



高速铁路安全运营的 测度理论与监控方法

■ 胡启洲 张卫华 张晓亮 胡军红 著



科学出版社

高速铁路安全运营的测度 理论与监控方法

胡启洲 张卫华 张晓亮 胡军红 著



科学出版社

北京

内 容 简 介

本书是对高速铁路安全运营的测度理论与监控方法的研究,全书共分4章。第1章主要是在解析高速铁路发展态势的基础上,研究高速铁路发展历程、技术特性等,详细介绍世界各国高速铁路的发展现状,解析我国高速铁路的发展态势。第2章研究高速铁路安全运营的不确定性机理问题,分析影响高速铁路安全运营的外部环境影响因子和内部影响环境因子,并对影响因子进行界定、量化和等级标定。第3章研究高速铁路安全运营的测度理论,搭建高速铁路安全运营的测度理论体系,构建高速铁路安全运营的评估模型。第4章研究高速铁路安全运营的监控方法,依据高速铁路安全运营的监控机理,利用不确定性数学方法,分别建立基于复合物元、模糊识别、粗糙集理论、神经网络等的测度模型,为高速铁路安全运营发展提供理论支撑;并设计高速铁路安全运营的监控平台,对高速铁路的运营进行动态监控,实现高速铁路安全运营的目的。

本书可作为高等院校交通工程、管理科学、系统工程与控制工程等相关专业的高年级学生和研究生教材,也可作为相关专业研究人员、工程技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

高速铁路安全运营的测度理论与监控方法 / 胡启洲等著. —北京:科学出版社, 2014. 10

ISBN 978-7-03-041992-7

I. ①高… II. ①胡… III. ①高速铁路—铁路运输—交通运输管理—研究 IV. ①U238②U29

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 222828 号

责任编辑:张海娜 / 责任校对:朱光兰

责任印制:肖 兴 / 封面设计:蓝 正

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

中国科学院印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2014 年 10 月第 一 版 开本:720×1000 1/16

2014 年 10 月第一次印刷 印张:16 1/2

字数:330 000

定价:88.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

前 言

目前,中国高速铁路运营里程已经超过 1.1 万 km,成为世界上高速铁路发展最快、规模最大的国家。按照目前世界各国的高速铁路规划宏图,2024 年全球高铁总里程达到 4.2 万 km,世界逐步进入“高铁时代”。但如何保证高速铁路的安全运营,成为现阶段研究的热点问题。因此,本书针对高速铁路安全运营的发展态势,在考虑高速铁路安全运营多种因素基础上,构建高速铁路安全运营的测度指标体系,分析影响高速铁路安全运营的不确定性因子,建立高速铁路安全运营的测度模型和监控方法,实现高速铁路安全运营的目的。高速铁路安全运营的测度模型主要是通过计算将高速铁路系统的多层次测定转化为单级测定,并用定量的测度结果简明确切地反映出高速铁路安全运营的态势,为科学决策提供理论依据。高速铁路安全运营的监控方法就要是对高速铁路控制系统中不确定性因子进行量化测定,并对高速铁路安全态势进行等级界定,确保高速铁路在安全范围内正常运营。

本书是对针对高速铁路安全运营的监控方法进行综合研究,全书共 4 章。第 1 章主要是在解析高速铁路发展态势的基础上,研究了高速铁路发展历程、技术特性等,详细介绍了世界各国高速铁路(包括里程、运营速度、采用技术、发生事故、规划蓝图等)的发展状况,解析了我国高速铁路的发展态势。第 2 章研究了高速铁路安全运营的不确定性机理问题,主要研究了高速铁路安全运营的影响因子,分析了影响高速铁路安全运营的外部环境影响因子和内部影响环境因子,并对影响因子进行了界定、量化和等级标定。第 3 章研究了高速铁路安全运营的测度理论问题,主要研究了高速铁路安全运营的测度机理与监控流程,搭建了高速铁路安全运营的测度理论体系。第 4 章研究了高速铁路安全运营的监控方法,依据高速铁路安全运营的监控机理,利用不确定性数学方法,分别建立了基于复合物元、模糊识别、粗糙集理论、神经网络等的测度模型,为高速铁路安全运营发展提供理论支撑;并设计了高速铁路安全运营的监控平台,对高速铁路的运营进行动态监控;最后,在分析高速铁路安全运营的影响机理基础上,对检测到的信息进行实时分析处理,给出各类信息快速识别、预警和疏导的策略与措施,达到提高管理水平、保持高速铁路安全畅通的目标。

本书是作者多年研究成果的汇总,也是对学术探索的积累。本书得到国家自然科学基金项目“城市路网交通拥堵态势监控的理论与方法”(No. 51178157)和

“城市道路交通流累积能源消耗机理与协调控制方法研究”(No. 51178158)、国家统计局统计科研计划项目“交通数据统计中的若干问题研究”(No. 2012LY150)和江苏省高校“青蓝工程”中青年学术带头人计划项目(No. 2012)的资助,在此表示感谢。

本书由胡启洲、张卫华、张晓亮、胡军红等共同撰写,课题组高宁波、郑丽媛、周畅、周佳、王健、虞泓杰等参加了部分编写工作。主要分工如下:第1章由胡启洲、张卫华、高宁波和郑丽媛完成;第2章由胡启洲、张卫华、张晓亮、高宁波、周畅、周佳、王健和虞泓杰完成;第3章由胡启洲、张卫华、张晓亮和胡军红完成;第4章由胡启洲和高宁波完成。

限于作者水平,书中难免存在不妥之处,敬请读者批评指正。

目 录

前言

第 1 章 世界高速铁路发展态势分析	1
1.1 高速铁路概述	2
1.1.1 高速铁路的定义	3
1.1.2 高速铁路的特点	4
1.1.3 世界高速铁路的发展现状	8
1.2 欧洲高速铁路发展态势	10
1.2.1 德国	12
1.2.2 法国	15
1.2.3 意大利	19
1.2.4 西班牙	20
1.2.5 英国	23
1.2.6 俄罗斯	24
1.3 亚洲高速铁路发展态势	26
1.3.1 日本	26
1.3.2 韩国	34
1.3.3 印度	35
1.3.4 土耳其	37
1.4 美洲高速铁路发展态势	38
1.4.1 美国	38
1.4.2 巴西	40
1.5 中国高速铁路发展态势	42
1.5.1 发展历程	45
1.5.2 现状分析	46
1.5.3 技术特性	55
1.5.4 发展态势	56
1.5.5 中国台湾	73
1.6 世界高速铁路发展态势	75

1.6.1	里程与客流	75
1.6.2	线路与国家	76
1.6.3	安全与技术	78
1.6.4	世界高速铁路发展愿景	80
1.7	小结	86
第2章	高速铁路安全运营的不确定性机理研究	87
2.1	高速铁路运营事故解析	88
2.1.1	高速铁路事故界定	88
2.1.2	高速铁路事故综述	89
2.1.3	高速铁路事故致因机理	93
2.2	我国高速铁路安全运营态势解析	94
2.2.1	我国高速铁路运营现状解析	96
2.2.2	我国高速铁路运营事故解析	98
2.3	高速铁路内部环境的不确定性因子	102
2.3.1	轨道影响	103
2.3.2	人员影响	105
2.3.3	列车影响	108
2.4	高速铁路外部环境的不确定性因子	112
2.4.1	暴雨影响	113
2.4.2	横风影响	120
2.4.3	雷电影响	127
2.4.4	地震影响	133
2.4.5	地质影响	139
2.4.6	温度影响	141
2.5	小结	146
第3章	高速铁路安全运营的测度理论	147
3.1	高速铁路安全运营的现状分析	147
3.1.1	国外铁路安全现状分析	147
3.1.2	国内铁路安全现状分析	148
3.1.3	安全运营的测度技术	149
3.2	高速铁路安全运营的测度指标体系	150
3.2.1	高速铁路安全运营的评价指标体系	150

3.2.2	高速铁路安全运营的综合评价	164
3.3	高速铁路安全运营的属性识别模型	169
3.3.1	环境气候因子影响阈值标定	169
3.3.2	基本原理	171
3.3.3	环境因素影响分析	172
3.3.4	我国高速铁路安全运营的环境影响分析	176
3.4	高速铁路安全运营的评估模型	178
3.4.1	安全态势的评估模型	178
3.4.2	基于支持向量机的高速铁路安全运营预测模型	187
3.4.3	基于粗糙集理论的高速铁路安全运营测度模型	191
3.4.4	高速铁路安全运营的模糊测度模型	202
3.5	基于复合物元的高速铁路安全运营测度模型	208
3.5.1	高速铁路安全运营的测度指标体系	209
3.5.2	高速铁路安全运营的复合物元模型	210
3.5.3	应用分析	213
3.6	小结	217
第4章	高速铁路安全运营的管理平台设计	219
4.1	国外高速铁路的安全运营模式	219
4.1.1	日本的安全运营模式	219
4.1.2	法国的安全运营模式	220
4.1.3	德国的安全运营模式	221
4.2	国内高速铁路的安全运营模式	222
4.2.1	网运分离的运营模式	223
4.2.2	网运合一的运营模式	223
4.2.3	国外管理模式的经验解析	224
4.3	高速铁路安全运营的管理平台设计	224
4.3.1	安全运营的管理平台设计	225
4.3.2	高速铁路环境安全管理的评估算法	226
4.3.3	高速铁路环境安全运营管理平台的设计	231
4.3.4	高速铁路环境安全运营管理平台的功能实现	233
4.3.5	程序设计	235
4.4	高速铁路环境安全监测系统关键技术实现	241

4.4.1	安全监测	242
4.4.2	风险评估	243
4.4.3	安全预警	243
4.4.4	数据流程	244
4.4.5	关键算法	245
4.5	小结	250
参考文献		251

第 1 章 世界高速铁路发展态势分析

自 1964 年日本建成世界上第一条高速铁路(简称高铁)以来,高速铁路从无到有,迅速发展,到 2024 年全球将步入“高铁时代”。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,已经成为世界交通业发展的重要趋势,引领人类走向新时代。据国际铁路联盟统计,截至 2013 年 12 月 31 日,世界除中国外的国家和地区高速铁路总运营里程为 11605km,在建高速铁路规模为 4883km,规划建设高速铁路 12570km。见表 1.1。

表 1.1 2013 年年底部分国家高速铁路运营里程

国家	中国	日本	法国	德国	西班牙	韩国
高速铁路运营里程/km	11028	2501	2043.7	1294	2065	420

1964 年 10 月,世界上第一条真正意义上的高速铁路东海道新干线(东京至大阪)在日本正式通车,标志着世界高速铁路新纪元的到来。从那时起,高速铁路便成为 20 世纪末人类极具革命性的交通工具。随后,法国、意大利、德国纷纷开始了修建高速铁路的步伐。至 20 世纪 90 年代中期,法国、意大利、德国、西班牙、比利时、英国等欧洲大部分国家开始大规模地修建本国或者跨国高速铁路,逐步形成欧洲高速铁路网络。从 20 世纪 90 年代中期至今,在亚洲(韩国、中国、土耳其、科威特)、美洲(美国、巴西)、大洋洲(澳大利亚)掀起了建设高速铁路的热潮。截至 2013 年 12 月 31 日,世界高速铁路已建设的里程数为 22633km,建有高速铁路的国家有中国、日本、法国、德国、意大利、西班牙、比利时、荷兰、瑞典、英国、美国、韩国、俄罗斯,正在规划建设中的国家有瑞士、奥地利、丹麦、加拿大、澳大利亚、印度、科威特、越南等国家,高速铁路已成为世界铁路发展的重要趋势,为世界的铁路运输业注入了新的活力。

由于高速铁路具有其他交通工具难以比拟的技术优势。首先是行车速度高,法国 TGV 列车曾创出 515.3km/h 的世界纪录,预计未来高速铁路运营可以达到 700km/h,接近飞机常规飞行速度;其次是车组运能大,高速列车间隔时间可达到 5min,单向每小时可开 12 列列车,这是公路和航空无法相比的;再次是安全性高,高速铁路线路设施的质量和精度都很高,列车运行控制系统是利用成熟的电子技术和智能化软件集成的,能确保列车间的安全距离,世界各国的高速铁路极少发生

人身伤亡事故;还可以全天候运行,不受雨、雪、雾、风的影响;此外还具有能耗低、节约用地、环境污染轻、舒适度高等特点。因此,高速铁路已经成为世界各国发展中的一个热点问题,本章针对高速铁路发展态势问题作详细研究和分析。

1.1 高速铁路概述

高速铁路形成有两个基本条件,满足这两个条件高速铁路才能出现和生存:第一个条件是人口稠密、生活水准较高的城市,能够承受比较昂贵的票价和多点停靠,如法国巴黎和德国柏林为核心的欧洲大陆、日本密集的城市等,成为高速铁路出生地;第二个条件是较高的社会经济和科学基础,能够保证高速轮轨的施工、运行与维修需要。因此,世界最先进的高速铁路技术诞生在德国、法国、日本和中国这四个国家。目前,高速铁路的发展模式有:

(1)日本的新干线模式。该模式全部修建新线,旅客列车专用。1964年10月1日东海道新干线正式开通营业,运行速度达到210km/h,日均运送旅客36万人次,年运输量达1.2亿人次。这条专门用于客运的电气化、标准轨距的双线铁路,代表了当时世界第一流的高速铁路技术水平。1975年至1985年间又依次开通了山阳新干线、东北新干线、上越新干线,1997年北陆新干线通车营业,形成了日本完善的国内高速铁路网骨架。

(2)法国的TGV(Train à Grande Vitesse)模式。该模式部分修建新线,部分改造旧线,旅客列车专用。1971年,法国政府批准修建TGV东南线(巴黎至里昂),1976年10月正式开工,1983年9月全线建成通车。1989年和1990年,法国又建成大西洋线。1993年,法国第三条高速铁路TGV北欧线开通运营,以巴黎为起点穿过英吉利海峡隧道通往伦敦,并与欧洲北部国家相连,是一条重要的国际通道。1999年,地中海线建成。法国TGV列车可以延伸到既有线上运行,所以通行范围覆盖大半个法国国土。

(3)德国的ICE(Inter City Express)模式。该模式全部修建新线,旅客列车及货物列车混用。德国高速铁路ICE于1985年首次试车,1991年曼海姆至斯图加特线建成通车,1992年汉诺威至维尔茨堡线建成通车,1992年德国购买了60列ICE列车,其中41列运行于第6号高速铁路,分别连接汉堡、法兰克福、斯图加特。目前,德国的泛欧高速铁路和第三期高速铁路陆续建成,实现了高速铁路国际直通运输。

(4)中国的CRH(China Railways High-speed)模式。该模式部分修建新线,部分改造旧线,旅客列车专用。近年来,中国在高速铁路领域发展迅速,取得了举世瞩目的成就。中国高速铁路是全世界高速铁路运营里程最长、在建规模最大的国

家。到2013年12月,中国铁路营业里程达到11万km以上,其中新建高速铁路达到1.1万km,中国高速铁路网初具规模。中国铁路坚持原始创新、集成创新和引进消化吸收再创新相结合,系统掌握了时速250km和时速350km及以上速度等级的高速铁路成套技术,构建了具有自主知识产权和世界先进水平的高速铁路技术体系。

1.1.1 高速铁路的定义

高速铁路由于具有高端性、快速性、便捷性、安全性、准点性等特点,广受各国民众和政府推崇,同时也是当前交通领域研究的重要内容。高速铁路从广义上定义为列车运行速度超过200km/h的铁路线路,但由于高速铁路特征较多,所以全世界对高速铁路的定义目前尚未统一,根据世界上使用的高速铁路技术,高速铁路的定义主要可分为欧盟和联合国经济委员会以及国际铁路联合会三种标准。

1. 国际铁路联盟标准

国际铁路联盟(法文:Union Internationale des Chemins de Fer, UIC;英文:International Union of Railways)是欧洲一些国家的铁路机构以及其他洲的铁路机构和有关组织参加的非政府性铁路联合组织,简称铁盟。其宗旨是推动国际铁路运输的发展,促进国际合作,改进铁路技术装备和运营方法,开展有关问题的科学研究,实现铁路建筑物、设备的技术标准的统一。所以根据国际铁路联盟(UIC)的定义,高速铁路是指通过改造原有线路(直线化、轨距标准化),使营运速度达到每小时200km以上,或者专门修建新的“高速新线”,使营运速度达到每小时250km以上的铁路系统。广义的高速铁路包含使用磁悬浮技术的高速轨道运输系统。高速铁路除了在列车在营运达到速度一定标准外,车辆、路轨、操作都需要配合提升。国际铁路联盟对高速铁路的定义:

高速铁路:新建高速铁路的设计速度达到250km/h以上;经升级改造(直线化、轨距标准化)的高速铁路,其设计速度达到200km/h,甚至达到220km/h。

高速铁道机车车辆:商业营运速度最少达到250km/h的高速动车组列车;商业营运速度较低(200km/h),但服务质量较高的列车,如摆式列车;商业营运速度达到200km/h的传统机车模式(铁路机车牵引铁路车辆)铁路列车。

2. 欧盟标准

欧盟在组建泛欧高速铁路网(Trans-European High-speed Rail Network, TENR)体系的过程中提出“高速铁路”和“高速铁路机动车辆”的定义,并发布了“96/48/EC号指令”(DIRECTIVE 96/48/EC),给出“高速铁路”和“高速铁道机

车车辆”两方面的标准。此标准现在普遍适用于欧盟成员国。欧盟对高速铁路的定义:

高速铁路:新建的高速铁路线路容许速度达到 250km/h , 经升级改造的高速铁路其容许速度达到 200km/h 。

高速铁路机车车辆:在新建高速铁路上, 运行速度最少达到 250km/h , 并在可能的条件情况下达到 300km/h , 在既有路线或升级改造的高速铁路上, 运行速度达到 200km/h 。

3. 联合国经济委员会标准

根据联合国欧洲经济委员会 (United Nations Economic Commission for Europe, UNECE) 运输统计工作组织, 和欧盟一样分别为“高速铁路”和“高速铁道机车车辆”两方面设立了标准。联合国欧洲经济委员会对高速铁路的定义:

高速铁路:高速铁路专线在主要路段的容许速度达到 250km/h 以上, 经升级改造的铁路在主要路段的容许速度达到 200km/h 。

高速铁道机车车辆:在高速铁路专线上的设计运营速度最少达到 250km/h ; 在经升级改造的高速铁路上, 设计运营速度达到 200km/h 的高速摆式列车; 最高运营速度达到 200km/h 的传统高速铁道机车车辆。

1.1.2 高速铁路的特点

1. 高速铁路与普通铁路的区别

高速铁路相对于普通铁路的特点:首先,线路弯道更少,尽可能的是直线,其通过速度比普通道岔高很多;其次,在轨道方面大量采用长距离无缝钢轨,而且道岔都采用高速可动心道岔;最后,钢轨直接铺设在钢筋混凝土路基上,还有高速铁路的信号系统也和普通铁路不同。

(1) 高速铁路都是无缝钢轨,而且时速 300km 以上的高速铁路采用的是无砟轨道,就是没有石子的整体式道床来保证平顺性。

(2) 高速铁路的弯道少,弯道半径大,道岔都是可动心高速道岔。

(3) 高速铁路大量采用高架桥梁和隧道,来保证平顺性和缩短距离。

(4) 高速铁路的接触网与普通铁路不同,来保证高速动车组的接触稳定和耐久性。

(5) 高速铁路的信号控制系统比普通铁路高级,因为发车密度大,车速快,安全性一定要高。

2. 高速铁路的优点

高速铁路目前是路面运行速度最快、运营里程最长、承载能力最强的交通方式。高速铁路与传统的铁路运输方式相比,最大的优点是占有土地省、运行速度高、能源消耗少、运输能力大、产业结构优、社会效益好。

(1) 高速铁路的输送能力大。

输送能力大是高速铁路主要技术优势之一。根据权威部门研究成果:高速铁路运载量是航空的10倍、高速公路的5倍,但运输成本只是航空的1/5、高速公路的2/5。特别是高速铁路行车间隔最短时间可达到3min,发车密度可达每小时20趟。例如,高速铁路每小时双向最大的输送能力可达64000~72000人,4车道的高速公路约为9800人,两条跑道的机场约为12000人。

(2) 高速铁路的速度快。

速度是高速铁路技术水平的最主要标志,各国都在不断提高列车的运行速度。法国、日本、德国、西班牙和意大利高速列车的最高运行时速分别达到了200km、300km、280km、270km和250km。目前中国高速铁路350km/h的运营技术已经成熟,全世界所有的高速铁路线路修建都是按照350km/h的提速功能设计,而我国按照380km/h的功能设计,特别是高速铁路的试运营速度已经达到600km/h。

(3) 高速铁路的安全性好。

高速铁路由于在全封闭环境中自动化运行,又有一系列完善的安全保障系统,所以其安全程度是任何交通工具无法比拟的。高速铁路问世以来,日、德、法、中等国共运送了60亿人次旅客,但总共发生过5次交通事故,分别是:1993年12月法国TGV7150列车出轨事故,0人死亡和1人受伤;1998年6月德国ICE884列车出轨事故,101人死亡和88人受伤;2005年日本新干线特大列车出轨事故,107人死亡和549人受伤;2011年中国甬温线同向动车组列车追尾事故,40人死亡和172人受伤;2013年7月西班牙列车出轨事故,78人死亡和111人受伤。其他各国高速铁路都未发生过重大行车事故,也没有因事故而引起人员伤亡。由于事故率及人员伤亡率远远低于其他现代交通运输方式,因此,高速铁路被认为是安全的。

根据铁道科学研究院在“我国高速铁路的社会成本及其对社会的贡献”课题的研究中公布的数据,我国交通运输每亿人公里交通事故死伤人数中,公路为死亡10.5人(重伤24.88人),铁路为死亡0.29人(重伤0.72人)。与此相比,高速铁路的安全优势明显。另一方面,全世界由于公路交通伤亡事故每年约死亡30万~50万人,每10亿人公里的平均死亡数高达140人;每年全球民用航空交通中有50架左右飞机坠毁,2000多人丧生。

(4) 高速铁路受气候变化影响小,正点率高。

高速铁路全部采用自动化控制,可全天候运营,除非发生地震。若装设挡风墙,即使在大风情况下,高速列车也只减速行驶而无须停运。据日本新干线风速限制的规范,若装设挡风墙,即使在大风情况下,高速列车也只要减速行驶,如风速达到 $25 \sim 30\text{m/s}$,列车限速在 160km/h ;风速达到 $30 \sim 35\text{m/s}$ (类似 11、12 级大风),列车限速在 70km/h ,而无须停运。飞机机场和高速公路等,在浓雾、暴雨和冰雪等恶劣天气情况下,则必须关闭停运。正点率高也是高速铁路深受旅客欢迎的原因之一。由于高速铁路系统设备的可靠性和较高的运输组织水平,可以做到旅客列车极高的正点率。西班牙规定高速列车晚点超过 5min 就要退还旅客的全额车票费;日本规定到发超过 1min 就算晚点,晚点超过 2h 就要退还旅客的加快费,每年东海道新干线列车平均晚点只有 0.3min 。高速列车极高的准时性深得旅客信赖。

(5) 高速铁路舒适方便。

高速铁路一般每 4min 发出一列车(日本在旅客高峰时每 3.5min 发出一列客车),旅客基本上可以做到随到随走,不需要候车。为了方便旅客乘车,高速列车规律化运行,站台按车次固定化等,这是其他任何一种交通工具无法比拟的。高速铁路列车车内布置非常豪华,工作、生活设施齐全,坐席宽敞舒适,运行非常平稳。特别是高速铁路的列车里面减震、隔音,车内很安静。乘坐高速列车旅行几乎无不便之感,无异于愉快的享受。研究表明:一只蚊子飞行的声音是 40dB ,飞机飞行时客舱内的噪声约为 81dB ,时速 120km 的小汽车噪声约为 76dB ,时速 380km 的中国高速铁路动车组列车车厢内噪声约为 68dB 。

(6) 高速铁路能源消耗低。

高速列车用电力牵引,不消耗宝贵石油等液体燃料,可用多种形式能源。所以,交通运输是能源消耗大户,能耗标准是评价交通运输方式优劣的重要技术指标。研究表明,高速铁路是能耗较低的交通运输方式(以“人/ km ”单位能耗来进行比较,并以普通铁路每人公里消耗的能源为 1),见表 1.2。

表 1.2 不同交通方式的能耗指标

交通方式	普通列车	高速铁路	公共汽车	小汽车	飞机
能耗/(人/ km)	1	1.3	1.5	8.8	9.8
能源	电力	电力	汽油或煤油	汽油或煤油	汽油或煤油

同时高速铁路使用的能源是二次能源——电力,基本上没有污染,汽车和飞机使用的是不可再生能源——汽油和煤油,而且还会产生温室气体。例如,一氧化碳(CO)的换算排放量表明:公路为 $0.902\text{kg}/\text{人}$,火车为 $0.109\text{kg}/\text{人}$,飞机为 $635\text{kg}/\text{人}$,以电为牵引力的高速铁路排放量为零。

(7) 高速铁路对环境影响小。

世界各国对新一代交通工具选择的着眼点是对环境影响小。高速铁路对环境影响小且优于汽车和飞机。汽车、飞机使用的是不可再生的一次能源——汽油或煤油,而高速铁路使用的是二次能源——电力。由于高速铁路采用电力牵引,因此消除了粉煤烟和其他废气污染,噪声比普通铁路低(以航空运输每人每千米产生的噪声为1,则大轿车为0.2,高铁为0.1)。根据研究成果,每人公里污染治理费用,如以高速铁路每人公里污染治理费用为1,则高速公路每人公里污染治理费用为3.76,飞机每人公里污染治理费用为5.21。而高速铁路人均碳排放量是私人小汽车的1/10、公共汽车的1/3、飞机的1/6。

(8) 高速铁路经济效益好。

高速铁路是推动经济起飞的动力,经济效益也十分可观。高速铁路不但促成铁路沿线农村的城市化进程,创造新的就业机会,而且投资回收快,不会造成财政和金融负担。虽然高铁建设成本是每公里0.3亿~0.6亿美元,但高铁辐射带动的其他产业,创造的价值是这个数字的2.4倍。国外研究成果表明当高铁在向前延伸时,线路建设、车辆制造、供电系统、控制系统、车站建设等每投入1元,因为辐射原因,会拉动相关行业总计得到2.4元的实际价值。例如,日本东海道新干线开通7年收回全部建设资金,1985年后每年纯利达2千亿日元,德国ICE城市间高速列车每年纯利润10.7亿马克,法国TGV每年纯利润19.44亿法郎。

(9) 高速铁路节约土地资源。

路面的交通运输,除了需要修建道路外,还需要配备大量的停车场设施,占用了大量的土地,目前许多大城市的交通拥堵和停车难问题就是路面交通的弊端,而高速铁路不存在此问题。一般双线高速铁路350km/h路面路基面宽9.6~11m,四车道高速公路路基面宽26m,双线铁路用地约46666.7m²/km,四车道高速公路占地70000m²/km。所以,通过对比分析,高速铁路占地只有高速公路的2/3,但是每小时的客运量却是四车道高速公路的4倍。高速铁路与普通铁路相比较,高速铁路基本上都是高架运营,所以节约许多宝贵土地。

(10) 高速铁路促进社会发展。

高速铁路不但拉近距离,而且促进了社会发展。一方面,高速铁路的发展可以促进城市间的交流合作,带动高速铁路沿线城市的经济发展建设,是国家规划城市群发展的主要轴线。另一方面,城市是因高速铁路而成片成带,产生经济圈,对社会、对经济起很大推动作用。特别高速铁路缩短了旅行时间,等于缩小了地区间的距离,改变了时间观念和地域概念,不但可以消除区域性差异,而且促进社会平等、和谐与发展。特别是中国高速铁路“四横四纵”的空间结构主要分布在中国中部和东部,连通长江三角洲、环渤海经济圈、长江中游经济圈三个经济圈以及五个

城市群。其中纵一带动北方都市群与海峡西岸都市圈的交流,纵二、纵三是京津冀经济区和珠三角经济圈的主要通道,纵四是关中城市如石嘴山、银川等城市与昆明城市的连接通道,四横高速铁路主要连接成渝城市群和长三角城市群,见图 1.1。

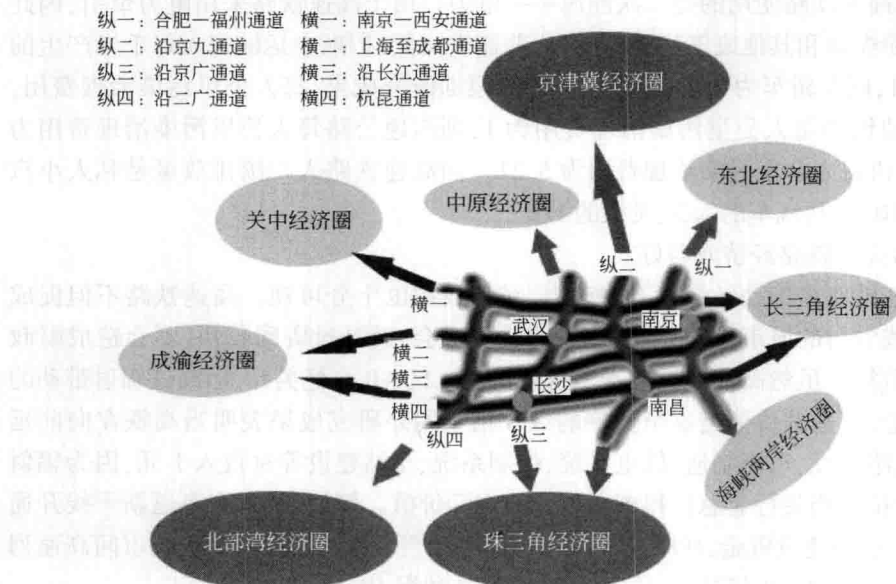


图 1.1 高铁带动经济圈

(11) 国家发展战略影响重大。

当前世界各国都开始修建跨国高速铁路,尽快实现国家地区间的路面快速通道,消除国家间由于地理位置限制的影响,加快地区间经济和资源的交流合作。所以,从国家发展大局上考虑,高速铁路具有深远的战略影响,这是因为从战略方面来说,可以保障国家安全。从全球发展大局上考虑,高速铁路的发展前景对于世界政治经济有十分深远的影响,促进世界一体化。

1.1.3 世界高速铁路的发展现状

鉴于高速铁路具有许多可观的经济利益和不可估量的政治影响,世界许多的国家纷纷投入高速铁路的建设进程中,到 2013 年 12 月 31 日,全世界共有德国、法国、意大利、西班牙、英国、日本、中国、中国台湾、韩国、美国、巴西等 11 个国家和地区开通了高速铁路线路,并且还有俄罗斯、印度两个国家正处于规划和筹建高速铁路阶段,见图 1.2 和表 1.3。