

光伏组件在不同应用场景下的设计分析

薛青林

上海电气集团股份有限公司 上海 201100

摘要: 本研究通过分析光伏组件在不同应用场景下的设计,旨在提供有关光伏组件设计的综合参考。结合理论分析和实验研究,本研究重点探讨了光伏组件在屋顶安装、车棚安装和市政道路等应用场景中的设计要素。研究关于光伏组件布局、倾斜角度、朝向以及阴影效应对系统性能的影响。通过比较不同应用场景下的发电效率、能源产出和经济性等指标,对各场景的优劣势进行了评估。研究结果表明,在屋顶安装中,南向朝向和适当的倾斜角度可实现较高的发电效率和能源产出。在地面安装中,组件布局和阴影效应对系统整体性能至关重要。在市政道路行业中,光伏组件的设计需兼顾隔声屏障的需求和光伏发电系统的性能。本研究综合比较了各场景下的设计要点和效果,为光伏组件在不同应用场景下的设计和优化提供分析思路及有价值的参考成果。这些设计分析可为光伏产业和工程实践提供重要的决策依据,推动可再生能源的利用和推广。

关键词: 光伏组件; 选型; 安装; 倾斜角度; 朝向

2021年3月召开的中央财经委员会第九次会议进一步提出,我国将构建以新能源为主题的新型电力系统,这意味着以风能和太阳能为代表的可再生能源将是未来电力系统的主体^[1]。

基于分布式光伏发电量测算方法多,不少学者均针对其中某一关键参数进行了定量研究^[2]。刘常平通过TRNSYS与RETScreen模拟软件,对气候、温度、建筑形态、安装倾角、组件转换效率等可能影响分布式光伏发电量的关键因素进行了分析,计算出不同地区的建筑光伏理论年发电量^[3]。DenizCura利用PVsyst软件对分布式光伏技术条件进行对比研究,提出了太阳辐射、光伏组件材料、风能、污染因素、遮阳效果、地理位置、电池温度等诸多因素都会影响光伏组件的性能^[4]。

随着全球对可再生能源的需求增加,工业企业也越来越意识到使用清洁能源的重要性。布置光伏板可以将太阳能转化为电能,减少对传统能源的依赖,降低对环境的影响。

本文以上海地区漕河泾气象站点为例,采用高效182半片/双面双玻异质结组件,分别对光伏组件在屋顶安装、车棚安装和市政道路等应用场景中进行分析,最后给出相关应用场景建议,研究成果供相关光伏发电技术设计人员参考。

1 某光伏+工业厂房应用分析

工业厂房通常需要大量的电力供应来支持其运营。通过布置光伏组件,工业企业可以自行发电减少对电网的依赖,从而节约成本。此外,一些地区还会提供政府补贴或激励计划,进一步降低光伏系统的投资成本。通

过布置光伏板,可以最大化利用空闲屋顶空间,将其转化为发电设施,提高资源利用率。

1.1 该厂房位于上海市闵行区,经实地取景,其厂房屋顶高27.20m,长207.60m,宽34.15m,屋顶为彩钢瓦,双坡屋面,屋面倾角3%,方位角南偏东9°,如图1所示。



图1 原厂房屋顶3D示意图



图2 屋顶布置光伏组件示意图

在考虑屋顶工作人员的安全,阴影遮挡,后期维护,屋顶采光带等相关因素后,采用异质结182半片580Wp组件,如图2所示,共计铺设1782块组件,计1033.56kWp,本次屋面南、北侧均贴着原屋面安装,屋面倾角3°,即屋脊南侧方位角南偏东9°,屋脊北侧方位角南偏西171°。

对于相关参数的选取按常规选择,通过选择相关逆变器,阵列设计后计算出的年单位发电量1128kWh/kWp/

年，如图3所示；系统效率PR值为88.83%。

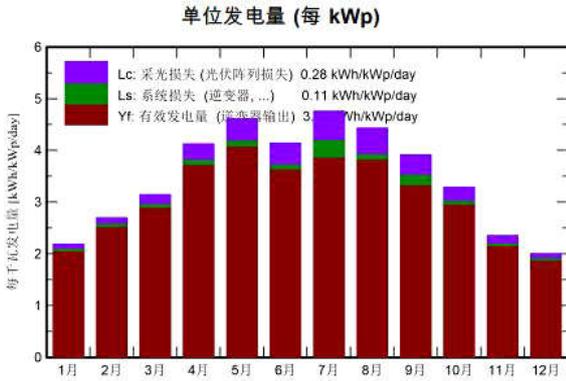


图3 单位发电量示意图

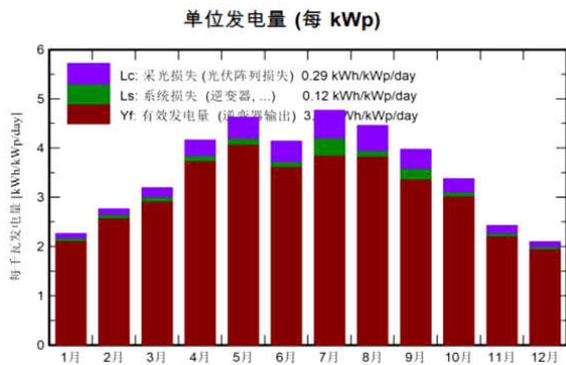


图4 调整后单位发电量示意图

1.2 屋脊南侧组件布置不变，北侧支架稍微架高安装，即屋面倾角3°，屋脊南、北侧组件布置方位角均南偏东9°，其它参数设置保持不变，年单位发电量1138kWh/kWp/年，如图4所示；系统效率PR值为88.47%，如图4所示。

经过以上设计比较可以看出，方案一即贴着原屋面布置，屋脊北侧相当负倾角；方案二及北侧支架加高，屋脊南、北侧均3°倾角，本系统单位发电量年增益10kWh/kWp/年，若此数据仅与其北侧相比，其增量为1.77%。很明显，对于固定坡度的彩钢瓦屋面，倾角是存在一定影响的，可以通过少量的抬高支架高度，提升系统的发电量。同时考虑到背板虽有一定的封闭，但是也具有了一定的流通性，建议其散热系数可以按25W/m²k考虑。

2 某光伏+车棚应用分析

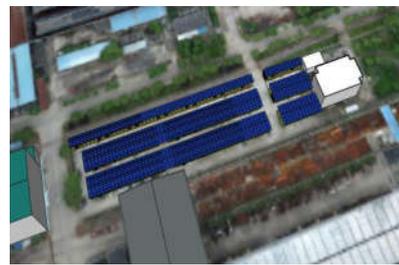
将停车场改造成光伏车棚可以带来诸多益处，包括实现可再生能源发电、提供遮阳和防雨功能、为电动车充电提供便利，这种创新的设计可以满足可持续发展和环保的需求，并为停车场提供更多的功能和价值。

本次将原停车场进行改造，采用光伏+车棚，利用可再生能源，展示了企业对环境保护和可持续发展的承诺，有利于树立企业形象，提高企业的社会责任感。一般车棚周围都会存在较多建筑物，此车棚较为典型，周

围存在三栋建筑物会对光伏区产生阴影影响，本次分析分别考虑了阴影遮挡以及不考虑阴影两种情况。采用异质结182半片580Wp组件，如图5所示，共计铺设1615块组件，计936.0kWp，



(a) 改造前停车场



(b) 改造后光伏车棚

图5 光伏+车棚

2.1 不考虑阴影遮挡，屋面倾角3°，方位角南偏东9°，系统年单位发电量1157kWh/kWp/年，系统效率PR值为89.27%，见图6。

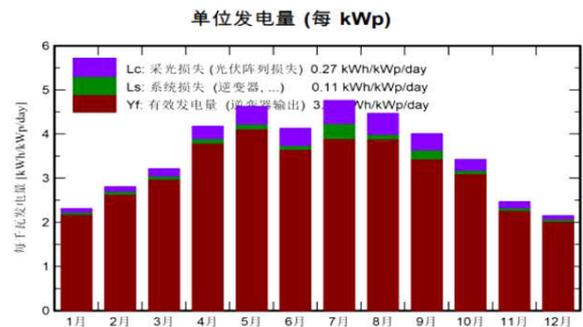


图6 不考虑阴影遮挡影响系统效率示意图

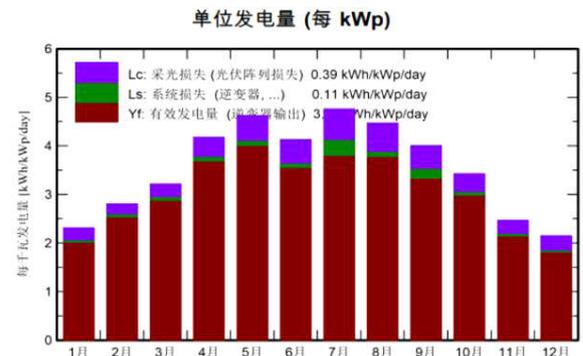


图7 考虑阴影遮挡影响系统效率示意图

2.2 考虑阴影遮挡，屋面倾角3°，方位角南偏东

9°，系统年单位发电量1115kWh/kWp/年，系统效率PR值为86.00%，见图7。

经过以上对比可以明显发现，阴影遮挡对系统年发电量的影响有42kWh/kWp/年，其发电量减少约为3.77%。为了最大限度的减少阴影对组件发电量的影响，可以在组串布局时，自左下填充，填充方向水平地，填

充模式S型衔接，如图8，

对于光伏车棚，是否因为冬至日存在阴影遮挡就在有阴影的地方不布置组件，这一直是业内讨论最多的问题，各家说法不一，本人认为如果发电量的影响在5~10%以内，原则上应尽量布置，虽然发电量会有损失，但可以采取措施减少对发电量的影响。

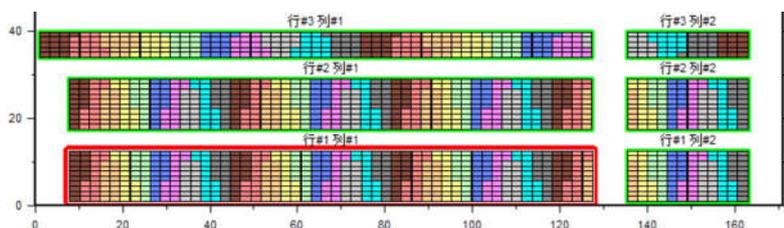


图8 组串划分

建议措施为：1) 通过优化组串布局减少阴影影响；2) 选取阴影容忍度更高的组件，更好的应对阴影条件下的发电效率的降低；3) 安装微逆变器或优化器可以提高光伏系统的抗阴影能力。这些设备可以使每个光伏组件独立工作，最大程度地减少阴影的影响。

经过以上分析也可以看出，光伏车棚的单位发电量是微高于屋面的，个人认为车棚背面的散热系数优于屋面是其中的一个因素，按敞开式（组件周围空气流通良好），其散热系数取29W/m²k进行分析。

3 某光伏+市政道路隔声屏障应用分析

“光伏+市政道路隔声屏障”是一种创新的设计，将光伏发电系统与市政道路隔声屏障相结合，实现双重功能和其他相关重要意义，如图9。



图9 光伏+市政道路

3.1 双重功能：光伏+市政道路隔声屏障通过结合隔声和光伏发电功能，具备多重优势。首先，隔声屏障能够有效降低交通噪音的传播，改善周边环境的噪声水平，提供更好的居住和工作环境。其次，光伏系统将太阳能转化为电能，为城市提供可再生的清洁能源，减少对传统能源的依赖。

3.2 设计和布置：光伏+市政道路隔声屏障的设计需要兼顾光伏组件的布置和隔声屏障的隔音性能。隔声屏

障通常由隔音材料、支撑结构和外观面板构成，而光伏组件则安装在合适的位置。光伏组件的布置应充分考虑太阳能资源的利用，并确保不影响隔声屏障的隔音效果。

3.3 发电能力：光伏组件的布置和数量根据实际需求确定。根据可用空间和预期发电能力，确定所需的光伏组件数量和布局。光伏组件将太阳能转化为直流电能，然后通过逆变器转换为交流电能，供城市电网使用。

3.4 管理和监控：光伏+市政道路隔声屏障系统通常配备监控设备和软件，实时监测发电系统的性能和发电量。监控系统有助于及时检测故障、优化发电效率，并确保系统正常运行。定期的维护和保养是保证系统长期有效运行的关键。

3.5 环境效益：光伏+市政道路隔声屏障设计的环境效益显著。通过减少交通噪音和提供清洁能源，可以改善城市的环境质量，降低温室气体排放，减少对传统能源的依赖。这对于城市的可持续发展和环境保护具有重要意义。

该市政道路两侧，经实地测量宽12.50m，道路南北侧走向，光伏板安装高度，底部距离地面4m，东西向采光（即倾角90°，方位角90°），长度方向组件852块，模型如图10所示。

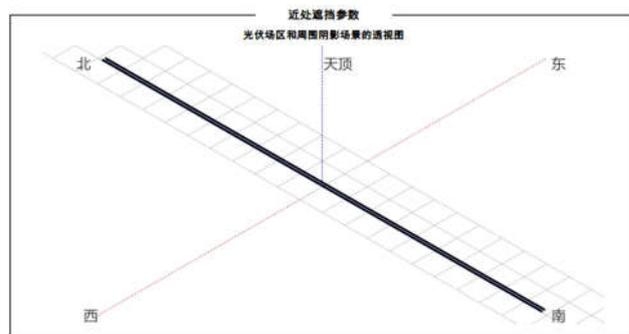


图10 光伏+市政道路设计模型

此次采用的双面组件，背面效率为85%，见图11，双面组件特别适用于东西向采光布置，得益于在下午时充分利用背面效率，其发电量完全达到预期值，结果显示系统年单位发电量1126kWh/kWp/年，系统效率PR值为196.05%，见图11。

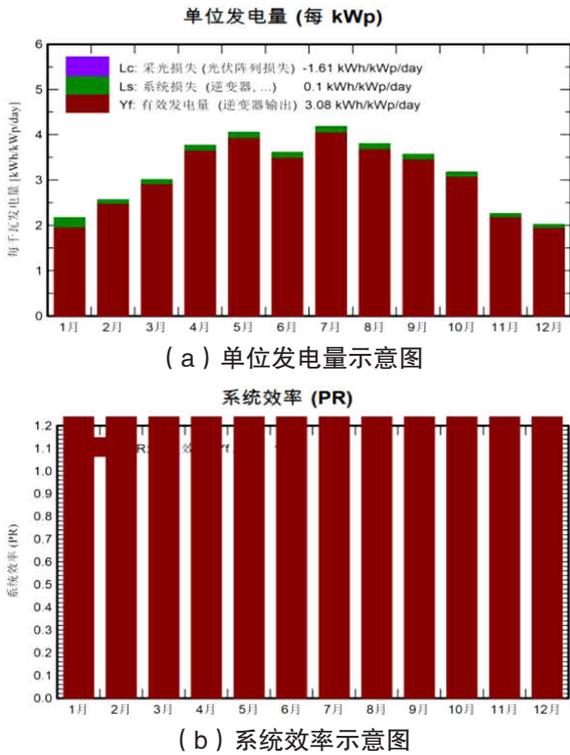


图11 光伏+市政道路发电量

N型双面组件的价格与单面几乎没有差别，仅仅贵0.01~0.02元，发电收入增加明显，产出效率与增量费用比远比单面组件来的高。其周围完全空旷，空气流通条件非常好，没有遮挡，散热效率高。对于此场景下的组件，与其他场景相比，没有阴影遮挡，美观实用，减少噪音的同时能够提供清洁能源。

可再生的、环保的清洁能源是中国能源优先发展的领域。清洁能源的开发利用，对增加能源供应、改善能源结构、解决环境危机具有非常重要的作用，是解决能源供需矛盾、实现可持续发展、保障国家能源安全的战略选择^[5]。

4 结论

4.1 大力发展分布式光伏可以减少对传统能源的依赖，减少电网压力，降低碳排放，改善生态环境，实现能源的自给自足，还能够创造就业机会，促进技术创新和产业升级，推动经济增长。

4.2 对于屋面分布式光伏，发电量的主要影响因素

包括太阳能资源、屋面朝向和倾角、阴影遮挡、光伏系统容量和效率、温度影响。对于双坡屋面工业厂房，可以在满足性价比的同时，通过稍微提高屋脊北侧支架高度，相当于提高倾角，从而可以提高屋面风分布式光伏的发电量。同时，对于PVsys软件中给出的半封闭式散热系数较为保守，背板虽有一定的封闭，但是也具有一定的流通性，建议其散热系数可以按25W/m²k考虑，较为贴近实际。

4.3 光伏+车棚，将停车场改造成光伏车棚可以带来诸多益处，包括实现可再生能源发电、提供遮阳和防雨功能、为电动车充电提供便利。但是由于光伏车棚四周建筑物较多，除倾角外，对发电量影响最大的就是阴影了，可以在组串布局时，自左下填充，填充方向水平地，填充模式S型衔接，能够最大减少阴影的影响，也不是说有阴影的地方就布置光伏版，若影响在5~10%以内，原则上应尽量布置。

4.4 光伏+市政道路这种创新的设计，将光伏发电系统与市政道路隔声屏障相结合，实现双重功能。市政道路两侧受到阴影影响较小，尤其道路南北走向时，采用双面组件布置（即倾角90°，方位角90°）能够得到较为理想的发电效果，在同一地区，单位发电量完全可以媲美屋面分布式，是较为理想可再生能源，实现隔声屏障的同时，不需要额外的土地，避免了土地资源的浪费，同时可以与周围建筑环境融合，创造出独特的景观效果，非常值得推广。

参考文献

[1]中国政府网.《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要》[EB/OL].(2021-03-13).[2022-03-11] http://www.gov.cn/xinwen/2021-03/13/content_5592681.htm

[2]邓琦.北京市分布式光伏发电制约因素及经济性研究[D].华北电力大学, 2022.

[3]刘常平,徐伟,邹瑜等.中国不同气候区光伏潜力分析[J].建筑科学,2019,35(10):1-7+15.

[4]Deniz C. Evaluation of the technical and economic aspects of solar photovoltaic plants under different climate conditions and feed-in tariff[J]. Sustainable Cities and Society 2022,80:103804

[5]刘卉.浅析大力发展清洁能源对保障中国能源安全的意义[J].中国矿业大学学报(社会科学版),2008(02):70-73.