

国家风能资源数据库建设

高峰 朱江 许艳 冯明农
(国家气象信息中心, 北京 100081)

摘要: 国家风能资源数据库是开展风能资源评估, 风电自主化建设和风能资源有序开发利用的重要信息支撑系统。介绍国家风能资源数据库的结构、重点任务、信息化流程和实现的功能, 并总结分析国家风能资源数据库建成后取得的成效, 特别是在风能资源评估中发挥的作用。

关键词: 数据库; 风能资源评估; 数据服务; 资源分布; 数据采集; 元数据

中图法分类号: P413

文献标识码: B

DOI: 10.3772/j.issn.1674-1544.2012.03.020

Construction Experience on National Wind Energy Resource Data Base

Gao Feng, Zhu Jiang, Xu Yan, Feng Mingnong

(National Meteorological Information Center, Beijing 100081)

Abstract: National wind energy resource data base system is of great significance decision supporting system for the wind energy resource assessment and use of wind energy resources. In this article, we first introduced the design and framework of the system. Then we made a description and key tasks, information flow and functions. Finally we summarized the significant results we achieved, especially the role played in the wind energy resource assessment.

keywords: data base, wind energy resource assessment, data service, resource distributing, data collecting, metadata

1 引言

风能相比于其他形式的可再生能源, 因其具有技术成熟, 成本相对较低, 对环境的影响小等优势, 而成为世界各国大力发展新能源的优选对象^[1-2]。近年来, 我国大力开展风能资源的利用, 并制定了《可再生能源法》。为了贯彻落实《可再生能源法》, 实现风电自主化建设和风能资源的有序开发利用, 支持风能资源评价、规划编制和风电产业体系建设工作, 我国明确提出“到‘十一五’期末, 完成约5000万千瓦的风能资源详细测量、评价和建设规划”^[3]。同时在“十五”风能资源普查工作的基础上, 进一步开展全国风能资源详查和评价工作, 具体包括:(1)根据已有的风能资源普查资料, 在风能资源丰富区域内, 选择部分具备条件的区域建立风能资源专业观测网;(2)利用风能资源数值模

拟方法建立中尺度风能资源分布图谱(水平分辨率1km×1km, 垂直分辨率10m), 提出详细的风能资源评价报告, 建立风能资源数据库;(3)综合考虑各区域内风能资源、电网、气候、气象灾害、地质条件和交通等因素, 完成风电场风能资源测量与评价工作, 建立全国风电场工程项目数据库, 以满足风电场宏观选址、工程规划和建设的需要。

世界上风能资源开发利用发展较快、技术水平较高的国家, 都在风能资源的规模化开发前期就开展了风能资源详细评估工作^[4-6]。通常的做法是在实地测量的基础上, 采用数值模拟手段, 对风能资源进行精细模拟计算。例如, 丹麦Risoe国家实验室利用KAMM—WASP模式进行风能资源评估, 美国TrueWind Solutions公司发展了MesoMap和SiteWind风能资源评估系统, 加拿大环境部气象局数值预报研究中心发展了WEST风能资源数值评估

第一作者简介: 高峰(1971—), 女, 硕士, 国家气象信息中心高级工程师, 研究方向: 气象数据管理与服务。

基金项目: “风能资源详查和评价工作”专项(21112)。

收稿日期: 2011年3月1日。

系统,澳大利亚联邦科学与工业研究组织发展了风能资源精细化评估数值模拟软件WindScape等。他们采用实地观测和数值模拟相结合的方法,将单点测量数据,推算到面上,绘制出包含风资源量、电网、地质、环境等信息的风能资源图谱,并建立相应的风能资源数据库。

从上世纪80年代初开始,我国进行了风能资源计算和区划工作^[7-16],同时也对“九五”期间进行的风能资源普查取得的成果进行了信息整理和分析^[17-20]。由于成果相对简单,而且所用资料陈旧,已不能满足风电发展的需要,建立权威的国家风能资源数据库迫在眉睫。建设国家级的风能资源数据库的目的是摸清全国各地的风能资源丰欠情况,较为宏观地了解风能资源,为全国大型风电场建设前期工作提供风电建设的数据基础,同时也是风能资源评估中一个必要的最基本步骤。本文从建设需求出发,分析介绍国家风能资源数据库的构建以及应用成效。

2 国家风能资源数据库的构建

2.1 系统结构设计

国家风能资源数据库采用结构化设计理念进行系统的规划,其基本方法就是以系统的逻辑功能设计和数据业务流为基础,根据数据流程图和数据字典,借助一套标准的图表、工具,通过自上而下的反复,逐层把系统划分为多个大小适当、功能明确、具有一定独立性并容易实现的模块,从而把复

杂的系统设计转变为多个简单的模块^[21]。

国家风能资源数据库要存储和管理风能资源详查项目的全部资料和评价成果,同时要在国家和省级建立标准统一、分级分布的,适合未来发展和资源需求变化的数据管理和共享服务系统。要实现风能资源详查和评估所需实时和历史风能资源相关数据和产品的规范,有效存储管理,确保数据的全面、准确和标准,为风电发展规划、风电场选址和风电机组设计提供数据支持。为此数据库设计要遵循实用性原则和标准化、规范化和通用性原则,即系统设计力求简单、实用,特别是要满足业务运行和发展的需要,并且要求数据的采集、存储具有统一的标准,包括统一安全标准、统一目录体系、统一交换标准,保障系统互通。建设风能资源数据库,一方面要为风能资源评估服务,另一方面要面向社会、服务公众,通过共享服务平台使相关行业及公众用户享受到安全周到、方便快捷的服务。

从系统逻辑功能和数据业务流分析,国家风能资源数据库由三大平台和一个数据应用群组成,具体包含风能资源数据存储和管理平台、风能资源数据采集平台、风能资源数据交换和共享平台及多个风能资源数据应用(图1)。

风能资源数据存储和管理平台包含数据库系统、应用管理系统。数据库集中存储风能资源数据,该数据将作为唯一、标准的风能资源科学数据。风能资源数据采集平台利用FTP、客户端工具等多种形式,从纸质、胶片、台站等多种数据来

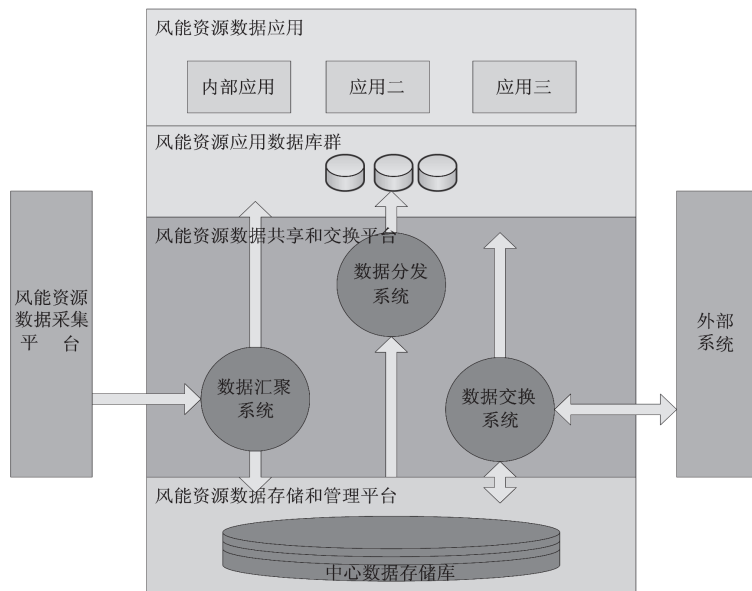


图1 国家风能资源数据库框架

源，收集原始的风能资源数据，经过数据汇聚前置机进行预处理后，由数据管理员审核发布到数据库中。风能资源数据应用泛指基于风能资源数据提供的所有的数据应用和数据服务项目。每个应用均包含了自己的应用数据库和前端应用，向用户提供数据服务。风能资源数据共享和交换平台主要处理风能资源数据在各系统之间的数据交换和共享。共享和交换平台包含了数据汇集系统、数据分发系统和数据交换系统。其中，数据汇集系统主要解决数据采集到数据存储和管理平台的汇聚问题；数据分发系统主要处理数据库到数据应用的分发问题；数据交换系统处理风能资源数据与各合作单位之间的数据交换问题。3 个系统相对独立又相互联系，形成一个有机的整体。

2.2 信息化流程设计

国家风能资源数据库从设计到建设是按照业务化运行的要求进行，反映在信息化流程设计上分为 4 个层次和 6 个环节。4 个层次是从业务逻辑上进行的划分，即自动化任务、数据存储、业务化处理、外部系统。6 个环节包括：

(1) 数据采集。数据来源是从存储系统服务器中获取通信系统采集到的数据，经过简单的校验后通过自动化任务管理器将此数据置入基础数据库中，同时会将管理信息及日志信息记入管理库，以备分析和监控使用。

(2) 数据订正。当科学数据的采样值出现了设备故障等原因引起的数据空缺、精度问题，这种情况需要对原始数据进行订正，而订正数据目前不能使用机器处理，必须由人工订正处理，且提供订正标记。

(3) 数据审核。一般意义上，考虑人工订正后的数据，可能引起的误差等情况，因此将订正后数据提供实际使用前，需要经过数据审核。

(4) 元数据生成。元数据是对上述数据进行二次管理描述，用于建设数据目录和分配数据访问权限。

(5) 数据访问。本系统的基础数据要提供给用户和系统访问使用，因为部分数据的访问是受限的，所以要提供受限和访问机制。故采用数据目录控制访问权限，元数据控制访问内容，用户通过统一的数据访问接口（此组件处理受限信息），获得要访问的数据内容。

(6) 数据归档。利用预定义的自动化任务定期备份到数据归档区和数据备份区，同时辅以人工干预。

整个信息流程见图 2。

2.3 系统功能模块设计

国家风能资源数据库系统存储的数据资源主要包括：风观测数据、数值模拟产品、气候背景信息、风能资源评估信息、基础地理信息、风能资源普查成果等。根据系统建设需要，数据库中存储

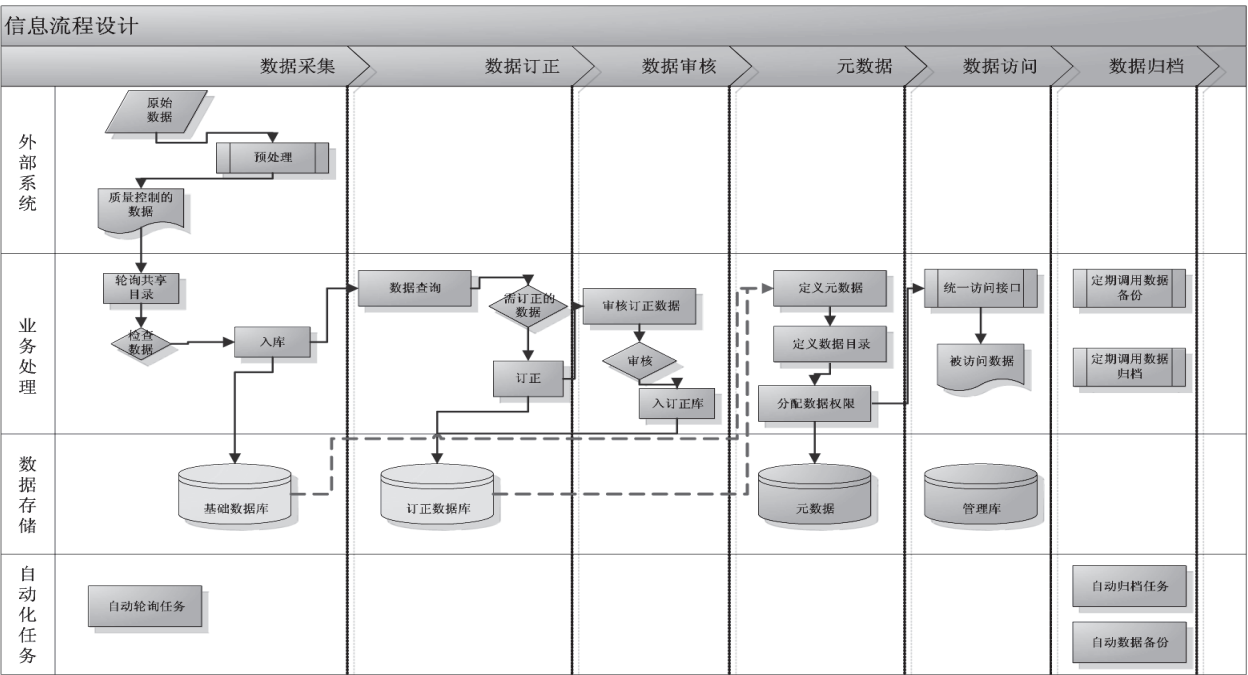


图 2 信息流程图

各类元数据信息。国家级风能资源数据库采用B/S结构实现,包括数据存储子系统、数据管理子系统、元数据管理子系统、系统管理子系统、业务流程调度管理子系统、数据统计子系统和数据服务接口子系统7个子系统(图3)。

(1)数据存储子系统主要实现数据库初始化和数据存储等功能。

(2)数据管理子系统主要包括数据备份、数据恢复、数据归档等功能。

(3)元数据管理子系统主要实现对系统管理的数据和归档数据进行元数据的生成、更新、编目、审核、入库及查询等管理功能。

(4)系统管理子系统主要实现元数据用户的管理、权限的管理、日志的管理和查询统计等功能。

(5)业务流程调度管理子系统通过配置入库、取数据、归档等策略,系统定时或者手动执行策略所配置的操作流程。

(6)数据统计子系统根据条件进行入库数据的查询统计,根据统计结果生成统计报表。

(7)国家风能资源数据库通过数据服务接口为其他业务系统提供数据支持。

3 国家风能资源数据库的应用成效

根据国家风能资源详查工程的具体部署,2008年初开始国家风能资源数据库的整体建设,主要建设内容包括:(1)数据资源整合,特别是对全国300多个观测台自1971年以来的风自记历史资料进行了数字化,建立了格式统一、数据完整和质量可靠的风自记数字化资料;(2)数据收集处理及质量控制与

评估,开展全国历史资料、测风塔观测资料、风能资源详查评价区域数值模拟结果、风能资源分析评估结果等数据的收集、标准化处理和与风能资源有关的气候数据统计等,形成标准化和高质量的测风数据;(3)建立风能观测数据的实时传输流程;(4)风能资源数据存储管理系统的开发,基于数据库管理系统(RDBMS),建立完善的风能资源数据存储管理流程和风能资源数据库;(5)风能资源数据共享服务系统建设,组织设计和开发全国统一的、适用于省级和国家级的风能资源数据共享服务系统。

到2010年底,建设完成了包括国家级和省级的风能资源数据库系统及共享服务系统,实现了全国风能资源观测网观测资料、历史气候背景资料、评估产品、风能参数(表1)、风能资源数值模拟、风电场建设情况、基础地理信息等数据资源的有效存储管理,总数据量达到1200GB。同时,建立了从风能观测实时数据收集,到数据加工处理、分发、资料归档的自动化业务流程,为风能资源的合理开发提供了坚实的数据支撑平台(图4)。

建设的风能资源数据共享服务系统采用Web-GIS技术,实现了风能信息图形化在线发布,为决策层、风能资源模拟与评估业务单位、风电场工程评价技术单位与社会大众提供不同层次的风能数据共享服务。图5是根据全国5km×5km的风功能密度数值模拟产品,利用基础地理信息数据、沙漠数据等下垫面信息,共享服务系统计算的中国海陆风能资源潜在开发量,为国家发改委的《中国2030年数亿千瓦风电发展展望研究》项目提供了科学依据。根据测算全国陆地风能资源潜在开发量约23.8

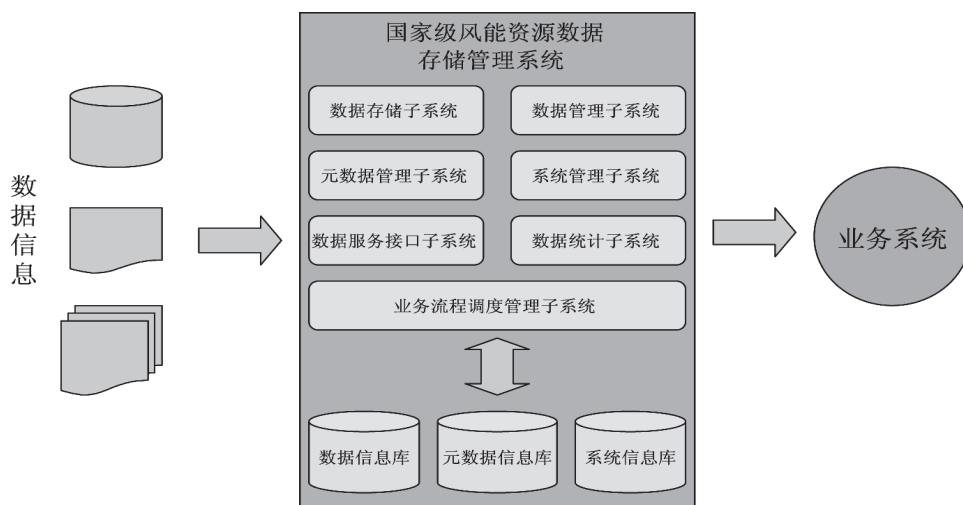


图3 国家风能资源数据库系统组成

亿千瓦，近海 5~25m 水深线以内风能资源潜在开发量约 2 亿千瓦^[22]。总体来看，我国陆上风能资源大于海上（图 5）。

4 结语与建议

国家风能资源数据库是我国开展风能资源评估，风电自主化建设和风能资源有序开发利用的重要信息支撑系统。数据库系统及配套业务化管理机制建成后，为相关部门提供了有力的保障，在风能资源评估、数值模拟业务中发挥了重要作用。

国家风能资源数据库建设工作是一项基础性、

长期性的工作。虽然已经取得了一定成效，但仍然存在一些技术难题，如风塔观测数据的质量控制问题，风场的三维模拟服务问题，区域风能资源评估产品制作等。风能数据库建设项目组将针对这些技术问题做进一步的研发，力争提供更加丰富权威的产品。国家风能资源数据库建设也面临着工作重心的转变，从数据库建设转移到共享服务上，将进一步加强风能资源数据的应用开发，扩大服务的范围，提高服务的针对性。

国家风能数据库若要发挥更大的经济效益关键在于其前端——风能资源数据的观测和采集，这部

表 1 风能参数的内容

序号	风能参数项
1	各月/年平均空气密度
2	不同高度的各月/年平均风速
3	不同高度的各月/年平均风功率密度
4	不同高度的各月同一时刻的平均风速、年同一时刻的平均风速
5	不同高度的各月同一时刻的平均风功率密度、全年同一时刻的平均风功率密度
6	不同高度的月/年风速、风能频率分布
7	不同高度的各月/年风向平均风速
8	不同高度的各月/年风向风能密度方向分布
9	不同高度的各月有效小时数、年有效小时数
10	不同高度的年最大风速、最大风速风向、最大风速出现时间
11	不同高度的风切变指数
12	不同高度的湍流强度
13	不同高度的Weibull分布曲线参数
14	50年一遇最大风速的推算结果（统计评估结果）
15	观测资料的完整性（90%以上）和有效性（90%以上，度量）
16	测风塔资料的订正结果

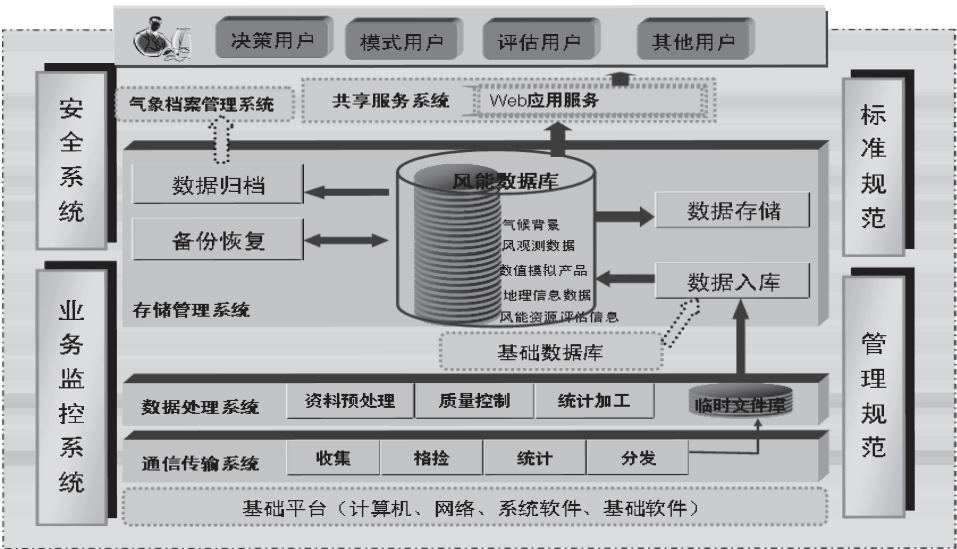


图 4 自动化业务管理流程图

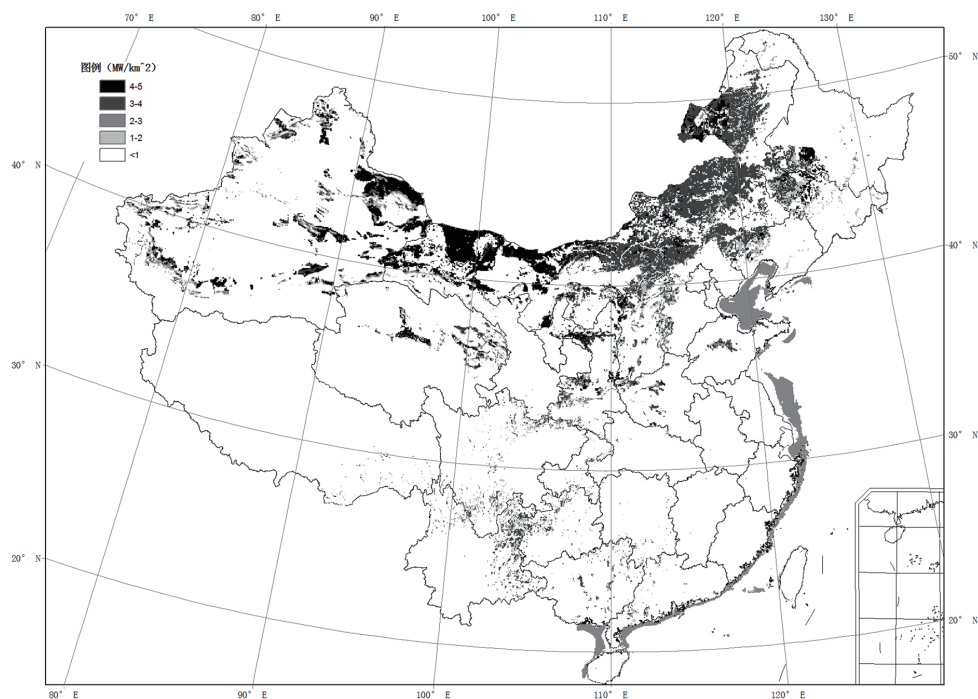


图5 我国风能资源分布图

分工作仅靠项目来实现其业务化运行还难以为继。建议这部分的建设要与部门和行业的观测系统相衔接，这样既解决了风能观测数据的质量问题，又能保证数据的持续更新和有效服务。

参考文献

- [1] Von Arx W S. Energy: Natural Limits and Abundances[J]. EOS.Trans. Amer. Geophys. Union, 1974(55): 828-832.
- [2] Hewson E W. Generation of Power from Wind [J]. Bull. Amer.Meteor. Soc., 1975, 56(7): 660-675.
- [3] 中华人民共和国国家发展和改革委员会. 可再生能源中长期发展规划[J]. 可再生能源, 2007 (5): 1-5.
- [4] Bailey B H, McDonald S L. Wind Resource Assessment Handbook[M]. New York: AWS Scientific. Inc., 1997.
- [5] Gustavson M R. Limits to Wind Power Utilization[J]. Science, 1979, 204: 13-17.
- [6] Barros V R, Estevan E A, 温明, 等. 从短期风记录进行风能的估算[J]. 气象科技, 1985(4): 52-59.
- [7] 朱瑞兆, 薛桁. 风能的计算和我国风能的分布[J]. 气象, 1981, 7(8): 26-28.
- [8] 屠其璞, 史慧敏. 我国风能资源的初步研究[J]. 南京气象学院学报, 1982(2): 207-216.
- [9] 薛桁, 朱瑞兆, 杨振斌, 等. 中国风能资源贮量估算[J]. 太阳能学报, 2001, 22 (2): 1-4.
- [10] 姚国平, 余岳峰, 王志征. 中国风电发展宏观障碍分析及政策建议[J]. 电力建设, 2003, 24(12): 29-31.
- [11] 宋丽莉, 黄浩辉, 植石群, 等. 风电场风能资源测量与计算的精度控制[J]. 气象, 2009, 35(3): 74-80.
- [12] 李柯, 何凡能, 席建超. 中国陆地风能资源开发潜力区域分析[J]. 资源科学, 2010(9): 1672-1678.
- [13] 李俊峰, 高虎, 施鹏飞, 等. 中国风电发展报告[R]. 北京: 中国环境出版社, 2007.
- [14] 李泽椿, 朱蓉, 何晓凤, 等. 风能资源评估技术方法研究 [J]. 气象学报, 2007, 65 (5) : 708-717.
- [15] 科学技术部中国农村技术开发中心. 风能利用技术 [M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2006: 5-7.
- [16] 朱益飞. 可再生能源发电现状及展望[J]. 电气时代, 2010(4): 85-87.
- [17] 刘达新, 迟文学, 庞文静, 等. 基于GIS的风能资源观测评估系统研究[J]. 微计算机信息, 2010(16): 131-133.
- [18] 王丽娜, 祝青林, 徐梅. 大连地区风能资源评估及分布[J]. 气象科技, 2010(4): 521-525.
- [19] 李茂勋, 翟亮. 基于GIS的中国风电产业数据库建设与应用研究[J]. 测绘通报, 2009(1): 60-63.
- [20] 李雁, 裴翀, 郭亚田, 等. 中国风能资源专业观测网运行监控系统建设及应用[J]. 资源科学, 2010(9): 1679-1684.
- [21] 薛华成. 管理信息系统[M]. 北京: 清华大学出版社, 2003: 260-285.
- [22] 周荣卫, 何晓凤, 朱蓉, 等. 中国近海风能资源开发潜力数值模拟[J]. 资源科学, 2010, 32(8): 1434-1443.