

[光伏]

屋顶光伏发电站光伏组件及逆变器的选型和应用

文/范科¹ 丁洒¹ 郝旭芃¹ 於化龙² 张国良²

1. 北京京能国际控股有限公司北方分公司; 2. 大同熊猫光伏发电有限公司

开发利用可再生能源已成为当今世界各国的重要任务。屋顶光伏发电站发电作为一种重要的可再生能源,具有诸多优点,如不占用土地,无噪声,无污染等。探讨屋顶光伏发电站光伏组件及逆变器的选型和应用,为技术人员提供参考,促进可再生能源的推广。

当今世界,能源问题已成为关系到人类生存和发展的重大问题。传统能源的供应越来越难以满足需求,而可再生能源的开发利用已成为各国的重要战略方向。屋顶光伏发电站发电作为一种重要的可再生能源,具有广阔的应用前景。在建设屋顶光伏发电站时,光伏组件和逆变器的选型是关键环节,直接影响到发电站的效率和稳定性。为此,通过探讨相关内容,对于推动屋顶光伏发电站的广泛应用具有重要价值。

屋顶光伏发电站应用价值

随着全球环保意识日渐深入人心以及能源价格的稳步上升,屋顶光伏发电站已成为建筑领域备受关注的话题之一。

1) 屋顶光伏发电站在节能减排方面的优势。光伏发电作为一项绿色环保的能源方式,无需产生任何废物或温室气体排放。就2022年数据而言,我国的光伏发电总装机容量已超过200 GW,其中主要集中于区域电网和大规模电站中。而建筑物屋顶光伏发电站发电的实际功率直接受制于电池板质量。如今,成熟的光伏组件往往具备较高的转换效率,能够将太阳辐射转变为直流电能,且存储于电池组之中。因此,光伏发电能够为建筑物提供一定比例的电力供给,实现生产过程

中的“自产自销”,同时减轻电网的负荷,遏制建筑CO₂排放,改善室内空气质量,实现环保节能的目标。

2) 屋顶光伏发电站的经济效益。虽然初始阶段的投资相对较大,但是长期考量下,屋顶光伏发电站带来巨大经济价值。对于现代建筑物来说,屋顶结构和材质呈现多元化特征,可以根据不同的需求选择相应的组件技术。与传统的发电机组相比,光伏发电能有效节省能源消耗,降低建筑物的电力支出,在一定程度上缓解企业压力及减少全社会的总能耗水平。此外,我国积极倡导住户组建屋顶光伏发电并网入网,推动自产自销,并给予相应补贴,以刺激更多建筑物屋顶采用光伏发电技术。

3) 有利于提升城市形象。在城市化进程加速推进的背景下,建筑物的修建给城市带来了不少困扰。高耸入云的摩天大楼或多或少会消耗大量能源,并对空气与水资源造成污染,甚至可能破坏城市原有的美好景观。然而,屋顶光伏发电站的广泛运用,使得原本不太引人注目的城市屋顶空间得以最大限度地利用起来,转变成环保型发电场所,进而达到优化城市空间布局、美化市容景色的理想效果。

屋顶光伏电站光伏组件及逆变器的选型

1. 屋顶光伏电站光伏组件的选型

(1) 安装的环境条件

在屋顶光伏电站的选型中，首先要考虑的是安装地的环境条件。环境条件包括当地的日照强度、日照时间、气候条件、污染状况以及极端天气情况等。日照强度与日照时间直接影响光伏组件的发电效率。在日照强烈且日照时间长的地区，宜选用转换效率高的光伏组件；气候条件，如温度、湿度及风力等因素会影响光伏组件的工作温度、通风散热以及载荷情况；对于空气污染严重的地区，应选择抗污染性能好的光伏组件，以减少因污染导致的性能衰减；此外，需要考虑极端天气如冰雹、大风和暴雨等对光伏组件的影响，选择能承受极端天气的光伏组件类型。

(2) 光伏组件的选择

在周密地评估环境因素之后，恰当选取光伏组件显得尤为关键。现阶段，市场上可供选择的光伏组件形式丰富且性能各具特色，要求依据实际需求做精细化的决策。举例而言，现今晶体硅光伏组件由于其高效的转换能力、技术的完善程度以及相对较低的成本，已成为市场份额占比极其庞大的主导产品形态。而相对于晶体硅光伏组件，薄膜光伏组件因其重量轻，以及更为优良的灵活性，受到了越来越多的关注。此种组件在安装过程中的便捷度极高，非常适用于多样化的曲面及不规则表面。然而，相对较低的转换效率以及较高的制造成本可能成为其应用过程中的难题。伴随着科技的日新月异，诸如钙钛矿型、染料敏化型这类新颖的光伏组件也逐渐崭露头角。尽管这些新型的光伏组件具备更高的转换效率和更低的制造成本，然而当前它们在市面上的份额尚且有限，相应的技术成熟度还有待进一步提升。

(3) 光伏组件安装参数及细化

在构建屋顶光伏电站的过程中，光伏组件的安装参数设定起着举足轻重的作用。需要针对光伏组件安装角度、安装高度、支撑结构、防雷与接地方面进行详尽分析。

光伏电池板的安装角度：北半球的春季与秋季（日夜平分）时分，光伏电池板应该以正南方为最佳安装角度；然而在夏季，则须向正南方偏移 23.5° ；至于冬季，必须将其朝向再向南侧调整

128° 。基于实际观测数据分析表示，若能保持南向偏东 10° 的安装角度，太阳能电池板的年度发电能力较传统安装方式提升大约20%。

安装高度对风速、太阳照射路径以及散热性能均产生十分显著的影响。根据测试所得出的数据，最理想的安装高度范围应控制在4~5 m之间。在此高度范围内，适宜的风速条件可以减少阴影部分，同时能够提升散热能力。相较于常见的2 m安装高度，此方案能使得太阳能电池板的年度发电总量增加15%左右。

支撑结构设计：在选择支撑结构时要全面研究光伏电池板的重量、抵抗风吹和积雪的负荷等诸多因素。对于大型太阳能电源站来说，推荐选用钢或混凝土结构；但如果针对小型或者仅仅用于装饰的屋顶，那么铝合金材质更为轻巧便利。根据相关研究表明，采用钢制支撑结构的使用年限可以达到30年，而选择铝合金材料则只能保证20年的使用期限。

防雷与接地设置：实施相应的防雷和接地措施对于确保设备和人员安全具有举足轻重的意义。接地地点的电阻值不应高于 4Ω 。

2. 逆变器的选型分析

(1) 逆变器的选型

逆变器的类型主要分为集中式以及组串式两大类，本文着重介绍集中式逆变器。这类逆变器拥有较大输出功率，通常介于100~1 000 kW之间，广泛运用在大规模的光伏并网电站中。具体实施过程中，光伏阵列首先串联，然后再行并联，最终所有组件都接入到一台汇流箱内，并与逆变器相连接。这一系列操作完成后，便可以利用直流电流（DC）/交流电流（AC）的转换实现电力输送并接入电网。值得一提的是，集中式逆变器具有高度的集成性，以及相对较低的制造成本，同时所使用的元器件数量较少，可靠性提升，电能质量表现出色。然而，由于集中式逆变器的最大功率点跟踪（MPPT）路径较少，在进行最大功率点捕获的时候往往只能停留在局部最佳点，导致电力生产的系统损失。

组串式逆变器拥有较小的输出功率，一般来说，范围在3~50 kW之间。与集中式逆变器相比，组串式逆变器具有结构简化，且占地空间小的优

势，甚至可直接与光伏组件相连接，无需借助汇流箱或其他类似设备。另外，得益于其多元的MPPT路径设计，每个组件能够最大限度地处在最大功率点上运行，有效降低了电力生产的系统损失。因此，在屋顶光伏发电站建设方面，组串式逆变器的适用性更为显著。

(2) 组串式逆变器选型分析

1) 容量分析。容量分析是逆变器选型的关键步骤，主要考虑负载需求、光伏组件的容量以及预期的峰值功率等因素。以一个常见的组串式逆变器容量分析为例，见表1。

表1 常见的组串式逆变器容量分析

参数	数值
负载需求/kW	10
光伏组件数量	20
光伏组件容量/W	300
峰值日照时长/h	6
预期峰值功率/kW	$(10 \times 20 \times 300) / (6 \times 1\,000) = 10$

组串式逆变器容量负载需求为10 kW，使用了20块光伏组件，每块光伏组件的容量为300 W。峰值日照时长为6 h。根据这些参数，可以计算出预期的峰值功率为10 kW，从而选择合适的逆变器容量。

2) 光伏阵列的连接方式对逆变器的输入功率和运行效率有着重要影响。在连接光伏阵列时，应确保电压和电流的匹配，以充分利用逆变器的输入功率范围。同时，为了均衡电流分布和减少热损耗，建议采用多路MPPT（最大功率点跟踪）技术，将光伏组件分成多个组串，每个组串配备一个MPPT控制器，以最大化整体发电效率。而对于逆变器的校核，需要根据具体的负载需求、光伏阵列参数以及逆变器规格进行综合评估。需要考虑的参数包括逆变器的输入电压范围、输出电压范围、最大输入电流、最大输出电流、功率因数以及效率等。通过校核，确保所选的逆变器能够满足系统的需求，并具备足够的冗余和安全系数，为光伏发电系统的稳定运行提供保障。

屋顶光伏电站光伏组件及逆变器应用案例

某办公楼目前尚有一片屋顶区域处于闲置状态，考虑到该区域拥有良好的日照条件，决定构建一套微型屋顶光伏发电系统，以期实现自产自消、本地消耗以及能源剩余回输至电网之中的多重功

能。办公楼呈南北向布局，且屋顶平坦宽广，尺寸为23.4 m × 9.8 m。除去必要的中央空调外机占据部分，实际可供光伏发电系统使用的面积为185 m²。根据数据统计，发现该地区各月的每日平均日照状况及全年太阳辐射总量分别达到了1 268.8 kW·h/(m²·a)和四类光照区标准。

为更好地利用有限的屋顶空间，提升单位面积的电能产出效率，选用了单晶高效PERC双面发电组件作为构建核心。经过科学严谨的计算分析，组件采用竖立立体式布置方案更为优选，有助于为后续的设备安装、维修及维护预留充足的操作空间，从而满足屋顶荷载的严格要求。最终确定共计采购56块光伏组件，按照中央空调外机所在位置分成东西两组。其中，东区布置的40块组件，分为3行，西区则可容纳16块组件。整体装机规模达到20.8 kW。此外，还设定了光伏组件的安装倾角为25.0°，使得太阳能电池板正南方向与水平面保持平行。

本地区处于四类光照明区域，春季有较长梅雨季，挑选了一个合适的容配比，发电系统设定为比例为1.21 : 1。选用了组串式逆变器作为主要设备，该逆变器的详细技术参数见表2。

表2 逆变器参数

最大输入电压/V	1 100
最小输入电压/启动电压/V	200/250
额定输入电压/V	600
最大输入电流/A	44(22/22)
额定输出功率/W	17 000
最大输出功率/W	18 700
总电流波形畸变率（额定功率下）/（%）	<3
电网额定电压（3/N/PE）/V	230/400

通过运用先进的软件技术进行仿真分析，得出精确的数据结果，即该新型光伏电站光伏组件和逆变器，每年可以产生高达20 760 kW·h的发电量。每个月的发电量见表3。

表3 模拟计算每个月发电量数据

月份	发电量/（kW·h）	月份	发电量/（kW·h）
1	1 310	7	2 149
2	1 412	8	2 107
3	1 625	9	1 874
4	1 888	10	1 756
5	2 102	11	1 420
6	1 787	12	1 318

依据目前市场主流的光伏组件及逆变器产品价格综合计算,得出本屋顶光伏发电设施总建设成本为11.5万元人民币。预期系统运行年限25年,且输出功率递减率达20%的情况下,预测25年内累计产出电量可达51 000 (kW·h)。根据当前电价0.45元/(kW·h)作为参考标准进行经济效益评估,项目投资税后收益率将达到3.8%。由此可见,这套方案。在环保与社会价值方面具有明显优势,能产生一定的经济收益。

结束语

综上所述,在屋顶光伏电站的建设中,光伏组件及逆变器的选型和应用至关重要。正确的选型不仅能提高发电效率,还能确保系统的长期稳定运行。从安装角度、高度、支撑结构到防雷接地和维护清洁,每一个环节都需精心考虑。此外,持续的技术创新和产品迭代也为光伏组件及逆变器的选型

提供了更多可能。随着绿色能源需求的日益增长,屋顶光伏电站将在未来发挥更加重要的作用。

EA

(收稿日期:2024-01-16)

参考文献

- [1] 孙涛,李广伟.屋顶光伏电站光伏组件及逆变器选型分析[J].发电设备,2023,37(4):238-242.
- [2] 林淦,俞先锋,史珍珍.5 MW分布式屋顶光伏电站发电系统与电气一次设计[J].科学技术创新,2021,(13):39-41.
- [3] 李春松.某6 MW屋顶光伏电站建设实践研究[J].机电信息,2020(23):110-111.
- [4] 陈萍.分布式屋顶光伏电站发电在工业企业的实际应用及效益分析[J].玻璃,2019,46(3):46-50.

