

# LCIA评价方法与本地化

王洪涛 Hongtao WANG

College of Architecture and Environment

Sichuan University

wanghongtao@outlook.com

2001 – 2013



# 生命周期影响评价

## Life Cycle Impact Assessment (LCIA)

### ■ ISO 定义

phase of life cycle assessment aimed at understanding and evaluating the magnitude and significance of the potential environmental impacts for a product system throughout the life cycle of the product (using the LCI results)

#### Mandatory elements

- Selection of impact categories, category indicators and characterization models
- Classification: assignment of LCI results
- Characterization: calculation of category indicator results
- LCIA results: category indicator results (LCIA profile)

#### Optional elements

- 归一化 Normalization: calculation of the magnitude of category indicator results relative to a reference (e.g. national summation, or a baseline scenario)
- Grouping: sorting and possibly ranking of the impact categories (e.g. high, medium, and low priority);
- 加权 Weighting: converting and possibly aggregating indicator results across impact categories using numerical factors based on value-choices; There is no scientific basis for reducing LCA results to a single overall score or number.



# 内容提纲

- 特征化方法：模型与因子
- 中国资源稀缺度因子和指标 – CADP
- 生命周期节能减排综合评价方法和指标 – ECER



# 特征化方法开发

方法开发步骤	示例一	示例二
1. 选择一种环境影响类型	全球暖化	酸化
2. 找出相关清单物质	各种温室气体 (GHG)	各种酸性物质排放
3. 建立环境影响模型 (因果链)	辐射升温模型 (mid-point) / 升温损害模型 (end-point)	大气输运 (mid-point) / 沉降/损害模型 (end-point)
4. 选择一个效果参数	IPCC方法采用辐射增强效果 (mid-point)	CML方法采用电离出H <sup>+</sup> 数量 (mid-point)
5. 选择一种基准物质	以1kg CO <sub>2</sub> 为基准物质	以1kg SO <sub>2</sub> 为基准物质
6. 得出各清单物质的特征化因子 (当量因子, 折算因子)	各温室气体的当量值	各酸性物质的当量



# IPCC温室气体特征化因子（部分）

GHGs	Radiative Efficiency (W/m <sup>2</sup> *ppb)	Lifetime (years)	Global warming potential (GWP) for given time horizon		
			20-yr	100-yr	500-yr
CO <sub>2</sub>	1.4x10 <sup>-5</sup>	30–95	1	1	1
CH <sub>4</sub>	3.7x10 <sup>-4</sup>	12	72	25	7.6
N <sub>2</sub> O	3.03x10 <sup>-3</sup>	114	289	298	153
CCl <sub>2</sub> F <sub>2</sub>	0.32	100	11 000	10 900	5 200
CHClF <sub>2</sub>	0.2	12	5 160	1 810	549
CF <sub>4</sub>	0.10	50 000	5 210	7 390	11 200
C <sub>2</sub> F <sub>6</sub>	0.26	10 000	8 630	12 200	18 200
SF <sub>6</sub>	0.52	3 200	16 300	22 800	32 600
NF <sub>3</sub>	0.21	740	12 300	17 200	20 700



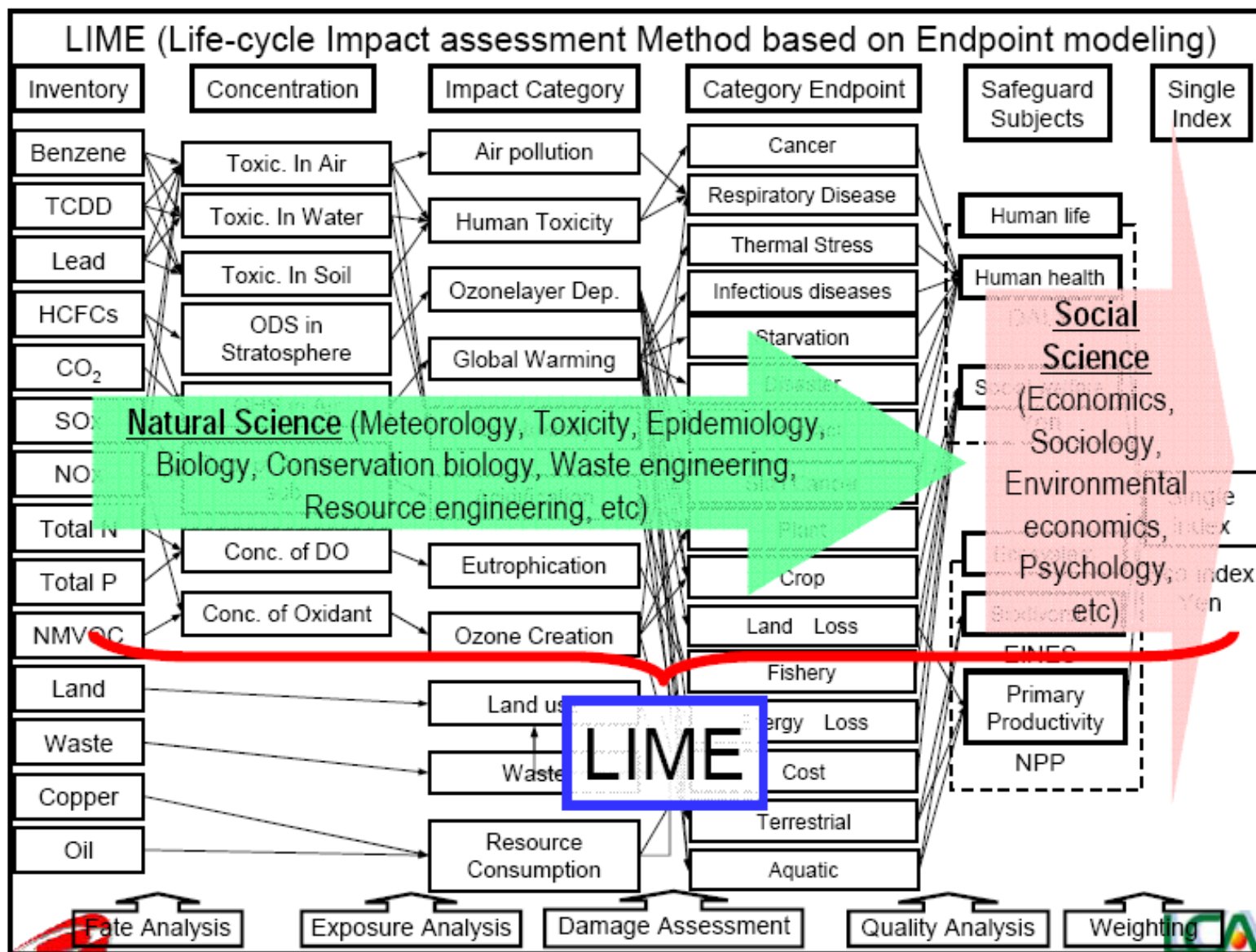
# 特征化因子

	ADP(/kg)	EDP(MJ)	GWP	AP	HT	NP	ODP
Cd	$1.9 \times 10^{-9}$				580		
Pb	$1.3 \times 10^{-11}$				160		
Hg	$1.8 \times 10^{-7}$				120		
Cu	$2.9 \times 10^{-12}$				0.24		
Crude oil		42.3/kg					
Natural gas		35.7/m <sup>3</sup>					
CO <sub>2</sub>			1				
CFC-12			10900		0.022		1
CH <sub>4</sub>			25				
SO <sub>2</sub>				1	1.2		
NO <sub>x</sub>				0.7	0.78	0.13	
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>					0.02	0.33	
PO <sub>4</sub> <sup>+</sup>					0.00052	1	

(部分示例)  
(矩阵算法)



# LCIA研究：日本LIME模型



# 酸化模型的因果链

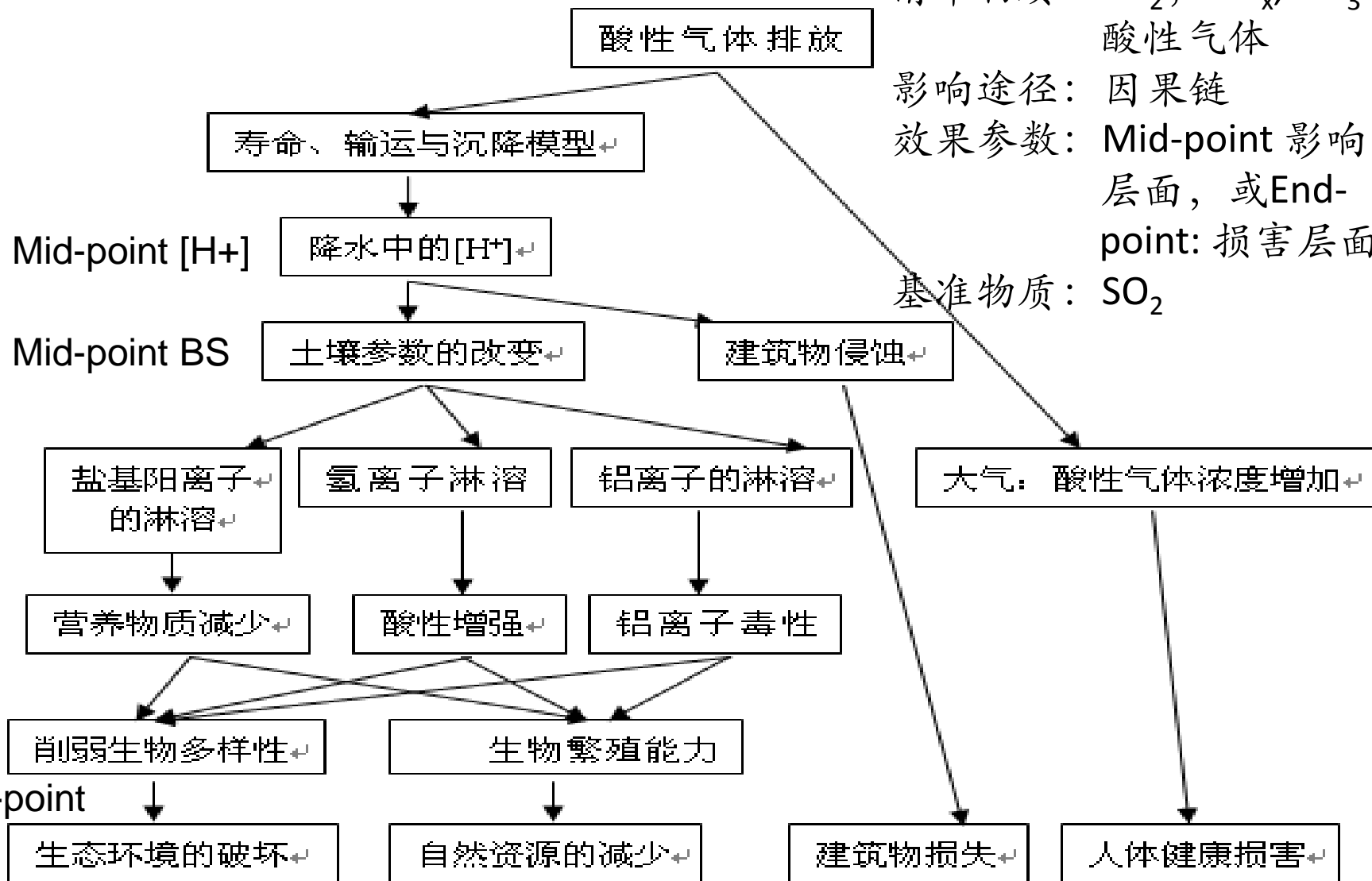
影响类型：酸化

清单物质： $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{NH}_3$ 等  
酸性气体

影响途径：因果链

效果参数：Mid-point 影响  
层面，或End-point: 损害层面

基准物质： $\text{SO}_2$



# 生命周期影响评价中的酸化模型

- CML给出的酸化特征化模型mid-point:

$$AP_i = \frac{\eta_i}{\eta_{SO_2}}$$

式中，AP（Acidification Potential，酸化潜值）为酸化模型的特征化因子

$\eta_i$  为每kg物质i产生的H<sup>+</sup>的数量，mol·kg<sup>-1</sup>。

以SO<sub>2</sub>为基准物质，分子量64，H<sup>+</sup> = 2/64 mol·g<sup>-1</sup>

NO<sub>2</sub>分子量46，H<sup>+</sup> = 1/46 mol·g<sup>-1</sup>，故NO<sub>2</sub>特征化因子=0.7



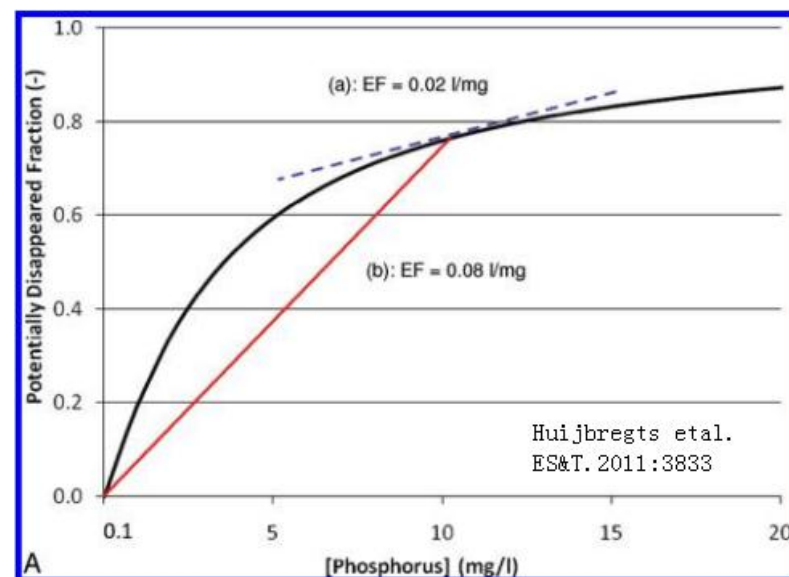
# El99 & ReCiPe 中的酸化模型计算

- 特征化因子 (end-point) 定义为:  $CF_x = \sum_j (A_j \cdot \frac{dPNOF_j}{dM_x})$   
dM<sub>x</sub> 为物质 x 的单位排放数量造成第 j 区域的森林植被减少 dPNOF<sub>j</sub>, A<sub>j</sub> 为区域 j 的森林覆盖面积

- 潜在被抑制植被面积的计算分解为三个部分:

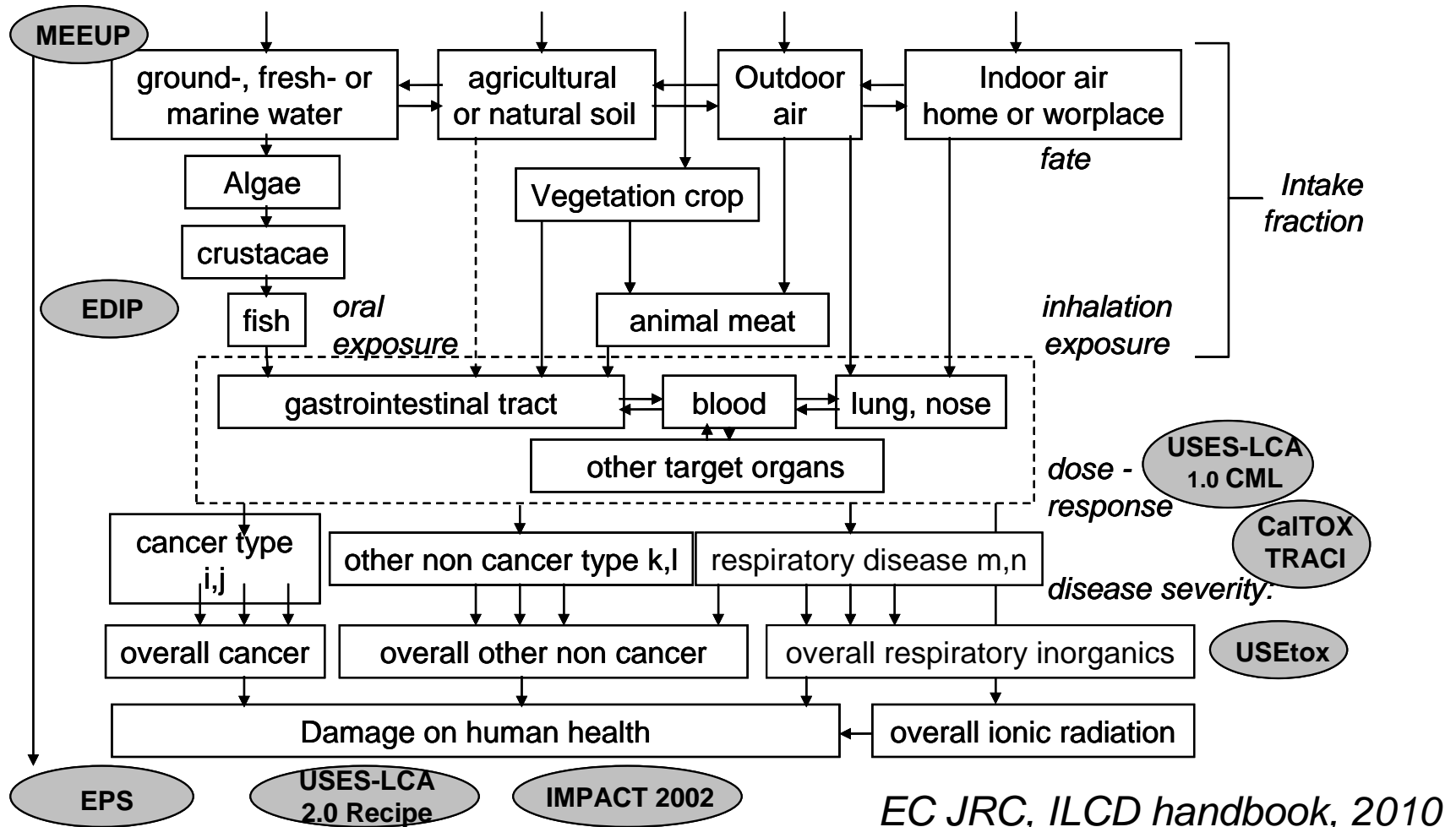
$$\frac{dPNOF_j}{dM_x} = \frac{dDEP_j}{dM_x} \cdot \frac{dBS_j}{dDEP_j} \cdot \frac{dPNOF_j}{dBS_j}$$

- 寿命与输运模型: 基于欧洲大气模型分析沉降量 DEP<sub>j</sub>
- 土壤变化: 基于欧洲土壤数据库, 分析土壤盐基饱和度 BS<sub>j</sub> 的变化
- 损害分析: 盐基饱和度变化导致的欧洲森林面积变化 EF (如右图中的切线所示)



# Characterization model of human toxicity

- 因果链 cause-effect chain
- 效果与指标 effect and indicators
- mid-point and end-point
- 区域化模型 regionalization



EC JRC, ILCD handbook, 2010

# 特征化模型的本地化

## ■ 特征化因子

- 是环境毒理学研究成果的重要应用方式，直接支持各种产品决策

## ■ Mid-point与End-point特征化因子的对比：

- Mid-point简单、通用性强，但并未直接衡量造成的环境影响和损害，另外可能被重复计算（例如NO<sub>2</sub>同时被计入酸化与富营养化）
- End-point试图衡量损害，可以包含地区差异，但建立环境模型需要大量数据，各个环节存在很大不确定度，并且难以涵盖所有损害方式。

## ■ End-point特征化因子需要本地化

- 国外的end-point因子并不适合于中国的环境条件，不应该用于中国的LCA评价



# 内容提纲

- 特征化方法：模型与因子
- 中国资源稀缺度因子和指标 – CADP
- 生命周期节能减排综合评价方法和指标 – ECER



# 中国资源稀缺度当量因子与指标 CADP (Chinese Abiotic Depletion Potential)

## □ 问题的提出

资源保护  
目标

- 制订了资源节约目标
- 但实现的途径在哪里？

产品及生  
产过程改  
进

- 绝大多数生产过程并不直接消耗资源
- 不知道其消耗的资源种类与数量？

生命周期  
清单分析

- LCI包含所有原料和能源的资源消耗
- 但资源种类太多，如何得到综合的资源指标？

资源稀缺  
度因子

- 稀缺度存在区域性差别，如何反映本地化稀缺度？
- 最终得到本地化资源消耗综合指标

侯萍, 王洪涛, 等. 中国资源能源稀缺度因子及其在LCA中的应用. 自然资源学报. 2012 (9).

# 中国资源稀缺度当量因子与指标 CADP

- 基于CML  $ADP_{world}$ ，用中国的资源自给率修正

$$ADP_i = \frac{DR_i}{R_i^2} \times \frac{R_{ref}^2}{DR_{ref}} \Rightarrow CADR_i = \frac{ADP_i}{SR_i} \times \frac{SR_{ref}}{ADP_{ref}} \leftarrow SR_i = \frac{Yield_i}{Consump_i}$$

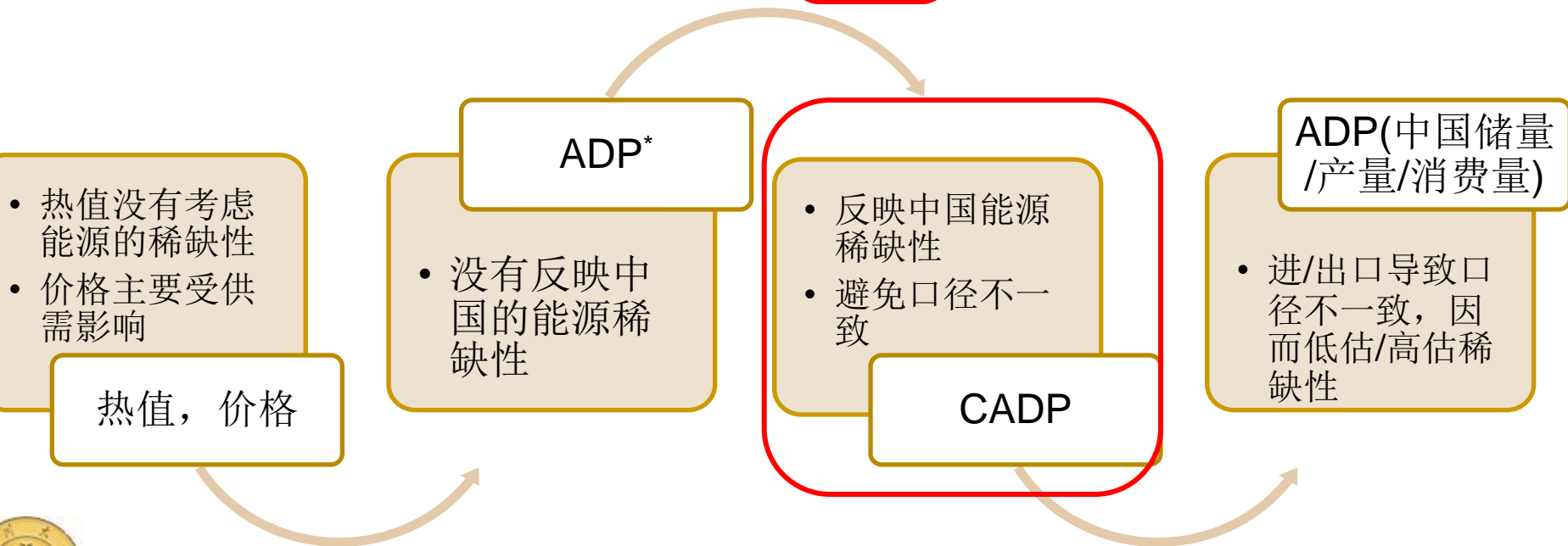
- CADP 稀缺度因子（仅部分，详见eBalance的LCIA管理器）

资源	产量 ( $kg \cdot yr^{-1}$ )	消费量 ( $kg \cdot yr^{-1}$ )	SR (%)	ADP ( $kg\ Sb\ eq.$ )	ADP/SR	CADP ( $kg\ coal-R\ eq.$ )
银Silver	$2.00 \times 10^6$	$1.73 \times 10^6$	116	$8.42 \times 10^0$	$9.67 \times 10^0$	$9.08 \times 10^6$
锑Antimony	$1.20 \times 10^8$	$9.02 \times 10^7$	133	$1.00 \times 10^0$	$1.00 \times 10^0$	$9.4 \times 10^5$
锡Tin	$1.26 \times 10^8$	$1.16 \times 10^8$	109	$1.15 \times 10^{-1}$	$1.41 \times 10^{-1}$	$1.32 \times 10^5$
钒Vanadium	$1.70 \times 10^7$	$1.70 \times 10^7$	100	$4.93 \times 10^{-3}$	$6.56 \times 10^{-3}$	$6.16 \times 10^3$
锌Zinc	$2.55 \times 10^9$	$2.93 \times 10^9$	87	$3.65 \times 10^{-3}$	$5.58 \times 10^{-3}$	$5.24 \times 10^3$
钛Titanium	$2.79 \times 10^8$	$4.16 \times 10^8$	67	$1.52 \times 10^{-3}$	$3.01 \times 10^{-3}$	$2.83 \times 10^3$
萤石Fluorspar	$2.70 \times 10^9$	$1.97 \times 10^9$	137	$2.62 \times 10^{-3}$	$2.54 \times 10^{-3}$	$2.39 \times 10^3$
铬Chromium	$6.16 \times 10^7$	$9.91 \times 10^8$	6	$1.96 \times 10^{-5}$	$4.20 \times 10^{-4}$	$3.95 \times 10^2$
稀土RE	$1.19 \times 10^8$	$5.19 \times 10^7$	229	$5.96 \times 10^{-4}$	$3.30 \times 10^{-4}$	$3.10 \times 10^2$
原油Crude oil	$1.89 \times 10^{11}$	$4.05 \times 10^{11}$	46.7	$9.87 \times 10^{-6}$	$2.81 \times 10^{-5}$	$2.64 \times 10^1$
天然气N. Gas	$8.52 \times 10^{10}$	$8.87 \times 10^{10}$	96	$7.02 \times 10^{-6}$	$9.73 \times 10^{-6}$	9.14
铁Iron	$1.54 \times 10^{11}$	$3.30 \times 10^{11}$	47	$1.66 \times 10^{-6}$	$4.73 \times 10^{-6}$	4.45
煤Coal	$3.05 \times 10^{12}$	$3.02 \times 10^{12}$	101	$8.08 \times 10^{-7}$	$1.06 \times 10^{-6}$	1

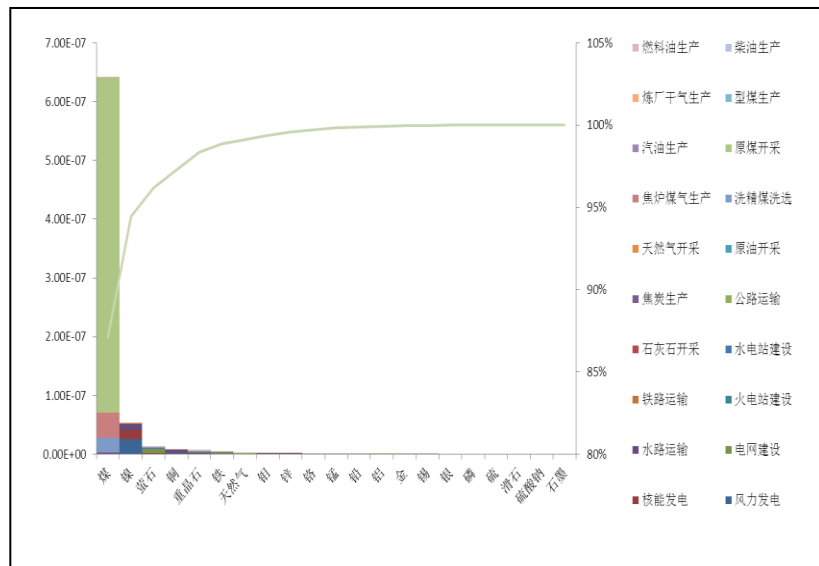
# 化石能源的折算因子对比

## ■ 中国化石能源的稀缺度因子CADP(fossil fuel)

化石能源	热值	价格	ADP*	CADP	ADP (中国储量/产量)	ADP (中国储量/消费量)
煤/kg	1	1	1	1	1	1
石油/kg	2	9.4	12.2	26.4	203	439
天然气/m <sup>3</sup>	1.78	2.75	8.69	9.14	60.5	63.6

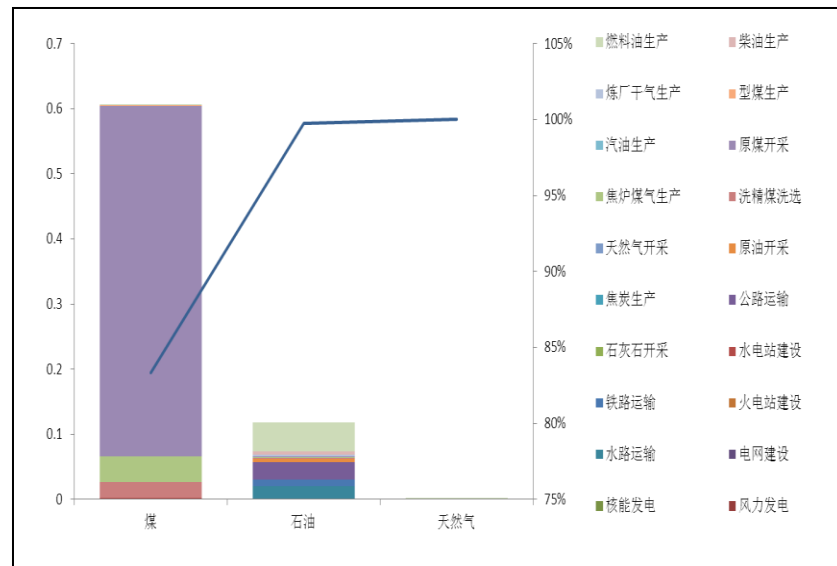


# 示例-电网电力的CADP (China)指标



所有矿石资源

CADP= $8.89 \times 10^{-7}$  kg Sb eq.



初级化石能源

CADP(China)=0.748kg coal-R eq.

**贡献分析：**最大的贡献来自火力发电过程中煤炭类燃料的消耗；其次来自石油，包括运输过程和发电过程的消耗，对于CADP指标还包括基础设施建设中镍、萤石、铜等资源的消耗。



# 内容提纲

- 特征化模型与因子
- 中国资源稀缺度因子和指标 – CADP
- 生命周期节能减排综合评价方法和指标 – ECER



# 中国的低碳与节能减排政策目标

《国民经济与社会发展规划纲要》以及《环境保护规划》中的关键目标

主要的节能减排政策目标	十一五	十二五
单位GDP CO <sub>2</sub> 排放减少	40-45%*	17%
单位GDP能耗减少	20%	16%
单位工业增加值用水减少	30%	30%
SO <sub>2</sub> 排放总量减少	10%	8%
COD排放总量减少	10%	8%
NO <sub>x</sub> 排放总量减少	-	10%
氨氮排放总量减少	-	10%
* 2005-2020目标		

- 相比于概念性目标，**更加客观**
- 相比于节能、节水、低碳经济等单项发展目标，**更加全面**：涵盖了中国现阶段最严峻的资源环境问题
- **更加务实**：如果节能减排目标达成将显著改善国家和人民的生存环境
- **更加严肃**：节能减排政策目标已成为各级政府的约束性指标。

政策目标向前推进了一大步，但如何才能实现？



# 实现节能减排目标的措施与前提

- 这些措施发挥作用的共同前提：**如何科学地评价各种措施方案的节能减排效果？**

## 节能减排政策目标

国家工信部组织的十一五支撑计划课题：节能减排技术评估指标体系与技术评估方法开发  
清华大学、四川大学、北京师范大学、中国环境科学研究院

### 企业层面 技术与管 理性措施

- 清洁技术研发
- 产品生态设计
- 清洁生产
- 绿色供应链管理等

### 宏观层面 政策性措 施

- 行政管制（行业准入、技术目录等）
- 财政补助、税收优惠、价格差异
- 政府采购、直接投资、区域规划等

### 市场化机 制

- 标准、标志、认证
- 绿色采购
- 排污交易等

# 节能减排评价中存在的方法问题

## 量化

- X 人为主观判断，随意性大
- V 评价指标应量化

## 全面

- X 片面强调优势指标，可能导致在不同影响类型间的问题转移
- V 评价指标体系应与节能减排政策目标对应

## 生命周期

- X 未考虑原材料生产过程，可能导致从一个生产阶段向其它阶段转移
- V 评价指标应包含上游原材料的生产过程

## 综合

- X 多个指标可能相互冲突
- V 应提供综合评价方法，最终得到单一的综合指标和明确的结论

LCA提供了最好的分析方法框架，但必须解决综合指标的算法



# 生命周期节能减排综合指标 ECER

节能减排政策目标	十二五目标	可比政策目标( $T_i$ )*	对应LCA指标( $A_i$ )
单位GDP CO <sub>2</sub> 减少	17%	17%	CO <sub>2</sub> 排放
单位GDP能耗减少	16%	16%	初级能耗
单位工业增加值用水减少	30%	30%	水耗
SO <sub>2</sub> 排放总量减少	8%	34%	SO <sub>2</sub> 排放
COD排放总量减少	8%	34%	COD排放
NOx排放总量减少	10%	36%	NOx排放
氨氮排放总量减少	10%	36%	氨氮排放

- $T_i$ : 各项政策目标均折算为可比的政策目标, 即“5年单位GDP排放量(或消耗量)减少的百分比”, 以此可对方案各指标的改进幅度进行评分 (\*注: 预计GDP年增长率7%)

## ECER综合指标

$$S = \sum_{i=1}^7 \frac{1}{T_i} \times \frac{A_i}{N_i} \times P_i$$

设重要性因子  $P_i=1$

## 方案对比评价的差值

$$\Delta S = \sum_{i=1}^7 \frac{(A_i^0 - A_i') / A_i^0}{T_i} \times \frac{A_i^0}{N_i}$$

- $A_i^0$ 和 $A_i'$ 分别为基准方案和改进方案的各项LCA指标
- $(A_i^0 - A_i') / A_i^0$ 为改进方案各指标相对于基准方案的改进幅度 (正数为改进)
- $[(A_i^0 - A_i') / A_i^0] / T_i$ 为政策达标度“得分” (=1为达标)
- $N_i$ : 各项政策目标的2010年基准值 (全国总量), 以此对达标度加权



# ECER的评价方法步骤

1. 选择基准方案和对比方案(目标与范围定义)
2. 建立生命周期模型及数据收集
3. 指标计算与对比分析
  - 得出基于政策目标的、单一的ECER综合指标
  - 设置基于政策目标的达标要求
  - 得出明确的结论
4. 分析与改进
  - 贡献分析、敏感度分析
  - 与技术可行性分析、成本效益分析、乃至社会因素的分析相结合

Wang H T, Hou P, et al. A Novel Weighting Method in LCIA and its Application in Chinese Policy Context// Matthias Finkbeiner. Towards Life Cycle Sustainability Management. Berlin: Springer, 2011: 65-72.

## ECER在数据库和工具上的实现 (2012.1发布)

- CLCD核心模型中区分了国内外生产过程
- eBalance允许用户区别标注国内外生产过程、ECER计算与分析、方案对比分析等功能



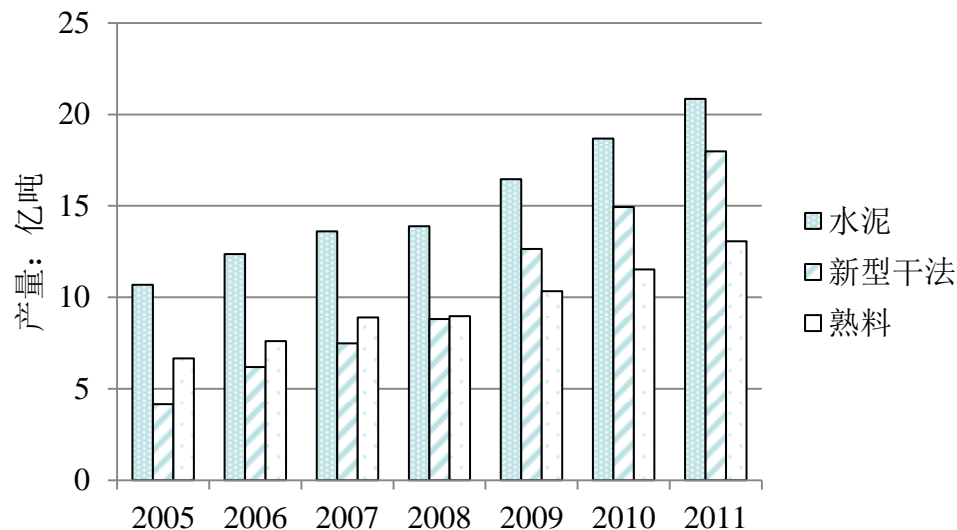
# 水泥技术的节能减排评价研究

## ■ 水泥行业的重要性

- 最大宗的材料：2011年中国产量超过20亿吨，约占全球60%
- 显著的能耗与排放

## ■ 问题的提出

- 在10多年的政策推动下，传统立窑被大量淘汰，新型干法份额 > 80%
- 新型半干法(JT窑)是立窑改进技术，并未得到推广
- 但2010年工信部：在西部地区，“尤其是新型干法水泥无法覆盖或运输成本极不合理的区域”，允许传统立窑改造为新型半干法JT窑。
- 从节能减排角度：大型新型干法vs新型半干法(JT窑)



# 水泥的生命周期建模

## ■ 功能单位

- 1吨普通硅酸盐水泥  
(熟料强度52.5 MPa)

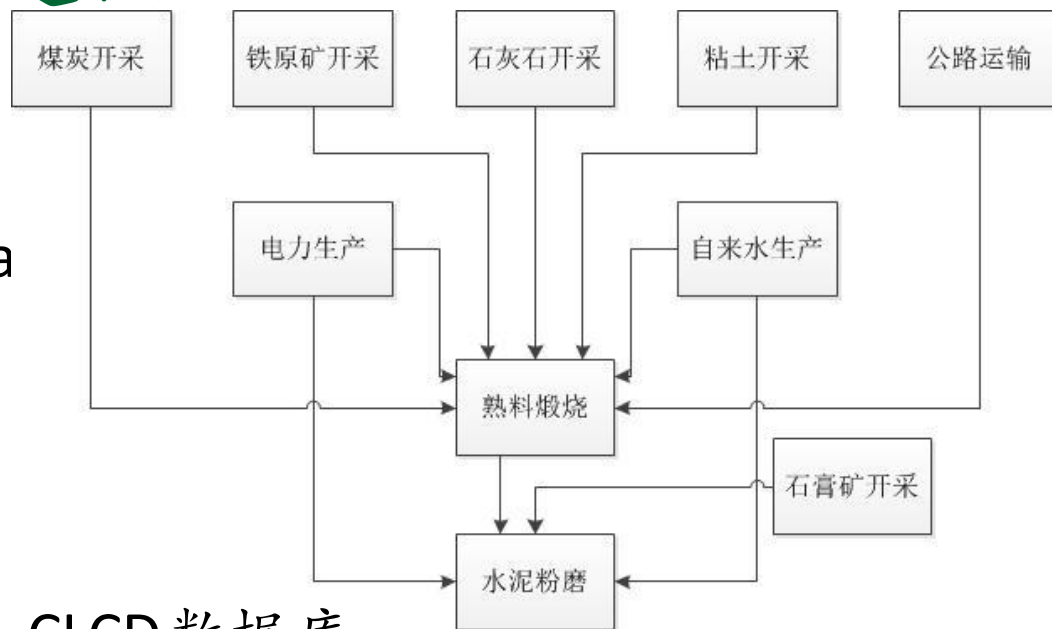
## ■ 产品系统 (如图)

## ■ 数据收集

- 上游原料生产过程: CLCD数据库
- 煅烧、粉磨过程: 统计资料、污染源普查、IPCC等文献

## ■ 评价指标

- 环境影响类型指标: 初级能源消耗(PED)、不可再生资源消耗(CADP)、温室效应(GHG)、酸化(AP)、富营养化(EP)及可吸入无机物(RI)
- 综合指标: 节能减排综合指标(ECER)



# 主体生产工艺对比

## ■ 主体生产工艺

- 大型新型干法（熟料日产量>4000吨）
- 中型新型干法（熟料日产量2000~4000吨）
- 小型新型干法（熟料日产量<2000吨）
- 传统立窑（熟料日产量~200吨）
- 新型半干法JT窑（熟料日产量~500吨）

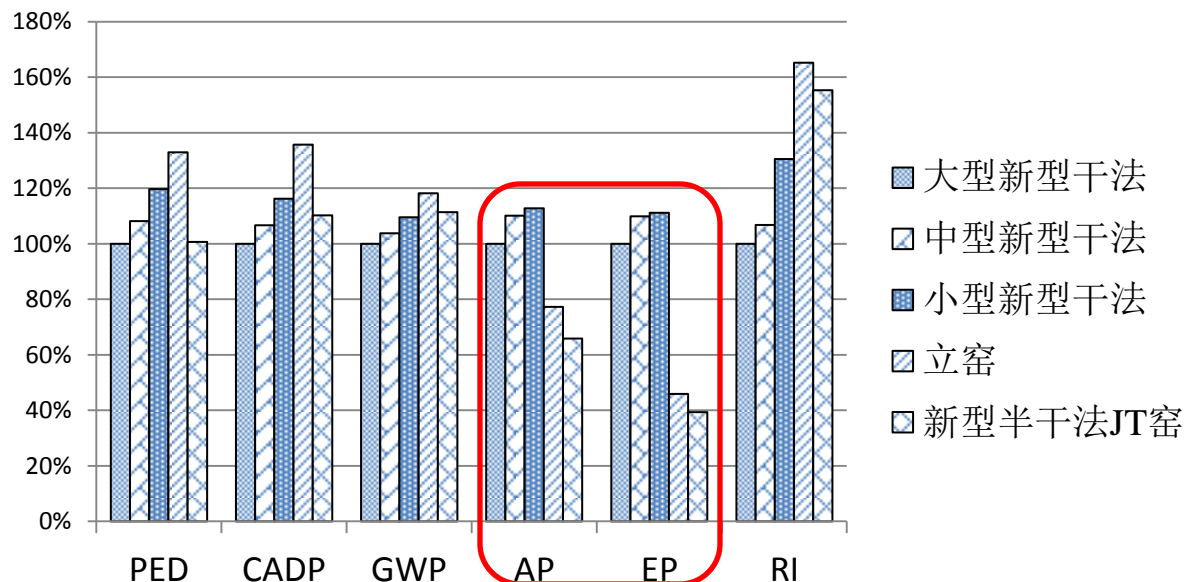
## ■ 数据收集

- 新型干法吨熟料余热发电量 35kWh
- 新型干法熟料强度 62.5 Mpa折算为52.5

$$M' = \sqrt[4]{\frac{52.5}{A}} \times M$$

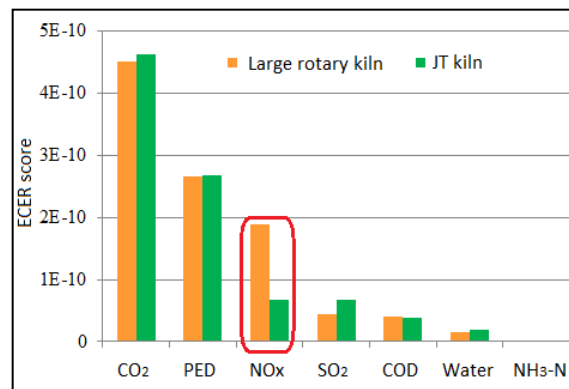
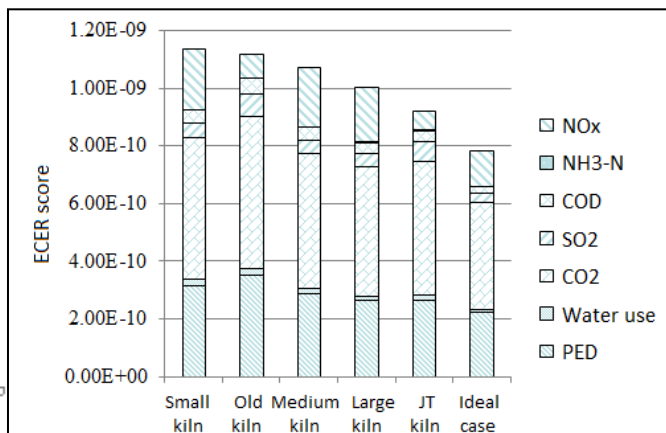
## ■ 环境影响类型指标结果

- 大型新型干法PED, CADP, GHG, RI占优
- JT窑AP, EP占优：低煅烧温度，低NOx排放
- 典型的环境问题转移，无结论



# 主体生产工艺对比 - 节能减排ECER指标

环境影响类型	大型新型干法	理想达标方案	中型新型干法	小型新型干法	立窑	新型半干法 JT 窑
初级能耗/kgce	126					126
工业用水/kg	681					820
生命周期指标						
CO <sub>2</sub> /kg	636					653
SO <sub>2</sub> /kg	0.325					0.5
COD/kg	0.169					0.165
氨氮/kg	4.07E-4					0.03E-4
NO <sub>x</sub> /kg	1.41					0.505
ECER 综合指标 (无量纲)						
初级能耗	2.66E-10	2.23E-10	2.88E-10	3.19E-10	3.54E-10	2.68E-10
工业用水	1.57E-11	1.1E-11	1.93E-11	1.97E-11	2.13E-11	1.90E-11
CO <sub>2</sub>	4.50E-10	3.74E-10	4.67E-10	4.91E-10	5.30E-10	4.63E-10
SO <sub>2</sub>	4.33E-11	2.86E-11	4.78E-11	5.11E-11	7.90E-11	6.65E-11
COD	3.96E-11	2.61E-11	4.39E-11	4.64E-11	5.31E-11	3.87E-11
氨氮	9.83E-13	6.29E-13	1.03E-12	1.06E-12	1.12E-12	9.76E-13
NO <sub>x</sub>	1.89E-10	1.21E-10	2.08E-10	2.10E-10	7.90E-11	6.78E-11
合计	1.004E-09	7.84E-10	1.075E-09	1.138E-09	1.118E-09	9.24E-10
改进幅度		-21.9%	+7.1%	+13.3%	+11.4%	-8.0%



# 结果与结论：JT窑vs大型新型干法

## ■ 分析结果

- 大型新型干法的PED、工业用水、CO<sub>2</sub>、SO<sub>2</sub>占优，JT窑的NO<sub>x</sub>、COD占优
- ECER指标：JT窑<大型干法<中型干法<立窑<小型干法

## ■ 结论与建议

- JT窑ECER综合指标比大型干法少8.0%，但无法用于替代大型新型干法达到理想达标水平；但可用于替代传统立窑和小型新型干法（JT窑比传统立窑少17%，比小型新型干法少19%）
- 从节能减排目标来看，至少在经济欠发达地区，JT窑应该是替代落后立窑、小型干法的首选，是实现水泥行业节能减排的重要途径
- JT窑虽优于大型新型干法，但远未达到政策目标要求。大型新型干法需要大力开发更新的改进技术



# 大型新型干法的敏感度分析与改进方向

清单数据	所在过程	敏感度	可能的改进方案
熟料	水泥粉磨	85.25%	减少熟料损耗，提高成品率
CO <sub>2</sub>	熟料煅烧	39.54%	可通过减少石灰石用量和煤耗量减少CO <sub>2</sub> 排放
原煤	熟料煅烧	20.19%	可采用固定蓖床冷却机技术，大推力、低一次风量多风道燃烧器减少煤耗量
电耗	水泥粉磨	14.28%	可采用辊压机+球磨机联合水泥粉磨系统，矿渣细粉生产技术，高效选粉机技术，立磨终粉磨水泥技术，矿渣与熟料分别粉磨技术来降低电耗
NO <sub>x</sub>	熟料煅烧	14.12%	可采用低NO <sub>x</sub> 燃烧技术，降低煅烧过程NO <sub>x</sub> 的排放量
电耗	熟料煅烧	6.15%	可采用余热发电、生料立磨及煤立磨粉磨技术，固定蓖床冷却机技术，脉冲行喷清灰袋除尘技术降低煅烧过程电耗
石灰石	熟料煅烧	1.94%	可采用电石渣替代技术，减少石灰石用量
水耗	熟料煅烧	0.93%	
SO <sub>2</sub>	熟料煅烧	0.88%	
石膏	水泥粉磨	0.41%	可利用石膏类工业副产品代替天然石膏

# 余热发电技术对比分析

## ■ 问题

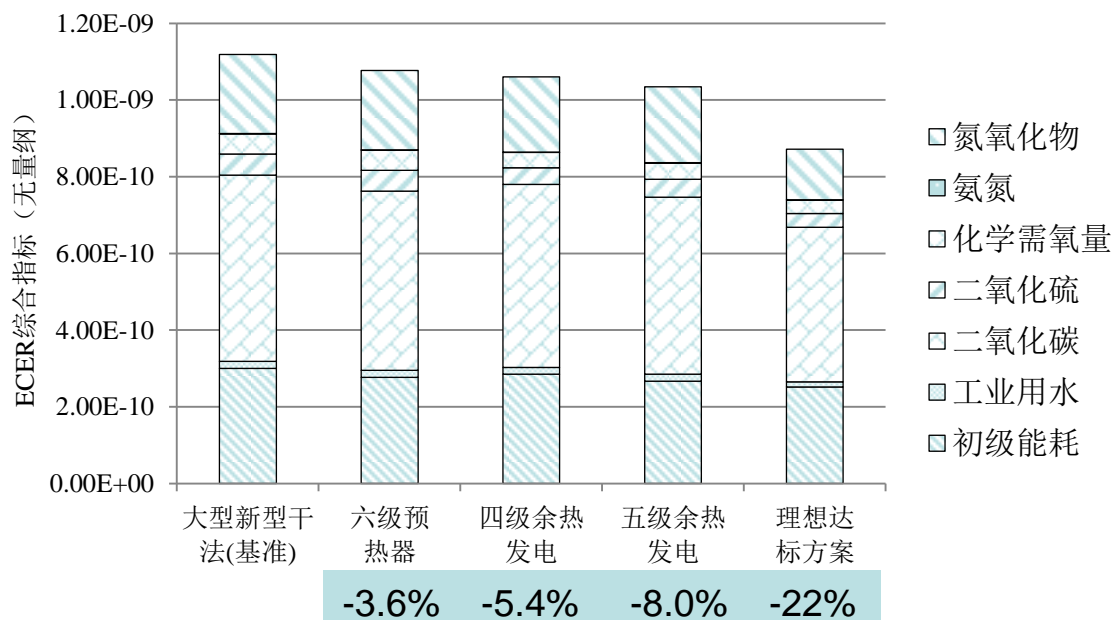
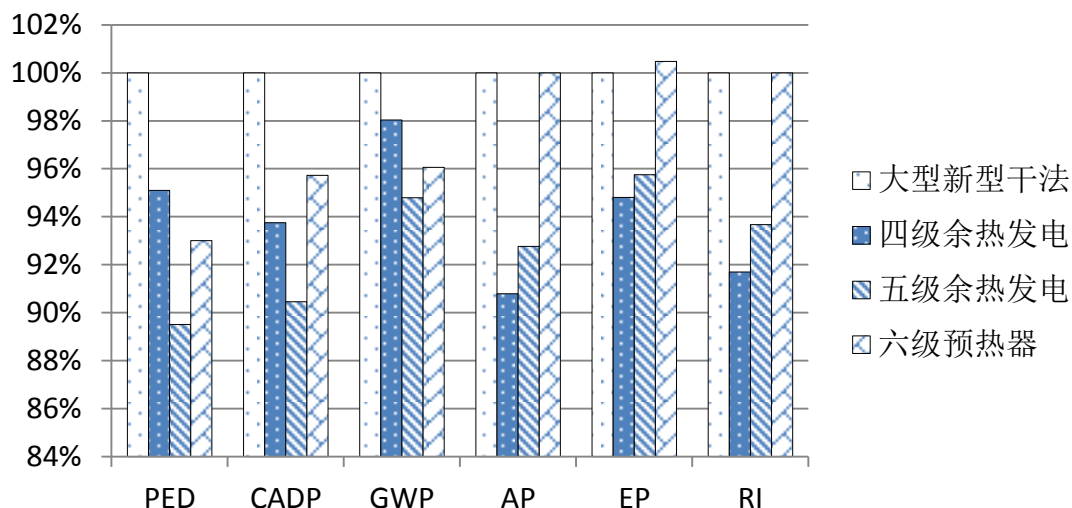
- 技术设备、工艺条件的选择：余热发电vs余热用于原料预热？

## ■ 对比

- 四级、五级预热器+余热发电、六级预热器(无余热发电)

## ■ 结果与结论

- ECER指标：五级<四级<六级，并非发电越多越好
- 敏感度分析显示余热发电效率已不重要



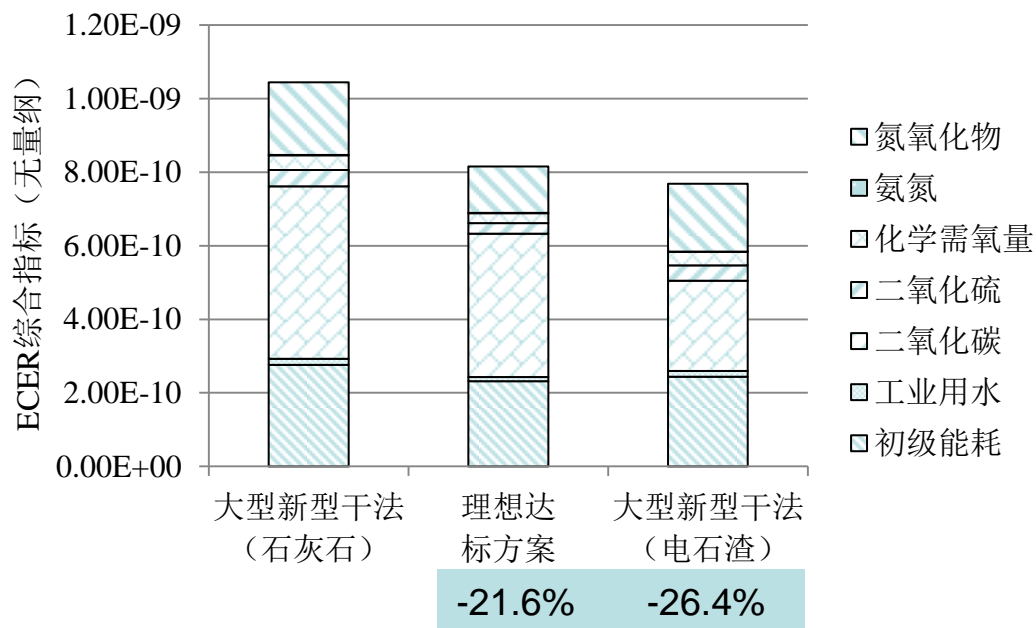
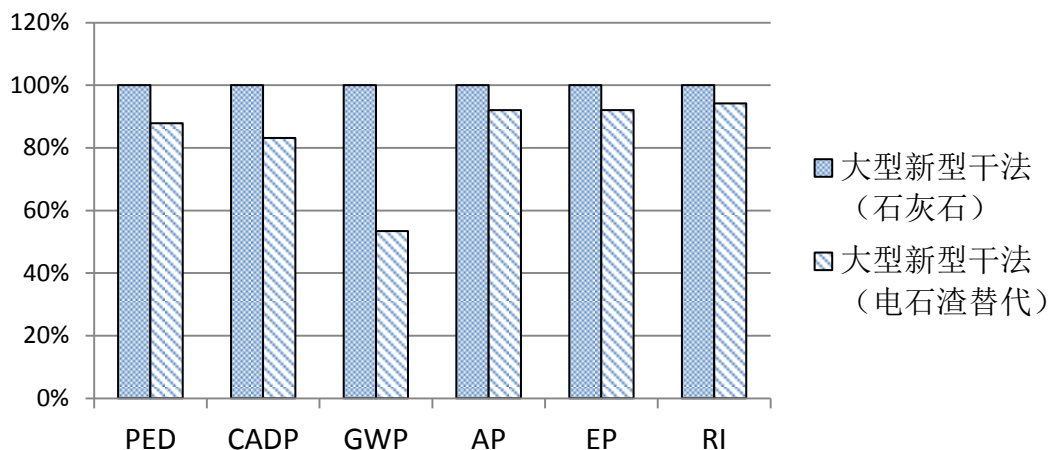
# 电石渣替代石灰石

## 优势

- 电石渣没有石灰石分解导致的 $\text{CO}_2$ 排放
- 分解温度和分解热低，可以降低煤耗
- 粉磨生料量减少，可以降低电耗

## 结果与结论

- 所有环境影响类型指标均减少
- ECER指标减少26.4%，好于达标方案
- 但国内电石渣年产仅2000万吨左右，而石灰石年用量16亿吨左右，可利用量少



# 实现节能减排目标的新途径

## ■ ECER：基于LCA和政策目标的节能减排评价方法

- 涵盖各节能减排目标、涵盖各生命周期阶段的量化指标
- 涵盖所有行业、所有企业、所有产品、所有措施
- 得出综合指标、达标要求和明确结论，支持决策

## ■ 新方法、新途径，发挥全部潜力

- 可以为各种产品设定达标目标，而不仅是“贡献大”的行业和企业
- 不仅是“现场”节能减排，也包括“节材”措施
- 支持各种措施的节能减排效果评价
  - 企业：产品生态设计、清洁生产、清洁技术研发、绿色供应链
  - 市场化机制：标准、认证、“节能减排ECER指标”交易
  - 政策措施：产品与技术目录、行业准入、财政补助、.....

支持更有效地达成政策目标



# 三部门文件推荐LCA方法用于节能减排技术评估

## 工业和信息化部 科学技术部 文件 财政部

工信部联节〔2012〕434号

### 关于加强工业节能减排先进适用技术 遴选 评估与推广工作的通知

各省、自治区、直辖市及计划单列市、新疆生产建设兵团工业和信息化、科技、财政主管部门，有关行业协会，相关单位：

为贯彻落实国务院《工业转型升级规划（2011—2015年）》和《“十二五”节能减排综合性工作方案》，工业和信息化部、科技部、财政部联合组织开展了国家科技支撑计划项目“重点行业节能减排技术评估与应用研究”，初步建立了工业节能减排技术遴选与评估方法，首批应用在钢铁、化工、建材等11个重点行业，筛选出600余项节能减排先进适用技术，完成了工业节能减

— 1 —

成本和技术优缺点，可作为节能减排先进适用技术的应用标杆和典型示范。

工业节能减排技术信息管理平台包括先进适用技术数据库、应用企业案例库和行业节能减排专家库，构建了技术初筛系统、辅助评估系统，可实现技术信息管理、技术定量评估、技术比选和统计分析等功能，可为工业节能减排技术遴选与评估、信息管理与服务提供技术支持。

- 附件：1. 工业节能减排技术评估指标体系与评估方法（详见 [jnjpfw.miit.gov.cn](http://jnjpfw.miit.gov.cn)）  
2. 钢铁、石化、有色、建材、汽车、轻工、纺织、电子信息、装备制造、船舶、医药等11个行业《技术目录》和《技术指南》、《应用案例》（同上）



— 10 —

# 《关于加强工业节能减排先进适用技术遴选评估与推广工作的通知》重点任务

- 加快构建工业节能减排技术遴选、评估与推广机制
- 鼓励采用多属性综合评估、生命周期评价、成本效益分析和专家辅助综合评估等定量技术评估工具，提高评估过程的科学性和评估结果的客观性
- 定期组织节能减排技术申报
- 加强节能减排技术推广服务体系建设

生命周期节能减排评价方法  
(ECER)

- 由四川大学、清华大学提出
- 由亿科在eBalance和CLCD上实现

这是继工信部“能效之星”实施方案中提出LCA要求之后，再次明确提出和推荐使用LCA方法，这有利于提高国内LCA工作的价值，并使其得到社会的广泛承认。

<http://www.miit.gov.cn/n11293472/n11293832/n11293907/n11368223/14844163.html>

<http://www.miit.gov.cn/n11293472/n11295091/n11299485/14739055.html>



# Compared with conventional damage-oriented weighting (DOW) methods

- DOW methods: such as panel methods, monetization methods (e.g. based on willingness-to-pay), etc., which try to value/weight the damages/severity of different categories.
- But so many subjective issues in DOW that ISO suggested weighting as an optional step. Unfortunately, without weighting (single score), LCAs are inconclusive.

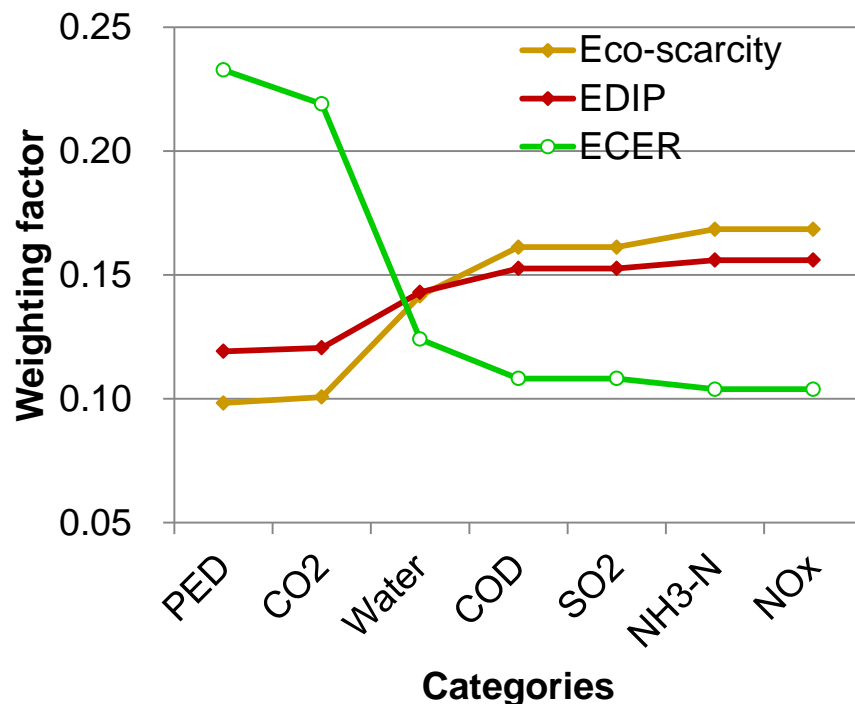
	DOW	TOW
<b>Purpose</b>	To minimize the damage	To achieve political targets consistently and efficiently
<b>Meaning of weighting factors (equivalence among categories)</b>	The same damage caused by different categories	The same degree of target achievement in different categories
<b>Value judgment involved</b>	By experts or somebody investigated	By policy makers



# Compared with Distance-to-target methods

## EDIP

$$WF(x) = \frac{\text{Actual impact potential for } x \text{ in reference year (1994)}}{\text{Target impact potential for } x \text{ in target year (2004)}}$$



## Eco-scarcity

$$Eco\text{-factor} = \underbrace{K}_{\text{Characterization (optional)}} \cdot \underbrace{\frac{1 \cdot EP}{F_n}}_{\text{Normalization}} \cdot \underbrace{\left( \frac{F}{F_k} \right)^2}_{\text{Weighting}} \cdot \underbrace{C}_{\text{Constant}}$$

- It means “the bigger the distance is, the more important the category is”, but the meaning is **vague**.
  - Because bigger distance doesn’t imply more damage /severity nor harder to be achieved.
- D-t-T methods will suggest to turn up the target (bigger distance), so that more favorable options will be selected, which is **illogic**.

$$-\frac{E_i^0 - E_i'}{E_i^0} \times \frac{E_{ref}}{E_{target}} \times \frac{E_i^0}{E_{ref}} = \sum_{i=1}^n \frac{A_i^0 - A_i'}{A_i^0} \times \frac{N_{ref}}{N_{target}} \times \frac{A_i^0}{N_{ref}}$$

e.g. when option' use extra energy to reduce emissions

# LCA研究与应用需解决的问题:

## 1. 目标与范围定义 Goal & Scope Definition

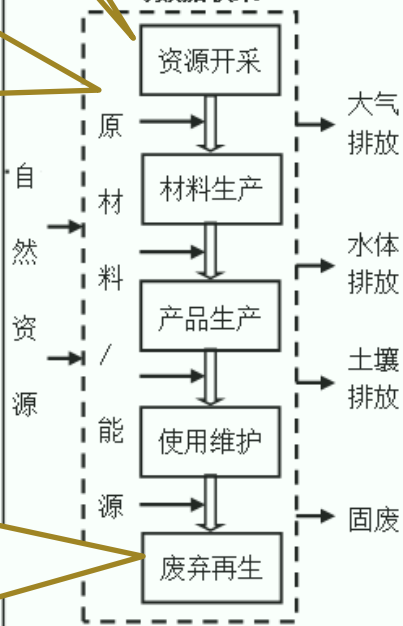
- 产品是什么? 问题是什么?
- 目标受众及目标应用
- 系统边界与环境影响类型

## 4. 生命周期解释 Interpretation

- 改进分析: 贡献、敏感度、潜力分析
- 方案对比分析

## 2. 生命周期清单分析 Life Cycle Inventory Analysis (LCI)

生命周期建模  
与数据收集



清单分析结果  
LCI results

/功能单位  
Water  
各种矿石  
Oil  
Coal  
CO<sub>2</sub>  
CH<sub>4</sub>  
CFC  
COD  
PO<sub>4</sub>  
NH<sub>3</sub>-N  
NO<sub>x</sub>  
SO<sub>2</sub>  
Hg  
PM2.5  
.....

## 3. 生命周期影响评价 Life Cycle Impact Assessment (LCIA)

影响类型指标  
(特征化指标)

不可再生资源损耗

初级能源消耗 PED

全球暖化 GWP

臭氧层损耗 ODP

富营养化 EP

酸化 AP

人体毒性 HT

.....

综合指标

权重因子

归一化指标

特征化因子

归一化基准值

LCA  
基础

软件  
工具  
支持  
本地  
化  
研  
究

本地  
化  
的  
评  
价  
指  
标

应用基  
础: 应  
用  
方  
法  
和  
工  
具  
如  
生  
态  
设  
计、  
清  
洁  
生  
产  
等

实际应  
用: 在  
行  
业、  
企  
业、  
政  
策  
中  
的  
应  
用

本地  
化  
基  
础  
数  
据  
库

数据  
质  
量  
评  
估  
与  
控  
制

废  
弃  
再  
生  
循  
环  
的  
建  
模  
方  
法