

中国可持续能源项目

大卫与露茜尔·派克德基金会
威廉与佛洛拉·休利特基金会
能 源 基 金 会
项目资助号：G-1006-12800



针对空气质量改善的典型城市机动车 发展战略研究

Development Strategy of On-road Vehicle Fleet in Typical
Chinese Cities with a Goal of Better Urban Air Quality

研究报告

清华大学
2012年8月

一、项目负责人

郝吉明

二、项目主要研究人员

吴 焯 刘 欢 束嘉威 周 昱

郑亚莉 付 晓 王人洁 吴潇萌

三、报告执笔人

吴 焯 刘 欢 束嘉威 郑亚莉

前 言

过去 20 多年来，我国机动车保有量持续高速增长，近 10 年的年均增长率高达 12%，截止 2010 年底，我国机动车保有总量已经超过了 1.9 亿辆。由于经济和人口发展的不均衡性，机动车保有分布体现出明显的区域化和城市化特征，京津冀、长三角和珠三角等经济发达地区的大中型城市机动车保有量增长尤为迅速，对这些区域和城市空气质量的改善提出了严峻的挑战。研究表明，移动源已成为北京、上海和广州等大城市大气污染物的最主要来源之一，目前 O_3 和 $PM_{2.5}$ 两大空气污染问题都与机动车排放密切相关。2012 年 2 月 29 日，经国务院批准，国家环境保护部和国家质量监督检验检疫总局联合发布了新的环境空气质量标准，在加严 PM_{10} 和 NO_2 浓度限值的基础上，首次新增了 $PM_{2.5}$ 的浓度限值和 O_3 的 8 小时浓度限值，这一新标准的发布充分反映了对机动车排放污染的重视。

为了降低机动车污染物的排放，我国已经制定了一系列的机动车排放控制政策措施，并初步形成了较为完备的包括新车控制、在用车控制、油品质量控制、交通管理和经济措施等在内的机动车综合控制体系。在北京奥运会、上海世博会、广州亚运会等大型活动期间，还实行了强化的临时机动车排放控制措施，包括黄标车限行、单双号行驶以及公车停驶等等。上述一系列的控制措施对于削减机动车排放以及改善环境空气质量起到了重要的作用。

现有的排放控制措施已经有效地降低了我国单车的平均排放强度，但可以预见的是，很长一段时期内我国城市的机动车保有量仍将保持快速增长，这一快速增长趋势会显著抵消实施机动车排放控制带来的总体减排效果。因此，为了今后更加有效地降低机动车排放总量，持续改善城市空气质量，需要对我国城市机动车排放控制进行系统全面的总结，并针对国内外城市机动车排放控制的发展趋势进行比较分析，对今后 10 年我国机动车排放控制进行系统的规划，从而为我国机动车排放控制决策提供科学支持。在相关政府部门的关心支持和能源基金会的资助下，项目工作组经过两年的工作和努力，以长三角地区的 5 个典型城市（上海、南京、苏州、无锡和常州）作为案例，基于“十二五”总量控制和空气质量改善的目标，对机动车未来十年的发展战略进行了系统的研究，为今后全国制定机动车排放控制战略提供科学支持。

本研究报告系统总结了项目的研究成果，全文共分六章。第 1 章介绍了项目研究的背景和意义，以及主要研究内容和技术路线。第 2 章详细介绍了国内外典型城市机动车排放控制的经验。系统调研了东京和洛杉矶两个国外典型城市在交通结构优化和机动车排放控制方面的先进经验，梳理了北京和上海两个国内控制最严格的城市的机动车排放控制历程，并对四个城市进行了比较分析。第 3 章为城市机动车排放控制措施数据库的建立。系统梳理了机动车污染综合控制体系的构成，从新车排放控制、在用车排放控制、车用油品控制、交通管理和经济措施等 5 个方面分析了国内外先进的控制措施，在此基础上建立了城市机动车排放控制措施数据库。第 4 章和第 5 章是本报告的核心内容。其中，第 4 章为典型城市机动车排放现状与趋势分析。首先评估了长三角地区 5 个典型城市（上海、南京、苏州、无锡和常州）过去十年间机动车保有增长和机动车排放控制的现状，并对这些城市未来十年的机动车保有和排放控制历程进行了分析预测，设定了 7 个控制力度逐渐加强的排放控制情景。在此基础上，评估了典型城市机动车排放量的历史趋势，并预测了不同排放控制情景下各典型城市机动车污染物排放量的变化规律。第 5 章为城市机动车排放总量控制方案研究。针对“十二五” NO_x 总量控制目标和新的环境空气质量标准要求，确定了 2015 年和 2020 年达标的城市机动车排放控制总量目标。分析不同排放控制情景实现减排目标的可行性，在此基础上，对不同控制措施进行优化，提出了未来城市机动车排放综合控制方案。第 6 章为结论与建议。

研究过程中，我们力求做到科学、先进、实用，也希望相关的研究结果和结论能为国家和地方相关政府部门今后的决策提供有益的参考。但由于机动车排放控制的复杂性，水平所限，仍不免有错误、不妥之处，望关心这一领域的领导、专家和公众不吝提出批评和指导意见。

项目课题组

2012 年 8 月

目 录

第 1 章	项目研究背景与研究内容	1
1.1	项目研究背景	1
1.2	项目研究内容	2
第 2 章	国内外典型城市交通系统和机动车排放控制经验分析	4
2.1	机动车排放控制的国际经验	4
2.1.1	东京案例调研与分析	4
2.1.2	洛杉矶案例调研与分析	9
2.2	机动车排放控制的国内经验	16
2.2.1	北京机动车排放控制历程	16
2.2.2	上海机动车排放控制历程	20
2.3	国内外城市比较分析	24
2.3.1	城市交通系统比较	24
2.3.2	机动车排放控制比较分析	28
第 3 章	城市机动车排放控制措施数据库建立	29
3.1	新车排放控制措施	29
3.1.1	新车排放标准	29
3.1.2	替代能源车与新能源车	31
3.2	在用车排放控制措施	34
3.2.1	在用车 I/M 制度	34
3.2.2	在用车环保标志管理	37
3.2.3	在用车改造	38
3.3	车用油品控制措施	39
3.4	交通管理与经济措施	41
3.4.1	车辆行驶限制	41
3.4.2	促进老旧车辆淘汰更新	43
3.4.3	车辆限购措施	46
3.4.4	城市交通运行特征影响	47
3.5	机动车排放控制措施基础数据库	50

第 4 章	典型城市机动车排放现状与趋势分析	52
4.1	典型城市基本信息及机动车保有量发展趋势分析	52
4.1.1	典型城市基本信息	52
4.1.2	典型城市机动车保有量现状	55
4.1.3	典型城市机动车保有量预测	57
4.2	典型城市机动车排放控制现状与预测	59
4.2.1	典型城市机动车排放控制现状	59
4.2.2	典型城市机动车排放控制趋势预测	61
4.3	典型城市机动车排放现状与趋势分析	64
第 5 章	城市机动车排放总量控制方案研究	73
5.1	城市机动车排放控制战略目标设定	73
5.1.1	2015 年 NO _x 总量控制目标	73
5.1.2	新版环境空气质量标准	73
5.1.3	基于新版环境空气质量标准的污染物排放总量控制目标	75
5.2	典型城市不同控制情景下机动车污染物排放削减率	79
5.2.1	“十二五”典型城市不同控制情景下 NO _x 排放削减率	79
5.2.2	2020 年典型城市不同控制情景下各污染物排放削减率	80
5.2.3	货车加速淘汰对机动车 NO _x 排放削减分析	82
5.3	“十二五”典型城市机动车 NO _x 总量控制方案	85
5.4	实现 2020 年空气质量 90% 达标的典型城市机动车排放控制方案	90
5.5	城市机动车排放综合控制方案	94
第 6 章	结论与建议	97
6.1	基本结论	97
6.2	政策建议	101
6.3	后续研究建议	103
参考文献		105

第1章 项目研究背景与研究内容

1.1 项目研究背景

过去 20 年间，伴随着持续快速的经济发展和快速的城市化进程，中国的机动车保有量出现了高速增长。从 2000 年到 2010 年，全国机动车保有量从 5800 万辆增加到了 19100 万辆，年均增长率达到了 12%（见图 1.1）。其中，民用汽车增长尤为显著，保有量从 1600 万辆增长到了 7800 万辆，年均增长率超过了 17%。经济水平的差异导致了中国的机动车发展体现出明显的区域性特征。2010 年，仅占国土面积 6% 的京津冀、长三角和珠三角三大经济圈贡献了全国 40% 的 GDP；与此相适应，这三个地区的新车销售量和机动车保有量分别占了全国总量的 36% 和 40%。由于民用汽车主要集中在大中型城市之中，这些城市机动车保有量发展更为迅速。以北京为例，机动车保有量从建国初期的 2300 辆，发展到 1997 年 2 月的 100 万辆，用了 48 年的时间；而从 2009 年底的 400 万辆，发展到 2012 年初的 500 万辆，仅用了 2 年的时间。

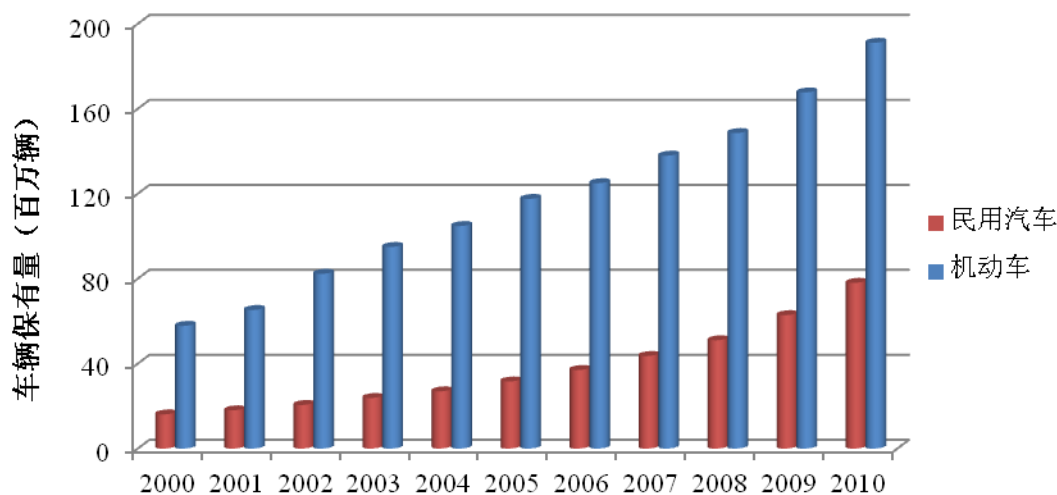


图1.1 中国历年机动车和民用汽车保有量

机动车保有量的持续快速增长对于城市乃至区域空气质量的改善提出了严峻的挑战。移动源已逐渐成为北京、上海和广州等大城市大气污染物的最主要来源之一。根据清华大学的研究结果，北京 2008 年奥运前 CO、NO_x 和 VOC 分别

有 86%、66% 和 42% 来自于机动车，分别为第一、第一和第二大（仅次于无组织排放）排放源。对于 $PM_{2.5}$ ，北京环保局对北京 $PM_{2.5}$ 来源解析相关研究结果表明，在本地源中机动车已是第一大污染源，占 $PM_{2.5}$ 污染分担率的 22%。由于 VOC 和 NO_x 是城市 O_3 的主要前体物， $PM_{2.5}$ 、VOC 和 NO_x 对于城市一次和二次 $PM_{2.5}$ 形成有显著影响，因此，目前城市的 O_3 和 $PM_{2.5}$ 两大空气污染问题都与机动车排放息息相关。2012 年 2 月 29 日，经国务院批准，国家环境保护部和国家质量监督检验检疫总局联合发布了新的环境空气质量标准，在加严 PM_{10} 和 NO_2 浓度限值的基础上，首次新增了 $PM_{2.5}$ 的浓度限值和 O_3 的 8 小时浓度限值，这一新标准的发布充分反映了对机动车排放污染的重视。

为了降低机动车污染物的排放，中国已经制定了一系列的机动车排放控制政策措施。这些措施包括数十项常规控制手段，如：1) 不断加严和完善机动车新车污染物排放标准；2) 改善车用油品品质，推动车用燃油的无铅化和低硫化；3) 加强对于在用车的管理措施，实行在用车 I/M 制度；4) 实行环保标志管理，采用各种措施加快高排放车的淘汰。在北京奥运会、上海世博会、广州亚运会等大型活动期间，这些城市还实行了一些临时机动车排放控制措施，包括黄标车限行、单双号行驶以及公车停驶等等。上述一系列的控制措施对于削减机动车排放以及改善环境空气质量起到了重要的作用。

现有的排放控制措施已经有效地降低了车队的平均排放水平，但可以预见的是，很长时间内中国城市的机动车保有量仍将保持快速增长，这一快速增长趋势会显著抵消实施机动车排放控制带来的总体减排效果。因此，为了今后更加有效地降低机动车排放总量，持续改善城市空气质量，需要对我国城市机动车排放控制进行系统全面的总结，并针对国内外城市机动车排放控制的发展趋势进行比较分析，对今后 10 年我国机动车排放控制进行系统的规划，从而为我国机动车排放控制决策提供科学支持。

1.2 项目研究内容

本项目的研究内容包括：

(1) 系统调研国内外典型城市的机动车发展现状与趋势，比较分析不同的控制措施对于城市交通以及机动车污染物排放状况的影响。

(2) 回顾和梳理国内外控制机动车污染物排放的各种控制对策，搭建城市机动车排放控制措施数据库。

(3) 选择中国典型城市作为案例，分析这些城市自 2000 年以来机动车保有量及污染物排放量的变化状况；在此基础上，设定不同的排放控制情景，对未来 10 年这些城市机动车保有量和排放量的发展趋势进行预测。

(4) 根据目前已经发布的“十二五”NO_x 总量控制目标和新版环境空气质量标准关键控制指标的要求，确定机动车 2015 年和 2020 年的污染物排放总量控制目标。在机动车排放量预测的基础上，根据总量控制目标建立未来年份典型城市的机动车排放控制综合方案，并分析综合方案中各项控制措施的减排效益。

本研究的技术路线如图 1.2 所示。

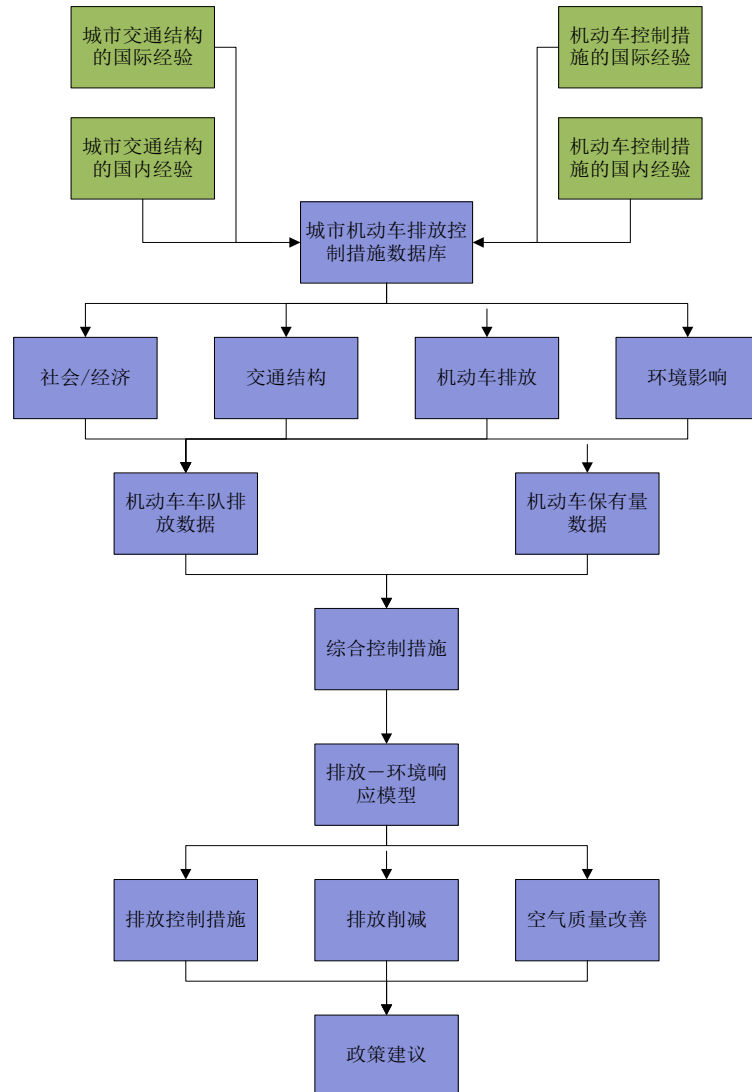


图1.2 项目研究技术路线

第 2 章 国内外典型城市交通系统和机动车排放控制经验分析

为了减少机动车排放对城市空气质量的影响，中国从 90 年代就开始实施强化的机动车污染控制，主要包括新车排放标准、加强在用车检测与维护、提升燃油质量、老旧车淘汰等一系列机动车排放控制技术和管理措施以及交通管理和经济刺激措施。而北京和上海无论在城市交通结构的优化方面还是机动车污染物排放控制技术方面一直走在中国各大城市的前列，并逐步拉近与国外城市机动车污染排放控制的距离。因此，本研究选择北京和上海作为国内机动车控制的典型城市，系统分析这两个城市的机动车控制历程。

与此同时，本研究选取东京和洛杉矶作为国外典型城市的代表，旨在分析提炼国外不同类型城市在机动车排放控制方面的成功经验，为我国进一步深化减排工作提供技术支持。东京重点通过城市规划及交通规划与管理技术来改善交通运行环境，同时实施严格的机动车排放控制技术，从而减少机动车污染。与东京不同，洛杉矶致力于通过低密度的郊区发展，来保证汽车的运行速度，重点控制单车排放，来达到控制机动车排放的目的。

概括来说，机动车污染物排放控制技术和城市交通结构优化是加强机动车污染控制最重要的手段。因此，本章系统调研了国外典型城市和国内典型城市的城市交通结构优化以及机动车污染物排放控制技术，并对上述典型城市进行了横向比较。城市交通结构优化部分的调研重点在于城市的城市规划和交通规划以及私家车的保有量控制及使用限制政策。机动车污染物排放控制技术主要侧重于机动车排放标准和油品标准，在用车改造和高排车淘汰政策，交通限行政策以及鼓励引入先进技术车辆（如混合动力车）和替代燃料车辆（如 CNG 车、LNG 车等）等。

2.1 机动车排放控制的国际经验

2.1.1 东京案例调研与分析

日本首都东京，总面积 2155 km²，人口 1301 万。东京曾经是典型的单中心

城市，人口密度大，主要通过实施城市交通规划、交通管理、限制机动车保有量及使用量等措施来优化城市交通结构，同时采用严格的新车排放控制、油品质量标准管理和鼓励使用清洁能源车辆等措施来控制机动车单车排放。

1. 城市交通结构的优化

(1) 优化城市规划

东京都政府执行以公共交通为导向的城市土地发展政策，将土地进行分区管理，鼓励在城市铁路车站周边地区进行高密度的建筑开发。在城市轨道交通的连接点建设城市次中心，发展以铁路网络为骨架的首都圈多中心结构。东京市中心白天人口与夜间人口之比为 8.4 比 1，沿着辐射状的城市轨道区域发展起来的郊区居民区有效地鼓励了居民采用地铁作为通勤方式，交通功能和商业功能一体化有效缓解了城区交通压力。

(2) 交通管理措施

早在 20 世纪 60 年代发展智能交通系统 (Intelligent Transport Systems, ITS) 就在日本得到了足够的重视。1969 年，日本在一些城市开始导入交通管理系统，用道路信息通告牌和广播，向行驶在路上的各种车辆提供拥堵信息。1996 年，东京开始发展车辆信息通信系统系统 (Vehicle Information & Communication System, VICS)、高性能车载导航仪以及电子收费系统系统 (Electronic Toll Collection System, ETC)，大大提高了交通运输的效率，通过减少交通堵塞降低环境污染。2008 年，东京推出“超级畅通作战计划”，该计划的核心内容是使用 ITS，将人、路和车辆作为一体进行调配，科学计算车流量并依次对信号做出调整。此外，在各大路段设立即时更新的电子提示牌向司机提供准确的道路信息，由司机自行选择最快捷的线路。该计划使得东京市内拥堵较严重的 7 条路线的高峰行车时间缩减 30%。

(3) 公共交通优先发展

为了优化城市交通出行结构，东京大力发展以轨道交通为主的公共交通系统。东京大都市圈现有超过 300 km 的地铁线，轨道交通约 2400 km。目前，穿越和通过东京主要各行政区的山手线环线内的 85% 区域，500 m 半径范围内必有一个地铁站。轨道交通不仅分布面广而且出口数量多，如东京一些大地铁站出口多达几十个，许多出口直接通向当地的著名设施、大型企业或政府部门。便利的

轨道交通使市内的小汽车出行或公交车出行转向轨道交通出行。东京的交通出行方式构成，如图 2.1 所示。可以看出，轨道交通出行占总出行的 54%，小汽车出行仅占 24%。

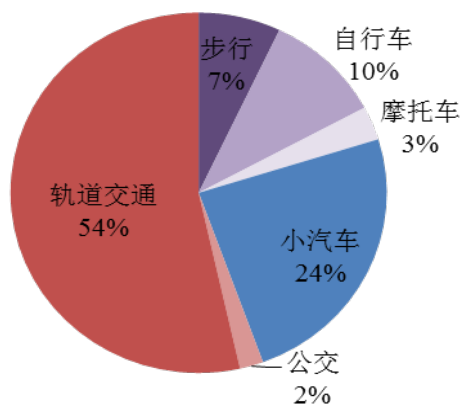


图2.1 东京交通出行方式构成（2008年）

公共汽车系统作为轨道交通的补充（交通方式构成中只占 2% 的比例），在整个城市交通系统中仍占有一定地位。公共汽车系统主要用于横向联接轨道交通之间的出行，运行路线多与铁路线或地铁线垂直相交。东京都政府也采用了各种鼓励政策来提高公共汽车的吸引力。例如，引进公共汽车终端信息向导系统、修建周到细致的公共汽车线路网、改进公共汽车停车站（设置遮阳、遮雨设施及夜光指标牌等）、设置车辆接近提示装置以及扩大公共汽车专用车道来提高公共汽车运行速度，保证正点、定时运行。在经济刺激方面，东京市政府对市营公共汽车系统实施种种优惠政策，如对新开设的公共汽车系统提供资金，对投入运营的公共汽车系统实施自负盈亏制，对其收入实施免税等。

（4）控制私家车保有及使用

东京通过停车位管理控制私家车的保有量和使用量。车主在购买汽车前，必须先拥有固定的停车位，否则不予上牌照。同时，严格的停车收费管理措施也有效限制了小汽车的拥有和使用。东京停车场的费用一般在每月 2 万至 4 万日元之间，相当于一个普通职员月收入的十分之一左右。东京城区所有停车场都纳入停车收费管理，停车收费水平按照停车区域不同而有差别，每小时的停车费从 600 日元到 1500 日元不等（约合人民币 40 元至 100 元），违章停车的罚款为 1.5 万日元（约合人民币 1000 元），扣两分（日本驾照满分 6 分）。

(5) 货运物流规划

对于东京都市圈来说,旅客通勤交通相当大程度上依赖于铁路系统,道路的旅客运输分担率仅占不到50%。但是货物运输中有90%以上由卡车承担,高速公路在货运中发挥着重要的作用。

东京都政府通过促进物流规模化来缓解城市交通拥挤,以减少机动车排放。东京合并凌乱、小型的货运站,在东京近郊的东南西北分别设4个现代化的物流基地,在东京都的边缘交通便利的城市环路与对外放射线或国家干道交叉点附近统一规划建设卡车枢纽站。通过对卡车运输的统一配载,合理组织卡车运输,改善了道路交通的拥挤混乱状况。另一方面,为了控制在货运物流领域的污染物排放,东京鼓励集成化运输,以减少运输次数,降低运输成本,还通过调整运送时间以避开交通高峰,减缓交通堵塞问题。

2. 机动车污染排放控制技术

(1) 新车排放控制

东京新车排放标准采用日本标准,也是采用从轻型车到重型车,从汽油车到柴油车的控制路线,排放控制的污染物顺序是首先关注汽油车的CO、HC控制然后过渡到重型柴油车的NO_x、PM控制,对污染物的控制越来越全面、严格。东京新车排放控制在20世纪90年代之前重点控制轻型车排放,在此之后重点控制柴油车的NO_x和PM排放。

东京从1966年起开始控制汽车排放污染,采用4工况检测控制CO;1973年采用10工况法,增加HC和NO_x作为排放控制指标;1975年起增加了城郊11工况冷启动试验法;1986年对柴油轿车排放进行控制,对在用车实施定期车检法规;1989年日本提出了第一个针对柴油车的PM的综合排放法规;1991年起采用10-15工况法试验,排放限值不变。东京的NO_x、PM 50%以上来源于机动车排放,而机动车中80%的NO_x和几乎所有的PM排放来源于柴油车。因此1990s之后,在逐步加严汽油车排放标准的同时,开始实施更严格的柴油车排放标准,重点控制重型柴油车,污染物控制重点在NO_x和PM。1992年提出了机动车的NO_x综合排放法规。分别在1994年和1997年开始实施“短期标准”(Short-term Regulation)和“长期标准”(Long-term Regulation),重型柴油车采用13工况法进行台架测试,排放限值采用最大值和平均值两种。2003年和2005

年开始实施新的“短期标准”(New Short-term Regulation)和“长期标准”(New Long-term Regulation),并从2005年开始逐步采用JE05工况法进行测试。2009年通过实施新的2009标准将重型车的NO_x和PM的限值分别降到了0.7 g/kWh和0.01 g/kWh。表2.1具体列出了90年代以来东京的重型柴油车污染物排放标准限值。

表2.1 重型柴油车排放限值标准变化(g/kWh)

标准	实施年份	测试循环	CO	HC	NO _x	PM
短期标准	1994	13 工况	7.4	2.9	6.0	0.7
长期标准	1997	13 工况	7.4	2.9	4.5	0.25
新短期标准	2003	13 工况	2.22	0.87	3.38	0.18
新长期标准	2005	JE05 工况	2.22	0.17	2.0	0.027
2009 标准	2009	JE05 工况	2.22	0.17	0.7	0.01

注：表中的限值为均值限值。

(2) 在用车管理措施

为了配合柴油车新车排放控制法规,以进一步减少柴油车队的排放,东京都政府提出了一系列的在用车管理措施,本节总结了其中两个较为特色的法规,为我国进一步控制提供借鉴。

1997年,东京都政府提出增加旧车的年检频率、降低新车的免检年限、增加检测费用等政策,以此鼓励旧车淘汰。1999年,东京都政府提出了“拒绝柴油车政策”,要求所有的柴油车安装颗粒过滤器(DPF)和柴油催化氧化器(DOC)。2001年,政府发布了新的针对机动车的NO_x-PM标准,该标准不仅应用于新车,也对在用车适用。

2003年东京都政府开始实施的主要针对PM的环境安全条例,该条例规定:

- 1) 特定车型的柴油车必须加装排放后处理装置来减少PM排放,否则禁止进入东京大都会区;
- 2) 对于车龄大于7年且不能达到排放标准的车辆,需要加装PM排放控制装置,或须将其更新为满足最新标准的车辆或者清洁能源车;
- 3) 拥有30辆以上机动车的机构必须制定环境管理计划,列出减排步骤并及时上报实施进度;
- 4) 发动机在停车、装卸货时必须熄火,禁止怠速。
- 5) 为了帮助中小企业

改造和更新柴油车，东京都政府给予一定的 PM 减排设备安装补贴和中介贷款服务。

(3) 油品质量管理

日本在燃油品质方面走在了世界前列，其主要特点也是逐步实现无铅化和低硫化。日本在 1987 年汽油全部实现无铅化，成为全世界最早实现汽油无铅化的国家。为了提高催化剂的效率、减少机动车污染物的排放，1996 年日本开始车用燃料低硫化进程。表 2.2 为日本车用汽柴油的低硫化进程。

表2.2 日本车用汽柴油的含硫标准 (ppm)

年份	车用汽油	车用柴油
1996	100	2000
2000	100	500
2005	50	50
2008	10	10

(4) 清洁能源车辆鼓励措施

1980 年，日本出台《石油替代能源开发及引进促进法》，开始鼓励和推广先进车辆技术和替代燃料车辆技术的使用。此后，日本通过一系列的法律法规鼓励新能源汽车的使用。

东京都政府采取了以下三个方面的政策来支持先进车辆技术和替代燃料的发展：1) 市场支持：上世纪 70-80 年代，东京都政府开始通过免除商品税和所得税的方式来鼓励出租和购买先进技术车和替代燃料车；90 年代之后，为进一步鼓励先进技术车和替代燃料车的发展，东京都政府提出了政府采购和鼓励购买计划；2005 年，东京都政府发布规定，拥有 200 辆以上机动车的公司必须有 5% 的车为清洁能源车。2) 基础设施建设及支持：为了降低建立天然气站和 CNG 汽车的使用费用，东京都政府对一些涉及 CNG 汽车的运营、天然气站设置以及高压气体安全等在用条例进行修订，方便使用者和燃料提供者。3) 研发支持。

2.1.2 洛杉矶案例调研与分析

洛杉矶位于美国西岸加利福尼亚州南部。洛杉矶大都市区总人口为 982 万人，面积为 10,510 km²，人口密度为 934 人/km²，其中核心城市（洛杉矶市）总

人口为 379 万人，面积为 1214 km²，人口密度为 3124 人/km²。洛杉矶呈多中心的城市结构，城市发展在地域上高度分散，平铺式发展，东西向和南北向的地理跨度均在 100 km 以上。由于城市结构弱中心、低人口密度，使得小汽车出行成为必需，并且抑制了公共交通的发展。因此，洛杉矶的公路交通十分发达，是世界上著名的小汽车大都市，也是世界上公共交通最不发达的大都市之一。

这种情况下，洛杉矶对机动车排放控制的核心举措是实施一系列的机动车排放控制技术和管理措施，包括新车排放控制、在用车排放管理、油品质量管理以及鼓励清洁能源车发展等，对于公共交通政策的优化仅起到辅助支持的作用，这与东京存在显著区别。

1. 城市交通结构的优化

洛杉矶交通部门最有特色、最成功的措施是促进小汽车的“共乘”。从 1973 年开始，政府开辟了共乘专用车道（High Occupancy Vehicle lanes, HOVs lanes），鼓励市民乘坐公交车、加入小汽车共乘（Carpool）和班车共乘（Vanpool），引导驾驶者合理使用公路交通，以此节约交通时间和交通花费，优化交通运行，减少交通排放。洛杉矶市内的居民出行主要依赖小汽车（90%以上），洛杉矶大都市圈 70%的工作出行是独自驾车，12%为小汽车共乘。

为了鼓励市民参与车辆共乘及使用公共交通，洛杉矶市给予了各种补贴措施，例如市民参与小汽车共乘将获得价值 25 \$的指定餐馆的优惠券，参与公共交通的公民会得到音乐会、运动会或者博物馆等的门票折扣。而且，政府提供在线的车辆共乘起始点信息匹配支持系统，以方便汽车共乘。

同时，洛杉矶也采取了一系列的措施来提高公共交通运营的便捷性，以增加公交系统的吸引力，其中包括改善公共交通设施、增加快速公交系统（Bus Rapid Transit, BRT）线路以及引进先进的公共交通管理技术等。

此外，洛杉矶还依靠先进的信息管理系统来改变出行者的出行行为。例如，交通部门提供了接近实时的交通运行状况信息，以此促使高峰期出行转移到非高峰期出行，减少高峰小时出行量，从而减少交通拥堵，降低车队排放。

2. 机动车排放控制技术

（1）新车排放控制

洛杉矶的机动车新车排放标准依照加州标准实施。加州的机动车排放标准的

特点有：1) 逐步弱化燃料差异，柴油车和汽油车使用统一标准限值；2) 弱化车型差异，优化车型分类，控制中型车排放；3) 强化耐久性，从开始的 50,000 英里耐久性要求到现在逐步实施的 150,000 英里，耐久性要求越来越严格；4) NO_x/PM/NMOG 是其控制重点。

加州自 1960 年开始立法控制机动车污染物排放，70 年代之前主要以控制汽油车排放为主。1963 年，美国政府颁布《清洁空气法案》，当年，加州开始控制曲轴箱燃油蒸发物排放；1966 年，加州颁布实施了“7 工况法”以控制气态污染物的排放；1970 年，增加了对汽油车的燃油蒸发排放控制。对于柴油车而言，加州从 1970 年开始控制重型柴油车的碳烟排放；1973 年，开始控制重型柴油车气态污染物排放；1984 年，控制内容增加了轻型货车和重型车的曲轴箱排放；1982 年，增加对轻型柴油车颗粒物的排放控制。自 1994 年开始，加州制定了针对小客车、轻型货车和中型车（车重小于 14,000 磅）的低污染汽车（LEV, Low Emission Vehicle）排放标准。其中，轻型车三个阶段的标准限值如表 2.3 所示。

第一阶段的低污染车排放标准（LEV I）从 1994 年至 2003 年逐渐实施。该标准总共划分了八类车型，包括轻型客车、小于 3750 磅的轻型货车、大于 3750 磅的轻型货车以及不同车重的五类中型车。对于每类车型，标准定义了四种逐渐加严的车辆排放类型：非低排放车（Tier1）、过渡低排放车（TLEV）、低排放车（LEV）和超低排放车（ULEV）。该标准还规定，汽车生产商必须生产一定比例的符合更加严格排放标准的车辆。在该标准中，汽油车和柴油车的气态污染物的排放限值相同，但 PM 限值标准只针对柴油车而言。该标准的排放测试规程采用 FTP75 工况，并从 2001 年至 2005 年开始逐步实施 SFTP 工况测试规程。

第二阶段的低污染车排放标准（LEV II）从 2004 至 2010 逐渐实施。该标准总共划分了轻型车和按车重分的两类中型车三类车型，对于每类车型，标准定义了四种逐渐加严的车辆排放类型：低排放车（LEV）、超低排放车（ULEV）、超超低排放车（SULEV）和部分零排放车（PZEV）。其中 PZEV 的排放标准和 SULEV 相同，只是增加了零蒸发排放要求和耐久性 150,000 英里/15 年的要求。

第三阶段的低污染车排放标准（LEV III）在 2010 年提出，2014 到 2025 年逐步实施。该阶段中对三类车型的划分与第二阶段相同，只是增加了按标准划分的车辆排放类型。

表2.3 洛杉矶轻型车排放标准 (g/mile)

标准阶段	车辆类型	耐久性要求	NMHC/NMOG	NO _x	CO	PM
LEV I ^a	Tier1	50,000 miles/5 years	0.25	0.4	3.4	0.08(diesel)
		100,000miles/10years	0.31	0.6	4.2	N/A
	TLEV	50,000 miles/5 years	0.125	0.4	3.4	N/A
		100,000miles/10years	0.156	0.6	4.2	0.08(diesel)
	LEV	50,000 miles/5 years	0.075	0.2	3.4	N/A
		100,000miles/10years	0.090	0.3	4.2	0.08(diesel)
	ULEV	50,000 miles/5 years	0.040	0.2	1.7	N/A
		100,000miles/10years	0.055	0.3	2.1	0.08(diesel)
LEV II	LEV	50,000 miles/5 years	0.075	0.05	3.4	N/A
		120,000miles/11years	0.090	0.07	4.2	0.01
	ULEV	50,000 miles/5 years	0.040	0.05	1.7	N/A
		120,000miles/11years	0.055	0.07	2.1	0.01
	SULEV	120,000miles/11years	0.010	0.02	1.0	0.01
	PZEV	150,000miles/15years	0.010	0.02	1.0	0.01
LEV III	LEV160	150,000miles	0.160 (NMOG+NO _x)		4.2	0.01
	ULEV125	150,000miles	0.125 (NMOG+NO _x)		2.1	0.01
	ULEV70	150,000miles	0.070 (NMOG+NO _x)		1.7	0.01
	ULEV50	150,000miles	0.050 (NMOG+NO _x)		1.7	0.01
	SULEV 30	150,000miles	0.030 (NMOG+NO _x)		1.0	0.01
	SULEV20	150,000miles	0.020 (NMOG+NO _x)		1.0	0.01

(a) 本表格只列出 LEV I 阶段中，轻型客车的排放标准值。

与第一阶段相比，第二阶段的排放限值有了较大改变：1) 所有车型的 NO_x 和 PM 排放限值都有很大程度的加严；2) 对轻型货车和总重小于 8500 磅的中型车进行重新分类，要求其排放满足小型客车的标准，即要求 SUV (Sport Utility Vehicles) 和大部分的皮卡排放必须符合小型客车排放标准；3) 弱化车型分类的同时弱化了燃料差异，汽油车和柴油车开始实施相同的排放标准。为了满足第二阶段的排放标准，各类车型必须加装更加先进的排放后处理装置，例如柴油车需加装颗粒过滤器和 NO_x 后处理装置；4) 加强了耐久性要求，从第一阶段的 50,000 英里和 100,000 英里增加到 50,000 英里和 120,000 英里。

第三阶段与第二阶段的区别在于：1) 把 NMOG 和 NO_x 之和作为一个限值，并且对排放限值进行了加严；2) 加严了 PM 排放限值，并且引入固体颗粒数量限值；3) 逐步实施 150,000 英里的耐久性要求。

(2) 在用车管理措施

在用车排放控制也是机动车污染综合控制体系的核心组成部分之一，是机动车排放控制在使用阶段最为关键的一环。洛杉矶在在用车排放控制管理方面积累了丰富的经验，其典型控制措施包括以下几方面：

1) 柴油车改造：由于大部分柴油车可以使用 20~30 年，重型柴油车虽然只占加州机动车保有量的 2%，但其排放的 NO_x 和 PM 却分别占了机动车排放量的 30% 和 65%。为达到排放标准，加州要求在用重型柴油货车和公交车必须加装后处理装置和污染物捕集装置，或者按要求更换新型发动机。

2) 实施并逐步加严 I/M 制度：对在用车实施 I/M 制度并对其逐步加严，逐步增加烟度测试、蒸发系统测试来识别 PM 排放和蒸发排放。老旧车和高行驶里程车辆的检测由两年一次增加为一年一次。

3) 怠速控制：加州要求校车、公共汽车或者其他的商用车辆，在到达学校后必须手动熄火或者在小于 30 秒内启动离开。在其他地点如车站等，公共汽车或者其他车辆怠速时间不大于 5 分钟。

4) 老旧车淘汰：作为“增强车队现代化计划”项目的一部分，加州对淘汰老旧车给予\$1000 以及低收入消费者给予\$1500 的补助。加州的“消费者援助计划”提出给予车辆报废\$1000 的补贴或者给予符合低收入标准的消费者\$1500 的补贴，同时给予不能通过每两年一次的烟气检测的车主\$500 的补贴用做排放相关的修理。

5) 车载油气回收：为了控制车辆加油过程中的 VOC 的排放，加州规定 1998 年开始小客车、轻型货车和车重小于 8501 磅的中型车都必须符合以下标准：汽油车、柴油车和混合动力车碳氢化合物挥发量限值为 0.20 g/加仑；乙醇动力、混合动力和双燃料车等效有机碳氢化合物挥发量限值为 0.20 g/加仑；液化石油气车碳氢化合物挥发量限值为 0.15 g/加仑。此外，加州还率先推广了二阶段油气回收技术。1997 年，美国国会进一步通过了法案，要求在美国销售的汽车必须安装 ORVR 以便减少 VOC 的排放。

(3) 油品质量管理

1991 年，加州实施汽油第一阶段标准，规定汽油无铅化，同时提出添加剂沉积物控制和 RVP 参数。1996 年实施第二阶段汽油标准又称为“清洁燃烧汽油”提出了硫含量标准限值 30 ppm，以及氧化物含量、苯含量等限值。第三阶段在 1999 年实施，规定到 2002 年底汽油中逐渐不含甲基叔丁基醚 (MTBE)，硫含量降低为 15 ppm。

1993 年，加州的清洁柴油燃料标准生效，硫含量限值为 500 ppm，芳烃含量为 10%；2005 年新的柴油标准要求硫含量限值降为 15 ppm，同时增加润滑性标准。

(4) 清洁能源车辆鼓励措施

为促进洛杉矶的清洁能源车的购买及使用，美国联邦政府、加州政府、加州南海岸空气质量管理局以及一些相关机构和相关企业给予替代能源车辆一定的鼓励。具体措施如表 2.4 所示。

表2.4 洛杉矶清洁能源车相关鼓励措施

补贴种类	负责单位或项目	具体措施
针对车辆的补贴	美国国税局的“联邦税收抵免”项目	2010年开始,对购买总重小于14,000磅的插电式混合动力车的消费者提供最高\$7500的税收抵免;对购买燃料电池车的给予最高\$4000的税收抵免,车型包括轻型车、中型车及重型车。对于在2009年2月17日到2012年1月1日之间购买的低速电动车或二轮或三轮电动车给予车辆花费的10%,补贴最高额为\$2500
	加州空气质量管理局“清洁车辆资助计划”	2010年开始,对购买零排放车辆,包括电动车、插电式混合动力车、燃料电池车等车型,给予最高到\$2500的补贴
	某些私人企业	对购买混合动力或者替代燃料车的雇员给予\$1000~\$5000不等的资助,有些企业在工作场所免费提供充电设备
针对充电或者加燃料设备	“美国充电站计划”	对包括洛杉矶在内的十个地区免费提供特定车型的家用和公用的充电站
	美国能源局针对 Nissan Leaf 和 GM Volt 车型的免费充电设备项目	洛杉矶部分地区拥有 Nissan Leaf 和 GM Volt 车型的车主可以申请免费的充电设备。并且提供 Nissan Leaf 充电设备 1000 台, GM Volt 充电设备 2000 台
	南海岸空气质量管理局	规定购买压缩天然气加气设备给予\$2000的补助
	洛杉矶水源和能源局	对于前 1000 个购买电动车充电设备的公民给予\$2000的补贴
其他鼓励措施	加州政府	允许具有排放清洁型汽车标志的单人乘车车辆在 HOVs 车道上行驶
	洛杉矶水电局和南加州爱迪生电力公司	给予低峰时段电动车充电一定的折扣
	洛杉矶国际机场	对电动车停车免费
	相关保险公司	给予混合动力车或者替代燃料车给予相应的保险折扣

2.2 机动车排放控制的国内经验

2.2.1 北京机动车排放控制历程

北京通过一系列的缓堵措施来优化交通结构，同时，通过实施新车排放控制、在用车管理、车用油品质量管理等机动车污染排放控制措施来进行机动车排放控制。在机动车排放综合控制方面，北京一直走在中国各大城市的前列。北京市政府主要通过发布北京市大气污染控制措施通告的形式，公布并积极推动一系列大气污染控制措施的实施。自1998年以来，北京市已经先后实行了十六个阶段的大气污染控制。在已实施的两百余项控制措施中，机动车排放控制是其中的重点之一。

1. 城市交通结构的优化

北京市通过积极发展公共交通以及陆续实施一系列的缓解交通拥堵综合措施，来优化城市交通结构和改善机动车的运行工况，从而减少机动车排放。

对于公共交通的发展，北京实行快速公交和轨道交通并举的发展思路。2004年开通南中轴大容量快速公交（BRT系统），2007年开始实施对地面公交和轨道交通低票价政策，来提高公共交通系统运营质量，增加公共交通吸引力。同时，北京近年来加快地铁建设，目前运营中的地铁线路15条，轨道交通里程372 km。

为了保障北京奥运期间的道路交通与空气质量，在2008年7月1日至9月20日期间，北京市对本市与外地机动车（含临时号牌车辆）采取了多项临时交通管理措施：单双号限行、错时上下班以及黄标车停驶等。

由于2009-2010年机动车保有量持续高速增长，导致交通形势恶化，2010年底出台“缓堵28条”：包括优化调整城市功能布局、推进城市道路建设及停车位建设、优化公共交通体系、调控机动车保有量及交通限行、智能交通管理等；2011年实施了开通公交专线和社区通勤公交、京通快速路启用公交专用道、实行小客车保有量增量调控、差别化停车收费、高峰时段区域限行、外埠车辆限行等一系列交通管理措施。

通过以上交通管理措施的实施，城市居民交通方式构成发生变化。图2.2比较了北京市1986年、2000年以及2010年的交通出行方式（不包括步行）构成。可以看出，1986年北京市是以自行车和公交为主的出行，出行比例分别为62.7%

和 26.5%，而小汽车的出行比例较低，仅为 5.0%。随着机动化进程的加快，2000 年和 2010 年自行车的出行比例分别下降到 38.5% 和 17.9%，同时小汽车的出行比例分别上升到 23.2% 和 34.2%。另外，由于公共交通的发展，北京市公共交通（轨道交通+公共汽（电）车）的比例由 1986 年的 28.2% 增长到 2010 年的 39.3%（其中轨道交通 11.0%）。

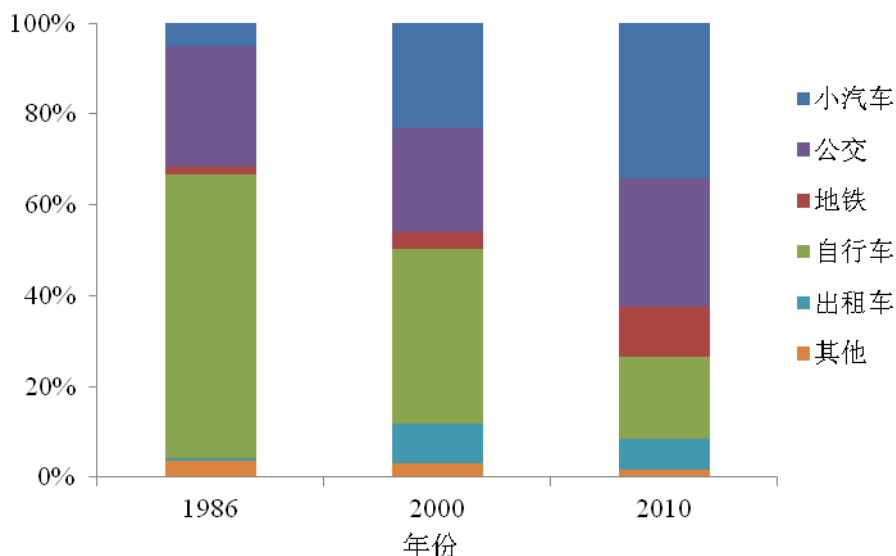


图2.2 北京市交通出行方式构成

2. 机动车污染物排放控制技术

(1) 新车排放控制

我国目前参照欧洲标准体系制定机动车排放标准，但执行时间迟于欧洲约 7~10 年。鉴于北京市机动车污染的严重性，北京市一直提前执行国家相关标准。

1999 年以前，北京市机动车排放控制水平落后。以轿车为例，均为没有任何后处理装置的化油器车，车辆技术水平落后欧美发达国家 15-20 年以上。对于轻型汽油车，在 1999 年实施地方标准 DB11/105-1998《轻型汽车排气污染物排放标准》，即国 I 标准；在 2003 年执行国 II 标准，均比全国提前 2 年左右。为实现 2008 年北京奥运会对大气环境质量的要求，北京市环境保护局和北京市质量技术监督局于 2005 年 12 月 23 日发布公告，确定北京市自 2005 年 12 月 30 日起，对除轻型柴油车以外的轻型汽车和重型汽车发动机提前实施 GB18352.3-2005 和 GB17691-2005 中的第三阶段排放控制要求，即国 III 标准；自 2008 年 3 月起，

进一步对轻型车和特定用途的重型柴油车（例如公交车等）实施第四阶段排放控制要求，即国 IV 标准。表 2.5 为北京市实施新车标准计划表。

表2.5 北京市实施新车标准计划表

车型	国 I	国 II	国 III	国 IV
轻型车	1999-1-1	2003-1-1	2005-12-30 ^(a)	2008-3-1 ^(a)
重型汽油车	2000-1-1	2004-1-1	2005-12-30	
重型柴油车	2000-1-1	2003-1-1	2005-12-30	2008-7-1 ^(b)
摩托车	2003-1-1	2004-1-1		

(a) 轻型汽油车

(b) 仅公交、环卫、邮政车辆

(2) 在用车管理措施

北京通过实施改进尾气检测的测试方法和有关监督管理强化 I/M 制度，对在用车实行环保标志管理并基于环保标志积极推动高排放车的区域限行，同时对老旧车淘汰实施补贴等在用车管理措施以促进在用车的排放控制。

1993 年开始全国范围内对汽油车实施怠速测试（GB14761.5-93）；1994 年开始，双怠速测试（增加高怠速 2000 rpm）在北京开始实施（DB11/044-94）；1999 年，修正的双怠速测试对国 I 的新车执行不同的限值标准（DB11/044-99）；2001 年，北京市开始执行更为严格的稳态加载测试工况方法 ASM（DB11/122-2000），并于 2003 年对原测试方法进行修正完善（DB11/122-2003）。

北京从 1998 年 12 月起，开始验发机动车绿色环保标志，对 3883 辆符合新标准的机动车颁发绿色环保标志。从 2000 年 4 月起，对 1995 年 1 月 1 日以后领取牌照的汽车治理后进行复检，符合标准的核发绿色环保标志；未达标的机动车一律不准上路，不予年检。在 2001 年，进一步在全市实行机动车环保标志。对达到《轻型汽车排气污染物排放标准》（DB11/105-1998 工况法标准）等严格排放标准的机动车，由环保部门发给绿色环保标志，每年进行一次排放检测。对无绿色环保标志的机动车，环保部门每年要对其进行两次排放检测，符合排放标准的发给黄色环保标志。负责落实未取得环保标志的重型货运车（荷载 5 吨及 5 吨以上）一律不得进入四环路内行驶。在 2001 年底，取得绿色环保标志的车辆

达到43万辆,约占轻型车辆总数的50%。从2008年2月起,从事建筑工程运输的车辆,必须达到国家第三阶段机动车排放标准及其以上排放标准,取得绿色环保标志,办理相关运输准运证后,方可驶入五环路以内(含五环路)作业;对于尾气排放达不到要求的车辆,可根据车辆状况和相应补贴政策,由其所有人采取治理或更新措施。

机动车的绿色环保标志在2008年6月已升级为电子标签,使用年限达6年。

“电子绿标”中储存着该车辆的各种环保信息,包括车主姓名、车辆牌号、检测时间、排放达标情况等,检查人员可通过仪器读取该车的相关环保信息。同时,在尾气检测中,还能有效减少过去“调包”、“蒙混过关”的现象。

近年来北京积极进行了出租车和公交车等高频使用车的更新和治理,同时对环卫、邮政、旅游、省际客运、城市保障货运和建筑工程运输等重点车队也积极推动淘汰与排放改造。2009年,北京开始实行黄标车淘汰补助金制度。2011年启动老旧机动车淘汰更新交易平台重点鼓励重型柴油车和国一、国二的私人小客车淘汰更新,规定根据车辆的排污量、车型等给予不同额度的补贴。

(3) 油品质量管理

为了保障新车排放标准的顺利实施,确保其发挥最大的排放控制效果,根据北京市颁布的地方车用汽油和车用柴油标准,北京市分别于2004年10月1日、2005年7月1日、2008年1月1日和2012年5月31日实施了与国家第三、第四和第五阶段新车排放标准相匹配的车用汽油和柴油品质标准,目前已将车用汽油和柴油的硫含量降低到了10 ppm以下。

(4) 清洁能源车辆鼓励措施

2009-2011年,国家发改委、财政部等相关部门发布了一系列的新能源车推广试点政策以及财政补贴标准等。2011年,财政部、科技部、工业和信息化部、国家发改委联合下发了《关于进一步做好节能与新能源汽车示范推广试点工作的通知》,全国25个新能源汽车试点城市(包括北京)将研究出台新能源汽车免除车牌拍卖、摇号、限行等限制的措施,并出台停车费、电价、道路通行费等扶持政策。同时,试点城市要大力推进基础设施配套建设,为个人新能源汽车用户在其住宅小区停车位或工作场所停车位配套建设充电桩,该类充电桩与新能源车辆的配比不得低于1:1;对购买新能源汽车的用户提供充电设施建设的服务。此

外，在政府机关和商场、医院等公共设施及社会公共停车场，适当设置专用停车位并配套充电桩；同时，城市要调配资源建设少而精且覆盖示范运行区域的快速充电网络。2012年，财政部、国家税务总局、工业和信息化部联合发布“关于节约能源使用新能源车船车船税政策的通知”，规定2012年1月1日起，对使用新能源的车船，免征车船税。其中新能源车辆包括纯电动车、插电式混合动力汽车、燃料电池汽车，包括乘用车、商用车和其他车辆。

北京市科委、市财政局还编制了《北京市私人购买新能源汽车补贴试点方案》，根据方案，到2012年底北京市计划推动私人购买新能源汽车3万辆，其中纯电动汽车23000辆、插电式混合动力汽车7000辆。北京市将按照电池3000元/千瓦时给予补助，插电式混合动力乘用车最高补助5万元/辆，纯电动乘用车最高补助6万元/辆。除了单车补贴额度外，北京市还计划在2010年、2011年和2012年分别推广示范车1000辆、5000辆和24000辆，总数达3万辆。

在配套设施方面，北京市将给予充电站（桩）不超过建设投资30%的财政补贴。充电设施以慢速充电桩为主，快速充电站、电池更换站为辅，三年内建设慢速充电桩36000个，达到车桩比1:1.2，快速充电站100座，电池更换站1座，电池回收处理站2座，专业维修服务站10座，信息采集处理站2座。

此外，北京还将加大政府采购力度，鼓励企事业单位和个人使用电动汽车，扩大应用规模；鼓励和引导金融机构为电动汽车推广应用提供信贷、担保等金融支持。并酝酿成立北京市电动汽车运营公司，以市场化手段加速新能源汽车示范推广进程。

2.2.2 上海机动车排放控制历程

1. 城市交通结构的优化

上海通过实施牌照拍卖政策对私家车保有量进行严格的控制。从1994年开始，上海市为控制新增机动车总量、缓解交通拥堵，通过“有底价、不公开拍卖”的方式对私车牌照进行市场化配置。2000年，上海市人大制订了《上海市机动车管理条例》，对所有19座以下生活用车实行无底价竞购制度，这一制度沿用至今。2004年9月起，对新增公务车辆通过不定期控购+有底价拍卖的方式，也纳入额度管理及牌照拍卖范围。

上海的牌照拍卖政策有效地控制了民用汽车保有量的增长。图2.3对北京和

上海的人均 GDP 和千人汽车保有量进行了对比分析。可以看出，近 10 年间北京和上海的人均 GDP 基本相当（上海略高），北京千人汽车保有量随人均 GDP 迅速增长，而上海由于牌照拍卖政策的实施，千人汽车保有量随 GDP 的增长速度显著低于北京，因此导致上海汽车保有总量也远低于北京。

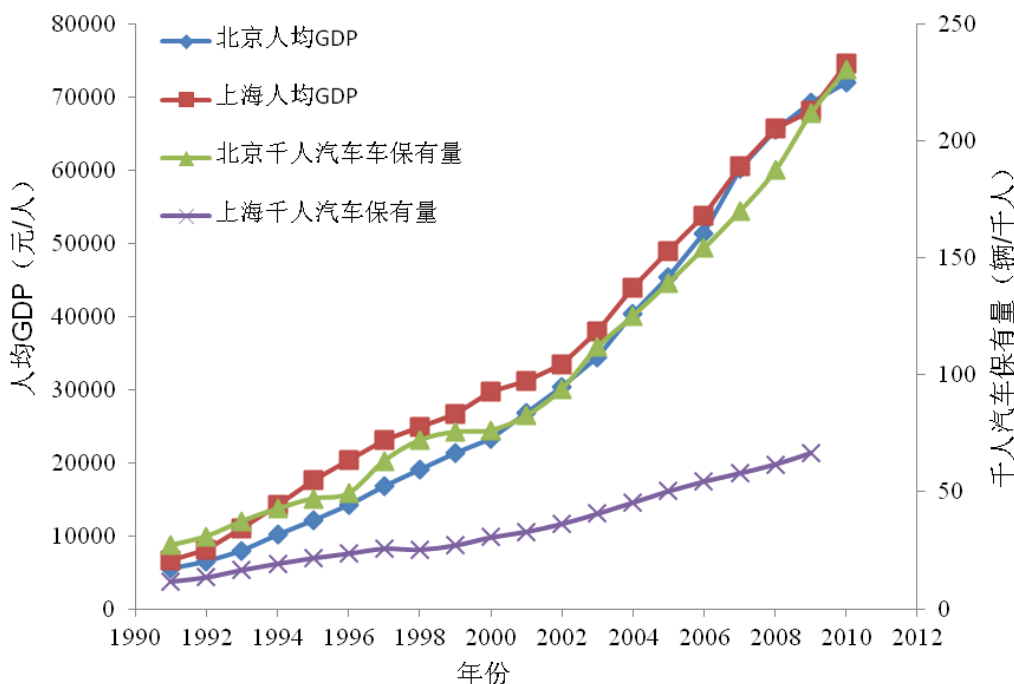


图2.3 北京和上海的人均 GDP 和千人机动车保有量比较

公共交通发展方面，与北京的公交和轨道交通并举的发展思路类似，上海也强力推进轨道交通网络和优化公交系统。例如，上海自 1995 年开通第一条地铁线路至 2012 年已开通运营 11 条线路、287 座车站，运营里程已达 420 公里（不含磁悬浮线）。

由于小汽车保有量的增长与近年来公共交通的大力发展，上海市的出行方式构成发生了显著变化。图 2.4 比较了上海 1986 年、1995 年、2004 年及 2009 年的交通出行方式构成，可以看出，慢行交通所占比例逐年减少。而个体机动车出行比例增长很快由 1986 年的 4% 增长到 2009 年的 20%。公共交通出行比例相对稳定，四个年份的比例分别为 24%、17%、23% 和 25%。图 2.5 对 2009 年的交通出行方式进一步细分表明，除了占比例较大的慢行交通及其他外，个体机动车占比例最大为 20.0%，轨道交通和公交分别占 13.1% 和 6.3%。

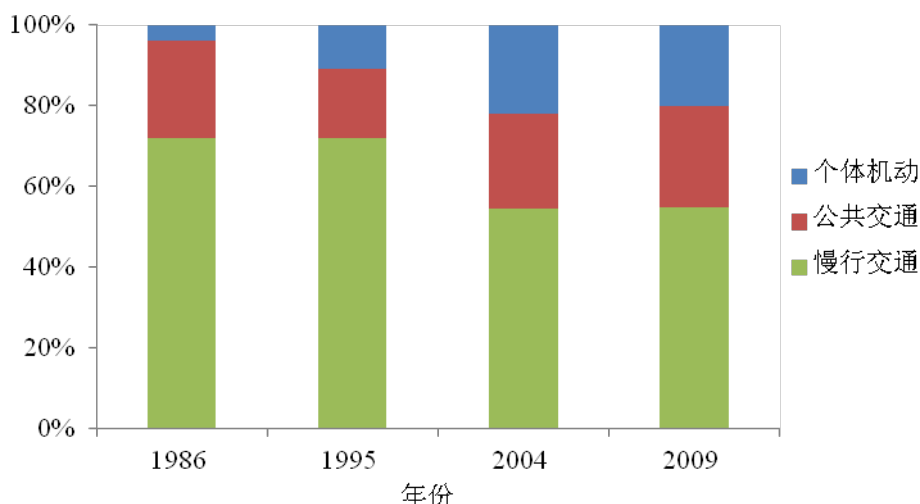


图2.4 上海交通出行方式构成

注：公共交通指轨道交通、公共汽电车和出租车，个体机动车包括私人小汽车、社会客车和摩托车，慢行交通包括步行、自行车和助动车。

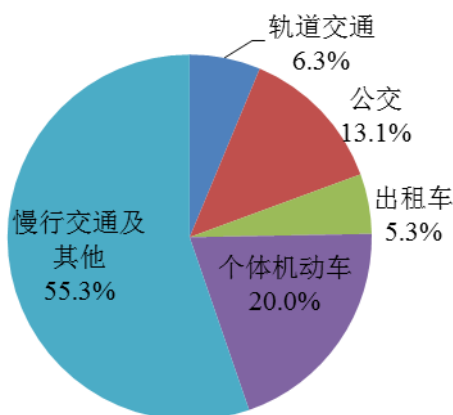


图2.5 上海 2009 年交通出行方式构成

交通管理方面，上海引进 ITS 系统，将 ITS 应用于交通流量实时监控、流量采集。另外，公交行业的 GPS 调度系统、电子站牌，出租车的 GPS 调度，停车设施管理以及电子收费系统的应用都提高了交通效率，使得交通更加畅通。

2. 机动车污染物排放控制技术

(1) 新车排放控制

上海市的新车排放标准执行国家标准。上海市自 1999 年开始实施机动车国家第一阶段排放标准，随后在 2003 年提前两年实施国家第二阶段排放标准，2007

年起在公交、出租车提前实施国家第三阶段排放标准。2009年11月1日起，对新注册登记牌证的所有轻型汽油车、以及在本市使用的公交、环卫、邮政、市政建设用车，提前实施国家机动车第四阶段排放标准。2010年8月1日，对重型汽油车实施国三标准。

为保证车辆使用过程中稳定达到排放限值要求和排放控制装置的耐久性，所有满足国家第四阶段排放标准的新车，必须要同步安装车载诊断系统（OBD），柴油车及天然气汽车还要求监控NO_x排放。

（2）在用车管理措施

上海通过高排放车辆限行和淘汰更新补贴政策加强在用车队中高排放车辆的管理。

2006年起，上海市对机动车实行环保标志管理并对高排放车辆实施限制通行措施。2006年2月15日起，每天7:00~20:00，内环以内高架道路，延安路高架全线，沪闵高架全线（中心城区的高架道路）先行执行高排放车禁行；2006年10月1日起于，每天7:00~20:00在第一阶段限行区域的基础上，进一步扩大到内环线以内的地面道路。2009年8月1日起，上海中环（含）以内的高架及地面道路将对未达国I标准的高排放车辆实行全天候、全路段限行。

截至2009年5月上海尚有20万辆达不到国I排放标准的高排放车辆，其保有量仅占汽车的14%，排放量却占到50%。为加快淘汰高排放车辆，2009年6月1日，上海市开始实施鼓励老旧汽车淘汰更新补贴政策。重点淘汰车型为国I及以下排放标准的客货车，根据车型及注册时间给予补贴。

（3）油品质量控制

成品油质量的优劣对机动车达到国四标准起到主要的支持作用，2009年9月1日和10月1日，上海开始实施上海车用柴油和车用汽油地方标准，简称“沪IV”，相当于国IV及欧IV标准的汽柴油。新标准成品油降低了汽柴油中的有害物质含量，如硫、苯、锰、烯烃等，特别是含硫量降低至50ppm。

（4）清洁能源车辆鼓励措施

上海作为新能源车的试点城市，对购买新能源车辆给予补贴。2010年6月，财政部、科技部、工信部和发改委联合出台《关于开展私人购买新能源汽车补贴试点的通知》规定，在上海、长春、深圳、杭州、合肥等5个城市启动私人购买

插电式 (plug-in) 混合动力乘用车和纯电动乘用车等新能源汽车补贴试点, 最高补贴额度为 6 万元。

2.3 国内外城市比较分析

2.3.1 城市交通系统比较

表 2.6 比较了洛杉矶、东京、北京和上海的人口面积及机动车保有量和使用相关指标。可以看出, 北京的城区人口密度大于东京, 远大于洛杉矶, 但机动车保有量还没有达到洛杉矶的水平, 而轨道交通的发展又没有达到东京的水平。从私家车行驶里程数据来看, 北京、上海和洛杉矶的小汽车的使用强度远大于东京。

表2.6 各城市人口、面积及机动车保有量相关指标比较

参数	单位	洛杉矶	东京	北京	上海
全市面积	km ²	10518	13556	16800	6340
全市人口	万	983	3562	1961	2302
主城区面积	km ²	1214	2188	1368	289
主城区人口	万	379	1319	1172	699
机动车保有量	万辆	639	443	481	299
民用汽车保有量	万辆	627	426	453	170
私人小客车保有量	万辆	401	307	276	112
地铁长度	km	117	329/2400 ^a	372	420
城区人口密度	人/km ²	3122	6029	8566	24187
千人汽车保有量	辆/千人	638	323	231	74
千人私人小客车保有量	辆/千人	408	233	141	49
人均地铁长度	km/百万人	12	25/67	19	18
私家车单车 VKT	万 km/年	1.9	0.7	1.7	2.0

(a) 轨道交通约 2400 公里, 其中地铁 329 公里

1. 民用汽车保有量

图 2.6 和 2.7 展示了四个城市的民用汽车保有量和千人汽车保有量。北京的汽车保有量增长最快, 近 10 年年均增长率为 16%。由于上海的车牌拍卖政策, 即使 GDP 水平和北京相当, 其汽车保有量的增长显著低于北京, 其年均增长率

为14%。洛杉矶汽车保有量的增长近年来已基本趋于稳定，年均增长率仅为1%。而东京的汽车保有量在1990年达到饱和，1990年之后汽车保有量趋于稳定。东京、北京、上海汽车保有量达到100万辆的年份分别为1964年、2000年和2006年。洛杉矶的千人保有量最高，2010年洛杉矶的千人汽车保有量为638辆/千人，约为北京的2.8倍、上海的8.6倍、东京的2.0倍。

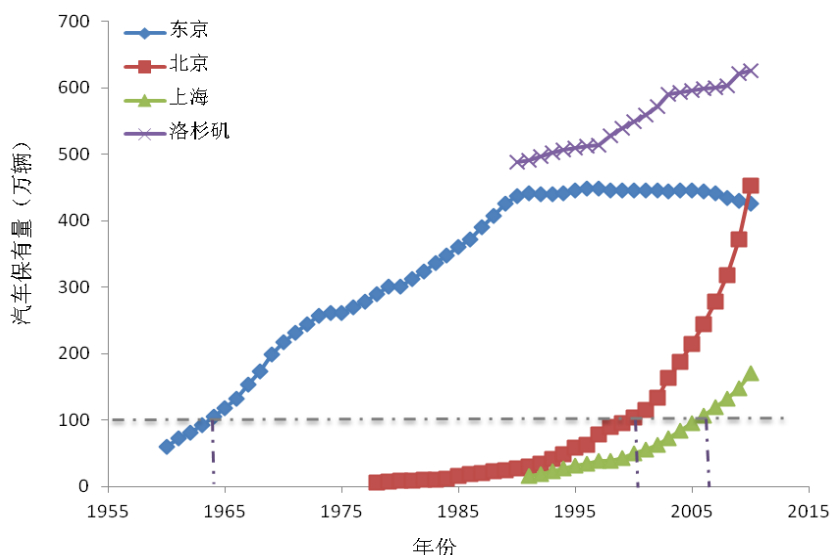


图2.6 四城市民用汽车保有量比较

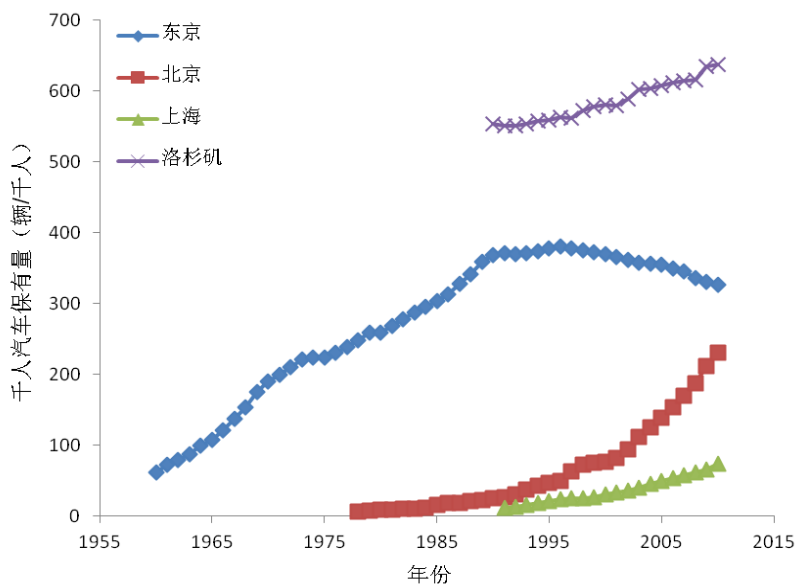


图2.7 四城市千人汽车保有量比较

2. 城市交通设施

在城市交通系统中，城市道路担当着重要角色，图 2.8 比较了四个城市的单位长度道路的机动车保有量。可以看出，平均每公里道路上的机动车保有量在北京和上海是持续稳定上升的，而东京由于机动车保有量达到饱和而道路长度趋于增加因此曲线出现下降趋势。相对而言，北京的增长更为明显，说明北京的道路建设速度远不能跟上机动车增长速度，道路和机动车的供需矛盾最为突出。在 1999-2010 年之间，北京的道路总长度增加了 65%，而北京机动车增加了近 4 倍。

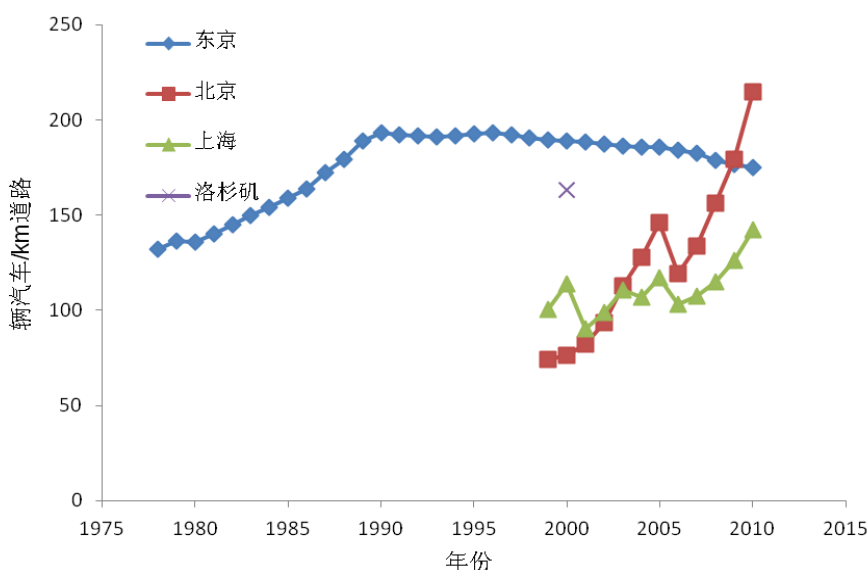


图2.8 各城市道路里程与机动车保有量的关系随年份的变化

2010 年洛杉矶、东京、北京和上海的轨道交通长度分别为 117 km、2400 km、372 km 和 420 km，每百万人占有地铁长度分别为 12 km、67 km、19 km 和 18 km。洛杉矶由于其城市弱中心化和市民的小汽车出行比例高等因素抑制了轨道交通的发展，轨道交通长度和百万人占有率相对其他三个城市都较低。不论从轨道交通的长度还是从百万人占有量上来看，东京的轨道交通是最为成熟的。上海和北京近年来也在大力发展轨道交通，根据《北京市城市轨道交通建设规划方案（2011-2020 年）》，至 2020 年北京轨道交通总长将达到 1050 km，而根据《上海市城市快速轨道交通近期建设规划（2010-2020 年）》，至 2020 年上海城市轨道交通网络总规模将达到约 877 km。

3. 交通方式分担

由于洛杉矶、东京、北京和上海的城市规划及交通规划、交通出行方式鼓励政策以及机动车保有量限制等政策的差异，导致城市交通出行方式结构特点各不相同。图 2.9 比较了四个城市的交通出行方式结构。北京和上海交通出行方式结构发生了很大变化，东京等发达国家大城市变化相对较小。1990 年以前北京和上海的非机动车出行比如自行车出行和步行，作为主要出行方式占比例很大，在 1990 年以后其占比例逐渐下降。由于公共交通的鼓励政策以及迅速增长的私家车保有量，北京的公共交通和个人机动车出行比例逐年上升。东京城市交通出行很大程度上依赖于公共交通，尤其是轨道交通。由于公路系统较为发达，洛杉矶交通出行以个人机动车出行为主，小汽车出行比例在 90% 以上。

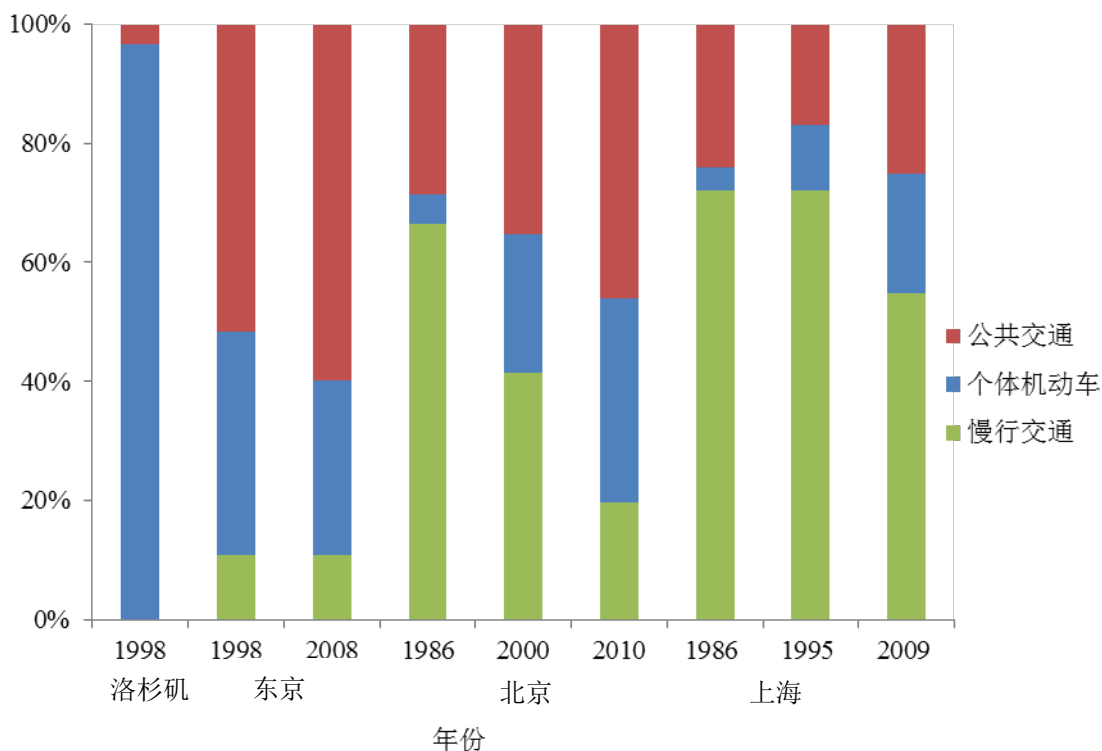


图2.9 各城市交通出行方式构成比较

注：公共交通包括公交、轨道交通以及出租车，个体机动车包括摩托车和私家车，慢行交通除上海市包括步行之外其他城市主要是自行车。

2.3.2 机动车排放控制比较分析

1. 新车排放控制比较

从新车排放控制的时间来看,东京和洛杉矶分别从1960年和1966年开始进行新车排放控制,是世界上机动车污染控制最早的城市。而北京和上海在新车排放控制方面起步较晚,直到1999年实施国一标准才开始系统实施对新车的排放控制。但是北京和上海近10年来加速实施新车排放控制标准,与国外差距逐渐缩小。以轻型汽油车为例,其与发达国家城市新车控制的差距已经从90年代的15-20年以上,缩短至3-5年左右。

从控制车型来看,东京和洛杉矶均是从轻型车到重型车,从汽油车到柴油车逐步开始控制的。而北京和上海由于新车排放控制起步较晚加上参考国外新车控制经验,从实施国一标准开始时就对轻型车和重型车,汽油车和柴油车进行全面管理。但是总体而言,由于控制技术和油品质量管理的相对落后,我国柴油车排放控制进程相比汽油车而言仍有滞后。

从实施特点来看,洛杉矶近年来的新车排放标准均是逐步引入,逐步全面实施的,这样给机动车生产厂家充足的技术更新及改造的时间。洛杉矶的新车标准具有强化耐久性,弱化车型差异,弱化燃料差异,以控制 NO_x 、PM和VOC的排放为重点等特点。东京的近期的排放标准以柴油车排放控制为重点,其中控制 NO_x 、PM的排放为柴油车排放控制的重点。北京和上海1999年以来参考国际经验控制新车排放,一直提前执行国家相关标准,标准更新相隔年限较短。目前北京和上海的现行新车标准为国四,与欧洲控制水平落后一个标准。但是需要指出的是,柴油货车的控制目前北京和上海的控制技术水平相比洛杉矶和东京而言差距较大,与其现阶段控制水平落后两个标准。

2. 油品标准比较

含硫量作为车用汽柴油品质的重要指标,对机动车排放有重要影响。东京在2008年将车用汽油和柴油的硫含量标准降到10 ppm,洛杉矶分别在2005年和2002年将柴油和汽油的含硫量标准降到15 ppm以下。北京在2012年6月开始实施北京地方标准第五阶段油品标准,规定柴油和汽油的含硫量低于10 ppm,上海在2009年将汽、柴油的含硫量标准降低到50 ppm。但是全国范围内,柴油含硫量仍然处于国2-国3的水平,与发达国家差距较大。

第3章 城市机动车排放控制措施数据库建立

根据国内外的机动车排放控制经验，机动车污染综合控制主要由以下几个方面组成：新车排放控制、在用车排放控制、车用油品控制以及相应的交通管理措施和经济措施等（见图 3.1）。

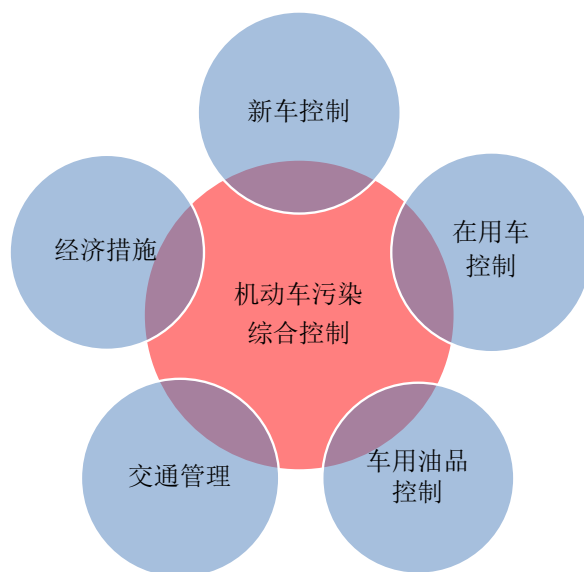


图3.1 机动车污染综合控制体系的主要组成部分

3.1 新车排放控制措施

3.1.1 新车排放标准

新车排放标准是机动车污染综合控制的核心组成部分，它不仅可以有效地降低新车污染物的排放，随着车队的更新换代，还可以促进整个车队排放控制水平的提高。中国在机动车新车排放标准方面采取的主要是欧洲标准体系，各阶段排放限值要求与欧盟同阶段要求相当。

欧洲排放标准体系是由欧洲经济委员会（ECE）的排放法规和欧共体（EEC）的排放指令共同组成，欧共体（EEC）即现在的欧盟（EU）。排放法规由 ECE 参与国自愿认可，排放指令是 EEC 或 EU 参与国强制实施的。从 1992 年起，欧洲开始实施欧 I 标准（欧 I 型式认证排放限值）；1996 年起开始实施欧 II 标准（欧 II 型式认证和生产一致性排放限值）；2000 年起开始实施欧 III 标准（欧 III 型式

认证和生产一致性排放限值)；2005年起开始实施欧IV标准(欧IV型式认证和生产一致性排放限值)；2009年起开始实施重型柴油车欧V标准，而最新的欧VI标准已提交欧洲议会和欧盟成员国部长会议讨论，新推出的车型从2012年12月31日开始实行，而其他新车则从2013年12月31日开始实行。表3.1列出了欧洲标准中M1类车辆的分阶段排放限制，表3.2中列出了欧洲标准中柴油发动机在ESC和ELR测试循环下的分阶段排放限值。

表3.1 M1类轻型车分阶段欧盟排放标准限值

控制阶段	CO (g/km)	HC (g/km)	NMHC (g/km)	HC+NO _x (g/km)	NO _x (g/km)	PM (g/km)
柴油车						
Euro 1 ^a	2.72 (3.16)	-	-	0.97 (1.13)	-	0.14 (0.18)
Euro 2	1.0	-	-	0.7	-	0.08
Euro 3	0.64	-	-	0.56	0.5	0.05
Euro 4	0.5	-	-	0.3	0.25	0.025
Euro 5	0.5	-	-	0.23	0.18	0.005 ^c
Euro 6	0.5	-	-	0.17	0.08	0.005 ^c
汽油车						
Euro 1 ^a	2.72 (3.16)	-	-	0.97 (1.13)	-	-
Euro 2	2.2	-	-	0.5	-	-
Euro 3	2.3	0.2	-	-	0.15	-
Euro 4	1.0	0.1	-	-	0.08	-
Euro 5	1.0	0.10	0.068	-	0.06	0.005 ^{b,c}
Euro 6	1.0	0.10	0.068	-	0.06	0.005 ^{b,c}

(a) 括号中的数值为生产一致性限值

(b) 仅针对使用直喷式发动机的车辆

(c) 车载测试的限值为 0.0045 g/km (使用 PMP 测试规定)

表3.2 柴油发动机 ESC 和 ELR 测试限值

控制阶段	排放限值				
	CO (g/kW-h)	HC (g/kW-h)	NO _x (g/kW-h)	PM (g/kW-h)	烟度 (m ⁻¹)
3	2.1	0.66	5.0	0.10/0.13 ^(a)	0.8
4	1.5	0.46	3.5	0.02	0.5
5	1.5	0.46	2.0	0.02	0.5
EEV	1.5	0.25	2.0	0.02	0.15
6	1.5	0.13	0.4	0.01	

(a) 适用于每缸排量低于 0.75 dm³ 且额定功率转速超过 3000 r/min

目前,我国已经在全国范围内对于轻型汽车实施了严格程度与欧 4 相当的国家第 4 阶段新车排放标准 (GB18352.3-2005《轻型汽车污染物排放限值及测量方法(中国 III、IV 阶段)》),对柴油发动机实施了严格程度与欧 3 相当的国家第 3 阶段排放标准 (GB 17691-2005《车用压燃式、气体燃料点燃式发动机与汽车排气污染物排放限值及测量方法(中国 III、IV、V 阶段)》)。对于北京、上海等城市,已经对部分车辆(如环卫车辆、公交车等)实施了第 4 阶段的柴油发动机标准。继续推行更加严格的新车排放标准,促进车辆排放控制技术的不断进步是大势所趋,也是我国城市加强机动车污染控制的核心手段之一。

3.1.2 替代能源车与新能源车

在不断加严传统燃料车辆排放标准的同时,对于替代燃料车与新能源车的研究和推广也值得关注。但是限于资源、技术、环境影响等原因,并非每种先进动力/燃料系统前景都十分明朗。目前,主要受到关注的替代燃料与新能源车有压缩天然气(CNG)、液化天然气(LNG)等燃气汽车和电力车等。

(1) 天然气车

近年来,天然气汽车在全球发展很快,取得了显著进步。根据国际天然气汽车协会(IANGV)的最新统计,截至 2011 年底,全世界已有 80 多个国家总计拥有天然气汽车约 1500 万辆;近几年亚太地区的天然气汽车发展迅速,近 10 年年均增长率达到 38.7%。中国清洁汽车行动将 CNG 列为首选的汽车替代燃料。

“十一五”期间,CNG 汽车等新型清洁燃料汽车已被列入《国家中长期科学和

技术发展规划纲要（2006-2020年）》。

科技部推出的区域燃气汽车示范计划中，目前已在全国 80 多个城市重点推广燃气汽车。根据清洁汽车生产力促进中心的数据，中国天然气汽车重点推广城市（地区）历年天然气汽车保有量如图 3.2 所示。可以看到近十年来上述城市和地区的天然气汽车保有量增长十分迅速。根据国际天然气汽车协会统计，截至 2011 年底，中国已在这 80 多个城市推广应用 CNG 汽车约 100 万辆，加气站 1300 余座。但目前受天然气气源紧张及管网的影响，中国 CNG 汽车和加气站主要集中在气源地附近，例如四川、重庆、乌鲁木齐、西安和兰州等。天然气供应方便、气价低是中国 CNG 汽车快速发展的主要驱动力。

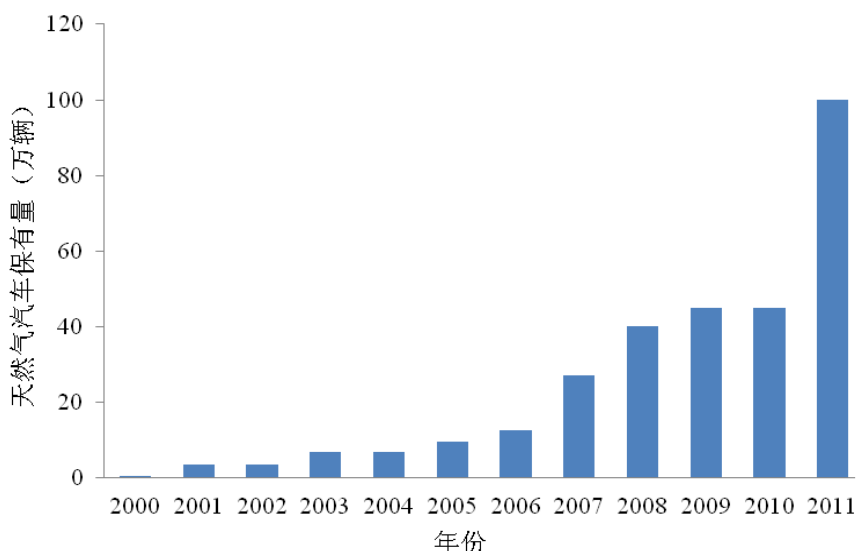


图3.2 中国天然气汽车发展状况

(2) 电力车

目前看来，电力车前景较为明朗，是有可能得到大规模推广的新能源车。电力车主要指使用电动机作为动力的车辆，包含混合动力车（HEV），插电式混合动力车（PHEV）以及纯电动车（EV）等。

国务院 2009 年 3 月发布的《汽车产业调整和振兴规划》明确提出，到 2011 年，电力车等新能源汽车销量占乘用车销售总量的 5% 左右。财政部同年出台补贴政策支持国内 13 个城市开展节能与新能源汽车示范推广试点工作，由试点城市购置混合动力、纯电动和燃料电池等节能与新能源汽车给予一次性定额补

助。具体补助标准为，乘用车和轻型商用车中，节油率 5%~40%的混合动力汽车，补助金额为每辆 0.4 万元~4.5 万元；节油率达 40%的以上混合动力汽车，补助金额为每辆 5 万元；节油率 100%的纯电动汽车和燃料电池汽车，补助金额分别为每辆 6 万元和 25 万元。

基于对不同电动力车技术特点的分析，可以大致判断 3 种电动力车发展趋势。HEV 节能效果稳定，技术要求较低，附加成本较低，近期即可得到较快的发展。HEV 进入美国、日本等发达国家汽车市场已经超过 10 年，在每年新车市场中的份额逐年递增；我国汽车企业也在近年向市场推出多款 HEV 车型。从中长期上看，由于具备制动能量回收的能力，在不考虑其他先进动力/燃料系统的前提下，HEV 对传统内燃机汽车的替代程度可能很高，甚至完全取代。

PHEV 相比 HEV 具有更高的燃料节省能力。随着纯电动行驶里程 AER 的提高，其节油效果愈发明显。中国石油资源紧缺，目前石油进口依存度已经超过 50%。PHEV 的推广可以使汽车能源逐渐降低对石油的依赖程度，由相对廉价的电力替代。此外，电力还可以有众多形式的可再生能源或清洁能源提供，比如风电、水电、核电等，推广 PHEV 可以将这些清洁能源带入汽车能源消费市场。即使是煤电，也具备相对内燃机更高的能量效率。节能减排技术也能够更加经济的应用在煤电站，而不是相对分散的汽车。因此，推广 PHEV 的意义是十分显著的。但是由于先进动力电池技术尚未成熟以及充电基础设施的完善尚需时日，PHEV 的发展目前还处在起步阶段。美国通用、日本丰田等公司计划在近年向市场推广多款 PHEV，而国内比亚迪公司 F3DM 车型的推出是对国内市场的一次尝试。PHEV 大规模推广的时间目前还存在一定的不确定性。

相对于 PHEV，EV 大规模推广的不确定性更大，这与其对电池的严重依赖有关。但 EV 可以在一些特定的场合得到较早的应用。比如活动范围较小的机场、场馆用车，以及行驶路线单一的公交车、市政用车等。随着电池技术的发展和充电基础设施逐步完善，EV 与 PHEV 相似，也可以得到更广泛的应用。但在电池能量密度得到大幅度提升、成本大幅度下降使 EV 的续驶里程可与传统内燃机汽车相比之前，其推广速度慢于 PHEV。

截至 2009 年底，我国共颁布汽车行业相关标准 42 项，待审批 21 项，急需立项的标准 27 项。其他配套的专项检测标准 22 项。从统计结果看，2010 年已

经立项并在修订的标准，预期在 2012 年都可以“正式实施”。计划立项的标准，预计在 2013 年前将陆续起草。这也就意味着在 2015 年前后，中国将建立相对完善的电动汽车标准体系。“十二五”末中国将处在电动汽车示范运行向商业化转化的关键时期，完善的标准体系能指导汽车企业走向商业化环境更为成熟的电动化类型。

3.2 在用车排放控制措施

3.2.1 在用车 I/M 制度

随着新车排放标准的不断实施和加严，新增车辆的排放控制系统不断进步，同时也更依赖于正常运转的零部件来保持低排放，在用车辆的排放状况会随行驶里程增加而不断劣化，进气、燃料或点火系统的故障都可能大大增加污染物的排放；如果调整不当，行驶里程较少的车辆也会出现排放超标严重的情况。因此在提升新车排放控制水平的同时，加强在用车的 I/M 制度也非常重要。

I/M 制度使车辆排放控制系统的作用维持在合理的水平，对机动车污染控制起到了非常重要的作用。首先，I/M 可以用于识别由于调整不当或其它机械问题导致高排放的车辆；其次，I/M 还可以用于故障类型的识别，防止拆除排放控制装置。据有关研究结果，如果汽油车的三元催化转化器或者氧传感器失效，CO 和 HC 的排放可能增加高达 20 倍，NO_x 的排放量则可能增加高达 3~5 倍。但由于这类故障并不影响车辆的使用，因此常常并不会引起驾驶员的注意。而 I/M 制度的作用正在于其可以识别出机动车排放控制装置上的问题，并进行修理和维护，保证机动车的排放始终处于正常的状况。

I/M 定期检测中常用的测试方法分为无负荷和有负荷两大类，无负荷的测试方法包括怠速法和双怠速法，有负荷的测试方法包括简易工况法(ASM)、IM240、IG240、IG195、IM147、IM93 等。我国绝大部分城市在汽油车定期检验中执行的排放测试方法仍然是无负荷的怠速法或双怠速法，北京市率先从 2003 年起开始全面在年检的尾气检测中对汽油车实行有负荷的 ASM 测试，近年来上海、沈阳、济南等城市开始在机动车尾气定期检测中探索采用简易瞬态工况法进行测试的可能性。此外，一些省份也开始逐渐推广有负荷的测试方法。广东省 2009 年相继颁布并实施了三个在用汽油车尾气检测的地方标准，分别是 DB44/592-2009

《在用点燃式发动机汽车排气污染物排放限值及测量方法（稳态工况法）》、DB44/632-2009《在用点燃式发动机轻型汽车排气污染物排放限值（简易瞬态工况法）》和 DB44/T594-2009《在用汽车排气污染物限值及检测方法（遥测法）》。广东省计划在全省的 I/M 体系中逐渐采用稳态工况法进行检测，排放限值按照车辆登记时间将其划分为三类，第 I 类限值适用于 2000 年 7 月 1 日以前登记注册的第一类轻型汽车，以及 2001 年 10 月 1 日以前登记注册的第二类轻型汽车，即国 0 前的轻型汽油车；第 II 类限值适用于 2000 年 7 月 1 日以后且于 2008 年 6 月 30 日以前登记注册的第一类轻型汽车，以及 2001 年 10 月 1 日以后且于 2008 年 6 月 30 日以前登记注册的第二类轻型汽车，即国 1 和国 2 轻型汽油车；第 III 类限值适用于 2008 年 7 月 1 日以后登记注册的轻型汽车，即国 3 及其以后的轻型汽油车。广东省实施稳态工况法的具体限值如表 3.3 所示。而广东省在颁布的汽油车简易瞬态工况法的测试标准中也将车辆按照国 1 前和国 1 及以后划分为两大类，结合基准质量采用不同的排放限值。与无负荷的怠速或双怠速法相比，有负荷的测试方法对 NO_x 的高排放车有较好的识别效果。

表3.3 广东省汽油车稳态工况法检测限值

车辆类别	车辆基准质量 RM (kg)	ASM5025			ASM2540		
		CO (%)	HC (10 ⁻⁶)	NO (10 ⁻⁶)	CO (%)	HC (10 ⁻⁶)	NO (10 ⁻⁶)
国 0	RM ≤ 1250	2	200	4000	2.5	200	3500
	1250 < RM ≤ 1700	1.5	160	2800	2	160	2600
	1700 < RM	1.2	130	2100	1.6	130	2000
国 1、国 2	RM ≤ 1250	0.95	150	1650	0.9	120	1400
	1250 < RM ≤ 1700	0.8	115	1250	0.8	110	1150
	1700 < RM	0.75	95	950	0.7	100	850
国 3 及以后	RM ≤ 1305	0.95	150	1650	0.9	120	1400
	1305 < RM ≤ 1760	0.8	115	1250	0.8	110	1150
	1760 < RM	0.75	95	950	0.7	100	850

除了测试方法之外,采用一套良好的 I/M 制度管理体系也有助于削减车队的排放。I/M 制度按照检测和维护的组织形式的不同。目前主要可以有集中式、分散式与混合式等。在集中式 I/M 制度中,检测和维修是分开进行的。在典型的集中式 I/M 制度中,检测由数量相对较少的检测中心来完成,这些检测中心由政府进行管理,由投标产生的合同单位来进行运转。检测车辆如果通过了排放检测,则由检测中心发给合格证书;否则,检测车辆需要到外面的汽车修理厂进行维修,修理后再到检测中心接受检测。

集中式制度有许多优点。集中式 I/M 制度的检测站能形成规模效益,运行成本相对较低,却能进行大量的排放检测。只有在集中式 I/M 制度的检测中心,才有实力使用综合性能强、较为复杂的检测程序,使自动化和计算机控制得到广泛应用,并能便于对检测人员进行标准化的培训、检测质量控制以及检测数据收集与审计。这些优势使集中型与其它组织方式相比,使用的测试方法更先进、检测结果的可信度更高,同时与其他类型相比管理有所简化,因此,集中式的监督费用较低。但是集中式 I/M 制度也存在以下一些不足,由于检测站相对较少,车主到检测站的路程可能较远,增加了车主的往来时间,对于车主来说比较不方便。同时当检测期限邻近或是某些检测线出现故障停用时,集中式的 I/M 制度的检测中心会面临很大的检测压力,同时这也增加了车主的等候时间。

在分散式制度中,检测和维修是同时进行的。检测由众多兼营检测和修理的修理厂来完成,检测不合格车辆就地维修,合格证书也由修理厂发给车主。分散式制度与集中式相比,其好处在于车主的便利程度大大提高,这是由于车主可以选择较近的地方进行检测,并且不合格车辆可以就地维修。但是与集中式 I/M 制度中的检测站相比,由于检测和维修同时进行,受到各种利益的影响,分散型 I/M 制度的修理厂难以保证检测的正确和完整;而且由于分散式 I/M 制度网络中有大量的检测站,管理部门要对其进行监督执法和质量控制难度较大,且检测人员的素质较低、采用人工判断机动车是否通过检查等多方面因素,也更易造成舞弊现象,因此,分散式制度的可信度相对较低,导致其相应的监管费用较高。

混合式制度将集中式和分散式两种 I/M 制度的部分要素结合了起来,包括多种形式。其中一种混合式 I/M 制度中既有大型的集中式检测中心,也有许多小型的分散式兼具维修功能的检测维修站。所有车辆的第一次检测必须在检测中心进

行，不合格者到检测维修站进行修理，并进行复检，如经检测维修站证明合格，可由检测维修站发给其合格证书。这种形式在初检中发挥了检测中心大规模检测的执法、管理和质量控制优势以及规模效应，同时也避免了初检车辆需要返回集中式检测中心进行复检的不便。混合式制度克服了集中式制度的不足，为车主提供了方便。然而，它依然存在管理困难等缺点。

在另一种混合式 I/M 制度中将最可能成为高排放车的车辆安排在集中型的检测中心进行检测，而其他车辆则可以自主选择去集中式的检测中心或是分散式的检测维修站进行检测。这种混合型 I/M 制度的主要目的是保证最可能超标的车辆能在质量控制最好的检测部门进行检测，同时它又能免除大部分车主去集中式检测中心的不便。

图 3.3 中列出了美国加州在 I/M 制度采取集中式与分散式两类组织形式对机动车排放削减效益的比较，可以看出集中式的效益是分散式的 2-3 倍左右。

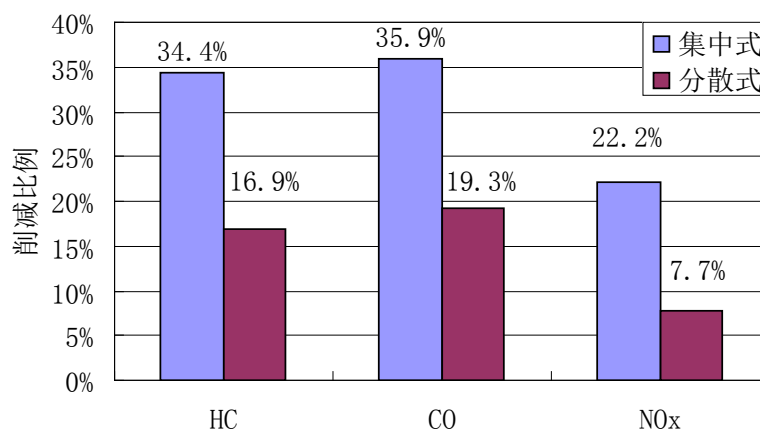


图3.3 美国加州不同 I/M 组织形式下检测站的排放削减比例

I/M 的控制措施还可以配合其他一些措施同步实行，从而强化实施的效果，例如对于新购置的低排放车可以减少其检测频率或予以免检，提高市民购买的积极性。

3.2.2 在用车环保标志管理

环保标志管理是另一项重要的在用车控制措施，并且它是其他重要控制措施的前提（例如机动车区域限行、高排放车改造和提前淘汰等等）。在我国，机动

车环保标志总体分成两类，一种是黄标，一种是绿标。拿到绿标的机动车就是尾气排放达到一定排放标准的，拿到黄标的机动车则一般尾气排放较为严重。

北京市是我国最早实行在用车环保标志管理的城市，从1998年12月起，北京市开始验发机动车绿色环保标志，对3883辆符合新标准的机动车贴了绿色环保标志。从2000年4月起，对1995年1月1日以后领取牌照的汽车治理后进行复检，符合标准的核发绿色环保标志；未达标的机动车一律不准上路，不予年检。在2001年，进一步在全市实行机动车环保标志。对达到《轻型汽车排气污染物排放标准》（DB11/105-1998 工况法标准）等严格排放标准的机动车，由环保部门发给绿色环保标志，每年进行一次排放检测。对无绿色环保标志的机动车，环保部门每年要对其进行两次排放检测，符合排放标准的发给黄色环保标志。负责落实未取得环保标志的重型货运车（荷载5吨及5吨以上）一律不得进入四环路内行驶。在2001年底，取得绿色环保标志的车辆达到43万辆，约占轻型车辆总数的50%。从2008年2月起，从事建筑工程运输的车辆，必须达到国家第三阶段机动车排放标准及其以上排放标准，取得绿色环保标志，办理相关运输准运证后，方可驶入五环路以内（含五环路）作业；对于尾气排放达不到要求的车辆，可根据车辆状况和相应补贴政策，由其所有人采取治理或更新措施。

2009年7月，环保部发布了《机动车环保检验合格标志管理规定》，在全国范围内统一了机动车环保标志标准，该管理规定提出：装用点燃式发动机汽车达到国Ⅰ及以上标准、装用压燃式发动机汽车达到国Ⅲ及以上标准的，核发绿色环保检验合格标志；摩托车和轻便摩托车达到国Ⅲ及以上标准的，核发绿色环保检验合格标志；未达到上述标准的机动车，核发黄色环保检验合格标志。同时，该规定还明确了环保合格检验标志的有效期以及核发、换发程序等内容，对于规范我国在用车环保标志管理具有重要作用。

3.2.3 在用车改造

对在用车中部分排放贡献大，且短期内又尚未达到报废条件的车辆，可以通过排放控制技术的改造来降低污染排放。在用车改造在国内外许多国家和地区都得到了实施，改造对象包括轻型车、重型车以及摩托车等。但目前从世界上尤其是发达国家的在用车改造技术的发展趋势来看，实施在用车改造的重点逐渐转移到柴油车辆，尤其是重型柴油车辆。目前对在用高排放柴油车的改造技术主要是

加装尾气催化净化装置，如氧化型催化转换器（DOC）、颗粒捕集器（DPF）等。

美国、欧洲及我国香港特别行政区，在对柴油车的改造方面都积累了相当多的经验。针对轻型柴油客车，香港于2001年完成一项计划协助车主替欧盟前期轻型柴油车辆安装微粒过滤器或催化转换器。有24000辆轻型柴油车辆安装了这类装置。微粒过滤器/催化转换器可把欧盟前期轻型柴油车辆的颗粒物排放量减低约30%。自2003年12月开始，法例规定所有不超过4吨的欧盟前期轻型柴油车辆必须安装合适的颗粒物后处理装置。针对中型和重型柴油车辆，香港在2004年完成协助车主替欧盟前期重型柴油车辆安装催化转换器的计划。有34000辆重型柴油车辆安装了催化转换器。这种装置能把欧盟前期重型柴油车辆的颗粒物排放量减少约25-35%。2006年4月起，法例规定所有欧盟前期重型柴油车辆，必须安装合适的颗粒物后处理装置。同时，多间巴士公司已为约2000辆欧盟前期或欧盟I期的旧式巴士安装柴油催化转换器。

在美国也有专门的柴油车自愿改造项目，对在用的柴油车和移动机械进行改造，由美国国家环保局通过排放削减效益的测试对改造技术进行认证，鼓励措施则包括补贴、减免税收以及只允许经过改造的车辆和机械参加政府投资的建设项目等。不过需要特别指出的是，从目前国际上已经进行了针对柴油车进行改造的城市的经验来看，在车用柴油的硫含量低于50 ppm时，对柴油车进行排放改造的项目较为可能取得成功，否则的话将很难取得预期的效果。

在车用柴油油品指标，尤其是硫含量指标满足了排放改造技术的要求或是对目标车辆能保证更低硫含量的柴油供应时，进行柴油车的改造，尤其是针对重型柴油车的改造，也是对部分排放控制技术较为落后，但短期内又难以大规模淘汰的柴油车可以优先考虑的控制措施。

3.3 车用油品控制措施

理论和实践均表明，汽车工业的技术进步与车用油品质的改善是密切相关的，二者需要相互衔接同步发展，而且燃油品质也会直接影响车辆排放，油品的成分直接影响着汽车尾气排放各污染物的浓度。随着不同阶段、不同时期汽车工业的技术进步要求，以及对于环境排放的要求越来越高，对于油品的控制标准也在不断变化。与采取新车排放标准对机动车排放控制存在一定程度的滞后相比，

改善车用燃油的质量会对整个在用车队的排放带来立竿见影的影响。一方面，采取新的排放标准时必须实施有相应配套的油品标准，否则无法完全发挥加严新车排放标准的效果；另一方面，油品的改善会立刻给包括各车龄各排放水平车辆在内的全体在用车的排放带来即时的效益。

研究表明，汽油中的硫会显著降低催化转化器中催化剂的活性甚至使其失效，还会影响排气氧传感器的正常工作。有关汽油中硫含量对不同技术类型车辆排放污染物的影响在欧洲及美国等地已经做过广泛的实验，其中一些较具有代表性的研究结果见表 3.4 所示。

欧盟为了配合 Euro 1-Euro 5 新车排放标准的实施，提出了相应的车用汽油和柴油油品质量要求，其中硫含量也作为其中一个关键的指标，图 3.4 所示是随着欧洲排放标准体系的加严车用油品含硫量逐步降低的趋势图。

表3.4 降低汽油硫含量对排放的影响

研究项目	车辆技术水平	硫含量 (ppm)		排放削减 (%)		
		高	低	HC	CO	NO _x
AQIRP	TIER0	450	50	18	19	8
AQIRP	TIER1	320	35	20	16	9
EPEFE	Euro 2+	382	18	9(43 ^a)	9(52 ^a)	10(20 ^a)
AAMA/AIAM	LEV&ULEV	600	30	32	55	48
CRC	LEV	630	30	32	46	61
JARI	1978 年法规	197	21	55	51	77

(a) 括号内的排放削减是在欧洲城郊工况 EUDC 下测得的

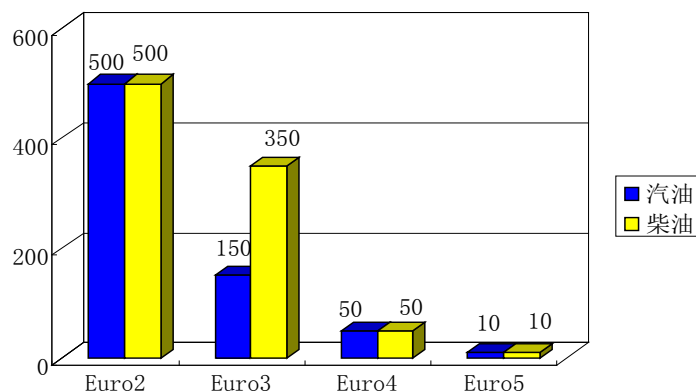


图3.4 不同欧洲排放标准对应的燃油含硫量限值

我国自上世纪90年代末开始对车用燃料进行环保控制。1998年，国务院办公厅发布《关于限期停止生产销售使用车用含铅汽油的通知》，规定自2000年7月1日起，全国所有汽车一律停止使用含铅汽油，为我国实施第一阶段机动车排放标准，引入电控燃油喷射和三元催化器技术提供了燃油支持。2000年以来，我国对于车用燃料实施了一系列的标准，燃料品质不断提升，油品硫含量不断降低。目前，我国已经实施了国3阶段车用汽油标准，将汽油中硫含量控制在150 ppm以内；同时，2011年7月起，我国开始实施国3阶段车用柴油标准，将柴油中硫含量控制在350 ppm以内。需要指出的是，我国目前的车用油品标准仍然滞后于新车排放标准的实施进度，需要进一步加强车用油品的控制。

3.4 交通管理与经济措施

3.4.1 车辆行驶限制

对部分车型在部分区域采取行驶限制是近年来我国部分城市开始尝试采用的一项重要交通控制措施。针对重型货车和黄标车在城区的行驶限制可以有效地降低城市核心区污染，而对于占保有量比例最大的小型客车实行限行则可以缓解城市交通拥堵状况，并进而降低车队的平均排放。在更大范围对车辆进行交通控制，也是举行如奥运会、亚运会等大型活动时可以考虑采取的应急措施。

为了保障北京奥运期间的道路交通与空气质量，北京市政府颁布了《关于2008年北京奥运会残奥会期间对本市机动车采取临时交通管理措施的通告》，同时北京市政府、公安部、交通运输部和环境保护部还共同组织制订了《2008年北京奥运会残奥会期间北京市交通保障方案》。在第十四阶段控制大气污染物排放措施的基础上，在2008年7月1日至9月20日期间，北京市对本地与外地机动车（含临时号牌车辆）采取了多项临时交通管理措施，影响交通流排放的内容主要包括：

1) 黄标车禁行：2008年7月1日0时至9月20日24时，黄标车禁止在北京市行政区域内道路行驶。

2) 单双号限行：2008年7月20日0时至9月20日24时，北京市及外地进京机动车按车牌尾号实行单号单日、双号双日行驶。单双号限行范围为：7月20日0时至8月27日24时，北京市全市行政区域内；8月28日0时至9月20

日 24 时，五环路主路以内。

3) 货车和摩托车限行：北京市货运机动车，6 时至 24 时，禁止在六环路以内道路（不含六环路）行驶。2008 年 7 月 20 日 0 时至 9 月 20 日 24 时，运输土方或渣土的车辆禁止在北京市行政区域内道路行驶。京 B 号牌摩托车全天禁止在四环路以内道路（不含四环路辅路）行驶。

4) 公车停驶：北京市有关单位在奥运会举办期间停驶 70% 的公车。

这些控制措施有效地改善了奥运会期间城市的交通状况。根据清华大学的估算，奥运期间六环内车流总活动水平与奥运会前相比下降约 32%，平均车速由奥运前的 25 km/h 提升至约 37 km/h。此外，各项措施对于机动车污染物的减排也起到了重要的作用，表 3.5 列出了奥运期间各单项措施对于机动车 CO、HC、NO_x 和 PM_{2.5} 排放的日减排量和削减率，基准为奥运前 2008 年 6 月机动车大气污染物排放清单。

表3.5 北京奥运期间关键临时交通管理措施的减排效果

		HC	CO	NO _x	PM _{2.5}
黄标车禁行	日减排量（吨）	50.6	319.5	42.1	3.1
	削减率	23%	18%	20%	34%
分单双号行驶	日减排量（吨）	103.4	834.3	71.5	2.7
	削减率	47%	47%	34%	30%
公车停驶 70%	日减排量（吨）	26.4	213.0	25.2	1.0
	削减率	12%	12%	12%	11%

需要指出的是，这几项措施之间存在削减效益重叠部分，共同效益不能由简单叠加计算。综合而言，与 2008 年 6 月的基准排放相比，夏季奥运会赛事期间的临时控制措施对机动车 CO、HC、NO_x 和 PM₁₀ 的综合排放削减率分别达到 57%、56%、46% 和 52%，在奥运会与残奥会临时交通管理措施生效期间，机动车 HC、CO、NO_x 和 PM_{2.5} 的排放削减量分别为 0.8 万吨、6.5 万吨、0.7 万吨和 346.7 吨。机动车临时措施的实施毫无疑问是北京奥运期间优异空气质量实现的关键之一。

在奥运期间的临时限行措施取得良好的减排效果之后，北京市人民政府于2008年9月27日发布了《北京市人民政府关于实施交通管理措施的通告》，规定2008年10月11日至2009年4月10日起，北京市机动车按车牌尾号每周在工作日内停驶一天，限行范围为五环路以内道路（含五环路），限行时间为6时至21时。而从2009年4月11日起，限行的时段改7时至20时，限行范围改为五环路以内道路（不含五环路）。

根据北京市交通发展研究中心等单位于2009年4月发布的《实施〈北京市人民政府关于实施交通管理措施的通告〉监测评估报告》，“每周少开一天车”期间高峰路网速度比“无限行”期间明显提高，早高峰（7:00-9:00）期间路网速度提高了15.6%，晚高峰（17:00-19:00）期间路网速度提高了13.8%。全天市区主干道流量下降4.1%，环路流量下降2.8%。工作日尾号限行措施也带来了机动车排放削减，表3.6列出了清华大学估算的北京市2008年和2009年工作日尾号限行（五天限一天）对于CO、HC、NO_x和PM_{2.5}排放的削减量，其中2008年是10月11日实施限行之后的削减量。

表3.6 北京市尾号限行排放削减效果（吨/年）

	CO	HC	NO _x	PM ₁₀
2008年	21058	2811	1537	73
2009年	71239	9957	5113	79

3.4.2 促进老旧车辆淘汰更新

对于部分排放控制技术落后、污染严重、短期内不可能迅速自然淘汰的车辆，采用鼓励提前报废的措施可以收到较好的效果。研究表明，少部分排放控制技术落后排放水平高的车辆对城市机动车总排放有很显著的贡献，因此在不断加强新车控制的同时，加强对这部分老旧机动车的控制同样非常重要。从环境容量的角度，淘汰老旧车辆将在一定程度上有助于满足新增车辆的需要，减轻环境压力。

国外政府一般通过补贴、加税等方法，引导旧车使用者做出加快淘汰的决定。如瑞典从70年代开始对报废车辆实行收费和奖励，规定所有3.5吨以下的机动车（摩托车除外）都应缴纳850克朗的汽车报废税；其收入用于给将报废车辆弃

于指定汽车报废场所的车主退税，退税额为 500 克朗；1992 年起，如废车在报废前 14 个月内交回，则奖励 1500 克朗。法国政府在 1994 年 1 月至 1995 年 6 月执行鼓励老旧汽车淘汰更新政策，用户在淘汰使用 10 年以上老旧汽车而重新购买一辆相同品牌新车时可获得 5000 法郎补贴作为奖励。因此，法国轿车市场在此时期特别活跃，共有 73.6 万辆老旧汽车得到更新。日本对车龄超过 10 年的机动车加大汽车税征收税率，车龄超过 11 年的柴油车、超过 13 年的汽油车加税 10%。

此外，许多国家还通过制定一些政策，包括加严排放标准或增加老旧车辆年检的次数和费用等来促进在用车更新。如日本采用增加老车的年检频率，降低新车的免检期限，增加检查费用等措施来加快旧车的淘汰。日本在汽车方面有三种收费(税)，在购置新车时需要交车辆购置税，在用车每车还要交年费，约为 55000 日元/辆，另外每年还要交年审费（一般新车第三年开始年审，以后每两年一次）。为了鼓励车辆更新，在用车根据年检情况，将会提高年费标准，如 60000 日元/辆。希腊从 1990 年 3 月起规定，凡装有尾气转换装置的新车在 5 年内可免道路附加税和初始总额税，免税的前提是车主的旧车已经报废。这项措施推出当年全国就报废了 30 万辆旧车，污染大幅度减少。

北京市从 2008 年底开始实施黄标车（国 I 之前的汽油车和国 III 之前的柴油车）提前淘汰补贴政策，其中在 2008 年 9 月 27 日至 2009 年 6 月 30 日之间为第一阶段，提前淘汰的车辆补贴额度为 800~25000 元；2009 年 7 月 1 日之后为第二阶段，提前淘汰的车辆的补贴额度为 500~22000 元。在北京市黄标车提前淘汰补贴政策实施的第一年，就已经实现了北京市超过 10 万辆黄标车的报废或转出。该补贴政策在 2010 年底结束，共累计淘汰老旧黄标车约 15 万辆。

2011 年开始，为进一步促进北京市老旧机动车淘汰更新，实现 2015 年底前淘汰老旧机动车 40 万辆的要求，在总结黄标车淘汰鼓励政策实施的经验之后，北京市政府制定了以第三方交易平台为基础的老旧车淘汰鼓励的方案，鼓励使用 6 年及以上且未达到现行国家第四阶段排放标准的载客汽车、载货汽车和专项作业车（不含黄标车）的更新淘汰。

在该老旧车更新鼓励政策中，北京市政府对淘汰（转出北京市范围或提前报废）老旧机动车的车主发放政府补助，重点淘汰国家第一阶段和国家第二阶段排

放标准车辆。其中转出车辆需要定期参加机动车检验且检验结果合格。公车以及摩托车和低速载货汽车的淘汰，不享受政府补助。政府补助标准按照机动车车型和使用年限区别确定，执行时间为2011年8月1日至2012年12月31日，表3.7列出了政府对报废老旧机动车的补助具体标准。

表3.7 报废老旧机动车的政府补助标准（元）

车型		车龄			
		6-8年		8年以上	
		转出	报废	转出	报废
载客汽车	微型	3500	4000	3000	3500
	小型	5000	5500	4500	5000
	中型	4500	5000	4000	4500
	大型	14500	15000	12500	13000
载货汽车	微型	3000	3500	--	--
	轻型	3500	4000	3000	3500
	中型	7500	8000	5500	6000
	重型	10500	11000	8500	9000

车主在淘汰老旧机动车时除了可以获得政府的补助之外，在更换新车时，还可以通过企业奖励凭证冲抵车款方式获得企业奖励，企业奖励新车车型必须是第三方交易办理平台公示车型。企业奖励车辆不包括摩托车及低速载货汽车。企业奖励标准由各汽车生产企业按照平均标准不低于政府补助额度的原则自行确定，并根据客、货机动车以及销售价格划分档次。企业奖励建议标准见表3.8和表3.9所示。各企业在第三方交易办理平台内公布的新车销售价格应为市场指导价格。

表3.8 客车的企业奖励建议标准

车辆价格	10万及以下	10-15万	15-20万	20-30万	30万以上
建议标准 (元)	2000	4000	5000	6000	10000

(a) 可向上浮动不超过20%；

(b) 排量1升(含)以下的微型客车可向下浮动20%。

表3.9 货车的企业奖励建议标准

车辆价格	10 万及以下	10-15 万	15-20 万	20 万以上
建议标准 (元)	1000-2500	2500-4000	3000-5000	4500-10000

北京市老旧车更新淘汰政策的具体实施是通过第三方交易管理平台进行的，该平台设立了网络信息管理系统和若干实地业务办理网点。根据相关授权，由第三方负责审核老旧机动车淘汰更新有关信息，对符合条件的车主办理政府补助和发放企业奖励凭证，并提供相关服务。车主完成老旧机动车淘汰后，通过网上或业务办理网点申请获得企业奖励凭证，更换新车时使用企业奖励凭证在汽车销售单位兑现企业奖励，新车注册登记后，再回交易办理平台办理政府补助。如车主承诺只淘汰老旧机动车，不购置在交易办理平台上公示的新车，交易办理平台审核后办理政府补助。政府购买第三方交易办理平台提供的服务，并为交易办理平台提供一次性开办费用；交易办理平台日常运行费用由第三方向汽车生产企业提供服务所收取的交易费用支付，交易费用标准为 100 元/车。根据北京市环保局公布的相关信息，老旧机动车淘汰更新政策在实施三个月后已经淘汰了老旧机动车 8 万多辆，超过了原先制定的 5 万辆的年度计划。在淘汰的车辆中，有近 4 万辆申请了政府补助，其中绝大多数为私家车。

3.4.3 车辆限购措施

通过行政手段，对部分车型保有量实行总量调控，可以缓解交通压力并削减机动车排放。该措施通常针对保有量增长最快的车型，如小型客车、中型客车等，利用限制车辆上牌的方式进行控制，最典型的案例是上海的车牌拍卖政策和北京市的摇号购车政策。

上海市是国内最早实施车辆限购措施的城市。从 1994 年开始，上海市为控制新增机动车总量、缓解交通拥堵，采用 10 万元起价的“有底价、不公开拍卖”的方式，对私车牌照进行市场化配置。2000 年，上海市人大制订了《上海市机动车管理条例》，取消了拍卖底价，对所有 19 座以下生活用车实行“无底价、公开拍卖”的竞购制度。2004 年 9 月起，对新增公务车辆通过不定期控购+有底价拍卖的方式，也纳入额度管理及牌照拍卖范围，并一直持续至今。具体实施方式

上，上海市的车辆牌照拍卖每月一次，根据上月的车牌拍卖价格，调整确定下月的车牌投放数量，市民则根据车牌投放的数量和历史价格决定是否参与竞标。2010年，上海市各月车牌投放数量为7500-9000个，平均成交价为15970-44900元。

为了缓解交通拥堵状况，实现小客车数量合理、有序增长，北京市于2010年12月发布了《北京市小客车数量调控暂行规定》及其实施细则，规定自2011年1月1日起实施小客车数量调控措施，小客车年度增长数量和配置比例由市交通行政主管部门会同市发展改革、公安交通、环境保护等相关行政主管部门，根据小客车需求状况和道路交通、环境承载能力合理确定，报市政府批准后向社会公布。需要获得购车指标的单位和个人，通过摇号方式无偿取得。购车指标中，个人指标额度占年度指标配额的88%，营运小客车指标额度占年度指标配额的2%，其他单位指标额度占年度指标配额的10%。此外，个人必须名下没有北京市登记的小客车，才能获得摇号资格。2011年度，小客车购车指标的总量额度为每月2万个，全年24万个。

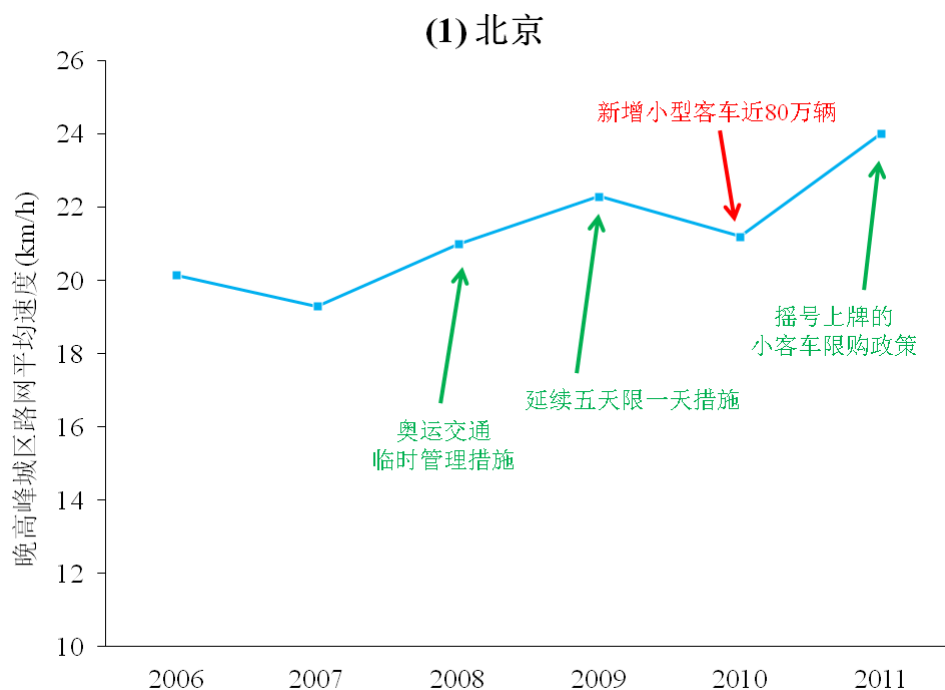
车辆限购措施对于机动车保有量的控制效果十分显著。对于上海而言，由于较早实施了车牌拍卖措施，即使GDP水平和北京相当，近年来民用汽车保有量显著低于北京水平。例如，2010年，上海市民用汽车保有量为176万辆，远小于北京的450万辆。对于北京而言，根据北京市公安局公安交通管理局的数据，2010年北京市新增机动车（包括摩托车和其他特种车辆）79万辆，而实施限购后，2011年全年北京仅净增机动车17万辆。

3.4.4 城市交通运行特征影响

城市路网车流的交通特征变化（车速、出行里程等）对城市机动车排放会产生复杂的影响，主要作用机理体现在两个方面。首先，城市交通需求的上升，会导致城市机动车的总出行里程数（VKT）的增加，直接增加城市机动车排放总量。其次，城市交通需求的快速上升，会导致部分时空分布上出现交通供给无法满足交通需求，即在交通密集地区的高峰时段产生拥堵现象，导致交通运行状况恶化。交通运行状况最重要的一个宏观特征参数是车队的平均速度。通常情况下，交通运行状况的恶化（即机动车平均速度的下降）会导致机动车排放因子的上升，间接导致城市机动车排放量的上升。国内外目前大量的研究中，通过宏观统计信息

能够较为准确的把握城市机动车总出行里程的变化趋势,但往往忽略不同年份间交通运行状况变化对机动车排放的影响。

2000年以来,中国部分大城市开始逐步建立城市交通运行数据系统,并且发布相关年报,为分析不同年份之间的宏观交通运行状况提供了基础数据。例如,北京已经建立了基于超过4万辆出租车的浮动车交通信息系统,基于此系统发布实时路况信息和交通运行报告。图3.5展示了2006-2011年北京市城区晚高峰路网平均速度和广州市城区晚高峰主次干道平均速度。以北京为例,在过去的6年中(2006-2011年),采取的各种重要交通措施对城区交通运行特征均产生了明显的影响。2008年,北京采取的奥运交通临时管理措施(私家车单双号、黄标车限行和公车停驶等措施)使该年份晚高峰城区路网平均速度由上年度19.3km/h提高到21.0km/h。2009年,北京延续了五天限一天的小客车限行措施,晚高峰路网平均速度进一步提高到22.3km/h。2010年,北京小客车保有量快速增长,直接导致该年份城区晚高峰平均速度下降到21.2km/h。2011年,北京出台了小客车限购等一系列措施来缓解城市交通拥堵,使得城区晚高峰平均速度上升到24.0km/h,为过去6年的最佳水平。



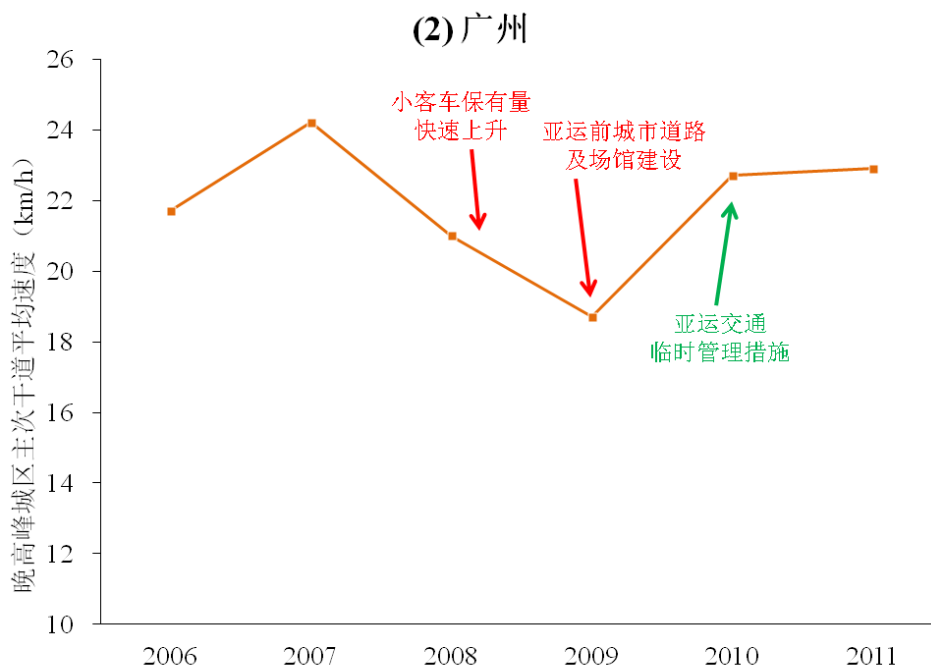


图3.5 北京与广州城区交通运行状况变化趋势，2006-2011年

本研究分别以北京和广州 2006 年小型客车（不包括出租车）的热稳运行过程中（不包括冷启动排放和蒸发排放）污染物排放为基准，假设后续年份车队技术构成和行驶里程均不发生变化，评估图 3.5 中北京和广州城区历年交通状况的变化对小型客车污染物排放的影响。其中，机动车排放因子与平均速度关系根据清华大学环境学院开发的北京市机动车排放因子模型（V1.0）进行模拟计算。如图 3.6 显示，CO 和 HC 排放对平均速度的变化比 NO_x 更为敏感。北京城区由于晚高峰运行速度的变化会间接导致 2007-2011 年 CO 排放相对 2006 年变化-16%到 4%，HC 相对 2006 年变化-15%到 3%， NO_x 相对 2006 年变化-10%到 2%。广州城区主次干道由于晚高峰运行速度的变化，导致 2007-2011 年的 CO 和 HC 相对 2006 年变化-10%到 13%， NO_x 相对 2006 年变化-6%到 8%。综上所述，交通运行状况的改变对于小客车排放量的相对影响变化区间能达到约 $\pm 5\sim 15\%$ 。因此，城市路网车流交通状况是影响城市机动车排放量的重要因素。在今后的研究中，交通控制措施应成为我国机动车排放综合控制的重要选择。但是，需要指出的是，对于交通运行特征变化对排放的影响定量分析需要有大量的交通流数据和基于微观工况的排放模型做支撑，在后续章节机动车排放总量控制方案的研究中本研究暂不考虑交通流变化对排放的影响。

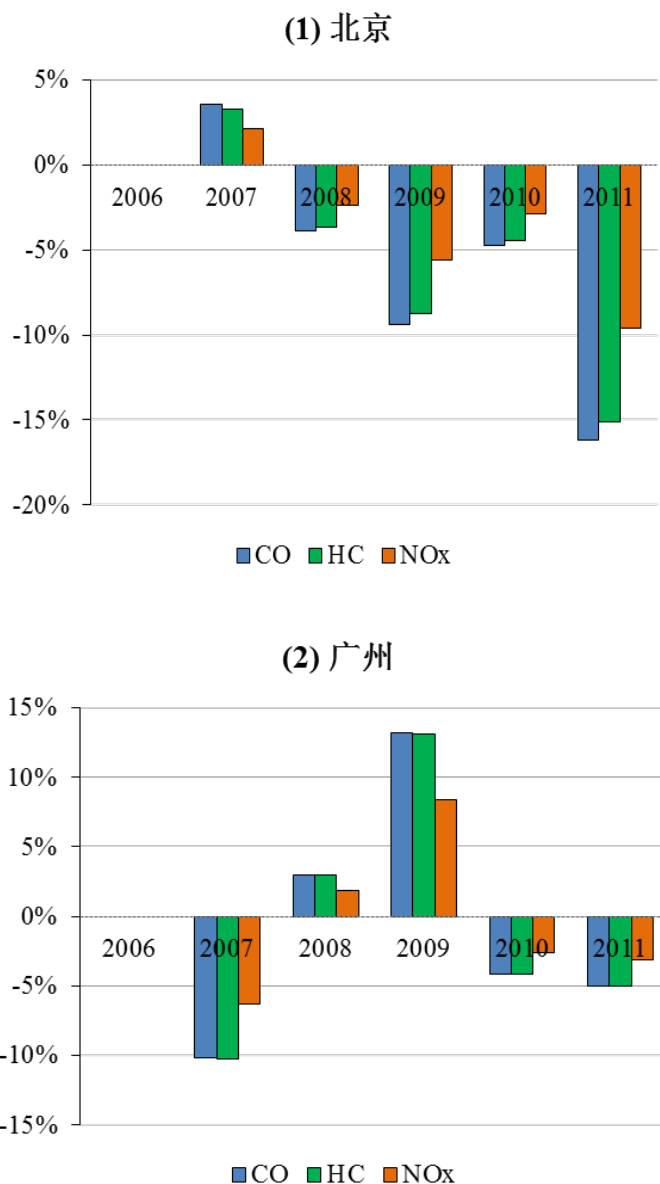


图3.6 北京与广州城区交通运行状况变化对小型客车排放影响，2006-2011

注：分别以北京和广州 2006 年小型客车技术构成和活动水平下的热稳运行排放（不包括冷启动和蒸发排放）为基准，考虑速度变化对小客车排放的影响比例。

3.5 机动车排放控制措施基础数据库

基于以上对国内外控制措施的调研结果，本研究建立了机动车排放控制措施基础数据库，该数据库的基本框架如图 3.7 所示。机动车排放控制措施数据库的底层信息如图 3.8 所示，这些底层信息将通过软件编程整合到控制措施效果评估平台中。控制措施基础数据库的主要功能包括分类查询、筛选、为措施评估提供

基础输入信息，同时在确定总量控制目标和运行控制措施效果评估模型之后用于城市机动车排放综合控制方案的制订，详情请参见第四章和第五章的有关内容。

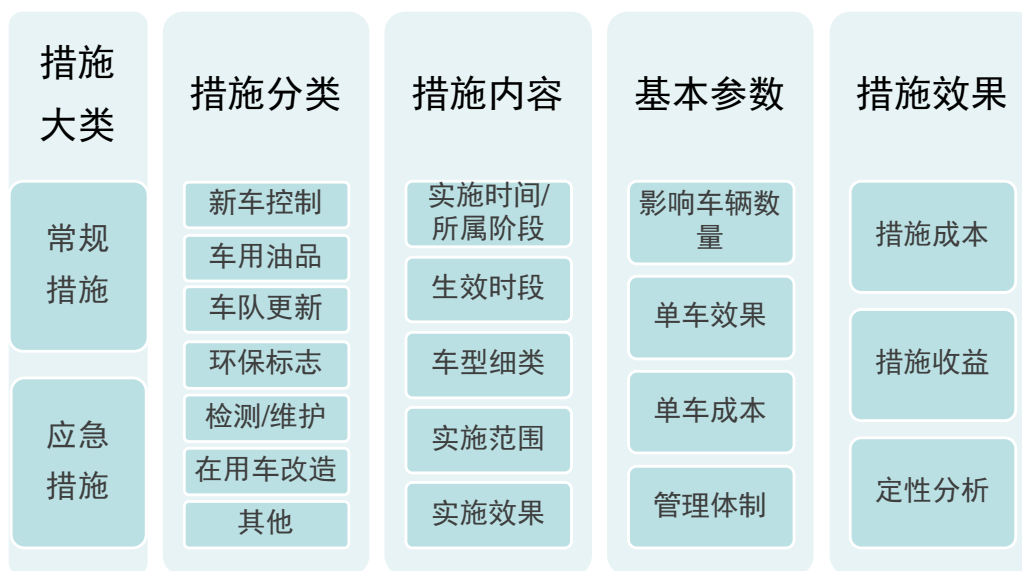


图3.7 机动车排放控制措施基础数据库

	B	C	D	E	F	G
1	措施名称	措施分类		措施内容		
2		大类	小类	实施时间	所属阶段	车型分类
3	对新重型汽油车、重型柴油车、农用运输车和拖拉机执行严格的排放标准，对排放超标车辆一律不予上牌照	新车控制	新车标准	2001年11月 2002年4月 2003年4月 2003年5月 2003年8月 2003年9月 2005年4月	第三阶段	新重型汽油车、重型柴油车、农用运输车和拖拉机
4	监督检查本市汽车生产企业生产的轻型汽车符合《轻型汽车排气污染物排放标准》(DB11/105-1998工况法标准)，生产的其他类型车辆全面符合国家和北京市颁布的各项机动车新排放标准，不达标车不准在京销售	新车控制	新车标准	2005年12月 2006年3月 2007年4月 2007年6月 2008年2月 2008年3月 2008年5月 2009年1月 2009年10月	第四阶段	轻型汽车
5	组织开展新车产品一致性及耐久性抽查，督促机动车生产厂家进行产品升级，保证新车达标排放；尽快执行机动车第二阶段标准（相当于欧洲2号标准）	新车控制	新车标准	1999年3月-1999年9月前 1999年3月-1999年底前 1999年3月-1999年国庆前 1999年9月-1999年10月底 1999年9月-1999年底前	第八阶段	新车
6	在京销售的轻型车和重型柴油车必须符合国家标准第二阶段机动车排气污染物排放标准，其他车辆符合相应标准，否则不得出售	新车控制	新车排放标准	2003年	第九阶段	在京销售的轻型车和重型柴油车
7	开始实施国家第三阶段机动车排放标准	新车控制	新车排放标准	2005年12月	无	在京销售的轻型车和重型柴油车

图3.8 基础数据库的底层信息

第4章 典型城市机动车排放现状与趋势分析

对于机动车的排放控制一般是基于城市尺度或者是城市群尺度,为了较好地反映我国不同类型城市机动车污染排放现状及未来发展趋势,同时与区域联防联控的战略目标相结合,本研究选取长三角地区不同类型的典型城市进行研究。

机动车的发展与地区经济发展水平密切相关,长三角地区作为我国经济最为发达的区域之一,其机动车保有量在近20年持续快速增长。同时,作为我国空气污染最为严重的区域之一,长三角地区对于大气污染物的减排有着迫切的需求。机动车作为城市大气污染物的最主要来源之一,其污染物排放的控制需要受到高度重视。选取长三角地区不同类型典型城市作为研究案例,对于其他地区城市机动车的发展具有示范作用。为了反映不同类型城市的机动车发展情况,本研究在长三角区域中选择了上海、南京、苏州、无锡和常州5个城市作为案例,以代表典型的特大城市、省会级城市以及一般城市等三类城市的特点。

4.1 典型城市基本信息及机动车保有量发展趋势分析

4.1.1 典型城市基本信息

本研究中,城市基本信息来源于《上海统计年鉴》、《南京统计年鉴》、《苏州统计年鉴》、《无锡统计年鉴》和《常州统计年鉴》等地方统计年鉴中的统计数据。表4.1~4.5列出了2000年至2010年上海、南京、苏州、无锡和常州5个城市的城市面积、公路总里程、人口、GDP、机动车保有量、民用汽车保有量、小型客车保有量、人均GDP、千人机动车保有量、千人民用汽车保有量以及千人小型客车保有量等基本信息。

表4.1 上海市基本信息 (2000-2010)

年份	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
城市面积 (km ²)	6340										
公路总里程 (km)	-	6078	6286	6484	7805	8110	10392	11163	11497	11671	11974
人口 (万)	1609	1614	1625	1711	1742	1778	1815	1858	1888	2210	2302
GDP (亿元)	4771	5210	5741	6694	8073	9248	10572	12494	14070	15046	17166
机动车保有量 (万辆)	100	115	136	170	197	216	231	246	259	276	299
民用汽车保有量 (万辆)	47	53	62	72	84	95	107	120	132	147	170
小型客车保有量 (万辆)	17	20	27	35	45	56	67	79	92	106	127
人均 GDP (万元)	3.0	3.2	3.5	3.9	4.6	5.2	5.8	6.7	7.5	6.8	7.5
千人机动车保有量 (辆/千人)	62	71	84	100	113	121	127	132	137	125	130
千人民用汽车保有量 (辆/千人)	29	33	38	42	48	54	59	64	70	67	74
千人小型客车保有量 (辆/千人)	10	13	17	20	26	31	37	43	49	48	55

表4.2 南京市基本信息 (2000-2010)

年份	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
城市面积 (km ²)	6587										
公路总里程 (km)	7368	7157	7329	7810	8593	8805	9689	9947	10164	10509	10749
人口 (万)	613	625	639	653	669	686	719	741	759	771	800
GDP (亿元)	1074	1219	1385	1691	2067	2452	2823	3340	3815	4230	5013
机动车保有量 (万辆)	29	31	40	47	55	62	71	82	92	105	118
民用汽车保有量 (万辆)	11	12	15	19	24	29	36	44	52	65	81
小型客车保有量 (万辆)	5	6	8	11	15	20	26	34	42	54	69
人均 GDP (万元)	1.8	2.0	2.2	2.6	3.1	3.6	3.9	4.5	5.0	5.5	6.3
千人机动车保有量 (辆/千人)	47	49	63	72	83	91	99	111	121	137	147
千人民用汽车保有量 (辆/千人)	17	20	23	29	36	43	49	60	69	85	102
千人小型客车保有量 (辆/千人)	8	10	12	17	22	29	36	46	55	70	87

表4.3 苏州市基本信息 (2000-2010)

年份	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
城市面积 (km ²)	8848										
公路总里程 (km)	1925	5214	5520	5726	6453	6993	10209	10983	12346	12519	12754
人口 (万)	679	689	701	717	734	753	810	882	913	937	1047
GDP (亿元)	1541	1760	2080	2801	3450	4138	4901	5850	7078	7740	9229
机动车保有量 (万辆)	85	87	100	113	127	137	152	166	175	185	203
民用汽车保有量 (万辆)	12	15	21	29	36	42	56	70	83	101	125
小型客车保有量 (万辆)	5	7	10	15	21	27	39	52	64	82	104
人均 GDP (万元)	2.3	2.6	3.0	3.9	4.7	5.5	6.1	6.6	7.8	8.3	8.8
千人机动车保有量 (辆/千人)	125	126	143	158	173	182	188	188	192	198	194
千人民用汽车保有量 (辆/千人)	18	22	30	40	48	55	69	79	91	108	119
千人小型客车保有量 (辆/千人)	8	10	14	21	28	35	48	59	70	87	99

表4.4 无锡市基本信息 (2000-2010)

年份	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
城市面积 (km ²)	4627										
人口 (万)	509	515	523	533	545	557	584	599	611	620	637
GDP (亿元)	1177	1329	1534	1833	2251	2809	3311	3880	4461	4992	5793
机动车保有量 (万辆)	72	77	83	89	96	97	105	119	124	136	113
民用汽车保有量 (万辆)	9	11	14	19	24	29	35	42	49	59	72
小型客车保有量 (万辆)	4	5	7	10	14	18	24	32	39	48	60
人均 GDP (万元)	2.3	2.6	2.9	3.4	4.1	5.0	5.7	6.5	7.3	8.1	9.1
千人机动车保有量 (辆/千人)	141	149	158	167	176	174	179	199	203	219	178
千人民用汽车保有量 (辆/千人)	17	21	27	35	43	52	60	70	80	95	113
千人小型客车保有量 (辆/千人)	8	10	14	19	25	33	42	53	63	77	94

表4.5 常州市基本信息 (2000-2010)

年份	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
城市面积 (km ²)						4372					
公路总里程 (km)	1384	5165	5232	5404	5999	5444	5546	6732	7185	7479	8348
人口 (万)	378	382	388	396	403	411	426	435	441	445	459
GDP (亿元)	601	673	761	901	1102	1308	1585	1914	2266	2520	3045
机动车保有量 (万辆)	41	47	52	55	63	64	67	81	81	88	86
民用汽车保有量 (万辆)	6	7	8	10	13	16	20	24	28	35	45
小型客车保有量 (万辆)	2	3	4	5	7	10	14	18	22	28	37
人均 GDP (万元)	1.6	1.8	2.0	2.3	2.7	3.2	3.7	4.4	5.1	5.7	6.6
千人机动车保有量 (辆/千人)	108	124	134	139	155	156	157	185	185	197	188
千人民用汽车保有量 (辆/千人)	15	17	20	25	31	39	47	56	64	79	97
千人小型客车保有量 (辆/千人)	6	7	10	13	18	25	33	42	50	64	80

4.1.2 典型城市机动车保有量现状

本研究中,对于机动车的分类与统计年鉴类似,主要参考公安部《机动车类型分类表》,此外,考虑到公交车和出租车的行驶里程与普通客车有很大区别,将这两种车辆单独列出,共将机动车分为小型客车、中型客车、大型客车、轻型货车、中型货车、重型货车、公交车、出租车和摩托车9大类,具体的分类方法见表4.6所示。

表4.6 机动车分类方法

车型分类		说明	
汽车	载客	小型客车	车长小于6米,乘坐人数小于等于9人
		中型客车	车长小于6米,乘坐人数大于9人且小于20人
		大型客车	车长大于等于6米或乘坐人数大于等于20人
	载货	轻型货车	车长小于6米,总质量小于4500 kg
		中型货车	车长大于等于6米,总质量大于等于4500 kg且小于12000 kg
		重型货车	车长大于等于6米,总质量大于等于12000 kg
	公交车		
出租车			
摩托车			

上海各车型机动车保有量数据来源于《中国汽车工业年鉴》，其它城市数据来源于《南京统计年鉴》、《苏州统计年鉴》、《无锡统计年鉴》和《常州统计年鉴》等地方统计年鉴。对于不同车型，保有量发展状况有着不同的趋势：

1) 小型客车保有量增长最为迅速，南京、苏州、无锡和常州 2010 年小型客车保有量相比 2000 年都增加了 10 倍以上，其中，苏州小型客车保有量增长最快，过去 11 年间增加了 17.5 倍，年均增长率达到了 34%。上海由于车牌限购政策，2010 年小型客车保有量相比 2000 年仅增加了 5.5 倍，但仍显著高于其他车型保有量的增长。

2) 相比小型客车保有量的高速增长，其它类型汽车保有量在近年来增长势头较为稳定。以南京为例，2000-2010 年小型客车保有量年均增长率高达 30%，而其它客车和货车的保有量年均增长率分别仅为 7.3% 和 7.4%。

3) 2000-2007 年，各城市摩托车保有量保持增长的态势。2007 年之后，随着各城市陆续出台针对摩托车的限制政策，摩托车保有量趋稳甚至开始出现逐步下降的趋势。

图 4.1-图 4.3 展示了各城市 2000 年至 2010 年机动车保有量、小型客车保有量和摩托车保有量的变化趋势。

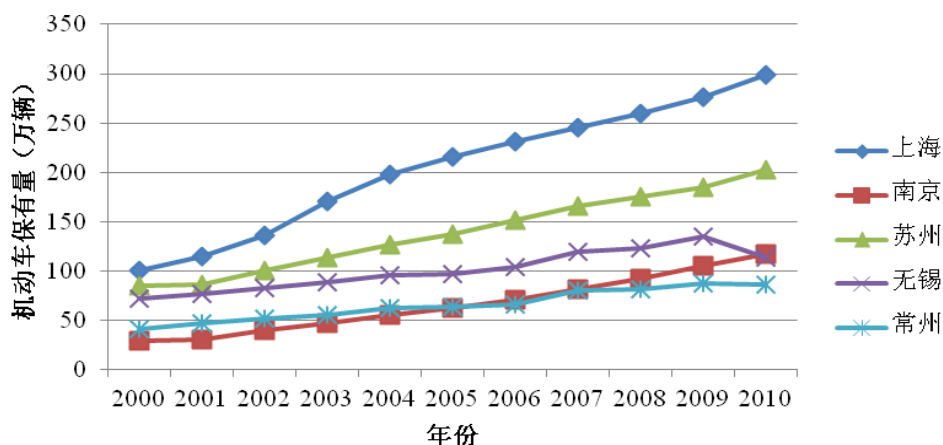


图4.1 长三角地区典型城市机动车保有量，2000-2010

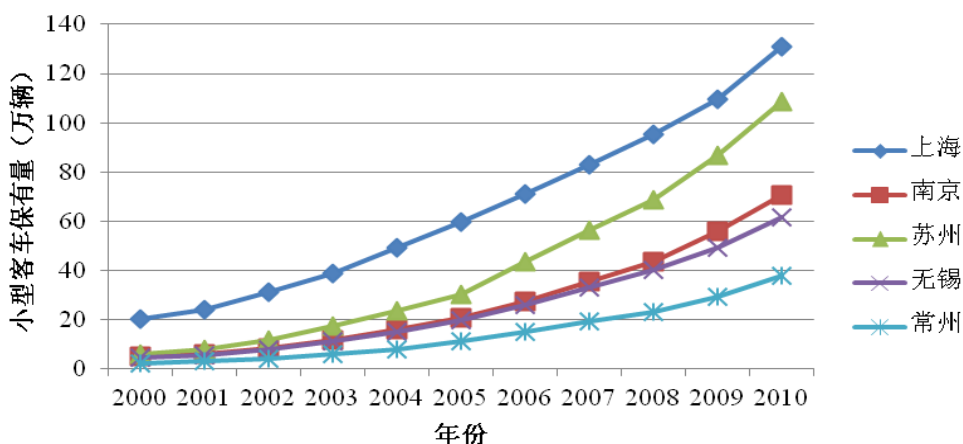


图4.2 长三角地区典型城市小型客车保有量, 2000-2010

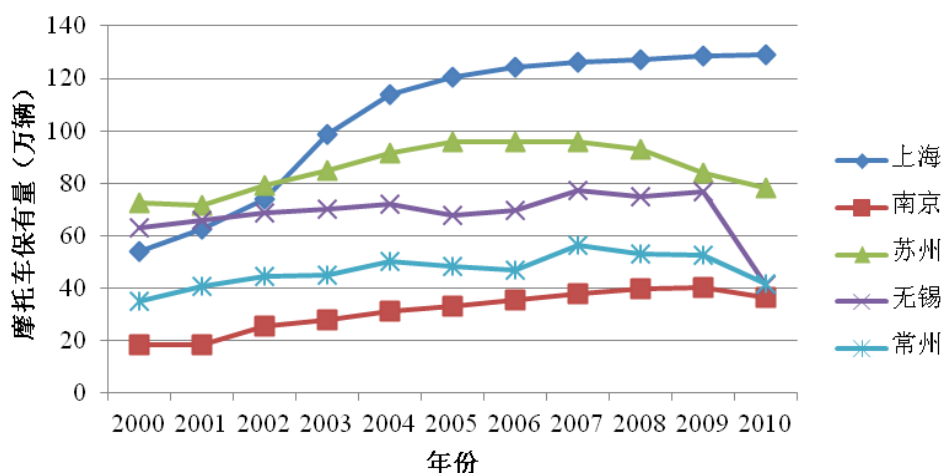


图4.3 长三角地区典型城市摩托车保有量, 2000-2010

4.1.3 典型城市机动车保有量预测

根据不同车型的发展趋势,本研究采用了三种不同的方法对于城市机动车未来10年保有量进行了预测:

(1) 对于小型客车,本研究采用目前广泛使用的 Gompertz 模型。Gompertz 模型整个曲线呈 S 型,反映了汽车保有率随着人均 GDP 的增长而呈现的缓慢增长、井喷和饱和三个阶段的规律。Gompertz 方程的表达式如下所示:

$$VSper_i = VSper_s \times e^{\alpha e^{\beta EF_i}} \quad (4-1)$$

其中, $VSper_i$ 表示在目标年 i 时的每千人小型客车保有量, $VSper_s$ 表示每千人小型客车保有量的饱和值, EF_i 指的是某一经济学参数,这里指人均 GDP, α 和 β

是方程的两个参数，通过对历史数据的拟合获得。

从各城市小型客车的保有量现状来看（见图4.2），除上海外，其他城市小型客车保有量的发展已经进入 Gompertz 曲线 S 形的井喷期。对于千人保有量饱和值的设定，由于国内外对于中国城市小型客车千人保有量饱和值的预测通常在 300 辆/千人到 500 辆/千人之间，根据长三角地区小型客车千人保有量和人均 GDP 的发展关系，并考虑到长三角地区城市人口密度较大的现实情况，本研究设定了各城市小型客车千人保有量饱和值为 350 辆/千人，以此利用 Gompertz 曲线模拟了各城市小型客车到 2020 年的保有量。

对于上海而言，由于从 1994 年开始实施的车牌拍卖政策限制了小型客车保有量的增长，上海小型客车保有量增长相对平缓 and 稳定，采用 Gompertz 曲线进行模拟，会对小型客车保有量有明显的高估。因此，上海的小型客车保有量预测采用趋势外推方法。

（2）对于其它汽车车型，由于其近年来保持了较为稳定的增长势头，本研究基于多年历史数据采取了趋势外推的方法对其进行保有量的预测。值得注意的是，受到 2008 年末开始的经济刺激计划的影响，2009 年和 2010 年部分城市中重型货车保有量出现井喷式增长，南京、常州的 2010 年的重型货车保有量比 2008 年翻了一番以上。考虑到经济刺激作用的时效性，我们预计今后货车保有量的增长将趋于回落，接近 2008 年之前的保有量增长水平，因此，推测未来年份中重型货车保有量的增长趋势时，采用的是 2008 年之前的保有量增长趋势。

（3）对于摩托车，本研究采用根据注册量外推的方法。由于对摩托车的限制措施，2010 年之前各城市的摩托车保有量已经趋稳乃至下降。特别是 2007 年以后，各城市的摩托车新车注册量相比保有量数量很小，且保持略有下降的态势。因此，根据现状年份摩托车注册量的变化趋势，推测未来年份的新车注册量，再利用摩托车固定的报废年限，对摩托车保有量采取注册量外推的方法比较符合真实的生长趋势。

将小型客车、其他汽车和摩托车保有量数据合并，得到各典型城市机动车总保有量未来 10 年发展趋势。根据预测，上海、南京、苏州、无锡和常州的机动车保有量在 2020 年将分别达到 370 万辆、241 万辆、272 万辆、200 万辆和 135 万辆。图 4.4 列出了各城市未来机动车保有量预测结果。

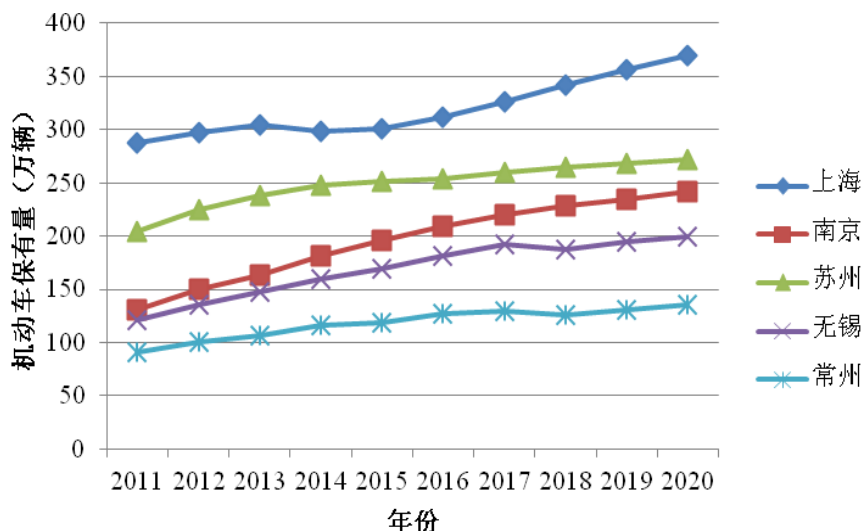


图4.4 长三角地区典型城市机动车保有量预测, 2011-2020

4.2 典型城市机动车排放控制现状与预测

4.2.1 典型城市机动车排放控制现状

过去十年间, 中国已经实施了一系列的机动车排放控制措施, 如新车控制、在用车控制以及油品质量控制等。对于长三角地区而言, 由于经济发达, 机动车保有量发展迅速, 已经在部分城市实施了比较严格的机动车排放控制战略。

(1) 新车排放标准

2010年, 上海市对于轻型汽车和部分重型柴油车(公交、邮政等车辆)已经实施了国4排放标准, 对于重型汽油车和摩托车则分别实施了国3排放标准。对于其他城市而言, 截止到2010年, 轻型汽车、重型柴油车、重型汽油车和摩托车都已经实施了国3排放标准, 轻型汽车将于2011年实施国4排放标准。表4.7列出了长三角地区不同城市轻型汽车和重型柴油车新车排放标准的实施年份。

表4.7 长三角城市新车排放标准实施年份(2000-2010)

		2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
轻型汽车	上海	国1			国2				国3	国4		
	其他城市	国1				国2			国3			
重型柴油车	上海	国0	国1	国2				国3	国4			
	其他城市	国0	国1			国2		国3				

(2) 油品标准

伴随着新车排放标准的实施，我国的油品标准也不断加严。对于汽油而言，截止到2010年，除上海外，各城市实施了国3汽油标准，硫含量要求在150 ppm以下。上海市由于2010年世博会的举办，于2009年10月实施了《车用汽油》(DB31/427-2009)地方标准，规定汽油硫含量要降低到50 ppm以下，与国4排放控制水平相适应。

柴油品质的改善则明显落后于汽油，由于2003年发布的柴油标准(《车用柴油标准》GB/T19147-2003)为推荐标准，不少地区仍然实施轻柴油标准，硫含量限值为2000 ppm。有研究表明，2008年长三角地区的车用柴油硫含量仍保持在约850 ppm。环保部2009年正式发布了具有强制性的《车用柴油标准》(GB19147-2009)，规定自2011年7月起车用柴油含硫量不得高于350 ppm，与国3排放控制水平相适应。上海于2009年9月实施了《车用柴油》(DB31/428-2009)地方标准，规定柴油含硫量要降低到50 ppm以下。根据相关地区油品质量的历史变化情况，本研究认为，油品含硫量的降低是一个逐渐变化的过程，在实际过程中上海的车用柴油含硫量很难从2008年的850 ppm直接跳跃到2009年的50 ppm，而是需要一定的过渡时期。因此，本研究按照逐年变化的情况设置车用柴油含硫量。表4.8出了过去十年间长三角典型城市汽柴油含硫量的变化情况。

表4.8 长三角城市油品含硫量 (ppm) (2000-2010)

		2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
汽油	上海	1000			800	500				150	50	
	其他城市	1000			800	500				150		
柴油	上海				2000 → 850					650	450	
	其他城市				2000 → 850					750	650	

(3) 在用车控制

在用车 I/M 制度是在用车排放控制的核心内容。在我国对于在用车实施的双怠速检测方法的基础上，长三角各城市已经实施了与实际道路行驶更为接近的工况测试方法。上海市于2006年颁布了《在用点燃式发动机轻型汽车简易瞬态工

况排气污染物排放限值》(DB31/357-2006)地方标准,提出要在上海市实施简易瞬态工况法进行在用轻型汽车检测。对于其它城市而言,根据江苏省2007年1月发布的《在用点燃式发动机轻型汽车稳态工况法排气污染物排放限值》(DB32/966-2006),南京、无锡、常州和苏州市区于2007年7月1日开始实行稳态工况法进行在用轻型汽车检测,其所辖县(市)于2007年12月31日开始实行。

(4) 其它控制措施

除了上述措施以外,各城市对于机动车排放控制还实施了部分交通管理和经济措施,如上海市的车牌拍卖以及各城市对于摩托车限制措施等。

4.2.2 典型城市机动车排放控制趋势预测

为了分析未来年各城市机动车排放趋势的变化,本研究结合第3章排放控制措施数据库的相关控制措施,设定了不同的排放控制情景。这些情景涉及的具体控制措施包括:

(1) 新车排放标准

对于新车排放标准,本研究共设定了三种情景:①无控情景:各城市的新车排放标准保持2011年的控制要求,对于轻型车和重型车分别保持国4和国3排放标准;②基准情景:未来十年中,各城市新车排放标准按照过去十年的趋势逐渐加严,逐步实施轻型车的国5标准和重型车的国4、国5标准;③严格情景:未来年份中,考虑到区域联防联控以及长三角城市经济发展的相似性,将长三角地区作为一个整体,加速实施更为严格的新车排放标准,且各城市实现同步。表4.9列出了不同控制情景下机动车排放标准及其实施年份。

(2) 油品标准

对应于新车排放标准,油品标准同样设定了三种情景:①无控情景:对应于新车排放标准的无控情景,各城市的油品标准保持2011年情况;②基准情景:对应于新车排放标准的基准情景,未来十年中,伴随着新车排放标准的加严,各城市的油品标准不断加严;③严格情景:对应于新车排放标准的严格情景,各城市加速实施严格的油品标准,并与新车排放标准实现同步。表4.10列出了不同控制情景下的油品标准及其实施年份。

表4.9 不同控制情景下机动车排放标准实施年份（2011-2020）

			2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
无控情景	轻型车	上海	国4									
		其他	国4									
	重型车	上海	国3									
		其他	国3									
基准情景	轻型车	上海	国4			国5						
		其他	国4				国5					
	重型车	上海	国3		国4				国5			
		其他	国3		国4					国5		
严格情景	轻型车	上海	国4			国5				国6		
		其他	国4			国5				国6		
	重型车	上海	国3		国4			国5			国6	
		其他	国3		国4			国5			国6	

表4.10 不同控制情景下油品标准及其实施年份（2011-2020）

			2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
无控情景	汽油	上海	国4									
		其他	国3									
	柴油	上海	国3	国4								
		其他	国2	国3								
基准情形	汽油	上海	国4				国5					
		其他	国3		国4				国5			
	柴油	上海	国3	国4								
		其他	国2	国3			国4					
严格情景	汽油	上海	国4			国5						
		其他	国3	国4		国5						
	柴油	上海	国3	国4				国5				
		其他	国2	国3		国4		国5				

(3) 优化小型客车出行

由于私人小客车保有量的不断增加,我国小型客车车队的年均行驶里程近年来呈现出稳定下降的趋势。此外,为了缓解拥堵状况,各城市可能会实行一系列的交通管理措施(例如五天限一天),优化小型客车出行,促进小型客车行驶里程的进一步降低。因此,这里针对小型客车在未来年份年均行驶里程的变化情况,设定了三种不同的情景:① 正常情景:小型客车年均行驶里程逐年降低,2020年降低到16000 km;② 出行优化:采取交通控制措施,使得2020年小型客车年均行驶里程逐渐降低到14000 km;③ 出行进一步优化:进一步采用更为严格的交通控制,使2020年小型客车年均行驶里程逐渐降低到12000 km。

(4) 老旧车辆淘汰

采取经济措施,鼓励车龄达到一定年份的老旧车辆进行淘汰更新,并将车龄15年以上的小型客车完全淘汰出在用车队。

(5) 车辆限购

自2015年起,针对占机动车总保有量最大比例的小型客车采取限购措施,按照2000-2014年小型客车保有量增长量的平均值设置未来年的增长量。由于2015年苏州市的小型客车保有量增长已经明显放缓,车辆限购措施对于小型客车保有量的增长限制作用较小,因此,车辆限购措施仅针对南京、无锡和常州三个城市。

根据以上控制措施,本研究总共设置了“无控情景”“基准情景”“排放严格”“出行优化 I”、“出行优化 II”、“老旧车淘汰”和“车辆限购”等7个逐渐加严的排放控制情景。其中,前3个控制情景主要涉及新车排放标准和油品标准的实施,后4个控制情景是在加速实施新车排放标准和油品标准的“排放严格”情景的基础上,进一步对小型客车进行控制。各排放控制情景具体的控制措施如表4.11所示。

表4.11 各排放控制情景的控制措施

情景名称	新车标准	燃油标准	小型客车行驶优化	老旧车辆淘汰	车辆限购
无控情景	无控	无控	正常	否	否
基准情景	基准	基准	正常	否	否
排放严格	严格	严格	正常	否	否
出行优化 I	严格	严格	出行优化	否	否
出行优化 II	严格	严格	出行进一步优化	否	否
老旧车淘汰	严格	严格	出行进一步优化	是	否
车辆限购 ^a	严格	严格	出行进一步优化	是	是

(a) 仅南京、无锡和常州包含此情景

4.3 典型城市机动车排放现状与趋势分析

本研究对长三角地区各城市 2000-2010 年的机动车主要污染物排放现状进行了分析,并根据设定的不同未来排放控制情景,对于以上城市 2011-2020 年机动车主要污染物排放变化趋势进行了预测。本研究分车型分控制技术的机动车排放因子根据清华大学开发的机动车排放因子模型获得,各城市机动车保有构成、车辆活动水平等特征参数以及控制措施基本参数根据各城市的实际调研数据和本研究的机动车排放控制措施数据库获得。

长三角地区各典型城市 2000-2020 年机动车 HC、CO、NO_x 和 PM_{2.5} 排放量如图 4.5-图 4.9 所示。各城市 2000-2010 年机动车的排放现状有如下的特点:

1) 从 2000 年至 2010 年,各典型城市机动车 HC、CO 排放量呈现先增加、后降低的趋势。上海在 2003 年出现机动车 HC 和 CO 排放量的拐点,其他城市(南京、苏州、无锡和常州)的拐点略有滞后,出现在 2005 年前后。其主要原因是国 1 和国 2 车辆的 HC 和 CO 排放因子显著低于国 0 车辆,随着国 2 排放标准的实施以及国 1 标准车辆大规模进入车队,车队的平均排放因子出现明显的降低。2007 年,无锡和常州的 CO 排放量出现短暂的上升情况,这与 2007 年这两个城市摩托车保有量的大量增加有关。

2) 各城市机动车 NO_x 排放量在过去十年间始终保持上升趋势,NO_x 排放量持续增长的主要原因是柴油车控制的不力。虽然国 1-国 3 柴油货车车型和国 1-

国4柴油客车车型的 NO_x 排放限值随着标准的逐步加严而显著下降，但是近年来国内大量实际道路测试结果表明，国1-国3柴油货车车型和国1-国4柴油客车车型的实际道路的 NO_x 排放因子并没有出现具有统计意义的下降。此外，2009-2010年柴油货车销量的显著增加，也是导致机动车 NO_x 排放量保持持续上升的重要因素。

3) 各城市 $\text{PM}_{2.5}$ 的排放变化趋势介于 HC 、 CO 和 NO_x 之间。上海、南京、苏州和无锡的 $\text{PM}_{2.5}$ 排放量呈现先增加、后降低的趋势，拐点出现在2007年前后。2007年之后， $\text{PM}_{2.5}$ 排放量逐年下降，但降幅不如 HC 和 CO 明显。机动车 $\text{PM}_{2.5}$ 排放主要来源于柴油车，相比 NO_x ，排放标准加严对柴油车的 $\text{PM}_{2.5}$ 排放因子降低有比较明显的作用，如国3中型、重型货车的排放因子相比国2车辆分别下降44%和60%。常州的 $\text{PM}_{2.5}$ 排放量变化趋势与其他城市有一定的区别，2007年之后，常州 $\text{PM}_{2.5}$ 排放量基本保持稳定，2010年还略有上升，这与常州市货车保有量的显著增长有关。相比2007年，2010年常州货车保有量增加了40%，特别是重型货车保有量增加了134%，货车保有量的快速增长抵消了排放控制措施实施产生的削减效益，因此 $\text{PM}_{2.5}$ 排放量未出现明显下降趋势。

4) 上海过去十年机动车排放控制取得了比较明显的效果，相比2000年，2010年上海机动车 HC 、 CO 和 $\text{PM}_{2.5}$ 排放量分别下降了36%、44%和11%， NO_x 排放量增加了24%。与上海相比，其他四个城市的机动车排放控制进程相对滞后，控制力度也弱于上海。因此机动车排放总量削减效益不如上海明显。例如，南京2010年 HC 和 CO 排放量相比2000年分别仅下降了7.6%和7.5%， NO_x 和 $\text{PM}_{2.5}$ 排放则分别增加了52%和4.1%；常州2010年 HC 和 CO 排放量相比2000年分别下降了17%和2.8%， NO_x 和 $\text{PM}_{2.5}$ 排放则增加了93%和30%；苏州2010年 HC 、 CO 、 NO_x 和 $\text{PM}_{2.5}$ 排放量相比2000年分别增加了1.0%、20%、120%和59%；得益于2010年摩托车的大量淘汰，无锡市2010年 HC 和 CO 排放量相比2000年分别下降了31%和10%，但 NO_x 和 $\text{PM}_{2.5}$ 排放增加了97%和42%。

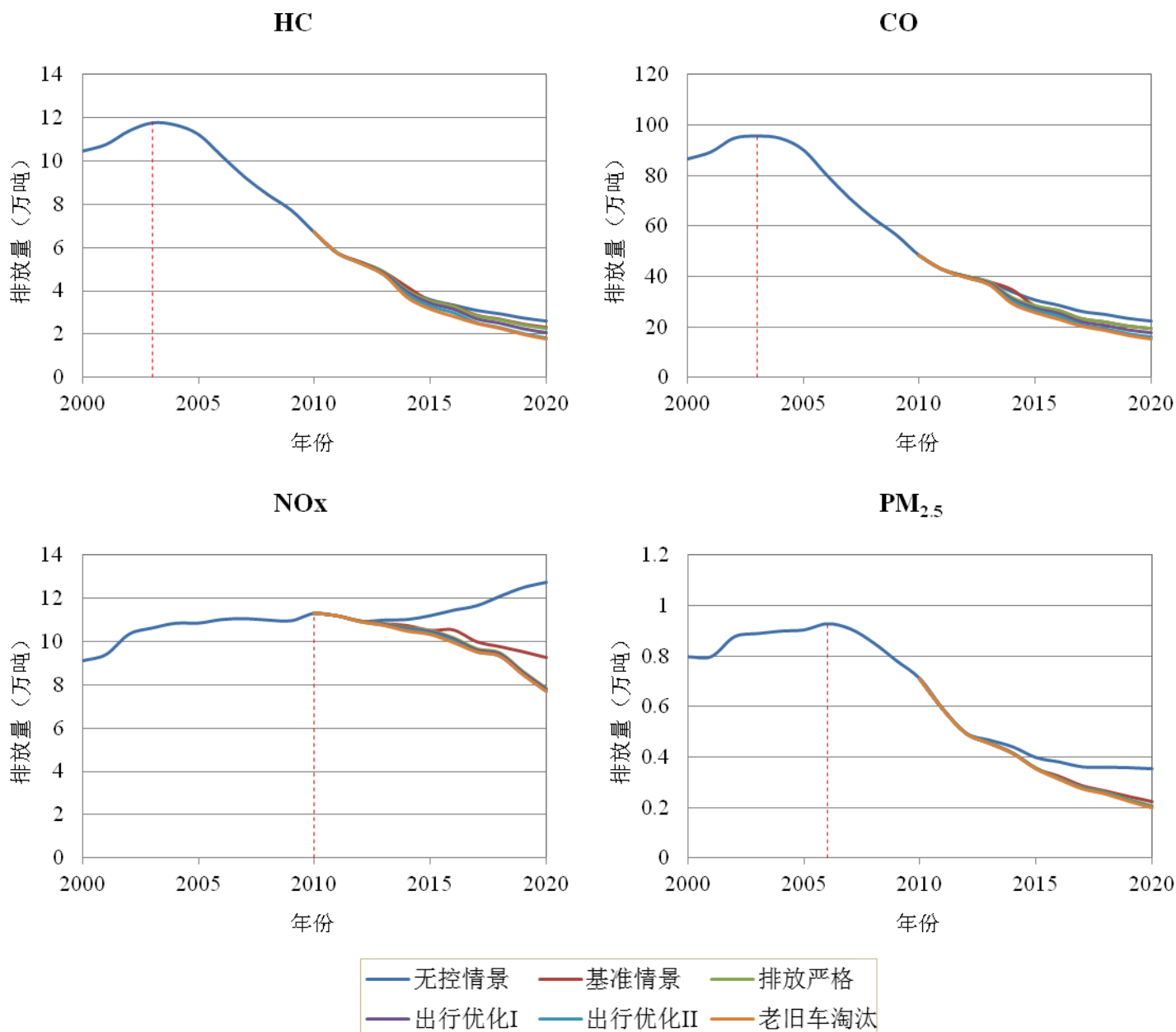


图4.5 上海机动车各污染物排放量现状与预测，2000-2020

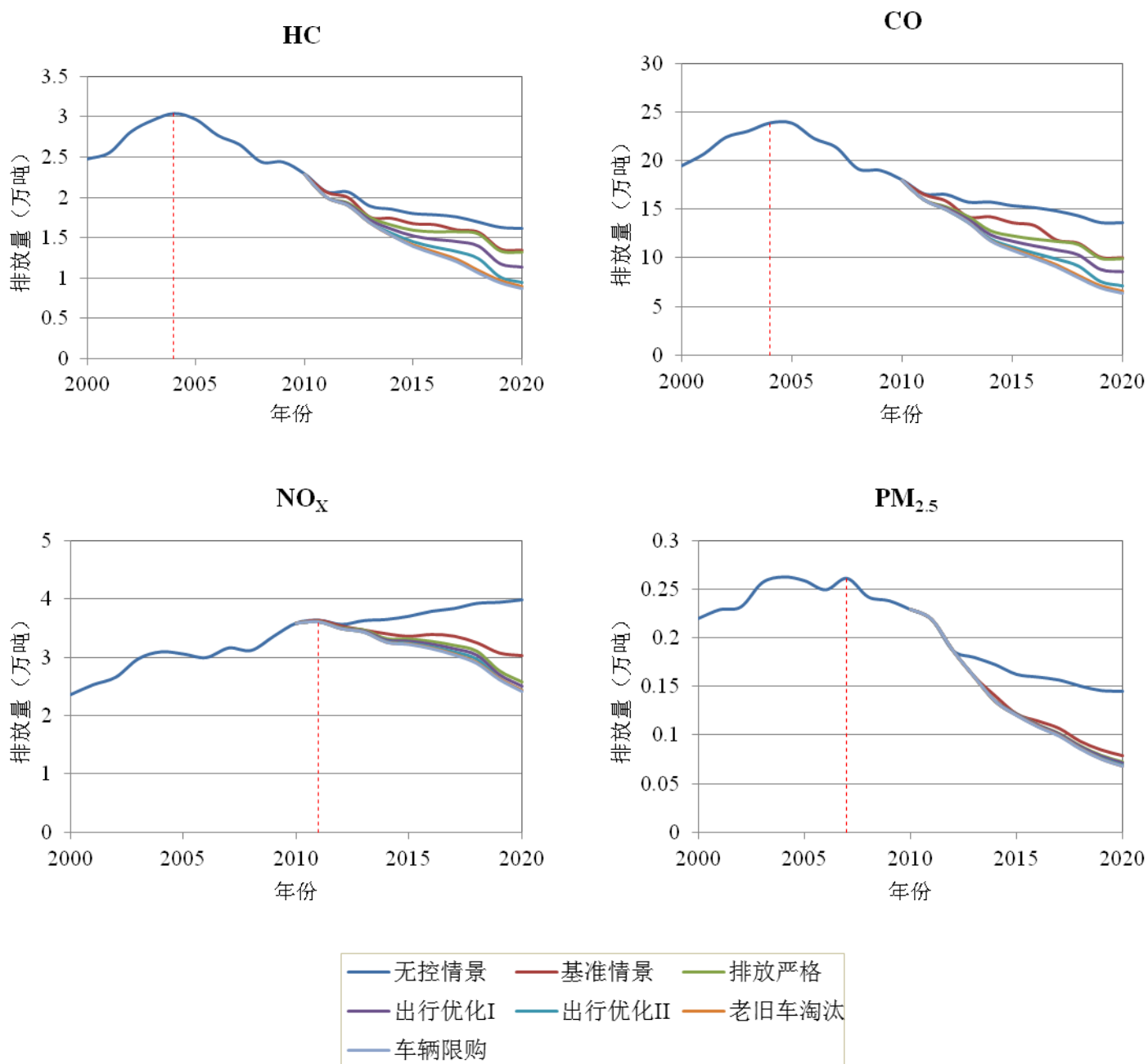


图4.6 南京机动车各污染物排放量现状与预测，2000-2020

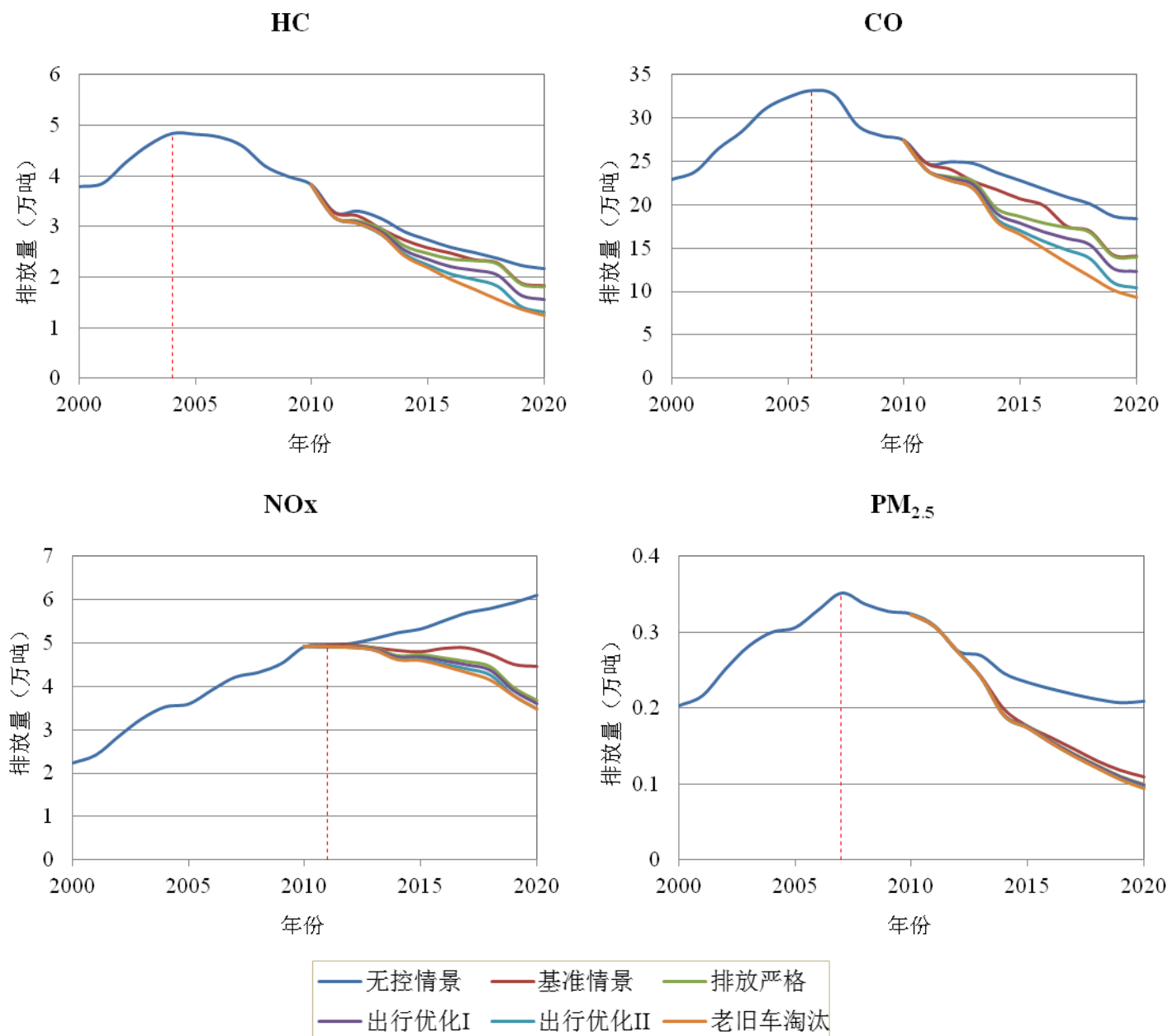


图4.7 苏州机动车各污染物排放量现状与预测，2000-2020

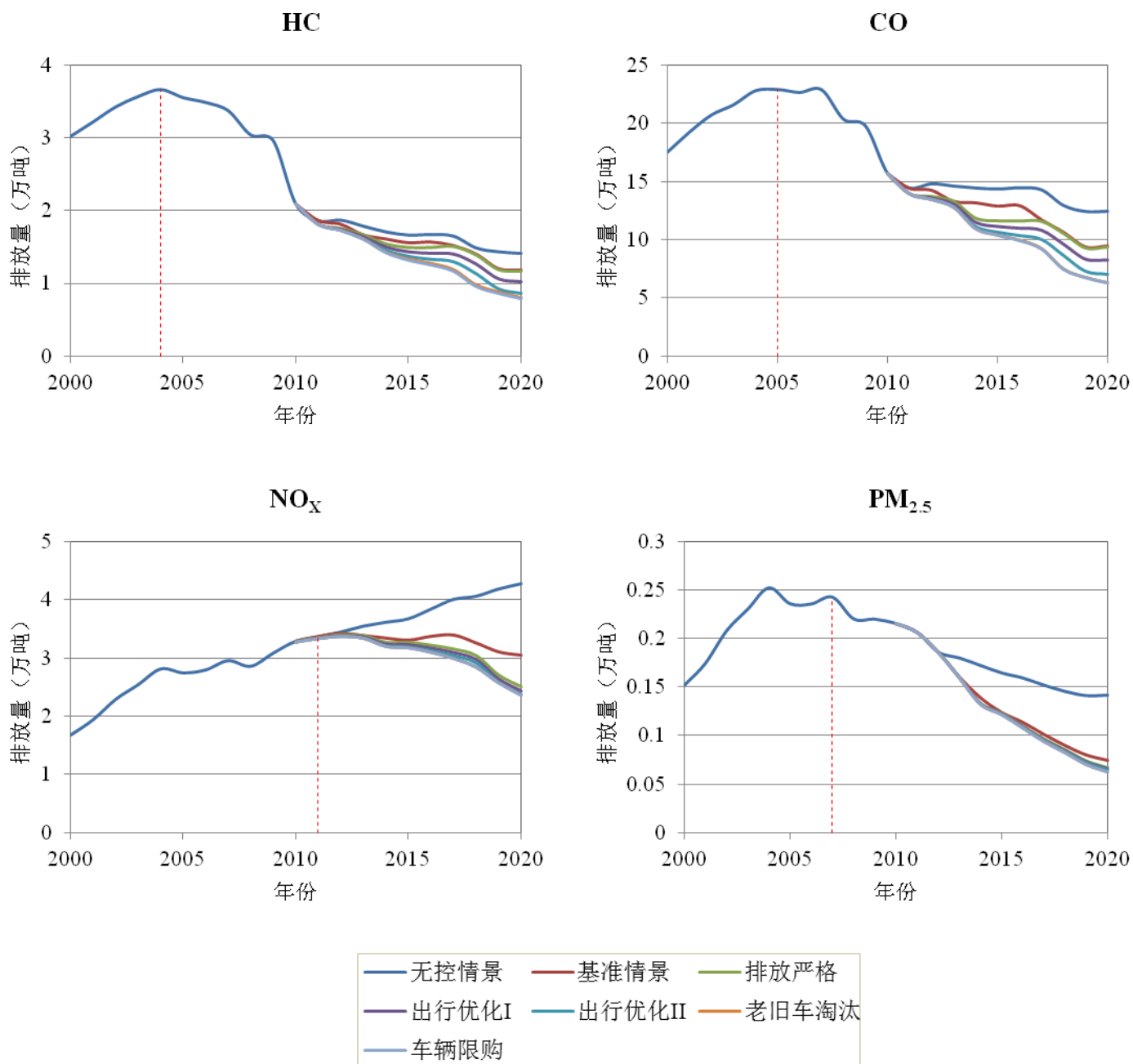


图4.8 无锡机动车各污染物排放量现状与预测，2000-2020

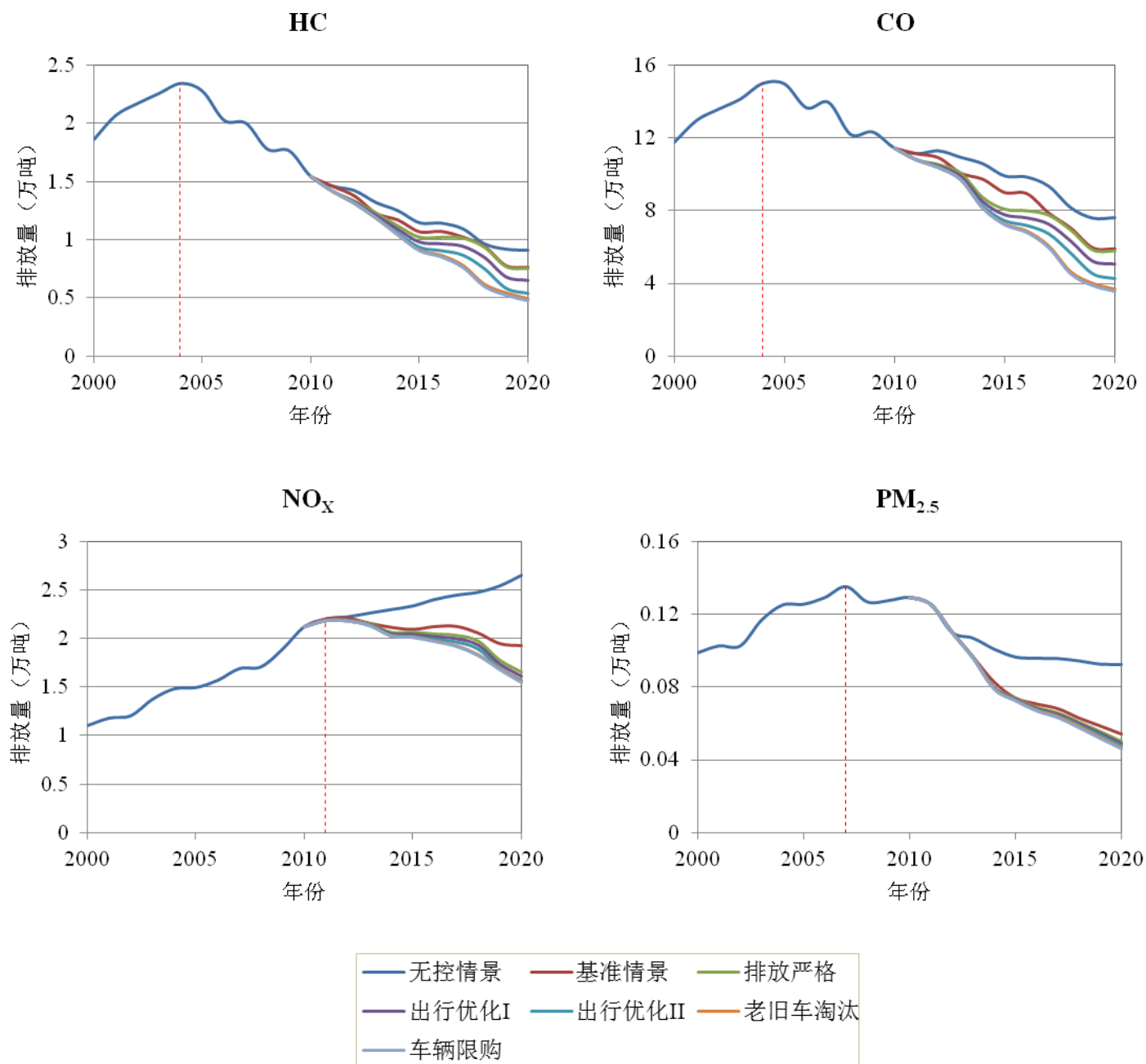


图4.9 常州机动车各污染物排放量现状与预测，2000-2020

针对不同排放控制情景，各城市未来10年的机动车污染物排放趋势呈现如下的特点：

1) 在目前的控制措施下（无控情景，未来10年不加严控制），随着车队的正常淘汰更新，各城市未来10年的机动车HC、CO和PM_{2.5}排放量将继续保持下降的趋势。与之相反，NO_x排放量则将持续增长，如果不实施新的排放控制措施，2020年各城市NO_x排放量将比2010年上升11-30%。

2) 实施更为严格的新车排放标准和油品标准, 对于各种污染物的减排都具有比较明显的作用。表 4.12 列出了各城市在不同控制情景下 2020 年 HC、CO、NO_x 和 PM_{2.5} 排放量相比“无控”情景的削减率。结果表明, 在“基准”情景和“排放严格”情景下, 各城市的所有污染物排放量相比“无控”情景都有比较明显的降低。其中, NO_x 和 PM_{2.5} 排放的降低尤为显著。例如, “基准”情景下各城市 NO_x 和 PM_{2.5} 排放相比“无控”情景分别下降 24-29% 和 36-48%, 而“排放严格”情景下各城市 NO_x 和 PM_{2.5} 排放相比“无控”情景则分别下降 35-41% 和 42-53%。

3) 设置的主要针对小型客车控制的措施, 如“出行优化 I”、“出行优化 II”、“老旧车淘汰”和“车辆限购”等, 对于机动车 HC 和 CO 排放量的降低有较明显的作用, 但对于 NO_x 和 PM_{2.5} 排放量的降低则影响较小。以南京为例, 从“排放严格”情景至“车辆限购”情景, 2020 年 HC 和 CO 排放量相比“无控”情景的削减率分别从 18% 和 27% 增加到了 46% 和 53%, 而 NO_x 和 PM_{2.5} 排放相比“无控”情景的削减率则分别只从 35% 和 50% 增加到 39% 和 53%。

4) 由于 NO_x 和 PM_{2.5} 是总量控制以及空气质量改善的关键约束性指标, 未来对于机动车的交通、经济等控制手段不能仅仅针对保有量比例最大的小型客车, 对于中/重型柴油车等其他车型的控制也是十分必要的。

对于不同控制情景下各城市未来年份机动车污染物排放量, 以上仅作了排放趋势分析。在第 5 章中, 还将结合 NO_x 总量控制目标和新空气质量标准达标要求, 进一步研究各典型城市未来 10 年机动车污染排放控制综合方案, 并对总量控制目标实现的可能性进行系统分析。

表4.12 各控制情景下 2020 年污染物排放量相比无控情景削减率

	上海	南京	苏州	无锡	常州	
HC	基准情景	12%	17%	16%	16%	16%
	排放严格	13%	18%	17%	17%	17%
	出行优化 I	22%	30%	28%	28%	29%
	出行优化 II	30%	41%	39%	40%	40%
	老旧车淘汰	32%	44%	43%	44%	45%
	车辆限购		46%		44%	48%
CO	基准情景	13%	26%	23%	24%	23%
	排放严格	14%	27%	24%	25%	24%
	出行优化 I	21%	37%	33%	34%	34%
	出行优化 II	29%	47%	43%	43%	44%
	老旧车淘汰	32%	52%	49%	49%	52%
	车辆限购		53%		50%	53%
NO _x	基准情景	27%	24%	27%	29%	27%
	排放严格	38%	35%	40%	41%	38%
	出行优化 I	39%	37%	41%	43%	39%
	出行优化 II	40%	39%	43%	44%	41%
	老旧车淘汰	40%	39%	43%	45%	41%
	车辆限购		39%		45%	42%
PM _{2.5}	基准情景	36%	45%	48%	48%	42%
	排放严格	42%	50%	52%	53%	46%
	出行优化 I	42%	51%	53%	54%	47%
	出行优化 II	43%	52%	55%	55%	48%
	老旧车淘汰	43%	53%	55%	56%	49%
	车辆限购		53%		56%	50%

第 5 章 城市机动车排放总量控制方案研究

5.1 城市机动车排放控制战略目标设定

5.1.1 2015 年 NO_x 总量控制目标

2011 年，国务院发布了《“十二五”节能减排综合性工作方案》，在节能减排的主要目标中，增加了对于 NO_x 排放总量的控制要求，规定 2015 年全国 NO_x 排放总量控制在 2046.2 万吨，比 2010 年的 2273.6 万吨下降 10%。同时，该工作方案还规定了“十二五”期间各地区 NO_x 总量控制计划，其中，长三角地区的上海、江苏和浙江的减排控制目标分别为 17.5%、17.5%和 18%。

作为城市大气中 NO_x 排放的主要来源之一，“十二五”期间，机动车 NO_x 达到减排目标对于 NO_x 总量控制目标的实现具有重要意义。

5.1.2 新版环境空气质量标准

2012 年 2 月 29 日，国家环境保护部和国家质量监督检验检疫总局联合发布了新的环境空气质量标准（GB3095-2012），代替了《环境空气质量标准》（GB3095-1996）、《〈环境空气质量标准〉（GB3095-1996）修改单》（环发〔2000〕1 号）和《保护农作物的大气污染物最高允许浓度》（GB 9137-88）。

相比原来的环境空气质量标准，新标准加严了 NO₂ 和 PM₁₀ 的限值要求，同时增加了 O₃ 的 8 小时浓度限值和 PM_{2.5} 的日均和年均浓度限值。总体而言，新版环境空气质量的二级标准要求与世界卫生组织过渡时期第一阶段推荐值（WHO Stage 1）相当。表 5.1 列出了新版《环境空气质量标准》中环境空气污染物一般项目浓度限值，图 5.1 列出了旧版和新版环境空气质量标准的二级标准限值与世界卫生组织空气质量准则中过渡时期目标第一、第二、第三阶段推荐值和空气质量准则值的比较。

表5.1 环境空气污染物一般项目浓度限值 (GB3095-2012)

污染物名称	取值时间	浓度限值 (毫克/立方米)	
		一级标准	二级标准
二氧化硫 (SO ₂)	年平均	0.02	0.06
	日平均	0.05	0.15
	1小时平均	0.15	0.5
颗粒物 (PM ₁₀)	年平均	0.04	0.07
	日平均	0.05	0.15
颗粒物 (PM _{2.5})	年平均	0.015	0.035
	日平均	0.035	0.075
二氧化氮 (NO ₂)	年平均	0.04	0.04
	日平均	0.08	0.08
	1小时平均	0.2	0.2
一氧化碳 (CO)	日平均	4	4
	1小时平均	10	10
臭氧 (O ₃)	1小时平均	0.16	0.2
	8小时平均	0.1	0.16

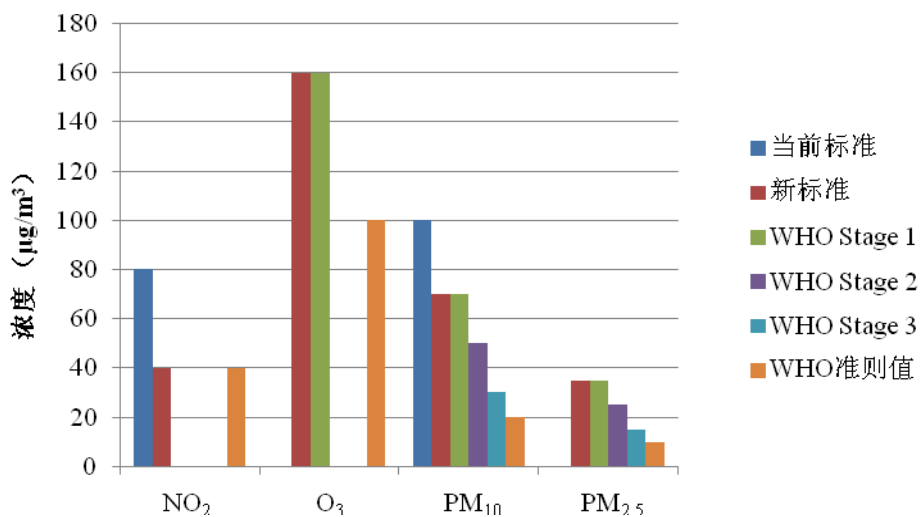


图5.1 环境空气质量标准限值比较

5.1.3 基于新版环境空气质量标准的污染物排放总量控制目标

(1) 污染物排放与空气质量的非线性响应关系

一般而言，一次污染物从排放源释放到大气后，会受到水平和垂直传输扩散作用，气相化学转化作用，云雾液相过程，气溶胶生成平衡及碰并过程，以及干、湿沉降等多种因素的共同影响，从而造成大气系统的复杂性。因而，污染物的减排与空气质量的改善在很多情况下呈现非正比例关系，也就是通常意义上的非线性响应问题。这种非线性的复杂关系主要体现在以下三个方面：①复杂的化学连锁反应，使得二次污染物与各个前体物之间呈现多元非线性的关系；②排放源地域差异导致其作用机制不同，例如同前一前体物的本地或周边排放，地表或高空排放的影响作用不同；③气象因素不同，比如辐射强度、温度、湿度、风速、风向、降雨，在不同气象条件下，污染物与源排放之间的非线性关系也会有很大的差异。

(2) 大气污染物排放-空气质量响应曲面模型

为了将空气质量的变化与污染物排放量的改变进行关联，本研究应用清华大学开发的大气污染物排放-空气质量响应曲面模型（Response Surface Model, RSM）。该模型通过实验手段，归纳出某一污染物浓度与各排放源排放量之间的函数关系。响应曲面模型本质上是一个空气质量“简化模型”，借助它可以快速得到不同排放情景下的污染物浓度变化情况。RSM 模型并不涉及空气质量模型内部的复杂模拟机制，因此其适用于任何一种空气质量模型，可以对任一污染物对任何排放源的响应情况进行分析。RSM 模型已经在环境决策分析中越来越受到重视，如美国环保署采用了基于模型的空气质量模型（air quality metamodeling）的方法，直接通过三维空气质量模式的上百次模拟结果，采用多维克里金插值（multidimensional kriging approach）的非线性拟合方法进行归纳，从而得到臭氧和颗粒物对 10-20 种分部门分区域排放源的响应曲面模型，为快速准确的控制决策提供了重要的科学支持工具。

本研究应用的 RSM 模型建立的基本思路是基于 2005 年高分辨率的我国大气污染物排放清单，利用 MM5/CMAQ 模型对于中国大陆的空气质量进行模拟，并通过模型模拟结果与卫星及地表观测资料的比较，以验证排放清单以及模拟系统的可靠性。在上述的 MM5/CMAQ 空气质量模拟系统的基础上，设计建立大气污染物排放与空气质量响应曲面模型（RSM），图 5.2 是 RSM 模型设计的基

本框架，其中主要包括以下几个方面：

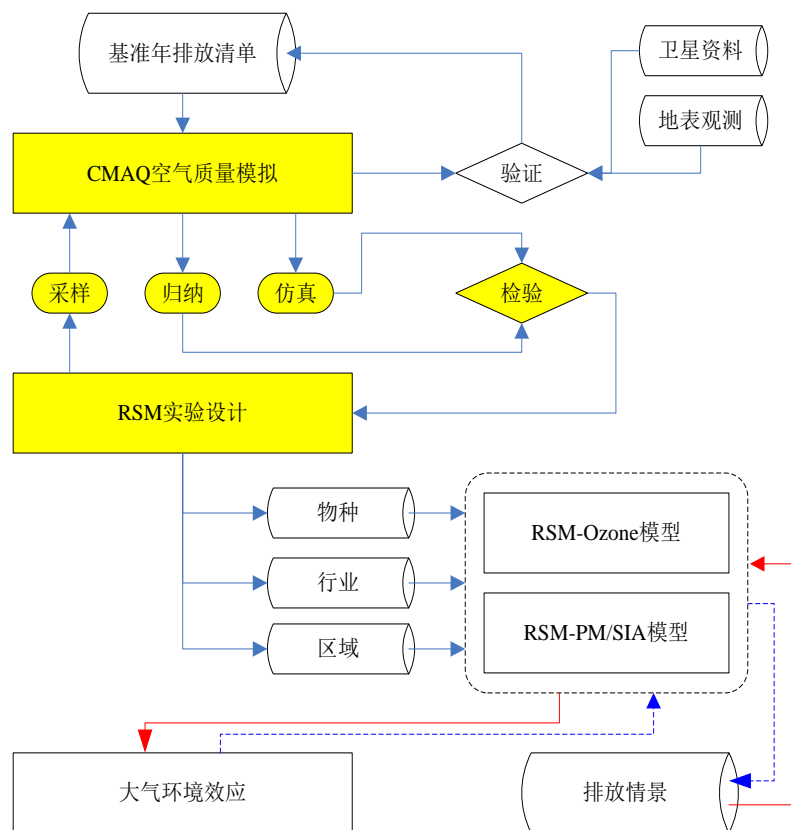


图5.2 RSM模型的设计框架

① 确定控制因子。从决策目的出发，将其中涉及到的来自不同地区、不同部门的相关污染物排放量作为控制因子，仔细比较它们的不同控制组合的控制效率。比如为考察某一城市的臭氧污染问题，可以选择的控制因子包括本地电厂的 NO_x 排放、本地面源的 NO_x 排放、本地VOC排放、周边电厂的 NO_x 排放、周边面源的 NO_x 排放、周边VOC排放。

② 控制情景设计。结合筛选出的控制因子形成高维采样空间，借助采样方法对此高维空间进行采样，其中每一个样本，标识了对应控制因子的变化系数，也就是一种控制情景。采样的核心思想是用最少的点，表征出整个空间的特征。其中，高效的采样方法是至关重要的。这里用到的采样方法包括：a) 拉丁超立方采样方法（LHS, Latin Hypercube Sample），这种方法能确保随机样本很好地分布在整个采样空间，反映出实际变化的情况，但其采样随机性非常强，每一次采样结果都有差异；b) 默斯利序列采样方法（HSS, Hammersley quasi-random

Sequence Sample), 这种假随机方法是通过某种算法得到的, 其空间填充地效果更为规整有序, 可以每次得到同一种采样结果, 因此能确保实验的可靠性与可重复性。

③ 确定实验参数。在 RSM 实验中, 控制因子的数量决定了采样空间的维数, 维数越大, 空间越大, 表征整个空间所需要的样本数也就越多。样本数的确定也是 RSM 实验的关键环节, 样本数选择过少, 直接影响 RSM 结果的可靠性; 选择过多的样本数, 又会带来更多的计算负荷。这里, 设计了一种计算仿真实验的方法, 以确定在不同控制因子数量下所需的最少样本数量, 其核心是建立一个“虚拟响应”(quasi-response) 关系。这个“虚拟响应”是以数学形式表示出的目标响应变量对各控制因子的关系, 借助这一关系, 可以开展大量的仿真实验, 以确定实验中的关键参数及取值。建立“虚拟响应”的核心思想是尽可能的体现出系统的非线性情况。首先, 研究采用少量控制因子(只有物种差异, 不分部门区域)和尽可能多的样本建立一个低维度的 RSM, 由于样本数足够, 因此可以保证这个低维度的 RSM 的可靠性。然后, 建立目标控制因子(分物种、部门和区域)与低维度 RSM 中的控制因子(只有物种差异)之间的映射关系, 根据之前建立的低维度 RSM 结果, 其实也就形成了目标控制因子与的响应变量的“虚拟响应”关系。由此搭建了一个仿真实验系统, 可以进行多次实验(包括选用不同采样方式、不同采样数、不同边缘加密程度), 以评价关键参数的选取对结果的影响。

④ 非线性统计。将每个样本所代表的控制情景通过空气质量模型进行模拟, 将模拟结果进行统计插值。这里采用最大似然估计—实验最佳线性无偏预测(MLE-EBLUPs, Maximum Likelihood Estimation-Experimental Best Linear-Unbiased Predictors)的方法, 基于 MPerK (MATLAB Parametric Empirical Kriging) 程序, 构建 RSM 模型。

⑤ 可靠性检验。采用三种方法对 RSM 结果的可靠性进行检验。a) “留一法交叉验证”(leave-one-out cross validation, LOOCV)。交叉验证是一种统计学上将数据样本切割成较小子集的实用方法, 操作方式是先在一个子集上做分析, 而其它子集则用来做后续对此分析的确认及验证。留一法是依次用一个样本做检验, 其余的做统计归纳, 共可以做 N (N 为样本数) 次验证, 这种方法主要考

察统计系统的稳定性；b) “外部验证” (Out of sample validation)，即通过额外的样本对整个 RSM 系统进行检验，该方法可以评价系统对特定情景的可靠性；c) “两两等值线验证” (2-D isopleths)，即将两个控制因子（或控制因子组合）联合作用下的高维 RSM 结果，与低维 RSM 结果进行比较，考察 RSM 在整个空间范围内的稳定性。

(3) 2020 年机动车污染物排放总量控制目标设定

基于上述响应曲面模型，针对与机动车污染排放密切相关的 O_3 、 $PM_{2.5}$ 和 NO_2 浓度，根据新版环境空气质量标准的二级标准要求，本研究模拟了长三角地区为了实现 2020 年三种污染物浓度达标， HC 、 NO_x 和 $PM_{2.5}$ 等主要污染物排放量相比建立模型的 2005 年基准排放量的削减率。在应用响应曲面模型的过程中，还需要综合考虑固定源等其他人为源排放的影响。由于固定源排放清单建立也是一项复杂的系统工程，本研究进行了相应的简化：为了实现空气质量达标，假设其他污染源的排放削减力度与机动车排放削减相同。

模拟结果发现，由于极端空气条件等因素的影响，实现空气质量标准的完全达标对于 NO_x 排放削减的要求极高，缺乏实现的可行性。因此，在完全达标的基础上，本研究设定了环境空气质量 90% 达标要求，该要求结合了 2010 年上海大气污染物浓度的监测数据，将 O_3 和 $PM_{2.5}$ 浓度达标要求适当放宽，以此作为 2020 年长三角地区环境空气质量达标的可行要求。环境空气质量的达标要求和对应的 2020 年机动车污染物排放总量控制目标（相对于 2005 年基准排放的削减率）要求如表 5.2 和表 5.3 所示。

表5.2 长三角地区环境空气质量达标要求

	2020 年环境目标 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		
	NO_2	O_3	$PM_{2.5}$
完全达标	40 (年平均)	200 (1h)	35 (年平均)
90%达标	40 (年平均)	236 (1h)	40 (年平均)

表5.3 2020年机动车污染物排放削减目标（2005年为基准）

	2020年排放削减率（2005年基准）		
	HC	NO _x	PM _{2.5}
完全达标	75%	65%	70%
90%达标（I）	70%	25%	65%
90%达标（II）	65%	30%	65%

5.2 典型城市不同控制情景下机动车污染物排放削减率

5.2.1 “十二五”典型城市不同控制情景下 NO_x 排放削减率

根据 5.1.1 节内容，“十二五”期间，上海市和江苏省的 NO_x 总量减排目标为 17.5%。根据第 4 章各典型城市机动车污染物排放量的预测，表 5.4 列出了不同控制情景下各典型城市 2015 年 NO_x 排放量相对于 2010 年的削减率。

表5.4 不同控制情景下各城市“十二五”NO_x排放削减率^a

	上海	南京	苏州	无锡	常州
无控情景	0.9%	-3.3%	-8.3%	-11.8%	-10.1%
基准情景	7.0%	6.3%	2.6%	-0.5%	1.3%
排放严格	7.0%	7.5%	3.9%	0.7%	2.6%
出行优化 I	7.6%	8.5%	5.0%	1.6%	3.6%
出行优化 II	8.2%	9.5%	6.1%	2.6%	4.6%
老旧车淘汰	8.7%	10.0%	6.7%	3.1%	5.1%
车辆限购	-	10.1%	-	3.1%	5.2%

(a) 表中负值代表排放增加

从表中可以看出，对于长三角地区的各典型城市而言，第 4 章中设定的各种控制情景均无法实现 NO_x 的总量控制要求。逐步加严新车排放标准和油品标准的“基准”情景或“排放严格”情景对于 NO_x 排放有明显的削减作用，其削减效益主要得益于重型柴油货车从国 3 向国 4 和国 5 的逐步过渡和全面提升燃油品质至国 4 等控制措施的效果。轻型汽油车在从国 4 向国 5/6 过渡的过程中，NO_x

的减排效果虽然有，但是绝对减排量已经较小，对车队的总体减排效果已经不明显。此外，仅仅针对小型客车的“出行优化 I”、“出行优化 II”、“老旧车淘汰”和“车辆限购”四个情景的单项控制措施对于 NO_x 的减排效果也并不显著。这也说明，对机动车 NO_x 的总量控制，今后的控制重点要转移到重型柴油车上。因此，考虑到措施实现的难易度和效果，在考虑后续的控制措施时，以“排放严格”情景作为基准。在“排放严格”情景下，2015 年上海、南京、苏州、无锡和常州分别还需要进一步削减 NO_x 排放 1.24 万吨、0.36 万吨、0.67 万吨、0.55 万吨和 0.32 万吨，才能实现 NO_x 总量控制的目标。

5.2.2 2020 年典型城市不同控制情景下各污染物排放削减率

为了达到新版环境空气质量标准关键污染物指标（例如 O₃ 和 PM_{2.5}）90% 达标要求，2020 年各典型城市机动车 HC、PM_{2.5} 和 NO_x 排放量相对于 2005 年的削减率应分别达到 a) 70%、65% 和 25%；或者 b) 65%、65% 和 30%。根据第 4 章各城市机动车污染物排放量的预测结果，表 5.5-表 5.7 列出了 2020 年不同控制情景下各典型城市机动车 HC、PM_{2.5} 和 NO_x 排放量相对于 2005 年的削减率。

表5.5 2020 年各控制情景的 HC 排放削减率（2005 年为基准）

	上海	南京	苏州	无锡	常州
无控情景	76.6%	45.7%	55.3%	60.0%	60.1%
基准情景	79.4%	54.8%	62.3%	66.5%	66.4%
排放严格	79.8%	55.4%	62.8%	67.0%	66.9%
出行优化 I	81.7%	61.7%	67.7%	71.3%	71.5%
出行优化 II	83.7%	68.1%	72.8%	75.9%	76.2%
老旧车淘汰	84.2%	69.7%	74.4%	77.5%	78.2%
车辆限购	-	70.7%	-	77.6%	79.3%

表5.6 2020年各控制情景的PM_{2.5}排放削减率（2005年为基准）

	上海	南京	苏州	无锡	常州
无控情景	60.9%	44.0%	31.5%	39.8%	26.1%
基准情景	75.1%	69.4%	64.4%	68.7%	57.0%
排放严格	77.2%	71.8%	67.4%	71.5%	60.2%
出行优化 I	77.4%	72.5%	68.1%	72.1%	61.1%
出行优化 II	77.7%	73.3%	68.9%	72.7%	61.9%
老旧车淘汰	77.9%	73.7%	69.5%	73.3%	62.7%
车辆限购	-	73.9%	-	73.3%	63.1%

表5.7 2020年各控制情景的NO_x排放削减率（2005年为基准）

	上海	南京	苏州	无锡	常州
无控情景	-17.4% ^a	-30.5%	-69.5%	-56.0%	-77.3%
基准情景	14.6%	0.8%	-23.7%	-11.0%	-29.1%
排放严格	27.5%	15.2%	-2.3%	8.6%	-10.6%
出行优化 I	28.3%	17.6%	0.3%	10.8%	-7.9%
出行优化 II	29.2%	20.0%	3.1%	13.2%	-5.1%
老旧车淘汰	29.3%	20.4%	3.5%	13.7%	-4.1%
车辆限购	-	20.6%	-	13.8%	-3.7%

注：黄色底框表示可以实现减排目标

(a) 负值表示排放增加

为了实现新版环境空气质量标准 O₃ 和 PM_{2.5} 90% 达标要求，要求 HC、PM_{2.5} 和 NO_x 的排放削减率同时达到目标。相比较而言，HC 是机动车三项污染物减排目标中相对容易实现的污染物。这主要是因为 HC 的主要排放来源是轻型车，而我国对于轻型车的排放控制最为严格有效。上海市在所有情景下都能达到 70% 的减排目标；无锡、常州在“排放严格”情景下能够达到 65% 的减排目标，“出行优化 I”情景下能够达到 70% 的减排目标；苏州在“出行优化 I”和“出行优化 II”情景下分别能够达到 65% 和 70% 的减排目标；南京的减排目标较难实现，需要“出行优化 II”情景才能达到 65% 的目标，在最严格的“车辆限购”情景下才可以实现 HC 减排 70% 的目标。

对于 $PM_{2.5}$ 而言，上海、南京和无锡在“基准”情景下即能达到 65% 的减排目标，苏州在“排放严格”情景下也能达到减排要求。分析结果表明，对于机动车一次 $PM_{2.5}$ 减排而言，尽快实现重型车从国 3 向国 4 的过渡至关重要，同时配套相应的油品质量控制。由于轻型车对一次 $PM_{2.5}$ 排放贡献较小，因此，本研究主要针对轻型车设置的“出行优化 I”、“出行优化 II”、“老旧车淘汰”和“车辆限购”等情景对 $PM_{2.5}$ 的削减效果有限。常州的情况比较特殊，最严格的“车辆限购”情景下 2020 年 $PM_{2.5}$ 排放量相对 2005 年削减率为 63.1%，离 65% 的削减目标仍有差距。其主要原因是 2005 年以来，常州的货车、大型客车保有量增长过快，2010 年这两类车型总保有量相比 2005 年增加了 61%，其中重型货车增加了 288%。上述各项严格的控制情景对 $PM_{2.5}$ 排放的削减效益被货车和大型客车的迅猛增长给显著削弱了。

NO_x 是三项污染物中最难控制的指标。除了上海在“排放严格”情景下能够达到 25% 的减排目标，其他城市在设定的排放控制情景下都无法达到目标。特别是对于苏州、无锡和常州，即使是在最严格的“老旧车淘汰”和“车辆限购”情景下，其 NO_x 排放削减率离减排目标仍有相当的差距。对于机动车而言， NO_x 排放的削减将是制约城市空气质量达标的关键因素。因此，在分析 2020 年环境空气质量 90% 达标要求时，重点考虑机动车 NO_x 的排放削减目标的实现。

对于不能达标的南京、苏州、无锡和常州四个城市，对比不同的排放控制情景可以发现，相比未来年份不实施新的排放控制措施的“无控”情景，正常实施和加速实施更为严格的新车排放标准和油品标准的“基准”情景和“排放严格”情景对于 NO_x 排放的削减具有明显作用，而之后主要针对轻型车的“出行优化 I”、“出行优化 II”、“老旧车淘汰”和“车辆限购”四个控制情景对于 NO_x 排放削减的作用相对较小。因此，下面的研究分析以“排放严格”情景作为基准，在考虑后续的控制措施时，控制重点主要转移到重型柴油车上。

5.2.3 货车加速淘汰对机动车 NO_x 排放削减分析

本节以柴油车类别中的货车为例，分析实施加速淘汰措施对机动车 NO_x 排放总量的潜在削减效益。根据 2012 年商务部审议通过的《机动车强制报废标准规定》，各类型车辆的行驶里程参考值以及使用年限如表 5.8 所示。载货汽车中，除微型载货汽车的使用年限为 12 年外，轻、中、重型载货汽车的使用年限均为

15年。由于我国一般每隔3-5年加严一次新车排放标准，车龄较长的货车将比新车落后3-4个排放标准。在实施国4-国6排放标准之后，预计老旧货车的NO_x单车排放水平将显著高于新车排放水平。因此，对于老旧货车的提前淘汰将对车队整体的排放削减起到重要作用。

表5.8 机动车使用年限及行驶里程汇总表

车辆类型与用途				使用年限 (年)	行驶里程参考值 (万千米)		
汽 车	载 客	营 运	出租客运	小、微型	8	60	
				中型	10	50	
				大型	12	60	
			租赁			15	60
			教练	小型	10	50	
				中型	12	50	
				大型	15	60	
			公交客运			13	40
			其他	小、微型	10	60	
				中型	15	50	
	大型	15		60			
	非 营 运	小、微型客车、大型轿车		无	60		
		中型		20	50		
		大型		20	60		
	载 货	微型		12	50		
		重、中、轻型		15	60		
		危险品运输		10	40		
		三轮汽车、装用单缸发动机的低速货车		9	无		
		装用多缸发动机的低速货车		12	30		
	专项作业	有载货功能		15	50		
无载货功能		30	50				
挂 车	半挂车	集装箱	20	无			
		危险品运输	10	无			
		其他	15	无			
	全挂车		10	无			
摩 托 车	正三轮		12	10			
	其他		13	12			
轮式专用机械车				无	50		

为了评估货车提前淘汰对于机动车 NO_x 排放削减的影响，在“排放严格”情景的基础上，本研究设定了三个货车提前淘汰情景（使用年限 13 年、12 年和 11 年），单独分析了货车的提前淘汰对于“十二五”期间和 2020 年机动车 NO_x 排放的削减效果。在货车淘汰过程中，存在两种可能方案：1) 为实现货车淘汰过程中的排放削减效益最大化，同时结合货车保有量严格控制的原则，淘汰该货车的同时不实施新车替换；2) 老旧货车提前淘汰的同时，允许实行一对一的新车替换，新车需满足“排放严格”控制下的重型柴油车新车排放标准（即 2015 年的国 4 标准和 2020 年的国 6 标准）。

表 5.9 列出了“排放严格”情景基础上，不同的货车使用年限下各典型城市 2015 年机动车 NO_x 排放量相对于 2010 年的削减率。从表中看出，对于长三角地区的各典型城市而言，实施货车提前淘汰对于“十二五”机动车 NO_x 排放有明显的削减作用。结合“排放严格”情景，将货车的使用年限设定为 13 年、12 年和 11 年的同时不允许新车替换，则能够使 2015 年各城市机动车 NO_x 排放量相比 2010 年分别下降 5.4-12.8%、8.8-15.6% 和 11.4-18.1%；如果允许新车替换，则该控制方案使 2015 年各城市机动车 NO_x 排放量相比 2010 年分别下降 4.0-9.6%、5.9-10.2% 和 7.1-10.8%。对于上海、南京、苏州和无锡而言，淘汰车龄 11 年以上货车的同时严格控制货车保有量（即不允许新车替换），能够使其达到或基本达到“十二五”期间的 NO_x 减排目标（17.5%）。考虑到 2015 年各城市车龄 11 年以上的货车全部为国 0 和国 1 车辆（上海有部分为国 2 标准车辆），对于国 1 货车的全部淘汰可以作为实现“十二五”期间 NO_x 总量控制的重点措施。

表5.9 不同货车使用年限下各城市“十二五”NO_x排放削减率

		上海	南京	苏州	无锡	常州
排放严格		7.0%	7.5%	3.9%	0.7%	2.6%
提前淘汰 (不更新)	使用年限 13 年	12.8%	10.8%	11.4%	9.5%	5.4%
	使用年限 12 年	15.3%	15.6%	15.3%	13.8%	8.8%
	使用年限 11 年	18.1%	17.8%	17.4%	17.5%	11.4%
提前淘汰 (更新替换)	使用年限 13 年	9.6%	9.2%	7.5%	4.8%	4.0%
	使用年限 12 年	10.2%	11.6%	9.8%	7.0%	5.9%
	使用年限 11 年	10.8%	12.8%	10.8%	8.9%	7.1%

表 5.10 列出了“排放严格”情景基础上，不同货车使用年限下 2020 年各典型城市机动车 NO_x 排放量相对于 2005 年的削减率。由于上海在“排放严格”情景下即可达到 2020 年的 NO_x 减排目标，在此不作考虑。结合“排放严格”情景，将货车的使用年限设定为 13 年、12 年和 11 年的加速淘汰同时不允许新车替换，则能够使 2020 年各城市机动车 NO_x 排放量相比 2005 年分别下降 0.2-32.0%、6.0-33.8% 和 11.8-36.7%。考虑到 2020 年国 2 和国 3 货车的车龄分别为 14-15 年和 9-13 年，南京在淘汰所有国 2 货车和部分国 3 货车的情况下同时严格控制货车保有量（即不允许新车替换），则能够实现 25% 的 NO_x 减排目标。对于苏州、无锡和常州而言，除了对于老旧货车进行提前淘汰，还需结合其他控制措施，才能达到 2020 年的机动车 NO_x 减排目标。

表5.10 不同货车使用年限下各城市 2020 年 NO_x 排放削减率（2005 年为基准）

		南京	苏州	无锡	常州
排放严格		15.2%	-2.3%	8.6%	-10.6%
提前淘汰 (不更新)	使用年限 13 年	20.5%	4.4%	13.0%	0.2%
	使用年限 12 年	22.7%	7.7%	15.0%	6.0%
	使用年限 11 年	28.1%	11.8%	20.3%	13.9%
提前淘汰 (更新替换)	使用年限 13 年	19.9%	3.6%	12.5%	-1.2%
	使用年限 12 年	21.9%	6.6%	14.3%	4.0%
	使用年限 11 年	26.7%	10.3%	19.0%	11.0%

综上所述，实施货车的提前淘汰措施对于未来机动车 NO_x 排放削减能够产生积极的削减效益。在接下来的 5.3 和 5.4 节中，将对于各城市分车型、不同控制水平车辆的 NO_x 排放量进行进一步的深入分析，并重点结合柴油车（公交和货车）的提前淘汰措施和其他控制措施，针对“十二五” NO_x 总量控制目标和 2020 年空气质量 90% 达标目标，提出典型城市的机动车排放控制方案。

5.3 “十二五”典型城市机动车 NO_x 总量控制方案

为了反映不同车型、不同排放标准车辆对于机动车 NO_x 排放总量的贡献，本研究分析了“排放严格”情景下 2015 年各车型 NO_x 排放分担率，并针对 NO_x

排放重点车型，分析了不同控制水平车辆的排放量。图 5.3-5.7 分别给出了各城市 2015 年分车型 NO_x 排放量和重点车型的不同控制水平车辆的 NO_x 排放量。

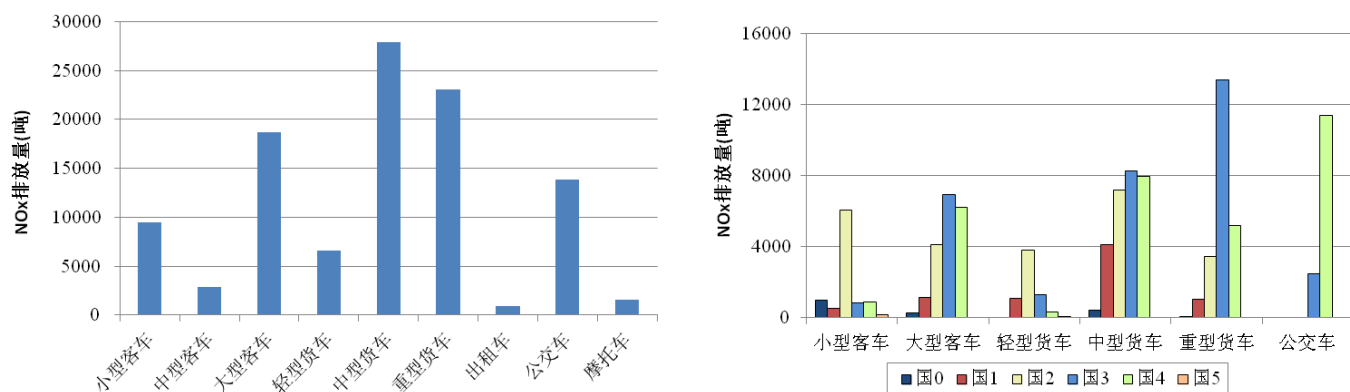


图5.3 上海 2015 年分车型、分不同控制水平车辆 NO_x 排放量

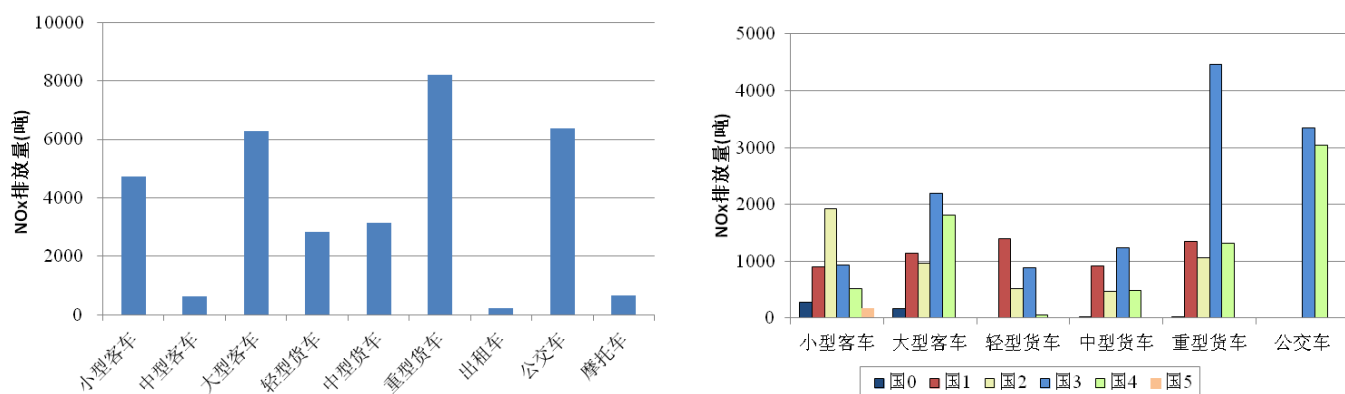


图5.4 南京 2015 年分车型、分不同控制水平车辆 NO_x 排放量

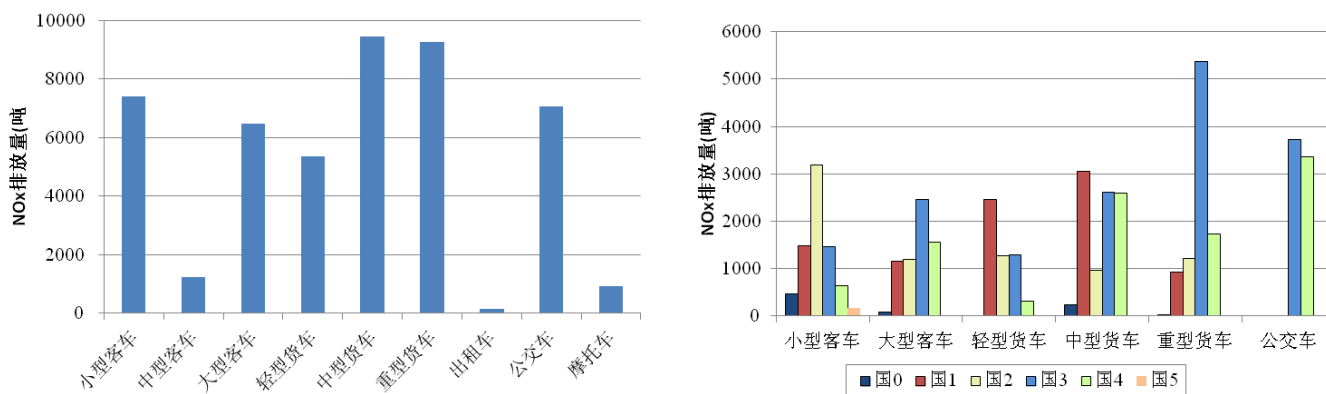


图5.5 苏州 2015 年分车型、分不同控制水平车辆 NO_x 排放量

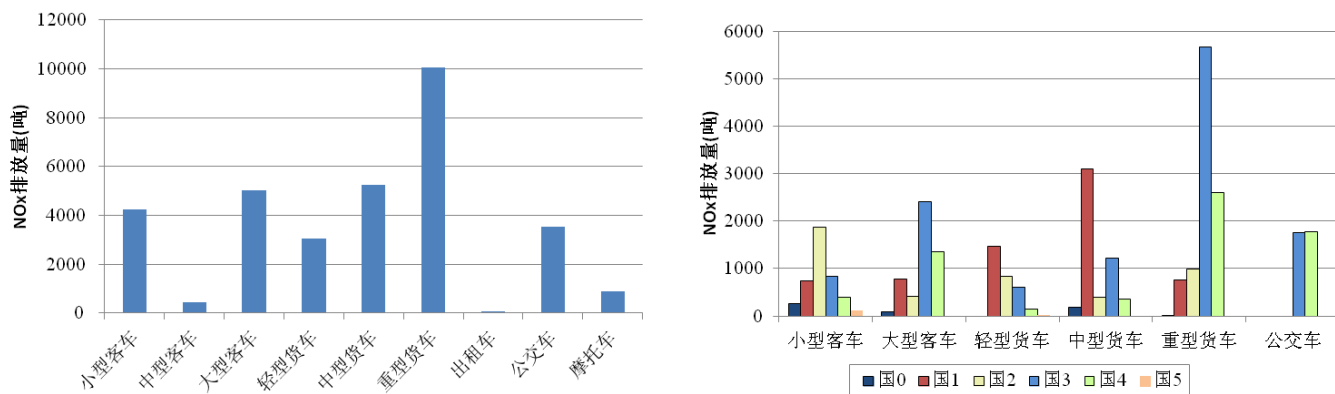


图5.6 无锡 2015 年分车型、分不同控制水平车辆 NO_x 排放量

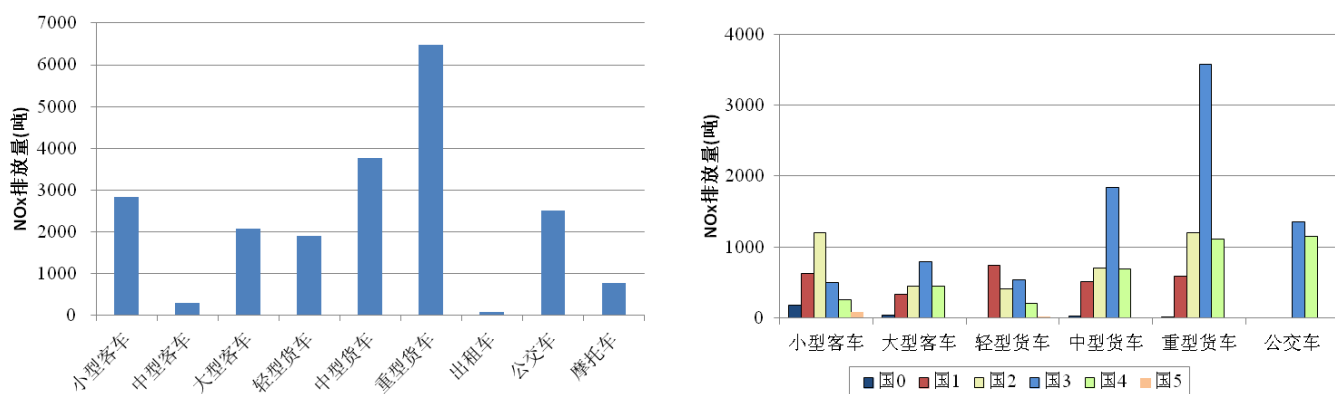


图5.7 常州 2015 年分车型、分不同控制水平车辆 NO_x 排放量

从各城市 2015 年 NO_x 分车型排放量可以看出：

1) 虽然货车的总保有量增长较为稳定，但由于其中的柴油车所占比例很高，NO_x 单车排放水平高，因此货车是城市机动车 NO_x 排放最主要的来源。2015 年，上海、南京、苏州、无锡和常州的货车 NO_x 排放分担率分别为 55%、43%、51%、56% 和 59%。因此，货车（特别是中重型货车）应当作为 NO_x 排放控制的关键车型。

2) 小型客车的 NO_x 排放量也相对较高，主要原因是其保有量大，且排放水平较差的车辆有较大的贡献。2015 年上海、南京、苏州、无锡和常州的小型客车 NO_x 排放贡献率分别为 9%、14%、16%、13% 和 14%。

3) 与货车相似，大型客车是 NO_x 排放的重要来源之一，也应作为控制的重点车型。2015 年上海、南京、苏州、无锡和常州的大型客车 NO_x 排放分担率分

别为 18%、19%、14%、15% 和 10%。

4) 虽然公交车保有量占总车队比例很低,但由于其在城市内的行驶里程高、速度低并且传统的新车控制技术对公交车 NO_x 排放控制效果较差,因此公交车在城市机动车 NO_x 排放中仍然占据相当的份额(10-15%之间)。作为集中管理的公用车队,对公交车采取燃料替代和电动化等严格的控制(例如引入 CNG/LNG 车、混合动力车和纯电动车等)容易取得较好的控制效果。

进一步分析各城市 2015 年 NO_x 重点控制车型分排放控制水平车辆的排放量分布特点,可以看出:

1) 2015 年,各城市货车和大型客车的 NO_x 排放中,国 1 车辆仍然是重要来源,上海、南京、苏州、无锡和常州的国 1 货车和大型客车的 NO_x 排放量分别有 0.74 万吨、0.48 万吨、0.76 万吨、0.61 万吨和 0.22 万吨,占货车和大型客车 NO_x 总排放量的 9.7%、23%、25%、26% 和 15%。结合 5.3 节内容,由于国 1 货车和大型客车的营运时间都已经在 10 年以上,将其作为重点进行淘汰能够产生比较好的减排效果,限制手段可以同时考虑高排放车区域限行等交通手段和经济措施相结合的方式。

2) 小型客车中,国 2 车辆的 NO_x 排放贡献较大,上海市由于提前实施了国 2 排放标准,国 2 小型客车 NO_x 排放量占小型客车总排放量的 64%,南京、苏州、无锡和常州的国 2 小型客车 NO_x 排放量分别占各城市小型客车总排放量的 41%、43%、44% 和 42%。因此,可以考虑借鉴北京老旧车交易平台的做法,采用经济刺激手段来加速国 2 轻型车的淘汰更新。

3) 由于 2009 和 2010 年中重型货车销量的显著增加,国 3 中重型货车成为 NO_x 排放的最主要来源,各城市的国 3 中重型货车 NO_x 排放量占货车 NO_x 总排放量的 33-45%。这部分货车相对较新,很难采用限行交通措施和经济手段短期内促进其更新淘汰,对于这类货车的 NO_x 控制应引起足够的重视。

4) 公交车由于较快的更新淘汰速度, NO_x 排放的主要来自国 3 和国 4 车辆。今后公交车队 NO_x 控制的重心应该向大力推广应用更清洁的替代燃料车和电力车转移。

基于以上结果,本研究分析了各典型城市在加速实施更为严格的新车排放标准和油品标准的“排放严格”情景基础上,为了实现“十二五”期间机动车 NO_x

总量控制的削减目标，还需进一步采取的排放控制措施，如表 5.11 所示。

对于各城市的控制措施进行汇总，可以获得长三角地区典型城市实现“十二五”期间 NO_x 总量控制目标需要采取的机动车排放控制措施。主要包括：

1) 加速实施新车排放标准和油品标准，2013 年和 2014 年分别对重型车和轻型车实施国 4 和国 5 排放标准，并同步实施相应的油品标准（上海以外的城市由于柴油品质限制，于 2014 年实施国 4 柴油标准）。其中，重型柴油车从国 3 向国 4 的过渡能够显著地降低单车排放因子，对于机动车 NO_x 的减排具有十分重要的意义，应尽快在全国范围全面实行。

2) 在 2015 年期间加强以柴油为主要燃料的各类型货车、大型客车的国 1 车辆的淘汰工作，部分城市需加速淘汰国 2 柴油货车。

3) 加快推广低排放和零排放公交车，包括 CNG/LNG 公交车、混合动力车和纯电动车等，2015 年前将 30% 以上公交车替换为新能源或替代能源车。

表5.11 2015 年各城市需进一步实施的机动车排放控制措施

城市	控制措施
上海	1) 淘汰 2002 年年底之前注册的所有货车、大型客车； 2) 2011-2015 年在公交车队中更新引入 CNG/LNG 公交车、混合动力车和纯电动车，占公交车队总保有量 30%（5000 辆）； 3) 淘汰 30%（8000 辆）的车龄为 10 年以上的国 2 柴油中型货车。
南京	1) 淘汰 40%（8000 辆）的 2004 年年底之前注册的货车、大型客车； 2) 2011-2015 年在公交车队中更新引入 CNG/LNG 公交车、混合动力车和纯电动车，占公交车队总保有量 30%（2300 辆）。
苏州	1) 淘汰 60%（26000 辆）的 2004 年年底之前注册的货车、大型客车； 2) 2011-2015 年在公交车队中更新引入 CNG/LNG 公交车、混合动力车和纯电动车，占公交车队总保有量 30%（2500 辆）。
无锡	1) 淘汰 70%（22000 辆）的 2004 年年底之前注册的货车、大型客车； 2) 2011-2015 年在公交车队中更新引入 CNG/LNG 公交车、混合动力车和纯电动车，占公交车队总保有量 30%（1200 辆）。
常州	1) 淘汰所有 2004 年年底之前注册的货车、大型客车； 2) 2011-2015 年在公交车队中更新引入 CNG/LNG 公交车、混合动力车和纯电动车，占公交车队总保有量 30%（1000 辆）； 3) 淘汰 50%（1000 辆）的国 2 重型柴油货车。

5.4 实现 2020 年空气质量 90%达标的典型城市机动车排放控制方案

为了确定不同车型、不同排放标准车辆对于机动车 NO_x 排放总量的影响，分析了“排放严格”情景下 2020 年南京、苏州、无锡和常州各车型的 NO_x 排放量，并针对 NO_x 排放重点控制车型，进一步分析了不同控制水平车辆的排放量。图 5.8-图 5.11 分别给出了各城市 2020 年分车型 NO_x 排放量和重点控制车型的不同控制水平车辆的 NO_x 排放量。

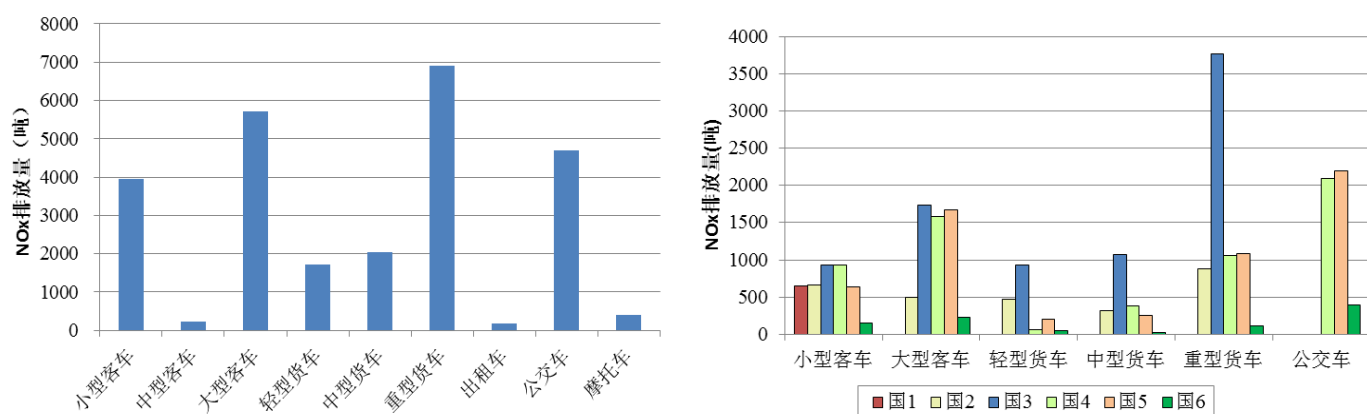


图5.8 南京 2020 年分车型、分不同控制水平车辆 NO_x 排放量

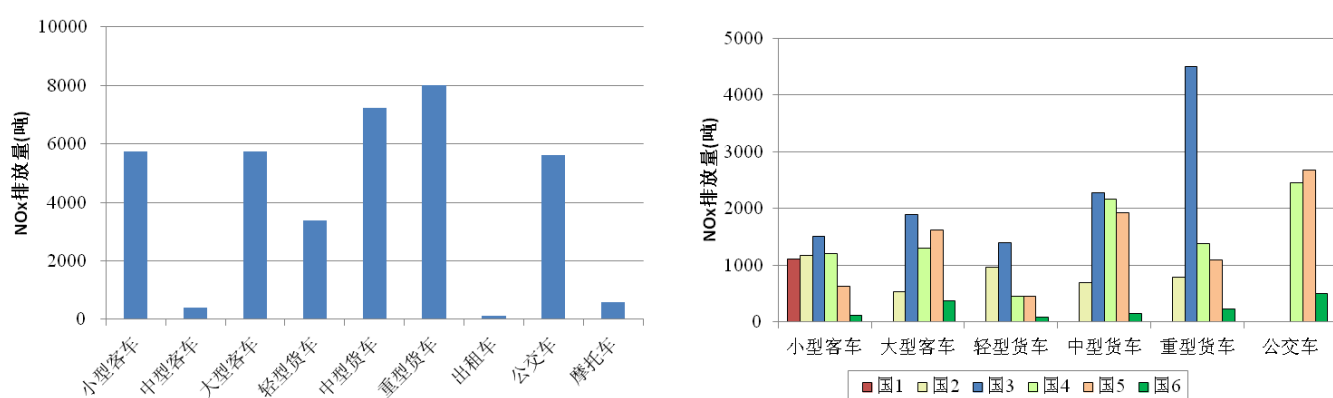


图5.9 苏州 2020 年分车型、分不同控制水平车辆 NO_x 排放量

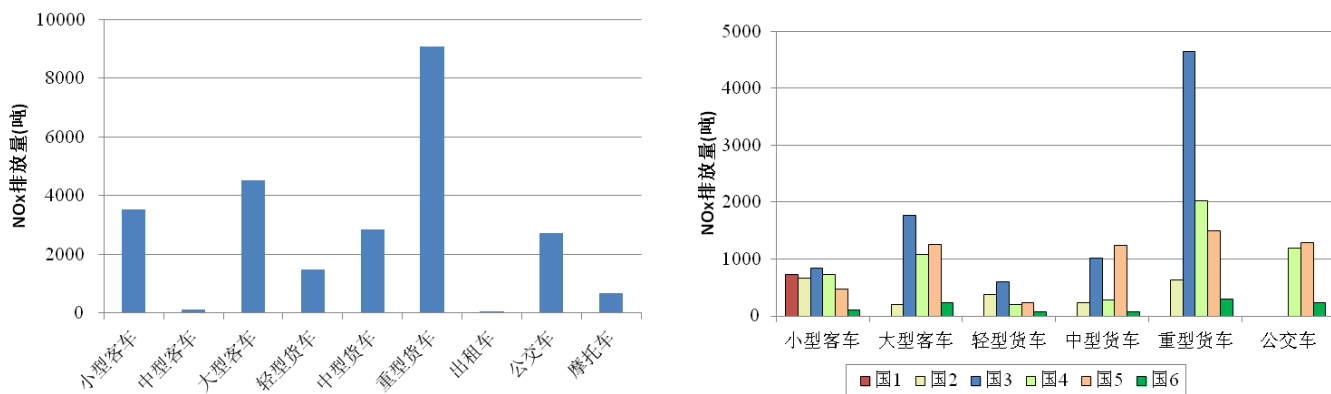


图5.10 无锡 2020 年分车型、分不同控制水平车辆 NO_x 排放量

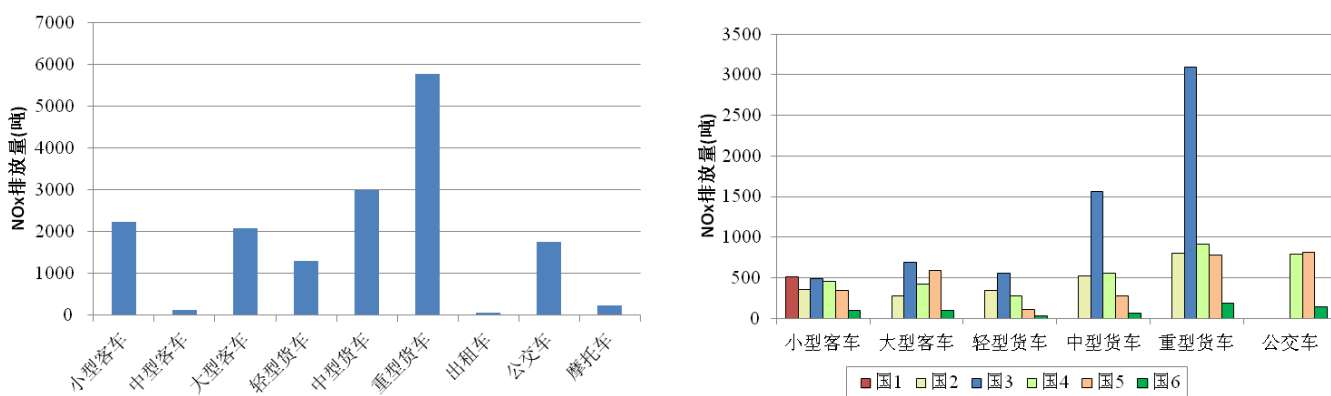


图5.11 常州 2020 年分车型、分不同控制水平车辆 NO_x 排放量

分析各城市 2020 年 NO_x 分车型排放量：

1) 货车是 NO_x 排放最主要的来源，2020 年南京、苏州、无锡和常州的货车 NO_x 排放分担率分别为 41%、50%、54% 和 61%。因此，货车（特别是中重型货车）应当作为 NO_x 排放控制的关键车型。

2) 大型客车也是 NO_x 排放的重要来源，南京、苏州、无锡和常州的大型客车 NO_x 排放分担率分别为 22%、16%、18% 和 13%，也是需要进行重点控制的车型。

3) 小型客车由于保有量大，NO_x 排放量也相对较高，南京、苏州、无锡和常州的小型客车 NO_x 排放贡献率分别为 15%、16%、14% 和 14%。

4) 公交车是重型车队中控制技术水平程度最高的车型。虽然保有量很小，但是仍然有 10% 以上的排放分担率份额（其中在南京的排放分担率甚至高于

15%)。这主要是由于其在城市内的行驶里程高、速度低并且传统的新车控制技术对公交车 NO_x 排放控制效果较差造成的。作为集中管理的公用车队，也应将其作为 NO_x 控制的重点车型。

进一步分析各城市 2020 年 NO_x 重点控制车型分排放控制水平车辆的排放量，可以看出：

1) 2020 年，各城市货车和大型客车的 NO_x 排放中，国 2 车辆仍然占一定的比例，南京、苏州、无锡和常州的国 2 货车和大型客车 NO_x 排放量将分别占有所有货车和大型客车 NO_x 总排放量的 13%、12%、8% 和 16%。结合 5.3 节内容，对于国 2 货车和大型客车实施提前淘汰能够产生比较好的减排效果，应当将其作为重点进行淘汰，限制手段可以同时考虑高排放车区域限行等交通手段和经济措施相结合的方式。

2) 国 3 车辆将成为各城市货车和大型客车 NO_x 排放的最主要来源，南京、苏州、无锡和常州的国 3 货车和大型客车 NO_x 排放量将分别占有所有货车和大型客车 NO_x 总排放量的 46%、41%、45% 和 49%，需要对其进行重点控制。可以考虑的手段包括对营运时间 10 年以上的老旧国 3 车辆鼓励其加速淘汰，对这部分车辆的控制需考虑配合经济刺激（例如补贴）手段；此外，可考虑对 10 年以内的国 3 货车实施 SCR 改造。

3) 小型客车中，国 1-国 2 车辆虽然保有量的比例仅占 8-12%，但是其排放仍然有 30-45% 的贡献。绝大部分这些车辆的使用年限都已经接近甚至超过 15 年，因此，需通过区域限行等交通手段和经济措施相结合的方式尽快予以淘汰更新。

4) 公交车由于较快的更新淘汰速度， NO_x 排放的主要来自国 4 车辆和国 5 车辆。今后公交车队 NO_x 控制的重心应该向大力推广应用更清洁的替代燃料车和电力车转移。

基于以上分析，本研究分析了各城市在加速实施更为严格的新车排放标准和油品标准的“排放严格”情景基础上，为了实现新版环境空气质量标准 O_3 和 $\text{PM}_{2.5}$ 90% 达标要求，还需进一步采取的排放控制措施，如表 5.12 所示。

表5.12 2020年各城市需进一步实施的机动车排放控制措施

城市	控制措施
南京	1) 淘汰车龄 15 年以上的小型客车； 2) 小型客车实施出行优化控制（例如实施五天限一天的限行措施）； 3) 公交车队中加速引入 50%（4400 辆）的 CNG/LNG 公交车、混合动力车和纯电动车； 4) 将 2007 年年底之前注册的柴油货车、大型柴油客车全部淘汰。
苏州	1) 淘汰车龄 15 年以上的小型客车； 2) 小型客车实施出行优化控制（例如实施五天限一天的限行措施）； 3) 公交车队中加速引入 50%（5000 辆）的 CNG/LNG 公交车、混合动力车和纯电动车； 4) 将 2007 年年底之前注册的柴油货车、大型柴油客车全部淘汰； 5) 将 2012 年年底之前注册的国 3 柴油货车或鼓励加速淘汰，或考虑加装 SCR 等后处理装置； 6) 优化柴油货车出行，年均里程降低 15% 以上。
无锡	1) 淘汰车龄 15 年以上的小型客车； 2) 小型客车实施出行优化控制（例如实施五天限一天的限行措施）； 3) 公交车队中加速引入 50%（2500 辆）的 CNG/LNG 公交车、混合动力车和纯电动车； 4) 将 2007 年年底之前注册的柴油货车、大型柴油客车全部淘汰； 5) 将 70%（20000 辆）的 2012 年年底之前注册的柴油货车或鼓励加速淘汰，或考虑加装 SCR 等后处理装置。
常州	1) 淘汰车龄 15 年以上的小型客车； 2) 公交车队中加速引入 50%（1600 辆）的 CNG/LNG 公交车、混合动力车和纯电动车； 3) 将 2007 年年底之前注册的柴油货车、大型柴油客车全部淘汰； 4) 将 2012 年年底之前注册的柴油货车或鼓励加速淘汰，或考虑装 SCR 等后处理装置； 5) 优化柴油货车出行，年均里程降低 15% 以上。

在综合“排放严格”情景和表 5.12 各项控制措施的基础上，各城市 2020 年机动车 HC、PM_{2.5} 和 NO_x 排放量相比 2005 年削减率如表 5.13 所示，能够同时达到减排目标要求。

表5.13 2020 年各城市机动车污染物排放削减率（2005 年为基准）

	HC	PM _{2.5}	NO _x
南京	65%	80%	31%
苏州	71%	81%	28%
无锡	73%	81%	27%
常州	72%	80%	25%

对于各城市的控制措施进行汇总，可以获得长三角典型城市实现 2020 年环境空气质量 O₃ 和 PM_{2.5} 90% 达标要求需要采取的控制措施。主要包括：

1) 加速实施新车排放标准和油品标准，2016 年对重型车实施国 5 排放标准，2018 年和 2019 年分别对轻型车和重型车实施国 6（欧 6）排放标准，并同步实施相应的油品标准。

2) 在 2020 年期间淘汰车龄为 15 年以上的小型客车，并对部分城市采取交通管理措施和经济措施优化小型客车出行，使其 2020 年轻型车队年均行驶里程降低到 14000 km 左右。

3) 加强各类型货车、大型客车的国 2 柴油车辆的淘汰工作，2020 年之前将其完全淘汰。

4) 加快推广低排放和零排放公交车，包括 CNG/LNG 车、混合动力车和纯电动车等，使新能源车和替代能源车在公交车队中的比例达到 50% 以上。

5) 对于 2012 年年底之前注册的国 3 柴油货车，或鼓励加速淘汰，或考虑加装 SCR 等后处理装置，降低其单车排放水平。

6) 在部分城市优化柴油货车的出行，提高运营效率，使其年均里程降低 15% 以上。

5.5 城市机动车排放综合控制方案

根据长三角地区 5 个典型城市（上海、南京、无锡、苏州和常州）的研究结果，本研究提出了针对 2015 年和 2020 年不同控制目标的城市机动车排放控制的综合方案。

2015 年（实现“十二五”NO_x 总量控制目标的要求）：

1. 新车控制：
 - 1) 2013 年：重型柴油车和重型汽油车实施国 4 排放标准；
 - 2) 2014 年：轻型汽油车实施国 5 排放标准。
2. 车用油品控制：
 - 1) 汽油：2012 年实施国 4 车用汽油质量标准，将汽油含硫量控制在 50 ppm 以内；2015 年与车辆排放标准同步实施欧 5 燃油质量标准，将汽油含硫量控制在 10 ppm 以内。
 - 2) 柴油：2012 年实施国 3 车用柴油质量标准，将柴油含硫量控制在 350 ppm 以内；2014 年实施国 4 车用柴油标准，将含硫量降低到 50 ppm 以内。
3. 公交车队加速更新，引进新能源、替代能源车：

到 2015 年实现车队中混合动力、纯电动车以及 CNG/LNG 车不少于 30%。
4. 老旧车辆淘汰更新：
 - 1) 在 2015 年期间加强以柴油作为燃料的黄标车淘汰工作，重点淘汰 2005 年之前注册的货车以及大型客车。

2020 年（实现 2020 年空气质量 O₃ 和 PM_{2.5} 90% 达标，在 2015 年控制方案的基础上需进一步实施的各项控制措施）

1. 新车控制：
 - 1) 2016 年：重型汽油车和重型柴油车实施国 5 排放标准；2020 年：重型汽油车和重型柴油车实施国 6 排放标准。
 - 2) 2018 年：轻型汽油车实施国 6 排放标准。
2. 车用油品控制：

使油品标准与新车排放标准实现同步，2016 年实施国 5 柴油标准，将柴油含硫量控制到 10 ppm 以内。
3. 公交车队引进新能源、替代能源车：

到 2020 年实现车队中混合动力车、纯电动车和 CNG/LNG 车的比例达到 50% 以上。
4. 老旧车辆淘汰与柴油车辆改造

- 1) 加强柴油车的重点淘汰工作，2020 年前将柴油货车、大型柴油客车中的黄标车全部淘汰。
 - 2) 推行小型客车淘汰措施，淘汰 15 年以上小型客车。
 - 3) 将车队中 2012 年底前注册的国 3 柴油货车或鼓励加速淘汰或考虑加装 SCR 等排放后处理装置。
5. 车辆行驶里程优化：
- 1) 采取交通管理和经济措施优化小型客车出行，使其 2020 年年均行驶里程降低到 14000 km 左右。
 - 2) 结合交通管理和经济措施优化柴油货车的出行，使其年均行驶里程降低 15% 以上。

第6章 结论与建议

6.1 基本结论

1) 同步建立发达的公共交通系统和严格的机动车排放控制体系，应成为我国未来城市机动车排放综合控制的发展方向

本研究对国内外4个典型城市（洛杉矶、东京、北京和上海）的交通系统和机动车排放控制历程进行了系统的对比分析。东京作为城市交通结构优化与严格机动车排放控制紧密结合的典范，应成为我国未来城市机动车排放综合控制的发展方向。

东京和洛杉矶在城市交通出行结构上具有显著的差异：东京执行以公共交通为导向的交通发展政策，形成了轨道交通为主，公共汽车等为辅的发达的公共交通系统，并通过一系列的经济措施等手段限制和减少私家车的保有和使用；而洛杉矶致力于低密度的郊区发展，形成了发达的公路交通系统，汽车是主要的交通出行方式，公共交通仅为辅助出行方式。虽然交通出行结构存在显著差异，但是东京和洛杉矶都通过半个世纪的持续控制，形成了当前国际上最为严格和完备的机动车排放控制体系，包括逐步加严的新车标准和油品质量标准，日益加严和丰富的在用车管理控制、鼓励先进车辆技术和清洁的替代燃料技术的应用等等。

北京和上海的交通出行结构介于东京和洛杉矶之间，其民用汽车千人拥有量（北京231，上海74）显著低于洛杉矶（638）和东京（323），虽然两座城市均出台了汽车限购政策，但是未来10年其汽车保有量仍将保持持续稳定的增长，并构成对城市交通系统和机动车排放控制的持续压力。北京和上海对机动车排放的系统控制始于90年代末期，经过10多年发展，已形成类似洛杉矶、东京等发达国家大城市机动车排放控制的体系，但是在控制水平上仍然存在一定差距。例如，北京/上海与发达国家城市的轻型汽油车新车排放控制水平差距约一个标准（3-5年），重型柴油货车新车控制水平差距则为两个标准（~10年），即我国柴油车排放控制进程相比汽油车而言明显滞后。

2) NO_x 是当前机动车排放控制最为困难的一次污染物，CO/HC 排放控制则较为成功，一次 PM_{2.5} 排放控制难度则介于两者之间

本研究针对长三角地区5个典型城市（上海、南京、无锡、常州和苏州）机

动车排放现状进行了分析。不同污染物的排放总量变化规律不尽相同。2000-2010年间,各典型城市机动车 HC、CO 排放量均呈现先增加、后降低的趋势。上海在 2003 年出现机动车 HC 和 CO 排放量的拐点,其他城市(南京、苏州、无锡和常州)的拐点略有滞后,出现在 2005 年前后。HC 和 CO 排放的主要来源是轻型汽油车。轻型汽油车是目前我国城市机动车排放控制最为成功的车型,每隔 3-5 年逐步加严新车排放标准,并且油品质量逐步改善和在用车管理体系相对完备等因素的综合作用导致车队的平均排放因子出现大幅度的下降。

各城市机动车 NO_x 排放量在过去 10 年间始终保持上升趋势,NO_x 排放量持续增长的主要原因是柴油车控制的不力。核心因素是国 1-国 3 柴油货车车型和国 1-国 4 柴油客车车型实际道路的 NO_x 排放因子并没有出现具有统计意义的下降。此外,柴油品质改善相对滞后、2009-2010 年各城市柴油货车销量快速增长等等也是导致机动车 NO_x 排放量持续上升的重要因素。

各城市一次 PM_{2.5} 的排放变化趋势介于 HC/CO 和 NO_x 之间。上海、南京、苏州和无锡的 PM_{2.5} 排放量呈现先增加、后降低的趋势,拐点出现在 2007 年前后。2007 年之后,PM_{2.5} 排放量逐年下降,但降幅不如 HC 和 CO 明显。机动车 PM_{2.5} 排放主要来源于柴油车,相比 NO_x,排放标准加严对柴油车的 PM_{2.5} 排放因子降低有比较明显的作用。常州的 PM_{2.5} 排放量变化趋势与其他城市不同,2007 年之后,常州 PM_{2.5} 排放量基本保持稳定,2010 年还略有上升,这与常州市货车保有量的显著增长有关。货车保有量的快速增长抵消了排放控制措施实施产生的削减效益,因此导致常州 PM_{2.5} 排放量未出现明显下降趋势。

上海是目前国内机动车排放综合控制最严格的城市之一,过去十年机动车排放控制取得了比较明显的减排效益。相比 2000 年,2010 年上海机动车 HC、CO 和 PM_{2.5} 排放量分别下降了 36%、44%和 11%,NO_x 排放量增加了 24%。与上海相比,其他四个城市的机动车排放控制进程相对滞后,控制力度也相对弱于上海,因此机动车排放总量削减效益不如上海明显。例如,南京 2010 年 HC 和 CO 排放量相比 2000 年分别仅下降了 7.6%和 7.5%,NO_x 和 PM_{2.5} 排放则分别增加了 52%和 4.1%;常州 2010 年 HC 和 CO 排放量相比 2000 年分别下降了 17%和 2.8%,NO_x 和 PM_{2.5} 排放则增加了 93%和 30%;苏州 2010 年 HC、CO、NO_x 和 PM_{2.5} 排放量相比 2000 年分别增加了 1.0%、20%、120%和 59%;得益于 2010 年摩托

车的大量淘汰，无锡 2010 年 HC 和 CO 排放量相比 2000 年分别下降了 31% 和 10%，但 NO_x 和 PM_{2.5} 排放增加了 97% 和 42%。综上所述，NO_x 是当前机动车一次排放污染物中控制最为困难的一项污染物，HC 和 CO 排放控制则较为成功，PM_{2.5} 则介于两者之间。

3) 完善的城市机动车排放控制体系应包括新车排放控制、在用车排放控制、车用油品控制、交通管理控制和经济措施 5 个方面，缺一不可

完善的机动车排放控制体系包括 5 个关键的方面：新车排放控制、在用车排放控制、车用油品控制、交通管理控制和经济措施。基于国内外机动车控制的经验，本研究建立了适于我国城市机动车排放控制的措施数据库。针对长三角地区 5 个城市的特点，建立了不同的控制情景：例如基于新车和油品的基准情景和严格情景、减少小客车出行的两个出行优化情景，以及针对轻型车加速淘汰和车辆限购的情景等等。

基于上述情景，分析了未来城市机动车排放的变化趋势。在无控情景下（未来 10 年不加严控制），随着车队的正常淘汰更新，各城市未来 10 年的机动车 HC、CO 和 PM_{2.5} 排放量将继续保持下降的趋势。但是 NO_x 排放量则将持续增长，2020 年各城市 NO_x 排放量将比 2010 年上升 11-30%。实施更为严格的新车排放标准和油品标准（例如“基准”和“排放严格”情景），对于各种污染物的减排都具有比较明显的作用，其中对 NO_x 和 PM_{2.5} 排放的降低尤为显著。例如，“基准”情景下各城市 NO_x 和 PM_{2.5} 排放相比“无控”情景分别下降 24-29% 和 36-48%，而“排放严格”情景下各城市 NO_x 和 PM_{2.5} 排放相比“无控”情景则分别下降 35-41% 和 42-53%。

主要针对小型客车控制的措施（例如“出行优化 I”、“出行优化 II”、“老旧车淘汰”和“车辆限购”等情景），对于机动车 HC 和 CO 排放量的降低有较明显的作用，但对于 NO_x 和 PM_{2.5} 排放量降低的直接影响较小（注：本研究暂未考虑上述措施导致车流运行特征变化的间接排放影响）。以南京为例，从“排放严格”情景至“车辆限购”情景，2020 年 HC 和 CO 排放量相比“无控”情景的削减率分别从 18% 和 27% 增加到了 46% 和 53%，而 NO_x 和 PM_{2.5} 排放相比“无控”情景的削减率则分别只从 35% 和 50% 增加到 39% 和 53%。由于 NO_x 和 PM_{2.5} 是总量控制以及空气质量改善的关键约束性指标，未来对于机动车的交通、经济

等控制手段不能仅仅针对保有量比例最大的小型客车，对于中/重型柴油车等其他车型的控制也是十分必要的。

4) 未来机动车 NO_x 排放总量控制的关键目标应是“以重型柴油车为控制重点，同时兼顾轻型汽油车”

“十二五”期间 NO_x 总量控制减排目标全国平均是 10%，长三角地区的上海和江苏则为 17.5%。本研究假设机动车 NO_x 排放总量削减比例也为 17.5%，则原有的新车和油品标准加严情景结合针对轻型车的限行、限购和淘汰政策尚无法实现 NO_x 的总量控制要求。

总体而言，逐步加严新车排放标准和油品标准的“基准”情景或“排放严格”情景对于 NO_x 排放有较明显的削减作用，其削减效益主要得益于重型柴油货车从国 3 向国 4 至国 6 的逐步过渡和全面提升燃油品质至国 4 等控制措施的效果。轻型汽油车在从国 4 向国 5/6 过渡的过程中，其对车队的总体减排效果已经不明显。此外，仅仅针对小型客车的“出行优化 I”、“出行优化 II”、“老旧车淘汰”和“车辆限购”等情景的单项控制措施对于 NO_x 的直接减排效果也并不显著。这表明对机动车 NO_x 的总量控制，今后的控制关键要转移到“以重型柴油车（3.5 吨以上）为重点，同时兼顾轻型汽油车”的控制上。

5) 为实现新版环境空气质量标准 PM_{2.5} 和 O₃ 达标要求，要求 HC、PM_{2.5} 和 NO_x 排放同步大幅削减；其中对机动车而言，NO_x 排放削减达标是关键

为了实现新版环境空气质量标准关键污染物指标（例如 PM_{2.5} 和 O₃）90% 达标要求，需要 HC、PM_{2.5} 和 NO_x 的排放削减率同时达到目标。模拟结果表明，2020 年长三角地区各典型城市机动车 HC、PM_{2.5} 和 NO_x 排放量相对于 2005 年的削减率应分别达到 a) 70%、65% 和 25%；或 b) 65%、65% 和 30%。

HC 是机动车三项污染物减排目标中相对容易实现的污染物。上海在所有情景下都能达到 70% 的减排目标；无锡、常州在“排放严格”情景下能够达到 65% 的减排目标，“出行优化 I”情景下能够达到 70% 的减排目标；苏州在“出行优化 I”和“出行优化 II”情景下分别能够达到 65% 和 70% 的减排目标；南京的减排目标较难实现，需要“出行优化 II”情景才能达到 65% 的目标，在最严格的“车辆限购”情景下才可以实现 HC 减排 70% 的目标。

对于 PM_{2.5} 而言，上海、南京和无锡在“基准”情景下即能达到 65% 的减排

目标，苏州在“排放严格”情景下也能达到减排要求。常州的情况比较特殊，最严格的“车辆限购”情景下2020年PM_{2.5}排放量相对2005年削减率为63.1%，离65%的削减目标仍有差距。对于机动车一次PM_{2.5}减排而言，尽快实现重型车从国3向国4的过渡至关重要，同时应配套相应的油品质量控制。

NO_x是三项污染物中最难控制的指标。除了上海在“排放严格”情景下能够达到25%的减排目标，其他城市在设定的排放控制情景下都无法达到目标。特别是对于苏州、无锡和常州，即使是在最严格的轻型车“老旧车淘汰”和“车辆限购”情景下，其NO_x排放削减率离减排目标仍有相当的差距。对于机动车而言，NO_x排放削减将是制约城市空气质量达标的关键因素。因此，在分析2020年环境空气质量90%达标要求时，需重点考虑机动车NO_x的排放削减目标的实现，控制重点主要转移到重型柴油车上。相关控制包括加快推广低排放和零排放新能源公交车、加速淘汰老旧柴油货车、优化货车出行等措施。

6.2 政策建议

为实现我国十二五期间NO_x排放总量控制目标和实现基于新版环境空气质量标准的污染物排放总量控制目标，针对机动车，本研究提出以下政策建议：

- ① 坚持“公共交通优先发展”和“不断加严机动车排放控制”并重。
- ② 持续加严和完善我国机动车排放综合控制体系，尽快与发达国家控制水平接轨；控制体系应包括新车排放控制、在用车排放控制、车用油品控制、交通管理控制和经济措施等各个方面，相辅相成，缺一不可。
- ③ 未来机动车NO_x排放总量控制的关键目标应是“以重型柴油车为控制重点，同时兼顾轻型汽油车”。其中，
 - 柴油货车的控制重点是加速向国4-国6标准(包括新车标准和油品标准)的过渡，同时兼顾老旧货车加速淘汰和优化货车出行。
 - 公交车的控制重点是加速推广低排放和零排放新能源公交车，包括混合动力车、CNG/LNG车、纯电动车等。
 - 轻型车的控制重点应逐步转移到对在用车队的控制和监管上来，通过公交优先、保有/出行限制和老旧车加速淘汰等组合措施以有效遏制车队总行驶里程的快速增长，同时兼顾超低排放和零排放新能源车辆的推广。

根据长三角地区 5 个典型城市（上海、南京、无锡、苏州和常州）的研究结果，本研究提出了针对 2015 年和 2020 年不同控制目标的发达地区城市（群）机动车排放控制的综合方案。

一、2015 年（实现“十二五”NO_x总量控制目标的要求）

➤ 新车控制：

- 1) 2013 年：重型柴油车和重型汽油车实施国 4 排放标准。
- 2) 2014 年：轻型汽油车实施国 5 排放标准。

➤ 车用油品控制：

- 1) 汽油：2012 年实施国 4 车用汽油质量标准，将汽油含硫量控制在 50 ppm 以内；2015 年与车辆排放标准同步实施欧 5 燃油质量标准，将汽油含硫量控制在 10 ppm 以内。
- 2) 柴油：2012 年实施国 3 车用柴油质量标准，将柴油含硫量控制在 350 ppm 以内；2014 年实施国 4 车用柴油标准，将含硫量降低到 50 ppm 以内。

➤ 公交车队加速更新，引进新能源、替代能源车：

- 1) 到 2015 年实现车队中混合动力、纯电动车以及 CNG/LNG 车不少于 30%。

➤ 老旧车辆淘汰更新：

- 1) 在 2015 年期间加强以柴油作为燃料的黄标车淘汰工作，重点淘汰 2005 年之前注册的货车以及大型客车。

二、2020 年（实现 2020 年空气质量 O₃ 和 PM_{2.5} 90% 达标，在 2015 年控制方案的基础上需进一步实施的各项控制措施）

➤ 新车控制：

- 1) 2016 年：重型汽油车和重型柴油车实施国 5 排放标准；2020 年：重型汽油车和重型柴油车实施国 6 排放标准。
- 2) 2018 年：轻型汽油车实施国 6 排放标准。

➤ 车用油品控制：

- 1) 使油品标准与新车排放标准实现同步，2016 年实施国 5 柴油标准，将柴油含硫量控制到 10 ppm 以内。

➤ 公交车队加速更新，引进新能源、替代能源车：

- 1) 到 2020 年实现车队中混合动力车、纯电动车和 CNG/LNG 车的比例达到 50% 以上。
- 老旧车辆淘汰与柴油车辆改造：
 - 1) 加强柴油车的重点淘汰工作，2020 年前将柴油货车、大型柴油客车中的黄标车全部淘汰。
 - 2) 推行小型客车淘汰措施，淘汰 15 年以上小型客车。
 - 3) 将车队中 2012 年底前注册的国 3 柴油货车或鼓励加速淘汰或考虑加装 SCR 等排放后处理装置。
- 车辆行驶里程优化：
 - 1) 采取交通管理和经济措施优化小型客车出行，使车队 2020 年年均行驶里程降低到 14000 km 以下。
 - 2) 结合交通管理和经济措施优化柴油货车的出行，使其年均行驶里程降低 15% 以上。

6.3 后续研究建议

1) 机动车排放总量控制是一项复杂的系统工程，特别是随着近年来交通管理措施、经济措施等非常规控制措施日益得到重视，其对机动车减排的准确核算需要通过交通流模型、排放模型和空气质量模型的系统集成进行。本研究对交通流模型的研究涉及较少，今后应深入系统研究交通流变化与机动车排放相互影响机制，为更准确评估交通控制和经济措施（例如区域限行、车辆限购、停车收费等）的定量减排效果提供支持。

2) 机动车排放总量控制是我国人为源排放总量控制的重要组成部分。随着控制进程的深入，例如电动车和替代燃料车等不同于常规石油燃料的车辆会更多的进入市场。在这种情况下，机动车排放总量控制与其他污染源（例如电厂）排放总量控制会形成密切的相互影响机制。本研究目前仅将机动车作为一个独立的污染源进行核算，只考虑其运行阶段的排放。今后随着电动车和替代燃料车的大规模推广，同时考虑车辆燃料生产和车辆运行的基于生命周期的总量核算方法和协同减排机制研究需得到重视。

3) 由于社会、人口和经济发展等因素的差异，中国城市机动车的发展水平，

包括保有构成、控制技术水平和排放管理体系构成都具有显著的差异。本研究由于时间、研究基础、数据可获得性等因素的限制，仅针对长三角地区经济发展具有相似性的不同城市进行了分析，建议进一步增加研究的城市样本数目。此外，为了更完整更准确的评估全国机动车排放控制的发展战略，建议建立统一的综合控制评估平台系统，为今后新增的城市评估提供统一的研究平台。

4) 要确保城市机动车排放综合控制的顺利推进，准确核算各项控制措施的经济成本和评估措施的可操作性和限制因素（例如配套基础体系建设、监管体系建设和法律障碍等等）也是至关重要的。建议在今后对上述内容进行深入细致的研究。

参考文献

- [1] 中国国家统计局. 中国统计年鉴. 中国统计出版社, 2001-2011.
- [2] 中国汽车技术研究中心. 中国汽车工业年鉴. 《中国汽车工业年鉴》期刊社, 2001-2011.
- [3] 北京机动车保有量超过 500 万辆.
http://news.xinhuanet.com/fortune/2012-02/16/c_111534280.htm.
- [4] 清华大学. 北京奥运期间措施实施后效果评估. 2008.
- [5] 北京环保局: PM_{2.5} 按规划治理 8 年仍将不达标.
http://news.xinhuanet.com/local/2012-04/22/c_123017108_5.htm.
- [6] GB3095-2012. 环境空气质量标准. 中国环境科学出版社, 2012.
- [7] 李岳林. 交通运输环境污染与控制. 北京: 机械工业出版社, 2010.
- [8] 苏鑫. 国外交通科技成果: 东京公共交通网络健全 尖端科技治理交通拥堵. 道路交通与安全, 2009(4): 63-64.
- [9] 上海市城市综合交通规划研究所. 上海市综合交通年度报告(摘要上、下), 2010-2011.
- [10] 北京交通发展研究中心. 北京市交通发展年度报告, 2010-2011.
- [11] GB18352.3-2005. 轻型汽车污染物排放限值及测量方法(中国III、IV阶段). 中国环境科学出版社, 2005.
- [12] 北京市人民政府. 关于进一步推进首都交通科学发展加大力度缓解交通拥堵工作的意见. <http://www.bjjtgl.gov.cn/publish/portal0/tab41/info21957.htm>
- [13] 赵勇强. 车用替代燃料发展状况与前景. 中国能源, 2009(4).
- [14] 关于开展节能与新能源汽车示范推广试点工作的通知.
http://www.gov.cn/zwggk/2009-02/05/content_1222338.htm
- [15] 郝吉明, 贺克斌, 傅立新, 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. 中国环境科学出版社, 2000.
- [16] 李晓玲, 吴焯, 姚欣灿, 张少君, 周昱, 傅立新. 广州市实施 I/M 简易瞬态工况检测方法的环境效果分析. 环境科学学报, 2012, 32(1): 101-108.
- [17] 北京市环境保护局. 关于对具备治理条件的轻型小客车执行新的尾气排入

- 标准的通告. 1999.
- [18] 北京市环境保护局. 2001 年北京市环境状况公报, 2002.
- [19] 北京市人民政府. 北京市人民政府关于发布本市第十四阶段控制大气污染措施的通告, 2008.
- [20] 香港环保署, 改善路边空气质素.
http://sc.epd.gov.hk/gb/www.epd.gov.hk/epd/tc_chi/environmentinhk/air/prob_solutions/cleaning_air_atroad.html
- [21] 刘翔, 周昱, 傅立新. 汽油中硫含量对车辆排放影响的定量化分析. 交通标准化, 2006(12).
- [22] GWKB1.1-2011. 车用汽油有害物质控制标准 (第四、五阶段). 中国环境科学出版社, 2011.
- [23] GWKB1.2-2011. 车用柴油有害物质控制标准 (第四、五阶段). 中国环境科学出版社, 2011.
- [24] 清华大学, 中国科学院. 机动车污染控制对策的定量预测评估, 2010.
- [25] 葛察忠, 王金南, 高树婷. 环境税收与公共财政. 中国环境科学出版社, 2006.
- [26] 李娜, 葛察忠. 国外机动车税费中环保激励措施及其借鉴. 中国地理学会 2006 年学术年会, 2006.
- [27] 北京市人民政府办公厅关于印发进一步促进本市老旧机动车淘汰更新方案的通知, <http://bjtgc.cbeex.com.cn/face/bszn/bgzn-jinyibu.jsp>
- [28] 林博鸿. 典型区域车用能源消耗和二氧化碳排放现状与趋势分析. 清华大学, 2011.
- [29] 邢佳. 大气污染排放与环境效应的非线性响应关系研究. 清华大学, 2011.
- [30] Tokyo statistical yearbook, 1963-2010.
<http://www.toukei.metro.tokyo.jp/tnenkan/tn-eindex.htm>
- [31] Yarime M. Public coordination for escaping from technological lock-in: its possibilities and limits in replacing diesel vehicles with compressed natural gas vehicles in Tokyo. *Journal of Cleaner Production*. 2009, 17(14): 1281-1288.
- [32] Regulations on Diesel Vehicle Emission.
<http://www.kankyo.metro.tokyo.jp/en/automobile/diesel.html>

-
- [33] Low-Emission Vehicle (LEV) Program.
<http://www.arb.ca.gov/msprog/levprog/levprog.htm>
- [34] L.A. County HOV(carpool) system.
<http://www.metro.net/projects/hov/#question026>
- [35] Incentives for All Technologies in Los Angeles.
http://www.driveclean.ca.gov/incentives.php?tech=All&incentive_type=All&city=Los+angeles&city_zip=1&zipcode=&x=53&y=9
- [36] Emission standards for cars and light trucks of European Union,
<http://www.dieselnet.com/standards/eu/ld.php>.
- [37] Emission standards for Heavy-Duty Diesel Truck and Bus Engines of European Union, <http://www.dieselnet.com/standards/eu/hd.php>.
- [38] Current Natural Gas Vehicle Statistics, <http://www.iangv.org/current-ngv-stats/>.
- [39] Klausmeier, R. Smog. Check Station Performance Analysis Based on Roadside Test Results. California Bureau of Automotive Repair, 2000.
- [40] Wang, M.; Huo, H.; Johnson, L.; He, D.. Projection of Chinese Motor Vehicle Growth, Oil Demand, and CO₂ Emissions through 2050; Argonne National Laboratory: 2006.
- [41] Wu, Y., et al., Energy consumption and CO₂ emission impacts of vehicle electrification in three developed regions of China. Energy policy, 2012, <http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2012.05.060>.
- [42] Huo, H.; Wang, M.. Modeling future vehicle sales and stock in China. Energy policy, 2012(43): 17-29.
- [43] US Environmental Protection Agency (USEPA). Technical Support Document for the Proposed Mobile Source Air Toxics Rule: Ozone Modeling, Office of Air Quality Planning and Standards, Research Triangle Park, NC, 2006.
- [44] US Environmental Protection Agency (USEPA). Technical Support Document for the Proposed PM NAAQS Rule: Response Surface Modeling, Office of Air Quality Planning and Standards, Research Triangle Park, NC, 2006.