



中华人民共和国气象行业标准

QX/T 436—2018

气候可行性论证规范 抗风参数计算

**Specifications for climatic feasibility demonstration—Wind-resistant
parameters calculation**

2018-07-11 发布

2018-12-01 实施

中 国 气 象 局 发 布

目 次

前言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 数据收集	2
5 风切变指数计算	3
6 湍流强度计算	3
7 阵风系数计算	3
8 重现期风速、风压计算	3
附录 A(规范性附录) 风切变指数计算方法	6
附录 B(资料性附录) 地表分类	7
附录 C(资料性附录) t 检验方法	8
附录 D(规范性附录) 比值订正法	9
附录 E(资料性附录) 极值 I 型概率分布函数	10
附录 F(资料性附录) 风压计算方法	11
参考文献	12

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准由全国气候与气候变化标准化技术委员会(SAC/TC 540)提出并归口。

本标准起草单位:广东省气象局、中国气象局公共气象服务中心、广东粤电阳江海上风电有限公司。

本标准主要起草人:黄浩辉、秦鹏、蒋承霖、全利红、王丙兰、张淇宣。

气候可行性论证规范 抗风参数计算

1 范围

本标准规定了工程建设项目抗风气候可行性论证中数据收集、风切变指数计算、湍流强度计算、阵风系数计算、重现期风速和风压计算的方法。

本标准适用于工程建设项目气候可行性论证中抗风参数的计算,其他工程设计可参考应用。

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 18710—2002 风电场风能资源评估方法

GB 50009—2012 建筑结构荷载规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

抗风参数 **wind-resistant parameter**

用于工程建设项目抗风设计的参数。

注:气候可行性论证中的抗风参数主要包括风切变指数、湍流强度、阵风系数、重现期风速和风压等。

3.2

风速时距 **wind speed interval**

计算平均风速所采用的时间间隔。

3.3

重现期 **return period**

某一事件重复出现的平均间隔时间。

3.4

参证气象站 **reference meteorological station**

气象分析计算所参照具有长年代气象数据的国家气象观测站。

注:国家气象观测站包括 GB 31221—2014 中定义的国家基准气候站、国家基本气象站、国家一般气象站。

3.5

专用气象站 **dedicated meteorological station**

为获取规划和建设项目场址所在区域气象特征的实际气象资料而设立的专用气象观测站,包括地面气象观测场、观测塔和其他特种观测设施等。

3.6

风切变指数 **wind shear exponent**

用于描述风速随高度变化的幂函数中的指数。

3.7

风速标准差 standard deviation of wind speed

一组风速值与其平均值的离差平方和的算术平均数的平方根。

注：它反映一组风速值的离散程度。

3.8

湍流强度 turbulence intensity

风速标准差与平均风速的比率。

注：用同一组测量数据和规定的周期进行计算。

3.9

阵风风速 gust speed

1 s~3 s 时距的瞬时风速值。

3.10

阵风系数 gust factor

由平均风速推算阵风风速的比例系数，通常采用 3 s 最大阵风风速与 10 min 平均风速的比值。

3.11

风压 wind pressure

垂直于风向的平面上所受到的风的压强。

3.12

基本风压 reference wind pressure

由当地空旷平坦地面上 10 m 高度 50 年一遇的 10 min 平均风速及相应的空气密度计算确定的风压。

4 数据收集

4.1 参证气象站测风数据收集

4.1.1 参证气象站选择

根据以下原则，选择参证气象站：

- a) 具有 30 年以上的风观测资料；
- b) 与工程场址距离较近，地形、地貌较为相似；
- c) 测风环境基本保持长年不变或具备完整的迁站对比测风记录；
- d) 与专用气象站同期强风风速样本(宜为 10 m/s 以上)的相关显著性应通过 0.05 信度检验。

4.1.2 参证气象站测风数据收集

应收集参证气象站 30 年以上历年最大风速数据，以及与专用气象站同期观测的逐日最大 10 min 平均风速、逐时风速和风向数据，有效数据完整率应大于或等于 90%。有效数据完整率的计算方法见 GB/T 18710—2002 的 5.2.4。

4.2 专用气象站测风数据收集

应收集专用气象站至少一年的测风数据，包括：逐 10 min 平均风速和风向、逐 10 min 风速标准差和最大阵风风速数据，有效数据完整率应大于或等于 90%。有效数据完整率的计算方法见 GB/T 18710—2002 的 5.2.4。

5 风切变指数计算

从风梯度观测数据中,根据项目需求选取风速样本,计算各高度层的平均风速值,然后宜根据下垫面状况、风速大小状况、不同方向风切变的差异状况进行分类计算。计算方法见附录 A。

6 湍流强度计算

6.1 从风观测数据中,根据项目需求选取 10 min 平均风速及对应风速标准差样本,宜根据下垫面状况、风速大小状况、不同方向湍流的差异状况进行分类计算。

6.2 湍流强度计算方法见式(1):

$$I = \frac{\sigma}{V} \quad \dots\dots\dots(1)$$

式中:

I ——湍流强度,无量纲数;

σ ——10 min 风速标准差,单位为米每秒(m/s);

V ——10 min 平均风速,单位为米每秒(m/s)。

7 阵风系数计算

7.1 从风观测数据中,根据项目需求选取 10 min 平均风速及对应最大阵风风速样本,宜根据下垫面状况、风速大小状况、不同方向风的阵性的差异状况分类计算阵风系数;用于重现期风速计算时,宜选取平均风速在 15 m/s 以上的样本,同时关注最大风速样本时的阵风系数。

7.2 阵风系数计算方法见式(2):

$$G = \frac{V_{\max}}{V} \quad \dots\dots\dots(2)$$

式中:

G ——阵风系数,无量纲数;

V_{\max} ——10 min 时距内阵风风速最大值,单位为米每秒(m/s);

V ——10 min 平均风速,单位为米每秒(m/s)。

8 重现期风速、风压计算

8.1 建立参证气象站年最大风速序列

8.1.1 初始序列

从参证气象站逐时或定时风速观测数据中选取年最大值构成全方位年最大风速初始序列,从参证气象站逐时风速观测数据中按风向方位选取年最大值构成分方位年最大风速初始序列。

8.1.2 时距订正

当年最大风速取自时距为 2 min 的定时观测资料时,应将其订正到 10 min 时距。利用定时观测的年最大 2 min 平均风速和逐时观测的年最大 10 min 平均风速的同步样本(当样本数小于 15 时,宜从月最大风速中选取样本)拟合的线性回归方程进行订正。

8.1.3 高度订正

当风速仪距观测场地面高度不等于 10 m,且观测场区域处于开阔平坦地表时(A类或B类地表,参见附录B中表B.1),可按照幂指数公式(见附录A)将年最大风速订正到 10 m 高度。

8.1.4 迁站订正

对迁站前、后两段年最大 10 min 平均风速样本数据,采用 t 检验方法(参见附录C)进行差异显著性检验,若无显著性差异,则迁站前、后两段数据可合并使用,无需订正。若存在显著性差异,可从迁站对比观测的日最大 10 min 平均风速中选取较大值样本(宜为 10 m/s 以上)构成全方位风速订正样本,采用 GB/T 18710—2002 中附录 A 的方法,构成分方位风速订正样本,以此计算比值系数,采用比值订正法进行订正(见附录D)。

8.1.5 测风环境变化订正

若参证气象站受测风环境变化影响导致年最大风速序列存在明显的突变时,宜采用适当的检验技术(如 t 检验方法,参见附录C),找出突变点,并对其原因进行考察分析确认,利用突变点前后两段年最大风速的平均值的比例关系进行订正。

8.2 重现期风速计算

8.2.1 参证气象站重现期风速计算

利用参证气象站距地面 10 m 高度的年最大 10 min 平均风速序列,采用极值 I 型概率分布函数(参见附录E)计算其不同重现期的 10 min 平均风速。

8.2.2 工程场址重现期风速计算

8.2.2.1 当工程场址缺乏测风数据,但参证气象站与工程场址距离较近且地形地貌相似时,可将参证气象站重现期风速通过风速地表修正系数(参见附录B)换算为工程场址 10 m 高度重现期风速,然后根据工程场址地表状况,参照附录B确定工程场址风切变指数,按照幂指数公式(见附录A)将工程场址 10 m 高度重现期风速推算到工程项目需求的不同高度层,得出工程场址重现期风速。

8.2.2.2 当参证气象站与工程场址距离较远或地形地貌相差较大时,应设立专用气象站,在与参证气象站同期风速观测数据相关分析的基础上,推算工程场址重现期风速。

8.2.2.2.1 从专用气象站 10 m 高测风层与参证气象站至少一年同步观测的日最大 10 min 平均风速中选取较大值样本(宜为 10 m/s 以上)构成全方位风速样本,采用 GB/T 18710—2002 中附录 A 的方法,构成分方位风速样本,以此计算比值系数,根据工程需求推荐合适的比值系数与参证气象站重现期风速相乘,得出专用气象站 10 m 高度的重现期风速。

8.2.2.2.2 当专用气象站 10 m 高度测风数据受下垫面影响较大,不具备代表性时,可选取专用气象站最高测风层数据,按照 8.2.2.2.1 的方法计算得出专用气象站最高测风层的重现期风速。

8.2.2.2.3 利用专用气象站至少一年的 10 min 平均风速的较大值样本(宜为 10 m/s 以上),计算确定工程场址的风切变指数(见附录A),按照幂指数公式(见附录A)将 8.2.2.2.1 或 8.2.2.2.2 的计算结果推算到工程项目需求的不同高度层,得出工程场址重现期风速。

8.3 重现期风压计算

8.3.1 工程场址重现期风压计算

按工程场址各高度各重现期的 10 min 平均风速及相应空气密度计算工程场址重现期风压,计算方

法参见附录 F。其中空气密度应考虑当地的控制性大风(冷空气大风、强对流大风、台风等)季节的空气密度。

8.3.2 基本风压计算

计算参证气象站或工程场址的基本风压时,应先考察其地表状况,若属于 B 类地表(参见附录 B),则直接采用其 10 m 高度 50 年一遇的 10 min 平均风速及相应空气密度计算得出其基本风压,否则应通过风速地表修正系数(参见附录 B)将其 10 m 高度 50 年一遇的 10 min 平均风速换算到 B 类地表,再结合相应空气密度计算得出其基本风压。

8.4 计算结果合理性分析

重现期风速、风压计算结果按照 GB 50009—2012(公路桥梁工程可参考 JTG/T D60-01—2004)关于全国基本风速、风压的数据并结合工程场址的地理、地形和地貌条件进行合理性对比分析。

附 录 A
(规范性附录)
风切变指数计算方法

A.1 风速随高度变化幂指数公式见式(A.1):

$$v_2 = v_1 \left(\frac{z_2}{z_1}\right)^\alpha \dots\dots\dots(A.1)$$

式中:

v_2 —— 高度 z_2 处的风速,单位为米每秒(m/s);

v_1 —— 高度 z_1 处的风速,单位为米每秒(m/s);

z_2 —— 第 2 层高度,单位为米(m);

z_1 —— 第 1 层高度,单位为米(m);

α —— 风切变指数,无量纲数。

A.2 利用两层风速计算 α 值见式(A.2):

$$\alpha = \frac{\lg(v_2/v_1)}{\lg(z_2/z_1)} \dots\dots\dots(A.2)$$

A.3 利用两层以上风速进行 α 值拟合计算时,宜采用最小二乘法,首先绘制实测风廓线,然后选择某一高度层作为拟合基准层(一般为最低层),利用拟合基准层风速和其他任一层风速按式(A.2)逐次计算 α 值,确定其最小值和最大值区间,在该区间内按 0.001 为步长不断调整 α 值,使实测风廓线和拟合风廓线(拟合风廓线不同高度层的风速是根据拟合基准层风速按式(A.1)进行推算)对应各高度层风速的残差平方和达到最小,得出 α 值。

附录 B
(资料性附录)
地表分类

表 B.1 地表分类

地表类别	地表状况	风切变指数	风速地表修正系数
A	海面、海岸、开阔水面、沙漠	0.12	1.13
B	田野、乡村、开阔平坦地及低层建筑物稀疏地区	0.15	1.00
C	树木及低层建筑物等密集地区、中高层建筑物稀疏地区、 平缓的丘陵地	0.22	0.81
D	中高层建筑物密集地区、起伏较大的丘陵地	0.30	0.71
注：改写 JTG/T D60-01—2004 的表 3.2.2 和 GB 50009—2012 的表 8.2.1。			

附录 C
(资料性附录)
t 检验方法

检验假设： $\bar{X}_1 = \bar{X}_2$

按式(C.1)计算统计量：

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{(n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2}} \sqrt{\frac{n_1 n_2 (n_1 + n_2 - 2)}{n_1 + n_2}} \dots\dots\dots (C.1)$$

式中：

t —— t 检验值,无量纲数；

\bar{X}_1 —— 前一段随机要素的平均值,单位为该随机要素的单位；

\bar{X}_2 —— 后一段随机要素的平均值,单位为该随机要素的单位；

n_1 —— 前一段随机要素的样本数,无量纲数；

n_2 —— 后一段随机要素的样本数,无量纲数；

S_1 —— 前一段随机要素的标准差,单位为该随机要素的单位；

S_2 —— 后一段随机要素的标准差,单位为该随机要素的单位。

$|t|$ 反映在给定信度 α 条件下两段随机要素的平均值差异的显著程度,当 $|t| > |t_\alpha|$ 时拒绝原假设。

附 录 D
(规范性附录)
比值订正法

相邻两测站风速 y 与 x 之间通常构成以下关系：

$$\frac{y}{x} = k(x) \quad \dots\dots\dots(D. 1)$$

式中：

y ——测站 1 风速,单位为米每秒(m/s)；

x ——测站 2 风速,单位为米每秒(m/s)；

k ——比值系数,无量纲数。

当 x 较大时, k 趋于常数,通过 x 和 k ,即可得出 y 的订正值。

附录 E
(资料性附录)
极值 I 型概率分布函数

E.1 极值 I 型概率分布函数 $F(x)$ 见式(E.1):

$$F(x) = \exp(-\exp(-a(x-u))) \quad a > 0, -\infty < u < \infty \quad \dots\dots\dots(\text{E. 1})$$

式中:

a ——尺度参数,无量纲数;

u ——位置参数,无量纲数。

E.2 T 年重现期的随机变量极值 X_T 计算见式(E.2):

$$X_T = u - \frac{1}{a} \ln[-\ln(1 - \frac{1}{T})] \quad \dots\dots\dots(\text{E. 2})$$

E.3 参数 a 及 u 的估计采用耿贝尔法:

假定随机变量极值有序序列: $x_1 \leq x_2 \leq \dots \leq x_n$, 则经验分布函数 $F^*(x_i)$ 见式(E.3):

$$F^*(x_i) = \frac{i}{n+1} \quad i = 1, 2, \dots, n \quad \dots\dots\dots(\text{E. 3})$$

按式(E.4)作序列变换:

$$y_i = -\ln(-\ln(F^*(x_i))) \quad i = 1, 2, \dots, n \quad \dots\dots\dots(\text{E. 4})$$

可得参数 a 及 u 的估计值分别见式(E.5)和式(E.6):

$$a = \frac{\sigma(y)}{\sigma(x)} \quad \dots\dots\dots(\text{E. 5})$$

$$u = E(x) - \frac{E(y)}{a} \quad \dots\dots\dots(\text{E. 6})$$

式中:

$\sigma(x)$ ——序列 x_i 的均方差,单位为 x_i 的单位;

$\sigma(y)$ ——序列 y_i 的均方差,单位为 y_i 的单位;

$E(x)$ ——序列 x_i 的数学期望,单位为 x_i 的单位;

$E(y)$ ——序列 y_i 的数学期望,单位为 y_i 的单位。

在实际计算中可用有限样本容量的均值和标准差作为 $E(x)$ 和 $\sigma(x)$ 的估计值。

附录 F
(资料性附录)
风压计算方法

F.1 风压计算见式(F.1):

$$w = \frac{1}{2} \rho v^2 \quad \dots\dots\dots (F.1)$$

式中:

w —— 风压,单位为千牛每平方米(kN/m²);

ρ —— 空气密度,单位为吨每立方米(t/m³);

v —— 风速,单位为米每秒(m/s)。

F.2 在观测现场有气温、气压、水汽压记录的情况下,空气密度 ρ 计算见式(F.2):

$$\rho = \frac{0.001276}{1 + 0.00366t} \left(\frac{p - 0.378e}{1000} \right) \quad \dots\dots\dots (F.2)$$

式中:

ρ —— 空气密度,单位为吨每立方米(t/m³);

p —— 平均大气压,单位为百帕(hPa);

e —— 平均水汽压,单位为百帕(hPa);

t —— 平均气温,单位为摄氏度(°C)。

F.3 在观测现场仅有气温、气压记录的情况下,空气密度 ρ 计算见式(F.3):

$$\rho = \frac{P}{RT} \quad \dots\dots\dots (F.3)$$

式中:

ρ —— 空气密度,单位为千克每立方米(kg/m³);

P —— 平均大气压,单位为帕(Pa);

R —— 气体常数(287 J/kg·K);

T —— 平均气温,单位为开尔文(K)。

F.4 计算不同高度的风压需采用对应高度的空气密度,空气密度向不同高度推算见式(F.4):

$$\rho_z = \rho_h e^{-0.0001(z-h)} \quad \dots\dots\dots (F.4)$$

式中:

ρ_z —— 海拔高度为 z 处的空气密度,单位为吨每立方米(t/m³);

ρ_h —— 温度、气压等传感器安装高度处(海拔高度为 h)的空气密度,单位为吨每立方米(t/m³);

z —— 需要推算空气密度的海拔高度,单位为米(m);

h —— 温度、气压等传感器安装处的海拔高度,单位为米(m)。

参 考 文 献

- [1] JTG/T D60-01—2004 公路桥梁抗风设计规范
 - [2] QX/T 51—2007 地面气象观测规范 第7部分:风向和风速观测
 - [3] 屠其璞,等. 气象应用概率统计学[M]. 北京:气象出版社,1984
-

中华人民共和国
气象行业标准
气候可行性论证规范 抗风参数计算
QX/T 436—2018

*

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
北京中科印刷有限公司印刷
各地新华书店经销

*

开本:880×1230 1/16 印张:1.25 字数:37.5千字
2018年8月第一版 2018年8月第一次印刷

*

书号:135029-5991 定价:20.00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