

527776

# 交通系统工程

何显慈 马川生



华中理工大学出版社



# 交通系统工程

——交通规划的理论与方法——

何显慈 马川生

华中理工大学出版社

# 交通系统工程

何显慈 马川生

责任编辑：叶见欣

\*

华中理工大学出版社出版发行

(武昌喻家山)

新华书店湖北发行所经销

湖南省新华印刷二厂印刷

\*

开本：850×1168 1/32 印张·6.625 插页：2 字数：156,000

1989年6月第1版 1989年6月第1次印刷

印数：1—3,000 (内含300本精装)

ISBN 7—5609—0388—6/U·3

定价：1.46元(平) 2.50元(精)

## 前 言

交通系统工程是系统工程原理在交通系统中的实践。本书用宏观、综合、长期的观点阐述了研究交通规划的方法；在研究发展中国家的交通的基础上论证了所建立的理论体系和模型，目前已经构成一个交通宏观决策的支持系统，并正在为决策者服务，表明交通系统工程已从研究阶段进入了实际应用阶段。

现代交通结构已经从单一结构发展成为五种交通方式的多极结构。这是人类经济和技术发展的结果。从多极交通发展为综合交通是近代交通的一个新趋势，也是交通管理的一个大突破。人们逐步懂得，综合交通就是寻求一种最优的多极交通结构。本书提出的用“宏观、综合、长期”观点研究交通规划的方法，既是从系统论的基本原理出发，也是从发展交通的最优途径出发。交通行为应该是一种自觉行为。合理管理本身就是一种生产力，一种“不费分文”的“自然力”。

跨入宇航时代的人类交通，早已不存在独立的区域交通的概念，任何区域性的交通，都是全国甚至是全世界交通的一个不可分割的部分。交通系统是一个开放系统，对空间领域来说，尤其如此。

我们认为交通流是一个有约束的平衡流。某一个交通流，往往不是来源于当地，而是来源于千里之外。因此，不从社会经济系统研究交通系统，不从全国出发研究地区交通，不从综合交通研究某一种交通方式，是很难找到科学结论的。

本书建立了进行交通规划的一个新方法体系，它包括一些基础理论及按基础理论建立的总体模型，以及实现总体模型的方法。

本书的编写经历了五个春秋。它是近千名师生和经济、交通

工作者，解放军战士，深入到全国各省、市、地、县进行经济与交通调查的结晶，是六个有关科研课题成果的总结。它经过了许多专家们多次的讨论、评议和鉴定，又经历多次课堂讲授。尽管如此，我们还是希望在今后的实践中，进一步充实完善，使之更为成熟。

本书第一、二、三、四、十一章和第七章的第一节由何显慈执笔；第五、十章、后记及第九章的第五节由马川生执笔；第六章和第七章的第二、三节，第九章的前四节由胡列格执笔；第八章由郑涤中执笔。全书由何显慈统稿。

最后，向所有热情支持本书出版的同志们表示衷心的感谢。欢迎读者提出批评和建议。

**何显慈**

1988年11月28日

于长沙交通学院

系统工程研究所

## 内 容 提 要

本书以系统工程理论为基础，以发展中国家为研究对象，提出了制定宏观、长远、综合的交通发展规划的理论、模型和方法。本书所阐述的方法正在为全国交通规划以及省市一级的区域交通规划服务。本书既是实践的总结，又是新方法的探索。

书中的数学模型、数据以及演示、绘图、打印等已编制了程序，形成了软件包，便于推广使用。

本书可作为交通运输专业的研究生、本科生的教材，同时也适合于交通系统的技术人员、领导干部和从事交通研究的科研人员阅读。

## 目 录

第一章 两种交通体系	(1)
第一节 系统环境与系统形态	(1)
第二节 两种交通体系	(5)
第三节 两种交通体系转换方式	(13)
第四节 发展中国家的共同趋势	(22)
第五节 经济交通均衡论	(26)
第二章 交通系统的结构与功能	(29)
第一节 功能——结构分析	(29)
第二节 交通系统概念模型	(32)
第三节 交通流	(33)
第三章 交通行为理论	(39)
第一节 基本观点	(40)
第二节 交通方式的最优选择	(41)
第三节 政策引导的定量描述	(42)
第四节 中国旅客的交通行为	(45)
第四章 交通网络的层次性	(62)
第一节 交通网络的层次结构	(62)
第二节 接口问题	(65)
第三节 大道原理	(69)
第五章 总体模型	(72)
第一节 模型论	(72)
第二节 模型系统	(82)
第三节 模型系统在总体上的结构	(89)
第六章 交通需求	(95)
第一节 投入产出模型及其利用	(95)

第二节	生成量O—D流矩阵 .....	(107)
第七章	逐层估计模式 .....	(113)
第一节	概述 .....	(113)
第二节	运量O—D矩阵 .....	(116)
第三节	配流方法 .....	(125)
第八章	间接信息法 .....	(150)
第一节	间接信息法概述 .....	(150)
第二节	平衡关系与约束条件 .....	(152)
第三节	可达性测度矩阵 .....	(158)
第四节	边际量信息的应用 .....	(160)
第五节	周转量信息的应用 .....	(162)
第六节	路口资料的模型 .....	(163)
第七节	实例 .....	(165)
第九章	预测 .....	(171)
第一节	预测问题 .....	(171)
第二节	交通需求预测 .....	(172)
第三节	运量预测 .....	(173)
第四节	其他预测方法 .....	(175)
第五节	最优轨迹法 .....	(175)
第十章	客运问题 .....	(180)
第一节	客流模型 .....	(180)
第二节	几个问题的讨论 .....	(188)
第十一章	交通规划 .....	(194)
第一节	交通规划程序 .....	(194)
第二节	评价系统 .....	(196)
第三节	反馈效应 .....	(198)
后记	.....	(201)
参考文献	.....	(202)



## 第一章 两种交通体系

“两种交通体系”是一种对交通的分类方法，它是为便于交通规划方法的研究而提出来的。两种交通体系是当前在世界上客观存在的，是人类历史发展的必然产物。它从交通这个窗口反映了人类社会发展的差异性和不平衡性。

我们将从交通系统的环境入手对两种交通体系开展讨论。

### 第一节 系统环境与系统形态

社会、经济系统和科学技术水平是交通系统的环境。交通系统的形态是由它所处的环境决定的，所以，必须从交通所处的环境入手来研究交通。

#### 一、技术与交通

翻开人类的发展历史，可清楚地看到技术、经济与交通这三者之间是有十分密切的联系的。它们互相促进，有如人类发展的车轮滚动前进。

远古时代，我们祖先就发明了马车和舟楫，从肩挑人背进入马车时代。连结中国洛阳和中亚、西亚及欧洲各国的有名的丝绸之路，以及从北欧到南欧运送琥珀的“琥珀之路”，为人类灿烂的文明和繁荣的经济作出了贡献。罗马帝国的石板大道，竟有29条放射形大道，人们称之为“条条道路通罗马”，其中的Appias军用道路，路面宽10.66米，分隔成步兵、马车、行人三条通道。在马车时代，马路就是古老文明的象征。

1765年瓦特发明蒸汽机。1807年美国建造了蒸汽机船“克莱

蒙脱号”，其航速比一般帆船快三分之一。1825年英国建成世界上第一条铁路，开创了铁路交通史。

1879年英籍德国人西门子在柏林贸易展览会上，表演了世界上最早的电气铁路模型，从此以后德国出现了大量电力机车。狄塞尔于1892年发明的柴油机逐渐应用于机车和船舶，使铁路运输和海上运输得到空前的发展。19世纪中叶开凿的苏伊士运河，使欧亚的水上交通路程缩短了8500公里。巴拿马运河使洲际的水上交通变得很方便。

汽车是1885年本茨、戴姆勒发明的，它已成为人类常用的交通工具，它促使了公路的迅速发展。

1804年英国人凯利发明了带有固定双翼和尾翼的滑翔机，这是世界上第一架完善的滑翔机。1903年第一架用汽油机作动力，用螺旋桨推进的滑翔机试航成功，从而，开辟了空中交通领域。

随着科学技术的进步，目前，各种新型的现代化交通不断涌现，如地下铁道，单轨、悬挂或悬浮式列车，自动人行道，传送带运输系统，集装箱运输系统，轻型高速电车系统等。高速公路的出现，使陆上的运输时间大为缩短，加速了流通，提高了社会经济效益。

科学技术的进步促进了交通的发展，交通的发展使经济得到繁荣，反过来，经济的飞跃又带动了技术进步和促进了交通的发展。

## 二、社会与交通

因为交通除具有经济价值外，还具有社会（包括政治、军事等）价值，所以交通形态在很大程度上取决于决策者的决策，或者说带有浓厚的政治体制烙印。

中国古代的有名的驰道、驿运系统，反映了当时统治者“置邮而传命”的政治需求。可见，交通是维持一个国家统治所不得不最优先考虑的问题。古罗马帝国的勃兴，是与它那军事大道分

不开的。第二次世界大战时期，希特勒充分地利用和发展了高速公路网络，这使得用由他建立的一支强大的机械化军团来实现其侵略扩张的计划成为可能。近几十年来，一些国家在已有的十分庞大的铁路运输网络上，加建了高速公路网络，并将高速公路网络作为一个难于摧毁的、机动性优越的战略防御体系。这和将资金、人力和物力投入到地下防御体系的做法相比，显示了两者的战略眼光的差异。甚至可以用“积极防御”和“消极防御”两种观点来评价他们。

在旧中国，外国投资者着眼于对中国资源的掠夺，铁路差不多都是从资源出产地到海岸港口。这种殖民地的色彩是十分明显的。

抗日战争时期，日本在中国东北建设了一个稠密的铁路网络。显然，这也是为其侵略政策服务的。

国家的经济体制对交通建设的影响是具有决定意义的。计划经济国家偏重于公共交通网的建设，而市场经济国家则比较强调个体交通网的建设。

以上所述的种种，说明了人类的社会活动对交通的影响。交通系统总的来说是社会经济系统的一个子系统。

### 三、经济与交通

对交通来说，除政治、军事的因素对其有着重大影响外，更经常、更直接的是经济对它的影响。经济的发展和交通的发展必须相互适应。在相互适应的条件下，经济和交通可以相互促进，否则，会相互制约。交通是表现国家文明的窗口，也是显示经济水平的窗口。

交通与经济相互适应表现在发展规模的一致性和发展水平的一致性这两个方面。

所谓规模的一致性，指的是在经济活动中进入流通领域的商品及旅行者和交通系统运量相平衡，亦称为供需均衡。例如目前

在我国货运方面，一吨产品将产生2.25吨的运量。也就是说，经济需求每增加一吨产品，交通就要增加2.25吨运量的负担。当经济的需求随经济规模的增长和经济结构的变化而不断增加时，运量的需求亦随之增加。若两者能均衡发展，则可认为发展规模一致。规模方面的适应性是属于数量问题的概念。

所谓水平的一致性，指的是交通现代化水平，必须与经济生产的现代化水平相适应。这是个交通效率的问题，即交通运输的经济性、快速性、方便性、舒适性、安全性能否适应经济活动的要求。这与交通运输管理现代化、设施现代化和交通结构的适应性密切相关。它属于质量问题。

将交通作为经济开发的先行官，即所谓使它“超前”发展，我们认为这是一个策略，而且是一个有利于经济开发，有利于提高经济发展速度的好策略。有些地区采取“滞后”的策略，将资金先集中于工业上，用落后的交通来支持先进的工业，这种交通“滞后”的策略，是会阻碍经济发展的。我国在这方面的教训是很深刻的。

这样，就提出了一个新的问题，即经济对交通的适应性问题，或者称为交通对经济的反馈效应问题。社会经济系统是交通系统的环境。现在，反过来看，交通也是社会经济发展的环境，这个论点是成立的，而且愈来愈被人们所接受。根据交通状况来安排地区经济规划，根据交通规划来调整工农业布局，这已是一种经典的经济规划方法了。

#### 四、交通系统形态

交通运输从表面上看，只不过是完成人与物的位移。全世界各个国家都有客运和货运，都有铁路、公路、水运、管道运输和航空运输等各种交通方式，在这方面，各国并无本质的差异。但是，如果从政治、经济、技术方面着手进行分析，就可以发现，独立国家与非独立国家在这方面是不同的。

这里，我们对交通提出了“两种交通体系”的分类方法，即认为当前世界上存在着两种不同的交通体系：货运为主的体系和客运为主的体系。从这两种交通体系可以看出各国经济发展的不同阶段，也可以了解市场经济与计划经济的特征。

## 第二节 两种交通体系

在低收入的发展中国家里，交通网络是不完善的，因此，建设者首先考虑的是建立、完善货运网络，以满足最迫切的生产需求。客运问题从属于货运问题，故称这种交通体系为“货运为主的交通体系”。在大量初级产品的运输需求条件下，建设货运体系的评价准则主要是低成本、低消耗。交通方式主要是铁道、管道和水运。

在工业发达国家里，在基本上解决了货运问题后，随着大工业的发展，以及人们对交通观念的变化，人流增加，对个体交通，特别是对小汽车的需求与日俱增。因此，这时，对交通网络扩建的着眼点是加强公路和航空系统的建设。对交通系统的评价准则主要是社会效益，即客运的快速性、方便性、舒适性。我们称这种交通体系为“以客运为主的交通体系”。

交通体系不同，交通的设计思想、交通调查、建模方法等不同，它也会影响到工业布局和工业生产，牵动国家的总体规划。因此，对两种交通体系的研究，是研究宏观、长远和综合的交通战略的首要问题，对发展中国家来说，尤其如此。

### 一、两种交通体系的分类方法

#### 1. 资料

我们认为，在对两种交通体系进行分类时，只要抓住一个核心问题，即某国客运中个体交通所占的分量就足以反映该国的交通体系的形态。因为，任何国家的货运都主要采用大型的运输方

式（如铁道、水运和管道等）去完成，其区别不会很大。而客运则截然不同，个体运输（特别是小汽车）的增加，将使对公路系统的需求急剧增加，使交通结构产生变化。这样，交通系统就会从以货运为主转化为以客运为主，交通方式也将以公路和航空为主体。所以，用人均客车拥有量作为交通体系的主要指标，是能够说明问题的。

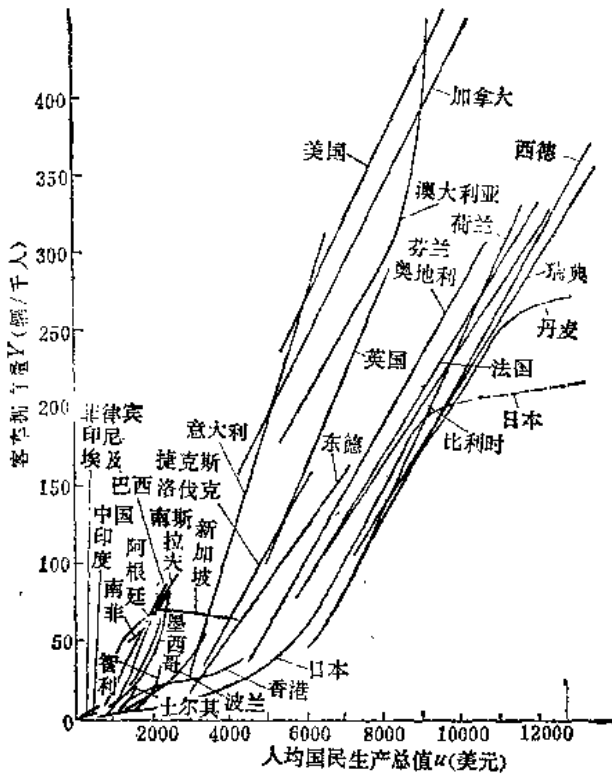


图1-1 世界各国或地区经济水平与客车拥有量的关系

用人均客车拥有量为纵坐标，以人均国民生产总值（GNP）为横坐标，在同一个时期（1960年~1980年）按可比价格（1980年美元价格）进行比较，就可以对世界各国在该时期的交通形态作出分类。世界各国人均国民生产总值与人均客车拥有量列于表



续表1-1

国名 或地区	人均国民生产总值(美元)					客车拥有量(辆/千人)				
	1960	1965	1970	1975	1980	1960	1965	1970	1975	1980
土耳其	724.6	379.6	1063.2	1250.1	1470.0	1.6	2.8	3.9	9.6	21.0
新加坡	1042.9	1511.8	2191.6	3115.9	4130.0	40.5	58.9	70.0	66.8	62.6
印度尼西亚	196.3	220.7	248.2	326.7	430.0	1.1	1.6	2.1	2.9	4.4
奥地利	4530.0	5749.5	7217.6	8592.8	10230.0	37.6	86.5	145.0	211.8	299.6
丹麦	6764.9	8542.4	10786.0	11819.0	12950.0	89.3	157.3	220.0	260.7	274.1
芬兰	4136.1	5622.5	7126.1	8322.6	9720.0	39.2	88.7	146.9	208.4	250.2
南非	1459.5	1772.2	2125.8	2224.7	2300.0	49.5	54.7	67.3	79.4	82.5
民主德国	2865.4	2570.9	4450.0	5652.6	7180.0	17.3	38.5	67.9	110.7	—
南斯拉夫	915.1	1188.3	1543.0	2010.7	2620.0	2.9	9.6	35.3	72.0	—
意大利	3194.0	3814.5	5123.3	5761.9	6480.0	39.5	105.1	189.9	276.8	310.8
英国	5125.2	5799.3	6561.4	7208.8	7920.0	105.3	167.3	210.8	250.8	—
澳大利亚	5763.7	6914.0	8263.9	9024.8	9820.0	195.5	253.4	308.9	404.3	—
加拿大	5291.8	6377.0	7684.7	8823.0	10130.0	229.8	273.0	308.0	381.2	429.1
葡萄牙	893.2	1227.5	1687.0	1999.5	2370.0	15.7	31.9	55.1	93.7	—



1-1和表1-2, 由此资料作出的简图如图1-1所示。资料来源 参考文献〔3〕、〔4〕、〔8〕。

表1-2 中国人均国民生产总值与人均客车拥有量估计值

	1965	1978	1985
人均国民生产总值(美元)	165.8	267.6	393.9
客车拥有量(辆/千人)	0.03	0.39	0.94

图1-1所示的曲线反映了一些有趣的特征, (1)各国的客车拥有量曲线比较集中地处于一个牛角形的包络曲线中; (2)低收入发展中国家的客车拥有量曲线的斜率比较平缓(表示客车发展缓慢), 发达国家的曲线斜率比较陡峭(表示客车发展迅速)。这就反映了两种交通体系的不同特征。

人均客车增长率平缓的国家, 人均客车拥有量的绝对值也很少, 客车不成为交通系统中的关键因素。这类国家的交通体系必然是以货运为主的。相反, 人均客车增长率较大的国家, 客车拥有量的绝对值也较大, 客车必然为交通系统中的关键因素, 这类国家的交通体系也必然是以客运为主的。

为了更清楚地表示分类情况, 我们将图1-1所示的曲线用一些简单的直线作模拟。

## 2. 模拟

为了讨论方便, 我们将表1-1和表1-2的数据, 采用线性回归的办法, 归纳为图1-2所示的  $A_1$ 、 $A_2$ 、 $B_1$ 、 $B_2$ 、 $C_1$ 、 $C_2$  六条线段。因此, 图1-2所示的曲线就是图1-1所示曲线的模拟图形。

这六条线段的表达式是:

$$\text{线段 } A_1 \quad Y = -3.960050659 + 0.02233983048u$$

$$\text{线段 } A_2 \quad Y = -28.96103165 + 0.04839592231u$$

$$\text{线段 } B_1 \quad Y = -1.621267941 + 0.01061998414u$$

$$\text{线段 } B_2 \quad Y = -34.31780915 + 0.0318791662 u$$