

中国风力发电评价体系

——国际经验和建议

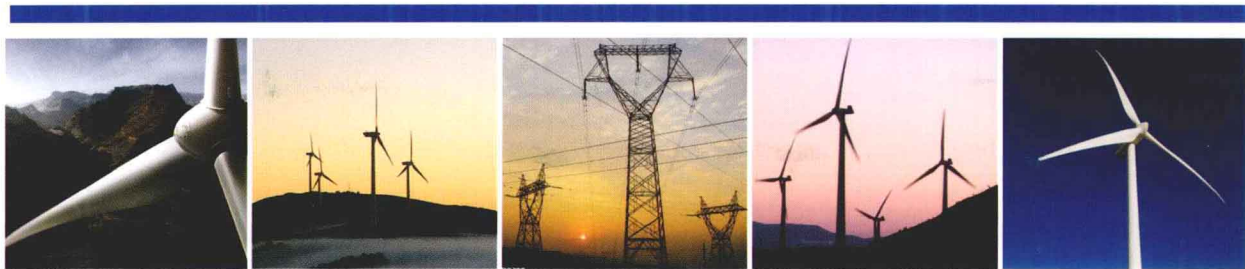
Wind Industry Evaluation Criteria in China
—— International Experiences and Recommendations

中国可再生能源学会风能专业委员会 编
维斯塔斯风力技术（中国）有限公司

Chinese Wind Energy Association
Vestas Wind Technology (China) Co., Ltd



 中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS



中国风力发电评价体系

——国际经验和建议

中国可再生能源学会风能专业委员会 编
维斯塔斯风力技术（中国）有限公司



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

图书在版编目 (CIP) 数据

中国风力发电评价体系: 国际经验和建议 / 中国可再生能源学会风能专业委员会, 维斯塔斯风力技术 (中国) 有限公司编. —北京: 中国电力出版社, 2011.12

ISBN 978-7-5123-2532-6

I. ①中… II. ①中… ②维… III. ①风力发电-电力工程-评价标准-中国 IV. ①TM614-65

中国版本图书馆CIP数据核字 (2011) 第274086号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

北京博图彩色印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2012 年 1 月第一版 2012 年 1 月北京第一次印刷

889 毫米 × 1194 毫米 16 开本 11.75 印张 303 千字

印数 0001—2300 册 定价 160.00 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

编写组成员

主 编 贺德馨

副 主 编 程 红 杜广平

参加编写人员 蔡丰波 赵建民 刘明亮 张晓艳

王 玮 吴 桐 罗 迪

英 文 译 审 Tom Pellman 杜广平

专家咨询组成员 (按姓名拼音排序)

陈默子 戴慧珠 董路影 高 辉 蒋莉萍

祁和生 齐同庆 秦海岩 施鹏飞 王斯永

杨校生 杨振斌 张世惠 张文忠 朱瑞兆

序 一



在过去的几年里，我们看到中国的风电行业发展惊人，已成为世界最大的风电产业。这种发展直接得益于风电行业雄心勃勃的长期目标以及碳减排目标，这也意味着中国已准备好创造更为清洁能源的未来。在 30 多年以前，丹麦政府已制定其一系列的优先目标——将丹麦从依赖石油进口转变为可再生能源的实现者；而现在的中国在大力发展风能产业上与丹麦不谋而合。我们两个国家的相似性意味着在很多领域有合作和知识分享的机会。

中国风电行业的快速增长也付出了代价。中国的风电行业仍旧面临着一系列的不足和问题。在这其中：产品开发的缺乏，生产和质量保证流程的落后，风电机组运行性能的不稳定，并网问题等。在这些问题能够被解决之前，行业中的利益相关方必须拥有能够评估这个行业的合适的方法。

因此，丹麦的经验和其他风能开发较快国家的经验能够提供非常有用的指导。例如，国外如何进行新风电场项目的招标？什么是计算风电机组维护成本最好的方法？这些问题的答案能够为中国提供借鉴，中国可以研究并应用到自己的风力发电评价体系中。

这个出版物的最重要的意义在于形成明确的标准和评价体系的需求，帮助建立一个公平透明的竞争环境。同时，评价体系的建设和不断完善也将促进风电机组制造商、风电场开发商和电网运营商之间更为健康的竞争。更为重要的是这些评价体系将帮助行业提高质量和安全。

我想对中国可再生能源学会风能专业委员会和维斯塔斯公司共同编写此重要出版物表示祝贺。我坚信只要丹麦和中国继续坚持双方互利的原则和把握实际的合作计划，我们双方都将从中获益。

祝贺！

丹麦王国驻华大使 Friis Arne Petersen

序 二



能源和环境是全球共同关心的重大问题。中国对可再生能源的高度重视及《可再生能源法》的颁布实施，风力发电作为技术最成熟、最具规模开发 and 商业化发展前景的可再生能源之一，发展速度居于各种可再生能源之首。中国的风机制造、风电场开发、风电设备产业链得到了快速发展。

在过去几年的时间里，中国从一个几乎没有大型风力发电场的国家跃居为全球最大的风电市场，并在 2010 年成功地超越美国成为全球风电装机第一大国。但是中国风电的蓬勃和快速发展也带来了一系列问题，这些问题表现在产品研发能力不足、生产过程质量保证不完善、风电机组性能不稳定、并网适应性较差、运行维护和技术服务能力跟不上、风电场等效满负荷运行小时数较低、行业缺乏完善的标准体系和检测认证体系、单纯的价格竞争有导致“低价低质”的风险和现象。风电行业面临的这些挑战呼唤着一系列完整的、公开的、客观的行业规范和评价体系。

正是在这样的大背景下，中国可再生能源学会风能专业委员会和维斯塔斯公司行动起来，他们在潜心研究国外先进做法的基础上，结合中国风电发展的实际情况，率先提出风电行业的评价体系。中国可再生能源学会风能专业委员会和维斯塔斯公司共同出版的《中国风力发电评价体系——国际经验和建议》为行业提供了一个有价值的研讨平台，并为中国风电如何在技术、可靠性和开发水平上缩短与国外的距离提出了崭新的思路。

在此我要感谢中国可再生能源学会风能专业委员会、维斯塔斯公司和所有为中国风力发电评价体系的研究和本书的形成提出意见和建议的行业专家。中国风电的发展需要政府、行业协会和企业的全面参与。在这方面风力发电评价体系的研究为行业起到了很好的示范作用。本书值得推荐和学习。

梁志鹏

国家能源局新能源和可再生能源司副司长 梁志鹏

前言



风力发电是当前技术最成熟、最具市场竞争力和商业化发展前景的可再生能源发电技术之一，发展风力发电事业是人类积极应对能源和环境问题的重要措施。近五年来，随着《可再生能源法》和一系列促进风力发电产业发展政策的颁布实施，中国的风力发电产业得到了快速发展，形成了从风电机组和配套零部件设计制造到风电场开发建设和运行维护服务等完整的产业链，2010 年风力发电装机容量排名世界第一，成为举世瞩目的风力发电大国。

在中国风力发电产业快速发展的同时，我们也看到了发展过程中存在的一些不足和问题。比如产品研发能力不足，生产过程质量保证不完善；风电机组性能不稳定，并网适应性较差；运行维护和技术服务能力跟不上，风电场等效满负荷运行小时数较低；行业标准体系和检测认证体系尚不完善；单纯的价格竞争有导致“低价低质”的风险，为行业的健康和可持续发展埋下了隐患。特别是近年来接连发生的风电机组重大质量事故和风电场脱网事故，更让人们感觉到，这个飞速发展的市场，急需建立从风力发电设备到风电场运行这样一个完整的评价体系。在这样的背景下，中国可再生能源学会风能专业委员会和维斯塔斯风力技术（中国）有限公司于 2009 年 11 月开始就建立和完善中国的风力发电评价体系进行联合研究。

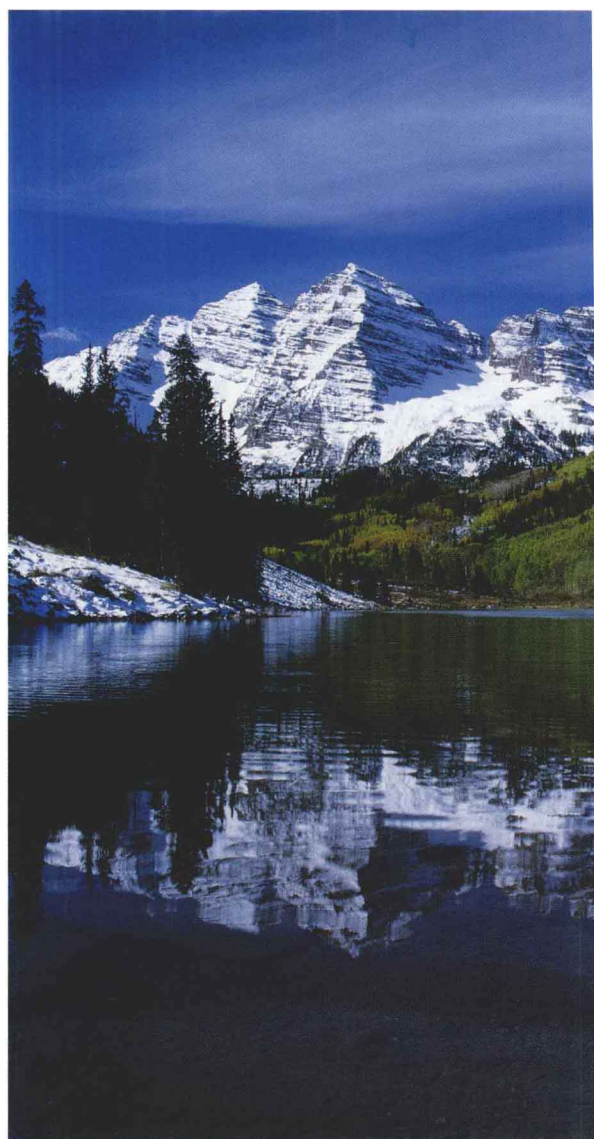
历时近 22 个月，联合研究小组通过研究国际上风力发电发展先进国家在风电机组和风电场评价及招投标评价标准方面的经验，结合中国风力发电产业发展的具体情况，在 2010 年 9 月形成初稿的基础上，分别于 2010 年 11 月、2011 年 3 月和 5 月多次以会议汇报和书面呈送的形式广泛征求国内风力发电行业资深专家和其他参与者的意见，最终于 2011 年 9 月形成了《中国风力发电评价体系研究报告——国际经验和建议》，并于 2011 年 10

月 20 日在北京国际风能大会期间正式发布，受到行业内外的广泛关注和认同。

该研究报告从风电机组、风电机组制造商、风电场运行维护、风电项目招标评价到项目后评估等方面提出了建立和完善风力发电评价体系的方法和建议，希望能够对规范行业管理、提升企业管理水平、完善风力发电设备和风电场运行评价标准、完善风力发电招投标评价标准、完善风力发电行业相关政策等有所帮助，从而引导风电机组制造企业注重研发能力和产品质量，引导开发商正确选择风力发电设备，提高风电场运行维护能力，促进中国风力发电产业科学、健康和可持续地发展。

为了推动行业共识的进一步深化，促进中国风力发电行业评价体系的建立和完善，根据风电行业专家、领导的建议，在已发布研究报告的基础上，广泛征求行业同仁的意见，进一步修改、完善，形成《中国风力发电评价体系——国际经验和建议》一书，正式出版发行。

本书包括 9 章内容，第 1 ~ 2 章介绍了研究项目的背景、研究内容和方法。第 3 ~ 8 章介绍了建议的风力发电评价标准体系，包括风电机组评价标准、风电机组制造商评价标准、风电场评价标准、风电场项目后评估



标准、陆地风力发电招标评价标准和海上风力发电招标评价标准等六部分。第 9 章结束语中，提出了评价项目权重的分配原则和海上风电项目风险评估的重要性以及为建立和完善风力发电评价体系应该采取的行业行动。本书的每个部分既相互独立，又是一个有机的整体，可供致力于风力发电事业的企业管理者、政府部门管理人员、行业咨询服务人员和相关工程技术人员参考。

本书由中国可再生能源学会风能专业委员会主任贺德馨研究员任主编，完成总体结构安排和编写要求，并审定全部内容。全书的编写工作由副主编杜广平研究员执笔，程红、蔡丰波、赵建民、刘明亮、张晓艳、王玮、吴桐、罗迪等参加编写。英文翻译和校审由 Tom Pellman、杜广平负责完成。

在联合研究过程中，加勒德哈森伙伴有限公司（ Garrad Hassan & Partners Ltd ）应邀提供了基于国际经验的专题报告——关于风电机组和风电场性能及招投标的建议(Advice Related to Turbine and Project Performance and Tendering)，并在本书中得到应用。在此对加勒德哈森伙伴有限公司的支持表示感谢！

在本书的形成过程中，专家咨询组成员陈默子、戴慧珠、董路影、高辉、蒋莉萍、祁和生、齐同庆、秦海岩、施鹏飞、王斯永、杨校生、杨振斌、张世惠、张文忠、朱瑞兆等风力发电行业资深专家分别以集中研讨和书面交流的方式多次参与了本书内容的审议，提出了书面或口头修改建议，在此一并表示感谢。

由于本书中引用的部分国际标准目前还没有等同采用的中国标准，因此本书中引用的国际标准一律采用原标准代号，而没有转换成中国标准代号；对于那些已经被中国标准等同采用的国际标准，则应直接使用中国标准，特此说明。

另外，本书建议的评价标准，还不能覆盖一个完整的风力发电行业评价体系的各个方面，如设计和咨询、施工和安装、关键零部件制造和第三方维修服务等，有待于在今后的实践中不断得到充实和完善。

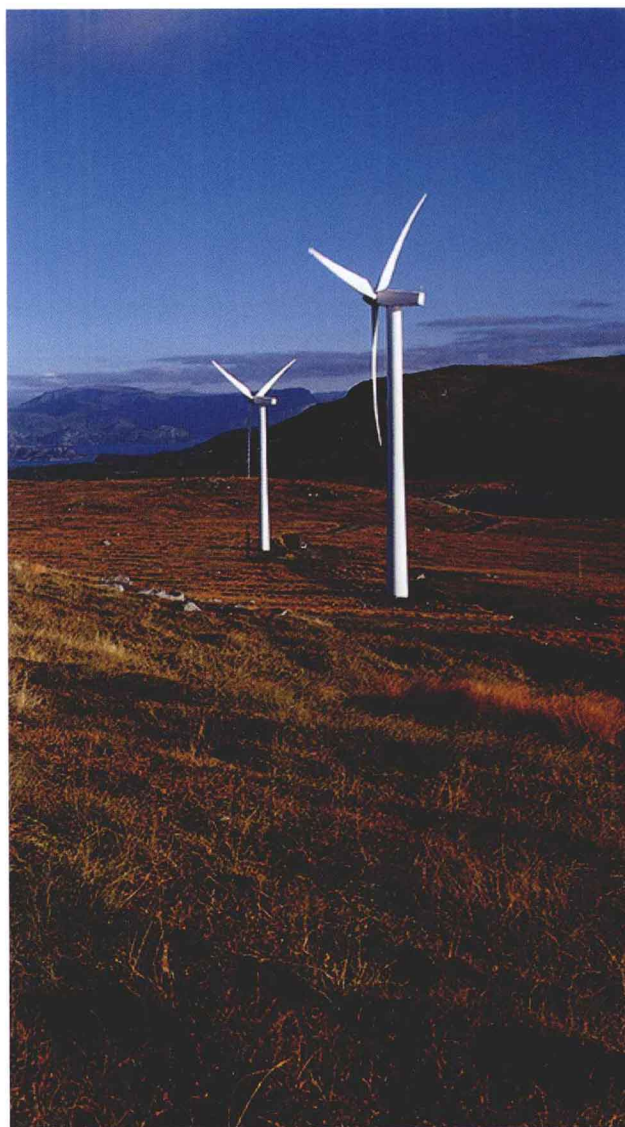
由于风力发电评价标准体系的制定涉及的专业和知识面较为广泛，加之编者水平有限，一定存在疏漏之处和需要进一步探讨的问题，恳请广大读者不吝指正，以便在下一步的工作中使其能够得到进一步完善。

本书中提出的评价标准，仅为联合研究单位为建立和完善风力发电行业评价体系而提出的建议，不代表其他任何单位的观点和意见。

风力发电行业评价体系的建立和完善是一项系统工程，需要所有参与者的积极奉献。这是一个从提高认识开始，到逐步形成行业气氛，再到成为行业所有参与者的自觉行动和行为准则的过程。愿我们大家共同努力，为中国风力发电产业的健康和持续发展做出应有的贡献！

编 者

2011 年 12 月



目 录



1	项目背景	1
2	研究内容和方法	3
3	风电机组评价标准	5
3.1	功率曲线	5
3.2	可利用率	7
3.3	可靠性	12
3.4	维护成本	13
3.5	寿命期度电成本	14
3.6	现场风况条件的适宜性	14
3.7	特殊环境条件的适应性	15
3.8	电网兼容性	18
3.9	其他评价要素	20
3.10	小结	22
4	风电机组制造商评价标准	23
4.1	行业经验、业绩和生产能力	23
4.2	研发能力	23
4.3	质量保证和控制能力	24
4.4	技术支持能力	25
4.5	售后服务能力	26

4.6 技术培训能力 28

4.7 小结 28

5 风电场评价标准 29

5.1 风电场队伍建设 29

5.2 风电场建设和验收 29

5.3 并网规范的符合性 30

5.4 性能衡量指标的验证 31

5.5 寿命期度电成本 31

5.6 风电场运行维护能力 33

5.7 质保期后运行数据的比较 35

5.8 小结 36

6 风电场项目后评估标准 37

6.1 目的 37

6.2 后评估内容和方法 38

6.3 后评估评价指标 39

6.4 后评估机制的建立和评估结果的使用 40

6.5 小结 42

7 陆地风力发电招标评价标准 43

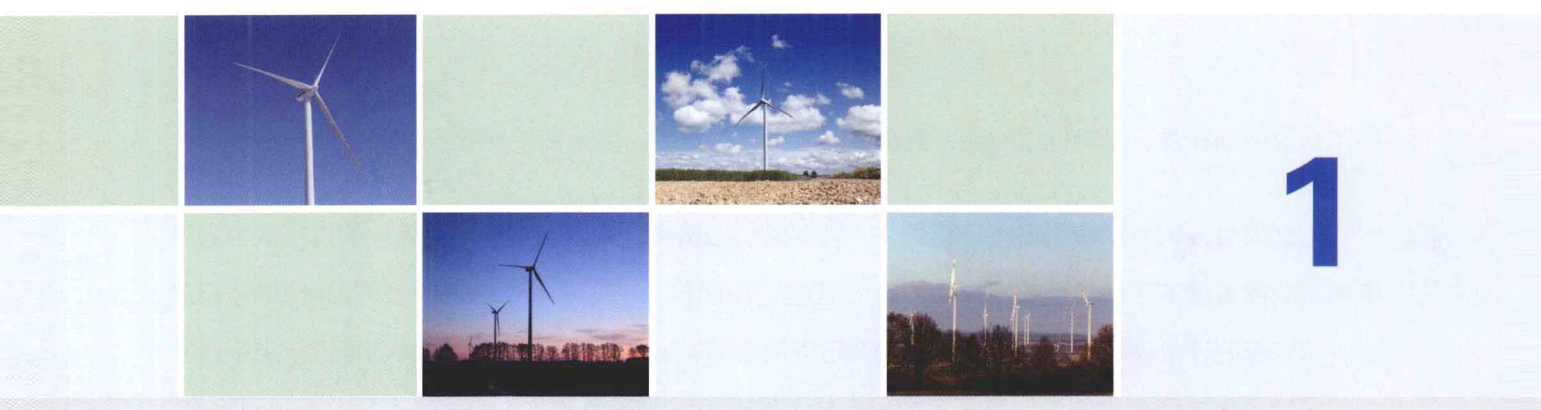
7.1 国外经验介绍 43

7.2 中国案例 50

7.3 风电机组招标评价标准 53

7.4 小结 58

8	海上风力发电招标评价标准	59
8.1	引言	59
8.2	评标要素	59
8.3	财务评估	60
8.4	风险评估	61
8.5	国外海上风力发电招标经验	65
8.6	小结	68
9	结束语	69
附录 A	丹麦安霍尔特 (Anholt) 海上风电场 400MW 项目招标文件目录	72
附录 B	缩略词	74
参考文献		76



项目背景

2006 年以来，在国家可再生能源相关法律、法规、政策和发展措施的推动下，中国的风力发电装机容量以翻番的速度得到快速发展。根据中国可再生能源学会风能专业委员会的统计，2010 年风力发电新增装机 18 927.99MW，累计装机达到 44 733.29MW，跃居世界第一（见图 1-1）；已经批量生产和正在准备生产风电机组的制造企业已有数十家。中国的风力发电市场从无到有，从小到大，不断发展，形



数据来源：中国可再生能源学会风能专业委员会。

图 1-1 十年来中国风电装机总体情况

成了从风电场开发、风电机组制造、配套零部件生产到安装、运行和维护服务等完整的产业链。

与此同时，风力发电设备市场的竞争，特别是价格竞争，越来越激烈，且单纯的价格竞争为风电机组的质量埋下了严重隐患。然而，这个飞速发展的市场，缺乏从风力发电设备到风电场运行这样一个完整的评价体系，从而让人们对这个行业的健康发展增加了诸多忧虑。特别是近年来接连发生的多起风电机组重大质量、安全事故和吉林、甘肃和河北等地区发生的大规模风电场脱网事故，更让人们感到了建立和完善风力发电评价体系的紧迫性。

中国可再生能源学会风能专业委员会和维斯塔斯风力技术（中国）有限公司于 2009 年 11 月发起联合研究项目，就建立和完善中国的风力发电评价体系进行联合研究，提出建立风力发电行业评价体系的方法和相关政策建议，以便积极应对中国风力发电设备制造业出现的重复建设问题和产品质量问题，提高风力发电设备制造门槛，规范行业管理，提升企业管理水平，完善风力发电设备招标评价标准，引导开发商正确选择设备，提高风电场运行维护能力，提高风电场支持电网安全运行的能力，促进中国风力发电产业的健康和可持续发展。

研究内容和方法

联合研究课题内容包含以下六个方面：

- (1) 风电机组性能评价；
- (2) 风电机组制造商能力评价；
- (3) 风电场性能和能力评价；
- (4) 风电场项目后评估；
- (5) 陆地风力发电招标评价；
- (6) 海上风力发电招标评价。

主要通过研究国际上风力发电发展先进国家的相关经验，结合中国风力发电产业发展的具体情况，提出适合中国风力发电产业健康、可持续发展的风力发电评价体系，并广泛征求业内资深专家和行业参与者的意见，修改、完善，形成最终研究报告。具体技术路线和方法见图 2-1。

综合中国的风力发电产业发展情况，结合世界其他国家在风力发电评价方面的经验，针对中国的特点，本书提出了中国风力发电评价标准体系，包括风电机组评价标准、风电机组制造商评价标准、风电场评价标准、风电场项目后评估标准、陆地风力发电招标评价标准和海上风力发电招标评价标准等六部分。



图 2-1 技术路线和方法