

高等职业教育教材

城市轨道交通概论

孙有望 李云清 编著

中国铁道出版社

2000年·北京

(京)新登字 063 号

内 容 简 介

本书是为了适应我国城市现代化建设与城市轨道交通发展的需要,尤其是为了满足城市轨道交通发展中对人才培养的迫切需要而编写的。其主要内容有城市轨道交通规划与路网设计、线路与车站、车辆与供电、信号与通信、运行组织与经营管理、投资效益分析。

本书除可作为高等职业教育教材外,也可作为相关专业技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

城市轨道交通概论/孙有望,李云清编著. - 北京:中国铁道出版社,2000.9

高等职业教育教材

ISBN 7-113-03802-6

. 城... . 孙... 李... . 城市运输:轨道运输:交通运输-概论 . U239.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 65141 号

书 名:城市轨道交通概论

作 者:孙有望 李云清

出版发行:中国铁道出版社(100054,北京市宣武区右安门西街8号)

责任编辑:程东海

封面设计:

印 刷:中国铁道出版社印刷厂

开 本:850 × 1168 1/32 印张:7 插页:1 字数:182 千

版 本:2000 年 9 月第 1 版 2000 年 9 月第 1 次印刷

印 数:1 ~ 2 500 册

书 号:ISBN 7-113-03802-6 U·1047

定 价:21.30 元

版权所有 盗印必究

凡购买铁道版的图书,如有缺页、倒页、脱页者,请与本社发行部调换。

前 言

本书是为了适应我国城市现代化建设 with 城市轨道交通发展的需要,尤其是为了满足城市轨道交通发展中对人才培养的迫切需要而编写的。城市轨道交通在我国尚属于新兴的城市交通系统,处于快速发展的初始阶段。因此,具有不少值得探讨的理论问题、方法问题、技术问题。在编写本书的过程中,尽可能多地吸取国内外成功的城市轨道交通发展相关理论与实践成果。并且尽可能多地联系我国国情与我国城市的发展情况,以期能全面、系统、准确地描述城市轨道交通系统的整体概况。

由于本书编写过程时间紧促,作者水平有限,难免出现不足之处,有待读者与专家的指正。

本书的编写得到上海地铁总公司的大力支持,总工程师王瑞华、黄钟在百忙之中,抽出大量时间来审校原稿,给作者极大的帮助与鼓舞,在此表示感谢。

本书在编写过程中,还得到了李清、陆铸文、王祥、费翔、刘珂等同志的大力协助,在此一并深表谢意。

编 者

2000年7月

目 录

第一章 绪 论.....	1
第一节 城市发展与城市化进程概述.....	1
第二节 城市学与城市交通学概述.....	6
第三节 世界城市轨道交通发展概述	10
第二章 城市轨道交通规划与路网设计	26
第一节 城市轨道交通规划原则	26
第二节 城市轨道交通规划内容	38
第三章 城市轨道交通线路与车站	44
第一节 城市轨道交通线路	44
第二节 城市轨道交通车站	65
第三节 车辆基地(车库、车场、车辆段)	79
第四章 城市轨道交通车辆与供电	85
第一节 城市轨道交通车辆	85
第二节 城市轨道交通供电.....	107
第五章 城市轨道交通信号与通信.....	130
第一节 城市轨道交通信号基础.....	130
第二节 联锁设备.....	139
第三节 闭塞设备.....	143
第四节 城市轨道交通的通信设备.....	157

第六章	城市轨道交通的运行组织与经营管理.....	177
第一节	城市轨道交通的运行组织.....	177
第二节	城市轨道交通列车运行调度工作.....	182
第三节	城市轨道交通的车站与车辆基地行车 组织工作.....	184
第四节	城市轨道交通客运组织工作.....	185
第五节	城市轨道交通运行安全.....	187
第七章	城市轨道交通的投资效益分析.....	191
第一节	城市轨道交通投资经济效益.....	191
第二节	货币的时间价值.....	193
第三节	财务效益分析.....	198
第四节	国民经济评价分析.....	202
第五节	敏感性分析.....	205
第六节	投资效益分析案例.....	207
参考文献	215

第一章 绪 论

第一节 城市发展与城市化进程概述

城市是人类社会发展的产物,是随人类社会的发展而发展,也是人类社会过程和发展水平的主要表现之一。

一、城市的定义

对于城市的定义,世界各国的学者有不同的看法,如法国地理学家潘什梅尔(P. Pinchemel)认为“城市现象是个很难下定义的现实:城市既是一个景观,一片经济空间,一种人口密度;也是一个生活中心和活动中心;更具体点说,也可能是一种气氛,一种特征或者一个灵魂”。又如德国地理学家拉采尔(F. Ratzel)则认为“地理学上的城市,是指地处交通方便环境的,覆盖有一定面积的人群和房屋的密集结合体”。上述定义较偏重于城市的地理形态概念。

第二类的定义偏重于城市功能与职能内涵,如意大利地理学家波贝克(H. Bobek)提出:“城市与乡村存在着公务式劳动与田园式劳动的分工,并配置于各自空间,其中城市寻求交通方便的有利环境,是对应于交通经济一定阶段的产物。”此外,也有学者将城市定义为“是具有中心性能的区域焦点”,“是从事第二、第三产业人群的集中居住地”等等。其中,德国地理学家克里斯塔勒的见解更具影响:“城市在空间上的结构是人类社会经济活动在空间的投影。”

综合各方面的见解,现代城市大致可包含如下的主要特征:

1. 在一定的土地面积上聚集着相当数量的主要从事第二、第三产业的非农业人口;
2. 地理位置往往处于交通便利的地方,是一个国家或一个地

区的经济、政治、军事、文化、社会、科技、交通中心；

3 .人与自然协调发展的空间体现与时间过程；

4 .节奏快,容量大,因素多的动态平衡体系；

5 .人类生产力与生产关系,经济基础与上层建筑激烈碰撞运动的表现空间,从而推动人类社会前进的最活跃社会形态；

6 .不以人的意志为转移,是社会发展的自然过程,遵循人类文明发展的必然规律。

城市是在人类社会生产力发展过程中,人们政治、经济、文化、生活诸方面活动需要而形成的空间聚核体,是人类文明的标志,是一个时代经济、文化、科学、社会的渊藪和焦点,代表了一个社会发展的顶峰,集中了人类智慧成就,同时也集中了社会(空间)与时代(时间)两方面的矛盾,是矛盾汇合集中、交错迭加、相互消弥与激化,千姿百态,错综复杂的一个时空跨度极大的动态巨大系统。

二、城市发展概述

最早的城市雏形是随着私有制的产生,也即剩余产品的产生,从而形成了商品交易的地点——“市”,以及因为两极分化带来的战争需要的防御工事——“城”。在此之前,人类在原始社会漫长岁月中,只有依附自然条件的穴居,巢居形式。

在奴隶社会向封建社会进化过程中,城市形态渐趋成熟,有了完整的城墙以区分城市与乡村,有了较清晰的功能分区,如政治、居住、殡葬、商业、手工业等;尤为重要的是具有较为完善的交通,道路既供行人与车辆交通,又起到隔离功能区的作用。如古希腊的米列都城已有完整的棋盘式道路体系;我国周代王城也已有“匠人营国,方九里,旁三门,国中九经九纬,经涂九轨,左祖右社,前朝后市,市朝一夫”的详细记载(《国礼 考工记》)。由此可见,城市布局有明显功能区分,尤其是有了完善的道路交通体系,是城市发展的重大转折。

中国的封建社会形成早于欧洲及其他大陆地区。因此,中国封建社会城市发展处于世界各国领先水平。在秦统一中国结束了

战国时期长期战乱之后,实施的一系列有利于社会经济发展的措施,繁荣了工商业,也带来了城市的繁荣发展,如西汉首都长安周长25.1 km,城门十二座,人口约 35 万人;东晋都城建康城(今南京),周围20 km,共九座城门,有人口 100 万以上;唐长安城周围 36 km,总人口近百万人,有完整的棋盘式道路网结构,将全城分为 108 个坊,最宽的道路达 220 m 宽,最窄的市井道路,宽度也有 16 ~ 30 m;北宋开封城有人口 150 ~ 170 万人,为当时世界上人口最多的城市;南宋临安(今杭州)也有人口 120 万左右;到明清时代,中国的城市发展已成较大规模,著名的大城市已达 30 多个。

蒸汽机首先在欧洲发明并导致了一场工业革命,大量破产农民涌进城市,刺激了城市工业发展与城市形态扩展,带来了资本主义社会阶段的城市快速发展,从而使欧洲大陆城市发展超越了中国城市发展。著名的“雅典宪章”明确了城市的四大功能:工作、居住、交通、游憩,城市发展进入有规划,功能全,条件好,效率高的“社会经济聚核体”。从而出现了诸如科学城、港口城、商业城、旅游城、赌城等专业分工明显的专门化城市,也出现了众多的综合性多功能中心城市,更多的则是大量涌现的规模不一的特征各异各类城市,更重要的是形成了世界城市化趋势。

一般而言,城市规模发展遵循“自由村落——中心村——镇——小城市——中等城市——大城市——特大城市——超级大都市、城市带、城市圈、城市群等”规律。在此过程中,遵循“优胜劣汰”规律,兴衰迥异。

三、城市化进程概述

城市形态发展的最终趋势,一种是形成了人口高度集中的超级大城市,为了解决生态环境与城市功效问题,往往会向多中心组团式城市或大都市圈形态发展;另一种则可能会向多个城市组合而成的城市带、群形态发展。从一个国家,一个地区,或者从整个世界城市发展趋势来看,随着城市个数增加,城市人口急剧增加,

出现了一个人类社会发展的的大趋势——城市化。

由于城市(尤其是大城市)具有极强的吸引力和多种优势(主要表现为聚集效应优势):人口集中带来了信息流通快,时间节省,费用降低,距离缩短,效率提高,竞争加剧;产业分工明确带来专业化水平提高,高新技术发展,生产成本降低,经济效益提高。因此,虽然城市同时具有环境污染严重,交通拥挤,居住条件差,社会问题多等弊端,但仍然挡不住人口向城市流动的大势,依然无法阻止乡镇向城市发展的趋势,城市发展的高级阶段——城市化也就成为必然。

城市化特征表现为:

- 1.人口高度集中到城市的过程,见表 1—1、表 1—2;
- 2.城市个数不断增加的过程;
- 3.各类城市不断出现,尤其是特大城市、超级大都市数量增加的过程,见表 1—3;
- 4.城市中三次产业比例发生根本变化的过程,尤以第三产业的比例逐步提高为主要表现。

就目前世界城市化进程来看,有三个特征十分明显:

- 1.城市人口增加速度超过总人口增长速度,这是城市化趋势的主要基础条件与表征;
- 2.城市化水平与该地区经济发展水平正相关,表明城市化发展是人类社会经济发展的产物;
- 3.发展中国家城市化发展基础差,但发展速度高于发达国家,发达国家城市化水平已达到较高指数值(如城市人口占总人口比例已达 70% 以上),因此发展速度相对趋于平缓,发展中国家城市化发展方兴未艾,但其中的问题较多。

中国城市与城市化发展经历了一个曲折反复的过程,从封建社会时期世界领先水平,到殖民地、半殖民地时期落后于资本主义国家。即使在解放后近五十年发展过程中,也因为种种主客观因素经历了“正常发展——逆城市化——快速发展”的过程。见表 1—4。

表 1—1 世界各洲城市人口变动情况

城市人口占总人口的比例(%)			人口增长情况(%)			
地区 \ 年份	1950年	1970年	1950~1960年		1960~1970年	
			总人口	城市人口	总人口	城市人口
东非	5.6	9.9	2.5	5.5	2.5	5.3
南非	39.1	50.4	2.5	3.9	2.3	3.5
北美	63.8	75.1	1.8	2.7	1.4	2.2
加勒比	35.2	42.5	2.2	3.1	2.4	3.5
东亚	12.1	25.3	1.8	6.0	1.3	4.8
日本	37.4	83.2	1.1	6.0	1.0	3.7
北欧	69.5	74.9	0.4	0.8	0.7	1.0
东欧	42.2	54.6	0.9	2.2	0.7	1.9
澳、新	70.0	84.3	2.3	3.4	1.8	2.6

表 1—2 发达地区与欠发达地区城市人口变动情况

城市人口状况 \ 发达程度	年份	1950年	1960年	1970年	1975年
		较发达	460	690	724
城市人口 (百万)	欠发达	259	421	630	771
	较发达	53.6	60.5	66.8	69.8
城市人口 (占总人口比重)	欠发达	15.8	21.0	24.9	27.2

表 1—3 2000年世界上人口超千万的城市(单位:百万)

城市名称	1985年	2000年	城市名称	1985年	2000年
东 京	18.8	20.2	布宜诺斯艾利斯	10.9	13.2
墨西哥城	17.3	25.8	里约热内卢	10.4	13.3
圣 保 罗	15.9	24.0	伦 敦	10.4	10.5
纽 约	15.6	15.8	汉 城	10.3	13.8
上 海	11.8	13.3	孟 买	10.1	16.0
加尔各答	11.0	16.5	洛 杉 矶	10.0	11.0

续上表

城市名称	1985年	2000年	城市名称	1985年	2000年
大阪	9.4	10.5	德里	7.4	13.2
北京	9.1	10.4	马尼拉	7.0	11.1
莫斯科	9.0	10.4	卡拉奇	6.7	12.0
雅加达	7.9	13.2	曼谷	6.1	10.7
开罗	7.7	11.1	达卡	4.9	11.2
德黑兰	7.5	13.6			

表 1—4 中国城市人口占总人口比例变动情况

年份	全国总人口(亿) (A)	城市人口(亿) (B)	B/A(%)	城市个数
1949年	5.4167	0.5765	10.6	67
1952年	5.7482	0.7163	15.4	
1965年	7.2538	1.0170	14.0	
1975年	9.1970	1.1171	12.1	
1979年	9.7092	1.2862	13.3	
1982年	10.32	1.4	13.56	233
1990年	11.43	3.02	26.41	
1996年	12.43	3.60	29.4	666

第二节 城市学与城市交通学概述

一、城市学

城市学是研究城市发展相关问题的新兴综合学科。

城市学是对“以人为主体的,以空间利用为特点,以聚集经济效益为目的的一个集约人口,集约经济,集约科学文化的时空跨度巨大的系统”进行全面、深入、动态研究的学科。就其研究的系统内部矛盾变化的元素数量而言,是一个其他学科无法比拟的系统。

1 研究对象:城市发展历史与发展规律;城市规划、建设与管

理的相关理论与方法、技术；城市化进程与相关问题；

2. 城市学的主要分支学科

城市学研究的内容可谓包罗万象，如政治、经济、文化、科学、管理、军事、交通、能源、环境、供水、排水、居住、服务、通信等。

主要的分支有城市地理学、城市规划学、城市管理学、城市经济学、城市建筑学、城市交通学、城市环境学、城市供排水学、城市能源学、城市军事学、城市文化艺术学、城市商业学、城市旅游学等。

上述分支学科又包含了各种专业分支，如城市管理学中就可有城市产业管理、城市行政管理、城市交通管理、城市环境管理、城市文艺管理等各个分支学科互相纵横组合的专业门类。又如城市交通学就包含城市交通规划、城市交通建设、城市交通管理、城市交通改造、城市轨道交通、城市交通产业、城市交通经济等。

二、城市交通在城市发展与城市化进程的地位与作用

传统观念认为城市交通仅是城市发展的产物，是为城市服务的第三产业的一部分，是城市基础设施的一部分，尤其是未对其主导性、超前性特征给予充分重视。

现代城市的发展表明城市交通在城市发展与城市化进程中起到了极其重要的作用。

1. 城市生存与发展的必要条件：城市运转的“供血系统”，相适应则城市兴，不适应则城市衰；

2. 城市内外联系的通道：除了城市道路及铁路、公路、水路、航空这些内外联系通道之外，广义的“交通”概念包含通信在内；

3. 城市主要组成部分之一：土地、功能、效应均是城市主要组成部分之一；

4. 城市生活的主要组成部分：市民交通出行的时间、内容、影响均占全部生活的重要部分；

5. 城市布局的框架：交通既保证城市布局优化合理的可能，又是科学合理完善城市布局的主要构架依据；

6 .城市运转的润滑剂: 高效畅通的交通将使城市的运转高速顺畅;

7 .城市现代化水平的标志之一: 交通系统的水平直接表现了城市现代化水平, 无论是从硬件设施方面还是从软件管理水平方面;

8 .城市化的组合纽带: 现代化交通系统是城市带、圈、群等城市组合的主要形成发展条件。

三、城市交通系统的主要构成框图

城市交通系统的主要构成框图如下:

城市交通的理想特征是: 在规划上具有科学性、超前性、合理性、可调整性; 在法律上具有权威性、连续性; 在建设方面具有资金保障、技术先进、时机恰当的特点; 在管理方面具有现代化、高效率、低成本、应变强的特点。

从发展方向上看,逐步消除混合交通,发展公共交通,完善立体交通,均衡分配交通流,增强交通对城市的正面影响,减轻交通带来的负面效应,是各个国家城市发展中面临的共同问题。图1—1所示为城市立体化交通示意图。

第三节 世界城市轨道交通发展概述

“城市轨道交通”是一个包含范围较大的概念。一般而言,广义的城市轨道交通是指以轨道运输方式为主要技术特征,是城市公共客运交通系统中具有中等以上运量的轮轨交通系统(有别于道路交通),主要为城市内(有别于市际铁路,但可涵盖郊区及大都市圈范围)公共客运服务,是一种在城市公共客运交通中起骨干作用的现代化立体交通系统。

一、城市轨道交通的分类

城市轨道交通因发展较快且各国选择的技术政策不一,目前尚没有十分统一的分类标准,一般可按下列方式简单归类。

1.按车辆重量及载客量分

(1)地下铁道(Metro):车辆轴重、轨道结构等均与市际铁路相差无几,但车辆、供电、环控、运行控制等设备技术标准更高,线路单向最大运量一般可达3万人次/h以上,如城市铁路,地下铁道等。

(2)轻轨铁路(Light Railway):目前比较受欢迎的一类城市轨道交通系统,其设计指标、造价、运量可能低于重轨、中轨系统,但已基本能满足城市公共客运主要交通方向的需求,速度、运量、可靠性均已达到现代化交通方式的标准,运量在1~3万人次/h左右。如新型有轨电车、轻轨铁路、自动导向交通系统、单轨铁路等。

2.按轨道交通与其他交通方式的关系分

(1)全隔离:轨道交通路线建设在地下隧道、高架结构或独立

路基上,与地面道路交通完全隔离,无任何干扰。如地下铁道、高架轻轨、单轨铁路等。

(2)半隔离:轨道交通路线建在地面道路上,拥有专门路基(可设隔离装置)。在与地面交通路线相交处,通过信号控制享有交通优先权,可保证轨道交通的速度、可靠性。但对地面交通有干扰,如地面轻轨交通、城市铁路等。

(3)无隔离:轨道交通与地面交通共享道路通行权(在交叉口同样服从信号指挥,无优先权),如有轨电车。

3.按轨道交通的技术特征分

地下铁道;城市铁路;轻型轨道交通;单轨铁路;市郊铁路;其他城市轨道交通系统(如自动导向系统等)。

4.按轮轨结合方式分

双轨与单轨;钢轮钢轨与橡胶轮混凝土轨道梁;磁浮铁路等。

城市轨道交通种类繁多,技术指标差异较大,各国评价标准不一,并无严格的分类,如德国、奥地利等欧洲国家即将城市轨道交通简单分为两大类,U-bahn:城市内的轨道交通,如地下铁道、轻轨;S-bahn:如郊区通勤铁路、铁路在城市内的延伸线等。

二、世界城市轨道交通发展概况

自1863年在英国伦敦出现了世界上第一条地下铁道线路以来,城市轨道交通在近年来随城市发展与城市交通发展得到了非常快的发展。据统计,目前世界上共有四十多个国家(地区)的一百三十多个城市已有或正在规划建设城市轨道交通,建设发展城市轨道交通系统已成为世界各国城市解决城市交通问题的首选方案,其关键在于城市轨道交通具有传统的地面常规交通方式没有的优势。

1.城市轨道交通优点

(1)运量大:由于采用现代化的轨道交通列车运行方式,从理论上讲运量可以较大幅度地增长(需视列车编组、车辆载客量、发车间隔时间等要素确定)。目前,大型地下铁道系统的高峰小时单

向运量可达 6~7 万人次。

(2)速度快:由于采用先进的电动车组动力牵引方式,且有良好的线路条件及自动控制体系,有可靠的安全保障措施。因此,城市轨道交通系统列车运行速度都比较高。目前,地下铁道列车的最高运行速度一般都达到 80 km/h 以上,旅行速度基本可达到 30~45 km/h,在城市交通各种方式中是最快的。

(3)能耗低:由于是大运量集团化客运系统,且采用了多项高新技术,按每运送一位乘客的能源消耗评价,是其他任何一种城市交通方式所无法比拟的,对能源的适应性也相当强。

(4)污染少:城市轨道交通一般均采用电牵引动力方式,又是大运量高速度集约化列车运行方式。因此,每运送一位乘客所产生的污染微乎其微,堪称“绿色交通”。这点对于现代都市可持续发展最关键的环境保护而言,带来了极大的长远利益。

(5)可靠性强:由于城市轨道交通路线一般都是与地面交通完全隔离,因而不受地面交通干扰影响。如果是建在地下隧道内的线路,则受气候影响程度可能也降至为零。因此,城市轨道交通是城市客运交通方式中可靠性最强的一种。尤其是在上下班高峰时段,地面交通拥挤不堪之时,对于时间观念极强的现代城市交通行为者而言,这点优势是至关重要的。

(6)舒适性佳:城市公共客运交通方式舒适性主要表现在环境质量与拥挤度两方面。对城市轨道交通系统而言,环境质量较佳,不论是在车站的候车,检售票环境,还是在途中车厢内的乘车环境,均有现代化的环控措施保障(如采用全空调);拥挤度则因轨道交通的可靠性(一般不误点)和较短的间隔时间(候车时间少),可望得到较佳的调整。

(7)占地面积少:城市轨道交通既是城市公共客运交通,又是大运量集团化轨道交通方式。因此,每位乘客完成交通行为所占的道路面积是最少的。见表 1—5。

城市轨道交通还带来了新产业发展,沿线土地开发,城市布局合理,市民生活便利,增添现代都市景观等附加效应。因此,城市