

# 海洋气象学：大气与海洋等相关专业本科生选修课

Marine Meteorology: A undergraduate course majored in oceanography, atmosphere and other related subjects

## 第七章：海洋 - 大气相互作用

### Chapter 07: Ocean-Atmosphere Interaction

杨海军 (YANG Haijun) , 周震强 (ZHOU Zhenqiang)

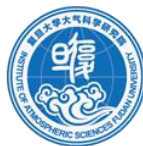
复旦大学大气与海洋科学系

Department of Atmospheric and Oceanic Sciences, Fudan University

Email: [yanghj@fudan.edu.cn](mailto:yanghj@fudan.edu.cn), [zqzhou@fudan.edu.cn](mailto:zqzhou@fudan.edu.cn)



复旦大学 大气与海洋科学系  
DEPARTMENT OF ATMOSPHERIC AND OCEANIC SCIENCES  
FUDAN UNIVERSITY



复旦大学 大气科学研究院  
INSTITUTE OF ATMOSPHERIC SCIENCES  
FUDAN UNIVERSITY

This powerpoint was prepared for purposes of this lecture and course only. It contains graphics from copyrighted books, journals and other products. Please do not use without acknowledgment of these sources.

1. 厄尔尼诺和拉尼娜现象
2. ENSO及ENSO循环的概念
3. ENSO的发展过程
4. ENSO形成的物理机制
5. ENSO对大气环流的影响

# 厄尔尼诺和拉尼娜现象

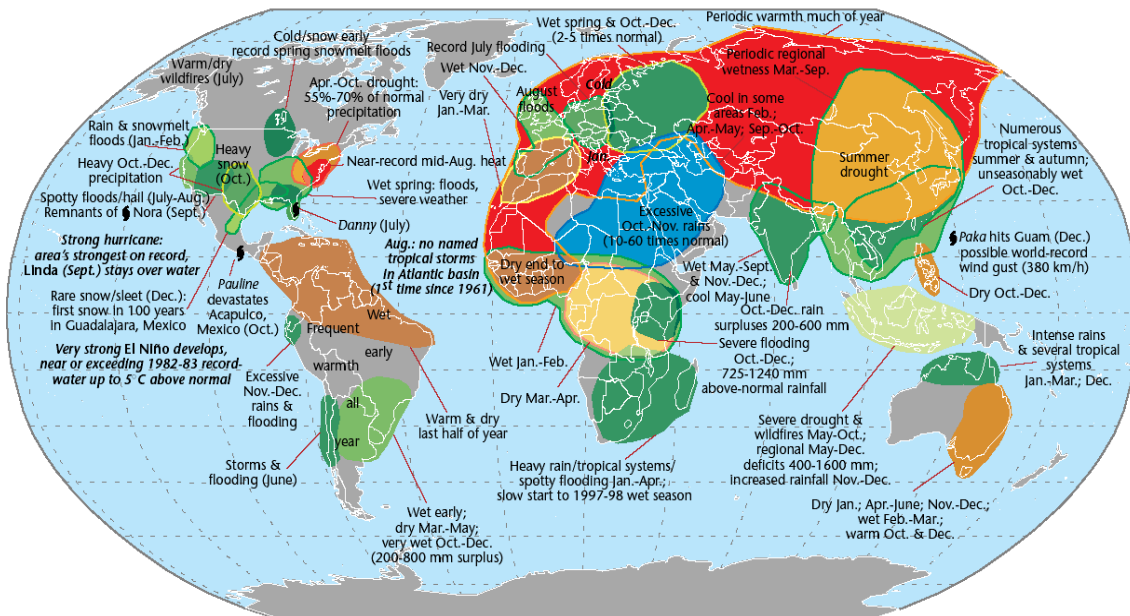
## 世界天气与气候异常的三大因子之首

1997—1998年由于“天灾”给全世界造成了百多亿美元以上的经济损失和7000多人的死亡。

“老天爷”为何狂躁不安？专家们比较一致的看法由于赤道东南太平洋地区形成了近几百年来持续时间最长的一次厄尔尼诺现象，由此而引起了世界天气、气候异常。世界气象组织（World Meteorological Organization, WMO）已把它提升为影响当今世界天气和气候异常的三大因子之首（其余两个因子是人类活动造成的大气温室效应和森林破坏）。

# 厄尔尼诺和拉尼娜现象

MAJOR GLOBAL CLIMATE ANOMALIES AND EPISODIC EVENTS IN 1997

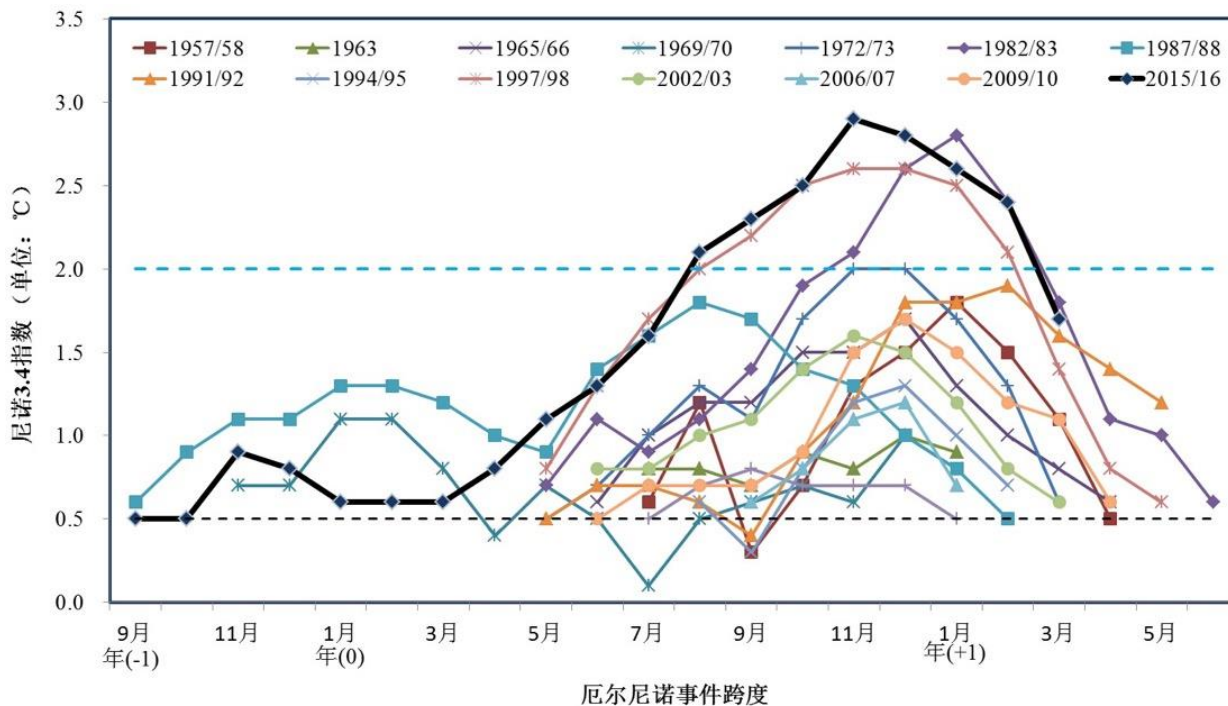


Source: Climate Prediction Center, NOAA, USA

1997年强厄尔尼诺事件发生过程中全球天气与气候异常事件分布图（取自Climate Prediction Center, USA）

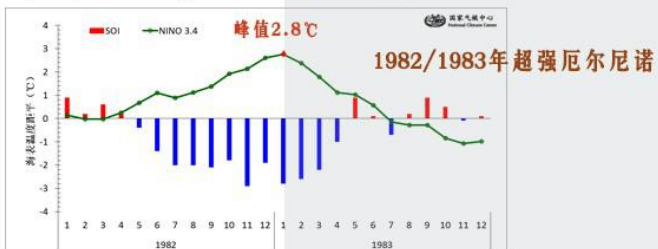
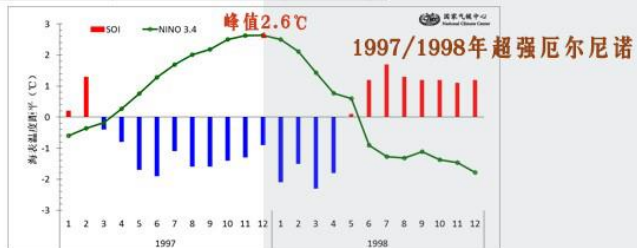
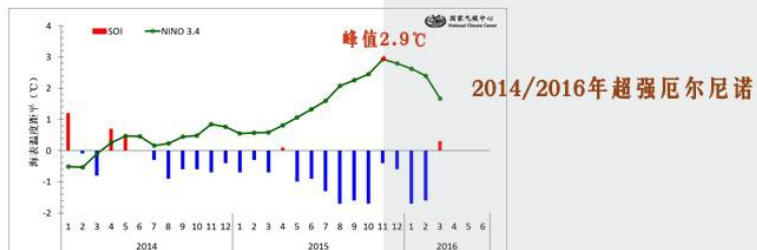


# 厄尔尼诺和拉尼娜现象



1951年以来14次厄尔尼诺事件Nino3.4指数演变

# 厄尔尼诺和拉尼娜现象



2015/2016冬季全国平均降水量偏多五成以上，创历史纪录

三次超强厄尔尼诺Nino3.4海表温度距平和热带大气响应对比

# 厄尔尼诺和拉尼娜现象

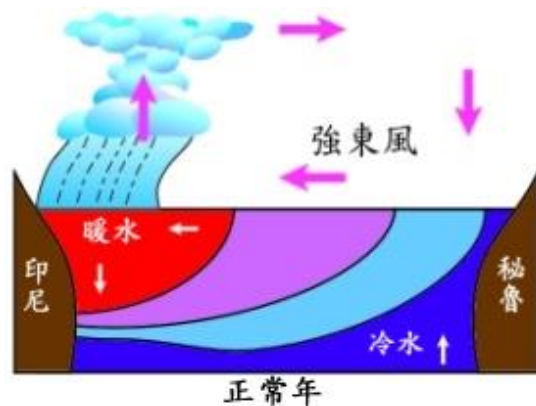
## 什么是厄尔尼诺现象？

- 厄尔尼诺 (El Niño) 现象，又称圣婴现象，是指赤道中东太平洋附近的海表温度持续异常增暖现象。
- El Niño在西班牙语中意为“圣婴”，也可译作“上帝之子”，因为这种赤道中东太平洋持续异常增暖事件通常在圣诞节前后开始发生。
- 每年圣诞节前后，沿厄瓜多尔和秘鲁沿岸出现一股弱暖洋流，取代了沿岸原有冷海水的现象。

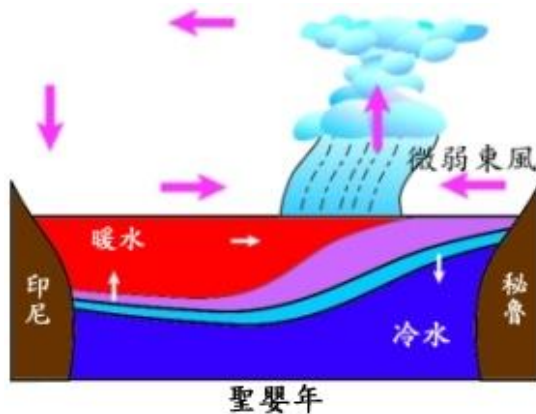


# 厄尔尼诺和拉尼娜现象

- ✓ 正常年：海水向西移动，海洋低层低温富有营养盐的涌升流上升补充。

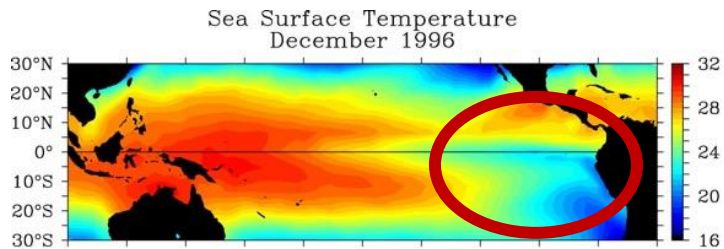


- ✓ 厄尔尼诺期间：海水向西的力量减弱，表层海水向东移，低层营养盐的涌升流不会上升。

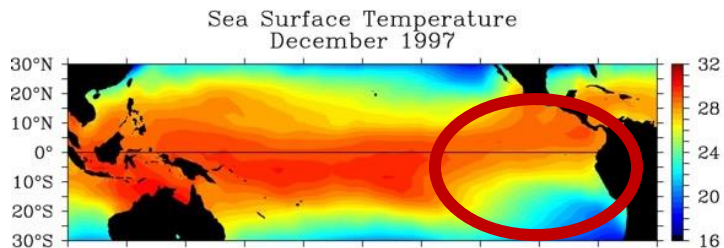




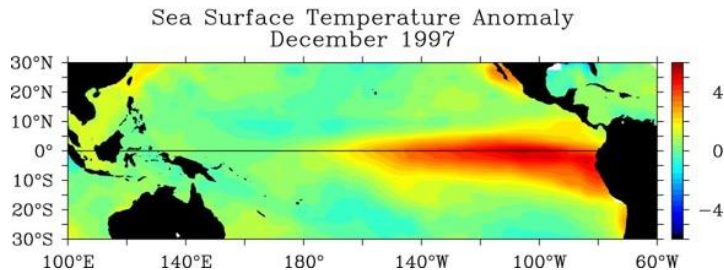
# 厄尔尼诺和拉尼娜现象



正常状态 (1996年12月)

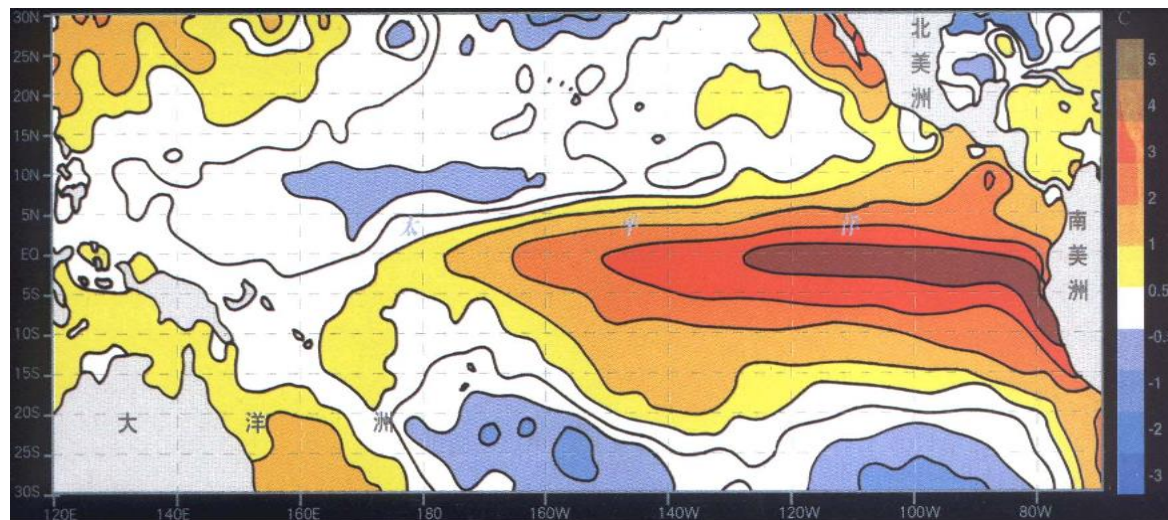


厄尔尼诺期间 (1997年12月)



暖水向东回流到东太平洋，秘鲁渔  
场消失→鱼鸟大量死亡

# 厄尔尼诺和拉尼娜现象



厄尔尼诺盛期（1997.12-1998.2）热带太平洋海表面温度距平（红色为异常偏暖区，蓝色为异常偏冷区）。图中赤道东太平洋甚至偏高 $4^{\circ}\text{C}$ 以上。



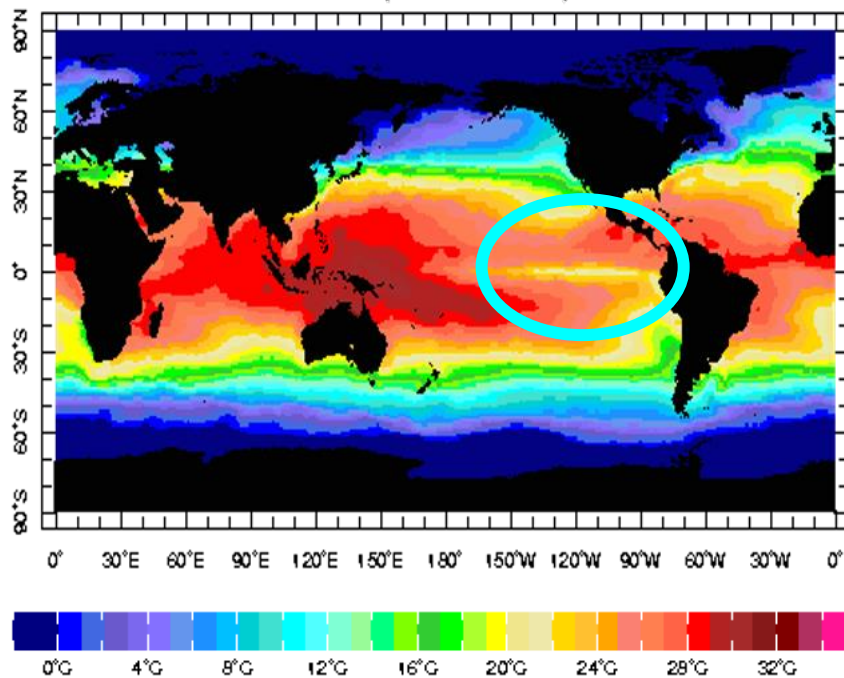
什么是拉尼娜现象？

- 拉尼娜（La Niña）现象，是指赤道中东太平洋海表温度大范围持续异常偏冷的现象。
- La Niña在西班牙意为“小女孩”，正好与意为“圣婴”相反，也称为“反El Niño”。

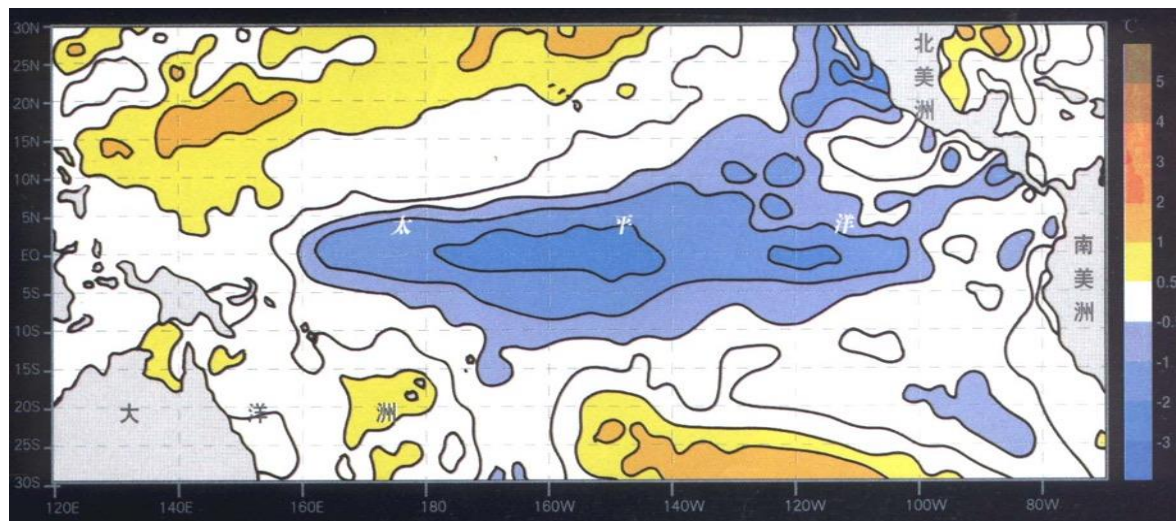
# 厄尔尼诺和拉尼娜现象

因东风强盛，涌升流强劲使赤道太平洋海水温度比长期平均值低。

反聖嬰 (1988年12月)



# 厄尔尼诺和拉尼娜现象



拉尼娜盛期（1988.12-1989.2）热带太平洋海表面温度距平（红色为异常偏暖区，蓝色为异常偏冷区）。图中赤道中东太平洋甚至偏低约2—3°C之间。



# 厄尔尼诺和拉尼娜现象

## 南方涛动—Southern Oscillation



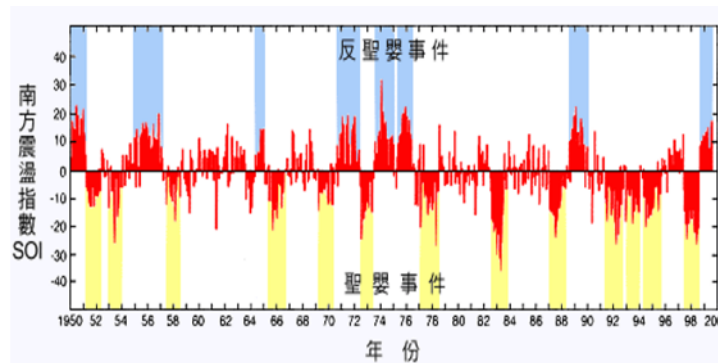
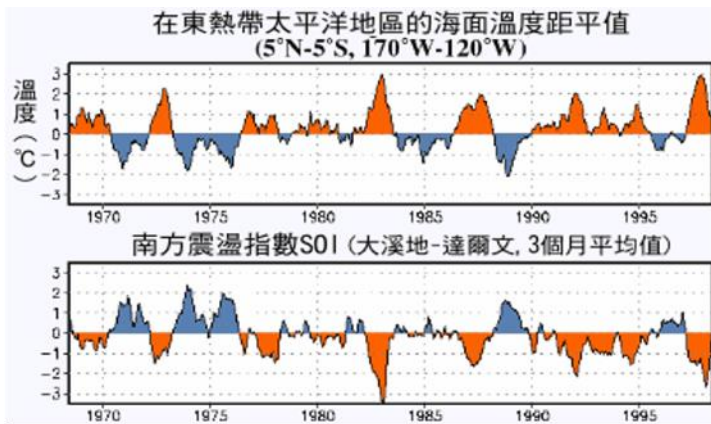
**气压跷跷板：**热带东太平洋与热带东印度洋气压场反相变化的跷跷板现象—南方涛动现象。

# 厄尔尼诺和拉尼娜现象

气象学家沃克发现：

1. 当南方涛动指数较高时，东、西太平洋气压差值增大，赤道地区盛行偏东风；
2. 当该指数较低时，则东风较弱，在西太平洋地区甚至会出现西风。
  - 厄尔尼诺（El Niño）期间，东南太平洋气压明显减弱，印度尼西亚和澳大利亚的气压升高。
  - 拉尼娜（La Niña）期间的情况正好相反。

# 厄尔尼诺和拉尼娜现象

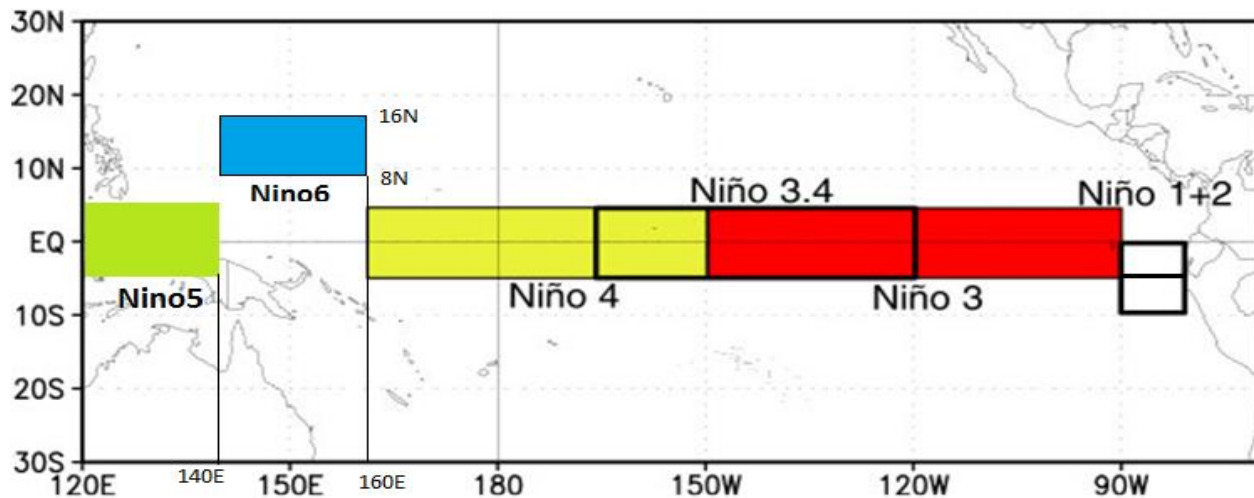


- 南方涛动特征指数 (SOI) : El Niño现象和SOI的负值有关; La Niña现象和SOI的正值有关





# El Nino区域定义



Nino 1 ☒ (85°W~90°W, 5°S~10°S)

Nino 2 ☒ (85°W~90°W, 0°S~5°S)

Nino 3 ☒ (150°W~90°W, 5°S~5°N)

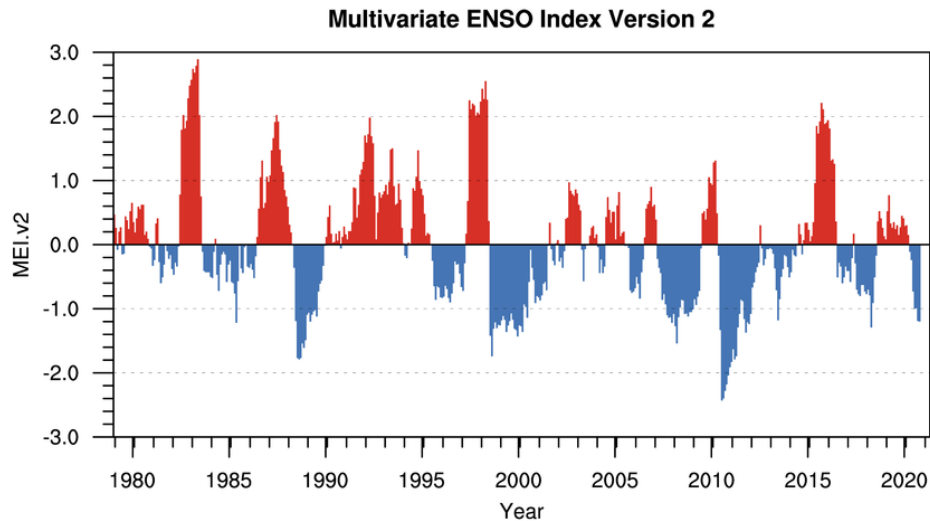
Nino 4 ☒ (160°E~150°W, 5°S~5°N)

Nino5 ☒ (120°E~140°E, 5°S~5°N)

Nino6 ☒ (140°E~160°E, 8°N~16°N)



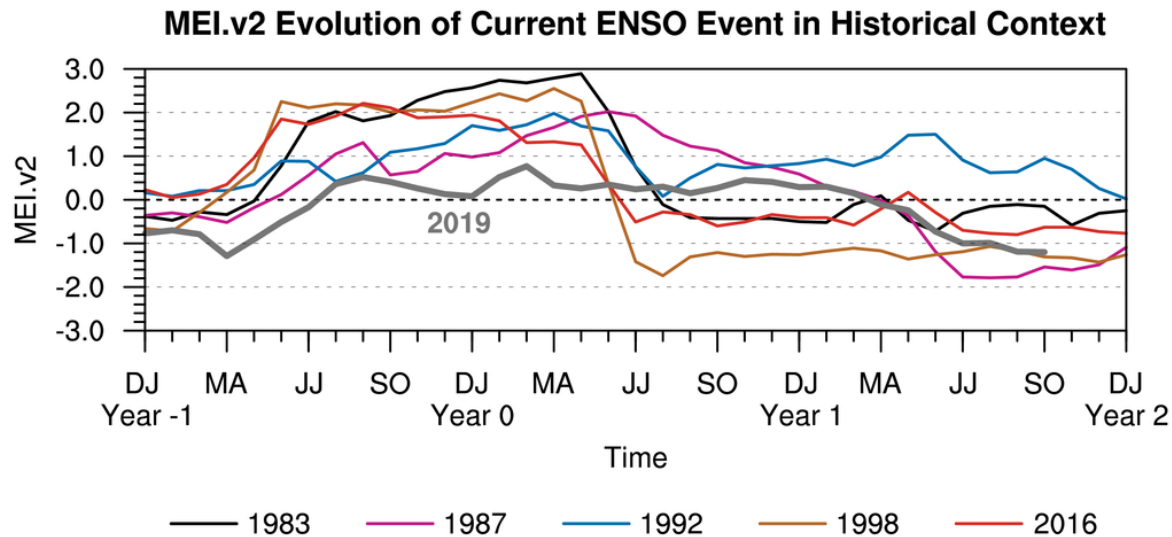
# ENSO指数



- 以赤道东太平洋NINO3区(5S-5N, 150W-90W)的月平均海温异常值作为厄尔尼诺指数，海面异常超过一定阈值(如 $1^{\circ}$  )，并持续一段时间(如3-6个月)，则认为发生了一次厄尔尼诺事件. (2012.12.7)
- <https://www.esrl.noaa.gov/psd/enso/mei/>



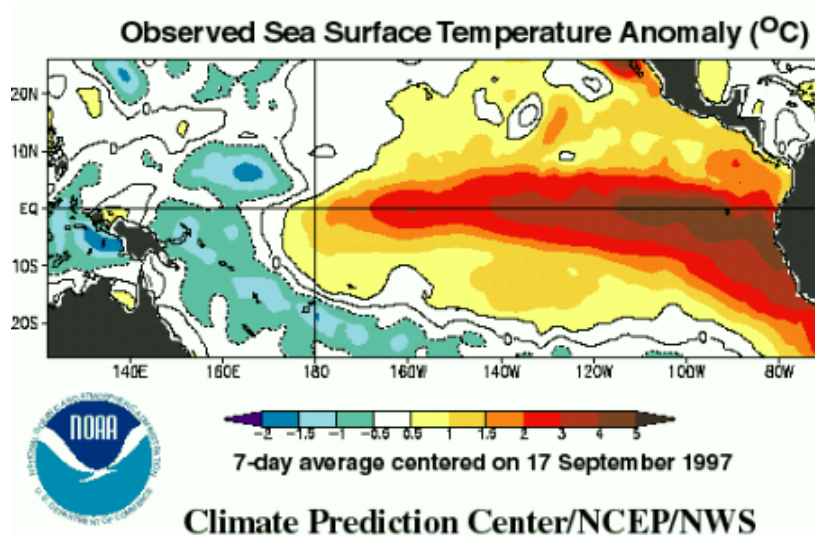
# ENSO指数



<https://www.esrl.noaa.gov/psd/enso/mei/>

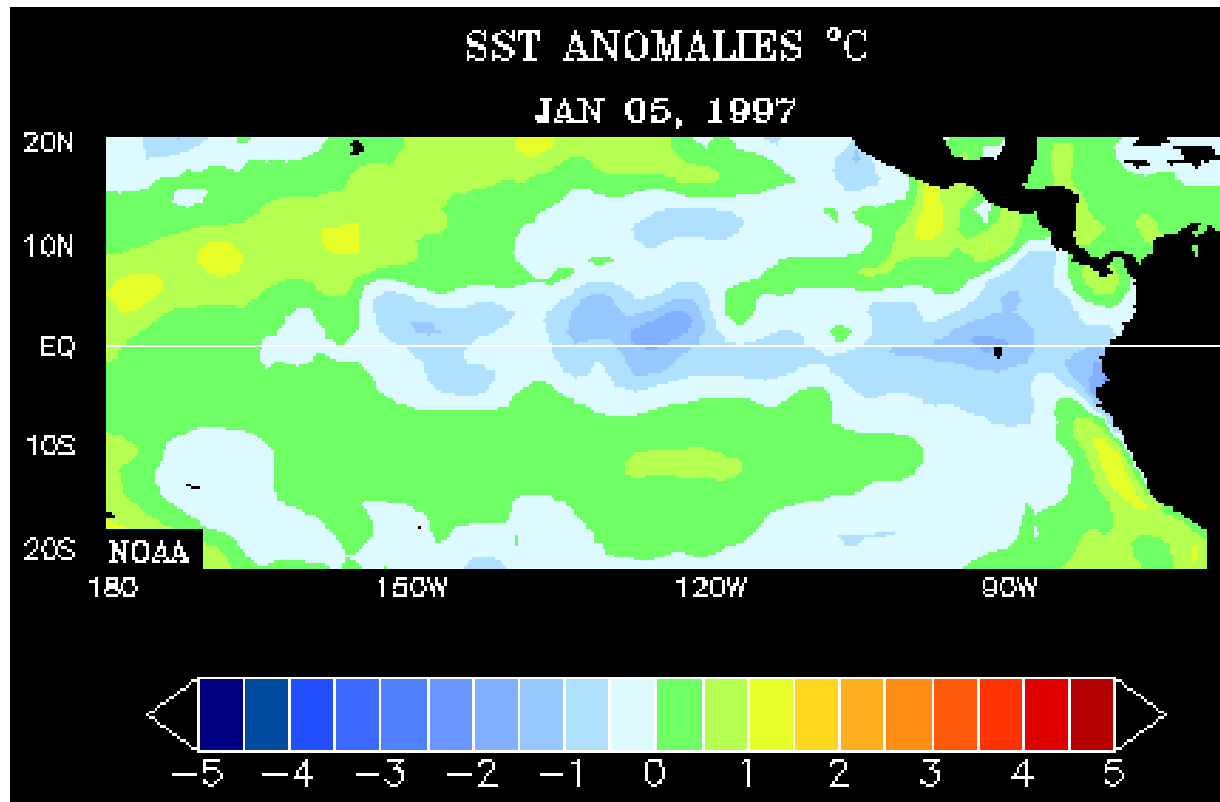


# 97/98厄尔尼诺

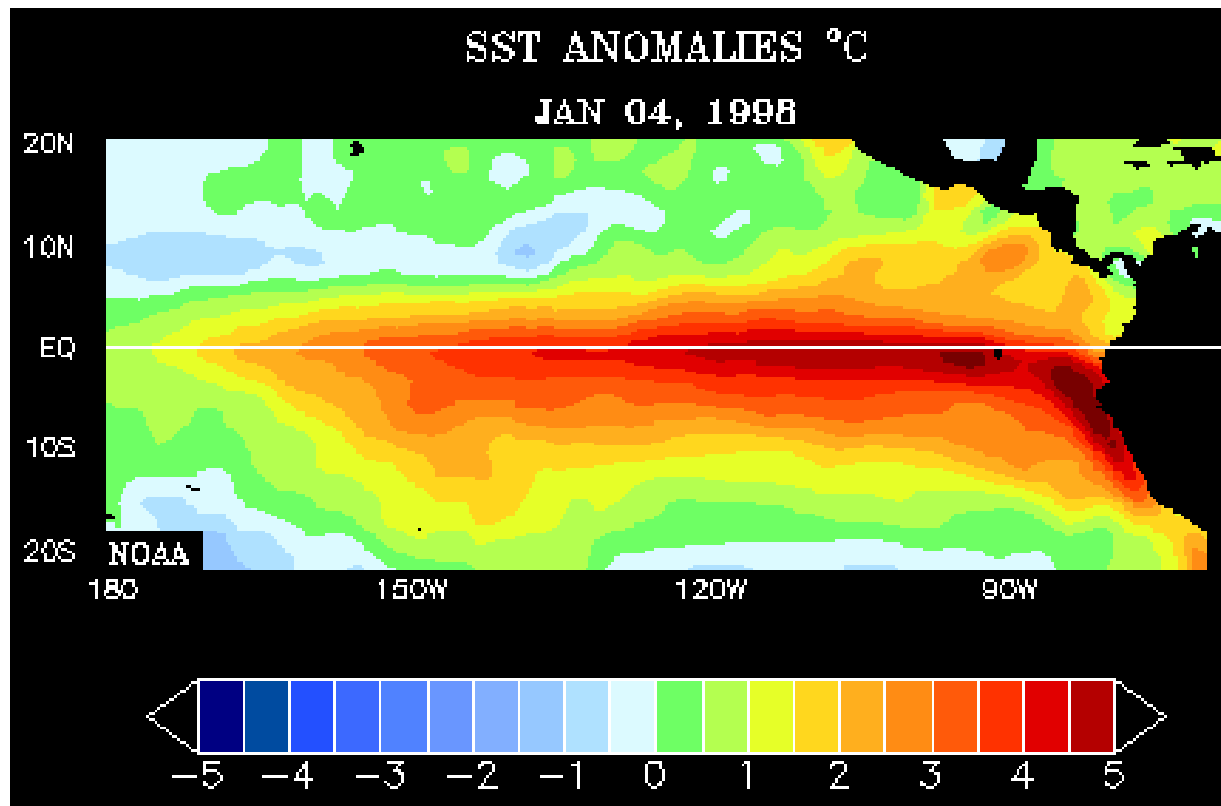


97/98年的厄尔尼诺是最近50年来最强的一次，最初开始于97年的春季，然后逐渐发展，到97年10月强度达到极大(成熟)。这次事件得到了精确的全方位的观测。上图是97年9月的SST异常，此时厄尔尼诺已基本成熟，最大海温异常超过4度。

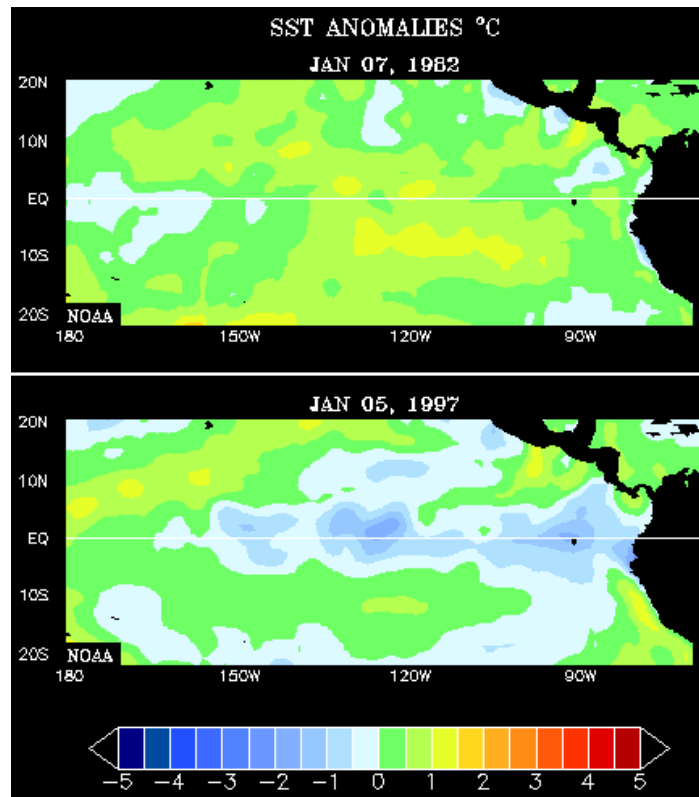
# 1997/98厄尔尼诺



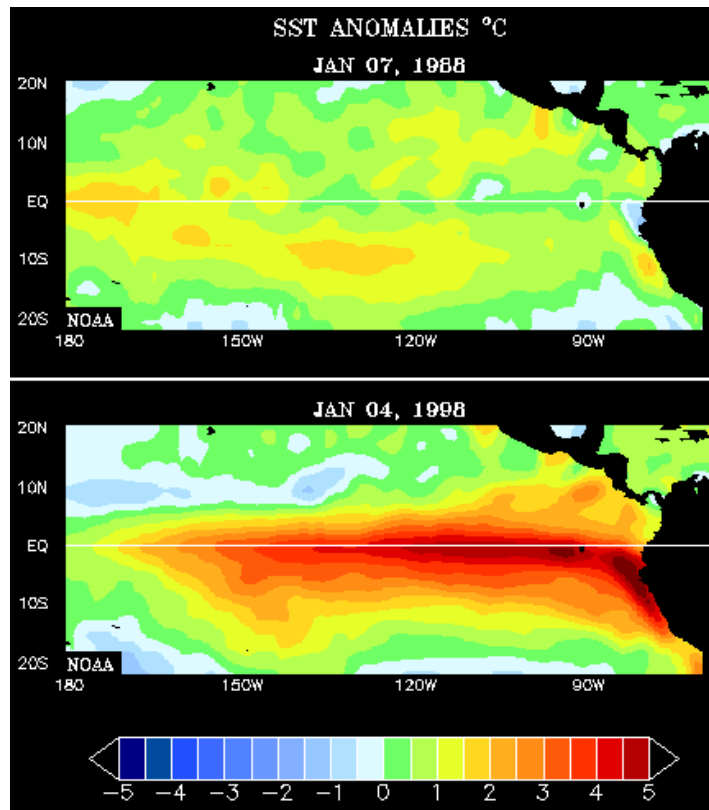
# 1998/99拉尼娜



# 不同的厄尔尼诺事件

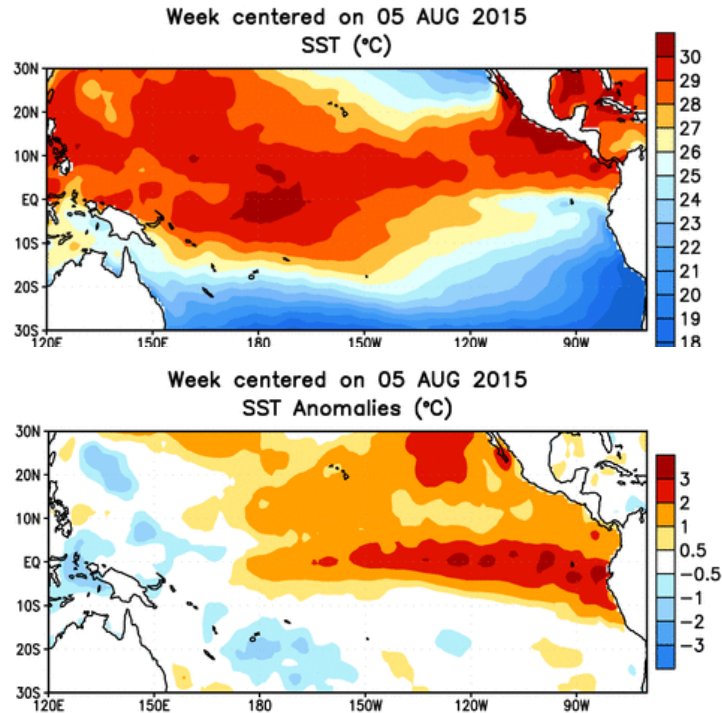


# 不同的拉尼娜事件



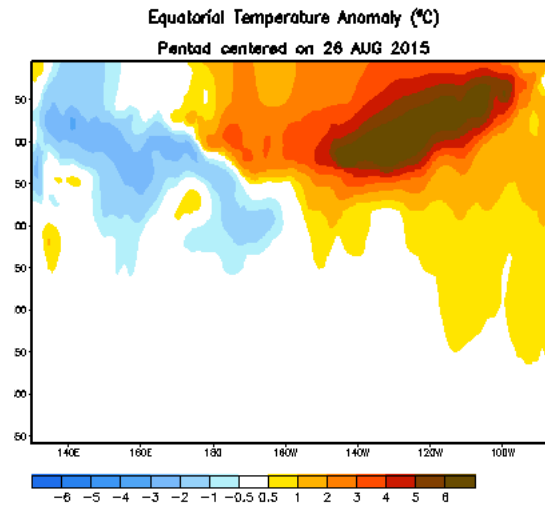
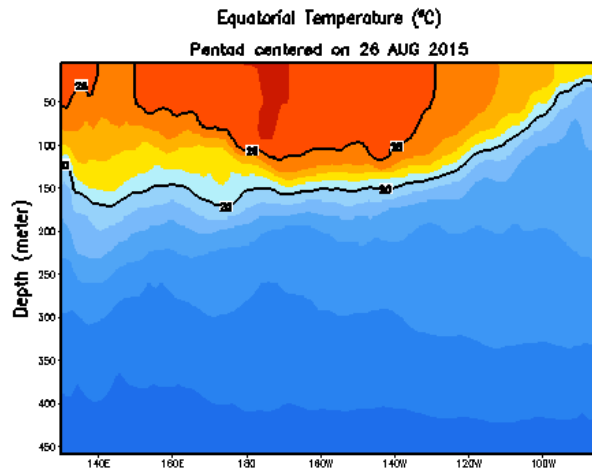


# 2015年海洋观测状况



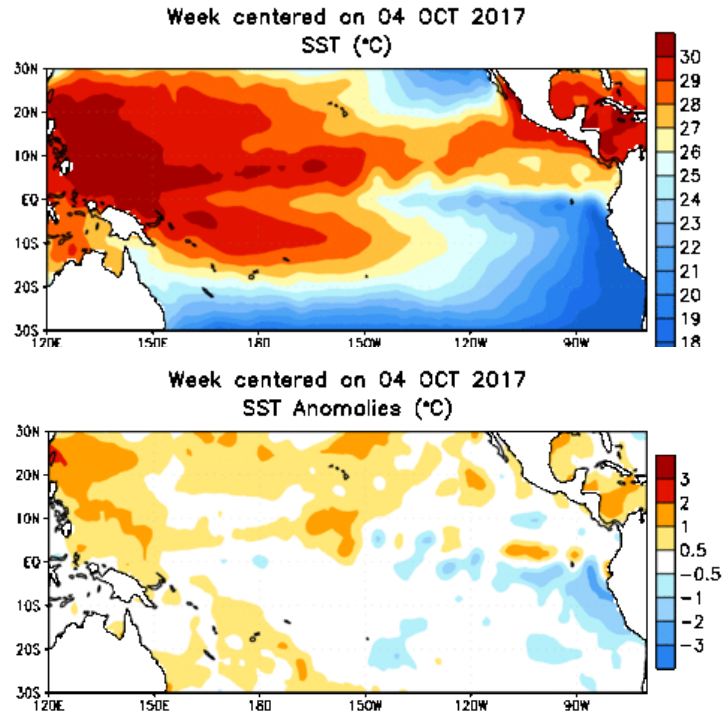
<https://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/precip/CWlink/MJO/enso.shtml>

# 2015年海洋观测状况



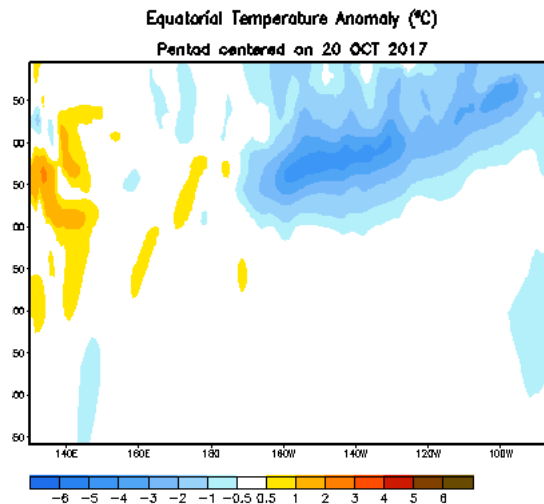
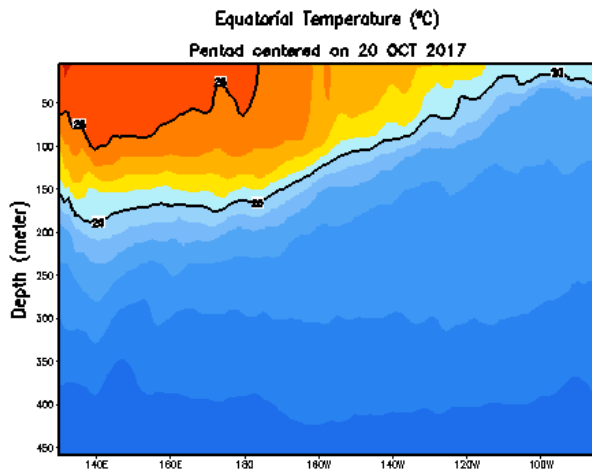
<https://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/precip/CWlink/MJO/enso.shtml>

# 2017年海洋观测状况



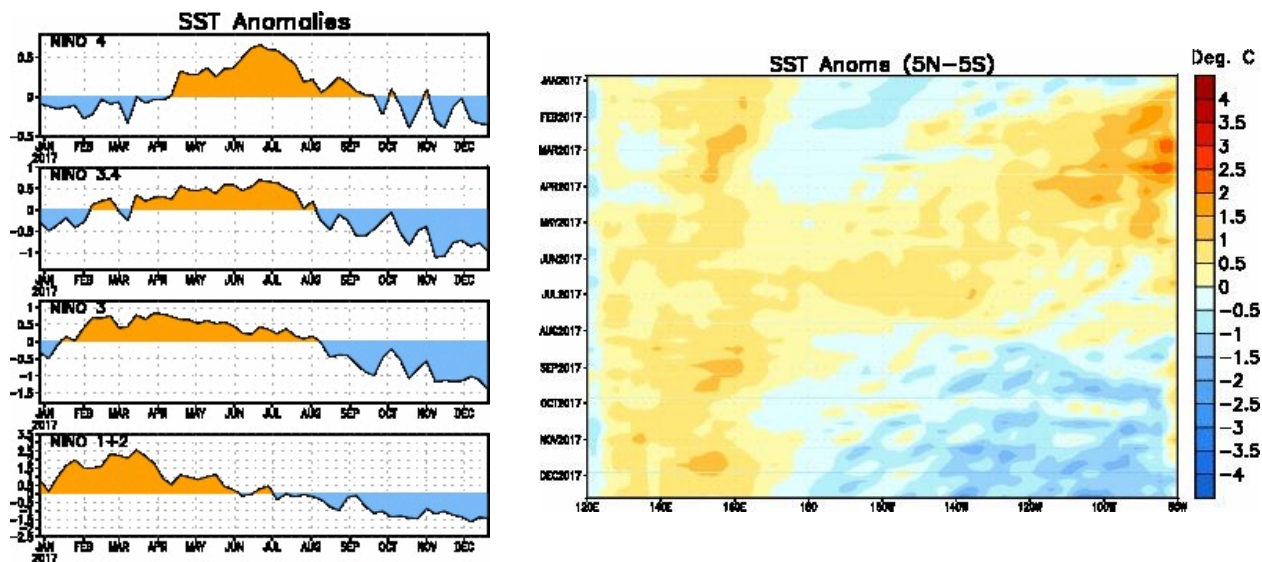
<https://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/precip/CWlink/MJO/enso.shtml>

# 2017年海洋观测状况



<https://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/precip/CWlink/MJO/enso.shtml>

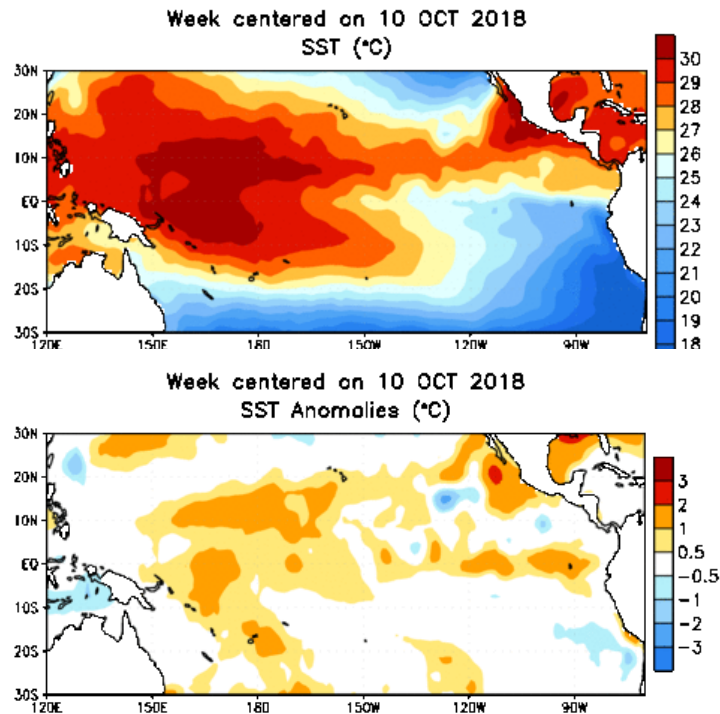
# 2017年海洋观测状况



<https://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/precip/CWlink/MJO/enso.shtml>



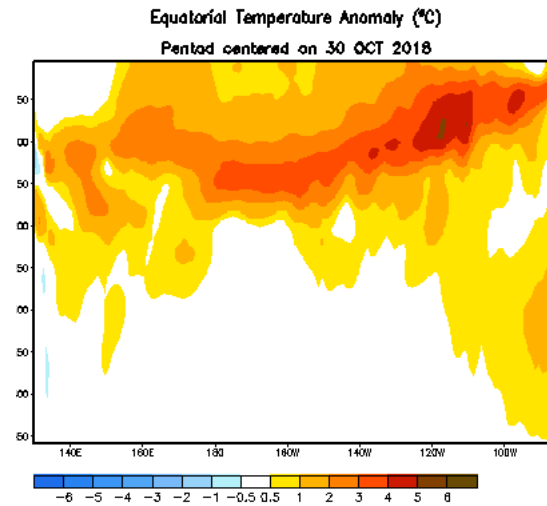
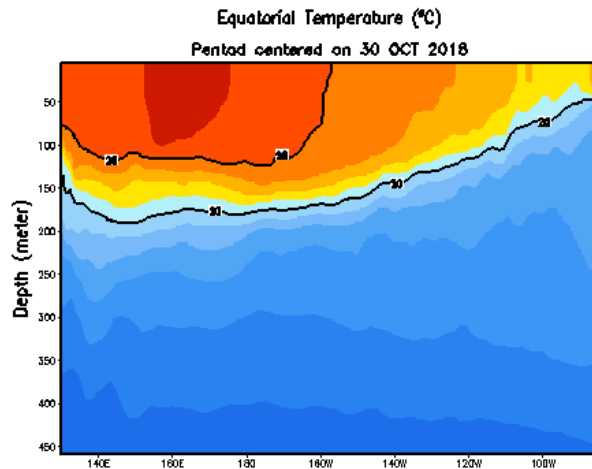
# 2018年海洋观测状况



<https://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/precip/CWlink/MJO/enso.shtml>

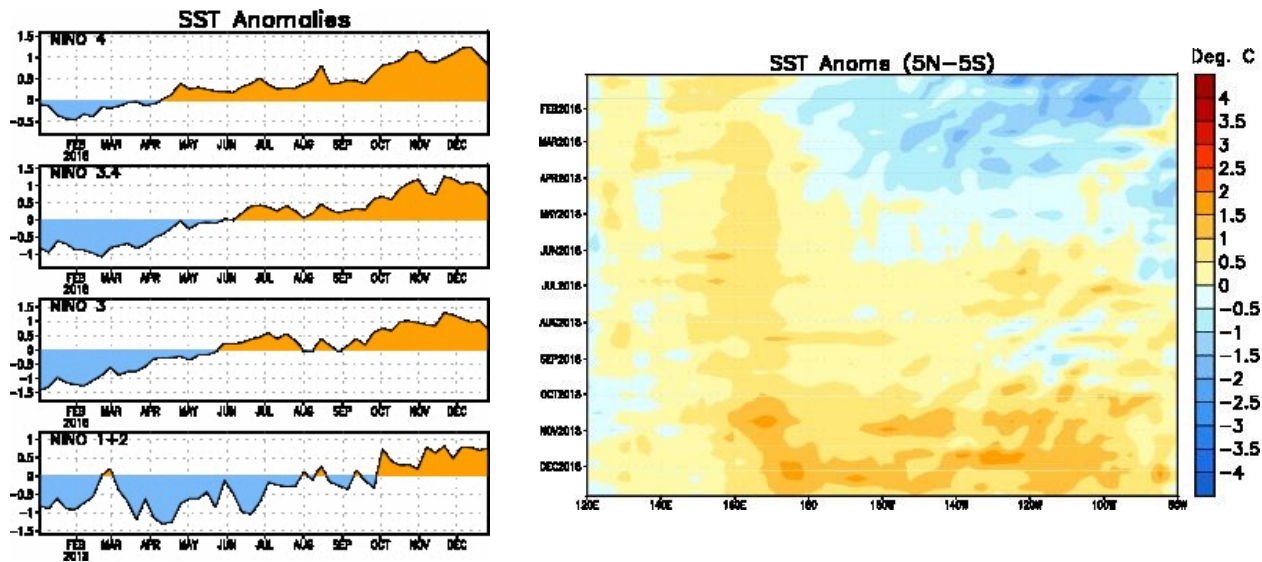


# 2018年海洋观测状况



<https://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/precip/CWlink/MJO/enso.shtml>

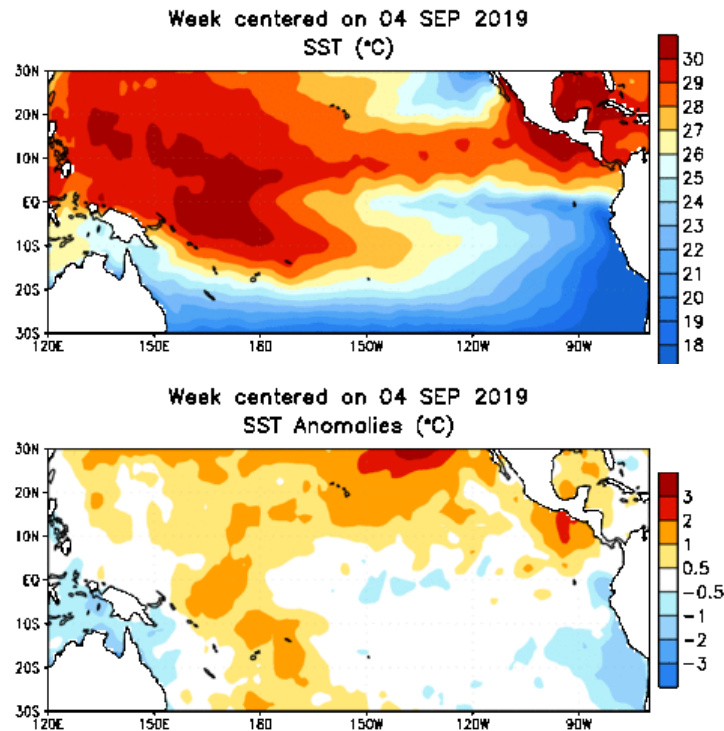
# 2018年海洋观测状况



<https://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/precip/CWlink/MJO/enso.shtml>

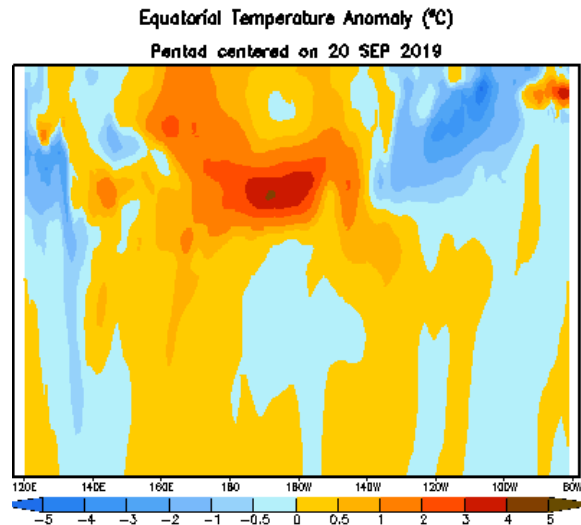
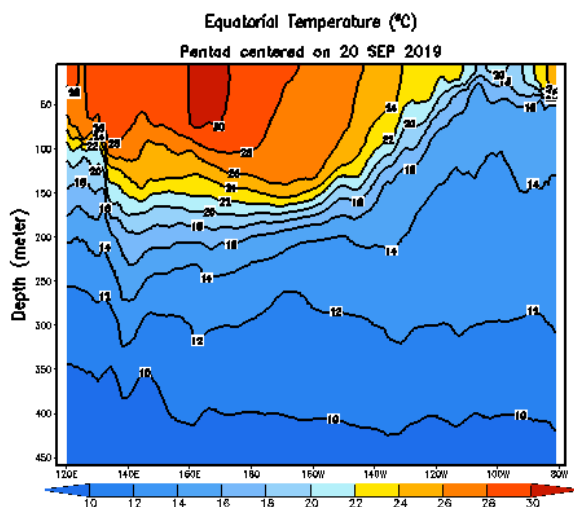


# 2019年海洋观测状况



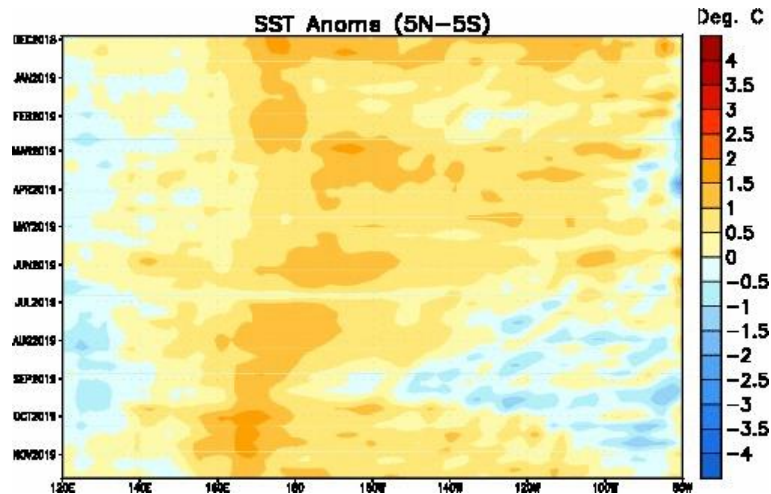
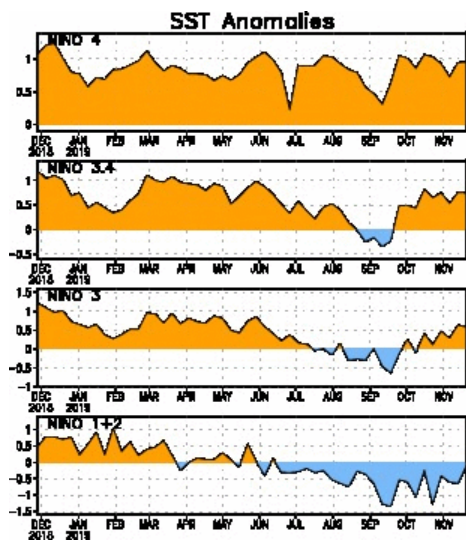
<https://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/precip/CWlink/MJO/enso.shtml>

# 2019年海洋观测状况



<https://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/precip/CWlink/MJO/enso.shtml>

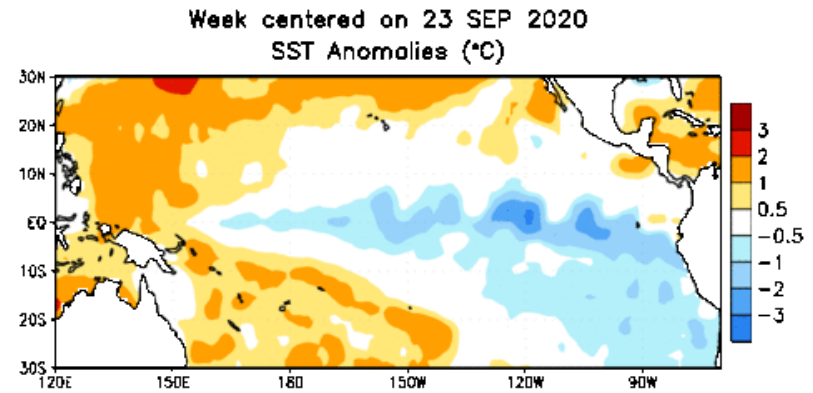
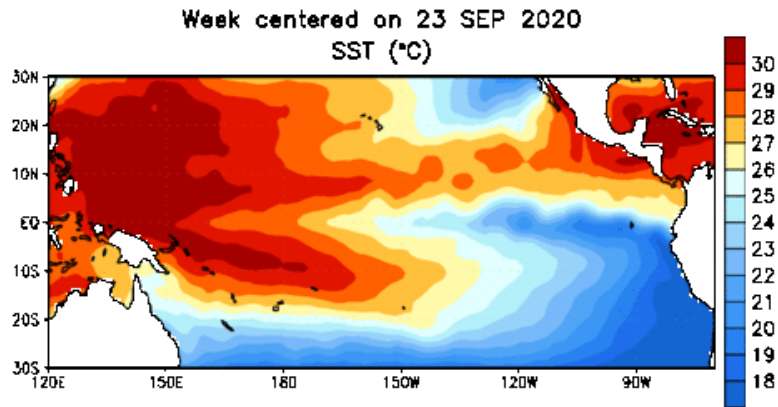
# 2019年海洋观测状况



<https://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/precip/CWlink/MJO/enso.shtml>

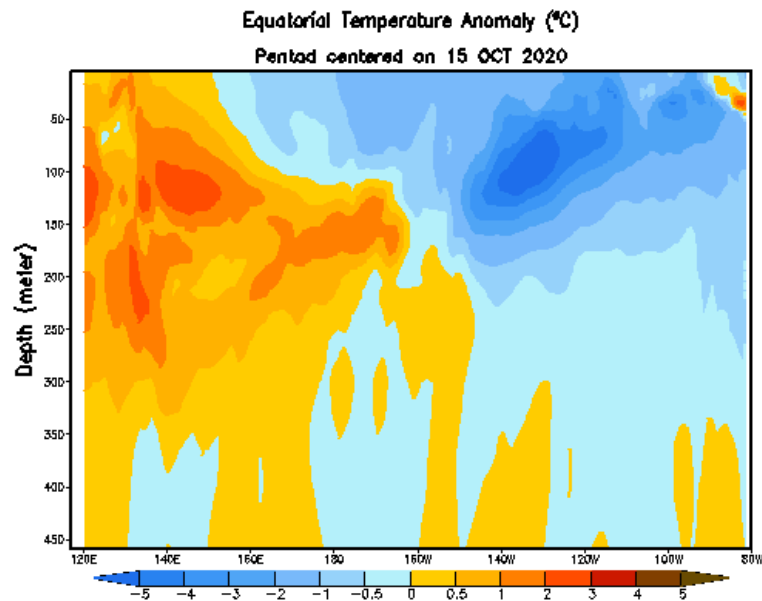
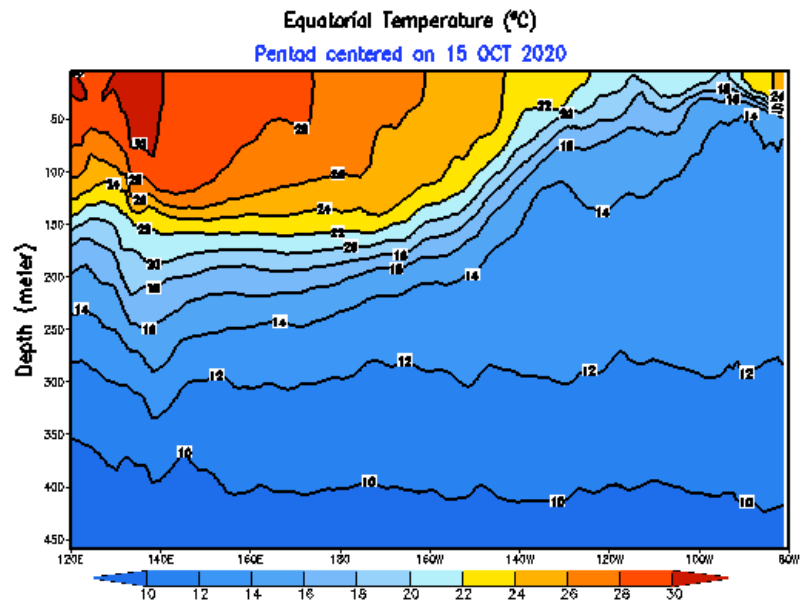


# 2020年海洋观测状况



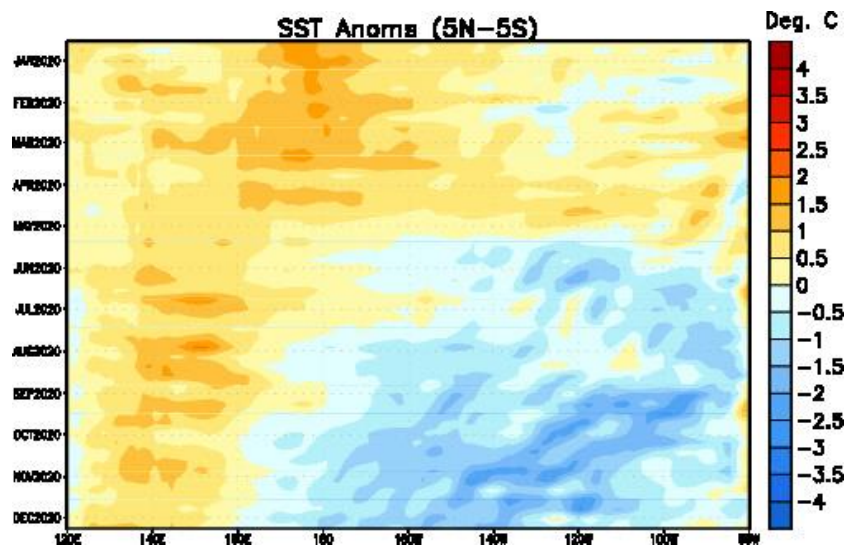
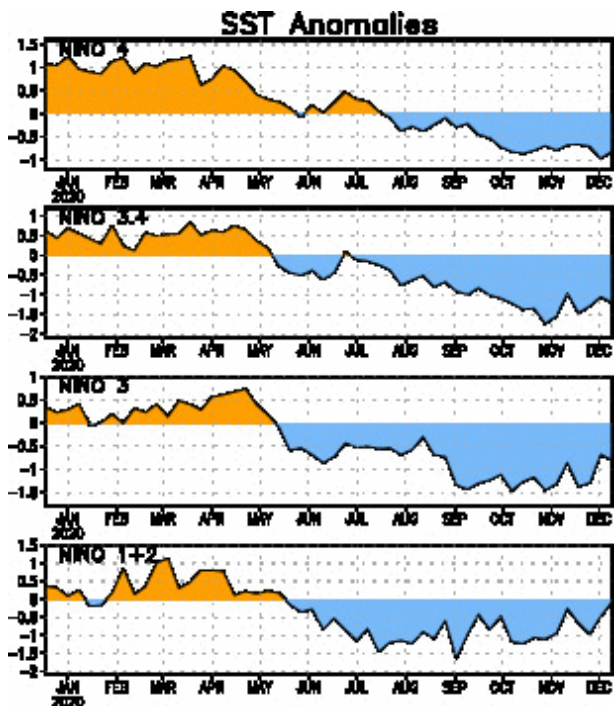
<https://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/precip/CWlink/MJO/enso.shtml>

# 2020年海洋观测状况



<https://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/precip/CWlink/MJO/enso.shtml>

# 2020年海洋观测状况



<https://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/precip/CWlink/MJO/enso.shtml>

# ENSO及ENSO循环的概念

- 年际尺度上的热带太平洋大尺度海气相互作用的现象，主要体现为热带太平洋和大气环流的年际气候异常,并可以影响全球气候环境的变化。
- 厄尔尼诺和南方涛动现象是迄今为止所发生的**最强的海洋和大气年际变化的信息**，是分别发生在热带海洋和大气中能影响全球气候的海气异常现象。
- ENSO现象是气候系统内部不同圈层相互作用的一个例子



ENSO

## *El Nino*

是热带大气和海洋相互作用的产物。原指赤道海面一种异常增温。  
现在定义为在全球范围内，海气相互作用下造成的气候异常。

## *Southern Oscillation*

描述热带东太平洋地区和热带印度洋地区气压场反相变化的跷跷板现象。这种跷跷板现象大约2-7年重现。(SOI)

负SOI→赤道东太平洋暖水事件及El Nino

正SOI→赤道东太平洋冷水事件及La Nina





# ENSO及ENSO循环的概念

综上所述: ENSO表示大尺度海气耦合系统的异常现象。即包含有高SOI和低SOI特征, 又包括了赤道东太平洋的暖水事件 (El Nino)和冷水事件 (La Nina)。由于这些现象和事件的发生又都具有2-7年的准周期性。因此ENSO又称为ENSO循环。

- **ENSO**: 指El Nino(赤道东太平洋暖水事件)和La Nina(赤道东太平洋冷水事件)与南方涛动指数(SOI)的合称.
- **ENSO循环**: 赤道东太平洋的暖状态 (El Nino和低SOI特征)和冷状态 (La Nina和高SOI特征)的循环出现。

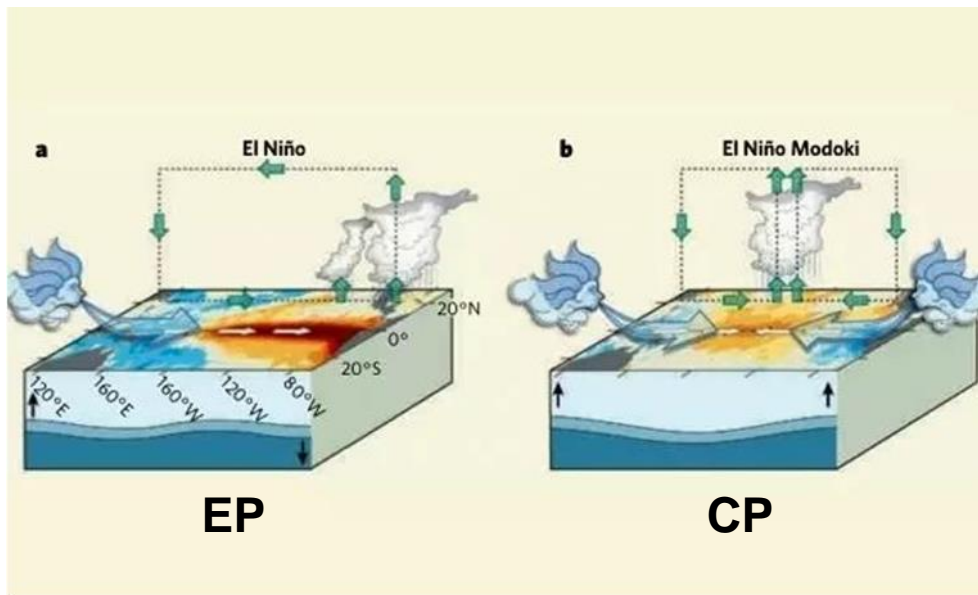
# ENSO指数

1. 美国国家环境预测中心：用四个区的平均海温反映El Nino
2. 美国气候分析中心：目前美国以NINO3.4区海表温度距平的3个月滑动平均值连续5次 $\geq 0.5^{\circ}\text{C}$  ( $\leq -0.5^{\circ}\text{C}$ ) 定义为一次厄尔尼诺（拉尼娜）事件。
3. 东赤道太平洋SST：在 $0^{\circ}\sim 10^{\circ}\text{S}$ ， $180^{\circ}\sim 90^{\circ}\text{W}$ 区域的平均海表水温。
4. 区域平均海温持续12个月以上为正距平，且海温正距平的峰值达到 $1^{\circ}\text{C}$ 或连续3个月区域平均海温正距平超过 $1^{\circ}\text{C}$ ，即可视为一次厄尔尼诺发生。
5. 国际上通常使用的：将NINO3区海表温度距平指数至少连续6个月 $\geq 0.5^{\circ}\text{C}$  ( $\leq -0.5^{\circ}\text{C}$ ) 定义为一次厄尔尼诺（拉尼娜）事件。

6. 国家气候中心关于厄尔尼诺(拉尼娜)事件(状态)的监测指标。主要以NINO-Z区(亦称NINO综合区, 即NINO1+2+3+4区)的海温距平指数作为判定厄尔尼诺(拉尼娜)事件的依据。
- 当NINO综合区海温距平指数 $\geq 0.5^{\circ}\text{C}$  ( $\leq -0.5^{\circ}\text{C}$ ), 并预计这种状况能持续3个月及以上时, 即认为进入厄尔尼诺(拉尼娜)状态。
  - 当NINO综合区海温距平指数 $\geq 0.5^{\circ}\text{C}$  ( $\leq -0.5^{\circ}\text{C}$ ) 至少持续6个月(过程中间可有一个月未达标准) 则定义为一次厄尔尼诺(拉尼娜)事件;
  - 如若该区指数 $\geq 0.5^{\circ}\text{C}$  ( $\leq -0.5^{\circ}\text{C}$ ) 持续5个月, 且5个月的指数之和 $\geq 4.0^{\circ}\text{C}$  ( $\leq -4.0^{\circ}\text{C}$ ) 时, 也定义为一次厄尔尼诺(拉尼娜)事件。



## 按海温增温地域划分类型：



根据海表温度异常分布的不同，El Niño事件被分成两类。

增暖中心位于赤道东部太平洋和赤道中部太平洋的厄尔尼诺事件分别称为**东部型厄尔尼诺**（EP El Niño, 常规El Niño）和**中部型厄尔尼诺**（CP El Niño, El Niño Modoki）。

## 按发生季节划分：

- 春季型：多始于5月份
- 秋季型：多始于7-8月份。（多为持续型）

## 按持续时间划分：

- 1年型 2年型

厄尔尼诺的发生, 发展, 消亡及再现通常有一个2-7年非严格周期的循环过程。

不同时期出现次数不一样：上世纪20年代前较少；40年代之后较频繁出现，平均周期略长；近40年来平均每隔3.8年出现一次。

## 三阶段演变理论：

概括地把一次典型的ENSO发展过程划分为三个阶段：

- 先兆阶段：指春初南美沿岸增暖前的阶段；
- 二阶段：异常条件发展的时期；
- 三阶段：异常条件衰亡，正常条件恢复的阶段。

# ENSO的发展过程

## 先兆阶段。

- ENSO事件发生的前兆之一是Walker环流的高空支东移。移到新几内亚（新几内亚岛）与日界线之间，同时在地面气压、风场和降水资料中的表现是：在厄尔尼诺爆发前的10月和11月，澳大利亚达尔文港的地面气压上升，日界线以西的信风减弱，印度尼西亚的雨量减少，但日界线附近的降水增加。在热带以外东南太平洋地区，在更早一个季度海平面气压已有所下降。西太平洋出现的这些先兆只是ENSO事件的必要条件而不是充分条件。
- ENSO事件出现的另一个先兆是ITCZ的南移，在厄尔尼诺年的早期可接近甚至位于赤道以南。

## 异常条件的发展。

- ENSO事件第二阶段的最明显的特征是初期出现在**秘鲁和厄瓜多尔**的异常条件（SST正距平）向西扩展，以50~100cm/s的速度向西传播。在日界线以西的**异常和强度**继续发展，但在时间位相上落后于东面异常条件的发展。在11月和1月之间（爆发后）ENSO事件达到成熟阶段，这时在**热带太平洋**大部分地区出现**异常暖的表层海水**，信风减弱、甚至转为西风，ITCZ的位置比正常偏南，Hadley环流加强。（ $SOI < 0$ ）

## 恢复到正常调节。

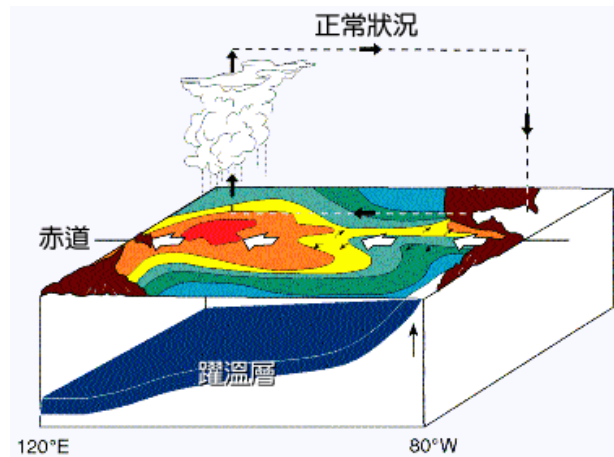
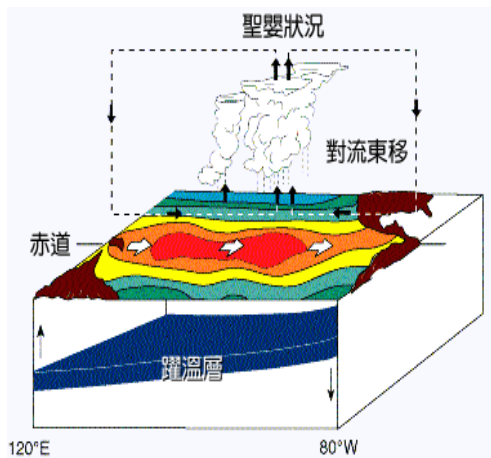
- 在南美沿岸，异常条件的振幅在ENSO爆发后的几个月就开始减少。**低的SST和强信风**首先出现在**热带东南太平洋**，然后向西传播，**暖池温跃层**开始**加厚**。在El Nino 爆发后的12-18个月在整个热带太平洋建立。





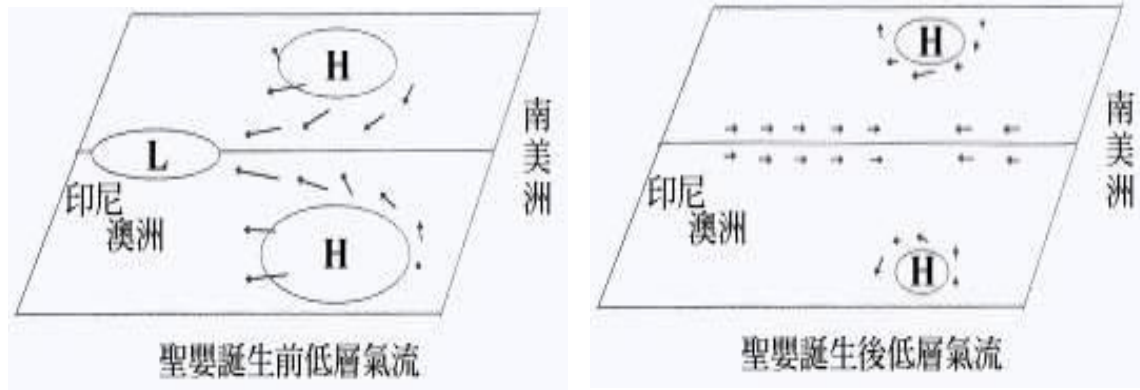
# ENSO的发展过程

正常年份：温暖的海水集中在赤道西太平洋（红色），靠近海面的空气往西集中，然后受热上升（对流旺盛）。在高层空气被分散，一部分往东，在赤道东太平洋下降，使此地的大气稳定（抑制对流，干旱）。



温暖的海水由西太平洋东移，旺盛对流区跟着东移到中太平洋（甚至东太平洋），赞成赤道西太平洋降水偏少（甚至出现干旱），东太平洋降水偏多（甚至出现洪水）。

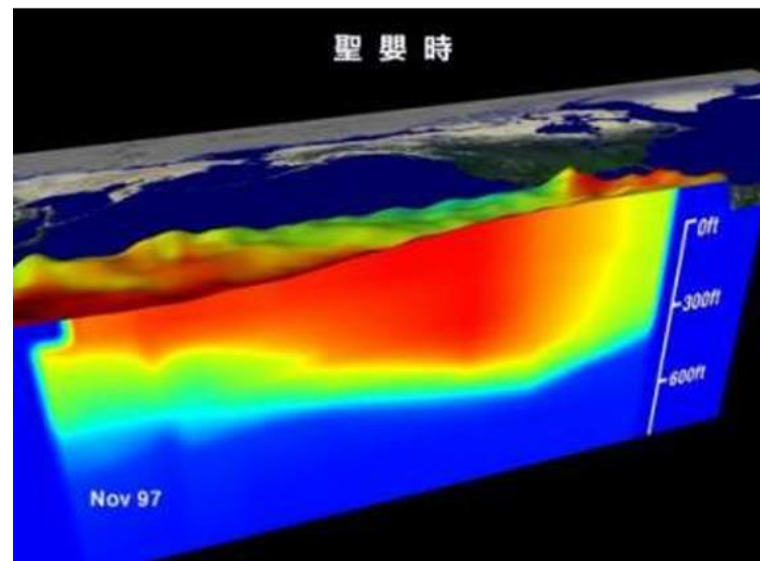
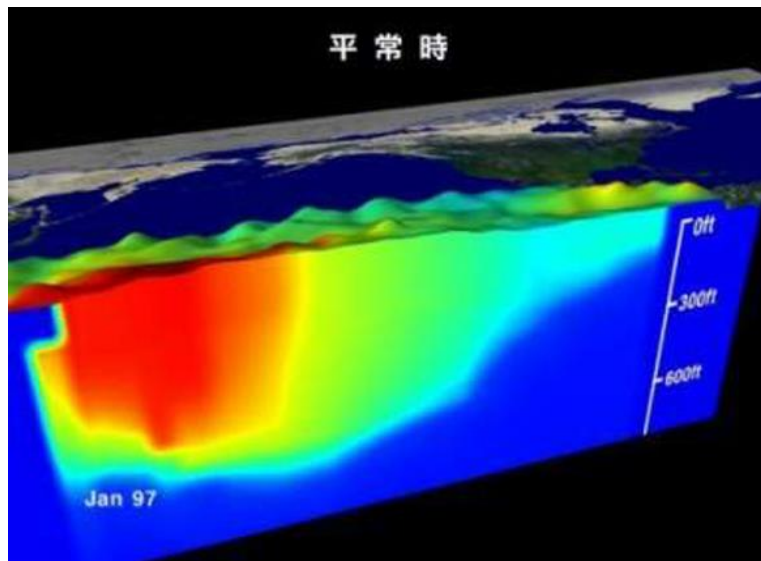
# ENSO的发展过程



太平洋副热带高压减弱；赤道低层东风减弱；赤道西太平洋海水东移至中太平洋

# ENSO的发展过程

## 正常年与El Nino年暖池厚度与面积



总结一般特点：

1. 在厄尔尼诺发生前期，西、中热带太平洋的东风减弱或转变为西风，同时在中太平洋有弱的增温；
2. 在秘鲁沿岸首先出现明显增温，随后在东太平洋东风减弱；
3. 秘鲁沿岸的增温向西传播，可到达中太平洋。

# ENSO的发展过程

- 上述仅就典型的El Nino的发生发展过程而言的。事实上，不是每次El Nino都与典型过程的基本特征相一致的。如1982-1983年和1986-1987年、1991/1992年等多次的增温区首先都是出现在赤道中太平洋地区，其后逐渐向东移动，最后在赤道东太平洋东岸附近海域发展加强。

# ENSO形成的物理机制

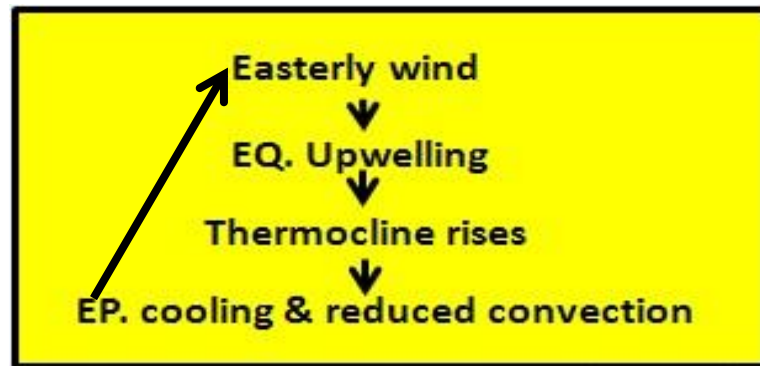
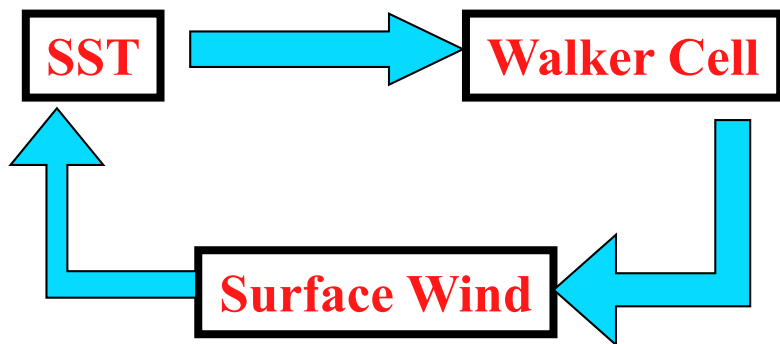
- 通过近20年对El Nino的研究，使人们对ENSO现象有一定了解，但是由人们大规模研究这一现象只有近几十年，且ENSO现象平均每间隔3~4年才发生一次，因此，可供研究的观测资料不是很多，目前对ENSO理论研究和预测能力都处于一种不成熟的阶段。

# ENSO形成的物理机制

正的海气耦合正反馈 (Bjerknes 1969)

Hadley环流和Walker环流之间的相互变化及调整是形成ENSO的物理机制。

(首次提出了海气相互作用的理论)



## 该理论的缺陷：

1. 没有考虑西太平洋在ENSO中的作用。而西太平洋海表温度很高，是全球大气最大的热量来源，是海-气热交换最剧烈（热机）的。
2. 没有考虑赤道波动的作用。
3. 没有考虑赤道东太平洋海水的冷水期与暖水期的关系。

没有解释系统怎样从暖或冷位相转换到另一种位相。

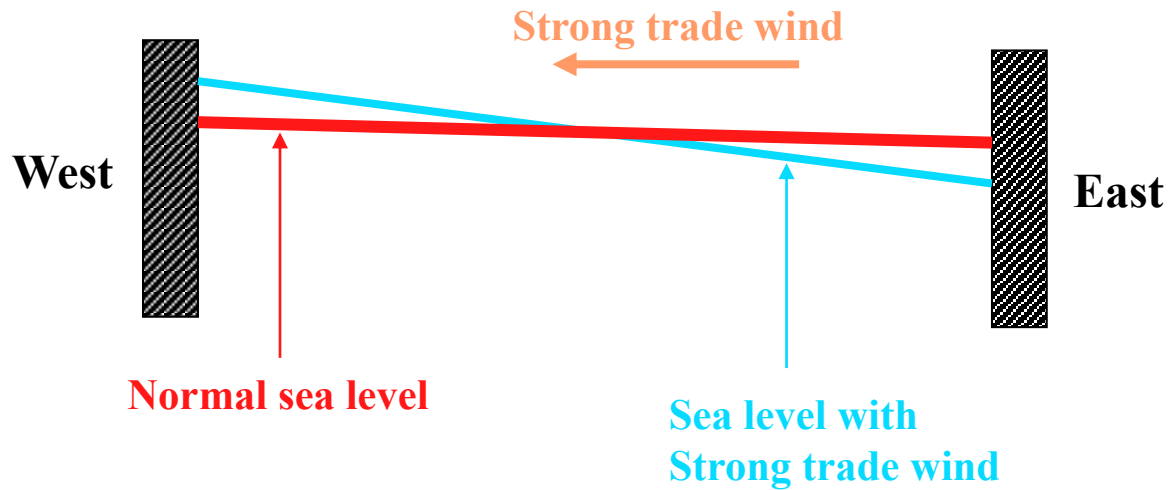
- 许多观测事实表明：赤道海水是冷水与暖水交替出现，周而复始的现象。当冷水期时意味着下一个循环的ENSO现象下在孕育着。



## 海洋学模型：(Wyrtki 1975)

- 认为ENSO是海洋对风应力的响应的结果，强调前期信风增强而形成的能量积累作用。即在El Nino之前东风是加强的，一旦减弱可以激发El Nino。
- 在正常情况下，赤道太平洋的海面高度呈西高东低的形势，西太平洋的斜温层较深（约200m），而东太平洋斜温层较浅（约50m),这种结构正好同西暖东冷的平均海温分布相匹配。
- 在偏东信风异常强的情况下，表面风应力将使表层暖水在西太平洋大量堆积，使那里海面更加增高，斜温层加厚；而东太平洋海面降低，斜温层变薄。这样使赤道东西太平洋海面坡度加大，积蓄着相当大的位能。
- 在信风明显减弱的情况下，海洋位能释放，表层暖水向东回流，东太平洋海面升高，海面增暖，斜温层增厚，出现了El Nino现象。

# ENSO形成的物理机制



# ENSO形成的物理机制

## 该理论的优缺点：

1. 海洋学模型是一较经典的模型。其将海面风应力、海平面高度、海面温度、海洋斜温层结构和赤道海流等赤道海洋结构的演变来描述ENSO的演变。
2. 在一定程度上解释了海洋对风场崩溃的响应，也为近年来的一些实际观测所证实。但没有深入考虑大尺度海气相互作用，且对信风为什么会突然减弱，未解释清楚。

## 海气耦合的概念模型机制：

基于已有的研究，考虑到太平洋海况特征（重视西太平洋暖池作用）和海气相互作用及其不稳定性提出的一种动力学机制。

- 一般赤道西太平洋地区的SST都比较高，若因某些原因西太平洋地区信风出现异常（减弱），便可以激发产生异常的暖性Kelvin波。
- 当有暖的Kelwin波在赤道太平洋的西岸产生，就会沿赤道附近向东传播。当此暖的Kelwin波传播到东太平洋后就在东太平洋产生ENSO现象。

# ENSO形成的物理机制

- 之后，就会有暖的Rossby波从赤道太平洋东岸向西反射。使西太平洋海表面上升，并且由于Hadley环流的作用，使得东太平洋混合层变薄，加强Walker环流，这样使赤道东太平洋的海温变冷，从而ENSO现象消失。
- 另一方面，由于偏离赤道暖的Rossby波继续向西传播，并且因Walker环流的风系，使大量海水从东往西运输。在这两者共同作用下，使赤道西太平洋海温变暖，这将产生暖的Kelvin波，为下一个ENSO事件的生产作准备。

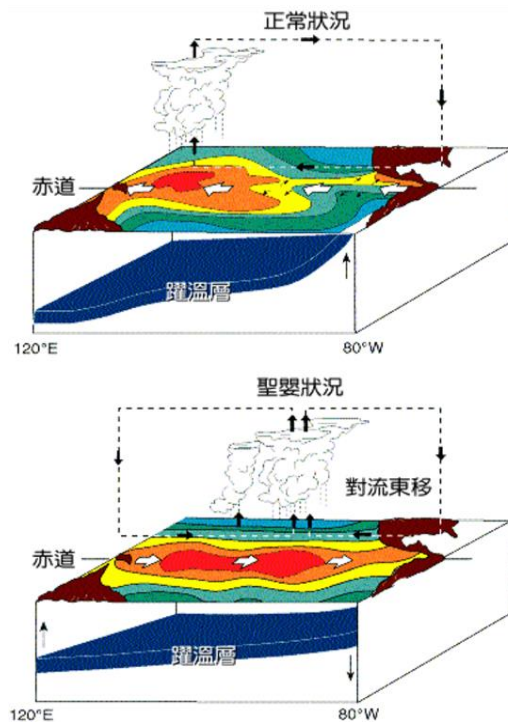
关于**ENSO循环的动力学成因**目前仍是一个继续研究的问题，人们并没有对它有很清楚的了解。前面介绍的只是近年来研究中较为合理的一些结果。因此关于ENSO的预报也尚处于研究试验阶段。

# ENSO对大气环流的影响

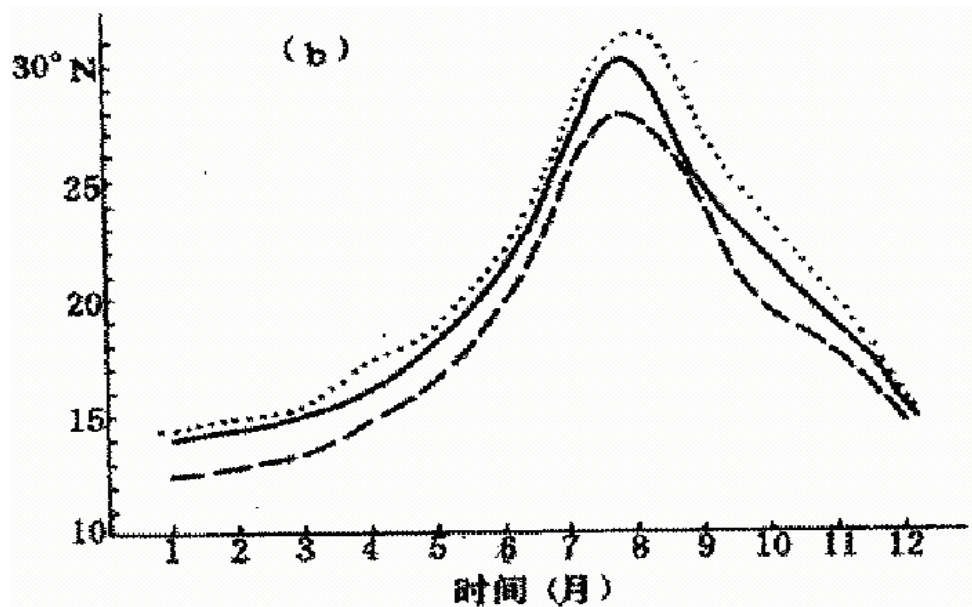
## 1. ENSO对热带大气环流的影响

### 在El Nino事件发生时

- Walker环流出现明显的异常，其上升支由印度尼西亚西亚地区东移到日界线附件；
- 导致Hadley环流的加强；
- ITCZ幅合带的位置向赤道推移，位置明显偏南；
- 西太平洋副高的位置一般也偏南



# ENSO对大气环流的影响



130~140°E地区500hPa副高脊线的月平均纬度位置，实线为多年平均；虚线和点线分别为El Niño年和La Niña年平均

## 2. ENSO与中高纬度大气环流异常

- El Nino事件的发生不仅引起热带大气环流的明显异常，而且通过对大气的遥响应，中高纬度大气环流也将出现明显的异常。

### 在El Nino年冬季

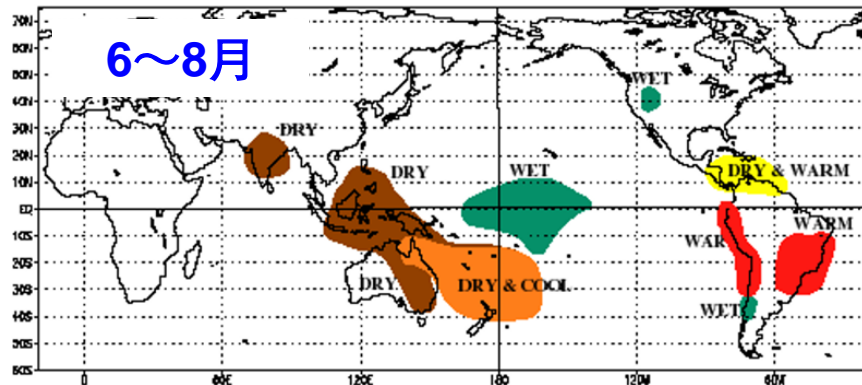
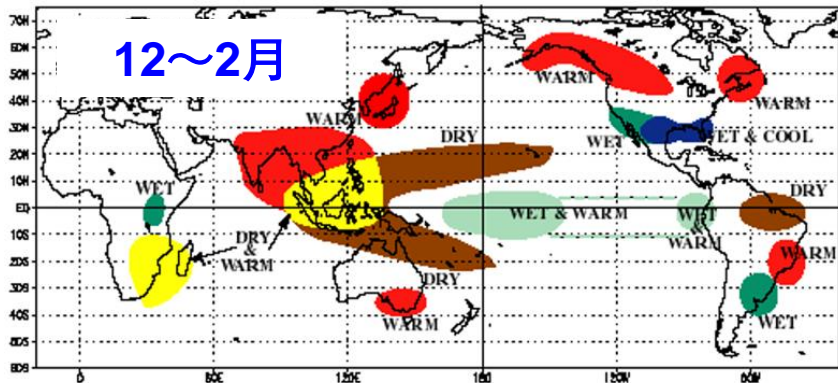
- Hadley环流和Ferrell环流都明显偏强，
- 在700hPa上，其正负距平在太平洋和北美地区有明显的PNA型异常存在。
- 中纬度地区纬向西风偏强。



# ENSO与全球大范围气候异常

- ENSO的发生会造成大气环流的异常，尤其是热带大气环流的异常，因而给全球范围带来明显的气候异常。它的发生使世界上有些地方发生干旱而另一些地方发生洪涝。
- 以亚洲地区来说，在El Nino年，印度季风弱，降水偏少；东亚季风亦弱，推进慢，从江淮流域到日本夏季降水偏多，华北夏季趋于干旱。在La Nina年，夏季风强且推进快，华北夏季则多雨；印度季风强，降水偏多。

# El Nino对全球冬季及夏季气候的影响



湿



干暖



暖



干



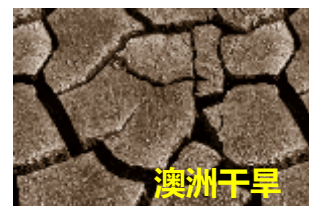
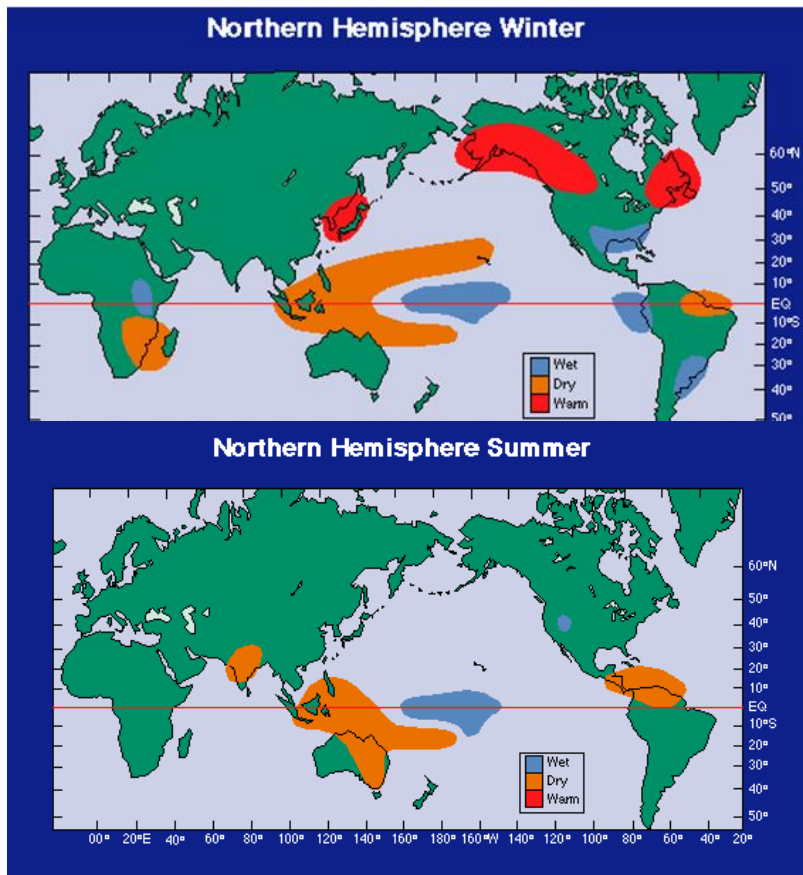
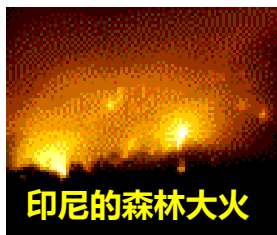
湿冷



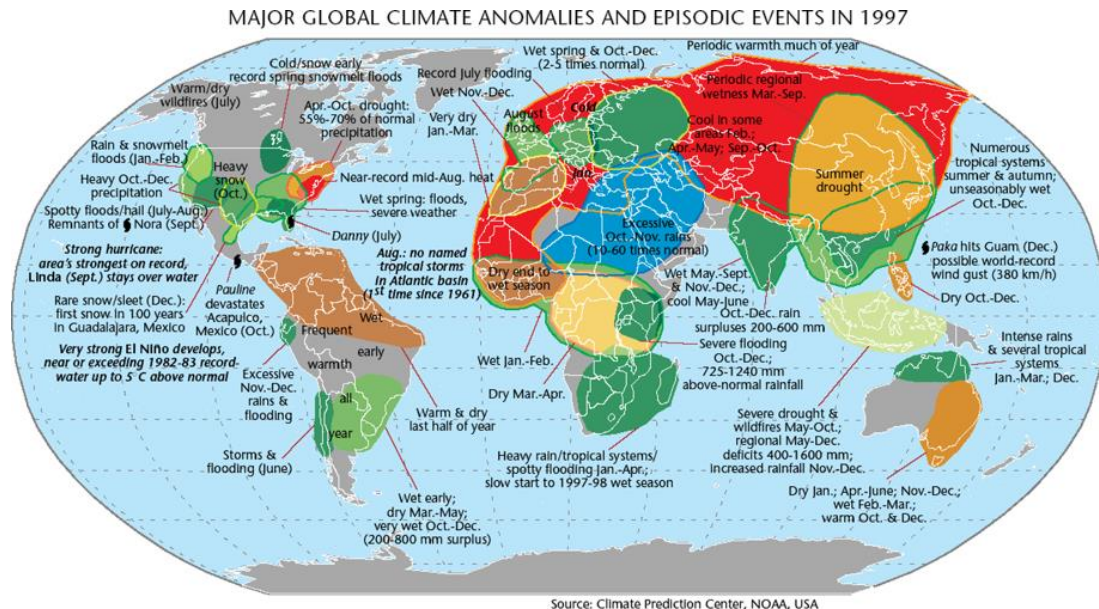
湿暖



# ENSO对全球冬季及夏季降雨的影响



# ENSO与全球大范围气候异常

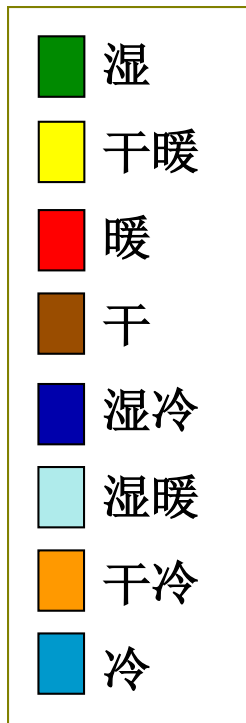
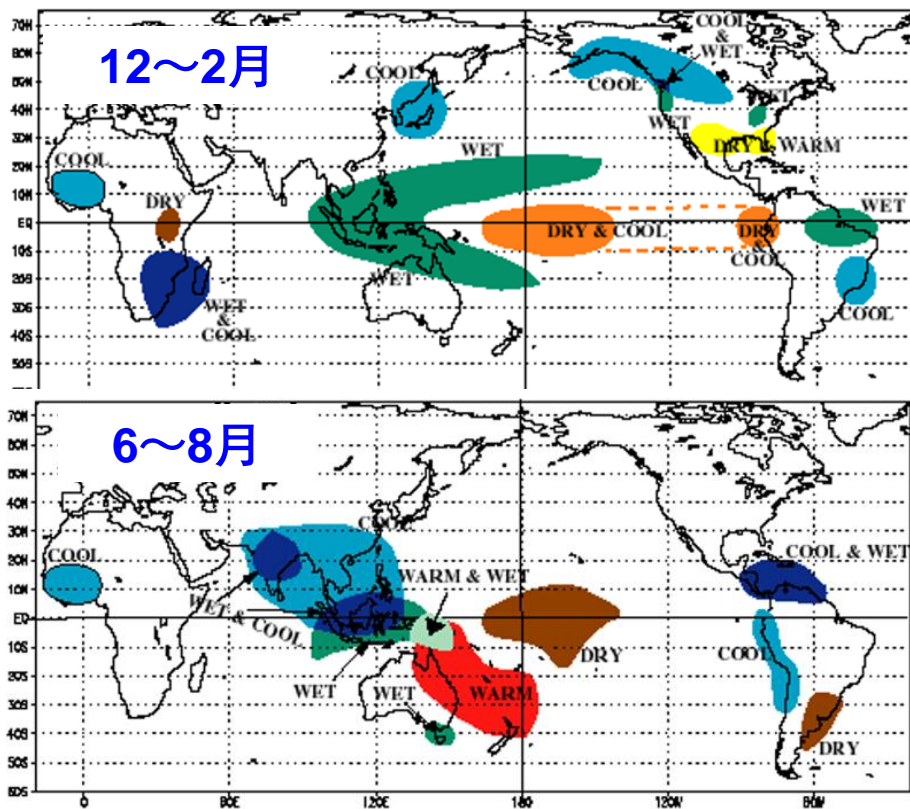


1997年强厄尔尼诺事件发生过程中全球天气与气候异常事件分布图（取自 Climate Prediction Center, USA）

干，热、少雨
  洪灾，多雨、湿润



# La Nina对全球冬季及夏季气候的影响



## 1. ENSO与西太平洋台风活动

- 据资料分析表明，西太平洋（包括中国南海）台风活动与ENSO有极其密切关系，平均而言，在El Nino年，西太平洋台风数较常年偏少；而在La Nina年，西太平洋台风数较常年偏多，并且在El Nino(La Nina)年，登陆我国大陆的台风数也偏少（多）

# ENSO对中国夏季气候异常的影响

## 原因：

1. El Nino期间，Walker环流东移，西太平洋台风源地（ $130\sim 160^{\circ}\text{N}$ ）有异常的下沉运动，对流活动受到抑制，不利于台风形成。
2. 西太平洋台风相当多是从辐合带中的低压或者云团发展起来的，由于El Nino事件使得西太平洋副高位置偏南，热带辐合带位置也偏南，不利于台风发展。
3. 西太平洋台风的形成同西太平洋海表面温度有一定联系，若海温 $< 28^{\circ}\text{C}$ ，则台风难以形成在该海域，而在El Nino年，西太平洋海温表现出负距平，对台风形成不利；
4. 根据台风发展的CISK机制，大气稳定度参数对扰动不稳定发展有重要作用，而台风源区大气稳定度的计算表明，El Nino年该地区稳定度偏大，也对台风形成不利。

## 2. ENSO与东北夏季低温

- El Nino年份多发生严重的东北夏季低温；也有例外(如1982年)
- La Nina年份东北夏季气温偏高。
- 表明ENSO不是决定东北夏季低温的唯一因子。

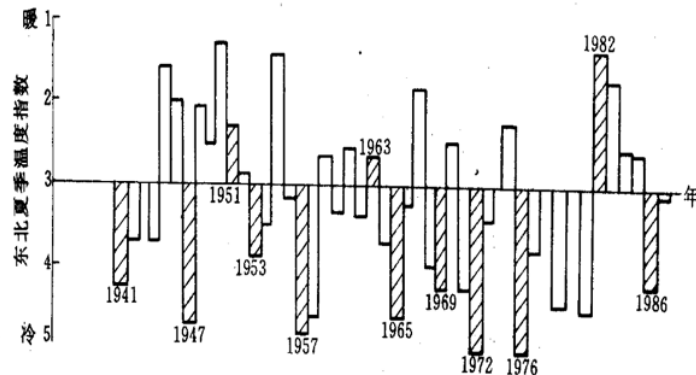


图 7.20 东北夏季温度指数与 ENSO 现象的关系(斜线柱体标出 ENSO 事件发生的年份)



# ENSO对中国夏季气候异常的影响

## 为什么El Nino年夏季中国东北地区容易出现低温呢？

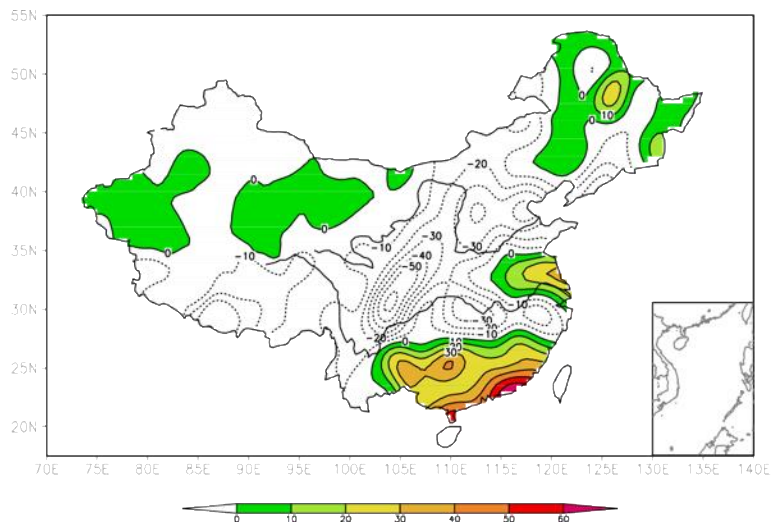
资料分析表明，东北夏季低温的发生与所造成的大气环流异常有密切的关系。在El Nino年夏季中国东北地区500hpa上空有一个负距平中心，因此在El Nino年夏季那里有比较频繁的低压槽活动，使东北地区气温较常年偏低。

- ENSO时期，赤道东太平洋异常增暖是对应于西北太平洋大范围的海温负距平，这是维持欧亚大陆东部中纬度负高度距平和低温的重要条件。
- 特别说明：夏季东北出现低(高)温，ENSO只是重要原因之一。

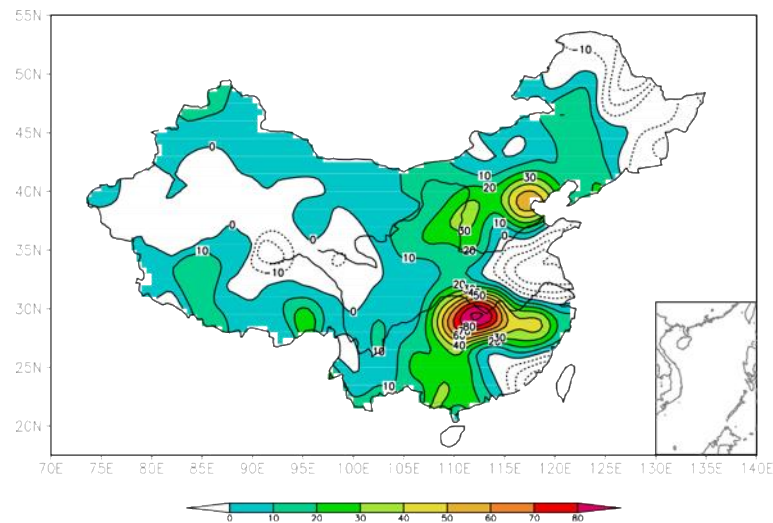
## 3. ENSO与我国东部地区的夏季降水异常

- El Nino年与La Nina年对中国降水的影响是明显的，尤其是发生第二年影响更为明显。主要特征是El Nino年次年长江与长江以南多雨，北方少雨，而La Nina次年正好相反

# ENSO对中国夏季气候异常的影响



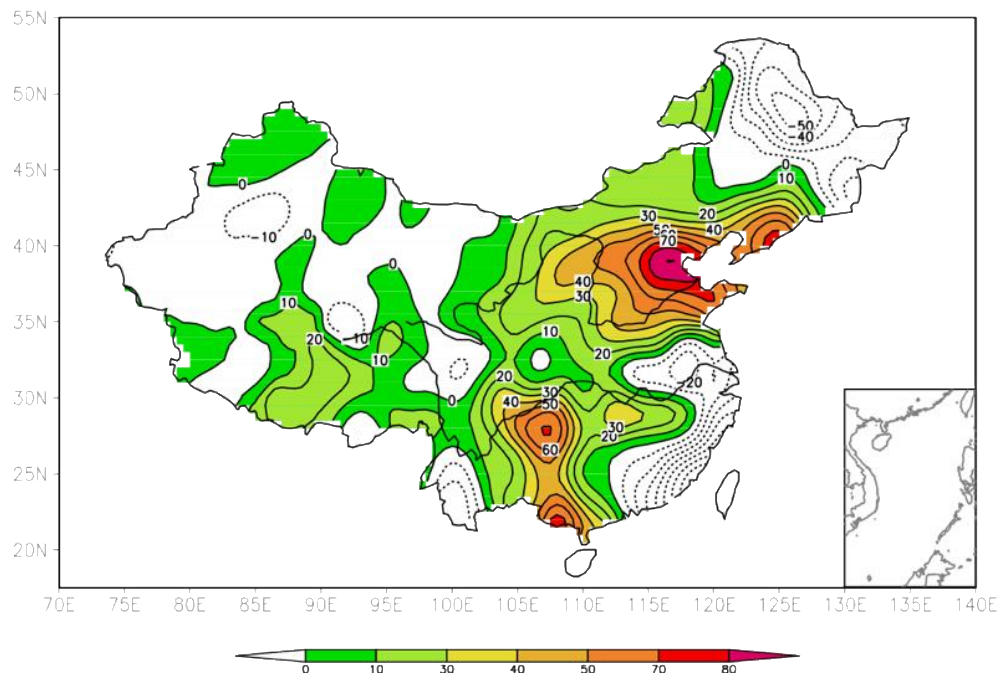
El Nino年对中国降水的影响



El Nino次年对中国降水的影响



# ENSO对中国夏季气候异常的影响

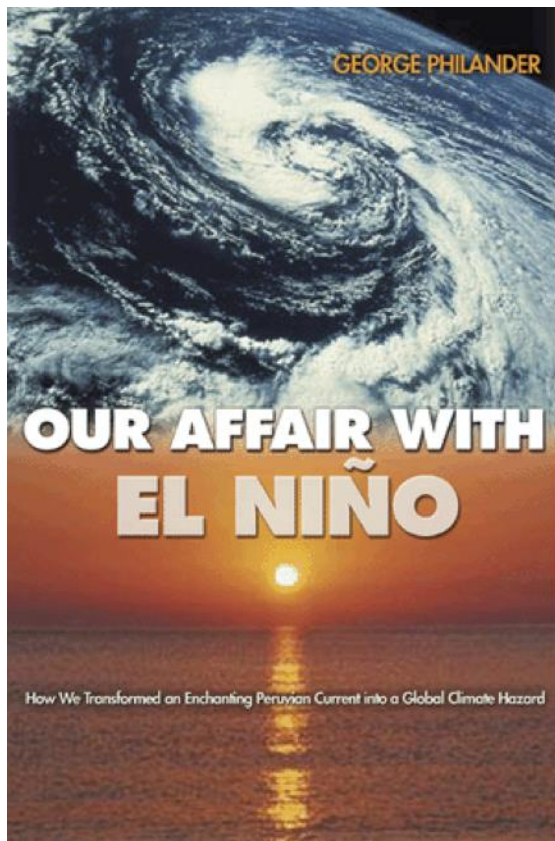


La Nina年对中国降水的影响

## 影响中国夏季降水的基本因素

- 海温（ENSO现象）
- 冰雪覆盖
- 地温
- 亚洲季风
- 青藏高原
- 西太平洋副高
- 中纬度阻高
- 准两年振荡（QBO）
- 三大涛动（NAO/NPO）
- 太阳活动以及天文因子和地球物理因子
- 东：海洋
- 西：青藏高原
- 南：季风
- 北：阻塞高压
- 中：西太平洋副热带高压





## OUR AFFAIR WITH EL NIÑO : HOW WE TRANSFORMED AN ENCHANTING PERUVIAN CURRENT INTO A GLOBAL CLIMATE HAZARD

我们与厄尔尼诺的那些事：  
让圣婴的哭声惊动世界

by S. George Philander



# 我们与厄尔尼诺的那些事



<https://mp.weixin.qq.com/s/YD2jmS-y0pOTKYwBsspUdw>



# 作业（2周后上交）

1. 如何理解ENSO和ENSO循环？
2. 目前观测事实已了解到的ENSO类型有几种？
3. 简单分析El Nino 对大气环流异常的可能影响（如热带大气环流、赤道辐合带、西太平洋副热带高压、中纬度大气环流等）
4. 简单分析ENSO事件对我国长期天气和气候的可能影响（如东北夏季低温、东部夏季降水异常、西太平洋副高、西太平洋台风等）？
5. 分析表明，西太平洋（包括中国南海）台风活动与ENSO有极其密切关系，平均而言，El Nino期间，西太平洋台风较常年偏少，其可能的原因是什么？

