



MeteoMagician

一个用于气象数据诊断分析的 Matlab 工具箱

Dy

2022 年 8 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 |
| 3.2 基础物理量..... | 6 |
| 科氏参数..... | 6 |
| 经纬度网格距..... | 6 |
| 空气密度..... | 6 |
| 散度..... | 6 |
| 垂直相对涡度..... | 7 |
| 绝对涡度..... | 7 |
| 水平平流项..... | 7 |
| 重力位势、高度的相互转换..... | 7 |
| 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）..... | 8 |
| 拉普拉斯项（垂直）..... | 8 |
| 五点平滑..... | 8 |
| 九点平滑..... | 9 |
| 泊松方程..... | 9 |
| 3.4 动力相关量..... | 9 |
| 地转风..... | 9 |
| Q 矢量..... | 10 |
| 正压模式下的位势涡度..... | 10 |
| Ertel 位涡..... | 10 |
| 湿位涡..... | 11 |
| 流函数..... | 11 |
| 势函数..... | 11 |
| 使用风速、风向计算风的经纬分量..... | 12 |
| 使用经纬向风计算风速、风向..... | 12 |

| | |
|----------------------------|----|
| 风暴移动方向 | 13 |
| 3.5 热力相关量 | 13 |
| 位温 | 13 |
| 相当位温 | 13 |
| 虚温 | 13 |
| 虚位温 | 13 |
| 干绝热递减率 | 14 |
| 湿绝热递减率 | 14 |
| 非绝热加热率 | 14 |
| 锋生函数 | 14 |
| 干静力能 | 15 |
| 3.6 水汽相关量 | 15 |
| 露点温度 | 15 |
| 抬升凝结温度 | 15 |
| 单层水汽通量/散度 | 15 |
| 饱和水汽压 | 16 |
| 饱和混合比 | 16 |
| 混合比 | 16 |
| 饱和比湿 | 16 |
| 可降水量 | 16 |
| 3.7 大气稳定性 | 17 |
| 静力稳定度 | 17 |
| Brunt Vaisala 频率 | 17 |
| 四、高级功能 | 18 |
| 1. Shuman-Shapiro 滤波 | 18 |
| 2. 涡度收支诊断 | 18 |
| 3. 台风诊断 | 18 |
| 二维直角坐标插值到二维极坐标系 | 18 |
| 三维直角坐标插值到柱坐标系 | 19 |
| 极坐标系插值到二维直角坐标系 | 19 |
| 柱坐标系插值到三维直角坐标系 | 19 |
| 切向风和径向风 | 20 |
| 绝对角动量 | 21 |
| 热带气旋变性的客观分析 | 21 |

Made by DY

MeteoMagician 使用说明

一、MeteoMagician 简介

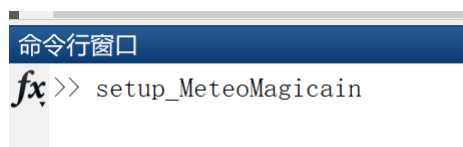
MeteoMagician 是基于 Matlab 开发的，专门用于气象数据诊断和分析的工具箱，包含气象物理量诊断相关的基本函数，可快速计算出所需的气象物理量。可用于气象科研、数据可视化等领域。需要在 Matlab2016a 以上版本运行。

二、安装步骤

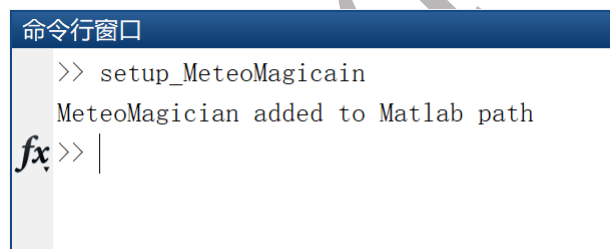
1. 需要先将当前文件夹设置为工具箱安装路径



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

使用例子:

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

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)、

β 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 $F1(n,m)$

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 F1=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 $F1(n,m)$

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

$$\begin{aligned}U_g &= -\frac{g}{f} \frac{\partial H}{\partial y} \\ V_g &= \frac{g}{f} \frac{\partial H}{\partial x}\end{aligned}$$

`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) $pressure(1)$ (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)

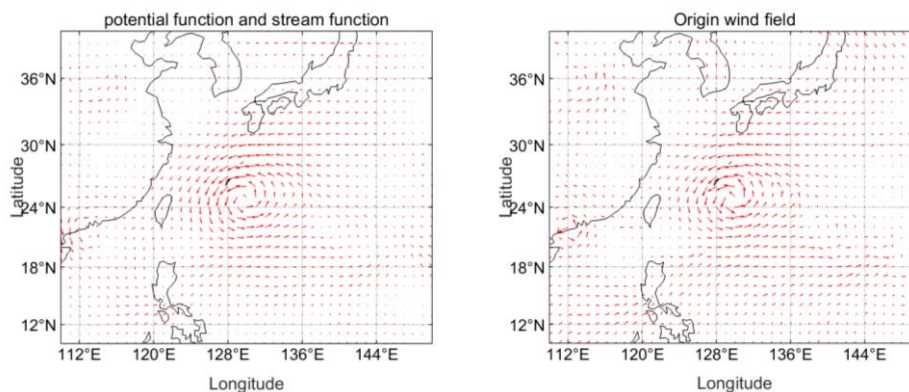


图 3.1 使用流函数和势函数程序计算得到的风场（左）与实际风场（右）的对比

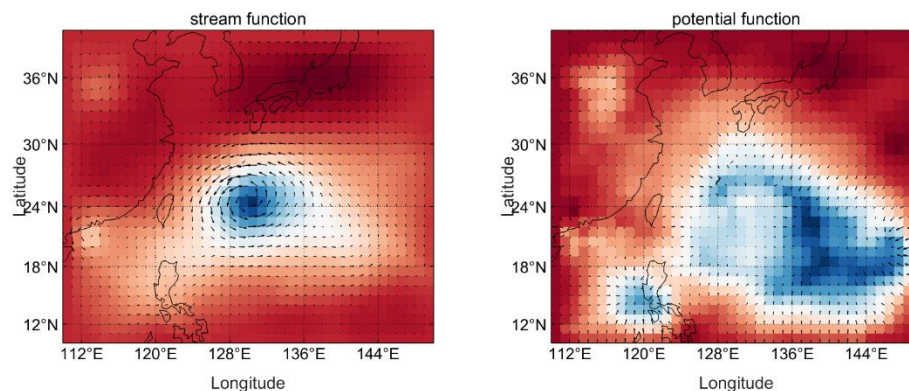


图 3.2 计算得到的流函数场、无辐散风（左）和势函数场、无旋风场

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 θ_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 Φ (单位: m^2s^{-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）

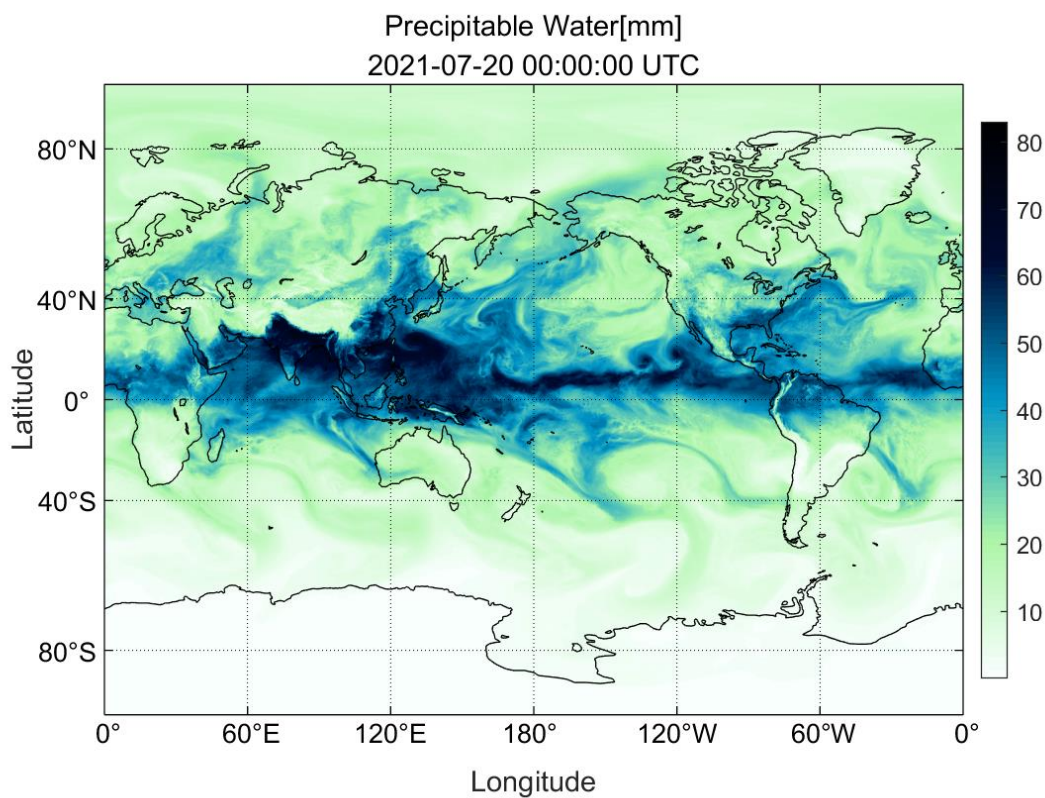


图 3.3 计算得到的全球可降水量分布

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. 涡度收支诊断

```
function [H_adv,V_adv,Tilt,Dive]=  
    vorticity_equation(U,V,W,vertical,dx,dy,lat)
```

输入: 三维的风场、垂直坐标 (气压或高度)、水平格点间距、纬度

%!!!!!!!!!!!!!! 注意

%输入气象要素信息必须为 F(vertical_dim,y_dim,x_dim)

%如果不是请用 matlab 自带的 permute 函数调整维度

%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

%输出信息为涡度方程右侧的

%水平涡度平流项、垂直涡度平流项、扭转项、辐散项

3. 台风诊断

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

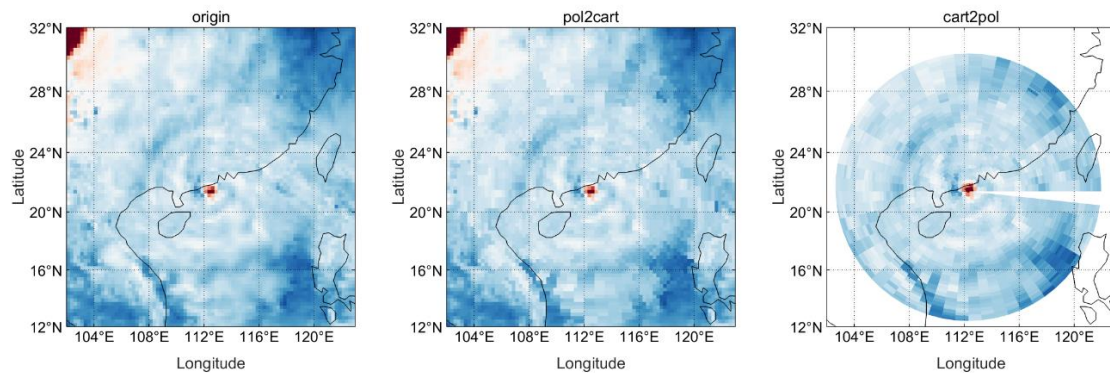


图 4.1 原始场（左）、从极坐标插值到直角坐标后（中）、直角坐标插值到极坐标后（右）

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)

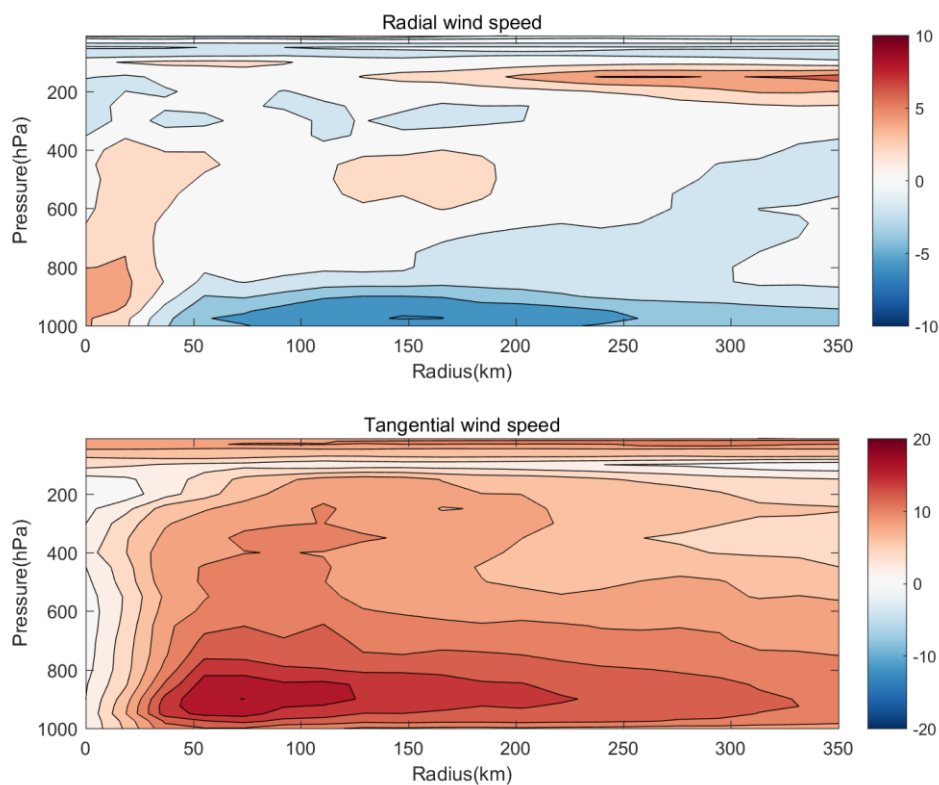


图 4.2 计算得到的径向风速（上）和切向风速（下）的分布

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 $H(\text{pressure}, r, \theta)$ （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

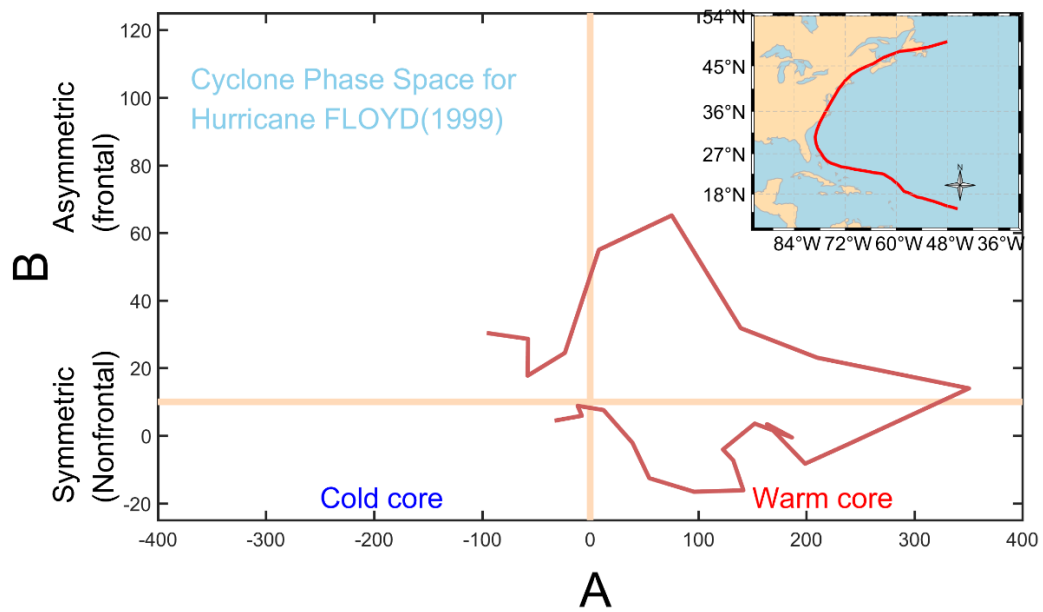


图 4.3 计算得到的飓风热成风关系、风暴对称性绘制的相空间图