

屋面分布式光伏在轻钢结构建筑中的应用及研究

眭 磊

宁夏农垦勘测设计院(有限公司) 宁夏 银川 750011

摘要:项目区位于宁夏石嘴山市平罗县红崖子乡,属中温带干旱、半干旱大陆性高原气候区,昼夜温差大,年平均降雨量200mm,年平均蒸发总量1815mm,属典型的大陆性气候。场区地貌单元属于鄂尔多斯台地荒漠丘陵地貌,场区为沙地及草丛状沙丘,本地区标准冻土深度为0.94m,平均海拔1164~1200m。该项目设计规模为2.5万头奶牛养殖场,该养殖场是一座现代化,标准化的畜光互补示范牧场,随着养殖业的大力发展,轻钢结构建筑在养殖场大范围推广使用,同时把屋面分布式光伏技术应用到养殖园区内,即可节约屋面板材问题又利用光伏发电可以解决养殖场用电,为实现“碳达峰、碳中和”目标提供了零碳低碳技术路径,而且提供了绿色新动能产业支撑。与此同时,轻钢结构建筑因其轻量、高强度和灵活性等特点,成为现代建筑领域备受关注的建筑结构体系。本研究旨在深入探讨屋面分布式光伏在轻钢结构建筑中的应用,为绿色建筑和可持续发展提供更为科学和实用的解决方案。

关键词:屋面分布式光伏;轻钢结构建筑;可再生能源;绿色建筑

引言

在当前全球对环境可持续性和清洁能源的迫切需求下,建筑行业日益关注采用创新技术来提高能源效能和降低环境影响,屋面分布式光伏技术在轻钢结构建筑中的应用成为一个备受瞩目的研究方向。此次项目建设轻钢结构标准化牛舍22栋、2×80位转盘挤奶厅2座、2×24并列式挤奶厅1座、青贮平台8万平米、轻钢结构干草棚8座以及其他配套粪污处理系统等,屋顶铺设BIPV光伏,装机总容量19.34兆瓦,本项目契合国家“碳达峰”、“碳中和”战略目标,响应自治区关于屋顶分布式光伏开发试点方案相关政策,通过将二者巧妙结合起来,可以为建筑行业提供更为高效、环保的解决方案,为建设碳中和循环产业发展作出积极贡献。

1 屋面分布式光伏概述

1.1 定义

屋面分布式光伏是一种太阳能光伏发电系统的应用形式,BIPV是指光伏建筑一体化,也称光电建材,是与建筑物形成完美结合的太阳能光伏发电系统,也称为“构建型”和“建材型”建筑光伏。它作为建筑物围护结构的一部分,可作为屋顶、天窗、建筑物外立面等的替代物品。既具有光伏发电功能,又能承担建筑构件和建筑材料的作用。BIPV光伏瓦直接安装在屋顶檩条上,实现屋顶防火、防水、隔热保温、承重。

1.2 要点

屋面分布式光伏系统的应用具有多个关键点,涵盖技术、经济和环境等方面的重要内容。首先,安装位置在建筑屋顶,不仅最大化地利用建筑的屋面空间,而

且减少对地面的占用,同时利用光伏板材作为屋面层可以节约屋面材料。其次,屋面分布式光伏系统的安装和维护成本相对较低,与传统的集中式光伏电站相比,不需要大面积的土地和复杂的电力输送系统。再次,屋面分布式光伏系统的使用有助于减少对传统能源的依赖,减缓对化石燃料的需求,从而降低温室气体排放,为可持续能源转型做出积极贡献。

2 屋面分布式光伏在轻钢结构建筑中的应用优势

2.1 轻量化结构适应性

在轻钢结构建筑中应用屋面分布式光伏系统带来显著的轻量化结构适应性,为建筑的可持续性和高效性提供多方面的优势。首先,轻钢结构的轻量特性促使其更适合支持光伏组件的安装。相较于传统的混凝土或砖混结构,轻钢结构的自重较轻,更容易承受光伏系统的附加重量,降低对建筑结构的影响。这意味着可以更为灵活地在轻钢建筑上部署光伏组件,充分利用建筑屋面空间,最大化发电效益。其次,轻钢结构的构造灵活性与屋面分布式光伏系统的模块化特性相互契合。轻钢结构可以更容易地进行改建和扩建,适应不同建筑形状和尺寸的需求。这为在建筑物屋顶上安装光伏组件提供更多的设计选择和实施方案,利于系统在满足建筑美学的同时实现最佳的能源利用。再次,轻钢结构的建造速度相对较快,且施工过程较为简便。这意味着在轻钢结构建筑上安装屋面分布式光伏系统能更迅速地投入运行,缩短建筑工程周期,降低工程成本。最后,轻钢结构的优越的抗腐蚀性能和长寿命特点,利于光伏系统能更长时间地稳定运行,减少系统维护的频率和成本。

2.2 屋面空间的最大化利用

屋面分布式光伏系统在轻钢结构建筑中的应用通过最大化地利用屋面空间,实现能源的高效产出。这一优势不仅使建筑自身能够更加自给自足,还能够为周边生活区电网注入更多清洁能源,推动可再生能源在建筑领域的可持续应用。其一,轻钢结构建筑的屋顶形状通常更加灵活,允许更多样化的光伏组件布局。光伏组件的安装不受传统建筑结构的限制,可以灵活地根据屋顶的形状和朝向进行设计,利于屋面分布式光伏系统更适应不同建筑类型和场地条件,提高能源收集效率。其二,屋面分布式光伏系统与轻钢结构建筑的结合,使建筑屋面成为一个重要的能源产生区域,不仅满足建筑自身的用电需求,还有可能产生多余的电力注入电网。通过灵活布局光伏组件,可实现对屋面空间的充分利用,将建筑屋顶转化为一个高效的太阳能发电站,最大限度地提升清洁能源的产出。其三,屋面分布式光伏系统模块化设计使在轻钢结构建筑屋面上更容易实现快速的安装。模块的标准化和预制能够降低工程施工难度,缩短建设周期,进一步提高屋面空间的可利用性。

2.3 利于降低温室气体排放

屋面分布式光伏系统在轻钢结构建筑中的应用为降低温室气体排放提供有力的技术支持,有助于实现建筑行业的绿色转型,为实现全球可持续发展目标迈出重要一步。首先,屋面分布式光伏系统的运行不涉及燃烧过程,不产生二氧化碳等温室气体^[3]。与传统化石燃料发电方式相比,这种系统直接利用太阳能进行能量转换,减少对煤炭、天然气等化石燃料的需求,从而降低相应的温室气体排放。其次,通过在轻钢结构建筑的屋顶上部署屋面分布式光伏系统,实现分布式清洁能源生产,减少对电力的远距离输送,降低能源输送过程中的能量损耗。这有助于减少输电过程中的电阻和能量损失,提高电力传输效率,间接降低温室气体排放。再次,屋面分布式光伏系统使用能替代传统电力发电方式,尤其是煤炭发电,显著减少大气中的硫化物和氮氧化物等有害气体的排放,减轻环境污染。最后,通过将光伏系统与轻钢结构建筑有机结合,促使清洁能源在建筑行业的应用更为普及^[4]。这不仅为建筑提供绿色、可再生的能源,也对整个建筑行业的可持续发展产生积极影响,减缓气候变化,推动低碳经济的发展。

3 屋面分布式光伏在轻钢结构建筑中的应用实践

3.1 屋面结构适应性分析

屋面结构适应性分析是屋面分布式光伏系统在轻钢结构建筑中应用的第一步,也是确保系统安装与建筑结

构相协调的关键。通过综合考虑建筑结构、光伏系统设计和环境因素,可以实现系统的有效集成,为建筑提供可持续而高效的清洁能源。首先,轻钢结构的屋面通常具有较大的自由度和可塑性,适应各种不同的屋面形状和结构布局,为光伏组件的布局提供更多的设计空间。通过对建筑屋面的结构分析,可以确定最佳的光伏组件布局方案,以充分利用可用的阳光资源,提高能源产出效益。其次,光伏组件的安装对屋面结构的承载产生一定的影响,因此必须对建筑的结构承载能力进行充分评估。通过结构分析和计算,确定屋面承载能力是否足以支持光伏组件的重量,以及是否需要进行加强和改进。最后,建筑的朝向、倾角和周围环境等因素也需要纳入考虑。合理的朝向和倾角设计可以最大化太阳辐射的接收,周围环境因素如阴影、风荷载等也需要在设计中考虑,以确保光伏系统的长期稳定运行。

3.2 光伏组件的布局优化

光伏组件的布局优化在屋面分布式光伏系统的设计中至关重要,直接关系到系统的能量产出和整体效益。分析如下:第一,光伏组件的朝向和倾角直接影响到太阳辐射的接收效率。通过科学的计算和模拟,可以确定最佳的朝向和倾角,使光伏组件能在一天中吸收到大量的阳光,提高发电效率。本次牧场中建筑物东西向布置,南侧屋面布置光伏,屋面坡度选用1:3,既能保证生产需要,又能满足光伏高效运行。第二,光伏组件之间的间距和整体的阵列布局需要进行优化,确保在不同天气条件下的阴影互不干扰,最大程度减少光伏组件之间的相互阻挡。第三,光伏组件的布局需要与轻钢结构建筑的屋面形状和结构特点相匹配,通过合理布局最大限度地利用可用的屋面空间,光伏系统与建筑完美融合。第四,考虑到建筑所在地的气象条件,如风向、风速等,对光伏组件的布局进行优化,提高系统的稳定性和耐候性,减小在极端气候条件下的损耗。第五,光伏组件的布局还需要考虑到建筑的美观性,确保系统与建筑整体设计相协调^[5]。在一些情况下,引入智能跟踪系统可以使光伏组件根据太阳位置进行自动调整,保持最佳的朝向,从而提高能源收集效率。通过以上优化,光伏组件布局能最大化地利用建筑屋面空间,提高系统发电效率,降低能源成本,保证系统的可持续性和环境友好性。

3.3 系统设计与智能管理

通过系统设计与智能管理的综合优化,可以提高屋面分布式光伏系统在轻钢结构建筑中的整体性能,实现更高的清洁能源产出和可持续利用。考虑如下:第一,在系统设计阶段准确评估建筑的能源需求,确定屋面分

布式光伏系统的容量。选择高效、可靠的光伏组件，并根据光伏组件的电性能特点进行合理的组串设计，以最大化电能输出。第二，逆变器是将光伏组件产生的直流电转换为交流电的关键组件。在系统设计中要选择适合的逆变器，根据系统的规模和特点进行合理的配置，以提高系统的整体效能。第三，考虑引入电池储能系统，以便在夜间或低辐射时段存储过剩电能，提高系统的自给自足能力。对建筑的日用电量和光伏系统白天发电量进行详细分析，确定电池储能系统的容量，确保足够大以存储一天内的过剩电能。将电池储能系统与光伏系统进行紧密集成，实现系统的联动控制，最大程度地利用可再生能源。第四，引入先进的监测系统，实时监测光伏系统的运行状态，通过数据采集和分析及时发现潜在问题，提高系统的稳定性。例如，在逆变器和光伏组件连接点部署电压和电流传感器，异常的电压或电流波动可能表明电缆连接不良或逆变器故障，监测系统通过实时报警通知运维人员，以此开展及时修复。第五，实现远程控制和调度功能，通过智能管理系统对光伏组件和逆变器进行远程监控和控制。同时，引入智能防护措施，如智能防盗、防雷系统等，保障光伏系统的安全运行。

3.4 定期监测和维护计划

通过建立科学合理的定期监测和维护计划，可以确保屋面分布式光伏系统在轻钢结构建筑中持续高效运行，延长系统寿命，降低运维成本，提高系统的可靠性和可维护性。具体如下：一要实施定期巡检，检查光伏组件的外观是否正常，有无破损、污染或积雪等现象。同时，对支架、电缆、连接器等设备进行检查，确保其结构稳固，电气连接正常。二要定期进行电气性能检测，包括检查逆变器的运行状态、电压、电流等参数。通过实时监测系统产生的电能和各个部分的电性能，及时发现并解决潜在的电气问题。三要定期清洁光伏组件表面，去除灰尘、污垢等附着物。建议根据当地气候、

降雨频率和光伏系统使用情况确定清洁周期，选择在天气较为晴朗的日子进行清洁，确保光伏组件在清洁后能够迅速恢复正常发电。同时，选择合适的清洁工具，避免使用硬物或磨损性较大的清洁器具，以免损伤光伏组件表面。四要定期进行数据分析，评估系统的性能。比较实际发电量与设计理论值，分析系统在不同季节、天气条件下的性能变化，找出可能存在的问题并进行优化。五要对系统周围的环境进行监测，包括温度、湿度、风速等因素，及时发现可能对系统稳定性和安全性造成影响的环境因素。六要对系统中的防护措施进行定期检查，包括防雷系统、智能防盗等设备，确保这些设备正常运行。同时需要对维护人员进行技术操作培训，建立系统的详细档案，包括维护记录、设备参数、电气图等，为日后的维护提供参考。

结论

屋面分布式光伏系统与轻钢结构建筑相互契合，充分发挥轻钢结构的灵活性和适应性，通过科学的屋面结构适应性分析，可以确保系统的安装与建筑结构的和谐融合。屋面分布式光伏技术可以为现代牧场提供清洁、可再生的能源，降低能源成本，提高能源安全保障能力，减少环境污染和温室气体排放，改善生态环境质量，推动绿色建筑的发展。需要注意的是，在应用过程中要综合考虑建筑结构、气象条件、技术特点等多方面因素，确保系统的可行性和经济性。随着技术的不断创新，屋面分布式光伏在轻钢结构建筑中的应用将迎来更广阔的发展前景。

参考文献

- [1]申屠晓.分布式光伏项目投资模式及开发建设全流程分析[J].中国资源综合利用,2023,41(06):56-58.
- [2]潘卓兮,毛洪山,徐涵.建筑屋面分布式光伏发电项目设计探讨[J].能源研究与利用,2023(01):47-49.
- [3]徐社永.分布式光伏项目施工常见的技术问题分析与解决方案[J].机电信息,2022(23):85-88.