



中华人民共和国气象行业标准

QX/T 645—2022

风电机组测风资料质量审核与订正

Quality check and correction of wind observation data from wind turbine

2022-01-07 发布

2022-04-01 实施

中 国 气 象 局 发 布

目 次

前言	III
引言	V
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 基本要求	2
5 数据审核	2
6 风电机组风速订正	3
附录 A(资料性) 风电机组片区划分及参证风电机组确立	4
附录 B(资料性) 风电机组风速订正方法	5
参考文献	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。

本文件由全国气候与气候变化标准化技术委员会风能太阳能气候资源分技术委员会(SAC/TC 540/SC 2)提出并归口。

本文件起草单位：内蒙古自治区气象服务中心、北京玖天气象科技有限公司、内蒙古电力(集团)有限责任公司电力调度控制分公司、中国气象局公共气象服务中心、新疆金风科技股份有限公司。

本文件主要起草人：石岚、郝玉珠、张永山、李忠、谷新波、蒿峰、张丹、吴焕波、董海萍、贾蓓西、韩乐琼。

引 言

风电场风电机组测风资料的质量对风功率精准预测、风电机组性能诊断具有重要作用。不同风电机组机型的数据采集与监控系统等对故障的判断存在诸多不确定性,使风电机组测风数据质量参差不齐。本文件的制定,旨在规范风电机组测风资料质量审核及订正,提升数据质量的可用性。

风电机组测风资料质量审核与订正

1 范围

本文件规定了风电机组测风资料的基本要求,描述了其数据审核、风速订正的技术方法。
本文件适用于对风电机组测风资料的处理。

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 18451.2—2012 风力发电机组 功率特性测试

GB/T 37523—2019 风电场气象观测资料审核、插补与订正规范

NB/T 31147—2018 风电场工程风能资源测量与评估技术规范

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

由一批风力发电机组或风力发电机组群组成的电站。

[来源:GB/T 18710—2002,3.2]

3.2

参证测风资料 reference wind observation data

采用测风塔或激光雷达等测风设备获得的风电场代表性观测数据。

3.3

风电机组 wind turbine

将风的动能转换为电能的系统。

[来源:GB/T 2900.53—2001,2.1.2]

3.4

风电机组测风资料 observation data from wind turbine

设置在风电机组本体轮毂高度上的测风设备获得的测风资料。

3.5

风电机组功率 wind turbine measured power

通过发电功率测量仪器和采集系统获得给定时间内风电机组的有功功率。

注:单位为瓦(W)。

3.6

参证风电机组 reference wind turbine

不同季节或不同风向条件,与被订正风电机组风速相关性最高或绝对偏差最小的风电机组。

4 基本要求

4.1 风电机组测风资料

选取与风电场参证测风资料或参证风电机组同期的逐 15 min 风速、风向及实测功率数据,数据长度至少连续一年,有效数据完整率应不小于 80%。

4.2 参证测风资料

参证测风资料应满足下列要求。

- a) 能够代表风电场背景风况的梯度式测风资料,测风设备的设置和数据采集符合 GB/T 18451.2—2012 5.2.1 和 NB/T 31147—2018 4.4 的规定。
- b) 参证测风资料按照 GB/T 37523—2019 第 5、6 章对其不同高度层的风速、风向等观测资料进行审核和对不合理与缺测的数据进行数据插补。
- c) 选取的参证测风资料包括各高度层的逐 15 min 风速和风向数据,数据长度至少连续一年,有效数据完整率不小于 80%。

5 数据审核

5.1 格式审核

对风电机组测风资料进行格式、种类、时间等审核。

5.2 完整性审核

审核内容包括:

- a) 数量检查,数据数量应等于预期记录的数据数量;
- b) 时间顺序检查,数据的时间顺序应符合预期的开始时间、结束时间,中间应连续;
- c) 完整率统计,完整率按照公式(1)计算。

$$\Omega = \frac{N - N_1 - N_2}{N} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(1)$$

式中:

- Ω ——风电机组数据完整率;
- N ——风电机组数据应测数目;
- N_1 ——风电机组数据缺测数目;
- N_2 ——风电机组数据不合理数目。

5.3 合理性审核

审核内容包括:

- a) 数据范围审核,风电机组功率合理范围参考 IEC 61400-1 进行审核,数据参考范围应符合表 1 的规定;
- b) 风电机组测风数据合理范围参考机组测风设备的量程参数;
- c) 数据异常审核,风电机组风速缺测或风速、功率长时间不变、波动异常按照 NB/T 31147—2018 5.2 的方法进行审核,指标应符合表 2 的规定;
- d) 一致性审核,风电机组风速、功率应符合实测风功率曲线,对照表应符合表 3 的规定。

注 1:表中 v_{in} 为切入风速, v_{out} 为切出风速, d 为风速间隔, 取值为 $0.1 \text{ m/s} \sim 1 \text{ m/s}$, $P_{v_{in}}$ 、 $P_{v_{in+d}}$ 、 $P_{v_{in+2d}}$ 、 $P_{v_{out-d}}$ 、 $P_{v_{out}}$ 为相应风速段的实测功率值。

注 2:切入、切出风速指小于规定的湍流条件下, 轮毂高度处风电机组开始输出功率的最低、最高风速。

表 1 风电机组数据参考范围

主要参数	合理范围
风电机组功率	$[-0.1 \times \text{额定功率}, \text{额定功率} \times 1.1]$

表 2 风电机组风速异常指标

主要参数	异常指标
风速连续无变化持续时间	$\geq 2 \text{ h}$
15 min 风速差	$\geq 20 \text{ m/s}$
注:表中所示参数范围供审核时参考, 指标可根据当地风况特点适当调整。	

表 3 风电机组风速段与实测功率对照表

风速段	$v_{in} \leq v_i < v_{in} + d$	$v_{in} + d \leq v_i < v_{in} + 2d$...	$v_{out} - d \leq v_i < v_{out}$
风功率区间	$[P_{v_{in}}, P_{v_{in+d}}]$	$[P_{v_{in+d}}, P_{v_{in+2d}}]$...	$[P_{v_{out-d}}, P_{v_{out}}]$

6 风电机组风速订正

6.1 订正内容

对不合理的数据进行处理。

6.2 订正步骤

订正按下列步骤进行:

- 以参证测风资料和参证风电机组资料为基础, 按照不同季节或不同风向进行划分, 形成风电机组片区样本见附录 A;
- 宜根据不同季节或不同风向的片区样本统计特征选择订正方法;
- 若数据不连续或相关性差(未通过显著性检验), 宜采用动态权重法。

6.3 订正方法

常用的订正方法包括:

- 线性相关法, 见附录 B 的 B.1;
- 动态权重法, 见附录 B 的 B.2;
- 偏最小二乘法, 见附录 B 的 B.3;
- 自回归移动平均法, 见附录 B 的 B.4。

6.4 订正效果检验

依据风电机组实测风功率曲线区间进行风速的一致性检验, 订正后风电机组风速应与功率匹配为同一区间段。

附录 A
(资料性)

风电机组片区划分及参证风电机组确立

将风电机组按照季节或风向分类,计算每类风电机组间及与参证测风资料风速的相关系数和绝对偏差,将通过 0.05 显著性水平检验,且风电机组间风速相关系数不小于 0.7 的风电机组划分为同一片区,同时确立被订正风电机组的参证测风资料和参证风电机组,不满足片区划分条件的风电机组,按照与其绝对偏差排序确立参证测风资料和参证风电机组。相关系数和绝对偏差公式见式(A.1)和式(A.2):

$$R = \frac{\sum_{s=1}^N [(v_{l,s} - \bar{v}_l)(v_{m,s} - \bar{v}_m)]}{\sqrt{\sum_{s=1}^N (v_{l,s} - \bar{v}_l)^2 \sum_{s=1}^N (v_{m,s} - \bar{v}_m)^2}} \dots\dots\dots (A.1)$$

$$MAE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{s=1}^N (v_{l,s} - v_{m,s})^2} \dots\dots\dots (A.2)$$

式中:

- R —— 相关系数;
- N —— 风速时间序列总数;
- $v_{l,s}$ —— 编号 l 风电机组 s 时刻的风速,单位为米每秒(m/s);
- \bar{v}_l —— 编号 l 风电机组 N 时段内的平均风速,单位米每秒(m/s);
- $v_{m,s}$ —— 编号 m 风电机组 s 时刻的风速,单位米每秒(m/s);
- \bar{v}_m —— 编号 m 风电机组 N 时段内的平均风速,单位米每秒(m/s);
- MAE —— 绝对偏差。

附录 B
(资料性)
风电机组风速订正方法

B.1 线性相关法

风电机组风速订正可选取线性相关法进行订正,公式见式(B.1):

$$y = av + b \quad \dots\dots\dots(B.1)$$

式中:

- y —— 被订正的风电机组风速,单位为米每秒(m/s);
- a —— 经验系数;
- v —— 参证测风资料或参证风电机组风速,单位为米每秒(m/s);
- b —— 经验系数。

B.2 动态权重法

风电机组风速订正可选取动态权重法进行订正,公式见式(B.2):

$$y = \sum_{i=1}^n c_i x_i \quad \dots\dots\dots(B.2)$$

权重系数的算法见式(B.3):

$$c_i = \frac{r_i}{\sum_{i=1}^n r_i} \quad \dots\dots\dots(B.3)$$

式中:

- y —— 被订正风电机组风速,单位为米每秒(m/s);
- n —— 参证测风资料或参证风电机组样本数;
- c_i —— 风电机组 i 的权重系数;
- x_i —— 第 i 台参证测风资料或参证风电机组风速,单位为米每秒(m/s);
- r_i —— 风电机组 i 的相关系数。

B.3 偏最小二乘法

风电机组风速订正可选取偏最小二乘法进行订正,公式见式(B.4)至式(B.7):

$$T = XU \quad \dots\dots\dots(B.4)$$

$$SD_i^* = \frac{1}{ED_i^* + 1} = \frac{1}{\|x_i - y\|_2 + 1} \quad \dots\dots\dots(B.5)$$

$$Y = TC + E = XUC + E \quad \dots\dots\dots(B.6)$$

$$\hat{y} = C^T U^T X \quad \dots\dots\dots(B.7)$$

- T —— 隐变量时间矩阵;
- X —— 参证风电机组风速时间矩阵;
- U —— 参证风电机组隐变量的二维转换矩阵;
- SD_i^* —— 参证风电机组风速 x_i 与被订正风电机组风速序列 y 的相似度;
- ED_i^* —— 参证风电机组风速 x_i 与被订正风电机组风速序列 y 的欧氏距离;
- x_i —— 第 i 台参证测风资料或参证风电机组风速,单位为米每秒(m/s);

- y ——被订正风电机组的风速,单位米每秒(m/s);
- Y ——被订正风电机组风速的时间矩阵;
- C ——被订正风电机组的回归系数;
- E ——参证风电机组风速 x_i 与被订正风电机组风速 y 误差矩阵;
- \hat{y} ——被订正风电机组风速的订正值,单位米每秒(m/s);
- C^T ——二维矩阵 C 的转置矩阵;
- U^T ——二维转换矩阵 U 的转置矩阵。

B.4 自回归移动平均

风电机组风速订正可选取自回归移动平均法(Autoregressive Integrated Moving Average model, ARIMA)进行订正,即利用被订正风电机组临近风速时间序列进行相邻时段订正,公式见式(B.8):

$$\omega_t = \varphi_0 + \sum_{i=1}^p \varphi_i \omega_{t-i} + \alpha_t - \sum_{i=1}^q \theta_i \alpha_{t-i} \quad \dots\dots\dots(B.8)$$

式中:

- ω_t ——差分前的风电机组风速序列,单位米每秒(m/s); t 为风速时间序列总数;
- φ_0 ——常数项;
- φ_i ——自回归系数;
- p ——AR模型的阶数;
- ω_{t-i} ——经过差分后的风电机组风速序列,单位米每秒(m/s);
- α_t ——残差白噪声常量;
- α_{t-i} ——残差白噪声序列;
- θ_i ——移动平均系数;
- q ——MA模型的阶数。

参 考 文 献

- [1] GB/T 18710—2002 风电场风能资源评估方法
 - [2] GB/T 2900.53—2001 电工术语 风力发电机组
 - [3] GB/T 31724—2015 风能资源术语
 - [4] 易春燕,李俊芳,张步涵. 基于风速功率关系带的时间序列法预测研究[J]. 湖北工业大学学报,2012,27(1):9-13
 - [5] IEC 61400-1 Wind energy generation systems—Part1: Design requirements
-

中华人民共和国
气象行业标准
风电机组测风资料质量审核与订正
QX/T 645—2022

*

气象出版社出版发行
北京市海淀区中关村南大街46号
邮政编码:100081
网址:<http://www.qxcbs.com>
发行部:010-68408042
北京建宏印刷有限公司印刷

*

开本:880 mm×1230 mm 1/16 印张:1 字数:30千字
2022年2月第1版 2022年2月第1次印刷

*

书号:135029-6291 定价:25.00元

如有印装差错 由本社发行部调换
版权专有 侵权必究
举报电话:(010)68406301