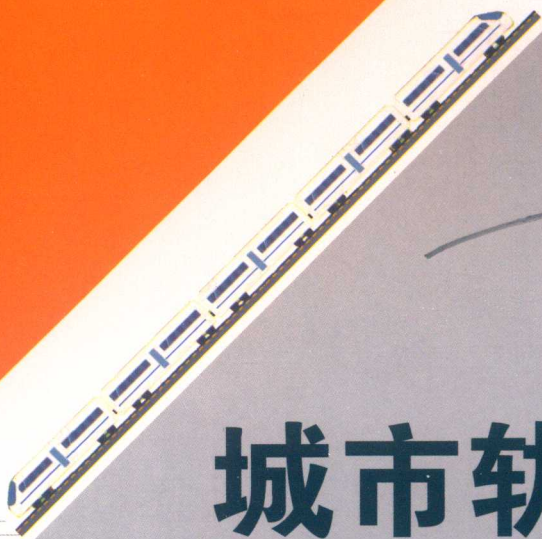


普通高等院校城市轨道交通“十三五”规划教材



城市轨道 交通概论

(第2版)

姚林泉 汪一鸣 主编

清华大学出版社



第2版前言

本书是普通高等院校城市轨道交通“十三五”规划教材。本书在编写过程中，参考了国内外城市轨道交通领域的最新研究成果，力求做到概念清晰、重点突出、由浅入深、循序渐进。本书可作为城市轨道交通专业及相关专业的教材，也可供从事城市轨道交通工作的工程技术人员参考。

清华大学出版社 北京 010-82582889 1370151933

城市轨道交通概论

(第2版)

姚林泉 汪一鸣 主编

肖为周 朱忠奎 陈甦 王志强 杨勇 谢门喜 鞠华 副主编

清华大学出版社

北京

ISBN 978-7-302-51933-0
 定价：48.00元

内 容 简 介

本书是“普通高等院校城市轨道交通‘十三五’规划教材”，主要介绍城市轨道交通的基本概念、基本知识 and 基本原理，内容深入浅出，图文并茂。全书分为6大模块共10章，第1、2章为绪论模块，介绍城市轨道交通的发展和主要形式；第3~5章为规划和土建模块，介绍城市轨道交通的规划设计、土建工程和轨道结构；第6章为车辆模块，介绍城市轨道交通车辆结构；第7、8章为供配电模块，介绍电力牵引和供电系统；第9章为通信、信号模块，介绍轨道交通通信系统和信号系统；第10章为运营管理模块，介绍城市轨道交通行车组织与运营管理。

本书既可作为高等院校交通类专业师生的教材或教学参考书，也可作为从事轨道交通工程技术人员参考资料和培训教材。

版权所有，侵权必究。侵权举报电话：010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

城市轨道交通概论/姚林泉,汪一鸣主编.—2版.—北京:清华大学出版社,2019
(普通高等院校城市轨道交通“十三五”规划教材)
ISBN 978-7-302-52422-9

I. ①城… II. ①姚… ②汪… III. ①城市铁路—高等学校—教材 IV. ①U239.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2019)第 042161 号

责任编辑:许 龙
封面设计:常雪影
责任校对:刘玉霞
责任印制:沈 露

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座 邮 编:100084

社 总 机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质量反馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 装 者:北京嘉实印刷有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:18 字 数:438千字

版 次:2012年8月第1版 2019年5月第2版 印 次:2019年5月第1次印刷

定 价:49.80元

产品编号:080533-01

第2版前言

FOREWORD



本书第1版中部分内容及数据是与当时国内的轨道交通技术和发展密切联系的。近几年来无论是我国的地铁还是高铁、无论是线路的规模还是技术的创新都取得了突飞猛进的发展,因此需要对部分内容及时修改,使内容能跟上轨道交通大时代发展的步伐。另外,通过教师使用本书过程中反馈的意见以及从教学效果的角度需要对内容进行修改和完善。因此,在保留原书风格的基础上,对原书作了修订,比较大的调整如下。

(1) 第1章增加了高速铁路的内容,包括轨道交通的由来与发展、世界以及中国高速铁路的发展,介绍当前我国高铁发展状况和规划,了解国家对轨道交通的发展战略。

(2) 第1章修改了我国城市轨道交通的发展和建设规划中的内容,更新了目前我国城市轨道交通的最新状况。

(3) 原版第1章中“1.1.2 城市居民出行特点”与“1.1.3 我国城市轨道交通的现状及存在问题”合并,并修改了部分内容,使内容更紧凑合理。

(4) 第2章“2.2 城市轨道交通的形式及特点”中关于有轨电车内容突出了现代有轨电车的发展和特点。

(5) 原版第7章“7.3 三相异步电机电力牵引系统”与“7.4 三相永磁同步电机电力牵引系统”合并为“7.3 交流电力牵引系统”,并对小节重新编排。先讲述交流牵引电机的原理,再讲述交流牵引控制系统及发展趋势。

(6) 第9章“9.1 通信系统”中增加了“9.1.4 新一代城市轨道交通无线通信技术”。

(7) 第9章“9.2 信号系统”中增加了“9.2.6 地铁车辆全自动无人驾驶信号系统”。

(8) 第10章“10.2 轨道交通成本效益分析”中删掉10.2.4、10.2.5小节的非重点内容,增加投融资模式简介内容,将该节改为“10.2.4 轨道交通投融资模式”。

(9) 第10章增加了“10.3 轨道交通运营筹备与管理规章”。

作者

2018年10月于苏州大学

第1版前言

FOREWORD



自 1863 年世界上第一条地铁在伦敦开通以来,城市轨道交通经历了 150 多年的发展历史,受到了各国发达城市的高度重视,在大中城市的交通中发挥了巨大的作用。我国虽然于 1965—1969 年在北京修建了第一条地铁(1971 年开始试运营,1981 年正式运营),但真正的城市轨道交通建设应该是从 20 世纪 90 年代开始,特别是 21 世纪初迎来了全国大中城市的轨道交通建设热潮。迄今为止,除了已经运营的省级和副省级城市,如北京、上海、天津、广州、深圳、重庆、武汉、南京、大连、长春外,近几年部分地级城市,如苏州、无锡、宁波、东莞等,也都开始了城市轨道交通的建设,使已获国务院批准的城市约 40 座,发展非常迅猛。

随着我国城市化建设的快速发展,城市建设规模越来越大,人口越来越多,到 2012 年城市人口已经超过了农村人口,引起的城市交通问题也越来越突出。而城市轨道交通具有快捷、安全、准时、低能耗、轻污染、大运量等优点,是解决城市交通拥堵和降低污染问题最有效的交通工具,也是贯彻国家“公交优先”战略方针最有效的交通系统。

目前,我国城市轨道交通迎来了最好的发展时机,而且还将继续稳步发展。为支撑城市轨道交通事业、降低建设成本,需要不断发展拥有自主知识产权的高新技术。为此,急需培养大量具有专业理论与技能的城市轨道交通类人才。

因此,在高等院校中设立城市轨道交通学科的相关专业,开设城市轨道交通课程,已迫在眉睫。有一套好的教材,无疑将为培养专业人才提供保障。为了让不同专业的学生全面地了解城市轨道交通的基本原理和方法,苏州大学城市轨道交通学院组织编写了《城市轨道交通概论》一书,以补充该类课程教材的不足,满足教学需求。

本书共分 10 章,主要介绍了城市轨道交通的基本概念、基本知识和基本原理,内容深入浅出,图文并茂,既有广度又有深度。内容包括绪论、土木、车辆、供配电、通信与信号及运营管理等,每章附有思考题。

本书由苏州大学城市轨道交通学院姚林泉教授和汪一鸣教授任主编,学院的部分老师参加了本书的编写。第 1、2、5 章由姚林泉编写,第 3 章由肖为周编写,第 4 章由陈甦编写,第 6 章由朱忠奎和鞠华编写,第 7 章由杨勇编写,第 8、9 章由汪一鸣和谢门喜编写,第 10 章

目录

CONTENTS



第 1 章 轨道交通的产生与发展	1
1.1 轨道交通的由来与发展	1
1.2 世界高速铁路的发展	3
1.3 中国高速铁路的发展	4
1.4 城市轨道交通的产生	9
1.4.1 城市规模与城市交通的发展.....	9
1.4.2 我国城市轨道交通现状及存在问题	11
1.4.3 轨道交通的概念与特点	14
1.5 城市轨道交通的发展.....	15
1.5.1 国外城市轨道交通的历史与现状	15
1.5.2 我国城市轨道交通的发展和建设	19
1.5.3 申报城市轨道交通的要求	23
1.5.4 城市轨道交通的社会功能	25
1.6 城市轨道交通系统.....	27
1.6.1 城市轨道交通系统的基本构成	27
1.6.2 城市轨道交通系统所涉及的专业门类及对人才的需求	28
思考题	29
第 2 章 城市轨道交通的分类与形式	30
2.1 城市轨道交通的分类.....	30
2.2 城市轨道交通的形式及特点.....	32
2.2.1 市域快速轨道(市郊铁路)	32
2.2.2 有轨电车	34

2.2.3	地铁	37
2.2.4	轻轨	38
2.2.5	独轨	39
2.2.6	磁悬浮	43
2.2.7	自动导向交通	46
2.2.8	缆车	49
	思考题	54
第3章 城市轨道交通线网规划		55
3.1	线网规划的基本原则和主要内容	56
3.1.1	线网规划的意义	56
3.1.2	线网规划的主要原则	57
3.1.3	线网规划的范围和年限	58
3.1.4	线网规划的主要内容	58
3.1.5	线网规划的技术路线	59
3.2	线网合理规模和结构形态	60
3.2.1	线网合理规模	60
3.2.2	线网结构形态	62
3.3	线网客流预测	68
3.3.1	客流预测的意义和目的	68
3.3.2	客流形成机理分析	68
3.3.3	客流预测模式和方法	68
3.3.4	四阶段交通需求预测简介	69
3.3.5	客流预测的主要内容	70
3.4	轨道交通资源共享	71
3.4.1	车辆段、停车场资源共享	72
3.4.2	主变电站资源共享	73
3.4.3	信号系统资源共享	73
3.4.4	控制中心资源共享	74
3.5	线网方案评价	74
3.5.1	评价的主要任务	74
3.5.2	评价指标体系	75
3.5.3	评价方法	75
	思考题	76

第4章 土木工程	77
4.1 城市轨道交通线路	77
4.1.1 线路走向选定	77
4.1.2 线路分类	78
4.1.3 线路设计	81
4.2 城市轨道交通车站	89
4.2.1 城市轨道交通车站分类	89
4.2.2 车站的组成	92
4.2.3 车站平面布置	93
4.2.4 换乘站	94
4.2.5 出入口及通道	97
4.2.6 车站主体	99
4.2.7 通风道、风亭(地下车站)	103
4.2.8 车站内部文化	103
4.3 城市轨道交通地下车站、区间隧道施工	104
4.3.1 明挖法	105
4.3.2 盖挖法	105
4.3.3 暗挖法	107
思考题	110
第5章 城市轨道交通的轨道结构	111
5.1 轨道结构的发展	111
5.2 轨道结构的类型	113
5.3 城市轨道交通的轨道结构	113
5.3.1 钢轨	114
5.3.2 轨枕	119
5.3.3 扣件	121
5.3.4 道床	126
5.3.5 道岔	132
5.3.6 车挡	135
5.4 独轨和磁悬浮系统的轨道结构	136
5.4.1 独轨轨道结构	136
5.4.2 磁悬浮系统	139
思考题	140

第 6 章 城市轨道交通车辆	141
6.1 轨道车辆概述	141
6.1.1 轨道交通车辆	141
6.1.2 城市轨道交通车辆基本组成	142
6.1.3 城市轨道交通车辆主要技术参数	144
6.2 城市轨道交通车辆转向架	148
6.2.1 转向架概述	148
6.2.2 构架	150
6.2.3 转向架轮对轴箱装置	150
6.2.4 弹性悬挂装置	151
6.2.5 驱动装置	152
6.2.6 基础制动装置	153
6.3 城市轨道交通车辆车体	154
6.3.1 轨道车辆车体的类型及特征	154
6.3.2 地铁车辆车体介绍	155
6.3.3 车体轻量化	156
6.4 车钩缓冲装置与贯通道	156
6.4.1 车钩缓冲装置的基本结构与原理	157
6.4.2 车钩缓冲装置分类	158
6.4.3 城市轨道交通车辆常用车钩缓冲装置	159
6.4.4 贯通道	160
思考题	160
第 7 章 城市轨道交通牵引系统	162
7.1 概述	162
7.1.1 轨道交通电力牵引传动及控制技术的发展	162
7.1.2 轨道交通电力牵引系统的主要类型	164
7.1.3 轨道交通电力牵引变流器	165
7.1.4 轨道交通供电方式	167
7.2 直流电力牵引系统	167
7.2.1 直流电机的基本结构	167
7.2.2 直流电机的工作原理	168
7.2.3 直流电机的励磁方式	169
7.2.4 直流牵引调速系统	170

7.2.5	直流牵引电机的电气制动	171
7.2.6	直流牵引主回路及其控制	172
7.3	交流电力牵引系统	173
7.3.1	三相异步电机的基本结构和工作原理	173
7.3.2	三相永磁同步电机的基本结构和工作原理	177
7.3.3	交流电机调速系统	179
7.3.4	交流 PWM 变频技术	180
7.3.5	交流电力牵引发展趋势	182
	思考题	183
第 8 章	城市轨道交通供电	184
8.1	供电制式与负荷	184
8.1.1	供电制式	184
8.1.2	负荷的特点	184
8.2	供电系统结构	185
8.3	列车受流方式	186
8.3.1	架空接触网	186
8.3.2	接触轨	188
8.4	牵引供电系统	189
8.5	动力照明系统与电力监控系统	192
	思考题	193
第 9 章	城市轨道交通通信与信号	194
9.1	通信系统	194
9.1.1	通信系统概述	194
9.1.2	通信网的结构	194
9.1.3	各子系统介绍	195
9.1.4	新一代城市轨道交通无线通信技术	206
9.2	信号系统	208
9.2.1	基础设备	208
9.2.2	轨道电路	212
9.2.3	联锁	215
9.2.4	区间闭塞	217
9.2.5	列车运行控制技术	219
9.2.6	地铁车辆全自动无人驾驶信号系统	221

思考题	225
第 10 章 城市轨道交通行车组织与运营管理	226
10.1 轨道交通行车组织	226
10.1.1 轨道交通客流	226
10.1.2 运输计划的编制	229
10.1.3 列车运行图	235
10.1.4 列车运行组织	239
10.1.5 车站客运组织	244
10.1.6 票务管理	248
10.1.7 资源共享	252
10.2 轨道交通投融资模式与成本效益分析	254
10.2.1 成本分析	254
10.2.2 收益分析	254
10.2.3 票价制定	255
10.2.4 轨道交通投融资模式	255
10.3 轨道交通运营筹备与管理规章	258
10.3.1 轨道交通运营筹备工作	258
10.3.2 主要运营管理规章	261
10.4 轨道交通运营安全与应急处置	262
10.4.1 运营安全影响因素分析	262
10.4.2 运营前期安全控制的主要工作	266
10.4.3 运营过程的安全防范	267
10.4.4 突发应急事件处置	268
10.4.5 城市轨道交通消防	269
10.4.6 城市轨道交通反恐、反恐事件简介	272
思考题	273
参考文献	275



第1章

轨道交通的产生与发展

轨道交通一般分为运行于城市间的大铁路交通和在城市内运行的城市轨道交通。

1.1 轨道交通的由来与发展

交通是彼此相通,往来通达的意思。人类社会的存在和发展需要交通运输。交通是社会发展的基础,是社会生产流通、分配、消费以及人们工作、交往和旅游的先决条件。交通可分为水路交通运输系统、陆地交通运输系统和空中交通运输系统三种。在古代由于人类无法解决陆上交通运载物体与地面之间摩擦力的最根本困难,大量的运输靠木舟这种简陋的交通工具,此外就没有其他的交通手段了。与陆上交通有关的轮子则出现于公元前 3500 年,装有轮子的车辆变滑动摩擦为滚动摩擦,改进了人类陆上交通的工具。直到 19 世纪,道路尚无路面铺装,木制车轮也没有装置充气轮胎,特别是没有出现驱动车轮的动力机械,因此轮子出现后的漫漫数千年,人类的陆上交通没有发生根本性的改变。大宗货物的运输还依靠船运,如中国的南北大运河。直到 17、18 世纪工业革命,有了驱动轮子的动力,出现了蒸汽火车,极大地促进了生产力的提高。

其实在出现火车之前就有了轨道。轨道的出现是为了减小摩擦阻力,提供一个比较平滑的接触面,而且省钱——无须全部道路都进行加工。公元前 6 世纪,在古希腊有一条 6 km 长的 Diolkos 轨道用来运输船只,载运船只的车辆由奴隶拉着在石灰石刻成的轨道上行走。

马拉轨道车辆出现在古希腊、马耳他和罗马帝国,至少 2000 年之前,使用加工过的石材作为轨道。这种交通形式再次出现在欧洲是 1550 年,通常使用原木作轨道。18 世纪铁轨出现在英国,英国土木工程师 William Jessop 设计了类似的铁轨和有轮缘的车轮。1802 年开通了伦敦南部世界上第一条马拉的公共铁路。19 世纪的道路是没有铺装的,充气橡胶轮尚未出现,要提高车辆的速度必须减小轮子和基础面之间的摩擦力,再者载客有一定的路线,在规定的路线上铺设轨道无疑是十分有利的,这就是 1829 年的伦敦、1831 年的纽约街上出现了公共马拉或驴拉轨道车辆的原因,1860 年公共马拉或驴拉轨道车辆更风靡北美各大城市。18 世纪的工业革命是技术发展史上的一次飞跃,此间出现和发展的蒸汽机火

车和内燃机汽车是现代交通运输发展的两个里程碑。

蒸汽机装在车辆上以后,载运量大大提高,1801年首辆蒸汽汽车在英国问世,出于对这种新交通工具运载威力的“惧怕”,也考虑重型车辆对道路的高要求,英国法律规定这个庞然大物不能在公路上行驶,只能运行在专用轨道上。在这种形势下火车的发展几乎是顺理成章的了。但在其发展过程中并不是一帆风顺,大致经历了三个阶段。

1. 轨道交通的第一次高潮

路上交通划时代的革命是从轨道交通出现开始的。人类文明的需要促进了轨道交通飞速发展,而轨道交通的进步又把人类社会提高到了新的高度,同时社会生产力对交通提出更进一步的要求。科学、技术、工艺给这种要求提供了可能,新的能源、新的动力机械孕育发展了新的交通工具。自1825年英国开通第一条铁路,立刻获得了世界各国的青睐,各国竞相修建(表1-1)。1840—1913年是世界铁路发展的“黄金时代”,由于铁路机车制造技术已相当成熟,轨道结构也不断改进定型,各国修建铁路的热情日益高涨,铁路发展速度明显加快。1840年世界铁路营业里程为8000 km,到1913年已达110万 km,并垄断了陆上交通运输。在美国,98%的城市旅客周转量由铁路承担。铁路的霸主地位一直延续到1940年,达到了铁路发展的鼎盛时期,此时的营业里程高达135.6万 km。铁路的发展促进了经济的发展,以美国为例:铁路改变了美国的面貌,加速了美国的发展,从某种意义上说,没有连接美国东西海岸的轨道交通大动脉,就没有今天美国的微软、硅谷和航天中心。

表 1-1 世界部分国家出现第一条铁路的时间

国家	英国	美国	法国	比利时	加拿大	俄国	日本	中国*
年份	1825	1830	1832	1835	1836	1837	1853	1882

* 中国第一条自建的铁路是指1882年通车运行的唐胥铁路。

2. 轨道交通的衰落阶段

汽车的出现和飞机进入民用领域彻底改变了人们的交通行为。随着现代汽车制造业的飞速发展和高速公路网的形成,激发了“自主交通”的热忱,夺取了短途运输的份额;现代航空工业的发展夺走了中远距离的运输量;更由于铁路内部的“倾轧、竞争”以及“不思上进”,没有及时将新科技新手段运用于轨道交通领域,轨道交通一度每况愈下,日薄西山,陷入了“夕阳产业”的窘境。美国充当了拆除铁路的急先锋。英国交通部门也曾提出一份“英伦三岛铁路改造计划”,其中心内容就是要拆除全部铁路,改建为高速公路。资本主义国家一方面在其国内大拆铁路,改修公路,赶造飞机,另一方面又在所属的殖民地和经济落后国家大修铁路。1930年后,当时殖民地国家的铁路营运里程增加了40%,欧洲地区只增加19%,而美国却减少了9000 km。

3. 轨道交通的复苏与再发展阶段

私人汽车的发展使汽车的数量剧增,从而也使对土地的侵占加剧。人们在长期使用中发现轨道交通与汽车、飞机相比具有不可替代的优越性。

(1) 能耗。旅客运输中的能耗以铁路为1,则公共汽车为1.4,小汽车为7.5,飞机为6.9;货物运输中的能耗以铁路为1,则内河水运为1.6,载重汽车为9.6。

(2) 能源。轨道交通车辆可采用用煤、核能产生的电力等二次能源,而不一定要使用石油制品。

(3) 环保。采用电力牵引的轨道交通在环保(噪声、废气、尘埃)方面更具竞争力。

(4) 安全。和汽车、飞机相比,轨道交通的安全性也是公路、航空无法竞争的。日本新干线高速铁路运营以来已运送旅客 70 亿人次,无一人身事故。

(5) 速度。以往的铁路无法和飞机的速度相比,但 1964 年日本东海道新干线的出现,改变了人们的传统看法,东海道新干线联系了东京和大阪,全长 515.4 km,高速列车运营的最高速度 210 km/h,平均速度也达 160 km/h,运营时间由刚开始的 3 h 10 min 缩短为现在的 2.5 h。由于新干线的开通,维系两地的民航被迫关闭。法国 TGV(是 Train à Grande Vitesse 的简称,法语“高速铁路”)于 1989 年 12 月创造了 515.3 km/h 的行车速度纪录。究竟飞机快还是火车快的问题又被提了出来,迎来了新一轮城际高速轨道交通建设高峰。

1.2 世界高速铁路的发展

高速铁路(High-Speed Railway)简称高铁,就是铁路设计速度高、能让火车高速运行的铁路系统。世界上第一条正式运营的高速铁路系统是 1964 年建成通车的日本新干线,设计速度 200 km/h,所以高速铁路的初期速度标准就是 200 km/h。后来随着技术进步,火车速度更快,不同时代不同国家就对高速铁路有了不同定义,并根据本国情况规定了各自的高速铁路级别的详细技术标准,涉及的列车速度、铁路类型等就不尽相同。

高铁的发展经历了以下不同时期。

1. 第一次浪潮(1964—1990 年)

1959 年 4 月 5 日,世界上第一条真正意义上的高速铁路日本东海道新干线破土动工,经过 5 年建设,于 1964 年 3 月全线完成铺轨,同年 7 月竣工,1964 年 10 月 1 日正式通车。东海道新干线从东京起始,途经名古屋、京都等地终止(新)大阪,全长 515.4 km,运营速度高达 210 km/h,它的建成通车标志着世界高速铁路新纪元的到来。随后,法国、意大利、德国纷纷修建高速铁路。1972 年继东海道新干线之后,日本又修建了山阳、东北和上越新干线;法国修建了东南 TGV 线、大西洋 TGV 线;意大利修建了罗马至佛罗伦萨线。以日本东海道新干线为首的第一代高速铁路的建成,大力推动了沿线地区经济的均衡发展,促进了房地产、工业机械、钢铁等相关产业的发展,降低了交通运输对环境的影响程度,铁路市场份额大幅回升,企业经济效益明显好转。

2. 第二次浪潮(1990 年至 20 世纪 90 年代中期)

法国、德国、意大利、西班牙、比利时、荷兰、瑞典、英国等欧洲大部分发达国家,大规模修建国内或跨国高速铁路,逐步形成了欧洲高速铁路网络。这次高速铁路的建设高潮,不仅仅是铁路提高内部企业效益的需要,更多的是国家能源、环境、交通政策的需要。

3. 第三次浪潮(20 世纪 90 年代中期至今)

在亚洲(韩国、中国)、北美洲(美国)、大洋洲(澳大利亚)世界范围内掀起了建设高速铁路的热潮。主要体现在:①修建高速铁路得到了各国政府的大力支持,一般都有了全国性或地区性的整体修建规划,并按照规划逐步实施;②修建高速铁路的企业经济效益和社会效益,得到了更广泛层面的共识,特别是修建高速铁路在节约能源、减少土地使用面积、减少环境污染、交通安全等方面的社会效益显著,以及能够促进沿线地区经济发展、加快产业结构的调整等。

虽然日本新干线的速度优势不久之后就被法国的 TGV 超过,但是日本新干线拥有目前最为成熟的高速铁路商业运行经验——近 50 多年没有出过任何事故。而且新干线修建之后对于日本经济的拉动也是引起世界高速铁路建设狂潮的原因之一。日本的东京至(新)大阪东海道新干线仅用 8 年时间就收回全部投资。近 50 多年来,新干线技术不断进步,已经构成了日本国内铁路网的主干部分。

第一条 TGV 是 1981 年开通的巴黎至里昂线。此后不过几个月,TGV 就打败法国航空拥有了这条线路的最大客源。

1972 年的试验运行中,TGV 创造了当时 318 km 的高速轮轨时速纪录。从此 TGV 一直牢牢占据高速轮轨的速度桂冠,目前的纪录是 2007 年创下的 574.8 km/h。另外,法国境内的加来至马赛 TGV 的平均时速超过 300 km,表现也非常稳定。

法国 TGV 的最大优势在于传统轮轨领域的技术领先。1996 年,欧盟各国的国有铁路公司经联合协商后确定采用法国技术作为全欧高速火车的技术标准,之后 TGV 技术被出口至韩国、西班牙和澳大利亚等国,是运用最广泛的高速轮轨技术。

德国的 ICE(Intercity Express)则是目前高速铁路中起步最晚的项目。ICE 的研究始于 1979 年,其内部制造原理和制式与法国 TGV 有很大相似之处,目前的最高时速是 1988 年创下的 409 km。德国与法国政府正在设计进行铁路对接,用各自的技术完成欧洲大陆上最大的两个国家铁路网的贯通,在此之后,德、法两国将构建极其方便快捷的短程高速交通系统。

ICE 起步较晚和进展比较落后的一个重要原因,是德国人在高速轮轨和磁悬浮的两线作战。由于磁悬浮在设计理念上的先天优势(没有固态摩擦),德国的常导高速磁悬浮一直是其铁路方面科研的重点。磁悬浮的设计理念与传统意义上的轮轨完全不同,因此当法国的 TGV 顺利投入运行,而且速度不亚于当时的磁悬浮时,德国人才开始在高速轮轨方面奋起直追,但是至今仍与法国 TGV 技术有不小的差距。

在认识到建造高速铁路的优势后,美国奋起直追,不仅保留了原计划拆除的东北走廊电气化设施,而且在引进 TGV 技术的基础上,研制了具有美国特色的高速列车 Acela,该列车连接了波士顿、纽约、费城、华盛顿,是美国唯一一条高速铁路。

4. 第四次浪潮

超级高铁是新一代高铁技术储备库,目前中国、日本和美国等国家正在研究。

2015 年 4 月 17 日,“日本超导磁悬浮列车创时速 590 km 新纪录”报道:日本山梨磁悬浮试验线今后将转为运营线路,作为磁悬浮中央新干线使用,最高运营速度定为 505 km/h。东京品川站至名古屋站之间的路段预定在 2027 年开始运营。

2015 年 7 月 4 日,“马斯克的超级高铁或先在亚洲建成”报道:2013 年,Elon Musk 提出超级高铁计划,他认为超级高铁可以 1200 km 的超高时速远距离运送乘客。

中国正在研发真空管道磁悬浮技术,时速可达 4000 km,能耗不到民航客机 1/10,噪声和废气污染及事故率接近于零,这是真空管道磁悬浮列车的惊人优势所在。

1.3 中国高速铁路的发展

中国铁路在速度方面上分为高速铁路(250~380 km/h)、快速铁路(160~250 km/h)、普速铁路(80~160 km/h)三级。

中国高速铁路(China railway high-speed, CRH)有两层含义:①技术标准的中国高铁是指中华人民共和国几次铁路大提速新建设计开行 250 km/h(含预留)及以上动车组列车,且初期运营速度不小于 200 km/h 的客运专线铁路;②路网建设的中国高铁是指中华人民共和国境内所有设计速度达到 200 km/h 及以上的新线铁路和部分经改造达标后的既有线铁路。

1997年(最高 140 km/h)、1998年(最高 140~160 km/h)、2000年、2001年、2004年(部分列车 200 km/h)和 2007年(动车组),中国铁路进行了 6 次大提速。2007年 4 月 18 日,第一列中国高速动车组列车从北京开出。第六次铁路大提速宣告了我国城际铁路高速化的时代已经到来。此次推出的 200~250 km/h 的动车组,在集成、牵引、制动、车体、走行以及网络等关键技术上都有所创新。

1. 发展历程

中国高铁经历了预备阶段、过渡阶段、快速铁路阶段、高速铁路阶段和走出国门的发展历程。

(1) 预备阶段。1998年 5 月,广深铁路电气化提速改造完成,设计最高速度为 200 km/h。为了研究通过摆式列车在中国铁路既有线实现提速至高速铁路的可行性,同年 8 月广深铁路率先使用向瑞典租赁的 X2000 摆式高速动车组。由于全线采用了众多达到 20 世纪 90 年代国际先进水平的技术和设备,因此当时广深铁路被视为中国由既有线改造踏入快速铁路和高速铁路的开端。1998年 6 月,“韶山”8 型电力机车于京广铁路的区段试验中达到了 240 km/h 的速度,创下了当时的“中国铁路第一速”,成为中国第一种预备型高速铁路机车。

(2) 过渡阶段。中国铁路高速化的过渡阶段始于 1999 年兴建的秦沈客运专线,于 2003 年开通运营。秦沈客运专线是中国铁路第一条客运专线,全长 404 km,是中国铁路步入高速化的起点、中国铁路里程碑式的建设线路,也是我国高速铁路网的重要组成部分。2002 年,自主研发的“中华之星”动车组在秦沈客运专线创造了当时“中国铁路第一速”321.5 km/h。

(3) 快速铁路阶段。2004 年 1 月,国务院常务会议讨论并原则通过历史上第一个《中长期铁路网规划》,以大气魄绘就了超过 1.2 万 km“四纵四横”快速客运专线网。

2004—2005 年,中国北车长春客车股份、唐山客车公司、南车青岛四方,先后从加拿大庞巴迪、日本川崎重工、法国阿尔斯通和德国西门子引进技术,联合设计生产高速动车组。2007 年 4 月 18 日,实施中国铁路第六次大提速和新的列车运行图,快速铁路达 6003 km,采用 CRH 动车组。繁忙干线提速区段达到 200~250 km/h 的速度,这是世界铁路既有线提速最高值。

(4) 高速铁路阶段。2008 年 2 月 26 日,中国铁道部和科技部签署计划共同研发运营时速 380 km 的新一代高速列车。同年 8 月 1 日,中国第一条具有完全自主知识产权国产“和谐号”CHR3 型动车组列车、世界水平的 350 km/h 高速铁路京津城际铁路通车运营,极大地缩短了我国两大直辖市之间的时空距离,也创造了 394.3 km/h 的纪录。随后,京广高铁武广段、郑西高铁、沪宁高铁、沪杭高铁、京沪高铁等高速铁路先后建成通车。图 1-1 为“和谐号”动车。

2009 年 12 月 26 日,世界上一次建成里程最长、工程类型最复杂的 350 km/h 武广高铁开通运营。

2010 年 2 月 6 日,世界首条修建在湿陷性黄土地区,连接中国中部和西部的 350 km/h