

普通高校土木工程专业系列精品规划教材

GAOXIAOTUMUGONGCHENGZHUANYEXILIEJINGPINGUIHUAJIAOCAI



铁路轨道工程

TIELU GUIDAO GONGCHENG

TIELU GUIDAO GONGCHENG

◎ 张鹏飞 罗 锐 主编

◎ 雷晓燕 主审

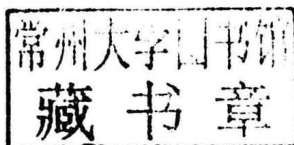


中南大学出版社

www.csupress.com.cn

铁路轨道工程

主编 张鹏飞 罗 锐
主审 雷晓燕



中南大学出版社
www.csupress.com.cn

图书在版编目(CIP)数据

铁路轨道工程/张鹏飞, 罗锟主编. —长沙: 中南大学出版社,
2017.4

ISBN 978 - 7 - 5487 - 2768 - 2

I. ①铁... II. ①张... ②罗... III. ①轨道(铁路) - 铁路工程
IV. ①U21

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 092289 号

铁路轨道工程

张鹏飞 罗 锟 主编

责任编辑 刘颖维

责任印制 易红卫

出版发行 中南大学出版社

社址: 长沙市麓山南路

邮编: 410083

发行科电话: 0731 - 88876770

传真: 0731 - 88710482

印 装 长沙印通印刷有限公司

开 本 787 × 1092 1/16 印张 21.5 字数 546 千字 插页

版 次 2017 年 4 月第 1 版 印次 2017 年 4 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978 - 7 - 5487 - 2768 - 2

定 价 50.00 元

图书出现印装问题, 请与经销商调换

长沙印通印刷有限公司
TEL: 0731-88876770



普通高校土木工程专业系列精品规划教材

编审委员会

主 任 余志武

常务副主任 雷晓燕

副主任(按姓氏笔画排序)

王卫东 王有凯 龙志林 刘哲锋 祁 皓 杨 斌

吴国雄 陈振富 陈 淮 胡习兵 祝明桥 徐长节

崔 杰 彭立敏

委 员(按姓氏笔画排序)

刁心宏 于向东 马飞虎 王 英 王星华 王晓光

王 薇 方 焘 甘元初 石钰锋 白明洲 乔建东

刘小明 刘 坚 刘根强 刘 靖 宇德明 孙 晓

孙翠羽 杨伟军 杨仲轩 杨建军 杨春霞 李长春

李东平 肖 潇 张 健 张维锦 张鹏飞 张燕茹

陈友兰 陈长坤 陈汉利 陈锐林 罗小勇 周小林

周书葵 周凌宇 周智辉 周德泉 郑明新 赵小平

赵国宇 胡文韬 胡晓波 耿大新 徐林荣 郭文华

黄海林 蒋丽忠 傅 纯 戴公连

总 序

土木工程是促进我国经济发展的重要支柱产业。近30年来,我国公路、铁路、城市轨道交通等基础设施以及城市建筑进入了高速发展阶段,以高速、重载和超高层为特征的建设工程的安全性、经济性和耐久性等高标准要求向传统的土木工程设计、施工技术提出了严峻挑战。面对新挑战,国内外土木工程行业的设计、施工、养护技术人员和科研工作者在工程实践和科学研究工作中,不断提出创新理念,积极开展基础理论和技术创新,研发了大量的新技术、新材料和新设备,形成了成套设计、施工和养护的新规范和技术手册,并在工程实践中大范围应用。

土木工程行业日新月异的发展,对现代土木工程专业人才培养提出了迫切需求。教材建设和教学内容是人才培养的重要环节。为面向普通高校本科生全面、系统和深入阐述公路、铁路、城市轨道交通以及建筑结构等土木工程领域的基础理论和工程技术成果,由中南大学出版社、中南大学土木工程学院组织国内土木工程领域一批专家、学者组成“普通高校土木工程专业系列精品规划教材”编审委员会,共同组织编写这套系列教材。通过多次研讨,确定了这套土木工程专业系列教材的编写原则:

1. 系统性

本系列教材以《土木工程指导性专业规范》为指导,教材内容满足城乡建筑、公路、铁路以及城市轨道交通等领域的建筑工程、桥梁工程、道路工程、铁道工程、隧道与地下工程和土木工程管理等方向的需求。

2. 先进性

本系列教材与21世纪土木工程专业人才培养模式的研究成果密切结合,既突出土木工程专业理论知识的传承,又尽可能全面反映土木工程领域的新理论、新技术和新方法,注重各门内容的充实与更新。

3. 实用性

本系列教材针对90后学生的知识与素质特点,以应用性人才培养为目标,注重理论知识与案例分析相结合,传统教学方式与基于现代信息技术的教学手段相结合,重点培养学生的工程实践能力,提高学生的创新素质。这套教材不仅是面向普通高校土木工程专业本科生的课程教材,还可作为其他层次学历教育和短期培训的教材和广大土木工程技术人员的专业参考书。

4. 严谨性

本系列教材的编写出版要求严格按国家相关规范和标准执行,认真把好编写人员遴选关、教材大纲评审关、教材内容主审关和教材编辑出版关,尽最大努力提高教材编写质量,力求出精品教材。

根据本套系列教材的编写原则,我们邀请了一批长期从事土木工程专业教学的一线教师负责本系列教材的编写工作。但是,由于我们的水平和经验所限,这套教材的编写肯定有不尽如人意的地方,敬请读者朋友们不吝赐教。编委会将根据读者意见、土木工程发展趋势和教学手段的提升,对教材进行认真修订,以期保持这套教材的时代性和实用性。

最后,衷心感谢全套教材的参编同仁,由于他们的辛勤劳动,编撰工作才能顺利完成。真诚感谢中南大学学校领导、中南大学出版社领导和编辑们,由于他们的大力支持和辛勤工作,本套教材才能够如期与读者见面。



2014年7月

前 言

铁路是交通运输体系中的骨干,在我国国民经济和社会发展中起到了重要作用。近年来,铁路特别是高速、重载铁路在我国得到了快速发展。截至2016年底,我国铁路运营里程达12.4万km,其中高速铁路里程达2.2万km。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,系统地掌握了时速250 km和时速350 km及以上速度等级的涵盖设计施工、装备制造、系统集成、运营管理 etc 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。中国已经成为世界上高速铁路技术最全、集成能力最强、运营里程最长、运行速度最高、在建规模最大的国家。我国幅员辽阔、资源丰富、煤炭和矿石等大宗货物运量占有较大比重,发展重载铁路势在必行。目前,重载铁路在我国已初具规模,其技术水平位居世界重载运输前列。

伴随着铁路的发展,一些新材料、新技术、新设备和新工艺不断得到应用,拓宽了铁路轨道工程的知识体系和教学需求空间。本书以铁路轨道的基本知识、基本原理和基本技能为基础,将近年来轨道结构创新成果纳入其中,编写过程中力求内容全面、层次分明,并且在结构上体现理论与实践的有机融合。

本书由华东交通大学张鹏飞、罗锐主编,全书由雷晓燕教授主审。编写分工为:张鹏飞负责编写第1章、第4章、第6章、第7章和第8章,罗锐负责编写第2章、第3章、第5章和第9章,最后统稿工作由张鹏飞完成。潘鹏、桂昊、朱勇、欧开宽、曾钦娥、孙茂堂、吴神花和黄辉等协助完成了部分章节的整理及修改。

本书在编写过程中参考了国内外相关教材、文献及新近颁布的相关规范,对其作者表示感谢。

本书主要适用于铁道工程专业本科生和相关专业高职学生的教学,也可以作为铁道工程领域技术人员和高等院校教师的参考用书。

限于作者水平,书中难免存在差错和不足之处,敬请读者批评指正。

作者
2017年1月

目 录

第1章 绪 论	(1)
1.1 世界铁路发展概况	(1)
1.2 中国铁路发展概况	(2)
1.3 轨道的作用、特点及类型	(7)
1.4 轨道结构与运营条件的关系	(8)
重点与难点	(10)
思考与练习	(10)
第2章 有砟轨道	(11)
2.1 有砟轨道结构的组成及特点	(11)
2.2 钢轨	(12)
2.3 轨枕	(26)
2.4 有砟轨道道床	(32)
2.5 有砟轨道扣件	(37)
2.6 钢轨接头及联结零件	(44)
2.7 其他轨道部件	(50)
2.8 特殊地段的轨道过渡段	(52)
2.9 有砟轨道结构对高速铁路的适应性	(55)
重点与难点	(63)
思考与练习	(63)
第3章 无砟轨道	(65)
3.1 高速铁路对轨道结构的要求	(66)
3.2 世界高速铁路无砟轨道的类型	(67)
3.3 我国高速铁路无砟轨道的类型及应用	(75)
3.4 无砟轨道扣件	(91)
3.5 无砟轨道过渡段	(99)
重点与难点	(102)
思考与练习	(102)

第4章 轨道几何形位	(103)
4.1 概述	(103)
4.2 直线轨道几何形位基本要素	(103)
4.3 曲线轨道轨距加宽	(113)
4.4 曲线轨道的外轨超高	(116)
4.5 缓和曲线	(122)
4.6 曲线整正	(130)
重点与难点	(143)
思考与练习	(143)
第5章 轨道结构力学分析	(144)
5.1 概述	(144)
5.2 作用于轨道上的力	(144)
5.3 轨道结构垂向受力分析及计算方法	(148)
5.4 无砟轨道弹性支承叠合梁计算	(168)
5.5 曲线轨道横向受力分析	(172)
5.6 机车车辆-轨道动力作用的仿真计算概述	(177)
重点与难点	(181)
思考与练习	(181)
第6章 道岔	(182)
6.1 道岔的类型	(182)
6.2 单开道岔的构造	(184)
6.3 单开道岔的几何尺寸	(195)
6.4 单开道岔的总布置图	(201)
6.5 过岔速度及提高过岔速度的措施	(207)
6.6 提速道岔及高速道岔的特点	(212)
重点与难点	(217)
思考与练习	(217)
第7章 无缝线路	(218)
7.1 概述	(218)
7.2 无缝线路的基本原理	(221)
7.3 无缝线路的稳定性	(237)
7.4 一般无缝线路结构设计方法	(255)
7.5 桥上无缝线路	(257)
7.6 跨区间无缝线路	(269)
重点与难点	(272)

思考与练习	(272)
第8章 轨道结构修理与维护	(273)
8.1 线路设备修理概述	(273)
8.2 铁路线路维修与线路设备大修	(274)
8.3 铁路轨道检测与质量评定	(280)
8.4 轨道常见病害及维修	(290)
8.5 无缝线路的养护维修技术	(298)
8.6 高速铁路轨道结构的修理特点	(306)
重点与难点	(307)
思考与练习	(307)
第9章 轨道交通环境振动与噪声	(308)
9.1 概述	(308)
9.2 铁路环境振动预测与评价	(308)
9.3 高速铁路环境噪声预测与评价	(316)
9.4 轨道交通环境振动与噪声控制技术	(328)
重点与难点	(331)
思考与练习	(331)
参考文献	(332)

第1章

绪论

1.1 世界铁路发展概况

铁路是现代文明的一项巨大工业成就,是一种有轨运输工具。在水路、铁路、公路、航空四大运输体系中,铁路的历史仅次于水路,与其他运输方式相比,铁路具有运量大、速度快、能耗低、运价低、安全可靠、对环境污染小以及全天候运输等优点,因此,铁路运输在整个运输体系中一直处于主导地位。

1825年,英国在大林顿(Darlington)至斯托克顿(Stockton)间建成了世界上第一条公用商业铁路,从此拉开了世界铁路轰轰烈烈的发展序幕。从那时起,铁路经历了初建时期、筑路高潮时期、基本稳定时期和现代化时期。

在利物浦(Liverpool)至曼彻斯特(Manchester)的铁路上,当机车以22 km/h的速度牵引17 t货物时,人们看到了铁路运输的巨大潜力。此后,法国、美国、德国、比利时、俄国、意大利等国家纷纷修建铁路;到19世纪50年代初期,印度、埃及、巴西、日本等国也开始修建铁路。到1860年,世界铁路已经修建了10.5万 km。

从1870年到1913年第一次世界大战前,铁路发展突飞猛进,世界每年平均要修建2万 km以上。如1881—1890年这10年中,美国平均每年要新建铁路1万 km以上。在第一次世界大战前,美国、英国、法国、德国、意大利、比利时、西班牙等国先后建成了本国的铁路网,铁路成了这些国家工业化的先驱,并奠定了工业化的基础。到1913年,世界铁路的营业里程达110.4万 km,其中80%集中在美国、英国、法国、德国和俄罗斯5个国家。铁路垄断了陆上的交通运输行业,其所承担的运输量占全世界总运输量的80%以上。

20世纪10~50年代,世界各国的经济因两次世界大战的影响都遭受了严重的破坏,铁路也不例外。20世纪后期,由于其他交通运输方式的兴起,特别是高速公路和民航的挑战,使得铁路在此期间遭受了历史性的重创,客货运量锐减,铁路营业亏损严重。很多发达国家的铁路基本停止发展甚至出现封闭或拆除的情况。

第二次世界大战后,苏联和第三世界国家的铁路有所发展,截至1970年,全世界的铁路营业里程达127.9万 km。

20世纪60年代末期,世界铁路的发展又开始复苏,特别是20世纪70年代中期世界石油危机后,铁路因其能耗低、运输能力大、安全可靠、污染小等优势,重新回到了陆上交通运输的骨干地位,很多国家都将发展铁路作为交通产业政策调整的重点。近年来,以信息技术、自动化技术、制造技术和材料科学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的跨越。

高速铁路是在与高速公路、民用航空竞争中逐步发展起来的。在近一百年来,世界主要发达国家都经历了高速列车的研究、试验和应用阶段。1964年10月1日,日本东海道新干线东京至大阪高速铁路正式开通投入商业运营。这是世界上第一条完全按照高速行车技术条件建造的铁路,其安全运营的最高时速达210 km。东海道新干线的建成通车,标志着铁路进入高速时代。经过50多年的发展,目前世界上已经有中国、西班牙、日本、法国、德国、瑞典、英国、意大利、俄罗斯、土耳其、韩国、比利时、瑞士、荷兰等国家建成运营高速铁路。据统计,截至2015年底,世界高速铁路营业里程约为3.1万 km,其中中国达1.9万 km,占60%以上。

在发展高速铁路的同时,重载铁路技术也在快速发展。世界重载铁路运输起步于20世纪50年代,伴随着牵引动力和线路、轨道结构的现代化改造,重载列车牵引质量不断增加,最高牵引质量的世界纪录已突破10万 t,最大轴重达39 t。随着重载运输的发展,国际重载协会(IHHA)于2005年对重载铁路的标准作出了最新的修订,重载铁路必须满足下列三条标准中的两条:①重载列车牵引质量至少达8000 t;②列车轴重27 t及以上;③在至少150 km的线路区段上年运量达到4000万 t及以上。60多年来,重载铁路在中国、美国、加拿大、澳大利亚、巴西、南非等幅员辽阔、矿产资源和粮食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。

1.2 中国铁路发展概况

1.2.1 旧中国铁路发展历程

1876年第一条营业铁路——吴淞铁路建成通车,吴淞铁路是英国商人在清政府不知情的情况下修建的,全长约15 km,轨距为762 mm,钢轨每米重13 kg,运营不足1年便被清政府以28.5万两白银购回,并拆除。1881年我国自主修建了唐山至胥各庄的唐胥铁路,这条铁路长9.7 km,轨距为1435 mm,后展筑至天津,称为唐津铁路,1890年自唐山展筑至山海关,称为关内外铁路。京张铁路在詹天佑主持下,历时四年于1909年建成,全长201 km,是我国以自己的技术力量建成的第一条铁路。

1912—1937年,国民党政府先后建成了粤汉铁路株洲至韶关段、陇海、浙赣、同蒲、江南(南京—芜湖)、淮南(田家庵—裕溪口)等铁路。1931年九一八事变后,日本在东北先后修建了吉长(吉林—长春)、四洮(四平—洮南)、四辑(四平—辑安)、图佳(图们—佳木斯)、锦承(锦州—承德)、叶赤(叶柏寿—赤峰)等铁路。

1937—1945年,铁路员工用废旧线路拆卸下来的铁路器材,修建了湘桂铁路的衡(阳)来(宾)段、黔桂铁路的柳(州)都(匀)段、叙(府)昆(明)铁路的昆沾(益)段,以及宝(鸡)天(水)线等铁路。

1876—1949年,这一时期的铁路事业带有半封建、半殖民地性质,它的建设、发展和经营都被控制在帝国主义、封建主义和官僚资本主义手里。

旧中国的铁路有如下特点:①发展速度非常缓慢,平均每年修建铁路仅320 km;②分布

极不合理,多集中在东北与沿海各省,而西北、西南的广大地区却几乎没有铁路;③设备简陋,标准低。

1.2.2 新中国成立初至改革开放前中国铁路的发展历程

从1949年新中国成立到改革开放前,我国的铁路建设有了很大的发展,无论是在路网建设、线路状况、技术装备方面,还是运输效率等方面,都取得了很大的成就。

1953—1957年建成的新干线有:成都至重庆、天水至兰州、来宾至凭祥、丰台至沙城、集宁至二连浩特、兰村至烟台、黎塘至湛江、宝鸡至成都以及鹰潭至厦门等铁路;1958—1962年建成的新干线有:萧山至穿山、包头至兰州、南平至福州、北京至承德、兰州至西宁等铁路,并重建了柳州至贵阳的铁路;1963—1965年先后建成的新干线有:兰州至乌鲁木齐、贵阳至重庆等铁路;1966—1970年修建的新干线有:贵阳至昆明、通辽至让湖路、成都至昆明等铁路;1971—1975年修建的新干线有:北京至原平、焦作至枝城、通县至古冶、株洲至贵阳等铁路;1976—1980年修建的新干线有:阳平关至安康、太原至焦作等铁路;1981年又建成北京至通辽、襄樊至重庆等铁路,枝城至柳州以及芜湖至贵溪等铁路亦相继完成。

截至1981年底,全国大陆上铁路营业里程是50181 km,另有地方铁路3725 km。到1981年,中国铁路承担的年客运量为9.53亿人,占当年全国现代化旅客运输的24.3%,为1949年的9.2倍;承担的年货运量为10.77亿t,占当年全国现代化货物运输的49.4%,为1949年的19.2倍。

1.2.3 改革开放以来中国铁路的大发展

1. 完善路网建设

到目前为止,我国基本建成了贯通东西南北的铁路路网。南北干线主要有:哈大、京沈、京沪、京九、京广、太焦—焦枝—枝柳、宝成一成昆、成渝—川黔—黔桂—湘桂等线;东西干线主要有:滨州—滨绥、京秦—京包—包兰、石太—石德—胶济、新焦—新荷、兖石、陇海—兰新、沪杭—浙赣—湘黔—贵昆、广梅汕—三茂等线。

在高速铁路方面,已经基本建成了“四纵四横”高速铁路网。“四纵”是指:京沪、京广、京哈及沿海通道;四横是指:青岛—太原、徐州—兰州、上海—成都及沪昆客专。2016年7月,国务院批准了新调整的《中长期铁路网规划》(简称《规划》),进一步描绘了中国高速铁路发展的美好蓝图。根据《规划》,到2020年,中国高速铁路规模将达到3万 km,到2025年,将达到3.8万 km。届时,中国将建成以“八纵八横”主通道为骨架、区域连接线衔接、城际铁路补充的现代高速铁路网。

2. 完成繁忙干线六次提速

1997年以前我国的铁路运输的需求,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。我们国家从长远的角度考虑,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,更换基础设施,把列车的运行速度提高。这种做法既能快速见效,又可节省投资,是一种多快好省的办法。

我国铁路从1997年开始,先后进行了6次较大规模的既有线提速,铁路运输事业取得了很大发展。2007年4月18日,我国成功实施了既有线第6次大面积提速,时速200 km线路延展里程达到6003 km,分布在京哈、京沪、京广、陇海、武九、浙赣、胶济、广深等干线,其中时速250 km的“和谐号”动车组(图1-1)线路达1019 km,分布在京哈、京广、京沪、胶济线部分区段。



图1-1 第6次大提速中的动车组

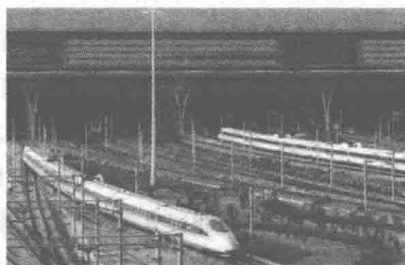


图1-2 从虹桥站驶出的“和谐号”动车组

3. 高速铁路实现跨越式发展

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。截至2016年底,中国高速铁路运营里程突破2万 km,稳居世界第一。目前,已经开通运营的有秦沈客运专线、京津城际、胶济、合武、石太、温福、甬台温、京广、郑西、沪宁、沪杭、京沪、广深港、哈大、杭南长、郑徐等客运专线或高速铁路。其中,京津城际是世界上第一条运营速度达到350 km/h的铁路,也是我国第一条高标准的高速铁路客运专线;京沪高速全长1318 km,是我国投资规模最大、技术含量最高的一项工程(图1-2);哈大高铁是我国目前在严寒地区设计建成的标准最高的一条客运专线;兰新高铁是中国首条在高原和戈壁荒漠地区修建的高速铁路,也是世界上一次性修建里程最长的高速铁路,全长1776 km。

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,系统地掌握了时速250 km和时速350 km及以上速度等级涵盖设计施工、装备制造、系统集成、运营管理等高速铁路成套技术,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。中国已经成为世界上高速铁路系统技术最全、集成能力最强、运营里程最长、运行速度最高、在建规模最大的国家。

4. 大力发展重载铁路运输

重载铁路运输因其运能大、效率高、运输成本低而受到世界各国铁路的广泛重视,目前,重载铁路运输在世界范围内迅速发展,已被国际公认为铁路货运发展的方向,成为世界铁路发展的重要趋势。我国幅员辽阔,资源丰富,煤炭和矿石等大宗货物运量占有较大比重,发展重载铁路势在必行。

1984年11月,我国在大同—沙城—丰台—秦皇岛间开行了由两列普通货物列车合并的重载列车,随后又在沈山线、石德线和平顶山—江岸西间开行了7000~7600 t的组合列车。

1992年,我国建成了全长653.2 km的大同一秦皇岛铁路(大秦铁路),它是我国第一条双线电气化重载单元列车的运煤专线。大秦铁路是中国重载运输发展的重要标志。2006年3月28日在大秦线正式开行了2万t重载组合列车,使我国铁路重载运输技术水平跨入了世界先进行列;2009年完成运量目标3.8亿t;2010年12月26日,大秦铁路提前完成年运量4亿t的目标,是原设计能力的4倍;2014年,大秦线累计完成货物运输量4.5亿t。

2007年4月18日,全国铁路第6次大面积提速后,京沪、京广、京哈等繁忙提速干线将重载列车牵引定数由5000t提升到了5500~5800t,进一步提高了繁忙干线的运输能力。这种客货共线运行,速度、密度、载重三者并举的运输组织模式是世界铁路运输史上的一项重大创举。

此外,新建山西中南部铁路通道是我国“十一五”铁路建设重点工程,是我国第一条按30t轴重设计重载铁路,是国家中长期铁路网规划的重要组成部分,该线路已于2014年12月30日建成通车。

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,为我国经济建设和社会发展作出了巨大的贡献。

5. 牵引动力升级换代

20世纪80年代以来,我国机车工业有了很大发展,蒸汽机车停产,大功率电力、内燃机车发展迅速,机车的牵引性能和动力制动性能大大提高,牵引动力全面升级。

在动车组方面,我国先后研制成功了“春城号”“中原之星”“先锋号”“中华之星”“长白山号”等动车组。2003年以来,铁道部党组找到了推进技术装备现代化进程的新路子,明确了“引进先进技术、联合设计生产、打造中国品牌”的基本原则。

2006年7月31日,国内首列国产化时速250 km动车组下线;2007年4月18日,动车组全面上线投入运营;2008年底,国内首列时速350 km动车组问世;2015年6月30日,具有完全自主知识产权、时速350 km的中国标准动车组,在中国铁道科学研究院环形试验基地正式展开试验工作;2015年11月9日,中国标准动车组在大西客运专线开展型式试验,最高试验速度达到时速385 km;2016年7月15日,我国自行设计研制、全面拥有自主知识产权的两辆中国标准动车组,以420 km的时速进行交会试验,这也是世界上首次利用拟运营动车组进行时速400 km以上的试验。

6. 修建高难度铁路——青藏铁路

2006年7月1日,举世瞩目的青藏铁路全线开通,结束了西藏自治区不通铁路的历史,体现了党中央对藏区人民的关怀,改善了青藏高原的交通条件和投资环境,极大地促进了西藏地区的资源开发和经济的快速发展。

青藏铁路是世界海拔最高、线路最长的高原铁路,是实施西部大开发战略的标志性工程,是中国新世纪四大工程之一。青藏铁路从西宁至拉萨全长1956 km,其中西宁至格尔木814 km已于1979年铺通,1984年投入运营。格尔木至拉萨段全长1142 km,其中新建铁路(南山口至拉萨)1110 km,线路经过海拔4000 m以上的地段有960 km,在唐古拉山口线路最高处达5072 m(图1-3),经过多年冻土地段550 km。青藏铁路从设计规划到施工一直侧重于生态环境保护,在建设过程中应用了多项新技术(如以桥代路,图1-4),完成了多项科研攻关,完善了我国修建高寒、高原地区铁路的成套技术体系。

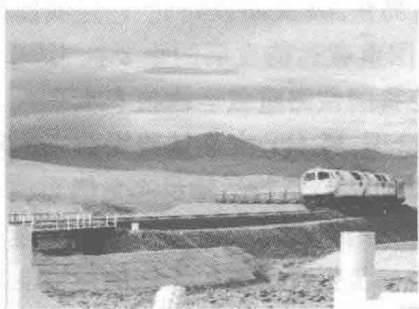


图 1-3 青藏铁路海拔最高点(最高点 5072 m)

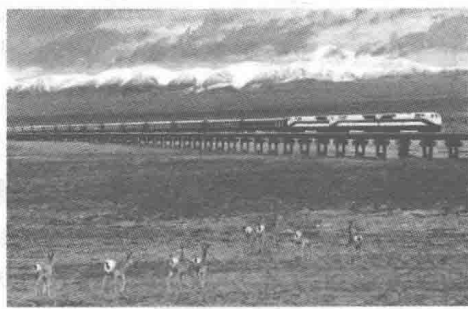


图 1-4 青藏铁路以桥代路地段

7. 轨道结构不断创新

为适应高速、重载的需要,轨道结构在铁路交通发展过程中也在不断地进行技术革新,如积极采用新工艺、新技术,强化轨道自身结构,重视运行后的保养维修,保障轨道的平顺性等。近年来,我国轨道结构方面的创新和发展主要体现在以下几点:

- ①钢轨的重型化、强韧化和纯净化。
- ②高标准的有砟轨道在高速铁路上得以应用。
- ③无砟轨道的大量铺设及病害整治技术。
- ④高性能的扣件被广泛采用。
- ⑤大面积推广无缝线路,特别是跨区间无缝线路。
- ⑥提速道岔、高速道岔的研制及铺设。
- ⑦工务维修管理的现代化。

8. 中国高速铁路“走出去”取得重要进展

中国高速铁路具有技术先进、安全可靠、兼容性强和性价比高等特点,在国际市场中具有很强的竞争优势。中国铁路总公司按照国家“一带一路”建设的战略部署,本着互利共赢的原则,充分发挥企业层面牵头作用,加强国际铁路交流合作,加快推动铁路“走出去”重点项目,取得了一系列成果。

目前,中国铁路“走出去”项目遍及亚洲、欧洲、美洲和非洲。印尼雅万高铁项目建设进展顺利,各项工作正在有序推进;中老铁路万象站及相关工程已于 2015 年 12 月开工,现场施工组织有序推进,前期设计工作基本完成,具备全线开工条件;莫斯科—喀山高铁项目逐步推进,中国铁路总公司、俄罗斯铁路股份公司、中国中车集团、俄罗斯西纳拉集团已签署四方合作意向书;匈塞铁路塞尔维亚段已于 2015 年 12 月举行了启动仪式,中国与匈牙利两国政府于 2015 年 11 月正式签署了《关于匈塞铁路匈牙利段开发、建设和融资合作协议》;中泰铁路进展顺利,双方就政府间协议修订、先行段开工等达成共识,共同制订了总体建设工作计划。同时,中国铁路总公司还牵头国内相关企业,重点跟踪或推进了马新高铁、英国高铁、美国加州高铁、两洋铁路、坦赞铁路、摩洛哥铁路等境外铁路项目,均取得积极进展。

综上,中国的铁路事业经历了新、旧两个根本性质不同的社会,其命运和前途也是迥然各异的。

旧中国的铁路事业,带有半殖民地、半封建的性质,它的建设、发展和经营都被控制在帝国主义、封建主义和官僚资本主义手里,发展缓慢、经营惨淡、满目疮痍。新中国的铁路

事业在长达 60 多年的发展历程中,也并不是一帆风顺的,它经历了由小到大、由少到多和由弱变强的渐进过程。

改革开放以来,中国铁路取得了世界瞩目的辉煌成就,截至 2016 年底,我国铁路通车总里程突破 12.4 万 km,跃居世界第二;高速铁路通车里程突破 2.0 万 km,跃居世界第一。

1.3 轨道的作用、特点及类型

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。20 世纪 80 年代,世界上多数铁路采用的标准轨距为 1435 mm,较此窄的称为窄轨铁路,较此宽的称为宽轨铁路。轨道自上而下由钢轨、轨枕、碎石道床组成。钢轨、轨枕、道床是一些不同力学性质的材料以不同的方式组合起来的。轨枕一般为横向铺设在道床内,用木或钢筋混凝土、钢制成。道床采用碎石、卵石、矿渣等材料。钢轨与钢轨用联结部件相互连接,钢轨与轨枕用扣件连接成轨排铺于碎石道床之上。这种传统的轨道结构我们称为有砟轨道,已有上百年的历史,目前仍然在广泛地使用。

轨道结构是长大的工程结构物,受地理、外界环境因素影响较大。处于轨道最上层的钢轨由特殊的高碳钢组成,承受车辆施加的巨大压力,通过本身的挠曲,将荷载向下传递给轨枕。轨枕是钢轨的支撑,由钢筋、混凝土制成。当轮载由钢轨传递到轨枕时,相邻的轨枕会共同承担,传到轨枕的压力约减小 1/2,且因为钢轨与轨枕之间接触面积增大,轨枕的应力一般不会超过其强度极限。道床通常指的是轨枕下面,路基面上铺设的道砟垫层,其主要作用是支承轨枕,把来自轨枕上部的巨大荷载,均匀地分布到路基面上,大大减少了路基的变形。另外,道床的弹性还能吸收机车车辆的冲击和振动,使列车运行比较平稳,而且大大改善了机车车辆和钢轨、轨枕等部件的工作条件,延长了使用寿命。轨枕与道床之间的接触面积是钢轨与轨枕的接触面积的数倍,散体材料堆积而成的碎石道床应力与轨枕应力相比有所减小。经道床的扩散,最后传递到路基、桥隧结构物的应力更小。从静力学角度看,传力机理非常合理。另外,轨枕底面和道砟颗粒间的摩擦阻力又为轨道提供了很大的纵、横向阻力,保障了轨道结构的坚固和稳定。

为了保证机车车辆安全平稳地运行,轨道必须给车轮提供连续平顺的接触表面,为此要求轨道具有一定的几何形位(如轨距、水平、轨向等)。两根钢轨在高低方面和左右方向与钢轨理想位置几何尺寸的偏差称为轨道不平顺。轨道不平顺对机车车辆系统是一种外部激励,是产生机车车辆系统振动的主要根源,是导致列车事故的基本原因。

轨道结构的特点决定了轨道几何形位很难准确控制,轨道不平顺是客观存在的。轨道不平顺可分为周期性轨道不平顺、随机不平顺和局部不平顺。周期性轨道不平顺是由于轨道接缝形成的以轨长为波长的不平顺。随机不平顺是由于轨道的铺设、养护维修产生的误差和轮轨磨损所产生的不平顺,它因时因地而有所不同。局部不平顺是由于线路的特定结构(如道岔、转让线、侧线、缓和曲线、分岔线、桥梁等)或偶然地点(如线路的局部病害)产生的不平顺。

列车在轨道上运行时,由于客观存在的轨道不平顺、车轮不圆顺、车辆的蛇行运动等原