

# 光伏发电系统发电功率预测

王 振 邱宏武

华润新能源投资有限公司山东分公司 山东 济南 250000

**摘 要:** 现如今,随着中国的经济正在跨越的增长,人类社会也在不断发展壮大,而且电力企业也在中国发展的十分迅速,所以,本章主要探讨了利用光伏发电技术发电功率预测的重要意义以及实现途径。首先阐述了光伏发电的基本原理和特性,然后系统分析了目前光伏发电技术中存在的核心问题,主要包括用户负载管理、电网波动管理、谐波排放管理和孤岛效应防范。在此基础上,本章还详细分析了多种发电功率的方式,包括基于数据基础的统计方法、机器学习及深度学习方法、传统物理模型法以及综合预测法,并分析了各方法的优缺点及适用场景。

**关键词:** 光伏;发电系统;发电功率;预测

引言:随着世界能源需求的持续增长以及环保意识的提高,光伏技术发电成为一个洁净、无污染的能源类型,正在引起更多的关心与重视。光伏发电系统的输出功率受多种因素影响,如天气条件、季节变化、设备老化等,导致其具有较强的随机性和波动性。因此,准确预测光伏发电系统的发电功率对于电网调度、能源管理和用户用电规划具有重要意义。旨在综述光伏发电系统发电功率预测的相关技术和方法,为有关方面的科学研究与发展提供依据。

## 1 光伏发电及其特点

光伏发电,作为当前清洁能源领域的一颗璀璨明珠,正引领着全球能源转型的浪潮。其核心在于利用太阳光伏组件——即高效能的太阳能板,作为捕获太阳光能量的前沿阵地。这些精密设计的组件,能够将自然界中取之不尽、用之不竭的太阳能,直接且高效地转化为电能,这一过程遵循着物理学中的光生伏特效应原理,展现了科技与自然的和谐共生。光伏发电的独特之处,在于其发电机制的直接性与高效性。相较于传统的风力发电和水力发电,光伏发电跳过了机械能转换的中间环节,实现了从太阳能到电能的“一步到位”。这种直接转换不仅简化了发电流程,还显著降低了机械磨损和能量损耗,提高了整体能源利用效率。同时,光伏设备的紧凑性与小型化设计,使得其安装与部署更加灵活便捷,无论是广阔的沙漠地带、城市屋顶,在偏僻的乡村地带,都可以作为光伏发电的合适地点<sup>[1]</sup>。但是,光伏开发也存在着一定挑战。因为完全依赖于阳光的辐射强度,其发电效果也必然的受自然因素、季节变换,以及地理位置等诸多因子的制约,使得发电量具有相当的波动性与不确定性。

## 2 光伏发电的技术核心问题

### 2.1 用户负荷

光伏发电的设备相对小型化,所以一般的企业或者个人也会考虑使用光伏发电,这使得光伏发电的布局呈现为分布式布局,这种情况就导致光伏发电的使用者非常分散,且一般规模都不会太大,但是整个光伏发电系统的总量却相当庞大。正因为这种情况,分散而又数量庞大的光伏发电者,各自为营的情况下无法做到统一调配,在将光伏发电并入电网的时候就会出现很多问题。诸如因为各地的日照时间与强度不同,导致各地的光伏发电功率难以统一,进而导致发电量不能准确定量,电网不知道每天会有多少光伏电力并入电网之中,不能有效估计设备的使用情况,大大降低了电网的并线效率。

### 2.2 电压波动

光伏发电是利于太阳能经由太阳能电池转化的直流电,要保证足够的发电效率及发电电压,就需要阳光充足且有足够的强度,但是在实际情况应用中,往往并不能保证一天中阳光的强度一种足够,且各个地区的气候不同,也会对日照时间和阳光强度有所影响。光伏发电时,如果阳光强度不稳定,就会进一步导致电源输出电压不稳定,无法达到电网并线要求。同时光伏发电不仅仅受阳光强度的影响,因为太阳光伏组件一般使用的是P-N结的半导体材料,在一定程度上也会受温度升降的影响,也会导致输出电源电压不稳定。

### 2.3 谐波污染

因为光伏发电发出的电是直流电,而我国电网中使用的是220V交流电,所以就需要将直流电转变为交流电,光伏发电一般是通过逆变器将直流转化为交流之后,在并入电网之中。但是逆变器的使用,一定会涉及到一部分高频原件,而高频原件应用到电力系统中往往就会有产生谐波现象的可能。一组光伏发电系统所产生的谐波不足以影响电力系统,但是我国拥有分散却数量

庞大的光伏发电系统，一组光伏发电产生的谐波不足以影响到电力系统，但是一整个光伏发电系统的谐波量交织积累起来，就会产生一个庞大的谐波量，对电力系统产生谐波污染，降低输电效率，严重的时候连周围的通信都会受到影响<sup>[2]</sup>。

#### 2.4 孤岛效应

光伏发电系统的体积小，有时候会被应用在个人使用中，同时与电网相连，起到多则出售给电网，少则向电网购买的效果。所谓孤岛效应就是指在电网断电时，个人的光伏发电系统未及时与电网断开，同时个人光伏发电系统又与其相连接的耗电设备形成了一个电网之外的电力闭环系统，就好像在一个孤岛上，完成自给自足。但是这种孤岛效应因为未与电网断开，电流会流向电网，对电网中进行断电维修的工作人员构成威胁，使其处在危险之中。处于安全考虑应尽量避免孤岛效应，在需要电网电力时才与电网进行连接，平时不用一直连接在电网上。

### 3 光伏发电系统发电功率预测方法

#### 3.1 数据基础

在光伏发电系统输出功率的预测中，数据基础构成了预测准确性的基石。传统的物理预测方法虽然依据详尽的物理模型，但受限于实际环境中辐射、云层、天气条件及光伏组件温度等多变因素的复杂性，其短期预测精度往往难以保证。因此，数据驱动的预测方法，特别是基于统计分析和人工智能技术的方法，逐渐崭露头角。第一，这些方法之所以能够补偿传统物理模型的不足，关键在于，它可以更充分地动态分析和融合各种影响因子。但是，这所有的实现都取决于丰富而高质量的历史数据。至少一年的持续、完整的光伏设备输出功率数据是进行统计与回归研究的重要依据，也为预测建模者提供了掌握发展过程变化规律、了解模型变化趋势的重要素材。第二，天气信息与大数据天气预报中的即时信息也是不可或缺的。如云量、风力、气温、相对湿度以及降水等天气数据的即时信息，不仅为预报建模者提供了及时的环境资讯，还使得模型能够在线调整内部参数，以适应快速变化的环境条件，从而进一步提升预测精度。第三，值得注意的是，数据的完整性和准确性对于预测结果至关重要。任何数据的缺失或错误都可能引入偏差，导致预测结果的不准确。因此，在数据采集、存储和处理过程中，必须采取严格的质量控制措施，确保数据的完整性和可靠性。

#### 3.2 机器学习及深度学习

在光伏发电功率预测的复杂场景中，机器学习及深

度学习方法以其独特的优势展现出了强大的潜力。人工神经网络，作为这一领域的先驱，其“黑匣子”特性使得它能够灵活捕捉输入变量（如天气类型、温度、气压等）与输出目标值（即光伏发电功率）之间复杂的非线性关系。这种非线性映射能力，结合其高维数据处理和模式识别的能力，使得人工神经网络在预测精度上取得了显著的提升。通过不断优化网络结构和参数，人工神经网络能够更精确地模拟光伏发电系统在不同环境条件下的工作状态，从而进行了更为精确的功率估计。支持向量机（SVM）作为另一个重要的机器数学软件，它在处理小数据、非线性和高维数据上都呈现出了自己的优点。在光伏技术的发电效率检测中，当训练样本量很少时，SVM就可以利用其核函数映射功能，把低维空间的不确定性问题转换成高维空间的线性问题，进而利用相对少的数据达到较高的检测准确度。另外，SVM也具有较好的泛化性能，能够在保证预测精度的同时，有效避免过拟合现象的发生。而深度学习作为人工神经网络和机器学习算法的深化与拓展，其在光伏发电功率预测中的应用更是前景广阔。通过构建含有多个隐含层的深度神经网络结构，深度学习能够自动提取数据中的深层特征，进而实现对光伏发电功率变化趋势的更加精细化的刻画。在处理大规模、高维度的气象数据和光伏系统运行数据时，深度学习表现出了卓越的性能，为光伏发电功率的精准预测提供了强有力的技术支持<sup>[3]</sup>。

#### 3.3 传统预测方法

在光伏发电系统发电功率预测领域，传统预测方法尽管凭借其历史数据分析和物理模型的基础，为早期预测提供了一定程度的参考，但其局限性日益凸显，特别是在面对现代电力系统对预测精度和实时性要求的不断提高时。第一，历史数据分析法虽然能够揭示光伏发电功率在时间序列上的某些统计规律和周期性，但其核心假设——即未来会重复过去——在现实中往往难以成立。特别是在极端天气频发、设备状况波动较大的情境下，历史数据的代表性大打折扣，导致预测结果的不确定性和误差增加。第二，而物理模型法，尽管基于光伏发电的严谨物理原理，能够在一定程度上反映光伏系统的内在运行机制，但其预测精度高度依赖于模型参数的准确性和完整性。然而，在实际应用中，由于模型本身的简化处理、参数测量的不精确以及外部环境因素的复杂多变，物理模型法的预测结果往往难以达到令人满意的精度。第三，更为关键的是，随着电网规模的扩大和能源结构的多元化，电网调度和能源管理对光伏发电功率预测的精度和实时性要求不断提高。传统预测方法由

于其自身的局限性和技术瓶颈,已经难以适应这种变化,无法满足现代电力系统对预测结果的更高要求。因此,探索更加先进、智能的预测方法,如基于人工智能和大数据的预测技术,已成为光伏发电功率预测领域的重要发展方向。

### 3.4 综合预测法

综合预测法通过整合多种预测模型和技术手段,旨在全面捕捉光伏发电功率的复杂动态特性,进而实现更为精准的预测。第一种实现思路侧重于模型间的优势互补。在这一框架下,研究者会精心挑选具有不同预测优势的模型,如结合物理模型对基础物理过程的理解与统计及人工智能模型对复杂非线性关系的处理能力。随后,通过优化权重分配和融合策略,将这些模型的预测结果进行有机结合。这一过程不仅保留了各模型的核心优势,还通过互补效应减少了单一模型可能带来的偏差,从而显著增强了总体预测结果的可靠性和稳定性。第二种实现思路则聚焦于信号处理技术的应用。通过对光伏发电功率原始时间序列进行预处理,如采用小波变换、经验模态分解等信号分解技术,将复杂的原始序列分解为一系列具有不同频率特性的子序列。这些子序列往往蕴含着光伏发电功率在不同时间尺度上的变化信息。接着,针对每个子序列的特点,选择合适的预测模型进行独立预测。最后,将各子序列的预测结果进行加权求和或其他形式的融合处理,得到最终的预测值。这种方法不仅有助于深入挖掘光伏发电功率的局部变化规律和内在机制,还能够从宏观上把握其总体变化趋势,从而实现预测精度的进一步提升。

### 3.5 基于数值天气预报的方法

该方法通过利用数值天气预报提供的气象数据,如太阳辐射强度、温度、湿度、风速等,来预测光伏发电系统的发电功率。第一,NWP数据作为输入,通过特定的数学模型和算法,与光伏发电系统的物理特性相结合,从而预测出未来一段时间内的发电功率。这些物理特性包括光伏组件的转换效率、逆变器的效率以及整个系统的运行状况等。第二,在预测过程中,首先需要将

NWP数据进行预处理,以确保数据的准确性和一致性。随后,利用这些处理后的数据,结合光伏发电系统的历史运行数据,建立预测模型。这些模型可能是基于物理原理的数学模型,也可能是基于统计方法的经验模型。第三,基于NWP的预测方法具有多个优点。首先,它能够实时反映气象条件的变化,从而更准确地预测光伏发电系统的发电功率。其次,由于NWP数据具有较高的时空分辨率,因此可以实现对光伏发电系统发电功率的精细化预测。此外,该方法还可以结合其他数据源和预测技术,如卫星云图、地面观测数据等,进一步提高预测的准确性。第四,基于NWP的预测方法也存在一定的局限性。例如,NWP数据的准确性受到多种因素的影响,如气象观测数据的误差、模型参数的设定等。此外,光伏发电系统的发电功率还受到其他非气象因素的影响,如光伏组件的老化、故障等<sup>[4]</sup>。

### 结束语

光伏发电系统发电功率预测作为提升能源利用效率、保障电网稳定运行的关键技术,正随着科技进步而不断发展。面对复杂多变的天气条件和系统运行状况,我们需要不断探索和创新预测方法,提高预测精度和实时性。未来,随着大数据、人工智能等技术的深度融合,光伏发电系统发电功率预测将更加智能化、精准化,为可再生能源的广泛应用和可持续发展贡献力量。我们期待在科研工作者和工程师的共同努力下,光伏发电技术能够迎来更加辉煌的明天。

### 参考文献

- [1]武永鑫,王虎,李世杰,等.灰尘沉积对光伏组件发电性能的影响[J].分布式能源,2019,2(5):55-59.
- [2]石磊,侯学良.并网光伏电站发电效率快速估算实用模型[J].电网与清洁能源,2018,34(2):161-166.
- [3]于秩彬,王春芳,周钊正,等.青岛地区四季天气对光伏发电量的影响[J].广东电力,2019,32(6):48-54.
- [4]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.