

中国工程院重大咨询项目

中国可再生能源 发展战略研究丛书 风能卷

中国可再生能源发展战略研究项目组



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

中国工程院重大咨询项目

中国可再生能源发展战略研究丛书

风能卷

主 编 贺德馨
副主编 李泽椿 倪维斗 杨裕生
王仲颖 戴慧珠



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

图书在版编目 (CIP) 数据

中国可再生能源发展战略研究丛书·风能卷/中国可再生能源发展战略研究项目组编. —北京: 中国电力出版社, 2008

ISBN 978-7-5083-7879-4

I. 中… II. 中… III. ①再生资源-能源经济-经济发展-研究-中国②风力能源-能源经济-经济发展-研究-中国
IV. F426.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 146803 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 <http://www.cepp.com.cn>)

北京市同江印刷厂印刷

各地新华书店经售

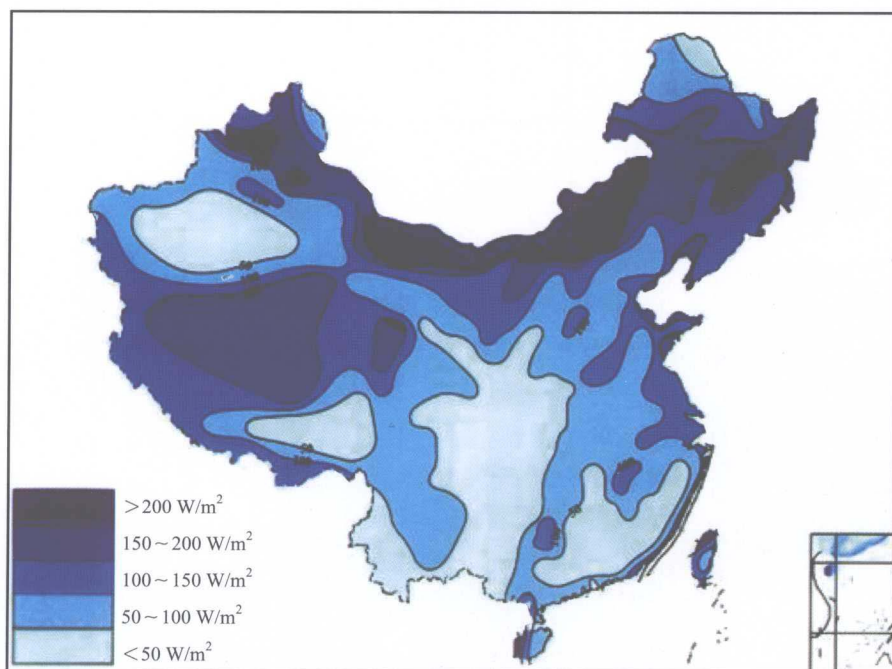
*

2008 年 11 月第一版 2008 年 11 月北京第一次印刷
787 毫米×1092 毫米 16 开本 12.5 印张 218 千字 4 彩页
印数 0001—2000 册 定价 39.00 元

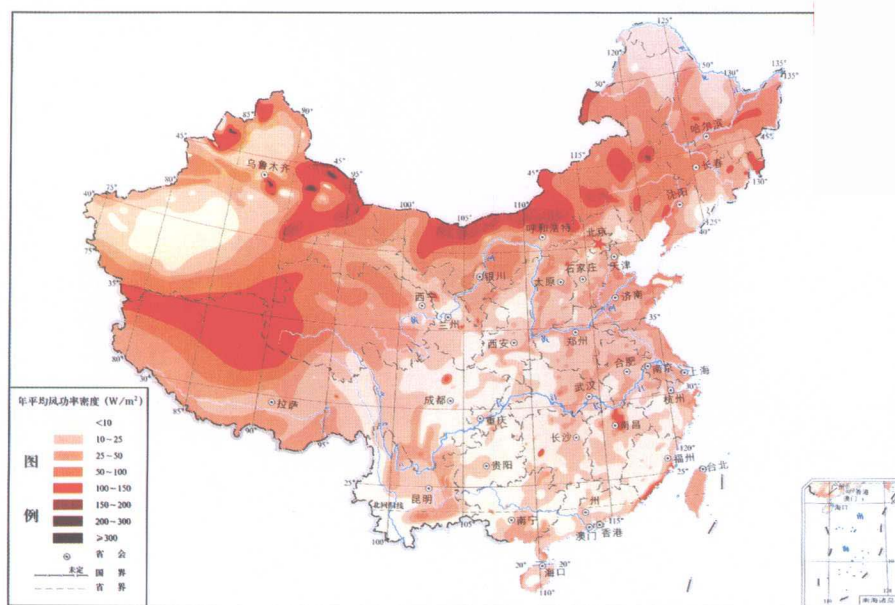
敬告读者

本书封面贴有防伪标签, 加热后中心图案消失
本书如有印装质量问题, 我社发行部负责退换

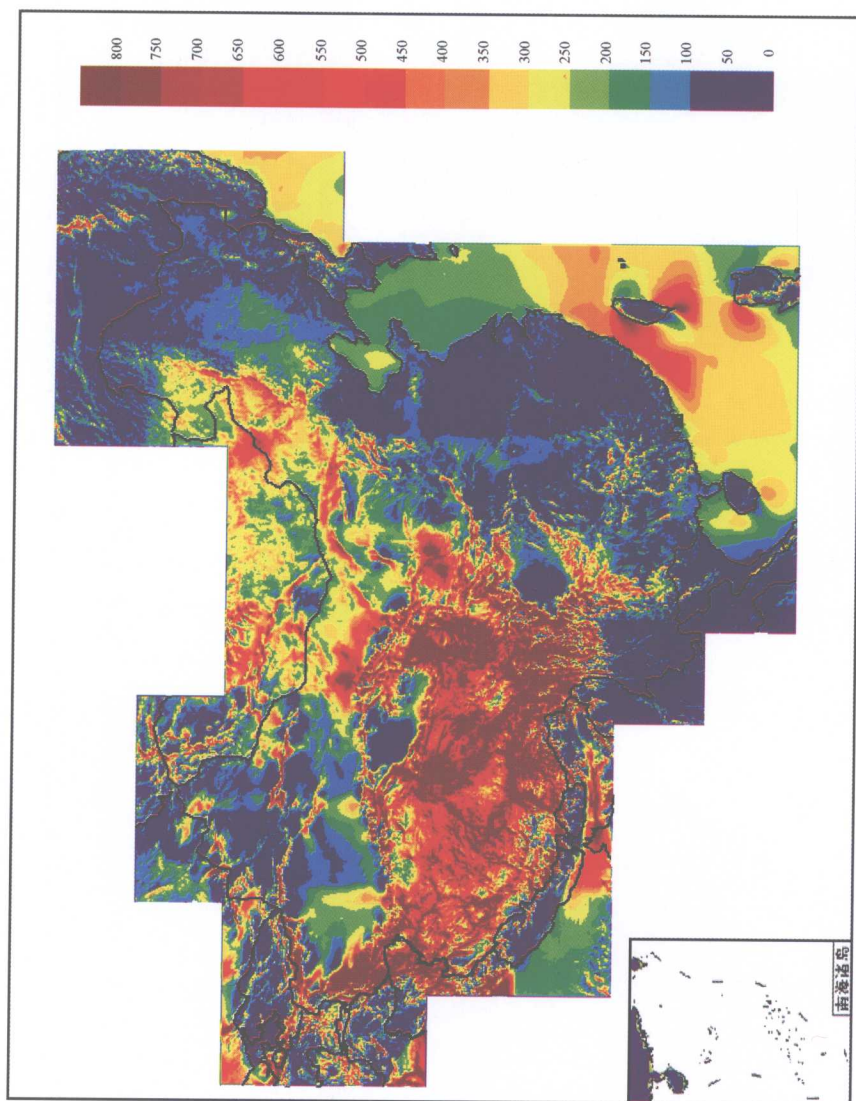
版权专有 翻印必究



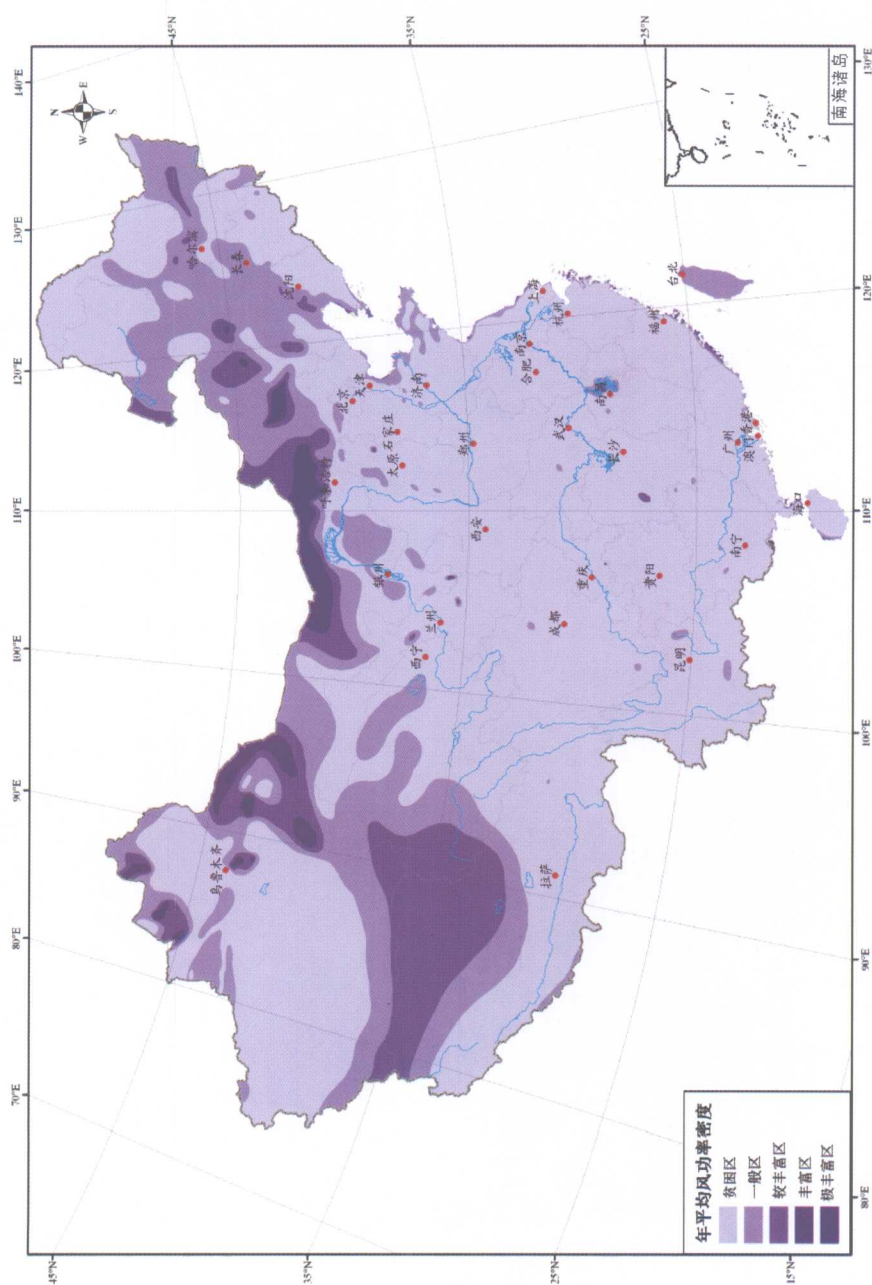
彩图 1 第二次全国风能资源普查10m高度年平均风功率密度分布图



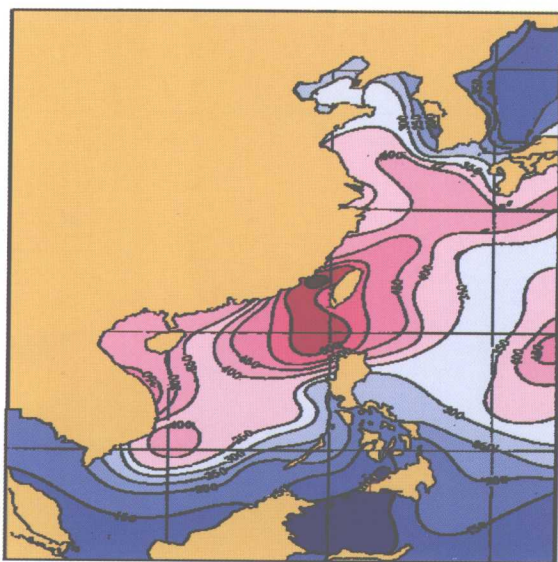
彩图 2 全国年平均风功率密度分布图 (单位: W/m^2)



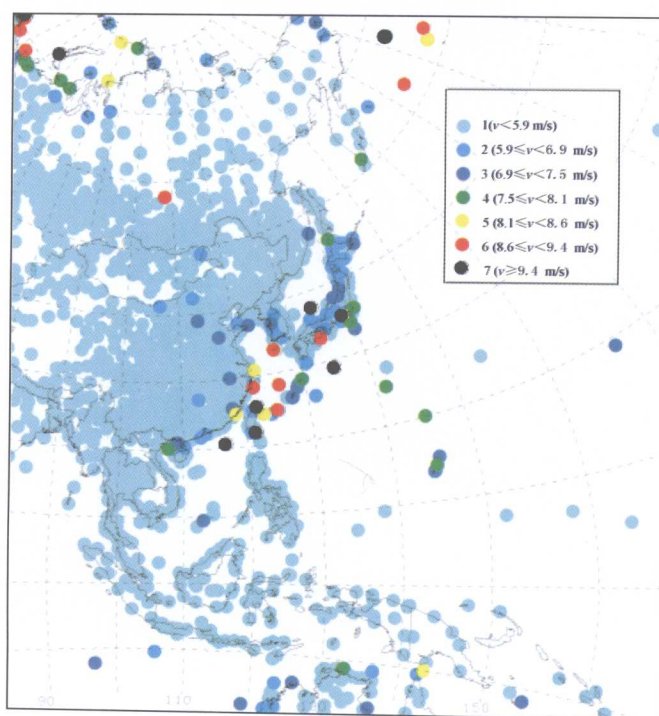
彩图 3 我国50m高度年平均风功率密度分布图 (单位: W/m^2)



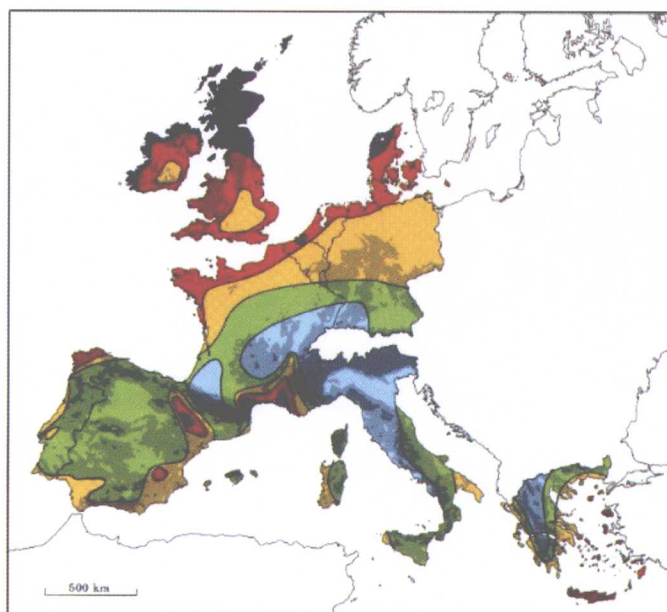
彩图 4 第三次全国风能资源普查10m高度年平均风功率密度分布图



彩图 5 1991年根据船舶气象资料得到的中国近海年平均风功率密度分布图 (单位: W/m^2)

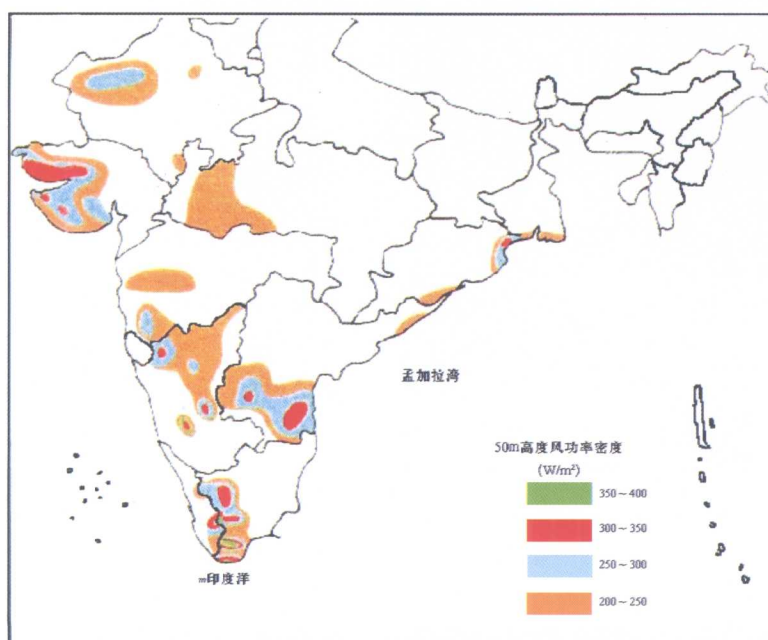


彩图 6 美国斯坦福大学在常规地面和探空气象资料基础上做出的2000年亚洲80m高度上年平均风速分布图

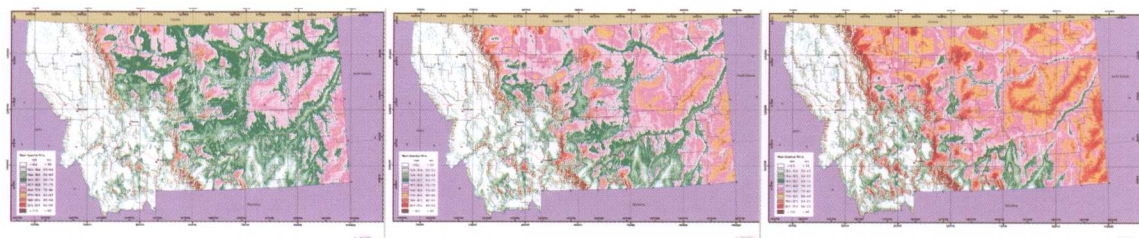


5种不同地形条件下50m高度风能资源									
底护地形	开放平原	海岸	公海	高山和海岸					
m/s	m/s	m/s	m/s	m/s	W/m ²	W/m ²	W/m ²	W/m ²	W/m ²
>6.0	>7.5	>8.5	>9.0	>11.5	>250	>500	>800	>1800	
5.0~6.0	6.5~7.5	7.0~8.5	8.0~9.0	10.0~11.5	150~250	300~500	600~800	1200~1800	
4.5~5.0	5.5~6.5	6.0~7.0	7.0~8.0	8.5~10.0	100~150	200~300	400~600	700~1200	
3.5~4.5	4.5~5.5	5.0~6.0	5.5~7.0	7.0~8.5	50~100	100~200	200~400	400~700	
<3.5	<4.5	<5.0	<5.5	<7.0	<50	<100	<200	<400	

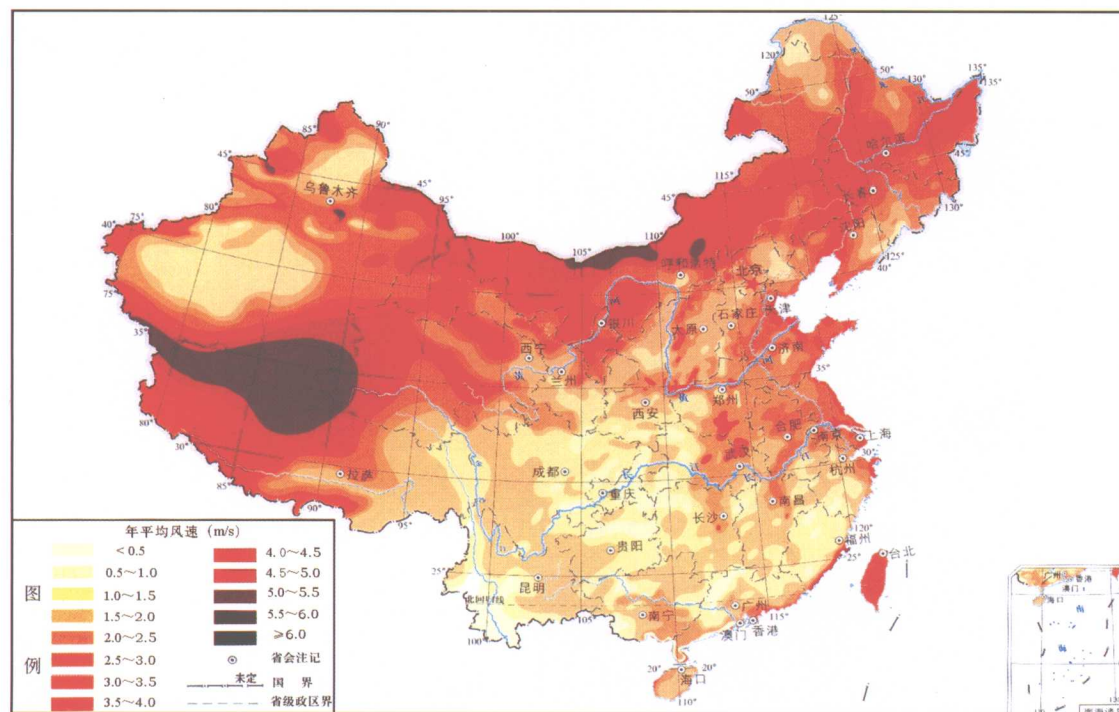
彩图 7 欧洲12个国家的50m高度风功率密度分布图



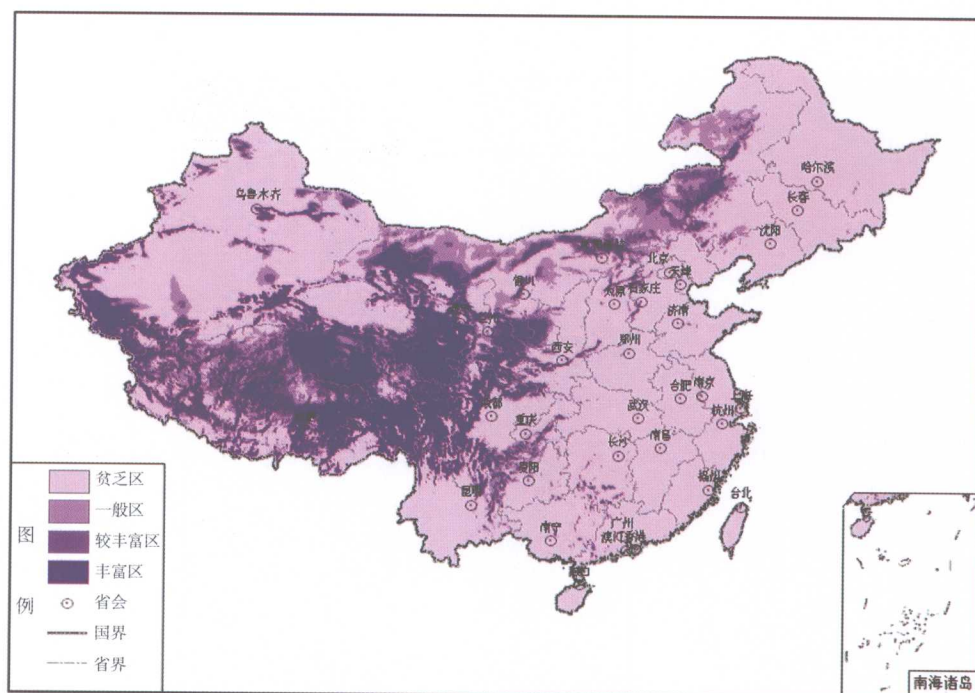
彩图 8 印度风能资源分布图



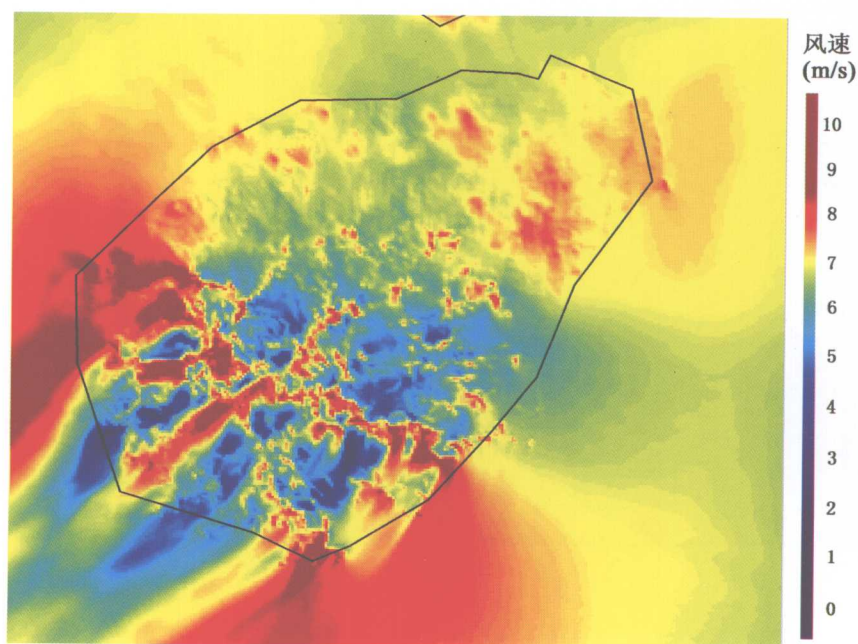
彩图 9 美国Montana州50m、70m和100m高度上的年平均风速分布图
(水平分辨率为200m×200m)



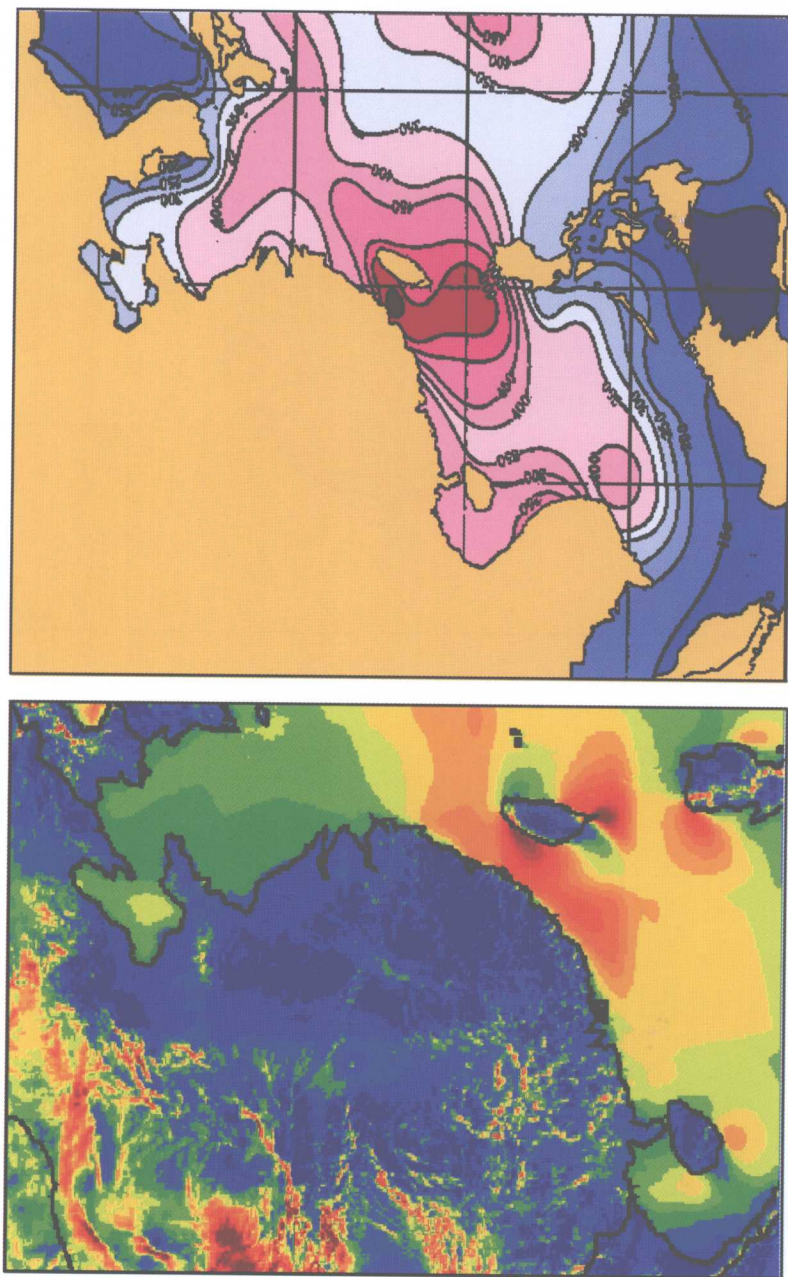
彩图 10 全国年平均风速分布图 (单位: m/s)



彩图 11 全国风能资源区划图 (高度50m)



彩图 12 海南省30年50m高度WEST模拟平均风速分布图 (单位: m/s)



彩图 13 中国近海风能资源数值模拟结果与基于船舶气象资料的评估结果的对比

《中国可再生能源发展战略研究丛书》

编 委 会

主 编	杜祥琬				
副 主 编	黄其励	汪燮卿	尹伟伦	李俊峰	
编 委	石元春	贺德馨	殷志强	邴凤山	倪维斗
	朱俊生	朱培林	赵士和	程回洲	李泽椿
	杨裕生	王仲颖	戴慧珠	赵玉文	孔 力
	许洪华	李十中	高 虎	赵勇强	胡润清
	马玲娟	时璟丽	杨伟国	王斯永	秦海岩
	陶树旺	王月冬	朱 蓉	赵 颖	周小雯
	蒋福康	吴创之	翟明普	王振海	

编委会办公室 王振海 左家和

《风能卷》编委会

主 编 贺德馨

副 主 编 李泽椿 倪维斗 杨裕生 王仲颖 戴慧珠

参编人员 （以姓氏笔画为序）

王月冬 王伟胜 王相明 王保国 王斯永

包能胜 邢如均 朱 蓉 祁和生 许洪华

李汉香 李建林 吴运东 何晓凤 张 德

张华民 陈振斌 施鹏飞 姚兴佳 秦海岩

顾为东 高 虎 蔡丰波

总 前 言



可再生能源是国际关注的主要研究领域，事关能源发展的方向与国家战略。随着我国社会经济的快速发展及技术进步，特别是能源与环境问题的日益突出，可再生能源受到国家及社会各界乃至世界各国越来越多的关注。为促进我国可再生能源的健康发展，中国工程院于 2005 年组织有关院士、专家启动了“中国可再生能源发展战略研究”咨询研究项目。根据研究工作的需要，项目分设水能、风能、太阳能、生物质能 4 个课题组和项目综合组，开展了一系列的研究。

2006 年 10 月，国家能源领导小组办公室委托本项目综合组承担单位国家发展改革委能源研究所牵头组织“我国可再生能源发展若干重大问题研究”课题。鉴于两者研究内容相近、主要专家队伍相似，经协商决定将两项研究合二为一，但根据要求形成两份研究报告，一个是不包括水能部分的简本，作为“我国可再生能源发展若干重大问题研究”课题成果报国家能源领导小组；另一个是包括水能部分的全本，作为“中国可再生能源发展战略研究”项目成果，报国务院。同时，根据研究工作需要，又增加了相关专家参与了项目的研究。

本丛书是“中国可再生能源发展战略研究”项目系列成果，内容包括项目综合报告和 4 个课题报告及相关研究成果，并以综合卷、风能卷、水能卷、生物质能卷和太阳能卷的形式由中国工程院统一组织出版。

在项目研究过程中，财政部给予经费支持，同时得到了国家发展改革委、科技部、国家林业局、中国气象局以及相关科研院所、高校等单位的大力支持；参加研究和报告编写工作的各位院士、专家为此付出大量的心血和劳动，在此一并表示感谢。

可再生能源是一个发展中的领域，还有许多看不准的问题。本丛书是一个初步研究，有待继续深入，诚望各界专家和广大读者提出各种意见和建议。同时，由于种种因素，书中难免有疏漏或错误之处，敬请读者批评指正。

杜祥琬

二〇〇八年九月十二日

前 言



风能是一种清洁的可再生能源，也是目前可再生能源中技术相对成熟，并具规模化开发条件和商业化发展前景的一种能源。

风能开发利用是增加我国能源供应，调整能源结构，保障能源安全，保护生态环境、减排温室气体和构建和谐社会的一个重要措施，对建设社会主义新农村，建设资源节约型和环境友好型社会，实现经济、社会的可持续发展有重要的促进作用。

2005年10月中国工程院启动了“中国可再生能源发展战略研究”重大咨询项目，项目下设风能、生物质能、太阳能、水能和综合等五个课题组。根据项目组的总体要求，风能课题组成立了风能资源、风能产业、风能技术、风电场与并网、风能与其他能源互补发电系统、风电直接应用与蓄电等六个专题组。在调研与分析、学术交流与专业论坛以及各课题研究成果的基础上，经过多次讨论与修改，形成了课题研究综合报告。报告内容主要包括风能资源评估、风能发展基本情况、风能发展目标与路线、风能发展面临问题与保障措施，以及对风能发展的思考与建议等。

课题研究综合报告作为项目报告的一个分报告，提供给相关部门参考，为我国风能事业的发展作出一点贡献。

编者

二〇〇八年八月

目 录



总前言
前言

综合报告

一、风能资源评估	3
(一) 风能资源评估方法	3
(二) 风能资源评估结果	8
(三) 风能资源总体评价	10
二、风能发展基本情况	11
(一) 风能市场基本情况	11
(二) 风能产业基本情况	18
(三) 风能技术基本情况	26
三、风能发展目标与发展路线	38
(一) 风能发展目标	38
(二) 风能发展路线	39
(三) 风能发展效益	39
四、风能发展面临问题与保障措施	42
(一) 资源评估	42
(二) 技术创新	42
(三) 产业体系	43
(四) 市场培育	43
(五) 接入电网	43
(六) 政策措施	44
(七) 能力建设	45
五、风能发展思考与建议	48
(一) 风能资源与风能开发的关系	48
(二) 陆地风电与海上风电的关系	49

(三) 离网风电与并网风电的关系	49
(四) 风能与其他能源的关系	50
(五) 风电场与电网的关系	50
(六) 风电设备整机与部件的关系	51
(七) 外资、合资与内资企业的关系	51
(八) 技术引进与自主创新的关系	52

分 论

专题一 中国风能资源储量评估	55
一、研究背景	55
二、我国风能资源评估工作简介	56
三、我国风能资源区划	58
(一) 风能资源丰富区	58
(二) 风能资源较丰富区	60
(三) 风能资源一般区	60
(四) 风能资源贫乏区	61
四、国内外风能资源评估方法	61
(一) 基于气象站历史观测资料的统计分析方法	61
(二) 基于气象塔观测资料的统计分析方法	62
(三) 风能资源数值模拟方法	63
五、我国第三次风能资源普查	64
(一) 中国主要地形、地貌、风气候特征	64
(二) 中国风能资源分布	65
(三) 中国风能资源储量	68
六、我国风能资源数值模拟	70
(一) 风能资源数值模式系统	70
(二) 我国风能资源数值模拟	72
(三) 高分辨率风能资源数值模拟	75
(四) 我国风能资源数值模拟结果与第三次风能资源普查结果的比较	77
(五) 我国风能资源数值模拟结果与美国 NREL 评估结果的比较	79
(六) 我国近海风能资源数值模拟结果	80
七、我国风能资源储量初步评价	81
(一) 陆地风能资源储量	81
(二) 海上风能资源储量	82