

【文章编号】1672-5328(2005)01-0055-07

美国物流交通中的城市卡车模拟

陈雪明

(美国北岭加州州立大学城市研究与规划系, 美国北岭 91330)

【摘要】 卡车是城市地区的主要物流交通工具。卡车模拟在出行目的、卡车重量类型、货物种类、土地利用形式、模拟过程、预处理等多个方面同传统的四阶段交通需求模拟不同。卡车模型一般由出行发生、出行分布和出行分配这三个子模型组成。出行发生首先确定同土地利用和社会经济变量有关的卡车内部出行发生率, 再使用交叉分类方法来确定各种不同类型的卡车内部出行发生量, 而模型区内外之间的卡车出行发生量则根据物流调查数据来估算。出行分布的主要模型为重力模型, 其模型结果通常运用调整因子来调整, 出行分配将经过预处理后的出行量分配到公路网络上。洛杉矶卡车模型目前在全美卡车模型中居领先地位, CUBE CARGO是一个日益受到重视的物流交通预测软件, 在洛杉矶地区获得了初步的成功。

【关键词】 物流; 卡车; 出行; 预测; 模型

【中图分类号】 U491.1+23 **【文献标识码】** A

Urban Truck Modeling in the U.S. Logistics Transportation

CHEN Xueming

(California State University, Department of Urban Studies and Planning, Northridge 91330, U.S.)

Abstract: Truck is the major urban logistics transportation mode. Truck modeling distinguishes itself from conventional four-step travel demand modeling in many aspects, such as trip purposes, truck gross vehicle weight classifications, commodity types, land use patterns, modeling process, and preprocessing. Generally speaking, a truck model includes three submodels of trip generation, trip distribution, and trip assignment. Trip generation first determines truck internal trip rates associated with land use and socioeconomic variables, then uses cross-classification methodology to estimate various types of truck internal trips. External trips with one trip end outside of the modeling area are estimated from the commodity flow data. Trip distribution is primarily undertaken by running a gravity model, the results from which are adjusted through different factoring procedures. Trip assignment assigns preprocessed trips to highway networks. At present, the Los Angeles truck model is among the leading truck models in the U.S. CUBE-CARGO is becoming an increasingly important logistics transportation forecasting software, meeting its early success in the Los Angeles area.

Keywords: logistics; truck; trip; forecasting; model

物流交通系统的传统运输载体包括飞机、轮船、火车和卡车。飞机、轮船和火车主要承担远距离的、城际的、区际的或国际的货物运输, 而卡车则是城市内部货物运输的主要载体, 属于商用车辆范畴。2002

年, 美国的卡车运输成本为4 620亿美元, 占物流总成本的63%和当年国内生产总值GDP的4.4%, 由此可见卡车运输的重要性。在美国整个城市地区车辆行驶总里程中大约有2.7%是由卡车产生的, 加剧了城市

收稿日期: 2004-12-28

作者简介: 陈雪明(1962—), 男, 美国南加利福尼亚大学城市与区域规划学博士, 北岭加州州立大学城市研究与规划系兼职教授, 专业注册规划师。E-mail: xueming.chen@csun.edu

交通的拥挤程度^[1]。鉴于这种情况，美国国会1991年要求各州和大都会规划组织在制定长期交通规划时必须要将卡车货运包括在内，从而使得城市卡车模拟成为交通规划的一部分。本文试图向国内同行介绍一下美国物流交通中的城市卡车模拟这一领域里的最新研究进展。

1 对城市卡车模拟的基本认识

本文中的卡车模拟指的是在四阶段交通需求模型框架下的，以交通分析小区(Traffic Analysis Zone, TAZ)和公路网络为基础的卡车模拟。由于四阶段交通需求模型仍然是交通规划技术分析的核心，城市卡车模拟适合在这个框架下进行，并作适当的修正。

卡车模拟是对货流的模拟，而传统的交通需求模型是对客流的模拟。充分认识两者之间的相似性和差异性对于认识城市卡车模拟是十分重要的。

1.1 货流模拟和客流模拟的相似性和差异性

在相似性方面，货流和客流均要使用车辆和道路系统，同时均有发生源和吸引源。两者的模拟过程也大体相似，包括出行发生、出行分布、运具选择、出行在路网上的分配等模型使用。交通分析小区是交通需求模型的最基本地理单位。

但是货流和客流之间仍然存在着巨大的差异。首先，客流主要使用轻型或中型车辆，例如轿车和巴士。乘坐火车上下班的出行量占整个总客流出行量的比例极低。而货流主要使用重型车辆，近距离为卡车，远距离为火车。同轿车相比，卡车需要更宽的道路，更大的交叉口转弯半径和专门的装卸地点。因此，对城市土地利用的影响较大。

第二，客流模型一般以居住地作为出行发生源，以工作地作为出行吸引源。因此，人口、住房和收入是影响出行发生的基本变量，而就业人口(零售业、服务业及其他)是影响出行吸引的主要因子。在货流模型中，出行发生源包括机场、港口、仓库和工商业用地，而出行吸引源(消费)则包括工商业用地和居住用地。反映在出行目的上，客流出行目的包括基于住家的出行目的(住家—工作地、住家—学校、住家—购物等)和不基于住家的出行目的(工作地—其他、其他—工作地等)，而货流出行目的的主要包括不基于住家的出行目的(仓库—商店、港口—工厂、批发—零

售等)。

第三，客流的高峰时间同货流的高峰时间是不同的。客流的高峰时间同上班、下班通勤时间相吻合，而货流的高峰时间往往同客流的非高峰时间相同，两者高峰时间之间有一个时间差。许多长途货运均在晚上进行，这样可以提高卡车的行驶速度。

第四，由于卡车的体积和占地要比轻型轿车大的多，通常需要对卡车出行分配进行特殊的预处理。主要有两个预处理方法：一是对那些不宜卡车行驶的路段在交通网络上予以特殊的标记或增加惩罚性时间；二是将卡车出行量转变成相应的轻型轿车出行量，然后再分配到交通网络中。

1.2 美国城市卡车模拟的基本过程

1996年9月，美国交通部发表了一份标题为“快速反应货运手册(Quick Response Freight Manual)”的研究报告，该报告提出了在四阶段交通需求模型框架下进行商用车辆模拟的方法^[2]。2004年3月，美国交通部属下的联邦公路总署又发表了一份标题为“城市交通模型中的商用车辆(Accounting for Commercial Vehicles in Urban Transportation Models)”的研究报告，对商用车辆的模拟方法进行了系统的研究。这两项权威研究均是由美国交通部委托著名交通咨询公司剑桥系统研究所(Cambridge Systematics, Inc., CSI)完成的。

卡车模拟是商用车辆模拟的重要部分。图1表示美国城市卡车模拟的基本过程。目前，全美一些大城市拥有卡车模型，虽然各个模型的具体假设不尽相

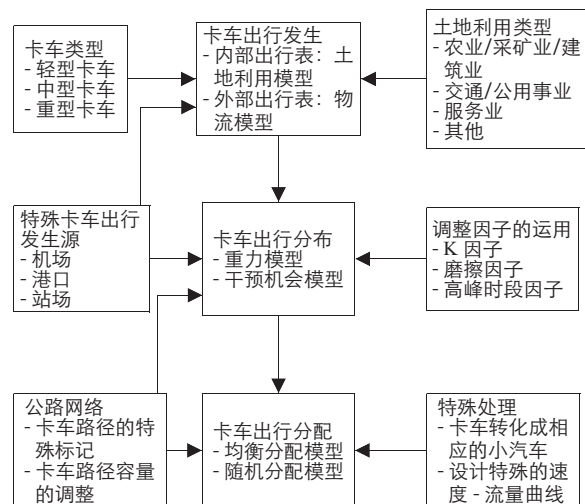


图1 美国城市卡车模型流程图

Fig.1 Urban truck modeling flowchart in U.S.

同,但是基本程序大同小异。同客流模型显著不同的是,卡车模型由于其运输工具已经确定,因此,只包括三个阶段的模拟过程:卡车出行发生(Trip Generation)、卡车出行分布(Trip Distribution)和卡车出行分配(Trip Assignment)。

1) 卡车出行发生

这个过程的目的要确定卡车出行表。卡车模型包括两种类型的出行表:第一种是内部出行表,卡车出行的起讫点均位于模型区内部,即内部到内部(I—I)出行;第二种是外部出行表,卡车出行起讫点中至少有一端位于模型区以外,即内部到外部(I—E)出行、外部到内部(E—I)出行和外部到外部(E—E)出行。如图2所示。

当然,一个区域的卡车出行量还受特殊卡车出行发生源的影响,例如机场、港口、铁路站场等。一般通过专门的卡车出行调查来确定来自这些发生源的卡车流量。

卡车的内部出行表通过基于土地利用的模型来估算,关键要确定按照土地利用类型和卡车类型划分的每户或每员工每天平均卡车出行率。土地利用类型根据北美工业划分标准进行。卡车类型按照总重量(Gross Vehicle Weight, GVW)划分,总重量是卡车本身重量加上负荷重量。由于无法获得模型区以外的社会经济数据,并且卡车的外部出行一般是长途货运,因此,卡车的外部出行表通常运用物流模型来估算。物流模型的数据来源为对边界站(Cordon Station)出入境卡车流量(Commodity Flow)的调查。物流模型首先确定模型区内、外之间的物流量,再将物流量转变成卡车出行量。

2) 卡车出行分布

卡车出行分布过程是要确定各个小区之间的卡车出行量。同传统的客流模型一样,最主要的卡车出行分布模型为重力模型(Gravity Model)。该模型的主要参数包括:出行发生量、出行吸引力、小区之间的摩擦力以及其他调正因子。小区之间的摩擦力根据公路网络中的出行时间和费用来确定。重力模型确定的卡车出行分布量还要根据专门的卡车调查数据,例如对特殊发生源的卡车进行调查,加以修正。少数地区也使用干预机会模型来确定区域之间的空间相互作用。

3) 卡车出行分配

卡车出行分配就是将卡车出行表分配到公路网络中,以确定各个路段的卡车流量。由于卡车占地

大,加、减速过程同普通车辆不同,在卡车出行表分配前必须对公路网络进行预处理。具体包括:对卡车无法行驶的路段进行特殊的标记,使得卡车流量不能被分配到这些路段中;对卡车行驶路段的汽车通行能力进行必要的调整;加入卡车专用道等。卡车出行量先转化成相应的普通车流量(Passenger Cars Equivalent, PCE)再进行网络分配。换言之,卡车出行量被间接地分配到公路网络上。

卡车出行分配模型以均衡分配(Equilibrium Assignment)模型为主,以随机分配(Stochastic Assignment)模型为辅。前者用于高峰时段的分配,后者用于非高峰时段的分配。

卡车模型分配结果通过同卡车调查的实际数据对比,来进行参数调正和模型有效性确认。

2 美国城市卡车模拟实例

2.1 洛杉矶卡车模型

1999年建成的洛杉矶卡车模型是全美迄今为止最先进和最复杂的模型。根据加州空气资源局(California Air Resources Board, CARB)的定义,重型卡车是总重量为8 500 lb^①的卡车。为了确定不同重量卡车对空气污染的影响,位于洛杉矶的南加州政府协会(Southern California Association of Governments, SCAG)进一步将重型卡车分成三种类型:①轻重型卡车:总重量为8 500~14 000 lb;②中重型卡车:总重量为14 000~33 000 lb;③重重型卡车:总重量为33 000 lb

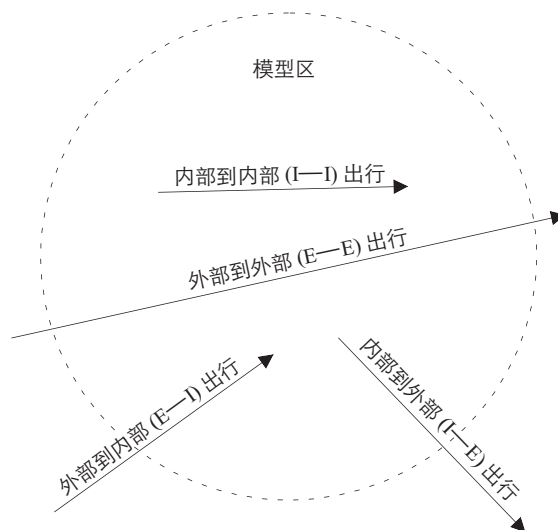


图2 不同类型的卡车出行

Fig.2 Different types of truck trips

以上^[3]。卡车模型分别计算这三种类型卡车的行驶距离以确定排污量。

南加州政府协会应用交通小区层次的社会经济数据，通过基于土地利用的回归模型估算卡车内部出行发生率，变量包括就业类型(居住，农业、采矿业、建筑业，零售业，政府，制造业，交通、公用事业，批发业及其他)、卡车类型、卡车出行量等。表1为南加州卡车内部出行发生率。

卡车内部出行发生率确定以后，通过交叉分类方法(Cross-Classification Methodology)确定南加州的每天卡车发生量，如表2所示。

基于物流的卡车外部出行模型分两步进行。第一步，通过物流数据来估算卡车出行量；第二步，通过土地利用中的就业数据将卡车出行量分配到交通小区层面。此外，洛杉矶卡车模型还包括了港口、机场、铁路转运设施等特殊卡车出行发生源在内，不同的特殊卡车出行发生源有不同的特殊出行表。

在南加州地区，卡车内部出行距离同卡车重量有关：轻重型卡车为5.592 mi^②，中重型卡车为12.827 mi，重重型卡车为23.914 mi。根据加州公路卡车调查数据，每天卡车出行量再分成不同的时段：上午高峰时段，中午非高峰时段，下午高峰时段，晚上非高峰时段。

在分时段卡车出行量被分配到公路网络以前还需要进行预处理，即调高卡车行驶路段的通行能力和将卡车出行量转化成相应的小汽车出行量。高峰时段的分配运用均衡分配模型，而非高峰时段的分配运用随机分配模型。

在洛杉矶地区，卡车的PCE是卡车行驶路段的坡度因子和拥挤因子之积。坡度因子根据卡车类型取值，轻重型卡车取1.2~3.6，中重型卡车取1.5~4.5，重重型卡车取2.0~6.0；拥挤因子取1.0~1.3。

由于卡车出行量被转化成相应的小汽车出行量，再同代表客流的其他小汽车出行量加在一起被分配到网络中。除了卡车专用道以外，实际上无法确定卡车和小汽车混合流路段上卡车的行驶速度。卡车通常行驶在受车辆进出干扰较大的外车道，同时其加、减

速度要比小汽车慢得多。因此，卡车的实际行驶速度要低于路段的平均行驶速度。鉴于这个事实，洛杉矶地区根据高速公路行驶速度的调查数据得出高速公路卡车行驶速度估算公式：卡车行驶速度 = 0.31 + 0.9657 × 平均高速公路行驶速度。

2.2 美国其他城市的卡车模型

同洛杉矶卡车模型一样，西雅图卡车模型也是一种既基于车辆又基于物流的混合型模型。芝加哥、亚特兰大、旧金山、布法罗和凤凰城的卡车模型基本上属于基于车辆的模型，而波特兰的卡车模型则是基于物流的模型。

表1 南加州卡车内部出行发生率

Tab.1 Truck internal trip generation rates in southern California

| 就业类型 | 单位 | 轻重型卡车 | 中重型卡车 | 重重型卡车 |
|------------|-----------------|--------|--------|--------|
| 居住 | 平均卡车出行次数/(户·d) | 0.0390 | 0.0087 | 0.0023 |
| 农业/采矿业/建筑业 | 平均卡车出行次数/(员工·d) | 0.0513 | 0.0836 | 0.0569 |
| 零售业 | 平均卡车出行次数/(员工·d) | 0.0605 | 0.0962 | 0.0359 |
| 政府 | 平均卡车出行次数/(员工·d) | 0.0080 | 0.0022 | 0.0430 |
| 制造业 | 平均卡车出行次数/(员工·d) | 0.0353 | 0.0575 | 0.0391 |
| 交通/公用事业 | 平均卡车出行次数/(员工·d) | 0.2043 | 0.0457 | 0.1578 |
| 批发业 | 平均卡车出行次数/(员工·d) | 0.0393 | 0.0650 | 0.0633 |
| 其他 | 平均卡车出行次数/(员工·d) | 0.0091 | 0.0141 | 0.0030 |

数据来源：Southern California Association of Governments. 2003. Year 2000 Model Validation & Summary.

表2 南加州每天卡车发生量

Tab.2 Daily truck trips in southern California

| 就业类型 | 轻重型卡车 | 中重型卡车 | 重重型卡车 | 总计 |
|------------|---------|---------|---------|-----------|
| 居住 | 208 423 | 46 494 | 12 292 | 267 209 |
| 农业/采矿业/建筑业 | 23 524 | 38 336 | 26 092 | 87 952 |
| 零售业 | 75 651 | 120 292 | 44 891 | 240 834 |
| 政府 | 4 661 | 1 282 | 25 053 | 30 996 |
| 制造业 | 37 602 | 61 250 | 41 650 | 140 502 |
| 交通/公用事业 | 63 917 | 14 298 | 49 369 | 127 584 |
| 批发业 | 18 808 | 31 585 | 30 293 | 80 686 |
| 其他 | 29 743 | 46 086 | 9 806 | 85 635 |
| 总计 | 462 329 | 359 623 | 239 446 | 1 061 398 |

数据来源：Southern California Association of Governments. 2003. Year 2000 Model Validation & Summary.

从模型开发的时间上来看,芝加哥和费城的卡车模型开发得较早,有30年以上的历史,芝加哥地区交通研究所是美国开发客流和货流模型的先驱。巴尔的摩卡车模型是从凤凰城卡车模型经过参数改变而来的^[4]。

在构建卡车模型之前必须要进行卡车调查。有些卡车调查由规划单位直接负责,而另一些卡车调查则委托私人交通咨询公司进行。例如,1996年,受亚特兰大区域委员会的委托,NuStats国际公司进行了亚特兰大地区商用车辆调查^[5]。同年,丹佛区域政府协会同区域交通局、科罗拉多交通厅和区域空气质量局合作开展了区域出行行为调查。

卡车模型主要运用以下几个软件:Tranplan, TP+, EMME/2, CUBE CARGO。在这个领域里较著名的私人交通咨询公司为:剑桥系统研究所(Cambridge Systematics, Inc.)、施伟拔公司(Wilbur Smith Associates)、柏诚公司(PBQ&D)、NuStats国际公司(NuStats International)等。

3 物流需求预测软件: CUBE CARGO

在美国交通界近几年来出现的新交通预测模型软件中,由美国Citilabs公司开发的CUBE是一个相当引人注目的软件,目前正在全美各地被广泛地应用着。CUBE软件具有三个突出的特点:首先是它的综合性,试图涵盖全部的交通模拟领域,例如,客流预测、物流预测、多运具微观模拟、矩阵估计、动态模拟等;其次是它和地理信息系统技术,尤其是和ArcGIS的成

功结合;第三是它同现有主要模型软件的相互兼容,例如,Viper、TP+、TRIPS、TRANPLAN、Minutp等。CUBE也在开发中文版,相信今后在中国交通领域也有广阔的市场。

3.1 CUBE的组成部分和应用范围

CUBE由两大部分组成:CUBE BASE(CUBE系统界面)和CUBE EXTENSIONS(CUBE具体应用)。CUBE EXTENSIONS又包括CUBE VOYAGER、CUBE CARGO、CUBE ME、CUBE DYNASIM、CUBE POLAR等应用软件,见图3。这种结构使得专业规划师可以根据需要不断灵活地增加新的应用软件,而不必建立新的系统界面或者构建其他规划数据库。

1) CUBE BASE

CUBE BASE是整个CUBE系统的用户界面,提供交互式数据输入、输出和分析,通过ArcGIS提供地理信息系统功能,进行模型构建、运行、方案比较等。这个用户界面将模型、数据和地理信息系统有机地结合起来,使得模型过程更为直观、透明和顺畅。CUBE BASE使得用户可以运行CUBE VOYAGER、CUBE CARGO、CUBE ME、CUBE POLAR、TP+、TRIPS、TRANPLAN等模型。

CUBE BASE通过以下5个步骤来设计和测试模型:①建立项目名称,指定输入数据的位置;②使用一个下拉的菜单来选择模型功能,每个模型步骤包括左面的输入数据和右面的输出数据;③连接网络,小区数据等,将不同模型步骤中的数据流连接起来;④使用菜单和其他方便的方式输入模型参数;⑤点击具体的模型步骤进行模拟。

2) CUBE VOYAGER

这个扩充软件用于客流预测,使用模块式结构和程序式结构来运行各种不同软件。例如,传统的四步骤模型、离散选择,以及基于活动的模型。其中先进的方法包括公路分析中的基于功能的容量限制,多路径公共交通路径寻找和出行分配。其他特点还包括高度灵活的网络和矩阵计算,以及无限制的数据规模等。

3) CUBE CARGO

该软件用于物流预测,将在下一节里作较详细的介绍。

4) CUBE ME

用于构建和修改矩阵,例如基础年的汽车、卡

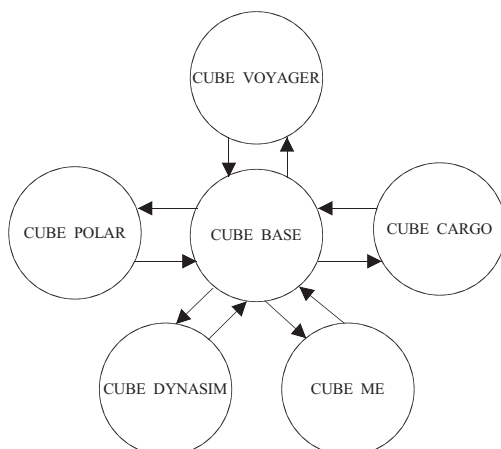


图3 CUBE软件结构图

Fig.3 CUBE software structure diagram

车、公共交通出行表等。

5) CUBE DYNASIM

用于多运具的微观模拟，可以用三维图像来模拟汽车、行人、卡车、公共汽车和铁路车辆的行驶和相互作用。

6) CUBE POLAR

用于计算空气污染和能源消耗。通过出行的公路网络分配，加入车辆分类，燃油特点和速度方面的假设来计算空气污染。

3.2 CUBE CARGO的功能和具体运用

CUBE CARGO的基本原理来自于德国全国货运预测模型的研究。后来，其方法和参数又在其他国家得到应用和修改。以洛杉矶为例来说明CUBE CARGO的应用情况^[6]，见图4。

1) 基本参数

CUBE CARGO的基本参数包括：交通分析小区一级的社会经济数据，包括人口、住房和就业；交通网络；交通分析小区之间不同运具之间的门到门出行时间和费用；现有的物流矩阵。

2) 物流的发生

CUBE CARGO按照不同货物类型估算各区的物流发生量和消费量。具体估计方法为：对于社会经济指标进行回归模拟，模拟的参数和常量通过观测的物流数据库进行校正和确定；特殊发生源用来代表产生于外部的货流；趋势率用来代表生成效率和其他无法在回归模型中代表的因素；用户指定的值用来代表出口到外部区的生成量和进入到内部区的流量；进出口增长率用来代表进出口水平的变化。

3) 物流的分布

这一步是根据物品种类，将发生的物流分布到起始物流矩阵中去。这些物流矩阵又分成长途和短途物流矩阵。

①模型根据物品种类将物品按照百分比分成短途和长途。短途的物流使用卡车，根据重力模型来分配，不需要经过运具选择模型。长途物流则根据不同的运具使用不同的重力模型来分配。

②趋势率根据物品种类来代表和修正短途和长途物流的百分比变化。

③模型假设长途物流被分成吸引到内部和外部区域的物流。例如，加州被认为是内部区域，而美国其他地区、加拿大和墨西哥则被认为是外部区域。外

部比例由用户根据趋势来估算。

④重力模型参数按照物品种类分别对长途和短途物流进行估算。

4) 物流的运具选择

这个模型将长途物流矩阵按照物品种类分成不同的运具，包括卡车、铁路和空运。

①模型只用于长途物流，短途物流只用卡车，因此不需要运具选择模型。

②模型参数包括出行时间、出行费用和常数。通常使用观测到的实际数据对模型进行参数估计。

③模型可以根据不同距离进行分类，估计物流对于距离的敏感度。

5) 交通物流节点模型(Transport Logistics Nodes Model)

该模型将长途矩阵中的物流按照运具和物品分成直接物流和交通链物流。这些交通链物流并不直接从发生区到消费区，而是经过一个交通物流节点。这个模型的特点是：多位置节点由用户定义；节点的服务区由用户定义；节点所在区和服务区也由用户定义。

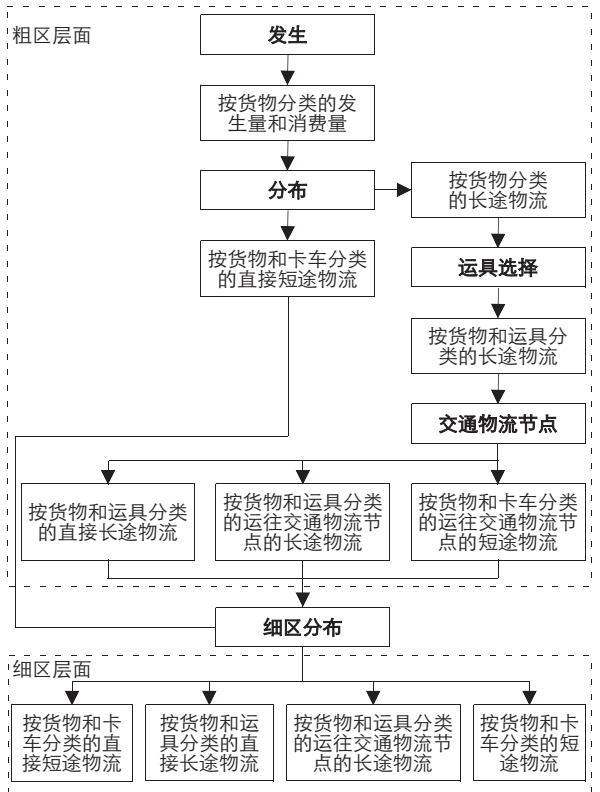


图4 CUBE CARGO软件在洛杉矶地区的模拟流程图
 Fig.4 Modeling flowchart of CUBE CARGO in the Los Angeles area

该模型产生一系列起始物流矩阵：按照运具和物品分类的长途直接物流；按照运具和物品分类的长经过交通物流节点的物流；使用卡车，按照物品类型来往于交通物流节点之间的短途物流。

6) 细区分布模型(Fine Distribution Model)

该模型将物流矩阵从粗区分配到细区。模型至今只用在粗区(例如郡)的层面上，因为只有在这个层面上才能找到数据。模拟过程如下：

①将粗区分成几个细区，使用根据细区数据和参数估计的一个权重建立细区的子矩阵，使用一个重力模型来填充矩阵元素数值。

②交通物流节点模型在细区层面上产生4组矩阵：按照运具和物品分类的长途直接物流；按照运具和物品分类的长途交通物流节点物流；按照卡车和物品种类分类的短途直接物流；按照卡车和物品种类分类的短途交通物流节点物流。

CUBE CARGO软件目前正在完善中，相信在今后几年里将得到更广泛的应用。

4 城市卡车模型的未来发展趋势

在不远的未来，以下三个模型将在城市卡车模拟中变得越来越重要。

第一个模型是基于巡回的模型(Tour-Based Models)。一个巡回指的是从起点到终点，又回到起点的整个历程，由一系列出行组成。基于巡回的模型要求对城市卡车经过的路段和停车地点进行整体的模拟，在出行目的、卡车类型、数据调查和模拟方法方面同传统的基于出行的模型(Trip-Based Models)有很大的不同。

第二个模型是供应链模型(Supply Chain Models)。这个模型将对从物流分配—仓库—零售商—消费者的整个供应链进行模拟，这些供应链再转化成所需的城市卡车出行量。

第三个模型是整合模型(Integrated Models)，从整合土地利用和人口的角度来估算个人和商用车辆的出行。

5 结语

本文重点介绍城市卡车模拟在美国的应用现状和

CUBE CARGO这个日益重要的物流交通预测软件。

CUBE是一个日益受到重视和得到应用的交通预测软件。目前，许多城市交通规划机构都在测试比较以下四个交通预测软件的优缺点：TRANPLAN、EMME/2、TRANSCAD和CUBE。美国交通界对到底哪一个交通预测软件最优还没有一定的结论，不同机构有不同的偏好。CUBE在同地理信息系统的结合以及模拟过程的规范化、程序化和透明化方面有相当大的优势，从而使得CUBE CARGO成为一个重要的物流交通预测软件。

在不远的未来，基于巡回的模型、供应链模型和整合模型将成为重要的物流交通模型。

注释

① 1 lb = 0.4536 kg

② 1 mi = 1.61 km

参考文献

- 1 Cambridge Systematics, Inc. Accounting for Commercial Vehicles in Urban Transportation Models - Summary Report [R]. Boston, Massachusetts: Prepared for the Federal Highway Administration, 2004
- 2 Cambridge Systematics, Inc. Quick Response Freight Manual [R]. Boston, Massachusetts: Prepared for the U. S. Department of Transportation, 1996
- 3 Southern California Association of Governments. Year 2000 Model Validation & Summary [R]. Los Angeles, California: Southern California Association of Governments, 2003
- 4 Cambridge Systematics, Inc. Development of an Urban Truck Travel Model for the Phoenix Metropolitan Area [R]. Phoenix, Arizona: Cambridge Systematics, Inc, 1992
- 5 Atlanta Regional Commission. Atlanta Transportation Regional Plan: Appendix IV-Modeling Documentation [R]. Atlanta, Georgia: Atlanta Regional Commission, 1998
- 6 Los Angeles County Metropolitan Transportation Authority. Developing a Truck/Freight Model for the Los Angeles Metropolitan Area [R]. Los Angeles, California: Los Angeles County Metropolitan Transportation Authority, 2004