

交通管理措施的绩效评价：对深圳“禁摩限电”政策的数学建模分析

潘一彬¹ 孙兰珠²

(山东大学管理学院 会计专业, 山东 济南, 250100)

摘要: 随着现代生活的发展, 道路交通问题日益突出, 政府出台的多种交通管理措施也颇受关注, 为更好地对交通管理措施进行绩效评价, 本文以深圳“禁摩限电”的政策为例, 运用数学模型进行分析, 从摩托车电瓶车(下简称“摩电”)的安全性能、环境影响、交通需求结构三个方面构建模型, 进行综合考量。结论显示, “禁摩限电”政策在安全、环境、交通方面都具有积极的作用。本文同时建议, 正确合理地应用数学模型对交通管理措施进行绩效评价, 将推动管理水平的提高, 并为新政策的制定提供必要的支持与反馈。

关键词: 交通管理措施; 绩效评价; 深圳“禁摩限电”; 数学模型

一、引言

随着现代生活的发展, 道路交通问题日益突出。对北京等 20 个大型城市的调查显示², 城市居民日常出行距离大多集中于 3-8 公里, 日常出行时间主要集中于 30-60 分钟, 交通的紧张会对居民造成极大不便, 除此之外, 城市道路交通在交通安全、环境问题以及交通需求结构等方面的影响也逐渐凸显。为此政府采取相关的交通管理措施以满足居民对于出行交通日益增长的需求, 其中一些政策的实行立竿见影。例如, 部分城市近几年相继出台了机动车尾号限行的政策, 这一政策经过较长时间的运行, 在疏导交通, 改善道路交通的运行秩序方面的确起到了较为突出的积极作用; 然而, 也不乏一些政策的实施会存在较大的争议, 例如, 2010 年北京推出的以“限”治堵的交通治理方案, 则被指为政策失败³。在政府部门积极制定交通管理政策确保道路顺畅的同时, 也应客观评价其可行性。

作为被“国家中长期新型城镇化规划”认定的超大城市, 深圳市应对交通问题的各种尝试也广受关注, 近来推出的“禁摩限电”政策就是其中之一。所谓“禁摩限电”, 即通过禁止和限制摩托车与电动车出行, 对其上路问题进行整治, 以期改善城市道路交通状况。政策实行便引发社会各界关注, 一些学者认为此项政策有

助于形成良好的交通环境, 促进城市跨越式发展(林荔宾, 2010)。而与此同时, 一些不满之声也逐渐强烈, 认为不能忽视电动自行车的路权(马中超, 2016)。同时, “禁摩限电”也在央视网等媒体激起巨大的舆论波澜, 呼吁理性思考“禁摩限电”政策, 一时间众说纷纭, 莫衷一是。

鉴于各界对于“禁摩限电”这一政策褒贬不一, 本文运用数学模型, 就“禁摩限电”的政策的正确性以及管理效果, 从交通资源总量, 交通需求结构以及环境和安全方面加以分析。具体来说: (1) 安全问题方面。采用求人口加权死亡率模型来评价安全性。先用比值法, 通过每年各种交通工具的人口死亡率、人口受伤率, 得出每年各种交通工具的人口加权死亡率。再用平均法得到平均人口加权死亡率, 得出比较安全性的系数。然后我们再用层次分析法进行辅助的分析, 比较各种交通工具的安全性比例, 确定摩电的危险系数; (2) 环境问题方面。从对环境的污染和能源的消耗量方面展开。在能源消耗方面, 通过比较其与主要交通工具单位里程人均能源消耗量, 得出对缓解能源压力的影响; 在环境污染方面, 在 2014-2015 深圳蓝皮书中已提出机动车保有量有增长趋势, 在此前提下通过比较摩托车与城市主要交通工具主要污染物排放量, 研究污染排放问题; (3) 交通需求结构方面。对深圳市不同区

¹作者简介: 潘一彬(1997-), 男, 山东济南人。山东大学管理学院 2015 级会计专业本科生, 研究方向为管理科学。Email: panyibin12345@163.com;

孙兰珠(1997-), 女, 山东临沂人。山东大学管理学院 2015 级会计专业本科生, 研究方向为管理科学。Email: sdlylzlz@163.com。

²中国城市居民出行方式性选择调查报告, http://news.xinhuanet.com/mrdx/2009-11/02/content_12372481.htm, 2009-11-02/2016-07-12

³北京治堵方案引关注 以“限”治堵被指为政策失败, <http://news.sohu.com/20101214/n278290654.shtml>, 2010-12-24/2016-07

域的不同交通需求提供系统化管理方法。通过数学模型所得结果最后对安全问题和环境问题的综合分析，结合“禁摩限电”的原因来提出管理方面的建议。

二、模型假设

我们对问题假设如下：

H1:未到交通局备案或造成伤亡事故的暂不统计在内；

H2:在考虑安全因素以外因素时，不考虑交通事故发生、自然灾害、恶劣天气、交通阻塞等对车辆状态的影响；

H3:道路事故中包括所有的车辆（摩托车、货车、客车、卡车等）发生的事故；

H4:居民机动车出行方式只考虑公共交通、小汽车、单位班车、的士、摩托车；

H5:“禁摩限电”之后摩托车机动化出行分担率减为零，将“禁摩限电”之前，摩托车出行占比按照机动化出行分摊率分摊到其它道路机动化出行方式上。

三、模型建立与求解

(一) 安全性分析

根据历年交通资料统计分析，用层次分析法考虑平均人口加权死亡率模型分别得到危险系数，并得出结论。

1、基于交通工具安全性的平均加权死亡率模型：

人口加权死亡率是人口死亡率加人口受伤率乘以比例系数 η 的积的总和，将人口死亡率和人口受伤率有规律地量化并结合到一起，来反映各种交通工具的安全性。下面用层次分析法的简单模型建立交通危险性评价模型，以及对危险性模型的稳定性检验。

(1) 模型的准备：

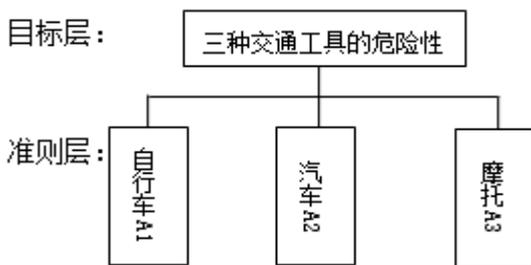


图 1 三种交通工具安全性的指标图

(2) 建立成对比较阵

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 11 & 1/8 \\ 1/11 & 1 & 1/7 \\ 8 & 7 & 1 \end{pmatrix}$$

其中：

标度	含义
1	相同
3	前比后稍微重要
5	前比后明显重要
7	前比后强烈重要
9	前比后极端重要
2.4.6.8	上述两相邻的中值
倒数	$b_{ij} = \frac{1}{b_{ji}}$

(3) 稳定性检验

用 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ 表示A1, A2, A3相对目标层的权重。根据成对比较矩阵得： $(\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3) = (0.2150, 0.0454, 0.7396)$ 是在提供的三种交通工具的危险性评价模型中的汽车、自行车、摩电之间的危险系数权重比较。K： $(0.2150, 0.0454, 0.7396)$ ，用MATLAB算出它的特征根 λ ，然后用CI和RI指数对其进行一致性检验，验证此方案通过稳定性检验。所以得出自行车、汽车、摩电的危险性系数分别为0.2150, 0.0454, 0.7396，即危险性：摩电>自行车>汽车，且可推算出摩电事故发生率约为自行车3倍，汽车的20倍。

针对公路上各个交通工具的事故发生率作以统计，见下图。

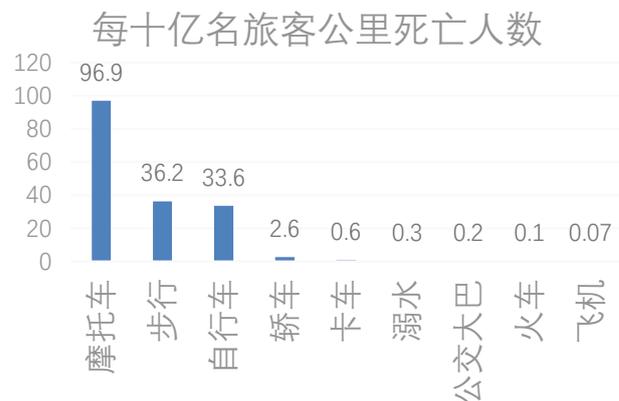


图 2 各种交通工具的事故死亡率对比图

上图根据联合国提供数据所得统计图¹，图中条形长度清楚的显示出在公路上摩托车的事故死亡率远远

¹ 火车是最安全的交通工具， <http://bbs.railcn.net/thread-812949-1-1.html>, 2011-12-13/2016-07-12

超出了相同条件下其他交通工具的死亡率，与构建模型基本吻合进一步对构建模型进行了很好的验证说明。

2、近两年深圳“交通事故发生率”的分析

由于深圳市道路资源有限，机动车道内没有给摩托车留出很多道路。根据调查，近几年涉及摩托车的交通事故量非常大，占有所有交通事故的一半以上。

调查显示，近年深圳市电动车数量明显增多，部分聚集区域三轮电动车占比甚至高达 10% 以上⁵，大大增加了交通安全隐患。2015 年深圳市涉及电动车的交通事故共造成人员死亡 114 人，占总死亡人数 431 人的 26.45%。2016 年一季度，涉及电动车的交通事故共造成人员死亡 27 人，占总死亡人数 109 人的 24.77%，造成 51 人受伤，占总受伤人数 211 人的 24.17%。此类情况在原特区外的部分区域更为突出，涉及摩托车、电动车的交通事故发生率高达 50% 至 60%。

(二) 环境影响分析

1、能源消耗分析

交通单位运输能耗也是指单位人公里能耗，其计算式为：

$$E_i = \frac{P_i}{A_i}$$

算式为：

i 城市不同类型的城市交通工具；

E_i 不同交通工具百人公里能耗，也就是文中主要分析的数据；

P_i 不同交通工具百公里能耗，车辆百公里能耗主要根据国家工业信息部和相关统计调查进行标定，计算单位运输能耗量时将不同能源消耗量按照国家能源综合转换系数转换成石油消耗量；

A_i 每种交通方式平均乘客数。

表 1 几种常见交通方式能源消耗情况比较

交通方式	单车载客量 (人)	燃油运输量 (人·km)/L	燃油源值 (MJ/L)	能耗 MJ/(人·km)
长途公共汽车	45	80	30.5	0.38
经济型小汽车	4	71	27.5	0.38
磁悬浮车辆	140	62	30.5	0.49
10 辆编组列车	800	57	30.5	0.53
10 辆编组地铁	1000	53	30.5	0.57
小汽车	4	42	27.5	0.65
公共汽车	35	37	30.5	0.82
4 辆编组火车	200	28	29.7	1.08
摩托车	1	21	27.5	1.31

从上表可看出摩托车的能耗在各种交通出行方式中的能耗指标最高，且远高于其它交通出行方式。

2、污染排放分析

机动车污染物排放已成为影响空气质量的重要源。在机动车的污染物排放中，主要的有害排放物质包括 HC、CO、NO_x 及其他颗粒物，本文在此主要研究 CO 和 NO_x 的排放。

(1) 机动车污染物排放量测算模型

根据道路交通污染物产生的顺序，将模型分为三个模块：机动车排放源强、污染物扩散、污染物背景值。本文只精确计算第一个模块：机动车排放源强。

$$Q = \sum_i N_i \cdot e_i = \sum_i \lambda_i \cdot N \cdot e_{ij}$$

Q 机动车排放源强；

N 道路上机动车流量；

N_i 第 i 类机动车数量；

λ_i 第 i 类机动车占机动车流量比例；

e_i 第 i 类机动车的污染物排放因子 (g/km)；

e_{ij} 第 i 类机动车的第 j 类污染物排放因子 (g/km), $i=1,2,3,4,5$; $j=1,2$ 。

①机动车流量、不同类型机动车数量及不同类型机动车占机动车流量比例由深圳市机动车总保有量与不同出行方式分担率相乘得到，具体见图 3、表 2。

②污染物排放因子。

表 2 深圳市历年机动化出行分担率变化表

年份	摩托车	公共交通	小汽车	单位班车的士
2000 年	35.30%	37.40%	17.60%	7.50% 2.20%
2005 年	7.10%	44.20%	35.20%	10.20% 3.30%
2010 年	4.90%	38.30%	44.20%	8.80% 3.70%

注：数据来自 2015 深圳统计年鉴



图 3 深圳市 2010-2015 年机动车保有量统计图

排放因子显示了机动车排放水平，是计算机动车排放源强的重要依据。本文主要应用 COPERT III 模

型。应用 COPERT III模型来计算排放因子，需要的参数包括气候参数、燃料参数、平均行驶速度、车辆类型和平均旅程长度等（毛程丝等，2013）。

a.平均行驶速度：本文取摩托车（20km/h）、汽车（30km/h）进行研究。

b.平均旅程长度：COPERT III模型的默认值为12km。

c.燃料参数：参照我国相关燃油标准得到我国车用汽油蒸气压为夏季（3月到8月）88KPa，冬季（9月到次年2月）74KPa，并且，均为含铅量低于0.013g/L的无铅汽油，柴油和汽油的含硫量分别为0.05%和0.02%（谢绍东等，2006）。

表3 中国机动车排放因子 g/(km·辆)

车辆类型	技术标准	NOx	
		CO 排放因子	排放因子
小客车 (汽油>2.0L)	Euro I	11.7	0.6
公共汽车	Euro I	3.17	13.21
长途客车	Euro I	2.84	9.7
摩托车 (四冲程)	Conventional	32.16	0.09

注：数据来自蔡皓、谢绍东，中国不同排放标准机动车排放因子的确定，北京大学学报（自然科学版），第46卷，第3期，2010年5月

(2) “机动车污染物排放”问题模型的解答

表4 “禁摩限电”前后CO和NOx排放量

单位：万克/km	摩托车	公交	小汽车	班车	的士	总计
禁摩前 CO 排放	13.13	79.05	388.59	3.74	2.72	487.22
禁摩后 CO 排放	0	87.25	428.93	4.11	2.94	523.23
禁摩前 NOx 排放	0.04	329.42	19.93	12.77	0.02	362.173
禁摩后 NOx 排放	0	363.57	22	14.04	0.02	399.63

虽然“禁摩限电”后相比之前排放量略有升高，但是考虑：①假设中摩托车出行人数不可能完全按照机动化出行分摊率分流到各个道路交通方式上，更多的会分流到轨道交通、公共交通及其他非机动出行方式上，故实际排放量应比上述计算结果少。②在深圳市机动车保有量的上升趋势下，“禁摩限电”后污染物排放增量相比并不明显。

3、电瓶车，伪环保

电动车一直被贴上“0排放”的环保标签，这其实是“皇帝的新装”，“0排放”只是简单地考虑了电动车的使用过程，而电池生产等相关环节却都是高污染

行业。对于我国火力发电不低于75%的情况下，电动车使用污染等同烧煤。

(1) 生产：电池企业多污染

我国电动车使用电池大多数为锂电池和铅酸电池，为确保良好续航，电动车大多使用重量超过16公斤的磷酸铁锂电池。然而，此类电池在“生产—回收”等环节全都是高污染。

电池生产管理缺乏导致污染环境。电池在“生产—回收”等环节全都是高污染。电池生产金属材料加工时，镉、汞、铅、铬、砷等重金属会释放出来会严重污染空气和水源；电动车电池导致人体血液铅含量超标。国家环保部门调查报告显示，2010年中6起较大的铅污染事件，其中3起是由铅酸电池企业导致的。铅酸电池使用浓硫酸与铅为生产原料，这两种高腐蚀性化工原料与重金属危险品，在生产过程中会产生大量酸雾与铅烟，并通过空气传播进入人体，导致血液中铅含量超标。

(2) 使用：电能产生多源自煤炭发电

使用电作动力的电动车，看似零能耗，但发电企业本身却是高能耗。对于我国火力发电不低于75%的情况下，电动车使用污染等同烧煤。

污染前移的低排放。尽管电动使用低排放，为给电动汽车的蓄电池充电，在以煤发电的中国，发电过程中大量固体废弃物的排放严重的导致了空气污染，使电动车污染前移；我国75%以上电网用煤炭发电。2015年超过78%的发电源于煤炭，并且是灰分高、含硫高的劣质煤。而且，预计到2020年，超过71%电力供应量的仍将由煤炭提供。

(3) 回收：无健全电池回收系统

铅酸蓄电池充电速度快、容量较大，但弊端是寿命短，一般使用年限不超过两年，再次生产污染仍然巨大。而锂电池的使用寿命虽在5年左右，但由于目前国家未将锂电池纳入危险废弃物的范畴，造成了锂电池的回收管理体系缺失。

我国的电池回收利用率≈0。废旧铅酸蓄电池内含大量废硫酸、铅膏等物质，已经被国家列入危险废物名录。此类物质一旦伤害到人体，有超过60%可能导致铅中毒，情况严重的会因肾脏衰竭，最终在2年内死亡；电动车报废电池没有解决方案。

Blacksmith（环保组织铁匠基金会）数据表明，世界上“十大严重污染”，其中就有不合理拆除铅酸电池导致的。控制污染的一个首要发展方向就是去回收这些废旧电池，并对它们的价值进行重新评估，最后向消费者进行重新销售。

(三) 交通需求分析

1、交通需求函数

交通需求函数使用的参数包括各个交通区域的土地利用强度、性质、人口规模、出行时间等，这些因素均能反映具体路段对 $r-s$ 间的出行方式，但出行时间 h_{rs} 是 $r-s$ 间需求函数唯一的变量，且对出行时间而言，需求函数在具体路段内单调下降。因此，本文中建立交通需求函数采取了分段式含上限与下限的形式。

2、基于均衡原理的超量需求均衡模型

(1) 交通阻抗函数——阻抗函数模型

本文采用美国联邦公路局使用的 BPR 阻抗函数模型

$$t = t_0 \left[1 + \alpha \left(\frac{V}{C} \right)^\beta \right] \tag{4.1}$$

其中：

t 两交叉口间路段上的行驶时间，min

V 路机动车交通量，辆 / h

C 路段实用通行能力，辆 / h

α, β 回归参数

对于某一个具体的路段来说，应用上述路阻函数，通过大量观测回归数据确定它的参数从而建立的相关计算模型，是能满足工程要求的。但存在两个不足：①通用性较差。每个路段都有各自的模型参数。如果采取对每个路段都进行实时观测的方法。通过回归分析建立各自的路阻函数模型，当满足精度条件时，工作量为城市交通网络上千个路段，数量规模庞大。如果想要节省调查工作量，则对全市采用统一参数的路阻函数模型，产生相关性低的状况，精度不能达到工程设计的要。②适应性不强。根据实时的道路条件及交通状况确定经验型路阻函数的参数，针对道路交通条件实时变化问题难以解决。特别是在交通规划中，针对具体路段远期规划更难以实现。

(2) BPB 函数的求解

对标准 BPR 函数进行变形。得到

$$\frac{t}{t_0} = 1 + \alpha \left(\frac{V}{C} \right)^\beta \tag{4.2}$$

$$\frac{t}{t_0} - 1 = \alpha \left(\frac{V}{C} \right)^\beta \tag{4.3}$$

公式两边同时取对数变形得：

$$\ln \left(\frac{t}{t_0} - 1 \right) = \ln \alpha + \beta \ln \left(\frac{V}{C} \right) \tag{4.4}$$

该路段的位置为连接每一路段 $r-s$ 的起终点，附加路段

令 $Y = \ln \left(\frac{t}{t_0} - 1 \right)$, $X = \ln \left(\frac{V}{C} \right)$, 则可得到

$Y = \ln \alpha + \beta x$ 由形式可知该方程为线性方程。采用拟合直线方程 $Y = a + bx$ 进行参数拟合，其中 $a = \ln \alpha$ 。

采用最小二乘法计算，令 $Q = \sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - y_i)^2$ 式中：

\hat{y}_i : 回归模型计算值； y_i : 实际观测值。所以 Q 表示模型计算值与实际观测值之间偏差的平方和，根据假定：

$$Y_i = a + bX_i \tag{4.5}$$

则：

$$Q = \sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - y_i)^2 = \sum_{i=1}^n (a + bx_i - y_i)^2 \tag{4.6}$$

通过极值定理对上式求偏导，同时令其等于 0。即得到

$$\frac{\partial Q}{\partial a} = 2 \sum_{i=1}^n (a + bx_i - y_i) = 0 \tag{4.7}$$

$$\frac{\partial Q}{\partial b} = 2 \sum_{i=1}^n (a + bx_i - y_i) x_i = 0 \tag{4.8}$$

由上式可解得

$$a = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n} - b \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \tag{4.9}$$

$$b = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - \sum_{i=1}^n x_i \sum_{i=1}^n y_i}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2} \tag{4.10}$$

完成上述未知量的收集，在上面的数据基础下，便可以判断交通需求结构的状态。

(3) 虚拟网络的构建

图 8 中的网络代表某一城市道路网系统，其着重表示了对一路段 $r-s$ 。定义一条虚拟的附加路段 A，

段的流量定义为 A_{rs} 。

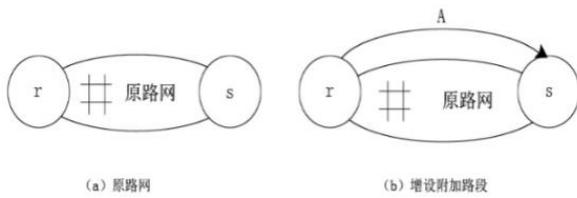


图4 附加虚拟网络图

假设原网路 $r-s$ 间的交通需求函数为 Q_{rs} ，需求函数是有上限的，假设起点 r 到终点 s 总出行量的上限是 \bar{Q}_{rs} ，则 $A_{rs} = \bar{Q}_{rs} - Q_{rs}$ ，它表示起点 r 与终点 s 间不能容纳的出行量，即超量需求量。 $B_{rs}(\bullet)$ 表示逆需求的超量变量函数，即 $B_{rs}(A_{rs}) = D_{rs}^{-1}(Q_{rs})$ ， $\forall r, s$ 则 $B_{rs}(A_{rs})$ 具有路段特性函数的所有性质，即为该虚拟附加路段的阻抗函数。

(4) 超量需求均衡模型

\bar{Q}_{rs} 起点 r 到终点 s 总出行量的上限

A_{rs} 附加路段的交通流量

F_k^{rs} 点对 (r, s) 间的第 k 条路径的交通流量，其向量为 $F = (\dots, F_k^{rs}, \dots)$

$\chi_{a,k}^{r,s}$ 关系变量，如果路段 A 在 (r, s) 间的第 k 条路径上， $\chi_{a,k}^{r,s} = 1$ ，否则， $\chi_{a,k}^{r,s} = 0$ 。

基于 Wardrop 均衡原理以及构建的附加虚拟网络，建立超量需求均衡模型的数学形式描述如下：

$$\min Z(X, A) = \sum_a \int_0^{x_a} T_a(\mu) d\mu + \sum_{rs} \int_0^{A_{rs}} B_{rs}(v) dv$$

$$s.t. \begin{cases} \sum_k F_k^{rs} + A_{rs} = \bar{Q}_{rs} & \forall k, r, s \\ A_{rs}, F_k^{rs} \geq 0 \end{cases}$$

$$x_a = \sum_{r,s} \sum_k F_k^{rs} \chi_{a,k}^{r,s}, \forall a$$

模型中所用变量和参数的含义：

x_a 路段 A 交通流量，组成向量 $x = (\dots, x_a, \dots)$

T_a 路段 A 的交通阻抗

$T_a(x_a)$ 路段 A 上以流量为自变量的阻抗函数

$B_{rs}(\bullet)$ 交通需求函数的反函数

3、交通需求结构分析方法

此种分析方法方便判断相对于道路网络，交通需求是否超量。超量则结合交通管理与控制、交通供给等方面，制定相应的交通需求管理措施，然后再循环模型与算法，直至路网络结构与道路交通需求结构达到均衡匹配为止。应用步骤下图所示：

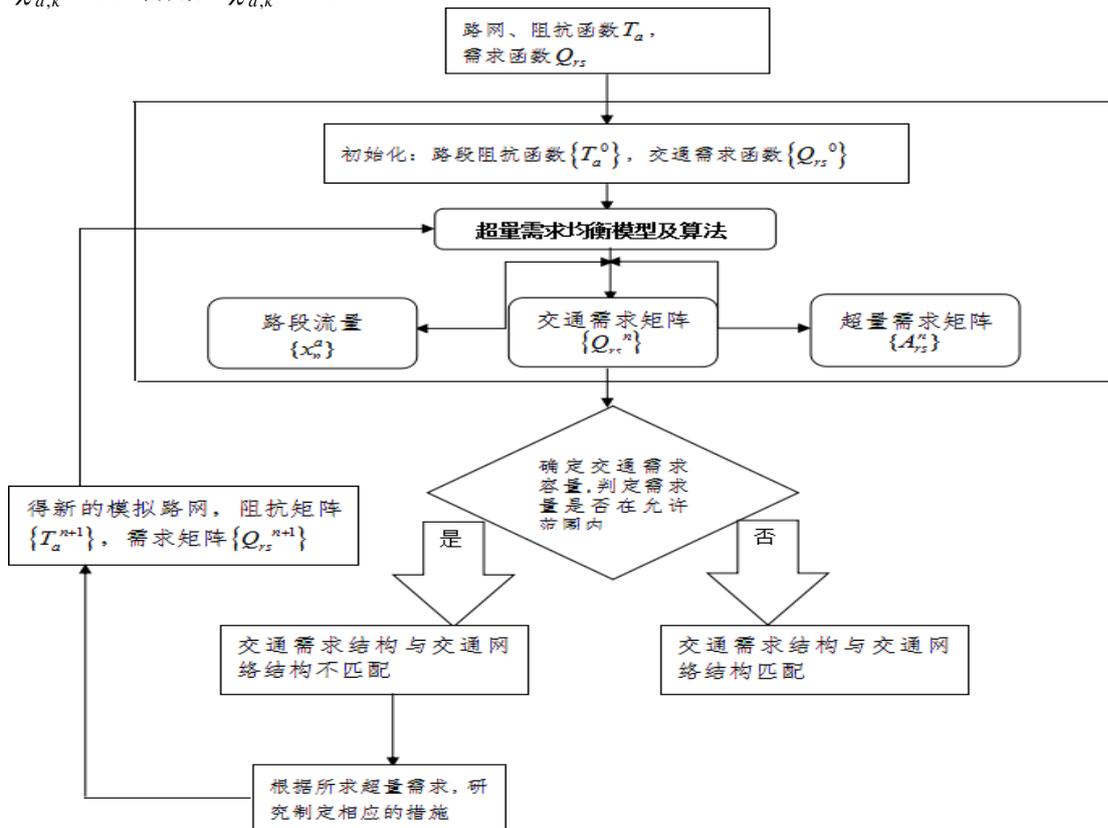


图5 交通需求结构分析流程图

根据以上的关于交通需求结构的 3 个模型，最后得出关于深圳市交通的叙述：

深圳市人口众多、道路资源紧缺、非机动车道并不完善，更有 90%的道路未设置非机动车道；绝大部分道路的人行道与非机动车道共同设置，并且缺乏非机动车专用路障。截至 2015 年 6 月底，不包含摩托车来说，深圳市城市机动车保有量就已经高达 330 万辆，平均 586 辆/公里、1658 辆/平方公里¹。根据目前的拥堵情况，道路交通压力大，且并不适合在道路上开辟非机动车道。

由于“禁摩限电”政策的出台，我们知道：交通需求管理是引导人们采用科学理性的交通行为，理智的使用交通设施的有限资源。目前，国外各大城市实施的交通需求政策有伦敦的交通拥堵收费、荷兰的 ABC 政策、汉城的限制车牌、新加坡的区域许可证制度等，这些政策的实施对解决本区域的交通拥堵问题都收效显著。国外城市在交通需求管理方面主要是通过调控、引导、限制、疏解等措施，同时对城市道路路网、城市布局结构、以及管理模式等方面进行优化，促使减少交通需求量、促使交通分布均匀、达到节省道路空间资源的效果，从而实现城市交通供需平衡，保障城市交通安全、便捷、经济及环保，促使城市交通实现从可持续发展。

4、总体量化分析

根据对三个指标的侧重不同制定三方面权重分析：方案一{交通结构、环境能耗、安全性能}，侧重环境能耗、安全性能；方案二{环境能耗、交通结构、安全性能}，侧重交通结构、安全性能；方案三{安全性能、环境能耗、交通结构}，侧重交通结构、环境能耗。

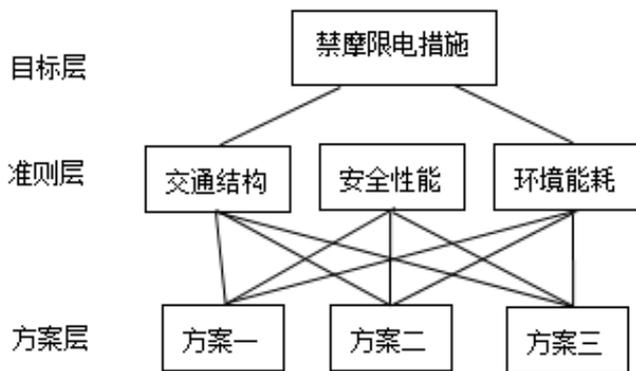


图 6 禁摩限电措施合理性分析

方案层对第二层每个准则的成对比较阵：

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 8 & 5 \\ 17 & 1 & 5 \\ 8 & 17 & 8 \\ 5 & 5 & 1 \end{pmatrix} \quad B = \begin{pmatrix} 1 & 15 & 2 \\ 9 & 1 & 3 \\ 15 & 15 & 15 \\ 9 & 15 & 1 \end{pmatrix} \quad C = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 3 \\ 2 & 1 & 3 \\ 2 & 1 & 3 \\ 3 & 3 & 1 \end{pmatrix}$$

准则层对目标层的成对比较阵：

$$D = \begin{pmatrix} 1 & 7 & 7 \\ 16 & 1 & 1 \\ 7 & 16 & 1 \end{pmatrix}$$

方案层对于准则层的权向量矩阵为：

$$\begin{pmatrix} 0.1533 & 0.3226 & 0.2727 \\ 0.3257 & 0.1935 & 0.5455 \\ 0.5211 & 0.4839 & 0.1818 \end{pmatrix}$$

准则层对于目标层的权向量矩阵为

$$\begin{pmatrix} 0.1795 \\ 0.4103 \\ 0.4103 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 0.1533 & 0.3226 & 0.2727 \\ 0.3257 & 0.1935 & 0.5455 \\ 0.5211 & 0.4839 & 0.1818 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 0.1795 \\ 0.4103 \\ 0.4103 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.2716 \\ 0.3617 \\ 0.3667 \end{pmatrix}$$

因此“禁摩限电”举措的实施考虑，交通结构因素占 27.16%，环境能耗因素占 36.17%，安全性能因素占 36.67%。在此种方案下，“禁摩限电”方案的有效性以上三个因素关系直接相关，采取“禁摩限电”措施将对以上三方面有不同比例程度的改进。

故得出“禁摩限电”合理性指数：

$$x = 0.2716x_1 + 0.3617x_2 + 0.3667x_3$$

x_1 交通结构因素，即交通需求结构与交通资源总量匹配程度

x_2 环境能耗因素，即考虑“禁摩限电”对于能源消耗与环境污染的影响

x_3 安全性能因素，以考虑抹点所带来的安全隐患
“禁摩限电”后合理性指数： $y'' = y[1 + cx]$

四、绩效评价

1、具体“禁摩限电”原因归纳

第一，摩托或者电动车的事故高发，比如深圳，全年有超过 30%的交通事故来自这两类车辆；第二，这些车辆经常不遵守交通规则，随意乱拐、逆行、横冲直撞等违规现象时有发生，违法成本低，但执法成本高；

¹ “禁摩限电”深圳不会取消，广东频道，人民网，<http://gd.people.com.cn/n/2015/1112/c123932-27084097.html>, 2015-11-12/2016-07-12

第三, 这些车辆有时从事非法营运, 扰乱公共秩序, 甚至有“飞车党”等利用这些交通工具实施抢劫; 第四, 这些车辆“影响市容”第五, 电动车正成为潜在的“马路杀手”, 机动车造成的交通事故持续在减少, 非机动车造成的交通事故却一直在增加。另外还有诸如: 90%道路未设非机动车道, 报废电池污染严重等等。

2、禁摩限电的绩效评价

通过构建并求解数学模型, 可以得出以下结论: 摩托车、电动车危险性大于汽车, 因此禁摩限电政策的实行具有必要性。2016年度摩电死伤人数有所减缓, 说明“禁摩限电”已取得初步成效; 禁摩限电政策的实行使城市总能耗水平减少, 使城市交通体系进一步合理化, 这对于环境保护以及能源节约具有重要意义; “禁摩限电”对深圳市控制污染物排放量有所帮助; 对于“生产-使用-回收”等环节都会产生相关巨大能耗和污染的电动车, 作为新时期的交通工具的使用无疑只是伪环保的“皇帝的新装”, 禁摩限电政策的实行无疑会对环境保护起到重要作用。通过数学模型所得结果与社会广泛认同的该政策弊大于利的结论相差甚远, 这在一方面说明了数学模型可以更好地避免绩效评价中主观因素的影响, 使评价更具科学性和准确性。

3、“禁摩限电”管理方面的建议

第一, 限制或者禁止摩托车在规定区域或是整个市区道路的通行; 第二, 为降低电动车超速引发的安全事故, 对电动车进行限速处理, 对摩托车和电动车实行实名制上牌登记; 第三, 规划单独车道, 不得占用机动车道, 避免因车流量过大造成的交通堵塞或其他危险情形的产生。

五、结论

政府部门为保障道路通畅, 制定了如“禁摩限电”的交通管理措施, 对于此类管理措施应客观地评价其科学性及其可行性, 避免主观因素以及认识偏差所带来的影响。本文从安全性能、环境影响以及交通需求等方面进行分析并建立模型, 通过对数学模型的分析, 可以看出“禁摩限电”政策在安全、环境、交通方面都具有积极的作用。

在理论层面, 正确合理地对数学模型进行应用进行绩效评价, 摆脱以往绩效评价中较多的主观性, 适当运用数学理论以及思维方法解决实际问题, 将会使绩效评价更有效度与信度, 使数学模型在企业和社会管理中发挥独到的作用。除“禁摩限电”之外, 对于汽车限行、交通管制、限制外地号牌上路等交通政策, 也可以使用建立数学模型等多种方法进行分析, 以得出客观公正的绩效评价结论。

在实践层面, 政府在制定交通管理政策时, 应全面地分析政策的利弊, 借鉴已实施的政策, 避免出现政策失败对社会产生不利影响, 同时科学地评价交通管理措施, 推动绩效管理不断工作不断发展, 为新政策的制定提供必要的支持与反馈。

文章对于问题的分析仍然有局限性。首先, 数据的来源为深圳市官方文件以及专家学者所做的研究报告, 并未进行实地调研, 因此在数据可信度方面仍有改进的空间。其次, 在分析交通需求时, 由于数据较难获得, 并且针对道路交通条件实时变化问题难以解决, 因此在具体操作时存在计算量过大、计算结果存在滞后性的问题。

参考文献

- [1]蔡皓.谢绍东, 中国不同排放标准机动车排放因子的确定, 北京大学学报(自然科学版), 第46卷, 第3期, 2010年5月
- [2]林荔宾. 为跨越发展提供安全畅通的交通环境[J]. 人民政坛, 2010(8):26-27.
- [3]磷酸铁锂电池在中小型风力发电设备发电中的应用, 电池, 中国百科网
- [4]马中超. “禁摩限电”不应忽视电动自行车的路权[J]. 电动自行车, 2016(4).
- [5]毛程丝.蒲志仲.吴杰, 裴潇汽车污染减排方法效果的理论与政策实践分析, 会计之友, 2013
- [6]深圳蓝皮书·社会.2014~2015年深圳市公共交通发展趋势及展望 (转第33页)