

工业绿色发展的意义和道路

钱易

清华大学环境学院

2016.5

十八届五中全会强调：

必须牢固树立创新、协调、绿色、开放、共享的发展理念

创新是引领发展的第一动力；

协调是持续发展的内在要求；（促进城乡、经济社会、新型工业化、信息化、城镇化、农业现代化的同步发展）

绿色是永续发展的必要条件和人民对美好生活追求的重要体现；

开放是国家繁荣发展的必由之路；

共享是中国特色社会主义的本质要求。

中共十八届五中全会提出：

坚持绿色发展，必须坚持节约资源和保护环境的基本国策，坚持可持续发展，坚定走生产发展、生活富裕、生态良好的文明发展道路，
加快建设资源节约型、环境友好型社会，形成人与自然和谐发展现代化建设新格局，推进美丽中国建设。

党的十八大要求大力推进 生态文明建设

- ✘ 树立尊重自然、顺应自然、保护自然的生态文明理念；
- ✘ 必须把生态文明建设放在突出地位，融入经济建设、政治建设、文化建设、社会建设各方面和全过程；
- ✘ 加大自然生态系统和环境保护力度；
- ✘ 坚持生产发展、生活富裕、生态良好的文明发展道路；
- ✘ 努力建设美丽中国，实现中华民族永续发展。

人类文明历程

原始文明

畏惧自然

农业文明

依靠自然

工业文明

征服自然
高能耗
低产出
污染严重

生态文明

仿效自然
高效率
高科技
低消耗
低污染
整体协调
循环再生
健康持续

德国提出的工业4.0

- × 前三次工业革命—

机械化，电气化，信息化

- × 第四次工业革命—工业4.0

将物联网及服务全面引入制造业

- × 中国版“工业4.0”需走自身途径。

(文汇报 2014.11.7第五版)

第三次工业革命,中国不能落后

- ✘ 19世纪的第一次工业革命以蒸汽机为标志, 20世纪的第二次工业革命以电气化为基础, 如今人类进入了以绿色科技为领先的第三次工业革命;
- ✘ 亚洲在第三次工业革命中担任先行者和领导者的机会很大,中国需要对未来的经济发展方向作出重要决定.

(Jeremy Rifkin, 美国华盛顿特区经济趋势基金会主席, 参考消息 2012年7月5日)

可持续发展呼唤 新型工业化道路 (中共十六大提出)

以信息化带动工业化，以工业化促进
信息化；

科技含量高、经济效益好、资源消耗低、
环境污染少、人力资源优势得到
充分发挥。

新型工业化道路的具体实施

- × 清洁生产；
- × 绿色制造；
- × 绿色化学；
- × 生态工业园区；
- × 工业生态学；
- × 清洁能源；

— — — — —
发展循环经济。

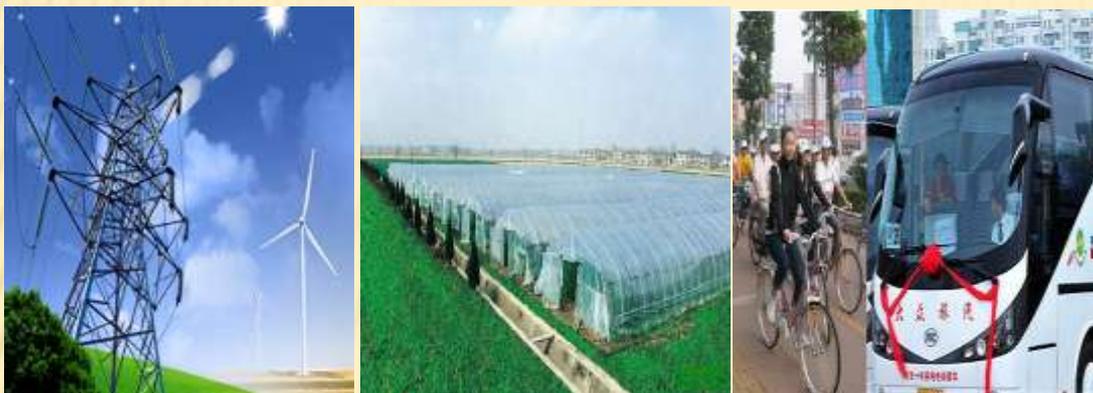
李克强总理指出

要把绿色、低碳、循环经济发展
作为生态文明建设的重要内容，
拓宽经济增长、环境改善的双赢之
路。

2015.6.12

国家应对气候变化及节能减排工作领导小组
会议

发展绿色产业



绿色工业
绿色农业
绿色交通
绿色能源

绿色建筑
绿色旅游
绿色服务
清洁生产



发展新模式——循环经济

- ✘ 运用生态学规律而不是机械论规律指导人类一切活动，包括经济活动和消费活动；
- ✘ 由资源-产品-污染物排放的线形经济改变为资源-产品-再生资源的循环式流程；
- ✘ 由高开采、低利用、高排放改变为低开采、高利用、低排放。

循环经济的三个原则



减量化应放在首位
全过程都必须做到无毒化、无害化
循环路径越短越经济

必须禁用、慎用有毒、有害物质

- × 国际公约规定的禁用化学品：
 - × 斯德哥尔摩公约（持久性有机物POPs）
 - × 巴塞尔公约（危险废物越境转移）
 - × 维也纳公约（臭氧层损耗物质）
 - × 鹿特丹公约（危险化学品和农药）
- × 《危险化学品名录》中的化学品
- × 对人类健康和免疫系统有影响的PCBs 和其他化学物质
- × 重金属，内分泌干扰物，药物-----

绿色产业的特点

- ✘ 提高资源利用率，减少资源消耗量；
- ✘ 提高能源利用率，采用可再生能源，减少温室气体排放；
- ✘ 改善产品设计、工艺过程和设备、加强生产管理，减少废物排放量；
- ✘ 尽可能回收利用各类废弃物，把废物变成资源。

产品的生态设计

- 对原材料获取、生产、运销、使用、废弃、回收利用到最终处置等整个生命周期的每一步都密切考虑生态影响、环境污染、人类健康和安全。
- 又称绿色设计、为环境而设计、生命周期设计。

生态设计的目标

资源利用效率最大化，减物质化，非物质化；

能源消耗最小化，尽量采用清洁能源和可再生能源；

污染物排放量最小化；

产品性能好、质量高、耐用性强、外观美、成本低。

什么是清洁生产

清洁生产，是指不断采取改进设计、使用清洁的能源和原料、采用先进的工艺技术与设备、改善管理、综合利用等措施，从源头削减污染，提高资源利用效率，减少或者避免生产、服务和产品使用过程中污染物的产生和排放，以减轻或者消除对人类健康和环境的危害。

— 《清洁生产促进法》

绿色制造业——再制造业

RE-MANUFACTURING

- ✘ 以优质、高效、节能、节材、环保为准则，以先进技术和产业化为手段，将废弃机械的零部件重新使用在新机器上。
- ✘ 再制造产品质量和性能达到或超过采用全新材料的产品，成本却只是全新材料产品的50%，节能60%，节材70%，对环境的污染与采用全新材料制造产品相比显著降低。

钢铁工业的新功能

- × 生产钢铁产品
- × 生产并供应电能
- × 消纳社会废弃物
- × 提供建筑材料及其他产品的原料

我国吨钢用水量大大降低

- × 2000年 25 M³/T
- × 2014年 3.5 M³/T

唐山钢铁公司 1.8 M³/T

采用的全部是中水

绿色化学与绿色化工

- × 原料绿色化:采用无毒无害的原料和可再生原料;
- × 化学反应绿色化:实现原子经济反应;
- × 反应介质绿色化:采用无毒无害的催化剂、溶剂和助剂;
- × 产品绿色化:生产环境友好的化工产品;
- × 能源绿色化:使用绿色能源和可再生能源.

“海尔”的绿色战略体系

- ✘ 绿色产品：A++++节能冰箱日耗电量仅为0.19度，为目前世界上最节能的冰箱；
- ✘ 绿色企业：绿色原材料，建立产品回收、再利用体系；
- ✘ 绿色文化：倡导员工购买低能耗汽车、改造办公照明系统、利用太阳能等。

引领环保、节能、低碳新潮流，
2010年成为唯一荣获“全球可持续发展成就
奖”的家电企业

汽车工业的革命

- ✘ 传统汽车的负面效应：
 - 消耗石油资源、造成大气污染、
 - 引起全球变暖、噪声扰民严重、
 - 交通事故频繁、增加固体废物-----
- ✘ 新型超级汽车的特点：
 - *超轻，比现有汽车轻 $1/2$ 至 $2/3$ ；
 - *超低摩擦，能通过空气滑动；
 - *推动汽车行驶的动力减少 $1/2$ 至 $2/3$ ；
 - *采用“混合-电气型”驱动系统。

建筑工业的革命

采用无害的、安全的、耐用的、多功能的新材料；

采用日光照明技术、太阳能取暖和制冷技术；

合理控制室内温度；

合理的门窗设计和室内布局；

可节能70-90%；

回收利用废旧建筑材料。

以提供服务代替出售商品

- ✘ 消费者最终感兴趣的不是商品本身,而是这些商品所能够提供的服务。向消费者提供更好和更有价值的服务,不需要消费更多物质资源来实现经济增长。

——艾里斯《转折点》 (1998)

- ✘ 美国Interface 公司改出售地毯为出租地毯,节约资源、减少废物75%。

习近平主席2013年5月24日指出： 决不牺牲环境换取一时经济增长

- ✘ 保护生态环境就是保护生产力、改善生态环境就是发展生产力。
- ✘ 形成资源节约和保护环境的空间格局、产业结构、生产方式、生活方式。
- ✘ 构建科学合理的城镇化推进格局、农业发展格局、生态安全格局，

环境影响控制方程

$$I = PAT$$

I: 环境影响

P: 人口

A: 人均GDP

T: 单位GDP所产生的
环境影响

- 环境影响I 可以是资源消耗或污染物排放量
- $E = 1/T$ 为生态效率
- 减小总环境影响的唯一出路是提高生态效率



生态效率

“在一代人的时间内，把资源、能源和其他物质的效率提高十倍”

——1997年，**卡诺勒斯(Carnoules)宣言**

Factor —— 生态效率的提高倍数

魏茨察克: Factor 4 —— 四倍跃进

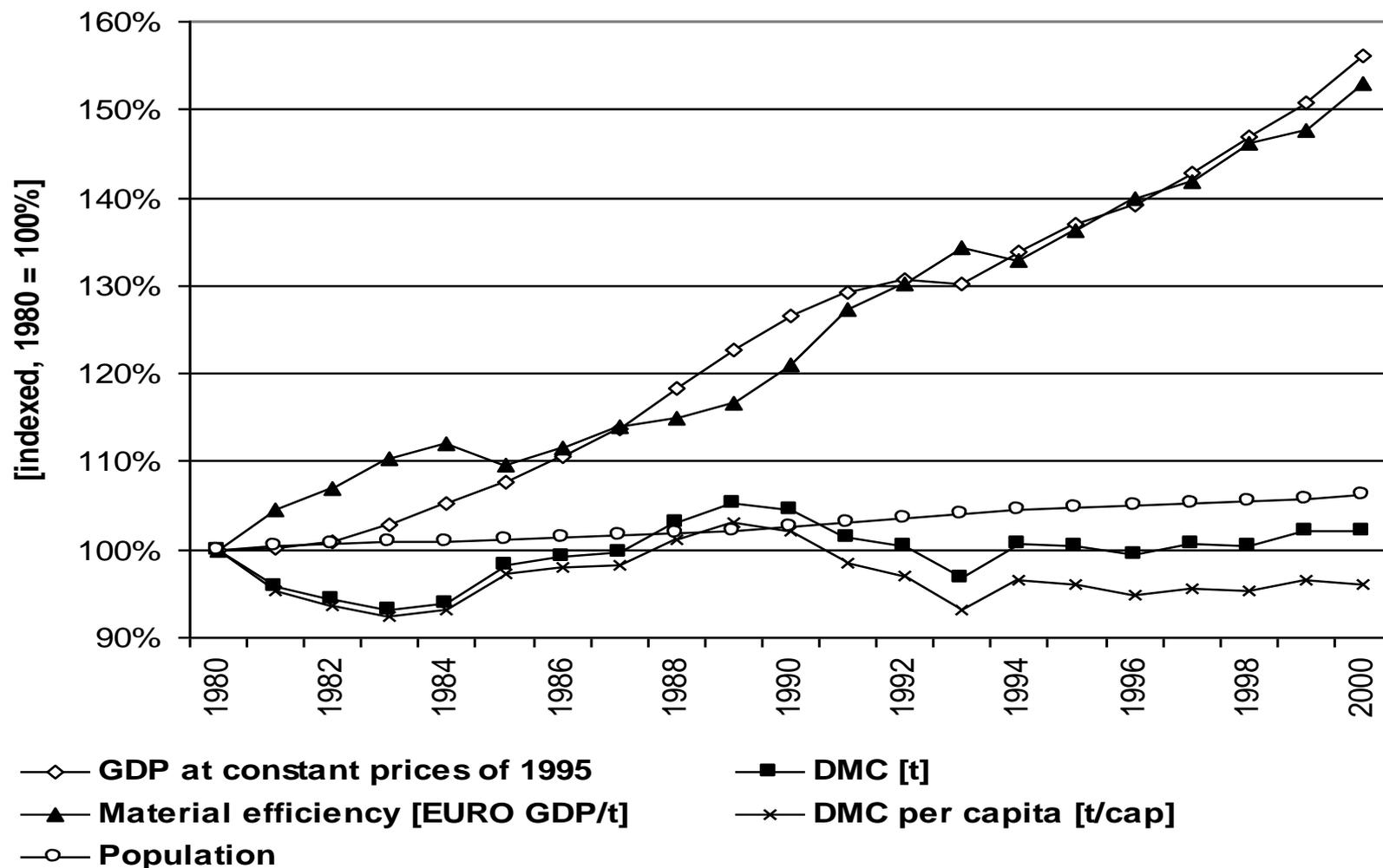
Factor 10 —— 十倍跃进

为了在2020年实现小康社会目标

- A 翻一番，等于2000年的2倍，
- P 增加至15亿，为2000年的1.15倍，
- I 减小至50%，
- T 必须减小至少9倍
- E 必须提高至少9倍

是否可能实现？ 如何实现？

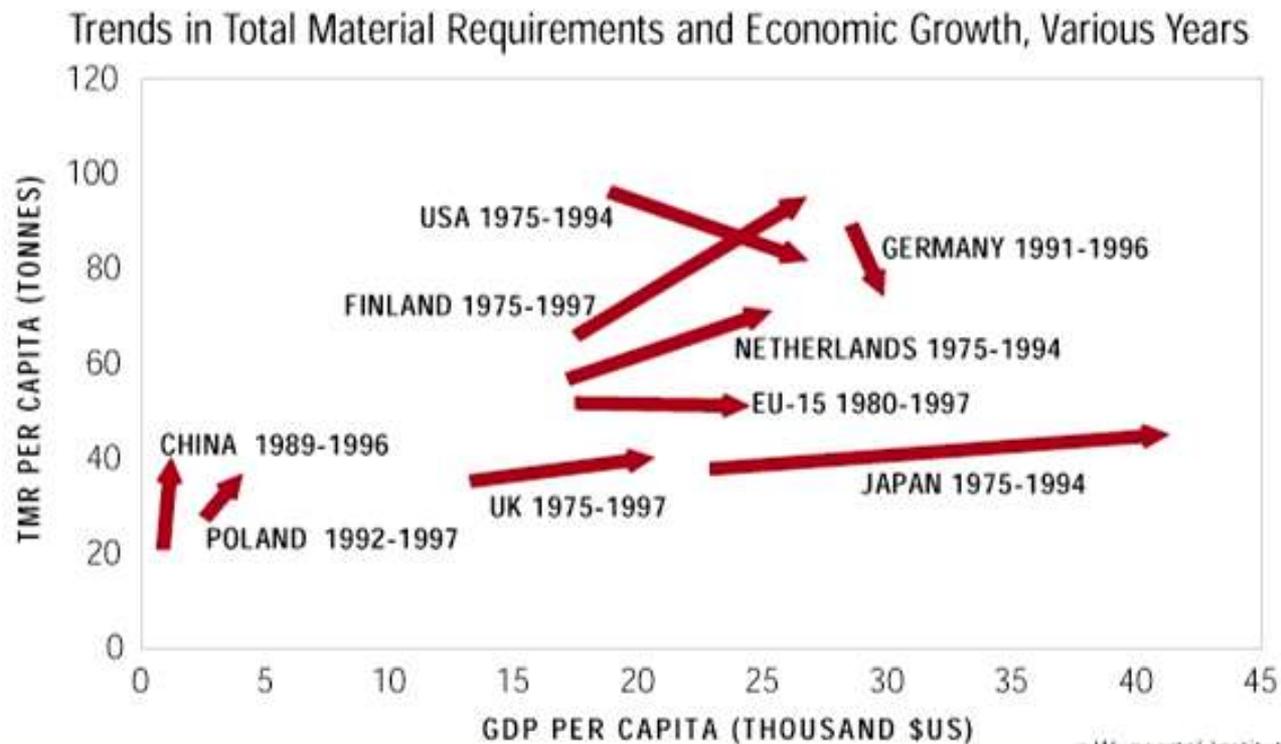
欧盟15国的人口/GDP/国内物质消耗及物质效率



取自UNEP

从世界各国比较看提高生态效率的潜力

Entire Economies Are Improving Efficiency



© Wuppertal Institute, 2001.

我国能源利用效率大幅度提高

- ✘ 1980年至2000年,我国GDP年均增长率高达9.7%,相应的能源消费量年均增4.6%,GDP翻两番而能源消费仅翻一番;
- ✘ 每万元GDP能耗从1980年的4.28吨标准煤下降到了2000年的1.45吨标准煤;
- ✘ 冶金、化工、建材、石化、电力等高能耗部门的单位产品能耗都有了较大幅度的下降;
- ✘ 与国际先进水平的差距在缩小:火力发电煤耗从32.5%降至21%,吨钢能耗从70.4%降至20%左右。

——取自新华网 2003年11月16日

**提高生态效率、在发展经济的
同时保护环境，**

使经济发展、环境保护、社会
进步完全协调起来，
不仅是必要的，也是完全可能
的。

什么叫生态工业？

生态工业是指仿照自然界生态过程物质循环的方式来规划工业生产系统的一种工业模式。

在生态工业系统中，各生产过程不是孤立的，而是通过物质流、能量流和信息流互相关联的，一个生产过程的废物可以作为另一过程的原料而加以利用。

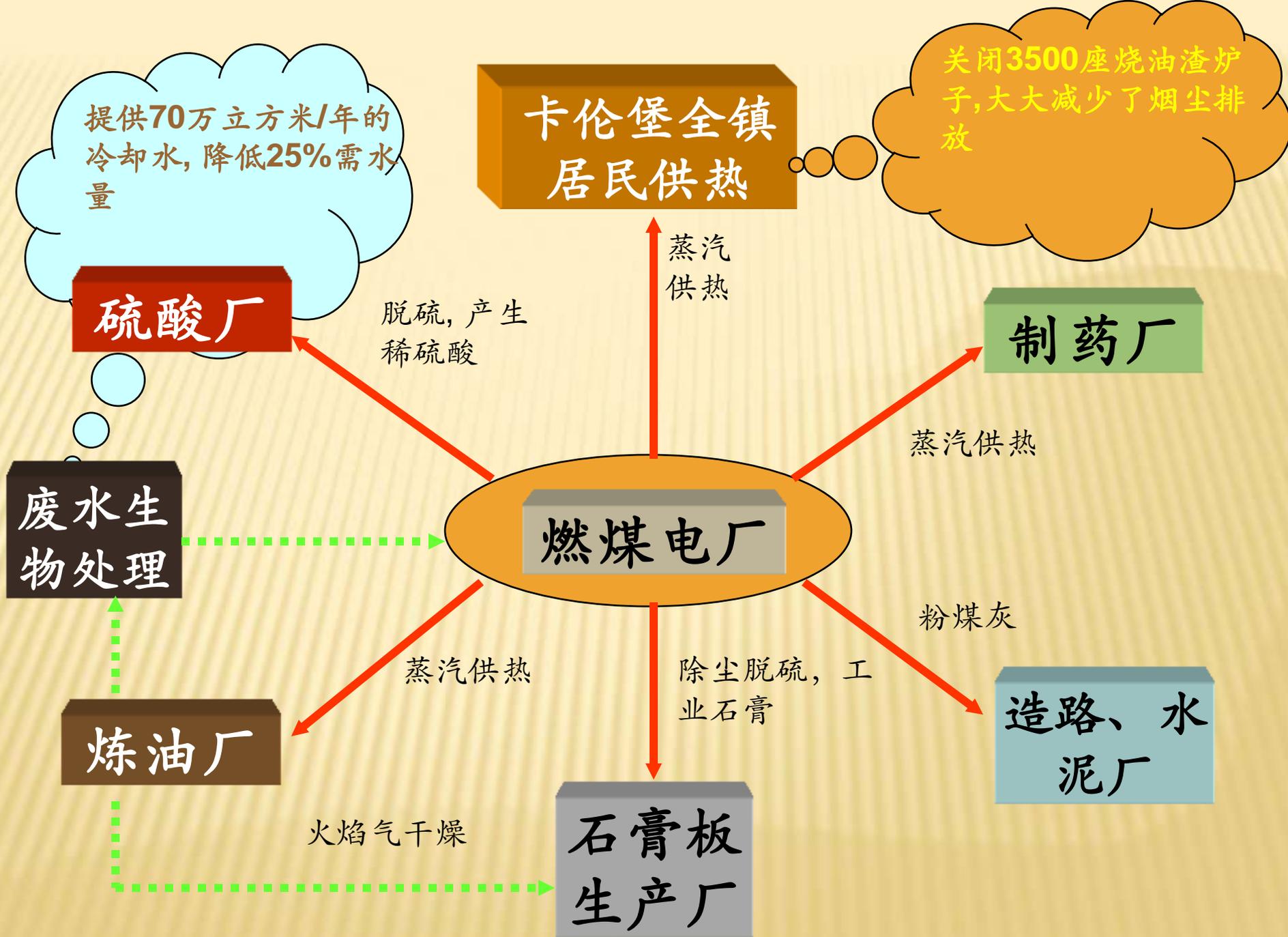
生态工业追求的是系统内各生产过程从原料、中间产物、废物到产品的物质循环，达到资源、能源、投资的最优利用。

—T. E. Graedel, B. R. Allenby

Industrial Ecology, 1995

生态工业园区的主要特点

- 园区中所有工业企业都应积极推行清洁生产；
- 园区中不同工业企业之间实现共生代谢，即废物的交换与利用；
- 不同工业企业之间实现物质和能量的梯级利用；
- 园区实现基础设施（尤其是环境基础设施）的共享。



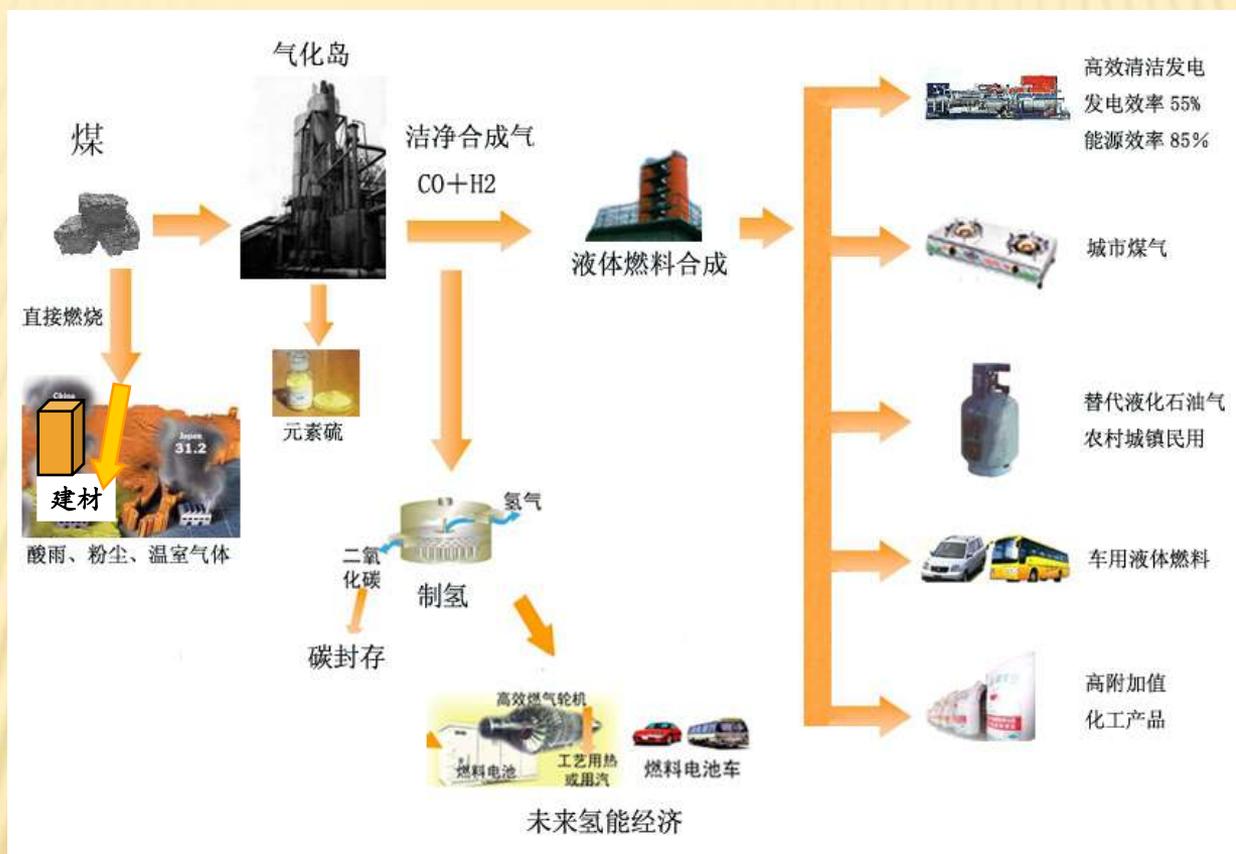
节能与能源结构的转变

- × 节约能源，提高能源效率
- × 加强煤的清洁利用和综合利用
- × 提高可再生能源的比例

生物质能，太阳能，风能———

- × 核能的利用

煤的高效低碳利用—多联产方案



以煤气化为核心，净化后实现电力、化工、热、气的联产

上海外高桥第三发电公司

节能减排成绩大

- ✘ 1度电所需的燃煤比世界纪录少10克——相当于在技术上领先一代；
- ✘ 排放的氮氧化物、二氧化硫等主要污染物量远低于全球最严标准，甚至比绿色的天然气发电排放量还低；
- ✘ 同时做到了保安全、降能耗、减污染、低成本。

我国非常规气开发已经形成热潮

- ✘ 我国煤层气已开始商业生产;
- ✘ 勘探表明,页岩气储存量也很丰富;
- ✘ 要探索使用省地,省水,省钱,环保的开发方法;
- ✘ 争取30年页岩气年产量突破1000亿立方米.

取自:2012.8.20 环球时报

查全衡,原石油部勘探司副司长

生物质能源

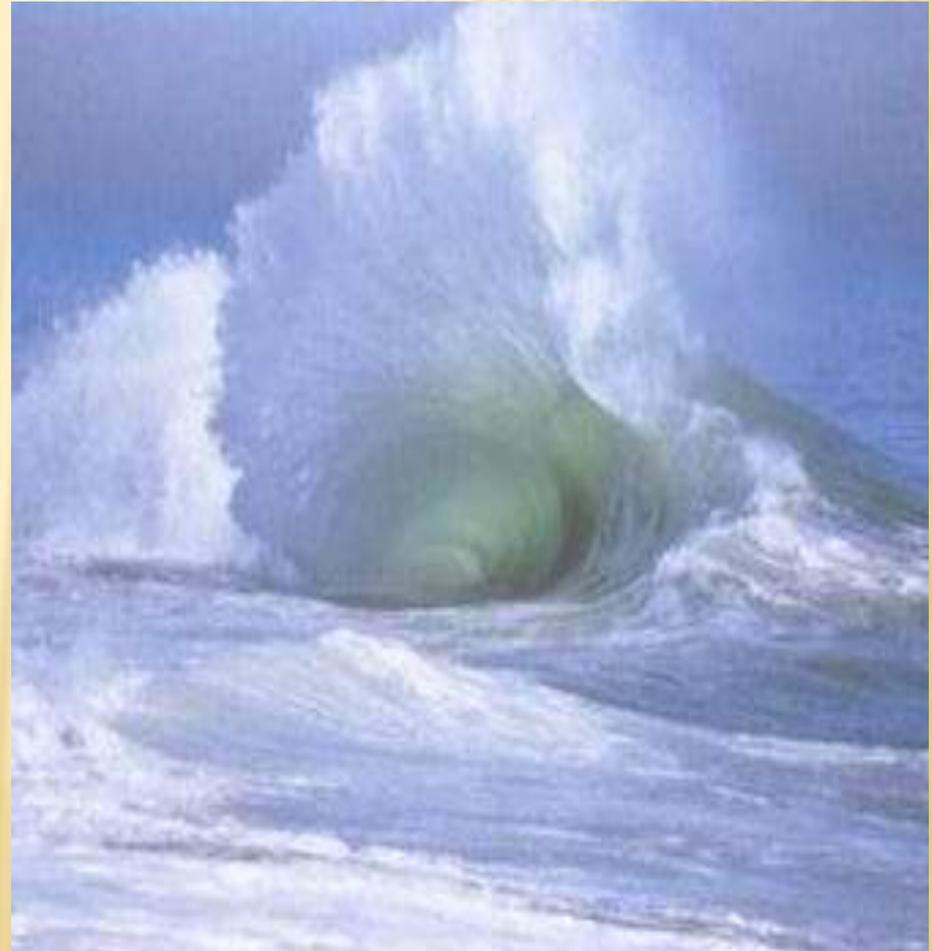
- ✘ 生物柴油—油菜, 亚麻子等
- ✘ 乙醇—甜菜, 玉米, 废秸秆
- ✘ 沼气或氢气燃料—动物排泄物





中国广泛使用的农村沼气池

风能、太阳能、海浪能的利用



对绿色能源必需进行 生命周期全分析

太阳能是绿色能源，但中国太阳能电池板生产造成严重污染；

多晶硅生产过程中产生的四氯化硅污染了工厂周围的空气、土壤和河流；

空气发臭、水呈酱油色，居民头昏脑胀，癌症多发；

关键是要采用清洁生产技术。

核能是绿色能源， 但必须十分关注安全问题

- ×核废料安全处置
- ×生产事故的严密预防
- ×其他突发性事故

大力开发城市矿山

- ✘ 工业固体废物及废旧产品应推行生产者责任延伸制度，利用“再制造”变成资源；
- ✘ 城镇垃圾应实施分类收集，并大力回收利用；
- ✘ 农村垃圾应分类收集，利用天然生态系统及沼气池就地处理、回收能源和肥源。

固体废弃物回收企业是 战略性新兴产业

我国早已有：废纸、废钢铁、废塑料——的回收；

废旧电子产品的回收正在迅猛发展：家电、建筑材料、包装品、汽车、手机、电池——的回收；

废旧产品回收利用优先次序：

产品——部件——材料

将废旧产品看作资源，开发城市矿产。

一批回收废物的企业已经诞生

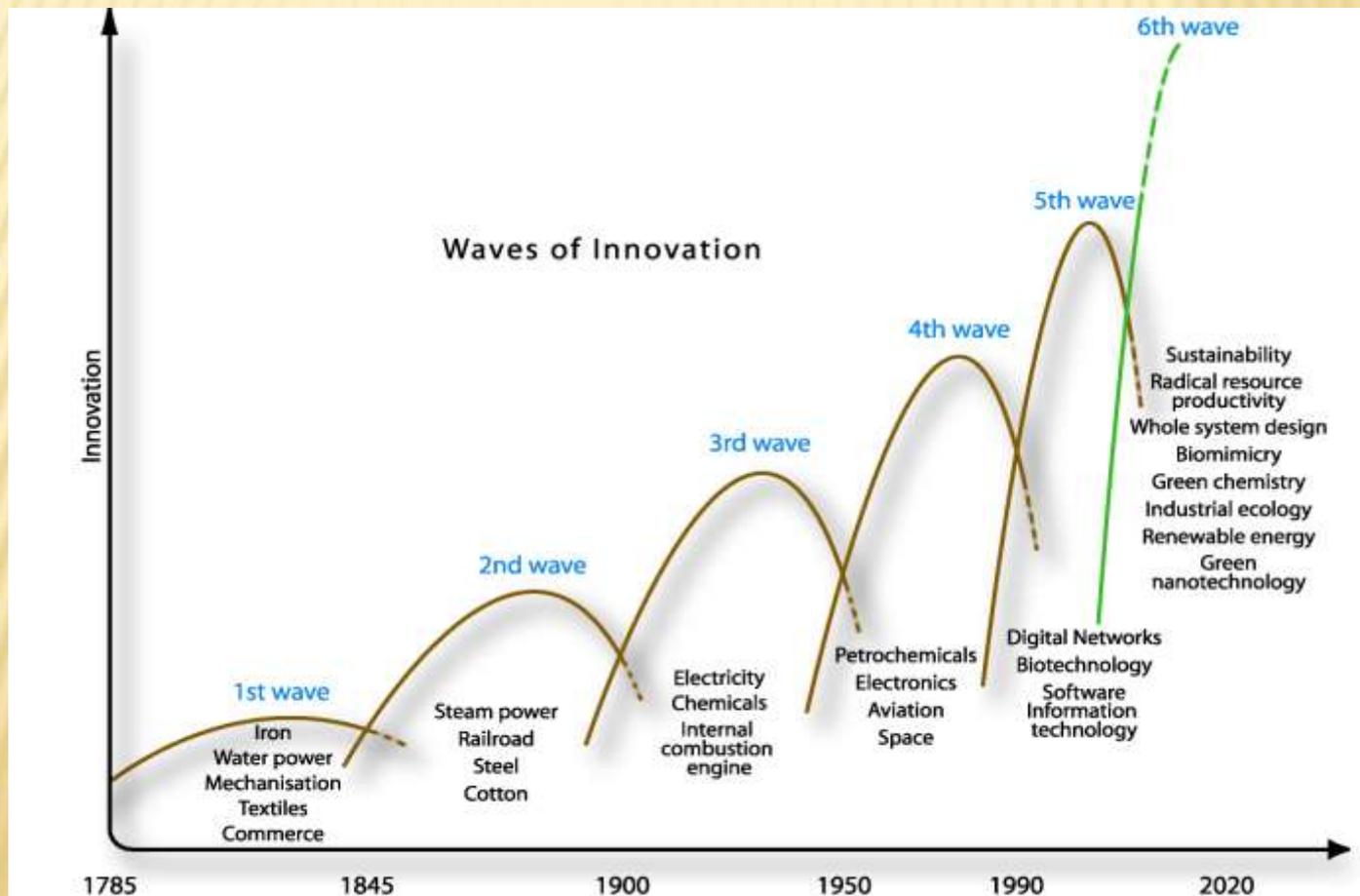
- × 格林美——Green Eco-Manufacture
- × “资源有限，循环无限”
- × “开采城市矿山，点亮美丽中国”

- × 习近平主席指示：
- × 变废为宝、循环利用是朝阳产业，
- × 垃圾是放错位置的资源，把垃圾资源化，化腐朽为神奇，既是科学，又是艺术。

循环经济的实施

- × 依靠政府、企业、公众三大主体
- × 采用法制、技术、教育三大措施
- × 获得经济、环境、社会三大效益

可持续发展战略 将掀起新的创新浪潮



**推行绿色工业，发展循环经济，
建设生态工业和生态工业园区，**

**为建设生态文明，
实施可持续发展目标
而奋斗！**