

风能经济可开发量工作研究

水电水利规划设计总院 王霁雪

2010年12月9日

报告主要内容

- ★ 研究背景和目的
- ★ 研究内容和成果
- ★ 典型案例分析

第一部分

研究背景和目的

1. 研究背景

我国利用风能并网发电始于**20世纪70年代末**，至今已经历时**30年**。从**2003年**起，在一系列政策促进下，我国风电开发出现了持续快速升温态势，风电装机出现了年递增**70%以上**、甚至翻番增长的局面。**2004年**全国风电总装机容量为**76.4万千瓦**，**2005年**达到**126.6万千瓦**，**2006年**达到**259.9万千瓦**，**2007年**达到**605万千瓦**，**2008年底**又提前两年完成国家“十一五”风电发展规划，装机容量达到**1217.3万千瓦**，**2009年**以装机总容量**2268.1万千瓦**的规模在世界各国排名第三。在大力推进陆上风电开发建设的同时，**2008年**以国家能源局核准上海东海大桥**10万千瓦**海上风电示范项目开工建设为标志，我国风电开发建设开始了大规模向海上推进的历程。

1. 研究背景

目前,我国已提出了**2020年非化石能源达到15%**, 单位**GDP**二氧化碳排放量比**2005年降低40%-50%**的目标, 为实现此目标, **2020年中国风电的发展将在1.5亿千瓦**, 因此大规模开发利用风电将成为一项重要的战略任务。

风能资源经济可开发量受到风电场的建设成本、风能资源条件、风电场的运行成本和电价等诸多因素的制约, 因此需要进行风电场风能资源经济可开发量评估, 并形成软件成果提出风能经济可开发量的量化指标。



2. 研究目标

在**NREL**的帮助下展开风能经济可开发量方面的工作，改进软件电价计算部分，进而能够利用**WEA**研究分析我国陆上和海上风电的分布情况，明确各区域的风电开发规模和地区投入成本，为风电行业的发展提供合理可行的中国风电区域发展布局作为测算依据。



第二部分

研究内容和成果

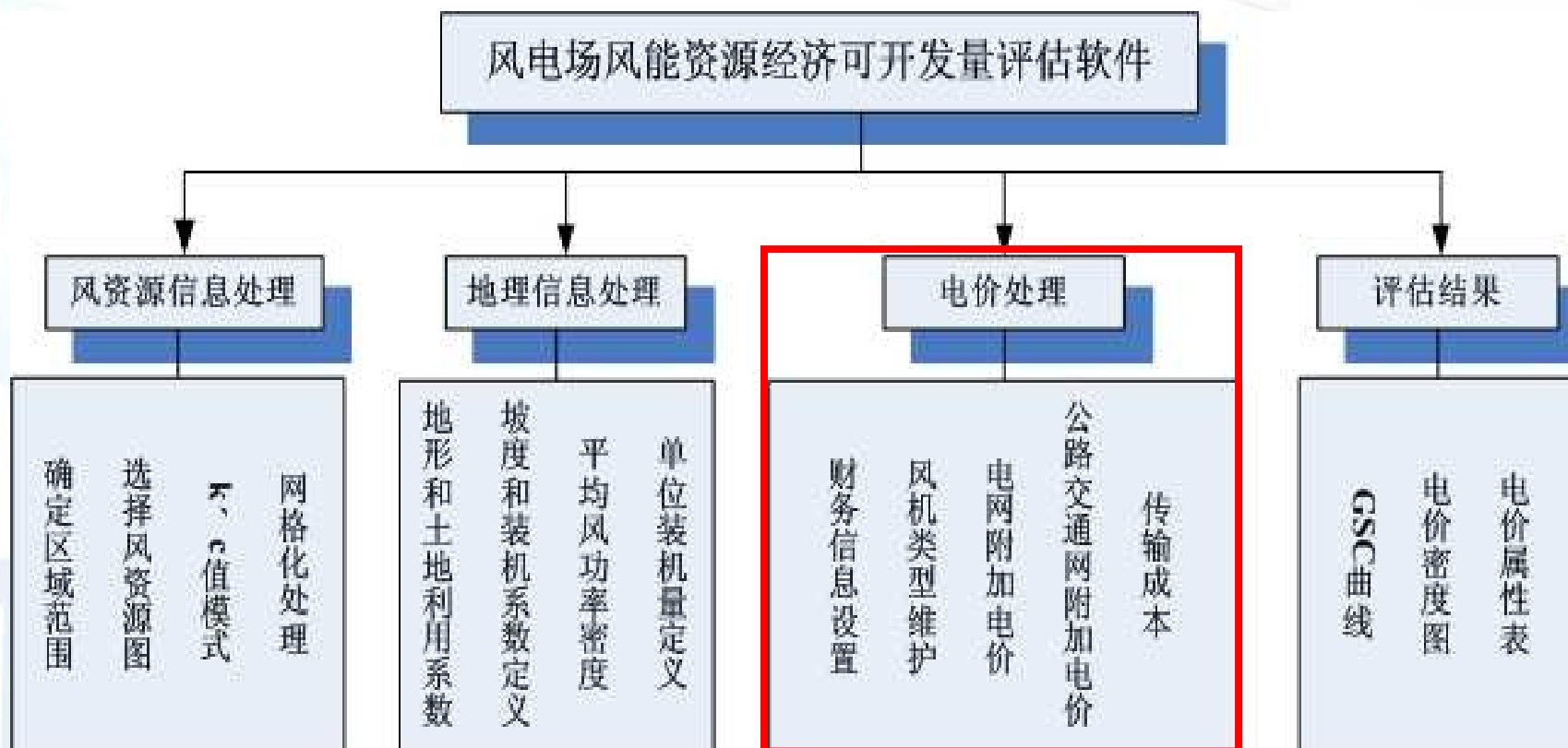
研究内容

◆ 风能资源经济可开发量评估程序 (WEA) 开发

主要数据输入：

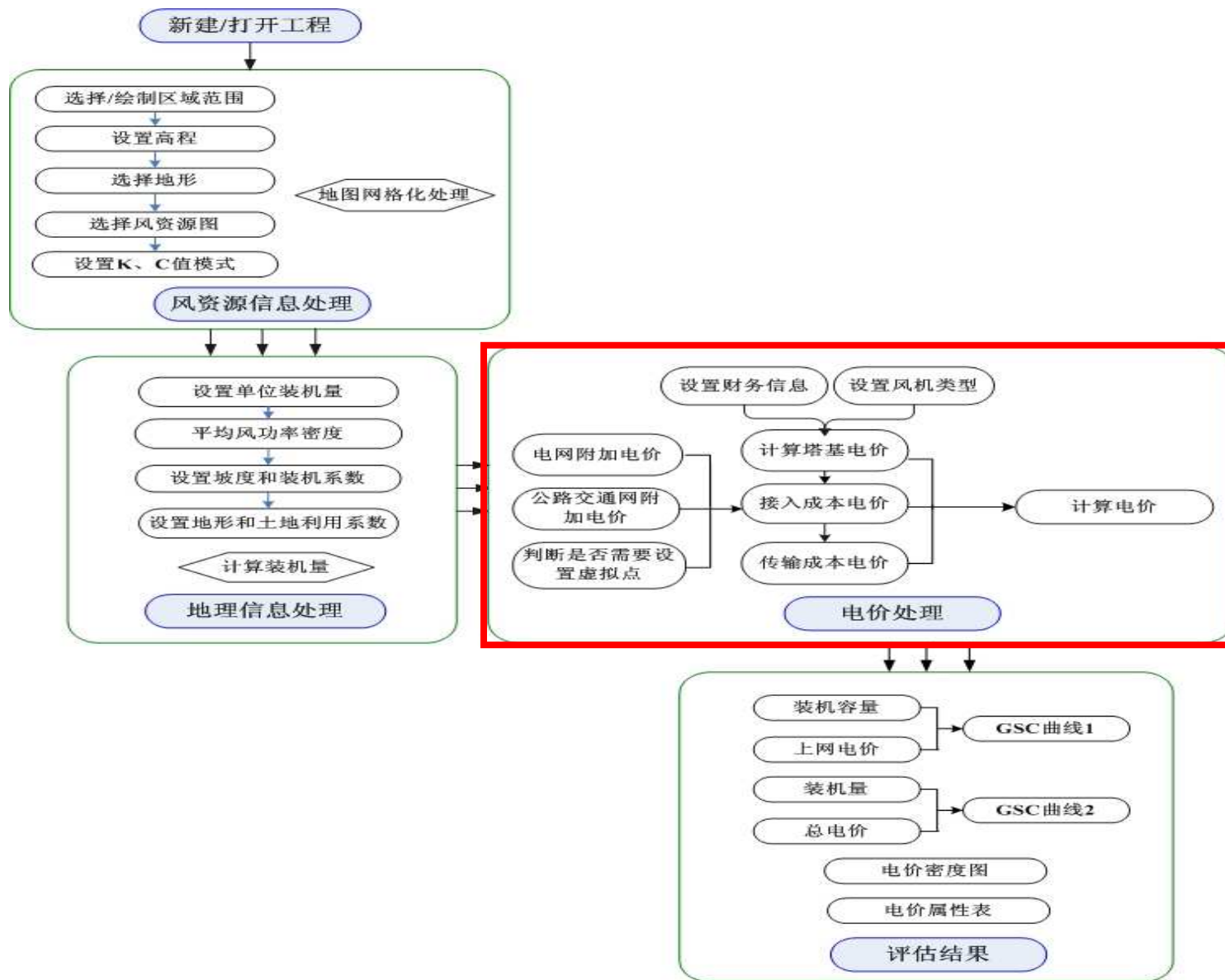
1. 全国1:25万地形图
2. 90m × 90m 卫星地形图（新版采用30m格点数据）
3. 全国风功率密度分布图（5km与局部1km分辨率）
4. 全国80m高度风速k、c值图层（5km与局部1km分辨率）
5. 概念电网
6. 区域化成本、财务评价模块

风能资源经济可开发量评估程序WEA



系统功能模块图

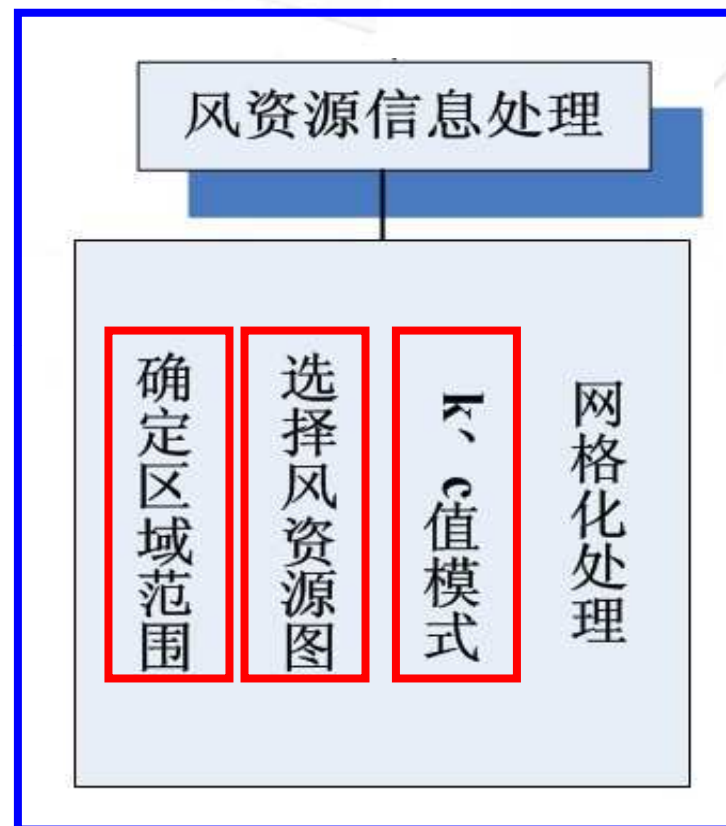
风能资源经济可开发量评估程序WEA升级



系统计算流程示意图

风能资源信息处理

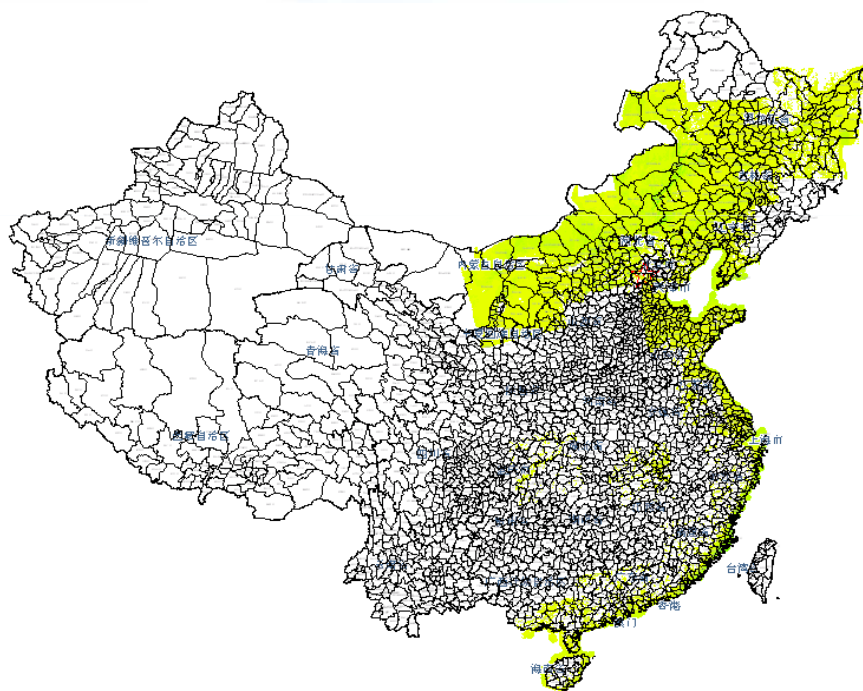
1. 90m×90m卫星地形图
2. 80m高度风速k、c值图层
3. 全国风功率密度图



WEA软件风资源信息处理模块

风能资源信息处理

(1) 90m×90m 分辨率Strm卫星地形图



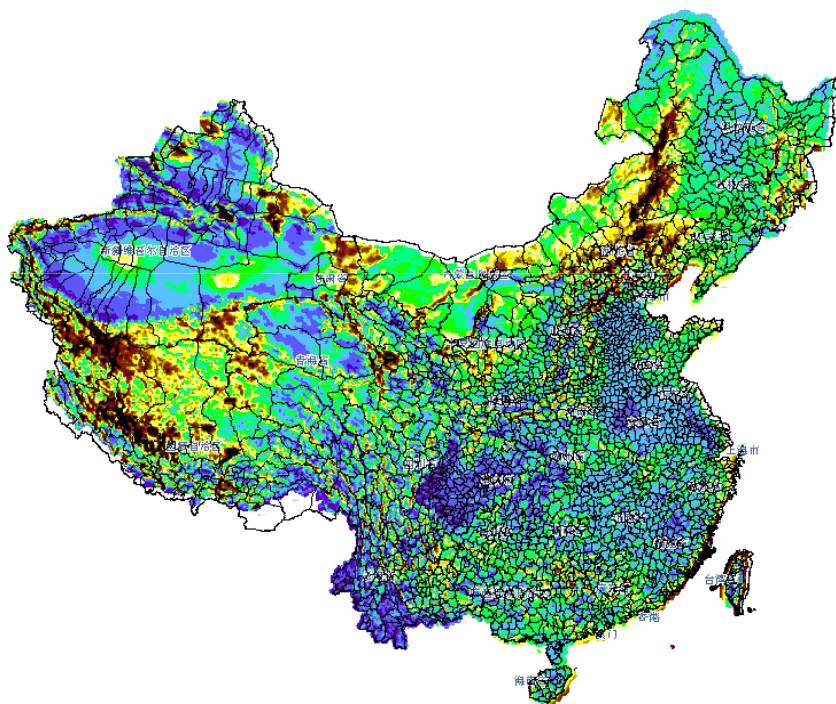
(2) 80m高度风速k、c值图层

将5km×5km分辨率的80m高度k、c值利用GIS作为图层放入地图，计算区域网格化处理后，K、C模式中选择从图层中直接获取K、C值，即可从这两个图层中的相应位置获取数值。

1km风功率密度数据（100万平方公里范围）

风资源信息处理

(3) 5km×5km 分辨率全国风资源图层加载



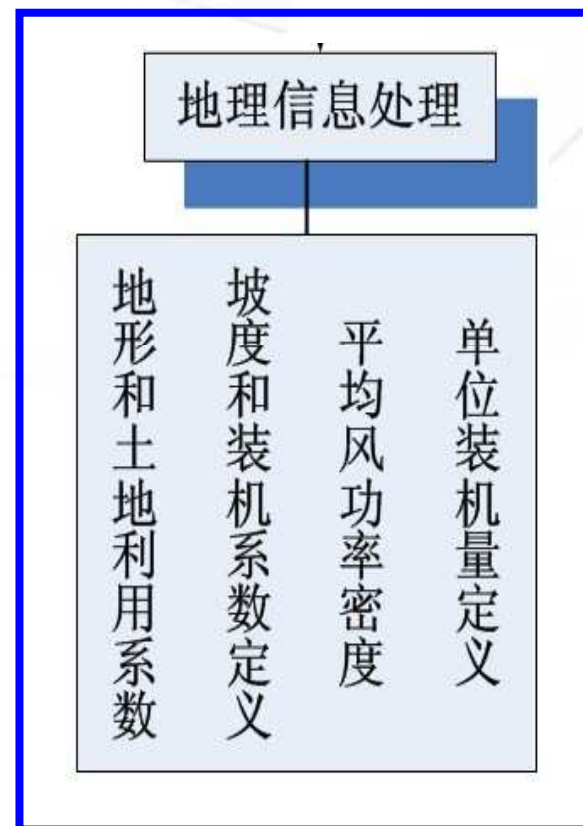
全国中国风资源图层

风资源图有两种选择方式，全国范围风资源图和小范围风资源图。

其中，小范围风资源图分辨率为1km×1km，主要包括中国的东北部、东部和东南沿海部分区域的风资源情况；全国范围风资源地图分辨率为5km×5km，包括全中国的风资源情况。

地理信息处理

1. 单位装机容量
2. 平均风功率密度
3. 坡度和装机系数
4. 地形和土地利用系数



WEA程序风能资源信息处理模块

地理信息处理

1. 单位装机容量

设置每个网个单元的单位装机容量，输入设置。

2. 平均风功率密度

增加输入平均风功率密度 (w/m^2) \geq 的功能，数值范围 (**0-2000**) 由用户进行输入设置。当网格点计算的平均风功率密度小于输入数值时，那些网格点的地理信息处理和电价分析将不再计算。

即:只对大于等于输入数据的网格点进行计算。

默认单位装机量 (kw/km^2)
3000
平均风功率密度 (w/m^2) \geq
150

WEA程序地理信息设置

地理信息处理

3. 坡度和装机系数

根据坡度设置装机系数：非常平的地形，坡度可看作为0，装机系数可设置为1；地形越陡峭，坡度变大，装机系数也逐渐变小。

4. 地形和土地利用系数

区域可能覆盖有草地、农场、湖泊、灌木、树木、文物或沙丘等，不同的地形有不同的土地利用系数。由用户在地图上选择范围并定义地形类型和给出土地利用系数,若不设置地形范围，用户可自己设置土地利用系数默认值，软件将取该默认值进行计算。

坡度及装机系数设置

坡度	装机系数
[0, 0.01)	1
[0.01, 0.1)	0.7
[0.1, 0.3)	0.6
[0.3, 0.5)	0.5
[0.5, 0.6)	0.4
[0.6, 0.7)	0.3
[0.7, 0.8)	0.2
[0.8, 1)	0.1
[1, 999999)	0

地形及土地利用系数设置

默认值 1

地形	土地利用系数
草地	1
基本农田	0
普通农田	0.6
散耕农田	0.6
湖泊	0
灌木	0.8
树木	0.6

设置范围

WEA程序地理信息设置

电价处理

1. 塔基电价

根据全部投资内部收益率计算

2. 上网电价

单元上网电价 =

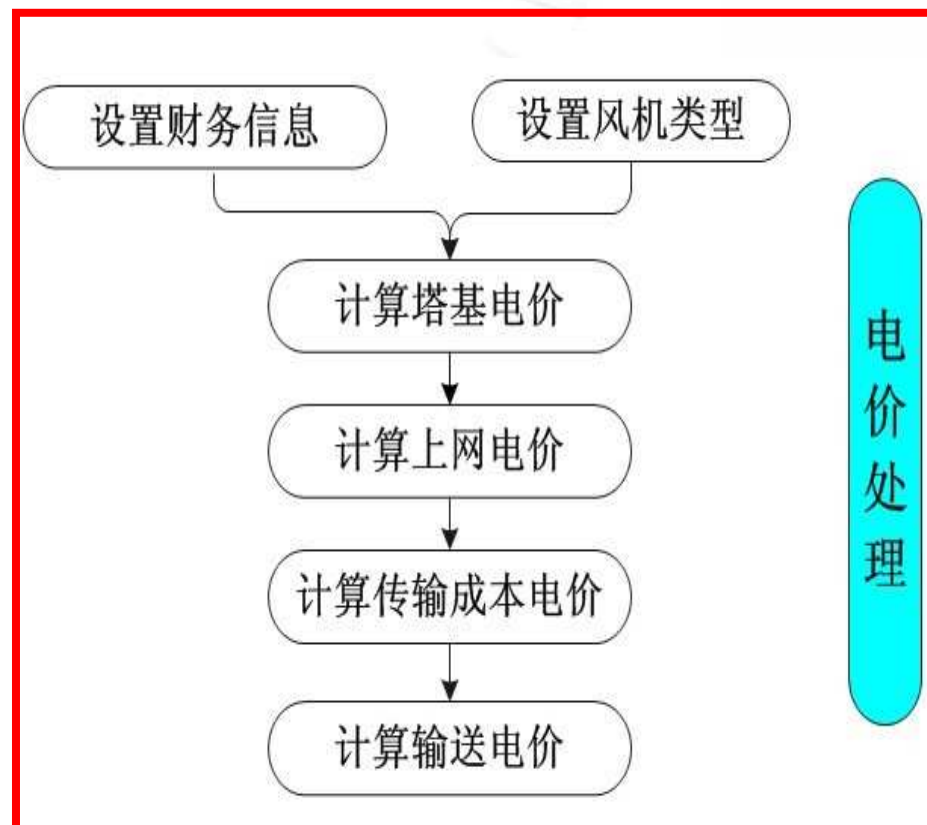
塔基电价 + 电网附加电价 + 交通附加电价

3. 传输成本电价

根据输电线成本和变电站成本计算

4. 输送电价

输送电价 = 上网电价 + 传输成本电价



WEA程序电价处理模块

电价处理

1. 塔基电价

根据全部投资内部收益率计算。

塔基电价分析即敏感性分析，是指通过分析不确定性因素发生增减变化时，对财务或经济评价指标的影响。风电场的不确定因素主要为固定资产投资、上网电量和电价等。根据其可能变化的情况，可以对塔基电价作敏感性分析，作为参考。

基本参数		
计算期: 21 年	建设期: 1 年	单位装机成本: 100 万元
资本金投入比例(等比例): 20 %	自有流动资金比例: 30 %	铺底流动资金比例: 7.83 %
长期贷款利率: 30 %	流动资金贷款利率: 5.87 %	资本金基准利率Ic: 10 %
短期贷款利率: 5.87 %	行业基准利率Ic: 8 %	年有效利用小时数: 2000
预定还款期: 10 年	还本付息方式: <input type="radio"/> 等额还本付息 <input checked="" type="radio"/> 等额还本利息照付	
流动资金单位千瓦指标: 12 元/kW		

成本费用			
残值率: 10 %	综合折旧率: 8 %	折旧还贷比例: 100 %	维修费率(各年相同): 2 %
人工数量: 6 人	人工年平均工资: 40000 元	福利费及其它: 41 %	材料费定额(各年相同): 10 元/kW
保险费率: 0.2 %	其他费用定额(各年相同): 0 元/kW		

收入和税金			
<input checked="" type="radio"/> 全部投资内部收益率计算电价	增值税税率: 8.5 %	城市维护建设税: 5 %	教育费附加: 3 %
<input type="radio"/> 自有资金内部收益率计算电价	公益金比例: 10 %	盈余公积金比例: 5 %	企业所得税税率: 10 %
	应付利润比例(各年相同): 8 %		

塔基电价设置窗口

电价处理

2. 上网电价

- 通过绘制和导入两种方式添加附加电网。
- 添加电网分布图层，在计算上网附加电价的时候，可从图层中找到区域每个网格中的已有电网进行计算。
- 在地图上绘制公路，计算每个单元格中心到所选路线的距离，选择最短距离。

范围(公里)	附加电价
(0, 50]	0.01
(50, 100]	0.015
(100, 150]	0.02
大于150	0.03

电网和公路网附加电价设置窗口

电价处理

3. 传输成本电价

电网附加电价中增加传输成本，并且将这部分费用分摊到每个网格上。

计算规则：只有在现有电网容量不够的情况下，剩余网格的区域风资源数据计算的基本电价参与计算。

传输电价的计算与财务评价方法计算塔基电价的理论相同。

4. 输送电价

输送电价 = 上网电价 + 传输成本电价

设置荷载点 设置风资源点
设置输电线 传输成本设置

传输成本信息设置
[基础数据] [传输电价分析]

基本参数
计算期: 21 年 建设期: 1 年 总成本: 2576151.1 万元 总容量: 40000 MW

资本金投入比例(等比例): 20 % 自有资金比例: 30 % 铺底流动资金比例: 7.83 %
长期贷款利率: 30 % 流动资金贷款利率: 5.87 % 资本金基准收益率Ic: 6 %
短期贷款利率: 5.87 % 行业基准收益率Ie: 8 % 年有效利用小时数: 2000
预定还款期: 20 年 还本付息方式: 等额还本付息 等额还本利息照付
流动资金单位千瓦指标: 12 元/kW

成本费用
残值率: 10 % 综合折旧率: 8 % 折旧还贷比例: 100 % 维修费率(各年相同): 2 %
人工数量: 6 人 人工年平均工资: 40000 元 福利费及其它: 41 % 材料费定额(各年相同): 10 元/kW
保险费: 0.2 % 其他费用定额(各年相同): 0 元/kW

收入和税金
 全部投资内部收益率计算电价 增值税税率: 6.5 % 城市维护建设税: 5 % 教育费附加: 5 %
 自有资金内部收益率计算电价 公益金比例: 10 % 盈余公积金比例: 5 % 企业所得税率: 10 %
应付利润比例(各年相同): 8 %

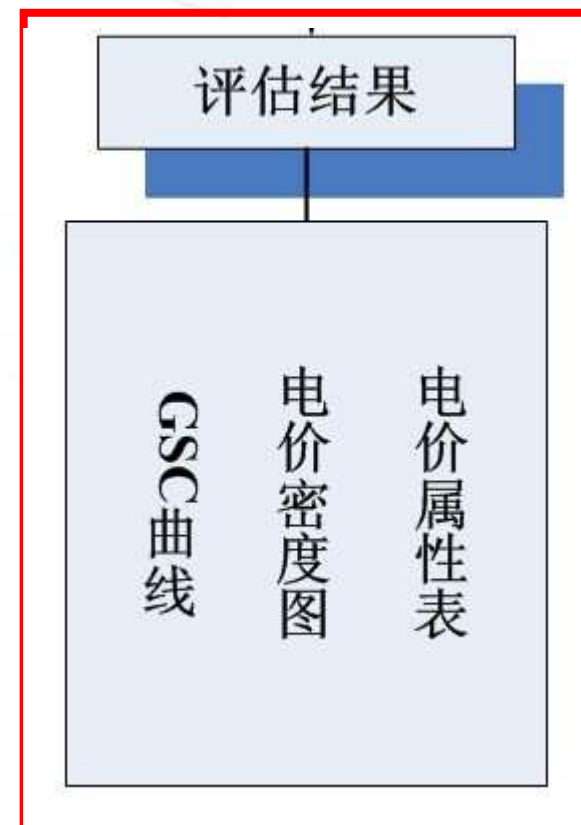
保存 关闭

传输成本设置窗口

评估结果

■ 评估结果模块用来提供供应曲线(GSC), GSC曲线是装机容量和电价的关系曲线。通过GSC曲线, 得到经济可开发量的量化指标, 并能根据相应的经济指标显示相应的地图模块。该模块包括以下五个部分:

1. GSC曲线
2. 电价密度图
3. 电价属性表
4. 查询方式
5. 查询结果



WEA软件评估结果模块

谢谢！