

## 机动车燃油经济性和排放影响模型及分析

霍红 副研究员  
清华大学能源环境经济研究所  
2012-11-14



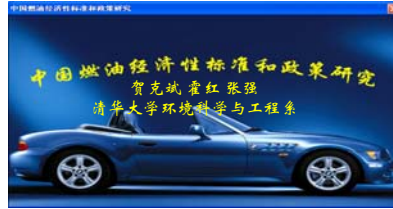
### 研究背景

- ❖ 中国机动车的迅猛增长引发了能源与环境诸多问题
  - ⊕ 2009年成为世界最大汽车销售国
  - ⊕ 石油对外依存度持续增加
  - ⊕ 汽车成为城市大气污染物最主要的排放源
- ❖ 需要开展一系列研究
  - ⊕ 理解机动车未来增长趋势及其能源需求和排放变化特征
  - ⊕ 评价各种节能减排措施的实施效果，为决策者提供理论依据和科学支持

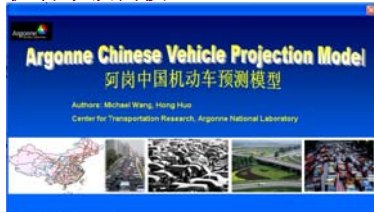
## 以往研究回顾

### ❖ 2001-2004年，清华大学在能源基金会的支持下开发了第一代“中国燃油经济性标准和政策研究”模型

- ⊕ 采用弹性系数法预测了中国机动车增长趋势、燃油需求和CO<sub>2</sub>排放
- ⊕ 国内第一个系统分析机动车发展趋势，及探讨车队更替规律的研究
- ⊕ 支持了中国第一个燃料经济性标准《乘用车燃料消耗量限值GB 19578-2004》的出台



### ❖ 2005-2006年，阿岗国家实验室在美国能源部的支持下开发了“阿岗中国机动车预测模型”



- ⊕ 提高了对车队发展趋势和动态更新的理解
- ⊕ 采用Gompertz方程预测了中国机动车增长趋势
- ⊕ 引入了报废曲线，更细致地描述车队更替过程

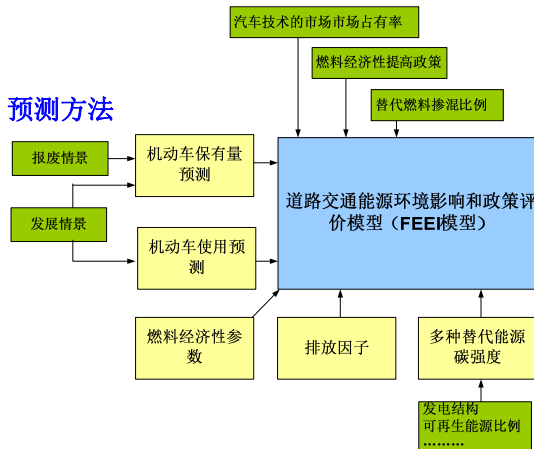
3

## 新模型FEEI的研究

### ❖ 第三代模型：FEEI (Fuel Economy and Environmental Impacts) 模型

#### ❖ 更新的数据和方法

- ⊕ 保有量预测
- ⊕ 年均行驶里程现状、预测方法
- ⊕ 燃料经济性
- ⊕ 排放因子



4

清华大学能源环境经济研究所  
Tsinghua University Institute of Energy Environment and Economic Research

## 模型版本

### ❖ 中文决策版本

- ✦ 油耗模型
- ✦ 排放模型

燃料经济性

考虑非零排放技术成本

考虑非零排放技术成本对油耗的影响

1. 燃油效率

2. 燃料经济性

2025年燃油效率: 0.18

2050年燃油效率: 0.22

2050年燃油效率: 0.25

3. 燃油效率

2025年燃油效率: 0.18

2050年燃油效率: 0.22

2050年燃油效率: 0.25

推广电动车

替代燃料

考虑替代燃料替代传统燃料

1. 替代燃料

2025年: 0.24

2050年: 0.27

2050年: 0.3

2. 替代燃料

2025年: 0.18

2050年: 0.22

2050年: 0.25

3. 替代燃料

2025年: 0.18

2050年: 0.22

2050年: 0.25

控制私家车数量

2025年: 0.05

2050年: 0.05

2050年: 0.05

控制车辆使用

1. 控制使用

2025年: 0.05

2050年: 0.05

2050年: 0.05

2. 控制使用

2025年: 0.05

2050年: 0.05

3. 控制使用

### ❖ 英文学术版本

- ❖ 油耗模型
- ❖ 排放模型

# FEEI

Fuel Economy and Environmental Impacts model

Pre-Defined Scenario

Select scenario options and calculate, then download the results sheet.

1. Scrapage pattern
  - 1-1 Scrapage pattern: 1: None
2. Market share
  - 2.1 - Private LDVs: 1: Emission
  - 2.2 - Taxi: 1: Urban air quality improvement
  - 2.3 - Business LDVs: 1: Emission
  - 2.4 - Urban buses: 1: Urban air quality improvement
  - 2.5 - LDVs: 1: Emission scenario
3. Fuel Economy Improvement
  - 3-1 Fuel Economy Improvement: 1: Emission
4. Alternative fuels blended
  - 4-1 Alternative fuels blended: 1: High fuel efficiency scenario
5. Electricity Generation Scenario
  - 5.1 - Combustion Efficiency of Coal-based Power Plants: 1: Emission
  - 5.2 - Share of Renewable Fuels in Power Generation: 1: Emission

Calculate

User-Defined Scenarios

download the [template sheet](#) first, fill in the data and upload the sheet, then calculate.

浏览 Calculate

5

清华大学能源环境经济研究所  
Tsinghua University Institute of Energy Environment and Economic Research

## 车型分类

### 油耗模型：根据拥有者性质以及用途分类

- ❖ 私人轻型车(轿车)
- ❖ 商业轻型车
  - ✦ 出租车
  - ✦ 公务车
- ❖ 大型客车
  - ✦ 城市大型客车
  - ✦ 城际长途运输客车
- ❖ 货车
  - ✦ 轻型货车
  - ✦ 重型货车
- ❖ 摩托车
- ❖ 农用运输车

按照政策的可执行对象将车辆区分开

### 排放模型：根据排放特征和排放政策分类

- ❖ 轻型客车 (M1)
- ❖ 轻型商用客车
  - ✦ 汽油
  - ✦ 柴油
- ❖ 中型商用客车
  - ✦ 城市-汽油
  - ✦ 城市-柴油
  - ✦ 城际-汽油
  - ✦ 城际-柴油
- ❖ 大型商用客车
  - ✦ 城市-汽油
  - ✦ 城市-柴油
  - ✦ 城际-汽油
  - ✦ 城际-柴油
- ❖ 轻型卡车
  - ✦ 汽油
  - ✦ 柴油
- ❖ 中型卡车
  - ✦ 汽油
  - ✦ 柴油
- ❖ 大型卡车
  - ✦ 汽油
  - ✦ 柴油
- ❖ 摩托车
- ❖ 农用运输车

6

清华大学能源环境经济研究所

## 政策情景

### 油耗模型

- ❖ 燃料经济性
- ❖ 推广电动车
- ❖ 柴油化
- ❖ 替代燃料
  - ⊕ 燃料乙醇
  - ⊕ 煤基甲醇
  - ⊕ 生物柴油
  - ⊕ 煤基柴油
- ❖ 控制私家车数量
- ❖ 控制车辆使用

1 燃料经济性			
1	是否考虑自行技术进步		
1	是否考虑实际行驶状况下油耗的增加		
1.1 乘用车			
	BAU 2010年	5	L/100km
1	国IV阶段节能效果	2020年	5
1	国IV阶段节能效果	2030年	3.8
1.2 轻型商用车			
	BAU 从现在开始无措施		
1	2015年降低	-6%	
1	在2015年基础上, 2020年再降低	10%	
1	在2020年基础上, 2030年再降低	20%	
1.3 重型商用车			
	BAU 从现在开始无措施		
1	2015年降低	15%	
1	在2015年基础上, 2020年再降低	10%	
1	在2020年基础上, 2030年再降低	20%	
1.4 农用车			
	BAU 从现在开始无措施		
1	2015年降低	10%	
1	在2015年基础上, 2020年再降低	10%	
1	在2020年基础上, 2030年再降低	20%	
1.5 摩托车			
	BAU 从现在开始无措施		
1	2015年降低	10%	
1	在2015年基础上, 2020年再降低	5%	
1	在2020年基础上, 2030年再降低	20%	
1 推广电动车			
1	是否考虑电动车自行推广		
1.1 出租车			
	BAU		数量
	2010年	0	万辆
1	2015年	10%	2.07
1	2020年	20%	5.05
1	2030年	30%	5.95
1.2 公交车			
	BAU		
1	2015年	5%	0.15
1	2020年	10%	0.32
1	2030年	50%	1.78
1.3 其他乘用车			
	BAU 2010年		0
1	2015年	2%	24
1	2020年	5%	92
1	2030年	10%	272

1 替代燃料			
1	是否考虑替代燃料自行推广		数量
1	燃料乙醇		万吨
	BAU 2010年	1.5%	121
1	2015年	4%	497
1	2020年	7%	1183
1	2030年	10%	2153
1.1 煤基乙醇			
	BAU 2010年	0.5%	40
1	2015年	3%	373
1	2020年	5%	831
1	2030年	10%	2153
1.2 生物柴油			
	BAU 2010年	0	0
1	2015年	3%	412
1	2020年	5%	802
1	2030年	10%	2034
1.3 煤基柴油			
	BAU 2010年	0	0
1	2015年	3%	412
1	2020年	5%	802
1	2030年	10%	2034
0 控制私家车数量			
	BAU		控制目标
	2010年	4111	万辆
1	2015年	9002	8000
1	2020年	18817	15000
1	2030年	33522	20000
0 控制车辆使用			
1 乘用车			
1	2015年比BAU减少		20%
1	2020年比BAU减少		25%
1	2030年比BAU减少		30%
0 2 城市公共交通(出租车+公共汽车)			
1	2015年比BAU减少		10%
1	2020年比BAU减少		10%
1	2030年比BAU减少		10%
0 3 商用车			
1	2015年比BAU减少		10%
1	2020年比BAU减少		20%
1	2030年比BAU减少		30%

7

清华大学能源环境经济研究所

## 政策情景

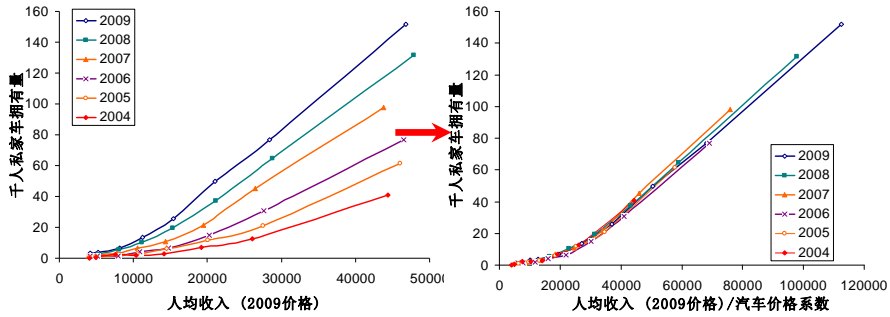
### 排放模型

- ❖ 排放标准
- ❖ 提前报废

0 是否计入农用车和摩托车			
0 排放标准			
1 M1			
	1	国四标准, 实施年	2012
	0	国五标准, 实施年	2016
	0	国六标准, 实施年	2020
1 N1			
	1	国四标准, 实施年	2012
	0	国五标准, 实施年	2016
	0	国六标准, 实施年	2020
1 M2, M3, N2, N3			
	1	国四标准, 实施年	2012
	0	国五标准, 实施年	2016
	0	国六标准, 实施年	2020
0 加速淘汰			
1	国0 M1	淘汰年份	2012
1	国0 M2, M3	淘汰年份	2012
1	国0 N1	淘汰年份	2012
1	国0 N2, N3	淘汰年份	2012
1	国1 M1	淘汰年份	2014
1	国1 M2, M3	淘汰年份	2014
1	国1 N1	淘汰年份	2014
1	国1 N2, N3	淘汰年份	2014
1	国2 M1	淘汰年份	2016
1	国2 M2, M3	淘汰年份	2016
1	国2 N1	淘汰年份	2016
1	国2 N2, N3	淘汰年份	2016

8

## 模型方法：机动车保有量和销量预测

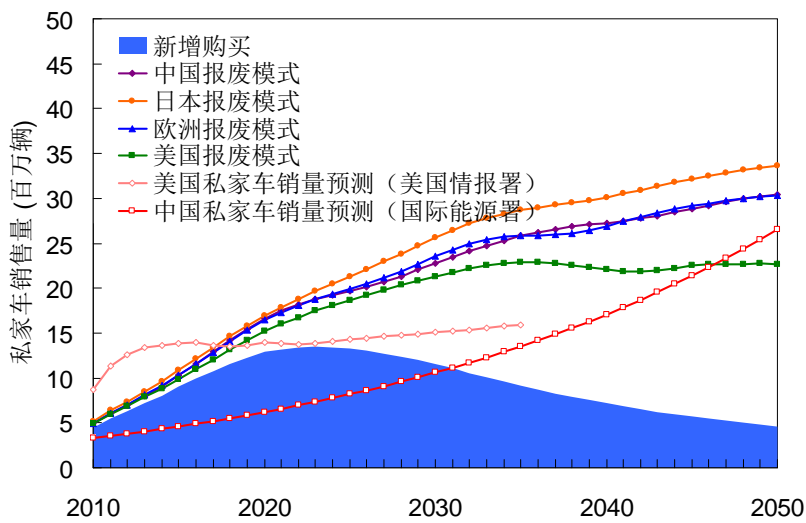


私人汽车保有量:  $Car\_Stock_i = TP_i \times \int_{x=0}^{\infty} [f(x) \times s(x, y_i)] dx$

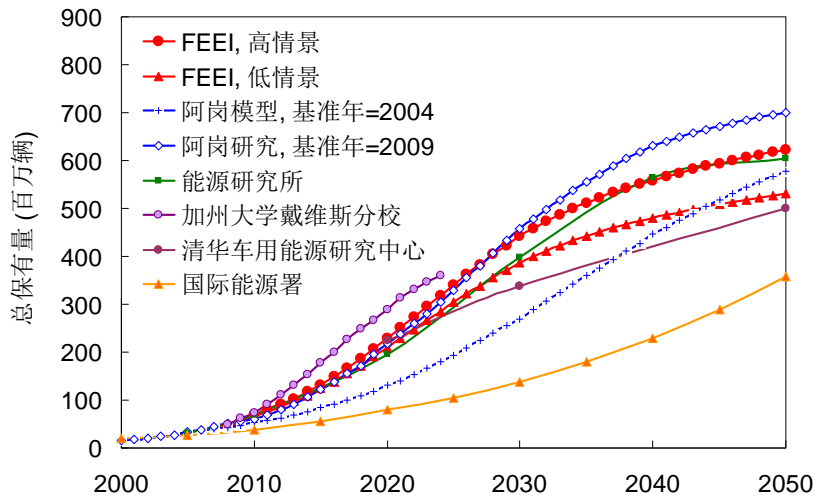
由收入增加驱动的销售量:  $Car\_Sales_i^N = TP_i \times \int_{m_{i-1}}^{m_i} \int_{x=0}^{\infty} [f'(x) \times s(x, y_i)] dx dm$

由报废更新驱动的销售量:  $Car\_Sales_i^R = \sum_{j=1}^{30} \{Car\_Sales_{i-j} \times [r(j-1) - r(j)]\}$  9

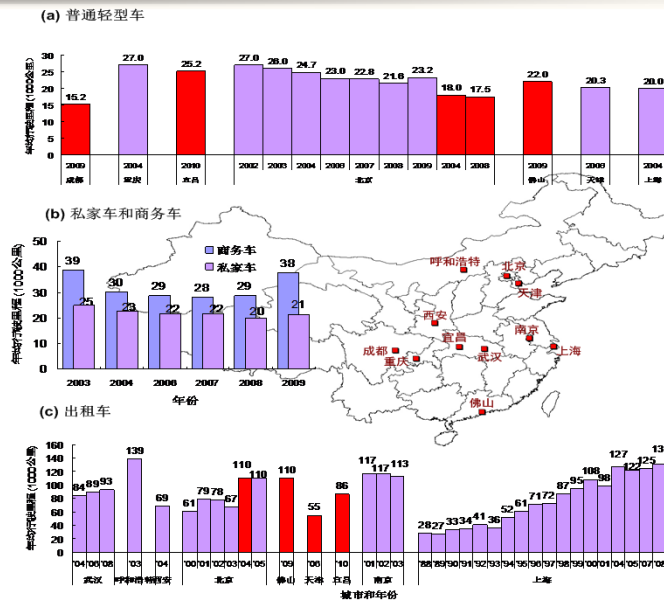
## 私家车销量预测



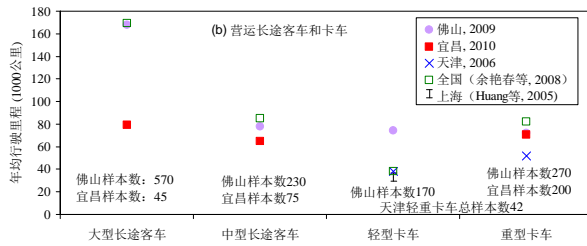
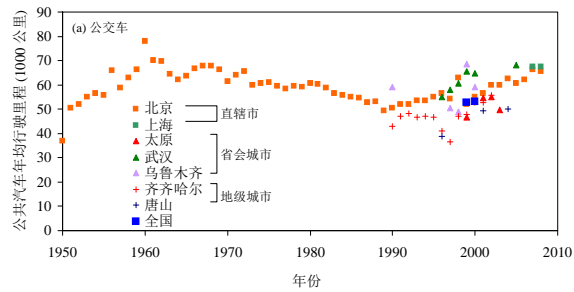
## 汽车保有量预测



## 年均行驶里程现状-轻型车



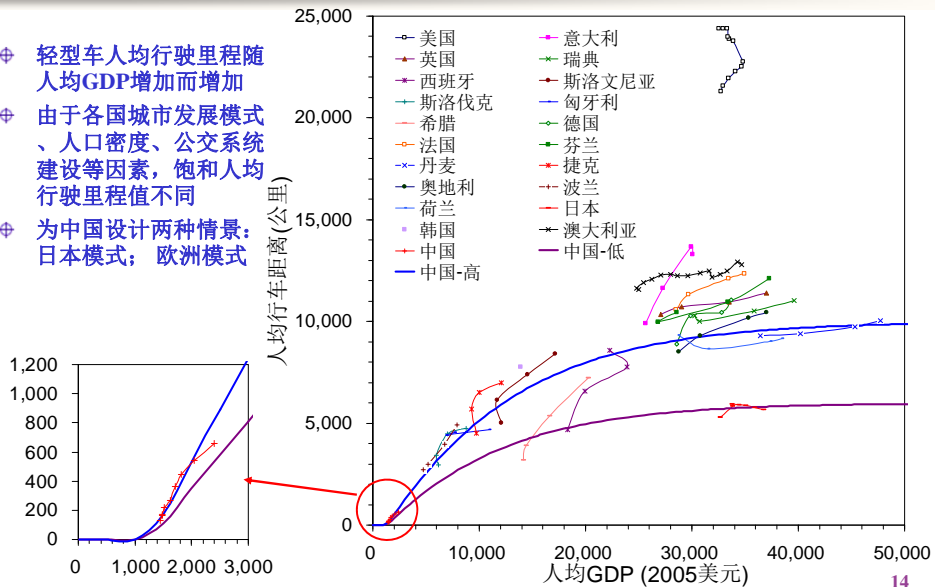
## 年均行驶里程现状-大中型客车和轻重型货车



13

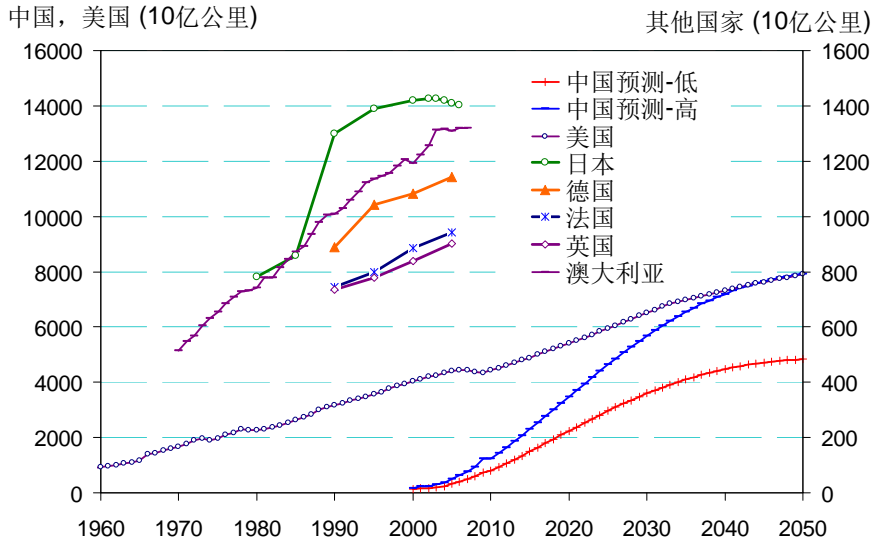
## 行驶里程未来趋势

- ⊕ 轻型车人均行驶里程随人均GDP增加而增加
- ⊕ 由于各国城市发展模式、人口密度、公交系统建设等因素，饱和人均行驶里程值不同
- ⊕ 为中国设计两种情景：日本模式；欧洲模式



14

## 轻型车总行驶里程预测



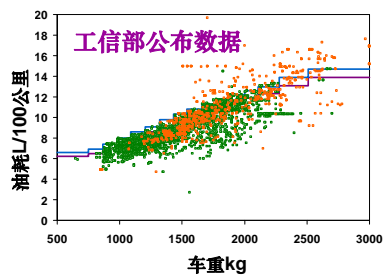
15

## 燃料经济性数据

❖ 捕捉一切可利用的数据资源，建立一套完整的分车型燃油消耗水平数据库

- ⊕ 官方发布的数据
- ⊕ 网友共享数据
- ⊕ 行业标准
- ⊕ 广泛收集相关的研究报告
- ⊕ 模型模拟
- ⊕ 假设
- ⊕ 用测试数据验证

搜狐网友共享油耗数据



营运客车燃料消耗行业标准

		车速 (km/h)						
		40	50	60	70	80	90	100
特大型	高级	-	0.03	0.02	0.02	0.2	0.55	0.18
	中级及普通级	0.05	0.1	0.25	0.3	0.3	-	-
大型	高级	-	0.01	0.02	0.02	0.15	0.55	0.25
	中级及普通级	0.05	0.1	0.25	0.3	0.3	-	-
中型	高级	-	0.05	0.05	0.05	0.2	0.6	0.05
	中级及普通级	0.05	0.1	0.3	0.3	0.25	-	-
小型	高级	-	0.02	0.04	0.04	0.3	0.3	0.3
	中级及普通级	0.05	0.1	0.3	0.3	0.25	-	-

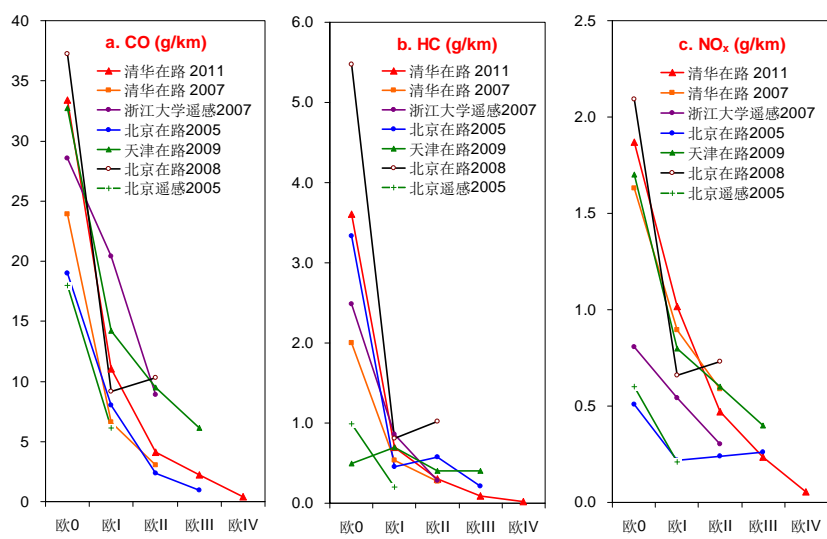
16

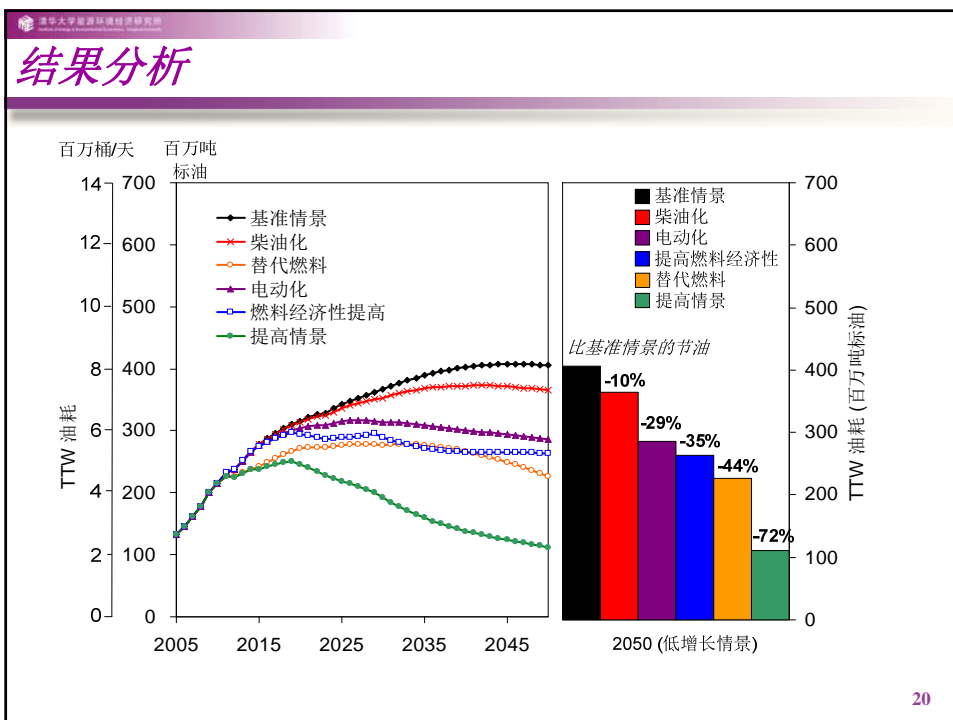
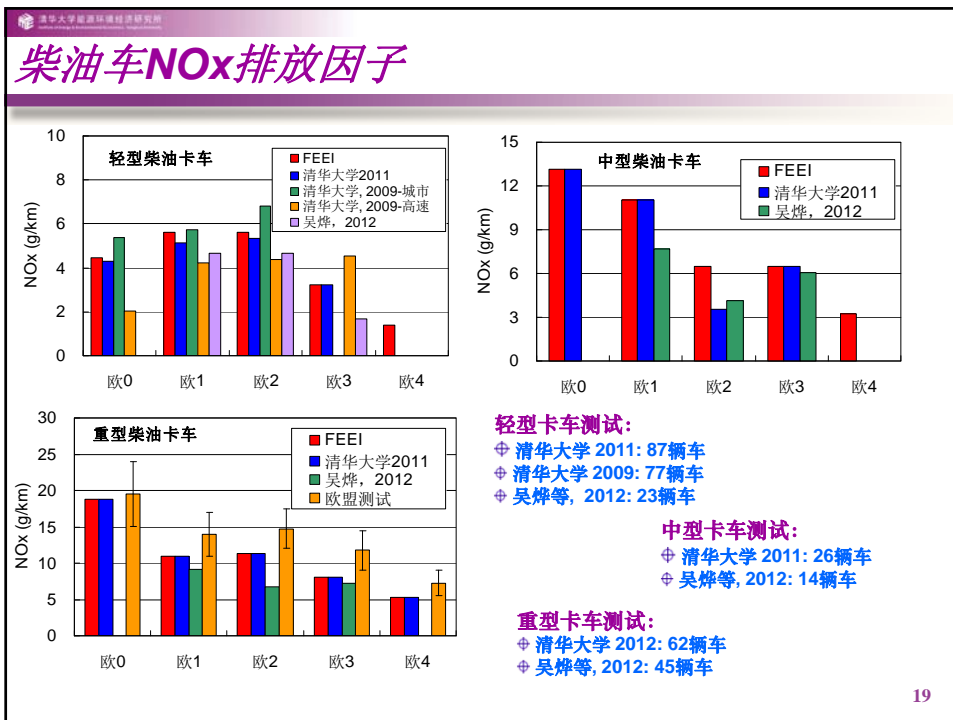


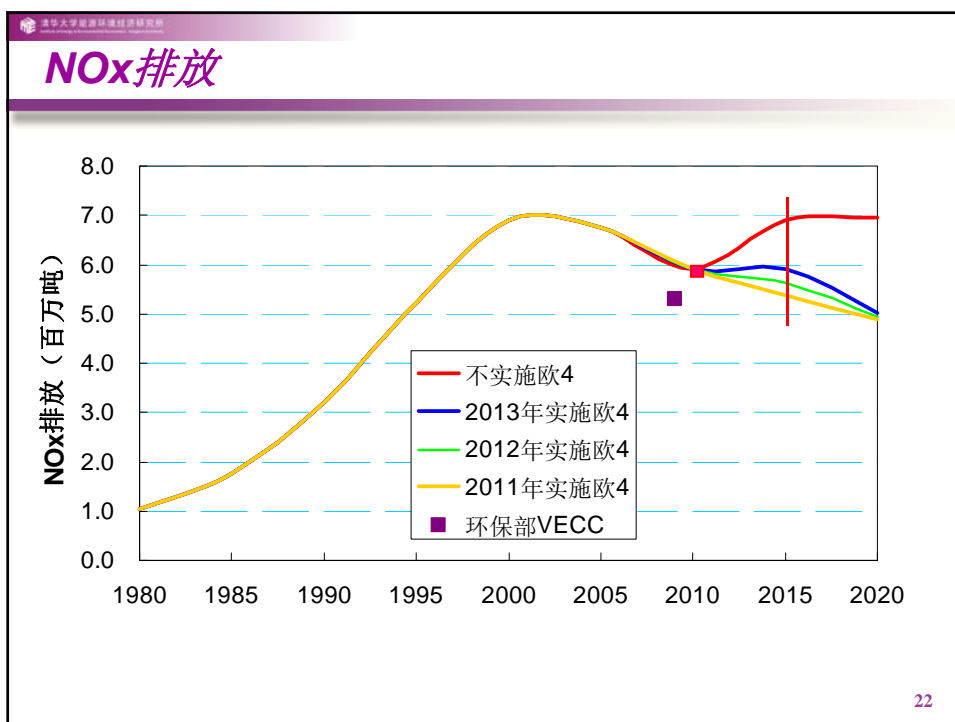
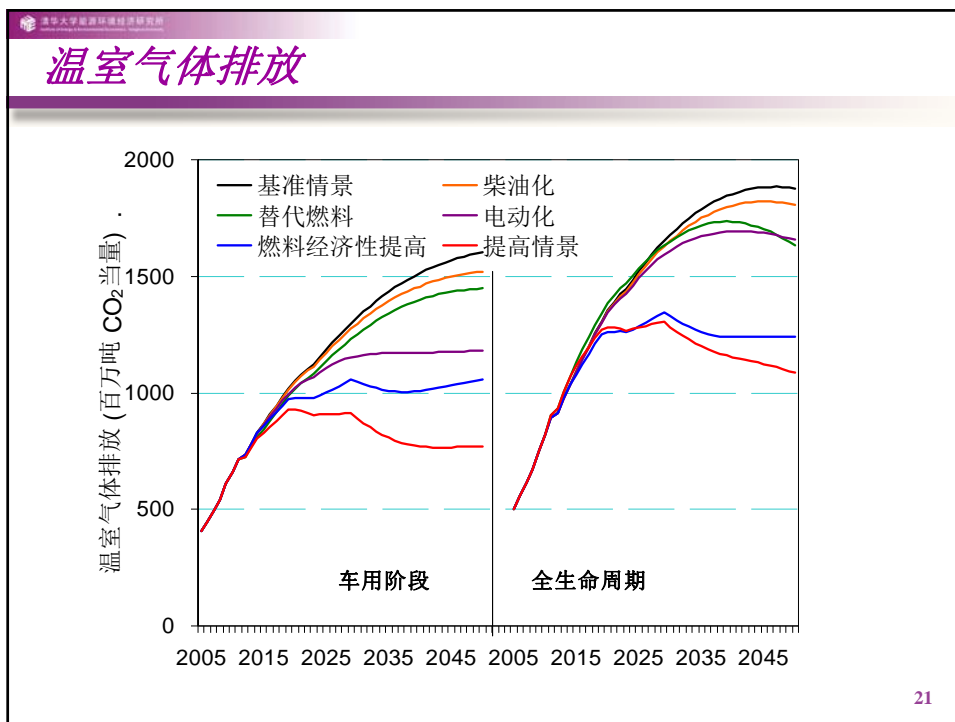
## 排放因子

- ❖ 美国EPA数据
- ❖ 欧盟测试数据
- ❖ 清华大学排放测试数据
- ❖ 其他研究单位的排放测试数据
- ❖ 假设

## 轻型汽油车排放因子







## 结论和建议

- ❖ 2030年，中国机动车数量为3.9~4.4亿辆，2050年5.3~6.2亿辆。
- ❖ 基准方案下，2050年机动车消耗4.1~5.2亿吨标油，排放19-23亿CO<sub>2</sub>。
- ❖ 对各种政策节能减排的效益进行情景分析：
  - ★ 提高燃料经济性具有最佳效益；
  - ★ 电动化节油效益较好，减碳效益提高有赖于非化石电力比例的大幅增加；
  - ★ 柴油化效益有限，货车和大型客车已实现柴油化、面临柴汽需求比问题；
  - ★ 替代燃料节油效益好，减排潜力有限，如果远期能解决CCS和二代生物燃料等技术，会具有较好的减排潜力。
- ❖ 基准方案下，2010年机动车NO<sub>x</sub>排放为700万吨，比2010年高16%。尽早实施Euro IV，才能实现“十二-五”道路交通NO<sub>x</sub>排放总量下降10%的目标。
- ❖ FEEI尚无法定量分析交通模式转换的节能减排效益，但是根据欧日不同交通发展轨迹进行粗略估计，大力发展轨道交通可减少40%的车辆使用。

23



## 多谢聆听!

FEEI模型已在网上共享:

学术版: <http://www.feeimodel.org/>

决策版: <http://www.feeimodel.org/feeip/index>

24