

中国降硫的损益分析

Katherine Blumberg, 国际清洁运输委员会

傅立新博士, 清华大学

Michael Walsh, 国际咨询专家

中国北京

2005年7月14日

损益分析

- 移动源排放模型模拟
- 减排对暴露的影响
- 定量和评估由于移动源排放暴露减少得到的健康效益
- 确定增加的机动车和燃料成本
- 比较成本和效益

3个方案

	2007	2010	2013
方案 1	保持欧2不变 (汽油和柴油硫含量500 ppm)		
	欧 3	欧 4	
方案 2	欧 3 (汽油150 ppm /柴油350 ppm)	欧 4 (汽油和柴油硫含量50 ppm)	
	欧 3	欧 4	
方案 3	欧 3	欧 4 (汽油和柴油硫含量50 ppm)	欧 5 (汽油和柴油硫含量10 ppm)
	欧 3	欧 4	重型车实行 欧 5

- 以2005年欧 2排放标准和燃油状况作为基准
- 考察2010, 2020, 及 2030年的成本和效益情况.

移动源排放

- 运用调整的MOBILE5b & PART5模型计算所有主要污染物的排放因子
- 计算排放效益时考虑了不同技术的燃油影响

- $$EmBenefits = \sum_{TechGroup} VMTShare \times BEFs \times FuelEffects$$

- 燃油对单个车辆的影响参考了世界范围内进行的项目结果

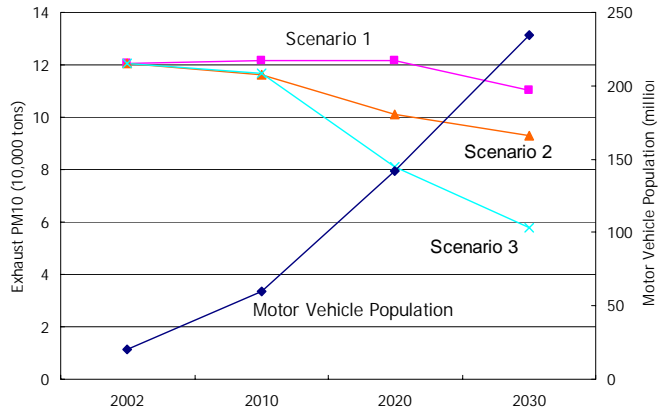
机动车数量

- 根据人均GDP和人均拥有机动车数量 (Gompertz 曲线)预测国家机动车总量
- 机动车饱和水平: 人均0.20辆
- 根据车辆总量和机动车数量预测摩托车数量

城市排放情况

- 根据人均GDP情况进一步将该59个城市分组
 - 低于 10000 RMB
 - 介于10000~20000 RMB之间
 - 高于 20000 RMB
- 根据其人均GDP分组和目前人均机动车拥有量以及结构预测机动车数量和排放情况

机动车排放预测



不同方案全国机动车数量和机动车直接排放PM 10 预测

暴露

- 59个人口超过百万城市的情况分析
- 吸入分数 (iF) – 度量排放总量与吸入量比例的值

$$iF = \text{人口吸入} / \text{总排放}$$

- 本研究仅考虑了直接颗粒物排放和NOx排放造成的二次颗粒物

吸入分数

哈佛/清华研究使用了模型方法确定距离公路50公里以内排放和暴露的关系

$$iF = \text{人口} * \text{浓度} * BR / \text{排放}$$

$BR = \text{呼吸率}$

北京、济南和大连的平均 $iF_{PM} = 7.7 * 10^{-5}$

Source: Wang, Hao, Lu & Li 2005

59个城市的吸入分数

我们使用了简单的方法:

$$iF = BR * \text{人口} / \text{平均稀释} * \text{地区}$$

北京、济南和大连的平均 $iF_{PM} = 7.1 * 10^{-5}$

- 与哈佛/清华使用的更复杂的模型有良好的匹配
- 为更复杂的研究调整了59个城市的iFs, 即 +9%
- 到2030年中国将有更多人口超过百万的城市。本研究可能会低估这些城市污染控制的影响。

郊区和二次颗粒物的吸入分数

- 郊区颗粒物 – 考虑到中国郊区较高的人口密度，以全球 iF_{PM} 为基础做了调整
Source: Evans et al. 2002

$$\text{郊区 } iF_{PM} = 4.5 \times 10^{-6}$$

- 二次颗粒物 (由 NO_x 排放在大气中生成) – 根据哈佛/清华使用的值进行了调整

$$\text{平均城区 } iF_{NO_x} = 8.4 \times 10^{-7}$$

- 郊区二次颗粒物– 根据城区一次颗粒物和二次颗粒物的比值做了调整

$$\text{郊区 } iF_{NO_x} = 1.7 \times 10^{-7}$$

效益

- 定量的成人及婴儿死亡率，急慢性支气管炎、呼吸系统和心血管系统疾病入院率，哮喘和限制行动天数。

总公式:

$$\text{健康影响} = \frac{iF * \text{基准} * CRF * \text{排放}}{\text{呼吸率}}$$

基准 = 在总人口中的死亡率和发病率

CRF = 死亡和发病影响的浓度响应方程

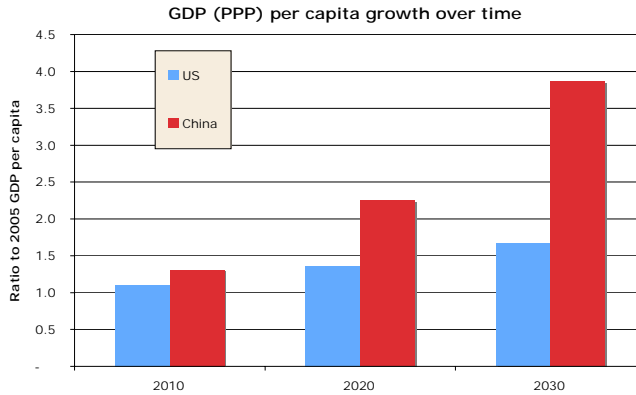
死亡的价值

- 参考了不同国家做的一系列统计寿命价值(VSL)研究并选择了5个最相关的结果。所有研究都是针对死亡和空气污染联系研究的。
- 其他国家的结果（泰国、智利、美国）根据相对人均GDP（购买力平价）进行调整
- 采用了该5个研究结果的平均值
平均 VSL = \$549,400（2005年）

其他健康效益的价值

- 综合考虑了中国对避免感冒的支付意愿 (\$3-6)，美国的支付意愿 (\$10-150) 及标准EPA健康效应成本方程。 Source: Zhou and Hammitt 2005
- EPA 价值是基于对支付意愿和生病成本研究结果得到的。
- 其他健康影响的价值为：
 - 慢性支气管炎\$21,200
 - 每个限制活动日\$3

GDP增长预测



- 预计中国2005年至2030年人均GDP（购买力平价计算）将增长将近4倍。Source: EIA 2004
- 由于健康影响的价值估算是人均GDP（购买力平价）的函数，所以VSL和其他健康影响的价值随时间增长

2030 年的健康影响

健康效应	2030年减少情况 (方案 1-3)	根据2030年GDP增长情况调整值 (2005 百万 US\$)
早死	20,000 - 40,000	50,000 - 95,900
婴儿死亡	800 - 1,600	1,700 - 3,400
慢性支气管炎	40,000 - 77,000	3,200 - 6,300
呼吸系统及心血管系统疾病入院	170,000 - 340,000	500 - 1,100
急性支气管炎	1.4 - 2.6 million	100 - 200
哮喘	150,000 - 290,000	1 - 3
限制活动日	140 - 260 million	1,700 - 3,300

- 到2030年，标准将充分实施，大部分老旧的高排放车辆已经被替换。2030年可以充分展现每个方案效益。
- 考虑到人均GDP（PPP）增长，2030年健康效益为US\$570-1100 亿。

其他效益

- *臭氧影响* – 由于较高及不断增高的臭氧水平，在中国可能比较显著。
- *农业* – 在中国可能比在欧洲或美国更显著，部分因为中国对死亡和生病赋予的价值较低
- *能见度、旅游业及环境和材料的破坏* – 也会很显著，因为旅游业重要性的不断增加及古建筑和艺术品的脆弱性。

成本

- 燃油成本使用为2002年中国燃油市场开发的线性程序模型计算。该模型已经升级，包括已经公开宣布的至2010年的炼油企业规划，以及使生产欧 5 燃油不受能力限制所需增加的生产能力。
- 资本投资成本对应某一种质量燃油可能上市的年份。运行成本采用美国EPA资本/运行成本的估计值。

增加的燃油成本

燃油质量	基础	燃油	资本 (美分/加仑)	运行成本	总计	
					美分/加仑	人民币/升
欧 2	2005 增加的	汽油和柴油基准				
欧 3	2007 规划的	汽油	0.28	323%	0.9	0.28
		柴油	0.63	200%	1.3	0.40
欧 4	2010 规划的	汽油	0.34	323%	1.1	0.35
		柴油	0.93	200%	1.9	0.58
欧 5	计划外增加	汽油	0.94	323%	3.1	0.96
		柴油	2.28	200%	4.6	1.43

- 模型计算显示规划的炼油企业能力或已经具备的能力可以满足2005、2007和2010年将实施的欧 2, 3, 和4标准要求。而生产欧 5 燃油则需要更多的投入。
- 考虑到通货膨胀因素及其他因素，中石油和中石化提供的2002年资本成本在折算为2005年值时增加了35%。

燃油和车辆成本

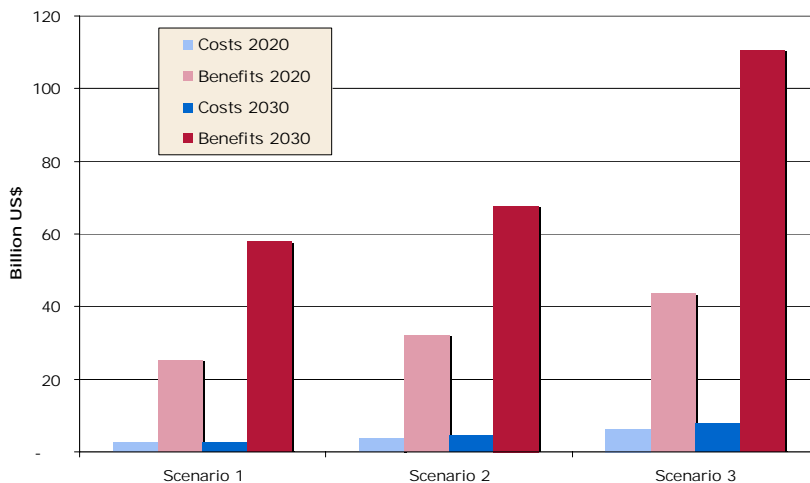
方案		2010	2020	2030
1燃油品质没有变化	汽油	无燃油成本 - 假设燃油质量不变		
	柴油			
	车辆	646	2,463	2,614
	总成本	646	2,463	2,614
2燃油品质随机动车标准改善	汽油	332	526	798
	柴油	371	661	969
	车辆	646	2,463	2,614
	总成本	1,349	3,650	4,380
3考虑欧5燃油和重型车标准	汽油	332	1,441	2,187
	柴油	371	1,618	2,371
	车辆	778	3,373	3,399
	总成本	1,481	6,433	7,958

- 考虑到欧2和欧5车辆的巨大跨越及相对保守的成本估算，在本研究中车辆成本将扮演更显著的角色。
- 本研究没有考虑由于柴油车降硫导致的维护成本下降。

成本和效益

- 2010年所有方案成本和效益都大体相当。
- 2020年和2030年所有方案的净效益都很明显。
- 2020–2030 **效益成本比** 为7-22，即便不按GDP（购买力平价）调整，效益也超出成本的3-6倍。
- 方案3考虑了欧5燃油和机动车标准，净效益最大：2020年\$140–370亿，2030年\$220–1030亿。

成本和效益



不确定性

- 本研究分析的各步骤都有不确定性，包括排放模型、吸入分数、CR方程和成本因子。
- 由于中国大城市的数量迅速增长，本研究不能充分的说明控制空气污染的健康效益。
- 然而，本研究似乎与美国EPA的发现比较一致。重型柴油车法规通过中国的减排、人口、城市人口和人均GDP（购买力平价）调整后，2030年效益大约为\$1400亿。
- 如我们预料的，由于EPA采用了较高的效益值，这一值比本研究的结果高。

结论

- 中国机动车的健康影响是显著的并在不断增长。
- 现有的机动车标准将成为主要的改善空气质量和降低健康影响的措施。
- 如果没有同样严格的燃油质量标准，机动车标准的效果会受到削弱。
- 采用欧5燃油和对柴油车采用额外的措施将可能会使净效益翻倍。
- 预期的轻型车欧5标准和重型车欧6标准可能产生更显著的效益。

谢谢!

国际清洁运输委员会(ICCT)
www.theicct.org

Kate Blumberg
研究主任
ICCT
kate@theicct.org