

新能源风力发电技术要点与应用

刘 乐

陕西化建工程有限责任公司 陕西 西安 710000

摘要：风力发电技术利用风能转化为电能，关键在于风轮、发电机等核心部件的高效转换及功率调节技术。风功率预测技术能提升电网稳定性，确保风电接入后的调度调整。风电机组功率调节技术，如定桨距失速控制和变桨距控制，有助于优化输出功率。此外，风电无功电压自动控制技术提升了风电场设备运行的稳定性。风力发电技术环保、可持续，具有广阔的发展前景。

关键词：新能源风力发电；技术要点；应用

引言：在全球能源结构转型与环境保护的双重压力下，新能源风力发电技术以其清洁、可再生、环境友好等特点，日益成为世界各国竞相发展的战略重点。本文旨在全面解析新能源风力发电的核心技术要点，包括但不限于风电机组设计、电力电子转换及风能控制技术，并结合当前应用现状，探讨其在未来能源体系中的潜力与挑战。通过深入研究，为推动新能源风力发电技术的可持续发展提供科学依据和实践指导。

1 风力发电的基本原理

1.1 风能转换为电能的过程

(1) 风力带动风车叶片旋转。风力发电的第一步是风力带动风车叶片旋转。风轮（又称风车）是风力发电系统的关键部件，通常由多个经过特殊设计的叶片组成。这些叶片利用空气动力学原理，有效地捕捉风能，并在风力的作用下开始旋转。叶片的形状和数量都经过精心计算，以确保在不同的风速条件下都能获得最佳的能量转换效率。(2) 增速机提升旋转速度。风车叶片旋转产生的动力需要通过增速机进行增速处理，以满足发电机对旋转速度的要求。增速机通常是一个齿轮传动装置，通过一系列的齿轮副将风车叶片的低速旋转转换为发电机所需的高速旋转。这一过程提高了能量转换的效率，使得发电机能够产生更多的电能。(3) 发电机发电。发电机是风力发电系统的核心设备之一。在风车叶片旋转的带动下，发电机内部的转子开始旋转。转子与定子之间的相对运动产生电磁感应，从而在发电机中产生电流。这些电流经过整流、滤波等处理后，最终转换为可供电网使用的电能。

1.2 风力发电机组的核心设备

(1) 风轮、发电机、塔架。风力发电机组主要由风轮、发电机和塔架三部分组成。风轮负责捕捉风能并将其转换为旋转动能；发电机则将旋转动能转换为电能；

而塔架则起到支撑和固定整个系统的作用，确保风轮和发电机能够在空中稳定运行。(2) 各部分功能及协同工作原理。在风力发电系统中，各部件之间需要协同工作才能实现高效的能量转换。风轮通过旋转产生动力，增速机将这一动力转换为发电机所需的高速旋转，发电机则利用电磁感应原理将旋转动能转换为电能。而塔架则确保整个系统在复杂多变的风力环境中保持稳定。这些部件之间的紧密配合和协同工作，使得风力发电系统能够在不同的风速条件下都能高效地运行。

2 新能源风力发电的技术要点

2.1 风力发电机组的设计与制造

风力发电机组是风力发电系统的核心，其设计与制造水平直接影响到发电效率和运行稳定性。(1) 叶片材质与结构设计。叶片是风力发电机组捕捉风能的关键部件，其材质和结构设计至关重要。目前，叶片主要采用复合材料，如玻璃纤维增强塑料（GFRP）和碳纤维增强塑料（CFRP），这些材料具有高强度、轻重量和良好的抗疲劳性能。在结构设计上，叶片通常采用流线型设计，以减小空气阻力并提高风能转换效率。此外，叶片的截面形状、长度和扭转角度等参数也经过精心计算，以确保在不同风速条件下都能获得最佳的能量捕获效果^[1]。

(2) 塔架高度与支撑结构选择。塔架的高度直接影响到风力发电机组捕捉风能的范围和效率。一般来说，塔架越高，风力发电机组能够捕捉到的风能就越多，发电效率也就越高。然而，塔架的高度也受到成本、运输和安装条件的限制。因此，在塔架高度的选择上需要综合考虑多种因素。此外，塔架的支撑结构也需要经过精心设计，以确保其稳定性和耐久性。常见的塔架支撑结构包括桁架式、圆锥式和格构式等。(3) 发电机类型及其技术特点。发电机是风力发电机组中将机械能转换为电能的关键部件。目前，风力发电系统中常用的发电机类型

包括异步发电机、同步发电机和双馈发电机等。异步发电机具有结构简单、维护方便和成本低等优点，但在低风速条件下的发电效率较低。同步发电机则具有较高的发电效率和稳定性，但结构相对复杂且成本较高。双馈发电机则结合了异步发电机和同步发电机的优点，具有较宽的调速范围和较高的发电效率。

2.2 电力电子转换技术

电力电子转换技术在风力发电系统中起着至关重要的作用，它能够实现风能的高效转换和稳定输出。(1) 电力电子转换器在风电系统中的作用。电力电子转换器能够将风力发电机组产生的交流电转换为适合电网使用的直流电或交流电。在风力发电系统中，电力电子转换器不仅能够实现电能的转换，还能够对电能进行质量控制和调节。例如，通过调节电力电子转换器的参数，可以控制风力发电机组的输出功率和电压波动范围，从而提高电网的稳定性和可靠性。(2) PWM整流器的使用及其效益。PWM（脉冲宽度调制）整流器是一种先进的电力电子转换器，它能够实现高效的电能转换和调节。在风力发电系统中，PWM整流器能够精确地控制风力发电机组的输出功率和电压波形，从而提高电能的质量和稳定性。此外，PWM整流器还具有较小的谐波含量和较高的功率因数，能够减少对电网的污染和干扰。

2.3 风能控制技术

风能控制技术是风力发电系统中的一项关键技术，它能够实现风能的精确控制和优化利用。(1) 尾翼调节与风向观测。尾翼调节和风向观测是风力发电机组实现风能精确控制的重要手段。通过调节尾翼的角度和位置，可以改变风力发电机组对风能的捕获效率和方向。同时，通过风向观测系统实时监测风向的变化，可以及时调整风力发电机组的朝向，以确保其始终面向最佳的风向。(2) 永磁发电机的应用及其优势。永磁发电机是一种具有高效、稳定和可靠性的发电机类型。在风力发电系统中，永磁发电机能够直接利用风力驱动转子旋转并产生电能。由于永磁发电机的转子采用永磁材料制成，因此无需外部励磁电流，从而降低了能量损耗并提高了发电效率。此外，永磁发电机的结构相对简单，维护成本较低，且能够适应较宽的风速范围，使得风力发电系统更加灵活和高效^[2]。(3) 无功补偿与消除谐波技术。在风力发电系统中，由于电力电子设备的广泛使用，可能会产生无功功率和谐波污染，这对电网的稳定性和电能质量构成威胁。为了解决这个问题，无功补偿与消除谐波技术被广泛应用于风力发电系统中。无功补偿装置能够实时检测电网中的无功功率并进行补偿，从

而提高电网的功率因数和稳定性。同时，消除谐波技术通过滤波器和有源电力滤波器等设备，有效地减少电力电子设备产生的谐波污染，保护电网设备和用户设备免受谐波干扰。

3 新能源风力发电的应用现状

3.1 全球风力发电的应用情况

(1) 主要国家风力发电装机容量与发电量。全球范围内，风力发电已成为一种重要的清洁能源发电方式。据统计，一些主要国家在风力发电方面已经取得了显著进展。这些国家通常具有丰富的风能资源，如丹麦、荷兰、美国和中国等。在丹麦，风力发电几乎提供了全国所有的电力需求，其装机容量和发电量在全球名列前茅。而美国和中国的风力发电装机容量也在不断攀升，尤其是我国，其装机容量已跃居世界第一，并在全球范围内展现出强大的风电产业竞争力。(2) 风力发电在全球能源结构中的地位。风力发电作为新能源的重要组成部分，其在全球能源结构中的地位逐渐凸显。风力发电凭借其可再生、清洁无污染的优势，被视为传统化石能源的有力替代者。目前，全球多个国家已明确表示要加大对风力发电等新能源产业的投资和支持力度，推动其在能源结构中占据更加重要的位置。随着技术不断进步和成本的降低，风力发电将在能源消费中的比重逐步提高，成为全球能源转型的关键力量。

3.2 我国风力发电的应用情况

(1) 我国风能资源分布情况。我国幅员辽阔，风能资源非常丰富。风资源的分布呈现区域不均衡性，主要集中于北方地区的“三北”（东北、华北、西北）一带，以及沿海地带。尤其是新疆、内蒙古等地的风速快、风能密度高，极具开发潜力。而在南方和中部的一些内陆地区，如云南、四川等省份的特定地区，受地形和气候等因素影响，也存在较丰富的风能资源。(2) 我国风力发电装机容量与发电量。我国风力发电事业已取得举世瞩目的成就。我国已经成为全球最大的风电装备制造国和风电装机容量国。无论是陆上风电还是海上风电，都展现出蓬勃的发展态势。从装机容量上看，我国已经连续多年稳居全球榜首。从发电量上看，风力发电已经逐渐成为我国重要的能源来源之一，并继续保持良好的增长势头^[3]。(3) 我国风力发电技术的发展历程与现状。我国风力发电技术的发展经历了一个从无到有、从小到大的过程。最初的风电设备主要依靠进口，经过多年的发展和技术创新，国内已经拥有了一批实力强大的风电设备制造企业，不仅在满足国内市场需求方面表现出色，还开始在国际市场上占据一席之地。随着风力

发电技术的不断进步和国产化程度的提高,风力发电设备的效率和可靠性不断提高,成本逐步降低,风电项目的经济性和市场竞争力得到了显著提升。

4 新能源风力发电的发展前景与挑战

4.1 风力发电的未来发展趋势

(1) 技术创新与技术进步。风力发电技术的持续创新是推动其未来发展的关键。近年来,风力发电机组的设计不断优化,转换效率大幅提升,最大单机容量也在稳步增长。例如,从2022年到2023年,我国宣布下线的陆上风电机型最大单机容量提升了3兆瓦,平均单机容量提升了2.6兆瓦。技术的快速进步使得风能的利用效率不断提高,发电成本持续下降,从而增强了风力发电的竞争力。此外,智能化和数字化技术的应用也极大地推动了风力发电的发展。先进的控制策略和电力电子设备的应用,使得风力发电系统能够更高效地适应电网需求,减少了谐波和无功功率的产生,提高了系统的稳定性。

(2) 成本降低与规模化发展。随着技术的进步和规模效应的显现,风力发电的成本不断降低。规模化的生产和应用使得风力发电设备的制造成本和安装成本都有所下降,同时,运营维护成本的优化也进一步提升了风力发电的经济性。据预计,到2025年,风力发电的总装机容量将达到约2000万千瓦,到2030年更是将达到约4000万千瓦。成本的降低使得风力发电在能源市场中的竞争力日益增强,越来越多的国家和地区开始重视并大力发展风力发电^[4]。(3) 政策支持与市场环境优化。政府政策的支持对风力发电的发展至关重要。为了推动可再生能源的发展,各国纷纷出台了相关的支持政策,包括补贴、税收优惠、绿色金融等。同时,电力市场的改革和电力基础设施的完善也为风力发电的发展提供了良好的市场环境。在我国,随着“双碳”战略目标的提出,新能源的发展得到了前所未有的重视。国家能源局等政府部门积极推动风电等可再生能源的发展,通过建立健全新能源消纳机制等方式,保障电力系统安全稳定运行。

4.2 风力发电面临的挑战与对策

(1) 能源并网与调度问题。风力发电的间歇性和波动性给电网的调度和运行带来了挑战。为了确保电网的

稳定性和可靠性,需要加强对风电的预测和调度能力,通过建设储能设施和智能调度系统来平衡风电的波动性。同时,还需要加强电网基础设施的建设和改造,提高电网的接纳能力和输送能力,确保风电能够顺利并网和输送。(2) 设备维护与运行可靠性。风力发电机组通常安装在偏远地区,维护难度较大。为了提高设备的运行可靠性和维护效率,需要加强设备的定期检查和预防性维护,建立完善的监测和预警系统,及时发现并处理潜在故障。此外,还需要加强设备的技术培训和维护人员的培养,提高维护团队的专业水平和服务能力。(3) 环境保护与可持续发展。风力发电虽然是一种清洁能源,但在建设和运营过程中也可能对环境产生一定的影响。为了确保风力发电的可持续发展,需要加强对生态环境的保护意识,合理规划风电场的建设布局和规模,减少对生态系统的干扰和破坏。同时,还需要加强对风电设备的回收和处理工作,降低废弃物的产生和对环境的污染。

结束语

综上所述,新能源风力发电技术作为清洁能源的重要组成部分,其技术要点和应用现状展示了其在能源转型中的巨大潜力和广阔前景。随着技术的不断进步和政策的加强,风力发电将继续发挥其重要作用,为全球的可持续发展贡献力量。然而,面对并网、运维及环保等方面的挑战,我们仍需持续努力,不断创新,以实现新能源风力发电技术的更高水平发展,共创绿色、低碳的未来。

参考文献

- [1]郭哲坤.风力发电及其控制技术研究[J].中国设备工程,2020,(13):139-140.
- [2]刘洪立.关于新能源发电技术在电力系统中的应用[J].资源节约与环保,2020,(06):64-65.
- [3]周鸿鸣.基于新能源发电的风力发电技术研究[J].城市建设理论研究(电子版),2023,(19):157-158.
- [4]邓民炜.新能源风力发电中的控制技术分析[J].集成电路应用,2023,(03):35-36.