



The Operation of High-speed Railway in Emergencies:
Theories and Applications

高铁技术系列丛书

突发事件下高速铁路 运输组织——理论与应用

◎ 贾利民 王莉 秦勇 著



北京交通大学出版社
<http://www.bjtu.cn>

高铁技术系列丛书

突发事件下高速铁路运输组织

——理论与应用

贾利民 王 莉 秦 勇 著

北京交通大学出版社

• 北京 •

内 容 简 介

在高速铁路路网建设运营规模迅速扩大的背景下,突发事件应急处置、运营秩序和服务品质及时恢复已成为铁路运营部门面临的巨大挑战和亟待解决的问题。本书在国际上首次系统研究突发事件条件下高速铁路运输组织相关问题,提出的相关理论、方法和解决方案可为读者日常工作和进一步研究提供一个完整的参考架构。

本书可作为铁路运输领域日常管理和科研工作者的参考手册,也可作为研究生的参考教材。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

突发事件下高速铁路运输组织:理论与应用 / 贾利民,王莉,秦勇著. —北京:北京交通大学出版社,2017.3

ISBN 978-7-5121-3069-2

I. ①突… II. ①贾… ②王… ③秦… III. ①高速铁路—铁路运输管理 IV. ①U238

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 299006 号

突发事件下高速铁路运输组织——理论与应用

TUFA SHIJIAN XIA GAOSU TIELU YUNSHU ZUZHI——LILUN YU YINGYONG

责任编辑:陈跃琴 助理编辑:李荣娜

出版发行:北京交通大学出版社

电话:010-51686414 <http://www.bjtup.com.cn>

地 址:北京市海淀区高粱桥斜街 44 号 邮编:100044

印 刷 者:北京艺堂印刷有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:170 mm×235 mm 印张:27.25 字数:519 千字

版 次:2017 年 3 月第 1 版 2017 年 3 月第 1 次印刷

书 号:ISBN 978-7-5121-3069-2/U·254

印 数:1~1000 册 定价:150.00 元



本书如有质量问题,请向北京交通大学出版社质监组反映。对您的意见和批评,我们表示欢迎和感谢。
投诉电话:010-51686043, 51686008; 传真:010-62225406; E-mail: press@bjtu.edu.cn。

前 言

世界高速铁路的发展经过了三次建设热潮，第一次可追溯到 20 世纪 60 年代至 90 年代初期，日本在 1964 年开通的东海道新干线，是世界上第一条高速铁路。随后法国、德国也相继开始高速铁路的建设，这一时期是高速铁路建设的开始阶段。第二次建设热潮是 20 世纪 90 年代初期到 21 世纪初期。越来越多的发达国家认识到高速铁路的重要性，特别是法国、德国、西班牙、荷兰和英国等欧洲国家开始大规模修建高速铁路，这一时期欧洲初步建立了高速铁路网络。第三次是 21 世纪初期至今，中国高速铁路的快速发展，引导了高速铁路建设在世界范围内的复苏。其间，中国完成了铁路的 6 次大提速，并在 2004 年通过了《中长期铁路网规划》，成为目前高速铁路运营里程最长的国家（运营里程占世界总里程的一半以上）。

随着高速铁路建设里程和规模的快速增长，一些国家（如中国）的高速铁路已经网络化运营，各条线路相互影响，关系十分复杂，其动态性和时空关联性也更强。在这种复杂运营环境下，突发事件影响的空间范围更加广泛，事件的处置难度也大大增加，突发事件（条件）下的运输组织管理就显得尤为重要。

高速铁路建设初期，发生过几次重大事故。例如，1998 年 6 月 3 日，德国高铁 ICE 884 列车行驶到埃舍德的一座路桥时发生脱轨事故，造成 101 人死亡、88 人受伤；2005 年 4 月 25 日，日本尼崎市发生高速铁路脱轨事故，造成 107 人死亡、549 人受伤；2011 年 7 月 23 日，中国甬温线铁路因恶劣天气造成通信设备故障，导致 D301 次列车与 D3115 次列车发生追尾事故，造成 40 人遇难、172 人受伤。这些事件给人民生命财产造成了巨大损失，使正常的生产生活秩序受到极大影响，社会反响极其恶劣。同时，这些事件对铁路安全保障与应急管理工作提出了严峻挑战，特别是高速铁路成网运行之后，突发事件的影响将沿网络扩散，运营管理者的工作对象不再是孤立的某条线路，而是受事件影响的动态变化的铁路网络。因此，研究突发事件条件下的运输组织相关理论、方法和技术，是未来高速铁路快速发展趋势下不可或缺的内容。

目前国内外对于非正常条件下高速铁路应急处置的研究主要分为两种：一种是遵循传统铁路的思路，在既有理论体系和技术方法上进行修改，但研究重点仍是传统的运输组织内容，没有形成专门针对突发事件条件下的运输组织策略。这种方法虽然能在一定程度上解决理论问题，但对于高速铁路复杂多变的现场环境缺乏适用性。高速铁路的快速发展使得运营与应急管理理念开始发生本质的变化：已有传统应急处置是从运营者的角度出发，以尽快恢复铁路运行为首要目标，而新的运营与应急管理工作则以减少全局损失（包括社会影响、旅客替换服务、路网的影响降到最低等）为目标，体现出“以人为本”的思想。这些理念上的变化必然会带来运输组织策略、方法和技术的重大变革。另一种则遵循一般应急管理的思路，侧重于铁路突发事件的应急管理，其主要内容涉及应急预案体系、突发事件风险评估、应急平台及系统建设等，虽然能为高速铁路的应急处置提供研究思路，但是不涉及运输组织内容，更不能提供突发事件条件下的行车组织方案，不能真正指挥现场行车作业，理论体系与方法具有一定局限性。针对本领域目前的研究现状和需求，作者结合二十多年的经验和科研积累，以完善、补充和形成中国高速铁路应急管理体系为目标，在突发事件条件下高速铁路运输组织相关理论体系、技术方法和系统平台建设等方面进行了持续的探索和实践，这些工作构成了本书形成的重要基础。

本书撰写的初衷是希望能够提供一个突发事件条件下高速铁路运输组织与应急管理的体系框架和相关的理论与方法；同时，也希望能为铁路运营管理者提供一个系统化的方法集合，以期对铁路现场实际运营管理工作的改进和重构有所助益。为了兼顾上述两方面的需求，本书在重点探讨铁路突发事件及运输组织相关科学问题和理论方法的同时，尽力做到理论联系实际，书中所有的方法、算法和问题求解过程均以铁路运营的实际场景为依据，其结果可以作为铁路运营实际工作或相关运营支持系统的参考。基于本书提出的理论方法和模型算法，研发的“全国铁路应急预案管理系统”和“铁路运输组织应急处置决策支持系统（高速铁路）”已经在中国铁路得到了规模化应用。本书的内容在适应中国高铁所具有的运营里程长、时空关系复杂、运输组织模型多样、应急处置难度大等特点的同时，还兼顾了其他国家和地区高速铁路运营组织管理的一般需求，具有普遍的适用性。

本书围绕突发事件条件下高速铁路运输组织展开探讨，按照基础理论探索、方法和技术研究、系统平台建设三个层面进行了探索和分析。全书共分为 10 章，主要内容如下。

第 1 章介绍了高速铁路运输组织现状。从分析世界高速铁路的发展历程开始，

对世界上各个国家高速铁路的建设和运营情况进行了介绍,并从系统的角度阐述了铁路运输系统及运输组织的内涵和外延。然后在分析了中国高速铁路运营技术特征的基础上,探讨了铁路运输组织与应急管理的关系,指出铁路运输组织过程是突发事件条件下铁路应急管理的重要环节。铁路运输组织过程中从宏观到微观不同层次的技术文件和计划,构成了突发事件条件下铁路应急管理的预防、准备、响应和恢复四个阶段中重要的管理方法、调度策略和调整措施。

第2章介绍了突发事件条件下高速铁路运输组织相关的一些基本概念和理论。这些内容为深入理解突发事件条件下高速铁路运输组织的实质奠定了基础。首先阐述突发事件和铁路突发事件的相关概念;进而分析了突发事件条件下铁路运输组织问题的差异性,并重点描述不同类型的突发事件条件下运输组织的定义、组织原则、组织策略、优化目标和约束条件及运输组织流程;最后分析了严重突发事件条件下运输组织的复杂性。

第3章首先分析了突发事件条件下高速铁路区间通过能力计算与正常条件下的区别,指出此时的区间通过能力具有模糊性、随机性等特点,在传统的列车扣除系数法的基础上,针对突发事件条件下通过能力的不确定性,提出了基于模糊马尔可夫链的区间通过能力计算方法,该方法更能容错各类因素及其不确定性,并以京沪高速铁路为背景验证了该算法在突发事件条件下的有效性。

第4章分析了突发事件条件下列车径路搜索问题的影响因素,建立了基于能力充足的径路搜索模型。别外,针对其特有的运行时间敏感、区间通过能力为模糊随机变量且具有空间属性等特点,提出了一种基于决策者偏好的线路弧段能力时间密度定义,并建立了基于能力时间密度的径路搜索模型,读者可根据现场实际条件选取合适的径路搜索方法。

第5章介绍了突发事件条件下的高速铁路列车开行方案编制方法。在突发事件影响范围广、持续时间长的条件下,高速铁路的运输组织除了需要进行列车运行计划的调整外,还会涉及列车开行方案的调整。首先介绍了列车开行方案编制的双层规划模型,上层规划进行停站优化,下层规划进行客流分配优化,并实现停站优化与客流分配的循环反馈整体优化。最后以台湾高铁和京沪高速铁路为背景进行实例分析,证明了新的方法可以针对不同突发事件条件生成多种列车开行方案,增加了运输组织策略的实用性。

第6章是本书的重点内容,首先分析了突发事件条件下高速铁路行车规则,然后针对突发事件的特点,建立了行车调度优化与列车运行调整双层规划模型,上层规划对列车迂回、列车重联、列车停运等调度策略进行优化,在给定上层调

度策略后,下层规划采取改变列车区间运行时间、列车停站时间和列车越行方式等策略,并为上层规划提供调整后的列车时刻表,实现双层迭代整体优化。最后根据突发事件的特点,考虑了不同目标函数,设计了两种求解算法,以便更符合现场的实际情况。

第7章和第8章介绍了高速铁路应急资源的静态和动态配置及调度优化的相关模型和方法。针对高速铁路突发事件的特点,从最简单的单应急点-单资源的调度问题入手,并最终实现了基于效用函数的多应急点-多资源的应急资源调度。

第9章介绍了突发事件条件下高速铁路列车运营决策支持系统,首先分析了系统的体系结构,介绍了支撑系统运行的三类数据库,然后详细描述了高速铁路特殊运营条件获取与生成子系统、高速铁路运输组织应急预案编制与决策支持子系统、特殊运营条件下高速列车开行方案编制子系统三个子系统;最后介绍了全国铁路应急预案管理系统和铁路运输组织应急处置决策支持系统(高速铁路)两个示范工程的应用情况,为本书提出的相关理论方法、技术体系和系统平台的推广奠定了基础。

第10章为广大的读者介绍了本领域目前亟待解决的开放性问题。这些问题涵盖高速铁路行车规则、突发事件条件下的客流预测、突发事件条件下多种交通方式的协同组织与优化,以及突发事件条件下的旅客综合信息推送等内容,涉及高速铁路应急管理的预防、准备、响应和恢复四个阶段,这些问题有的是突发事件条件下运输组织的核心内容,有些则是重要的补充和条件,故将这些问题整理成一章以供广大学者共同研究。

本书既包含突发事件条件下运输组织的相关理论方法,又涉及具体的系统实现和示范工程,不同的读者可以重点关注不同的章节。铁路现场工作者,可重点关注第4~6章和第9章,以帮助其在日常的管理工作中形成更合理的运输组织策略,同时这些内容对突发事件条件下的调度指挥系统的建设和部署具有实际的参考意义。铁路运输组织和应急管理领域的研究者,可关注第1~3章和第7、8、10章的内容,以帮助其从一个新的视角理解突发事件条件下的铁路运输组织与应急管理的关系,从而构建以运输组织和应急管理一体化为目标的研究思路和问题求解路径。

本书内容集成了作者及其团队多年来承担的各种科研项目的成果,这些项目得到了国家自然科学基金(高速铁路列车运行调整的模糊随机混合智能优化理论与方法的研究,编号:61074151;铁路运输系统安全监控信息智能集成模型及理论的研究,编号:60074002)、“十一五”国家科技支撑计划(高速列车运行组织

方案优化设计关键技术与系统, 编号: 2009BAG12A10)、铁道部科技发展计划(青藏铁路综合安全监控系统研究、铁路应急预案管理研究, 编号: 2008F002)、青藏铁路公司科技研究开发计划(青藏铁路应急救援体系及应急救援指挥信息系统的研发, 编号: QZ2007-Z13)、霍英东基金青年教师奖励计划(高速铁路运输组织优化技术的研究, 编号: 114023), 以及与 IBM 的国际合作计划(Project of Railway Asset Condition Analysis & Scheduling Optimization for Emergency Responses, 编号: JSA201002001)的支持, 也得到了作者所在的轨道交通控制与安全国家重点实验室、北京交通大学交通运输学院, 以及北京市城市交通信息智能感知与服务工程技术研究中心的大力资助和支持。

本书中部分内容也包含了以下合作者的工作内容, 包括北京交通大学副教授徐杰博士、兰州交通大学副教授孟学雷博士, 以及北方工业大学讲师周慧娟博士、中国铁路信息技术中心高工朱涛博士、北京交通大学讲师郭建媛博士等几位专家和学者, 其中, 孟学雷和周慧娟的博士论文也是本书相关内容的重要来源, 作者对他们的贡献表示衷心的感谢。

在本书写作过程中, 北京交通大学的研究生豆飞、高江华、张兰霞、郭丹和张惠茹等也参加过部分内容的讨论和矫正工作; 本书的责任编辑、北京交通大学出版社的陈跃琴老师对本书的出版给予了大力帮助, 在此一并致谢!

随着高速铁路网的规模日益扩大, 运输效率和安全保障的关系日益密切, 突发事件对路网整体的影响越来越大, 突发事件条件下的运输组织必然在高速铁路运营组织管理过程中发挥越来越重要的作用。

作者希望本书能在运输组织和应急管理一体化领域起到抛砖引玉的作用, 也希望更多的同仁投身该领域的研究和应用工作。

限于作者的水平和工作的局限性, 书中的疏漏甚至不当之处在所难免, 恳请广大读者批评指正。

作 者
2016 年 1 月

目 录

1	高速铁路运输组织现状	1
1.1	世界高速铁路发展概况	1
1.1.1	日本高速铁路	3
1.1.2	法国高速铁路	4
1.1.3	德国高速铁路	4
1.1.4	中国高速铁路	4
1.2	铁路运输组织研究概述	7
1.2.1	铁路运输系统	7
1.2.2	铁路运输系统的运输组织	10
1.3	中国高速铁路运营技术特征	15
1.4	高速铁路动态应急管理	17
1.4.1	突发事件对铁路运输的影响	17
1.4.2	铁路突发事件应急管理	19
1.4.3	铁路运输组织与铁路应急管理的关系	23
	本章小结	24
	本章参考文献	24
2	突发事件条件下高速铁路运输组织概述	27
2.1	突发事件	27
2.1.1	铁路突发事件	28
2.1.2	铁路突发事件的特点	32
2.2	突发事件条件下铁路运输组织问题分析	34
2.2.1	运输组织的追求目标不同	34
2.2.2	突发事件导致的约束条件不同	36
2.2.3	运输组织方案设计的次序不同	40
2.3	突发事件条件下运输组织类型分析	41

2.3.1	一般性突发事件条件下运输组织	41
2.3.2	严重突发事件条件下运输组织	42
2.3.3	恶性突发事件条件下运输组织	45
2.3.4	不同类型突发事件下运输组织的关系	46
2.4	严重突发事件条件下运输组织复杂性分析	48
2.4.1	问题结构复杂	49
2.4.2	问题对象复杂	49
2.4.3	问题环境复杂	50
	本章小结	51
	本章参考文献	51
3	突发事件条件下高速铁路区间通过能力估算	53
3.1	铁路区间通过能力计算方法分析	53
3.2	列车扣除系数分析	56
3.3	追踪列车间隔时间分析	59
3.4	突发事件条件下高速铁路区间通过能力计算	61
3.4.1	区间通过能力的不确定性分析	61
3.4.2	模糊马尔可夫链	64
3.4.3	区间通过能力模糊值计算	65
3.4.4	参数灵敏度分析	67
3.5	案例分析	68
	本章小结	72
	本章参考文献	72
4	突发事件条件下列车径路集生成	75
4.1	影响因素分析	76
4.2	基于能力充足的径路搜索模型	77
4.2.1	路网建模	78
4.2.2	K -最短路径算法	79
4.2.3	突发事件条件下改进的 K -最短路径算法	80
4.3	基于能力时间密度的径路搜索模型	83
4.3.1	路网建模	83
4.3.2	起讫点集合及可靠径路搜索	84
4.3.3	TCRSA 时间复杂度及特点分析	87

本章小结·····	88
本章参考文献·····	89
5 突发事件条件下高速铁路列车开行方案编制 ·····	91
5.1 列车开行方案编制模型·····	93
5.1.1 停站优化·····	95
5.1.2 客流分配·····	97
5.2 混合智能求解算法·····	97
5.2.1 模拟植物生长算法·····	98
5.2.2 植物多向生长模拟算法·····	99
5.2.3 基于 PMGSA 的列车开行方案编制算法的实现·····	115
5.2.4 算法特点·····	119
5.3 案例分析·····	121
5.3.1 中国台湾高铁·····	121
5.3.2 京沪高铁·····	122
本章小结·····	128
本章参考文献·····	130
6 突发事件条件下高速铁路行车计划调整 ·····	133
6.1 突发事件条件下高速铁路行车规则·····	136
6.1.1 突发事件条件下我国高速铁路行车规则·····	136
6.1.2 突发事件条件下日本新干线高速列车行车规则·····	139
6.2 突发事件条件下行车调度优化模型·····	144
6.2.1 不确定双层规划·····	144
6.2.2 影响因素分析·····	148
6.2.3 突发事件条件下行车调度优化模型构建·····	150
6.2.4 行车调度优化模型不确定因素分析·····	155
6.2.5 不确定环境下行车调度优化模型·····	157
6.3 突发事件条件下列车运行调整模型·····	160
6.3.1 影响因素分析·····	160
6.3.2 突发事件条件下列车运行调整模型构建·····	161
6.3.3 列车运行调整模型特点分析·····	178
6.3.4 列车运行调整模型不确定因素分析·····	179
6.4 基于容差法的模糊列车运行调整·····	182

6.4.1	模糊线性规划	182
6.4.2	基于容差法的模糊列车运行调整模型	184
6.4.3	突发事件条件下行车组织双层规划算法	192
6.4.4	案例分析	195
6.5	基于收敛模糊粒子群算法的列车运行调整	228
6.5.1	目标函数设计	228
6.5.2	收敛模糊粒子群算法	230
6.5.3	基于 CFPSO 算法的列车运行调整的实现	239
6.5.4	案例分析	243
	本章小结	251
	本章参考文献	252
7	高速铁路应急资源配置	259
7.1	基于效用函数的高速铁路应急资源的静态配置	261
7.1.1	高速铁路应急资源效用函数	261
7.1.2	Monte Carlo 方法	262
7.1.3	基于效用函数的高速铁路应急资源的静态配置模型	264
7.1.4	案例分析	267
7.2	基于纳什均衡的高速铁路应急资源的动态配置	272
7.2.1	博弈理论简介	272
7.2.2	纳什均衡	274
7.2.3	基于纳什均衡的高速铁路应急资源的动态配置模型	276
7.2.4	案例分析	278
	本章小结	280
	本章参考文献	280
8	高速铁路应急资源调度优化	283
8.1	单应急点-单资源的应急资源调度	286
8.1.1	单应急点-单资源的应急资源调度模型	286
8.1.2	数学证明	289
8.1.3	案例分析	293
8.2	单应急点-多资源的应急资源调度	295
8.2.1	单应急点-多资源的应急资源调度模型	295
8.2.2	案例分析	299

8.3	多应急点-多资源的应急资源调度	301
8.3.1	多应急点-多资源的应急资源调度模型	301
8.3.2	案例分析	303
	本章小结	306
	本章参考文献	306
9	突发事件条件下高速铁路列车运营决策支持系统与示范应用	308
9.1	系统体系结构	308
9.1.1	系统总体架构	309
9.1.2	系统子系统设计	310
9.1.3	系统网络环境结构	312
9.1.4	非功能性要求	313
9.2	系统数据库设计	314
9.2.1	概念设计	314
9.2.2	逻辑设计	316
9.3	高速铁路特殊运营条件获取与生成子系统	323
9.3.1	系统需求分析	323
9.3.2	系统结构设计	325
9.3.3	系统界面	327
9.4	高速铁路运输组织应急预案编制与决策支持子系统	335
9.4.1	系统需求分析	335
9.4.2	系统结构设计	336
9.4.3	系统界面	338
9.5	特殊运营条件下高速列车开行方案编制子系统	358
9.5.1	系统需求分析	358
9.5.2	系统结构设计	359
9.5.3	系统界面	360
9.6	示范应用	373
9.6.1	全国铁路应急预案管理系统示范应用	373
9.6.2	铁路运输组织应急处置决策支持系统(高速铁路) 示范应用	379
9.7	实施效果	383
	本章小结	384

本章参考文献	384
10 开放性问题	386
10.1 第一类：机理和规律性问题	386
10.2 第二类：运输组织模式与策略	388
10.3 第三类：系统智能化服务	390
本章小结	390
附录 A 列车运行时刻表	391
附录 B 列车运行计划	398
附录 C 列车运行图	414
附录 D 列车区间纯运行时分	417
附录 E 径路上区间与车站权重	419



高速铁路是指时速 200 km 以上的既有铁路或时速 250 km 以上的新建铁路^[1]。随着经济的快速发展及人民生活水平的提高,人们出行方式的选择更加丰富,并且越来越重视出行质量的提升。高速铁路以能源消耗低、环境污染小、运输能力大、安全性好、速度快、节约土地资源、正点率高等特点在国内外得到快速发展^[2]。自从日本修建了第一条高速铁路——东海道新干线,高速铁路就逐渐成为铁路发展的潮流,同时也体现了各个国家的综合实力。虽然中国对于高速铁路相关技术的研究开展较晚,但随着京津城际铁路、武广高速铁路、郑西高速铁路、京沪高速铁路等相继开通运营,中国高速铁路正在引领世界高速铁路的发展。

目前世界上已经有中国、西班牙、日本、德国、法国、比利时、奥地利、瑞典、英国、意大利、俄罗斯、土耳其、韩国、荷兰、瑞士、巴西等多个国家和地区建成并运营高速铁路。据国际铁路联盟统计,截至 2016 年 9 月 10 日,世界各国和地区高速铁路总营业里程 35 834 km,在建高铁规模为 44 648 km,规划建设高铁 41 880 km^[3]。

1.1 世界高速铁路发展概况

高速铁路作为一种安全可靠、快捷舒适、运载量大、低碳环保的运输方式,已经成为世界铁路发展的重要趋势。纵观世界高速铁路的发展历程,可以划分为三个阶段,形成了三次建设高潮。

第一次是 20 世纪 60 年代至 90 年代初期。1964 年 10 月 1 日日本开通了世界上第一条载客运营的高速铁路系统——东海道新干线,其运营速度为 270 km/h。之后又建设了山阳、东北和上越新干线等,基本形成了全国范围的高速铁路网主体结构。随后,法国、意大利、德国也开始建设高速铁路,包括法国的 TGV 东南线和 TGV 大西洋线,意大利的罗马至佛罗伦萨线及德国的汉诺威至维尔茨堡线。

这一时期世界高速铁路总里程达 3 327 km，是高速铁路建设的开始阶段。

第二次是 20 世纪 90 年代初期到 21 世纪初期。经过第一次高速铁路建设高潮之后，越来越多的国家意识到高速铁路的重要性。其中，法国、德国、西班牙、荷兰、英国等欧洲国家开始大规模修建本国铁路。特别是 1994 年，英、法两国建设了第一条国际高速铁路，其穿越英吉利海底隧道把伦敦和巴黎连接在一起，1997 年，从巴黎开出的“欧洲之星”列车又将法国、比利时、荷兰和德国连接在一起，逐步形成了欧洲高速铁路网络^[4]。这一时期世界高速铁路总里程达 6 474 km，高速铁路建设进入快速发展时期。仅仅经过了 10 年的时间，世界高速铁路运营里程就增加了一倍。

第三次是 21 世纪初期至今。这一阶段从世界范围开始了高速铁路建设的热潮，涉及亚洲、北美洲、南美洲、欧洲和大洋洲。其间中国铁路多次提速，并在 2004 年通过了《中长期铁路网规划》，这标志着中国高速铁路大规模建设时期的开始。中国的京津城际铁路、京沪高速铁路、郑西高速铁路和日本的山阳新干线设计运营时速都超过了 300 km。美国、韩国、澳大利亚、比利时、西班牙、瑞士、加拿大、印度、土耳其等国家也加入高速铁路建设大军。此外，瑞典、摩洛哥、俄罗斯、捷克、巴西等国家也积极规划与筹建高速铁路。表 1-1 描述了世界各国高速铁路建设历程。截至 2016 年 9 月 10 日，世界上高速铁路运营里程最长的四个国家为中国、西班牙、日本和法国，分别为 20 000 km、3 100 km、2 664 km 和 2 036 km^[3]。这一时期世界高速铁路运营里程增加近三倍。

表 1-1 世界各国高速铁路建设历程（截至 2016 年 9 月 10 日）

序号	国家	首次运营时间	最高运营速度/（km/h）	运营里程/km	计划建设里程/km
1	日本	1964	320	2 664	958
2	法国	1983	320	2 036	3 164
3	意大利	1981	300	923	346
4	德国	1991	300	1 352	790
5	西班牙	1992	310	3 100	3 010
6	比利时	1997	300	209	—
7	中国	2003	350	20 000	25 000
8	英国	2003	300	1 377	—
9	韩国	2004	300	819	613

续表

序号	国家	首次运营时间	最高运营速度/(km/h)	运营里程/km	计划建设里程/km
10	瑞士	2007	250	80	57
11	荷兰	2009	300	120	
12	土耳其	2009	250	1 420	1 506
13	奥地利	2012	250	292	201
14	美国	2012	300	362	777
15	沙特阿拉伯				550
16	摩洛哥				680
17	俄罗斯	2009	250	645	770
18	波兰	2014	85		627
19	葡萄牙				1 006
20	瑞典				750
21	印度				495
22	巴西				511
23	丹麦	2000	200	5	60

1.1.1 日本高速铁路

1964年10月1日,世界上第一条高速铁路——日本东海道新干线投入运营,这标志着世界高速铁路由试验阶段跨入了商业运营阶段。东海道新干线始建于1959年,全长达515.4 km,最高运营时速210 km。东海道新干线的投入运营,将东京至大阪的旅行时间缩短了近一半,由原来的6 h 30 min缩短到3 h 10 min。东海道新干线以安全、快速、准时、舒适等优越性赢得了广大公众的支持和欢迎,并迅速占领了运输市场,日均运量达36万人次,相当于10条高速公路的客运量。东海道新干线的修建缓解了东海道地区旅客运输紧张的状况,使东京、横滨、名古屋、大阪等大城市的交通变得畅通、安全,并取得了良好的经济效益。东海道新干线的修建使得一度被贬为“夕阳产业”的铁路,彰显出了强大的生命力,带来了铁路发展的新纪元。

自1964年东海道新干线建成至今,经过不断的扩展,日本新干线已经由原来的1条发展到现在的6条^[5]:东海道新干线、山阳新干线、东北新干线、上越新干线、北陆新干线、九州新干线,营业里程达2 664 km。2004年新干线输送旅客