



“十二五”国家重点出版物出版规划项目

GAOSU TIELU LIECHE YUNXING KONGZHI JISHU
—CTCS-2 JI LIECHE YUNXING KONGZHI XITONG

高速铁路列车 运行控制技术

——CTCS-2级列车运行控制系统

□ 李凯 主编

中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE



“十二五”国家重点出版物出版规划项目

高速铁路列车运行控制技术

——CTCS-2级列车运行控制系统

李凯 主编



中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

内 容 简 介

本书从基础理论、运营场景、系统设备、关键技术、工程实践等方面,深入浅出、全面系统地介绍了CTCS-2级列车运行控制系统,使我国从事高速铁路研究开发、工程实施、运营维护、使用管理等技术人员能够更加深入地了解 and 掌握CTCS-2级列车运行控制系统的基本结构、工作原理、关键技术和测试方法等内容。

本书可供高速铁路相关专业技术人员、运用和管理人员学习,对各类职业院校相关师生也有重要的参考价值。

图书在版编目(CIP)数据

高速铁路列车运行控制技术:CTCS-2级列车运行控制系统 /李凯主编. —北京:中国铁道出版社,2017.2

ISBN 978-7-113-21830-0

I. ①高… II. ①李… III. ①高速铁路-列车-运行-控制系统 IV. ①U284.48

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第113854号

书 名:高速铁路列车运行控制技术——CTCS-2级列车运行控制系统
作 者:李 凯 主编

策 划:崔忠文
责任编辑:李嘉懿 编辑部电话:(市)010-51873147 电子信箱:dianwu@vip.sina.com
(路)021-73147

封面设计:崔丽芳
责任校对:孙 玫
责任印制:陆 宁 高春晓

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:中国铁道出版社印刷厂

版 次:2017年2月第1版 2017年2月第1次印刷

开 本:787mm×1092mm 1/16 印张:20.5 字数:498千

书 号:ISBN 978-7-113-21830-0

定 价:75.00元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版图书,如有印制质量问题,请与本社读者服务部联系调换。电话:(010)51873174(发行部)
打击盗版举报电话:市电(010)51873659,路电(021)73659,传真(010)63549480

《高速铁路列车运行控制技术》 编写委员会

主 编 刘朝英

副主编 章 燕

成 员(按姓氏笔画排序)

李文涛 李 凯 郑 升 袁湘鄂

莫志松 曹 玉 靳 俊

序

近年来,我国高速铁路快速发展,取得了举世瞩目的成就。高速铁路列车具有运行速度快、追踪间隔时间短的显著特点。为确保行车安全,必须采用高可靠、高安全的列车运行控制系统。

中国列车运行控制系统(简称CTCS)技术体系是充分吸取了国际列控系统的先进经验,并结合中国国情进行系统集成创新的成果,具有自主知识产权,其技术水平已跨入世界先进行列。

CTCS既包括地面设备,也包括车载设备,是车地一体化的综合控制系统。支撑CTCS的主要设备包括:CTCS-3级、CTCS-2级列控车载设备,调度集中设备,轨道电路设备,计算机联锁设备,无线闭塞中心(RBC),列控中心(TCC),临时限速服务器(TSR)等。列控地面设备根据联锁进路信息、列车追踪信息、允许速度信息、线路坡度信息等形成列车行车许可,由列控车载设备控制列车安全运行。CTCS在应用中不断成熟和完善,为我国高速铁路的快速发展创造了条件。我国高速铁路按照200~250 km/h高速铁路信号系统以CTCS-2级列控系统为主,250~350 km/h高速铁路信号系统以CTCS-3级列控系统为主进行规划建设。

为了完整地呈现中国列车运行控制系统技术体系,反映铁路科研人员长期辛勤耕耘的创新成果,我们编写了《高速铁路列车运行控制技术》,使我国从事高速铁路研究开发、工程实施、运营维护、使用管理等相关技术人员,能够更加深入地了解中国列车运行控制系统的基础理论、关键技术、工程实践和相关技术规范。

《高速铁路列车运行控制技术》包括五个分册,分别是《调度集中系统》《CTCS-3级列车运行控制系统》《CTCS-2级列车运行控制系统》《ZPW-2000系列无绝缘轨道电路系统》《计算机联锁系统》。

高速铁路列车运行控制技术凝聚着一大批科研、建设、运营工作者的智慧和汗水。谨以此书,献给为中国高速铁路列车运行控制技术创新拼搏奉献的同志们。

编写委员会
2016年10月

前 言

列车运行控制系统是保障列车安全运行,提高运输效率的重要行车装备。我国铁路系统坚持自主创新,瞄准世界一流标准,发挥后发优势,在研究国外典型铁路列车运行控制系统技术体系和关键技术应用的基础上,结合我国国情和路情,大力开展中国铁路列车运行控制系统的研究与建设。2009年12月26日武广高速铁路成功开通运营,列车运行时速达350 km,标志着我国高速铁路列车运行控制技术已经达到世界先进水平。

CTCS-2级列车运行控制系统是中国列车运行控制系统(CTCS)的重要组成部分,是按照CTCS技术规划的总体要求和CTCS-2级列控系统的总体技术目标,结合我国列控系统技术积累和成熟的技术装备,充分借鉴国际先进的高速铁路列控系统开发与运用经验,主要依靠国内技术力量、辅以外国技术专家支持,统筹考虑与既有线路、更高级列控系统的兼容和互联互通,确定统一的技术标准、技术平台、用户需求,通过集成创新,自主实现具有自主知识产权的CTCS-2级列控系统开发与集成,满足200~250 km/h线路的运营要求,满足作为300~350 km/h线路后备模式的运营要求。CTCS-2级列控系统是基于轨道电路和点式应答器传输列车运行许可信息并采用目标距离模式监控列车安全运行的列车运行控制系统。CTCS-2级列控系统面向提速干线、客运专线、高速铁路,适用于各种限速区段,机车凭车载信号行车。

高速铁路列车运行控制系统是一项十分复杂的系统工程,本书通过对CTCS-2级列车运行控制系统技术攻关与创新工作的总结和凝练,旨在从基础理论、运营场景、系统设备、关键技术、工程实践等方面进行深入浅出、全面系统的介绍,使我国从事高速铁路研究开发、工程实施、运营维护、使用管理等技术人员,能够更加深入地了解 and 掌握CTCS-2级列车运行控制系统的基本结构、工作原理、关键技术、测试方法等内容。

本书由李凯主编,具体编写分工如下:

第一章由吴永、刘长波编写;

第二章由吴永、邢毅、刘鸿飞、岳朝鹏、冯晓林编写;

第三章由吴永、刘长波编写;

第四章由叶峰、郭军强、刘辉编写;

第五章由岳朝鹏、刘栋青编写;

第六章由袁栩、杨光伦编写；

第七章由李强、叶峰编写；

第八章由陈志强、牛道恒编写；

第九章由陈志强、牛道恒编写；

第十章由陈志强、牛道恒编写；

第十一章由刘鸿飞、张弛编写；

第十二章由侯锡立、敖奇、苏筱玲、程露竹编写。

本书由罗松审核。

随着我国高速铁路技术的不断发展,中国列车运行控制系统必将进一步发展与完善,期望本书能对我国高速铁路列车运行控制系统的深入研究有所帮助。由于时间和水平有限,不妥之处望给予指正。

编者

2016年10月

目 录

第一章 绪 论	1
第一节 列控系统的定义	1
第二节 列控系统的基本概念	2
第三节 列控系统的分类	7
第四节 CTCS-2 级列控系统的技术准备	9
第五节 CTCS-2 级列控系统概述	12
第二章 CTCS-2 级列控系统原理与构成	15
第一节 总体需求	15
第二节 技术原则	16
第三节 系统原理	16
第四节 系统构成	18
第五节 轨道电路编码信息	21
第六节 应答器报文	23
第七节 临时限速	36
第八节 区间逻辑占用检查	44
第九节 与其他信号系统的适配	48
第三章 CTCS-2 级列控系统运用场景	51
第一节 列车运行	51
第二节 接车作业	53
第三节 发车作业	56
第四节 大号码(18 号以上)道岔侧向通过	59
第五节 临时限速	61
第六节 等级转换	61
第七节 灾害防护	62
第八节 降级处理	63
第四章 列控中心	65
第一节 概 述	65
第二节 技术要求	67

第三节	系统构成	68
第四节	主要功能	71
第五节	通信接口	89
第六节	继电器接口	99
第七节	应答器报文实时编码技术	105
第五章	临时限速服务器	107
第一节	概 述	107
第二节	工作原理	111
第三节	系统构成	120
第四节	主要功能	121
第五节	系统接口	124
第六章	应答器传输系统	127
第一节	概 述	127
第二节	主要功能	129
第三节	应 答 器	133
第四节	地面电子单元(LEU)	152
第五节	应答传输模块(BTM)与天线单元	156
第六节	应答器安装	160
第七章	信号安全数据网	164
第一节	概 述	164
第二节	系统结构	167
第三节	网络接口	174
第四节	IP 地址管理	175
第五节	组网设备	176
第六节	网络管理与安全	179
第八章	CTCS-2 级列控系统车载设备	182
第一节	概 述	182
第二节	系统构成	183
第三节	主要功能	188
第四节	系统接口	193
第九章	CTCS-2 级列控系统车载设备工作模式与转换	206
第一节	概 述	206
第二节	待机模式(SB)	207
第三节	部分监控模式(PS)	208

第四节	完全监控模式(FS)	210
第五节	引导模式(CO)	213
第六节	目视行车模式(OS)	215
第七节	调车模式(SH)	217
第八节	隔离模式(IS)	218
第九节	模式转换	219
第十章	人机界面	221
第一节	概 述	221
第二节	界面显示	222
第三节	操作按键及菜单	239
第四节	命令与输入	241
第五节	输出信息	242
第十一章	CTCS-2 级列控系统工程运用	249
第一节	应答器设置	249
第二节	报文编制原则	258
第三节	列控设备编号	268
第四节	列控系统工程数据表编制	272
第五节	典型场景	284
第十二章	CTCS-2 级列控系统测试与验收	291
第一节	开发测试	291
第二节	工程测试	303
第三节	业主验收与测试	308
附录	名词术语英(缩略语)中对照	313
	参考文献	315

第一章 绪 论

铁路信号技术是保障列车运行安全、实现列车有效控制、提高通过能力、向运营管理人员提供实时信息的必备手段,是既有线路提速与高速铁路建设的关键技术之一。作为现代信号技术发展动力的列车运行控制系统(简称列控系统),是信号系统的重要组成部分。现代信号系统由列控系统、联锁系统、调度集中系统及其他辅助系统(包括集中监测系统、电源系统)等组成。

第一节 列控系统的定义

一、列控系统的含义

列控系统是对列车运行全部作业过程或部分作业实现自动控制的系统,可以根据列车在线路上运行的客观条件和实际情况,对列车的运行速度及制动方式等状态进行监督、控制和调整。其特征为:列车通过获取地面信息和命令,建立控车曲线,控制列车运行,并调整与前行列车之间必须保持的距离。

列控系统是保证列车按照空间间隔制运行的技术方法,通过控制列车运行速度的方式来实现,是高速铁路的一个重要组成部分,是保障高速铁路运营安全、提高运营效率的核心技术装备。

列控系统一般包括地面设备、车载设备、数据传输网络、车地信息传输设备。地面设备提供线路信息、目标距离和进路状态等基本控制信息;车载设备生成目标距离—连续速度控制模式曲线并实现对列车运行的监控;数据传输网络实现地面设备间的数据信息交互;车地信息传输设备用于完成地面设备和车载设备的信息交互。

广义的列控系统可以定义为一切为实现列车运行控制服务的设备的总称。在此意义上,列控系统等同于铁路信号系统。

二、列控系统的基本目标

列控系统的目标主要包括保障行车安全、保证运输效率及保证乘客舒适度等。

1. 保障行车安全

危及行车安全的因素是多方面的,列控系统通过技术手段来识别、消除或减弱这些因素。当发现危及行车安全的因素时,列控系统立即向列车发出停车或降速命令,保证列车不驶入危险区段或运行速度低于该区段的允许速度。

2. 保证运输效率

列控系统根据列车的运行速度、制动性能等条件确定列车最小安全制动距离,控制同一线路上运行的列车以最小追踪间隔安全运行,最大限度提高线路通过能力。

3. 保证乘客舒适度

列控系统采用一定的控制方式,控制列车以其最优状态安全、高速、舒适、正点运行,为乘客提供最优质的服务。

三、列控系统的基本功能

为实现列控系统的基本目标,需要实现以下基本功能。

1. 线路空闲检测功能

当线路在空闲状态时,才能给出允许列车进入的信息。自 1872 年发明了检测铁路线路上是否有车辆存在的技术——轨道电路,信号控制与轨道电路相结合,才使信号显示能真实反映线路空闲状态,也就是说按信号显示行车能够防止列车冲突事故。目前,轨道电路和计轴设备仍是检测列车占用的有效手段。但随着车地通信传输技术的发展,列车自身进行位置的检测将脱离传统的轨道电路和计轴设备,轨道电路和计轴设备只是作为基于通信的列车运行控制系统的后备模式或过渡方案。

2. 危及行车安全因素的检测

危及行车安全的因素是多方面的,限于科学水平和经济条件,目前还不能用技术手段实现所有危及行车安全的因素检测并与信号控制相结合。但应积极地逐步以技术手段来识别、消除或减弱这些因素,尽可能在发现危险因素时,列控系统立即给出使列车停止运行或降速的信息(使信号处于关闭状态),保证列车不会驶入危险线路区段。

3. 速度控制和间隔控制

轨道交通的发展趋势是“高速度、高密度”,列控系统就是针对这两个目标进行安全设计的速度控制和间隔控制系统。速度控制是保证列车不管在什么状态下都不能超过规定的限制速度,在实际运行中,列车的速度受到若干因素的限制,如受线路状态(结构、曲线和坡度)、道岔曲线、列车前方障碍物以及机车车辆的构造速度所限制,列控系统需要通过地-车信息传输系统向车载控制设备传送列车应有的各种限制速度指令,如果实际运行速度超过了限制速度,则会引起列车颠覆、冒进信号或撞车的危险。其次是间隔控制,列控系统必须保证列车间始终保持一个安全间距,保证后续列车不会与前行列车相撞,同时又必须尽量使该间距短,以便增加列车的密度,从而保证运输效率。

第二节 列控系统的基本概念

一、闭塞制式

在装备列控系统的情况下,由列控系统来保证列车按照空间间隔制运行,信号显示演变为控制列车运行速度的模式曲线。运行列车间必须保持的空间间隔满足制动距离的需要,并考虑适当的安全余量和确认信号时间内的运行距离。

列控系统采取的不同控制模式曲线,导致列车间的追踪运行间隔存在差异,相应存在不同制式的系统自动闭塞。一般可分为三类:固定闭塞、准移动闭塞(含虚拟闭塞)和移动闭塞。伴随列车运行间隔的缩小,线路运输能力逐步发挥到极致。

1. 固定闭塞

列控系统采用分级速度控制模式时,采用固定闭塞方式。列车运行的空间间隔是固定的若干个闭塞分区,闭塞分区的长度依划分的速度等级而定,每个闭塞分区的长度应满足一个速度等级距离的要求。

闭塞分区一般采用轨道电路或计轴装备来划分,具有列车定位和轨道占用检查功能。采用固定闭塞的列控系统中,列车追踪目标点为前行列车所在闭塞分区的始端,后行列车从最高速度开始制动的计算点为要求开始减速的闭塞分区的始端,这两个点不因列车特性等因素而变化,因此列车间的空间间隔长度是固定的,所以称为固定闭塞。

2. 准移动闭塞

准移动闭塞方式的列控系统采取目标距离控制模式(又称连续式一次速度控制)。目标距离控制模式根据目标距离、目标速度及列车本身的性能确定列车制动曲线,不必设定每个闭塞分区速度等级,采用一次制动方式。

准移动闭塞的追踪目标点是前行列车所占用闭塞分区的始端,当然会留有一定的安全距离,而后行列车从最高速度开始制动的计算点是根据目标距离、目标速度及列车本身的性能计算决定的。目标点相对固定,在同一闭塞分区内不依前行列车的走行而变化,而制动的起始点是随线路参数和列车本身性能不同而变化的。空间间隔的长度是不固定的,由于要与移动闭塞相区别,所以称为准移动闭塞。对于制动性能较好的列车其追踪运行间隔要比固定闭塞小一些。一般情况下,闭塞分区也是用轨道电路或计轴装置来划分的,它具有列车定位和占用轨道的检查功能。

由于目标点是相对固定的,所以,当前行列车在同一闭塞分区内走行时,连续式一次速度控制曲线是相对稳定的;当前行列车出清该闭塞分区并完全进入下一闭塞分区时,目标点突然前移,目标距离突然改变,连续式一次速度控制曲线会发生跳变。

3. 虚拟闭塞

虚拟闭塞是准移动闭塞的一种特殊方式,它不设轨道占用检查设备和轨旁信号机,采取无线定位方式来实现列车定位和占用轨道的检查功能,闭塞分区和轨旁信号机是以计算机技术虚拟设定的,仅在系统逻辑上存在有闭塞分区和信号机的概念。虚拟闭塞除闭塞分区和轨旁信号机是虚拟的以外,从操作到运输管理等都等效于准移动闭塞方式。

虚拟闭塞方式可以将闭塞分区划分得很短,当短到一定程度时,其效率就很接近于移动闭塞。

4. 移动闭塞

采用移动闭塞方式的列控系统采取目标距离控制模式。目标距离控制模式根据目标距离、目标速度及列车本身的性能确定列车制动曲线,采用一次制动方式。移动闭塞的追踪目标点是前行列车的尾部,当然也会留有一定的安全距离,后行列车从最高速开始制动的计算点是根据目标距离、目标速度及列车本身的性能计算决定的。目标点是前行列车的尾部,与前行列车的走行和速度有关,是随时变化的,而制动的起始点是随线路参数和列车本身性能不同而变化的。空间间隔的长度是不固定的,所以称为移动闭塞。其追踪运行间隔要比准移动闭塞更小一些。移动闭塞一般采用无线通信和无线定位技术来实现。高一级的移动闭塞还要考虑前行列车的速度。

二、速度控制模式

(一) 分级速度控制

分级速度控制以一个闭塞分区为单位,根据列车运行的速度分级,对列车运行进行速度控制。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,运输能力会受到较大影响。分级速度控制又分为阶梯式和分段曲线式。

1. 阶梯式分级速度控制

阶梯式分级速度控制又分为超前式和滞后式。

一个闭塞分区的进入速度称为入口速度,驶离速度称为出口速度。

超前速度控制方式又称为出口速度控制方式,给出列车的出口速度值,控制列车不超过出口速度,如图 1-1 所示。日本 ATC 系统采取超前式速度控制方式,采用设备控制优先的方法。阶梯式实线为超前式速度控制线,粗虚线为列车实际减速运行线,从最高速至零速的列车实际减速运行线为分段曲线组成的一条不连贯曲线组合。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,不然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。

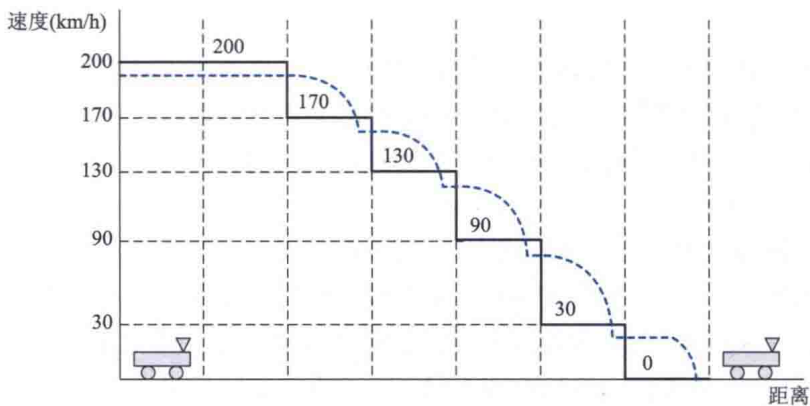


图 1-1 超前式阶梯分级速度控制曲线

滞后速度控制方式又称为入口速度控制方式,给出列车的入口速度值,监控列车在本闭塞分区不超过给定的入口速度值,采取人控优先的方法,控制列车不超过下一闭塞分区入口速度值,如图 1-2 所示。法国 TVM300 列控系统采用司机制动优先的方法,进行滞后速度控制。因为在每一个闭塞分区列车速度只要不超过给定的入口速度值,就不会碰滞后式速度控制线,考虑万一列车失控,在本闭塞分区的出口即下一闭塞分区的入口处的速度超过了给定的入口速度值,碰撞了滞后式速度控制线,即所谓撞墙,此时触发设备自动引发紧急制动,列车必然会越过第一红灯进入下一闭塞分区,如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。粗虚线为列车实际减速运行线,从最高速至零速的列车实际减速运行线为分段曲线组成的一条不连贯曲线组合;细虚线为撞墙后的紧急制动曲线。

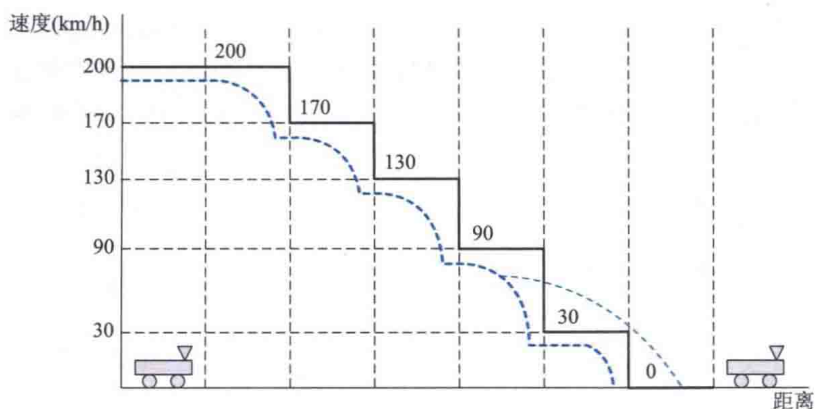


图 1-2 滞后式阶梯分级速度控制曲线

从上述可知,阶梯式分级速度控制只是对每一个闭塞分区的入口速度或出口速度进行控制,对列车速度的控制不是连续的,因此地对车所需要的信息量是较少的,如法国 TVM300 列控系统地对车实时传输 18 个信息,设备相应简单。

2. 曲线式分级速度控制

曲线式分级速度控制根据列车运行的速度分级,每一个闭塞分区给出一段速度控制曲线,对列车运行进行速度控制,如图 1-3 所示。法国 TVM430 列控系统采取曲线式分级速度控制方式。图 1-3 中粗实线为曲线式分级速度控制线,从最高速至零速的列车控制减速线为分段曲线组成的一条不连贯曲线组合,列车实际减速运行线只要在控制线以下就可以了,万一超速碰撞了速度控制线,设备自动引发常用制动或紧急制动,因为速度控制是连续的,所以不会超速太多,紧急制动的停车点不会冒出闭塞分区,可以不需增加一个闭塞分区作为安全防护区段,设计时要考虑留有适当的安全距离。

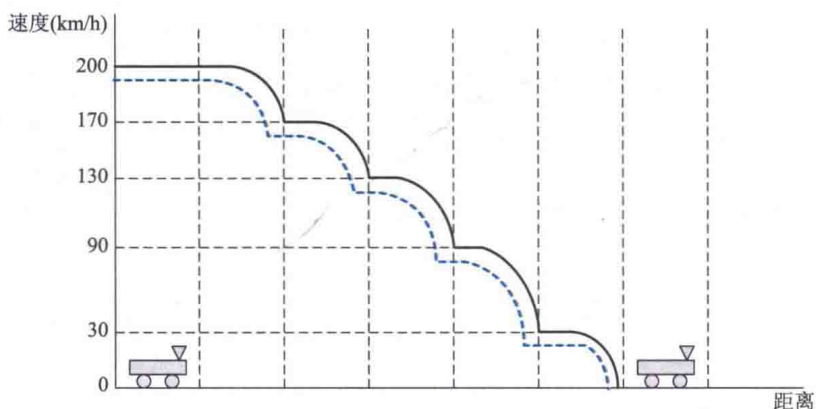


图 1-3 曲线式分级速度控制模式曲线

列控设备给出的分段的制动速度控制曲线是根据每一个闭塞分区的线路参数和列车自身的性能计算而定的,闭塞分区的线路参数可以通过地对车信息实时传输,也可以事先在车载信号设备中存储通过核对取得。因为制动速度控制曲线是分段给出的,每次只需一个闭塞分区线路参数,TVM430 列控系统就是通过地对车信息实时传输的,其信息量为 27 bit。

分段曲线式分级速度控制一般制动速度控制曲线是不连贯和不光滑的,也可以是利用计

计算机技术做成连贯和光滑的虚线,如图 1-4 所示。但粗虚线所示的制动速度控制曲线实际上是各闭塞分区入口速度控制值的连接线,该制动速度控制曲线是不随列车性能和线路参数的变化而变动的,具有唯一性,与目标距离连续式一次速度控制模式曲线不同,所以其本质上还归属分级速度控制范围。

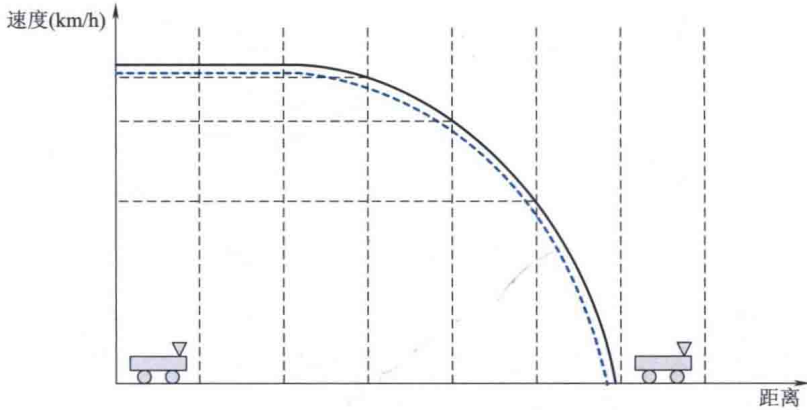


图 1-4 曲线式分级速度控制模式(光滑处理后)曲线

(二) 目标距离速度控制

目标距离速度控制其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,如图 1-5 所示。连续式一次速度控制模式若以前方列车占用的闭塞分区入口为追踪目标点,则为准移动闭塞;若以前方列车的尾部为追踪目标点,则为移动闭塞。

移动闭塞在城市轨道交通中有运用,铁路系统中尚无运用实例,以下所述的目标距离控制方式主要是指准移动闭塞,例如,欧洲 ETCS-1~2 级、日本 I-ATC 和中国 CTCS-1~3 级列控系统。图 1-5 中粗实线为目标距离速度控制线,从最高速至零速的列车控制减速线为一条连贯和光滑的曲线,列车实际减速运行线只要在控制线以下就可以保证安全,万一超速撞线,设备自动引发常用制动或紧急制动,因为速度控制是连续的,所以不会超速太多,紧急制动的停车点不会冒出闭塞分区,可以不需增加一个闭塞分区作为安全防护区段,设计时当然要留有适当的安全距离。

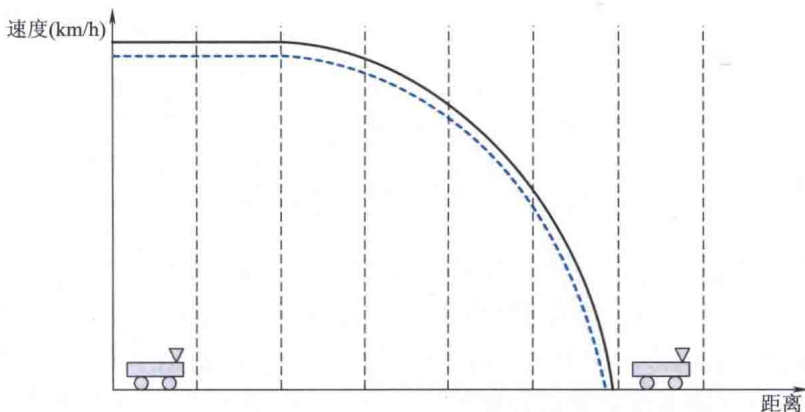


图 1-5 目标距离速度控制曲线



列控设备给出的一次连续的制动速度控制曲线是根据目标距离、线路参数和列车自身的性能计算而定的,线路参数可以通过地对车信息实时传输,也可以事先在车载信号设备中存储通过核对取得。因为给出的制动速度控制曲线是一次连续的,需要一个制动距离内所有的线路参数,地对车信息传输的信息量相当大,可以通过无线通信、数字轨道电路、轨道电缆、应答器等地对车信息传输系统传输。目标距离速度控制的列车制动的起始点是随线路参数和列车本身性能不同而变化的,空间间隔的长度是不固定的,比较适用于各种不同性能和速度列车的混合运行,其追踪运行间隔要比分级速度控制小,减速比较平稳,旅客的舒适度也要好些。

三、车地信息传输方式

1. 轨道电路

列控系统信息基于轨道电路传输是传统方式。U/T系统、日本ATC系统、CTCS-2级列车运行控制系统等均采用轨道电路传输。

2. 轨道电缆

德国LZB系统采用轨道电缆实现了车地间双向信息传输。

3. 点式设备

包括点式应答器和点式环线两种。在ETCS-2级列控系统中主要提供列控系统的辅助信息,如里程标、线路数据、切换点等;在ETCS-1级列控系统中利用点式设备提供全部控车信息。CTCS-2级列控系统和CTCS-3级列车运行控制系统均采用点式应答器传输信息。

4. 无线传输

欧洲ETCS-2及ETCS-3级列控系统技术标准明确利用GSM-R无线系统进行列控信息车地双向传输,欧盟通过立法的形式确定了ETCS技术标准。CTCS-3级列控系统采用GSM-R实现车地信息双向传输。

四、司机制动优先与设备制动优先

司机制动优先模式是司机按照模式曲线控制列车速度,设备不干涉司机正常驾驶,只有当列车超速时,设备采取有效的减速措施,确保列车运行安全。设备制动的缓解须设备允许和司机操作确认。

设备制动优先模式是设备能够按照模式曲线自动控制列车减速并保证列车运行安全。设备常用制动后一旦满足缓解条件将及时自动缓解。

司机制动优先模式与设备制动优先模式这两种模式的相同点是:在保证列车运行安全的最大常用制动(B7N)和紧急制动的计算上是一致的。在站内接车运行时,目前设备制动优先模式的车载设备也是转为司机制动优先的模式。

两种模式的不同之处在于:设备制动优先模式增加了常用1级制动(B1N)和常用4级制动(B4N),用于代替司机在区间运行的列车制动操作。

一般在区间运行时,优先采用设备制动优先模式,站内接车时转为司机制动优先模式。

第三节 列控系统的分类

根据不同的分类原则,列控系统按照以下方式进行分类。