

# 新能源风力发电技术分析

马卿博

陕西能源电力运营有限公司 陕西 西安 710000

**摘要:** 随着全球对清洁能源的需求日益增长, 新能源风力发电技术愈发受到关注。本文系统阐述了风力发电技术多方面内容, 涵盖其整体概述、关键技术分析以及未来展望。在关键技术层面, 详细解析了风机技术中高效叶片、变速恒频、直驱与双馈式等要点, 还有风电控制系统、储能技术以及风电并网技术相关内容。同时对未来风力发电技术在创新升级、成本效率优化、与其他新能源融合等方面的发展趋势进行了展望, 旨在全面呈现风力发电技术的现状与前景。

**关键词:** 新能源; 风力发电; 技术分析

引言: 当今世界, 能源结构正朝着清洁化、可持续化方向加速转型, 新能源风力发电技术在其中扮演着至关重要的角色。风力作为一种取之不尽、用之不竭的自然能源, 其有效利用对于缓解能源危机、减少温室气体排放意义重大。然而, 风力发电技术涉及众多复杂环节与关键点, 从风机的设计制造到控制系统的精准运行, 从储能方式的选择到顺利并网等, 均值得深入探讨, 以便更好地推动风力发电产业健康、高效发展, 本文将就此展开详细分析。

## 1 风力发电技术概述

风力发电技术是将风能转化为电能的技术, 其原理是利用风力驱动风机叶片旋转, 带动发电机发电。其发展历程较长, 早期的风力发电装置较为简单, 发电效率较低, 随着科技的不断进步, 现代风力发电技术在各方面取得了显著突破。从发电系统构成来看, 主要包括风轮机、发电机、变速器、控制系统、储能系统以及并网设备等部分。风轮机是捕获风能的关键部件, 其叶片设计直接影响风能的利用效率。发电机则将风轮机传来的机械能转化为电能, 常见的有永磁同步发电机、双馈异步发电机等类型。变速器用于调整风轮机转速以匹配发电机的工作要求。风电具有诸多优势。它是清洁能源, 在发电过程中几乎不产生温室气体排放, 有利于环境保护。风能资源丰富, 分布广泛, 具有很大的开发潜力, 能有效减少对传统化石能源的依赖, 提高能源供应的安全性和稳定性, 在全球能源格局中占据着越来越重要的地位, 是实现能源可持续发展的重要途径之一<sup>[1]</sup>。

## 2 风力发电技术的关键分析

### 2.1 风机技术

#### 2.1.1 高效叶片设计

高效叶片设计是风力发电技术的核心要素之一。叶

片的翼型、长度、扭转角和材料等参数直接影响风能捕获效率。现代高效叶片多采用先进的空气动力学设计, 例如优化翼型以减少空气阻力并提高升力, 使叶片在不同风速下都能更有效地捕捉风能。长叶片能够增加扫风面积, 从而提升风能利用, 但同时也对材料强度和重量提出更高要求。为解决此问题, 高性能复合材料如碳纤维增强复合材料被广泛应用, 既保证了叶片强度又减轻了重量。此外, 通过精确计算和模拟叶片的扭转角分布, 可确保整个叶片在旋转过程中都能均匀受力, 最大限度地将风能转化为机械能, 推动风机高效运转, 提高发电效率。

#### 2.1.2 变速恒频技术

变速恒频技术在风力发电中具有关键意义。与传统恒速恒频技术不同, 变速恒频技术允许风机根据风速变化调整转速。在低风速时, 风机可降低转速, 保持较低的机械应力, 减少磨损并提高风能利用率; 随着风速增加, 转速相应提高, 使风机始终运行在最佳功率曲线附近。该技术主要通过电力电子变换器实现, 将发电机输出的变频交流电转换为恒频交流电, 以满足电网接入要求。采用变速恒频技术可有效降低风机的气动噪声, 提高发电质量与稳定性, 增强对风能资源的适应性, 尤其在风速波动较大的地区, 能显著提升风力发电系统的整体性能, 减少因风速不稳定对发电效率造成的不利影响。

#### 2.1.3 直驱式与双馈式技术

直驱式与双馈式技术是风力发电机的两种主要类型。直驱式风力发电机采用永磁同步发电机, 直接与风轮机相连, 无需齿轮箱。这种结构减少了传动部件, 降低了故障率和维护成本, 提高了系统可靠性与效率。其低速特性好, 能在低风速下有效发电, 且并网时对电网冲击小。然而, 直驱式发电机需使用大量永磁材料, 成

本较高,且体积和重量较大。双馈式风力发电机则配备绕线式双馈异步发电机,通过变频器实现对转子绕组的交流励磁,可灵活调节发电机的转速、有功功率和无功功率。它具有技术成熟、成本相对较低的优势,在风电领域应用广泛,但齿轮箱的存在增加了维护需求和故障风险,且变频器的使用也带来一定的电能质量问题。两种技术各有优劣,在不同的应用场景中发挥着重要作用。

## 2.2 风电控制系统

### 2.2.1 风速测量与功率控制

风速测量是风电控制系统的基础环节。精准的风速数据对于风机的运行控制至关重要。通常采用风速仪来测量风速,现代风速仪具备高精度与高可靠性。根据测得的风速信息,控制系统能够调整风机的桨距角和转速,以实现功率控制。在低风速时,通过优化桨距角和适当提高转速,使风机尽可能多地捕获风能并转化为电能;当风速超过额定风速时,增大桨距角以限制风能输入,确保发电机输出功率稳定在额定值附近,防止过载损坏设备。先进的功率控制算法能够根据风速变化快速、准确地做出反应,提高风机的发电效率,减少因风速波动造成的功率不稳定,保障风电系统在不同风速条件下都能高效、稳定地运行<sup>[2]</sup>。

### 2.2.2 机组的监测与保护

机组的监测与保护功能是确保风力发电系统安全稳定运行的关键。监测系统实时采集风机各部件的运行参数,如温度、振动、油压、转速等。通过对这些数据的分析,可以及时发现潜在故障隐患。例如,监测轴承温度,一旦温度超出正常范围,可能预示着轴承磨损或润滑不良,系统会发出预警并采取相应措施,如调整风机运行状态或启动冷却装置。在遇到极端风速、电网故障等异常情况时,保护系统会迅速动作,使风机安全停机,避免设备损坏。此外,监测与保护系统还具备数据记录与远程通信功能,便于运维人员及时了解机组运行状况,进行远程诊断和维护计划安排,大大提高了机组的可靠性和可维护性,降低了运维成本。

### 2.2.3 电网接入与无功补偿

风电需满足电网的接入标准,包括电压、频率、相位等参数要求。在电网接入过程中,需要通过变压器、开关设备等将风电电能输送到电网。由于风力发电的间歇性和波动性,会对电网的电压和无功功率产生影响。无功补偿装置应运而生,它能够调节电网的无功功率平衡,稳定电压。常见的无功补偿设备有静止无功补偿器(SVC)和静止无功发生器(SVG)等。通过动态补偿无功功率,可提高电网的电能质量,减少电压波动和闪

变,增强电网对风电的接纳能力,确保风电系统与电网之间的协调运行,保障电力系统的安全稳定供电,促进风力发电在电力市场中的有效整合与可持续发展。

## 2.3 储能技术

### 2.3.1 蓄电池储能

蓄电池储能是风力发电储能技术中的常见形式。它利用可充电电池将风电多余电能储存起来,在风电输出不足或用电高峰时释放电能。常用的蓄电池有铅酸电池、锂离子电池等。铅酸电池技术成熟、成本较低,但能量密度有限、寿命较短且存在环保问题;锂离子电池则具有能量密度高、充放电效率高、循环寿命长等优点,不过成本相对较高。蓄电池储能系统响应速度快,能在短时间内实现充放电切换,可有效平滑风电功率波动,提高电能质量,增强风电的可靠性和稳定性,使其能更好地满足负荷需求,在分布式风电系统以及小型离网风电项目中应用广泛,为偏远地区供电及微电网运行提供了有力支持。

### 2.3.2 抽水蓄能

抽水蓄能是大规模储能的有效方式。在风力发电中,当风电电能过剩时,利用多余电力将水从下水库抽到上水库,将电能转化为水的重力势能储存起来;当风电发电不足或用电需求增大时,上水库的水通过水轮机发电释放能量。这种储能方式储能容量大,可实现长时间、大功率的电能存储与释放,对调节电网峰谷差、稳定电网频率和电压有显著作用。其技术成熟,运行寿命长,且在能量转换过程中能量损耗相对较低。然而,抽水蓄能电站建设受地理条件限制,需要有合适的上下水库选址,建设成本高、周期长,但在大型风电基地与电网的协同运行中,抽水蓄能依然是保障电网稳定和高效利用风电资源的重要手段。

### 2.3.3 飞轮储能

飞轮储能基于高速旋转的飞轮来储存和释放能量。在风电储能应用中,当风电有多余电能时,驱动电机带动飞轮加速旋转,将电能转化为飞轮的动能储存;当需要用电时,飞轮带动发电机发电。飞轮储能系统具有功率密度高、充放电效率较高、使用寿命长、响应速度极快(可在数秒内完成充放电转换)等优势,能快速补偿风电的瞬时功率波动,有效改善电能质量,特别适用于对电能质量要求较高、功率调节频繁的风电场合。但其能量密度相对较低,导致单位储能成本较高,并且需要在真空或低气压环境中运行以减少空气阻力,技术复杂性和维护成本较高,目前在风电储能领域多应用于辅助其他储能方式,共同提升风电系统的稳定性和可靠性<sup>[3]</sup>。

## 2.4 风电并网技术

### 2.4.1 输电线路建设

输电线路建设是风电并网的重要基础设施环节。由于风力发电场通常位于风能资源丰富但可能较为偏远的地区，如海边、山区或荒漠，需要建设长距离输电线路将风电输送到负荷中心。输电线路的电压等级需根据风电装机容量和输送距离合理选择，常见的有110kV、220kV甚至更高电压等级，以减少电能损耗。在建设过程中，要考虑线路路径的规划，尽量避免复杂地形、居民区和生态保护区等，降低建设成本 and 环境影响。同时，需采用合适的导线材料和杆塔结构，确保线路具备足够的机械强度和载流能力，能够承受大风、覆冰等恶劣天气条件。

### 2.4.2 电网接入标准

电网接入标准是风电并网的规范依据。风电必须满足电网在电压、频率、相位等方面的严格要求才能安全稳定地接入。在电压方面，要保证并网处电压幅值在规定范围内，否则会影响电网电能质量和其他用户设备正常运行，一般要求风电场具备无功补偿能力来调节电压。频率上，需与电网频率同步，我国电网频率标准为50Hz，风电系统需通过频率调节装置确保其输出频率稳定。对于相位，应与电网相位匹配，否则会产生较大冲击电流，损坏设备。

### 2.4.3 智能电网技术

智能电网技术为风电并网提供了创新解决方案。它利用先进的信息技术、通信技术和自动化技术，实现对风电的实时监测、分析和控制。通过智能电表、传感器等设备，全面采集风电运行数据，对风电功率预测更加精准，有助于电网提前做好调度安排。在控制方面，智能电网可实现对风电的灵活调节，如通过分布式能源管理系统，协调风电场与其他发电单元、储能设备之间的互动，优化电能分配。当风电波动时，能快速调整电网运行方式，保障供电稳定性。

## 3 风力发电技术的未来展望

### 3.1 技术创新与产业升级

未来风力发电技术创新将聚焦于更高效的风机设计，如开发超大型、轻量化且智能的叶片及优化整机结构。数字化与智能化技术深度融合，实现风机自诊断、自适应运行及远程精准监控维护，降低运维成本。在产业升级方面，产业链各环节协同发展，形成规模化、集约化生产格局，提升产业竞争力，催生出更多高附加值的

风电相关产品与服务，拓展风电应用场景，从陆地走向深远海，推动整个风电产业迈向高端化、可持续发展的新阶段。

### 3.2 风电成本与效率的提升

风电成本持续降低将得益于技术进步、制造工艺提升与规模效应。风机制造中，材料革新与生产自动化可削减成本，大容量风机的广泛应用提高单机发电效率。在风电场运营层面，精准的功率预测、智能运维管理系统可减少停机时间、提高发电稳定性，从而提升度电收益。未来，风电有望在无补贴情况下与传统能源平价竞争，成为更具经济优势的能源选择，进一步扩大市场份额，为全球能源结构转型提供强劲动力。

### 3.3 风电与其他新能源的融合发展

风电与其他新能源融合是未来趋势。与太阳能互补，白天太阳能强、晚上风电盛，形成时间上的互补，通过储能与智能微网技术整合，构建稳定供能系统，满足多种用电需求。与水电联合，丰水期水电主导，枯水期风电补充，优化能源资源配置。此外，还可与生物质能、潮汐能等协同，多能互补的综合能源系统将提高能源利用的可靠性与灵活性，减少对单一能源的依赖，促进新能源体系的平衡、高效与可持续发展<sup>[4]</sup>。

### 结束语

总之，新能源风力发电技术在全球能源转型进程中具有不可替代的重要地位。通过对风机技术、控制系统、储能及并网技术等多方面关键要素的不断探索与完善，其正逐步走向成熟。未来，随着技术创新持续推动产业升级，风电成本将进一步降低，效率大幅提升，且与其他新能源深度融合，构建更为稳定、高效的能源供应体系。风力发电有望为人类社会提供更为清洁、可靠和可持续的电力资源，助力全球实现碳减排目标，迈向绿色低碳的美好未来。

### 参考文献

- [1]文建行.电气控制技术在风力发电系统控制中的应用研究[J].人民珠江,2022,43(S2):30-34.
- [2]荆奇.低碳经济背景下的新能源开发和利用[J].中国石油和化工标准与质量,2022,42(24):116-118.
- [3]鲁江,程航,何希萍.风力发电工程技术虚拟仿真实验综合平台探索[J].甘肃开放大学学报,2022,32(06):10-12.
- [4]牛自强,尚益章.新时期新能源风力发电相关技术分析[J].科技创新与应用,2022,12(30):185-188.