

T/CASME

中国中小商业企业协会团体标准

T/CASME XXXX—XXXX

风电功率预测系统功能规范

Function specification of wind power forecasting system

（征求意见稿）

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX—XX—XX 发布

XXXX—XX—XX 实施

中国中小商业企业协会 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 数据采集 1

 4.1 数据源选择 1

 4.2 数据采集 错误！未定义书签。

 4.3 数据存储 2

 4.4 数据处理 2

5 预测技术要求 3

 5.1 数据准备 3

 5.2 预测模型 4

 5.3 数据报送 4

6 统计分析 5

 6.1 数据统计 5

 6.2 相关性分析 5

 6.3 误差统计 5

7 系统管理 5

 7.1 系统监控 5

 7.2 日志管理 5

 7.3 配置管理 5

 7.4 错误处理 5

 7.5 性能优化 5

 7.6 安全管理 6

8 界面要求 6

 8.1 展示界面 6

 8.2 操作界面 6

 8.3 其他要求 6

9 安全防护要求 6

10 数据输出要求 6

11 性能指标要求 7

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由铭派科技集团有限公司提出。

本文件由中国中小商业企业协会归口。

本文件起草单位：铭派科技集团有限公司、×××、×××。

本文件主要起草人：×××、×××、×××。

风电功率预测系统功能规范

1 范围

本文件规定了风电功率预测系统的数据采集、预测技术要求、统计分析、系统管理、界面要求、安全防护要求、数据输出要求及性能指标要求。

本文件适用于电网调度机构和风电场风电功率预测系统的建设、验收、研发和运行。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；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 36572 电力监控系统网络安全防护导则
- GB/T 37523 风电场气象观测资料审核、插补与订正技术规范
- GB/T 40603 风电场受限电量评估导则
- GB/T 40604 新能源场站调度运行信息交换技术要求

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

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，通过大型计算机进行数值计算，求解描写天气演变过程的流体力学和热力学方程组，预报未来一定时段的大气运动状态和天气现象，通过数值的形式给出不同气象要素的预报值。

3.3

风电功率预测 wind power forecasting

以风速、功率、数值天气预报（3.2）等数据作为输入，结合风电场（3.1）的设备状态及风电机组运行工况，预测风电场未来的有功功率。

4 数据采集

4.1 数据源选择

数据源包括气象站、风力发电机传感器、能量计量设备、监控系统等。根据系统需求，选择合适的的数据源以获取风速、风向、温度、湿度、功率输出等与风电场运行相关的数据。

4.2 数据获取

- 4.2.1 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。
- 4.2.2 测风塔实时测风数据时间延迟不应大于 5 min，其余实时数据的时间延迟不应大于 1 min。
- 4.2.3 气候预报数据应符合以下要求：
 - a) 应至少包括次月起到未来 12 个月的气候预报数据，时间分辨率为月；
 - b) 应至少包括月平均风速、月平均总辐照度、月平均温度等参数；

- c) 应每月至少提供一次气候预报数据。
- 4.2.4 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到未来 240 h 的数值天气预报数据，时间分辨率为 15 min；
 - b) 数据应至少包括 10 m、100 m 高度的风速、风向及气温、气压、湿度等参数；
 - c) 宜每日至少提供两次数值天气预报数据，两次的时间间隔宜为 12 h。
- 4.2.5 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不应大于 5 min；
 - b) 采集量应至少包括 10 m、30 m、50 m、70 m 高度及风机轮毂高度的风速和风向，以及 10 m 高度的气温、气压、湿度，应包括瞬时值和 5 min 平均值；
 - c) 测风塔至场站端预测系统的数据传输宜采用光纤传输方式；
 - d) 调度端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相关人员上传；
 - e) 测风塔数据可用率应大于 99%。
- 4.2.6 风电场实时功率数据的采集周期不应大于 5 min，应取自风电场升压站计算机监控系统。
- 4.2.7 风电机组状态数据的采集周期不应大于 15 min，应通过电力调度数据网由风电场计算机监控系统上传。
- 4.2.8 风电场计划开机容量数据应与数值天气预报数据相对应，其中：
 - a) 场站端风电功率预测系统的计划开机容量数据应通过手动方式录入；
 - b) 调度端风电功率预测系统的计划开机容量数据应通过电力调度数据网由风电场上传。

4.3 数据存储

- 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 15 min 的平均数据；
 - c) 存储每次执行的长期风电电量预测结果及时标；
 - d) 存储每次执行的中期、短期风电功率预测和概率预测的所有预测结果及时标；
 - e) 存储每 15 min 滚动执行的超短期风电功率预测和概率预测的所有预测结果及时标；
 - 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) 电网调度机构的风电功率预测系统应存储风电场上报的所有预测结果；
 - h) 所有数据至少保存 10 年，实测气象数据应永久保存。

4.4 数据处理

- 4.4.1 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。
- 4.4.2 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。
- 4.4.3 数据合理性检验应包括以下方面：
 - a) 风速、风向合理相关性检验，其参考值见表 1；

表 1 风速、风向合理相关性参考值

序号	主要参数	合理相关性
1	50 m 以上间隔不超过 20 m 的两个高度层小时平均风速差值	$<2.0\text{ m/s}$
2	10 m~50 m 间隔不超过 20 m 的两个高度层小时平均风速差值	$<2.0\text{ m/s}$
3	30m 以上间隔不超过 20m 的两个高度层有效风速 (3m/s~25m/s) 的风向差值	$<22.5^\circ$
注：表中数据来自 GB/T 37523。		

- b) 风速、温度、气压以及功率数据合理变化范围检验，其参考值见表 2；

表 2 风速、温度、气压合理变化范围参考值

序号	主要参数	合理变化趋势
1	10 min 平均风速变化	$<20\text{ m/s}$

序号	主要参数	合理变化趋势
2	1 h平均温度变化	<5°
3	3 h平均气压变化	<10 hPa
注：表中数据来自GB/T 37523。		

c) 测风数据、功率数据合理性范围检验，其参考值见表 3、表 4；

表 3 测风数据合理范围参考值

序号	主要参数	合理变化趋势
1	风速	(0 m/s, 75 m/s)
2	风向	(0°, 360°)
3	气温	[-80℃, 60℃]
4	平均气压（海平面）	(870 hPa, 1100 hPa)
注：表中数据来自GB/T 37523。		

表 4 功率数据合理范围参考

序号	合理范围
1	开机容量小于等于装机容量
2	实际发电功率小于等于开机容量
3	理论发电功率小于等于装机容量
4	可用发电功率小于等于理论发电功率
5	实际发电功率小于等于可用发电功率
6	-5%的装机容量小于等于实际发电功率
7	可用发电功率-实际发电功率 小于等于 3%的装机容量
注：参考值不适用于通道稳定极限、调峰约束、电网设备检修、电网故障、大风切出等情况。	

- 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。

4.4.4 缺测和异常数据宜按照下列要求处理：

- a) 对于短时间发电功率、测风塔数据缺测或异常数据，应采用线性内插订正法订正；
- b) 对于长时间功率缺测或异常功率数据，应使用可用功率进行订正，可用功率计算方法按 GB/T 40603；
- c) 对于长时间测风塔数据缺测或异常数据，应使用其他层高数据根据相关性原理进行订正；
- d) 不具备修正条件的，使用前一时刻数据替代；
- e) 所有经过修正的数据以特殊标示记录；
- f) 所有缺测和异常数据均可由人工补录或修正。

4.4.5 限电时段的功率数据应以可用功率替代，其中，可用功率计算方法见 GB/T 40603。

5 预测技术要求

5.1 数据准备

5.1.1 风电场历史发电数据

风电场历史发电数据的要求如下：

- 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，时间分辨率不应小于 5 min；
- b) 投运时间超过 1 年的风电场的历史功率数据不应少于 1 年，时间分辨率不应小于 5 min；
- c) 应提供风电场投运后的所有历史电量数据，时间分辨率不应小于月；
- d) 风电场历史发电数据应包括同期的风电场运行状态，如风电场开机容量、调度指令、风电机组故障及人为停机记录等。

5.1.2 历史测风塔数据

历史测风数据要求如下：

- a) 测风塔位置应具有良好的代表性，可反映风电场所处区域的风能资源特性，宜在风电场外 1km~5 km 的范围内；
- b) 宜包括 10 m、30 m、50 m、70 m 高度及风机轮毂高度的平均风速和平均风向，以及 10 m 高度的平均气温、平均气压、平均湿度等信息；
- c) 宜为最近三年内的数据，且数据长度不应少于 1 年；
- d) 数据的时间分辨率不应小于 10 min。

5.1.3 风电机组信息

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

5.1.4 地形和粗糙度数据

5.1.4.1 地形数据应包括对风电场区域外 10 km 范围内地势变化的描述，格式宜为 CAD 文件，比例尺宜高于 1:5000。

5.1.4.2 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外 20 km 范围内地表(包括陆面、植被和水面)粗糙度的描述。

5.2 预测模型

5.2.1 预测模型应根据风电场所处地理位置的气候特征、地形地貌、可用数据情况和风电机组空间排布，采用适当的预测方法进行风电功率预测建模。

5.2.2 预测模型按照所使用的数据分为基于数值天气预报数据的物理模型、基于历史数据的统计模型及物理模型和统计模型相结合的组合模型。根据预测时间尺度的不同和实际应用的具体需求，宜采用多种预测方法或组合模型，利用多源数值天气预报数据，形成最优预测策略，输出多组预测结果并生成最终的组合预测结果。

5.2.3 预测模型应能够根据风电场开机计划、风电机组故障等情况自动调整预测结果。

5.2.4 预测模型宜考虑极端风速、沙尘暴等极端自然天气情况的影响。

5.2.5 预测模型宜能够根据表 5 所列预测对象的各类地形地貌及气象条件等自动调整预测结果。

表 5 针对不同预测对象的地形地貌及气象条件下预测模型的技术措施

序号	预测对象特征	技术措施
1	预测对象位于高原地区	根据高原地区的空气密度自动调整预测结果
2	预测对象位于平原地区及海上	根据风电机组尾流效应自动调整预测结果
3	预测对象位于山区及丘陵地区	考虑局地小气候对风电理论可发功率的影响，能够根据风电机组地理位置、空间排布，以及风电场内不同地点山区风速和风向等气象规律自动调整预测结果
4	预测对象位于覆冰频发地区	根据覆冰情况自动调整预测结果
5	预测对象位于海上及海岸地区	考虑海陆风、台风、湿度等因素对风电理论可发功率的影响

5.2.6 预测模型应考虑风电场装机扩容对发电能力的影响，支持风电场装机扩容情况下的功率预测。

5.2.7 超短期预测模型的单次计算时间不应大于 5 min。

5.2.8 超短期预测模型应至少每 15 min 滚动执行预测一次，并具有在线建模和滚动修正的能力。

5.2.9 风电场运行人员可对预测模型预测得到的结果进行人工修正或对多组预测结果进行人工组合，人工修正应设置严格的权限管理。

5.2.10 预测模型应具备对预测曲线进行误差估计的能力。

5.3 数据报送

5.3.1 风电场上报的预测结果应包含预测值及其对应时标、预测结果的生成时间等，并标明风电场名称、结果类型等身份识别信息。

5.3.2 风电场上报的所有预测结果及数据应采用文本的形式。

5.3.3 风电功率预测结果、气象观测数据、数值天气预报、预计开机容量等上报数据应采用国家规定的法定计量单位并在文件中予以说明，有效位数应满足电力调度机构的要求，风电功率预测结果应以兆瓦(MW)为单位并保留两位小数。

- 5.3.4 风电场应每天按照电力调度机构规定的时间自动上报次日零时至未来 72 小时每 15 min 共 288 个时间段的风电场短期有功功率预测结果及同期的预计开机容量。
- 5.3.5 风电场应每 15 min 自动向电力调度机构滚动上报未来 (0~4) h 每 15 min 共 16 个时间段的风电场超短期有功功率预测结果及同期的预计开机容量。
- 5.3.6 风电场应每 5 min 自动向电力调度机构滚动上报风电场实时气象观测数据和当前时刻的开机总容量。实时气象观测数据应至少包括距地面 10 m、30 m、50 m、70 m 高程和风机轮毂高度处的风速、风向, 以及 10 m 高程的气温、气压、相对湿度等在最近 5 min 内观测数据的平均值。
- 5.3.7 风电场应每天按照电力调度机构规定的时间自动上报其开展预测所依据的次日零时至未来 72 小时每 15 min 共 288 个时间段的数值天气预报数据。数值天气预报数据应至少包含距地面 10 m、70 m、100 m 等高程的风速、风向, 以及 10 m 高程的气温、相对湿度、气压。
- 5.3.8 数据报送时间延迟应小于 5 min。
- 5.3.9 风电场应通过电力调度数据网的非控制区(安全区 II)向电力调度机构报送预测结果、开机容量、测风数据等数据。
- 5.3.10 数据报送格式宜采用电力系统数据标记语言(E 文本格式)或可扩展标记语言(XML)。

6 统计分析

6.1 数据统计

数据统计应符合以下要求:

- 参与统计数据的时间范围应能任意选定;
- 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;
- 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。

6.2 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等进行相关性分析。

6.3 误差统计

误差统计应符合以下要求:

- 应能对任意时间区间的预测结果进行误差统计;
- 应能对多个预测结果分别进行误差统计;
- 误差统计指标至少应包括均方根误差、平均绝对误差、平均误差、相关系数、准确率、合格率、95%分位数偏差率、可靠度、平均带宽、分位数损失。

7 系统管理

7.1 系统监控

监控系统的各个组件和模块的运行状态。包括监测服务器的资源利用率、检测模型部署模块的运行状态、监控数据采集模块的数据传输。

7.2 日志管理

记录系统的运行日志, 包括系统启动和关闭日志、错误日志、警告日志等。

7.3 配置管理

负责管理系统的配置信息。包括模型参数的配置、接口的配置、数据源的配置等。

7.4 错误处理

处理系统中出现的各种错误和异常情况。包括捕获和处理运行时错误、异常输入的处理、网络通信错误的处理等。

7.5 性能优化

包括对系统进行性能分析、优化代码、调整系统参数等操作。

7.6 安全管理

包括对系统进行身份验证、权限管理、数据加密等操作。

8 界面要求

8.1 展示界面

8.1.1 应支持单个或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、风电场的实时电量及预测电量。

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功率曲线、实际功率曲线及概率预测结果；电网调控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和概率预测结果，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 应支持气候预报数据、数值天气预报数据、测风塔数据、实际功率、预测功率、实际电量、预测电量的对比，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 监视数据更新周期不应大于 5 min。

8.1.8 应支持区域和断面的自定义分组设置及展示。

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页面，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 应具备数据下载、传输、处理、计算等不同环节的运行状态监视页面，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、电子表格和图片格式输出。

8.3.3 电网调控机构的功率预测系统应具备向其他调度支持系统提供预测结果的功能。

9 安全防护要求

9.1 风电功率预测系统应满足 GB/T 36572 的要求。

9.2 调度端和场站端的风电功率预测系统宜运行于管理信息大区，满足电力二次系统安全防护要求。

10 数据输出要求

10.1 电网调控机构的风电功率预测系统至少应每日提供短期、中期的单个风电场及区域风电功率预测和概率预测数据；每 15 min 提供一次未来 4 小时单个风电场及区域风电功率预测和概率预测数据，预测值的时间分辨率为 15 min；每月提供长期电量预测结果，时间分辨率为月。

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电网调控机构的风电功率预测系统上报长期电量预测、中期功率预测、短期功率预测、超短期功率预测和概率预测数据，上报要求应符合 GB/T 40604 的规定。

10.3 风电功率概率预测输出结果应至少包括置信度为 0.95、0.9、0.85、0.8 的波动区间上、下限。

10.4 风电场风电功率预测系统向电网调控机构上报风电功率预测数据的同时，应上报与预测数据相同时段、相同时间分辨率的风电场预计开机容量。

10.5 风电场风电功率预测系统应能够向电网调控机构风电功率预测系统实时上传风电机组运行状态数据，时间分辨率不小于 15 min。

10.6 风电场风电功率预测系统应能够向电网调控机构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 5 min。

11 性能指标要求

11.1 电网调控机构的风电功率预测系统应至少可扩容至 500 个风电场。

11.2 上报率要求如下：

- a) 长期电量预测上报率应达到 100%；
- b) 中期功率预测上报率应达到 100%；
- c) 短期功率预测上报率应达到 100%；
- d) d 超短期功率预测上报率应达到 100%。

11.3 准确率要求如下：

- a) 风电场上报的中期功率第 10 日(第 217 h~240 h)预测结果月平均准确率不应低于 70%；
- b) 风电场上报的短期功率日前预测结果月平均准确率不应低于 83%；
- c) 风电场上报的超短期功率第 4 小时预测结果月平均准确率不应低于 87%；
- d) 省级电网全网中期功率第 10 日(第 217 h~240 h)预测结果月平均准确率不应低于 75%；
- e) 省级电网全网短期功率日前预测结果月平均准确率不应低于 85%；
- f) 省级电网全网超短期功率第 4 小时预测结果月平均准确率不应低于 90%。

11.4 合格率要求如下：

- a) 风电场上报的短期功率日前预测结果月平均合格率不应低于 83%；
- b) 风电场上报的超短期功率第 4 小时预测结果月平均合格率不应低于 87%；
- c) 省级电网全网短期日前功率预测结果月平均合格率不应低于 85%；
- d) 省级电网全网超短期功率第 4 小时预测结果月平均合格率不应低于 90%。

11.5 系统月可用率应大于 99%。

11.6 所有计算机的中央处理器(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%。