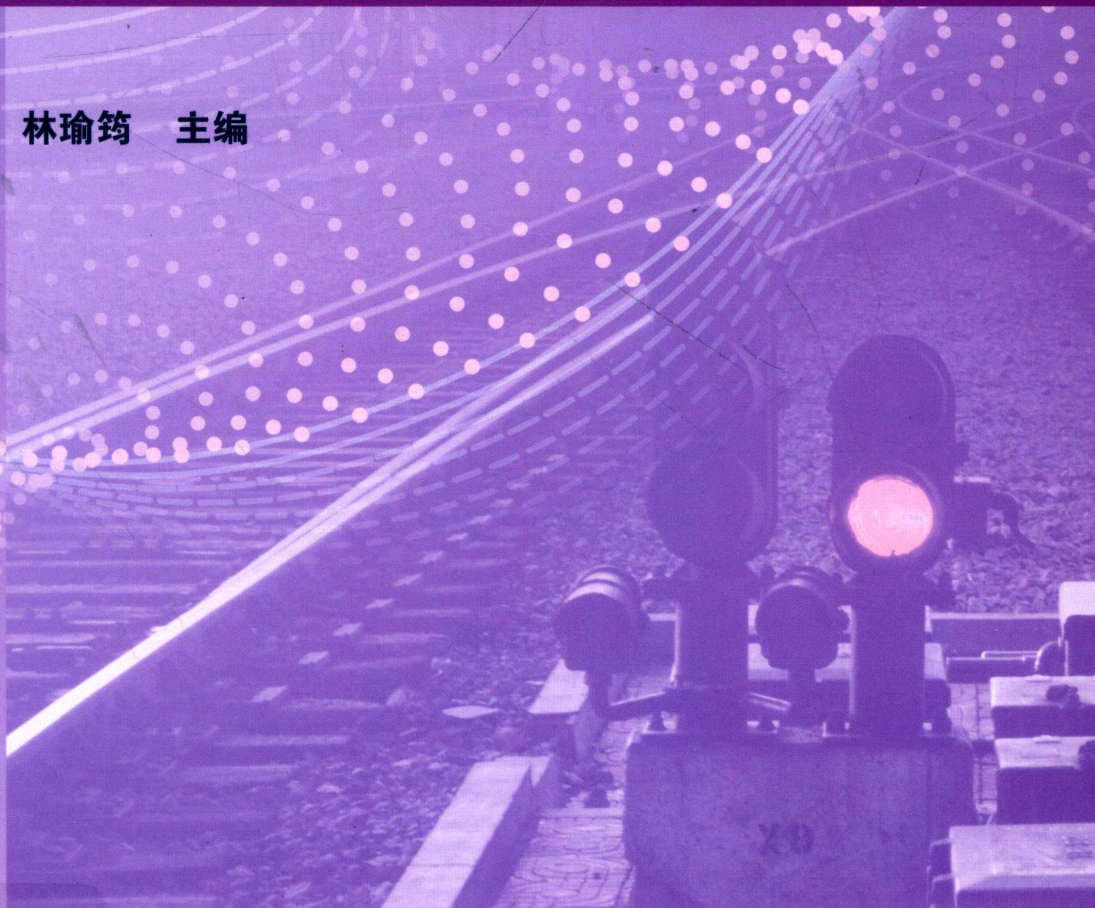


轨道交通信号与控制专业系列教材

# 铁路信号基础

TIELU XINHAO JICHU

林瑜筠 主编



中国铁道出版社有限公司  
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE CO., LTD.

轨道交通信号与控制专业系列教材

# 铁路信号基础

林瑜筠 主编

中国铁道出版社有限公司

2019年·北京

## 内 容 简 介

本书为“轨道交通信号与控制专业系列教材”之一,全面系统地阐述了铁路信号基础设施的基本知识和基本原理。全书共分八章,包括铁路信号概述、信号继电器、信号机和信号表示器、轨道电路、道岔转换与锁闭设备、信号电源、信号电缆、防雷和接地装置。本书内容密切结合现场实际,并注意纳入最新的科技成果。

本书主要作为高等学校轨道交通信号与控制专业的教材,还可作为铁路技术培训用书,同时也可供现场信号工程技术人员和信号维修人员学习参考。

## 图书在版编目(CIP)数据

铁路信号基础/林瑜筠主编. —北京:中国铁道出版社有限公司,2019.7

轨道交通信号与控制专业系列教材  
ISBN 978-7-113-25829-0

I. ①铁… II. ①林… III. ①铁路信号-高等学校-教材  
IV. ①U284

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2019)第 115137 号

书 名: 轨道交通信号与控制专业系列教材  
铁路信号基础

作 者: 林瑜筠

策 划: 徐 清

责任编辑: 徐 清

编辑部电话: 010-51873147

电子信箱: 357716058@qq.com

封面设计: 高博越

责任校对: 焦桂荣

责任印制: 高春晓

出版发行: 中国铁道出版社有限公司(100054,北京市西城区右安门西街8号)

网 址: <http://www.tdpress.com>

印 刷: 三河市航远印刷有限公司

版 次: 2019年7月第1版 2019年7月第1次印刷

开 本: 787 mm×1 092 mm 1/16 印张: 18.75 字数: 457 千

书 号: ISBN 978-7-113-25829-0

定 价: 55.00 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

至2018年年底,我国铁路营业里程达到13.1万km,居世界第二位;高铁营业里程达到2.9万km,成为世界上高铁里程最长、运输密度最高、成网运营场景最复杂的国家。我国的高速铁路技术已处于世界先进水平,正在随着“一带一路”建设走向世界。

伴随铁路的发展,作为铁路主要技术装备的信号系统取得了长足的进步,信号系统的技术装备水平成为铁路现代化的重要保证和主要标志。铁路信号技术正在向网络化、综合化、数字化、智能化发展,运用了许多当代最新的科技成果,信号新技术层出不穷。

为了适应铁路信号技术快速发展的形势,让相关技术人员,尤其是未来从事铁路信号研究开发、工程实践、使用管理、运营维护的高校学生尽快地了解、熟悉和掌握各领域铁路信号技术,结合相关专业培养计划,编写了“轨道交通信号与控制专业系列教材”。本系列教材包括《铁路信号运营基础》《铁路信号基础》《车站信号》《区间信号》《列车运行控制》《行车调度自动控制》《驼峰信号》《信号集中监测》《铁路信号工程设计》。为方便学校和读者使用,还编写了配套教材使用的图册:《6502电气集中图册》《计算机联锁图册》《自动闭塞图册》。

在信号基础设备更新换代的今天,新旧设备并存,为了使本书既有先进性,又有适用性,采用了既推陈出新,又兼容并蓄的做法。作者尽量纳入最新的科技成果,删除已渐淘汰或已停止发展的设备的内容,保留仍大量使用的既有设备的内容。

臂板信号机、探照式色灯信号机、道岔机械转换和锁闭装置、燕尾式外锁闭装置、ELP319型密贴检查器、交流计数轨道电路、极频轨道电路以及相关器件、非智能信号电源屏,本书不再介绍。

驼峰信号基础设备,包括驼峰信号机、驼峰轨道电路、驼峰转辙机,本教材未介绍。希望对驼峰信号进一步了解的读者,可参考阅读《驼峰信号》。

计轴器,在《区间信号》中介绍。

全书共八章。第一章铁路信号概述,全面而扼要地介绍各类信号设备概况,

以使读者建立初步且清晰的概念。第二章信号继电器,介绍各型信号继电器的结构和工作原理、继电器的使用、基本的继电电路。第三章信号机和信号表示器,介绍信号机和信号表示器结构和工作原理、设置、信号显示。第四章轨道电路,主要介绍 25 Hz 相敏轨道电路的结构和工作原理,对于移频轨道电路只作简要介绍,深入学习详见《区间信号》。第五章道岔转换与锁闭设备,介绍 ZD6 系列电动转辙机和各型交流转辙机的结构和工作原理。第六章信号电源屏,介绍铁路智能电源屏的结构和工作原理。第七章信号电缆,介绍各型信号电缆的结构。第八章防雷和接地装置,介绍防雷、接地装置的原理。

本书由林瑜筠任主编。华东交通大学钟燕科和济南电务段王明谨、张蕴斌任副主编。林瑜筠对全书进行统稿。林瑜筠编写绪论、第一章、第六章,钟燕科编写第四章、第五章,王明谨编写第二章、第三章,张蕴斌编写第七章、第八章。在本书编写过程中,得到许多单位和同行的大力支持和帮助,于此一并表示感谢。

由于时间过于仓促,加上资料搜集不全,编者水平所限,书中疏漏、错误、不妥之处在所难免,望读者提出批评和指正,以不断提高教材质量。



2019年3月

# 目 录

绪 论	1
第一章 铁路信号概述	4
第一节 铁路信号的组成	4
第二节 铁路现代化要求现代化的铁路信号	14
第三节 铁路信号的发展前景	14
复习思考题	15
第二章 信号继电器	17
第一节 信号继电器概述	17
第二节 安全型继电器	20
第三节 时间继电器	43
第四节 灯丝转换继电器	46
第五节 交流二元继电器	51
第六节 二元差动继电器	54
第七节 继电器的应用	56
复习思考题	64
第三章 信号机和信号表示器	66
第一节 铁路信号概述	66
第二节 色灯信号机	68
第三节 信号光源	73
第四节 LED 信号机	78
第五节 信号机的设置	81
第六节 信号显示	89
复习思考题	114
第四章 轨道电路	116
第一节 轨道电路概述	116
第二节 轨道电路的基本组成	121
第三节 25 Hz 相敏轨道电路	130
第四节 高压脉冲轨道电路	155
第五节 移频轨道电路	162



# 绪 论

铁路信号设备是组织指挥列车运行、保证行车安全、提高运输效率、传递行车信息、改善行车人员劳动条件的关键设施。铁路信号设备是铁路主要技术装备之一。铁路信号的装备水平和技术水准是铁路现代化的重要标志。

铁路信号包括信号系统和信号设备、器材(信号基础设备)两个层次。信号系统是完成信号功能的系统,包括联锁、闭塞、列车运行控制、列车调度指挥控制、驼峰调车控制、道口信号、信号集中监测等系统。铁路信号系统包括了当代许多重要的科技成果,正在迅速发展,在铁路现代化中发挥着不可替代的作用。

铁路信号基础设备,包括信号继电器、信号机和信号表示器、轨道电路、道岔转换与锁闭设备、信号电源屏、信号电缆、防雷和接地装置等,它们的质量、安全性和可靠性直接影响信号系统效能的发挥、安全的保证、可靠性的提高,在铁路信号现代化的进程中,信号基础设备在不断地更新和改造。

信号继电器是铁路信号中所用各类继电器的统称,信号继电器不仅是构成各种继电式控制系统的关键,而且是计算机控制系统的接口部件,因此在铁路信号中得到广泛的应用。安全型继电器是信号继电器的主要定型产品,是直流 24 V 系列的重弹力式直流电磁继电器。它的基本结构是无极继电器,利用电磁作用原理,当线圈中通过规定数值的电流时,继电器励磁,衔铁被吸合,带动动接点运动,使前接点接通。当断电或电流小于规定数值时,继电器失磁,衔铁依靠重力及接点弹力复位,带动动接点运动,使后接点接通。用继电器接点的通断即能控制有关电路。在无极继电器的基础上,派生出加强接点继电器、缓放型继电器、整流式继电器、有极继电器、偏极继电器等,以满足电路的不同需要。安全型继电器多采用插入式结构,便于更换。时间继电器是一种缓吸继电器,它借助电子电路或单片微机获得所需的延时。交流继电器的特殊之处是交流磁系统,铁芯用硅钢片叠成,铁芯端面加短路铜环。灯丝转换继电器为交流继电器,用于监督信号灯泡灯丝完整,有弹力式和重弹力式的不同结构。交流二元继电器是交流感应式继电器,因具有可靠的频率选择性和相位选择性,在 25 Hz 相敏轨道电路中作为轨道继电器。由继电器可构成各种形式的信号电路,对它们要采取一定的安全措施。

信号机和信号表示器构成信号显示,用来指示列车运行和调车作业的命令,是各种信号系统的重要组成部分。我国铁路主要采用色灯信号机。色灯信号机的关键部件是光系统,要满足信号显示远且方向性好的要求。可根据需要配置信号机的灯位和颜色,选用高柱或矮型。组合式色灯信号机是新型的信号机,它解决了曲线区段信号连续显示的问题。信号光源由铁路直丝信号灯泡和定焦盘式灯座组成。LED 信号机是最新型的信号机,它具有众多优点。各种用途的信号机和信号表示器在满足设计原则的基础上,根据需要进行设置,以完成各自的功能。信号显示是行车和调车的命令,必须严格按照《铁路技术管理规程》(含普速铁路部分和高速铁路部分)的要求,显示正确且满足显示距离的要求。

轨道电路是重要的信号基础设施,用来监督列车对轨道的占用和传递行车信息。一般的



地体引接线要短,导电良好。接地电阻达不到标准时,可采用埋设多根接地体、添加化学降阻剂等措施,以降低接地电阻。

在实现信号设备现代化的进程中,要进一步提高信号基础设备的技术性能和可靠性,积极发展分动外锁闭道岔转换技术。在高速及提速区段采用高可靠、高安全、少维修的大功率三相交流转辙机。积极开发新一代模块化信号电源屏,并应具备自动检测和联网功能。采用新技术、新工艺、新材料、新器件,从结构上、工艺上全面提高轨道电路、信号机、计轴设备和信号电缆等设备的可靠性。要根据信号新技术发展的需要,积极开展信号设备电磁兼容、系统防雷、抗电气化干扰的研究。积极采用冗余热备技术,以提高信号设备的可靠性。

# 第一章 铁路信号概述

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。铁路信号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。铁路信号曾经历过机械化、电气化阶段,如今向自动化发展。尤其是随着微电子技术、计算机技术、数传技术的飞跃发展,出现了自动化程度更高、控制范围更大、更集中化的新型信号系统。它们具有网络化、综合化、数字化、智能化的技术特点。

## 第一节 铁路信号的组成

### 一、铁路信号

铁路信号包括信号系统和信号设备、器材两个层次。信号系统包括车站联锁、区间闭塞、列车运行控制、驼峰调车控制、行车调度指挥控制、道口信号、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、转辙机、控制台、电源屏等。

铁路信号的组成如图 1-1 所示,是采用 CTCS-2 级列控系统的高速铁路信号系统组成的略图。

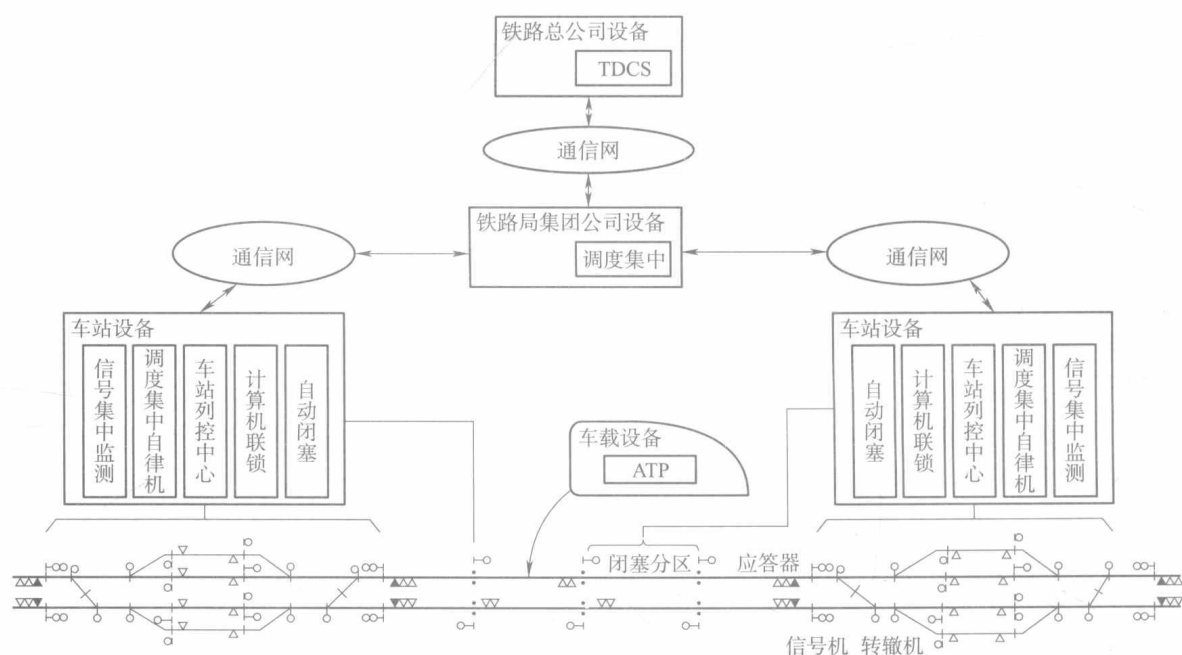


图 1-1 高速铁路信号的组成(采用 CTCS-2 级列控系统)

## 二、信号系统

### 1. 车站联锁

#### (1) 联锁

车站内有许多线路,它们用道岔联结着。列车和调车车列在站内运行所经过的径路,称为进路。按各道岔的不同开通方向可以构成不同的进路,进路要求其包括的道岔必须处在规定位置。列车和调车车列必须依据信号的开放而通过进路,即每条进路必须由相应的信号机来防护。如进路上的道岔位置不正确,或已有车占用,有关的信号机就不能开放;信号开放后,其所防护的进路不能变动,即此时该进路上的道岔不能再转换。信号、道岔、进路之间的这种相互制约的关系,称为联锁关系,简称联锁。

联锁的基本内容包括:防止建立会导致机车车辆相冲突的进路;必须使列车或调车车列经过的所有道岔均锁闭在与进路开通方向相符合的位置;必须使信号机的显示与所建立的进路相符。

进路上各区段空闲时才能开放信号,这是联锁最基本的技术条件之一。如果进路上有车占用,却能开放信号,则会引起列车、调车车列与原停留车冲突。

进路上有关道岔在规定位置且被锁闭才能开放信号,这是联锁最基本的条件之二。如果进路上有关道岔开通位置不对却能开放信号,则会引起列车、调车车列进入异线或挤坏道岔。信号开放后,其防护的进路上的有关道岔必须被锁闭在规定位置,而不能转换。

敌对进路已建立时,防护该进路的信号机不能开放,这是联锁最基本的技术条件之三。否则列车或调车车列可能造成正面冲突。信号开放后,敌对进路必须被锁闭,防护敌对进路的信号不能开放。

#### (2) 联锁系统

控制车站的道岔、进路和信号,并实现它们之间的联锁的设备,称为联锁系统。联锁系统用来操纵和监督道岔和信号机,采集轨道电路的信息,实现联锁关系。目前,联锁系统主要有继电集中联锁和计算机联锁。

用继电的方法集中控制和监督全站的道岔、进路和信号机,并实现它们之间联锁的设备称为继电集中联锁。继电集中联锁的全部联锁关系是通过继电电路实现的。车站值班员通过控制台办理进路,自动转换道岔、锁闭进路、开放信号。由于继电集中联锁把全部道岔、进路和信号集中起来控制和监督,在一定程度上实现了站内行车指挥的自动控制。能准确及时地反映现场行车情况,不再需要分散控制时所需的联系时间,而且完全清除了因联系错误而引起事故,因而大大提高了行车安全程度和作业效率,并且极大地改善了行车人员的劳动条件。继电集中联锁具有操作简便、办理迅速、表示完善、安全可靠等一系列优点。继电集中联锁曾经在我国铁路大力发展,并发挥过积极的作用。

但继电集中联锁由继电器组成逻辑电路,难以表达和实现复杂的逻辑关系,因而功能不够完善,安全性尚有欠缺,不便于与现代化信息系统联网,经济上没有优势,势必为更高层次的联锁设备——计算机联锁所逐渐取代。

计算机联锁是用计算机和其他一些电子、继电器件组成具有故障—安全性能的实时控制系统。计算机联锁的全部联锁关系是通过计算机程序实现的。它与继电集中联锁相比具有十



级用于普速铁路,CTCS-2级用于高速铁路和城际铁路,CTCS-3级用于高速铁路。

### (1) CTCS-0级列车运行控制系统

CTCS-0级列车运行控制系统由机车信号、列车运行监控装置、站内轨道电路电码化组成。

机车信号是用设在机车司机室的机车信号机指示司机运行的信号显示制度。机车信号能复示地面信号机的显示,改善司机的瞭望条件。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时,司机往往不能在规定距离内确认信号显示,存在冒进信号的危险。尤其是在行车密度大、列车速度快及载重量大的区段,要求增大制动距离,发生冒进信号的可能性更大。当机车上采用机车信号后,就能较好地避免自然条件的干扰,提高司机接收信号的可靠性。随着机车信号可靠性的不断提高,其逐渐作为行车凭证。

站内轨道电路不能发送移频信息,当列车在站内运行时机车信号将中断工作。为了保证行车安全和提高运输效率,使机车信号在站内也能连续显示,需在站内原轨道电路的基础上进行电码化。所谓站内轨道电路电码化,指的是非电码的轨道电路能根据运行前方信号机的显示发送各种电码。站内轨道电路电码化是CTCS-0级列车运行控制系统不可或缺的地面发送设备。

列车运行监控装置(LKJ)具有监控、记录、显示及报警等功能,对了解机车运用质量和司机操作水平,保证列车运行安全,改善对司机、机车的管理发挥了积极作用。但是运算器从机车信号中提取信息,其本身硬、软件达不到故障—安全要求,所需地面数据不是由地面实时传递,而是储存在机车上,按列车坐标提取,一旦发生差错将危及行车安全,其监控部分不符合超速防护所要求的故障—安全原则。目前,正在进行LKJ落地改造,即完善地面数据实时发送设备。

### (2) CTCS-2级列车运行控制系统

随着列车速度的提高和运行密度的加大,要求列车根据运行速度和前行列车位置及线路状态,在必要时对采取制动操作的时机作出逻辑判断,以便对列车运行进行控制。若使用以人为主的列车自动停车去完成这一任务是困难的,不能满足保证行车安全和提高线路通过能力的要求。列车制动距离略小于运行时速的平方,当列车速度提高到140 km/h时,紧急制动距离为1 100 m;提高到160 km/h时,紧急制动距离为1 400 m;而提高到200 km/h时,紧急制动距离将超过2 000 m。而司机视觉能力对信号作出判断的最少时间为3~5 s(若遇阴雨雪雾判断更为困难)。当判断时间内列车走行距离不能小于制动距离时,判断过程就构成不安全因素,必须由列车运行超速防护系统ATP去控制列车运行。ATP不仅可用来保证列车之间的运行安全,还用于受曲线等线路条件、通过道岔、慢行区间等限制而需要限速的区段。因此限速等级是根据后续列车和先行列车之间的距离、线路条件等决定的。ATP可对列车运行速度进行连续监督,防止列车超速运行,可靠地保证不超速、不冒进。ATP在列车停车的准确性和及时调整列车速度等方面,都比列车运行监控装置优越。

CTCS-2级列控系统是基于轨道电路加应答器传输列车运行信息的点连式系统,是采用目标—距离模式监控列车安全运行的列车运行控制系统。CTCS-2级列控系统由地面和车载设备构成。

地面设备主要由ZPW-2000A型轨道电路、应答器和列控中心、临时限速服务器等组成。



通信、信号、计算机、数据传输和多媒体技术为一体的运输调度指挥系统。TDCS 的实施带动了整个信号系统向网络化、智能化方向发展,从根本上改变了我国铁路信号在调度指挥手段、行车控制技术和信号技术设备功能等方面的落后面貌,从而提高铁路干线的运输能力和效率,全面提高行车安全程度。

TDCS 在调度监督(监督列车的运行情况和信号设备状态)的基础上增加了列车运行计划的生成和执行等功能,实现了全路运输调度的集中管理、透明指挥、实时监控、自动调整。TDCS 为调度人员提供先进的调度指挥和处理手段,及时提供丰富、可靠的信息和决策依据,提高其应变能力。从而充分发挥现有铁路运输设备的能力,提高了行车指挥的技术水平,并改善调度人员的工作条件和环境,改善铁路运输服务质量。并且为领导的决策提供真实可靠的信息,实现了调度指挥工作的现代化管理模式。

TDCS 设计为三级网络结构,是一个覆盖全国铁路的大型网络,由铁路总公司调度中心局域网、各铁路局集团公司调度中心局域网构成。局域网间通过 2 M 数字通道远程连接,进行远程信息交换。铁路局调度中心通过 2 M 数字通道对基层网进行信息收集和处理。

## (2) 调度集中

调度集中(CTC)除了 TDCS 的功能外,主要要完成遥控功能,即由行车调度员在调度所远距离地集中控制本区段内各站的信号机和道岔,办理接、发车进路。

分散自律调度集中是新一代调度集中(CTC)。自动生成列车阶段调整计划,并下传至各车站的自律机中,自律自主执行,即可对调度中心的控制指令和车站输入的控制指令进行自动排序,科学合理地解决中心控制和车站控制的矛盾;最大限度实现调车作业的集中控制,实现了列车作业和调车作业的协调进行;只存在非常站控模式,通常情况下不存在控制权转换问题。车站控制只是影响选路,而不影响列车运行调整计划的执行,进而实现调度集中与列车控制系统的一体化,使行车调度指挥和列车速度控制有机地结合起来,有利于促进运输体制的彻底变革,建立新型的运输组织方式。

分散自律调度集中利用现代科学技术,不仅能提升我国铁路现代化的装备水平,促进现代化信号设备的发展,为铁路信号的网络化、综合化、智能化奠定坚实的基础,而且能以其强大的功能,为铁路运输组织的变革创造条件,方便运力资源的调整,减轻行车指挥人员的劳动强度,为铁路运输减员提效提供空间,必将对铁路运输发展带来深远的影响。它促进行车调度指挥现代化,促使铁路运输组织的彻底变革,最大限度实现了调车作业的集中控制。

分散自律调度集中系统由调度中心子系统、车站 CTC 子系统、网络子系统三部分组成。

## 5. 驼峰调车控制

编组站(以及区段站)装备现代化信号设备,是提高解编能力的最有效手段。在编组站信号设备现代化的进程中,重点是驼峰调车的自动化,主要包括驼峰推峰机车速度自动控制、溜放车辆进路自动控制和溜放车辆速度自动控制。

### (1) 驼峰推峰机车速度自动控制

驼峰推峰机车推送速度低会降低作业效率,推送速度过高会造成“追钩”增多,也降低作业效率,所以最佳推送速度应随溜放车组的组合不同而变化,使得各溜放车组间始终保持必需的

