

城市

现代有轨电车 工程基础

吴胜权 主编



- ◎城市轨道交通研究的**新拓展**
- ◎现代有轨电车**系统解决方案**
- ◎有轨电车工程决策的**指导书**



 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

城市

现代有轨电车 工程基础

主 编 吴胜权

副主编 黄振晖 王贵国

主 审 侯志刚 周军年

机械工业出版社

为加快经济发展,缓解城市交通现状,提高人们的出行效率,国家正在大力有序地推进轻轨、地铁、有轨电车等城市快速交通网络的建设,大多数城市跃跃欲试,我国城市轨道交通迎来了大规模快速发展的好时期;然而现代有轨电车在我国刚刚兴起,还缺少相关的建设实施标准,存在缺乏规划建设统筹、功能定位界定不清等问题。因此各地的城市规划管理部门以及轨道交通工程设计,施工以及运营管理等专业的工程技术人员,都急需完整总结轨道交通工程实施流程的图书。

本书把脉了读者需求的痛点,以现代有轨电车交通系统为切入点,对城市现代有轨电车系统进行了界定,并针对其建设情况,提出了一套建设现代有轨电车工程的理论体系和流程,包括前期规划设计、商务合作模式选定,中期建设实施过程中通信信号系统、机电工程、车辆制造,后期运营管理等,并配以工程应用案例对该套理论进行阐释。非常适合各地城市规划管理部门、业主以及现代有轨电车工程规划、设计、施工和市场推广人员阅读,同时还可作为高校轨道交通相关专业师生和轨道交通行业研究爱好者的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

城市现代有轨电车工程基础/吴胜权主编. —北京:机械工业出版社, 2016.4

ISBN 978-7-111-53155-5

I. ①城… II. ①吴… III. ①有轨电车—车辆工程 IV. ①U482.1

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第041644号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:何月秋 责任编辑:何月秋 徐强

版式设计:霍永明 责任校对:佟瑞鑫

封面设计:马精明 责任印制:李洋

三河市宏达印刷有限公司印刷

2016年4月第1版第1次印刷

184mm×260mm·18印张·443千字

0001—3000册

标准书号:ISBN 978-7-111-53155-5

定价79.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

服务咨询热线:010-88361066

机工官网:www.cmpbook.com

读者购书热线:010-68326294

机工官博:weibo.com/cmp1952

010-88379203

金书网:www.golden-book.com

封面无防伪标均为盗版

教育服务网:www.cmpedu.com

编委会名单 (排名不分先后)

主 编	吴胜权				
副主编	黄振晖	王贵国			
参 编	杲晓锋	董伟力	张 华	张建华	赵 峰
	常胜利	李 虎	赵 云	张天白	任艳阳
	杨小凤	王冬卫	金富达	王 琦	张 艳
	刘 霞	杨雪峰	任俊利	吕高腾	胡 旭
	王艳荣	黄德敏	罗 星	赫宏联	赵 力
主 审	侯志刚	周军年			



随着人口膨胀和城市化进程的加快，交通拥堵、环境污染等“城市病”已然成为了制约城市进一步发展的瓶颈。世界各国经验表明，发展大容量轨道交通是解决城市交通问题的重要方向。20世纪七八十年代以来，有轨电车新技术取得突破性进展，现代有轨电车在世界范围内掀起了复兴建设热潮，成为重要的轨道交通制式之一。我国城市轨道交通正处于大规模快速发展时期，这从根本上为现代有轨电车的发展提供了长效需求。国家“十二五”规划《纲要》指出：“科学制定城市轨道交通技术路线，规范建设标准，有序推进轻轨、地铁、有轨电车等城市交通网络建设。”国家发改委依据其课题研究成果向国务院上报发展政策建议，支持中等城市发展现代有轨电车。截至2014年年底，有25个省（区、市）的72座城市提出了建设有轨电车线路的意向或规划，超过40座城市开展了有轨电车的路网规划工作，规划线路达到50条以上，规划里程高达1300多公里，总投资将超过3000亿元。可以预见的是，未来二三十年，现代有轨电车在我国将迎来重要的发展机遇期。

但总体上讲，现代有轨电车系统工程尚处于初步阶段：一方面，现代有轨电车建设是一个复杂的系统工程，覆盖了线网规划、工程设计、工程施工、车辆制造、运营管理、投融资模式等多个方面；另一方面，现代有轨电车刚刚兴起，目前国内缺少相关建设实施标准，大多数城市跃跃欲试，但存在缺乏规划建设统筹、功能定位界定不清等问题。

根据目前国内现代有轨电车的发展形势，本书对现代有轨电车系统进行了界定，并针对其建设情况，提出了一套建设现代有轨电车工程的理论体系，包括前期规划设计、商务合作模式选定，中期建设实施过程中通信信号系统、机电工程、车辆制造，后期运营管理等，并配以工程实例对该套理论进行阐释。本书内容翔实，对人们全面系统的了解现代有轨电车系统及其配套工程具有较高的参考价值，促进了国内现代有轨电车理论体系的丰富和完善。作为现代有轨电车系统工程领域理论的先行者，本书开辟了现代有轨电车系统工程研究的新纪元，积极探索并系统总结在规划设计、工程建设、运营管理和技术装备等各个领域的经验和不足，不断完善和改进，提高其经济技术合理性，同时为制定我国现代有轨电车的标准规范和管理政策提供借鉴。本书力求促进整个工程范围内各个行业的共同发展，为现代有轨电车的健康有序发展提供规范和参考。



前言

1881年5月，德国人西门子在柏林附近开通了世界上第一条有轨电车线路。在城市发展过程中，受到城市建设和汽车工业的冲击，世界上大部分有轨电车线路逐步拆除。20世纪末以来，随着城市交通拥堵、环境污染、能源短缺等问题日益突出，为了提高公共交通服务质量，减少对私家车交通模式的过度依赖，对有轨电车系统技术进行全面提升：使用现代化、大容量的铰接车辆，修建分离的有轨电车通路，使用特殊信号控制，修建与地铁、公共汽车的换乘枢纽等。这种提升后的模式在速度、可靠性、舒适度和安全性等方面更加类似于快速轨道交通，为与传统有轨电车有所区别，该系统称之为现代有轨电车。

现代有轨电车灵活性强、建设周期短、造价低，既可以作为城市的骨干交通，又可以作为地铁等大运量交通的延伸线补充，同时还可以打造特色旅游专线项目。现代有轨电车应用广泛，在欧洲、美国、澳大利亚等多个国家和地区，约500个系统正在运营，我国天津、沈阳、苏州、上海、南京等地也已经通车运营，有轨电车在国内外掀起建设热潮。

现代有轨电车建设是一项复杂的系统工程，本书从线网规划、线路设计与施工、通信信号、供电、车辆、运营、投融资模式等多个方面进行阐述，为现代有轨电车系统建设提供相应的规范和指导。

本书由吴胜权任主编并统稿，黄振晖、王贵国任副主编并协助组织统稿。全书共9章，第1章主要介绍现代有轨电车的概念、特点及发展情况（王贵国、金富达、任俊利编写）；第2章阐述现代有轨电车线网规划方法（张建华、赫宏联、王贵国、任艳阳编写）；第3章对现代有轨电车线路设计、工程技术及土建工程管理进行重点介绍，其中工程技术部分包括车站工程、轨道工程、路基工程、桥梁工程、隧道工程、给排水系统、通风空调系统、动力与照明配电系统、车辆基地（王冬卫、赵云、王琦等编写）；第4章主要介绍现代有轨电车通信系统、信号系统、相关弱电系统及通信信号工程技术选择（张天白、杨雪峰编写）；第5章主要介绍了现代有轨电车牵引供电系统、接触网系统、无接触网供电技术、供电系统节能设计等内容（李虎、杲晓锋、胡旭编写）；第6章对现代有轨电车运营管理进行介绍，包括现代有轨电车运营管理模式及方案体系，车辆选型、编组方式及定员标准，车辆运行计划与运用、配置及检修计划，系统人员组织架构及运营收益和成本估算方法（张华、王艳荣、黄德敏编写）；第7章着重对现代有轨电车车辆进行介绍，涵盖了车辆分类、车辆系统组成及国内外现代有轨电车车辆类型及发展趋势等内容（张艳、董伟力、罗星、胡旭编写）；第8章主要介绍了城市现代有轨电车投融资模式，包括BT与PPP模式研究与实践，以及“轨道+物业”综合开发模式研究与实践（常胜利、赵峰、赵力编写）；第9章对国内现代有轨电车工程实践的案例进行阐述，包括沈阳浑南有轨电车一期工程项目、上海张江有轨电车一期工程项目、武夷新区有轨电

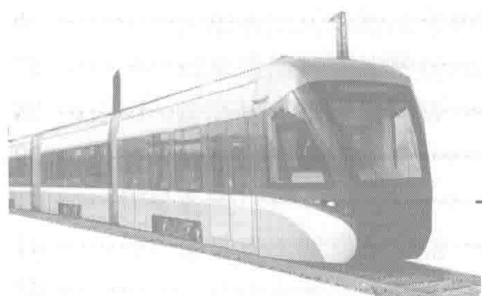


车一期工程系统项目（杨小凤、刘霞、吕高腾编写）。

在编写本书时参考了国内外发表的部分文章、资料和书籍，编者在此对有关作者表示诚挚的谢意。同时，对所有给予本书指导、支持和帮助的同志们表示感谢！

由于编者水平所限，遗漏、不足之处在所难免，欢迎广大读者批评指正，谨表谢意。

编者



目 录

contents

序

前言

第1章 背景、术语及概念

1.1 现代有轨电车的概念及特点	1
1.1.1 现代有轨电车与公交、地铁的比较优势	1
1.1.2 现代有轨电车的主要特点	2
1.2 现代有轨电车系统的发展	2
1.2.1 国外现代有轨电车系统的发展现状	3
1.2.2 国内现代有轨电车系统的发展现状	9
1.3 现代有轨电车工程概况	16
1.3.1 现代有轨电车项目建设周期	16
1.3.2 现代有轨电车工程的主要组成部分	17
1.4 现代有轨电车的术语及其概念	18

第2章 规划设计

2.1 现代有轨电车的特征及系统技术特征	23
2.1.1 现代有轨电车的特征	23
2.1.2 现代有轨电车系统的技术特征	23
2.2 现代有轨电车的应用模式	24
2.2.1 骨干型	24
2.2.2 补充型	25
2.2.3 特色型	25
2.3 现代有轨电车适应性条件	25
2.3.1 城市规模	25
2.3.2 交通需求	26
2.3.3 线路长度	27
2.4 现代有轨电车线网规划技术方法	27
2.4.1 规划设计原则	27
2.4.2 线网布局方法	28
2.5 现代有轨电车站线规划设计方法	31



2.5.1	线路的规划设计	31
2.5.2	车站的规划设计	36
2.5.3	车辆基地的规划	37
2.5.4	车辆段的建设模式	38
2.6	线网规划设计技术程序	39
2.7	现代有轨电车规划一体化	41
2.7.1	交通系统与土地使用的一体化	41
2.7.2	交通方式间的一体化	42
2.7.3	交通枢纽的一体化	43
2.7.4	交通系统运营管理的一体化	44
2.7.5	现代有轨电车线网规划实施关键	45

第3章 线路及土建相关工程技术与管理

3.1	线路设计	47
3.1.1	线路设计的主要内容	47
3.1.2	线路设计所需的技术资料	48
3.1.3	线路设计原则及技术标准	48
3.2	土建相关工程技术	49
3.2.1	车站工程	49
3.2.2	轨道工程	54
3.2.3	路基工程	58
3.2.4	桥梁工程	64
3.2.5	隧道工程	71
3.2.6	给水排水系统	77
3.2.7	通风空调系统	81
3.2.8	动力与照明配电系统	84
3.2.9	车辆基地	91
3.3	土建工程管理	98
3.3.1	进度管理	98
3.3.2	质量管理	101
3.3.3	安全控制	102
3.3.4	成本管理	103
3.3.5	现场管理	105

第4章 通信信号和相关弱电系统

4.1	有轨电车通信与信号系统概述	109
4.1.1	发展历史和现状	109
4.1.2	通信与信号系统关键技术	110
4.2	通信系统	114

4.2.1	应用列车通信网络系统的必要性	114
4.2.2	列车通信网络的概念和任务	114
4.2.3	列车通信网络的特点	114
4.2.4	常见的列车通信网络	115
4.2.5	线路通信系统	117
4.3	信号系统	117
4.3.1	信号系统架构和功能	117
4.3.2	信号优先策略	118
4.3.3	智能通信信号的研究	122
4.4	相关弱电系统	122
4.4.1	火灾自动报警系统 (FAS)	123
4.4.2	环境与设备监控系统 (BAS)	124
4.4.3	门禁系统	125
4.4.4	停车场管理系统	125
4.4.5	售检票系统	125
4.4.6	运营控制中心	125
4.5	通信工程技术选择	125
4.5.1	传输与电话系统	125
4.5.2	通信线路	127
4.5.3	无线通信系统	128
4.5.4	电视监视系统	128
4.5.5	广播系统	128
4.5.6	时钟系统	129
4.5.7	门禁系统	129
4.5.8	办公自动化系统	129
4.5.9	通信电源与防雷接地	130
4.6	信号工程技术选择	131
4.6.1	正线信号控制子系统	131
4.6.2	行车指挥子系统	134
4.6.3	车辆段信号控制子系统	136
4.6.4	道岔控制子系统	136

第5章 牵引供电系统和接触网系统

5.1	现代有轨电车牵引供电和接触网系统概述	138
5.1.1	供电系统工程概论	138
5.1.2	供电系统的构成	139
5.1.3	供电系统的功能	140
5.1.4	供电技术的发展	140
5.2	牵引供电系统	141



5.2.1	外部电源	141
5.2.2	主变电所及开闭所	143
5.2.3	中压网络	144
5.2.4	牵引变电所和降压变电所	145
5.2.5	电力监控系统	146
5.2.6	杂散电流腐蚀防护	147
5.2.7	接地与过电压保护	148
5.3	接触网系统	149
5.3.1	接触网概述	149
5.3.2	架空接触网的组成和结构	151
5.3.3	接触轨式接触网	157
5.4	无接触网供电技术	160
5.4.1	无线电控制的 APS 系统	160
5.4.2	蓄电池供电	161
5.4.3	电磁感应供电	161
5.4.4	超级电容器供电	162
5.4.5	混合型蓄能装置供电	163
5.4.6	快速充电蓄能装置供电	163
5.5	供电系统的节能设计	163
5.5.1	节能概述	164
5.5.2	供电系统设计与节能	164
第 6 章 现代有轨电车运营管理		
6.1	现代有轨电车运营管理模式及方案体系	167
6.1.1	运营管理模式分类	167
6.1.2	现代有轨电车交通运营方案体系	168
6.2	现代有轨电车车辆选型、编组方式及定员标准	170
6.2.1	车辆选型	170
6.2.2	车辆编组方式	176
6.2.3	定员标准	177
6.2.4	车辆编组数量	177
6.3	现代有轨电车运行计划与车辆运用、配置及检修计划	178
6.3.1	列车运行计划	178
6.3.2	车辆检修、运用和配置计划	182
6.4	现代有轨电车交通系统人员组织架构及编制标准	185
6.4.1	组织架构设计原则	185
6.4.2	组织架构设计目标	186
6.4.3	组织架构的管理部门及岗位设置	186
6.4.4	现代有轨电车系统组织架构实例	188

6.5 现代有轨电车交通系统运营收益和成本估算方法	190
6.5.1 运营收益	190
6.5.2 运营成本	193
6.5.3 有轨电车系统运输收益和成本估算实例	197
第7章 车辆	
7.1 有轨电车系统分类	199
7.1.1 跨座式单轨系统	199
7.1.2 钢轮钢轨现代有轨电车系统	199
7.1.3 胶轮钢轨现代有轨电车系统	200
7.2 钢轮钢轨低地板有轨电车的车辆类型	201
7.2.1 雅克比转向架技术	201
7.2.2 转向架中置技术	201
7.2.3 传统5模块技术	202
7.3 车辆系统	203
7.3.1 有轨电车车辆车体结构和材料	203
7.3.2 牵引控制系统、辅助控制系统	206
7.3.3 制动系统	207
7.3.4 转向架	207
7.3.5 车门	208
7.3.6 空调、通风系统	209
7.3.7 乘客信息系统及列车通信系统	210
7.3.8 其他设施	210
7.4 国内外车辆类型及其发展趋势	210
7.4.1 技术来源和车辆类型	210
7.4.2 车辆介绍	212
7.4.3 车辆技术对比	217
7.4.4 发展趋势	218
第8章 城市现代有轨电车项目投融资模式	
8.1 BT模式研究与实践	220
8.1.1 BT模式概念	220
8.1.2 BT模式主要类型	220
8.1.3 BT模式适用范围	221
8.1.4 BT项目的运作与实施	222
8.1.5 BT项目投资分析	224
8.1.6 实例分析	232
8.2 PPP模式研究与实践	234
8.2.1 PPP模式定义	234



8.2.2	PPP 模式种类	235
8.2.3	PPP 项目操作流程	236
8.2.4	PPP 项目采购流程	236
8.2.5	政府推进 PPP 模式的好处	238
8.2.6	PPP 项目风险控制	238
8.2.7	国内城市轨道交通 PPP 模式案例分析	241
8.3	“轨道 + 物业”综合开发模式研究与实践	244
8.3.1	“轨道 + 物业”综合开发模式概念	244
8.3.2	地价增长规律	244
8.3.3	“轨道 + 物业”综合开发模式的综合开发条件	245
8.3.4	“轨道 + 物业”综合开发模式的经济内涵	246
8.3.5	“轨道 + 物业”综合开发模式的操作流程	247
8.3.6	香港轨道交通项目 PPP 经验	250
8.3.7	“轨道 + 物业”模式案例分析	253
第 9 章 案例分析		
9.1	沈阳浑南有轨电车一期工程项目	257
9.1.1	项目背景	257
9.1.2	工程概况	257
9.1.3	系统构成	259
9.1.4	运营组织	261
9.1.5	功能定位和应用模式	262
9.2	上海张江有轨电车一期工程项目	262
9.2.1	项目背景	262
9.2.2	工程概况	262
9.2.3	系统构成	264
9.2.4	运营组织管理	268
9.2.5	功能定位和应用模式	269
9.3	武夷新区有轨电车一期工程系统项目	269
9.3.1	项目背景	269
9.3.2	工程概况	270
9.3.3	系统构成	270
9.3.4	运营组织管理	273
9.3.5	功能定位和应用模式	274
参考文献		275

第1章

背景、术语及概念

1.1 现代有轨电车的概念及特点

现代有轨电车系统采用现代有轨电车车辆，与路面交通工具（汽车、非机动车等）混行或半隔离，以平面交叉口为主，是融合轨道交通和市政道路两种特质的，主要承担公交职能的一种中低运量轨道交通系统，具有安全、可靠、环保、舒适、快捷、成本低等优点。其系统采用电力牵引，是绿色交通方式；相对于地铁、轻轨等其他城市轨道交通而言，其运量小；相应的基础设施建设工程量小，能大大节省投资，还可节省大量运营成本、维护成本。

根据运行系统的不同，现代有轨电车主要分为钢轮钢轨和胶轮+导轨两种制式。钢轮钢轨式现代有轨电车以钢轮形式在地面的两条钢轨上运行，钢轨既承担车辆的重量，又对钢轮起导向限制作用，一般情况下钢轨顶面与城市道路路面平齐。胶轮+导轨式现代有轨电车轨道由类似道路的行车道和一条引导车辆运行的特殊导轨组成，车辆走行系统与汽车一样为橡胶轮胎，导向轮在导轨的限制下引导车辆运行。

1.1.1 现代有轨电车与公交、地铁的比较优势

现代有轨电车与其他公共交通方式的比较见表 1-1。

表 1-1 现代有轨电车与其他公共交通方式的比较

指标	常规公交	快速公交	现代有轨电车	轻轨	地铁
运营速度/(km/h)	12~15	20~30	18~25	25~40	25~40
运能/(万人/h)	<0.5	0.8~1.2	0.8~1.5	1~3	3~6
造价/(亿元/km)	<0.5	0.5~1.0	0.8~1.0/3.5	3.0~5.0	5.0~8.0
相对建设周期	短	较短	较短	较长	长
车辆折旧率	高	较高	低	低	低
能耗	高	较高	较低	低	低
环境污染	高	较高	低	低	低
路权	共享	部分或专有权	部分或专有权	专有权	专有权

1. 与公交系统比较

服务水平达到地铁标准，运力更大、速度更快、使用寿命更长、低碳环保、乘坐舒适、准点率有保证；虽然现代有轨电车系统一次性投资较大，但以 30 年为一个周期，同等条件下，总体投资与公交相近。



2. 与地铁交通系统比较

工程投资省,建设周期短,公交化运营,运行效率高、费用低,维修方便,审批流程简单;一条地铁的投资就可使有轨电车建成网,建设周期只有地铁的1/3左右,且施工工艺简单;运营速度、能耗、环保等方面与地铁相近。

1.1.2 现代有轨电车的主要特点

现代有轨电车是一种中等运能、设计新颖、环境友好、资源节约的交通运输工具,是在传统有轨电车的基础上全面改造升级的一种先进的公共交通方式。

(1) **投资节约、建设周期短** 现代有轨电车造价为0.8亿~2.0亿元/km,为地铁的1/5左右;建设周期1~2年,为地铁的1/3左右。

(2) **客运能力大** 传统有轨电车车厢长度一般不足20m,按定额标准4人/m²计算,列车载客量一般不到100人。现代有轨电车的主流产品,车厢长度一般为20~40m,列车载客量达150~300人,单向设计客运能力为0.5万~0.8万人次/h;如果将两列列车串联起来,单向客运能力可达1.0万~1.2万人次/h。

(3) **速度高** 传统有轨电车最高设计速度一般为30km/h左右,实际运行速度为10km/h左右。而现代有轨电车的设计速度可达70~80km/h,在城市中心地区的运行速度一般为20km/h左右,在郊区的运行速度可达30km/h。如果在城际铁路上运行,运行速度则可达到70km/h。

(4) **设计弹性灵活,城市走行适应性强** 列车采用低地板、弹性车轮、模块化设计,转弯半径达25m,最大爬坡能力达60‰以上,并可合理设置路权、供电方式及通行优先度。

(5) **环保、舒适、美观** 电力驱动,零排放,能耗约0.07kW·h/(乘客/km),仅为快速公交系统(BRT)的1/4,节能环保;有轨电车(60km/h时速)的车内外噪声分别为70dB和72dB,低于BRT的车内外噪声;采用低地板、流线型车身、大窗、对开门等设计,外观美观大方,可与城市景观文化相契合,打造成一道流动风景线。

1.2 现代有轨电车系统的发展

在人类交通发展过程中,有轨电车技术的发展大致可分为三个时期。

第一时期:源自1881年德国柏林城第一条传统老式有轨电车的兴建,因为其大运量的运输能力和以轨道为导向的车辆牵引模式深受欢迎,而得以大规模的发展。到1920年左右,有轨电车在美国得到迅速发展,仅美国的线路总长就达到了25000km。中国的有轨电车发展直到1908年才得以开始,在当时的上海英租界静安寺至外滩修建的第一条有轨电车线路,具有里程碑意义。1909年以后在北京、天津、沈阳、哈尔滨、长春、大连等城市都陆续出现了有轨电车项目,到20世纪30年代,欧洲、日本、印度和我国的有轨电车都有了较大的发展,成为当时城市公共交通的主要工具。

第二时期:20世纪六七十年代,随着汽车、公交车及其他地面交通的逐步普及,大量的有轨电车在20世纪中叶被陆续拆除。有轨电车网在美国、英国、法国和西班牙等国家相继消失。但是德国、波兰、奥地利、意大利、比利时、荷兰和瑞士等欧洲国家的有轨电车路网仍然存在并进行了技术更新改造。汽车数量的膨胀,造成的交通拥堵和城市环境污染,逐

步成为城市发展不可回避的问题。为了解决城市拥堵和环境污染,各国纷纷致力于地铁的建设。但地铁造价高、建设周期长、风险高等问题为城市公共交通发展带来了新的难题。

第三时期:从20世纪80年代至今,现代有轨电车相继在一些大城市中建设运营,其技术含量较高,例如:拥有45万人口的法国南特市,在1984年建成了贯穿市区的现代有轨电车,成为法国建成的第一条现代有轨电车线路,平均时速可以达到24km/h;拥有92万人口的美国萨克拉门托市,在1987年建成了贯穿城市的现代有轨电车线路,全程29.4km;我国香港于1997年在屯门至元朗修建了一条现代有轨电车线路,全线长23km,平均时速达到了25km/h,推动了香港新界西部经济的发展。

1.2.1 国外现代有轨电车系统的发展现状

目前,据不完全统计全球已有60多个国家的300多个城市都在建设运营有轨电车,伦敦、巴黎、雅典、日内瓦、苏黎世、伯尔尼、巴塞尔、洛桑等城市的有轨电车纷纷重新运营。截至到2012年年底,全球前20个国家的城市轨道交通总里程达23394km。其中,地铁运营里程为8739km,占比37%。轻轨与有轨电车运营里程为14655km,占比63%(见表1-2)。

表1-2 全球轨道交通情况统计

序号	国家	总里程/km	地铁/km	占比	轻轨、有轨电车/km	占比
1	俄罗斯	3853	496	13%	3357	87%
2	德国	3795	919	24%	2876	76%
3	美国	2607	1216	47%	1391	53%
4	中国	2078	1740	84%	338	16%
5	日本	1557	748	48%	809	52%
6	西班牙	1398	663	47%	735	53%
7	英国	1051	524	50%	527	50%
8	法国	956	353	37%	603	63%
9	波兰	949	23	2.5%	926	97.5%
10	意大利	939	189	20%	750	80%
11	韩国	832	768	92%	64	8%
12	罗马尼亚	574	69	12%	505	88%
13	奥地利	558	75	15%	483	85%
14	荷兰	482	111	23%	371	77%
15	加拿大	373	138	37%	235	63%
16	巴西	359	298	83%	61	17%
17	印度	311	244	88%	67	12%
18	澳大利亚	278	0	0	278	100%
19	土耳其	245	119	48%	126	52%
20	葡萄牙	199	46	23%	153	77%
总计		23394	8739	37%	14655	63%



很多国家，特别是西方一些较发达的国家，由于现代有轨电车有着成熟的交通运输模式，并且造价相对低廉，节能环保，因而将有轨电车作为公共交通的主要运载模式。在伦敦和巴黎等地铁系统发达的大城市，有轨电车线路主要承接郊区与市中心的地面交通，一般不进入市中心；在法兰克福、苏黎世、墨尔本、波特兰等城市，有轨电车线路多穿过城市的中心区。欧洲西方国家的公共交通概念从有轨电车开始，经历了漫长的发展，而现代有轨电车的车辆技术日趋成熟，线路设置日益完整合理，伴随着城市化进程不断发展而逐步完善。欧洲部分城市有轨电车线路运营情况见表 1-3。

表 1-3 欧洲部分城市有轨电车线路运营情况

城市	国家	里程/km	车辆/列	线路/条	运营公司
格拉茨	奥地利	32	69	6	Gvb
维也纳	奥地利	181	526	28	Wiener Linien
赫尔辛基	芬兰	105	131	8	Hkl
波尔多	法国	44	74	3	Tbb
里昂	法国	49	73	4	Tel
巴黎	法国	38	97	4	RATP
斯特拉斯堡	法国	37	94	5	Cts
柏林	德国	189	542	22	Bvg
杜塞尔多夫	德国	85	173	10	Rheinbahn
法兰克福	德国	64	112	9	Vgf
汉诺威	德国	120	290	12	Ustra
莱比锡	德国	148	256	14	Lvb
慕尼黑	德国	71	92	10	Mvg
米兰	意大利	145	527	18	Atm
罗马	意大利	44	170	6	Trambus
都灵	意大利	91	220	8	Gtt
华沙	波兰	140	861	28	Tramwaje Warszawskie
莫斯科	俄罗斯	185	860	37	Mosgortrans
圣彼得堡	俄罗斯	220	950	38	Gorelek-trotrams
哥德堡	瑞典	117	230	12	Göteborgs Spårvägar
苏黎世	瑞士	112	317	13	Vbz

1. 法国巴黎的现代有轨电车（见图 1-1）

巴黎城市轨道交通系统由地铁、区域快速铁路（RER）、市郊铁路和现代有轨电车组成，运营总里程 2100km，承担着巴黎 70% 的公交运量。

20 世纪 80 年代末，巴黎市政府着手发展有轨电车，线路由巴黎大众运输公司（RATP）和法国国家铁路公司（SNCF）经营。从 1992 年 T1 线通车至今，在巴黎市区环城和法兰西岛近郊建成了 4 条有轨电车线路，较好地优化了当地交通路网。T3 东线和 T5、T6、T7、T8 号新线已着手规划和建设，远期将建成有轨电车环城线。