

4.5 台风风压关系应用



- **台风风压关系应用**

- 台风中心风速和中心气压的确定

- ✓ 通过CI指数与台风中心最大风速的经验关系，确定台风中心最大风速
 - ✓ 基于台风风压关系，确定台风中心最低海平面气压

● 台风风压关系应用

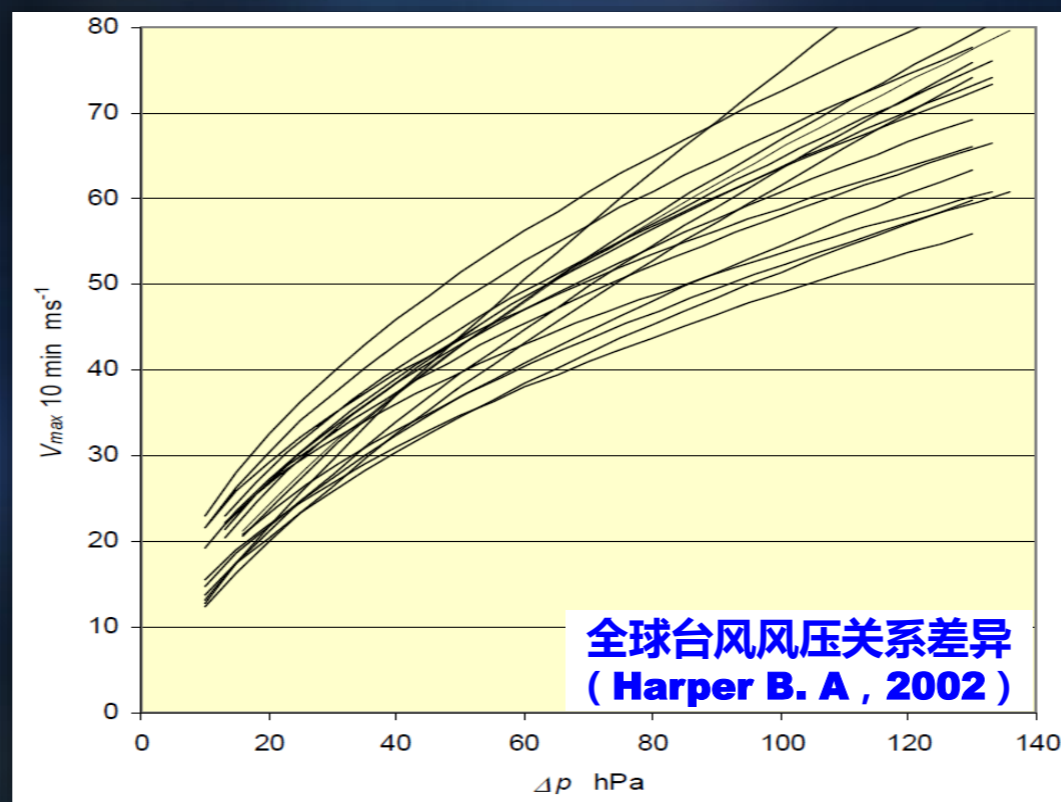
— 台风中心风速和中心气压的确定

CI指数与台风强度对应表

| CI 指数 | 中心风速 | 中心气压可取值范围 (hPa) |
|-------|------|-------------------|
| 2.5 | 18 | 995~998~1000 |
| | 20 | 990~995 |
| 3.0 | 23 | 982~990 |
| | 25 | 980~985 |
| 3.5 | 28 | 975~982 |
| | 30 | 975~980 |
| 4.0 | 33 | 970~975 |
| | 35 | 965~970 |
| 4.5 | 38 | 960~965 |
| | 40 | 955~960 |
| 5.0 | 42 | 950~955 |
| | 45 | 945~950 |
| 5.5 | 48 | 940~945 |
| | 50 | 935~940 |
| 6.0 | 52 | 930~935 |
| | 55 | 925~930 |
| 6.5 | 58 | 920~925 |
| | 60 | 915~920 |
| 7.0 | 62 | 910~915 |
| | 65 | 905~910 |
| 7.5 | 68 | 900~905 |
| | 70 | 895~900 |
| 8.0 | 72 | 890~895 |
| | 75 | 885~890 |
| | 78 | 880~885 |
| | 80 | 875~880 |

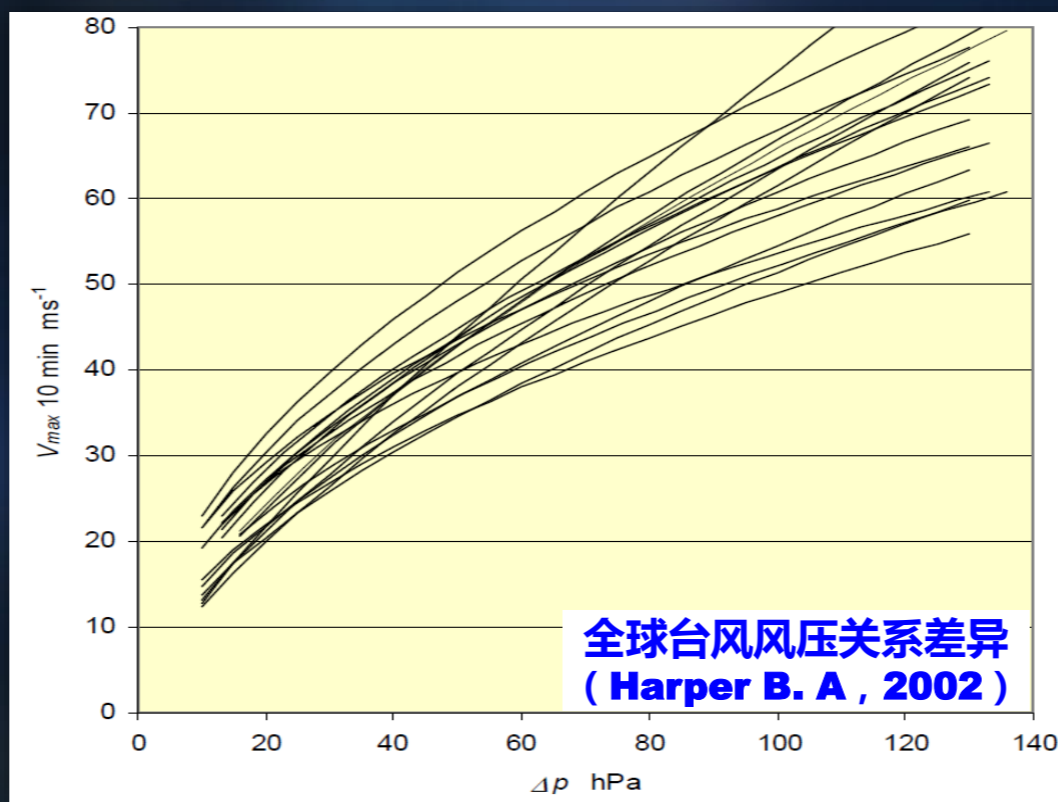
● 台风风压关系

- ✓ 台风风压关系是一种基于台风中心环流近似满足梯度风平衡以及历史实际观测资料得到的台风中心风速与气压之间的统计关系



● 台风风压关系

- ✓ 不同海域台风生成发展地理区域和环境条件不同，台风风压关系存在明显差异



● 台风风压关系理论

- ✓ 台风近中心环流近似满足梯度风平衡，台风中心最低海平面气压可由梯度风平衡方程给出：

$$fV_t + \frac{V_t^2}{r} = \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial r}$$



$$MSLP = P_{env} - \int_{r=0}^{r_{env}} \rho \left(\frac{V_t^2}{r} + fV_t \right) dr$$

$$- \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial r} \quad \text{-- 气压梯度力}$$

$$- fV_t \quad \text{-- 科里奥利力}$$

$$- \frac{V_t^2}{r} \quad \text{-- 离心力}$$

● 台风风压关系理论

✓ 台风中心最低海平面气压由下列两个因素决定：

① 台风的大小 -- 环境气压 (P_{env})
-- 环境气压的半径 (r_{env})

② $[\rho(V_t^2/r + fV_t)]$ 的积分，与台风

环流风场分布有关，取决于台风最大风速半径等因素，没有飞机观测很难精确获到
式中

V_t 为台风环流的切向速度，

ρ 为流体密度

f 为科利奥利参数

● 台风风压关系理论

✓ 影响台风风压关系的四个基本因素

① 台风的大小及所在纬度

决定 $\int_{r=0}^{r_{env}} \rho \left(\frac{V_t^2}{r} + fV_t \right) dr$ 的大小

② 环境气压

③ 台风移速

影响台风最大风速，其它因素不变情况下，强台风移速较快

④ 台风强度变化趋势

台风切向风可能与台风强度变化趋势有关

● 台风风压关系的估计方法

✓ 方法一

- 假设台风环流满足旋转风平衡，略去科氏力

$$fV_t + \frac{V_t^2}{r} = \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial r} \longrightarrow \frac{V_t^2}{r} = \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial r}$$

r 为半径， p 为气压， ρ 为密度

● 台风风压关系的估计方法

✓ 方法二

- 假设台风环流满足松弛的近似旋转风平衡

$$V_{max} = C(P_{ref} - P_c)^n$$

式中， P_{ref} 为参考气压， P_c 为台风近中心海平面气压， C 为经验常数， n 为经验指数。 $n=0.5$ 时代表旋转风平衡

- 一般利用历史资料进行统计分析，以确定**C**和**n**的值

● 业务常用的台风风压关系

✓ 我国尚未建立2分钟平均风速与海平面气压的台风风压关系

✓ 日本气象厅 (JMA)

• Koba风压关系 (1990)

10分钟平均风速与海平面气压的关系

$$V_{max} = 0.09CI^2 + 13.49CI + 8.38$$

$$P_c = 1.53CI^2 - 3.03CI + 1010.01$$

其中 , V_{max} 为10分钟最大持续风速(kt)

P_c 为台风中心最低海平面气压

CI 为台风现实强度指数

● 业务常用的台风风压关系

✓ 美国联合台风警报中心 (JTWC)

• Atkinson风压关系 (1977)

1分钟平均风速与海平面气压的关系

$$V_{max} = 6.7(1010 - P_c)^{0.644}$$

式中, V_{max} 为1分钟最大持续风速(kt)

P_c 为台风中心最低海平面气压

Atkinson风压关系至今仍被列入联合国亚太经社会/世界气象组织(ESCAP/WMO)台风委员会的台风业务手册和我国的台风业务与服务规定中。

● 业务常用的台风风压关系

✓ 美国联合台风警报中心 (JTWC)

• 修订的Atkinson风压关系 (燕方杰, 1994)

1分钟平均风速与海平面气压的关系

$$V_{max} = 6.7(1010 - P_c)^{0.653} \quad 0-14^\circ\text{N}$$

$$V_{max} = 6.7(1010 - P_c)^{0.645} \quad 15-24^\circ\text{N}$$

$$V_{max} = 6.7(1010 - P_c)^{0.636} \quad \geq 25^\circ\text{N}$$

式中, V_{max} 为1分钟最大持续风速(kt)

P_c 为台风中心最低海平面气压

- **业务常用的台风风压关系**

- ✓ **美国联合台风警报中心 (JTWC)**

- **修订的Atkinson风压关系**

(Guard & M.A. Lander , 1996)

1分钟平均风速与海平面气压的关系

$$V_{max} = 17.548(1010 - P_c)^{0.4345}$$

针对微型台风 (Midget Typhoon)

式中 , V_{max} 为1分钟最大持续风速(kt)

P_c 为台风中心最低海平面气压

● 业务常用的台风风压关系

✓ 美国联合台风警报中心 (JTWC)

● Knaff-Zehr风压关系 (2007)

$$\phi < 18^\circ N$$

$$V_{max} = 6.466 - 5.238S - 0.515\Delta P + 8.984\sqrt{|\Delta P|} + 1.5C^{0.63}$$

$$MSLP = P_c = 5.962 - 0.267V_{srm} - \left(\frac{V_{srm}}{18.26}\right)^2 - 6.8S + P_{env}$$

$$\phi \geq 18^\circ N$$

$$V_{max} = 18.633 - 14.960S - 0.518\Delta P - 0.755|\phi| + 9.738\sqrt{|\Delta P|} + 1.5C^{0.63}$$

$$MSLP = P_c = 23.286 - 0.483V_{srm} - \left(\frac{V_{srm}}{24.254}\right)^2 - 12.587S - 0.483\phi + P_{env}$$

$$V_{srm} = V_{max} - 1.5C^{0.63} \quad x = 0.1147 + 0.0055V_{max} - 0.001(\phi - 25)$$

$$R_{max} = 66.785 - 0.09102V_{max} + 1.0619(\phi - 25)$$

$$S = \frac{V_{500}}{V_{500c}} \quad V_{500c} = V_{max} \left(\frac{R_{max}}{500}\right)^x \quad V_{500} = \frac{R_{34}}{9} - 3$$

V_{max} 1分钟最大持续风速(kt) ;

P_c 台风中心气压 ; P_{env} 环境气压 ;

C 台风移速(kts) ; ϕ 台风所在纬度 ;

x 台风大小形态因子 ;

S 台风大小归一化参数 ; $\Delta P = P_c - P_{env}$;

R_{max} 最大风速半径(km) ;

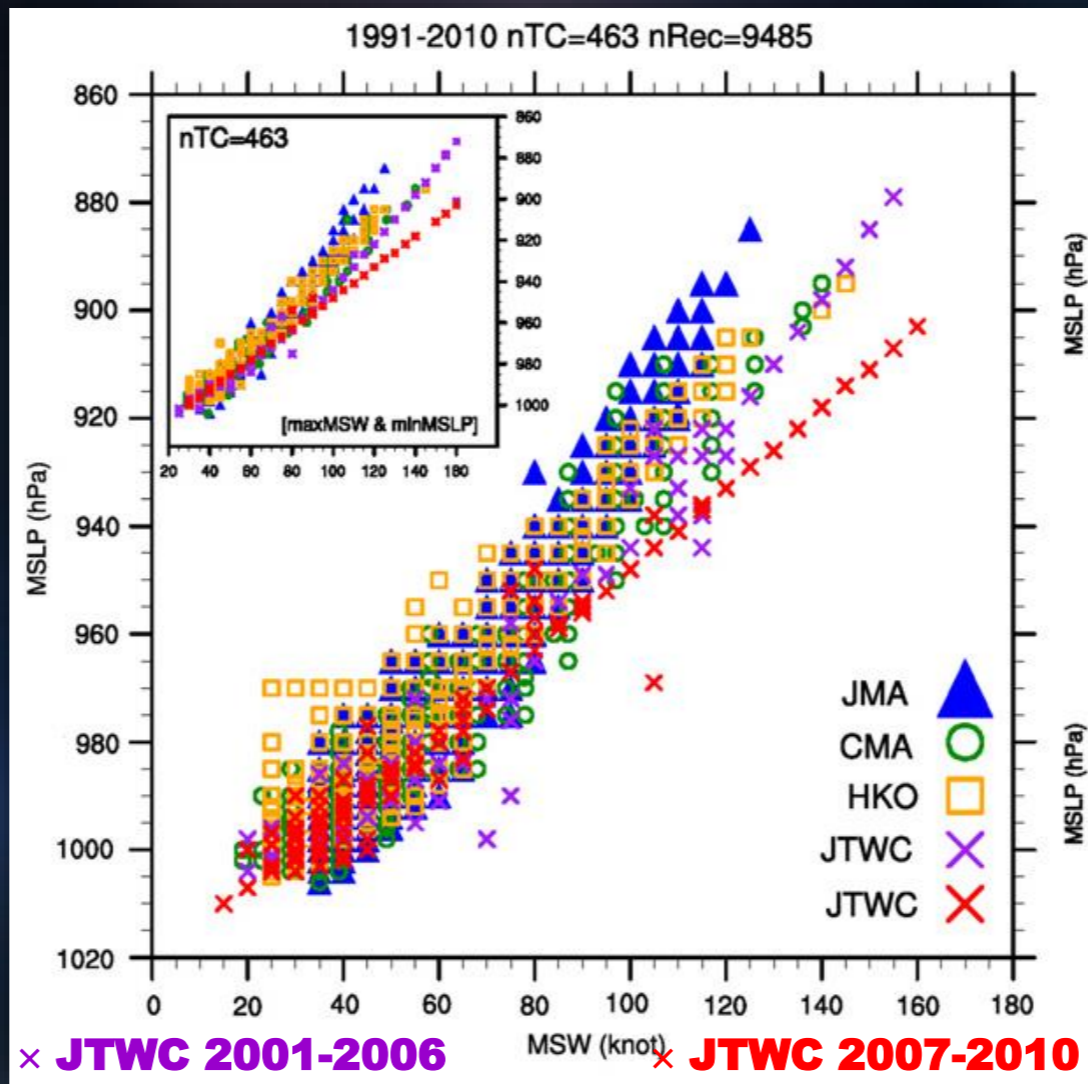
V_{srm} 去除移速的台风最大风速 ;

V_{500} 400-600km范围平均切向风速 ;

V_{500c} 400-600km范围平均切向风速气候值 ;

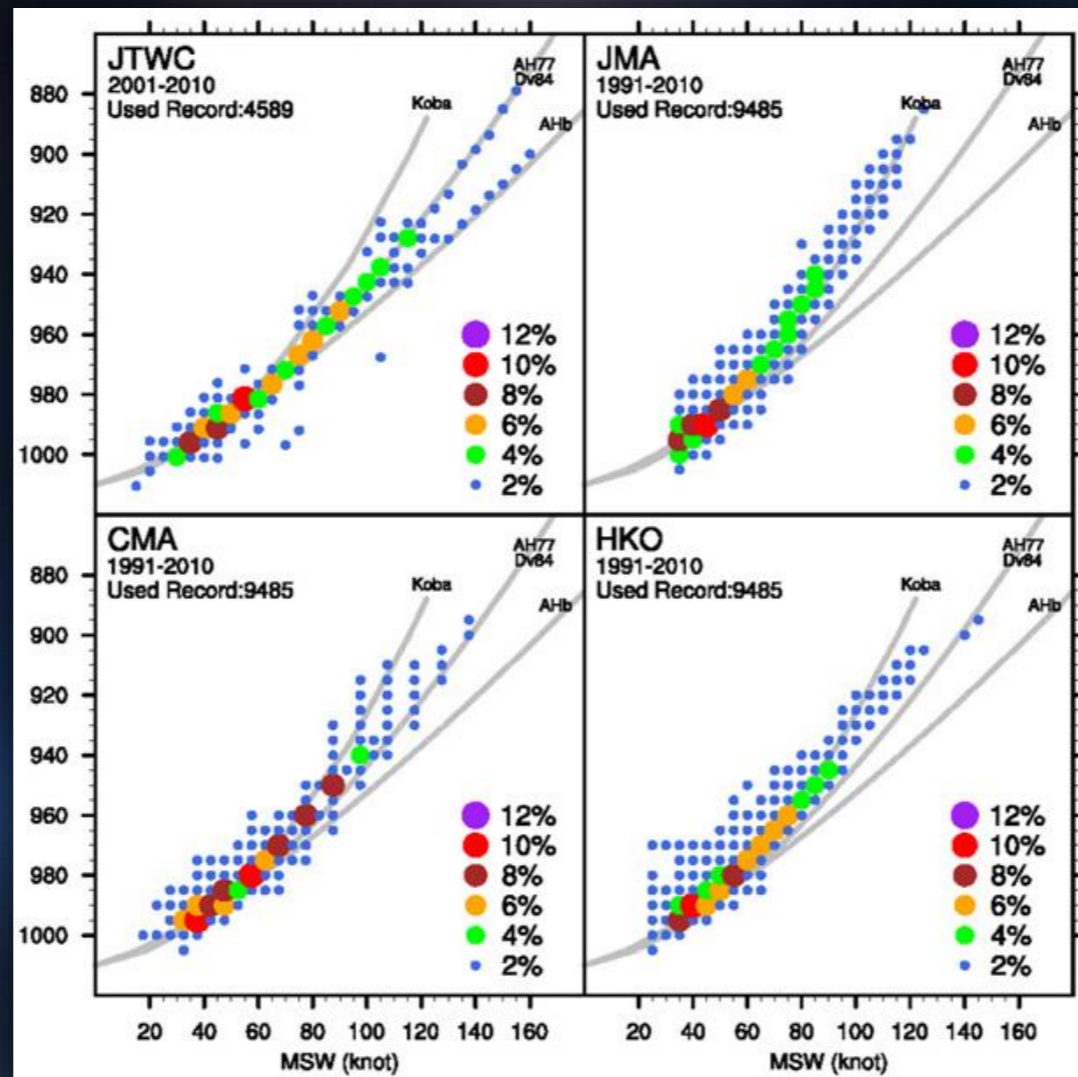
R_{34} 7级风圈半径平均值。

● 业务常用台风风压关系的差异



Mien-Tze Kueh, 2012

● 业务常用台风风压关系的差异



Mien-Tze Kueh, 2012

● 业务常用台风风压关系的差异

| CI 指数 | 中央气象台 NMC/CMA | | 日本气象厅 JMA | | 美国联合 台风警报中心 JTWC | | 美国国家 飓风中心 NHC/NOAA | |
|----------|------------------|----------|--------------|----------|------------------------|----------|--------------------------|----------|
| | 中心 气压 | 中心 风速 | 中心 气压 | 中心 风速 | 中心 气压 | 中心 风速 | 中心 气压 | 中心 风速 |
| 1.5 | 1002 | 13 | 1002 | 15 | 1004 | 13 | 1013 | 13 |
| 2.0 | 1000 | 15 | 998 | 18 | 1000 | 15 | 1009 | 15 |
| 2.5 | 998 | 18 | 993 | 22 | 997 | 18 | 1005 | 18 |
| 3.0 | 990 | 23 | 987 | 26 | 991 | 23 | 1000 | 23 |
| 3.5 | 982 | 28 | 981 | 30 | 984 | 28 | 994 | 28 |
| 4.0 | 975 | 33 | 973 | 33 | 976 | 33 | 987 | 33 |
| 4.5 | 965 | 38 | 965 | 37 | 966 | 39 | 979 | 39 |
| 5.0 | 955 | 42 | 956 | 40 | 954 | 46 | 970 | 46 |
| 5.5 | 945 | 48 | 947 | 44 | 941 | 52 | 960 | 52 |
| 6.0 | 935 | 52 | 937 | 48 | 927 | 59 | 948 | 59 |
| 6.5 | 925 | 58 | 926 | 52 | 914 | 65 | 935 | 65 |
| 7.0 | 915 | 62 | 914 | 55 | 898 | 72 | 921 | 72 |
| 7.5 | 905 | 68 | 901 | 60 | 879 | 79 | 906 | 79 |
| 8.0 | 890 | 75 | 888 | 63 | 858 | 87 | 890 | 87 |

● 不同风速定义之间的转换关系

| 不同风速定义之间的转换关系 (WMO/TD-No. 1555 , 2010) | | | | | | | |
|---|--|--|-------------------------------------|------|------|------|------|
| 地表10米高度 Exposure at +10 m | | 参考时间 T_o (s) Reference Period | 阵风因子 Gust Factor G_{τ, T_o} | | | | |
| 地表类型 Class | 描述 Description | | 阵风持续时间 (Gust Duration) (s) | | | | |
| | | | 3 | 60 | 120 | 180 | 600 |
| 内陆 In-Land | 粗糙开阔地形 Roughly open Terrain | 3600 | 1.75 | 1.28 | 1.19 | 1.15 | 1.08 |
| | | 600 | 1.66 | 1.21 | 1.12 | 1.09 | 1.00 |
| | | 180 | 1.58 | 1.15 | 1.07 | 1.00 | |
| | | 120 | 1.55 | 1.13 | 1.00 | | |
| | | 60 | 1.49 | 1.00 | | | |
| 近岸 Off-Land | 海岸线陆地风 Offshore winds at a coastline | 3600 | 1.60 | 1.22 | 1.15 | 1.12 | 1.06 |
| | | 600 | 1.52 | 1.16 | 1.09 | 1.06 | 1.00 |
| | | 180 | 1.44 | 1.10 | 1.04 | 1.00 | |
| | | 120 | 1.42 | 1.08 | 1.00 | | |
| | | 60 | 1.36 | 1.00 | | | |
| 近海 Off-Sea | 海岸线海上风 Onshore winds at a coastline | 3600 | 1.45 | 1.17 | 1.11 | 1.09 | 1.05 |
| | | 600 | 1.38 | 1.11 | 1.05 | 1.03 | 1.00 |
| | | 180 | 1.31 | 1.05 | 1.00 | 1.00 | |
| | | 120 | 1.28 | 1.03 | 1.00 | | |
| | | 60 | 1.23 | 1.00 | | | |
| 海上 At-Sea | 离岸20公里的海面 > 20 km Offshore | 3600 | 1.30 | 1.11 | 1.07 | 1.06 | 1.03 |
| | | 600 | 1.23 | 1.05 | 1.02 | 1.00 | 1.00 |
| | | 180 | 1.17 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | |
| | | 120 | 1.15 | 1.00 | 1.00 | | |
| | | 60 | 1.11 | 1.00 | | | |

- 不同机构台风强度风速之间的转换关系

| 10分钟平均风速与1分钟平均风速之间的转换关系 (WMO/TD-No. 1555 , 2010) | | | | |
|--|----------------------------|-----------------------------|------------------------------|-----------------------------|
| $V_{\max600} = K \times V_{\max60}$ | 海上 At-Sea | 近海 Off-Sea | 近岸 Off-land | 内陆 In-Land |
| 转换系数 (K) | 0.93 | 0.90 | 0.87 | 0.84 |

● 台风风压关系 -- 香港天文台

| CI 指数 | 美国联合 台风警报中心 JTWC 1分钟平均风速 (海里/小时) | 香港天文台 | | 强度等级 |
|----------|--|--|--|-------|
| | | 2013年前 0.90×JTWC 10分钟平均风速 (海里/小时) | 2013年后 0.93×JTWC 10分钟平均风速 (海里/小时) | |
| 1.0 | 25 | 23 | 23 | 热带低压 |
| 1.5 | 25 | 23 | 23 | |
| 2.0 | 30 | 27 | 28 | |
| 2.5 | 35 | 31 | 33 | |
| 3.0 | 45 | 41 | 42 | 热带风暴 |
| 3.5 | 55 | 49 | 51 | 强热带风暴 |
| 4.0 | 65 | 59 | 60 | |
| 4.5 | 77 | 69 | 72 | 台风 |
| 5.0 | 90 | 81 | 84 | 强台风 |
| 5.5 | 102 | 92 | 95 | |
| 6.0 | 115 | 103 | 107 | 超强台风 |
| 6.5 | 127 | 114 | 118 | |
| 7.0 | 140 | 126 | 130 | |
| 7.5 | 155 | 139 | 144 | |
| 8.0 | 170 | 153 | 158 | |