



城市轨道交通系列教材

轨道交通电气工程概论

GUIDAO JIAOTONG
DIANQI GONGCHENG GAILUN



高仕斌 主编



科学出版社

城市轨道交通系列教材

轨道交通电气工程概论

高仕斌 主编

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书全面地介绍了轨道交通交直流牵引供电系统及其负载的基本组成、工作原理与系统结构。本书以“电源—变电所—接触网—负载”为主线进行阐述,具有系统性强、反映先进技术、重点突出的特点。全书共分10章,主要包括轨道交通的发展概况、技术经济特征,轨道交通的基本构成,外部供电电源,交直流牵引变电所,交直流牵引供电方式,轨道交通供电自动化系统,受电弓与接触网系统,电力机车与动车组,牵引供电系统安全保障技术及轨道交通新技术。

本书可作为电气工程及其自动化(铁道电气化、轨道交通自动化)专业的教材,也可作为相关专业的参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

轨道交通电气工程概论 / 高仕斌主编. —北京: 科学出版社, 2013.8

城市轨道交通系列教材

ISBN 978-7-03-038503-1

I. ①轨… II. ①高… III. ①轨道交通-电气化铁道-牵引供电系统-高等学校-教材 IV. ①U223.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 205017 号

责任编辑: 杨 岭 于 楠 / 封面设计: 墨创文化

责任校对: 华宗琪 / 责任印制: 邝志强

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>

成都创新包装印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

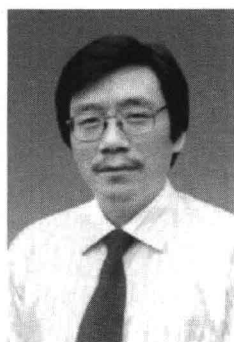
2013年8月第一版 开本: 787×1092 1/16

2013年8月第一次印刷 印张: 21 1/2

字数: 500千字

定价: 42.00元

作者简介



高仕斌，1963年11月出生，工学博士，教授，博士生导师，西南交通大学电气工程学院院长，四川省学术与技术带头人、有突出贡献专家，享受国务院特殊津贴，“十二五”国家科技重点专项（高速列车专项）专家组专家。主要从事牵引供电自动化系统的研究与教学工作，在国内外发表学术论文60余篇，合作出版专著、教材6部，主持国家、省部级科研项目20多项，曾经获得国家科技进步二等奖2项，国家优秀教学成果二等奖1项，四川省科技进步一等奖3项，中国铁道学会科学技术一等奖2项，四川省优秀教学成果一等奖1项，其他省、部级科技进步奖7项。

“城市轨道交通系列教材”编委会

主 编	蒋葛夫	翟婉明		
副 主 编	阎开印			
编 委	张卫华	高 波	高仕斌	
	彭其渊	董大伟	潘 炜	
	郭 进	易思蓉	张 锦	
	金炜东			

本册编委会

主 编	高仕斌			
编 委	赵丽平	张 丽	解绍锋	
	刘 炜	陈德明	陈维荣	
	吴积钦	方 岩	冯晓云	
	葛兴来	廖永衡	苟 斌	
	崔恒斌	吴广宁	高 波	
	李瑞芳	张昆仑		

前 言

轨道交通是国家重要的基础设施，与国民经济和人民生活密切相关。世界各国都十分重视轨道交通建设，尤其是高速铁路和城市轨道交通的建设。

截至2012年底，中国铁路运营里程达到9.8万km。其中，电气化铁路运营里程4.8万千米，高速铁路运营里程达到9356km，居世界第一位，超过了世界其他各国高速铁路的总和；中国有19个城市（含台北、香港）开通了城市轨道交通，运营里程2373km，为广大市民的出行带来了极大便利。到2020年，中国铁路运营里程将达到12万km以上，电气化铁路的运营里程将达到7.8万km以上，高速铁路的运营里程将达到1.6万km；中国已经进入城市轨道交通大发展时期，到2020年，中国将有约40个城市建设城市轨道交通，总规划里程7000多km。

为了适应轨道交通的大力发展，国内相关高校先后开办了与轨道交通密切相关的专业或专业方向，为轨道交通的科学研究、工程设计、工程施工和运行管理培养合格的建设者与管理者。为了使广大学子在进入系统的专业知识学习与实践之前，对轨道交通有一个全面、概要性的了解，国内相继出版了几种《轨道交通概论》教材或参考书。轨道交通牵引供电系统、轨道车辆牵引传动系统是轨道交通的重要组成部分，但一直没有一本系统的《轨道交通电气工程概论》，这就是编写本书的目的。

本书全面地介绍了轨道交通交直流牵引供电系统及其负载的基本组成、工作原理与系统结构。主要包括轨道交通的发展概况、技术经济特征，轨道交通的基本构成，外部供电电源，交直流牵引变电所，交直流牵引供电方式，轨道交通供电自动化系统，受电弓与接触网系统，电力机车与动车组，牵引供电系统安全保障技术及轨道交通新技术。

本书以“电源—变电所—接触网—负载”为主线进行阐述，具有系统性强、反映先进技术、重点突出的特点，可作为电气工程及其自动化（铁道电气化、轨道交通自动化）专业的教材，也可作为相关专业的参考资料。

本书由西南交通大学高仕斌教授担任主编。参加本书编写的主要人员及其分工为：第1章、第2章由赵丽平副教授撰写，高仕斌修改和统稿；第3章由张丽讲师、解绍锋副教授、刘炜讲师分别撰写3.1节、3.2节、3.3节，解绍锋统稿；第4章由解绍锋撰写4.1节，解绍锋和刘炜共同撰写4.2节，解绍锋统稿；第5章由张丽、解绍锋、刘炜分别负责5.1节、5.2节和5.4节、5.3节的撰写，解绍锋统稿；第6章的6.1节由高仕斌撰写，6.2节、6.3节、6.4节和6.6节由陈德明副教授撰写，6.5节由陈维荣教授撰写，高仕斌修改和统稿；第7章由吴积钦教授和方岩讲师共同完成，方岩撰写，吴积钦统稿；

第8章由冯晓云教授和葛兴来副教授为主撰写，其中，8.1节、8.2节和8.3节分别由廖永衡博士、苟斌博士和崔恒斌博士撰写，8.4节由葛兴来副教授撰写，冯晓云教授和葛兴来副教授负责统稿；第9章由吴广宁、高波、方岩和李瑞芳分别撰写9.1节、9.2节、9.3节和9.4节，吴广宁统稿；第10章由解绍锋、陈德明、葛兴来、陈维荣和张昆仑教授分别撰写10.1节、10.2节、10.3节、10.4节和10.5节，高仕斌统稿。全书由高仕斌教授修改与统稿。

由于作者水平有限，书中难免存在疏漏之处，恳请读者批评指正。

编者

2013年5月

目 录

前言

第 1 章 绪 论	1
1.1 轨道交通发展概况	1
1.1.1 电气化铁路	1
1.1.2 高速铁路	3
1.1.3 城市轨道交通	6
1.2 轨道交通技术经济特征	12
1.2.1 高速铁路的技术经济优势	12
1.2.2 城市轨道交通的主要特性	14
思考题	16
参考文献	16
第 2 章 轨道交通的基本构成	17
2.1 线路工程	17
2.2 机车车辆与动车组	21
2.3 牵引供电系统	23
2.4 信号与控制系统	24
2.5 通信系统	25
2.6 运营调度系统	31
2.7 客运服务系统	38
2.8 防灾与救援系统	38
思考题	40
参考文献	41
第 3 章 外部供电电源	42
3.1 电力系统概述	42
3.1.1 电力系统结构	42
3.1.2 电力系统的额定电压	43
3.1.3 电力系统运行要求	45
3.1.4 电力系统元件参数和短路容量	45
3.2 电气化铁路外部供电电源	47

3.2.1	电力系统供电方式	48
3.2.2	电源供电能力与电气化铁路运行可靠性	49
3.2.3	国外高速铁路外部供电电源概况	50
3.3	城市轨道交通外部供电电源	51
3.3.1	集中供电方式	51
3.3.2	分散供电方式	53
3.3.3	混合供电方式	53
3.3.4	三种供电方式的比较	53
	思考题	54
	参考文献	54
第4章	交直流牵引变电所	55
4.1	交流牵引变电所	55
4.1.1	电气主接线	55
4.1.2	一次设备	59
4.1.3	交直流电源	70
4.2	直流牵引变电所	71
4.2.1	电气主接线	71
4.2.2	一次设备	77
4.2.3	接地装置	86
	思考题	86
	参考文献	87
第5章	交直流牵引供电方式	88
5.1	概 述	88
5.2	交流牵引供电方式	90
5.2.1	按分区所运行状态的分类	90
5.2.2	按牵引网设备类型的分类	92
5.3	直流牵引供电系统	94
5.3.1	牵引供电系统构成	94
5.3.2	牵引变电所	95
5.3.3	牵引供电系统运行方式	95
5.4	接地与回流系统	96
5.4.1	交流牵引供电系统接地与回流	96
5.4.2	直流牵引供电系统接地与回流	99
	思考题	102
	参考文献	102
第6章	供电自动化系统	103
6.1	概述	103
6.2	交流牵引供电系统继电保护	104

6.2.1	基本概念	104
6.2.2	馈线保护	107
6.2.3	变压器保护	111
6.2.4	并联电容补偿保护	116
6.2.5	故障测距	119
6.2.6	备用电源自投	120
6.3	交流变电所自动化系统	122
6.4	直流牵引供电系统继电保护与自动化	126
6.4.1	直流系统的继电保护	126
6.4.2	直流系统电缆故障检测	132
6.4.3	地铁牵引变电所综合自动化系统	133
6.5	供电监控系统	134
6.5.1	基本概念	134
6.5.2	监控中心	138
6.5.3	被控端设备 RTU	142
6.5.4	远动通道	143
6.6	铁路供电信息化与管理信息系统	144
6.6.1	管理系统系统概述	144
6.6.2	铁路供电管理业务	147
6.6.3	铁路供电管理信息系统结构	150
	思考题	155
	参考文献	155
第 7 章	受电弓与接触网系统	156
7.1	概述	156
7.2	受电弓与接触网的基本组成	159
7.2.1	受电弓	159
7.2.2	接触网的典型结构和设备	164
7.3	受电弓与接触网的相互作用	186
7.3.1	几何特性	186
7.3.2	材料接口特性	195
7.3.3	动态相互作用特性	197
7.3.4	电接触特性	198
	思考题	202
	参考文献	202
第 8 章	轨道交通机车车辆电气系统	204
8.1	电力机车	204
8.1.1	速度开环控制交—直传动电力机车	204
8.1.2	速度闭环控制交—直传动电力机车	205

8.1.3	交—直—交传动电力机车	207
8.2	动车组	208
8.2.1	时速 270 km 动力集中动车组	209
8.2.2	时速 200~250 km 动力分散动车组	210
8.2.3	时速 300 km 以上动力分散动车组	212
8.3	城市轨道交通及其分类	214
8.3.1	有轨电车	215
8.3.2	地下铁道及地铁车辆	216
8.3.3	轻轨交通及其车辆	217
8.3.4	市郊铁路及其车辆	218
8.4	轨道车辆的电气系统	219
8.4.1	列车控制系统	219
8.4.2	牵引传动系统	221
8.4.3	辅助电气系统	233
	思考题	237
	参考文献	237
第 9 章	牵引供电系统安全保障技术	238
9.1	概述	238
9.1.1	牵引供电系统安全保障的重要性	238
9.1.2	牵引供电系统在线监测	238
9.1.3	牵引供电系统防护问题	240
9.2	牵引供电设备在线检测技术	241
9.2.1	牵引供电设备在线监测系统构成	241
9.2.2	牵引变压器在线监测与故障诊断	243
9.2.3	电容型设备在线监测	246
9.2.4	避雷器在线监测	248
9.2.5	GIS 及高压断路器在线监测	249
9.2.7	高压电缆温度在线监测	252
9.2.7	红外监测与故障诊断	253
9.3	受电弓—接触网系统检测	255
9.3.1	受电弓特性参数的测量	256
9.3.2	接触网参数的测量	258
9.4	牵引供电系统雷电防护技术	266
9.4.1	雷电参数以及防雷保护设备	266
9.4.2	接触网的防雷保护	267
9.4.3	牵引变电所防雷保护	276
	思考题	278
	参考文献	278

第 10 章 轨道交通新技术	279
10.1 同相供电技术	279
10.1.1 基于平衡变压器的同相供电技术方案	279
10.1.2 同相供电工程实例	281
10.1.3 同相供电系统技术经济分析	285
10.1.4 同相贯通供电技术	286
10.2 智能牵引供电系统	288
10.2.1 智能牵引供电系统架构	288
10.2.2 智能牵引供电系统功能	292
10.3 轨道车辆新技术	297
10.3.1 直线电机牵引技术	297
10.3.2 永磁同步牵引电机及直接驱动技术	298
10.4 轨道交通节能减排技术	302
10.4.1 燃料电池电动机车	302
10.4.2 蓄电池电动机车	306
10.4.3 混合动力机车	309
10.4.4 再生制动的能量回收	311
10.5 磁浮交通	315
10.5.1 磁浮列车分类及系统组成	315
10.5.2 TR 磁浮交通系统构成及其特征	318
10.5.3 MLX 磁浮交通系统构成及其特征	323
10.5.4 HSST 磁浮交通系统构成及其特征	325
10.5.5 Magplane 磁浮交通系统构成及其特征	328
10.5.6 磁浮交通技术的发展	328
思考题	331
参考文献	331

第1章 绪 论

本章主要介绍国内外轨道交通的发展情况及其技术经济特征。

现代综合交通包括航空、水路、铁路、公路及管道运输等交通方式。

航空运输成本高，除客运外，主要适合运载的货物有两类，一类是价值高、运费承担能力强的货物，另一类是紧急需要的物资。

水路运输主要承担大运力、长距离的客货运输，是干线运输中起主力作用的运输形式，担任补充及衔接大批量干线运输的任务。

铁路运输是使用铁路列车运送客货的一种运输方式，主要承担长距离、大运量的客货运输，是干线运输中起主力运输作用的运输形式。

公路运输主要使用汽车，主要承担近距离、小批量的货运，以及水运、铁路运输难以到达地区的长途、大批量货运。

管道运输是利用管道输送气体、液体和粉状固体的一种运输方式。靠物体在管道内顺着压力方向循序移动实现，其管道设备是静止不动的。

现代综合交通完成国民经济建设所需要的运输任务，满足人民的生活生产需要。

轨道交通是现代综合交通的骨干组成部分，它是一种利用轨道承载或引导列车进行货物或人员运输的方式。包括铁路、地铁、轻轨、空中轨道列车、有轨电车和磁悬浮列车等运输方式。

1.1 轨道交通发展概况

1.1.1 电气化铁路

电气化轨道交通是利用电能作为牵引原动力的轨道运输的总称。世界上第一条真正意义的电气化轨道交通诞生于1879年。1879年5月31日，西门子公司和哈尔斯克公司在德国柏林举办的世贸会上联合推出了一条轨距1 m、全长300 m的椭圆形“电气化铁路”，电力机车采用2.2 kW串励式二级直流电机驱动，总重945 kg；由150 V外部直流电源经铺设在两轨道中间的第三轨供电，走行轨作为电流回路；“列车”由3节敞开式“客车车箱”组成，每节“车箱”可



图 1-1 世界上第一条电气化轨道交通系统

出了一条轨距1 m、全长300 m的椭圆形“电气化铁路”，电力机车采用2.2 kW串励式二级直流电机驱动，总重945 kg；由150 V外部直流电源经铺设在两轨道中间的第三轨供电，走行轨作为电流回路；“列车”由3节敞开式“客车车箱”组成，每节“车箱”可

乘坐 6 人；最高运行时速 13 km(如图 1-1 所示)。

就是这条现在看起来非常小的“电气化铁路”，在 4 个月的展览期间实现了平均每天运送乘客 700 多人次，共运送乘客 8 万多人的骄人业绩，它是现代电气化轨道交通的先驱。

130 多年来，最原始的电气化轨道交通已发展为电气化铁路、地铁、轻轨、磁浮等多种形式。

由于两次世界大战的影响，电气化铁路在 20 世纪上半叶发展缓慢。20 世纪 50 年代后，随着工业发达国家急剧增长的运输需要，各国开始了大规模的铁路运输现代化建设，电气化铁路的建设速度不断加快。电气化铁路发展最快的时期是 20 世纪六七十年代，平均每年修建 5000 km 以上。到 20 世纪 70 年代末，工业发达的日本、苏联以及西欧、东欧等国家和地区的主要铁路干线都实现了电气化。目前这些国家正集中精力修建时速 200 km 以上的高速电气化铁路。20 世纪 80 年代后，一些发展中国家也加快了电气化铁路的建设步伐，其中以南非和我国的电气化铁路发展最快，南非在 1997~1998 年就修建了 7898 km 的电气化铁路，创造了世界电气化铁路建设速度的历史纪录。

目前，世界上共 68 个国家和地区修建了电气化铁路，其中，欧洲 38 个、亚洲 12 个、非洲 7 个、美洲 9 个、大洋洲 2 个。拥有 1 万 km 以上电气化铁路的国家有俄罗斯、德国、南非、日本、中国、法国、印度、波兰、意大利。

我国第一条干线电气化铁路是宝成铁路，如图 1-2 所示。1961 年 8 月 15 日，宝鸡至凤州段建成通车。该线全长 93 km，以三个马蹄形和一个螺旋形盘旋于秦岭的崇山峻岭之中，最小曲线半径 300 m、最长隧道达 2360 m、30%的大坡道长达 20 km，行车条件十分困难。

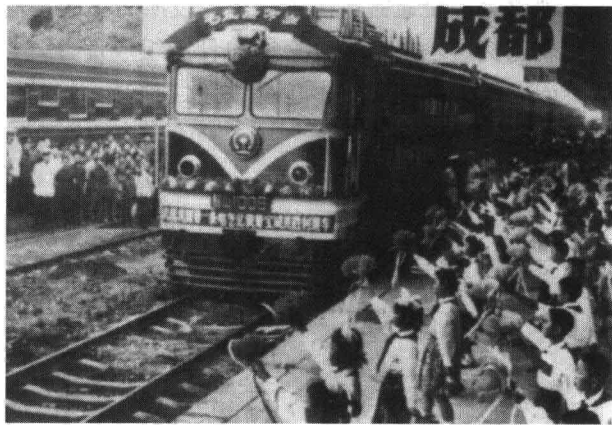


图 1-2 我国第一条电气化铁路

我国电气化铁路发展初期，主要局限在于隧道多、坡度大的山区铁路。先后建成了宝成、阳安、襄渝（襄樊—安康）、石太（石家庄—

阳泉）、宝兰（宝鸡—天水）等电气化铁路。到 1980 年底，共建成电气化铁路 1676 km，发展速度缓慢。

改革开放后，国家确定了以经济建设为中心的基本路线，电气化铁路建设迎来了蓬勃发展的春天，开始从山区向平原、由标准低的边远地区向主要长大干线发展。

“六五”期间修建了京秦、成渝、贵昆（贵阳南—水城西）、太焦（长治北—月山）等电气化铁路，共计 2506 km，比过去 20 年修建的总和还多。

“七五”期间修建了 2764 km 电气化铁路，电气化铁路开始进入陇海、京广繁忙干线，同时还修建了我国第一条以运煤为主、开行万吨重载列车、年运量达 1 亿吨的大秦电气化铁路。大秦铁路扩能改造后运量大幅度增长，2005 年运量达到 2 亿吨，2006 年试

验成功 2 万 t 重载列车, 年运量达到 2.5 亿 t, 2012 年达到 4 亿 t。

“八五”期间修建了 2742 km 电气化铁路, 时速 160 km 的准高速铁路——广深电气化铁路建成通车。电气化开始向高速方向进军, 广深线的建成和京沪高速铁路前期研究工作, 奠定了我国高速电气化铁路的基础。

京秦、大秦、广深电气化铁路的建成通车, 分别引入了 AT 供电、高速、重载技术, 使我国电气化铁路技术标准体系日趋完善和成熟。是我国电气化铁路引进吸收国外先进技术、走向现代化的重要里程碑。

“九五”期间电气化铁路建设开始飞速发展, 共建成京广(北京—郑州)、成昆、南昆等电气化铁路 4311 km。

“十五”期间建成电气化铁路 5503 km。哈大电气化铁路系统引进德国技术和装备以及设计和施工技术管理经验, 大大推动了我国电气化铁路引进、消化、吸收国外先进技术的步伐; 秦沈客运专线是我国自主设计、自主施工建成的第一条进入高速序列的电气化铁路, 如图 1-3 所示, 试验时速达到 321.5 km, 拉开了我国高速客运专线建设的序幕。

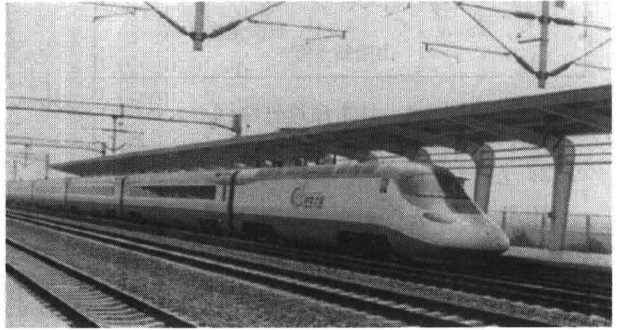


图 1-3 秦沈客运专线

“十一五”和“十二五”期间, 高速铁路建设与投入运行在我国如火如荼地进行。截至 2012 年底, 中国铁路运营里程达到 9.8 万 km, 其中, 电气化铁路运营里程 4.8 万千米。

1.1.2 高速铁路

截至 2012 年底, 中国高速铁路运营里程达到 9356 km, 居世界第一位, 超过了世界其他各国高速铁路的总和。

1) 日本高速新干线网络化

日本 1964 年建成世界上第一条高速铁路——东海道新干线, 运营速度 210 km/h, 将东京至大阪的旅行时间缩短了一半。这条专门用于客运的电气化、标准轨距的双线铁路, 代表了当时世界高速铁路的最高技术水平。

东海道新干线投运后, 以其安全、快速、准时、舒适、运输能力大、环境污染轻、节省能源和土地资源等优越性博得了政府和公众的支持和欢迎。使一度被贬为“夕阳产业”的铁路, 显示出强大生命力。

1971 年日本国会审议并通过了《全国铁道新干线建设法》, 掀起了高速铁路建设的浪潮。1975 年山阳新干线通车营业, 最高时速 270 km; 1985 年东北新干线通车营业, 最高时速 240 km; 1982 年上越新干线通车营业, 最高时速 240 km; 1997 年长野新干线

通车营业,最高时速 260 km。至 2009 年日本已建成 6 条高速铁路,形成了新干线网络,是世界上修建高速铁路最多的国家之一。日本高速铁路网和日本高速列车分别如图 1-4 和图 1-5 所示。

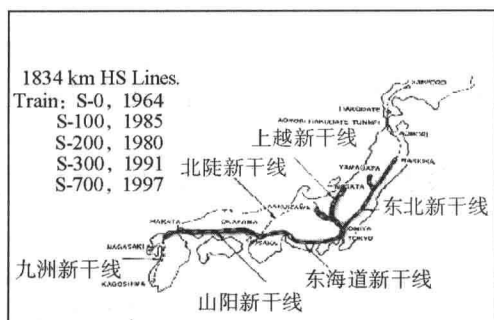


图 1-4 日本高速铁路网

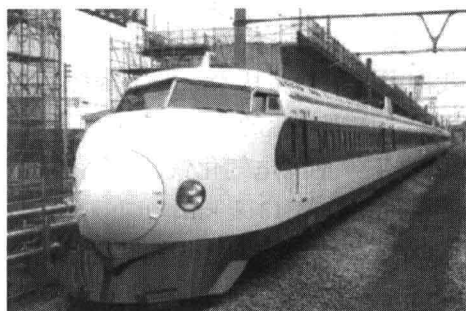


图 1-5 日本高速列车

2) 法国以巴黎为中心的高速铁路辐射网

1971 年,法国政府批准修建巴黎—里昂 TGV 东南线(全长 417 km,其中新建线 389 km),1976 年 10 月正式开工,1983 年 9 月全线建成通车。TGV 高速列车最高运行时速 270 km,巴黎至里昂的旅行时间由原来的 3 h 50 min 缩短到 2 h,客运量迅速增长,预期的经济效益良好。TGV 东南线的成功运营证明高速铁路是一种具有竞争力的现代交通工具。

1989 年和 1990 年,法国建成了巴黎—勒芒、图尔的大西洋线,最高时速达到 300 km。1993 年,法国第三条高速铁路 TGV 北方线开通运营,由巴黎经里尔,穿过英吉利海峡隧道通往伦敦,并与欧洲北部比利时布鲁塞尔、德国科隆、荷兰阿姆斯特丹相连,是一条重要的国际通道。

根据规划,法国在 21 世纪的前 10 年内,把东南线延伸至马赛,还要修建通向意大利和西班牙的南部欧洲线以及巴黎至德国斯特拉斯堡的东部欧洲线。法国高速铁路网和法国高速列车分别如图 1-6 和图 1-7 所示。



图 1-6 法国高速铁路网

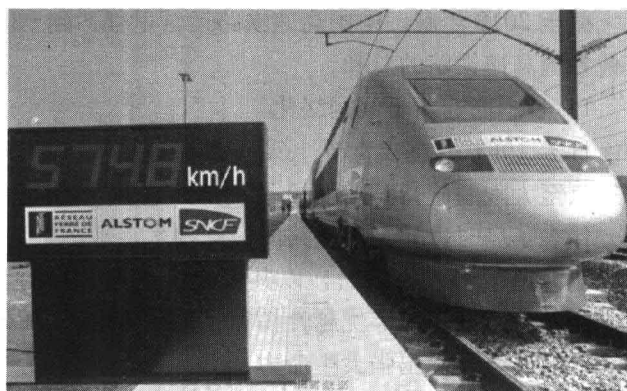


图 1-7 法国高速列车

3) 德国高速铁路

德国高速铁路技术储备不亚于法国，1988年高速铁路行车试验速度突破400 km/h大关，达到406.9 km/h。因德国高速公路较完善，高速铁路到20世纪90年代初才开始修建，其建设目标是扩大货运能力、改善运输质量、消除运输瓶颈区间。

德国高速铁路网由改造的旧线和新建高速线混合而成。1991年建成曼海姆—斯图加特线，1992年建成汉诺威—维尔茨堡线。高速铁路上开行ICE城际高速列车，时速250 km。1993年以来，ICE高速列车进入柏林，把德国首都纳入ICE高速运输系统。ICE穿过德国与瑞士边界，实现了苏黎世—法兰克福等线路的国际直通运输。目前，德国正在新修柏林—汉诺威、科隆—法兰克福两条高速铁路。德国高速铁路网和德国高速列车分别如图1-8和图1-9所示。



图 1-8 德国高速铁路网

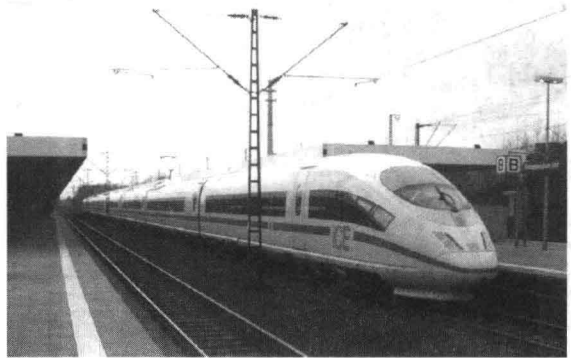


图 1-9 德国高速列车

4) 西班牙高速铁路

1992年4月，西班牙在巴塞罗那奥运会前夕开通了马德里—塞维利亚高速铁路，赶上了世界高速运输的发展步伐。西班牙高速列车简称AVE，采用法国技术，最高时速达300 km。

1994年西班牙政府决定修建第二条准轨高速铁路：马德里—巴塞罗那—法国边境线，全长760 km，可客货混运。2009年1月西班牙政府公布了高速铁路10年建设规划，将修建成总里程达9000 km的全国高速铁路网。

5) 中国高速铁路发展规划

2004年1月，国务院通过了《中长期铁路网规划》，确定了“扩大规模、完善结构、提高质量、快速扩充运输能力、迅速提高装备水平”的铁路网发展目标。根据规划，到2020年，我国铁路营业里程将达到12万千米以上，复线率和电化率分别达到50%和60%以上，主要繁忙干线实现客货分线，基本形成布局合理、结构清晰、功能完善、衔接顺畅的铁路网络，运输能力满足国民经济和社会发展需要，主要技术装备达到或接近国际先进水平。其中高速客运专线12000 km，形成“四纵四横”的高速客运通道，同时，还将建成环渤海圈、长江三角洲、珠江三角洲地区快速客运系统铁路约2000 km。中国的中长期规划实现后，距离在2000 km以内，将实现“夕发朝至”；距离在4000 km