

# 新能源发电风力发电技术要点与应用

张金保

北京京能清洁能源电力股份有限公司西北分公司 宁夏 银川 750000

**摘要：**随着全球能源需求增长与环保意识提升，新能源发电备受关注。本文围绕新能源发电中的风力发电技术展开研究，首先概述风力发电的基本内涵与发展现状，进而深入分析其核心技术要点，包括风机设计制造、控制技术、并网技术及储能技术。在此基础上，结合陆上大型风电场、海上风电场及分布式风力发电场景，阐述技术的具体应用形态，并展望未来技术创新、海上风电拓展、储能协同及多能互补的发展趋势，为风力发电技术的优化与推广提供参考。

**关键词：**新能源发电；风力发电；技术要点；应用

**引言：**在全球能源结构向低碳转型的背景下，新能源发电成为应对气候变化与能源安全的核心路径，其中风力发电以技术成熟度高、资源潜力大等优势占据重要地位。随着风电装机容量的持续增长，其技术体系不断迭代，从风机设备到并网运营均面临效率提升、稳定性增强等挑战。并立足风力发电技术的发展实践，系统梳理其技术要点，涵盖设备设计、智能控制、并网优化及储能配套等关键环节，结合不同应用场景的实践案例，剖析技术落地的核心问题，并探讨未来发展方向，旨在为推动风力发电技术的规模化应用与高质量发展提供理论与实践支撑。

## 1 新能源发电风力发电的概述

风力发电是利用风力驱动风机叶片旋转，将风能转化为机械能，再通过发电机转换为电能的新能源利用技术，因其清洁低碳、可再生的特性，成为全球能源转型的核心领域之一。从技术原理看，其核心是通过空气动力学设计的叶片捕捉风能，经传动系统将动能传递至发电机，最终输出电能，整个过程几乎不产生污染物排放，仅在设备制造和运维阶段存在少量碳排放。从发展历程看，风力发电经历了从分散式小型机组到集中式大型风电场的演变，20世纪末以来，随着材料科学、控制技术的进步，单机容量从千瓦级跃升至兆瓦级，效率显著提升。目前，全球风电装机容量持续增长，中国、美国、欧洲多国成为主要市场，陆上风电已形成成熟的产业链，海上风电则因风速稳定、装机潜力大成为新的增长极。作为新能源体系的重要组成，风力发电不仅能缓解传统化石能源依赖，还能助力实现“双碳”目标，但其发展受地理环境、风速波动等因素影响，需与储能、电网调度技术协同，以提升供电稳定性<sup>[1]</sup>。

## 2 新能源发电风力发电技术要点

### 2.1 风机设计与制造技术

#### 2.1.1 风机大型化趋势

风机大型化已成为风力发电技术发展的主流方向，其核心逻辑在于通过扩大单机规模降低整体发电成本。随着技术进步，单机容量持续攀升，风轮覆盖范围不断扩大，风能捕捉能力随之增强。大型化不仅能够减少单位功率对应的土地或海域占用面积，还可降低风电场配套设施的建设与运维成本。这种趋势对风机的材料强度、传动效率及整体稳定性提出了更高要求，推动着相关技术的协同突破，促使风力发电朝着更经济、更高效的方向迈进。

#### 2.1.2 叶片技术创新

叶片作为风能捕获的关键部件，其技术创新聚焦于提升能量转化效率与运行稳定性。材料选择上，在传统复合材料基础上，更轻、更强的新型材料应用比例逐渐提高，以减轻叶片自重并增强抗疲劳性能。结构设计方面，可调节角度的变桨距技术广泛应用，能根据风速变化实时优化叶片姿态；柔性设计则通过弹性形变缓冲强风冲击，降低机械载荷。此外，结合空气动力学与仿生学原理的外形优化，进一步减少气动阻力，为风机性能提升提供了重要支撑。

#### 2.1.3 塔筒技术发展

塔筒技术的发展围绕提升风能利用效率与结构可靠性展开，核心在于增加高度以捕捉更稳定的高空风能。相较于早期，当前塔筒高度显著提升，陆上与海上塔筒均根据环境特点优化设计。材料应用上，除传统混凝土外，钢制塔筒因施工便捷性在大型机组中应用广泛，混合材料组合则兼顾成本与结构强度。同时，模块化与预制化技术的推广，简化了塔筒的运输与安装流程，使其

能更好地适应复杂地形与海域环境，为风机稳定运行提供坚实基础。

## 2.2 风力发电控制技术

### 2.2.1 智能控制系统应用

智能控制系统是提升风力发电效率与稳定性的重要核心之一，通过整合传感器、数据分析与自动控制算法实现风机的精准调控。系统可实时采集风速、风向、机组运行状态等数据，结合环境变化动态调整叶片角度、发电机转速等参数，在低风速时最大化风能捕获，高风速时保障设备安全。同时，借助远程监控与协同控制技术，智能系统能实现风电场多机组的集群优化，平衡各机组负载，减少能量损耗。这种智能化管理不仅提升了单机与整体风电场的发电效益，还增强了对复杂气象条件的适应能力，为风电系统的高效运行提供了重要保障。

### 2.2.2 故障预测与健康管理

故障预测与健康管理技术通过对风机运行数据的持续监测与分析，实现设备潜在问题的提前预警和寿命评估。系统依托传感器网络收集关键部件的振动、温度、压力等信息，结合机器学习模型识别异常特征，在故障发生前发出预警，便于运维人员及时干预。同时，通过积累长期运行数据，可建立设备健康状态评估体系，优化维护周期与策略，避免过度检修或突发停机。该技术显著降低了风机的故障发生率和运维成本，延长了设备使用寿命，为风力发电系统的稳定可靠运行提供了有力支撑。

## 2.3 并网技术

### 2.3.1 减少并网谐波问题

并网谐波是风力发电接入电网时面临的关键问题，其源于电力电子设备的非线性特性，可能影响电网电压与频率稳定，干扰其他用电设备。减少谐波需从设备设计与系统调控两方面入手，通过优化变流器拓扑结构，降低开关过程中产生的谐波分量；同时，采用滤波装置对谐波进行抑制，确保电流波形更接近正弦波。此外，通过协调风电出力与电网负荷的匹配度，减少因功率波动引发的谐波放大，保障风电与电网的兼容运行，为电网安全稳定提供基础。

### 2.3.2 提高并网功率等级

提高并网功率等级是适应风电规模化发展的必然要求，其核心在于增强风电向电网输送功率的能力，满足大规模风电场的并网需求。这需要升级变流器、变压器等关键设备的容量与耐压性能，使其能承载更高的功率传输。同时，优化电网接入点的布局，减少功率传输过程中的损耗，确保高功率下的电能质量。通过提升功率

等级，可降低大规模风电并网对电网的冲击，推动风电在能源系统中占比的提升，为能源结构转型提供支撑。

### 2.3.3 优化并网算法

并网算法的优化是提升风电并网灵活性与稳定性的核心手段，其通过精准计算与动态调控，实现风电出力与电网需求的实时匹配。算法需综合考虑风速变化、电网负荷波动等因素，预测风电功率输出，提前调整并网策略，减少功率冲击。同时，结合电网的调度需求，优化风电的有功与无功功率控制，维持电网电压与频率的稳定<sup>[2]</sup>。

## 2.4 储能技术

### 2.4.1 电池储能技术

电池储能技术是风力发电中应用广泛的储能方式，通过化学能与电能的相互转换实现能量存储与释放。其核心在于利用各类电池的充放电特性，将风电不稳定输出的电能储存起来，在用电高峰或风速较低时释放，平抑功率波动。不同类型的电池各有侧重，有的适合长时间大容量存储，有的则在充放电速度上更具优势。电池储能系统可灵活部署于风电场或电网侧，有效缓解风电并网对电网稳定性的影响，提升风能的利用效率与经济性。

### 2.4.2 超级电容器储能技术

超级电容器储能技术凭借快速充放电特性，在风力发电的短时能量调节中发挥重要作用。它通过电极与电解质界面的电荷存储实现能量转化，充放电过程几乎无化学反应，响应速度快，循环寿命长。在风电系统中，其主要用于平抑瞬时功率波动、保障电网电压稳定，尤其适用于应对风速突变引发的电能输出波动。

### 2.4.3 蓄能器储能技术

蓄能器储能技术通过物理方式实现能量存储，常见形式包括压缩空气、飞轮等，在风力发电领域多用于特定场景的能量缓冲。压缩空气蓄能可通过将电能转化为压缩空气的势能储存，释放时借助膨胀机发电；飞轮蓄能则利用高速旋转的飞轮储存动能，通过电机实现能量转换。这类技术具有使用寿命长、维护成本低的特点，适合应对风电系统中的短时功率平衡需求，与其他储能技术协同工作，提升整体储能系统的可靠性与经济性，为风电稳定并网提供支持。

## 3 新能源发电风力发电技术的具体应用

### 3.1 陆上大型风电场应用

陆上大型风电场多选址于草原、戈壁、山地等风能资源富集区域，通过集中部署数十至数百台大型风机形成规模化发电能力。其技术应用聚焦于高效利用陆上风能，结合智能控制系统实现集群调度，通过优化风机

布局减少尾流干扰，提升整体发电效率。这类风电场通常接入高压输电网络，为区域电网提供稳定电力，可满足工业生产与城市居民的大规模用电需求。同时，依托成熟的运维体系，能实现设备状态的实时监控与集中管理，降低运营成本。陆上大型风电场因建设周期较短、产业链成熟，成为当前风电规模化发展的主要形式，在推动区域能源结构转型中发挥着核心作用。

### 3.2 海上风电场应用

海上风电场依托近海或远海的稳定风速与广阔空间，成为风电技术应用的重要方向。其建设需应对复杂海洋环境，采用抗腐蚀、耐盐雾的风机设备，塔筒与基础设计需抵御海浪、潮汐与台风的冲击。技术上，通过海底电缆实现电力传输，结合远程监控与无人运维技术降低海上作业难度。海上风电场风速更高且稳定性强，发电效率优于陆上项目，且远离居民区，减少了噪音与景观影响。

### 3.3 分布式风力发电应用

分布式风力发电技术适用于城市郊区、乡村、工业园区等场景，通过小型或中型风机实现就近发电、就近消纳。其设备安装灵活，可根据局部风能条件选择合适容量的风机，结合储能技术与微电网系统，满足用户自身用电需求，多余电力可接入配电网。这类应用能减少电力传输损耗，提升能源利用效率，尤其适合电网覆盖薄弱的偏远地区，为当地提供稳定电力。在城市中，分布式风电可与建筑、交通等设施结合，如安装在房屋屋顶、停车场周边，实现能源的梯级利用，助力构建分布式能源体系，是对集中式风电的有效补充，推动能源供应向多元化、去中心化发展。

## 4 新能源发电风力发电技术发展趋势

### 4.1 技术创新推动效率提升

技术创新是风力发电持续发展的核心驱动力，未来将聚焦于风机设备性能优化与智能化水平提升。通过新材料的研发与应用，进一步减轻风机部件重量、增强耐用性，提升风能捕获与转化效率。同时，人工智能与大数据技术的深度融入，将使风电场的控制与运维更精准，可根据气象条件动态调整运行策略，减少能量损耗。此外，新型发电原理与设备结构的探索，也将为效率提升提供新路径，推动风力发电向更高性能、更低成本的方向迈进。

### 4.2 海上风电成为发展重点

海上风电因资源潜力大、发电稳定性强，正逐步成为全球风电发展的核心领域。未来将向远海、深海区域

拓展，以获取更优质的风能资源。技术上，重点突破深海风机基础设计、远距离输电及抗极端海洋环境的设备制造等难题，同时发展低成本、高可靠性的海底电缆与并网技术。随着产业链的成熟，海上风电的建设与运维成本将持续下降，使其在能源市场中的竞争力不断增强，成为实现能源转型的重要支撑。

### 4.3 储能与风电协同发展

储能技术与风电的协同将成为提升风电消纳能力的关键。未来将通过优化储能系统的容量配置与调度策略，实现风电出力的平稳输出，减少对电网的冲击。不同类型的储能技术将实现优势互补，形成灵活高效的混合储能模式，满足不同时间尺度的能量调节需求。同时，储能与风电的协同还将延伸至电力市场参与，通过峰谷套利提升整体经济效益，推动风电从补充能源向主力能源转变。

### 4.4 多能互补一体化发展

多能互补一体化是风电融入综合能源系统的重要趋势，通过将风电与太阳能、水电、生物质能等其他能源形式结合，形成稳定可靠的能源供应体系。这种模式可利用不同能源的特性互补，平衡风电的波动性，提升能源系统的整体效率与经济性。同时，结合智能电网与能源互联网技术，实现多种能源的协同调度与优化配置，满足多元化的用能需求。多能互补一体化发展将推动风电更深度地融入能源体系，为构建清洁、高效、安全的现代能源系统提供有力支撑<sup>[3]</sup>。

### 结束语

风力发电作为新能源领域的支柱性技术，其发展历程映射了全球能源转型的坚定步伐。从风机设计的持续创新到智能控制的深度应用，从陆上规模化开发到海上资源的逐步拓展，风力发电技术已形成覆盖设备制造、系统集成、运维管理的完整体系。其在能源结构优化、“双碳”目标实现中的作用愈发凸显，不仅为电力系统注入清动能，更推动着相关产业链的升级迭代。

### 参考文献

- [1]朱徐皓,张晶巧.新能源风力发电技术及其发展趋势分析[J].电脑爱好者(普及版)(电子刊),2022(1):112-113.
- [2]周莹莹,田博,向峰,等.基于水泥厂电能计量系统的新能源发电接入点的选择[J].水泥技术,2023(6):82-85.
- [3]杨威.新能源时代电力电子技术在风力发电中的应用分析[J].电气技术与经济,2023(8):54-56.