

# Discussion on the Influencing Factors of Wind Load of Flexible Bracket Photovoltaic Panels

Lei Ren Yaguang Yan Shaobo Cheng

School of Civil Engineering, Hebei University of Engineering, Handan, Hebei, 056000, China

## Abstract

In recent years, with the rapid development of solar photovoltaic power generation technology, flexible solar photovoltaic power generation system has gradually become a popular trend in the market today. How to calculate the appropriate wind load value for the flexible solar photovoltaic bracket has become a very critical problem. By analyzing the wind load influencing factors of installation Angle, bracket material, photovoltaic panel layout density and environmental factors, this paper puts forward several design and technical optimization suggestions to improve the wind resistance, so as to provide scientific guidance for the safety and reliability of flexible bracket photovoltaic system. The rapid development of the photovoltaic industry and the diversification of market demand have promoted the wide application of flexible bracket photovoltaic panels in a variety of application scenarios. This kind of photovoltaic system has excellent performance in plate lightweight and structural flexibility, but in the face of strong wind environment, its bearing capacity and stability still need to be considered.

## Keywords

flexible support; photovoltaic panel; wind load; influencing factors

## 柔性支架光伏板风荷载影响因素探讨

任磊 闫亚光 程少博

河北工程大学土木工程学院, 中国·河北 邯郸 056000

## 摘要

近年来,随着太阳能光伏发电技术的飞速发展,柔性太阳能光伏发电系统已经逐渐成为当今市场上的一种流行趋势。而如何为柔性太阳能光伏支架计算合适的风荷载取值,则成为一个十分关键的问题。论文通过分析安装角度、支架材料、光伏板布局密度及环境因素等多方面的风荷载影响因素,提出若干提升抗风性能的设计与技术优化建议,为柔性支架光伏系统的安全与可靠性研究提供科学指导。光伏产业的快速发展和市场需求的多样化推动了柔性支架光伏板在多种应用场景中的广泛应用,这类光伏系统在板材轻量化及结构灵活性上表现优异,但在面临强风环境时,其承载能力与稳定性仍需重点考量。

## 关键词

柔性支架; 光伏板; 风荷载; 影响因素

## 1 引言

风荷载是影响光伏板稳定的关键因素,不仅对系统整体的安全性产生重要影响,还直接关系到设备的耐久性与维护成本。显然,透彻理解各影响因素及其相互作用,对优化光伏板设计、提高其抗风性能至关重要,这也成为当前研究的重要议题之一。

## 2 柔性支架光伏板的设计与结构特征

柔性光伏支架系统(以下简称柔性支架)是一种大跨度多连跨结构,该结构采用两端固定点之间张拉预应力钢丝绳,两端固定点采用刚性结构及外侧斜拉钢绞线的形式提供支撑反力,可实现 10~30m 的大跨度,适应如山地起伏和植

被增加等情况,只需在合适的位置设置基础并张紧预应力钢绞线或钢丝绳即可。光伏组件布局设计示意如图 1 所示。与传统刚性支架相比,柔性支架可以更好地贴合地形,减少安装过程中的复杂性。材料的选择上,优质的聚合物、复合材料被用于确保支架的弹性和耐久性,使得光伏板在承受外力时,能够进行一定程度的变形而不损坏结构,这种灵活性来自材料科学的发展,使得支架可以在强风作用下分散应力,降低单点的应力集中。面临风荷载时,如何有效减少风阻,降低风产生的振动是个重要课题。为此,流线型的设计常常被应用,这种设计能够更好地引导风流经过光伏板的表面,减少负风压的作用。此外,这种支架通常更加模块化,能够快速拼装和拆解,这在临时安装和需要频繁移动或调整的环境中显得尤为重要。对于柔性支架,设计还考虑减少对底层结构的损伤,这意味着系统要能够在不同安装角度、负载情况下确保安全系数,最大化性能与成本效益,柔性支架光伏

【作者简介】任磊(1998-),男,中国四川南充人,硕士,从事结构风致振动与控制研究。

板不仅代表技术与材料的创新融合,更展现了一种顺应自然的设计哲学,使太阳能利用在现代城市和偏远地区都能焕发出新的光辉<sup>[1]</sup>。

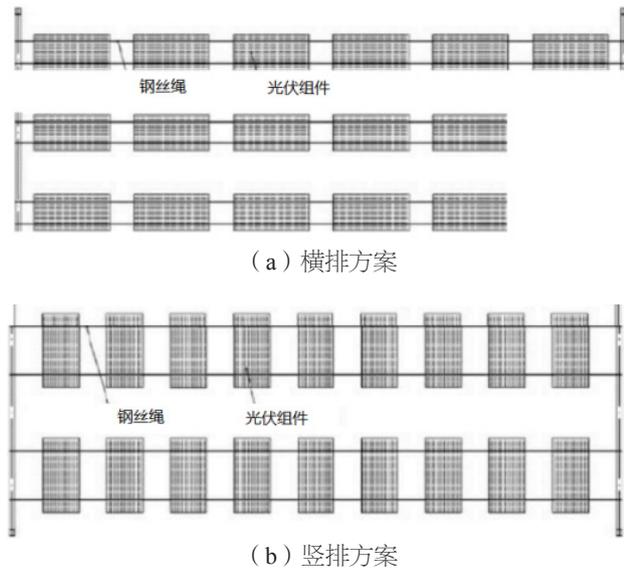


图1 光伏组件布局设计示意

### 3 柔性支架光伏板风荷载的影响因素

#### 3.1 安装角度的影响

在柔性支架光伏板的设计中,安装角度对于风荷载的影响至关重要。它不仅直接影响光伏板的能效输入,还显著影响其在风力作用下的稳定性。安装角度决定了光伏板与风向之间的相对关系,继而影响受力分布。当角度设置不当,风会在板面上形成过大的压力或吸力,导致支架系统和固定结构承受过高的负荷,增加安全隐患。光伏板在面对不同风速和风向时,安装角度可以改变气流绕过板面的流动路径。一个合适的倾斜角度能够帮助减小正面迎风面积,降低阻力。在实际应用中,调节板面倾角需要综合考虑地理位置、季节变化以及常年风向等因素。对于较为平坦或空旷的地点,一个较小的倾角有利于风流的平顺通过,从而减少涡流的产生,降低振动对结构的冲击。安装角度的调整还涉及对光伏系统整体发电效率的影响。在追求最大日照效率与抗风能力之间,往往需要进行精细的平衡设计,以确保支架系统的长久安全和高效运行。而在受限安装环境下,创新性的支架设计和自动调节机制成为突破传统限制的关键。科学合理的角度设置,不仅能提升系统的抗风能力,还能最大化太阳能的利用效率,在保障安全的同时,释放出更多可再生能源的潜能<sup>[2]</sup>。

#### 3.2 支架材料的影响

在分析柔性支架光伏板的风荷载影响因素时,支架材料的选择显得尤为关键。材料直接决定支架的强度、刚度和耐久性,同时也影响其在风荷载冲击下的表现。高质量的材料可以更好抵御风的冲击,从而减少变形和破损的风险。

诸如碳纤维复合材料,因其轻质高强的特性被广泛应用,为光伏系统提供了可靠的支撑。它们能够在减轻结构自重的同时,提供强大的抗拉和抗压能力,表现出优异的应力分散能力。材料的耐候性同样不可忽视,这直接关系到长期使用中的抗老化性能,某些极端条件下,自洁能力和耐腐蚀性也是材料选择的重要考虑因素。聚合物涂层或组合材料的使用为增强支架系统的整体弹性和抗疲劳性能提供了新的方向。选择合适的支架材料不仅优化结构性能,还实现了经济性与可持续性的平衡,提升整个光伏系统的抗风负载能力。

#### 3.3 光伏板布局密度的影响

在探讨柔性支架光伏板的风荷载影响因素时,光伏板布局密度常常是一个关键但易被忽视的因素。板间距和布局方式决定了风能如何在光伏阵列间流动,进而影响风荷载的分布。密集排列的光伏板可能会形成较大的整体迎风面,增加风阻和风产生的涡流效应,这会加剧支架系统的振动。合理的布局密度可以有效引导气流,使风能够更顺畅地穿过光伏板之间的缝隙,降低局部风压的积累。间距适宜的布局不仅有助于增强系统的结构安全性,还能优化阵列的整体冷却效果,提高能量转换效率。在确保发电效率的同时,如何延长系统寿命变得更加关键。灵活的布局策略结合局部环境特征,能够实现经济效益与安全性能的双赢,让光伏系统在充满活力的自然环境中稳健运营。

#### 3.4 环境因素的影响

在柔性支架光伏板的风荷载研究中,环境因素的影响常成为一个复杂而又重要的考虑点。风的速度、方向和持续性这些天气条件能够显著影响风荷载的大小和分布,尤其是在经常面对极端天气的地区,风速的突变和湍流效应都可能给光伏系统带来巨大的压力考验。背风面的地形特征,如山丘、建筑物等,也可能导致风流的加速或减缓,从而影响风荷载在光伏板上的表现。温度和湿度这样的气候条件也不可小觑。高温会导致材料的热膨胀,影响结构的稳定性,而高湿度环境可能导致腐蚀,削弱材料的长久抗风能力。在一些特殊环境中,沙尘和盐雾也能加速设备的磨损。面对这些复杂多变的挑战,柔性支架设计需要充分考虑当地的气候和地形条件,进行针对性的优化,以确保系统在不同环境下都能保持有效的抗风能力,并提高系统的耐久性和可靠性<sup>[3]</sup>。

### 4 加强柔性支架光伏板抗风荷载能力的建议

#### 4.1 优化设计方案

设计的初衷不仅仅是满足当前的工程需求,还需要具备长远的耐用性和适应性,优化设计意味着对现有的结构布局 and 材料选型进行深入分析与调整,以提高整体系统在极端风况下的稳定性和可靠性。首先,结构的几何设计需要特别关注。合理的几何结构能够有效分散风荷载,降低在特定区域的应力集中。比如,通过调整支架的倾斜角度和高度,使风力顺畅通过,从而降低瞬间风压对单个组件的冲击。采用

流体动力学仿真技术模拟不同风速和风向下的受力情况，可以指导设计师找到最优的设计方案。其次，材料的选择同样至关重要。为了最大程度应对强风带来的压力，选用高强度轻质材料，如铝合金或碳纤维复合材料，是一种有效的策略。这些材料不仅具有更高的抗拉和抗压性能，还有更好的耐腐蚀特性，能够在各种环境条件下保持稳定的物理性质。这对于长期暴露在外界条件中的光伏系统来说，极为关键。连接件和基础的稳固性也不容忽视。设计过程中，需要确保每一个连接件的稳定性，以防止在风荷载下出现松动或破损。同时，基础的加固设计能够提供更强的支撑力，实现整体结构的牢固性。使用先进的锚定技术和加固材料，能够有效增强抗震和抗风性能。最后，除了结构和材料方面的优化，智能监测系统的引入也越来越受到重视。实时监测风速、方向和系统状态，并根据监测数据动态调整光伏板的角度和方向，可以在很大程度上减少风荷载对系统的影响。这种智能化的设计思路不仅提升了抗风能力，也为光伏系统的日常维护提供了有效的数据支持，优化设计不仅仅是为了增强抗风性能，更是为了在不断变化的自然环境和能源需求下保持光伏系统的高效和安全运行。

#### 4.2 提高支架与光伏板连接技术

现代工程中，采用高强度的紧固件和先进的锁紧技术可以显著增强板材与支架之间的连接强度，这些紧固件需要具备优良的抗拉和抗扭性能，以抵御反复的风振动带来的疲劳。在选材上，耐腐蚀合金或高强度复合材料被广泛应用，它们能够在恶劣的气候中保持长效使用，减少锈蚀和老化问题。随着科技的进步，智能化连接系统也逐渐引入光伏行业，利用传感器实时监测连接部位的应力与变形情况，可以及时预警潜在的松动风险，这种预防性维护手段大幅提升了连接的安全系数，降低了人工巡检的频率和难度。同时，灵活可调的连接设计也是一个值得关注的创新，根据不同季节和环境对光伏板角度进行微调，以最优姿态应对风力，这要求连接结构不仅拥有足够的强度，还需要具备适应性的灵活度。

通过模块化设计，连接组件可以在保持紧固性的情况下，允许板材进行一定角度的自动调整，既满足了发电效率，又减小了风荷载的冲击。

#### 4.3 采用新材料和新工艺

在提升柔性支架光伏板的抗风荷载能力方面，采用新材料和新工艺是一条极具潜力的路径。高强度轻质材料如碳纤维复合材料和先进的高分子塑料正逐渐成为明星选项。这些材料不仅在强度上具备卓越的性能，而且重量轻，可以有效减轻整个系统的负担，提高结构的抗风性能。新工艺的引入也为材料应用带来了更多可能性。例如，采用先进的3D打印技术，可以实现精密且复杂的支架结构设计，让风力分布更加均匀，减少应力集中。这种工艺不仅提供了更大的设计自由，还能降低材料浪费，进而提高经济效益。创新的表面处理工艺也在提升抗风能力上起到关键作用。通过在支架和光伏板表面应用纳米涂层，不仅可以增强材料的耐候性，还能降低表面对风的阻力。

### 5 结语

风荷载作为影响柔性支架光伏板的重要因素，涉及到多方面的复杂特性，在探索其影响机制并提出相应对策的过程中，优化设计方案、提升支架与光伏板连接技术及采用新材料和工艺三个方面尤为关键。通过这些途径不仅可以有效提高光伏板的抗风性能，还能最大限度地发挥其经济和环保优势，这将为促进可再生能源的稳定发展，推动更广泛的应用提供坚实的技术支撑，今后的研究应继续关注系统实际应用中的动态因素，以保持技术的前沿性和创新性。

#### 参考文献

- [1] 苟华. 柔性支架施工技术在光伏发电项目的应用[J]. 中华建设, 2024(9):139-141.
- [2] 蔡凌飞, 朱卫兵, 汪秒. 浅谈柔性光伏支架的应用[J]. 工程建设与设计, 2024(11):108-110.
- [3] 李振兴, 左英飞, 王艳珺. 柔性光伏支架系统应用现状及前景浅析[J]. 山西电力, 2024(2):22-25.