

风电场风能资源分析及优化

刘 东¹ 包阿古达木² 韦在阳²

1. 华润新能源(巴彦淖尔)有限公司 内蒙古 巴彦淖尔 015000

2. 华润电力投资有限公司北方分公司 内蒙古 呼和浩特 010000

摘 要: 本文研究内容为风电资源的开发利用与风电场优化,包括风电资源概述、风能资源评估方法及风电场风能资源优化。方法上,采用实测法、模拟法和综合法进行风能资源评估,同时结合科学规划与精准选型、智能控制与精细管理、成本控制与发电量提升等手段优化风电场。结果表明,准确评估风能资源、优化风电场布局与运行控制可显著提高发电效率和经济效益,为构建清洁、低碳、安全、高效的能源体系贡献力量,推动风电产业的可持续发展。

关键词: 风电场; 风能资源; 分析; 优化

引言: 随着全球对清洁、可再生能源的日益重视,风能作为其中的佼佼者,其开发利用已成为推动能源结构绿色转型的重要力量。现阶段,风能资源评估主要依赖实测法、模拟法和综合法,这些方法各有千秋,但亦存在局限性。实测法虽准确可靠,但成本高昂且耗时较长;模拟法虽速度快、成本低,但准确性易受模型精度和输入数据可靠性影响;综合法虽结合了两者的优点,但仍需不断优化以提升评估效率和准确性。风电场优化策略则涵盖风电机组布局、运行控制及经济效益等多个层面,旨在提升发电效率、降低成本。然而,现有方法在实施过程中仍面临诸多挑战。针对这些缺点,本文旨在提出新的评估和优化方法,以期为推动风电产业的可持续发展贡献力量。

1 风电资源概述

风力发电,作为可再生能源领域的一颗璀璨明珠,正以其独特的魅力和无限的潜力,引领着全球能源结构的绿色转型。风力发电场,作为风能转化为电能的核心设施,根据其安装地点和规模的不同,大致可分为陆上风电场和海上风电场两大类,各自在风能资源的开发利用中发挥着不可替代的作用^[1]。陆上风电场,作为风力发电的传统阵地,通常选址于地形平坦、风速稳定且较高的地区。这些区域往往远离城市喧嚣,土地成本相对较低,为风电场的大规模建设提供了得天独厚的条件。在我国,陆上风电场的发展历史悠久,自20世纪90年代初起步以来,便以惊人的速度蓬勃发展。从最初的几十千瓦级小型风电机组,到如今几兆瓦的大型风力发电机,技术的不断创新与突破,不仅大幅提升了发电效率,还有效降低了单位发电成本,使得陆上风电在经济效益和环境效益上均取得了显著成就。与陆上风电场相比,海上风电场则展现出了更为广阔的发展前景。海上

风电场主要分布在沿海及近海区域,利用海洋上空更为稳定且风速更高的风能资源,能够实现更高的发电效率和更大的装机容量。在我国,随着江苏、浙江、福建等沿海省份海上风电项目的陆续投产,海上风电产业正迎来前所未有的发展机遇。这些地区不仅拥有优越的海域条件和丰富的风能资源,还具备完善的港口、交通和电力基础设施,为海上风电场的建设和运维提供了有力保障。风电场的结构复杂而精细,主要包括风电机组、塔架、基础、电气系统、控制系统等关键组成部分。其中,风电机组作为风电场的核心,其性能的好坏直接关系到整个风电场的发电效率和经济效益。随着技术的不断进步,风电机组的设计越来越先进,单机容量不断攀升,发电效率显著提升。同时,塔架和基础的设计也更加注重安全性和稳定性,以确保风电机组在恶劣天气条件下的正常运行。我国的风电场分布广泛,北方地区的内蒙古、甘肃、新疆等地,凭借其得天独厚的自然条件,成为了风电开发的热土。这些地区的风力资源丰富,风速稳定,为风电场的长期稳定运行提供了坚实基础。而沿海地区,则凭借其优越的地理位置和丰富的风能资源,成为了海上风电场建设的首选之地。我国作为风力发电大国,将继续加大投入,推动风电技术的研发与应用,为构建清洁、低碳、安全、高效的能源体系贡献力量。

2 风能资源评估方法

风能资源评估是风电场规划、建设与运行不可或缺的基础性工作,直接关系到风电项目的经济效益、环境影响及长期运行稳定性。准确评估风能资源,不仅能够优化风电场布局,提高风能利用率,还能有效降低风电项目的投资风险。当前,风能资源评估方法主要分为实测法、模拟法和综合法三大类,每种方法各有优缺点,

适用于不同的评估需求和场景。

2.1 实测法

实测法是通过在风电场候选区域或已建风电场内安装测风设备,如风速计、风向计等,进行长期(通常为一年或多年)的现场观测,收集风速、风向、气温、气压等气象数据,进而分析评估该区域的风能资源状况。这种方法基于实际观测数据,因此评估结果具有较高的准确性和可靠性。(1)数据收集与处理:实测法的关键在于数据的准确性和完整性。测风设备需安装在具有代表性的位置,确保所收集的数据能够真实反映该区域的风能资源特征。同时,还需考虑设备精度、维护周期以及数据记录与存储的可靠性。收集到的原始数据需经过预处理,去除异常值和缺失值,进行质量控制,以确保后续分析的准确性。(2)评估指标:基于实测数据,可以计算出年平均风速、最大风速、最小风速、风速标准差、风向频率分布等一系列评估指标^[2]。其中,年平均风速是衡量风能资源丰富程度的基本指标,风速越高,意味着可利用的风能越多。风能密度则是指单位时间内垂直通过单位面积的风能,它综合了风速和空气密度的信息,是评估风能资源潜力的关键指标。风频分布则反映了不同风速出现的频率,对于风电机组的选型、风电场的布局优化以及运维策略的制定具有重要参考价值。

(3)局限性:尽管实测法能够提供精确的风能资源数据,但其成本较高,且需要较长时间的数据积累,这在一定程度上限制了其广泛应用。此外,测风设备的安装、维护和数据采集过程也可能受到天气条件、地形地貌等因素的影响,增加了操作的复杂性和不确定性。

2.2 模拟法

模拟法是利用计算机技术和气象学原理,通过建立数学模型和算法,模拟风电场内的风速分布、风向变化等气象特征,进而评估风能资源。这种方法具有速度快、成本低、易于操作等优点,尤其适用于大规模风电场的前期规划和选址阶段。(1)模型构建:模拟法的核心在于建立准确的数学模型。这些模型可能包括气象学模型(如中尺度气象模型、微尺度气象模型)、地形模型、植被模型等,用于模拟不同尺度下的风速、风向变化。此外,还需考虑大气稳定度、湍流强度、地表粗糙度等因素对风速的影响。(2)数据输入与输出:模拟过程需要输入大量的气象数据、地理信息数据以及风电场设计参数等,如历史气象记录、地形高程数据、风电机组布局等。输出则包括模拟得到的风速分布图、风能密度分布图、风频分布图等,这些结果可用于风电场的布局优化、风电机组的选型以及发电量的预测。(3)局

限性:模拟法的准确性很大程度上依赖于模型的精确度和输入数据的可靠性。由于气象现象的复杂性和不确定性,以及模型本身的简化假设,模拟结果可能存在一定的误差。此外,模拟法对于极端天气事件(如台风、龙卷风等)的预测能力有限,需要结合实测数据进行校验和修正。

2.3 综合法

综合法是将实测法和模拟法相结合,利用短期实测数据对模拟模型进行校验和修正,以提高评估的准确性和可靠性。这种方法结合了两种方法的优点,既能够避免实测法成本高昂、耗时长缺点,又能够克服模拟法模型误差和不确定性较大的问题。(1)模型校验:在模拟模型构建完成后,通过对比实测数据与模拟结果的差异,对模型进行校验。如果差异较大,则需要对模型参数进行调整,直至模拟结果与实测数据达到较好的一致性。这一过程需要反复迭代,直至模型性能满足评估要求。(2)优化与预测:经过校验的模型可用于风电场的优化设计和发电量预测。通过调整风电场布局、风电机组选型等参数,可以优化风电场的发电效率和经济效益。同时,利用模型进行长期发电量预测,可以为风电项目的投资决策、运营管理和电网调度提供科学依据。(3)应用前景:随着计算技术的不断进步和气象数据的日益丰富,综合法在风能资源评估中的应用前景越来越广阔。它不仅能够提高评估的准确性和效率,还能够降低评估成本,推动风电产业的可持续发展。

3 风电场风能资源优化

风电场作为可再生能源领域的重要组成部分,其效能与经济效益的优化对于推动绿色能源转型、实现可持续发展目标具有重大意义。风电场优化涵盖了风电机组布局、运行控制及经济效益等多个层面,旨在通过精细化管理和技术创新,最大化地利用风能资源,提升发电效率,降低成本,增强市场竞争力。

3.1 风电机组布局优化:科学规划与精准选型

(1)选型:风电机组的选型直接关系到风电场的发电效率和长期运行成本。不同地区的风能资源条件差异显著,因此,选择适合当地风速特性和气候条件的风电机组至关重要。在风速较高且稳定的地区,应优先考虑额定功率大、叶片长度长的机型,以最大化捕获风能;而在风速较低、变化频繁的区域,则需选择启动风速低、调节范围广、能够适应复杂风况的机型,确保在不同风速条件下均能保持高效运行^[3]。此外,风电机组的噪音控制、耐久性、维护便捷性等也是选型时需要考虑的重要因素。(2)布置策略:风电机组的布置策略对

风电场的整体发电效率有着决定性影响。合理的布置可以有效减少机组间的尾流效应，即一台风电机组捕获风能后，其下游风速降低，影响后续机组的发电效率。为了避免这种负面影响，可以采取交错排列、增大机组间距、利用地形地貌等方式进行布置。例如，在山脉附近，可以利用山脉的“加速效应”，将风电机组布置在迎风坡风速较高的位置，提高整个风电场的发电效率。同时，通过详细分析当地风向分布，确保风电机组尽可能多地面对主导风向，也是提升发电效率的有效手段。

3.2 运行优化：智能控制与精细管理

(1) 控制策略：风电机组的运行控制策略是其高效运行的核心。根据风速变化，制定科学合理的启动和停机风速阈值，既能减少不必要的启动次数，延长设备寿命，又能确保机组在最有利的风速条件下运行。此外，通过先进的控制算法，如最大功率点追踪（MPPT）技术，使风电机组能够根据实时风速自动调整叶片角度、转速等参数，始终保持最佳工作状态，最大化发电效率。智能控制系统的应用，还能实现远程监控、故障预警、自动调整等功能，进一步提升风电场的运行可靠性和效率。(2) 偏航控制：偏航系统的精准控制对于提高风电机组的能量捕获率至关重要。现代风电机组普遍配备了高精度的风向传感器和先进的偏航控制算法，能够实时感知风向变化，并迅速调整风轮方向，确保风电机组始终面对风向，最大化捕获风能。通过优化偏航策略，如减少不必要的偏航动作、提高偏航精度等，可以进一步提升能量捕获效率，降低能耗。

3.3 经济效益优化：成本控制与发电量提升

(1) 成本控制：风电场的运行成本是影响其经济效益的关键因素之一。通过优化运行维护策略，如采用预防性维护、远程监控等先进技术，可以显著降低故障率，减少停机时间，从而降低运维成本。同时，加强员工培训，提高管理水平和运维效率，也是降低成本的途径。此外，合理利用废旧部件进行再制造或回收利用，也能在一定程度上减少成本支出。(2) 发电量提升：提高年发电量是增加风电场收入、提升经济效益的直接手段。通过技术革新和管理优化，如采用先进的发

电技术、优化机组配置、提高发电效率等措施，可以显著提升风电场的发电量^[4]。此外，合理的调度策略，如将风电与其他可再生能源或传统能源相结合，实现互补发电，也能有效提高能源利用率和发电量。在条件允许的情况下，探索风电储能技术的应用，如建设储能电站，可以在风速低、发电量少时释放储存的电能，平衡供需，进一步提高经济效益。(3) 投资回报分析：在实施各项优化措施前，需进行详尽的投资回报分析，评估不同方案的成本效益比，选择经济性最佳的方案。这包括考虑设备购置成本、运维成本、发电量提升带来的收益增加等因素，通过量化分析，确保优化措施的实施能够带来正向的经济回报。

结束语

综上所述，风力发电作为绿色能源的重要组成部分，其发展与优化对于推动能源结构转型、实现可持续发展具有重要意义。通过科学的风能资源评估、精细的风电机组布局与运行控制，以及有效的经济效益优化策略，可以最大化地利用风能资源，提升风电场的发电效率和经济效益。随着技术的不断进步和政策的持续支持，风电产业将迎来更加广阔的发展前景。未来，我们将继续探索创新，深化风电领域的技术研发与应用，为构建清洁、低碳、安全、高效的能源体系贡献力量，共同迎接绿色能源新时代的到来。

参考文献

- [1]靳晶新,叶林,陆佳政,等.融合多维气象信息的风能资源评估方法[J].高电压技术,2022,48(2):477-487.
- [2]华能新能源股份有限公司,中国华能集团清洁能源技术研究院有限公司.基于分离涡湍流模型的风能资源评估方法、装置及存储介质:CN202111470919.3[P].2022-03-04.
- [3]朱琳,谢婷,王怡人,等.基于Sentinel-1合成孔径雷达卫星影像的福建沿海区域风能资源分析[J].厦门大学学报(自然科学版),2022,61(1):140-148.
- [4]何雄.提高低风速风电场开发可行性的策略[J].中国战略新兴产业,2017(32):219-220.