

# 光伏板支架结构优化设计与材料选择分析

姚旭锋

中国水利水电第三工程局有限公司

DOI:10.12238/btr.v7i6.4569

**[摘要]** 本文旨在深入探讨光伏板支架的结构优化设计及其材料选择策略,以确保太阳能光伏发电系统的高效、稳定与安全运行。光伏支架作为光伏发电系统的重要组成部分,其结构设计的合理性及材料选择的适宜性直接关系到整个系统的性能与寿命。本文首先概述了光伏支架的基本结构与设计要点,随后详细分析了支架结构优化设计的关键要素,包括荷载处理、支架受力理论计算及组件排列方式等。在材料选择方面,本文比较了不同材料(如铝合金、不锈钢、镀锌钢件等)的性能特点及其适用场景,并探讨了材料选择时需综合考虑的因素。最后,本文总结了光伏支架结构优化设计与材料选择的重要性,为光伏系统的设计与应用提供了有价值的参考。

**[关键词]** 光伏板支架; 结构优化; 材料选择; 荷载处理; 受力分析

**中图分类号:** S605+.2 **文献标识码:** A

## Optimization of structure design and material selection analysis of photovoltaic panel support

Xufeng Yao

SINOHYDRO BUREAU 3 Co.,LTD.

**[Abstract]** This paper aims to deeply discuss the structural optimization design of photovoltaic panel bracket and its material selection strategy, so as to ensure the efficient, stable and safe operation of solar photovoltaic power generation system. As an important part of the photovoltaic power generation system, the rationality of its structural design and the suitability of material selection are directly related to the performance and life of the whole system. In this paper, the basic structure and design points of photovoltaic bracket are summarized, and then the key elements of the optimal design of bracket structure are analyzed in detail, including load treatment, theoretical calculation of bracket force and component arrangement. In terms of material selection, this paper compares the performance characteristics and application scenarios of different materials (such as aluminum alloy, stainless steel, galvanized steel parts, etc.), and discusses the factors to be considered comprehensively in material selection. Finally, this paper summarizes the importance of photovoltaic bracket structure optimization design and material selection, which provides a valuable reference for the design and application of photovoltaic systems.

**[Key words]** photovoltaic panel support; structure optimization; material selection; load treatment; force analysis

光伏支架作为光伏发电系统中的关键支撑装置,其结构设计材料与选择至关重要。光伏支架主要由采光支架单元、角度调节单元和支撑单元组成,这些单元共同承载着光伏组件,确保其稳定运行。在设计光伏支架时,需充分考虑结构的安全性、耐久性以及经济性,同时根据具体的安装环境和应用场景来确定最适合的方案。竖向承载力验算、水平承载力验算以及整体稳定性验算是设计过程中的重要环节,以确保支架能够承受来自上方的压力或拉力,以及在侧向力作用下的稳定性。此外,基础

尺寸与深度的确定也是基于倾覆力矩、抗拔力等参数的计算结果<sup>[1]</sup>。

### 1 支架结构优化设计的关键要素

#### 1.1 荷载处理

在光伏支架结构优化设计中,荷载处理是至关重要的一环。光伏支架需承受多种荷载,包括风荷载、雪荷载、自重荷载及附加荷载等。设计时应充分考虑当地的气候条件和地形特点,并预测在支架使用寿命内可能出现的极限工况。以风荷载为例,光伏

组件为获取最大光照辐射,通常与水平面形成固定角度,从而承受部分风荷载。根据国际标准《光伏组件安全鉴定》(IEC61730)的相关要求,光伏组件需能承受相当于瞬时风速为42m/s的风荷载。因此,在支架结构设计中,需对关键荷载参数进行规范取值,以确保结构的安全性和稳定性。

### 1.2 支架受力理论计算

支架受力理论计算是优化设计过程中的另一关键要素。在光伏支架结构中,次梁和主梁是关键受弯构件,而立柱结构和支撑结构则是受压构件。依据静力学原理,需对次梁的最大跨中弯矩和支座弯矩进行计算,以确保其满足强度要求。主梁结构的受力情况则需借助静力分析法进行计算。此外,还需结合钢结构规范稳定性的运行标准,对受压构件及受弯构件的容许长细比取值进行验证,以确保支架结构的整体稳定性。

### 1.3 组件排列方式

#### 1.3.1 竖向双层光伏组件排列的钢量节约效应

在光伏支架的优化设计进程中,组件排列方式的选择是一项至关重要的决策,其中,竖向双层光伏组件排列方式以其独特的结构优势,在减少钢量使用率方面展现出了显著的经济效益。相较于传统的横向排列,竖向双层排列通过巧妙的空间布局,实现了在相同长度范围内安装相同数量组件的同时,无需额外构建复杂的柱间支撑结构。这一设计不仅简化了支架的整体结构,还大幅度降低了对钢材等原材料的需求,从而在源头上削减了成本支出。此外,竖向双层排列还有助于提升光伏系统的通风性能,减少因组件密集排列而导致的热量积聚问题,为光伏组件的高效运行提供了更为有利的环境。因此,在追求经济性与实用性的光伏支架设计实践中,竖向双层光伏组件排列方式无疑是一个值得深入探索与应用的选项。

#### 1.3.2 横向四层光伏组件排列的适用场景分析

尽管竖向双层光伏组件排列在钢量节约方面表现出色,但横向四层光伏组件排列方式亦有其独特的适用场景与优势。在土地资源相对充裕、对光伏系统占地面积要求不高的地区,横向四层排列能够更为充分地利用地面空间,通过增加组件的层数来提高单位面积的发电效率。这种排列方式特别适用于那些对光伏系统容量有较高要求,同时又不受空间限制的大型地面光伏电站。此外,横向四层排列在结构上更为稳固,能够抵御更为恶劣的自然环境,如强风、暴雪等,从而确保光伏系统的长期稳定运行。因此,在选择组件排列方式时,需综合考虑项目所在地的土地资源状况、气候条件以及发电需求等因素,以确定最为适宜的排列方案。

#### 1.3.3 平衡发电效率与经济成本的组件排列策略

在光伏支架的优化设计过程中,如何平衡发电效率与经济成本,是选择组件排列方式时必须面对的核心问题。竖向双层与横向四层光伏组件排列方式各有千秋,前者在节约钢量、降低成本方面具有明显优势,而后者则在提高发电效率、增强系统稳定性方面表现出色。因此,在实际设计环节中,应根据项目的具体情况综合考虑。对于土地资源紧张、成本预算有限的项目,

竖向双层排列或许是一个更为经济合理的选择;而对于追求高发电效率、对成本不太敏感的大型项目,横向四层排列则可能更为合适。此外,还可以尝试将两种排列方式相结合,通过灵活调整组件的布局与层数,以实现发电效率与经济成本的最佳平衡。

## 2 材料选择分析

### 2.1 材料性能比较

#### 2.1.1 铝合金支架的轻量化与耐腐蚀性权衡

在光伏支架的材料选择领域,铝合金凭借其轻质高强、耐腐蚀以及优良的加工性能,成为了一种值得期待的选项。铝合金支架的显著特点在于其重量轻,这一特性对于减轻光伏系统的整体负担、降低安装难度以及提升运输效率具有不可忽视的作用。特别是在那些对重量有着严格要求的场合,如屋顶光伏系统或是对基础承载能力有限的地区,铝合金支架的轻量化优势显得尤为突出。然而,铝合金支架也并非毫无瑕疵。尽管其耐腐蚀性相较于某些金属材料而言已属上乘,但在极端腐蚀环境下,如某些工业区域或海洋性气候地区,其耐腐蚀性能可能仍显不足。此外,铝合金的强度相对较低,这意味着在承受相同荷载时,铝合金支架可能需要更粗壮的截面或更多的支撑结构来确保稳定性。同时,铝合金材料的高成本也是制约其广泛应用的一大因素。因此,在选择铝合金支架时,需综合考虑其轻量化带来的便利与耐腐蚀性、强度及成本之间的权衡<sup>[2]</sup>。

#### 2.1.2 不锈钢支架的耐腐蚀性与成本考量

不锈钢支架因其卓越的耐腐蚀性能而在光伏领域占据了举足轻重的地位。特别是在海边或高腐蚀性环境中,不锈钢支架的耐蚀性表现尤为出色,能够长期抵御盐雾、潮湿等恶劣环境的侵蚀,确保光伏系统的稳定运行。不锈钢的这种耐腐蚀性能主要得益于其合金元素(如铬、镍等)的添加,这些元素在金属表面形成了一层致密的氧化膜,有效隔绝了外界腐蚀介质的侵入。然而,不锈钢支架的高成本却是其广泛应用的一大障碍。不锈钢的原材料成本、加工成本以及后续的维护成本均相对较高,这使得不锈钢支架在价格敏感的市场中竞争力有限。因此,在选择不锈钢支架时,需充分权衡其耐腐蚀性能带来的长期效益与高昂成本之间的得失。

#### 2.1.3 镀锌钢件的经济性与寿命评估

镀锌钢件作为光伏支架的另一种常见选择,以其成本低廉、应用广泛而著称。镀锌钢件通过热浸镀锌工艺,在钢材表面形成了一层锌层,从而提高了其耐腐蚀性能。这种处理工艺不仅延长了钢材的使用寿命,还降低了材料的整体成本。镀锌钢件的经济性在于其原材料丰富、加工简便以及价格相对较低,这使得镀锌钢件在光伏支架市场中占据了较大的份额。然而,镀锌钢件的重量较大,这可能会增加安装和运输的难度。同时,在某些极端腐蚀环境下,镀锌层的保护作用可能有限,导致钢材的耐腐蚀性能下降,进而影响光伏支架的使用寿命。因此,在选择镀锌钢件时,需对其经济性、重量以及耐腐蚀性能进行综合考虑,以确保光伏支架的长期稳定运行和经济效益的最大化。

## 2. 2材料选择需综合考虑的因素

### 2. 2. 1耐腐蚀性能的关键性评估

在光伏支架材料的遴选过程中,耐腐蚀性能无疑是一项举足轻重的考量指标,尤其对于长期置身于户外复杂多变环境中的光伏支架而言,其重要性更是不言而喻。由于光伏支架需承受来自自然界的风吹雨打、日晒雨淋,以及可能存在的腐蚀性气体或液体的侵蚀,因此,所选材料必须具备出色的耐腐蚀性能,以确保支架在长期使用过程中能够保持结构完整、性能稳定。这就要求在选择材料时,需深入剖析其化学成分、微观结构以及表面处理工艺等因素对耐腐蚀性能的具体影响,进而筛选出最适宜的材料,为光伏支架的长期稳定运行奠定坚实基础。

### 2. 2. 2机械性能满足设计需求的必要性

光伏支架作为光伏发电系统的核心支撑结构,其机械性能的好坏直接关系到整个系统的安全与稳定。因此,在选择材料时,必须对其强度、刚度以及耐疲劳性等机械性能进行全面而深入的评估。强度是材料抵抗外力作用而不被破坏的能力,对于光伏支架而言,足够的强度是确保其能够承受各种荷载而不发生形变或破坏的前提。刚度则反映了材料在受力时抵抗变形的能力,对于保持光伏支架的稳定性和精度至关重要。而耐疲劳性则是指材料在反复荷载作用下仍能保持其原有性能的能力,对于长期运行的光伏支架而言,这一性能同样不可或缺。因此,在选择材料时,需综合考虑其机械性能是否满足设计需求,以确保光伏支架的可靠性和耐久性。

### 2. 2. 3成本效益分析的全面考量

在光伏支架材料的选择过程中,成本效益分析是一项不可忽视的重要环节。这不仅仅涉及到材料的初始成本,更包括其在长期使用过程中的维护成本以及经济性。初始成本是材料选择时最直观的经济考量,它直接决定了光伏支架的初期投资规模。然而,仅仅关注初始成本是远远不够的,因为不同材料的维护成本和使用寿命可能存在显著差异。一些材料虽然初始成本较低,但由于其耐腐蚀性能或机械性能不佳,导致在使用过程中需要频繁维护或更换,从而增加了整体成本。因此,在选择材料时,需全面考量其成本效益,包括初始成本、维护成本以及长期使用

过程中的经济性,以确保光伏支架的经济可行性和可持续性。

### 2. 2. 4环境影响因素的深入剖析

随着全球环保意识的日益增强,光伏支架材料的选择也需充分考虑其对环境的影响。这主要包括材料的可回收性以及生产过程中的碳足迹等方面。可回收性是指材料在使用寿命结束后能否被有效回收并再利用,这对于减少资源浪费和环境污染具有重要意义。在选择材料时,应优先考虑那些易于回收且回收价值较高的材料,以降低光伏支架对环境的影响。同时,生产过程中的碳足迹也是不容忽视的因素。不同材料的生产过程可能产生不同的碳排放量,选择低碳排放的材料有助于降低光伏支架的整体碳足迹,从而符合绿色、可持续的发展理念。因此,在选择光伏支架材料时,需深入剖析其对环境的影响,以确保光伏支架的环保性和可持续性。

## 3 结束语

光伏板支架作为光伏发电系统的核心组成部分,其结构优化设计与材料选择对于整个系统的性能与寿命具有至关重要的影响。通过深入分析和比较不同材料的性能特点及其适用场景,并综合考虑结构设计的合理性与经济性,我们可以为光伏系统的设计与应用提供更为科学、有效的指导。在未来的发展中,随着技术的不断进步和材料的不断创新,光伏支架的结构优化设计与材料选择也将呈现出更加多元化和智能化的趋势,为光伏发电事业的持续发展贡献力量<sup>[3]</sup>。

### [参考文献]

[1]刘钰,王恩政.光伏发电板支架焊接结构疲劳寿命估计研究[J].焊接技术,2024,53(06):14-18.

[2]邱福清.光伏支架设计与效率提升措施[J].科技与创新,2024,(23):157-159.

[3]郎治岐,吴文凯,毕永利.折叠式太阳花光伏发电装置俯仰支架拓扑优化研究[J].黑龙江科学,2024,15(22):1-6.

### 作者简介:

姚旭锋(1990--),男,汉族,甘肃省天水市人,中级工程师,大学本科,研究方向:光伏支架结构优化设计和施工技术研究。