

# 中国实行碳税的成效与影响分析

## 财政前沿小组报告



# /01

## 研究背景

- 双碳目标与全球行动
- 国外实践中的经验教训
- 国内相关探索

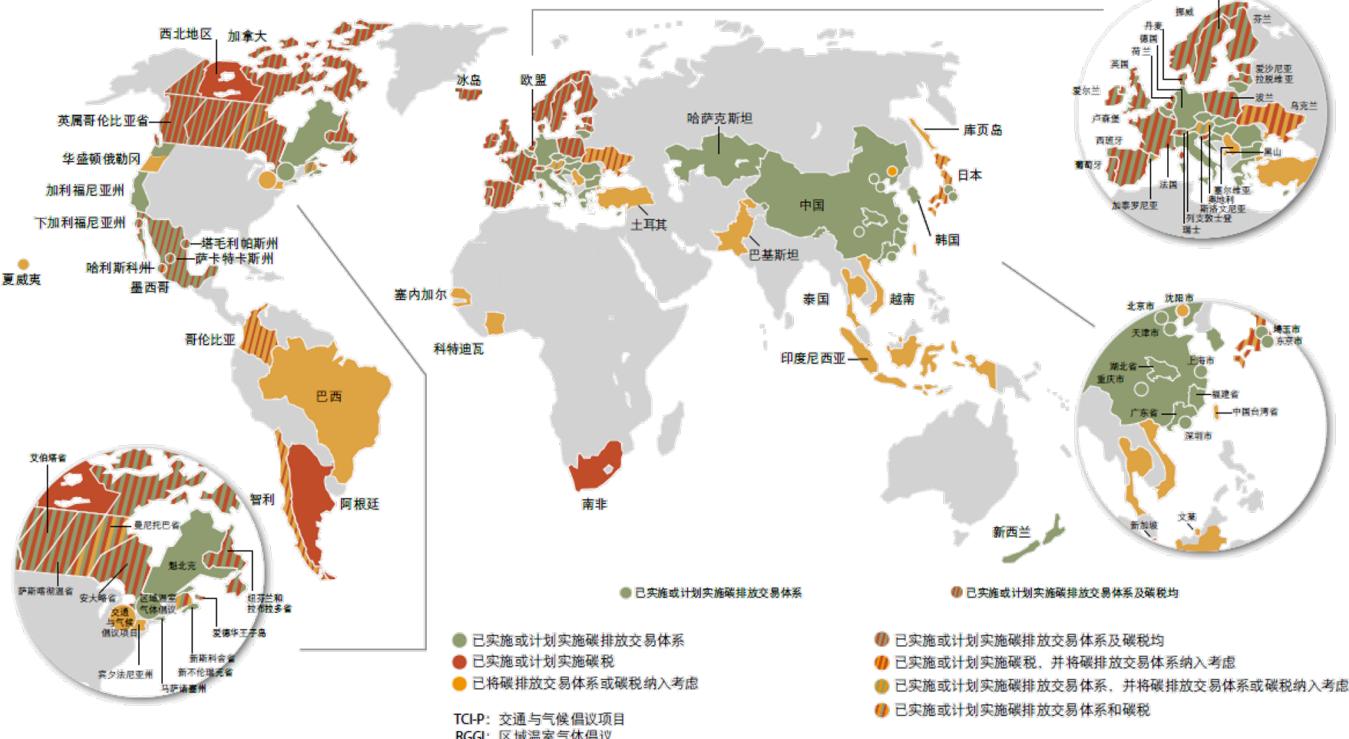


# 双碳目标与全球行动

“中国将提高国家自主贡献力度，采取更加有力的政策和措施，二氧化碳排放力争于2030年前达到峰值，努力争取2060年前实现碳中和。”

——习近平，2020年9月22日

碳定价地图（2021）



- 碳定价机制主要有两类：碳排放权交易体系和碳税制度
- 截至2021年4月，全球在运行的碳定价机制有64个，另有部分国家将建立碳定价机制纳入考虑

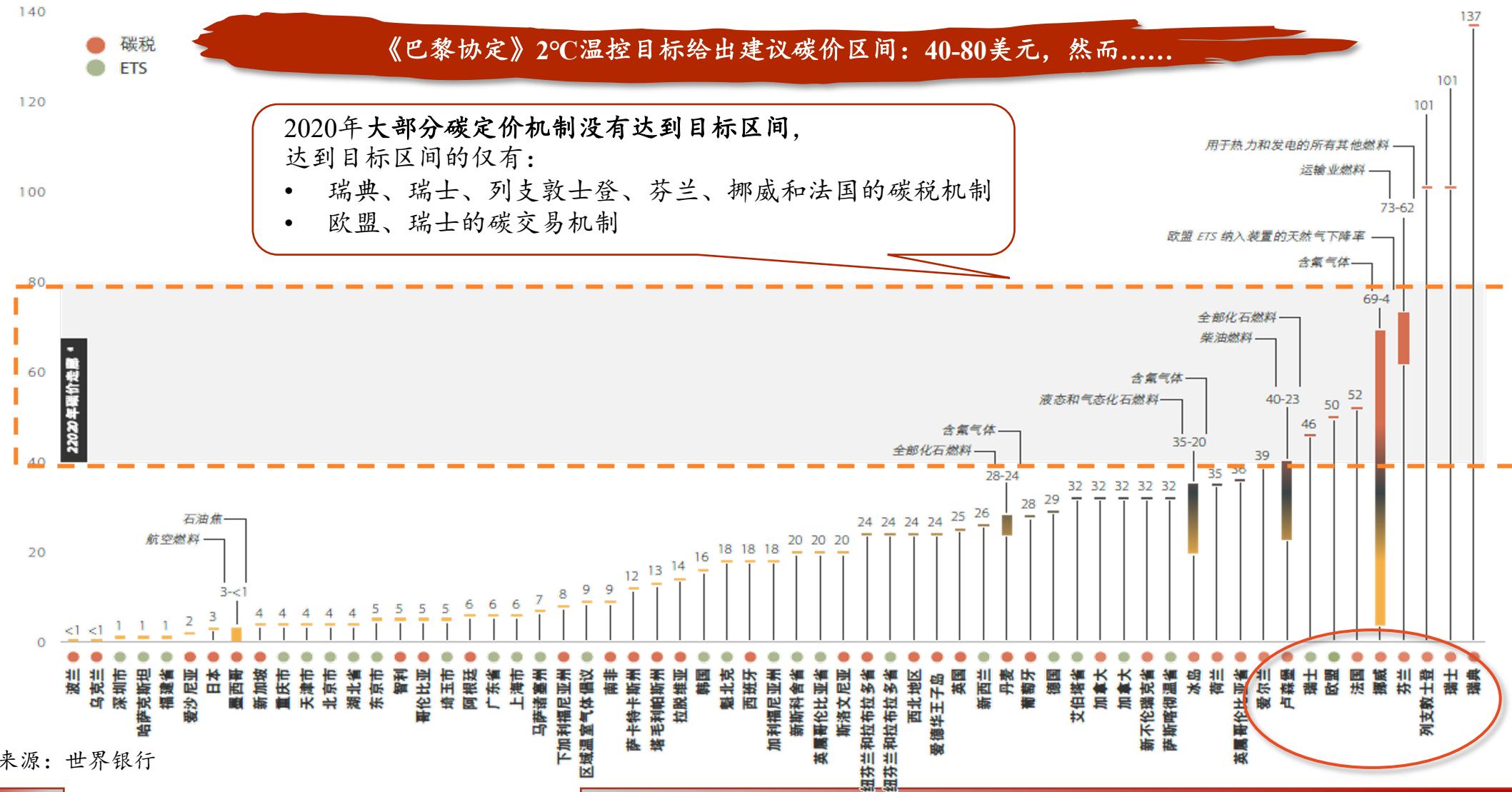
**碳交易：**  
代表国家为中国、德国等

**碳税：**  
主要在北欧、西欧大部分国家，加拿大、墨西哥、阿根廷等少数美洲国家和南非实行

资料来源：世界银行



# 全球碳定价机制选择实施情况



资料来源：世界银行



# 国际典型碳税机制概览

- 尽管瑞典、瑞士、芬兰等诸多国家已经开始实行碳税，但各国之间在制度设计上有些许差异
- 瑞典、英国和荷兰的碳税制度较为典型，涵盖了一些有代表性的做法

国家	起征时间	征税环节	纳税人	返还及利用	优惠政策
英国	2001年	在化石燃料的消费阶段征税	供应商	降低雇主社保支出，并不用于筹措财政资金	为加入气候变化协议的企业获得减免，但企业要达成协议中的目标
瑞典	1991年	在化石燃料的生产阶段征税	石油公司	补贴财政收入相应降低所得税	部分能源密集型行业免征碳税
荷兰	1990年	不同的应税能源在不同环节征税，例如矿物燃料在消费环节，天然气在生产/进口缓解；此外还有碳基包装税	生产、销售、消费者皆有	混合模式：减少个人所得税、减少雇主多项税额	曾为能源密集型产业给予优惠，1997年取消该优惠

- 
- 1 低税率起征，循序渐进提高税率
  - 2 行业差别税率，能源密集型行业减免
  - 3 保证碳税税收中性，返还或再利用



# 案例·瑞典：欧洲碳税先锋的成功基石

- 瑞典1991年就颁布了碳税法案，是世界上较早实行碳税的国家之一
- 业已获得显著成效：2020年碳价格达137美元，远超巴黎协定建议的40-80美元，且未见对GDP的显著负面冲击



碳税成功推行得益于独特的能源体系：

- ✓ 能源供应中，可再生能源贡献约为27%，尤其是生物质能和水能占能源供应的15%——可再生能源的大量利用是有利的地理条件、产业结构和政策决策的结果
- ✓ 电力生产几乎零化石燃料，主要依靠水电和核电
- 因此，瑞典的碳税制度对经济都冲击较小，推行碳定价遇到的阻力相比于其他国家要小



# 案例·南非：非洲碳税先行者的坎坷之路

- 南非是非洲第一、也是目前唯一已实施碳定价机制的国家，建立起碳税制度
- 南非的碳税制度的确立波折重重，体现发展中国家在建立碳定价过程中可能遇到的潜在问题



时间	事件	碳税阻力探讨
2006	发布环境财政改革文件，明确政府准备引入环境税的意向和激励机制	
2009	计划对在南非销售的新小汽车征收碳税，此后为了与欧盟接轨，延伸到新的轻型商用车	 国内产业结构和能源结构与欧洲国家不同，矿业公司、钢铁公司等受碳税损害且势力较大
2010	调整后出台新的碳税政策。这段时间，矿业巨头、钢铁制造商和国家电力公司等温室气体排放大户一再反对相关的法案，政策未能得到通过和有效落实	
2015	经过各方利益协调，2015年政府计划次年开征碳税，以11.2美元每吨二氧化碳的价格起征，此后逐渐增加，并设计了能效激励机制	 早先只采用碳税惩罚机制而反对碳税激励制度，引发较大争议
2019	因种种原因，碳税制度始终未能确立，直到2019年2月碳税法案表决通过、5月总统签署。这一版碳税法案规定碳税征收将分两阶段进行： <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 第一阶段为2019年6月到2022年底，征税标准较为温和，且承诺电价不受影响</li> <li>✓ 第二阶段为2023年到2030年</li> </ul>	 紧随欧盟步伐却并不具Euro IV/Euro V授权燃料的优势，限制了向国内市场提供高能效车辆



# 国内探索经验

时间	事件	研究方法
碳税研究	2002 《征收碳税对中国经济与温室气体排放的影响》：征收碳税将使中国经济状况恶化，但二氧化碳的排放量将有所下降	本次报告希望能够利用投入产出模型（IO）与可计算一般均衡模型（CGE）对我国的不同省份征收碳税后带来的 <u>宏观经济与环境影响</u> 进行模拟与评估，进而为碳税政策提供参考与借鉴。
	2007 财政部正式将碳税列入税收研究计划	
	2008 《中国碳平衡交易框架研究》：首次提出运用政策手段开征“碳税”	
	2009 《中国开征碳税问题研究》（财政部）：“建议5年之内开征碳税”、“合适的推出时间是2012年前后”	
	2015 国务院明确将碳税设置为一个环境税税目，简化、完善环境税制度	
	2016 <ul style="list-style-type: none"> <li>(3月)财政部楼继伟：不会单独设置碳税，而是计划计入环境税或资源税</li> <li>(9月)发改委气象司蒋兆理：2020年以后，将形成一个所有企业都尽减排义务的政策体系，对部分企业征收碳税</li> </ul>	
	2018 国家发改委能源研究所研究员姜克隽：1月1日起施行的《环境保护税法》中，原已列出3页纸的碳税征收办法。但因各方意见难统一，最终不得不删去这部分内容	

# /02

## 研究方法

- 投入产出模型（IO）
- 可计算一般均衡模型（CGE）



# 投入产出模型 (IO)

投入产出表

投入 产出		中间需求			最终 需求	总产出
		1 农业	2 工业	3 其他		
中间 投入	1 农业	Z <sub>11</sub>	Z <sub>12</sub>	Z <sub>13</sub>	y <sub>1</sub>	X <sub>1</sub>
	2 工业	Z <sub>21</sub>	Z <sub>22</sub>	Z <sub>23</sub>	y <sub>2</sub>	X <sub>2</sub>
	3 其他	Z <sub>31</sub>	Z <sub>32</sub>	Z <sub>33</sub>	y <sub>3</sub>	X <sub>3</sub>
增加值		V <sub>1</sub>	V <sub>2</sub>	V <sub>3</sub>		
进口		m <sub>1</sub>	m <sub>2</sub>	m <sub>3</sub>		
总投入		X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>		

水平方向：使用情况  
垂直方向：投入情况

平衡原则：部门总投入=总产出

模型介绍

- 投入 (Input) : 一个系统进行某项活动过程中的消耗
- 产出 (Output) : 一个系统进行某项活动过程的结果
- 中间需求: 本时期在本系统内需进一步加工的产品
- 中间投入: 生产活动中对原材料、动力、服务等的消耗
- 最终需求: 本时期在本系统内已经最终加工完毕

## 平衡关系

列平衡: 投入结构

$$\sum_i Z_{ij} + v_j + m_j = x_j$$

行平衡: 需求结构, 部门i向其他中间和最终需求部门销售的商品

$$\sum_j Z_{ij} + y_i = x_i$$



# 投入产出模型：研究思路

## 引入碳税/高斯逆矩阵

1

根据各部门的排放量算得碳税金额

$$Empt_i = t \times Emp_i$$

$t$ 为税率

$Empt_i$ 为针对*i*部门征收的碳税金额

$Emp_i$ 为*i*部门的碳排放量

2

利用高斯模型计算高斯逆矩阵

先计算  $h_{ij}$ ——直接分配系数

$$h_{ij} = \frac{z_{ij}}{x_i}$$

再计算  $G$ ——高斯逆矩阵

$$G = (I - h)^{-1}$$

之后即可直接算出各部门的总产出值

$$[x_0_1 \dots x_0_n] = [v_1 + Empt_1 \dots v_n + Empt_n] \cdot \begin{bmatrix} g_{11} & g_{1n} \\ g_{n1} & g_{nn} \end{bmatrix}$$

## 列昂惕夫逆矩阵

3

计算价格变动情况

根据部门税后第一阶总产出的变化进行计算

$$\Delta p_i = \frac{p_{1i} - p_{0i}}{p_{0i}} = \frac{x_{0i} - x_i}{x_i}$$

4

计算中间需求变动——列昂惕夫逆矩阵  $Ltax$

$$Atax = \frac{(I + \widehat{\Delta P})Z}{(I + \widehat{\Delta P})X} = (I + \widehat{\Delta P})A(I + \widehat{\Delta P})^{-1}$$

$\widehat{\Delta P}$ 为元素  $\Delta p_i$ 组成的价格变动向量的对角矩阵， $Z$ 为中间需求矩阵， $A$ 为直接消耗系数矩阵

$$Ltax = (I - Atax)^{-1}$$



# 投入产出模型：研究思路

税后总需

5

计算税后的总需求 $Y$

先计算第一阶段总需求  $y_{1i}$  (只有价值量发生改变)

$$y_{1i} = p_{1i}f_{0i} = (1 + \Delta p_i)y_{0i}$$

第一阶段：只考虑碳税开征后经济体价值量的变化，未考虑消费者反馈，价格升高消费者会改变原有的消费束，从宏观反映出最终需求数量发生改变。

$$\varepsilon_i = \frac{\frac{f_{1i} - f_{0i}}{f_{0i}}}{\Delta p_i} = \frac{\frac{p_{1i}f_{1i} - p_{1i}f_{0i}}{p_{1i}f_{0i}}}{\Delta p_i} = \frac{\frac{y_{2i} - y_{1i}}{y_{1i}}}{\Delta p_i}$$

第二阶段表达式由价格弹性的定义推出：

$$y_{2i} = \varepsilon_i \Delta p_i y_{1i} + y_{1i}$$

碳排放量变化

6

直接计算碳排放量的变化

$$X_2 = Ltax \cdot Y_2$$

$X_2$ ——税后总产出的列向量

$Y_2$ ——税后总需求的列向量

$Ltax$ ——列昂惕夫逆矩阵

$$Eat_i = \frac{E_i}{(1 + \Delta p_i)}$$

$\Delta Eat_i$ —— $Eat_i$ —— $i$ 部门的税后碳排放系数

最终得出 $i$ 部门的碳排放量变化情况

$$\Delta Eat_i = Eat_i(x_{2i} - x_{0i})$$



# CGE模型

**CGE模型是IO模型的补充：**投入产出法作为一种静态模型，能够模拟得到开征碳税后超短期内达到均衡后的经济与环境影响，但无法对未来长时间尺度的变化进行预测。

## 模型介绍

- **定义：**可计算一般均衡(CGE)模型是一类经济模型，它们使用实际经济数据来估计经济体对政策、技术或其他外部因素变化反应。
- **组成：**CGE模型由描述模型变量的方程和与这些模型方程一致的数据库组成。这些方程在精神上倾向于新古典主义，通常假设生产者的成本最小化行为、平均成本定价和基于优化行为的家庭需求。

### 可计算的

能够进行定量分析；

### 一般的

包含经济中所有商品、生产部门、要素、机构；

### 均衡的

满足市场均衡条件，也即通过价格机制使商品和要素需求等于供给。



# CGE模型

## CGE简化框架

X部门  $P_L^\beta \cdot P_K^{(1-\beta)} \cdot \frac{(1-\beta)^{\beta-1}}{\beta^\beta} \geq P_X$

Y部门  $P_L^\omega \cdot P_K^{(1-\omega)} \cdot \frac{(1-\omega)^{\omega-1}}{\omega^\omega} \geq P_Y$

**零利润**

X市场  $X \geq \frac{\alpha \cdot I}{P_X}$

**市场出清**

Y市场  $Y \geq \frac{(1-\alpha) \cdot I}{P_Y}$

劳动市场  $L \geq \beta \cdot \frac{P_X}{P_L} \cdot X + \omega \cdot \frac{P_Y}{P_L} \cdot Y$

资本市场  $K \geq (1-\beta) \cdot \frac{P_X}{P_K} \cdot X + (1-\omega) \cdot \frac{P_Y}{P_K} \cdot Y$

居民部门  $I = P_L \cdot L + P_K \cdot K$

**收支平衡**

## 均衡条件

**零利润**

不存在生产者获得超额利润，即零经济利润；

**市场出清**

任何商品的供给必须不少于消费者的需  
求；

**收支平衡**

每个代理者的收入必须等于要素禀赋的  
价值。

本研究使用IMED|CGE线上模型云端平台实现了模型的运行与结果的导出：

<https://www.imedmodel.pku.edu.cn/index.html>

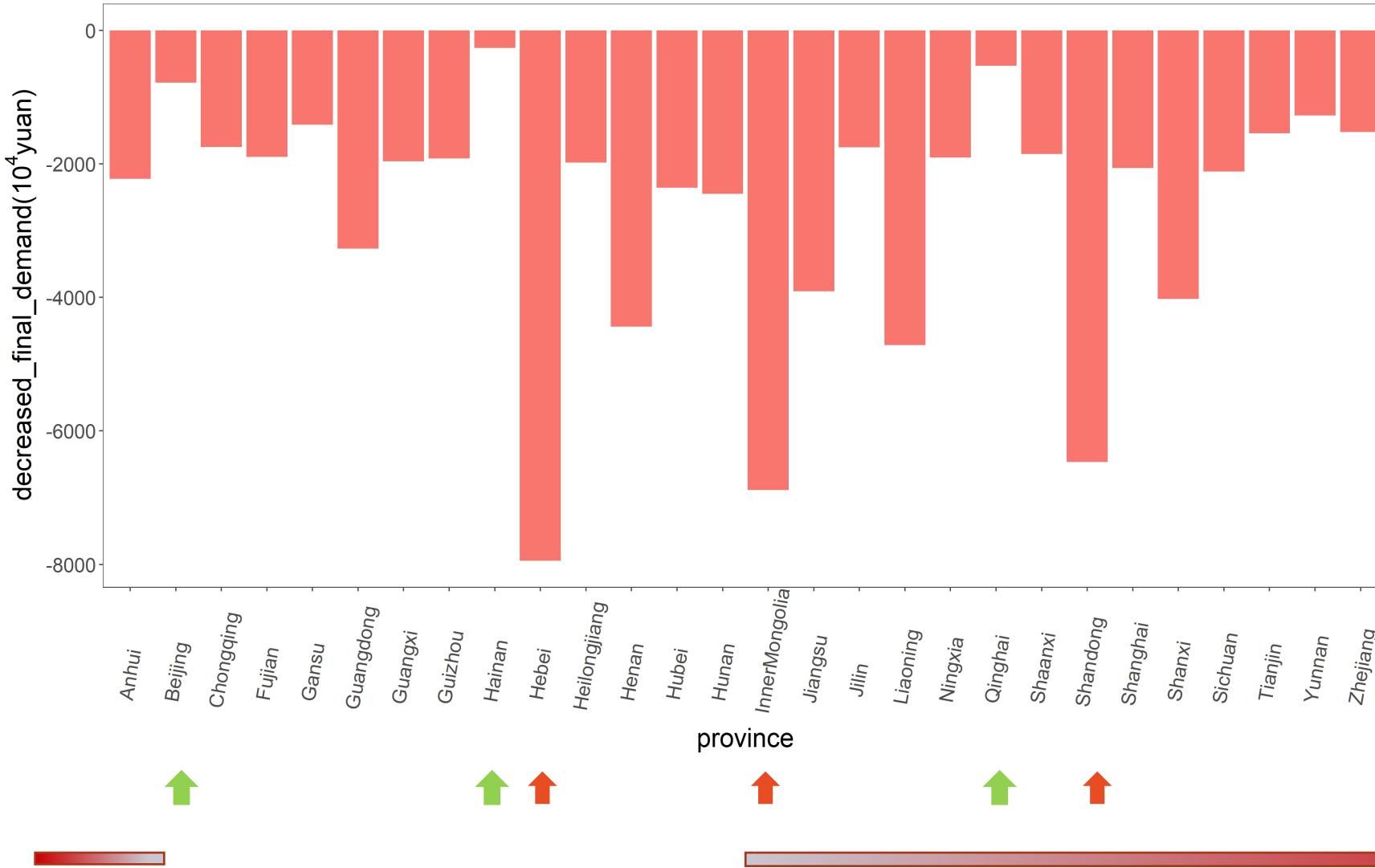
# /03

## 结果与讨论

- IO模型结果与分析
- CGE模型结果与分析



# 结果分析（IO模型）：不同省份最终需求均会下降

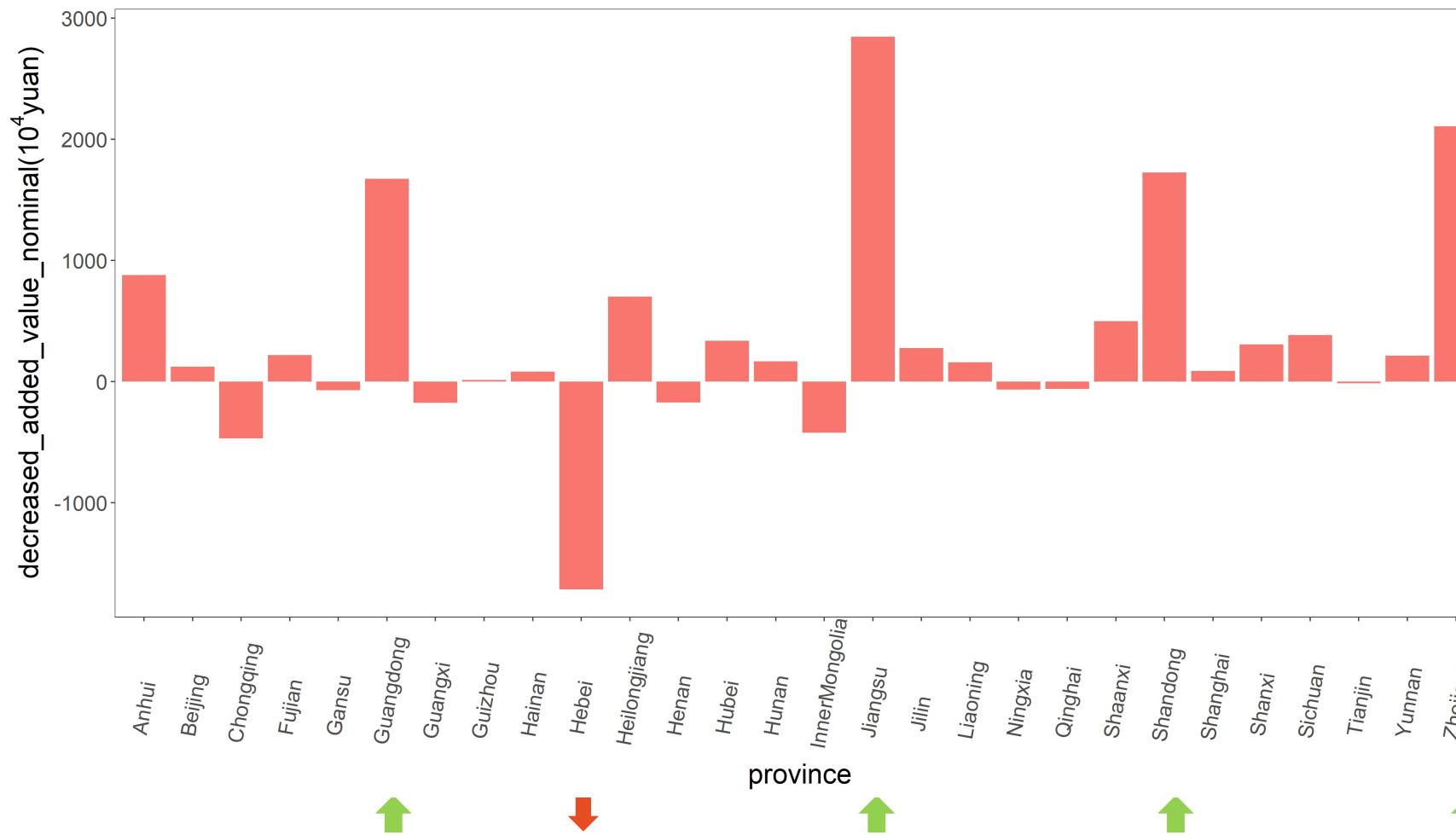


最终需求减少量：

- 河北、内蒙古、山东损失较严重，达6000-8000万元
- 青海、海南、北京损失较小，不到1000万元



# 结果分析 (IO模型) : 多数省份增加值上升, 少数下降

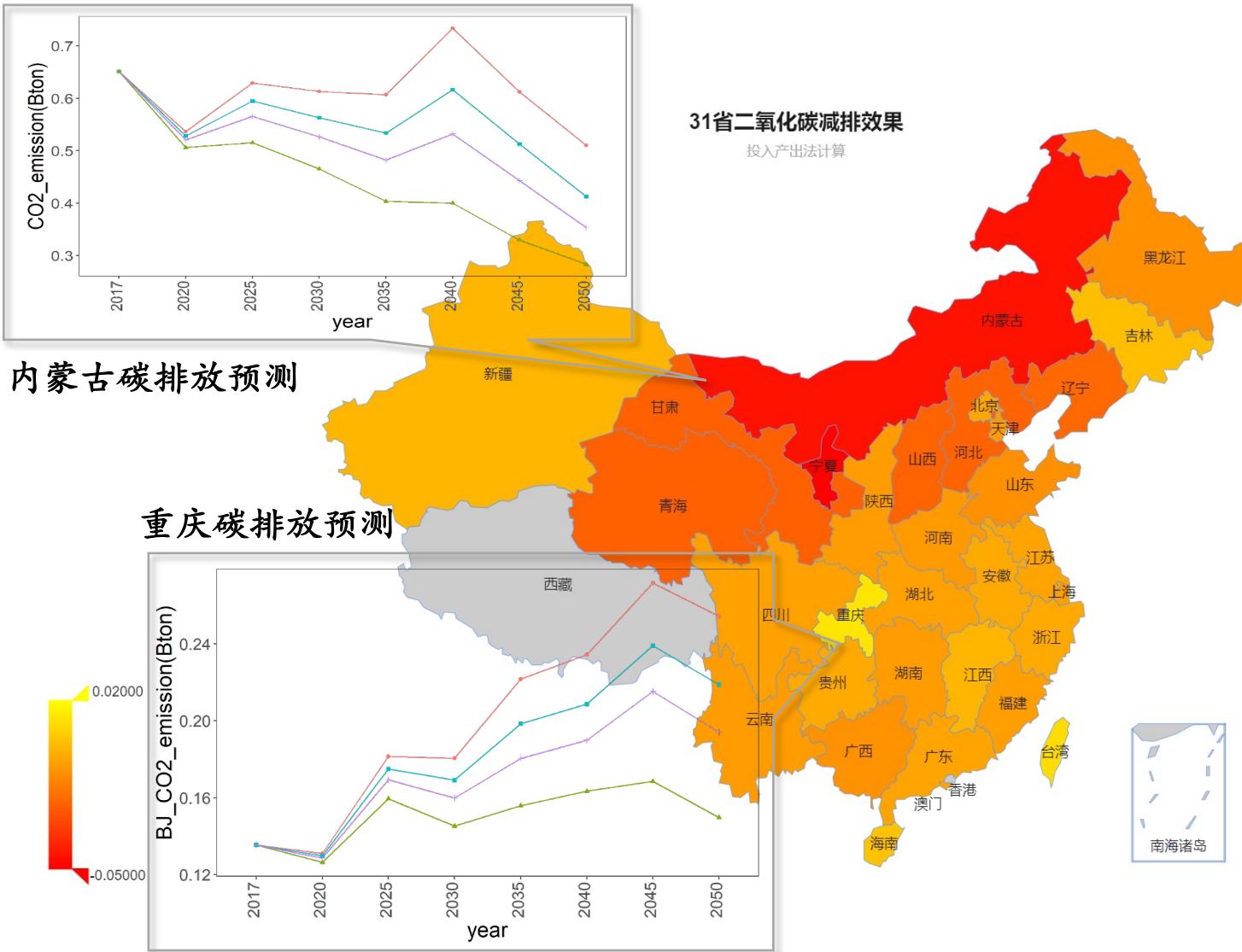


增加值减少量:

- 河北: 增加值显著下降
- 江苏、广东、山东、浙江:  
增加值却在征收碳税后有显著上升
- 其他省份: 变化不大



# 结果分析 (IO模型) : 绝大多数省份二氧化碳排放量会下降



二氧化碳减排量:

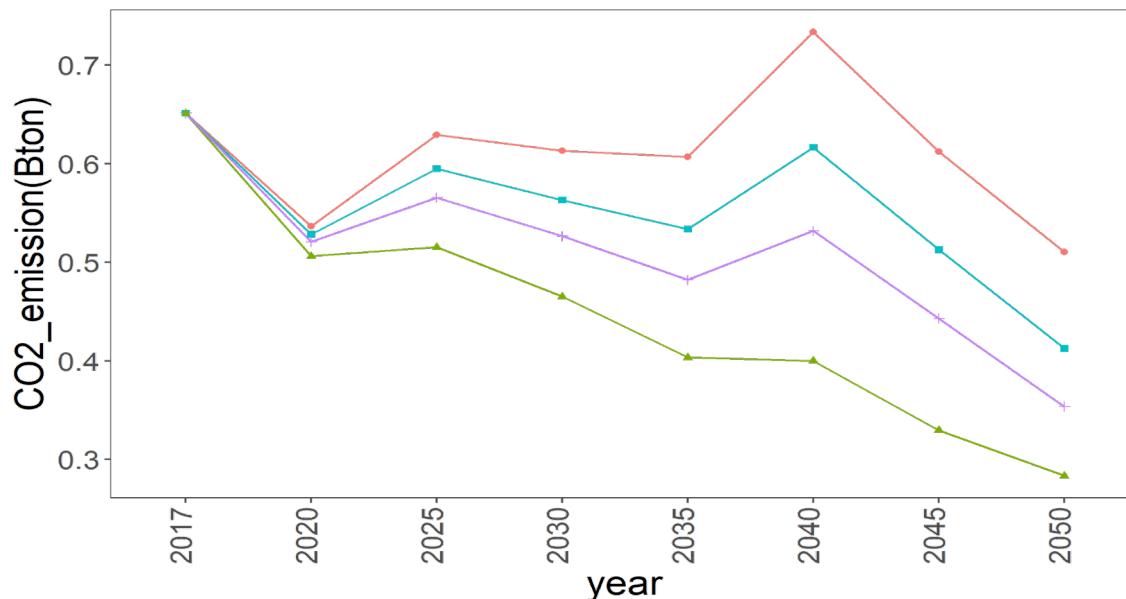
- 内蒙古的减排量最大，接近3000万吨
- 河北、辽宁、宁夏、山东、山西等省份减排量也较高，均超过了1000万吨
- 重庆、海南、吉林的排放量有些微上升
- **可能原因：**重庆、海南、吉林三个省份可能由于能源结构特征而收碳税影响较小



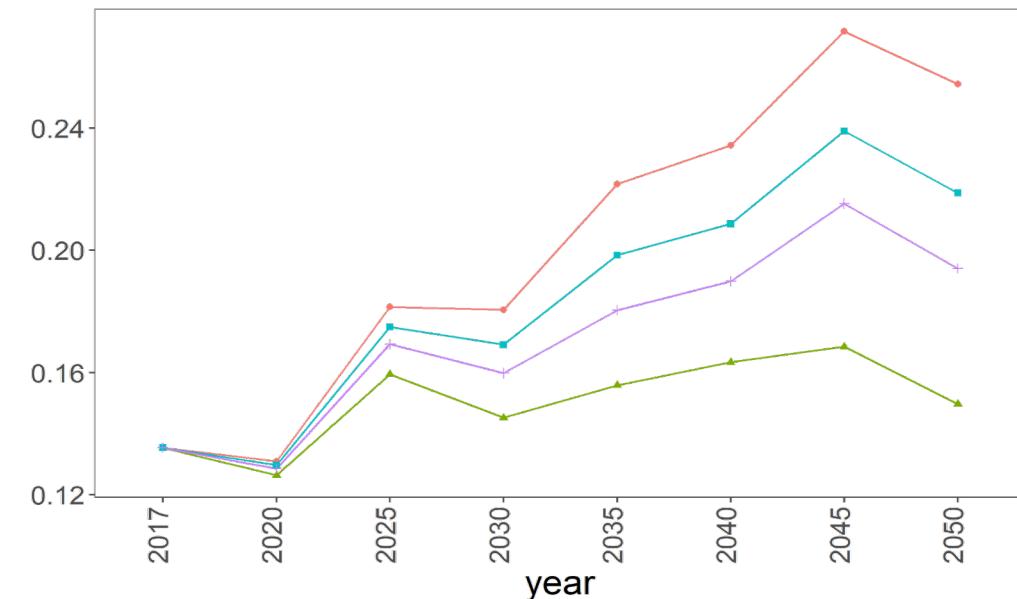
# 结果分析（IO模型）：省际二氧化碳减排量有差异

以内蒙古、重庆为例，两地碳税影响下二氧化碳排放变化趋势差异较大

内蒙古



重庆

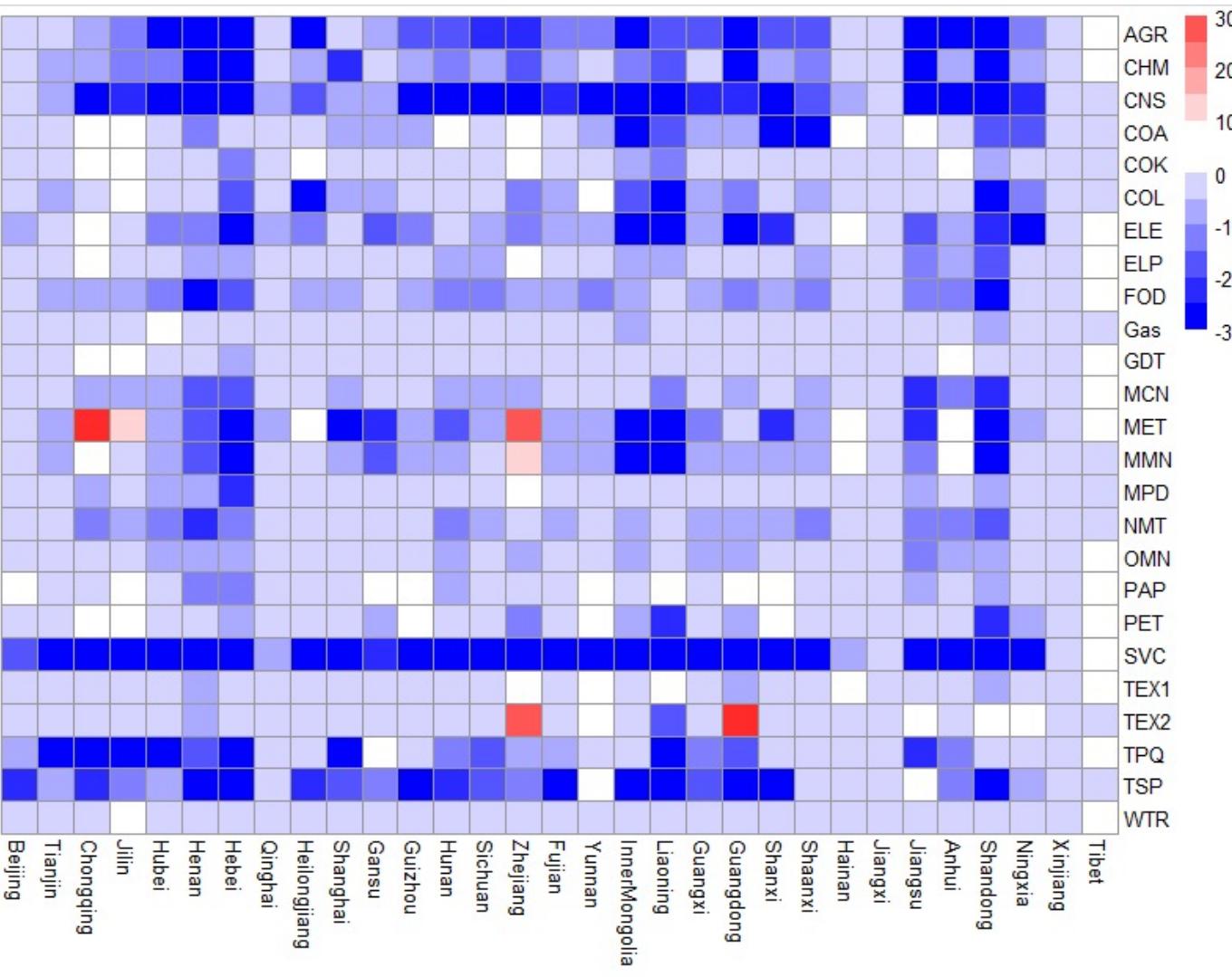


总CO<sub>2</sub>排放量  
省际差异

- 征收碳税对于高碳能源需求的影响十分显著，尤其大幅度降低煤炭与石油能源的需求，但对天然气、燃气、火电能源需求的影响比较温和
- 因此考虑重庆、海南、吉林三个省份可能由于能源结构特征而收碳税影响较小



# 结果分析（IO模型）：碳税使实际GDP下降，比率大多<1%



**10USD 碳税下的实际GDP损失：**

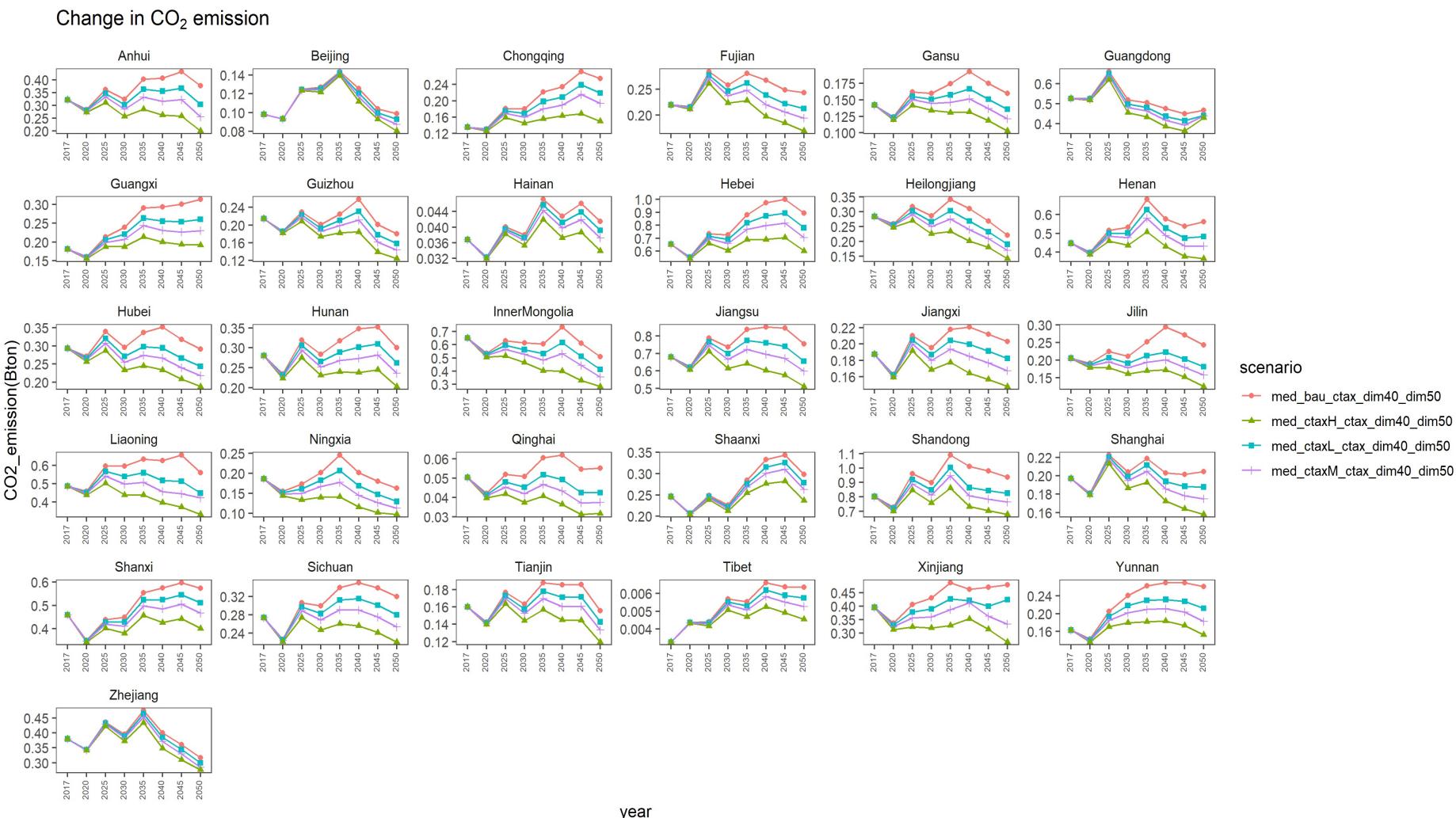
- 实际 GDP 下降：
  - 大部分部门都会因征收碳税而受到实际GDP的损失，交通业、建筑业等部门最严重
  
- 总体来说，征收碳税对宏观经济变量有负面影响，但这种负面影响比较温和



# 结果分析 (CGE模型) : 碳税税率与减排效果的关系

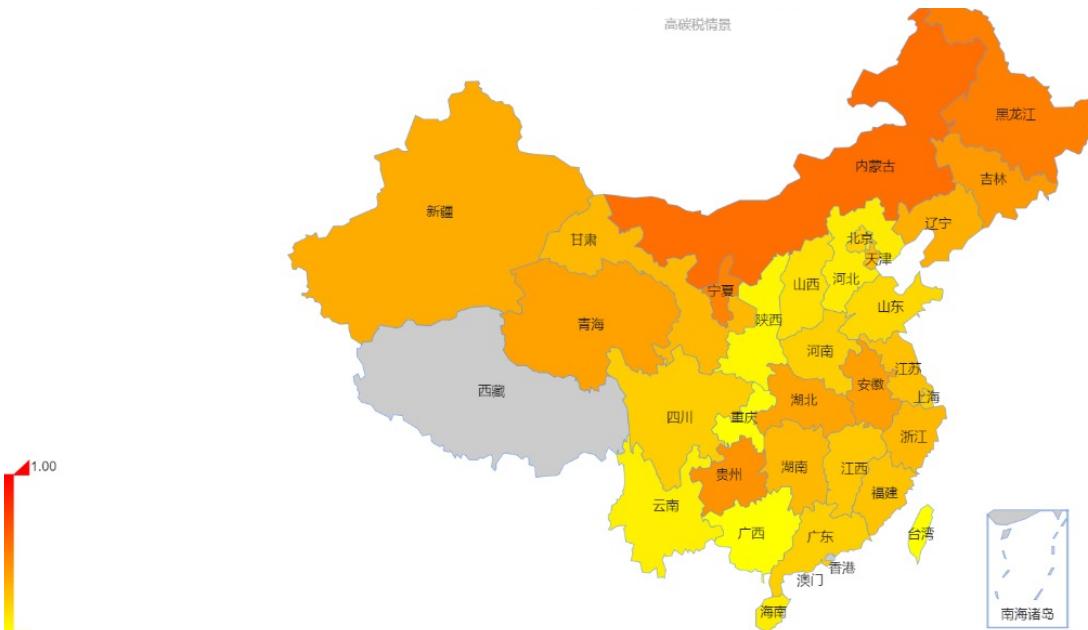
减排效果  
(总二氧化碳排放量)

- 各省份二氧化碳排放峰值出现时间各不相同，且峰值时间普遍晚于2030年目标
- 不同的碳税设定并不显著影响达峰时间





# 结果分析 (CGE模型) : 碳税税率与减排效果的关系

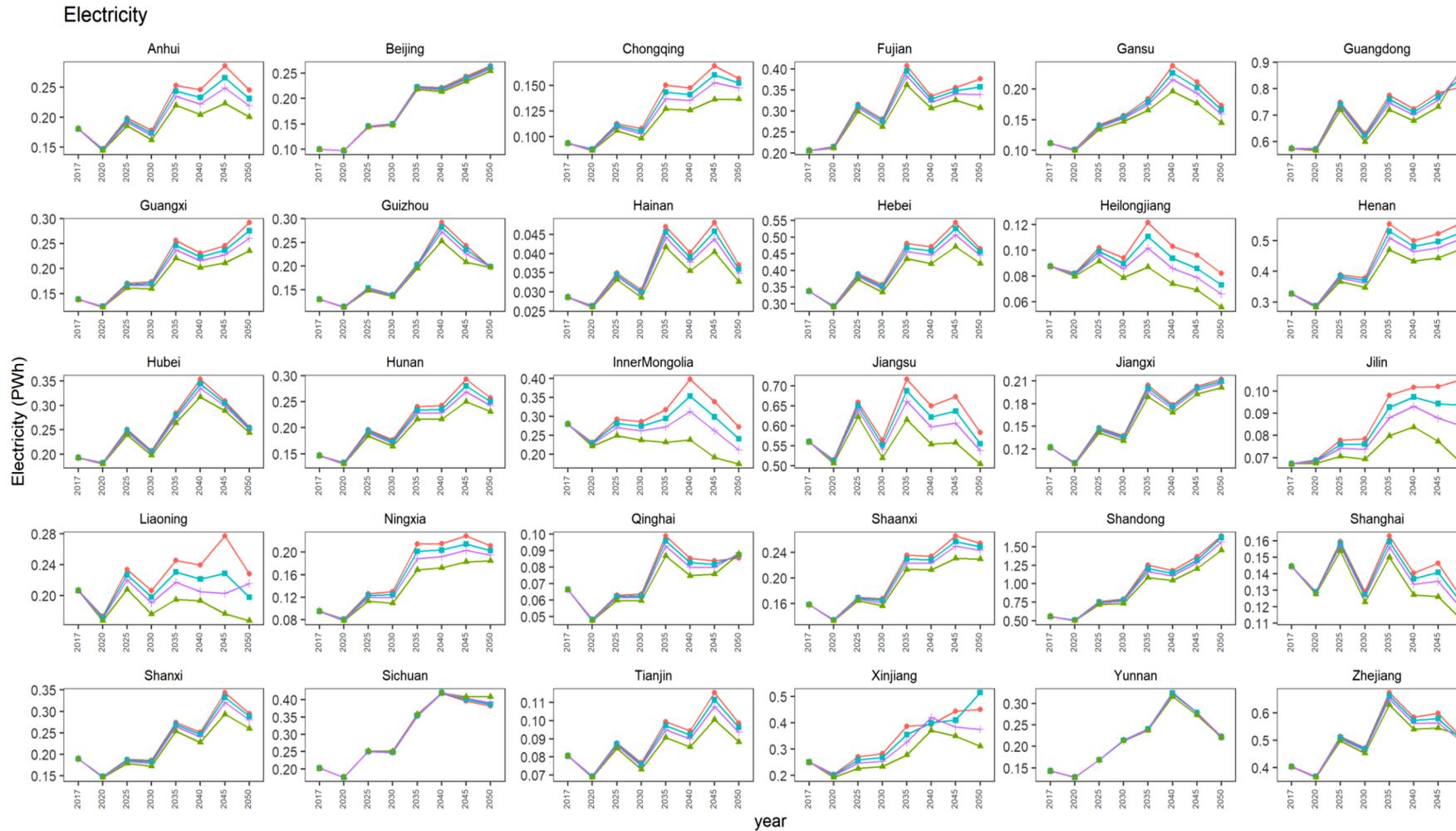


减排效果  
(总CO<sub>2</sub>排放量)

- 各省份二氧化碳排放峰值出现时间各不相同，且峰值时间普遍晚于2030年目标
- 不同的碳税设定并不显著影响达峰时间，但是会影响以总二氧化碳排放削减量所表征的减排效果
- 四种模式中高碳税H情景下的减排效果最好



# 结果分析 (CGE模型) : 电力消耗呈现波动上升趋势

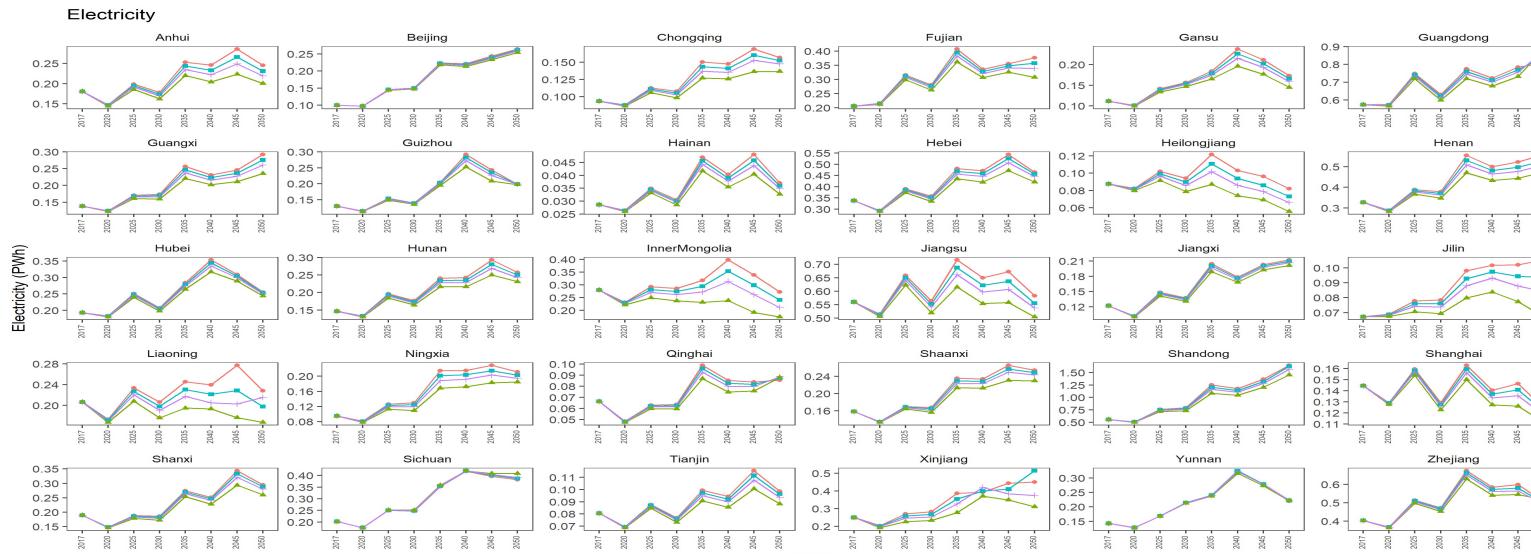


电力消耗量:

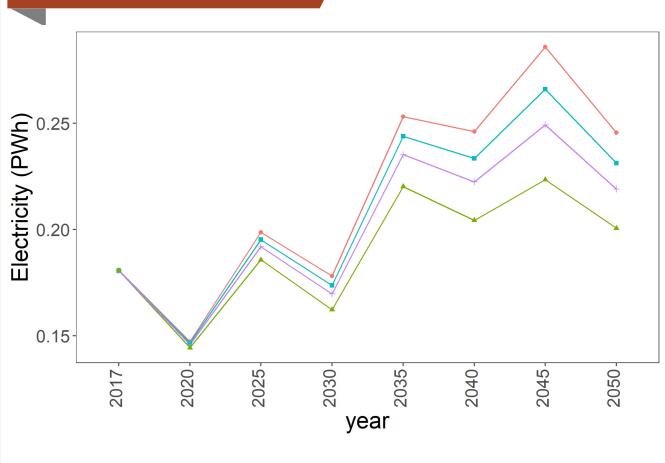
- 短时间内电力消耗量有所下降，长期中电力消耗量出现上升
- 省份变动差异主要体现在2060年前后增长或下落



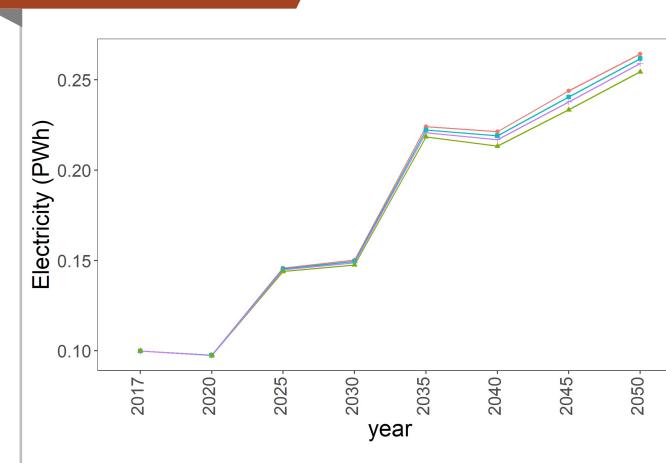
# 结果分析 (CGE模型) : 电力消耗呈现波动上升趋势



安徽



北京



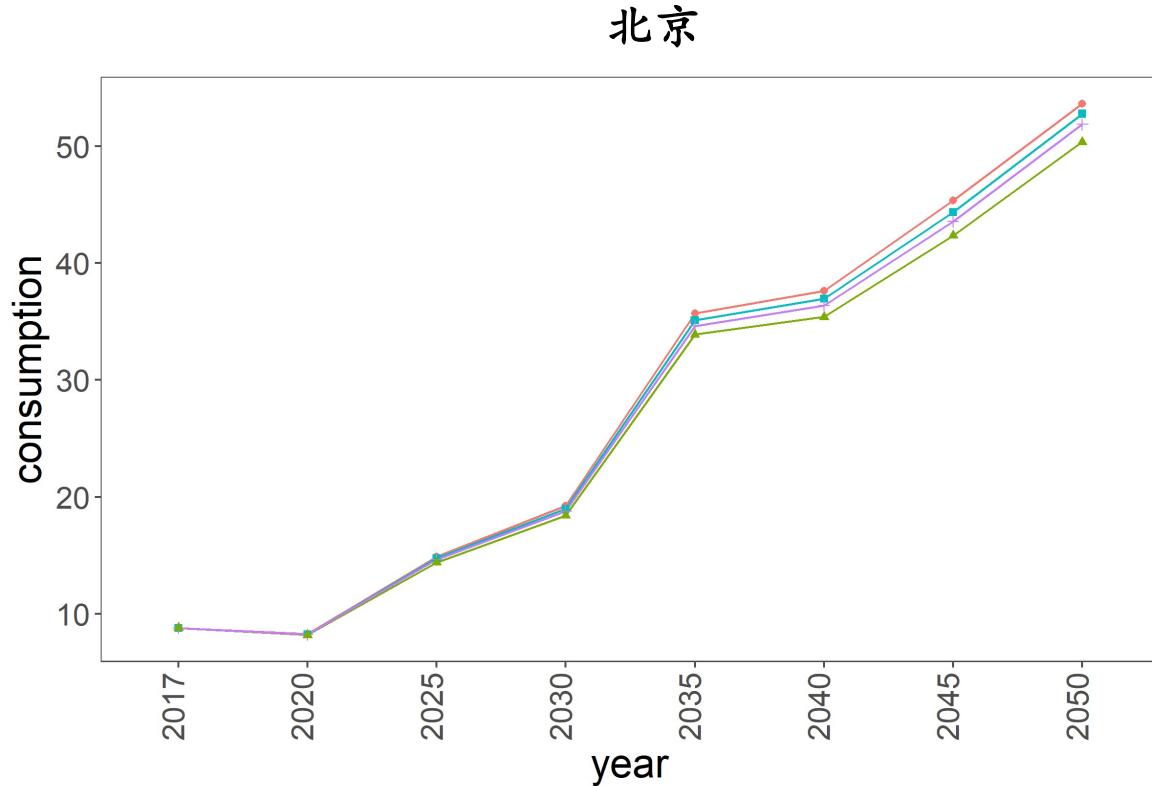
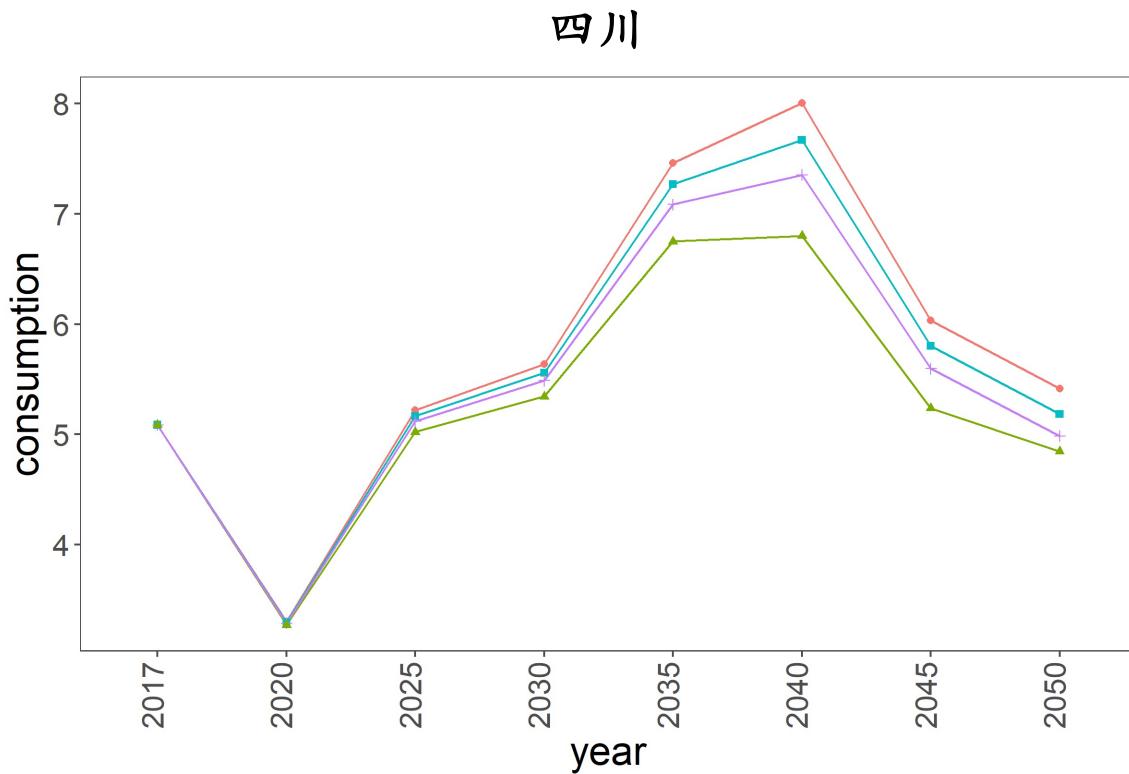
电力消耗量:

- 电力消耗呈现波动上升的趋势，在短时间内电力消耗量有所下降，长期中电力消耗量出现上升
- 安徽、甘肃、上海等省份电力消耗量会在2060年前达到峰值，2060年显著回落。
- 北京、广东、广西等省份则在2060年仍保持着较为明显增长趋势。



# 结果分析 (CGE模型)：对电力部门消费的影响因地而异

以四川、北京为例，两地碳税影响下电力生产部门消费变化趋势有很大不同



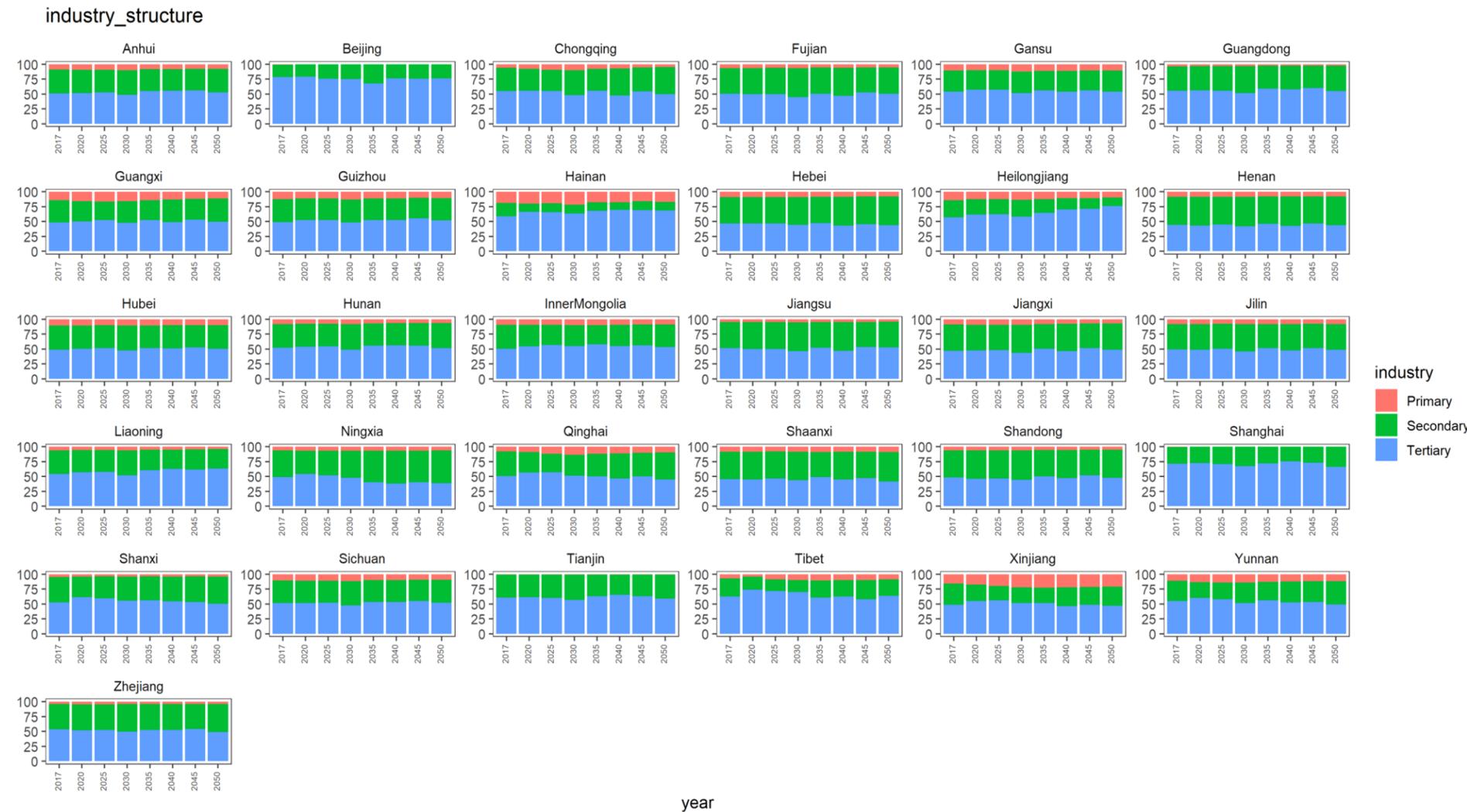
四条线从上到下依次为高碳税、中等碳税、低碳税、基准情景



# 结果分析 (CGE模型) : 高碳税情景下产业结构有所改变

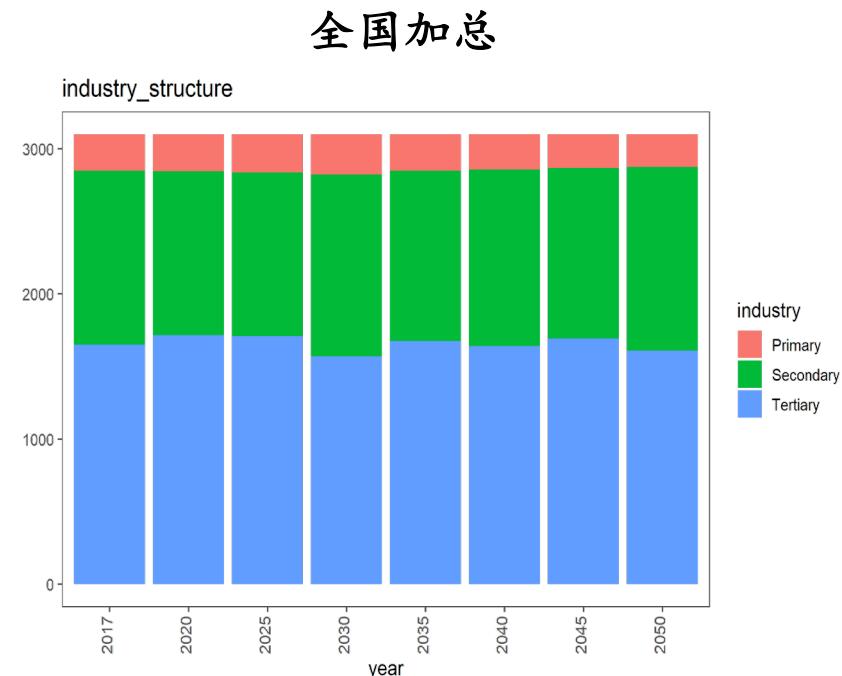
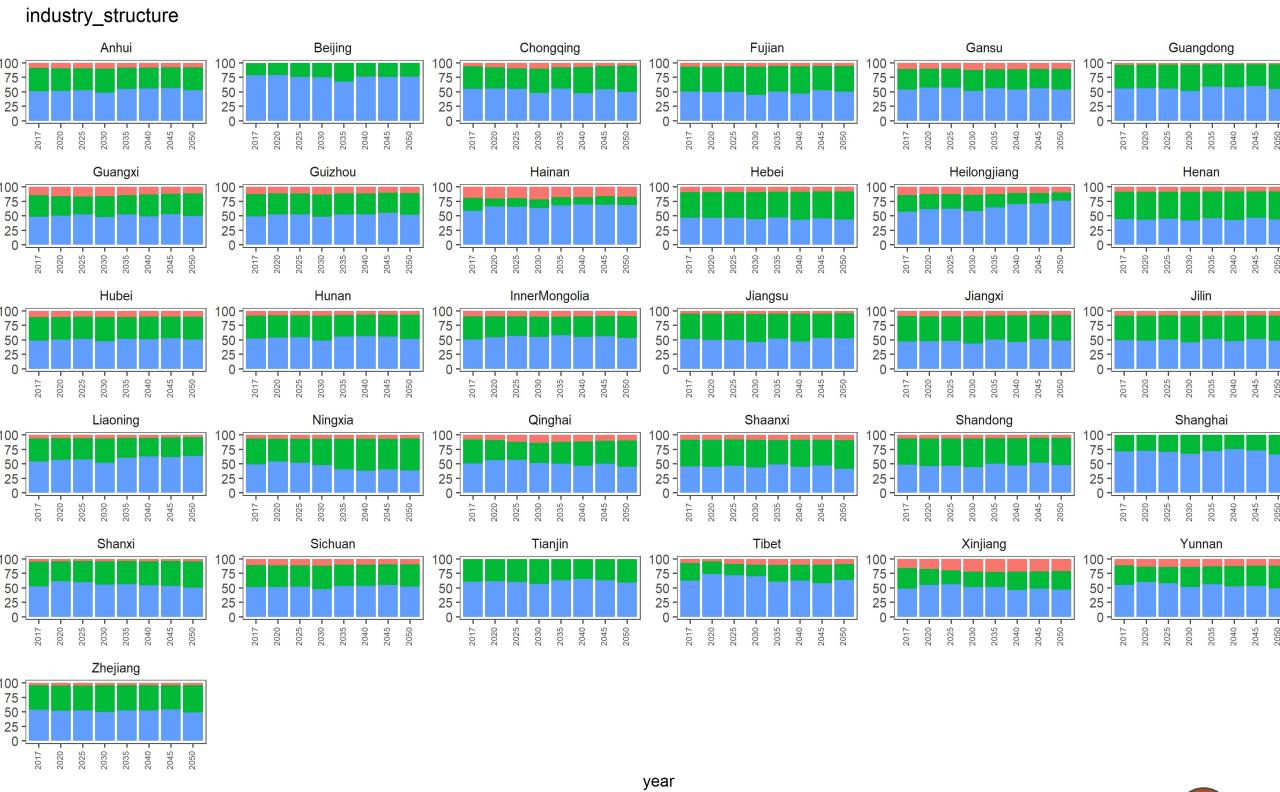
高碳税对产业影响:

- 部分省份呈现出第三产业稳步上升、第二产业逐渐下降的趋势，例如安徽、广西等省份
- 亦有许多省份变化不明显，或第三产业略有下降





# 结果分析 (CGE模型) : 高碳税情景下产业结构有所改变



实行高碳税后，全国各产业份额变化：

- 从全国来看，高碳税影响下三大产业占比总体稳定；2030年前第二产业呈收缩趋势，此后略有波动
- 电力、煤炭、石油、天然气行业的份额将上升，重工业、服务业、轻工业、交通行业的份额将下降。总体来看，第三产业稳步上升（全国范围变动不大）、第二产业逐渐下降

# /04

## 总结与反思

- 结果汇总
- 政策启示
- 不足之处



# 结果汇总

总体上，碳税的施加能够减少CO<sub>2</sub>的排放，而对宏观经济产生较柔和的冲击

IO

- 最终需求：所有省份的最终需求均下降，下降程度与人口、产业结构有关；
- 增加值：多数省份增加值上升，少数下降（如河北）；
- 实际GDP：征收碳税对宏观经济变量有负面影响，但这种负面影响比较温和，对实际GDP的负面冲击普遍小于1%。

CGE

- CO<sub>2</sub>减排：总体减排效果明显，省际差异受能源结构影响，高碳能源占比较多的省份减排量更多；
- 电力消耗：波动上升趋势，不同省份2060年后电力消耗可能继续上升也可能下降；
- 产业结构：一些省份第三产业占比稳步上升、第二产业逐渐下降。也有些省份变动不大，全国氛围各产业占比大致稳定。



# 政策启示



1

## 因地制宜

- 在推行碳税政策时要充分考虑到外国已有经验与中国自身国情、各省市之间经济基础与能源结构之间的差异，因地制宜施加合适的碳税政策；

2

## 分级税率

- 对不同能源品种和行业部门实行差异化的、分级化的税率；

3

## 循序渐进

- 短期内选择低税率，在对碳税实施效果的监测和评估逐步改进后，循序渐进地提高税率；

4

## 联合生效

- CGE模型所预测的碳达峰时间无法满足中国所提出的2030年碳达峰的目标，因此在施加碳税的同时需要与碳交易等其他手段协同发展、联合作用。



# 不足之处

- IO和CGE模型计算过程中的偏误和模型本身的结构性瑕疵
- 真正的政策实践尚待广泛的试点和更深入的探讨



- 1 投入产出模型仅考虑了**10USD**这一种碳税情景，没有考虑地区差异碳税，也没有尝试多种碳税情景进行比较，不能完全说明碳税政策实施后的短期影响；
- 2 模型结果的绝对数值很大程度上受到模型设定的影响，这大大限制了预测的准确度和精度。即便是更为复杂的CGE模型，也存在一定的遗漏变量，如施加碳税后技术的进步；
- 3 尽管本报告合国外的经验教训和对中国宏观经济的分析，对模型预测结果进行不同地区、不同行业、不同情景间的比较而定性地得出政策建议，但真正的政策实践尚待广泛的试点和更深入的探讨。



## 参考文献（中文文献）

- 世界银行集团《碳定价机制发展——现状与未来趋势2021》[R].2021, DOI:10.1596/ 978-1-4648-1728-1.
- 崔伟宏, 蒋样明, 霍文娟《中国绿色低碳发展的对策及国际碳税的审视》[M].人民出版社, 2019.
- 张宁, 庞军, 冯相昭《全国碳市场引入配额拍卖机制及实施碳税配套措施的经济影响研究》[J/OL].中国环境科学, 2021年10月25日, DOI:10.19674/j.cnki.issn1000-6923.20211022.011
- 董梅《碳税与能源效率提高的碳减排效应比较——基于CGE模型的分析》[J].财经理论研究, 2020(01):47-55, DOI:10.13894/j.cnki.jfet.2020.01.006.
- 李敏《碳税征收对云南省宏观经济及二氧化碳减排影响研究》[D].云南财经大学, 2020, DOI:10.27455/d.cnki.gycmc.2020.000159.
- 杨静明《基于CGE模型的浙江省工业经济碳税冲击效应研究》[D].江南大学, 2018.
- 武戈, 杨静明《碳税征收对中国经济结构和碳减排的影响研究》[J].中国商论, 2018(10): 92-93, DOI:10.19699/j.cnki.issn2096-0298.2018.10.045.
- 方文诗《基于CGE模型的交通碳税政策效应模拟分析》[D].浙江财经大学, 2018.
- 胡青《基于CGE模型的碳税政策对中国经济结构影响研究》[D].江南大学, 2017.
- 许士春, 张文文《不同返还情景下碳税对中国经济影响及减排效果——基于动态CGE的模拟分析》[J].中国人口资源与环境, 2016, 26(12):46-54.
- 姚洁《我国工业行业碳税政策效应及最优税率研究》[D].华侨大学, 2016.
- 翁钰栋《中国碳税设计研究》[D].吉林大学, 2016.
- 张晓娣《差异化碳税的福利及就业影响分析——跨期CGE框架下的情景模拟》[J].经济科学, 2015(05): 70-82, DOI:10.19523/j.jjxk.2015.05.006.



## 参考文献（外文文献）

- Meng, Samuel (2015). Is the Agricultural Industry Spared from the Influence of the Australian Carbon Tax? *Agricultural Economics*, Vol. 46 (1), pp. 125-37.
- Wissema, Wiepke and Rob Dellink (2007). AGE Analysis of the Impact of a Carbon Energy Tax on the Irish Economy. *Ecological Economics*, Vol. 61 (4), pp. 671-83.
- Van Heerden, Jan, James Blignaut, Heinrich Bohlmann, Anton Cartwright, Nicci Diederichs and Myles Mander (2016). The Economic and Environmental Effects of a Carbon Tax in South Africa: A Dynamic CGE Modelling Approach. *South African Journal of Economic & Management Sciences*, Vol. 19 (5), pp. 714-732.
- Alton, Theresa, Arndt Channing, Rob Davies, Faaiqa Hartley, Konstantin Makrelov, James Thurlow and Dumebi Ubogu (2014). Introducing carbon taxes in South Africa. *Applied Energy*, Vol. 116, pp. 344-354.
- Mahmood, Arshad and Charles O. P. Marpaung, (2014). Carbon Pricing and Energy Efficiency Improvement--Why to Miss the Interaction for Developing Economies? An Illustrative CGE Based Application to the Pakistan Case. *Energy Policy*, Vol. 67, pp. 87-103.
- Steffen Kallbekken, Stephan Kroll and Todd L. Cherry (2011). Do you not like Pigou, or do you not understand him? Tax aversion and revenue recycling in the lab. *Journal of Environmental Economics and Management*, 62 (1), pp. 53-64.
- Rivera, Gissela Landa, Frédéric Reynès, Ivan Islas Cortes, François-Xavier Bellocq, Fabio Grazi (2016). Towards a low carbon growth in Mexico: Is a double dividend possible? A dynamic general equilibrium assessment. *Energy Policy*, Vol. 96, pp. 314–327.
- Parry, Ian W. H., Roberton C. Williams III and Lawrence H. Goulder (1999). When Can Carbon Abatement Policies Increase Welfare? The Fundamental Role of Distorted Factor Markets. *Journal of Environmental Economics and Management*. Vol. 37, pp. 52-84.

