

光伏电站预测模型技术研究

主要通过详细介绍并网型光伏电站短期预测模型和超短期预测模型，对光伏预测系统的准确性提供技术支撑，保障电力系统及光伏电站的安全、稳定、经济运行，准确的光伏功率预测模型有利于光伏电站制定合理的检修计划，对争取上网优先权和小时数以及对光伏电站参与发电竞价等都具有重要意义。

李春来 张海宁 杨立滨 杨军 李正曦/国网青海省电力公司电力科学研究院



李春来/高级工程师

0 引言

随着环境与能源问题日益突出，目前环境和能源的矛盾日益加剧，而对有巨大潜力的新能源的开发和利用是缓解当前能源紧缺和保护生态的一个重要手段。在已探测出的新能源中，太阳能发电优点众多，如发电程序简单、零噪声、零污染等，且光伏资源分布广泛、储量丰富，是一种极具潜力与可持续发展特征的新型发电技术。但是由于光伏出力跟自然条件有很大关联，也就使得它随机性大，波动性强，出力有间歇性。随着光伏产业的不断推进，大型光伏电站并网会对大电网造成一定的冲击，破坏电网的安全稳定运行。对光伏的出力进行预测能够在一定程度上削弱大范围光伏并网对电网的冲击，加强电网容纳光伏的本领^[1]。本文在前期建立的光伏电站短期功率预报的基础上，建立了超短期光伏电站功率预报模型，并在青海省格尔木地区的某光伏电站进行了

仿真验证。

1 光伏出力预测方法

用不同的方法对预测方法实施分类，利用预测的时间间隔长短分成三类：超短期预测、短期（日前）预测、中长期预测；利用预测的物理量能够划分为直接预测法和间接预测法；利用输入数据预测系统也可来分为不采用数值天气预报的方法（主要靠环境监测站实时及历史辐射数据）和采用数值天气预报的方法（主要包括数值预报中间产品及预测结果），其中不采用数值预报的方法又可以分为时间序列法和神经网络法，采用数值天气预报的方法又可以分为物理方法和综合方法。本文根据精细化数值天气预报模式得到当地光伏电站地面短波辐射预测结果，分析气象监测与数值预报的同步数据，研究辐射传输订正方案，实现短期辐射预测的订正；通过分析不同光伏电站实际运行参数，把各类影响因子融入其中，完成了出力预测模型的搭建，对光伏的出力情况进行实时预测。

1.1 数值天气预报简介^[2-3]

目前，很多学者对精细化、数值化天气预报实施了很多科研，建立了很多实用的数值天气预报模型，其中包括MM5、GRAPES、WRF等。此外，针对实际需求搭建了众多气象应用结构，在数值化天气预报的研究道路上又迈进了一大步^[4]。

此天气报告实测数据建立在资料同化系统ADAS（ARPS Data Analysis System）之上，利用Internet不断得到GFS（全球预报系统）背景场，融入

关键词/Keywords

光伏电站 ·
短期预测模型 ·
短期输出功率预测 ·
超短期预测模型 ·

国家科技支撑《含大型光伏电站的多种能源发电联合运行控制关键技术研究及示范》项目资助（编号：2013BAA02B01）。

气象系统原先的历史观测数据（包括探空观测（Rawinsonde observations）和地面气象站观测），重新规划中尺度区域模式所关联的精细化初始场。在对初始场进行一定客观分析后，完善中尺度区域模式WRF（Weather Research and Forecasting），细致化的气象预报系统通过对尺度区域模式调整之后建立，从而能够得到细致的数值气象预测参数。数值天气预报参数生产步骤流程如图1所示。

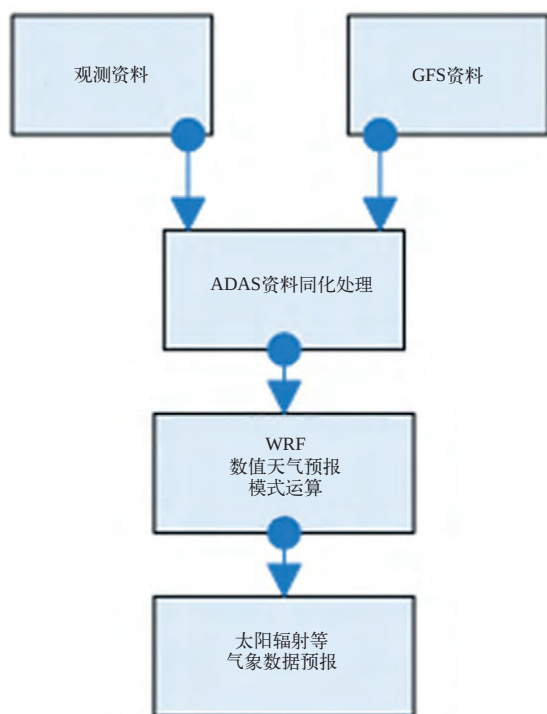


图1 数值天气预报流程图

一般来说，将原来的、准确的气象因数预测系统加以改革，将光伏电站的实测数据和地理信息等资料输入此系统，从而得到太阳辐射预测系统。在此系统中，将区域分解成若干小区域，并对特殊区域进行微观加密计算，从而能得到各种

预测结果来满足系统要求。此方案增加了光伏电站特定区域内估计的准确度，结果如图2所示。

此光伏电站短期预测系统能对72 h之内所接受的所有的太阳辐射量进行预测分析，预测周期设定为15 min。这种太阳能辐射量的短期预测能为光伏电站切换和调度提供支撑，并成为重要的数据源。

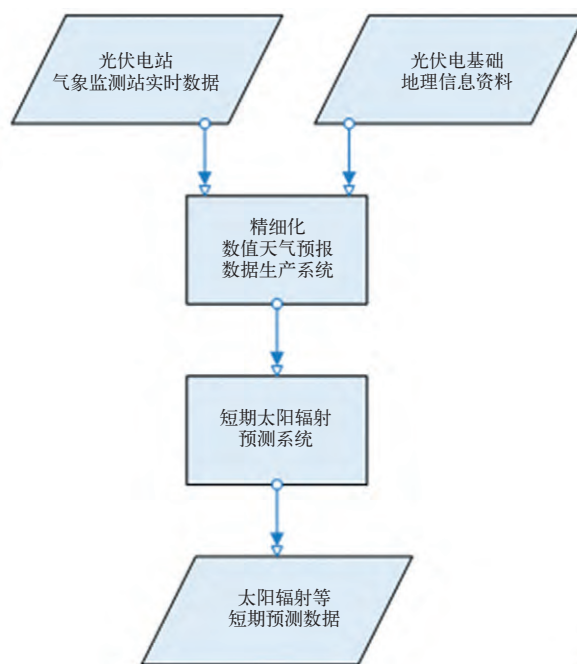


图2 短时太阳辐射量及温度变化预测流程图

1.2 光伏电站短时出力预测

运用物理学原理实现对光伏电站短时间出力情况进行预测。首先，基于高准确度的数值天气预报（NWP）实现对光伏电站的地面短波辐射预测，通过光电能量转化模型，实现了光电之间的相互转换，并最终完成对光伏电站的出力预测。预报流程如图3所示。

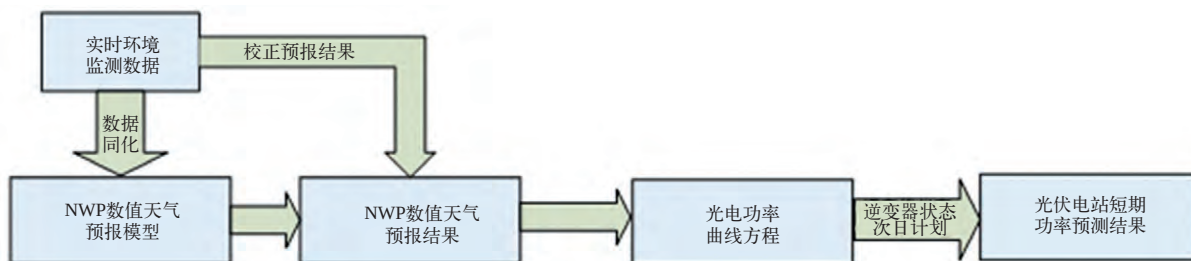


图3 短期功率预测流程图

2 超短期预测模型

2.1 数据归一化

归一化属于一种无量纲解决办法，就是把物理模型参数的绝对值转化成一种相对值。归一化的实现有两种方法，一种是把参数变为介于(0, 1)之间的一个小数，一种是将有量纲函数关系式变为无量纲函数关系式。归一化可以应用于图像处理、数据处理、统计学、风电、光伏等方面。本文参考文献[5-6]对光伏电站气象参数进行归一化处理。

(1) 气压归一化

采用如下办法对气压归一化

$$p_g = \frac{p_t}{p_{\max}} \quad (1)$$

式中， p_g 是归一化后的气压值， p_t 是数值天气预报系统预测的气压值， $p_{\max}$ 是气象观测的历史最大气压。

(2) 湿度归一化处理

湿度是表示大气水分含量的物理量。空气湿度的定义是空气水分的多少。相对湿度指大气中水蒸气的相对密度，用RH来表示。冬天的时候北方由于有暖气，使得空气热量高，相对湿度就偏小。不同地区的湿度不同，在我国，南方城市的湿度相较于北方城市的湿度偏高，沿海城市的湿度相较于非沿海城市的湿度偏高。同一地区，在不同时节的湿度也不尽相同。因此，需要对湿度进行归一化。

$$RH_g = \frac{RH_t}{RH_{\max}} \quad (2)$$

式中， RH_g 为归一化后的湿度值； RH_t 为数值天气预报预测的湿度； $RH_{\max}$ 为气象观测的湿度的最大值。

(3) 气温归一化处理

由于温度有正负之分，通常对温度取绝对值

之后再行归一化处理，处理方式

$$T_g = \frac{T_t}{|T_t|_{\max}} \quad (3)$$

式中， T_g 为温度归一化处理后的值； $|T_t|_{\max}$ 是实测气温最大绝对值绝对值； T_t 是预测的气温值。

2.2 BP-ANN模型建立

本项目采用的是当前研究应用最为普遍的多层前馈神经网络，即BP神经网络法(BP-ANN)，来预测光伏电站的辐射量，同时根据电站实测功率曲线将辐射能转化为电能，从而能够预测出光伏电站输出功率。此项目采用传统的三层BP神经网络：输入层、隐含层、输出层。其基本结构如图4所示。

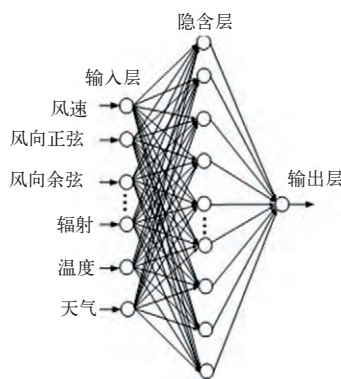


图4 BP神经网络结构

用光伏电站所获取到的历史实测参数对神经网络进行离线学习，根据季节的不同，建立多种的神经网络模型，并分别进行学习。用归一化方法处理后的实测气象数据灌输给神经网络中，经过其数据处理和计算后，得到所想要的数据。

2.3 光伏电站超短期出力预测

在此项目中，用统计学方法来对光伏电站超短期出力进行预测。首先，用统计率定来把光伏系统中地面表层短波辐射大小进行统计，光利用光电转化模型变化为电能，这样就能对光伏电站的输出功率进行预测，预测流程如图5所示。

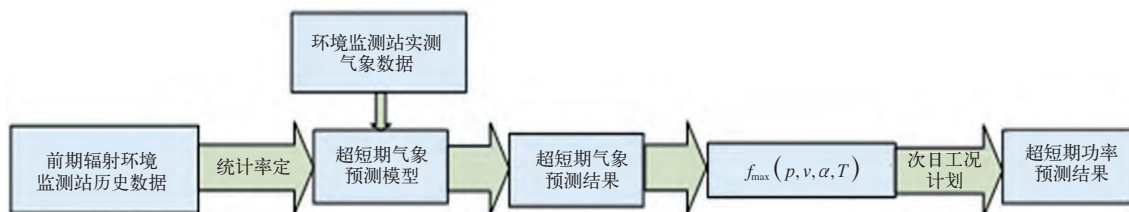


图5 超短期间接预测方案流程图

与此同时,考虑到一些环境监测站实测数据无法满足光伏电站超短期预测功能的需求,在本项目中,通过直接预测法和神经网络统计率定技术相结合,来实现超短期功率的预测,其流程如图6所示。

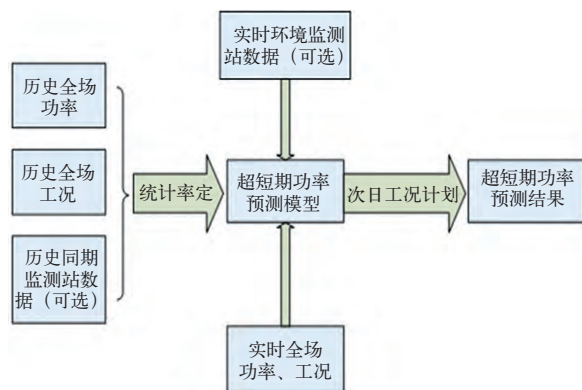


图6 超短期直接预测方案流程

3 仿真实验

本论文在短期预报模型的基础上建立了超短期预报模型,并在青海省格尔木某光伏电站进行了仿真验证,验证结果如图7~图9所示。

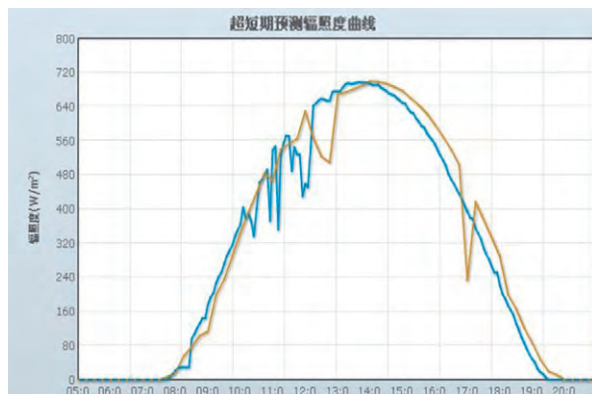


图7 格尔木某光伏电站超短期辐照度预测曲线

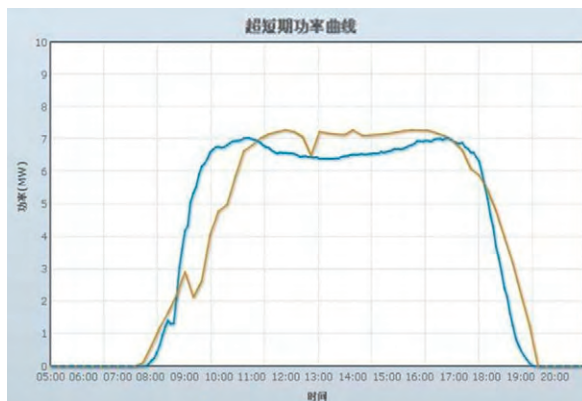


图8 格尔木某光伏电站超短期功率预测曲线

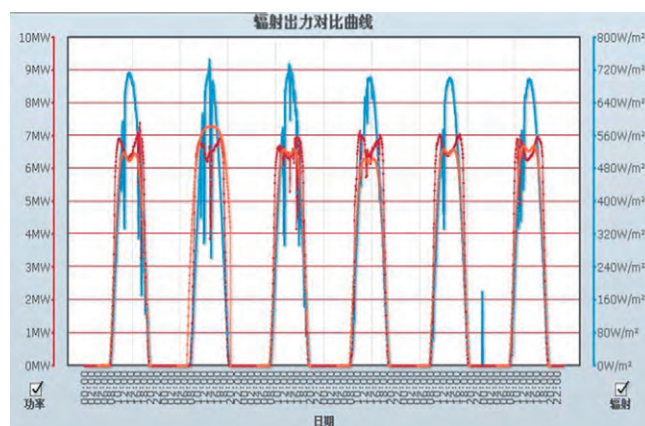


图9 格尔木某光伏电站实际辐照度功率对比曲线

把预测值和仿真值进行参照对比,证实了本文建立的预测模型能够准确地表示出光伏电站的出力情况,虽有一定的误差,但是在工程实际允许范围内。

参考文献

- [1] 卢静, 翟海清, 冯双磊, 等. 光伏发电功率预测方法的探索[J]. 华东电力, 2013, 41(2):380-384.
- [2] 刘斌, 潘艳艳, 郭佳. 风电功率预测技术及数据传输分析[J]. 企业技术开发, 2014, 33(15):79-80.
- [3] 程序, 周海, 崔方, 等. 大容量并网型光伏电站功率预测预报系统设计[J]. 水电自动化与大坝监测, 2011, 35(5):1-4.
- [4] 孙长征. 数值天气预报云计算服务应用系统研究与实现[M]. 长沙: 国防科学技术大学, 2009.
- [5] 刘纯, 范高峰, 王伟胜, 等. 风电场输出功率的组合预测模型[J]. 电网技术, 2009, 33(13):74-79.
- [6] 孟勇. 风电功率预测系统的研究与开发[D]. 天津: 天津大学, 2010.

(收稿日期: 2015-03-30) EA

作者简介

李春来(1980-), 男, 高级工程师, 从事风电、太阳能等新能源发电及并网技术领域的工作。