

光伏跟踪支架系统安装调试中的动态载荷匹配与抗风稳定性优化

刘得喜

华电(海西)新能源有限公司 青海 德令哈 817000

摘要: 随着光伏产业的快速发展,跟踪支架系统在提高光伏发电效率方面发挥着越来越重要的作用。然而,在安装调试过程中,动态载荷匹配与抗风稳定性成为影响系统性能和安全性的重要因素。本文深入探讨了光伏跟踪支架系统在安装调试中的动态载荷匹配方法以及抗风稳定性优化策略,旨在为提高光伏电站的可靠性和经济效益提供技术支持。

关键词: 光伏跟踪支架系统; 动态载荷匹配; 抗风稳定性; 安装调试

1 引言

光伏能源作为一种清洁、可再生能源,在全球能源结构中的占比日益增加。为了提高光伏发电效率,降低度电成本,光伏跟踪支架系统得到了广泛应用。跟踪支架系统能够根据太阳的位置变化实时调整光伏组件的角度,使光伏组件始终保持最佳的受光状态,从而显著提高光伏发电量。然而,跟踪支架系统在运行过程中会受到多种动态载荷的作用,如风力、地震力等,同时在强风等恶劣天气条件下,其抗风稳定性面临严峻挑战。因此,在光伏跟踪支架系统的安装调试阶段,实现动态载荷的合理匹配以及优化抗风稳定性具有重要的现实意义。

2 光伏跟踪支架系统概述

2.1 工作原理

光伏跟踪支架系统主要通过传感器实时监测太阳的方位角和高度角,然后将信号传输给控制系统,控制系统根据预设的算法驱动电机,通过传动装置调整光伏组件的角度,使其尽可能垂直于太阳光线,以提高光伏组件对太阳能的吸收效率。常见的跟踪方式有单轴跟踪和双轴跟踪,单轴跟踪主要围绕一个轴进行旋转,如东西向或南北向的水平轴,可提高发电量 15% - 20%;双轴跟踪则能在两个轴向上自由调整,更精准地跟踪太阳,但成本相对较高,适合高直射光地区,可提升发电量 10% - 25%。

2.2 系统组成

光伏跟踪支架系统通常由支架结构、驱动系统、控制系统和传感器等部分组成。支架结构是支撑光伏组件的主体,其设计应满足强度、刚度和稳定性要求;驱动系统负责实现支架的角度调整,常见的驱动方式有电动、液压等;控制系统是跟踪支架系统的核心,它根据传感器采集的信号控制驱动系统的运行;传感器主要用

于监测太阳位置、风速、风向等环境参数,为控制系统提供决策依据。

3 动态载荷匹配

3.1 动态载荷类型及特点

在光伏跟踪支架系统运行过程中,主要受到的动态载荷包括风载荷、地震载荷以及由于支架自身运动产生的惯性载荷等。风载荷具有随机性和脉动性,其大小和方向随时间不断变化,是影响跟踪支架系统稳定性的主要因素之一。地震载荷虽然发生概率相对较低,但一旦发生,其破坏力巨大,可能对支架系统造成严重损坏。惯性载荷则与支架系统的运动状态密切相关,如启动、停止和变速过程中产生的惯性力。

3.2 动态载荷匹配的重要性

合理的动态载荷匹配能够确保光伏跟踪支架系统在各种工况下安全、稳定运行。如果动态载荷与支架系统的承载能力不匹配,可能导致支架结构变形、损坏,影响光伏组件的正常工作,甚至引发安全事故。同时,动态载荷匹配不当还会增加系统的振动和噪声,降低系统的使用寿命。

3.3 动态载荷匹配方法

3.3.1 基于风洞试验的载荷确定

风洞试验是确定风载荷的一种重要方法。通过在风洞中模拟实际的风场环境,对光伏跟踪支架系统的模型进行测试,可以准确获取不同风速、风向条件下支架所承受的风载荷大小和分布情况。根据风洞试验结果,可以优化支架结构设计,使其更好地适应风载荷的作用。例如,天合光能和全球权威的风洞测试机构 RWDI 和 CPP 合作,针对高功率组件对支架带来的严格要求,进行了一系列的风洞测试,基于测试数据对产品不断优化

升级,提升了支架系统的可靠性。

3.3.2 结构动力学分析与优化

利用结构动力学分析软件,对光伏跟踪支架系统进行建模和仿真分析,研究系统在动态载荷作用下的响应特性,如振动频率、振幅等。通过分析结果,找出系统的薄弱环节,对支架结构进行优化设计,提高系统的固有频率,避免与动态载荷的频率产生共振。例如,采用桁架式或框架式结构,增加横向支撑(如斜撑、交叉撑),以提高整体稳定性,避免受风振动产生结构疲劳。

3.3.3 智能控制算法实现载荷自适应调整

在跟踪支架系统的控制系统中引入智能控制算法,根据实时监测到的动态载荷信息,自动调整支架的运行状态,实现对载荷的自适应调整。例如,当风速超过设定阈值时,控制系统自动调整光伏组件的角度,减小迎风面积,降低风载荷对支架系统的影响。同时,在支架系统启动、停止和变速过程中,通过智能控制算法优化驱动系统的运行,减小惯性载荷的产生。

4 抗风稳定性优化

4.1 影响抗风稳定性的因素

4.1.1 支架结构设计

支架结构的形式、尺寸、材料以及连接方式等都会影响其抗风稳定性。合理的结构设计能够提高支架的强度、刚度和稳定性,有效抵抗风载荷的作用。例如,采用高强度钢材、优化支架的截面形状和尺寸、加强支架各部件之间的连接等,可以提高支架的抗风能力。

4.1.2 基础设计

基础是支撑光伏跟踪支架系统的关键部分,其设计的合理性直接影响系统的抗风稳定性。基础应具备足够的承载能力和抗拔、抗倾覆能力,以确保在强风作用下支架系统不发生倾斜、倒塌等事故。在设计基础时,需要考虑地质条件、土壤承载力、风载荷大小等因素,选择合适的基础形式,如桩基(螺旋桩、混凝土灌注桩)或配重块等。

4.1.3 组件安装方式

光伏组件的安装方式也会对支架系统的抗风稳定性产生影响。例如,组件的安装倾角、间距以及固定方式等都会改变支架系统的受力状态。合理的组件安装方式能够减小风载荷对支架系统的影响,提高系统的抗风稳定性。

4.2 抗风稳定性优化策略

4.2.1 优化支架结构设计

采用合理的结构形式:根据不同的应用场景和风力条件,选择合适的支架结构形式,如三角形桁架结构、四边形框架结构等。三角形桁架结构具有较好的稳定性和承载能力,能够有效抵抗风载荷的作用;四边形框架

结构则具有较高的空间利用率和安装便利性。

加强关键部件设计:对支架系统中的关键部件,如立柱、檩条、连接件等进行加强设计。增加关键部件的截面尺寸、选用高强度材料、优化连接方式等,以提高其承载能力和抗风性能。例如,天合跟踪针对关键零部件如立柱、檩条、方管进行加强设计,提升了支架系统的稳定性。

提高结构刚度:通过增加支架的支撑数量、调整支撑位置、采用加劲肋等措施,提高支架结构的整体刚度,减小在风载荷作用下的变形。例如,在支架的薄弱部位设置斜撑或交叉撑,增加结构的侧向刚度,提高抗风稳定性。

4.2.2 强化基础设计

根据地质条件选择合适的基础形式:在进行基础设计前,应对场地的地质条件进行详细勘察,包括土壤类型、土壤承载力、地下水位等。根据勘察结果,选择合适的基础形式。例如,在土壤承载力较低的地区,可采用桩基基础,将支架的荷载传递到深层稳定的土层中;在地质条件较好的地区,可采用浅基础或配重块基础。

确保基础的抗拔和抗倾覆能力:在设计基础时,应充分考虑风载荷产生的上拔力和倾覆力矩,通过计算确定基础的埋深、尺寸和配筋等参数,确保基础具有足够的抗拔和抗倾覆能力。例如,增加基础的自重、设置抗拔锚杆或抗倾覆拉梁等措施,可提高基础的稳定性。

4.2.3 改进组件安装方式

合理调整组件安装倾角:根据当地的气候条件和风力特点,合理调整光伏组件的安装倾角。在风力较大的地区,适当减小组件的安装倾角,可减小迎风面积,降低风载荷对支架系统的影响。但同时需要考虑组件的发电量,综合权衡确定最佳的安装倾角。

优化组件间距:合理设置光伏组件之间的间距,既能保证组件之间有足够的通风空间,减小风阻,又能避免组件之间相互遮挡,影响发电量。在设计组件间距时,需要考虑当地的**最大风速、组件的尺寸和排列方式等因素。

采用可靠的组件固定方式:选择可靠的组件固定方式,如压块固定、夹具固定等,确保组件在强风作用下不发生位移或脱落。同时,要定期检查组件的固定情况,及时发现并处理松动、损坏等问题。

4.2.4 增加防风保护装置

安装防风缆绳:在支架系统的顶部或侧面安装防风缆绳,将支架与地面或其他固定结构连接起来,增加支架系统的稳定性。防风缆绳应具有足够的强度和弹性,能够承受风载荷的拉力,并在一定程度上缓冲风载荷的冲击。

设置挡风板：在支架系统的迎风面设置挡风板，减小风载荷对支架系统的直接作用。挡风板的材质、尺寸和安装角度应根据实际情况进行选择与设计，以达到最佳的防风效果。

5 安装调试中的实践技术

5.1 安装流程与要点

5.1.1 基础施工

基础施工是光伏跟踪支架系统安装的第一步，其质量直接影响整个系统的稳定性。在基础施工过程中，应严格按照设计要求进行操作，确保基础的位置、尺寸、标高和混凝土强度等符合标准。例如，对于桩基基础，要控制好桩的垂直度和入土深度；对于混凝土基础，要保证混凝土的浇筑质量，避免出现蜂窝、麻面等缺陷。

5.1.2 支架安装

支架安装应遵循先立柱后横梁，再安装檩条和连接件的顺序进行。在安装过程中，要注意调整支架的垂直度和水平度，确保各部件之间的连接牢固可靠。使用测量仪器对支架的安装精度进行检测，如经纬仪、水准仪等，及时发现并纠正安装偏差。

5.1.3 驱动系统与控制系统安装

驱动系统和控制系统的安装应按照设备说明书进行操作。确保电机、减速机、控制器等设备的安装位置正确，接线牢固。在安装完成后，要对驱动系统和控制系统进行调试，检查其运行是否正常，各参数设置是否符合要求。

5.1.4 组件安装

组件安装时要轻拿轻放，避免对组件造成损坏。按照设计要求将组件准确安装在支架上，并使用压块或夹具将组件固定牢固。在组件安装过程中，要注意调整组件的角度和间距，确保组件之间的连接良好，电气性能符合要求。

5.2 调试方法与注意事项

5.2.1 通讯调试

对跟踪支架系统的通讯箱 NCU 和控制箱 TCU 进行参数预设置，包括通讯箱 NCU 的通讯 ID 信息和控制箱 TCU 的控制 ID 信息，设置同个光伏子阵内通讯箱 NCU 与控制箱 TCU 之间的对应关系。通过通讯箱 NCU 下发命令至控制箱 TCU，检测通讯是否正常，确保控制系统能够准确地接收和发送信号。

5.2.2 角度调试

通过通讯箱 NCU 分别下发命令给每台控制箱 TCU，将每台控制箱控制的光伏跟踪支架阵列分别调整为不同跟踪角度。获取调整角度完成后的光伏跟踪支架阵列的边框尺寸，计算旋转角度，并与通讯箱 NCU 下发给控制箱 TCU 的调整角度进行对比，验证角度调整的准确性。

若发现角度偏差较大，应检查驱动系统、传感器以及控制系统的参数设置，及时进行调整。

5.2.3 抗风保护功能调试

模拟大风天气条件，测试跟踪支架系统的抗风保护功能是否正常。当风速超过设定阈值时，观察控制系统是否能够自动调整光伏组件的角度，使组件处于安全状态。同时，检查防风保护装置，如防风缆绳、挡风板等是否能够正常发挥作用。

5.2.4 注意事项

在调试过程中，要注意安全，避免人员触电和设备损坏。调试人员应具备专业的知识和技能，严格按照调试流程进行操作。在调试前，要对设备进行全面检查，确保设备无故障。调试过程中，要做好记录，对出现的问题及时进行分析 and 处理。

结语

光伏跟踪支架系统的动态载荷匹配与抗风稳定性优化是确保系统安全、稳定运行，提高光伏发电效率的关键环节。通过合理的动态载荷匹配方法，如基于风洞试验确定载荷、结构动力学分析与优化以及智能控制算法实现载荷自适应调整等，可以使支架系统更好地适应各种动态载荷的作用。同时，采取有效的抗风稳定性优化策略，包括优化支架结构设计、强化基础设计、改进组件安装方式以及增加防风保护装置等，能够显著提高支架系统的抗风能力。在安装调试过程中，严格遵循安装流程和调试方法，注意各个环节的要点和注意事项，能够确保跟踪支架系统的安装质量和调试效果。通过实际案例分析可知，采取上述措施后，光伏跟踪支架系统的性能得到了有效提升，为光伏电站的可靠运行和经济效益的提高提供了有力保障。

参考文献

- [1]白钊,胡杰,何鹏,等.基于物联网技术的智能电网基础设施建设数字化管理平台研究[J].机械与电子,2022,40(10):77-80.
- [2]闫宝旺,戴传飞,张若阳.基于数据驱动的大数据测试服务平台设计与应用实践[J].中国金融电脑,2024,(12):63-65.
- [3]蒋玮.基于BIM技术的大型机场数字建设管理体系探索与应用[J].数字技术与应用,2024,42(07):105-107.
- [4]陈健熊,邹琳.基于人工智能及大数据技术的航空体质体能实验平台设计与实现[J].网络安全技术与应用,2025,(03):135-138.
- [5]甘信广,甘兆军,杨毅.物业智慧运维与能耗管控一体化平台的设计应用研究——以北京大行基业项目为例[J].城乡建设,2025,(09):52-55.