

2008年中国风电技术 发展研究报告

主 编 王民浩

副主编 易跃春 陈观福 李伟宏



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

2008年中国风电技术

发展研究报告

主 编 王民浩
副主编 易跃春 陈观福 李伟宏



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

图书在版编目 (CIP) 数据

2008 年中国风电技术发展研究报告/王民浩主编. —北京: 中国水利水电出版社, 2009

ISBN 978 - 7 - 5084 - 6346 - 9

I. 2… II. 王… III. 风力发电-电力工业-研究报告-中国-2008 IV. F426.61

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 034059 号

书 名	2008 年中国风电技术发展研究报告
作 者	主编 王民浩 副主编 易跃春 陈观福 李伟宏
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路 1 号 D 座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (营销中心)
经 售	北京科水图书销售中心 (零售) 电话: (010) 88383994、63202643 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京市兴怀印刷厂
规 格	184mm×260mm 16 开本 33 印张 806 千字 7 插页
版 次	2009 年 5 月第 1 版 2009 年 5 月第 1 次印刷
印 数	0001—2000 册
定 价	298.00 元

凡购买我社图书, 如有缺页、倒页、脱页的, 本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

编 委 会 名 单

主 任：晏志勇

主 编：王民浩

副主编：易跃春 陈观福 李伟宏

编 委：谢宏文 陈永安 段静静 贾丽娜 杨喜峰

王霁雪 郭艳珩



可再生能源资源丰富，取之不尽，用之不竭，是符合可持续发展要求、有利于人与自然和谐发展的能源资源。开发利用可再生能源，既是解决当前能源供需矛盾的重要措施，也是解决未来能源问题的必然选择。目前可再生能源中，风力发电是仅次于水力发电技术最成熟、最具规模化开发的发电方式之一，加快发展风电是促进可再生能源发展的重要内容。

我国风能资源丰富，具备大规模发展风电的资源条件。经过多年的努力，风电已取得了显著的成绩。到2008年底，全国已建成风电装机容量约1217万kW，特别是风电的大规模发展，带动了我国风电设备制造业的快速增长，风电设备制造能力显著提高，风电已具备进一步加快发展的条件。

近年来，在《中华人民共和国可再生能源法》的推动下，风电进入了快速发展的新阶段。广大工程技术人员积极探索、勇于创新，在风电设计、设备制造和工程建设方面都取得了很大的进展，积累了许多宝贵的经验，使我国风电设计标准不断完善，制造技术不断成熟，电网研究不断深入，服务体系不断健全，技术人才不断增多，科技成果不断涌现。由水电水利规划设计总院王民浩副院长主编的《2008年中国风电技术发展研究报告》，反映了我国风电科技工作者的最新成果和经验，这些宝贵成果为后人所借鉴，必将把我国的风电产业推向世界。

二〇〇九年四月

编 者 的 话

经过近一年的准备，由中国水电工程顾问集团公司和水电水利规划设计总院主办，北京木联能软件技术有限公司承办的“2008 年中国风电技术研讨会”于 2008 年 12 月 17 日在海南三亚召开，共有来自 88 个单位的 122 名代表出席了会议。本次大会共收到论文 72 篇，涉及政策、风能资源评估、发电量估算、风电机组基础设计、风电并网、风电场运行管理和风电机组制造等方面。

水电水利规划设计总院作为全国风电场工程前期工作技术归口管理单位，负责全国风电建设前期工作的技术管理、质量监督和成果验收。近年来，在国家发展和改革委员会、国家能源局的领导下，水电水利规划设计总院组织制定了近 20 项风电工程相关技术规定，形成了较为完整的风电场工程技术标准体系，规范和指导了全国风电发展。本次大会邀请了国家能源局、国家安全生产监督管理总局等单位的领导出席会议并讲话，国内风电投资、建设、设计咨询、电网、科研、设备厂家等单位的专家和学者也都做了专题发言，并汇总形成《2008 年中国风电技术发展研究报告》。

《2008 年中国风电技术发展研究报告》介绍了国际风电发展现状及趋势，总结了我国风电发展政策研究、风电场设计、建设、运行和风电机组设备制造等方面的发展水平和经验，分析了我国风电发展存在的问题。通过本报告，我们希望社会各界加强技术交流，共享中国风电技术发展成果，以更好的技术水平支持和促进中国风电健康快速发展。

编者

二〇〇八年十二月

From the Editor

After nearly one—year preparation, the “2008 China Wind Power Technology Seminar” was held on 17th December, 2008, at Sanya, Hainan Province, which is sponsored by HYDROCHINA CORPORATION jointly with Hydropower and Water Resources Planning & Design General Institute (Abbreviated as General Institute), as well as organized by Beijing Millennium Engineering Software Co. , Ltd. A total of 122 delegates from 88 organizations attended the conference. The conference received 72 papers covering a great of variety of topics such as wind power policy, wind resource assessment, energy production estimation, wind turbine foundation design, wind power grid connection, wind farm operation management, wind turbine manufacture and so on.

As the technical centralized management organization in charge of national wind farm preliminary work, Hydropower and Water Resources Planning & Design General Institute is responsible for the technology management, quality supervision and results review in the prestage work of national wind farm construction. In recent years, under the leadership of the National Development and Reform Commission and the National Energy Administration, General Institute has organized to establish approximately 20 technical specifications for wind power projects, having formed a comparatively complete standard system, so as to standardize and guide the national wind power development. The leaders of the National Energy Administration, State Administration of Work Safety and other organizations were invited to attend the seminar and take address. Domestic experts and scholars from organizations of wind power investment, construction, design consulting, grid connection, scientific research, equipment manufacturer etc. also made thematic presentations. All of them were collected to form the “Research Reports on China Wind Power Technology Development 2008”.

In “Research Reports on China Wind Power Technology Development

2008”, the development situation and trends of international wind power were introduced, the level and experience were summarized in respects of policy research on national wind power development, wind farm design, construction, operation, equipment manufacturer etc. , and moreover the problems of wind power development in China were analyzed. By means of the reports, we hope that all sectors of society could strengthen technical exchange and share the wind power technology achievements to support and promote the healthy and rapid development of China wind power industry with better technical merit.

The Editors

December 2008

目 录

序

编者的话

第一篇 综 述 篇

贯彻落实“科学发展观”，认真做好安全“三同时”，确保风电产业安全、健康、又好又快的发展——国家安全生产监督管理局监管二司黄智全副司长在2008年中国风电技术研讨会上的讲话·····	3
加强风电技术研究，促进产业健康发展·····	7
全球风力发电现状及发展趋势·····	12
我国可再生能源发展政策分析·····	16
全球2007~2008年度风能行业发展情况·····	33
对国内风力发电标准先行的思考·····	48

第二篇 风资源评估及发电量估算篇

风能及发电量分析计算软件在坝头风电场工程设计中的应用·····	57
风电场测风数据的验证和处理方法的总结——风电场测风数据的验证和评估方法（一）·····	66
风电场代表年风速系列计算方法的探讨——风能资源评估有关问题的探讨（二）·····	76
浅谈风能资源经济可开发量的评估及经济分析·····	86
风电场经济可开发量分析方法的探讨——风电场风能资源经济可开发量评估探讨（十三）·····	90
长期测站选择应注意的一个问题·····	100
应用非对称台风模型计算中国近海台风大风分布·····	105
风电场选址浅析·····	112
用于风能资源评估的风电场测风数据验证和评估软件·····	118
近海风电场风能资源测量技术探讨·····	125
浅谈风电场微观选址及发电量计算·····	131
气候变暖对甘肃省风能资源的影响及成因分析·····	136

风电场场址区域装机容量的优化选择·····	144
风电项目风能资源水平及其开发价值的关系研究·····	149
MM5 长时间序列模拟计算的批量处理研究·····	155
华能阜新彰北风电场风能资源综合评价研究·····	162
风电场风速预测模型研究·····	167
浅谈风电场测风·····	173
用于风电场风能及发电量分析计算的 WEPAS 软件·····	182
MM5 与 CFD 软件相结合对复杂地形风资源模拟初探·····	187
云南山区风能资源观测数据订正方法初探·····	192
风电场发电量计算分析方法的探讨——风电场发电量分析计算（五）·····	200

第三篇 风电机组基础设计篇

我国风力发电机组地基基础设计·····	213
《风电机组地基基础设计规定》试设计总结·····	221
《风电场工程等级划分及设计安全标准》和《风电机组地基基础设计规定》的 编制特点与安全要求·····	226
地震作用对风力发电机组塔架地基基础设计的影响分析·····	231
北京官厅风电场风机基础 DX 挤扩灌注桩的设计及应用·····	238
岩石锚杆在风电机组基础中的试验及应用·····	241
风电机组安全等级分析方法的探讨——风电场工程安全评价方法及验收管理 探讨（十二）·····	247
沿海风电场设计、施工、建设等关键问题探讨及经验总结·····	253
强夯法在厚层松散风积砂地基处理中的应用·····	261
甘肃酒泉千万千瓦级风电基地 20 个风电场可行性研究设计阶段风机基础设计研究·····	267
基础设计软件（CFD—WTF）在张北坝头风电场工程风机基础设计优化中的应用·····	274
采用 CFD—WTF 基础设计软件对大唐吉林向阳风电场一期（100MW）工程风机 桩基础设计分析·····	289
风电场正八边形扩展基础地基基底反力的计算原理与方法·····	296
PHC 桩在软土地基风电机组基础的应用实践·····	303
支盘灌注桩在风机基础地基处理中的应用·····	311
风力发电机组基础设计及地基处理浅析·····	319
振冲碎石桩复合地基处理在风电设计中首次应用·····	325
风电机组地基基础设计探讨·····	331
某风力发电场场区地基处理方案·····	335
德昌安宁河峡谷风电场机组选型的技术经济分析·····	341
滨海风电风机基础设计的液化处理·····	346
关于地基承载力的基本概念比较与讨论·····	350

用于风电机组塔架地基基础设计的 WTF 软件	354
------------------------------	-----

第四篇 风电并网及风电场运行管理篇

风电开发与并网	369
风电场建设与运行管理	372
风电场开发与运营管理——浅谈技术服务管理模式	378
风电场工程电气设计标准化——简介电气设计标准图库的建立	381
风电场无功电源的优化配置方法	387
风电场工程电气设计标准化	395
山区风电场架空集电线路设计方案的优化	402
风电场集电线路系统中性点接地方式的选择和计算	408
大型风电场并网的技术经济探讨	412
风电并网三要素——电网体系结构、风机性能和发电量预报——介绍一种提高 风力发电机并网性能的三角函数有限微分变流原始创新技术	417
应用于风电场的电能综合控制器	457

第五篇 风电机组制造及其他

东方汽轮机有限公司风电产业介绍	465
新疆金风科技股份有限公司	471
基于发电厂的全新风力发电机系统优化设计	474
风电场工程安全评价方法及验收管理系统软件	481
增值税转型、利率调整与风电投资	487
风电工程财务评价中有关问题探讨	492
风电场功率预测系统	496
欧盟—中国能源环境项目	501
关于风切变指数方面的研究	505
复杂地形风电场诊断评估方法研究	509

第一篇

综 述 篇

贯彻落实“科学发展观”，认真做好安全 “三同时”，确保风电产业安全、 健康、又好又快的发展

——国家安全生产监督管理总局监管二司黄智全副司长
在 2008 年中国风电技术研讨会上的讲话

同志们：

大家上午好！

首先，我代表国家安全生产监督管理总局对 2008 年中国风电技术研讨会的召开表示热烈的祝贺，对在座的可再生能源领域长期关心、支持国家安全生产工作的各位领导和同志们表示衷心的感谢！在全国风电场工程开发建设高潮来临之际，为了确保风电场建设施工和运行安全，确保风电企业职工身体健康、生命安全，下面，我讲几点意见，供大家参考。

一、正确认识形势，把握大局，深刻领会中央领导指示精神，进一步提高对做好电力建设工程安全设施“三同时”工作重要性的认识

今年以来，各地区、各部门、各企业认真贯彻落实党中央、国务院关于加强安全生产工作的决策部署，全面落实安全生产“隐患治理年”各项工作措施，深入开展“百日安全督查专项行动”，全面排查治理各类安全隐患，推动各级政府和各类企业落实“两个主体责任”，全国事故总量进一步下降，多数地区和单位、多数行业领域的安全生产状况比较稳定。

据统计，今年 1~10 月，全国共发生各类生产安全事故 33.7 万起，死亡近 7.1 万人，同比减少 8.6 万起，减少 1 万人，分别下降 20% 和 13%。其中：工矿商贸企业事故 8031 起，死亡 10124 人，同比分别下降 21% 和 13%。但是重特大事故多发的势头没有得到有效遏制，安全生产形势仍然严峻。

党中央、国务院高度重视安全生产工作，近几年采取了一系列重要举措加强安全生产工作，主要领导同志多次为安全生产工作作出重要批示和指示。在国务院 2008 年 9 月 24 日召开的全国安全生产电视电话会议上，张德江副总理强调要以科学发展观指导安全生产工作，坚决克服有法不依、执法不严、监管不力、责任不落实等问题，坚持原则，敢于负责，敢于碰硬，真抓实干，把安全生产各项措施落到实处。

电力工业是关系国计民生的重要基础产业和公用事业，电力安全事关经济发展和社会稳定，随着全社会对电力的需求大幅度增加，新、改、扩建电力工程项目随之大量增加，其中可再生能源领域风电装机到 2020 年有望达到 1 亿 kW，做好电力安全生产工作意义

特殊，责任重大，任务艰巨。

我们要以科学发展观为指导，贯彻落实中央领导对安全生产工作的指示要求，充分认识做好安全生产工作的重要性，进一步增强紧迫感和责任感，将“安全第一，预防为主，综合治理”的方针贯穿于电力工程的可研、设计、施工、运行各阶段、各环节，加强源头防范，实现关口前移，促进建设项目本质安全。

二、近几年，建设项目安全“三同时”工作进展顺利，促进了建设项目本质安全水平提高

（一）不断完善法律法规，进一步规范“三同时”工作各环节

为加强建设项目“三同时”工作，国家和部门出台了一系列规定。

一是《安全生产法》第二十四条规定：“生产经营单位新建、改建、扩建工程项目（以下统称建设项目）的安全设施，必须与主体工程同时设计、同时施工、同时投入生产和使用。安全设施投资应当纳入建设项目概算。”

二是2003年9月30日，国家发展和改革委员会、国家安全生产监督管理局印发了《关于加强建设项目安全设施“三同时”工作的通知》（发改投资〔2003〕1346号），对建设项目安全设施“三同时”工作的监督管理提出了具体要求。

三是2004年3月16日，国家安全生产监督管理局印发《关于国家安全生产监督管理局负责备案的机械、轻工、纺织、烟草、电力和贸易等行业建设项目（工程）安全预评价报告审查备案的通知》（安监司办字〔2004〕28号），包括电力行业在内的建设项目安全预评价报告审查、备案工作提出规范要求。

四是2005年5月9日，国家安全生产监督管理总局印发了《关于做好机械、轻工、纺织、烟草、电力和贸易等行业建设项目安全设施竣工验收工作的通知》（安监总管二字〔2005〕34号），明确了建设项目安全设施竣工验收实行“分级、属地”的原则，国家安全生产监督管理总局负责安全设施竣工验收的建设项目的范围并委托水电水利规划设计总院承担水电、风电等建设项目的安全设施竣工验收具体工作。

五是2006年6月30日，国家安全生产监督管理总局印发了《关于做好建设项目安全监管工作的通知》（安监总协调〔2006〕124号），再次要求必须认真贯彻执行国家关于建设项目“三同时”工作的法律法规。

（二）修改完善安全评价标准，促进了评价水平的进一步提高

为进一步做好安全评价工作，提高安全评价质量，引导、约束评价单位为企业提供优质服务，2007年国家安全生产监督管理总局颁布了《安全评价通则》（AQ 8001—2007）、《安全预评价导则》（AQ 8002—2007）、《安全验收评价导则》（AQ 8003—2007），评价工作不断走向规范，为做好“三同时”奠定了一定的基础。

（三）电力建设项目“三同时”工作取得了一定成果

安全“三同时”工作的相关法律法规和技术标准相继颁布，推动了“三同时”工作的稳步健康发展。电力行业长期以来十分重视建设工程安全设施“三同时”工作，取得了一定的成绩。据不完全统计，自2004年以来按要求进行安全预评价和验收评价的电力项目有700项，涉及的总装机容量和投资额分别达到6.6亿kW、12878亿元，其中火电项目

548项，总装机容量约5.67亿kW，总投资额约7106.42亿元；水电项目150项，总装机容量约8200万kW，总投资额5740亿元；风电项目2项，总装机容量约29.9万kW，总投资额约31.6亿元。国网、南网、五大发电集团以及国华、华润、中广核等企业的大多数项目都认真开展了安全预评价和验收评价等有关“三同时”工作，为其他电力项目起到了积极的示范作用。

三、继续认真贯彻执行国家和地方对于建设项目“三同时”工作的各项要求，促进电力建设工作安全、健康、又好又快的发展

目前，大多数风电场建设项目场选址复杂，在风电场规划选点、工程地质、地形地貌、水文、气象、雷电、暴雨、洪水、地震、台风、泥石流、滑坡、低温、沙尘暴、周围环境条件、交通运输条件、自然灾害、消防等方面存在较大的安全隐患，尤其是海上风电场的建设受区域风暴潮影响、台风、雷暴、盐雾及腐蚀影响的风险较大，为加强风电场可研、设计、施工、运行各阶段、各环节的安全生产工作，保障风电事业又好又快发展，根据安全生产法律法规等，现提出如下要求：

(1) 认真落实企业安全生产主体责任。企业是安全生产的责任主体，企业法定代表人要切实履行企业安全生产第一责任人的职责，按照《安全生产法》等法律法规的要求，主动做好建设项目安全预评价、验收评价等“三同时”工作。风电场项目建设单位必须认真落实企业安全生产主体责任，在项目建设中严格执行建设项目安全设施“三同时”工作的规定和要求，认真做好安全预评价和安全验收评价。

目前，有些风电场工程还没有按规定进行安全预评价，有的项目在竣工、试运行正常后没有进行安全验收评价并及时申请安全专项验收，请这些项目的业主单位能够尽快做好相关工作。

凡是扩建及续建的风电场建设项目，应按照“以新带老”进行安全预评价，扩建及续建后总装机容量超过5万kW的风电场工程安全评价报告应报送总局监管二司备案。

(2) 风电场项目建设单位要切实加大事故隐患整改力度。要认真贯彻落实“安全第一、预防为主、综合治理”的方针，把工作重心转移到治理隐患上来。通过安全预评价和验收评价，能够发现工程项目中存在的隐患，这只是第一步，安全预评价和验收评价最终的目的是要治理和消除隐患，把事故消灭在萌芽状态。

(3) 水电水利规划设计总院要加强对风电场建设项目“三同时”工作的技术宣贯、指导和服务工作。水电水利规划设计总院要继续发挥自身的人才、技术优势，深入宣传动员，必要时组织项目业主、设计、监理、施工、运行、安全评价等相关人员进行风电场建设项目“三同时”技术培训；要认真贯彻落实总局《关于做好机械、轻工、纺织、烟草、电力和贸易等行业建设项目安全设施竣工验收工作的通知》（安监总管二字〔2005〕34号）精神及水电水利规划设计总院按照总局授权结合风电行业实际制定的《风电场工程安全预评价报告编制规定》、《风电场工程安全验收评价报告编制规定》、《风电场工程安全设施竣工验收办法》和《风电场工程安全设施竣工验收技术文件编制规定》，进一步完善风电场工程安全评价及“三同时”管理体系，严格风电场工程安全预评价报告审查和安全设施专项竣工验收工作，确保风电场工程安全设施“三同时”工作又好又快的开展。

四、设计单位应遵守和落实国家及行业现行的安全标准、技术规范，在风电场项目可行性研究设计中认真落实安全预评价报告备案稿和评审意见的要求，精心编制“劳动安全与工业卫生”设计专篇

五、风电场建设项目（工程）的施工应严格按照依法批准的主体工程设计和安全设施设计进行

施工中如确需对涉及工程安全的主体工程设计或安全设施设计进行优化、调整、修改，属于重大设计变更的，必须上报原审批部门审查，并在安全设施竣工验收时提交重大设计变更审查意见。

六、认真做好事故应急救援预案的编制和演练工作

风电场项目建设、施工和运行等单位要根据国家和地方有关应急预案的总体要求，认真制定、完善企业安全生产事故应急救援预案，建立应急救援组织，配备必要的器材，并经常组织演练，提高应对突发事件的处置能力。加强应急宣传教育和培训，提高基层单位和人员的应急能力和水平。

同志们，安全生产工作任重而道远。让我们深入贯彻落实科学发展观，坚持安全发展，开拓创新，扎实工作，为保障人民群众生命财产安全，促进国民经济又好又快发展和建设和谐社会作出更大的贡献。

预祝本次会议取得圆满成功，祝各位代表、各位来宾身体健康，工作顺利。

谢谢大家！

二〇〇八年十二月十七日

海南·三亚