



四川电力设计咨询有限责任公司

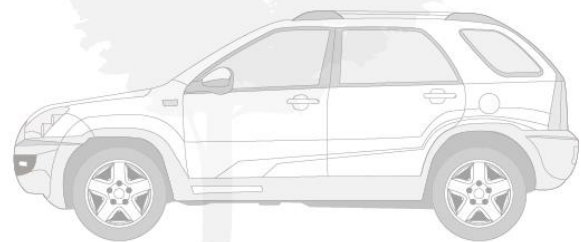
SICHUAN ELECTRIC POWER DESIGN & CONSULTING CO.,LTD.

两类下垫面大气稳定度对风机出力的影响

王彬滨

believe1019@163.com

2018年10月 成都





中国电建
POWERCHINA

汇聚 柔韧 进取 奉献 和谐
Convergence flexible and
enterprising dedication harmony

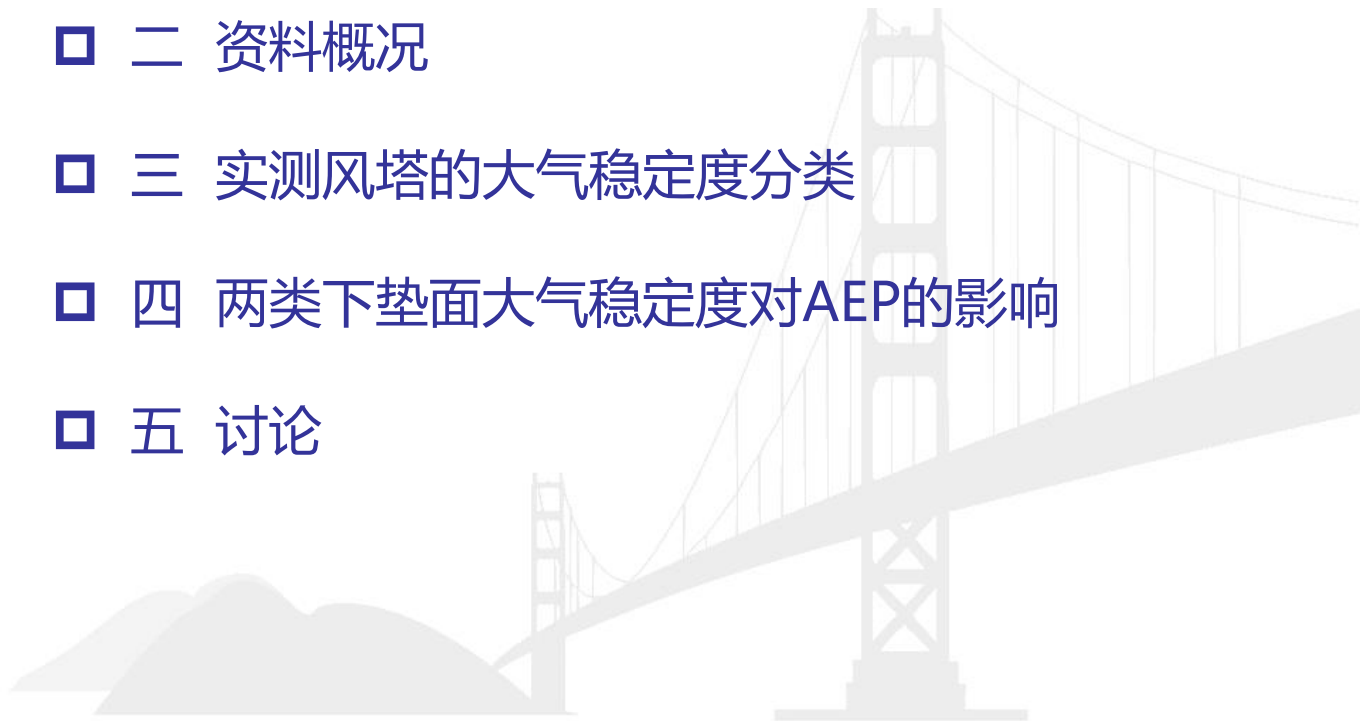
四川电力设计咨询有限责任公司
SICHUAN ELECTRIC POWER DESIGN & CONSULTING CO.,LTD.

technical exchange, training, maintenance, equipm
reconstruction of oil mining equipment and technica
technical exchange, training, maintenance, equipm



主要内容

- 一 大气边界层与大气稳定度
- 二 资料概况
- 三 实测风塔的大气稳定度分类
- 四 两类下垫面大气稳定度对AEP的影响
- 五 讨论

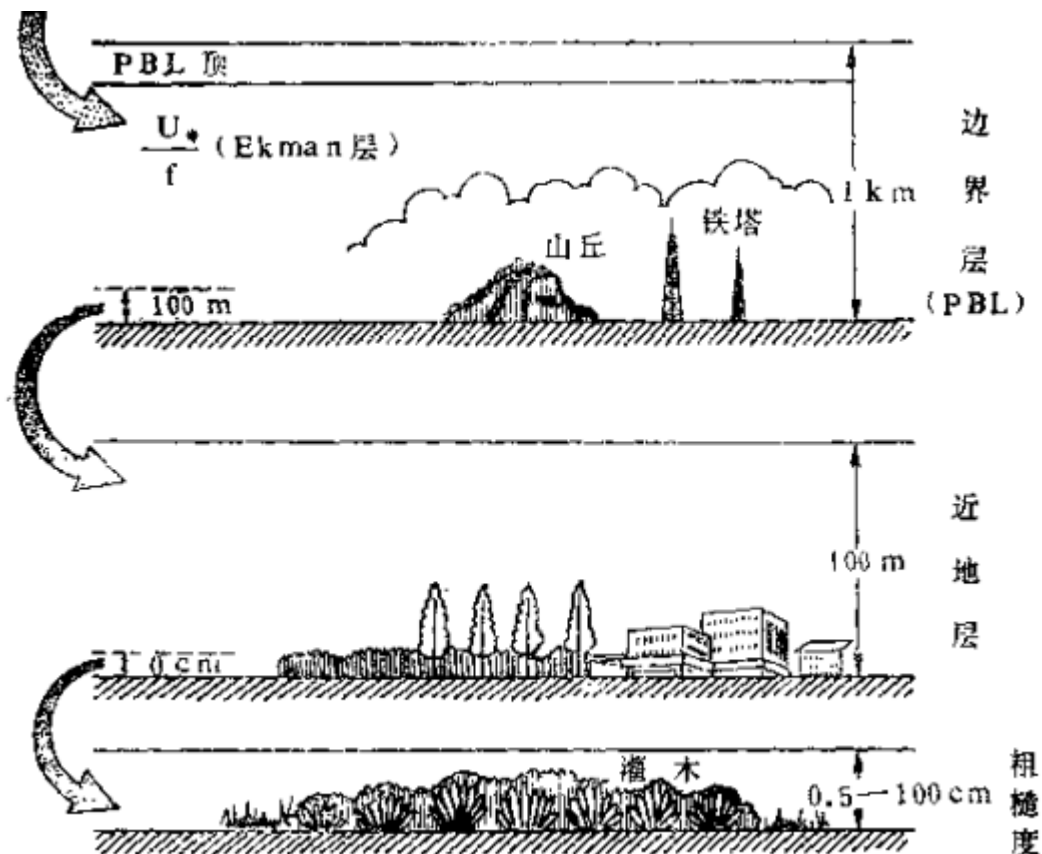




一、大气边界层与大气稳定度

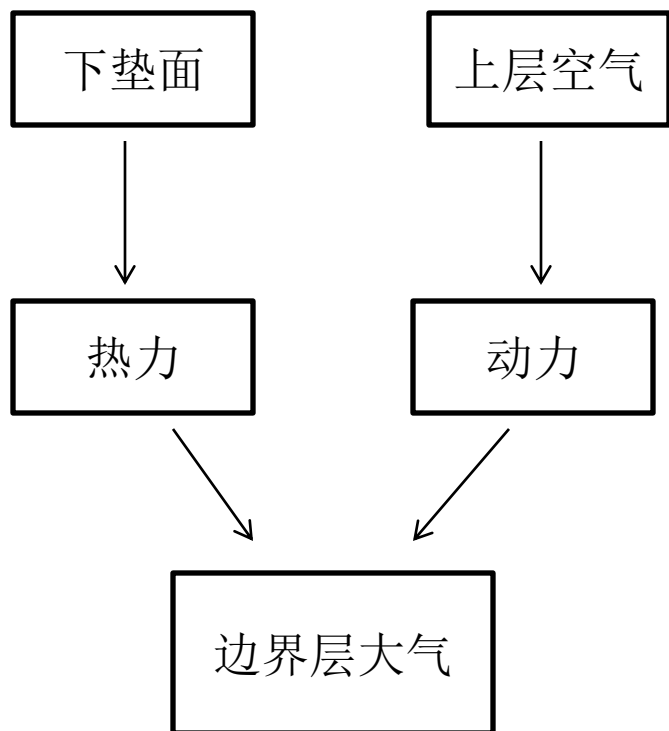


大气边界层：存在各种尺度的湍流，湍流的输送起着重要的作用并导致气象要素日变化显著的低层大气。





一、大气边界层与大气稳定度



通过湍流交换，白天地面获得的太阳辐射能以感热和潜热的形式向上输送，加热上面的空气，夜间地面辐射冷却同样影响上面的大气。这种热量的输送造成了边界层内大气温度的日变化。

大型气压场形成的大气运动动量通过湍流切应力的作用向下传递，经过大气边界层到达地面并由于摩擦而部分消耗。形成了大气边界层风的日变化。

边界层热力和动力的变化对风机出力产生着影响。



一、大气边界层与大气稳定度



大气稳定度 (Atmospheric stability)：叠加在大气背景场上的扰动能否随时间增强的量度。

大气稳定度的三个刻画概念：

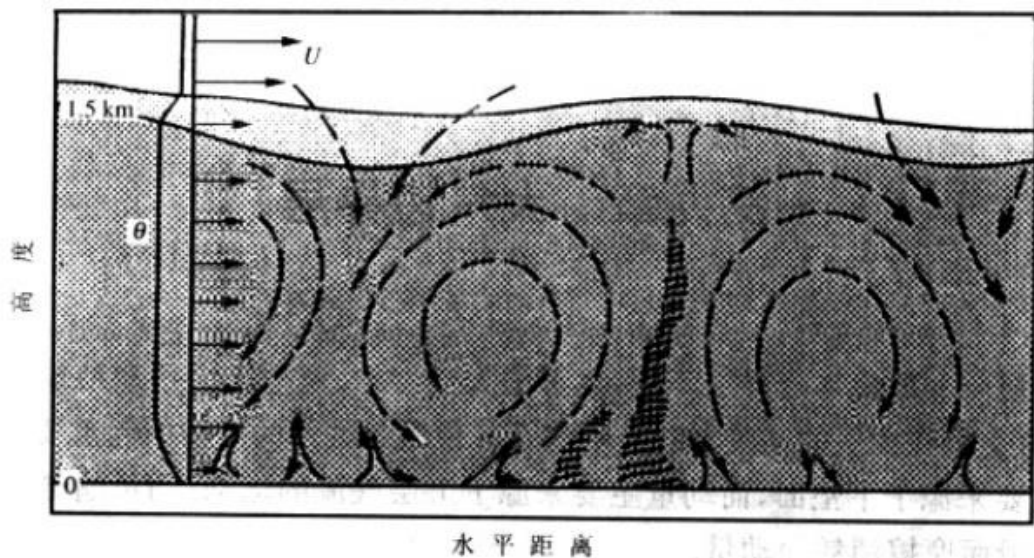
- 1、近地层大气作垂直运动的强弱程度
- 2、静力学稳定度。
- 3、大气湍流的状态，以理查逊数或相联系的指标为判据。

三种大气状态：

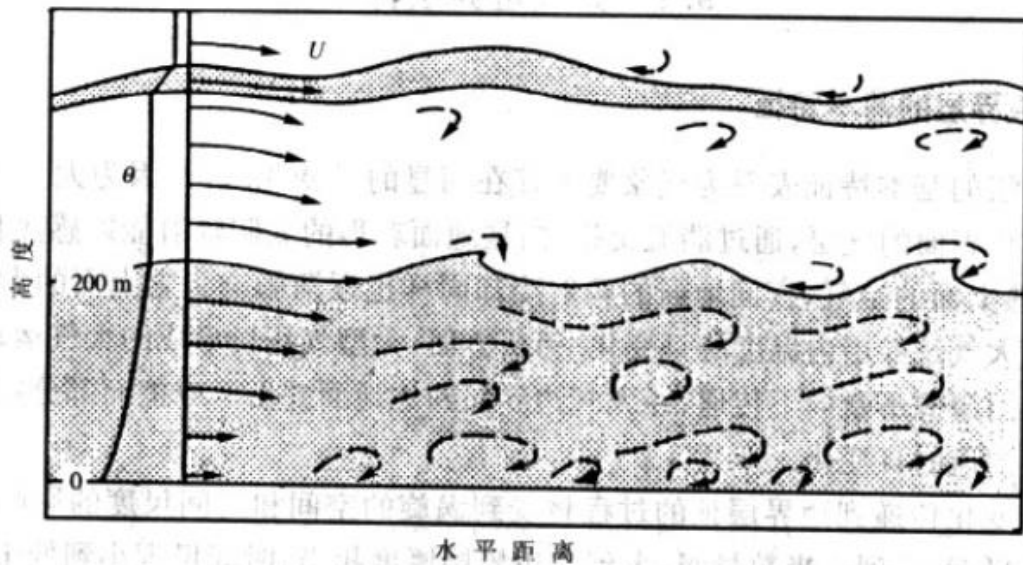
- 1、不稳定大气：不稳定大气中的天气现象主要因为垂直气流而产生。
- 2、稳定大气：气温的纵向分布限制了空气的垂直运动。
- 3、中性大气：主要的湍流能量产生机制是剪切作用，浮力作用极小，具有强的非定常性。



一、大气边界层与大气稳定度



在大气边界层处于不稳定的情况下，涡旋主尺度在空间上与边界层厚度相当，下垫面的影响到边界层顶只需20min左右。



在大气边界层处于相当稳定的情况下，湍流表现为时空上的不连续性，下垫面的影响需要小时级的时间段传递到边界层顶。



一、大气边界层与大气稳定度



大气稳定度分类方法：

- 1、风向标准差方法
- 2、温度梯度方法
- 3、梯度理查森数方法
- 4、总体理查森数方法
- 5、莫宁-奥布霍夫长度法(M-O长度方法)



二、资料概况



编号	观测要素	观测高度(m)
A 典型的复杂山区 海拔2550m (2016.12~2017.11)	风速	80,70,50,10
	风向	80,10
	温度	80,8
	气压	8
B 平坦地形 海拔12m (2017.7~2018.6)	风速	100,70,30,10,9
	风向	100,70,30,10,9
	温度	100,70,30,10
	气压	10



三、实测风塔的大气稳定度分类



M-O长度方法计算:

理论上:
$$L = \frac{u_*^3}{-k \frac{g}{T} \frac{H}{c_p \rho}} = \frac{T u_*^2}{k g}$$

实际应用:
$$\begin{cases} L = \frac{Z}{Ri} & Ri < 0 \\ L = \frac{Z \cdot (1 - 5Ri)}{Ri} & Ri > 0 \end{cases}$$

梯度理查森数:
$$Ri = \frac{g}{T} \cdot \left[\frac{\Delta T}{\sqrt{z_1 - z_2} \cdot \ln(z_2 / z_1)} + \gamma_a \right] \cdot \left[\frac{\sqrt{z_1 - z_2} \cdot \ln(z_2 / z_1)}{\Delta \bar{u}} \right]^2$$



三、实测风塔的大气稳定度分类



A _ρ	B _ρ	C _ρ	D _ρ	E _ρ	F _ρ
强不稳定 _ρ	不稳定 _ρ	弱不稳定 _ρ	中性 _ρ	较稳定 _ρ	稳定 _ρ
不稳定 _ρ			中性 _ρ	稳定 _ρ	

I 分类：

A	B	C	D	E	F
$-9.91 < L < 0$	$-20.49 < L < -9.91$	$-80.88 < L < -20.49$	$L < -80.88$ $L > 188.42$	$32.92 < L < 188.42$	$0 < L < 32.92$

A塔稳定度分类标准(粗糙度取0.25)

I 分类：

A	B	C	D	E	F
$-7.96 < L < 0$	$-14.26 < L < -7.96$	$-42.36 < L < -14.26$	$L < -42.36$ $L > 359.74$	$47.31 < L < 359.74$	$0 < L < 47.31$

B塔稳定度分类标准(粗糙度取0.03)



三、实测风塔的大气稳定度分类



26.29m	强不稳定	不稳定	弱不稳定	中性	较稳定	稳定
Irwin分类标准	A	B	C	D	E	F
占比	0.18838	0.07036	0.17971	0.5309	0.02333	0.00733

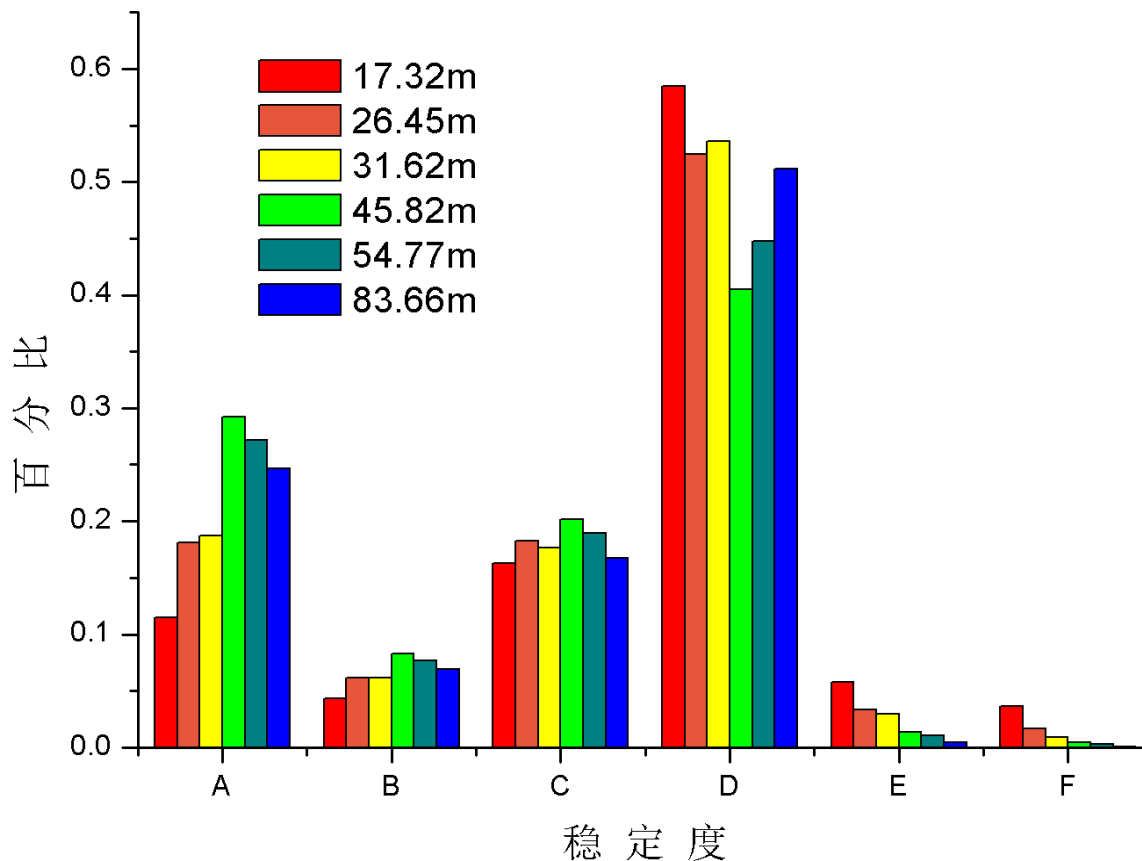
A塔稳定度分类结果

26.45m	强不稳定	不稳定	弱不稳定	中性	较稳定	稳定
Irwin分类标准	A	B	C	D	E	F
占比	0.18092	0.06194	0.18255	0.52479	0.03339	0.01642

B塔稳定度分类结果



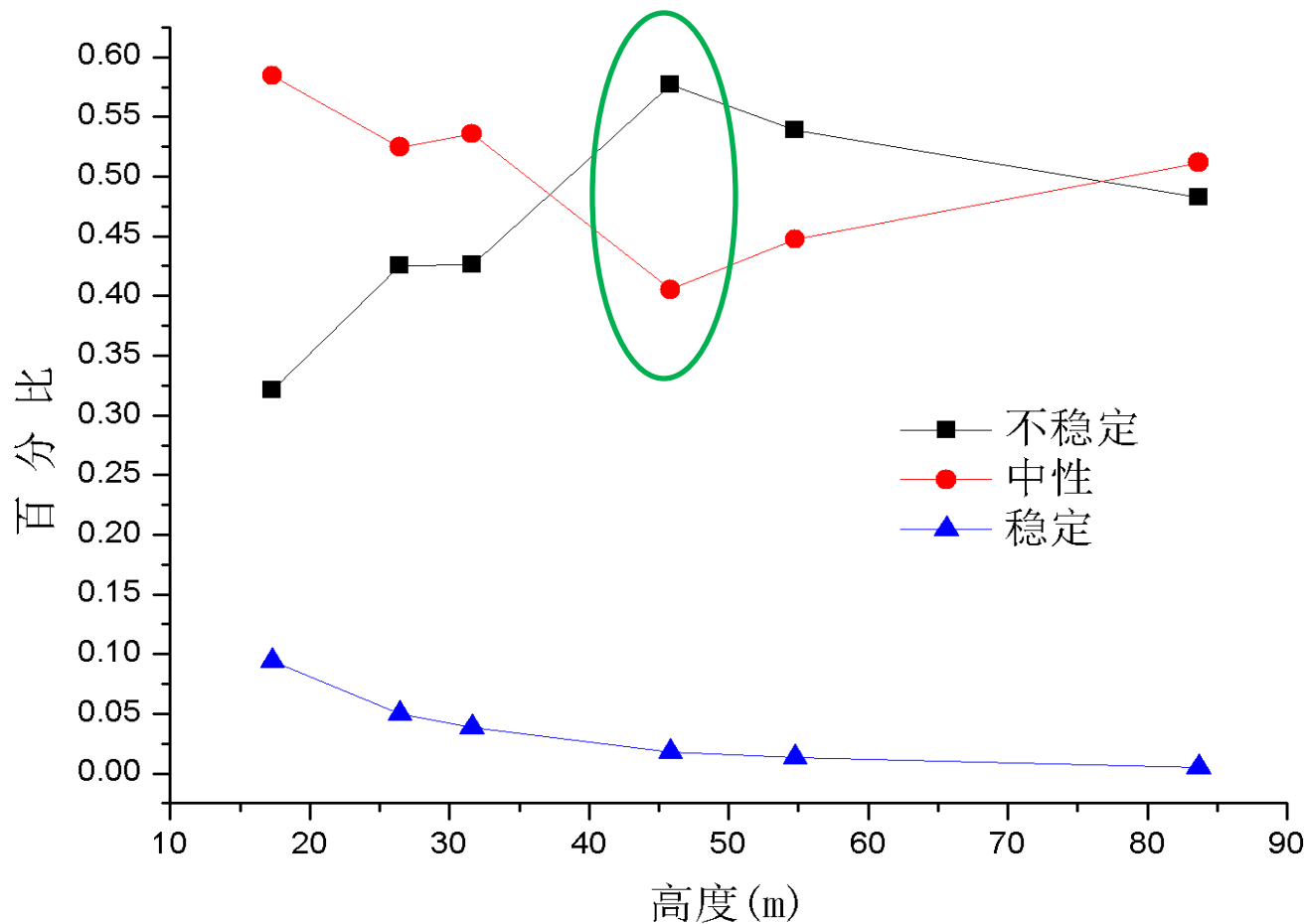
三、实测风塔的大气稳定度分类



B塔稳定性分类结果随高度变化



三、实测风塔的大气稳定度分类



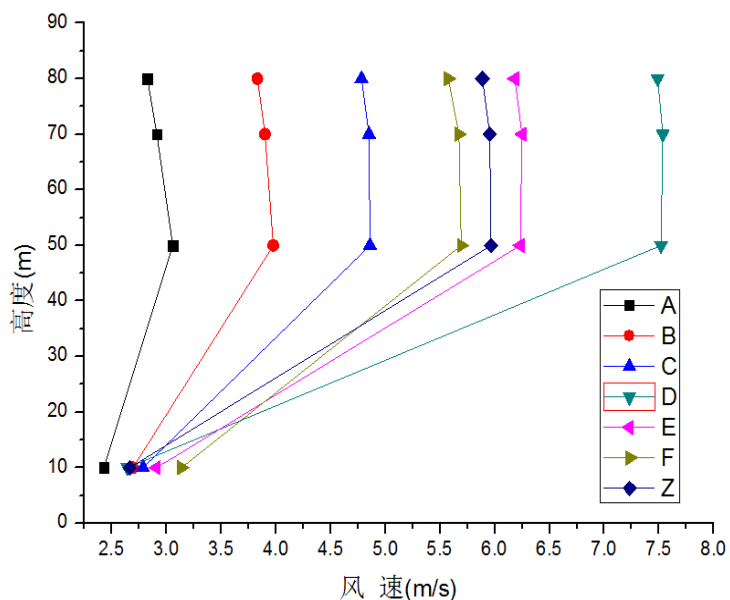
B塔稳定度分类结果随高度变化



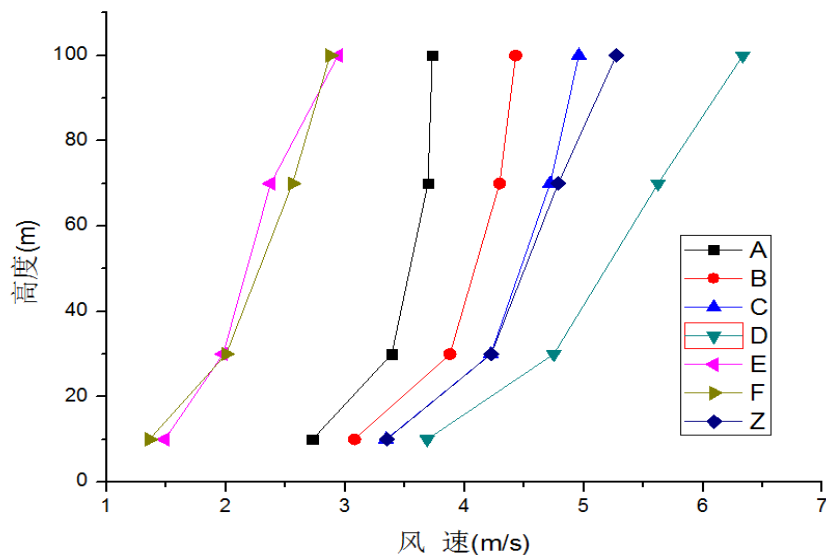
四、大气稳定度对AEP的影响



边界层热力和动力的变化对风机出力产生着影响，对于AEP来说，产生的综合影响主要是通过水平风的垂直变化(风切变)。



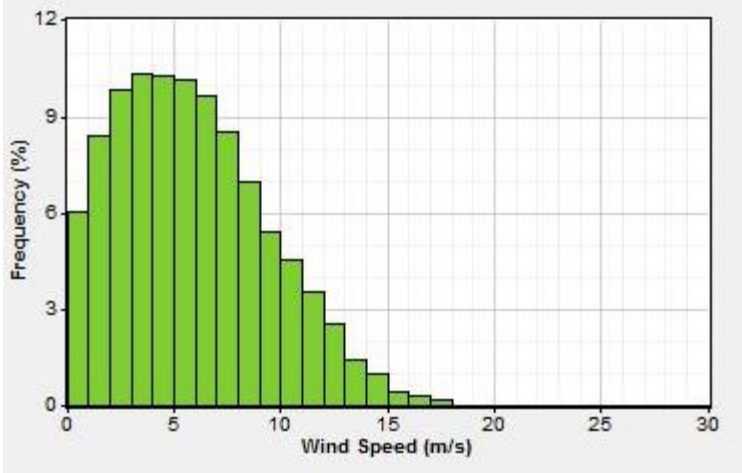
A塔分稳定度风垂直变化



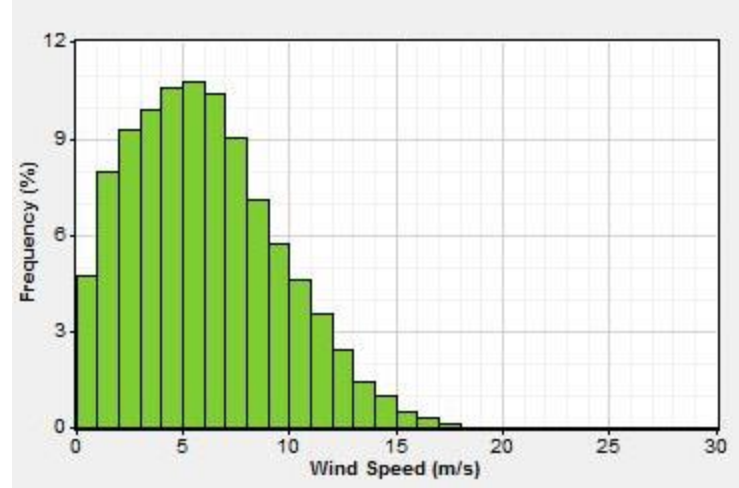
B塔分稳定度风垂直变化



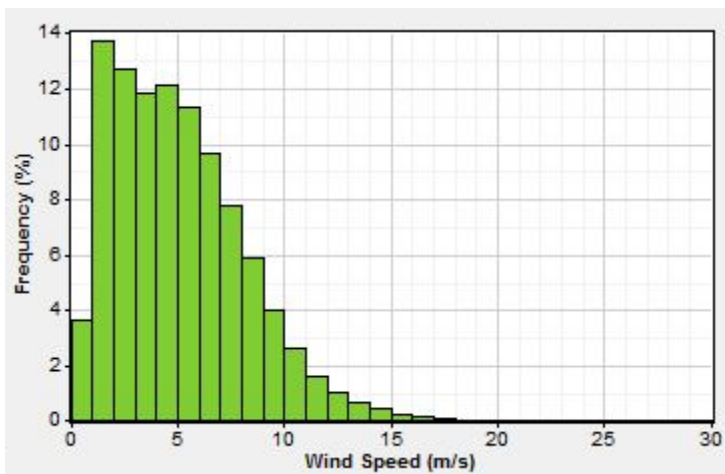
四、大气稳定度对AEP的影响



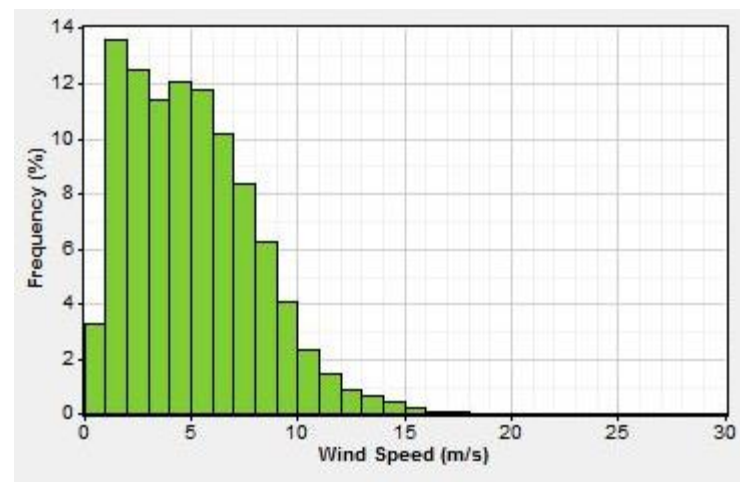
A塔不分稳定度风频



A塔分稳定度风频



B塔不分稳定度风频



B塔分稳定度风频



四、大气稳定度对AEP的影响



机型	Gamesa G114-2.0MW		
	不分稳定度	分稳定度	偏差
A塔	5913281KWh/y	6081387KWh/y	+2.8%
B塔	5091573KWh/y	5152009KWh/y	+1.2%

个例研究一个结论：复杂山地大气稳定度对AEP的影响大于平摊地形，从两者地形下大气稳定度的情况来看是可能的，这与复杂山地大气稳定度的复杂性密切相关。



五、讨论



- 1、MO计算时粗糙度的选取问题
- 2、研究结论的普遍性问题，资料难以获取
- 3、你平时工作和研究中遇到的关于大气稳定度的问题



感谢各位领导、专家!