

## 谈提高风电机组发电量的措施

孟宏伟

国家能源集团国华投资山东分公司, 山东 东营 257000

**[摘要]**随着对可再生能源需求的增加,风力发电成为重要的能源形式。提高风电机组的发电量是提升风电项目经济效益的关键。当前,提高发电量的措施主要集中在风机设计优化、运行控制改进、风电场布局优化等方面。随着风能资源预测和智能调度技术的进步,风电机组的效率得到了提升。然而,仍面临风能资源不稳定、设备适应性和维护成本等挑战。文中探讨如何通过技术和管理手段提高风电机组的发电量。

**[关键词]**风电机组; 提高发电量; 措施

DOI: 10.33142/hst.v8i6.16921

中图分类号: TM61

文献标识码: A

## Discussion on Measures to Increase the Power Generation of Wind Turbines

MENG Hongwei

Shandong Branch of CHN Energy Group Guohua Investment, Dongying, Shandong, 257000, China

**Abstract:** With the increasing demand for renewable energy, wind power has become an important form of energy. Improving the power generation of wind turbines is the key to enhancing the economic benefits of wind power projects. Currently, measures to increase power generation mainly focus on optimizing wind turbine design, improving operational control, and optimizing wind farm layout. With the advancement of wind energy resource prediction and intelligent scheduling technology, the efficiency of wind turbines has been improved. However, there are still challenges such as unstable wind energy resources, equipment adaptability, and maintenance costs. The article explores how to increase the power generation of wind turbines through technological and management measures.

**Keywords:** wind turbines; increase power generation; measure

### 引言

随着全球对可再生能源需求的不断增长,风能,作为一种清洁且可持续的能源,备受关注。风电,作为风能利用的关键形式,已经成为全球能源结构转型的重要组成部分。风电机组,作为风力发电的核心设备,其发电量的提升直接关系到风电项目的经济效益与可持续发展。在风电机组的运行过程中,如何最大化其发电效率、减少能量损失,已成为当前研究的重点。风电机组的发电量不仅受到风力资源变化的影响,而且与机组选型、技术创新、运行管理等多方面因素密切相关。关键所在,在于优化风电机组设计、加强技术研发、提升运行效率以及改进管理手段。通过叶片优化、变桨控制、风能预测与智能调度等技术手段的应用,风电机组的整体性能与发电能力可以得到显著提升。基于此,本文将重点探讨提升风电机组发电量的技术路径,旨在为风电行业提供切实可行的解决方案,以推动风电发电更高效、稳定地实现。

### 1 风电机组的概况

风电机组是一种用于将风能转化为电能的装置,其主要组成部分包括叶轮、变速箱、发电机、变频系统和塔架。由多个叶片构成的叶轮在风力的推动下旋转,风能由此被转化为机械能,并通过变速箱调整转速后传递至发电机,以实现机械能向电能的转换。电力输出的调节由变频系统完成,使其符合电网运行要求,而塔架则起到支撑整套设

备的作用,使机舱与叶轮能够处于适宜的高度,以提高风能的利用率。根据结构和运行方式的不同,风电机组可分为水平轴和垂直轴两类,其中应用最广泛的是水平轴风电机组,其因较高的能量转换效率和稳定的运行性能而受到青睐。通常,这类机组采用三叶片设计,并配备主动变桨和偏航系统,从而进一步优化风能利用率并提升发电性能。

### 2 影响风电机组发电量的因素

#### 2.1 风能资源与气象条件

风能资源的丰富程度与气象条件的变化,是影响风电机组发电量的主要因素。风速,作为决定风电机组输出功率的重要参数,通常情况下,较高的风速意味着更强的风能,从而带来更高的发电量。然而,若风速过低,风轮可能无法启动;而当风速过高时,机组的安全保护机制可能会被触发,导致机组停机,进而产生发电损失。此外,风的稳定性,对机组的运行效率有着显著影响。若风速频繁波动或风向变化剧烈,叶片的迎风角度需频繁调整,这将降低风能的有效利用率。空气密度,在风能转换效率中同样起着关键作用。空气密度受到温度、湿度及海拔高度的影响,尤其是在高海拔或高温环境下,空气密度较低,风能减少,进而影响风电机组的发电能力。极端气象条件,如雷暴、台风、冰冻及大雾等,也可能对风电机组产生不利影响<sup>[1]</sup>。雷暴与台风,可能损害叶片与机组结构;冰冻则可能导致叶片结冰,增加风阻并降低发电效率;而大雾

与沙尘天气,则可能影响风轮及传动部件的长期稳定运行。

## 2.2 机组选型与性能

风电机组的选型及其性能,直接影响着发电量。不同类型的风电机组,在额定功率、设计风速范围、发电效率等方面存在差异,选择时需结合风资源条件和应用场景进行合理匹配。机组的额定功率,决定了其在最佳风速下的最大输出能力,但在实际运行中,若机组的额定功率过高,而风资源不足,可能无法充分发挥其发电潜力;反之,若额定功率较低,在风资源丰富的环境中,发电能力则可能受到限制。叶轮直径,是影响风能捕获效率的关键因素。叶片的长度越大,扫风面积就越广,能够吸收更多风能,从而提高发电量。然而,叶片过长,可能会增加结构负担,要求塔架和传动系统具备更高的稳定性。发电机类型,同样是决定机组性能的关键因素。现代风电机组,常采用双馈感应发电机或永磁直驱发电机,前者具有较强的并网适应能力,后者因减少机械传动环节,能实现更高的能量转换效率。此外,变桨控制与变速运行技术的应用,可以有效优化叶片迎风角度,从而提高在不同风速下的发电效率。机组的耐候性与可靠性,也直接影响其长期发电能力。在高温、低温、高湿或盐雾环境中,设备的抗腐蚀性、冷却系统的稳定性以及关键部件的耐久性,将对机组的运行状态产生影响,进而影响实际的发电量。

## 2.3 风电场布局与选址

风电场的布局与选址,对风电机组发电量的影响至关重要。风资源的丰富程度、地形地貌、周围障碍物的分布以及风电机组之间的相互作用,直接决定了风能的利用效率。在选址时,风速、风向的长期变化趋势需充分考虑,以确保场址具备稳定且充足的风资源。一般来说,风速较高且稳定的区域,有利于风电机组的持续高效运行;而风速波动较大的地区,可能导致机组效率降低,甚至缩短设备的使用寿命。地形条件,也对风场的风能利用率产生重要影响。不同地形,如山地、丘陵、沿海和平原的风场,由于空气动力学效应的不同,可能导致风速加快或湍流增加,进而影响机组的发电性能。具体到风电机组的布局,相邻机组之间的间距,需合理规划,以减轻尾流效应的影响。尾流效应,指的是风轮旋转后,在下风方向形成的低速气流区域<sup>[2]</sup>。若机组间距过小,下游机组将受到前方机组尾流的干扰,进风速度将下降,从而降低发电效率。此外,周围环境对风电场选址,也有一定影响。高大建筑、森林或山脉等障碍物,可能造成风速下降或风向紊乱,从而影响机组的有效运行。

## 2.4 运行控制与维护

风电机组的运行控制与维护,对发电量具有重要影响。高效的控制系统,确保机组在不同风速条件下都能发挥最大效率,稳定的运行离不开这一系统的支持。风电机组的运行控制,涵盖了风速监测、叶片角度调节、转速控制以

及防风过载等方面,确保机组能够根据风速的变化,及时调整运行状态,从而维持最佳的发电效率。然而,风电机组,通常处于较为恶劣的工作环境,常年暴露在强风、沙尘、盐雾等自然因素的影响下,这要求对机组进行定期的检查与保养。风电机组的主要部件,如叶片、发电机、变速器等,在经过长时间运行后,可能会出现磨损或故障,从而影响发电能力。有效的运行维护,离不开监控系统的实时监测,通过数据分析,可以及时发现异常,避免设备故障导致的发电中断。

## 3 提高风电机组发电量的技术措施

### 3.1 叶片优化与空气动力学改进

叶片优化与空气动力学改进,是提升风电机组发电量的关键技术之一。作为风电机组的核心部件,叶片直接决定了风能的捕获效率与转化能力。通过对叶片设计的优化,机组在不同风速下的发电性能,可以显著得到提升。叶片的长度、形状、材料以及表面处理等多个因素,与机组的气动性能密切相关。延长叶片的长度,能够增加捕风面积,从而提升风能捕获量,但在此过程中,工程的可行性与成本控制需综合考虑。叶片的形状设计,亦至关重要。优化其弯曲度、翼型及翼端的设计,可以有效降低气流阻力,进而提高风轮的旋转效率。改进叶片表面光滑度以及涂层技术,有助于减少风速变化引起的湍流与摩擦损失,从而提升风能的转化效率。为了更精准地优化叶片设计,先进的计算流体力学(CFD)技术被采用,以模拟不同风速与风向下的气流行为,深入分析叶片的气动特性,从而优化设计参数,最大限度地提高风能捕获效率。

### 3.2 变桨控制与变速运行技术

变桨控制与变速运行技术,是提升风电机组发电量的关键技术手段。通过变桨控制技术,风轮叶片的角度可以调节,使其在不同风速条件下始终保持最佳工作状态,从而最大限度地提高机组的发电效率。在风速较低时,叶片角度被调整为较大,以捕捉更多的风能;而在风速较高时,叶片角度则适度减小,避免风轮超载或损坏,同时保持较高的发电效率。此技术,能够有效避免风速波动较大时机组功率波动的情况,从而增强机组的稳定性与发电量<sup>[3]</sup>。变速运行技术,则使风电机组能够根据不同风速调整转速,确保发电机在最佳效率点运行。在低风速下,转速被提高,以增加能量捕获;而在风速较高时,转速适当降低,以防止风轮超速或过载,同时保证发电机的高效运行。

### 3.3 风能预测与智能调度

风能预测与智能调度技术,是提升风电机组发电量的有效手段。通过风能预测技术,气象数据和历史风能数据被分析,从而对未来一段时间内的风速与风向变化进行预测,为风电机组的运行提供精准的风力预报。这一技术,有助于风电场运营商提前掌握风能资源的波动情况,使得机组能够根据实际风速,调整运行模式,提升发电效率。

精准的风能预测,能有效避免因风速过低或过高,导致发电效率下降或设备损坏,同时减少因气候变化引起的功率波动,保持稳定的发电状态。智能调度技术,则通过实时监控风电场各机组的运行状态,结合风能预测数据,对机组的调度与运行进行自动优化。这项技术,能够根据风电场的整体风能资源以及各机组的发电能力,合理安排不同机组的启停时间与工作状态,从而实现资源的优化配置,避免机组间的功率冲突或无效运行。

### 3.4 并网适应性提升

提升风电机组的并网适应性,是增强其发电量的重要技术手段之一。在风电并网过程中,风能的波动性和不稳定性,常导致风电机组的输出功率出现较大波动,这对电网的稳定性及供电质量,提出了严峻的挑战。因此,提高风电机组的并网适应性,对提升其发电量以及确保电网稳定运行,至关重要。为此,风电机组需要具备较强的调节能力,以便在不同风速条件下,迅速响应并调整输出功率,满足电网的需求。现代风电机组,多采用变速运行技术,根据风速的变化灵活调整转速,既能够提升发电量,又能避免因过载或低速运行造成的发电损失。此外,风电机组的控制系统,需具备更高的智能化水平,能够在面对电网频率或电压波动时,自动调整运行策略,保持机组与电网的平衡,从而减少对电网的冲击。提升并网适应性,亦需要优化机组与电网之间的互动,确保风电机组能够满足电网对功率调节、频率调节等方面的要求。机组还需具备良好的无功功率补偿能力,以调节无功功率输出,从而支持电网电压的稳定。

### 3.5 运行维护与管理优化

优化风电机组的运行维护与管理,是提升其发电效率的关键措施之一。随着设备使用时间的增加以及环境条件的变化,风电机组的性能可能会下降或出现故障,从而影响发电能力。为了保障机组的高效运行,科学的维护与管理策略必须实施。定期检修与保养,是必不可少的环节,特别是对叶片、发电机、变速箱等关键部件进行检查,确保各项设备始终保持最佳工作状态。及时的维护,能够有效预防潜在故障,缩短停机时间,提升机组的整体可靠性。风电机组的智能监控系统,在实时监测设备运行状态方面,发挥着重要作用,可以迅速识别异常情况并发出预警。例如,监测温度、振动、压力等数据,能够帮助运维人员及时发现问题,避免因设备损坏而导致长时间停机。与此同时,数据分析技术的应用,可以进一步优化机组管理,通过分析历史运行数据,帮助识别机组性能变化趋势,提前

做出维护决策,从而减少小故障引发更大问题的风险。

### 3.6 经济性分析与政策支持

风电机组发电量的提升,不仅依赖于技术创新,还需要综合考虑经济性分析及政策支持。在风电项目的可持续发展中,经济性分析发挥着至关重要的作用。风电项目的初期投资,通常包括较高的建设费用,例如风机设备的采购、安装、土建工程以及相关配套设施的建设等。因此,进行全面的成本效益分析,预测项目的回报周期与投资回报率,对于确保项目的经济可行性,至关重要。通过科学的经济评估,项目的盈利潜力可以明确,资金的合理利用得到保障,并有效控制风险。运营成本,也对项目的盈利能力产生重大影响,定期的运维开销、技术更新以及设备更换等方面的费用,需要纳入经济分析的范围,帮助评估项目的长期经济效益。与此同时,政策支持,对于风电机组的发电量提升,同样起着关键作用。通过政策的支持,更多资金保障可以获得,融资压力得以减轻,融资成本降低,从而增强项目的市场竞争力。

## 4 结语

提升风电机组的发电量,是提高风力发电效益的关键途径。通过优化风机设计、改进运行控制技术、优化风电场布局以及提升并网适应性等措施,风电机组的发电效率,显著地能够得到提升。此外,随着智能调度技术与风能预测能力的不断进步,风电机组的整体性能,得到了显著增强。然而,在技术提升的同时,经济性分析与政策支持,同样至关重要,只有在这两个方面得到保障,风电项目的可持续发展与长远前景,才能够得以确保。展望未来,随着技术的不断突破,风电行业将面临更多的机遇,同时也将面对不断变化的挑战,唯有通过持续创新与优化,才能实现更高效且稳定的风力发电。

### [参考文献]

- [1] 屈云岚. 风电机组增功技术研究[J]. 机械制造, 2025, 63(2): 6-8.
- [2] 王明军. 提高风电机组发电量的措施[J]. 东方电气评论, 2024, 38(5): 46-49.
- [3] 和军梁, 冯斌. 提高风电机组低风速段发电能力的研究[J]. 中国新技术新产品, 2024(9): 51-54.

作者简介: 孟宏伟(1997.8—), 毕业院校: 菏泽学院, 所学专业: 机械电子工程, 当前就职单位: 国家能源集团国华投资山东分公司, 职务: 副主运检员, 职称级别: 助理工程师。