

Energy Foundation project G-1006-12800

针对空气质量改善的城市机动车发展战略研究

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

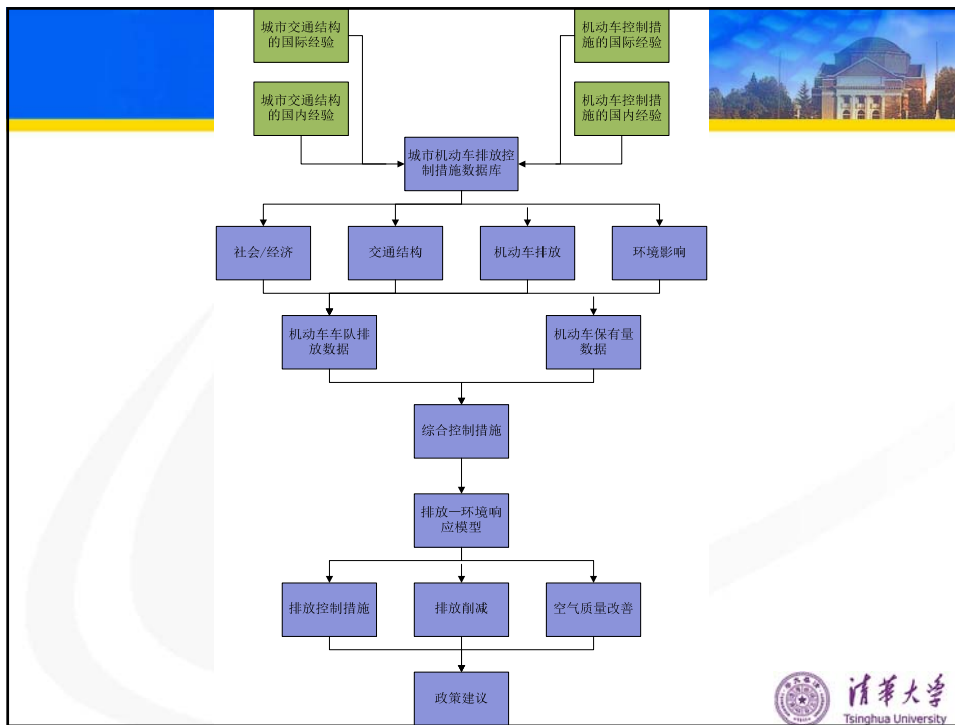
郝吉明, 吴焯
清华大学环境学院
2012年11月14日



汇报内容

- 典型城市交通系统和机动车排放控制经验
- 典型城市机动车排放现状与趋势分析
- 典型城市机动车排放总量控制方案
- 政策建议



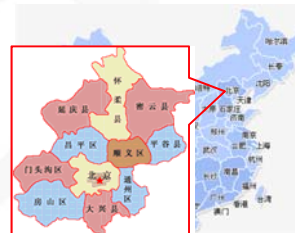


一. 国内外典型城市经验

选定城市

洛杉矶

- 私家车出行为主导的交通体系
- 最严格的机动车排放控制



北京

- 中国汽车保有量最大的城市
- 国内机动车排放控制最为严格

东京

- 发达的公共交通系统
- 严格的机动车排放控制

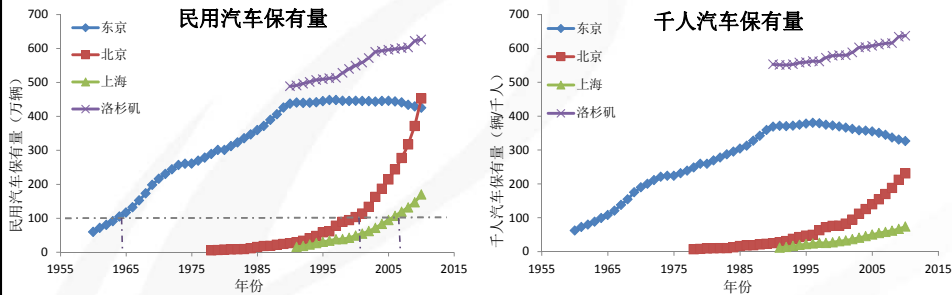


上海

- 国内最早控制机动车保有量的城市
- 严格机动车排放控制

一. 国内外典型城市经验

民用汽车保有量和千人汽车保有量

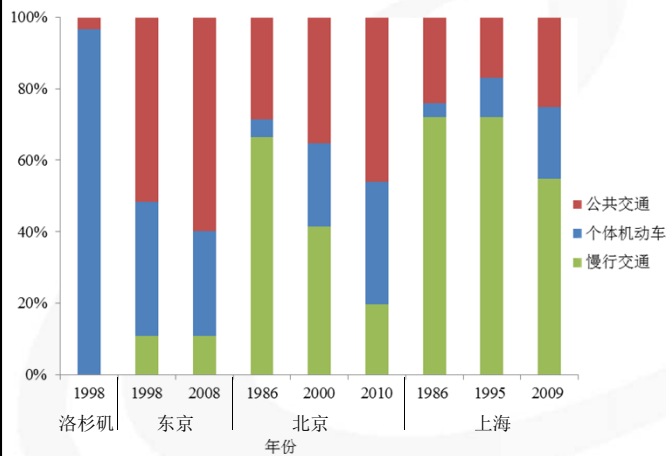


- 北京汽车保有量近10年年均增长率16%；上海汽车保有量近10年年均增长率12%；洛杉矶汽车保有量年均增长率仅为1%；东京汽车保有量在1990年达到饱和，之后汽车保有量趋于稳定乃至略有下降。
- 2010年北京和上海千人汽车保有量分别为231辆/千人和74辆/千人，仍远小于东京的323辆/千人和洛杉矶的638辆/千人。



一. 国内外典型城市经验

交通方式分担



- 洛杉矶小汽车出行比例在90%以上。
- 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。
- 北京和上海交通出行方式有了很大转变，从慢行交通，如自行车出行和步行，逐渐向公共交通和个体机动车出行转变。



一. 国内外典型城市经验

机动车排放控制

◆ 新车排放控制

- 东京和洛杉矶分别从1960年和1966年开始进行新车排放控制；北京和上海直到1999年实施国一标准才开始系统实施对新车的排放控制。
- 北京和上海近10年来加速实施新车排放控制标准，**轻型汽油车**与发达国家（例如欧洲）城市新车控制的差距已经缩短至**3-5年**左右，而**柴油货车**的控制水平比发达国家城市现阶段控制水平**落后两个标准**。

◆ 油品标准

- 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（350 ppm-500 ppm），与发达国家差距较大。



汇报内容

- 典型城市交通系统和机动车排放控制经验
- 典型城市机动车排放现状与趋势分析
- 典型城市机动车排放总量控制方案
- 政策建议



二、典型城市机动车排放现状与趋势分析

典型城市选择与车型分类

◆ 典型城市选择

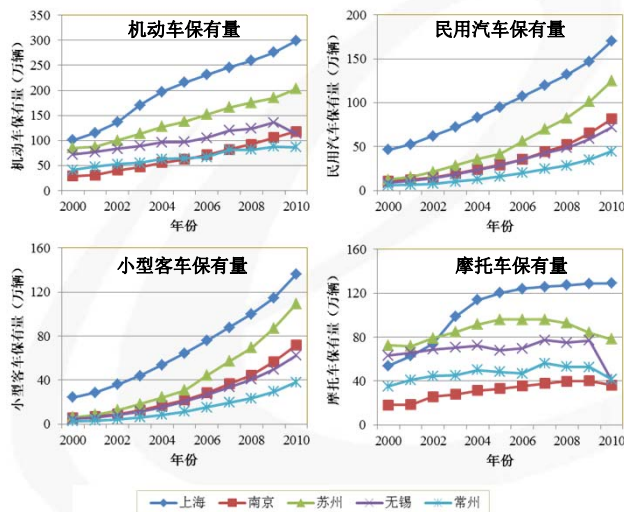
- 上海：特大城市
- 南京、苏州：省会级城市或副省级大城市
- 无锡、常州：一般城市

◆ 车型分类

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		

二、典型城市机动车排放现状与趋势分析

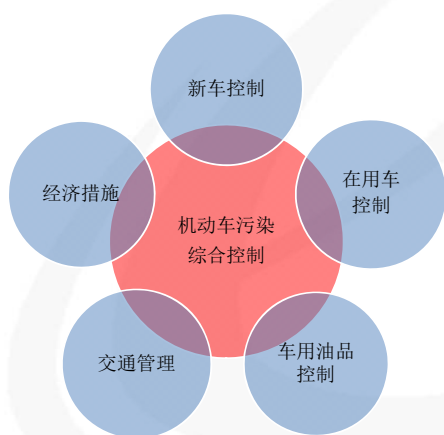
典型城市机动车保有量现状分析



- 上海、南京、苏州、无锡和常州的**机动车保有量**年均增长率分别为12%，15%，9%，5%和8%。
- 上海、南京、苏州、无锡和常州的**民用汽车保有量**年均增长率分别为14%，23%，26%，24%和23%。
- 上海、南京、苏州、无锡和常州的**小型客车保有量**年均增长率分别为18%，29%，34%，29%和31%。
- 2000-2007年，各城市**摩托车保有量**保持增长的态势。2007年之后，摩托车保有量趋稳乃至逐渐下降。

二、典型城市机动车排放现状与趋势分析

机动车污染综合控制体系 机动车未来控制情景设定



- ◆ 新车排放标准
- ◆ 油品标准
- ◆ 优化出行（轻型车）
- ◆ 老旧车辆淘汰（轻型车）
- ◆ 车辆限购（轻型车）



二、典型城市机动车排放现状与趋势分析

典型城市未来机动车控制情景设定

(1) 新车排放标准

			2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
无控情景 (现状)	轻型车	上海	国4									
		江浙	国4									
	重型车	上海	国3									
		江浙	国3									
基准情景	轻型车	上海	国4			国5						
		江浙	国4				国5					
	重型车	上海	国3	国4				国5				
		江浙	国3	国4					国5			
严格控制	轻型车	上海	国4			国5			国6			
		江浙	国4			国5			国6			
	重型车	上海	国3	国4			国5			国6		
		江浙	国3	国4			国5			国6		



二、典型城市机动车排放现状与趋势分析

典型城市未来机动车控制情景设定

(2) 油品标准

			2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	
无控情景 (现状)	汽油	上海	国4										
		江浙	国3										
	柴油	上海	国3	国4									
		江浙	国2	国3									
基准情景	汽油	上海	国4				国5						
		江浙	国3	国4				国5					
	柴油	上海	国3	国4									
		江浙	国2	国3			国4						
严格控制	汽油	上海	国4			国5							
		江浙	国3	国4		国5							
	柴油	上海	国3	国4				国5					
		江浙	国2	国3		国4			国5				

二、典型城市机动车排放现状与趋势分析

典型城市未来机动车控制情景设定

(3) 优化小型客车出行

- 正常情景：2020年小型客车年均行驶里程降低到16000km；
- 出行优化：2020年小型客车年均行驶里程降低到14000km；
- 出行进一步优化：2020年小型客车年均行驶里程降低到12000km。

(4) 老旧车辆淘汰（轻型车）

- 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。
- 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（轻型车）

- 十二五期间针对占机动车保有量最大比例的小型客车采取限购措施。
- 按照2000-2014年小型客车保有增长量的均值设置未来的增长量。

二、典型城市机动车排放现状与趋势分析

典型城市未来机动车控制情景设定

情景名称	新车标准	燃油标准	小型客车限行	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



二、典型城市机动车排放现状与趋势分析

机动车排放量计算—基于中国城市机动车排放因子模型

◆ 机动车排放因子模型基础数据

- 1000辆以上的轻型车台架测试数据，包括新车认证数据和在用车测试数据；辅之以50辆以上的轻型车车载排放测试（PEMS）数据。
- 200辆以上的重型车车载排放测试（PEMS）数据。
- 1500辆以上的摩托车遥感排放测试数据。

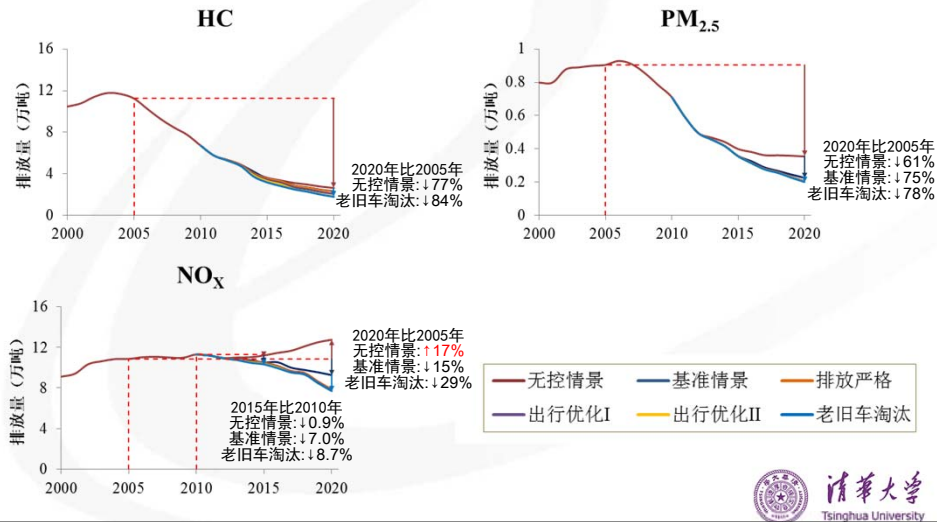
◆ 机动车排放量计算

- 基于长三角各典型城市现状年份的排放控制措施和未来年份的排放控制情景，根据新车排放标准、油品标准、行驶工况等信息对排放因子模型进行修正。
- 根据修正后分车型排放因子、分车型保有量、分车型行驶里程计算历年机动车排放量。



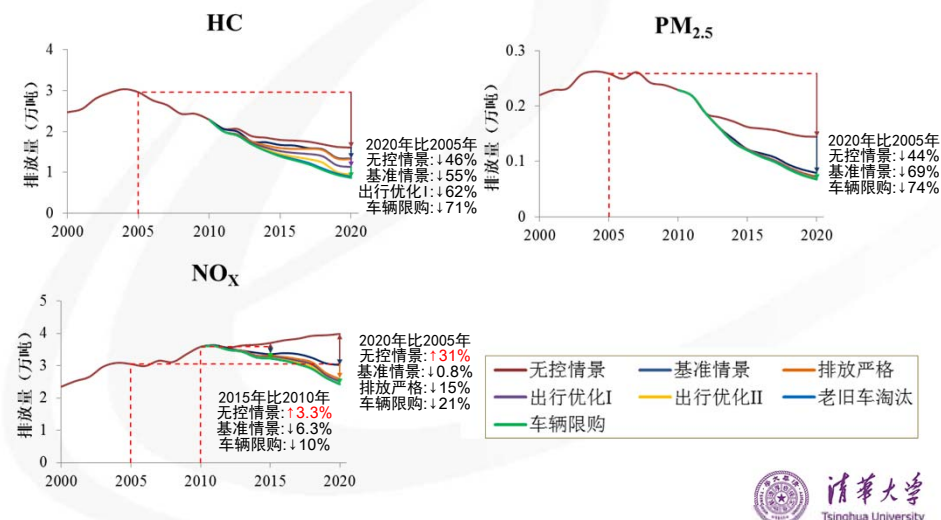
二、典型城市机动车排放现状与趋势分析

上海机动车各污染物排放量现状与预测，2000-2020



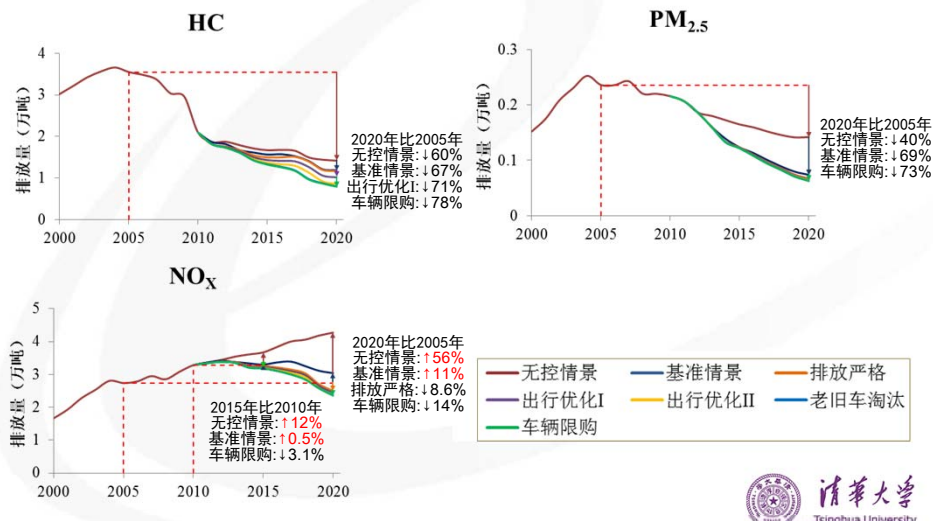
二、典型城市机动车排放现状与趋势分析

南京机动车各污染物排放量现状与预测，2000-2020



二、典型城市机动车排放现状与趋势分析

无锡机动车各污染物排放量现状与预测，2000-2020



汇报内容

- 典型城市交通系统和机动车排放控制经验
- 典型城市机动车排放现状与趋势分析
- **典型城市机动车排放总量控制方案**
- 政策建议

三、城市机动车排放总量控制方案

城市机动车排放控制战略目标设定（2015年）

（1）“十二五”NO_x总量控制目标

- 《“十二五”节能减排综合性工作方案》提出，“十二五”期间，全国NO_x排放总量减排10%。
- “十二五”期间，长三角地区的上海和江苏的NO_x减排控制目标都为17.5%。
- 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。

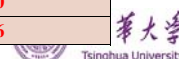


三、城市机动车排放总量控制方案

城市机动车排放控制战略目标设定（2020年）

（2）已发布的新版环境空气质量标准（2012年2月29日）

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	0.20
	8小时平均	0.10	0.16

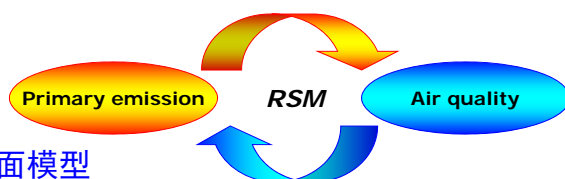


三、城市机动车排放总量控制方案

达到环境空气质量标准对于排放削减率的要求分析

◆ 响应曲面方法(Response Surface Model, RSM)

- 基于大量的空气质量模拟情景，对大气污染复杂系统的规律进行归纳与挖掘，建立了**排放**与**环境效应**之间的非线性响应曲面。



◆ 响应曲面模型

- 基于**2005年**高分辨率的我国大气污染物排放清单，建立的空气质量模拟系统可以基本上反映出我国东部地区的污染特征。
- 可以基于此模型构建决策分析工具，并作为评价与验证的基本准则。
- RSM系统具备了对多污染物-多污染源的解析能力，系统的可靠性得

三、城市机动车排放总量控制方案

利用响应曲面模型确定的城市机动车排放控制战略目标

◆ 基于新版环境空气质量标准

	2020年环境目标 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		
	NO ₂	O ₃	PM _{2.5}
国家二级 (WHO IT-1)	40 (年平均)	200 (1h)	35 (年平均)
90%达标	40 (年平均)	236 (1h)	40 (年平均)

	排放削减率 (%) (2005年基准, 2020年为目标)		
	VOC	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%

三、城市机动车排放总量控制方案

“十二五”典型城市不同控制情景下NO_x排放削减率

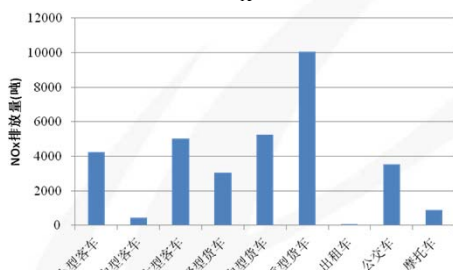
	“十二五” NO _x 排放削减率 (%) (2010年基准)				
	上海	南京	苏州	无锡	常州
无控情景 (现状)	0.9%	-3.3%	-8.3%	-11.8%	-10.1%
基准情景	7.0%	6.3%	2.6%	-0.5%	1.3%
排放严格	7.0%	7.5%	3.9%	0.7%	2.6%
出行优化I	7.6%	8.5%	5.0%	1.6%	3.6%
出行优化II	8.2%	9.5%	6.1%	2.6%	4.6%
老旧车淘汰	8.7%	10.0%	6.7%	3.1%	5.1%
车辆限购	-	10.1%	-	3.1%	5.2%

- 已设定的各种控制情景均无法实现“十二五”NO_x的总量控制要求 (17.5%)。
- 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；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的减排效果并不显著。
- 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。

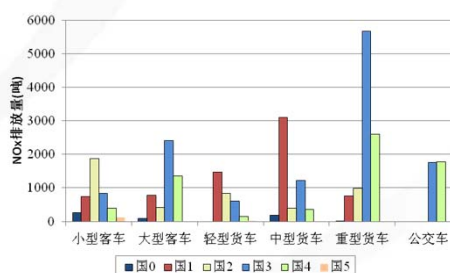
三、城市机动车排放总量控制方案

无锡“十二五”机动车排放控制措施分析

排放严格情景下，2015年与2010年基准相比，无锡机动车NO_x排放将削减0.7%。为实现2015年17.5%的NO_x削减目标，还需削减0.55万吨NO_x排放。



排放严格情景下2015年NO_x分车型排放量



NO_x重点控制车型分控制水平排放量

2015年无锡需进一步实施的机动车排放控制措施：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)。

三、城市机动车排放总量控制方案

设定情景下2020年污染物排放削减率

◆ 各城市机动车HC排放削减目标相对容易实现

各情景下2020年HC排放削减率（2005年基准）

	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%

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。

三、城市机动车排放总量控制方案

设定情景下2020年污染物排放削减率

◆ 各城市机动车PM_{2.5}排放削减率基本能够达到目标

各情景下2020年PM_{2.5}排放削减率（2005年基准）

	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%

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**65%**的减排要求。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%的削减目标略有差距。



三、城市机动车排放总量控制方案

设定情景下2020年污染物排放削减率

◆ NO_x是三项污染物中最难控制的指标

各情景下2020年NO_x排放削减率（2005年基准）

	上海	南京	苏州	无锡	常州
无控情景	-17.4%	-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%

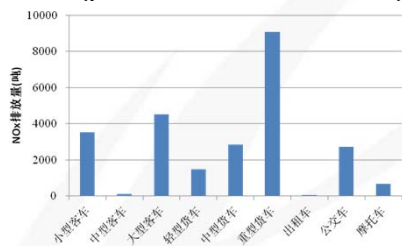
上海在“**排放严格**”情景下能够达到**25%**的减排目标；其他城市在设定的排放控制情景下都**无法达到目标**；特别是对于苏州、无锡和常州，即使是在最严格的“老旧车淘汰”和“车辆限购”情景下，其NO_x排放削减率离减排目标仍有相当的差距。



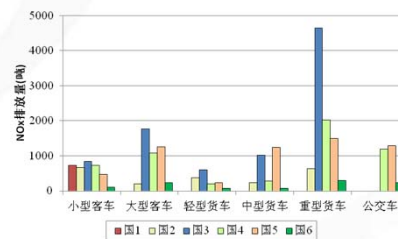
三、城市机动车排放总量控制方案

无锡2020年机动车排放控制措施分析

排放严格情景下，2020年与2005年基准相比，无锡机动车NO_x排放将削减8.6%。为实现2020年25%的NO_x削减目标，还需削减0.45万吨NO_x排放。



排放严格情景下2020年NO_x分车型排放量



NO_x重点控制车型分控制水平排放量

2015年无锡需进一步实施的机动车排放控制措施：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淘汰，或加装SCR等后处理装置。



汇报内容

- 典型城市交通系统和机动车排放控制经验
- 典型城市机动车排放现状与趋势分析
- 典型城市机动车排放总量控制方案
- **政策建议**



四、政策建议

城市机动车排放综合控制方案

2015年（实现“十二五”NO_x总量控制目标的要求）

◆ 新车控制

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

◆ 车用油品控制

- 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。
- 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。



四、政策建议

城市机动车排放综合控制方案

2015年（实现“十二五”NO_x总量控制目标的要求）

◆ 公交车队引进新能源、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%。

◆ 老旧车辆淘汰更新

- 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。



四、政策建议

城市机动车排放综合控制方案

2020年（实现空气质量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

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

◆ 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。

◆ 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。



四、政策建议

城市机动车排放综合控制方案

2020年（实现空气质量O₃和PM_{2.5} 90%达标）

◆ 老旧车辆淘汰与柴油车辆改造

- 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。
- 推行小型客车淘汰措施，淘汰15年以上小型客车。
- 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

- 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。
- 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。