
目录

目录.....	I.....
摘要.....	
ABSTRACT.....	
前言.....	
第一章 风力发电的现状背景和意义	
一、风力发电的现状	
二、风力发电的潜力	
三、发展风电刻不容缓	
第二章 风力发电机.....	10.....
一.风力发电机主要类型	10.....
1. 1 恒速风力发电机.....	10.....
1. 2有限变速风力发电机	11.....
1. 3变速风力发电机.....	11.....
(二)不同风力发电机的综合比较.....	13.....
2. 1 年能量利用率和经济性的对比分析	13.....
2. 2 不同类型风力发电机市场应用情况	14.....
第三章 风力发电控制技术.....	16.....
3. 2 变桨距风力发电技术	17.....
3. 3 主动失速 / 混合失速发电技术.....	17.....
3. 4 变速风力发电技术.....	17.....
3.5 风力发电系统的智能控制.....	18.....

3.6 模糊控制	18.....
3.7 神经网络控制.....	19.....
3.8 技术发展趋势展望.....	19.....
第四章 未来发展的建议.....	20.....
参考文献	21.....
致谢.....	23.....

风力发电

摘要

风能是太阳能的一种转换形式，是一种重要的自然能源。太阳照射到地球表面，地球表面各处受热不同，产生温差，从而引起大气的对流运动形成风。据估计到达地球的太阳能中虽然只有大约 2% 转化为风能，但其总量仍是十分可观的。全球的风能约为 $2.74 \times 10^9 \text{MW}$ ，其中可利用的风能为 $2 \times 10^7 \text{MW}$ ，比地球上可开发利用的水能总量还要大 10 倍。风能作为一种无污染、可再生的绿色能源，它对于解决全球性的能源危机和环境危机有着重要的意义。因此，风力发电成为各国学者研究的重点。目前，国内学者对大型风力发电的研究已日趋成熟，但对于实验室风力发电机的研制还是比较欠缺的。

本次毕业设计的重点是拟设计简易的风力发电实验仪，该设备能让学生容易了解风力发电的原理，以及大致测算出影响风力发电的各个因素，方便以后的大学物理实验教学，同时在制作和测试过程中对出现的一些现象进行深刻的思考，具有很强的实用性和趣味性。在研制的过程中，同时对风能的转化功率，风速等影响发电的因素，进行测量，并与理论进行对比，进而得出影响效率的因素。

关键词：风能发电；

Instrument of wind power experiment

ABSTRACT

Wind energy is the form of a conversion of solar energy is an important natural energy. Sun to the Earth's surface, Earth's surface throughout the heat generated temperature difference, thus the formation of wind caused by atmospheric convection. According to the estimated solar energy reaching the Earth is only about 2% conversion of wind energy, but its total is still very considerable. The global wind energy is about 2.74×10^9 MW, which can make use of wind energy for the 2×10^7 MW, the total amount of development and utilization of water energy than on Earth 10 times. Wind energy as a non-polluting, renewable green energy, it is of great significance in solving the global

energy and environmental crises. Therefore, wind power has become the focus of the study of scholars from various countries. At present, domestic scholars on the study of large-scale wind power has become increasingly mature, but for the development of laboratory wind turbine is still lacking.

The focus of this graduation project is intended to design a simple experiment instrument of wind power, the device allows students to easily understand the principle of wind power, as well as roughly estimated that the various factors affecting wind power, to facilitate future physics experiment teaching, while in the production the phenomenon of the emergence of some deep thinking and testing process, and has a strong practical and interesting. In the development of the process, while the conversion of wind energy power, wind speed and other factors that affect the generation, measurement, and compared with theory, and then come the factors affecting the efficiency.

Key words: wind power generation;

前言

自然界的风是可以利用的资源,然而,我们现在还没有很好的对它进行开发。

这就向我们提出了一个课题：我们如何开发利用风能？自然风的速度和方向是随机变化的，风能具有不确定特点，如何使风力发电机的输出功率稳定，是风力发电技术的一个重要课题。迄今为止，已提出了多种改善风力品质的方法，例如采用变转速控制技术，可以利用风轮的转动惯量平滑输出功率。由于变转速风力发电机组采用的是电力电子装置，当它将电能输出输送给电网时，会产生变化的电力谐波，并使功率因素恶化。因此，为了满足在变速控制过程中良好的动态特性，并使发电机向电网提供高品质的电能，发电机和电网之间的电力电子接口应实现以下功能：一，在发电机和电网上产生尽可能低的谐波电波；二，具有单位功率因素或可控的功率因素；三，使发电机输出电压适应电网电压的变化；四，向电网输出稳定的功率；五，发电机磁转距可控。此外，当电网中并入的风力电量达到一定程度，会引起电压不稳定。特别是电网发生短时故障时，电压突降，风力发电机组就无法向电网输送能量，最终由于保护动作而从电网解列。在风能占较大比例的电网中，风力发电机组的突然解列，会导致电网的不稳定。因此，用合理的方法使风力发电机组电功率平稳具有非常重要的意义。

第一章 风力发电的现状背景和意义

在不断持续的能源紧张中，不少人想到了新能源利用。利用洁净的能源（可再生能源）是人类社会文明进步的表现、是科学技术的发展、是环保理念的体现。洁净能源指太阳能、风能、潮汐能、生物能等，这都是可再生取之不尽的能源，特别是风能技术最为成熟，经济可行性较高，是一种较理想的发展能源。风是地球上的一种自然现象，它是由太阳辐射热引起的。风能是太阳能的一种转换形式，是一种重要的自然能源。太阳照射到地球表面，地球表面各处受热不同，产生温差，从而引起大气的对流运动形成风。据估计到达地球的太阳能中虽然只有大约2% 转化为风能，但其总量仍是十分可观的。全球的风能约为 $2.74 \times 10^9 \text{MW}$ ，其中可利用的风能为 $2 \times 10^7 \text{MW}$ ，比地球上可开发利用的水能总量还要大 10 倍。

我国风能资源总量约 42 亿千瓦，技术可开发量约 3 亿千瓦。目前东南沿海是最大风能资源区，风能密度为 $200 \text{W}/\text{M}^2 \sim 300 \text{W}/\text{M}^2$ ，大于 6m/s 的风速时间全年 3000h 以上就可取得较大经济效益。

一、风力发电的现状

21 世纪是可再生能源的世纪，由于风能非常丰富、价格非常便宜、能源不会枯竭，又可以在很大范围内取得，非常干净、没有污染，不会对气候造成影响，因而风力发电具有极大的推广价值。在中国，风能资源丰富的地区主要集中在北部、西北和东北的草原、戈壁滩以及东部、东南部的沿海地带和岛屿上。这些地区缺少煤炭及其他常规能源，并且冬春季节风速高，雨水少；夏季风速小，降雨

多，风能和水电具有非常好的季节补偿。另外，在中国内陆地区，由于特殊的地理条件，有些地区具有丰富的风能资源，适合发展风电，比如江西省都阳湖地区以及湖北省通山地区。目前我国的风能利用方面与国际水平还在一定差距，但是发展很快，无论在发展规模上还是发展水平上，都有很大提高。据资料显示，2004年全国在建项目的装机容量约150万千瓦，其中正在施工的约42万千瓦，可研批复的68万千瓦，项目建议书批复的45万千瓦，包括五个10万千瓦特许权项目。

风电和水电具有不同步发生规律，风力发电高峰处于秋季与冬季，水利发电高峰期处于春季和夏季，风电和水电具有季节性特性，可实现季节性互补；风力发电是环保型可再生能源，可改善电源结构，替代一部分火电容量，节约煤炭，减少污染，保护环境。据初步测算，目前风电场造价成本约为8000~9000元/KW，机组（设备）占75%左右，基础设施占20%，其它占5%。风能利用小时数在2700~3200小时，其风电成本约0.45~0.6元/千瓦时。假设：风电场造价成本为：9000元/KW，上网电价（并网收购电价）为：0.6元/KW（不含税价），运行小时数（风能利用时间）为：3000小时，上网（并网）损耗为5%，风电场运行费用（年KW收入）10%，：则年KW发电收入=（运行时数×上网损耗）×上网电价×运行费用，（9000×5%）×0.6元/KW×10%≈1539元/年（KW）。

二. 风力发电的潜力

长期以来，由于风电电价高于火电电价，作为清洁能源的风电对于解决能源短缺和环境保护问题的意义长期得不到应有的重视。事实上，风电作为一项高新技术，具有着巨大的产业前景。而它作为新兴能源，更对促进边远地区经济发展

有着巨大的作用。在电力紧张、能源紧缺的情况接踵而至的今天，我国应该重新认识风能的利用问题。

首先，风力发电的潜力体现为风电电价的快速下降。截止到目前，风电电价正在快速下降，甚至已日趋接近燃煤发电的成本，经济效益开始凸现。数据显示，风力发电能力每增加一倍，其成本就下降 15 %。纵观近几年，风电增长一直保持在 30 % 以上，因而成本也正随之不断下降。目前，中国风电成本约在 0.5 元以上，随着中国风力发电装机的国产化和发电的规模化，风电成本可望再降。此外，风电外部成本几乎为零，甚至低于核电成本。据初步测算，如果将内部成本和外部成本同时计入成本，风电将是当前世界上最经济、最洁净的能源。

其次，风电的潜力体现于风能资源的丰富性。据初步统计、中国陆地 10 米和海面 15 米可供开发的风力资源在几亿千瓦以上，相当于可开发水能资源（3.9 亿千瓦）的 2.5 倍。而 50 米风力资源还会增大一倍。根据现有技术，地面 50—100 米的风力资源都可开发利用。2003 年，我国发电装机容量为 3.85 亿千瓦，专家认为，中国单靠风力发电就能将现有的电力生产翻一番。此外，风电技术正日臻成熟。随着科学技术的发展，风电技术已经相当成熟。更大型、性能更好的机组的已开发并投入生产试运行，可利用的风速要求还会降低。

再者，风电工程的建设工期短，见效快。火电、水电的建设工期需要用年来计算，而在有风场数据的前提下，风电项目只需要以周、月来计算。风场建设在短时间内即可完成，能够解决我国电力短缺的燃眉之急。

另外，风电的发展对于遏制温室效应具有重大的意义。据统计，风力发电每生产 100 万千瓦时的电量，便能减少 600 吨二氧化碳的排放。因此，大力发展风能可以大幅度削减造成温室效应的二氧化碳，缓解气候变暖的状况，并能有效

除此之外，风电还可以满足边远农村的独立供电。目前，“大机组、大电网、高电压”的模式难以有效解决西部地区分散性的电力需求。开发风力发电这样的分散供电系统，可以较好地满足这些地区发展对能源的要求，可以说，我国目前没有联上电网的农村是风力发电的巨大市场。

最后，风场也成旅游项目。风电场还能带动当地经济发展。内蒙古风电场就是很好的例子。它虽然不大，但场面很壮观，已发展成为旅游区。

三、发展风电刻不容缓

风电产业要全面健康可持续发展，需要解决的问题很多，但依靠科技进步来推动风电产业是摆在我们面前的现实课题。

首先，需建立以企业为主体、市场为导向、产学研技术结合的创新体系。对开展试点的企业应对其研发机构，研发人员，研发资金，研发项目，专利申请，产品品牌，能力建设等方面提出具体要求和量化的指标。

第二，正确处理技术引进和技术创新的关系。采用自主研发开发和引进消化国外技术相结合的方式，是实现提高竞争能力的较好途径。

第三，加强风电创新能力建设，建立风电公共技术服务平台，共同对资源进行整合、共享、完善和提高，通过建立共享机制和管理程序逐步做到资源有效利用。

第四，加速风电技术人才培养。目前已有一些高等院校准备设置风能专业或者风能专业方向，开设风能课程培养本科生和研究生。除了学校培养人才外，企业也应将人才培养和建立一支高素质的队伍放在战略地位，特别需要建立激励机制和创造良好的环境，使技术队伍能够稳定地成长。

国内的风电设备主要依靠进口，对外依赖性强，虽然风电成本已下降很多，但相比火电成本的优势在短期内并不会明显突出，风电行业的发展还有很多的阻碍因素。但是风电行业投资的高风险，必然会为风电行业发展带来高收益，不论是风电产业的经济效益、社会效益，还是中国目前奉行的可持续发展和节约战略，都为风力发电行业提供了很大的发展空间。现在，风能发电成本已经下降到 1980 年的 1/5。随着技术进步和环保事业的发展，风能发电在商业上将完全可以与燃煤发电竞争。

第二章 风力发电机

风力发电机主要类型

根据风力发电机的运行特征，风力发电机可分为恒速风力发电机(Fixed speed generator)、有限变速风力发电机(Limited variable speed generator)和变速风力发电机(Variable speed generator)。

1.1 恒速风力发电机

恒速风力发电机，采用了笼型异步发电机，发电机通过变压器直接接入电网。因为笼型异步发电机只能工作在额定转速之上很窄的范围内，所以通常称之为恒速风力发电机。并网运行时，异步发电机需要从电网吸收滞后的无功功率以产生旋转磁场，这恶化了电网的功率因数，易使电网无功容量不足，影响电压的稳定性。为此，一般在发电机组和电网之间配备适当容量的并联补偿电容器组以补偿无功。由于笼型异步发电机系统结构简单、成本低且可靠性高，比较适合风力发电这种特殊场合，在风力发电发展的初期，笼型异步发电机得到了广泛的应用，有效地促进了风电产业的兴起。随着风力发电应用的深入，恒速笼型异步发电机具有的一些固有缺点逐步显现出来，主要是笼型异步发电机转速只能在额定转速之上 $1\% \sim 5\%$ 内运行，输入的风功率不能过大或过小，若发电机超过转速上限，将进入不稳定运行区。因此，在多数场合需将2台分别为高速和低速的笼型

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/086145111221010224>