



“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材



北京高等教育精品教材

BEIJING GAODENG JIAOYU JINGPIN JIAOCAI

GUIDAO GONGCHENG

# 轨道工程

(第二版)

高亮等◎编著



中国铁道出版社  
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE



“十二五”普通高等教育  
本科国家级规划教材



北京高等教育精品教材  
BEIJING GAODENG JIAOYU JINGPIN JIAOCAI

# 轨道工程

(第二版)

高亮等编著

中国铁道出版社

2015年·北京

## 内 容 简 介

本书是“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材和北京高等教育精品教材。全书共分十章，主要包括：有砟轨道结构、无砟轨道结构、轨道的几何形位、轨道结构力学分析、道岔、无缝线路、轨道施工、轨道结构修理与管理及其他轨道交通方式的轨道等内容。本教材在系统介绍轨道基本知识的基础上，把最新的研究成果、工程实践融入其中。

本书为道路与铁道工程专业本科生和相关专业研究生的教学用书，也可以供相关专业技术人员参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

轨道工程/高亮等编著. —2版. —北京: 中国铁道出版社, 2015. 8

“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材  
北京高等教育精品教材

ISBN 978-7-113-20692-5

I. ①轨... II. ①高... III. ①轨道(铁路)—高等学校—教材 IV. ①U213.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 153399 号

书 名: 轨道工程(第二版)

作 者: 高 亮 等 编 著

责任编辑: 李丽娟

编辑部电话: 010-51873135

封面设计: 崔 欣

责任校对: 马 丽

责任印制: 李 佳

出版发行: 中国铁道出版社(100054, 北京市西城区右安门西街8号)

网 址: <http://www.51eds.com>

印 刷: 河北新华第二印刷有限责任公司

版 次: 2010年11月第1版 2015年8月第2版 2015年8月第1次印刷

开 本: 787 mm×1 092 mm 1/16 印张: 20.5 字数: 499 千

书 号: ISBN 978-7-113-20692-5

定 价: 43.00 元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版图书, 如有印制质量问题, 请与本社读者服务部联系调换。电话: (010) 51873174 (发行部)

打击盗版举报电话: 市电(010) 51873659, 路电(021) 73659, 传真(010) 63549480

## 再版前言

《轨道工程》自2010年出版以来,得到许多读者的垂青,被不少道路与铁道工程领域的院校及技术培训机构选为教材,同时也收到了许多建议及修改意见。本书在2011年底被认定为北京高等教育精品教材,2014年入选“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材。这些都是对我们最大的鼓励,同时也对我们提出了更高的要求,鞭策我们在已有的基础上再接再厉。

当前,我国铁路正处于快速发展的时期。按照《中长期铁路网规划(2008年调整)》的目标,到2020年,全国铁路营业里程规划目标为12万km以上,其中客运专线1.6万km以上,形成“四纵四横”客运专线骨架及三个城际客运系统。截止到2014年底,我国铁路运营里程达11.2万km,其中高速铁路营业里程突破1.6万km,占世界总里程的60%,成为世界上高速铁路投产运营里程最长、在建规模最大、发展速度最快的国家。目前,我国“一带一路”和铁路“走出去”战略部署迈出重大步伐,形成了全方位对外交流合作的良好态势。为与实施铁路发展战略相适应,近几年轨道工程在设计、施工及养护维修方面的理念、方法及相应规范等各个方面也发生了较大变化,为了满足本科教学及技术人员培训的需要,使教材反映当前学科最新发展水平,我们在维持原书基本体系和内容的基础上,对《轨道工程》进行了修订。

《轨道工程》(第二版)不但修订了第一版教材中的疏漏,还吸纳了作者近几年主持及参加项目所取得的最新科研成果,并大量总结归纳了国内外最新设计规范、技术标准、专著及研究报告等相关资料。第一章增加了对世界铁路和我国高速铁路、重载铁路、城市轨道交通的新发展、新技术的总结与分析。第二章修改与补充了钢轨类型及断面尺寸、钢轨的材质、道砟材质及技术标准等相关内容,并结合有砟道床的新成果,增加了有砟道床快速评价指标、有砟道床加固方法等内容。



第三章对我国所采用的无砟轨道结构、新型扣件结构进行了补充,并对具有完全自主知识产权的 CRTSⅢ型无砟轨道新技术进行了重点阐述。第四章对不同时速的轨道静动态尺寸、曲线正矢容许偏差管理值进行了修订与补充。第五章对轨道结构力学分析模型最新研究进展进行了补充说明。第六章新增了 62 号道岔相关内容。第七章增加了桥上无缝道岔设计及检算方法的相关内容。第八章新增了高速铁路 CRTSⅢ型板式无砟轨道道床施工部分内容及高速铁路道床快速测试指标相关内容。第九章对铁路线路修理机械部分内容进行了修订与补充。此外,本教材对每章的思考题进行了重新审视与修订。

本书由北京交通大学高亮牵头编著。编写分工如下:第一章由高亮、白雁编写;第二章由肖宏、赵丽华(大连交通大学)编写;第三章由高亮、肖宏编写;第四章由谷爱军、李向国(石家庄铁道大学)编写;第五章由高亮、肖宏、辛涛编写;第六章由谷爱军、蔡小培编写;第七章由高亮、蔡小培编写;第八章由彭华、张鹏飞(华东交通大学)、赵影编写;第九章由谷爱军、高亮编写;第十章由彭华、白雁、辛涛编写。最后统稿由高亮、肖宏完成。北京交通大学研究生刘畅、侯博文、赵磊、刘亚男、蒋函珂、郝建芳、王璞、崔日新、徐旻、钟阳龙、罗奇等协助完成了教材的文整及修订。

本教材在编写过程中参考了新近颁布的相关规范、国内外相关资料和文献,对其作者表示感谢。

编者  
2015 年 5 月

## 第一版前言

本书为北京市高等教育精品教材立项项目,主要适用于道路与铁道工程专业本科生和相关专业研究生的教学,也可以作为道路与铁道工程领域技术人员和高等院校教师的参考用书。

铁路作为综合运输网络中的骨干,在我国国民经济发展中起着重要的作用,是国民经济的大动脉和大众化的交通工具,是重要的国民经济基础设施,对促进区域经济协调发展,构建资源节约型、环境友好型社会,以及对交通运输业的可持续发展有重大的推动作用,是符合低碳经济和物流需要的理想运输方式。高速铁路具有可以缩短旅客旅行时间,产生巨大的社会效益,推进和均衡沿线地区经济发展,以及节约能源和减少环境污染等特点,得到世界各国的青睐。目前,我国已经成为世界上高速铁路运营里程最长、运营速度最快、在建规模最大的国家。重载运输在我国已初具规模,其技术水平位居世界重载运输前列。随着我国经济的快速发展,作为我国能源主体的煤炭运量必将稳步增长,围绕十大煤炭基地外运,建设大能力、高效率、功能完善的煤炭重载运输通道是非常必要的。城市轨道交通是城市公共交通系统的一个重要组成部分,和其他公共交通相比,具有用地省、运能大、能耗少、环境污染小等特点。城市轨道交通建设在我国正处在快速发展阶段。

随着高速铁路、重载铁路和城市轨道交通的大规模修建,既有线提速改造和地方铁路的发展,以及新材料、新工艺、新技术、新设备的发明、创造和应用,拓宽了轨道工程教学的需求空间,这就要求我们必须对《轨道工程》教材进行不断完善。为了满足本科教学和工程技术人员工作的需要,本教材在系统介绍轨道基本知识的基础上,把最新的研究成果、工程实践融入教材中。同时,还扼要介绍了轨道的发展动向。



本书由北京交通大学高亮主编,西南交通大学万复光主审。编写分工为:第一章由高亮、白雁编写;第二章由肖宏编写;第三章由高亮、肖宏编写;第四章由谷爱军编写;第五章由高亮、肖宏编写;第六章由谷爱军编写;第七章由高亮、蔡小培编写;第八章由彭华、张鹏飞、赵影编写;第九章由谷爱军、高亮编写;第十章由彭华、白雁编写。最后统稿工作由高亮、肖宏完成。北京交通大学研究生曲村、马鸣楠、曲建军、艾山丁、李莹春、侯博文、郭丽娜、贺欣、朱宝玲等协助完成了部分章节的文整及修订。

本教材编写过程中参考了新近颁布的相关规范和国内外相关文献及教材,对其作者表示感谢。

由于资料来源和编者水平有限,本书难免存在不足之处,敬请读者不吝赐教,以资改正。

编者

2010年5月



# 目 录

第一章 绪 论	1
第一节 世界铁路的发展概况	1
第二节 我国铁路及城市轨道交通的发展	3
第三节 轨道的作用与特点	7
第四节 轨道类型	8
第五节 高速、重载及城市轨道交通对轨道结构的要求	10
第六节 轨道结构新技术	11
第七节 本教材的主要内容	15
思考题	16
第二章 有砟轨道结构	17
第一节 概 述	17
第二节 钢 轨	18
第三节 轨 枕	36
第四节 联结部件	46
第五节 有砟轨道道床	57
思考题	65
第三章 无砟轨道结构	66
第一节 概 述	66
第二节 无砟轨道联结部件	67
第三节 无砟轨道结构	77
第四节 我国高速铁路无砟轨道结构选型原则及应用	93
思考题	97
第四章 轨道几何形位	98
第一节 轨道几何形位的基本要素	98
第二节 曲线轨道轨距加宽	107
第三节 曲线轨道的外轨超高	111
第四节 缓和曲线	119
思考题	126





第五章 轨道结构力学分析	127
第一节 轨道结构竖向静力模型	127
第二节 轨道动力响应的准静态计算	132
第三节 轨道结构的强度检算	135
第四节 高速铁路及城市轨道交通无砟轨道力学分析	142
第五节 轨道动力学简介	145
思考题	156
第六章 道 岔	157
第一节 道岔的类型	157
第二节 单开道岔的构造	158
第三节 单开道岔的几何尺寸	169
第四节 单开道岔的总布置图	174
第五节 过岔速度及提高过岔速度的措施	180
第六节 提速道岔及高速道岔的特点	185
思考题	189
第七章 无缝线路	191
第一节 概 述	191
第二节 无缝线路的基本原理	194
第三节 无缝线路的稳定性	202
第四节 一般无缝线路结构设计方法	216
第五节 无缝道岔设计方法	218
第六节 桥上无缝线路及无缝道岔设计	224
第七节 跨区间无缝线路特点及设计	232
思考题	234
第八章 轨道施工	236
第一节 概 述	236
第二节 有砟轨道施工的基本施工工艺	237
第三节 有砟轨道道床状态评定指标及检测方法	239
第四节 无缝线路的铺设	242
第五节 新建铁路无缝线路的一次性铺设	251
第六节 高速铁路无砟轨道的施工工艺	252
思考题	261
第九章 轨道结构的修理与管理	262
第一节 线路设备修理	262



第二节	铁路轨道检测与质量评定·····	263
第三节	线路设备修理基本内容·····	272
第四节	无缝线路的养护维修技术·····	273
第五节	铁路线路修理机械·····	278
第六节	高速铁路轨道结构的修理特点·····	284
第七节	工务设备维护信息管理与辅助决策技术·····	285
思考题	·····	289
<b>第十章</b>	<b>其他轨道交通方式轨道</b> ·····	<b>290</b>
第一节	概 述·····	290
第二节	直线电机轨道交通系统·····	291
第三节	独轨交通·····	297
第四节	磁悬浮轨道交通·····	304
第五节	其他城市轨道交通·····	311
思考题	·····	315
<b>参考文献</b>	·····	<b>317</b>

# 第一章 绪 论

本章主要介绍国内外铁路的发展概况及轨道结构的作用和特点,着重叙述我国铁路和城市轨道交通的最新发展概况,以及目前的轨道结构新技术等。

## 第一节 世界铁路的发展概况

铁路是一种有轨运输工具。从简单意义上来说,车厢由机车驱动,靠车轮在轨道上转动前进。它的诞生,便利了人类的迁徙和政治、经济、军事活动,改变了人类的生活面貌,在人类历史发展史上产生了深刻的影响。

世界上第一条铁路产生在19世纪初,它的出现可以说是工业革命的产物。1825年,英国在达林顿(Darlington)至斯托克顿(Stockton)间修建了第一条铁路,这条耗时三年多修建成功的线路,标志着铁路正式商业运营的开始,也拉开了近代世界铁路轰轰烈烈的发展序幕。从那时起,铁路经历了初期发展、建设高潮和建设鼎盛的时期。19世纪末,世界铁路里程已经发展到65万km,到1913年,世界铁路营业里程达到110万km,其中80%集中在美、英、法、德、俄五国。从19世纪后半期起,铁路的兴建才由欧洲、美国扩展到殖民地和半殖民地国家。19世纪末到20世纪20年代,是世界筑路高潮时期,也是铁路发展的黄金时代。此时铁路运营总里程达到了127万km,工业发达的国家基本都形成了铁路网。

从1913年到20世纪50年代,由于经历了两次世界大战,世界各国经济都受到了严重的破坏。在20世纪后期,由于其他新兴交通运输方式的出现,特别是高速公路和民用航空的挑战,使得铁路在这段时间内遭受了历史性的重创,客货运量锐减,铁路营业亏损严重。因而从1917年开始,美国不断封闭和拆除铁路,路网逐年减缩,60年间减少营业里程约9万km。不仅美国如此,其他一些国家也有这种情况。英国则是世界上拆除铁路比重最大的国家,从原有的33000km拆剩到目前的18100km,拆掉了约整个路网的44%。因而,铁路一度被称为“夕阳产业”。与此同时,前苏联和第三世界国家的铁路却有所发展,到1970年,铁路仍然是世界上的主要运输工具,它的总长度约为120余万公里,可以绕地球赤道32圈。

1970年以后,世界铁路发展逐步由低谷走向复兴,这主要有以下几个方面的原因:

(1)世界能源资源紧缺和环境恶化的现实矛盾。世界各国普遍认识到,在加快经济发展的同时,必须高度重视能源资源节约和生态环境保护,实现世界经济和人类社会的可持续发展。正是由于具有降耗和减排的显著优势,铁路已被公认为“绿色交通工具”,许多国家纷纷把发展铁路作为交通产业政策调整的重点。

(2)当代高新技术的广泛运用,促使铁路加快升级换代。以信息技术、自动化技术、制造技术和材料科学等为代表的当代高新技术在铁路行业的广泛运用,使铁路运输在高速、重载等方面实现了历史性跨越。



(3) 信息管理水平大幅度提高。发达国家把信息技术广泛应用于铁路管理,使管理效应倍增,铁路管理效率、运输组织水平和运输服务质量都有了显著提高。20世纪中期以来,在世界范围内,信息技术带动了铁路行业整体技术的迅猛发展,行车指挥自动化、客货快运网络化、市场营销信息化、安全装备系统化等使铁路行业的面貌焕然一新。实践证明,铁路信息化是铁路行业发展的战略制高点和现代化的主要标志。在这种背景下,高速铁路横空出世,成为铁路现代化的一个主要标志。根据中国2014年1月1日起实施的《铁路安全管理条例》规定,高速铁路(高铁)是指设计开行时速250 km以上(含预留),并且初期运营时速200 km以上的客运列车专线铁路。

高速铁路是发达国家在20世纪60~70年代逐步发展起来的一种城市与城市之间的交通运输工具。日本在1964年修建了世界上的第一条高速铁路——东海道新干线,时速达210~230 km,突破了保持多年的铁路运行速度的世界纪录。英国铁路公司于1977年开行的运营于伦敦、布里斯托尔和南威尔士之间的旅客列车,用两台1 654 kW(约2250马力)的柴油机作动力,时速高达200 km。法国也在1984年修建了高速铁路,随后德国、西班牙、意大利、中国等国家先后跟上,现在修建高速铁路已成为铁路发展的主要方向。随着科学技术的发展和进步,高速铁路的速度也由开始的200 km/h提高到了250 km/h、280 km/h、300 km/h、350 km/h及以上,并且高速铁路的乘坐舒适度和服务质量也有了很大的进步,使铁路与其他交通方式相比有了更强的竞争力。2007年4月3日,法国高速列车TGV在巴黎—斯特拉斯堡东线铁路上以574.8 km/h的运行速度创造了轮轨交通工具最高时速世界纪录,且法国的高速铁路后来居上,在一些技术和经济指标上超过日本而居领先地位。由于TGV列车可以延伸到既有线上运行,因此TGV的总通车里程超过2 500 km,承担法国铁路旅客周转量的50%以上。经过50多年的发展,目前世界上已经有中国、西班牙、日本、德国、法国、瑞典、英国、意大利、俄罗斯、土耳其、韩国、比利时、荷兰、瑞士等16个国家和地区建成运营高速铁路。据国际铁路联盟统计,截至2013年11月1日,世界其他国家和地区高速铁路总营业里程11 605 km,在建高铁规模4 883 km,规划建设高铁12 570 km。可以说,发展高速铁路已经成为一种浪潮。

在发展高速铁路的同时,铁路重载技术也在快速发展。世界铁路重载运输起步于20世纪50年代。伴随着牵引动力的现代化改造,新型大功率电力机车和内燃机车逐步取代了蒸汽机车,开启了铁路重载运输的新纪元。世界各国重载铁路借助于采用高新技术,促使重载列车牵引重量不断增加,重载列车最高牵引重量的世界纪录已达10万t,最高平均牵引重量达39万t。随着重载运输的发展,国际重载协会(IHHA)在2005年国际重载运输协会巴西年会上对重载铁路的标准做了最新的修订,重载铁路必须满足下列三条标准中的至少两条:①重载列车牵引重量至少达到8 000 t;②轴重(或计划轴重)为27 t及以上;③在至少150 km的线路区段上年运量达到4 000万t及以上。60多年来,重载运输在美国、加拿大、俄罗斯、澳大利亚、中国等一些幅员辽阔、矿产资源丰富的国家得到快速发展,成为世界铁路发展的一个重要趋势。这些国家充分发挥了重载运输的优势,取得了良好的经济效益,使之成为盈利的运输产业,并在交通运输业中占据重要的地位。

此外,由于城市轨道交通具有占地少、载客量大、运载效率高、节省能源、污染少、使用寿命长等优势,再加上有自己的专用通道、与城市道路平面交叉较少、不受市内道路交通的干扰等特点,城市轨道交通具有其他任何路面交通工具无法比拟的优越性,是解决时间集中、客流



量特别大的城市交通问题的最有效和最理想的方式。截至 2014 年底,世界上已有近 60 个国家和地区修建近 200 条地铁线路,总长约 13 000 km。目前,我国已成为世界上地铁规模最大、拥有地铁城市最多的国家。发展城市轨道交通已经成为解决大城市交通拥堵问题的重要手段,当前被广泛使用的城市轨道交通方式主要有地下铁道、市郊铁路和轻轨铁路,它们组成的轨道交通已成为世界许多大都市客运交通的骨干。

目前,高速铁路、重载铁路和城市轨道交通正处在蓬勃发展的重要历史时期,在促进全球经济和人类社会发展显示了其强大的生命力。高速铁路、重载铁路和城市轨道交通有效地提高了客货运输能力,极大地改变了人们的时空观,大大提高了人们的出行能力,使铁路及城市轨道交通发生了革命性变化,提高了铁路在客货运市场中的竞争力,可以说是当今铁路最主要的发展方向。

## 第二节 我国铁路及城市轨道交通的发展

改革开放三十多年来,随着我国经济的飞速发展,铁路及城市轨道交通的建设也得到了飞速的发展。

### 一、铁路的发展状况

近年来,铁路建设得到了很大的发展,尤其是在路网建设、线路状况、技术装备和运输效率上,都取得了辉煌的成就。截止到 2014 年底,我国铁路运营里程达 11.2 万 km,其中高速铁路营业里程突破 1.6 万 km,超过世界其他国家总和,成为世界上高速铁路投产运营里程最长、在建规模最大的国家。2014 年国家铁路完成旅客发送量 23.2 亿人次,客票收入 2 479.9 亿元,完成货物发送量 30.7 亿吨,货运收入 2 854.8 亿元。既有线提速技术、重载运输技术跻身世界先进行列;机车车辆装备现代化取得重大突破;青藏铁路建设技术和运营管理达到世界先进水平。以时速达 350 km 的京津城际铁路、武广高速铁路、郑西高速铁路和京沪高速铁路为代表的高速铁路建设、运营管理技术达到世界最高水平。在我国《中长期铁路网规划(2008 年调整)》中指出:到 2020 年,全国铁路营业里程规划目标为 12 万 km 以上,电气化率由 50% 调整为 60% 以上。目前,我国铁路已成为世界上最繁忙的运输工具,在推动社会经济发展进程中占有重要的地位。

#### 1. 既有繁忙干线的提速

1997 年以前,我国铁路运输的需求主要集中在五大繁忙干线上,而这五大干线的客货运量已接近饱和,提高客车速度就会压缩货车的开行数量,影响货运任务的完成,但是不提高客车的速度,客流量就会损失。从长远的角度考虑,应把提高旅客列车的速度作为一项别无选择的战略性措施。同时,通过提速,也实现了铁路技术创新,为今后的铁路建设提供了良好的技术储备。既有繁忙干线提速,是选择既有线条件比较好的区段,通过改造,加强线路的养护,更换基础设备,把列车的运行速度提高。这种做法既能快速收到效果,又可节省投资,是一种多快好省的办法。我国铁路在从 1997 年开始,先后进行了六次较大规模的既有线提速,铁路运输事业取得很大的发展。2007 年 4 月,我国铁路成功实施了第六次大面积提速,时速 200 km 及以上提速线路延展里程达到 6 227 km,其中时速 250 km 的“和谐号”动车组(图 1-1)线路达到 1 019 km。第六次大提速使时速 200 km 及以上的铁路网络一次达到较大的规模,在世界



铁路范围内是前所未有的,这也意味着提速带来的安全考验也是前所未有的。

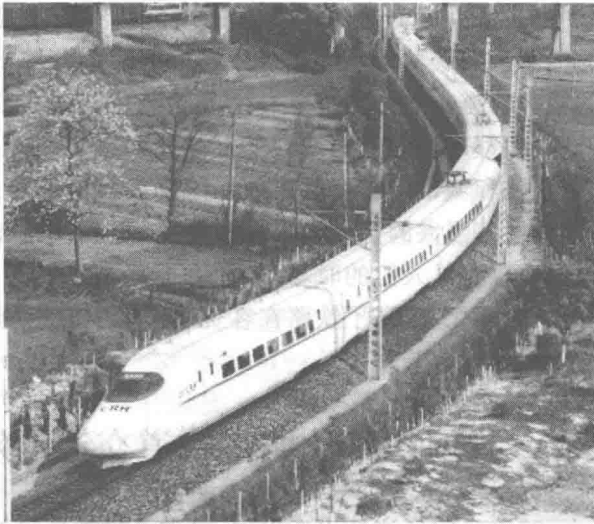


图 1-1 第六次大提速中的“和谐号”动车组

## 2. 重载铁路

20 世纪中期,重载铁路得到长足的发展,现已成为铁路运输技术的重要发展方向。重载铁路的主要特点在于加大列车轴重,加大列车的编组,实现全程的直达运输,利用一条线路,按照具体的技术条件,尽可能多地输送车流,充分发挥铁路集中、大宗、长距离、全天候的运输优势,提高运输能力,取得较好的经济效益。我国幅员辽阔、资源丰富,为满足国家建设对资源物资的需求,20 世纪 90 年代初,我国建成第一条重载铁路——大同一秦皇岛运煤专线,开行 6 000 t 及 10 000 t 的重载列车。2004 年 12 月成功开行了 20 000 t 的重载列车,2008 年的年运量达到 3.4 亿 t,这标志着我国的重载运输达到了国际先进水平。2010 年 12 月,大秦铁路提前完成年运量 4 亿 t 的目标,为原设计能力的 4 倍,2011 年大秦铁路的年运量达到 4.4 亿 t,2014 年大秦线累计完成货物运输量 4.5 亿 t。

此外,新建山西中南部通道是我国“十一五”铁路建设重点工程,连接我国东西部的重要煤炭资源通道,是我国第一条按 30 t 重载铁路标准建设的铁路,国家中长期铁路网规划的重要组成部分。建设工期为四年半,于 2014 年 12 月 30 日正式建成通车。与此同时,在京沪、京广、京哈等重要干线普遍开行了 5 000 t 的重载列车、轴重 25 t 的双层集装箱列车等,重载铁路占据了我国货运市场 54.6% 的份额,取得了显著的经济效益,为国民经济建设做出了巨大的贡献。

## 3. 客运专线和高速铁路

我国铁路客、货列车在很长时间里都是同一条线上混跑,这种情况很难提高客运列车的速度,由于速度相差较大,快速列车开得越多,扣除系数就越大;此外,客运提速与货运重载对线路的要求存在一定的矛盾。因此,要想提高客车速度就必须新建客运专线。

我国《中长期铁路网规划(2008 年调整)》确立了客运专线铁路网“四纵四横”的建设蓝图,根据客运专线所处地理位置、环境、地域人口、经济发展各不相同,在设计各条客运专线时技术标准有一定的差异,大致分为三类:第一类为城际客运专线,如京津、广深港、广珠等城际客运专线;第二类为仅运行动车组的长大客运专线,如武广、郑西等客运专线;第三类为近期兼营货





运业务的客运专线,如石太、合武、合宁、甬台温、温福、福厦等客运专线。截至目前,已建成开通的有秦沈客运专线、京津城际铁路、胶济、合武、石太、温福、甬台温、武广、郑西、沪宁、沪杭、京沪、广深港(广州南—深圳北)、石武、哈大、杭长、长昆(长沙—怀化)等客运专线或高速铁路,长昆(怀化—昆明)、郑徐、宝兰、石济、京沈、济青、广深港(深圳北—西九龙)等客运专线正在建设。其中,已开通运营的京津城际客运专线(图 1-2)是世界上第一条运营速度能达到 350 km/h 的铁路,这也是我国第一条高标准的高速铁路客运专线,标志着我国高速铁路建设技术取得了重大突破;京广高铁线路全长 2 298 km,是世界上最长的高速铁路;哈大高铁北起哈尔滨市,南抵大连市,是我国目前在严寒地区设计建设标准最高的一条高速客运专用铁路;兰新高铁是中国首条在高原、高海拔和戈壁荒漠地区修建的高速铁路,是一条横贯东西的现代“钢铁丝绸之路”,全长 1 776 km,是世界上一一次性建设里程最长的高速铁路。到目前为止,我国高速铁路居世界第一,主要体现在系统技术最全、集成能力最强、运营速度最高、运营里程最长、在建规模最大、人力资源最多。



图 1-2 2008 年 8 月 1 日开通运行的京津城际客运专线

2008 年 4 月 18 日,历经十几年讨论、概算总投资 2 176.30 亿元的京沪高速铁路全线开工,并在 2011 年 6 月 30 日开通运营,人们乘坐京沪高速列车从北京到上海只要 5 h。京沪高速铁路是《中长期铁路网规划》中投资规模最大、技术含量最高的一项工程,正线全长约 1 318 km,全线为新建双线,可与既有线实行客货分线运输,可使新线和既有线的能力得到充分的发挥,使我国铁路运输的运行速度有很大的提高。据中国铁路总公司统计,2014 年京沪高铁运送旅客超过 1 亿人次,比上年同期增长 27%,实现利润约 12 亿元,系首次实现盈利。

#### 4. 青藏铁路

2006 年 7 月 1 日,举世瞩目的青藏铁路全线开通,修建青藏铁路是党中央、国务院在进入 21 世纪之际做出的重大战略决策,是国家“十五”四大标志性工程之一,是西部大开发的重点工程之首。

青藏铁路是当今世界海拔最高、最长的高原铁路。青藏铁路北起青海省西宁市,南至西藏自治区拉萨市,全长约 1 956 km,线路经过地区海拔 4 000 m 以上的地段有 960 km,翻越唐古拉山线路最高处达 5 072 m;经过多年连续冻土地段 550 km,经过九度地震烈度区 216 km。沿线高寒缺氧,生态环境脆弱,地壳运动活跃。在这样的区域修建铁路,具有很强的探索性和科研性,建设任务艰巨。青藏铁路从设计规划到施工均着重于青藏高原的生态环境不被破坏,建设过程中应用了许多新技术,进行了许多科研攻关,促进了铁路创新技术的发展,成为我国铁路建设史上的一座里程碑(图 1-3 和图 1-4)。





图 1-3 青藏铁路的最高点

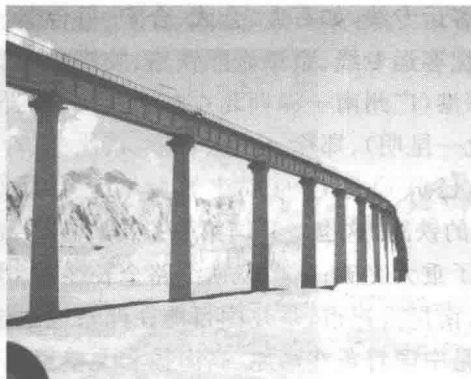


图 1-4 青藏铁路的高架桥

青藏铁路的通车结束了西藏自治区不通铁路的历史,进一步改善了青藏高原的交通条件和投资环境,促进了西藏资源开发和经济快速发展。对加强内地与西藏的联系,促进藏族与各民族的文化交流,增进民族团结,造福沿线人民,发挥了重要作用。

## 二、城市轨道交通的发展概况

近年来,随着经济及城镇化的快速发展,城市客运量大幅增长,在一些特大城市,单纯采用常规公共交通系统已经不能适应我国城镇化的实际需求。随着我国城市交通的迅速发展,轨道交通越来越受到重视。建设以大容量轨道交通为骨干,形成一个包括地面、地下、高架多平面、多交通模式的现代化交通网络,是解决城市交通问题,特别是像北京、上海这样大城市交通问题的必然选择。同时,城市轨道交通项目的建设,是一个城市建设史上最大的公益性基础设施,是一个涉及面广、综合性很强的系统工程。它的建设是城市发展中的百年大计,对城市的全局和发展模式都将产生深远的影响。

在经历了十几年的高速发展之后,中国拥有城市轨道交通的城市已经由 2000 年的 3 座上升至 2014 年的 22 座。截止到 2014 年底,中国城市轨道交通的总里程已经超过 3 000 km(包含地铁、有轨电车等),地铁线路总计 88 条。其中,仅 2014 年,中国就有 13 个城市开通了城市轨道交通新线(长沙、宁波、无锡为首次开通城市轨道交通线路)。其中,上海地铁(548 km)、北京地铁(527 km)位居目前开通运行里程数的前两位。

北京地铁 1 号线是中国第一条地下铁道,建于 1965 年 7 月,第一期工程全长 22.17 km,于 1971 年开始投入运营。随后,1 号线、2 号线、地铁 13 号线、八通线相继开通运营。2008 年奥运会前完成建设的地铁 5 号线、10 号线一期(含奥运支线)和轨道交通机场线,新增运营里程 84 km,累计达到 200 km,客运量日平均 400 万次。2006 年 12 月 18 日,北京市交通委、北京市发展和改革委员会等联合制定发布《关于优先发展公共交通的意见》,《关于优先发展公共交通的意见》提出北京要逐步建立以快线网为骨架、普线网为基础、支线网为补充的三级公共交通网络,规划到 2020 年北京轨道交通线路将达到 19 条,运行里程将达 700 km。2009 年 9 月 28 日,北京地铁 4 号线正式开通运营,4 号线是国内一次建成地下线长度最长的城市轨道交通项目,使北京轨道交通运营里程达到 230 km,在设备与安全标准上也有所提升。截至 2014 年 12 月底,北京地铁共有 18 条运营线路,拥有 318 座运营车站,总长 527 km,如图 1-5 所示。

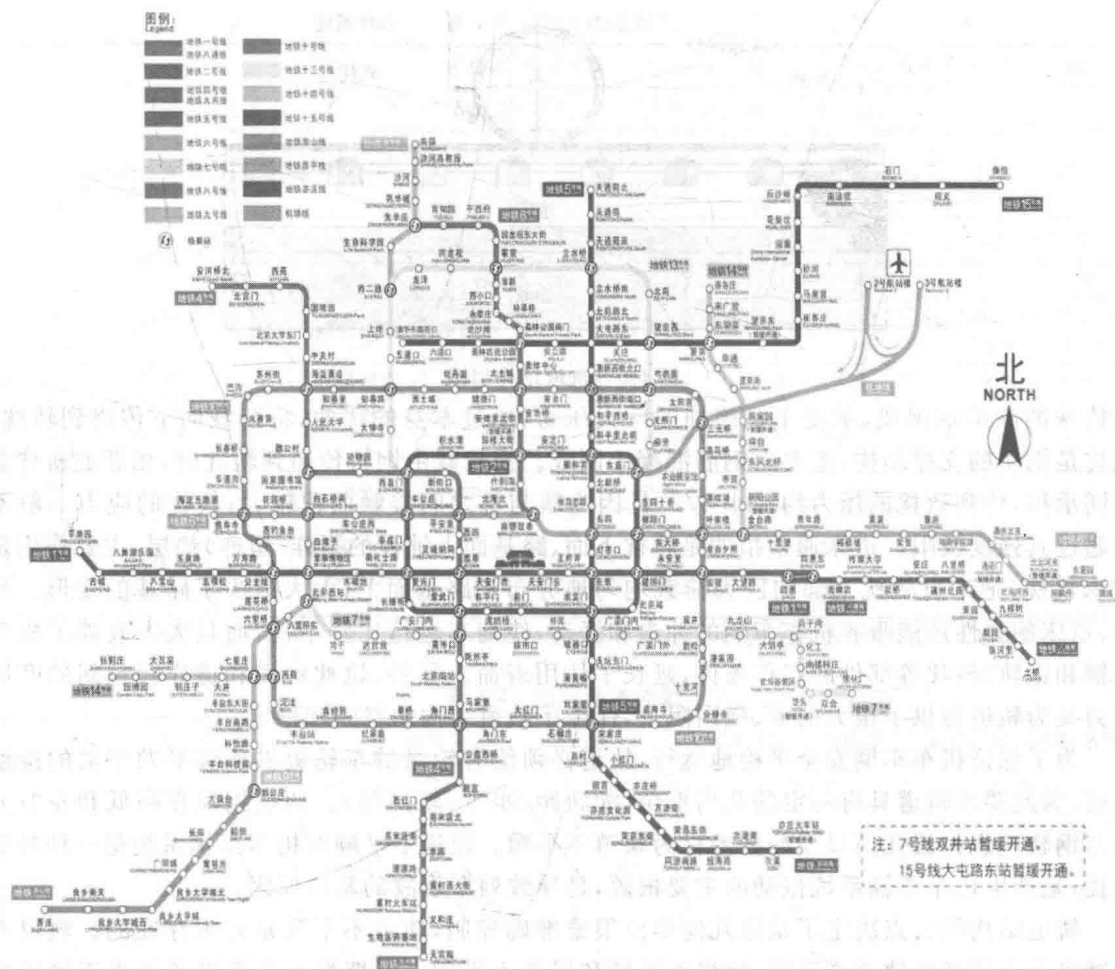


图 1-5 北京市城市轨道交通运营线路图(截至 2015 年 3 月)

### 第三节 轨道的作用与特点

轨道的作用是引导机车车辆的运行,直接承受来自列车的荷载,并将荷载传至路基或者桥隧结构物。轨道结构应具有足够的强度、稳定性和耐久性,并具有固定的几何形位,保证列车安全、平稳、不间断地运行。因此,可以说轨道结构的性质和状况决定了列车的运行品质。

轨道最早是由两根木轨条组成,后改用铸铁轨,再发展为现在的工字形钢轨。目前,世界上多数铁路采用 1 435 mm 的标准轨距。轨距较此窄的称窄轨铁路,较此宽的称宽轨铁路。轨道自上而下由钢轨、扣件、轨枕和碎石道床组成,如图 1-6 所示。它们是一些不同力学性质的材料。轨枕一般用木或钢筋混凝土、钢制成;道床采用碎石、卵石、矿渣等材料。传统的轨道结构多是钢轨与钢轨用连接部件相互连接,轨枕横向铺设于碎石道床内,钢轨与轨枕用扣件连接成轨排,我们称之为有砟轨道,它已有上百年的历史,目前仍然在广泛的使用。

轨道结构是长大的工程结构物,受外界地理、环境因素影响较大。处于轨道最上层的钢轨