



交通规划模型及其应用

毛保华 曾会欣 袁振洲 著

中国铁道出版社

交通规划模型及其应用

毛保华 曾会欣 袁振洲 著

中 国 铁 道 出 版 社

1999年·北京

(京)新登字 063 号

内 容 简 介

作者在从事交通运输领域科研与教学工作的基础上,详细论述了整个交通规划的基本原理、模型及其应用。内容包括运输问题与建模概述、四阶段交通规划模型与方法介绍、常用的交通简化模型、时间价值研究、客运需求调查的基本分析。

本书既可作为高校交通运输类专业高年级本科学术生和研究生的教材或教学参考书,也可作为交通规划、设计、研究等部门从事交通规划与设计的工程技术人员、交通管理与决策研究人员在进行交通规划、设计和管理决策时提供参考。

图书在版编目(CIP)数据

交通规划模型及其应用/毛保华,曾会欣著. —北京:
中国铁道出版社,1999
ISBN 7-113-03238-9

I. 交… I. ①毛… ②曾… III. ①交通规划-数学模型-研究②交通规划-教学模型-应用 IV. U491.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 04170 号

书 名: 交通规划模型及其应用

著作责任者: 毛保华 曾会欣 袁振洲 著

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: 李小军

封面设计: 薛小卉

印刷: 北京市兴顺印刷厂

开 本: 850×1168 1/32 印张: 11.25 字数: 297 千

版 本: 1999 年 3 月第 1 版 1999 年 3 月第 1 次印刷

印 数: 1~2000 册

书 号: ISBN 7-113-03238-9/U·892

定 价: 29.80 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

经济的持续增长需要有序的组织,而规划正是有序过程中一项必不可少的工作。在交通运输领域,规划的重要性是随着交通问题的日益突出而体现出来的。无论是发达国家,还是发展中国家,交通堵塞导致的出行效率的降低以及来自交通部门的各类环境污染问题已成为社会学家和交通问题专家最感头疼的议题。过去一些不当的交通政策的实施给社会带来的许多后果是专家们难以预料、难以解决的。例如,在许多国家,过去采用的鼓励私人拥有轿车的政策所导致的机动车拥有量的剧增以及由此带来的交通问题已成为当今最严峻的社会问题之一;这些事实说明过去对交通规划问题研究得不够。目前,关于交通规划方法的研究已成为全球范围内各国家交通运输研究的重要领域与研究热点,在交通调查、出行行为分析、交通拥挤分配模型、网络设计与评价、交通运输可持续发展政策、时间价值评价等问题上涌现了大量研究成果和新的方法、模型和相关软件,这使得我们有必要总结和探讨这一领域最成功的方法和最新的成果。

本书的写作基于作者近年来从事交通运输领域科研与教学工作的实践。材料来源有三方面:一是作者近年来发表的研究论文;二是近年来国内外发表的研究成果(著作与论文);三是作者近年来的科研项目成果与应用分析报告。

本书的写作特点可概括为以下几点:

1. 系统性 作者们希望本书能提供一套系统的、从描述需求分析与预测到规划网络方案评价全过程的交通规划模型。

2. 新颖性 本书以国内外最新的研究成果和论文(包括作者们的研究成果与论文)为基础,进行精心分析和整理,对各种模型提出了适合我国国情的分析与论述。作者希望此书能反映国内外

交通规划领域内最新的研究成果,成为从事这一领域规划、科研与教学工作的重要参考著作。

3. 实用性 在模型分析与论述中突出强调了模型的可操作性及模型的应用经验,对理论上存在分歧或未完全解决的问题仅进行简要分析,指出重点与难点,有兴趣的作者可进一步参照有关部分的专门著作。

本书既可作为高等院校交通运输类专业高年级本科学员和研究生的教材或教学参考书,也可作为交通规划、设计、研究等部门从事交通规划与设计的工程技术人员、交通管理与决策研究人员在进行交通规划、设计和管理决策时提供参考。

全书由毛保华、曾会欣、袁振洲共同著述。毛保华负责第1、2、5、7、8、9、10、11、12、13、16章的执笔和全书的审定工作,曾会欣负责第6、14、15章的执笔工作,袁振洲负责第3、4章的执笔。研究生金安、高昕、许红、陈志英协助作者做了大量资料分析和文整工作。在著述过程中,得到了海内外广大同行和友人的大力支持。海内外知名学者 M. Ben-Akiva 博士、黄元林博士、田宗忠先生、王郴平博士、张峻屹博士、赵胜川博士、原田升博士、桑惠赖宁教授、MGH-Bell 教授、L. Willumsen 博士、M. Florian 教授、吴宁博士与 Werner Brilon 博士、Akcelik 博士在作者的著述过程中提供了大量资料,国内专家王德荣教授、沈庆衍教授、杨肇夏教授、何邦模研究员、刘其斌教授、钱仲侯教授为作者们提供了直接的指导和帮助。作者们还得到了北京市城市规划设计研究院、铁道部经济规划研究院、交通部公路规划设计院、北京市公路局设计院、北京城建设计院以及北方交通大学交通运输学院等单位专家和同行们的大力支持,在此一并表示衷心感谢。

限于时间与水平,本书的缺点和错误在所难免,欢迎广大读者批评指正。

作者谨识

1998年11月于北京

目 录

1 引 论	1
1.1 运输研究的分类	1
1.2 规划的概念	1
1.3 规划与运营的关系	3
1.4 交通规划与运输结构演变	3
1.5 从规划角度看各国交通运输政策	5
1.6 交通规划与可持续发展	7
1.7 交通规划理论与实践的发展	8
2 运输建模与决策	15
2.1 模型及其作用	15
2.2 运输问题的特点	16
2.3 建模与决策	23
2.4 运输建模问题	29
2.5 经典运输模型的结构	35
2.6 理论与实践间的差距	38
3 基本取样理论	41
3.1 统计概念	41
3.2 取样的概念与方法	41
3.3 取样方法	45
3.4 取样中的实际问题	47
3.5 建模及预测误差	48
4 交通调查理论与模型	54
4.1 数据收集方法	54
4.2 OD数据的校正、拓展与有效性检验	63
4.3 揭示喜好(RP)与表明喜好(SP)调查	65
4.4 纵向数据收集	74
4.5 网络及小区划分	77

5 出行生成模型	85
5.1 引言	85
5.2 增长系数模型	88
5.3 回归分析	89
5.4 交叉分类或类型分析	99
5.5 出行生成中的预测变量	104
5.6 模型参数的稳定性和校正	106
5.7 出行生成模型的非弹性	109
6 出行分布模型	111
6.1 基本概念	111
6.2 增长系数法	113
6.3 重力模型(综合模型)	116
6.4 最大熵方法	117
6.5 重力模型的标定	122
6.6 多比例法	124
6.7 其他综合模型	126
6.8 几个实际问题	128
7 方式选择模型	133
7.1 影响方式选择的因素	133
7.2 出行终点方式选择模型	134
7.3 出行换乘方式选择模型	135
7.4 综合模型	136
7.5 直接需求模型	142
8 离散选择模型	148
8.1 概述	148
8.2 理论框架	151
8.3 多维 Logit 模型(MNL)	153
8.4 多级 Logit 模型(HL)	157
8.5 其他选择模型	162
8.6 模型集计和移植	169

9 交通分配模型	180
9.1 基本概念	180
9.2 交通分配方法	186
9.3 全有全无分配法	190
9.4 随机法	191
9.5 拥挤分配	195
9.6 公共交通分配	199
9.7 实际考虑	206
10 网络供需平衡模型与算法	209
10.1 平衡概念	209
10.2 平衡分配的推广	216
10.3 运输系统平衡	223
11 需求模型的简化	232
11.1 概 述	232
11.2 轮廓规划法	233
11.3 增量需求模型	235
11.4 边际和通道模型	238
11.5 游戏模拟	242
12 由交通统计推算 OD 矩阵	245
12.1 概 述	245
12.2 路线选择和模型估计	246
12.3 基于交通量的交通估计模型	247
12.4 从交通量观测估计出行矩阵	251
12.5 交通量观测和矩阵估计	257
12.6 ME2 的局限	260
12.7 矩阵估计模型的改进	261
12.8 非比例分配模型	263
12.9 出行矩阵和方式选择的估计	265
13 交通网络设计	268
13.1 引 言	268

13.2	目标函数	271
13.3	双水平规划	272
13.4	灵敏度分析	273
13.5	运输设备分阶段协调发展模型	276
14	时间价值评价	279
14.1	概念框架	279
14.2	时间价值计算考虑的因素	280
14.3	研究与应用现状	284
14.4	时间资源价值计算方法	291
14.5	时间行为价值计算方法	299
14.6	车辆时间价值的计算方法	302
14.7	基本结论	303
15	客运调查与铁路提速规划分析	305
15.1	概 述	305
15.2	我国客运需求基本特征	309
15.3	交通方式选择模型	319
15.4	行为时间价值对客运分担率的影响	322
15.5	广深运输走廊公铁分流分析	324
15.6	铁路提速后的价格政策	325
15.7	研究结论	328
16	交通规划的展望	329
16.1	行为理论	330
16.2	度 量	332
16.3	统计模型的结构	334
16.4	估 计	336
16.5	网络优化算法	337
	参考文献	341

1 引 论

运输有许多不同的研究视角。本章首先分析运输研究的分类,探讨规划与政策、运营等相关论题的关系。这对从全局角度来认识运输问题是十分有帮助的。本章还将着重分析规划对运输结构演变的影响。作为客观世界发展有序性的一种体现,规划既包括对问题的预测,也包括对问题发展的策划。古人云:“凡事预则立,不预则废”,就深刻反映了对规划问题的认识。本章还将简要论述交通规划理论与实践的发展过程。

1.1 运输研究的分类

运输研究可以分为很多种类,西方一些专家们通常将运输研究从研究层次上分为战略(Strategic)、战术(Tactical)与运营(Operational)三类(图 1.1)。战

略问题是从宏观上来研究运输问题;战术问题大致属于中观范畴的;运营问题是从微观上对运输现象进行分析。区别宏观、中观与微观问题的特征在于它们观察问题的角度是由粗到细、考察间隔是由大到小变化。宏观问题的研究通常是大跨度、宽视野的,考虑的细节相对粗糙;微观问题研究的特征是对某一时间段、对每一环节的考虑都非常细致,甚至可以说微观问题的重点在静态方面,虽然近来有时也采用一些动态模拟或算法来改善研究手段的局限性。宏观、中观与微观问题研究通常是相辅相成的,宏观研究需要以微观数据为基础与依据,微观研究则往往需要以宏观为指导。

宏观层.....

运输政策

中观层.....

运输规划

微观层.....

运营管理

图 1.1 运输研究的
层次与分类

1.2 规划的概念

规划(planning)通常有两种含义:狭义的规划是指在一个确

定的目标下选择手段,因而规划问题属于技术上的;广义的规划还包括政策的制定,从而进一步涉及到目标的选定。Hall(1980)指出:规划作为一项普遍活动是指编制一个有条理的行动顺序,使预定目标得以实现;其主要技术成果是书面文件,附有适当的统计预测、数学描述、定量评价以及说明规划方案各部分关系的图解或(与)准确描述规划对象的具体蓝图。Geddes 在本世纪初提出了把规划建立在客观现实基础上的规划思想,即提出调查—分析—规划方案的经典顺序。60 年代,人们提出了着眼于控制论的系统规划思想,即目标—信息调查—方案预测与模拟—评价—选择—连续监督的循环顺序。当对目标和基础数据进行复核而证实有新变化时,即作出相应修改。因此,规划是一个连续过程而不是一次的规划方案。

规划是一类典型的中观问题。一般意义上的交通规划(或运输规划)是根据国家、区域和城市社会与经济发展情况对交通运输设施未来一段时间的发展做出安排,其主要内容包括确定运输线网结构、港站地点位置、能力规模及建设序列。运输规划根据研究对象可以分为区域运输网络规划与城市运输规划两大类。在发达国家,由于人口集聚以及城市化水平的提高,运输规划的对象基本上可分为城市运输与城市间运输两大类,且城市运输规划成为主要内容。研究运输设施发展规划首先要研究运输需求,从而必须研究规划范围内人口、经济的增长。由于规划区内社会环境、政治影响、经济发展等因素变化多端,规划的难度是很大的。从规划全过程来看,规划的技术与方法较多地依赖于微观模型与数据,而规划成果及其实施则更多地依赖于相关国家或地区交通与经济政策。规划(有的部门称为策划)已成为一门学科。运输规划已成为一个涉及因素愈来愈多、目标也愈来愈多的复杂问题。

运输规划的主要内容包括下列几方面:一是不同时期运输需求的分析与预测,主要分析运输量实绩、地区经济发展现状及规划、运输供给水平等因素;二是研究在某一时期中运输需求与一定条件下运输设备(线网、车次等)的最优配置;三是根据需求增长与

流量分配结果制定各时期运输设备的分阶段发展规划方案与设备改扩建措施,分析包括运输企业效益、用户利益以及与所在地区其他部门的效益相联系的社会效益在内的系统综合效益;四是对所论证的规划方案落实施实过程并进行监督,针对各种可能变化及时地做出调整。

一般说来,运输设备配置是一个静态的优化问题,即如何根据一定需求水平来考虑各种运输设备空间布局问题。因此,它着重研究确定布局问题的目标函数及其各种约束条件(指社会环境因素方面)。运输设备的分阶段发展策略则是要在一定时期内需求增长条件下研究运输设备的发展顺序、时机与合理规模,它是一个动态优化问题。

1.3 规划与运营的关系

运输系统规划与运营工作是密不可分的:一方面规划是系统形成的第一步,它也为运营优化工作提供前提;另一方面,规划的许多数据都直接来自运营实绩。可以说,系统规划的主要任务是根据一定时期内需求增长的预测值来对系统设计的空间布局及分阶段发展作出有序安排,以便保证系统在运营过程中有较好的状态。

规划与运营是系统发展的两个不同阶段,联系两者的是系统设计。研究规划问题毫无疑问地要涉及到对运营问题的剖析,尤其是与规划目标及约束条件相关联的各种指标的计算,如多部件条件下各部分之间在运营管理上的相互制约关系是系统规划必须考虑的重要内容。

1.4 交通规划与运输结构演变

社会的不断发展与变化导致运输结构即运输方式间分工的不断变化。19世纪工业革命使铁路迎来了大发展阶段,到本世纪20年代发展到极致(美国1916年通车里程达到最高点)。此后铁路开始萎缩,公路运输则在过去半个多世纪中得到了巨大发展,并成为

中、短距离范围内最主要的运输方式。例如美国公路通车里程在1960年时达到了533万km,80年代末达到了约630万km左右,占全世界公路总长度的1/3,其中高速公路接近9万km。由于受到来自公路与航空运输的强有力的挑战,铁路货物运输所占的市场份额愈来愈低。目前在欧洲国家间的货物运输量中,公路占57%,铁路占17%,内河运输占26%。欧洲各国的国内运输中公路所占的比例则更大:公路占77%,铁路占19%,内河占4%。西班牙铁路分担率从1950年的40%降低到1990年的7%;但铁路的绝对运输量仍在稳步上升。

当时铁路萎缩的原因很多,主要有:

(1)与竞争对手相比,缺少实利。铁路作为公共性的基础设施,属于公益性较强的企业,但由于铁路运输技术的专门性与管理上的独立性,它很难得到公众投资中应有的份额;这使它在同其他运输方式竞争时处于不利地位。

(2)铁路建设比公路等运输方式承担着更大的基础设施费。铁路线路的造价较公路要高得多,这使它在运输经营过程中负担较重。

(3)由于工业化水平的提高,铁路运输在旅行速度、可达性等指标上难以满足人们的需要,航空运输、道路交通中私人汽车的发展也使铁路在竞争中处于劣势,客观上使铁路失去了部分需求。

(4)不同铁路公司间缺乏技术(如分界站信号、信联闭设备及技术作业程序等)协调,而且当时由于世界各国发展水平不一,铁路缺少国际范围内改善服务质量、改善运输服务性能(如提高铁路运输直达水平等)以及同其他运输方式竞争的机制,这也是欧洲各国铁路萎缩的原因。

由于公路运输的发展以及对私人交通工具发展的鼓励政策,工业化国家城市郊区(尤其是卫星城镇)得到了极大发展,它也对城市规划产生了巨大影响。随着汽车工业的发展,道路交通运输引起的环境污染问题日益突出。各种运输方式的环境污染程度见表1.1。

表 1.1 运输方式对环境影响评价

运输方式	空气污染	水污染	土地污染	健康与安全
道路运输	严重	一般	严重	严重
铁路运输	一般	无	较严重	一般
内河水运	一般	较严重	一般	无
海洋运输	一般	较严重	一般	无
航空运输	一般	一般	无	一般

这些问题使许多人对当初大规模发展私人汽车的政策产生了质疑。与此同时,一些发达国家将铁路运输业重新崛起的希望寄托于高速铁路的出现以及运输形式的改革(如一些国家采用的运输方式间的联合运输)。高速铁路的出现使铁路的竞争范围扩大到200~1 900km,理论上市场份额可提高一倍。

1.5 从规划角度看各国交通运输政策

在交通领域,也许最大失误是在运输方式的发展规划方面。工业化国家的状况表明,由于道路上过量(私人)机动车的行驶,生态环境正在受到交通领域各类污染的侵袭。据1991年IPCC(International Panel on Climate Change)估计,全球平均温度在今后50年将升高约1~2.5℃,1990年美国环境保护协会甚至预测到2025年全球气温将升高2~4℃,2050年将会升高3~6℃。论起对全球升温的贡献,工业污染为22%,居第一位;运输业居第二位,占20%。在OECD各国中,近年由于将一些污染大的工业迁移到欠发达国家而使工业二氧化碳排放量得到控制,其比例则从1973年的约40%减少到1988年的33.7%,但运输部门排放的二氧化碳还在以每年1.8%的速度增长并难以控制,运输业排放量占整个排放量的比例从1973年的约22.9%提高到1988年的28.2%;运输部门一氧化碳的排放量占75%。在美国运输业所用能源中,轻型车所用能源占59%,重型卡车与公共汽车占16%,军事用车占4%,铁路占2%,管道占4%,水路占6%,航空占9%;

1988年运输部门一氧化碳排放量占整个排放量的67%，法国占76%（1990年）。英国运输业能耗在整个国家能耗中所占的比例从1980年的20.3%增加到了1990年的25.5%；各种运输方式中，单位能耗较大的道路与航空运输的能耗比例从1980年的77.1%、14.5%增加到1990年的79.2%、15.0%；铁路、水路运输能耗从1980年4.9%、3.5%进一步下降到3.0%、2.8%；而整个运输方式的客运人公里中，公路私人小汽车占73%，公共汽车占10%，铁路列车占6%，摩托车占2%，自行车占2%，步行占5%，其他占2%。

我国运输业中铁路长期以来起着主导作用。但近年来经济水平的提高使铁路运输完成的运输量比重开始下降。从1978年到1996年，铁路客运量在全社会客运量中的比例由32%降到了7.6%以下，客运周转量从62.7%降低到不足36.4%；铁路货运量在全社会货运量中的比例由44.2%降到了12.5%，货运周转量从54.4%降低到35.4%。建国以来，我国铁路一直承担着客货运输的主要部分，为完成短途运输任务，5.3万多公里的铁路线上一度设置着近5500个车站，铁路站间距之短几乎可以说达到世界之最，沿零摘挂列车的开行吃掉了相当的运输能力。随着经济发展，一些短途运输由铁路转向公路是必然的，也是合理的。近来不少人兴冲冲地提出大力发展私人汽车，走工业化国家的经验之路。然而，对于我国这样一个人口大国来说大力发展私人道路交通是否行得通，还有很多问题值得研究（毛，1995）。目前，发达国家已开始通过政策导向来引导运输增长，其主要政策有以下四种：

（1）需求导向政策 例如，通过燃料、道路、用户、高峰期附加等有关费用来增加道路运输费用；在道路上设置特殊车道引导用户对运输方式选择的趣向；通过停车、排放量、噪音标准、速度限制、定期检查、大型车高税、交通信号控制道路流量等法规措施来引导需求。

（2）供给导向政策 旨在改变运输系统能力的数量与质量。主要措施有：改善传统的运输基础设施，改善公共运输方式（增加公

共车频率、划分专用车道、放松公交管制、对公共交通采用利于竞争的费用政策等),交通管制措施(对市中心限制进入、步行优先等),不鼓励私人拥有轿车(限制停车、限制驾驶执照拥有量等),发展新的运输基础设施(如轻轨、地铁)等,加强对既有运输方式的管理与利用(如采用弹性工作时间)等。

(3)采用新的技术政策 如采用复杂的车体技术(改善发动机与车辆设计、设计零排量汽车与电子汽车等)、加强远程自动信息处理技术开发以降低交通出行数量(如自动记账、自动速度控制、道路状况实时控制等)、采用新的服务系统(如设计新型站台、建立新的服务中心以及轨道与追踪系统)等。

(4)实用规划措施 旨在优化人类活动空间布局,制订对社会移动模式有影响、生态上可持续发展的措施。如制定土地利用法规(控制在公交枢纽范围内办公建筑物、购物大厅的建设等),制订有效的城市规划政策(如采用紧凑的城市设计、郊区人口集中)等。

从上述政策可以发现,道路交通发展的失当已使工业化国家意识到在可持续发展目标方面的损失,上述政策中的许多措施也正是对过去交通政策失误的修正。这些是值得借鉴的。

1.6 交通规划与可持续发展

可持续发展概念的产生缘于社会生态环境的恶化,由于过去人类过份强调经济高速增长,制定了一些对长远利益考虑不够的规划与发展政策,使人类在很多领域已感“追悔莫及”。经济学中可持续发展概念是 Barbier(1985)在《经济、自然资源:不足和发展》中正式提出的。1987年,联合国世界环境与发展委员会 Brundland 等人从环境与生态角度提出了较系统的可持续发展理论。关于可持续发展的更具体的说明则是 Daly(1991)在“稳态经济学”中提出的可持续发展的三个条件:一是可更新资源的消耗率不超过其再生率;二是不可更新资源的消耗率不超过其替代物品的发展速度;三是社会有污染的排放物的排放率不超过环境的消化吸收能力。

在整个规划过程中,制定规划的过程主要是技术上的,它很大

程度上依赖于对系统的微观分析;而规划的实施通常要通过交通与经济政策或法规来(强制性地)实施,尤其是可持续发展方面的目标,由于其可触摸性差,实施更是不易。

近年来,人们对规划产生了一些看法,因为愈来愈多的人们认识到了过去运输规划与设计一些失误。例如,机动车道的高架在很多城市超出人们能容忍的界限,公路与机场建设直接或间接造成的城市和农村土地浪费、交通拥挤、噪音污染都与运输有关,人们将这些都归咎于规划的失误。关于运输规划的另一个重要议题是将运输问题与可持续发展问题相提并论,如 Button 等人(1993)在《运输、环境与可持续发展》中讨论了运输的可持续发展问题。一般说来,可持续性是指某些手段(资源)的长期可用性,这些手段对于长期地达到预定目标来说是必要的。运输需求的持续增长导致供给的增长,从而威胁着整个社会的可持续发展。

运输规划工作的一个主要方面是对运输方案的评价。在研究运输规划的近期文献中,Masser 认为:效率、合理与可持续三个目标将成为主导全球发展的主要方向,他提出用发展、公平与环境三个目标来分别代表运输规划方案的效率、合理与可持续发展三方面。Nijkamp 提出采用所谓的五维模型(Pentagon Model)思想,这一模型是评价网络的一种战略工具。它主要从五个方面来对研究方案展开分析:这就是硬件维(Hardware),即对技术设备的评价;软件维(Software),即要采用兼容的信息软件系统;组织维(Org-ware),强调采用某种有效的组织管理结构;财务维(Fineware),从私人或公共财务制度上进行评价;环境维(Ecoware),从环境友好方面对系统进行评价。不难看出,环境强调的正是系统可持续发展的一些方面。

1.7 交通规划理论与实践的发展

从规划方法本身来看,对大多数交通规划问题来说,由于其复杂的社会与经济环境,加上运输需求状况与约束条件也在不断变化,因此,它是一个动态的多目标优化问题。众所周知,运输网络规