

■ 当代城市交通规划丛书



轨道交通网络规划 与客流分析

RAIL TRANSPORT NETWORK PLANNING AND PASSENGER VOLUME ANALYSIS

陈必壮 等 编著

中国建筑工业出版社

当代城市交通规划丛书

轨道交通网络规划与客流分析

陈必壮 等 编著

中国建筑工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

轨道交通网络规划与客流分析 / 陈必壮等编著. — 北京: 中国建筑工业出版社, 2009
(当代城市交通规划丛书)

ISBN 978-7-112-11390-3

I. 轨… II. 陈… III. ①城市铁路—交通规划②城市铁路—铁路运输—客流—分析 IV. U239.5 U 293.1

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第176292号

编委会成员:

主 编: 陈必壮

主要编写人员: 王忠强 王 祥 李 娜

参与编写人员: 张 珏 蒋晗芬 沈云樟 屠敏之 陆晓蓓

审 核: 陆锡明

工 作 人 员: 陆 怡 胡超英 施文俊

责任编辑: 黄 翊 陆新之

责任设计: 郑秋菊

责任校对: 赵 颖

当代城市交通规划丛书

轨道交通网络规划与客流分析

陈必壮 等编著

中国建筑工业出版社出版、发行(北京西郊百万庄)

各地新华书店建筑书店经销

北京图文天地制版印刷有限公司制版

北京中科印刷有限公司印刷

*

开本: 880×1230毫米1/16 印张: 12 $\frac{3}{4}$ 字数: 408千字

2009年10月第一版 2009年10月第一次印刷

定价: 120.00元

ISBN 978-7-112-11390-3

(18637)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

前言

轨道交通是城市综合交通体系中重要的专项交通系统。随着城市化、机动化进程快速推进,国内很多大城市、特大城市的交通供需矛盾日趋突出。城市为了满足越来越多的机动交通出行需求,而不得不占用大量宝贵的土地资源用于道路和停车场的建设。与此同时,机动交通工具大量使用也消耗了更多的汽油,加剧了大气和噪声污染。为此,公共交通优先理念已逐步得到各级政府的认可。轨道交通作为公共交通重要组成部分,因其速度快、运客量大、准点率高等优势,更受到大城市普遍关注。

近年来,轨道交通在国内发展非常迅速,目前已有多个城市拥有轨道交通,更多的城市也在积极规划和建设中。从国内外城市发展经验看,轨道交通在城市中发挥的作用越来越明显。同时发展城市轨道交通也符合国家关于公共交通优先的基本国策。然而轨道交通毕竟投资巨大,建设周期相对也较长,因而投资效益风险也较大。如何科学地规划轨道交通网络,开展轨道交通效益分析,是城市发展轨道交通的前提和依据。目前,国内外关于轨道交通规划的系统性专著并不多,大多只在综合交通规划中的部分章节中有所体现。此外关于轨道交通客流的分析也只在相关的交通需求预测的论文中有所涉及,系统的轨道交通客流特征分析和客流预测还不够,因而对轨道交通网络规划的支撑不足。这些都影响了轨道交通规划方案的科学性,导致轨道交通网络的整体效益难以充分体现。

为了能更好地研究轨道交通发展的相关理论和方法,指导城市轨道交通的规划、建设、运营管理,提高轨道交通的运营效率,充分发挥轨道交通的作用,本书就轨道交通规划和客流预测从理论、技术方法和实践经验上作了系统的总结。本书的第一章至第五章主要介绍了轨道网络的网络特征、规划的主要内容及相关的理论和技术方法,第六章至第九章则就轨道交通客流特征、成长规律及预测理论方法做了重点描述。

本书运用了大量图片和数据资料,并引用了国内外大量实例,以求达到图文并茂、通俗易懂的阅读效果,是一本专业性和普及性兼备的读物。本书可以作为从事轨道交通相关的规划、建设、运营、管理专业人员和决策者的重要参考书,也可以作为城市规划、交通运输等相关专业的教学用书。

本书主编单位上海市城市综合交通规划研究所是从事城市交通规划的专业机构,多年以来一直从事城市轨道交通规划和客流预测方面的工作。特别是在上海、福州、哈尔滨、乌鲁木齐、昆明、南昌等国内城市以及越南胡志明市开展轨道交通网络规划编制和客流预测工作,取得了很好的反响。本书内容是上海市城市综合交通规划所集体智慧的结晶。

陈必壮

2009年9月

目 录

绪 论	1
1 世界城市轨道交通的发展	11
1.1 国际城市轨道交通网络发展	12
1.1.1 伦敦轨道交通	12
1.1.2 巴黎轨道交通	13
1.1.3 东京轨道线网	15
1.1.4 纽约轨道交通	16
1.1.5 世界其他大城市的轨道交通	19
1.2 国内城市轨道交通网络的发展	22
1.2.1 港台地区城市轨道交通发展	22
1.2.2 内地城市轨道交通发展	28
2 轨道交通的作用和意义	35
2.1 改善城市交通方式结构, 缓解城市交通供需矛盾	36
2.1.1 发展轨道交通对于处于快速机动化的我国大城市具有重要意义	37
2.1.2 国内外特大城市将轨道交通作为城市交通模式的主导	38
2.2 优化城市空间布局, 集约化土地使用, 引导城市发展	38
2.2.1 优化城市空间布局	39
2.2.2 集约化土地使用	42
2.2.3 引导城市发展	43
2.3 节能减排、资源节约、环境友好社会建设	45
2.4 促进公平社会形成	47
3 轨道交通网络的特征	49
3.1 轨道交通网络系统选型	50
3.1.1 轨道交通网络系统选型组成	50
3.1.2 轨道交通车辆类型的技术标准	50
3.1.3 轨道交通车辆选型的影响因素	52

3.2 轨道网络规模	52
3.2.1 合理规模	52
3.2.2 合理规模计算	54
3.3 轨道网络布局形态	56
3.3.1 轨道网布局的形式	56
3.3.2 环线、并线和分歧	60
3.4 轨道线路布设与敷设方式	63
3.4.1 轨道线路布设	63
3.4.2 线路敷设方式与周边用地控制规划	67
3.5 轨道交通站点与换乘枢纽	69
3.5.1 轨道车站	69
3.5.2 车站配线	72
3.5.3 换乘枢纽	72
3.6 轨道交通控制中心、停车场与综合基地	76
3.6.1 轨道交通控制中心	76
3.6.2 停车场和综合基地	78
3.7 轨道网络运营	80
3.7.1 一般规定	80
3.7.2 轨道交通列车停站方式	81
3.7.3 国外跨站列车运营案例	82
3.8 轨道交通建设时机和建设计划	84
3.8.1 轨道交通建设时机	84
3.8.2 轨道交通线网分期实施计划	85
4 轨道交通网络规划的理论与方法	89
4.1 不同网络方案的评价技术	90
4.1.1 轨道网络与城市用地的适应性评价	90
4.1.2 轨道网络在综合交通体系中的运行效率评价	91

4.1.3轨道网络的社会效益评价	93
4.2轨道交通线网规划技术与方法	95
4.2.1基于“蛛网”客流分配的线网规划技术	95
4.2.2线网架构的“点”、“线”、“面”分析方法	95
4.2.3枢纽调整网络与方式组合链技术	96
4.2.4轨道与土地使用协调发展分析技术	98
4.2.5限制性条件分析	103
5 轨道交通为骨干的综合交通规划技术	105
5.1综合交通规划技术的发展过程	106
5.1.1世界交通规划的发展	106
5.1.2我国交通规划的发展	106
5.1.3我国交通规划发展面临的挑战	107
5.2轨道交通功能定位	108
5.2.1轨道交通对交通方式的优化	108
5.2.2轨道交通在综合交通体系中的功能定位	110
5.3轨道交通为骨干的交通规划技术	113
5.3.1引导圈层式用地格局的多功能层次轨道线网	113
5.3.2基于运营组织构筑复合运营客流通道的	115
5.3.3轨道与道路的复合通道规划	120
5.3.4基于轨道车站的驳运体系规划	121
6 轨道交通的客流特征	125
6.1轨道交通网络客流特征	126
6.1.1网络客流特征指标	126
6.1.2上海轨道网络客流特征	127
6.2轨道交通线路客流特征	129
6.2.1客运量	129
6.2.2高峰断面客流	130

6.2.3	客运密度	131
6.2.4	平均运距	131
7	轨道交通的客流成长规律	133
7.1	影响轨道交通客流成长的主要因素	134
7.1.1	运营间隔	134
7.1.2	票制票价	135
7.1.3	沿线城市用地开发实施进度	137
7.1.4	沿线地面公交衔接配套	138
7.2	上海轨道交通客流成长过程	138
7.2.1	上海轨道交通网络发展历程	138
7.2.2	上海轨道交通客流成长过程	138
8	影响轨道交通的主要外部条件和预测参数	147
8.1	轨道交通客流预测主要外部条件	148
8.1.1	城市社会经济和土地利用	148
8.1.2	综合交通体系的发展规划	148
8.1.3	轨道交通系统的运营服务水平	149
8.1.4	交通价格	150
8.2	轨道交通客流预测的主要影响因素	150
8.2.1	社会经济影响因素	150
8.2.2	土地利用影响因素	151
8.2.3	交通系统供给影响因素	152
8.2.4	人员出行需求预测影响因素	152
8.2.5	其他预测影响因素	153
8.3	轨道交通客流预测的主要参数	154
8.3.1	参数汇总	154
8.3.2	轨道客流预测参数存在的问题	154
8.4	轨道客流预测的主要参数分析和规律	157

8.4.1 人均出行率	157
8.4.2 交通方式结构	158
8.4.3 轨道客流预测高峰系数	163
9 轨道交通客流预测的理论与技术方法	169
9.1 预测理论	170
9.1.1 土地利用决定交通需求	170
9.1.2 客流转移理论	170
9.1.3 客流规划理论	171
9.1.4 轨道客流预测理论存在的问题	171
9.1.5 提升轨道客流预测理论	172
9.2 预测方法	175
9.2.1 土地利用和交通关系基本模型	175
9.2.2 深入的预测模型	179
9.2.3 其他预测方法	180
9.3 预测实例	182
9.3.1 上海轨道交通建设规划客流预测	182
参考文献	194

绪 论

1. 城市与城市交通

世界发展到现在，已经进入快速城市化阶段。根据国际机构分析，世界人口正不断向城市汇集，大都市的人口集聚效应也与日俱增。大都市是城市发展过程中的最高阶段，它集聚了上千万的人口和数百万的岗位，拥有大规模的经济实力，成为各国经济社会发展的强大动力。

交通是人与物的位移。交通是城市的命脉，是城市的基本功能之一。交通对城市拓展、经济增长和社会进步起到了决定性作用。一流的城市交通系统是促进城市经济和社会持续发展的基础条件，是提高广大市民生活质量的迫切需要。

交通机动化是城市经济实力的体现，与城市拓展具有相互支撑作用，是城市由中、小城市向大都市、特大城市乃至巨型城市演化的基本动因。以社会活动为特征的人类社会离不开各种形式的交往，工业时代创造的汽车使人类社会进入到一个崭新的机动化时代。无数事实反复证明，没有机动化的交通运输，人类社会的各种经济、政治和文化等活动都无法正常有效地进行。机动化对人类社会的促进作用是显著的，直接的作用是支撑了工业发展，提高了社会运转效率，刺激了社会消费需求以及扩大了人们的活动空间。

交通机动化不等同于交通汽车化，公共客运系统同样也对城市拓展起到了积极的引导作用，尤其是轨道交通，它是提升城市功能，促使城市向大都市演化的重要手段。小汽车与轨道交通友好竞争和并存是大都市交通机动化的普遍特征。而如何发展城市轨道交通，提升轨道交通的竞争力是城市交通发展的关键。

2. 城市化与机动化

机动化趋势加快了城市化进程，推动城

市向大都市方向发展。纵观世界城市的发展历程，机动化总是伴随着城市化进程，两者有时呈现出相互制约的关系，更多的却是相辅相成的特征。一方面，城市形态的向外扩张，将改变城市交通集聚的特征，从而拓宽了机动交通工具的运行空间；另一方面，交通工具的升级换代也对城市向外扩张产生巨大的推动力。在实际的发展过程中，两者的相互作用不断变化，甚至互换角色。可能在一段时间内，更多地表现为城市发展对机动化的促进作用；在另一段时间内，则更多地表现为城市发展对机动化的依赖。目前，我国城市面临着发展的机遇，城区面积扩大、城市人口向外的疏散又是许多城市发展的主要特征。由此城市对机动化提出更高的要求，并呈现出多样化和组合化趋势。

城市拓展给城市居民带来更大的生活空间，但又会占去大量的农业用地，从而使大量市民从城市中心地带搬迁到城市外围，导致许多人必须依靠小汽车或轨道交通完成长距离出行，并且不得不放弃使用自行车和步行等方式。交通机动化水平提高后，人们的活动范围以及出行的观念都会发生深刻的变化，过去不能接受的出行距离可能就会变得习以为常，慢行交通在观念的转变中逐步退居从属地位。对应城市高密度发展的时期，机动车的增长速度必然是缓慢的；随着城市面积的拓展，机动化发展的速度也将明显加快。如韩国是一个具有较高国民收入的发展中国家，经历了经济高速发展的时期，但在1980年前机动化没有得到鼓励，并且通过严格的“土地使用法”保持了城市人口的高密度。吉隆坡的情况相反，通过强有力的规划将城市发展区扩张到外围低密度地区，机动化水平随着经济发展而迅速提高。美国是个比较鼓励城市机动化与城市扩散的国家，就像以小汽车为主要出行方式的洛杉矶，其城市用地散布在2万km²的范围内。

机动化在扩展人们出行空间的同时,提升了大都市的生活质量。机动化的直接作用在于改善人们的出行条件,机动交通工具不仅让人们在出行过程中感受到快速带来的便利,并且也使人们享受到体力节省后的舒适。机动化的间接作用在于改善人们的生活:由于可以迅速地到达医疗中心并及时获得救护和诊治,居民的健康状况因此得到了改善;由于可以方便地到达学校接受教育和到达单位从事工作,居民因而能够获得更多的就业机会;由于可以将居住在很远地方的居民吸引到本地的大型购物中心,销售商因此可以提供居民更廉价的商品;由于可以到达比过去远得多的度假区,人们的休闲娱乐方式也变得更加多样化和高档化。

机动化也是大都市生活质量提升后的客观需求。在低收入的城市中,社会活动的范围和数量非常有限,居民也只能获得基本的居住和工作条件,无法进行较多的休闲娱乐活动,并且没有能力在交通上投入较大花费,也不会对出行效率提出苛求,步行等慢行交通方式往往占据了城市交通的主导地位。在高收入的城市中,居民将拥有宽敞的居住空间和惬意的工作环境,追求越来越高档的休闲娱乐活动,并且有能力通过一定的交通消费获得出行质量的改善,以便节约出行时间和享受舒适的出行过程,因此对机动化的依赖程度不断增强。

3. 国外大城市轨道交通

大都市必须直接面临城市交通承受能力的矛盾。事实上,世界上还没有一座城市能够无限制地满足机动车的增长,尤其在机动化的发展过程中,道路供应与交通需求之间的平衡往往难以保持,从而引发了交通拥挤。所以,机动化带给大都市的不仅仅是交通运行的高速化,同时也引发了交通拥挤,并且后者正在削弱前者的功效。

交通拥挤是城市发展过程中的产物,适度的交通拥挤反映了城市发展的活力,但是一旦交通拥挤超出了城市容忍的限度,反过来就会制约城市的进一步发展。交通拥挤不仅会导致经济社会诸项功能的衰退,而且还将引发城市生存环境的持续恶化,成为阻碍发展的“城市痼疾”。交通拥挤对社会生活最直接的影响是增加了居民的出行时间和成本。人们必须每天花大量的时间往返于工作与居住地之间,不仅职工的工作效率受到影响,而且也使很多人因交通原因而失去了就业机会,导致失业率上升。进而,出行成本的增加也会抑制人们的日常活动,尤其是上下班之外的活动会受到交通不便的限制,城市活力大打折扣,居民的生活质量也随之下降,并因此失去了与其他城市的竞争能力。对于中心城市来说,由于经济活动受到制约,大量的城市功能必须向外转移,区域中心的地位就会被逐步削弱,严重的就有可能面临衰退。交通拥挤也与交通事故保持着密切的关联,拥挤导致事故的增多,事故增多又加剧了拥挤。欧洲每年因交通事故造成经济损失达500亿欧元之多,我国大城市的交通事故发生率更是高出西方发达国家数倍,其财产与生命损失更是无法估量。上海的最新统计资料表明,2000年全年的交通死亡人数大约为700多人,万车死亡率在10人以上,伦敦、巴黎和东京的万车死亡率则在2人以下。交通拥挤还破坏了城市环境。交通环境是城市生态环境的重要组成部分,在机动车迅速增长的过程中,交通对环境的污染也在不断增加,并且逐步成为城市环境质量恶化的主要污染源。根据伦敦20世纪90年代的检测报告,大气中74%的氮氧化物来自汽车尾气排放。上海2000年中心城空气中氮氧化物的污染程度达到了国家中级污染水平,甚至在部分主要干道上超出了国家标准的5倍之多。交通拥挤导致车辆只能在低速或怠

速状态行驶，频繁停车和启动不仅增加了汽车的能源消耗，而且也增加了尾气排放量，增加了噪声污染。

由此，城市特别是大城市、特大城市的轨道交通应运而生。在城市核心区，小汽车的运行效率明显低于四通八达的轨道交通，人们能够很方便地找到最近的地铁车站，避免遭遇道路交通的拥堵之苦。早在19世纪中后期，地铁就已经诞生在伦敦、纽约等国际大都市。如果说早期的地铁还只是一种新型的交通方式，用作大众乘客替代马车的代步工具，那么步入20世纪后，巴黎、东京等城市的轨道交通已逐渐成为大城市适应城市不断拓展和对抗交通拥堵的重要交通方式。如东京通过发达的轨道交通网络形成了一个以东京站为中心，半径50km的首都交通圈。图1反映了东京各时期城市区域的发展与轨道交通网络的发展变化情况，由此可以看出轨道交通在引导东京由单中心城市向多中心城市向外拓展方面的导向作用。

从东京1927年修建第一条地铁至今已有

80年的历史，平均每年增建3~4km，同时有众多的私铁和国铁服务于东京都的日常通勤出行。东京的轨道交通网络呈典型的带环状线的放射性线网布局。最初的地铁线路主要集中在市中心，后来修建了大规模的私铁，但私铁只能在国铁山手环线之外的区域建设和运营，这有力地支持了国铁山手环线以外地区的复兴与发展，沿着私铁、国铁、地铁线路形成了一系列城市发展轴，如东京至多摩、东京经池袋至北朝霞、东京至成田、东京至千叶、秋叶原经上野至大宫等。随着时间的推移，轨道交通线路不断向城市外围辐射，东京的城市空间布局逐步形成紧邻东京湾的扇形布局，同时在以国铁山手环线换乘站为核心的周边区域形成了新宿、池袋、上野、涩谷等城市副中心（图2）。

目前国际上一些著名的特大城市如纽约、伦敦、巴黎、东京、莫斯科、墨西哥城等的城市地铁规模均在200km以上，国内的上海、北京、广州等城市也已达到或将达到200km以上的规模。

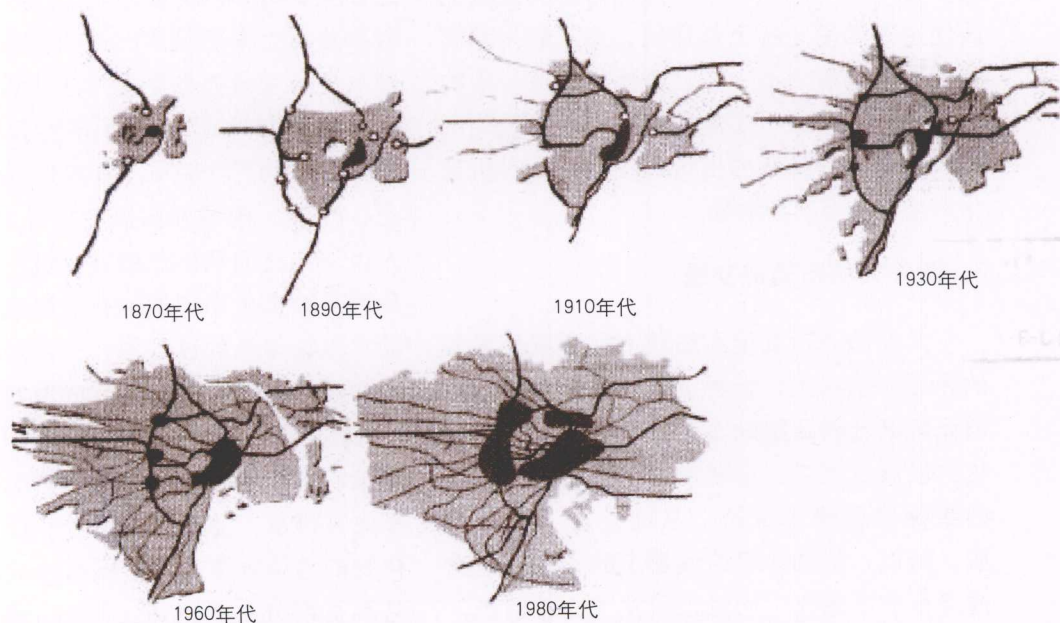


图1 东京市区轨道与城市发展



图2 东京轨道交通与城市副中心的关系

4. 中国城市轨道交通

与国际大都市相比，中国城市轨道交通起步比较晚，这与中国城市前期经济发展水平比较低、交通问题不突出有关。尽管20世纪50年代中国一些特大城市已经开始轨道交通的前期研究，但第一次真正拥有地铁是在20世纪60年代末，全长23.6km的北京地铁一期工程建成通车。改革开放以来，中国城市社会经济发展迅速，城市化、机动化速度明显加快，由此城市交通拥堵问题日趋严重，国内城市轨道交通的发展也越来越迫切。20世纪90年代，一些特大城市纷纷开始了城市轨道交通的建设。截至2007年年底，中国已经开通运行轨道交通的城市有12个（含香港、台湾地区），其中大陆10个城市通车线路总计达30条（含有轨电车和磁悬浮线路），通车总里程729km（含磁悬浮）。预计全国“十一五”期间将会建设1500km左右的轨道交通，总投资额在4000亿~5000亿之

间。其中2010年上海、北京的轨道交通规模将达到400km以上，广州轨道交通规模也将超过300km。随着城市轨道交通建设速度的进一步加快，更多大城市需要轨道交通全方位支撑城市发展，远期上海、北京等巨型城市轨道交通规模均可能超过1000km。

轨道交通对于改善城市交通的效果也是非常明显的，2007年中国城市轨道交通客运量已经超过20亿人次，目前上海、北京等城市轨道交通日客运量均在300万人次以上，承担了各自城市公共交通20%以上的客运量。2012年上海500多公里的轨道交通基本网络建成后，预计将承担700多万客流，大大缓解常规公共运力不足的局面，同时较好地延缓了小汽车增长的压力。未来按照现有上海轨道交通网络规划方案实现后，以轨道交通为主体的公共交通方式将占据城市的主导地位，预计全市公共交通占全方式出行量的比重将达到45%，轨道交通客运量将占公共交通客运量的50%以上。

轨道交通对于中国城市合理空间布局形成起到了重要的支撑和引导作用。如上海轨道交通1号线漕宝路站至莘庄站2000m范围内的人口从1990年的42.15万上升到2000年的72.03万,增幅达70.9%;而同期上海市人口的增长幅度只有3.48%,由此可见轨道交通1号线建设对沿线区域人口的聚集具有非常重要的引导作用。

5. 轨道交通规划

城市轨道交通只有在客流需求达到一定规模之后,才能较好地体现其所具有的节约土地资源、节省能源和减少污染排放的良好特点。因此轨道交通能不能最大限度发挥经济效益和社会效益,科学规划是前提。

完整的轨道交通规划应至少包含以下内容:对城市和交通现状以及未来发展的研判、交通需求预测和交通战略分析、城市建设轨道交通必要性以及轨道交通在城市的功能定位、轨道交通规模与制式、轨道交通线路布设与敷设方式方案比选与优化、轨道交通配套设施规划、一体化交通体系规划、轨道交通沿线土地使用规划等。

城市区位、经济水平、规模、形态、地形甚至气候等条件均是轨道交通规划必须考虑的因素。一般而言,城市规模越大、用地开发越集中的城市越需要轨道交通支撑。而对于那些人口规模不大、用地比较分散的城市不一定需要建设城市轨道交通或建设少量的轨道交通作为辅助支撑。按照轨道交通在城市中的功能定位可分为垄断型、骨干型和辅助型三类,因此轨道交通规划时首先应明确轨道交通在各自城市的功能定位。当然城市也在不断发展中,不同时期轨道交通功能也会发生变化,有可能近期一般为辅助型或骨干型,到远期或远景发展为骨干型或垄断型。从国际城市发展经验来看,人口和就业岗位高度集中,经济社会活动特别发达的国

际大都市如东京、纽约、伦敦等,其中心城就是垄断型轨道交通系统;而新加坡、大阪以及欧洲的一些大城市等人口规模相对较小,经济社会活动比较活跃的城市为骨干型轨道交通系统;相对而言,大部分欧洲中小城市则多为辅助型。依据中国城市交通特点,垄断型轨道交通城市的中心城一般为人口规模在500万以上的大都市,在中心城区公共交通出行比重超过40%,轨道交通出行比重又占整个公共交通系统的50%以上;骨干型轨道交通城市的中心城一般为人口规模200万以上的区域中心城市,在中心城区公共交通出行比重超过30%,轨道交通出行比重又占整个公共交通系统的30%以上;辅助型轨道交通城市的中心城一般为人口规模100万左右的特大城市,也有部分为100万以下的大城市,在中心城区公共交通出行比重一般不超过30%,轨道交通出行比重占整个公共交通系统的10%~20%左右。

轨道交通的功能定位也决定了轨道交通的网络规模,同样轨道交通网络规模也一定程度上影响了轨道交通在城市交通中的功能定位。城市轨道交通作为城市公共交通的重要组成部分,其特点在于大运量、快速、准点率高,主要承担客运走廊上的中长距离出行。由于轨道交通建设投资巨大,运营成本也很高,因此轨道交通网络规模需要相应的运量支撑。规模太小,不能发挥轨道交通功能,影响社会经济活动质量,但规模太大,客运效率低,也会造成社会资源的浪费。因此,合理规模的轨道交通是轨道交通网络规划的重要内容。一般而言,要保证大城市轨道交通网络的合理规模,网络的客运强度应在2万人次/(km·日)左右,至少不低于1万人次/(km·日)。

即使确定了轨道交通功能定位和规模,轨道交通网络具体布局仍有不同的规划思路,尤其是对于辅助型和部分骨干型的轨道

交通城市。从世界各国典型城市轨道交通建设的历史和基本经验分析，目前国外50万~200万人口的大城市的轨道交通发展主要有两大类型，即：一类是高线网密度、低客流负荷型的轨道交通发展模式，如斯图加特、哥本哈根等，轨道交通线网密集程度较高，其中部分城市的轨道交通系统由两种及两种以上轨道交通方式组成，如斯图加特的轨道交通系统由U-Bahn和S-Bahn组成；另一类是低线网密度、高客流负荷型的轨道交通发展模式，如里昂、札幌等，均由少数几条地铁线路组成简单的交叉放射型线网，辅以其他交通方式，构成整个城市的公共交通系统。

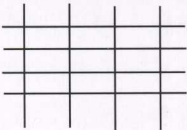
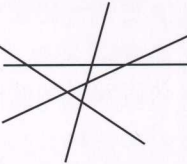
城市轨道交通规划中一个重要的方面就是轨道交通系统制式。城市轨道交通系统制式，主要包括：地铁、轻轨、城市铁路、单轨系统、直线电机系统、中低速磁浮、现代有轨电车等。系统制式选择，主要根据客流需求、城市地形、运营环境、车辆技术成熟度、车辆国产化程度、系统安全、供电制式、资源共享等确定。

城市轨道交通的线路布设是根据城市空

间布局发展要求、客流走廊及主要集散点分布、主要道路拥挤状况，确定城市轨道交通线网的合理架构，确定不同时期的网络规划方案。典型的城市轨道交通线网结构有格栅形、无环放射形、有环放射形等，不同的线网结构对运营效果、引导城市发展等所产生的影响不同，如下表所示。

评判城市轨道交通线网方案的优劣程度需要依赖于一整套的评价体系来实现。评价指标体系由准则层和指标层组成。通常的准则层一般包括线网与城市发展的协调性、与城市综合交通发展的协调性、轨道交通线网服务水平、轨道交通线网运营效果、轨道交通线网可实施性等五个方面。上述五个方面均可由一系列具体指标来体现，如轨道交通线网运营效果这一准则具体可用轨道交通的负荷强度（客运强度）、断面客流不均匀系数等具体指标反映。首先确定每项准则的权重，亦即准则权重，其次确定每项准则中的分项指标权重，也就是指标权重。无论准则权重还是指标权重都可以通过专家打分得到。由于评价指标不完全是定量指标，因此有必要对定性指标通过专家咨询后进行量

线网结构对运营与引导城市结构布局的影响 表1

结构类型	结构形式	功能特点
格栅形		◆ 线路分布较均匀，平行线间换乘需2次或2次以上，换乘次数较多。 ◆ 引导城市人口和工作岗位相对均匀分布，市中心各地块的活动强度差异较小
无环放射形		◆ 任意两条线间均可换乘，交叉区域相对分散可避免人流过于集中。 ◆ 线路交叉形成若干换乘站，换乘站周围区域有利于形成市中心CBD区，可促进市中心区的高密度土地利用；城市形态会向生态环保的手掌状发展
有环放射形		◆ 具有无环放射形的优点，同时又强化了市区外围的周向交通联系。 ◆ 对于人口规模大的城市，在环线上容易发展成多个副中心，引导城市向多中心轴线式结构发展

化,估算其分值,而对于可以量化的评价指标进行归一化处理,计算其分值。最终每个比选方案均能产生各自的指标值。

即使形成较优的轨道交通网络规划方案之后,仍需对此进行相应的实施规划研究。实施规划包括敷设方式、供电方式、控制中心、综合基地与停车场、换乘枢纽、运营组织等方面的规划。从轨道交通规划、建设的实践来看,轨道交通的一体化规划与轨道交通沿线土地利用控制规划越来越重要。

城市轨道交通沿线用地规划范围应以车站影响范围为其基本依据,用地规划应以车站为中心、以车站影响范围为边界圈层式向外发展;对于相邻车站理论计算影响范围重叠的情况,相邻车站影响范围在该方向的边界可按车站直线距离的中点考虑。通常车站影响范围内的土地利用强度应依据离开车站不同距离地块地价(或房价)升值幅度的差异,按照以车站为中心至城市轨道交通对沿线房地产价格空间影响范围边界的方向,由高到低分配容积率。车站影响范围内的用地性质规划应根据不同类型用地对交通的敏感程度进行,沿以车站为中心至城市轨道交通对沿线房地产价格空间影响范围边界的方向,按照商业用地、商务办公用地、居住用地、工业用地依次由内而外进行分配。当然,车站影响范围内的用地规划必须与城市总体规划,特别是土地利用规划相结合,在调整及分配车站影响范围内土地利用强度的同时,也要在一定规划区域范围内符合城市规划中关于容积率的规定。

轨道交通一体化规划首先应注重轨道交通与地面公交之间的衔接。轨道交通线路具有固定结构,呈现刚性布局特征;地面公交线网呈现弹性布局特征,可调性较强。轨道交通与地面公交网络的一体化衔接要树立以轨道交通为骨架、基于轨道交通进行地面公交网络衔接优化的理念。整体公共交通的衔

接组织强调自上而下的疏散和自下而上的汇集,随着轨道交通骨干功能地位的建立,常规地面公交网络向扩展服务范围、弥补走廊客运能力不足和向轨道线路集散客流的功能转化。其次,轨道交通一体化规划还应考虑轨道交通与其他交通运输方式的衔接,如在外围轨道交通车站应有意识地布设P+R设施,方便小汽车与轨道交通换乘。广义的一体化衔接规划还应包括运营组织、交通管理等的一体化衔接规划。

轨道交通建设时机是非常重要的。过早建设由于城市经济实力、客运量等影响可能会造成政府建设资金筹措困难、运营效益低,从而进一步增大财政负担,不利于城市有序发展;而过晚建设更不利于高效、完善的城市综合交通体系形成,对城市土地使用合理布局形成、经济社会发展和整体环境带来制约作用。因此国发(2003)81号文明确了城市建设轨道交通的基本条件,对轨道交通建设时机的确定具有重要的指导意义。同样,科学的轨道交通分期实施计划对于政府财力的合理安排、基础设施的有序建设乃至整个城市交通和环境的逐步改善具有重要作用。

6. 轨道交通客流预测

轨道交通客流预测是开展轨道交通网络规划、建设规划、线路可行性研究、初步设计甚至运营组织等工作的基础。通过轨道交通客流预测确定合理的线路建设规模和测算轨道交通线路运营的经济效益,从而为轨道交通线路选型、车站设计、车辆配置、运营组织等提供设计依据和决策基础。不同阶段客流预测的成果要求不尽一致。一般要求客流预测成果需要包括全网轨道交通客运量、客运周转量,城市公共出行量、出行周转量,轨道交通所占公共交通出行比重,线路负荷强度、平均乘距、高峰高断面单方向