

ICS
分类号：
备案号：

DL

中华人民共和国电力行业标准

DL/

风电功率预测功能规范

Function specification of wind power forecasting

(送审稿)

20 - - 发布

20 - - 实施

中华人民共和国国家能源局 发布

目 次

前 言 II

1 范围..... 1

2 规范性引用文件..... 1

3 术语和定义..... 1

4 预测建模数据准备..... 2

5 数据采集与处理..... 3

6 预测功能要求..... 4

7 统计分析..... 5

8 界面要求..... 6

9 安全防护要求..... 6

10 数据输出..... 6

11 性能要求..... 7

附录 A（资料性附录） 风电场运行参数统计方法..... 8

附录 B（资料性附录） 误差计算方法..... 9

前 言

为了规范电网调度机构和风电场的风电功率预测系统的建设，并指导系统的研发、验收和使用，特制订风电功率预测系统功能规范。

本标准由中国电力企业联合会提出。

本标准由能源行业风电标准化技术委员会归口。

本标准主要起草单位：中国电力科学研究院、国家电力调度通信中心、吉林省电力有限公司。

本标准主要起草人：刘纯、裴哲义、王勃、董存、冯双磊、范高锋、石永刚、范国英、郭雷。

风电功率预测功能规范

1 范围

本标准规定了风电功率预测系统的功能，主要包括术语和定义、预测建模数据准备、数据采集与处理、预测功能要求、统计分析、界面要求、安全防护要求、数据输出及性能要求等。

本标准适用于电网调度机构和风电场风电功率预测系统的建设，系统的研发、验收和运行可参照使用。

2 规范性引用文件

下列文件对于本标准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标准。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本标准。

GB/T 19963-2000 风电场接入电力系统技术规定

电监安全[2006]34号 电力二次系统安全防护总体方案

电监会5号令 电力二次系统安全防护规定

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

风电场 **wind farm**

由一批风电机组或风电机组群（包括机组单元变压器）、汇集线路、主升压变压器及其他设备组成的发电站。

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，通过大型计算机作数值计算，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

风电功率预测 **wind power forecasting**

以风电场的历史功率、历史风速、地形地貌、数值天气预报、风电机组运行状态等数据建立风电场输出功率的预测模型，以风速、功率或数值天气预报数据作为模型的输入，结合风电场机组的设备状态及运行工况，预测风电场未来的有功功率。

3.4

短期风电功率预测 **short-term wind power forecasting**

DL/

预测风电场次日零时起 3 天的有功功率，时间分辨率为 15min。

3.5

超短期风电功率预测 ultra-short-term wind power forecasting

预测风电场未来 0-4h 的有功功率，时间分辨率不小于 15min。

3.6

置信度 confidence degree

总体参数值落在样本统计值某一区内的概率。

3.7

风电有效发电时间 effective wind power generation time

单个或多个风电场有功功率大于零的时间，单位为小时。

3.8

风电同时率 wind power simultaneity factor

单个或多个风电场有功功率与额定容量的比率。

4 预测建模数据准备

4.1 风电场历史功率数据

- a) 投运时间不足 1 年的风电场应包括投运后的所有历史功率数据，时间分辨率不小于 5min；
- b) 投运时间超过 1 年的风电场的历史功率数据应不少于 1 年，时间分辨率应不小于 5min。

4.2 历史测风塔数据

- a) 测风塔位置宜在风电场 5km 范围内；
- b) 应至少包括 10m、70m 及以上高程的风速和风向以及气温、气压等信息；
- c) 应为最近两年内的数据，长度应不少于 1 年；
- d) 数据的时间分辨率应不小于 10min。

4.3 风电机组信息

风电机组信息应包括机组类型，每类风机的单机容量、轮毂高度、叶轮直径、功率曲线、推力系数曲线，每台风机的首次并网时间、风机位置（经、纬度）、海拔高度等。

4.4 风电机组/风电场运行状态记录

风电机组/风电场运行状态数据应包括风电机组故障及人为停机记录或风电场开机容量和限电记录。

4.5 地形和粗糙度数据

4.5.1 地形数据应包括对风电场区域内 10km 范围内地势变化的描述，格式宜为 CAD 文件，比例尺宜

不小于 1:5000。

4.5.2 粗糙度数据应通过实地勘测或卫星地图获取，包括对风电场所处区域 20km 范围内粗糙度的描述。

5 数据采集与处理

5.1 数据采集范围

数据采集至少应包括测风塔实时测风数据、风电场实时功率数据和机组状态数据。

5.2 数据采集要求

5.2.1 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。

5.2.2 测风塔实时测风数据时间延迟应小于 5min，其余实时数据的时间延迟应小于 1min。

5.2.3 风电功率预测系统所用的测风塔实时测风数据应满足以下要求：

- a) 测风塔至风电功率预测系统的实时测风数据传送时间间隔应不大于 5min；
- b) 测风塔宜在风电场外 1~5km 范围内且不受风电场尾流效应影响，宜在风电场主导风向的上风向，位置应具有代表性；
- c) 采集量应至少包括 10m、70m 及轮毂高度的风速和风向以及气温、气压等信息，宜包括瞬时值和 5min 平均值；
- d) 电网调度机构的风电功率预测系统所用的测风数据应通过电力调度数据网由风电场上传；
- e) 风电场的测风塔至风电功率预测系统的数据传输应采用可靠的无线传输或光纤传输等方式；
- f) 测风塔数据可用率应大于 99%。

5.2.4 风电场实时功率数据的采集周期应不大于 1min，其中：

- a) 电网调度机构的风电功率预测系统的数据应取自所在安全区的基础数据平台；
- b) 风电场风电功率预测系统的数据应取自风电场升压站计算机监控系统。

5.2.5 风电机组状态数据的采集周期应不大于 15min，应通过电力调度数据网由风电场计算机监控系统上传。

5.3 数据的处理

5.3.1 所有数据存入数据库前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。

5.3.2 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。

5.3.3 数据合理性检验应满足：

- a) 对功率、数值天气预报、测风塔等数据进行越限检验，可手动设置限值范围；
- b) 对功率的变化率进行检验，可手动设置变化率限值；
- c) 对功率的均值及标准差进行检验；

- d) 对测风塔不同层高数据进行相关性检验；
- e) 根据测风数据与功率数据的关系对数据进行相关性检验。

5.3.4 缺测和异常数据应按下列要求处理：

- a) 以前一时刻的功率数据补全缺测的功率数据；
- b) 以装机容量替代大于装机容量的功率数据；
- c) 以零替代小于零的功率数据；
- d) 以前一时刻功率替代异常的功率数据；
- e) 测风塔缺测及不合理数据以其余层高数据根据相关性原理进行修正；不具备修正条件的以前一时刻数据替代；
- f) 数值天气预报缺测及不合理数据以前一时刻数据替代；
- g) 所有经过修正的数据以特殊标示记录；
- h) 所有缺测和异常数据均可由人工补录或修正。

5.4 数据的存储

数据的存储应符合下列要求：

- a) 存储系统运行期间所有时刻的数值天气预报数据；
- b) 存储系统运行期间所有时刻的功率数据、测风塔数据，并将其转化为 15min 平均数据；
- c) 存储每次执行的短期风电功率预测的所有预测结果；
- d) 存储每 15min 滚动执行的超短期风电功率预测的所有预测结果；
- e) 预测曲线经过人工修正后存储修正前后的所有预测结果；
- f) 所有数据至少保存 10 年。

6 预测功能要求

6.1 总体要求

应根据风电场所处地理位置的气候特征和风电场历史数据情况，采用适当的预测方法构建特定的预测模型进行风电场的功率预测。根据预测时间尺度的不同和实际应用的具体需求，宜采用多种方法及模型，形成最优预测策略。

6.2 预测的空间要求

6.2.1 预测的基本单位为单个风电场。

6.2.2 风电场的风电功率预测系统应能预测本风电场的输出功率。

6.2.3 电网调度机构的风电功率预测系统应能预测单个风电场至整个调度管辖区域的风电输出功率。

6.3 预测的时间要求

6.3.1 短期风电功率预测应能预测次日零时起 3 天的风电输出功率，时间分辨率为 15min。

6.3.2 超短期风电功率预测应能预测未来 0-4h 的风电输出功率，时间分辨率不小于 15min。

6.4 预测执行方式

6.4.1 短期风电功率预测应能够设置每日预测的启动时间及次数。

6.4.2 短期风电功率预测应支持自动启动预测和手动启动预测。

6.4.3 超短期风电功率预测应每 15min 自动执行一次。

6.5 其他要求

6.5.1 应支持设备故障、检修等出力受限情况下的功率预测。

6.5.2 应支持风电场扩建情况下的功率预测。

6.5.3 应支持多源数值天气预报数据的集合预报。

6.5.4 应能对风电功率预测曲线进行修正。

6.5.5 应能对预测曲线进行误差估计，预测给定置信度的误差范围。

7 统计分析

7.1 数据统计

数据统计应符合以下要求：

- a) 参与统计数据的时间范围应能任意选定；
- b) 历史功率数据统计应包括数据完整性统计、分布特性统计、变化率统计等；
- c) 历史测风数据、数值天气预报数据统计应包括完整性统计、风速分布统计、风向分布统计等；
- d) 风电场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、同时率、利用小时数及平均负荷率等参数的统计，并支持自动生成指定格式的报表，各参数的计算方法参见附录 A。

7.2 相关性分析

应能对历史功率数据、测风数据和数值天气预报数据进行相关性统计，分析数据的不确定性可能引入的误差。

7.3 误差统计

误差统计应符合以下要求：

- a) 应能对任意时间区间的预测结果进行误差统计；
- b) 应能对多个预测结果分别进行误差统计；
- c) 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、最大预测误差等，各指标的计算方法参见附录 B。

8 界面要求

8.1 展示界面

8.1.1 应支持单个和多个风电场实时出力监视，以地图的形式显示，包括风电场的分布、风电场的实时功率及预测功率。

8.1.2 应支持多个风电场出力的同步监视，宜同时显示系统预测曲线、实际功率曲线及预测误差带；电网调度机构的风电功率预测系统还应能够同时显示风电场上报预测曲线。实际功率曲线应实时更新。

8.1.3 应支持不同预测结果的同步显示。

8.1.4 应支持数值天气预报数据、测风塔数据、实际功率、预测功率的对比，提供图形、表格等多种可视化手段。

8.1.5 应支持时间序列图、风向玫瑰图、风廓线以及气温、气压、湿度变化曲线等气象图表展示。

8.1.6 应支持统计分析数据的展示。

8.1.7 监视数据更新周期应不大于 5min。

8.2 操作界面

8.2.1 应具备开机容量设置、调度控制设置及查询页面。

8.2.2 应支持异常数据定义设置，支持异常数据以特殊标识显示。

8.2.3 应支持预测曲线的人工修改。

8.2.4 应具备系统用户管理功能，支持用户级别和权限设置，至少应包括系统管理员、运行操作人员、浏览用户等不同级别的用户权限。

8.2.5 应支持风电场基本信息的查询。

8.3 其他要求

8.3.1 应具备功率预测系统运行状态监视页面，实时显示系统运行状态。

8.3.2 所有的表格、曲线应同时支持打印输出和电子表格输出。

9 安全防护要求

9.1 电网调度机构和风电场的风电功率预测系统均应运行于电力二次系统安全区 II。

9.2 风电功率预测系统应满足电力二次系统安全防护规定的要求。

10 数据输出

10.1 电网调度机构的风电功率预测系统至少应提供次日 96 点单个风电场和区域风电功率预测数据；每 15min 提供一次未来 4h 单个风电场风电功率预测数据，预测值的时间分辨率为 15min。

10.2 风电场的风电功率预测系统应根据调度部门的要求向调度机构的风电功率预测系统至少上报次日 96 点风电功率预测曲线；每 15min 上报一次未来 4h 超短期预测曲线，预测值的时间分辨率不小

于 15min。

10.3 风电场的风电功率预测系统向调度机构上报风电功率预测曲线的同时，应上报与预测曲线相同时段的风电场预计开机容量。

10.4 风电场的风电功率预测系统应能够向调度机构的风电功率预测系统实时上传风电场测风塔的测风数据，时间分辨率不小于 5min。

11 性能要求

11.1 电网调度机构的风电功率预测系统应至少可扩容至 200 个风电场。

11.2 风电功率预测单次计算时间应小于 5min。

11.3 单个风电场短期预测月均方根误差应小于 20%，超短期预测第 4h 预测值月均方根误差应小于 15%，限电时段不参与统计。

11.4 系统硬件平均无故障时间（MTBF）应大于 500000h。

11.5 系统月可用率应大于 99%。

附 录 A
(资料性附录)
风电场运行参数统计方法

A.1 风电同时率 (WPSF)

$$SF_i = \frac{P_{Mi}}{Cap} \quad (A.1)$$

A.2 平均负荷率 (ALC)

$$ALC = \frac{\sum_{i=1}^n P_{Mi}}{\max(P_{Mi}) \bullet n} \quad (A.2)$$

附录 B
(资料性附录)
误差计算方法

B.1 均方根误差 (RMSE)

$$RMSE = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n (P_{Mi} - P_{Pi})^2}}{Cap \bullet \sqrt{n}} \quad (B.1)$$

B.2 平均绝对误差 (MAE)

$$MAE = \frac{\sum_{i=1}^n |P_{Mi} - P_{Pi}|}{Cap \bullet n} \quad (B.2)$$

B.3 相关性系数 (r)

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n [(P_{Mi} - \bar{P}_M) \bullet (P_{Pi} - \bar{P}_P)]}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (P_{Mi} - \bar{P}_M)^2 \bullet \sum_{i=1}^n (P_{Pi} - \bar{P}_P)^2}} \quad (B.3)$$

B.4 最大预测误差 (δ_{\max})

$$\delta_{\max} = \max(|P_{Mi} - P_{Pi}|) \quad (B.4)$$

式中:

P_{Mi} —— i 时刻的实际功率;

P_{Pi} —— i 时刻的预测功率;

\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;

Cap —— 风电场的开机总容量;

n —— 所有样本个数。