

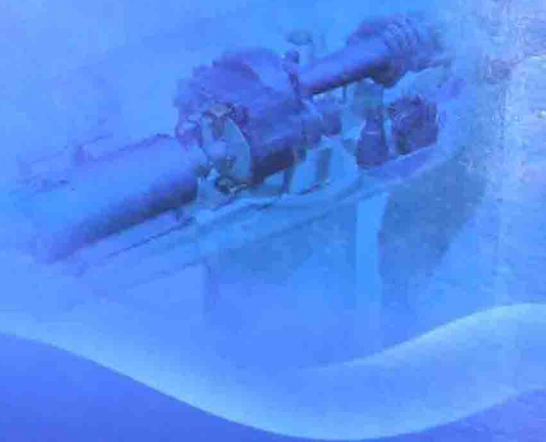


普通高等教育“十二五”创新型规划教材

风力发电机组 运行与维护

FENGLI FADIAN JIZU
YUNXING YU WEIHU

主 编 董 晔 武晨华



 北京理工大学出版社
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

普通高等教育“十二五”创新型规划教材

风力发电机组运行与维护

主 编 董 晔 武晨华

副主编 刘敏丽 王 峰

参 编 田志刚

 **北京理工大学出版社**
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

本书对以往的教学模式进行改革, 切实按照“一线人才”的要求融“教”“学”“做”为一体, 突出任务驱动的教学模式, 强化学生的能力。采用图文并茂的方式重点介绍了风能资源的评价、风电场的选址、并网及联合运行的风力发电系统、风力发电机组主要部件的结构和工作原理、风力发电机组的运行、风力发电机组的维护, 并以 1 500 kW 级风力发电机组为例, 详细介绍了大型风力发电机组的主要部件、运行、维护与检修等方面的知识。

本书可作为风能与动力技术专业的教材, 同时也可供风电场运行、维护等工程技术人员参考。

版权专有 侵权必究

图书在版编目 (CIP) 数据

风力发电机组运行与维护/董晔, 武晨华主编. —北京: 北京理工大学出版社, 2014. 4

ISBN 978 - 7 - 5640 - 8910 - 8

I. ①风… II. ①董… ②武… III. ①风力发电机 - 发电机组 - 运行 - 高等学校 - 教材 ②风力发电机 - 发电机组 - 维修 - 高等学校 - 教材 IV. ①TM315

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 038369 号

出版发行 / 北京理工大学出版社有限责任公司

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010) 68914775 (总编室)

82562903 (教材售后服务热线)

68948351 (其他图书服务热线)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 保定市中华美凯印刷有限公司

开 本 / 710 毫米 × 1000 毫米 1/16

印 张 / 10.75

字 数 / 176 千字

版 次 / 2014 年 4 月第 1 版 2014 年 4 月第 1 次印刷

定 价 / 36.00 元

责任编辑 / 陈莉华

文案编辑 / 张梦玲

责任校对 / 周瑞红

责任印制 / 王美丽

图书出现印装质量问题, 请拨打售后服务热线, 本社负责调换



前言

PREFACE

风能是一种取之不尽却不排放任何污染物的可再生能源。我国三北地区（西北、华北北部、东北）及东南沿海地区有丰富的风能资源，近几年来我国的风力发电技术日趋成熟，三北地区的风电产业发展迅猛。目前我国累计风电装机容量排名世界第一，尤其是内蒙古自治区装机总容量居全国第一，相关职业岗位需求大，这就要求需加快培养和培训风力发电专业技术人员的步伐。为适应市场需求，很多院校相继开设了风力发电课程，但真正适用于“一线人材”的教材不多。

本书编者通过深入风力发电企业一线进行调研，确定本书主要服务的对象是风电运行检修员。并对电力行业专家进行访谈，分析风电运行检修员岗位的典型工作任务和职业能力要求，结合“风力发电场岗位规范”中规定的岗位职责，归纳、整理相关的知识内容，编写出本书。本书可作为风力发电专业学生及风力发电生产一线人员教学、培训和自学的教材，也可作为风电技术人员的学习参考资料。

本书的突出特点是：对以往的教学模式进行了改革，切实按照“一线人材”的要求融“教”“学”“做”为一体，强化学生的能力。从学生未来工作岗位的需求及可持续发展能力的培养出发，遵循以风电场生产过程为主线，以典型工作任务为导向设计课程的整体框架。保证风电运行检修员岗位所需知识与技能的完整性、连续性和实用性，又依据由易到难的职业能力成长规律来设置教学内容，最终凝练出三个学习项目，即风力发电系统认知、风力发电机组运行和风力发电机组维护。每个项目又包含多个典型工作任务，通过

完成每一个工作任务，掌握相关知识，具备实操技能。同时以 1 500 kW 级风力发电机组为实例，将理论联系实际，实现学生的零距离就业。

本书由董晔、武晨华担任主编，刘敏丽、王峰担任副主编。具体编写分工如下：项目一由董晔和刘敏丽共同编写；项目二和项目三由武晨华和王峰共同编写，全书由董晔负责统稿。

本书在编写过程中得到相关企业的大力支持和帮助，他们对本书的编写提出了很多宝贵意见。本书在编写过程中还参阅了大量参考文献、网上资料及相关出版物，在此一并表示真挚的感谢。

由于风力发电技术涉及面广，技术发展迅猛，知识更新快且编者水平有限，书中内容难免有不足和疏漏之处，敬请读者批评指正。

编 者

目 录

CONTENTS

项目一 风力发电系统的认知	1
任务一 风力发电场的选址及风资源评价	1
任务要求	1
知识学习	1
一、我国的风能资源	1
二、风能开发利用的重点区域	2
三、风电场选址技术	4
四、风电场的风资源评价	10
实施建议	13
任务二 独立及并网运行的风力发电	13
任务要求	13
知识学习	13
一、独立运行的风力发电系统	13
二、并网运行的风力发电系统	15
实施建议	24
任务三 风力—柴油、风力—太阳光联合运行的风力发电	24
任务要求	24
知识学习	24
一、风力—柴油发电联合运行	24
二、风力—太阳光发电联合运行	29

实施建议	31
任务四 独立和并网运行的风力发电系统中发电机的认知	31
任务要求	31
知识学习	31
一、独立运行风力发电系统中的发电机	31
二、并网运行风力发电系统中的发电机	41
实施建议	57
任务五 风力发电机组的蓄能装置认知	58
任务要求	58
知识学习	58
实施建议	64
任务六 风力发电机组偏航系统的认知	65
任务要求	65
知识学习	65
一、偏航系统的组成	65
二、偏航系统的技术要求	68
三、偏航控制系统	70
实施建议	71
任务七 风力发电机组齿轮箱的认知	71
任务要求	71
知识学习	71
一、齿轮箱的构造	72
二、齿轮箱的主要零部件	74
实施建议	80
实例介绍 1 500 kW 双馈式风力发电机组	80
一、综述	80
二、风轮	83
三、机舱	85
四、塔架	94
五、基础	95
六、变频器	96

七、控制系统	99
项目二 风力发电机组运行	105
任务一 风力发电机组调试与验收	105
任务要求	105
知识学习	105
一、风力发电机组调试	105
二、风力发电机组试运行	106
三、风力发电机组验收	106
实施建议	108
任务二 风力发电机组运行技术	108
任务要求	108
知识学习	108
一、风电场运行工作	108
二、风电场机组运行	110
实施建议	116
实例介绍 1 500 kW 双馈式风力发电机组运行控制	117
项目三 风力发电机组维护	120
任务一 风力发电机组部件维护	120
任务要求	120
知识学习	120
一、发电机维护	120
二、蓄电池维护	123
三、偏航系统维护	124
四、齿轮箱维护	127
实施建议	130
任务二 机组检查及年度例行维护	130
任务要求	130
知识学习	130
一、机组常规巡检和故障处理	130

二、风力发电机组的年度例行维护	133
三、运行维护记录的填写	137
四、风力发电机组的非常规维护	138
实施建议	138
实例介绍 1 500 kW 风力机各部件维护工作	138
一、塔架	138
二、风轮	142
三、主轴	148
四、齿轮箱	149
五、联轴器	150
六、发电机	150
七、偏航系统	152
八、液压系统	155
九、高速制动器	156
十、润滑冷却系统	157
十一、电滑环检查	158
十二、塔底控制系统、变频器	159
十三、机舱罩及提升机	159
十四、风速风向仪及航空灯	160
十五、防雷接地系统	160
参考文献	161

项目一

风力发电系统的认知

任务一 风力发电场的选址及风资源评价

任务要求

1. 了解我国的风能资源及风能开发利用的重点区域；
2. 熟悉风电场的风资源评价；
3. 掌握风电场的选址技术。

知识学习

一、我国的风能资源

我国幅员辽阔，海岸线长，风能资源丰富。在 20 世纪 80 年代后期和 2004—2005 年，中国气象局分别组织了第二次和第三次全国风能资源普查，根据第三次风能资源普查结果，我国技术可开发（风能功率密度在 150 W/m^2 以上）的陆地面积约为 $2 \times 10^5 \text{ km}^2$ 。考虑风电场中风力发电机组的实际布置能力，按照 5 MW/km^2 计算，陆地上的风能可开发量为 $1 \times 10^6 \text{ MW}$ 。根据《全国海岸带和海涂资源综合调查报告》可知，我国大陆沿岸浅海 0 ~ 20 m 等深线的海域面积为 $1.57 \times 10^5 \text{ km}^2$ 。2002 年，《全国海洋功能区划》对港口航运、渔业开发、旅游以及工程用海区等做了详细规划。如果避开上述这些区域，考虑其总量 10% ~ 20% 的海面可以利用，风力发电机组的实际布置按照 5 MW/km^2 计算，则近海风电装机容量为 $2.5 \times 10^5 \text{ MW}$ 。综合来看，我国可开发的风能潜力巨大，陆上加海上可装机总容量达 $1.25 \times 10^6 \text{ MW}$ ，风电具有成为未来能源重要组成部分的资源基础。

此外，2003—2005 年，联合国环境规划署组织国际研究机构，采用数值模拟方法开展了风能资源评价的研究，得出陆地上离地面 50 m 高度层的风能资源技术可开发量可以达到 $1.4 \times 10^6 \text{ MW}$ 的结论。2006 年，国家气候中心也



采用数值模拟方法对我国风能资源进行评价,得到的结果是:在不考虑青藏高原的情况下,全国陆地上离地面 10 m 高度层的风能资源技术可开发量为 2.548×10^6 MW,大大超过第三次全国风能资源普查的结果。

我国的风能资源分布广泛,其中较为丰富的地区主要集中在北部(东北、华北、西北)地区和东南沿海地区及附近岛屿,此外,内陆也有个别风能丰富点。北部地区风能丰富带包括东北三省、河北、内蒙古、甘肃、宁夏和新疆等省(区)近 200 km 宽的地带。风功率密度在 $200 \sim 300 \text{ W/m}^2$ 以上,有的可达 500 W/m^2 以上的地区,如阿拉山口、达坂城、辉腾锡勒、锡林浩特的灰腾梁、承德围场等。沿海及其岛屿地区近海风能资源也非常丰富,风能丰富带包括山东、江苏、上海、浙江、福建、广东、广西和海南等省(市)沿海近 10 km 宽的地带,年风功率密度在 200 W/m^2 以上,风功率密度线平行于海岸线。近海风能丰富区包括东南沿海水深 5 ~ 20 m 的海域,其面积辽阔,但受到航线、港口、养殖等海洋功能区划的限制,近海实际的技术可开发风能资源量远远小于陆上。不过在江苏、福建、山东和广东等地的近海风能资源丰富区距离电力负荷中心很近,近海风电可以成为这些地区未来发展的一项重要的清洁能源。除以上这几个风能丰富带之外,风功率密度一般在 100 W/m^2 以下,但是有一些地区由于湖泊和特殊地形的影响,风能资源也较丰富。

我国的风能资源有两个特点:一是风能资源季节分布与水能资源互补。我国风能资源丰富,但季节分布不均匀,一般春、秋和冬季丰富,夏季贫乏。对于水能资源来说,雨季在南方大致是 3—6 月或 4—7 月,在这期间的降水量约占全年的 50% ~ 60%;在北方,不仅降水量小于南方,而且分布更不均匀,冬季是枯水季节,夏季为丰水季节。由此可看出,丰富的风能资源与水能资源季节分布刚好互补,大规模发展风力发电一定程度上可以弥补我国水电冬、春两季枯水期发电电力和电量欠缺的不足。二是风能资源地理分布与电力负荷不匹配。沿海地区电力负荷大,但是风能资源丰富的陆地面积小;北部地区风能资源很丰富,电力负荷却很小,因此这给风电的经济开发带来了困难。

二、风能开发利用的重点区域

中国的风电资源分布不平衡,主要的资源分布在北部和沿海地区,各省(市)之间资源也不平衡,风能分布比较丰富的省(市)、自治区主要有内蒙古、新疆、河北、吉林、辽宁、黑龙江、山东、江苏、福建和广东等,有望超过 1×10^4 MW 的省(区)主要有内蒙古、河北、吉林、甘肃、江苏和广东等,现分述如下:

(1) 内蒙古自治区(风能资源): 10 m 高度风功率密度大于 150 W/m^2 的

面积约 $1.05 \times 10^6 \text{ km}^2$ ，技术可开发量约 $1.5 \times 10^5 \text{ MW}$ 。风能资源丰富的地区主要是东起呼伦贝尔西到巴彦淖尔广袤的草原和台地。最早的风电场建在苏尼特右旗的朱日和，1989 年安装了从美国引进的单机 100 kW 的变桨距下风式机组，20 世纪 90 年代中期重点开发察右中旗的辉腾锡勒风电场，安装的机组主要是从丹麦、德国和美国进口的，到 2004 年年底装机容量约 69 MW。2004 年以后，内蒙古东部加快风电发展，相继建成几个超过 100 MW 的风电场，如克什克腾旗的赛罕坝和翁牛特旗的孙家营。截至 2012 年年底，内蒙古风电装机容量为 $1.862\,38 \times 10^4 \text{ MW}$ ，占全国风电并网装机的 24.7%。形成了赛罕坝、辉腾梁和辉腾锡勒三大风电基地，三者均有可能在 2020 年均达到 10^4 MW 的特大型风电基地。

(2) 吉林省（风能资源）：10 m 高度风功率密度大于 150 W/m^2 的面积约 511 km^2 ，技术可开发量为上千万千瓦。风能资源丰富的地区主要有西部的白城、通榆、长岭和双辽等地。1999 年，在通榆的更生屯建设了第一个风电场，引进西班牙和德国的机组。5 年之后才在白城建第二个风电场，到 2012 年年底，吉林风电装机容量已经达到 $3.997\,4 \times 10^3 \text{ MW}$ ，占全国装机总容量的 8.6%。

(3) 河北省（风能资源）：10 m 高度风功率密度大于 150 W/m^2 的面积约 $7\,378 \text{ km}^2$ ，技术可开发量为 4 000 多万千瓦。风能资源丰富的地区主要有河北省北部的张家口市坝上地区、承德市的围场县和丰宁县，沿海岸线的黄骅港附近风能资源也较为丰富。1996 年，在张北县的“坝头”茴菜梁村附近建设了第一个风电场，安装了从丹麦、德国和美国进口的机组，装机容量近 1 万千瓦。2012 年年底，河北省风电装机容量达到 $7.978\,8 \times 10^3 \text{ MW}$ ，主要分布在张家口和承德两地。

(4) 甘肃省（风能资源）：甘肃地处河西走廊，10 m 高度风功率密度大于 150 W/m^2 的面积约 $3 \times 10^4 \text{ km}^2$ ，技术可开发量为上亿千瓦。风能资源丰富的地区主要有安西、酒泉等与新疆和内蒙古接壤的具有加大风速地形条件的地域。甘肃虽然发展风电起步较晚，却大有后发制人之势。2007 年年底，甘肃风电装机已经达到 408 MW，跃居全国第五位。甘肃省率先启动了全国第一个千万千瓦级风电项目，并且在第五次风电特许权招标中，一次性确定了 21 个风电场工程项目，总容量达到了 $4 \times 10^3 \text{ MW}$ ，成为世界上最大的风电项目。通过历次特许权招标，甘肃形成了独特的风电电价制度，基本上实现了一省一价。2012 年年底，甘肃省风电装机容量达到 $6.479 \times 10^3 \text{ MW}$ 。

(5) 新疆维吾尔自治区（风能资源）：在新疆地区，10 m 高度风功率密度大于 150 W/m^2 的面积约 $8 \times 10^4 \text{ km}^2$ ，技术可开发量为上亿千瓦。风能资源丰富的地区主要有达坂城、小草湖和阿拉山口等具有加大风速地形条件的地



域。新疆是我国最早大规模开发风电的省区，1986 年就在达坂城附近安装了几台从丹麦引进的机组进行试验；1989 年，利用丹麦政府赠款项目建设第一个风电场，共有 13 台 150 kW 机组，装机容量达 1 950 kW，是当时全国规模最大的风电场。新疆为并网风电成为电力工业新的电源起到重要示范作用。直到 2001 年，新疆的风电装机容量在全国都居于首位，后来由于电网容量的限制，制约了风电的发展。2012 年年底，新疆风电装机容量达到 3.3061×10^3 MW。目前新疆正在开发吐哈风电，打造千万千瓦的风电基地，预计可与甘肃酒泉地区的千万千瓦风电基地一起，成为风电西电东送的源头。

(6) 江苏省（风能资源）：江苏省风能资源总储量为 3.469×10^4 MW，风能资源技术可开发区域面积约 1505 km^2 ，包括近海滩涂地区，技术可开发量可达千万千瓦。全省风能资源分布自沿海向内陆递减，沿海及太湖地区风能资源较为丰富，尤其是沿海岸地区，而内陆地区风能资源相对贫乏，风能资源有明显的东、西部差异。江苏省风电发展迅速，2003—2005 年，连续三年参加国家风电特许权招标，总招标规模为 450 MW。截至 2012 年年底，江苏省总装机容量为 2.3721×10^3 MW。江苏率先提出了建设 1×10^4 MW 风电基地的设想，且在近海风电开发方面江苏具有得天独厚的优势。

三、风电场选址技术

风电场选址是风电场建设首先应解决的问题，也是风电场建设中关键的第一步，其直接关系到风电场经济效益的好坏。风电场选址在许多方面与水电厂、核电厂等存在同样的问题，但也有其特殊性：对一个已知的风力发电机组，在场址未确定以前，是不能估算该机组的年发电量的，这是风力发电与其他发电厂选址所不同的地方。风况决定着风力发电机组的发电量，这是风电场选址必需考虑的主要因素。

（一）风电场选址技术要素

风力发电的经济效益取决于风能资源、电网连接、交通运输、地质条件、地形地貌和社会经济等多方面复杂的因素，风电场选址时应综合考虑以上因素，避免因选址不当而造成损失。

1. 风能资源

建设风电场最基本的条件是要有能量丰富、风向稳定的风能资源。利用已有的测风数据以及其他地形地貌特征（如长期受风吹而变形的植物、风蚀地貌等），在一个较大范围内（如一个省、一个县或一个电网辖区）找出可能开发风电的区域，初选为风电场场址。

现有的测风数据是最有价值的资料，中国气象科学研究院和部分省区的有关部门绘制了全国或地区的风能资源分布图，按照风功率密度和有效风速

出现小时数进行风能资源区的划分，标明了风能丰富的区域，可用于指导宏观选址。有些省（区）也已进行过风能资源的调查。某些地区因为完全没有或者只有很少现成的测风数据，还有些区域因为地形复杂，再加上风在空间的多变性，即使有现成的资料用来推算观测站附近的风况，其可靠性也受到限制。具体可采用以下定性方法初步判断风能资源是否丰富。

（1）地形地貌特征。

对缺少测风数据的丘陵和山地，可利用地形地貌特征进行风能资源评价。地形图是表明地形地貌特征的主要工具，采用 1:50 000 的地形图可较详细地反映出地形特征。

1) 从地形图上可以判别出发生较高平均风速区域的典型特征，具体如下：

- ① 在经常发生气压梯度剧烈变化区域的隘口和峡谷。
- ② 从山脉向下延伸的长峡谷。
- ③ 高原和台地。
- ④ 在强烈高空风区域暴露的山脊和山峰。
- ⑤ 在强烈高空风、温度或压力梯度剧烈变化区域暴露的海岸。
- ⑥ 岛屿的迎风和侧风角。

2) 从地形图上可以判别出发生较低平均风速区域的典型特征，具体如下：

- ① 垂直于高处盛行风向的峡谷。
- ② 盆地。
- ③ 表面粗糙度大的区域（如森林覆盖的平地等）。

（2）风力造成的植物变形。

植物长期被风吹而导致永久变形的程度可以反映该地区风力特性的一般情况。特别是树的高度和形状能够作为持续风力强度和主风向的证据。树的变形受多种因素影响，包括树的种类、高度、暴露在风中的程度、生长季节和非生长季节的平均风速、年平均风速和持续的风向等。已经得到证明，年平均风速与树的变形程度关系最为紧密。

（3）受风力影响形成的地貌。

地表物质会因风吹而移动、沉积，形成干盐湖、沙丘和其他风成地貌，从而表明附近存在何种固定方向的强风，如山的迎风坡岩石裸露、背风坡砂砾堆积等。在缺少风速数据的地方，研究风成地貌有助于初步了解当地的风况。

（4）向当地居民调查了解。

有些地区由于气候的特殊性，各种风况特征不明显，可通过对当地长期居住居民的询问调查，定性了解该地区风能资源的情况。



2. 电网连接

并网型风力发电机组需要与电网相连接，场址选择时应尽量靠近电网。对小型的风电项目而言，要求离 10 ~ 35 kV 电网比较近；对比较大型的风电项目而言，要求离 110 ~ 220 kV 电网比较近。风电场离电网近不但可以降低并网投资，而且可以减少线路损耗，满足电压降要求。另外，还要考虑风力发电机组对电网的动态影响，风力发电机组的输出波动大，波动时间从数秒到数分钟级的波动应特别注意，因为这种波动在短时间内可能会影响常规发电设备的暂态稳定、系统频率控制和负荷潮流。因此接入的电网容量要足够大，以避免受风力发电机组随时启动并网、停机解列的影响。一般来讲，规划风能资源丰富的风电场，选址时应考虑接入系统的成本，并要与电网的发展相协调。

3. 地质条件

风力发电机组的基础位置最好是承载力强的基岩、密实的壤土或黏土等，并要求地下水位低，地震烈度小。

4. 交通条件

风能资源丰富的地区一般都在比较偏远的地区，如山脊、戈壁滩、草原和海岛等，必需拓宽现有道路并新修部分道路以满足大部件运输，其中有些部件的宽度可能超过 30 m。风电场选址时应考虑交通方便，便于设备运输，同时也要减少道路投资。

5. 地形条件

选择场址时，在主风向上要求尽可能开阔、宽敞，障碍物少、粗糙度低，对风速影响小。另外，场址地形应比较简单，便于大规模开发，有利于设备的运输、安装和管理。

6. 环境条件

与其他发电类型比较，风力发电对环境的影响很小。但在某些特殊的地方，环境也是风电场选址时必须考虑的因素。从目前来看，风电场对环境的影响主要表现在三个方面，即噪声、电磁干扰及对当地微气候和生态的影响。

7. 气象灾害

在风力发电机组选址时，应对某些气象条件予以考虑，这些气象条件用一个不确切的术语“灾害”来表示，其中有些气象现象能对风力发电机的结构造成灾害性威胁，另一些现象虽不能造成大害，但能增加维护成本，减少设备的运行时间和寿命。主要气象灾害有：结冰、台风、紊流、空气盐雾和风沙磨蚀等。

8. 社会经济因素

随着技术发展和风力发电机组生产批量的增加,风电成本将逐步降低。但目前中国风电上网电价仍比煤电高出约 0.3 元/(kW·h)。虽然风电对保护环境是有利的,但对那些经济发展缓慢、电网比较小、电价承受能力差的地区,会造成沉重的负担。因此风电场选址时应该有经济上的可行性。

风电场的度电(kW·h)成本是评价经济性的主要指标。度电成本可表示为:

$$C = \frac{A + M}{E_c} \quad (1-1)$$

式中: E_c 表示年发电量; M 表示年运行维护费用; A 表示项目投资每年等额折旧,可由下式计算:

$$A = P \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \quad (1-2)$$

式中: P 表示总投资; i 表示贷款利率; n 表示折旧年限。

选择一个风能资源丰富的场址,安装与该场址风能特性相匹配的风力发电机组,可以提高机组的年发电量,从而减少装机成本。这也是要把具有最丰富风资源的地方作为候选风电场的主要原因。另外,风电场投资也是影响风电场经济性的主要因素。风电场投资包括风电场选址评估费、设备造价、设备运输、施工费,以及征地费、土建工程费、道路的修建费、接入系统的方式所需的费用等因素。

(二) 风电场选址步骤

风电场选址可分为 4 个步骤,其流程如图 1-1 所示。

1. 选择候选风能资源区

第一步,确定一个目标地区,然后对其进行筛选以确定位于其中的候选风能资源区。所谓候选风能资源区是指根据现有气象数据和经验,初步判断这些地区可能存在的可行性场址。候选风能资源区的大小将视目标地区的大小、在气象及地形学上的复杂程度以及所掌握的风能资源数据的详细程度而异。一旦确定了候选风能资源区的范围,就可以将其中的一个或几个可行性场址进行比选。完成第一步任务后应搜集下列各项数据:

(1) 现有的风能资源数据:目标地区的气象站、其他行业或企业已有的测风资料。

(2) 输配电线路的位置:目标地区电力系统各电压等级的地理接线图。

(3) 变电站的位置:收集接入系统点的变电站位置及主接线图,了解是否有备用间隔或扩建的可能性。

(4) 较好道路的位置:主要考虑桥梁承重和弯道半径。

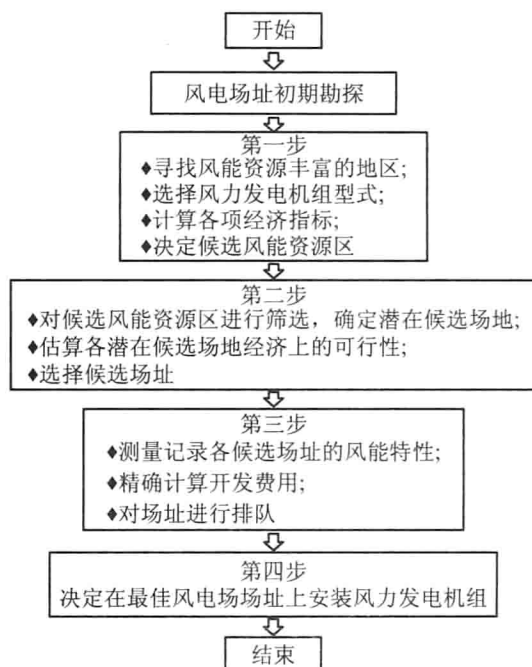


图 1-1 风电场选址流程

- (5) 本地区对选址的规定和要求。
- (6) 地质条件对选址的限制。
- (7) 所选用风力发电机组的一般技术性能。
- (8) 所选用风力发电机组的典型安装费用。

2. 选择潜在的候选场址

所谓潜在的候选场址是指在候选风能资源区中的一小块场地，从工程的角度来看，这些地方安装风力发电机组是可行的。这一步的主要目的是在候选风能资源区中筛选出有吸引力的潜在候选场址。采用的办法是综合考虑风能资源和非气象因素（如接入系统的条件、交通条件等），需对两种类型，即风能资源好，但非气象因素差或反之的几个潜在候选场址进行初步的技术经济性比较（即第三步），选出少量的候选场址。然后在候选场址上用测风系统现场实测风能资源，从而取得候选场址内的风资源数据。测风塔杆高度应与风力发电机组轮毂预期安装高度相同。一般采取两种测试方法：一种方法是在候选风能资源区内评定最好的风区范围，然后使用非气象的因素筛选这些风区范围，并选择候选场址；另一种方法是先使用非气象的准则筛选候选风能资源区，然后评定该场址所具有的最好的风能资源，并且选择候选场址，再进一步收集以下数据：

- (1) 候选风能资源区内的测风站位置和这些站的风数据资料。
- (2) 候选风能资源区内的地形资料。