

# 光伏发电系统发电功率预测

张桥润

华润新能源投资有限公司广西分公司 广西 南宁 530000

**摘要：**光伏发电预测对电网稳定性和光伏电站经济效益至关重要。准确预测光伏发电功率可提高电网吸收阳光能力，减少限电损失，确保电网稳定运行。同时，预测结果还可为光伏电站运行管理提供科学依据，优化电站运行策略，减少停电经济损失。光伏发电预测基于历史气象、功率、太阳辐照等数据，需根据不同时间响应范围选择预测模型，并通过精度指标和评价标准衡量预测准确性。

**关键词：**光伏发电系统；发电功率；预测

## 引言

随着光伏产业的快速发展，光伏发电已成为重要的可再生能源之一。然而，光伏发电功率受环境因素影响较大，波动性强，给电网调度和光伏电站运行管理带来了挑战。因此，光伏发电预测显得尤为重要。准确的光伏发电预测不仅可以提高电网的稳定性和吸收阳光的能力，还可以帮助光伏电站减少停电造成的经济损失，提高运行管理效率。本文将深入探讨光伏发电预测的意义、数据基础、时间响应、精度指标以及评价标准等方面。

## 1 光伏发电预测的意义

### 1.1 提高电网的稳定性，增加电网吸收光的能力

光伏发电作为可再生能源的重要组成部分，其发电功率受到日照强度、温度、云量等多种自然因素的影响，呈现出高度的不确定性和波动性。这种特性给电网的调度带来了巨大挑战。通过精确的光伏发电预测，电网调度部门能够提前掌握光伏发电量的变化趋势，从而合理安排传统能源与可再生能源的发电比例，实现电力资源的优化配置。这不仅有助于缓解电网峰谷矛盾，还能有效减少因光伏发电波动导致的电网频率和电压波动，提高电网的整体稳定性。随着光伏装机容量的不断增加，电网对光伏发电的接纳能力成为制约其发展的关键因素之一。准确的光伏发电预测能够帮助电网调度部门提前规划，通过调整其他电源的出力或启用储能系统等方式，增强电网对光伏发电的吸纳能力，减少因电网容量限制而导致的弃光现象。这不仅有助于提升光伏电站的经济效益，减少因限电造成的损失，也是推动清洁能源大规模应用、实现能源结构转型的重要一环。

1.2 帮助光伏电站减少停电造成的经济损失，提高光伏电站运行管理的效率

对于光伏电站而言，准确预测光伏发电功率是优化电站运行管理、提高经济效益的重要手段。一方面，预

测结果可以帮助光伏电站提前制定电力输出计划，合理安排电站的运维工作，避免因预测不准确而导致的停电或限电情况。停电不仅会影响光伏电站的发电收入，还可能对电网造成不良影响，损害光伏电站的声誉。通过预测，光伏电站可以更加精准地控制电力输出，确保电站稳定运行，减少停电带来的经济损失。另一方面，光伏发电预测结果还可以为光伏电站的运行管理提供科学依据，优化电站的运行策略。例如，根据预测结果，光伏电站可以调整电站的运维计划，合理安排清洗、检修等工作，提高电站的运行效率。同时，预测结果还可以用于电站的能源管理系统中，指导电站的储能设施充放电策略，实现能源的优化配置和高效利用。此外，光伏发电预测还有助于光伏电站参与电力市场交易。随着电力市场的逐步开放和竞争的加剧，光伏电站需要更加精准地预测自身的发电能力，以便在电力市场中制定合理的报价策略，争取更多的发电收入和补贴。通过预测，光伏电站可以更加准确地评估自身的发电潜力和市场竞争能力，为电站的长期发展提供有力支持。

## 2 光伏发电系统发电功率预测

### 2.1 数据基础

光伏发电系统发电功率预测的数据基础是确保预测准确性和可靠性的关键。这些数据主要包括以下几个方面：（1）历史气象数据<sup>[1]</sup>。历史气象数据是光伏发电功率预测的重要输入之一。气象条件如温度、湿度、风速、风向、云量等都会对光伏发电系统的发电功率产生影响。通过分析历史气象数据，可以了解这些气象条件与光伏发电功率之间的相关性，从而为预测模型提供有力支持。例如，高温和强光照条件下，光伏发电系统的发电功率通常较高；而阴天和雨天则会导致发电功率显著下降。（2）历史功率数据。历史功率数据是光伏发电系统在过去一段时间内的实际发电功率记录。这些数据

反映了光伏发电系统在不同气象条件、不同时间段下的发电性能。通过分析历史功率数据,可以了解光伏发电系统的发电规律、波动性以及影响因素,为预测模型提供重要参考。同时,历史功率数据还可以用于模型的验证和优化,提高预测的准确性。(3) 太阳辐照数据。太阳辐照度是光伏发电系统发电功率的主要决定因素之一。太阳辐照数据包括太阳辐射强度、辐照时长、辐照方向等。通过分析太阳辐照数据,可以了解太阳辐射的变化规律以及其对光伏发电功率的影响。这些数据对于建立准确的预测模型至关重要。(4) 地理数据。地理数据包括光伏发电系统所在地的地理位置、海拔高度、地形地貌等。这些地理条件会影响太阳辐射的接收情况,从而影响光伏发电系统的发电功率。通过分析地理数据,可以了解光伏发电系统所处的环境特点,为预测模型提供必要的输入参数。当前,大部分光伏电站都建立了自己的功率预测系统,这些系统通过收集和分析上述数据,为电站的稳定运行提供有力支持。同时,随着大数据和人工智能技术的发展,数据收集和处理能力得到了显著提升,为光伏发电功率预测提供了更加丰富的数据基础和更加准确的预测结果。

## 2.2 时间响应

光伏发电预测的时间响应是指预测结果与实际观测值之间的时间对应关系。根据预测的时间范围,光伏发电预测可以分为极短期、短期、中期和长期等不同类型的。不同的时间响应范围对于预测模型的准确性和实用性有不同的要求。(1) 极短期预测。极短期预测的时间范围通常小于30分钟。这种预测类型对于电网的即时调度和光伏电站的快速响应具有重要意义。极短期预测需要更高的准确性和实时性,以应对光伏发电系统的快速波动和不确定性。为了实现这一目标,通常采用基于实时气象数据、历史功率数据和机器学习算法的预测模型。这些模型能够实时更新输入数据,并快速输出预测结果,为电网调度提供及时准确的参考。(2) 短期预测。短期预测的时间范围通常在30分钟至6小时之间。这种预测类型对于电网的日内调度和光伏电站的运行计划制定具有重要影响。短期预测需要综合考虑气象条件、历史功率数据和光伏发电系统的运行状态等因素,建立准确的预测模型。通过优化模型参数和输入数据,可以提高短期预测的准确性和可靠性,为电网的稳定运行提供支持。(3) 中期预测。中期预测的时间范围通常在6至24小时之间。这种预测类型对于电网的周调度和光伏电站的发电计划制定具有指导意义<sup>[2]</sup>。中期预测需要考虑更多的气象因素和历史数据,以建立更加复杂的预测模

型。同时,还需要考虑光伏发电系统的运行策略和调度需求,以实现预测结果与实际需求的匹配。(4) 长期预测。长期预测的时间范围通常在1至7天之间。这种预测类型对于电网的月度调度和光伏电站的长期规划具有重要意义。长期预测需要综合考虑气象条件、历史数据、光伏发电系统的运行状态以及能源市场需求等因素,建立全面的预测模型。通过长期预测,可以了解光伏发电系统在未来一段时间内的发电趋势和潜在风险,为电站的长期规划提供决策支持。

## 2.3 精度指标

光伏发电预测的精度指标是衡量预测结果准确性和可靠性的重要依据。这些指标包括均方根误差(RMSE)、平均绝对误差(MAE)、相关系数等。(1) 均方根误差(RMSE)。均方根误差(Root Mean Square Error, RMSE)是衡量预测精度的一种常用方法。它通过将预测值与实际观测值之间的偏差进行平方,然后求取这些平方值的平均数,最后取平方根得到。这种计算方式使得RMSE对较大的偏差特别敏感,因为它放大了这些偏差的影响。因此, RMSE能够提供关于预测结果整体偏差程度的清晰视角。一个较小的RMSE值意味着预测值与实际观测值之间的差异较小,表明预测模型的准确性较高。在光伏发电功率预测中, RMSE是衡量模型预测性能的关键指标之一,它能够帮助研究人员和工程师了解模型在不同时间段和气象条件下的表现。(2) 平均绝对误差(MAE)。平均绝对误差(Mean Absolute Error, MAE)是另一种常用的预测精度指标。与RMSE不同, MAE在计算过程中直接取预测值与实际观测值之间偏差的绝对值,然后求取这些绝对值的平均数。这种计算方式使得MAE对正负偏差的敏感度相同,因此更加直观易懂。一个较小的MAE值同样意味着预测结果与实际观测值之间的偏差较小,表明预测模型的准确性较高。在光伏发电功率预测中, MAE与RMSE相辅相成,共同为评估模型的预测性能提供重要依据。(3) 相关系数。相关系数是衡量预测值与实际观测值之间线性关系强度和方向的重要工具。它的取值范围在-1到1之间。当相关系数接近1时,表示预测值与实际观测值之间存在强烈的正相关关系;当相关系数接近-1时,表示两者之间存在强烈的负相关关系;而当相关系数接近0时,则表示两者之间没有明显的线性关系。在光伏发电功率预测中,相关系数可以帮助我们了解预测模型是否能够准确捕捉实际观测值的变化趋势。一个较高的相关系数值意味着预测模型能够更好地反映实际观测值的变化情况,从而提高预测的准确性和可靠性。

## 2.4 评价标准

光伏发电预测的评价标准是衡量预测结果质量和实用性的重要依据。这些标准包括准确率、偏差百分比、时间延迟和故障检测率等。下面将对这些评价标准进行详细介绍：（1）准确率。准确率是评估预测结果在特定区间内命中率的重要指标。它反映了预测值与实际观测值之间的一致性程度。在光伏发电预测中，通常要求预测结果在一定的误差范围内达到一定的百分比。例如，误差小于5%的准确率达到90%以上。这意味着在大多数情况下，预测结果与实际观测值之间的偏差不会超过5%。准确率越高，表示预测模型的准确性和可靠性越高，对于电网调度和光伏电站的运行计划制定具有更大的参考价值。（2）偏差百分比。偏差百分比是预测值与实际观测值之间的相对偏差。它反映了预测结果与实际观测值之间的差异程度。偏差百分比越小，表示预测值与实际观测值之间的偏差越小，预测模型的准确性越高。在光伏发电预测中，偏差百分比是衡量预测结果质量的重要指标之一。通过计算偏差百分比，可以了解预测结果与实际观测值之间的偏差情况，为模型的优化和改进提供依据。（3）时间延迟。时间延迟是预测结果与实际观测值之间的时间差。它反映了预测模型的实时性和响应速度。在光伏发电预测中，时间延迟越小，表示预测结果能够更快地反映实际观测值的变化情况，为电网调度和光伏电站的快速响应提供支持。因此，在建立预测模型时，需要注重模型的实时性和响应速度，以减少时间延迟并提高预测结果的实用性。（4）故障检测率。故障检测率是反映预测模型对光伏发电系统中故障识别能力的重要指标。它表示预测模型能够正确识别出光伏发电系统中故障的比例。在光伏发电系统中，故障

可能导致发电功率的下降或系统的停机。通过预测模型对故障的准确识别，可以提前采取相应的维修措施，确保系统的稳定运行。因此，故障检测率越高，表示预测模型对光伏发电系统的故障识别能力越强，对于系统的稳定运行具有更大的保障作用<sup>[3]</sup>。在实际应用中，需要根据光伏发电系统的特点和需求选择合适的评价标准来评估预测结果的质量和实用性。同时，还需要结合其他因素如预测成本、模型复杂度等进行综合考虑。通过不断优化和改进预测模型，可以提高光伏发电预测的准确性和可靠性，为电网的稳定运行和光伏电站的高效运行提供支持。

### 结束语

综上所述，光伏发电预测对于提高电网稳定性和光伏电站经济效益具有重要意义。通过准确预测光伏发电功率，可以优化电网调度和光伏电站运行策略，减少限电和停电损失。同时，光伏发电预测的发展也需要不断完善预测模型、提高数据质量和精度指标。未来，随着技术的进步和数据的积累，光伏发电预测将更加准确可靠，为可再生能源的利用和电网的稳定运行提供更加有力的支持。同时，也需要加强预测结果的应用和反馈，不断优化光伏发电系统的运行管理。

### 参考文献

- [1]吴攀.光伏发电系统发电功率预测[J].发电技术,2020,41(3):6.
- [2]严华江,章坚民,胡瑛俊,等.考虑空间相关性的分布式光伏发电出力预测及误差评价指标研究[J].浙江电力,2020,39(3):54-60.
- [3]张雪莉,刘其辉,马会萌,等.光伏电站输出功率影响因素分析.电网与清洁能源,2018,(5):75-81.