新能源光伏支架结构抗风设计关键技术研究

董华磊
国家电投工程公司（山东院），上海 200233
DOI:10.61369/ETQM.2026090021

摘　　要： 在新能源快速发展过程中，光伏发电因其清洁可再生等优点被广泛应用。而光伏支架是整个光伏组件结构的核心部件。抗风设计直接决定了光伏电场的稳定性、使用寿命和运行安全性。强风作用是光伏支架结构最主要的破坏形式之一，容易引起光伏组件脱落甚至坍塌事故，造成巨大的经济影响和生产安全事故。结合施工现场实践，由浅入深地从介绍光伏支架结构抗风设计开始，深入研究分析了抗风设计过程中的常见问题与关键诱因，针对现场实操困扰提出了具体的优化对策，为规范并增强抗风能力、保证安全运行提供了有效的建议参考，助力新能源太阳能产业发展。

关 键 词： 新能源；光伏支架；抗风设计；关键技术；常见问题；优化对策

Research on Key Technologies for Wind Resistance Design of Photovoltaic Mounting Structures for New Energy Applications

Dong Hualei
State Power Investment Corporation (Shandong Institute), Shanghai 200233

Abstract: Amid the rapid development of new energy, photovoltaic power generation has been widely adopted due to its advantages such as being clean and renewable. The photovoltaic mounting structure serves as the core component of the entire PV module system. Its wind-resistant design directly determines the stability, service life, and operational safety of the photovoltaic farm. Strong winds represent one of the primary failure modes for mounting structures, often leading to module detachment or even structural collapse, resulting in significant economic losses and production safety incidents. Drawing on practical field experience, this paper begins with an introduction to wind-resistant design principles for PV mounting structures, then conducts an in-depth analysis of common issues and their root causes. Specific optimization strategies are proposed to address operational challenges, providing actionable recommendations for enhancing wind resistance standards and ensuring safe operations—thereby supporting the advancement of the solar energy industry.

Keywords: new energy; photovoltaic mounting structures; wind-resistant design; key technologies; common issues; optimization strategies

引言

在实现“双碳”目标的大环境下，随着光伏发电技术的飞速发展和广泛应用，光伏电站建设规模也持续扩大。无论是集中式光伏，还是分散式光伏都存在着许多复杂的环境变化制约，其中强风、暴雨等恶劣天气频发对光伏支架结构带来了严峻的考验。作为承载光伏组件的最主要结构，光伏支架长期受到多种因素的影响，尤其是以风荷载最为典型，它具有较强随机性和破坏性，因此也成为光伏支架结构遭到破坏的最大威胁因素[1]。为了更好地研究分析光伏支架结构抗风设计中的技术要点，剖析其过程中存在的不足，并探究出切实有效的措施，拒绝空泛理论化讲解。从现场操作中入手完善设计内容，进一步提升光伏构架系统的抗风效果以及控制安全风险，为后续推广与发展光伏产业提供规范化要求与支持，是当前亟待思考的议题。

一、新能源光伏支架结构抗风设计概述

新能源光伏支架抗风结构设计，是指在充分考虑了光伏电站在实际中的具体工作条件，并研究电站所在地区不同风荷载工况的基础上，采取合适的设计方法，科学地进行结构选型及结构材料应用，通过规范的施工工艺，使得新能源光伏支架能够承受不同风荷载组合工况下的作用力，不至于由于风荷载的作用而引起破坏，保证新能源光伏支架上的组件正常工作而进行一系列相关的设计[2]。它的目的就是要保证光伏支架在整个使用寿命期间，都能承受强风引起的压力、吸力、扭矩等作用力，保证光伏支架结

作者简介：董华磊（1993.06.16-），男，汉族，山东省德州市德城区人，硕士研究生，中级职称，研究方向：结构设计。

 Copyright © This Work is Licensed under A Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International License.

构的完整性与稳定性，并尽量使设计更加经济和施工更加方便。

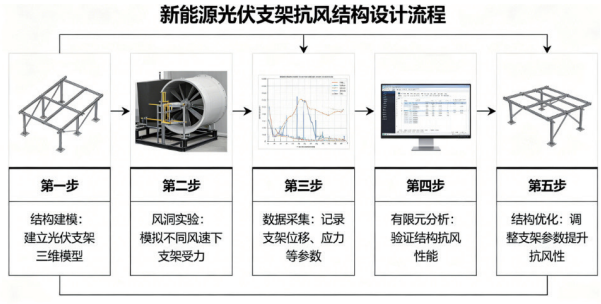


图1设计流程

二、新能源光伏支架结构抗风设计常见问题

（一）设计理念错误，风荷载选取脱离现场实际

设计人员在设计理念方面存在的偏差是支架抗风力不足的根本原因，有些光伏结构设计人员没有现场经验，只考虑设计出图的急迫性和经济性，忽视现场的实际情况，使得风荷载取值不合理，设计方案不切实际[3]。部分设计人员没有考虑到项目的独特性，照抄照搬其他地方或其他项目设计，未考虑光伏发电站当地风力荷载等级和不同地区地貌情况造成的风荷载值不同，导致其选取设计的支架风荷载工况不满足规范所要求的设计标准值；有些设计人员对其风力荷载的作用不了解，仅仅考虑其正压力，而忽略了强大的负压吸力作用，尤其对屋面光伏来说，强大的风会在光伏板和屋面之间形成一个风道，负压吸力很大，容易造成连接件松动、组件掀翻等组件损坏情况，而在设计时并没有考虑到采取相应的防风措施。另外一些设计为了追求“以轻代重”的思想，忽略了结构抗风强度，一味地缩减支架截面及连接构件数量，导致结构刚度不够，造成在大风作用下出现弯曲、变形。造成通风不良，局部节点长时间承受集中风荷载，增大了支架结构的受力，进而导致局部破坏并引发失稳倒塌事故。

（二）结构选型不合理，抗风承载力不足

结构类型的选择会直接影响其抵抗风荷载的能力，当前在部分设计工作中存在着结构类型选择不合理及抗风作用受力设计不合理的问题，导致整个光伏支架的结构缺乏相应的承载能力。例如，在某些多风区未合理选用承受能力强、自身刚度较大的钢质结构，反而选择了自身承载能力相对较低的铝合金材料，从而致使该架体难以有效地抵挡住强风荷载的作用；地面光伏发电设施支架中采用了立杆独立式架构形式[4]。

节点连接设计存在很多不足，这也是最常出现问题的地方。设计人员往往会忽视连接节点的抗风强度要求，采用的连接件规格过小，材料强度不够或连接节点设计不合理，现场仍普通自攻螺钉连接，易造成连接松动和脱开，应采用防风用的螺栓紧固；个别支架立柱与基础、横梁与立柱等连接节点处没有进行加固处理，节点刚性差，无法承受强风所引起的扭力作用，容易造成混凝土裂缝和节点损坏；屋顶光伏支架与屋顶的连接节点设计不当、未充分利用既有建筑物屋面本身的实际情况，进行固定或连接点间距过大，导致支架整体发生滑移现象，严重时发生掉落。节点结构受力分析不透彻，导致各部分受力不合理，个别部位产生应力集中，在大风荷载下发生损坏。

（三）选用材料不合理，控制质量不严格

材料质量是支架结构抗风设计的基本条件，而在目前一些光伏支架抗风设计中因选用材质不合适、材料的质量把控差等原因，造成支架结构的抗风能力降低、使用寿命短的现象。比如，有些设计选用钢材和铝合金材料材质不合理，强度、刚度不能满足抗风要求，或材料防腐无法满足实际要求等，在户外长期使用时由于风雨侵蚀而引起材料的锈蚀和材料强度降低，在大风作用下出现构件损伤破坏现象。有些设计选用连接件质量较差，材质弱，精度低，安装过程中易产生松动断裂现象，不能承受强风作用[5]。

（四）设计与施工不协调，不规范的施工增加了抗风风险

支架抗风设计需要按照相关规范进行施工操作，满足相应设计要求，部分项目因设计与实际衔接不畅、施工工艺不规范等问题，造成设计无法有效指导施工，导致结构抗风能力存在一定的风险[6]。如设计中未对施工工艺提出具体的要求或者施工单位没有按设计要求的工艺进行施工作业，在施工过程中擅自调整支架设置的位置、立杆间距，以及缩减连接件等，导致支架结构偏离图纸的要求，降低抗风能力；部分作业人员缺乏必要的专业技术知识，不熟悉支架安装工艺及抗风设计要点，导致安装过程中未能正确紧固连接件或加固节点，从而引起连接件松动甚至节点裂缝等问题。

三、新能源光伏支架结构抗风设计优化对策

（一）科学设计，结合现场工况

首先，应秉持因地制宜、精准设计的思想。设计人员要深入光伏电站施工现场考察现场条件，包括当地的风荷载等级、地形、周围环境、安装条件等，根据现场实际情况确定支架抗风设计方式及规范取值，避免经验主义，相关设计一成不变。如沿海地区、空旷地面风力较大，提高风荷载等级，加大支架抗风能力；山地光伏要考虑山体坡度及各处坡度不同引起的受风不同，合理排列支架，考虑不同的受力情况；屋面光伏应考虑屋面原有结构承载力等因素选择合理的支架固定方式，以免破坏屋面[7]。另外，深入研究风荷载的作用特性，全面考虑正压力和负压以及扭矩等各方面影响，特别是屋面支架需采取有效的防尘防风措施，对光伏组件的间距进行合理布置，确保在通风良好状态下不产生局部风压集中的问题；有效权衡好经济性设计与抗风强度的问题。在保证支架轻量化方便安装的前提下确保支架结构的刚度和强度，使支架具备足够的抗风能力，不能一味追求轻量化、经济性导致其出现失稳现象。

（二）优化结构选型，加强节点抗风设计

根据现场实际情况及抗风要求选择合理的支架结构形式，使结构形式与相应的风荷载组合工况及安装场景相匹配。对于强风地区优先选择承载能力大且刚度较强的钢制支架，并采用合理的加强支撑；民用建筑屋面项目可采用质量轻、耐腐蚀的铝制支

Copyright © This Work is Licensed under A Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International License.

架，但需要保证较高的支架刚度和连接强度；在集中式光伏厂区可以考虑使用稳定性较好的混凝土支架以保证整个支架的抗风能力。正确地确定立杆间距及横梁跨度，防止出现间距过大及跨度过长致使整个结构不满足风荷载控制下的设计要求，在必要时可设置一些加强支撑、斜撑等构件，提高支架的稳定性。

（三）规范材料使用，加强质量控制

材料选用需严格按照抗风要求和户外环境的要求，选用质量合格、强度足够且耐候性强的材质，架体部分优先选择材质为耐候钢或高强度铝合金型材等；确保材质强度及刚度能满足抗风要求，同时对材质进行防锈处理，通过热镀锌、阳极氧化等方式，加强其防锈性能，延长支架使用期限；连接部分按设计要求采用高强抗风螺栓以及高强度螺母连接等，保障连接件强度及可靠性，不得使用劣质连接件。

强化质量控制，设计上要给出明确的材料强度、防腐等性能标准，施工材料在进场的时候要做好材料的质量验收工作。检查材料的型号、材质、防腐等是否符合要求，将不合格的产品杜绝入场。做好使用登记制，记录好材料采购、进场以及使用的具体情况等，保证材料能够得到有效地控制[9]。另外，在追求经济型时不能走极端，选用质次价低的产品，应该在确保满足设计要求的情况下，合理地控制费用，实现经济效益与安全可靠性的统一。同时还要注意考虑材料的可更换性，采用普通且易于采购的产品，便于日后的维护和更换，保障支架长期抗风的性能。

（四）加强设计和施工的衔接，规范作业

设计单位和施工单位要加强联系，设计人员要深入施工现场，对接施工人员讲解抗风设计理念以及工艺标准，对设计中存在的问题进行及时处理。施工者按照设计方案来进行施工操作，不得随意更改支架安装地点及立杆间距、连接点数等内容，如需改变设计方案必须由设计人员批准确认。为避免专业水平有限，施工人员不能理解设计要点的问题存在，在现场组织相关人员学习培训，着重针对支架设置规范、抗风设计要点及连接紧固等方面，提高人员的专业性和操作能力。

施工作业人员严格按照施工规范和标准进行，对连接件紧固、节点加固及基础处理等关键步骤重点把控，保证工程整体质量达到设计要求[10]。比如，连接点处必须按规范进行紧固，并采取防止其松动措施，确保在极端情况下不发生松动现象；严格按照设计方案进行节点结构加强，使该结构刚度足以抵抗强风的作用；在支架基础方面，需使其具有足够的强度、抗拔及抗倾覆能力，保证基础无沉降问题出现等。此外，还要严格验收，工程施工完成后对支架安装的质量及其抗风性能进行全面检测，尤其是连接件处的紧固、节点的加强质量、平整等方面的问题及时整改，确保符合设计需求。

四、结论

抗风设计是实现新能源光伏支架结构安全稳定的基础，对实现产业健康高质量发展具有重要意义。当前光伏支架设计问题包括结构选型不合理、选材不合适及采用的现场输入设计条件不清晰等，都在一定程度上影响光伏支架结构本身的抗风特性，并给安全生产埋下一定的隐患，严重情况下会带来一定的经济损失。对此，基于光伏电站在建项目的实际情况，树立合理的设计理念，科学地进行现场工况及结构形式的选择，加强节点抗风设计，严格把控选材质量关等。运用科学、合理、有效的优化策略能够对光伏支架的结构抗风设计行为予以规范，进而提升其抗风性能及稳定性，保障其在极端风荷载工况组合下的安全稳定，降低相应的安全隐患和经济成本，有效促进光伏电站长期稳定运行。将来，随着光伏产业的发展以及抗风设计技术进步，在新型形式及复杂安装情况下持续优化光伏支架结构抗风设计方案，促使光伏抗风技术不断创新与进步，为新能源太阳能光伏发电事业健康发展保驾护航。

参考文献

[1] 刘争昊，马思娟，史剡烽，郑亮，武镜海 . 光伏发电系统设计方案中不同 AGC 控制策略的应用研究 [J]. 太阳能，2026，(04)：32-43.

[2] 朱宁芳 . 新能源光伏产业发展现状及板带材产品开发进展 [J]. 冶金经济与管理，2026，(02)：22-25.

[3] 马铂浩，尹德志，黄炜，王东彪，宋亮亮 . 上网侧分时电价政策下平单轴跟踪式光伏支架在中国西北地区应用的经济性研究 [J]. 太阳能，2026，(02)：23-33.

[4] 冯龙龙，周孝水，徐进东，曾晓波，王宪，危泽志 . 农光互补场景下光伏支架设计研究进展 [J]. 沈阳农业大学学报，2026，57 (01)：167-181.

[5] 刘帅君，田猛山，苏磊，徐杨 . 山地光伏项目组件安装工艺优化与质量控制探讨 [J]. 应用能源技术，2026，(01)：115-117.

[6] 刘吉兴 . 新疆渠道顶分布式光伏系统适配路径与方案研究 [J]. 水利技术监督，2026，(01)：314-317.

[7] 吕威远，刘军，熊新阳，王康，杨海霞，王丽，王鑫 . CPVC 在光伏支架檩条中应用的可行性分析 [J]. 聚氯乙烯，2025，53 (09)：1-4.

[8] 王文静 . 连云港首列！中哈基地 " 光伏支架 " 铁公班列顺利启程 [J]. 大陆桥视野，2025，(09)：9.

[9] 郑先锐 . 新能源光伏发电与风力发电技术分析 [J]. 低碳世界，2025，15 (08)：70-72.

[10] 彭孝仁 . 中国光伏行业发展前景及用钢需求分析 [J]. 冶金信息导刊，2025，62 (04)：1-4.

 Copyright © This Work is Licensed under A Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International License.