

# 探析光伏支架结构优化设计

高 滕

杭州开元装饰工程有限公司 浙江 杭州 311200

**摘 要：**本文探讨了光伏支架结构优化设计的关键原则和方法。设计原则包括安全性、经济性、高效性和可维护性，以确保支架在满足基本功能的同时，实现成本效益和长期稳定运行。优化方法涵盖了材料选择、结构创新以及利用有限元分析、拓扑优化、尺寸优化和形状优化等先进技术。通过综合应用这些原则和方法，光伏支架的性能将得到显著提升，为太阳能行业的发展提供有力支撑。

**关键词：**光伏支架；结构优化；设计

## 引言

随着全球对可再生能源需求的不断增长，太阳能技术以其清洁、可再生的特性受到了广泛关注。作为太阳能系统的核心支撑结构，光伏支架的设计至关重要。本文不仅关注光伏支架的基本设计原则，还深入探讨了结构优化的多种方法，如创新结构设计、材料选择、以及利用先进的有限元分析等技术进行精确优化。期望通过本文的研究，能为光伏行业的持续发展提供有力的技术支持和实践指导。

## 1 光伏支架的设计原则

### 1.1 安全性原则

在光伏支架的设计过程中，必须确保其结构具备足够的强度和稳定性，以应对各种极端自然环境条件。这些条件可能包括强风、暴雪、地震等自然灾害，这些灾害都可能对光伏支架的结构安全性造成威胁。针对强风，光伏支架的设计需要考虑到风压的影响，通过合理的结构设计和材料选择，确保支架在强风环境下不会发生倒塌或严重变形。同时，支架的安装方式也需要考虑风向和风速的变化，以确保其稳定性和安全性。对于暴雪，光伏支架的设计需要考虑到积雪的重量和对支架的压迫力。支架的结构和材料必须能够承受这种额外的负荷，避免在积雪过多时发生坍塌或损坏。在地震环境下，光伏支架的设计则需要考虑地震波对支架结构的影响。支架必须具备足够的抗震能力，能够在地震发生时保持稳定，避免光伏板因支架损坏而脱落或损坏。此外，光伏支架的设计还需要考虑到长期使用的耐久性和抗腐蚀性。支架的材料和结构设计必须能够抵抗恶劣的环境条件，如高温、低温、潮湿等，以确保光伏系统的长期稳定运行。

### 1.2 经济性原则

在确保支架结构安全稳定的前提下，必须充分考虑

成本控制，以实现项目的经济效益最大化。这一原则要求设计者在选择材料、设计方案和优化结构时，都要以成本为重要考量因素。首先，材料成本的控制是关键。选择性价比高、质量可靠的材料是降低成本的第一步。例如，可以采用铝合金或钢材等常见且成本较低的材料，同时确保这些材料能够满足支架的强度和耐久性要求。此外，对于材料的使用量也要进行优化，避免浪费。其次，安装成本的降低同样重要<sup>[1]</sup>。设计时应考虑安装过程的简便性和效率性，以减少安装时间和人力成本。例如，可以采用模块化设计，使支架的安装更加快速和简单。同时，设计的标准化和通用性也有助于降低安装成本，因为这样可以减少定制和特殊工具的需求。此外，经济性原则还要求在设计过程中进行全面的成本效益分析。这包括对比不同设计方案的成本和效益，以及评估支架在整个光伏系统生命周期内的维护成本和替换成本。通过这些分析，可以选择出最具有经济性的设计方案。

### 1.3 高效性原则

高效性原则在光伏支架设计中具有至关重要的地位，因为它直接关系到整个光伏系统的发电效率和经济效益。为了实现高效性，设计过程中必须全面而深入地考虑结构优化的各种可能性。这意味着要从材料选择、结构设计、安装角度调整等多个方面入手，以确保光伏组件能够最大限度地利用太阳辐射。在光伏支架设计中，安装角度的调整是一项至关重要的任务。由于太阳辐射的角度会随着季节和日照条件的变化而变化，因此光伏组件的安装角度也需要相应地调整，以确保能够始终垂直于太阳光线，从而最大化地接收太阳辐射。为了实现这一目标，设计师需要采用先进的智能优化算法，如遗传算法和粒子群优化算法，对支架结构进行多目标优化，以寻求最优设计方案。除了安装角度的调整外，

增加光伏组件的受光面积也是提高发电效率的关键。通过合理的结构设计,可以使得更多的阳光能够直接照射到光伏电池板上,从而提高光电转换效率,增加发电量。

#### 1.4 可维护性原则

可维护性原则在光伏支架设计中占据至关重要的地位。它强调光伏支架的构造和布局需要充分考虑日常的清洁和维护工作,确保这些工作能够高效、安全地进行,从而有效减少后期的运维成本。光伏支架应设计得足够宽敞,以便维护人员能够轻松进入并接触到光伏板。此外,支架的高度和角度也需要合理设计,以确保维护人员能够在不借助额外工具的情况下,安全地进行清洁和维护工作<sup>[2]</sup>。光伏支架采用模块化设计,可以使得单个光伏板的更换和维修变得简单快捷。当某个光伏板出现故障时,维护人员可以快速定位并更换,而无需对整个系统进行大规模的拆解和重组。光伏支架需要具备优良的耐久性和稳定性,以确保在长期使用过程中不会出现变形或损坏。这不仅可以减少维护工作的频率,还可以避免因支架问题而导致的光伏板损坏,从而节省大量的维修和更换成本。考虑到光伏支架通常安装在户外环境中,设计时需要充分考虑到各种恶劣天气条件(如风、雨、雪等)对支架的影响。因此,支架应具有足够的防护性能,如防水、防尘、防腐蚀等,以保护光伏板免受损坏并延长其使用寿命。

## 2 光伏支架结构优化设计方法

### 2.1 形状优化

光伏支架结构优化设计方法是一个综合性的过程,涉及到多个方面的考虑。其中,形状优化作为一种重要的技术手段,扮演着至关重要的角色。形状优化,简而言之,就是通过调整和优化结构的几何形状来达到提升性能的目的。在光伏支架结构设计中,这意味着设计师需要对支架的外观形状和内部构造进行深入的研究,找出最佳的形状设计方案。光伏支架作为支撑光伏板的重要结构,其性能直接影响到光伏系统的整体效率和稳定性。因此,形状优化在光伏支架设计中具有非常重要的意义。通过形状优化,设计师可以更加精确地控制支架的受力分布、稳定性以及抗风、抗雪等自然环境因素的能力。这不仅可以提高光伏系统的发电效率,还能延长其使用寿命,降低维护成本。形状优化的过程通常包括以下几个步骤:首先,设计师需要根据实际需求和条件,确定优化目标和约束条件。例如,可能需要最大化支架的承重能力,同时确保其在特定风速或雪载下的稳定性。接下来,设计师会利用先进的数值分析和模拟工具,对不同的形状设计方案进行模拟和评估。这些

工具可以帮助设计师了解不同形状设计方案下的性能表现,如受力分布、振动特性等。在模拟和评估的基础上,设计师会筛选出性能表现最佳的形状设计方案。这个过程可能需要多次迭代和优化,以确保最终的设计方案既满足性能要求,又具有经济性和可制造性。最后,经过详细的设计和验证,确定最终的光伏支架形状<sup>[3]</sup>。值得一提的是,形状优化并不仅仅局限于设计的初期阶段。在光伏支架的整个设计过程中,包括概念设计、初步设计、详细设计等各个阶段,都可以进行形状优化。这意味着设计师需要根据设计的进展和反馈,不断对支架的形状进行调整和优化,以确保最终的设计方案能够满足各种实际需求和条件。

### 2.2 有限元分析法

有限元分析法的基本思想是将连续的求解域离散为一组有限数量的单元,每个单元都具有特定的形状、大小和性质。通过对每个单元进行近似分析,如建立单元刚度矩阵、质量矩阵等,可以得到每个单元在特定载荷和边界条件下的响应。然后,将这些单元的响应汇总起来,就可以得到整个求解域的近似解。这种方法既可以用于静态分析,也可以用于动态分析,可以模拟各种复杂的物理现象,如应力、应变、位移、振动等。在光伏支架的结构优化设计中,有限元分析法发挥着至关重要的作用。通过对支架在不同载荷(如风载、雪载、地震载等)和不同边界条件(如固定支撑、铰接支撑等)下的应力、应变、位移等响应进行模拟分析,可以评估支架的结构性能,找出潜在的薄弱点,为优化设计提供有力的依据。此外,有限元分析法还可以与优化设计方法相结合,形成一个迭代的过程。首先,根据初步设计建立有限元模型,进行模拟分析;然后,根据分析结果调整设计参数,优化设计方案;再次建立模型、进行分析……如此循环往复,直到达到满意的设计效果。这种方法不仅可以提高设计效率,还可以确保设计的准确性和可靠性。

### 2.3 拓扑优化

拓扑优化是一种高级的结构优化方法,它侧重于在不改变结构总体几何形状的前提下,重新分配结构内部的材料分布。在光伏支架结构的设计过程中,拓扑优化技术具有显著的应用价值。通过拓扑优化,设计师可以在给定的设计空间内寻找出最优的材料布局,使得支架在满足特定的性能要求(如刚度、强度、稳定性等)的同时,实现材料的高效利用和结构的轻量化。首先,需要明确光伏支架的设计区域,这通常包括支架的基底、支撑结构以及连接部件等。同时,还需要设定一系列约束条件,

如最大允许应力、最大允许变形、稳定性要求等,以确保支架在各种工作条件下都能保持良好的性能<sup>[4]</sup>。接下来,需要建立光伏支架结构的数学模型。这个模型需要能够准确反映支架的几何形状、材料属性以及所受载荷等信息。通过数学模型,可以将实际问题转化为数学问题,便于进行后续的优化计算。在建立了数学模型之后,就可以开始进行拓扑优化计算了。这个过程通常需要使用专业的优化算法和软件工具,如有限元分析软件、优化算法库等。通过不断调整材料分布和连接方式,优化算法会寻找出满足所有约束条件的最优解。最后,需要对拓扑优化的结果进行分析和评估。这包括对优化后的支架结构进行力学性能分析、稳定性分析以及成本效益分析等。根据分析结果,可以对设计方案进行的优化和改进,以提高支架的性能和降低制造成本。

#### 2.4 尺寸优化

在明确了结构的基本拓扑和形状之后,尺寸优化成为提升结构性能的重要手段。尺寸优化主要涉及到对构件的具体尺寸进行调整,这些尺寸包括但不限于截面面积、厚度等。在光伏支架的设计中,尺寸优化扮演着至关重要的角色。这是因为,光伏支架需要在户外各种极端气候条件下保持稳定,同时也要保证安装的光伏板能够持续、高效地进行发电。这就需要在保证结构安全、稳定的前提下,尽可能地减少材料的使用,降低制造成本。尺寸优化正是为了满足这一需求而存在的。通过尺寸优化,设计师可以在满足结构性能要求的前提下,找到最佳的构件尺寸。这不仅可以确保光伏支架在各种条件下的稳定性和可靠性,还能够有效地降低制造成本,提高整个项目的经济效益。值得一提的是,尺寸优化通常是在详细设计阶段进行的。这意味着,在初步设计阶段确定了结构的基本拓扑和形状后,设计师会深入到细节,对每个构件的尺寸进行精细的调整和优化。这种优化不仅可以对已有的设计方案进行改进,还可以在项目早期就发现潜在的问题和风险,从而提前进行规避和应对。

#### 2.5 结构创新

结构创新在光伏支架结构优化中扮演着至关重要的角色。通过改变支架的截面形状、连接方式、支撑方式等,可以显著提高支架的承载能力和稳定性,从而确保

光伏系统的长期稳定运行。首先,改变支架的截面形状是一个有效的优化手段。传统的支架截面形状可能主要是直线或简单的弧形,但通过引入更复杂的截面形状,如波浪形、梯形或特殊的空心截面,可以增加支架的抗弯和抗扭刚度,从而提高其承载能力。此外,这些创新的截面形状还可能有助于减少支架的材料用量,实现轻量化和成本节约。其次,连接方式的选择也对支架的稳定性和承载能力有着重要影响。传统的连接方式可能主要是焊接或螺栓连接,但在结构创新中,可以探索采用新型的连接方式,如锁紧连接、卡箍连接或自攻螺丝连接等。这些新型连接方式不仅安装简便、快捷,而且能够提供更高的连接强度和稳定性,有效抵抗外部环境因素如振动、温差等带来的不良影响<sup>[5]</sup>。最后,支撑方式的改进也是结构创新的重要方面。传统的光伏支架可能主要采用固定支撑方式,但根据不同的环境条件和使用需求,可以尝试采用可调节的支撑方式、弹性支撑方式或悬臂支撑方式等。这些创新的支撑方式能够更好地适应各种复杂环境,提高支架的稳定性和承载能力。

#### 结语

综上所述,光伏支架的结构优化设计对于确保太阳能系统的高效稳定运行具有至关重要的作用。通过在设计过程中严格遵循安全性、经济性、高效性和可维护性原则,我们能够确保光伏支架在各种环境下都能保持出色的性能。同时,借助先进的材料选择和优化方法,可以提升光伏支架的性能,为太阳能行业的可持续发展做出重要贡献。

#### 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].2021.
- [2]李晓诚,张莹莹,周祎,等.柔性光伏支架结构研究综述[J].土木工程,2023,12(3):8.
- [3]周润.柔性光伏支架结构设计探讨[J].能源与节能,2023(1):4.
- [4]李立,吴林,文红晏,等.大坡度斜坡光伏支架设计应用分析[J].能源与节能,2021,000(003):202-204.
- [5]王剑.大型光伏电站支架结构的优化设计研究探析[J].工程管理与技术探讨,2023,5(12).