

# 甘肃省风能太阳能气象服务业务平台开发及应用

张文波 闫晓敏 王亚同 邸燕君 王琦

(甘肃省气象服务中心, 兰州 730020)

**摘要:** 气象条件对风光电场功率预测及安全生产有着显著的影响, 开展新能源气象服务针对性研究具有重要意义。甘肃省气象服务中心以服务需求为导向, 开发风能太阳能气象服务业务平台, 实现了基础数据库、实时气象监测、数值预报与数据分析、发电功率预测及业务管理显示等功能。业务应用结果表明, 系统运行稳定, 体现了气象部门在数值天气预报方面的技术优势和风光电场的业务运行特点, 提高了新能源气象服务效率和质量, 在省级区域具有一定的应用推广价值。

**关键词:** 风能太阳能, 平台开发, 模型训练, 风光发电预测

DOI: 10.3969/j.issn.2095-1973.2019.02.018

## Development and Application of Wind Energy Solar Meteorological Service Business Platform in Gansu Province

Zhang Wenbo, Yan Xiaomin, Wang Yatong, Di Yanjun, Wang Qi

(Gansu Provincial Meteorological Service Center, Lanzhou 730020)

**Abstract:** Meteorological conditions have a significant impact on wind power field power forecasting and safe production. Therefore, it is important to carry out targeted research on new energy meteorological services. The Gansu Meteorological Service Center is guided by service demand and has developed a wind energy solar meteorological service business platform. This platform includes basic databases, real-time weather monitoring, numerical forecasting and data analysis, power generation power forecasting and displays business management. The results of this business application show that the system runs stably. The platform provides technical advantages to meteorological departments for numerical weather forecasting, can improve operation of wind farms, and improves the efficiency and quality of new energy meteorological services. It has concrete application and promotional value in some provincial areas.

**Keywords:** wind energy and solar energy, platform development, model training, wind and solar power generation forecast

### 0 引言

风能太阳能作为重要的清洁能源拥有巨大的发展前景<sup>[1-4]</sup>。甘肃是我国风能太阳能资源最为丰富的省份之一, 为首批建成的千万千瓦级新能源基地。由于风能和太阳能随机性和波动性的特点, 风光电大规模接入将对电力系统产生巨大影响, 再加上清洁能源装机增长与用电能力增长反差不断加大, 自身消纳市场培育不足等因素, 甘肃成为全国弃风弃光最为严重的地区之一。开展风、光发电功率预测, 不仅可为发电企业提供检修和电量交易的依据, 也可以减轻风光电对电网的不利影响, 进一步提高风能太阳能的利用效率。

由于风能、太阳能发电及相关设备数量庞大、分

布广泛, 开展风、光发电功率预测, 需要对风电场、光伏电站日常工作过程中大量数据进行采集、存储和分析, 并对数据进行有效管理和监控。甘肃省气象服务中心在新能源服务过程中, 气象服务信息缺乏统一存储和管理, 业务流程自动化、集约化水平较低, 制约了新能源气象服务业务的发展。2017年, 甘肃省气象局通过“丝绸之路经济带西北五省区公路交通和风光太阳能气象保障服务工程”项目, 着手研发风能太阳能气象服务业务平台, 并于2018年10月, 初步完成平台的研发工作。

### 1 国内外研究现状

欧美风电大国在风电场端和电网调度端都建立了风电功率预测系统, 并制定了相应的管理制度。西班牙、爱尔兰等国家(地区)电网公司以及美国新墨西哥电力公司(PNM)和美国德克萨斯州电力可靠度委员会(ERCOT)对风电场功率预测提出强制性

收稿日期: 2018年11月9日; 修回日期: 2018年12月27日  
第一作者: 张文波(1989—), Email: 894645529@qq.com

要求。同时，国外一些学者已经就如何提高风电功率预测准确率方面做了大量研究工作<sup>[5-7]</sup>。美国国家大气研究中心（NCAR）的风能太阳能临近和短期预报系统和可视化平台，综合了四维实时资料同化、集合数值预报、变分多普勒雷达风矢量反演以及云飘移的卫星探测等现代天气预报技术，可以提供时间尺度15 min~5 d的发电功率预报以及结冰和电力负荷预测预警等；法国电力集团基于欧洲中期预报中心（ECMWF）气候系统模式回算和美国国家环境预报中心（NCEP）数值天气预报再分析资料，开展了月尺度和季节尺度水电预测业务试验。

国内气象部门为电力部门主要提供专业气象服务，并为电力公司或电力企业研发了服务系统<sup>[8-10]</sup>，如青海省气象局2015年建立了青海省光伏电站气象信息服务集成系统，服务产品包括24 h逐时辐射量预报、候辐射量预报、周辐射量预报、旬辐射量预报、月辐射量预报、季辐射量预报和年太阳辐射量预报。同时也有高校、气象部门或公司为电力部门提供更加精细化的新能源气象服务，研发的服务系统有电网端和电场端的风、光伏发电功率预测系统等，为电力调度部门和风光电场提供未来72 h的短期功率预测和未来4 h的超短期功率预测<sup>[11-15]</sup>。

2011年，国家能源局下发的国能新能[2011]177号文件（《风电场功率预测管理暂行办法的通知》）要求，2012年1月1日前所有风电场经营企业须按照文件要求提供风电功率日预报和实时预报。为了拓展专业气象服务领域，甘肃省气象服务中心引进中国气象局公共气象服务中心风功率预测系统，并在华电甘肃分公司5家风电场投入业务运行；2013年，甘肃省气象服务中心引进湖北省气象服务中心光伏、风电功率预测系统，先后在甘肃省20余家风电场和光伏电站投入业务应用。系统的引进和应用为甘肃省气象服务中心拓展专业气象服务领域、新能源气象服务技术研发提供了支持和帮助。2016—2018年，因市场需求和业务需要，甘肃省气象服务中心在之前开展新能源气象服务业务的基础上，依托项目完成了光功率预测系统、风功率预测系统、风能太阳能气象服务业务平台的研发。

## 2 系统设计与实现

### 2.1 总体设计

风能太阳能气象服务业务平台主要业务模块为风能太阳能基础数据库、风能太阳能气象数据监测、风能太阳能数据分析、风能太阳能区域功率预测、风能太阳能气象服务业务管理显示五大模块（图1）。

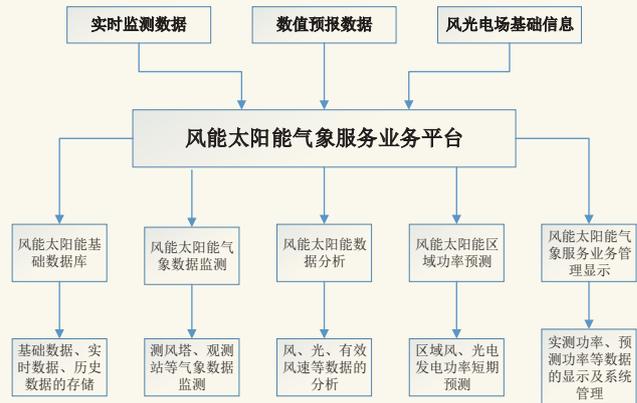


图1 风能太阳能气象服务业务平台设计结构  
Fig. 1 Design structure of wind energy solar weather service business platform

### 2.2 主要功能

1) 风能太阳能基础数据库：实现风光电场风机位置等基础地理信息的存储和读取；实现风光电场装机总量、风机型号、逆变器型号、风机参数、逆变器参数等业务基本信息的存储和读取；实现风光电场历史数值预报、实况监测等功率预测相关信息的存储和读取。

2) 风能太阳能气象数据监测：实现区域内全部测风塔、太阳辐射实时观测数据的监测显示。

3) 风能太阳能数据分析：实现风光观测信息、实时发电功率、预测发电功率等数据的统计分析，实现有效风速、数值预报风速分布、数值预报平均风速、机头风速、有效辐射等数据的计算分析。

4) 风能太阳能发电功率预测：针对区域内风能资源、光能资源进行短期预报，实现电网区域内发电功率预测。

5) 风能太阳能气象服务业务管理显示：实现风、光电场的设置，风机型号设置，风机信息设置，测风塔信息设置，逆变器信息设置，辐射观测站信息设置，用户管理等功能；实现西北五省区单个、区域风光电场展示功能；实现各类风能太阳能数据显示功能。

### 2.3 关键技术

#### 2.3.1 功率预测

##### 1) 单场功率预测

单场功率预测是以风光电场的历史气象要素、历史功率、地形地貌、数值天气预报、机组运行状态等数据建立风光电场输出功率的预测模型，预测风光电场的未来72 h逐15 min的短期功率和未来4 h逐15 min的超短期功率。风功率预测主要方法有原理



图2 风电场风速功率对比案例

Fig. 2 Comparison of wind and speed power at wind farm



图4 光伏电站辐射功率对比

Fig. 4 Comparison of radiation power at the photovoltaic power station

法、统计法、自适应偏最小二乘回归方法等，光功率预测的主要方法有原理法、统计法、误差订正法等（图2—图5）。

### 2) 区域功率预测

考虑到同一区域内电场规模、地理位置、风光状

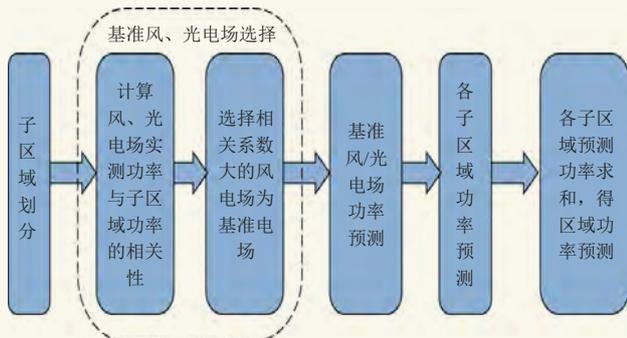


图6 区域功率预测思路

Fig. 6 Regional power prediction

素预报，同时结合区域内风、光电装机总量、机组参数等信息，实现各省（区、市）区域风、光未来7天总功率预测，也可任意选择某段电网线路区域，实现区域内未来7天的功率预测。

单场功率预测采用风电场或光伏电站的历史数据、实时数据以及机组运行工况对风光电场的功率进

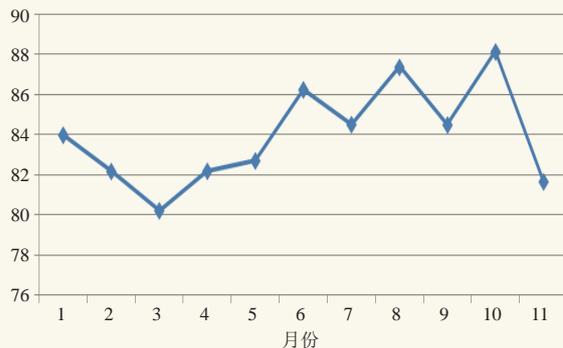


图3 风电场月准确率统计

Fig. 3 Wind farm monthly accuracy rate statistics

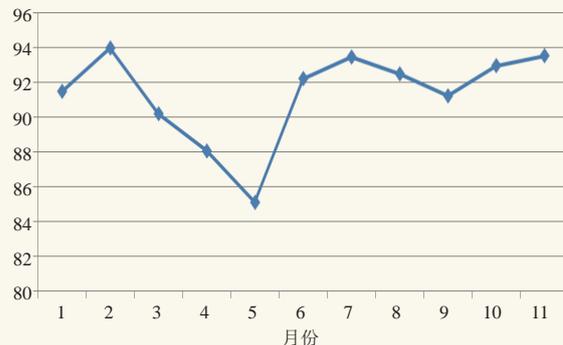


图5 光伏电站月准确率统计

Fig. 5 Monthly accuracy statistics at the photovoltaic power station

况等的差异，以及各个电场预测误差的不同，采用区域功率预测能够平滑各个电场的预测误差，使整个区域内的预测精度更为准确，更有利于调度安排运行方式和备用（图6、图7）。平台主要采用时空分布特性的区域功率预测方法<sup>[16]</sup>，根据风速、辐射2种气象要

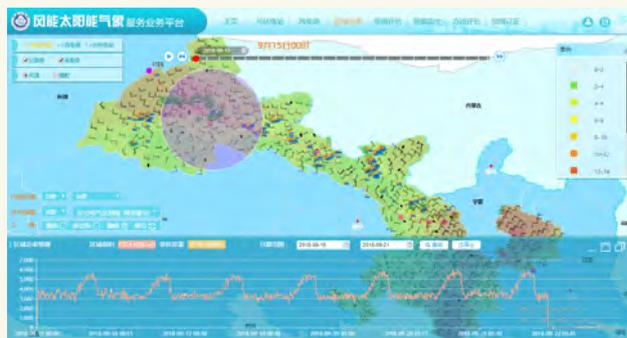


图7 区域功率预测案例

Fig. 7 A case of regional power prediction

行预测，主要应用于发电企业下属的风电场、光伏电站。而区域功率预测需要结合预测区域内风光电场的装机、机组参数等信息对该区域的功率进行预测，主要服务于当地电网公司的调度部门。

### 2.3.2 资源评估

风光资源评估主要根据自建自动站、区域站、测

风塔、测光站数据，实现对各省（区、市）风光能资源逐年、逐月、逐季的评估，评估要素有平均风速、平均温度、最大风速、总辐射、直接辐射、平均风功率密度、平均有效利用小时数（图8）。

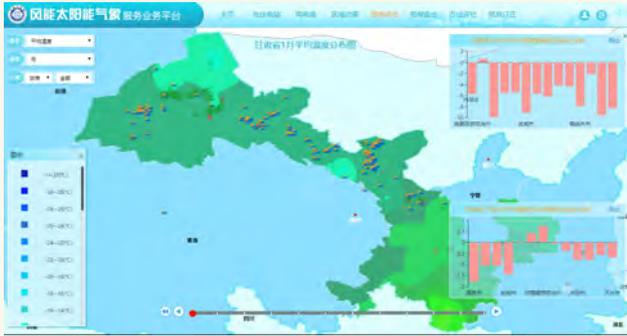


图8 资源评估图案例

Fig. 8 An example of resource evaluation pattern

### 2.3.3 模型训练

模型训练主要采用递归的方法对风光电预测模型中可调的参数进行多次训练，得出最优值（图9）。通过对风电功率预测模型（原理法、统计法等）和光电功率预测模型（原理法、误差订正法等）的训练，获得最优的模型参数，实现对预测模型的训练改进。同时可对各类风光电数值预报源进行检验，主要通过预报准确率、均方根误差、平均绝对误差及相关性系数4项指标进行分析，最终获得适宜电场的数值预报源。

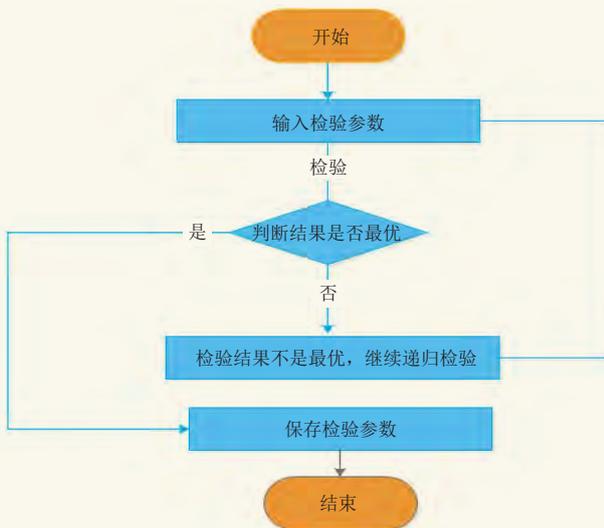


图9 模递归调用流程图

Fig. 9 Flow chart of modular recursive call

### 2.3.4 数据的统计分析

风能太阳能数据统计分析主要实现历史功率数据统计分析，包括数据完整性、分布特性、变化率统计分析等。实现历史测风数据、测光数据、数值天气预

报数据的统计分析，包括完整性、风速分布、风向分布、辐照度频率分布、日照时数统计分析等。实现历史数值天气预报数据统计分析，包括畅通率统计、误差频率分布统计等。

### 2.3.5 数据库的建设

数据库的建设主要包括数据的管理存储及接入。数据的管理存储主要采用分布式大数据存储技术，具有较高的可扩展性（可扩展新增业务数据的采集、监控、显示等功能）和可移植性。数据的接入主要采用人工录入（基础业务数据）、实时采集入库（数值天气预报数据）、批量备份、增量式备份导入数据文件（电场历史数据）的方式接入数据。

## 3 系统应用与效果检验

### 3.1 系统应用

风能太阳能气象服务平台已在甘肃省气象服务中心完成本地化部署，并投入业务使用。应用结果表明，系统运行稳定、功能齐全、信息丰富，很大程度地提高了气象部门新能源气象服务的效率和电力部门的经济效益。同时该系统即将在陕西、宁夏、青海、新疆四省（区）进行安装试运行。系统的应用界面如图10。



图10 系统的应用界面

Fig. 10 System application interface

### 3.2 效果检验

自风能太阳能气象服务业务平台投入业务运行以来，甘肃省气象服务中心加强了对数值预报的传输监控和校验订正，数值预报月传输率为100%。同时定期采用风电场的历史资料对风光电转换模型进行训练，及时对模型进行优化。2018年9—11月，9家风电场短期功率预测准确率较之前平均提升4个百分点左右，超短期功率预测准确率较之前平均提升3个百分点左右，其中大部分风电场短期和超短期预报准确率满足电力调度部门的要求；18家光电短期和超短期功率预测准确率较之前平均各提升2个百分点左右，所有光伏电站短期和超短期预报准确率均能满足电力调度部门的要求（表1）。

表1 平台应用前后风电场月平均短期准确率对比  
Table 1 Comparison of monthly average short-term accuracy of wind farms before and after the platform application

风电场	应用前准确率/%	应用后准确率/%	平均提高幅度/%
AKS	63.87	72.90	9.03
JYXQ	78.72	84.92	6.20
HYZ	88.58	89.61	1.03
MCS	84.82	87.33	2.51
HTXNY	83.33	83.38	0.05
DTWW	64.01	68.64	4.63
ZDTTY	75.59	80.21	4.62
YHBL	83.51	85.70	2.19
HNYG	80.71	84.84	4.13

#### 4 结论与讨论

风能太阳能气象服务业务平台自项目开发、部署工作完成后，通过业务检验，平台运行稳定，可操作性强，反映了相关技术的相对成熟。平台具有以下特点：

- 1) 实现了风光电场数据、气象数据和GIS地图(地理信息)的有效叠加显示；
- 2) 系统数据信息传输稳定准确，专业性强；
- 3) 数据访问接口耦合性低、移植性高，便于推广应用。

将该系统应用于新能源气象服务业务中，能够帮助业务人员快速、精确地掌握天气条件，实现对风光电数值预报的订正、风光电转换模型的优化，有

效提升了风光电场短期功率预测准确率，提高了风光电场的经济效益。因此，该系统具有良好的应用推广价值。

#### 参考文献

- [1] 韩自奋. 风电功率预测研究. 武汉大学, 2012.
- [2] 薛桁, 朱瑞兆, 杨振斌, 等. 中国风能资源贮量估算. 太阳能学报, 2001, 22(2): 167-170.
- [3] 中国气象局. 中国风能资源评估报告. 北京: 气象出版社, 2007.
- [4] 王勇, 李照荣, 李晓霞, 等. 风电功率预报方法研究进展. 干旱气象, 2011, 29(2): 156-160.
- [5] Connor G J. Statistical short-term forecasting technique for wind and temperature in a coastal tropical location (Townsville). Australian Meteorological Magazine, 1997, 46: 257-265.
- [6] Kristin A L, Tilmann G. Advanced short-range wind energy forecasting technologies-challenges, solutions and validation. Rreprint of flieconference "Global Wind power", Chicago, March 2004, 28-31.
- [7] Caren M, Gregory J S. A neural network for damaging wind prediction. Weather and Forecasting, 1998, 13: 151-163.
- [8] 李华伟, 周照. 电力气象服务平台研究. 气象研究与应用, 2012, 33(S1): 291-293.
- [9] 于万荣. 山西省电力气象服务系统研究. 电子科技大学, 2012.
- [10] 张静, 郭广, 保广裕. 青海电力专业气象预报服务产品制作及发布集成系统的开发. 青海电力, 2015, 34(4): 11-14, 36.
- [11] 赵宪刚. 一种面向能源互联网的集中式风功率预测的系统设计. 天津大学, 2017.
- [12] 陈正洪, 许杨, 许沛华, 等. 风电功率预测预报技术原理及其业务系统. 北京: 气象出版社, 2013: 1-47.
- [13] 邓隰北, 黄仁珠. 光伏发电功率的短期预测系统的开发与应用. 电源世界, 2017(11): 50-53.
- [14] 臧芳. 风功率预测系统设计与实现. 山东大学, 2016.
- [15] 王知嘉, 崔方, 程序. 光伏电站功率预测系统开发与与设计. 智能电网, 2016, 4(2): 203-208.
- [16] 李伟花. 考虑时空分布特性的区域风电功率预测方法. 华北电力大学, 2015.

## 新书架

### NEW BOOK

编辑: 张萌

感兴趣的读者可以到中国气象局图书馆查阅



《释放气象资源活力: 中国气象服务产业发展报告(2017)》

编著者: 中国气象服务协会  
出版者: 气象出版社  
出版年: 2018



《珠穆朗玛峰地区气候环境变化评估》

编著者: 康世昌  
出版者: 气象出版社  
出版年: 2018



《自动放球系统技术指南(试行)》

编著者: 中国气象局气象探测中心  
出版者: 气象出版社  
出版年: 2018



《云南气象研究概览》

编著者: 解明恩 张万诚  
出版者: 云南科技出版社  
出版年: 2018