

GZC 高校主题出版
GAOXIAO ZHUTI CHUBAN

全国高校出版社主题出版

中国高铁出版工程——科普系列

大国重器

——高速铁路技术发展纵横

编著 曲思源

上海交通大学出版社



曲思源

中国铁路上海局集团有限公司运输部正高级工程师，工学博士，曾在北京交通大学、西南交通大学、同济大学读书，已发表论文200多篇。组织研究科研开发与管理创新课题50多项，多次获得国家级、省部级、集团公司级相关奖项，研究成果紧密结合铁路运营组织的实际并有所创新。独著的作品有《铁路运输组织管理与优化》《城际铁路运营组织与管理》《高速铁路运营安全保障体系及应用》《高速铁路运营安全风险管控》《高速铁路运营管理纵横》《长三角高速铁路运营组织与管理创新》《铁路运营组织与管理系统分析》《高速铁路运营组织与管理》《大国重器——高速铁路技术发展纵横》《智能高铁技术应用纵横》等，参与编写的作品有《行车工作协调艺术》《铁路车务安全管理技术与方法》《高铁简史》（中英文版）《长三角高速铁路运营管理实践与探索》《城市高铁运营风险防控》《高速铁路运营实践与探索》《高速铁路建设运营管理创新成果选编》《TDW铁路站场调速设备的发展与应用》等，散文集《我不曾历经沧桑》。

高校主题出版
中国高铁出版工程——科普系列

大国重器 ——高速铁路技术发展纵横

编 著 曲思源



西南交通大学出版社
· 成 都 ·

内容简介

本书是高速铁路技术发展专业性的科普书，共分为6章，从理论与方法、技术手段、案例分析的角度出发，详细阐述了世界各国高速铁路技术发展的具体思路、应用技术和方法，组成高速铁路技术发展体系，具有普适性。本书文字严谨、论据充分、涉及面广，集中体现了世界各国高速铁路技术发展方面最新的动态和发展趋势，可供铁路专业人员、技术人员、作业人员以及开设交通运输专业的高等院校的相关人员学习和参考，也可供关注高速铁路事业发展的人士品读。

图书在版编目（CIP）数据

大国重器：高速铁路技术发展纵横 / 曲思源编著
—成都：西南交通大学出版社，2021.4
(中国高铁出版工程·科普系列)
ISBN 978-7-5643-7859-2

I. ①大… II. ①曲… III. ①高速铁路—技术史—中国 IV. ①U238

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2020）第 243893 号

中国高铁出版工程——科普系列

Daguo Zhongqi—Gaosu Tielu Jishu Fazhan Zongheng

大国重器——高速铁路技术发展纵横

编著 曲思源

出 版 人	王建琼
策 划 编 辑	黄庆斌 周 杨
责 任 编 辑	路远声
封 面 设 计	曹天擎
出 版 发 行	西南交通大学出版社 (四川省成都市金牛区二环路北一段 111 号 西南交通大学创新大厦 21 楼)
发行部电话	028-87600564 028-87600533
邮 政 编 码	610031
网 址	http://www.xnjdcbs.com
印 刷	四川煤田地质制图印刷厂
成 品 尺 寸	170 mm × 230 mm
印 张	20.25
字 数	361 千
版 次	2021 年 4 月第 1 版
印 次	2021 年 4 月第 1 次
书 号	ISBN 978-7-5643-7859-2
定 价	56.00 元

图书如有印装质量问题 本社负责退换

版权所有 盗版必究 举报电话：028-87600562

序

2021年年初，习近平总书记视察京张智能高铁时指出：中国自主创新的一个成功范例就是高铁，从无到有，从引进、消化、吸收、再创新到自主创新，现在已经领跑世界。要总结经验，继续努力，争取在“十四五”期间有更大发展。

作为一种技术密集、高度集中化的现代交通方式和现代工业文明的崭新成果，高速铁路以安全可靠、快捷舒适、运载量大、低碳环保等特征，成为世界交通运输业发展的趋势。高速铁路发端于日本，发展于欧洲，兴盛于中国。随着高速铁路运营里程的不断跃升，中国高铁在车辆研制、线路建设、智能控制等方面逐步实现了“三级跳”：从引进国外技术的“跟跑”，到消化、吸收先进经验的“并跑”，进而在关键领域自主再创新的“领跑”，走出了一条由中国制造到中国创造的传奇道路，高速铁路已经成为中国最闪亮的名片。从这个意义上讲，21世纪的世界高铁进入了新的时代。

中国是世界上高速铁路发展最快、系统技术最全、集成能力最强、在建规模最大、运营里程最长、运营速度最高、产品性价比最优的国家，已形成完整的高速铁路设计、建设、运营、安全管理标准体系以及铁路装备品牌，拥有高速铁路的自主知识产权，具有领先世界的高速铁路标准体系，包括核心技术、系统集成、成套建造、工业制造、运营维护、人才队伍等。2017年9月，具有完全自主知识产权的中国标准动车组“复兴号”在京沪高铁实现350 km/h的商业运营，树立起世界高速铁路运营的新标杆。

从饮水思源到同舟共济，从知行合一到思行致远，中国铁路上海局集团有限公司正高级工程师曲思源就是这样一位杰出的实践者。他从事铁路运输实践与研究二十多年，曾在北京交通大学、西南交通大学、同济大学三所国内一流的交通运输专业求学；他结合铁路运输岗位多年的实践积累，不断总

结国内外高速铁路技术发展的相关规律，笔耕不辍，为普及中国高速铁路科普知识做出了突出的贡献。

如今，中国高铁从国内走向了海外，取得了举世瞩目的成就，让国人为之骄傲！让世人为之惊叹！为了能让专业人士和关注高速铁路发展的社会人士系统地了解中国高铁技术发展的特色，并将中国高铁技术放在全球视野中比较，本书为读者提供了一个崭新的认识视角，希望更多社会人士关注中国高速铁路事业的发展！

同济大学交通运输工程学院

徐行方教授

2021年2月

前 言

“银龙出京一路奔，转瞬之间入津门。齐鲁皖豫须臾过，品茗到沪尚存温。”这是描绘京沪高铁的一首诗，表现了人们对中国高铁的喜爱。高速铁路仿佛一夜间就走进了我们的生活，成为人们出行的首选方式，成为中国快速客运体系的主干，高铁客流量已占铁路客运总发送量的 60% 以上。中国高铁高品质网络规模的不断扩充，所带来的强劲冲击波逐步改变了传统的交通格局，已经改变了中国人的生活和时空观念，这种改变已融入政治、经济、社会、文化等各领域，催生出一个由中国引领的高速铁路新经济时代。高铁改变了中国！相信您乘坐高铁动车组的时候，会深刻体会到高铁的安全、便捷、绿色、舒适等特征，体验着便捷和快感，一定会对中国速度大大赞叹！面对日益丰富的运营场景，日益复杂、不断增长的多样化的旅客需求，中国高铁一直在持续深化技术创新，不断提高运营管理水平。

知行合一，交融成艺。随着中国高铁的发展，高速铁路技术发展的知识点交织融合在一起推着我进步、促使我成长，我对高速铁路的认识逐步在加深，视野也在不断扩展。十几年来，我将传播高速铁路知识作为生活的一部分，经常给大学生、铁路现场的同事授课培训，有很多心得体会。然而，中国高铁技术发展的科普书籍更新很慢，普及程度也不高，处于一种信息不对称的状态，这就需要从中国高铁技术发展的角度着手进行归类分析、总结提炼，让更多的社会人士了解高速铁路；同时，还需动态跟踪国外先进的高速铁路技术，以便为中国高铁技术发展提供借鉴和参考，进一步取长补短。本书将成为您了解高速铁路技术发展的窗口，让您对中国高铁乃至世界高铁技术发展的思路、理念和过程，对高铁技术有一个整体的认识，体会到高速铁路如何达到提升运营品质的目的。

交通天下，经略八荒。回想起 20 世纪 90 年代初期，我在北方交通大学（现北京交通大学）学习时，知道了日本、法国、英国和德国高铁技术在 20 世纪 80 年代的竞争故事。例如：日本为何钟情于动力分散式？法、德高铁技术成为“后起之秀”的原因何在？特别是在比利时攻读高铁技术博士学位的韩宝明教授曾告诉我，“中国一定会发展高速铁路的，你要为此做好知识的积累”。他一直鼓励我投入高速铁路运营管理工作去，我至今难以忘怀！那

那个时候，我还知道了中国铁路运输学科的首创者和奠基人——金士宣老学长，先生早年从事过铁路史研究，亲身参加过多条铁路的修建与运营工作，并积累了许多第一手材料。“文革”期间，他曾收集的史料几乎散失殆尽。后来，他又着手收拾残稿、重觅断绪，继续投入编纂整理工作，修史之志，坚定不移，编辑出版了《中国铁路简史》，又以翔实的资料和透辟的分析，完成了《中国铁路发展史》。21世纪初期，我在西南交通大学学习时，又了解到世界各国在20世纪90年代高铁竞争的故事，知道了法国、德国和日本高铁技术新的竞争细节。关键技术决定发展，他们在竞争中得到不断发展和强大，高铁技术的“三驾马车”各有优势，都有自己的核心技术。2004年正赶上中国《中长期铁路发展规划》发布，中国要大规模建设高速铁路，杜文和叶怀珍夫妻教授鼓励我到上海铁路地区工作，因为华东地区的高速铁路率先发展，我有机会遇到高铁发展的平台。到上海铁路部门工作后，我看到了中国高铁从梦想逐渐变成现实。2009年，我又考入同济大学攻读博士学位，此时中国高铁正处于发展初期和过渡阶段，我了解到更多的中国高铁技术的不断发展以及现代高铁技术的竞争故事，中国高铁技术已逐步领先于世界各国。徐行方教授是我的良师益友，我们经常在一起探讨高铁发展的热点问题，他不断地督促我要将中国高铁运营组织体系知识结构提炼出来。当中国高铁遇见“人工智能”，科技感十足的智能高速铁路正加速驶来。2018年5月19日，我在同济大学运输系成立60周年庆典上，做了智能高速铁路现状及发展前景的报告，为中国高铁的发展而感到无比自豪。2020年11月14日，我又在同济大学交通运输工程学院成立二十周年之际，被评为“优秀校友”，我在自豪的同时，也知道自己为中国高铁运营做的事情还需要更加努力。

实际上，高速铁路技术发展道路是艰难的，总体上需要8个技术创新，包括交流传动、转向架、复合制动、密封与气密性、列车控制、头型、受电弓、检测和诊断技术。而且，高铁安全需要考虑的主要问题有：地面信号显示与线路状态辨认难；牵引功率大、动能大、牵引制动难；设备标准高、可靠性高、技术解决难；轮轨系统作用强度大、技术处理难；克服空气阻力；列车密度大，行车组织难；弓网关系复杂，稳定性受电难；隧道活塞效应大与防灾难；设备维护要求高、检修难；障碍物、侵入物对动车组运行影响大；遇有突发事件时应急处置难度大等问题。在突破技术创新和安全发展的过程中，回首半个世纪里世界高铁竞争过程中上演的多幕悲喜剧，真实的感受可能只有参与其中的各国高速铁路界人士自己内心才最清楚，留下的都是辛勤的努力和汗水。而中国高铁博采众长，从“和谐号”开始，不断地强大自己，发展到“复兴号”，其中的一个又一个“突破”和“之最”，一切背后是中国

高速铁路从无到有、中国制造震惊世界的逆袭之路。短短几年来，中国铁路人孜孜以求，成功解决了适应多种环境、多种气候下高速铁路安全运行问题，“中国标准”正逐渐超越“欧标”与“日标”，成为世界上独有的核心竞争优势，时速 350 km 的“复兴号”高速列车也进一步验证了中国标准动车组整体技术性能，标志着中国已全面掌握了高速铁路核心技术，达到世界领先水平，中国高铁已成为一张崭新、靓丽的“中国名片”。当前，中国在高速铁路领域的研究正驶入创新的“无人区”和“未来高速铁路”的“畅想图”，智能铁路技术也在突飞猛进地发展。同时，中国 600 km/h 磁悬浮也在建设和发展。

放眼世界，在 21 世纪全球经济一体化的岁月里，世界高速铁路谁主沉浮？法、德目前在最高试验速度、高速运行、运营组织和乘客服务方面具有一定的实力，特别是法国别出心裁的技术创意今后也会是其保持竞争力的有力武器；日本在车辆轻量化技术、大量运输、安全运行技术、正点运行方面优于欧洲；中国高铁的系统集成技术、时速 350 km 运营实际业绩、时速 300 km 条件下的车辆动力学现象等相关技术的积累以及大规模的设计制造能力、国家支持力度等又有明显的特征。在 21 世纪今后相当长的一段时间里，世界将形成以中国、日本为代表的亚洲和以法国、德国为代表的欧洲高铁竞争的局面。中国高铁正由“高速度增长”迈向“高质量发展”，中国高铁的潜力则取决于中国今后的运营业绩以及努力和奋斗。世界高铁技术都在进步，竞争从来没有停止过，未来将更加激烈，更需要我们在新的起跑线上，砥砺前行！本书描述了中国高铁与世界高铁发展技术历史，并将中国高铁放到世界高铁大视野中进行分析，目的是寻找不足，取长补短，使其更好地发展。

写作是一份孤独的差事，也是一份漫长的精细活。当前，市面上类似介绍高铁发展的书籍虽然不少，但报告文学、纪实文学等题材的作品居多，还没有介绍中国高铁与其他国家高铁技术融在一起发展的比较系统的、与时俱进的科普书籍。于是，我又开始收集各类资料，结合当今世界高铁的发展情况，精心设计框架和内容，重新厘清中国高铁技术发展以及世界高铁技术发展脉络和关键细节。作为带有专业性、客观性的科普书，本书从中国高铁技术发展写起，将趣味性、知识性和创新性融合在一起，努力打造精品。我把这本书的写作过程当作是在写长篇散文一样，笔调如何做到轻松，做到形散而神不散，以思路、困境、技术、发展、失败、努力、竞争、创新为主线，中间穿插若干做出突出贡献的高铁人物和高铁知识点，将知识性和趣味性贯穿其中。

纵横结合是一种立体交叉式的情况综合，纵的认识是指对事物历史与发展的完整了解，横的认识是指对一事物与他事物有机联系的了解。纵和横相

互交错，奔放自如、笔意纵横是我写这本书的想法。当然，写作的过程也是学习的过程，相关理论和知识点若要用简洁的语言表达，将复杂的技术原理和流程深入浅出地表达清楚，不是一件容易的事情。看到一日千里的高铁发展速度，看到那么多的高铁技术人员为之奋斗，看到高铁车站摩肩接踵的人流，我便来了劲头，边学习、边总结、边分析，要为中国高铁尽自己的微薄之力，让更多的人了解中国高铁，并且知道世界高铁的发展以及中国高铁的竞争力和发展前景。

本书分为两篇。上篇包括第1~3章：第1、2章主要描述了中国高铁的崛起和技术发展；第3章从运营管理的角度出发，阐明了运营管理也属于高铁技术范畴。下篇包括第4~6章：第4章分析了日本、法国、德国等国家高铁技术的发展历史；第5章主要描述了各国技术之间的相互学习和各补所长的特征，并分析了各国高铁技术“走出去”的情况；第6章描述了后高铁时代高铁技术的发展以及新的竞争。在本书编写过程中，宁波车务段吴达、呼和浩特局集团公司调度所王勇、常州站曹二涛、上海局集团公司运输部荣剑、蚌埠站韦钰、苏州科技大学徐永实等同志分别对本书做了修订、补充和完善，本书的封面照片由新长车务段盛天一提供，在此向他们表示深深的谢意。同时，本书也献给中国共产党建党100周年！

中国高铁营业里程已经超过世界高铁总里程的2/3，中国成为世界上高速铁路里程最长，运输密度最高，成网运营场景最丰富、最复杂的国家。中国高铁动车组已成为中国铁路客运的主渠道，而且安全性和运输效率世界领先。感谢高铁时代，它促使我对高铁技术发展认识不断在加深。但中国高铁发展的场景实在太丰富，我发现自己的高铁知识点怎么去补充和追赶，都难以赶上高铁发展的速度。感谢西南交通大学出版社的编辑为本书做出的贡献，母校的高速铁路底蕴雄厚，西南交通大学因铁路而生、因铁路而兴、因铁路而强。本书的写作过程，恰是我面对母校，轻轻地讲述我多年来在高速铁路运营管理工作方面的经验积累。但本人学识有限，书中不妥之处在所难免，敬请广大读者批评指正。本人电子邮箱：syqu0453@163.com。

复兴号承载着梦想和希望，已迈向新征程。中国高铁发展的明天会更好！

曲思源

2020年12月

目 录

上篇 中国高速铁路的发展

第 1 章 中国高速铁路的崛起	3
1.1 高速铁路的诞生	3
1.2 高速铁路的概念及其主要技术经济特征	4
1.2.1 高速铁路的概念	4
1.2.2 高速铁路的主要技术经济特征	5
1.3 中国需要高速铁路	6
1.3.1 高铁发展的酝酿	6
1.3.2 客货分线运输	7
1.4 京沪高铁纷争	9
1.4.1 初战顺利	10
1.4.2 缓建和急建	12
1.4.3 轮轨和磁悬浮	13
1.5 高铁试验田工程	16
1.5.1 秦沈客运专线	16
1.5.2 上海浦东磁悬浮	18
1.6 高铁前奏曲	18
1.6.1 “慢牛”与“瓶颈”	18
1.6.2 广深准高速铁路	20
1.6.3 六次大提速	21
1.7 宏伟蓝图——中长期铁路网发展规划	25
1.7.1 “四纵四横”	25
1.7.2 “八纵八横”	27
1.8 动车组技术引进与发展	30
1.8.1 动力集中还是动力分散	31
1.8.2 技术引进	32
1.8.3 中国动车组创新发展阶段	34

1.9	开启“高铁时代”	38
1.9.1	京津高铁闪亮登场	38
1.9.2	京沪高铁千呼万唤始出来	40
1.10	砥砺前行	43
1.10.1	“7·23”甬台温动车组事故	43
1.10.2	高铁发展理性回归	45
1.10.3	挫折后的奋起	46
1.11	走向“全领域成熟”	57
1.11.1	从“追赶者”到“领跑者”	57
1.11.2	快速发展的中国高铁优势	59
1.11.3	成功的主要原因	60
1.12	中国台湾高铁	62
1.13	案例分析：中国高铁品牌 ——从“和谐号”到“复兴号”	63
第2章	高速铁路技术	72
2.1	当代高新技术的集成	72
2.2	高速铁路工务工程	75
2.2.1	高速铁路线路	78
2.2.2	高速铁路路基	85
2.2.3	高速铁路隧道	85
2.2.4	高速铁路桥梁	87
2.3	高速铁路牵引供电	91
2.3.1	基本概述	91
2.3.2	高速铁路牵引供电系统的特点	92
2.3.3	电气化铁路供电系统的组成	94
2.3.4	高速铁路电力供电系统的特点	98
2.4	高速铁路信号	98
2.4.1	高速铁路信号系统的特点	100
2.4.2	高速铁路信号系统的组成及功能	101
2.5	高速铁路通信	107
2.5.1	高速铁路通信系统的主要组成	107

2.5.2	高速铁路通信技术的特点	108
2.5.3	高速铁路通信技术的应用	109
2.6	高速铁路动车组	112
2.6.1	动车组的设备组成	112
2.6.2	动车组轻量化	115
2.6.3	动车组车体及车内设备	116
2.6.4	转向架技术	117
2.6.5	交流传动技术	118
2.6.6	制动技术	120
2.6.7	动车组谱系	121
2.7	高速铁路运营监测检测系统	130
2.7.1	高速铁路基础设施运用状态检测	130
2.7.2	防灾与异物侵限监测系统	132
2.7.3	动车组列车运行状态监测	135
2.8	综合维修技术	136
2.8.1	国外高速铁路维修概况	136
2.8.2	综合维修技术概念与内容	136
2.9	智能高铁技术	142
2.9.1	智能高铁的概念	143
2.9.2	中国智能高铁技术	144
2.10	案例分析：中国高铁的自动驾驶技术	150
第3章	高速铁路运营组织与管理	153
3.1	高速铁路运营组织与管理作用	153
3.2	高速铁路运输组织模式	154
3.3	高速列车运行计划	155
3.3.1	高速列车开行方案	155
3.3.2	高速铁路列车运行图	157
3.3.3	动车组运用计划	159
3.3.4	综合施工维修天窗计划	159
3.4	高速铁路调度指挥	160
3.4.1	国外典型国家调度指挥体系	160

3.4.2	中国高速铁路调度指挥体系	167
3.5	高速铁路应急管理	176
3.5.1	应急预案	177
3.5.2	应急组织	178
3.6	高速铁路客运服务	180
3.6.1	高速铁路车站客运服务	180
3.6.2	高速列车客运服务	182
3.6.3	旅客服务系统	182
3.6.4	“12306” 客运服务	184
3.7	案例分析：中国高铁与经济综合发展的综合分析	186

下篇 世界高速铁路的发展

第 4 章	世界高速铁路	195
4.1	为什么世界各国都要发展高速铁路	195
4.2	世界高速铁路发展阶段	198
4.3	日本新干线	200
4.3.1	新干线的发展	200
4.3.2	新干线动车组谱系	206
4.3.3	新干线提速	210
4.4	欧洲的奋起	211
4.4.1	锋芒毕露的法国	211
4.4.2	厚积薄发的德国	220
4.4.3	默默耕耘的意大利、西班牙、瑞典高铁 “三剑客”	226
4.4.4	俄罗斯的高速铁路	237
4.4.5	英国的高速铁路	238
4.4.6	“欧洲之星”	242
4.4.7	欧洲高铁规划	244
4.5	美国的高速铁路	246
4.5.1	早期的高铁研究	246

4.5.2	美国为什么不发展高铁	247
4.6	亚洲其他国家高铁	249
4.6.1	韩国高铁	249
4.6.2	沙特阿拉伯高铁	256
4.7	案例分析：轮轨高铁速度大对决	258
第 5 章	“走出去”的高铁技术	263
5.1	高铁技术总体设计理念及发展	263
5.1.1	总体设计理念	263
5.1.2	技术理念	264
5.1.3	发展趋势	266
5.2	世界高速铁路技术比较分析	267
5.2.1	世界高速铁路技术之间的联系	267
5.2.2	中国与日、法、德技术比较	269
5.3	“走出去”的日本、欧洲高铁技术	273
5.3.1	印度高铁项目	273
5.3.2	摩纳哥高铁项目	273
5.3.3	捷克高铁项目	274
5.4	中国高铁“走出去”	275
5.4.1	土耳其高铁项目	275
5.4.2	印度尼西亚高铁项目	275
5.4.3	马来西亚高铁项目	276
5.4.4	泰国高铁项目	276
5.4.5	俄罗斯高铁项目	276
5.4.6	匈塞铁路	277
5.5	案例分析：中国高铁“走出去”策略分析	278
第 6 章	后高铁时代	281
6.1	高速铁路技术分类	281
6.2	轮轨技术的极限	282
6.2.1	极限速度	282
6.2.2	影响因素	282
6.2.3	开行 400 km/h 动车组的可行性	284

6.3	高速磁悬浮技术	284
6.3.1	技术原理	285
6.3.2	技术分类	286
6.3.3	技术特点	289
6.4	磁悬浮列车的现状及发展	290
6.4.1	德国的常导磁悬浮列车	293
6.4.2	日本的超导磁悬浮列车	293
6.4.3	中国高速磁悬浮技术	295
6.5	超级高铁	298
6.5.1	真空管道技术	299
6.5.2	技术性能探析	300
6.5.3	美国的超级高铁	302
6.5.4	中国的超级高铁	304
6.6	案例分析：中国高速飞行列车	305
	参考文献	308



上篇

中国高速铁路 的发展