

HJ

中华人民共和国环境保护行业标准

HJ/T××-××××

环境影响评价技术导则

高压直流输电工程

Technical regulations on environmental impact assessment of
electric & magnetic fields related with
HVDC transmission engineering

（征求意见稿）

200×-××-××发布

200×-××-××实施

国家环境保护总局 发布

目 次

前 言.....	II
1 适用范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和定义.....	1
4 高压直流输电工程电磁环境影响评价要求.....	2
5 其它要求.....	5
附录 A 高压直流输电工程电场、磁场和电磁场环境影响评价报告书编制的主要章节和内容.....	6
附录 B 标称电场和合成电场的计算.....	9
附录 C 直流架空送电线路的无线电干扰计算.....	11
附录 D 直流合成场强、离子流测量方法.....	13
附录 E 风速等级的划分.....	15

前 言

为贯彻《中华人民共和国环境影响评价法》和《建设项目环境保护管理条例》（国务院令第 253 号）《电磁辐射环境保护管理办法》（国家环境保护局令第 18 号）制定本标准。

本标准制定的目的在于指导 $\pm 500\text{kV}$ 及以上高压直流输电工程电磁环境影响报告书的编写，统一格式及规范内容。

本标准由国家环境保护总局提出。

本标准起草单位：国家电网公司武汉高压研究院、北京交通大学、北京市环境保护监测中心。

本标准国家环境保护总局 2006 年 月 日批准。

本标准自 2006 年 月 日起实施。

本标准由国家环境保护总局解释。

环境影响评价技术导则 — 高压直流输电工程

1 适用范围

本标准适用于 $\pm 500\text{kV}$ 及以上高压直流输电工程的电场、磁场、无线电干扰、可听噪声，接地极的跨步电压等的环境影响评价因子的评价。

本标准用于指导 500kV 高压直流输电工程电磁辐射环境影响报告书的编写，统一格式及规范内容。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改或修订版均不适用于本标准。然而，鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

GB15707-1995	高压交流架空送电线无线电干扰限值
GB14623-1993	城市区域环境噪声标准
GB12349-1990	工业企业厂界噪声标准
GB/T7349—2002	高压架空送电线、变电站无线电干扰测量方法
DL501—1992	架空送电线路可听噪声测量方法
HJ/T24-1998	500kV 超高压送变电工程电磁辐射环境影响评价技术规范

3 术语和定义

除本章定义的术语外，其余均符合有关国家或行业标准的规定。

3.1 标称场强 (nominal electric field strength)

直流线路导线上电荷形成的电场强度（不包括空间电荷形成的电场）。

3.2 合成场强 (total electric field strength)

直流线路导线电晕产生的空间电荷形成的电场和直流线路导线上电荷形成的电场合成后的电场强度。

3.3 离子流 (ion current)

直流线路导线电晕时，电离形成的离子在电场力的作用下，向反极性导线和地面的运动。

3.4 离子流密度 (ion current density)

单位面积截获的离子流。

3.5 跨步电压 (step voltage)

当直流接地极运行时，人体两脚接触该地面上水平距离为 0.8m 的任意两点间的电位差。

3.6 接触电势 (contact potential)

当直流接地极运行时，在接地极附近的地面上离导电金属物件的水平距离 0.8m 处，与沿该物体离地面的垂直距离为 0.8m 处两点间的电位差。

4 高压直流输电工程电磁环境影响评价要求

高压直流输电工程电磁环境影响评价报告书编制的主要章节和内容见附录 A。

4.1 评价因子

高压直流输电工程电磁环境影响评价因子应包括：

直流送电线路评价因子：地面合成场强、地面离子流、地面直流磁场、无线电干扰、可听噪声；

换流站（直流侧）评价因子：地面合成场强、地面直流磁场、无线电干扰、可听噪声；

接地极评价因子：跨步电压、接触电压。

4.2 评价范围和评价标准

4.2.1 评价范围

以送电线路极导线地面投影两侧 50m 带状区域、换流站围墙为起点的 50m 的区域为地面合成场强、直流磁场的评价范围。

以送电线路极导线地面投影两侧 50m 带状区域为地面离子流的评价范围。

以送电线路极导线地面投影两侧 100m 带状区域、以换流站为中心半径 100m 或距最近带电构架投影 100m 内区域为无线电干扰评价范围。若送电线路附近、换流站周围有各种业务用无线电台（站）时，可适当增加评价范围。

换流站围墙为起点的 500m 范围为可听噪声的评价范围。

上述评价因子在评价范围内，测量到环境背景噪声时，即可停止测试。

接地极接地环内外各 10m 为范围内区域为跨步电压的评价范围；接地极接地环内部、接地极环外 200m 以内为地面上金属导体的接触电压的评价范围。

4.2.2 评价标准

以 95% 的合成场强数值不超过 30kV/m 作为±500kV 及以上电压等级直流送电线路下方最大地面合成场强的评价标准；以 95% 的合成场强数值不超过 25kV/m 作为邻近民房的合成场强的评价标准，且 80% 测量值不超过 15kV/m。

以 10mT 为直流磁场对公众全天暴露的磁感应强度的评价标准。

以 100 nA/m² 为送电线路下方地面离子流密度的评价标准。

以 55dB(μV/m) 为距±500kV 线路极导线投影外侧 20m、距换流站围墙外 20m 处、1.5m 高度处，好天气条件下，0.5MHz 的无线电干扰电平的评价标准。

以 58dB(μV/m) 为距±800kV 极导线投影外侧 20m、距换流站围墙外 20m 处、1.5m 高度处，好天气条件下，0.5MHz 的无线电干扰电平的评价标准。

可听噪声标准按照 GB3096-93 《城市区域环境噪声标准》，由当地环保部门具体确定。

在最大短时工作电流下，接地极的附近跨步电压不大于 $(5+0.03\rho)$ V， ρ 为土壤表层电阻率 ($\Omega\cdot m$)。

接地极址附近的最大接触电压暂不规定。

4.2.3 评价方法

地面合成场强、离子流测量的测试应在风速小于 3m/s，无雨、无雾、无雪的好天气下进行，测量的时间段不少于 30 分钟。应记录测试时的风速、温度、相对湿度、大气压等气象条件。所有测点的测试应同时记录或测量统计。

线路、换流站的地面合成场强和/或离子流测量的测点间距为 5m，顺序测至极导线地面投影点外或换流站围墙外 50m 处止。邻近民房处合成场强的测试在距离民房墙体外 1m、距离线路极导线或换流站直流侧最近处地面设 1 个测点测试。

线路、换流站的地面合成场强测量数据按测点统计，每个测点数据（以 100 个数据为例）按大小排列，第 95 个、即 95% 的测量数值小于或等于 30kV/m 为满足要求。

在临近民房时，将地面合成场强测量结果（以 100 个数据为例）按照由小到大的顺序排列，第 80 个，即 80% 测量数值小于或等于 15kV/m；第 95 个、即 95% 的测量数值小于或等于 25kV/m 为满足要求。

直流磁场测量的测点间距为 5m，顺序测至极导线地面投影点外、换流站直流侧围墙外 50m 处止，测量地面处直流磁场垂直分量。

无线电干扰的测量按照国家标准 GB/T7349—2002 《高压架空送电线、变电

站无线电干扰测量方法》进行。

送电线路的可听噪声的测量按照国家标准 DL501—92《架空送电线路可听噪声测量方法》进行。换流站、接地极可听噪声的测量按照国家标准 GB12349—1990《工业企业厂界噪声测量方法》进行。

4.3 电磁环境影响评价

4.3.1 电磁环境现状调查

调查现有送电线路、换流站电压等级、电流、设备容量、架线形式、线路路径走向，若直流线路路径附近有高压和超高压交流线路时，应对交流线路的环境影响给予说明。

测量直流合成场强、直流磁场、可听噪声、无线电干扰，以及跨步电压的现状水平和分布情况。

4.3.2 类比测量

利用类似本项目建设规模、电压等级、容量、架线形式及使用条件的其它已运行送电线路、换流站和接地极，进行合成场强、直流磁场、离子流、无线电干扰、可听噪声，以及跨步电压的实际测量，用于对本项目建成后电磁环境定量影响的预测。

送电线路合成场强、离子流和直流磁场的测量，是以档距中央导线弧垂最大处线路中心的地面投影点为测试起点，沿垂直于线路的两个方向进行。

换流站地面合成场强和直流磁场的测量，应选择在靠近直流高压设备区所处一测，以围墙为测试起点，沿垂直围墙方向向外进行。

送电线路地面合成场强、地面离子流和地面直流磁场测量的测点间距为 5m，顺序测至极导线地面投影点外 50m 处止，应同时记录或测量统计。

换流站地面合成场强、地面直流磁场测量的测点间距为 5m，顺序测至围墙外 50m 处止，应同时记录或测量统计。

无线电干扰的测量应分别在送电线路、换流站测试路径上，在 0m、20m、50m 和/或 100m 处进行测量，以极导线地面投影处、换流站围墙处为 0m。

可听噪声的测量应分别在送电线路、换流站测试路径上，分别在 0m、15m、20m、50m、100m 和 500m 处进行测量，以极导线地面投影处、换流站围墙处为 0m。

根据本项目送电线路的架线型式、架设高度、线距和导线结构等参数计算送电线路形成的合成场强值、直流磁场强度值和无线电干扰场强值。

标称场强和合成场强值的计算按附录 B 所述方法进行。

无线电干扰场强值的计算按附录 C 所述方法进行。

直流送电线路下的磁场强度参照 HJ/T24-1998 附录 B 计算，双极直流送电线

路的磁场强度将由两极导线中的 I 和 $-I$ 分别产生的磁场强度的矢量和。

4.3.3 运行后的直流输电工程电磁环境参数的测量方法

合成场强、离子流测量方法按附录 D 进行。

合成场强测试仪、离子流测量设备在进行现场测试前，应进行校准。校准方法见附录 D。

无线电干扰测量方法参考标准 GB/T7349-2002《架空输电线路、变电站无线电干扰测量方法》。

跨步电压的测量，应在接地极附近进行，特别是在接地极导体正上方地面距接地极导体径向几米处和地面不平的低洼与潮湿之处。测量用电极宜采用无极化电极，以某个测量电极为参考，在相互垂直的两个方向进行测量。

5 其它要求

$\pm 500\text{kV}$ 直流送电线路对无线电台站的影响，参照 HJ/T24-1998 附录 D 中列出的有关国家标准中交流 500kV 送电线路的相应条款确定。

附录 A 高压直流输电工程电场、磁场和电磁场环境影响评价报

告书编制的主要章节和内容

A1 前言

A2 编制依据

A2.1 项目名称、规模及基本构成

A2.2 评价依据

A2.2.1 采用的法律法规

A2.2.2 采用的国家标准、规范名称及编号；行业标准、技术导则名称及编号

A2.2.3 采用的国家标准、规范名称及编号

A2.2.4 采用的行业标准、技术导则名称及编号

A2.2.5 项目建议书及批复文件

A2.2.6 项目可行性研究报告有关文件名称及文号

A2.2.7 环境影响评价大纲及国家环境保护总局对环境影响评价大纲的批文

A2.2.8 环境影响报告书编制委托书

A2.2.9 城市规划批准文件

A2.2.10 关于执行环境标准的认定文件

A2.2.11 其他（包括利用国际金融组织贷款的有关文件等）

A2.3 电场、磁场和电磁场环境影响和保护目标

A2.3.1 电场、磁场和电磁场环境影响

分别按送电线路、换流站和接地极在施工期和运行期的电场、磁场和电磁场环境影响进行说明。

A2.3.2 环境保护目标

具体列出本项目电场、磁场和电磁场环境影响敏感点的名称、分布和特征。例如医院、学校、居民区、风景区、通信、导航和军事设施等。

A2.3.3 对敏感点部门初步协调结果

列出协调部门名称，给出初步协调结果（合同或议向）。

A2.4 评价范围和评价标准

A2.4.1 评价范围

A2.4.2 评价标准

A3 项目概况

项目建设的必要性，换流站站址、送电线路的路径及组成，主要设计指标，投资情况等。

A3.2 电磁污染源分析

A4 自然环境概况

A4.1 自然环境

A4.2 生态环境

A5.4 电磁环境影响初步评价

A5.4.1 运行期电磁场强度预测

A5.4.3 无线电干扰环境影响预测

根据评价标准作出主要对接收无线电信号的环境影响预测。亦应注意到对邻近无线通信、电台、导航等台站的干扰环境影响预测。如可能造成影响时，应提出消除干扰的有效措施。

A5.5 其他环境因子环境影响预测

根据项目建设在施工期和运行期的具体情况，对自然环境、生态环境（包括动、植物自然保护区）、社会环境、生活质量环境（包括风景名胜和景观等）的影响进行环境影响预测。

A6 环保措施及建议

A6.1 送电线路邻近居民区及敏感区

A6.2 换流站邻近居民区及敏感区

A6.3 送电线路与铁路、公路的交叉跨越

A6.4 移民安置

A7 环境经济损益分析

A7.1 收益部分

运行后环保投资产生的经济效益、环保效益和社会效益的分析。

A7.2 投入部分分析

本建设项目环保设施的直接和间接投入资金分析。

A7.3 环境经济损益统计

A8 公众参与

A8.1 送电线路选线过程中的公众参与

A8.2 专项调查的公众参与

A8.3 公众参与调查结果

A9 结论

A9.1 项目建设必要性简述

A9.2 项目及环境概况

A9.3 环境影响预测与评价结果

A9.4 环境保护主要技术指标及设施

A9.5 存在问题和建议

附录 B

标称电场和合成电场的计算

B1 标称电场

直流送电线路的标称电场的计算，设地面为良导体，采用镜像法计算线路极导线上的等效电荷：

$$\begin{bmatrix} U \\ -U \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \lambda_{11} & \lambda_{12} \\ \lambda_{21} & \lambda_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Q_1 \\ Q_2 \end{bmatrix} \quad (\text{B1})$$

式中 $U=500\text{kV}$ ，其它各项参数及其算法参照《500kV 超高压送变电工程电磁辐射环境影响评价技术规范》(HJ/T24-1998) 附录 A，当计算得出双极导线等效电荷后，空间任意一点的标称电场可根据叠加原理计算得出。在 (x, y) 点的标称电场分量 E_x 和 E_y 可表示为：

$$E_x = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \left[Q_1 \left(\frac{x-x_1}{L_1^2} - \frac{x-x_1'}{(L_1')^2} \right) + Q_2 \left(\frac{x-x_2}{L_2^2} - \frac{x-x_2'}{(L_2')^2} \right) \right] \quad (\text{B2})$$

$$E_y = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \left[Q_1 \left(\frac{y-y_1}{L_1^2} - \frac{y-y_1'}{(L_1')^2} \right) + Q_2 \left(\frac{y-y_2}{L_2^2} - \frac{y-y_2'}{(L_2')^2} \right) \right] \quad (\text{B3})$$

式中： x_1, y_1, x_2, y_2 ——极导线的坐标；

L_1, L_1', L_2, L_2' ——极导线及其镜像至计算点的距离。

B2 合成电场

基本假设：

(1) 空间电荷只影响场强幅值而不影响其方向，即 Deutchsh 假设。

$$E_s = AE \quad (\text{B4})$$

式中： E_s ——空间电荷存在时地面合成场强， kV/m ；

E ——标称场强， kV/m ；

A ——标量函数。

(2) 电晕后导线表面电位保持在起晕电压值 V_0 ，当导线对地电位为 V 时，导线表面的 A 值为 A_e ：

$$A_e = V_0/V \quad (\text{B5})$$

采用逐步镜像法或模拟电荷法，沿无空间电荷场强的电力线计算无空间电荷下场

强 E。

计算 A

$$A^2 = A_e^2 + \frac{2\rho_e A_e}{\varepsilon_0} \int_{\varphi}^v \frac{d\varphi}{E^2} \quad (\text{B6})$$

$$\rho_m = \varepsilon_0 (V - V_0) / \int_0^v \int_{\varphi}^v \frac{d\eta}{E^2} d\varphi \quad (\text{B7})$$

上二式中：

ρ_e —— 导线表面电荷密度，可用弦截迭代法求出；

ρ_m —— 导线表面平均电荷密度，为弦截迭代法求出 ρ_e 的初值；

φ —— 无空间电荷时空间某点的电位；

ε_0 —— 介电常数；

η —— 积分变量。

按 (B4) 式计算 Es。

附录 C 直流架空送电线路的无线电干扰计算

DL/T691-1999《高压架空送电线路无线电干扰计算方法》推荐了对于双极直流送电线路无线电干扰场强的计算方法。

D1 计算公式

对于双极直流送电线路，推荐采用公式（D1）来计算无线电干扰场强。

$$E = 38 + 1.6(g_{\max} - 24) + 46 \lg r + 5 \lg n + 33 \lg \frac{20}{D} \quad (\text{D1})$$

式中：

E ——距离 D 处的无线电干扰场强，dB(μ V/m)；

$g_{\max}$ ——导线最大表面电位梯度，kV/cm；

r ——导线或子导线半径，cm；

n ——分裂导线数；

D ——参考点到最近导线的直接距离，m。

$g_{\max}$ 的计算：

$$g_{\max} = g \left[1 + (n-1) \frac{d}{R} \right] \quad (\text{D2})$$

式中：

R ——通过次导线中心的圆周直径 cm；

n ——次导线根数；

d ——次导线直径 cm；

g ——导线的平均表面电位梯度。

$$g = \frac{Q_i}{\pi \varepsilon_0 d n} \quad (\text{D3})$$

式中：

Q_i ——每极导线的等效总电荷。

D2 计算结果说明

送电线路的无线电干扰限值反映了各种天气条件的、具有统计意义的值，即所谓的 80% 值。本计算结果代表了好天气时，频率为 0.5MHz 的无线电干扰场强的平均值。好天气时双极直流送电线路的无线电干扰约等于或小于相应的交流送电线路，雨天时则低于交流送电线路。由图 D1 知，该公式的计算结果增加约

3dB 即为 80%值。

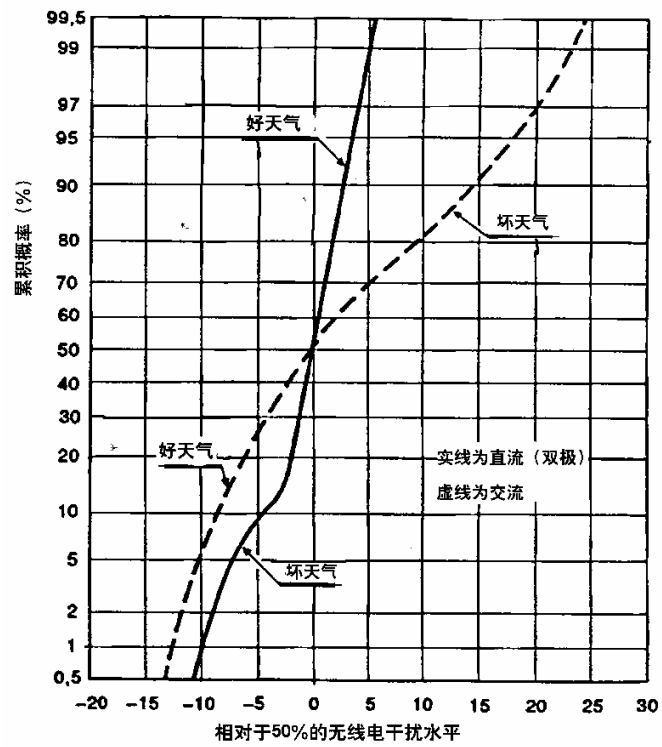


图 D1 交流和直流送电线路的无线电干扰水平的累计分布

附录 D 直流合成场强、离子流测量方法

E1 测量设备

E1.1 合成场强测量

测量直流电场，必须采用与交流不同的方法进行，试验中利用旋转式直流场强测量仪测量直流电场。旋转式直流场强测量仪的基本原理是使测量用的旋转电极和感应电极所形成的电容周期性变化，从而感应电极上的感应电荷发生周期性的改变，形成与调制频率相同的电流信号，以测量方向不变的直流电场（如图 E1）：

$$i = 2\pi f \epsilon_0 s E$$

其中: f 为调制频率， s 为旋转式直流场强测量仪的感应面积， ϵ_0 为介电常数， E 为直流电场（如图 E1 中所示）。

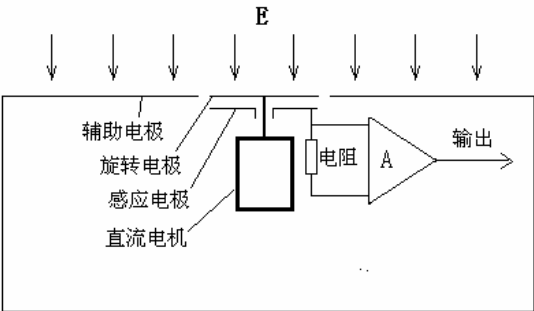


图 E1 旋转式直流场强测量仪原理图

E1.2 离子流测量

采用 $1\text{m}\times 1\text{m}$ 正方形或面积为 1 平方米的圆形金属板作为离子接收板，该接收板应与大地绝缘，测量单位面积的空间离子形成电流的大小即离子流密度。

E2 测量方法

由于直流导线上电压极性不变，导线电晕放电产生的离子在空间形成相对稳定的两个区域：电离区和极间区。电离区只是导线表面的一个薄层，该区域内的电场强度很高。在电离区产生的与导线极性相同的离子因相斥作用进入极间区。极间区是正、负极导线之间，和正负两极导线与地面之间的广阔区域。

在极间区，离子受电场力的作用，向相反极性方向和地面漂移。极导线线下不同点的合成电场的大小、方向和极性可能不同，但合成电场的方向基本上垂直

于地面。所以测量用旋转式直流场强测量仪放置于地面，以测量地面处合成场强。

测量应选择在送电线路直线走向较长的线段内进行。在档距中央水平地面、以两极导线地面投影中心对称分布放置至少 10 个旋转式直流场强测量仪和离子流接收板，并使它们并列与极导线垂直分布。

每个测量通道每 10s 记录一个数据，每组测量位置连续测量一小时以上。

E3 测量设备校准

利用微电流发生器对离子流测量设备进行校准。

直流电场空间中还存在电荷，所以为旋转式直流场强测量仪的校准，不但要有直流电场源而且还要有相应的空间电荷发生装置。其原理是利用能确切计算其电场强度的场源和确切测量其空间电荷的空间电荷源为原值，对旋转式直流场强测量仪进行校准。校准装置见图 E2。

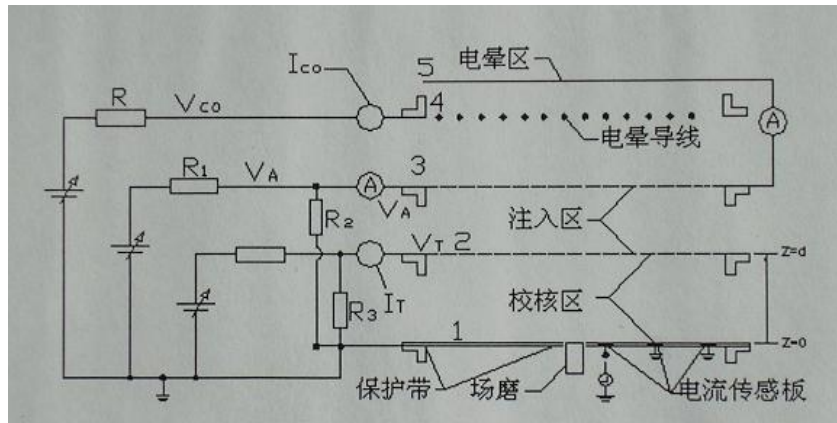


图 E2 旋转式直流场强测量仪校准装置示意图

附录 E

风速等级的划分

空气流动称为风。风是地球大气运动的一种形式，它是一个矢量。风在单位时间里移动的距离称为风速，单位是米/秒或者公里/小时；移来的方向称为风向。根据《地面气象观测规范》（中国气象局编，气象出版社，2003年1月第1版）附表3，风力划分如下表。

风力等级表

风级	名称	风速（米/秒） *	陆地物象	海面波浪	浪高（米）
0	无风	0.0-0.2	烟直上	平静	0.0
1	软风	0.3-1.5	烟示风向	微波峰无飞沫	0.1
2	轻风	1.6-3.3	感觉有风	小波峰未破碎	0.2
3	微风	3.4-5.4	旌旗展开	小波峰顶破裂	0.6
4	和风	5.5-7.9	吹起尘土	小浪白沫波峰	1.0
5	劲风	8.0-10.7	小树摇摆	中浪折沫峰群	2.0
6	强风	10.8-13.8	电线有声	大浪到个飞沫	3.0
7	疾风	13.9-17.1	步行困难	破峰白沫成条	4.0
8	大风	17.2-20.7	折毁树枝	浪长高有浪花	5.5
9	烈风	20.8-24.4	小损房屋	浪峰倒卷	7.0
10	狂风	24.5-28.4	拔起树木	海浪翻滚咆哮	9.0
11	暴风	28.5-32.6	损毁普遍	波峰全呈飞沫	11.5
12	飓风	32.7-	摧毁巨大	海浪滔天	14.0

*注：本表所列风速是指平地上离地10米处的风速值