

一种改进的交通规划方法及其应用

左大杰¹ 徐学才²

1. 西南交通大学, 交通运输学院, 成都 610031

2. 西安交通大学, 管理学院, 西安 710049

摘要: 在满足通行能力及服务水平条件下, 不同的规划方案在道路上产生的各车型比重、车流、车速情况会有较大的差别, 并进一步影响道路交通的环境影响及能源消耗。如何根据已知或可求的交通规划方案, 得到相应环境影响评价和能源消耗分析, 已经成为交通系统可持续发展的必然要求。通过在交通规划模型与环境影响模型之间建立合理的衔接, 从理论上对交通规划方法进行了改进, 即在“四阶段法”之后增加了可持续发展预测评价阶段。改进的规划方法强化了环境影响和资源消耗对交通规划的影响, 符合可持续发展的价值观。所举示例表明, 对此问题进行定量研究是可行的。

关键词: 交通规划; 四阶段法; 可持续发展

中图分类号: U412.1

文章编号: A

文章编号: 1672-4747(2006)03-0093-07

An Improved Traffic Planning Method and Its Application

ZUO Da-jie¹ XU Xue-cai²

1. College of Traffic and Transportation,
Southwest Jiaotong University, Chengdu 610031, China

2. School of Management,
Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710049, China;

Abstract: Under the conditions of meeting the demands of capacity and service level, different planning schemes have different vehicle ratios, vehicle flow and vehicle speeds, and influence the environment and energy consumption further. It is necessary for the traffic system sustainable development how to obtain the corresponding environmental impact assessment and energy consumption analysis according to the known or calculable traffic planning schemes. By establishing the proper link between traffic planning models

收稿日期: 2006-03-31.

作者简介: 左大杰(1978-), 男, 湖北广水人, 西南交通大学交通运输学院助教, 博士研究生。

and environmental impact models, the paper makes an improvement on the classic " Four-Phase Model " traffic planning method, and the sustainable development prediction assessment is added. The improved planning method reinforces the environmental impact and resource consumption influence on traffic planning, conforming to the tendency of sustainable development. The example indicates the quantitative research on the problem is feasible.

Key words : Traffic planning , four-phase model , sustainable development

0 引言

环境影响评价已经以立法的形式确定为交通系统规划的必要环节。但作为城市交通规划模型核心的四阶段法,本身并不包括交通规划方案的环境影响评价,而现有的城市交通规划评价方法主要侧重于道路网络的通行能力和服务水平^[1],交通规划不注重环境影响预测、环境影响预测与交通规划脱节的现象在一定程度上普遍存在,可能导致城市交通的发展以牺牲环境以及资源的过度浪费为代价,这与城市交通可持续发展的战略是不相符的(方便起见,本文假设可持续发展的内涵只包括资源与环境的约束)。

在满足通行能力及服务水平的前提下,不同的规划方案在道路上产生的各车型比重、车流、车速情况会有较大的差别,并进一步影响道路的环境影响及资源消耗。因此,如何根据已知或可求的交通规划方案,得到相应的环境影响评价和能源消耗分析,已经成为交通系统可持续发展的必然要求。本文重点在于在交通规划模型与环境影响模型之间建立合理的衔接,并以此对现有的交通规划方法进行改进。道路由基本路段、交织路段及匝道连接路段三部分组成^[2]。本文只对城市快速道路子系统基本路段的环境影响进行分析。这是对可持续发展的交通系统规划理论与方法的初步探讨。

1 改进交通系统规划中的关键技术

对交通规划方案的噪声进行分析和评价,是城市交通系统可持续发展的重要内容之一;由于汽车保有量的急剧增加,汽车燃油消耗可能危害国家能源安全;我国大城市机动车污染已经成为我国大城市空气

污染的重要来源。因此,城市交通系统声可持续规划的三项关键技术为:

- (1) 交通规划方案的声环境影响分析;
- (2) 交通规划方案的能源消耗分析;
- (3) 交通规划方案的大气环境影响分析。

1.1 交通系统声环境影响分析

一般用等效连续 A 声级 L_{eq} 来测量评价噪声影响。交通噪声是一种环境噪声,GB3096-82“城市区域环境噪声标准”可以作为评价工作的依据^{[3],[4]},即交通干线道路两侧昼间噪声不超过 70 dB,夜间不超过 55 dB。

1.1.1 道路交通噪声预测模型

城市道路交通系统声环境影响评价及预测技术是一个涉及到交通运输工程、环境工程、系统工程、预测科学、声学等领域的跨学科研究课题^[5]。本文只对城市快速道路基本路段交通噪声预测模型进行讨论。在道路交通噪声预测方面,世界各国提出了不同的计算模型。文献^[5]给出了多车道多车型等效噪声预测模型;同济大学采用等效连续声级作为评价指标的公路交通噪声预测模型^[6]即

$$L_{eq} = L_{tra} + L_{spd} + L_{sur} + L_{grd} + L_{dis} + L_{abs} + L_{scr} + L_{ref} + L_{len} \quad (1)$$

式中, L_{eq} 为预测点交通噪声等效声强 (dB); L_{tra} 为按交通量预测的噪声级 (dB); L_{spd} 为不同车速和不同车重比对噪声的修正 (dB); L_{sur} 为不同路面情况对噪声的修正 (dB); L_{grd} 为道路坡度对噪声的修正 (dB); L_{dis} 为距离对噪声的修正 (dB); L_{abs} 为地面吸收修正值 (dB); L_{scr} 为屏障物; L_{ref} 为建筑物反射对噪声的修正 (dB); L_{len} 为有限长路段对噪声的修正 (dB)。式 (1) 右边前项也称为基本交通噪声,

是未经传播、反射等影响修正的交通噪声值。

计算 L_{tra} 和 L_{spd} 的经验公式为

$$L_{tra} = 29.1 + 10 \lg q \quad (2)$$

$$L_{spd} = 33 \lg(v + 40 + 500/v) + 10 \lg(1 + 5p/v) - 68.8 \quad (3)$$

式中 q 为车流量(veh/h), v 为车流速度(km/h)。

1.1.2 道路交通噪声预测模型与交通规划方案的衔接

在噪声预测模型中,我们需要得到车流量 q 和车速 v 。

第一步:交通规划方案下的车流量 q

设城市快速道路交通子系统每天在城市中分担的出行量为 A , 其第 i 种交通方式在 j 时段分担的出行量为 A_{ij} 。文献[7]分析了城市交通系统构成时,把快速公共交通、常规公共交通、出租车、私人小汽车以及摩托车作为快速道路交通子系统的 5 种交通方式,即 $i = 1, 2, \dots, 5$, 分别表示以上 5 种方式。从城市的特征分析可知,城市交通量呈现随时间变化的特征,时变系数的变化最为显著,据此把全天分成 24 个时段, $j = 1, 2, \dots, 24$ 。设 A_i 为第 i 种交通方式全天分担的出行量, A_j 为 j 时段总的出行量, q_{ij} 第 i 种交通方式在时段 j 的车流量, θ_{ij} 为第 i 种交通方式在时段 j 的载客能力(例如出租车在高峰小时采用“共乘”方式能力为 3 人,在低谷小时采用“独乘”方式能力为 1 人), q_h 为 j 时段的货车流量, q_j 为 j 时段的货车流量。由此得

$$\sum_{j=1}^{24} A_{ij} = A_i, \sum_{i=1}^5 A_{ij} = A_j, \sum_{i=1}^5 \sum_{j=1}^{24} A_{ij} = A \quad (4)$$

$$q_{ij} = A_{ij} / \theta_{ij} \quad (5)$$

$$q_j = \sum_{i=1}^5 q_{ij} + q_h \quad (6)$$

高峰小时快速道路交通子系统需要承担的出行量为 A_g , 方式 i 的载客能力为 θ_{ig} , 对应的车流量为 q_{ig} , 则应满足如下约束

$$\sum_i q_{ig} \cdot \theta_{ig} = A_g \quad (7)$$

以上求得的车流量是以 veh/h 为单位的,但是道路(或公路)通行能力很多是以 pcu/h(辆/(小时当量车·车道))为单位,因此,有时要对式(6)得到的车流量进行当量化处理,得到以 pcu/h 为单位的车

流量。当量化处理一般按照车辆折算系数或小汽车当量系数(passenger-car equivalents, PCE)来进行。车辆折算系数详见文献[8]和文献[9]。

第二步:一定车流量条件下的车速 v

在得到某一基本路段的车流量之后,可以利用道路(或公路)交通流有关理论中车速-车流量关系得到车速。交通部公路规划设计院曾对北京市不同道路等级的车速-流量关系进行了分析和建模^[10],其基本公式为式(8)和(9)所示。

当 $v \geq v_m$ 时:

$$v = \begin{cases} a \exp[m(\frac{q}{n})^2] & (\frac{q}{n}) \leq 0.75 \\ b(\frac{q}{n}) + c & (\frac{q}{n}) > 0.75 \end{cases} \quad (8)$$

当 $v < v_m$ 时:

$$v = v_m \cdot (\frac{q}{n})^{\frac{1}{w}} \quad (9)$$

式中: v 为车速(km/h); v_m 为饱和车速(km/h); q/n 为流量与通行能力之比; a, b, c, w 分别为经验系数,随着道路交通条件的不同而异。

东南大学等有关单位提出了各级公路在不同设计时速下的车速-车流量实用模型^[11]为

$$\begin{cases} v = \frac{\alpha_1 v_s}{1 + (q/n)^\beta} \\ \beta = \alpha_2 + \alpha_3 (q/n)^3 \end{cases} \quad (10)$$

式中, v 为交通流速度; v_s 为设计车速; q 为车流量; n 为道路通行能力; $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ 为回归参数,其意义以及取值详见文献[11]。

虽然,交通部公路规划设计院和东南大学的车速-车流量模型都是在交通流理论模型的基础上建立的,但是,二者的研究对象并不相同,前者研究的是北京市的城市道路系统,而后者则是研究各级公路。城市快速道路交通系统中的交通流是更接近城市道路系统,还是更接近公路交通,由于缺乏必要的数据,很难做出确定的回答,还有待实践来检验。但根据已有成果,由实测数据标定城市快速道路交通流车速-车流量模型的技术路线是完全可行的。

不妨设车速-流量关系的一般表达式为

$$v = f(q, n, v_s) \quad (11)$$

高速公路在不同的设计车速及车道数下的基本通行能力以及一条车道可能通行能力的推荐值见文献[12]。如果已知高峰小时车流量，给定设计车速 v_s ，机动车道条数就可以确定，道路（或公路）路段基本通行能力 n 也可进一步可以确定，那么式（11）就可以记为

$$v = F(q) \quad (12)$$

式（12）说明，交通流速度在一定条件下可以认为仅是车流量的函数，这就为交通规划模型与道路交通噪声预测模型的合理衔接奠定了基础。

第三步：交通规划模型与道路交通噪声预测模型的合理衔接

城市系统规划的任何一个方案，都会在道路交通子系统的某一路段形成一定的车流量 q ，由式（12）可以求得车流的速度 v ，根据式（1）即可预测道路交通噪声。

综合以上工作，交通规划与噪声预测合理衔接（简记为 T-N 过程（Traffic-Noise））的一般步骤为：

第一步：根据交通规划方案，确定城市道路交通子系统某路段的交通量（车流量）；

第二步：根据选定的噪声预测模型，完成对有关量的换算，例如以 veh/h 为单位的车流量换算成 pcu/h，根据流量-车速关系，利用式（12）求得一定车流条件下的车速；

第三步：以车流量和车速作为噪声预测模型的输入变量，由式（1）~（3）得到该方案下的噪声预测值。根据交通规划方案预测其噪声影响的过程如图 1 所示。

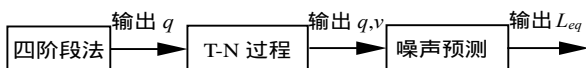


图 1 道路交通噪声预测

Fig.1 Road traffic noise prediction

这样，对交通规划产生的每个方案都能得到与之对应的交通噪声值，如果超出了有关的标准，就要采

取措施防治噪声（例如对车辆进行技术改造以降低噪音等），或者对该方案进行调整（例如增加噪音小的交通方式在交通系统中的分担率等），或者调整土地利用形态等。

1.2 快速道路交通系统能源消耗分析

道路交通能源消耗研究的核心是建立油耗模型。文献[5]用功率平衡原理建立了车辆燃油消耗的微观理论模型，以汽车在城市交通中油耗试验为基础建立了城市交通系统燃油消耗的宏观模型。在科学研究层面，常规的交通规划、设计理论也没有对城市交通系统能源消耗进行评价^[5]。因此，有必要建立道路交通能源消耗分析方法与交通规划方案的合理衔接，对交通规划产生的每个方案都应对其能源消耗量进行预测，作为评价城市交通系统规划或运营的一个重要指标。将道路交通能源消耗分析方法与交通规划方案合理衔接的具体过程简记为 T-F（Traffic-Fuel）过程，它与“四阶段法”以及大气环境影响预测的关系如图 2 所示。

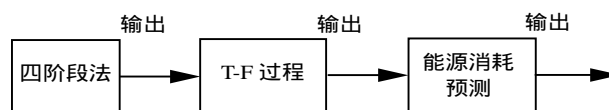


图 2 能源消耗预测

Fig.2 Energy consumption prediction

如果能源消耗量超出了有关的标准，就要采取措施减少燃油消耗（例如对发动机进行改造、采用替代燃料等），或者对该方案进行调整（例如增加单位油耗少的交通方式在交通系统中的分担率等）。

1.3 快速道路交通系统大气环境影响

常用的分析方法有理论分析、原型试验和数值计算三种方法^[5]。本文不讨论道路交通大气环境影响分析方法与交通规划方案合理衔接的具体过程。简记该过程为 T-A（Traffic-Air）过程，它与交通规划以及机动车排气预测的关系如图 3 所示。

如果大气环境影响超出了有关的标准，就要采取减少机动车污染物排放的措施（例如对发动机进行改

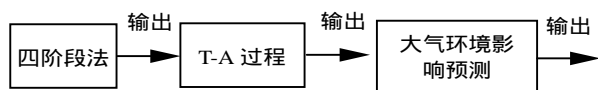


图3 大气环境影响预测

Fig.3 Environmental impact prediction

造、采用替代燃料等), 或者对该方案进行调整(例如增加污染物排放少的交通方式在交通系统中的分担率等)。

2 改进的交通规划方法的基本思路

世界大多数国家普遍重视交通对环境的影响。世界道路协会还设置了专门的技术委员会, 其研究核心是建立道路环境影响评价方法, 为道路规划、设计及管理提供法律准绳。在对交通规划方案的评价中, 现在越来越注意从环境方面进行评价, 强调的正是系统的可持续发展。在可持续发展的目标下, 城市模式的选择应该能够通过优化交通结构实现合理利用有限的资源, 引导规划和建设对经济和环境的长远发展产生积极的影响。

为了强化环境影响预测评价在城市快速道路交通系统规划中的地位 and 作用, 保障交通系统的可持续发展, 本文基于“四阶段法”, 根据可持续发展的目标, 对交通系统规划方法进行改进, 改进的规划过程如图4所示, 其中第二条虚线和第三条虚线之间即为交通系统的可持续发展预测评价阶段。

在图4中一共设置了7个反馈点, 作为交通系统可持续发展预测评价不能通过的7种对策。例如, “反馈点1”的含义可能为“在其他要素不变的条件下, 采取替用燃料以减少废气排放, 降低空气污染程度”; “反馈点6”的含义可能为“在其他要素不变的条件下, 对土地利用形态重新规划”。关于7个反馈点对应的措施和具体做法, 还需要更加深入地研究。

从图4可以看出, 改进的交通规划方法的进步之处表现在以下两个方面: 一方面, 改进的交通规划方法认为可持续发展预测评价阶段是传统“四阶段”的必然结果, 并作为其必需的步骤之一, 否则, 规划过

程不能结束。另一方面, 改进的交通规划方法十分强调交通系统对其上层系统的影响与反馈, 当可持续发展预测评价不能通过时, 对现有出行方式进行调整就成为必然的步骤, 也就是说, 改进的交通规划方法是一种迭代式规划。

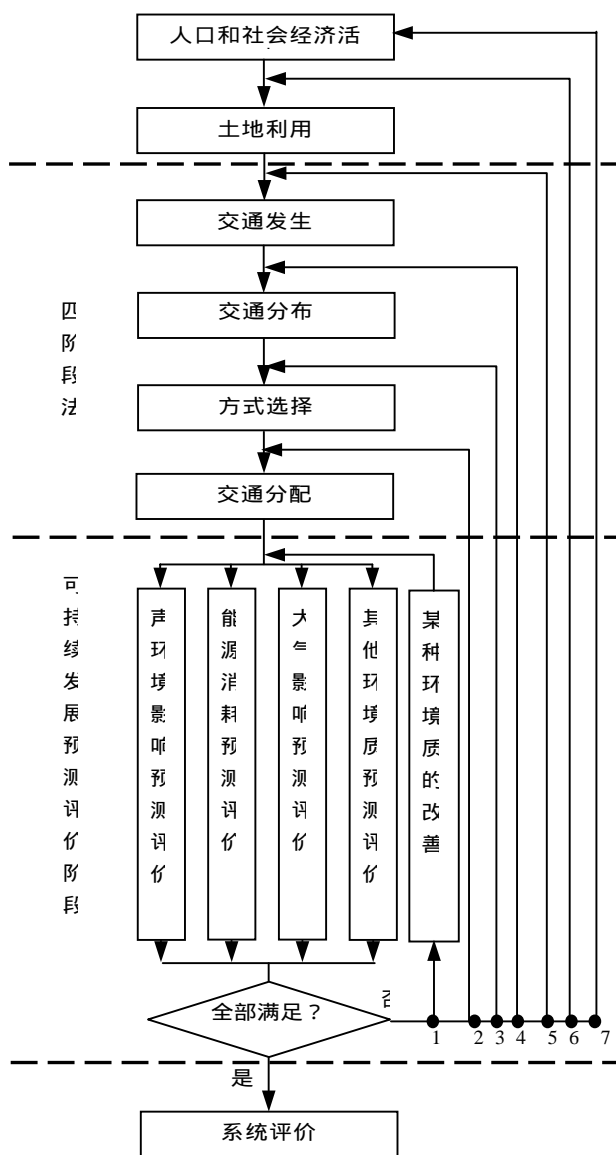


图4 改进的交通规划方法

Fig.4 Improved traffic planning method

3 应用示例

某特大城市与其一卫星城之间拟建设城市快速道路系统。按照交通发展规划, 预测高峰小时该路段

单向承担的出行量为 10 500 人次。选择常规公共交通 ($i = 1$)、出租车 ($i = 2$)、私人小汽车 ($i = 3$) 作为出行方式, 其 θ_{ig} 分别为 50 人, 1.8 人, 和 1.8 人, 其 PCE 分别为 3.0, 1.0, 1.0。根据预测, 该路段高峰小时大约通过 60 辆的货车 (PCE 为 5.4)。在计算时, 公共汽车及货车为重 (大) 型车, 忽略重车比例变化参数 α_1 的影响。对常规公共交通不同服务水平条件下的道路交通噪声进行预测(另一方向车流以及

其他噪声修正为 6 dB)。高速公路的车道数及设计时速对其通行能力有较大影响。高速公路通行能力由文献[12]给出。双向四车道和双向六车道分别在设计时速为 100 km/h 和 120 km/h 的四种情况的计算结果见表 1、表 2。(注: 因为出租车及私人小汽车有相似性, 流量 (veh/h) 合并为第三列, 表中第五列和第六列分别是以 veh/h、pcu/h 为单位的道路交通车流量)。

表 1 双向四车道的计算结果

Tab.1 Calculation results of double way four lanes

v_s	q_{1g}	$q_{2g}+q_{3g}$	q_h	q	q'	q'/n	p	v	L_{tra}	L_{spd}	L_{eq}
100 km/h	120	2 500	60	2 680	3 184	1.5	7	0	63	98	168
	150	1 667	60	1 877	2 441	1.2	11	18	62	1	69
	180	833	60	1 073	1 697	0.8	22	67	59	3	69
120 km/h	120	2 500	60	2 680	3 184	1.5	7	0	63	95	165
	150	1 667	60	1 877	2 441	1.2	11	21	62	0	69
	180	833	60	1 073	1 697	0.8	22	80	59	4	71

表 2 双向六车道的计算结果

Tab.2 Calculation results of double-way six lanes

v_s	q_{1g}	$q_{2g}+q_{3g}$	q_h	q	q'	q'/n	p	v	L_{tra}	L_{spd}	L_{eq}
100km/h	60	4 167	60	4 287	4 671	1.4	3	0	65	50	122
	90	3 333	60	3 483	3 927	1.2	4	14	65	0	71
	120	2 500	60	2 680	3 184	1.0	7	52	63	0	70
	150	1 667	60	1 877	2 441	0.7	11	71	62	2	71
	180	833	60	1 073	1 697	0.5	22	79	59	4	71
120km/h	60	4 167	60	4 287	4 671	1.4	3	0	65	47	119
	90	3 333	60	3 483	3 927	1.2	4	16	65	-1	70
	120	2 500	60	2 680	3 184	1.0	7	62	63	0	71
	150	1 667	60	1 877	2 441	0.7	11	85	62	3	72
	180	833	60	1 073	1 697	0.5	22	94	59	5	72

由以上数据可知:

(1) 道路交通噪声主要受车流量影响, 车流量越小, L_{tra} 越小, 总的噪声 L_{eq} 有减小的趋势;

(2) 道路交通噪声还受车流速度和重车比的影响, 车流速度越高, 重车比越高, L_{spd} 就越大, 总的

噪声 L_{eq} 有增大的趋势;

(3) 随着常规公共交通在高峰小时投入车辆的增加, 一方面道路上车流量减少引起 L_{tra} 减小, 另一方面车流速度、重车比增大引起 L_{spd} 增大, 因此, 总的噪声值 L_{eq} 并不总是随常规公共交通投入车辆增多而

减小(如图5所示)。

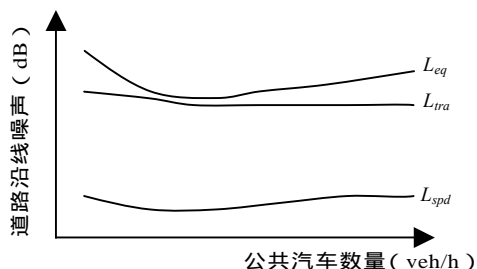


图5 公共汽车对道路交通沿线噪声影响

Fig.5 Public Bus Impact on Road Traffic Lines

以上结论对城市快速道路交通系统有关决策具有参考价值。近年来,在规划城市干道系统的时候,某些城市错误地认为道路建设标准越高越好,这不仅在投资上造成巨大浪费,从控制噪声污染角度也是不可取的。就本例而言,从沿线噪声不超过70 dB来看,选择设计时速100 km/h的四车道高速公路不仅可以满足交通需求(此时公共交通发车频率180 veh/h,道路车流量与通行能力之比为0.8,车流速度为

67 km/h),而且在控制噪声污染方面也能取得较好效果(噪声为69 dB)。

以上结论是根据本文选取的参数计算得到的结果。对于其他大城市,需要结合具体情况选取参数的值来计算。

4 小结

传统的交通规划方法虽然把交通系统对环境、资源等的影响放在系统评价的步骤中,但是并没有引起足够的重视。为了强调交通系统的可持续发展,本文从理论上对交通规划方案下的环境影响和资源消耗,尤其是根据交通量预测道路交通噪声问题进行了研究,对传统的规划方法作了改进,即在“四阶段法”之后增加了可持续发展预测评价阶段。改进的交通规划方法强化了环境影响和资源消耗对交通系统的影响,符合可持续发展的价值观。本文所举示例表明,对此问题进行定量研究是可行的。

参考文献

- [1] 杨兆升. 交通运输系统规划——有关理论与方法[M]. 北京:人民交通出版社,1998.
- [2] 李清波. 道路设计指南[M]. 北京:人民交通出版社,2002.
- [3] 曾德芳. 我国城市道路交通噪声污染及其对策[J]. 交通环保,1998,19(2):12-16.
- [4] 赵建强. 公路交通与环境保护[M]. 北京:人民交通出版社,2002.
- [5] 王炜. 城市交通系统能源消耗与环境影响分析方法[M]. 北京:科学出版社,2002.
- [6] 求煦宏. 道路规划和道路设计中的环境影响评价[D]. 同济大学,1996.
- [7] 左大杰. 我国大城市市郊运输系统若干问题的研究[D]. 西南交通大学,2004.
- [8] 张起森,张亚平. 道路通行能力[M]. 北京:人民交通出版社,2002.
- [9] 高海龙,王炜,王富民等. 交通流中当量车计算方法研究[J]. 中国公路学报,1998,11(增刊):43-48.
- [10] 郝吉明,傅立新,贺克斌,吴焯. 城市机动车排放污染控制:国际经验分析与中国的研究成果[M]. 北京:中国环境科学出版社,2000.
- [11] 王炜. 公路交通流车速—流量实用关系模型[J]. 东南大学学报,2003,33(4):487-491.
- [12] 杨晓光等. 城市道路交通设计指南[M]. 北京:人民交通出版社,2003.