

# 新时期新能源风力发电技术的创新与发展趋势

王昌林 刘少杰

**摘要:** 随着全球能源转型和对清洁能源需求的不断增长, 新能源风力发电技术在新时期面临着新的机遇与挑战。本文深入探讨了新能源风力发电技术的创新方向, 详细阐述了关键创新成果, 并对其发展趋势进行了全面分析。研究表明, 风力发电技术正朝着大型化、智能化、与储能融合等方向创新发展, 同时在海上风电、成本控制、政策支持等方面呈现出明确的发展趋势。通过对这些内容的研究, 旨在为新能源风力发电技术的进一步发展提供理论支持和实践指导。

**关键词:** 新能源; 风力发电技术; 创新方向; 创新成果; 发展趋势

## 引言

在全球能源危机和环境污染问题日益严峻的背景下, 新能源的开发与利用成为了世界各国关注的焦点。风力发电作为一种清洁、可再生的能源形式, 具有巨大的发展潜力。新时期, 随着科技的不断进步和市场需求的变化, 新能源风力发电技术正经历着深刻的变革。风力发电技术的发展历程悠久, 从19世纪初英国人发明第一台用于发电的风力机, 到20世纪60年代末随着经济和能源需求增长, 欧美日等发达国家开始大力研究和投资, 再到21世纪初实现跨越式发展, 全球风力发电装机容量不断攀升, 中国的风电市场规模更是位居全球第一。然而, 当前风力发电技术仍面临着一些挑战, 如风能捕获效率有待提高、风电的间歇性和波动性问题、成本较高等。因此, 深入研究新能源风力发电技术的创新与发展趋势具有重要的现实意义。

## 一、新能源风力发电技术创新方向

### (一) 风力发电机组大型化与轻量化技术

风力发电机组大型化是提高风能利用效率、降低发电成本的关键途径。大型风电机组能够捕获更多的风能, 从而增加发电量。例如, 全球最大15MW陆上风电机组、完全自主知识产权的全球最大26MW级海上风电机组已

实现吊装和下线。这些大型机组的出现, 使得在相同的风资源条件下, 能够产生更多的电能, 有效提升了风能的经济效益。

在追求大型化的同时, 轻量化技术也至关重要。轻量化可以降低机组的自重, 减少对基础结构的要求, 降低建设成本。同时, 减轻机组重量还能降低运输和安装难度, 提高施工效率。为实现轻量化, 科研人员不断探索新型材料和优化结构设计。例如, 采用高强度、低密度的复合材料替代传统金属材料, 以及通过优化叶片、塔架等部件的结构, 减少材料使用量, 实现机组轻量化的目标。

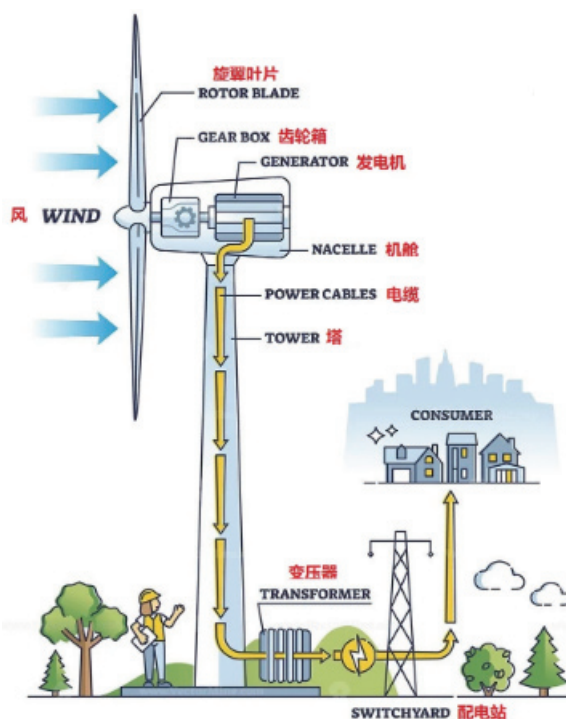


图1 风能转化电能示意图

## 作者简介:

1. 王昌林 (1997.12——) 男, 汉族, 本科学历, 助理工程师, 主要从事风力发电运维方面的研究工作。
2. 刘少杰 (1989.09——) 男, 汉族, 本科学历, 中级工程师, 主要从事风力发电运维方面的研究工作。

## （二）风力发电智能化与数字化技术

智能化与数字化技术为风力发电带来了新的发展机遇。通过引入物联网、大数据、人工智能等技术，风力发电系统能够实现智能化监测、控制与优化。例如，基于物联网的风力发电机组网络化故障预警系统，借助在关键部位安装的各类传感器，如振动传感器、温度传感器、转速传感器等，实时采集设备运行时的各项物理参数。这些参数经传输模块，借助无线网络迅速传至远程处理模块。在远程处理模块中，运用大数据分析、人工智能算法以及机器学习模型，对海量数据进行深度挖掘与分析。系统不仅能精准判断发电机组当前的运行状态，还能依据历史数据和实时趋势，提前预测潜在故障，实现故障的早期预警，减少停机时间，提高发电效率。

数字化技术还应用于风力发电场的规划与设计。通过建立数字孪生模型，模拟不同风况下风电机组的运行情况，优化风电场的布局和机组选型，提高风能捕获效率。同时，数字化技术还能实现风电场的远程监控与管理，运维人员可以通过远程终端实时了解风电场的运行状况，及时发现并解决问题，提高运维效率，降低运维成本。

## （三）风力发电与储能技术融合创新

风力发电具有间歇性和波动性的特点，这给电网的稳定运行带来了一定的挑战。将风力发电与储能技术相结合，能够有效解决这一问题。储能技术可以在风力发电过剩时储存多余的电能，在风力发电不足时释放储存的电能，实现电能的平稳输出，提高电网的稳定性和可靠性。

目前，常见的储能技术包括电池储能、抽水蓄能、压缩空气储能等。其中，电池储能技术发展迅速，尤其是锂离子电池，具有能量密度高、充放电效率高、响应速度快等优点，在风力发电储能领域得到了广泛应用。例如，Vattenfall的Battery@PYC项目与Pen y Cymoedd风电场位于同一地点，使用锂离子电池进行快速频率控制。该系统通过快速吸收或供电以维持50Hz频率，在一秒内稳定电网偏差。此外，先进的电池技术如液流电池、钠离子电池和固态电池也在逐渐兴起，它们具有长时间性能稳定、安全性高等特点，适合大规模储能应用。

## 二、新能源风力发电技术关键创新成果

### （一）高效叶片设计与制造技术创新

叶片是风力发电机组的关键部件，其设计直接影响风能的转换效率。近年来，高效叶片设计与制造技术取

得了显著创新成果。在叶片长度方面，不断突破极限。三一重能在2023年下线了长度为104米的陆上风电叶片，标志着中国陆上风电叶片正式进入“100m+时代”。明阳智慧能源有限公司在2023年下线的陆上风电叶片长度达到105米，其发电效率可以达到每小时7兆瓦。中国船舶七二五所双瑞风电在江苏盐城基地下线的SR260叶片，叶轮直径达到260米，叶片扫风面积超过5.3万平方米，相当于7.4个标准足球场面积。在发电能力方面，基于SR260叶片的强大捕风能力，该风电机组年发电量将达6700万千瓦时，相当于8万名居民的年总用电量，可减少二氧化碳排放6.5万吨。

在叶片设计方面，不断优化外形和结构，以提高气动性能和结构强度。采用先进的空气动力学设计方法，优化叶片的翼型和弦长分布，减少空气阻力，提高风能转换效率。同时，通过采用新型材料和复合材料结构，减轻叶片重量，提高叶片的疲劳寿命和可靠性。在制造工艺方面，引入先进的自动化生产线和智能制造技术，提高叶片的制造精度和质量。例如，采用真空灌注工艺、热压罐成型工艺等，确保叶片的内部质量和外观质量。

### （二）风力发电机组智能控制系统创新

智能控制系统是风力发电机组的核心，它能够实现对机组的实时监测、控制和优化。近年来，风力发电机组智能控制系统不断创新，实现了从传统的定桨距恒速恒频控制到变桨距变速恒频控制的转变，进一步提高了机组的发电效率和运行稳定性。

以远景能源高级副总裁娄益民介绍的全新研发的全球首个AI风储一体机为例，风电和储能集于一身，就像一座独立的“小型发电站”。结合自主研发的“天机”气象大模型和“天枢”能源大模型，它化身聪明的电力“交易员”，能够根据电价波动灵活发电。电价高的时候多发电，电价低的时候少发电，“保存实力”，减少损耗。这样一来，它的设计使用寿命延长了5年，综合测算下来，收益率能提升2%—2.5%。

### （三）风力发电并网与输电技术创新

在并网技术方面，为了提高风力发电的并网兼容性和稳定性，科研人员不断研发新型并网逆变器和控制策略。新型并网逆变器具有更高的功率因数、更低的谐波含量和更快的响应速度，能够更好地适应电网的要求。同时，通过采用先进的控制策略，如虚拟同步发电机控制技术，使风力发电机组在并网运行时具有类似传统同步发电机的特性，提高电网的稳定性和可靠性。

在输电技术方面，为了减少长距离输电损耗，提高输电效率，特高压输电技术得到了广泛应用。特高压输电具有输电容量大、输电距离远、输电损耗低等优点，能够将风力发电基地的电能高效地输送到负荷中心。例如，我国在“三北”地区建设了多个大型风力发电基地，通过特高压输电线路将电能输送到华北、华东等地区，实现了风能资源的大规模开发和高效利用。

### 三、新能源风力发电技术发展趋势分析

#### (一) 海上风电技术创新与产业化趋势

在技术创新方面，海上风力发电机组的设计和制造技术将不断改进。例如，研发适应深海环境的漂浮式风力发电机组，解决深海海域安装基础的难题。同时，海上风电的施工和运维技术也将不断提高。采用先进的海上施工装备和技术，提高海上风电场的建设效率和质量。在运维方面，利用无人机、水下机器人等先进设备，实现海上风电场的快速巡检和维护。随着技术的不断成熟，海上风电的产业化进程也将加快。海上风电产业链将不断完善，包括风机制造、施工安装、运维服务等环节将形成更加紧密的协同发展。同时，海上风电的成本也将逐渐降低，提高海上风电的市场竞争力。

#### (二) 风力发电制造成本控制与产业链优化趋势

降低风力发电制造成本是提高风力发电市场竞争力的关键。未来，风力发电行业将通过技术创新和产业链优化来实现成本控制。

在技术创新方面，如前文所述，风机叶片材料创新、驱动系统优化、控制系统智能化等技术的发展，将提高风力发电机组的性能和效率，降低单位发电成本。同时，通过规模化生产和标准化设计，也可以降低制造成本。

产业链优化也是降低成本的重要途径。风力发电产业链各环节的协同创新将更加重要。例如，风机制造企业与零部件供应商之间加强合作，实现零部件的标准化和通用化，降低采购成本。同时，风电场开发商与电网

企业之间加强沟通和协调，提高风电的消纳能力，降低风电的弃风率，提高风电的经济效益。

#### (三) 风力发电政策支持与市场环境发展趋势

政策支持是新能源风力发电技术发展的重要保障。各国政府将继续出台相关政策，支持风力发电的发展。例如，通过补贴政策降低风力发电的成本，提高投资者的积极性；通过制定可再生能源配额制度，强制要求电网企业购买一定比例的风电，提高风电的市场份额，市场环境也将不断改善。随着电力市场改革的推进，风电将逐渐参与市场竞争。

### 结论

新时期新能源风力发电技术在创新方向上呈现出大型化与轻量化、智能化与数字化、与储能技术融合等趋势。在关键创新成果方面，高效叶片设计与制造技术、风力发电机组智能控制系统、风力发电并网与输电技术等取得了显著进展。未来，海上风电技术创新与产业化、风力发电制造成本控制与产业链优化、政策支持与市场环境改善将成为风力发电技术发展的重要趋势。

### 参考文献

- [1] 姜楠. 新能源技术创新的发展趋势及推动经济转型的路径研究[J]. 老字号品牌营销, 2025(2): 28-30.
- [2] 马卿博. 新能源风力发电技术分析[J]. Engineering Management & Technology Discussion, 2025, 7(13).
- [3] 陈一凡. 新时期新能源风力发电技术创新策略与发展趋势研究[J]. 光源与照明, 2025(3): 245-247.
- [4] 张健良. 新能源光伏发电技术的应用及未来发展趋势分析[C]// 全国绿色数智电力设备技术创新成果展示会论文集(七). 2024.
- [5] 韩先勇. 风力发电储能技术的发展与应用[J]. 新潮电子, 2025(1): 145-147.