

城市用地开发交通影响分析的案例解析

Exemplary Studies for Site Impact Traffic Evaluation

易汉文

(美国加州交通部, 加利福尼亚, 92110)

Yi Hanwen

(California Department of Transportation, California 92110, U.S.A.)

摘要: 对三个用地开发项目交通影响分析的实际案例分别从不同的侧面进行了解析。案例A是对居住零售用地项目的交通影响分析, 比较系统地演示了开展项目交通影响分析的主要步骤, 包括分析方案的确定, 现状交通条件、项目新增出行量及其交通影响的分析, 以及交通影响消减措施的拟定和责任分担的计算。案例B针对在城市中心商业广场计划新建的一个超级市场项目, 主要介绍了基于交通观测的相关系数模型法在项目出行分布预测中的应用过程。案例C则重点阐述了运用交通规划模型来分析大型区域性商业开发区的交通影响。最后对几个基本技术问题进行了讨论。

Abstract: From different angles, this paper presents three analytical examples of traffic impact evaluations for site development projects. Example A, a traffic impact study of a residential plus retail development, demonstrates in a systematic manner the basic steps for conducting site traffic impact studies, including setting up scenarios, analyzing existing traffic conditions, predicting site-generated trips and their impacts, and developing mitigation measures as well as allocating responsibilities. Example B, a supermarket development project proposed within a metropolitan shopping plaza, focuses on introducing the procedures of applying a traffic-count based correlation-coefficient method to site-generated trip distributions. And, Example C is a brief illustration of using transportation planning models to evaluate traffic impacts of a large-sized regional commercial zone that will be developed in the future. The paper concludes with remarks in regards of several technical issues that are fundamental to traffic impact studies.

关键词: 用地项目; 道路/交叉口; 出行预测; 交通影响分析; 案例

Keywords: land-use projects; streets/intersections; travel forecasting; traffic impact studies; examples

中图分类号: U491

文献标识码: A

收稿日期: 2006-09-15

作者简介: 易汉文, 男, 博士 (Ph. D.), 注册职业工程师 (P. E.), ITE会员, 美国加州交通部交通分析专家 (transportation analysis specialist)。原华中科技大学教授, 《北美交通信息》主编。主要研究兴趣: 城市和区域性交通规划, 城市空间分析, 出行需求预测与模型开发, 交通影响分析, 交通运行与管理等。E-mail: yihanwen@hotmail.com

0 引言

在城市经济建设步入一个相对较快的发展阶段时, 城市基础设施和各种功能设施的开发规模也会随之加大。在这一城市发展的关键时期, 如何引导城市用地的合理利用, 控制用地开发给城市交通运输系统带来的负面影响, 从而实现不断改善城市环境和整体宜居水平的城市发展目标, 显得尤其重要。发达国家长期以来的实践表明, 针对城市用地开发的交通影响分析技术, 可以用来综合解决城市发展过程中一些不可避免的有关用地与交通的矛盾问题。

美国在交通影响分析方面积累了几十年的理论研究和实践经验, 其中有许多成果值得借鉴和参考, 如政策与法规、标准与规范、基础与应用研究、模型与模式等。目前, 美国对如何开展交通影响分析和对分析报告的评审, 已经形成了一整套程序, 有具体的标准、方法和步骤, 供有关技术人员和项目责任单位用来申报用地开发项目和编制项目交通影响分析报告。笔者曾经对美国各级政府和指导开展交通影响分析方面的有关政策、标准和要求^[1-2], 以及用于交通影响技术分析的基本模式与模型^[3]做过比较系统的介绍。本文则主要针对典型的实际案例, 来具体解析美国三个不同城市(县)在进行交通影响分析过

程中的一些常规做法。

三个案例的选取考虑了不同的侧重点。案例A属于常见的中小型混合用地项目(居住+零售)的交通影响分析。由于用地规模相对较小,交通影响分析过程比较简单,案例对其中的主要分析步骤有较为系统地演示,包括分析方案的确定,现状交通条件、项目新增出行量及其交通影响的分析,以及交通影响消减措施的拟定及其责任分担的计算。案例B是一个中等规模的、性质单一的商业用地项目(超级市场)的交通影响分析,主要介绍了一种新技术——基于交通观测的相关系数模型法——在项目出行分布预测中的应用过程。案例C则针对区域性总体规划修编提出的一个大型区域性商业开发区项目,重点阐述了如何运用交通规划模型来分析评估此类项目的交通影响。

1 案例A: 居住+零售用地项目 (Davis, CA) ^[4]

1.1 项目概况

1.1.1 项目位置

项目用地处在铁路和高速公路围合的狭长地带之间,所在地区主要为居住用地;项目场地北面紧邻市中心,西面是UC Davis大学校园,东南面有80号州际高速公路通过。图1是项目场地位置和场地规划图。

1.1.2 项目规模

项目包括公寓122个单元,独户住宅43个单元,零售3 500 ft²(约325 m²)。项目将在3年后全部建成。

1.2 分析范围、方案、方法和标准

1.2.1 分析范围

与市有关部门协商后初步确定的分析范围如下:

1) 主要交通走廊 Richards Blvd.& E St.从5th St.到Research Park Dr.^①;包括7个信号灯控制的平面交叉口和1个立体交叉口。

2) 关键交叉口

Richards Blvd./Olive Dr.(十字型信号控制交叉口);

Richards Blvd./1st St.(十字型信号控制交叉口);

Olive Dr./Hickory Ln.(在Hickory Ln.进口道上设有

停车标志的T型交叉口)。

1.2.2 分析方案

交通影响分析一般要考虑多种分析方案^①,以便分析不同条件下的交通影响。限于篇幅,这里主要讨论两种方案:

1) 现状条件+项目建成条件;

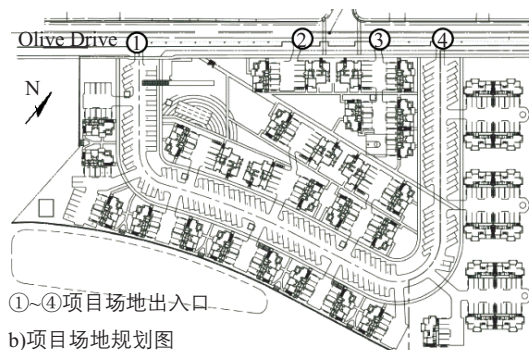
2) 累积条件(现状条件+项目建成条件+其他待建项目^②条件)。

1.2.3 分析方法和标准

项目交通影响的显著程度按通行能力的改变来衡量。通行能力分析采用交通研究委员会(Transportation Research Board, TRB)《公路通行能力手册》(Highway Capacity Manual, HCM)运行分析方法(operational analysis methodology)^③。如果交叉口现状服务水平随项目建成后交通量的增加而降级,则认为项目的交通影响是显著的。



a)项目场地位置图



b)项目场地规划图

图1 项目场地位置和场地规划图(资料来源: F.P., 2002)
Fig.1 Project location and site planning (Source: F.P., 2002)

1.3 现状条件

1.3.1 道路系统

项目用地周边的主要道路包括：

- I-80 80号州际高速公路(Interstate Freeway)，双向6~8车道；连接旧金山和加州首府萨克拉门托；从市有关部门收集的交通数据资料表明(下同)，项目用地附近路段的日平均交通量ADT=113 000 pcu/工作日。

- Richards Blvd. 城市主干路，双向2~4车道；连接市中心和南市区，是I-80在市中心附近的主要连接道路；与铁路以跨线桥方式交叉，与I-80立交；沿线两侧设有自行车道；ADT=22 300 pcu/工作日。

- Olive Dr. 城市次干路，双向2车道；是项目用地的主要出入通道；西南与Richards Blvd.平交，东北接I-80出口匝道；沿线两侧设自行车道，南侧部分路段设有路上停车位；ADT=3 300 pcu/工作日。

- 1st St. 城市次干路，双向2车道；西连UC Davis 校园，北接Richards Blvd.& E St.交通走廊；沿线两侧设自行车道，北侧E St.以东路段设有路上停车位；ADT=15 160 pcu/工作日。

- Hickory Ln. 城市支路，双向2车道；是正对项目用地、位于Olive Dr.北侧的居住小区的主要出入通道；与Olive Dr.形成T型交叉口；ADT<500 pcu/工作日。

1.3.2 公共交通

UC Davis学生团体拥有并经营Unitrans巴士系统，在项目用地附近设有W线和M线。W线通过Richards Blvd.，提供频率为平日10~20 min、节假日1 h的服务；M线通过Olive Dr.，并以Olive Dr.的东北端为终点站，仅提供晚间7:00—11:00的电话预约服务。

1.3.3 行人与自行车

整个市区自行车道与行人步道四通八达，尤其是市中心和UC Davis校园附近的街道，行人和自行车出行非常频繁。除上述一些主要道路两侧布设有自行车道外，在Richards Blvd.与铁路相交处建有自行车和行人地下通道。所有信号控制交叉口均安装有行人专用信号灯。

1.3.4 现状交通运行状况

对分析范围内所有路段和交叉口，在工作日(Weekday)的早高峰7:00—9:00和晚高峰4:00—6:00分别进行了交通观测。其中Richards Blvd./Olive Dr.交叉口(简称R/O交叉口)的现状交通量、延误和车辆排队数据分别见图2、表1和表2。在项目建成后，R/O交叉口流量(背景交通量)按市总规(City General Plan)给出的年均增长率5%估计。以下仅就R/O交叉口进行各项技术分析。

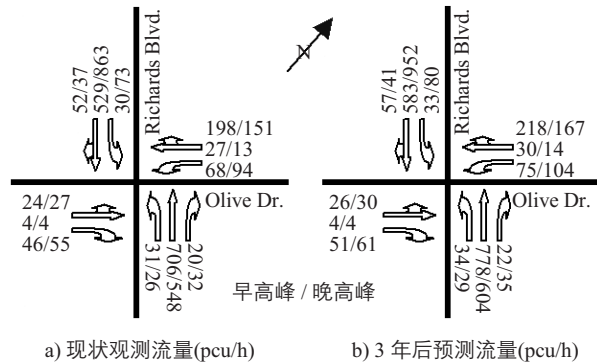


图2 R/O交叉口现状和预测流量(资料来源: F.P., 2002)

Fig.2 Existing & projected traffic volumes richards/olive intersection (Source: F.P., 2002)

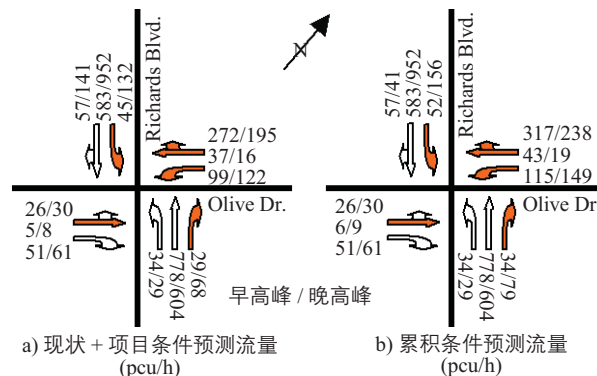


图3 R/O交叉口两种方案的预测流量(资料来源: F.P., 2002)

Fig.3 Estimated traffic volumes for the 2 scenarios richards/olive intersection (Source: F.P., 2002)

1.4 项目出行量预测

1.4.1 项目出行生成

居住用地统一按公寓考虑，共计165个单元；按总规给出的出行生成(包括发生和吸引)率估计项目新增出行量。因考虑行人、自行车和公交出行，居住用地出行量按5%折减。零售用地3 500 ft²，按交通工程师协会(Institute of Transportation Engineers, ITE)《出行生成手册》(Trip Generation Manual)^[6]给出的出

行率估计新增出行量。因考虑项目用地内部出行比例较高(居住与零售结合取15%),并假设行人、自行车和公交出行占5%,零售用地生成的出行量按20%折减。不考虑顺便出行折减。项目出行生成预测结果见表3。

1.4.2 累积出行生成

3年内,项目用地范围内累积的其他待建项目包括公寓81单元,零售5 000 ft²(约465 m²),餐馆8 000 ft²(约743 m²)和办公室39 272 ft²(约3 648 m²)。同理,这些待建项目生成的出行量分别采用上述出行率和折减系数进行预测,结果亦见表3。

1.4.3 出行分布和交通分配

假设3年后项目用地周边的交通分布模式与现状保持不变,因此根据现状观测的交叉口进出流量和转向流量比例来分配表3所预测的出行生成量。图3是R/O交叉口两种方案的交通预测流量。

1.5 项目交通影响分析

1.5.1 服务水平敏感性分析

根据以上两种方案的交通量预测结果,进行了项目用地周边主要交通走廊和关键交叉口的微观交通模拟分析。表1给出了R/O交叉口服务水平的分析结果。由表1可知,虽然项目建成后,项目本身对R/O交叉口不会带来显著影响(服务水平维持现状,延误在早高峰增加0.2 s,在晚高峰增加2.0 s),但累积条件在早晚高峰均引起R/O交叉口的总延误显著增加,服务水平由现状早高峰的B级降到C级,由现状晚高峰的C级降到D级。由此可知,项目交通影响属于“显著”程度。

1.5.2 其他运行特征分析

• 排队长度 R/O交叉口三个直接受影响的转向车道为南向进口道专用左转,西向进口道专用左转和西向进口道直行+右转混用道。其中两个专用左转车道的排队长度并未有显著增加。在累积条件下的早高峰,西向进口道直行+右转混用道的排队长度增加了5辆车(见表2)。在考虑消减措施

时,应对在R/O交叉口西向进口道拓宽一条专用右转车道的必要性进行测试。

• 公交、行人和自行车 在出行生成预测时,假设公交、行人和自行车分担5%的出行量,这对现有的公交运载能力并不构成任何显著影响。但仍需要考虑对项目用地附近的公交、行人和自行车设施加以进一步完善。

表1 R/O交叉口服务水平的敏感性分析
资料来源: F.P., 2002)

Tab.1 LOS sensitivity analysis, richards/olive intersection
(Source: F.P., 2002)

分析条件	早高峰		晚高峰	
	延误/s	LOS	延误/s	LOS
现状条件	19.6	B	20.1	C
现状+项目条件	19.8	B	22.1	C
累积条件	34.4	C	35.4	D

表2 R/O交叉口最大排队长(资料来源: F.P., 2002) pcu

Tab.2 Maximum queue lengths, richards/olive intersection
(Source: F.P., 2002)

进口方向与专用转向车道	现状条件		现状+项目条件		累积条件	
	早高峰	晚高峰	早高峰	晚高峰	早高峰	晚高峰
Richards Blvd. 南向进口左转专用	2	6	4	9	4	9
Olive Dr. 西向进口左转专用	6	10	6	11	7	10
Olive Dr. 西向进口右转+直行混用	11	10	13	11	16	13

表3 出行生成预测(资料来源: F.P., 2002)

Tab.3 Trip generation forecasting (Source: F.P., 2002)

分析条件	用地性质	规模	出行生成率				出行量(次/d或高峰小时)		
			单位	全天	早高峰	晚高峰	全天	早高峰	晚高峰
项目出行生成	居住	165 单元	次/单元-d或高峰小时	8.5	0.65	0.81	1 403	107	134
				按5%折减			1 333	102	127
	零售	3 500 ft ²	次/ft ² -d或高峰小时	42.92	1.03	3.74	150	4	13
				按20%折减			120	3	10
	小计						1 453	105	137
累积出行生成	居住	81 单元	次/单元-d或高峰小时	8.5	0.65	0.81	689	53	66
				按5%折减			655	51	63
	零售	3 500 ft ²	次/ft ² -d或高峰小时	42.92	1.03	3.74	215	5	19
	餐馆	8 000 ft ²		130.34	9.27	10.86	1 043	74	87
	办公	39 272 ft ²		16.47	2.27	3.13	647	89	123
							1 905	168	229
	小计			按20%折减			1 524	134	183
合计							2 179	185	246

1.6 消减措施和责任分担

1.6.1 消减措施

因项目累积条件的交通影响属显著程度，必须拟定一系列措施来消减项目的交通影响。对拟定的各项消减措施需要进行交通微观分析，以测试其效果。测试结果表明，下列措施必须在本项目建成后和其他累积项目建设期间分阶段实施，以维持周边道路交通系统的现状服务水平。

- 对Richards Blvd.& E St. 交通走廊从5th St.到Research Park Dr.沿线的交通控制信号进行重新配时，以采用信号联动控制；必须在本项目和其他累积项目建成后立即实施。

- 在Richards Blvd./Olive Dr.交叉口西向进口道拓宽一条右转专用道；必须在本项目建成后立即实施。

- 在Richards Blvd./1st St.交叉口北向进口道拓宽一条右转专用道；必须在本项目和其他累积项目建成后立即实施。

- 沿Olive Dr.紧邻项目用地的路段两侧，铺设自行车道，分别在①~③号出入口处增设行人过街横道，在与Hickory Ln.相交的T型交叉口附近两侧建公交候车亭，并取消Olive Dr.南侧现有的部分路上停车位，设置禁止车辆回头标志，对靠近项目用地路段的所有路面标志标线进行更新，必须在本项目建成后立即实施。

项目用地内部消减措施（必须在本项目建成后立即实施）则包括：

- 加宽①和④号出入口宽度至20 ft(约6 m)。
- 取消内部主要通道靠近①和④号出入口处两侧的前两个停车位。
- 将内部停车位由斜放式改为垂直式，增加停车位数量，以满足因取消Olive Dr.南侧路上停车位而转移的停车需求。
- 增加内部循环道路的宽度。

1.6.2 责任分担

对于周边道路系统，交通影响消减措施的责任分担应分别按每项措施单独计算。例如，在R/O交叉口西向进口道拓宽一条右转专用道时，本项目应承担的责任可按以下步骤计算(流量单位：pcu/h；各符号意义见参考文献[1])。注意：因R/O交叉口西向进口道右转车流现与直行车流混用一条车道，故以下计算仅考

虑直行+右转流量。

1) R/O交叉口西向进口道现状直行+右转流量(图2a))：早高峰 $T_E=198+27=225$ ；晚高峰 $T_E=151+13=164$ 。

2) 3年后现状+项目条件预测的R/O交叉口西向进口道直行+右转流量(图3a))：早高峰 $T_F=272+37=309$ ；晚高峰 $T_F=195+16=211$ 。

3) 3年后项目用地生成的R/O交叉口西向进口道直行+右转流量(图2b)和图3a))：早高峰 $T=(272-218)+(37-30)=61$ ；晚高峰 $T=(195-167)+(16-14)=30$ 。

4) 本项目应承担的责任：因为该项消减措施必须在本项目建成后立即实施，所以在责任分担计算时，不考虑其他项目的责任分担。按早高峰流量计算项目所应分担的责任 $P=T/(T_F-T_E)=61/(309-225)=73.62\%$ ；按晚高峰流量计算 $P=30/(211-164)=63.83\%$ 。取 $P=73.62\%$ 。据此百分比，可进一步计算本项目所应承担的实施该项消减措施的各项费用份额(具体方法见参考文献[1])。

对于用地内部消减措施，本项目应承担全部责任。

2 案例B：都市超级市场用地项目 (Overland Park, KS) [7]

2.1 项目概况

总建筑面积为150 000 ft²(约1.4万 m²)的一个超级市场项目按计划于两年后建成，项目用地选在市中心商业广场(见图4)。该广场已分布有几个大型零售连锁店和具有地方特色的娱乐餐饮设施，是一个市级购物、娱乐和休闲中心。图5是初步确定的项目交通影响分析区域以及周边道路系统和关键交叉口。图5还标出了每一交叉口受潜在影响的交通流向。为详细了解项目新增出行量的分布，又进一步将分析区域细分为A、B和C三个分析次区。

由市交通部门提供的周边道路系统的历年交通观测数据表明，项目周边道路系统交通量的高峰小时为晚间7：00—8：00，年均交通量增长率为8%。此外，市交通部门推荐的出行生成率为每1 000 ft²(约92.9 m²)4.19次/h，其中吸引量占65%，发生量占35%。

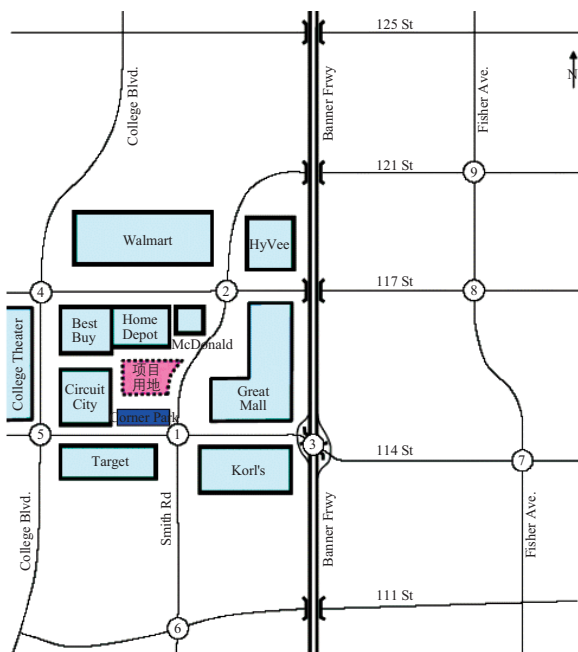
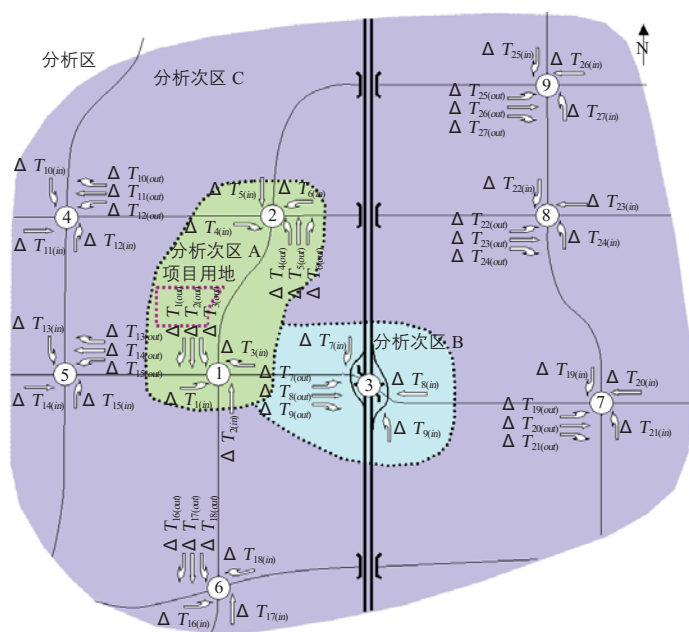


图4 都市超级市场项目场地位置(资料来源: Yi, H., et al, 2005)

Fig.4 Super market project location (Source: Yi, H., et al, 2005)

图5 都市超级市场项目交通影响分析区
(资料来源: Yi, H., et al, 2005)Fig.5 Study area for the super market project
(Source: Yi, H., et al, 2005)

2.2 项目出行量分析

2.2.1 分析方法

因考虑到分析区域内用地性质的相似性,项目新增出行量在周边道路上的分布和分配采用相关系数模

型法^[7]。该法假设项目新增出行量的分布与当地现有出行量的分布具有相关关系,即图5所示各交叉口交通流向因项目建成后而新增的流量可按下式计算:

$$\Delta T_{k(\text{out})} = \frac{\Delta V_{k(\text{out})} \cdot \Delta O \cdot r_{k(O)}^2}{\sum_k \Delta V_{k(\text{out})} \cdot r_{k(O)}^2}, (k=1, 2, \dots, n)$$

$$\Delta T_{k(\text{in})} = \frac{\Delta V_{k(\text{in})} \cdot \Delta D \cdot r_{k(D)}^2}{\sum_k \Delta V_{k(\text{in})} \cdot r_{k(D)}^2}, (k=1, 2, \dots, n)$$

式中: $\Delta T_{k(\text{in})}$, $\Delta T_{k(\text{out})}$ 为第k流向因项目建成后的新增进(in)出(out)流量; ΔO , ΔD 为项目新增出行发生和吸引量; $\Delta V_{k(\text{in})}$, $\Delta V_{k(\text{out})}$ 为预测的第k流向净增进出流量; $r_{k(O)}^2$, $r_{k(D)}^2$ 为第k流向发生和吸引量相关系数,按下式计算:

$$r_{k(O)}^2 = \frac{\left[\sum_t (v_{k(\text{out})}^t - \bar{v}_{k(\text{out})}) \cdot (v_{\text{out}}^t - \bar{v}_{\text{out}}) \right]^2}{\sum_t (v_{k(\text{out})}^t - \bar{v}_{k(\text{out})})^2 \cdot \sum_t (v_{\text{out}}^t - \bar{v}_{\text{out}})^2}, (k=1, 2, \dots, n)$$

$$r_{k(D)}^2 = \frac{\left[\sum_t (v_{k(\text{in})}^t - \bar{v}_{k(\text{in})}) \cdot (v_{\text{in}}^t - \bar{v}_{\text{in}}) \right]^2}{\sum_t (v_{k(\text{in})}^t - \bar{v}_{k(\text{in})})^2 \cdot \sum_t (v_{\text{in}}^t - \bar{v}_{\text{in}})^2}, (k=1, 2, \dots, n)$$

其中: $v_{k(\text{in})}^t$, $v_{k(\text{out})}^t$, $\bar{v}_{k(\text{in})}$, $\bar{v}_{k(\text{out})}$ 为第k流向在t观测间隔观测的进出流量及其平均值; v_{in}^t , v_{out}^t , $\bar{v}_{\text{out}}$, $\bar{v}_{\text{in}}$ 为分析次区内进出流量合计和平均值。

2.2.2 分析过程与结果

项目新增出行量按1:1的关系转换为高峰小时当量小汽车交通量(pcu/h)。如果图5中某一交通流向的新增交通量超过10 pcu/h,则认为该流向的交通影响是显著的。

• 项目新增出行量

$$\Delta O = 150 \times 4.19 \times 0.35 = 220 \text{ pcu/h};$$

$$\Delta D = 150 \times 4.19 \times 0.65 = 410 \text{ pcu/h}。$$

• 背景交通量 按5 min间隔观测的高峰小时背景交通量数据列于表4。背景交通量的预测结果见表5,其中 $v_{k(\text{in})}^F$, $v_{k(\text{out})}^F$ 为2年后背景交通量预测值; $\delta v_{k(\text{in})}^F$, $\delta v_{k(\text{out})}^F$ 为净增的背景交通量预测值。

• 相关系数 根据背景交通量数据计算的相关系数列于表4中的最右边一栏。

• 出行量分布 出行量分布(即第k流向因项目建

成后的新增进出流量 $\Delta T_{k(in)}$, $\Delta T_{k(out)}$ 按参考文献[3]或[7]所示步骤推算(注意: $\Delta V_{k(in)} = \delta V_{k(in)} + \Delta T_{k(in)}$; $\Delta V_{k(out)} = \delta V_{k(out)} + \Delta T_{k(out)}$ ($k=1, 2, \dots, n$))。

表6是分别按三个分析次区计算的出行分布量。

具体计算过程是: 先将新增出行量 ΔO , ΔD 按表4计算的相关系数分配在分析次区A内的第①和第②号交叉口, 由此得到第1至第6流向的净增进出流量 $\Delta T_{k(in)}$, $\Delta T_{k(out)}$ ($k=1, 2, \dots, 6$)。不难看出, 其中 $\Delta T_{3(out)}$ 和

表4 背景交通量与分布量相关系数(资料来源: Yi, H., et al, 2005)
Tab.4 Traffic-Counts and correlation coefficients (Source: Yi, H., et al, 2005)

$V_{k(in)}^t, V_{k(out)}^t, V_{in}^t, V_{out}^t$	高峰小时流量 (pcu/h)	5 min 间隔流量 /(pcu/h)												$r_{k(O)}^2$ or $r_{k(D)}^2$
		7:00 —7:05	7:05 —7:10	7:10 —7:15	7:15 —7:20	7:20 —7:25	7:25 —7:30	7:30 —7:35	7:35 —7:40	7:40 —7:45	7:45 —7:50	7:50 —7:55	7:55 —8:00	
		分析次区 A(第①和②号交叉口)												
$V_{1(out)}$	111	13	9	9	8	11	8	11	7	9	10	9	7	0.1329
$V_{2(out)}$	1 160	101	91	141	44	114	65	100	83	116	141	80	84	0.6985
$V_{3(out)}$	830	95	73	83	20	92	20	40	93	65	126	75	48	0.8297
$V_{4(out)}$	119	17	8	24	6	8	4	6	7	9	6	9	15	0.1113
$V_{5(out)}$	950	98	37	103	18	116	24	106	175	51	122	60	40	0.7632
$V_{6(out)}$	238	22	22	23	11	19	24	13	20	26	23	10	25	0.0863
V_{out}	3 410	346	240	384	108	360	146	276	385	275	428	244	218	
$V_{1(in)}$	121	14	9	10	9	12	9	12	8	10	11	10	7	0.2102
$V_{2(in)}$	1 180	103	79	118	83	102	96	102	124	107	119	65	82	0.5057
$V_{3(in)}$	870	95	70	112	35	83	35	70	98	41	110	69	52	0.9063
$V_{4(in)}$	158	23	11	24	14	10	11	12	9	12	11	13	8	0.2093
$V_{5(in)}$	1 070	111	90	116	41	115	57	120	112	57	100	106	45	0.7818
$V_{6(in)}$	219	20	20	21	10	18	22	12	18	24	21	10	23	0.0217
V_{in}	3 620	366	280	401	193	340	231	328	369	250	373	272	217	
分析次区 B(第③号交叉口)														
$V_{7(out)}$	559	50	40	56	13	46	34	53	76	23	67	57	44	0.4799
$V_{8(out)}$	690	51	36	96	90	85	51	43	40	9	90	64	35	0.0512
$V_{9(out)}$	431	48	51	32	18	37	24	32	37	25	36	52	39	0.2871
$V_{3(out)}$	830	95	73	83	20	92	20	40	93	65	126	75	48	
$V_{7(in)}$	511	45	40	56	27	66	30	56	34	21	54	44	38	0.4771
$V_{8(in)}$	630	47	33	76	93	78	47	39	37	8	82	58	32	0.0942
$V_{9(in)}$	541	60	64	40	23	46	30	40	46	32	45	66	49	0.1898
$V_{3(in)}$	870	95	70	112	35	83	35	70	98	41	110	69	52	
分析次区 C(第⑥和⑨号交叉口)														
$V_{16(out)}$	181	22	18	20	15	17	11	9	11	17	17	10	14	0.2555
$V_{17(out)}$	1 112	80	75	136	57	131	48	73	55	104	126	106	121	0.5568
$V_{18(out)}$	50	5	6	5	3	3	3	5	2	5	5	5	3	0.2365
$V_{2(out)}$	1 160	101	91	141	44	114	65	100	83	116	141	80	84	
$V_{16(in)}$	211	26	21	23	11	20	13	11	13	20	25	11	17	0.1692
$V_{17(in)}$	989	71	68	106	87	94	79	66	106	73	106	40	93	0.5190
$V_{18(in)}$	180	17	21	19	12	10	10	18	8	17	18	19	11	0.0272
$V_{2(in)}$	1 180	103	79	118	83	102	96	102	124	107	119	65	82	
$V_{25(out)}$	141	11	11	9	15	8	10	7	23	15	13	13	6	0.1143
$V_{26(out)}$	660	48	56	67	48	43	41	61	75	72	48	61	40	0.1759
$V_{27(out)}$	30	3	2	3	3	2	3	3	3	3	2	2	1	0.0796
$V_{5(out)}$	950	98	37	103	18	116	24	106	175	51	122	60	40	
$V_{25(in)}$	120	9	9	8	13	10	7	6	12	13	11	11	11	0.2238
$V_{26(in)}$	689	50	58	70	29	51	43	79	78	75	50	64	42	0.3479
$V_{27(in)}$	42	4	3	4	4	3	3	4	4	5	3	3	2	0.0367
$V_{5(in)}$	1 070	111	90	116	41	115	57	120	112	57	100	106	45	

$\Delta T_{3(in)}$ 为分析次区B所要分配的“发生量”和“吸引量”。分析次区B内仅有一个交叉口，即第③号交叉口，这是一个高速公路立交。同理可以确定其7~9流向的净增进出流量 $\Delta T_{k(in)}$, $\Delta T_{k(out)}$ ($k=7, 8, 9$)。

最后考虑分析次区C内的第④至第⑨号交叉口。注意第④, ⑤, ⑦和⑧号交叉口将不会受到显著影响，因为分别来自其上游的发生量和下游的吸引量，即 $\Delta T_{4(in)}$, $\Delta T_{4(out)}$, $\Delta T_{1(in)}$, $\Delta T_{1(out)}$, $\Delta T_{8(in)}$, $\Delta T_{8(out)}$, $\Delta T_{6(in)}$ 和 $\Delta T_{6(out)}$ ，均小于10 pcu/h(见表6)。所以，在分析次区C内，仅需要考虑的交叉口为第⑥和第⑨号交叉口。第⑥号交叉口的发生量和吸引量为 $\Delta T_{2(in)}$, $\Delta T_{2(out)}$ ，第⑨号交叉口的发生量和吸引量为 $\Delta T_{5(in)}$, $\Delta T_{5(out)}$ 。有关流向的净增进出流量计算结果亦列于表6。

由表6可以看出，第⑥号交叉口以南和第⑨号交叉口以东的相邻交叉口也需要包括在分析区内，

并需要分别对其进行交通影响分析。因为其上下游发生和吸引的交通量 $\Delta T_{17(in)}$, $\Delta T_{17(out)}$, $\Delta T_{26(in)}$, $\Delta T_{26(out)}$ 均较高，如 $\Delta T_{26(in)}=141$ 。实际上，以上分析过程需要一直进行下去，直至周边道路系统所有交叉口交通流向的净增交通量不大于10 pcu/h。

3 案例C：区域性大型商业开发区项目 (Imperial County, CA)

在Imperial County区域性总体规划修编时，列入了在图6所示地点开发一个大型区域性商业区的用地项目。距项目用地约6.5 mi(约10.5 km)的南面，和不到2 mi(约3.2 km)的西北面，分别是该地区的两个主要城市。连接这两个城市的道路系统包括一条东西向的州际高速公路和纵横交织的州道系统，以及城市间的道路系统。项目用地处在两个城市郊区的接合部，原主要为农业用地，

表5 背景交通量预测
Tab.5 Projection of background traffic

k	$V_{k(in)}$	$V_{k(out)}$	$V_{k(in)}^F$	$V_{k(out)}^F$	$\delta V_{k(in)}$	$\delta V_{k(out)}$
1	120	110	130	119	10	9
2	1 180	1 160	1 274	1 253	94	93
3	870	830	940	896	70	66
4	160	120	173	130	13	10
5	1 070	950	1 156	1 026	86	76
6	220	240	238	259	18	19
7	730	560	788	605	58	45
8	1 170	910	1 264	983	94	73
9	540	430	583	464	43	34
10	90	50	97	54	7	4
11	1 050	990	1 134	1 069	84	79
12	110	120	119	130	9	10
13	70	80	76	86	6	6
14	980	850	1 058	918	78	68
15	120	130	130	140	10	10
16	210	180	227	194	17	14
17	990	1 110	1 069	1 199	79	89
18	180	50	194	54	14	4
19	20	20	22	22	2	2
20	920	980	994	1 058	74	78
21	90	80	97	86	7	6
22	70	60	76	65	6	5
23	950	910	1 026	983	76	73
24	60	40	65	43	5	3
25	120	140	130	151	10	11
26	690	660	745	713	55	53
27	40	30	43	32	3	2

资料来源: Yi, H., et al, 2005
Sources for: Yi, H., et al, 2005

表6 出行分布
Tab.6 Trip distribution

k	$\Delta T_{k(in)}$	$\Delta T_{k(out)}$	上游或下游交叉口
分析次区 A(第①和②号交叉口)			
1	2	1	⑤
2	67	74	⑥
3	187	72	③
4	3	1	④
5	151	71	⑨
6	0	1	⑧
发生 / 吸引量	$\Delta D=410$	$\Delta O=220$	
分析次区 B(第③号交叉口)			
7	157	51	
8	9	3	⑦
9	21	17	
发生 / 吸引量	$\Delta T_{3(in)}=187$	$\Delta T_{3(out)}=72$	
分析次区 C(第⑥和⑨号交叉口)			
16	3	4	
17	64	69	
18	0	1	
发生 / 吸引量	$\Delta T_{2(in)}=67$	$\Delta T_{2(out)}=74$	
25	10	7	
26	141	64	
27	0	1	
发生 / 吸引量	$\Delta T_{5(in)}=151$	$\Delta T_{5(out)}=71$	

资料来源: Yi, H., et al, 2005
Sources for: Yi, H., et al, 2005

零星分布有少量住宅单元。根据规划,在项目全部建成后,其用地范围内将新增2 900个服务性工作岗位和260个其他工作岗位,这将使该商业区发展成为Imperial County境内最大的商业中心。

为了系统分析项目建成后对整个区域性道路系统的影响,做好相应的道路系统的调整改造专项规划,应用Imperial County区域交通规划预测模型(Imperial County Transportation Model, ICTM),对项目建成前后(Build vs. No-Build)的路网流量分布进行了预测。预测过程包括对ICTM在项目用地分区内土地使用强度的改变和项目用地周边路网的加密补充。图6是ICTM给出的项目建成前后路网流量分布的对比分析结果。图中的粗红实线代表高峰小时流量净增值 ≥ 100 pcu/h的所有路段。

由图6可以看出,区域主要道路系统因项目开发均将受到不同程度的影响,而且项目的交通影响范围是属于区域性的。交通规划模型的优点之一就是能准确地勾勒出用地项目的交通影响范围。根据ICTM预测的交通量变化和对比分析结果,可以进一步评估所有受影响路段的服务水平变化,并据此可确定哪些路段

的交通影响是属于显著的。这是在总规修编过程中进行路网调整改造专项规划的基本依据。

4 讨论与结语

1) 关于分析区(study area)

交通影响分析区的界定并没有特定的方法可以利用。Stover V.G.和Koepke F.J.早在1988年发表的第一版专著《交通与用地开发》(Transportation and Land Development)^[9]中,曾提出一个确定交通影响分析区的原则,即分析区至少要涵盖80%的项目生成出行量,这就是著名的“80%”原则。但是这一原则从来没有得到真正的应用,因为很难确定一个分析区内究竟包括了多大百分比的项目生成出行量。

目前,交通影响分析区主要是根据项目的交通影响范围来界定的。所谓交通影响范围是指那些受到“显著”影响的道路和交叉口所在的区域。“显著”影响的程度标准可以根据新增交通量阈值或服务水平的改变来定义。但是,在开展交通影响分析之初,并不能“一次性”地划定项目交通影响范围,而需要在分析过程中反复测试(trial-and-error)来确定。一般做法是先初定一个大致范围,然后再随着分析过程的深入,来逐步调整项目交通影响的最终范围。案例B是这方面的一个很好的例子。

此外,案例C揭示了一些值得注意的现象。首先由图6可以看出,项目交通影响范围并不是一个连续而闭合的空间区域,有时存在类似“飞地”的影响路段或交叉口。其次,由于整个道路网络上交通量的重新分布,有些路段或交叉口的交通量不仅不会增加,反而会减小。此时应根据路网结构、道路几何特征和交通运行条件,对这些路段交通量转移的可能性加以特别论证,弄清是模型的误报,还是实际上可能会发生的交通量减小现象。

2) 关于相关系数分布模型

基于交通观测的相关系数分布模型解决了在没有交通规划模型的情况下,根据交通观测数据来计算项目出行分布的问题。以往,对于中小型用地项目的交通影响分析,一般是直接根据观测的现状交通量流向比例(如案例A),或采用经验判断法(engineering judgment),来估计项目出行量的分布。比较而言,相

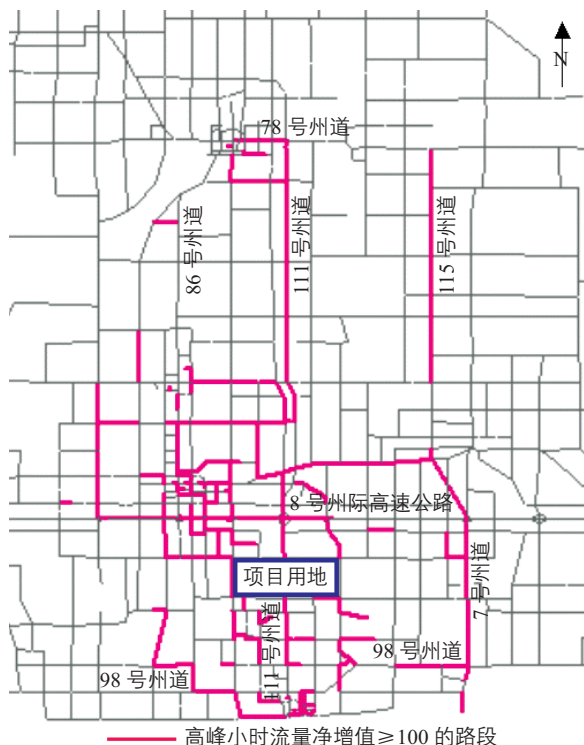


图6 区域性大型商业开发区项目

Fig.6 Regional Commercial Development Project

关系数分布模型能给出更客观更可靠的结果。但是,这一模型假设项目新增出行的分布模式与周边用地现有出行的分布模式相似,因此只适用于项目用地性质与周边用地性质一致或相似的情况。例如,在现有商业区新建一个购物中心,在住宅区再盖一幢公寓,或在办公园区又添一栋写字楼,类似情形都可应用相关系数分布模型来计算新开发项目的出行分布。至于混合性质的用地开发项目,相关系数模型并不一定适用。

3) 关于交通规划模型

在美国,许多城市都已开发了当地的交通规划模型,利用交通规划模型进行交通影响分析已变得愈来愈流行。无疑,这有利于技术标准、分析方法等的规范化和统一化。但交通规划模型一般都是区域性的,模型的交通分区和路网结构也是属于“宏观”层次的,并不适宜于微观层次的交通影响分析。因此,应用交通规划模型进行交通影响分析的第一步是要使宏观模型微观化,特别是对于中小型用地项目的交通影响分析更应如此。要根据项目用地特点建立一个次区域(sub-area)模型,要对交通分区加以细分,要根据项目周边道路系统特征加密路网,必要时还要对关键的模型参数和收敛标准进行微调(fine-tuning)。只有这样,宏观区域性交通规划模型才能输出令人比较满意的微观交通影响分析结果。

总之,交通影响分析是一个既依赖政策又需要技术的细致而系统的评估过程。政府有关部门用于指导用地开发的政策应该透明和稳定,推荐的交通影响分析技术方法应该规范且具有较好的可操作性。技术人员在开展交通影响分析时,应尽可能地掌握当地的有关政策、规范、技术指标和分析方法,从而使每一分析步骤及其结论具有可靠的依据。一般而言,交通影响分析所采用的技术方案不仅要包括现状条件和项目本身的交通影响,还要考虑周边待建项目的累积影响效应。对现状条件的分析应根据在高峰时段观测的现状交通量,来评估主要交通走廊和关键交叉口的交通特征和服务水平。对项目(包括待建项目)新增出行量的估计应尽量采用当地的出行率指标,如城市总体规划或综合交通规划推荐的出行率。如果当地有交通规划模型可供利用,则最好采用交通规划模型来进行出行分布和交通分配预测。在拟定消减交通影响的措施

时,应做到因地制宜,不仅要考虑工程措施,也要考虑交通运行和需求管理措施。在进行责任分担计算时,应做到客观合理,在充分维护当地社区公众利益的前提下,不应伤害项目承建和经营方面的利益。只有这样,才能使交通影响分析真正成为引导城市用地的合理开发,维持当地道路交通系统正常运行,保障当地社区宜居环境不断改善,从而促进当地经济和社区建设健康持续发展的重要手段。

注释

- ① 美国道路或街道名称后面表示“大道”、“街”、“路”等的单词有许多变化,而且常用简写形式,如 Freeway 简写为 Fwy, Boulevard 简写为 Blvd., Street 简写为 St., Avenue 简写为 Ave., Parkway 简写为 Pkwy., Road 简写为 Rd., Lane 简写为 Ln., Drive 简写为 Dr.等。
- ② 待建项目是指已列于规划或已获得批准但仍未建成的项目。

参考文献

- 1 易汉文编译.美国州、县/市交通影响分析导则和要求[J].城市交通,2006,4(6):49~57
- 2 易汉文.场所开发的交通影响分析[J].国外城市规划,2001,(4):32~35
- 3 易汉文.城市用地开发交通影响分析的模式与模型[J].城市交通,2004,2(1):56~62
- 4 F.P.. Olive Drive Apartment Traffic Impact Study [R] . 1011-1687, Los Angeles, CA: Fehr & Peers Associates, Inc., 2002.
- 5 TRB. Special Report 209-2000, Highway Capacity Manual [S]
- 6 ITE. Trip Generation Manual [M] . Arlington, VA: Institute of Transportation Engineers, 2000
- 7 Yi, H., Mulinazzi, T., and Lee, J.. Traffic-Count Based Distribution Model for Site Impact Studies [J] . ASCE Journal of Transportation Engineering, 2005, (131): 286~293
- 8 Stover, V.G., Koepke, F.J.. Transportation and Land development [M] . Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 1988