上海出版资金项目
Shanghai Publishing Fund

“十三五”国家重点出版物出版规划项目

2018年主题出版重点出版物

中国高铁丛书

总顾问 / 傅志寰　总策划 / 郑　健　主　编 / 孙　章

高铁信号与控制

陈永生　罗云飞　王先帅　郭金信　等 著

上海科学技术文献出版社
Shanghai Scientific and Technological Literature Press

中国高铁丛书

总顾问 / 傅志寰　总策划 / 郑　健　主　编 / 孙　章

高铁信号与控制

陈永生　罗云飞　王先帅　郭金信　　等 著

上海科学技术文献出版社
Shanghai Scientific and Technological Literature Press

图书在版编目（CIP）数据

高铁信号与控制 / 陈永生等著．—上海：上海科学技术文献出版社，2019
（中国高铁丛书）
ISBN 978-7-5439-7806-5

Ⅰ．① 高… Ⅱ．①陈… Ⅲ．①高速铁路—铁路信号—介绍—中国 Ⅳ．① U284

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 289620 号

“十三五”国家重点出版物出版规划项目
2018 年主题出版重点出版物
上海市新闻出版专项资金资助项目

选题策划：张　树
书稿统筹：张　树
责任编辑：王倍倍　杨怡君
装帧设计：许　菲
手绘插图：汤思怡

高铁信号与控制
GAOTIE XINHAO YU KONGZHI
陈永生　罗云飞　王先帅　郭金信　刘世太　等著
出版发行：上海科学技术文献出版社
地　　址：上海市长乐路 746 号
邮政编码：200040
经　　销：全国新华书店
印　　刷：上海海红印刷有限公司
开　　本：787×1092　1/16
印　　张：12.75
字　　数：165 000
版　　次：2019 年 1 月第 1 版　2019 年 1 月第 1 次印刷
书　　号：ISBN 978-7-5439-7806-5
定　　价：85.00 元
http://www.sstlp.com

“中国高铁丛书”

出版工作团队

总顾问

傅志寰　中国工程院院士，原铁道部部长

顾　问

钟志华　中国工程院院士、副院长，同济大学原校长

奚国华　中国第一汽车集团有限公司党委副书记、董事、总经理
中国中车集团公司原副董事长、党委副书记
中国中车股份有限公司原总裁

贾世瑞　中国中车集团公司副总经理

总策划

郑　健　中国铁路总公司总工程师，国家铁路局原党组成员
2015 年国家科技进步奖特等奖（京沪高速铁路工程）获得者

策　划

孙　章　同济大学老科学技术工作者协会会长，原上海铁道大学副校长

孙　星　北京铁道学会秘书长

兰　涛　上海铁道学会秘书长

金泰木　中车青岛四方机车车辆股份有限公司科技发展部副部长

张　树　上海科学技术文献出版社副总编辑（主持工作）

主　编

孙　章　同济大学老科学技术工作者协会会长，原上海铁道大学副校长

副主编

吴新民　原铁道部咨询调研组副巡视员，研究员

编撰团队

《走近中国高铁》

钱桂枫　中国铁路总公司工程管理中心副主任
蔡申夫　原铁道部工程设计鉴定中心主任
张　骏　中国铁路上海局集团有限公司建设处副处长，高级工程师
毛晓君　中国铁路上海局集团有限公司科学技术研究所工程师

《高铁线路工程》

郑　健　中国铁路总公司总工程师，国家铁路局原党组成员
2015 年国家科技进步奖特等奖（京沪高速铁路工程）获得者
王　峰　中国铁路总公司建设管理部主任
钱桂枫　中国铁路总公司工程管理中心副主任
许玉德　同济大学交通运输工程学院教授
毛晓君　中国铁路上海局集团有限公司科学技术研究所工程师

《高铁车站》

郑　健　中国铁路总公司总工程师，国家铁路局原党组成员
2015 年国家科技进步奖特等奖（京沪高速铁路工程）获得者
贾　坚　同济大学建筑设计研究院（集团）有限公司副总裁
魏　崴　同济大学建筑设计研究院（集团）有限公司轨道交通院总建筑师

《高速列车》

梁建英　中车青岛四方机车车辆股份有限公司副总经理、总工程师，教授级高级工程师，2015 年国家科技进步奖特等奖（京沪高速铁路工程）获得者
杨中平　北京交通大学教授
张济民　同济大学铁道与城市轨道交通研究院教授

《高铁牵引供电系统》

张明锐　同济大学电子与信息工程学院教授
张永健　中国铁路上海局集团有限公司供电处处长，高级工程师
王靖满　中国铁路设计集团公司项目总工程师，教授级高级工程师
吴严严　同济大学电子与信息工程学院硕士研究生

《高铁信号与控制》

陈永生　同济大学计算机系教授
罗云飞　中国铁路上海局集团有限公司总工程师室高级工程师
王先帅　中国铁路上海局集团有限公司电务处工程师
郭金信　中国铁路上海局集团有限公司电务处工程师
刘世太　中国铁路上海局集团有限公司电务处工程师
陈伟革　中国铁路上海局集团有限公司电务处处长，提待高工
吕永昌　中国铁路上海局集团有限公司电务处提待高工
姚远黎　中国铁路上海局集团有限公司电务段段长，高级工程师
胡细东　中国铁路上海局集团有限公司电务处副处长，高级工程师
吴伟东　中国铁路上海局集团有限公司电务处副处长，高级工程师
艾　武　中国铁路上海局集团有限公司电务处副处长，高级工程师

《高铁运营组织与管理》

徐行方　同济大学交通运输工程学院教授
蒲　琪　同济大学《城市轨道交通研究》杂志社社长，高级工程师
汤莲花　同济大学交通运输工程学院博士研究生

《中国高铁发展战略》

刘涟清　原上海铁路局局长，原铁道部（中国铁路总公司）中美铁路项目协调组组长
蒲　琪　同济大学《城市轨道交通研究》杂志社社长，高级工程师
孙　章　同济大学老科学技术工作者协会会长，原上海铁道大学副校长

《高铁经济》

姚诗煌　上海市科技传播学会原理事长，《文汇报》科技部原主任，高级记者

编辑顾问

叶　娟　中国中铁股份有限公司国际事业部总经理助理
中国铁道出版社版权中心原主任，国家铁路局原调研员

李中浩　中国城市轨道交通协会专家和学术委员会副主任，原铁道部电子中心主任

张跃玲　国家铁路局信息中心副主任，高级工程师

陈夏新　原京沪高速铁路股份有限公司高级工程师

范　明　中国铁道科学研究院（集团）有限公司通信信号研究所研究员

序一

傅志寰

我国已跨入了高铁时代。风驰电掣的高速列车给人们带来了快捷愉悦的全新感受，正如有诗云："银龙出京一路奔，转瞬之间入津门。齐鲁苏皖须臾过，品茗到沪尚存温。"四通八达的高铁不仅显著改变了人们的出行方式，也对经济社会产生了深远影响。

目前我国高铁里程已超过25 000公里，占全球高铁总里程的三分之二，每天开行5 000多列高速列车，运送超过600万乘客，2017年我国高铁累计发送旅客已突破70亿人次。这些令人炫目的"大数据"意味着无与伦比的业绩。我国高铁不但规模大，速度也快，最高时速达350公里，为世界之最。我国动车之平稳是有口皆碑的，网上曾流传一段视频：有乘客将一枚硬币立在高速列车的窗台上，竟8分钟未倒。

高铁不但改变着中国，也震撼了世界。我国已经积累了在寒带、热带、大风、沙漠、冻土等不同气候和地质条件下高速铁路建设的丰富经验，是世界上少数能够提供包括土建、高速动车组和列车控制系统等高铁全套技术的国家。

中国人喜爱高铁。但凡有机会，都愿与靓丽的高速列车合影留念，而且带着浓厚兴趣想进一步解开高铁之谜。"高铁为什么跑得那么快？""高铁为什么跑得那么稳？""高铁行驶安全如何保障？"这些问题，不但孩子要问，成年人也十分关心。近两年我在给中学生讲"高铁"科普时，每每都会有学生提出大量类似问题。

为了回答人们的问题，上海科学技术文献出版社组织一批资深专家教授，用一年半时间编写了一套内容丰富的"中国高铁丛书"，全套9册，书名分别是：《走近中国高铁》《高铁线路工程》《高铁车站》《高速列车》《高铁牵引供电系统》《高铁信号与控制》《高铁运营组织与管理》《中国高铁发展战略》《高铁经济》。这套丛书不但描绘了高铁的全貌，

展示了车站、线路、信号、供电、列车等关键设施和装备，也介绍了高铁运营服务知识以及对经济社会发挥的独特牵引作用。与此同时，还讲述了世界各国高铁发展的故事。

“实事求是、深入浅出”是检验科普图书质量的重要标志。为了做到“实事求是”，作者们查阅了海量资料，反复筛选与求证，对我国高铁技术水平、发展历程作了符合实际的阐述，也纠正了一些网络上的不实传言。为了做到“深入浅出”，作者们力图用通俗生动的语言和精美的图片，揭示高铁技术原理和设计结构。一年多来，作为初次涉猎科普读物写作的他们，花了不少时间再学习，大家深知将科学专业术语转化成大众能听懂的“大白话”是一门艺术。

我受聘担任本丛书的总顾问，深感荣幸和愉悦。究其原因，不只因为我有参与高铁论证与建设的经历，还源于心系铁路、喜爱火车的深厚情结，中国高铁的快速发展也圆了我自己多年的梦想。

在本套图书付梓之际，衷心希望凝聚作者大量心血的“中国高铁丛书”，能给读者带来所渴望的知识与阅读的喜悦。

2019 年 1 月

序二

郑 健

高铁，作为现代工业文明的崭新成果，发端于日本，发展于欧洲，兴盛于中国。经过五十余年的发展，高铁以其安全、快捷、环保、节能等技术经济优势赢得了各国青睐。我国从20世纪90年代初开始开展高铁的前期研究，经过几代铁路人的探索实践，特别是党的十八大以来的创新发展，取得了举世瞩目的历史性成就，能亲身经历、见证参与、组织推动我国高铁建设，倍感荣幸。铁路建设者昼夜兼程、风雨无阻，逢山开路、遇水架桥，用智慧、心血和汗水励精图治、砥砺前行，实现了中国高铁从无到有、从探索到突破、从制造到创造、从追赶到领跑的崛起！如今，“复兴号”奔驰在祖国广袤的大地上，迈出了从追赶到领跑的关键一步；四通八达的高铁网络给百姓美好生活带来了新福祉，给世界高速铁路发展树立了新标杆，为党和国家赢得了新荣耀！

遥想20世纪初，为了振兴国家实业，孙中山先生在《建国方略之二：实业计划》中提出修建10万英里（16万公里）的铁路计划，指出“国家之贫富可以铁道之多寡而定之，地方之苦乐可以铁道之远近计之”，“铁路常为国家兴盛之先驱，人民幸福之源泉，国家统一之保障”。中华人民共和国成立后，党中央国务院高度重视铁路建设。1978年10月，邓小平同志访问日本，在从东京前往京都的新干线高铁列车上深有感触地说：“就感觉到快，有催人跑的意思，我们现在正合适坐这样的车。”（中共中央文献研究室编《邓小平年谱（1975—1997）》（上）第413页）一代伟人的这句双关语暗示着中国的发展要有像新干线那样快的速度。同年12月召开的十一届三中全会拉开了改革开放的序幕。

40年的改革开放让铁路特别是高速铁路发展迎来了难得的黄金发展机遇。从20世纪90年代广深铁路开行准高速列车到世纪之交秦沈客运专线开通运行，从2007年实现第六次大面积提速到2008年京津城际高铁通车，

从2010年12月京沪高铁创造时速486.1公里试验速度到2016年7月成功实现世界首次时速420公里交会，从“四纵四横”基本建成到“八纵八横”规划蓝图绘就，几代铁路人锲而不舍、坚韧执着，从未因道路曲折而半途而废，也从未因梦想遥远而放弃追求。从孙中山先生提出《建国方略》到今天，“复兴号”高铁动车组奔驰在祖国广袤大地上的情景，就是华夏儿女不忘初心、砥砺前行的生动写照；中国高铁能够领跑世界，就是中华民族追逐梦想、谋求复兴的时代象征。高铁精神，已成为象征着中华民族伟大创新精神的一座丰碑！

从1990年《京沪高速铁路线路方案构想报告》到2004年国务院批复的《中长期铁路网规划》明确将高铁建设作为铁路发展的核心，从中国高铁发展“三步走”战略谋划到工程建造、装备制造、列车运行控制等不同领域技术创新路径的实施，中国高铁经历了艰难的战略抉择、艰苦的探索实践和艰辛的开拓创新历程。2008年8月1日，中国第一条时速300公里以上的高速铁路——京津城际高铁开通运营。波澜壮阔的高铁建设在长城内外、大河上下展开，呈现出了史诗般的巨幅画卷！

一分耕耘一分收获。经过几代铁路人卧薪尝胆，迎来了与世界第二大经济体相适应的高铁网络体系的蓬勃发展：建成了2.5万公里的高铁网络，搭建了专业一流的研发平台，在高铁线路、桥梁、隧道、客运枢纽等重大工程方面积累了丰富的实践经验，全面掌握了在各种复杂地质、地形及气候环境下修建不同速度等级高速铁路的成套技术，建造了以京沪高铁为代表的一大批世界级的标志性工程，拥有了完整的中国高铁技术标准体系，打造了中国高铁品牌，形成了规划设计、工程建造、装备制造、运维服务等方面的比较优势，总体技术水平已迈入世界先进行列，成为推动世界高铁发展的重要力量！

不断延伸的高铁网络对经济社会发展产生了深刻的影响。如何衡量高铁对经济社会发展的“溢出效应”，如何评价高铁效应在国家发展、国际交往、地缘政治中的作用，需要坚实的高铁经济理论作为支撑。2012年原铁道部设立了高铁经济重大课题，从政治经济、社会文化、生态环境等多维度探究高铁效应的理论基础，从哲学层面发现其内在规律，从理论层面研究其影响机制，旨在通过

研究回答社会对高铁建设运营的普遍关切，探究未来高铁发展之路。

如今我们欣喜地看到，高铁网络极大地缩短了时空距离，让旅途不再漫长；极大地改善了出行品质，让百姓出行有了更多的幸福感；拉动了文化旅游井喷，稀缺独特的旅游资源得到充分开发；促进了铁路装备升级改造，高铁动车组等高端装备制造业快速发展，强劲带动了上下游相关产业链的全面升级；改变了经济资源配置格局，城市综合经济竞争力得到了大幅提升，区域产业经济结构得到了优化调整，区域经济一体化进程进一步加快。高铁网络创造出了比别的经济体更多的时间，承载了更为宏观的经济意义，以更高的速度赋能一切生产要素，以更高的质量和效率不断放大着“乘数效应”。作为新经济学革命的高铁经济已成为中国经济增长的新引擎，正构建着中国经济发展的新版图。中国高铁今天历史性的成就就是对中山先生、小平同志最好的告慰！

“雄关漫道真如铁，而今迈步从头越”。党的十九大确立了习近平新时代中国特色社会主义思想，作出了建设交通强国的重大决策部署。在不到半年的时间里，习总书记两次“点赞”“复兴号”，这既充分体现了党中央对高铁发展成果的充分肯定，更指明了中国高铁的前进方向。中国高铁将始终坚持以人民为中心，进一步构建更安全、更高效、更智能、更绿色、覆盖率更高的高铁网络，持续创新引领世界铁路发展，让全国各族人民共享铁路发展改革的成果，满足人民在新时代的需求，让人民从高铁发展中有更多的获得感、幸福感、安全感！

高铁发展需要全社会的关心和爱护。这套“中国高铁丛书”对讲好中国高铁故事、传承勇往直前的高铁精神，汇聚高铁发展共识、凝聚高铁发展正能量，弘扬新时代主题、追逐民族复兴梦想必将产生积极的作用。热切希望这套图书能与广大读者尽快见面，更真诚期望能有更多的专家、学者关注中国高铁，走近中国高铁，宣传中国高铁，支持中国高铁，关爱中国高铁，以促进中国高铁的健康可持续发展！

2019 年 1 月

前言

中国高速铁路信号与控制系统是列车运行指挥的大脑系统（包括列车调度集中指挥系统），是控制列车安全运行的眼睛（包括列车运行控制系统）。高速铁路信号与控制系统是确保高速铁路运输安全有序、发挥效率与效益的核心体系。

中国高铁信号与控制系统经历了引进新技术、学习再创新、技术再升级、发展与超越的探索和创新之路。首先，中国高铁通过既有线提速，掌握了满足时速 200 ～ 250 公里的 CTCS-2 级列车运行控制技术，成功应用于既有线第六次大提速和新建的时速 250 公里的高速铁路。然后，通过高速铁路新线建设的探索实践，研发了具有自主知识产权的代表世界先进水平的 CTCS-3 级列车运行控制系统。该系统基于无线通信网络实现地面与动车组控车信息的双向实时传输，运输组织调度集中控制，满足动车组列车时速 350 公里及以上、最小追踪间隔 3 分钟的安全运行要求，适应中国高速铁路高速度、高密度的运输需求，以及不同速度等级列车跨线、普速与高速互联互通等复杂运输场景。

本书以介绍高铁信号与控制系统的基本组成和基本原理为主。可作为高速铁路爱好者、从事高速铁路相关工作的专业或非专业人士学习用书，亦可作为对高速铁路信号技术感兴趣者的科普读物。



目录

序　一
序　二
前　言

第一章　铁路信号控制系统简介 1

一、什么是铁路信号 ...3

二、铁路信号系统的主要设备 ...5

1. 轨道旁忠实的“哨兵”
——信号机 ...5

2. 火车进站怎么转线 ...11

3. 轨道上的“侦察员” ...15

三、闭塞 ...19

1. 什么是半自动闭塞？ ...20

2. 什么是自动闭塞？ ...20

3. 自动闭塞的分类 ...23

四、速度防护 ...27

1. 速度防护的概念 ...27

2. 速度防护的基本特征 ...27

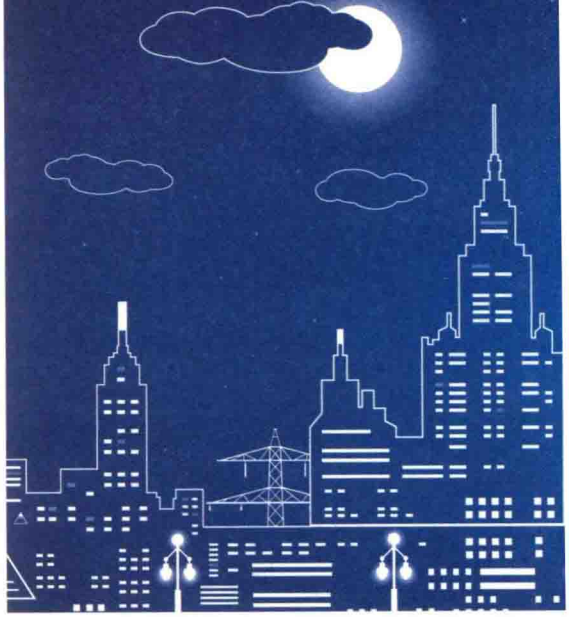
3. 速度模式曲线 ...29

五、车站联锁是怎么回事 ...32

1. 至关重要的联锁 ...32

2. 盛极一时的“6502” ...35

3. 计算机联锁要当“大管家” ...39



第二章　高速铁路信号系统的发展历程 49

一、国外的高速列车运行控制系统 ...51

1. 日本高速列车运行控制系统 ...51

2. 欧洲高速列车运行控制系统 ...53

二、中国高速列车运行控制系统发展历程 ...60

1. 探索之旅 ...60

2. 发展之路 ...63

3. 创新之程 ...64

三、中国高速列车运行控制系统 ...65





第三章　中国高速列车运行控制系统原理和组成 71

一、列车运行控制系统的组成和结构 ...73

二、CTCS-2 级列控系统地面设备 ...76

1. 概述 ...76

2. 地面设备 ...77

三、CTCS-3 级列控系统地面设备 ...81

1. 概述 ...81

2. 无线闭塞中心（RBC）...83

3. 其他地面设备 ...98

4. CTCS-2、CTCS-3 级列控系统车载设备 ...100

5. GSM-R 通信网络 ...112

6. 信号数据传输网络 ...115

四、分散自律调度集中系统（CTC）...117

1. 分散自律调度集中系统（CTC）的功能和系统构成 ...117

2. 调度集中系统控制模式 ...120

五、计算机联锁（CBI）...122

1. 计算机联锁的系统组成 ...122

2. 计算机联锁系统与其他高铁信号系统的接口 ...127

六、检测监控设备基本组成和基本原理——运维 ...129

1. 系统概述 ...129

2. 监测系统体系结构 ...130

3. CSM 车站监测子系统 ...132

4. CSM 与其他系统接口 ...135

5. DMS 简介 ...138

第四章　高速列车运行控制系统安全策略 149

一、静态验收 ...152

1. 仿真试验 ...152

2. 设备调试 ...157

二、动态验收 ...158

1. 联调联试及动态检测 ...159

2. 运行试验 ...165

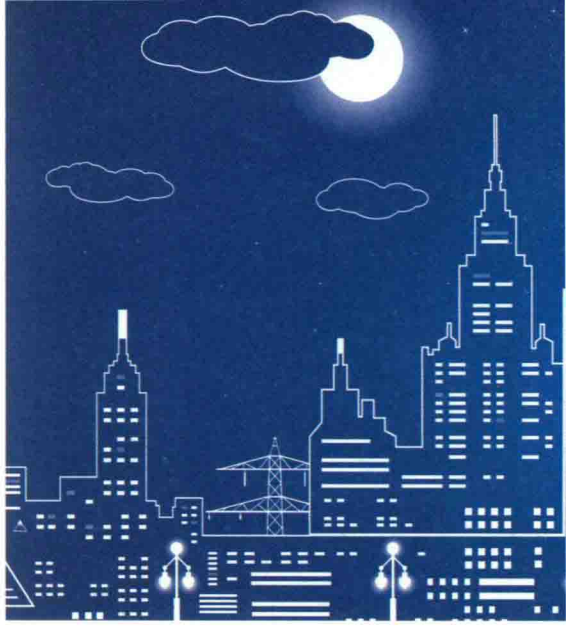
三、初步验收 ...167

目录

四、独立安全评估（ISA）...167
1. 安全评估范围 ...168
2. 检查的重点及要求 ...168
3. 载客商运 ...169
五、正式验收 ...169

第五章 中国的高铁信号与控制系统科技创新点 171

一、高铁信号控制系统的科技创新 ...173
二、高铁信号控制系统的日常维护 ...175
1. 信号设备管理 ...176
2. 信号设备维护 ...177
3. 信号设备测试与分析 ...180
4. 专项整治和标准示范线建设 ...180



三、如何减少因设备故障而给旅客带来的不必要的影响 ...181
1. 制定设备故障应急处理管理办法——统一行车指挥 ...182
2. 制定各类设备故障应急处理预案——统一处置流程 ...183
3. 定期开展设备故障应急处理实战演练——缩短延时 ...183

参考文献 185
后 记 186

