



YOUGUI
JIAOTONG
XIANLU
GONGCHENG

有轨交通线路工程

● 周立新 主编 张志尧 主审

上海交通大学出版社

有軌交通線路工程

周立新 主編
張志堯 主審

上海交通大學出版社

内 容 简 介

本书以铁路为主线,突出地铁和轻轨等城市快速轨道交通特点,介绍了有轨交通建设程序与可行性研究要求、线路结构、选择原则及线路位置选择、车站分布及平面、纵断面设计的基本理论与方法;并阐述了与有轨交通线路设计相关的列车运动方程基本理论与列车受力计算方法等。

本书可作为高校交通运输类专业的教材,同时对线路工程相关专业的学生了解和掌握这方面的知识有所帮助;也可供有关教学人员、从事相关设计、研究和运营管理工作的人员作参考。

图书在版编目(CIP)数据

有轨交通线路工程/周立新主编. —上海:上海交通大学出版社,2001

ISBN 7-313-02634-X

I. 有… II. 周… III. 铁路线路-铁路工程 IV. U21

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 04540 号

有轨交通线路工程

周立新 主编

上海交通大学出版社出版发行

(上海市番禺路 877 号 邮政编码 200030)

电话: 64071208 出版人: 张天蔚

立信会计常熟市印刷联营厂印刷 全国新华书店经销

开本: 890mm×1240mm 1/32 印张: 7.25 字数: 205 千字

2001 年 2 月第 1 版 2001 年 2 月第 1 次印刷

印数: 1~1250

ISBN 7-313-02634-X/U·097 定价: 13.00 元

版权所有 侵权必究

编 委 会

顾问：王兆成 张春新 孔令然

主编：周立新

主审：张志尧

编委：（按姓氏笔划为序）

王遐昌	叶玉玲	周立新	周 炜
佟爱琴	沈济业	陆铸文	李 英
季 令	郑渔麟	林燮荫	施其洲
张志尧	张延洁	谢 平	

前 言

地面交通按大类分无轨交通(主要指公路)和有轨交通两种。有轨交通,泛指利用轨道作为机车车辆导向的交通方式,它是科学技术进步和大规模的商品化生产与经济交往的产物。若以 1825 年英国在大林顿至斯托克顿间修建的 21km 世界第一条蒸汽机车牵引的铁路(Railway)作为世界有轨交通诞生的标志,有轨交通发展至今已有 170 多年的历史,是现代交通运输系统的重要组成部分。

有轨交通从它的作用与空间分布看,有城间轨道交通(习惯称铁路)和城市快速轨道交通(有时简称城市轨道交通或轨道交通)之分。我国经济还处于快速发展期,城市化的进程步伐也在大大加快,客货运输的需求不断增长。建设以快速铁路为主干的国家铁路网络和以轨道交通为主体的城市公共交通网络,是我国未来交通运输发展的重要内容。

铁路是城市对外交通的主要方式之一,担负着城市之间以及跨城市客货运输任务。随着时代的进步,铁路列车运行速度的提高,铁路运输系统自身也发生了质的变化,出现一种全新铁路运营与控制系统——高速铁路,其代表作为 1964 年日本修建的世界第一条东京—大阪(515.4km)、最高时速 210km/h 的高速铁路。高速铁路与原普通铁路的主要区别见表 0-1。铁路以运量大、速度较快、能耗少、运价低而在现代交通运输体系中占有重要地位。

表 0-1 高速铁路与普通铁路特征比较

项目	普通铁路	高速铁路
列车最高运行速度(km/h)	120~140	>200
列车牵引方式	动力(机车)集中式	动车组动力集中或分散式
运营控制方式	基于轨道电路的信集闭系统	ATC(列车自动控制系统)、CTC(列车集中控制系统)等
业务内容	旅客与货物运输	旅客运输

1832年美国纽约大街上的马拉城市街道铁路应该说是城市轨道交通的雏形。不过完整意义上的城市(快速)轨道交通则是1963年伦敦开通运营的世界上第一条地下铁道(the Underground)。目前按构筑物形态及运能和车辆类型划分,城市轨道交通有:地下铁道(简称地铁)、轻轨交通(LRT, Light Rail Transit, 简称轻轨)、独轨交通(Mono-rail)、有轨电车(Tram)、胶轮地铁(Rubber Tyred Metro)等几种主要形式,其中地铁和轻轨是最主要的两种城市快速轨道交通形式,它们最突出的优点是:输送能力大大高于其他城市交通工具并且速度快、安全、准时、服务水平高。本书中的城市轨道交通所指为地铁和轻轨。

有轨交通系统的硬件一般由线路、车站、机车车辆、供电、通信、信号、调度指挥系统、车辆维修基地等多项设施或设备构成。其中线路是有轨交通的基础。线路位置确定和线路平面、纵断面与横断面设计的合理与否,直接影响到有轨交通系统的规划、布局和建成后的使用、安全与效益。

在过去十几年里,我国经济一直以较高速度增长。经济的发展对交通运输能力提出新的、更高要求。铁路和城市轨道交通作为我国城市内外交通运输体系的骨干,其网络规划和工程建设都有较快的发展,并且应用了许多高新技术。高速铁路的规划和筹建与大城市快速轨道交通系统的建设,给有轨交通线路工程知识赋予了新的内涵。有轨交通系统作为一个整体,在我国交通规划与建设中的作用日益显得重要。就线路工程而言,目前关于涵盖铁路和城市轨道交通方面的有轨交通线路的专著很少。加之新的《铁路线路设计规范》、《铁路车站与枢纽设计规范》、《列车牵引计算规程》、《城市快速轨道交通工程项目建设标准》(试行本)等相继颁布、实施,使本书内容更加充实与实用,并且尽可能地纳入轨道交通线路工程方面最新的研究成果与发展动态。

本书以铁路为主线,突出地铁和轻轨等城市快速轨道交通特点,介绍了有轨交通建设程序与可行性研究要求,线路结构、选线原则及线路位置选择、车站分布及平面、纵断面设计的基本理论与方法,并将与有轨交通线路设计相关的列车运动方程基本理论与列车受力计算方法内容纳入书中。希望本书能对非线路工程专业的学生了解和掌握这方面

知识有所帮助;也可供有关教学人员、从事相关设计、研究和运营管理工作的人员作参考。

本书共四篇九章,由同济大学交通运输学院周立新主编,张志尧主审。参加编写的人员有:谢平(第一篇第二章);邓怡(第二篇第三章);叶玉玲(第三篇第五章、第六章);李英(第三篇第七章第六节,第四篇第九章)。

在本书编写过程中,季令教授、范文毅副教授、陆铸文高工、金祖德高工、史智惠高工、郑渔麟老师等在提供资料、编书内容等方面给予了很多支持与有益的建议,表示衷心感谢;书中参考了一些铁路勘测设计院和科研部门的资料以及有关著作与论文(列于书末的参考文献),在此对其设计研究人员和作者一并致谢。

由于作者水平所限,书中缺点和错误在所难免,敬请读者批评指正。

编 者

2000 年 10 月

目 录

第一篇 有轨交通的建设和发展

第一章 有轨交通建设	3
第一节 有轨交通的建设概况	3
第二节 有轨交通项目建设程序	8
第三节 有轨交通项目可行性研究	11
第二章 有轨交通线路设计概述	15
第一节 有轨交通线路主要技术标准	15
第二节 有轨交通线路设计现代化	26

第二篇 列车牵引计算

第三章 列车受力分析	33
第一节 机车牵引力	33
第二节 列车运行阻力	39
第三节 列车制动力	45
第四节 城市轨道交通和高速铁路牵引计算	52
第四章 列车运动方程及其应用	60
第一节 列车运动方程	60
第二节 列车运行速度与时分计算	62
第三节 牵引计算应用	69
第四节 牵引计算电算化	74

第三篇 有轨交通线路基础

第五章 轨道构造及其主要运营参数	81
第一节 轨道构造	81
第二节 轨道与运营参数的关系	90
第三节 无缝线路	92
第四节 钢轨相互位置关系	94
第五节 城市轨道交通和高速铁路的轨道结构特点	99
第六章 路基及桥隧建筑物	102
第一节 路基	102
第二节 桥梁、隧道及涵洞	106
第七章 线路平面、纵断面设计	113
第一节 概述	113
第二节 铁路区间线路平面设计	114
第三节 铁路区间线路纵断面设计	127
第四节 铁路车站正线平面、纵断面设计	141
第五节 铁路线路平面、纵断面图	143
第六节 城市轨道交通线路平面、纵断面设计	147
第七节 高速铁路线路平面、纵断面设计	151

第四篇 有轨交通线路定线

第八章 铁路定线	161
第一节 线路总体规划	161
第二节 定线的原则与方法	175

第三节 主要自然条件的定线·····	192
第九章 城市轨道交通线路定线·····	201
第一节 城市轨道交通网络规划·····	201
第二节 城市轨道交通线路走向选择·····	205
第三节 车站分布与站位选定·····	211
第四节 辅助线分布·····	216
参考文献·····	218

第一篇 有轨交通的建设和发展

第一章 有轨交通建设

第一节 有轨交通的建设概况

一、铁路的建设与发展

(一) 世界铁路的建设与发展

世界铁路建设从经济发达的西方国家开始。1825 年英国达林顿—斯托克顿间诞生了世界第一条 21km 铁路后,当时经济比较发达的美国、法国、德国、俄国等,纷纷效仿修建本国铁路,在 19 世纪后半叶至 20 世纪初,由于铁路在与水运的竞争中,在速度与价格方面表现出极大优越性,西方国家(如美国),在政府投资导向的支持下,进入铁路修建的高潮期。1881~1890 年的十年里,美国平均每年建成铁路 1 万 km。20 世纪 20 年代后,在公路运输崛起以及铁路盲目建设过快的情况下,铁路发展基本呈停滞状态。特别是第二次世界大战后,欧洲主要经济发达国家在战后重建中,公路和航空运输发展迅猛,铁路与公路和航空竞争更加激烈,铁路客货运输量锐减,铁路无利可图甚至亏损严重的状况,造成美、英、德、法、意等国封闭和拆除铁路。但一些发展中国家开始重视铁路的建设。

20 世纪 70 年代,在世界石油危机影响下,铁路以其能源消耗少和可采用电能、对环境污染影响小、运输能力大、用地节省、安全可靠等原因,得到了新的发展机遇。尤其是铁路广泛采用先进技术,改革牵引动力(如发展电力牵引),改进通讯信号系统(如列车速度自动控制系统)、加强轨道结构(如采用重型钢轨和超长无缝线路)、革新运输组织方式(如集装箱和驮背运输)等,大大提高了铁路在现代交通运输系统中的竞争能力,使铁路作为陆上运输的骨干地位重新被确认。

当今铁路发展两大趋势是客运高速和货运重载。1964 年日本修建的世界第一条东京—大阪 (515.4km) 的高速铁路, 最高速度达 210km/h, 使人们对铁路有了焕然一新的感觉。并且二战之后世界经济的复苏, 重要经济区和大城市间人口流动日益增加, 人们对陆上高速化和大容量交通需要的迫切性也大为上升, 从此揭开了高速铁路发展序幕。法国、意大利、西德等经济发达、资金雄厚西方国家纷纷新建或改建高速铁路线(见表 1-1)。目前法国是 315.3km/h 轮轨粘着铁路系统最高行车速度世界纪录创造者。

表 1-1 世界各国首条高速铁路线简况

年份	国 家	线 名	类别	最高速度(km/h)	长度(km)
1964	日本	东海道新干线	新建	210	515
1981	法国	TGV 东南线	新建	260	301
1981	意大利	罗马—佛罗伦萨	改造	200	150
1984	俄罗斯	莫斯科—圣彼得堡	改造	200	650
1988	西德	汉诺威—维尔茨堡	新建	280	90
1989	瑞典	斯德哥尔摩—哥德堡	改造	200	456
1992	西班牙	马德里—塞维利亚	改造	250	471

目前, 韩国、中国台湾等经济发展较快的国家和地区也加入了高速铁路建设的行列。1990 年我国铁道部向国家提交了《关于“八五”期间开展高速铁路技术攻关的报告》, 奏响了中国大陆向高速铁路进军的序曲。并随后对第一条高速铁路的建设进行论证、研究和初步设计。

在发展铁路高速客运的同时, 铁路货物重载运输也在世界各国受到广泛重视。重载运输最大特点是通过增加列车的牵引重量和列车编组长度, 提高线路的运输能力或降低铁路运营成本, 充分发挥铁路适合运输长距离、大宗货物、全天候以及速度快、成本低的优势。

按列车运行组织方式划分, 重载列车有三种形式:

(1) 单元列车。在大宗货物(如煤炭、矿石等)运量集中的方向上, 组织从货物装车地到卸车地之间开行的重量在 6000~15000t 及以上的重载单元列车。其特点是运输品种单一、固定编组, 以通过货物集

中发送、快速装卸、加快列车周转,降低运输成本,获得更大的运输效益,提高铁路竞争能力为目标。这种列车在美国、加拿大、南非、澳大利亚等国较普遍。我国新建的大(同)一秦(皇岛)双线电气化铁路,也采用这种运输组织模式。

(2) 组合列车。是将两列以上的普通列车组合成一超长超重列车(列车重量 5000~10000t 甚至 10000t 以上),占用一条列车运行线,以不停车通过能力紧张区段方式,旨在解决客货列车混跑繁忙干线上的能力紧张问题。这种方式以前苏联为代表。我国一般将其作为既有线改造因施工造成的能力紧张区段的临时能力加强措施。

(3) 单列式(整列式)列车。单列式重载列车由单机或双机牵引,使列车重量在原 3000~4000t 的基础上提高到 5000t 及其以上,是一种通过提高列车重量达到提高既有线输送能力的重载运输组织形式。目前它是我国京广铁路(石家庄—江岸西)、京沪铁路(济南西—南翔)、陇海铁路(郑州—徐州北)等为解决客车与货车争能矛盾所采取的重要举措。

高速和重载运输是铁路现代化的重要标志,同时也带动了铁路运输各生产部门设备和管理现代化,当然也对线路设计提出更高要求。

(二) 中国铁路的建设与发展

旧中国的铁路建设走过一段漫长而曲折的道路。上海吴淞铁路(14.5km)是中国大陆上出现的第一条铁路,比世界铁路的问世整整晚了 51 年。在这以后的 70 余年里,由于帝国主义列强接连发动侵华战争,国内军阀混战,清廷和国民党统治腐败,旧中国铁路建设发展缓慢、数量少,到 1949 年才 2 万多公里;布局偏,光东北地区铁路占中国铁路总长度的 40% 以上;各线间标准低而不统一,宽轨、准轨、窄轨并存;帝国主义分割经营及战乱造成全路管理混乱。

新中国成立后,中国铁路的发展有了长足的进步,表现在:

(1) 重点突出,铁路建设高潮迭起。建国初期,在修复遭战争破坏的既有铁路的同时,在西南和西北地区展开了大规模的新线建设,如成渝、天兰铁路;20 世纪 60~70 年代,重点放在西南“三线”铁路建设上,如成昆、川黔、贵昆等铁路相继开工建设;“六五”、“七五”期间铁路建设

的重点又根据国家晋煤外运、缓解东南部经济发达地区的铁路能力紧张,展开了“北战大秦,南攻衡广,中取华东”铁路建设新战役,打通了晋煤外运东南方向的三条通道(大秦运煤铁路专线、大同—太焦线—焦柳线—黎湛线煤炭南运通道、月山—新荷线—石臼所煤炭东西走廊),建立了淮南线与鹰厦铁路连接的“华东”第二通道,提高衡广铁路南段卡脖子区段通过能力等;“八五”期间,为适应国民经济的发展速度的加快,铁路又掀起了“强攻京九、兰新,速战侯月、宝中,再取华东、西南、配套完善大秦”的建设新高潮;进入“九五”以来,铁道部根据中央的战略部署,制定了“决战西南,强攻煤运,建设高速,扩展路网,突破七万”的跨世纪规划。截止1998年,我国大陆铁路营业里程已长达6.64万km,位居亚洲第一、世界第四。其中复线里程达1.97万km,复线率29.7%;电气化里程1.3万km,电化率达19.6%。2000年新世纪,国家开发“大西北”经济发展的战略大调整,吹响了西北铁路建设的又一新号角。

(2) 初步形成了横贯东西、沟通南北、联接亚欧的路网骨架。铁路已覆盖了除西藏外的各省、自治区、直辖市,目前我国铁路网呈“九纵十横”格局。“九纵”是:京沪、沪杭线,京九线,京广线,南北同蒲、太焦、焦柳线,宝中、宝成、成昆线,襄渝、川黔、黔桂线,淮南、皖赣、鹰厦线,哈大、沈山、京山线,平齐、通让、京通线;“十横”是:滨洲、滨绥线,大郑、集通、大包、包兰线,大秦线,丰沙大、京秦线,石太、石德、胶济线,侯西、侯月、新菏兖石线,兰新、陇海线,浙赣、湘黔、贵昆线,广梅汕、三茂、黎湛、南昆线,长图、长白线。

(3) 依靠科技,提高建设水平。建国50年来,特别是改革开放20年来,铁路建设依靠科技进步,积极采用新技术、新工艺、新设备和新材料,攻克了一道道设计和施工的难题,绘就了铁路建设的美丽图画。如长江大桥从解放前空白到现在有九座;黄河大桥也从解放前的郑州和济南两座,到现在的17座;衡广复线上的大瑶山隧道(15.295km)是世界上最长的铁路隧道之一;大秦双线单元重载电气化运煤专线、广深(160km/h)准高速铁路,以及在建的时速达200km/h的秦沈客运专线及许多铁路规划、选线、路基、桥隧、轨道结构的现代化等,都标志着我

国铁路建设水平正在向世界先进水平靠拢。

(4) 铁路的建设也带动了铁路通信信号、客货运输组织与管理向现代化迈进。路网性编组站实现了综合自动化;TMIS 系统基本建成并取得了明显成效;LKJ-93 列车监控记录装置得到大面积推广;提速的机车(东风 11 和韶山 8)和客车(25B、25G、25Z)批量投产;京广、京沪、京哈等干线正在全面提速,1998 年京广线郑武段提速综合试验最高速度达到 240km/h。

二、城市快速轨道交通

城市轨道交通指市郊铁路、地铁、轻轨、有轨电车、独轨铁路等轨道客运交通系统。在过去的年代里,随着汽车恶性膨胀带来的交通堵塞、道路行车速度下降、环境质量下降等众多不利影响,西方经济发达的大城市开始重视城市快速轨道交通系统的建设(表 1-2)。在世界拥有城市轨道交通系统的 320 个城市中,已修建地铁的城市占 1/4,而同时拥有地铁和轻轨的城市超过 11%。

表 1-2 世界部分城市地铁、轻轨情况表

地 铁	城市名称	伦敦	芝加哥	巴黎	柏林	纽约	东京	莫斯科	汉城	香港
	起始年份	1863	1892	1900	1902	1904	1927	1935	1974	1979
	线路长度(km)	392.0	157.1	199.0	134.5	385.0	153.7	251.8	116.5	38.6
	车站数	248	143	298	159	463	140	148	102	37
地 铁	城市名称	神户	鹿特丹	慕尼黑	墨尔本	南特	马尼拉	温哥华	开罗	香港
	起始年份	1968	1969	1977	1981	1984	1985	1986	1987	1988
	线路长度(km)	18.5	22.5	27.0	17.1	10.6	15.0	22.5	42.5	23.0
	车站数	25	23	33	5	22	18	16	34	41

作为城市快速轨道交通最主要的工具,地铁与轻轨各具特色(表 1-3),尤其是 20 世纪 60 年代出现的轻轨,造价低(仅为地铁的 1/3~1/5),建设周期短、见效快,倍受城市交通建设部门的青睐。目前,世界上各大城市都是以繁华地区为地铁、有轨电车,近郊为轻轨,远郊为市郊铁路,竞相发展和完善多层次、立体化、四通八达的轨道交通体系。