

1.引言

目前，在全球能源供应紧张和环境问题日益严重的情况下，经济和社会的可持续发展受到了巨大挑战，发展和利用清洁而安全的可再生能源受到了广泛重视。虽然目前已经实现利用的可再生替代能源种类较多，但从可用总量上看，水能、风能、潮汐能都太小，不足以满足人类需求。太阳能作为一种资源丰富，分布广泛且可永久利用的可再生能源，具有极大的开发利用潜力。特别是进入 21 世纪，太阳能光伏发电产业发展非常迅速。太阳能光伏发电在不远的将来不仅要替代部分常规能源，而且将成为世界能源供应的主体，将给能源发展带来革命性的变化。根据欧洲联合委员会研究中心（JRC）的预测，到 21 世纪末，可再生能源在能源结构中 will 占到 80% 以上，其中太阳能发电占到 60% 以上，充分显示出其重要的战略地位。

太阳能光伏组件支架是固定太阳能电池板的重要部件，在获得太阳能电池板最大发电效率的前提下，保证支架的安全可靠性是光伏组件厂家需要考虑和研究。根据不同形式的太阳能光伏发电的需要，支架系统一般分为单立柱太阳能支架、双立柱太阳能支架、矩阵太阳能支架、屋顶太阳能支架、墙体太阳能支架、追踪系统系列支架等若干规格型号，同时按照不同的安装方式又分为地面安装系统、屋顶安装系统和建筑节能一体化支架安装系统。

2.光伏组件支架设计

2.1 光伏组件支架结构

目前商品化的太阳能光伏组件安装支架大多不可以调节角度，采用跟踪方式进行太阳能发电又浪费大量人力物力，投入产出比受到一定程度的局限。本文设计了一种可根据不同纬度地区而调节角度的光伏系统支架，（如图 1 所示）该支架系统可以根据需要调节水平角度，不但适应于地面光伏电站的使用，同时还可以在屋顶光伏电站使用，在安装过程中可以快速调整支架的安装角度，避免了常规光伏组件支架不能够迅速调整安装角度的缺点，同时该组件支架采用高碳钢结构，表面经过热镀锌材料，具有成本低，强度高，选材耐腐蚀强，

可以在环境比较恶劣的地区使用。此系统包括三角形主支架 1；支撑连接机构 2；刻度定位盘 3；定位孔 4；柱塞式刻度销 5；托板 6；压板 7；轴承套 8；连接杆 9；地脚支撑 10。该系统主支架为三角形焊接结构，结构简单并能承受足够的载荷，电池组件通过螺栓固定在支撑连接机构，并辅以刻度盘调节角度。通过柱塞式刻度销固定刻度定位盘，托板、压板、轴承套配合刻度定位盘使用，连接杆与地脚支撑用来增加光伏组件支架强度。

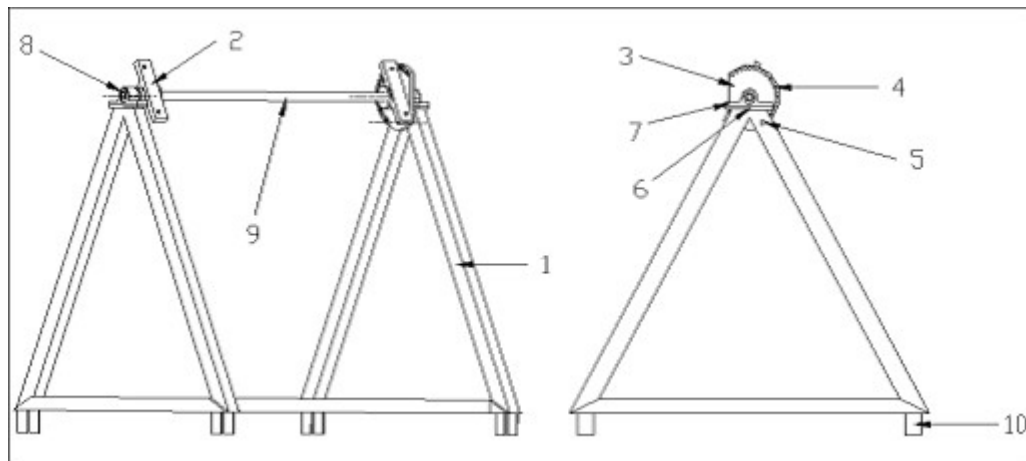


图 1 光伏组件支架结构图

2.2.光伏组件支架连接方式

在光伏组件系统安装时，通过预埋螺栓固定底座，如图 2 所示。该支架底部的地脚支撑放入底座中通过螺栓与底座连接，然后安装电池组件，光伏组件通过螺栓与支撑机构 2 连接，通过刻度定位盘 3 与定位销 5 调节所需角度，完成后安装下一组。在矩阵太阳能发电连接时，两组相邻组件支架通过紧固压片 11 固定，以增强其强度，如图 3 所示。

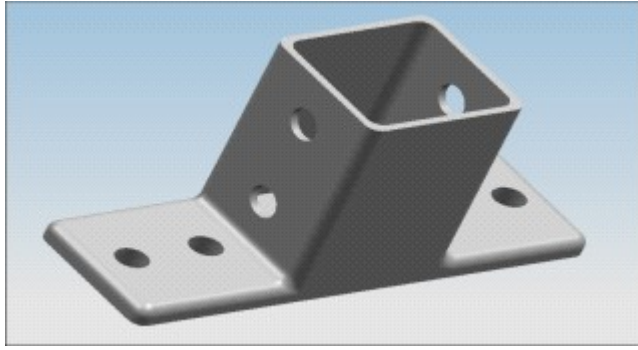


图 2 光伏组件支架螺栓固定底座

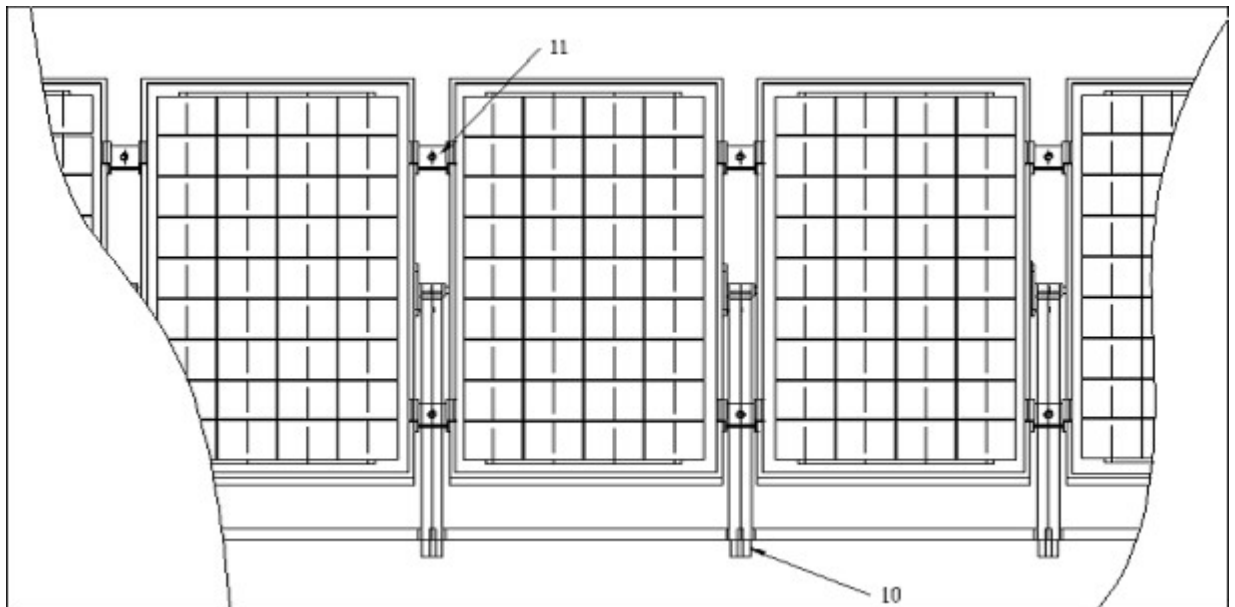


图 3 光伏组件支架矩阵连接方式

2.3 光伏组件支架材质选型

目前我国普遍使用的太阳能光伏支架系统从材质上分，主要有混凝土支架、钢支架和铝合金支架等三种。混凝土支架主要应用在大型光伏电站上，因其自重大，只能安放于野外，且基础较好的地区，但稳定性高，可以支撑尺寸巨大的电池板。铝合金支架一般用在民用建筑屋顶太阳能应用上，铝合金具有耐腐蚀、质量轻、美观耐用的特点，但其承载力低，无法

应用在太阳能电站项目上。

本文设计的这款钢支架性能稳定，制造工艺成熟，承载能力高，安装简便，防腐性能优良，外形美观独特的连接设计，安装方便快捷，安装工具简单通用采用结构防腐材料的钢制及不锈钢零部件，使用寿命在 20 年以上。

2.4 光伏组件支架载荷分析

支架强度主要包括计算固定载荷（组件自身重量及其他）、风载荷及雪载荷，风载荷是指从支架前面吹来（顺风）的风压及从支架后面吹来（逆风）的风压引起的材料的弯曲强度和弯曲量，支撑臂的压曲（压缩）以及拉伸强度和正常的地面、屋顶震动、沉降引起的结构变化。

2.4.1 积雪载荷受力分析

积雪载荷负重如公式 2-1 所示：

$$S=C_s*P*Z_s*A_s \quad (2-1)$$

其中 S 为积雪荷重，C_s 为坡度系数，P 为雪的平均单位质量（相当于积雪 1cm 的质量，面积为 1m²的质量）一般的地方 19.6N 以上，多雪区域为 29.4N 以上。Z_s 为地上垂直最深积雪量（cm），A_s 为积雪面积。太阳能电池阵列列面的设计用积雪量设定为地上垂直最深的积雪量（Z_s），但是，经常扫雪而积雪量减少的场合，根据状况可以减少 Z_s 值。其中坡度系数如表 1 所示。

表 1 坡度系数

坡度 <30 ° >30 °~40 ° 40 °~50 ° 50 °~60 ° >60 °

坡度系数 Cs 1.0 0.75 0.5 0.25 0

2.4.2 风速载荷受力分析

本文设计的光伏组件支架校核在十级风（27m/s）的风速下强度、挠度是否满足要求。

2.4.2.1 正应力校核

光伏组件支架梁单向受弯时，正应力如公式 2-2 所示：

$$\sigma = \frac{M_x}{W_{nx}} \leq [f]$$

(2-2)

式中 M_x 为同一截面梁在最大刚度平面内（x 轴）的弯矩； W_{nx} 为对 x 轴的净截面模量（抗弯截面模量）； $[f]$ 为钢材强度设计值。根据公式 2-2 所示，得到正应力如公式 2-3 所示：

$$\sigma_{\max} = \frac{M_x}{W_{nx}} = \frac{M_x}{I_x} y_{\max}$$

经查五金手册表查出设计值为 $[f]$ ， $\sigma_{\max} < [f]$ 所以满足强度要求。

2.4.2.2 对挠度进行校核

梁跨中最大挠度如公式 2-4 所示：

$$v = s \frac{Ml_0^2}{EI}$$

式中 l_0 为梁的计算跨度； S 为与荷载形式、支承情况有关，对均布荷载作用的简支梁 $S=5/384$ ； E 为弹性模量； M 为跨中最大弯矩； EI 为截面抗弯刚度。纵向计算同上。

2.4.2.3 后支撑臂的拉伸和压缩强度

2.4.2.3.1 逆风的场合.

风压荷重 W 对支撑臂起拉伸荷重的作用，变为上吹荷重（扬力）。拉伸应力如公式 2-5 所示：

$$\sigma_t = \frac{P}{A}$$

式中 P 为拉伸张力； A 为支撑臂的截面积，查表 Q235 钢的抗拉强度设计值 $[f]$ ， $<[f]$ ，所以没有问题。

2.4.2.3.2 顺风的场合.

当组件支架与截面宽度比较长长度长的支柱当收到压缩时，弯曲破坏的几率高于压缩破坏。这称为柱的压曲，此时的荷重称为压曲荷重。压曲荷重（欧拉公式）如公式 2-6 所示：

$$P_k = n \cdot \pi^2 \cdot \frac{EI}{L^2}$$

式中 P_k 为压曲荷重； E 为轴向截面惯性矩； n 为由两端的支撑条件决定的系数，两端合叶铰接的场合为 1； E 为材料纵向弹性系数； L 为轴长。前支撑的拉压强度，计算过程同后支

撑。

3. 应用前景

当前国际能源形势相对严峻，各国都在极力寻找可以代替常规化石能源的新能源。此外核能发电的安全性让人质疑，风能水能受地域和季节影响较大，然而太阳能作为取之不尽，用之不绝的清洁能源备受关注 and 加以利用。随着全球大型地面、屋顶太阳能光伏系统的广泛推广与应用，太阳能光伏发电在电力供应中成为必不可少的发电源泉之一，同时为了保证光伏组件系统的可靠、安全、稳定的运行，必须要求太阳能组件的各个部件具有良好的抗风、抗雪压、耐腐蚀等性能。本文设计的太阳能光伏组件支架安装不仅满足抗风、抗雪压、耐腐蚀等性能，而且完全可以适合于地面矩阵太阳能、屋顶太阳能系统。此太阳能光伏组件支架在未来的光伏发电应用中具有良好的应用前景。