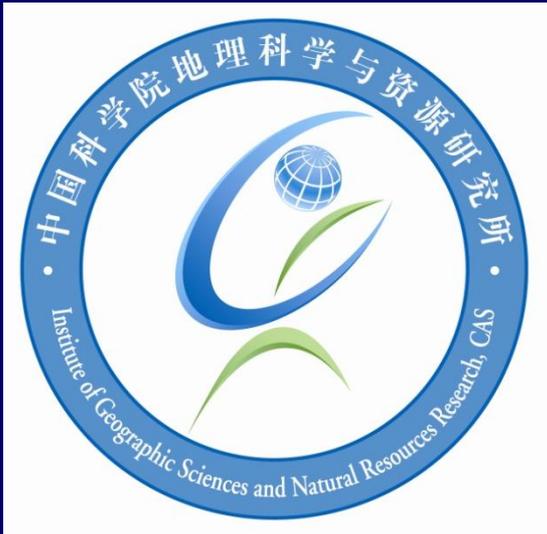


Joint workshop by MOST & IEA on
Carbon Capture and Storage: Opportunities in energy-intensive industry



Key Opportunities to Reducing Emissions in China's Cement Industry

Dr. Shen Lei

Professor, Deputy Department Head
Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS

Secretary-general of China Society of Natural Resources

Tuesday 16 October 2012
Beijing

Outline

- Situation of cement production in China
中国水泥生产现状
- Trend Judgments to Emissions from China's Cement Production
中国水泥生产排放的趋势判断
- Forecast on Potentials of Emission Reduction from Cement Production
2020年水泥减排潜力预估
- Major approaches to reduce emissions from cement production
中国水泥生产减排的主要措施

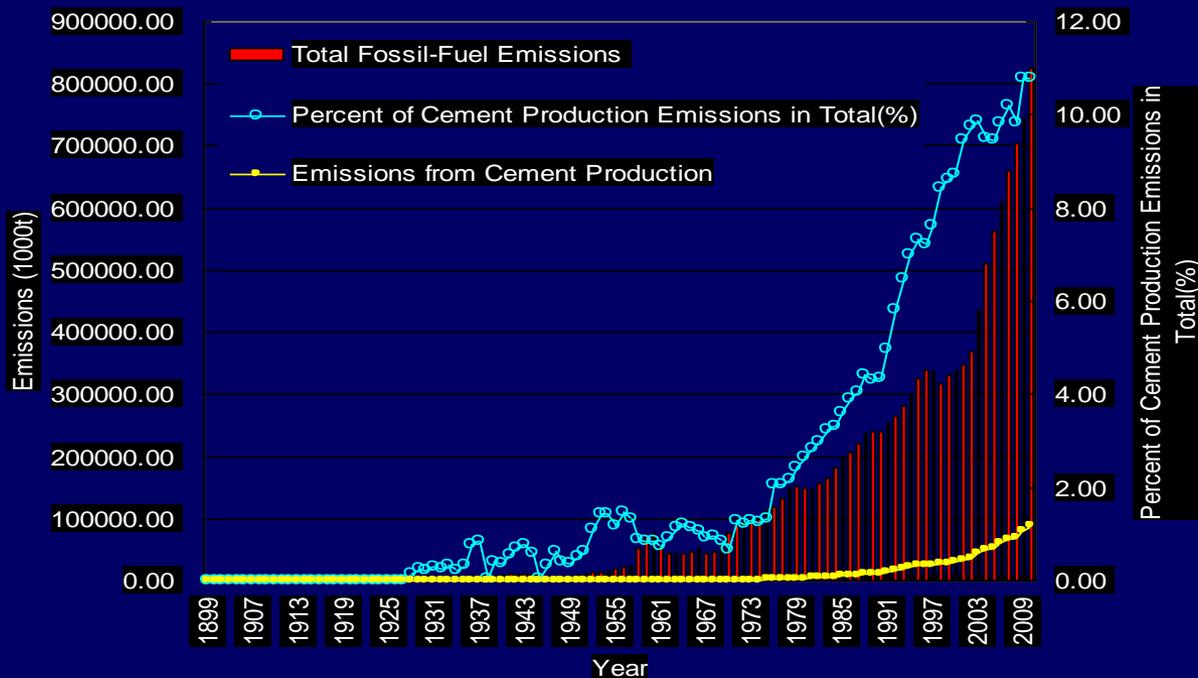
Situation of cement production in China

中国水泥生产现状

- 水泥是除煤电和钢铁业之外的工业生产过程中CO₂排放量最大的产业
 - 中国是世界上最大的水泥生产国。自1985年起，中国连续多年成为世界第一大水泥生产国，到2009年水泥产量达到16.3亿t，产量占全球产量的50%以上。水泥产量的不断增加，水泥生产CO₂排放量也逐年上升，2009年水泥生产消耗能源1.53亿t标准煤，占能源消耗的6.6%，中国水泥生产CO₂排放量约8.4亿吨，占中国碳排放总量的9.85%；
 - 国际上各种权威认证机构对中国水泥生产的碳排放量估计值都明显偏高，高估一般在15%~45%！

Situation of cement production in China

中国水泥生产现状

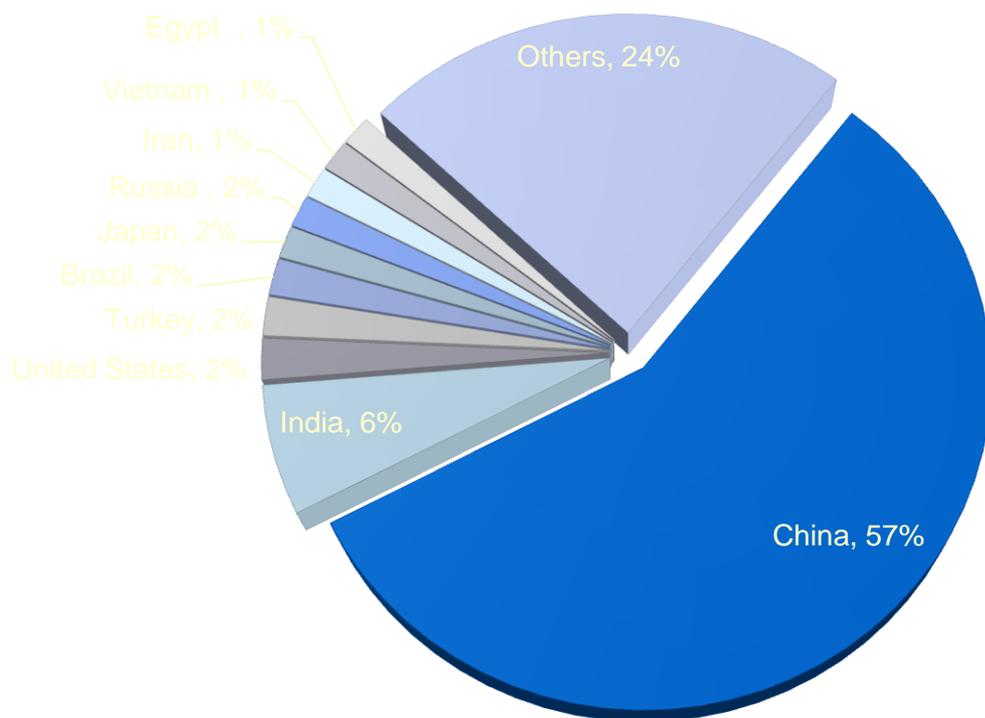


2009年水泥产量达到**16.3亿t**，占全球产量的**50%**以上，水泥生产消耗能源1.53亿t标准煤，占能源消耗的6.6%，**CO₂排放量约8.4亿t**，占中国碳排放总量的**9.9%**。

中国水泥生产碳排放量情况（1950-2010年）

数据来源：CDIAC, 2011

The top 10 cement-producing countries in 2010 accounted for **76%** of the total production, in which more than **50%** manufactured in China.



List of top 10 countries (Mt)

Rank	country
1	China
2	India
3	United States
4	Turkey
5	Brazil
6	Japan
7	Russia
8	Iran
9	Vietnam
10	Egypt

The top 10 countries and its proportion of the world's hydraulic cement production

Data sources: USGS(2010)

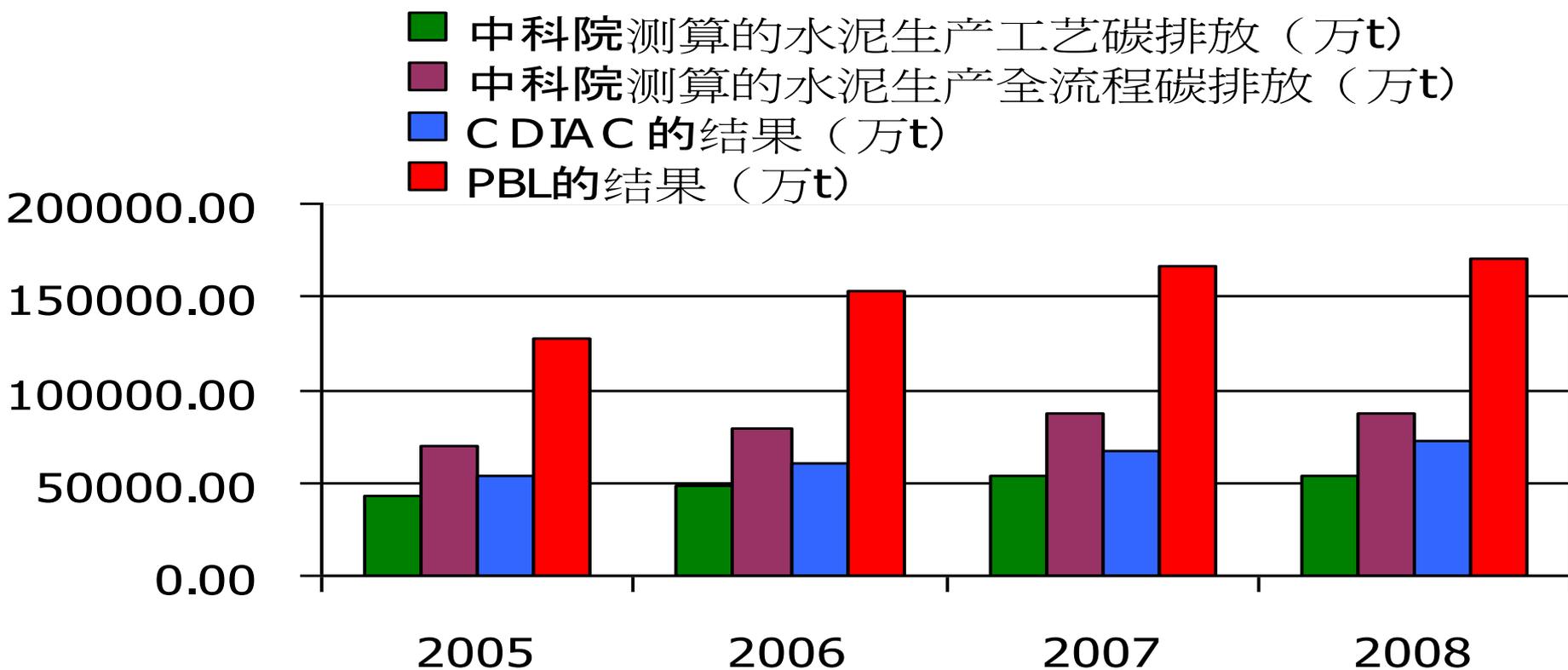
Estimate Differences of Various Agencies to China's Cement Production Emission

国际上不同机构对中国水泥生产碳排放的估计差异

年份	2005	2006	2007	2008
水泥产量 (万t)	106884.79	123676.48	136117.26	142011.00
熟料产量 (万t)	77900.00	87300.00	96200.00	97701.00
出口 (万t)	1078.49	1672.26	1781.41	1280.57
进口 (万t)	34.27	34.59	11.25	5.10
原料中碳酸盐的分解碳排放 (万t)	41619.39	46887.94	51649.87	52180.39
水泥窑系统的窑灰煅烧碳排放 (万t)	7104.98	8004.39	8817.31	8907.88
原料中有机碳的燃烧碳排放 (万t)	947.33	1067.25	1175.64	1187.72
传统化石燃料的燃烧碳排放 (万t)	18378.21	20704.69	22807.45	23041.72
水泥生产的电耗碳排放 (万t)	8233.88	9276.20	10218.29	10323.25
中科院测算的水泥生产工艺碳排放 (万t)	43277.22	48755.63	53707.24	54258.90
CDIAC的结果 (万t)	53300.13	60044.97	67320.02	72306.68
与CDIAC结果的偏差 (%)	18.80	18.80	20.22	24.96
PBL的结果 (万t)	128000.00	153000.00	167000.00	171000.00
与PBL结果的偏差 (%)	45.40	48.54	48.06	48.76

国外对中国水泥生产碳排放量测算结果相差悬殊，源于不准确的碳排放因子、活动水平以及不一致的研究边界

据2005-2008年的数据反演结果，发现：CDIAC的结果比我们计算的水泥生产工艺碳排放（扣除全部能源碳排放）还高18.80%-24.96%！
PBL的结果比我们测算的水泥生产全流程碳排放还高45.40%-48.76%！



Situation of cement production in China

中国水泥生产现状

- “十一五”期间中国水泥工业产业结构调整已取得丰硕成果，新型干法熟料产能所占比重已近80%。目前，水泥工业主要从淘汰落后产能向提高非碳酸盐原料比重，提高燃料综合利用率方向转变；
- 2010年，中国水泥熟料产量115200万t，水泥产量186800万t，全国人均水泥产量1.34t，远远超过发达国家完成工业化时期的水平。2005年至2010年，中国水泥熟料比由0.73大幅下降到0.62，初步估算工艺CO₂排放量63851.85万t，综合排放量103115.7万t。

CO₂ Emission Estimates from Cement Production in China since 2005

2005年以来的中国水泥生产CO₂排放估算

年份	2005	2006	2007	2008	2009	2010
水泥产量 (万t)	106884.8	123676.5	136117.3	142011	164558.5	186800
熟料产量 (万t)	77900	87300	96200	97701	103282.1	115200
熟料比	0.73	0.71	0.71	0.69	0.63	0.62
工艺碳排放 (万t)	43277.22	48755.63	53707.24	54258.9	57318.46	63851.85
综合碳排放 (万t)	69889.32	78736.52	86732.98	87623.87	92564.82	103115.7

Trend Judgments to Emissions from China's Cement Production

中国水泥生产排放的趋势判断

- 通过对我国工业化、城市化趋势的初步比较分析和判断，2010年全国水泥产量已经接近最大值，预计2020年中国水泥产量不会超过20亿t；
- 全国水泥产量极有可能在2020年形成绝对量的下降，即基本稳定在2010年的水平；
- 全国水泥生产因技术进步，熟料比进一步下降到0.55，即到2020年熟料规模较2010年还低；
- 由于新型干法产能比重进一步提高，生产线规模进一步优化，单位水泥能耗出现进一步下降，到2020年水泥生产综合能耗下降至110kg/t标煤。

Forecast on Potentials of Emission Reduction from Cement Production

2020年水泥减排潜力预估

- 2008-2012这5年间共计可以减排33亿t以上CO₂；如果使用炉渣替代、提高热效率并且使用替代燃料，那么到2020年将可以减排12.8%的CO₂；

Forecast on Potentials of Emission Reduction from Cement Production

2020年水泥减排潜力预估

- 假定2020年全国水泥产量为20亿t，其节能减排潜力主要在如下方面实现：
- 第一，减少水泥工艺排放量，单位水泥CO₂排放量减少300-350kg，到2020年低碳水泥产量占5%，CO₂排放量减少0.3-0.35亿t；
- 第二，熟料比由62%下降到55%，CO₂排放量减少0.4928亿吨；
- 第三，燃料使用中每吨水泥综合能耗减少40kg标煤，其中30-35kg标煤消耗量来自化石燃料，从而减少1.92-2.24亿tCO₂排放量。
- 综合以上三部分，初步估算到2020年我国水泥行业的CO₂排放量减少2.713-3.083亿t。

Major approaches to reduce emissions from cement production

中国水泥生产减排的主要措施

1. 使用替代原料

- 工业废弃物，如高炉矿渣和粉煤灰中都含有CaO，1t高炉矿渣代替1t石灰石能减少排放35kg的CO₂，我国每年约有高炉矿渣1.2~1.5×10⁸t，则能减少4.2~5.25×10⁶ t的CO₂；
- 化工行业的电石渣，其主要成分为Ca(OH)₂，用电石渣做替代石灰石生产水泥熟料不会排放出CO₂，效果显著，虽然电石渣替代石灰石的减排效果很好，但其受到电石渣供应量的制约和影响。

Carbide slag replace calcium CO₂ emissions

用电石渣替代石灰石减排CO₂

项目	1000t / d 生产线	2000t / d 生产线	2500t / d 生产线
熟料产量 (10 ⁴ t / a)	30	60	75
吨熟料CO ₂ 减排量 (t / tCli.)	0.511	0.511	0.511
年CO ₂ 减排量 (10 ⁴ t / a)	15.33	30.66	38.33

Major approaches to reduce emissions from cement production

中国水泥生产减排的主要措施

2. 改变熟料化学成分

- 普通硅酸盐水泥熟料中主要成分是CaO，含量大约在65%左右。若能适当降低熟料中CaO含量，就能降低生产熟料所需的CaCO₃，可以有效减少CO₂排放。饱和系数、硅酸率等因素也能够调节水泥熟料的化学成分，若饱和系数由0.95降低至0.88，熟料中CaO含量就由68%降低至64%，生产每吨水泥熟料排放的CO₂也会减少30千克。
- 添加C₂S的贝利特矿物作为原料，不仅能降低烧结温度，而且加了贝利特矿物的低钙硅酸盐水泥比普通硅酸盐水泥抗压性强，同时可将熟料中的CaO降低到45%，生产每吨熟料比普通硅酸盐水泥熟料少排放大约0.16t的CO₂。

Major approaches to reduce emissions from cement production

中国水泥生产减排的主要措施

3. 减少熟料用量，添矿化剂

- 提高水泥非碳酸盐原料比重，减少熟料用量，如粉煤灰、煤矸石、尾矿渣、水渣、钢渣、城市垃圾等；
- 使用混合材料以提高熟料质量，当混合材用量增加1%时，所用水泥熟料量可减少1%，可以使生产每吨水泥减少排放出1%的 CO_2 ；
- 调拌混凝土时加入粉煤灰等活性材料，因不放热而不能达到 CO_2 分解的温度，故不会产生排放；
- 矿化剂的加入可控制熟料的生成过程，降低 CaCO_3 的分解温度，减少煤耗和碳排放。

Major approaches to reduce emissions from cement production

中国水泥生产减排的主要措施

4. 使用替代燃料，减少化石燃料消费

- 主要替代燃料有废旧轮胎、塑料、聚合织物、废木材、动物骨骼、城市生活可燃垃圾等；
- 使用可燃性工业废弃物替代燃料煤，效果明显。如使用工业废弃物替代燃烧煤后，单条1000t/d的生产线每年减排CO₂ 0.93万t，减排比例为9.17%，单条2000t/d的生产线每年减排CO₂ 1.98万t，减排比例为9.38%，单条5000t/d的生产线每年减排CO₂ 4.65万t，减排比例为9.37%；
- 直接利用水泥回转窑焚烧城市生活垃圾时，可以减排2.25%的CO₂，效果不明显，而采用在水泥回转窑旁设置垃圾焚烧系统处理垃圾的方式可以减排6.3%，减排效果较明显。

Major approaches to reduce emissions from cement production

中国水泥生产减排的主要措施

两种不同方式处理垃圾的CO₂减排效果对比

CO₂ emissions reduction comparison on the rotary garbage burned in rotary kiln directly and installed system near the garbage incineration

项目	1000t / d 生产线		2000t / d 生产线		5000t / d 生产线	
	方式1	方式2	方式1	方式2	方式1	方式2
CO ₂ 减排量, 10 ⁴ t / a	0.24	0.63	0.48	1.26	1.05	3.45
CO ₂ 减排比例, %	2.37	6.21	2.27	5.97	2.11	6.95

方式1: 直接焚烧

方式2: 回转窑旁设置垃圾焚烧系统

Major approaches to reduce emissions from cement production

中国水泥生产减排的主要措施

5. 进一步提高水泥窑余热回收利用水平

- 优化水泥生产线规模，增加余热发电能力，提高余热在预分解阶段的比重等；
- 降低粉磨电耗，改进两磨设备，致力于低电耗粉磨设备的开发研究。

不同规模水泥生产线余热发电CO₂减排效果

The effect of CO₂ emissions in using waste heat power to different scale cement production line

项目名称	2500t / d	5000t / d
设计装机容量 (MW)	4.5	7.5
发电功率 (Kw)	3.4~3.8	6.8~8.8
年发电量 (10 ⁴ kWh)	2520	5400
年减少标准煤 (t)	8971.2	19234
年CO ₂ 减排量 (t)	21344.4	45738

Major approaches to reduce emissions from cement production

中国水泥生产减排的主要措施

6. CO₂的捕捉、封存和沉降 (CCS)

- 燃烧前捕捉不易实现，燃烧后只能捕捉到10%的CO₂，因此最好选择在燃烧中捕捉；
- 碳封存可以选择油气田、不含碳氢化合物的圈闭以及深度蓄水盐层；
- 碳沉降包括海洋吸收、森林和农业土壤通过光合作用吸收、碳酸盐化（大气中的CO₂渗入到混凝土中并且与含有水分的Ca(OH)₂反应形成CaCO₃）。



中国科学院地理科学与资源研究所
Institute of Geographic Sciences and
Natural Resources Research, CAS

Thank you!