



行业温室气体减排的 研究现状和问题

蔡闻佳

2013年4月8日



Key research questions for climate change economics

- ◆ What are the impacts of CC on growth and development?
 - ◆ Effects on people's behaviors, economic and social development
 - ◆ Impacts and costs
- ◆ How to realize climate stabilization targets in an efficient and effective way?
 - ◆ GHG emissions projection
 - ◆ Modeling of costs/benefits
- ◆ What policies should people have for mitigation?
 - ◆ Economic/technical measures
 - ◆ Policy
- ◆ What policies should people have for adaptation?
- ◆ International collective action



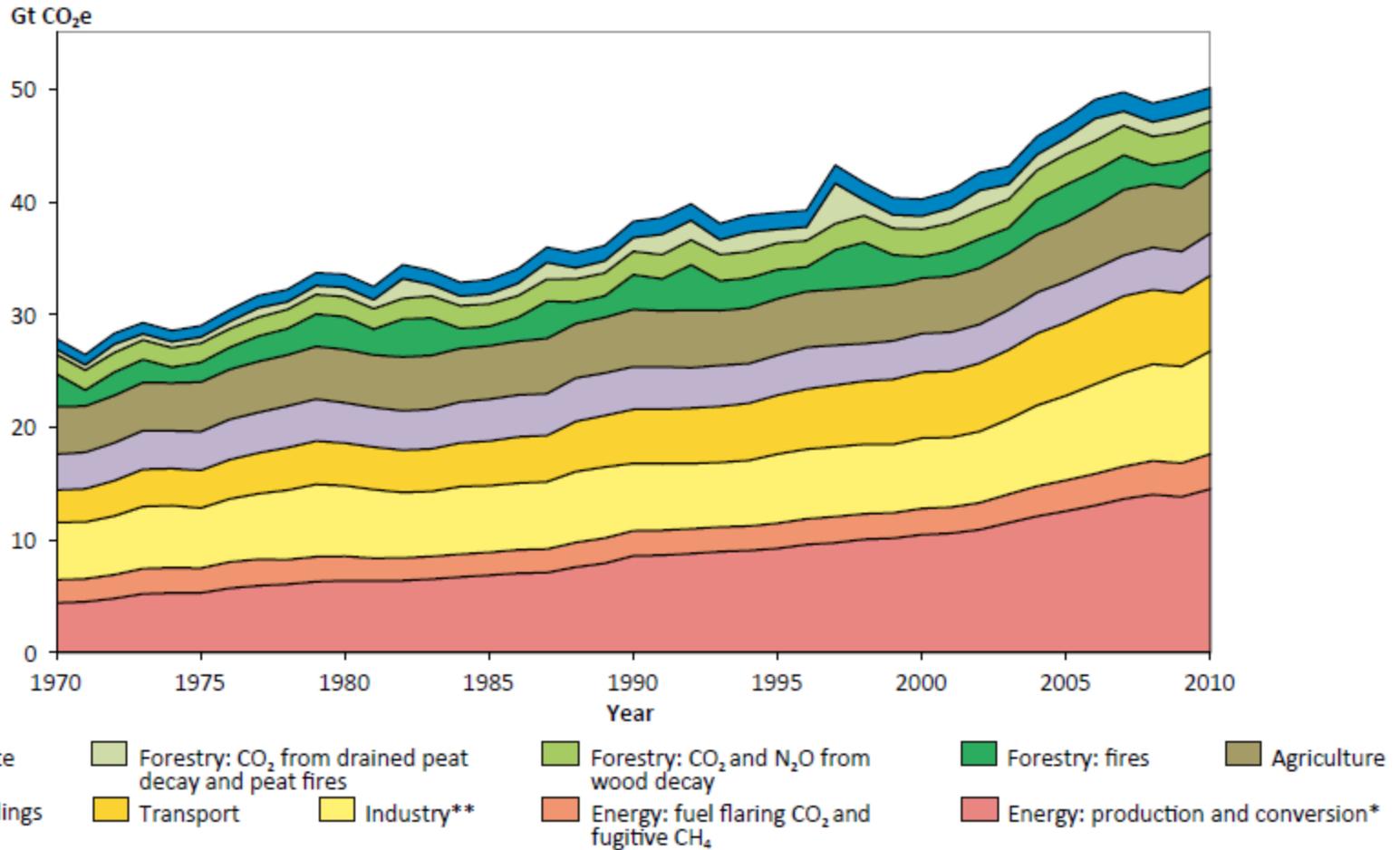
报告内容

1. 这个问题为什么值得关注？
2. 目前有哪几块研究正在开展？
 - (1) 减排潜力和成本研究
 - (2) 经济影响研究
 - (3) 社会影响研究
 - (4) 环境影响研究
 - (5) 机制设计研究
3. 目前存在哪些研究需求？



什么是行业减排

- ◆ 国家减排：日本2012年的**全国排放**应比1990年减少6%
- ◆ 行业减排：中国2030年的**电力排放（强度）**应比2020年减少8%
- ◆ 特点：减排范围聚焦在发展中国家的行业；
目标形式：强度减排/绝对量减排/技术发展目标
- ◆ 行业减排问题的研究为什么重要：无论未来各个国家采取何种减排承诺的形式（国家减排、地区减排、人均排放量减少等），其实质与实际操作过程都将是行业减排。



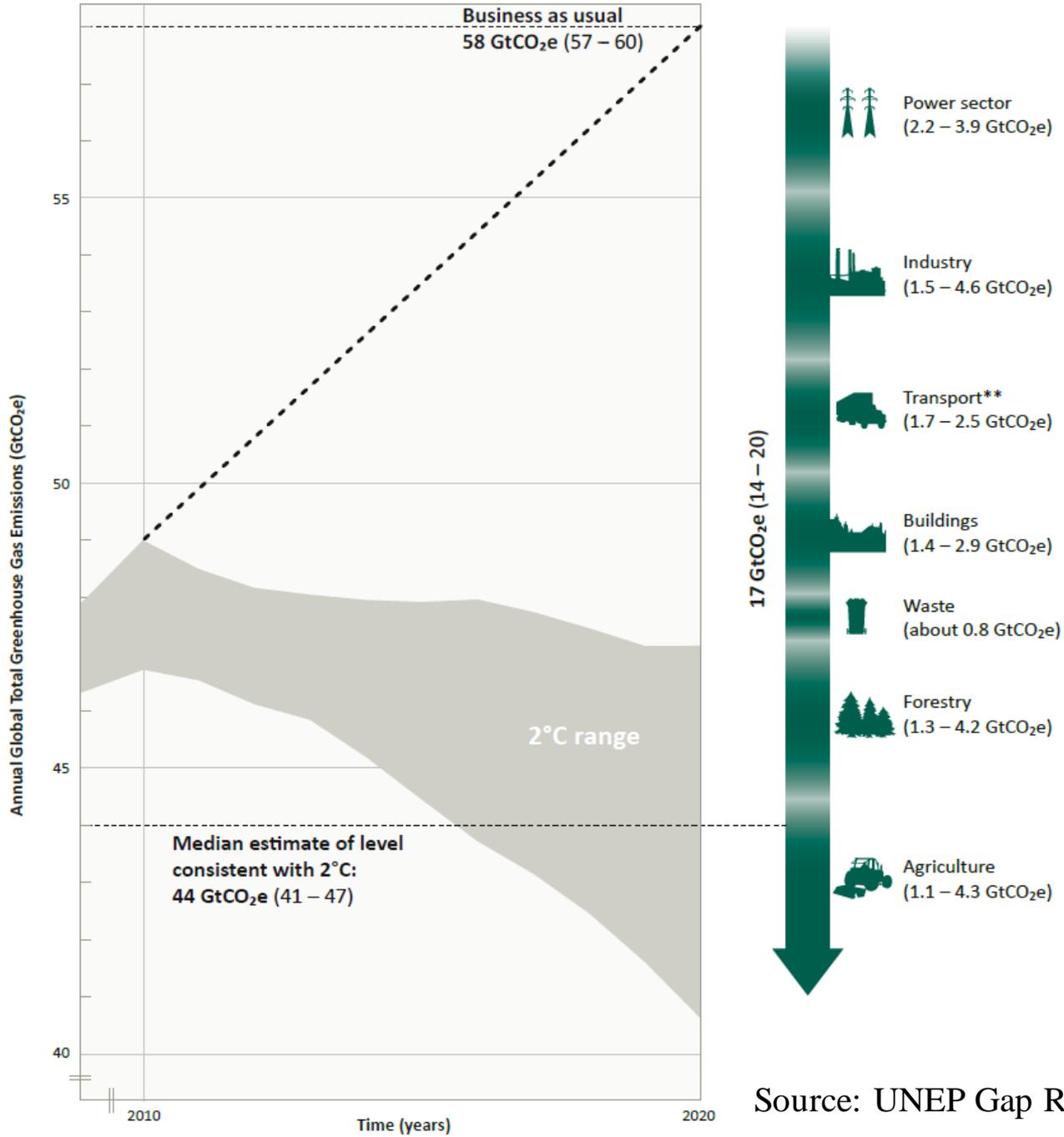
* Power generation, refineries, coke ovens, etc.

** Including non-combustion CO₂ from limestone use and from non-energy use of fuels and N₂O from chemicals production.

Figure 2.1. Trend in global greenhouse gas emissions 1970-2010 by sector (using Global Warming Potential values as used for UNFCCC/Kyoto Protocol reporting). This graph shows emissions of 50.1 GtCO₂e in 2010, as derived from bottom-up emission inventories (see Section 2.2.1). An alternative estimate of 2010 emissions of 49 GtCO₂e from the modeling groups is used elsewhere in the report. Source: JRC/PBL (2012) (EDGAR 4.2 FT2010)



How to bridge the gap: results from sectoral policy analysis*





气候谈判内外都是热门议题

- ◆ 谈判内：德班行动平台下很可能成为发展中大国的国际承诺形式
 - ◆ 德班行动平台的关键词：increase the level of ambition, all Parties.
 - ◆ 欧盟、美国--行业减排是2020年后发展中国家提高减排幅度的重要手段。
- ◆ 谈判外
 - ◆ 国际组织和行业协会（航空ICAO、海运IMO、电力、钢铁WSA、水泥WBSCD、汽车、石化、轮胎）
 - ◆ 单边行动（EUETS）
 - ◆ 研究机构（IEA, Oko Institute, Wuppertal, CCAP, Ecofys, Ecorys, Tsinghua, ERI等）



相关实践

◆ 欧盟排放贸易体系（EUETS）

- ◆ 原计划自2012年起将航空运输业起纳入EUETS，我国33家航空公司所有飞欧盟的航班都将为碳排放买单，但目前暂时搁置；未来还可能纳入航海运输业。

◆ 国际民航组织ICAO、国际海事组织IMO

- ◆ 与公约UNFCCC平行的国际组织，无视“共同但有区别责任”原则，以“简单多数”原则强行推动国际航空和海运业的碳减排

◆ 国际行业协会

- ◆ 世界可持续发展工商理事会（WBCSD），世界钢铁协会（WSA），国际铝业协会（IAI），在飞机和船舶制造业、汽车制造业、轮胎制造业、化工、石油与天然气行业、邮政运输业都有发达国家主导的减排倡议
- ◆ 建立统一的GHG度量和报告系统，进行数据收集，树立标杆，推广最优和最佳实践，设立自愿的排放强度目标

◆ 国际机构

- ◆ 国际标准化组织ISO发布GHG量化、监测、报告和审查标准，世界资源研究所WRI开发企业级GHG核算体系

◆ 亚太清洁发展与气候新伙伴计划(APP)

- ◆ 在八个行业工作组开展技术研发、试点、交流、能力建设和推广最优技术最佳实践的活动

◆ 特点：推进速度远快于谈判和研究，对行业减排产生实质影响



公约外行业减排方案建议及相关实践

| | 基于政策 | 基于技术 | | 基于排放 | | | | | |
|------------|----------------------|---------------------|----------------------------|------------------------|--|----------------------|---------------------------|----------------------|---------------------|
| | 可持续发展政策和措施 | 技术合作 | 行业技术标准 | 无损 | | | 有损 | | |
| | | | | 行业信用机制SCM | | | 跨国/全球自愿排放目标 | 行业减排目标 | 行业排放上限和贸易 |
| 基于技术目标的SCM | 基于排放目标的SCM | 行业CDM | | | | | | | |
| 法律约束力 | 有约束力/无约束力 | 无约束力 | 有约束力/无约束力 | 无约束力 | 无约束力 | 无约束力 | 无约束力 | 有约束力 | 有约束力 |
| 责任主体 | 政府 | 政策和行业协会 | 政府 | 政府 | 政府 | 私人团体(公司) | 公司 | 政府 | 政府 |
| 地理范围 | 全国 | 跨国/全球 | 全国/跨国/全球 | 全国 | 全国 | 全国 | 跨国/全球 | 全国 | 全国 |
| 系统边界 | 行业/整个经济体 | 行业 | 行业技术标准 | 行业 | 行业 | (多)项目/行业 | 行业 | 行业 | 行业 |
| 目标 | 政策执行 | 技术/研发 | 技术标准的执行 | 绝对/相对的减排技术发展目标 | 绝对/相对的排放目标 | 绝对/相对的排放目标 | 绝对/相对的排放目标 | 绝对/相对的排放目标 | 绝对的排放上限 |
| 严格程度 | 由政府自己决定 | 待定 | “统一”标准,但考虑地区特色 | 国家行业中所有项目加总后相对BAU的减排 | 国家行业中所有项目加总后相对BAU的减排 | 国家行业中所有项目加总后相对BAU的减排 | 待定 | 国家行业中所有项目加总后相对BAU的减排 | 由排放上限决定 |
| 执行方法 | 取决于政府 | 自愿 | 取决于政府 | 取决于政府 | 取决于政府 | 事先设计好 | 取决于公司 | 取决于政府 | 事先设计好 |
| 与当前碳市场的联系 | 待定 | 待定 | 无/包含当前碳市场/属于当前碳市场 | 属于当前碳市场 | 属于当前碳市场 | 属于当前碳市场 | 无/属于当前碳市场 | 属于当前碳市场 | 属于当前碳市场 |
| 资金机制 | 私营部门筹资/国际基金/官方发展援助资金 | 公共部门和私营部门共同筹资 | 私营部门筹资/国际基金/官方发展援助资金 | 碳市场/国际基金 | 碳市场/国际基金 | 碳市场 | 碳市场/国际基金/官方发展援助资金 | 碳市场/国际基金 | 碳市场/国际基金 |
| 关注点 | 发展中国家参与 | 技术开发与扩散 | 防止竞争力扭曲/技术开发与扩散 | 发展中国家参与 | 发展中国家参与 | 成本有效性,可持续发展 | 防止竞争力扭曲/成本有效性 | 发展中国家参与 | 发展中国家参与 |
| 管理主体 | 国家作出由COP认可并接受的承诺 | 由政府和工业行业参与构建的新机构 | COP达成的新协议 | COP达成的新协议,由新的技术机构做顾问 | COP达成的新协议,由新的技术机构做顾问 | CDM EB | 行业协会 | COP达成的新协议 | COP达成的新协议 |
| 主要倡导者 | 南非 | APP ^[29] | 日本汽车业领跑者计划 ^[30] | 美国CCAP ^[31] | CCAP ^[32] 、IEA ^[33-34] | | 国际行业协会 ^[35-37] | 9 | IEA ^[34] |



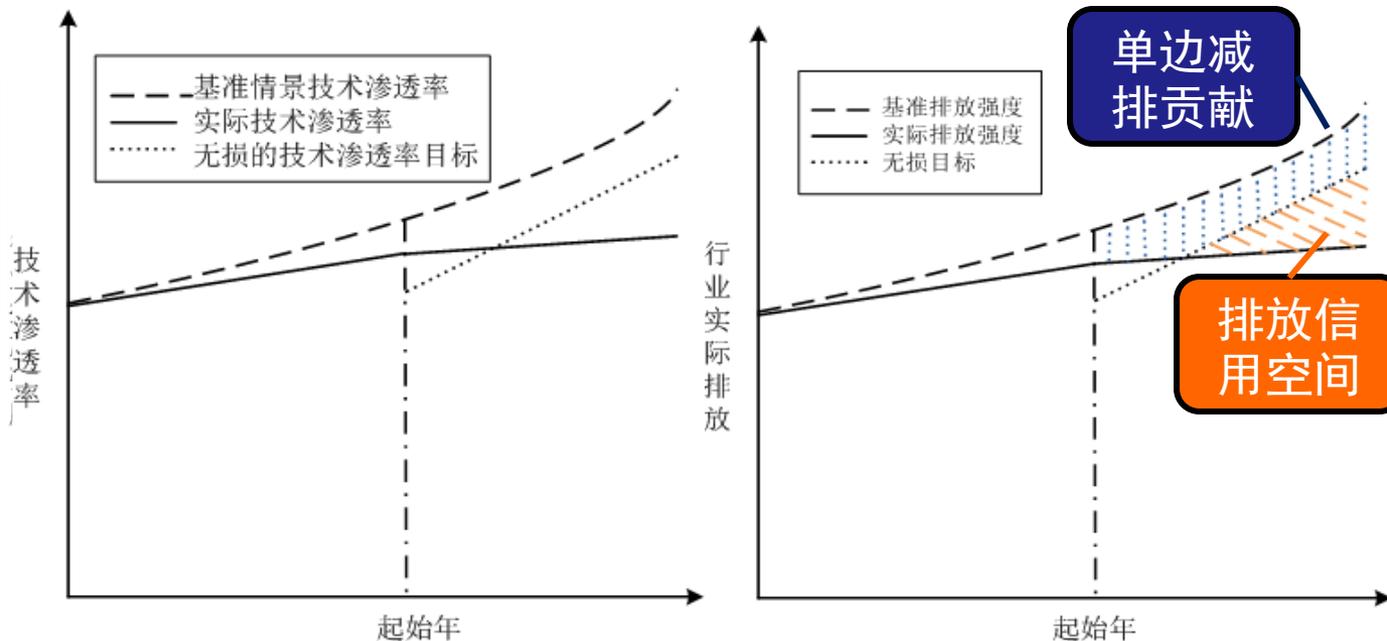
三类具体的行业减排方案

最主流

◆ 基于无损排放强度目标的行业信用机制

◆ 基于无损技术目标的行业信用机制

◆ 国际行业协会倡导的全球自愿排放强度目标



| | |
|----|--|
| 定量 | 全协会范畴：（IAI国际铝协）到2020年，每吨原铝生产所需能耗相比2006年下降10%。 |
| | 公司自愿发布降幅或绝对值目标：（拉法基水泥）到2010年降低20%的吨水泥CO ₂ 排放（以1990年为基准） |
| 定性 | 国际钢铁协会：发布“气候行动成员”标识 |

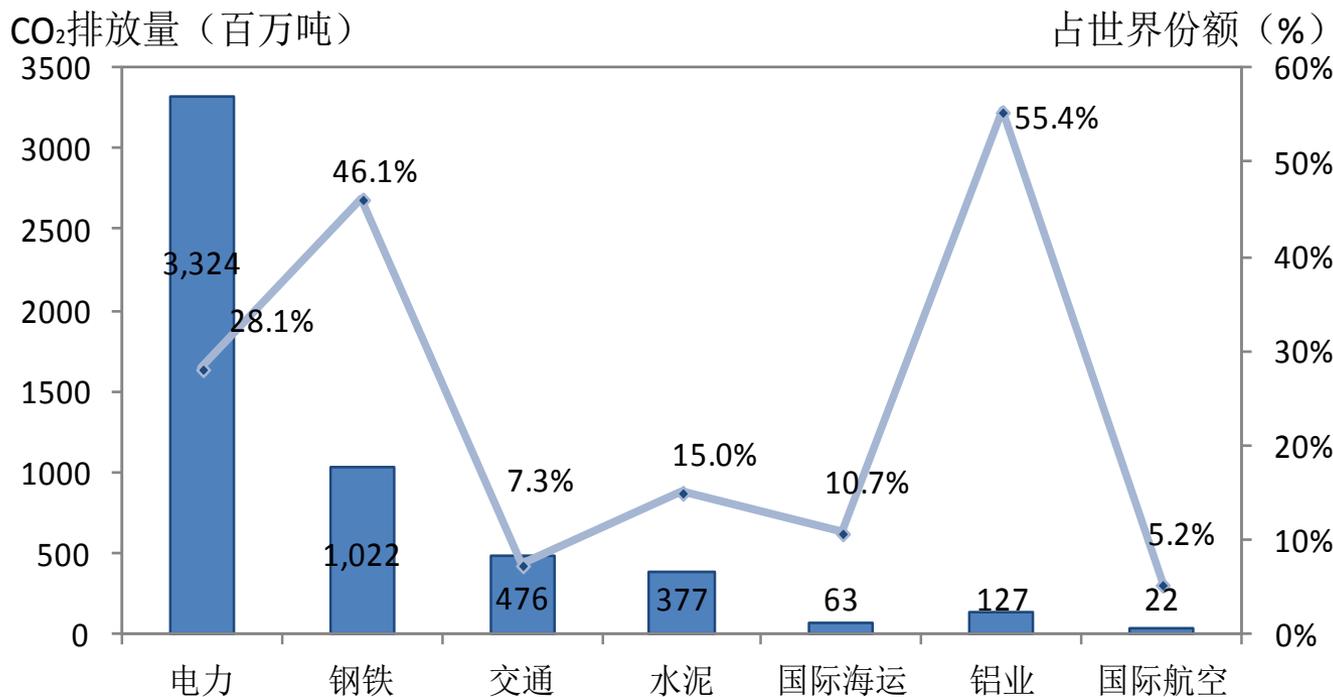


我国行业GHG排放现状及占全球份额

2010年全球排放总量：303亿吨 CO₂

2010年中国排放总量：72.6亿吨 CO₂，约占全球份额24%

2010年中国工业能耗约占全国总能耗70%，工业CO₂排放约占全国排放 85%



- 主要高耗能高排放行业CO₂排放占全球各行业排放份额约为5%~55%，铝业和钢铁行业占比最大
- 中国电力行业CO₂排放总量最大，约为33亿吨，钢铁行业次之

注：其中钢铁和水泥行业用的是产量份额数据及推算出的排放量。其余数据均来自IEA, 2011. CO₂ Emissions From Fuel Combustion Highlights。均为2009年数据



行业能耗强度现状与世界其他国家对比

对比国内与国际先进水平的单位产品能耗：交通行业差距最大约为47%，其次水泥行业约为18%。

| | 中国 | | | 国际 先进* | 2009年差距 | |
|---------------------------------------|-------|-------|-------|-----------|---------|------|
| | 2005 | 2008 | 2009 | | 能耗 | +% |
| 吨钢可比能耗/kgce/t (大中型企业) ^a | 714 | 663 | 644 | 610 | 34 | 5.6 |
| 电解铝交流电耗 /kWh/t ^a | 14680 | 14323 | 14131 | 14100 | 31 | 0.2 |
| 水泥综合能耗/kgce/t ^a | 167 | 151 | 139 | 118 | 21 | 17.6 |
| 乘用车燃油经济性 / 升/100公里 ^b | | | 9.02 | 6.13 | 2.89 | 47 |

* 国际先进为日本数值

a. China Statistic Yearbook.

b. Hong Huo et.al. 2011. Fuel consumption rates of passenger cars in China: Labels versus real-world.



当前研究进展



行业减排潜力和成本研究

- ◆ 方法学：自底向上的技术核算模型与技术优化模型



技术核算模型

- ◆ Account for flows of energy in a system based on simple engineering relationships (e.g. conservation of energy).
- ◆ Rather than simulating *decisions* of energy consumers and producers, user explicitly accounts for *outcomes* of those decisions (e.g. as market penetration rates, energy service demands).
- ◆ Simple, transparent, intuitive & easy to parameterize.
- ◆ Evaluation and comparison of policies are largely performed externally by the analyst: framework serves primarily as a sophisticated calculator.
- ◆ Example: LEAP (Long-term Energy Alternative Planning model)



技术优化模型

- ◆ Use mathematical programming to identify configurations of energy systems that minimize the total cost of providing energy services.
 - ◆ Cost-minimization is performed within constraints (e.g. limits on CO₂ emissions, technology availability, foreign exchange, etc.). Constraints also ensure balance of supply and demand.
 - ◆ May optimize over all time periods (perfect foresight) or year-on-year (myopic).
- ◆ Useful energy services forecast exogenously.
- ◆ Select among technologies based on their relative costs.
- ◆ Typically assume perfect competition and that energy cost is the only factor in technology choice.
- ◆ Especially useful where many technical options need to be analyzed and future costs are well known.
- ◆ Cost-minimization assumptions may be inappropriate for simulating “most likely” evolution of real-world energy systems in a baseline scenario.
- ◆ Data intensive
- ◆ Examples: MARKAL/TIMES

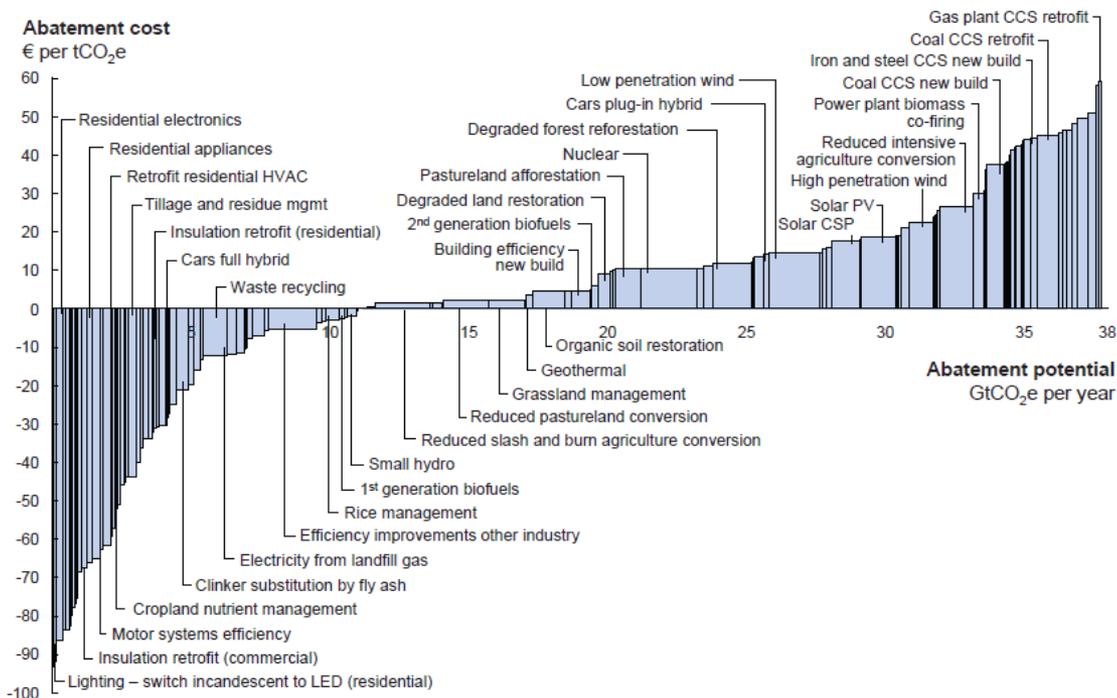


应用举例

- ◆ UNEP Emission Gap Report 2012, McKinsey MAC Curve

Exhibit 1

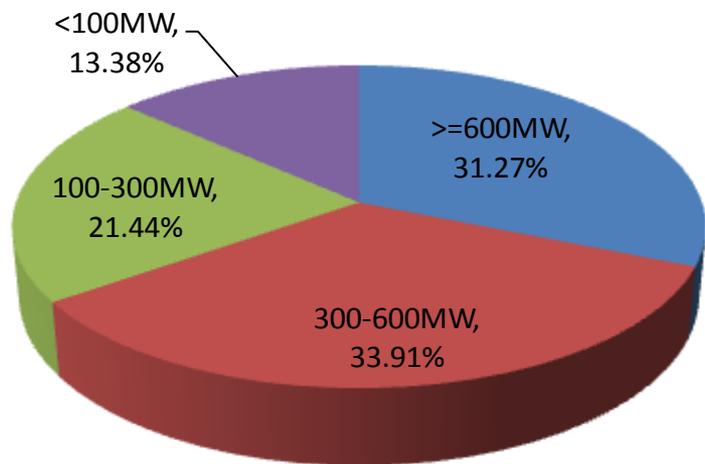
Global GHG abatement cost curve beyond business-as-usual – 2030



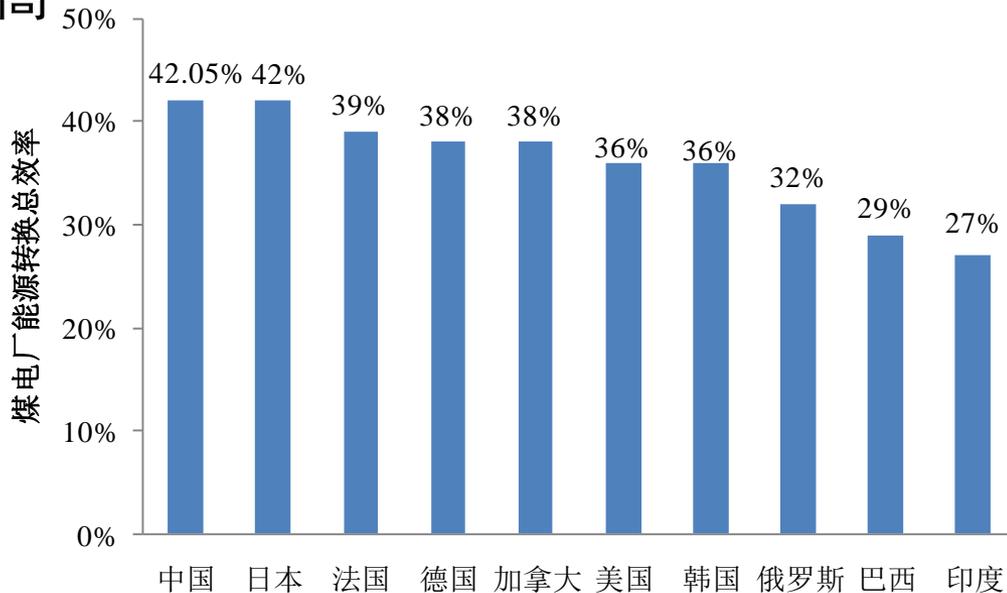


已有研究往往认为中国行业温室气体减排潜力大，成本低。但实际上我国一些行业的能效已位于世界前列

如煤电：中国煤电厂的发电效率已经位于世界前列，减排的潜力相当有限，进一步提高能效的成本也会非常高



2008年中国火力发电装机构成
其中40%为十一五期间新建大型先进机组

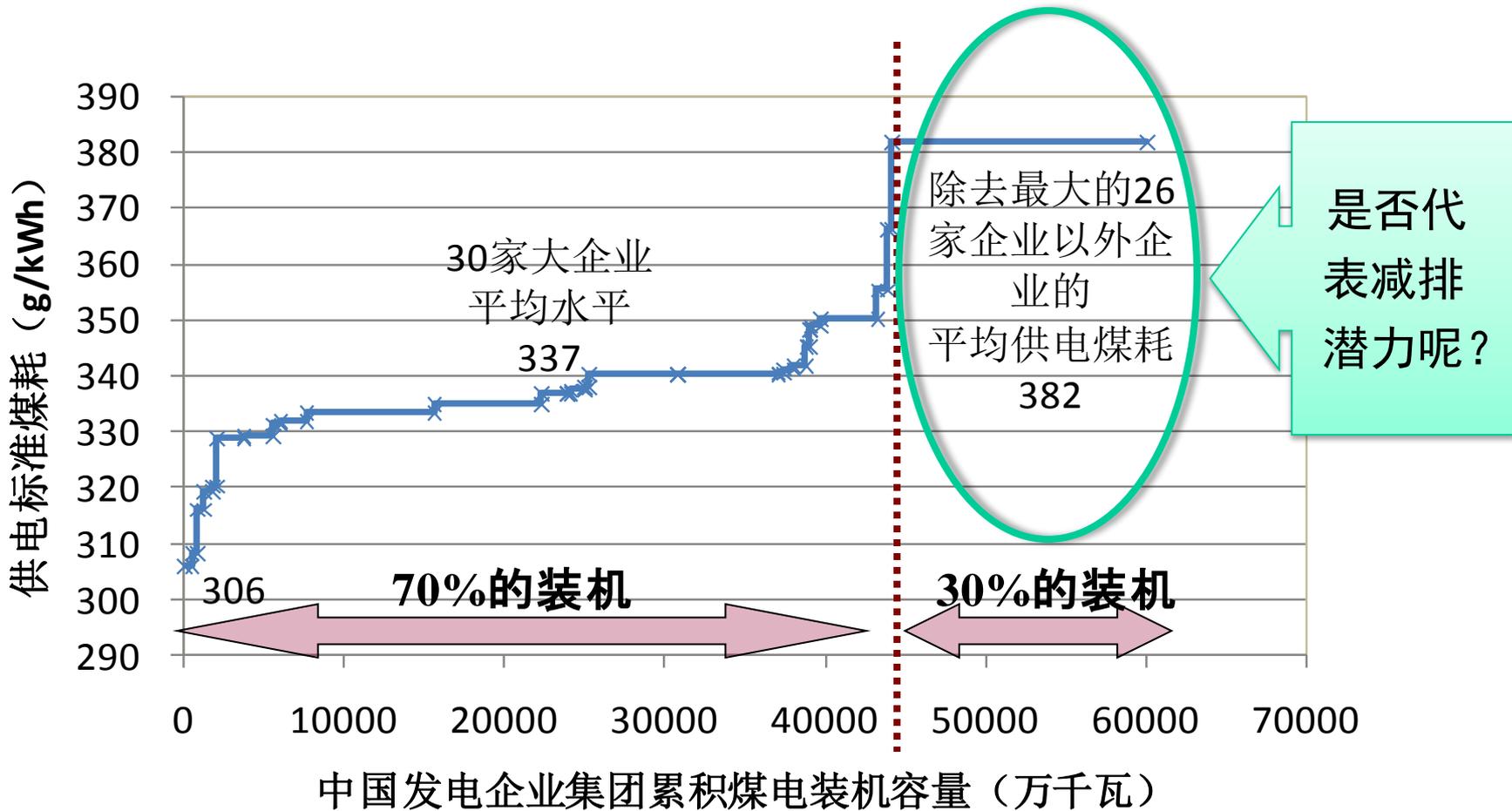


世界前十大发电国燃煤电厂的能源转换总效率对比

注：中国为2007年数据，其他国家均为2001-2005年的平均数

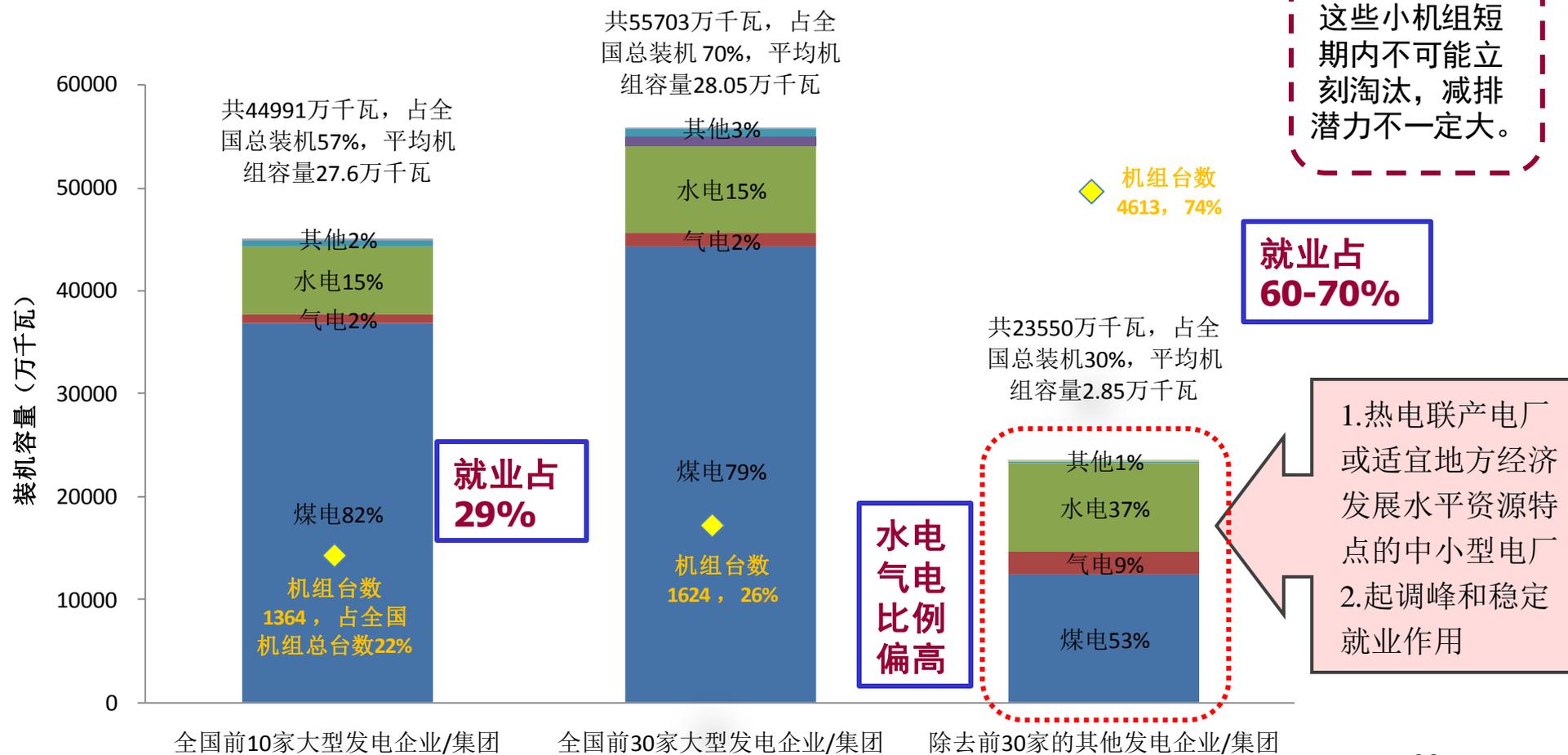


从行业内能效水平看：差异巨大





我国一些高耗能行业不一定具有国际上普遍认为的“减排潜力大、成本低”的特点，在这些行业按国际标准开展行业减排可能付出较大的经济和社会代价。





行业减排方案的经济影响研究

- ◆ 当前局势：发达国家借由多重渠道推进行业减排，试图强行拖发展中国家加入减排行列，而我国高耗能行业排放量大都占全球排放的一半以上，亟需我国制定应对方案
- ◆ 因此产生了以下的研究问题：
 - ◆ 我国能否参与行业减排？参与后的经济影响如何？哪些行业可以考虑优先参与？



方法学

- ◆ 经改进后的GTAP-E模型：可计算一般均衡（CGE）模型
- ◆ **模型原理**：把基于微观经济学的各种经济主体的行为描述纳入到一个系统框架内，根据经济主体的最优化决策行为，将外生冲击和政策变动的的影响传导、波及至整个经济系统，从而能够模拟政策对作用对象的直接影响以及对其它经济部门的间接影响。
- ◆ **模型的优势**：全球模型，能够分析各国各地区在政策冲击后所受的短期影响，能够直接模拟行业减排政策
- ◆ **5个地区**：美国(US) 欧盟27+3(EU27+3) 中国(CN) 其他发展中大国(OEC) 世界其他国家(ROW)
 - ◆ OEC包括印度、巴西、南非三国
- ◆ **12个行业**：农业、煤炭、石油、天然气、化工、**电力**、**钢铁**、**水泥**、交通、其他工业、**建筑**、服务业

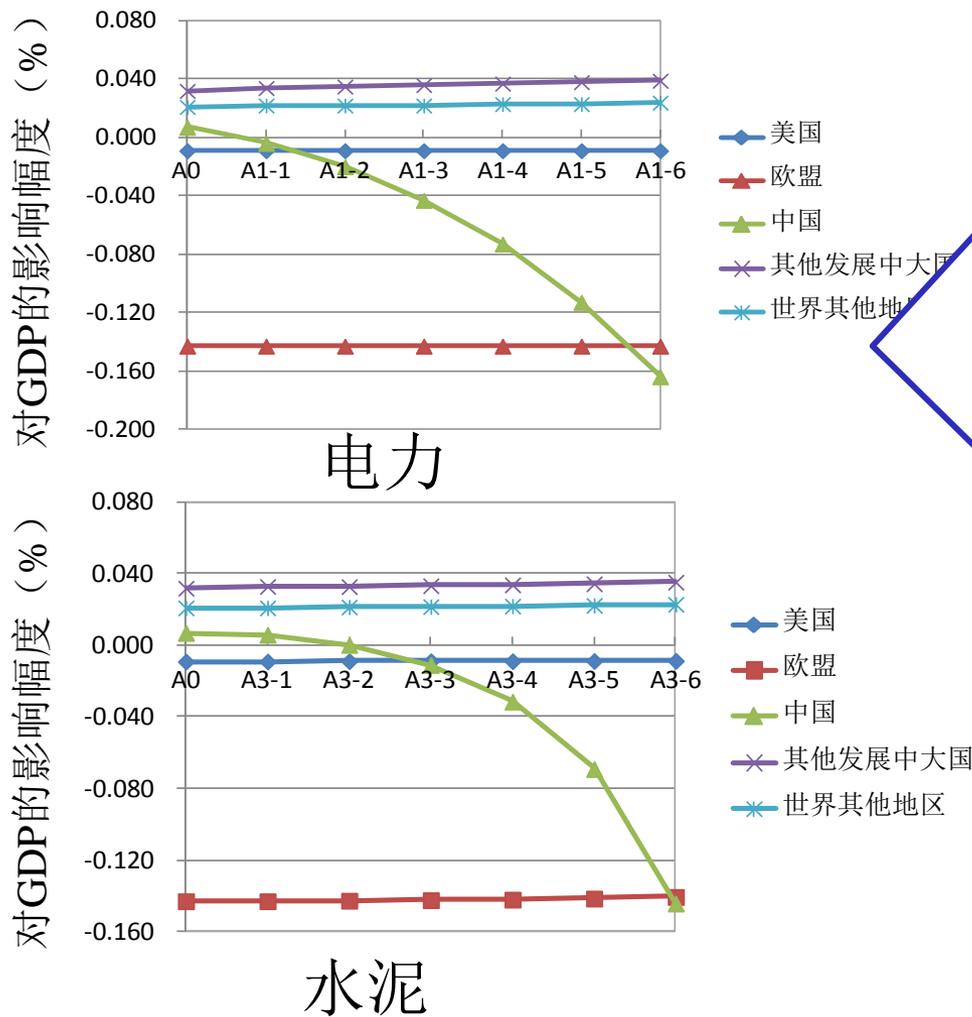


模型输出

- ◆ 各情景
 - ◆ 对各国GDP的影响
 - ◆ 对各国各行业价格和产出的影响
 - ◆ 对各国贸易平衡的影响
 - ◆ 对各国各行业出口量的影响
 - ◆ 对各国各行业排放量的影响



中国单国行业减排时，减排目标由0%渐变为30%，各国GDP所受的影响变化图



解读:

- 1、在单个行业开展行业减排，对我国产生的经济影响有限；只要减排目标控制在一定的范围内，从绝对量上我国仍将从发达国家减排中获得GDP正收益；
- 2、随着中国行业减排目标的不断上升，中国的GDP收益不断减小，有可能变成负值；而其他国家（无论是否承担减排义务）均会因此收益，但更多的利益是流向了其他无减排义务的发展中国家；
- 3、当中国电力的减排目标设定为8%左右时，我国之前所收到的GDP收益将减少为0；这个比例在钢铁和水泥行业分别为12%和14%左右。此临界点为我国设置行业减排目标的关键参考值。



关注度越高、能力越强、影响幅度越小，越适合做试点

| | 在SA中的关注度 | | | | 开展SA的能力强弱 | | | | 对行业和国民经济的影响幅度 | | | |
|----|------------|----------|----------|---------|-----------|-------|----------|-------|---------------|----------|------------|---------------|
| | 国际关注度 | 排放量占国内比重 | 排放量占全球比重 | 国际贸易的程度 | 产品同质性 | 产业集中度 | MRV的难易程度 | 数据可得性 | EI较国际水平 | 行业减排成本高低 | 同减排量的GDP影响 | 单位减排目标对GDP的影响 |
| 电力 | 关注度很高★★★★★ | | | | 能力很强★★★★★ | | | | 影响幅度很大★★★★★ | | | |
| | ***** | 48% | 41% | ** | ** | 57% | * | * | 11% | ** | ***** | ***** |
| 钢铁 | 关注度较高★★★★ | | | | 能力较强★★★★ | | | | 影响幅度较大★★★★ | | | |
| | **** | 10% | 4% | ***** | ***** | 36% | *** | *** | 10% | *** | **** | **** |
| 水泥 | 关注度较高★★★★ | | | | 能力较强★★★★ | | | | 影响幅度较小★★ | | | |
| | **** | 15% | 3% | *** | **** | 21% | *** | *** | 25% | * | *** | ** |
| 铝业 | 关注度较低★★ | | | | 能力较强★★★★ | | | | 影响幅度很小★ | | | |
| | ** | 2% | 1% | ***** | *** | 70% | *** | *** | 250% | ***** | * | * |
| 建筑 | 关注度很低★ | | | | 能力很弱★ | | | | 影响幅度较小★★ | | | |
| | *** | 4% | 10% | ** | ** | 16% | ***** | ***** | - | ** | ** | ** |
| 交通 | 关注度较高★★★★ | | | | 能力较弱★★ | | | | 影响幅度较小★★ | | | |
| | *** | 7% | 23% | *** | ** | 46% | ***** | **** | 20% | ***** | ** | ** |



我国参与国际行业减排的储备方案建议

应对国际行业减排的数据、机构和人员等的能力建设：

- 研究制定我国行业的排放认证许可制度，构建行业生产和排放基础数据库，开发评价工具
- 加快产业结构调整和技术升级，推动国际技术转让和合作



铝业行业



水泥行业



交通行业



建筑行业



钢铁



电力

2013

2020

并对这些行业的减排目标值给出了设置建议。



行业减排的就业影响研究——电力行业为例

◆ 就业影响效应

◆ 直接就业效应

关闭小火电

行业规模缩小

就业损失

◆ 间接就业效应

煤炭采选业

行业规模缩小

就业损失

◆ 引致就业效应

相关行业的收入和消费行为变化

不确定性大

就业损失



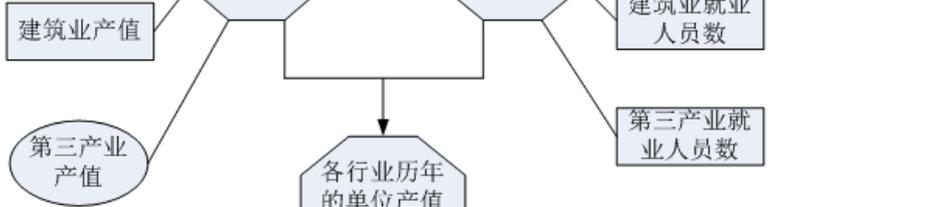
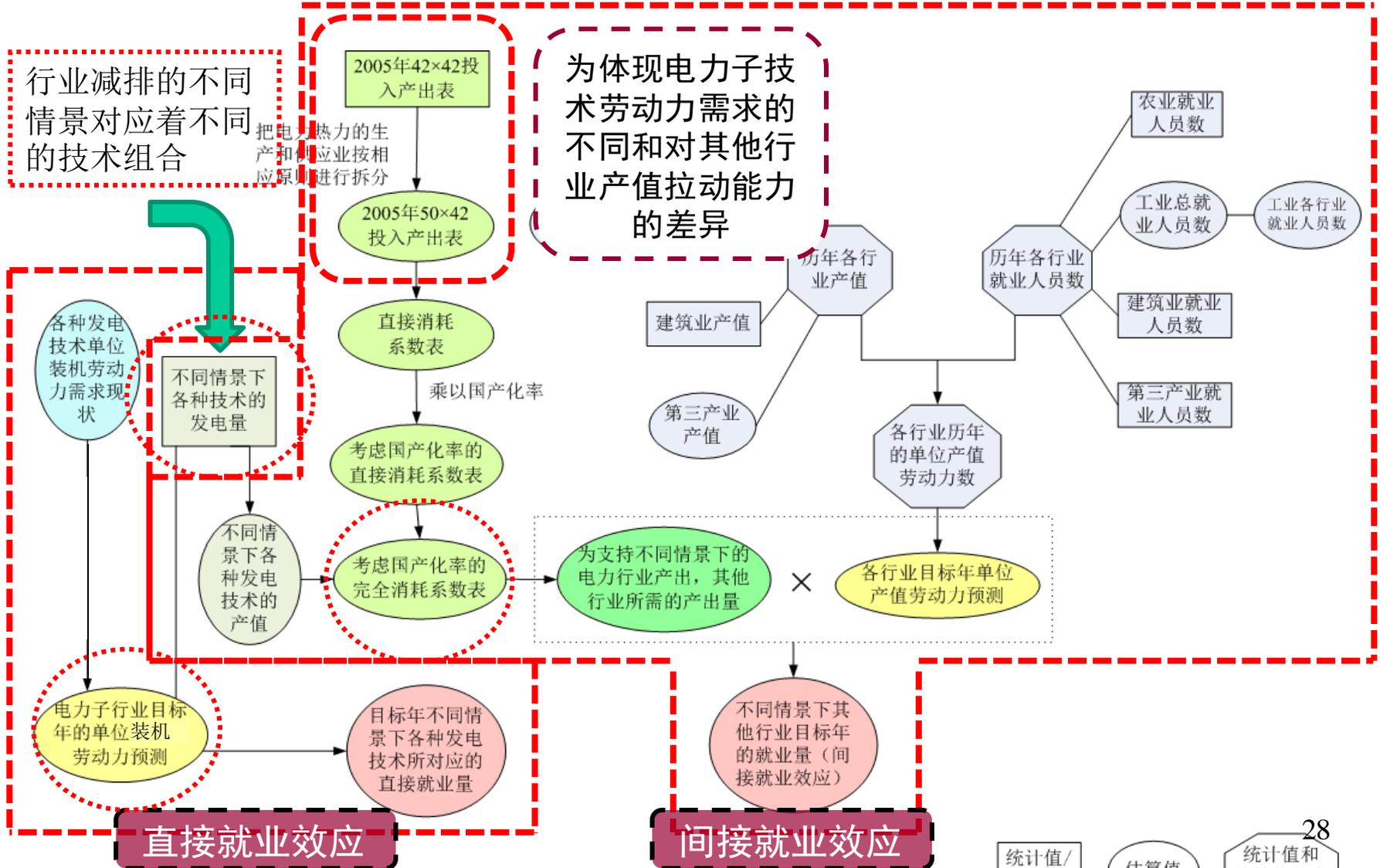
基于投入产出方法的SMEEM-EL模型

Sectoral Mitigation Employment Effects Model – Electricity Sector

行业减排的不同情景对应着不同的技术组合

把电力热力的生产和供应业按相应原则进行拆分

为体现电力电子技术劳动力需求的不同和对其他行业产值拉动能力的差异



直接就业效应

间接就业效应

统计值/确认值

估算值

统计值和估算值并存



电力行业的拆分和拆分原则

单位：亿元

| | | |
|--------------------|-----------|--------|
| 农业 | 6.39 | 0.0% |
| 煤炭开采和洗选业 | 4,255.75 | 30.15% |
| 石油和天然气开采业 | 100.96 | 0.72% |
| 金属矿采选业 | 14.71 | 0.10% |
| 非金属矿采选业 | 3.67 | 0.03% |
| 食品制造及烟草加工业 | 0 | 0.00% |
| 纺织业 | 3.58 | 0.03% |
| 服装皮革羽绒及其制品业 | 56.17 | 0.40% |
| 木材加工及家具制造业 | 17.76 | 0.13% |
| 造纸印刷及文教用品制造业 | 47.73 | 0.34% |
| 石油加工、炼焦及核燃料加工业 | 1,630.56 | 11.63% |
| 化学工业 | 170.91 | 1.22% |
| 非金属矿物制品业 | 57.69 | 0.41% |
| 金属冶炼及压延加工业 | 72.12 | 0.51% |
| 金属制品业 | 119.27 | 0.85% |
| 通用、专用设备制造业 | 861.9 | 6.15% |
| 交通运输设备制造业 | | |
| 电气、机械及器材制造业 | | |
| 通信设备、计算机及其他电子设备制造业 | | |
| 仪器仪表及文化办公用机械制造业 | | |
| 其他制造业 | 11.29 | 0.08% |
| 废品废料 | 0 | 0.00% |
| 电力、热力的生产和供应业 | 1,442.92 | 10.29% |
| 燃气生产和供应业 | 19.45 | 0.14% |
| 水的生产和供应业 | 49.08 | 0.35% |
| 建筑业 | 18.93 | 0.14% |
| 交通运输及仓储业 | 721.95 | 5.15% |
| 邮政业 | 3.53 | 0.03% |
| 信息传输、计算机服务和软件业 | 112.32 | 0.80% |
| 批发和零售贸易业 | 531.3 | 3.79% |
| 住宿和餐饮业 | 67.49 | 0.48% |
| 金融保险业 | 530.34 | 3.78% |
| 房地产业 | 4.62 | 0.03% |
| 租赁和商务服务业 | 68.02 | 0.49% |
| 科学研究事业 | 6.6 | 0.05% |
| 综合技术服务业 | 172.27 | 1.23% |
| 水利、环境和公共设施管理业 | 16.4 | 0.12% |
| 居民服务和其他服务业 | 333.93 | 2.38% |
| 教育 | 26.23 | 0.19% |
| 卫生、社会保障和社会福利事业 | 102.3 | 0.73% |
| 文化、体育和娱乐业 | 36.7 | 0.26% |
| 公共管理和社会组织 | 0 | 0.00% |
| 中间投入合计 | 14,020.85 | |

体现不同技术的技术特点，按总发电量比例、总发电成本比例、总装机投资成本比例等不同标准进行拆分

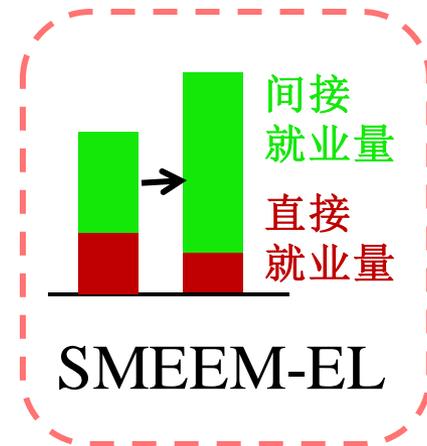
体现该技术投资运营和燃料类投入的比例

拆分前后横向和纵向加和不变



电力行业减排将创造更多的全社会就业量

- ◆ 电力行业减排会出现自身直接就业量下降的情况。
- ◆ 电力行业越依靠可再生能源发电，所创造就业岗位就越多。
- ◆ 到2020年，相比用大煤电发电的情况，
 - ◆ 太阳能发电比例每提高1%，全社会就业岗位数就增加0.16%
 - ◆ 生物质发电比例每提高1%，全社会就业岗位数就增加0.06%
 - ◆ 核电和风电发电比例每提高1%，全社会就业岗位数就增加0.01%（约4万人）





行业减排的环境影响研究

——以电力行业为例

◆ 电力行业温室气体减排的主要措施

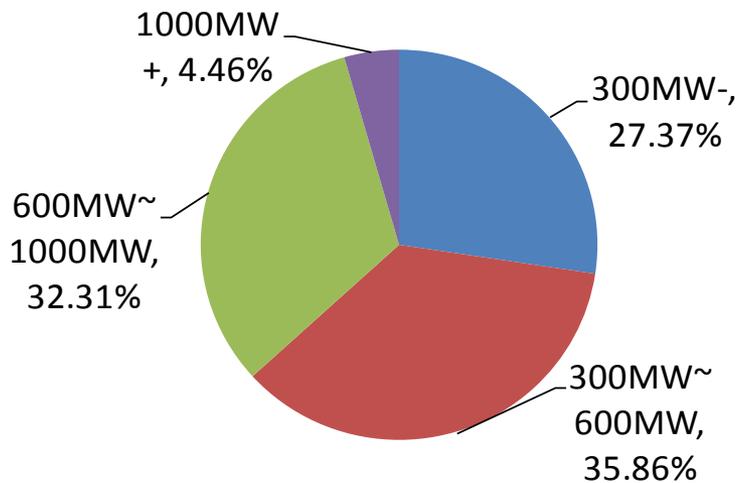
◆ 发展可再生能源 **← 关键**

◆ 上大压小 } 潜力越来越小
◆ 燃料替换 }

(煤→天然气)

中国电力行业装机构成（2010年）

近一半机组均为“十一五”期间新建。



资料来源：国家电监会，2011。



可再生能源发电环境共生效应的计算方法

- ◆ 基准线是关键——借鉴CDM项目碳减排效应的度量方法——以并网的电网作为构建基准线的基础
- ◆ $tSO_2/ktCO_2$, $tNO_x/ktCO_2$, $tPM_{2.5}/ktCO_2$

| | | SO ₂ 年 减排量 | NO _x 年 减排量 | PM _{2.5} 年 减排量 | CO ₂ 年 减排量 | 环境共生效应 (Coabatement rates) |
|---------------|-----|------------------------------|--------------------------|----------------------------|--------------------------|----------------------------------|
| 零排放 可再生能源 | 水电 | A=年发电量×电网基准线排 放因子 | | | B | A/B |
| | 风电 | | | | | |
| | 太阳能 | | | | | |
| 非零排放可 再生能源 | 生物质 | C=年发电量×电网基准线排 放因子-自身污染物排放 | | | 关键 | C/B |

考虑到数据可得性、以及CO₂年减排量与其他污染物减排量的可比性，研究采用了中国CDM项目数据库中的可再生能源发电项目作为研究对象。



各电网常规污染物的基准线排放因子

- ◆ 可再生能源发电项目对电网有两种影响方式：
 - ◆ **影响电网的发电和运行调度**，减少电网系统调度顺序中被优先调度“下岗”的那些电厂的发电量的一部分。这部分发电量加权后的排放因子就称为电量边际基准线。英文称为Operation Margin，简称OM，强调的是和电网运行调度相关，又称运行边际。显然，电网中低运行成本处于基荷的和必须运行的电厂，比如水电和核电，不会受影响，因此应当被排除在运行边际之外
 - ◆ **影响电网的容量建设**，即推迟或改变或取消某些电厂装机容量的建设计划，这部分容量加权后的排放因子就称为容量边际基准线。英文称为Build Margin，简称BM，又称容量边际
- ◆ **可再生能源类CDM项目的基准线排放因子**应当是电量边际排放因子（ $EF_{OM,y}$ ）和容量边际排放因子（ $EF_{BM,y}$ ）的**加权平均**，又称组合边际CM。可以根据电网的具体情况应用不同的权重系数。根据中国此类CDM项目的操作惯例，权重 w_{OM} 和 w_{BM} 默认值为50%。对于风电和太阳能这种间歇性和非可调节性的可再生能源发电并网项目，取 $w_{OM}=0.75$ ， $w_{BM}=0.25$ 。



举例：各电网运行边际OM的计算

第y年的简单电量边际排放因子 (t/MWh)

$$EF_{\text{grid,OMsimple},y} = \frac{\sum_j \sum_i Q_{i,j,y}}{EG_y}$$

第y年j省燃料i的污染物排放量(t)

电力系统第y年向电网提供的电量(MWh)

其中 $Q_{i,j,y} = [(1 - p_y) \times r_{j,y} + (1 - r_{j,y})] \times K_{i,j} \times FC_{i,j,y}$

第y年火电厂安装污染物去除设施机组平均的污染物去除效率

第y年j省已投运污染物去除设施机组占该省火电装机容量比例

j省燃料i的污染物排放因子

第y年j省燃料i发电用消耗量

最后，取最近3年OM值的加权平均值。



各电网
二氧化硫
基准
线排放
因子

| 电网 | 2008年 | 2009年 | 2010年 | 三年加权 平均OM排 放因子 | 2010年BM 排放因子 | 组合边际排放因子 | |
|----|---------|---------|---------|----------------------|-----------------|----------------|----------------|
| | | | | | | 风能及太阳能 | 其他 |
| 华北 | 0.00522 | 0.00359 | 0.00219 | 0.00357 | 0.00044 | 0.00279 | 0.00200 |
| 东北 | 0.00509 | 0.00324 | 0.00217 | 0.00345 | 0.00023 | 0.00265 | 0.00184 |
| 华东 | 0.00443 | 0.00328 | 0.00231 | 0.00327 | 0.00049 | 0.00257 | 0.00188 |
| 华中 | 0.00632 | 0.00400 | 0.00235 | 0.00405 | 0.00032 | 0.00312 | 0.00219 |
| 西北 | 0.00675 | 0.00342 | 0.00199 | 0.00386 | 0.00039 | 0.00299 | 0.00213 |
| 南方 | 0.00573 | 0.00356 | 0.00239 | 0.00377 | 0.00020 | 0.00288 | 0.00199 |

各电网
氮氧化
物基准
线排放
因子

| 电网 | 2008年 | 2009年 | 2010年 | 三年加权 平均OM排 放因子 | 2010年BM排 放因子 | 组合边际排放因子 | |
|----|---------|---------|---------|----------------------|-----------------|----------------|----------------|
| | | | | | | 风能及太阳能 | 其他 |
| 华北 | 0.00537 | 0.00499 | 0.00350 | 0.00456 | 0.00030 | 0.00349 | 0.00243 |
| 东北 | 0.00600 | 0.00558 | 0.00378 | 0.00508 | 0.00029 | 0.00388 | 0.00269 |
| 华东 | 0.00441 | 0.00409 | 0.00246 | 0.00376 | 0.00033 | 0.00290 | 0.00204 |
| 华中 | 0.00540 | 0.00477 | 0.00324 | 0.00438 | 0.00018 | 0.00333 | 0.00228 |
| 西北 | 0.00505 | 0.00498 | 0.00331 | 0.00435 | 0.00027 | 0.00333 | 0.00231 |
| 南方 | 0.00472 | 0.00443 | 0.00299 | 0.00398 | 0.00012 | 0.00301 | 0.00205 |

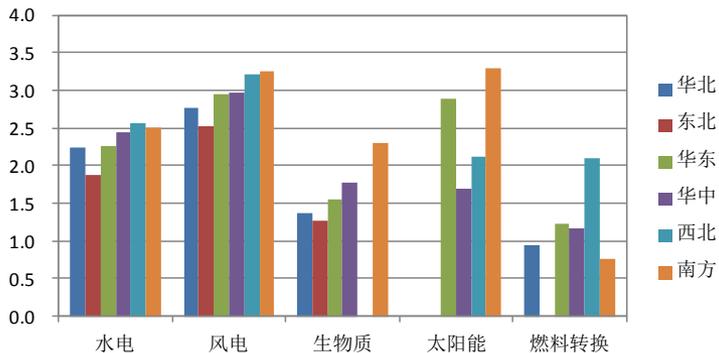
各电网
PM_{2.5}基
准线排
放因子

| 电网 | 2008年 | 2009年 | 2010年 | 三年加权 平均OM排 放因子 | 2010年BM排 放因子 | 组合边际排放因子 | |
|----|---------|---------|---------|----------------------|-----------------|----------------|----------------|
| | | | | | | 风能及太阳能 | 其他 |
| 华北 | 0.00051 | 0.00048 | 0.00045 | 0.00048 | 0.00010 | 0.00038 | 0.00029 |
| 东北 | 0.00087 | 0.00077 | 0.00071 | 0.00078 | 0.00012 | 0.00062 | 0.00045 |
| 华东 | 0.00053 | 0.00050 | 0.00047 | 0.00050 | 0.00014 | 0.00041 | 0.00032 |
| 华中 | 0.00065 | 0.00056 | 0.00053 | 0.00057 | 0.00007 | 0.00045 | 0.00032 |
| 西北 | 0.00043 | 0.00039 | 0.00035 | 0.00039 | 0.00007 | 0.00031 | 0.00023 |
| 南方 | 0.00061 | 0.00053 | 0.00049 | 0.00054 | 0.00005 | 0.00042 | 0.00029 |

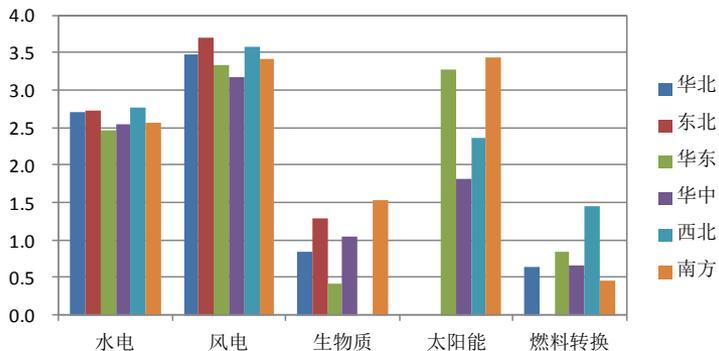


可再生能源发电环境共生效应的计算结果

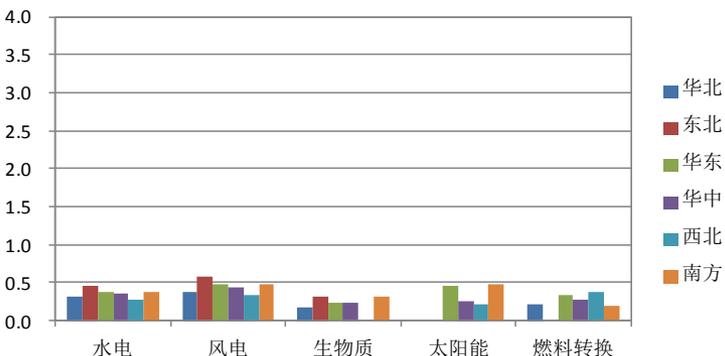
tSO₂/ktCO₂



tNO_x/ktCO₂

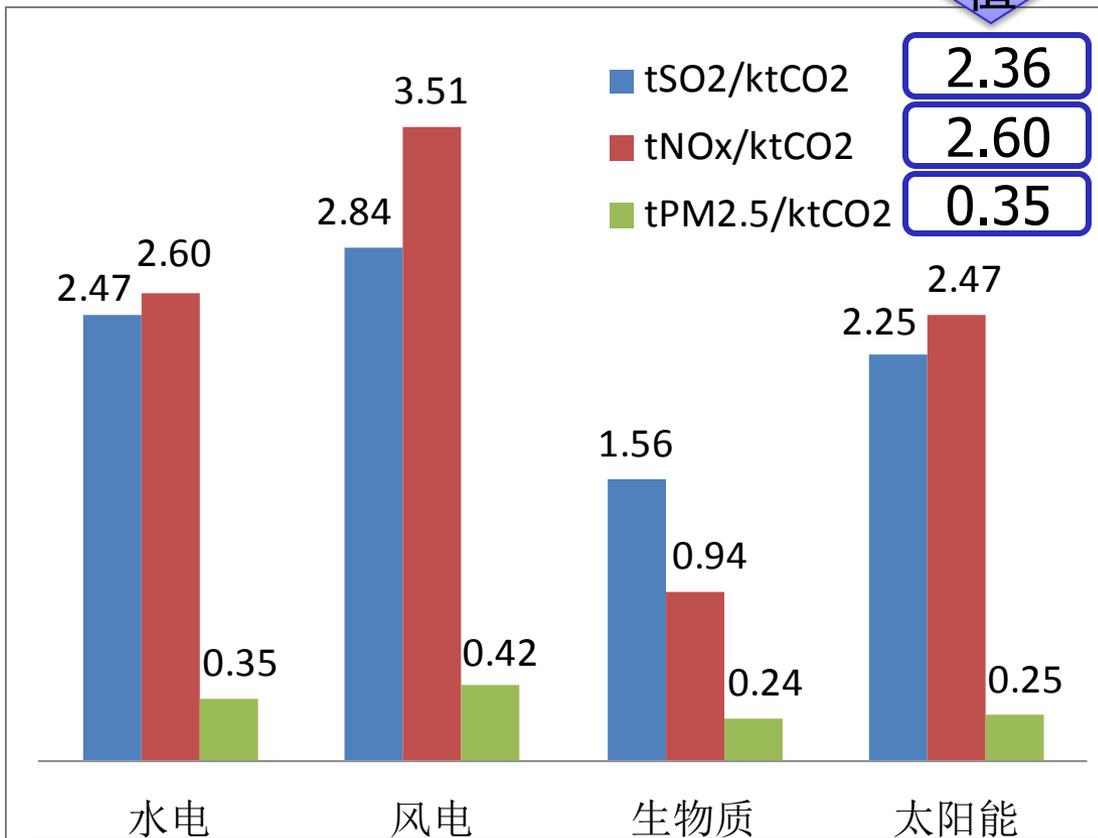


tPM_{2.5}/ktCO₂



全国情况

加权
平均
值



电力行业每实现1亿吨CO₂的减排量，将同时减少23.6万吨SO₂，26万吨NO_x，3.5万吨PM_{2.5}。

从2010年数据来看，电力行业每通过可再生能源减排1%的CO₂，将同时减少1%的SO₂，0.6%的NO_x，和0.7%的PM_{2.5}。因此行业减排可带来显著且积极的环境共生效应。



行业减排的机制设计研究

- ◆ 不展开讲。核心目标就是研究设计于我有利的方案和案例示范，为我国参与德班平台提高减排力度的谈判提供积极主动的备选方案。
- ◆ 研究方法：问卷调查、统计与计量分析、专家访谈、影响模拟

| 设计要素 | 主要内容 |
|-----------|--|
| 机制类型 | 行业信用机制 & 行业排放贸易 |
| 行业类别 | 哪些行业适合参与，先后顺序 |
| 覆盖范围 | (1) 行业边界 (2) GHG种类 (3) 上游覆盖 & 下游覆盖 |
| 基准线设定 | (1) 基准信类型 (2) 设定方法 (3) 与现有政策的关系 |
| 操作流程 | (1) 信用：激励机制实施方法 (2) 贸易：如何分配排放配额 (3) 交易的开始时间和长度 |
| 数据收集和MRV | 精确度和成本之间的权衡 |
| 履约机制和惩罚机制 | 京都议定书 & 蒙特利尔协议 |
| 管理方式 | 联合国集中管理 & 各国分散管理 |
| 与CDM的关系 | (1) 与CDM独立并存 (2) 逐步淘汰CDM (3) 继续保留CDM并将CDM整合到行业市场机制 |



现存研究问题



- ◆ 不同的方法学对减排的潜力和成本解读可能差别很大，因此亟需在一个统一的方法学框架下开展研究 – 存在建立“混合模型”的迫切需求。
- ◆ 对技术变化的处理方式对减排成本的判断有着巨大的影响。传统的技术外生处理已经难以模拟技术类政策的模拟需求。因此需要在模型中引入技术内生。
- ◆ 全球尺度的行业减排的影响研究
- ◆ 影响研究的分配效应（distributional effects） - IPCC AR5
- ◆ 对影响的更全面评估范围扩充（能源、环境、经济、社会、产业竞争力、健康等） - IPCC AR5
- ◆ 改变消费模式对行业减排的影响（Demand-side management） - IPCC AR5



谢谢!

蔡闻佳

Add: 清华大学伟清楼604室

E-mail: wcai@tsinghua.edu.cn



相关文献

- ◆ 蔡闻佳, 王灿, 陈吉宁. 行业温室气体减排方法最新进展评述. *气候变化研究进展*, 2010, 6(1): 47-52.
- ◆ 王灿. 行业方法问题及谈判进展//应对气候变化报告(2009). 北京: 社会科学文献出版社, 2009: 165-181.
- ◆ **Cai W**, Wang C, Liu W, et al. Sectoral Analysis for International Technology Development and Transfer: Cases of Coal-fired Power Generation, Cement and Aluminium in China. *Energy Policy*, 2009, 37: 2283-2291.
- ◆ **Cai W**, Wang C, Chen J. Revisiting CO₂ Mitigation Potential and Costs in China's Electricity Sector. *Energy Policy*, 2010, 38: 4209-4213.
- ◆ **Cai W**, Wang C, Chen J, Wang S. Green Economy and Green Jobs: Myth or Reality? The Case of China's Power Generation Sector. *Energy*, 2011, 36: 5994-6003.
- ◆ **Cai W**, Wang C, Chen J, Wang S. Sectoral Crediting Mechanism: How Far China has to Go. *Energy Policy*, 2012 (48): 770-778.
- ◆ **Cai W**, Wang C, Chen J. Quantifying Baseline Emission Factors of Air Pollutants in China's Regional Power Grids. *Environmental Science & Technology*, 2013 (DOI: 10.1021/es304915q)