

# MeteoMagician

一个用于气象数据诊断分析的 Matlab 工具箱

Dy

2023 年 7 月

# 目 录

一、MeteoMagician 简介.....	5
二、安装步骤.....	5
三、函数使用说明.....	5
3.1 基本函数.....	5
色标选取.....	5
计算两点之间的距离.....	6
站点插值.....	6
3.2 基础物理量.....	6
科氏参数.....	6
经纬度网格距.....	7
空气密度.....	7
散度.....	7
垂直相对涡度.....	7
绝对涡度.....	8
水平平流项.....	8
重力位势、高度的相互转换.....	8
3.3 差分/梯度/平滑.....	8
水平梯度.....	8
垂直梯度.....	8
拉普拉斯项（二维）.....	9
拉普拉斯项（垂直）.....	9
五点平滑.....	9
九点平滑.....	9
泊松方程.....	10
3.4 动力相关量.....	10
地转风.....	10
Q 矢量.....	10
正压模式下的位势涡度.....	11
Ertel 位涡.....	11
湿位涡.....	11
流函数.....	12
势函数.....	12

使用风速、风向计算风的经纬分量.....	13
使用经纬向风计算风速、风向.....	13
风暴移动方向.....	13
<b>3.5 热力相关量.....</b>	<b>14</b>
位温.....	14
相当位温.....	14
虚温.....	14
虚位温.....	14
干绝热递减率.....	15
湿绝热递减率.....	15
非绝热加热率.....	15
锋生函数.....	15
干静力能.....	16
<b>3.6 水汽相关量.....</b>	<b>16</b>
露点温度.....	16
抬升凝结温度.....	16
单层水汽通量/散度.....	16
饱和水汽压.....	17
饱和混合比.....	17
混合比.....	17
饱和比湿.....	17
可降水量.....	17
<b>3.7 大气稳定性.....</b>	<b>18</b>
静力稳定度.....	18
Brunt Vaisala 频率.....	18
<b>四、高级功能.....</b>	<b>19</b>
1. Shuman-Shapiro 滤波.....	19
2. 降水类型识别.....	19
3. 对流类型识别.....	20
4. 制作剖面.....	20
5. 涡度收支诊断.....	21
6. 热带气旋诊断.....	22
二维直角坐标插值到二维极坐标系.....	22
三维直角坐标插值到柱坐标系.....	22
极坐标系插值到二维直角坐标系.....	22

---

柱坐标系插值到三维直角坐标系 .....	23
切向风和径向风 .....	23
寻找热带气旋最大风半径 (RMW) .....	24
计算热带气旋的深层垂直风切变 .....	24
计算降水非对称性 .....	24
绝对角动量 .....	25
热带气旋变性的客观分析 .....	25

# MeteoMagician 使用说明

## 一、MeteoMagician 简介

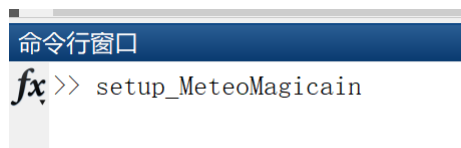
MeteoMagician 是基于 Matlab 开发的，专门用于气象数据诊断和分析的工具箱，包含气象物理量诊断相关的基本函数，可快速计算出所需的气象物理量。可用于气象科研、数据可视化等领域。需要在 Matlab2016a 以上版本运行。

## 二、安装步骤

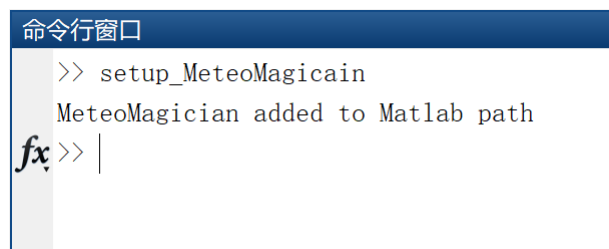
1. 需要先将当前文件夹设置为工具箱安装路径



2. 在命令行输入 setup\_MeteoMagician



3. 出现 MeteoMagician added to Matlab path, 即为启动成功



## 三、函数使用说明

### 3.1 基本函数

#### 色标选取

`function col_data = colormap_selection(name)`

功能: 更换色阶

输入:

色阶名称 `name`, 包括 NCL 中的大部分色阶, 且名称相同

使用案例:

```
colormap(colormap_selection('MPL_Blues'));
```

### 计算两点之间的距离

```
function ds = latlon_ds(lat1,lat2,lon1,lon2)
```

输入:

两点所在位置的经纬度 (lat1,lat2,lon1,lon2)

输出:

两点之间的距离 ds (单位: km)

### 站点插值

```
function fout = grid2point(F,lat,lon,lat_p,lon_p,option)
```

功能:

将格点数据插值到站点上

输入:

气象要素 F(vertical,lat,lon) (当 option=1 时)、F(lat,lon) (当 option=0 时)

格点数据经纬度 lat/lon (一维或二维)、

站点经纬度 lat\_p/lon\_p (站点经纬度坐标, 需要插值 n 个站点的数值时, 输入 1\*n 经纬度数组)

选项 option:

0-在二维水平格点上插值、

1-在三维格点上插值

输出:

fout 插值后的数据

## 3.2 基础物理量

### 科氏参数

$$f = 2\Omega \sin\varphi$$

$$\beta = 2\Omega \cos\varphi$$

```
function [f,b]=coriolis_parameter(lat,lon)
```

输入:

纬度 lat(n)、

经度 lon(m) (可选)

输出:

科氏参数 f(n,m) (单位: /s)、

$\beta$  项(科氏参数随纬度的导数) b(n,m) (单位: /s)

如果不输入经度, 则为: f(n)、b(n)

### 经纬度网格距

```
function [dx,dy]=latlon2delta(lat,lon)
```

输入:

纬度 `lat(n)`、

经度 `lon(m)`

输出:

纬向、经向网格距(目前仅适用于等经纬度和墨卡托投影网格)

`dx,dy(n,m)` (单位: m)

### 空气密度

$$\rho = \frac{p}{RT}$$

```
function rho=density(T,pressure)
```

输入:

温度 `T(p,n,m)` (单位: K)、

气压 `pressure(p)` (单位: Pa)

输出:

空气密度 `rho(p,n,m)` (单位:  $kg/m^3$ )

### 散度

$$Div = \nabla_h \cdot \vec{V}_h$$

```
function dv=divergence_2d(U,V, dx,dy,lat)
```

输入:

经向风、纬向风 `U,V(n,m)` (单位: m/s)、

纬向、经向网格距 `dx,dy(n,m)` 或 `dx,dy(1)` (单位: m)、

纬度 `lat(n)` (可选)

输出:

水平散度 `dv(n,m)` (单位: /s)

### 垂直相对涡度

$$\zeta = \frac{\partial v}{\partial x} - \frac{\partial u}{\partial y}$$

```
function rv=vorticity_2d(U,V,dx,dy,lat)
```

输入:

经向风、纬向风 `U,V(n,m)` (单位: m/s)、

纬向、经向网格距 `dx,dy(n,m)` 或 `dx,dy(1)` (单位: m)、

纬度 `lat(n)` (可选)

输出:

垂直相对涡度 `rv(n,m)` (单位: /s)

### 绝对涡度

$$\zeta_a = f + \zeta$$

`function Ca = absolute_vorticity(U,V,lat,dx,dy)`

输入:

经向风、纬向风 `U,V(n,m)` (单位: m/s)、  
 纬向、经向网格距 `dx,dy(n,m)` 或 `dx,dy(1)` (单位: m)、  
 纬度 `lat(n)`

输出:

绝对涡度 `Ca(n,m)` (单位: /s)

### 水平平流项

$$adv = \vec{V} \cdot \nabla F$$

`function adv=advection_2d(F,U,V,dx,dy)`

输入:

物理量 `F(n,m)`、  
 经向风、纬向风 `U,V(n,m)` (单位: m/s)、  
 纬向、经向网格距 `dx,dy(n,m)` 或 `dx,dy(1)` (单位: m)

输出:

水平平流项 `adv(n,m)`

### 重力位势、高度的相互转换

`function z = geopotential2height(Phi)`

功能: 重力位势转为高度

`function Phi = height2geopotential(z)`

功能: 高度转为重力位势

## 3.3 差分/梯度/平滑

### 水平梯度

`function [gradx,grady]=gradient_2d(F,dx,dy)`

输入:

物理量 `F(n,m)`、  
 纬向、经向网格距 `dx,dy(n,m)`或 `dx,dy(1)` (单位: m)

输出:

等压面/等位势面上的水平梯度 `gradx,grady(n,m)`

### 垂直梯度

`function [gradp]=gradient_vert(F,vertical)`

输入:

物理量 `F(p,n,m)`、



垂直方向的坐标（气压或高度）**vertical(p)** （单位：Pa）

输出：

物理量的垂直梯度 **gradp(p,n,m)**

### 拉普拉斯项（二维）

$$\Delta F = \frac{\partial^2 F}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 F}{\partial y^2}$$

**function Lap=Laplacian\_2d(F,dx,dy)**

输入：

物理量 **F(n,m)**、

纬向、经向网格距 **dx,dy(n,m)** （单位：m）

输出：

等压面/等位势面上的拉普拉斯项 **Lap(n,m)**

### 拉普拉斯项（垂直）

**function Lap\_vert=Laplacian\_vert(F,vertical)**

输入：

物理量 **F(p,n,m)**、

垂直方向的坐标（气压或高度）**vertical(p)** （单位：Pa）

输出：

物理量垂直方向的拉普拉斯项 **Lap\_vert(p,n,m)**

### 五点平滑

$$\widetilde{F}_{i,j} = F_{i,j} + \frac{s}{4} (F_{i+1,j} + F_{i-1,j} + F_{i,j+1} + F_{i,j-1} - 4F_{i,j})$$

**function Fl=smth5(F,s)**

输入：

物理量 **F(n,m)**、

平滑系数 **s**

输出：

五点平滑后的数据 **Fl(n,m)**

### 九点平滑

$$\begin{aligned} \widetilde{F}_{i,j} = F_{i,j} + \frac{s(1-s)}{2} (F_{i+1,j} + F_{i-1,j} + F_{i,j+1} + F_{i,j-1} - 4F_{i,j}) \\ + \frac{s^2}{4} (F_{i+1,j+1} + F_{i-1,j-1} + F_{i-1,j+1} + F_{i+1,j-1} - 4F_{i,j}) \end{aligned}$$

**function Fl=smth9(F,s)**

输入：

物理量 **F(n,m)**、

平滑系数 **s**

输出:

九点平滑后的数据 **Fl(n,m)**

### 泊松方程

$$\Delta u = f(x, y)$$

**function u = poisson(f,dx,dy,option,eps)**

输入:

泊松方程右端的 **f(n,m)** 或 **f(p,n,m)**、

纬向、经向网格距 **dx,dy(n,m)** (单位: m)、

选项 **option**:

**option** = 1 时表示计算三维空间上的水平方向二维泊松方程

**option** = 0 时表示计算二维空间上的泊松方程

收敛精度 **eps** : 默认为 $10^{-7}$ ,可以不输入

输出:

泊松方程的解 **u(n,m)**或 **u(p,n,m)**

### 3.4 动力相关量

#### 地转风

$$U_g = -\frac{g}{f} \frac{\partial H}{\partial y}$$

$$V_g = \frac{g}{f} \frac{\partial H}{\partial x}$$

**function [Ug,Vg]=geostrophic\_wind(H,dx,dy,f)**

输入:

位势高度 **H(n,m)** (单位: gpm)、

纬向、经向网格距 **dx,dy(n,m)** 或 **dx,dy(1)** (单位: m)、

科氏参数 **f(n,m)** (单位: /s)

输出:

地转风场 **Ug,Vg(n,m)** (单位: m/s)

#### Q 矢量

$$Q_x = -\frac{R}{p} \left( \frac{\partial \vec{V}_g}{\partial x} \cdot \nabla T \right)$$

$$Q_y = -\frac{R}{p} \left( \frac{\partial \vec{V}_g}{\partial y} \cdot \nabla T \right)$$

**function [Qx,Qy]=qvector\_isobaric(T,Ug,Vg,pressure,dx,dy)**

输入:

温度 **T(n,m)** (单位: K)、

地转风场 **Ug,Vg(n,m)** (单位: m/s)、

气压(Pa) **pressure(l)** (单位: Pa)、

纬向、经向网格距 **dx,dy(n,m)** (单位: m)

输出:

Q 矢量 **Q(n,m)** (单位:  $m^2 \cdot kg^{-1}s^{-1}$ )

### 正压模式下的位势涡度

$$PV = \frac{f + \zeta}{H}$$

**function pv = potential\_vorticity\_barotropic(U,V,H,lat,dx,dy)**

输入:

风场 **U,V(n,m)** (单位: m/s)、

位势高度场 **H(n,m)** (单位: gpm)、

纬度 **lat(n)**、

纬向、经向网格距 **dx,dy(n,m)** (单位: m)

输出:

位涡 **pv(n,m)** (单位: PVU)

### Ertel 位涡

$$pv = (\zeta_\theta + f) \left( -g \frac{\theta}{p} \right)$$

**function pv = Ertel\_potential\_vorticity(theta,U,V,dx,dy,lat,pressure)**

输入:

位温 **theta(p,n,m)** (单位: K)、

风场 **U,V(p,n,m)** (单位: m/s)、

纬向、经向网格距 **dx,dy(n,m)** (单位: m) 、

纬度 **lat(n)**、

气压 **pressure(p)** (单位: Pa)

输出:

Ertel 位涡 **pv(p,n,m)** (单位: PVU)

### 湿位涡

$$MPV = -g\zeta_\theta \frac{\partial \theta_e}{\partial p} = MPV1 + MPV2$$

$$MPV1 = -g(\zeta + f) \frac{\partial \theta_e}{\partial p}$$

$$MPV2 = -g\zeta \frac{\partial \theta_e}{\partial p} + g \left( \frac{\partial v}{\partial p} \frac{\partial \theta_e}{\partial x} - \frac{\partial u}{\partial p} \frac{\partial \theta_e}{\partial y} \right)$$

**function [MPV,MPV1,MPV2] = ...**

**moist\_potential\_vorticity(RH,T,U,V,lat,dx,dy,pressure)**

输入:

相对湿度  $RH(p,n,m)$  (单位: 小数)、  
 温度  $T(p,n,m)$  (单位: K)、  
 风场  $U,V(p,n,m)$  (单位: m/s)、  
 纬度  $lat(n)$ 、  
 纬向、经向网格距  $dx,dy(n,m)$  (单位: m)、  
 气压  $pressure(p)$  (单位: Pa)

输出:

湿位涡  $pv(p,n,m)$

### 流函数

$$\Delta\psi = \zeta$$

`function [psi,u,v] = stream_function(C,dx,dy,eps)`

输入:

相对涡度  $C(n,m)$  (单位: /s)、  
 纬向、经向网格距  $dx,dy(n,m)$  (单位: m)、  
 收敛精度  $eps$  : 默认为 $10^{-7}$ ,可以不输入

输出:

流函数  $psi(n,m)$   
 无辐散风场  $u,v(n,m)$  (单位: m/s)

### 势函数

$$\Delta\phi = -D$$

`function [phi,u,v] = potential_function(D,dx,dy,eps)`

输入:

散度  $D(n,m)$  (单位: /s)、  
 纬向、经向网格距  $dx,dy(n,m)$  (单位: m)、  
 收敛精度  $eps$  : 默认为 $10^{-7}$ ,可以不输入

输出:

势函数  $phi(n,m)$   
 无旋风场  $u,v(n,m)$  (单位: m/s)

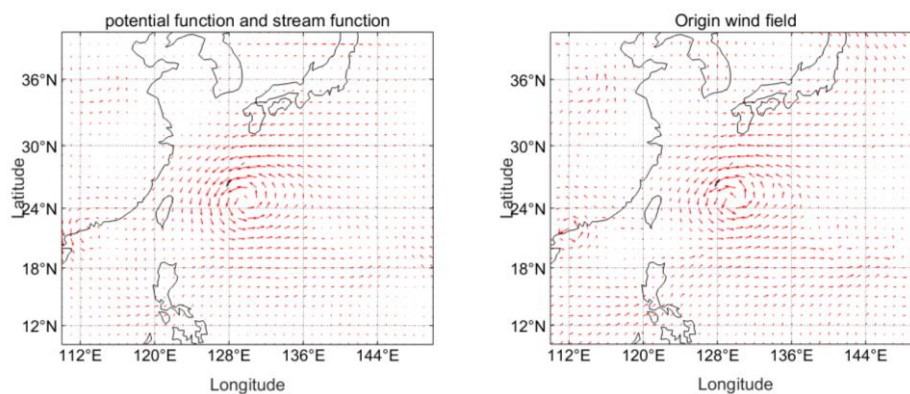


图 3.1 使用流函数和势函数程序计算得到的风场（左）与实际风场（右）的对比

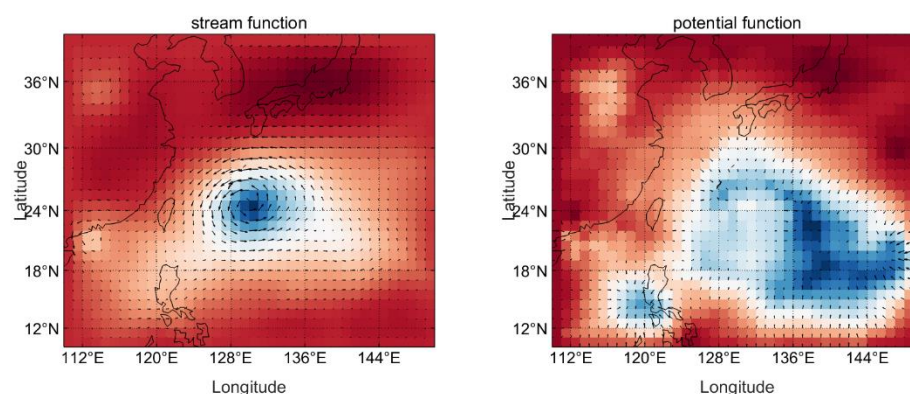


图 3.2 计算得到的流函数场、无辐散风（左）和势函数场、无旋风场

### 使用风速、风向计算风的经纬分量

```
function [U,V] = wind_component(speed,direction)
```

输入：

风速 **speed**（单位：m/s）、

风向 **direction**（单位：m/s）、

输出：

纬向、经向风分量 **U,V**（单位：m/s）

### 使用经纬向风计算风速、风向

```
function [speed,direction] = wind_direction(U,V)
```

输入：

纬向、经向风分量 **U,V**（单位：m/s）

输出：

风速 **speed**（单位：m/s）、

风向 **direction**（单位：m/s）

### 风暴移动方向

```
function tc_dir = storm_motion(lat,lon)
```

输入：

纬度 `lat(n)`、

经度 `lon(n)`

输出：

各时刻风暴的移动方向 `tc_dir(n)`

### 3.5 热力相关量

#### 位温

```
function theta=potential_temperature(T,pressure)
```

输入：

温度 `T(p,n,m)` （单位：K）、

气压 `pressure(p)` （单位：Pa）

输出：

位温 `theta(p,n,m)` （单位：K）

#### 相当位温

```
function theta_e=equivalent_potential_temperature(RH,T,pressure)
```

输入：

相对湿度 `RH(p,n,m)` （单位：小数）、

温度 `T(p,n,m)` （单位：K）、

气压 `pressure(p)` （单位：Pa）

输出：

相当位温 `theta_e(p,n,m)` （单位：K）

#### 虚温

```
function tv = virtual_temperature(T,q)
```

输入：

温度 `T` （单位：K）、

比湿 `q` （单位：kg/kg）

输出：

虚温 `tv` （单位：K）

#### 虚位温

```
function theta_v = virtual_potential_temperature(theta,q)
```

输入：

位温 `theta` （单位：K）、

比湿 `q` （单位：kg/kg）

输出：

虚位温 `theta_v` （单位：K）

## 干绝热递减率

$$\gamma_d = \frac{dT}{dp} = \frac{RT}{c_p p}$$

`function gamma_d = dry_lapse(T,pressure)`

输入:

温度 `T(p,n,m)` 或 `T(n,m)`或 `T(p)` (单位: K)、

气压 `pressure(p)` 或 `pressure(1)` (单位: Pa)

输出:

干绝热递减率 `gamma_d(p,n,m)`或 `gamma_d(n,m)`或 `gamma_d(p)` (单位: K/Pa)

## 湿绝热递减率

$$\gamma_s = \frac{dT}{dp} = \frac{1}{p} \frac{R_d T + L_v r_s}{C_{pd} + \frac{L_v^2 r_s \epsilon}{R_d T^2}}$$

`function gamma_s = moist_lapse(T,pressure)`

输入:

温度 `T(p,n,m)` 或 `T(n,m)`或 `T(p)` (单位: K)、

气压 `pressure(p)` 或 `pressure(1)` (单位: Pa)

输出:

湿绝热递减率 `gamma_s(p,n,m)`或 `gamma_s(n,m)`或 `gamma_s(p)`(单位: K/Pa)

## 非绝热加热率

$$\frac{d\theta}{dt} = \omega \left( \frac{\partial \theta}{\partial p} - \frac{\gamma_m}{\gamma_d} \frac{\theta}{\theta_e} \frac{\partial \theta_e}{\partial p} \right)$$

`function H = diabatic_heating(T,Omega,pressure,RH)`

输入:

温度 `T(p,n,m)` (单位: K)、

P 坐标垂直速度 `Omega(p,n,m)` (单位: Pa/s)、

气压 `pressure(p)` (单位: Pa)

相对湿度 `RH(p,n,m)` (单位: 小数)、

输出:

非绝热加热率 `H(p,n,m)` (单位: K/s)

## 锋生函数

$$F \approx -\frac{1}{|\nabla_h \theta|} \left\{ \left[ \left( \frac{\partial \theta}{\partial x} \right)^2 \frac{\partial u}{\partial x} + \left( \frac{\partial \theta}{\partial y} \right)^2 \frac{\partial v}{\partial y} \right] + \left[ \frac{\partial \theta}{\partial x} \frac{\partial \theta}{\partial y} \left( \frac{\partial v}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial y} \right) \right] \right\}$$

`function F = frontogenesis(theta,U,V,dx,dy)`

输入:

温度 `T(n,m)` (单位: K)、

风场  $U, V(n, m)$  (单位: m/s)、

纬向、经向网格距  $dx, dy(n, m)$  (单位: m)

输出:

水平锋生函数  $F(n, m)$  (单位: K/(m.s))

### 干静力能

```
function D = dry_static_energy(T, Phi)
```

输入:

重力位势  $\Phi$  (单位:  $m^2 s^{-2}$ )、

温度  $T$  (单位: K)

输出:

干静力能  $D$

## 3.6 水汽相关量

### 露点温度

```
function Td=Dewpoint(RH,T)
```

输入:

相对湿度  $RH$  (单位: 小数)、

温度  $T$  (单位: K)

输出:

露点温度  $Td$  (单位: K)

### 抬升凝结温度

```
function Tlcl=T_lcl(T,Td)
```

输入:

温度  $T$  (单位: K)、

露点温度  $Td$  (单位: K)

输出:

抬升凝结温度  $Tlcl$  (单位: K)

### 单层水汽通量/散度

```
function [qu,qv,qd] = vapor_flux(Q,U,V,dx,dy,lat)
```

输入:

比湿  $Q(n, m)$  (单位: kg/kg)、

风场  $U, V(n, m)$  (单位: m/s)、

纬向、经向网格距  $dx, dy(n, m)$  (单位: m)

纬度  $lat(n)$  (可选)

输出:

水汽通量  $qu, qv(n, m)$  (单位:  $kg \cdot m^{-1} s^{-1}$ )



水汽通量散度  $qd(n,m)$  (单位:  $kg \cdot m^{-2}s^{-1}$ )

### 饱和水汽压

```
function es = saturation_vapor_pressure(T)
```

输入:

温度  $T$  (单位: K)

输出:

饱和水汽压  $es$  (单位: Pa)

### 饱和混合比

```
function rs = saturation_mixing_ratio(T,pressure)
```

输入:

温度  $T(p,n,m)$  或  $T(n,m)$  或  $T(p)$  (单位: K)、

气压  $pressure(p)$  或  $pressure(1)$  (单位: Pa)

输出:

饱和混合比  $rs(p,n,m)$  或  $rs(n,m)$  或  $rs(p)$  (单位: kg/kg)

### 混合比

```
function r = mixing_ratio(e,pressure)
```

输入:

水汽压  $e$  (单位: Pa 或 hPa)、

气压  $pressure$  (单位: Pa 或 hPa)

输出:

混合比  $r$  (单位: kg/kg)

### 饱和比湿

```
function qs = saturation_specific_humidity(es,pressure)
```

输入:

饱和水汽压  $es$  (单位: Pa 或 hPa)、

气压  $pressure$  (单位: Pa 或 hPa)

输出:

饱和比湿  $qs$  (单位: kg/kg)

### 可降水量

```
function pw = precipitable_water(q,pressure,p_sfc)
```

输入:

比湿  $q$  (单位: kg/kg)、

气压  $pressure$  (单位: Pa)

地表气压  $p_{sfc}$  (单位: Pa, 可以不输入)

输出:

可降水量 **pw** (单位: mm)

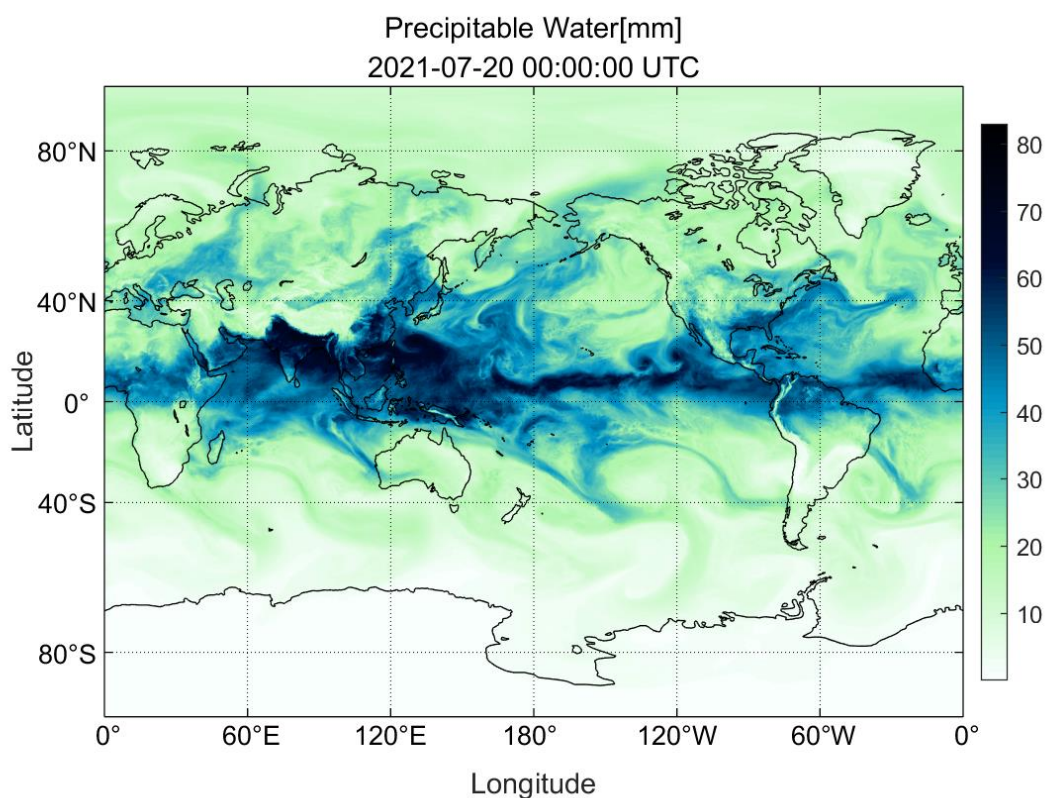


图 3.3 计算得到的全球可降水量分布

### 3.7 大气稳定性

#### 静力稳定度

```
function [ss]=static_stability(T,pressure)
```

输入:

温度 **T**(p,n,m)、

气压 **pressure**(p)

输出:

静力稳定度 **ss**(p,n,m)

#### Brunt Vaisala 频率

$$N^2 = \frac{g}{\theta} \frac{d\theta}{dz}$$

```
function N = brunt_vaisala_frequency(theta,z)
```

输入:

位温 **theta**(p,n,m)或 **theta**(p)

高度 **z**(p)

输出:

Brunt Vaisala 频率的平方 **N**(p,n,m)或 **N**(p)

## 四、高级功能

### 1. Shuman-Shapiro 滤波

```
function [synoptic_scale,meso_scale]=  
    shuman_shapiro_filter(F,s,option)
```

### 2. 降水类型识别

```
function [pre_cat] =  
    convective_stratiform_partition(dbz,w,height,dx)
```

功能：通过 WRF 或其它数值模式输出的雷达反射率和垂直速度识别对流降水、层云降水和云砧降水

输入：

雷达反射率 **dbz**(height,lat,lon) （单位：dBZ）、

垂直速度 **w**(height,lat,lon) （单位：m/s）、

各层的高度 **z**(height) （单位：m/s）,注意：必须包含 3000m 和 900m 高度的格点，并至少包含一个大于 3000m 高度的垂直层

格点距离 **dx**(km)

输出：

各个格点的降水类型 **pre\_cat**(lat,lon)

0-no rain/无降水,

1-convective/对流降水,

2-stratiform/层状云降水,

3-anvil type/云砧降水,

4-other/其它类型降水。

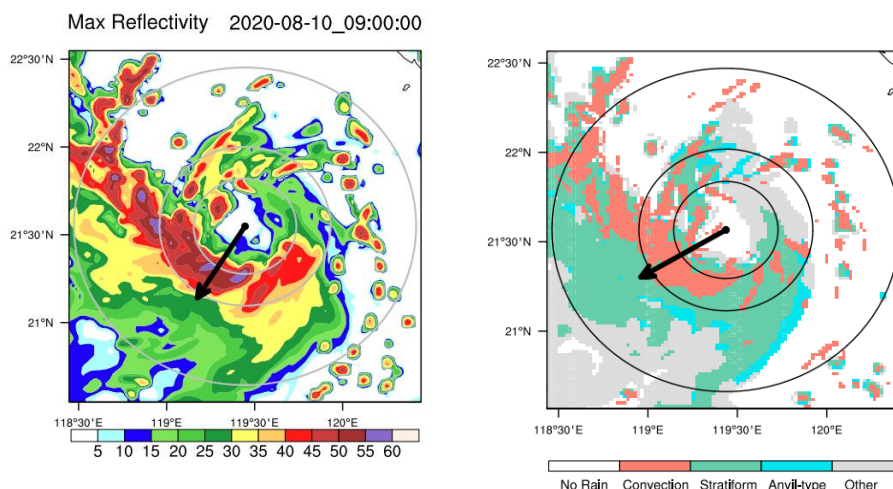


图 4.1 （左图）组合反射率（阴影，单位：dBZ）；（右图）降水分类结果（阴影）

### 3. 对流类型识别

```
function [con_type] =
```

```
    convective_partition(pre_cat,dbz,height,dx)
```

功能：基于分类好的降水类型和雷达反射率

输入：

降水分类结果 `pre_cat(lat,lon)`

雷达反射率 `dbz(height,lat,lon)` (单位：dBZ)、

各层的高度 `z(height)` (单位：m/s), 注意：必须包含 4000m 和 8000m 高度的格点，并至少包含一个小于 4000m 和大于 8000m 高度的垂直层

格点距离 `dx(km)`

输出：

各个格点的对流类型 `con_type(lat,lon)`

0-no convection/无对流,

1-shallow convection/浅对流降水,

2-midlevel convection/中层对流降水,

3-deep convection/深对流降水,

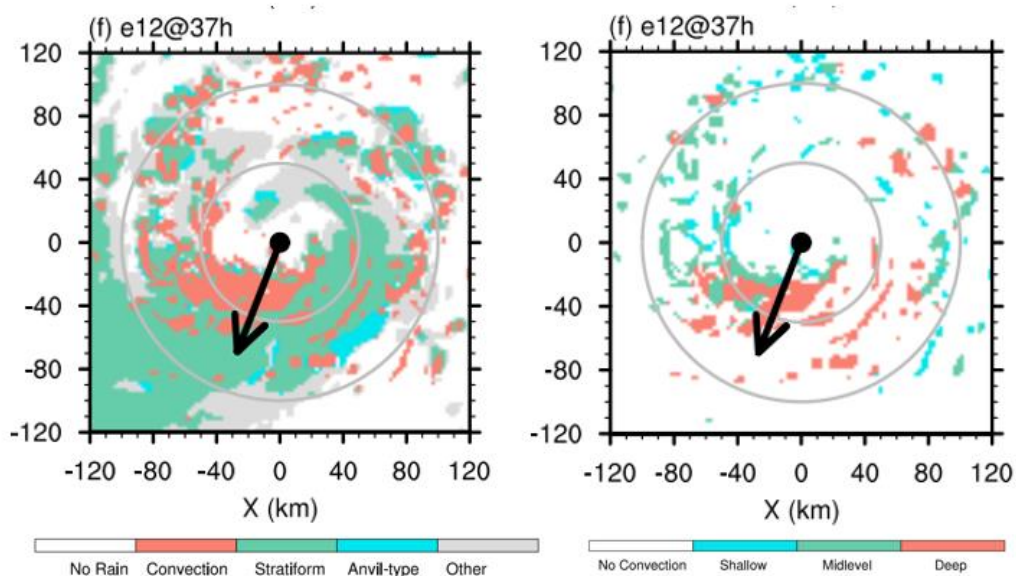


图 4.2 (左图) 降水分类结果 (阴影); (右图) 对流分类结果 (阴影)

### 4. 制作剖面

```
function fout =
```

```
    cross_section(F,lat,lon,lat_p,lon_p,n,option,
    method,angle,R,Roption)
```

功能：将格点数据插值到剖面上

输入：

气象要素 **F(vertical,lat,lon)** (当 **option=1** 时)、**F(lat,lon)** (当 **option=0** 时)

格点数据经纬度 **lat/lon** (一维或二维)、

站点经纬度 **lat\_p/lon\_p** (当 **method** 选择 '**PTP**' 时, 输入 **1\*2** 的经纬度数组, 如: (……, [19.2, 22.3], [118.3, 122.3], ……))、当选择其它 **method** 时, 则输入单个站点的经纬度坐标)

剖面格点数 **n**

选项 **option**:

0—在二维水平格点上插值、

1—在三维格点上插值

方式 **method(string)**:

'**PTP**' (Point To Point): 在输入的两个站点之间做剖面, 此时 **lat\_p/lon\_p** 为 **1\*2** 数组, 包含 **2** 个站点坐标

'**Center**' 以输入站点为中心, 根据输入角度 **angle**、半径 **R** 做剖面;

'**SP**' (Start from a Point), 以输入站点为起点, 根据输入角度 **angle**、距离 **R** 做剖面

**Roption**: (仅在使用后 **2** 种 **method** 时可用)

1—距离 **R** 的单位是经纬度;

0—距离 **R** 的单位是 **km**

输出:

**fout(vertical,lat,lon)** 插值后的数据

## 5. 涡度收支诊断

**function [H\_adv,V\_adv,Tilt,Stre,F]=**

**vorticity\_equation(U,V,W,vertical,dx,dy,lat,Fx,Fy)**

输入:

三维的风场 **U,V,W(vertical,lat,lon)**、

垂直坐标 **vertical(vertical)** (单位: m 或 hPa)、

水平格点间距 **dx/dy** (单位: m)、

纬度 **lat**

如果是在等经纬度网格上计算, 请输入一维的纬度数组

如果是在非经纬度网格上计算, 请用一个具体的纬度代替

如用 45N 代替, 则 **lat** 变量输入 45

摩擦加速度 (可不输入) **Fx/Fy(vertical,lat,lon)**

输出:

水平相对涡度平流项 **H\_adv(vertical,lat,lon)**、

相对涡度垂直输送项 **V\_adv**(vertical,lat,lon)、

倾斜项 **Tilt**(vertical,lat,lon)、

辐散项 **Stre**(vertical,lat,lon)、

摩擦耗散项 **F**(vertical,lat,lon)

## 6. 热带气旋诊断

### 二维直角坐标插值到二维极坐标系

```
function [F,theta,r,lat_n,lon_n] = hurricane_cart2pol ...
    (F0,ctr_lat,ctr_lon,lat,lon,Radius,Nr,Ntheta,option)

%% 功能：以涡旋中心为原点，将二维直角坐标插值到极坐标
%使用方法：
%输入变量：F0：气象要素，ctr_lat,ctr_lon：涡旋中心经纬度
%lat,lon：一维经纬度向量，R：需要插值的极坐标半径范围（km 或度）
%Nr：极坐标径向格点个数，Ntheta：方位格点个数
%!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!
%!!! option：径向方向的单位是距离还是度，是距离则输入 0，度则输入 1
%!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!
%输出变量：F：插值后的气象要素，theta：方位坐标，r：径向坐标
%lat_n,lon_n：插值后气象要素的经纬度坐标
```

### 三维直角坐标插值到柱坐标系

```
function [F,theta,r,lat_n,lon_n] = hurricane_cart2cyl ...
    (F0,ctr_lat,ctr_lon,lat,lon,vertical,Radius,Nr,Ntheta,option)

%% 功能：以涡旋中心为原点，将三维直角坐标插值到柱坐标
%使用方法：
%输入变量：F0：气象要素，ctr_lat,ctr_lon：涡旋中心经纬度
%lat,lon：一维经纬度向量，vertical：一维垂直坐标（气压或高度）
%R：需要插值的极坐标半径范围（km 或度）
%Nr：极坐标径向格点个数，Ntheta：方位格点个数
%!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!
%!!! option：径向方向的单位是距离还是度，是距离则输入 0，度则输入 1
%!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!
%输出变量：F：插值后的气象要素，theta：方位坐标，r：径向坐标
%lat_n,lon_n：插值后气象要素的经纬度坐标
```

### 极坐标系插值到二维直角坐标系

```
function F = hurricane_pol2cart
    (F0,F_base,theta,r,ctr_lat,ctr_lon,lat,lon,option)
```



%% 功能：以涡旋中心为原点，将极坐标插值到二维直角坐标

%使用方法：

%输入变量：F0：气象要素，theta：方位坐标，r：径向坐标

%ctr\_lat,ctr\_lon：涡旋中心经纬度

%lat,lon：一维经纬度向量

%!!

%!!! option：径向方向的单位是距离还是度，是距离则输入 0，度则输入 1

%!!

%输出变量：F：插值后的气象要素，

**柱坐标系插值到三维直角坐标系**

**function F = hurricane\_cyl2cart**

**(F0,F\_base,vertical,theta,r,ctr\_lat,ctr\_lon,lat,lon,option)**

%使用方法：

%输入变量：F0：气象要素，F\_base：等经纬度网格上的数据

%vertical：垂直坐标，theta：方位坐标，r：径向坐标

%ctr\_lat,ctr\_lon：涡旋中心经纬度

%lat,lon：一维或二维经纬度向量

%!!

%!!! option：径向方向的单位是距离还是度，是距离则输入 0，度则输入 1

%!!

%输出变量：F：插值后的气象要素

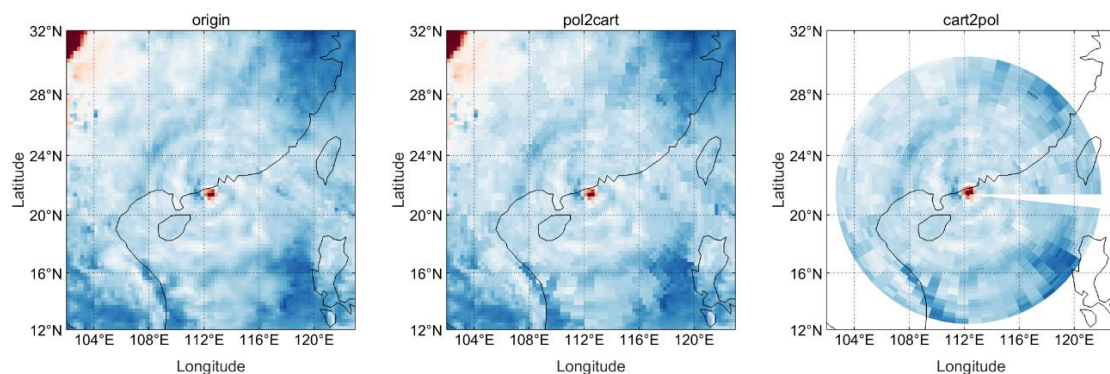


图 4.3 原始场（左）；从极坐标插值到等经纬度坐标后（中）；从等经纬度坐标插值到极坐标后（右）

**切向风和径向风**

**function [v\_theta,v\_r] = hurricane\_uv(U,V,theta,r)**

输入：

纬向、经向风场 **U,V(r,theta)** （单位：m/s）、

方位角 **theta(theta)** （单位：度）

径向距离 **r(r)** (单位: 度或 km)

输出:

切向风、径向风 **v\_theta,v\_r(r,theta)** (单位: m/s)

### 寻找热带气旋最大风半径(RMW)

```
function [RMW,Vmax] = hurricane_UV2RMW(U,V,lat,lon,ctr_lat,ctr_lon)
```

输入:

纬向、经向风场 **U,V(lat,lon)** (单位: m/s)、

TC 中心经纬度 **ctr\_lat,ctr\_lon** (单位: 度)

经纬度 **lat,lon** (单位: 度)

输出:

最大风半径 **RMW** (单位: km)

热带气旋强度 (最大风半径上的最大风速) **Vmax** (单位: m/s)

### 计算热带气旋的深层垂直风切变

```
function [Us,Vs,S,D] = hurricane_VWS_SHIPS  
(U200,V200,U850,V850,ctr_lat,ctr_lon,lat,lon)
```

输入:

200 和 850hPa 等压面上的水平风场 **U,V(lat,lon)** (单位: m/s)、

TC 中心经纬度 **ctr\_lat,ctr\_lon** (单位: 度)

经纬度 **lat,lon** (单位: 度)

输出:

x, y 方向垂直风切变 **Us,Vs** (单位: m/s)

深层垂直风切变强度 **S** (单位: m/s)

风切变方向 **D**

### 计算降水非对称性

```
function [P_asy,Pi,Pp] = hurricane_precipitation_asymmetry  
(P,lat,lon,ctr_lat,ctr_lon,US,VS,RMW)
```

输入:

降水强度 **P(lat,lon)** (单位: m/s)、

TC 中心经纬度 **ctr\_lat,ctr\_lon** (单位: 度)

经纬度 **lat,lon** (单位: 度)

垂直风切变矢量 **US,VS** (单位: m/s)

最大风半径 **RMW** (单位: km)

输出:

P\_asy-降水非对称性

Pi-区域积分降水率,



Pp-各个象限的降水概率

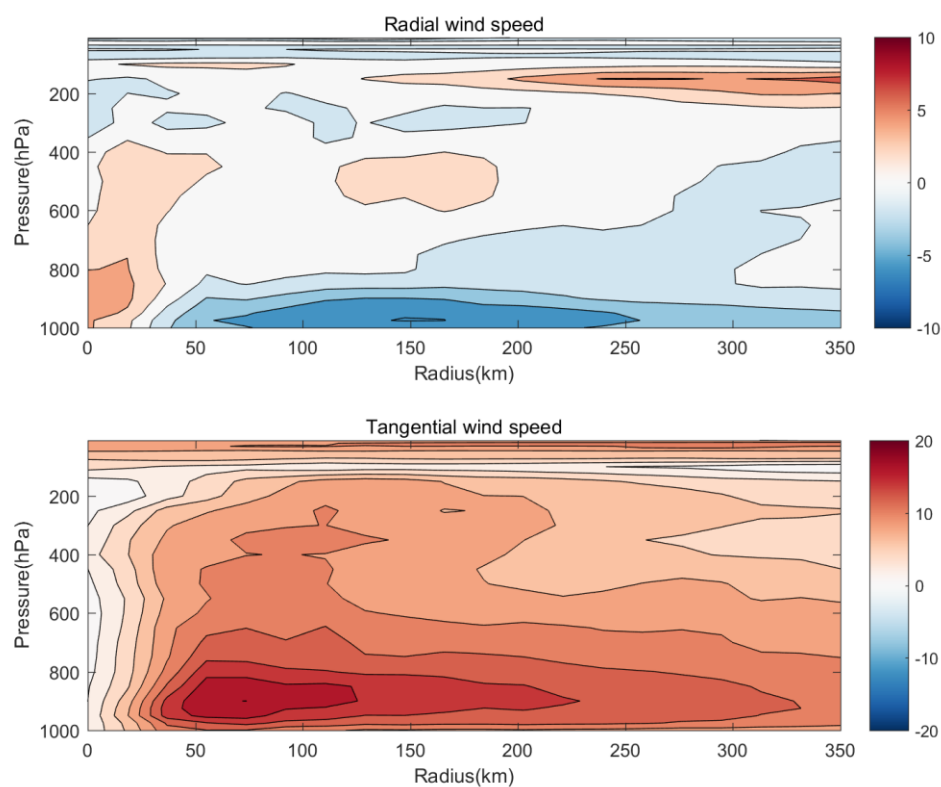


图 4.4 计算得到的径向风速（上）和切向风速（下）的分布

### 绝对角动量

```
function M = hurricane_absolute_angular_momentum
    (v_theta,v_r,r,ctr_lat)
```

输入：

切向风、径向风 **v\_theta,v\_r(r,theta)**（单位： m/s）、

径向距离 **r(r)**（单位： km）、

TC 中心所在纬度 **ctr\_lat**

输出：

绝对角动量 **M(r,theta)**

### 热带气旋变性的客观分析

```
function [A,B] = hurricane_extratropical_transition
    (H,pressure,SN,tc_dir,theta,r,Radius)
```

输入：

柱坐标系下的位势高度场 **H(pressure,r,theta)**（单位： gpm）、

半球 **SN**，北半球输入 1，南半球输入-1

热带气旋的移动方向 **tc\_dir**（单位： 度）、

TC 中心所在纬度 **ctr\_lat**

方位角 **theta(theta)** (单位: 度)

径向距离 **r(r)** (单位: km)

分析半径 **Radius**, 默认为 500km, 可以不输入

输出:

**A**-热成风关系、**B**-风暴对称性

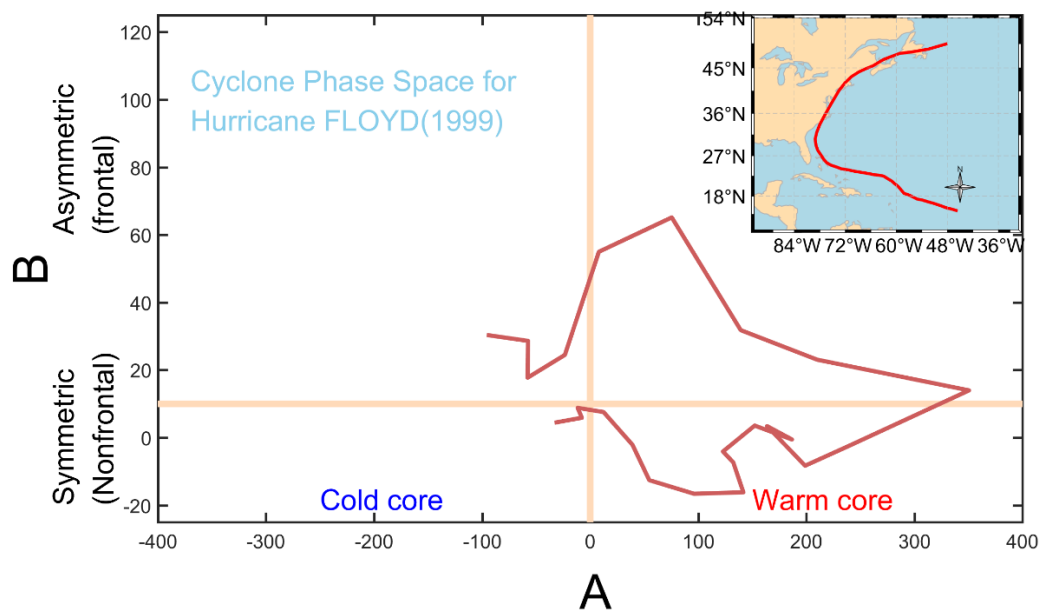


图 4.5 计算得到的飓风热成风关系、风暴对称性绘制的相空间图