

光伏支架安装中的高精度定位测量技术研究与应用

胡天银 吕 森 卢江波 成昌林 吴云龙

中建八局西南建设工程有限公司 四川 成都 610000

摘 要：随着光伏发电技术的快速发展，光伏支架的安装精度对整个光伏系统的发电效率和稳定性至关重要。高精度定位测量技术在光伏支架安装中的应用，成为提高安装质量和效率的关键。本文将对光伏支架安装中的高精度定位测量技术进行深入研究，探讨其技术原理、应用方法及实际案例，旨在为光伏支架安装提供科学指导和实操参考。

关键词：光伏支架；安装；定位；测量

引言

光伏支架作为光伏系统的重要组成部分，其安装精度直接影响到光伏组件的受光面积和发电效率。在光伏支架安装过程中，高精度定位测量技术能够确保支架的准确安装，提高整个光伏系统的性能和可靠性。因此，研究光伏支架安装中的高精度定位测量技术具有重要意义。

1 高精度定位测量技术概述

在当今科技飞速发展的时代，高精度定位测量技术已经成为众多领域不可或缺的一部分，尤其在光伏产业中，其重要性愈发凸显。光伏支架的安装精度直接影响到光伏系统的发电效率和稳定性，因此，采用先进的定位测量技术确保支架的精确安装显得尤为重要。

1.1 激光定位技术

激光定位技术，作为一种基于激光束特性的高精度定位方法，凭借其高方向性、高亮度以及良好的抗干扰能力，在众多精密测量领域展现出了巨大的潜力。在光伏支架安装中，激光定位技术凭借其独特的优势，成为了确保支架安装精度的重要手段。激光定位技术的工作原理相对简单而高效。它主要通过激光发射器发射出一束或多束激光，这些激光束在空间中形成特定的光平面或光点。接收器则负责捕捉这些光信号，并通过内部的光电转换元件将光信号转换为电信号，进而计算出接收器相对于激光发射器的精确位置。在光伏支架安装过程中，激光定位技术可以应用于多个环节。首先，在支架基础的定位上，激光定位技术能够确保基础位置的准确性。通过激光发射器发射出的水平或垂直激光束，操作人员可以轻松地标记出支架基础的确切位置，从而避免了传统测量方法中可能因人为因素导致的误差^[1]。此外，激光定位技术还特别适用于对安装精度要求极高的跟踪式光伏支架。跟踪式光伏支架需要根据太阳的位置实时调整角度，以确保光伏板能够始终正对太阳，从而最大化发电效率。在这种情况下，支架的安装角度和位置必

须非常精确，否则将严重影响其跟踪效果。激光定位技术凭借其 $\pm 1\text{mm}$ 的高精度，能够确保支架在水平和垂直方向上的定位准确无误，从而满足跟踪式光伏支架对安装精度的极高要求。

1.2 GPS定位技术

GPS (Global Positioning System) 定位技术，作为一种全球性的卫星导航系统，已经广泛应用于军事、航空、航海、测绘以及民用等多个领域。在光伏支架安装中，GPS定位技术同样发挥着重要作用。GPS定位系统的基本原理是通过接收来自多颗GPS卫星发射的信号，利用这些信号中的时间戳和卫星位置信息，通过复杂的算法计算出接收器在地球坐标系中的三维坐标。在光伏支架安装中，操作人员可以利用GPS定位系统获取安装位置的精确坐标，从而引导支架的准确安装。与激光定位技术相比，GPS定位技术的优势在于其全球覆盖性和实时性。无论身处何地，只要能够接收到GPS卫星的信号，就可以实现精确定位。这对于大型光伏电站的建设来说尤为重要。在广阔的地域范围内，传统的测量方法往往难以满足大规模支架安装对精度的要求。而GPS定位系统则可以通过差分模式调整定位精度，一般在 $\pm 10\text{-}50\text{mm}$ 之间，完全能够满足大型光伏电站支架安装的精度需求。此外，GPS定位技术还具有操作简便、效率高等特点。操作人员只需携带GPS接收器到达现场，即可快速获取安装位置的精确坐标，无需进行复杂的测量和计算过程。这大大提高了支架安装的效率，缩短了工期，降低了成本。

1.3 全站仪测量技术

全站仪 (Total Station) 是一种集光、机、电为一体的高精度测量仪器，它可以同时测量水平距离、水平角度、垂直角度以及高程等多个参数。在光伏支架安装中，全站仪测量技术发挥着不可或缺的作用。全站仪的工作原理是基于三角测量的原理。它通过内部的测距仪测量出仪器到目标点的水平距离，通过角度测量系统测

量出水平角和垂直角,再结合仪器的高程信息,通过复杂的算法计算出目标点在三维空间中的精确坐标。在光伏支架安装过程中,全站仪测量技术主要应用于支架基础的标高测量、行列间距测量以及支架的垂直度测量等方面。通过全站仪的精确测量,操作人员可以确保支架基础的平整度符合设计要求,避免因基础不平整而导致的支架安装误差。同时,全站仪还可以准确测量出支架行列之间的间距,确保支架布局的合理性^[2]。此外,全站仪还可以用于检测支架的垂直度,确保支架在安装过程中保持垂直状态,从而提高光伏系统的稳定性和发电效率。全站仪测量技术具有高精度、高效率以及操作简便等特点。它的测量精度可以达到毫米级别,完全能够满足光伏支架安装对精度的要求。同时,全站仪的测量过程自动化程度高,大大提高了测量效率。操作人员只需简单的操作即可完成复杂的测量任务,无需进行繁琐的手工计算和绘图过程。

2 高精度定位测量技术在光伏支架安装中的应用

2.1 基准点和基准线的建立

在光伏支架安装之前,首先需要在安装场地建立高精度的基准点和基准线,这是确保光伏支架安装精度的基石。基准点的选择应充分考虑光伏电站的整体布局、地形条件以及后续测量的便利性。一般来说,基准点应选在稳定、不易被破坏且易于找到的位置,如混凝土基础的角落、岩石的突出部分或坚固建筑物的特定位置。为了确保基准点的稳定性,可以在选定的位置打入特制的基准桩,并在桩顶设置标志,以便后续测量时能够准确识别。基准线的建立则是为了确定光伏支架的行和列方向,确保支架的布局符合设计要求。基准线应通过基准点,并沿着光伏电站的设计方向延伸。在建立基准线时,应使用高精度的测量工具,如全站仪或激光测距仪。具体操作时,可以先在基准点上设置激光发射器,然后调整激光束的方向,使其沿着设计方向延伸。在延伸过程中,可以使用接收器或反射板来接收激光束,并标记出基准线的位置^[3]。为了确保基准线的直线度和精度,测量人员需要进行多次复核和校正。对于大面积的光伏电站,基准点和基准线的精度控制尤为关键。一般要求水平方向误差不超过 $\pm 5\text{mm}$,垂直方向误差不超过 $\pm 3\text{mm}$ 。为了达到这一精度要求,测量人员需要采用高精度的测量仪器和方法,并进行多次测量和复核,确保基准点和基准线的准确性。

2.2 支架基础测量

在光伏支架安装前,对支架基础进行精确测量是必不可少的一步。支架基础的标高、平面度、垂直度等参

数都直接影响到支架的安装精度和稳定性。标高测量是为了确保支架基础的高度符合设计要求。测量人员可以使用水准仪或全站仪进行标高测量。具体操作时,可以先在已知标高的位置上设置水准尺或全站仪的棱镜,然后测量支架基础各个角点的高程,并与设计要求进行比较。如果实际标高与设计标高存在差异,可以通过调整支架基础的高度或垫平材料来使其符合要求。平面度测量是为了检查支架基础的表面是否平整。如果基础表面不平整,将会导致支架安装后不稳定,甚至可能损坏支架。因此,测量人员需要使用平板仪或全站仪等测量工具进行平面度测量。具体操作时,可以在支架基础表面设置多个测量点,然后测量这些点相对于基准平面的高度差,并根据测量结果判断基础表面的平面度是否符合要求。如果平面度不符合要求,可以通过打磨、修补或重新浇筑等方法进行调整。垂直度测量是为了确保支架基础在垂直方向上的准确性。垂直度偏差过大将导致支架安装后倾斜,影响光伏板的受光效果和发电效率。测量人员可以使用全站仪或铅垂线等工具进行垂直度测量。具体操作时,可以在支架基础的一侧设置全站仪或铅垂线,然后测量基础另一侧相对于垂直线的偏移量,并根据测量结果判断基础的垂直度是否符合要求。如果垂直度不符合要求,可以通过调整基础的位置或倾斜度来使其符合要求。

2.3 支架安装过程中的定位测量

在光伏支架安装过程中,高精度定位测量技术的应用同样至关重要。支架的位置、角度、行列间距和平整度等都需要通过定位测量来确保符合设计要求。激光定位技术是一种常用的高精度定位测量方法。在支架安装过程中,测量人员可以使用激光定位仪来精确调整支架的位置和角度。具体操作时,可以先将激光定位仪放置在已知位置,并调整激光束的方向和高度,使其与支架的设计位置和角度相重合。然后,测量人员可以观察激光束在支架上的投影,并根据投影的位置和形状来调整支架的位置和角度,直到其与激光束完全重合为止。GPS定位系统也是一种有效的定位测量工具。在支架安装过程中,测量人员可以利用GPS定位系统实时监控支架的安装位置。具体操作时,可以在支架上设置GPS接收器,并接收卫星信号来确定支架的精确位置。然后,测量人员可以将实际位置与设计位置进行比较,如果位置偏差过大,可以及时调整支架的位置,确保其在允许误差范围内。全站仪在支架安装过程中同样发挥着重要作用。测量人员可以使用全站仪来测量支架的行列间距和平整度。具体操作时,可以在支架的行列方向上设置多个测量点,并使用全站仪测量这些点之间的距离和高程差。

然后，测量人员可以根据测量结果判断支架的行列间距和平整度是否符合要求，并及时调整偏差。此外，在支架安装过程中，测量人员还需要不断进行复核和校正工作。由于各种因素的影响，如温度变化、地基沉降、施工误差等，支架的位置和角度可能会发生变化。因此，测量人员需要定期使用高精度测量工具对支架进行复核和校正^[4]。具体操作时，可以重复进行上述的定位测量和平整度测量，并根据测量结果及时调整支架的位置和角度，确保其始终符合设计要求。

3 实际案例分析：某山地集中式光伏电站支架安装项目

3.1 项目背景

该项目位于某山地地区，占地面积约50公顷，装机容量为50MW。由于地形复杂，坡度较大，对光伏支架的

安装提出了极高的要求。为确保光伏支架的稳定性和发电效率，项目团队采用了高精度定位测量技术，并结合了特殊设计的支架和打桩施工方案。

3.2 项目概况

光伏组件类型：高效单晶硅光伏组件

支架类型：热镀锌钢支架，具有高强度和耐腐蚀性，适用于山地环境

安装方式：固定式安装，结合地形进行定制化设计

打桩方式：集中式打桩技术，确保支架稳固

3.3 高精度定位测量技术应用

在项目现场，建立了高精度的控制网，使用GPS定位系统和全站仪进行基准点和基准线的精确测量。在支架安装过程中，采用激光定位技术实时监测支架的位置和角度，确保安装精度。

表1 测量参数及数值参考

测量/施工参数	数值	备注
占地面积	50公顷	项目总用地面积
装机容量	50MW	光伏系统总装机容量
支架类型	热镀锌钢支架	适用于山地环境，高强度耐腐蚀
支架数量	根据实际排布计算	具体数量需根据实际光伏组件排布确定
打桩深度	平均10米（根据地质条件调整）	确保支架稳固，抵抗风力和地质变化
安装精度（水平方向）	±5mm	使用激光定位技术确保的精度
安装精度（垂直方向）	±3mm	使用激光定位技术确保的精度
光伏组件倾角	根据地形和光照条件定制	确保最大发电效率
发电量预估	根据光照条件 and 环境因素计算	预估年发电量，评估项目经济效益

3.4 案例分析

一是地形适应性：该项目充分考虑了山地的复杂地形，通过定制化设计和高精度定位测量技术，确保了光伏支架的稳定性和发电效率。二是技术创新：采用热镀锌钢支架和集中式打桩技术，提高了支架的耐腐蚀性和稳固性。同时，激光定位技术的应用确保了安装精度，提高了施工效率。三是经济效益：通过精确的计算和预估，项目团队评估了项目的经济效益。尽管地形复杂增加了施工难度和成本，但通过合理的设计和高效的施工，项目仍实现了预期的经济效益。该山地集中式光伏电站支架安装项目通过高精度定位测量技术的应用和特殊设计的支架及打桩施工方案，成功克服了地形复杂的挑战，确保了光伏支架的稳定性和发电效率。此案例为类似项目提供了宝贵的经验和参考。

结语

高精度定位测量技术在光伏支架安装中的应用，显

著提高了安装精度和效率，为光伏系统的稳定运行提供了有力保障。随着技术的不断发展，未来高精度定位测量技术将在光伏支架安装中发挥更加重要的作用。同时，我们也应继续深入研究和探索新的测量技术和方法，以适应不同地形和条件下的光伏支架安装需求。

参考文献

[1]卢成龙,胡庆明,王超,等.光伏支架安装辅助定位施工技术[J].安装,2024,(S2):23-25.
[2]李海龙,李永祥,李明阳,等.山地光伏支架施工工艺及其应用研究[J].建筑机械化,2024,45(11):94-98.
[3]魏高帅,赵阳.山地陡坡柔性光伏支架组件滑移安装方法研究[J].工程技术研究,2024,9(24):106-108.
[4]李文清.柔性支架光伏安装施工工序及实施研究——以X光伏发电项目为例[J].中国战略新兴产业,2024,(30):82-84.