

ICS 27.160

F 12

备案号: 43495-2014

NB

中华人民共和国能源行业标准

NB/T 32011 — 2013

光伏电站功率预测系统技术要求

Technical requirement of power forecasting system for PV power station

2013-11-28 发布

2014-04-01 实施

国家能源局 发布

前 言

本标准根据国家能源局《关于下达 2011 年第二批能源领域行业标准制（修）订计划的通知》（国能科技〔2011〕252 号）编制。

本标准由中国电力企业联合会提出并归口。

本标准起草单位：中国电力科学研究院、国网电力科学研究院、中电投西安太阳能电力有限公司。

本标准主要起草人：刘纯、王伟胜、王勃、冯双磊、卢静、车建峰。

本规范在执行过程中的意见或建议反馈至中国电力企业联合会标准化管理中心（北京市白广路二条一号，100761）。

光伏电站功率预测系统技术要求

1 范围

本标准规定了光伏电站功率预测系统的预测数据要求、预测系统软件要求、硬件要求和性能指标等技术要求。

本标准适用于并网运行的光伏电站。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 19964 光伏电站接入电力系统技术规定

GB/T 30153 光伏电站太阳能资源实时监测技术要求

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

光伏电站 photovoltaic (PV) power station

利用光伏电池的光生伏特效应，将太阳辐射能直接转换成电能的发电系统。一般包含变压器、逆变器和光伏方阵，以及相关辅助设施等。

3.2

数值天气预报 numerical weather prediction

根据大气实际情况，在一定的初值和边值条件下，通过大型计算机做数值计算，求解描写天气演变过程的流体力学和热力学方程组，预测未来一定时段的大气运动状态和天气现象的方法。

3.3

光伏发电功率预测 photovoltaic power forecasting

根据气象条件、统计规律等技术和手段，对光伏电站有功功率进行预报。

3.4

辐照度 irradiance

照射到面元上的辐射通量与该面元面积之比，单位为 W/m^2 。

3.5

总辐照度 global irradiance

又称总辐射度，指入射于水平表面单位面积上的全部的太阳辐射通量，单位为 W/m^2 。

3.6

直射辐照度 direct irradiance

照射到单位面积上的、来自天空太阳圆盘及其周边对照射点所张开的半圆锥角为 8° 的辐射通量，单位为 W/m^2 。

3.7

散射辐照度 diffuse irradiance

除去直射辐照度的贡献外，来自整个天空并照射到单位面积上的辐射通量，单位为 W/m^2 。

3.8

总辐射辐照量 **global iadiant exposure**

在给定时间段内总辐射辐照度的积分总量，单位为 J/m^2 。

3.9

日照时数 **sunshine duration**

太阳直接辐射辐照度大于或等于 120W/m^2 时段的总和，又称实照时数。

3.10

采集数据可用率 **availability date ratio**

采集数据与真实数据偏差小于 5% 的个数与所有采集数据个数的比值。

3.11

预测系统月可用率 **monthly availability prediction system ratio**

在每个月中，预测系统无故障运行时间与总时间的比值。

4 预测数据要求

4.1 基本要求

光伏电站功率预测所需的数据至少应包括数值天气预报数据、实时气象数据、实时功率数据、运行状态、计划检修信息等。

4.2 数据采集

4.2.1 数值天气预报数据应满足以下要求：

- a) 应至少包括次日零时起未来 3 天的数值天气预报数据，时间分辨率为 15min；
- b) 数据至少应包括总辐射辐照度、云量、气温、湿度、风速、风向、气压等参数；
- c) 每日至少提供两次数值天气预报数据。

4.2.2 实时气象数据应满足以下要求：

- a) 实时气象信息采集设备的技术指标应满足 GB/T 30153 的要求；
- b) 实时气象数据应包括总辐射辐照度（水平和倾斜）、环境温度、湿度、风速、风向等，宜包括直射辐照度、散射辐照度、气压等参数；
- c) 传输时间间隔应不大于 5min；
- d) 采集数据可用率应大于 95%。

4.2.3 实时功率数据、设备运行状态（含光伏组件温度）应取自光伏电站计算机监控系统，采集时间间隔应不大于 5min。

4.2.4 所有数据的采集应能自动完成，并能通过手动方式补充录入。

4.2.5 所有实时数据的时间延迟应不大于 1min。

4.3 数据处理

4.3.1 所有数据应进行完整性及合理性检验，并对缺测和异常数据进行补充和修正。

4.3.2 数据完整性检验应满足：

- a) 数据的数量应等于预期记录的数据数量；
- b) 数据的时间顺序应符合预期的开始、结束时间，中间应连续。

4.3.3 数据合理性检验应满足：

- a) 对功率、数值天气预报、实测气象数据进行越限检验，可手动设置限值范围；
- b) 根据实测气象数据与功率数据的关系对数据进行相关性检验。

4.3.4 缺测和异常数据宜按下列要求处理：

- a) 以前一时刻的功率数据补全缺测或异常的功率数据；
- b) 以零替代小于零的功率数据；

- c) 缺测或异常的气象数据可根据相关性原理由其他气象要素进行修正;不具备修正条件的以前一时刻数据替代;
- d) 所有经过修正的数据以特殊标识记录并可查询;
- e) 所有缺测和异常数据均可由人工补录或修正。

4.4 数据存储

数据存储应符合下列要求:

- a) 实时采集的数据应作为原始资料正本保存并备份,不得对正本数据进行任何改动;
- b) 存储系统运行期间所有时刻的数值天气预报数据;
- c) 存储系统运行期间所有时刻的功率数据、实时气象数据;
- d) 存储每次执行的短期功率预测的所有预测结果;
- e) 存储每 15min 滚动执行的超短期功率预测的所有预测结果;
- f) 预测曲线经过人工修正后存储修正前后的所有预测结果;
- g) 所有数据至少保存 10 年。

5 预测系统软件要求

5.1 基本要求

5.1.1 应根据光伏电站的具体特点,结合光伏电站的历史及实测数据,采用适当的预测方法构建预测模型,在此基础上建立光伏电站功率预测系统。

5.1.2 光伏电站功率预测系统软件应包括数值天气预报处理模块、实时气象信息处理模块、短期预测模块、超短期预测模块、系统人机界面、数据库、数据交换接口等。

5.2 预测软件配置要求

5.2.1 预测系统应配置通用、成熟的商用关系型数据库,用于数据、模型及参数的存储。

5.2.2 预测系统软件应在统一的支撑平台上实现,具有统一风格的人机界面。

5.2.3 预测系统软件应采用模块化划分,单个功能模块故障不影响整个预测系统的运行。

5.2.4 预测系统应具有可扩展性,支持用户和第三方应用程序的开发。

5.2.5 预测系统应采用权限管理机制,确保系统操作的安全性。

5.3 预测模型要求

5.3.1 短期功率预测应满足下列要求:

- a) 应能预测次日零时起至未来 72h 的光伏电站输出功率,时间分辨率为 15min;
- b) 短期预测输入包括数值天气预报等数据,从而获得预测功率;
- c) 短期预测应考虑检修、故障等不确定因素对光伏电站输出功率的影响;
- d) 预测模型应具有可扩展性,可满足新建、已建、扩建光伏电站的功率预测;
- e) 宜采用多种预测方法建立预测模型,形成最优预测策略;
- f) 根据数值天气预报的发布次数进行短期预测,单次计算时间应小于 5min。

5.3.2 超短期功率预测应满足下列要求:

- a) 能预测未来 15min~4h 的光伏电站输出功率,时间分辨率为 15min;
- b) 超短期预测模型的输入应包括实测功率数据、实测气象数据及设备状态数据等;
- c) 宜采用实测数据进行分析,判断云层对光伏电站的遮挡情况,进而实现对超短期功率波动的预测;
- d) 超短期预测应 15min 执行一次,动态更新预测结果,单次计算时间应小于 5min。

5.4 人机界面要求

5.4.1 应具备光伏电站出力监视页面,以地图形式展示光伏电站布局,至少同时显示实际功率、预测功率及各实测气象要素,数据更新时间应不大于 5min。

5.4.2 应具备光伏电站出力的曲线展示页面，应同时显示系统预测曲线、实际功率曲线，实际功率曲线应动态更新且更新时间应不大于 5min。

5.4.3 应具备历史数据的曲线查询页面，至少提供日、周等时间区间的曲线展示，页面查询响应时间应小于 1min。

5.4.4 应提供数据统计分析页面，提供饼图、柱形图、表格等多种可视化展示手段。

5.4.5 系统页面应采用统一的风格，页面布局合理，便于运行人员使用。

5.5 数据统计要求

5.5.1 应能对光伏电站运行参数、实测气象数据及预测误差进行统计。

5.5.2 运行参数统计应包括发电量、有效发电时间、最大出力及其发生时间、利用小时数及平均负荷率等。

5.5.3 气象数据统计应包括各气象要素的平均值及总辐射辐射通量、日照时数等。

5.5.4 预测误差统计指标至少应包括均方根误差、平均绝对误差、相关性系数、最大预测误差、合格率等，误差指标计算参见附录 A。

5.5.5 参与统计数据的时间范围应能任意选定，可根据光伏电站所处地理位置的日出日落时间自动剔除夜间时段。

5.5.6 各指标的统计计算时间应小于 1min。

6 硬件要求

6.1 光伏电站功率预测系统硬件至少应包括数值天气预报服务器、系统应用服务器、物理隔离装置、人机工作站，可根据需要选用数据库服务器、网络交换设备、硬件防火墙等。

6.2 应采用主流的服务器，支持集群、RAID 等技术特性，支持双路独立电源输入，宜采用冗余配置。

6.3 工作站宜采用主流硬件厂商的图形工作站，应具有良好的可靠性和可扩展性。

6.4 物理隔离装置应通过国家指定部门检测认证。

6.5 根据需求选择交换机、防火墙、路由器等必要设备。

6.6 光伏电站功率预测系统应运行于电力二次系统安全区 II，与调度计划系统相接口。

7 性能指标

7.1 光伏电站发电时段（不含出力受控时段）的短期预测月均方根误差应小于 0.15，月合格率应大于 80%；超短期预测第 4 小时月均方根误差应小于 0.10，月合格率应大于 85%。

7.2 所有计算机的 CPU 负荷率在正常状态下任意 5min 内小于 30%，峰值负荷率小于 50%。

7.3 系统服务器平均无故障时间（MTBF）应不小于 30 000h。

7.4 预测系统月可用率应大于 99%。

附录 A
(资料性附录)
误差计算方法

A.1 均方根误差 (RMSE)

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{P_{mi} - P_{pi}}{C_i} \right)^2} \quad (\text{A.1})$$

式中:

P_{mi} —— i 时段的实际平均功率;

P_{pi} —— i 时段的预测功率;

C_i —— i 时段的开机总容量;

n ——光伏电站发电时段样本个数。

A.2 平均绝对误差 (MAE)

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{|P_{mi} - P_{pi}|}{C_i} \right) \quad (\text{A.2})$$

A.3 相关性系数 (r)

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n [(P_{mi} - \bar{P}_m) \cdot (P_{pi} - \bar{P}_p)]}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (P_{mi} - \bar{P}_m)^2 \cdot \sum_{i=1}^n (P_{pi} - \bar{P}_p)^2}} \quad (\text{A.3})$$

式中:

\bar{P}_m ——所有样本实际功率的平均值;

\bar{P}_p ——所有预测功率样本的平均值。

A.4 最大预测误差 (δ_{\max})

$$\delta_{\max} = \max(|P_{mi} - P_{pi}|) \quad (\text{A.4})$$

A.5 合格率 (Q)

$$Q = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n B_i \times 100\%$$

$$B_i = \begin{cases} 1, & \left(1 - \frac{|P_{mi} - P_{pi}|}{C_i} \right) \geq 0.75 \\ 0, & \left(1 - \frac{|P_{mi} - P_{pi}|}{C_i} \right) < 0.75 \end{cases} \quad (\text{A.5})$$