

电厂厂区分布式光伏发电系统设计与效益评估

罗若阳

国家电投集团贵州黔西中水发电有限公司, 贵州 毕节 551500

DOI:10.61369/EPTSM.2025040016

摘 要： 在全球能源转型和“双碳”目标的合力推动之下，可再生能源的开发与利用成为了能源领域的重要发展方向。而分布式光伏发电作为一种清洁、高效的能源利用形式，因为具有就近消纳、减少线损、灵活性高等特点，所以在各类场所得到了广泛的应用。电厂厂区又是能源消耗大户，其拥有广阔的可利用空间和稳定的电力需求，恰好具备发展分布式光伏发电系统的得天独厚条件。为此本文将深入地探讨电厂厂区分布式光伏发电系统的设计策略，并对其效益进行全面地评估。

关 键 词： 电厂；厂区；分布式；光伏发电；系统设计；效益评估

Design and Benefit Evaluation of Distributed Photovoltaic Power Generation System in Power Plant Area

Luo Ruoyang

Guizhou Qianxi Zhongshui Power Generation Co., LTD. State Power Investment Group Co., LTD., Bijie, Guizhou 551500

Abstract： Driven by the combined forces of global energy transformation and the dual carbon goals, the development and utilization of renewable energy has become an important development direction in the energy field. Distributed photovoltaic power generation, as a clean and efficient form of energy utilization, has been widely used in various places due to its characteristics of nearby consumption, reduction of line losses, and high flexibility. Power plant areas, as major energy consumers with vast available space and stable electricity demand, possess unique advantages for developing distributed photovoltaic power generation systems. Therefore, this article will delve deeply into the design strategy of distributed photovoltaic power generation systems in power plant areas and comprehensively evaluate their benefits.

Keywords： power plant; plant area; distributed; photovoltaic power generation; system design; benefit evaluation

引言

现阶段随着社会经济的快速发展，能源需求在持续地增长，传统化石能源的大量使用已然带来了严重的环境问题。因此，为了应对气候变化和环境污染，我国提出了“碳达峰、碳中和”的战略目标，大力发展可再生能源则是实现这一目标的重要途径。

一、电厂厂区分布式光伏发电系统设计的优势

（一）空间资源丰富

电厂厂区通常占地的面积大，其拥有大量的屋顶（如厂房屋顶、办公楼屋顶）、停车场、料场、闲置空地等，而这些空间都可以用于安装光伏组件，可以为分布式光伏发电系统提供充足的场地保障^[1]。

（二）电力消纳便利

因为电厂自身用电负荷大且稳定，此时分布式光伏发电系统所产生的电力可以就近被厂区内的设备消耗，进而减少了电力传输过程中的损耗，还提高了能源利用效率。同时电厂的电力系统

较为完善，其具备接入分布式光伏发电系统的良好条件，并无需进行大规模的电网改造。

（三）管理维护便捷

所有的电厂均拥有专业的电力运维团队，他们具备丰富的电力设备管理经验和技术能力，能够对于分布式光伏发电系统进行有效的管理和维护，进而保障系统的安全稳定运行。此外电厂的交通、通信、供水等基础设施都比较完善，整合为分布式光伏发电系统的建设和运维提供了便利。

（四）政策支持有力

现阶段，国家和地方政府都出台了一系列支持分布式光伏发电发展的政策措施，如补贴政策、并网政策等等，即为电厂厂区

作者简介：罗若阳（1997.11-），男，汉族，贵州毕节人，学历：大专，职称：助理工程师，从事的研究方向或工作领域：火力发电厂。

建设分布式光伏发电系统提供了良好的政策环境。

二、电厂厂区分布式光伏发电系统设计需考虑的因素

（一）场地条件

场地条件是分布式光伏发电系统设计的基础，它直接地影响了系统的规模、布局和发电效率。在进行设计之前，设计人员需要对电厂厂区的场地进行全面地勘察，其中包括了场地的面积、形状、朝向、坡度、遮挡情况等等。

就屋顶场地来说，需要考虑屋顶的结构类型（如混凝土屋顶、钢结构屋顶）、承重能力、使用寿命等。一般混凝土屋顶的承重能力较强，因而适合安装大型光伏组件；钢结构屋顶则需要考虑屋顶的承重限制，务必避免对于屋顶结构造成损坏。同时还要检查屋顶的平整度和防水情况，以确保光伏组件的安装不会影响屋顶的防水性能。而对于地面场地，如停车场、空地等，就需要考虑场地的地质条件、土壤承载力、排水情况等等。通常地质条件不稳定的场地需要进行地基处理，目的是保证光伏支架的稳定性；排水不畅的场地需要为其设计排水系统，进而避免雨水浸泡光伏组件和设备。

此外场地的遮挡情况也是影响光伏组件发电效率的重要因素。据此，设计人员需要提前调查场地周围的建筑物、树木、设备等是否会对光伏组件造成遮挡，并且计算遮挡的时间和范围。随后在设计时尽量避开遮挡区域，或者是采取相应的措施来减少遮挡影响，如调整光伏组件的安装角度、高度等等^[2]。

（二）负荷需求

设计人员还需要对电厂厂区的电力负荷进行详细地统计和分析，其中包括了负荷的大小、负荷曲线、用电时间等等。具体如下：

经过对历史用电数据的分析，设计人员能够掌握电厂厂区不同时段电力需求特点，进而确定光伏发电系统的最佳安装容量。一般来说，分布式光伏发电系统的发电量应尽可能与厂区的用电负荷相匹配，如此才能提高自用率，并减少余电上网。如果厂区的用电负荷稳定且较大，便可以适当的增大光伏发电系统的容量；但如果负荷波动较大，则需要合理地设计系统容量，进而避免发电量过剩或不足。

（三）气象条件

气象条件会直接影响到分布式光伏发电系统的发电性能，而它包括了太阳辐射强度、日照时间、温度、风速、降水等。针对该方面，设计人员需要收集电厂厂区所在地的长期气象数据，并对太阳辐射资源进行评估，以确定光伏发电系统的潜在发电量。展开来说：太阳辐射强度是决定光伏发电量的关键因素，因为不同地区的太阳辐射强度差异较大，所以在设计时应根据当地的太阳辐射数据，来选择合适的光伏组件类型和安装角度，进而提高光伏组件的转换效率^[3]。但温度对光伏组件的性能也有一定的影响，若温度过高则会导致光伏组件的转换效率下降。因此在设计时需要考虑散热措施，如合理设计光伏组件的安装间距，进而保证空气流通，达到降低组件工作温度的目的。风速和降水等气象

因素则会影响到光伏支架的设计，即需要根据当地的最高风速和降水量，设计出足够强度的光伏支架，保证系统在恶劣天气条件下依然能够安全稳定地运行。

（四）并网条件

由于分布式光伏发电系统通常需要与电网并网运行，因此并网条件是设计时必须考虑的重要因素。而并网条件与当地电网的电压等级、容量、接入点位置、并网政策等内容有关。一方面设计人员要根据电网的电压等级，选择合适的逆变器类型和容量，以确保光伏发电系统能够安全、稳定地接入电网。另外一方面要考虑到电网的接纳能力，如果电网容量有限，就需要限制光伏发电系统的输出功率，进而避免对于电网造成冲击。并网政策则包括了并网流程、计量方式、电价政策等，其需要设计人员熟悉当地的并网政策，再按照规定来办理并网手续，务必选择合适的计量方式（如“自发自用，余电上网”或“全额上网”），助力电厂获得最大的经济效益^[4]。

（五）安全规范

为了使分布式光伏发电系统的设计符合相关的安全规范和标准，设计人员需要考虑到电气安全、结构安全、消防安全等多个方面。就电气安全来说，在设计中要保证光伏发电系统的电气设备和线路均符合电气设计的规范，即设置过电压、过电流、短路等保护装置，目的是防止电气事故的发生。而在结构安全方面，光伏支架和基础的设计必须满足强度和稳定性要求，保证其能够抵御风、雨、雪等自然灾害的影响。特别是对于屋顶安装的光伏系统，一定要确保屋顶的承重能力符合要求，进而避免因光伏系统的安装导致的屋顶结构损坏。另外在消防安全方面，需要合理地设计光伏系统的布局，务必预留足够的消防通道和灭火空间，以避免光伏组件和设备阻碍消防设施的使用^[5]。

三、电厂厂区分布式光伏发电系统设计策略

（一）系统容量设计

首先根据场地的可利用面积和太阳辐射强度，设计人员要估算出光伏发电系统的最大可能安装容量。其计算公式为：最大安装容量 = 可利用面积 × 单位面积安装功率。当中的单位面积应安装功率根据光伏组件的类型和安装方式来确定，一般平面安装的单位面积安装功率约为 100-150W/ m²，倾斜安装的单位面积安装功率则为 150-200W/ m²。然后结合电厂厂区的负荷需求，来确定系统的实际安装容量^[6]。如果最大可能安装容量大于负荷需求对应的容量，就应选择与负荷需求相匹配的容量，如此才能提高自用率，但如果最大可能安装容量小于负荷需求对应的容量，则需要以最大可能安装容量作为系统容量。最后还需要考虑到系统的发电量与负荷的匹配度，再通过优化设计，使光伏发电系统在不同时段的发电量尽可能的满足负荷需求。

（二）光伏组件选型与布置

1. 光伏组件选型

光伏组件在进行选型时，通常需要考虑到转换效率、可靠性、温度系数、抗风沙和抗冰雹性能等因素。目前常用的光伏组

件有单晶硅光伏组件、多晶硅光伏组件和薄膜光伏组件。其中单晶硅光伏组件的转换效率高、可靠性好，但成本较高；多晶硅光伏组件虽然成本较低，但转换的效率却略低于单晶硅组件；而薄膜光伏组件的灵活性高，一般适用于各种不规则的场地，可是转换的效率还是较低。因此在电厂厂区分布式光伏发电系统中，建议优先选择单晶硅或多晶硅光伏组件^[7]。

2. 光伏组件布置

光伏组件的布置应基于场地条件和太阳辐射情况，采用合理的排列方式，以此提高发电的效率。当中最为关键的便是安装角度和间距，一般光伏组件的安装角度应根据当地的纬度进行设计，间距则应根据当地的日照情况和安装角度进行确定。此外排列方式也值得设计人员关注，当前光伏组件的排列方式有行列式、矩阵式等。当在屋顶进行安装时，应根据屋顶的形状和尺寸，采用合适的排列方式，务必充分地利用屋顶的空间，但在地面安装时可采用行列式排列，如此便于相关人员进行维护和管理。

（三）逆变器选型与配置

逆变器的作用是将光伏组件产生的直流电转换为交流电，并实现与电网的并网。实际在选型时需要考虑额定功率、转换效率、可靠性和通信功能等因素。而逆变器的配置方式有集中式逆变器和组串式逆变器两种^[8]。就集中式逆变器来说，比较适用于大规模光伏发电系统，原因是它具有转换效率高、维护方便等优点，可是对于光伏组件的一致性要求较高；组串式逆变器则适用于中小型光伏发电系统，其能够适应不同的光照条件，对于阴影的耐受性较强，但成本却相对较高。

（四）支架系统设计

支架系统的作用是支撑光伏组件，使其能够保持正确的安装角度和高度。通常支架系统的设计应满足强度、刚度和稳定性要求，应确保其在各种气象条件下均能够安全可靠地运行。

对于支架材料的选择来说，设计人员应考虑耐腐蚀性、强度和成本等因素，来选择铝合金、钢结构和混凝土等不同材质的支架。支架的基础设计则应根据场地的地质条件和支架的受力情况进行确定。在屋顶安装的支架，一般可以采用配重式基础或预埋件基础，而地面安装的支架可采用混凝土灌注桩基础、螺旋桩基础等。

（五）并网系统设计

并网系统的设计包括了并网柜、计量装置、保护装置等设备的选型和布置，其目的是确保光伏发电系统安全、可靠地接入电

网。展开来说：并网柜内部装有断路器、隔离开关、互感器等设备，在实践中用于实现电路的通断、保护和计量，其选型应根据系统的容量和电网的电压等级进行确定。而计量装置主要用于计量光伏发电系统的发电量和上网电量，它应符合国家相关标准和电网公司的要求。保护装置则涵盖了过电压保护、过电流保护、短路保护、孤岛保护等等，该装置应动作可靠、灵敏，保证能够在故障发生时迅速地切断电路^[9]。

四、电厂厂区分布式光伏发电系统效益评估

（一）经济效益评估

分布式光伏发电系统所产生的电力主要用于满足电厂厂区的自用需求，由于该方式减少了从电网购买的电量，因此帮助电厂节省了电费。甚至在分布式光伏发电系统的发电量超过了电厂厂区的自用需求时，多余的电力还可以上网销售，此时电厂将获得上网电费收入。

（二）环境效益评估

电厂厂区分布式光伏发电系统的环境效益主要体现在减少温室气体排放和其他污染物排放方面。因为光伏发电过程中不产生二氧化碳等温室气体，所以与传统的火力发电相比来看，此方式能够显著地减少碳排放。不仅如此，由于此方式代替了火力发电，所以减少了这些二氧化硫、氮氧化物、粉尘等污染物的排放。

（三）社会效益评估

分布式光伏发电系统的建设能够增加电厂的能源供应渠道，提高了其能源自给率，还增强能源供应的安全性和稳定性^[10]。同时分布式光伏发电作为可再生能源的重要组成部分，其发展能够推动能源结构向清洁化、低碳化转型，有助于促进能源可持续发展。

五、结束语

虽然电厂厂区具备发展分布式光伏发电系统的良好条件，其丰富的空间资源、稳定的负荷需求、完善的基础设施和有力的政策支持，均为系统的建设和运行提供了保障。但在设计过程当中，需要设计人员综合地考虑场地条件、负荷需求、气象条件、并网条件和安全规范等因素，合理地确定系统容量，并选择合适的光伏组件、逆变器、支架等设备，以及进行科学的布置和配置。

参考文献

[1] 曹梦楠. 分布式光伏组件清洗机器人开发及应用 [D]. 吉林省：东北电力大学，2020.DOI: 10.27008/d.cnki.gdbdc.2020.000174.
[2] 王晓. 光伏发电在生物质电厂应用的经济性分析 [J]. 陕西煤炭，2021, 40(S02): 156–160.
[3] 杜柔霞. 考虑风电、光伏不确定性的虚拟电厂优化调度 [D]. 重庆市：重庆理工大学，2022.DOI: 10.27753/d.cnki.gcqgx.2022.000694.
[4] 高成锴. 通河县 1.09MWp 分布式光伏电站设计 [D]. 黑龙江省：东北农业大学，2023.DOI: 10.27010/d.cnki.gdbnu.2023.000905.
[5] 李喜娟. 基于深度学习的光伏板积灰监测与清洗周期的研究与实现 [D]. 宁夏回族自治区：宁夏大学，2023.DOI: 10.27257/d.cnki.gnxhc.2023.000675.
[6] 张晓玉. 铁塔基站屋顶分布式光伏发电可行性研究——以淮南市田家庵区光伏发电项目为例 [D]. 安徽省：安徽理工大学，2024.DOI: 10.26918/d.cnki.ghngc.2024.000511.
[7] 武文江，赵大为. 基于分布式光伏发电与储能技术协同发展的优化研究 [J]. 电力设备管理，2025, (05): 82–84.
[8] 刘莹莹. 分布式光伏发电并网服务设计及并网评估研究 [D]. 广东省：华南理工大学，2017.
[9] 叶子强. 丽水经济开发区厂区分布式光伏系统优化配置与储能设备经济性研究 [D]. 浙江省：浙江大学，2020.DOI: 10.27461/d.cnki.gzjdx.2020.004538.
[10] 王栋晖. 分布式光伏发电系统的可行性分析与设计——以辽宁桓仁电站厂区分例 [J]. 光源与照明，2023, (11): 108–110.