

# 中国近海风电开发气候区划

国家气候中心

张秀芝



国家气候中心  
National Climate Center

- 1、近海的风资源区划
- 2、近海风电机组安全等级区划



国家气候中心  
National Climate Center

## IEC61400-1:1999 WTGS安全等级

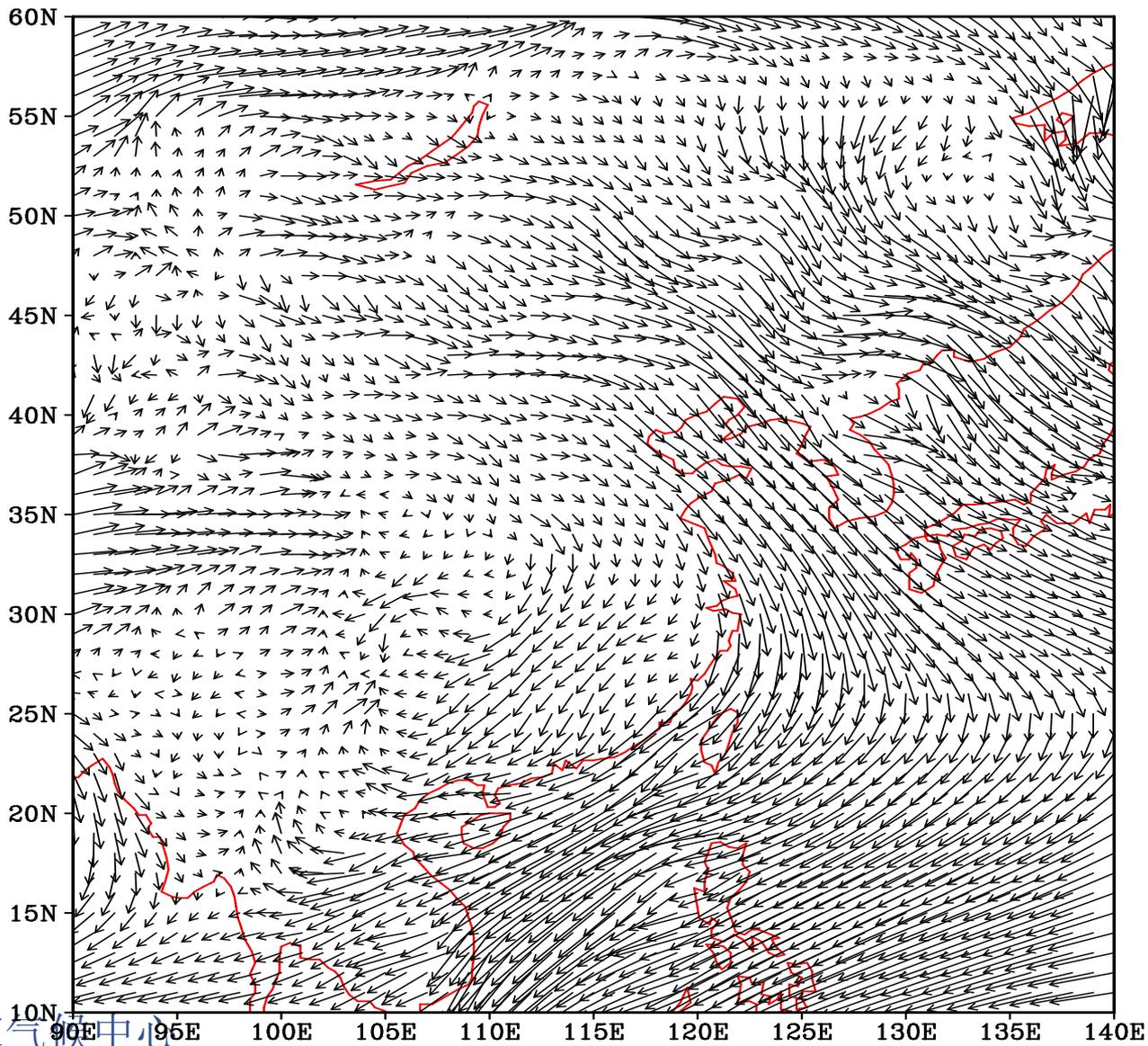
WTGS等级	I	II	III
$V_{ref}$ (m/s)	50	42.5	37.5
$V_{ave}$ (m/s)	10	8.5	7.5

1. 中国近海的风资源区划
2. 中国近海风电机组安全等级区划



# 1. 中国近海的风资源区划

## 北半球冬季风场

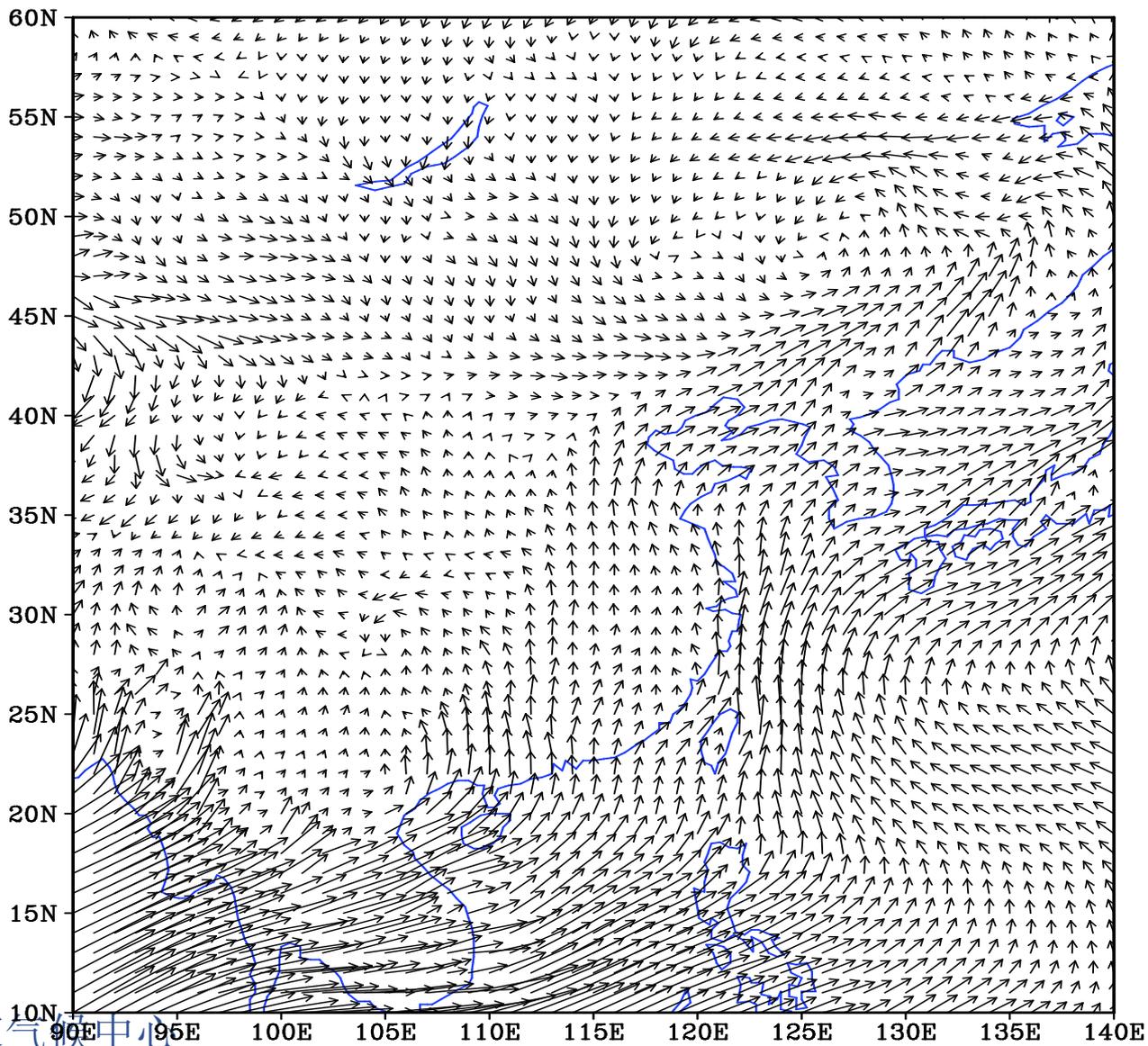


国家气候中心  
National Climate Center

10

# 1. 中国近海的风资源区划

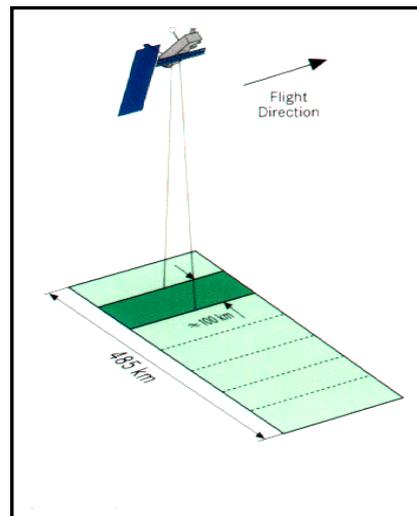
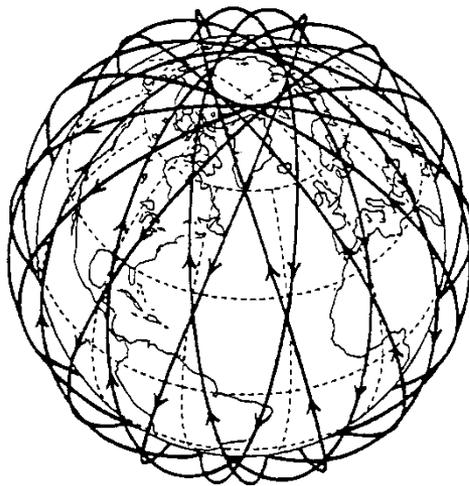
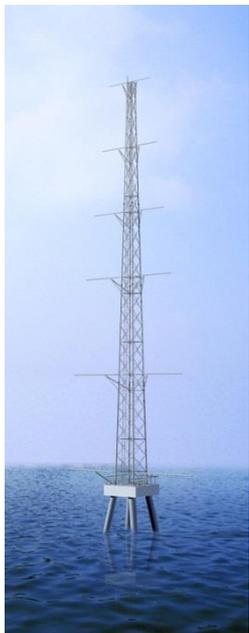
## 北半球夏季风场



国家气候中心  
National Climate Center

# 1. 中国近海的风资源区划

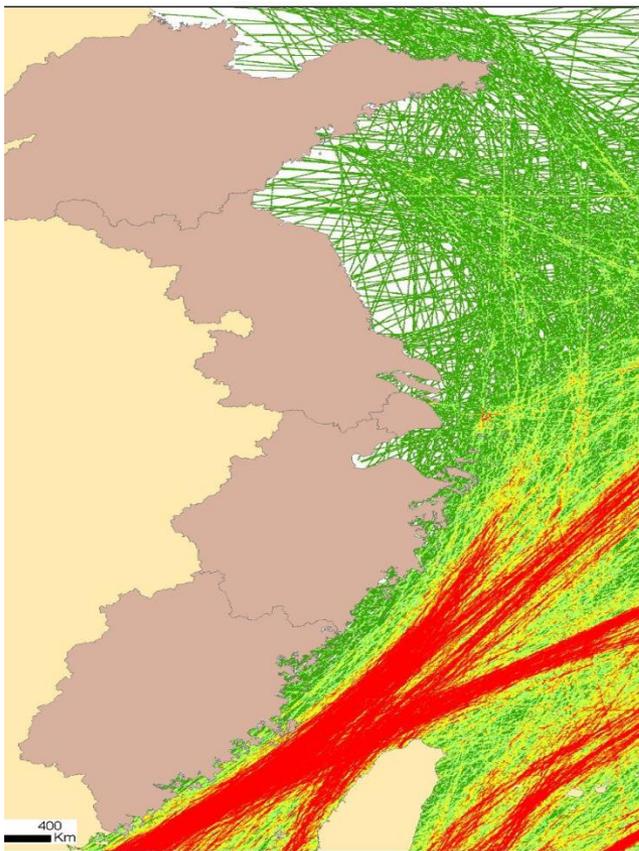
## 观测手段



国家气候中心  
National Climate Center

# 1.中国近海的风资源区划

## 船舶观测



船舶沿航线航行，定时(00, 06, 12, 18 GMT)不定点观测；观测要素：气温、海温、气压、风、湿度、云、能见度、海浪等。观测仪器安装在船甲板（海面以上15-20米，David Parker 2002）以上10米左右，相当于海面以上30米高度。

1884年至今  
1961以后船较多

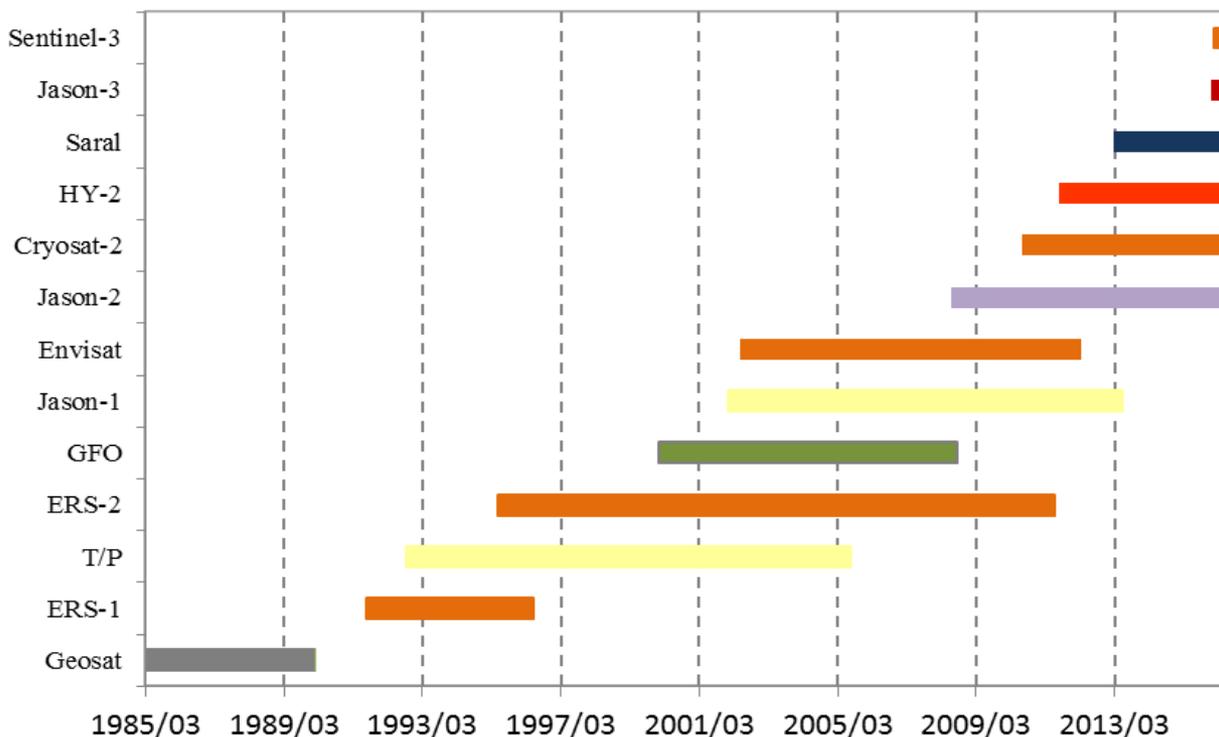


国家气候中心  
National Climate Center

# 1.中国近海的风资源区划

## 卫星观测

海面风场探测器主要是微波散射计（基于海面粗糙度变化）和雷达高度计（通过测量雷达发射脉冲与海面回波脉冲之间的时延而得到高度计天线离海面的距离）



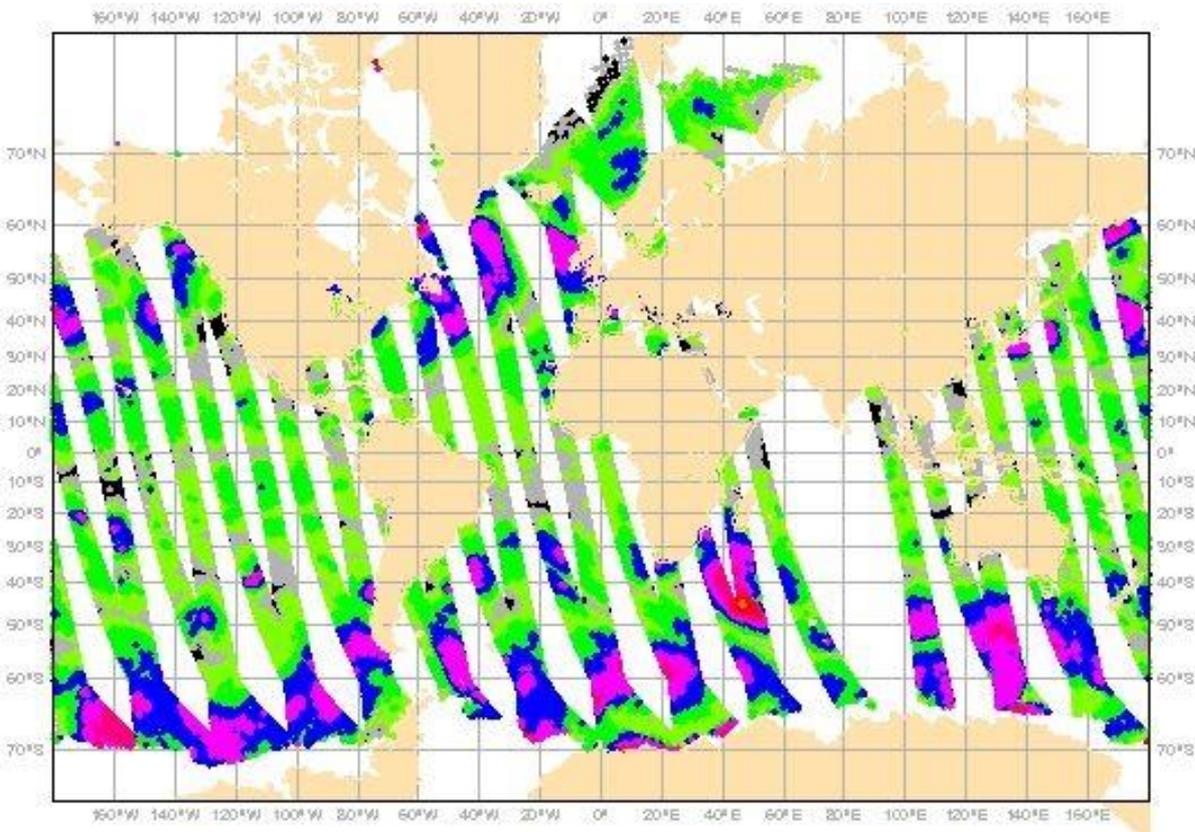
NASA采用变分同化分析方法将TRMM TMI、SSM/I、QuikSCAT、ADEOS-II、AMSR-E等采集的海面风数据合成一个风场资料CCMP, 1次/6h,  $0.25^\circ \times 0.25^\circ$ 。

法国海洋开发所将ERS1&2, TOPEX, GEOSAT, Jason-1&2, ENVISAT等9个高度计, 经过质量控制、校准、修正, 形成了多源卫星数据集

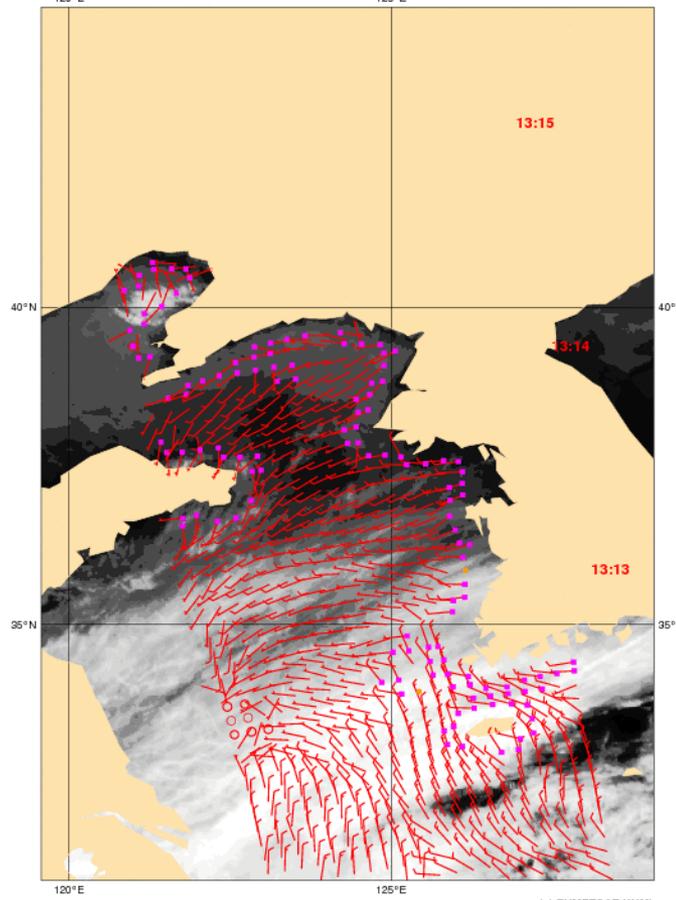


# 1. 中国近海的风资源区划

07 April 2016



ASCAT: 20160407 13:30Z HIRLAM: 2016040712+01 lat lon: 37.85 124.32 IR: 13:30

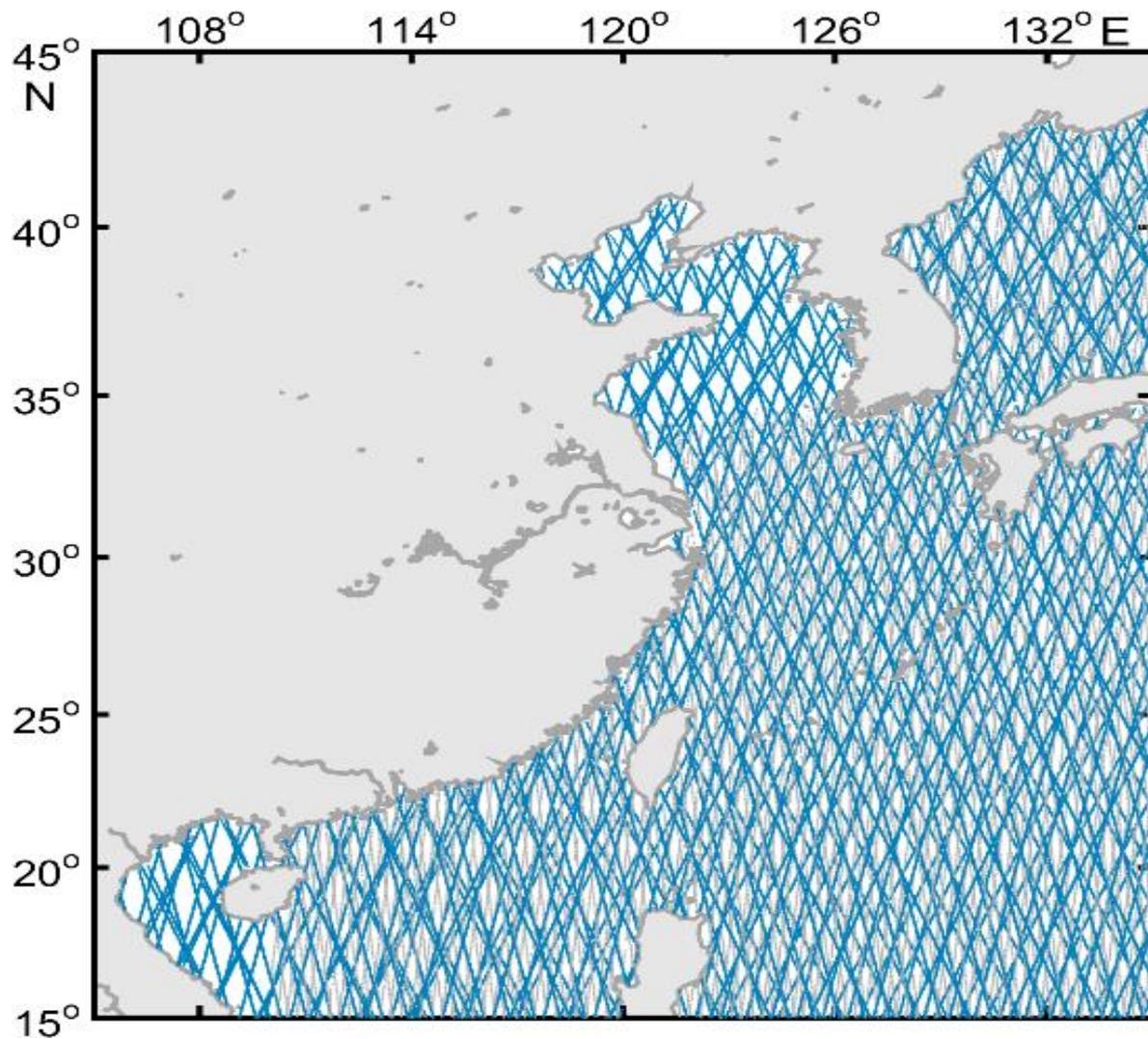


(c) EUMETSAT/KNMI



国家气候中心  
National Climate Center

# 1. 中国近海的风资源区划



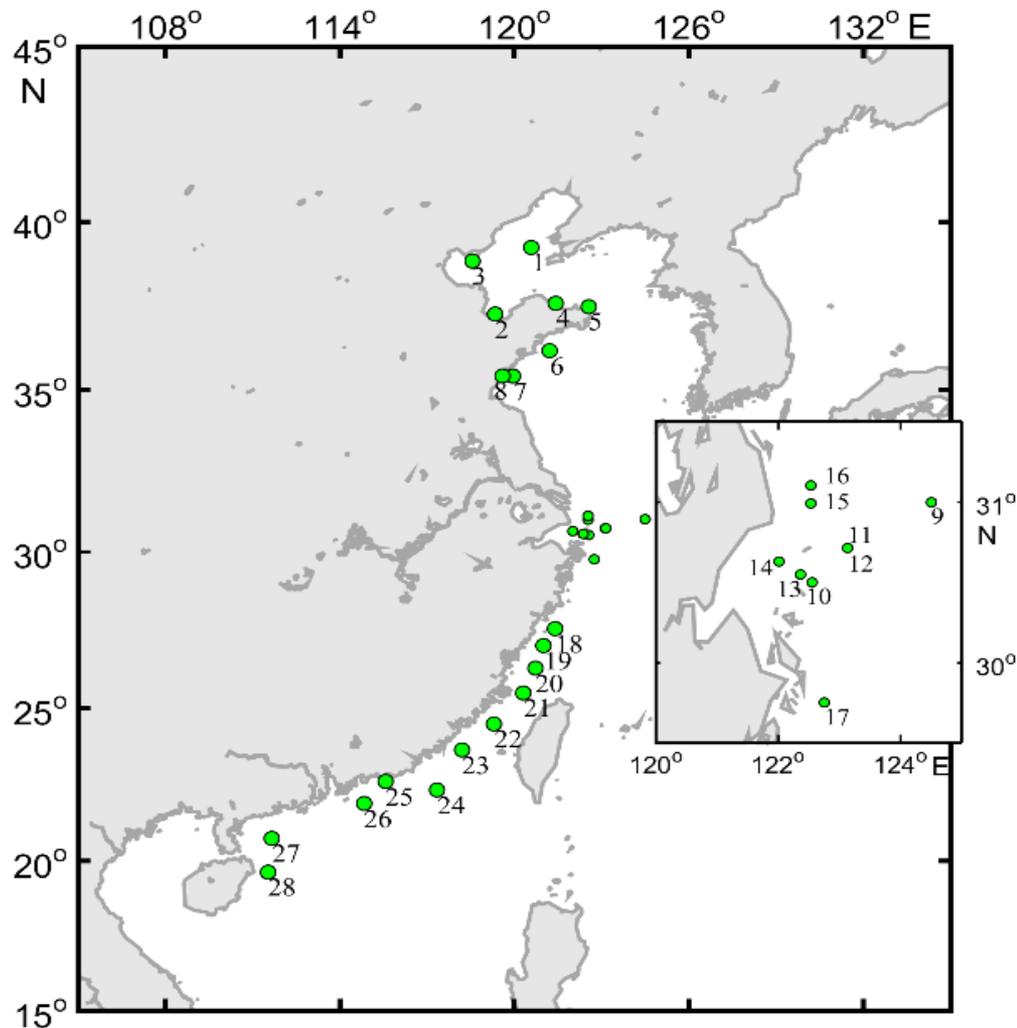
9个卫星高度计轨道在中国近海的空间覆盖

国家气候中心

National Climate Center



# 1.中国近海的风资源区划



## 卫星数据可靠性验证

选取了**15**个浮标和石油平台**2009-2012**年实测资料与同期卫星数据进行对比分析，结果表明卫星海面风在中国近海是可信的



# 1. 中国近海的风资源区划

卫星

船舶观测风速

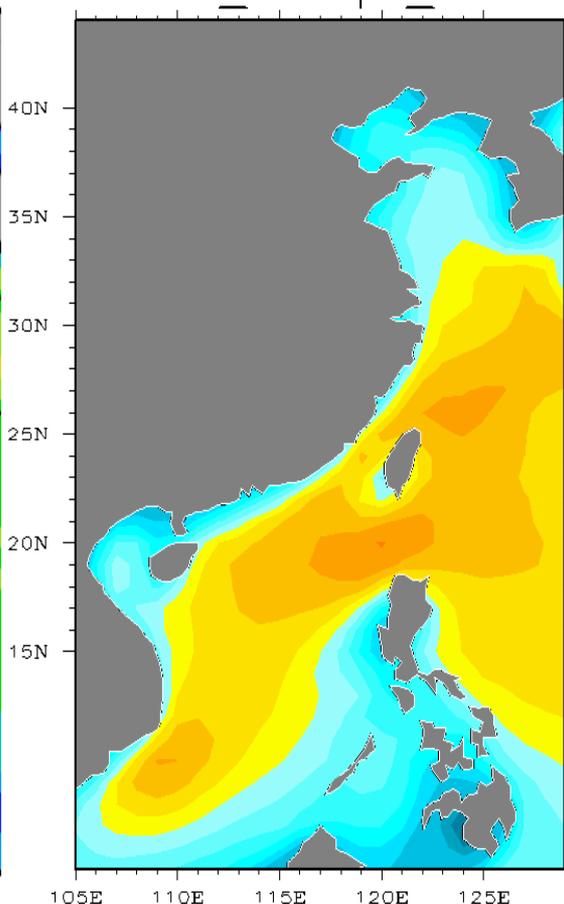
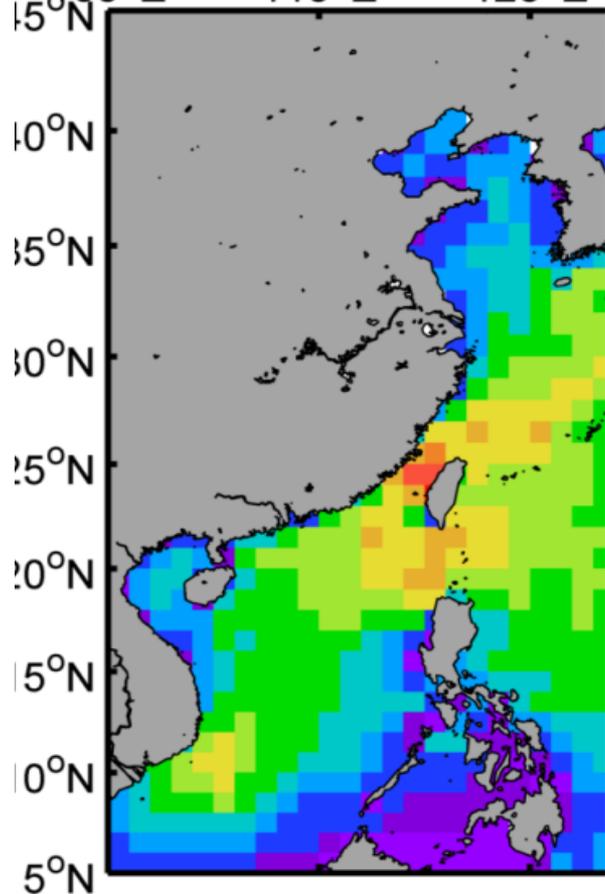
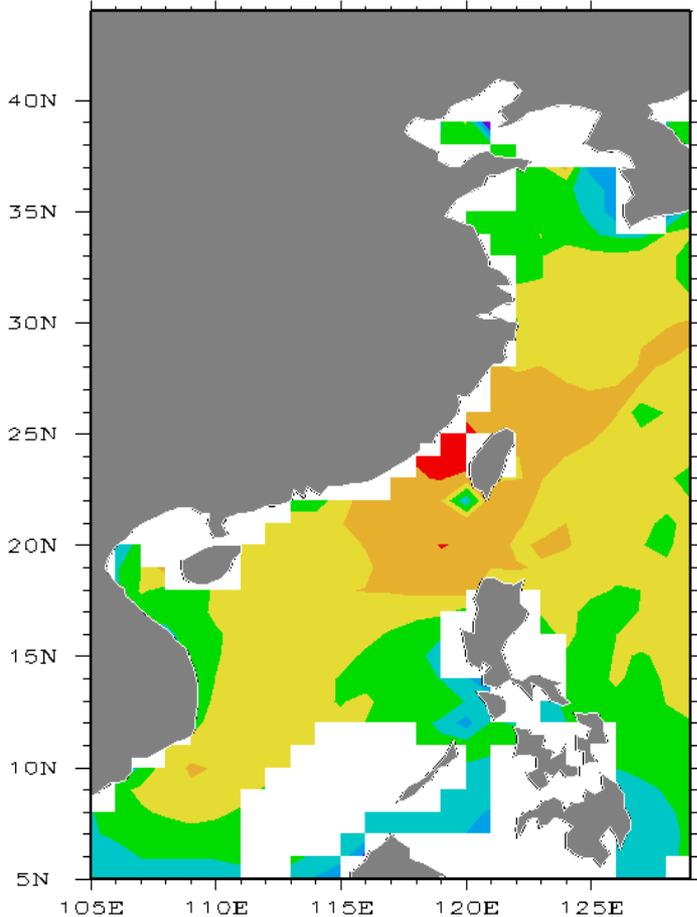
法国海洋研究所

美国CCMP

ICOADS\_Wndspd\_YEAR

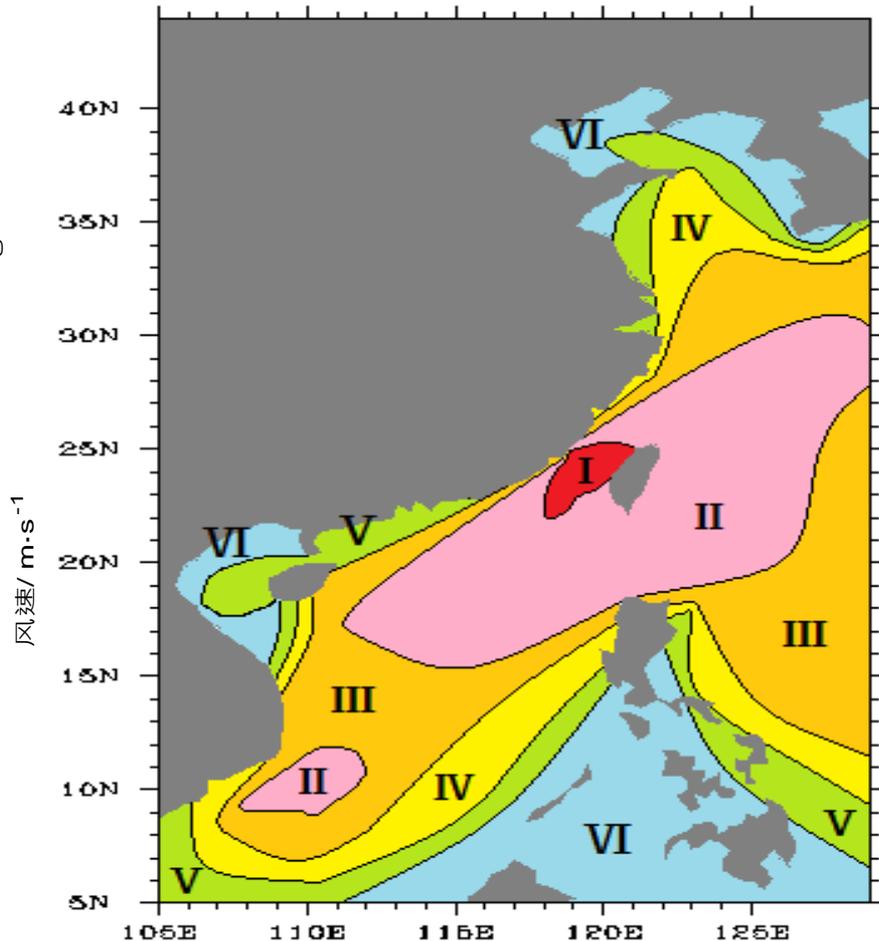
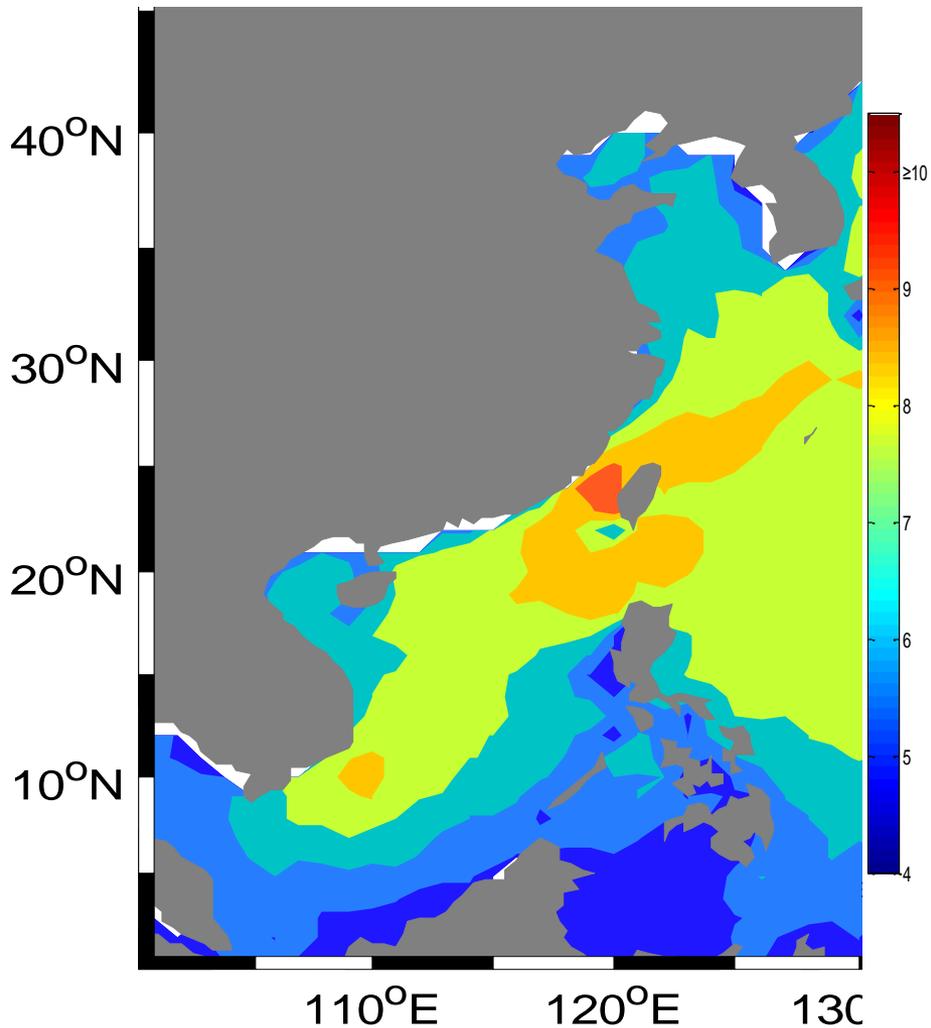
105°E 115°E 125°E

CCMP\_Wndspd\_YEAR



国家气候中心  
National Climate Center

# 1. 中国近海的风资源区划

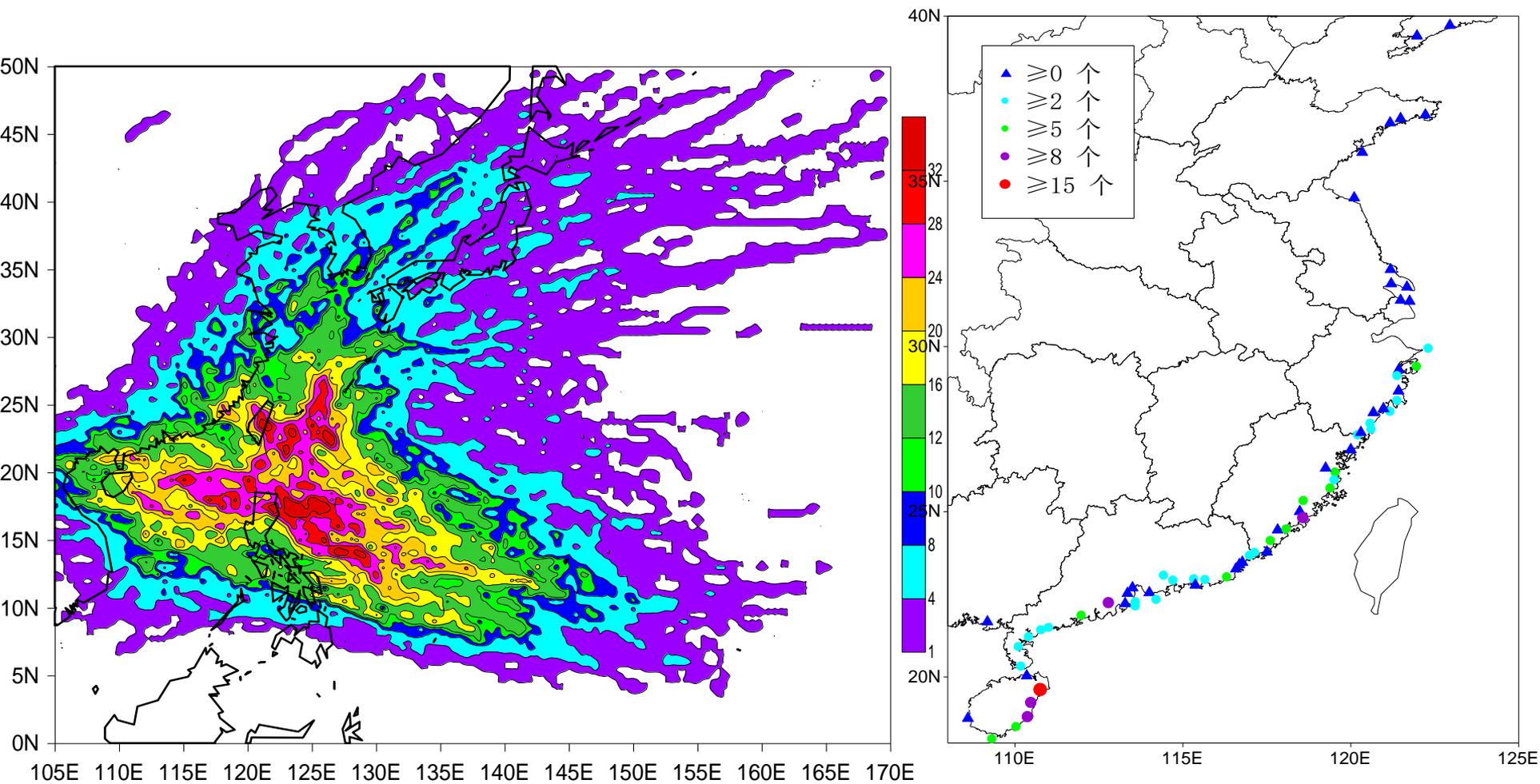


分类	对应风功率密度等级	平均风速W(m/s)	类别颜色
I	7	$W \geq 9.4$	红色
II	6+	$7.9 \leq W < 9.4$	粉色
III	6	$7.0 \leq W < 7.9$	橙色
IV	5	$6.4 \leq W < 7.0$	黄色
V	4	$6.0 \leq W < 6.4$	浅绿色
VI	3	$W < 6.0$	浅蓝色



国家气候中心  
National Climate Center

## 2. 中国近海风电机组安全等级区划



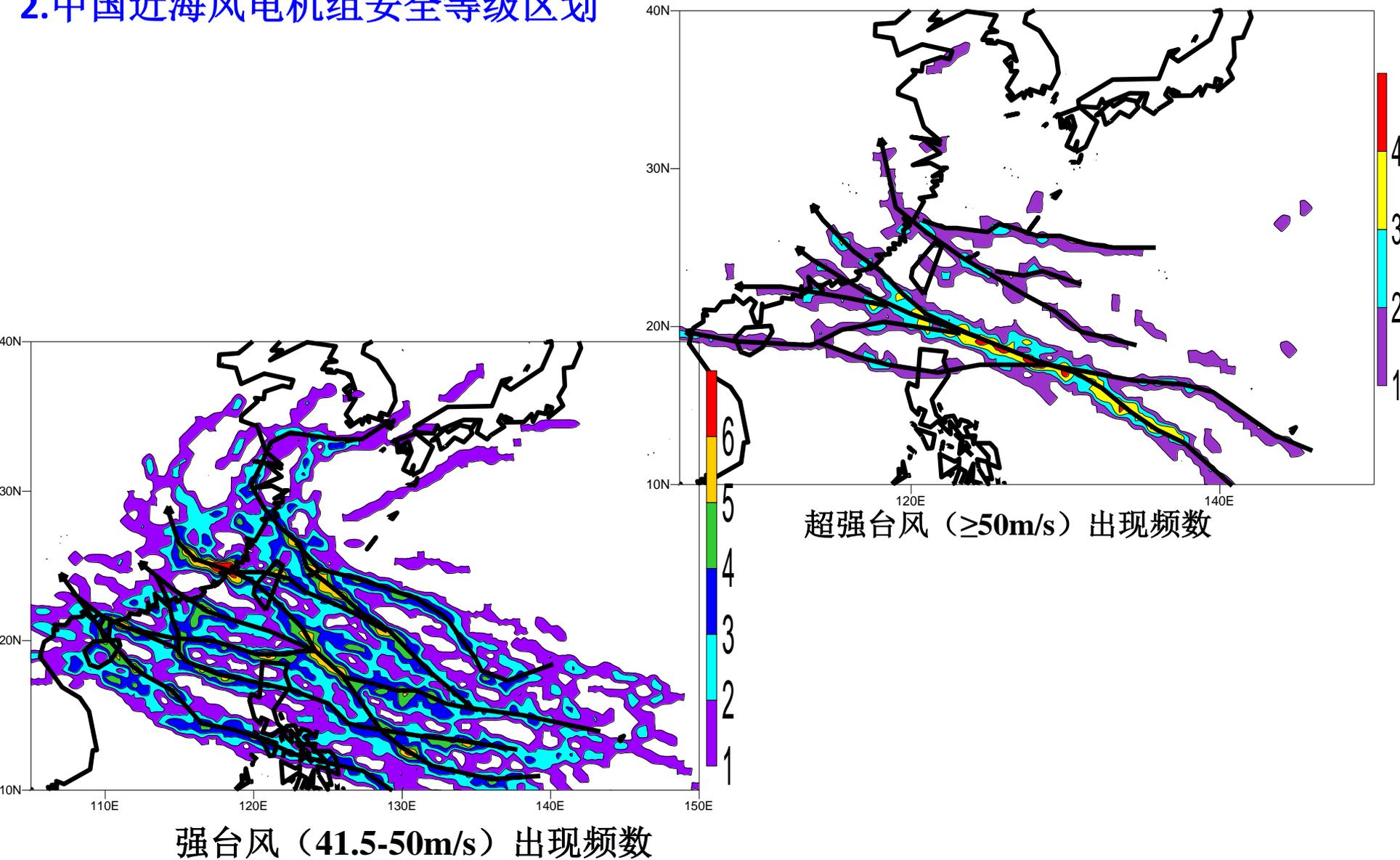
1949-2015年进入24小时警戒线达到台风强度的出现频数

登陆次数



国家气候中心  
National Climate Center

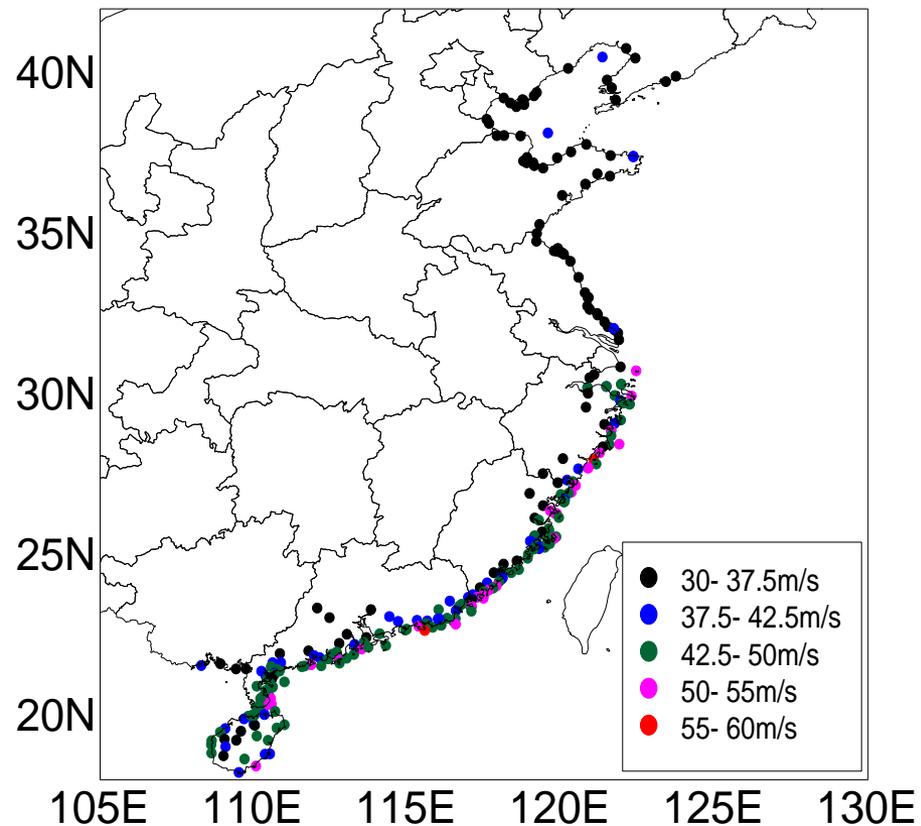
## 2. 中国近海风电机组安全等级区划



国家气候中心  
National Climate Center

## 2.中国近海风电机组安全等级区划

中国沿岸 $V_{ref}$ 分布



台风影响区沿岸 $V_{ref}$ 等级:  
 I类50-55, II类42.4-49.9  
 III类37.5-42.4

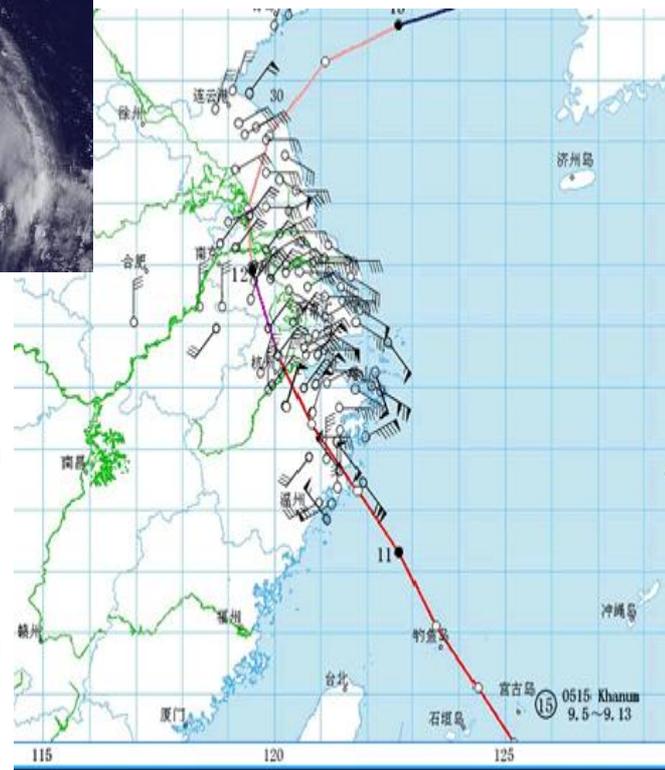
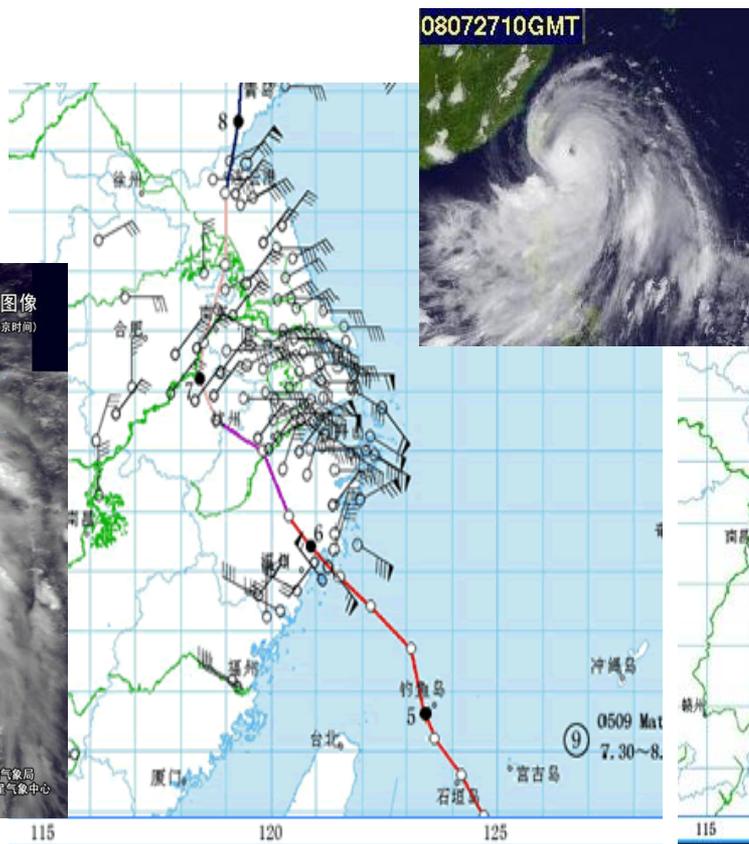
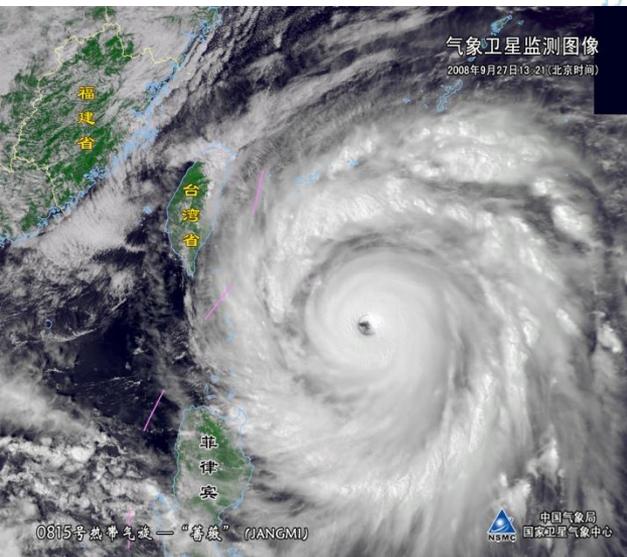
风速 (m/s)	站数	频率%	累计频率%
<37.5	48	22.75	22.75
37.5-42.4	42	19.91	42.65
42.5-49.9	89	42.18	84.83
50-51.9	16	7.58	92.42
52-53.9	9	4.27	96.68
54-55.9	5	2.37	99.05
56-57.9	1	0.47	99.53
57-59.9	1	0.47	100.00
合计	211	100	
51			90
52.7			95



## 2.中国近海风电机组安全等级区划

在靠近陆地时显示明显的风场非对称性

在大洋上基本为圆对称



2005年‘麦沙’的风场实况

2005年‘卡努’的风场实况



国家气候中心  
National Climate Center

## 2. 中国近海风电机组安全等级区划

非对称台风风场模型

平面极坐标水平运动方程组:

$$\frac{dv_r}{dt} - \frac{v_\theta^2}{r} - fv_\theta = -\frac{\partial P}{\rho \partial r} + F_r \quad (1)$$

$$\frac{dv_\theta}{dt} + \frac{v_r v_\theta}{r} + fv_r = -\frac{\partial P}{\rho \partial \theta} + F_\theta \quad (2)$$

气旋风向内偏角和风速:

$$\beta = \arctan\left[y - \frac{A - k^2 r^2 \cos^2 \varphi}{3kr \cos \varphi (v_s \sin \alpha + kr \sin \varphi + fr)}\right]$$

$$v = \frac{kr \cos(\varphi + \beta) - v_s \sin \alpha \sin \beta - fr \sin \beta}{\sin \beta \cos \beta}$$

最大风速半径和相应的风向内偏角:

$$\beta = \arcsin\left(-\frac{b}{2a} \pm \frac{\sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}\right)$$

$$R = \frac{A_\alpha - v_s v_\alpha \sin \alpha \sin \beta - v_\alpha^2 \cos^2 \beta}{kv_\alpha \sin(\varphi + \beta) + fv_\alpha \cos \beta}$$

$$a = A_\alpha^2 (k \sin \varphi + f)^2 + k^2 \cos^2 \varphi (A_\alpha - v_\alpha^2)^2$$

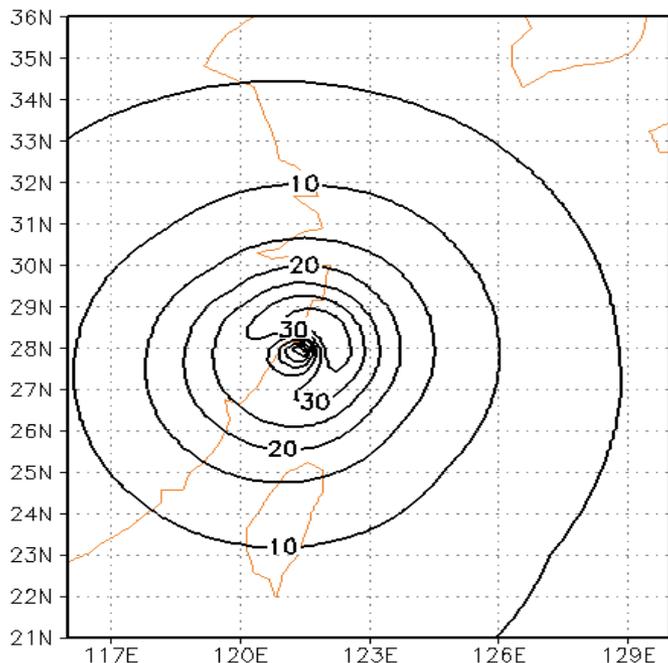
$$b = 2kA_\alpha v_\alpha v_s \sin \alpha \cos \varphi (k \sin \varphi + f)$$

$$c = k^2 v_\alpha^2 v_s^2 \sin^2 \alpha \cos^2 \varphi - k^2 \cos^2 \varphi (A_\alpha - v_\alpha^2)^2$$

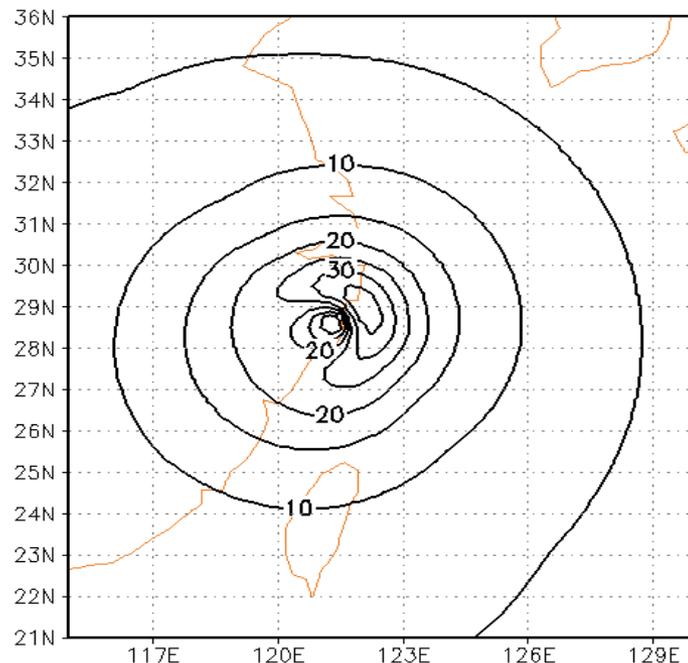


## 2.中国近海风电机组安全等级区划

### 非对称性台风风场模型计算的风场分布



台风‘麦沙’计算风场



台风‘卡努’计算风场

每个台风计算移动轨迹中每2小时 $50\text{km} \times 50\text{km}$ 网格点风速，保留每个网格点的最大值。建立 $50\text{km} \times 50\text{km}$ 网格点风速时间序列，通过泊松-龚贝尔联合分布计算网格点最大风速

