

综合运输规划理论 方法的研究与应用

交通部科学技术情报研究所

综合运输规划理论 方法的研究与应用

交通部科学技术情报研究所

一九九一年八月

前 言

为发展布局合理、高效、经济的交通运输系统，我国早在五十年代就开始对运输规划方法进行研究，目前已积累了很多经验，并取得了一定的成绩。但与国外相比仍有很大的差距。为借鉴国外的先进经验和先进技术，尽快建立适合我国特点的先进科学的综合运输规划方法体系，我们在我所承担的交通部“七五”重点科研项目《运输通道规划理论与方法》课题研究的基础上，有选择有分析的编辑了这本资料，即《综合运输规划理论方法的研究与应用》。其主要内容包括近年来国外在综合运输规划方面的最新研究与应用成果，重要研究刊物上发表的有关文章，及专题会议的有关文献等。本资料比较全面、系统介绍了国外综合运输（包括铁路、水运、公路、航空和管道运输）规划理论和方法研究应用的现状和发展趋势，主要包括一般运输规划理论；传统四段规划模型系统的改进、应用研究；综合直接需求预测模型系统；类别分析随机效用模型；投入产出规划模型；综合运输投资评价模型等。此外，还包括网络图形式表示法的研究与应用（交通分区或出行生成节点、一般节点即路线控制点的划分，网络连线的确定等的理论、原则、准则及方法）；运输规划数据的采集和处理等。本资料以全国、地区（省、市）性运输规划为主，并适当兼顾了地方（县、市）和城市运输规划的需要。本资料对我国各级运输规划、管理部门，有关研究和设计单位，及大专院校等，有一定的实用价值和参考价值。

本资料的编译、校对由我所下述人员完成：尚留占、刘会学、吕红艳、陶小慈。本资料的主编和责任编辑是尚留占；编辑是吕红艳、刘会学。此外陶小慈、李金铃等也参加了部分编辑工作。

由于水平有限，尽管作了多次修改与订正，但错误和缺点仍
不可避免，欢迎读者批评指正。

编 者

1991年8月6日

目 录

一、国外综合运输规划方法发展综述	(1)
1. 引言	(1)
2. 国外综合运输规划方法的发展	(2)
①综合运输规划方法的概念	(2)
②综合运输规划方法的发展	(2)
3. 综合运输规划方法的组成	(5)
4. 综合运输规划方法发展的趋势	(11)
二、运输系统规划理论与模型	(13)
1. 运输规划的功能	(13)
2. 运输规划的一般步骤	(16)
①运输规划的发展趋势	(16)
②运输规划的一般步骤	(17)
③运输系统管理	(26)
3. 运输规划的一般方法	(27)
①运输规划方法的主要类型	(27)
②综合运输规划方法的组成	(29)
4. 运输需求预测模型	(35)
①综合序列需求预测模型	(36)
②综合直接需求预测模型	(52)
③类别行为分析模型	(55)
5. 运输系统评价	(57)
①纯粹判断法	(58)
②工程经济法	(58)
③受益者负担法	(59)
④成本效果分析法	(61)
三、综合运输规划的方法体系	(67)
1. 经济预测模型	(67)

①引言	(67)
②列昂惕夫投入产出模型	(68)
③宾夕法尼亚经济预测模型	(71)
④投入产出模型的解	(77)
⑤经济预测模型的理论框架	(82)
⑥模型的改进	(87)
⑦计算方法	(94)
⑧货流节点的确定	(96)
⑨预测策略提要	(97)
⑩在价格变化给定下确定平衡解	(100)
2. 抽象运输方式模型	(101)
①引言	(101)
②货运方式分担模型	(102)
③客运需求模型	(121)
3. 网络模拟模型	(132)
①网络模拟模型研究的现状	(132)
②建议模型	(141)
4. 综合运输规划模型系统	(151)
①模型系统的协调	(152)
②规划方案的形成和评价	(158)
四、区域运输系统规划模型	(172)
1. 绪论	(172)
①区域运输规划	(172)
②区域规划的范围	(173)
③区域规划的目标	(173)
④运输规划的过程	(174)
⑤预测模型系统	(175)
⑥运输系统分析模型	(175)
2. 经济模型	(178)
3. 货运方式分担模型	(185)
①货运方式分担模型	(186)

② 模型变量的讨论	(188)
③ 货运费率分模型	(190)
4. 网络模拟模型	(192)
① 模型的描述	(194)
② 配流过程	(195)
③ 交通阻抗函数	(197)
④ 数据单位换算	(201)
5. 模型系统的应用	(202)
① 经济模型	(203)
② 货运方式分担模型	(204)
③ 运输费率	(208)
④ 网络模拟模型	(211)
⑤ 结论	(219)
⑥ 有关结论的分析	(225)
6. 结束语	(227)
① 经济模型未来研究课题	(229)
② 货运方式分担模型未来研究课题	(230)
③ 网络模拟模型未来研究课题	(230)
④ 模型系统未来研究课题	(231)

五、网络平衡预测模型在地区和全国货运系统中的应用 (244)

1. 引言	(244)
① 货运模型的重要性	(244)
② 研究的目的和方法	(246)
③ 研究的内容	(249)
2. 货运网络模型的述评	(250)
3. 货主决策模型的建立	(256)
① 行为的假设	(256)
② 模型描述	(264)
③ 解法	(275)
4. 运输企业决策模型	(284)

①运输企业间的决策	(284)
②运输企业内的决策	(291)
5. 模型的应用	(294)
①东北地区的应用	(294)
②在全国铁路运输中的应用	(298)
③全国的应用	(302)
6. 提要及结论	(305)
六、投入产出模型在货运需求预测中的应用	(319)
1. 引言	(319)
2. 意大利的货物运输问题	(319)
3. 运输与其它经济部门的相互作用	(322)
4. 计算货物需求量的动态、多地区投入产出模型	(325)
5. 运输部门的投入产出计算	(330)
6. 用动态多地区投入产出模型模拟货运需求量	(339)
①动态多部门模型	(339)
②多地区模型	(341)
③多地区模型模拟的实例	(346)
七、采用投入产出方法计算区间货流	(351)
1. 引言	(351)
2. 现有模型综述	(352)
3. 货流生成—分布模型 TOMM-D	(358)
4. 数据库	(362)
5. 实例分析	(365)
6. 结论	(368)
八、多货类多方式预测模型及算法	(369)
1. 引言	(369)
2. 网络表示方法	(371)
3. 多方式多货类模型	(375)
4. 解法	(377)
5. 算法的收敛分析	(380)
6. 成本函数	(384)

7. 最短路算法	(387)
8. 计算结果	(389)
9. 结论	(395)
九、评价运输投资经济效果的投入产出法	(396)
1. 引言	(396)
2. 多地区投入产出模型	(398)
3. 短期运输规划的评价	(400)
4. 长期评价的准则	(404)
5. 平衡增长条件	(407)
6. 特征值的灵敏度	(408)
7. 结论	(409)
十、在运输通道分析中货运方式选择的方法	(411)
1. 引言	(411)
2. 运销决策框架	(412)
3. 货物运输中的运销选择	(414)
4. 运销中的运输费用	(420)
5. 运输方式选择模型	(424)
6. 通道中运输方式的选择过程	(429)
十一、货物运输需求预测模型系统的发展趋势	(432)
1. 前言	(432)
2. 需求分析方法	(433)
3. 货流的微观经济分析	(433)
① 生产函数和成本函数	(434)
② 运输需求函数	(436)
③ 货运方式的选择	(438)
④ 货运选择模型的建模	(443)
4. 货流的空间互动模型	(450)
① 重力模型	(451)
② 优化模型	(453)
③ 空间平衡和优化模型	(454)
5. 货物运输的宏观经济模型	(456)

①单一地区投入产出模型.....	(456)
②多地区投入产出模型.....	(461)
十二、道路交通量分配方法的发展.....	(471)
1. 前言.....	(471)
2. 非平衡模型.....	(472)
①全有全无分配模型.....	(472)
②容量约束分配模型.....	(474)
③转换模型.....	(476)
④多路分配模型.....	(477)
⑤综合模型.....	(479)
3. 平衡分配模型.....	(481)
①固定需求平衡分配模型.....	(481)
②弹性需求平衡分配模型.....	(489)
③综合平衡模型.....	(494)

国外综合运输规划方法发展综述

一、引言

我国国民经济和社会发展十年规划和第八个五年计划纲要指出：“交通运输的建设要着眼于2000年或者更远一点时间国民经济发展对运力的需要，搞好综合运输体系的建设”。搞好综合运输体系长远建设的重要前提之一，是要制订好长远规划和短期计划。为此必须加强和重视综合运输体系规划方法的研究与应用。目前，交通部已经制定了公路网规划的编制办法，并颁布了正式文件。我国交通运输网络规划方法的研究和应用，可以追溯到五十年代。当时通过调查研究和技术经济论证，编制了四纵六横航道网发展规划。然后又规划出我国公路国道网，明确了我国公路发展的重点。改革开放以来，尤其是1985年后，交通部组织开展了颇具规模的运输网络规划方法研究与应用工作，并取得了一批成果和应用经验。如全国性的包括“交通系统动态仿真及网络规划”和“运输通道理论和方法”等研究发展项目。省级的包括辽宁和江苏区域网络规划理论与方法。与此同时，规划部门也开展了网络规划方法的研究与应用，如全国国道主干线公路网络规划，吉林省综合运网规划，福建省、北京市、天津市等的公路网规划。但是，我国综合运输规划方法的研究和应用，还远远满足不了当前和今后交通运输发展的要求，与工业发达国家相比，还存在很大的差距。因此，很有必要借鉴国外的先进技术和经验，尽快开发出适合我国特点的先进、完善、科学的综合运输规划方法体系。

二、国外综合运输规划方法的发展

1 综合运输规划方法的概念

综合运输即多种运输方式综合协调发展，其规划就是确定综合运输发展目标（与社会经济发展相配合的目标），设计达到该目标的过程。前者主要包括运输需求预测；后者主要涉及运输供给（运输物质设施）方案的设计、评价和选择等。运输需求预测是运输物质设施需求预测的基础和关键，因此，其在整个运输规划过程中受到更多的注意。因为运输需求预测产生重大误差，可能导致运输设施投资成本的增大，效率的下降。这样的设施一旦启用，可能由于地理和社会经济等因素不易变更，而使其造成的浪费永久化和扩大化。可以认为，运输需求预测代表运输规划或包括运输需求预测和运输供给选择。运输需求预测过程包括建模和预测两大部分。运输需求预测模型的建立（建模），最常用的方法是确定各说明变量和交通量间的关系，即确定主要运输需求因素和运输的空间分布、时间变化特点间的相互作用关系式。这种关系式（方程或模型）的推导和标定需要利用现况调查数据，包括运网描述和利用数据、社会经济数据等。这些模型即所谓的综合运输规划方法，在得到证明之后，就可用于预测未来运输网络或设施的需求。

2. 综合运输规划方法的发展

在国外，综合运输规划或综合运输需求分析，与有组织的运输一样古老。古代文明所建造的复杂和完善的运输网络是在对运输需求进行某种分析之后形成的。对资源和社会经济活动分布与运输需求间关系的研究也不是近年来才产生的。早在19世纪中叶，考尔（Kohl, 1850）就研究了资源的地区分布与运网形状间的关系。这被认为是最早的运输需求分析，他讨论了那时可利用的运输技术特性对交通的影响，于是承认了运输需求和供给间的相互作用。目前公认的重力模型的最早形式是莱文斯（Ravenstein,

1895) 在研究城市间人口移迁方式时提出的。在19世纪前半期, 一些社会学家和社会地理学家对运输需求分析的发展作出了贡献。雷利 (Reilly, 1929) 对零售重力模型的研究, 斯托芬 (Stouffer, 1948) 对空间互作用模型的研究, 及济普 (Zipf, 1946) 对城间出行重力模型的研究, 代表当时的运输需求分析研究水平, 构成目前大多数运输需求分析研究的基础。随后, 运输需求分析出现了两大发展。首先是解释城市土地利用和出行活动间关系的城市运输需求模型, 虽然近年来在类别需求分析方面的发展似乎使土地利用法相形失色, 但土地利用和运输间的关系继续在运输需求分析的研究中占据重要地位。第二个重要发展大概是贝克曼 (Beckmann, 1955) 等人的研究。他们将一般经济需求和供给的微观形式用于运输中, 很明确地构造出运输需求和供给间的平衡模型。这项研究构成随后运输需求分析大多数研究的重要基础。运输规划在本世纪中期已成为各国特别重要的任务, 这为运输需求分析的加速发展提供了重要活动平台。在不同规模城市所进行的大量运输规划的研究, 为运输需求分析法的普遍推广应用, 提供了大量的实践经验。此时, 运输需求模型和土地利用模型同时得到发展。在这些城市运输的研究中, 重点放在客运方面, 对货流方面的研究则是随后的事情。

运输需求分析的最新发展包括大量的概念和分析方法的应用。首先, 大概最为重要的是出行行为概念的采用。此时, 微观经济学理论的基本假设成为需求分析法发展的主要推动因素。在此概念中, 旅行者或货主被认为是一个有理性的人, 他力求使其社会经济活动 (包括旅行和运输) 的效用最大化。效用最大化模型现在被用于导出下述分模型, 即出行生成模型、出行方式和路线选择模型及货主行为模型等。出行需求量不一定直接与土地利用的指标有关, 但有可能直接根据下述假设导出, 即用户的社会经济特点的假设及在各种物质、经济环境下社会生产活动集合

方面的假设。一个与此密切相关且符合逻辑的发展是，研究人类对运输需求和供给属性所持态度的定量问题。这种研究的主要意图是想把一直被认为是严格定性的旅行者行为的一些方面量化，如人对运输系统属性感觉的心理特征，及不可能用一般方法表示的出行方式的选择问题。近年来在这方面的研究已十分普遍。毫无疑问，这些研究将导致对运输需求性质的更好理解。且能对运输需求模型进行更确切的说明。由于能够对运输需求和效用的一些方面进行量化处理，因此，近十年来引起经济学界和社会学界的极大关注。因为这些问题的量化处理，有助于解决目前尚不能明确求解的资源分配问题。但是，必须指出，除非提高对人的行为方式和选择的预测能力，否则就无法将预测运输需求和影响的行为模型，变为在实际条件下可应用的模型。在运输规划中所用的需求分析法，一般受预测方法本身发展水平的限制。但是，这并不妨碍对运输需求的性质进行研究。因为改进预测能力可以更好地理解被预测对象的本身。

运输需求分析最新发展的另一个重要方面，是确认旅行和运输决策中所包括的重要随机因素。即使人们以理性的方式进行活动，且始终如一的这样做，但是存在一些干扰因素，使得在决策过程重复进行时，行为方式不能精确重复进行。由于模型不能包括上述干扰因素的全部影响，及行为过程本身尚未得到充分认识，因此，即使在决策人员的思想中，目前也认为各种需求模型中存在随机因素。将随机因素包括在运输需求模型中，并采用概率统计法作分析工具，目前的研究已达到较高的水平。运输需求预测模型的标定法、有效性检验法及数据调查法，目前也已达到比较成熟的阶段，因此大大降低了运输规划研究与应用的费用。

在运输需求分析方法研究取得较大进展的同时，其成果的应用推广也达到较高的水平。美国运输规划方法的研究，大多数都结合实际的全国或地区运输网络规划和通道运输工程项目进行。

如宾夕法尼亚州和密执安州等的全州运输网络规划，东北通道多方式运输规划等。1962年美国通过公路法案，并建立了适用于全国公路网络规划的法定程序。该程序包括4个阶段，即基年现况调查、模型分析、出行预测和网络评价。该法案的通过，进一步刺激和推动了运输规划方法的研究与应用。目前美国已有适用于城市和地区（州）运输规划的计算机软件包，并广泛在规划实践中得到应用。

三、综合运输规划方法的组成

综合运输规划方法一般分客运和货运两大类型，可以分别建模和预测。为综合成整体预测模型系统，各模型间需进行信息传递、变换和反馈。

1. 客运需求分析模型

自客运需求分析模型五十年代初首次在美国底特律、华盛顿和芝加哥市大规模运输规划研究中得到应用以来，已发展了两代模型。第一代称之为传统聚类出行需求模型；第二代称为类别随机效用出行方式选择模型。第一代模型强调与出行方式有关的出行量在网络中的分布型式是综合的（聚类）。这类模型在建模的过程中将城市地区划分为若干个独立地理单位集合（称为交通分区），其所利用的数据是在交通分区基础上的社会经济变量、土地利用变量和运输系统变量数值的集合。交通分区在出行预测中，被认为是基本行为单位。第一代客运需求模型最著名的是美国60年代广泛使用的聚类城市运输模型系统方法（UTMS），该方法适用于大城市运输规划。这种客运需求预测模型包括众所周知的4阶段顺序子模型，即出行生成、出行分布、方式分担和路线交通量分配子模型，所以又称为4段规划模型系统。

第二代客运需求模型建模的基本依据是离散随机出行方式选择理论。这种方法早在70年代初期就引起了人们的注意，并逐渐在运输部门得到认可。类别出行方式选择模型与第一代模型相比，

在理论和实践方面都有很多优点。首先，其公式推导和标定是在个体旅行者一级进行的；它的建模以明确的人的行为原则（最大效用原则）为依据；而第二代模型仅依靠综合统计分析所导出的关系来建模。其次，在数据统计分析方面有较高的效率。最后它可用于任何规模的地区的运输需求分析。

应指出，上述聚类模型目前已有了很大的改进。这些改进包括用家庭和个人类别分析法解决出行生成的问题；将综合成本概念（微观参数）包括在熵最大模型系统中；及将出行需求预测的各个阶段相互发生联系。因此，在许多方面，聚类分析或第一代模型与类别分析或第二代模型间已没有明显的区别。如果有区别的话，仅在数据分析的层次上不同。两种模型不能相互取代，在运输规划和政策制定方面各有各的作用。

2. 货运需求分析模型

货运需求分析有三种基本方法。第一种是微观经济分析法。在这种方法中，货运需求分析的基本决策单位是潜在的运输用户，即企业。第二种是空间互动建模法。就性质而言，这是一种聚类或集合模型。根据此方法，超额的货物和短缺的货物分别位于空间的不同地点；然后假定，从各种货物的超额供给的各个地点到需求过大的各个地点出现各种货流。这种方法常用的模型是空间互动重力模型和出行分布优化模型。第三种是宏观经济分析法。这种方法一般借助于投入产出模型对各经济部门间的相互关系进行分析。若将运输视为一个经济部门，那么就可分析其它部门对运输的需求，然后将此需求转换成货流。适于进行这类分析的方法是多地区投入产出建模法。用宏观经济分析法构造的货运需求模型，可能是聚类分析模型。

货流的微观经济分析。以微观经济理论为基础的货运需求分析法，其基本假定条件是，货运需求分析的决策单位是从事某种经济活动的一个企业或个人，可能是某种产品的生产者；为从事

这种产品的生产，该企业必须从不同的空间地点输入一些物资；或者作为销售过程的一部分，必须将这种产品运到各个地点。这个企业也可能是从事商品销售和其它服务的零售商，需要将货物从其它地区运到零售地。在这种情况下，可根据描述该零售商所服务地区各种消费需求的消费函数来估计该零售商对各种货物的需求量；此消费函数可用一般微观经济需求理论导出。

分析一个企业对货物运输的需求量，首先要考虑该企业对货物本身的需求；然后，根据这种需求量导出运输需求量函数。为此，需考虑企业生产产品的过程（即生产过程），生产水平的确定过程及销售过程。采用这种方的货运分析模型一般包括一系列顺序模型。

生产函数和成本函数。假如一个企业生产的各种产品可用一个产品向量 Z 描述；生产所需的各种输入物资可用输入物资向量 X 描述。该企业采用的各种生产工序可用 Z 和 X 间的函数关系式描述。一般，这些工序可用下述形式的一族函数描述：

$$P(Z, X) = 0 \quad (1)$$

式中， P 代表生产函数。具体生产工艺的选择一般假定是下述优化过程的产物，即在不同输入物资 X 的价格给定下，该企业力求在此过程中找出生产成本最低的工序。设输入物资 X 的价格由价格向量 W 给出，生产工序的选择服从下述优化法，即总生产成本 $C(Z, W)$ 在下述约束条件下取最小值。其约束条件是，各输入物资的组合满足生产函数。

$$M_i, C(Z, W) = WX \quad (2)$$

满足约束条件： $P(Z, X) = 0$

该函数的最优解是给定产量 Z 下的生产成本（由成本函数 $C(Z, W)$ 给出）和生产过程中每种投入物的价值的集合。

运输需求量函数。企业对运输的需求量可根据它对不同输入物资的需求量导出。这可以通过直接考虑成本函数且重新规定每