

# 柔性光伏支架系统构造设计与工程应用

张伟

西北水利水电工程有限责任公司 陕西 西安 710000

**摘要:** 柔性光伏支架系统以其独特的柔性和适应性,在山地、水面等复杂地形以及临时性、移动性场所中展现出显著优势。本文首先介绍了柔性光伏支架系统的基本构造设计,包括结构设计、环境适应性设计以及倾角设计。随后,文章详细分析了柔性光伏支架系统在屋顶光伏电站、地面光伏电站以及特殊场景应用等方面的应用。通过实际工程应用的分析,旨在展示柔性光伏支架系统的卓越性能和广泛应用场景,为推动光伏技术的创新和发展提供参考。

**关键词:** 柔性光伏支架; 构造设计; 工程应用

## 引言

随着光伏电站的建设规模不断扩大,对光伏支架系统的要求也日益提高。特别是在山地、水面等复杂地形以及临时性、移动性场所中,传统的光伏支架系统难以满足实际需求。因此,开发一种具有柔性和适应性的新型光伏支架系统显得尤为重要,柔性光伏支架系统以其独特的优势,如高度的柔性和可调性、轻便的材质以及模块化设计等,在各类特殊场景中展现出显著的应用潜力。

## 1 柔性光伏支架系统的构造设计

### 1.1 总体设计原则

在柔性光伏支架系统的总体设计中,确立一系列设计原则至关重要,这些原则不仅确保了系统的安全性、稳定性,同时也兼顾了灵活性和经济性,以满足不同应用场景下的需求。第一,安全性原则。光伏支架系统作为支撑光伏组件的基础结构,其安全性直接关系到整个光伏电站的稳定运行和人员的安全。在设计过程中,必须严格遵守国家及行业相关的安全标准和规范,确保系统的结构强度、稳定性和抗风、抗震等能力满足要求,对于关键部件和连接节点,需要进行详细的力学分析和实验验证,确保其在各种工况下都能保持安全可靠的运行状态。第二,灵活性原则。柔性光伏支架系统需要具备一定的灵活性,以适应不同应用场景下的需求,这种灵活性不仅体现在系统的结构设计上,还体现在系统的安装和维护上。第三,经济性原则。光伏电站的建设成本直接影响到其经济效益和竞争力,在柔性光伏支架系统的设计中,需要充分考虑成本因素,通过优化结构设计、材料选择、生产工艺等方面来降低系统成本<sup>[1]</sup>。

### 1.2 结构设计

第一,两端钢立柱及其基础设计。钢立柱作为支撑光伏组件的主要结构,其强度、刚度和稳定性直接关系到整个系统的性能。在设计中,需要充分考虑地质条

件、风荷载、雪荷载等因素,以确保钢立柱能够稳固地支撑光伏组件。独立基础是钢立柱的支撑点,其设计应考虑到地质条件、承载能力和施工便捷性,通过合理的基础设计,可以确保钢立柱的稳定性和耐久性,为整个系统提供坚实的基础。第二,光伏组件布局设计。光伏组件的布局直接影响到系统的发电效率和稳定性。在设计中,需要充分考虑光伏组件的排列方式、安装角度和间距等因素。水平光伏组件布局和垂直光伏组件布局各有优缺点,需要根据实际情况进行选择。水平布局可以提高系统的发电效率,但可能受到阴影遮挡的影响;垂直布局则更适合于复杂地形和阴影较多的地区。第三,摆动柱与应力集中控制。由于柔性支架系统具有较高的灵活性和变形能力,因此在受到外部载荷作用时容易产生应力集中现象。为了解决这个问题,可以在系统中设置摆动柱来允许支架系统在一定范围内自由变形。或者,通过合理的结构设计和材料选择,可以降低应力集中现象的发生,提高系统的稳定性和耐久性。

### 1.3 环境适应性设计

考虑到不同地区气候条件的多样性和极端天气条件的潜在影响,系统设计必须综合考虑风荷载、雪荷载的计算。第一,风荷载和雪荷载的计算。风荷载是由于风的作用在光伏支架系统上产生的力,而雪荷载则是由于积雪在支架系统上产生的重量。在设计过程中,需要根据当地的风速、风向频率、地形地貌等条件,利用专业的风工程计算软件或公式,精确计算出系统在不同风速和积雪条件下的受力情况。这些计算结果为支架系统的结构设计、材料选择和连接方式提供了科学依据,确保系统能够承受各种天气条件下的风荷载和雪荷载。在极端天气条件的考虑上,柔性光伏支架系统需要具备更高的应对能力。极端天气条件包括强风、暴雨、暴雪、冰雹、雷电等,这些极端条件可能对系统造成严重的损害<sup>[2]</sup>。

在设计时,需要充分评估项目所在地区极端天气条件的发生频率和强度,采取相应的应对措施。例如,在强风地区,可以增加支架系统的刚度和稳定性,采用抗风性能更好的材料和连接方式;在暴雨和暴雪地区,需要设计合理的排水和融雪系统,防止积水和积雪对系统造成损害。第二,水排放设计。由于光伏支架系统通常安装在户外,容易受到雨水、雪水等自然水源的影响。如果排水不畅,会导致积水和腐蚀等问题,严重影响系统的性能和使用寿命。所以,在水排放设计中,需要合理规划排水路径和排水结构,确保雨水、雪水等自然水源能够顺畅地排出系统。这包括在支架系统的下方设置排水沟、排水槽等结构,将积水引导至远离系统的位置;还要在支架系统的表面采用防水材料或涂层,防止水分渗透到系统中造成损害。而且,还需要定期对排水系统进行检查和维护保养,确保其畅通无阻,及时发现并解决排水问题。

#### 1.4 倾角设计

最佳安装倾角的确定是一个综合考虑地理位置、气候条件、光伏组件特性以及经济成本等多方面因素的过程。(1)地理位置是决定最佳安装倾角的重要因素之一,由于地球的自转和公转,不同地区的太阳辐射角度和日照时间都有所不同。因此,在设计光伏支架系统时,需要充分考虑项目所在地的纬度、经度以及海拔等因素,以确定合适的安装倾角。一般来说,在低纬度地区,太阳辐射角度较大,因此可以适当减小安装倾角;而在高纬度地区,太阳辐射角度较小,需要适当增加安装倾角以更好地接收太阳辐射。(2)气候条件也是影响安装倾角的重要因素,不同地区的气候条件差异很大,包括气温、风速、降雨量等。这些气候条件会对光伏组件的发电效率和支架系统的稳定性产生影响,在风速较大的地区,需要适当增加支架系统的稳定性和抗风能力,而安装倾角的选择也需要考虑风的影响。(3)除了地理位置和气候条件外,光伏组件的特性也是确定最佳安装倾角需要考虑的因素之一,不同的光伏组件具有不同的发电效率和最佳工作角度。所以,在选择光伏组件时,需要充分了解其特性,并根据实际情况选择适合的安装倾角。一般来说,光伏组件的最佳工作角度与其表面的反射率和吸收率有关。通过合理调整安装倾角,可以使光伏组件的表面更好地接收太阳辐射,从而提高其发电效率。

## 2 柔性光伏支架系统的工程应用

### 2.1 屋顶光伏电站

(1)柔性光伏支架系统凭借其轻便、灵活的特性,

能够轻松适应各种形状和尺寸的屋顶,实现快速安装和部署。而且,柔性光伏支架系统还具有良好的防水性能和抗风能力,能够确保光伏组件在恶劣天气条件下的稳定运行。因此,柔性光伏支架系统在居民住宅屋顶的应用,不仅能够提高家庭的能源自给率,降低能源消耗,还能够减少对传统能源的依赖,为环境保护做出贡献。

(2)商业建筑屋顶也是柔性光伏支架系统的重要应用场景,商业建筑通常拥有较大的屋顶面积,且对能源需求较高,传统的光伏支架系统由于结构复杂、安装周期长等问题,往往难以满足商业建筑屋顶的需求<sup>[9]</sup>。而柔性光伏支架系统则能够轻松应对这些问题,其独特的柔性设计使得支架系统能够紧密贴合屋顶表面,实现最大化利用屋顶面积。同时,柔性光伏支架系统还具有高效的能量转换能力和远程监控功能,能够实时监测光伏系统的运行状态,确保系统的稳定运行和高效发电。(3)工业厂房屋顶也是柔性光伏支架系统的重要应用领域之一,工业厂房通常拥有大面积的屋顶空间,且对能源需求巨大。传统的光伏支架系统由于安装难度大、维护成本高等问题,往往难以在工业厂房屋顶广泛应用。而柔性光伏支架系统则能够轻松解决这些问题,其独特的柔性设计使得支架系统能够适应各种复杂的屋顶结构和形状,实现快速安装和部署。而且,柔性光伏支架系统还能够根据工业厂房的能源需求进行定制化设计,实现能源的高效利用和节能减排。所以,柔性光伏支架系统在工业厂房屋顶的应用,不仅能够满足工业厂房的能源需求,降低能源消耗和运营成本,还能够提高工业生产的效率和可持续性。

### 2.2 地面光伏电站

在荒漠、草原等开阔地带以及停车场、运动场等公共设施上建设地面光伏电站,柔性光伏支架系统展现出了独特的优势和潜力。第一,荒漠和草原等开阔地带因其广袤无垠、光照充足、地形平坦等特点,成为了建设地面光伏电站的理想场所。然而,这些地区往往存在地表起伏、土壤松软等问题,给传统光伏支架系统的安装带来了诸多挑战。柔性光伏支架系统以其独特的柔性和适应性,能够轻松应对这些挑战。其材料设计使其能够随着地形起伏自由调整,确保光伏组件的稳定安装;而且,其轻便的材质和简单的安装过程也大大降低了在松软土壤上施工的难度。在荒漠和草原等开阔地带建设地面光伏电站,柔性光伏支架系统不仅提高了光伏电站的建设效率,还确保了光伏组件的稳定运行,为当地提供了可持续的清洁能源。第二,停车场、运动场等公共设施作为城市中的重要组成部分,其面积广阔、日照充

足,是建设地面光伏电站的又一重要场所。但是,这些场所往往需要考虑人员活动、车辆行驶等因素,对光伏支架系统的安全性和稳定性提出了更高的要求。柔性光伏支架系统以其优异的性能和独特的设计,满足了这些要求。其材料具有良好的抗冲击性和耐磨性,能够承受人员和车辆的活动压力;并且,其独特的结构设计使其能够在保证光伏组件稳定安装的同时,不妨碍人员和车辆的通行。柔性光伏支架系统能够根据不同的光照条件和气候条件进行自适应调整,确保光伏组件始终处于最佳的工作状态,这种自适应调整能够最大化地提高光伏电站的发电效率,降低能源浪费。

### 2.3 特殊场景应用

在光伏技术的应用中,特殊场景如山地、水面等复杂地形以及临时性、移动性场所对光伏支架系统的要求尤为特殊。这些场景往往伴随着地形起伏、环境多变或需要快速部署与移动等挑战,而柔性光伏支架系统凭借其独特的优势和适应性,在这些特殊场景中展现出了卓越的应用潜力。(1)山地地区往往地形崎岖,坡度大,土壤条件差,传统的光伏支架系统难以适应这种复杂的地形。而柔性光伏支架系统以其高度的柔性和可调性,能够轻松应对这些挑战。其材料设计使得支架系统能够随着地形起伏自由调整,确保光伏组件的稳定安装。而且,柔性光伏支架系统的轻便材质和模块化设计,使得在山地地区的运输和安装变得更加便捷高效。在山地地区建设光伏电站,柔性光伏支架系统不仅能够充分利用太阳能资源,提高能源利用效率,还能有效保护山地生态环境,实现绿色能源与生态环境的和谐共生。(2)水面光伏电站作为一种新兴的光伏应用形式,也面临着诸多技术挑战,水面环境复杂多变,波浪、水流等因素都会对光伏支架系统造成冲击和破坏<sup>[4]</sup>。柔性光伏支架系统以其独特的柔韧性和耐腐蚀性,能够很好地适应水面环

境。其特殊的材料设计使得支架系统能够抵抗波浪和水流的冲击,保持光伏组件的稳定运行。同时,柔性光伏支架系统还具有良好的防水性能,能够防止水分对光伏组件的侵蚀和损坏。在水面建设光伏电站,柔性光伏支架系统不仅能够实现清洁能源的利用,还能为水域生态提供保护,促进水域环境的可持续发展。(3)除了山地和水面等复杂地形外,柔性光伏支架系统还广泛应用于临时性、移动性场所,这些场所通常具有使用时间短、位置变化频繁等特点,需要光伏支架系统能够快速部署和移动。柔性光伏支架系统的模块化设计和轻便材质使其具备了快速部署和移动的能力。用户可以根据需要快速组装和拆卸光伏支架系统,实现快速部署和移动。

### 结语

通过本文的探讨和分析,可以看出柔性光伏支架系统在各类特殊场景中具有显著的应用优势和广阔的市场前景。其独特的柔性和适应性使得光伏电站能够更好地适应复杂地形和环境条件,提高了能源利用效率和系统稳定性。随着光伏技术的不断发展和应用需求的不断增长,柔性光伏支架系统将在未来发挥更加重要的作用。因此,我们应该继续加强对其构造设计和工程应用的研究和探索,为推动光伏技术的创新和发展贡献力量。

### 参考文献

- [1]常秀端.柔性光伏支架结构特性与优化设计分析[J].建筑工程技术与设计,2021,000(011):561.
- [2]唐俊福,林建平,霍静思.柔性光伏支架结构特性分析及其优化设计[J].华侨大学学报(自然科学版),2019:331-337.
- [3]杜航,徐海巍,张跃龙.大跨柔性光伏支架结构风压特性及风振响应[J].哈尔滨工业大学学报,2022:67-74.
- [4]李成志.柔性光伏支架系统构造设计与工程应用[J].建筑技术,2021:120-121.