

CTCS-2级列车运行控制系统应用丛书

列控地面设备

徐啸明 主编

袁湘鄂 李萍 副主编

LIEKONG DIMIAN SHEBEI



中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

CTCS-2 级列车运行控制系统应用丛书

列 控 地 面 设 备

徐 啸 明 主 编
袁 湘 鄂 李 萍 副 主 编

中 国 铁 道 出 版 社

2007 年 · 北京

内 容 简 介

本书是为适应我国铁路第六次大提速而编写的培训教材,直接面向铁路运输专业人员在列控地面设备维护、管理、使用方面的需求。全书共七章,主要包括:绪论,LEU和应答器,应答器用户数据表和报文编制,列控中心,临时限速命令设置流程及操作界面,电务检测车,列控地面设备安装、使用及维护;内容全面、新颖,实用性强,反映了列车运行控制系统的技术创新成果。

本书主要作为我国铁路第六次大提速中列控设备维护、管理、使用人员的培训教材,也可供相关专业技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

列控地面设备/徐嘯明主编. —北京:中国铁道出版社,
2007.9

(CTCS-2级列车运行控制系统应用丛书)

ISBN 978-7-113-07836-2

I. 列… II. 徐… III. 列车—地面设备—运行—控制系统
IV. U284.48

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第042983号

书 名: CTCS-2级列车运行控制系统应用丛书
列控地面设备

作 者:徐嘯明 主编

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:崔忠文

封面设计:崔丽芳

印 刷:北京市兴顺印刷厂

开 本:787×960 1/16 印张:11 字数:216千

版 本:2007年5月第1版 2007年9月第2次印刷

印 数:5 001~8 000册

书 号:ISBN 978-7-113-07836-2/TP·2284

定 价:24.00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:(路)021-73146 发行部电话:(路)021-73169

(市)010-51873146

(市)010-51873169

前 言

列车运行控制系统是我国铁路提速线路和客运专线保证列车行车安全、提高列车运行效率的重要技术装备,以有效的技术手段对列车运行速度、运行间隔进行实时监控和超速防护;同时能够减轻司机劳动强度、改善工作条件,提高乘客舒适度。列车运行控制系统简称列控系统。

通过深入研究和科学论证,立足于我国技术和装备,参照国际相关标准和经验,铁道部提出了符合我国技术政策和铁路运输需要的中国列车运行控制系统 CTCS (Chinese Train Control System) 技术体系和总体规划,这是落实科学发展观、建设和谐铁路的具体体现。

根据铁路线路条件、列车特性、运行速度等运输需求,CTCS 共分为 5 个等级。其中 200~250 km/h 的既有提速线路、客运专线,宜采用 CTCS-2 级列控系统,其技术目标:一是采用先进的速度-目标距离控车模式监控列车安全运行;二是适应动车组列车运行速度 250 km/h;三是满足我国铁路各种类型列车高密度混合运输作业要求,动车组列车追踪间隔达到 5 min;四是实现既有线、提速线路、客运专线跨线运行和互连互通。

通过对 CTCS-2 级列控系统的总体技术框架、技术体系、总体计划多次深入的研究、论证,铁道部运输局确定了既有线 200 km/h 动车组列控系统车载设备、地面设备的配置、运用技术原则;确定了按统一技术标准实施 CTCS-2 级列控系统集成,列控车载设备和应答器设备的技术引进,列控中心设备的自主研发,CTC/TDCS、联锁和自动闭塞结合改造的技术路线;确定了主要依靠我国国内技术力量、借助国外先进经验和设备,由铁道部运输局负责系统集成的工作策略;确定了在我国 ZPW-2000(UM)系列自动闭塞轨道电路基础上,地面加装点式应答器、车站列控中心等,动车组上装备列控车载设备,并与车站联锁、行车指挥等有机结合的列控系统实施方案。

CTCS-2 级列控系统具有中国特色和自主知识产权,是统一技术标准、高安全、高可靠、兼容既有线和客运专线设备制式的系统,是世界瞩目的一次技术创新。第六次大提速在 CTCS-2 级列控系统集成、设备研发、关键设备引进、工程建设等方面取得了一系列创新和突破:一是完成了系列技术标准制订、设备研制、系统接口、工程建设、系统使用等系统集成;二是核心的 CTCS-2 级车站列控中心设备,按统一的技术标准、功能需求和技术平台,由我国自主开发研制;三是按照中国铁路的运输作业和功能需求,完成了列控车载设备、地面应答器和 LEU 电子单元等关键设备的技术引进、消化吸收和

功能提升,实现了与我国系统设备的有机结合、本地化生产和本地化服务;四是完全掌握了应答器报文编码技术,确定了统一的安全编码规则和程序,自行研发了报文编制、解析工具和报文编制技术;五是积累了丰富的经验,为客运专线建设、列控技术提升和进一步完善奠定了坚实的基础。

通过列控系统功能试验、追踪试验、牵引试验、模拟运行试验等所取得的大量的、科学的、翔实的数据,以及第六次大提速延展里程 6 000 余公里的工程实践,证明 CTCS-2 级列控系统的可靠性、可用性、可维护性和安全性,能够满足 CTCS-2 级列控系统技术目标要求,标志着中国的既有线提速技术、列车运行控制技术达到了世界先进水平。

为了适应我国铁路第六次大提速的需要,以满足铁路运输专业人员在列控设备维护、管理、使用方面的需求为主,铁道部运输局组织编写了《CTCS-2 级列车运行控制系统应用丛书》,内容包括列控地面设备、CTCS₂-200H 型列车车载设备、CTCS₂-200C 型列车车载设备等,作为我国第六次大提速中列控设备维护、管理、使用人员的培训教材。

《CTCS-2 级列车运行控制系统应用丛书》由铁道部运输局徐啸明担任主编,由铁道部运输局袁湘鄂、李萍担任副主编。

作为《CTCS-2 级列车运行控制系统应用丛书》之一,本书全面、翔实地介绍了列控地面设备。全书共七章。第一章描述了 CTCS 的体系结构、CTCS-2 级列控系统的发展历程、CTCS-2 级列控系统的构成和基本工作原理,概括介绍了 CTCS-2 级列控地面设备。第二章介绍了应答器和 LEU 的结构、工作原理。第三章介绍了应答器用户数据表和报文编制的方法。第四章介绍了列控中心的结构、工作原理。第五章介绍了临时限速命令设置流程及操作界面。第六章介绍了电务检测车动态测试系统的结构、工作原理、功能以及使用与维护。第七章介绍了 CTCS-2 级列控地面设备的安装、使用与维护等。

本书由铁道部运输局基础部李凯、姜锡义以及北京全路通信信号研究设计院陈锋华审核。具体编写分工如下:第一章由王俊峰、邵春海、李绍斌、陈锋华编写;第二章由袁栩编写;第三章由邢毅编写;第四章由陈锋华、吴江娇编写;第五章由李鹏编写;第六章由赵建州、沈振宇编写;第七章由叶峰、唐仲芳编写。

在编写过程中得到了相关研制单位、铁路局有关人员的帮助和支持,在此表示诚挚的感谢!

限于时间仓促、编者水平有限,书中错误、疏漏之处,恳请读者批评指正。

编 者
2007 年 4 月

目 录

第一章 绪 论	1
第一节 CTCS 描述	2
第二节 CTCS-2 级列控系统发展历程	5
第三节 CTCS-2 级列控系统结构	8
第四节 CTCS-2 级列控系统基本工作原理	10
第五节 CTCS-2 级列控地面设备	11
第二章 LEU 和应答器	14
第一节 LEU 和应答器概述	14
第二节 LEU 原理与结构	19
第三节 应答器原理与结构	24
第四节 应答器编号与设置	28
第三章 应答器用户数据表和报文编制	33
第一节 应答器用户数据表编制方法	33
第二节 应答器报文编制方法	38
第四章 列控中心	50
第一节 列控中心概述	50
第二节 列控中心系统原理	58
第三节 列控中心通信原理	66
第五章 临时限速命令设置流程及操作界面	74
第一节 临时限速命令概述	74
第二节 CTC/TDCS 临时限速功能描述	77
第三节 临时限速设置流程	79
第四节 调度台临时限速调度命令操作	84
第五节 限速命令管理	89

第六节 车务终端临时限速操作.....	100
第六章 电务检测车	106
第一节 电务检测车概述.....	106
第二节 系统构成与基本原理.....	106
第三节 主要技术指标.....	110
第四节 主要功能与运用.....	111
第五节 应答器检测功能.....	121
第六节 通信检测功能.....	127
第七节 电务检测车管理与运用.....	129
第八节 电务检测车设备维护.....	131
第七章 列控地面设备安装、使用及维护	133
第一节 维护管理.....	133
第二节 应答器安装与维护.....	138
第三节 LEU 安装与维护	153
第四节 列控中心使用与维护.....	156
第五节 设备故障应急处置.....	162
附录 英文缩写名词中英文对照	165
参考文献	167

第一章 绪 论

当列车运行速度超过 160 km/h 时,列车司机按照地面信号机显示驾驶列车运行这种传统的控车方式,无论是移动设备还是地面固定设备都存在一系列问题,因此必须装备列车运行控制系统,由高可靠、高安全的智能设备来保证列车安全运行。国内、外专家对此进行了科学、充分的论证,国际上也有很多应用实例和成功经验,如欧洲的 LZB、TVM300,日本的数字 ATC 等。

20 世纪 80 年代末期开始,我国相继在京广线郑武段、京哈线京秦段引进了法国的 UM71 轨道电路和 TVM300 列控系统,在京哈线秦沈段引进了法国的 UM2000 轨道电路和 TVM430 列控系统,在京九线、广深线试验和小范围使用了国内研究开发的 LCF 模式曲线超防系统和 LSK 分级速度控制系统,推动了我国列控系统的发展,但由于各种原因未能推广应用。与此同时,“机车信号+列车运行监控记录装置”的结合使用,在我国运行速度 160 km/h 以下客货列车上得到了推广和普及,在指导司机驾驶、列车运行基本安全防护等方面发挥了重要作用,得到了机务部门的欢迎;但若作为运行速度 160 km/h 以上列车的主用系统,在机车信号技术装备水平、控车数据管理的人为因素、司机操作的劳动强度、速度控制的实时性等方面存在一定的局限性。

在同一时期,欧盟各国也在极力解决跨国列车运行及高速铁路中列控系统的互连互通和兼容性问题,联合制定了欧洲列车运行控制系统 ETCS 技术规范,根据不同需求在装备标准上分为 ETCS1~ETCS3 三个等级,通过立法要求欧盟各国铁路实行。

2004 年初,铁道部组织国内、外专家,通过对 ETCS 技术规范、世界各国列控标准及实际运营情况的分析,结合我国铁路实际运营需求、设备状况和技术政策,经过长时间的论证和研究,提出了《CTCS 技术规范总则》,确定 CTCS 五个等级的总体技术框架;并制订了《CTCS-2 级列控系统暂行技术条件》,由点式应答器+连续式轨道电路向列车传输运行许可信息,采用目标距离模式曲线监控列车安全运行。

2004 年底,铁道部组织研究并决策,在我国铁路既有线第六次提速 200~250 km/h 时采用 CTCS-2 级列控系统,在动车组列车上装备 CTCS-2 级列控车载设备,在提速至 200~250 km/h 线路区段进行 CTCS-2 级列控地面设备改造。

随着列控系统设备研发、功能试验、工程实践和系统调试、试运营、系统完善、系统使用和维护管理培训等工作的不断深入,CTCS-2 级列控系统的技术规范、技术条件、系统接口技术标准、工程举例设计、设备安装工艺、维护管理办法等技术体系、技术文件和规章制度,得到不断健全和完善,铁道部已陆续颁发了相关文件;在此基础上各铁路

局细化并制定了维护管理细则、应急抢修预案等规章制度。整个 CTCS-2 级列控系统的技术标准体系已经形成。

第一节 CTCS 描述

CTCS 是中国列车运行控制系统 (Chinese Train Control System) 的英文缩写,它以分级的形式满足不同线路运输需求,在不干扰机车乘务员正常驾驶的前提下有效地保证列车运行的安全。

一、CTCS 基本功能

CTCS 在满足 RAMS(可靠性、可用性、可维护性和安全性)条件下,对列车进行超速防护,保证列车安全运行,向机车乘务员提供驾驶信息及数据输入输出界面,完成设备运行状态诊断记录。

(一)安全防护功能

安全防护功能是 CTCS 的核心功能,主要包括:

(1) 在任何情况下防止列车无行车许可运行。

(2) 防止列车超速运行。

- 防止列车超过进路允许速度。
- 防止列车超过线路结构规定的速度。
- 防止列车超过机车车辆构造速度。
- 防止列车超过临时限速及紧急限速。
- 防止列车超过铁路有关运行设备的限速。

(3) 防止列车溜逸。

(二)人机界面功能

人机界面功能主要是为机车乘务员提供信息显示、数据输入及操作,具有如下要求:

(1) 以字符、数字及图形等方式显示列车运行速度、允许速度、目标速度和目标距离。

(2) 实时给出列车超速、制动、允许缓解等表示以及设备故障状态的报警。

(3) 具有标准的列车数据输入界面,可根据运营和安全控制要求对输入数据进行有效性检查。

(三)设备检测功能

CTCS 设备除满足控制功能要求外,还具有设备检测功能,主要包含以下两个方面:

(1) 开机自检功能和运行中动态检查功能。

(2) 能够记录设备的关键数据以及关键动作,并提供监测接口。

(四)可靠性和安全性

CTCS 在可靠性和安全性设计方面必须满足以下基本要求:

- (1) 按照信号故障—安全原则进行系统设计。
- (2) 核心硬件设备须采用冗余结构。
- (3) 满足电磁兼容性相关标准。

二、CTCS 体系结构

如图 1-1 所示,CTCS 的体系结构按铁路运输管理层、网络传输层、地面设备层和车载设备层配置。

(一)铁路运输管理层

铁路运输管理系统是行车指挥中心,以 CTCS 为行车安全保障基础,通过通信网络实现对列车运行的控制和管理。

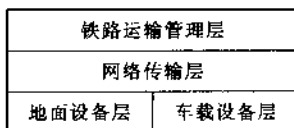


图 1-1 CTCS 体系结构

(二)网络传输层

CTCS 网络分布在系统的各个层面,通过有线和无线通信方式实现数据传输。

(三)地面设备层

地面设备层主要包括列控中心、轨道电路和点式设备、接口单元、无线通信模块等。列控中心是地面设备的核心,根据行车命令、列车进路、列车运行状况和设备状态,通过安全逻辑运算产生控车命令,通过地面基础设备发送给列车,实现对列车的控制。

(四)车载设备层

车载设备层是对列车进行操纵和控制的主体,具有多种控制模式,并能够适应轨道电路、点式传输和无线传输等多种车地信息方式。车载设备层主要包括车载安全计算机、连续信息接收模块、点式信息接收模块、无线通信模块、测速模块、人机界面和记录单元等。

三、CTCS 系统构成

CTCS 参照国际标准,结合我国国情,从需求出发,按系统条件和功能划分等级。CTCS 体系是按照地面设备为基础,车载与地面设备统一设计的原则构建的。系统结构如图 1-2 所示。

地面子系统由应答器、轨道电路、列车控制中心(TCC)/无线闭塞中心(RBC)、无线通信网络(GSM-R)组成。车载子系统包括列控车载设备和车载无线通信模块。

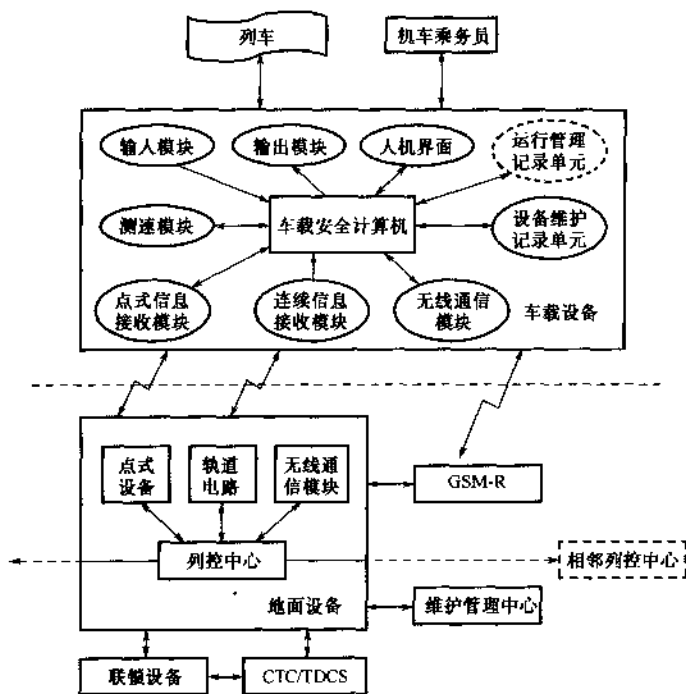


图 1-2 CTCS 系统结构示意图

四、CTCS 等级划分

CTCS 根据功能要求和设备配置划分应用等级,分为 0~4 级。

CTCS-0 级(简称 C0 级):由通用机车信号+列车运行监控装置组成,为既有系统,适用于列车最高运行速度为 160 km/h 以下的区段。

CTCS-1 级(简称 C1 级):由主体机车信号+安全型运行监控记录装置组成,点式信息作为连续信息的补充,可实现点连式超速防护功能。

CTCS-2 级(简称 C2 级):基于轨道电路和点式应答器传输控车信息,并采用车地一体化设计的列车运行控制系统。面向提速干线和客运专线,适用于各种线路速度区段,地面可不设通过信号机。

CTCS-3 级(简称 C3 级):基于无线传输信息,并采用轨道电路等方式检查列车占用的列车运行控制系统,点式设备主要传送定位信息。C3 级列控系统可以叠加在 C2 级列控系统上。

CTCS-4 级(简称 C4 级):完全基于无线传输信息的列车运行控制系统。地面可取消轨道电路,由无线闭塞中心和列控车载设备共同完成列车定位和完整性检查,实现虚

拟闭塞或移动闭塞。

五、CTCS 级间关系

CTCS 车载设备向下兼容,通过系统设计,系统级间切换可以自动完成,级间切换不影响列车正常运行,如既有线提速区段,配置 CTCS-2 级车载设备的列车可以在运行过程中自动完成 CTCS-1/0 级至 CTCS-2 级或 CTCS-2 级至 CTCS-1/0 级的切换。

第二节 CTCS-2 级列控系统发展历程

一、技术准备

在前五次既有线提速取得成功经验基础上,我国铁路实施了既有线第六次大提速。第六次大提速的总体要求是:提速至时速 200~250 km,动车组列车追踪间隔达到 5 min。第六次大提速采用动车组及列车运行控制系统,在技术装备、行车组织、管理模式方面发生了重大变革和质的飞跃,技术上达到了世界先进水平。

2005 年初开始,铁道部运输局组织制订了 CTCS-2 级列控系统的具体实施方案,确定了既有线 200 km/h 动车组列控系统车载设备、地面设备配置、运用技术原则;采用关键设备和技术引进、主要设备的自主研发、既有设备结合改造的模式,主要依靠国内技术力量、借助国外先进经验进行系统集成,全面启动并主持实施了 CTCS-2 级列控系统的系统集成、技术标准制订、设备引进和研发、列控试验、工程建设等各项准备工作。

列控车载设备和应答器设备,按统一技术标准实施了设备引进、技术转让和国产化,并最终实现设备由我国国内生产、国内服务。列控车载设备的实施主体分别为和利时公司/日立公司联合体、铁科院/株洲所/CSEE 公司联合体,应答器设备的实施主体分别为通号设计院/阿尔斯通联合体、和利时公司/CSEE 联合体、西安西门子公司。通过关键设备和技术的引进和消化吸收,全面提升我国企业的研发能力、制造水平,降低设备价格,实现本地化设备维护和技术支持,有利于与我国设备的有机结合和系统集成。

既有线车站列控中心是 CTCS-2 级列控区段与应答器配套使用的主要设备。结合既有信号技术、装备现状和运输需求,铁道部组织制订了统一的技术标准,铁科院、通号设计院、和利时公司、北京交大微联公司、卡斯柯公司五家单位严格按照统一的技术标准完成了设备研发工作,通过了铁道部产品检验、列控试验,于 2006 年 7 月 10 日通过铁道部技术审查。

完全掌握应答器报文编码技术,独立实施列控数据工程化,满足并适应用户需求,是第六次大提速成功的关键。应答器用户基础数据准备:按照铁道部统一制订的应答器用户基础数据格式和要求,各铁路局电务处负责完成了应答器用户基础数据准备工作——这是列车运行控制最基本的用户数据。应答器报文编制:按照铁道部统一制订

的应答器报文定义、用户信息包组成和示例,参照欧洲应答器报文编制流程、安全性和准确性卡控措施,列控中心、应答器供应商掌握了应答器报文编制技术,并研发了报文编制 CAD 软件,个别单位还研制出应答器报文解析工具,在列控试验和列控数据工程化中起到了极其重要的作用。

建立了列控系统监测和数据管理体系。铁道部综合检测车安装电务检测设备,各铁路局配属电务检测车,部分动车组配备动态检测设备,实现了对列控车载设备、列控地面设备的工作状态进行动态检测;在铁路局检测所、动车运用所配备列控数据统计分析系统,对各类检测数据、所辖列控车载设备下载数据和出入库检测数据进行统计分析和管理的;列控设备状况和数据纳入信号微机监测系统,实现信息共享。

二、列控系统功能试验

2005 年底和 2006 年初,在环行道利用 SS₉ 型机车,对车站列控中心、应答器、CTCS₂-200H 型列控车载设备、CTCS₂-200C 型列控车载设备,以及列控设备与 ZPW-2000 轨道电路的结合、与 CTC/TDCS 和联锁设备的接口,进行了第一次全面试验。通过对 CTCS-2 级列控系统主要技术原则、应答器编码技术、列控设备主要技术规格、系统设备接口方式等进行的初步验证,经历了第一次从理性到感性的认知过程,领会了 CTCS-2 级列控技术体系的要点和内涵,找到了解决问题的关键环节,增强了实施 CTCS-2 级列控系统的信心。

2006 年 5 月,在环行道完成了基本列控功能试验,采用 CTCS₂-200H 型列控车载设备、CRH2 型动车组,最高运行速度 160 km/h,对 CTCS-2 级列控车载设备、地面设备的功能和体系结构进行测试和功能验证,完成了列控中心设备预审查;对试验中发现的问题进行了及时的研究解决,确认了 CTCS-2 级列控体系的可行性,其安全性、可靠性基本满足要求。通过试验,积累了列控试验的经验和大量的数据,验证了 CTCS-2 级列控技术路线的正确性。

2006 年 7 月至 8 月,在胶济线蔡家庄至娄山五站四区间 76 km 区段进行列控综合试验,仍采用 CTCS₂-200H 型列控车载设备、CRH2 型动车组,最高运行速度 200 km/h,验证了 CTCS-2 级列控体系的可行性,系统功能、硬件和软件、应答器报文等基本满足规定的技术规格要求。

2006 年 9 月 18 日完成胶济全线列控设备安装任务,9 月 20 日完成胶济全线动车组列控拉通试验,采用 CTCS₂-200H 型列控车载设备、CRH2 型动车组,最高运行速度 200 km/h。2006 年 9 月 23 日铁道部组织了有多名院士和铁道行业著名专家参加的 CRH2 综合试验报告评审会,认定了 CTCS-2 级列控系统对既有线提速的适应性。2006 年 9 月 29 日铁道部组织了各铁路局主要领导参加的“第六次大面积提速胶济线现场会”,对第六次大提速工作进行了全面的部署和动员。

2007 年 3 月,铁道部在北京铁路局管内组织实施了动车组 5 min 追踪运行试验,

采用 CTCS₂-200H 型列控车载设备、CRH2 型动车组,速度较低、站间距离较短的个别地点通过采取一些特定的措施后,证明第六次提速动车组开行的所有交路能够满足 5 min 追踪运行要求。

2007 年 3 月,在环行道进行了 CTCS-0 及 CTCS-2 功能试验;在京秦线进行了 CTCS₂-200C 型列控车载设备、CRH5 型动车组的 TVM430、CTCS-0 及 CTCS-2 功能试验;2007 年 4 月初在胶济线蔡家庄至娄山五站四区间 76 km 区段进行了 CTCS-2 功能补充试验。CTCS₂-200C 型列控车载设备主体功能基本得到验证。

三、工程建设

既有线提速 200~250 km/h 铁路地面信号设备改造工程特点,是按 CTCS-2 级列车运行控制技术体系,结合 200 km/h 动车组开行的技术要求,在既有信号设备的基础上进行改造。其基本原则是充分利用既有信号设备和相关设施,新增点式应答器设备、车站列控中心设备,使用有限的投资完成改造任务,满足 200 km/h 动车组的安全运行,并兼顾客、货不同速度列车共线运输的要求。

既有设备的主要改造要求:一是临时限速由调度所集中管理,通过 CTC/TDCS 向临时限速管辖车站及邻站下达调度命令,在 CTC 或 TDCS 的车站车务终端上增加列控中心设备的人机界面,临时限速调度命令在调度所、车站以统一的“窗口方式”模板输入、显示、签收(确认)及回执,满足列控的需求。二是自动闭塞和车站电码化改造,在既有设备的基础上发码,200 km/h 区段增加 L2、L3,250 km/h 区段增加 L2~L5,各车站进行了电码化载频调整,保证正线接车进路与发车进路、正线与到发线载频错置。三是联锁设备进行结合改造,主要是与列控中心交换进路控制信息,修改进站信号机点灯电路等。四是微机监测设备增加监测功能,将列控设备纳入监测体系。

第六次大提速 200 km/h 区段装备列车运行控制系统,CTCS-2 区段延展里程 5 500 余公里,TVM430 区段延展里程 760 余公里,共计延展里程 6 260 km,涉及 10 个铁路局的 7 条干线,包括 16 个区段、250 余个车站。其中延展里程 860 余公里满足提速至 250 km/h 要求。整个 CTCS-2 列控系统工程实施主要分为三个阶段:

第一个阶段是列控配套工程实施阶段,自动闭塞、电码化、联锁、电缆等基础工程于 2006 年 7 月前实施完成。

第二个阶段是列控主体工程实施阶段,应答器和车站列控中心设备安装,应答器基础数据准备、报文编制和写入,以及车地设备联合调试和数据验证等,于 2006 年 10 月底实施完成。

第三个阶段是列控工程完善提高阶段,部分区段进一步提速至 250 km/h 涉及的自动闭塞、电码化、联锁等基础工程,应答器位置调整、应答器基础数据准备、报文编制和写入等主体工程,以及系统完善、数据精调、设备参数精调等,于 2007 年 3 月初全面完成,CTCS-2 级列控系统进入试运行期。

四、运行检查和试验

拉通检查。2006年10月中下旬,铁道部运输局牵头检查了京沪线、浙赣线、京广线北京至汉口段、京哈线北京至沈阳段、陇海线郑徐段,采用CTCS₂-200H型列控车载设备、CRH2型动车组,列车最高运行速度180 km/h。检查中的突出问题是应答器数据和报文的错误较多,应答器安装应进一步规范。

牵引试验。2006年10月下旬和11月上旬,铁道部组织分两个阶段实施了各提速线路的动车组牵引试验,采用CTCS₂-200H型列控车载设备、CRH2型动车组和CRH1型动车组,列车最高运行速度200 km/h。检查出的问题主要是CRH1型动车组安装的列控BTM天线的安装问题,应答器数据和报文的准确性仍应进一步提高。提出了部分区段进一步提速至250 km/h。

平推检查。2007年1月中下旬,铁道部组织实施了各提速线路的动车组平推检查,采用CTCS₂-200H型列控车载设备、CRH2型动车组。对拉通检查、牵引试验中发现问题的整改效果进行了验证,提出了车载设备隔离开关、DMI级间转换的技术规格完善措施。

模拟运行。2007年4月上旬,铁道部组织实施了各提速线路的动车组模拟运行,采用CTCS₂-200H型列控车载设备、CRH2型动车组,以及CTCS₂-200C型列控车载设备、CRH5型动车组,列车最高运行速度250 km/h。经过模拟运行的检验,提速区段的所有地面信号设备、CTCS₂-200H型列控车载设备的所有准备工作已经全部就绪;CTCS₂-200C型列控车载设备主体功能能够在第六次大提速时启用。

第三节 CTCS-2级列控系统结构

CTCS-2级列控系统是基于轨道电路加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级列控系统包括列控车载设备和列控地面设备,列控地面设备包括轨旁设备和室内设备两部分,其总体结构如图1-3所示。

列控地面设备由车站列控中心控制,轨道电路、车站电码化设备传输连续列控信息,点式应答器、车站列控中心传输点式列控信息。列控车载设备根据地面提供的动态控制信息、线路静态参数、临时限速信息及有关列车数据,生成控制速度和目标距离模式曲线,按模式曲线控制列车运行。

一、列控地面设备

列控中心的硬件设备结构与车站计算机联锁系统类似,根据列车占用情况及进路状态,通过轨道电路及有源应答器向列车发送控制命令。

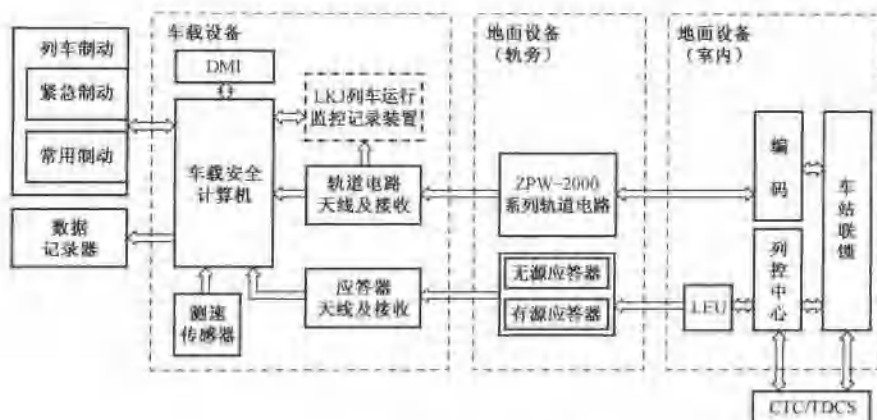


图 1-3 CTCS-2 级列控系统构成图

轨道电路采用 ZPW-2000 系列轨道电路,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。

无源应答器(也称固定应答器)设于闭塞分区入口和车站进、出站端处,用于向列控车载设备传输闭塞分区长度、线路速度、线路坡度、列车定位等信息。有源应答器(也称可变应答器)设置于车站进、出站端,当列车通过应答器时,应答器向列车提供接车进路参数、临时限速等信息。为实现系统功能,列控地面设备还通过车站列控中心与车站联锁系统、CTC/TDCS 车站分机连接,地面设备结构如图 1-4 所示。

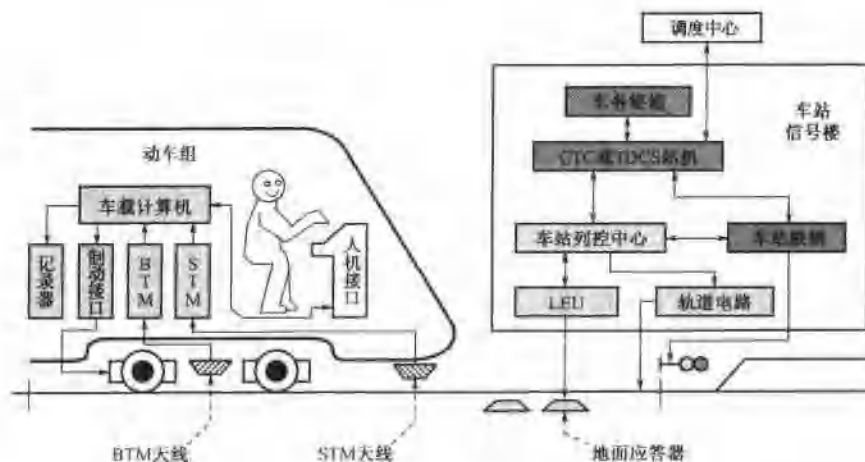


图 1-4 CTCS-2 级列控系统地面设备与车载设备结构图

二、列控车载设备

列控车载设备由车载安全计算机(VC)、轨道电路信息接收模块(STM)、应答器信息接收模块(BTM)、人机界面(DMI)、速度传感器、列车接口单元(TIU)、运行记录单元(DRU)、轨道电路信息接收天线、应答器信息接收天线等部件组成,如图 1-4 所示。

车站安全计算机采用高可靠的安全计算机平台,根据地面连续式和点式设备传输的控车信息、线路数据以及列车参数,生成连续式速度监控曲线,监控列车安全运行。轨道电路信息接收模块(STM)用于接收 ZPW-2000(UM)系列轨道电路低频信息,并将信息同时提供给车载安全计算机和列车运行监控装置(LKJ)。应答器信息接收模块(BTM)用于接收处理应答器信息,并将解码得到的应答器报文提供给车载安全计算机。人机界面(DMI)显示列车运行速度、允许速度、目标速度和目标距离,并可接收司机输入。

第四节 CTCS-2 级列控系统基本原理

一、目标距离-速度控制

目标距离-速度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,采取连续式一次制动模式控制列车运行。如图 1-5 所示,实线为目标距离速度监控曲线,从最高速至零的列车速度监控曲线为一条连贯光滑的曲线,虚线为列车实际驾驶速度曲线,列车实际减速运行只要在监控曲线之下就可以了,如果超速碰撞了速度监控曲线,列控车载设备将自动触发常用制动或紧急制动,防止列车超速运行。

列控车载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、线路参数和列车本身的性能计算而定的。为计算得到速度监控曲线,由轨道电路发送行车许可和前方空闲闭塞分区数量信息,由应答器发送闭塞分区长度、线路速度、线路坡度等固定信息,列控车载设备接收上述信息,通过“前

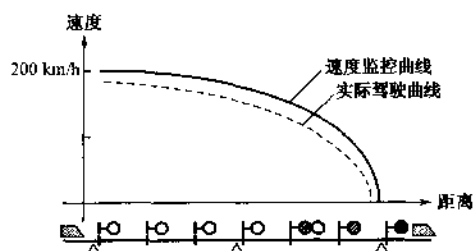


图 1-5 目标距离-速度控制

方空闲闭塞分区数量”和“闭塞分区长度”信息,获得目标距离长度,并结合线路速度、线路坡度和对应列车的制动性能等固定参数,实时计算得到速度监控曲线,并监控实际驾驶曲线处于速度监控曲线下方,保证列车安全运行。

二、CTCS-2 级与 CTCS-0 级的切换

动车组同时装备列控车载设备和列车运行监控记录装置(LKJ),在 160 km/h 以上