

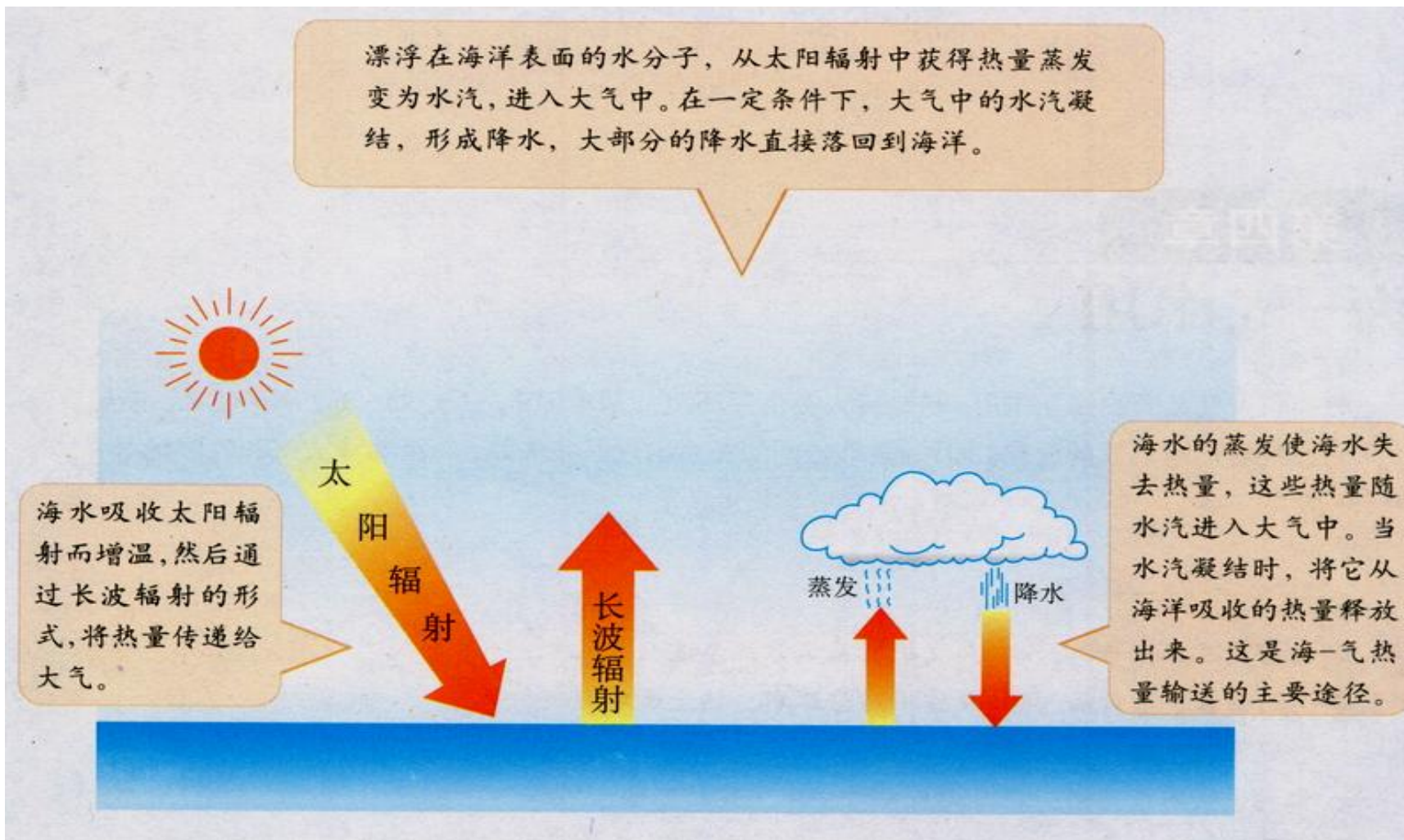
海气相互作用

丁瑞强

Email: drq@bnu.edu.cn

海气相互作用：主要指物质（水）和能量（热）的交换

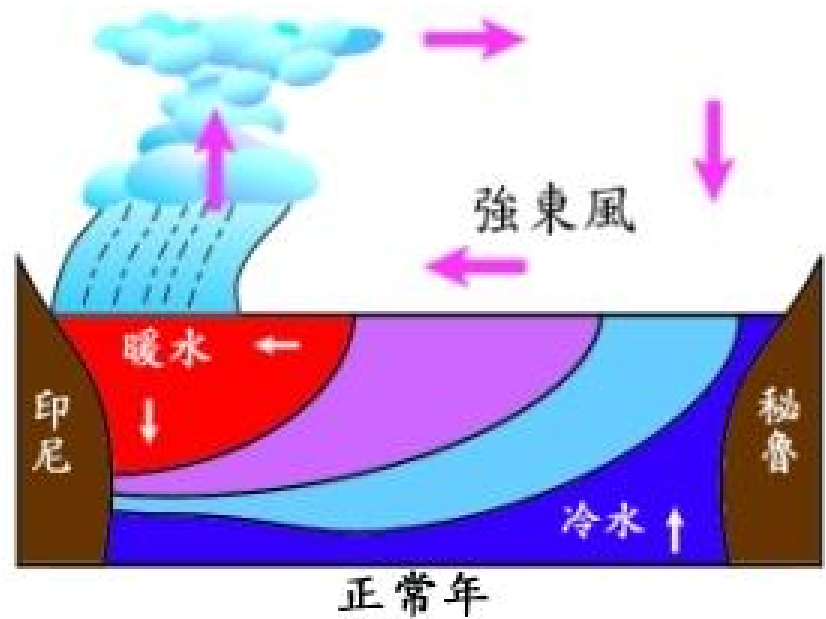
漂浮在海洋表面的水分子，从太阳辐射中获得热量蒸发变为水汽，进入大气中。在一定条件下，大气中的水汽凝结，形成降水，大部分的降水直接落回到海洋。



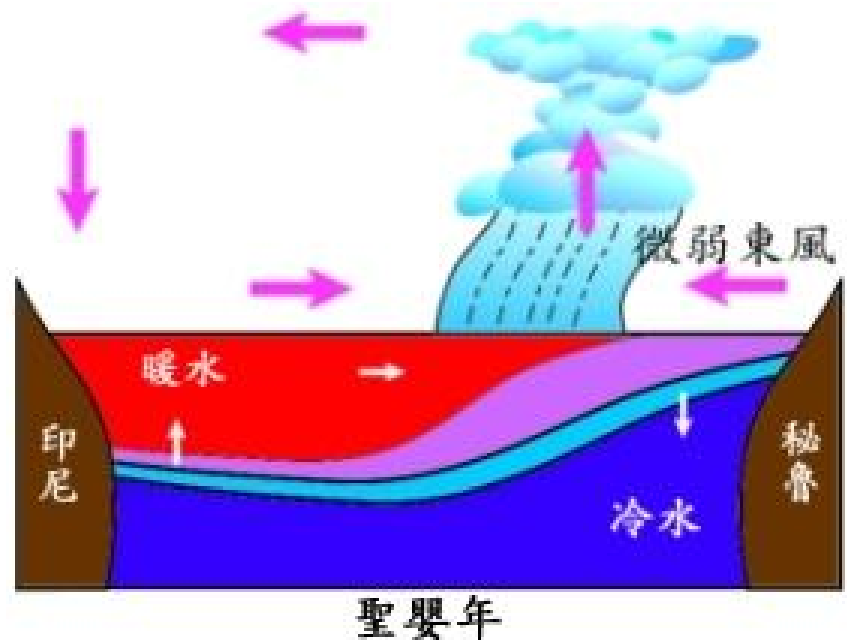
海气水热交换方式

El Niño现象

✓正常年：海水向西移动，海洋底层低温富有营养盐的涌升流上升补充。



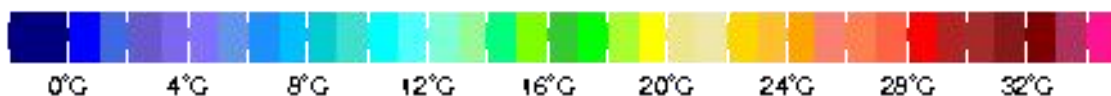
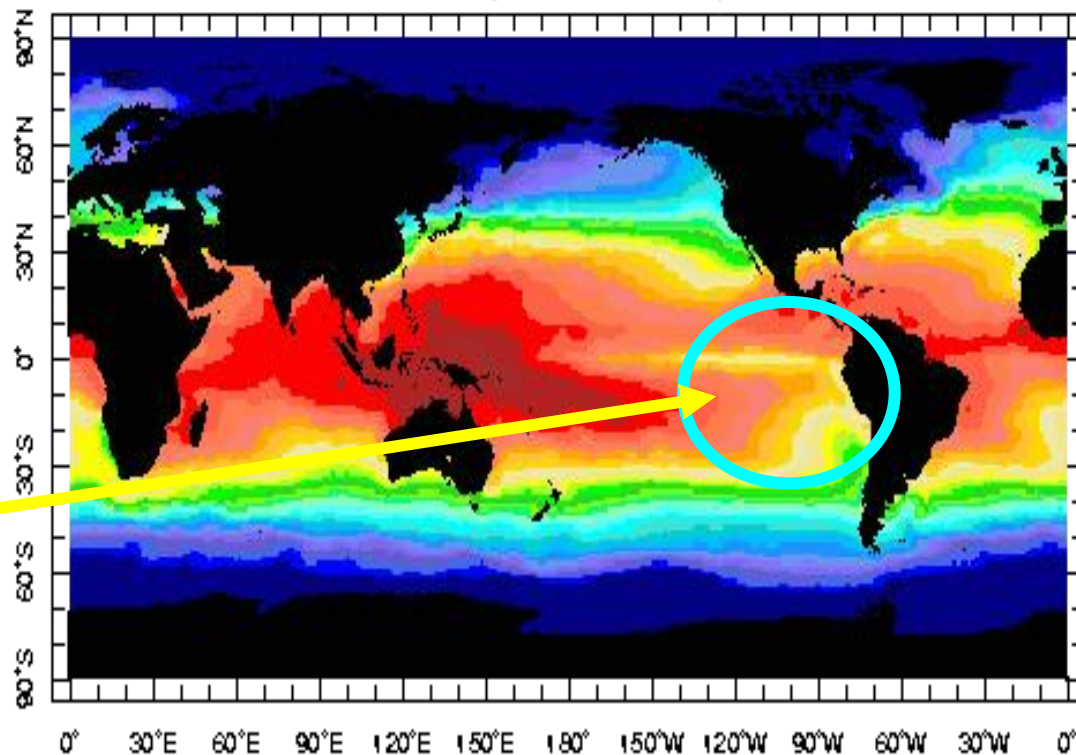
✓厄尔尼诺期间：使海水向西的力量减弱，反而使表层海水向东移，底层营养盐的涌升流不会上升。



拉尼娜现象

因东风强盛，涌升流强劲使东赤道太平洋海水温度比长期平均值低。

反聖嬰 (1988年12月)



南方涛动 - Southern Oscillation

- 英国气象学家沃克爵士（Sir. Gilbert Walker）
- 气压跷跷板：热带东太平洋与热带东印度洋气压场反相变化的现象（南方涛动）。



皮叶克尼斯将厄尔尼诺 (El Niño) 与南方涛动 (Southern Oscillation) 合并为 ENSO (音: 恩索)

厄尔尼诺+南方涛动= ENSO
(El Niño / Southern Oscillation)

- ENSO实际上就是El Niño和Southern Oscillation的简称。

ENSO事件不仅仅作为一个事件发生，而且还是周而复始的一种循环，其周期大约2~7年，故又称**ENSO循环**。

厄尔尼诺和拉尼娜则是ENSO循环过程中冷暖两种不同位相的异常状态。

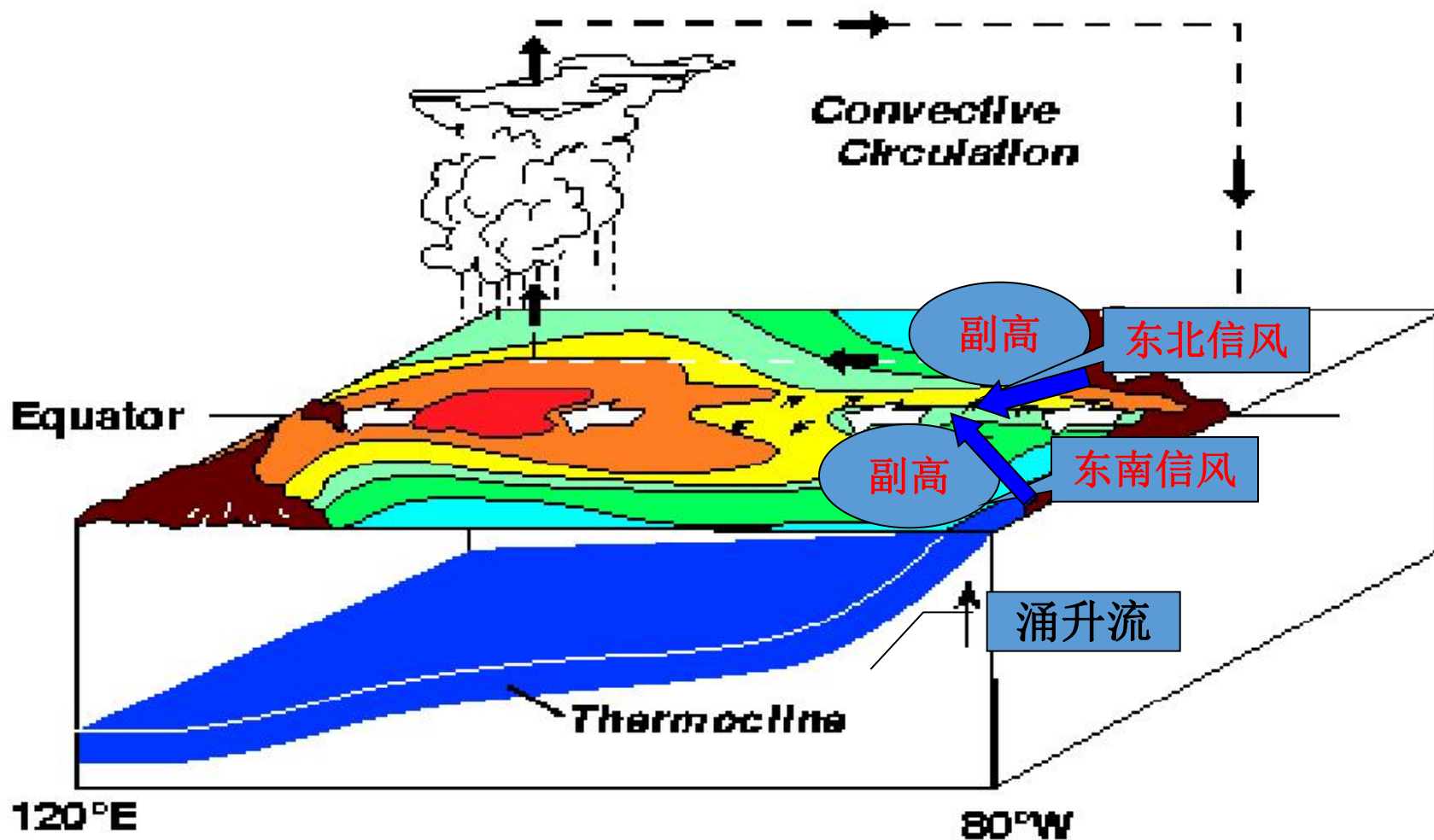
厄尔尼诺也称为ENSO暖事件；

拉尼娜也被称为ENSO冷事件。

第三节 有关ENSO的理论和推测

信风张弛(减弱)理论

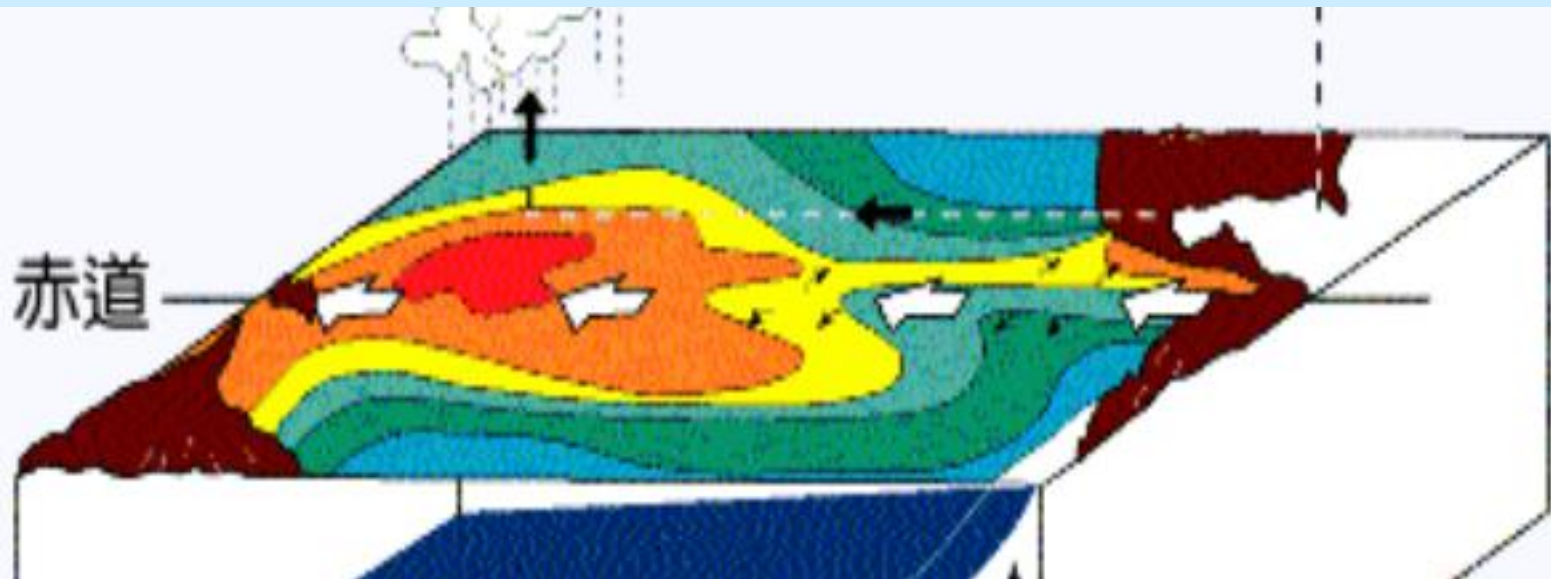
Normal Conditions



正常年份大气

正常狀況

太平洋中、东侧：晴朗、干燥；海温低、海洋斜（跃）温层浅。



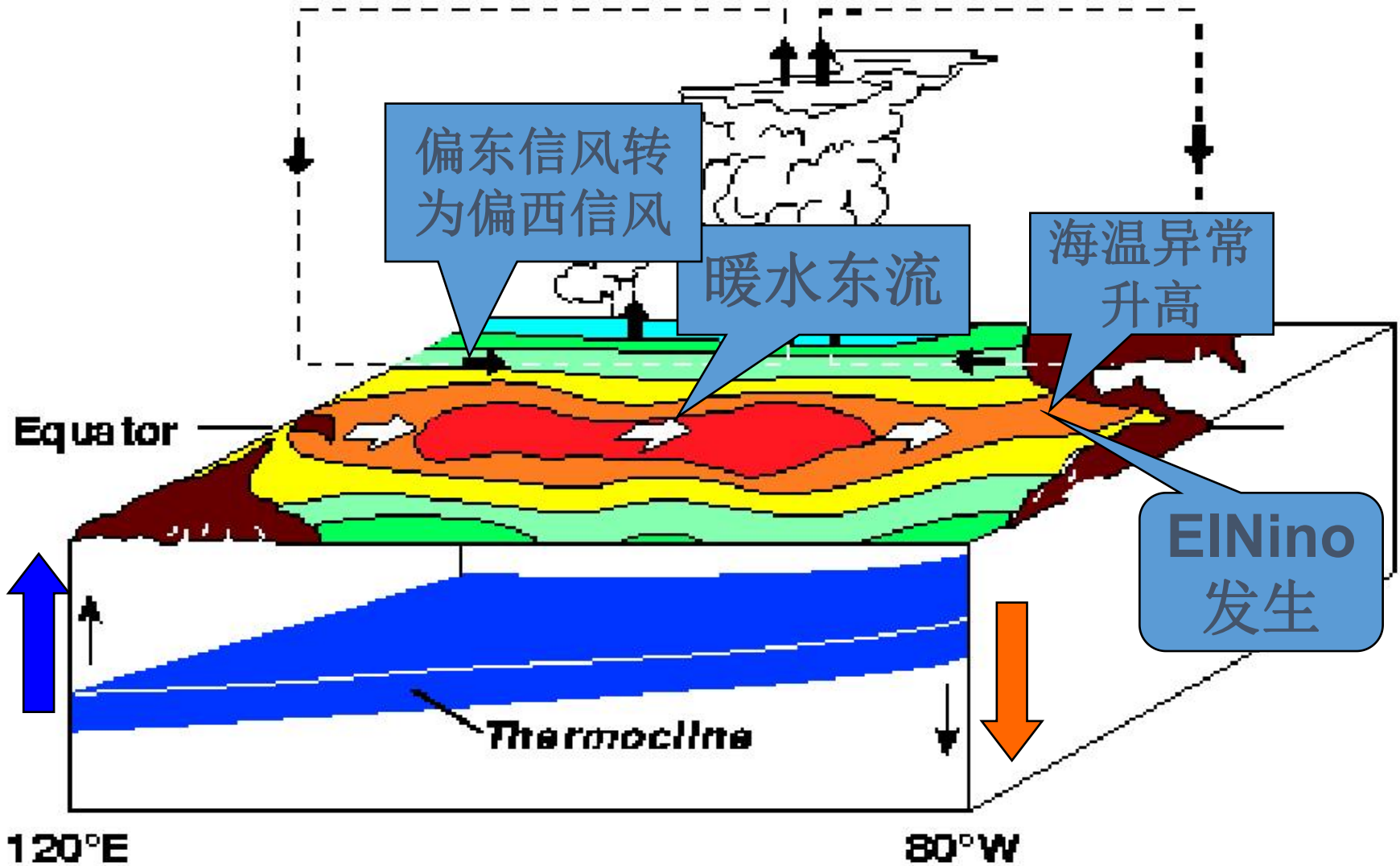
太平洋西侧：多雨、湿润；海温高、海洋斜温层深。

正常年份海温和天气

120°E

80°W

El Niño Conditions



El Niño情形风场

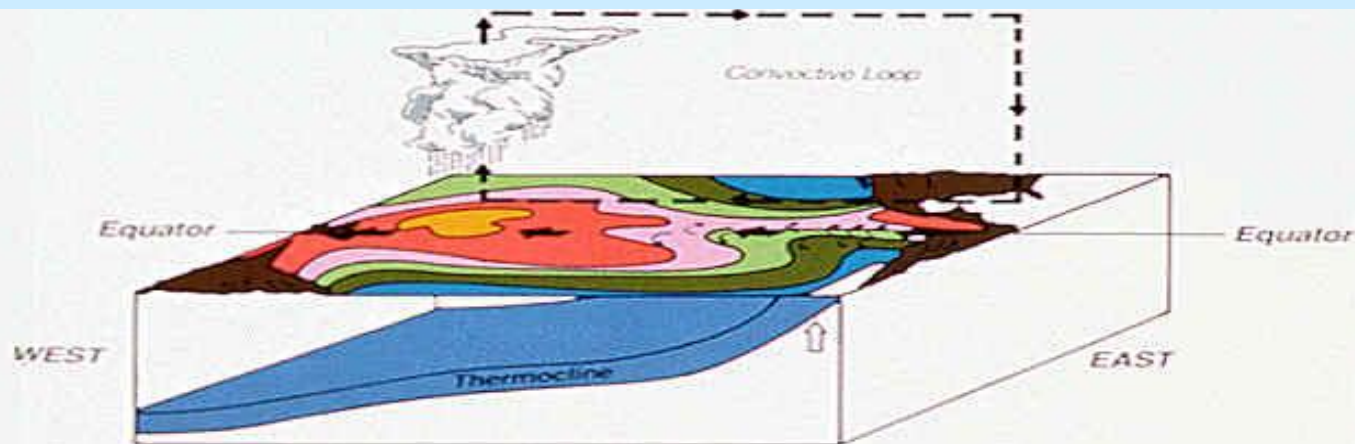
厄尔尼诺现象发生时大气环流状况

太平洋中东侧：下沉气流减弱或消失——上升气流——洪涝灾害

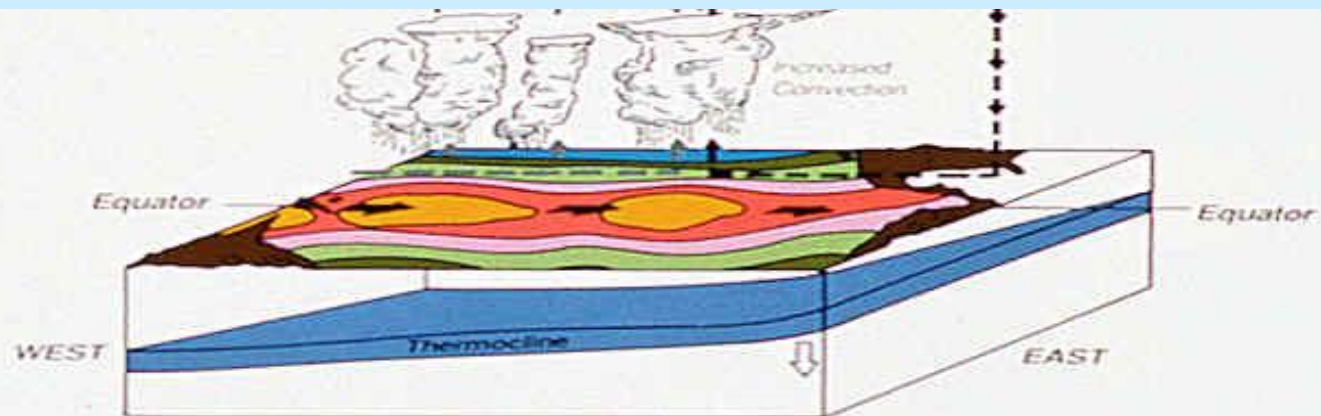


太平洋西侧：上升气流减弱或消失——下沉气流——干燥少雨、旱灾

厄尔尼诺现象发生时海洋状况

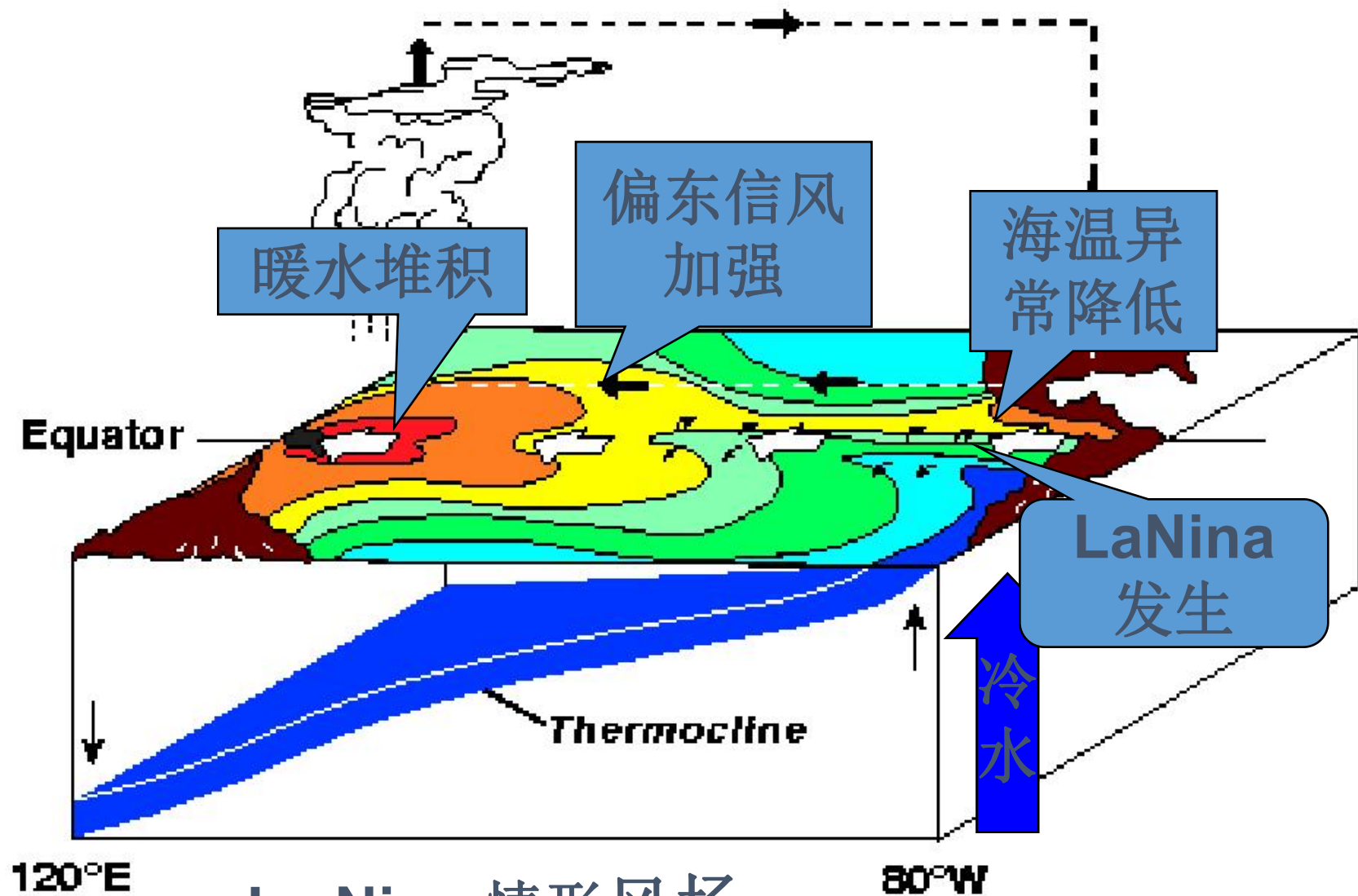


太平洋中、东侧：海温高、海洋斜（跃）温层变深。



太平洋西侧：海温偏低、海洋斜温层变浅。

La Niña Conditions



La Nina 情形风场

偏东信风减弱
或转弱为西风

西太平洋堆积
的暖水东流

西太平洋
水位下降

海水压力
差减小

赤道潜流减弱

赤道东太平洋
涌升流减弱

赤道中东太平
洋海表温度升高

El Nino
发生

偏东信风
加强

西太平洋
暖水堆积

西太平洋
水位上升

海水压力
差加大

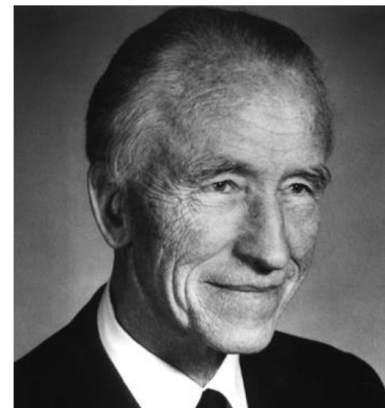
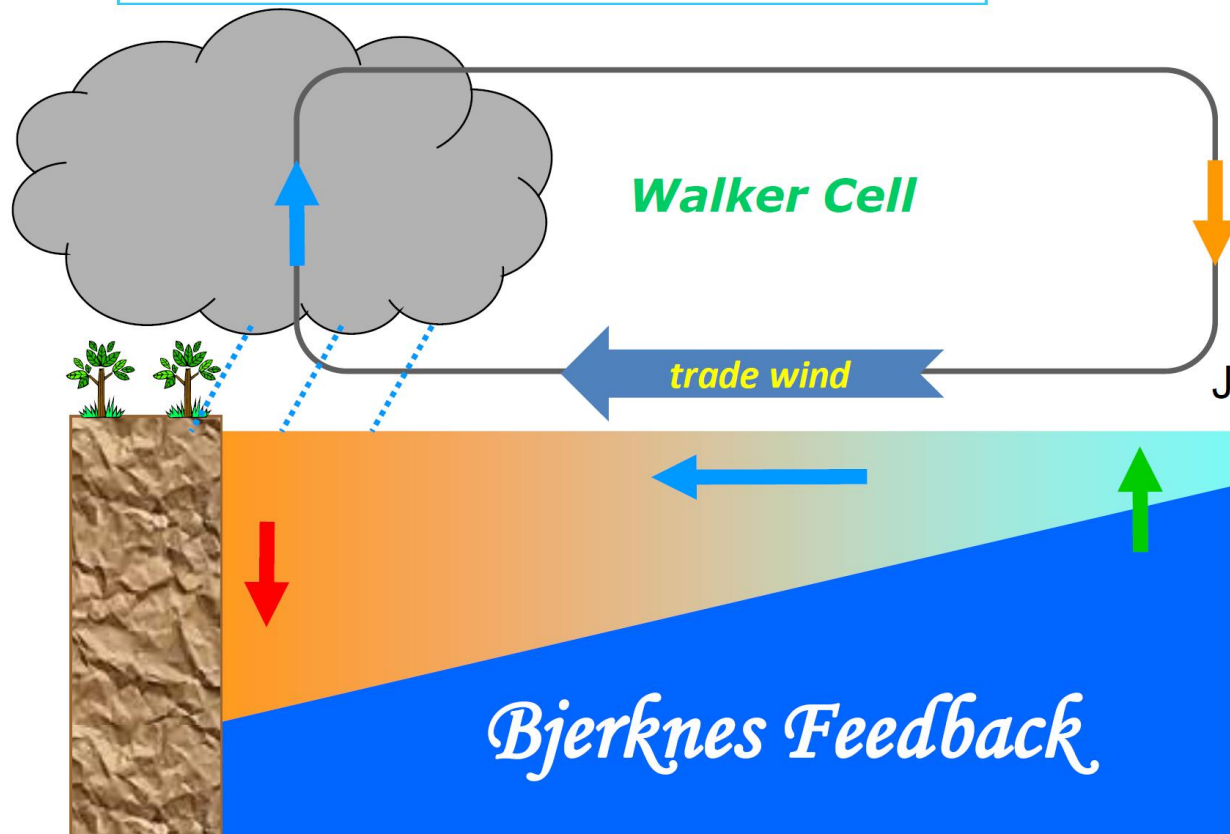
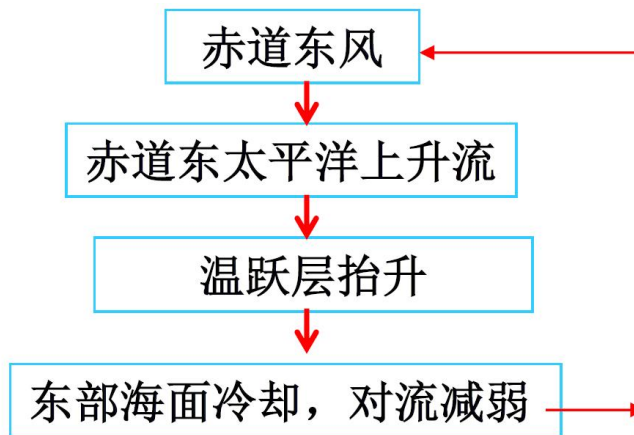
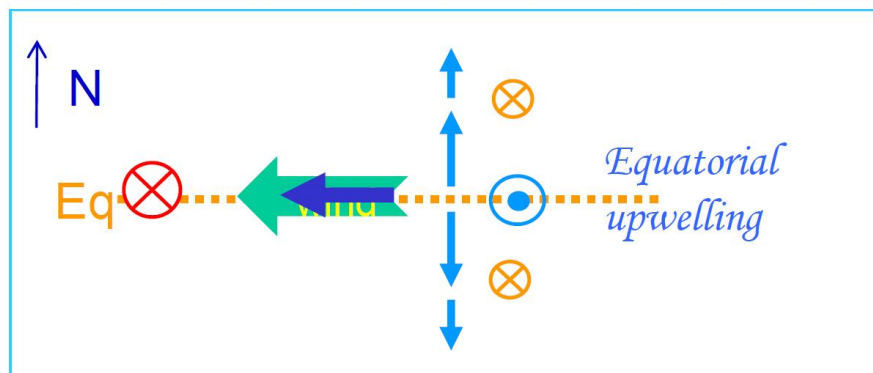
赤道潜流加强

赤道东太平洋
涌升流加强

赤道中东太平
洋海表温度降低

La Nina
发生

Bjerknes 正反馈机制:



Jacob Bjerknes, 1897-1975

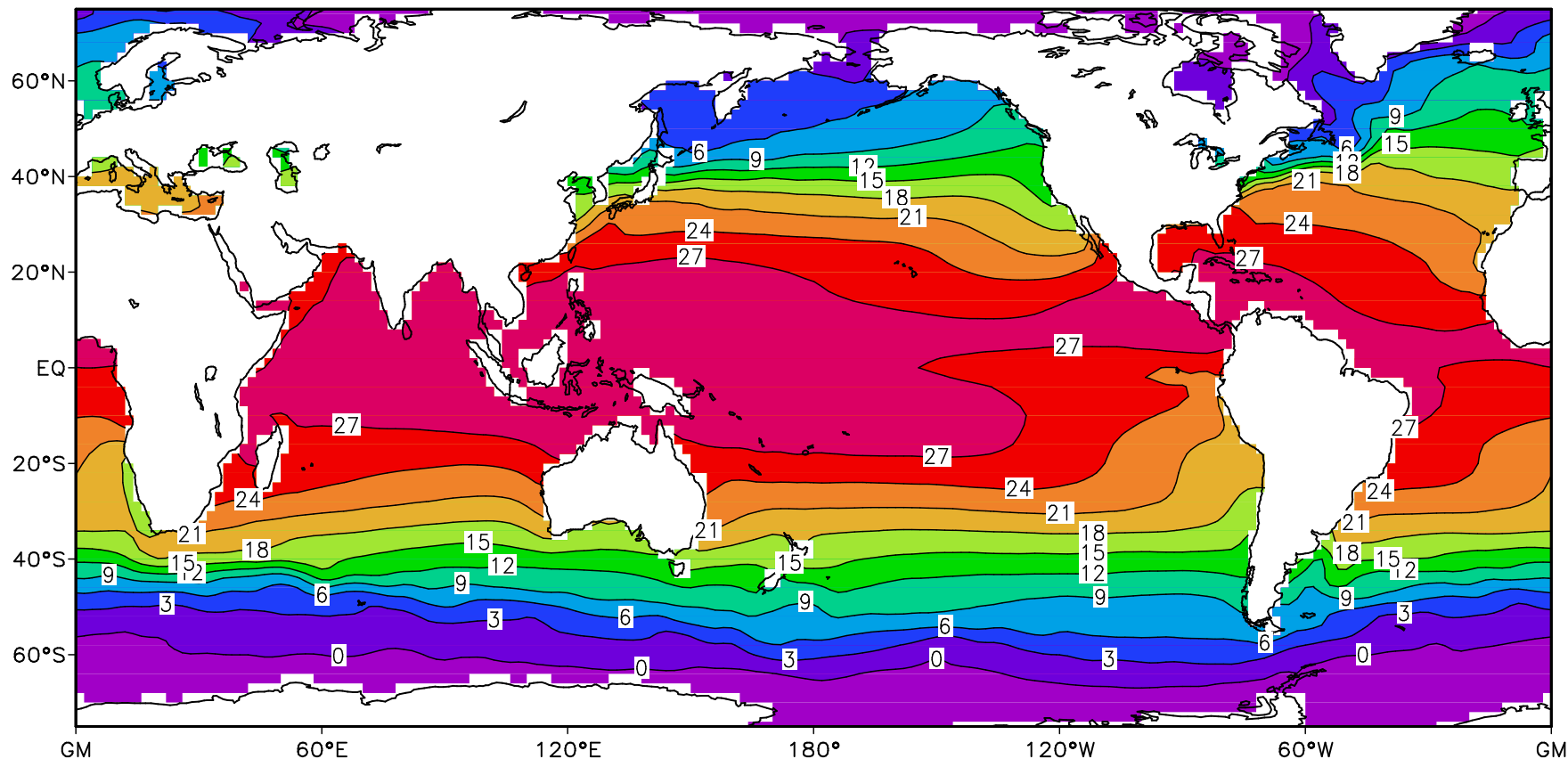
Walker环流:
1960年J.
Bjerknes发现
并命名;1969
年提出正反馈
机制。

为什么赤道太平洋和大西洋表层海
温呈现西暖东冷的分布特征？

What maintains the warmer west?

全球海温分布的主要特征

全球海水表层温度 (SST) 分布

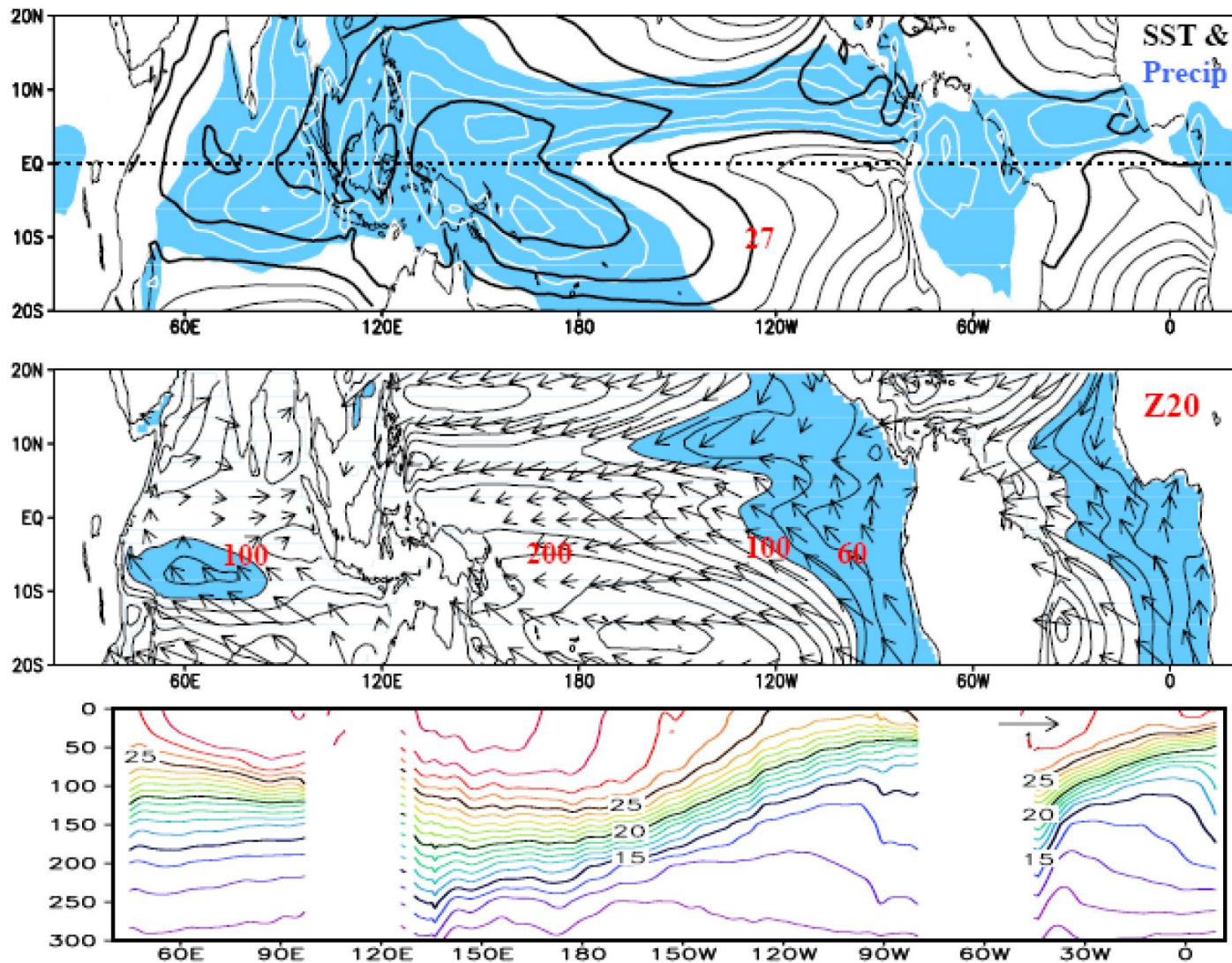


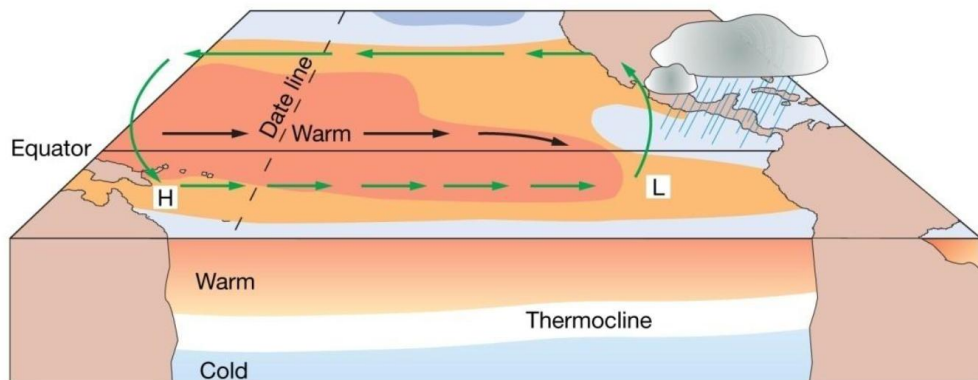
全球海表面年平均温度

(单位: °C, 等值线间隔: 3°C)

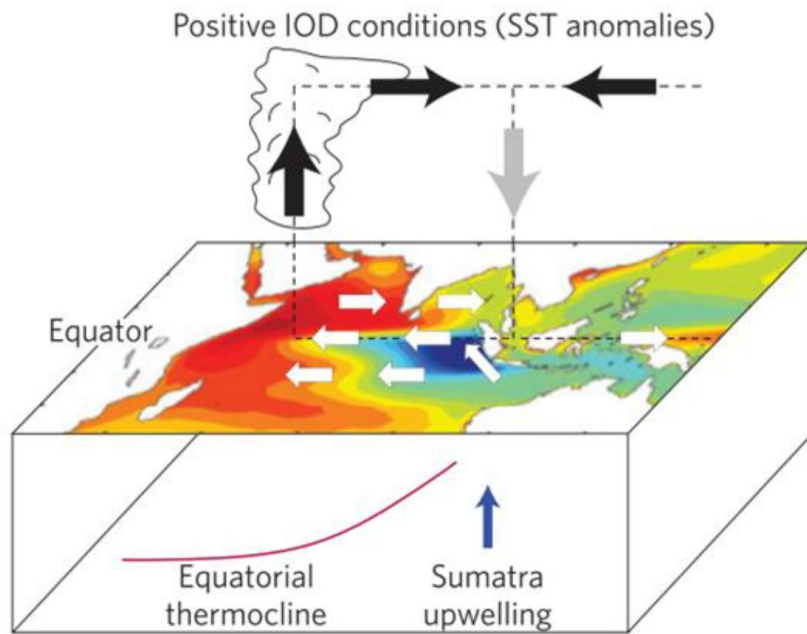
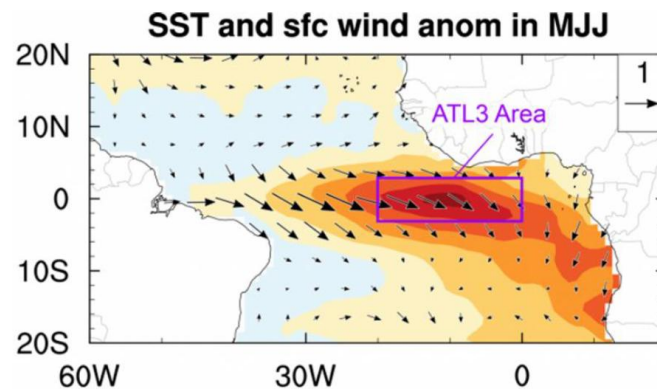
Comparative Climatology

热带印度洋与太平洋和大西洋之间差异显著：**季风**、**赤道西风**、**西南印度洋温跃层隆起**、**赤道温跃层向西抬升**





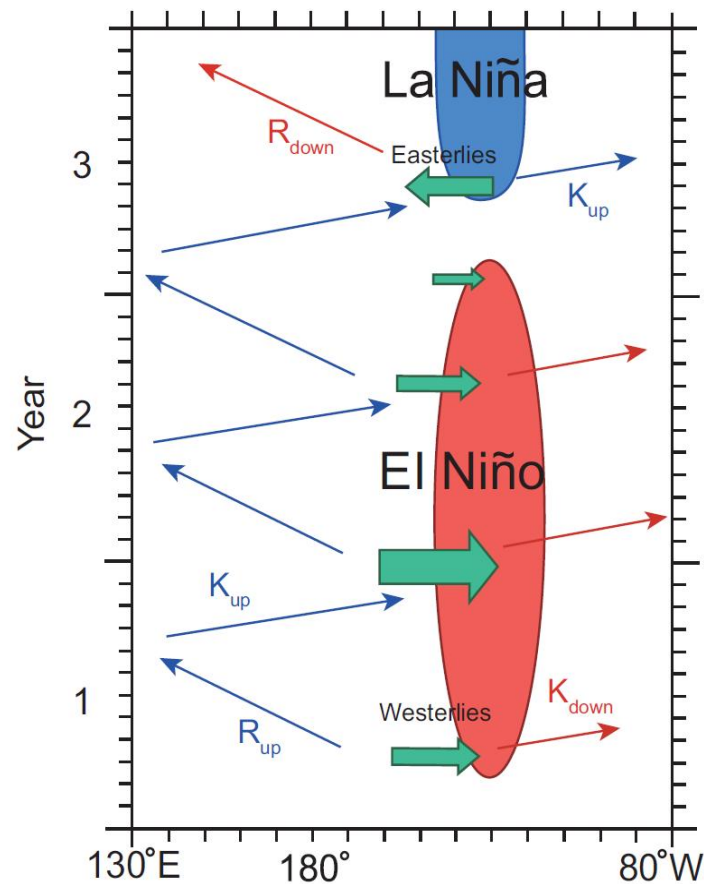
(b) El Niño conditions



Bjerknes正反馈机制可以应该用到太平洋**ENSO**、印度洋**IOD**以及大西洋尼诺等纬向模态的发展过程中。

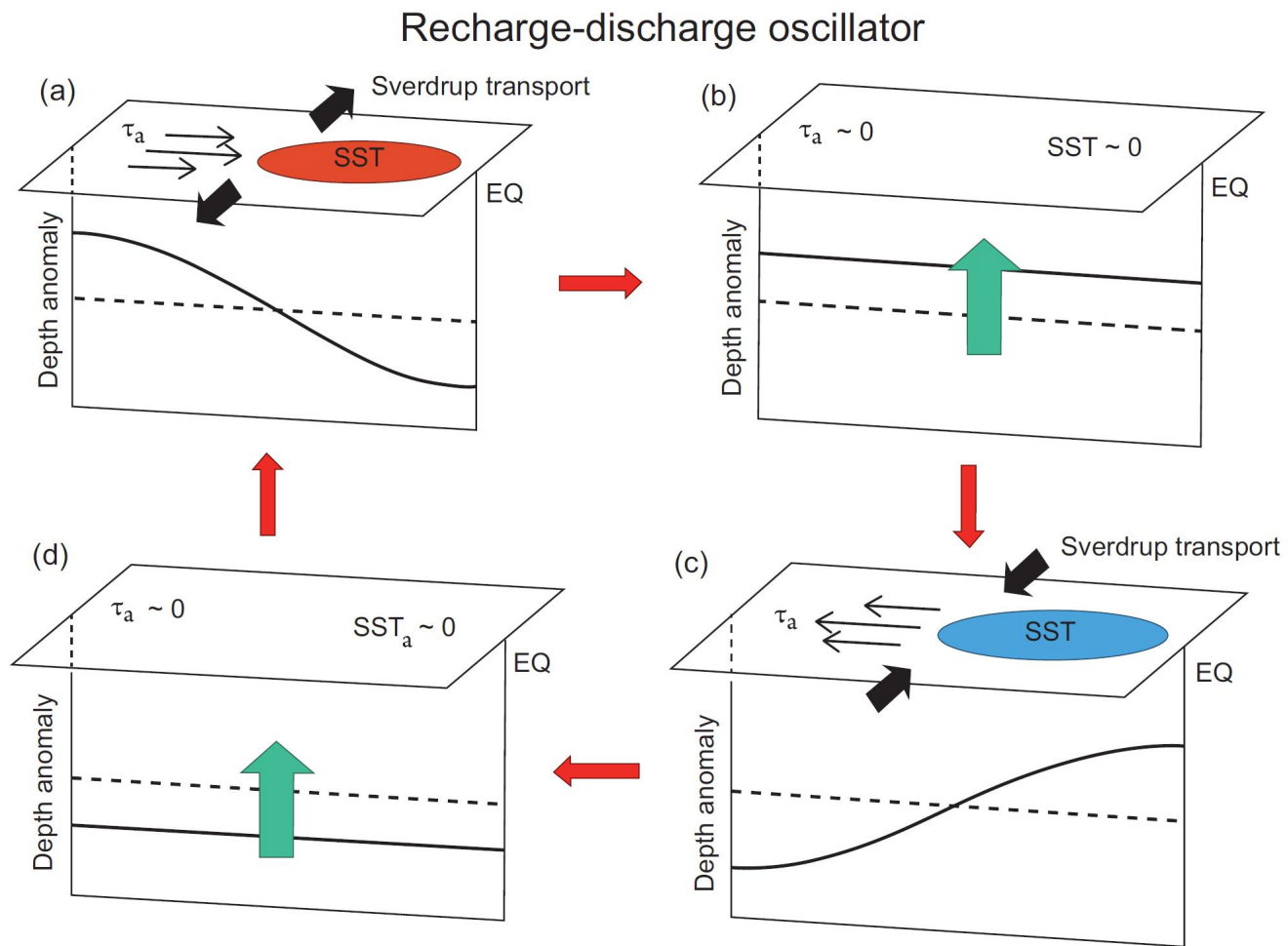
延迟振子理论模型

- 中太平洋异常西风会在赤道中东太平洋形成暖的开尔文波（导致海平面升高）、而在西太平洋赤道外两侧区域形成冷的罗斯贝波（导致海平面降低）。
- 前者将减弱赤道东太平洋的冷水上升使得暖事件出现，而后者到达大洋西边界后反射，产生了东传的冷开尔文波，到达大洋东部，推动ENSO向冷位相转换。



([Suarez et al., 1988](#); [Battisti et al., 1989](#))

充电振荡模型



(Jin et al.)

充电振子模型

- 赤道地区海洋上层热容量的经向输送是导致海气系统振荡的主要原因，即赤道海水热容量的“充电”和“放电”过程主导了**ENSO**循环，其优点在于不需要考虑西边界的反射。
- 当**ENSO**暖位相在中东太平洋发展起来以后，东高西低的温跃层异常结构将驱动赤道热量输送到赤道外（即“放电”过程），使得整个暖事件过程中形成赤道外区域的热量累积，当该过程达到一定程度后，温跃层变为纬向均匀负异常分布，此时海温和西风异常消失，东太平洋冷位相开始发展，**ENSO**实现位相转换。当**ENSO**冷位相成长起来以后，相反的热量向赤道汇聚的过程启动，并推动**ENSO**位相周而复始的转换，整个“充放电”过程使得海-气耦合系统产生年际尺度的振荡现象。

ENSO循环机制

- ENSO发展机制
 - Bjerknes正反馈机制
- ENSO转换机制
 - 延迟振子理论
 - 充电振子理论

第四节 ENSO对世界及中国气候的影响

一、El Niño对世界旱涝的影响

El Niño 发生时的**涝区**：

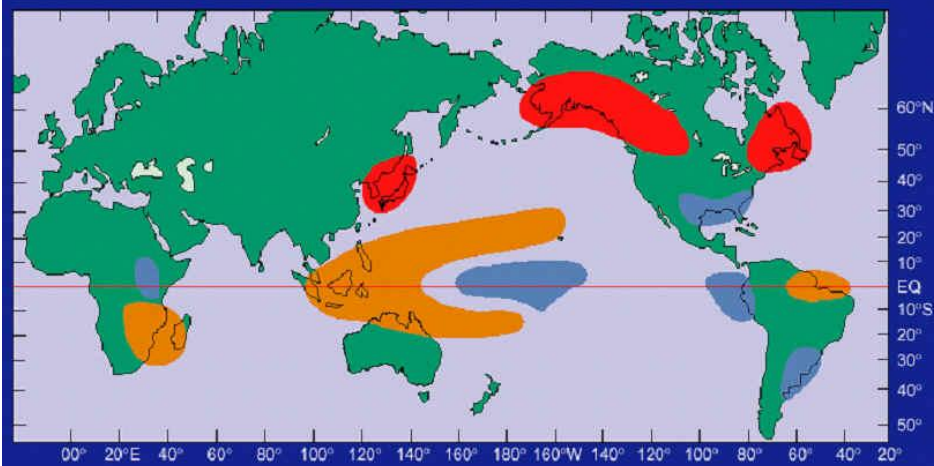
赤道中太平洋；墨西哥北部，南美南部；加利福尼亚到佛罗里达；智利中部与阿根廷；中国、日本东南及中国东南沿海；东非和中东；西欧、大西洋沿岸

El Niño发生时的**旱区**：

南太平洋辐合区；澳大利亚东北、印尼；印度西北的季风区及中国华北；委内瑞拉，哥伦比亚，亚马逊河；南非、马达加斯加；北非、撒哈拉、苏丹

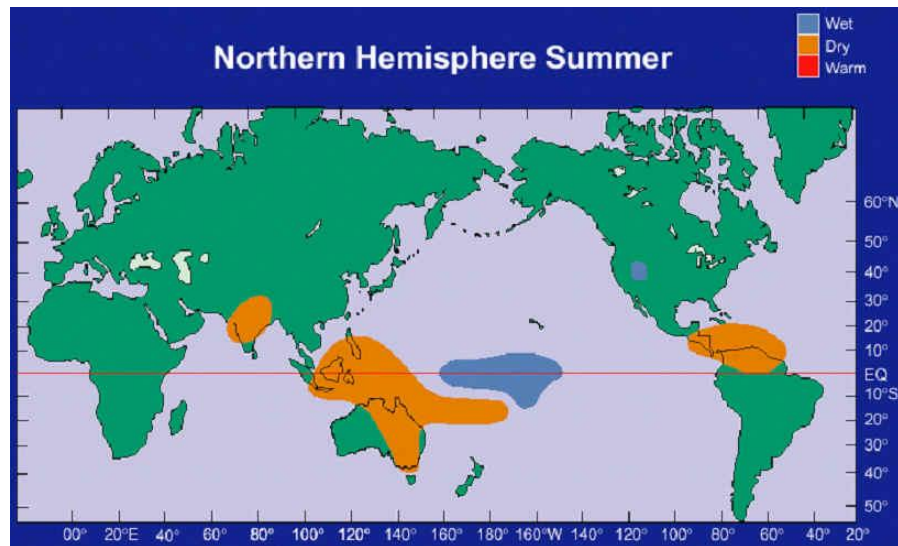
结论：西部洪涝东部干旱

Northern Hemisphere Winter



北半球冬季时旱涝区分布

Northern Hemisphere Summer



北半球夏季时旱涝区分布

黄色代表旱区；蓝色代表涝区

二、厄尔尼诺与亚洲季风

1. 东亚夏季风除了受ENSO的影响, 还受到海温异常 (SSTA), 青藏高原积雪和中高纬度大气环流等的影响。 El Nino当年夏季风减弱, 降水南多北少; La Nina当年相反。
2. 东亚冬季风与ENSO之间存在相互影响关系:
即持续强 (弱) 东亚冬季风对El Niño (La Nina) 有重要的激发作用;
反过来, El Niño (La Nina) 也会影响到东亚冬季风, 具体的影响是: El Nino当年东亚冬季风削弱, 而La Nina当年东亚冬季风增强。

3、厄尔尼诺对中国东北低温的影响

- 资料分析表明，中国东北地区的夏季低温同ENSO有密切关系。 El Nino年夏季，中国东北气温往往偏低（**暖冬冷夏**）。；而在La Nina年夏季，中国东北气温多偏高（**冷冬暖夏**）

（注）：并非El Nino（La Nina）年夏季东北都出现低（高）温，只是说ENSO是一个重要因素。

4、厄尔尼诺对西太平洋台风活动的影响

| | 西太平洋台风数 | 登陆中国台风数 |
|------------------|---------|---------|
| El Niño年 | 偏少 | 偏少 |
| La Nina 年 | 偏多 | 偏多 |

- (1) El Niño情况下西太平洋台风源区（130-160E）有**异常的下沉运动，对流活动受到抑制**，不利于台风的形成。
- (2) El Niño事件使得西太平洋副高、**热带辐合带的位置偏南**。这些都不利于台风的发展。
- (3) El Niño年，西太平洋都出现**海温负距平**，这当然对台风的形成不利。
- (4) El Niño年台风区**稳定度偏大**，根据台风发展的CISK（第二类条件不稳定）机制，因而对台风形成也不利。

参考书籍

1. 《大气科学概论》“现代大气科学丛书”，黄荣辉主编，气象出版社，2005
2. 《厄尔尼诺》“全球变化热门话题丛书”，秦大河主编，气象出版社，2003

思考题

1. 太平洋海表面温度东西分布特征及其主要原因?
2. 厄尔尼诺和拉尼娜的定义?
3. 理解ENSO的含义。
4. 用信风张弛理论解释El Niño