

# 电力系统中的新能源发电技术应用

冯 凯

国华巴彦淖尔（乌拉特中旗）风电有限公司 内蒙古 巴彦淖尔 015300

**摘要：**新能源发电技术利用可再生能源或清洁能源发电，具有资源可再生、碳排放低等优势，是应对气候变化的关键。其发展始于20世纪中叶，如今全球装机容量攀升，中国表现突出。常见技术包括太阳能、风能、水能等，各具原理与应用场景。新能源发电对电力系统稳定性、电能质量有影响，给规划运行带来挑战。未来，该技术将向高效化、智能化等方向创新，市场与产业呈现规模化、多元化等趋势。

**关键词：**新能源发电；工业电力系统；储能技术

## 1 新能源发电技术概述

### 1.1 新能源发电技术的定义

新能源发电技术是指利用太阳能、风能、水能、生物质能、地热能、海洋能等传统化石能源之外的可再生能源或清洁能源，通过特定的转换装置将其蕴含的能量转化为电能的技术体系。与传统火电技术相比，该技术具有资源可再生、碳排放低甚至零排放、环境影响小等核心特征，是应对全球气候变化、实现“双碳”目标的关键支撑技术。其核心要素包括能源采集装置、能量转换系统、功率调节设备和并网控制模块，各部分协同作用实现从能源捕获到电能输出的全过程。该技术不仅涵盖能源转换的核心工艺，还涉及材料科学、控制工程、信息技术等多学科融合，能够适配不同资源禀赋地区的开发需求，为构建多元清洁的能源供应体系提供基础支撑。

### 1.2 发展历程与现状分析

新能源发电技术的发展始于20世纪中叶，早期以小型水电和实验性太阳能利用为起点，70年代石油危机推动其进入初步发展阶段，各国开始加大对风能、太阳能技术的研发投入。90年代后，随着技术突破和环保意识提升，风电、光伏等技术逐步实现产业化，成本持续下降<sup>[1]</sup>。进入21世纪，全球能源转型加速，新能源发电进入规模化发展阶段。当前，全球新能源发电装机容量持续攀升，其中光伏和风电成为主力机型。我国在该领域表现突出，光伏组件产量占全球70%以上，风电装机容量连续多年位居世界首位。从技术成熟度看，水电、风电、光伏技术已实现商业化运营，生物质能发电在部分地区形成产业规模，而地热能、海洋能等技术仍处于示范应用阶段。整体呈现出技术迭代加速、产业规模扩大、应用场景多元的发展现状。

## 2 常见新能源发电技术原理与应用

### 2.1 太阳能发电技术

太阳能发电技术主要分为光伏发电和光热发电两类，二者在原理与应用上各具特色。光伏发电基于半导体光伏效应，当太阳光照射到太阳能电池板上时，电池板内的半导体材料吸收光子能量，使电子发生跃迁，从而产生电流，实现将太阳辐射能直接转换为电能。其核心组件丰富，光伏电池是能量转换的关键，逆变器负责将直流电转换为交流电，支架则用于支撑电池板。这些组件通过串并联组合形成光伏阵列，以适应不同规模的用电需求，最终经逆变器转换后实现并网或离网供电。光热发电则别具一格，它通过反射镜将分散的太阳能聚焦到集热器上，加热传热介质，如熔盐、水、空气等，使其产生高温蒸汽或热气流，进而驱动汽轮机带动发电机发电。配备的储热系统是光热发电的一大优势，可在光照不足时释放热量，实现连续供电。在应用方面，光伏发电场景多元。大型地面光伏电站和荒漠光伏基地适合大规模集中发电；建筑光伏一体化、户用光伏系统则让太阳能走进千家万户；在偏远地区，光伏发电还能用于独立供电。光热发电因储热优势，多建设大型电站作为基荷电源，与光伏、风电互补运行。目前，该技术在我国西北、华北等光照充足地区大规模布局，成为新能源发电的核心力量之一，推动着能源结构的优化升级。

### 2.2 风能发电技术

风能发电技术通过风力发电机组将风的动能转换为电能，其核心原理是风作用于风轮叶片，产生空气动力转矩，驱动风轮旋转，进而带动发电机发电。整套系统包含多个关键部件，风轮负责捕获风能，传动系统将风轮的旋转传递给发电机，控制系统则确保机组在不同风速下稳定运行，塔架为机组提供支撑。根据风轮安装位置，风力发电机可分为水平轴和垂直轴两种类型，当前主流为水平轴机型。按安装环境划分，又可分为陆上和

海上风电。陆上风电技术成熟,通过规模化开发形成连片风电场,能有效利用陆地丰富的风能资源。海上风电因风速稳定、风力更大、不占用土地资源,成为发展重点<sup>[2]</sup>。不过,海上风电技术难度更高,需解决防腐、抗台风、海上安装及运维等诸多问题。在应用方面,陆上风电广泛分布于我国“三北”地区、内蒙古、甘肃等风资源丰富区域,通过特高压线路将电力外送消纳。海上风电集中在东南沿海省份,如江苏、广东、福建等地,已建成多个百万千瓦级海上风电场。随着技术进步,风机单机容量不断提升,陆上风机单机容量已达6-8MW,海上风机突破16MW,发电效率持续提高,为能源供应提供了有力保障。

### 2.3 水能发电技术

水能发电技术利用水流的势能和动能转换为电能,其核心原理是通过修建拦河大坝或引水系统形成水位差,让水流冲击水轮机转轮旋转,从而带动发电机发电。根据开发方式,水能发电可分为坝式发电、引水式发电和混合式发电。其中,坝式发电因兼具发电、防洪、灌溉等综合效益,应用最为广泛。它具有清洁可再生、运行成本低、调峰能力强等显著优势,是技术最成熟的新能源发电方式之一。在应用方面,我国水能资源丰富,已建成众多大型水电站,如三峡、葛洲坝、溪洛渡等。其中,三峡水电站总装机容量达2250万千瓦,是世界最大的水电站。小水电在农村和偏远地区广泛应用,为区域供电和民生改善提供了有力支撑。近年来,随着生态保护意识增强,水能发电开发更加注重生态友好。通过优化大坝设计、修建鱼道、保障生态流量等措施,实现开发与保护协同发展。同时,抽水蓄能电站作为重要调峰储能手段,也进入快速发展阶段,为电力系统的稳定运行贡献力量。

### 2.4 其他新能源发电技术

其他新能源发电技术犹如能源领域的一颗颗璀璨新星,涵盖了生物质能、地热能、海洋能等多种类型,每一种都蕴含着独特的原理,并在不同场景中发挥着重要作用。生物质能发电,宛如一位神奇的资源转化大师。它通过燃烧、气化、发酵等巧妙方式,对农作物秸秆、畜禽粪便、工业有机废水等丰富的生物质资源进行处理。在燃烧过程中,生物质释放出大量热能,产生蒸汽驱动发电机发电;气化则将生物质转化为可燃气体,进一步推动发电进程;发酵能产生沼气,同样可用于发电。生物质能发电分为直燃发电、气化发电和沼气发电等多种形式,在农业产区和工业园区应用广泛。地热能发电,如同大自然赋予的地下宝藏。它利用地下热水或

蒸汽蕴含的热能,通过闪蒸法、双循环法等先进技术,将热能高效转换为电能。高温地热能发电多分布在地质活动活跃的地区,如西藏羊八井,那里丰富的地热资源为发电提供了充足动力。而中低温地热能则与供暖相结合,实现梯级利用,让温暖与清洁能源同时走进千家万户。海洋能发电,犹如海洋中的能量精灵。它包括潮汐能、波浪能、海流能等。潮汐能借助潮汐涨落形成的水位差,驱动水轮机欢快转动,如浙江江厦潮汐电站就是典型代表;波浪能利用波浪的上下运动,驱动机械装置发电,目前虽多处于示范阶段,但潜力无限。这些技术虽规模不及光伏风电,但各具资源优势,是多元化能源体系的重要补充,在特定区域必将绽放出广阔的发展前景。

## 3 新能源发电技术对电力系统的影响

### 3.1 对电力系统稳定性的影响

新能源发电技术对电力系统稳定性的影响主要源于其出力的波动性和间歇性。光伏出力受光照强度、天气状况影响显著,正午时段出力达到峰值,夜间则为零;风电出力随风速变化而波动,风速低于切入风速或高于切出风速时均无法发电,这种出力波动会导致系统有功功率失衡。传统火电、水电具有较强的调节能力,可通过调整出力平抑波动,但随着新能源装机占比不断提高,传统调节电源的占比相对下降,系统调峰调频能力面临挑战<sup>[3]</sup>。新能源发电机组多采用电力电子变流器并网,与传统同步发电机相比,缺乏旋转惯量和阻尼特性,当系统发生故障如电压跌落、频率波动时,新能源机组可能因保护动作而脱网,进一步加剧系统不稳定,甚至引发连锁反应导致大面积停电。另外,分布式新能源的大量接入改变了传统电网的潮流分布,可能导致局部电网电压越限,影响区域系统稳定性。

### 3.2 对电力系统电能质量的影响

新能源发电技术对电力系统电能质量的影响主要体现在电压波动与闪变、谐波污染和频率偏差三个方面。光伏和风电的出力波动会引起并网节点电压的持续波动,当波动幅度和频率超过规定范围时会产生闪变,影响用电设备正常运行,尤其对精密制造、电子设备等敏感负荷影响显著。新能源发电机组使用的电力电子变流器在能量转换过程中会产生大量谐波,这些谐波注入电网后会扭曲电压和电流波形,导致变压器、电机等设备发热损耗增加,缩短设备使用寿命,还可能干扰继电保护装置正常工作。频率偏差方面,由于新能源出力的间歇性,当出力骤增或骤减时,系统有功功率平衡被打破,若调节不及时会导致系统频率偏离额定值(我国为

50Hz)。分布式新能源的分散接入可能导致配电网潮流反向流动,改变传统配电网的电压分布特性,造成末端电压升高,影响电能质量合格率,增加电网调压难度。

### 3.3 对电力系统规划与运行的挑战

新能源发电技术的大规模接入给电力系统规划与运行带来多重挑战。在规划层面,传统规划以负荷预测为核心,而新能源出力的随机性和波动性使电源规划难度加大,需要精准评估区域新能源资源禀赋、出力特性与负荷需求的匹配度,避免新能源装机过度集中导致弃电现象。电网规划方面,新能源基地多位于偏远地区,与负荷中心距离较远,需要配套建设远距离输电通道,如特高压线路,同时分布式新能源的大量接入要求配电网进行升级改造,提高电网接纳能力。在运行层面,传统调度模式难以适应新能源出力波动,需要建立精细化调度体系,整合储能、灵活负荷等调节资源,实现源网荷储协同运行。新能源发电的间歇性导致系统备用容量需求增加,需要合理配置旋转备用和备用电源,提高系统应急响应能力。新能源数据监测与预测精度不足,也影响调度决策的科学性,给系统安全经济运行带来挑战,需要加强技术研发提高预测准确率。

## 4 新能源发电技术在电力系统中的未来发展趋势

### 4.1 技术创新趋势

新能源发电技术未来将围绕高效化、低成本、高可靠性和智能化方向创新。在光伏领域,将重点研发钙钛矿等新型电池技术,钙钛矿电池具有转换效率提升潜力大、制备成本低等优势,目前实验室转换效率已突破30%,未来通过与晶硅电池结合形成叠层电池,可进一步提高发电效率;同时,光伏组件轻量化、柔性化技术将推动建筑光伏一体化等场景深度应用。风电领域,陆上风机将向更大单机容量、更高塔筒高度发展,海上风机将突破20MW以上单机容量,同时漂浮式海上风电技术将实现深远海资源开发,解决传统固定基础海上风电的水深限制问题。储能技术与新能源发电的融合将成为重点,电化学储能、抽水蓄能、压缩空气储能等技术将实现与新能源电站的协同建设,提高出力稳定性。智能控制技术如数字孪生、人工智能预测将广泛应用,通过构建电站数字模型和精准预测出力,实现新能源发电的智能化调度与运维。

### 4.2 市场与产业发展趋势

新能源发电技术的市场与产业发展将呈现规模化、多元化、国际化和协同化的趋势。市场规模方面,全球能源转型进程加快,各国对新能源的投资持续增加,光伏、风电的装机容量将保持年均两位数增长,中国、美国、欧洲等主要市场仍将主导增长,同时新兴市场如东南亚、非洲将逐步成为新的增长极。产业结构方面,产业链上下游整合加速,头部企业将通过并购重组扩大规模,形成集研发、生产、建设、运维于一体的综合服务商;同时,配套产业如储能、智能装备、电力电子设备等将快速发展,形成完整的产业生态体系<sup>[4]</sup>。国际化发展方面,新能源技术装备出口将持续增长,中国光伏组件、风电整机等产品将进一步拓展全球市场,同时技术标准国际化进程加快,我国将在国际新能源标准制定中发挥更重要作用。协同发展方面,新能源与传统能源的互补运行机制将逐步完善,源网荷储一体化项目和多能互补电站将成为市场主流,同时新能源与交通、建筑等领域的融合应用将拓展新的市场空间,如光伏充电站、光储直柔建筑等。

### 结束语

新能源发电技术作为应对全球能源挑战的关键力量,正深刻改变着电力系统。尽管其发展面临稳定性、电能质量及规划运行等多重挑战,但技术创新与市场产业发展的蓬勃态势为其注入强大动力。未来,随着高效化、智能化等创新趋势的推进,以及规模化、多元化等市场产业趋势的深化,新能源发电技术有望在电力系统中发挥更核心的作用,推动全球能源体系向清洁、可持续方向加速转型。

### 参考文献

- [1]李冠森.新能源发电技术在电力系统中的应用[J].光源与照明,2022(2):198-200.
- [2]刘宇,赵映,李世朝.光伏发电系统在火力发电厂的应用研究[J].内蒙古电力技术,2022(2):36-39.
- [3]杨卧龙.国外新能源发电技术开发及应用的方式对我国的启迪分析[J].中国设备工程,2020(13):236-237.
- [4]李根,崔启利,林庆仁,王丰良,朱建建.浅谈新能源发电侧储能技术的应用现状[J].中国设备工程,2023(9):242-244.