

机动车与城市大气环境

邵敏

北京大学环境科学与工程学院

主要内容

- 我国汽车工业的机遇与挑战
- 机动车发展趋势
- 机动车对大气环境的冲击
- 大气环境质量改善对机动车发展的要求

一、汽车和汽车工业

汽车是“第一商品”：

自然属性：

- (1) 零件数 10^4
- (2) 产量 10^7
- (3) 保有量 10^8

三个基本特征：

- 高科技载体，
- 不断追求完美的艺术品
- 低廉的价格

第一辆劳斯莱斯车





\$0.67

\$1

\$7.4

钢铁工业

电子工业

材料工业

能源工业

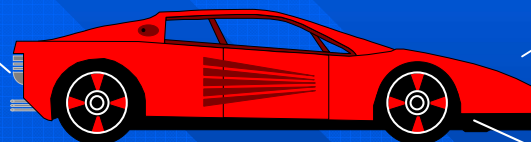
冶金工业

环境保护产业

城市建设

服务行业

商务



郊区化
基础设施

汽车工业的社会功能

- 轿车是提高生活质量、加快生活节奏、提高工作效率的载体；
- 汽车工业是工业化过程的发动机（美国的工业化是从福特的汽车生产线开始的；美日德）
- 国民经济体系的支柱产业（计算机/网络；基础设施的比较）
- 民族文化的象征
 - 美国：宽大气派
 - 德国：稳重、专业、精致、安全
 - 日本：人性化，商业化

世界汽车工业的现状（1）

■ 发达国家的汽车工业已属于衰落行业

	汽车增长率	GDP
全球	0.4 %	3-4%
中国	12%	8%

增长型：巨大的风险资金投入，取得技术领先，市场垄断；

成熟型：技术相差无几，追求产品质量和花样品种；

衰落型：局部联合，确保市场份额

“没有夕阳的产业，只有夕阳的技术” ——厉以宁

世界汽车工业的现状 (2)

- 美国新一代汽车国家计划 (PNGV)
- 目标：提升市场竞争力，能效提高三倍，生产使用和成本低的新一代轿车
- 意义：汽车技术的革命（从发动机、能源到材料全新）
- 组织方式：国家行为主导的partnership
- 规模：10年，迄今758个项目，453家研究机构，百亿美元---阿波罗计划

US Government

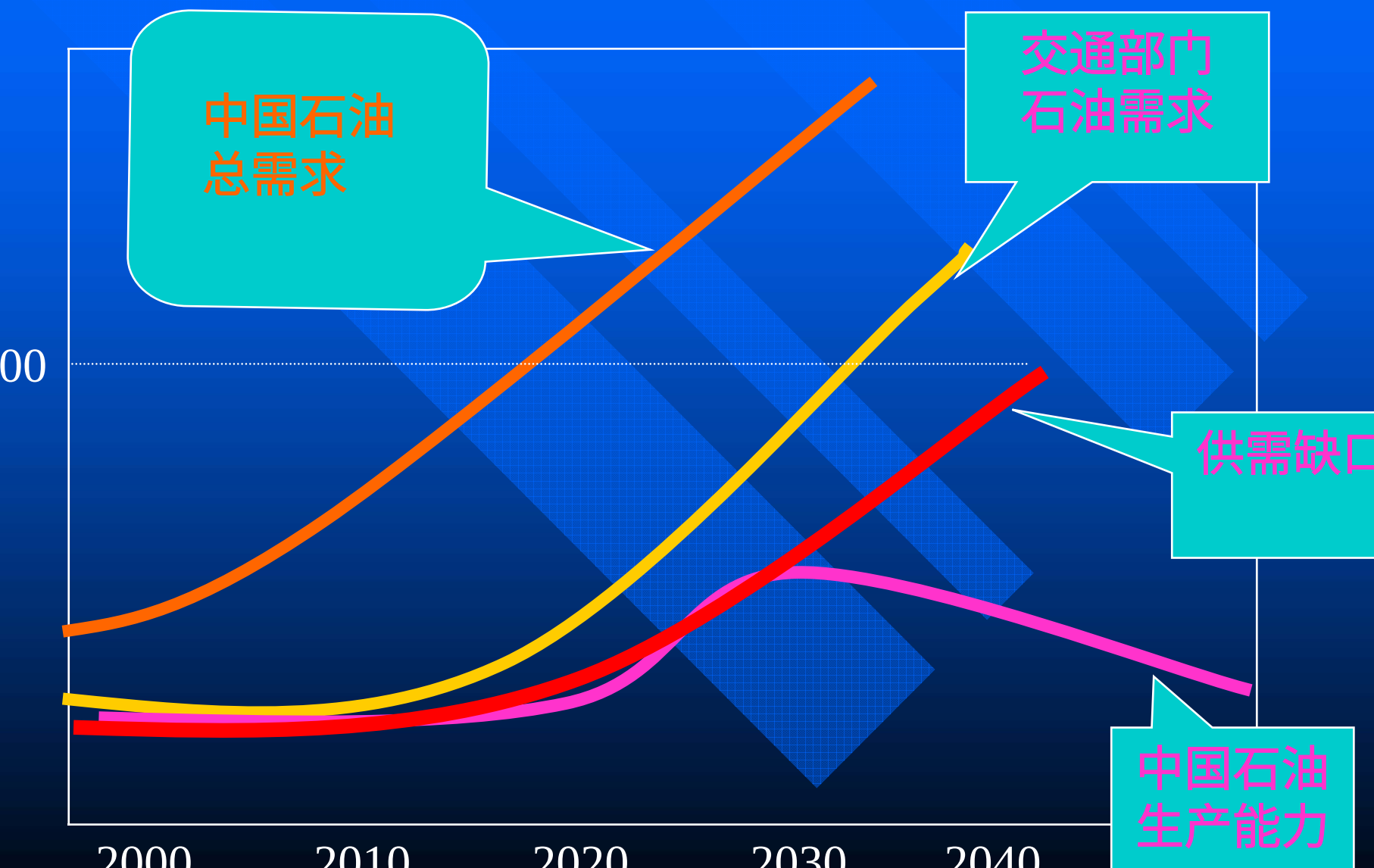
Commerce NSF
Defense OVP
Energy OSTP
EPA OMB
NASA
Transportation

USCAR

Daimler chrysler
Ford
GM

Suppliers
Universities
others

百万吨



中国石油
总需求

交通部门
石油需求

供需缺口

中国石油
生产能力

世界汽车工业的现状 (3)

全球经济一体化下的兼并浪潮

1990年
年产百万辆的企业14家



2000年
超大型世界级企业7家



通用
福特
戴姆勒-克莱斯勒
丰田
雷诺-日产
大众
本田

WTO 的冲击

- ❖ 中美双边协议：2006年美国配额60亿美元，以后每年递增15%；估计美日德的市场占有率在2006年的30%基础上逐步增长
- ❖ 销售和服务冲击更大

中国汽车工业

三大

一汽：捷达，奥迪，高尔夫（德国大众）
二汽：雪铁龙，蓝鸟（法国雪铁龙，日产）
上汽：桑塔纳（德国大众）

三小

北京：切诺基（美国克莱斯勒）
天津：夏利（日本大发，丰田）
广州：本田（日本本田）

两微

兵器：奥拓（日本铃木）
航空：云雀（日本富士）

一特

上海：别克（美国通用）

其余：遍地开花



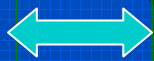
Novo Polo Classic.



二、中国汽车工业发展的问题

- 已经走上巴西依附型的发展道路，无汽车技术的知识产权；
- 产业政策抑制消费，买方与卖方角力
- WTO之后，市场的价值严重贬值；

地球村的格局中，以既有优势承担国际汽车分工的角色，获得利益



走自主的民族工业之路，保障国家经济安全

例：德国出售罗弗公司，韩国出售大宇公司，俄罗斯，我国家电，摩托车

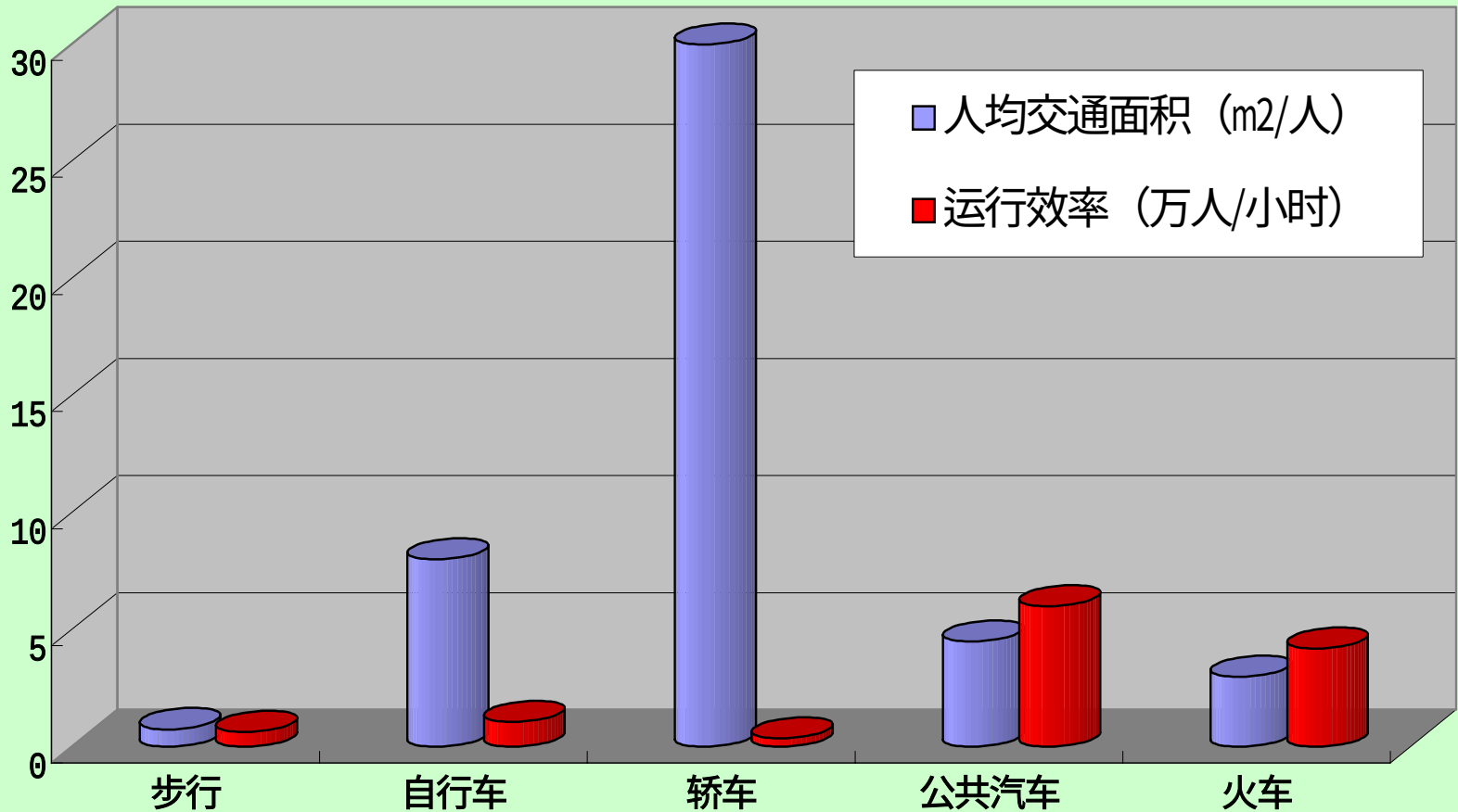
我国私家车发展战略

- 轿车作为我国国民经济的支柱产业，在2000-2010年间面临着机遇和挑战，处于历史性选择的关头；
- 中国具有巨大的轿车市场和必要的技术基础；
- 轿车发展应该兴利去弊

中国汽车工业发展的限制因素

- 道路堵塞：造成最稀缺资源时间的巨大浪费
- 自然资源：土地，燃料
- 交通安全：
- 环境污染：大气，噪声，水土

轿车的过多使用是交通拥堵的根源



(资料来源：《城市交通概论》，段里仁，1984)

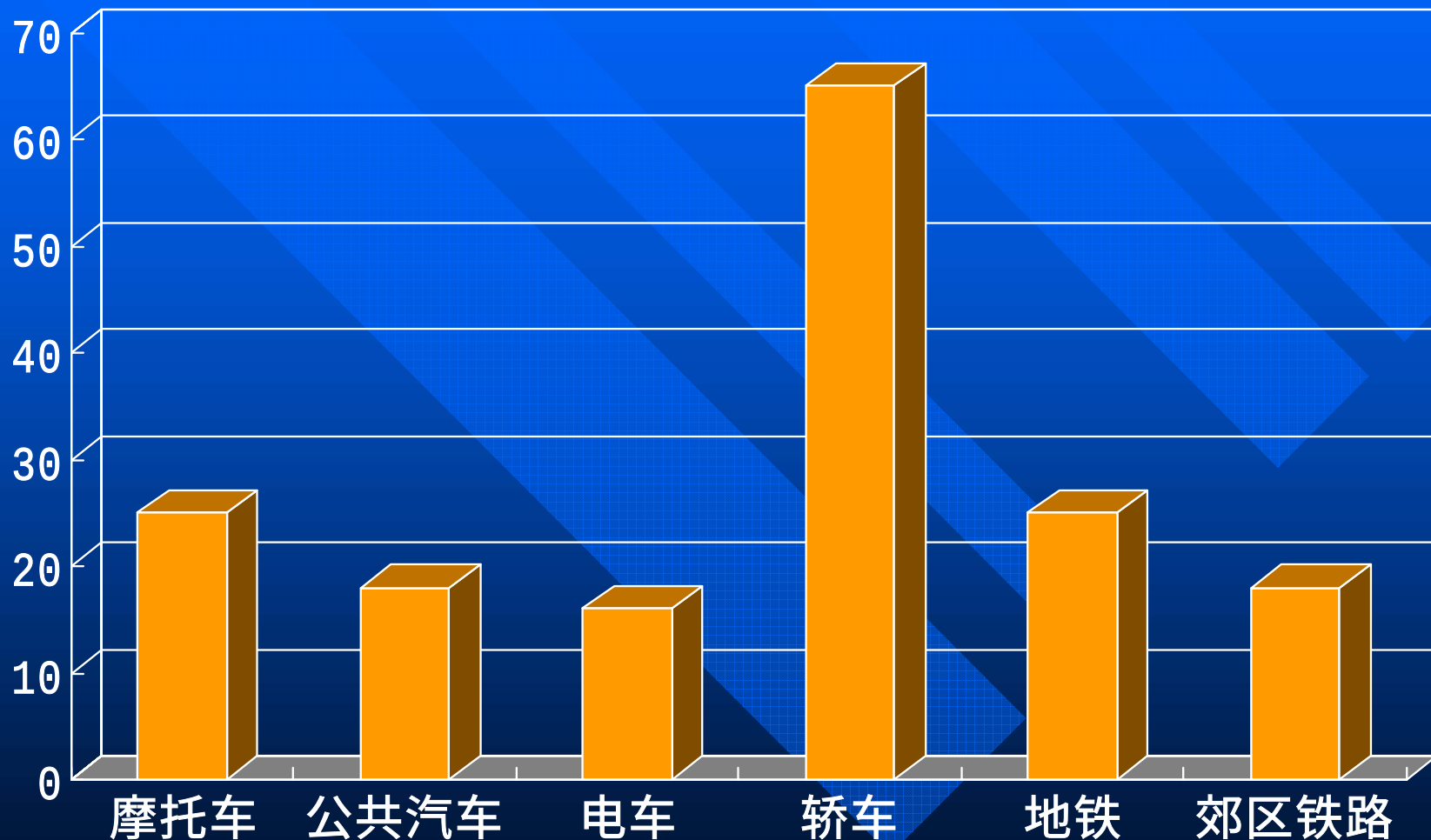
道路建设

车辆增加
行车里程增加

人-车-路-土地-粮食



交通工具的能耗比较 (石油/人/km)



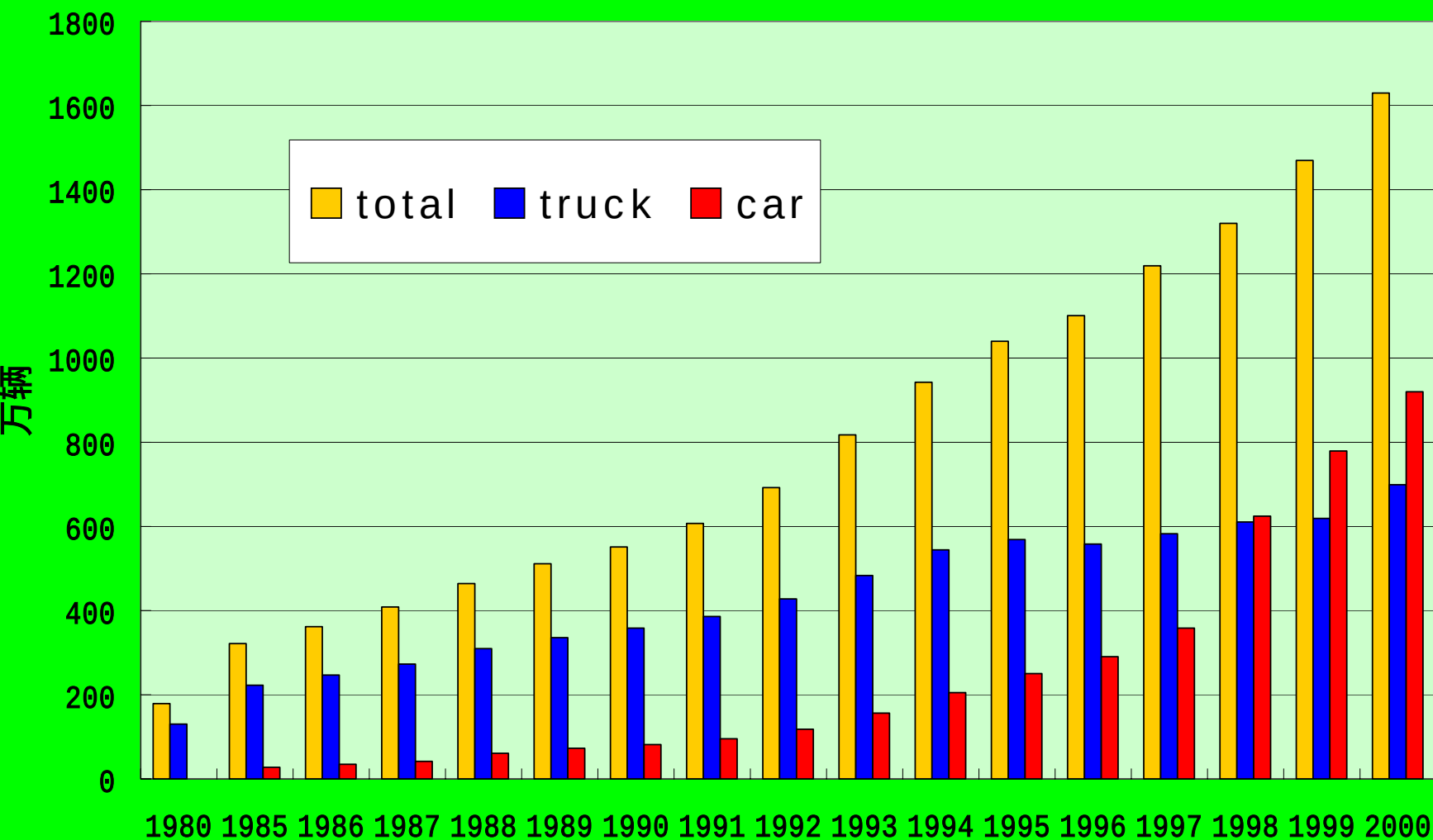
三、机动车污染物排放的发展趋势

$$Q = \sum (E_i \times A_i \times M_i)$$

机动车污染物的排放受三个方面因素的影响：

- 机动车的保有量
- 机动车的行驶状况（工况，里程）
 - 机动车的排放因子（油品，技术，I/M等）

全国机动车保有量的变化趋势



中国汽车保有量预测

	全球	中国
保有量	6 亿	1320 万
轿车	71%	25%
人/1 辆车	7.8	100

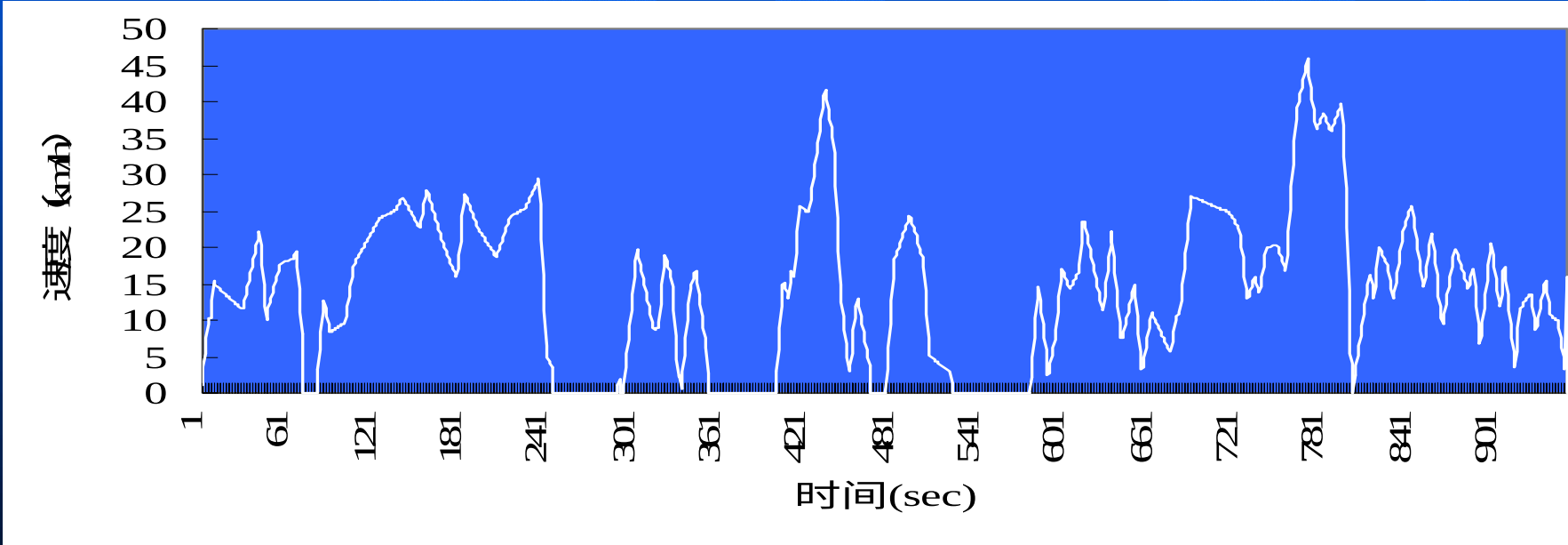
因此，要达到世界平均水平，中国约须增加1.2亿辆汽车，每年生成量1000万辆，接近美国的年产量

北京和美国目前机动车排放因子(g km⁻¹ 辆⁻¹)

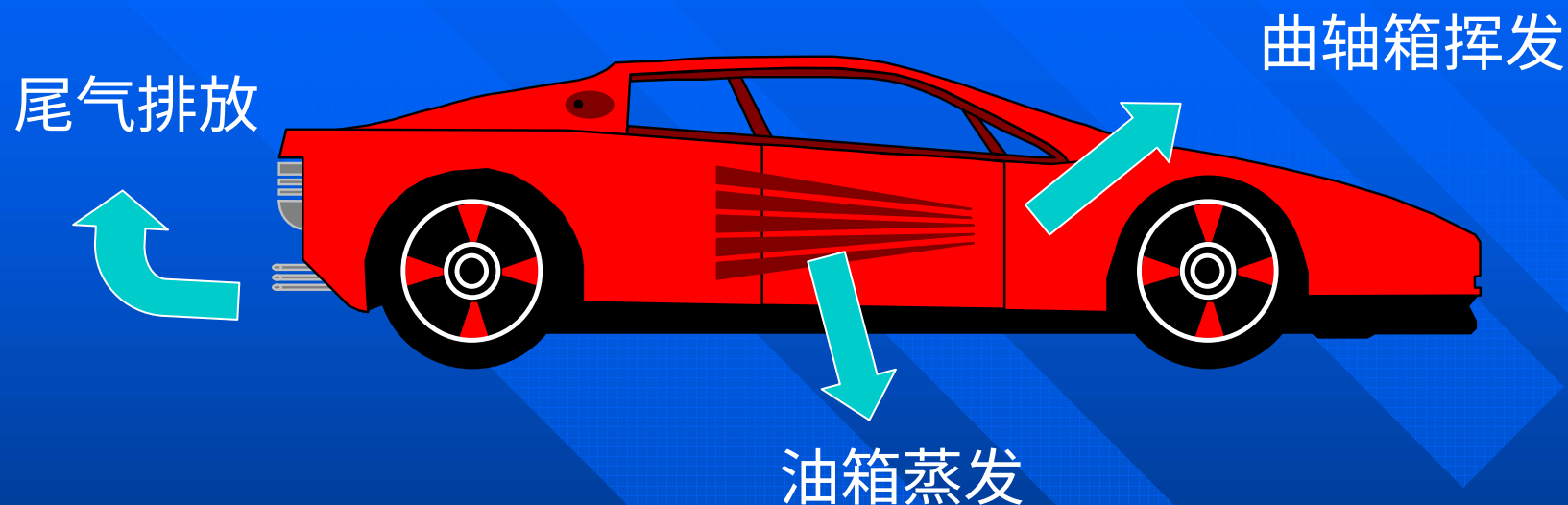
污染物	地点	汽油轿车	轻型汽油车	重型汽油车	重型柴油车	摩托车
HC	北京	9.1	15.6	23.0	3.7	11.1
	美国	2.5	2.8	8.4	2.1	4.0
CO	北京	70.0	83.8	207.3	12.1	52.9
	美国	19.0	24.0	102.0	11.5	24.4
NOx	北京	2.1	4.3	4.7	18.5	0.2
	美国	1.0	1.2	3.1	10.2	0.4

北京、广州和上海机动车行驶特征

城市	最大加速度 (m s ⁻²)	最大速度 (km h ⁻¹)	平均速度 (km h ⁻¹)	行驶状况 (%)			
				怠速	加速	减速	匀速
广州	1.9	50.38	14.14	17.8	29.1	27.2	25.9
北京	1.3	65.25	19.98	16.2	25.3	30.8	27.3
上海	17						



机动车排放的主要大气污染物



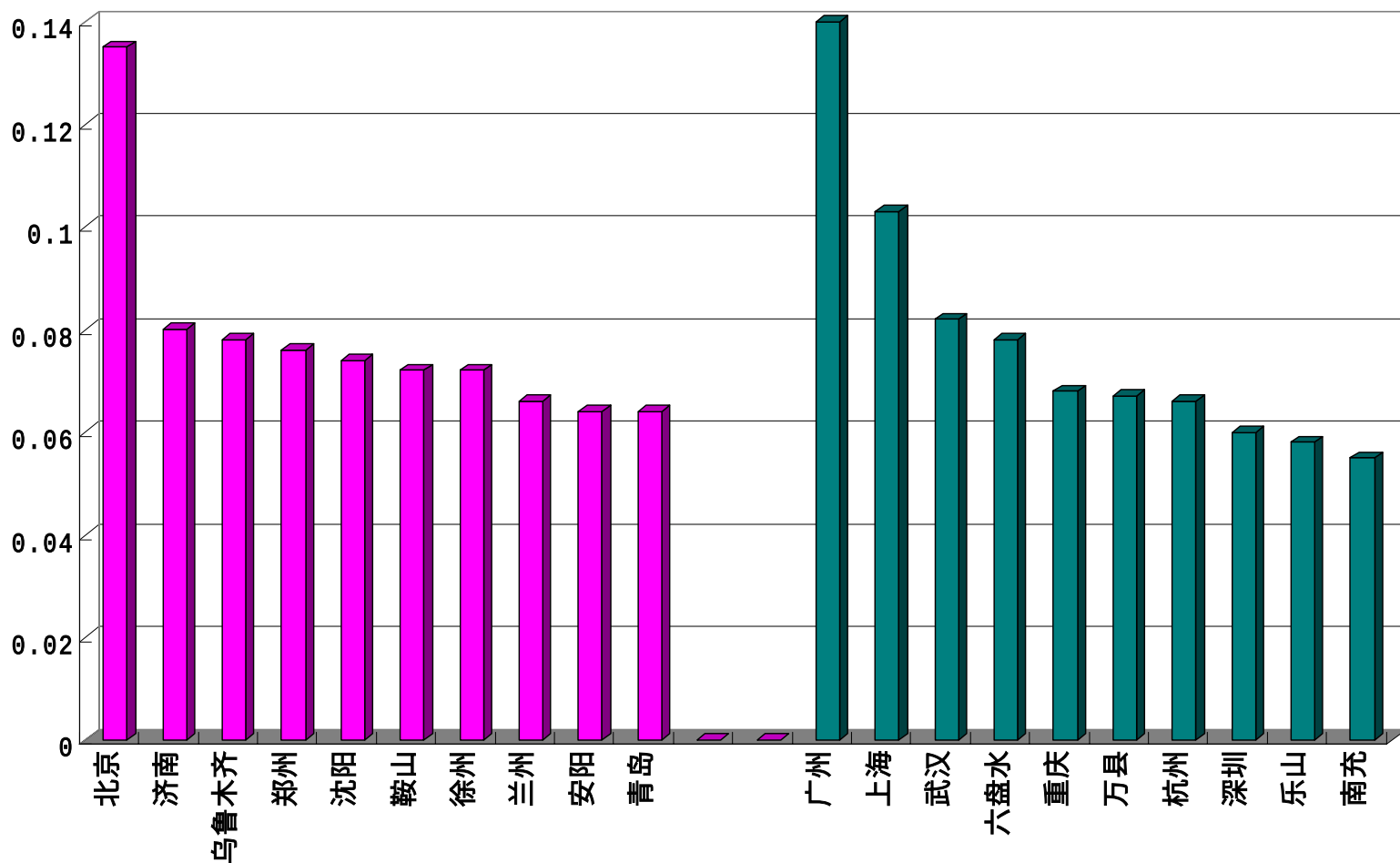
一次污染物：CO，VOC，Pb，NO，SO₂，CO₂，颗粒物等

二次污染物：O₃（光化学烟雾），NO₂，颗粒物，SO₄²⁻等

机动车排放造成严重的城市大气污染

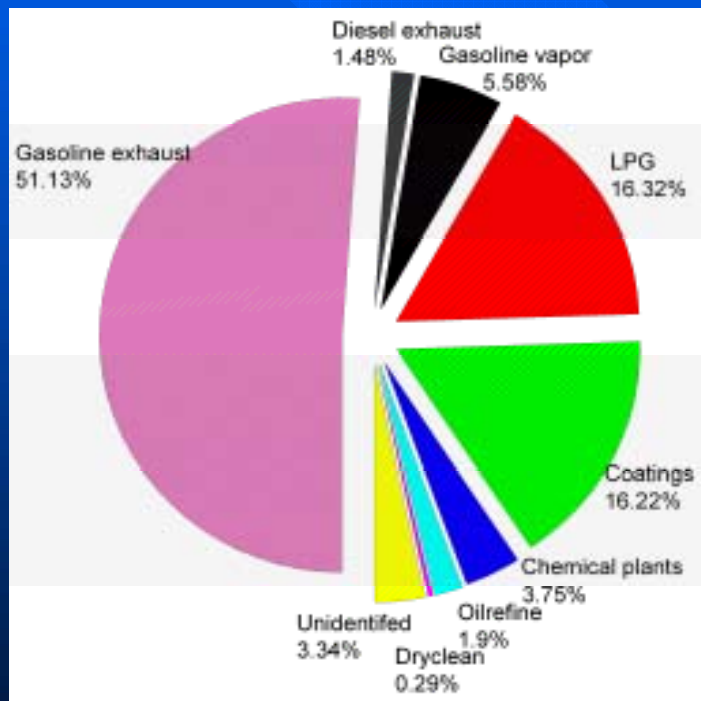
- 机动车排放导致NO_x浓度快速增长；
- 细粒子污染问题日益严重
- 光化学烟雾污染已经出现并不断恶化
- 污染以城市为中心呈区域化的趋势

1997年NO_x污染最严重的前十位城市

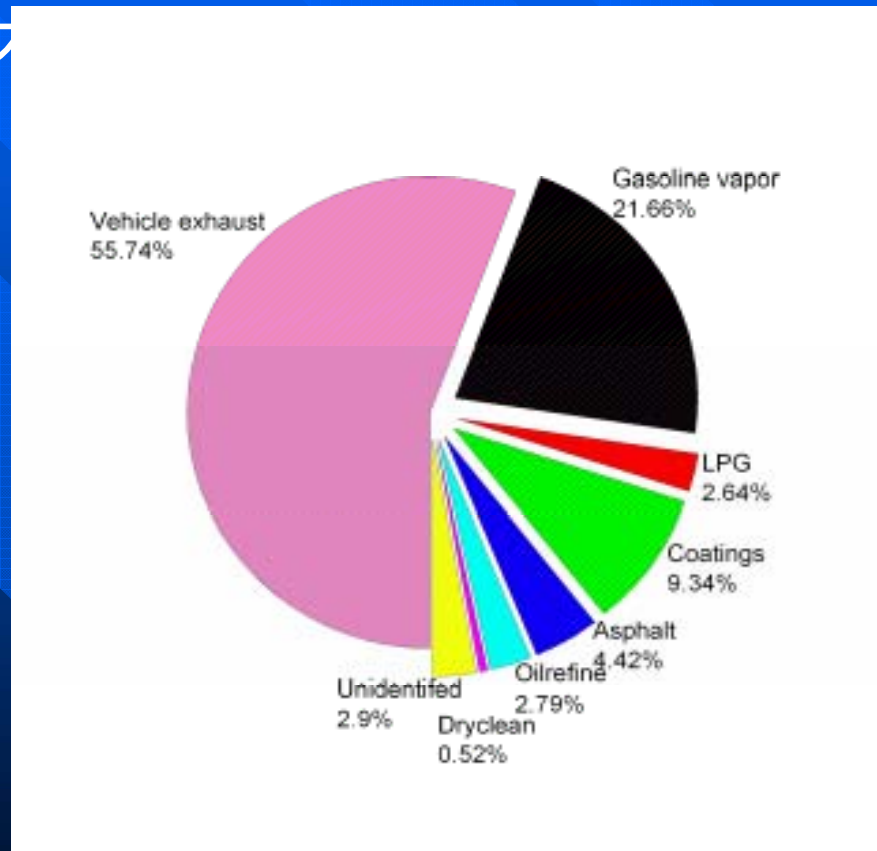


大气中的挥发性有机物 (VOCs)

- ❖ 高浓度的有机物是我国城市大气环境的重要特征；
- ❖ 有机物种类复杂，危害严重；
- ❖ 机动车对城市有机物有



(a) Guangzhou (*Atmos. Environ.*, 2008)



(b) Beijing (*JESH.* 2000)

Smog = smoke + fog

O_3

NO_x

VOCs

电力
33%

交通
41%

其它
12%

天然
11%

工业
13%

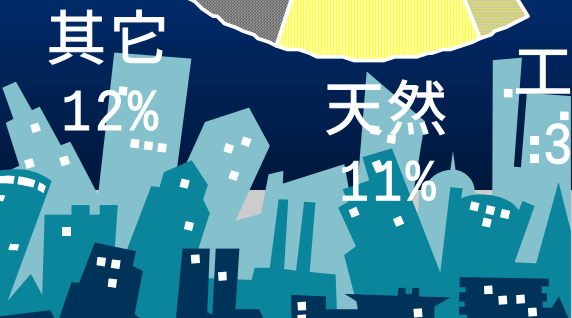
燃烧
5%

石油工艺
6%

挥发
13%

交通
17%

天然
59%



四、大气环境质量改善的技术需求

- 机动车污染物排放控制技术
- 交通工程与管理措施
- 新一代机动车

机动车污染物排放控制技术

- 机动车污染物排放标准
- 机动车排放控制技术
- I/M制度
- 油品质量改善
- 在用车改造
- 旧车淘汰

PM, g/mi

NLEV

EURO 3

PNGV original
target (Tier 2)

EURO 4

PNGV research goal

0.08

0.06

0.04

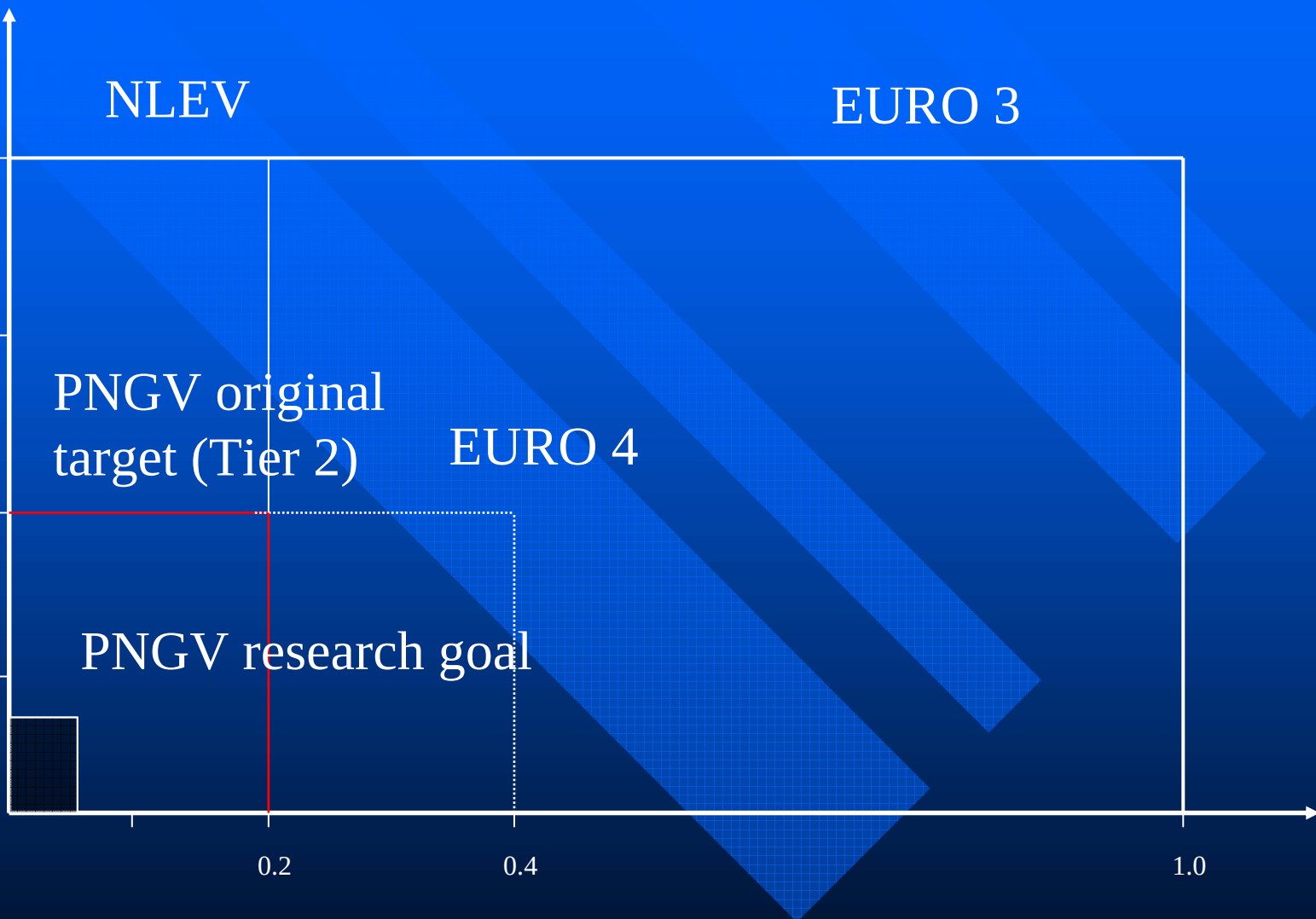
0.02

0.2

0.4

1.0

NO_x, g/mi

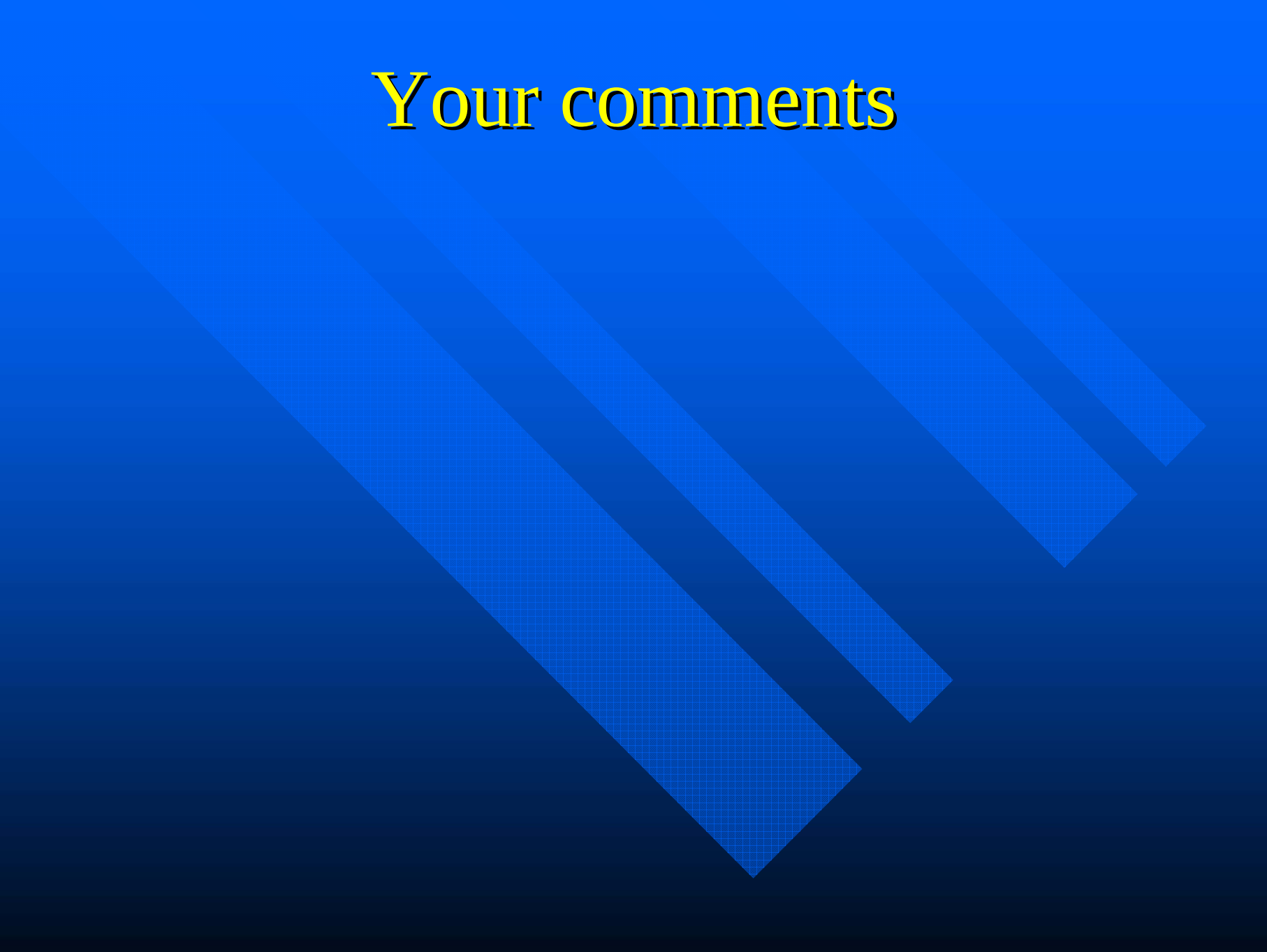


问题

为扩大中国汽车市场，应在我国城市和农村，发达地区和欠发达地区实施不同的机动车排放标准。

—— 李刚

Your comments



My thinking

- Regional issue due to long-range transportation of pollutants, e.g. secondary;
- End-of-pipe philosophy
- Larger economical loss in terms of pollution control
- Hurt scale economy

美国机动车排放控制历程

年代	采取的主要技术措施
~60	-----
60~63	加装曲轴箱强制通风系统(PCV)
63~68	调整发动机参数, 加装控制燃烧系统(CCS)降低空燃比, 安装空气喷射反应器系统(AIR)促进废气中的HC 和 CO 燃烧
68~73	加装变速箱控制火花系统(TCS)以延迟点火时间
73~78	安装废气再循环系统(EGR)以降低燃烧室温度控制 NOx 排放, 安装活性炭罐控制燃烧蒸发
78~79	采用高能点火系统, 使用无铅汽油, 安装催化转换器, 安装燃油蒸发控制系统
79~83	采用电控汽油喷射技术及安装三元催化转换器
83~94	完善发动机技术, 改善燃料成分和开发清洁燃料
94~96	
96~	零排放汽车

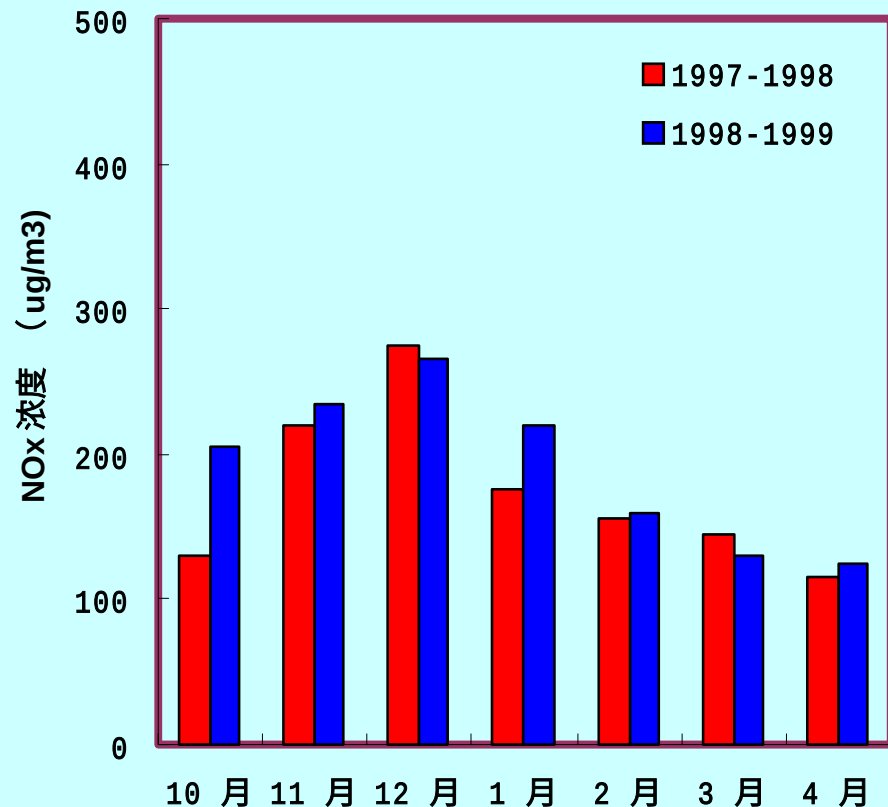
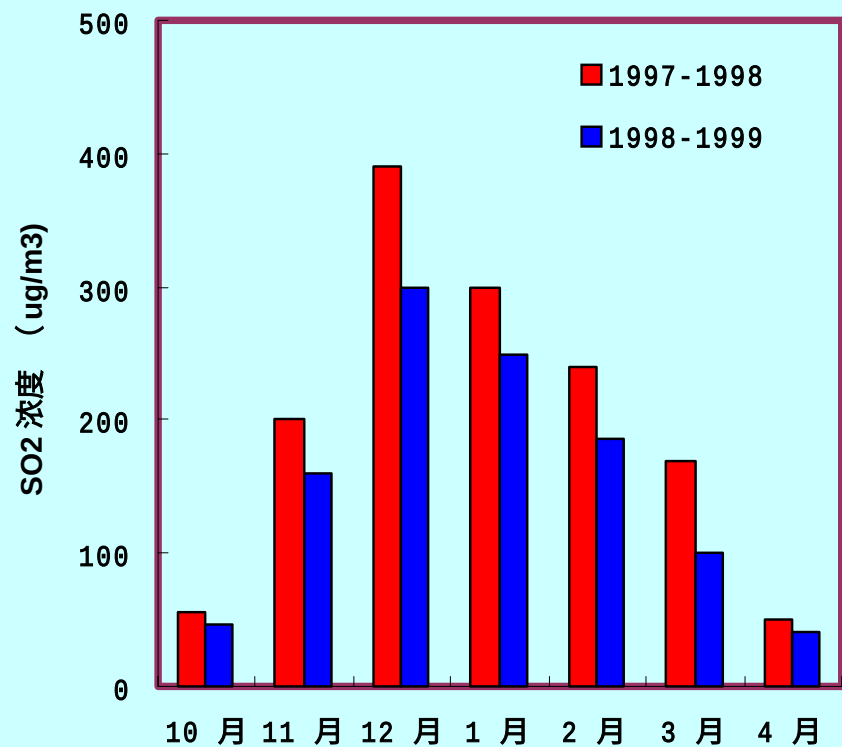
我国机动车排放控制现状

- ④ 1983年开始实施**轻型汽油车**怠速排放标准，1993年开始实施**重型汽油机**排气标准；
- ④ 在1983年开始实施**轻型柴油车**自由加速烟度排放标准；1983年开始实施柴油发动机全负荷烟度排放标准；
- ④ 1993年开始实施**摩托车**排气排放标准。
- ④ 我国的**轻型车**整体水平处于加装尾气净化装置的条件已经基本具备，但尚未进行安装的阶段，这一污染控制水平相当于美国70年代初、中期（73年-78年）水平；
- ④ 除少量94年以后生产车外，**重型汽油发动机大部分处于无控制状态**，基本是美国60年代末、70年代初水平。

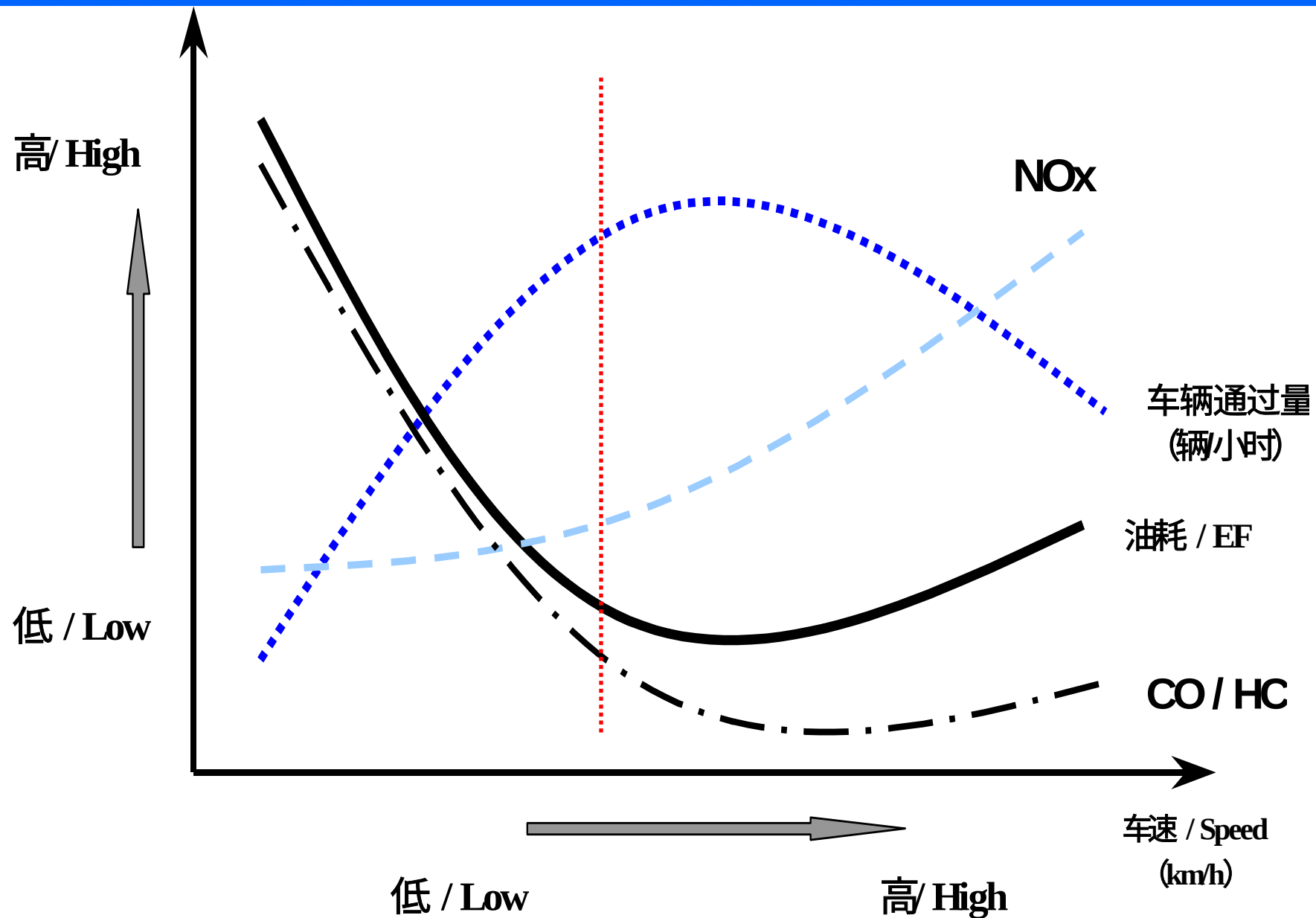
机动车与燃煤污染物的排放特征差异

- ❖ NO_x 是燃烧型的污染物; SO_2 是燃料型的产物;
- ❖ VOC, CO 的排放特征与 NO_x 不同;
- ❖ 机动车污染物的排放与三个因素有关:保有量,排放因子和行驶里程。在采取先进的控制技术使单车排放减少时,机动车污染物的排放仍可能由于社会对机动车数量和行驶的需求而增长。

北京市1997-1999 年 大气SO₂和NO_x浓度变化趋势



污染物排放、油耗、通行与机动车行驶速度的关系



未来机动车发展的技术需求 (I)

传统技术的革新：

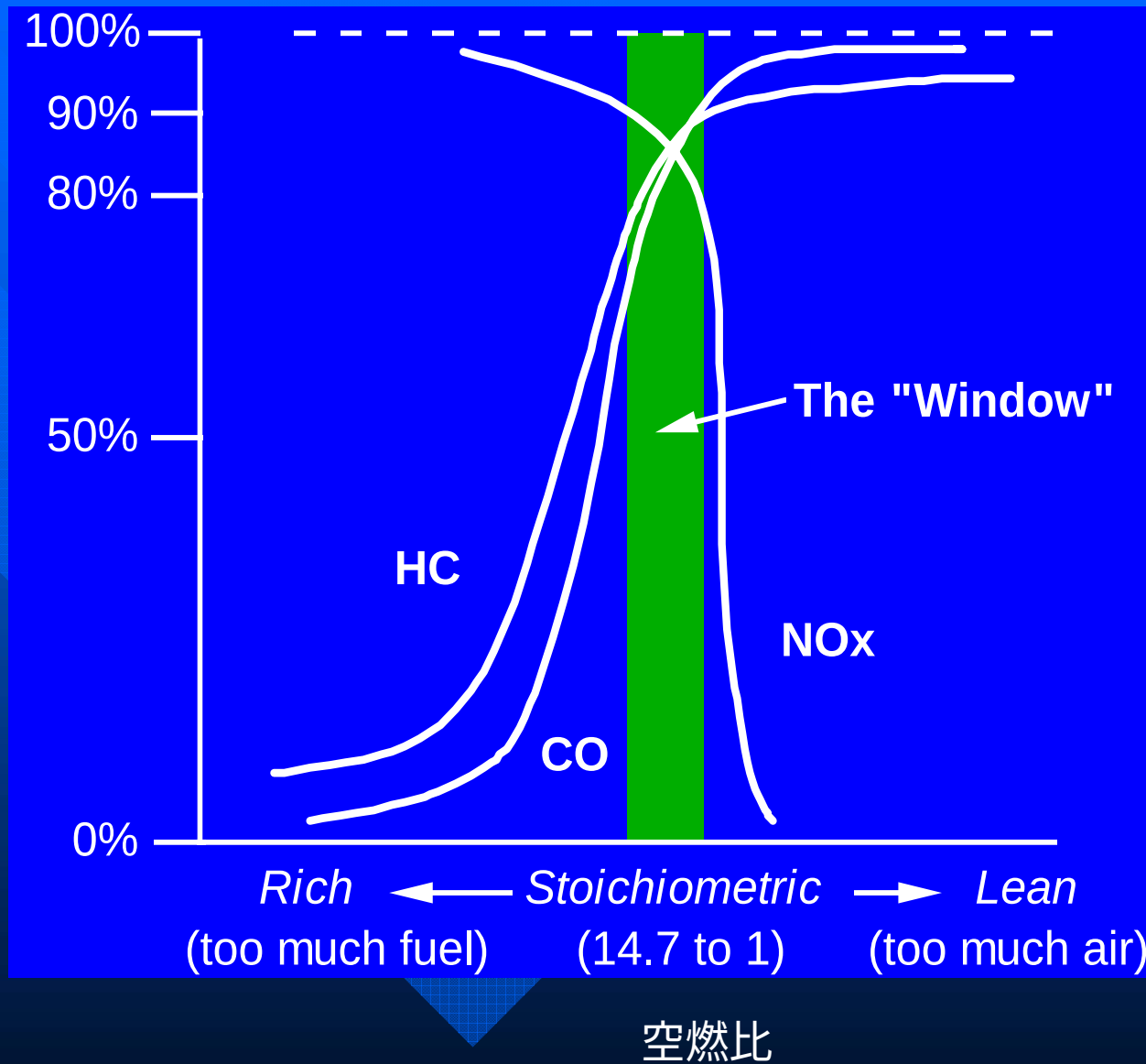
- ❖ 实行更严格的机动车排放标准和限值
- ❖ 高质量的无铅汽油
- ❖ 三元催化和闭环控制
- ❖ 机动车排放检测和监控
- ❖ NO_x 和颗粒物排放的改善

载五名乘客和大量的行李
行驶时速可达到200公里或更高
动力过剩
平均发动机冲程、汽车尺寸
和重量几乎每年都在增加



4名乘客，20千瓦的发动机，
时速80到100公里，
特别低的排放再加上最低的
噪声

Efficiency of the Three-way Catalyst



提高和加强排放检测能力

Idle testing



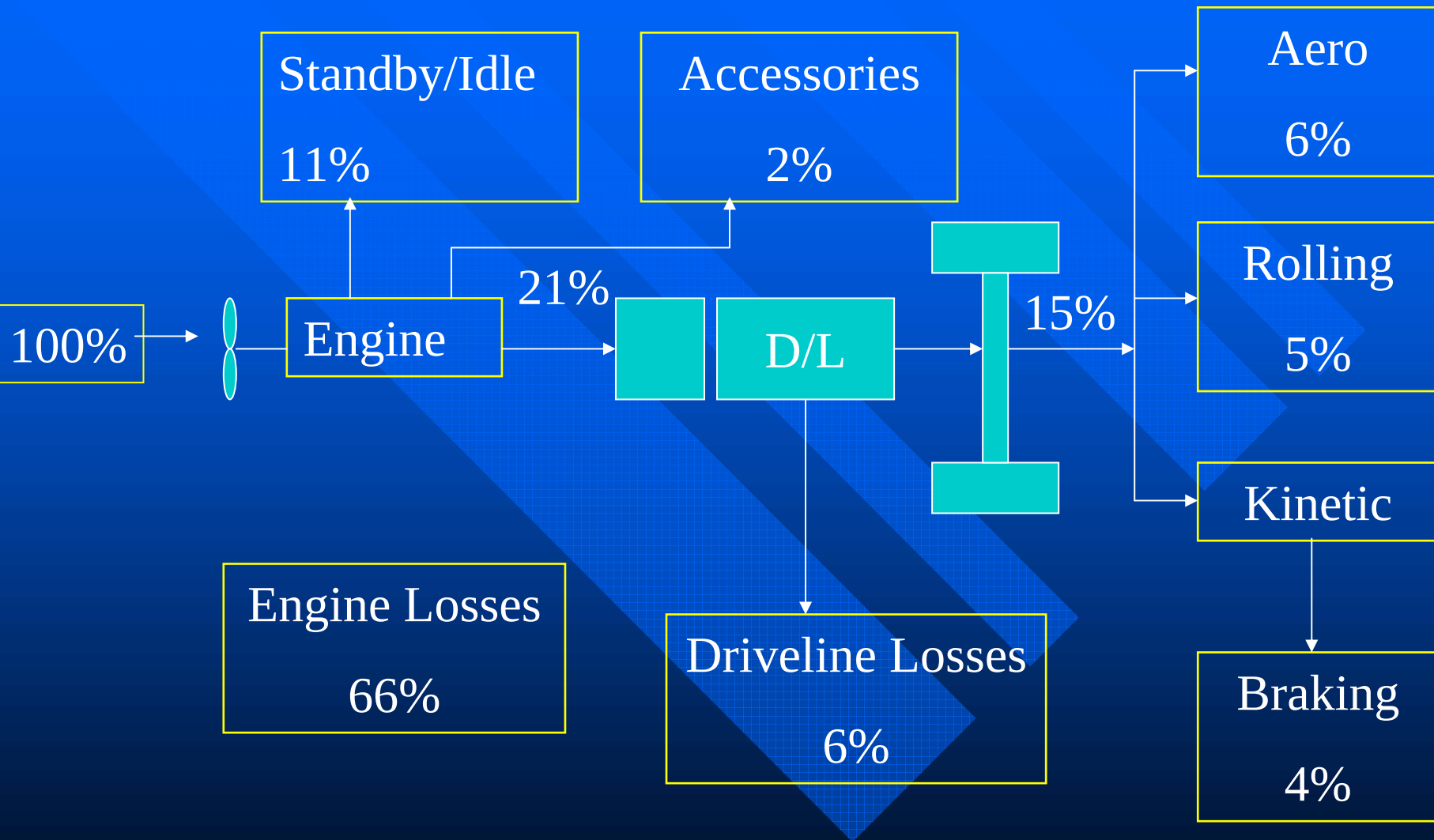
Dynamometer

利用道路遥感车排放检测系统 (RS)



发现高排放车

Energy Distribution (Typical Mid-Size Vehicle)



具有前景的其他技术选择

- ⌘ 替代燃料
- ⌘ 电动汽车
- ⌘ 燃料电池

关注的焦点：

- 🚗 能源利用效率
- 🚗 温室气体的排放

新型的下一代汽车

燃料电池汽车

混合动力汽车

CNG汽车

电动汽车

甲醇/乙醇汽油车

甲醇燃料汽车

LNG汽车

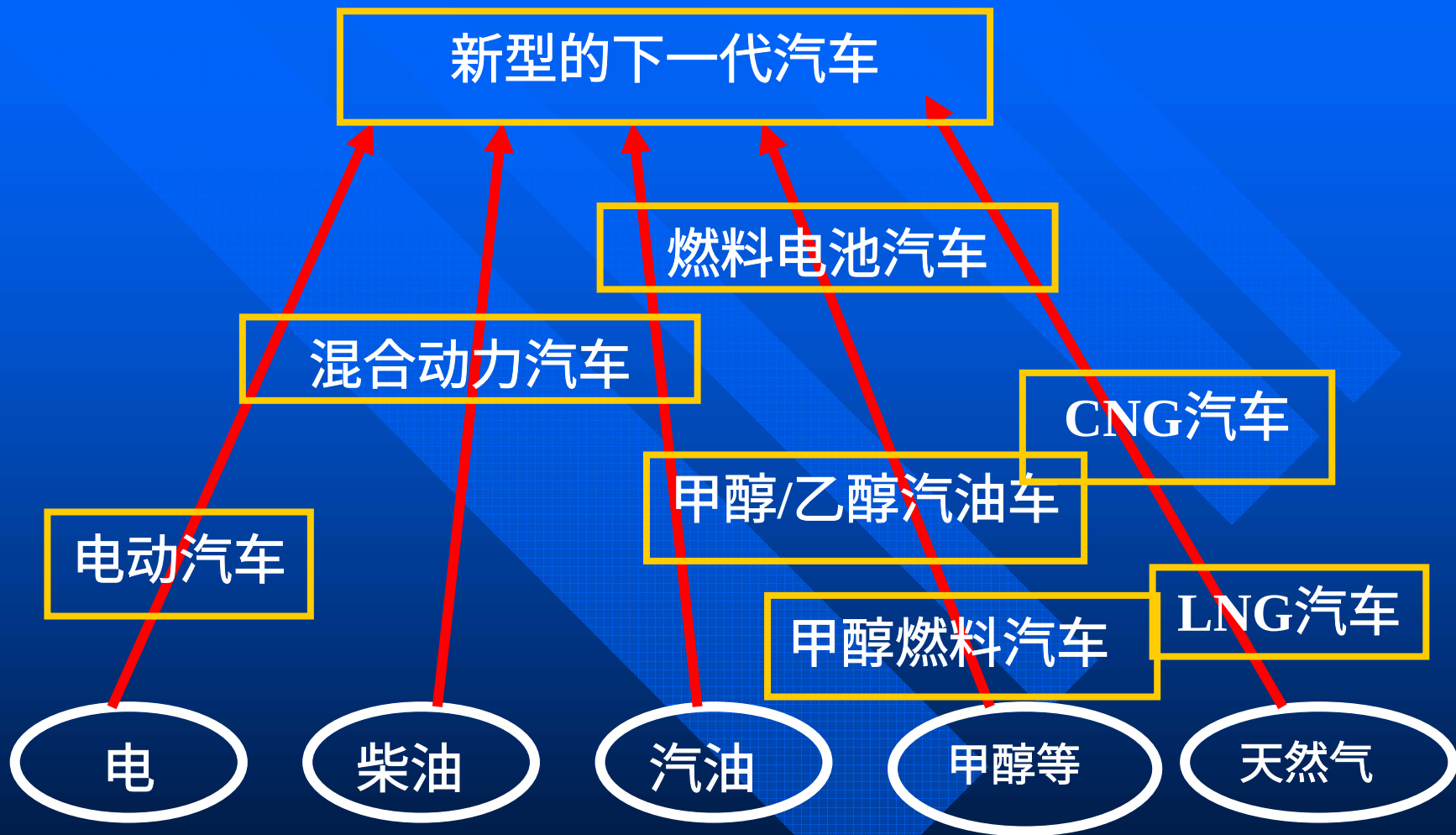
电

柴油

汽油

甲醇等

天然气



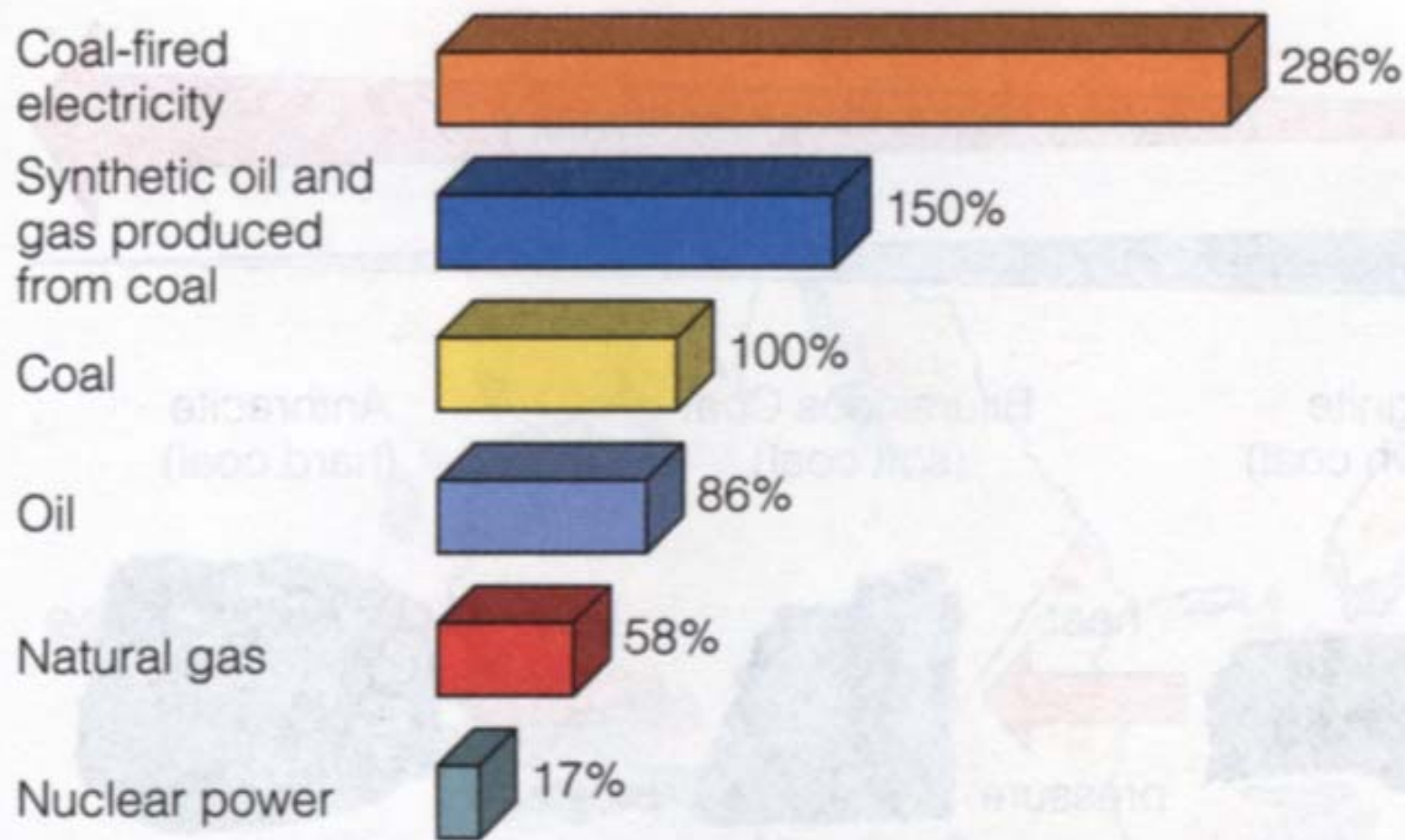
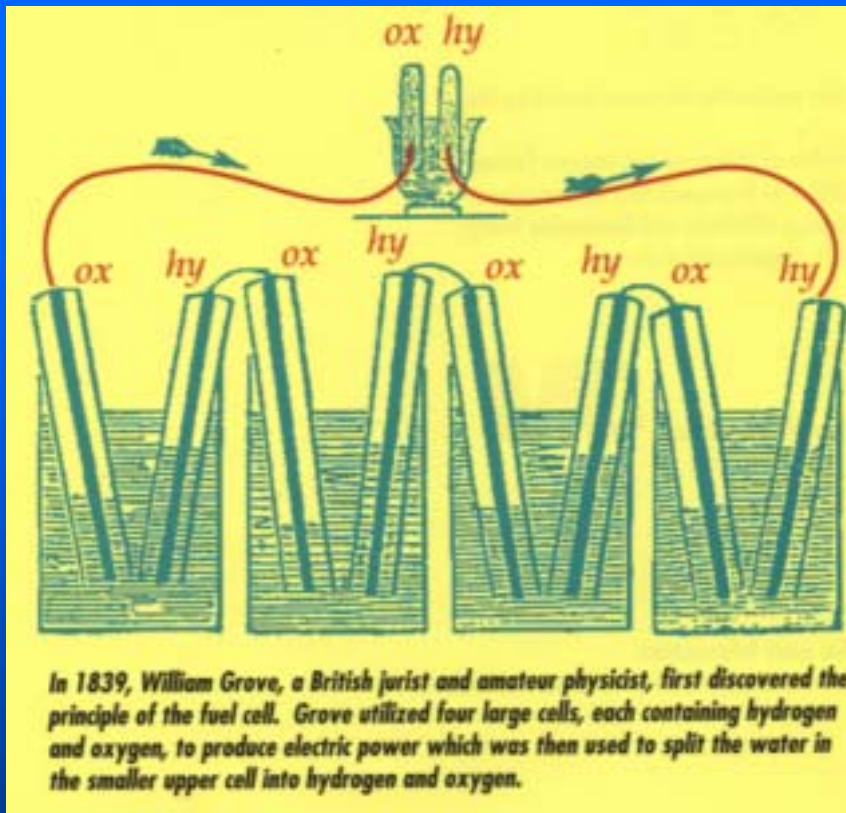


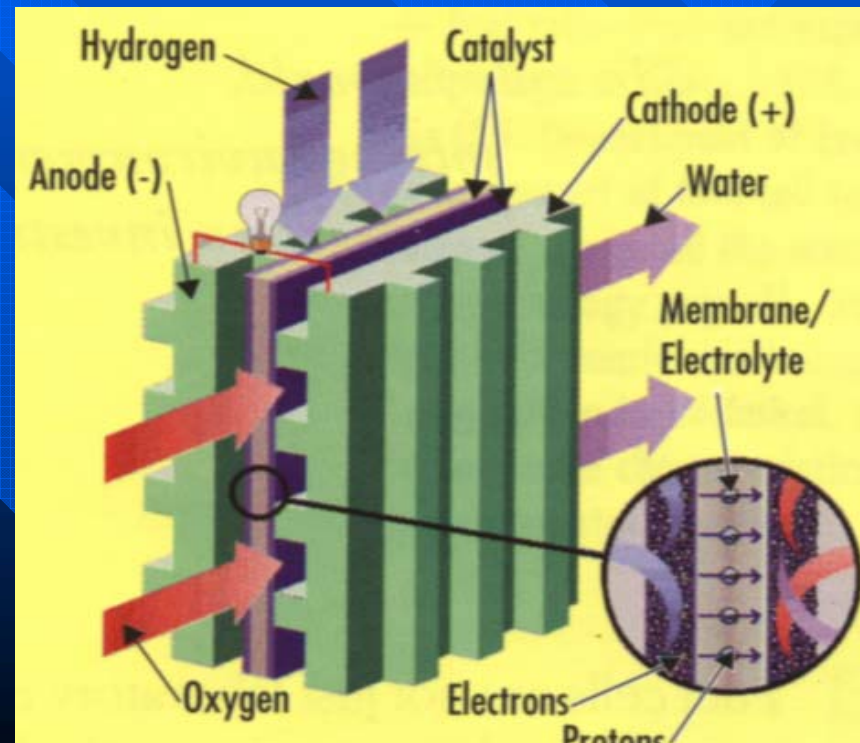
Figure 19-10 Carbon dioxide emissions per unit of energy produced by various fuels, expressed as percentages of emissions produced by coal.



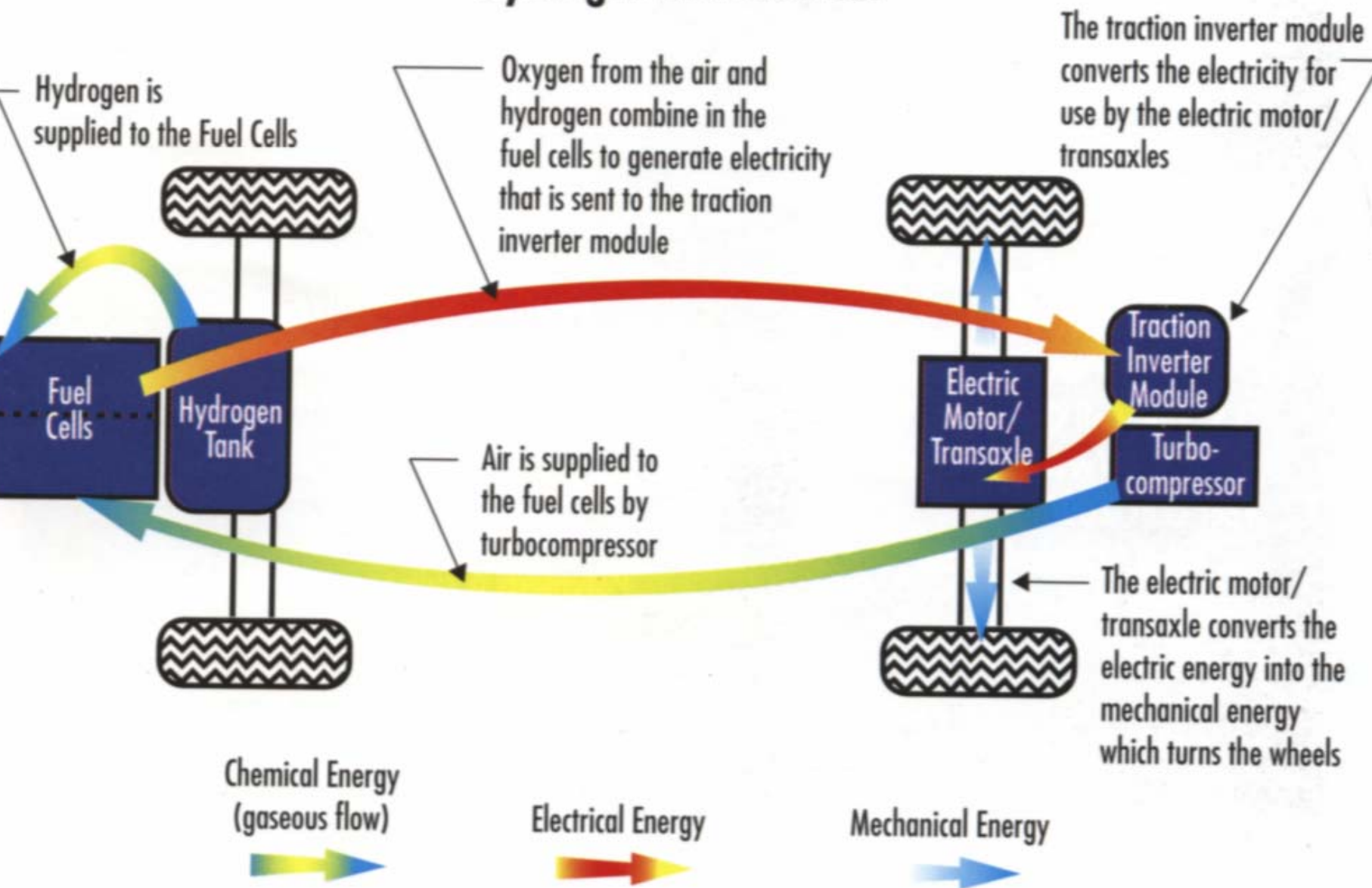
“I cannot but regard the experiment as an important one

—— William Grove writing to Michael Faraday, Oct.22, 1842

3 times of energy efficiency as internal combustion
Water is the only emission



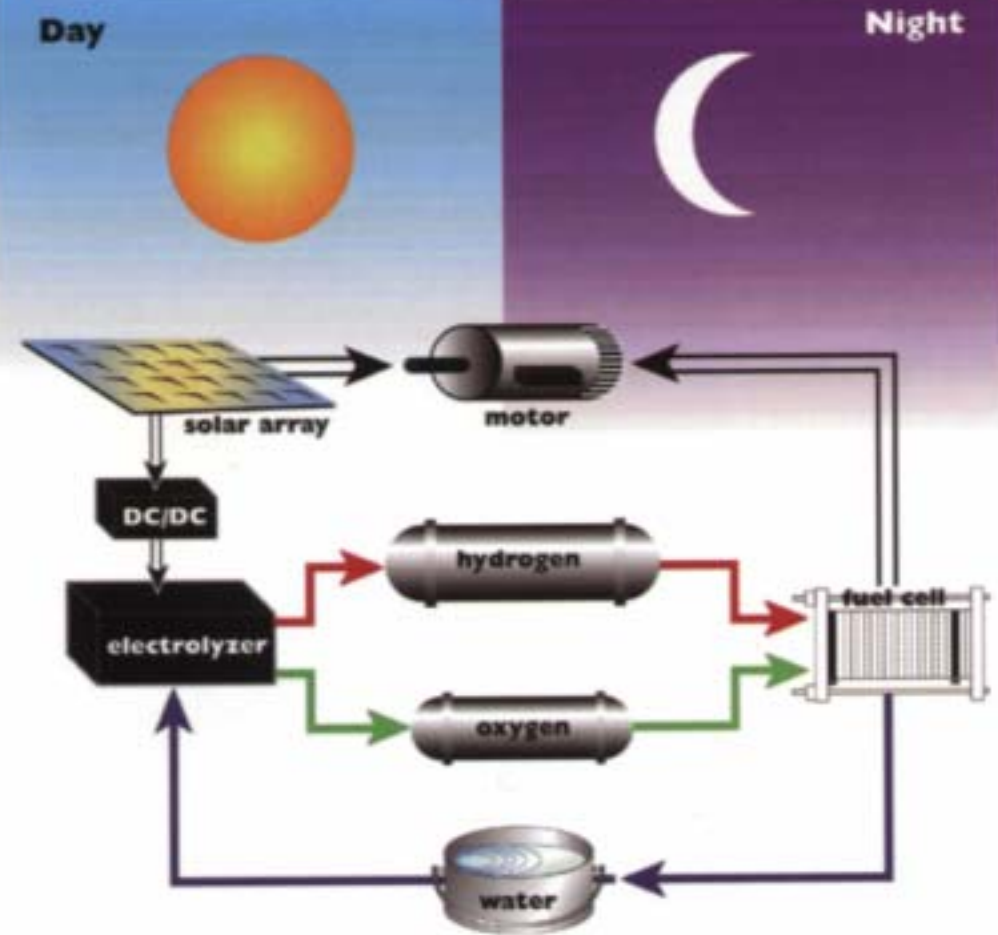
Hydrogen Fuel Cell Car



The P2000, from Ford Motor Company, is a zero-emission vehicle that utilizes a direct

Day

Night



Renewable regenerative fuel cell utilizing the energy source of the sun to produce power (Courtesy: Aerovironment)

Ideal close-loop system



Unmanned solar plane powered by a renewable regenerative fuel cell (Courtesy: Aerovironment)

奔驰概念车



特点：

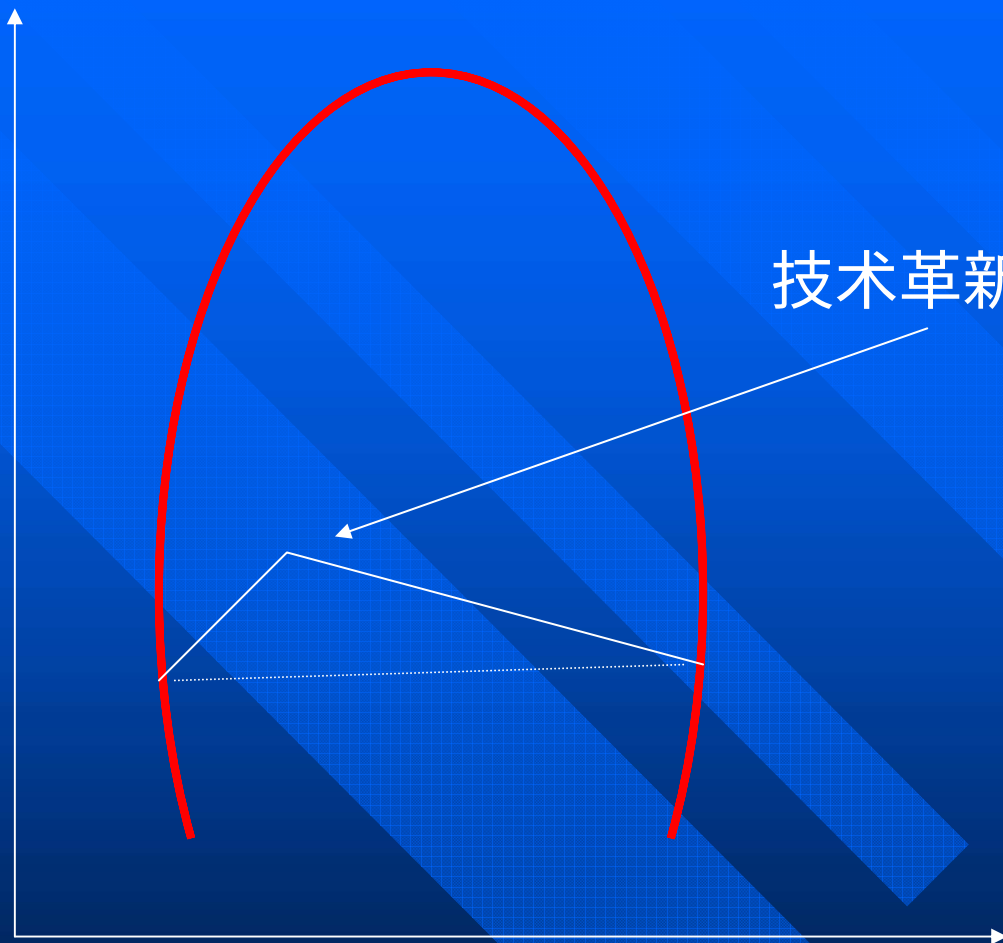
- (1) 小巧、美观、舒适、灵活
- (2) 动力性/安全性
- (3) 碳纤维/铝镁合金材料
- (4) 电动/氢燃料/混合动力
- (5) 零排放
- (6) 价格便宜



高质量的汽车就解决问题了吗

- 耐久性 (recall)
- 有车与用车
- 公交系统
- 经济手段

污染排放



技术创新

机动车发展