气候变化与环境研究

李家春
中国科学院，力学研究所

- 气候变化是2009世界关注的热点
  - 联合国G20峰会
  - 哥本哈根气候变化会议
- 气候变化是重大环境问题
  - 气候变化是影响地球全局的环境问题
  - 气候变化是长期困扰人类的环境问题
  - 气候变化是众多学科交叉的环境问题
  - Climate change is a permanent leadership challenge in our time! -Ban Ki-moon

报告内容

- 气候变化问题的背景
- 应对气候变化的科学问题及其研究
  - 减缓气候变化的影响
  - 节能、减排、固碳
- 实验室的相关研究
- 结束语

一、气候变化问题的背景

1.什么是气候变化

- 气候变化是指气候平均状态随时间的变化，即气候平均状态和离差（距平）两者中的一个或两个一起出现了统计意义上的显著变化。气候变化不但包括平均值的变化，也包括变率的变化。
- 政府间气候变化专门委员会（IPCC）的使用中，是指气候随时间的任何变化，无论其原因是自然变率，还是人类活动的结果。
- 《联合国气候变化框架公约》中，气候变化是指“经过相当一段时间的观察，在自然气候变化之外由人类活动直接或间接地改变全球大气组成所导致的气候改变。”

2. 气候变化的研究结论

- IPCC-政府间气候变化工作组
- 1988年由UNEP和WMO发起组建，专门分析人类对气候变化的科学、技术和社会经济信息，并进行评估
- 1990年，1995年，2001年，2007年共有四次评估报告以及报告提纲

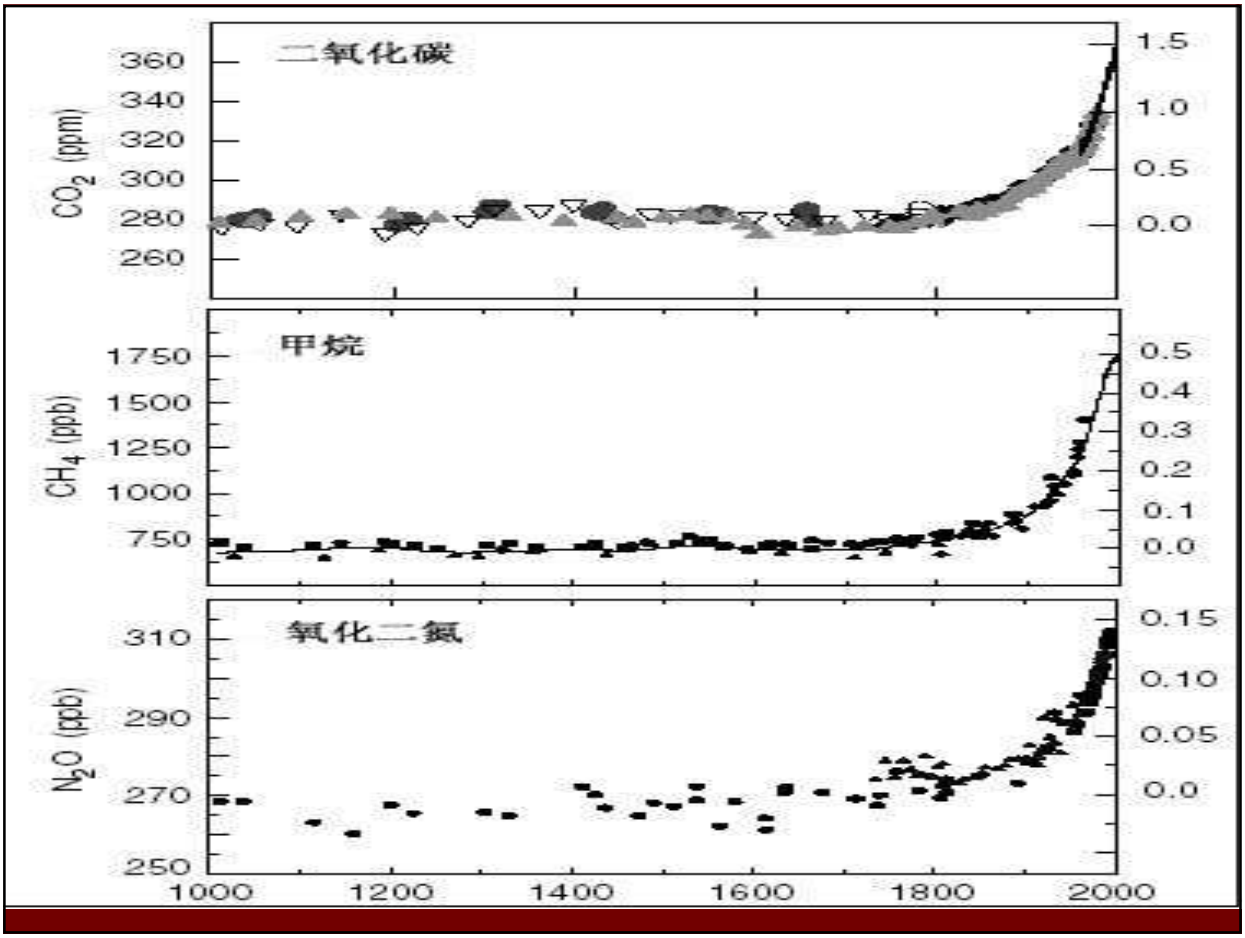
IPCC Assessment Report 4

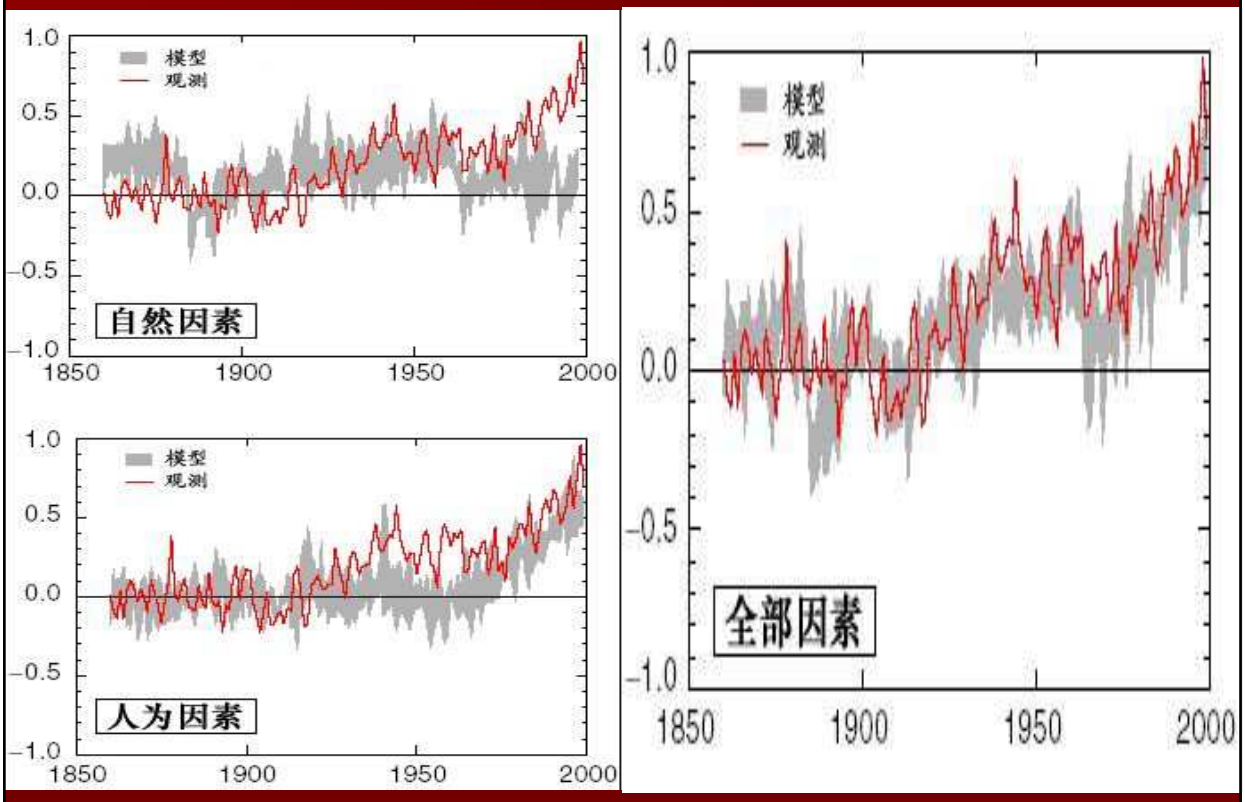
- 1.物理学基础
- 2.影响，适应，脆弱性
- 3.减缓气候变化
- 4.综合报告（给决策者）

CO_2

气候变化的主导因素

- 自然变迁
  - 太阳轨道，黄赤交角，黑子活动，火山爆发
- 人类活动影响
  - 温室气体排放（二氧化碳，甲烷，氧化亚氮，卤化烃等）CO_2, CH_4, N_2O, CFL
  - 土地利用变化（砍伐雨林等）
  - 大型工程；


二氧化碳
CO_2 (ppm)
360
340
320
300
280
260
1.5
1.0
0.5
0.0
甲烷
CH_4 (ppb)
1750
1500
1250
1000
750
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0.0
氧化二氮
N_2O (ppb)
310
290
270
250
0.15
0.10
0.05
0.0
1000
1200
1400
1600
1800
2000


模型
观测
自然因素
人为因素
全部因素
1.0
0.5
0.0
−0.5
−1.0
1850
1900
1950
2000

- 1860年以来，各种证据表明气候变化是不争的事实，极端事件并非偶然；
- 自然变迁与人类活动相比，后者为主导因素；
- 人类必须适时采取应对气候变化的国际行动，控制气候变化的趋势

3.气候变化问题的国际进程

- 1992,197缔约国签订联合国气候变化框架条约UNFCCC：共同而有区别的责任；
- 1997，141缔约国批准的全球气候协议书，Kyoto Protocol，对欧盟、美国、日本等发达国家规定的温室气体排放标准（2010比1990减排6-8%)
- 2007,巴厘岛路线图，确认IPCC的评估报告AR4,制定后京都议定书时代应对气候变化的日程表。

关于哥本哈根气候会议

- 2009年12月7-19日哥本哈根Bella中心举行，192国家环境部长商讨京都议定书的后续方案，丹麦首相任主席，潘基文和各国首脑出席
- 就未来应对气候变化国际行动签订新的协议书，对地球未来气候变化趋向有决定性影响；
- 研究如下问题：对发达国家的约束；中国、印度等大国的义务；对发展中国家的资助；资金的管理；
- 坚持了一致性原则，规定了目标，尚未形成有法律效力、可具体执行的国际协议

Copenhagen Accord

- an increase in global temperature **below 2 degrees** is required to stave off the worst effects of climate change.
- industrialized countries will **commit to implement, individually or jointly, quantified economy-wide emissions targets** from 2020, to be listed in the accord before 31 January 2010.

- A number of developing countries, including major emerging economies, agreed to communicate their efforts to limit greenhouse gas emissions every two years, also listing their **voluntary pledges** before the 31 January 2010.
- Nationally appropriate mitigation actions seeking **international support** are to be recorded in a registry along with relevant technology, finance and capacity building support from industrialised nations.

4.中国政府的对策

- G20峰会
  - 能源利用效率比2005年显著提高；
  - 非化石能源占15%(目前 7-8%)
  - 森林面积增加4000万公顷（由18.2%增至22.4%），林木蓄积量增加13亿立方米
  - 发展绿色、低碳、循环经济
- 哥本哈根气候会议前宣布：
  - 2020年，单位GDP耗能比2005年降低40-45%

- 温总理讲话：
  - 慎重者，始若怯，终必胜
  - 思其始而图其终
  - 中国确立的行动方案不会改变，自主减排的目标不容谈判，实现这一目标的决心不会动摇。”
- 中国是负责任的发展中国家
- 中国积极推动气候变化国际行动
- 中国改善能源结构势在必行
  - 有利于改善中国生态环境
  - 有利于我国居民的身体健康
  - 有利于推动中国技术进步

二、应对气候变化的科学问题

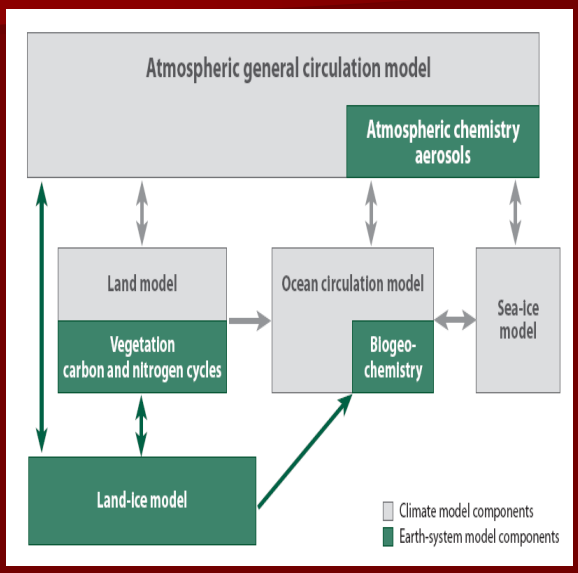
1.应对气候变化的策略

- 气候变化犹如人体生病，要表本兼治；
- 气候变化是由于不适度的人类活动造成的地球肌体的疾病，表现为全球变暖、海平面上升和其他各种“症状”
- 应对气候变化的策略：
  - 对症治疗：减轻极端环境事件影响
  - 根治疾病：节能、减排、固碳

2.诊断和减轻气候变化影响

- 诊断气候变化的影响
  - 气候模拟（AOGCM)
    - 海气相互作用
    - 陆面过程
    - 海冰
    - 云物理
  - 气候动力学
    - 能源利用的senario
  - 数据统计分析
    - 非平稳随机过程
- 减轻极端环境事件影响
  - 极端环境事件发生、发展的机理
  - 极端环境事件发生的临界条件
  - 极端环境事件的预防措施
  - 极端环境事件的预警系统

气候模型



- 气候模型和地球系统模型理论上是可靠和坚实的
- 由于不可分辨小尺度过程，参数化带来不确定性
- 目前已经可以成功模拟气候变化和人类活动的影响

气候动力学

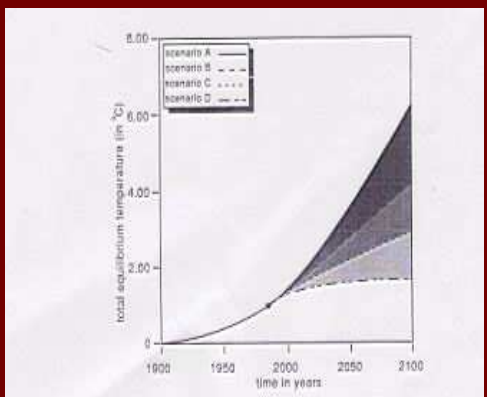


Figure 7.3: Global mean equilibrium temperature increase for different scenarios, with $\Delta T_{2xCO_2} = 2.25°C$.

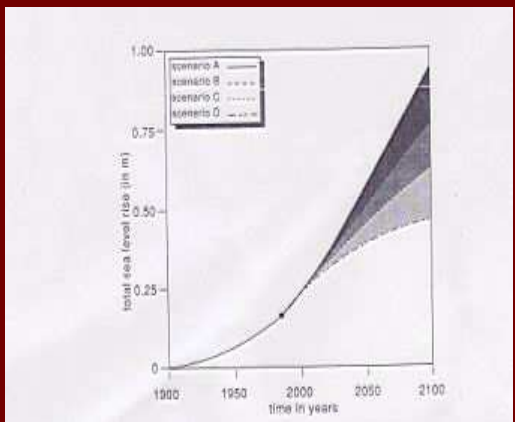
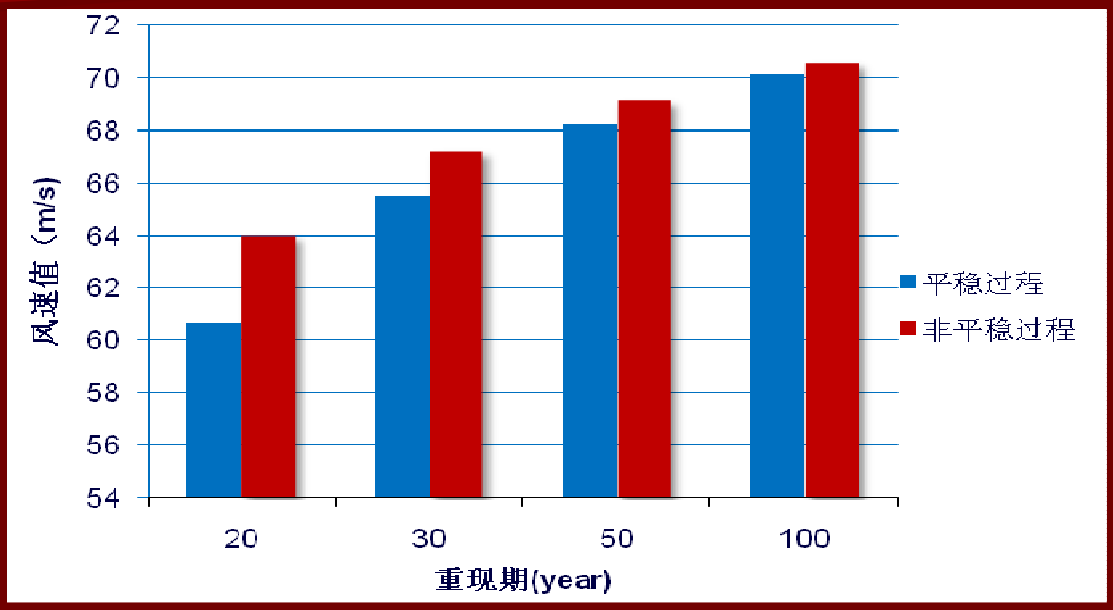


Figure 8.1: Total sea level rise for the different scenarios.

非平稳过程统计分析

（南海极值风速）



气候变化的全球影响

- 冰冻圈缩小：冰盖面积减小，冰川退缩，水资源告急，粮食生产不稳定
- 异常气候增多，热浪与冰雪灾害、洪涝灾害，风暴灾害频发
- 海平面上升，沿海低洼地区淹没，海洋岛屿小国消失
- 大气和水体污染事件增加
- 生物多样性消失，物种灭绝，疾病滋生

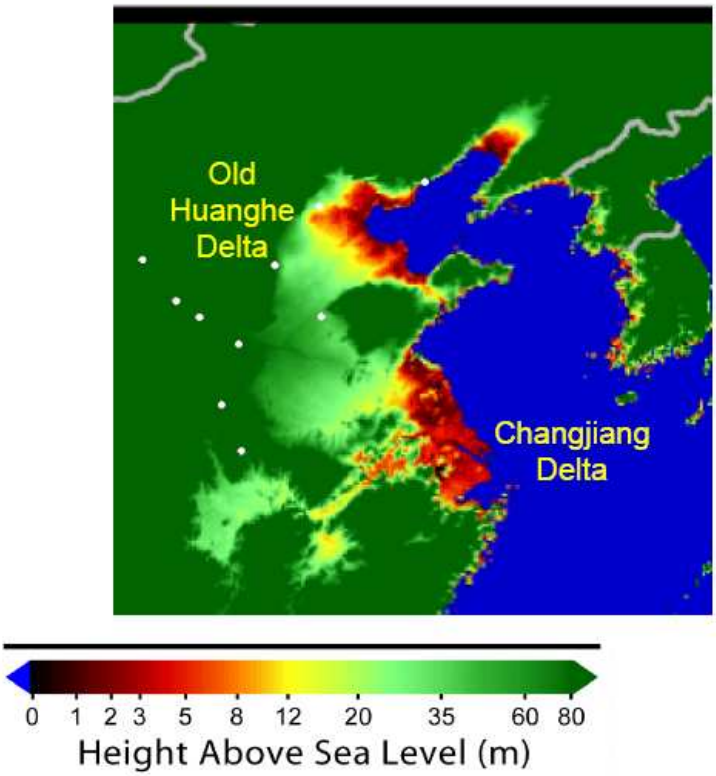
气候变化对中国影响

- 水资源供需矛盾加剧：北方水资源减少12%，南方会局部短时缺水，土地荒漠化加速，喜马拉雅山冰川消融；
- 威胁粮食生产：气温上升2.5－3度,导致缺水、耕地减少、杂草丛生、病虫害增加，粮食产量下降14－23%，影响粮食安全；
- 极端自然灾害频发，生命财产损失严重；
- 海平面上升2.6厘米/年，风暴潮严重，咸潮增加，海岸侵蚀加剧；
- 气温上升、热浪导致心血管病，中暑和流行病增加；冰雪灾害使交通、供应受阻、电力中断、灾害严重

气候变化研究中的不确定性

- 历史数据的不完整性，尚需加强对长周期气候变化规律的认识；
- 气候模式的多尺度性，尚需改进相关的参数化方案；
- 气候参数在时间上的波动性和空间上的不均匀性，尚需深入研究气候变化的局地影响规律；
- 能源利用方式的不确定性，尚需给出气候多种未来变化趋势的预测；
- 气候变化存在各种学术争论，主流的观点是气候趋于变暖，人类活动影响占主导因素，减轻极端环境事件影响和节能减排固碳工作不能放松；

China at Risk of Sea Level Rise



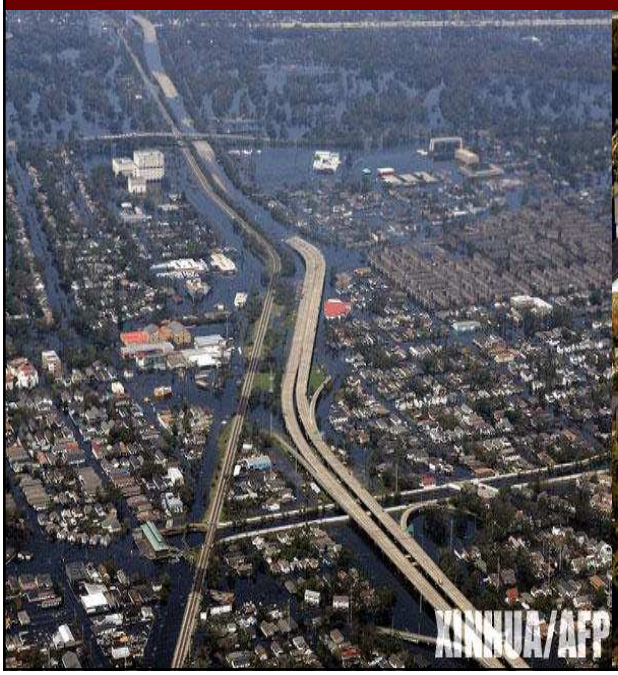
IPCC: "In China, a 30 cm sea-level rise would inundate 81,348 km^2 of coastal lowland"

Rising sea levels increase risk of flooding, storm surges, and coastal erosion

极端自然灾害列举

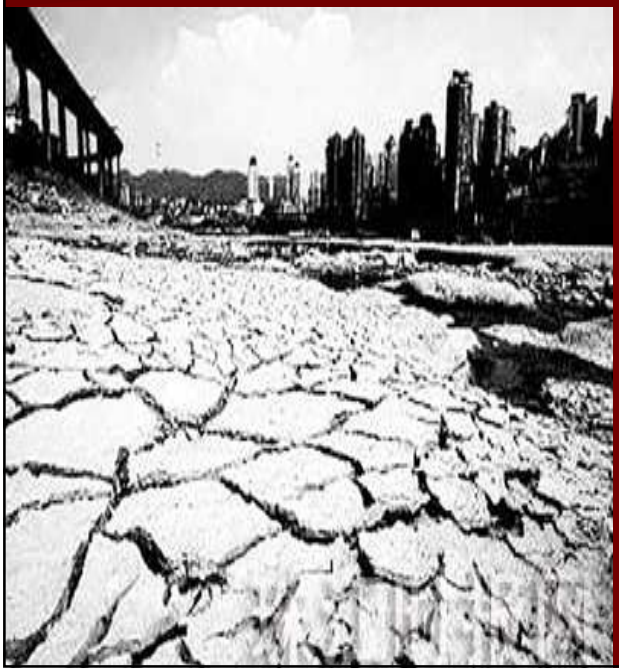
- 2003 欧洲热浪
- 2005 卡特里那飓风
- 2006 菲律宾泥石流
- 2008 缅甸风暴潮
- 2009 -2010 北半球中高纬度地区寒流
- 1998 长江洪水
- 2003 淮河洪水
- 2005 重庆干旱
- 2008 南方冰冻灾害
- 2009 台湾南部泥石流
- 2009 冬中国北方暴雪

2005 飓风过后的新奥尔良市



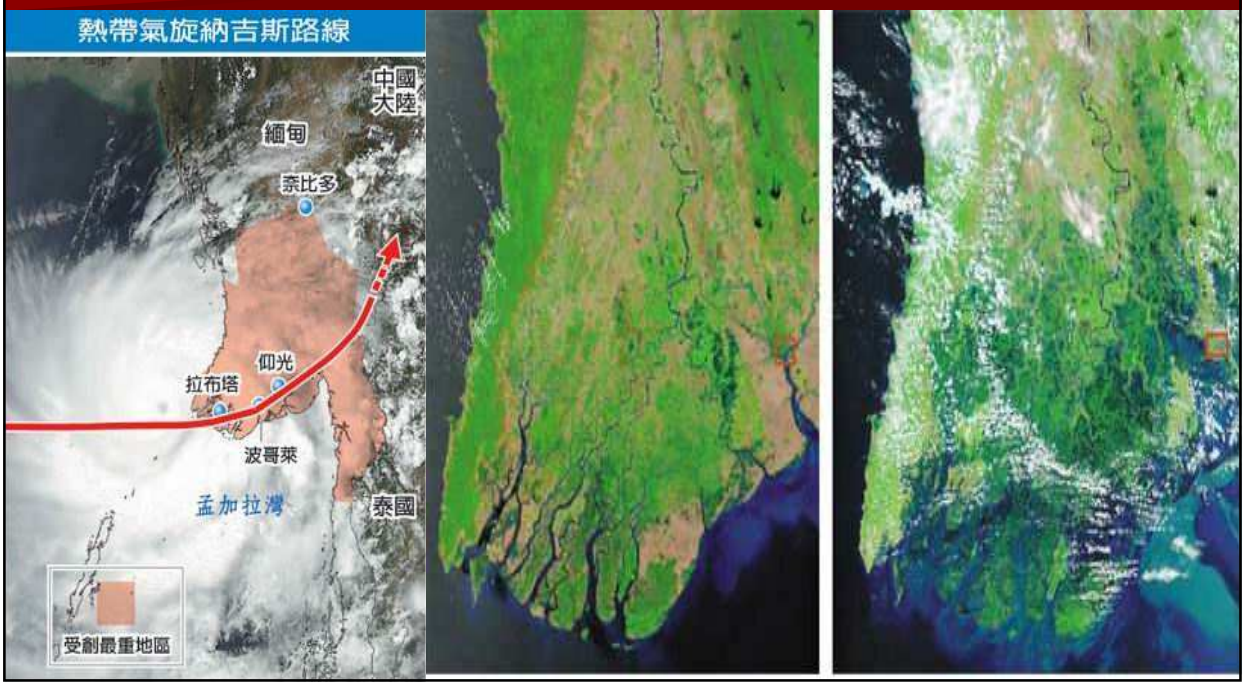
2006 菲律宾泥石流

2006 重庆干旱-750万人缺水



2008年我国南方冰冻灾害

2008年缅甸热带气旋纳吉斯



3.节能、减排、固碳措施

- 改善能源结构
  - 非化石能源
    - 可再生能源（水能、太阳能、风能、生物质能）
    - 核能
  - 较清洁的化石能源：
    - 天然气水合物与煤层气开采
- 提高能源利用效率
- 植树造林

C=(C/FEC)(FEC/TEC)(TEC/GDP)(GDP/POP)POP

碳的排放量与人口，生活质量、燃料结构、能源利用效率的关系

CO2排放量计算

- Q=(E×A－B) ×R×44/12
- Q — CO2排放量(t)；
- E — 能源消费总量（MJ）；
- A — 单位能源含碳量（t-C/MJ）；
- B — 固碳量（t）；
- R — 氧化率。

表 1　中国一次能源消费结构[5]

Tab. 1　Structure of the primary energy consumption in China

年份	占能源消费总量的比重/%			
	煤炭	石油	天然气	水电、核电、风电
1980	72.2	20.7	3.1	4.0
1985	75.8	17.1	2.2	4.9
1990	76.2	16.6	2.1	5.1
1995	74.6	17.5	1.8	6.1
2000	67.8	23.2	2.4	6.7
2001	66.7	22.9	2.6	7.9
2002	66.3	23.4	2.6	7.7
2003	68.4	22.2	2.6	6.8
2004	68.0	22.3	2.6	7.1
2005	69.1	21.0	2.8	7.1
2006	69.4	20.4	3.0	7.2

Structure in electrical power in 2007

	Installed capacity (Gw)	%	Generated Electricity (b kwh)	%
coal	554	77.6	2700	82.9
water	145	20.3	487	15
nuclear	8.85	1.2	62.6	1.9
wind	5.9	0.8	5.2	0.2
total	714.75	100	3256	100

改善能源结构

- 水能，尚有潜力，2020年增至300GW，发电1万亿度
  - 水库蓄水后的坝体、边坡稳定性
  - 生态环境治理
- 风能，2020年可从10GW增至100GW以上，5MW风机
  - 大气边界层风能资源评估
  - 风电场优化设计
  - 海上风电
- 核能，2020年装机从10GW增至75GW
  - 核废料的储存
- 以每度电取代360g标煤，减排约10亿吨CO2
- 煤层气、天然气水合物开采

提高能源利用效率

- 工业节能：钢铁570kg/t, 水泥86kg/t, 先进电力工业（超超临界发电机组，超高压输变电设备）,有很大潜力
- 交通节能：机动车（3L/hkm），客机减阻
- 建筑节能：隔热材料、低散热玻璃、高效供热空调系统、太阳能热水、节能照明、智能楼宇，占40%能耗，有节能空间

关注森林和地下碳库

- 由于砍伐热带雨林造成CO2排放占总量的25%;
- 森林占陆地面积的1/3，储存56%的CO2;
- 1立方米蓄积量相当于储存CO2约1.83吨，放出氧气1.62吨，2020年我国通过造林可减排24亿吨;
- 人工林（桉树）5-7年相当于原始林的生物量的20-30倍，即100-150年的产量，2050人工林若达到158万平方公里，可储存88亿吨CO2;
- 二氧化碳驱提高石油采收率，可同时捕集与封存二氧化碳;

三、实验室的相关研究

已经和正在开展的研究工作

- 应对极端灾害事件
  - 热带气旋灾害
  - 洪水灾害成因分析
  - 海气相互作用
  - 陆面过程的模拟
  - 风暴潮、咸潮灾害
  - 水体赤潮、水华灾害
  - 滑坡灾害
- 节能、减排、储碳
  - 煤层气开采
  - 天然气水合物
  - 水电站坝体、边坡稳定性
  - 煤粉燃烧和先进燃烧器研制
  - 卤素对污染物排放的影响
  - 低品位余热发电技术与装置
  - 干旱环境治理
    - 土壤侵蚀
    - 植被水热循环

四、结 束 语

- 气候变化关系生存环境、经济发展、子孙福祉，是我们时代最具有挑战性的科学问题，我们要密切关注气候变化的研究进展，拓宽视野；
- 应对气候变化是环境科学工作者的职责，根据实验室研究领域和工作基础，继续开展应对极端环境事件影响和节能、减排、固碳的研究，为国家应对气候变化目标做出积极贡献；
- 气候变化是学科交叉的综合性科学问题，要与水利、大气、海洋、生态等领域科学家紧密合作，不懈努力，促进环境力学和环境科学的发展！

谢谢大家！