

A world map showing a dense network of blue and yellow lines representing weather data or storm tracks across the globe. The lines are most concentrated in the tropical and subtropical regions, particularly in the Pacific and Atlantic Oceans.

台风预报及其灾害

国家气象中心 (中央气象台)

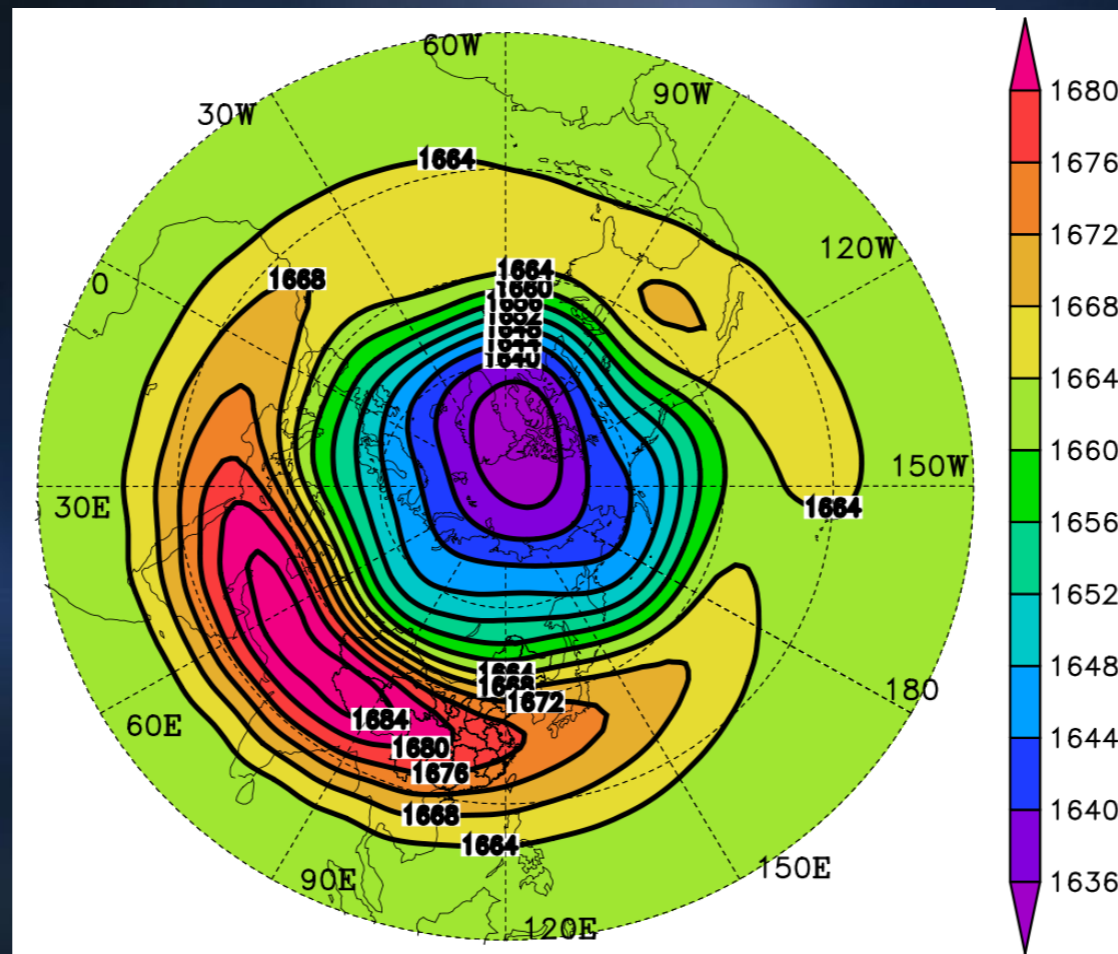
许映龙

Email : xuyl@cma.cn

第二讲 热带天气分析



热带天气分析



主要内容

- 热带地区（低纬地区）的概念
- 热带大气环流概况（冬季）
- 热带大气环流概况（夏季）
- 热带天气系统

2.1 热带地区（低纬地区）的概念



热带地区（低纬地区）的概念

- 地理学

- ✓ 南北回归线（ 23.5°N - 23.5°S ）以内的地区为热带地区； 10°N - 10°S 以内的地区为赤道地区

热带地区（低纬地区）的概念

- 气候学和天气学

- ✓ 南北半球副热带高压之间的地区，即赤道两侧盛行东风带的地区，即**30°N-30°S**以内的低纬度地区
- ✓ 包括赤道地区、热带和副热带地区，面积约为整个地球表面积的一半，相当于中高纬度面积的总和
- ✓ 热带地区大部为广阔的洋面，下垫面较为均匀
- ✓ 热带地区范围在南北半球冬夏半年会有所伸缩，如北半球冬半年的热带东风带在**20°N**以南，夏半年有时可扩及**30-35°N**以北

热带地区（低纬地区）的概念

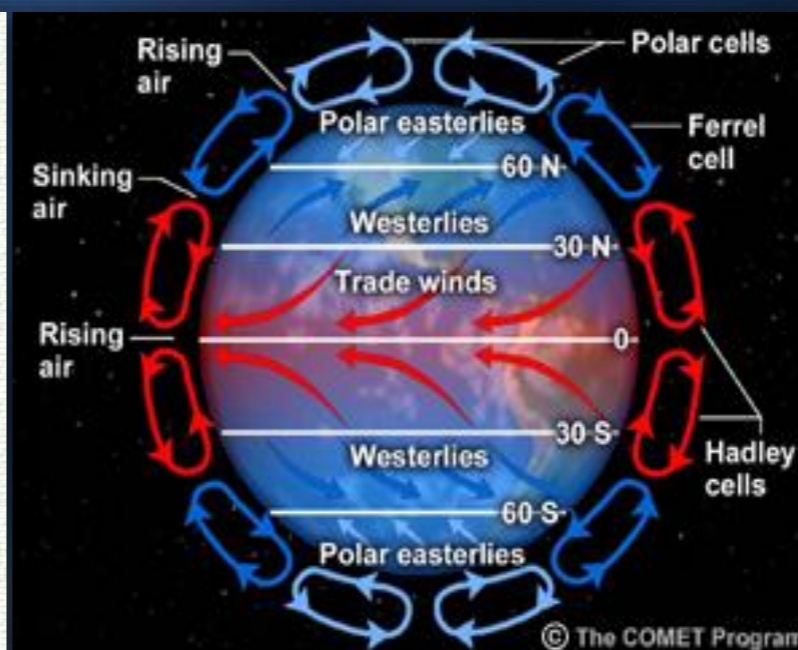
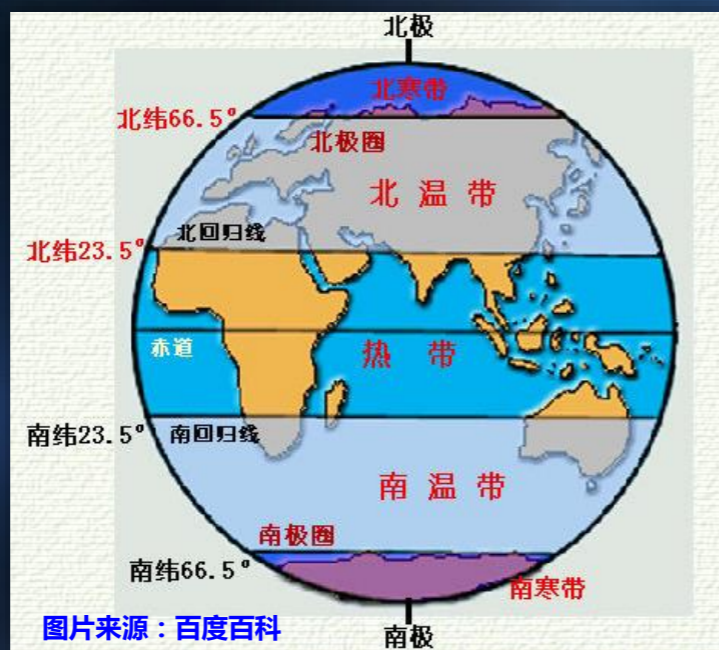
- 中高纬地区

- ✓ 副热带高压脊线向极地一侧，西风盛行带的范围

热带地区（低纬地区）的概念

● 副热带地区

- ✓ 东风盛行带与中纬度西风盛行带之间的过渡地区，即副热带高压活动的区域，为温带与热带之间的过渡地带



热带地区的意义

- 热带地区是全球大气运动的能量和水汽的输送的主要源地
 - ✓ 低纬度地区约占全球的一半，四分之三左右是海洋。该区辐射收入大于支出，其盈余的热量，可通过大气和海洋输送到中高纬度地区
- 热带大气从地表得到角动量，所以热带地区又是大气角动量的源区之一

热带地区的意义

- **热带地区许多天气系统直接影响中高纬地区**
 - ✓ 热带地区大气环流除哈得来环流和信风环流外，还有许多大型环流系统，如热带辐合带、副热带高压和季风环流等，其强弱和变化不但影响热量和角动量的输送，且影响天气系统的产生和活动，对中高纬度和热带地区有直接影响
 - ✓ 制作中高纬度地区较长时期的天气预报时，必须考虑热带大气环流和大洋环流的变化

热带大气运动的基本特征 (1)

- 低纬度地转偏向力很小，不能满足地转风关系
 - ✓ 天气尺度系统具有非地转特征，行星尺度的运动具有准地转特征
- 同中高纬地区相比，热带流场的变化显得更为重要
 - ✓ 科里奥利参数很小，气压场水平梯度比中高纬度小，流场水平差异明显
 - ✓ 天气系统发生，往往先出现流场的涡旋、辐合和辐散及风的水平切变和铅直切变，气压场只有当产生强烈对流运动后，特征才逐渐明显

热带大气运动的基本特征（2）

- 热带低层大气温度很高，且很潮湿，热带地区中下层大气经常处于条件不稳定状态，极有利于对流的发展
- 凝结潜热效应对垂直运动和散度场具有显著影响
 - ✓ 热带地气系统净得到热量，几乎全部被地表（洋面）吸收，仅有一小部分通过湍流方式直接输送给大气，大部分通过地表水分的蒸发变为潜热，再通过大气中水汽凝结过程以释放潜热方式将热量输入大气
 - ✓ 热带大气中凝结潜热释放对大尺度运动系统的水平散度和垂直速度有显著影响

热带天气及其分析方法的特点 (1)

- 热带地区天气及其分析方法与中纬度地区差别显著
 - ✓ 热带地区的气象要素分布较为均匀，气压、高度、温度、密度的水平梯度比中纬度地区要小得多
 - ✓ 低纬地区不一定适用中纬度简化风压关系(地转风近似)

热带天气及其分析方法的特点（1）

- 热带地区天气及其分析方法与中纬度地区差别显著

- ✓ 除台风外，热带地区气压(高度)场和天气的关系不明显

- ① 台风发展与正压不稳定性（风水平切变）、斜压不稳定性（风垂直切变）以及第二类条件性不稳定的关系很大

- ② 温带气旋的发生、发展是与强温度水平梯度相关联的斜压不稳定性相关

热带天气及其分析方法的特点（2）

- 热带地区，日变化小、地形作用及积云对流作用比中纬度地区更为重要
 - ✓ 中纬度地区也存在上述作用，但常被天气尺度系统所掩盖
 - ✓ 低纬度地区，多数天气尺度系统很弱且不易确定，小尺度影响在日常天气分析和短期预报中就显得更为重要

热带天气及其分析方法的特点（2）

- 20世纪50年代提出热带天气分析方法，气象卫星资料的应用，弥补了低纬地区（特别是洋面）资料的不足，改进了云观测代表性差的缺点，推进了热带天气分析工作

流线分析和卫星云图分析是热带地区天气分析的重要工具

2.2 热带大气环流概况（冬季）

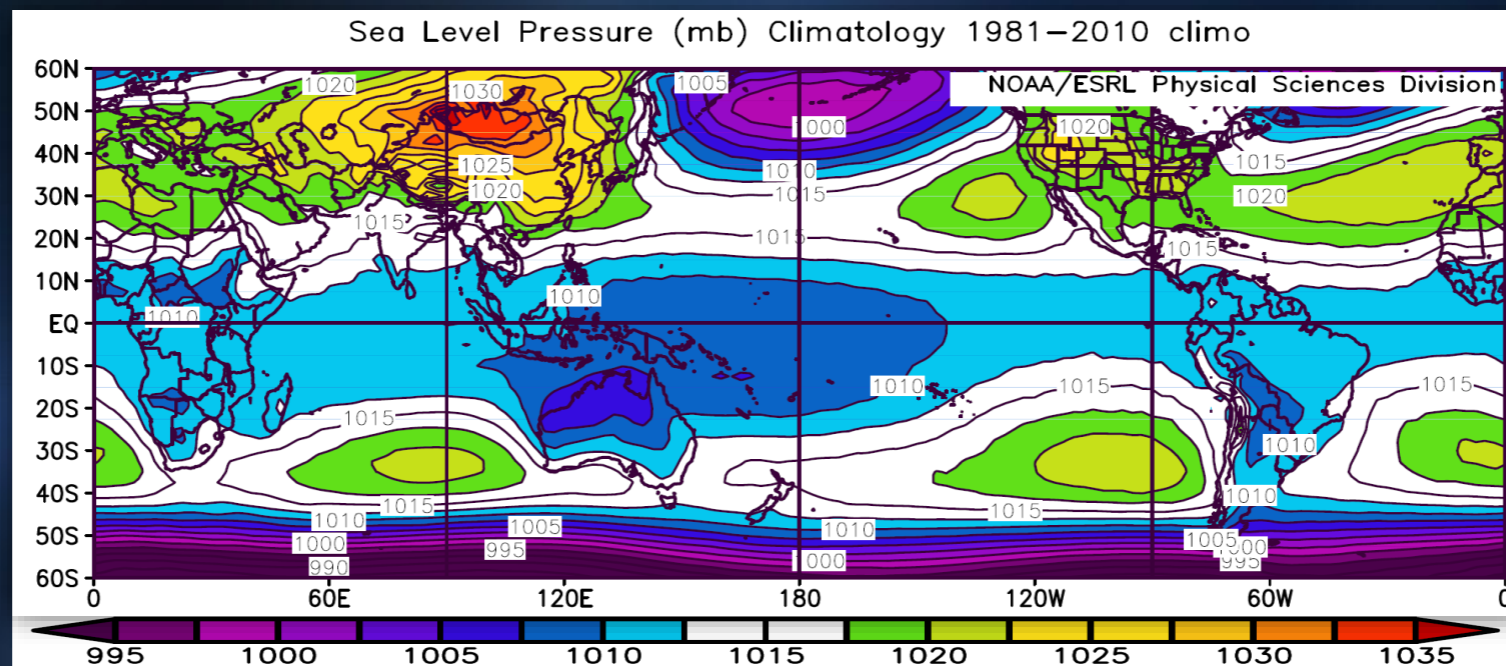


热带大气环流概况 (冬季, 12月-2月)

- 北半球冬季, 低纬度主要的地面气压系统

- ✓ 欧亚大陆: 强大的冷高压

- ✓ 太平洋和大西洋: 副热带高压退居大洋东部, 强度很弱

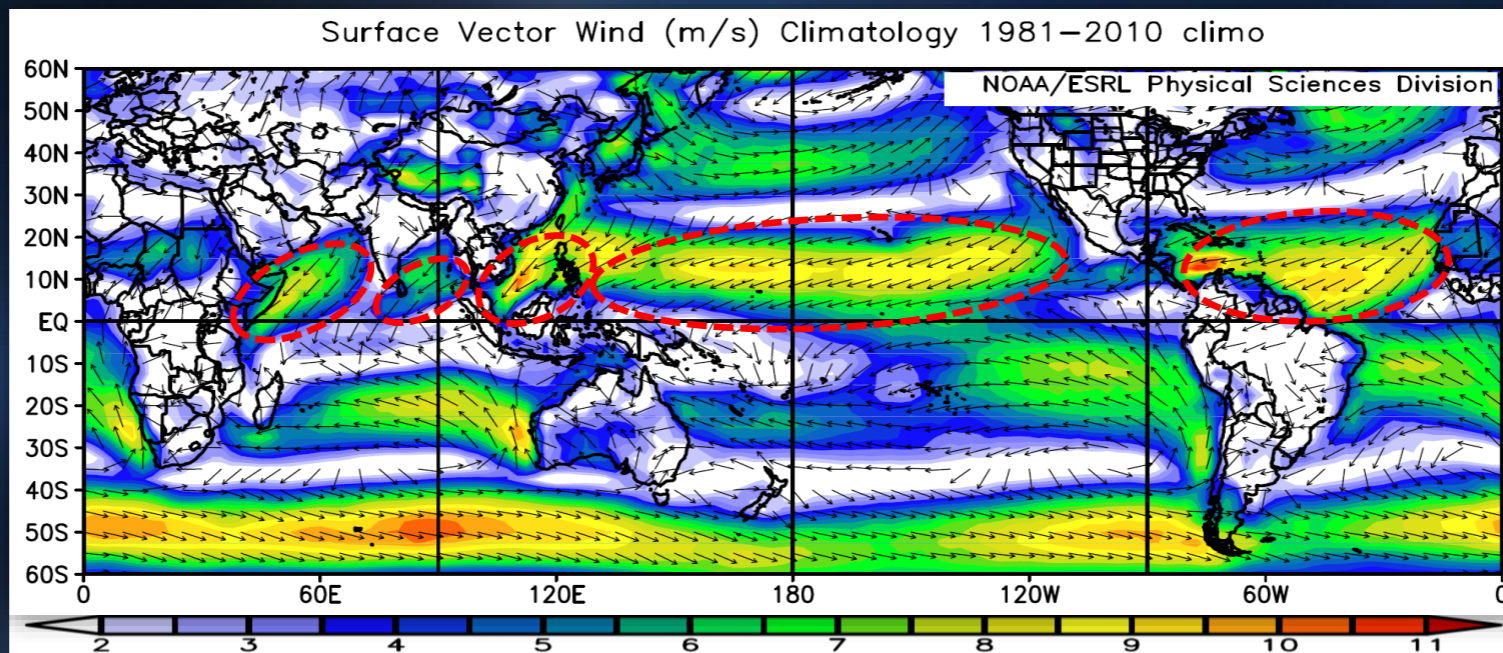


全球海平面气压分布图 (冬季)

热带大气环流概况（冬季，12月-2月）

- 北半球冬季，低纬度地面的主要气流

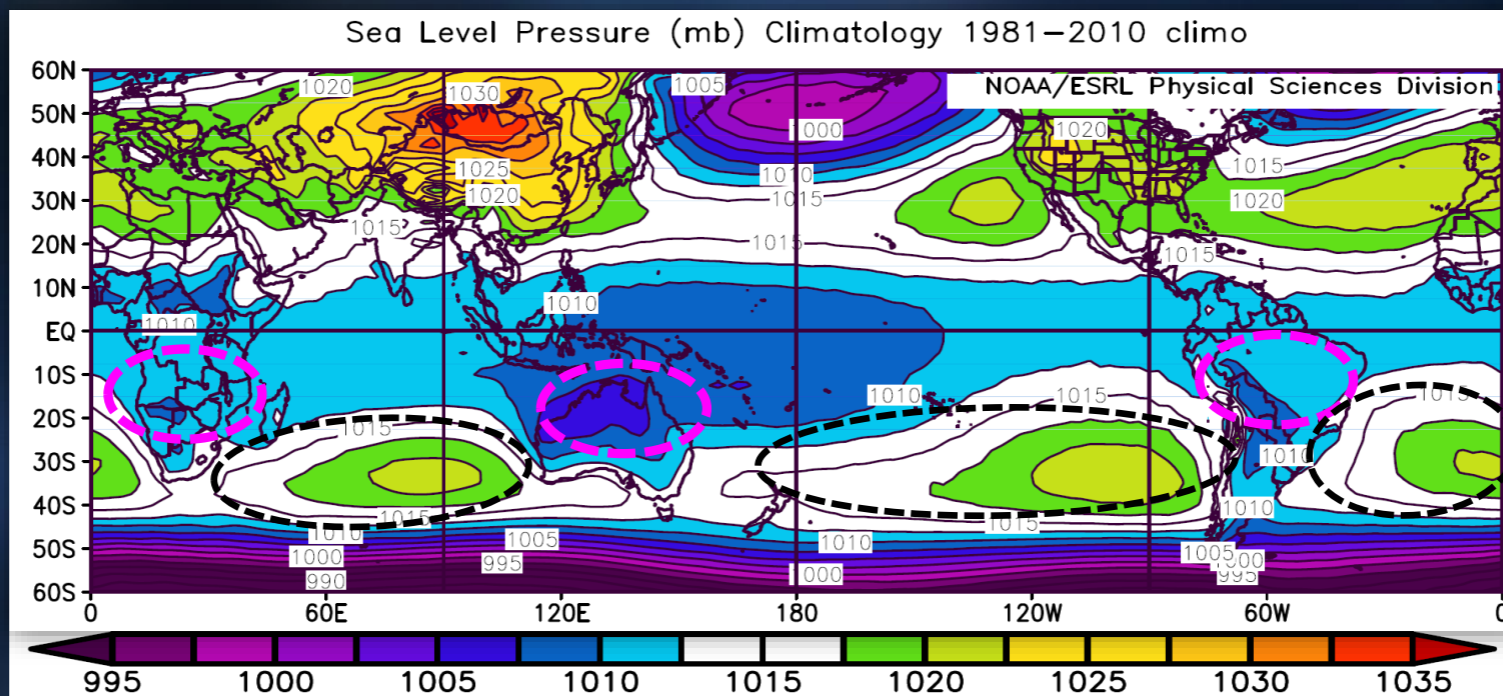
- ✓ 欧亚大陆冷高压南侧为东北气流，华南、东南亚和南亚地区是著名的东北季风区
- ✓ 大西洋和太平洋副热带高压的南侧也是东北气流，是恒定的东北信风



全球地面风场分布图（冬季）

热带大气环流概况 (冬季, 12月-2月)

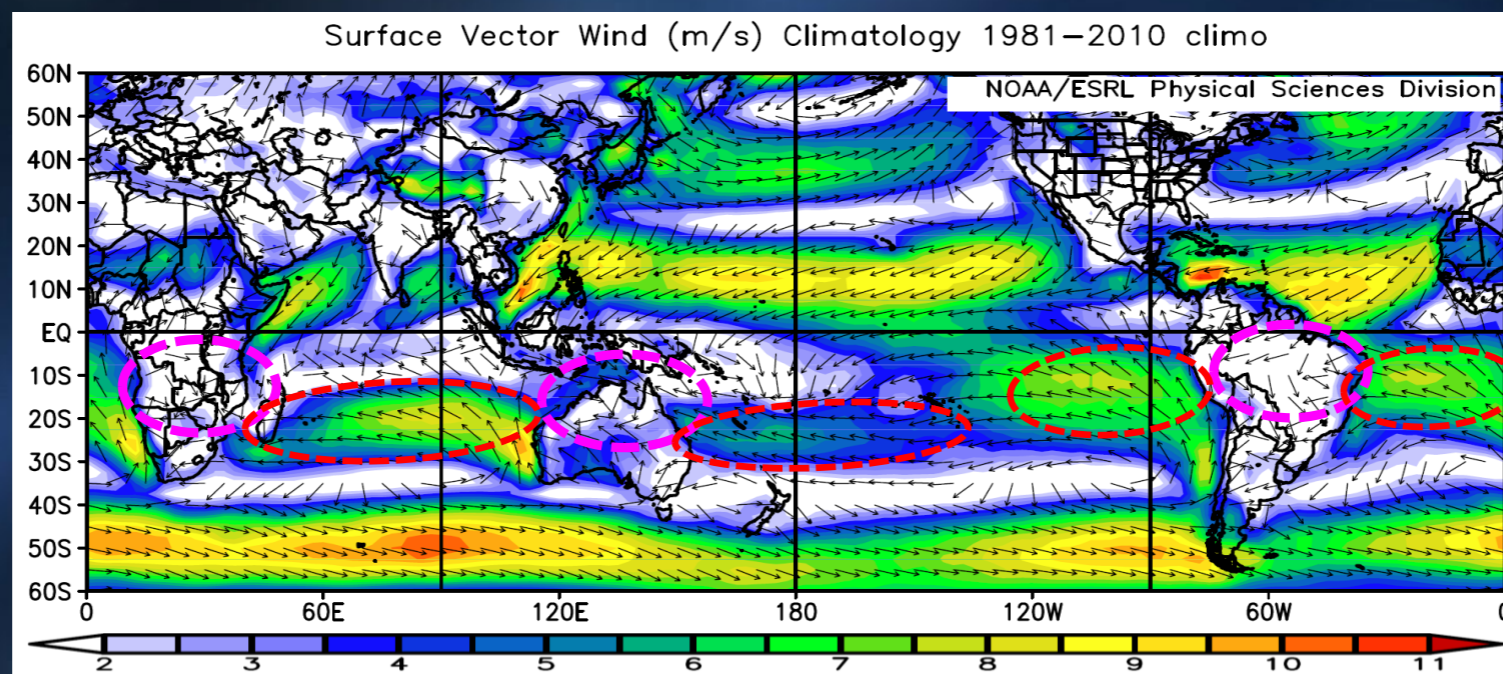
- 南半球夏季, 低纬度主要的地面气压系统
 - ✓ 三个大陆均为热低压控制, 以澳洲大陆热低压最强
 - ✓ 三个大洋均为很强的副热带高压控制



全球海平面气压分布图 (冬季)

热带大气环流概况（冬季，12月-2月）

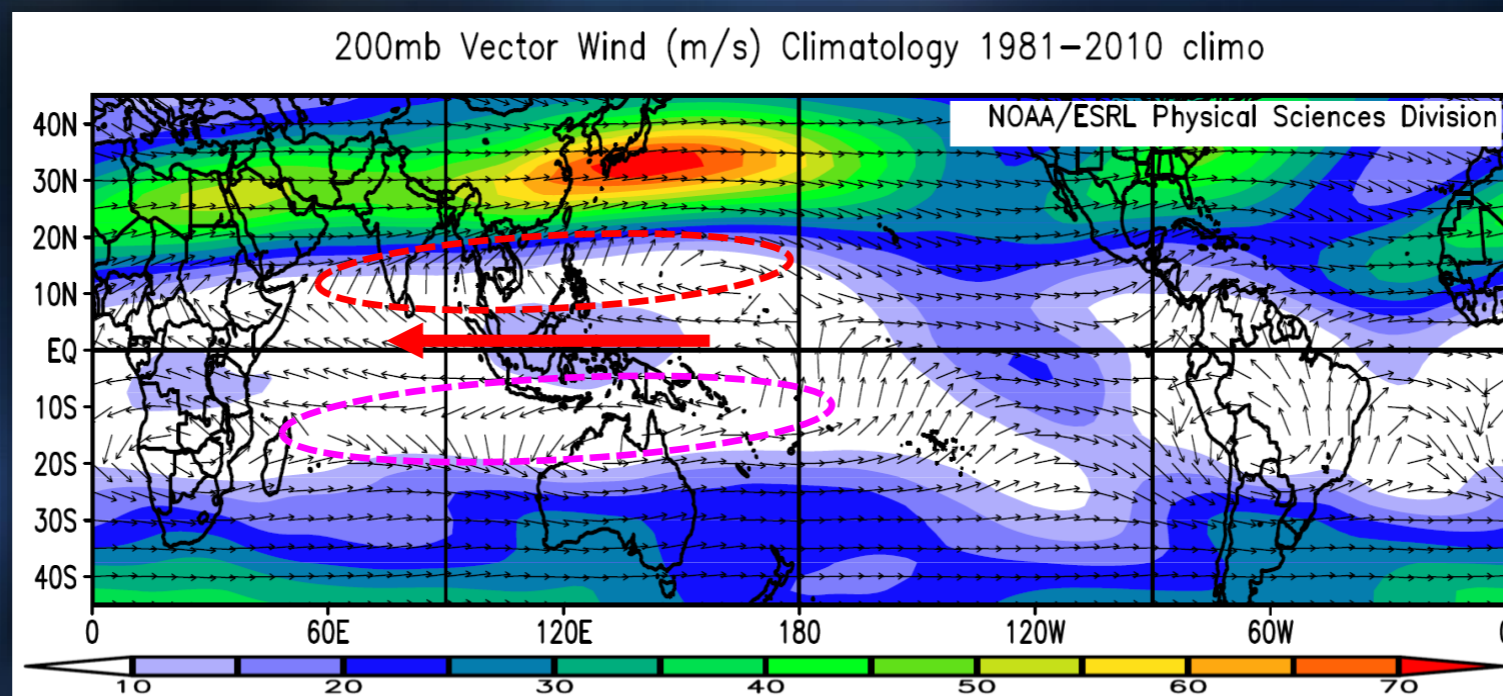
- 南半球夏季，低纬度地面的主要气流
 - ✓ 三个大陆均为气旋性环流，但风力较弱
 - ✓ 三个大洋副热带高压北侧盛行稳定的东南气流，是东南信风



全球地面风场分布图（冬季）

热带大气环流概况（冬季，12月-2月）

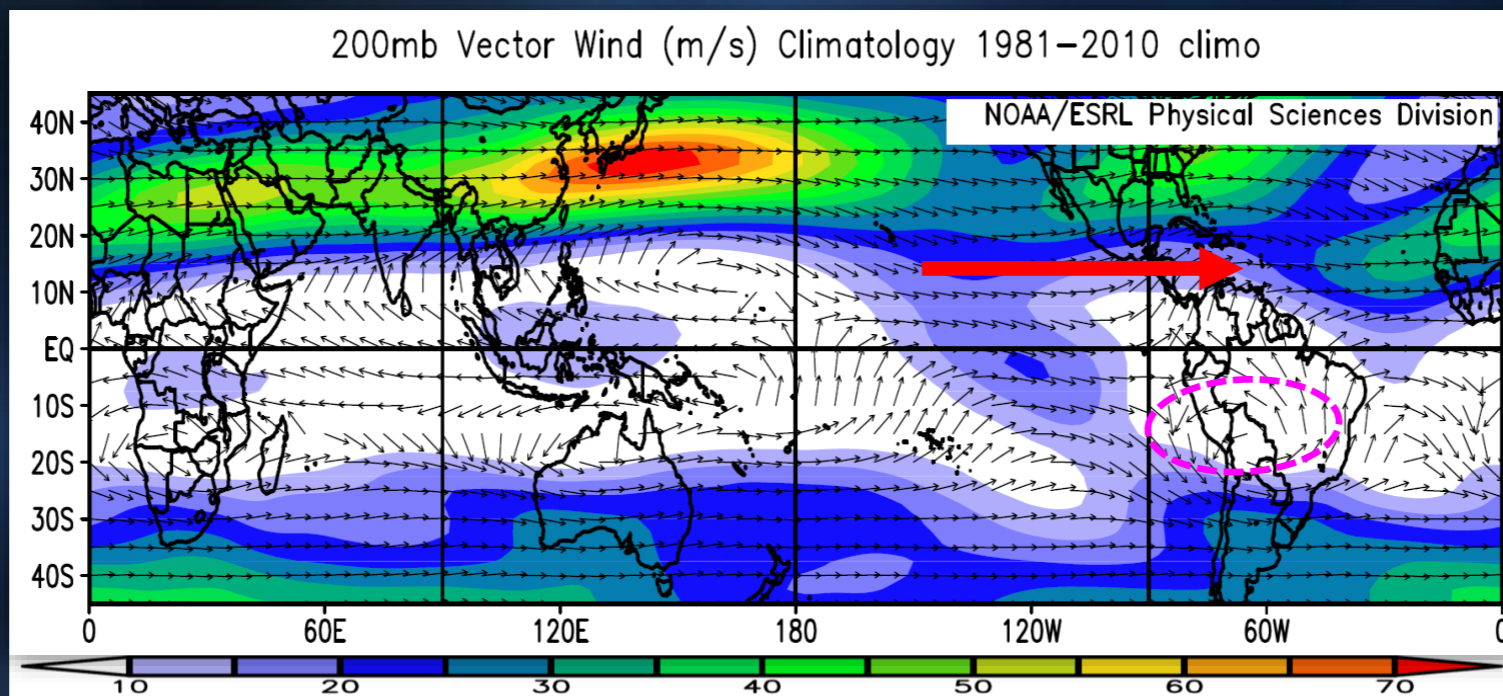
- 北半球冬季，东西半球高空环流存在巨大差异
 - ✓ 东半球赤道地区正好位于南北半球的反气旋带之间，盛行热带东风



全球200hPa高空风场分布图（冬季）

热带大气环流概况 (冬季, 12月-2月)

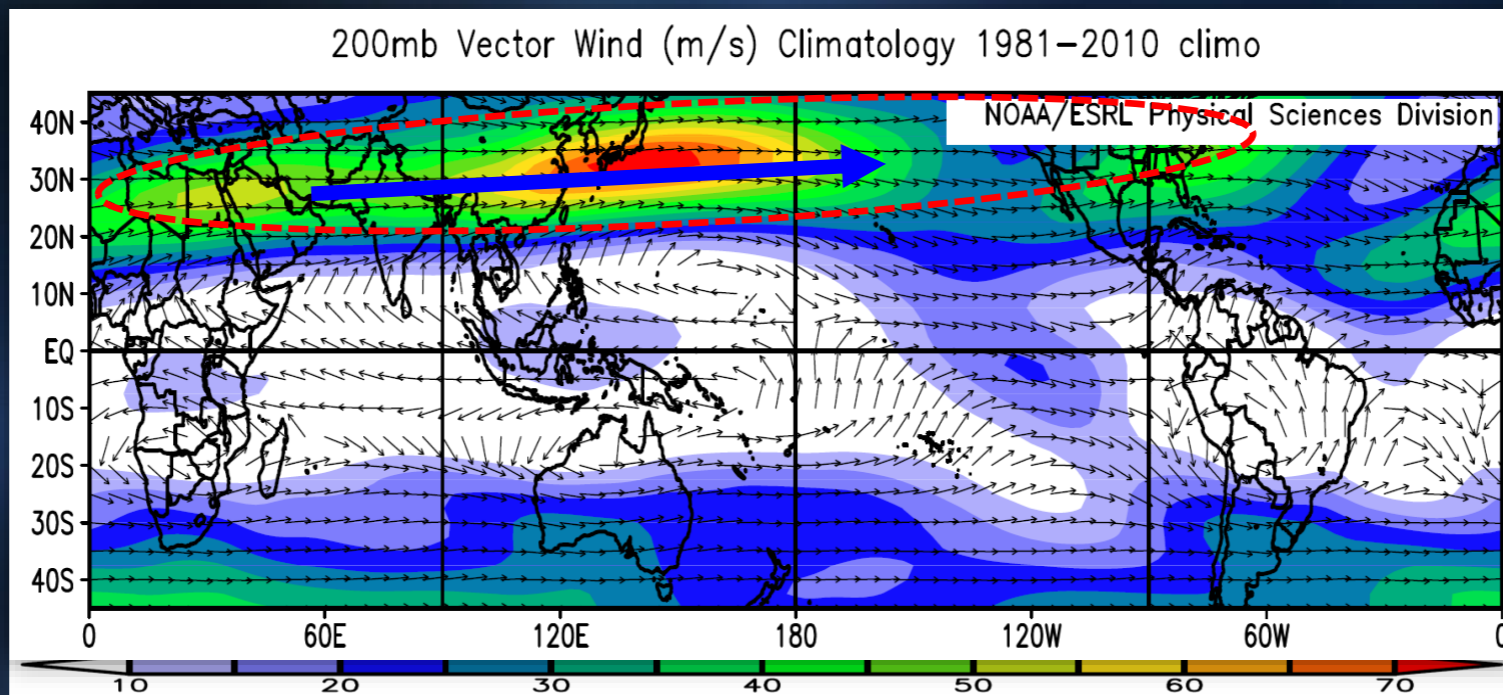
- 北半球冬季, 东西半球高空环流存在巨大差异
- ✓ 西半球包括热带东太平洋和大西洋, 以偏西风为主, 仅南美大陆上空有弱的反气旋环流中心



全球200hPa高空风场分布图 (冬季)

热带大气环流概况 (冬季, 12月-2月)

- **北半球冬季, 东西半球高空环流存在巨大差异**
- ✓ **10°N以北, 高空盛行偏西气流, 在20°N~30°N间有一支几乎环绕全球的强劲副热带西风急流, 冬季比夏季强, 最大风速中心出现在200hPa高度附近**



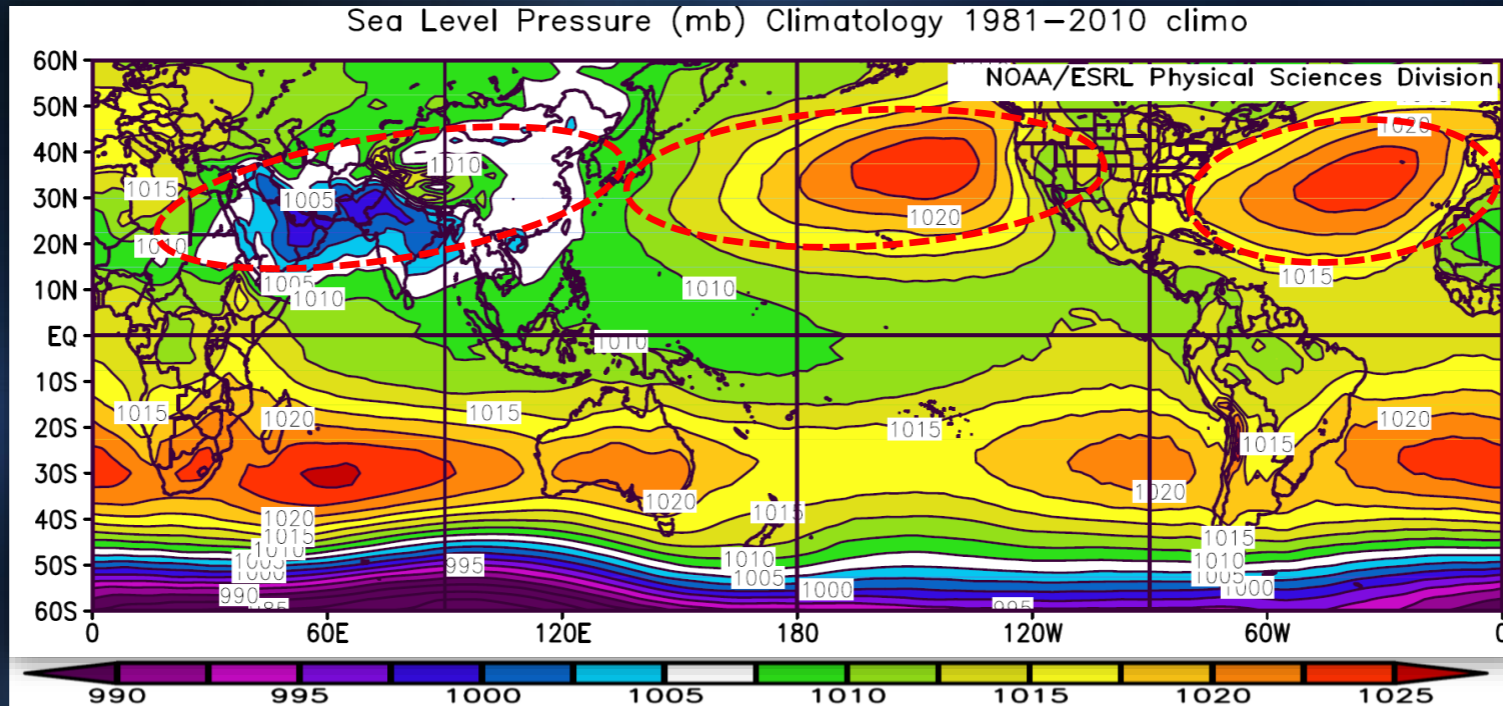
全球200hPa高空风场分布图 (冬季)

2.3 热带大气环流概况（夏季）



热带大气环流概况（夏季，6月-8月）

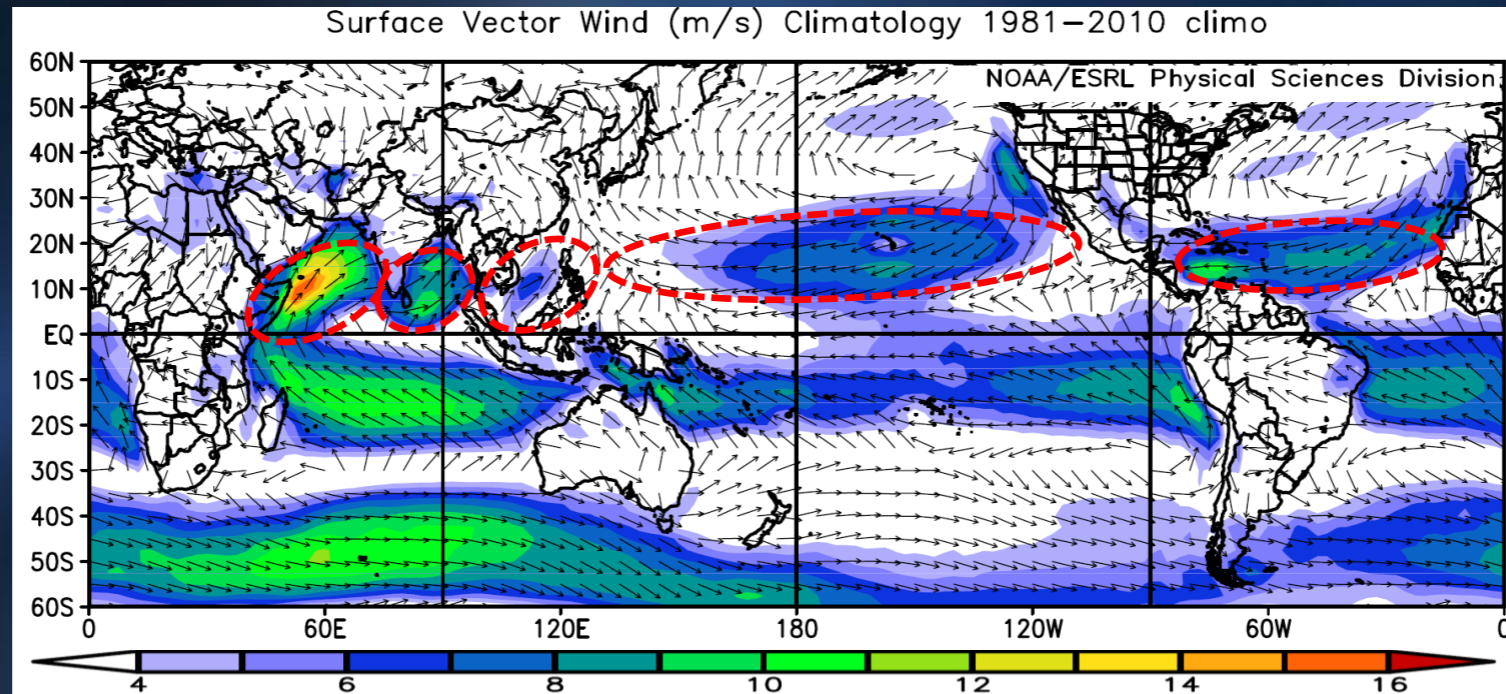
- 北半球夏季，低纬度地区最主要的地面气压系统
- ✓ 亚洲地区为一庞大的热低压区
- ✓ 太平洋和大西洋副热带高压比冬季强得多，中心位置偏西、偏北



全球海平面气压分布图（夏季）

热带大气环流概况（夏季，6月-8月）

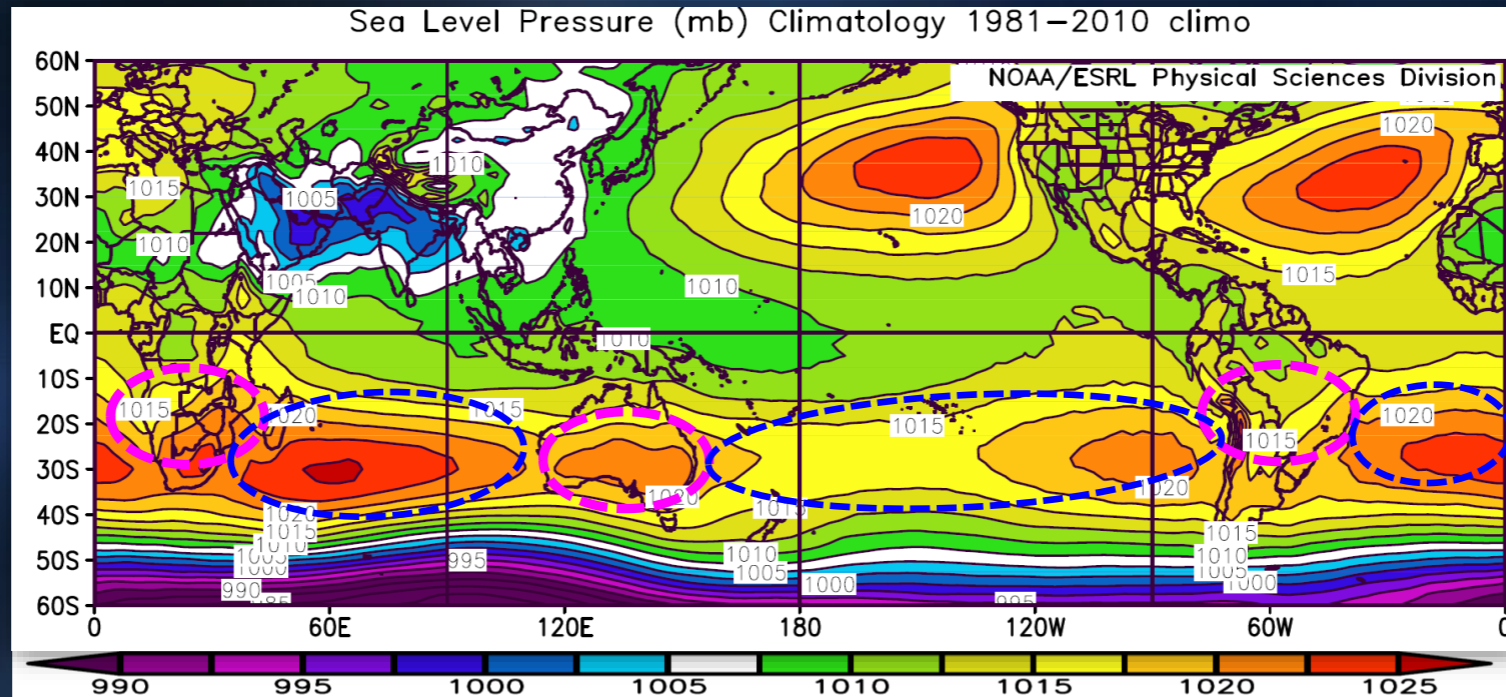
- 北半球夏季，低纬度地面的最主要气流
- ✓ 位于亚洲地区热低压区南侧的印度洋和南海的气流由冬季的东北季风转变为西南季风，强而稳定，是全球最突出的现象
- ✓ 太平洋和大西洋副热带高压南侧盛行偏东气流



全球地面风场分布图（夏季）

热带大气环流概况（夏季，6月-8月）

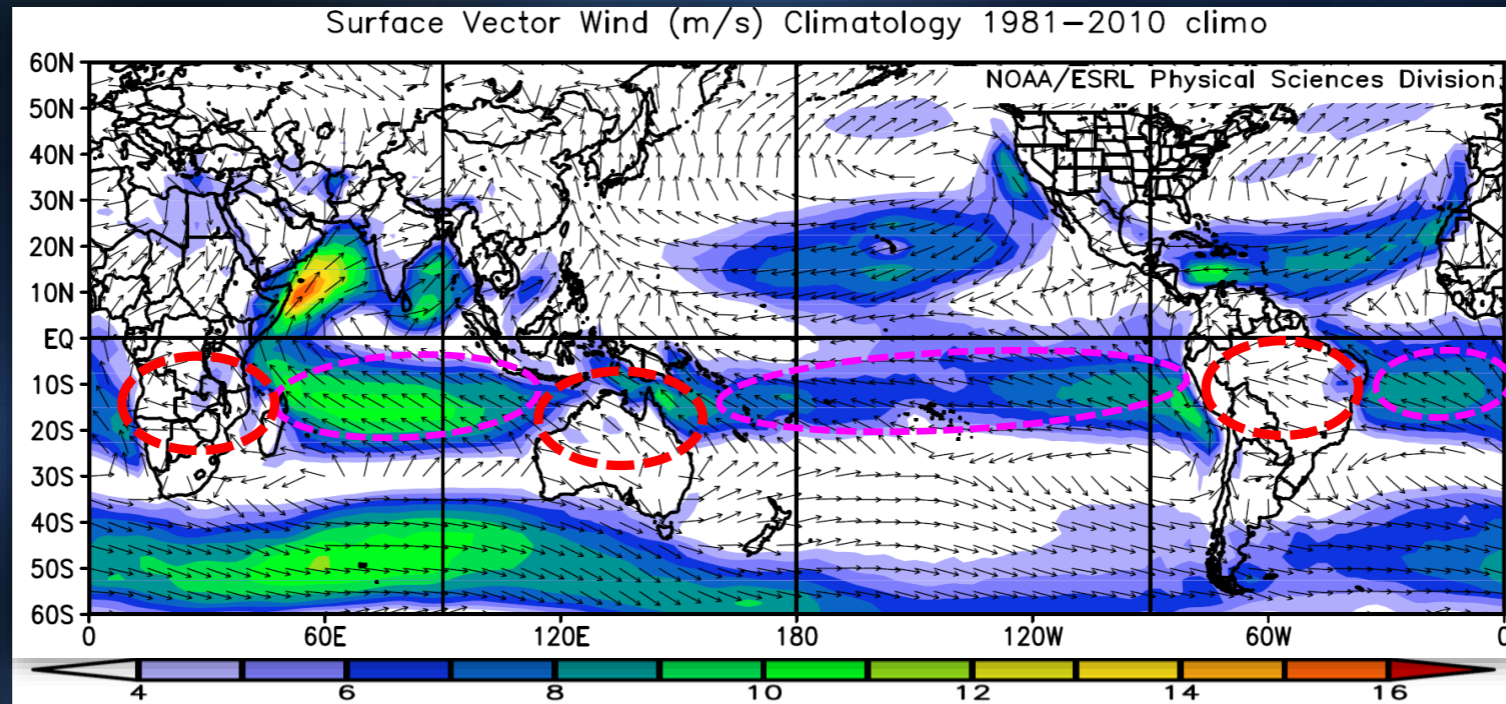
- 南半球冬季，低纬度地区最主要的地面气压系统
- ✓ 三大洋仍为副热带高压控制，较夏季强，且向北推进，其强度的冬夏变化要比北半球小得多
- ✓ 三个大陆为高压区，澳大利亚为较强的冷性反气旋环流控制，这是经常影响东南亚的南半球寒潮的来源



全球海平面气压分布图（夏季）

热带大气环流概况（夏季，6月-8月）

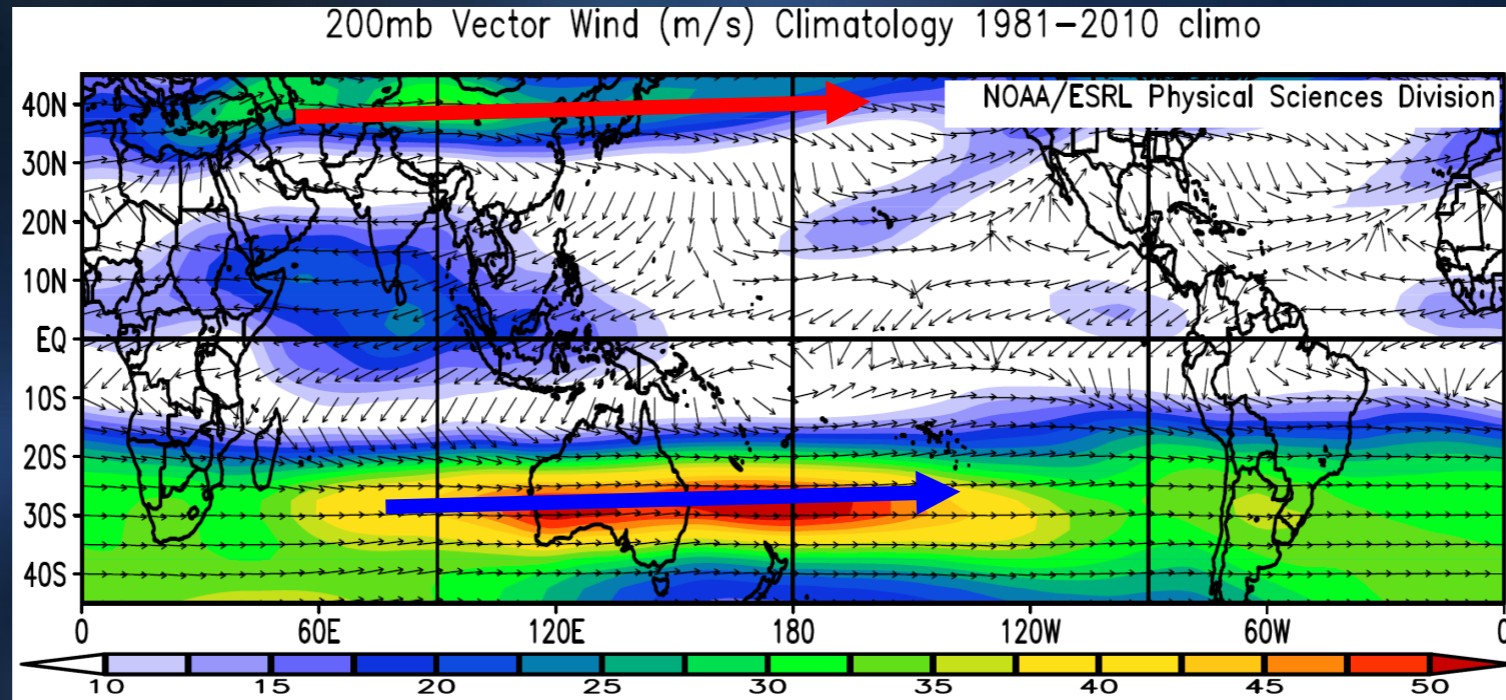
- 南半球冬季，低纬度地区地面的主要气流
- ✓ 三大洋副热带高压的北侧盛行东南气流，是恒定的东南信风
- ✓ 三个大陆高压区的北侧也盛行东南气流



全球地面风场分布图（夏季）

热带大气环流概况（夏季，6月-8月）

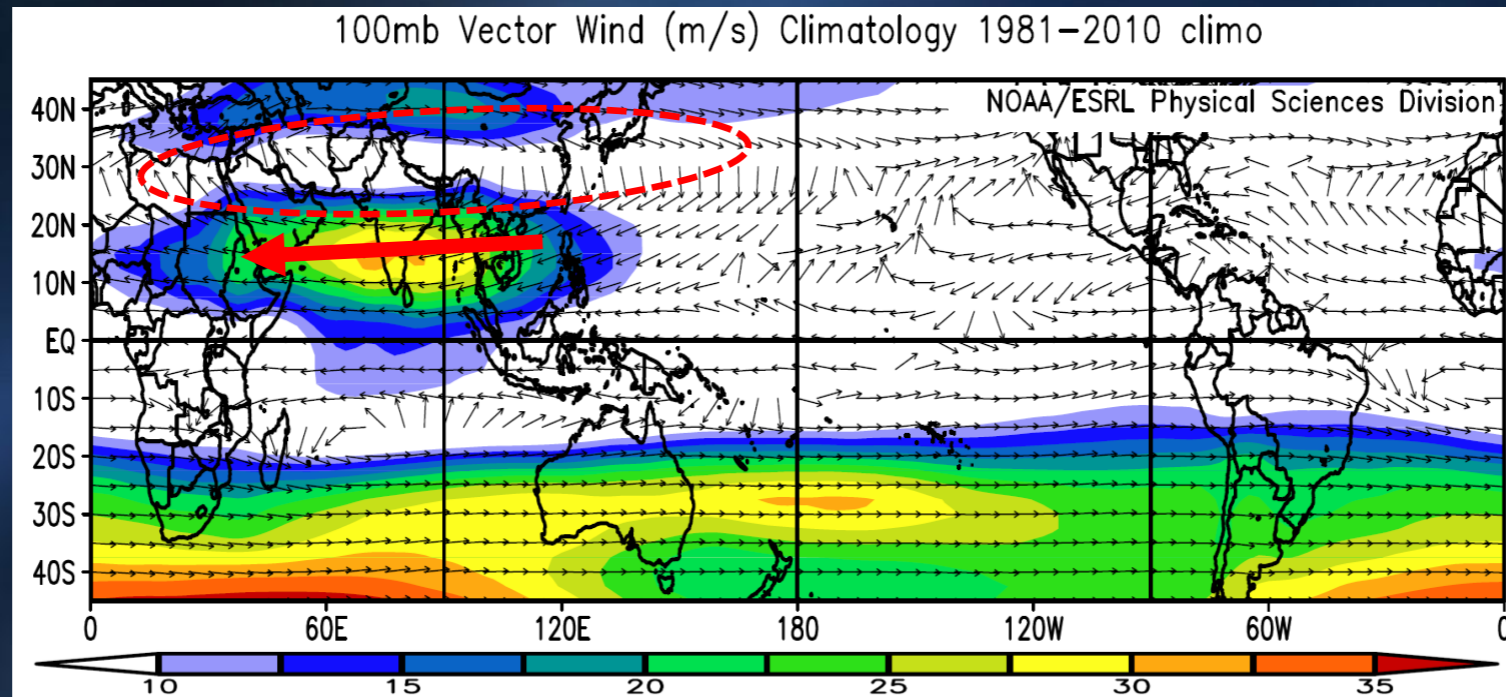
- 夏季，高空环流比冬季有明显的变化
 - ✓ 环绕全球的副热带西风急流的强度比冬季弱得多
 - ✓ 南半球海陆分布较均匀，副热带急流也比北半球均匀得多，强度也强于北半球



全球200hPa高空风场分布图（夏季）

热带大气环流概况（夏季，6月-8月）

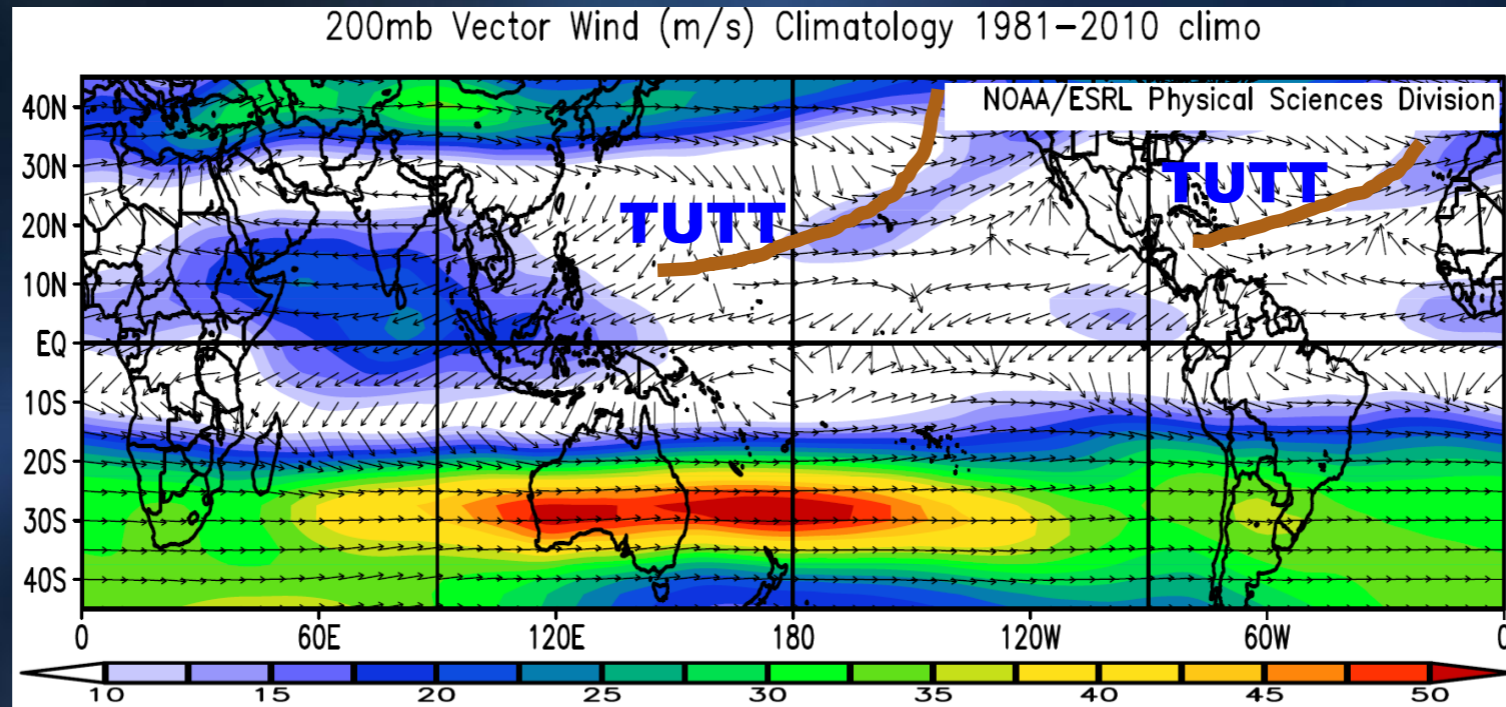
- 夏季，高空环流比冬季有明显的变化
 - ✓ 亚非大陆出现以青藏高原-伊朗高原为中心的强大高空反气旋，与地面庞大的低压相对应，是夏季全球最强大、最突出的准定常超长波系统，称为南亚高压
 - ✓ 南亚高压南侧为较强的东风急流，可出现气旋性扰动，称为东风波



全球100hPa高空风场分布图（夏季）

热带大气环流概况（夏季，6月-8月）

- 夏季，高空环流比冬季有明显的变化
- ✓ 太平洋中部和大西洋中部上空（300~200hPa）存在一条呈东北-西南走向的低槽，称为**热带高层对流层槽(TUTT)**，简称为洋中槽，其下层是副热带高压所在



全球200hPa高空风场分布图（夏季）

2.4 热带天气系统



热带天气系统

1. 热带辐合带

Intertropical Convergence Zone , ITCZ

2. 热带高层对流层槽

Tropical Upper Tropospheric Trough , TUTT

3. 副热带高压 --- Subtropical High

4. 南亚高压 --- South Asia High , SAH

5. 高空急流 --- Upper Level Jet

6. 赤道缓冲带 --- Equatorial Buffer Zone

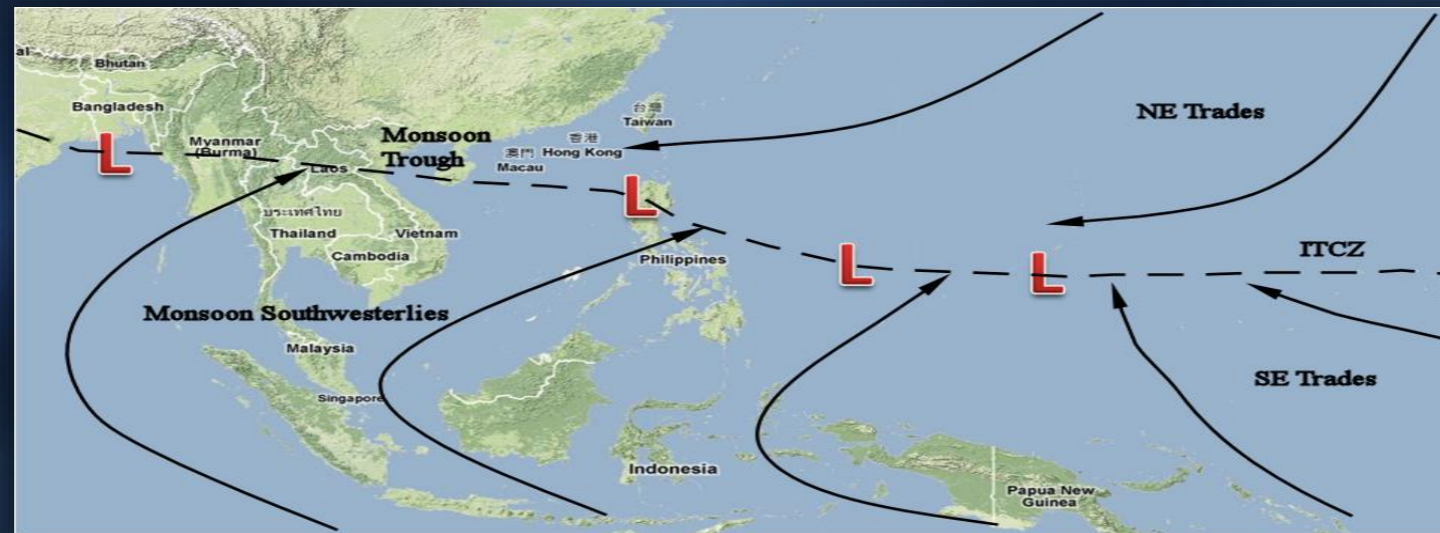
热带天气系统

- 7. 南支槽 --- India-burma Trough**
- 8. 双台风 --- Binary Typhoons**
- 9. 东风波 --- Easterly Waves**
- 10. 锋区波动的叠置
Frontal Wave Superposition**
- 11. 长波替换调整
Long Wave Replacement and Adjustment**
- 12. 阻塞高压 --- Blocking High**
- 13. 低层流入 --- Low Level Inflow**

热带辐合带

--- Intertropical Convergence Zone , ITCZ

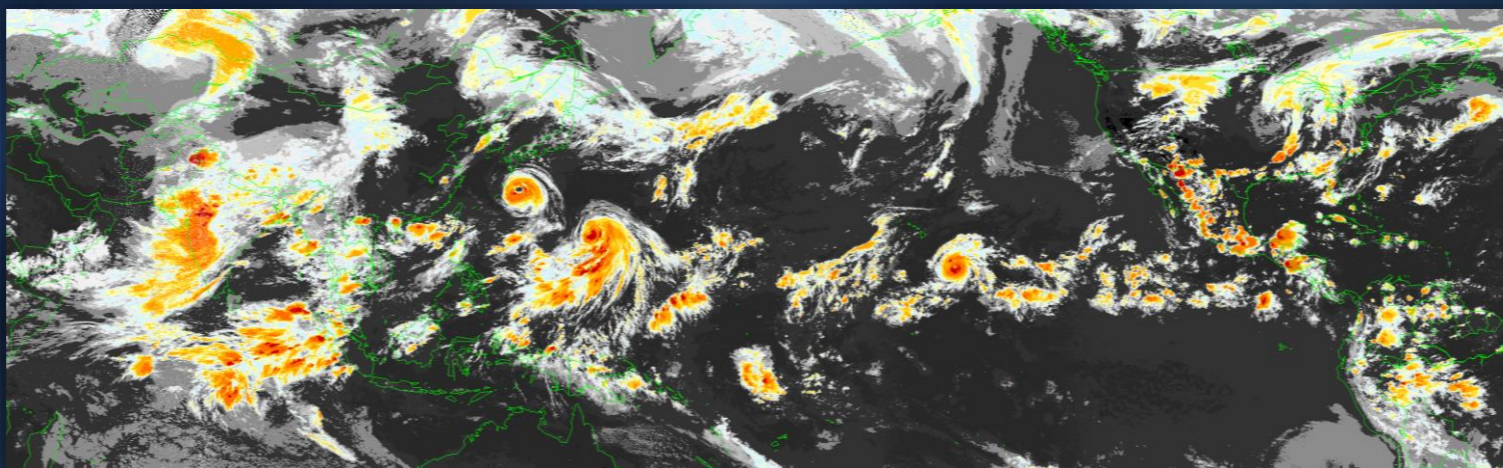
- ✓ 南北半球两个副热带高压间气压最低、气流汇合的地带
- ✓ 行星尺度的、持久的大型天气系统，可环绕地球一圈
- ✓ ITCZ移动、变化、强弱生消，对热带天气影响极大
- ✓ 气压场上，表现为低纬地区的槽区或低压区
- ✓ 流场上，表现为一条近于连续的气流汇合线或汇合区



热带辐合带

--- Intertropical Convergence Zone , ITCZ

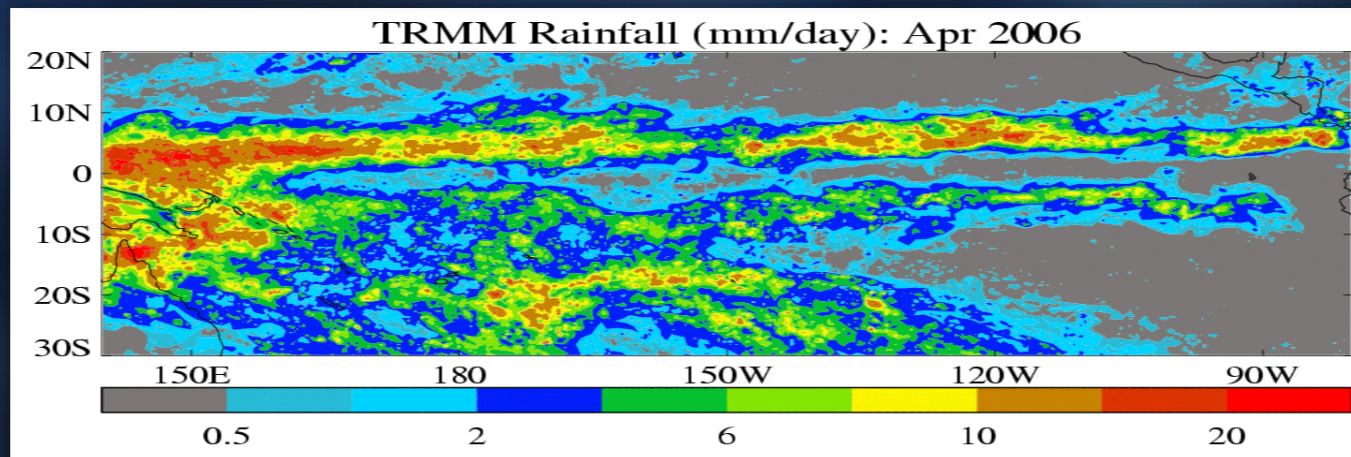
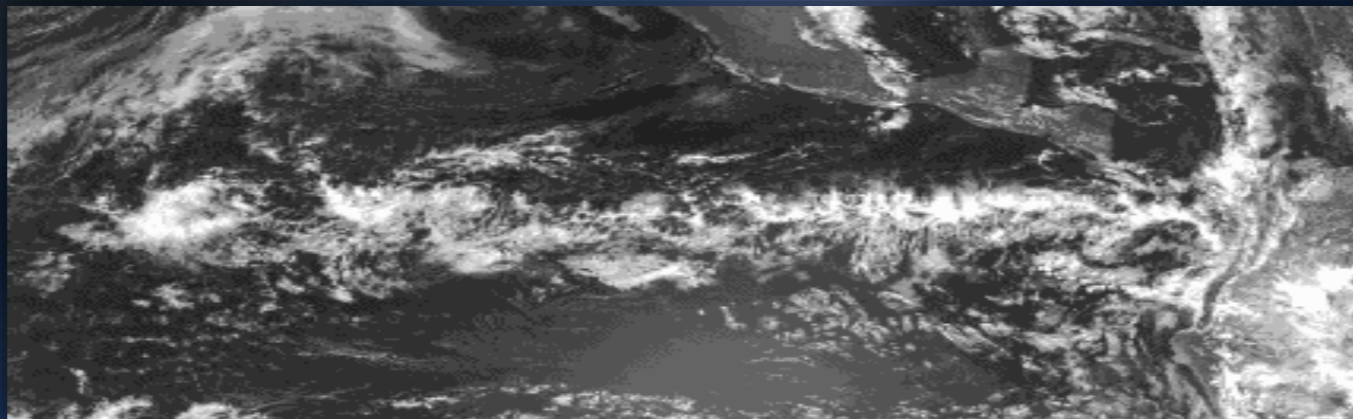
- ✓ 卫星云图上，表现为由一系列对流云团组成的近纬向连续云带，宽度可达5个纬距以上，东西长达数千公里
- ✓ 卫星观测表明，热带大部分云系集中在ITCZ内，对应洋面温度的暖轴，因此，ITCZ是低纬热量、水汽输送最集中的地区，是大气能量的源地，也是台风发生发展的主要源地，对大气环流有极其重要的作用
- ✓ 约有70~80%的台风是由ITCZ内的热带扰动加强而成的



热带辐合带

--- Intertropical Convergence Zone , ITCZ

- ✓ 通常情况下，ITCZ仅表现为单独一条，但有时表现为Double ITCZs云带特征，分别位于南北半球



● ITCZ的云系特征

- ✓ ITCZ内，常有水平范围大于7个纬距、生命史1天以上的大范围热带云团，在合适环境下，一些热带云团可发展成为台风
- ✓ 热带云团发展的标志是云团东南象限有西南方向的大范围对流云带，云团边缘有向四周流出的卷云羽。前者表示其低空有充沛水汽输送，后者表示其高空伴有明显高空辐散

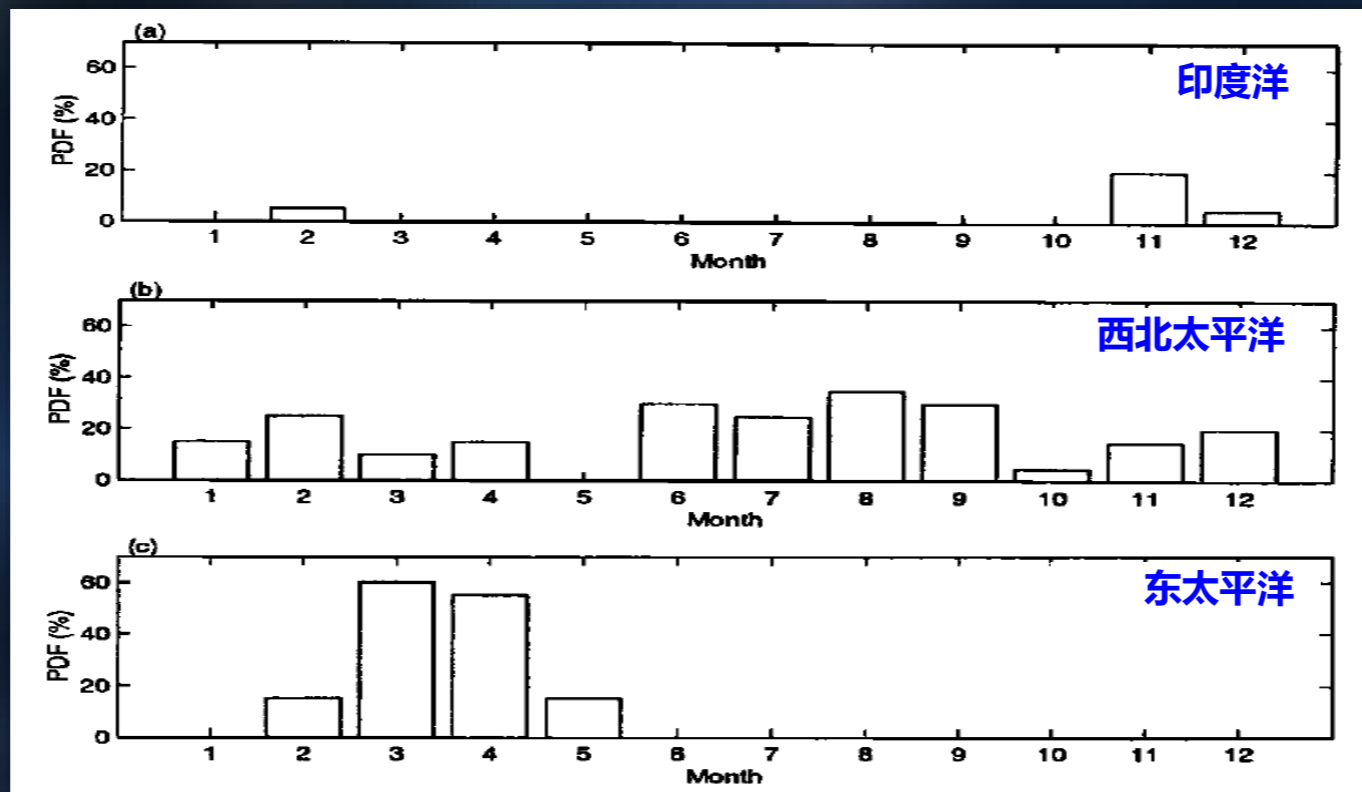


● Double ITCZs的地理分布

✓ 印度洋：2月、11-12月

✓ 西北太平洋：全年

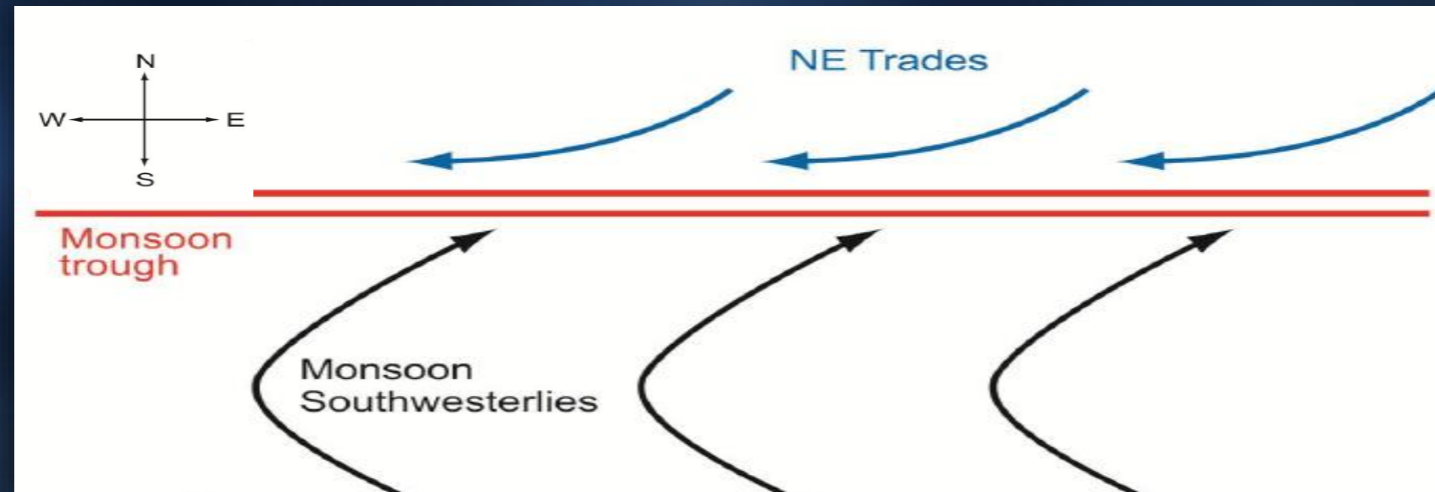
✓ 东太平洋：2-5月



● ITCZ的分类 (NWS/NOAA , 2011)

(1) 季风辐合带 (季风槽 , the monsoon trough ITCZ)

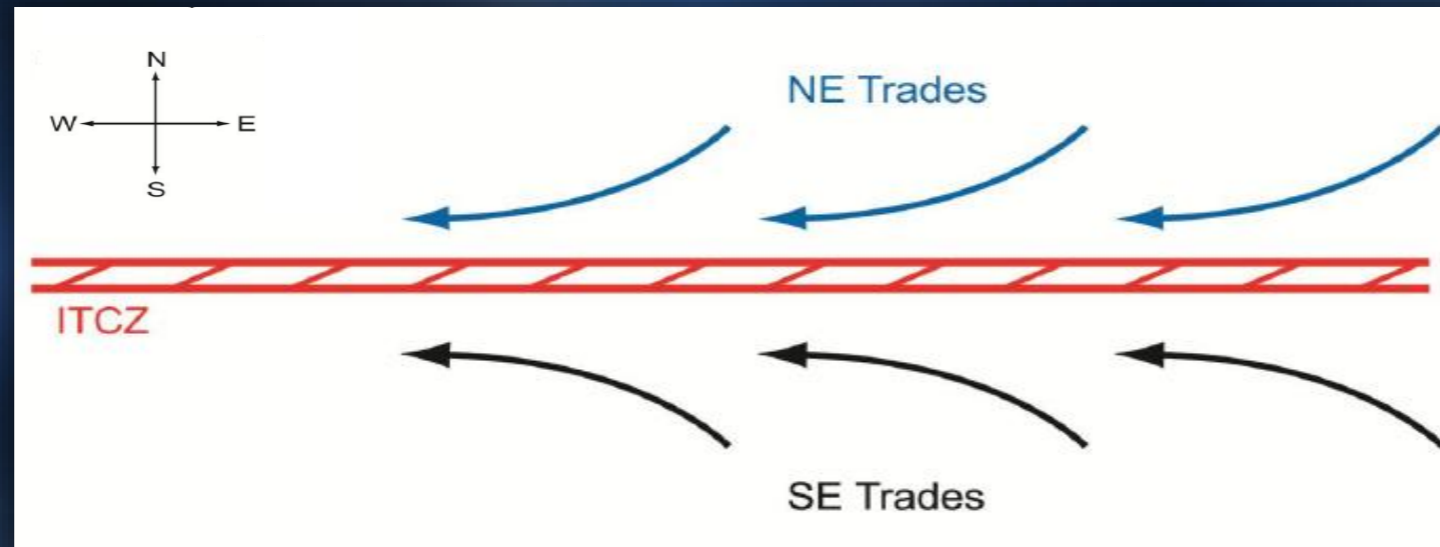
- ✓ 北半球夏季，东北信风位置偏北，南半球东南信风越过赤道受地转偏向力作用，转为西南风，西南风与东北信风相遇而形成的辐合带
- ✓ 由于存在偏北风和偏南风的风向辐合及西南季风强烈的风速辐合，有利于热带对流云团产生，通过水汽凝结潜热释放加热对流层中上部，易发生台风这样的强烈热带天气系统



● ITCZ的分类 (NWS/NOAA , 2011)

(2) 信风辐合带 (the trade wind ITCZ)

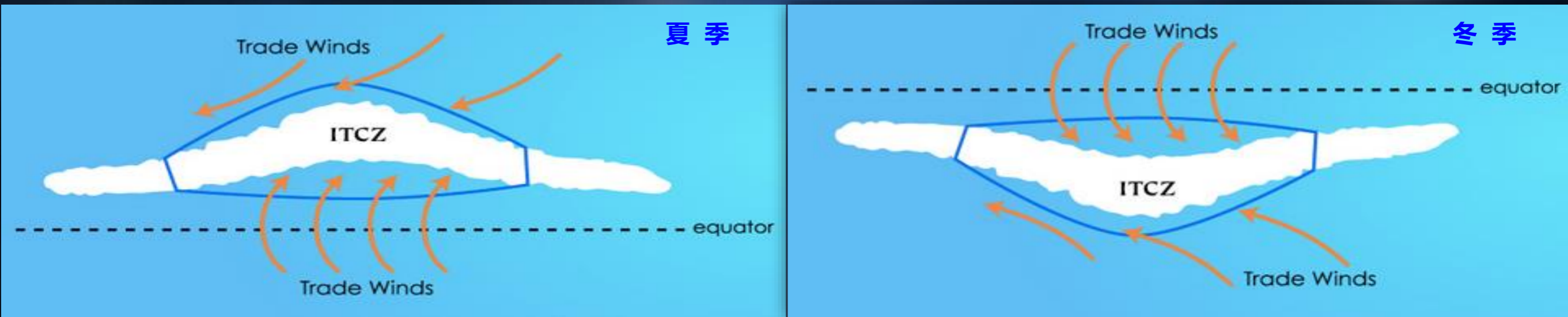
- ✓ 南半球东南信风直接和北半球东北信风相遇而形成的辐合带
- ✓ 由于其辐合强度远小于季风辐合带，其云带较弱较窄，其上较少发生像台风这样的强烈热带天气系统



● ITCZ的季节变化 (1)

太阳直射纬度变化，在南北半球间的季节性位移

- ✓ 北半球夏季，副热带高压北抬和西南季风增强，位置偏北，冬季相反
- ✓ 季节性位移有时是阶段性的，有时是爆发性的，有时停滞少动
- ✓ 1月平均位置位于 5°S 附近；7月在 $12\sim 15^{\circ}\text{N}$ 之间



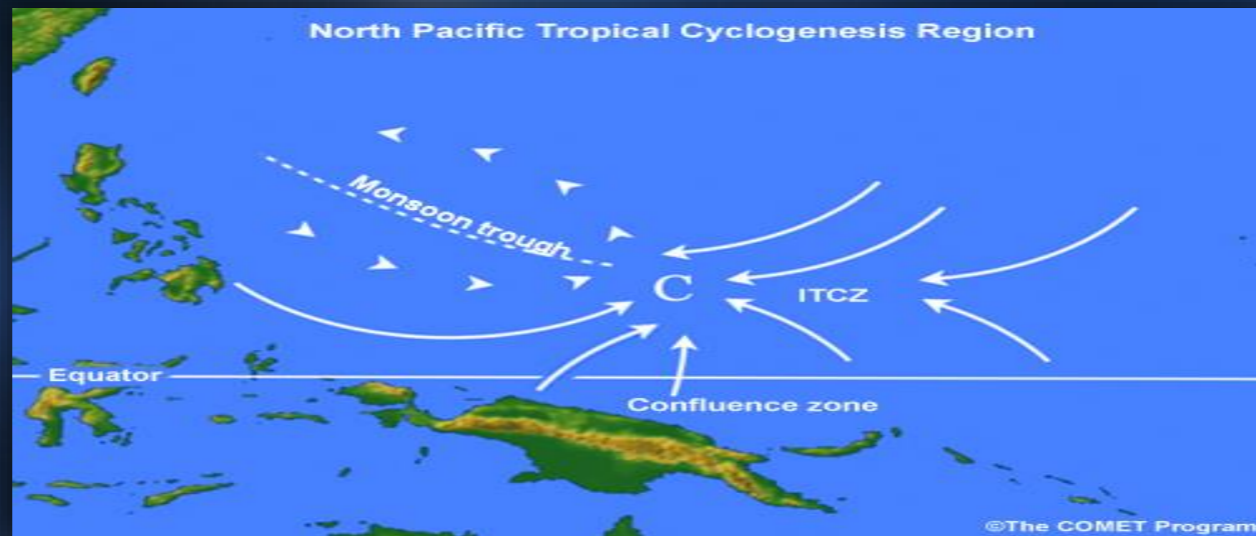
● ITCZ的季节变化（2）

在我国东南沿海至中南半岛经度上，位于 $25^{\circ}\text{N}\sim 10^{\circ}\text{S}$ 之间，南北相差35个纬距，平均位置季节变化与副热带高压南北进退相一致。

- ✓ 7月，位于印度西北部到我国南海南部一带
- ✓ 8月，位于我国台湾岛以南
- ✓ 9月，位于 20°N 附近的南海北部
- ✓ 10月，南退至 $8\sim 15^{\circ}\text{N}$ 之间
- ✓ 11月，位于赤道至 5°S 之间
- ✓ 12月，离开北半球而活跃于 10°S 至赤道之间

● ITCZ的季节变化 (3)

- ✓ 春末到初秋，西太平洋和南海为西南季风盛行区，西南季风和东北信风经常在此汇集
- ✓ ITCZ和台风活动的季节也基本与西太平洋和南海西南季风活跃期同步，5月中旬至9月中旬是南海-西太平洋西南季风活跃阶段，也是西太平洋和南海台风活动盛季



● ITCZ的短期变动（1）

- 表现为不规则的南北进退和强弱的变化，与台风发生、发展和移动密切相关，这与副热带高压强弱进退、南海和孟加拉湾天气系统及中纬度天气系统相关
- ITCZ的短期变化可分为两个阶段：

① 不活跃阶段

- ✓ 来自南半球的东南信风减弱
- ✓ 西太平洋低层盛行副热带高压南侧的东北信风
- ✓ 赤道西风位于中南半岛，与东风的汇合带仅位于南海
- ✓ 菲律宾以东洋面为弱的、不明显的信风气流的汇合线
- ✓ 云系为尺度较小的云团，云带很窄，台风活动较少

● ITCZ的短期变动（2）

- 表现为不规则的南北进退和强弱的变化，与台风发生、发展和移动密切相关，这与副热带高压强弱进退、南海和孟加拉湾天气系统及中纬度天气系统相关
- ITCZ的短期变化可分为两个阶段：

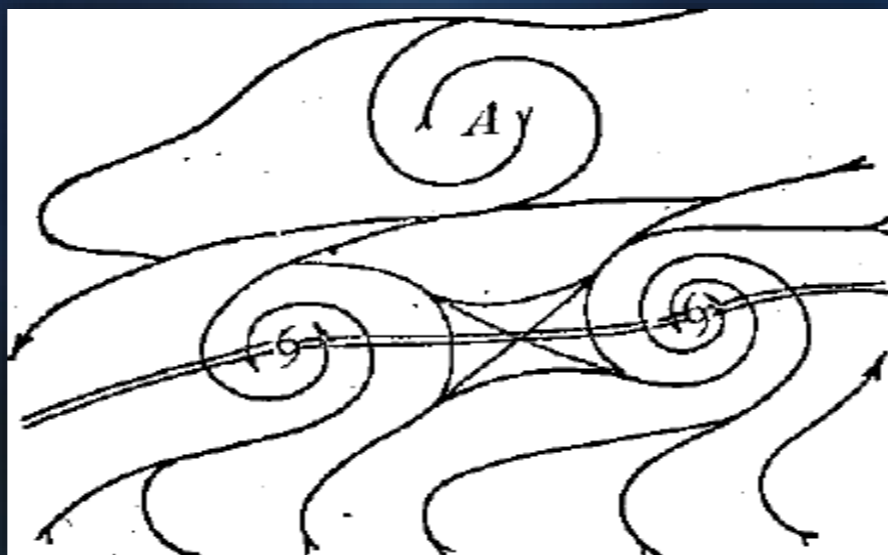
② 活跃阶段

- ✓ 南半球冬季高压势力增强，其北侧东南气流迅速增大
- ✓ 西太平洋出现大范围西风和东风，原来低纬地区的偏东气流北撤到 $15\sim 20^{\circ}\text{N}$ 以北，辐合带北抬
- ✓ 南北半球气流相互作用，其上易产生大范围对流云团
- ✓ 云系表现为一条连续的东西向对流云带，其间常有几个热带扰动同时或相继发展成为台风

● ITCZ环流调整对台风路径影响的4种模式

(1) 延续型ITCZ

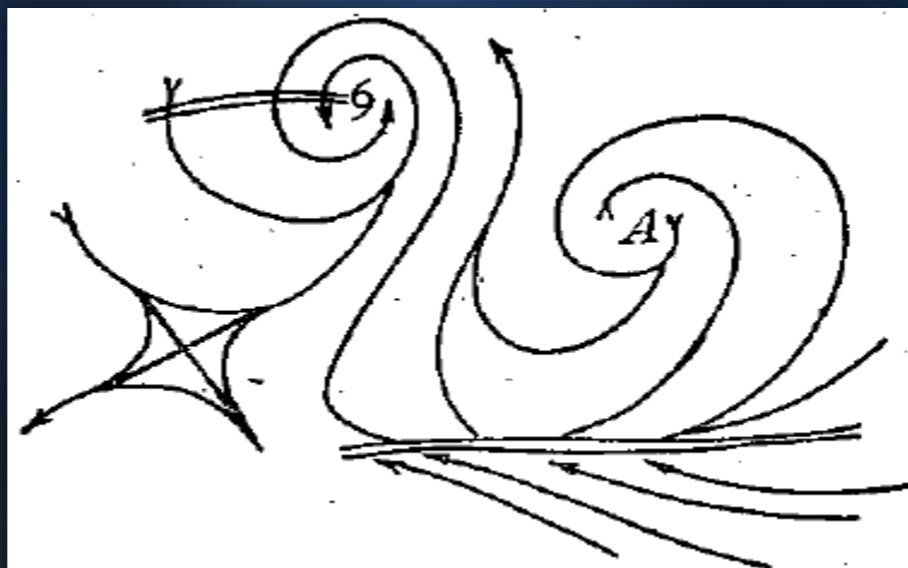
- ✓ 东北信风和西南季风同时加强
- ✓ ITCZ呈纬向带状分布，东西延续数千千米
- ✓ 多台风形成的环流背景
- ✓ 副热带高压南侧的偏东信风很强，台风西移
- ✓ 若多台风连续生成，路径与副热带高压强度有关，高压减弱路径偏东，加强路径偏西



● ITCZ环流调整对台风路径影响的4种模式

(2) 南落断裂型ITCZ

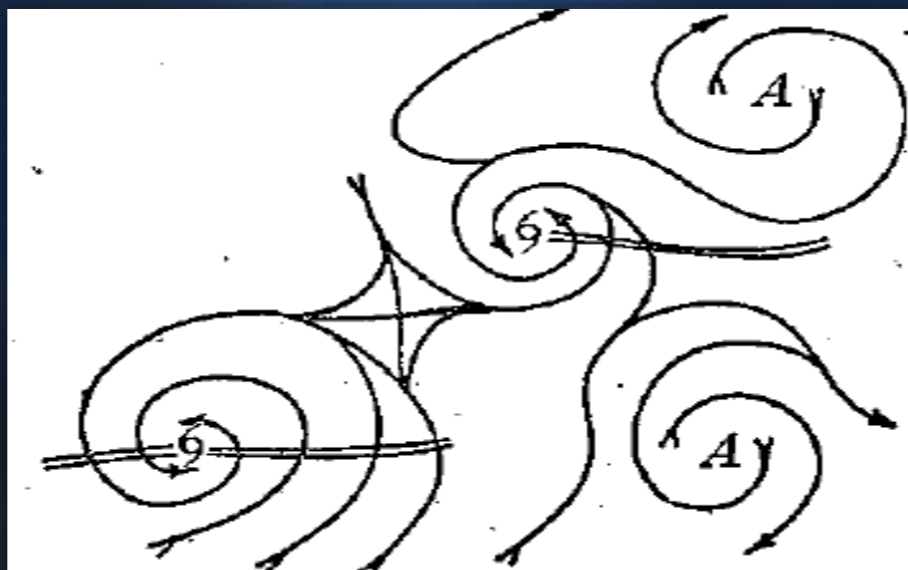
- ✓ 季风衰退、南半球向北半球的气流涌进低潮阶段
- ✓ 台风东侧的ITCZ断裂南下，在赤道附近退化为汇合线
- ✓ 台风东侧太平洋高压南落，台风在偏南风引导下北上或转向



● ITCZ环流调整对台风路径影响的4种模式

(3) 北进断裂型ITCZ

- ✓ ITCZ加强阶段
- ✓ 南半球向北半球再次爆发气流涌进
- ✓ 或西太平洋高压脊明显北移
- ✓ 台风东侧ITCZ断裂北进，赤道高压向北挺进，ITCZ随之北上，西台风与太平洋高压距离拉远，基本气流减弱，台风将减速、打转或西折



● ITCZ环流调整对台风路径影响的4种模式

(4) 东西断裂型ITCZ

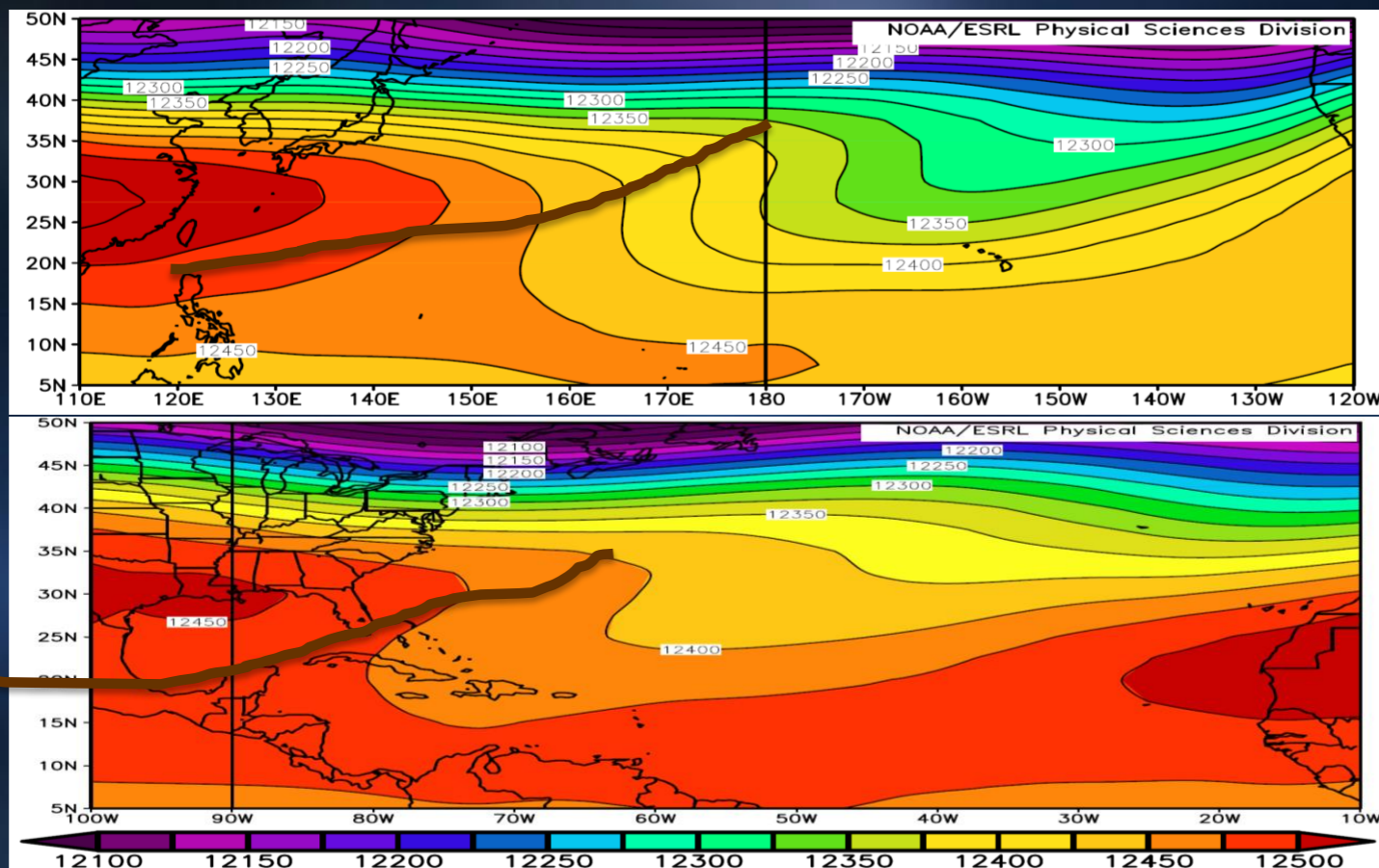
- ✓ 西风带长波槽强烈经向发展时期
- ✓ 长波槽伸过ITCZ，槽底中纬度西风与赤道西风合并为一支西风，长波槽经向发展使西太平洋高压和ITCZ在槽区断裂，这是中低纬度环流相互作用的结果
- ✓ 槽前台风在偏南气流引导下向偏北方向移动，槽后台风在偏东气流引导下西进



热带高层对流层槽

-- Tropical Upper Tropospheric Trough , TUTT

- ✓ TUTT是夏季（暖季）形成于北太平洋中部和北大西洋中部热带地区对流层上部的低压槽，又称大洋中部槽



1981-2010年7月200hPa平均位势高度场（上：太平洋，下：大西洋）

● TUTT的活动特点

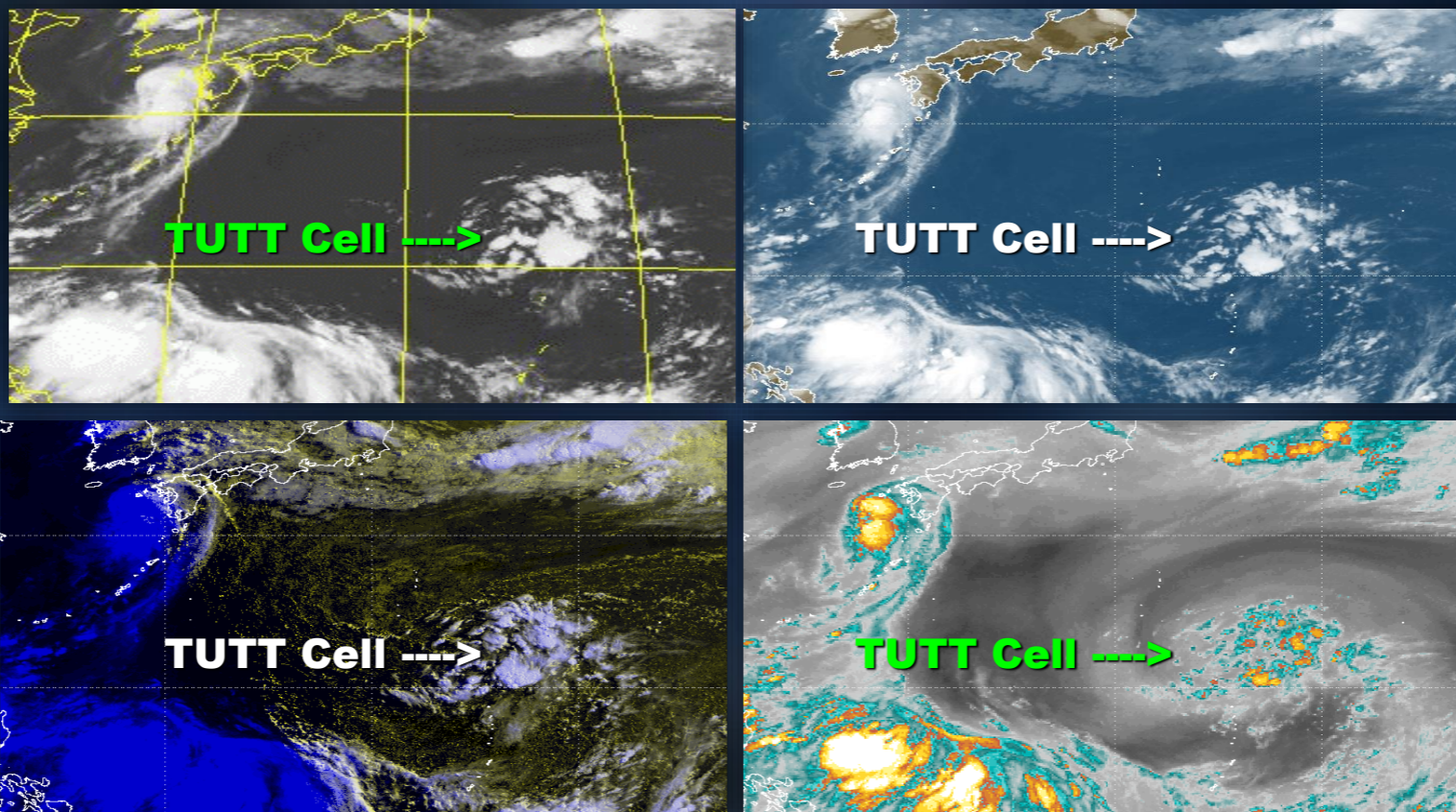
- ✓ TUTT活动于大洋中部300hPa以上高度，200hPa等压面最为明显
- ✓ TUTT由大洋东部向西南延伸，贯穿整个大洋中部，是夏季大气环流的重要系统之一
- ✓ 大西洋，TUTT活跃于20-35°N，6月开始，7-8月为强盛期，9-10月为减弱期
- ✓ 太平洋，TUTT活跃于15-35°N，6月开始，7-9月为强盛期，可持续至深秋到初冬

● TUTT的活动特点

- ✓ TUTT不活跃期，槽中一般没有闭合的气旋性涡旋
- ✓ TUTT活跃期，槽线可从高空高压脊以南向西延伸，直到南海上空，槽内常有切断冷涡（高空冷涡，TUTT Cells）生成西移
- ✓ TUTT不同于一般中纬度槽，其维持与对流层顶附近辐射冷却平衡导致的下沉增温有关

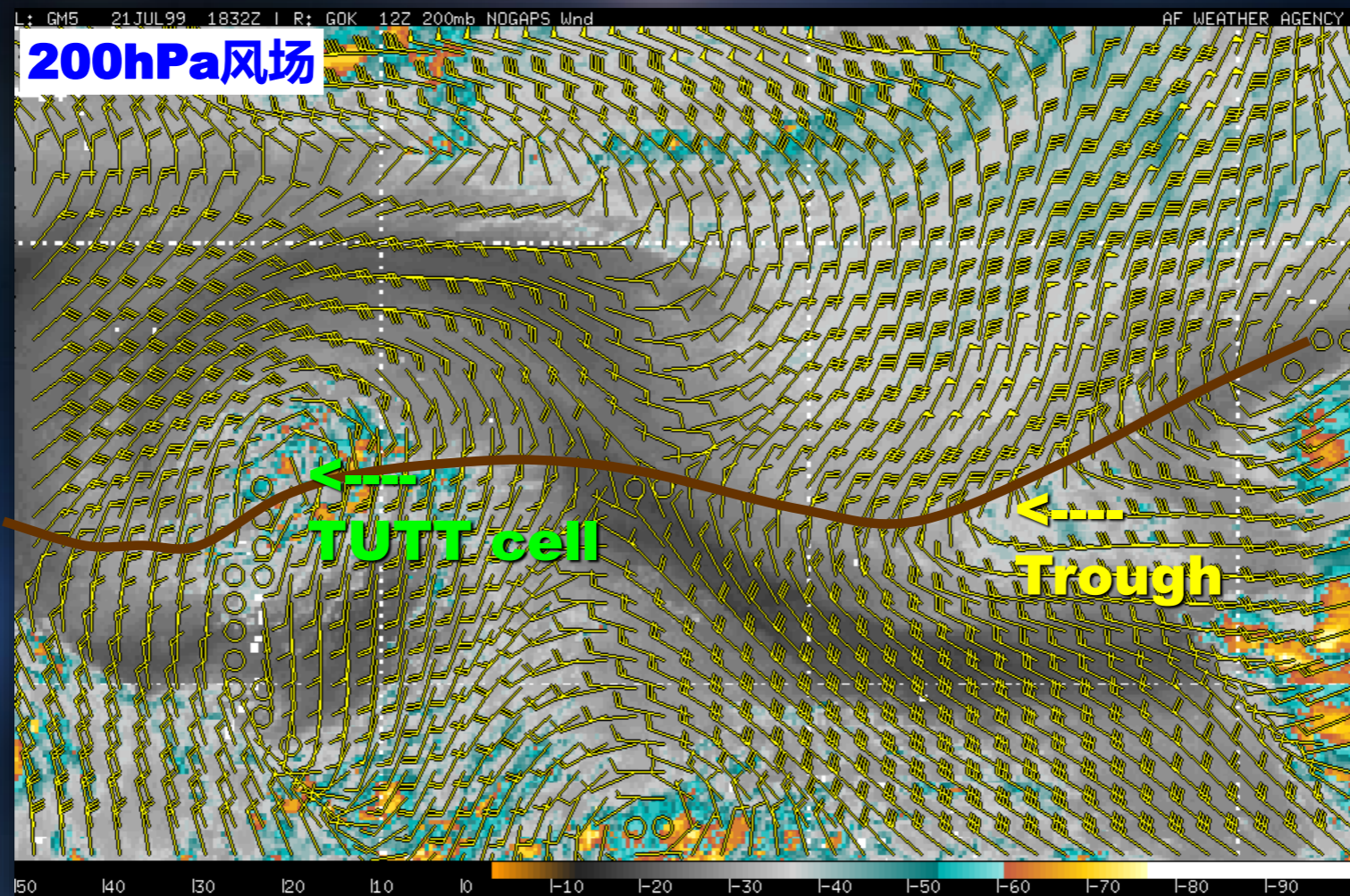
● TUTT卫星云图特征

- ✓ 红外云图和可见光云图表现为零散的、无组织的云系
- ✓ 水汽图像表现为一涡旋状云系



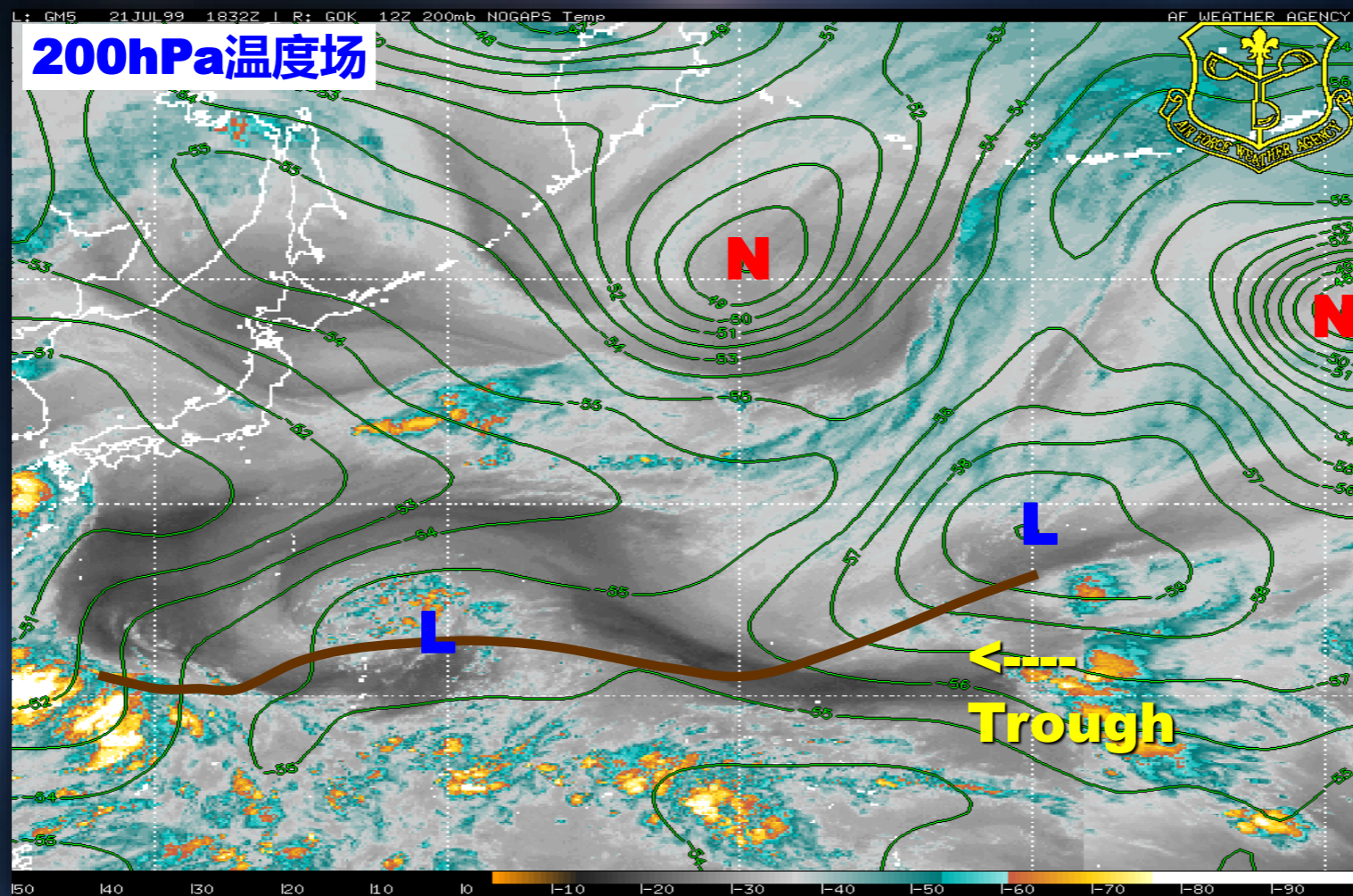
● TUTT卫星云图特征

- ✓ 200hPa风场表现为气旋式涡旋



● TUTT卫星云图特征

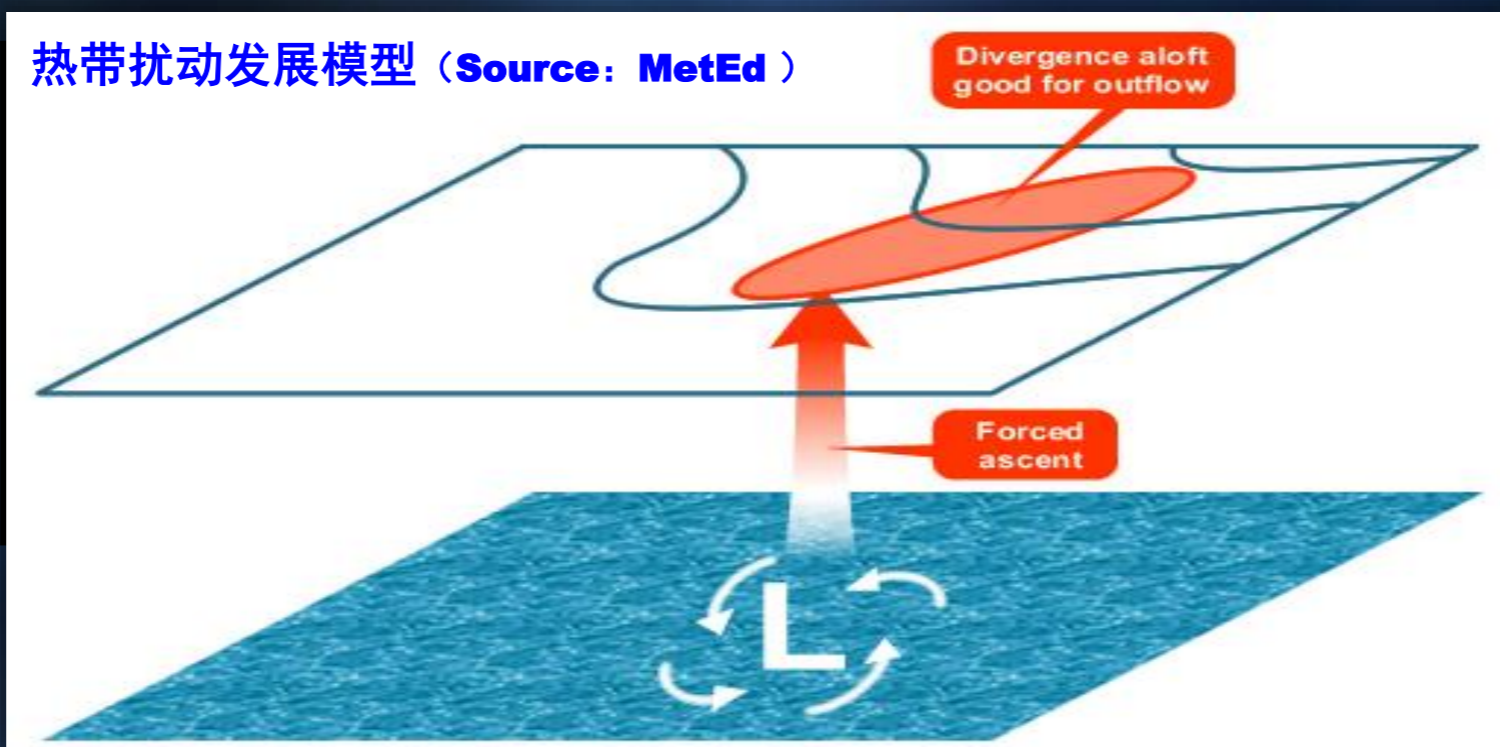
✓ 200hPa温度场表现为冷性气旋式涡旋



● TUTT的活动与台风的关系（1）

TUTT与台风生成或发展关系密切，其作用可概括为以下四种：

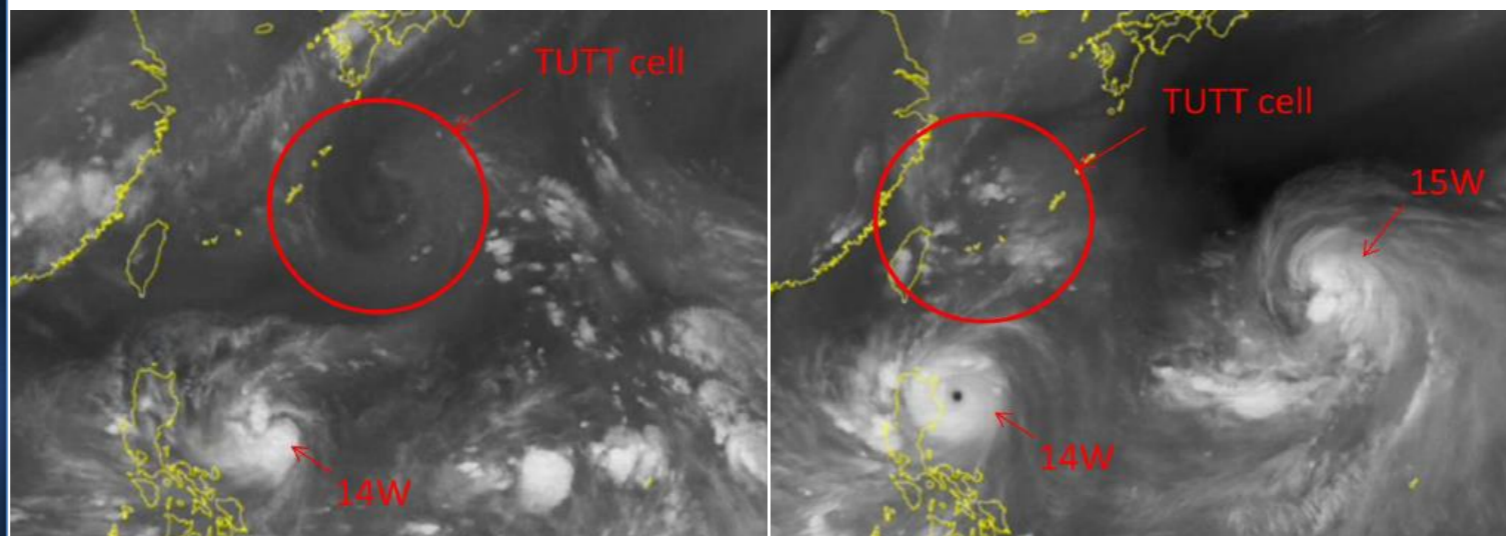
- ✓ 改变热带扰动的环境流场，形成有利于热带扰动发展的环境条件



● TUTT的活动与台风的关系 (2)

- ✓ 改变台风的环境流场，形成有利于台风迅速发展的环境条件

2011年第11号台风“南玛都”快速增强过程



2011年8月23日20时水汽云图

2011年8月26日20时水汽云图

● TUTT的活动与台风的关系 (3)

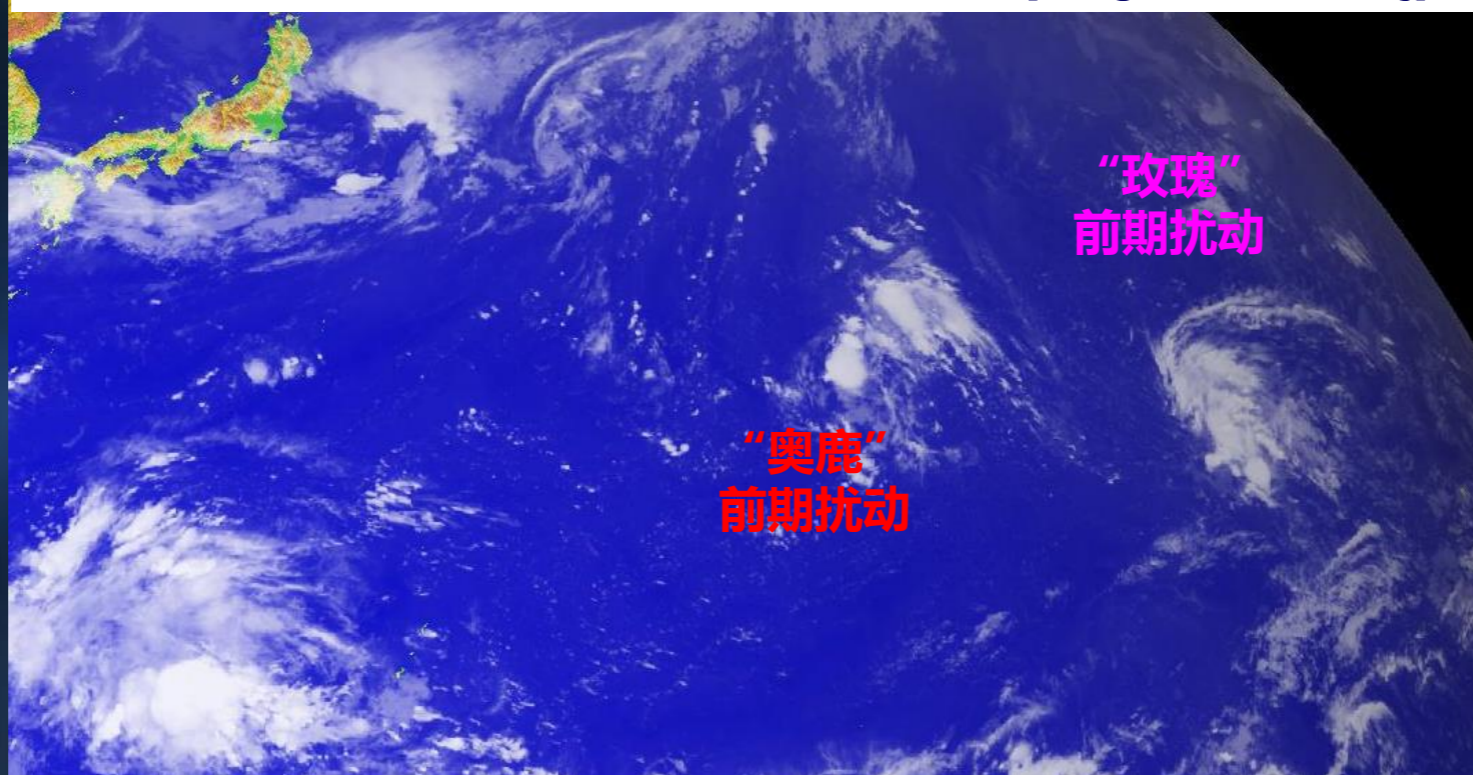
- ✓ 通过高低层环流的相互作用，激发或抑制低层扰动或台风的发展
- 当扰动或台风由东面移至TUTT槽前急流南侧时，这里是高层反气旋切变区，高空辐散加强，扰动或台风质量环流激发，对流增强，云量增多，扰动或台风增强
- 当扰动或台风移到急流轴以北时，那里是气旋性切变区，高空辐散减弱，质量环流受到抑制，对流减弱，云量减少，扰动或台风减弱

● TUTT的活动与台风的关系（4）

✓ 激发低层扰动或台风的形成

- TUTT中形成的涡旋，其势力向下伸展时，低层或地面可以诱生出新的扰动，在有力环境下可发展为台风
- 如2017年1705号台风“奥鹿”和1706号台风“玫瑰”

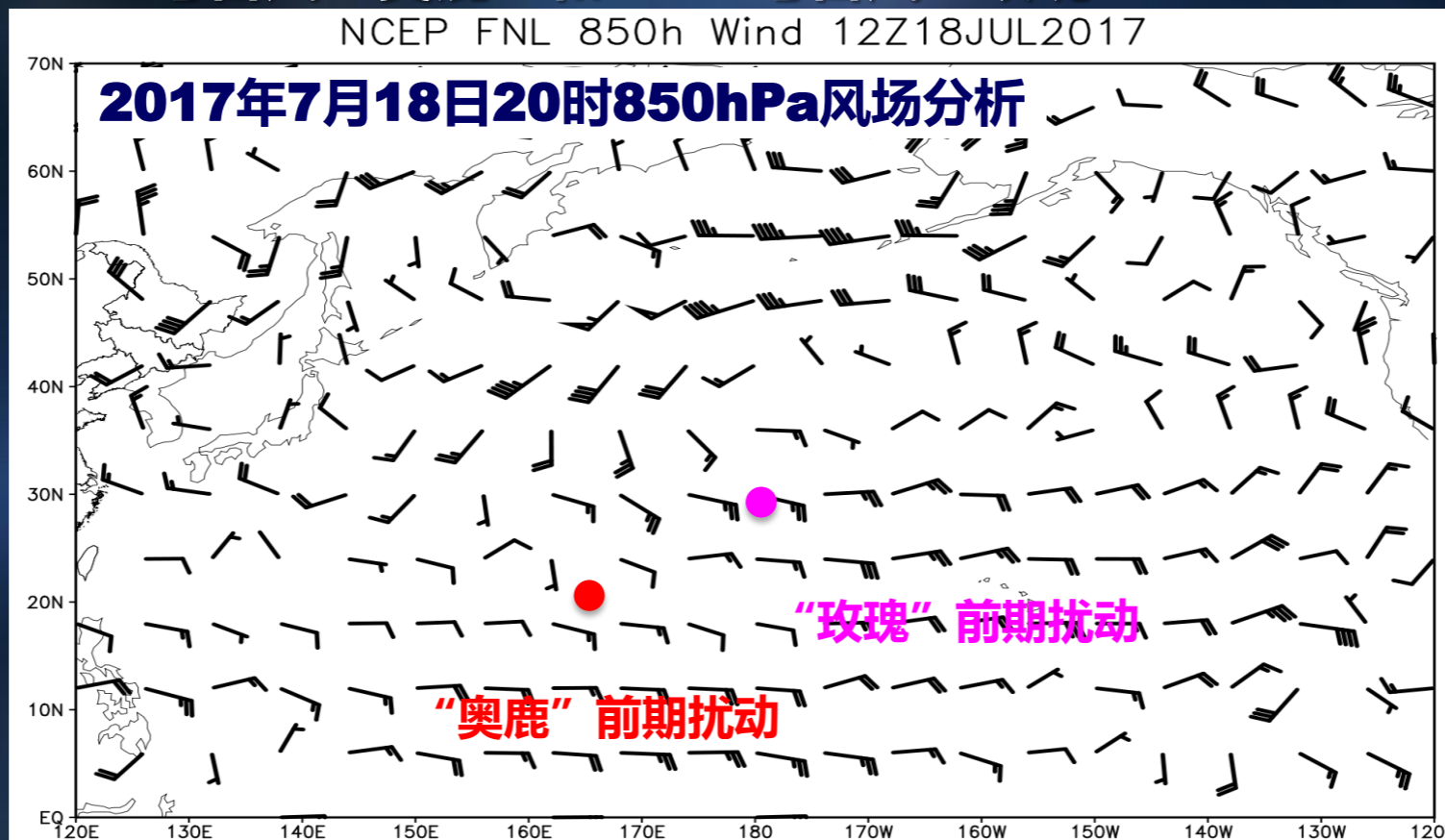
2017年7月18日20时卫星云图 (Source: <http://agora.ex.nii.ac.jp>)



● TUTT的活动与台风的关系 (4)

✓ 激发低层扰动或台风的形成

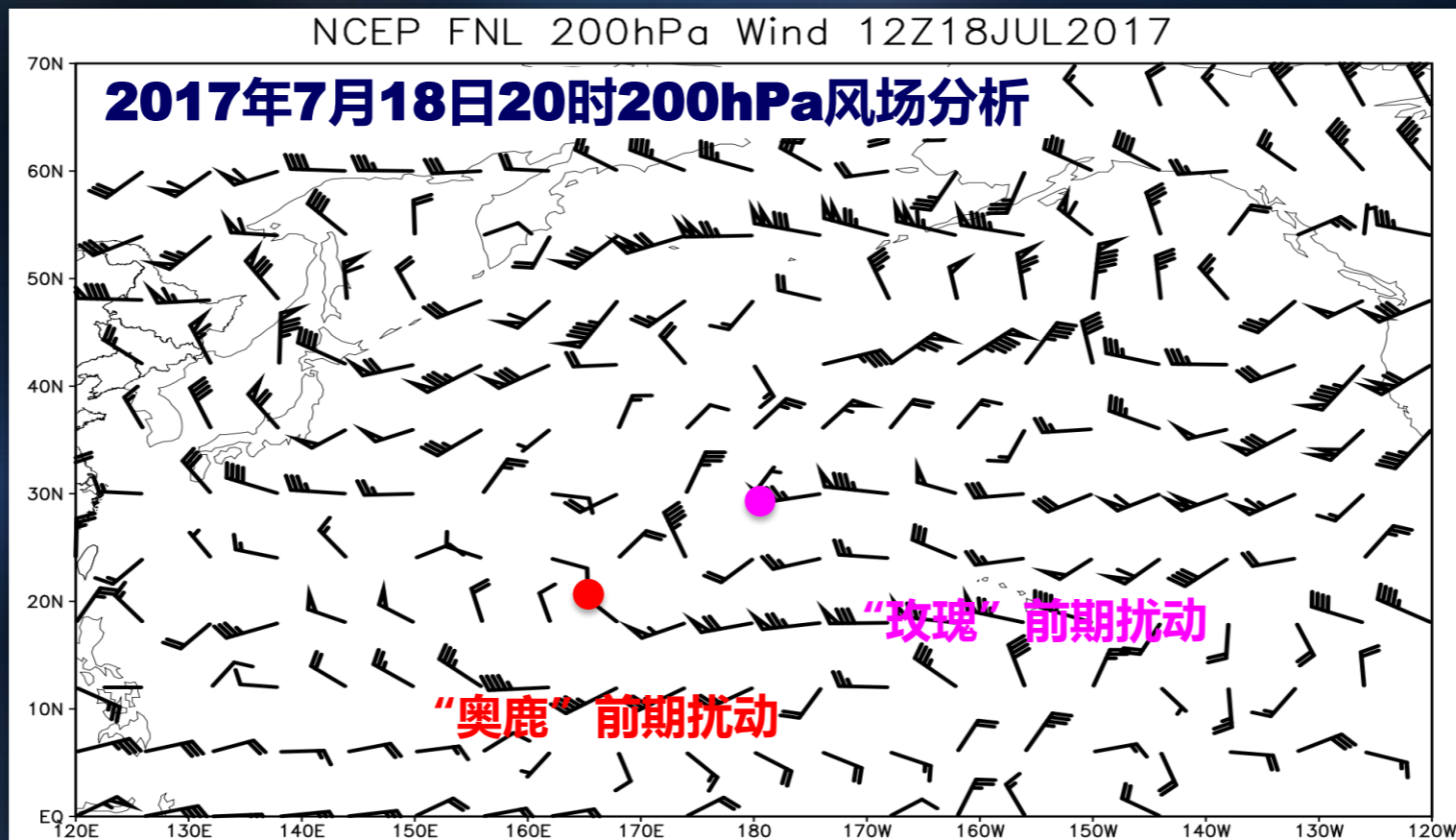
- TUTT中形成的涡旋，其势力向下伸展时，低层或地面可以诱生出新的扰动，在有力环境下可发展为台风
- 如2017年1705号台风“奥鹿”和1706号台风“玫瑰”



● TUTT的活动与台风的关系（4）

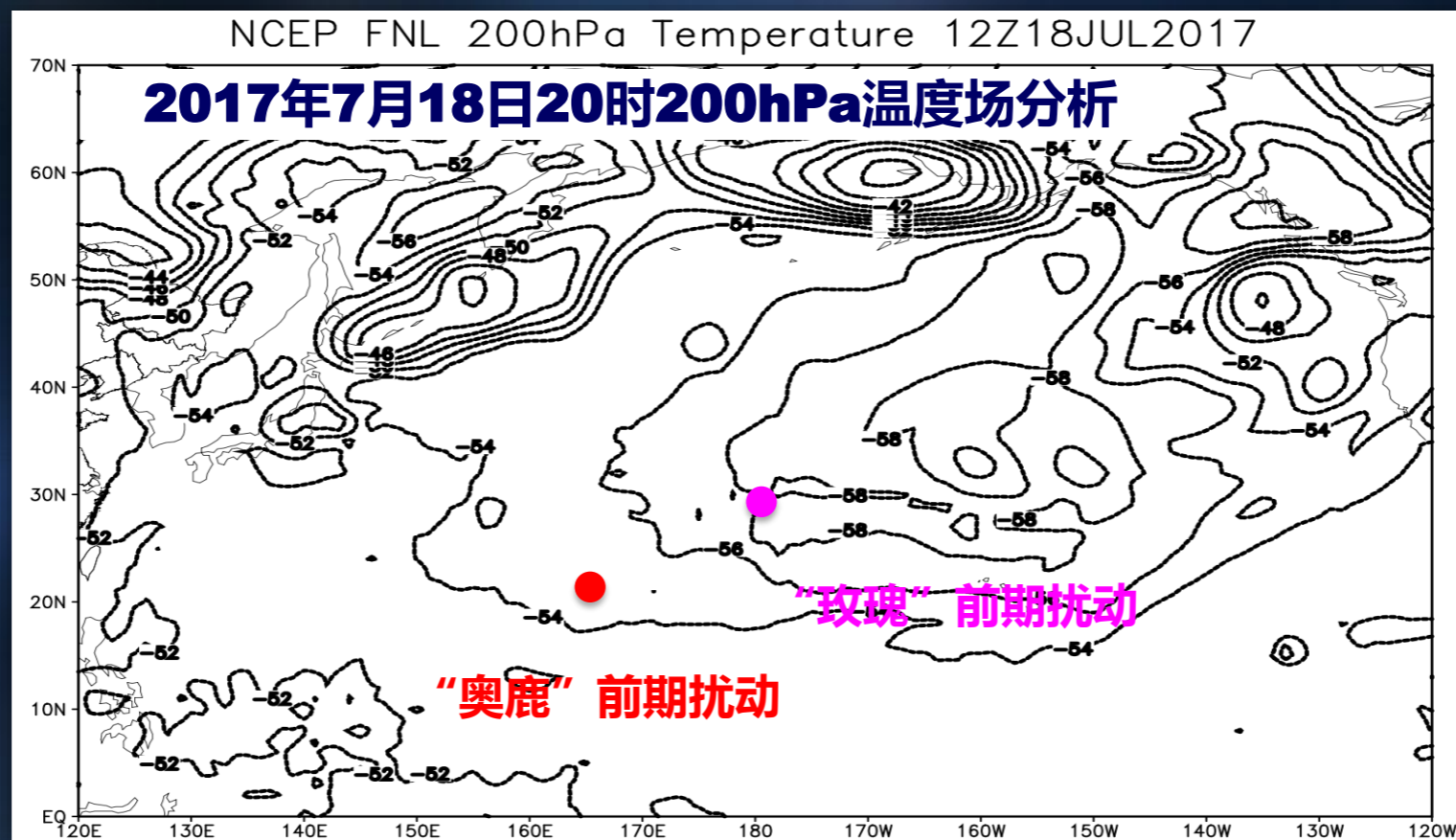
✓ 激发低层扰动或台风的形成

- TUTT中形成的涡旋，其势力向下伸展时，低层或地面可以诱生出新的扰动，在有力环境下可发展为台风
- 如2017年1705号台风“奥鹿”和1706号台风“玫瑰”



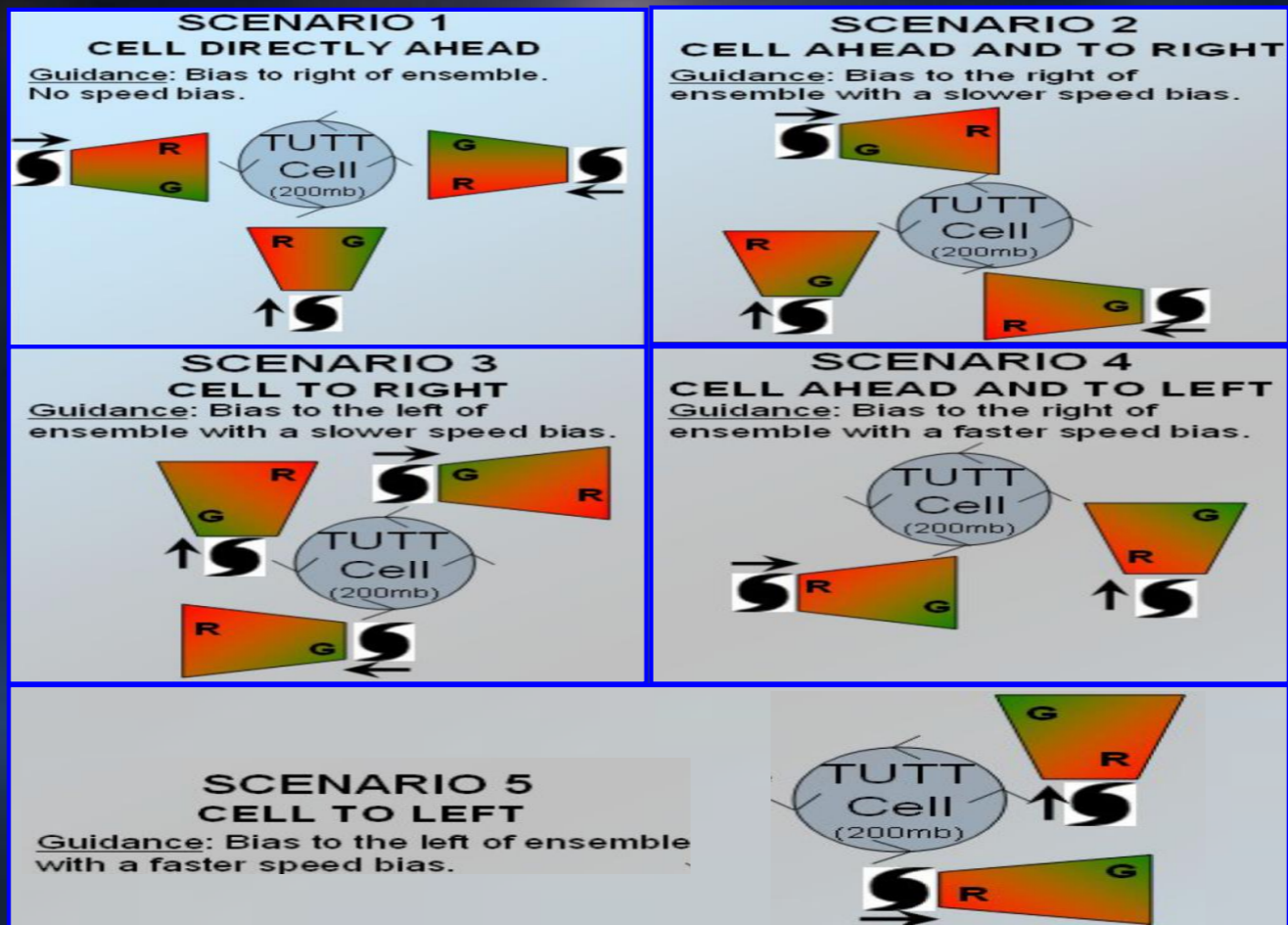
● TUTT的活动与台风的关系（4）

- ✓ 激发低层扰动或台风的形成
- TUTT中形成的涡旋，其势力向下伸展时，低层或地面可以诱生出新的扰动，在有力环境下可发展为台风
- 如2017年1705号台风“奥鹿”和1706号台风“玫瑰”



● TUTT对台风移动的影响

热带高层对流层槽对西北太平洋台风移动影响概念模式



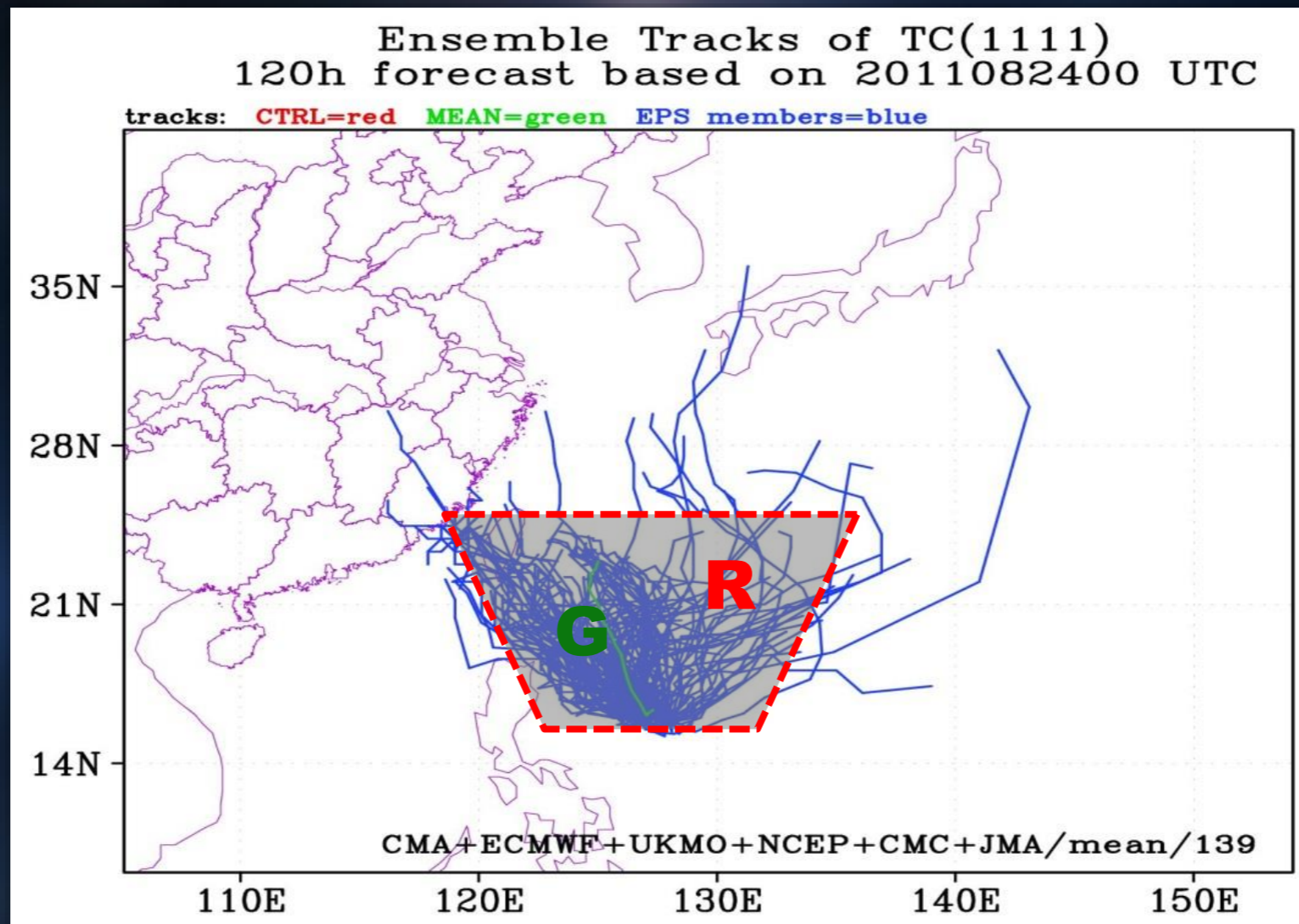
The **trapezoid** represents Model Ensemble field. **Green(G)** areas represents a likely bias of the TC's forecast track, **Red(R)** an unlikely bias.

● TUTT对台风移动的影响

- ✓ 台风1700km范围内，是否存在 TUTT cell ？
- ✓ 台风与TUTT cell 的距离是否在缩短？
- ✓ 台风800km范围内，TUTT cell 的风场是否大于 $>13\text{ms}^{-1}$ ？
- ✓ TUTT cell 是否维持一定的强度？
 - 位涡 (PV) ≥ 2.5 PVU
 - 或 相对涡度 (ζ_r) $\geq 11 \times 10^{-5} \text{s}^{-1}$ ？
- ✓ 400hPa及以下高度TUTT cell 是否存在一个闭合环流？
- ✓ 台风中心风速是否大于17.2m/s？

● TUTT对台风移动的影响

- ✓ 借助TUTT概念模式，可以判断台风移动路径更加趋向于集合预报的方位

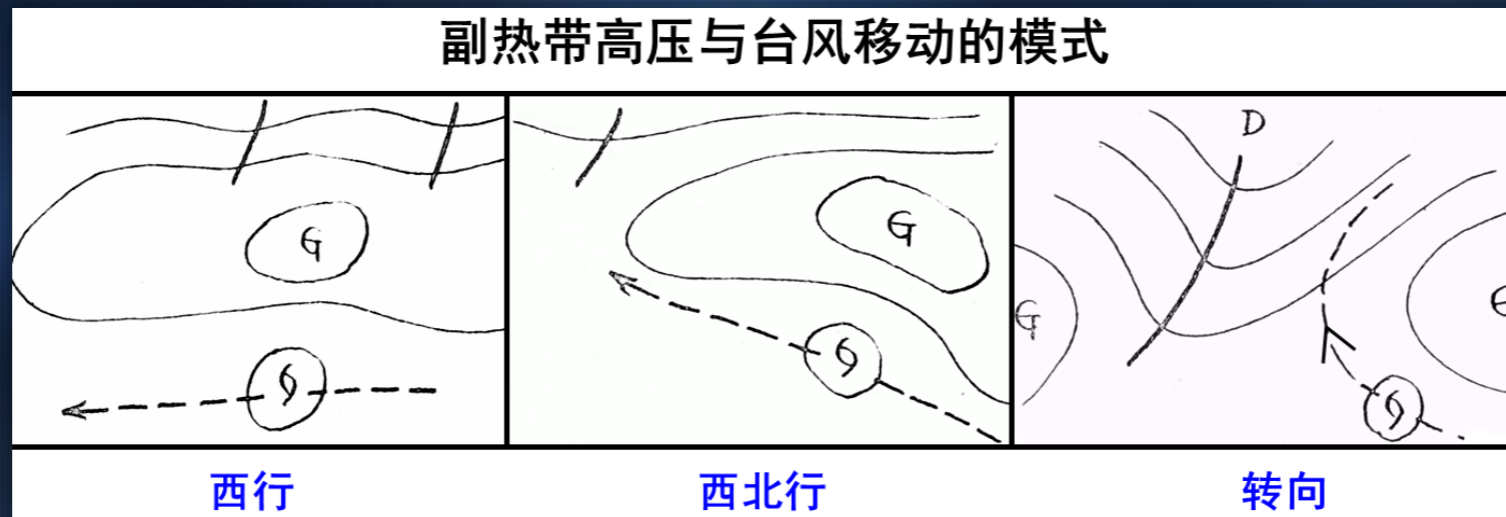


副热带高压 -- Subtropical High

- ✓ 副热带高压是位于副热带上空对流层中下层深厚的暖性高压系统，制约大气环流变化的重要成员之一，是控制热带、副热带地区的持久的、行星尺度的大气活动中心
- ✓ 冬季，副高退居海上和低纬度地区；夏季，副高势力增强、范围扩大，控制副热带地区海洋和大陆
- ✓ 副热带高压的形成主要原因是动力作用，其东部为强烈下沉运动区，因绝热压缩而变暖，天气多晴朗；西部为低层暖湿空气辐合上升运动区，易出现雷阵雨天气

副热带高压 -- Subtropical High

- ✓ 一般以500百帕高度图上西太平洋地区（ 180°E 以西）5880gpm线包围的区域来代表西太平洋副热带高压的范围
- ✓ 副热带高压对西太平洋和东亚天气变化有着极其密切的关系，是最直接控制和影响台风活动的最主要的大型天气系统



● 副热带高压的变化

主要表现为南北和东西的进退移动以及强度和形状的变化

✓ 季节性变动

太阳辐射季节变化和副高强度纬向不均匀分布及随时间非均匀变化的反映

- 冬季位置最南，夏季最北
- 自冬到夏向北偏西移动，强度增大
- 自夏至冬向南偏东移动，强度减弱

● 副热带高压的变化

主要表现为南北和东西的进退移动以及强度和形状的变化

✓ 非季节性的中短期变动

大多与副高周围天气系统的相互作用有关

- 15天左右副高偏强或偏弱趋势
- 一周左右副高西伸东退、北进南退周期变化
- 副高东西进退比南北移动更复杂，变化也快，短时间内，可出现东西进退达30-50个经距的大幅度移动

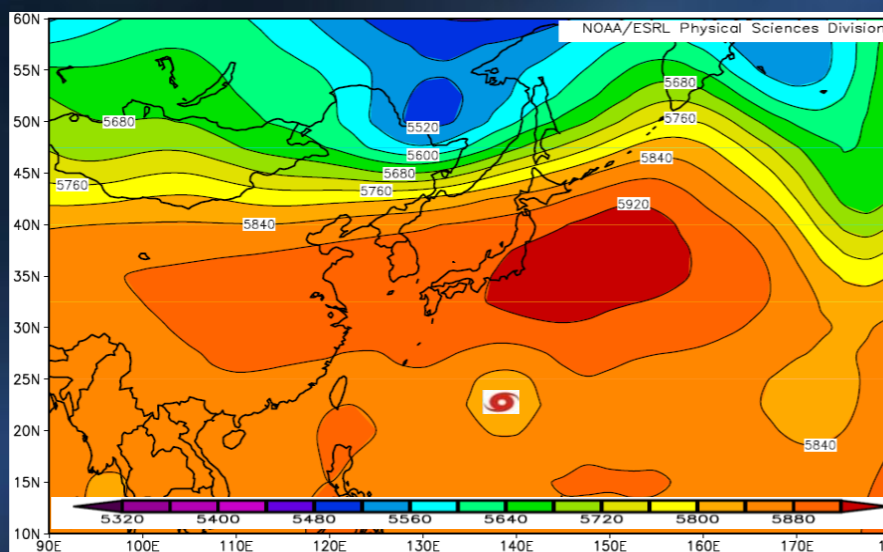
● 副高脊线季节性变动对我国天气的影响

副高脊线 (110-130°E)	天气
4-5月, 15°N附近	华南雨季
6月中旬, 第一次北抬至 20°N左右	江淮梅雨 华南雨季结束, 相对干旱
7月上中旬, 第二次北跳 至25°N左右	梅雨结束, 雨带移到黄淮流域, 热带天气系统活跃
8月初北移到30-35°N	华北东北雨季, 长江流域伏旱
9月上旬, 南撤至25°N	雨带回到淮河流域, 华西秋雨
9月底10月初, 南撤至 20°N以南	华西秋雨结束

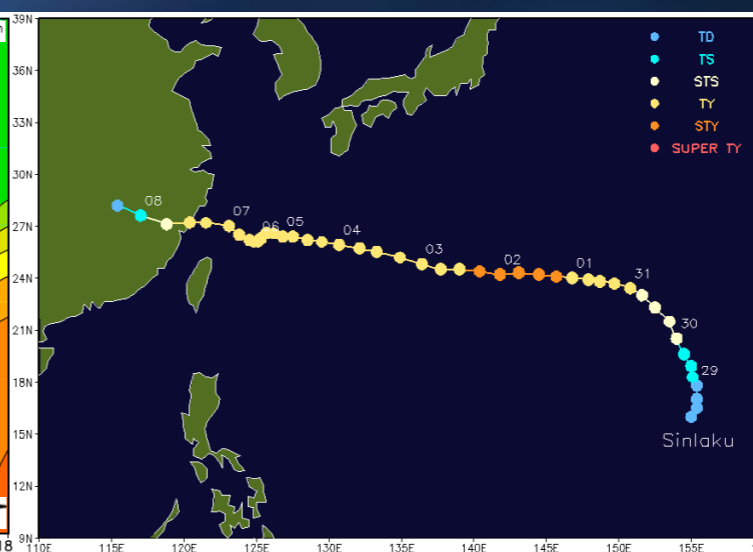
● 副热带高压的变化对台风活动的影响

✓ 当副高成东西向带状，且强度较强时，位于副高南侧的台风将西行且路径稳定

① 副高一直强大而稳定



2002年9月2日20时500hPa高度图

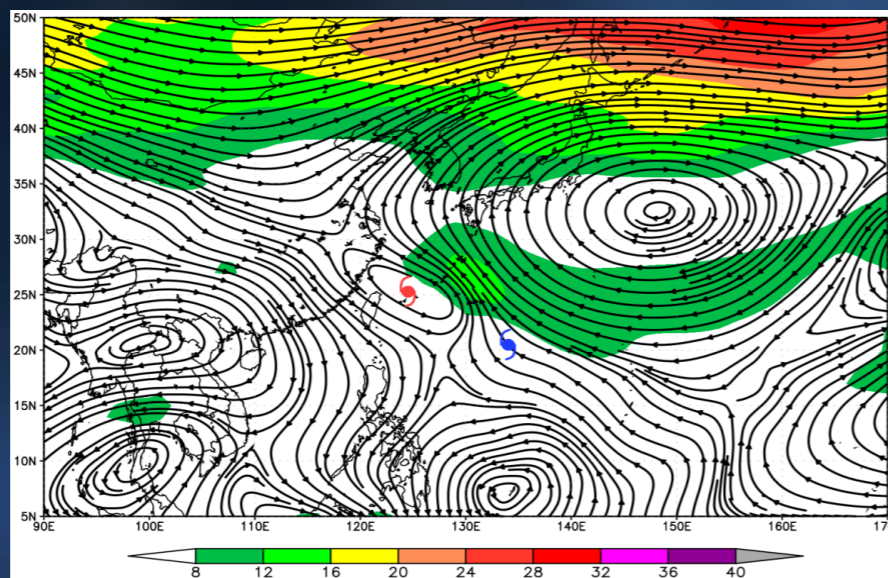


0216号台风“森拉克”路径图

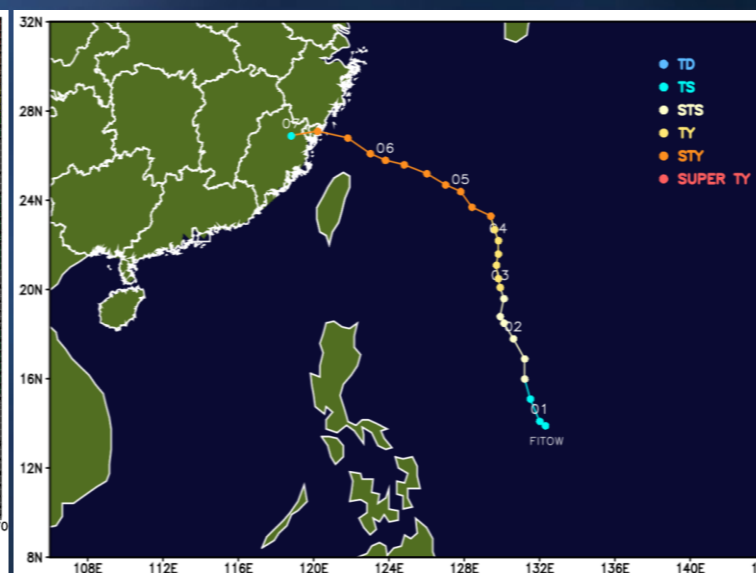
● 副热带高压的变化对台风活动的影响

✓ 当副高成东西向带状，且强度较强时，位于副高南侧的台风将西行且路径稳定

② 西太平洋副高增强西伸



**2013年10月4日20时至10月7日20时
500hPa平均风场**

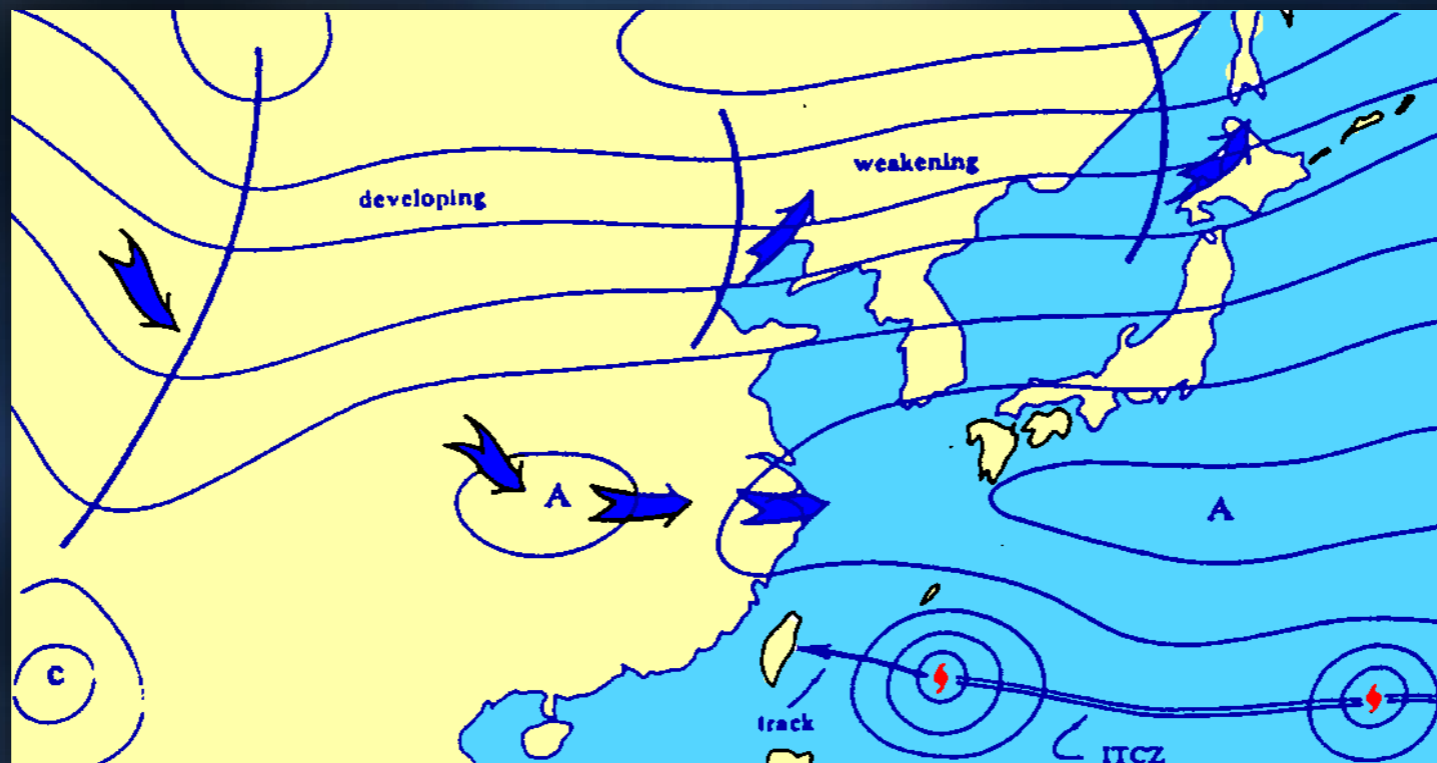


**1323号强台风“菲特”
路径图**

● 副热带高压的变化对台风活动的影响

- ✓ 当副高成东西向带状，且强度较强时，位于副高南侧的台风将西行且路径稳定

③ 大陆副高东移与西太平洋副高合并增强



● 副热带高压的变化对台风活动的影响

✓ 副高减弱东撤，台风处在副高西南侧时，未来将转向北上

- 若台风位置偏东，未来将在海上转向；
- 若台风位置偏西靠近我国，未来可能登陆我国以后再转向出海

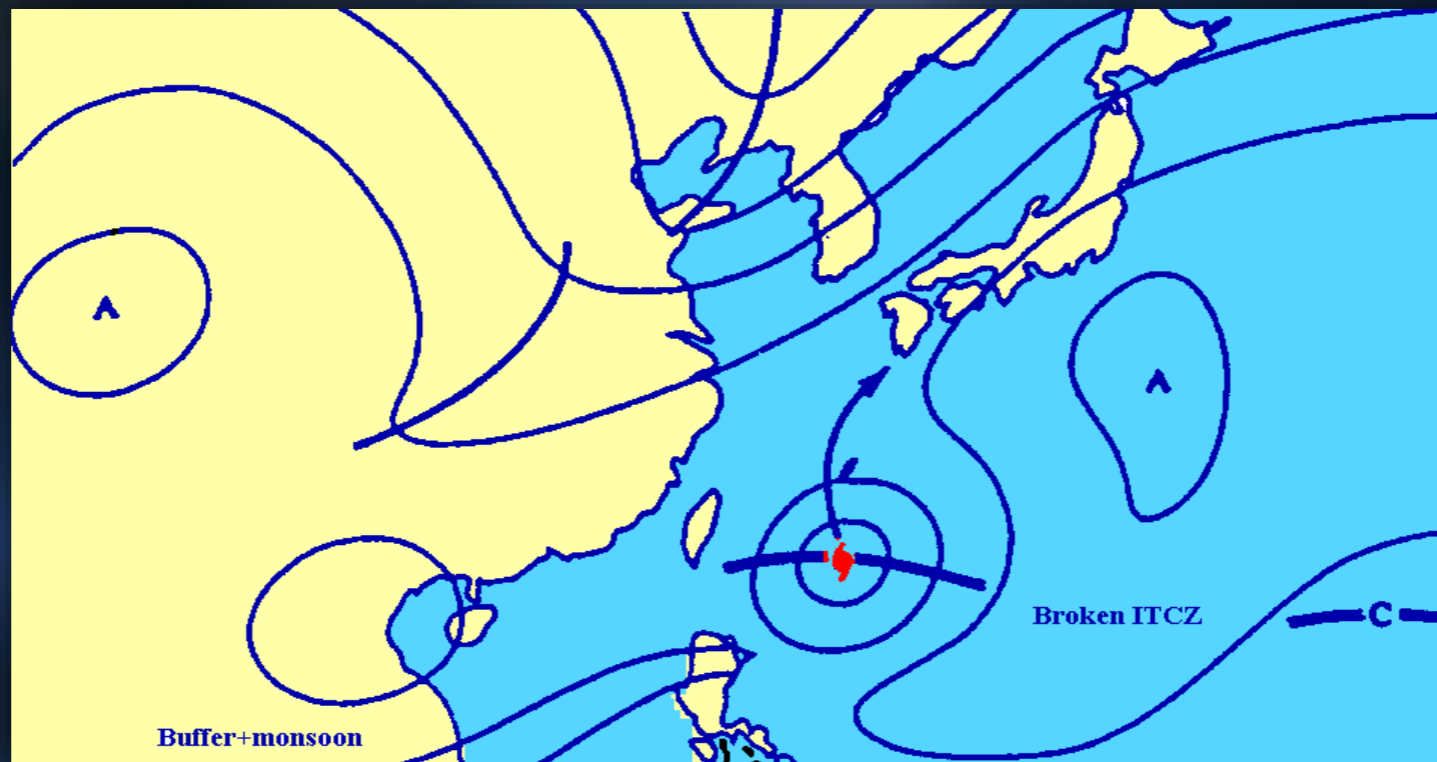
① 北方有深厚西风槽东移迫使副高东退

② 副高本身东撤

③ 副高减弱断裂

● 副热带高压的变化对台风活动的影响

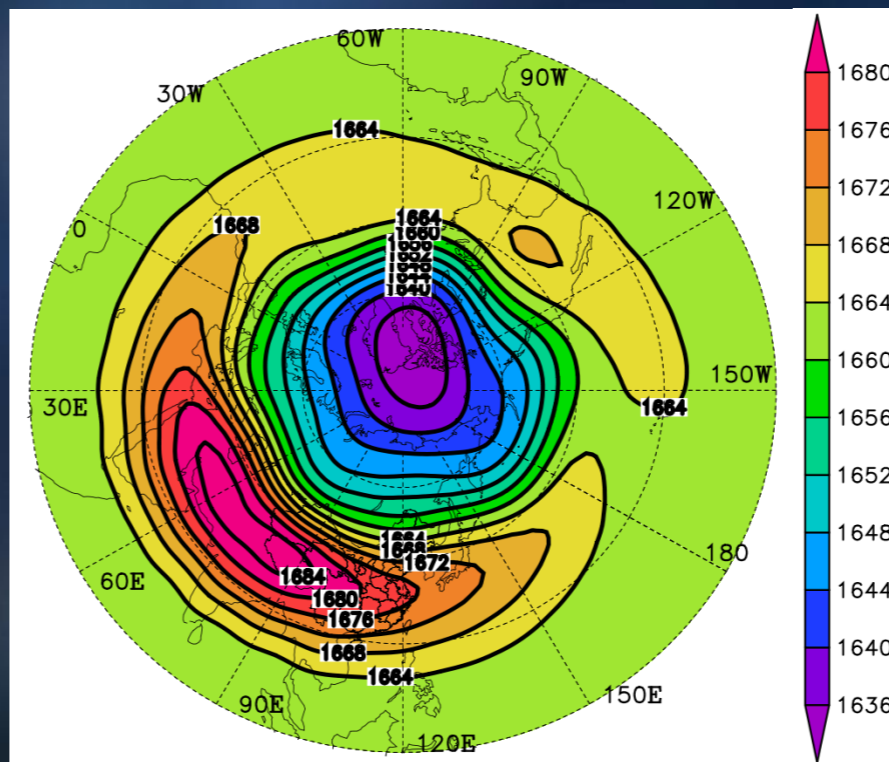
- ✓ 当副高有一脊从台风东侧往南伸展，则台风在西进过程中将有较大的偏北分量



南亚高压 -- South Asia High , SAH

- ✓ 夏季出现在青藏高原及其邻域上空的对流层上部的大型高压系统，又称亚洲季风高压（Asian Monsoon High）
- ✓ SAH是夏季100hPa高度上除极涡以外最强大、最稳定的系统

7-8月100hPa
高度平均图



● 南亚高压的形成机制

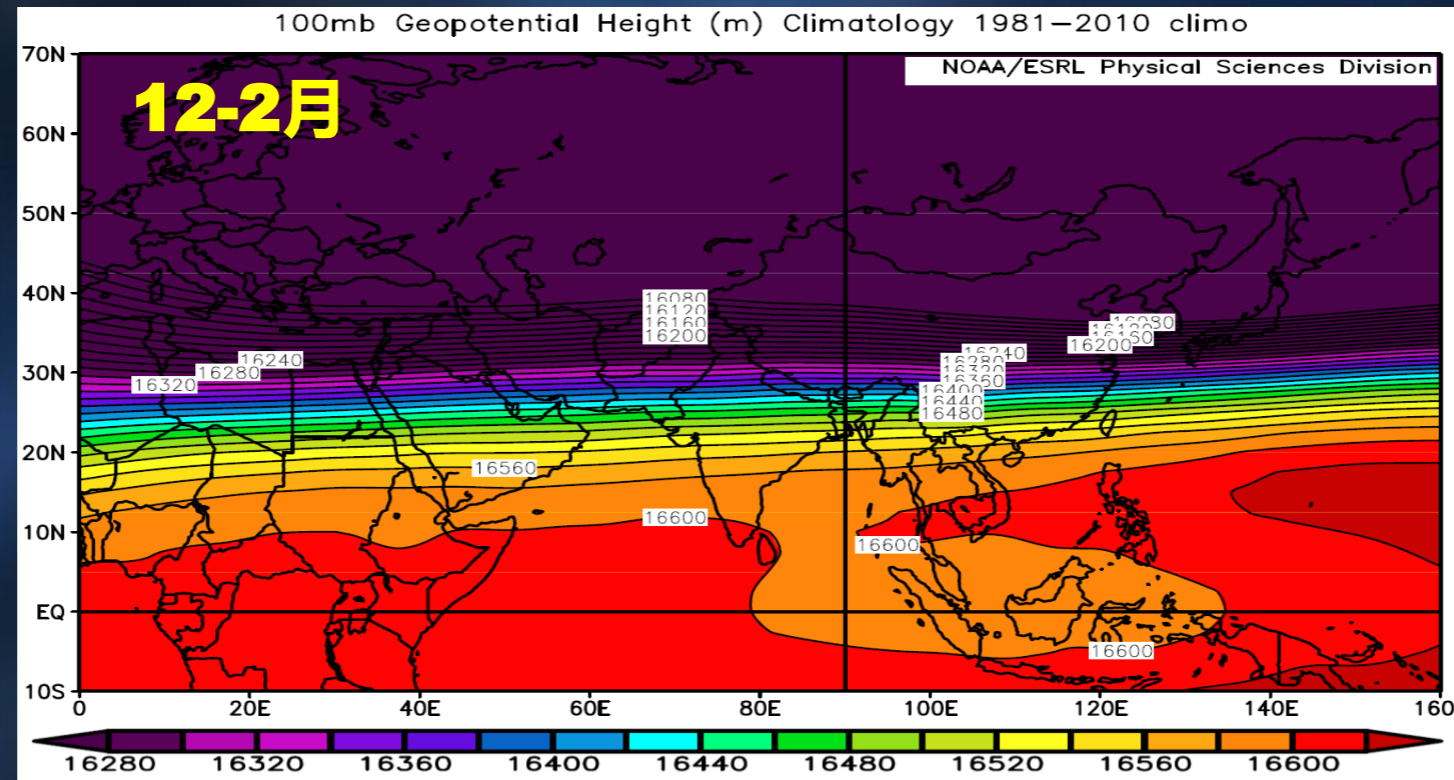
- ✓ SAH的形成与青藏高原独特的地形和地理位置有关
- ✓ 夏季，青藏高原上空和四周同高度相比是热源，湿度也较大，对流活动旺盛
- ✓ 强烈的对流活动使高原上空的对流层高层成为质量源，空气从这里流向四周，水平辐散导致了反气旋性环流的形成

● 南亚高压的结构特征

- ✓ 行星尺度的反气旋环流（属超长波系统）
- ✓ 低层热低压，高层暖高压（400hPa转为暖高，150-100hPa最强）
- ✓ 垂直环流独特：高原季风环流代替了哈德来（Hadley）环流
- ✓ 湿对流不稳定，对流活动强

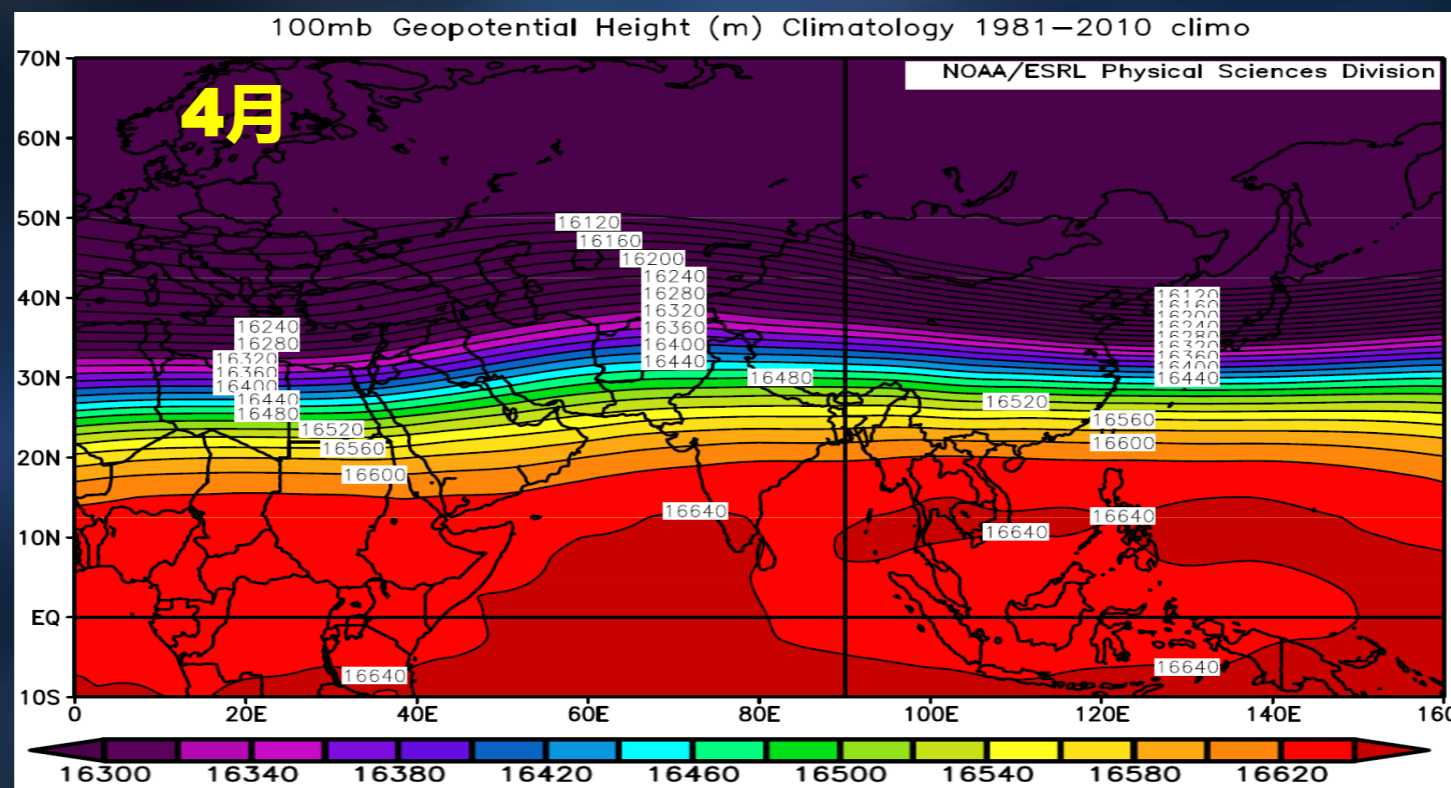
● 南亚高压的活动特征 -- 季节变化

- ✓ 冬季暖高中心位于菲律宾以东；4月脊线在 10°N ；5月脊线在 20°N ；6月跳上高原，脊线在 28°N ；7-8月在高原上最强，脊线在 32°N ；9月减弱南移，脊线在 28°N ；10月减弱南移海上，脊线在 20°N



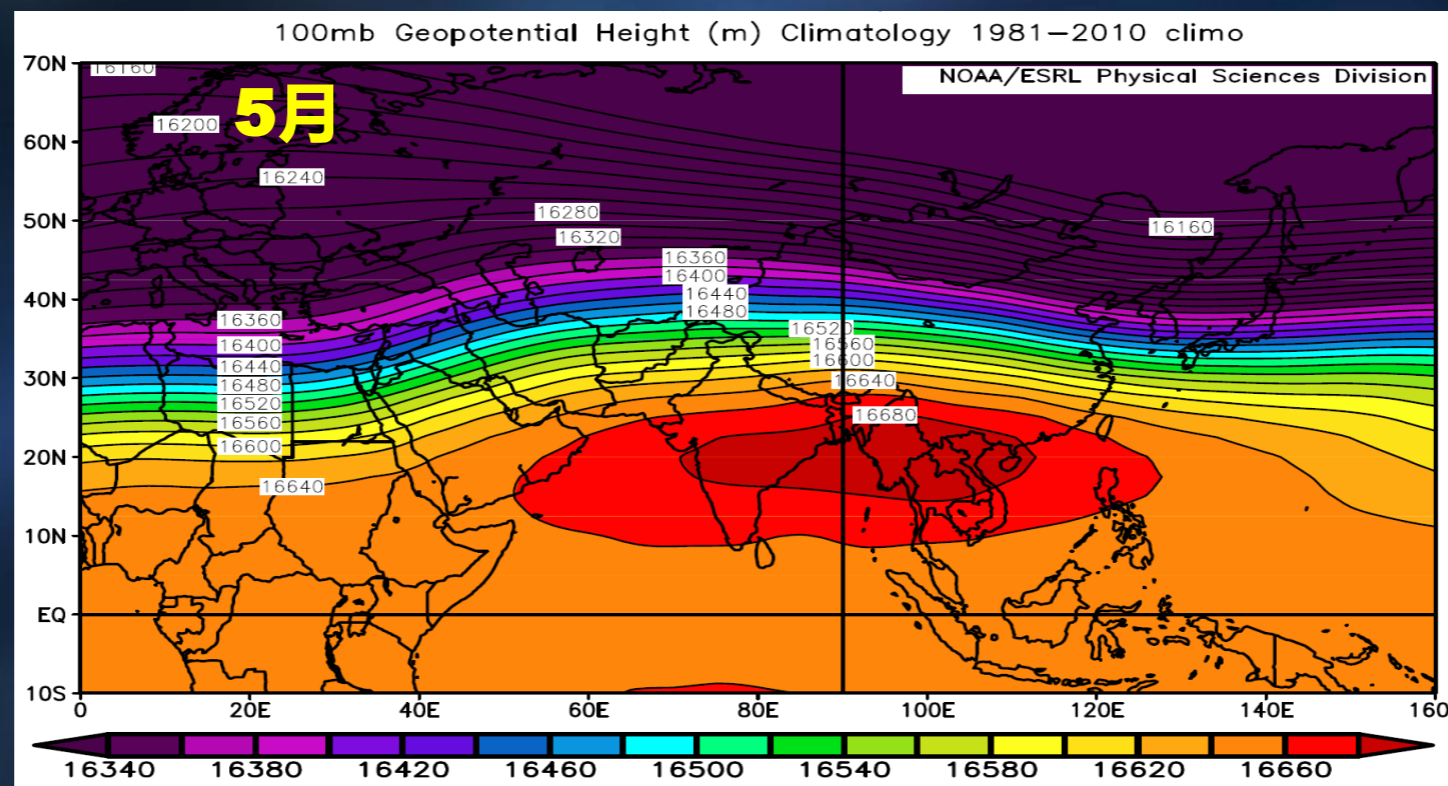
● 南亚高压的活动特征 -- 季节变化

- ✓ 冬季暖高中心位于菲律宾以东；4月脊线在 10°N ；5月脊线在 20°N ；6月跳上高原，脊线在 28°N ；7-8月在高原上最强，脊线在 32°N ；9月减弱南移，脊线在 28°N ；10月减弱南移海上，脊线在 20°N



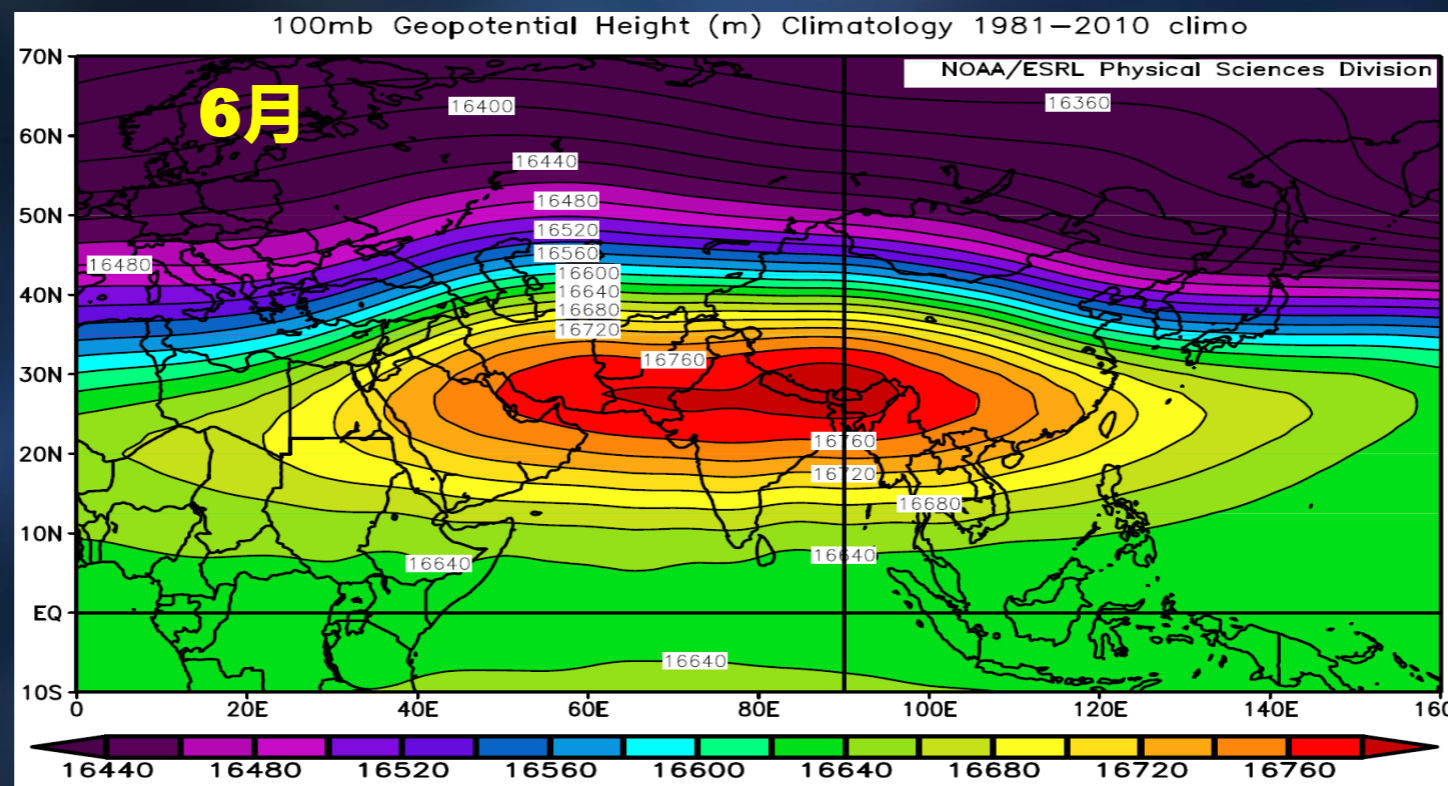
● 南亚高压的活动特征 -- 季节变化

- ✓ 冬季暖高中心位于菲律宾以东；4月脊线在 10°N ；5月脊线在 20°N ；6月跳上高原，脊线在 28°N ；7-8月在高原上最强，脊线在 32°N ；9月减弱南移，脊线在 28°N ；10月减弱南移海上，脊线在 20°N



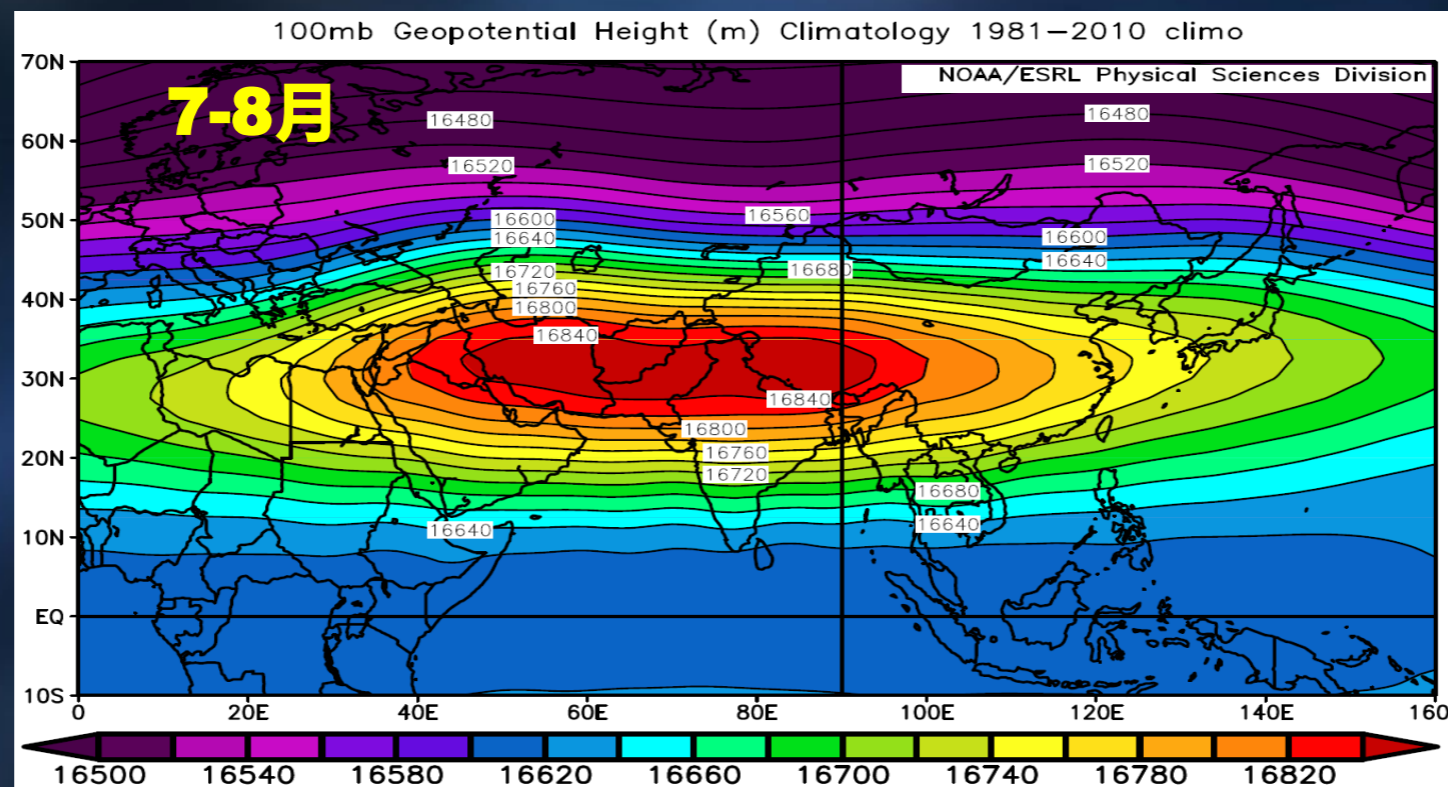
● 南亚高压的活动特征 -- 季节变化

- ✓ 冬季暖高中心位于菲律宾以东；4月脊线在 10°N ；5月脊线在 20°N ；6月跳上高原，脊线在 28°N ；7-8月在高原上最强，脊线在 32°N ；9月减弱南移，脊线在 28°N ；10月减弱南移海上，脊线在 20°N



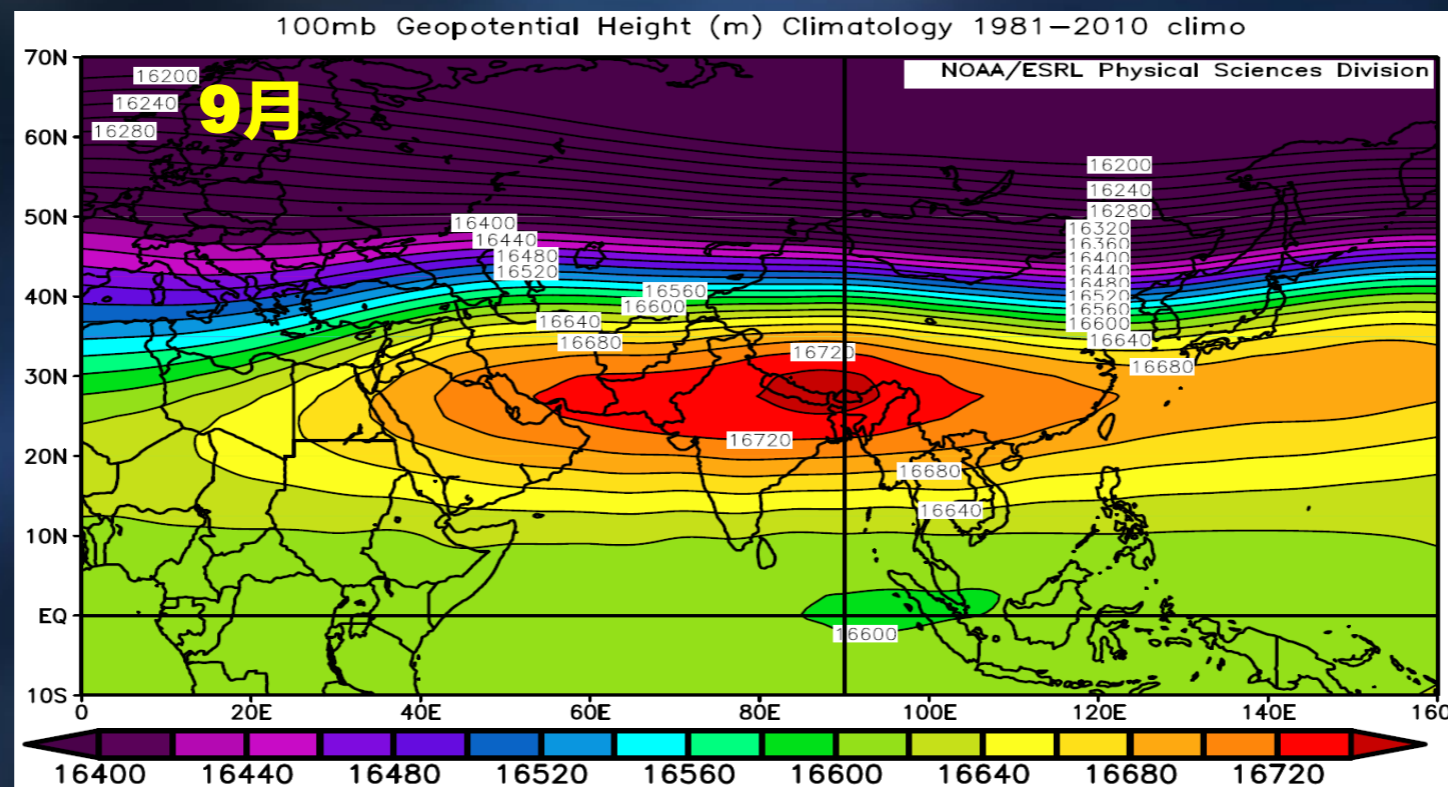
● 南亚高压的活动特征 -- 季节变化

- ✓ 冬季暖高中心位于菲律宾以东；4月脊线在 10°N ；5月脊线在 20°N ；6月跳上高原，脊线在 28°N ；7-8月在高原上最强，脊线在 32°N ；9月减弱南移，脊线在 28°N ；10月减弱南移海上，脊线在 20°N



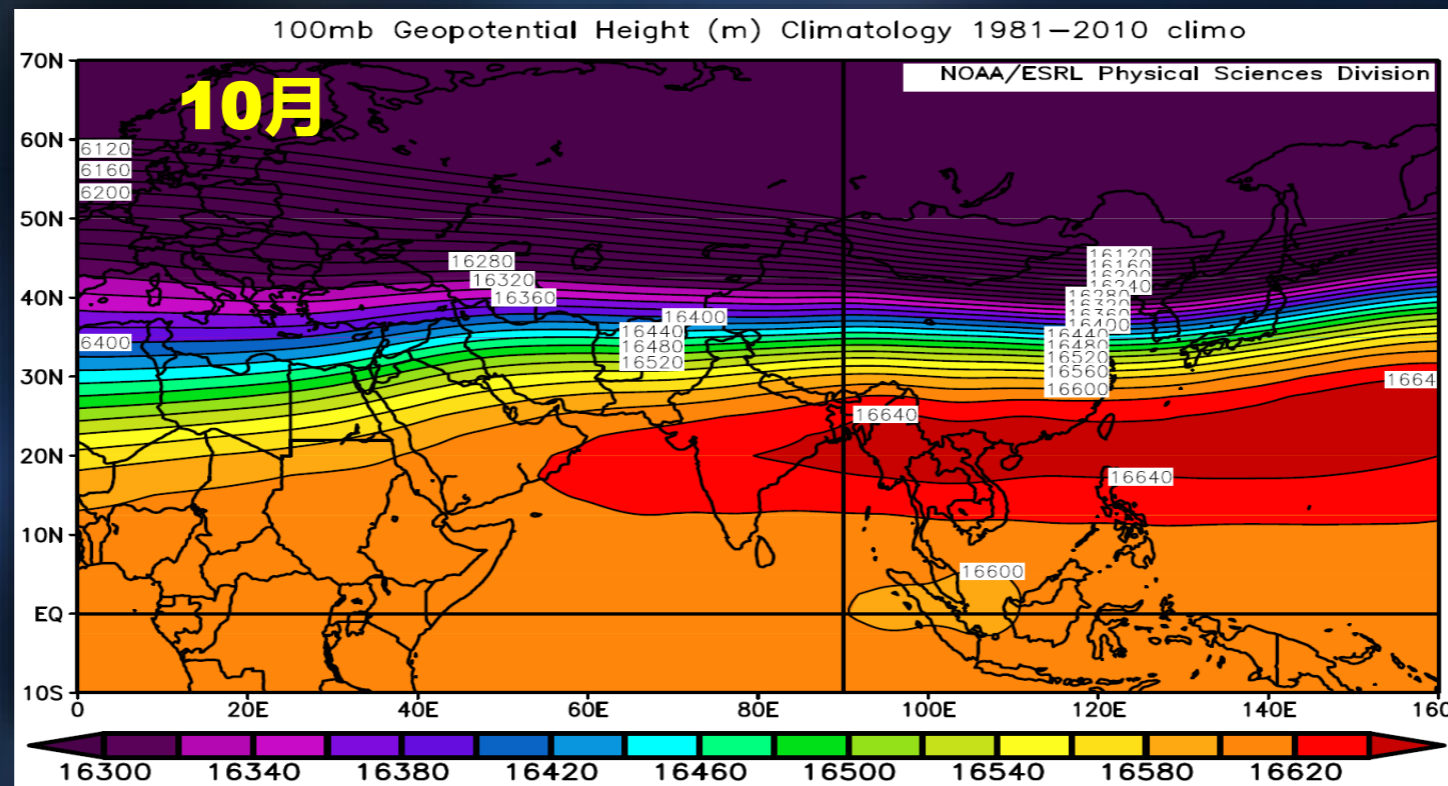
● 南亚高压的活动特征 -- 季节变化

- ✓ 冬季暖高中心位于菲律宾以东；4月脊线在 10°N ；5月脊线在 20°N ；6月跳上高原，脊线在 28°N ；7-8月在高原上最强，脊线在 32°N ；9月减弱南移，脊线在 28°N ；10月减弱南移海上，脊线在 20°N



● 南亚高压的活动特征 -- 季节变化

- ✓ 冬季暖高中心位于菲律宾以东；4月脊线在 10°N ；5月脊线在 20°N ；6月跳上高原，脊线在 28°N ；7-8月在高原上最强，脊线在 32°N ；9月减弱南移，脊线在 28°N ；10月减弱南移海上，脊线在 20°N



● 南亚高压的活动特征 —— 经度变化

- ✓ 根据南亚高压主要中心的位置和强度，南亚高压分为西部型、东部型和带状型
- ✓ 东西部型多见，带状型为过渡形式，维持时间短

● 南亚高压的活动特征 —— 经度变化

① 东部型

500hPa副热带高压西伸北跳，588线控制长江中下游，长江流域少雨，西北、东北一带多雨

高原高压中心	长江中下游高压中心	脊走向	西风槽
弱	强	NE-SW	70-90°E



东部型示意图

● 南亚高压的活动特征 —— 经度变化

② 西部型

588线偏东偏南，雨带在长江流域

高原高压中心	长江中下游高压中心	脊走向	西风槽
强	弱	NW-SE	90-130°E



西部型示意图

● 南亚高压的活动特征 —— 经度变化

③ 带状型

高原高压中心	长江中下游高压中心	脊走向	西风槽
高压呈带状 两个以上弱中心，不稳定		NW-SE	90-130°E



带状型示意图

● 南亚高压东西振荡机制 —— 准双周振荡

✓ 西风带系统的影响

当南亚高压北侧西风带长波发生调整时，南亚高压出现东西振荡

南亚高压从西部型转为东部型的一般天气形势：

- ① 上游地中海槽不稳定发展
- ② 西风带一个低槽出现在高原上空

● 南亚高压东西振荡机制 —— 准双周振荡

✓ 热带系统的影响

南亚高压常从东风风速加大的地区移向东风风速减弱的地区

南亚高压由东部型转为西部型的一般天气形势：

- ① 热带地区对流层低层(700hPa)赤道缓冲带北上与西太平洋副热带高压合并时

● 南亚高压东西振荡机制 —— 准双周振荡

✓ 加热场的影响

南亚高压的形成与高原的加热作用密切相关，热力作用是其形成的主要过程，东西振荡是为了响应加热场的分布

- ① 梅雨期间，江淮流域上空积累的潜热量超过高原上的总热量时，中心向东移动
- ② 梅雨结束，雨带北移，我国东部潜热量减小，当高原热量超过东部地区时，中心向西移动

● 南亚高压与西太平洋副高的相同点

- ① 暖高压系统
- ② 位于副热带
- ③ 季节变化
- ④ 主要在夏季最强
- ⑤ 准双周振荡
- ⑥ 与中国雨带及台风活动关系密切

● 南亚高压与西太平洋副高的区别

	南亚高压	副热带高压
尺度上	行星尺度	天气尺度
高度上	对流层高层	对流层中低层
结构上	低层热低压 高层暖高压	低层暖高压 高层洋中槽 (TUTT)
形成因子	热力因子为主	动力因子为主
散度分布	高层辐散 低层辐合	高层辐合 低层辐散
水平流场	高层反气旋 低层气旋	中低层反气旋 高层不明显
垂直环流	整层上升 季风环流圈	整层下沉 哈德来环流圈
对应天气	强对流天气	晴热天气
引导台风	不易引导台风	能引导台风

● 南亚高压与台风活动的关系

盛夏位于对流层高层巨大的南亚高压对登陆我国的西太平洋台风的影响, 具体表现为:

- ① 当南亚高压加强东进, 或在东海和日本附近出现一个分裂中心时, 高空反气旋环流扩展至西太平洋热带地区, 这时往往伴有ITCZ的生成和加强, 同时形成有利于台风发生的高层辐散条件
- ② 当南亚高压中心位于 100° E以东我国东部上空时, 能阻挡台风转向, 使登陆北上的台风深入内陆后, 消失在南亚高压南侧

● 南亚高压与台风活动的关系

盛夏位于对流层高层巨大的南亚高压对登陆我国的西太平洋台风的影响, 具体表现为:

- ③ 当南亚高压中心位于 100°E 以西的高原上, 且我国东部大陆上空无高压单体存在时, 影响我国的台风往往北上转向
- ④ 海上转向台风与南亚高压的关系不明显

● 南亚高压与台风活动的关系

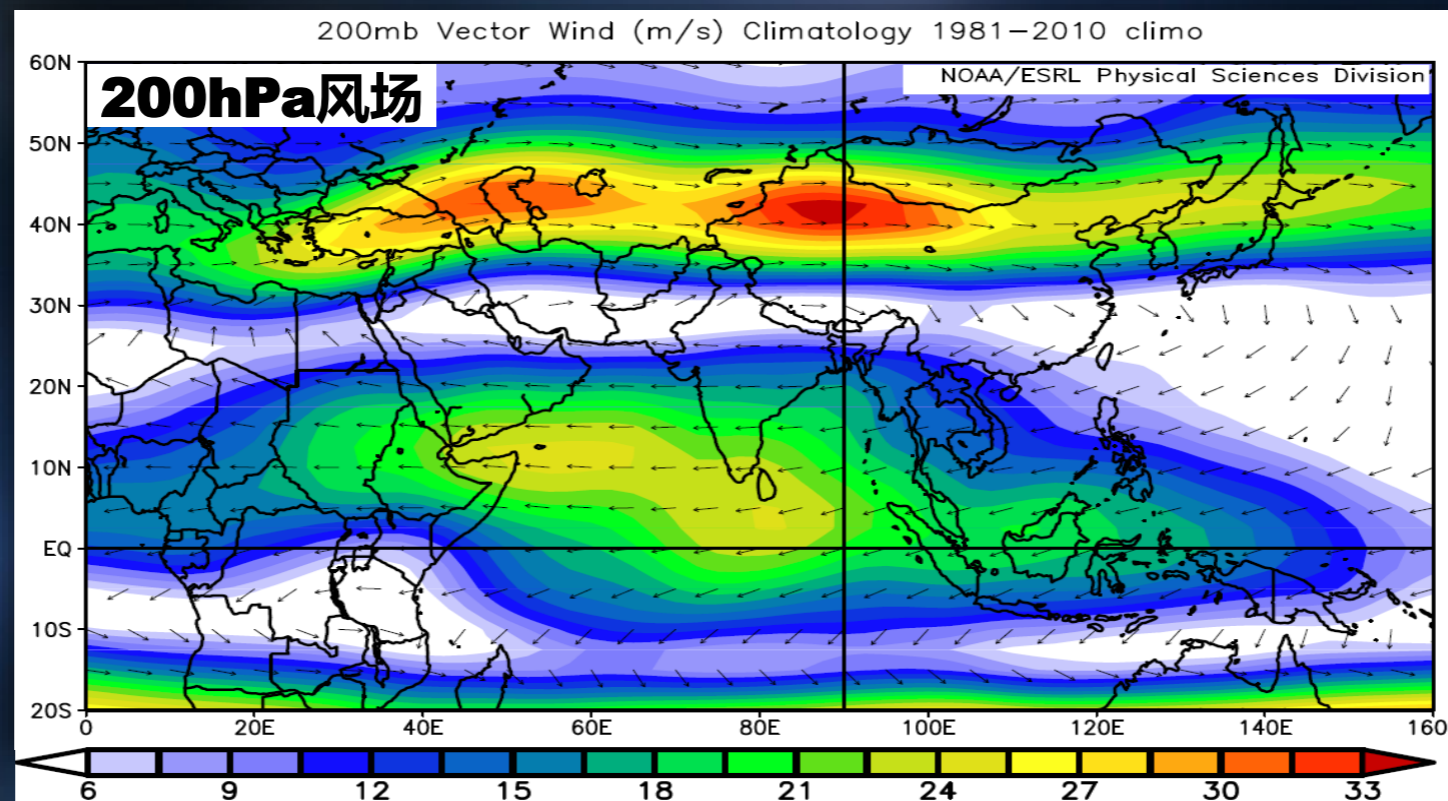
盛夏位于对流层高层巨大的南亚高压对登陆我国的西太平洋台风的影响,具体表现为:

- ⑤ 南亚高压中心很少移出大陆,有时洋面上也可以出现弱高压中心,这时其性质完全不同
- ⑥ 洋面上的弱高压中心是个冷性系统,在高层没有暖中心存在
- ⑦ 这个弱高压实际是对流层中下部副热带高压在高层的反映,与500hPa副热带高压中心对应,因此台风不是向洋面上的弱高压中心移动,而是绕着它移动,北上转向

高空急流 -- Upper Level Jet

✓ 副热带西风急流 (Subtropical Westerly Jet)

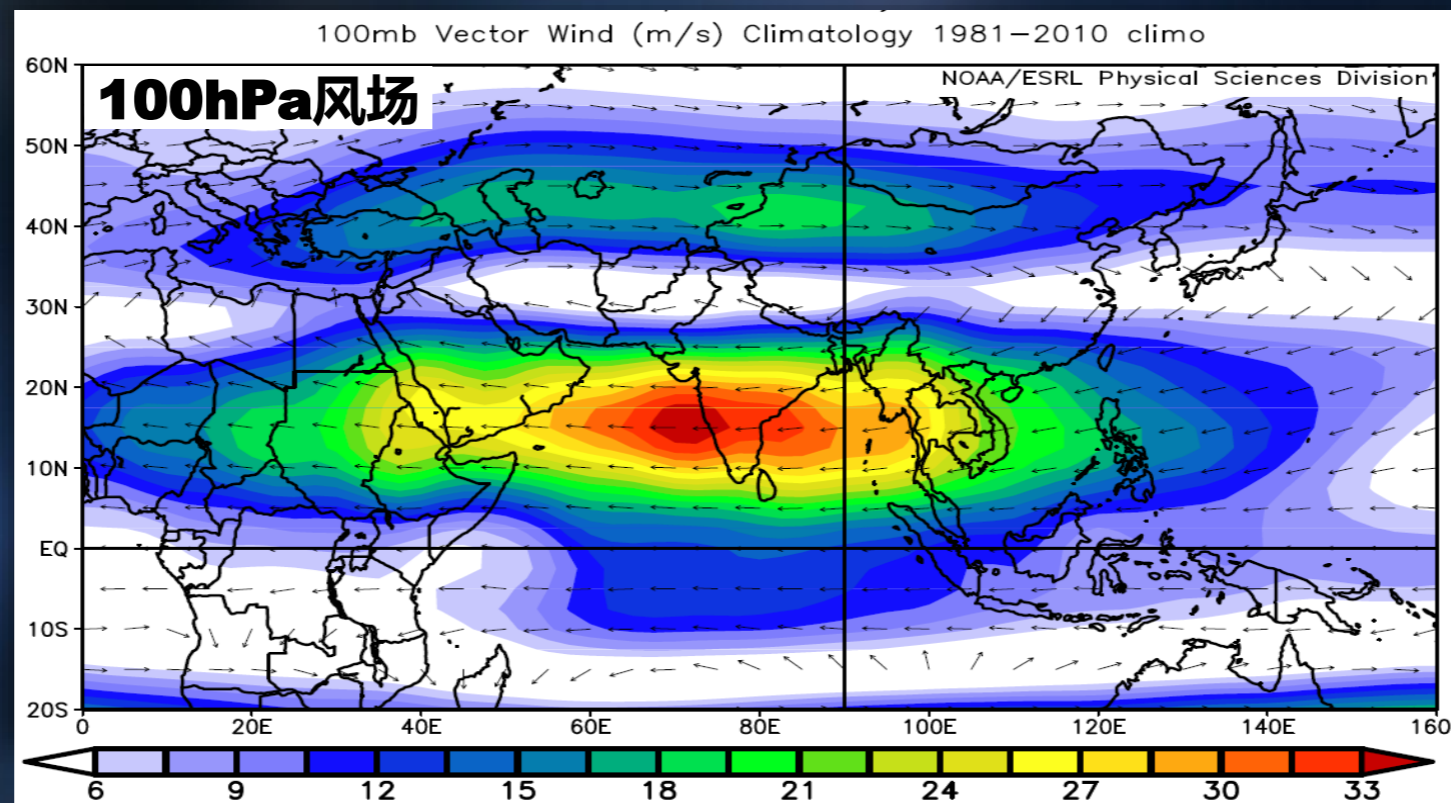
200hPa (12km) 附近



高空急流 -- Upper Level Jet

✓ 热带东风急流 (Tropical Easterlies Jet)

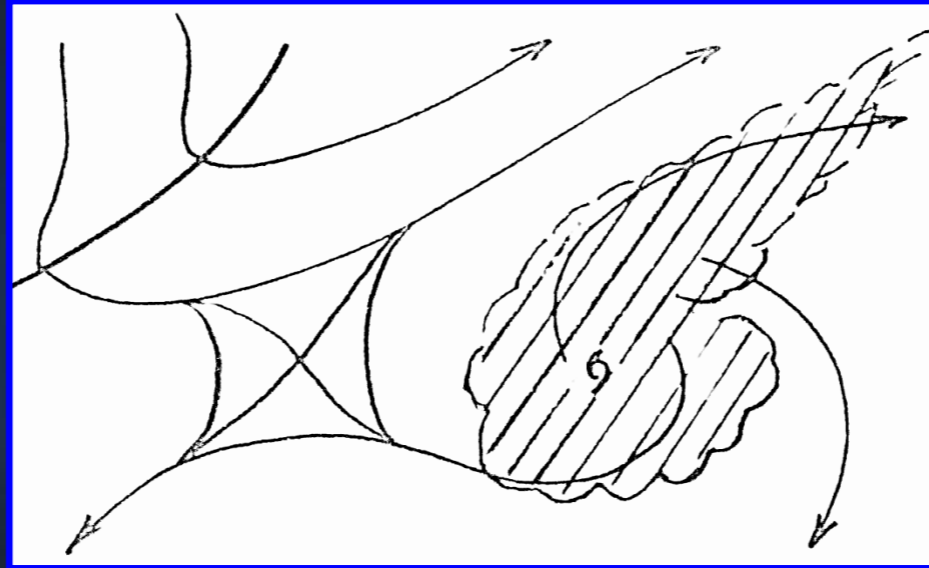
100-150hPa (14~16km) 附近



● 高空急流与台风活动的关系（1）

✓ 对流层上部和平流层下部西风大槽前的西风急流，对台风的发生发展有着双重的影响：

- ① 热带扰动或台风靠近西风急流，但还有一定距离时，急流给台风环流的高层流出提供了高速气流以及一个高层反气旋切变环境，可使扰动发展成台风或使台风急剧发展

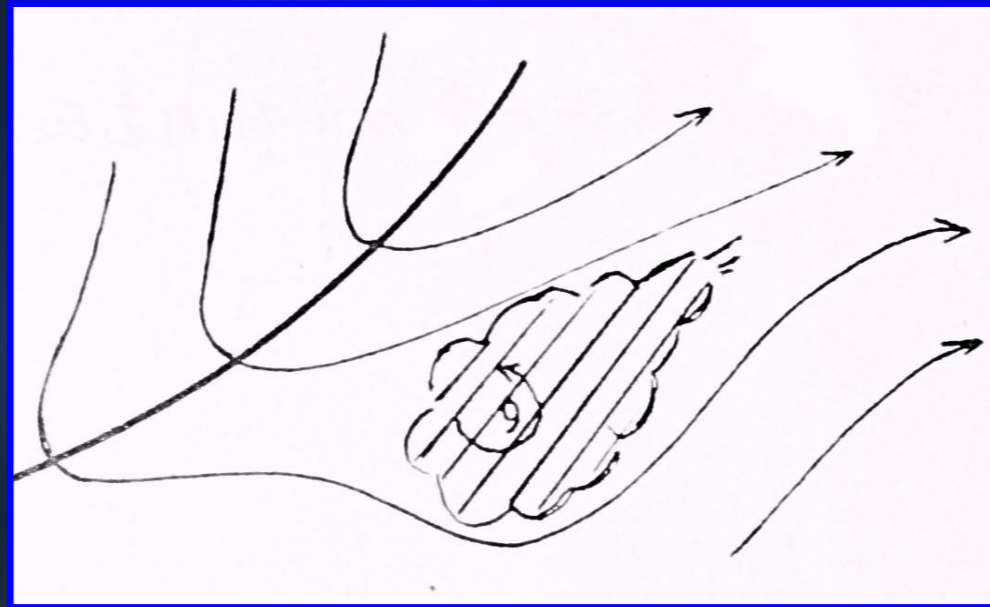


西风急流加强高层辐散模式

● 高空急流与台风活动的关系（2）

✓ 对流层上部和平流层下部西风大槽前的西风急流，对台风的发生发展有着双重的影响：

② 台风继续西北移动，与西风急流距离非常近时，垂直切变增大，或急流造成高层气旋性切变流场，台风发展将受到显著抑制或迅速减弱



西风急流加强垂直切变模式

● 高空急流与台风活动的关系 (3)

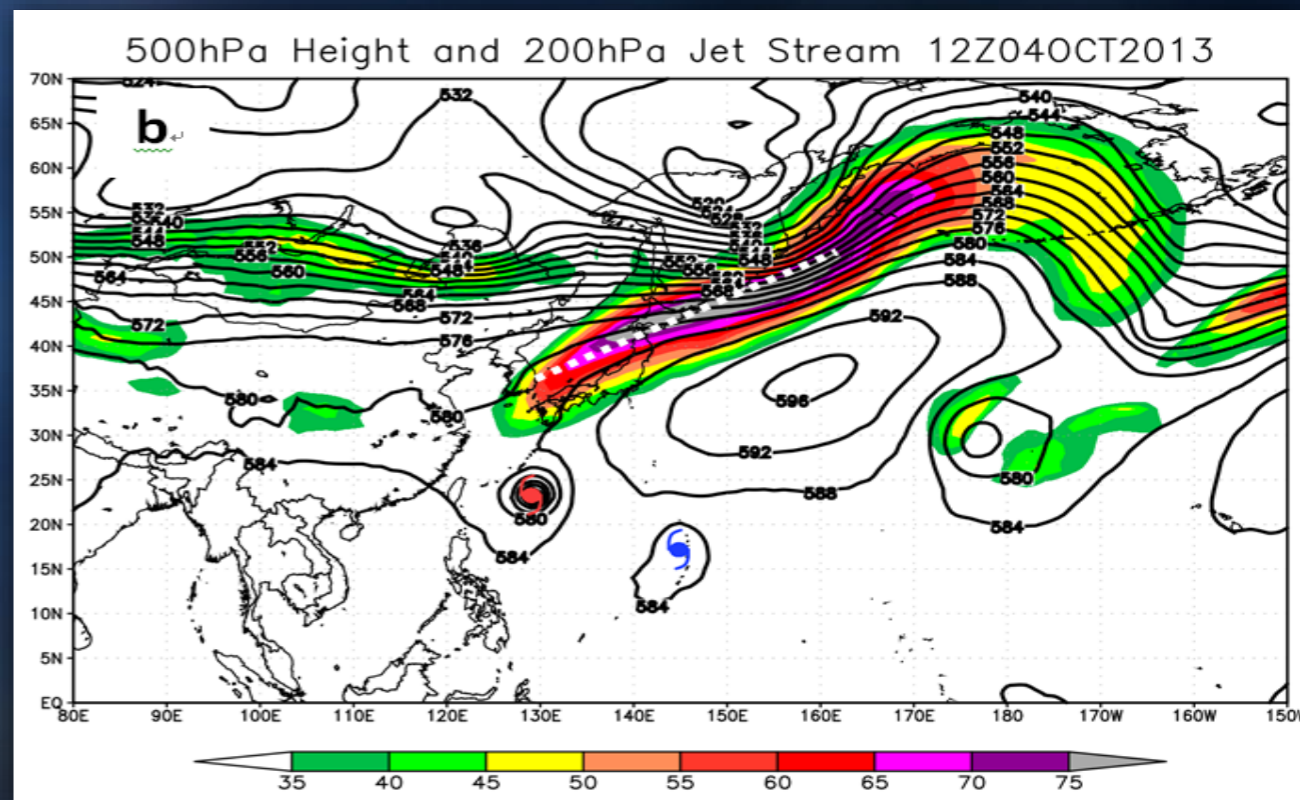
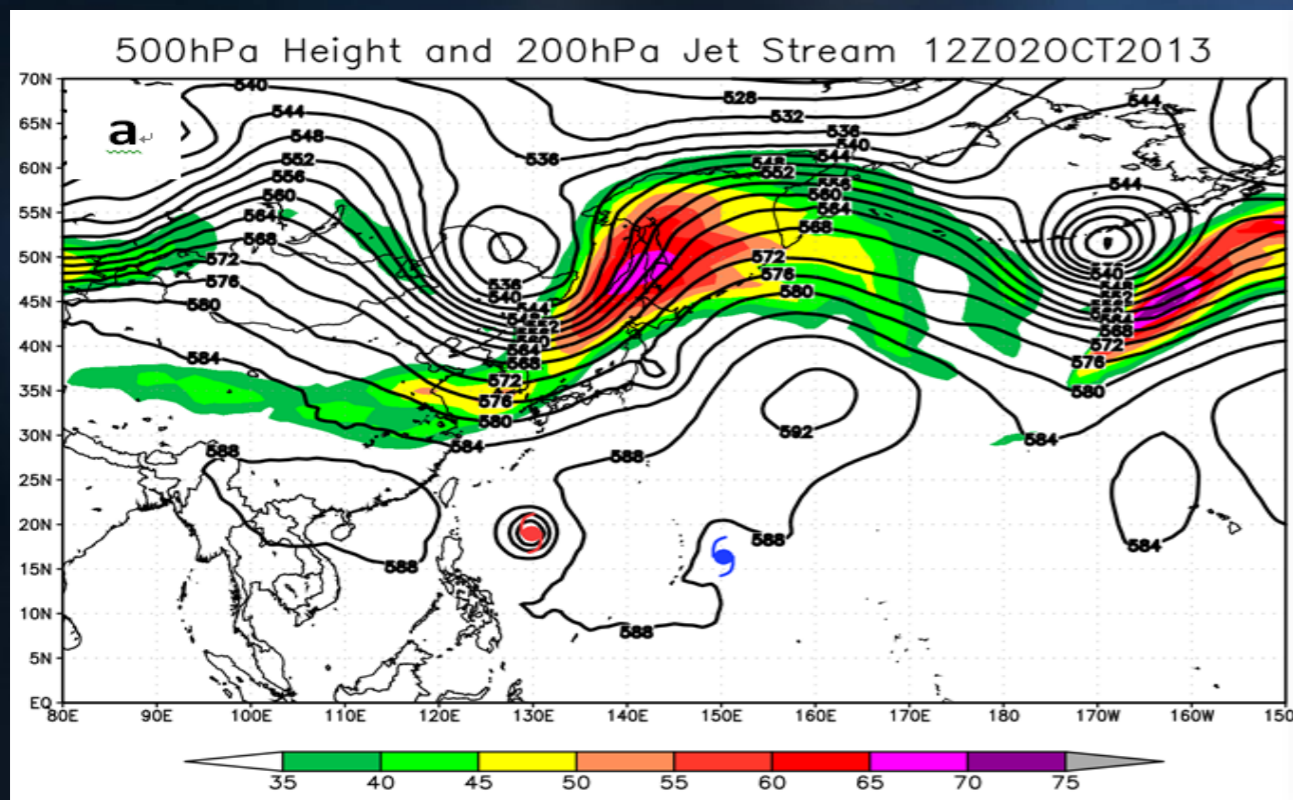
✓ 副热带西风急流对台风移动的影响

- ① 副热带西风急流增强，强风中心向北移动，或北方西风带整个系统向北收缩，显示副高将增强西伸，台风将向偏西方向移动
- ② 副热带西风急流南移，风速增强，强风中心降至300hPa以下，显示副高将东退，并有较深西风槽接近，台风将转向偏北或东北方向移动

● 高空急流与台风活动的关系 (3)

✓ 副热带西风急流对台风移动的影响

水平温度梯度最大的区域上空的一定高度上，必然会出现与温度场相适应的强风区

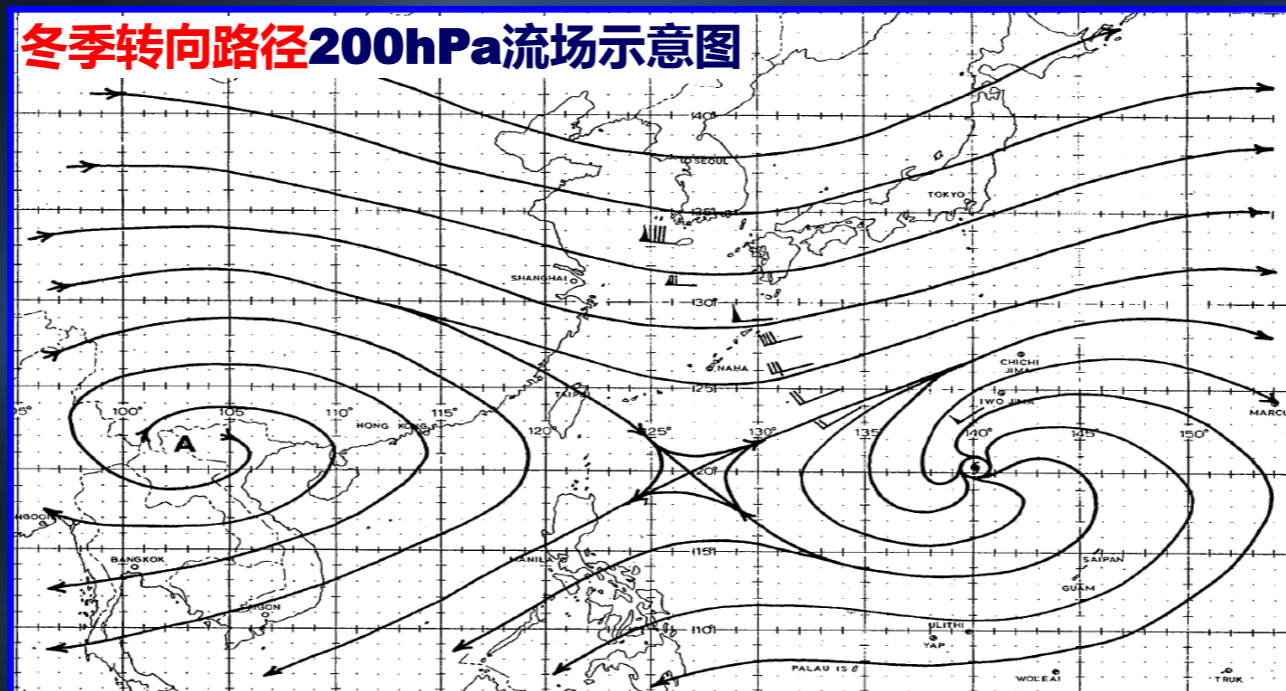


● 高层流场对台风移动路径的影响

对流层高层200hPa流场的形势分析有助判断台风是否转向 (Charles P. Guard , 1977)

✓ 冬季转向形势

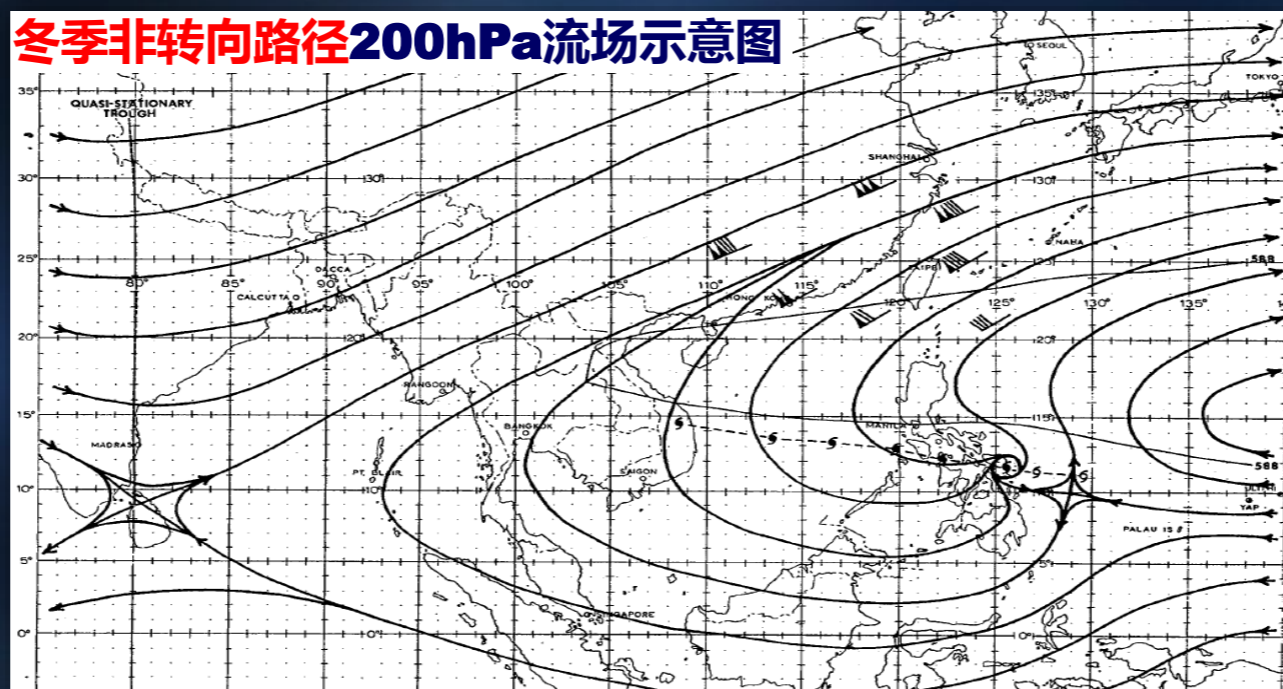
位于台风西北方向的西风带持续增强，且与台风上层环流有直接相互作用



● 高层流场对台风移动路径的影响

✓ 冬季非转向形势

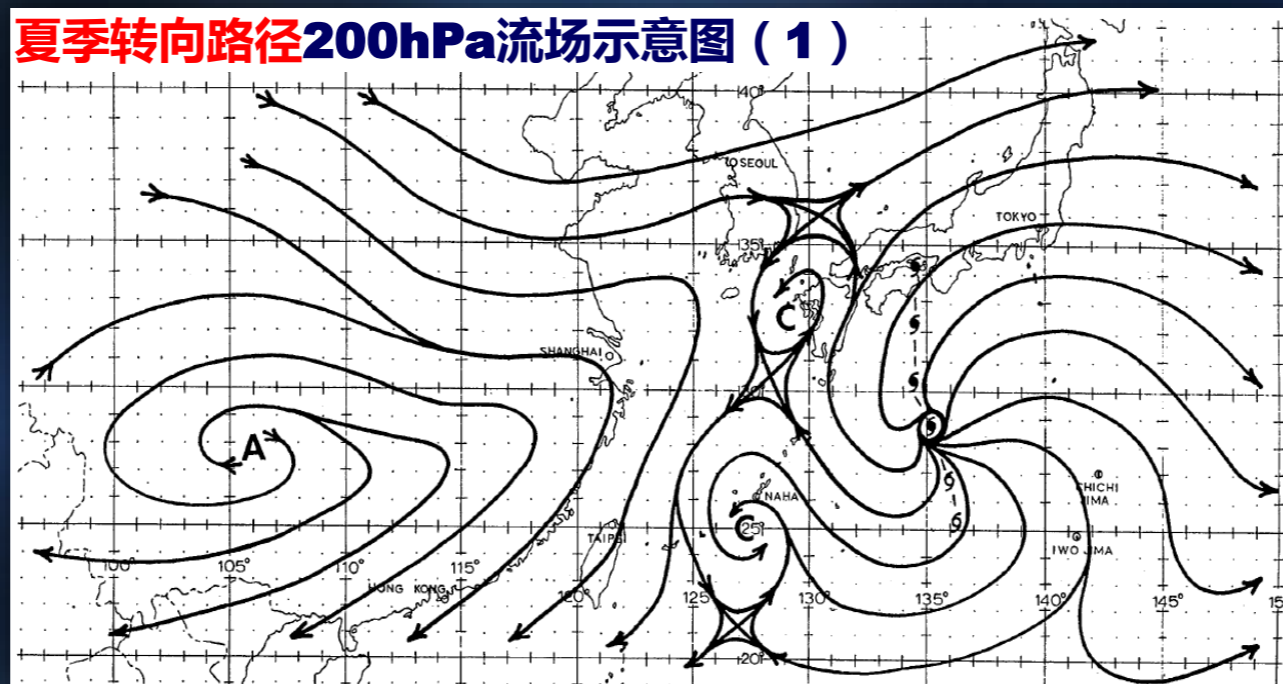
台风流出环流与西风带有直接相互作用，中纬度高空槽静止少动，且与台风距离超过2000km，多出现冬季南支槽停滞少动时



● 高层流场对台风移动路径的影响

✓ 夏季转向形势（1）

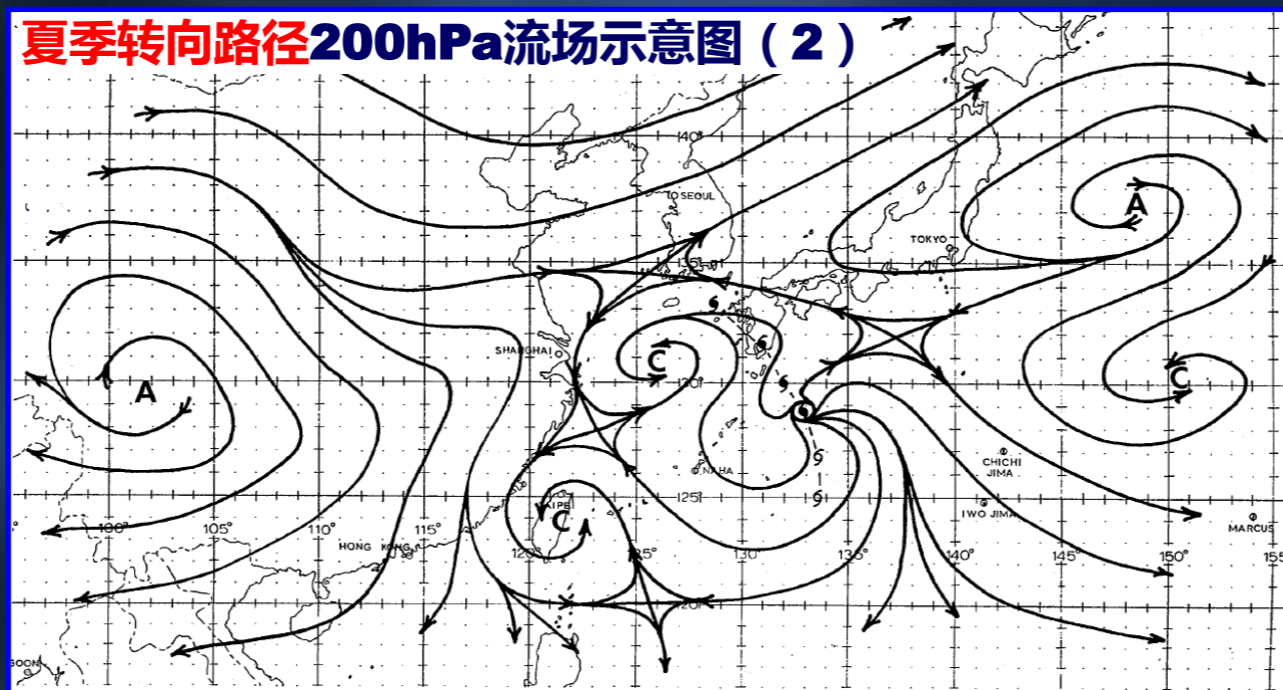
东亚大槽位于台风西北侧，台风向北移动过程中将有向东的分量



● 高层流场对台风移动路径的影响

✓ 夏季转向形势（2）

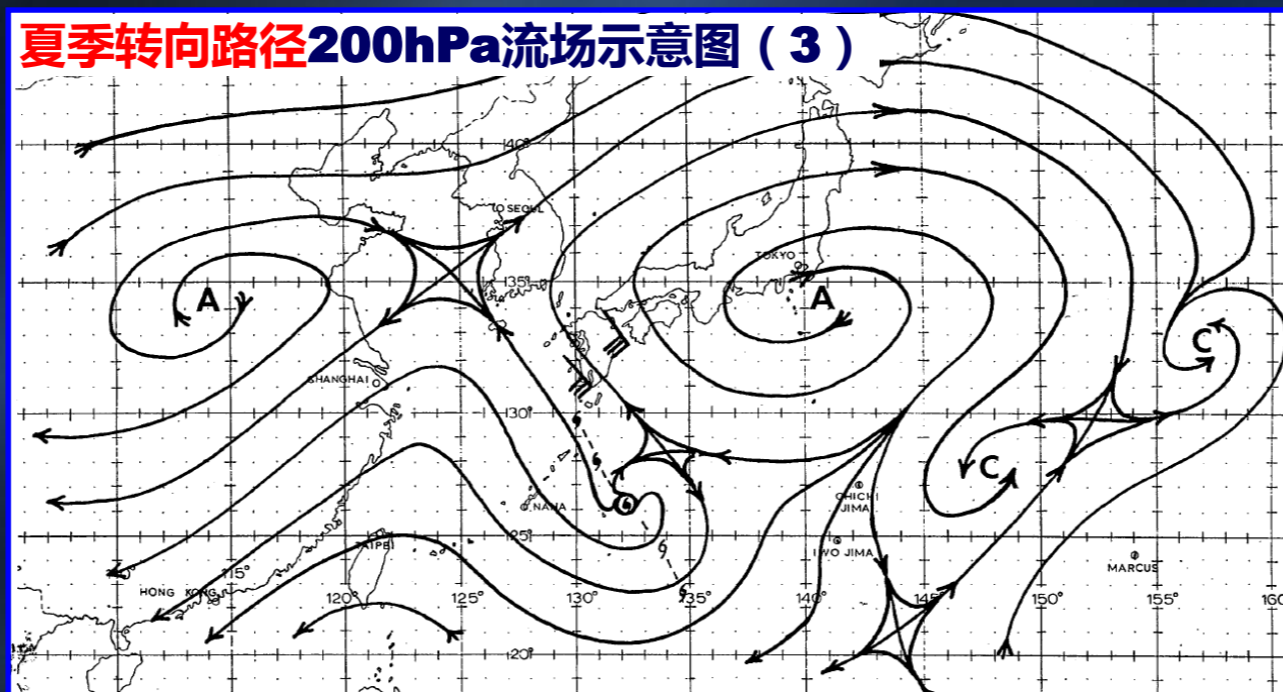
东亚大槽位于气旋西侧，同时副热带高压位于其东北侧，台风向北移动过程中有偏西分量



● 高层流场对台风移动路径的影响

✓ 夏季转向形势（3）

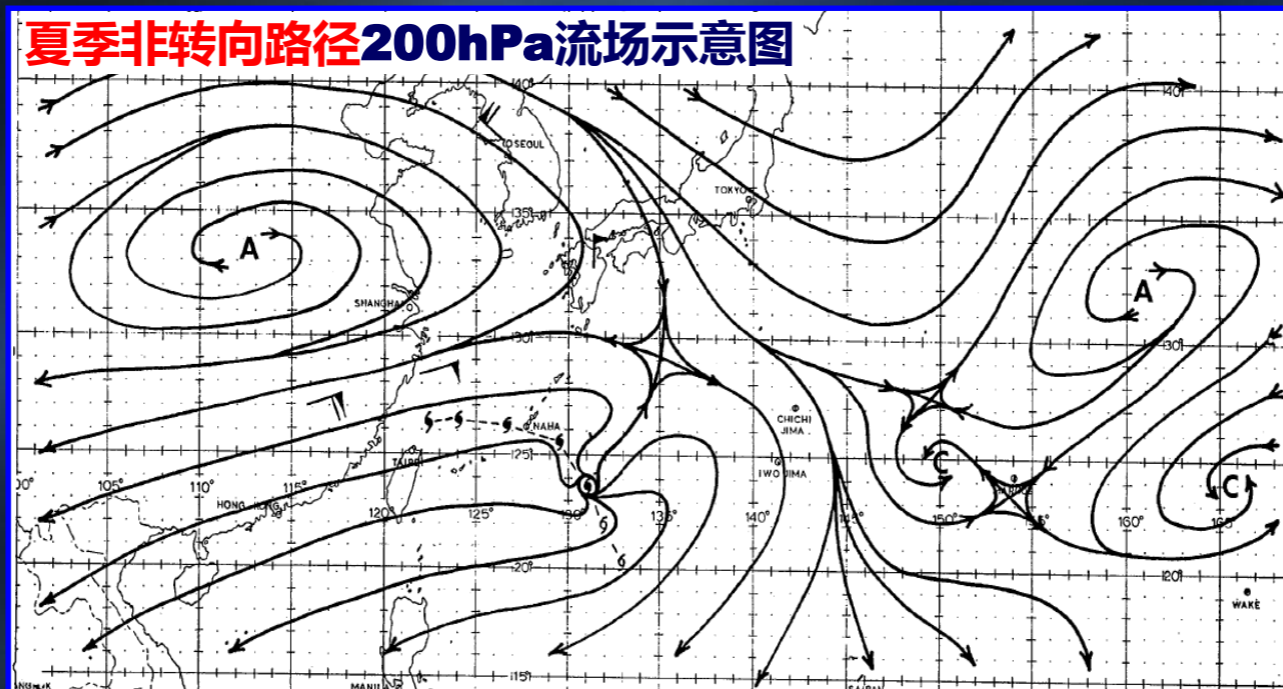
副热带高压位于台风东北侧，受东南气流引导，台风向偏北转东北方向移动；若副高西进，台风北行中向西分量将增大



● 高层流场对台风移动路径的影响

✓ 夏季非转向形势

- 台风位于南亚高压东南侧或南侧，路径偏西分量较大



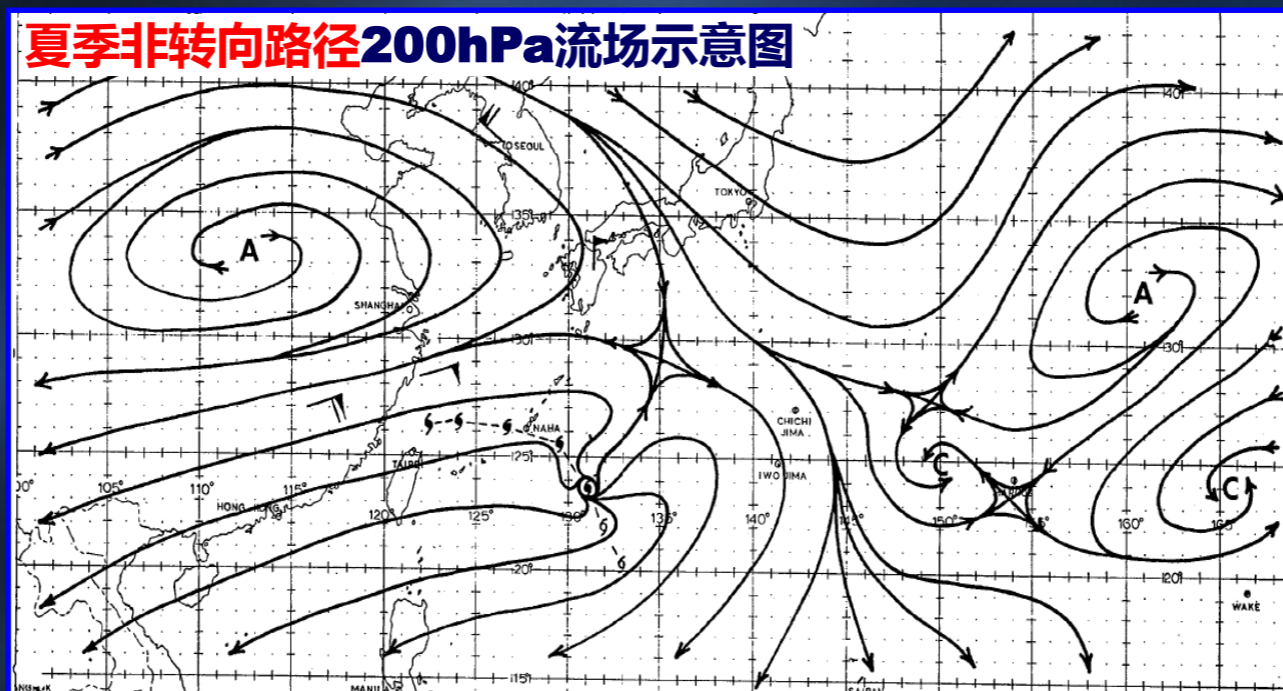
● 高层流场对台风移动路径的影响

✓ 夏季非转向形势

- 偏西分量大小取决于南亚高压东侧或东南侧风速大小

NW : 5.1-10.3m/s , WNW : 10.3-20.6m/s

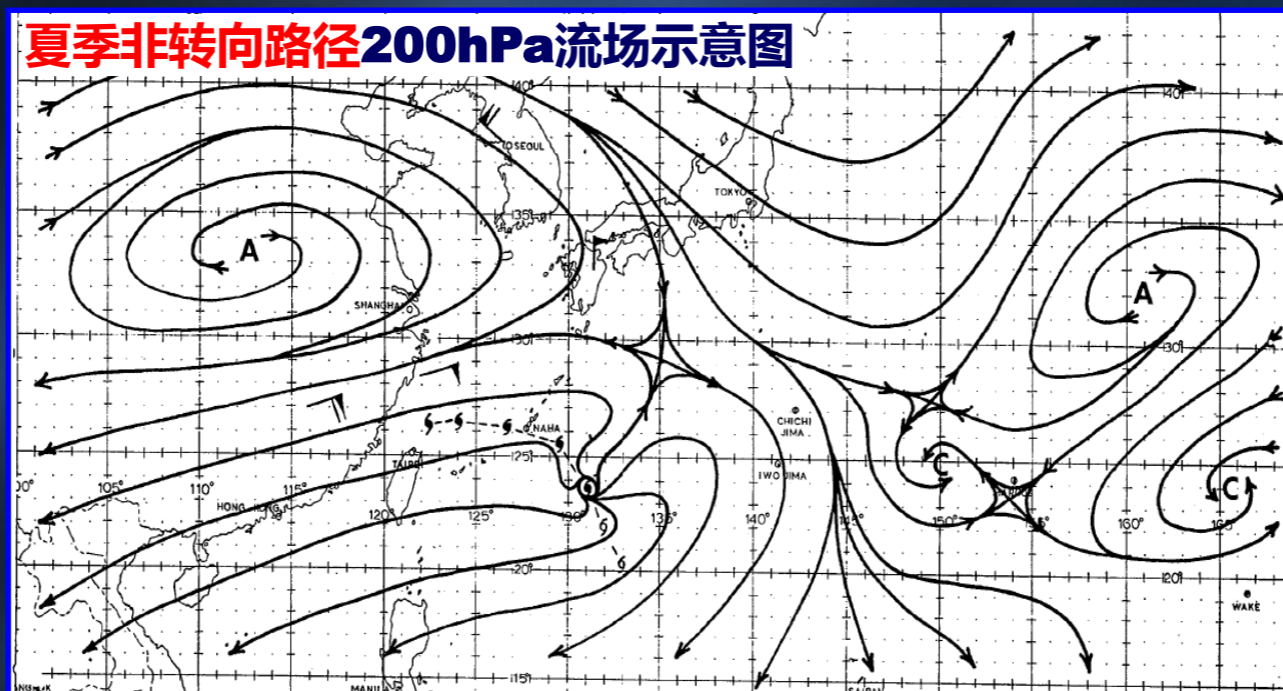
W : 20.6-30.9m/s , WSW : ≥ 30.9 m/s



● 高层流场对台风移动路径的影响

✓ 夏季非转向形势

- 多发生在琉球群岛南部、中国大陆及台湾、南海



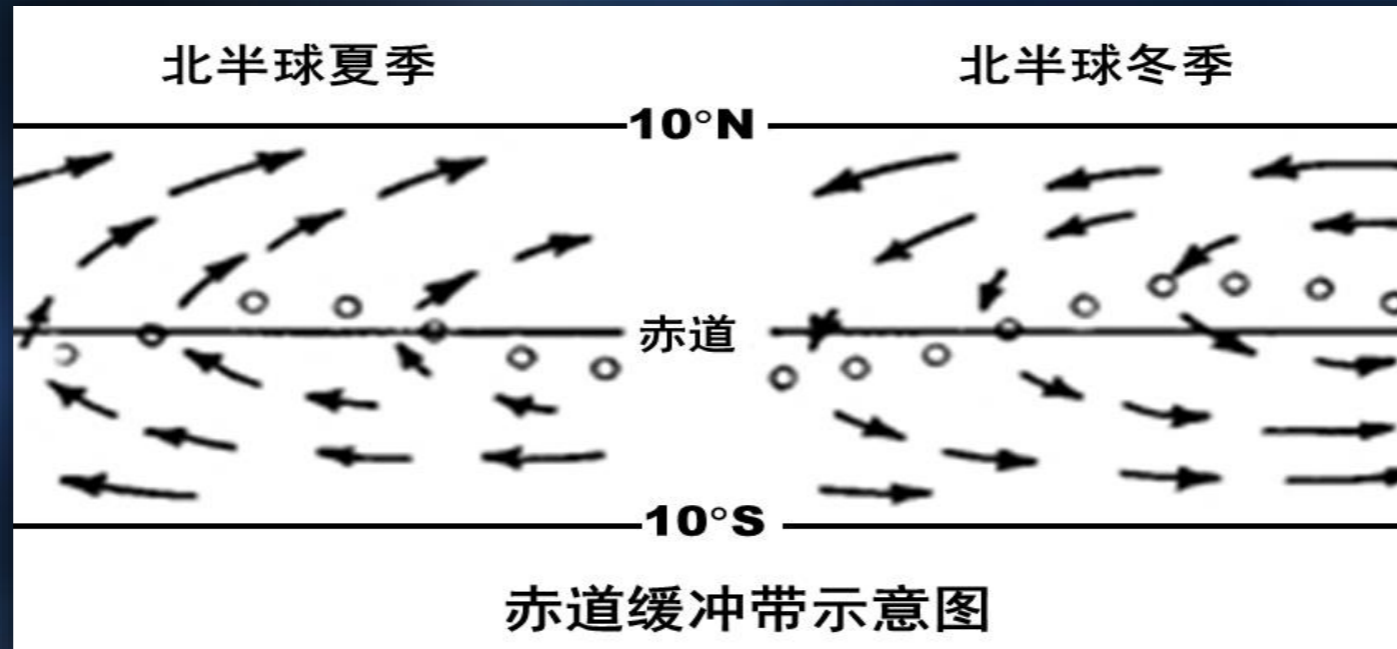
● 高空东风急流对台风活动的影响

100-150hPa上，热带东风急流轴可从南海南部经马来半岛、印度南端，直指非洲中部。

- ✓ **当东风急流维持、加强东进时，其东端在西北太平洋和南海形成高空辐散场，有利于台风发生发展**
- ✓ **当热带东风急流明显，且位于距离热带扰动或台风较远的南方或西南方时，有利于台风发生发展**
- ✓ **当热带东风急流不明显，且距离热带扰动或台风较近时，或位于扰动或台风上空时，不利于台风发生发展**

赤道缓冲带 -- Equatorial Buffer Zone

- ✓ 赤道缓冲带是南（北）半球低空气流流向北（南）半球时，气流转变或气流过渡的地区，它把反向的偏东信风和偏西季风分开
- ✓ 是赤道附近重要的大尺度天气系统之一



赤道缓冲带 -- Equatorial Buffer Zone

- ✓ 一般在离赤道**10**个纬度范围内活动，以亚洲和西太平洋的赤道缓冲带最为活跃
- ✓ 时间或空间上均有持续性，生命史为**1-2**周
- ✓ 冬季南半球气流流向夏季北半球时，缓冲带风向的旋转方向是顺时针的
- ✓ 冬季北半球气流流向夏季南半球时，缓冲带的风向旋转是逆时针的

● 赤道缓冲带内的主要天气系统 —— 赤道反气旋（赤道高压）

- ✓ 夏季南海和赤道附近西太平洋的低空天气系统，最强在**850hPa**，向上达**500hPa**，下达地面
- ✓ 水平尺度**1-3千公里**，个别**6-7千公里**
- ✓ 生命史一般为**5天**，最长**16天**
- ✓ 中心盛行下沉气流，天气晴好

● 赤道缓冲带内的主要天气系统 —— 赤道反气旋（赤道高压）

四种形成方式：

- ① 南半球东南信风越赤道后折向再切断形成
- ② 被热带、副热带伸向赤道的波动切断形成
- ③ 赤道缓冲带北移加强时，带内闭合反气旋
- ④ 副热带高压南伸与缓冲带连通后切断而成

● 赤道缓冲带内的主要天气系统 —— 赤道气旋（赤道低压）

- ✓ 出现于冬季南海地区，其形成与中国大陆冷空气向南爆发、东北季风加强进入南海，使缓冲带活动加强有关
- ✓ 中心盛行上升气流，在南海赤道附近地区形成后，向西移动，使马来西亚和新加坡等地洪水泛滥

● 赤道缓冲带与台风活动的关系

赤道缓冲带在南半球气流向北半球全面涌进时，得到加强和稳定，对台风移动有重要作用

✓ 赤道缓冲带稳定

赤道附近气压场较均匀，赤道西风较副高南侧东风弱，东风对台风的牵引是主要的

- 副高减弱阶段，其作用就显现出来，使台风向偏东方向移动
- 副高南侧东风与赤道西风抵消时，台风将减速或打转
- 影响短暂，进入东风带，受副高南侧气流的引导，台风将向偏西或西北方向移动

● 赤道缓冲带与台风活动的关系

✓ 赤道缓冲带向北涌进（1）

- 赤道缓冲带向北涌进与西太副高合并，使合并地区的热带辐合线消失，将对台风的移动产生重要影响
- 赤道缓冲带向北涌进与西太平洋高压合并有两条通道：**在台风东侧和在台风西侧，当副高衰退时，甚至可以改变台风移动的总趋势**

● 赤道缓冲带与台风活动的关系

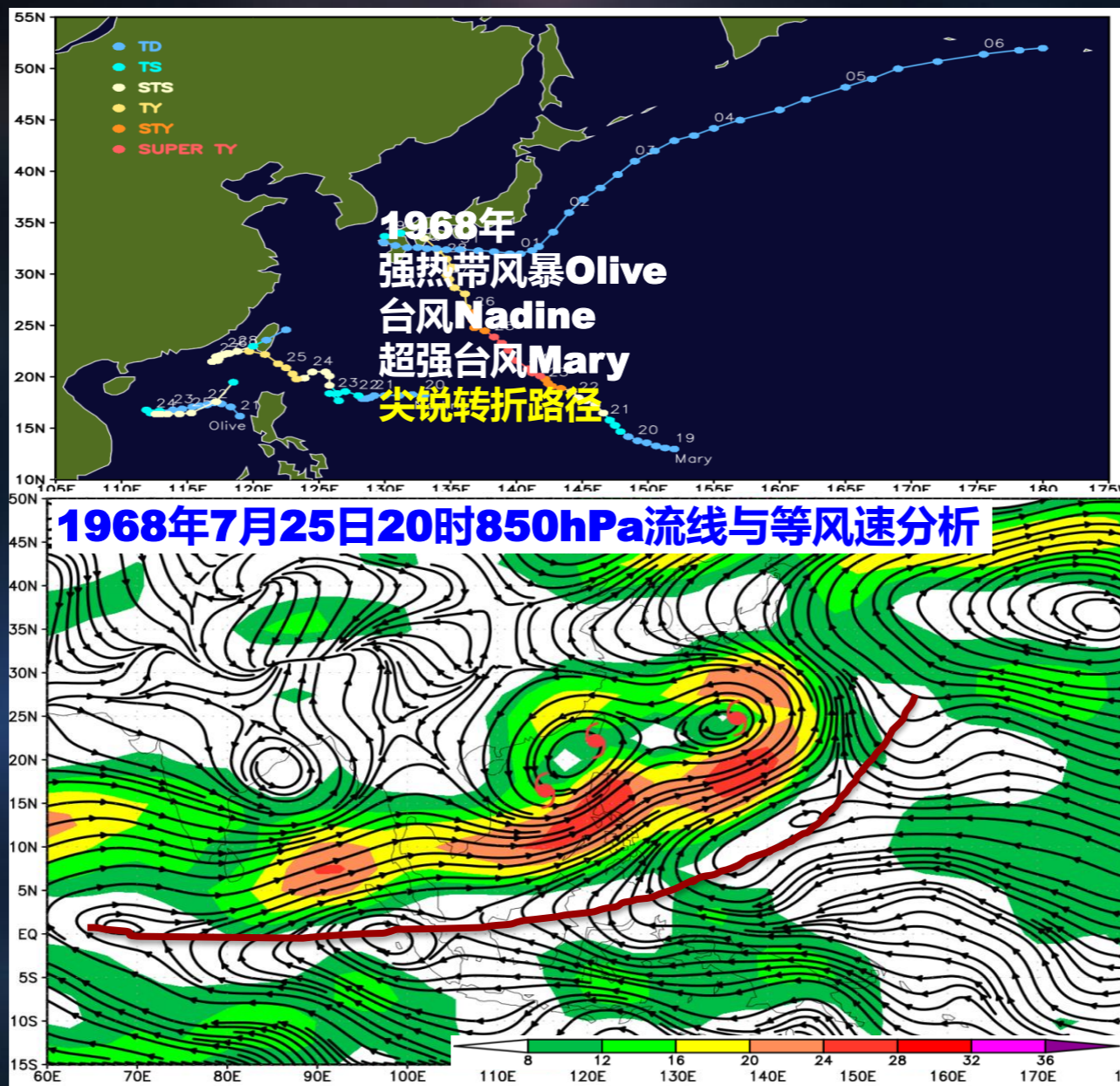
✓ 赤道缓冲带向北涌进（2）

- 缓冲带在台风东侧与副高合并时，台风将在偏南气流引导下向偏北方向移动或转向
- 缓冲带在台风西侧与副高合并时，台风将受到阻挡而减速，或在较强偏北气流引导下，折向西南方向移动
- 缓冲带向北涌进是南海台风北翘的重要因素之一，2010年台风“鲇鱼”南海北翘就是赤道反气旋西伸北进至菲律宾群岛所造成

● 赤道反气旋对台风的影响

- ✓ 赤道反气旋作为赤道缓冲带内最主要的大尺度天气系统，对ITCZ维持起着重要作用，对台风发生发展及移动路径也均有明显影响，特别是对南海台风影响最为显著
- 赤道反气旋可导致台风出现复杂多变路径
- 赤道反气旋北上，可引起南海台风北翘或台风转向东北方向移动
- 赤道反气旋稳定增强，副高减弱东退，台风将东移、停滞或打转

● 赤道反气旋对台风的影响



南支槽 -- India-burma Trough

- 广义的南支槽

- ✓ 指冬半年活跃于副热带南支西风气流上的低槽
- ✓ 地中海、孟加拉湾、北美西海岸和非洲西海岸为北半球南支槽活动最频繁的地区
- ✓ 南支槽活动带有准静止性
- ✓ 欧亚范围，南支槽易在地中海、里海、巴基斯坦和孟加拉湾等4个地区稳定

南支槽 -- India-burma Trough

- 狭义的南支槽

- ✓ 指冬半年副热带南支西风气流在高原南侧孟加拉湾地区产生的半永久性低压槽
- ✓ 南支槽活动具有季节性，10月至次年6月均有活动，3-5月最活跃，是影响南方天气的重要系统
- ✓ 华东沿海高压脊发展和地面华西倒槽加强时，是南支槽东移的表征，可影响到长江流域
- ✓ 高原地形作用使南支槽不像东亚大槽那样与冷空气爆发联系起来，其斜压锋区位于对流层中上层，中下层和地面不存在锋面活动

● 南支槽与台风活动的关系

- ✓ 南亚地区重要的环流系统之一，对南亚、东南亚及西太平洋地区大气环流有重要影响，是冬半年影响台风活动的重要因素之一

三种作用方式：

- ✓ 屏障作用
- ✓ 诱发作用
- ✓ 对台风生成的作用

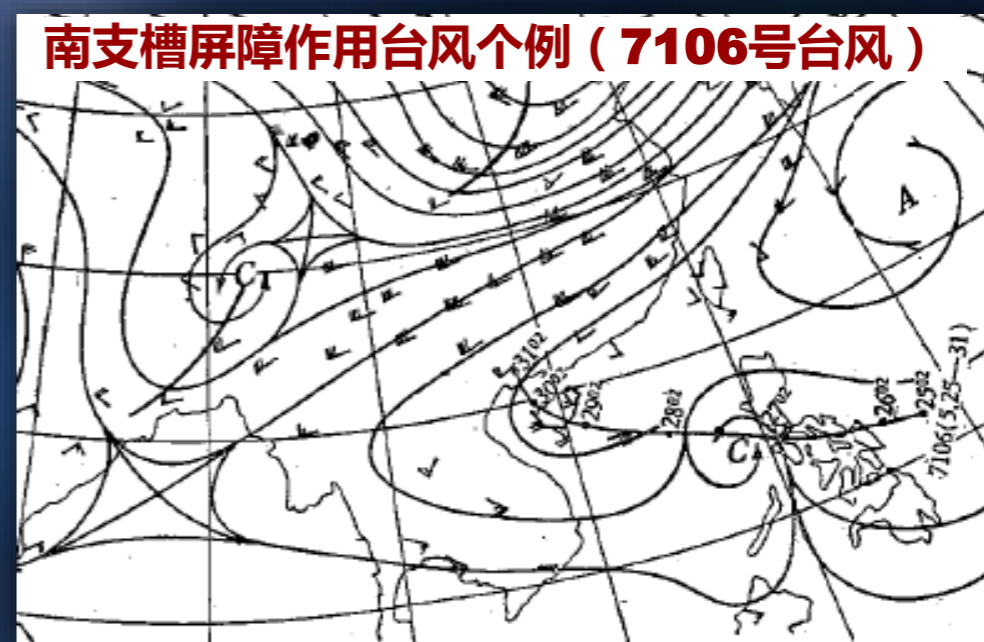
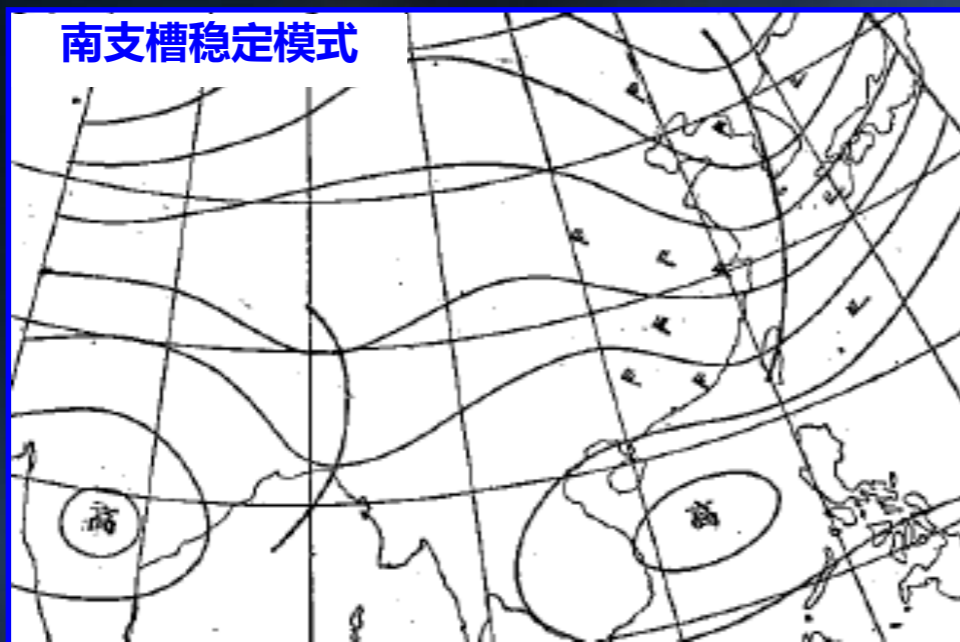
● 南支槽与台风活动的关系

✓ 屏障作用 -- 南支槽稳定，不会移出

- 印度高压强大，上游一个波远在地中海
- 南海高压稳定
- 东亚长波槽发展
- 华南雨区不消退
- 台风转向可能性较小

● 南支槽与台风活动的关系

- ✓ 屏障作用 — 南支槽稳定，不会移出



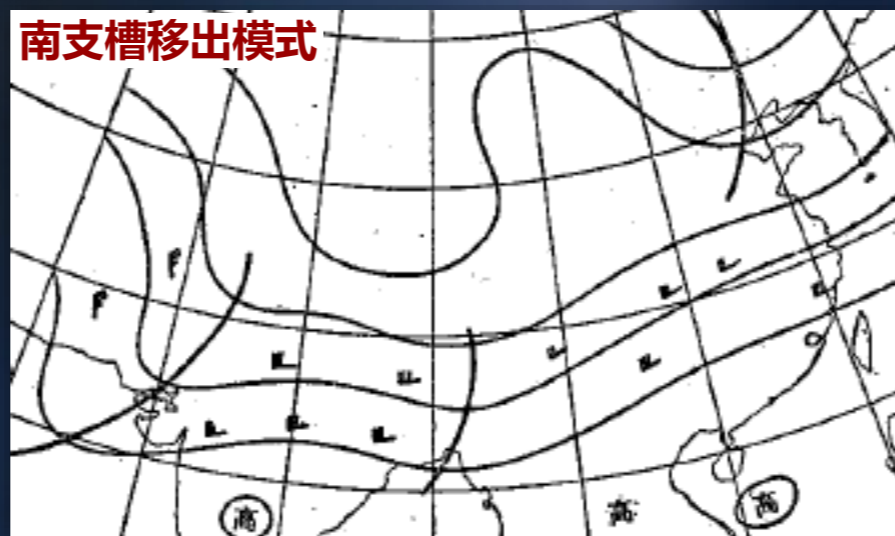
● 南支槽与台风活动的关系

✓ 诱发作用 -- 南支槽移出

- 里海或地中海南支槽移至巴基斯坦，强烈发展
- 印度高压明显退缩
- 南海高压很弱或不存在
- 东亚长波槽处于发展之前
- 华南大范围雨区逐渐消退
- 台风北上或转向可能性较大

● 南支槽与台风活动的关系

✓ 诱发作用 -- 南支槽移出



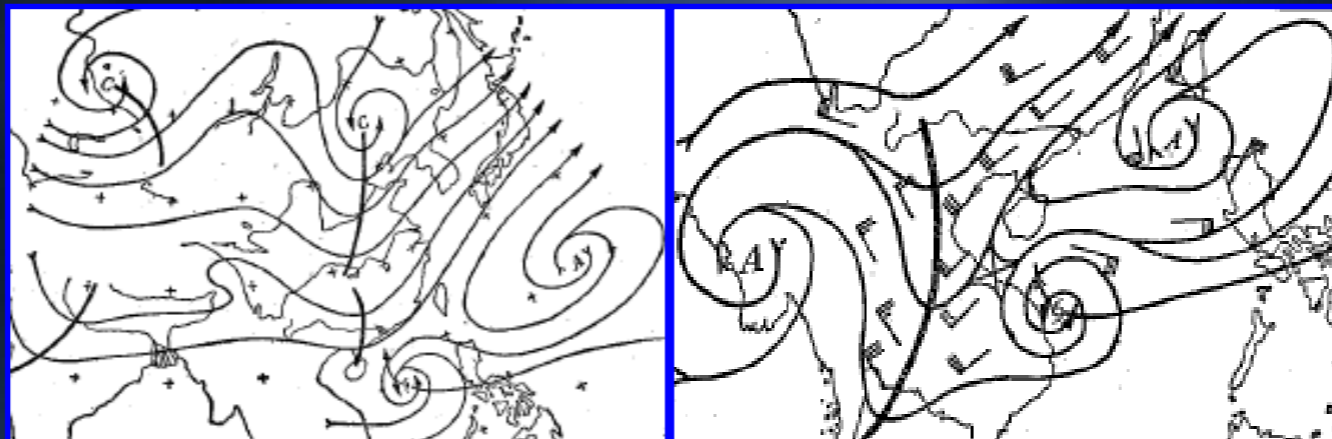
● 南支槽与台风活动的关系

✓ 诱发作用 -- 南支槽移出

- 南支槽东移，与一个东亚沿岸发展的极槽叠加，叠加作用将诱导冷空气向南爆发，西太平洋高压和南海高压减弱，台风北上或转向
- 诱发作用取决于两方面因素：东亚有没有长波发展；南支槽能否移出

● 南支槽与台风活动的关系

✓ 诱发作用 -- 南支槽移出



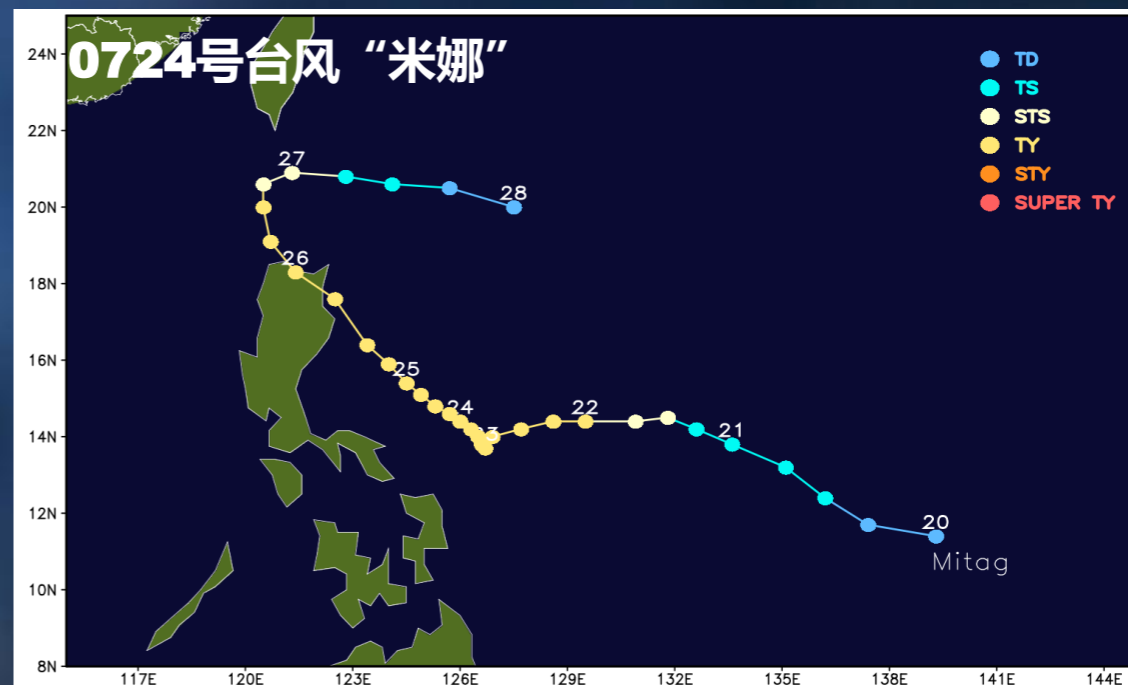
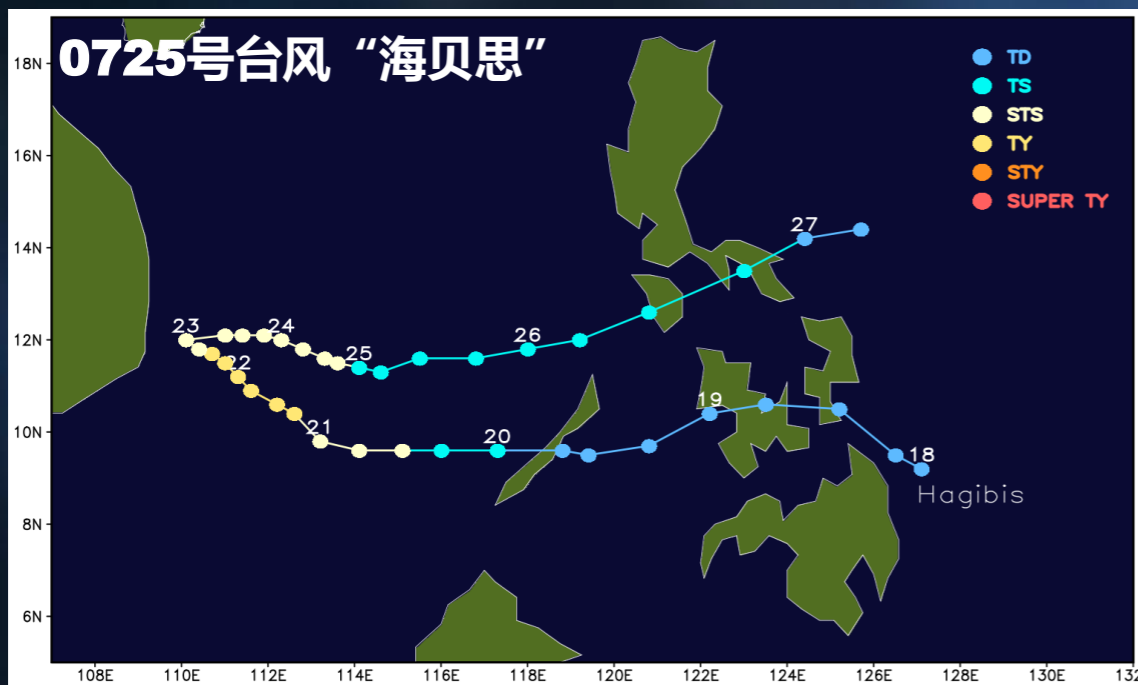
南海台风在东移南支槽前北翘模式

● 南支槽与台风活动的关系

✓ 南支槽东移对台风路径影响的个例

● 2007年11月

台风“海贝斯”和“米娜”近海东折

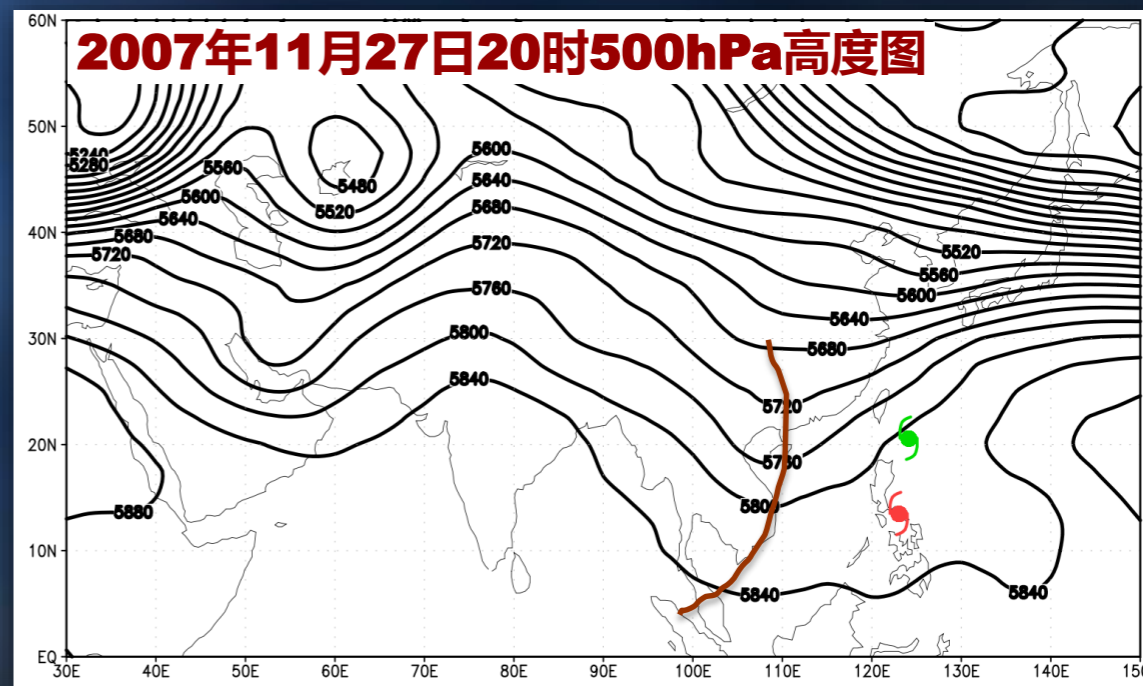
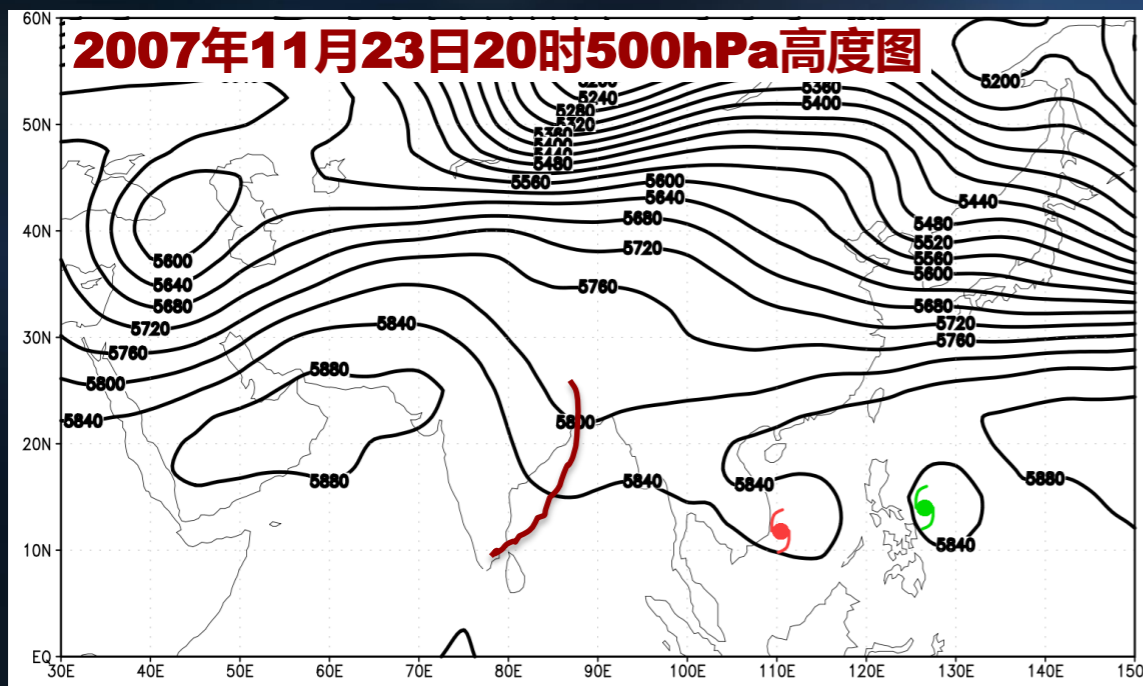


● 南支槽与台风活动的关系

✓ 南支槽东移对台风路径影响的个例

● 2007年11月

台风“海贝斯”和“米娜”近海东折



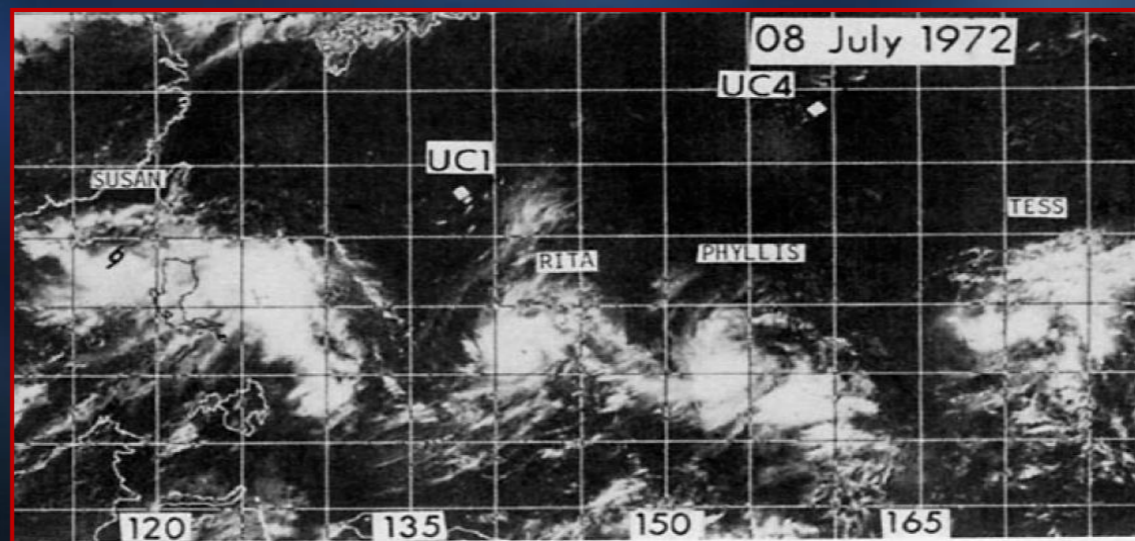
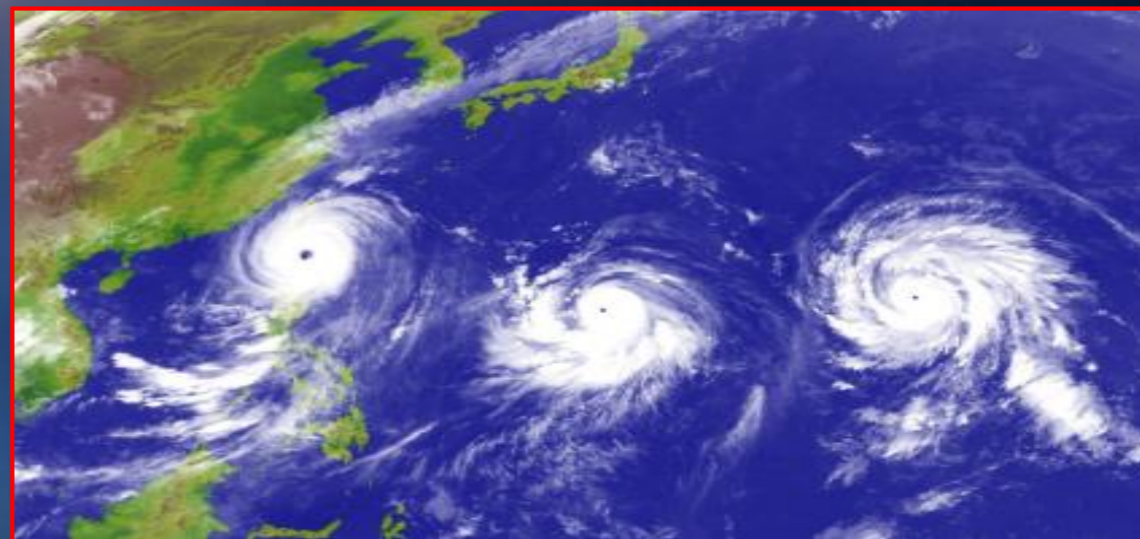
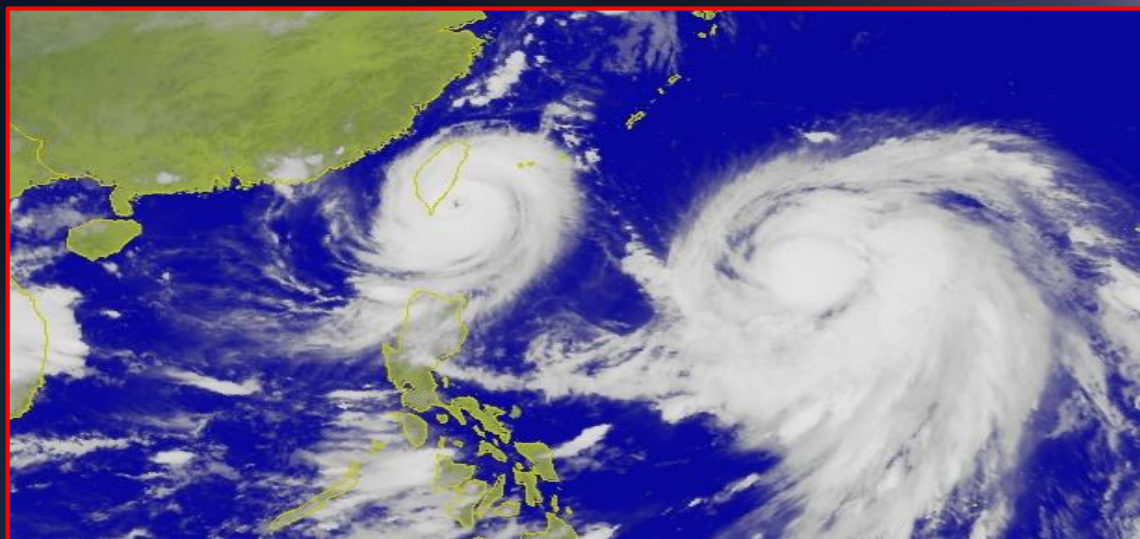
● 南支槽与台风活动的关系

✓ 对台风生成的作用

- 孟加拉湾南支槽加强时，其槽前的高压（200hPa更清楚）随之加强，向东扩展，有时高层辐散区可伸展到 140°E 以东
- 若在热带低纬洋面，有一个低层扰动产生，它沿东风气流西行中，正值南海上空的高压发展、扩张时期，该热带低层扰动进入高层反气旋辐散场下方，会促使扰动发展而形成台风

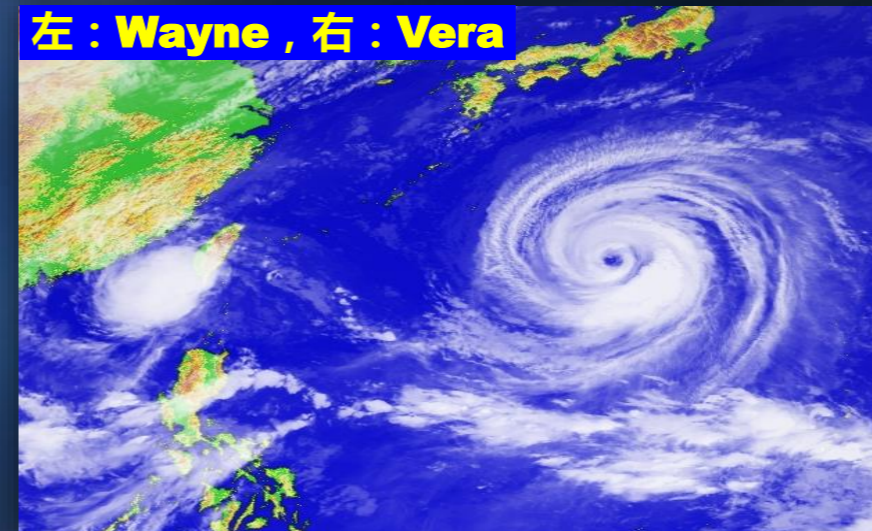
双台风 -- Binary Typhoons

- 热带洋面在一定距离之内同时出现两个以上台风，称为双台风现象



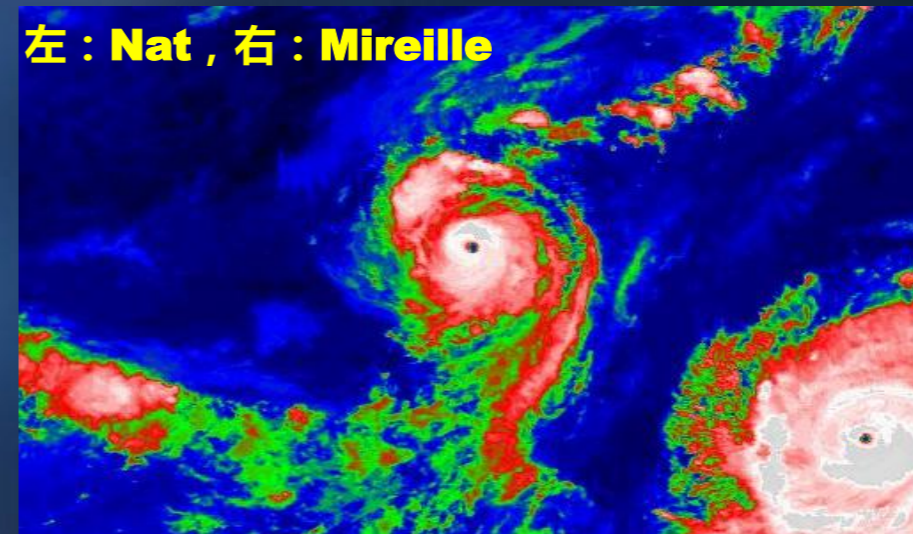
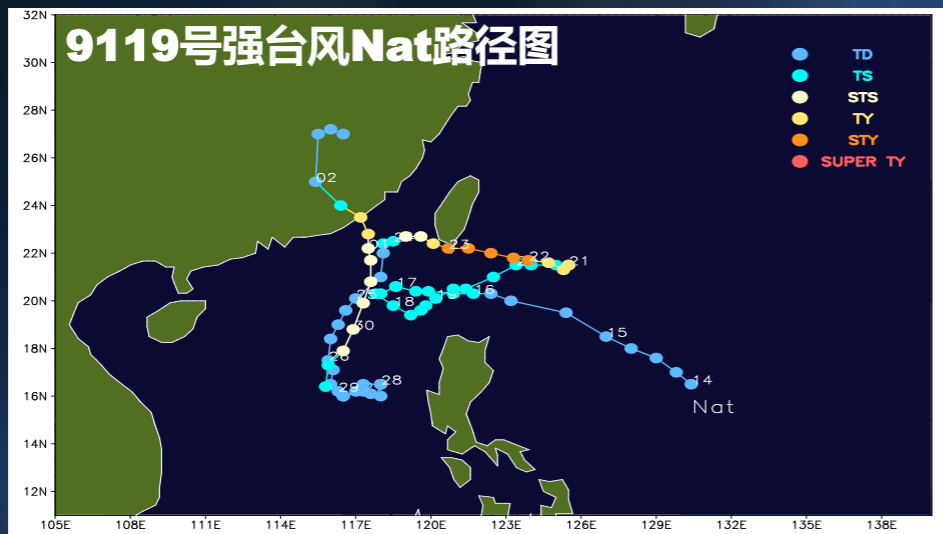
双台风 -- Binary Typhoons

- 双台风的相互作用往往意味着台风（尤其是西台风）将出现停滞打转等复杂路径



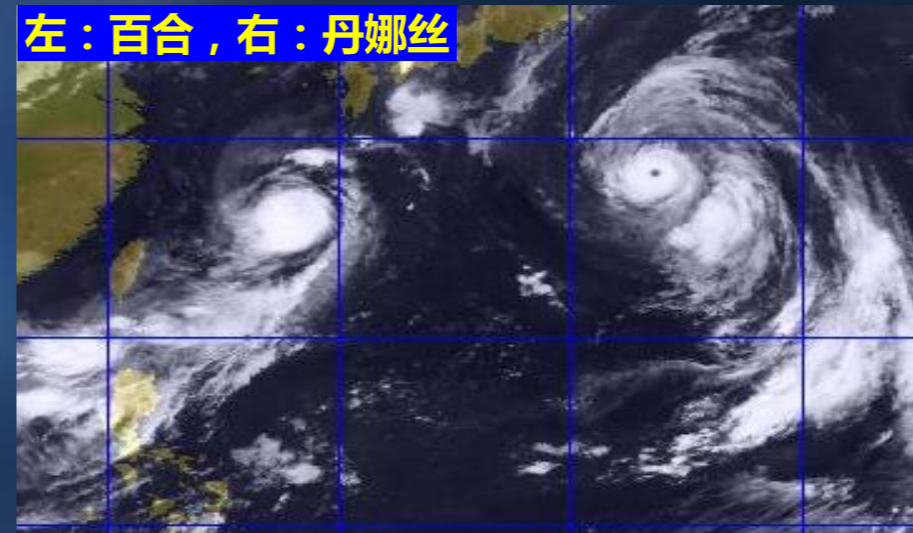
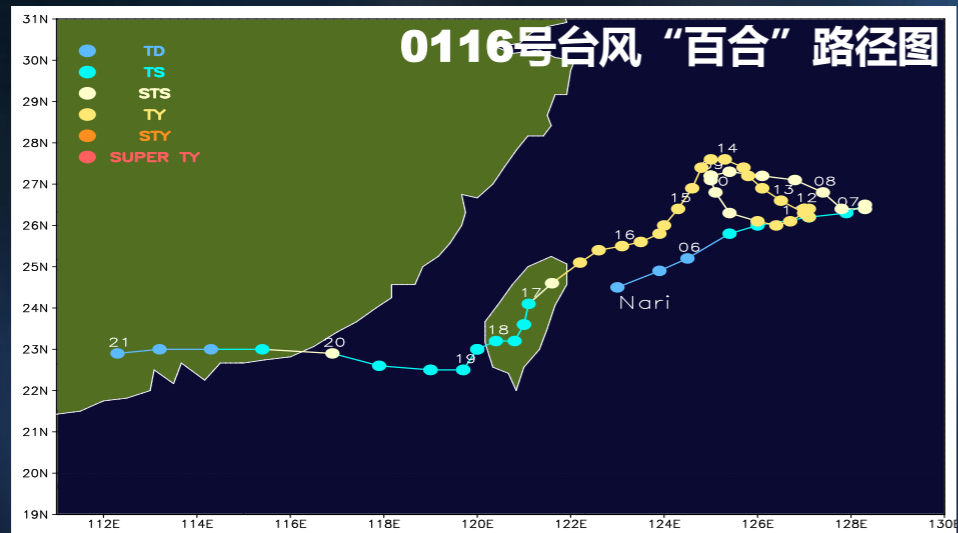
双台风 -- Binary Typhoons

- 双台风的相互作用往往意味着台风（尤其是西台风）将出现停滞打转等复杂路径



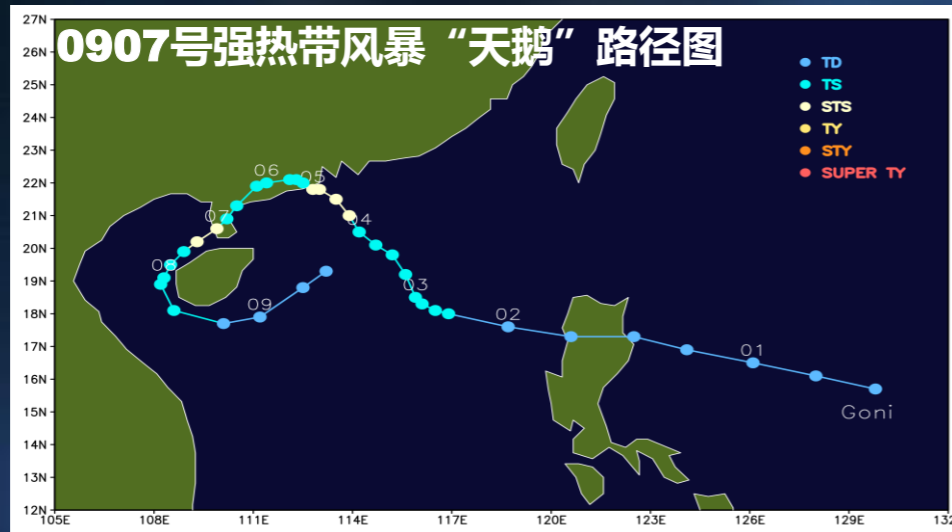
双台风 -- Binary Typhoons

- 双台风的相互作用往往意味着台风（尤其是西台风）将出现停滞打转等复杂路径

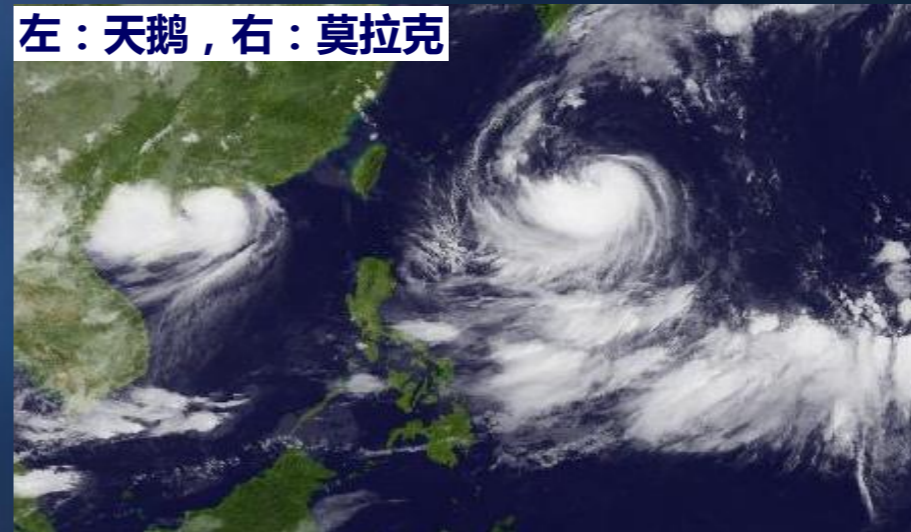


双台风 -- Binary Typhoons

- 双台风的相互作用往往意味着台风（尤其是西台风）将出现停滞打转等复杂路径

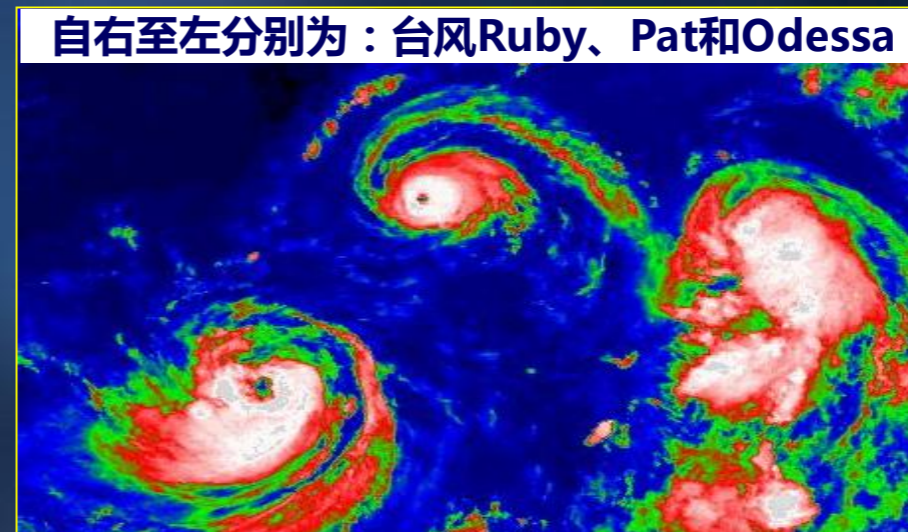


左：天鹅，右：莫拉克



双台风 -- Binary Typhoons

- 双台风的相互作用往往意味着台风（尤其是西台风）将出现停滞打转等复杂路径



● 双台风对台风路径的影响

- ✓ 双台风相互作用，常出现异常复杂路径
- ✓ 有相对运动、旋转运动等
- ✓ 一个台风可通过不同方式影响其外围流场，间接影响另一个台风活动
- ✓ 双台风相距15-20个纬距内，有相互影响，可产生如下异常复杂路径：

- 相向抛物线路径
- 西台风打转
- 东台风打转
- 平行抛物线路径
-

● 双台风对台风路径的影响

✓ 两个台风相距过远，在20-25个纬距以上，彼此无直接关系

✓ 双台风所受主要作用力：

- 内力

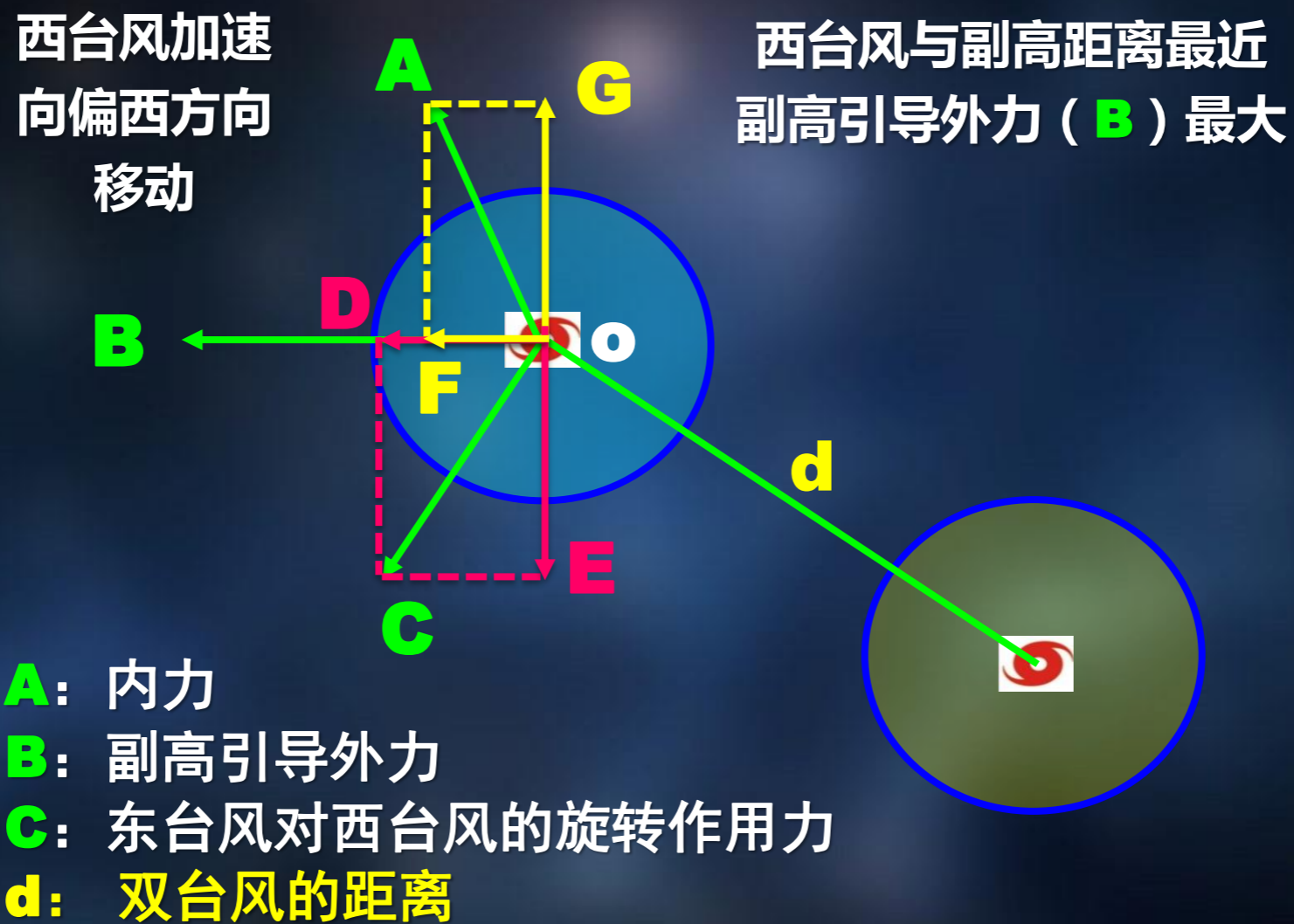
- 副高引导外力

外围流场影响

- 东台风对西台风的旋转作用力

双台风间直接的相互操纵作用

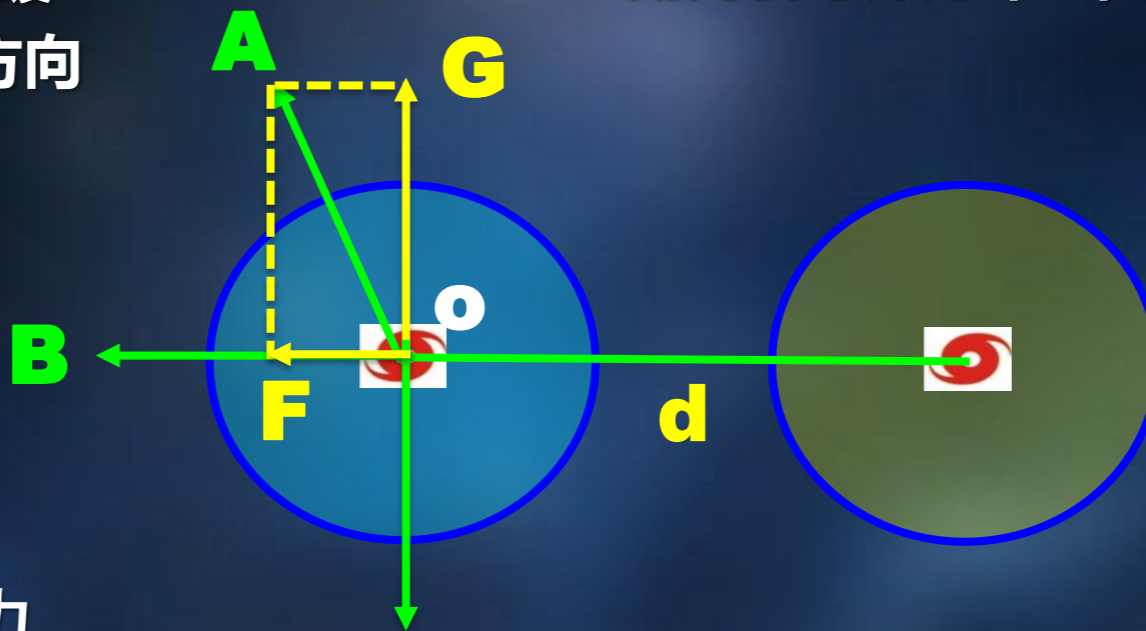
● 双台风中西台风所受作用力示意图 (1)



● 双台风中西台风所受作用力示意图 (2)

西台风
移速减缓
向偏西方向
移动

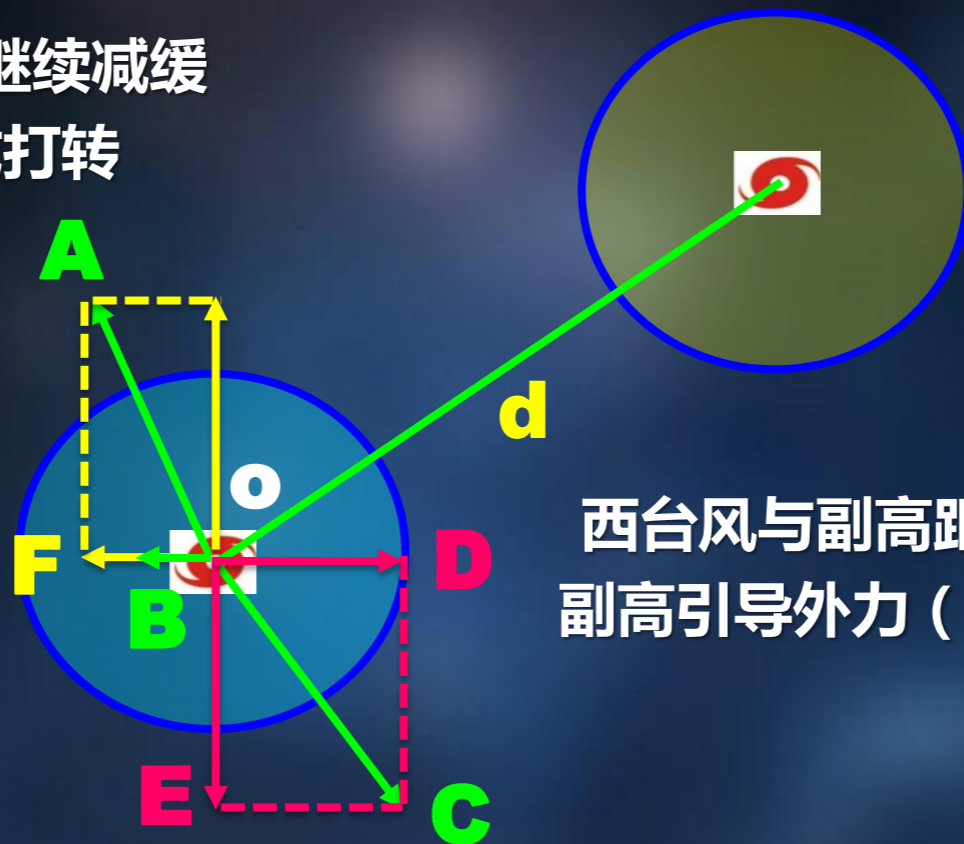
西台风与副高距离最近
副高引导外力 (B) 最大



- A:** 内力
- B:** 副高引导外力
- C:** 东台风对西台风的旋转作用力
- d:** 双台风的距离

● 双台风中西台风所受作用力示意图 (3)

西台风移继续减缓
停滞或打转



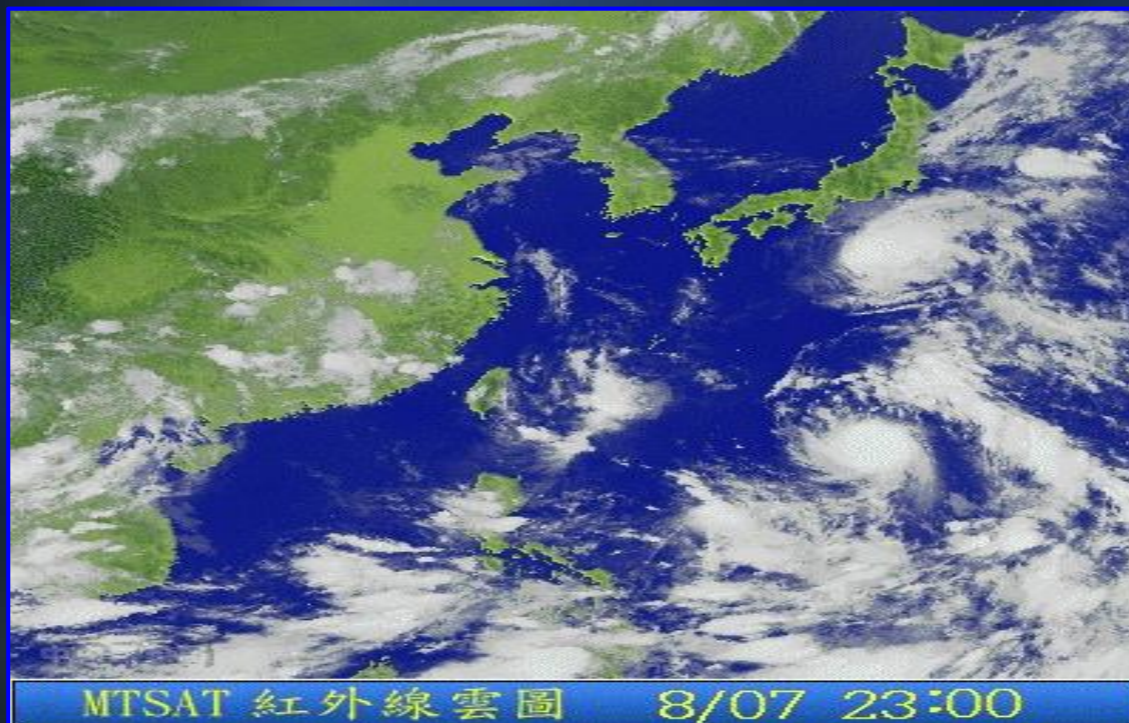
西台风与副高距离最近
副高引导外力 (B) 最大

- A:** 内力
- B:** 副高引导外力
- C:** 东台风对西台风的旋转作用力
- d:** 双台风的距离

● 双台风对台风强度的影响

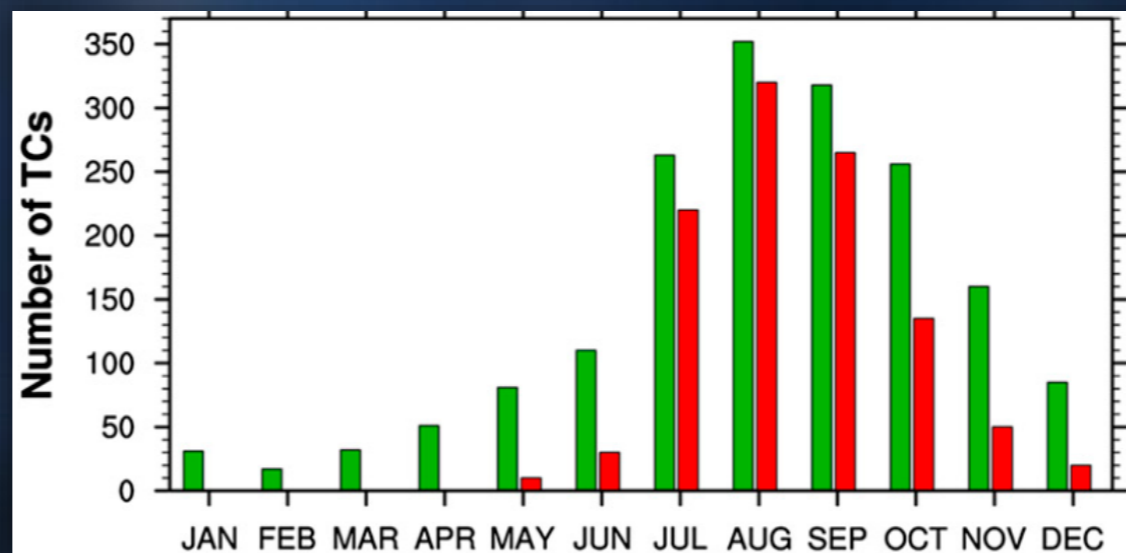
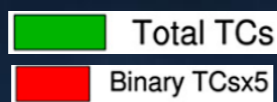
两个台风相距10个经距以内

- ✓ 台风是一个强烈的正涡度上升运动区，只有周围存在明显的负涡度下沉运动区，才有可能维持
- ✓ 两个台风环流非常接近必将导致一个台风强度的迅速减弱，或者两个台风合并成一个台风环流



● 双台风的互旋与合并

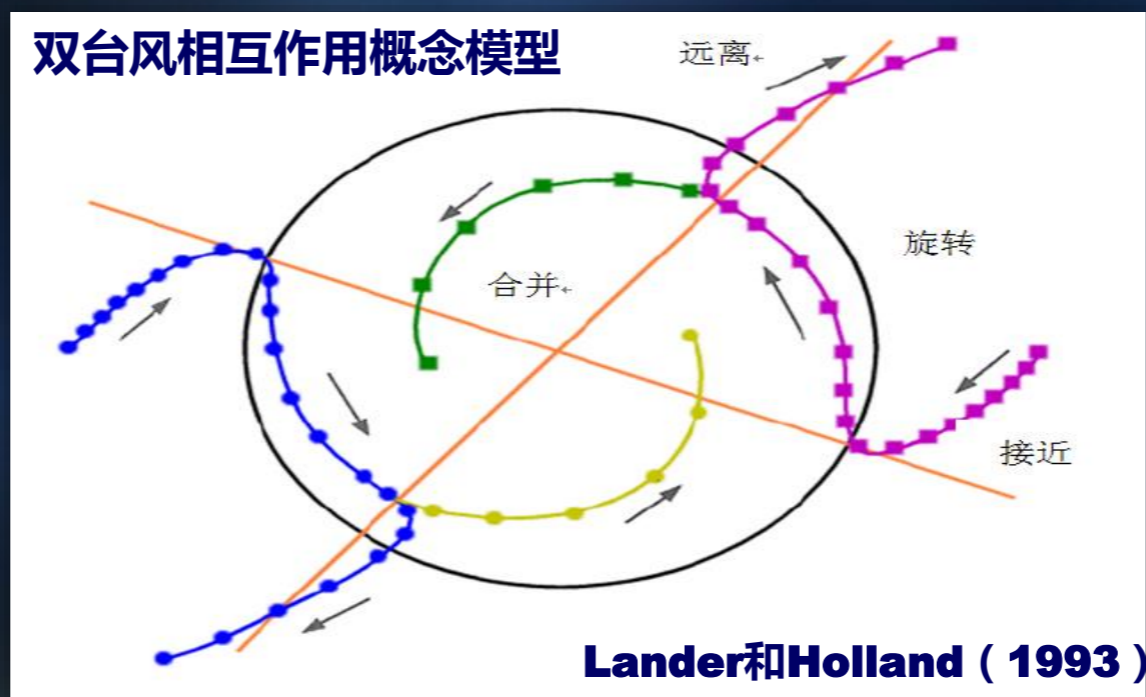
- ✓ 双台风相互作用在西北太平洋是普遍发生的现象，相互之间距离在1500公里以内的台风发生的频数大约为每年4对
- ✓ 西北太平洋的双台风主要发生在季风槽中，此区域大尺度环境引导气流相对较弱，双台风相互作用较强



双台风的月际活动特征

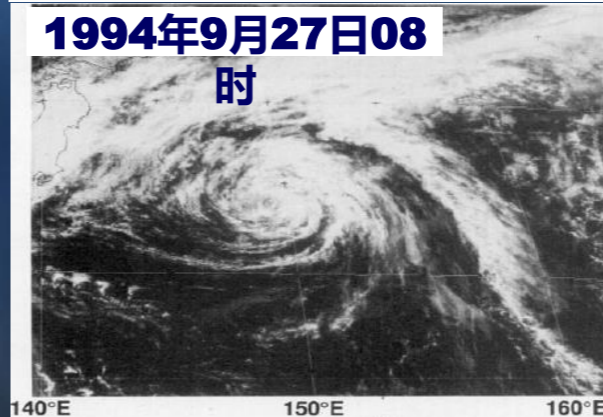
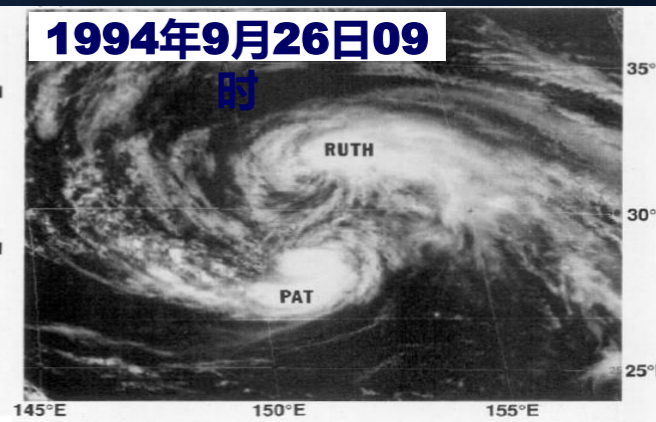
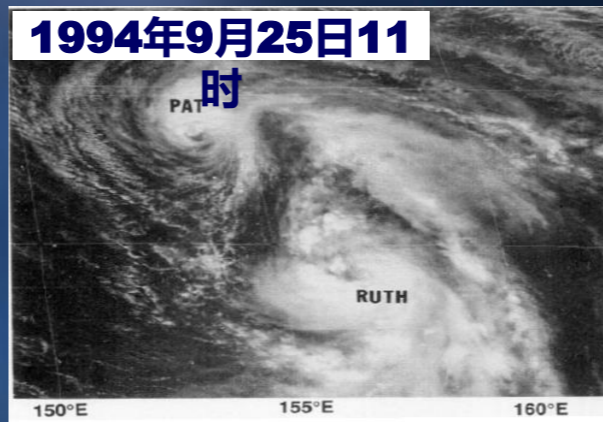
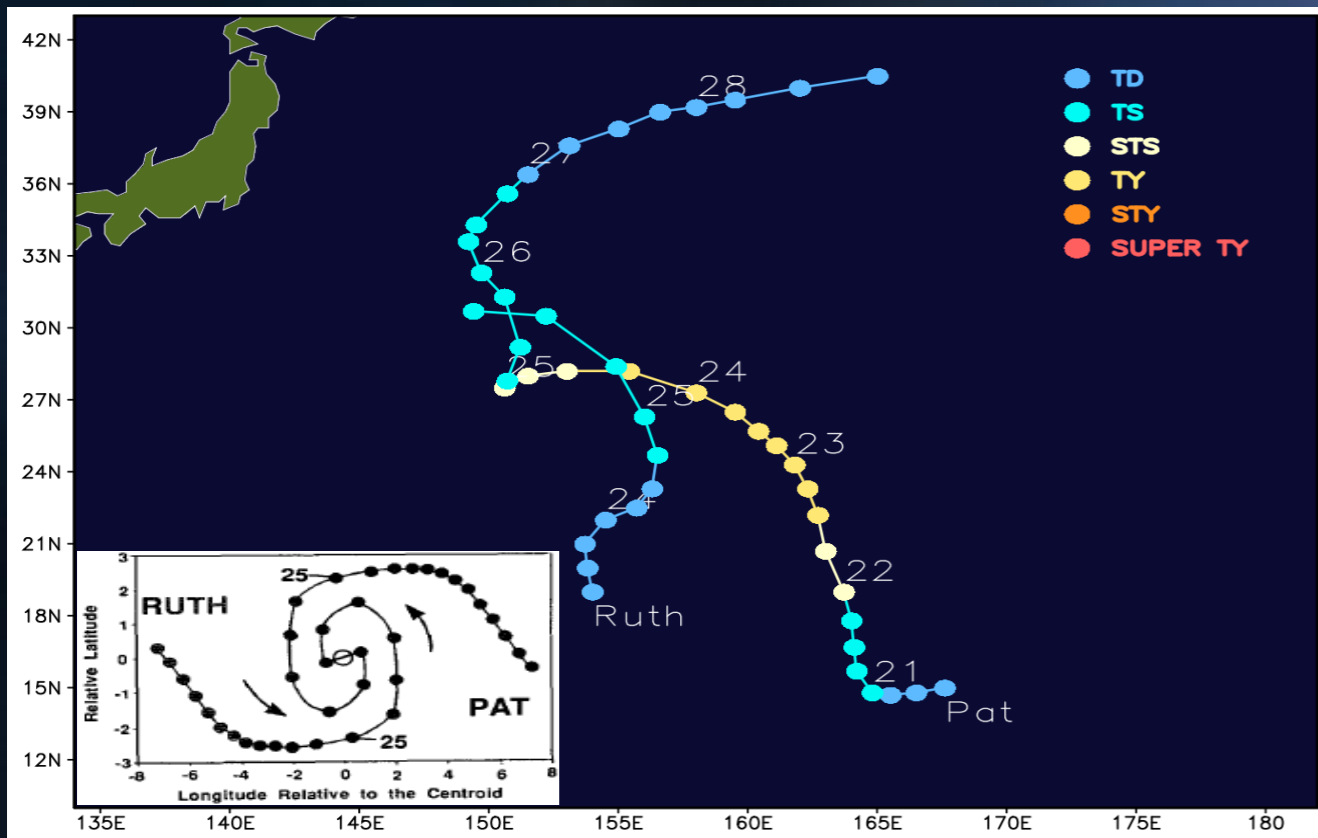
● 双台风的互旋与合并

- ✓ 双台风相互作用刚开始是相互靠近，通常是反气旋式靠近，接着发生长时间互旋，互旋过程中双台风可能相互接近，也可能分离
- ✓ 相互作用停止可能有两种情况：其中之一消失，多合并到主导台风环流；迅速远离



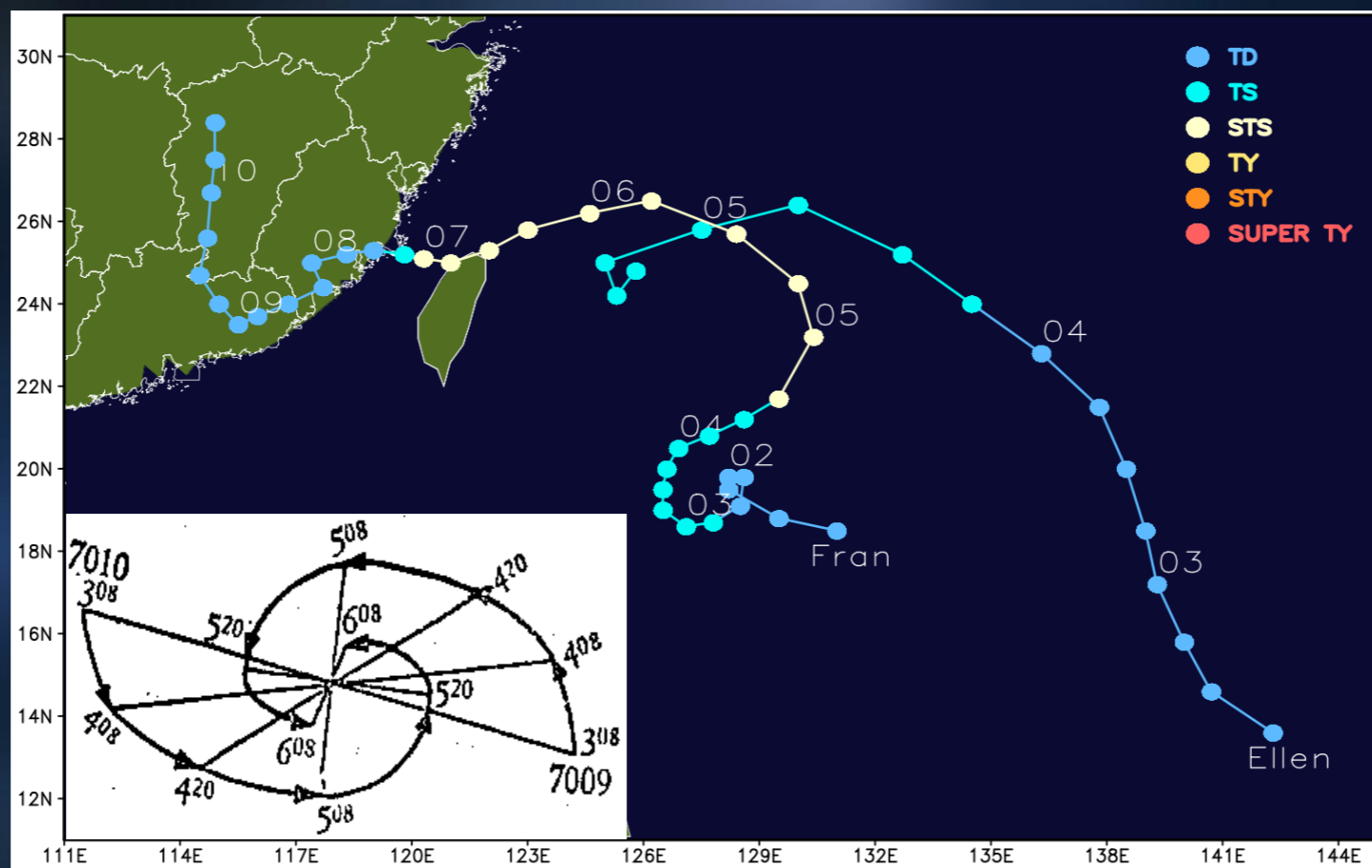
● 双台风的互旋与合并

9428号台风Pat和9429号台风Ruth的合并 (1994年9月25-27日)



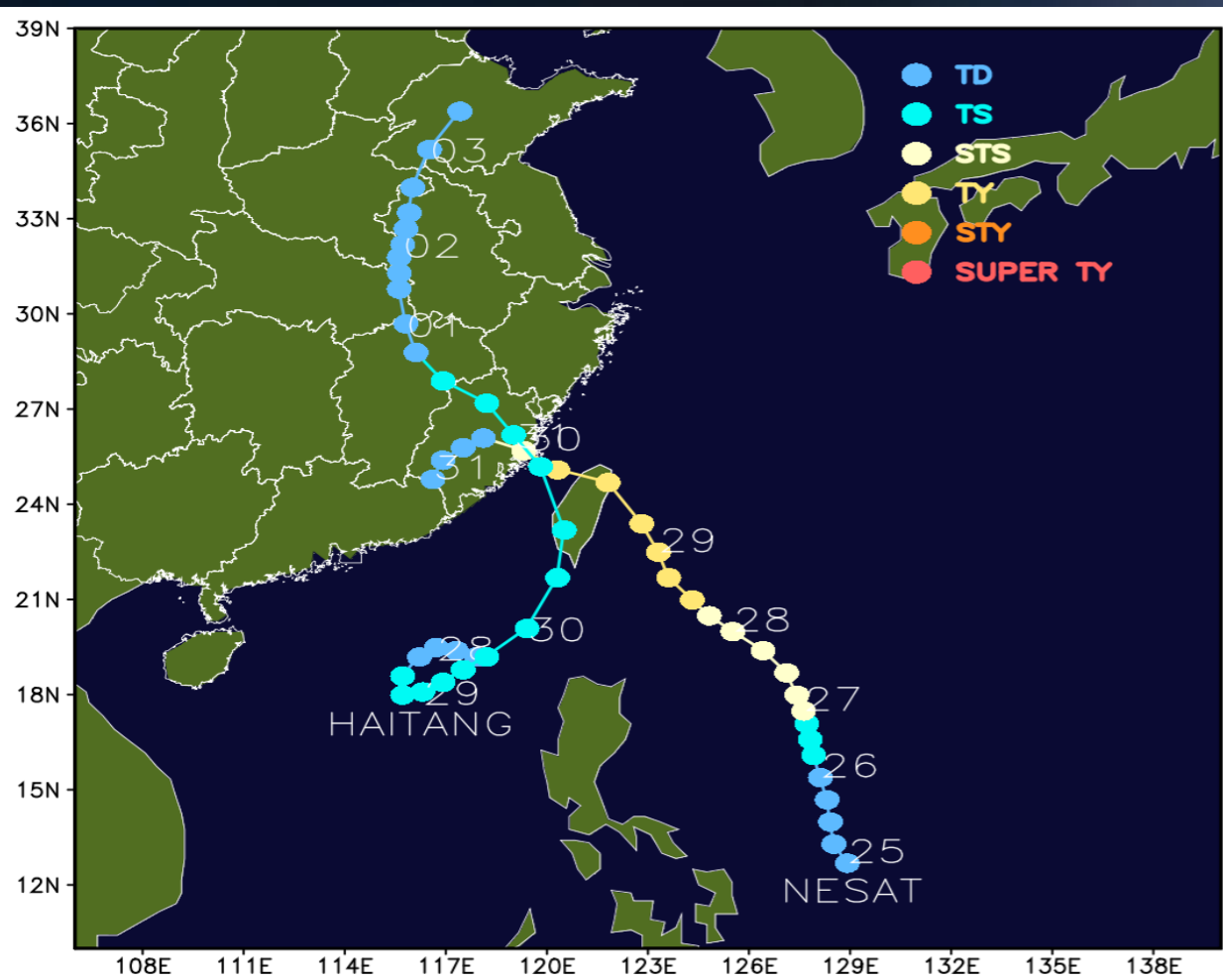
● 双台风的互旋与合并

7009号台风Ellen和7010号台风Fran的合并 (1970年9月3-6日)

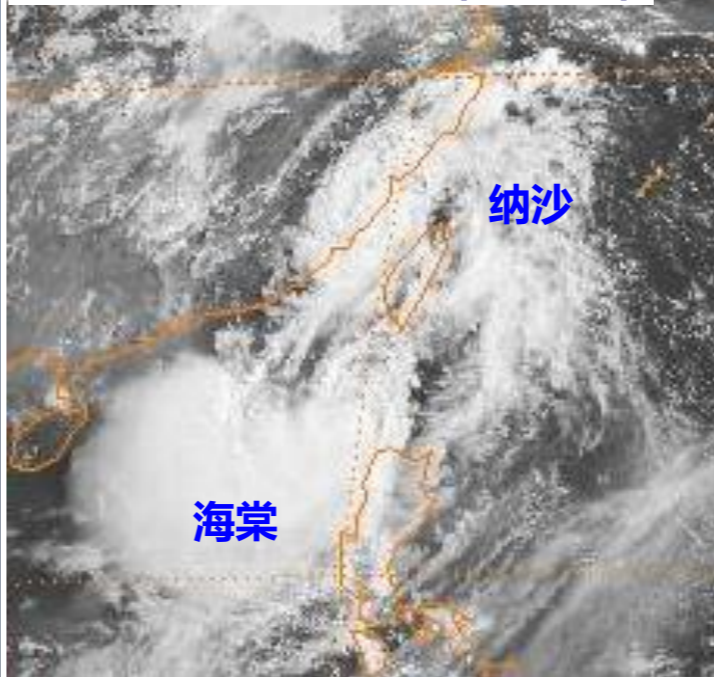


● 双台风的互旋与合并

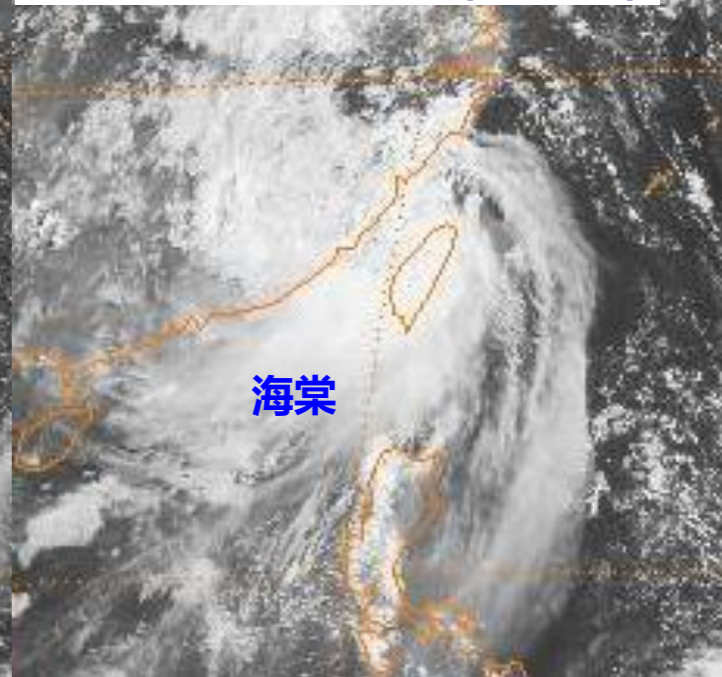
1709号台风“纳沙”和1710号台风“海棠”合并 (2017年7月29-31日)



2017年7月30日08时 (合并前)

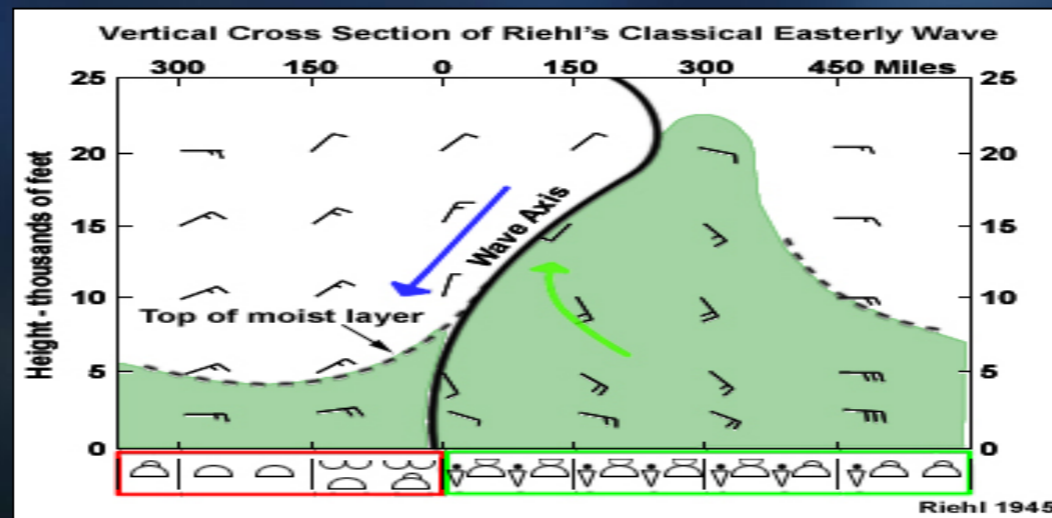
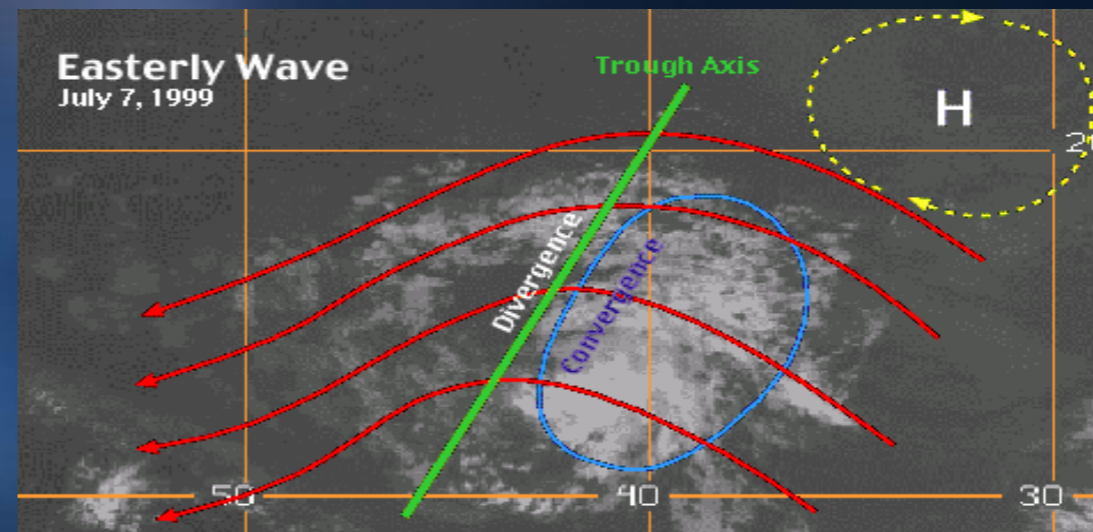
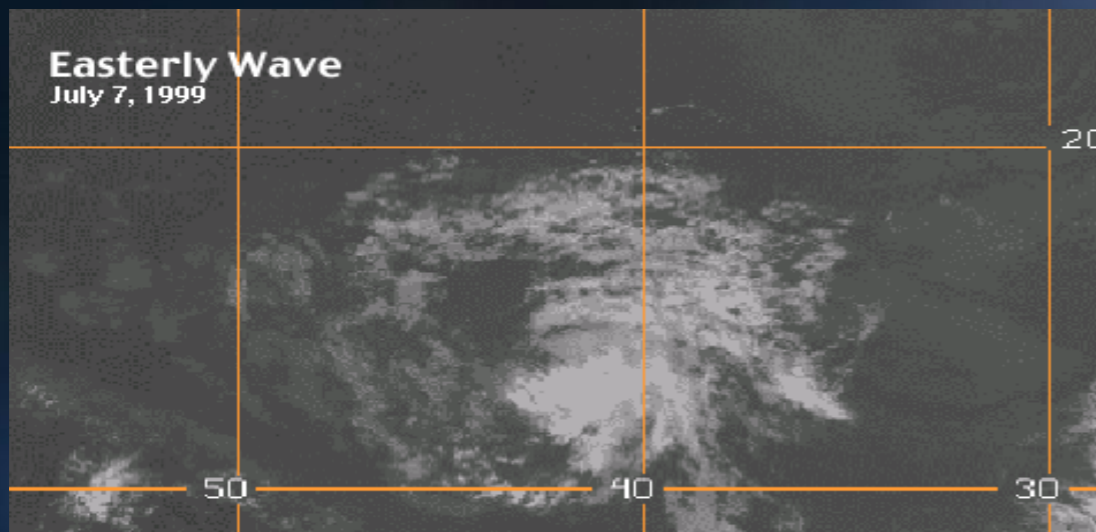


2017年7月31日08时 (合并后)



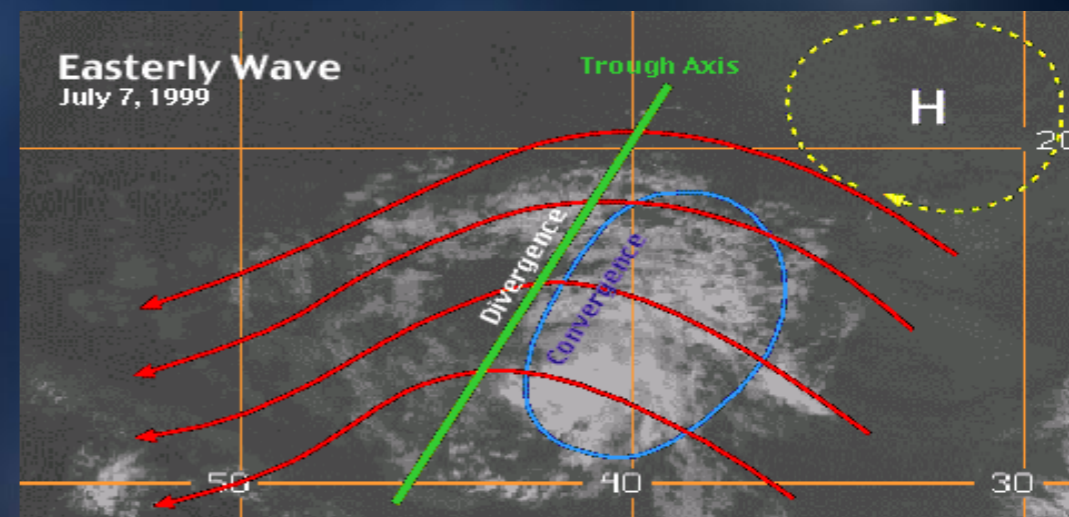
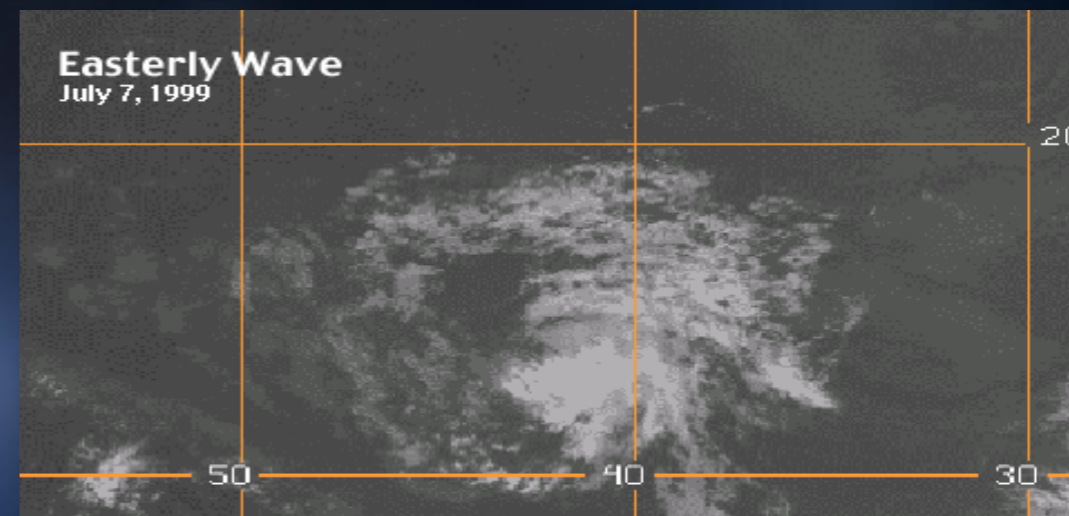
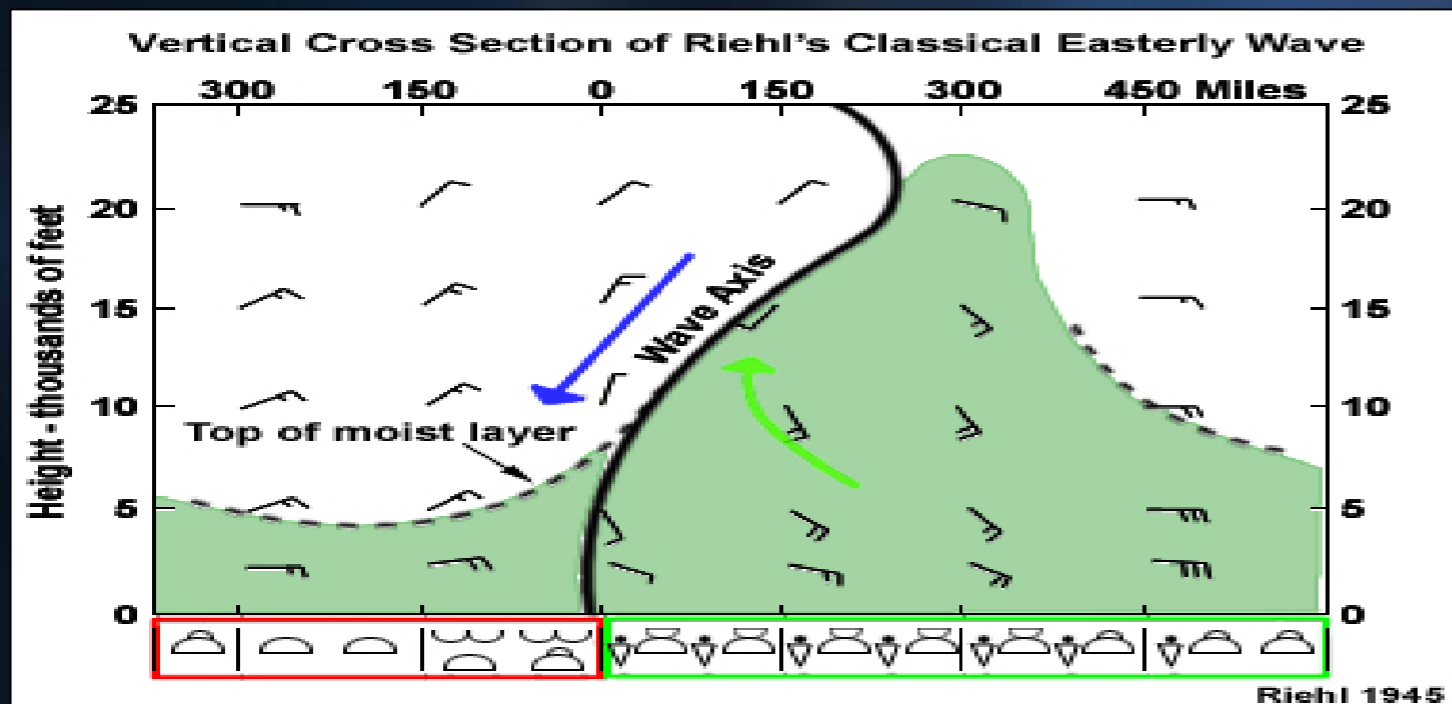
东风波 -- Easterly Wave

- ✓ 副热带高压（太平洋高压、大西洋高压）南侧热带地区低空信风和高空东风气流中由东向西移动的波状扰动，所经地方伴有降水和坏天气，常为倒逗点状涡旋云系



东风波 -- Easterly Wave

- ✓ 东风波前：东北风，辐散，天气较好
- ✓ 东风波后：东南风，辐合，积雨云及雷阵雨
- ✓ 槽线上：东风，天气较坏



● 东风波的活动特征 — 西太平洋

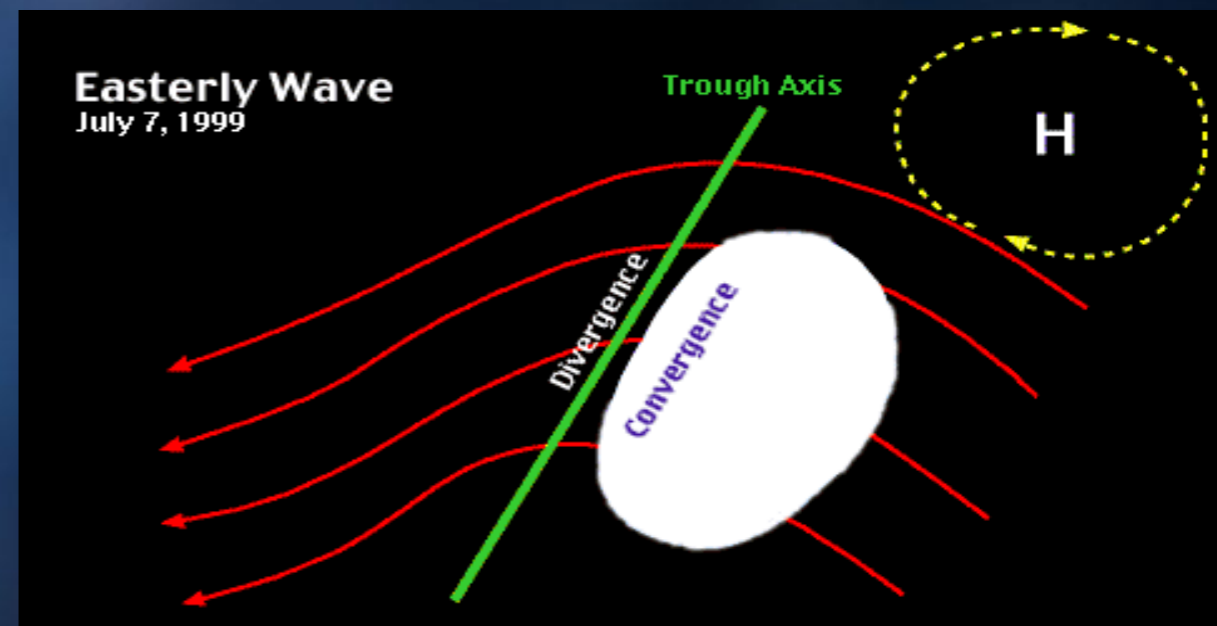
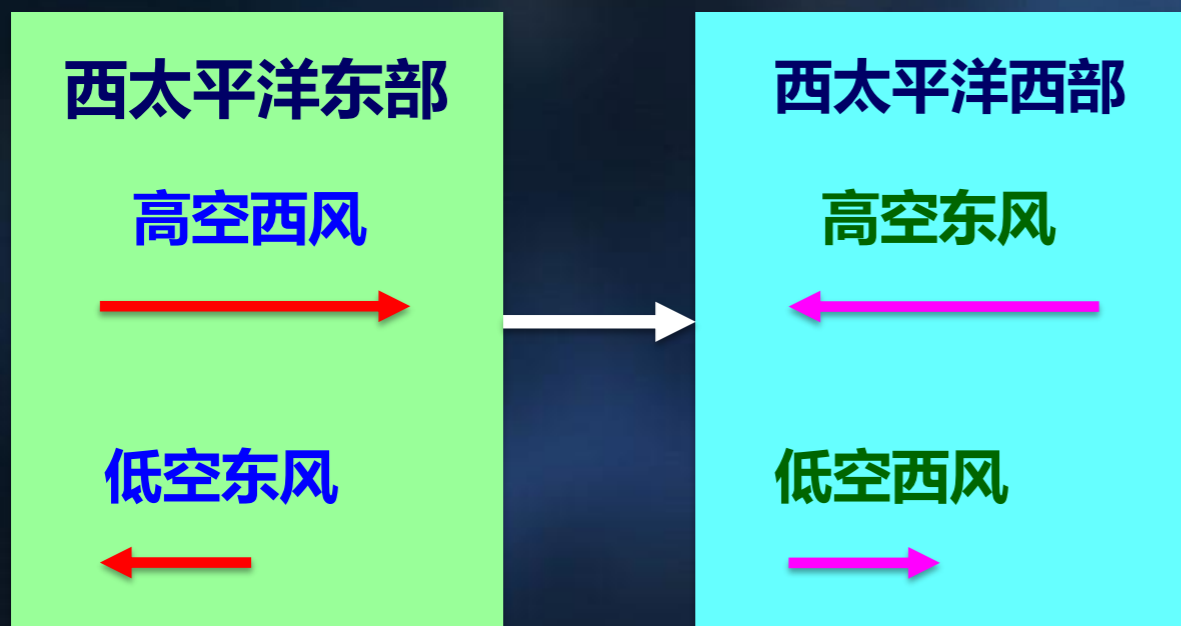
- ✓ 多发生于西太平洋东部，平均波长约2000公里，每天约以7个经度速度西移
- ✓ 向上可扩展到300hPa，300hPa以上反气旋式环流，850hPa经向风力最强
- ✓ 波轴一般随高度向东倾斜

波槽附近

- 最大上升运动
- 低空气流辐合
- 400hPa以上为辐散
- 低空冷性
- 500hPa暖性

● 东风波的活动特征 — 西太平洋

- ✓ 西移至西太平洋西部，基本气流铅直切变的变化导致波轴随高度向西倾斜，坏天气随之移至波前

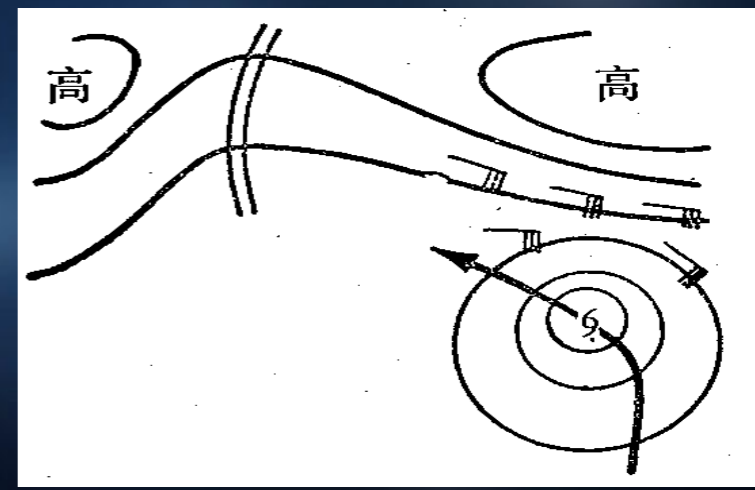
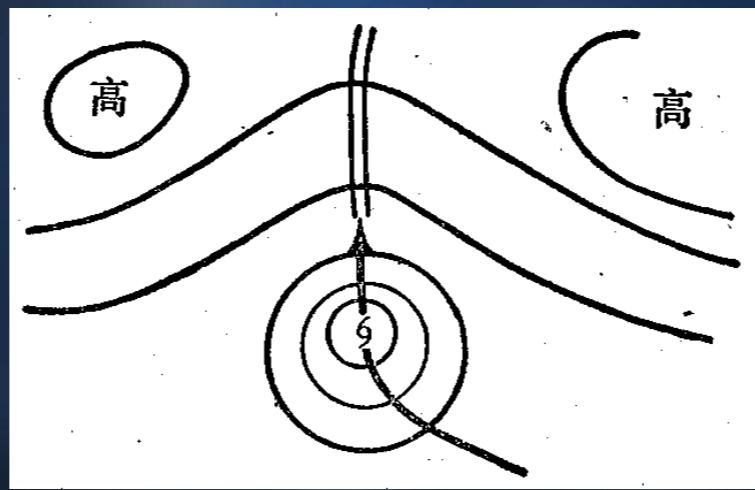
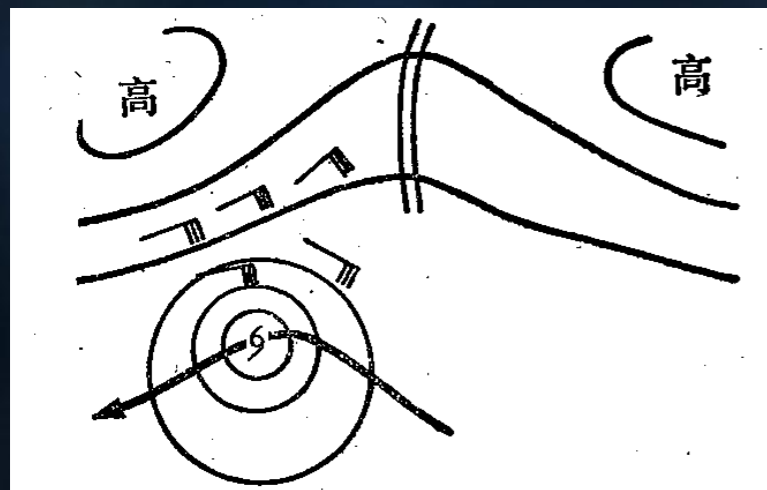


● 东风波的活动特征

- ✓ 西太平洋西部低空季风盛行区，常发生一种只存在于高空东风气流中的东风波，400 ~ 200hPa最清楚
- ✓ 由于东风随高度加强，波轴一般随高度向西倾斜，产生的坏天气并不强烈，发生于波前，可影响华南及南海地区
- ✓ 直接发展成台风的东风波不多，但当它向西移经热带辐合带北侧时，常促使热带辐合带内台风的形成

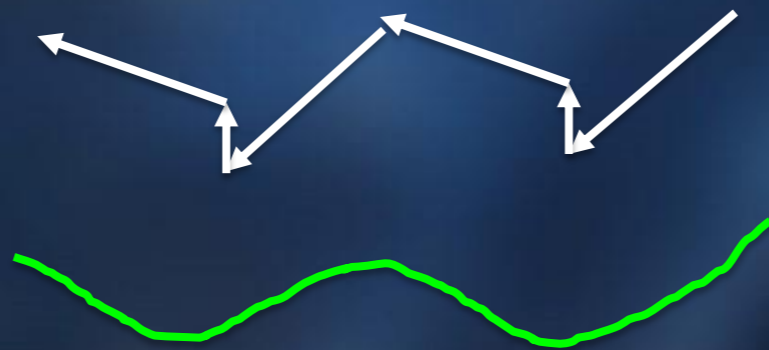
● 东风波与台风移动的关系

- ✓ 东风波移近并位于台风东北方时，台风将向西南方向移动
- ✓ 东风波移至台风北侧发生重位时，台风将北上并减速
- ✓ 东风波移至台风西北方时，台风将向西偏北方向移动



● 东风波与台风移动的关系

- ✓ 东风波只能造成西移台风南北摆动，并不能使北上台风东西摆动
- ✓ 当一个台风连续受到两个东风波先后作用，或者一个东风波对台风有反复作用时，台风就会多次摆动，形成蛇形路径



蛇形路径

● 东风波与台风移动的关系

- ✓ 预报这类蛇形路径，须注意长波的调整
- 长波没有调整时期，太平洋高压较强且稳定西伸，东风波对台风路径的影响，只能产生摆动，不能改变路径的总趋势，不要跟着摆动实况而轻易改变预报结论
- 长波调整时期，东风波造成的某一次摆动，很可能成为路径趋势根本改变（西移变成转向，或转向变成西移）的起点，须特别注意

锋区波动的配置

--- Frontal Wave Superposition

- 北半球夏季副热带急流向北推进，同时西风急流向北退缩，西风带有两支锋区分别位于中纬度和高纬度，两支锋区上的波动对副热带急流型维持或转变有明显作用，并对台风移动产生重要影响
- 南北两支锋区波动所引起的长波调整，最突出的现象由两支锋区波动位相的配置表现出来

锋区波动的配置

--- Frontal Wave Superposition

- 反位相叠置和同位相叠置，它对叠置波下游的环流将产生不同的影响
- 对台风路径的影响，主要着眼于亚洲大陆的两个波动：亚洲西部准静止横槽和青藏高原反气旋

锋区波动的配置

--- Frontal Wave Superposition

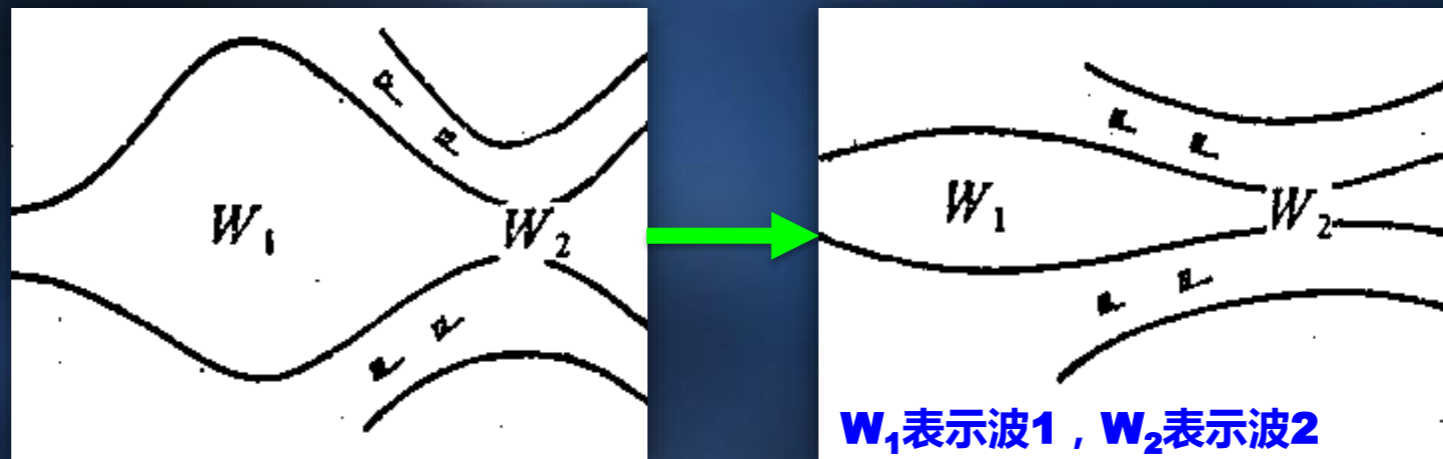
- ✓ 北半球夏季副热带急流向北推进，同时西风急流向北退缩，西风带有两支锋区分别位于中纬度和高纬度，两支锋区上的波动对副热带急流型维持或转变有明显作用，对台风移动产生重要影响
- ✓ 锋区波动位相的配置对下游环流将产生不同影响

锋区波动的配置

--- Frontal Wave Superposition

① 反位相配置

- 波1的反位相配置将抑制波2的经向发展

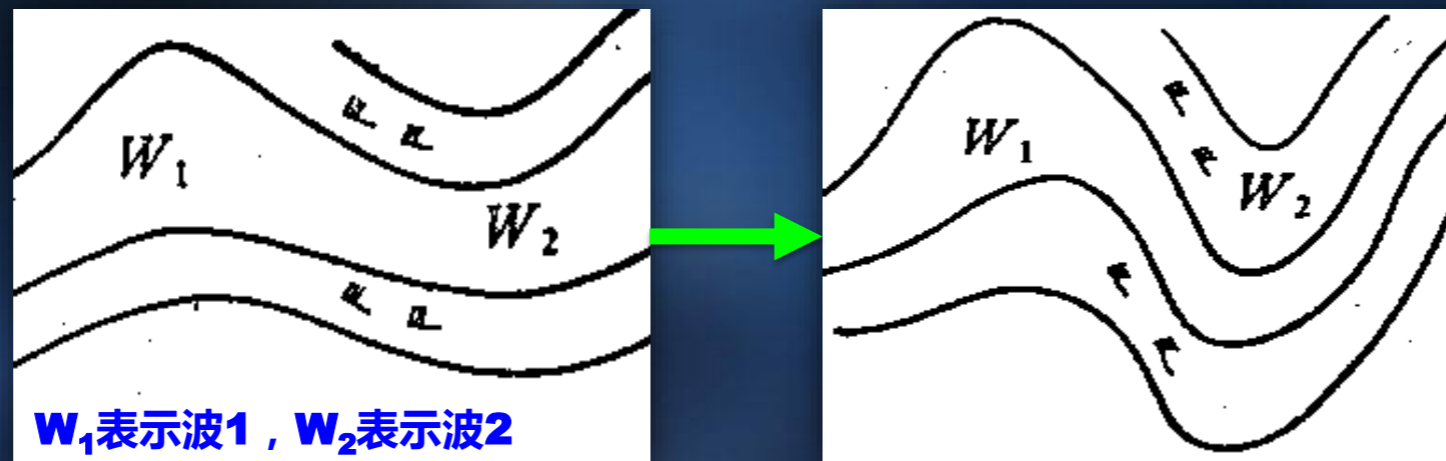


锋区波动的配置

--- Frontal Wave Superposition

② 同位相配置

- 波1的同位相配置将**加强**波2的经向发展



● 锋区波动配置对台风的影响

- ✓ 对台风路径的影响，主要着眼于亚洲大陆的两个波动：亚洲西部准静止横槽和青藏高原反气旋
- 亚洲西部横槽与同经度高纬长波脊反相配置，将抑制东亚环流经向发展，西太平洋副高加强西进、台风西移
- 青藏高原反气旋与高纬度脊同相配置，将导致东亚或西太平洋西部长波槽的经向发展，台风北上或转向

● 锋区波动配置对台风的影响

✓ 高原西部低槽发展

- 高原西部低槽受到高原的机械阻挡，可从低槽南部切断一个低涡，滞留高原以西
- 北欧高纬度东移发展小槽与该低涡同位相配置，也常使高原高压脊发展，导致东亚沿岸长波槽发展，形成有利于台风转向的环境流场

长波替换和调整

--- Long Wave Replacement and Adjustment

- 根据Rossby长波理论，长波必须按一定的波长来维持其存在

$$C = U - \beta \left(\frac{L}{2\pi} \right)^2 \quad L_s = 2\pi \sqrt{\frac{U}{\beta}} \quad \beta = \frac{\partial f}{\partial \varphi}$$

当 $L < L_s$ 时, $C > 0$ 波向东移动(前进)

当 $L = L_s$ 时, $C = 0$ 波静止

当 $L > L_s$ 时, $C < 0$ 波向西移动(后退)

按夏季中纬度对流层中层的条件代入:

静止波长 $L_s = 75$ 个经度; 东移波长 $L = 65$ 个经度

$L < 75$ 个经度, 波向东移 (前进)

$L > 75$ 个经度, 波向西移 (后退)

● 维持长波波长的两种方式

✓ 后槽抑制消失

- 前方有长波槽经向发展，当后面有波动接近它时，前槽槽后强烈的偏北气流将抑制后槽前西南气流的发展，后槽将填塞，当后槽尺度比前槽明显小时，填塞可能性更大。

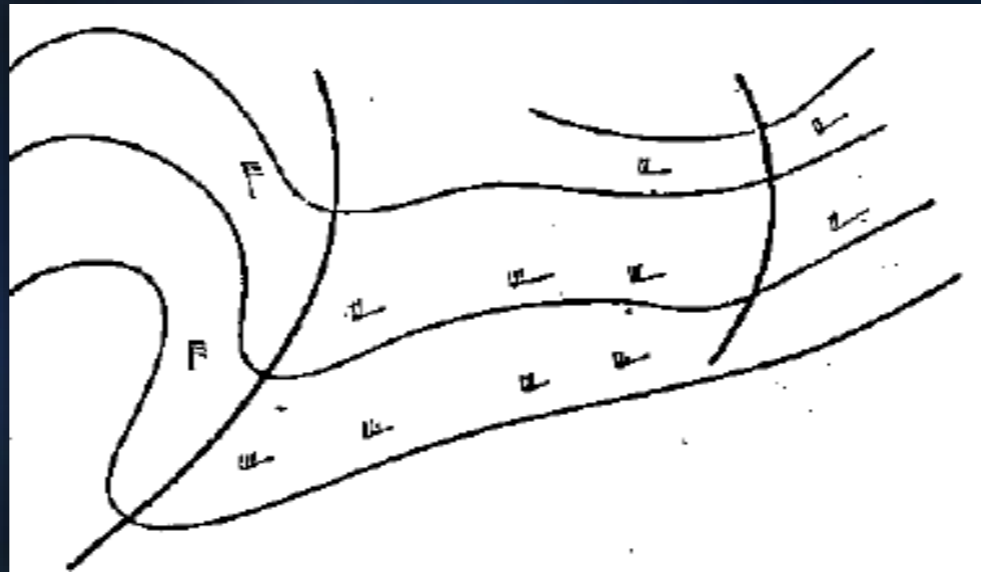


后槽抑制消失示意图

● 维持长波波长的两种方式

✓ 前槽移走消失 —— 长波后退

- 前槽经过经向发展后，没有新的力管场来加强它的环流，后面一个发展性槽靠近它时，后槽槽前西南气流将伸展到前槽槽后，以代替前槽槽后原有偏北气流，切断能量供应，前槽将减弱，沿后槽槽前西南气流向东北方向收缩移走

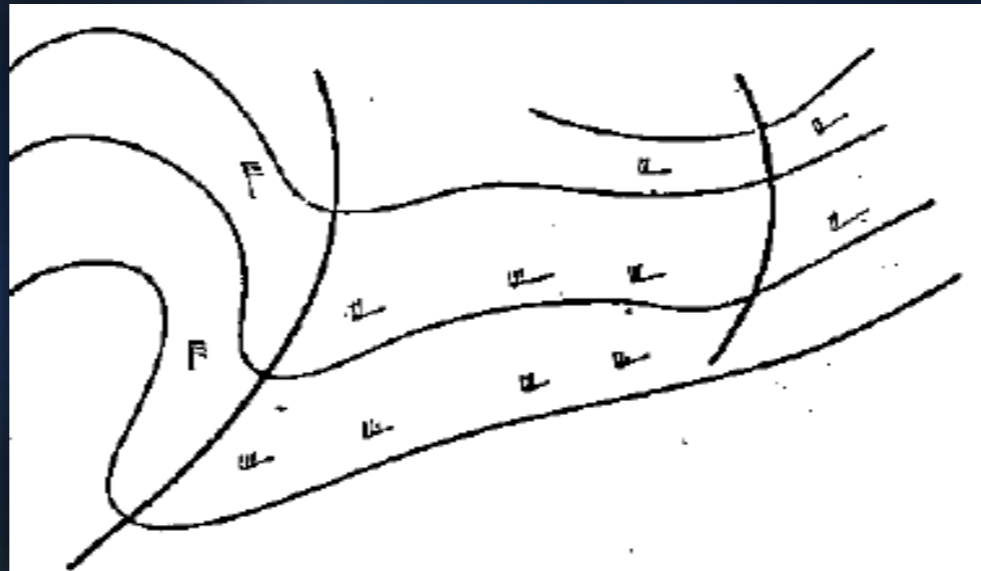


前槽移走消失示意图

● 维持长波波长的两种方式

✓ 前槽移走消失 — 长波后退

- 替换完成后，前槽移走了，后槽得到发展，看起来像是前槽后退的结果，西太平洋高压相应西进，台风随之西进



前槽移走消失示意图

● **长波替换调整时期** —— 台风路径预报关注重点

- ✓ 当长波槽移近副高时，首先给人的印象是副高将减弱东退，实际情况并非如此
- ✓ 当长波槽移近副高时，首先是槽前高压脊叠加到副高上，因此副高压首先是加强西伸，然后看槽的强度，判断这个高压是否减弱东退
- ✓ 长波槽靠近副高时，副高动向应分解为上述两步，西伸这一点常被忽略，而影响到台风路径预报

● **长波替换调整时期** —— 台风路径预报关注重点

- ✓ 副高与中纬度高压脊叠加西伸是长波替换调整的一种结果，前槽被替换后，槽前的副高随之要发生叠加西伸，若后槽又被替换，副高将发生两级西伸，意味着台风西行登陆我国的可能加大
- ✓ 长波调整时期台风路径预报，关键在于报出调整，即报出西槽东移和发展，而长波调整与欧亚甚至半球大气环流演变有关
- ✓ 在制作台风路径预报时，仅关注台风周围的引导气流是不够的，还要关注遥远地区的环流特征及其变化

阻塞高压 -- Blocking High

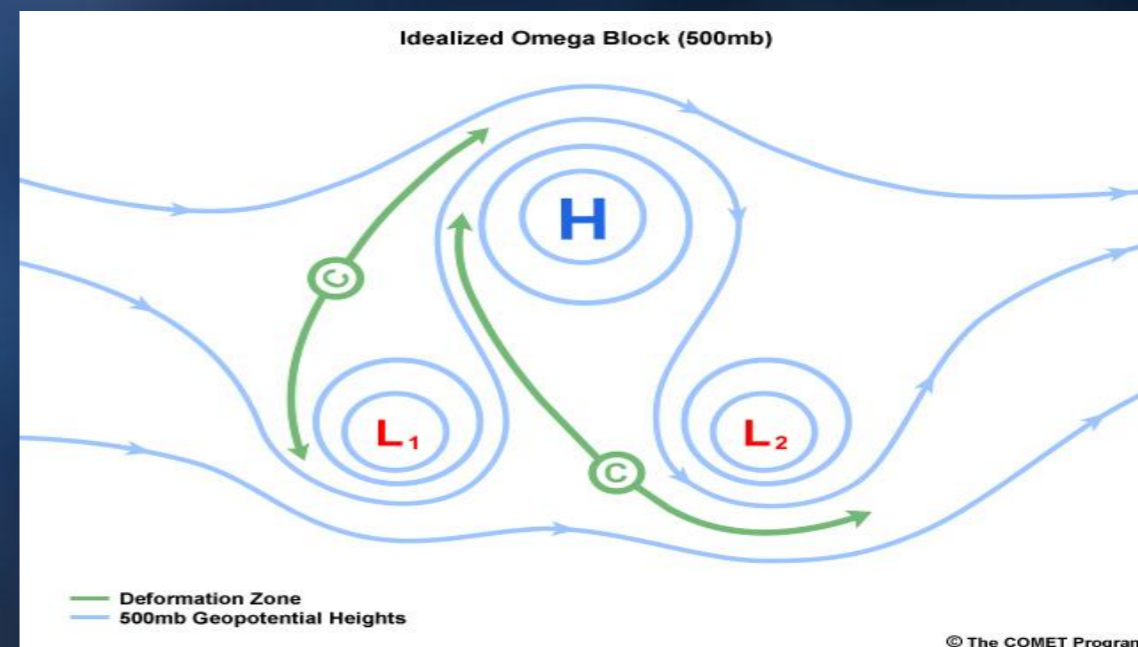
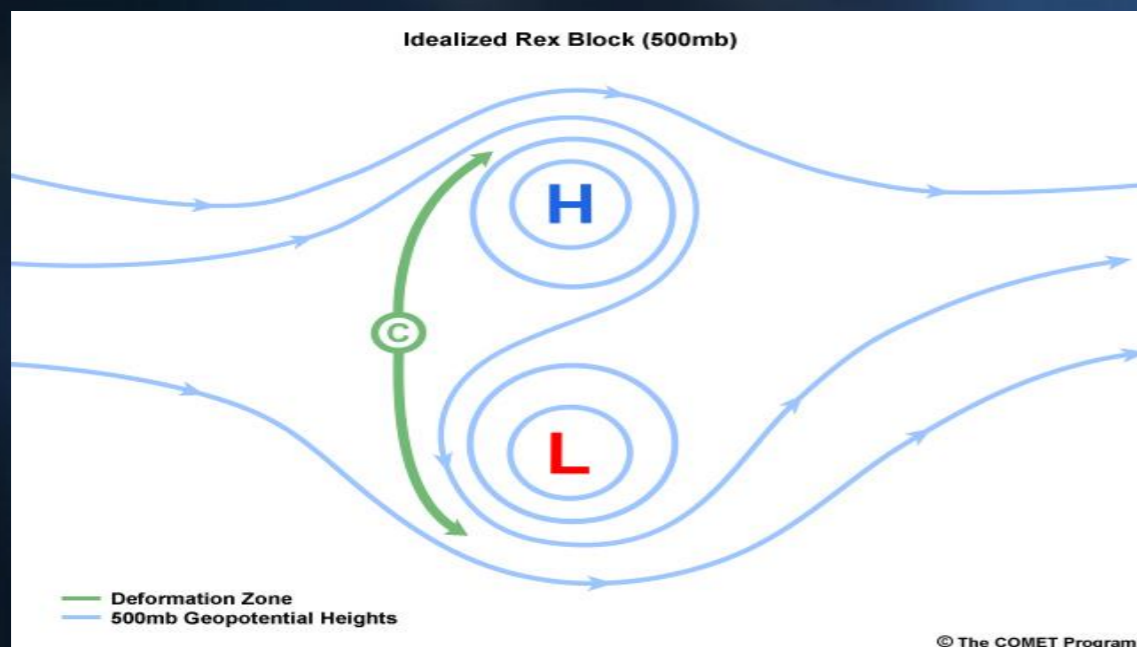
- ✓ 中高纬度地区对流层中部和上部深厚的暖高压，由长波波幅增大而形成的含有闭合高压中心的准静止长波脊，属于大尺度系统
- ✓ 阻塞高压常发生在暖空气很活跃、冷空气较强的地区和季节，具有明显地区性和季节性
- ✓ 最常主要出现在北半球的北大西洋东北部和北太平洋阿拉斯加地区，以春、秋季最多
- ✓ 乌拉尔山和鄂霍次克海也常有阻塞高压，大多由北部高压演变而成，强度不很大，但对中国天气影响很大

阻塞高压 -- Blocking High

- 阻塞高压呈准静止状态，移动缓慢，有时甚至西退，维持时间**5-7天**，有时可达**20天**以上，可以阻挡上游西风气流和天气系统东移
- 阻塞高压所在地区往往形成持续的单一天气：东部多持久晴朗，西部多降水

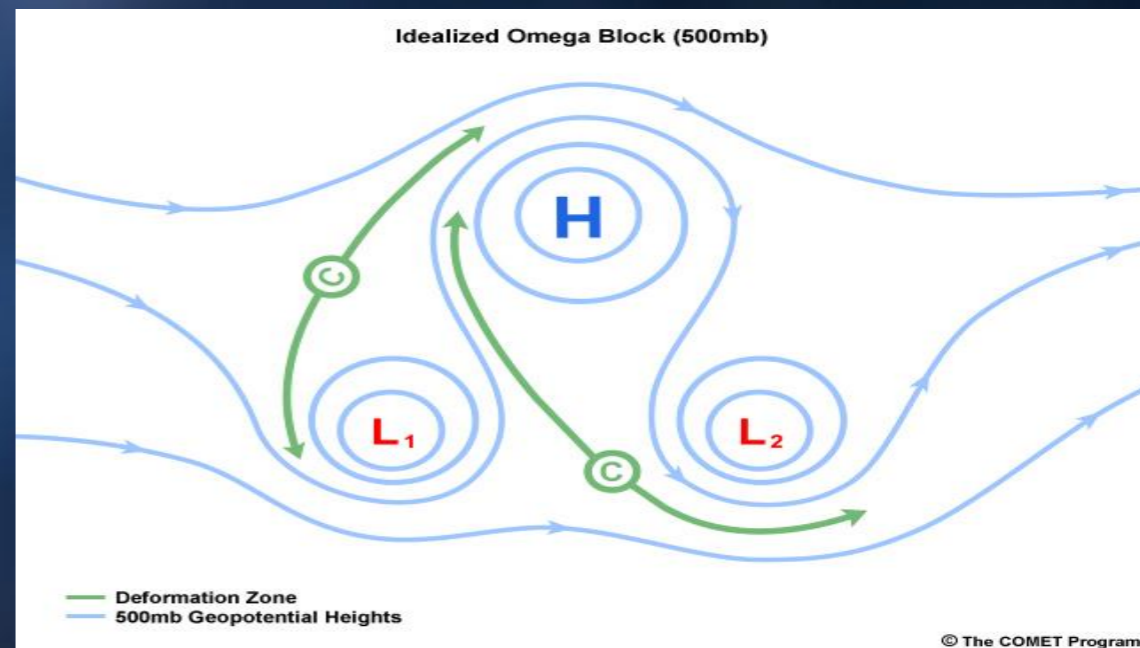
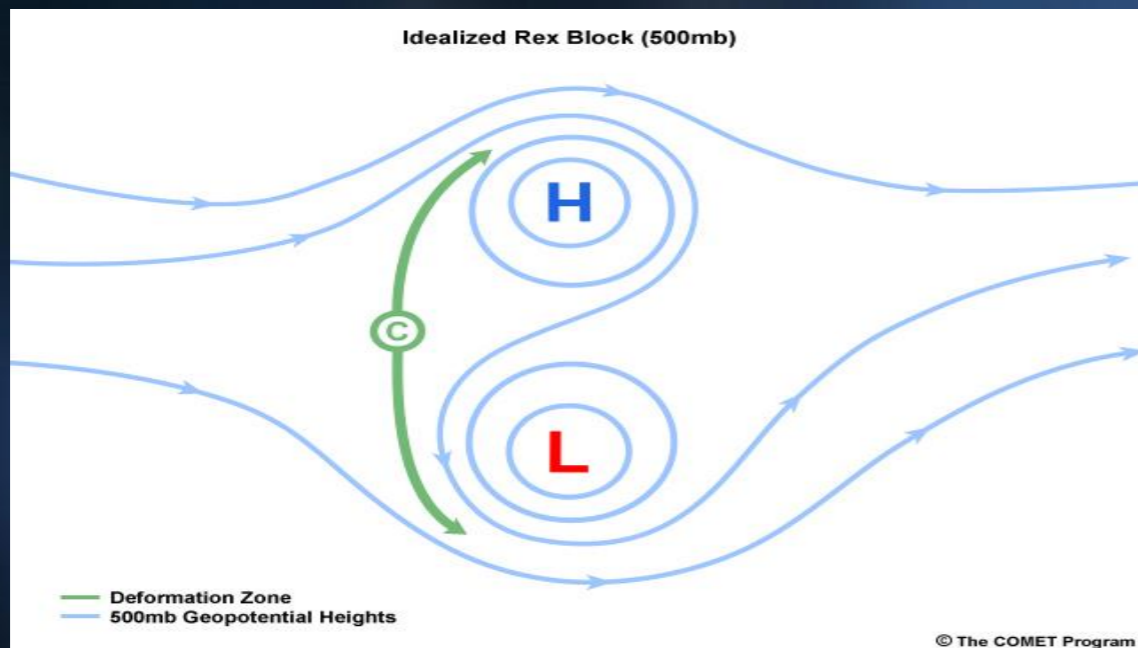
● 阻塞高压的形成

- ✓ 当西风带长波槽和脊的经向度加大，暖脊向北伸展到很高纬度，两侧冷槽往南伸到较低纬度，暖脊被冷空气包围，与南面暖空气主体分离，出现孤立暖区，形成闭合高压区



● 阻塞高压的形成

- ✓ 阻塞高压和切断低压常相伴出现，南伸冷槽被暖空气切断，出现孤立冷堆，形成闭合低压区，即切断低压



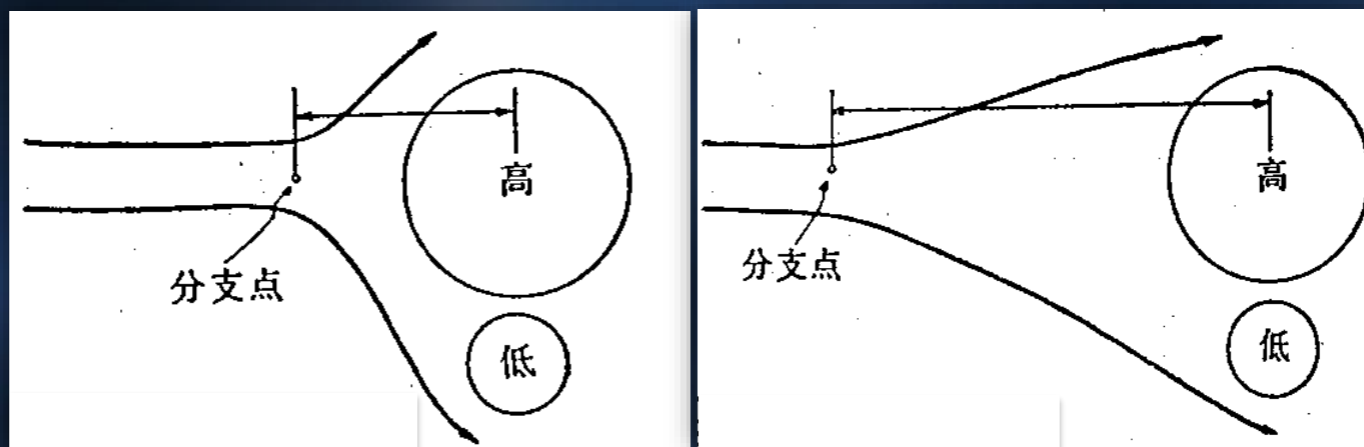
● 阻塞高压的西风分支现象

- ✓ 闭合高压区和低压区的存在，阻挡西风带波动向下游传递，西风出现分支现象，一支由南绕过，一支由北绕过，西风急流上的短波或地面气旋，也分别由南北绕过，或在上游消失

● 阻塞高压的西风分支现象

✓ 分支点与阻塞高压所在经度经线的垂直距离与阻塞形势的经向度有密切关系

- 距离近，经向度大；距离远，经向度小
- 分支点西移，东亚阻塞对台风转向的作用减小



分支点进退与经向度的关系

● 阻塞高压对台风移动路径的影响

阻塞高压建立和崩溃常常伴随着一次大范围甚至半球范围的环流型式的剧烈转变，对台风移动路径有显著影响

✓ 阻塞高压建立标志

- 纬向环流向经向环流转变

✓ 持续标志

- 经向环流处于强盛阶段

✓ 崩溃标志

- 经向环流向纬向环流转变

- **阻塞高压对台风移动路径的影响**

- ✓ **东亚阻塞形势建立**

- **当东亚 (50-70°N, 110-150°E) 上空建立稳定而强大的阻塞高压时, 标志着纬向环流向径向环流转变, 有利于长波槽的建立和发展, 台风北上或转向的可能性较大**

● 阻塞高压对台风移动路径的影响

✓ 东亚阻塞形势崩溃

- 若阻塞高压从日本海向南溃退，与太平洋高压合并，位于高压南端的台风西进，位于太平洋中部或东部的台风将在日本东部长波槽的槽前转向
- 若阻塞高压从东亚高纬度大陆向南溃退，与我国中纬度高压脊合并，将使我国东部沿海长波槽经向发展，有利于靠近这个槽的台风转向

● 阻塞高压对台风移动路径的影响

✓ 西亚阻塞形势建立

- 西亚建立阻塞形势时，将使东亚阻塞形势分支点消退，退到西亚阻塞形势以西，使得东亚阻塞形势经向度骤减，环流变平，副热带高压及信风带将加强西伸，有利于台风西进

- **阻塞高压对台风移动路径的影响**

- ✓ **西亚阻塞形势崩溃**

- **西亚阻塞形势消退时，其分支点将东移到东亚阻塞形势西侧，东亚阻塞形势对信风减弱和有利于台风北上或转向的作用就会显现出来**

低层流入 -- Low Level Inflow

- **西南季风的爆发和澳洲高压的增强**
- ✓ 南亚和东南亚低层西南季风的爆发加强，辐合带增强，为台风发生提供有利的外部流场条件
- ✓ 西南季风突然大范围加强，将推动热带辐合带北移，辐合带上可同时或先后有多个台风生成
- ✓ 南半球强冷空气爆发（澳洲高压增强）越过赤道，将激发西北太平洋和南海台风发生

低层流入 -- Low Level Inflow

● 冷空气的影响

- ✓ 南下冷空气对台风的强度有双重相反的影响
 - 冷空气强，卷入台风内部，破坏台风暖心结构，台风减弱
 - 冷空气弱，仅触及台风外围（冷空气扩散南下），伴随东北信风增强，加强低层辐合、台风北缘位势不稳定（浮力）增强
- ✓ 当台风进入较高纬度，大量冷空气涌进台风环流，使得台风再生增强而变性为强大的温带锋面气旋（ET）

● 冷空气的影响台风个例

✓ 强台风 Babs (9810) -- 东北季风爆发

