

河

铁道通信类骨干专业成果系列规划教材

铁道信号概论

刘明生 主编
林瑜筠 主审

中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

河北省优质校建设铁道通信类骨干专业成果系列规划教材

铁道信号概论

刘明生 主编
林瑜筠 主审

中国铁道出版社

2017年·北京

内 容 简 介

本书为河北省优质校建设铁道通信类骨干专业成果系列规划教材,全书简明介绍我国铁路信号系统和设备的基本情况,内容包括信号基础设备、联锁系统、闭塞系统、列车运行控制系统、行车调度指挥系统、编组站信号系统、道口信号系统、信号监测系统、高速铁路信号系统、城市轨道交通信号系统,以及通信技术在铁路信号中的应用。

本书供非信号专业的铁路和城市轨道交通工程技术人员、管理人员了解信号技术用,也可供高等、中等学校各相关专业学习铁路信号用,并且可供信号工作人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

铁道信号概论/刘明生主编. —北京:中国铁道出版社,

2017.12

河北省优质校建设铁道通信类骨干专业成果系列规划教材

ISBN 978-7-113-23893-3

I. ①铁… II. ①刘… III. ①铁路信号-高等职业教育-教材

IV. ①U284

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 252065 号

书 名:铁道信号概论

作 者:刘明生 主编

责任编辑:吕继函

编辑部电话:010-51873205

电子信箱:312705696@qq.com

封面设计:郑春鹏

责任校对:焦桂荣

责任印制:郭向伟

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:北京鑫正大印刷有限公司

版 次:2017年12月第1版 2017年12月第1次印刷

开 本:787 mm×1 092 mm 1/16 印张:17 字数:440 千

书 号:ISBN 978-7-113-23893-3

定 价:45.00 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



铁路信号系统和设备在保证行车安全、提高运输效率、传输行车信息等方面起着非常重要的作用。建国以来,我国铁路信号系统和设备在非常薄弱的基础上取得了长足的进步。尤其是改革开放以来,积极引进国外先进技术,致力自主研发创新,使得我国的铁路信号设备有了迅速的发展,大大提高了装备率和技术层次,涌现出了一大批新技术、新设备,适应并促进了铁路的提速和扩能。在轨道交通快速发展的进程中,尤其是高速铁路和城市轨道交通的建设中,要全面提升信号技术装备水平,实现由制约型向适应型、模拟技术向数字技术、“计划修”向“状态修”的转变,向网络化、数字化、综合化、智能化发展。

为了使非信号专业,尤其是对于与信号专业关系密切的通信、车务、工务、机务、供电等专业的铁路及城市轨道交通工程技术人员、管理人员更加广泛地对信号系统和设备有完整的了解,我们编写了本书,并期望本书对大家的学习和工作有所帮助,对铁路和城市轨道交通的发展做出微薄贡献。

铁路信号系统和设备的内容十分丰富,为了简明扼要,本书在对各项信号设备的发展作简要介绍后,着重介绍目前大量使用的和大力发展的主要信号系统和设备,正在淘汰的和已经很少使用的信号设备则不再介绍。第一章信号基础设备主要介绍信号继电器、信号机、轨道电路、转辙机、信号电源屏、铁路信号电缆的结构、基本原理和应用。第二章联锁系统主要介绍联锁的基本概念、6502电气集中联锁、计算机联锁的组成和基本原理。第三章闭塞系统主要介绍半自动闭塞、站间自动闭塞、自动闭塞的组成和基本原理。第四章列车运行控制系统主要介绍列车运行控制系统概述及机车信号车载设备、站内轨道电路电码化、列车运行监控记录装置、列车运行控制系统、轨道车运行控制系统的组成和基本原理。第五章行车调度指挥系统主要介绍行车调度指挥系统概述、列车调度指挥系统、调度集中的组成和基本原理。第六章编组站信号系统主要介绍编组站信号设备概述、驼峰信号基础设备、驼峰作业过程控制系统、驼峰尾部停车器、峰尾平面调车集中联锁、编组站综合自动化的组成和基本原理。第七章道口信号系统主要介绍道口和道口信号、道口信号系统的组成和基本原理。第八章信号监测系统主要介绍信号集中监测系统、道岔监测系统、列控设备动态监测系统的组成和基本原理。第九章高速铁路信号系统主要介绍高速铁路信号系统的特点、组成和基本原理。第十章城市轨道交通信号设备主要介绍城市轨道交通信号基础设备、城市轨道交通联锁系统、ATC系统的组成和基本原理。第十一章主要介绍通信技术在铁路信号中的应用。

本书为概述,对于各种信号设备不可能予以详细介绍,如要深入了解,可阅读有关书籍。

本书由石家庄铁路职业技术学院刘明生任主编,南京铁道职业技术学院林瑜筠任主审。刘明生编写引言、第一章、第二章;河北网讯数码科技有限公司张卫东编写第三章、第四章;石家庄铁路职业技术学院刘洋编写第五章、第六章;石家庄铁路职业技术学院刘会杰编写第七章、第八章;华东交通大学涂序跃编写第九章、第十章;上海申通地铁公司林一鸣编写第十一章。参加编写的还有石家庄铁路职业学院郑华、甄义、李筱楠、韩朵朵、张诣、刘丽娜、刘佳、温洪念、齐会娟、河北网讯数码科技有限公司张文华、吴小容、耿会英,济南电务段张韞斌。

在本书编写过程中,得到许多单位和同志的帮助和支持,于此一并表示由衷地感谢。

由于时间仓促,资料搜集不全,更由于编者水平所限,书中错误、疏忽、不妥之处在所难免,恳望读者批评、纠正,使本书成为铁路和城市轨道交通工作者喜爱的读物。

编者
2017年7月

CONTENTS



引 言	1
复习思考题	9
第一章 信号基础设备	10
第一节 信号继电器	10
第二节 信号机	16
第三节 轨道电路	20
第四节 转辙机	25
第五节 信号电源屏	34
第六节 铁路信号电缆	39
复习思考题	40
第二章 联锁系统	42
第一节 联锁的基本概念	42
第二节 6502 电气集中联锁	44
第三节 计算机联锁	51
复习思考题	62
第三章 闭塞系统	64
第一节 闭塞系统概述	64
第二节 半自动闭塞	65
第三节 自动站间闭塞	68
第四节 自动闭塞	74
复习思考题	83
第四章 列车运行控制系统	84
第一节 列车运行控制系统概述	84

第二节	机车信号车载设备	86
第三节	站内轨道电路电码化	91
第四节	列车运行监控记录装置	94
第五节	列车运行控制系统	96
第六节	轨道车运行控制系统	108
	复习思考题	111
第五章	行车调度指挥系统	112
第一节	行车调度指挥系统概述	112
第二节	列车调度指挥系统	113
第三节	调度集中	124
	复习思考题	132
第六章	编组站信号系统	133
第一节	编组站信号系统概述	133
第二节	驼峰信号基础设备	135
第三节	驼峰作业过程控制系统	138
第四节	驼峰尾部停车器	149
第五节	峰尾平面调车集中联锁	150
第六节	编组站综合自动化	153
	复习思考题	159
第七章	道口信号系统	160
第一节	道口和道口信号	160
第二节	道口信号系统	163
	复习思考题	170
第八章	信号监测系统	171
第一节	信号集中监测系统	171
第二节	道岔监测系统	180
第三节	列控设备动态监测系统	181
	复习思考题	188
第九章	高速铁路信号系统	189
第一节	高速铁路及其信号系统	189
第二节	200~250 km/h 高速铁路的信号系统	190
第三节	300~350 km/h 高速铁路的信号系统	200
	复习思考题	207

第十章 城市轨道交通信号系统	208
第一节 城市轨道交通信号系统概述	208
第二节 信号基础设施	214
第三节 联锁系统	223
第四节 ATC 系统	225
复习思考题	246
第十一章 通信技术在铁路信号中的应用	247
第一节 光纤通信在铁路信号中的应用	247
第二节 无线通信在铁路信号中的应用	250
第三节 通信技术在城市轨道交通信号中的应用	258
复习思考题	260
参考文献	261
名词术语英(缩略语)中对照	262

引 言

一、铁路信号

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的重要任务,是铁路信息技术的主要组成部分。

铁路信号曾经历过机械化、电气化的发展阶段,如今向信息化发展。随着铁路向高速、重载、电气化方向发展,对于铁路信号提出了越来越高的要求,特别是高安全性和高可靠性。

现代科学技术的发展,尤其是微电子技术、计算机技术、数据传输技术的飞跃发展,为铁路信号的发展提供了强大的支撑,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。现代铁路信号具有网络化、综合化、数字化、智能化的技术特点。

二、铁路信号的组成

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、行车调度指挥控制、驼峰调车控制、道口信号、信号集中监测等系统。信号设备、器材包括继电器、信号机、轨道电路、转辙机、电源屏、电缆等。

1. 信号系统

(1) 车站联锁系统

车站联锁,用来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,操纵道岔和信号机。目前,主要有继电集中联锁和计算机联锁。

用继电器电路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系统称为继电集中联锁。继电集中联锁的全部联锁关系是通过继电器电路实现的。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。继电集中联锁曾经发挥过积极的作用,但不能满足信息化的要求,正在被计算机联锁所取代。

计算机联锁是用微机和其他一些电子、继电器件组成具有“故障—安全”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分明显的技术经济优势,是车站联锁系统的发展方向。

(2) 区间闭塞系统

为保证区间行车安全,要求按照一定的方法组织列车在区间的运行,称为行车闭塞法,简称闭塞。区间闭塞是保证区间行车安全、提高运输效率的系统。

按闭塞方式的不同,闭塞系统主要有半自动闭塞、自动站间闭塞和自动闭塞。

半自动闭塞以出站信号机的允许信号显示作为发车凭证,发车站的出站信号机必须经两站同意,办理闭塞手续后才能开放,列车进入区间自动关闭。继电半自动闭塞是以继电电路的逻辑关系完成区间闭塞作用的。必须人工办理闭塞和到达复原,因此是半自动的。

站间自动闭塞在半自动闭塞的基础上,增加区间空闲检查设备,自动检查区间占用或空闲,实现列车到达后的自动复原,构成站间自动闭塞。站间自动闭塞不同于半自动闭塞,其不必人工办理闭塞和到达复原;也不同于自动闭塞,其区间不划分闭塞分区,不设通过信号机。

自动闭塞是在列车运行中自动完成闭塞作用的。它将一个区间划分为若干闭塞分区,每个闭塞分区的起点装设通过信号机,列车运行时借助车轮与轨道电路接触发生作用,自动控制通过信号机的显示。这种方式不需要办理闭塞手续,可开行追踪列车,既保证了行车安全,又提高了运输效率。

半自动闭塞主要用于单线铁路,自动闭塞主要用于双线铁路。为满足铁路运输发展的需要,半自动闭塞在繁忙区段需改建成自动闭塞,主要需解决区间空闲检查的问题,构成站间自动闭塞。自动闭塞则需改造为高可靠、多信息、四显示的统一制式的自动闭塞——ZPW-2000 系列无绝缘移频自动闭塞。

(3) 列车运行控制系统

机车信号、列车运行监控记录装置和列车运行超速防护系统都属于行车运行控制系统。列车运行控制系统自动控制列车运行,用来保证行车安全。

机车信号,是用设在机车司机室的机车信号机自动反映运行条件,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。随着机车信号可靠性的不断提高,其逐渐作为行车凭证。为使机车信号在站内也能连续显示,就需在原轨道电路的基础上加设移频信号发送设备,即进行站内轨道电路的电码化。站内轨道电路电码化是 CTCS-0 级列控系统不可或缺的地面发送设备。

列车运行监控记录装置的功能是监控列车速度,在司机欠清醒或失控的情况下,对列车实施紧急制动,并且可记录运行情况,了解机车运用质量和司机操作水平,对保证列车运行安全,改善对司机、机车的管理发挥了积极作用。

列车运行控制系统 CTCS-2 级和 CTCS-3 级,用于高速铁路和城际铁路。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;CTCS-3 级列控系统是基于 GMS-R 传输列车运行信息的系统。它们都是采用目标—距离模式监控列车安全运行的列车运行超速防护系统。

(4) 行车调度指挥控制系统

行车调度指挥控制系统包括列车调度指挥系统和调度集中,是铁路信号发展的关键性技术,是随着微电子技术、现代通信技术、计算机技术的发展而发展起来的。无论在信息交换、实时控制及调度决策,还是在控制范围上,越来越显示出其优越性,它代表了铁路行车信息与控制技术的发展趋势。

列车调度指挥系统(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。

调度集中(CTC)除了 TDCS 的功能外,主要要完成遥控功能,即可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,自动排列进路。

(5)编组站信号系统

编组站(及部分区段站)装备现代化信号设备,是提高解编能力的最有效手段。在编组站信号系统现代化的进程中,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。

(6)道口信号系统

道口信号是指示道路上的车辆、行人通过或禁止通过道口的听觉和视觉信号。道口信号是保证道口安全的重要设备。在无人看守道口,它向道路方面显示能否通过道口的信号;在有人看守的道口,它自动通知看守人员列车的接近。

(7)信号监测系统

信号集中监测运用计算机等技术监测并记录信号设备的主要运行状态,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。信号集中监测系统是保证行车安全、加强信号设备结合部管理、监测铁路信号设备运用质量的重要行车系统。

2. 信号设备、器材

信号设备、器材包括继电器、信号机、轨道电路、转辙机、电源屏、电缆等。

(1)继电器

继电器是一种电控制器件,就是一个带接点的电磁铁,是自动控制中常用的电器。它用于接通或断开电路,构成信号逻辑电路,控制信号机和转辙机等的作用。在铁路信号系统中广泛使用各种继电器。

(2)信号机

为指示列车运行及调车作业的命令,铁路必须根据需要设置各种信号机和信号表示器,它们是各种信号系统中不可缺少的组成部分。信号机用以形成信号显示,防护进路,指示列车和调车车列的运行条件。地面信号是设于车站或区间固定地点的信号机和信号表示器,用来防护站内进路或区间闭塞分区及道口。机车信号设于机车驾驶室内,用来复示地面信号显示,以及逐步成为行车凭证使用。

(3)轨道电路

轨道电路是利用钢轨作为导体,两端加以机械绝缘(或电气绝缘),接上送电和受电设备构成的,是使电流在轨道的一定范围内流通而构成的电路。它用来监督线路上是否有车占用、线路是否完整,以及将列车运行与信号显示等联系起来,即通过轨道电路向列车传递行车信息。轨道电路是铁路信号的重要基础设备,它的性能直接影响行车安全和运输效率。

(4)转辙机

转辙机实现道岔的转换和锁闭,是直接关系行车安全的关键设备,对于保证行车安全,提高运输效率,改善行车人员的劳动强度,起到非常重要的作用。

(5)电源屏

电源屏是信号系统的供电装置,供给稳定、可靠、符合使用条件的各种交、直流电源。

(6)电缆

电缆及其连接设备——变压器箱和电缆盒组成电缆线路,用来连接室内设备和室外设

备,传递信号,构成完整的信号系统。

3. 各种信号系统、设备的关系

在信号系统中,列车运行控制和行车调度指挥控制是关系铁路现代化最重要、最关键的技术,前者直接控制列车的运行速度,后者直接进行列车的调度指挥。车站联锁和区间闭塞是列车运行控制和行车调度指挥控制的基础系统。车站联锁提供列车在站内运行的许可,区间闭塞提供列车在区间运行的信息。列车调度指挥系统和调度集中通过车站联锁和区间闭塞采集行车信息,调度集中通过车站联锁完成遥控功能。

车站联锁系统的基础设备包括继电器、信号机、轨道电路、转辙机、电源屏、电缆等,它们和车站联锁主机(继电路或计算机系统)共同构成车站联锁系统,完成联锁功能。

区间闭塞的基础设备也包括继电器、信号机、轨道电路、电源屏等,它们和区间闭塞主机(继电路或计算机系统)共同构成区间闭塞系统,完成闭塞功能。

车站联锁和区间闭塞必须相互结合,共同完成保证行车安全的功能。

驼峰调车控制的基础设备包括继电器、信号机、轨道电路、转辙机、电源屏、电缆,以及车辆减速器、各种测量设备等,共同构成驼峰调车控制系统,完成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的功能。

道口信号的基础设备包括继电器、信号机、轨道电路、电源等,它们和道口信号电路共同构成道口信号系统,完成防护道口的功能。

信号集中监测对各种信号设备进行监测,保证设备的运用质量,提供现代化维护手段。

三、铁路信号的地位和作用

铁路信号系统和设备是铁路的主要技术装备。实践证明,信号系统和设备对于指挥列车运行、保证行车安全、提高运输效率、减轻劳动强度等方面起着非常重要的作用。随着铁路运输向高速度、高密度、重载、电气化方向发展,信号系统和设备的地位和作用日渐突出。铁路信号现代化是铁路现代化的重要标志和必要条件。没有信号系统和设备的现代化,要实现铁路现代化,是不能想象的。在世界范围内,现代化信号系统和设备受到普遍重视,得到迅速发展。铁路信号具有显著的地位和重要作用。

1. 信号系统和设备是行车安全的重要系统和设备

信号系统和设备作为保证行车安全的最重要技术装备,在行车安全中起着不可替代的作用。信号系统和设备的逐渐完善和现代化,使行车安全建立在可靠的物质基础上,杜绝和消灭了不少危及行车安全的因素,使行车安全处于有序可控的状态。靠信号系统和设备保证行车安全,提高铁路运输安全水平是中国铁路的重要决策。

(1) 集中联锁有效抑制了错办进路等事故的发生

继电集中联锁作为车站联锁的安全系统,以其严密的联锁关系,有效地减少了错办进路、向有车线接入列车、未准备好进路接发列车、调车挤岔等事故,杜绝了车务人员错误办理造成的险性事故,极大地保证了站内作业的安全,解决了铁路运输生产中最关键的问题。

据统计,车务部门历年来发生的行车重大、大事故中,发生在非集中联锁的车站占一半,另有17%发生在电气集中的非联锁区和信号设备停用时。从20世纪70年代末以来,全路继电集中联锁以每年100个站、2000组道岔以上的速度发展,而全路重大、大事故则以平均

每年减少 55 件的速度下降。进入 20 世纪 90 年代后期,继电集中联锁装备率达到 90%,基本上杜绝了错办进路事故。

1985~1995 年是我国铁路继电集中联锁迅速发展的时期,继电集中联锁车站装备率从 43% 上升到 80%,并且非集中车站股道全部加装了轨道电路。2000 年更达到 90.4%,在此期间,全路因错办进路造成向有车线接入列车的险性事故大幅度减少,逐年下降。由“八五”(1991—1995)的 13 件减至“九五”(1996—2000)的 4 件。

同期因未准备好进路接发列车的险性事故从“八五”的 95 件降为“九五”的 17 件。这是因为继电集中联锁关系严密,能有效地防止行车人员人为错误办理的缘故。

(2) 自动闭塞、半自动闭塞大幅度减少了错办闭塞等事故的发生

自动闭塞和半自动闭塞,尤其是自动闭塞,能防止向占用区间发出列车、未办或错办闭塞发出列车等事故,确保区间行车的安全。

统计表明,当自动闭塞与半自动闭塞装备率达到 90% 以上时,向占用区间发出列车的险性事故,年发生 10~20 件;当装备率达到 95% 以上时,此类事故的年发生降至 5~10 件;当装备率上升到 98% 左右时,年发生在 5 件以下,一般为 2 件。由于全路基本装备了自动闭塞和半自动闭塞,向占用区间发车,由“八五”的 13 件降到“九五”的 2 件。

未办或错办闭塞发出列车的险性事故,也有类似规律,以年发生 20~30 件,降至 6~10 件,再降至 3 件以下。由“八五”的 7 件降为“九五”的 0 件。

(3) 机车信号大大降低列车冒进信号的可能性

机车信号对于保证行车安全的效果非常显著。自我国铁路从 20 世纪 80 年代开始大力发展“机车三大件”以来,冒进信号的事故持续下降。1985 年全路发生冒进信号的险性事故 176 件,当时机车信号装备率为 94%。到了 1995 年机车信号装备率达到 98%,冒进信号的险性事故降至 9 件。2000 年提高到 100%,机务系统冒进信号险性事故由“八五”的 128 件降到“九五”的 17 件。

(4) 驼峰自动化系统大幅减少了驼峰调车事故

驼峰自动化系统对溜放进路、溜放速度进行自动控制,消除了因人为因素造成的危及行车安全的因素,逐步消灭调车事故。例如南翔编组站在 1971~1977 年为机械化驼峰,发生 61 件调车事故;1978~1982 年为半自动化驼峰,发生 12 件事;1983 年以后为自动化驼峰,没有发生一事故。

(5) 道口信号系统是保证道口安全的重要措施

1971~1980 年,我国汽车增加了 3.26 倍,道口事故件数也增加了 3.32 倍,几乎是同步增长。1982 年我国百处道口事故率 11.5 件。道口防护设备不完善是道口事故发生的根本原因。1985~1987 年在全国机动车辆年增加 13%、铁路换算周转量年增加 11% 的情况下,因对道口实行综合治理,增设 1 500 处道口信号系统,使道口事故大幅度下降,1987 年比 1984 年下降了 60%。

信号系统和设备的持续快速发展,使行车安全得到有效的控制,行车事故逐年减少。1995 年信号设备换算道岔比 1985 增长了一倍,而同期险性以上行车事故总量从 500 多件下降到 100 件,下降了 80% 以上。两者之间呈强负相关关系。信号设备换算道岔比 1985 增长了一倍,而同期险性以上行车事故总量从 500 多件下降到 100 件,下降了 80%

以上。两者之间呈强负相关关系,即信号设备每增加 1 万组换算道岔,可减少行车险性以上事故 25 件。

2. 信号系统和设备是提高运输能力的有效手段

在铁路扩能、提效中,信号系统和设备发挥着重要的作用。采用先进的信号系统和设备,可提高车站和区间的通过能力、编组站的解编能力,而提高行车密度。据分析,在 1985~1995 年期间,信号系统和设备对运输能力增加的实际贡献达 24.2%。这是依靠科技进步,以内涵方式增加运输能力的最有效手段。

(1) 集中联锁提高车站通过能力

集中联锁把全站的道岔、进路和信号集中起来控制,控制迅速,不再需要分散控制时所需要的联系时间,因而大大提高了车站作业效率。与非集中联锁相比,咽喉区通过能力可提高 50%~80%,到发线通过能力可提高 15%~20%。

(2) 自动闭塞提高区间通过能力

自动闭塞,无论单线或双线,无需办理闭塞手续,又可组织列车追踪,可大幅度通过区间通过能力。

单线自动闭塞比半自动闭塞平行运行图能力可增长 13.8%~19.0%,如追踪系数按 0.4 计算能力,则平行运行图能力可提高 10.7%~14.7%。采用计轴自动站间闭塞比继电半自动闭塞,平行运行图能力可提高 4%左右。定点计轴自动闭塞平行运行图能力可提高 10%以上。兰新线哈密—柳园段曾建成带复线插入段的单线自动闭塞,并实行调度集中控制,追踪系数 0.4,提高了平行运行图能力 14.8%,列车对数由 26.5 对增加到 35 对,有力地支持了兰新线的双线改造。宝成段广元—成都段曾建成单线定点计轴闭塞,使该区段增开列车 2.5 对,并增加供电系统维修天窗时间 15 min。

双线自动闭塞的效果尤为明显,按 8 min、7 min 或 6 min 间隔计算,每昼夜平行运行图能力可由半自动闭塞的 70 对分别提高到 180、205 和 240 对,可提高通过能力 2~3 倍。双线区段如不安装自动闭塞,每天开行 50~60 对车就很紧张。若采用自动闭塞,按 8 min 追踪间隔,平行运行图能力可达 180 对,扣除客车系数等,实际开行 120~130 对。

缩短自动闭塞列车间隔时间,能进一步提高区间通过能力。如 1998 年京沪线滁州—南京东间,8 改 7 后,提高运输能力 25 对。2000 年,将 7 min 区段扩大到滁州—上海,平行运行图按 7 min 铺画,通过能力达到 205 对,比原来提高 25 对,能力增加 14%。但三显示自动闭塞继续缩短追踪间隔,将降低安全程度,于是发展四显示自动闭塞。四显示自动闭塞,可将列车追踪间隔压缩至 6 min,在保证安全的前提下进一步提高行车密度。

(3) 自动化、半自动化驼峰提高编组解编能力

自动化、半自动化驼峰是提高编组站解编能力、协调点线能力的最有效手段。驼峰道岔自动集中可提高解编能力 10%~20%;机械化与非机械化驼峰相比,可提高解编能力 50%左右;半自动化驼峰比机械化驼峰提高 10%~15%;自动化驼峰可再提高 10%~15%。

南翔站由半自动化驼峰改建为自动化驼峰后,解体能力从 61 列提高到 77 列,日均办理辆数从 3 825 辆提高到 5 550 辆。郑州北站实现编组站综合自动化后,解体能力在半自动化的基础上提高了 17.3%。

(4) 调度集中充分利用线路通过能力

调度集中虽不是直接提高通过能力的手段,但可通过集中控制,提高行车调度的自动化程度,从而充分发挥线路通过能力。据统计,双线安装调度集中可在自动闭塞的基础上继续提高效率,达 34%,单线可提高 50%。

3. 信号系统和设备具有显著的宏观效益

(1) 信号系统和设备具有明显的经济效益

信号系统和设备经济效益显著,投资回收期短。例如京沪线南京东—滁州间自动闭塞 8 改 7 后提高运行能力 25 对,每年增收达 550 万元,而投资仅 150 万元。徐州—孟家沟间改半自动闭塞为自动闭塞,提高平行通过能力 42.8%,工程投资 30 万元,当年八个月就净增收入 695 万元。南翔编组站实现自动化后比机械化时每昼夜多解体 16 列车,如其他条件具备,可增开 8 列车,年获利 1 800 多万元,而自动化工程全部投资仅 450 万元。

据 1985~1995 年统计,在铁路新增运输能力中,电务技术设备通过增加行车密度,贡献率为 24.2%,约为 1 460 亿 t·km,累计新增运输收入约为 270 亿元,每年平均 27 亿元。同期电务部门新增固定资产约 70 亿元,固定资产投入产出率为 3.7 元/元,投资回收期为 2.5 年。而同期铁路资产投入产出率为 1.25 元/元,投资回收期约 8 年。相比之下,电务设备投资效益极好,充分体现了投资省、见效快、收益大的技术优势。

(2) 信号系统和设备具有明显的社会效益

信号系统和设备在提高其他运输部门的作业效率、提高劳动生产率及减轻作业过程与风险方面,也具有明显的社会效益。继电集中显著提高了车务部门的劳动生产率。据统计,继电集中道岔装备率从 1985 年的 64.4% 提高到 1995 年的 90.4%,车站联锁道岔由 8.1 万组提高到 11.3 万组,而车务部门行车人员由 13.85 万人下降到 13.23 万人,即每组联锁道岔所需 1.71 人降至 1.16 人,减少行车人员 6 万人。同期,每组联锁道岔所需信号人员保持在 0.43 人的水平,净增 1.5 万人。因此,净节约人员 4.5 万人,按 1995 年职工平均工资计算,可节省工资支出约 4 亿元。

南翔编组站实现驼峰自动化前,需制动人员 29 人,自动化工程投入使用后保留 16 人,不再进行铁鞋制动,只负责列车编组、接风管、试风及对规定不能连挂的车辆防护。

信号系统和设备的发展大大减轻了行车有关人员的劳动强度。继电集中因集中控制和监督,减轻了车站值班员的劳动强度,不再需要劳动强度大、危险性大的扳道员。半自动闭塞无需接受实物凭证,大大减轻了车站值班员和机车乘务员的劳动强度。自动闭塞无需办理闭塞和确认列车整列到达,大大减轻了车站值班员的劳动强度。机车信号等机车三项设备,改善了机车乘务员的瞭望条件,减轻了驾驶列车的紧张程度。调度集中和列车调度指挥系统使行车调度员从繁重的手工劳动中解放出来,极大地提高了调度工作的效率和质量,改善了工作环境。驼峰自动化、半自动化大大减轻了驼峰作业人员的劳动强度,不再需要劳动强度和危险性极大的铁鞋制动员。

集中联锁的发展和编组站自动化程度的提高、平面无线调车的推广运用,使行车人员在作业过程中的安全保障得到很大提高,因此行车人员伤亡逐年下降。当集中联锁车站装备率由 40% 上升到 80% 时,行车人员伤亡降至 20%。

综上所述,采用现代化的信号系统和设备是必要的、有效的、经济合理的。

但是,设备越多,发生故障的概率相对就越大。特别是铁路信号系统和设备遵循“故障—安全”的原则,装备得越完善,在运输安全中起的作用越大,必然会出现铁路运输安全提高,行车事故下降,而信号系统和设备故障增多的现象,全路行车大事故的下降与信号一般故障的上升,二者之间的转换就是所谓的“事故转移”。从总体来看,由于电务部门多承担了责任,而给整个运输安全带来好处,这是信号技术发展的必然趋势。

四、铁路现代化要求现代化的铁路信号

铁路现代化,对铁路信号提出更高的要求,急需实现铁路信号的现代化。没有铁路信号的现代化,也就没有铁路的现代化。

提速,要求更换道岔,采用新型转辙机,以提高过岔速度;要求采用速差式自动闭塞,发展列车超速防护系统,完善地面发码设备;要求配套行车指挥手段,更科学地组织列车运行;要求延长道口接近报警距离。高速,对行车安全的要求更高。

高密度,要求缩小列车运行间隔,发展双向、四显示自动闭塞;并要求发展驼峰自动化以至编组站综合自动化,以大幅度提高解编能力,更好地协调点线能力。

重载,需要重型转辙设备,拉力要大,锁闭要可靠;股长延长,需要轨道电路具有良好的传输性能;制动距离延长,需要自动闭塞和列车速度控制能满足要求;开行组合列车,需要解决多机牵引的同步问题。

电气化,要求信号系统和设备具有较强的抗电化干扰能力,发展无绝缘自动闭塞。

高速铁路、城际铁路,为了保证高速列车运行安全,需要最现代化的列车自动控制和行车指挥自动化系统。

城市轨道交通,为了保证高密度列车运行的安全,同样需要最现代化的列车自动控制和行车指挥自动化系统。

总之,铁路越现代化,越离不开现代化的铁路信号,越需要铁路信号的现代化,铁路信号的地位越来越重要,所发挥的作用越来越显著。

五、铁路信号的发展前景

铁路信号正处在从传统技术向现代化技术发展的时期。这是铁路向高速、高密、重载、电化发展的需要,铁路靠科技兴路,靠科技提高运能,靠科技保证安全,迫切需要现代化的信号技术。另一方面,以计算机技术、网络技术、现代通信技术为代表的信息技术,为铁路信号技术的现代化注入了新的活力,构筑了新的发展平台,提供了技术支持和保证。

1. 数字化、网络化、综合化、智能化

以数字编码传输为代表的数字信号技术,将成为未来信号技术发展的主流。数字化技术的主要特点是信息量大,可以实时传输多种状态的信息和控制命令。通过数字编码技术,可提高信息传输的安全性和可靠性,并具有较强的抗干扰能力。基于光缆传输信号控制命令和安全信息的系统大量出现。数字化技术将使信号控制技术发生革命性变化,用模拟技术远远不能适应需要。

网络化问题,过去受手段限制,信息不能做到共享、交流和充分交换。现在计算机技术、网络技术、数字技术发展后,就完全可以做到信息的交换和资源共享。网络化技术有利于实

现列车运行控制、车站进路控制和设备状态监测的一体化,实现信号控制的全程全网,网络化是大势所趋。

综合化技术体现了信号系统和设备应向多功能、多任务、多手段的方向发展。在提高运输效率、保证行车安全的同时,可对列车运行信息进行综合分析并加以利用,实现列车报点、旅客向导、运行图管理,向有关系统提供列车运行信息,接收有关控制指令,实现综合的运输管理。

智能化技术是实现由人控为主转变为自动控制为主的重要标志,主要体现在进路的自动排列、列车运行间隔和速度的自动调整、运行图的自动调整等,是实现铁路现代化的重要标志。不仅要做到手的延长,更要做到脑的延伸。

2. 以信号控制技术为主体的多学科多专业的交叉渗透、综合集成

当代铁路信号是一门融计算机技术、网络技术、现代电子技术、现代通信技术、现代控制技术为一体的综合技术,涉及很多专业学科和边缘学科,需要通过综合集成,有的甚至要通过“嫁接”才能从功能上、系统上满足运输的需求。这种交叉渗透、综合集成是一种技术进步,应顺应这个潮流。

3. 实现高安全、高可靠、少维护、无维修

信号对安全的要求近于“苛刻”,对可靠的要求甚至有点“过分”。少维护、无维修是发展信号新技术所面临的课题。

4. 信号技术与维修技术同步发展

在发展主体技术的同时,应装备和发展维修技术。信号系统和设备本身要有自诊断、动态监测、告警、远程诊断功能,要预留有维修的接口。



1. 什么是铁路信号?
2. 简述铁路信号的组成。
3. 铁路信号包括哪些系统?各起什么作用?
4. 铁路信号包括哪些设备和器材?各起什么作用?
5. 简述各种信号系统、设备之间的关系。
6. 铁路信号在保证行车安全方面有哪些作用?
7. 铁路信号在提高运输能力方面有哪些作用?
8. 铁路信号具有哪些显著的宏观效益?
9. 铁路现代化要求对于铁路信号提出哪些要求?
10. 铁路信号的发展前景如何?