

基于车辆排放标准的交通拥堵费 政策研究

南京市机动车排气污染监督管理中心

2013年10月

目 录

第 1 章 南京市社会经济概况	1
1.1 经济发展	2
1.2 人口规模	3
1.3 车辆发展	4
第 2 章 南京市道路交通运行现状与管理需求分析	6
2.1 居民出行	6
2.1.1 出行次数	6
2.1.2 出行目的	6
2.1.3 出行时间	7
2.1.4 出行方式	8
2.2 道路交通	8
2.2.1 设施建设	8
2.2.2 道路流量	9
2.2.3 公共交通	12
2.3 交通环境	12
2.3.1 空气质量水平	12
2.3.2 道路环境	13
2.4 交通管理	14
2.5 管理需求分析	15
2.6 交通需求管理	16
第 3 章 国外交通拥堵收费政策实施情况	17
3.1 新加坡城市道路拥堵收费	17
3.1.1 新加坡拥堵收费政策发展历程	17
3.1.2 新加坡拥堵收费政策实施效果	18
3.2 伦敦城市道路拥堵收费	18

3.2.1 伦敦拥堵收费政策发展历程	18
3.2.2 伦敦拥堵收费政策实施效果	19
3.3 斯德哥尔摩城市道路拥堵收费	20
3.3.1 斯德哥尔摩拥堵收费政策发展历程	20
3.3.2 斯德哥尔摩拥堵收费政策实施效果	22
第4章 拥堵收费的法律与政策调查	23
4.1 拥堵收费	23
4.2 排污收费	24
4.3 经济学观点	24
第5章 基于交通状态分析的城市拥堵收费时区判别	26
5.1 研究内容与技术路线	26
5.2 国内外交通状态评价方法	27
5.2.1 国外研究现状	27
5.2.2 国内研究现状	29
5.3 南京市交通拥堵评价研究	30
5.3.1 南京市 RFID 基站数据处理	30
5.3.1.1 数据来源	30
5.3.1.2 地理信息数据处理	31
5.3.1.3 交通数据处理	32
5.3.2 南京市交通状态判别分析	35
5.3.2.1 南京市区域交通拥堵评价指标的参考标准	35
5.3.2.2 南京市交通状态判别	35
5.3.2.3 南京市交通状态图结果分析	36
第6章 基于车辆排放的拥堵费率核算	48
6.1 汽车保有量	48
6.1.1 按车型划分的汽车保有量	48
6.1.2 按燃料类型划分的汽车保有量	48

6.1.3 按排放标准划分的汽车保有量	49
6.2 汽车污染物排放量现状	49
6.2.1 按车型划分的汽车污染物排放量	49
6.2.2 按燃料类型划分的汽车污染物排放量	51
6.2.3 按排放标准划分的汽车污染物排放量	52
6.2.4 按环保标志类型划分的汽车污染物排放量	53
6.3 污染控制措施	53
6.4 基于车辆排放的拥堵费率核算研究内容	54
6.5 拥堵费率核算研究的技术路线	55
6.6 拥堵收费参数确定	56
6.6.1 基础排放因子	56
6.6.2 拥堵行车参数	58
6.6.3 吸入因子	59
6.6.4 污染当量	60
6.6.5 年检参数	61
6.7 拥堵收费标准和征收方案	62
6.7.1 征收方案1（行驶里程收费方案）	62
6.7.2 征收方案2（出入计次收费方案）	63
6.8 小结	64
第7章 拥堵收费实施计划	65
7.1 政策实施对象	65
7.2 管理部门	65
7.3 管理平台框架	65
7.4 收费流程	66
7.4.1 本地车辆收费	66
7.4.2 外地车辆收费	66
7.5 公众接受度	67

7.6 影响分析	67
7.6.1 收费区域交通量减少	67
7.6.2 收费区域交通拥堵现象缓解	67
7.6.3 对公共交通的影响	68
7.6.4 对城市停车需求的影响	68
7.6.5 收费区域空气质量改善	68
7.7 结论与建议	69

前 言

2000 年以来，南京市机动车保有量持续快速增长，年均增长速度超过 12%。截至 2012 年底，南京市机动车总量已突破 160 万辆。快速增长的机动车总量不仅给道路交通造成巨大压力，也给进一步改善南京市环境空气质量带来严峻挑战。

为缓解拥堵，降低排放，南京市一方面从加快轨道交通建设入手，运用科技手段，在区域性交通系统优化、信号联网协调控制、交通诱导信息融合、停车差别化收费等方面采取了一系列管理措施，另一方面基于射频识别电子卡技术，建设机动车环保监管系统，形成了较为完备的包括新车达标、在用车监管、油气治理和黄标车淘汰等在内的机动车污染综合防控体系，取得了一定的成效。然而，机动车快速增长的势头不断加剧道路拥堵状况，并且显著抵消实施机动车排放控制带来的总体减排效果。

可以预见的是，未来很长一段时间内，我国城市机动车保有量仍将保持增长趋势，即使下一步限制新增量，在目前的总量条件下，若不限制车辆的使用，道路拥堵和尾气污染状况将逐年恶化。因此，参考国外城市案例，综合交通和环保部门管理需求，本项目提出基于车辆排放强度的交通拥堵收费政策研究，探讨治污与治堵并举的可行方案。

项目主要研究内容包括，采集处理南京市 RFID 路段数据，以区域平均行程速度数据作为评价指标对南京市城区的交通拥堵状况进行评价，分析城区 24 小时的交通拥堵状态，得出南京市时空交通特性，划分拥堵的时段和区域；借鉴 IVE 模式的基础排放因子，比对我国与欧美国家的机动车型主要技术参数，根据南京市车辆现状和行车特征，给出拥堵状况下的单车排放因子，应用国内外有关收费当量标准和吸入因子研究成果，结合机动车年检（I/M 制度）排放状况，确定拥堵收费核算方法和征收额度。项目研究结果希望为政府提供政策储备，为管理部门决策提供参考。

第一章 南京市社会经济概况

南京，是江苏省省会，副省级城市，全省政治、经济、科教和文化中心，地处中国沿海开放地带与长江流域开发地带的交汇部，是中国国土规划中沪宁杭经济核心区的重要中心城市，国家重要的综合性交通枢纽和通信枢纽城市。

1.1 经济发展

近年来，南京市加快转变发展方式，经济结构日趋优化，经济总量不断扩大。2012年全市完成地区生产总值7201.57亿元，人均地区生产总值达到113152元。



图 1-1 2001—2012 年南京市地区生产总值变化情况

“十一五”以来，南京市加强重大功能性基础设施建设，增强对周边地区的辐射带动作用，城市的区域集散能力显著增强，环境经济投入稳定在地区生产总值的 3% 以上，城市道路类投资占交通设施投资比重逐步上升。

表 1-1 环境经济

指 标	2007 年	2008 年	2009 年	2010 年	2011 年	2012 年
环境保护投资 (亿元)	85	99.69	113.21	127.18	164.89	187.41
城市环境基础设施 建设投资	76.58	73.17	74.71	84.1	111.83	107.4
环境保护投资占地区 生产总值比例 (%)	3.06	3.04	3	3.01	3.24	3.05



图 1-2 2012 年南京市交通设施投资结构图

2012 年，全市完成交通设施总投资约 501.4 亿元，较上年增长 4.0%，占 GDP 的 6.96%。城市对外交通基础建设与城市道路、桥梁建设基本建成，投资重心向以轨道交通为主的城市公共交通设施建设转移，力争 2014 年青奥会召开前，建成南京地铁 3 号线、4 号线、10 号线、宁高一期线等 4 条轨道线路。

1.2 人口规模

2012 年，全市常住人口达到 816.1 万人，户籍总人口为 638.5 万人。尽管人口总量位居北京、上海、广州、杭州四城市之后，但我市人口增长速度快于广州和杭州，预计将在 2015 年突破 900 万，2020 年时将达到 1027 万。

表 1-2 南京市户籍人口变化表（单位：万人）

年份	全市	市区	年份	全市	市区
2001 年	553.0	371.9	2007 年	617.2	534.4
2002 年	563.3	480.4	2008 年	624.5	541.2
2003 年	572.2	489.8	2009 年	629.8	546.0
2004 年	583.6	501.2	2010 年	632.4	548.4
2005 年	595.8	513.4	2011 年	636.4	551.6
2006 年	607.2	524.6	2012 年	638.5	553.3

由于“居职分离”越来越严重，大规模人口在居住地与工作地的“钟摆运动”，给城市交通带来沉重压力。

1.3 车辆发展

在经济和人口不断增长的同时，全市交通需求得到了迅速的发展。机动车保有量成为过去 20 年间南京市增长最为迅速的城市发展指标之一。2012 年，南京市机动车拥有量达到 158.5 万辆，其中汽车年均增长 20%，小型客车为增长主体。

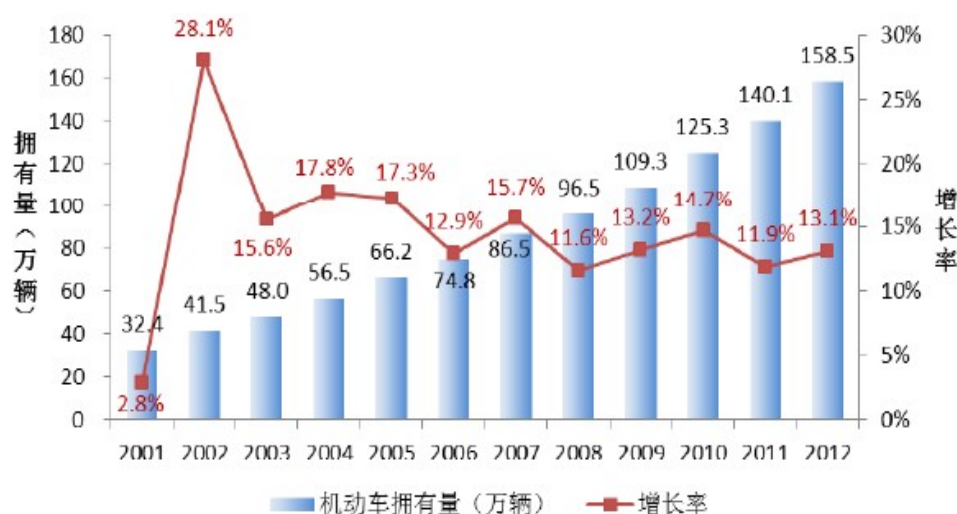


图 1-3 南京市机动车保有量发展情况

2012 年，全市小型客车拥有量从 2011 年的 85.3 万辆增至 102.6 万辆，增幅 20.2%，月均增加 1.4 万辆，连续三年超过 50% 比重。

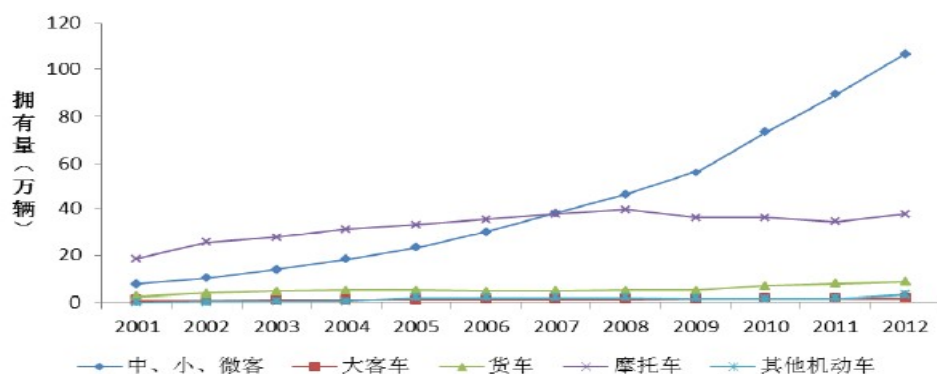


图 1-4 南京市机动车主要车型保有量变化情况

2012 年全市私人汽车拥有量 96.4 万辆，占全市汽车总量的 81.8%，较上年增加 16.8 万辆，增幅 21.0%。



图 1-5 南京市私人汽车发展趋势

私人汽车数量的迅猛增长和使用造成了交通拥堵、尾气污染、能源消耗等一系列问题。调查结果显示，市民对发展小汽车的态度日趋理性，“鼓励发展”的市民仅占 12%，认为应当“适度发展、限制使用”的市民比例达到 65%。

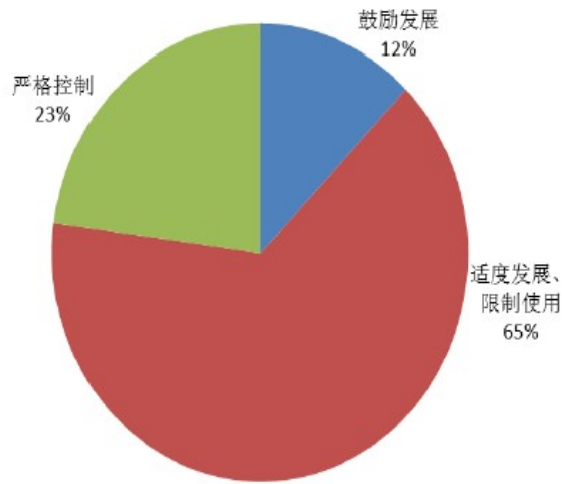


图 1-6 市民对发展小汽车的态度调查结果

第二章 南京市道路交通运行现状与管理需求分析

2.1 居民出行

南京市经济的持续高速发展,使城市规模不断扩大,社会经济活动日益频繁,交通需求总量逐年增加。

2.1.1 出行次数

调查显示,2012年主城区居民人均出行次数2.74次/日,外围城区居民出行次数为2.73次/日。根据调查数据推算主城区常住人口一日出行总量为1023.72万人次。



图 2-1-1 南京市主城区人均出行次数与一日出行总量变化图

2.1.2 出行目的

2012年,主城区居民出行目的的分布中,通勤出行(上班和上学)占出行总量的33.3%,弹性出行(生活购物、休闲娱乐、探亲访友及其他出行)比例为17.7%。外围城区居民出行目的的分布中,通勤出行(上班和上学)占出行总量的33.6%,弹性出行(生活购物、休闲娱乐、探亲访友及其他出行)目的的比例为17.7%。

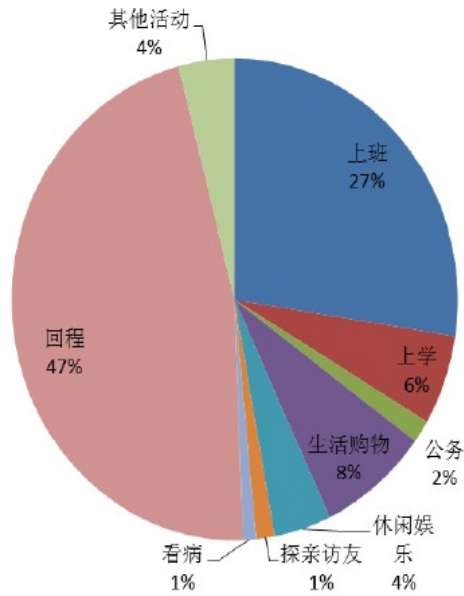


图 2-1-2 2012 年主城区居民出行目的构成图

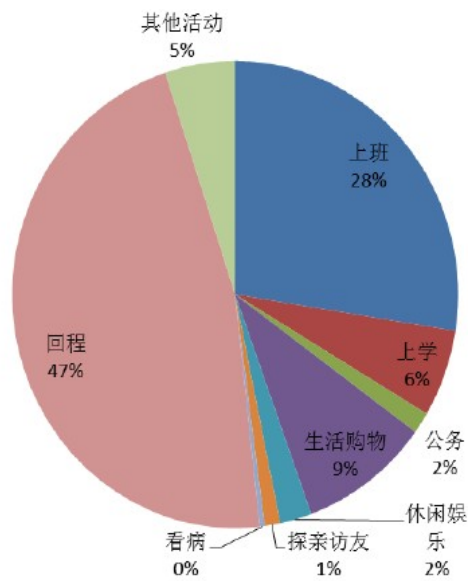


图 2-1-3 2011 年外围城区居民出行目的构成图

2.1.3 出行时间

由于出行中通勤比例较高，主城与外围城区居民出行有明显的早晚高峰（早高峰为 7:00-9:00，晚高峰为 17:00-18:00）；且时间段基本一致。

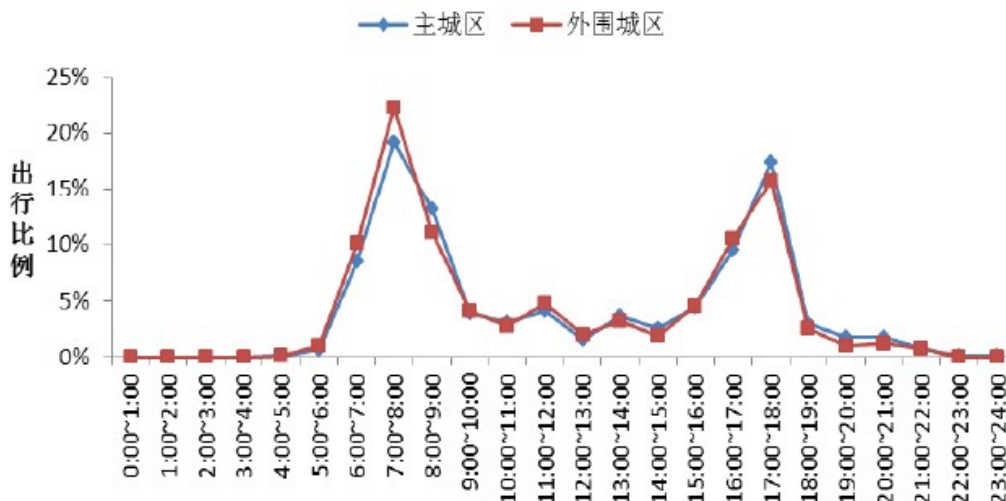


图 2-1-4 2012 年南京市主城与外围城区居民出行时间分布

2.1.4 出行方式

研究表明，出行者对于交通方式的选择与城市规模、交通服务水平、出行距离等因素有关。近十年来，随着私人汽车拥有量的上升，其出行比例增长了 26.3 倍，而其他交通出行比率变化不大。

表 2-1-1 南京市主城区居民出行结构汇总表 (%)

年份	步行	非机动车	公共汽(电)车	轨道交通	私人汽车	出租车	摩托车	单位车	其它
2001	26.5	41.0	24.4	-	-	1.0	2.7	3.1	1.3
2002	23.2	43.8	24.7	-	0.4	1.0	2.9	3.0	1.0
2003	24.7	44.1	24.1	-	0.8	0.5	2.9	2.5	1.2
2004	23.5	40.6	24.3	-	2.5	1.1	4.1	3.0	1.1
2005	24.1	41.1	22.6	-	3.0	1.3	3.9	3.5	0.5
2006	26.8	42.7	18.6	0.7	2.6	3.9	1.3	2.3	1.3
2007	26.3	40.1	19.3	2.2	4.3	2.1	1.4	3.7	0.6
2008	25.8	39.0	19.0	2.6	5.0	2.5	1.5	4.1	0.5
2009	25.4	37.6	19.1	2.8	6.9	2.6	1.1	4.0	0.5
2010	25.8	36.8	17.6	4.5	7.9	2.5	1.0	3.4	0.5
2011	26.6	35.7	18.3	5.1	8.1	2.5	0.5	2.9	0.3
2012	26.7	31.3	19.7	5.6	10.5	2.4	0.5	3.2	0.2

2.2 道路交通

2.2.1 设施建设

至 2012 年底，南京市区道路长度 6615.5 公里，较上年增加 725.5 公里。其

中快速路 175.8 公里，主干路 720.9 公里，次干路 765.8 公里，支路 1027.2 公里，街坊路 1729.2 公里，境内公路 2196.6 公里。

市区道路面积 11423.8 万平方米（含人行道面积），较上年增加 965.8 万平方米。市区人均拥有道路面积（不含街巷）为 20.1 平方米，较上年增加 0.5 平方米。

表 2-2-1 南京市市区道路交通设施建设指标汇总表

指 标		2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
道路长度	公里	5244	5273	5358	5467	5599	5890	6615.49
道路面积	万平方米	7392	7992	8806	9314	9576	10458	11423.76
人均道路面积	平方米	17.14	17.12	18.41	18.91	19.35	19.63	20.14
人行道面积	万平方米	803	837	933	981	1022	1134	1246.93
桥梁总数	座	1154	1154	1396	1419	1498	1598	1733
路灯数量	盏	143555	172314	180033	198457	261712	253432	264031

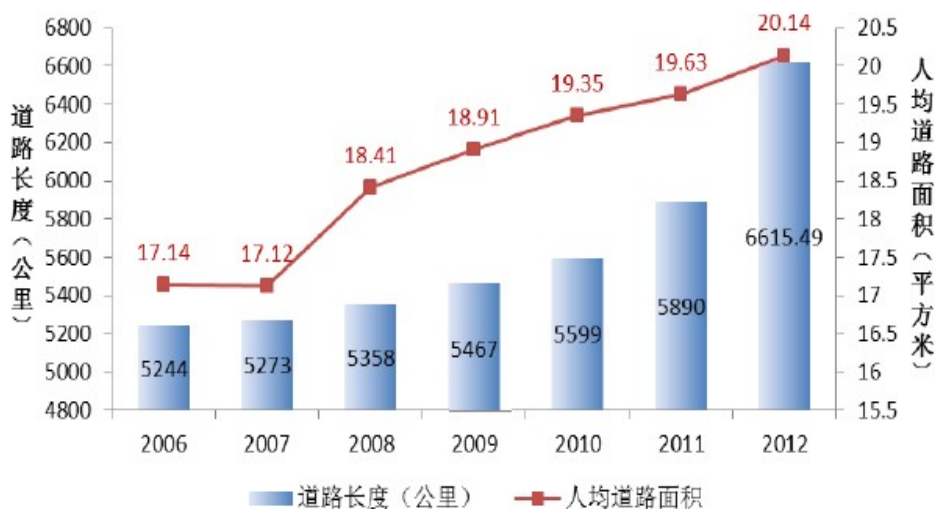


图 2-2-1 2011 年南京市人均道路面积

2.2.2 道路流量

近年来，主城与副城之间联系不断加强，通道交通量总体呈上升趋势，主城与东山、仙林、江北三大副城之间的交通量较2011年同比分别增长了8.3%，6.7%及18.4%。主城与东山副城之间机场高速、宁杭高速交通流量增长明显，分别增加30.6%，22%；主城与仙林副城之间，受快速路吸引作用，玄武大道仍是主要通道，通道容量趋于饱和，高峰时段拥堵严重；主城与江北副城之间长江二桥、三

桥、过江隧道过江通道流量明显增长,在一定程度上缓解了长江大桥的交通压力,但由于各跨江通道除长江大桥外均实行收费通行,且单位、住宅均相对集中于大桥北路及宁六公路南段,长江大桥通行压力仍较大,高峰时段内饱和度超过1.0。随着城市框架的不断拉开,主城区与三大副城之间的交通联系还将快速增长,需要继续扩充容量。

南京主城以秦淮河、沪宁铁路为边界,分为城中(以老城为主)、城北、城东、城南与河西等五个片区。城中与外围四个片区的联系通道经常成为主要拥堵节点。

河西地区与城中联系通道交通量基本稳定,12条通道高峰时段交通量总和为39818pcu/h,较上年增加1.92%。其中,受城西干道施工影响,草场门桥至集庆门桥5条通道高峰小时交通量明显减少,其他通道交通压力随之增加。

随着城南地区开发日益完善,城中与城南联系及城南地区对外通道交通量整体呈上升趋势,其间联系通道的交通量都有大幅增加,高峰时段交通量总和为24542pcu/h。

城中与城东、城北联系通道的交通量基本稳定,分别为26284 pcu/h和17976 pcu/h。

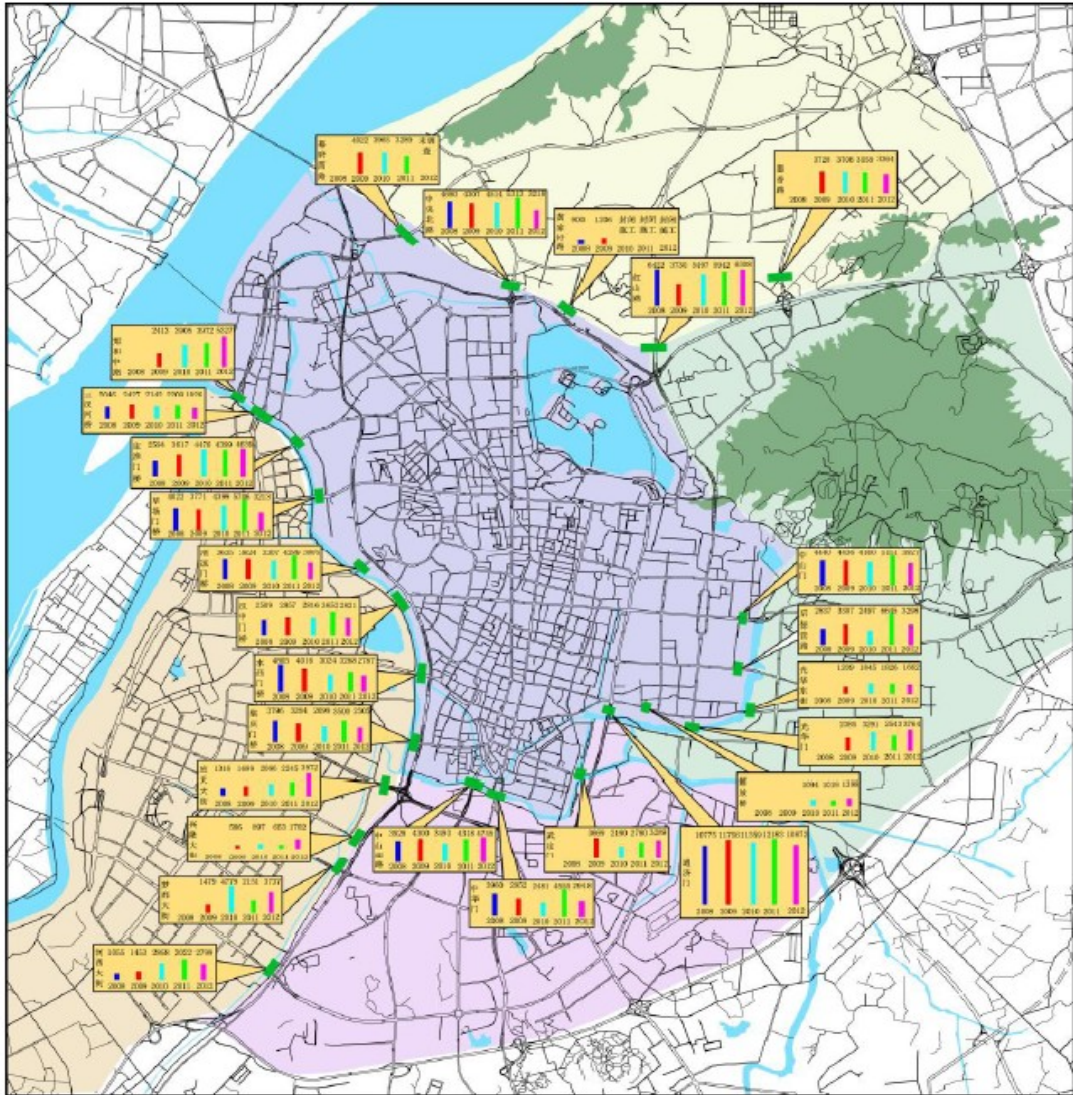


图 2-2-2 主城区内部关键通道机动车交通量（单位：pcu/h）

受机动车持续迅猛增长的影响，主城区内大部分道路高峰小时交通量同步持续增长；全市主要道路高峰时段平均车速为16.16km/h，较2011年高峰时段下降16.74%，降幅为近年来最大，城市路网承载已超过拥堵临界点。

表2-2-2 2012年南京城区部分干道平均车速（单位：km/h）

路段	平 峰				高 峰			
	2009年	2010年	2011年	2012年	2009年	2010年	2011年	2012年
中山东路	22	22	22	18	17	17	12	12
汉中路	22	22	23	20	18	18	18	15
中山路	22	22	22	20	20	20	19	14
中山南路	22	23	23	19	18	19	13	12
洪武路	22	22	23	22	20	20	20	15
北京西路	20	21	21	18	15	15	12	11
北京东路	22	22	22	21	16	16	12	11

2.2.3 公共交通

2012年，全市公共客运各种交通方式承担客运量的比重为：公共汽（电）车60.8%，轨道交通22.2%，出租汽车16.4%，轮渡0.6%。

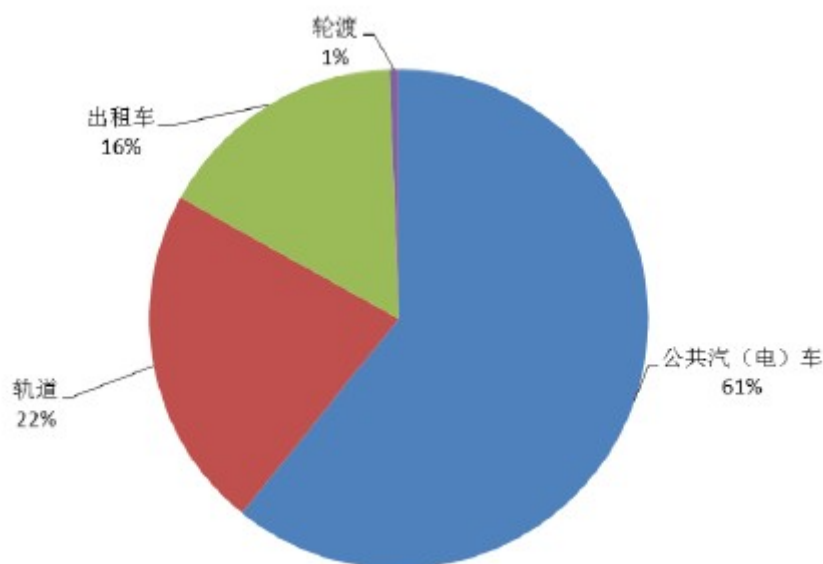


图2-2-3 2012年全市公共交通客运量构成

2012年，南京公交运营线路455条，运营线路总长度7317公里，其中城区线路213条，郊区线路214条，市区夜间线路28条。市区公交客运总量109511万人次，日均公交客运量299.2万人次，较上年增加3.5%。

全市营运轨道交通线3条，里程达85公里。纵观十年来南京市公共交通方式构成变化情况，随着轨道交通线路的开通，其在公共交通客运构成中的比重增加，日均客运总量109.45万人次。

出租汽车作为城市公共交通系统的重要补充，日均客运总量80.8万人次，较上年降低2.21%。相对于大容量公共交通工具而言，出租汽车为市民提供个性化的出行服务。

2.3 交通环境

2.3.1 空气质量水平

2012年，南京市空气污染指数（API）为25~165。空气质量优秀天数为42天，较上年减少21天，优良率达86.6%。

表 2-3-1 2012 年度空气质量监测结果统计

单位: mg/m^3

区域	项目	采样点数	年平均均值	日均浓度范围	日均值超标率%
建成区	二氧化硫	9	0.033	0.006~0.072	-
	二氧化氮	9	0.051	0.023~0.098	-
	可吸入颗粒物	9	0.102	0.020~0.208	13.4
三区两县	二氧化硫	6	0.030	0.008~0.066	-
	二氧化氮	6	0.032	0.007~0.059	-
	可吸入颗粒物	6	0.088	0.027~0.141	6.6
全市	二氧化硫	15	0.032	0.010~0.070	-
	二氧化氮	15	0.043	0.019~0.078	-
	可吸入颗粒物	15	0.096	0.025~0.183	10.7

2012 年南京市综合污染指数（等标污染负荷）为 2.03，二氧化硫、二氧化氮、可吸入颗粒物污染分担率分别为 26%、27%、47%，主要污染物仍为可吸入颗粒物。

2.3.2 道路环境

为分析机动车尾气排放对道路两侧环境空气质量的影响，南京市站于 2011 年 8 月和 2012 年 1 月开展了夏、冬两季主要交通干道道路两侧空气质量监测。评价参照《环境空气质量标准》(GB3095-1996) 二级日均值标准，监测结果见表 2-3-2。



图 2-3-1 2012 年南京市交通环境空气监测点分布

表 2-3-2 2011 年冬夏两季道路空气监测结果

单位: mg/m³

监测点位	点位性质	夏季污染物浓度平均值					冬季污染物浓度平均值				
		NO _x	NO ₂	CO	PM ₁₀	非甲烷烃	NO _x	NO ₂	CO	PM ₁₀	非甲烷烃
城西干道	快速路	0.077	0.058	1.21	0.153	0.62	0.134	0.078	1.61	0.153	0.33
城东干道	快速路	0.087	0.047	1.53	0.144	0.66	0.111	0.065	1.45	0.127	0.31
雨花台	主干道	0.059	0.047	1.13	0.113	0.45	0.116	0.064	1.16	0.111	0.34
平均值	交通点	0.074	0.051	1.29	0.137	0.58	0.120	0.069	1.41	0.130	0.33
平均值	国控点	0.057	0.044	0.75	0.074	-	0.095	0.063	0.84	0.107	-

(1) NO_x

夏季交通点 NO_x 平均浓度为 0.074 毫克/立方米, 较同期国控点均值高出 30%; 冬季交通点 NO_x 平均浓度 0.120 毫克/立方米, 较同期国控点均值高出 27%。

(2) CO

夏季交通点 CO 平均浓度为 1.29 毫克/立方米, 较同期国控点均值高出 72%; 冬季交通点 CO 平均浓度 1.41 毫克/立方米, 较同期国控点均值高出 67%。

(3) PM₁₀

夏季交通点 PM₁₀ 平均浓度为 0.137 毫克/立方米, 较同期国控点均值高出 85%; 冬季交通点 PM₁₀ 平均浓度 0.130 毫克/立方米, 较同期国控点均值高出 22%。

2.4 交通管理

“十一五”以来, 南京市交通管理设施得到不断规范和完善, 交通管理技术水平进一步提升, 尤其是针对缓解拥堵矛盾, 强化疏导管理出台了一系统列具体措施, 主要包括:

(1) 加强智能信号控制系统建设, 实现信号联网协调控制。全市绿波带达到154条、1063个路口, 其中潮汐绿波带达到41条、287个路口, 有效提高了通行效率;

(2) 加快推进智能交通可视化集成应用平台开发。依托公安交通地理信息(PGIS)平台, 2012年南京市开展对于交通设施管理子系统、非现场执法设备管理子系统、交通组织管理子系统、区域信息管理子系统等24个子系统的集成, 提供系统交通警卫、交通控制、交通诱导、指挥调度、事故防范等多项业务覆盖, 已初步实现警力资源配置、空间信息分析和辅助决策功能。

(3) 建成云交通信息中心, 集成分析518个“3·20”监控、120个微波检测点、100个电子警察和8000辆浮动车的数据信息, 对交通状况及诱导信息进行校

验融合，并拓展应用诱导屏、电台、微博等8类信息发布渠道，“手机看交通”服务已覆盖 190个路口，“路况直播间”微博日均发布85条信息，变被动的疏导管理为主动的诱导服务，减小交通聚集程度；

(4) 科学组织调控，在加快节点交通设施建设的同时，畅通微循环。全市单行线总数达208条，形成20个微循环片区，主城区的单行循环网络基本形成。另外，协调优化公交线路，公交专用车道达40条，车道长度161.36公里，并扩大至白天全时段限行，提高公交分担率；

(5) 对重点区域、交通枢纽、重大交通节点以及重大工程项目施工，开展区域性综合交通系统优化。如为保障长江大桥通行安全、缓解长江大桥拥堵，实施降低长江隧道通行收费，提出长江大桥全面禁行货车等举措；

(6) 对黄牌照车辆在主要路道实施禁区，将绕城公路设置为外地货车禁区，并扩大机动车环保禁区范围，减少交通干扰；

(7) 出台差别化停车收费政策，按照“五高五低”原则，即是中心区域高于非中心区域、道路高于非道路、白天高于夜间、长时间高于短时间、大型车高于小型车，缓解中心区域停车矛盾，促进出行方式转变；

(8) 提高轨道和公交运力，在仙林地区提供换乘停车场，设置公共自行车服务网点307个，投放公共自行车5600余辆，鼓励市民选择公共交通方式出行。

2.5 管理需求分析

尽管交通管理力度不断加大，但随着机动化程度的提高，汽车保有量迅速增加，城际交通与区域经济发展不适应，旧城新区交通与城市扩张不适应，中心区交通拥堵，停车供求不平衡，城市交通方式结构不合理等，城市道路交通正面临前所未有的压力，前期管控措施的作用有限。

根据 2012 年交通流调查及专项分析，南京市主要道路交通运行状况出现“**高峰峰值增加、平峰上升较大；节点矛盾集中、车速降幅明显**”的特点。全市主要道路基本呈现高峰车多缓行、平峰基本正常态势，高峰时间延长，平峰与高峰流量差减小，交通节点相对集中出现于中心区部分道路、快速内环、老城新区通道等部分路段、路口的早晚高峰时间段。市区主要道路、快速内环东线和北线、部分老城新区通道等年平均日交通量较 2011 年增加 10.7%，高峰交通量较 2011 年增加了 3.9%；同时，2012 年全市主要道路高峰时段平均车速为 16.2km/h，相比

较 2011 年高峰时段 19.4km/h 下降 16.7%，降幅为近年来最大，城市路网承载已超过拥堵临界点。

交通拥堵带来多方面影响，包括增加延误时间、增加燃料消耗以及加重空气污染、增加乘车人精神压力和降低紧急情况的应对能力等。在经济社会持续发展与机动车价格不断下降的情况下，未来南京市机动车保有量及出行量还将增加，交通拥堵及导致的问题将进一步加剧。

2.6 交通需求管理

推行交通需求管理是国际大城市的通行做法，交通需求管理是促进交通供需均衡、缓解交通拥堵，从而减少交通拥堵社会成本和影响的重要手段。交通需求管理是解决城市交通问题众多手段中的一类，它包含多种具体措施，南京市已经实施了一些交通需求管理措施，鉴于未来道路交通压力仍将持续增加，有必要进一步推行强有力的交通需求管理。否则，从北京、上海、广州等城市的交通发展和管理历程来看，即使采取的摇号、拍卖等方式限制新车上牌，控制了机动车总量，但因未有减少机动车使用和出行的针对性措施，道路交通运行状况逐年恶化，拥堵无法遏制。

结合南京市实际情况和条件，总体上可采用推进一批，准备一批的对策来推进交通需求管理的实施，参考国际大城市做法，近期可以考虑协同环保政策，研究征收交通拥堵费的政策可行性和适应性。

第三章 国外交通拥堵收费政策实施情况

城市拥堵收费最常见的形式是限制区域收费，即对于进入特定区域（一般为市中心）的使用者收取一定的税或费。目前世界各国有多个城市采取了这种收费措施。尽管还缺乏系统的研究，但来自这些城市的初步报告显示，在实施拥堵收费政策后，城市的交通流量减少了10-30%不等，空气污染也有所改善。城市拥堵收费政策在经济上有效，在技术上可行，但在收费实施前后，每个城市都出现了大量的公众争论，从而使政治可行性成为其面临的最大问题。下面详细介绍几个典型案例。

3.1 新加坡城市道路拥堵收费

3.1.1 新加坡拥堵收费政策发展历程

新加坡人口 367 万，面积 648 平方公里，是第一个采用收费来控制交通量的城市，其发展历程经历了最初的区域通行证制度到如今的实时动态电子收费系统 2 个阶段^[1]。1975 年执行的区域通行证系统（ALS）规定，成员不足 4 人的车辆在中心城市地带的控制区行驶，一天收费 2 美元。最初，区域通行证制度只在早晨高峰期时针对小汽车实施收费，1989 年该系统将收费对象扩大到包含小汽车、出租车、货运卡车、公共汽车和摩托车的机动车辆；1994 年又将收费的时段扩展至全天。

1998 年，新加坡区域通行证制度被电子公路收费制度（Electronic Road Pricing）取代，电子公路收费制度规定，行车者在城市中心区域的不同点经过时交费不同，同一地点在不同时间交费也不同，交通最拥挤地区的高峰期的收费最高。这个收费制度采用车载读卡器进行自动收费，它是一种集现金储值和感应为一体的车载设备。新加坡在车流量最大的中心商业区各大通道设置了 28 个电子收费站，当汽车通过收费站时，ERP 通过专有短波无线电通信系统，自动从装置在车内的读卡器中的现金卡上扣除费用，没有安装车载读卡器或现金卡上没有足够余额的机动车将被相机拍照，新加坡官方称此为“跟踪强制行动”^[2]。私家车在早上 8：30 到 9：00 进入中心地区收费 2 美元，而在上午 9：30 到下午 3：00 间收 1 美元；摩托车和出租车分别按私家车花费的一半和三分之一收费。与区域通行证方案相比，ERP 更加公平、方便、可靠。1998 年 8 月，新加坡政府

将 ERP 扩充到整个中心商业区、高速公路和交通拥挤的区域。新加坡实施拥堵收费政策的目的是为了控制交通拥挤现象，同时辅以高达 130% 的小汽车牌照税来进一步限制小汽车的保有，削弱了拥挤收费政策的负面影响，增强了拥挤收费实施的效果。

3.1.2 新加坡拥堵收费政策实施效果

实施区域通行证制度（ALS）后，早高峰进入管制区域的机动车辆从 74000 辆/日下降到 41500 辆/日，减少了 44%；管制区域的平均行程车速提高了 20%；居民出行中乘坐公共交通的比例从 33% 增加到 69%；增加了财政收入。

2001 年之后，新加坡拥堵收费费率根据各条道路监控到的实际数据和目标数据的对比做出了降低收费的调整，这种调整今后还将继续下去。尽管下调了费率，交通量并没有明显的回升。单人乘坐的机动车数量减少，部分机动车从高峰时间转向非高峰时间通行^[3]。

目前新加坡电子公路收费系统的年收入超过 4000 万欧元，系统运行成本消耗为 800 万欧元左右。尽管尚未见到有关新加坡电子收费系统较为全面的经济评价报告，无法对其总体经济收益和所筹资金的使用情况做出阐述，但从缓解交通拥堵的层面上说新加坡案例无疑是成功的典范、技术的楷模。

3.2 伦敦城市道路拥堵收费

3.2.1 伦敦拥堵收费政策发展历程

伦敦作为国际性大都市，是世界上最发达的城市之一，市中心 32 个区共有 720 多万人口，人均 GDP 4-5 万欧元/年。伦敦早就因其庞大的地铁、铁路系统闻名于世，市中心区域各类地铁累计长达 400 多公里，大伦敦地区各类轨道交通线路累计达 4100 多公里。但是，发达的公共交通系统并没能减少机动车数量，市中心区域私人小汽车数量高达 230 多万辆。尽管伦敦城市现代交通管理与控制已达相当高水准，但是大量机动车还是造成了比较严重的交通拥堵，给城市社会经济造成巨大损失。2000 年前后，伦敦城市干道高峰时段的平均车速已低于每小时 10 英里（约 16 公里/小时），每辆车每英里平均延误 3 分钟左右，交通拥挤造成的延误时间达到出行时间的一半以上。缓解严重的交通拥堵状况成为历届伦敦市政府的重要任务。拥挤收费作为一项战略措施被研究了很多年，公众也有大量

的机会对他们关心的问题发表见解，随着 2000 年伦敦交通白皮书等相关法案通过，伦敦市长终于决定在 2003 年实施城市交通拥堵收费。

伦敦市拥堵收费区域为内环线内 21km 范围内的道路交通设施，共 113 条道路、8 座桥梁。收费对象为私人汽车、货车，对公交车、出租车、紧急救援车辆、事故车辆、消防车以及残疾人士和领取社会保障金的人员驾驶的车辆实施免费措施。收费时间为 7:00—16:30，周末和法定节假日不收费。收费额为 5 英镑/天，根据车辆一天内是否进入收费区域来收费，对区域内的居民实行一定的折扣。收费技术采用车辆自动识别技术。

在 2004 年“创意英国”的活动中，伦敦对进入整个市中心区域的车辆设立了每天 5 英镑的收费项目。设立这项收费的目的是为了进一步缓减交通拥挤状况，改善空气质量并解决运输工具的温室效应气体的排放问题，这项收费筹集到的资金被用于公共运输投资。约有 57% 的伦敦居民支持推行这一计划，在计划实施的头几个月中，交通量下降了 40%，行车平均速度大幅度增加。

与新加坡拥堵收费系统一样，伦敦市拥堵收费系统同样采用了电子收费的技术，从而保证不会中断交通。司机不在收费关卡停车交费，而是通过电子银行业务、传送文本信息或互联网进行交费。收费管制区域内 230 个摄像点组成的网络拍摄进入和离开收费区域的所有车辆，进而向自动车牌识别（ANPR）计算机系统发送高质量的视频流信号，其采用的“异常波技术”可帮助摄像机在光线较差的情况下实现更好的拍摄，将所有图像自动与已登记付费的车主的数据库对照，最后，人工对照车主数据库，检查截止到午夜未登记付费的车辆的车辆图像，并处以 80 英镑的罚款^[4]。

为建立这一拥堵收费系统，伦敦交通部门花了 2 亿英镑，并每年拨 5000 万英镑的运营费用；他们声称该计划在 18 个月内即可盈利，但利润必须投资于改进公共运输。收取交通拥挤费可促使消费者对代用车辆（清洁能源车辆）产生兴趣，因电动和液化石油气车辆可免收全部或部分费用。长期来看，由于机动车产生的尾气是约 1/4 的温室效应排放气体的来源，因此这项举措亦是英国对遏制全球变暖的事业的重大贡献。

3.2.2 伦敦拥堵收费政策实施效果

2003 年以来，伦敦市拥挤收费区域内的交通状况相比收费前改善明显，主要表现在以下几个方面^[5]：

(1) 伦敦市中心区域交通量减少。这项政策的实施使 40 多万伦敦人放弃采用私家车出行，改乘公共交通工具。收费时段内，伦敦市中心交通堵塞现象下降了 30%，与之对应，伦敦地区的自行车、电动车的数量增长了 20%。在每天的高峰时段，乘坐公共汽车去伦敦市中心的居民人数增长了 74%，伦敦主干道的平均行程车速从 4.7km/h 提升到 11.9km/h。

(2) 伦敦市中心区域交通拥堵现象得到缓解。进入收费区域和收费区域内的交通流量分别下降了 18%和 15%，收费区域内的平均行程时间减少了 30%。收费区域内交通的拥堵状况得到一定改善，通往收费区域的放射性道路的交通拥堵状况得到明显改善。地面公交运营车速也得到了提高，2003 年进入收费区域的公交客流量比 2002 年大幅增长了 37%。2003、2004 年收费区域内的交通量比定价政策执行前最拥堵时减少 30%，2005 年减少 22%，市中心区域内通向收费区域的路段拥堵现象也得到了很大程度的缓解。

(3) 交通事故发生率下降。据伦敦有关部门评估，收取拥堵费后整个伦敦市区的交通事故平均每年减少 150-220 起，主要原因是交通流量的减少降低了交通事故发生率。

(4) 穿越中心区域的出行行为发生变化。通过收费管制，促使一部分居民转乘公共交通工具、出租车、摩托车，或者骑车、步行，一些汽车司机则改换出行线路、改变出行时间甚至改变出行目的地，从而进一步优化了交通出行结构，减少了机动车数量，提高了出行效率。

(5) 伦敦市中心区域空气质量改善。据伦敦环保部门监测，伦敦实施拥堵收费政策后，市中心空气中的二氧化碳含量明显降低，环境明显改善。

(6) 收取的费用用来改善交通体系。伦敦市拥堵收费政策实施后，10 年累计征收达 31 亿英镑的管理费用，有利于进一步改善交通设施服务水平。这其中包括增加公交线路、增开公交班次、修缮地铁线路、增加 1400 多部车上及沿路摄像装置等。

3.3 斯德哥尔摩城市道路拥堵收费

3.3.1 斯德哥尔摩拥堵收费政策发展历程

斯德哥尔摩市的交通网络相对完善，公共交通系统较为发达。2005年10月份数据显示，平均每个工作日进出内城的车流量达到52.8万辆/天。每天早高峰时段，有73%的出行者选择乘坐公共交通进出市中心。此外，市中心区域自行车与步行的出行比例也在逐年提高。总体来看，绝大多数居民对本市的公共交通的服务也较为满意，不过，斯德哥尔摩市也存在交通拥挤、空气质量恶化等城市通病。2005年同期调查数据显示，有超过半数的市民认为机动车尾气排放是造成空气质量恶化的主要原因，有75%的市民则表示在通往市中心的放射状道路上遭遇到交通拥堵问题，特别是在早高峰和晚高峰时段，针对此现象，斯德哥尔摩政府于2006年1月3日至7月31日试行交通拥堵收费政策，之后经过斯德哥尔摩市全民公投决定，以51%的选民支持、45%的选民反对的投票结果，正式认可该政策并于2007年8月1日起予以永久施行^[6]。

斯德哥尔摩交通拥堵收费政策实施的时间段主要是每周的工作日(周一至周五)，每天持续12小时(6:30—18:30)，凌晨与夜间、周末及公共假期均不收费。其交通拥堵收费范围主要是斯德哥尔摩市中心区域，其中有三分之一的范围由水域构成，收费区域的面积大约为30平方公里，收费区域各主要道路的出入口共设置了18个收费控制点。

斯德哥尔摩交通拥堵收费标准因时而异，具体金额则随着时间不同而相应调整，分别有10、15与20克郎三级收费标准。其中，高峰时段的收费金额是20克郎，高峰时段之前与之后半小时的收费金额是15克郎，一般时段(除高峰时段和高峰时段之前与之后半小时的其他时段)的收费金额是10克郎。单辆机动车拥堵收费的最高限额是60克郎/天。另外，在计费方法上，与大部分城市按照“区域收费”方式进行计费不同，斯德哥尔摩按照“跨界收费”的方式进行计费，只要机动车每跨越一次收费边界，便要按跨界次数进行收费。也就是说，一辆机动车穿越拥挤收费区域，如果按照“是否跨越收费边界”进行计费，需要缴纳两次费用，而按照“区域收费”方式只需要支付一次费用。机动车车主通过安装在车上的射频设备进行付费，并且授权银行通过转账方式进行自动扣款，也可以通过网络银行或便利店进行支付，但必须在穿越收费边界后5个工作日内将拥堵费支付给瑞典道路管理局，否则将被处以60克郎的罚款，如果欠费超过1个月，则将面临500克郎的高额罚款^[8]。

3.3.2 斯德哥尔摩拥堵收费政策实施效果

2006年拥堵收费政策试行期间，斯德哥尔摩市中心区域在拥堵收费时段的交通流量(指穿越收费边界的机动车数量，下同)比2005年同期水平明显降低，下降幅度大致在22%左右。其中，早高峰时段的交通流量下降了16%；晚高峰时段的交通流量下降了24%，早高峰时段交通流量的下降幅度低于晚高峰时段，表明晚高峰时段交通出行的自由度相对大于早高峰时段。拥堵收费边界各主要出入口交通流量的下降幅度也不尽相同，其中，东南区域出入口交通流量的下降幅度最大，可以达到26%，原因可能是该区域以前的过境交通流量较多，拥挤收费政策实施后，相当一部分交通流量予以绕行。东北出入口交通流量的下降幅度最小，为9%，原因可能是利丁岛与市中心以外地区的交通流能够免费通行^[8-9]。随着私家车交通的减少和拥挤程度的降低，市中心机动车的出行速度有所提升，出行时间明显下降，主干道在早高峰时段的出行延误时间减少了近三分之一，晚高峰时段的出行延误时间减少则达到了二分之一。

另外，通过调查结果显示，拥堵收费政策实施以后，穿越市中心收费边界的机动车交通流量减少了9.2万辆次，其中一半左右(约4.5万辆次)属于工作和上学出行。这部分群体的出行时间与出行路线相对固定，主要乘坐公共交通出行，与之对应，公共交通出行的客流量上升了6%。另外一半减少的交通流量主要属于非工作和上学出行，这部分出行不太可能通过公共交通方式来实现，其实现方法较为多样，或改变出行路线以绕开收费边界；或合并出行，由单一目的出行改为多目的出行；或干脆取消出行。

第四章 拥堵收费的法律与政策调查

收取交通拥堵费是一种行政干预行为，必须与城市交通发展战略、国家汽车产业政策、行政事业性收费政策等相关政策法规保持一致与协调。政府是拥堵收费政策的决策和实施主体，除了需要提供管理、财政方面的支持，更重要的是法规政策支撑，就此，项目专门调查了相关法律和文件。

4.1 拥堵收费

道路拥堵费属于公路收费，《公路法（2004 修正）》和《国务院办公厅关于治理向机动车辆乱收费和整顿道路站点有关问题的通知》都已明确规定：除县级以上地方人民政府交通主管部门利用贷款或向企业、个人有偿集资建设的公路（政府还贷公路），国内外经济组织投资建设或者依照《公路法》的规定受让政府还贷公路收费权的公路（经营性公路）以外，禁止任何公路收取车辆通行费。此外，2002 年《国务院办公厅关于治理向机动车辆乱收费和整顿道路站点有关问题的通知》（国办发[2002]31 号）规定了 7 类“一律取消，并限期拆除”的收费站，其中包括“不属于利用国内外贷款或集资建设的公路、城市道路、桥梁、隧道上的收费站”和“已偿还完贷款和集资款，或经营期已满的收费公路、城市道路、桥梁、隧道上的收费站”。2004 年国家发改委颁布实施的《汽车产业发展政策》，其第 63 条规定：“国家统一制定和公布针对汽车注册登记环节和使用过程中的政府各项收费。各地在汽车购买、登记和使用环节，不得新增行政事业性收费和政府性基金项目和金额，如需新增，应依据法律、法规或国务院批准的文件按程序报批。除国家规定的收费项目外，任何单位不得对汽车消费者强制收取任何非经营服务性费用，对违反规定强制收取的，汽车消费者有权举报并拒绝缴纳。

由此可见，如在南京市相关地段征收拥堵费，首先需要排除《公路法》和国务院上述规定中的障碍。《公路法》的修改需要经过全国人大的法律修订程序，国务院法律文件的修改需要获得国务院的认同，即需要通过修改立法等方式将前述条款删除。排除上述法律障碍后，才能考虑实施的法律途径。另外，由于南京市目前并无道路拥堵收费项目，故此方案需要通过新的行政收费立项审批程序，同时需要相关法律法规和行业条文的出台，使得拥堵收费的实施计划和奖惩措施具有强制性的效力，为拥堵收费的顺利实施提供良好的法律基础。

4.2 排污收费

由于道路拥堵与污染排放共生，一些城市也提出了通过征收车辆排污费来降低中心城区的车流，以达到提高道路交通能力为目的的方案。但在目前的法制环境下，是否具备法律依据征收机动车排污费，我们也就此问题作出了相关研究。

我国《大气污染防治法》第十四条规定：“国家实行按照向大气排放污染物的种类和数量征收排污费的制度，根据加强大气污染防治的要求和国家的经济、技术条件合理制定排污费的征收标准。征收排污费必须遵守国家规定的标准，具体办法和实施步骤由国务院规定。”国务院第 369 号令《排污费征收使用管理条例》指出，排污者应当“依照大气污染防治法、海洋环境保护法的规定，向大气、海洋排放污染物的，按照排放污染物的种类、数量缴纳排污费。”对于国家排污费征收标准中未作规定的，省、自治区、直辖市人民政府可以制定地方排污费征收标准，并报国务院价格主管部门、财政部门、环境保护行政主管部门和经济贸易主管部门备案。

但根据 2003 年国家财政部、国家环保总局等部委第 31 号令《排污费征收标准管理办法》第三条第二项规定，“对机动车、飞机、船舶等流动污染源暂不征收废气排污费。”虽然直接的禁止性规定出现在部门规章中，但这一规章的制定得到了行政法规（直接）以及国家法律（间接）的明确授权，具有较高的法律效力。

因此，若在南京市实施机动车排污收费方案，至少应先将《排污费征收标准管理方法》中的前述规定通过法定程序废除，然后作为“国家排污费征收标准中未作规定”的情况，由南京市人民政府对机动车污染源制定地方排污费征收标准，上报江苏省人民政府，并报国务院相关部门备案，机动车排污收费才能获得合法性。

4.3 经济学观点

《公路法》设有明确的法律障碍，是因为长期以来城市道路一直被当作是政府提供的纯公共产品，由政府直接投资和管理。但从经济学角度看，城市道路空间实为准公共产品。准公共产品有其固有的特性，主要表现为：在道路通行能力充足时，城市道路具有非独占性和非排他性的特性，但是当产生交通拥挤时，又具有一定的排他性。如从行为科学的角度分析，驾车者在选择出行路径和出发时

间时，往往只考虑自己的付出成本。当道路的通行能力充足时，驾车者的行为不会影响到其他人的出行。而当交通流量接近通行能力时，拥挤程度上升，道路上每新增加一个出行单位都会使系统中所有成员的利益受损。此时，如果驾车者坚持在拥挤路段出行，就在于他们仅仅考虑自己的边际个人成本（每一单位新增生产的产品或者购买的产品带来到总成本的增量），而没有支付他们给其他出行者所带来的“外部不经济”（由于消费或者其他人 and 厂商的产出所引起的一个人或厂商无法补偿的成本），即出行者没有为其出行支付全部社会费用，从而鼓励了交通量的无节制增长。而解决交通拥挤带来的外部不经济，缓解城市交通拥挤一个办法就是交通拥挤收费。付费的人还可以在原来的路上和时段行驶，不想付费的人就另择他路或改变出发时间。

从市场经济学的角度来看，城市交通拥堵是由于对公共物品（道路交通设施）的消费高峰超过了供给能力，造成市场的供不应求，从而产生了负外部性；而拥堵收费就是针对这一负外部性而设计的、对消费者使用公共物品进行定价的机制。这一机制的经济合理性在于，当公共物品价格为零时，过度消费引起了短缺，这一短缺可以通过平衡价格来得到纠正，而避免通过扩大供应来弥补短缺的诸多困难。通过施加均衡价格，可以实现需求高峰在时间或空间上的重新分配，或向替代性机制的转移，如由自驾车出行转向公共交通。尤其科技发展大大降低了收费的交易成本，使得拥堵收费政策更加可行。^[10]

第五章 基于交通状态分析的城市拥堵收费时区判别

城市交通拥堵收费是建立在道路交通状态评价的基础上的。项目借助射频识别车辆电子卡技术，将南京市道路网划分为若干区域，运用 SAS 软件处理 RFID 基站数据，将路段的平均行程车速转化为各区域的平均行程车速，在此基础上，按照一定的标准，以区域平均行程速度数据作为评价指标对南京市城区的交通拥堵进行了评价和分析，得出时空交通特性，划分出拥堵收费的时间和路段。

5.1 研究内容与技术路线

本研究的主要目的是通过对交通数据的处理与分析，完成南京市城区的区域划分和交通状态判别，并用地图展示出来，进而判定需进行拥堵收费的区域和时间段。主要包括以下几个内容：

- (1) 地理信息数据的处理；
- (2) 交通数据的处理与分析；
- (3) 交通状态指标的选取和阈值的选取；
- (4) 交通状态的地图展示与分析。

具体的研究技术路线描述如下：

(1) 获取南京市地理信息数据、南京市当前所有 RFID 基站经纬度数据和 RFID 基站数据。

(2) 在交通流理论的基础上，以 SAS 软件为交通数据分析平台，处理获取的南京市主干道 RFID 数据；以 ArcGIS 软件为地理信息数据分析平台，将南京市行政区域进行网格划分。

(3) 通过文献分析，综合考虑各方面因素，提出南京市区域交通状态评价参考标准。

(4) 将 RFID 交通数据分析得到的各网格平均速度显示在 GIS 环境中，表达南京市的交通强度状态，基于南京市区域交通状态评价体系绘制各个时间段的交通状态图，并在 GIS 环境中展示。

(5) 在南京市交通状态图分析的基础上，提出结论与建议。

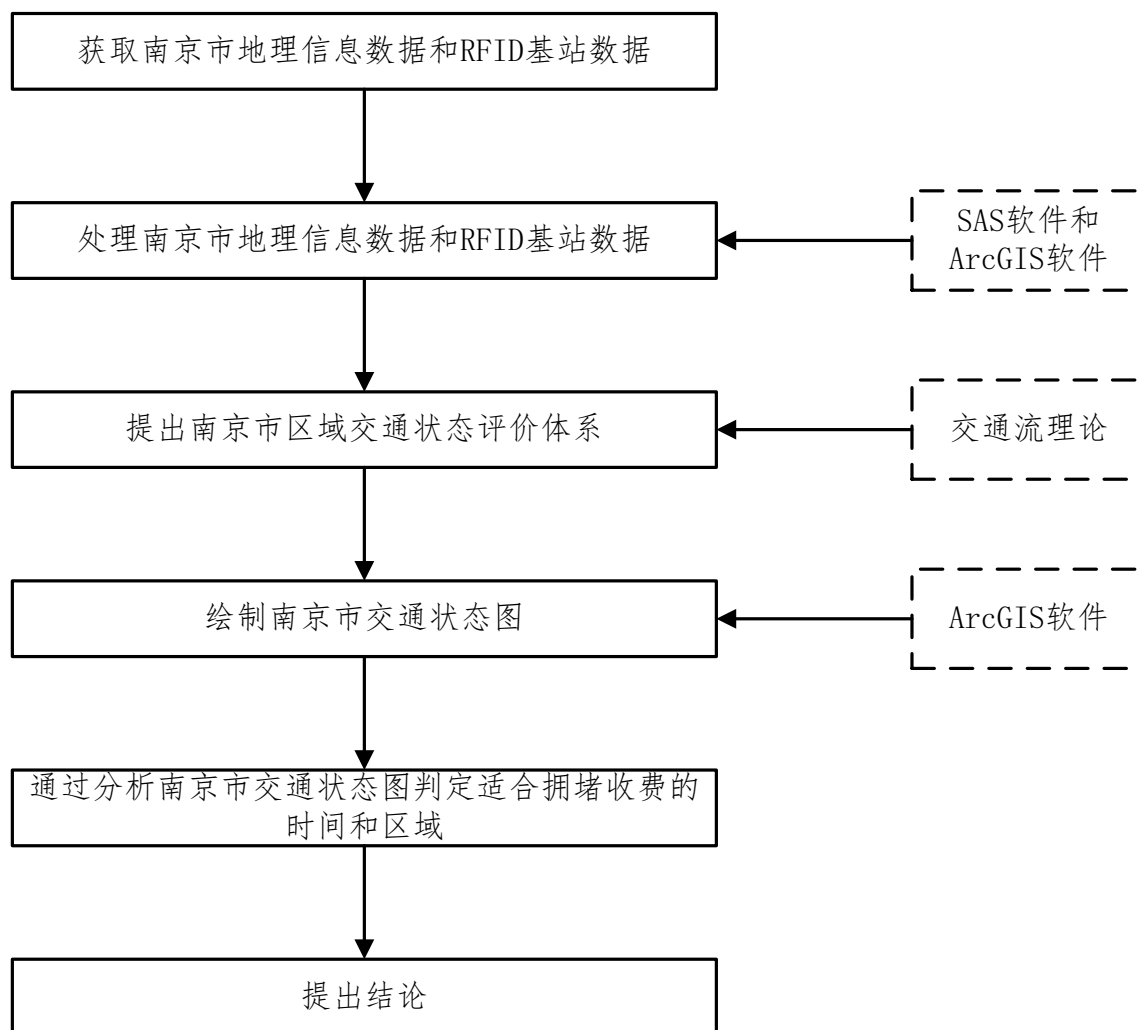


图 5-1-1 技术路线图

5.2 国内外交通状态评价方法

5.2.1 国外研究现状

近年来,国外的交通管理部门和研究机构开展了大量的交通状态评价相关研究,主要集中在美国、欧洲、日本等一系列国家。其中,美国是最早开展了交通状态评价研究与实践的国家,建立了比较完善的交通状态评价指标体系,如美国规划建设管理处^[11]提出了交通拥堵评价系统(Congestion Management System, CMS)等,欧洲和日本等其它发达国家和地区在拥堵评价指标方面也有相关研究,另外部分国家也提出了一些有特色的评价指标,对我们在交通拥堵方面的研究有一定的借鉴意义。

国外在拥堵定义类指标上,主要做了以下研究:

(1)道路拥堵指数(Roadway Congestion Index, RCI)

美国德克萨斯州交通协会^[6]于 1994 年提出道路拥堵指数, 用来评价城市交通的拥堵水平。道路拥堵指数定义为不同等级道路(包括高速公路和主干路)每公里平均日交通量的加权平均值。每公里平均日交通量则定义为区域范围内的车辆行驶里程(Vehicle Miles of Travel, VMT)与车道里程(Lane-miles)的比值。美国联邦公路管理局^[12]在其公路运行监控系统(Highway Performance Monitoring System, HPMS)数据结果分析报告中应用拥堵严重度指标作为衡量拥堵的指标, 拥堵严重度指标被定义为每百万车公里出行总的车辆延误时间。日本交通运输部门^[13]在道路交通形势调查中使用拥堵度作为交通畅通性的评价指标。此处拥堵度定义为某路段实际交通量与一天 24 小时或白日 12 小时的评价标准量之比。

(2) 出行时间指标

2006 年美国华盛顿州交通运输部门^[14]发布的拥堵报告中, 使用平均高峰出行时间作为道路交通状态评价指标。平均高峰出行时间定义为在高峰期间, 某条路线上平均花费的出行时间。高峰出行时间是出行者最关心的指标之一, 表示拥堵对出行时间的影响。另外, 报告中使用了 95% 可靠性出行时间作为拥堵评价指标, 该指标定义为保证出行者实现 95% 可靠程度时的平均出行时间。例如, 20 个工作日的高峰小时, 按照 95% 可靠出行时间出行, 保证有至少 19 天能够准时到达目的地。

(3) 交通流参数指标

美国研究学者 Persaud 和 Hall^[15]于 1998 年通过对某处道路的交通流量、车速和车道占有率进行实测, 并对实测数据进行分析, 最终得到了车道占用率和流量以及车道占有率和速度之间的关系曲线, 通过该曲线来判断道路上的交通状态是否达到了拥堵状态。美国芝加哥高速公路管理部门采用了车道占用率作为拥堵评价的指标。

(4) 服务水平指标

美国 1985 年道路通行能力手册(HCM)^[16]最早提出道路服务水平是一个评价道路运行状况的指标。各国道路服务等级划分不一, 一般根据本国道路交通的具体特点将道路服务水平划分 3-6 个服务等级。日本将服务水平分为 3 个等级, 美国通行能力手册(HCM2000)将服务水平分为 A(最好的服务水平)到 F(最差的服务

水平)6个等级。不同等级道路服务水平的具体评判参数也不一样,如高速公路通常用密度指标进行判别划分,城市道路用行程车速指标进行判别划分。

美国华盛顿城市理事会^[17]以出行者可接受的出行时间和延误为依据,提出了“用户满意度”来评价路网状态。他们归纳了一系列的曲线来反映出行距离或出行时间与出行者的满意程度的关系,进而评价交通系统的服务质量。

(5)其他类指标

美国城市规划机构(MPO)在其发布的拥堵管理系统流程及任务报告中定义了不可接受服务水平路段数量、百分比及位置分布的道路拥堵评价指标,其中不可接受服务水平路段的阈值根据路段年平均日交通量是否超过其通行能力的85%来定义。美国畅通性报告(Mobility Report)^[18]中提出了高峰时段拥堵出行百分比和日拥堵出行百分比两个指标来评价拥堵状况。

通过上述分析,可见国外在拥堵评价指标的研究上,已经十分成熟,其中包括拥挤定义类指标、出行影响类指标、交通流参数类指标、服务水平类指标和其它类指标等。相比之下,拥堵评价指标体系的研究在我国还存在一定的发展空间。我们需要借鉴和参考国外的先进经验,将这些经验与我国交通的具体情况相结合,提出适合我国城市状况道路拥堵情况的综合评价模型,为缓解我国城市交通拥堵起到一定的推动和促进作用。国外针对各个指标的研究主要包括单指标分析或者相关指标分析,以直观的数值大小来衡量交通拥堵的严重程度。

5.2.2 国内研究现状

相比国外已经十分成熟的研究,国内对交通状态评价的研究还有一定的差距,不管是研究成果和应用都存在明显的不足,有许多值得借鉴的地方。

2002年,上海市综合交通规划研究所负责编制了《上海城市综合交通发展报告》^[19],对上海城市综合交通体系建设进行了整体性阐述,报告中提出了道路交通指数这一评价系统运行状况的重要概念,该指标通过机动车运行速度与道路饱和度等指标综合计算而成,能够直观反映交通服务状况的优劣。根据选取的速度和饱和度指标,通过数学手段和逻辑分析建立了综合反映道路交通运行质量的交通指数模型;2005年,江苏省在进行城镇基础设施建设计划项目中,将“城市交通拥堵评价指标体系及改善对策研究”作为重点研究内容之一^[20];苏州市在国家畅通工程的指导下,结合苏州的交通现状,编制了《城市交通问题白皮书》,

明确了交通发展目标，因地制宜地进行建设和管理，同时对照“畅通工程”提出的指标体系，每月对交通管理措施、交通秩序情况、交通通行状况和交通安全状况进行打分，从而及时了解城市交通管理现状，并进一步落实整改措施^[21]；武汉市交通发展年度报告中也对城市交通状况进行了综合论述等^[22]。

通过上述分析，国内近几年来开展的交通状态评价相关的项目，包括一些交通发达地区自行组织开展的交通运行评价项目等，大都是通过单个因素的指标进行分析，确定道路的拥堵等级，对城市总体交通运行质量进行评价，并且单个因素选择也是因地制宜，各具特点。

综合国内外在交通状态评价方面的研究，可以看出对于拥堵指标的研究，国外的专家学者已经做得非常成熟，涉及了拥挤定义指标、出行影响指标、交通流参数指标、服务水平指标等等。相比之下，国内还存在很大的发展空间，目前，上海市的交通拥堵研究比较深入，并提出拥堵指数的含义，在一定程度上促进了国内对交通状态评价方面的研究，但是由于仅考虑速度和饱和度两个因素，还缺乏对一些同等重要的因素的思考，例如拥堵造成了延误时间长短、停车次数多少、停车时间多少等因素。所以在对交通状态评价标准这一研究领域，需要我国的专家学者投入更多的人力物力，研究适合我国交通特点的交通状态评价体系，建立综合评价模型，为缓解城市交通拥堵现象起到一定的促进作用。

5.3 南京市交通拥堵评价研究

5.3.1 南京市 RFID 基站数据处理

5.3.1.1 数据来源

(1) 南京市地理信息数据

地理信息数据包括南京市行政规划图层、部分环境分析网格数据图层、道路网络图层等主要相关图层。

(2) RFID 基站点位图

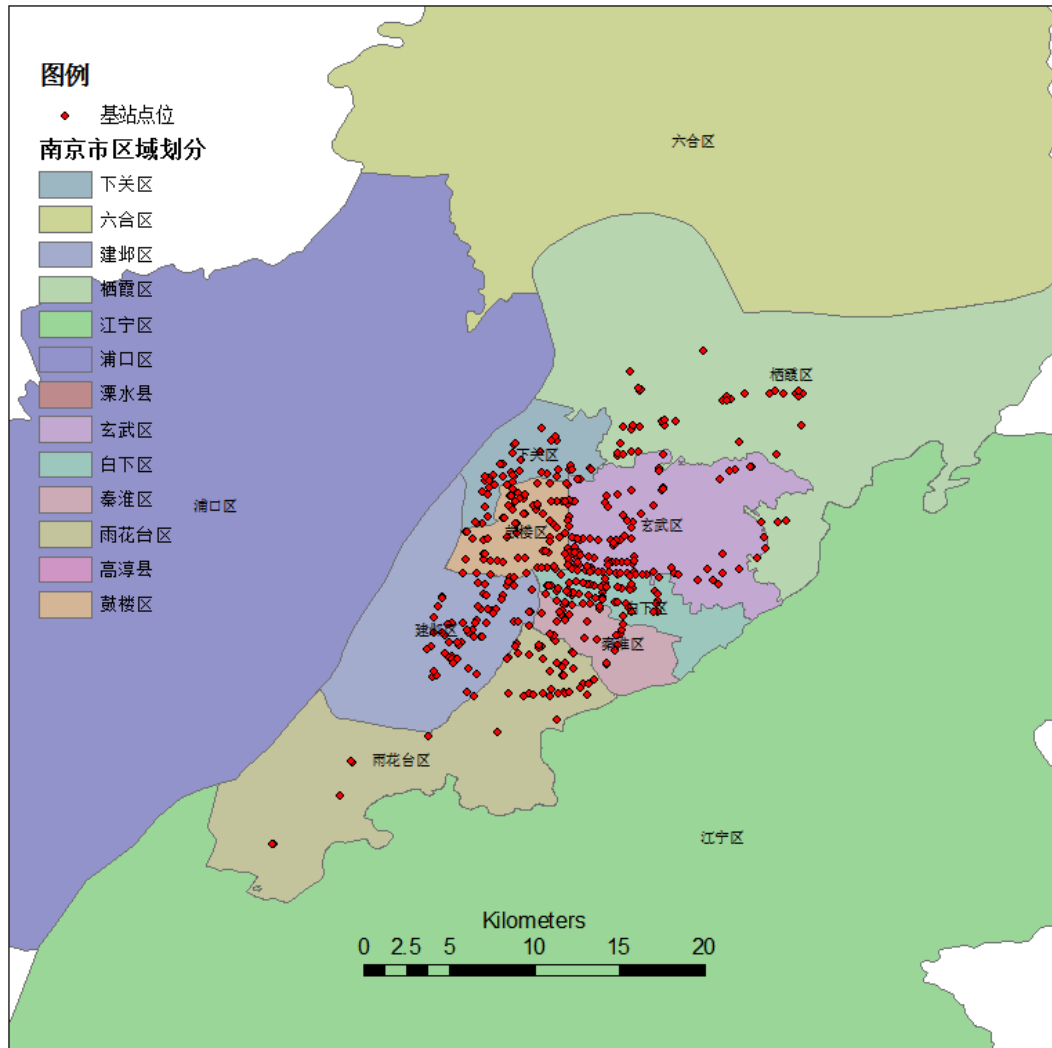


图 5—3—1 南京市 RFID 基站点位图

(3) 南京市当前所有 RFID 基站经纬度坐标数据

南京市当前已建有 518 个 RFID 交通数据采集基站，该基站采用了双基站技术，即 RFID 技术和视频采集技术。

(4) RFID 基站交通数据

南京市的每个 RFID 监控点通过 RFID 数据采集基站和视频采集基站，可实时获得该地点的交通流数据。研究根据路网结构对过车记录进行匹配计算，可以得到相邻两个基站间路段的平均行程车速，即基站对的平均行程车速。南京智能交通公司提供的交通数据为南京市 2013 年 3 月份的所有 RFID 基站对之间的以 10 分钟为汇集度的平均行程车速数据。

5.3.1.2 地理信息数据处理

生成了 RFID 基站地理信息数据图层，编辑扩展环境分析网格图层，并建立了扩展后的网格编号和原有网格编号之间的对应关系。通过 GIS 空间分析工具，将南京市行政区划图层与 RFID 基站图层根据经纬度坐标进行匹配连接，确定了对应不同编号的每一个 RFID 基站属于哪个编号的地图网格，每一个地图网格包含了哪几个 RFID 基站，由此建立起 RFID 基站和网格之间的对应关系。

5.3.1.3 交通数据处理

应分析需要对交通数据进行了预处理，对因检测器故障、环境、交通流变化等各种原因导致的缺失、可疑和错误数据进行了逐步清洗，以保证数据的可靠性和完整性。

(1) 原始数据

原始数据主要有：

- 1) 2013 年 3 月所有基站对的以 10 分钟为汇集度的平均行程车速；
- 2) 建立 RFID 基站和网格之间的对应关系时得到的基站编号和区域编号的对照表；
- 3) 通过基站在路网中的位置与划分的区域范围的对比得到的基站对编号和区域编号的对照表。

其中，某一个区域包含基站对的情况可分为 4 种：

- 基站对的起点基站和终点基站都在该区域内；
- 基站对的起点基站在该区域内，终点基站不在该区域内；
- 基站对的起点基站不在该区域内，终点基站在该区域内；
- 基站对的起点和终点基站都不在该区域内，但该基站对对应的道路经过了该区域。

(2) 交通数据处理的预期结果

交通数据处理是为了从原始数据中挖掘得到每个区域在不同时间段的一些交通参数，如平均车速，为下一步交通状态判别和交通状态的界面展示做准备。本文数据处理的预期结果按照时间汇集度可分为 2013 年 3 月的月区域平均行程车速数据和小时区域平均行程车速数据两类；按照处理流程，可将交通数据的处理结果分为中间处理结果和最终处理结果，中间处理结果有：

- 一天 24 小时每小时的每个基站对的平均行程车速，对应 24 张表；

- 一天 24 小时每小时的每个区域的平均行程车速，对应 24 张表；

(3) 数据处理过程

数据处理的过程主要可分为以下几个步骤：

- 拆分原始基站对行程车速数据表

通过 SAS 软件将原始的基站对行程车速数据表按小时为单位拆分为 24 个小时对应的 24 张基站对行程车速数据表和 3 月总体的基站对行程车速数据表，最终得到待处理的 25 张 “基站对-平均行程车速” 表。

- 计算各基站对的 3 月总体和小时平均行程车速

将上述 25 张 “基站对-平均行程车速” 表导入 SAS 软件，并按起点和终点基站编号归类，进而计算每个基站对的平均行程速度，得到 24 张各基站对对应的小时平均行程速度表和 1 张各基站对应的 3 月总体平均行程速度表。

- 计算各区域的 3 月总体和小时平均行程车速

将上一步得到的 25 张表通过 Excel 的 VLOOKUP 函数或 SAS 软件的 merge 语句分别与基站站点编号和区域编号对照表进行横向合并，然后进行分类平均，最终得到各个区域的 3 月总体和小时平均行程车速表。

- 划定高峰时间段和非高峰时间段

通过 ArcGIS 软件绘制南京市小时交通状态图，具体绘制方法将在下文 3.2.2 中介绍，通过对南京市小时交通状态图的时间和空间特性分析，按照高峰时间段和非高峰时间段对一天 24 小时进行时间段划分。

- 计算各基站对的高峰和非高峰时间段平均行程车速

通过 SAS 软件将原始的基站对行程车速数据表按划定的高峰时间段和非高峰时间段拆分为对应的基站对高峰时段和非高峰时段的行程车速数据表，并按起点和终点基站编号归类，进而计算各个基站对的高峰时段和非高峰时段的行程车速数据表。

- 计算各区域的高峰和非高峰时间段平均行程车速

将上一步得到的各个基站对高峰时段和非高峰时段的行程车速数据表通过 Excel 的 VLOOKUP 函数或 SAS 软件的 merge 语句分别与基站站点编号和区域编号对照表进行横向合并，然后进行分类平均，最终得到各个区域的高峰和非高峰时间段平均行程车速表。

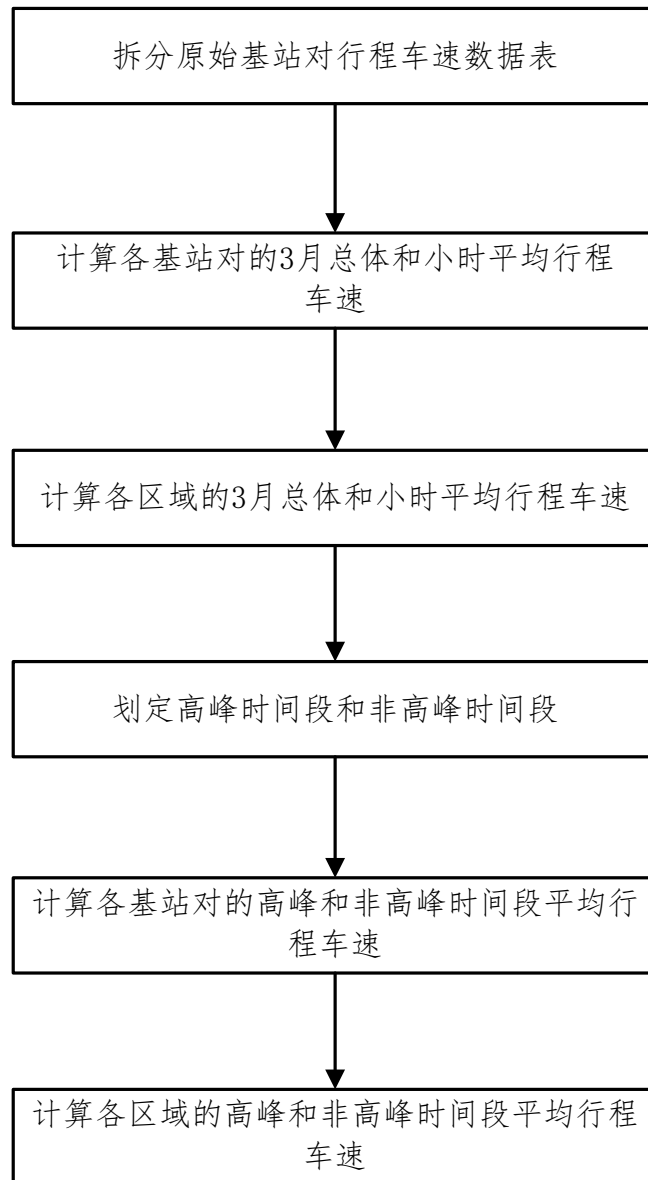


图 5—3—2 数据处理流程图

5.3.2 南京市交通状态判别分析

5.3.2.1 南京市区域交通拥堵评价指标的参考标准

对于评价区域是否拥堵以及拥堵程度的确定,根据现有的研究现状,需要确定合适的评价指标进行评价。北京市采用了排队长度作为城市交通拥堵评价的参考指标,上海市综合交通规划研究所负责编制的《上海城市综合交通发展报告》则采用了行程车速作为交通状态评价的单一指标对上海市的交通状况进行评价。

综合考虑,由于地点车速和交通流量属于断面交通流数据,只能反映某一点或某一个断面的交通状况,无法判断交通拥堵的影响范围,而行程车速指标可以用来描述全市路网或者特定区域的交通拥堵程度,并具有可以实时判定拥堵的持续时间和强弱程度的特点,因此,本文确定以区域平均行程车速作为区域交通状态评价的单一指标来评价南京市的区域交通状况。

根据北京交通大学 2006 年度调查统计获得的数据,参考已有的评价标准,并进行调整,本文将城市道路拥堵情况分为三个级别,分别为畅通、缓行和拥堵,设定了三种交通状态所属的最大、最小值域范围,提出以区域平均行程车速为拥堵评价指标的南京市交通状态评价参考标准,如下表 5-3-1 所示。

表 5-3-1 区域平均行程速度评价标准参考表(单位:千米/小时)

平均行程速度	平均速度评价等级	道路交通运行状态
[0, 20]	拥堵	车流平均速度低,道路交通运行状况很差
(20, 35]	缓行	车流平均速度一般,道路交通运行状况一般
(35, +∞)	畅通	车流平均速度高,道路交通运行状况好

在运用 ArcGIS 进行南京市交通拥堵状态图绘制时,本文参照上述表中的标准,设定拥堵区域为红色,缓行区域为黄色,畅通区域为绿色。

5.3.2.2 南京市交通状态判别

在南京市 RFID 数据处理过程中,已经将基站对的平均行车速度数据转化成网格区域的平均行车速度数据,并与 GIS 地图内的南京市地图网格的 ID 进行了

一一匹配形成了从0点到24点的每个小时以及3月一整月的25个行车速度文件，这25个Excel文件记录着监控区域内每个网格区域在相应时间段内的区域平均行程速度。在RFID数据处理结果的基础上，借助ArcGIS 9.3软件进行了南京市交通状态图的绘制，形成了25张南京市交通状态图。绘制道路交通状态图可以分为三个步骤，具体如下图5-3-3所示：

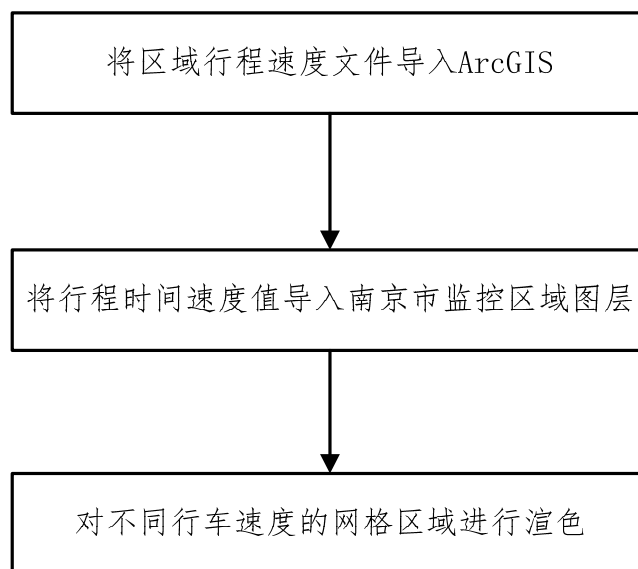


图 5-3-3 南京市交通状态图绘制流程图

- (1) 将 25 个区域平均行车速度文件导入 ArcGIS 9.3 软件；
- (2) 运用 join and relate 的功能将区域平均行程时间速度数据导入南京市监控区域图层，使图层得到一个新的属性 speed；
- (3) 以 speed 属性为参数，运用 Color Ramp 功能对不同行车速度的网格区域进行渲色，速度 1-20 为红色、20-35 为黄色、35-80 为绿色。

5.3.2.3 南京市交通状态图结果分析

评价南京市交通状态，不仅需要分析南京市的月交通状态，还需要分析南京市各个时间段的交通状态和小时交通状态，由此才能由粗到细、由面及点的了解南京市的交通状态以及交通状态的变化特点；不仅需要分析南京市高峰时段的交通运行状况，还需要分析非高峰时段的交通运行状况，由此才能判断哪些区域属于易拥堵区域，哪些区域属于高峰时段拥堵区域。因此，研究通过 ArcGIS 绘制

得到 25 张南京市交通状态图，其中包括按一个月进行平均得到的南京市 3 月交通状态图；按小时平均得到的 24 张南京市小时交通状态图。

(1) 南京市 3 月整体交通状态

南京市 3 月份通畅和缓行区域所占比重基本持平，拥堵区域主要集中在鼓楼区和白下区，这两块区域属于市中心区域，因此拥堵可以得到合理的解释，次中心地带，如玄武区、秦淮区、栖霞区，大部分区域处于缓行状态，边缘地带大部分地区处于通畅状态，如下图 5-3-4 所示。

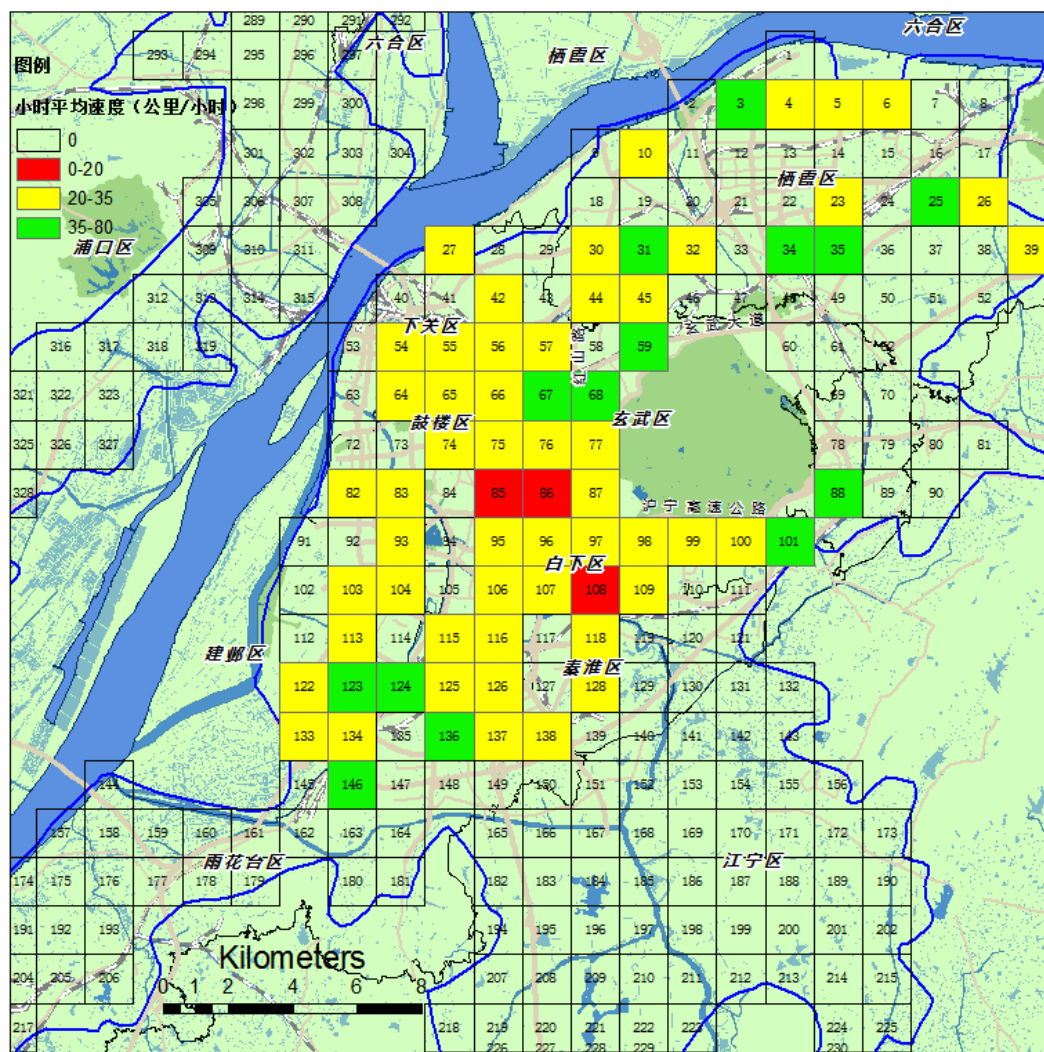


图 5-3-4 南京市 3 月交通状态图

(2) 南京市小时交通状态

月平均状态对于交通需求管理的研究意义不大。通过对南京市小时交通状态图的分析可知，南京市的小时交通状态有以下特性：

- 00:00-06:00 之间，南京市监控区域内的交通状态基本没有太大的变化，大部分地区处于通畅或缓行状态，边缘地带大都处于通畅状态。
- 06:00-10:00 之间，交通状态图中红色区域开始增多，黄色区域开始减少，这表明南京市整体开始偏向拥堵，交通流逐渐增大，拥堵主要集中在鼓楼区、白下区和下关区，边缘地带也开始转为非通畅状态。
- 10:00-17:00 之间，车流量增大，红色区域进一步扩大，鼓楼区、白下区、下关区、秦淮区、玄武区、栖霞区都开始处于拥堵状态。
- 17:00-20:00 之间，交通状态图中红色区域没有太大变化，中心地带仍然呈现十分拥堵的状态。
- 20:00 之后，交通拥堵程度降低，大部分地区逐渐退出拥堵状态，在 18:00-24:00 之间，南京市的交通状态变化不大，边缘地带通行顺畅。

另外，通过对这 24 张南京市交通状态图的对比分析可知，南京市的交通状态有以下空间分布特性：

- 在南京市中心地带，特别是鼓楼区和白下区，车辆行驶始终受到限制，处于非自由状态，不能够自由行驶。
- 在次中心地带，如玄武区、建邺区、下关区，车辆在非高峰时段会处于一般通畅状态，在高峰时段也会转化为拥堵状态。
- 在边缘地带，如栖霞区、雨花台区，车辆在非高峰时段处于通畅状态，高峰时段转化为缓行状态。

(3) 南京市各个时间段拥堵收费区域

通过对南京市小时交通状态图的时间和空间特性分析，建议以 07:00、10:00、17:00 和 20:00 为时间节点将一天分为 4 个时间段，即 7:00-9:59、10:00-16:59、17:00-19:59、20:00-6:59 四个时间段。从可操作性出发，在上述四个时间段的拥堵网格区域的边缘寻找合适的道路，以此类道路作为边界划定对应的拥堵区域，形成便于市民感知的以道路为边界的收费区域，即 7:00-9:59、10:00-16:59、17:00-19:59、20:00-6:59 四个时间段的南京市拥堵收费区域。

- 7:00-9:59 之间，下关区、鼓楼区、白下区和秦淮区部分区域处于拥堵状态，边缘地带绝大部分区域处于通畅或缓行状态，这个时间段属于早高峰，市民的出行目的地大都集中在市中心地带，呈现出从边缘地带到

市中心逐渐拥堵的局面，拥堵收费区域如下图 5-3-6 所示，拥堵区域内的收费道路如下表 5-3-2 所示。

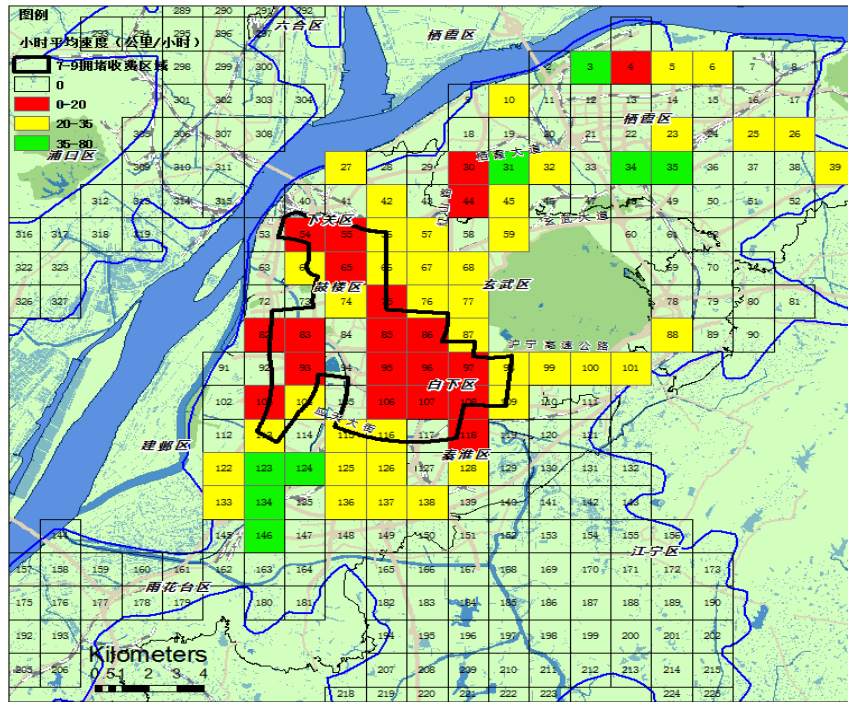


图 5-3-5 南京市 7:00-9:59 交通状态图

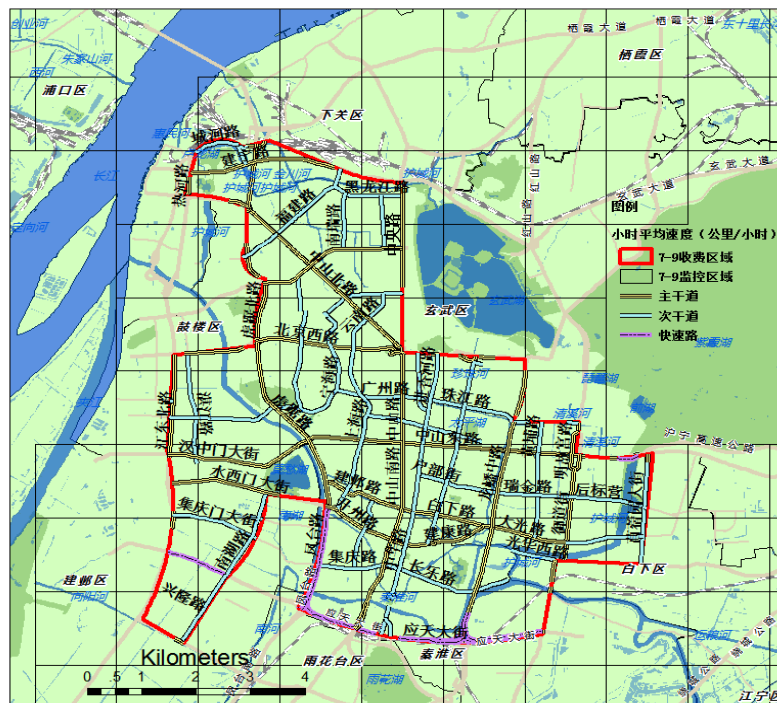


图 5-3-6 南京市 07:00-09:59 收费区域图

表 5-3-2 南京市 7:00-9:59 收费道路表

道路名称	道路等级	道路名称	道路等级	道路名称	道路等级
中山东路	主干道	湛江路	主干道	北京西路	次干道
北安门街	主干道	恒生路	主干道	湘江路	次干道
明故宫路	主干道	热河路	主干道	建康路	次干道
黄埔路	主干道	凤台南路	主干道	凤台路	次干道
常府街	主干道	兰家庄	主干道	城河路	次干道
白下路	主干道	中华路	主干道	城河北路	次干道
光华西路	主干道	北京西路	主干道	中山北路	次干道
大明路	主干道	南湖东路	主干道	钟阜路	次干道
光华路	主干道	长江路	次干道	建宁路	次干道
御道街	主干道	南湖路	次干道	新模范马路	次干道
大光路	主干道	清凉门大街	次干道	水佐岗路	次干道
光华东街	主干道	汉中门大街	次干道	察哈尔路	次干道
解放南路	主干道	虎踞路	次干道	中华路	次干道
解放路	主干道	汉中路	次干道	中山南路	次干道
瑞金路	主干道	虎踞南路	次干道	梦都大街	次干道
后标营	主干道	模范西路	次干道	模范中路	次干道
应天大街	主干道	北京东路	次干道	洪武路	次干道
节制闸路	主干道	龙蟠南路	次干道	莫愁路	次干道
大校场路	主干道	北门桥路	次干道	水西门大街	次干道
苜蓿园大街	主干道	洪武北路	次干道	草场门大街	次干道
紫金路	主干道	湖南路	次干道	中山南路	次干道
后标营路	主干道	宁海路	次干道	太平南路	次干道
向石南路	主干道	上海路	次干道	城河南路	次干道
升州路	主干道	丹凤街	次干道	城河南路	次干道
福建路	主干道	进香河路	次干道	集庆门大街	快速路
黑龙江路	主干道	新金贸大街	次干道	仙鹤街	快速路
中华路	主干道	虎踞关	次干道	集庆路	快速路
珠江路	主干道	山西路	次干道	户部街	快速路
龙蟠中路	主干道	江苏路	次干道	广州路	快速路
城河南路	主干道	山西路	次干道	虎踞北路	快速路
惠民大道	主干道	向石路	次干道	城河路	快速路
江东北路	主干道	云南北路	次干道	鼎新路	快速路
雨花路	主干道	云南路	次干道	中央路	快速路
长乐路	主干道	中华路	次干道	建邺路	快速路
江东中路	主干道	雨花路	次干道	华侨路	快速路
中山北路	主干道	西康路	次干道	大桥南路	快速路
龙园西路	主干道	太平北路	次干道	中山路	快速路

- 10:00-16:59 之间，下关区、鼓楼区、白下区和秦淮区绝大部分区域处于拥堵状态，边缘地带绝大部分区域处于缓行状态，市民在该时间段的出行主要以几个比较大的商圈为中心分布，拥堵收费区域如下图 5-3-8 所示，拥堵区域内的收费道路如下表 5-3-3 所示。

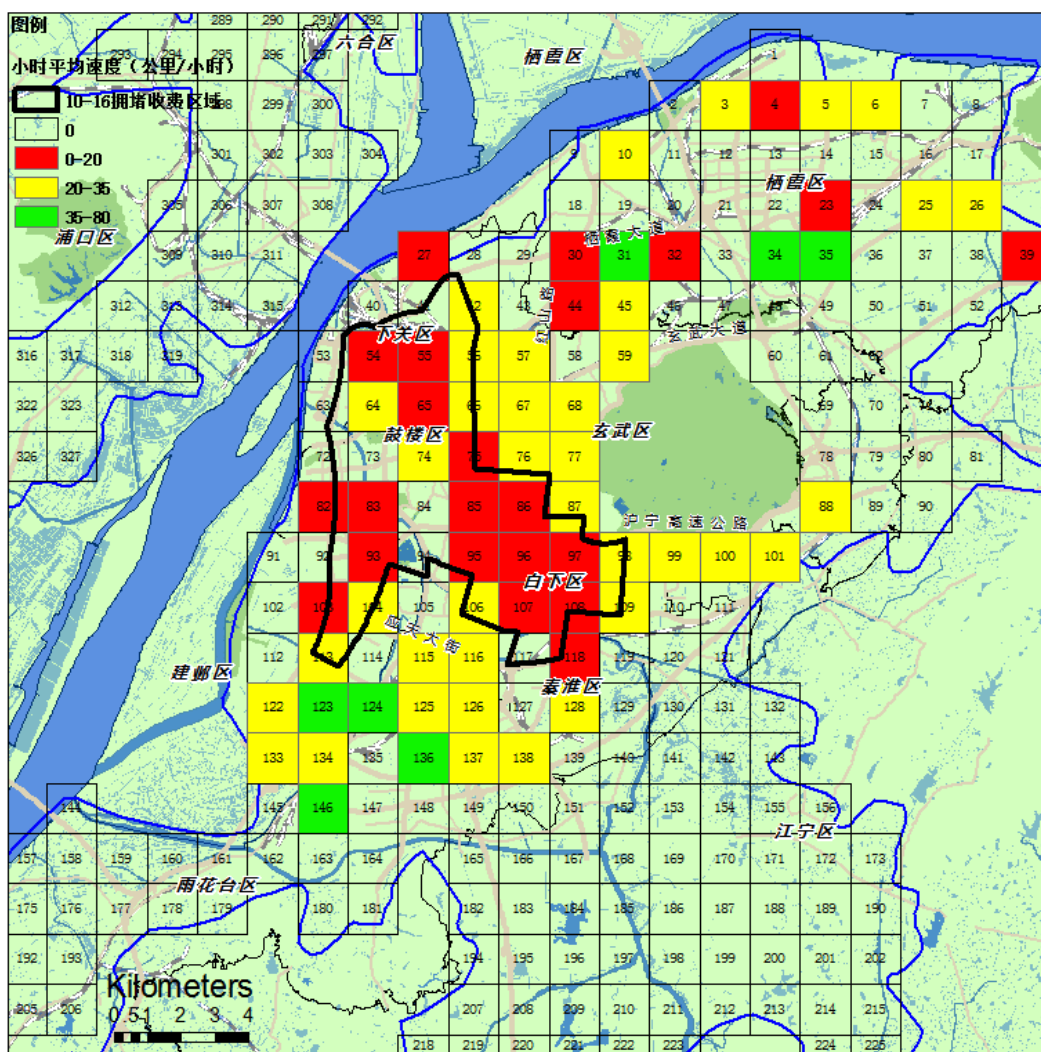


图 5-3-7 南京市 10:00-16:59 交通状态图



图 5-3-8 南京市 10:00-16:59 交通状态图

表 5-3-3 南京市 10:00-16:59 收费道路表

道路名称	道路等级	道路名称	道路等级	道路名称	道路等级
北京东路	主干道	热河南路	主干道	新金贸大街	次干道
中山东路	主干道	中央北路	主干道	虎踞关	次干道
北安门街	主干道	兰家庄	主干道	山西路	次干道
明故宫路	主干道	北京西路	主干道	江苏路	次干道
黄埔路	主干道	南湖东路	主干道	山西路	次干道
常府街	主干道	察哈尔路	主干道	向石路	次干道
白下路	主干道	应天路	主干道	云南北路	次干道
光华西路	主干道	和燕路	主干道	云南路	次干道
大明路	主干道	集庆门大街	主干道	白云亭路	次干道
光华路	主干道	户部街	主干道	西康路	次干道
御道街	主干道	广州路	主干道	太平北路	次干道
大光路	主干道	虎踞北路	主干道	建康路	次干道
光华东街	主干道	城河路	主干道	城河路	次干道
解放南路	主干道	金燕路	主干道	城河北路	次干道
解放路	主干道	中央路	主干道	中山北路	次干道
瑞金路	主干道	建邺路	主干道	钟阜路	次干道
后标营	主干道	华侨路	主干道	建宁路	次干道
应天大街	主干道	长江路	次干道	南瑞路	次干道
节制闸路	主干道	南湖路	次干道	新模范马路	次干道
苜蓿园大街	主干道	清凉门大街	次干道	水佐岗路	次干道
紫金路	主干道	汉中门大街	次干道	察哈尔路	次干道
后标营路	主干道	虎踞路	次干道	中华路	次干道
向石南路	主干道	汉中路	次干道	梦都大街	次干道
升州路	主干道	虎踞南路	次干道	模范中路	次干道
福建路	主干道	定淮门大街	次干道	洪武路	次干道
黑龙江路	主干道	模范西路	次干道	莫愁路	次干道
珠江路	主干道	热河路	次干道	水西门大街	次干道
龙蟠中路	主干道	幕府西路	次干道	中央北路	次干道
城河南路	主干道	龙蟠南路	次干道	草场门大街	次干道
惠民大道	主干道	北门桥路	次干道	中山南路	次干道
长乐路	主干道	洪武北路	次干道	太平南路	次干道
江东中路	主干道	湖南路	次干道	城河南路	次干道
中山北路	主干道	宁海路	次干道	三汊河桥	快速路
龙园西路	主干道	上海路	次干道	大桥南路	快速路
湛江路	主干道	丹凤街	次干道	江东北路	快速路
恒生路	主干道	进香河路	次干道	中山路	快速路

- 17:00-19:59 之间，下关区、鼓楼区、白下区和秦淮区绝大部分区域处于拥堵状态，边缘地带绝大部分区域处于缓行状态，这个时间段属于晚高峰，市民主要的出行起点大都集中在市中心地带，同样呈现出从边缘地带到市中心逐渐拥堵的局面，拥堵收费区域如下图 5-3-10 所示，拥堵区域内的收费道路如下表 5-3-4 所示。

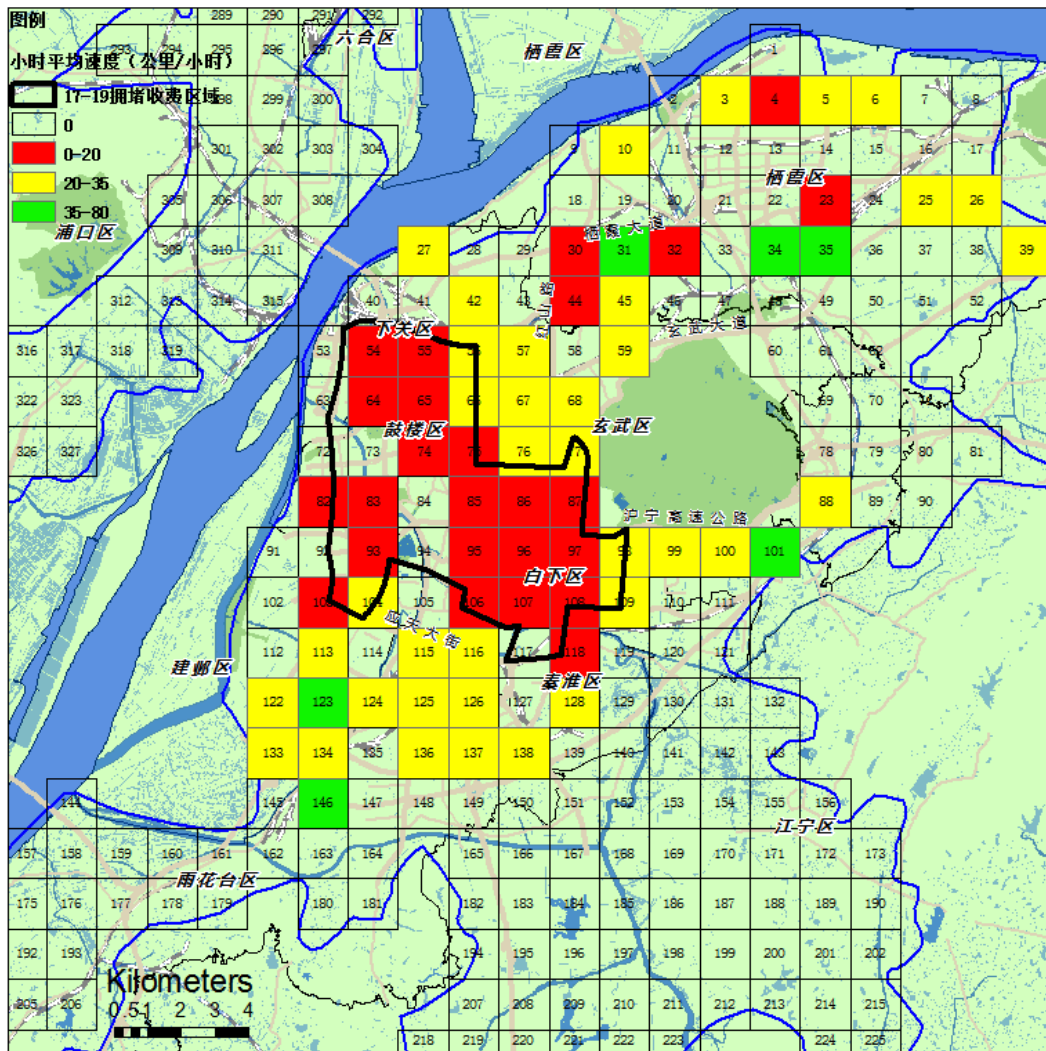


图 5-3-9 南京市 17:00-19:59 交通状态图

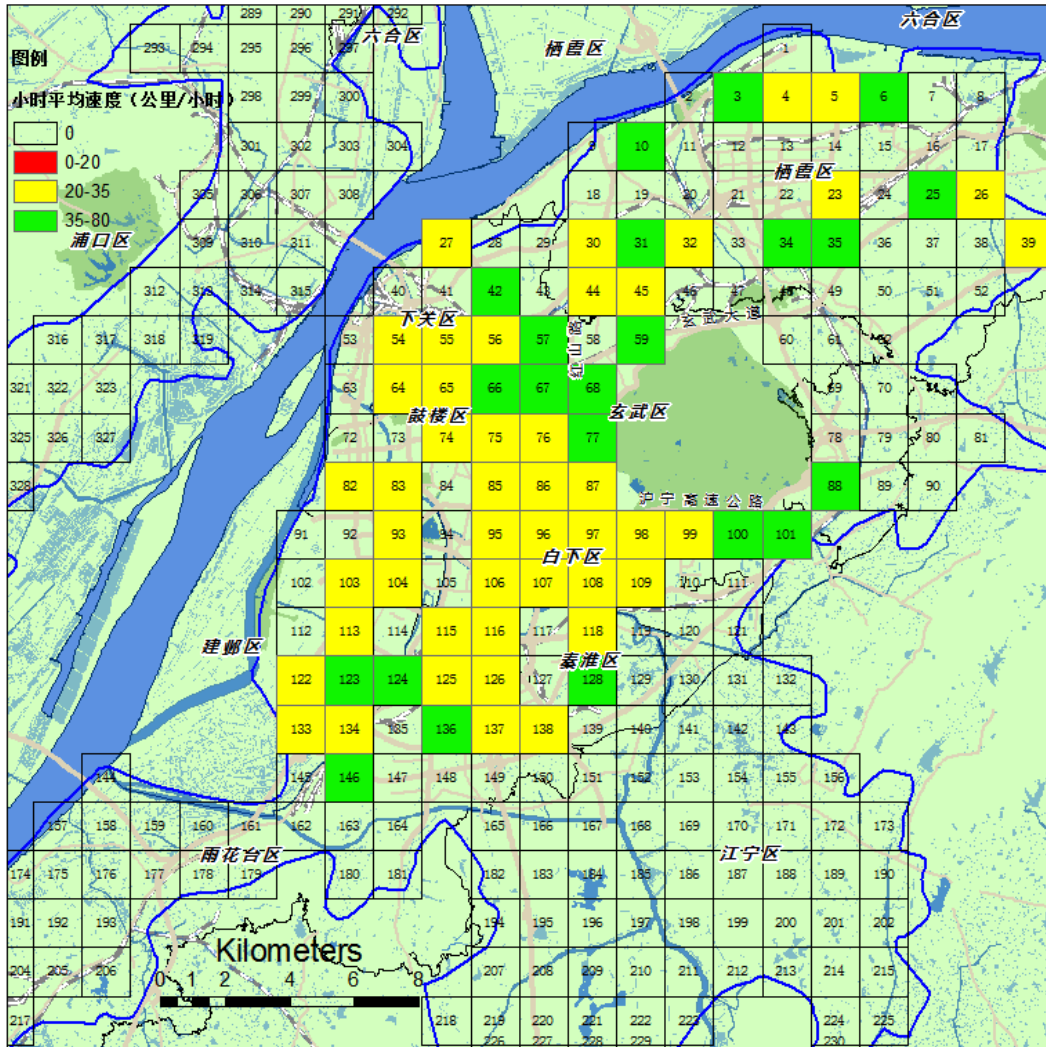


图 5-3-10 南京市 17:00-19:59 交通状态图

表 5-3-4 南京市 17:00-19:59 收费道路表

道路名称	道路等级	道路名称	道路等级	道路名称	道路等级
北京东路	主干道	中山北路	主干道	虎踞关	次干道
北安门北街	主干道	龙园西路	主干道	山西路	次干道
中山东路	主干道	湛江路	主干道	江苏路	次干道
北安门街	主干道	恒生路	主干道	山西路	次干道
明故宫路	主干道	热河南路	主干道	云南北路	次干道
黄埔路	主干道	兰家庄	主干道	云南路	次干道
常府街	主干道	北京西路	主干道	白云亭路	次干道
白下路	主干道	南湖东路	主干道	西康路	次干道
光华西路	主干道	中山门大街	主干道	太平北路	次干道
大明路	主干道	察哈尔路	主干道	建康路	次干道
光华路	主干道	集庆门大街	主干道	凤台路	次干道
御道街	主干道	户部街	主干道	城河路	次干道
大光路	主干道	广州路	主干道	城河北路	次干道
光华东街	主干道	虎踞北路	主干道	中山北路	次干道
解放南路	主干道	城河路	主干道	钟阜路	次干道
解放路	主干道	鼎新路	主干道	建宁路	次干道
瑞金路	主干道	中央路	主干道	南瑞路	次干道
后标营	主干道	建邺路	主干道	新模范马路	次干道
应天大街	主干道	华侨路	主干道	水佐岗路	次干道
节制闸路	主干道	南湖路	次干道	察哈尔路	次干道
大校场路	主干道	清凉门大街	次干道	中华路	次干道
苜蓿园大街	主干道	北安门街	次干道	模范中路	次干道
紫金路	主干道	汉中门大街	次干道	洪武路	次干道
后标营路	主干道	虎踞路	次干道	莫愁路	次干道
龙蟠路	主干道	汉中路	次干道	水西门大街	次干道
升州路	主干道	虎踞南路	次干道	中央北路	次干道
福建路	主干道	定淮门大街	次干道	草场门大街	次干道
黑龙江路	主干道	模范西路	次干道	中山南路	次干道
珠江路	主干道	热河路	次干道	太平南路	次干道
龙蟠中路	主干道	龙蟠南路	次干道	城河南路	次干道
北安门北街	主干道	北门桥路	次干道	三汊河桥	快速路
城河南路	主干道	洪武北路	次干道	龙蟠路	快速路
北京东路	主干道	湖南路	次干道	大桥南路	快速路
北京东路	主干道	宁海路	次干道	江东北路	快速路
惠民大道	主干道	上海路	次干道	中山路	快速路
江东北路	主干道	丹凤街	次干道	长江路	快速路
长乐路	主干道	进香河路	次干道		
江东中路	主干道	新金贸大街	次干道		

- 20:00-06:59 之间，南京绝大部分地区处于缓行和通畅状态，边缘地带大都处于通畅状态，市民基本到达出行目的地，完成出行，因此道路交通流量大量减少，道路负荷相应减少，不需要设置拥堵收费区域。



注：边缘地带指北至栖霞区，南至雨花台区，西至建邺和鼓楼区沿江地带，东至秦淮区宁沪高速段以外的区域。

第六章 基于车辆排放的拥堵费率核算

目前，南京机动车保有量突破 170 万辆，未来的 5 到 10 年仍将处于高速增长期。巨大保有量的背后，是日益加剧的尾气污染问题。机动车尾气一方面在道路上直接高排放，影响人体健康，一方面扩散到大气环境中，改变空气污染特征。国家环保部指出，珠三角、长三角、京津冀区域，城市空气已经由煤烟型污染转化为煤烟与机动车尾气复合型污染。机动车污染已经成为我市大气环境污染中最突出、最紧迫的问题之一。

6.1 汽车保有量

6.1.1 按车型划分的汽车保有量

2012 年，南京市载客汽车 108.8 万，占汽车保有量的 93.2%。其中：微型载客汽车 2.5 万辆，占 2.1%。小型载客汽车 103.1 万辆，占 88.3%。中型载客汽车 1.5 万辆，占 1.3%。大型载客汽车 1.7 万辆，占 1.5%。

南京市载货汽车 7.9 万辆，占汽车保有量的 6.8%。其中：轻型载货汽车 4.2 万辆，占 3.6%。中型载货汽车 1.4 万辆，占 1.2%；重型载货汽车 2.4 万辆，占 2.0%。按车型划分的汽车保有量构成见图 6-1-1。

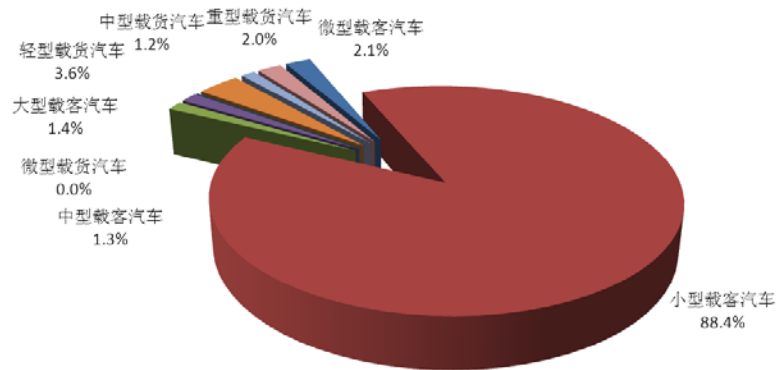


图 6-1-1 按车型划分的汽车保有量构成

6.1.2 按燃料类型划分的汽车保有量

2012 年南京市汽油汽车 106.6 万辆，占汽车保有量的 91.4%；柴油汽车 9.8 万辆，占 8.4%；其它燃料动力汽车 0.3 万辆，占 0.2%。按燃料类型划分的汽车保有量构成见图 6-1-2。

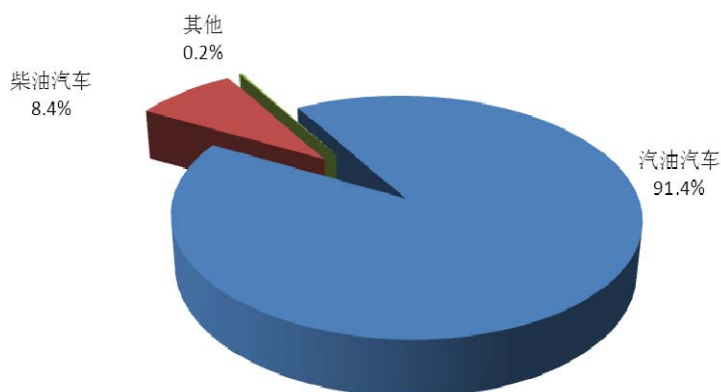


图 6-1-2 按燃料类型划分的汽车保有量构成

6.1.3 按排放标准划分的汽车保有量

2012年，南京市国 I 前标准的汽车 3.42 万辆，占汽车保有量的 2.9%；国 I 标准的汽车 14.5 万辆，占汽车保有量的 12.4%；国 II 标准的汽车 22.1 万辆，占汽车保有量的 19.0%；国 III 标准的汽车 40.9 万辆，占汽车保有量的 35.1%；国 IV 标准的汽车 35.7 万辆，占汽车保有量的 30.6%。按排放标准划分的汽车保有量构成见图 6-1-3。

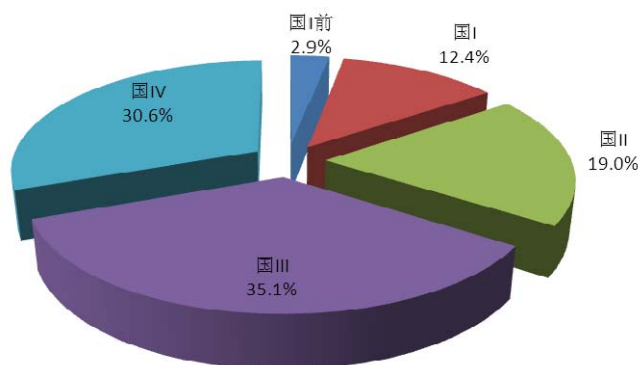


图 6-1-3 按排放标准划分的汽车保有量构成

6.2 汽车污染物排放量现状

2012年，南京市汽车排放一氧化碳 12.4 万吨，碳氢化合物 1.61 万吨，氮氧化物 3 万吨，颗粒物 0.2 万吨。其中，柴油车排放的氮氧化物占排放总量的 76.2%，汽油车排放的一氧化碳超过排放总量的 67.9%。

6.2.1 按车型划分的汽车污染物排放量

(1) 客车污染物排放情况

2012年，南京市客车排放一氧化碳 10.6 万吨，碳氢化合物 1.3 万吨，氮氧化物 1.4 万吨，颗粒物 770 吨，排放量分别占汽车排放总量的 85.4%、79.4%、45.0%和 33.5%。

(2) 货车污染物排放情况

2012年，南京市货车排放一氧化碳1.8万吨，碳氢化合物0.3万吨，氮氧化物1.7万吨，颗粒物0.2万吨，排放量分别占汽车四项污染物排放总量的14.6%、20.6%、55.0%和66.5%。按车型划分的各污染物排放分担率见图6-2-1~图6-2-4。

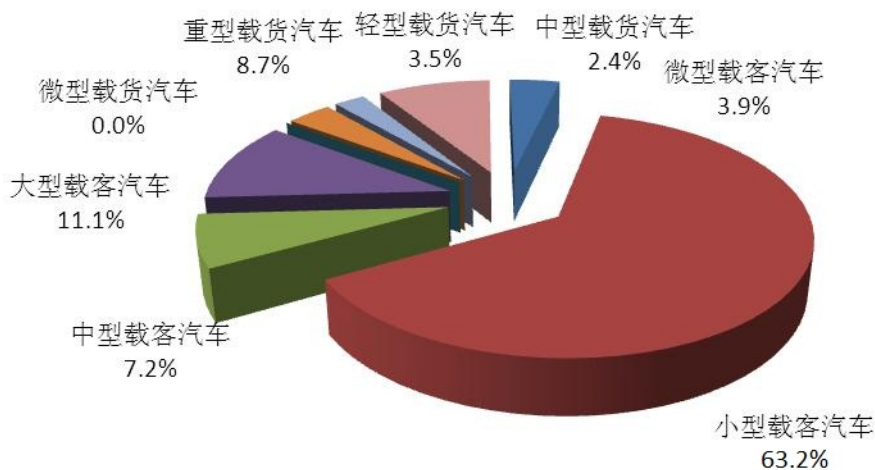


图 6-2-1 各类汽车的一氧化碳排放量分担率

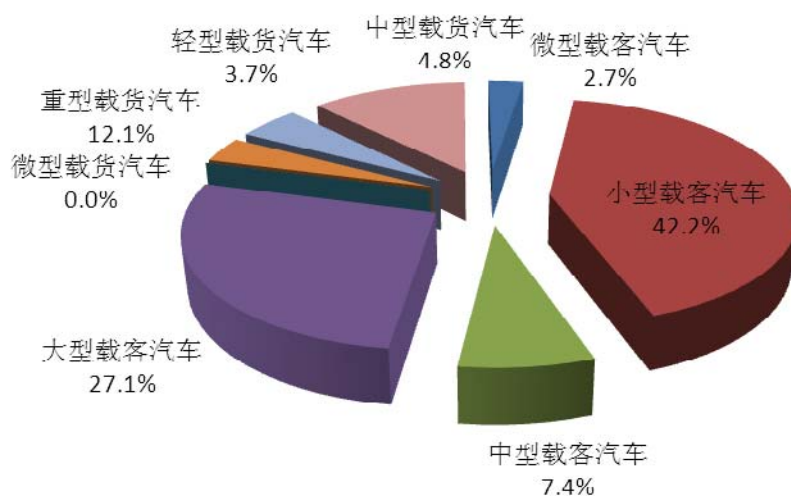


图 6-2-2 各类汽车的碳氢化合物排放量分担率

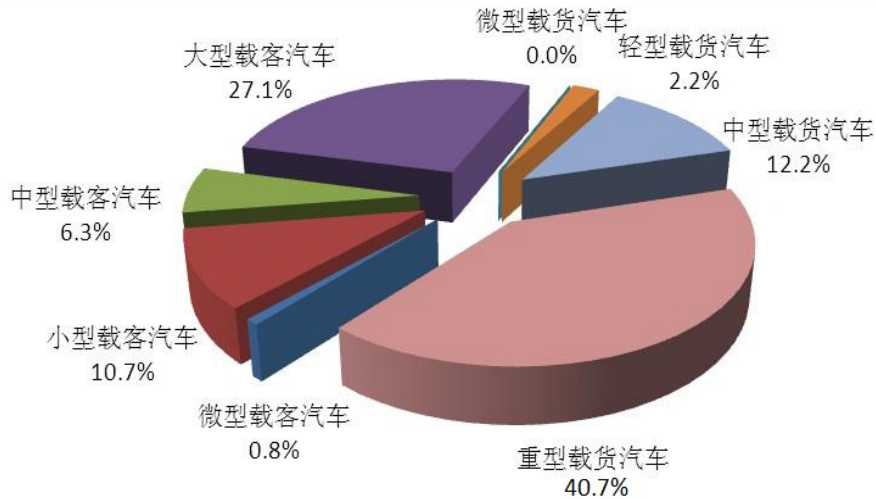


图 6-2-3 各类汽车的氮氧化物排放量分担率

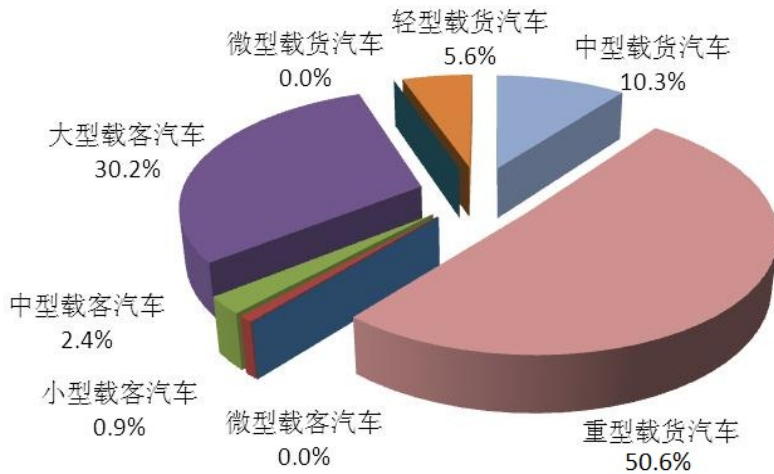


图 6-2-4 各类汽车的颗粒物排放量分担率

6.2.2 按燃料类型划分的汽车污染物排放量

(1) 汽油车污染物排放情况

2012年，南京市汽油车一氧化碳排放量为10.3万吨，碳氢化合物排放量为1.1万吨，氮氧化物排放量为0.6万吨，其排放量分别占汽车排放总量的82.8%、65.7%和19.9%。

(2) 柴油车污染物排放情况

2012年，南京市柴油车一氧化碳排放量为2.1万吨，碳氢化合物排放量为0.5万吨，氮氧化物排放量为2.3万吨，颗粒物排放量为0.2万吨，其排放量分别占汽车排放总量的16.7%、30.5%、77.5%和100%。

(3) 其它燃料汽车污染物排放情况

2012年，南京市其他燃料汽车一氧化碳排放量为650吨，碳氢化合物排放量为613吨，氮氧化物排放量为778吨，其排放量分别占汽车排放总量的0.5%、3.8%和2.6%。不同燃料类型汽车的污染物排放分担率见图6-2-5。

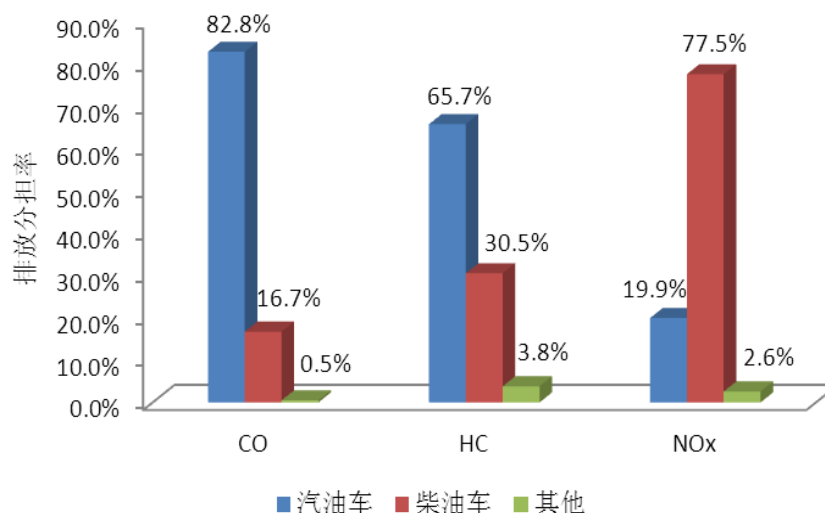


图6-2-5 不同燃料类型汽车的污染物排放量分担率

6.2.3 按排放标准划分的汽车污染物排放量

(1) 国 I 前标准汽车污染物排放情况

2012年，南京市国 I 前标准汽车一氧化碳排放量为2.9万吨，碳氢化合物排放量为0.4万吨，氮氧化物排放量为0.5万吨，颗粒物排放量为581吨，其排放量分别占汽车排放总量的23.4%、24.8%、16.1%和25.3%。

(2) 国 I 标准汽车污染物排放情况

2012年，南京市国 I 标准汽车一氧化碳排放量为3.1万吨，碳氢化合物排放量为0.4万吨，氮氧化物排放量为0.7万吨，颗粒物排放量为790吨，其排放量分别占汽车排放总量的24.9%、23.0%、22.8%和34.2%。

(3) 国 II 标准汽车污染物排放情况

2012年，南京市国 II 标准汽车一氧化碳排放量为2.6万吨，碳氢化合物排放量为0.4万吨，氮氧化物排放量为0.5万吨，颗粒物排放量为395吨，其排放量分别占汽车排放总量的21.0%、22.8%、17.3%和17.2%。

(4) 国 III 及以上标准汽车污染物排放情况

2012年，南京市国 III 标准汽车一氧化碳排放量为2.8万吨，碳氢化合物排放量为0.4万吨，氮氧化物排放量为1.1万吨，颗粒物排放量为510吨，其排放量分别占汽车排放总量的22.5%、22.4%、35.1%和22.0%。

按不同排放标准划分的汽车污染物排放状况见图 6-2-6。

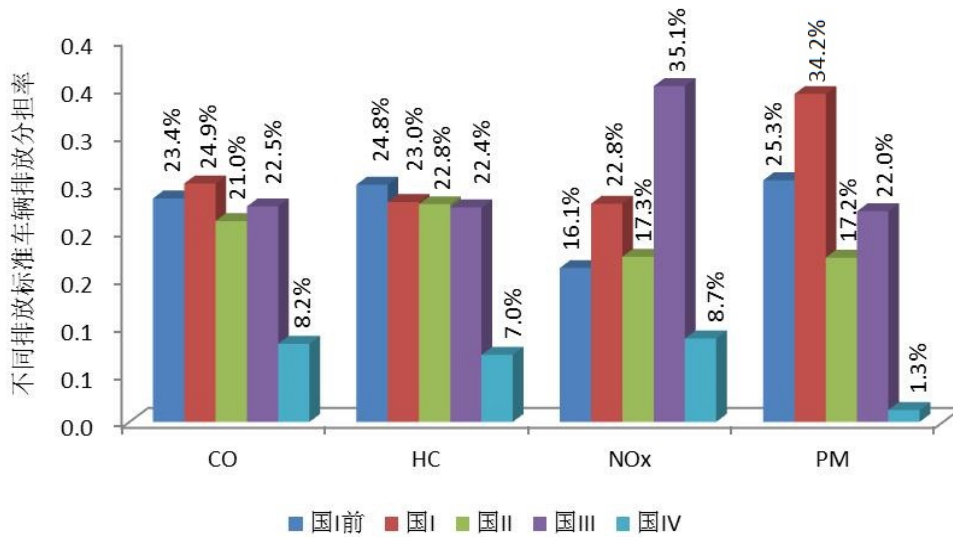


图 6-2-6 不同排放标准汽车的污染物排放分担率

6.2.4 按环保标志类型划分的汽车污染物排放量

2012 年，南京市“黄标车”一氧化碳排放量 4 万吨，占汽车排放量的 32.5%，占机动车排放量的 26.7%；碳氢化合物排放量 0.6 万吨，占汽车排放量的 38.6%，占机动车排放量的 31.9%；氮氧化物排放量 1.3 万吨，占汽车排放量的 44.5%，占机动车排放量的 43.8%；颗粒物排放量 0.2 万吨，占汽车排放量的 76.7%，占机动车排放量的 76.2%。2012 年南京市“黄标车”污染物排放分担率见图 6-2-7。

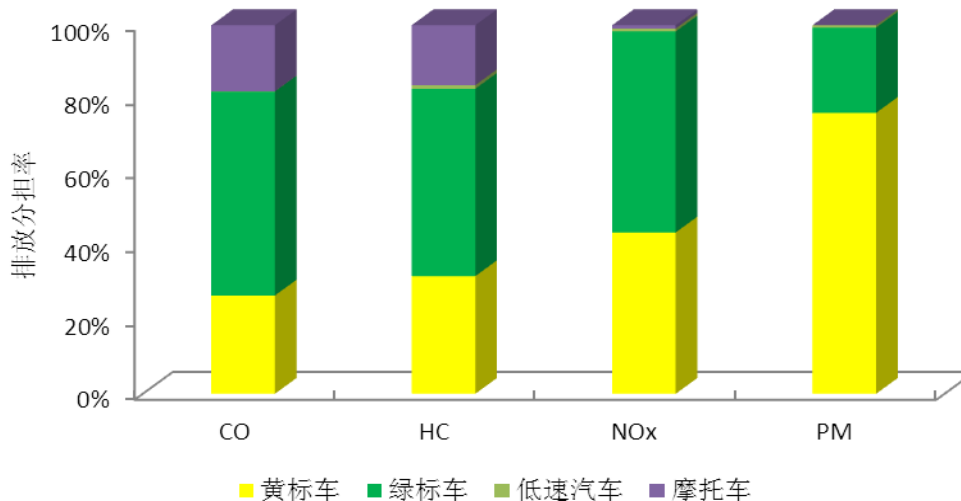


图 6-2-7 2011 年南京市“黄标车”污染物排放分担率

6.3 污染控制措施

近年来，我市不断加大机动车污染防治力度，从新车环保准入、在用车排放监管、高污染车淘汰、车用燃料环保、智能交通建设等多方面采取综合措施，扎

实推进机动车污染治理工程。采取的主要措施：一是提前实施轻型汽油车国IV标准，并积极申报力争在2014年实施机动车国V排放标准；二是强化机动车环境监管。建立了新车达标准入核查、在用车环保检验、环保标志核发等制度体系，建设了先进的机动车排污综合网络系统，实现了环境监管模式的创新；三是加速淘汰高排放车辆。政府补贴政策与黄标车区域限行同步执行，在国内首创采用非现场电子执法方式，依靠电子警察倒逼高排放车淘汰或转出，为汽车发展腾出环境容量；四是优先发展绿色公交。推动实施“公交优先三年行动计划”和“公交改革与发展五年行动计划”，加快公交车更新的步伐，进而根治公交车冒黑烟问题；五是建设智能交通。我市运用物联网技术搭建智能交通体系，通过对环保电子卡的应用，实现了对车辆的精准化管理和智能交通诱导；六是推动油气污染治理。2011年全市主要加油站、油罐车和储油库基本完成了油气污染治理改造。

总体来看，一系列污染控制取得了初步成效，但从机动车发展态势和大气中其排放相关的污染物情况来看，控制形势依然严峻。“十二五”减排指标和新一轮大气污染控制行动计划都对机动车排放提出了更高的要求。机动车的污染物控制制度是一个政策体系，需要从机动车单车排放绩效、机动车总量控制和机动车出行管理等多方面入手，互相补充和配合。仅靠单方面政策，无法长期保证良好的空气环境质量和畅通的城市交通。机动车的行驶里程是机动车污染排放的关键因素，而南京市始终缺乏对机动车使用的控制。根据机动车的排放进行不同的拥堵收费费率设置，可以更有针对性地降低排放量大的车辆的行驶。

6.4 基于车辆排放的拥堵费率核算研究内容

我国机动车排放研究起步较晚，排放因子体系尚不完备，尾气污染对人体健康影响研究的基础资料较少。为此，项目借鉴IVE模式给出的基础排放因子，通过比对我国与欧美国家的机动车型主要技术参数，并根据南京市车辆现状和行车特征，给出拥堵状况下的单车排放因子。应用国内外有关收费当量标准和吸入因子研究成果，确定城市交通拥堵区的机动车排放收费相关参数。结合机动车年检（I/M制度）排放状况，给出车辆排放分级。综合上述，给出核算方法和征收额度。主要内容为：

- (1) 国内外车型比对；
- (2) 车型排放因子本地化；

- (3) 拥堵行车排放参数；
- (4) 吸入因子分析；
- (5) 污染当量（排污费）确定；
- (6) 年检参数（I/M 制度）分级；
- (7) 拥堵收费核算方法；
- (8) 收费标准。

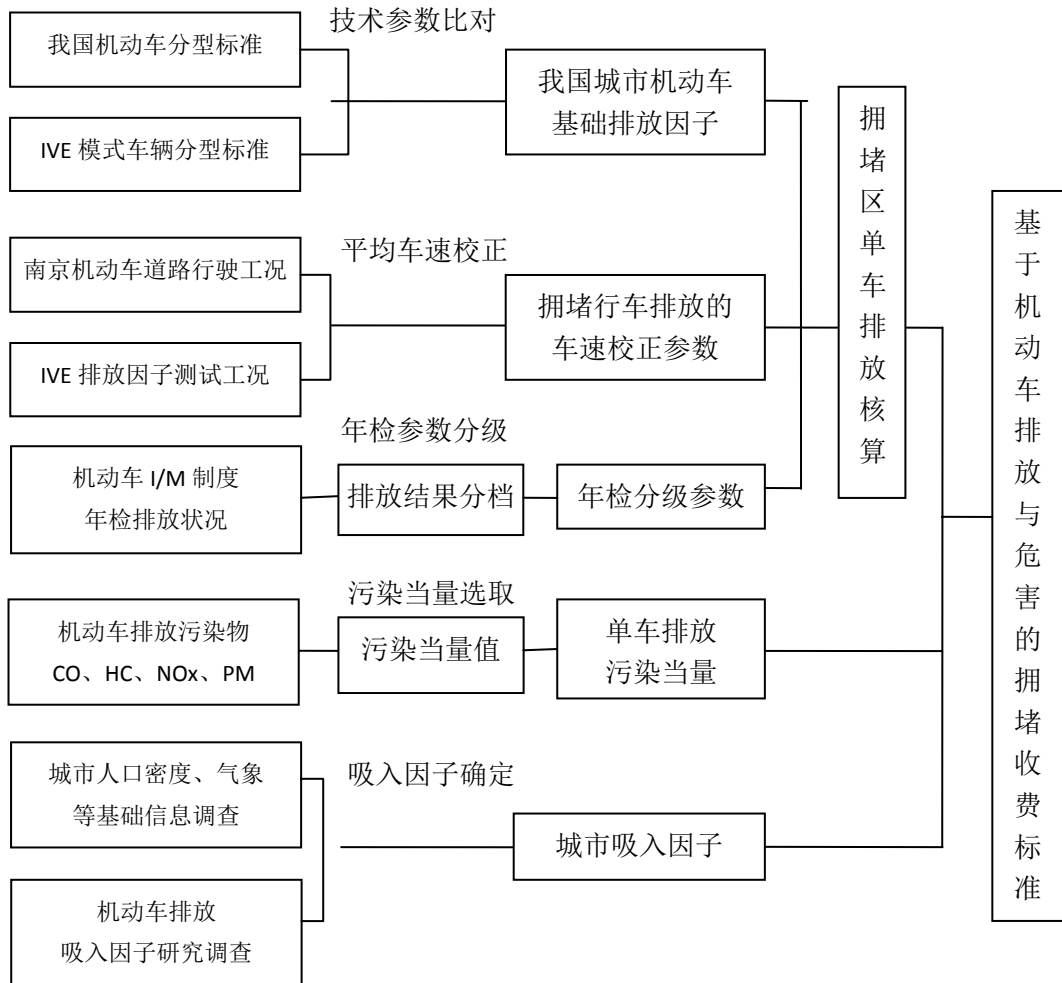


图6-4-1 基于交通拥堵区的机动车排放和收费标准核算方法

6.5 拥堵费率核算研究的技术路线

根据研究内容及相关信息需求，制定技术路线如下：

- (1) 解析 IVE 模式，以不同质量区间、排放标准、行驶里程（或车龄）、燃料类别为参数条件分类整理机动车基础排放因子；
- (2) 根据南京市机动车排气污染监督管理系统数据库，统计各类车型平均质量、平均车龄等基本状况；

- (3) 通过比对, 给出我国车型与 IVE 车型的分类对应关系, 确定各类车型的基础排放因子;
- (4) 分析南京市道路拥堵行车工况特征, 确定排放因子行车速校正参数;
- (5) 考虑我国机动车现行年检排放标准宽松的现状, 引入年检分级参数调控, 发挥维护保养 (I/M) 制度作用, 减少排放;
- (6) 结合机动车排放接近人体呼吸带且集中排放, 对人体健康的危害远高于固定污染源的特点, 引入吸入因子, 计算损失经济补偿;
- (7) 按照污染当量征收排污费的原则, 确定机动车排放的 HC、CO、NO_x、PM 的污染当量;
- (8) 确定基于吸入因子、污染当量及 I/M 制度的拥堵收费标准。

6.6 拥堵收费参数确定

6.6.1 基础排放因子

机动车排放因子 (Emission Factors) 是单位行驶里程 (或时间) 内机动车污染物的排放量, 常以克/公里 (g/km) 或克/小时 (g/h) 等为单位。它是计算车辆在特定的区域或时段尾气污染物排放量的基本参数之一。

IVE 模型是以美国 FTP 工况下的基础排放因子 (Basic Emission Factors) 为内核, 发展并融合了欧美国家的各类机动车型^[2-5]。在目前我国尚缺乏机动车排放因子系统性研究的情况下, 本文在综合分析排放模型, 以及排放因子与吸入因子研究的完整性和一致性的基础上, 选择 IVE 模型给出的排放因子, 并作为机动车污染物排放核算的基础。

由于我国与欧美等国在车型分类上的差异。因此, 本文通过比对机动车的总质量、车龄、排放控制技术、用途等参数, 确定我国机动车排放因子。表 6-4-1 给出了南京市 2012 年度各类车型统计结果。

表 6-6-1 按客货用途分类的车辆质量和车龄统计

车辆分类	微客/微货	小客/轻型	中客/中货	大型/重货
车辆总质量	1315/1825	1795/3412	3375/8450	12744/21130
车辆总数	24151/25	1030944/41752	15252/13793	16866/23459
平均车龄	9.1/6.0	4.2/4.9	8.4/7.7	5.4/4.4

尽管我国和美国的车辆认证体系不同，车型分类存在差异，但通过对两者的车型比对，能够确定相应的排放因子。南京市车型与 IVE 模型车型分类的对应关系见表 6-6-2。

表 6-6-2 南京市车型与 IVE 模型车辆分类对应表

IVE 车型参数	A/ST Light	A/ST Medium	A/ST Heavy	T/B Light	T/B Medium	T/B Heavy
	<1.5L 轿车； 总质量 <2270kg	<3L 轿车， VAN 和 SUV 2270kg < 总质量 <3000 kg	>3L 轿车， SUV 3000 kg < 总质量 <4086kg	4086kg < 总质量 <6356kg	6356kg < 总质量 <14982kg	总质量 >14982kg 或 总质量 >27240kg
南京市车型参数	微客、微货、小客		轻货、中客		中货、大客、重货	
	客车平均质量：1550kg 货车平均质量：1825kg		客车平均质量：3375 kg 货车平均质量：3412 kg		客车平均质量：12744 货车平均质量：21130	

根据表 6-6-2 确定的车型的对应关系，进一步按照 IVE 模式中有关燃料种类、排放标准、行驶里程等进行对应选择，其中排放标准为 None、欧 I、欧 II、欧 III、欧 IV 的车型与国 0、国 I、国 II、国 III、国 IV 相当。再结合表 6-6-1 给出的车辆统计信息，对应得到南京市机动车的排放因子。

表 6-6-3 汽油车排放因子

类别		国 0	国 I	国 II	国 III	国 IV
微客 微货 小客	HC	4.3	1.8	0.8	0.3	0.2
	CO	34.221	30.641	21.449	5.898	4.718
	NO	2.154	0.958	0.431	0.216	0.173
	PM	0.008	0.029	0.013	0.003	0.002
中客 轻货	HC	6.3	6.3	5.2	3.1	2.2
	CO	123.538	123.538	84.811	47.701	33.391
	NO	5.813	5.813	4.766	3.187	2.231
	PM	0.090	0.090	0.020	0.014	0.010
大客 中货 重货	HC	7.6	7.6	6.3	3.8	2.6
	CO	148.325	148.325	101.969	57.437	40.206
	NO	6.903	6.903	5.659	3.783	2.648
	PM	0.090	0.090	0.020	0.014	0.010

表 6-6-4 柴油车排放因子

类别		国 0	国 I	国 II	国 III	国 IV
微客 微货 小客	HC	1.3	0.1	0.1	0.1	0.1
	CO	2.064	2.064	1.632	1.344	1.344
	NO	1.289	1.289	1.101	0.752	0.517
	PM	0.190	0.095	0.039	0.022	0.013
中客 轻货	HC	1.5	1.5	1.5	1.0	0.9
	CO	7.916	7.916	6.572	4.384	3.069
	NO	11.720	11.720	10.039	6.927	4.849
	PM	0.469	0.469	0.150	0.053	0.037
大客 中货 重货	HC	2.4	2.4	2.3	1.5	1.4
	CO	12.240	12.240	10.165	6.782	4.748
	NO	18.204	18.204	15.610	10.778	7.545
	PM	1.500	1.500	0.180	0.063	0.044

6.6.2 拥堵行车参数

拥堵环境下，车辆处于频繁的低速、怠速、启动等工况阶段，排放明显高于正常行车。因此，在拥堵收费研究中，需要对行车参数进行独立研究，以确定拥堵行车下的修正系数。

表 6-6-5 南京市车辆道路行驶片段特征参数

特征参数	高速	中速	低速	综合
加速比例 %	31.16	32.81	27.03	29.3
减速比例 %	27.93	25.99	22.98	24.21
怠速比例 %	1.29	16.38	36.72	28.42
等速比例 %	39.61	24.82	13.27	18.07
平均速度 (km/h)	44.36	20.68	14.01	17.01
平均行驶速度 (km/h)	44.97	25.20	21.74	23.41
平均加速度 (m/s^2)	0.46	0.63	0.73	0.68
平均减速度 (m/s^2)	-0.51	-0.80	-0.83	-0.81
速度标准差	16.39	13.50	12.87	13.16
速度段 1 (0-10km/h) %	4.68	30.17	55.91	45.31
速度段 2 (10-20km/h) %	9.19	14.54	14.19	14.25
速度段 3 (20-30km/h) %	7.46	23.23	10.02	15.03
速度段 4 (30-40km/h) %	10.73	25.28	8.30	14.83
速度段 5 (40-50km/h) %	20.14	5.58	7.91	7.20
速度段 6 (50-60km/h) %	29.93	1.02	2.81	2.52
速度段 7 (>60km/h) %	17.86	0.18	0.87	0.86
运行时间 (s)	928	121	80	108
运行里程 (km)	11.70	0.71	0.36	0.66

2010年至2013年，南京市机动车排气污染监督管理中心联合东南大学对南京市城区道路车辆行驶片段特征参数（见表6-6-5）进行了解析。片段特征参数研究表明，低速、中速是南京市城区道路主要特征。

表 6-6-6 2012 年南京市城区部分主干道车速调查

路段	平峰车速	高峰车速
中山东路	18.2	12.1
汉中路	20.4	14.7
中山路	19.8	13.7
中山南路	19.1	12.2
北京西路	18.5	11.3
北京东路	21.3	11.4
中山北路	21.1	13.2

2012年，南京市城区部分7条主干道高峰车速平均值为12.7km/h，是美国FTP标准工况标准车速（31.4 km/h）40.4%。根据车速与污染物排放近似成正比的关系，将拥堵行车对排放因子的修正系数设为车速修正比 $V_i=31.4/12.7$ ，即 $V_i=2.5$ 。

6.6.3 吸入因子

吸入因子（Intake Fraction，简称IF）是一种从人体健康的角度评价污染物危害的方法，是指某个或某类污染源释放出来的某种污染物的单位排放量所造成的特定时间段中暴露在污染物当中人群吸入量的增量。若吸入因子为1 ppm，则表示某污染源排放1吨的污染物人体的吸入量为1 g。欧美国家将吸入因子作为大气污染健康风险的一个度量指标广泛的应用于的大气污染控制政策的决策过程。

相比于工业污染源远离人群、高空排放，机动车排放的尾气接近人群、贴地排放，即使是同样的排放量，尾气污染物被人体吸入的部分要高得多。

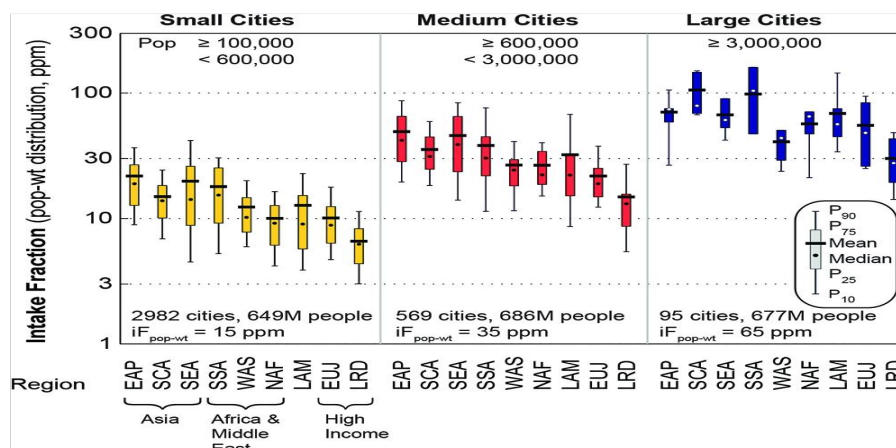


图6-6-1 按人口数量划分的大中小型城市吸入因子

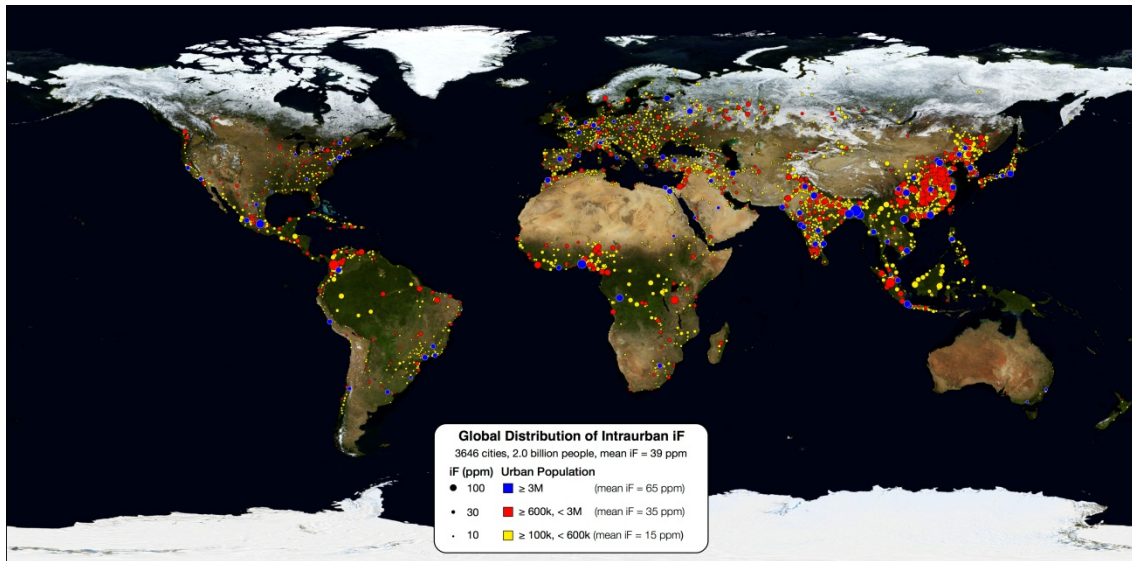


图6-6-2 全球城市的吸入因子

2011年，Joshua S. Apte研究表明，亚洲和非洲的吸入因子 $iF=30$ ，是其他其他大洲城市的3倍，人口在1000万以上的城市 $iF=91$ ，并认为此前基于美国和欧洲城市机动车吸入因子大约低估5倍的研究结论^[2]。2012年Joshua S. Apte等人对全球3646个城市进行评估，平均吸入因子估算值为 $iF = 39$ ^[1]，中国的吸入因子 $iF=44$ 。研究显示，中国城市人口多、密度大，受机动车污染影响较重，在全球24个 $iF \geq 100\text{ppm}$ 的城市中，有12个城市是中国（见图6-6-1、图6-6-2）。

表 6-6-7 机动车源及工业污染源的吸入因子比较

区域	吸入因子 (iF) ppm	数据来源
美国南海岸	47	Marshall, J D; et, al January, 27, 2003 ^[23]
美国 15 个城市区域	7-21	Julian D. Marshall et al, 2004.11 ^[24]
美国城市	25	Marshall et al., Atmos. Env., 2005
中国 59 城市	5.9-73.8	ICCT, 2005
全球 88 个城市	8-54	Apte, Joshua S. et al, 2011.1 ^[25]
东亚	44	Joshua S. Apte et al, 2012.2 ^[1]
欧洲和日本	30	
发达地区	20	

本项目在制定拥堵收费标准时，将尾气吸入对人体健康的影响作为政策制定指标之一，根据上述结论，将机动车流动源污染的吸入因子暂定为40。

6.6.4 污染当量

排污费是按照排污者排放污染物的种类、数量以污染当量 (pollutional equivalent) 计算征收的。目前，我国对大气每一污染当量的征收标准为 0.6 元。

对每一排放口征收废气排污费的污染物种类数，以污染当量数从多到少的顺序。机动车大气污染物污染当量数和征收额计算方法如下：

污染当量数 = 该污染物的排放量 (kg) / 该污染物的污染当量值 (kg)

机动车尾气污染物主要包括 PM、NO_x、CO、HC 等，其污染当量值如下表。对于 PM，其污染当量以烟尘计算。对于 HC，由于它是混合物，包括上百种有机物，主要成分包括烷烃、烯烃和芳香烃、醛类等，因此本课题结合汽油车排放的组分构成，取中间值乙醛作为 HC 的污染当量。

表6-6-8 机动车尾气污染物的污染当量

序号	污染物	污染当量值/kg
1	CO	16.7
2	NO _x	0.95
3	HC (以乙醛计)	0.45
4	PM	2.18

6.6.5 年检参数

同样排放标准的车辆，因使用频率、维护保养等不同，其污染物实际排放也不相同。为了使进入拥堵区域的车辆污染物排放相对减少，引入年检分级参数(见表 6-6-9)进行总量调控。考虑到我国机动车疏于车辆维护保养、不重视排放控制的情况，将年检分级参数定为三个档次；对于采用简易稳态工况法年检快速通过的车辆，以及双怠速法和自由加速烟度法测试结果达不到标准限值 1/2 的车辆，定为 1 档，收费系数暂定为 1；对于年检虽然排放达标，但检测结果高于标准限值 1/2 的车辆，定为 2 档，收费系数暂定为 2；对于超标车辆，应当严格禁止上路行驶，对于进入拥堵区域则需在交管部门罚款基础上征收更高额度的排污费，定为 3 档，超标收费系数定为 5。

此外，对南京市机动车排污监管系统 2008 年以来的定期检测数据分析发现，由于排放控制技术落后，疏于维护保养，柴油车首检不合格率明显高于汽油车，其劣化系数近似为汽油车的 5 倍。为体现对柴油车控制力度，年检参数中将柴油车劣化系数设为 5，汽油车定为 1。

表 6-6-9 年检收费系数表

检测方法	收费系数		
	测量结果 ≤ 1/2L	1/2L < 测量结果 ≤ L	测量结果 > L
简易稳态工况法、双怠速法 自由加速烟度法	1	2	5
注：L 为排放限值			

6.7 拥堵收费标准和征收方案

拥堵收费标准的制定方法是基于污染补偿的损失费用法。从理论上说，就是计算出污染排放造成的损失费用和环境容量的经济租金价值，由此确定排污收费标准应当符合拥堵收费的原则。这种收费尽管难以准确计量某种污染物排放造成的所有损失费用，但从核算排放量、考虑影响人体健康和污染物危害差异的角度，制定相应的拥堵收费标准，还是具有相对科学、易于被社会接受的特点的，并将随着健康评价的研究深入而逐步完善。

结合我国目前对大气污染物排放收费的方法，按以下公式计算拥堵费：

$$\text{拥堵收费额} = 0.6 \times \text{主要污染物的污染当量数之和} \times iF \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中 iF 为吸入因子，结合各项修正参数给出拥堵收费计算公式：

$$TF = A \times \sum_{i=1}^4 \frac{E_i \times B \times L}{P_{Ei}} \times C_i \times iF \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中：大气污染物当量收费标准， $A=0.6$ ，元/kg

机动车污染物基础排放因子： E_i ($i=CO, NO_x, HC, PM$)

污染当量： P_{Ei} ($i=CO, NO_x, HC, PM$)

拥堵区内车速校正参数： $B = 2.5$

拥堵区内行车里程：，km

车辆年检分级参数： $C_i = 1, 2, 5$

机动车排放吸入因子： $iF = 40$

$$TF = 0.6 \times Y \frac{E_{CO}}{16.7} + \frac{E_{NO_x}}{0.95} + \frac{E_{HC}}{0.45} + \frac{E_{PM}}{2.18} Y \times \frac{1}{1000} \times 2.5 \times L \times C_i \times 40 \quad \dots\dots\dots (3)$$

$$TF = 0.06 \times Y \frac{E_{CO}}{16.7} + \frac{E_{NO_x}}{0.95} + \frac{E_{HC}}{0.45} + \frac{E_{PM}}{2.18} Y L \times C_i \quad \dots\dots\dots (4)$$

6.7.1 征收方案 1（行驶里程收费方案）

根据车辆行驶里程征收拥堵费，计费额度见表 6-7-1。对于车辆年检排放测量结果 $\leq 1/2L$ 的车辆，行驶每 1km 收费执行见表。

表 6-7-1 按每 km 计量的拥堵收费标准

年检结果分级	种类	车型	国 0	国 I	国 II	国 III	国 IV
测量结果 $\leq 1/2L$	汽油车	微客、微货、小客	0.83	0.26	0.07	0.04	0.02
		中客、轻货	1.05	0.51	0.14	0.08	0.03
		大客、中货、重货	1.65	1.65	1.30	0.90	0.55
	柴油车	微客、微货、小客	1.33	0.52	0.45	0.15	0.10
		中客、轻货	1.34	0.52	0.45	0.15	0.10
		大客、中货、重货	4.91	4.91	4.31	1.19	0.88
$1/2L < \text{测量结果} \leq L$	汽油车	微客、微货、小客	1.66	0.51	0.14	0.09	0.05
		中客、轻货	2.09	1.03	0.28	0.17	0.06
		大客、中货、重货	3.31	3.31	2.60	1.81	1.11
	柴油车	微客、微货、小客	2.67	1.04	0.90	0.29	0.20
		中客、轻货	2.67	1.05	0.90	0.29	0.20
		大客、中货、重货	9.82	9.82	8.62	2.39	1.75
测量结果 $>L$	汽油车	微客、微货、小客	4.16	1.28	0.34	0.22	0.12
		中客、轻货	5.23	2.57	0.69	0.41	0.15
		大客、中货、重货	8.27	8.27	6.50	4.52	2.77
	柴油车	微客、微货、小客	6.66	2.61	2.25	0.74	0.51
		中客、轻货	6.68	2.62	2.24	0.73	0.51
		大客、中货、重货	24.54	24.54	21.54	5.97	4.38

6.7.2 征收方案 2（出入计次收费方案）

考虑到车辆进入收费区，难以量化区内行驶里程，因此提出按进出收费区次数征收方案。根据南京市主城区路网结构特征，结合南京市交通广播电台对于车主出行情况调查统计中的里程数据，将车辆进出拥堵收费区 1 次总车程 20km 作为收费标准，给出收费额度见表 6-7-2。

表 6-7-2 按计次征收的收费标准

年检结果分级	种类	车型	国 0	国 I	国 II	国 III	国 IV
测量结果 $\leq 1/2L$	汽油车	微客、微货、小客	16.6	5.2	1.4	0.8	0.4
		中客、轻货	21	10.2	2.8	1.6	0.6
		大客、中货、重货	33	33	26	18	11
	柴油车	微客、微货、小客	26.6	10.4	9	3	2
		中客、轻货	26.8	10.4	9	3	2
		大客、中货、重货	98.2	98.2	86.2	23.8	17.6
$1/2L < \text{测量结果} \leq L$	汽油车	微客、微货、小客	33.2	10.2	2.8	1.8	1
		中客、轻货	41.8	20.6	5.6	3.4	1.2
		大客、中货、重货	66.2	66.2	52	36.2	22.2
	柴油车	微客、微货、小客	53.4	20.8	18	5.8	4

		中客、轻货	53.4	21	18	5.8	4
		大客、中货、重货	196.4	196.4	172.4	47.8	35
测量结果>L	汽油车	微客、微货、小客	83.2	25.6	6.8	4.4	2.4
		中客、轻货	104.6	51.4	13.8	8.2	3
		大客、中货、重货	165.4	165.4	130	90.4	55.4
	柴油车	微客、微货、小客	133.2	52.2	45	14.8	10.2
		中客、轻货	133.6	52.4	44.8	14.6	10.2
		大客、中货、重货	490.8	490.8	430.8	119.4	87.6

6.8 小结

(1)项目引用 IVE 模式基础排放因子,结合平均速度参数修正(修正系数为 2.5),进行汽车污染物排放量计算,但未考虑交通拥堵状况下工况频繁变换对排放的影响。同时暂未考虑摩托车、低速货车等车型。

(2) 鉴于目前中国尚无机动车污染物排放收费标准,项目在制定拥堵收费方案中,参考了大气污染当量收费标准,不同于固定污染源只计算前三项污染物的排放收费标准,而是按照车辆排放的一氧化碳、氮氧化物、碳氢和颗粒物等四项污染物计算污染当量及收费标准。

(3) 对车辆排放年检结果进行分级,对低排放和高排放状态加以区分,直接与拥堵收费高低相关联,有助于强化维护保养(I/M)制度的落实,督促车主提高环境责任与意识,减少污染物排放。

(4) 基于污染当量和吸入系数,并结合年检结果的分级参数,建立了汽车拥堵收费计算方法,以及拥堵区内车辆的计程和计次两套收费方案,探讨经济杠杆在治堵减排中的作用。

第七章 拥堵收费实施保障与影响分析

7.1 政策实施对象

排污收费的政策对象是南京市各类型汽车（特种车辆除外），包括公务车、运营货车和私家车等，主要调控出行的对象为私家车。

为体现对清洁车辆的鼓励，可设置免征车辆类型，如油气混合动力车、电车、天然气动力车等，鼓励新车购置时选择这类环境友好型车辆。从发展公共交通角度，对出租车、公交车免征费用。

7.2 管理部门

拥堵收费涉及交通管理、污染控制、车辆管理等多方面，是一个多部门职责交叉的项目，建议由市政府确定牵头单位、责任单位，负责政策的制订、执行和宣教，具体流程运作可由相应机构或企业承担。

7.3 管理平台框架

根据管理需求，初步设计拥堵收费管理平台包含以下几部分功能：

序号	子系统	模块	功能点
1.	资料管理	车辆管理	车辆信息查询
			车辆信息修改
		用户管理	用户信息查询
			用户信息修改
2.	收费管理	本地车验证	
		外地车收取	
3.	设备管理	资料查询	
		资料修改	
		设备状态查询	
		设备维护管理	
		设备缺陷处理	
		出/入库	
		设备统计	
4.	计费账务	计费管理	数据采集
			计费处理
		账务管理	账单生成
			账单调整
		欠费管理	欠费查询
			欠费催缴
5.	结算管理	结算方维护	
		结算协议维护	

			结算日历维护
			结算规则维护
		结算处理	结算处理
			结算监控
			结算调整
			清算
		结算查询	日志查询
			结算报表
6.	统计查询	收费统计	区域收费统计
			拥堵路段收费统计
			风景区收费统计
		收费查询	区域收费查询
			拥堵路段收费查询
			风景区收费查询
		历史查询	业务历史查询
7.	系统管理	参数管理	参数管理
		资费管理	资费管理
		权限管理	角色管理
			用户权限管理
		组织机构管理	组织机构管理
			人员信息管理
8.	数据交换	数据交换	银行数据交换
			收费站数据交换
			短信平台数据交换
			数据中心数据交换

7.4 收费流程

7.4.1 本地车辆收费

本地车辆须将环保电子卡和车主市民卡进行绑定，当车辆通过拥堵收费区域时，基站进行射频、视频抓拍，双基匹配后进行扣费。对于逃费可以年检环节予以追缴，并根据物价部门规定收取相应滞纳金。

7.4.2 外地车辆收费

首先将所有市域边界收费站与管理中心进行联网，并开发专门的接口对拥堵费进行收缴。当外地车辆出入拥堵收费区时，基站对车辆进行抓拍并车牌识别后上传至管理中心。外地车辆出城或进城时在收费站进行缴纳。如果外地车辆经常出入南京，也可以申领环保电子卡，并进行绑定。外地车辆追缴可以通过在出城道路（无收费站道路）上随机设置管理车辆，对逃票车辆进行抽查，如有逃票现象除追缴费用外还可处以相应的罚款。

7.5 公众接受度

政策的公众接受程度是政策取得预期效果的重要前提。为提高排污收费政策的公众接受度，建议从两个方面进行调控。一是通过配套政策的提供，如增加公共交通的供给、改善自行车、步行交通环境，使得放弃驾车的这部分居民有便捷的替代交通选择。二是，收入用途的有效公开，拥堵收费的专项资金，用于污染物的削减和公共交通的改善，进一步削减污染物的同时，居民可以预期获得进一步的空气质量改进，可以提高政策的接受度。

Anas (2011) 研究表明，价格类政策常出现政策实施前后态度发生极大变化的情况。价格类在实施前和实施初，政策的接受度不高，但实施一段时间后，显现相应的效益，居民对政策的态度会有较大的转变。^[27]

7.6 影响分析

交通拥堵收费不仅会在社会福利、经济收入等方面产生影响，也会对交通量、交通状况、城市公共交通、停车场等产生影响，而且在这些方面的影响比对社会福利的影响更直观、具体，能缓解道路使用者的交费心理，使其更好的理解和配合政府的决策，减少交通高峰时道路上的拥挤交通量，从而达到缓解城市交通拥挤的目的。项目从收费区域交通量、收费区域交通拥堵现象、城市公共交通、城市停车需求、收费区域空气质量五个方面对南京市实施拥堵收费政策的影响进行简要分析。

7.6.1 收费区域交通量减少

拥堵收费政策实施前，出行者的可变交通费只与出行者的行驶时间有关(在车辆行驶费用、出行者承担的交通设施建设费用为固定不变的情况下)，而拥堵收费实施之后，出行者进入拥堵收费区域需要缴纳拥堵费，即增加了出行者在收费区域内出行的外部成本。因此，更多的城市居民会放弃采用私家车出行，改乘公共交通工具，收费区域交通量会大幅减少，与之对应，公交出行量和非机动车出行量将会大幅增加。

7.6.2 收费区域交通拥堵现象缓解

拥堵收费政策的实施将进一步导致收费区域交通拥堵现象的缓解，南京市主城区的道路结构是以市中心为核心的环放射状结构，而按照消费者行为理论，消费者是以效用最大化为目标的分配和使用自己有限的收入，选择自己的消费对

象，同样，道路使用者在选择最佳通行线路时也会遵循这一原则。拥堵收费政策实施前，道路使用者受到南京市道路状况、道路行程时间、级差效益等多种因素的影响，对其出行线路存在一个选择问题，被选择的道路必须是其效益最大化的最佳道路，所以大多数出行者会选择有限的最佳出行线路出行，势必经常导致交通拥堵，拥堵收费政策实施后，收费区域内主要道路交通流量减少，出行者将会考虑选取非收费区域的出行线路，通往收费区域的放射性道路的交通拥堵状况得到明显改善，交通事故也会相应减少，也就是收费区域交通拥堵状况由于收费政策的实施而产生的变化。

7.6.3 对公共交通的影响

拥堵收费政策的实施将给南京市的公共交通产生巨大的影响，主要表现在拥堵收费政策将促使小汽车使用者采用其他交通方式，这其中，公共交通出行成为首选。拥堵收费政策对南京市公共交通的影响体现在两个方面，一是对南京市公共交通需求量的影响，当城市的出行方式开始向公共交通出行转移时，对公共交通的需求量势必会大幅增加，包括公共汽车交通的需求和轨道交通的需求。二是对南京市公共交通运输设施和服务水平的影响，随着公共交通需求量的增加，城市居民对城市公共交通运输设施和服务水平也会提出更高的要求，而如果将拥堵收费的经济收入直接用于进一步改善南京市公共交通运输设施和服务水平，可以进一步提高公共交通的吸引率(即能吸引更多的乘客)，从而间接的减轻或消除交通拥挤，形成一个良性的循环。

7.6.4 对城市停车需求的影响

拥堵收费政策的实施将使收费区域内外的交通需求量发生变化，相对来说，区域内的变化比区域外的变化要大，但是不管是谁大谁少，只要是交通需求量发生了变化，就会对停车需求产生影响。直观上来看，交通需求量的变化对停车需求的变化是正向变化的，即当交通需求量增加时，对停车泊位的需求会加大，当交通需求量的减少时，当然是减少了停车场需求。但从城市居民的出行行为选择角度考虑，会有更多的机动车持有者选择驾车到收费区域边界停车，然后换成公共交通进入收费区域，这就对收费区域边界的停车位数和停车设施提出了更高的要求。

7.6.5 收费区域空气质量改善

拥堵收费政策的实施将使收费区域的空气质量得到改善。城市交通机动车排放尾气中含有一氧化碳、氮氧化物、碳氢化合物、悬浮颗粒物和少量的二氧化硫、醛类等。其中，一氧化碳（CO）、氮氧化物（NO_x）和碳氢化合物（HC）所占比例最大，所造成的危害也最大。通过上文分析，拥堵收费政策实施后，进入收费区域的机动车流量将会大幅减少，相应的机动车尾气排放也将减少，因此拥堵收费政策实施后，南京市收费区域的空气质量将会得到大幅的改善，此外，噪声污染也会相应的减少。

7.7 结论与建议

交通拥堵带来多方面影响，包括增加延误时间、增加燃料消耗以及加重空气污染、增加乘车人精神压力和降低紧急情况的应对能力等。在经济社会持续发展与机动车价格不断下降的情况下，未来南京市机动车保有量及出行量还将增加，交通拥堵问题将进一步加剧。

拥堵与污染共生。“十二五”减排指标和新一轮大气污染控制行动计划都对机动车排放提出了更高的要求。机动车的污染物控制制度是一个政策体系，需要从机动车单车排放绩效、机动车总量控制和机动车出行管理等多方面入手，互相补充和配合。仅靠单方面政策，无法长期保证良好的空气环境质量和畅通的城市交通。机动车的行驶里程是机动车污染排放的关键因素，而南京市始终缺乏对机动车使用的控制。国外城市的实践经验表明，尽管拥堵收费是一项可能引起民众强烈反应且涉及面广的政策，但对于缓解拥堵，降低污染有很强的现实意义。

根据项目研究结果，建议在目前南京市高污染车辆区域限行政策的基础上，分 7:00-9:59, 10:00-16:59 和 17:00-19:59 三个时段，对进入划定区域的国 II 到国 IV 排放标准汽油车、国 III 到国 IV 排放标准柴油车分车型计次收费，对于黄标车辆在曝光罚款之外额外征收相应费用，有针对性地减少排放量大的车辆行驶。

为推动政策出台，南京市环境保护局在近期提交的《南京市大气污染防治行动计划（2013-2017 年）》中专门制订了相关条款，计划“研究制定提高用车成本、降低机动车使用强度的公共政策。规划建立城市低排放区，研究制定征收交通拥堵费和差别化停车收费政策并择机实施，引导降低中心城区车辆使用强度。推广城市智能交通管理，研究应用车辆智能卡电子收费识别系统等技术，缓解城市交

通拥堵”。下阶段，我们将积极建议市政府组织各管理部门进行方案会商，并择机试点。

参考文献

- [1] 杨立峰, 陈必壮. 国外城市交通拥挤收费的经验与借鉴[J]. 上海城市管理职业技术学院学报, 2006 (6) : 20-22.
- [2] Harun Halim. Managing Traffic on Singapore Roads:A Demand Management Approach. Land Transport Authority (Singapore), 2011.
- [3] 薛美根, 程杰. 伦敦道路拥挤收费政策[J]. 城市交通, 2007 (6) : 14-18.
- [4] Neil Hasset. Congestion Charging The London Experience. Transport for London, 2011.
- [5] 马祖琦. 伦敦中心区“交通拥挤收费政策”——背景、经验与启示. 国外城市规划, 2004, (1).
- [6] Ferrolo. Robinson. International Experience With Road Pricing And Congestion Pricing: Lessons Learned. 2010. 4.
- [7] 马祖琦, 冯苏苇, 余凯. 斯德哥尔摩内城交通拥挤收费政策述评. 城市问题. 2011(8):3-7.
- [8] Lee W. Munnich, Jr. Congestion Pricing as a Transportation Management Tool. 2010. 4.
- [9] 杨立峰. 上海城市交通拥挤收费研究. 交通与运输, 2002, (5).
- [10] 吴焯等. 北京市机动车排污税费政策研究报告. 2009.
- [11] Tapanan Yeophantong, et al. Network Traffic Classification Using Dynamic State Classifier[J]. Aerospace Conference, IEEE, 2005:1-9.
- [12] Geza Pesti , et al. Traffic State Classification in Condition-Responsive Traffic Control. Intelligent Engineering Systems, 2007, 6: 33-37.
- [13] Quang Tran Minh, Eiji Kamioka. Pinpoint: An Efficient Approach to Traffic State Estimation System Using Mobile Probes. Wireless Communications Networking and Mobile Computing (WiCOM), 2010, 9: 1-5.
- [14] C. P. U. van Hinsbergen , et al. Fast Traffic State Estimation with the Localized Extended Kalman Filter. Intelligent Transportation Systems (ITSC), International IEEE Conference, 2010:917-922.
- [15] Thomas Schreiter, et al. Two Fast Implementations of the Adaptive Smoothing Method Used in Highway Traffic State Estimation. Intelligent Transportation Systems (ITSC), International IEEE Conference, 2010:1202-1208.
- [16] Cyril Furtlehner, et al. Spatial and Temporal Analysis of Traffic States on Large Scale Networks. Intelligent Transportation Systems (ITSC), International IEEE Conference, 2010:1215-1220.
- [17] J. Abdi, et al. Traffic state variables estimating and predicting with Neural Network via Extended Kalman Filter algorithm with estimated parameters as offline. Intelligent Systems and Informatics (SISY), International Symposium, 2010:383-388.
- [18] E. Cipriani, et al. Traffic state estimation based on data fusion techniques. Intelligent Transportation Systems (ITSC), International IEEE Conference, 2012:1477-1482.

- [19] 李铁柱. 城市交通大气环境影响评价及预测技术研究[D]. 东南大学, 2001, 11.
- [20] 金陶胜等. 城市交通污染扩散高分辨率数值模拟研究[J]. 交通与计算机, 2004, 22 (118) : 21-23.
- [21] 王晓宁等. 基于可拓的道路立交部交通污染评价模型[J]. 哈尔滨工业大学学报, 2009, 41, (9) : 75-79.
- [22] 周洪昌, 李鹏飞. 交叉口交通设计的环境效益分析方法研究[J]. 中国公路学报, 1999, 12 (2) : 78-83.
- [23] Intake fraction of primary pollutants: motor vehicle emissions in the South Coast Air Basin, Marshall, J D; et, al Atmospheric Environment., January, 27, 2003
- [24] Intake fraction of nonreactive vehicle emissions in US urban areas Julian D. Marshall, Soon-Kay Teoh, William W. Nazaroff Atmospheric Environment 01/2005; DOI:10.1016/j.atmosenv.2004.11.008
- [25] Intake Fractions for Vehicle Emissions in 88 Worldwide Urban Areas Apte, Joshua S.¹; Bombrun, Emilie²; Nazaroff, William W.³; Marshall, Julian D.⁴
- [26] Apte JS, Bombrun E, Marshall JD, Nazaroff WW, 2012. Global intraurban intake fractions for air pollutants from vehicles and other distributed sources. Environmental Science & Technology 46, 3415-3423
- [27] 张秀丽. 北京市机动车污染排放控制政策研究——以高排放车辆淘汰和排污收费政策为例. 2012. 6
- [28] 南京市城市与交通规划设计研究院. 2011年南京市交通年报.