

高速铁路管理人员和专业技术人员培训教材

 科普教材

高速铁路信号系统

◎ 中国铁路总公司

GAOSU TIELU XINHAO XITONG

中国铁道出版社

CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

高速铁路管理人员和专业技术人员培训教材
科普教材

高速铁路 信号系统

中国铁路总公司



中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

内 容 简 介

本书为中国铁路总公司组织编写的高速铁路管理人员和专业技术人员培训教材之一,是信号专业科普教材。全书共九章,主要包括:绪论、列控系统基本原理、CTCS-2级和CTCS-3级列控系统、调度集中(CTC)系统、计算机联锁系统(CBI)、信号监测系统、高速铁路信号基础设备、高速铁路信号雷电防护及电磁兼容、高速铁路信号系统集成等。

本书适用于高速铁路信号专业技术人员培训,也可供高速铁路信号设备运用管理人员学习,对各类职业院校相关师生学习也有重要的参考价值。

图书在版编目(CIP)数据

高速铁路信号系统/中国铁路总公司编著. —北京:
中国铁道出版社,2013.11
高速铁路管理人员和专业技术人员培训教材
ISBN 978-7-113-17479-8

I. ①高… II. ①中… III. ①高速铁路—铁路信号—
技术培训—教材 IV. ①U284

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第238114号

书 名: 高速铁路管理人员和专业技术人员培训教材
 高速铁路信号系统
作 者:中国铁路总公司

责任编辑:崔忠文 编辑部电话:(路)021-73146 电子信箱:dianwu@vip.sina.com
(市)010-51873146

封面设计:郑春鹏
责任校对:孙 玫
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:北京精彩雅恒印刷有限公司

版 次:2013年11月第1版 2013年11月第1次印刷

开 本:787mm×1092mm 1/16 印张:10 字数:234千

书 号:ISBN 978-7-113-17479-8

定 价:39.00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

前 言

党的十六大以来,在党中央、国务院的正确领导下,我国铁路事业得到了快速发展,目前,中国高速铁路运营里程已经位居世界第一。在建设和运营实践中,我国高速铁路积累了丰富的经验,取得了大量创新成果。将这些经验和成果进行系统总结,编写形成规范的培训教材,对于提高培训质量、确保高速铁路安全有着十分重要的意义。为此,中国铁路总公司组织相关专业的技术力量,统一编写了这套高速铁路管理人员和专业技术人员培训系列教材。

本套培训教材共分高速铁路行车组织、机务、动车组、供电、工务、通信、信号、客运8个专业,每个专业分为科普教材、专业关键技术教材和案例教材三大系列。科普教材定位为高速铁路管理人员普及型读物,对本专业及相关专业知识进行概论性介绍,学习后能够基本掌握本专业所需的基本知识、管理重点、安全关键;专业关键技术教材定位为高速铁路专业技术人员使用的学习用书,对本专业关键技术进行系统介绍,学习后能够初步掌握本专业新技术和新设备的运用维护关键技术;案例教材定位为高速铁路岗位人员学习用书,对近年来中国高速铁路运营实践中发生的典型案例及同类问题的处理方法进行总结归纳,学习后能为处理同类问题提供借鉴。

Preface

本书为信号专业科普教材《高速铁路信号系统》。作为高速铁路的核心技术之一,高速铁路信号系统集成计算机技术、现代控制技术、通信技术于一体,是保障行车安全、提高运输效率的关键设施。

全书共九章,主要内容包括:绪论、列控系统基本原理、CTCS-2级和CTCS-3级列控系统、调度集中(CTC)系统、计算机联锁系统(CBI)、信号监测系统、高速铁路信号基础设备、高速铁路信号雷电防护及电磁兼容、高速铁路信号系统集成等。

本书由覃燕主编,曹玉、莫志松、姜锡义、李凯副主编,郭进、黄蔚主审。参加编写人员有:蔡伯根(第一章、第四章)、王俊峰(第一章、第二章)、李开成(第三章)、李绍斌(第五章、第七章)、戴胜华(第六章)、付文秀(第三章)、杨世武(第八章)、黄赞武(第六章)、衣法臻(第二章、第三章)、周永华(第三章)、张三同(第三章)、陈拥军(第一章、第五章、第七章)、王剑(第四章)、潘继军(第九章)、江明(第九章)、禹志阳(第九章)、苗宇(第二章)。参加审定人员有:张敏慧、赵阳、李剑、姚红静、张伟、黄维东。

由于近年来高速铁路技术发展较快,同时编者的水平及精力所限,本书内容不全面、不恰当甚至错误的地方在所难免,热忱欢迎使用本书的广大读者以及行业内专家学者对本书提出批评、指正意见,以便编者对本书内容不断地改进和完善。

编者

二〇一三年六月

目 录

第一章 绪论	1
第一节 高速铁路概述	1
第二节 高速铁路组成	3
第三节 列控系统发展概况	10
第四节 高速铁路信号系统组成与特征	16
第五节 信号系统与列车运行安全	21
第二章 列控系统基本原理	26
第一节 基本概念	26
第二节 列控系统车地传输方式	27
第三节 列车测速测距与定位	31
第四节 列车行车许可	33
第五节 列车监控曲线	38
第三章 CTCS-2 级和 CTCS-3 级列控系统	42
第一节 CTCS-2 级列控系统	42
第二节 CTCS-3 级列控系统	46
第三节 车载控制模式	55
第四节 临时限速	59
第五节 GSM-R 系统	63
第六节 列控系统兼容性	69
第四章 调度集中(CTC)系统	76
第一节 概 述	76
第二节 调度集中系统结构与原理	77
第三节 调度集中系统接口	79
第五章 计算机联锁系统(CBI)	83
第一节 概 述	83
第二节 计算机联锁系统结构	83
第三节 计算机联锁系统接口	84

第六章 信号监测系统	87
第一节 概 述	87
第二节 CSM 功能与结构	87
第三节 DMS 功能与结构	91
第七章 高速铁路信号基础设备	96
第一节 信号机	96
第二节 轨道电路	99
第三节 道岔转换设备与道岔融雪设备	104
第四节 应答器	110
第五节 信号电源	114
第六节 铁路信号光、电缆	116
第八章 高速铁路信号雷电防护及电磁兼容	120
第一节 概 述	120
第二节 高速铁路信号防雷技术	122
第三节 高速铁路信号电磁兼容	126
第九章 高速铁路信号系统集成	129
第一节 高速铁路信号系统工程设计与施工	129
第二节 高速铁路信号系统仿真测试	131
第三节 高速铁路信号系统联调联试	143
附 录	147
附录一 动车组车型、编号和列控车载设备配置表	147
附录二 名词术语英(缩略语)中对照	149
参考文献	152

第一章 绪 论

高速铁路具有节能、环保、运量大、正点、安全、舒适等特点,成为世界铁路发展的潮流。进入 21 世纪以来,中国通过引进、消化、吸收、再创新,开始了大规模地建设高速铁路,并相继开通运营。目前,中国已成为世界上高速铁路营业里程最长、运营速度最高的国家。

高速铁路是庞大复杂的系统工程,集成了多学科、多领域的高新技术。作为高速铁路的核心技术之一,高速铁路信号系统是列车安全、高密度运行的基本保证。高速铁路信号系统集计算机技术、现代控制技术、通信技术于一体,包括列车运行控制系统(CTCS)、调度集中(CTC)系统、计算机联锁系统(CBI)以及相应的监测系统,是保障行车安全、提高运输效率的关键设施,被称为高速铁路的“中枢神经”。

列车运行控制系统(简称“列控系统”)是高速铁路信号系统的核心。列车运行控制技术的发展经历了地面人工信号、地面自动信号、机车信号、自动停车装置和超速防护系统等阶段,未来将向着更加安全、自动化程度更高的方向发展。

第一节 高速铁路概述

一、高速铁路

高速铁路是指新建设计开行 250 km/h(含预留)及以上动车组列车,初期运营速度不小于 200 km/h 的客运专线铁路。高速铁路列车追踪间隔时间最小按 3 min 设计,轴重不大于 17 t,编组不大于 16 辆。高速铁路常被简称为“高铁”。

高速铁路是现代高科技成果应用于铁路运输的产物,是现代社会的新型运输方式,是交通运输现代化的重要标志。

随着“低碳”理念成为国际社会的共识,高速铁路技术日趋成熟,高速化成为当今世界铁路发展的共同趋势,高速铁路迎来了发展的“黄金期”。世界上很多国家,包括日本、法国、德国、美国等都将高速铁路视为未来可持续发展的交通发展方向,并提出了规模庞大的高速铁路建设规划。

二、高速铁路的优势

高速铁路作为现代社会的一种新的运输方式,具有极为明显的优势。一个长编组的列车可以运送 1 000 多人,每隔 3 min 就可以开出一列列车,运力强大;采取“公交化”模式开行列车,大大方便了旅客出行;符合节能减排的要求,是绿色的交通工具。正因为如此,高速铁路正在为经济社会又好又快地发展提供重要的支撑和保障。

1. 运行速度快

速度快是高速铁路技术水平的最主要标志,各国都在不断提高列车的运行速度。高速列车的最高运行速度可达到 250~350 km/h。中途旅行,高速铁路比航空有优势;短途旅行,高

速铁路比高速公路有优势。

2. 输送能力大

输送能力大是高速铁路的主要技术优势之一。目前各国高速铁路几乎都能满足最小行车间隔 3~4 min 的要求。干线高速铁路年均输送旅客可达 1 亿人次以上。

3. 安全性高

高速铁路在全封闭环境中运行,并且具有一系列完善的安全保障系统,高速铁路的安全性优于其他现代交通运输方式。

4. 正点率高

高速铁路采用多种自动控制技术,能够适应自然环境,受气候变化影响小。通过提高高速铁路系统的可靠性和运输组织水平,可以使旅客列车具有较高的正点率。

5. 舒适方便

高速铁路采取“公交化”的模式,旅客基本上可以做到随到随走,节省时间。高速铁路列车车内设施齐全,坐席宽敞舒适,运行平稳,车内安静。

6. 能源消耗低

如果以“人/公里”作为单位能耗,与公路、航空比较,高速铁路能源消耗低。高速列车利用电力牵引,不直接消耗宝贵的石油等液体燃料。

7. 对环境影响小

高速铁路是绿色交通工具,符合减排低碳的要求,明显优于汽车和飞机。

8. 用地省

一条高速铁路与一条 16 车道的公路运能相当,而占地仅为公路的 1/4。

9. 经济效益好

高速铁路投入运行以来,备受旅客青睐,其经济效益十分可观。

三、中国高速铁路的建设

按照质量、安全、工期、投资效益、环境保护、技术创新“六位一体”和建设绿色铁路的要求,中国正在高标准、高质量、高效率地推进高速铁路建设。

2008 年,根据我国综合交通体系建设的需要,国务院对《中长期铁路网规划》进行了调整,确定到 2020 年,全国铁路营业里程达到 12 万 km 以上,建设高速铁路 1.6 万 km 以上。

根据《中长期铁路网规划》,中国高速铁路发展以“四纵四横”为重点,构建快速客运网的主要骨架,形成快速、便捷、大能力的铁路客运通道,逐步实现客货分线运输。

“四纵”:一是北京—上海高速铁路,贯通环渤海和长三角东部沿海经济发达地区;二是北京—武汉—广州—深圳(香港)高速铁路,连接华北、华中和华南地区;三是北京—沈阳—哈尔滨(大连)高速铁路,连接东北和关内地区;四是上海—杭州—宁波—福州—深圳高速铁路,连接长三角、东南沿海、珠三角地区。

“四横”:一是青岛—石家庄—太原高速铁路,连接华北和华东地区;二是徐州—郑州—兰州高速铁路,连接西北和华东地区;三是上海—南京—武汉—重庆—成都高速铁路,连接西南和华东地区;四是上海—杭州—南昌—长沙—昆明高速铁路,连接华中、华东和西南地区。

同时,以环渤海地区、长三角地区、珠三角地区以及辽中南、山东半岛、中原地区、江汉平原、湘东地区、关中地区、成渝地区、海峡西岸等经济发达和人口稠密地区为重点,建设城际高速铁路,覆盖区域内主要城镇。

“四纵四横”主通道的高速铁路,按速度 300 km/h 建设;高速铁路延伸线、连接线及城际铁路按速度 200~250 km/h 建设。

第二节 高速铁路组成

高速铁路是一个完整的技术体系,主要由工务工程系统、牵引供电系统、通信信号系统、动车组系统、信息系统、运用维修系统等组成。高速铁路的组成见图 1-1。

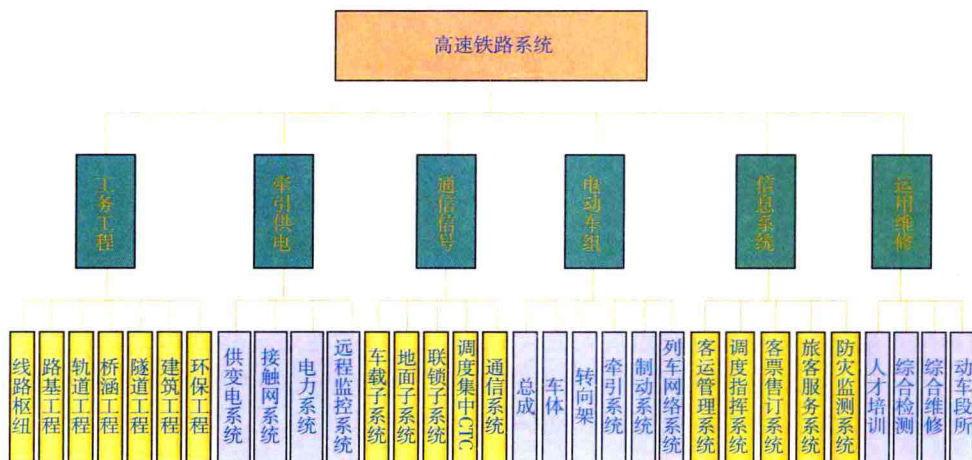


图 1-1 高速铁路的组成

一、高速铁路工务工程系统

高速铁路工务工程系统是高速铁路的主要基础设施,主要由轨道、路基、桥梁、隧道、站场等组成,是确保高速行车的基础。高速铁路与常规铁路相比,最大的区别在于线路的高平顺度特性。高平顺性最终体现在轨道上,无论轨道是在路基上或在桥梁上,也无无论是何种类型的轨道,都要求它不仅在空间要具有平缓的线型、高精度的允差、高光洁度的轨面,还必须具有稳固的高保持性。高速铁路基础设施各主要组成部分——路基、桥梁、隧道等的主要技术参数与技术规定,必须互相协调,使之整体上满足高速行车在运动学、动力学、空气动力学及运输质量方面的各项技术指标。

(一) 无砟轨道

我国 250 km/h 高速铁路以有砟轨道为主,350 km/h 高速铁路以无砟轨道为主。

无砟轨道具有结构稳定性高、轨道平顺性高、刚度性好、耐久性强、轨道几何尺寸能持久保持、维修工作量显著减少等特点。

我国高速铁路使用的无砟轨道类型有 CRTS I 型板式、CRTS II 型板式、CRTS III 板式、CRTS I 型双块式、CRTS II 型双块式和道岔板式、轨枕进入式等。

(二) 道岔技术体系

高速铁路道岔按技术类型可分为客运专线、CN、CZ、GLC 等系列。客运专线系列有 18 号、42 号和 62 号三种道岔,对应侧向容许通过速度分别为 80 km/h、160 km/h 和 220 km/h; CN 系列有 18 号、39 号、42 号和 50 号四种号码道岔,对应侧向容许通过速度分别为 80 km/h、

160 km/h、160 km/h 和 220 km/h;CZ 系列有 18 号、41 号两种号码道岔,对应侧向容许通过速度分别为 80 km/h 和 160 km/h;GLC 系列有 18 号、42 号两种号码道岔,对应侧向容许通过速度分别为 80 km/h 和 160 km/h。

(三) 新型桥梁

高速铁路桥梁具有跨度大、组合结构多的特点。大跨度桥梁采用梁拱组合、斜拉等新型结构,可满足高速铁路跨越江河的需要,有效减小车桥动力效应,降低高速列车通过时的噪声与振动,造型美观。

(四) 高架长桥

高速铁路沿线跨越的城市道路、公路、既有铁路、地下管线多,沿海地区河道水网密布,软土等特殊土分布广泛,采用高架桥结构代替路基,可有效保持轨道平顺性,控制结构变形,减少土地占用,并具有安全、耐久、美观的优点。

(五) 宽大隧道

高速列车运行引起的隧道空气动力学问题突出,为减小空气动力学效应对旅客舒适度和车厢变形的影响,高速铁路采用大断面隧道。

高速铁路隧道与普通铁路隧道最大的区别,在与列车高速通过隧道时产生的空气动力学效应,对于列车运行、旅客舒适度、车体变形和密闭性、洞口环境的不利影响十分明显,同时对于防排水标准、防灾救援和耐久性等方面也有较高的要求。

(六) 站场设备

站场设备由车站、站台、股道等组成。

高速铁路的车站一般建成综合客运交通枢纽站,如北京南站和上海虹桥站,它们都是集铁路、地铁和市政交通设施于一体的大型综合交通枢纽。这极大地方便了旅客的出行,做到了高铁与城市轨道交通、公交系统的无缝接驳。

二、高速铁路牵引供电系统

高速铁路的机车都是电力机车,由于电力机车本身不带原动机,需要靠外部电力系统经过牵引供电装置供给其电能,故电气化铁路是由电力机车和牵引供电系统组成的。

牵引供电系统主要由牵引变电所和牵引网两部分组成,所以人们又称电力机车、牵引变电所和牵引网为电气化铁路的三大元件。

高速电气化铁路通常采用 2×25 kV AT 供电方式。牵引供电系统的构成如图 1-2 所示。相对牵引变电所而言,通常把为其供电的电力系统称为外部电源或一次系统。

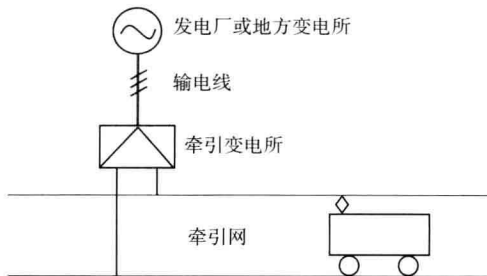


图 1-2 牵引供电系统的构成

(一) 电力系统与输电线

电力系统与输电线为高速铁路提供高压电源,其电压一般为 220 kV,西北地区有些变电所为 330 kV。高速铁路的牵引负荷是一级负荷,故要求电源有足够的容量和较高的可靠度。公用电网通常能使这些要求得到满足,并具有经济性。

(二) 牵引变电所

牵引变电所将电力系统供应的电能转变为适于电力牵引及其供电方式的电能,其中的核心元件是牵引变压器,并设有备用。在我国,牵引变电所主要用于提供牵引用电,为与地方变电所区分,故称为牵引变电所。

(三) 牵引网

牵引网由馈(电)线、接触网、轨(地)、回流线等组成,是牵引供电网(回路),完成对电力机车的送电任务。馈线是接在牵引变电所牵引母线和接触网之间的导线,即将电能由牵引变电所引向电气化铁路;接触网是一种特殊的输电线,架设在铁路上方,机车受电弓与其摩擦受电;钢轨既支持列车运行,又是导线,由于轨与地都是非绝缘的,故通常轨地一起接受机车的牵引电流;回流线是指牵引变电所处的横向回流线,它将轨或与轨平行的其他导线与牵引变压器指定端子相连,与馈线一起组成牵引端口的端子线。

(四) 高速列车

采用动车组,通过牵引电机及其变换和控制机构,将电能转化为可用机械能,牵引列车运行。

(五) 供电分区

正常供电时,由牵引变电所馈线到接触网末端的供电线路组成,也称为供电臂。

三、高速铁路信号系统

这是本书主要介绍的内容。铁路信号用于保证行车安全、指挥行车和提高行车效率。高速铁路信号系统主要包括列车运行控制系统(CTCS)、分散自律调度集中(CTC)系统、计算机联锁系统(CBI)以及相应的监测系统。其中前三个系统直接与行车相关联。

高速铁路信号系统的核心设备是列车运行控制系统,由它来实现列车的超速防护功能,保证行车安全。高速铁路信号系统的工作原理是:CTC 系统把排列进路的命令发给联锁系统,联锁系统将排好的进路信息发给列控地面设备,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,列控车载设备通过接收行车许可来控制列车的运行。

(一) 列控系统

中国列车运行控制系统(CTCS)包含 CTCS-0 至 CTCS-4 五个等级,高速铁路信号系统采用的是其中的 CTCS-2 和 CTCS-3 级列控系统。CTCS-3 级列控系统包含 CTCS-2 级列控系统,CTCS-2 级列控系统是 CTCS-3 级的后备系统。

(二) 计算机联锁系统(CBI)

计算机联锁系统是一种运用计算机对车站值班员的操作命令及现场表示信息进行逻辑运算,从而实现对信号机及道岔等进行集中控制的车站联锁设备。计算机联锁系统以计算机技术、控制技术、通信技术为基础,通过软件实现了信号、道岔和进路三者之间的联锁关系。由于

联锁逻辑控制实现了从有接点到无接点的变革,它使联锁设备更加小巧可靠。高速铁路中计算机联锁系统不再是孤立的车站信号控制系统,而是与列控系统、CTC系统融合在一起,共同完成列车运行安全保障和指挥行车的任务。

计算机联锁系统从逻辑上分为人机接口层、联锁运算层、执行控制层三层。

(三)分散自律调度集中(CTC)系统

分散自律调度集中系统是综合了计算机技术、网络通信技术和现代控制技术,采用智能分散自律设计原则,以列车运行调整计划控制为中心,兼顾列车与调车作业的高度自动化的新一代调度指挥系统。

所谓“分散自律”是指“信息集中、控制分散”系统。它通过在各车站设置车站自律机,接收调度员下达的阶段调整计划自主执行。即使车站与调度中心的通信中断,车站也可以根据先前收到的阶段计划继续来指挥行车,而不至于导致停车,从而影响行车效率。

CTC系统由中心设备、车站设备和网络设备组成。

分散自律调度集中实现了行车指挥的自动化、现代化,有效地提高了铁路运输的生产效率,实现了作业量少的车站运输指挥的无人化,具有减员增效的显著作用。

高速铁路信号系统与其他系统的接口关系如图 1-3 所示。

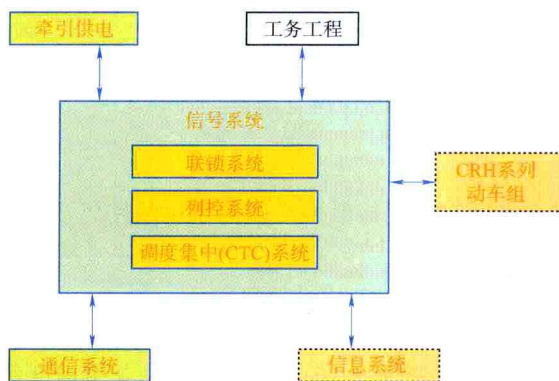


图 1-3 高速铁路信号系统与其他系统的接口

四、高速铁路通信系统

通信系统为高速铁路运输生产和经营管理提供稳定、可靠、畅通的通信手段,提供语音、数据和图像等综合业务,满足高速、宽带通信业务的需要。

通信系统包括传输系统、数据通信网、调度通信系统、铁路数字移动通信系统(GSM-R)、会议电视系统、应急通信系统、时间及时钟同步系统、综合视频监控系統、通信电源与机房环境监控系统、通信电源、通信线路、防雷与接地系统、通信综合网管系统等。它的组成及各子系统之间的关系见图 1-4。

(一)传输系统

传输系统采用层次化结构,骨干及本地中继层、接入层分别采用不同物理径路的光纤构建。骨干及本地中继层应与既有铁路通信网连接,对重要业务通道进行迂回保护。接入层采用自愈型网络。

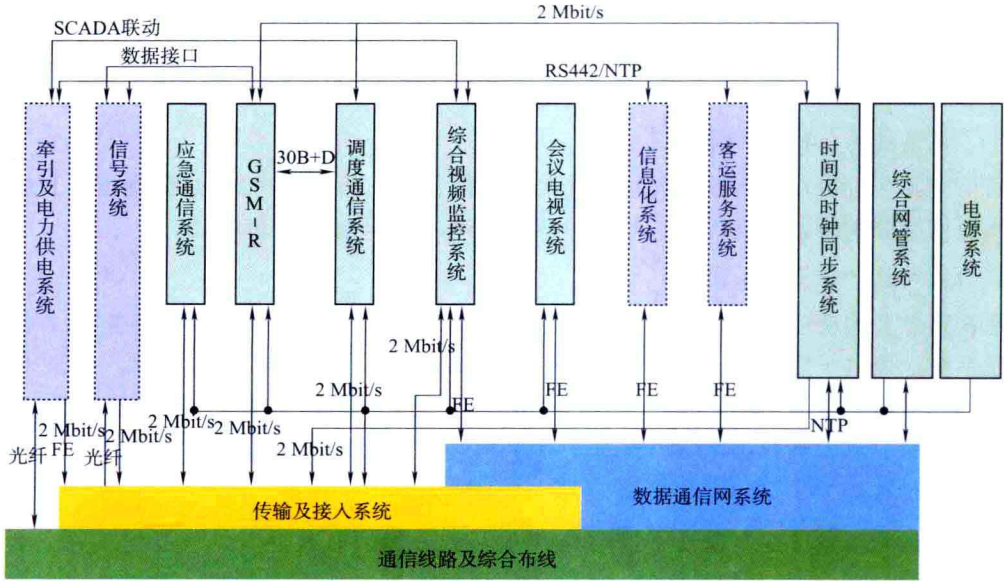


图 1-4 通信系统的组成及各子系统之间的关系

(二) 数据通信网

数据通信网采用骨干/接入层次化网络结构, 系统设备冗余配置, 各节点设备间的连接通道采用不同物理路由。

(三) 调度通信系统

调度通信系统, 提供调度电话、站间行车电话及其他专用电话业务。

通信系统在调度所和各车站设置录音设备, 记录调度电话、站间行车电话等通话内容。

(四) 铁路数字移动通信系统(GSM-R)

采用 GSM-R 为运输调度指挥、设备维护及安全管理提供移动语音通信、短消息及分组域数据传输业务。

高速铁路的动车组装备机车综合无线通信设备(CIR), 实现列车调度通信、调度命令信息(包括调度命令、行车凭证、接车进路预告、调车作业通知单等)无线传送、车次号校核数据无线传送等功能, 并对各类通信过程和内容进行记录。CIR 能自动兼容 GSM-R 线路和 450 MHz 无线列调线路。

高速铁路的动车组司机、动车组机械师、列车长、乘警均配备 GSM-R 手持终端和 450 MHz 手持终端。办理客运业务的集控站, 车站客运作业人员配备与司机通信联络用的 450 MHz 手持终端。

(五) 综合视频监控系統

综合视频监控系統按视频核心节点、区域节点和接入节点设置, 为调度、设备维修、公安等业务部门配置视频显示终端。以上节点能与旅客服务信息系统互联, 实现旅客服务信息系统对视频图像的实时调用。视频图像采集设备设置在通信、信号机房内, 牵引供电、电力机房内外, 车站咽喉区, 公跨铁地点和隧道洞口及其他需要重点监控的区域。

(六) 应急通信系统

在处理突发性事件时,应急通信系统为应急现场与应急通信中心及应急现场内部提供语音、数据等信息传输。

(七) 通信电源与机房环境监控系统

通信电源与机房环境监控系统对高速铁路通信、信号、信息机房的温度、湿度、门禁、火灾报警和通信电源系统状况进行统一监控,并实现与综合视频监控系统联动。

(八) 时间及时钟同步系统

在铁路总公司调度中心、调度所和各车站设置时钟同步及时间同步系统设备,为铁路各专业信息系统地面电子设备提供基准时钟、时间源。时间同步网按三级结构设置,一级时间同步节点设置在铁路总公司调度中心,二级时间同步节点设置在铁路局调度所或高速铁路调度所,三级时间同步节点设置在车站(段、所)。

(九) 通信线路

干线通信光缆敷设在高速铁路铁路两侧的预制电缆槽内,地区及站场通信线路宜敷设在预制电缆槽内。车站、区间信号中继站、通信基站、牵引变电所等重要业务站点光缆引入采用不同的物理路由。

(十) 防雷与接地系统

通信站、通信机械室、通信设备、铁塔、通信光电电缆线路等设施均设置地线,距离综合地线 20 m 之内的应就近接入综合接地系统。防雷系统与建筑物防雷和设备接地系统相配合,并采用多级防护。

五、高速铁路动车组

动车组(EMU)是指由若干带动力的车辆(动车)和不带动力的车辆(拖车),或全部由动车,或由大部分动车和少部分拖车长期固定地连挂在一起组成的车组。

200 km/h 速度等级以上的旅客列车采用交流传动、动力分散式,最大轴重不大于 17 t 的动车组。

我国动车组统一采用中国高速铁路(CRH)命名,并采用“和谐号”品牌,有 CRH₁、CRH₂、CRH₃、CRH₅、CRH₆、CRH₃₈₀ 等车型。

列控车载设备(ATP)是保证动车组运行安全的关键设备,其装备等级根据线路允许速度选用。250 km/h 以下动车组装备 CTCS-2 级列控车载设备,250 km/h 动车组宜采用 CTCS-3 级列控车载设备,350 km/h 及以上动车组装备 CTCS-3 级列控车载设备。

动车组的车型、编号及列控车载设备配置表见附录一。

由于运行速度的提高,在动车组的设计与开发中必须相应地解决一系列关键技术。例如:系统集成技术;具有新结构和参数的高速转向架;包括动力制动、空气制动、电磁涡流制动、制动防滑器和控制系统综合作用的复合制动系统;列车车体结构及材料的轻量化技术;以交-直-交交流技术为核心的大功率电力传动与驱动技术;列车外形设计与车厢密封技术;车内环境控制及卫生排污技术以及列车信息传输等。

(一) 系统集成技术

系统集成技术是对动车组车体、转向架以及牵引变流、制动、网络控制、辅助供电、车辆连

接等元素按有关参数进行合理选择设计,进而生产、组装、测试、试验的过程。通过集成使动车组达到牵引、制动、车辆动力学、列车空气动力学、舒适性、安全性等性能要求。

(二)高速转向架技术

高速转向架是高速动车组的核心之一,具有承载、导向、减振、牵引及制动等功能。高速动车组首先遇到的是高性能的转向架设计问题。高性能的转向架就好像高速动车组的两条腿,对列车运行的安全和舒适至关重要。对于高速转向架来讲,要求具有高速运行的稳定性、平稳性和良好的曲线通过性能。

(三)车体技术

车体技术主要包括车体结构轻量化设计、优良的空气动力学外形设计、密封性能和隔声性能等。

车体结构轻量化是指车体结构在满足结构强度、刚度和安全的前提下,使车体质量最轻。

优良的空气动力学外形是指动车组头型和车身的流线化设计。

车体具有良好的密封性能和隔声性能也是高速动车组必须要解决的一项关键技术。

(四)牵引传动系统

牵引传动系统是高速动车组性能竞争的核心之一,主要由牵引变压器、变流器、牵引控制、牵引电机几个不同的部分组成。我国高速动车组采用交-直-交、动力分散牵引传动方式,其关键技术包括轻量化大容量变压器、大功率变流器、绝缘栅双极型晶体管(IGBT)控制模块、牵引电机、传动装置等。列车受电弓从接触网上取得的是一定频率和恒定电压(我国为 25 kV/50 Hz)的电源,通过主变压器降压,经整流器整流后输出至逆变器,由逆变器输出电压和频率均可以调节的三相交流电源来驱动牵引电机,使牵引电机在所要求的转速和转矩范围内工作,带动车轮高速运转。

列车制动时,强大的惯性由牵引传动系统将动能转变成电能反馈回电网,这时反转的电动机将像飞机发动机反喷那样快速降低列车的速度,再生的交流电可以供其他列车使用。

(五)制动系统

高速动车组对制动技术提出了严峻的挑战。列车的动能与速度的平方成正比,而在一定的制动距离条件下,列车的制动功率是速度的三次函数。因此,传统的空气制动能力远远不能满足需要。

要求动车组制动系统具备以下条件:①尽可能缩短制动距离,以保障列车安全;②保证高速制动时车轮不滑行;③司机操纵制动系统灵活可靠,能适应列车自动控制的要求。因此,高速动车组采用复合制动方式,即空气盘形制动+电气动力制动。

(六)列车网络控制系统

列车网络控制系统是车载分布式的计算机网络系统,承担动车组牵引、制动控制等指令以及列车信息的传输,同时对列车上的主要设备进行状态监测,并具有故障诊断及故障记录功能。信息通过车载网络进行传输,减少了控制线的数量,从而减轻了列车质量,并提高了系统可靠性。该系统能够给司乘人员提供操作指导,并给维修人员提供技术支持。

六、高速铁路的其他系统

高速铁路还包括有关的信息系统,包括:综合调度指挥系统、客运管理系统、旅客服务信息

系统、客票售订系统、自然灾害及异物侵限监测系统,以及运用维修系统等。

自然灾害及异物侵限监测系统根据沿线的风速、降雨量、降雪量、地质条件以及线路环境、设计速度等情况,对风雨雪和异物侵限等情况进行实时监测报警、预警,遇到紧急情况控制列车停车,以保证安全。它与运营调度、监控及数据采集系统(SCADA)等系统接口,传送相关信息。

篇幅所限,其他系统就不一一介绍了。

第三节 列控系统发展概况

一、列控技术发展历程

列车运行控制(简称“列控”)技术在不断提高列车速度、密度等运营需求下,在不断发展的电气、电子、信息及自动化技术的推动下,功能不断地增强和完善,自动化程度不断提高。此外,列控技术的发展也是从总结事故教训中换来的,是人类经验智慧的结晶。从一次次重大行车事故中,人们不断发现原有系统的安全漏洞,寻求以技术手段来防止由于人为的操作失误而酿成的悲剧,从而逐渐完善系统的功能、性能,推动列控技术不断发展。

概括地说,列车运行控制技术的发展经历了如下阶段:

- (1)地面人工信号;
- (2)地面自动信号;
- (3)机车信号;
- (4)机车信号+自动停车装置(ATS);
- (5)列车超速防护系统(ATP)。

下面分别进行叙述。

(一)地面人工信号

自1804年世界首条铁路在英国开始运营起,就产生了如何控制列车间隔以保证行车安全的问题,从而产生了行车闭塞法。起初只有白天行车,且铁路上只有一列列车来回运行,所以不必考虑列车相撞的问题。但随着社会的发展,客运量的不断增加,铁路运行线路的不断增长,车站不断的增多,运行列车的数量也在不断增多。为防止列车相撞,人们在线路上安装了各种信号设备。通过地面信号显示系统,以物体的位置和颜色、灯位的数目和颜色等视觉信号和喇叭等听觉信号,告诉司机各种地面运行条件,提醒司机采取相应的措施,以免发生列车正面冲突和追尾事故。1832年,美国开始在车站上设置信号机,为站与站之间传送信息。当时的所谓信号机,并不是现在大家现在见到的样子,它是悬挂在车站10 m高的柱子上的有黑白两种颜色的球形物体,因而叫做球信号。如图1-5所示。当列车从车站发车时,发车站将白球挂在柱顶,指示列车可以出发。接车站将白球挂在中间,指示列车进站停车;将白球挂在柱顶,指示列车通过;将白球挂在柱下,指示列车停在站外。若发车站将黑球挂在柱顶,则表示列车晚点。由于当时站间还没有通信手段,相邻车站用航海望远镜观察,根据球信号的颜色和位置向司机传送信号。从那个时代起,信号机已经开始起闭塞机的作用了,只不过两站间闭塞关系靠人工保证,而不是像现在这样,靠设备来保证。

在这个阶段,主要是依靠信号工的眼睛观测(相当于传感器的功能),通过人控制的信号给司机传递行车命令(相当于信息传递功能),由地面的信号工来控制列车的间隔。列车完全由