

北京大学



风力发电的市场化研究



BELL课程——风电研究小组



风电印象





- 风力发电是实施可持续能源战略的重要选择

- 世界风电技术的发展和利用情况
- 中国风电的发展和应用情况
- 风力发电技术和成本
- 中国发展大型风电场的障碍
- 鼓励风电发展的政策选择(待完成)

风电是实施可持续能源战略的选择



- 化石能源的有限性和对环境的危害性
- 发展风电是保障我国能源安全的需要
- 我国拥有可供大规模开发的风能资源
- 风电可以满足我国边远和贫困地区的用电需要
- 风电是可再生的高度清洁的能源



□ 风力发电是实施可持续能源战略的重要选择

□ 世界风电技术的发展和利用情况

□ 中国风电的发展和应用情况

□ 风力发电技术和成本

□ 中国发展大型风电场的障碍

□ 鼓励风电发展的政策选择

世界风电技术的发展和应



- 装机容量迅速增加，产业规模不断扩大
- ✓ 2000年世界风力发电装机容量已由1990年的200万kW，增加到1750万kW，短短10年间风电装机容量增加了1550万kW
- ✓ 目前全球风电产业从业人员估计在7万人以上，直接产值约35亿美元，风电产业在能源工业中的地位越来越重要
- ✓ 据国际能源理事会预测，2020年世界用电量将翻一番。届时巨大的电力需求将要求风电的装机容量达12万亿kW，年发电量约2.5 - 3万亿kW，相当于全球用电量的10%

世界风电技术的发展和應用



- 装机容量迅速增加，产业规模不断扩大
- 风电技术不断进步，机组性能提高
- ✓ 目前单机容量500、600、750kW的风电机组技术日益成熟，达到批量商业化生产的水平，已成为当前世界风力发电的主力机型
- ✓ 更大型、性能更好的机组也已经开发出来，并投入生产试运行
- ✓ 在控制系统和保护系统方面广泛用电子技术和计算机技术

世界风电技术的发展和应



- 装机容量迅速增加，产业规模不断扩大
- 风电技术不断进步，机组性能提高
- 风电成本不断下降
- ✓ 由于生产开发规模地扩大，以及新技术的应用和机组大型化的发展，风电成本不断下降
- ✓ 以美国为例，风力发电成本由8美分/(kWh)减少到4美分/(kWh)，预计2005年可降至2.5 - 3.5美分/(kWh)，达到可与常规发电设备相竞争的水平，而美国第一个风电场的发电成本高达30美分/(kWh)



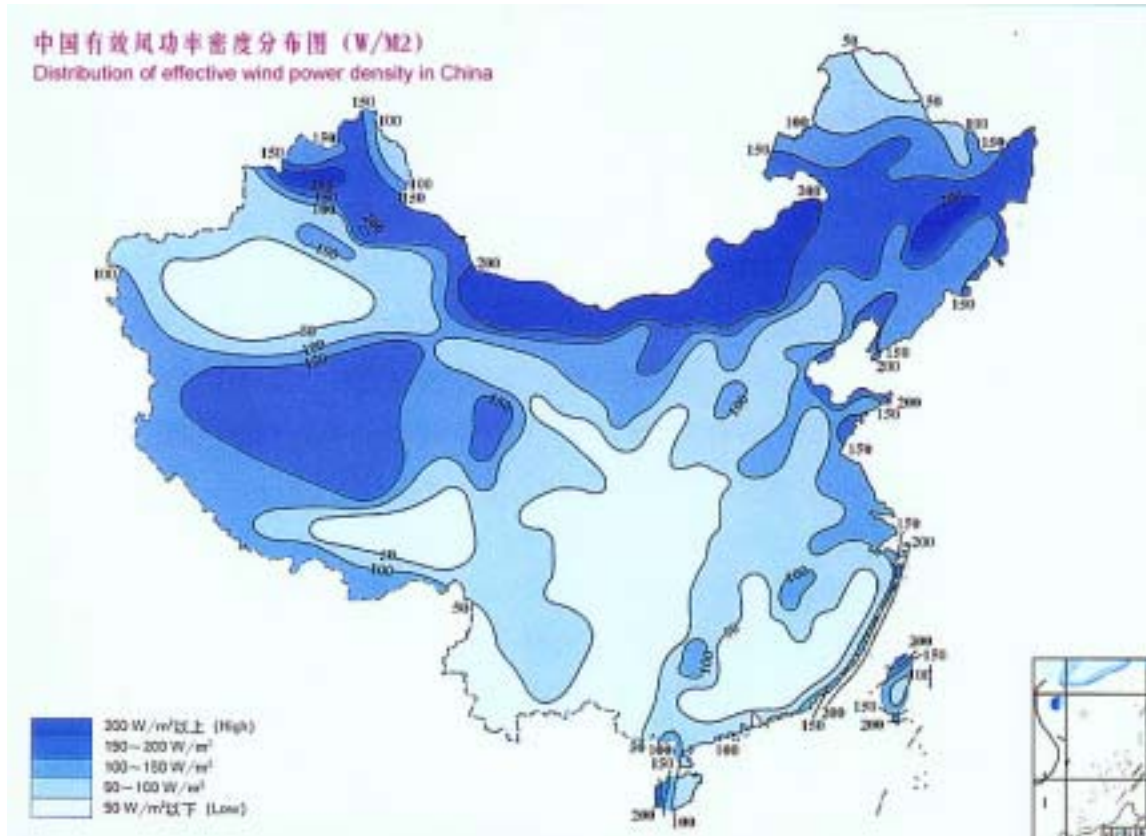
- 风力发电是实施可持续能源战略的重要选择
- 世界风电技术的发展和利用情况
- 中国风电的发展和应用情况
- 风力发电技术和成本
- 中国发展大型风电场的障碍
- 鼓励风电发展的政策选择

中国风能分区及占全国面积比例



风能区域	丰富区	较丰富区	可利用区	贫乏区
风速>3m/s 时间 (hr/a)	>5000	5000~4000	4000~2000	<2000
风速>6m/s 时间 (hr/a)	>2200	2200~1500	1500~500	<500
风能密度 (w/m ²)	>200	200~150	150~50	<50
占全国面积 的百分 比(%)	8	18	50	24

中国有效风功率密度分布



我国风电发展状况



- 中国的风电发展相对滞后，但是起点较高，成就令人瞩目，主要分为两个阶段：
 - ✓ 1950~1980年代：主要发展小型风电，解决偏远农村地区的电力供应
 - ✓ 1980年代~：国家鼓励并网发电，开发可再生能源
- 目前，在小型风电机组的生产和应用方面，我国以15万台拥有量居世界首位；但在大型并网风力发电方面，发展速度不尽如人意

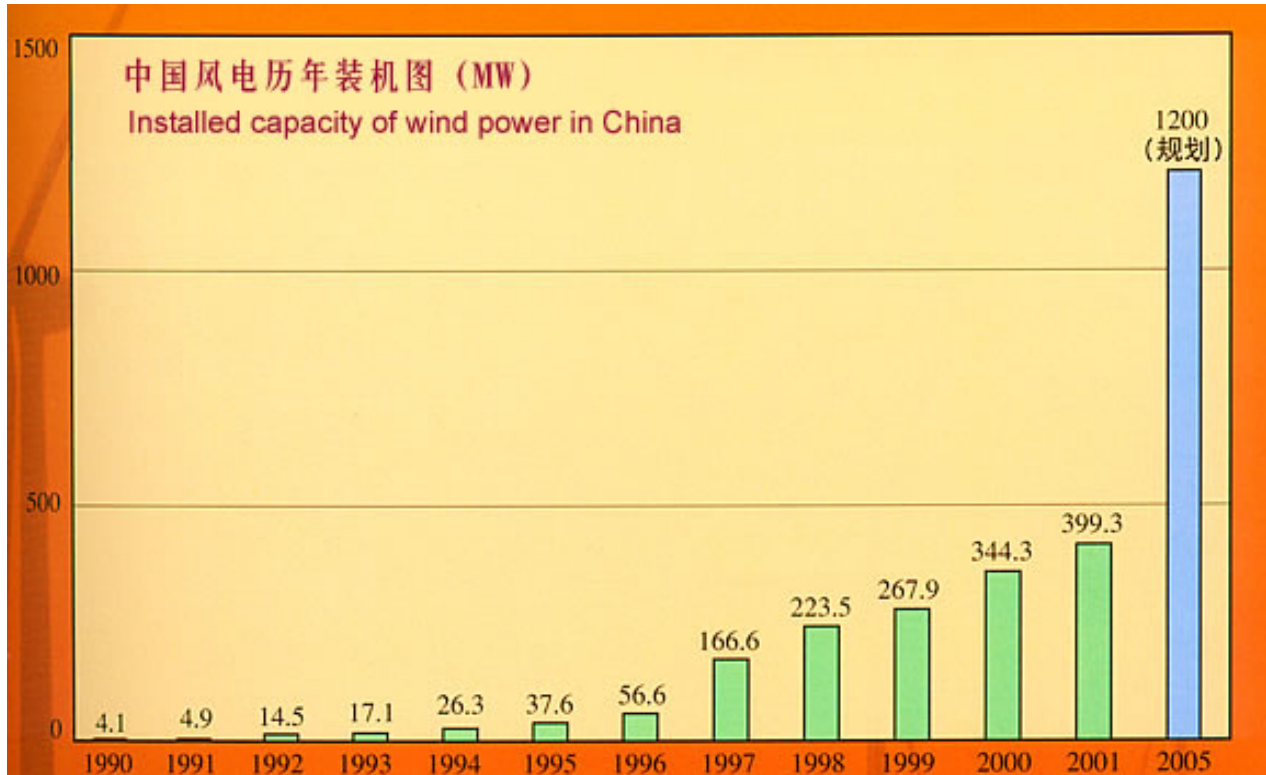
中国风能的利用



- 截止到2003年6月，全国风电场装机台数为960台。装机容量为494765kW，共有31个大型风场。其中绝大多数机组是从丹麦、德国、美国、比利时、瑞典引进的，最大单机容量为600kW
- 新疆达坂城的风力发电场一、二期总装机容量已达114460kW，是全国目前最大的风力发电场



中国风电历年装机情况



中国已建及部分拟建风电场分布





- 风力发电是实施可持续能源战略的重要选择
- 世界风电技术的发展和利用情况
- 中国风电的发展和利用情况

- 风力发电技术和成本

- 中国发展大型风电场的障碍
- 鼓励风电发展的政策选择

风能的特点



- 四大优点：蕴藏量大、可再生、分布广泛、污染小
- 三个缺点：
 - ✓ 风能密度低

这是风能的一个重要缺陷，由于风能来源于空气的流动，而空气的密度是很小的，因此风力的能量密度也很小，给其利用带来一定的困难

能源类别	风能 (3m/s)	水能 (流速3m/s)	波浪能 (波高2m)	潮汐能 (潮差10m)
能流密度 [kw/m ²]	0.02	20	30	100

风能的特点



- 四大优点：蕴藏量大、可再生、分布广泛、污染小
- 三个缺点：
 - ✓ 风能密度低
 - ✓ 风力不稳定

由于气流瞬息万变，因此风的脉动、日变化、季变化以至年际的变化都十分明显，波动很大，极不稳定

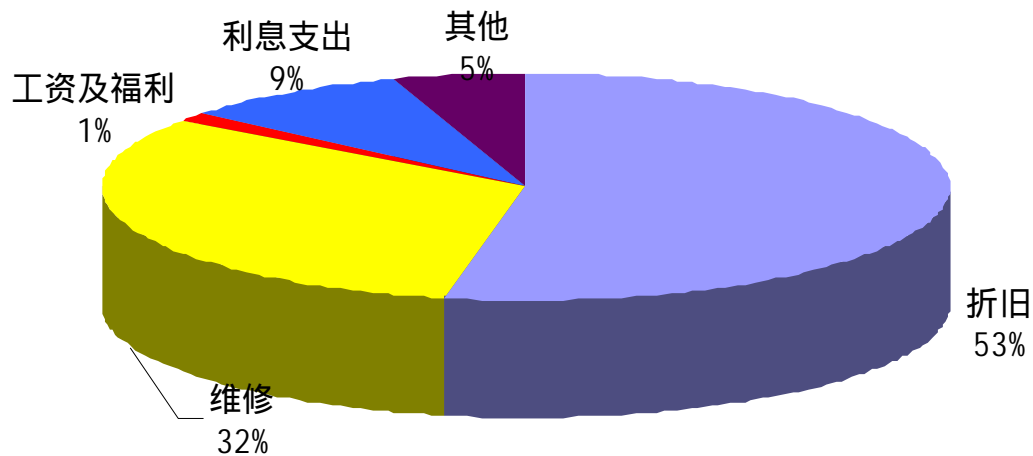
风能的特点



- 四大优点：蕴藏量大、可再生、分布广泛、污染小
- 三个缺点：
 - ✓ 风能密度低
 - ✓ 风力不稳定
 - ✓ 风能分布地区差异大

由于地形的影响，风力的地区差异非常明显。邻近的区域，有利地形下的风力往往是不利地形下的几倍甚至几十倍

风力发电成本构成



与煤电相比，风电的成本要高33 ~ 60%

风电成本高的原因



- 固定资产折旧费高

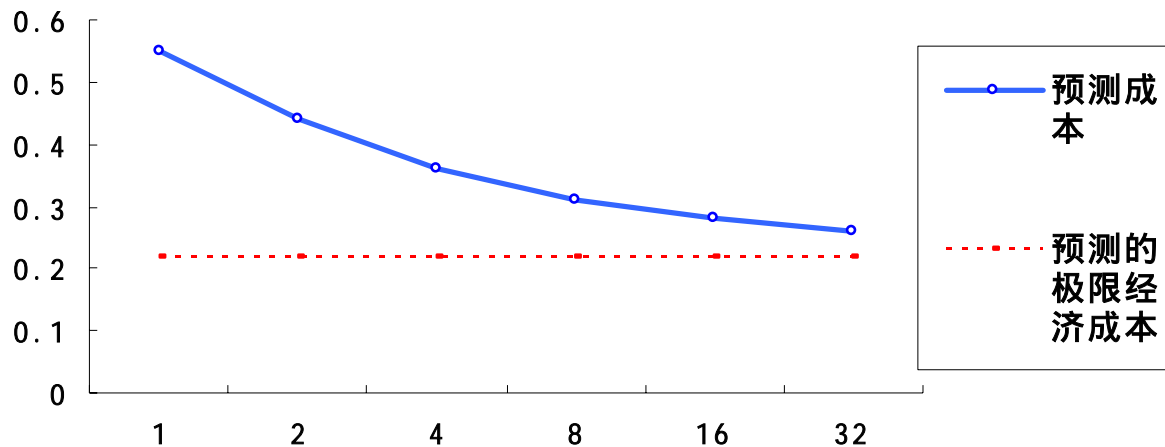
- 发电系数低

- ✓ 与煤电相比，风力发电的固定资产折旧费是煤电（20%~22%）的1倍多；但发电系数只相当于煤电的1/2。主要原因是风能的密度和分布差异大等物理因素的影响

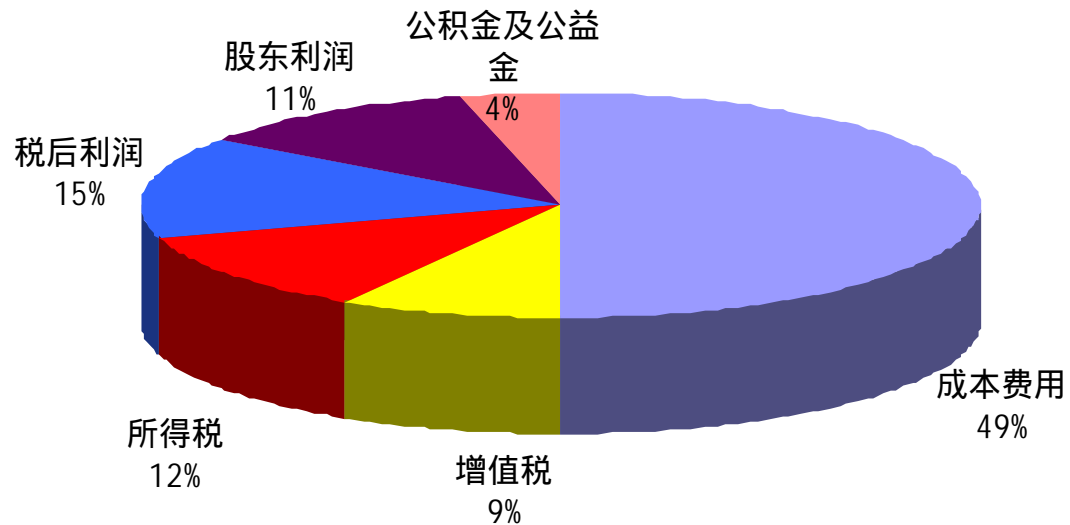
预测的中国风力发电成本



- 据研究，中国风电在综合考虑了装机容量、技术水平提高等因素变化的前提下，成本有逐步下降的趋势，预测的极限成本为0.22元/kWh。而当成本到达0.25元/kWh时，风电在价格上就有了和煤电竞争的条件



风电上网电价构成



对风电上网电价的分析



- 风电目前的平均上网电价通常是0.50元/kWh以上，这要远高于煤电的0.3 ~ 0.5元/kWh

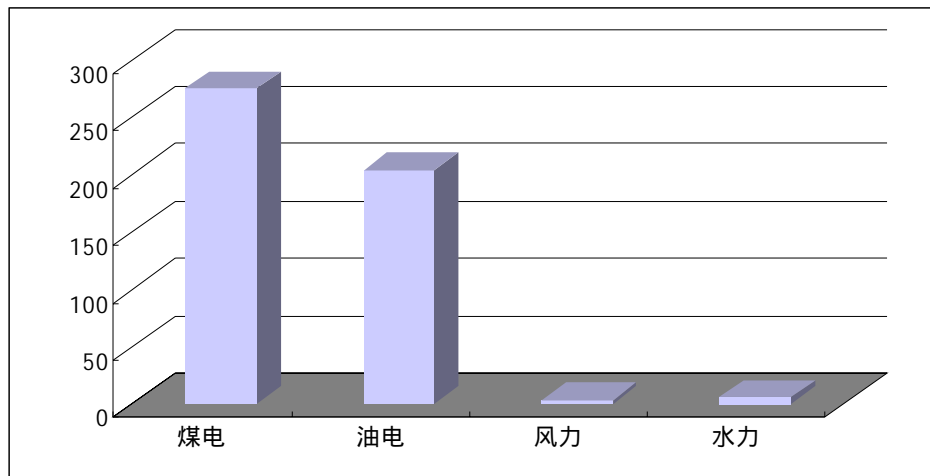
- 风电电价偏高的原因：
 - ✓ 成本高
 - ✓ 赋税
 - ✓ 环境成本（碳税）



风电和煤电上网电价比较

	风电	煤电
成本 (元/kw·h)	0.32	0.2 ~ 0.24
税赋 (元/kw·h)	0.123	0.007
上网电价 (元/kw·h)	0.59	0.3 ~ 0.5

碳
排
放
量
g/kWh



中国发展大型风电场的障碍



□ 成本障碍

□ 市场障碍

- ✓ 其主要表现是：规模小、非确定性，而且缺乏相应的发展机制

□ 政策障碍

- ✓ 中国过去曾制定过鼓励风电发展的政策，但随着国家体制和电力体制地改革，这一政策的实施遇到了新的障碍和问题，目前已名存实亡

鼓励风电发展的政策选择（待完成）



- 建立市场
- 可再生能源配额制（RPS）和强制市场份额（MMS）
- 风险和回报
- 特许权经营



谢谢！

谢谢！ Thanks for listening!

Thanks a bunch.

谢谢

非常感谢。

Thanks.

谢谢。

谢谢!

多谢！

谢谢！ (thanks)