



卓越工程师系列教材

铁 路 工 程

TIELU GONGCHENG

曾 勇 主 编
王海彦 副主编



科学出版社

卓越工程师系列教材

铁 路 工 程

曾 勇 主 编

王海彦 副主编

科 学 出 版 社

北 京

内 容 简 介

本书全面系统地介绍铁路线路、轨道、路基、桥梁、隧道及车站的设计、施工和养护方面的知识。全书共分为9章,包括绪论、铁路线路、铁路轨道、铁路路基、铁路桥梁、铁路隧道、铁路车站、铁路养护和铁路施工。

本书可作为高等院校土木工程、道路与铁道工程、建筑工程、工程造价、桥梁与隧道工程及相关专业的本科教材,也可作为高职高专相关专业的选用教材,还可供有关工程技术人员学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

铁路工程 / 曾勇主编. —北京: 科学出版社, 2013.8
卓越工程师系列教材

ISBN 978-7-03-038074-6

I. ①铁… II. ①曾… III. ①铁路工程-教材

IV. ①U2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 141196 号

责任编辑: 杨 岭 于 楠 / 封面设计: 墨创文化

责任校对: 葛茂香 / 责任印制: 邱志强

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: 20 3/4

字数: 470千字

定价: 42.00元

“卓越工程师系列教材”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	曾 勇			
副主 编	王海彦			
编 委	尹紫红	张强锋	马 戎	
	孔德惠	吕贵宾	杨 伟	
	戴润军	陈庚生	梁 东	
	张纯姑	朱光亚	宋洪锐	

前 言

教育部“卓越工程师教育培养计划”，是贯彻落实《国家中长期教育改革和规划纲要（2010—2020年）》和《国家中长期人才发展规划纲要（2010—2020年）》的重大改革项目，也是促进我国由工程教育大国迈向工程教育强国的重大举措。该计划旨在培养造就一大批创新能力强、适应经济社会发展需要的高质量工程技术人才，为国家走新型工业化发展道路、建设创新型国家和人才强国战略服务。本书正是在此背景下，以培养具有创新能力的卓越工程师为目标，紧扣课程教学大纲，在作者多年理论教学和工程实践的基础上，引入最新铁路有关规范和技术标准编写而成的。

铁路工程是指铁路上的各种土木工程设施，也可以指铁路设计、施工、养护等阶段所运用的技术。本书内容主要涉及铁路线路、轨道、路基、桥梁、隧道等设计、施工和维护方面的基本理论、方法和技术。全书共分9章。第1章为绪论，第2章为铁路线路，第3章为铁路轨道，第4章为铁路路基，第5章为铁路桥梁，第6章为铁路隧道，第7章为铁路车站，第8章为铁路养护，第9章为铁路施工。

本书编写时，力求突出“基础性、应用性、最新性”的特点。第一，注重“基础性”，系统地阐述了与铁路工程设施相关的基本知识、基本概念及基本原理；第二，突出“应用性”，紧密结合铁路工程技术的发展，详细介绍了铁路工程施工与养护等方面的内容；第三，强调“最新性”，书中参考引用了近年来铁路工程领域的最新成果、规范及标准。

本书由西南交通大学曾勇任主编，王海彦任副主编，参与编写的人员有西南交通大学尹紫红、张强锋、马戎、孔德惠、陈庚生、梁东、张纯姑、朱光亚、宋洪锐以及中国水电建设集团公司吕贵宾、中铁二局集团公司杨伟、中铁隧道集团公司戴润军。本书在编写过程中，参考引用了大量相关文献资料，在此向这些文献资料的作者表示衷心的感谢。

由于时间仓促和水平所限，书中难免存在不足之处，敬请各位专家、读者批评指正。

编 者

2013年6月

目 录

前言

第 1 章 绪论	1
1.1 铁路发展概况	1
1.1.1 国外发展概况	1
1.1.2 国内发展概况	3
1.2 我国中长期铁路网规划	6
1.3 铁路工程的含义	8
第 2 章 铁路线路	10
2.1 铁路等级与主要技术标准	10
2.1.1 铁路等级	10
2.2.2 铁路主要技术标准	10
2.2 区间线路平面和纵断面	14
2.3.1 区间线路平面	15
2.3.2 区间线路纵断面	19
第 3 章 铁路轨道	24
3.1 有砟轨道	24
3.1.1 钢轨	24
3.1.2 轨枕	30
3.1.3 有砟轨道扣件	34
3.1.4 有砟道床	39
3.1.5 轨道类型	40
3.2 无砟轨道	42
3.2.1 无砟轨道结构	42
3.2.2 无砟轨道扣件	46
3.3 铁路道岔	47
3.3.1 道岔的用途	47
3.3.2 道岔的类型	47
3.3.3 道岔的构造	49
3.3.4 道岔总图	57
3.3.5 高速道岔	57
3.4 直线与曲线轨道	59
3.4.1 直线轨道	59
3.4.2 曲线轨道	63
3.4.3 曲线养护	67

3.5 无缝线路	70
3.5.1 无缝线路原理	70
3.5.2 无缝线路的稳定性	74
第4章 铁路路基	77
4.1 路基工程组成及断面形式	77
4.1.1 路基组成	77
4.1.2 路基横断面的形式	79
4.1.3 路基横断面的标准设计	80
4.2 路基本体	82
4.2.1 路基面	82
4.2.2 路基基床	85
4.2.3 路堤	89
4.2.4 路堑	91
4.3 路基排水和防护	93
4.3.1 路基排水	93
4.3.2 路基防护	101
4.4 特殊地段路基	108
4.4.1 软土地区路基	108
4.4.2 其他特殊地区路基	111
第5章 铁路桥梁	114
5.1 桥梁基本知识	114
5.1.1 桥梁基本组成	114
5.1.2 桥梁常用术语	115
5.1.3 桥梁分类	116
5.1.4 桥梁结构体系	118
5.2 桥梁设计原则与程序	119
5.2.1 桥梁设计基本原则	119
5.2.2 桥梁设计基本程序	120
5.3 桥面构造	122
5.3.1 道床	123
5.3.2 排水防水系统	123
5.3.3 梁缝处理	124
5.3.4 人行道与栏杆	125
5.4 桥梁结构	126
5.4.1 梁式桥	126
5.4.2 钢桥	134
5.4.3 拱桥	143
5.4.4 悬索桥	147
5.4.5 刚架桥	152
5.4.6 斜拉桥	153

5.5 桥梁支座	157
5.5.1 按支座变形的可能性划分	157
5.5.2 按支座所选材料划分	159
5.5.3 按支座结构型式划分	159
5.6 桥梁墩台	160
5.6.1 桥梁墩台概述	160
5.6.2 梁桥桥墩的类型与构造	161
5.6.3 梁桥桥台的类型与构造	166
第6章 铁路隧道	172
6.1 铁路隧道构造	172
6.1.1 铁路隧道净空	172
6.1.2 隧道衬砌	178
6.1.3 洞门与明洞	180
6.1.4 铁路隧道附属建筑物	183
6.2 隧道围岩分级与围岩压力	191
6.2.1 围岩分级	191
6.2.2 围岩压力及其分类	192
第7章 铁路车站	195
7.1 会让站、越行站	195
7.1.1 会让站和越行站的作业设备	195
7.1.2 会让站和越行站的布置图型	196
7.2 中间站	198
7.2.1 中间站作业	198
7.2.2 中间站的设备	198
7.2.3 中间站布置图	204
7.3 区段站	206
7.3.1 区段站概述	206
7.3.2 区段站的作业和设备	206
7.4 编组站	210
7.4.1 编组站概述	211
7.4.2 编组站的任务与作业	211
7.4.3 编组站的主要设备	212
7.4.4 编组站的分类	212
7.4.5 编组站的布置图型	213
7.4.6 编组站的调车设备	213
7.4.7 编组站与区段站的异同	215
7.5 铁路枢纽	216
7.5.1 铁路枢纽的定义与功用	216
7.5.2 铁路枢纽的分类	217
7.5.3 铁路枢纽的设备	217

7.5.4 铁路枢纽布置图型	218
第8章 铁路养护	220
8.1 概述	220
8.1.1 养护工作的任务	220
8.1.2 养护工作的原则	221
8.1.3 养护工作的组织机构	221
8.1.4 天窗	222
8.2 线路养护	223
8.2.1 线路设备检查	223
8.2.2 线路维修	224
8.2.3 线路大修	225
8.3 路基养护	229
8.3.1 路基维修	229
8.3.2 路基大修	231
8.4 桥隧养护	234
8.4.1 设备检查	234
8.4.2 经常保养	237
8.4.3 综合维修	237
8.4.4 大修管理	238
第9章 铁路施工	241
9.1 轨道施工	241
9.1.1 有砟轨道轨排换铺法	241
9.1.2 有砟轨道长轨条铺轨机组法	244
9.1.3 无砟轨道钢轨铺设	246
9.1.4 有砟轨道分层上砟整道	247
9.1.5 工地钢轨焊接	250
9.1.6 无缝线路应力放散及锁定	252
9.2 路基施工	253
9.2.1 路基施工准备工作	253
9.2.2 土质路堤施工	256
9.2.3 土质路堑施工	264
9.2.4 石质路基施工	266
9.3 桥梁施工	268
9.3.1 混凝土简支梁桥施工	268
9.3.2 混凝土连续梁桥施工	275
9.4 隧道施工	293
9.4.1 山岭隧道的常规施工方法	294
9.4.2 浅埋隧道施工	299
9.4.3 隧道其他施工方法	311
主要参考文献	319

第 1 章 绪 论

1.1 铁路发展概况

1.1.1 国外发展概况

铁路的产生和发展是与科学技术进步和大规模的商品生产分不开的。早在 17 世纪，欧洲矿区就有在木制或铁制的轨道上行走的马拉货车，它们比普通马车能够运送更多的货物。19 世纪初，蒸汽机的发明推动了工业大发展，人们需要更大运量和更快速度的车辆。一些人开始试验用蒸汽机代替马来拉车。1680 年，英国科学家牛顿最早设想将蒸汽机用于运输。1804 年，英国工程师特雷维西克试制了世界上第一台行驶于轨道上的蒸汽机车，行驶状况良好。然而，由于机车和所载货物过重，造成铁轨断裂，特雷维西克的机车没有被人们接受。1825 年，英国人斯蒂芬森设计建成斯托克顿至达林顿之间的铁路，并且使自己制造的“旅行者”号蒸汽机车载着货物和乘客在铁路上行车成功，这就是世界上首条真正意义上的铁路(图 1.1)。这条铁路长 32 km，列车最初运行速度仅为 4.5 km/h，后达到 24 km/h。

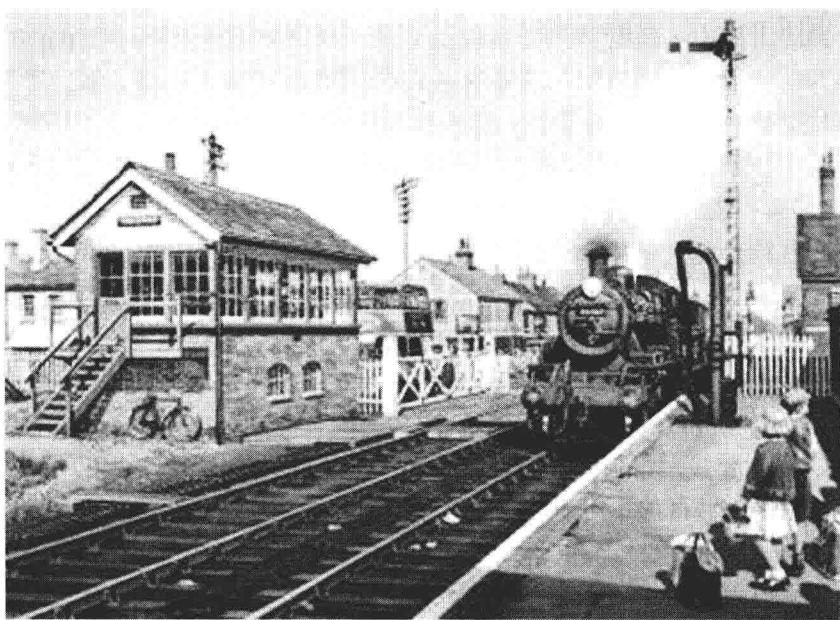


图 1.1 世界第一条铁路

之后,其他国家也开始纷纷修建铁路,世界部分国家首条铁路通车时间见表 1.1。1825—1860 年,世界铁路已修建 10.5×10^4 km。

表 1.1 世界部分国家首条铁路通车时间

国家	修建时间	国家	修建时间
英 国	1825 年	意大利	1839 年
美 国	1830 年	瑞 士	1844 年
法 国	1832 年	西班牙	1848 年
比利时	1835 年	秘 鲁	1851 年
德 国	1835 年	印 度	1852 年
加拿大	1836 年	澳大利亚	1854 年
俄 国	1837 年	南 非	1860 年
奥地利	1838 年	日 本	1872 年
荷 兰	1839 年	中 国	1876 年

1870—1913 年(第一次世纪大战前),铁路发展最快,每年平均修建 2×10^4 km 以上,到 1913 年达到 110.4×10^4 km,绝大部分铁路集中在英、美、德、法、俄五国。19 世纪末,英、美、德、法、俄等国利用其掌握的铁路技术,开始在殖民地、半殖民地国家修建铁路。

第一次世界大战后到第二次世界大战前,主要资本主义国家的铁路基本停止发展。而殖民地、半殖民地独立国、半独立国的铁路则发展较快,到 1940 年,世界铁路营业里程达到 135.6×10^4 km。而且,在此期间,铁路公司之间为了提高声誉,已开始用提高速度的方式来进行竞争。

第二次世界大战中,西欧各国的铁路受到战争破坏,直至 1955 年前后才恢复旧貌。战后,公路和航空运输发展较快,主要资本主义国家的铁路与公路、航空的竞争更为激烈,铁路客货运量的比重日益减少,一些铁路无利可图、亏损严重。不少国家不得不将铁路收归国有。美、英、法、意等国继续封闭并拆除资源枯竭型和能力过剩型铁路。

20 世纪 30 年代到 60 年代初,欧美国家的铁路营业里程有所萎缩,而亚、非、拉与部分欧洲国家的铁路营业里程有所增长,世界铁路营业里程基本保持在 130×10^4 km 左右。

20 世纪 60 年代末期,世界铁路的发展又开始复苏,特别是 70 年代中期世界石油产生危机后,因为铁路能源消耗较飞机、汽车低,噪声污染小,运输能力大、安全可靠,其作为路上运输的骨干地位被重新确认,很多国家都确定以电力牵引为铁路发展方向。在近 50 年的时间内,大量先进技术被广泛采用,尤其以高速铁路和重载运输发展较快。

1964 年,日本建成东京到大阪的高速铁路——东海道新干线(图 1.2),实现了与航空竞争的预期目标,客运量逐年增加,利润逐年提高,给亏损严重的资本主义国家铁路,提供了一种解脱困境的可资借鉴的出路。于是很多资金充裕、科技先进的国家,纷纷兴建新线和改建旧线,以实现 250~300 km 的时速。

2007 年 4 月 3 日,法国高速列车在行驶试验中达到 574.8 km 的时速,创下有轨铁路行驶世界纪录,如图 1.3 所示。



图 1.2 日本东海道新干线

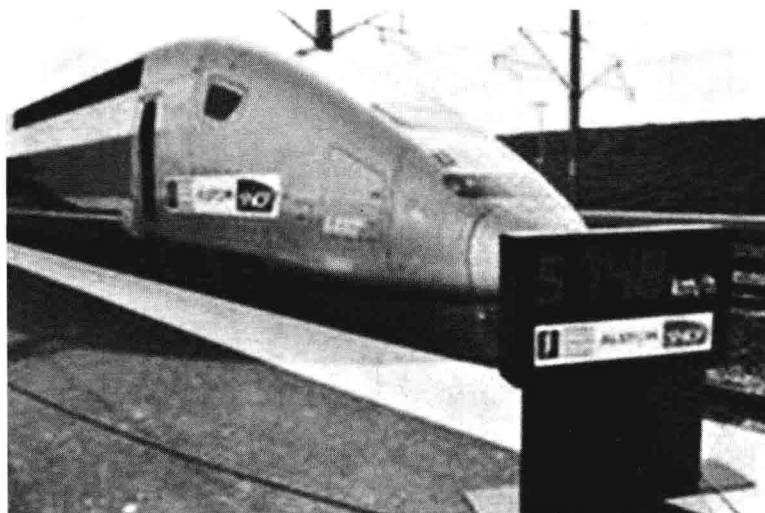


图 1.3 法国高速列车

据最新资料统计,截至 2011 年底,铁路营业里程最长的 10 个国家是美国(27.1×10^4 km)、中国(9.3×10^4 km)、俄罗斯(8.7×10^4 km)、印度(国有铁路)(6.3×10^4 km)、澳大利亚(3.97×10^4 km)、加拿大(5.8×10^4 km)、德国(4.5×10^4 km)、阿根廷(3.4×10^4 km)、法国(3.2×10^4 km)、巴西(2.9×10^4 km)。

1.1.2 国内发展概况

中国有铁路始于清朝末期,中国修建铁路落后虽然与经济落后、工业不发达有关,但更主要的是由于清政府腐败、保守,不肯接受新生事物。1840 年英国侵略者发动鸦片战争后,帝国主义国家开始侵略我国。1865 年英国指使商人杜兰德在北京宣武门附近修建了长约 0.5 km 的窄轨铁路试行小火车,清政府以“见者骇怪”为由,命令拆除,1876 年英国怡和洋行在上海—吴淞之间修建了全长 14.5 km 的窄轨铁路(图 1.4),这是中国的第一条营业性铁路,清政府出银 28.5 万两赎回后又将其拆除。之后一直到 1894 年中日甲午

战争爆发，帝国主义国家始终未能实现其再在中国修建铁路的图谋。而中国的有志之士却一直在为修建自己的铁路而努力。1879 年，清政府同意在唐山至胥各庄之间修建铁路，全长约 10 km，1881 年开工同年 11 月竣工，这是中国自己修建的第一条铁路，如图 1.5 所示。

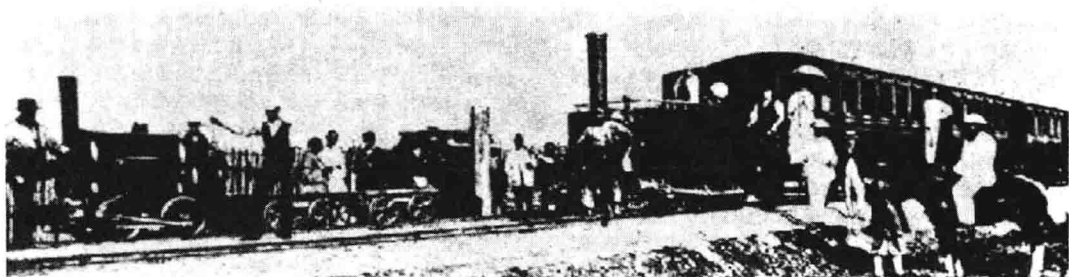


图 1.4 吴淞铁路

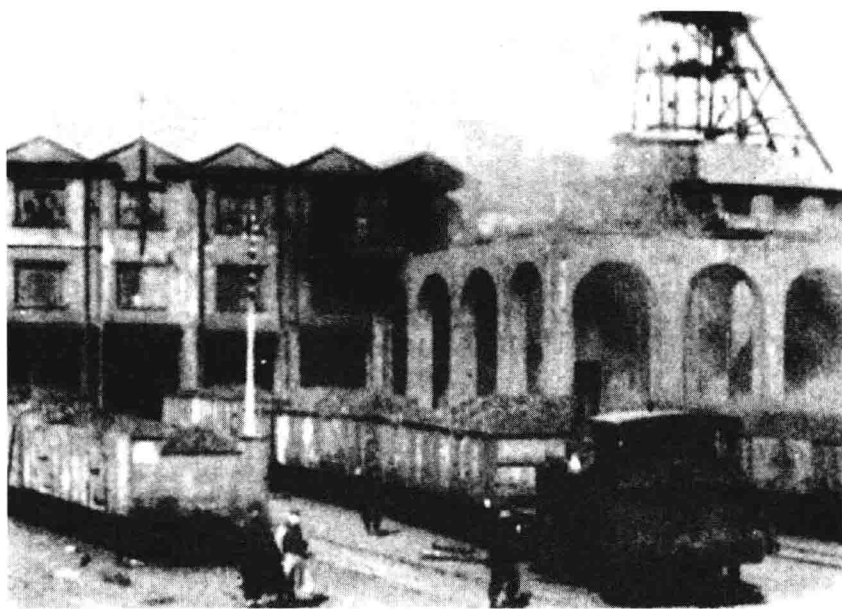


图 1.5 唐胥铁路

1895 年中国在甲午战争中失败，帝国主义国家在中国划分势力范围，利用各种手段，贪婪地掠取在中国的筑路权。例如，法国取得滇越铁路筑路权，德国取得胶济铁路筑路权，英国取得沪宁铁路和广九铁路筑路权，比利时取得卢汉铁路和汴洛铁路筑路权，俄国取得中东铁路和南满铁路筑路权，美国取得粤汉铁路和广三铁路筑路权。但是受中国人民反帝爱国的义和团运动的影响，这些铁路并未全部建成通车。

1905 年京张铁路局成立，詹天佑被任命为会办兼总工程师，主持修建京张铁路，詹天佑率领中国技术人员和筑路工人，克服重重困难，于 1909 年 10 月将这条国际上公认“工程艰巨的铁路”建成(图 1.6)，比原计划提前 2 年。这是我国自己设计、自己施工的第一条铁路。



图 1.6 京张铁路

自 1881 年新建唐胥铁路到 1949 年新中国成立前夕,我国铁路发展速度非常缓慢,修建的铁路总里程仅为 21800 km(台湾省未计入)。铁路设备简陋,标准低,铁路多集中于东北地区与沿海各省,而西北、西南的广大地区几乎没有铁路,分布极不合理。

1949 年新中国成立以后,特别是从 1978 年至今的 30 余年间,铁路建设有了很大发展。在路网建设、线路状况、技术装备和运输效率上,都取得了极大的成就。截至 2011 年底,我国铁路营业里程达到 9.3×10^4 km,位居世界第二。路网密度为 $97.1 \text{ km}/10^4 \text{ km}^2$,复线里程为 3.9×10^4 km,复线率达 42.4%;电气化里程为 4.6×10^4 km,电化率达 49.4%。我国铁路运营线如图 1.7 所示。



图 1.7 中国铁路运营线示意图

2004 年以来,中国的高速铁路得到飞速发展。截至 2012 年 10 月底,投入运营的高速铁路总里程达 7735 km,是世界上高速铁路运营里程最长、运营速度最高、系统技术最全、集成能力最强的国家。比如,2010 年 12 月 3 日,国产“和谐号”CRH380A 新一代高速动车组(图 1.8),在京沪高铁先导段创造了时速 486.1 km/h 的世界高铁最高运营新纪录。

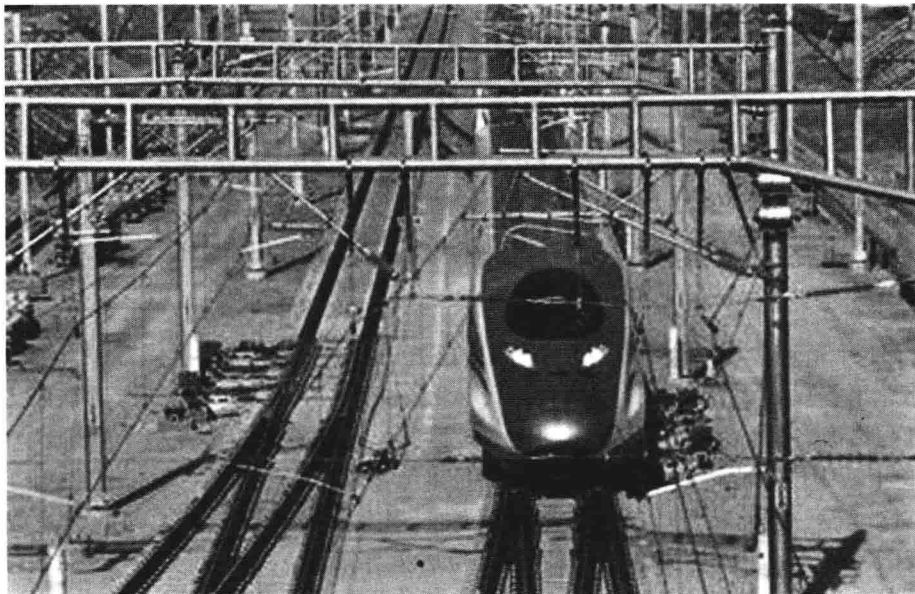


图 1.8 CRH380A 动车组

1.2 我国中长期铁路网规划

铁路是国民经济的大动脉,在国家建设中发挥了重大作用。但是我国铁路网密度仍然较低。为适应国民经济持续稳定、快速增长的需要,铁路应有一个历史性的大发展。2004 年 1 月 7 日,国务院召开会议讨论并原则通过了《中长期铁路网规划》(以下简称《规划》),明确了我国铁路网中长期建设目标,描绘了铁路网至 2020 年的宏伟蓝图。《规划》的批准和实施,标志着我国铁路新一轮大规模建设即将展开。《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。规划到 2020 年,全国铁路营业里程达到 10×10^4 km,主要繁忙干线实现客货分线,复线率和电化率均达到 50%,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。2008 年铁道部重新调整《规划》,将 2020 年全国铁路营业里程规划目标由 10×10^4 km 调整为 12×10^4 km 以上,其中客运专线由 1.2×10^4 km 调整为 1.6×10^4 km,电化率由 50% 调整为 60%,如图 1.9 和图 1.10 所示。



图 1.9 我国中长期铁路网规划示意图



图 1.10 2020 年我国高速铁路网

为满足快速增长的旅客运输需要,建立省会城市及大中城市间快速客运通道,建设快速客运网成为铁路发展重点任务。到2020年,形成北京—上海、北京—武汉—广州—深圳、北京—沈阳—哈尔滨(大连)、杭州—宁波—福州—深圳、徐州—郑州—兰州、上海—杭州—长沙—昆明、青岛—石家庄—太原、南京—武汉—重庆—成都四纵四横客运专线,同时建设北京—承德—沈阳、合肥—福州、南昌—九江、柳州—南宁、绵阳—成都—乐山、哈尔滨—齐齐哈尔、哈尔滨—牡丹江、长春—吉林、沈阳—丹东等客运专线,总规模达 1.6×10^4 km以上,旅客列车运行时速将达到200 km以上。除此之外,为适应地区经济发展,还将在长江三角洲、珠江三角洲、环渤海(京津冀)地区、长株潭、成渝以及中原城市群、武汉城市圈、关中城镇群、海峡两岸城镇群等经济发达和人口稠密地区建设城际客运系统,并与既有提速线路兼容,形成快速客运网络 5×10^4 km以上。

在完善路网方面,将以扩大西部路网规模为主,形成西部铁路网骨架,完善中东部铁路网结构,提高对地区经济发展的适应能力。到2020年,规划建设新线约 4.1×10^4 km。

为了迅速提高铁路运送能力,在修建新线的同时,加强既有路网技术改造和枢纽建设,提高路网既有通道能力。规划既有线增建二线 2×10^4 km,既有线电气化 2.5×10^4 km。

强化煤炭运输管道是铁路建设的另一重点任务。围绕十大煤炭外运基地运输需求,在建设客运专线等相关线路、释放既有线货运能力的同时,加大煤运通道建设和既有线扩能改造力度,形成运力强大、组织先进、功能完善的煤炭运输系统。

同时,在加强港口和口岸后方通道建设、继续扩展西部路网、优化和完善东中部路网、建设集装箱运输系统、加强主要枢纽能力等方面的建设任务也非常繁重。

1.3 铁路工程的含义

铁路工程是指铁路上的各种土木工程设施(图1.11)及铁路在设计、施工、养护等阶段所运用的技术。铁路工程最初包括与铁路有关的土木(线路、轨道、路基、桥梁、隧道、车站等)、机械(机车、车辆)和信号等工程。但是随着铁路建设和技术的进一步分工,机车工程、车辆工程、信号工程等逐渐成为独立的学科。本书内容主要涉及铁路线路、轨道、路基、桥梁、隧道的设计、施工和养护等方面的基本理论、技术与方法。

铁路线路是铁路工程结构体的空间中心定位线,通常用线路平面和纵断面表示,如图1.11(a)所示。铁路线路的技术条件通常是决定列车行车安全和旅客舒适度的关键因素。

铁路轨道位于路基、桥梁和隧道等基础设施之上,是直接供列车行驶的部分,如图1.11(b)所示。目前,我国铁路轨道包括有砟轨道和无砟轨道两种类型,其中有砟轨道主要由钢轨、轨枕、连接零件、道床、道岔等部件构成;无砟轨道种类较多,具体结构取决于无砟轨道的类型,如板式无砟轨道主要由钢轨、扣件、轨道板、水泥乳化沥青砂浆层、底座板(或支承层)等部件构成,而双块式无砟轨道则由钢轨、扣件、双块式轨枕、道床板、底座板(或支承层)等部件构成。

铁路路基是铁路轨道的基础,如图1.11(c)所示。由于天然地面不可能同所需的线路高程完全相符,故需要修建路堤、路堑以及支挡结构,且应设置排水系统。当铺设轨道的路基面高于天然地面时,路基以填筑方式构成,称为路堤;当铺设轨道的路基面低于天然地面时,路基以开挖方式构成,称为路堑。