



# 大气边界层风速增量的概率密度函数

---

刘磊 胡非 李军

中科院大气物理研究所 LAPC



# 工作动机

---

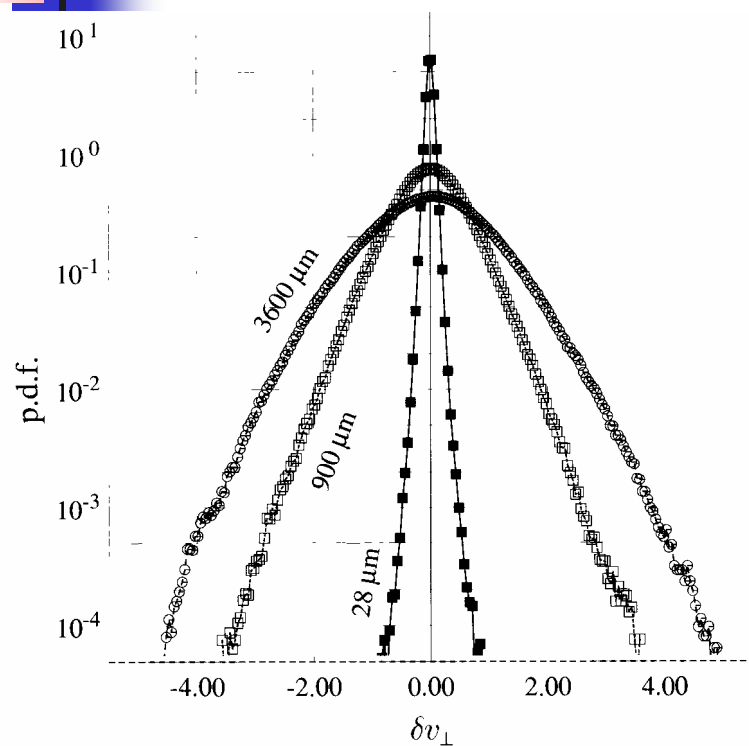
- 湍流统计特性的研究是一个“古典”而又始终保持活力的课题，广义地讲，它属于开放系统、非线性、非平衡统计物理
- 以湍流风速增量的统计特征作为研究的切入点：

借鉴和对比实验室湍流间歇性研究成果；

风速增量与阵风有关，对其研究有助于了解湍流相干结构和阵风机理

湍流通量计算、污染扩散、风能开发...

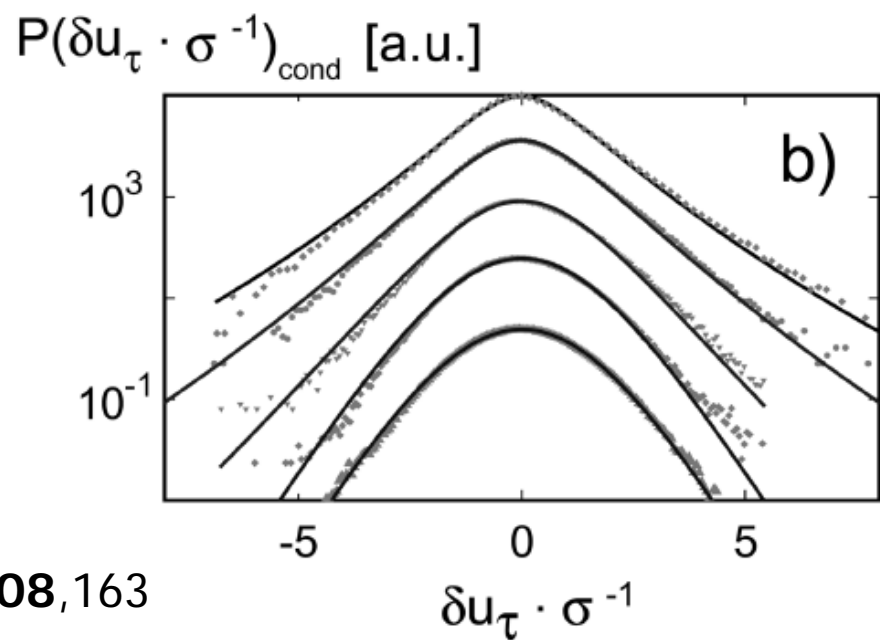
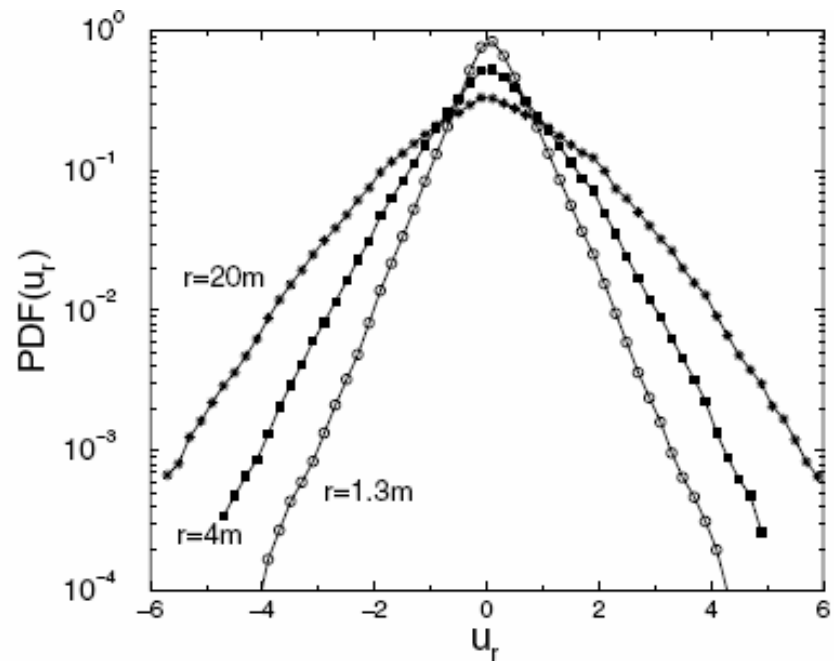
# 研究现状



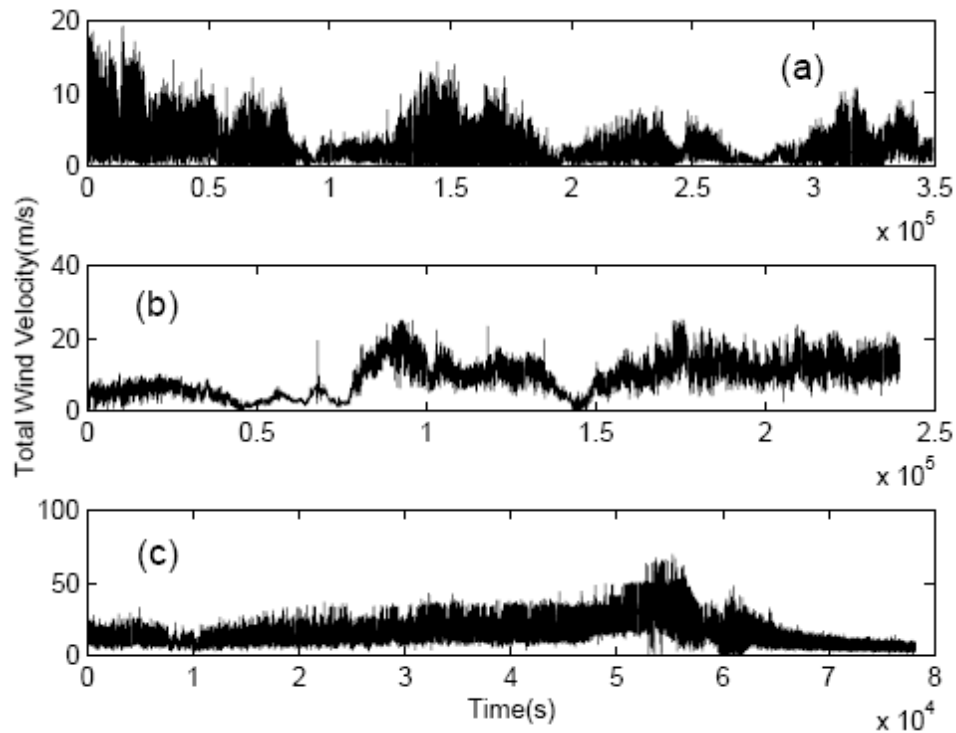
左图: Frisch, *Turbulence*, Cambridge

右上图: PRL, **87**, 254501

右下图: *Boundary-Layer Meteorol.*, **108**, 163



# 我们的研究工作

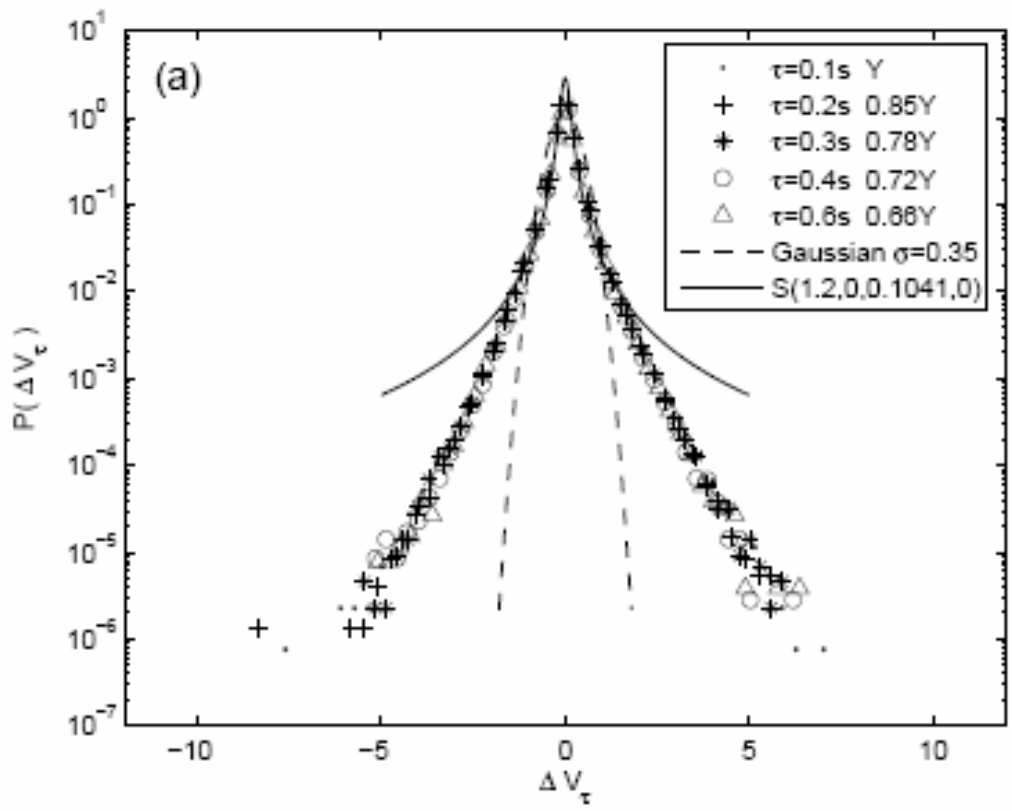


(a) 北京325m气象塔 一般天气

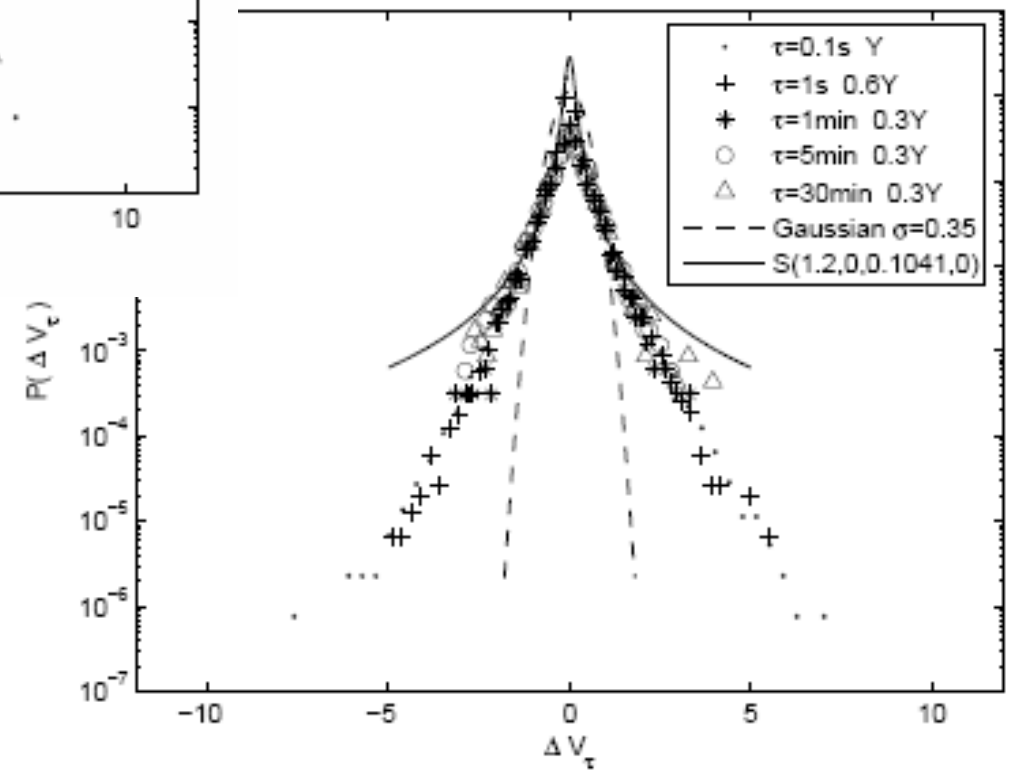
(b) 北京325m气象塔 沙尘暴

(c) 广东沿海 台风

$$V(t) = \sqrt{u^2 + v^2 + w^2}, \quad \Delta V_\tau = V(t + \tau) - V(t)$$

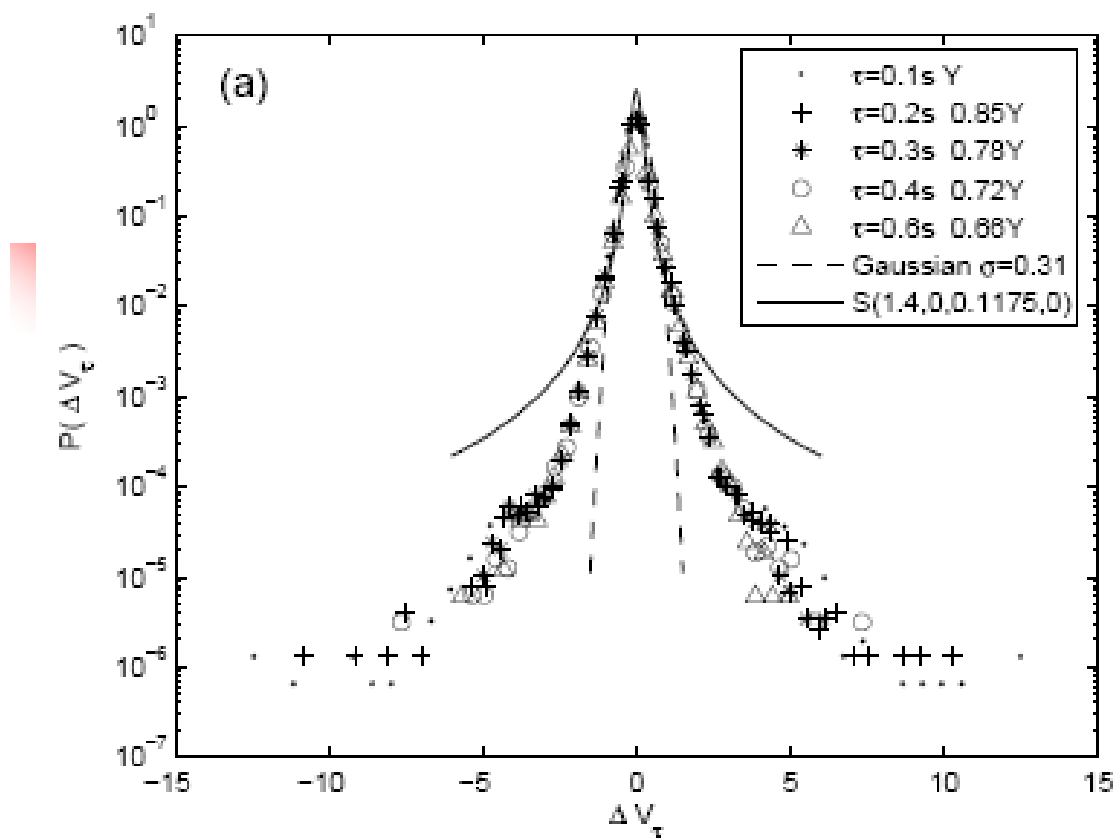


一般天气

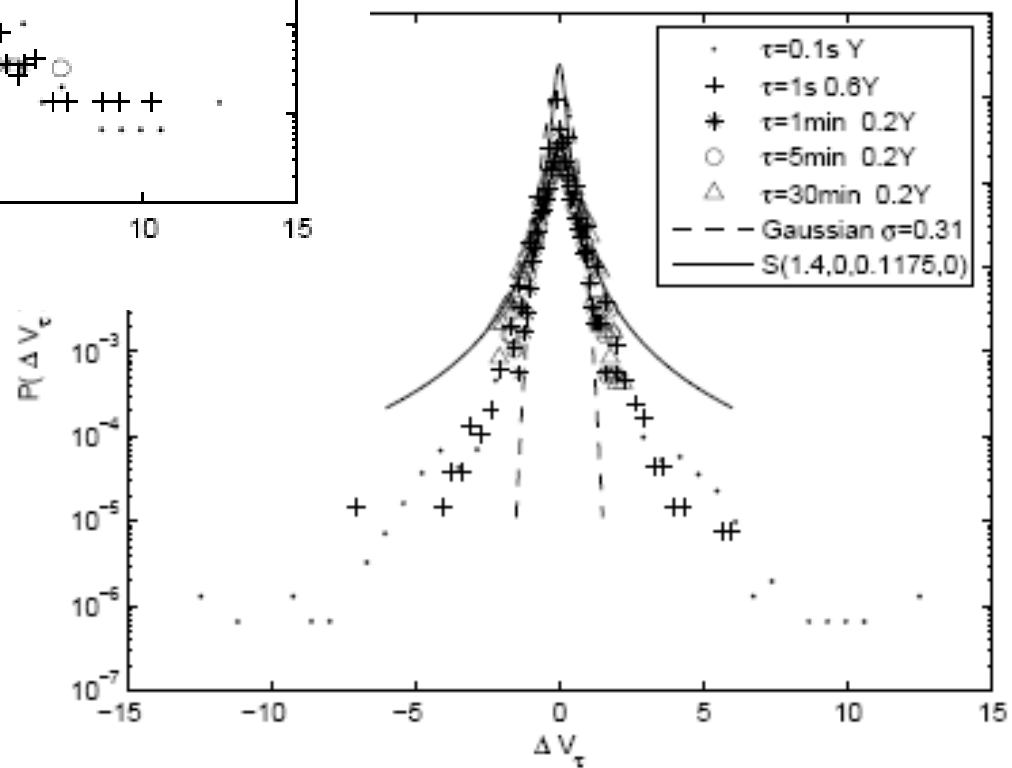


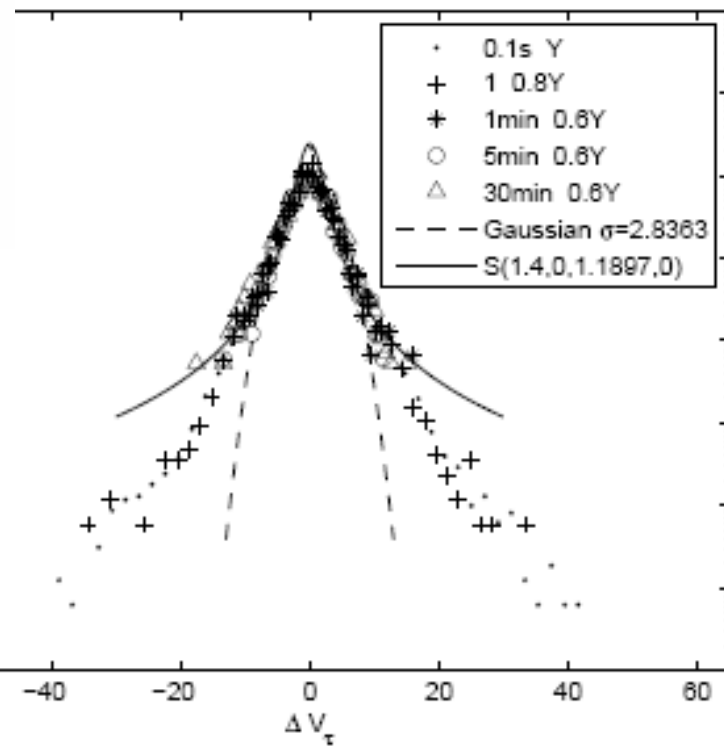
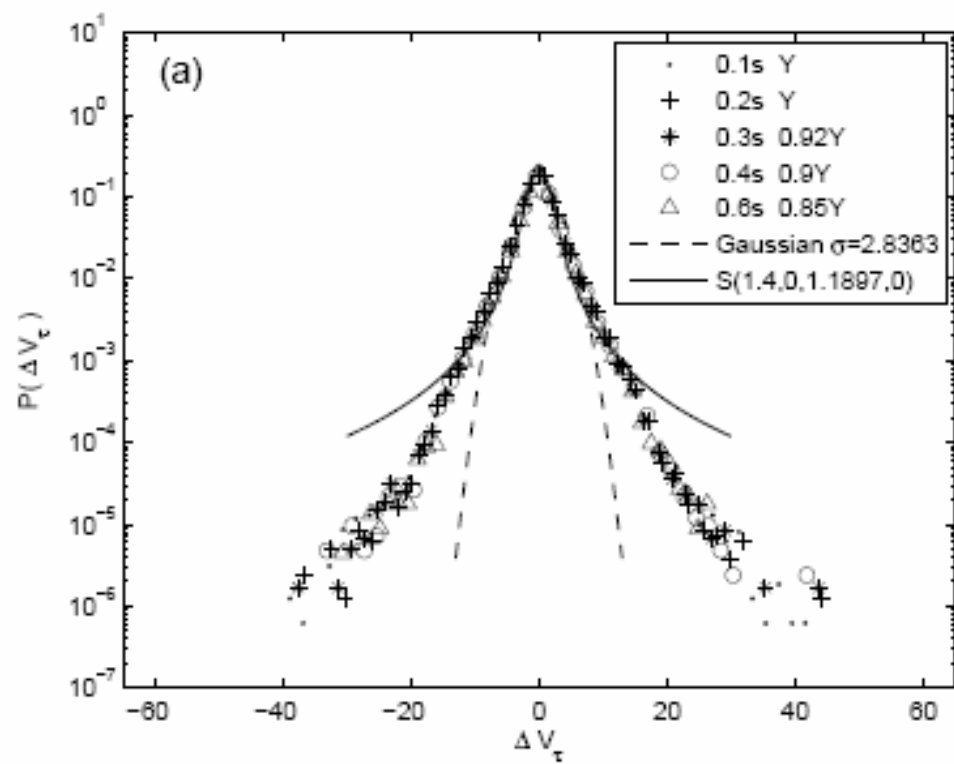
特点:

- 1) 概率密度函数 (PDF) 是对称的;
- 2) 通过一定的缩放变化, 不同时间间隔下的PDF彼此可以重合



沙尘暴





台风

- 
- 如果一个随机变量X具有以下性质，我们称其为稳定分布：

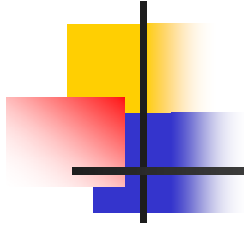
$$\sum_{i=1}^n X_i \stackrel{d}{=} a_n + b_n X,$$

其中  $X_1, X_2, \dots$  是独立同分布的随机变量，且于X具有相同的分布。

- 此外，不同时间间隔下的风速增量满足：

$$\Delta V_\tau = \sum_{i=1}^N \Delta V_{\delta\tau, i}, \quad N = \frac{\tau}{\delta\tau}$$

其中  $\delta\tau$  是最小的时间间隔，对于10Hz采样频率而言，最小时间间隔为0.1s



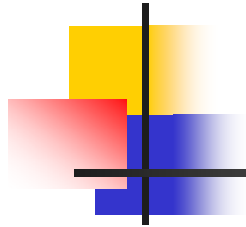
- 因此，我们得到：大气边界层湍流风速在不同时间间隔下的增量满足对称稳定分布。



# 参数估计

---

- 对称稳定分布通常用两个参数：特征指数 $\alpha$ 和缩放指数 $\gamma$ 来描述
- 利用Fama和Roll提出的分位数技术可以对这两个参数进行估计  
(Journal of American Statistical Association, **66**, 331)



	一般天气 城市下垫面	沙尘暴 城市下垫面	台风 沿海
alpha	1.2	1.4	1.4
gamma	0.1041	0.1175	1.1897

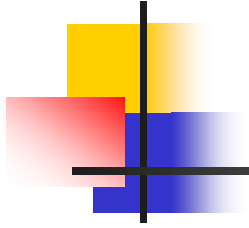


## 结论

---

- 与实验室湍流不同，大气边界层湍流风速增量在不同的时间间隔下都满足对称的稳定分布。
- 上述规律在不同的天气条件，甚至在沙尘暴和台风这样的极端天气条件下都满足。

以上结果有些出乎意料，我们将用更多的资料进行验证，并建立理论模型进行深入探讨。



谢谢