万千米。加上既有线提速,中国铁路快速客运网将达到5万千米以上,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。铁路是个远程重轨运输工具,但随着城市建设和经济的繁荣,城市人口大幅增加,近年来城市轨道交通也正处于高速发展时期。

城市的繁荣相应带来了交通拥挤、事故频发、大气污染等一系列问题。在一些大城市和一些经济发达的中等城市,仅仅靠路面车辆运输远远不能满足客运交通的需要。城市轨道交通节约空间、耗能低、污染小、便捷可靠,是解决城市交通的最好方式。未来我国城市将形成地铁、轻轨、市域铁路构成的城市轨道交通网络,轨道交通将在我国城市建设中起着举足轻重的作用。

但是,在我国轨道交通进入快速发展的同时,解决各种管理和技术人才匮乏的问题已迫在眉睫。随着高速铁路和城市轨道新线路的不断增加以及新技术的开发与引进,管理和技术人员的队伍需要不断壮大。企业不仅要对新员工进行培训,对原有的职工也要进行知识更新。企业急需培养出一支能符合企业要求、业务精通、综合素质高的队伍。

北京交通大学是一所以运输管理为特色的学校,拥有该学科一流的师资和科研队伍,为我国的铁路运输和高速铁路的建设作出了重大贡献。近年来,学校非常重视轨道交通的研究和发展,建有“轨道交通控制与安全”国家级重点实验室、“城市交通复杂系统理论与技术”教育部重点实验室,“基于通信的列车运行控制系统(CBTC)”取得了关键技术研究的突破,并用于亦庄城轨线。为解决轨道交通发展中人才需求问题,北京交通大学组织了学校有关院系专家和教授编写了这套“高等教育轨道交通‘十二五’规划教材”,以供高等学校学生教学和企业技术与管理人员培训使用。

本套教材分为交通运输、机车车辆、电气牵引和土木工程四个系列,涵盖了交通规划、运营管理、信号与控制、机车与车辆制造、土木工程等领域,每本教材都是由该领域的专家

执笔，教材覆盖面广，内容丰富实用。在教材的组织过程中，我们进行了充分调研，精心策划和大量论证，并听取了教学一线的教师和学科专家们的意见，经过作者们的辛勤耕耘以及编辑人员的辛勤努力，这套丛书得以成功出版。在此，我们向他们表示衷心的感谢。

希望这套系列教材的出版能为我国轨道交通人才的培养贡献绵薄之力。由于轨道交通是一个快速发展的领域，知识和技术更新很快，教材中难免会有诸多的不足和欠缺，在此诚请各位同仁、专家予以不吝批评指正，同时也方便以后教材的修订工作。

编委会
2012 年 9 月

前 言

为了满足铁路“安全、高速、高效、舒适”的要求，列车运行控制系统作为我国高速铁路保证列车行车安全的重要技术装备，在保证安全的前提下使列车高速运行、减小列车运行间隔，进而提高铁路运输效率；对列车运行进行实时监控和超速防护；提高乘员的舒适度；协助司机操纵列车，改善工作条件。

为了满足铁路运输工作人员对列车运行控制系统应用与管理的需求，并应北京交通大学“机械设计制造及其自动化（机车车辆方向）”网络课程要求，进行“动车组运行控制”网络课程教材建设，我们编写了本教材，为不断提升高速列车运行控制系统相关工作人员的技术水平提供参考资料。

根据铁路的线路条件、列车特性及运行速度的要求，CTCS（Chinese Train Control System，中国列车运行控制系统）共分为 5 个等级。本书主要介绍目前应用较为广泛的 CTCS-2 级列控系统，对 CTCS-3 级列控系统进行了简要介绍。

第 1 章综合分析了国外高速铁路信号与控制系统的状况，阐述了列车运行控制系统的组成、分类及几种典型的列控系统及控车模式，介绍了行车调度指挥系统及联锁系统，并说明了我国高速铁路列车控制系统的几个问题。第 2 章介绍了列车运行控制系统所涉及的基础知识，列车运行控制系统的基本名词术语、列车过分相及 CTCS 的基本概念、分级等。第 3 章介绍了 CTCS-2 级列控系统地面设备，包括列控中心及应答器的相关内容。第 4 章介绍了 CTCS-2 级列控系统的车载设备，CTCS₂-200H 主机的结构、功能及主要的工作模式，DMI 的显示内容。第 5 章介绍了 CTCS-3 级列控系统的功能和构成，包括地面设备、车载设备、GSM-R 网络及信号数据传输网络。第 6 章介绍了 LKJ2000 型列车的结构、功能、显示及应用等内容。

为帮助学生加深理解各章节的主要内容及培养学生的思维能力，本书在各章节前附有本章内容概要、本章学习重点和难点；各章节后附有思考题。

本书由北京交通大学机电学院测控系编写。其中第 1 章由赵嘉蔚编写；第 2 章和第 3 章由张欣欣、孙艳华编写；第 4 章由唐宇编写；第 5 章由张欣欣编写；第 6 章由霍凯编写。

在本书编写过程中，得到了铁道部运输局、动车组联合办公室、北京交通大学机电学院等相关人员的帮助与支持，在此表示诚挚的感谢！

因作者水平有限，加之资料不全、时间仓促，书中错误与疏漏之处在所难免。恳请读者批评指正，使本书得以不断的完善和改进。

编者

2012 年 8 月

目 录

第1章 概述	1	第5章 CTCS-3 级列控系统	129
1.1 高速铁路信号与控制系统	1	5.1 CTCS-3 级列控系统技术原则与基本功能	129
1.2 列车运行控制系统	5	5.2 CTCS-3 级列控系统结构	131
1.3 行车调度指挥自动化系统	16	5.3 CTCS-3 级列控系统地面设备	135
1.4 计算机联锁控制系统	20	5.4 CTCS-3 级列控系统车载设备	139
1.5 我国高速铁路列车控制系统 的目标与基本功能	27	5.5 信号数据传输网络	144
复习参考题	30	复习参考题	144
第2章 列控基础	31	第6章 LKJ2000 型列车运行 监控记录装置	149
2.1 基础知识	31	6.1 监控装置的功能及组成	149
2.2 名词术语与缩写词	44	6.2 监控装置的工作原理	156
2.3 过分相控制	48	6.3 屏幕显示器	160
2.4 CTCS 概述	52	6.4 控制模式	163
复习参考题	58	6.5 乘务员基本操作	166
第3章 CTCS-2 级列控系统地面设备	59	6.6 非正常行车操作	177
3.1 CTCS-2 概述	59	6.7 TAX2 型机车安全信息综合 监测装置	187
3.2 列控中心	62	复习参考题	188
3.3 应答器	74	附录A 模拟试题	189
复习参考题	93	A1 模拟试题一	189
第4章 CTCS-2 级列控车载设备	94	A2 模拟试题二	190
4.1 列控车载设备的功能与结构	94	附录B 世界各国主要高速铁路列车 控制系统分析表	193
4.2 CTCS ₂ -200H 型列控车载 设备工作模式	103	附录C 应答器信息包数据	194
4.3 人机界面 DMI	106	参考文献	202
4.4 CTCS ₂ -200H 型列控车载 设备的操作	118		
复习参考题	128		

第1章

概 述

【本章内容概要】

本章概括介绍了高速铁路信号与控制系统的组成及作用，主要介绍了其中列车运行控制系统、计算机联锁系统及行车调度指挥自动化系统的组成及功能。在列车运行控制系统（简称列控系统）的内容中，介绍了列控系统的组成、分类，侧重讲解了列控系统的速度控制模式及我国列控系统的系统目标与功能，并介绍了几种国外典型的列车运行控制系统。

【本章学习重点与难点】

学习重点：主要包括铁路信号的作用，高速铁路信号与控制系统的组成及作用；列车运行控制系统的组成及基本工作原理；行车调度指挥自动化系统的组成及功能；计算机联锁控制系统的组成及功能。

学习难点：主要包括列车运行控制系统的速度控制模式；我国高速铁路列车运行控制系统的功能；行车调度指挥自动化系统的工作原理；典型计算机联锁控制系统的工作原理。

1.1 高速铁路信号与控制系统

1.1.1 铁路信号的作用与发展

铁路信号设备是铁路信号设备、联锁设备、闭塞设备的总称。即：

- 铁路信号设备，是向有关行车和调车人员发出的指示和命令；
- 联锁设备，用于保证站内行车和调车工作的安全和提高车站的通过能力；
- 闭塞设备，用于保证列车在区间内运行的安全和提高区间的通过能力。

铁路线路以车站（线路所）为分界点划分为若干区间，车站联锁设备控制和监督车站的道岔、进路和信号，并实现它们之间的联锁关系；列车由车站向区间发车时，必须确认区间内没有其他列车，必须遵循一定的规律组织行车，以免发生列车正面冲突或追尾等事故。这种按照一定规律组织列车在区间内运行防止其他列车进入该区间，保障列车在区间运行的安全的方法，称为行车闭塞法；实现闭塞的设备称为闭塞设备。

铁路信号设备的主要功能就是用于保证铁路行车安全。随着铁路信号技术的发展和广泛应用，铁路信号也成为提高铁路区间和车站的通过能力、增加铁路运输经济效益、改善铁路员工劳动条件的一种现代化科学管理手段和技术。

传统的铁路信号可分为视觉信号和听觉信号两大类。视觉信号是以物体或灯光的颜色、形状、位置、数目或数码显示等特征表示的信号。例如用信号机、机车信号、信号旗、信号牌、火炬等表示的信号就是视觉信号；听觉信号是以不同声响设备发出音响的强度、频率、音响长短和数目等特征表示的信号。例如用号角、口笛、响墩发出的音响及机车、轨道车鸣

笛等发出的信号，都是听觉信号。通常情况下铁路信号用不同的颜色来显示其意义。

我国铁路规定采用红、黄、绿三种基本颜色的色灯信号。其代表意义如下：

- 红色——停车；
- 黄色——注意或减速行驶；
- 绿色——按规定速度行驶。

铁路信号是指示行车和调车运行的命令，行车和调车人员必须严格按照信号显示的要求操作。在行车过程中，司机要瞭望确认信号、辨别信号的意义、按照信号的指示要求完成操作，在很大程度上需要靠人的因素保障安全。由于风、雪、雨、雾等气候条件不良或隧道、弯道等地形条件不良，司机往往不易在规定距离内确认信号显示，因此传统的信号设备只能适应列车在低速条件下的运行。列车在高速运行条件下，如果仍然依靠传统的信号技术设备则无法保障运行的安全。随着列车运行速度的提高，高速铁路信号与控制系统应运而生，其重要组成部分——列车运行控制系统技术也不断发展，取得了长足的进步。机车信号和自动停车装置可以视为列车运行控制系统的早期装备。

20 世纪 80 年代我国铁路普遍装备了机车信号、列车自动停车装置和无线列车调度电话，俗称列车行车“三大件”，成为保障行车安全的重要措施。机车信号包括地面设备和车载设备，地面设备负责将行车命令信息发送给车载设备；车载设备机车信号机安装在司机室，复示地面信号机的显示，从而指示司机运行的条件。机车信号通用化和主体化的发展彻底改变了机车信号只能用作列车运行辅助信号的局限，成为进一步发展列车超速防护系统的基础。列车自动停车装置需要和机车信号配合使用，一旦机车信号出现降级或停车显示，就会自动报警提示司机注意驾驶，同时自动停车装置发挥作用，如果司机不按照规定操作，可以自动制动停车。司机可以通过按压警惕按钮解除自动停车功能。由于自动停车装置与机车实际运行速度没有关系，并且可以人为解除自动停车功能，在红灯前不能连续起作用，仍然存在冒进信号的可能。

列车超速防护系统（Automatic Train Protection, ATP）是对列车直接控制的有效手段。超速防护是当列车运行速度超过允许值时，向司机报警，如果司机未采取制动措施，列车速度继续升高，超过最大限制速度时，控制系统将实施强迫制动，使列车停在显示停车信号的信号机前方。至“九五”末期，在我国铁路通过自行研制和引进已有几种超速防护系统在部分线路投入运营。新的列车运行控制技术还有列车自动减速控制，即当列车运行速度超过限制速度时，系统自动实施常用制动，使列车运行速度自动降低；当列车运行速度降低至低于限制速度一定值时，制动自动缓解。

随着列车运行速度的不断提高尤其是高速铁路技术的发展，列车自动控制系统（Automatic Train Control, ATC）成为铁路信号技术现代化的发展方向。

列车自动控制系统将行车指挥与列车运行控制集成到一个新型的体系结构中，系统综合了多种先进的技术，如计算机技术、控制技术、网络技术和通信技术等，极大提升了铁路信号系统的装备水平，也是高速铁路发展的关键技术之一。

1.1.2 高速铁路信号与控制系统的组成

高速铁路的信号与控制系统，是高速列车安全、高速、高效及平稳运行的基本保证。因此，世界各国发展高速铁路，都十分重视行车安全及其相关支持系统的研制开发与利用。高

速铁路的信号系统是一个集行车调度指挥、列车运行控制、信息管理和设备监测为一体的综合自动化系统,从技术发展的趋势看是向着集中化、网络化、自动化与智能化的方向发展。它是保障行车安全、提高铁路运输效率的核心,是标志一个国家轨道交通技术装备现代化水平的重要组成部分。高速铁路信号与控制系统通常被称为基于通信的列车控制系统(Communication Based Train Control System, CBTC)或先进列车控制系统(Advanced Train Control Systems, ATCS)。

1. 高速铁路信号与控制系统的构成

高速铁路信号与控制系统中的信号设备主要包括信号机、轨道电路、转辙机及车载信号设备等。这些设备连同驱动、控制它们工作的机构及信息传输设备等构成一个个子系统,按照各个子系统的不同功能,高速铁路信号与控制系统可以划分为行车调度指挥自动化系统、计算机联锁系统、区间闭塞系统、列车运行控制系统、信号微机监测系统和专用通信设备等。

1) 行车调度指挥自动化系统

行车调度指挥自动化系统主要包括列车运行计划编制和调整、列车运行监视和管理及列车运行控制三大部分。其中列车运行计划编制和调整及列车运行监视和管理是列车调度指挥系统(TDCS)的主要内容,而列车运行控制则是调度集中的核心。因此行车调度指挥自动化系统由TDCS和调度集中系统组成。

2) 计算机联锁系统

车站内的信号系统通常称为车站联锁系统,是保证车站内列车和调车作业的安全,提高车站通过能力的一种信号设备。车站联锁系统主要用于控制信号机、道岔和进路。车站联锁系统有机械联锁系统、电气联锁系统和计算机联锁系统。计算机联锁系统采用计算机为控制核心,由计算机接收联锁控制命令、完成联锁逻辑计算、输出控制信号对信号机和转辙机等设备进行控制。计算机联锁系统是车站联锁系统的发展方向,是高速铁路信号与控制系统的

重要基础设备。

3) 区间闭塞系统

区间闭塞是用于保障列车在区间行车安全、提高运输效率的系统。自动闭塞是一种先进的闭塞方式,在列车运行中自动完成闭塞作用。它将一个区间划分为若干闭塞分区,每一个闭塞分区只能由一列列车占用,闭塞分区的起点装设通过信号机,列车通过时车轮与轨道电路相接触,从而自动控制信号机显示相应信号。这种方式不需要办理闭塞手续,还可开行追踪列车,既保证了行车安全,又提高了运输效率。区间闭塞系统也是高速铁路信号与控制系统的

重要基础设备。

4) 列车运行控制系统

列车运行控制系统主要用于列车运行速度的控制,保证行车安全。机车信号、列车运行监控记录装置和各种制式的列车超速防护系统(ATP)都属于列车运行控制系统。其核心任务是防止列车冒进信号、超速行驶,实现铁路信号对运行列车的直接控制和闭环控制。

我国列车运行控制系统按照功能可以划分为5级,CTCS-0级、CTCS-1级、CTCS-2级、CTCS-3级和CTCS-4级,目前以CTCS-2级和CTCS-3级为主。各等级是根据设备配置的不同来划分的,其主要差别在于地对车信息传输的方式和线路数据的来源。

5) 信号微机监测系统

信号微机监测系统利用计算机等监测并记录信号设备的运行状态,为电务部门掌握设备

的运用质量和故障分析提供科学依据。信号微机监测系统是保障行车安全、加强信号设备管理、监测铁路信号设备运用质量的重要行车设备。

高速铁路信号系统各部分之间采用专用通信设备,通过各种形式的通信网络相互联接、传输信息。

高速铁路信号与控制系统的设备按其安装位置的不同又可以划分为地面设备和车载设备,地面设备布置在调度中心、车站、区间信号室、线路旁,车载设备布置在动车组内。高速铁路信号与控制系统的组成如图 1-1 所示。

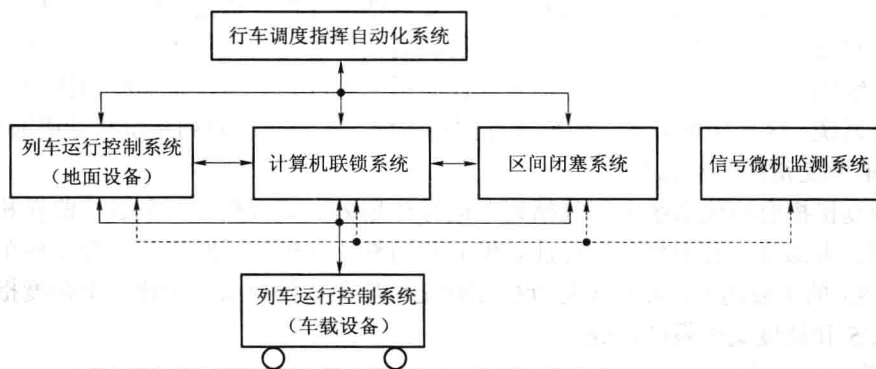


图 1-1 高速铁路信号与控制系统的组成框图

2. 高速铁路信号与控制系统的特点

(1) 高速铁路信号与控制系统采用列车运行自动控制(ATC)系统。随着列车速度的提高,列车的安全运行除了保证进路外,还必须采用专用的安全设备进行监督,甚至强迫列车或司机执行。这些安全设备从初级的列车自动停车装置、自动警告装置、列车超速防护系统发展到列车运行自动控制系统。一般情况下,对于最高运营速度在 160 km/h 以下的铁路,采用列车自动停车装置或具有简单速度检查功能的列车自动停车装置;对于提速线路,如最高运营速度达到 200 km/h 的铁路,就必须安装列车超速防护系统;对于运营速度更高的高速铁路则必须安装列车运行自动控制系统。列车运行自动控制系统一般指系统设备,包括地面设备和车载设备,同时也是一种闭塞方式,这个系统是列车超速防护系统和机车信号系统的一体化系统。

(2) 为了提高行车效率及降低运营成本,高速铁路都建有综合调度中心。由综合调度中心统一指挥全线列车运行,实行集中控制。调度集中系统(CTC)远距离控制全线信号、转辙机和列车进路,正常行车不需要本站本地控制。

(3) 在各车站及区间信号室附近设置车次号核查等列车—地面信息传输设备(TIPB),对列车实际位置进行确认。这是由综合调度中心指挥列车运行所需的基础设备。

(4) 车站采用计算机联锁(CI)和大号码道岔,道岔转换采用多台转辙机多点牵引。

(5) 系统重视安全防护。配备了热轴探测、界限检查及自然灾害报警监测点并与调度中心联网,防患于未然。

(6) 通信信号一体化在高速铁路得到充分体现。专用通信系统承载业务以数据为主,辅以话音和图像。信息传递的实时性、安全性及可靠性要求更高。

(7) 为保证安全,高速列车运行中不允许线路上进行施工和维修作业,因此高速铁路大

量采用冗余技术、故障监测记录及远程诊断等手段以保证信号系统的可靠性及可用性。

1.2 列车运行控制系统

列车运行控制系统（简称列控系统）是一种可以根据列车在铁路线路上运行的客观条件和实际情况，对列车运行速度和制动方式等进行监督、控制和调整的技术装备。列车运行控制系统是保证列车运行安全和提高运输效率的关键信号设备，可以有效地防止由于司机失去警惕或错误操作可能造成的超速运行、冒进信号或列车追尾等事故，是一种行车安全控制设备。

列车运行控制系统一般应具备如下基本功能：检测线路的空闲状态；检测列车完整性；列车运行授权；指示列车安全运行速度；监控列车安全运行。

1.2.1 列车运行控制系统的组成

列车运行控制系统一般由地面设备、车载设备和地车信息传输设备三部分组成。

地面设备包括轨旁设备、列控中心及地面通信网络模块；车载设备包括列车运行监控模块、测速/定位模块、显示器模块、接口模块及运行记录模块等；地车信息传输设备包括地面信息传输设备、车载信息传输设备。

在 CTCS-2 级列控系统中，地面设备主要包括列控中心、轨道电路和应答器。

列控中心是地面控制部分的核心设备，是实现应答器报文选择和发送的重要信号设备。列控中心与车站联锁、CTC/TDCS 设备相接，根据调度命令、进路状态、线路参数等产生进路及临时限速等相关控车信息，通过设置在车站进、出站端的有源应答器向列车车载系统发送可变信息报文，从而实现对列车运行的动态控制。

轨道电路主要用于完成列车占用检测及列车完整性检查，连续向列车传送行车许可、前方空闲闭塞分区数量、车站进路速度等信息。

应答器是一种高速数据传输设备，其向列控车载设备传输线路的坡度、闭塞分区或轨道电路的长度、载频、线路固定限速、临时限速等点式信息。

在 CTCS-2 级列控系统中，车载设备主要包括车载安全计算机、轨道电路接收模块、应答器信息接收模块、人机界面、速度传感器、制动接口单元、数据记录单元、轨道电路接收天线、应答器接收天线等部分。

车载设备工作过程中，车载安全计算机负责从车载设备的各个模块获取信息，根据轨道电路传来的信息、列车制动力、线路参数、列车运行速度、列车编组等信息，计算生成制动模式曲线，并将列车实际运行速度与模式曲线相比较，如果列车实际速度超过制动模式曲线的限速值，车载安全计算机输出制动信息，控制列车安全运行。数据记录单元用于记录与系统运行和状态有关的数据，记录的数据可以采用读卡器下载至地面分析管理微机，为维护人员进行系统运行状况分析提供依据。车载设备还安装 LKJ 运行监控记录装置，用于对驾驶事件和 ATP 事件的记录。

1.2.2 列车运行控制系统的分类

1. 按照地车信息传输方式分类

1) 连续式列控系统

连续式列控系统的车载设备可以连续接收到地面设备的车—地通信信息，是列控技术应用及发展的主流。

2) 点式列控系统

点式列控系统接收地面的信息是不连续的，但能保障对列车运行与司机操纵的监督，因此也有很好的防护功能。

3) 点—连式列控系统

点—连式列控系统用轨道电路完成列车占用检测及完整性检查，连续向列车传送控制信息。点式设备传输定位信息、进路参数、线路参数、限速和停车信息。

2. 按照速度控制模式分类

1) 分级速度控制方式

分级速度控制是以一个闭塞分区为单位，根据列车运行的速度分级，对列车运行速度进行控制。

2) 目标距离速度控制方式

目标距离速度控制采取的制动模式为连续式一次制动速度控制的方式，根据目标距离、目标速度及列车本身的性能确定列车制动曲线，不设定每个闭塞分区速度等级。

3. 按照人机关系分类

1) 机控优先的控制方式

机控优先是设备按照模式曲线控制列车减速以保证行车安全，设备在常用制动后一旦满足缓解条件能够及时自动缓解。

2) 人控优先的控制方式

人控优先是司机按照模式曲线控制列车减速以保证行车安全，只有当司机没有按照要求操作或进行了错误操作引起列车超速时，设备才采取有效的减速措施确保列车运行安全，制动的缓解须设备允许并由司机进行操作确认。

4. 按照闭塞方式分类

1) 固定闭塞方式

将线路划分为固定的闭塞分区，前后列车的位置及间隔均以闭塞分区为单元来检测和表示。

2) 移动闭塞方式

线路不划分固定的闭塞分区，列车之间的安全追踪间隔随着列车运行而不断移动且变化。移动闭塞列控系统一般采用目标距离模式曲线控制方式。

5. 按照功能和自动化程度分类

1) 列车自动停车系统

自动停车设备往往与机车信号结合在一起使用，当机车信号显示停车或信号降级时，若司机未能确认并执行停车或减速，致使列车速度继续上升，当列车速度超过规定允许速度，系统先发出音响报警，在规定时间内，如果司机未办理确认操作，则立刻启动紧急制动装置，

强迫列车自动停车。

2) 超速防护系统

超速防护系统的主要功能是对列车运行速度进行监督,是随着速差式信号体系的建立而产生的,列车正常运行由司机控制,只在司机疏忽或失去控制能力且列车超速时才起作用,以最大常用制动或紧急制动方式强迫列车减速或停车。当列车速度已降至或达到限速要求,由司机判定和操作制动缓解。

3) 列车自动驾驶系统

按系统预先输入的程序,保证列车运行图的要求,由设备代替司机进行列车运行的加速、减速或定点停车的调整。一般情况下,司机除对列车进行启动操作外,只对设备的动作进行监督。

1.2.3 列车运行控制系统的速度控制模式

为了保证列车在区间(闭塞分区)运行的安全,防止列车正面冲突和追尾,组织区间行车的基本方法一般有两种:时间间隔法和空间间隔法。时间间隔法是指列车按照事先规定好的时间从车站发车,使先行列车与追踪列车之间必须保持一定时间间隔的行车方法。空间间隔法是指把铁路线路划分成若干区段(区间或闭塞分区),每一个区段在同一时间内只允许一列列车运行,从而使先行列车与追踪列车之间必须保持一定距离的行车方法。

列车运行控制系统通过获取地面的信息和命令,控制列车运行并调整与前行列车之间必须保持的距离。该系统保证列车按照空间间隔法运行,是靠控制列车运行速度来实现的。运行列车之间必须保持的空间间隔首先要满足制动距离的需要,还要考虑一定的安全余量和确认信号时间内的列车运行距离,所以根据列车运行控制系统的不同控制模式会产生不同的闭塞制式。列车的追踪运行间隔越小,运输能力就越大,运行效率就越高。从速度控制方面来看,对列车运行自动控制可分为以下几种模式。

1. 分级速度控制

分级速度控制是以一个闭塞分区为单位,根据列车运行的速度分级,对列车运行速度进行控制。分级速度控制系统的列车追踪间隔主要与闭塞分区的划分、列车性能和速度有关,而闭塞分区的长度是以最坏性能的列车为依据并结合线路参数来确定的,所以不同速度列车混合运行的线路采用这种模式,其通过能力要受到较大的影响。

分级速度控制又分为阶梯式分级速度控制和分段曲线式分级速度控制。

1) 阶梯式分级速度控制

阶梯式分级速度控制又分为入口速度检查方式和出口速度检查方式,也称为超前速度控制方式和滞后速度控制方式。列车进入一个闭塞分区的速度称为入口速度,驶离闭塞分区的速度称为出口速度。

超前速度控制方式又称为入口速度检查方式,在闭塞分区入口检查控制列车是否超速。列车在闭塞分区入口处接收到目标速度后立即以此速度进行检查,目标速度为本闭塞分区的出口速度。一旦列车超速,则进行制动,使列车速度降低到目标速度以下。日本 ATC 采取超前式速度控制方式,并采用机控优先的方法。因为列车驶出每一个闭塞分区前必须把速度降至超前式速度控制线以下,否则设备自动引发紧急制动,所以超前对出口速度进行了控制,不会冒出闭塞分区。超前速度控制方式如图 1-2 所示。

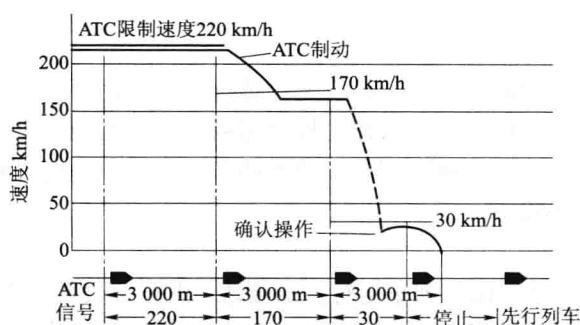


图 1-2 超前速度控制方式

滞后速度控制方式又称为出口速度检查方式，控制系统在闭塞分区的出口检查列车的速度值，如果列车速度超出目标速度则设备进行自动制动。法国 TVM300 列控系统速度等级分为 270 km/h、220 km/h、160 km/h 和 0 km/h 四个速度等级。对于 270 km/h 和 220 km/h，检查值高于标定值 15 km/h；对于 160 km/h 检查值高于标定值 10 km/h；对于 0 km/h，留有 35 km/h 的开口。控制系统采用人控优先的方法，进行滞后速度控制，即在闭塞分区的出口才检查列车是否超速。出口速度检查方式由于要在列车到达停车信号处（目标速度为零）才检查列车速度是否为零，如果列车速度不是零，设备才进行制动。此时列车必然会越过第一红灯进入下一闭塞分区，因此必须要增加一个闭塞分区作为安全防护区段，俗称双红灯防护。安全防护区的设置对线路的通过能力有一定的影响。

滞后速度控制方式如图 1-3 所示。

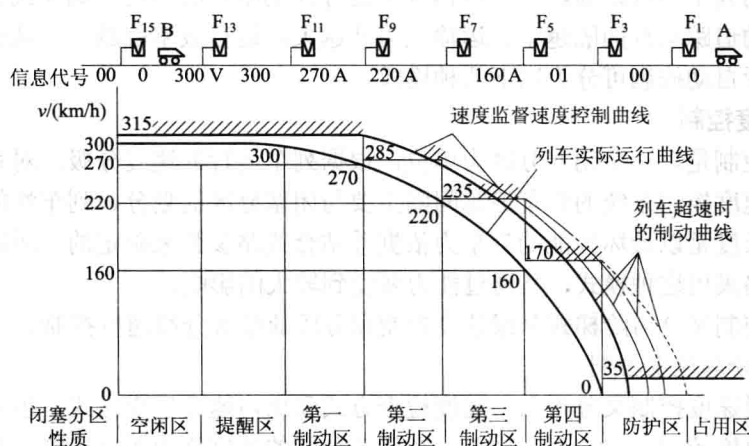


图 1-3 滞后速度控制方式

阶梯式速度控制在每一个闭塞分区只设计一个目标速度，无论列车运行到闭塞分区的什么位置，都只按照固定的速度值判断列车是否超速，对列车速度的控制不是连续的。由于每个闭塞分区设计为一个目标速度，车对地所需要的信息量较少，设备相对比较简单，这种控制方式是较早期列控系统的控制方式。例如法国 TVM300 系统，地对车实时传输 18 个信息。