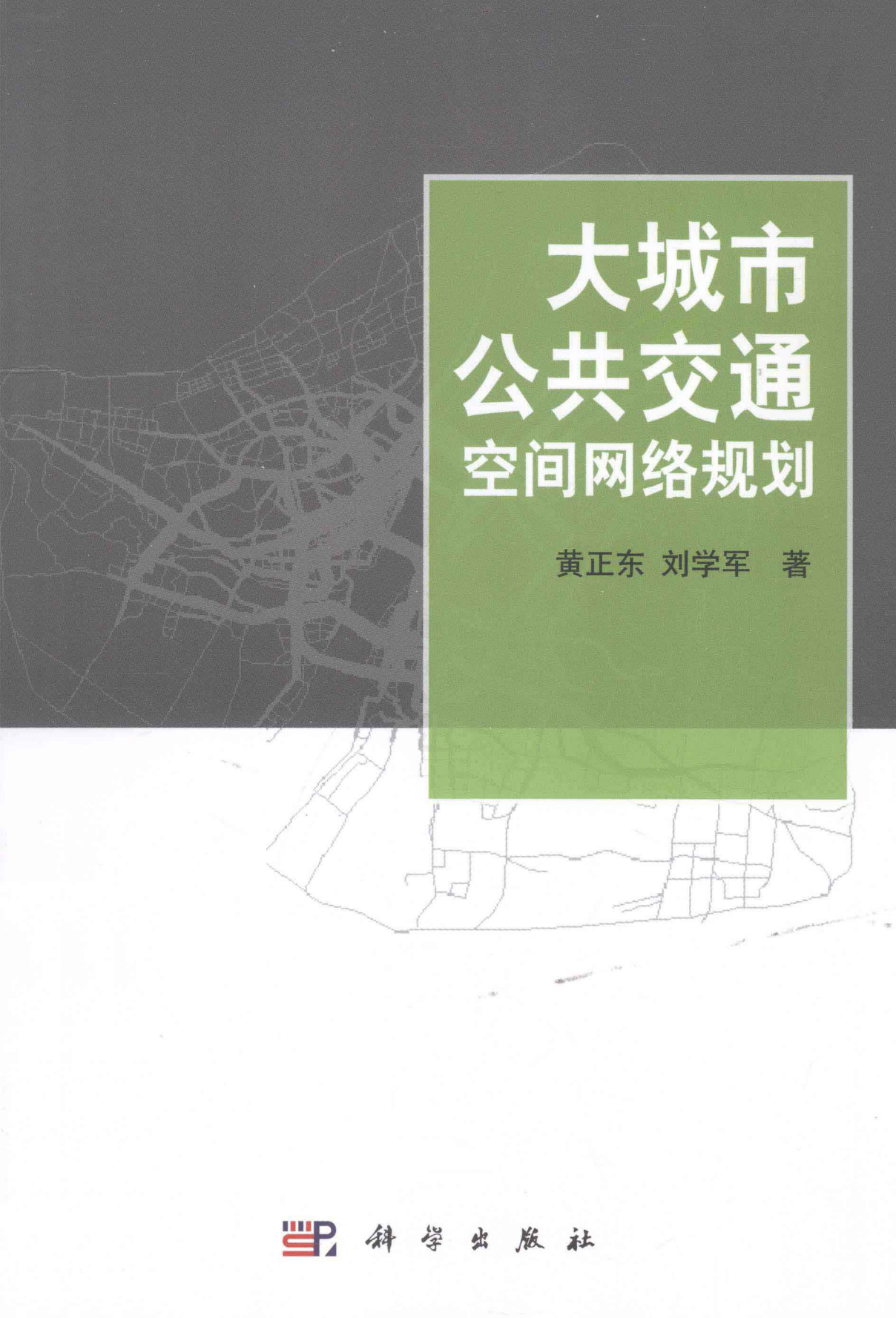


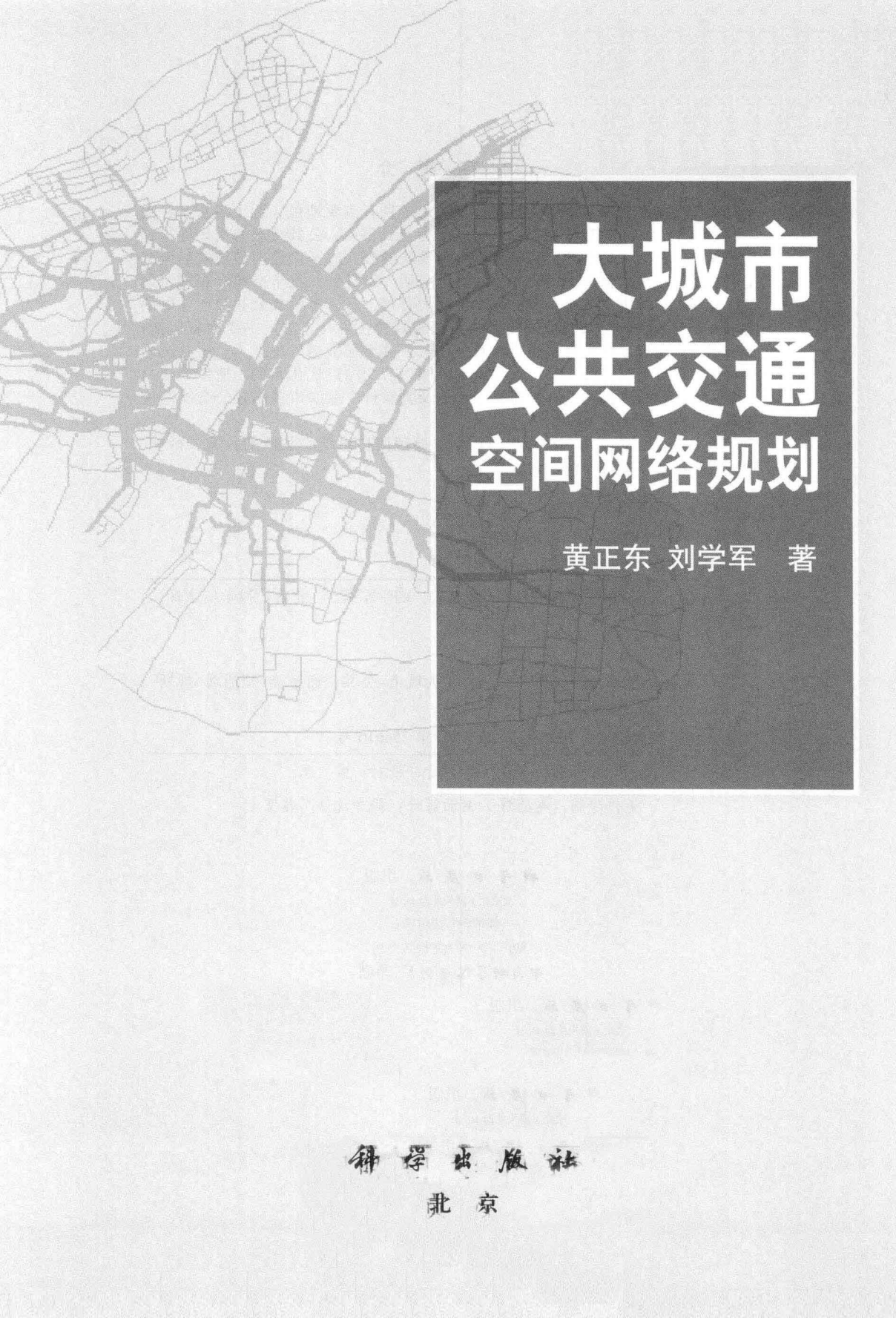


大城市 公共交通 空间网络规划

黄正东 刘学军 著



科学出版社



大城市 公共交通 空间网络规划

黄正东 刘学军 著

科学出版社

北京

内 容 简 介

大城市由于社会经济活动密集,公共交通具有重要地位。近十多年来,随着我国机动车数量迅猛增长,城市交通压力与日俱增,公共交通的重要性得到新的认识。许多大城市的公共交通正从单模式的公共汽车交通向多模式的公共交通转变,形成轨道交通、快速公共汽车交通、常规公共汽车交通多模式协调发展的格局。本书立足于城市交通发展的大背景,基于多模式公共交通发展的需求,研究大城市公共交通空间网络布局规划的技术与方法。主要包括:大城市公共交通系统的数据表达与数据库、公共交通数据处理技术、公共交通线网规划设计方法、公交站点出行需求预测、公交站点优化布局、遗传算法与公交线网优化、多模式公共交通线网规划及其软件、武汉市多模式公交线网优化案例分析。

本书适合交通运输、城市交通规划、地理信息系统等领域的教育、科技、管理工作者和高等院校师生阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

大城市公共交通空间网络规划 / 黄正东, 刘学军著. —北京: 科学出版社, 2013. 11

ISBN 978-7-03-039037-0

I. ①大… II. ①黄… ②刘… III. ①大城市-公共交通系统-交通网-规划-研究-中国 IV. ①U491.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 256610 号

责任编辑: 林 剑 / 责任校对: 宣 慧

责任印制: 赵德静 / 封面设计: 耕者设计工作室

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

中国科学院印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2014 年 1 月第 一 版 开本: 720×1000 1/16

2014 年 1 月第一次印刷 印张: 16

字数: 357 000

定价: 88.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

前 言

我国城市机动车的迅猛发展对大城市交通产生了深远的影响。城市公共交通（简称公交）如何健康发展，是城市规划和决策者面临的重大问题。在各大城市轨道交通或快速公交系统逐步展开建设的过程中，各种公共交通模式的相互协调与互动也成为提高公交效率的关键问题，亟须深入研究。如何协调多种公交模式的发展，形成统一、互补、高效的综合公共交通运输大系统，是大城市交通规划者和决策者面临的重要任务。研究这个大系统需要多方面的数据和多种学科方法的支撑，现代交通理论和相关技术的发展为研究复杂的公共交通系统提供了必要的前提。

从国内外的重要科技文献中可以看出，有关公共交通的研究一直在延续，研究内容和水平不断提升。在数据来源方面，从人口、土地利用数据到公交出行智能卡数据，再到移动通信定位的 GPS 和手机数据，数据采集手段不断更新，数据分析方法也不断完善；在公交站点的布局研究方面，从单条线路上站点间距的设置到全局优化，从简单约束的位置覆盖集模型到多约束条件、多目标的空间覆盖模型，从单纯关注空间覆盖面积到综合评价覆盖效率，都显示出研究的深度和广度在不断深入；在公交线网布局优化方面，遗传算法、蚁群算法等启发式算法等都已用于解决线网布局、公交运行时间表规划等多层次的综合优化问题。

本书是国家自然科学基金项目（编号：41271396；41231171）和“863 计划”项目（编号：2007AA11Z207）主要研究成果的总结，项目组在社会经济数据的空间分解方法、多模式站点布局优化、多模式公交线网优化及其评价等方面进行了较为深入的研究，并用实际案例进行了验证。主要特点有：①提出了基于地理信息系统（GIS）的公交规划基础数据处理和融合方法，如社会经济数据的微观分解；②基于公交系统的空间分布特征，充分利用地理学领域的空间分析方

法与运筹学领域的启发式算法，在线网优化中结合了两者的优势；③多学科交叉，将 GIS、运筹与优化、交通规划、计算机等学科领域的技术方法进行了综合运用。

本书由黄正东主笔，刘学军负责第四章、第五章、第七章中部分小节的撰写。有关博士生、硕士生为书稿的撰写收集了数据或素材，他们是：魏学斌、丁寅、夏小棠、李捷、张宁、张莹、李琛、陈明敏、夏阳、余冰、沈浚杰、李富鸿等。课题组的其他成员也给予了较大的帮助。

书中不足之处，恳请读者批评指正。

黄正东

2013 年 8 月

目 录

前言

1 城市公共交通系统	1
1.1 城市发展与城市交通	1
1.2 城市公共交通在城市交通中的地位	5
1.3 城市公共交通的模式构成	6
2 公共交通系统数据表达关键技术	11
2.1 地理信息系统与交通	11
2.2 GIS-T 数据模型	14
2.3 多层次综合公共交通数据模型	25
2.4 基于有向层次模型的公共交通出行优化案例	32
3 面向公共交通规划的数据处理	40
3.1 空间数据融合技术	40
3.2 公共交通规划数据	42
3.3 社会经济活动的地理参照与定位	44
3.4 公交出行数据分析	52
3.5 基于土地利用的社会经济统计数据分解	54
4 城市公共交通系统规划理论与方法	64
4.1 公共交通出行预测	64
4.2 常规公共交通规划方法	68
4.3 常规公共交通线网优化模型	76
4.4 常规公共交通系统评价	87

4.5	大运量快速公共交通规划	88
4.6	多模式公共交通规划	94
5	基于可达性模型的公交出行生成分析	97
5.1	公交出行生成预测方法	97
5.2	基于 GIS 可达性模型的公交出行需求预测	109
5.3	站点可达性模型的验证与分析	115
5.4	基于站点的公交出行分布模型	120
6	多模式公交站点布局优化	124
6.1	公交站点布局原则	124
6.2	公交站点布局优化的理论方法	126
6.3	公交站点的层次优化方法	135
6.4	案例分析	144
7	遗传算法与公交线网优化	157
7.1	遗传算法	157
7.2	遗传算法与公交系统优化总体思路	161
7.3	候选线路及线路方案集	162
7.4	优化目标与适应函数	168
7.5	个体与种群	172
7.6	优化过程	177
7.7	应用案例	179
8	基于站点的公共交通线网规划	185
8.1	以站点为基础的公交线网优化配置思路	185
8.2	公交站点布局优化	187
8.3	公交出行需求预测	188
8.4	候选线路生成	189
8.5	基于遗传算法的多模式公交线网优化	191
8.6	线网布局评价	197

8.7 TransitNet——城市公共交通线网空间配置与优化软件	200
9 武汉市多模式公交线网优化案例	212
9.1 武汉市概况	212
9.2 武汉市公共交通发展与规划	215
9.3 多模式线网优化的数据描述	217
9.4 轨道交通网络优化及评价	221
9.5 常规公共汽车网络优化及评价	225
参考文献	235

1 城市公共交通系统

随着城市经济发展、规模扩大、机动车发展战略等因素带来的城市交通需求的剧增，交通拥堵问题凸显，交通问题成为困扰和制约城市可持续发展的瓶颈。大力优先发展公共交通成为普遍认可的解决方法，更是世界各大城市交通发展的一条根本性战略。一个好的公共交通系统不仅能够有效缓解城市交通拥堵，改善城市人居环境，为出行者提供安全、经济、舒适、快捷、便利的出行方式，而且能够促进地区经济发展，有利于建设良好的投资环境，提升城市形象。

1.1 城市发展与城市交通

随着第二次世界大战的结束，经济、社会增长便成为全世界发展的主旋律。在经济方面，以战后的重建与发展为契机，西方发达国家实现了经济腾飞。尽管在 20 世纪 70 年代初，石油危机导致了严重的经济衰退，之后各个年代又遇到各种金融危机，但总体上经济增长、生活水平提高是过去半个多世纪的重要特征。在人口方面，过去几十年人口增长速度之快，早已引起世界范围内的广泛讨论。1960 年全世界人口总量约为 30 亿人，到 2011 年已超过 70 亿人，在这一过程中，发达国家人口增长趋缓略有减少，发展中国家人口则持续增长。

随着经济和人口的增长，城市的聚集效应逐渐增强，城市化率不断攀升。根据联合国的统计，2011 年已经有 23 个人口超千万的超级大城市、40 个 500 万 ~ 1000 万人的特大城市、394 个 100 万 ~ 500 万人的大城市，这些等级的城市人口总量分别达到 3.59 亿人、2.83 亿人和 7.76 亿人，另有 23.6 亿城市人口生活在百万人以下的城市之中（United Nations, 2012）。在超过千万人口的超级大城市中，亚洲占有 11 席，中国的上海、北京、广州和深圳位列其中（图 1.1）。

近三十年来我国城市化增长的速度很快，2011 年已经有 6.9 亿城镇人口，超过总人口的一半（图 1.2）。城市化水平较高的地区集中于沿海省份，中部地区城市化则发展较慢。过半的城市化率普遍被认为是社会经济发展的重要标志性事件，快速城市化的进程不会停滞，甚至可能还会加速。加速城市化进程，要求有更系统全面的社会、经济、物质基础设施承载水平，具体而言，既要有数量的规模，又要有质量的保障，这对城市的规划、建设、管理都提出了严峻的挑战。城

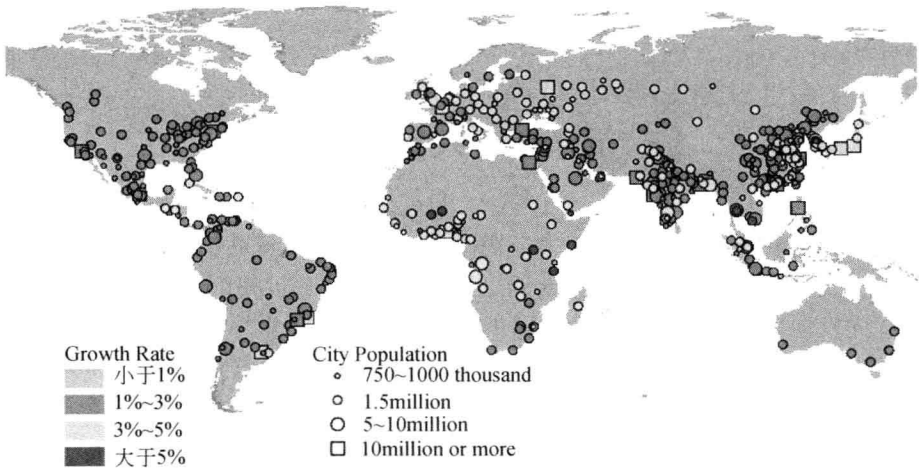


图 1.1 全球城市分布及其增长预测

资料来源: United Nations, 2012

市人口聚集有利于经济发展和公共服务设施的高效配置,但发展不当也会引起诸多问题,包括防灾、安全、卫生、医疗、环境、教育等。其中,城市交通是备受关注的话题,与人民生活水平、安全、经济、环境等有着千丝万缕的联系。

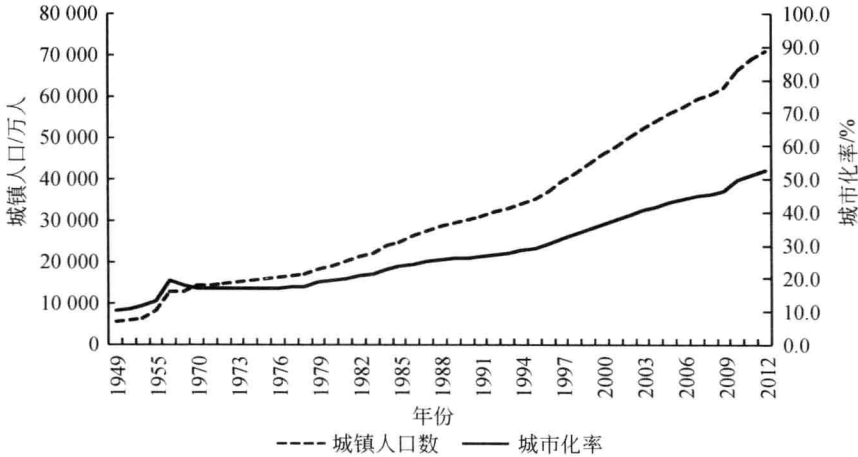


图 1.2 我国城镇人口与城市化率增长

由人口和经济增长带来的空间扩张是城市化的外在表现,包括建设用地范围的扩大和地上、地下空间的综合开发利用。城市空间活动需要交通进行联系,因此交通设施也随着空间扩展而延伸,包括交通模式的多样化、道路基础设施的精

细化与立体化、对外交通枢纽的综合一体化等。一个城市，可以建成现代化的综合交通供给体系，但随着社会的发展、经济活动的增强，其引发的交通出行需求总是会对现有的交通体系提出挑战。早在1963年的布坎南报告中就指出，机动车数量的增长与城市设施不足是导致城市环境恶化和交通拥堵的根本问题，而规划师需要通过精明的设计手法来避免这些问题的发生，尤其是要维护城市中心区的活力（Buchanan，1964）。

小汽车数量的增长是西方发达国家在第二次世界大战后发展的显著标志。经济合作与发展组织（OECD）国家1975年轻型汽车数量约为2.8亿辆，而其他发达国家仅有0.5亿辆左右；之后，OECD国家轻型汽车数量稳定增长，到2005年达到5.6亿辆左右，同年其他国家的总量约为1.8亿辆；2005年之后，OECD国家轻型汽车数量增长放缓，非OECD国家增长加速，到2010年全球轻型汽车总量达8.3亿辆（OECD/ITF，2012）。根据统计，目前全球小汽车的总量已经超过10亿辆，增长主要来自发展中国家。

我国小汽车数量的大规模增长则是在2000年之后。早在1994年，国务院发布的《汽车工业产业政策》就将汽车工业定位为国民经济的支柱产业。汽车生产能力不断扩大和城镇居民收入增加，都刺激着汽车消费数量的迅猛增长。1990~2011年，我国几个特大城市机动车数量增长都十分迅速（图1.3）。例如，北京不到四年的时间就出现200万辆的增长，总量达到500万辆，政府不得不出台限购政策进行干预；上海2010年也超过了300万辆；广州则超过200万辆；武汉2012年的数据是130万辆。我国的城市用地一直有非常严格的控制，中心城区的人口和经济活动密度都远高于发达国家。道路空间有限，过多的机动车同时出行将会使一个城市变成“堵城”，因此公共交通被认为是解决拥堵问题的重要手段。

小汽车给单位、家庭和个人出行带来舒适和便利，提高了工作效率、生活水平和幸福感。由于城市道路空间有限，过多的机动车在时空上的聚集必然会产生交通拥堵和环境污染问题。交通拥堵是一种机动车的时空聚集现象，涉及的三大要素为道路空间、机动车、时间，因此通过增强道路通行能力、减少机动车出行、错开出行时间将会缓解交通拥堵状况。提高道路通行能力是城市规划和交通工程师不断追求的目标，但城市空间终究是有限的，所提供道路通行能力必然也有个最大值。通过提高公共交通的服务水平，可以吸引大量的出行者，从而减少个人小汽车的出行；同时，合理的城市用地空间布局有可能在局部范围达到一定比例的居住和就业平衡，增加短距离的出行需求，抑制长距离的出行需求，从而降低小汽车的出行比例。通过规定各种政府部门和机构的上下班时间，是从时间上将出行需求进行分离，这也是许多城市正在实行的措施。

道路基础设施建设是交通供给的重要保障，在我国的城市建设用地分类体系

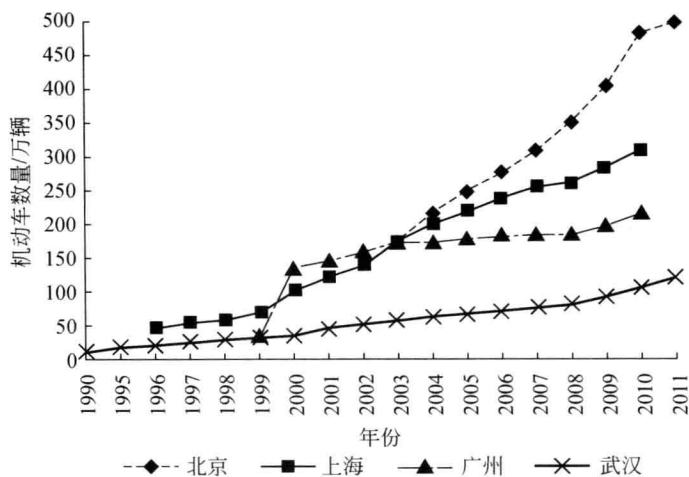


图 1.3 中国四个城市的机动车增长情况

中，将道路及交通设施用地单独归为一大类，与居住用地、公共管理与公共服务用地、工业用地、绿地与广场用地一起成为城市五大主要用地类型。道路与交通设施用地一般占城市建设用地的比例为 10% ~ 25%（住房和城乡建设部，2011）。世界各大城市在道路建设水平上差别较大，如伦敦、纽约、东京等超大城市的道路网密度都高于国内主要城市（表 1.1）。道路等级级配也是衡量道路系统效率的重要指标，一般是等级越低的道路，数量越多、面积越大。我国大城市主干道和快速路的比例一般较高，而支路网络构建及其与干路网络的衔接往往被忽略，这也是导致交通拥堵的重要原因。

表 1.1 国内外主要城市道路指标比较

道路指标	北京 (2010 年)	上海 (2010 年)	广州 (2010 年)	武汉 (2010 年)	伦敦 (2009 年)	纽约 (2005 年)	东京 (2005 年)
建成区或中心城区面积/km ²	1 370	657	952	500	1 578	785	633
道路长度/km	6 355	4 400	6 986	2 682	14 676	13 352	11 845
路网密度/(km/km ²)	4.64	6.7	7.34	5.36	9.3	17	18.7
道路面积率/%	12.78	10.98	10.22	14.55	16.40	23.00	15.90
次级及以下道路占比/%	82.11	—	—	76.19	87.90	—	94.50

大城市是多元社会的综合聚居地，必然在交通出行方面也追求模式的多元化。

以地铁、轻轨为代表的大容量快速公共交通当然是理想的选择，常规公交则是基本的必备公共客运配置，小汽车出行更受到高收入群体和实力雄厚机构的推崇。而在低碳城市、可持续发展和健康理念的推动下，机动化的出行正受到越来越多居民的青睐。这些多元化的需求呼唤对城市交通设施的多层次优化配置，过于强化某一种模式而忽略其他模式的交通规划难以构成多模式的综合交通体系。

1.2 城市公共交通在城市交通中的地位

过去几十年，全世界机动车数量以前所未有的速度增长，城市交通状况恶化，使得经济损失严重。城市公共交通的重要性逐步被政府管理机构和普通市民所认识，一系列鼓励公共交通发展的政策及措施在各国相继出现。大城市的人口数量及土地开发强度决定了公共交通的重要地位，而在我国的许多大城市，这种重要性一度被忽略。我国的机动化政策实施以来，首先在大城市出现严重的交通问题，随后逐渐向中小城市蔓延。严酷的现实促使决策者更多地进行权衡，而交通参与者则主动调整出行行为。公共交通的重要性得到进一步认识。

城市公共交通的主体地位是由其具有的多种鲜明特征和优势决定的，包括以下几点。

(1) 公共交通是一种集约型的运输工具，通过统一配置运输资源，可以降低整个城市出行供给系统的成本，缓解城市交通拥堵、提高运行效益。

(2) 更多人选择公共交通将减少私人交通工具的使用，进而减少污染物排放，促进城市环境改善。

(3) 相比拥堵的城市道路，具有专用路权和优先信号的公共交通比私人交通更加快捷。

(4) 乘坐轨道交通进行长距离出行比其他机动交通具有更大的时间可靠性，安全性方面也更有保障。

(5) 乘坐公共交通不需要集中精力驾驶，身心可以得到休息。

公共交通出行也有不受欢迎的特征，如换乘需要较多的精力和时间消耗、舒适性较低、安全感减少、步行到达公共交通站点时间过长等。这些问题呼唤交通规划师和工程师作出更加系统高效的多模式公共交通网络、提升车辆乘行环境、提高公共交通覆盖率。

在社会经济活动密集的大城市区域，公共交通成为城市客运的骨架运输网络，承担较大比例的出行，这在伦敦、东京、巴黎、香港等城市已得到充分体现。根据各城市在互联网上发布的资料，在巴黎内环区域内的 762km^2 范围内，公共交通出行比例为 62%，小汽车为 32%；东京的 23 区内 622km^2 范围内，公

共交通出行比例为 51%，小汽车为 12%；伦敦内城区 337km² 范围内，公共交通出行比例为 33%，小汽车为 23%；香港公共交通出行占 80%，小汽车则只有 11%。

但对于密度稍低的大城市，如芝加哥、墨尔本、悉尼、多伦多等，以及多数发达国家的中小城市，个体小汽车交通占有绝对的比例。对于伦敦、东京、巴黎等大都市而言，也只有在中心城区才能凸显公交优势。北京和上海都拥有十分庞大的公交体系，在近年才勉强接近 30% 的出行比例。上海市只是在中心城区才有更高的比例，公共交通与小汽车的竞争还将持续（陆锡明和顾啸涛，2011）。因此，需要认识到公交系统的局限性，其优势只有在中心城区得以凸显。

在过去的十多年里，我国对公共交通的认识更加全面，重视程度进一步增强。2005 年，建设部等六部委联合发布《关于优先发展城市公共交通的意见》，提出按照因地制宜、统筹规划、分步实施、协调发展的要求，坚持政府主导、有序竞争、政策扶持、优先发展的原则，加大投入力度，采取有效措施，基本确立公共交通在城市交通中的主体地位。通过科学规划和建设，提高线网密度和站点覆盖率，优化运营结构，形成干支协调、结构合理、高效快捷并与城市规模、人口和经济发展相适应的公共交通系统。2012 年，国务院发布关于城市优先发展公共交通的指导意见指出“优先发展公共交通是缓解交通拥堵、转变城市交通发展方式、提升人民群众生活品质、提高政府基本公共服务水平的必然要求，是构建资源节约型、环境友好型社会的战略选择”（国发〔2012〕64 号）。在规划布局、设施建设、技术装备、运营服务等方面，明确公共交通发展目标，落实保障措施，创新体制机制，形成城市公共交通优先发展的新格局。通过提高运输能力、提升服务水平、增强公共交通竞争力和吸引力，构建以公共交通为主的城市机动化出行系统，同时改善步行、自行车出行条件。发展多种形式的大容量公共交通工具，建设综合交通枢纽，优化换乘中心功能和布局，提高站点覆盖率，提升公共交通出行分担比例，确立公共交通在城市交通中的主体地位。

1.3 城市公共交通的模式构成

大城市交通环境复杂，常规单模式公共汽车的服务效率已跟不上整个城市客运的发展需求，需要引入快速公交系统。为提高服务效率和质量，公共交通的多模式也需要综合优化、协调发展。实现公共交通多元化的基本策略是，为满足不同层次的需要，在经济比较发达的大城市，逐步建立起以大中运量快速交通系统为骨干，以地面常规公共交通为主体，辅之以其他客运交通方式的多层次的、符合生态及环保要求的城市客运交通体系。

公交模式一般有地铁、轻轨、快速巴士（BRT）、常规公共汽电车、轮渡及辅助性的出租车等。如果不计辅助公交，可以根据运送模式与速度大致将公交分为两类，即快速公交和常规公交。快速公交（地铁、轻轨、快速巴士）在道路使用的排他性、运送形式、站点及线路布局具有相似的特征。

地铁是所有城市公交模式中运输能力最大的轨道系统，根据车型和发车频率的不同，每小时一般可达3万~6万人。地铁轨道在城市地下铺设，若延伸到郊区则可在地面铺设。地铁的运量大，相比地面公交而言速度快，是特大城市公共交通系统中的骨架，对城市多节点空间的形成也具有促进作用。地铁的建设周期长，运行与维护成本高，对城市的财政来说也是不小的负担；但比起交通拥堵带来的损失，这种投资是物有所值的。伦敦于1863年建成了第一条地铁线路，巴黎的第一条地铁于1900年通车，纽约建成第一条地铁则是在1904年。另有市郊铁路与地铁比较接近，建在城市内部或内外结合部，线路设施与干线铁路基本相同，服务对象以城市公共交通客流，即短途、通勤旅客为主，发车频率低于城市地铁。

轻轨是介于有轨电车和地铁之间的一种中运量快速运输工具，准确地说是运量或车辆轴重稍小于地铁的快速轨道交通，建造技术可有地面和地上两种形式，以地面高架居多。相比地铁，其车厢较小、车辆数较少，每小时单向客流量在0.6万~3万人次。另一种单轨系统采用单轨支撑技术，运力与轻轨比较相似，从运量规模的角度可以归为轻轨一类。轻轨造价比地铁低，在客流量需求不太大的城市可以作为其骨干公共交通模式，也可作为大城市地铁系统的补充。

我国的城市轨道交通建设速度很快，北京、上海和广州在短短几十年就达到国际大都市的轨道交通规模（表1.2）。根据规划，北京2020年的轨道长度将达到1000km，上海近900km，广州600km，武汉也将达到560km。因此可以说，近一段时期，中国的城市轨道交通建设是全球建设速度最快、规模最大的。根据国家发展和改革委员会的统计，2012年度全国有35个城市在建轨道交通线路，总投资2600亿元，估计2013年这一投资规模将达到2800亿~2900亿元。

表 1.2 世界大都市区轨道交通情况

城市	轨道长度/km	轨道站点数	年客运量/亿人	统计年份
伦敦	402	207	11.07	2010
巴黎	215	371	15.06	2010
纽约	369	468	16.4	2011
东京	326	280	31.61	2010
香港	218	171	16.87	2011

续表

城市	轨道长度/km	轨道站点数	年客运量/亿人	统计年份
北京	456	261	24. 6	2012
上海	435	285	22. 76	2012
广州	236	148	16. 4	2011

资料来源：<http://zh.wikipedia.org/wiki/> [2013-08-02]

快速巴士（BRT）的基本思想是将改进的公共汽车置于专用路权的巴士车道，并采用类似轨道交通的运营模式，如封闭站台、入站购票、上下无台阶、高发车频率等。BRT 的车辆是将常规公共汽车的车厢进行铰接而形成的，有双节车厢或三节车厢，大大提升了一趟车的客容量。根据库里蒂巴的经验，其运力几乎与普通轻轨相当。BRT 的优势在于造价低廉，大约为地铁的二十分之一。由于成本上的优势，以及在库里蒂巴、波哥大、首尔等城市的成功经验，BRT 很快在中国得以推广。目前，昆明、杭州、广州、厦门、北京、郑州等城市已经有 BRT 线路建成并投入运行，其他城市，如上海、武汉也正在建设中。BRT 模式也存在一些争议，主要在于 BRT 线路基本上占用的都是城市地表的道路面积，并且在交叉口需要设定信号优先管制，这对于我国许多本已捉襟见肘的道路面积来说是雪上加霜。此外，我国大城市的公交线路具有很高的重复率，本来可以将线路密集的路段进行集中，合并成为一条 BRT 线路，但这将导致重新设计线路网络并对换乘设施进行大规模改造，这将付出很大的代价。因此，许多项目被称为“准 BRT”，采用全部或部分专用路权，信号优先，多条线路共同使用等方式进行组织，这也大大提高了公交的运行效率，而这种形式，早已在欧洲的一些城市实行多年。

以伦敦市为例，来看看一个大城市多模式公共交通的构成。伦敦公共交通系统完善，主要由地铁、轻轨、电车、公共汽车、出租车组成，同时还有一些特殊的点对点快捷运输系统。伦敦作为发达的国际大都市，其公共交通系统走在世界前沿，同时对其他国家城市公共交通的发展和建设也具有示范作用。伦敦交通局所属的三个不同的铁路系统贯穿伦敦市，最大的是伦敦地铁，运行在地下两层线路；另外还有轻轨系统，城市的东部及伦敦南部的电车系统。地下线路从中心区辐射到郊区，这些交通线路对在市中心和郊区之间的通勤人员非常重要。如果使用公共汽车穿过伦敦到达郊区时间将会延长，最新的轻轨发展和伦敦地下铁路轨道路线的引入将解决这些严峻的问题。

（1）地铁系统：伦敦地铁是世界上第一个地下铁路系统，1863 年已经开始运营。目前每天超过 300 万乘客通过地铁旅行，2006 年首次年运载乘客量达到

10 亿人次。地铁有 11 条线路，大部分连接郊区与伦敦市中心，从主要的铁路枢纽围绕市中心分布各区域。地铁主要服务于伦敦北部，这是由地质条件和历史条件造成的，而伦敦南部的公共交通主要依靠地上铁路。

(2) 轻轨系统：自动化的轻轨系统服务于伦敦东部的码头地区，它们补充地铁系统，共享票价和相互换乘。轻轨系统主要集中于金丝雀码头商务区，虽然这不是 1987 年建设之初的构想。由于金丝雀码头的成功，轻轨系统比起建设之初已经扩大了好几倍。目前轻轨有五个主要的分支连接各个码头，并服务于伦敦市场和斯特拉特福国际火车站。

(3) 电车轨道：伦敦早期的电车轨道是世界上最古老的，可以追溯到维多利亚时代，目前仍然保留着顶峰时期的电车网络。伦敦街道广泛的电车轨道线路从 20 世纪中期开始消失，但是 2000 年新的电车网络开始服务于伦敦南部的柯璐顿就业中心。电车线路连接柯璐顿和地上铁路站点，到周围的郊区和温布尔顿镇中心。

(4) 公共汽车：伦敦市的红色双层公共汽车已经被纳入流行文化，成为英国特有的图标，虽然车辆的设计和运营模式相比过去已经发生改变，但是仍然保持着它的传统红色。伦敦的公共汽车分布非常广泛，大约每周有 6800 次预订服务，承载 600 万乘客。超过 700 条不同的路线使它成为欧洲覆盖范围最广的公共汽车系统，该系统迄今为止在世界上也是领先的。

(5) 出租车：标志性的黑色出租车在伦敦仍然十分常见。世界上几乎只有伦敦的出租车司机才开这样的出租车，伦敦所有的出租车都由公共运输局颁布许可，费用随着严格的尾气排放标准而调整。出租车可以在街上直接搭乘，也可以在出租车站台搭乘。出租车的搭乘费用由伦敦交通局制定，乘客根据乘坐距离以及乘坐时间来付费。

(6) 其他公交系统：伦敦市还有发往机场的快捷运输系统，这些小范围的交通运输系统独立于伦敦的主要交通网络。盖特威克机场终端间的交通线建设于 1983 年，2010 年重新更新了该系统。除美国之外，该系统称得上是世界上第一个机场无人驾驶列车系统。与之类似的还有斯坦斯特德机场的交通系统。2011 年，希斯罗机场引入了“ULTra 个人快速运输系统”，车辆由电力驱动，其运行里程只有 3.9km，将一个停车场与第五航站楼连接起来，运行稳定。

我国的城市公共交通一直保持着与市政公用设施同等的地位。在过去十年中，无论是公共汽、电车、出租车，还是轨道交通，都处于增长阶段（表 1.3），公共汽、电车的车辆总数从 2002 年的 24.4 万辆增加到 2011 年的 40.3 万辆，增长 65%；客运总量从 375.3 亿人次增长到 672.6 亿人次，增长 79%。增长最快的是轨道交通，2002 年不足 1000 辆车厢，2011 年接近 1 万辆车厢，为 2002 年的