

## 气温的日变化

### 1. 极值

最低气温：日出前后

最高气温：海洋：12<sup>h</sup>30<sup>m</sup>

陆地：14<sup>h</sup> { 冬 13<sup>h</sup>~14<sup>h</sup>  
夏 14<sup>h</sup>~15<sup>h</sup>

### 2. 气温日较差：(日最高气温—日最低气温)

纬度升高 小

纬度降低 大

季节：夏 > 冬

海拔高度升高 小

海拔高度降低 大

天气：晴 > 阴

下垫面：海 > 陆

## 气温年变化 (月平均值, 北半球)

### 1. 极值

陆地最冷月：1月, 最热月：7月

海洋最冷月：2月, 最热月：8月

### 2. 气温年较差 (月平均最高值—月平均最低值)

纬度升高 大

纬度降低 小

下垫面：海 < 陆

海拔高度升高 小

海拔高度降低 大

## 海平面平均气温的分布

赤道向→两极 降低

冷极：南半球：南极

北半球：{ 夏：极地  
冬：东西伯利亚、格陵兰岛

气温垂直递减率

气流的水平方向流动：平流

气流的垂直方向流动：对流

# 气压

## 1. 温压场对称：(中心轴线垂直)

深厚系统：暖高压、冷低压；高度升高，气压系统增强

浅薄系统：冷高压、热低压；高度升高，气压系统减弱

热带气旋是：暖性低压 深厚系统

## 2. 温压场不对称：

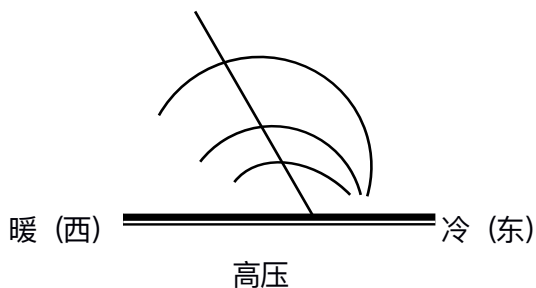
高压中心轴线向暖区倾斜

西暖东冷

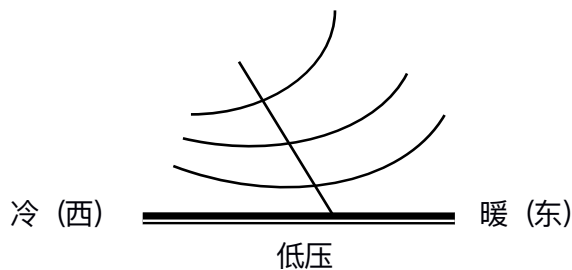
向西倾斜

北半球 向 SW

南半球 向 NW

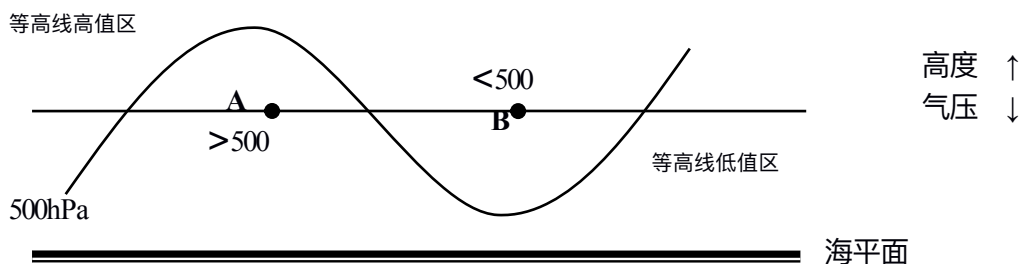


低压中心轴线向冷区倾斜 } 向西倾斜 { 北半球 向NW  
 西冷东暖 } 南半球 向SW



等高面：平面                      等压面：高低起伏的曲面  
 地面图：等高面图，海平面气压场-----等压线  
 高空图：等压面图，特定等压面高低起伏-----等高线  
 平均高度：     500hPa-----5500m  
                   700hPa-----3000m  
                   850hPa-----1500m

等压线高空图：

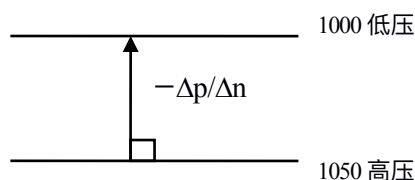


## 空气的水平运动-----风

风是矢量 { 大小 { 风速 1m/s ≈ 2kn  
                   风力 教材 27 页  
                   方向：风向、来向

来向：风向、浪向                      去向：流向

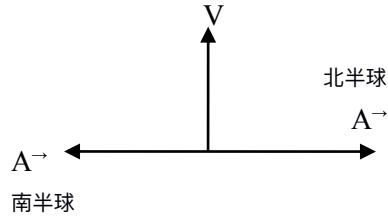
### 1. 水平气压梯度力 $G \rightarrow$



- ①  $G = 1/\rho (-\Delta p/\Delta n)$  垂直于等压线，由高压→低压
- ② 空气水平运动原动力，形成风的直接原因

## 2. 地转偏向力 $A \rightarrow$

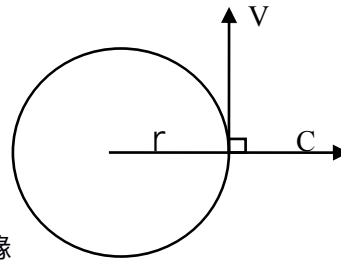
①  $A \rightarrow = 2Vw \sin \phi$        $A \perp V$       纬度  $\uparrow$   $A \downarrow$



北半球偏右；南半球偏左

②只改变运动方向，不改变运动速度

## 3. 惯性离心力 $C \rightarrow$ 曲线运动

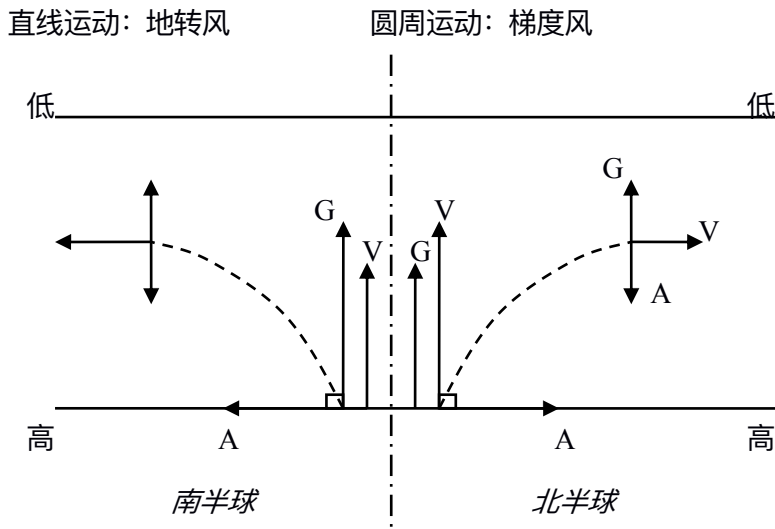


$C \rightarrow = V^2/r$  (曲率半径)       $V \perp C$  由曲率中心指向边缘  
 曲线弯曲，曲率大，曲率半径小；曲线平直，曲率小，曲率半径大。

## 4. 摩擦力 $R \rightarrow$

摩擦层  $R = -K \cdot V \rightarrow$

## 自由大气

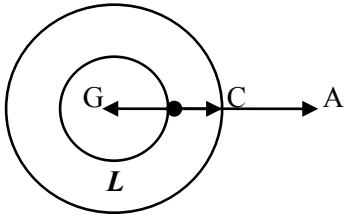


与  $(-\Delta p / \Delta n)$  水平气压梯度力成正比  
 与  $\sin \phi$  地转偏向力成反比  
 与  $\rho$  成反比

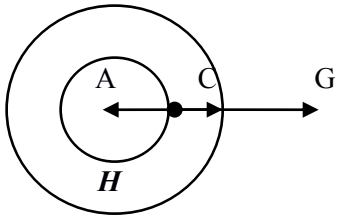
低纬 > 高纬

## 白贝罗风压定律

1. 低压 (气旋)  $G \rightarrow = A \rightarrow + C \rightarrow$   
 水平气压梯度无极限值，低压往往风速很大。

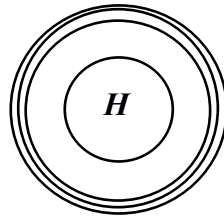


2. 高压 (反气旋)  $A=G+C$   
 水平气压梯度有极限值。

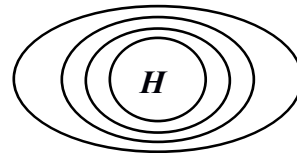


与 $\gamma$ 成正比

- 高压中心附近——等压线稀疏
- 高压边缘——等压线密集



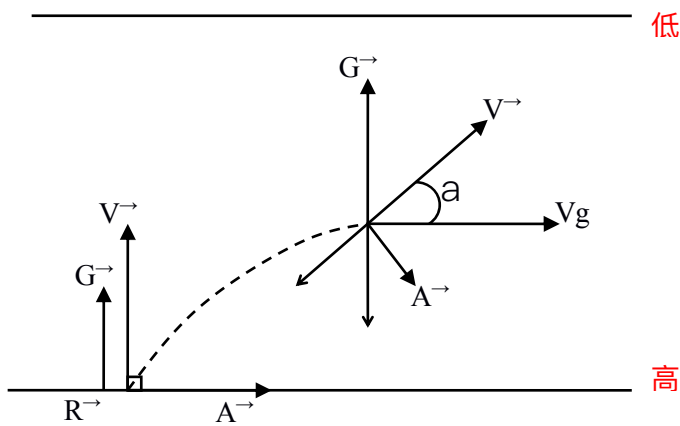
- 等压线弯曲——较稀疏
- 等压线平直——较密集

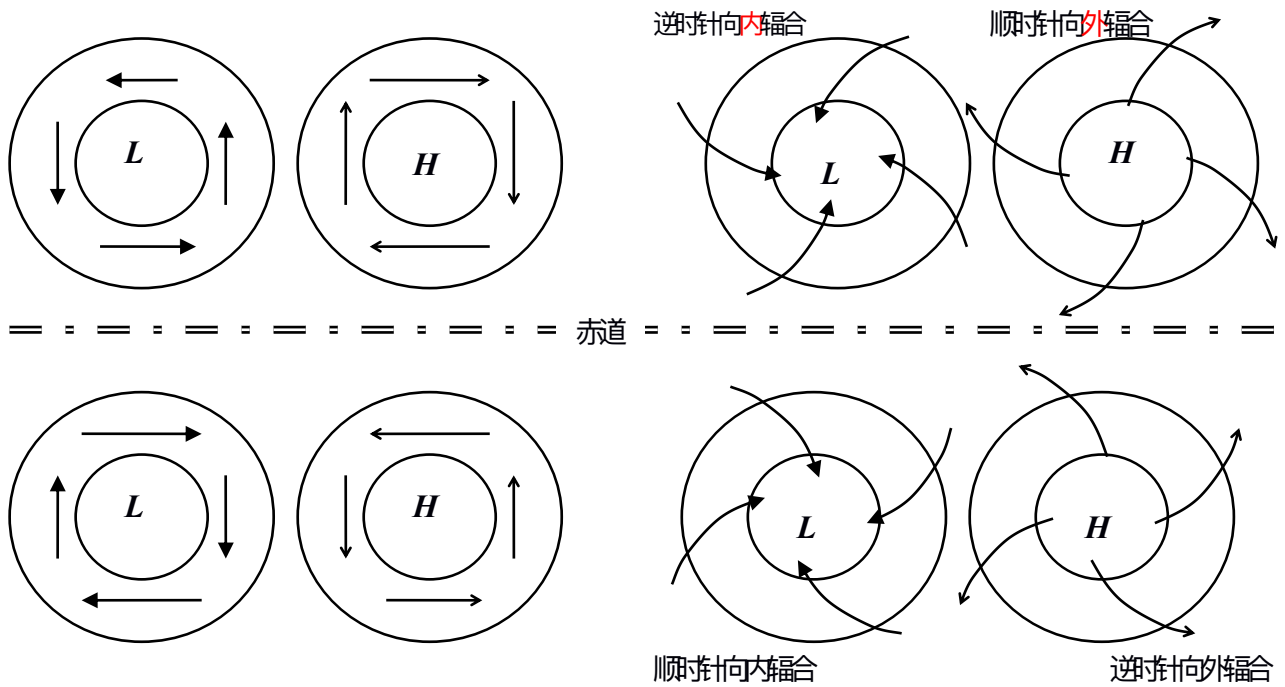


与 $\rho$ 成正比, 冬季 > 夏季  
 与  $\sin \phi$  成反比, 高纬 > 低纬

## 摩擦层中的风

背风而立：北半球：低压在左前；高压在右后  
 南半球：低压在右前；高压在左后





风大小表示符号:

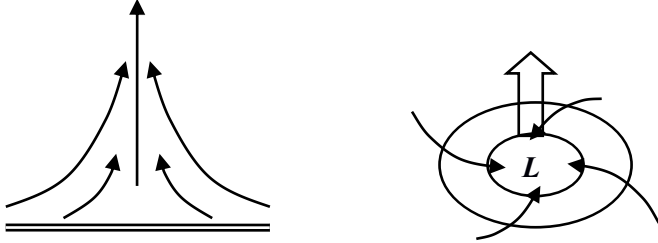
	我国	国际	风级
	2m/s	5kn	1级+
	4m/s	10kn	2级+
	6m/s	15kn	3级+
	8m/s	20kn	4级+
	12m/s	30kn	6级+
	16m/s	40kn	8级+
	20m/s	50kn	10级+

风速:  $m/s \times 2.5 = kn$

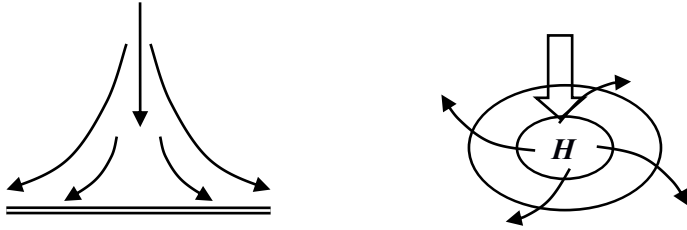
风级	风名	相当风速			海面状况	海面浪高	
		kn	m/s	申数 m/s		一般	最高
0	无风 Calm	<1	0~0.2	0	平静如镜 Calm-glassy	—	—
1	软风 Light air	1~3	0.3~1.5	1	微波 Calm-rippled	0.1	0.1
2	轻风 Light breeze	4~6	1.6~3.3	2	小波 Smooth-wavelets	0.2	0.3
3	微风 Gentle breeze	7~10	3.4~5.4	4	小浪 Wavelets	0.6	1.0
4	和风 Moderate breeze	11~16	5.5~7.9	7	轻浪 Slight	1.0	1.5
5	清风 Fresh breeze	17~21	8.0~10.7	9	中浪 Moderate	2.0	2.5
6	强风 Strong breeze	22~27	10.8~13.8	12	大浪 Rough	3.0	4.0
7	疾风 Near gale	28~33	13.9~17.1	16	巨浪 Very rough	4.0	5.5
8	大风 Gale	34~40	17.2~20.7	19	狂浪 High	5.5	7.5
9	烈风 Strong gale	41~47	20.8~24.4	23	狂涛 Very high	7.0	10.0
10	狂风 Storm	48~55	24.5~28.4	26		9.0	12.5
11	暴风 Violent storm	56~63	28.5~32.6	31		11.5	16.0
12	飓风 Hurricane	≥64	≥32.7	—	非凡现象 Phenomenal	14.0	—

## 空气的垂直运动和大气稳定度

上升运动：阴雨，等压线气旋性弯曲，低压加深，高压减弱



下沉运动：晴好，等压线反气旋性弯曲，低压减弱，高压加强



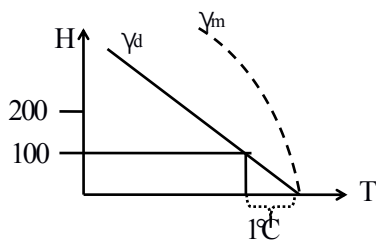
干绝热过程：干绝热直减率 $\gamma_d=1^\circ\text{C}/100\text{m}$

湿绝热过程：湿绝热直减率 $\gamma_m=0.5^\circ\text{C}/100\text{m}$  或  $0.6/100\text{m}$

	干空气	未饱和空气	饱和空气	含水滴饱和空气
上升：	干	先干后湿	湿	湿
下降：	干	干	干	湿

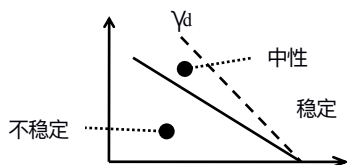
状态曲线 { 干绝热线：直线  
湿绝热线：{ 下陡上缓曲线  
                  { 与干绝热线平行

层结曲线（环境曲线）：实际大气



## 气温垂直递减率 $\gamma$

干空气： $\gamma < \gamma_d$  稳定       $\gamma = \gamma_d$  中性       $\gamma > \gamma_d$  不稳定

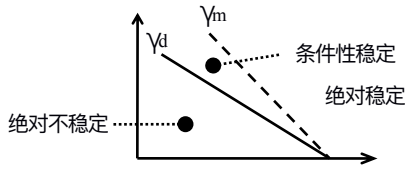


湿空气： $\gamma < \gamma_m$  稳定       $\gamma = \gamma_m$  中性       $\gamma > \gamma_m$  不稳定

$\gamma < \gamma_m$  绝对稳定：层云、雾、毛毛雨

$\gamma_m < \gamma < \gamma_{li}$  条件性不稳定：

$\gamma > \gamma_{li}$  绝对不稳定：积云、积雨云、积状云、雷暴、阵性降水、阵性大风



## 大气环流

太阳辐射，地球自转，海陆分布，地形差异

### 1. 单圈环流

条件：地表均匀，地球自转

形成因子：太阳辐射

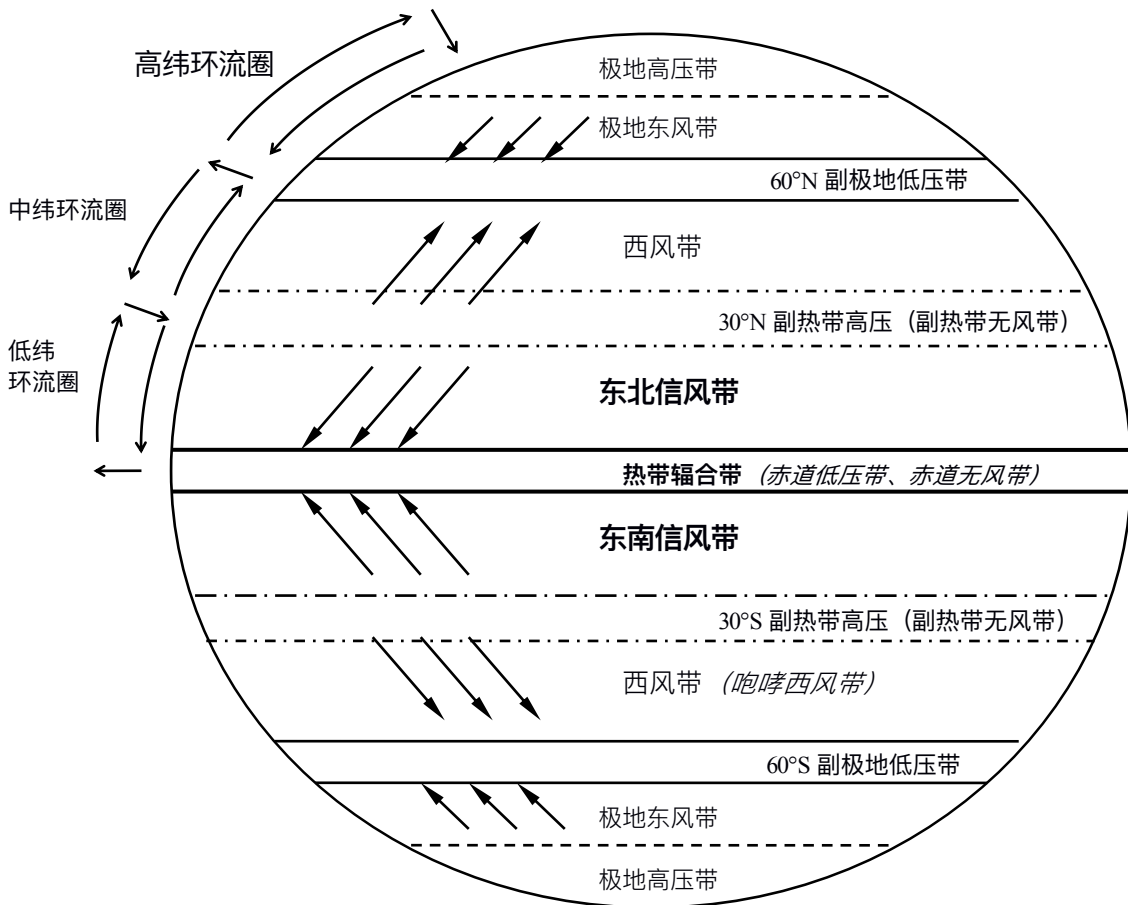
热力原因 { 赤道低气压带  
赤道高压带

### 2. 三圈环流

条件：地表均匀

形成因子：太阳辐射，地球自转

动力原因 { 副热带高压带  
副热带低压带



## 行星风带

	夏季	冬季	
陆地：	低压	高压	北半球：断块状
海洋：	高压	低压	南半球：条带状

1月：亚洲高压（西伯利亚高压）、北美高压；阿留申低压、冰岛低压 冬强夏弱

7月：亚洲低压（印度低压）、北美低压； 夏威夷高压、亚速尔高压 夏强冬弱

永久性大气活动中心：海洋、南极高压

半永久性大气活动中心：陆地

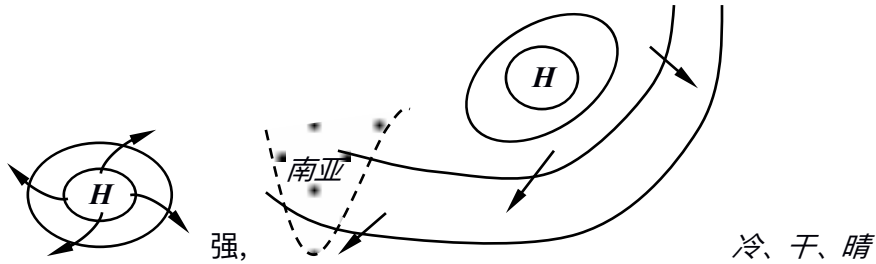
青藏高原：阻挡冬季风南下，加强南亚夏季风

夏季：海洋吹向陆地，暖、湿

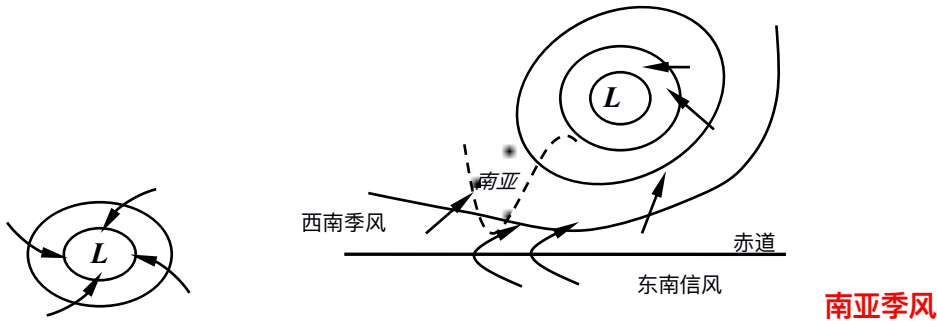
冬季：陆地吹向海洋，冷、干

## 东亚季风

冬季：



夏季：印度低压，西太平洋副高



11月~次年4月，北印度洋航海黄金季节，旱季

6月~9月，强劲的西南季风，雨季

## 局地热力环流

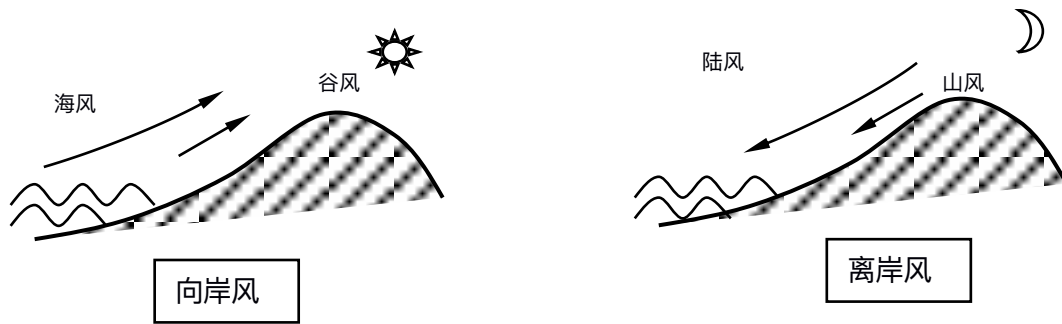
### 海陆风

1. 白天：海洋→陆地，海风 夜晚：陆地→海洋，陆风
2. 地面温度日较差大，海陆风明显；  
纬度越高，海陆风越小； 夏季>冬季； 下垫面：海<陆
3. 海风>陆风：海风入陆 50~100km，陆风入海<10km  
海风厚度可达 1km，陆风<500m

### 山谷风

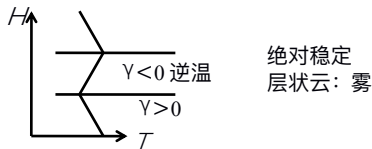
- 白天：山谷→山顶 谷风  
夜晚：山顶→山谷 山风  
夏季>冬季 谷风>山风





### 大气中的逆温

高度↑气温↓



### 大气中水汽的分布

绝对湿度:  $g/m^3$       湿度高, 蒸发量大, 绝对湿度大

{ 空气达到饱和或过饱和状态 } 增加水汽  
 { 吸湿性很强的微粒作为凝结核 } 降低湿度

卷云 Ci    卷层云 Cs    高层云 As    雨层云 Ns    积云 Cu    积雨云 Cb

≡ 雾 < 1km (0.5nm)

≡ 轻雾 < 1~10km (0.5~5nm)

辐射雾: 陆地, 晴朗, 微风, 夜, 辐射冷却, 秋冬, 冷高压中心, 日变化规律

平流雾 (海雾): 暖湿空气流经冷的下垫面, 平流冷却。海洋: 无日变化; 沿海: 日变化

锋面雾 (降水雾): 无日变化

蒸汽雾: 冷气流流经过暖水面。海: 无日变化; 陆: 日变化

**雾的分布: 南窄北宽, 南少北多**

	雾季	盛期
黄海:	4~8月	6~7月
东海:	3~7月	4~6月
南海:	12~4月	2~3月

吹 S~SE~E 风, 2~4 级的风, 最有利于雾的形成, 黄海北部 NE 风时。

世界海洋的雾

(春) 夏: 平流雾

冬: 锋面气旋 → 锋面雾

### 海雾简易测算方法

湿度大: 干、湿球温差小

干燥: 干、湿球温差大

干湿球温差增大, 成雾的可能性小; 干湿球温差减小, 成雾的可能性大

露点温度  $t_d$       水汽含量

\* 雪

∞ 霾

▽ 阵雨

◊ 冰雹

≡ 雾

⊗ 阵雨夹雪

· 雨

= 轻雾

\*▽ 阵雪

, 毛毛雨

⚡ 雷暴

⚡ 雷雨

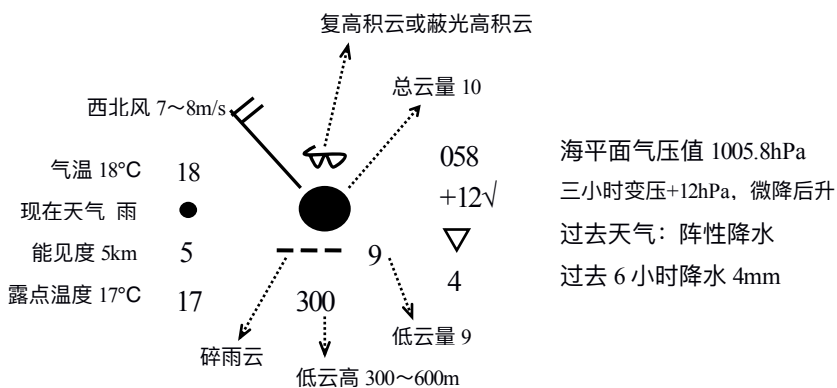
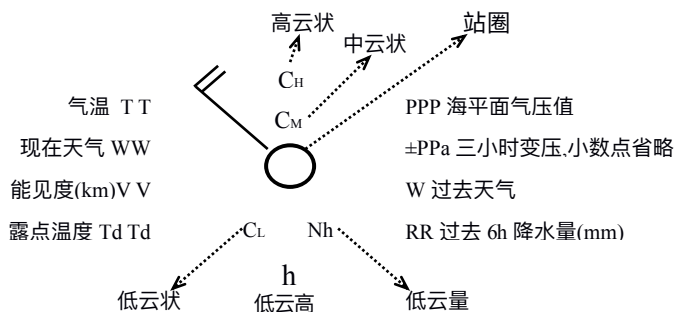
⊗ 雨夹雪

|| 龙卷

## 天气图

地面分析图: 00、06、12、18 UTC

高空分析图: 00、12 UTC

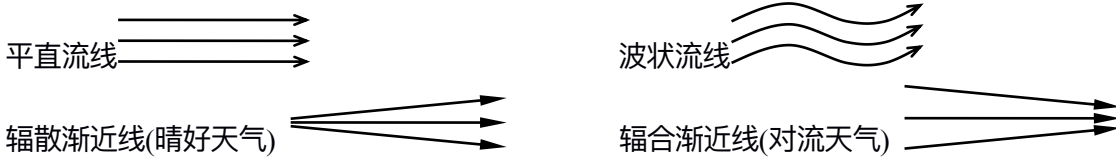


	我国	国际
等压线间隔	2.5hPa/5hPa	4hPa
高压	高 或 G	H
低压	低 或 D	L

台风

$\rho$

$T$



气旋式涡旋 C——低压 Cyclone

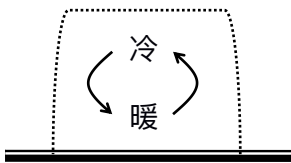
反气旋式涡旋 A——高压 Anti-cyclone

中性点——鞍形场

### 高压中心

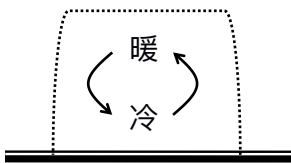
冷气团变性快； 暖气团变性慢

冷气团：



大气层结不稳定  
 水汽含量多：积云、积雨云  
 水汽含量少：少云、碧空

暖气团：



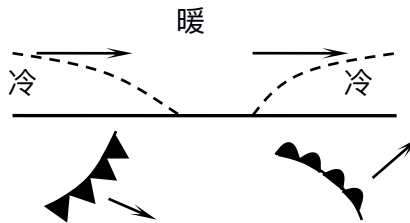
大气层结稳定，能见度差  
 水汽含量多：层云、层积云、毛毛雨、小雨、小雪、平流雾  
 水汽含量少：少云、无云

陆地气团入海变性快； 海洋气团移入陆地变性慢。

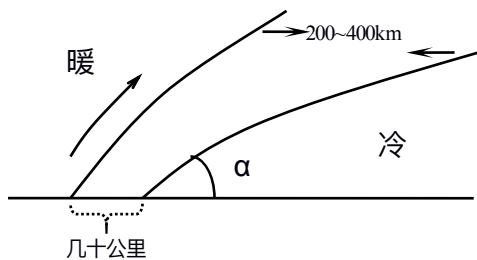
1. 冰洋气团 (A)：冷、干、晴
2. 基地气团 (P)：①极地大陆气团 (Pc) ——冬：冷、干、晴；夏：多云  
②极地海洋气团 (Pm)：多云、阴天、有时降水
3. 热带气团 (T)：①热带大陆气团 (Tc)：热、干、晴  
②热带海洋气团 (Tm)：晴、热
4. 赤道气团 (E)：积雨云

## 锋

- 冷锋
- 暖锋
- 准静止锋
- 锢囚锋



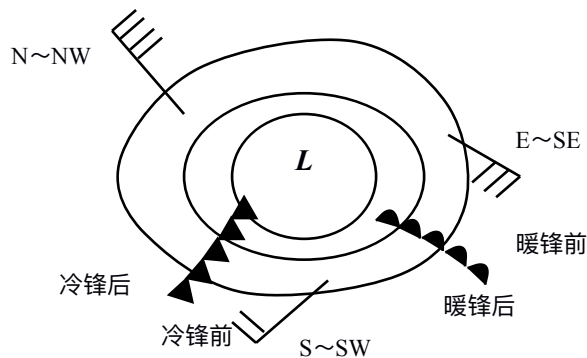
- 冰洋气团 } 冰洋锋
- 极地气团 } 极锋
- 热带气团 } 副热带锋
- 赤道气团 }



坡度 $\alpha$ : 第二型冷锋  
第一型冷锋  
暖锋  
准静止锋

陡  
↓  
缓

高空锋：等温线密集区，等高线密集区



冷锋过境：气压上升； 暖锋过境：气压下降

暖锋：

典型：层状云系  $C_i \rightarrow C_s \rightarrow A_s \rightarrow N_s$

连续性降水：锋前

锋面雾；暖气团不稳定

第一型冷锋（缓行冷锋）：

典型：层状云系  $N_s \rightarrow A_s \rightarrow C_s \rightarrow C_i$

连续性降水：锋后

锋面雾；暖气团不稳定

第二型冷锋（快行冷锋）：

典型：锋线附近发展旺盛积雨云； 冬半年；

锋前  $C_i \rightarrow C_s \rightarrow A_s \rightarrow N_s$

连续性降水

准静止锋：

典型：阴雨连绵

暖气团不稳定：积雨云、雷暴、连续性降水

锢囚锋（前期）：

云层增厚、降水区扩大、降水强度增加

锢囚锋（后期）：

减弱→雨消云散

## 锋面气旋

图：教材 123 页 2-3-6(6)

暖锋前：

层状云系  $C_i \rightarrow C_s \rightarrow A_s \rightarrow N_s$ ；连续性降水；锋面雾；气压下降；E~SE 风

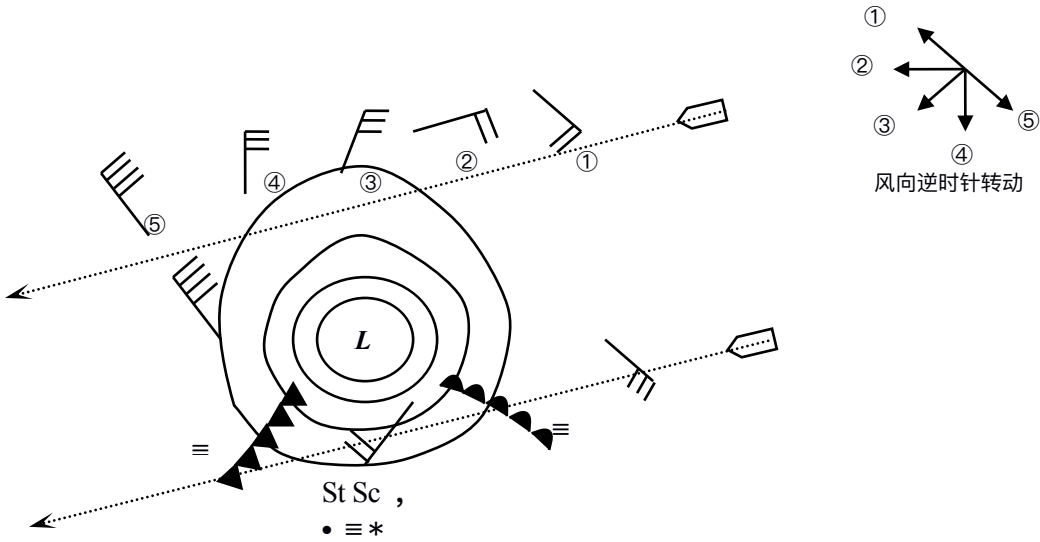
**暖区:**

层云、层积云、毛毛雨、小雨、小雪；平流雾；气压稳定；S~SW

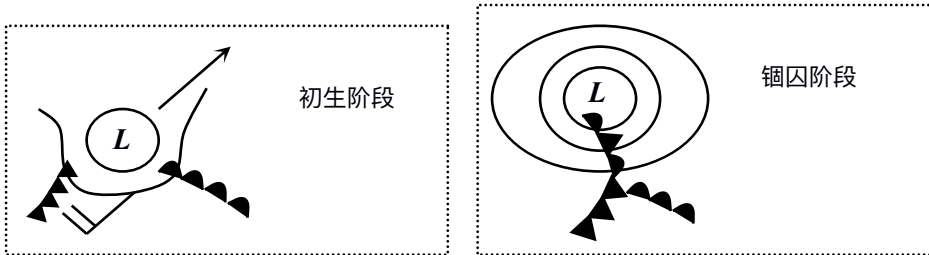
**冷锋后:**

第一型冷锋：层状云系  $N_s \rightarrow A_s \rightarrow C_s \rightarrow C_i$ ；连续性降水；锋面雾

第二型冷锋：积云、积雨云；雷暴、连续性降水；气温下降、气压上升、N~NW 大风



1. 初生阶段（波动阶段） 暖：移向与暖区气流方向一致，移速最快



2. 成熟阶段

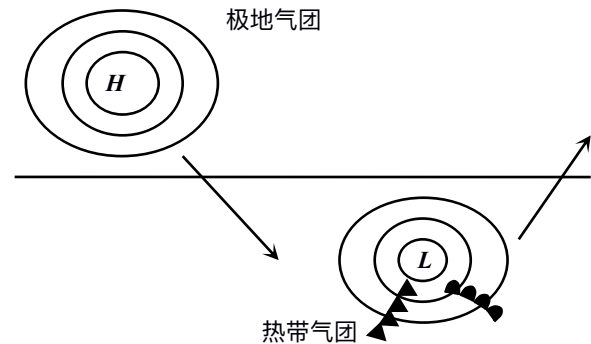
3. 锢囚阶段:

    锢囚前期：最强中心气压最低，风力最大

    锢囚后期：大风区，降水区扩大，风力减弱

4. 消亡阶段

**锋面气旋的发生频率和路径**

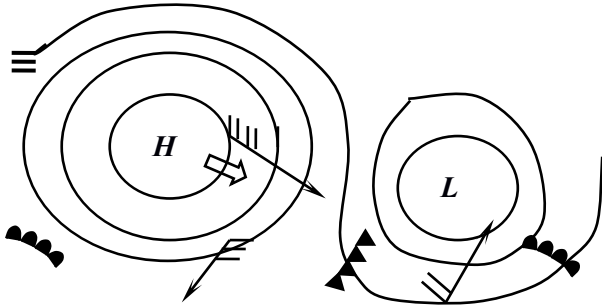


东亚气旋→阿留申低压

北美气旋→冰岛低压

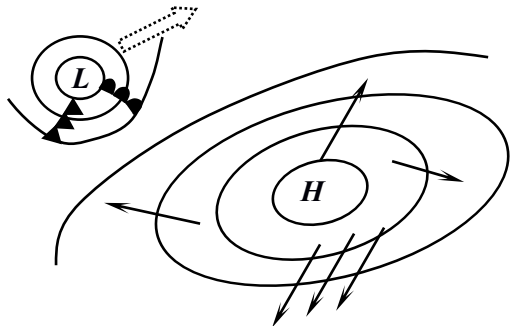
极地气团      夏北      北方气旋；东北气旋      黄河气旋      大风  
极      锋

### 冷高压



前部：偏北大风、剧烈降温、伴有雨、雪  
 中部：晴朗少云、无风微风、冷（凉）、辐射雾、烟、霾  
 后部：气温回升、湿度加大、春(初夏)有平流雾

### 副热带高压



地面：高压单体位置和强度  
 中心：晴朗少云、风力微弱、温暖  
 东部：大气层结稳定、雾和层云、冷洋流  
 西部：大气层结不稳定、积雨云、雷阵雨、暖洋流  
 南部：晴好天气、风向、风力稳定  
 西北、北部：有热带气旋和东风波活动、狂风暴雨

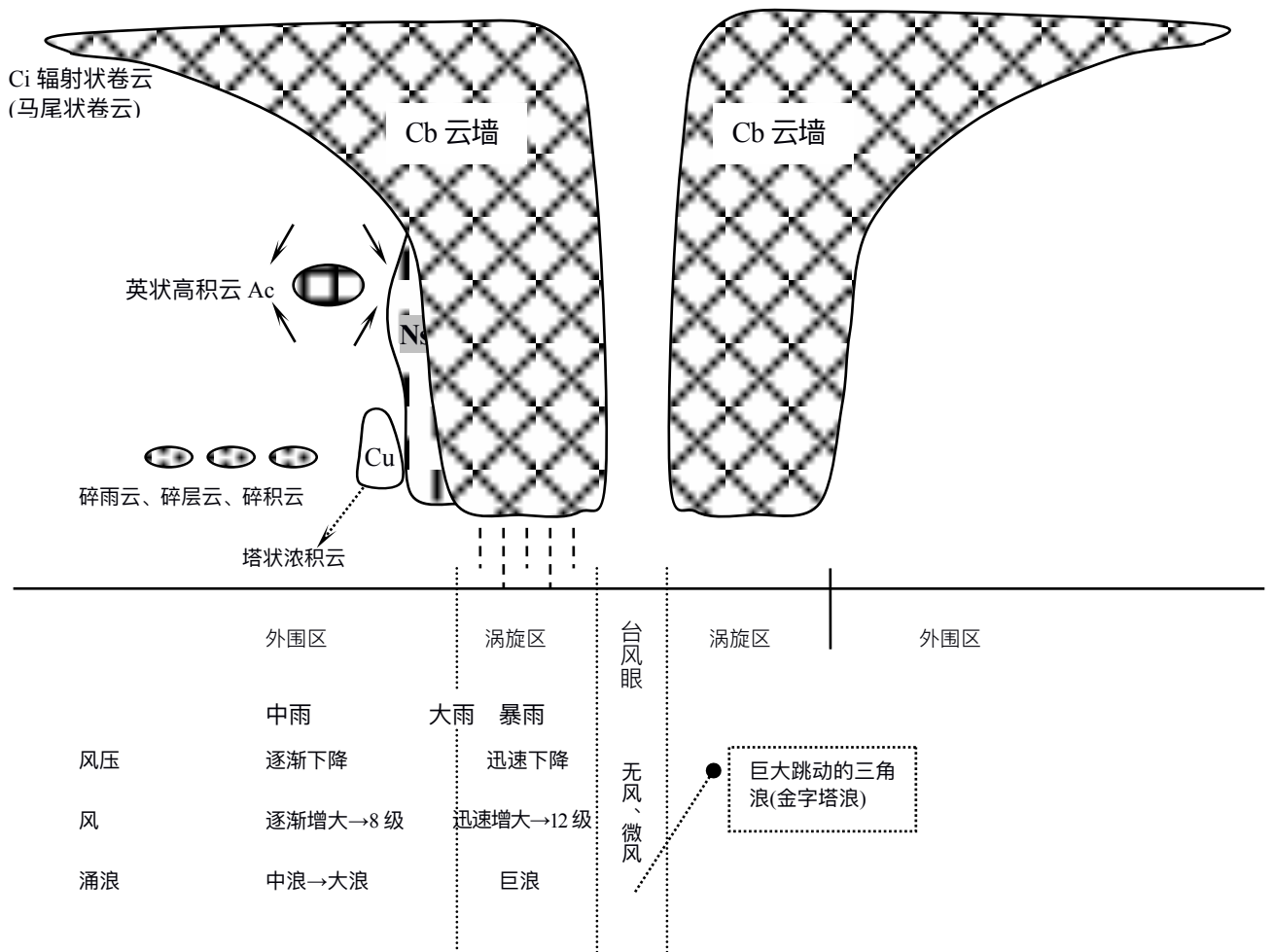
西太平洋副高季节变化：夏强 偏北偏西  
 冬弱 偏南偏东

5月~8月：北进、慢、稳定少变、缓慢移动、跳跃

9月~10月：南退、快、副高脊线 20°N 以南 华南前汛期  
 20°N~25°N 长江中下游梅雨  
 25°N~30°N 黄淮雨季  
 30°N 以北 华北雨季

小尺度：龙卷、雷暴，陆→午后~傍晚；海→后半夜~凌晨  
 中尺度：飑线，风速增大，气温下降，气压升高

阵风与地面风向偏离 20°~30° 北半球偏右，南半球偏左



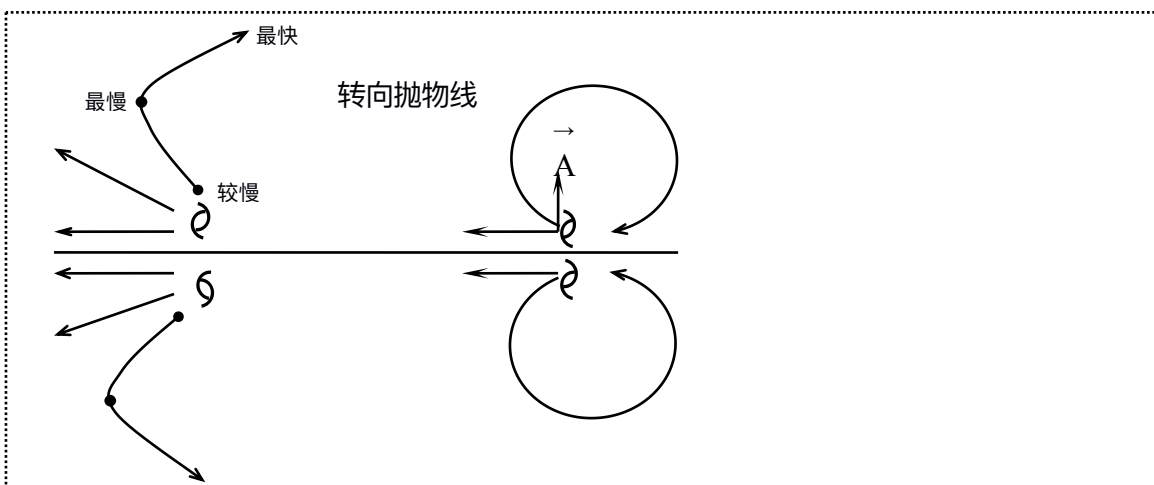
**台风能量来源：水汽凝结释放的凝结潜热**

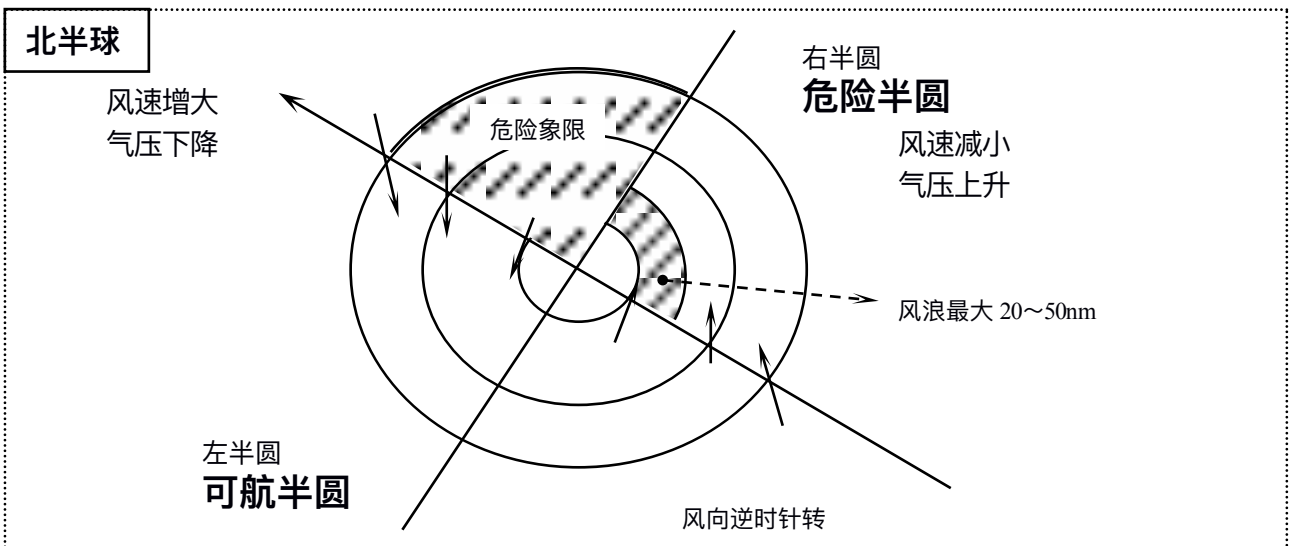
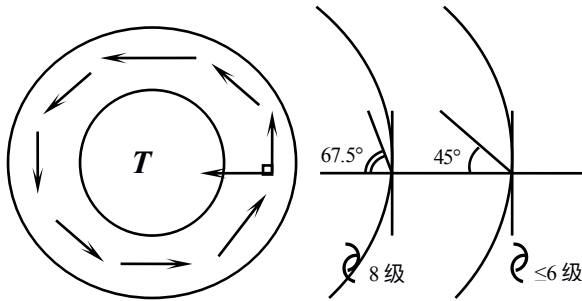
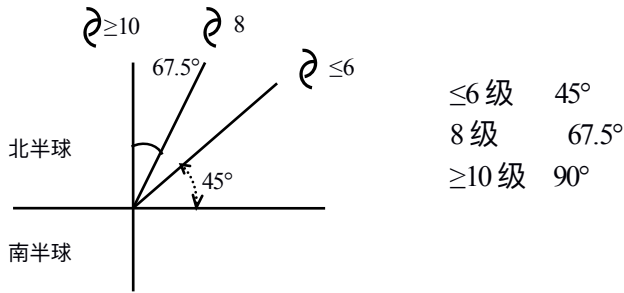
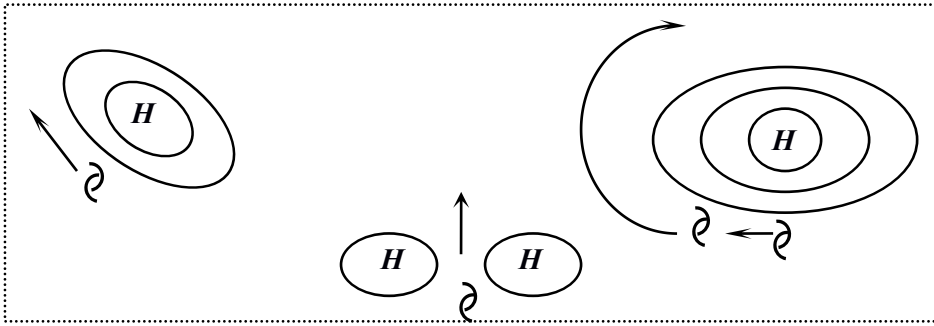
东南太平洋水量低，无热带气旋

北印度洋（孟加拉湾、阿拉伯海）：6~9月 SW 季风 垂直切变大的气流

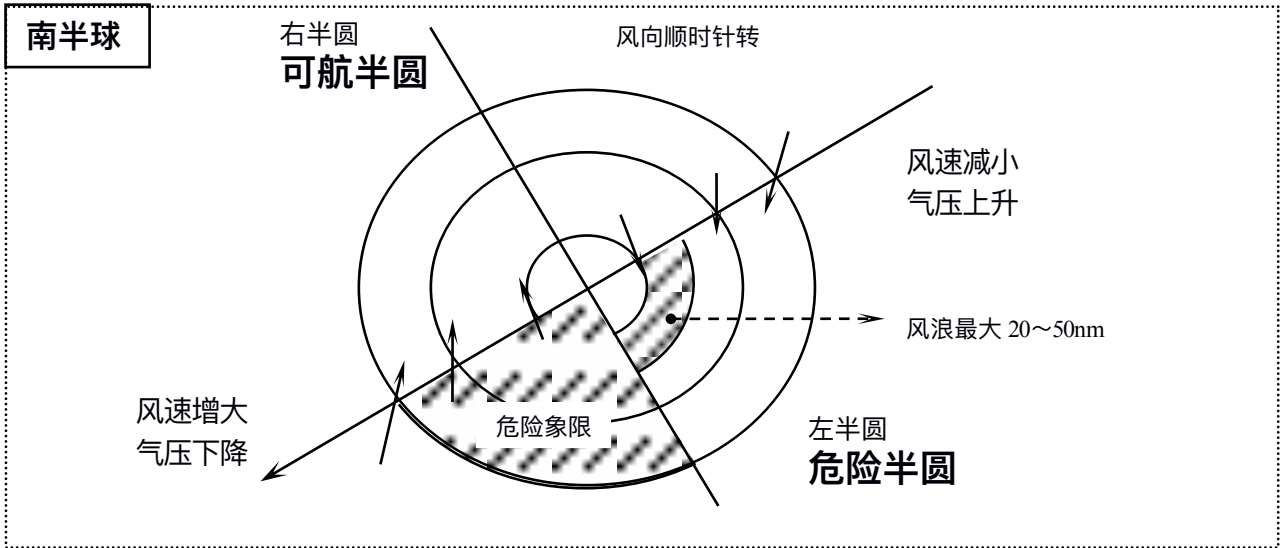
初始扰动 { 热带辐合带 85%  
东风坡 15%

南大西洋无热带辐合带

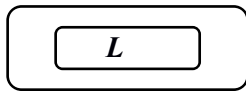








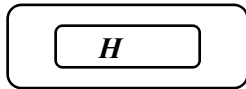
## 热带辐合带



副极地低压：阿留申低压、冰岛低压



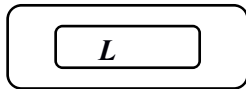
西风带：[地面：温带气旋、冷高压]



副高

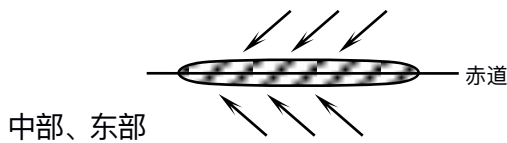


信风带：[高空：东风坡]，[地面：热带气旋、热带云团]



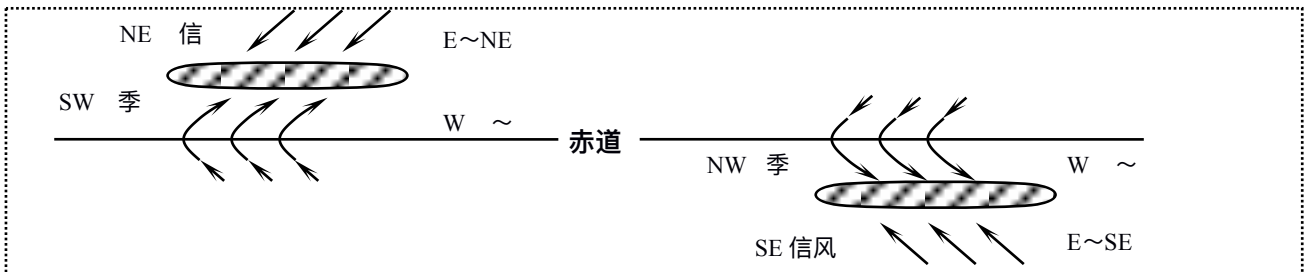
赤道低压带（热带辐合带）

**信风槽**：信风+信风



**季风槽**：信风+季风

南亚、西太平洋

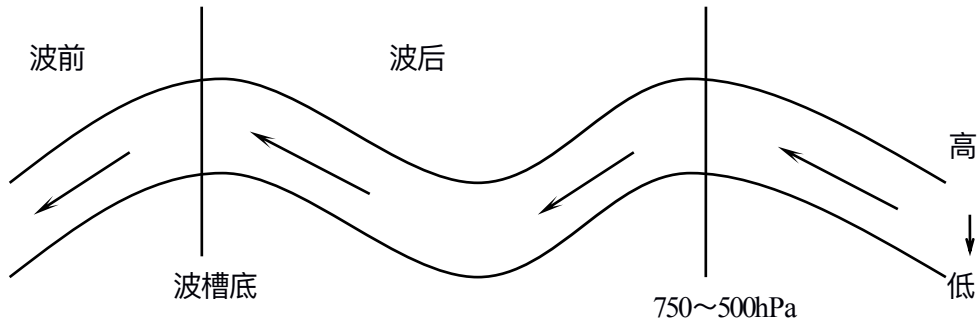


对流单体（细胞）（1~10）

中尺度对流云体群（10~100km）

热带云团（100km~1000km）——热带辐合带

**东风坡**



- 1) 较弱: 倒V字型      大西洋中、东部
  - 2) 大西洋西部、加勒比海:
    - 波前: 好天气      波后: 雷雨区
  - 3) 太平洋西部:
    - 波前: 雷雨区      波后: 好天气
- } 不对称

## 海上天气预报

天气形势预报: 天气系统  
 天气要素预报: 风、气温、云、雨、能见度.....

} 基础

主观预报: 天气图法  
 客观预报: 数值预报法

短期预报: ~3 天  
 中期预报: 3~10 天  
 长期预报: >10 天

VS 可见光      IR 红外线

### 气象传真图

TT	AAxx	CCCC	YY GG gg	MMM	JJJ
图类	图区	传真台	日时分	月	年

图类: A: 分析(Analysis); F: 预报(Forecast); S: 地面(Surface); U: 高空(Upper-air); W: 海浪;

①地面图 (AS,FS)    ②高空图 (AU,FU)    ③卫星云图 (VS,IR)    ④海浪图 (AW,FW)

⑤海流图 (SO,FO)    ⑥海温图 (CO,FO)    ⑦冰况图 (ST,FI)    ⑧热带气旋警报图 (WT)

### 天气形势 (Synoptic Situation)

FSxx——预报时间

- |            |          |
|------------|----------|
| 02——24小时预报 | BAF 北京台  |
| 03——36小时预报 | JMH 东京1台 |
| 04——48小时预报 | JMJ 东京2台 |
| 07——72小时预报 |          |

09—96小时预报  
 12—120小时预报  
 14—144小时预报  
 16—168小时预报  
 19—192小时预报

L                    H  
 ×                    ×    中心位置  
 985                1028    中心气压值

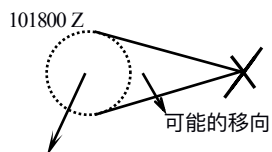
↑ 10KT: 移速 10 节

↑ SLW: 有移向, 移速小于 5 节

STNR(stationary 静止) / (Q STNR 准静止): 移向不定, 移速小于 5 节

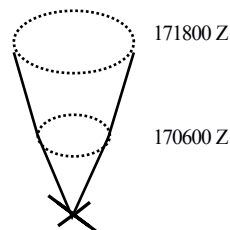
[SW]热带气旋(热带风暴) 10~11 级; 锋面气旋≥10 级

TS    STS    T:



在预报时刻天气系统中心位于圆中心的概率为 70%

风力≥10 级 锋面气旋:



T9018 ED(9018)                    90 年 18 号  
 965 hPa                                中心气压值  
 中心位置    16.1N 112.9E    PSN GOOD    飞机定位  
 移向        WEST    08KT        移速  
 MAX WINDS 70KT NEAR CENTER    近中心最大风速 70 节  
 OVER 50KT WITHIN 75NM            50 节的大风圈半径 75 海里  
 OVER 30KT WITHIN 225NM          30 节的大风圈半径 225 海里  
    575NM    NE——SEMICIRCLE    东北半圆的 575 海里  
    255NM    ELSE WHERE            其他方向的 255 海里

