

# 风力发电场的选址与布局规划研究

张超 刘磊 吴俊毅

华电甘肃能源有限公司阿克塞分公司 甘肃酒泉 736400

DOI: 10.12238/ems.v7i10.15729

**[摘要]** 对风力发电场的选址与布局规划进行研究,分析影响选址的自然、经济、社会等因素,探讨布局规划需遵循的原则与方法。旨在提高风能利用效率,降低建设与运营成本,为风力发电场科学合理的选址与布局提供理论依据,推动风力发电行业可持续发展。

**[关键词]** 风力发电场; 选址; 布局规划; 风能利用

## 引言:

随着能源需求增长与环保意识提升,风力发电作为清洁能源备受关注。合理的选址与布局规划是风力发电场高效运行的关键。科学选址可充分利用风能资源,优化布局能降低成本、提高发电效益。对其研究具有重要现实意义与经济价值。

## 1. 风力发电场选址影响因素

### 1.1 自然因素

自然因素在风力发电场选址中起着基础性的作用。风能资源是首要考量的因素,中国地域辽阔,风能资源分布不均,一般来说,沿海地区、高原地区以及部分山脉风口处风能资源较为丰富。例如,在内蒙古高原,其地势开阔,地表摩擦力小,盛行的西北风强劲且稳定,年平均风速较高,具备极佳的风能资源条件。气象条件除了风速,风向的稳定性也很重要。稳定的风向有助于提高风力发电机组的发电效率,减少因风向频繁变动带来的能量损失。同时,温度、气压等气象要素也会对风力发电产生影响,极端的温度和气压变化可能影响风力发电机组的性能和使用寿命。地形地貌对风能资源的分布和风力发电场的建设成本有着重要影响。山地、丘陵地区虽然风能资源可能较好,但地形复杂会增加建设成本,如需要进行大规模的场地平整和道路修建。而平坦的平原地区建设成本相对较低,但可能存在风能资源不够强劲的问题。

### 1.2 经济因素

经济因素在风力发电场选址过程中具有关键的决策意义。电力市场需求是一个重要方面,在中国,不同地区的经济发展水平和用电需求差异较大。在经济发达、用电量大的地区,如东部沿海城市,建设风力发电场可以就近满足电力需求,减少电力传输过程中的损耗,提高电力供应的稳定性

和可靠性。建设成本也是必须考虑的因素,包括土地购置费用、设备采购与安装成本、施工建设成本等。在土地资源紧张的地区,土地购置费用可能较高,这会增加项目的总体成本。而设备采购与安装成本取决于设备的类型、质量和供应渠道等。例如,采用先进的大容量风力发电机组虽然初始投资较大,但发电效率高,从长期来看可能更具经济效益。交通运输条件对建设成本影响显著,风力发电设备体积庞大、重量较重,如果选址地区交通不便,运输成本会大幅增加,同时也会影响设备的安装进度。此外,当地的劳动力成本、政策优惠等经济因素也会影响风力发电场的选址。在一些劳动力资源丰富且成本较低的地区,可以降低建设和运营过程中的人力成本。而政府出台的优惠政策,如税收减免、补贴等,可以提高项目的经济可行性。

## 2. 选址的原则与方法

### 2.1 基本原则

风力发电场选址的基本原则是多方面综合权衡的结果。资源优先原则要求选址时优先考虑风能资源丰富且稳定的地区,这是风力发电场能够高效运行的前提条件。在中国,风能资源评估已经较为成熟,通过气象数据、实地测风等手段准确掌握风能资源状况,确保所选地址能够满足发电需求。环保原则不可忽视,风力发电作为清洁能源项目,在选址时要避免对生态环境造成破坏。例如,不能选择在珍稀动植物栖息地或者生态脆弱区域建设,同时要考虑风力发电场建设和运营过程中产生的噪声、光影等对周边环境的影响,采取有效的防护措施。安全原则是保障风力发电场长期稳定运行的关键,所选地址要远离军事设施、航空管制区域以及人口密集区,避免因风力发电机组的故障、倒塌等事故对这些区域造成威胁。同时,要考虑当地的自然灾害风险,如洪水、

雷电等,选择在自然灾害风险较低的区域。协调发展原则强调风力发电场与周边区域的协调共进,要与当地的经济发展规划、土地利用规划相契合,促进当地经济发展,带动相关产业的发展,同时也要考虑与周边居民的和谐共处。

## 2.2 常用方法

在风力发电场选址中,常用的方法包括风能资源评估法。通过收集历史气象数据,分析风速、风向、风能密度等参数,绘制风能资源分布图,确定风能资源丰富的区域。例如,利用气象部门多年的观测数据,结合现代地理信息系统(GIS)技术,能够精确地评估不同区域的风能资源状况。实地测风法也是重要的方法之一,在初步选定的可能区域设置测风塔,进行长时间的实地测风。测风塔能够准确测量不同高度的风速、风向等数据,为准确评估风能资源提供依据。一般来说,测风周期需要达到一年以上,以涵盖不同季节的风能变化情况。多因素综合评价法是一种全面的选址方法,它综合考虑自然因素、经济因素、社会因素等多个方面。例如,将风能资源状况、建设成本、电力市场需求、环境影响等因素进行量化,建立评价指标体系,通过数学模型计算各个备选地址的综合得分,从而确定最优的选址方案。这种方法能够避免单一因素决策的片面性,提高选址的科学性和合理性。

## 3. 布局规划要点

### 3.1 机组排列方式

机组排列方式对风力发电场的发电效率和土地利用效率有着重要影响。在中国,常见的机组排列方式有行列式排列和错列(斜列)式排列。行列式排列是一种较为规则的排列方式,机组按照行和列整齐排列。这种排列方式的优点是便于管理和维护,在地形较为平坦的地区,如华北平原的一些风力发电场,采用行列式排列能够使风电场布局整齐美观,并且有利于电力传输线路的规划和铺设。行列式排列方式下,机组之间的相互影响相对容易预测和控制,便于进行风力资源的优化利用。错列(斜列)式排列则是机组在平面上呈交错排列的方式。这种排列方式更有利于利用风能资源,因为它能够减少机组之间的尾流效应。在风向多变的地区,错列(斜列)式排列可以使各个机组更多地接收到未被上游机组干扰的风能,从而提高整个风力发电场的发电效率。例如,在沿海地区,由于风向受到海洋气候的影响较为复杂,错列(斜列)式排列的应用能够有效提升风力发电场的性能。

### 3.2 间距设置

间距设置是风力发电场布局规划中的关键环节。合理的间距能够保证机组之间的相互干扰最小化,同时提高土地利用效率。间距的确定需要考虑多个因素,首先是风力发电机组的型号和尺寸。不同型号的机组,其叶轮直径、塔架高度等参数不同,对间距的要求也不同。例如,大型风力发电机组由于叶轮直径大,为了避免尾流效应的影响,需要设置较大的间距。其次,当地的风能资源状况也会影响间距设置。在风能资源丰富且风向稳定的地区,机组之间的间距可以相对较小,因为尾流效应相对较弱。而在风能资源一般且风向多变的地区,则需要适当增大间距。在中国的一些内陆地区,由于风能资源的稳定性不如沿海地区,在建设风力发电场时往往需要设置更宽松的间距。此外,地形地貌也对间距有一定影响。在山地、丘陵等复杂地形区域,为了适应地形起伏和避免机组之间的遮挡,间距可能需要根据实际地形进行调整。

### 3.3 地形适应性布局

地形适应性布局是风力发电场布局规划中针对复杂地形的重要策略。在中国,山区、丘陵地带的风力发电场建设需要充分考虑地形适应性布局。对于山地地形,由于地势起伏较大,风力发电机组的布局要顺应地形等高线。一般来说,可以将机组布置在山脊等风能资源相对集中的位置,这样既能够利用高处较强的风能,又能减少地形对风能的遮挡。同时,在不同高度的山脊上布置机组时,要考虑垂直方向上的间距,避免上下机组之间的尾流效应影响过大。在丘陵地区,地形较为破碎,风力发电机组的布局要灵活多变。可以根据丘陵的走向和坡度,采用分散式布局或者组团式布局。分散式布局适合于单个丘陵规模较小且分布相对分散的情况,将机组分散布置在各个丘陵的合适位置,充分利用各个局部的风能资源。组团式布局则适用于丘陵相对集中且有一定规律的区域,将机组分组布置在不同的丘陵组团内,每个组团内的机组可以采用行列式或错列(斜列)式排列,提高发电效率的同时便于管理和维护。

## 4. 选址与布局规划的评估

### 4.1 评估指标

风力发电场选址与布局规划的评估指标是多维度的。在风能资源方面,平均风速、风速频率分布、风能密度等是关

键指标。平均风速直接关系到风力发电机组的发电效率,较高的平均风速能使风机更多时间处于高效发电状态。风速频率分布反映了不同风速出现的概率,对于确定风机的选型和布局有重要意义。风能密度则综合考量了风速和风能的可利用程度。地形地貌也是重要评估指标,平坦开阔的地形有利于风机布局,减少尾流效应影响。同时,山地、丘陵等复杂地形则需要考虑地形对风速的加速和风向改变作用。另外,地质条件影响着风力发电场的基础建设成本和稳定性,例如软土地基可能需要特殊的基础处理,增加成本。生态环境指标不可忽视,要考虑对鸟类迁徙、植被覆盖、野生动物栖息地等的影响,避免对生态系统造成破坏。电力接入条件也是评估的重点,靠近现有电网线路或者规划中的电网升级区域,有利于电力的高效传输,减少输电损耗和建设成本。

#### 4.2 评估方法

评估方法的选择对于风力发电场选址与布局规划至关重要。对于风能资源评估,通常采用测风塔实测数据结合数值模拟的方法。测风塔能够在较长时间内准确记录当地的风速、风向等数据,但测风塔数量有限,难以覆盖整个潜在区域。数值模拟则可以利用气象数据和地形数据,对较大范围的风能资源进行模拟分析。地形地貌评估可以借助地理信息系统(GIS)技术,通过数字高程模型(DEM)分析地形起伏、坡度等信息,直观地确定适合风机布局的区域。地质条件评估需要进行地质勘查,包括钻探、物探等手段,获取地层结构、土壤类型等信息,从而判断地基的承载能力和稳定性。生态环境评估方法较为多样,包括实地调查、卫星遥感监测等。实地调查可以准确掌握当地的动植物分布情况,卫星遥感则能够从宏观角度监测生态系统的变化趋势。对于电力接入条件评估,需要分析现有电网的容量、结构以及未来的发展规划,结合电力系统潮流计算等方法,确定风力发电场接入电网的可行性和最优接入点。

### 5. 优化策略与建议

#### 5.1 技术优化

技术优化在风力发电场的选址与布局规划中占据重要地位。在风机选型方面,要根据当地的风能资源特点进行优化。如果风速较低但较为稳定,可以选择低风速型风机,这类风机在低风速环境下具有较高的发电效率。对于风能资源丰富但风向多变的地区,可以采用具有偏航功能的风机,确保风

机能够始终对准风向,最大限度地捕获风能。在布局优化上,应考虑采用合理的间距来减少尾流效应。通过精确的数值模拟计算不同布局下的尾流影响,确定最佳的风机间距,提高整个风电场的发电效率。另外,技术优化还包括提高风机的单机容量。大容量风机能够在相同的土地面积上产生更多的电能,减少占地面积,降低土地成本。

#### 5.2 管理措施

管理措施对于风力发电场的选址与布局规划的有效实施不可或缺。在规划管理方面,需要建立健全的规划审批机制。政府部门应严格按照相关的能源规划、土地利用规划等对风力发电场项目进行审批,确保项目选址符合区域发展战略。同时,要加强对项目前期规划的监管,防止盲目开发和不合理布局。在施工管理方面,要制定严格的施工标准和规范。施工过程中应注重对环境的保护,减少对周边生态环境的破坏。例如,在土方工程中采取有效的防尘措施,避免扬尘污染。在运营管理方面,建立完善的监测系统至关重要。实时监测风力发电场的发电效率、设备运行状态、生态环境影响等。对于出现的问题及时进行处理,如风机故障时能够快速响应维修,生态环境指标出现异常时及时调整运营策略。

#### 结束语:

风力发电场的选址与布局规划是复杂且关键的工作。通过对影响因素、原则方法、布局要点等研究,明确了科学规划的方向。未来需持续优化选址与布局方案,提升风能利用水平,促进风力发电产业稳定、高效、绿色发展。

#### [参考文献]

- [1] 陶科达. 风力发电场的选址与布局优化方法[J]. 中国科技期刊数据库工业 A, 2024 (12): 053-056
- [2] 李姿姿. 山地风电场微观选址造成风电机组发电量偏低问题分析及移位改造方法研究[J]. 机械市场, 2021 (6): 56-62.
- [3]. 王磊. 基于熵值修正 G2 赋权-Mamdani 模糊推理的风电场选址研究[J]. 可再生能源, 2021 (10): 1345-1352.
- [4] 张海桥. 基于 CFO 的海上风电场微观选址优化算法研究[J]. 可再生能源, 2021 (1): 34-40.
- [5] 李阳, 陈晨, 谢兆新, 苏玉新. 风力发电场建筑设计与环境融合研究[J]. 电工技术, 2024 (S01): 343-345347