



国家风力发电工程技术研究中心丛书之四

观察与思考

——于午铭风电文集二

于午铭 著



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS



国家风力发电工程技术研究中心丛书之四

观察与思考

——于午铭风电文集二

于午铭 著



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本文集收集了作者自 2007 年 8 月《于午铭风电论文集》出版之后,至今六年多来新写的 32 篇文稿。内容涉及风能资源、风电与电网、风电-水电互补、风电产业发展形势判断与分析、产业存在问题及政策建议、历史回顾与启示等。多数文章已在《风能》等刊物发表或在行业会议上交流,有几篇为此前未发表过的内部通信。

本书可供风电行业人员阅读参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

观察与思考:于午铭风电文集. 2/于午铭著. —北京:中国电力出版社, 2014. 5

(国家风力发电工程技术研究中心丛书; 3)

ISBN 978-7-5123-5517-0

I. ① 观… II. ① 于… III. ① 风力发电-文集
IV. ① TM614-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 024440 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

*

2014 年 5 月第一版 2014 年 5 月北京第一次印刷

850 毫米×1168 毫米 32 开本 11.875 印张 314 千字

印数 0001—1500 册 定价 40.00 元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签,刮开涂层可查询真伪

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

序一

在前年《金风科技志》付印时，我很高兴为该书写了序。这次，于午铭同志又将近年来撰写的文章和谈话整理成《观察与思考——于午铭风电文集二》出版，很荣幸又能为该书写序。对我来说，写序是向作者学习的一个机会。

我和于午铭同志相识是在 20 世纪 80 年代，他那时在新疆工作。几十年来，他作为一个开拓者，为新疆风能公司和后来的新疆金风科技股份有限公司的成长，为新疆风能产业的兴起和中国风能事业的发展辛勤耕耘，作出了重要的贡献。于午铭同志在长期的工作中勤奋学习，重视实践，善于思考，提出问题，发表自己的见解，脚踏实地做事和总结经验。从这次出版的文集中可以看到他关注的范围很广，从政策到规划，从产业到技术，从国家到省区，从宏观到微观。他还亲自结合长期在新疆工作的经验，对风能资源的科学评估做出了许多有价值的研究。我看了此文集，受益匪浅。

当前中国风能发展进入稳中求进的转型期，要完成从“风能大国”向“风能强国”，从“中国制造”向“中国创造”，从“中国市场”向“国际市场”的转变。我相信，文集的出版是推

进这种转变的正能量，让我们共同为建设美丽中国，实现中华民族伟大复兴的中国梦而努力，这也是我们老风电人一辈子的心愿。

中国可再生能源学会副理事长
兼风能专业委员会主任

賀德馨

2013年12月12日

序二

于午铭先生是我在风电届里比较崇拜的几位老者之一，他们都对中国的风电抱着极大的热忱，奉献了自己的智慧和经验。于午铭先生与这几位老者相比，又有独到之处，50岁开始跨入风电行业，亲力亲为，缔造了金风科技这一中国，乃至全球风电装备制造业的奇葩，成为中国风电装备制造业的奠基者之一。更重要的是他笔耕不止，以他亲身的经历记录了他对风电发展若干问题的观察与思考，2004年那本颇具争议的《风力-12在中国》，首次提出了2020年风电占中国发电装机容量12%等发展中国风电的战略设想，那本书同样也包含着于午铭先生的智慧和奉献。2007年他出版第一本风电文集——《于午铭风电论文集》，汇集了他2007年以前的对风电问题的观察，现在，于午铭先生又出版他的第二本风电文集，我作为中国风电发展政策的观察者、研究者，应邀为之作序，心中惶然。于午铭先生的第二本风电文集内容丰富，包含了风电建设、运行和维护的经验总结，也有对风电产业发展问题的观察和历史回顾，又有对风电业者的提醒与忠告，还有对新疆维吾尔自治区，乃至对全国风电产业发展的政策

建议。我向风电届的新老朋友们推荐这本书，不仅仅是希望大家从这本书中更加深刻地认识风电发展问题，更是希望大家都向于午铭先生学习，拿起自己的笔，记录你们对风电发展的理解认识，奉献你们的经验和智慧，我们在祝福于午铭先生有更多奉献的同时，也期待着有更多的有关中国风电发展的专著出版。

中国资源综合利用协会
可再生能源专委会主任

李俊峰

2013年12月1日

前言

最近整理了自 2007 年出版《于午铭风电论文集》以来，至今约 6 年间的笔耕成果，不觉又有近四十余篇文字。其中，有给风电专业杂志写的技术见解或者行业发展评论文章，有在风电行业会议上的发言，有应邀为各类丛书或机构写的风电发展综述或专题报告，有作为自治区专家顾问写的政策咨询建议，有接受一些专业媒体的采访问答，还有一些没有发表过的内部通信，等等。如今再回头看看这些文字，似乎并没有发现太多的不妥，而且其中一些内容至今我认为仍然还是值得业界关注的问题，需要继续给予重视与解决。感叹之余，花时间对文稿做了整理，选出了三十余篇。感谢中国电力出版社的支持，使这本《观察与思考——于午铭风电文集二》得以出版。如果文集能使风电业界感兴趣的同行有所感触，即便是引起争论，也都算是有益的事情。

文章的排序采取按成文时间自后向前倒排的方式，期望达到先看到的文字有新鲜感，后看到的有历史感的效果。

文集的最后收集了两篇文章：一篇是《风能》杂志记者陈雪撰写的、刊载于《风能》2010 年第 5 期的《于午铭：50 岁开始的风电生涯》，文中介绍了我从事风能事业的过程；另一篇是郝昭庆、叶瑞优、王翩写的，刊载于《科学中国人》第 9 期的《于午铭的“新疆情结”和“风电金梦”》，介绍了我到新疆工作 50 余年前后的情况，一并收录入文集，算是一次自我宣传吧！

十分感谢中国可再生能源学会副理事长兼风能专业委员会主任贺德馨、中国资源综合利用协会可再生能源专委会主任李俊峰为本书作序，以及序中对我个人的褒奖。感谢他们两人以及所有业界同仁多年来对我的帮助与支持。祝愿中国风电事业不断成长壮大，早日实现成为风电强国的宏伟目标！

著 者

2013 年 12 月 16 日

目录

序一

序二

前言

■ 对“地形风”成因及特征的一些探讨	1
■ 近期我区风电产业发展中一个亟须纠正的问题	13
■ 当前风电产业发展中几个需要关注的问题	17
■ 落实风电配额制 拉动产业稳定快速发展	32
■ 技术成果转化的成功范例——金风科技	37
■ 绿色经济的重要方面军——风力发电	43
■ 为人类奉献白云蓝天，给未来留下更多资源	50
■ 学对手，找差距；练内功，再创辉煌	60
■ 风电水电互补，拓展绿色电力应用	64
■ 以风电规模化开发促进新疆风机制造业平稳发展	75
■ 关于新疆电力工业发展方针的建议	80
■ 风能产业调整需要防止“硬着陆”	85
■ 《金风科技志》概述	90
■ 风电设备制造业：冬天到来？	100
■ 对当前风电产业形势与对策的一些思考	104
■ 世界第一之后的产业转型	106
■ 土地与风能资源的集约化开发利用 ——当前风电项目建设中需要强调的一个问题	112
■ 《现代风能》杂志采访问答	117
■ 接受乌鲁木齐《都市消费晨报》采访问答	126
■ 新疆达坂城风电场 13 台 Bonus 150kW 机组 20 年 运行状况分析	130

■ 达坂城——中国风电发展的见证者	143
■ 对《千万千瓦级风电基地风资源评估报告》 的几点看法	153
■ 风资源估算与风电规划——从新疆说起	156
■ 关于全国风资源工程性普查的一封信	169
■ 抓住历史机遇，促进新疆风电产业实践科学发展	171
■ 加快新疆风电产业发展研究课题报告	178
■ 中国可再生能源状况报告(风能 2007~2008 年)	277
■ 再谈风电与电网和谐发展	308
■ 关于金风科技战略取向的几点建议	315
■ 腾飞中的中国风电 ——改革开放三十年风电产业大事记	320
■ 落实三十二号文件精神，加快达坂城风区风电建设	328
■ 抓住机遇，突破瓶颈，加快发展新疆风电产业	333
■ 附录 A 于午铭：50 岁开始的风电生涯 (记者 陈雪)	339
■ 附录 B 于午铭的“新疆情结”和“风电金梦” ——一个汉族专家扎根新疆的壮丽人生 (特约通讯员 郝昭庆 记者 叶瑞优 王翩)	354

对“地形风”成因及特征的一些探讨^①

【摘 要】 本文提出了主要因地形因素构成风区的“地形风”的概况及成因假设,并以新疆有关风区为实例,分析了各风区地形风的起因与特征,指出正确认识与利用地形风,对支持分散式风电开发、准确预报风电产量有积极作用。

【关键词】 地形,风能资源,气流通通道

对我国风资源成因的分析,多年来气象学者做了大量工作,从气象气候学宏观的角度提出了较权威的观点,对指导风能开发利用发挥了重要作用。其中有代表性的如发表于2012年第8期《风能》杂志的,由江滢、宋丽莉、辛渝合著的《我国风能资源形成机理》一文,指出了冬季由蒙古国高压入侵我国的冷空气以及夏季东南沿海的热带气旋是我国风资源的主要成因,同时介绍了海陆风、地形、狭管效应等因素对风资源的影响。此文可以说是对我国气象气候因素构成风资源的精炼概括。

笔者在实际工作中看到,除了因气象气候条件形成的风资源(本文姑且称其为“气象风”)之外,在有的地区还存在着主要受地形因素影响,构成局部风资源富集区的现象,为了与前述“气象风”区别,本文称其为“地形风”。对“地形风”的分析与研究目前尚很少得到重视,论述文章也所见不多。本文拟根据多年来在实践中的观察与思考,提出一些有关“地形风”的看法,以期与感兴趣者进行交流。

首先应该强调,“气象风”与“地形风”是相互影响、密切相关

① 本文是2013年11月9日写给《风能》杂志的稿件。发表于2014年第1期。

的。有些地方受地形影响形成风区是主要因素，但也不可避免地会受到宏观气象条件的影响；有些地方主要因气象条件形成风区，但受到地形影响，会表现出一些独有的特征，也可以视为“地形风”的另一种表现形式。

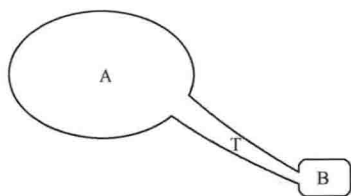


图1 “地形风”成因示意图

对“地形风”的基本成因试析如下（见图1）：假设有两个地理区域A与B，两者的气温、气压、太阳辐射等气象气候条件有较大差异，同时A、B之间又有一个地形通道T相连接，则在通道T的区域内就

可能出现较充分的气流交换，形成较好的风区。A与B之间的气候条件相差越大，各自的面积越大，通道T的通流条件越好，特别是其具有适当的宽度利于形成“狭管效应”，则该风区的风资源就越丰富。

新疆的达坂城风区可以说是“地形风”的一个典型。风区是一个沿西北—东南方向分布、穿越天山山脉的谷地，西北出口在乌鲁木齐市方向，经过城郊连接着广阔的准噶尔盆地，该盆地面积达38万 km^2 ，夏季气候温和凉爽，冬季气温较低，约半年积雪，冬夏都经常发生来自北冰洋的寒流或冷空气入侵。峡谷的东南出口连接至吐鲁番盆地，位于天山之南，受天山阻隔冷空气及阳坡吸收太阳能辐射等因素影响，气候干燥炎热、气温偏高，是全国出名的“热极”之一，盆地面积约5万 km^2 。达坂城谷地T连接着两个面积较大、气象条件相差很大的A、B区域，自身又是一个宽20~30km、长90~100km、地形平坦的良好通道，所以形成了世界知名的内陆风区，见图2和图3。风区内长年盛行沿峡谷走向的西北风或东南风，近年来该风区新投产的机组年利用小时数大都超过3000h，同时风频分布较好，又没有破坏性风速，地形平坦，交通方便，使其成为全国甚至世界知名的优质风区。图4和图5是该风区实测的风向、风能玫瑰图，由于测量年

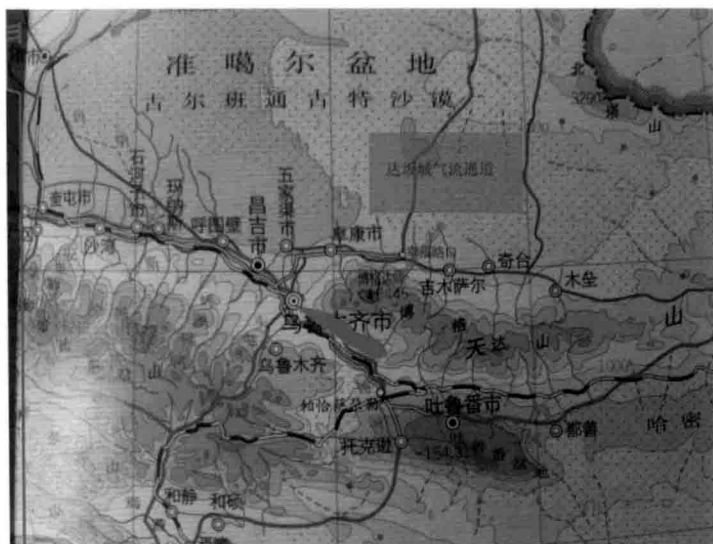


图 2 达坂城风区地形图 A

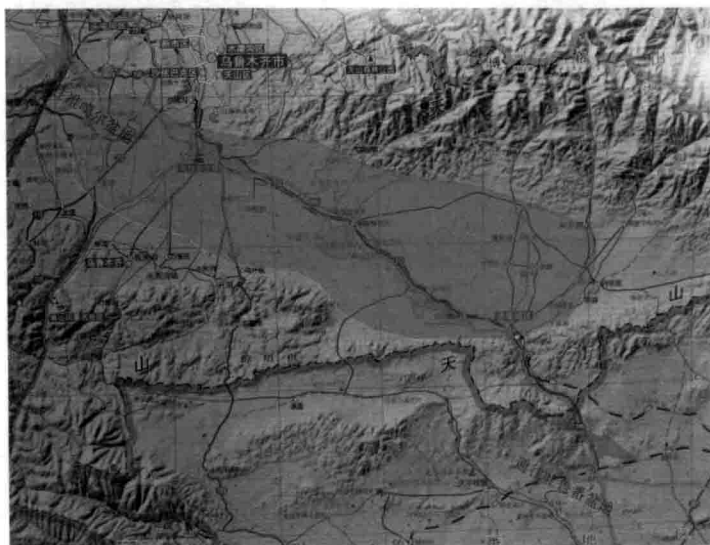


图 3 达坂城风区地形图 B

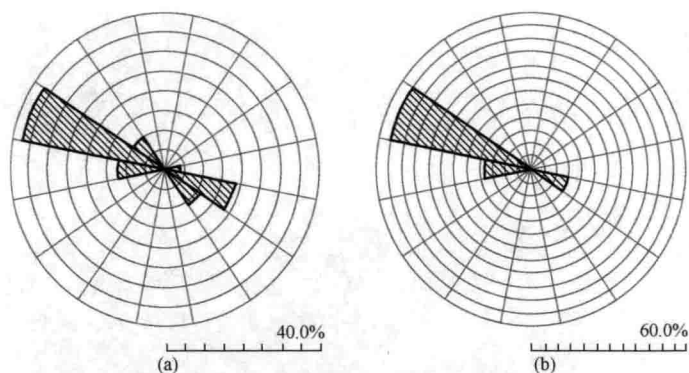


图4 达坂城风区 70m 高风向、风能玫瑰图实测 1

(a) 风向玫瑰图; (b) 风能玫瑰图

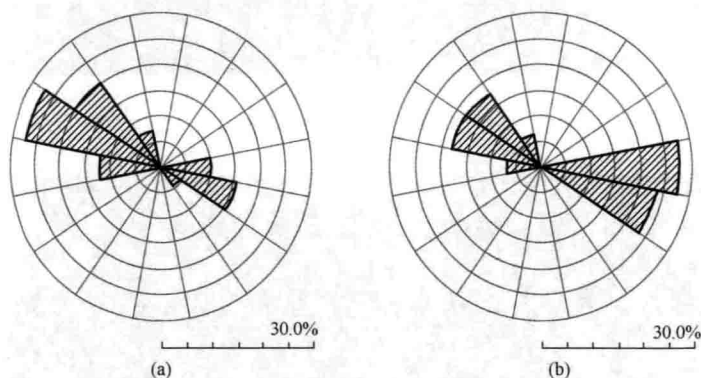


图5 达坂城风区 70m 高风向风能玫瑰图实测 2

(a) 风向玫瑰图; (b) 风能玫瑰图

代以及位于风区的具体地点不同,主风能方向有的为西北,有的为东南。

新疆塔城地区的老风口—玛依塔斯风区是“地形风”的另一个实例。该风区东部通向准噶尔盆地;西部通向塔城—额敏平原,并与哈萨克斯坦的阿拉湖、萨瑟克湖湿地相连,通道 T 位于齐吾尔喀叶尔山与加依尔山之间的谷地,宽 20~40km,长 90km (见图 6)。通道内当西部来自乌拉尔山的冷空气入侵时,



图 6 塔城老风口—玛依塔期风区地形及风区范围示意图

产生偏西风；而当冷空气控制准噶尔盆地，暖空气使塔城盆地增温明显，形成东冷西暖、东高西低的气压形势时，就会在谷地内产生强劲的偏东风。因而形成了著名的老风口—玛依塔斯风区。其典型的风向、风能玫瑰图见图 7，以东—西风为主导风向。由于本风区两端的 A、B 盆地气象条件虽有差别，但不如达坂城风区差别显著，所以相对而言，风资源状况比达坂城稍逊，但已投

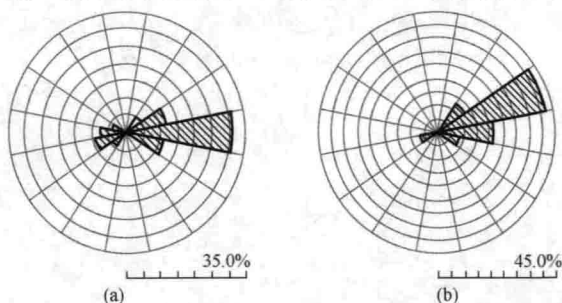


图 7 老风口风区 10m 高度风向、风能玫瑰图 (2009 年)

(a) 风向玫瑰图；(b) 风能玫瑰图

运风电场的年利用小时数仍可达到 2300~2500h。当冬季降雪时，大风吹起积雪形成“风搅雪”（俗称“白毛风”），经常对道路交通与其他设施造成危害，是当地多见的气象灾害现象。

从更宏观的角度看，哈密三塘湖—淖毛湖风区也是“地形风”的又一个“杰作”。三一淖风区西接准噶尔盆地，东部与蒙古国境内的平坦谷地以及甘肃、内蒙古的戈壁沙漠相连。风区南面是天山余脉巴里坤山，北面是阿尔泰山余脉北塔山及蒙古国境内的其他山地，构成了 A、B 经 T 连接的风区模式，见图 8。只是这里的通道 T 比较开阔，宽度最大达到了 120km，最小处也有约 60km，长度更超过了 600km，所谓的“通道”变成了“通面”，对气流的狭管聚集作用较差，因此风资源较分散。比较而言，三塘湖风区处于该通道的最狭窄处，狭管效应较明显，风资源相对较好，风电场年利用小时数平均可达到 2400~2600h。主导风向为东—西，三塘湖风玫瑰图见图 9。淖毛湖则位于通道较宽阔处，且接近通道东侧底端，受地形影响风向有转变，风资源相对较差，计算年利用小时数在 2000h 左右，主导风向为西北—



图 8 三塘湖—淖毛湖风区地形图