

城市轨道交通系列丛书

城市轨道交通概论

孙章

何宗华 编著

徐金祥



中国铁道出版社

城市轨道交通系列丛书

城市轨道交通概论

孙 章 何宗华 徐金祥 编著



A0942606

中 国 铁 道 出 版 社

2000年·北京

《城市轨道交通系列丛书》

序

世界上轨道交通很早就作为公共交通在城市中出现。随着科学技术和城市化的发展，大运量的轨道交通在现代大城市中越来越起着重要的作用。经济发达国家城市的交通发展历史告诉我们，只有采用大客运量的地铁和轻轨交通系统，才是从根本上改善城市公共交通状况的有效途径。

我国发展大运量轨道交通的历史也并不短，40年前北京就开始了地铁建设。想建地铁的城市也不少，但一直因造价太贵而却步。至今一些百万人以上的大城市，仍然用传统的公共汽车和无轨电车来维持客运的做法，已越来越不能满足城市居民高频率出行的需要。因而目前很多大城市又在考虑和策划修建轨道交通项目。除北京外，上海和广州都已经在建造现代化的地铁系统。北京、上海、天津、广州四城市虽已有地铁线路在运营，但远远不能较为普遍地满足需要。由于我国城市轨道交通的应用技术和基础理论都还处于开拓阶段，项目实施的大多数情况是要引进技术和设备，国产化率低，成为工程造价昂贵的主要原因。因而提高我国城市轨道交通行业的技术力量，发挥自主建设能力，努力降低工程造价，已是健康发展大运量轨道交通的关键。

为此，我们组织了建设部和铁道部的有关专家，编写了这套《城市轨道交通系列丛书》，同时还与德国西门子股份公司交通技术集团进行合作，吸收了一些实用而先进的技术成果，分别按不同专业内容纳入这套丛书。

这套系列丛书以普及现代城市轨道交通基础理论、知识为目标，较为全面系统地阐述了城市轨道交通的发展历史和先进的技

术成果，同时也论述了不同类型轨道交通的系统特征、通用技术的适应范围、专业技术及其综合效应等。这套丛书可作为管理人员、专业技术人员和大专院校学生的基础理论知识读本，也可作为本行业专家学者在此基础上深化研究和促进技术发展的参考资料。

周于峙

① *周于峙 中国科学院院士、工程院院士、建设部顾问、原建设部副部长。

前 言

为了克服交通堵塞、环境污染等“城市病”，必须加快发展以轨道交通为骨干的城市客运公共交通——这已成为人们的共识。城市轨道交通的特点是快捷、安全、准时、容量大、能耗低、污染轻。为了建设生态型城市，还应把摊大饼式的城市发展模式改变为伸开的手掌型模式。因为城市呈伸开的手掌状发展，就可以使市区外围与绿地、树林等疏密相间。而手掌状城市发展的骨架就是城市轨道交通。城市轨道交通是对环境友好的“绿色交通”。

高频率发车、低候车时间是城市轨道交通与城市间铁路（干线铁路）在运营方式上的最大区别。城市轨道交通按运量大小可分为城市快速铁路、地铁和轻轨三大类。城市快速铁路连接城市郊区与中心区，在郊区采取全立交的地面或高架方式，进入市中心区后钻入地下。由于城市快速铁路速度快、运量大、站间距离长、运价比较低，它将成为生态型城市轨道交通中的“主力军”。地铁在大城市中心区具有独特的优势，借此人们可以不受高楼林立、车辆拥堵的阻隔，实现快速流动。“轻轨”这一概念主要指其车辆的轴重比地铁车的轴重量轻，因而国际公共交通联合会（UITP）于1978年3月在布鲁塞尔召开的会议上，确定了轻轨交通的统一名称，英文为 Light Rail Transit，简称 LRT。现代化轻轨交通受到了欧洲各国的青睐，发展很快。特别是1994年11月23日那一天，法国斯特拉斯堡的流线型车头、超低底盘、装有极大绿色车窗的新式有轨电车出现在街头时，受到了热烈欢迎。它被称为“斯特拉斯堡的宠物”和“绿色大蟒蛇”，每小时单向客运量可达3万人次。有人认为，以现代高新技术为支撑的轻轨交通作为更普通化、更接近市民的大众运输工具，可能成为21世纪城市公共交通的一大标志。

国际金融界普遍认为，可以用国民生产总值的约1%的比例作为长时期（10年以上）发展大城市轨道交通基础设施的投资。我国发展城市轨道交通在近期就可以形成数千亿元的产值。同时，只有发展了城市轨道交通，才可能把大批房屋建到郊区，这不仅有利于建设生态城市，还能大幅度降低房价，使更多的市民买得起住房，从而带动房地产市场。房地产市场的活跃，又可以刺激建材和家庭消费，可以从另一方面启动内需。另外，城市轨道交通能把行人和骑自行车者吸引到快捷的轨道交通工具上来，有利于道路的畅通，这又使得小轿车有了更大的发展空间，从而带动汽车这一支柱产业的发展。因此，发展城市轨道交通对于启动内需能起到“一石三鸟”的作用。

中国发展城市轨道交通的一个重要问题是造价太高，投资不足。必须降低造价，并实现投资多元化、经营公司化，才能加快发展。为此，必须努力推进轨道交通高新技术装备的国产化进程。日前，国家计委领导同志已明确提出，要求国产化率不得低于70%，我们应努力达到这一目标。

按照惯例，《城市轨道交通概论》应作为《城市轨道交通系列丛书》的首推之作。但考虑到我国城市轨道交通建设这几年正处在大发展的前夕，许多新理念、新思路、新方案正在产生，为了使本丛书具有一定的“生命周期”，因此，本书是丛书中最后出版、发行的一本。对此希望广大读者鉴谅。

本书的作者是：何宗华、孙章（第一章），李德芳、樊建林（第二章、第八章），孙章、樊建林（第三章），徐起发、张振森（第四章），陈马可、周顺华（第五章），程隆华、朱小娟、邵丙衡（第六章），徐金祥（第七章），顾保南、叶霞飞（第九章）。本书在撰写过程中参考了国内外有关的著作和论文，并在书末列出了主要参考文献目录，在此我们对其作者表示衷心的感谢。

作者

2000年5月



北京地铁



天津地铁



上海地铁



空中列车 - 加拿大俾诗省温哥华
- 先进轨道捷运MK I



安卡拉地铁 - 土耳其安卡拉



多克蓝轻轨 - 英国伦敦

广州地铁



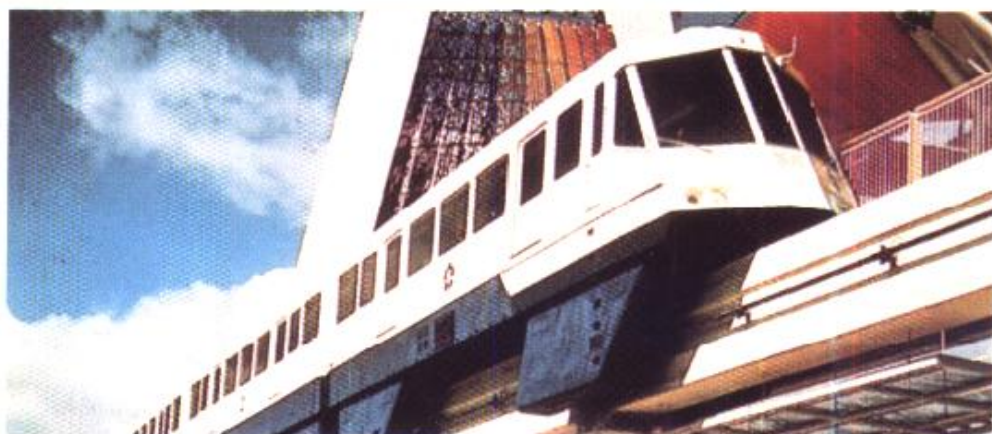
香港地铁



轻快稳捷运系统
#2-马来西亚吉隆坡-先进轨道
捷运MK II



自动化高架特快
- 美国佛罗里达
州杰克逊城 - M-III



日本独轨列车



法国斯特拉斯堡低地板轻轨车辆

目 录

第一章 城市轨道交通的由来与发展	1
第一节 世界城市轨道交通发展简史	1
一、城市地下铁道的发展	1
二、轻轨交通	10
三、城市轨道交通的技术进步	14
第二节 我国城市交通现状及存在问题	20
一、我国城市交通现状	20
二、主要问题	22
第三节 加快发展城市轨道交通	24
一、发展方向	24
二、发展现状与展望	25
第二章 轨道交通建设的前期管理	27
第一节 城市轨道交通的规划原则	27
一、城市轨道交通规划的目的和意义	28
二、城市轨道交通规划的原则	30
三、城市轨道交通规划的内容与步骤	32
第二节 可行性研究的内容和方法	35
一、可行性研究的内容	35
二、可行性研究的方法	42
第三节 轨道交通客流量预测	44
一、客流预测的意义和目的	44
二、客流发展的主要决定因素	45
三、客流预测的思路和方法	46
第四节 轨道交通经济效益评价	56
一、经济效益评价的原则和依据	57

二、项目财务评价	58
三、项目国民经济评价	62
四、不确定性分析	65
第三章 城市轨道交通的系统结构	66
第一节 地下铁道	67
一、概 述	68
二、系统构成	69
三、适应范围	75
第二节 城市铁路	76
一、概 述	77
二、运营管理模式	78
三、探索我国市郊铁路新模式	80
第三节 轻 轨	80
一、概 述	81
二、国外城市轻轨交通概况	82
三、主要技术指标	83
四、轻轨交通在我国的前景展望	87
第四节 独 轨	87
一、概 述	87
二、适应范围	88
第五节 新交通系统	89
一、概 述	89
二、适应范围	90
第四章 轨道交通车辆	92
第一节 车辆的组成特点及主要技术参数	92
第二节 车辆走行装置	95
第三节 车钩牵引缓冲连结装置	99
一、我国制造的地铁车辆密接式车钩缓冲装置	100
二、上海地铁车辆的车钩缓冲装置	102
第四节 车体结构及轻量化措施	106

第五节	制动装置	111
第六节	电动车辆的传动方式	114
一、	传动方式	114
二、	传动控制技术	116
第七节	车辆噪声	118
第八节	车辆停放及维修基地	122
一、	车辆基地的主要任务及布局原则	122
二、	车辆基地基本规模及总平面布置	123
三、	车辆维修及主要检修设备	125
第五章	土木工程	128
第一节	线路工程	128
一、	选 线	128
二、	线 路	129
三、	线路平面	131
四、	线路纵断面	133
第二节	轨道结构	135
一、	钢 轨	135
二、	轨 枕	136
三、	道 岔	137
四、	道 床	140
五、	减振垫层与扣件	142
六、	轨道结构	146
第三节	高架结构工程	149
一、	高架结构工程的特点	149
二、	高架槽型梁结构	150
三、	高架脊梁式结构	153
四、	超低高度板式结构	154
五、	墩台形式	156
第四节	地下隧道与车站	157
一、	区间隧道特点	157

二、明挖法隧道	159
三、暗挖法隧道	160
第五节 车站建筑	164
一、车站设计原则	164
二、车站平面布置	165
三、站 台	165
四、站 房	168
五、跨线设备及垂直交通	168
第六章 电力牵引系统	171
第一节 概 述	171
一、电力牵引系统工作原理与优缺点	171
二、电力牵引系统的发展概况	171
三、轨道交通车辆的结构与特性简介	172
第二节 直流牵引	176
一、直流电机	177
二、牵引系统电路	180
三、举 例	185
第三节 交流传动系统	187
一、交流传动发展概况	187
二、交流传动基本形式	188
三、交流传动的脉宽调制控制技术	190
第四节 线性电机驱动与磁悬浮系统简介	191
一、概 述	191
二、世界各国开发磁悬浮车概况	192
三、磁悬浮系统与其他技术领域的关系	195
第五节 车辆电力牵引的供电系统	196
一、概 述	196
二、牵引供电计算的条件及需用参数	199
三、直流牵引变电所	201
四、降压变电所	202

五、接触网	203
六、地下迷流及其防护	206
第七章 信号、控制与通信设备	209
第一节 城市轨道交通的信号设备	209
一、城市轨道交通信号的特点	209
二、列车自动控制系统结构和基本功能	210
三、ATS 子系统	211
四、ATP 子系统	216
五、ATO 子系统	223
六、不用轨道电路的列车检测方式	227
第二节 通信	231
一、光纤数字传输系统	231
二、数字电话交换系统	232
三、闭路电视监控系统	235
四、无线通信系统	237
五、车站广播系统	238
第八章 行车组织与运营管理	241
第一节 行车组织	242
一、列车运行组织	242
二、接、发列车组织工作	248
第二节 客运管理	250
一、站务管理	250
二、票务管理	251
三、组织机构	252
第三节 安全与防灾对策	252
一、安全系统工程	253
二、系统防灾	258
第九章 可持续发展与城市交通战略	260
第一节 可持续发展观	260
第二节 可持续发展观对城市发展的要求	261

一、城市化发展进程	261
二、城市的发展趋势——生态化城市	263
三、生态化城市的特征	268
四、城市化与生态化的关系	270
第三节 城市交通发展的战略方向	272
一、城市交通在城市发展中的地位及作用	272
二、传统城市交通发展的不可持续性及其问题	274
三、城市交通应走可持续发展之路	276
四、各种城市交通方式的比较	277
第四节 特大城市的交通可持续发展模式	278
一、国外大城市的经验	278
二、我国特大城市的交通发展模式	282
第五节 案例分析	284
一、东京市郊铁路案例分析	284
二、上海市郊铁路案例分析	290
参考文献	301

第一章 城市轨道交通的由来与发展

第一节 世界城市轨道交通发展简史

历史证明，城市是人类活动的中心和社会进步的重要标志。随着科技进步和劳动生产率的提高，农村人口越来越向城市集中，城市规模不断扩大，城市人口急剧增长。城市范围内集中的大量人员流动，要求配置便捷、可达性强的客运交通工具，以便人们高效率地到达出行目的地。近百年来世界上许多大城市的发展经验告诉我们，只有采用快速轨道交通系统（地下铁道、轻轨、城市快速铁路等）作为公共交通的骨干网络，才有可能有效地完成艰巨的城市客运任务。另一方面，为了建设生态城市，应把摊大饼式的城市发展模式转变为伸开手掌型发展，而其骨架就是城市快速轨道交通。

城市快速轨道交通发展至今已有 100 多年历史，种类、型式繁多。按不同的标准，可分为轮轨系统与磁悬浮系统，双轨系统与独轨系统等。一般从客运能力大小的角度，可把城市轨道交通分为大运量的城市快速铁路、地下铁道系统，中运量的轻轨交通系统和小运量的独轨交通。

一、城市地下铁道的发展

城市轨道交通的雏形是轨道公共马车（见图 1-1）。1863 年，世界上第一条用蒸汽机车牵引的地下铁道线路在英国伦敦建成通车，至今已有 130 多年的历史。由于列车在地下隧道内运行，尽管隧道里烟雾熏人，但当时的伦敦市民甚至皇亲显贵们，都乐于乘坐这种地下列车，因为在拥挤不堪的伦敦地面街道上乘坐公共马车，其条件和速度还不如地铁列车。