



清华经管学院
Tsinghua SEM

中国环境税影响分析的CGE模型应用

曹静

2010年4月15日

清华大学经济管理学院



CGE模型简介

哈佛-清华中国CGE模型结构及数据基础

哈佛-清华中国CGE模型在环境税模拟方面的研究思路与初步进展

CGE模型简介



- ✚ 可计算一般均衡（**Computable General Equilibrium, CGE**）模型作为政策模拟和分析的有力工具，经过**30**多年的发展，已在世界上得到了广泛的应用，并逐渐发展成为应用经济学的一个重要分支。
- ✚ 近20年来CGE模型的应用不断扩大及计算机运算的发展，CGE模型能够处理的政策问题也越来越广泛，目前已经成为国际贸易、能源与环境问题、公共财政、收入分配与贫困等政策研究方面的重要数量模拟工具。
- ✚ 同时，CGE模型也广泛地与其他工程模型、卫星气象环境等自然科学模型进行耦合，实现跨学科的交叉研究，同时可以与微观层面住户数据结合，从代表性家庭扩展到CGE模型的微型模拟（microsimulation）。

CGE模型的特征



- 特征一：**CGE**模型按照惯常的新古典微观经济理论方式明确设定所有经济主体的行为都是优化的，是一般均衡而非局部均衡模型。
- CGE**模型中，所有主体都是价格接受者，生产者在技术约束下追求成本最小化并获得零纯利润，消费者在预算约束下追求效用最大化。所有主体的需求和供给都来自这些最优化问题的解。通过使用这样的最优化行为假设，**CGE**模型强调了商品和要素的价格在影响主体的需求和供给决策中的作用。
- 除生产者和居民外，模型还包括政府、进口和出口，有的模型还可以包括工会、资本创造者等主体，具体设计根据应用问题的需要而设。

CGE模型的特征



- ✚ 特征二：**CGE**模型假设市场均衡而非市场不均衡，所有市场同时得到结清。
- ✚ **CGE**模型模拟不同经济主体对商品和要素的需求和供给决策。这样，在一般均衡条件下，所有的商品和要素的数量和价格都同时内生决定。
- ✚ 考虑到中国一些行业如电力等，计划经济色彩较浓，可以在**CGE**模型中进行计划部分的模拟，假设边界内（**infra-marginal**）对计划或政府规划进行外生设定，然而边界条件仍由完全竞争的市场决定，可以更好地反映中国的实际情况。

CGE模型的特征



- ✚ 特征三：**CGE**模型是可计算的而非纯理论性的，会生成具体的数字结果。
- ✚ **CGE**模型使用的数据一般用于模拟某基准年度的经济情况，在**calibrate**基准年度的经济系统之后，通过变更某个组成要素并再次求解**CGE**模型可以得到经济政策或冲击后的新的一般均衡状态，这样通过比较基准状态和政策状态下的变量的数据项，即可估计一个百分比的变化。由于**CGE**模型牵涉的变量数目、方程数较多，数值解法比较复杂，在个人电脑和**GAMS**软件及其**solver**不断开发的影响下，最近十多年来才可以在普通的计算机上进行政策分析，即使如此**GAMS**软件对于非常复杂的拉姆齐模型计算，以及多国家、多区域的计算也在某些条件下有一定的局限性。

大纲



✚ CGE模型简介

✚ 哈佛-清华中国CGE模型结构及数据基础

✚ 哈佛-清华中国CGE模型在环境税模拟方面的研究思路与初步进展



- 我们使用的用于环境税政策分析的CGE模型的雏形是由哈佛大学Dale Jorgenson教授、美国未来资源研究所Mun S. Ho博士、和清华大学曹静博士共同研发的关于中国经济经济的哈佛-清华中国CGE模型。
- 该模型已经研制开发10年之久，并不断进行数据及其模拟方法方面的改进，目前的版本为version 11, 基于2005年的社会核算矩阵。

哈佛-清华CGE模型的基本假设和特点



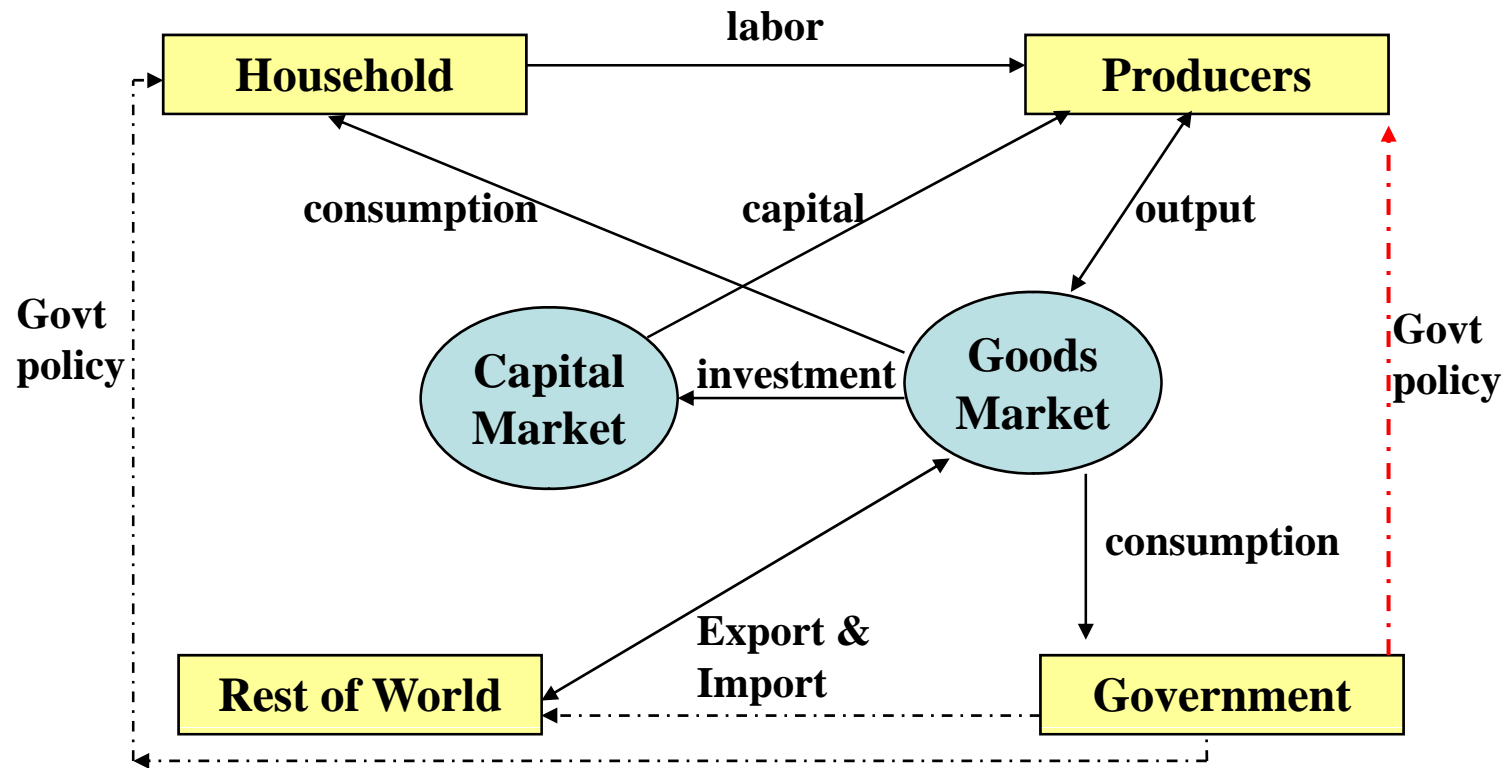
- 我们的CGE模型的投入产出关系基于**2005**年中国投入产出表
- 其中包括33个部门，1个代表性家庭（household）
- 具有迭代动态特征（Recursive Dynamics），即经济系统中的储蓄率是外生的，经济增长由劳动力投入（数量和质量）的增长、资本积累、和全要素生产率（由我们的生产率研究提供-NSF-北航-哈佛-Groningen国家合作项目）决定。
- 生产假设规模报酬不变，能源效率的提高遵循一定的优化途径（autonomous energy efficiency improvement, AEEI参数由我们单独的能源强度的研究提供-EEPSEA项目提供）。
- 基准情景的能源结果校准与IEA等国际能源模型一致。

CGE模型的基本假设和特点



- 在生产方面，我们的模型中假设Cobb-Douglas生产函数（将来的研究中，将用工业普查的数据估计CES生产函数），生产投入系数从基年2005年投入产出系数出发，我们假设未来中国投入系数的变化和技术参数在未来40-50年内将逐渐趋同与美国在97年的投入产出系数，考虑到中国煤炭使用占60%以上，对有些能源行业我们则另行调整。
- 我们的人口结构及其劳动力投入预测基于世界银行与联合国分年龄段中国人口的预测估计，并根据中国KLEM项目劳动力行业构成数据加以调整。
- 目前CGE模型中环境模块采用城市大气扩散模拟的intake fraction数据进行污染物浓度计算，本研究将根据新的GEOS-CHEM与BENMAP模型模拟结果重新进行校准工作。

CGE模型的结构框图 (Road Map)



中国CGE模型的基本方程结构 (Road Map)



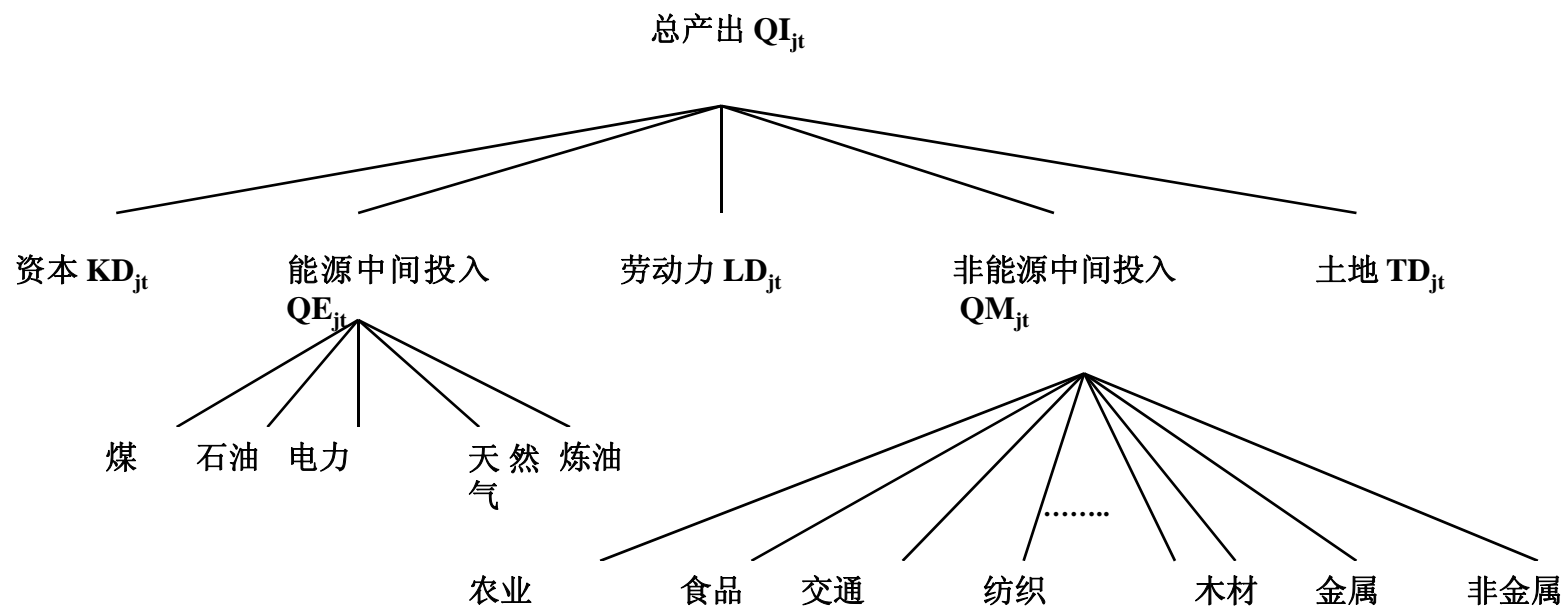
Equation Block	Equilibrating Variable
Consumer Demand	
	<i>(Goods Prices)</i>
Production/Supply	
– Demand for Intermediate Goods	
– Demand for Labor	<i>(Wages)</i>
– Demand for Capital Inputs	<i>(Rental Rate)</i>
Macroeconomics (Closures)	
– Savings-Investment Balance	
– Government Revenue-Expenditure Balance	
– International Trade (Balance of Payments)	<i>(Exchange Rate)</i>

CGE模型-生产模块



Cobb-Douglas 生产函数:

$$QI_{jt} = g_{jt} KD_{jt}^{\alpha_{Kjt}} LD_{jt}^{\alpha_{Ljt}} TD_{jt}^{\alpha_{Tjt}} QE_{jt}^{\alpha_{Ejt}} QM_{jt}^{\alpha_{Mjt}}$$



CGE模型-消费投资模块-Recursive Dynamic



我们假设Cobb-Douglas的消费函数，因此居民对商品*i*的消费可以写成：

$$C_{it} = \alpha_{it}^C \frac{CEXP}{P_{it}^C} \quad i = \text{commodity } 1, 2, \dots, 33$$

可支配收入： $CEXP_t = Y_t - S_t$

在迭代动态假设的CGE模型中，储蓄率 s_t 是外生决定的

$$S_t = s_t Y_t$$

计划-市场并存的资本市场：

$$K_{jt} = \bar{K}_{jt} + \tilde{K}_{jt}$$

资本积累：

$$\bar{K}_{jt} = (1 - \delta) \bar{K}_{j,t-1} + \psi_t^I \bar{\Pi}_{jt}^a \quad \tilde{K}_{jt} = (1 - \delta) \tilde{K}_{j,t-1} + \psi_t^I \tilde{\Pi}_{jt}^a$$

CGE模型-政府模块



税收板块: 目前包括VAT税、营业税、企业所得税、个人所得税、消费税、关税等其他税种等。

政府支出板块: 包括公共支出、政府购置、社会保障支出、企业补贴支出、以及国内外债务支出等

税收中性假设: 我们在环境税研究中，环境税收收入可以用来减少其他扭曲税种的税负，或直接支付给居民作为转移支付的一部分。

CGE模型-进出口模块



- 我们的CGE模型还是一个单国的CGE模型, 因此在模型中其他国家被简化为**Rest of the World (ROW)** 部门。
- **进口方面**: **ROW**部门生产的商品是国内商品的不完全替代品, 外国商品的价格外生决定, 模型采用一般单国CGE模型的**Armington**假设。
- **出口方面**: 出口品面临下降的需求曲线, **current account balance** 为外生决定, 目前这方面的估计还需要改进, 其中包括获得更新的数据, 调整**CA**账户的**IMF**报告的美元价值和真正的人民币价值数据差别的问题。
- 在我们的模型中, 相对世界价格为内生的, 从而平衡外生的**CA**账户假设。
- 未来的改进: 联系**GTAP模型**对进出口模块进行改进。

(正在进行中)

CGE模型-市场均衡（Closure）



- 为了达到一般均衡，还需要以下产品、要素市场等达到平衡。
 - 产品市场均衡：数量上、价值上均达到均衡。
 - 要素市场均衡：主要是劳动力市场的平衡。
 - 资本市场均衡：投资=储蓄。
 - 政府预算均衡：政府收入-政府支出=预算赤字。
 - 居民收支平衡：居民收入-开支=节余。
 - 国际市场均衡

CGE模型-其他模块（能源、环境、技术创新等）



- 根据不同的研究需要，我们的CGE模型还可以嵌套其他能源、环境、技术创新、健康等子模块。
- 能源模块：主要与生产模块联系，通过对生产函数中能源投入的变化可以调节能源使用强度、或通过改变CES中的嵌套顺序，或者AEEI系数。
- 环境模块：基本与产出、投入联系，一般为外生的，但如果环境税的税率由环境系统决定，或者整个税收系统需要进行调整，则会改变经济系统。
- 技术创新：**R&D** 模块可以自成体系，然后通过TFP的变化改变经济系统。
- 环境健康：通过对BENMAP模型的校准，可以直接对环境健康影响进行定量估计。



我们的CGE模型的优势与不足

- 与现有的国际、国内模型比较，我们的模型在动态模拟方面沿袭**Jorgenson**模型的优势，我们的**Solow Recursive**和**Ramsey**并行研究在动态模拟方面有一定的优势，目前**Recursive**升级到**2005年v11版**，**Ramsey**为**2000年v10版**。
- 我们的经济增长是由**TFP**、劳动力和资本禀赋积累内生决定的，**CGE**模型中经济增长的模拟与我们**TFP**研究紧密相连。
- 另外，我们对能源部门的模拟也与**EEPSEA**能源强度分解项目紧密联系。
- 未来对环境、健康模块的改进将基于**GEOS-CHEM**、**BENMAP**等模型的模拟基础上完成。

大纲



✚ CGE模型简介

✚ 中国CGE模型结构及数据基础

✚ 哈佛-清华CGE模型在环境税模拟方面的研究
思路与初步进展

环境税模拟的研究思路



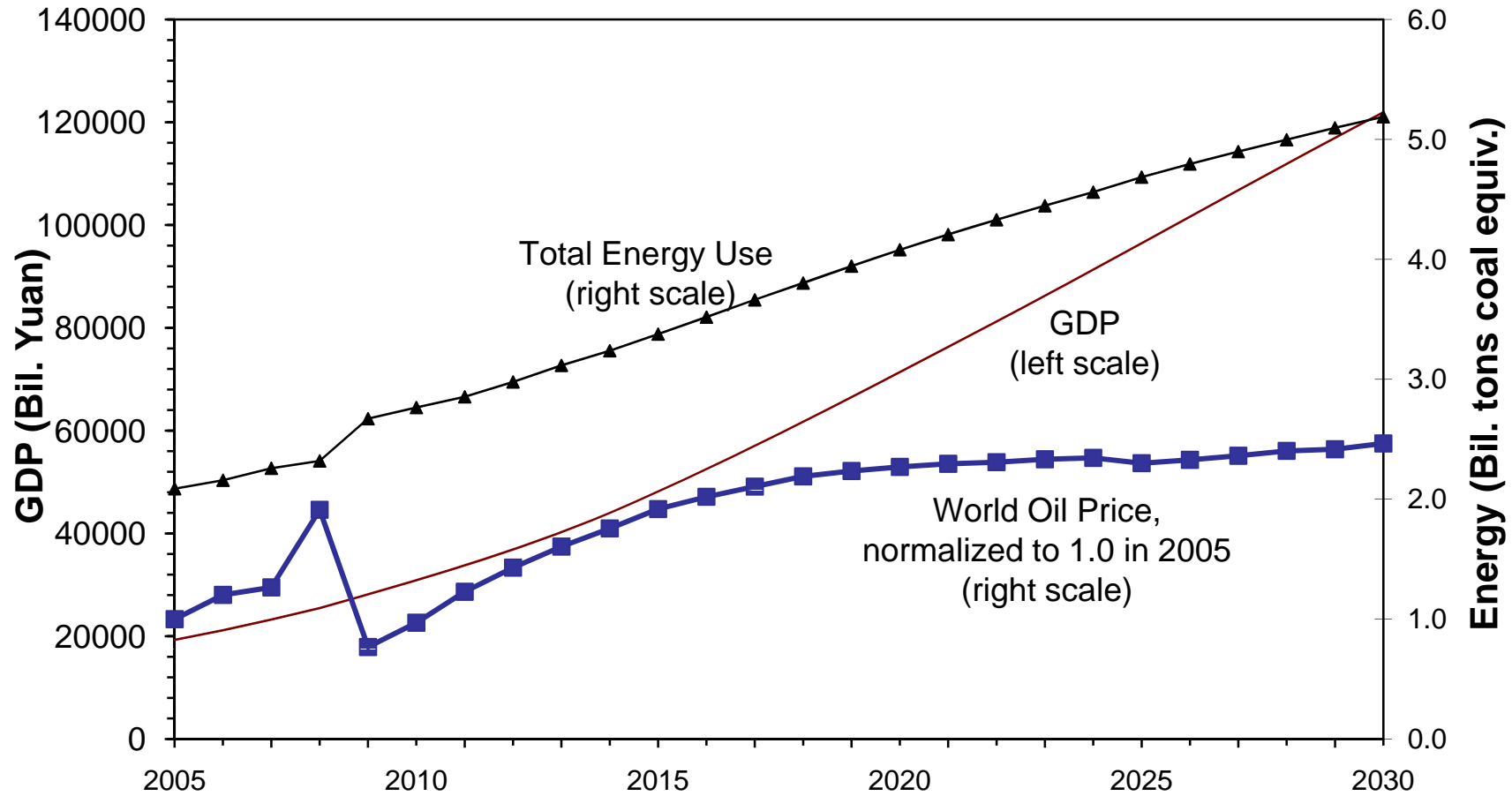
- 结合国际上环境税实施的经验，考察中国环境税可能的实施方案；
- 考察能源税、碳税、产出税等对经济、环境系统的影响，在中性税收条件下分析与其他税种改革的关系；
- 考察全球一体化过程，其他国家实施碳关税，以及中国单方面碳税等不同情景的研究；
- 考察中国各环境税政策情景的协同效益 (co-benefits)
- 考察中国环境税对各行业与居民的影响 (tax incidence)

哈佛-清华CGE模型改进的技术路线



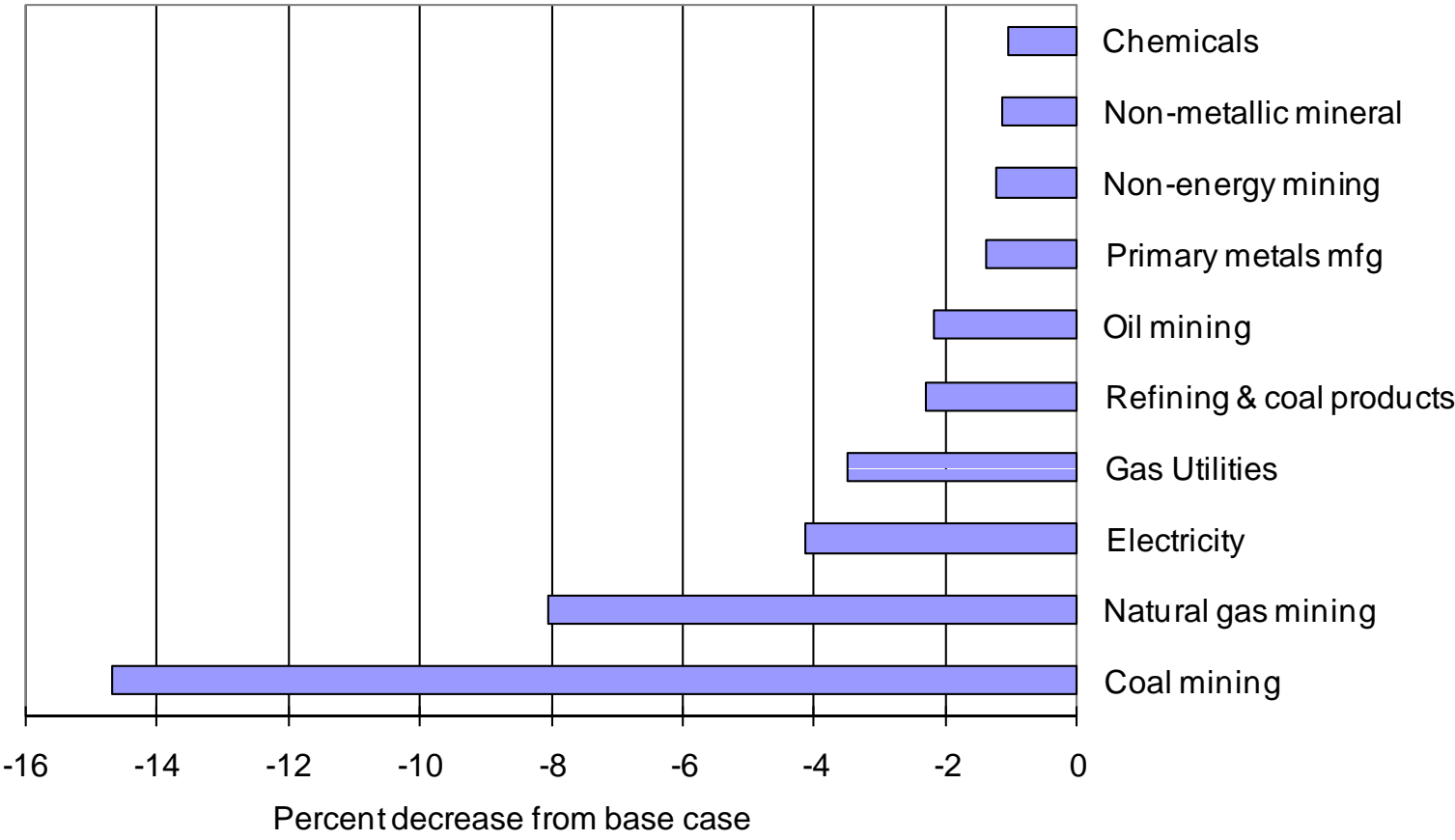
- 将**CGE**模型与**GTAP**模型联系，改进我们的进出口模块的模拟，体现全球一体化的影响。
- 在财政税收方面，对税收**SAM**进行细化，更好地模拟与其他税种之间的关系。
- 与时间序列分行业能源强度**SDA**分解研究、**GEOS-CHEM**、**BENMAP**等模型结合，改进能源、环境、健康等模块的模拟；
- 另外，与微观层面家户调查数据结合研究对不同收入阶层居民消费影响的**tax incidence**问题。

Base Case 2005 to 2030: Projected GDP, Energy Use, and Oil Price

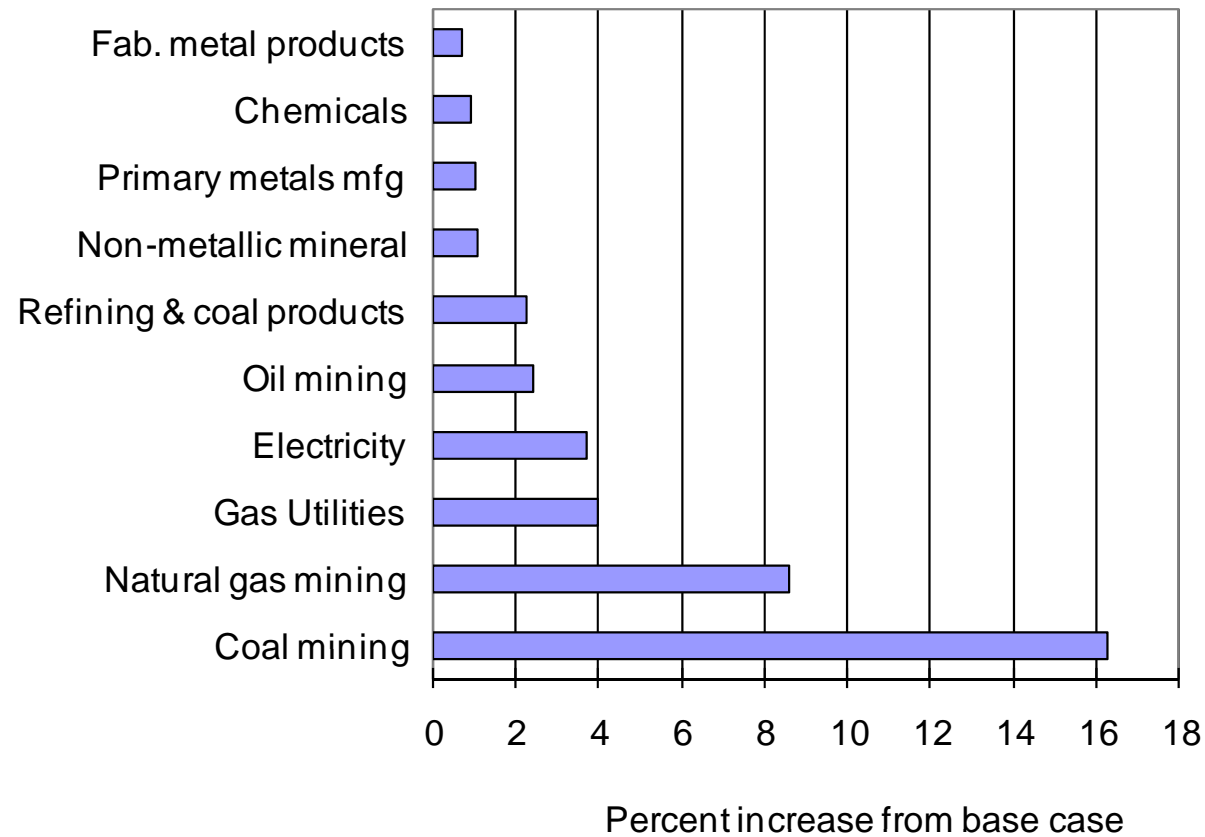


Note: GDP and energy projected by our model; world oil price is IEA projection after 2008.

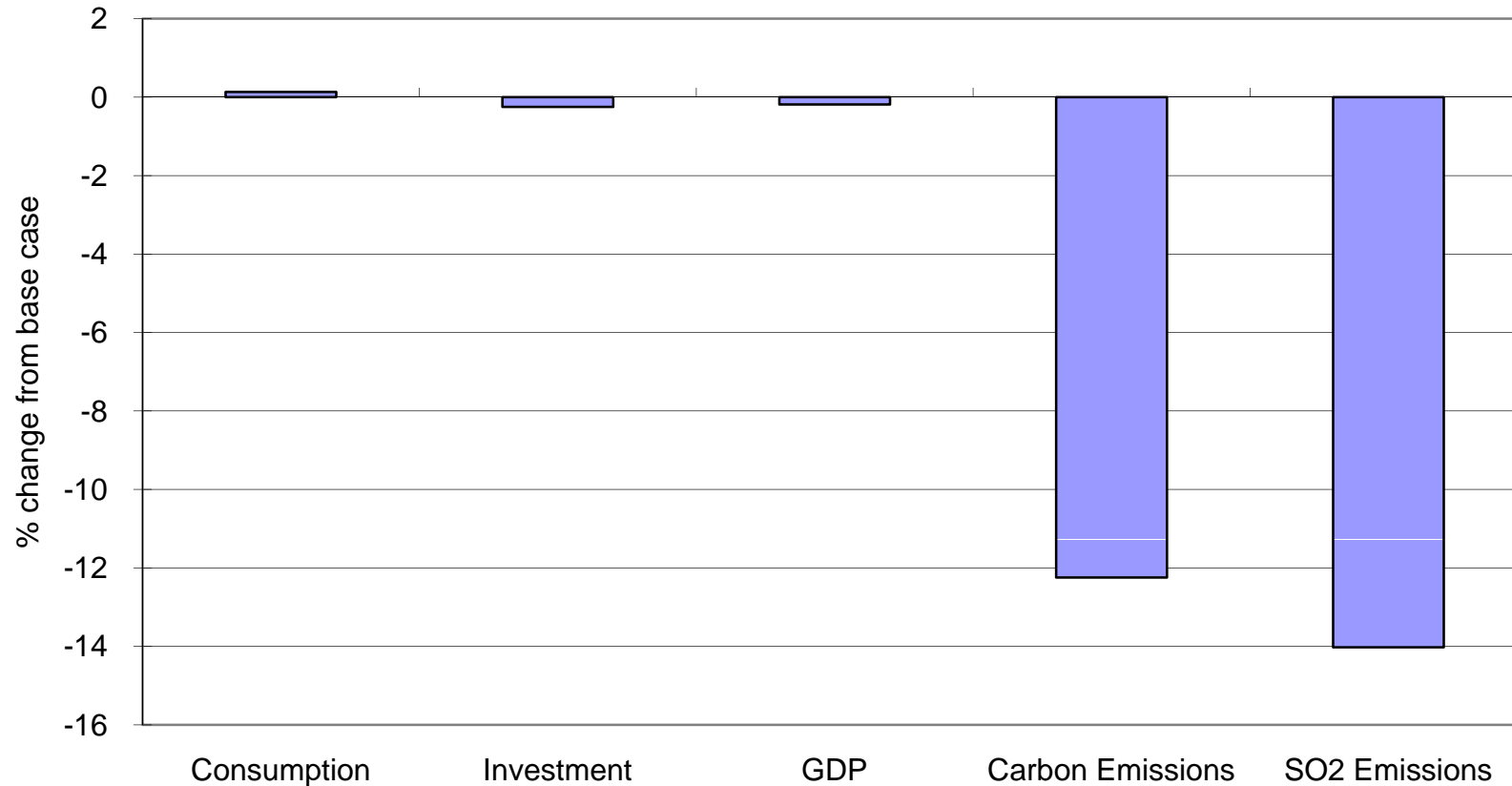
Carbon Tax Policy: Effect on Industry Output in 2010 (10 Most Impacted Industries)



Carbon Tax Policy: Effect on Commodity Prices in 2010 (10 Most Impacted Industries)



Carbon Tax Policy: Effect on Major Economic & Emission Indicators 2010



Note substantial carbon and SO₂ reductions (12-14%) at relatively small cost to investment and GDP and with a slight increase in consumption

Summary of Carbon Tax Policy

Key tax policy features:

- Carbon tax of 100 yuan per ton of carbon, on all fossil fuels
- Tax revenues transferred back to households in lump sums

Variable		Effect of C Tax Policy vs. Base Case in 2010
GDP		-0.19%
Consumption		0.13%
Investment		-0.25%
Energy Use		-11%
Coal Use		-15%
CO ₂ Emissions		-12%
Primary Particulate (PM ₁₀) Emissions		-11%
SO ₂ Emissions		-14%
Carbon tax revenue / Total tax revenue		3.07%
Avoided Premature Deaths from Air Pollution	Acute effect PM _{2.5} (PRC evidence)	17,200 cases
	Acute effect ozone (PRC evidence)	1,380 cases
	Chronic effect PM _{2.5} (US evidence)	103,000 cases
Value of Avoided Health Damages from Air Pollution	Acute PM _{2.5} mortality only (PRC evidence)	Yuan 8.9 billion
	All health effects, PM _{2.5} (including chronic mortality, US) and ozone (acute, PRC)	Yuan 56.5 billion

Carbon Tax Policy: Caveat about Results

There are strong effects on the economy (in % change from the base case) of **how carbon tax revenues are used**, for instance:

- Lump-sum transfers to households (as assumed in results so far)
vs.
- Revenue-neutral replacement of other, distortionary taxes

The latter are beneficial to investment and GDP but not to consumption, and typically are more difficult politically

Variable	Effect of Carbon Tax vs. Base Case in 5th Year	
	Lump Sum Transfer	Reduce Other Taxes
GDP	-0.19	-0.03
Consumption	0.13	-0.14
Investment	-0.25	0.28
Energy Use	-11.5	-11.3
Coal Use	-14.6	-14.4
CO ₂ Emissions	-12.2	-12.0
Pollution tax revenue / Total tax revenue (%)	3.07	3.09