

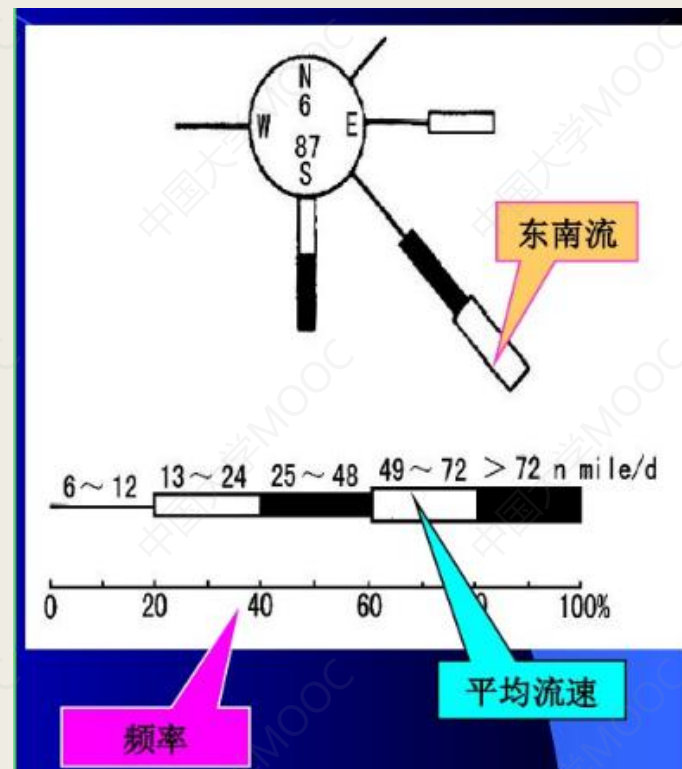
3.3 风驱动下的海洋环流

海流的基本概念以及描述方法

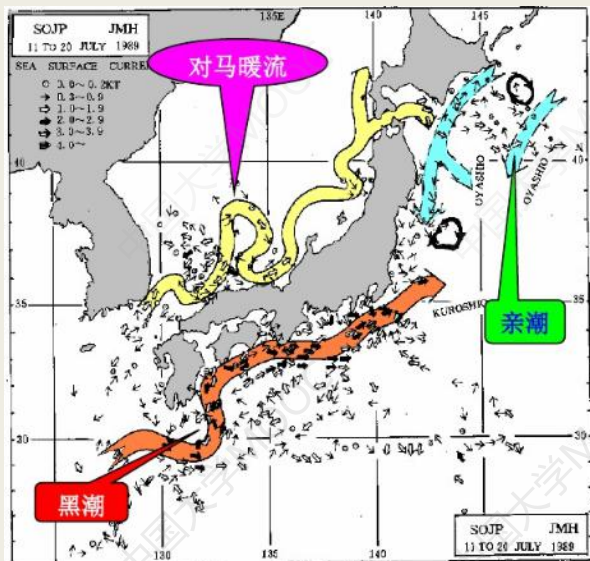
海流是指海水大规模相对稳定的流动。海洋的海水几乎都在运动状态中，但深海海盆的周围被海槛所包围，其底层的海水可能不动外，其它的海水都在缓慢的移动，这种大致上循着一定方向流动的海水，称之为海流或洋流。

流速： 流速的单位常用Kn（节）和n mile/d（海里/日）表示。
1节=1海里/小时；1海里=1.85公里

流向： 海流的方向是指去向，常用8个方位或以度为单位表示。例如，由西向东的流，流向为900，称为东流。海流的主轴是指海流流动方向上流速最大点的连线。海流的规模常用流幅来表示，流幅是指垂于主轴的水平宽度和上下厚度。海流的强弱常用平均流速或平均流量表示。

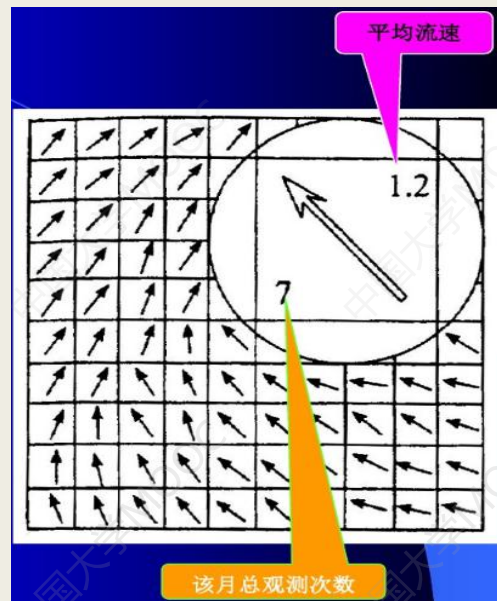


海流花图



海流传真图

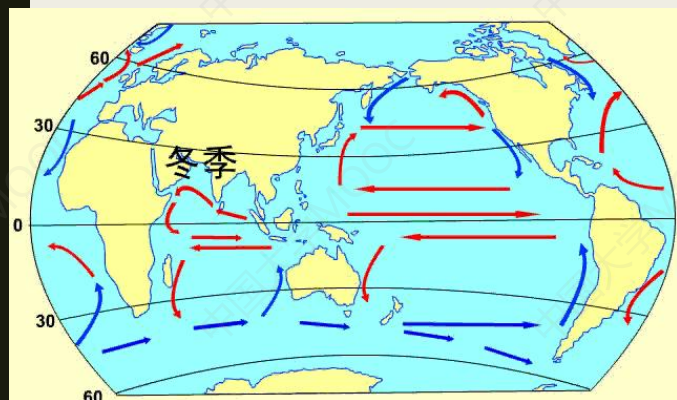
海流流线图



海流的分类

海流的成因主要是盛行风带、地转偏向力、和海陆地形分布等。

按形成原因的不同，可分为：



风海流：是海洋上最主要的海流，其强度较强。风海流是在海面风作用下形成的海水流动。通常将大范围盛行风所引起的流向、流速常年都比较稳定的风海流称为定海流，或漂流。而将某一短期天气过程或阵风形成的海流称为风生流。

地转流：海水等压面倾斜，海水受到水平压强梯度力和水平地转偏向力平衡时出现的稳定流动。

补偿流：由于海水的连续性，一处海水流失，它处海水将流来补充，形成补偿流。

潮流：由于天体引潮力引起的海水周期性水平运动。潮波运动中水质点沿水平方向的周期运动。



影响和产生海流的力

引起海水运动的力：重力，压强梯度力，风应力，引潮力

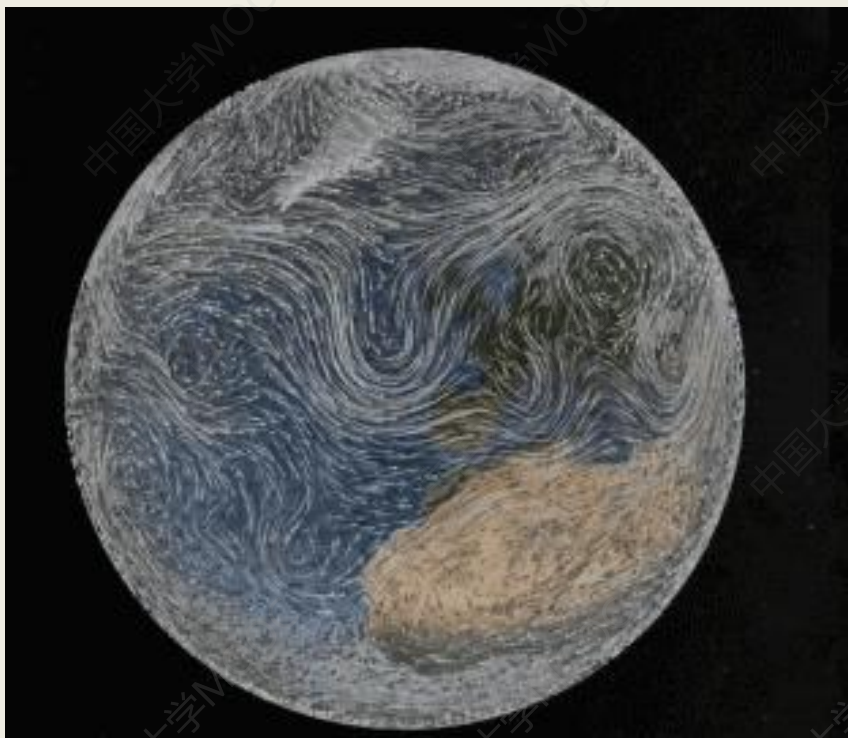
海水运动后派生的力：科氏力，摩擦力

1、重力：地心引力与地球自转产生的惯性离心力的合力。习惯上将单位质量物体所受重力称为重力加速度，以 g 表示。与纬度和海水深度有关，一般视其为常数

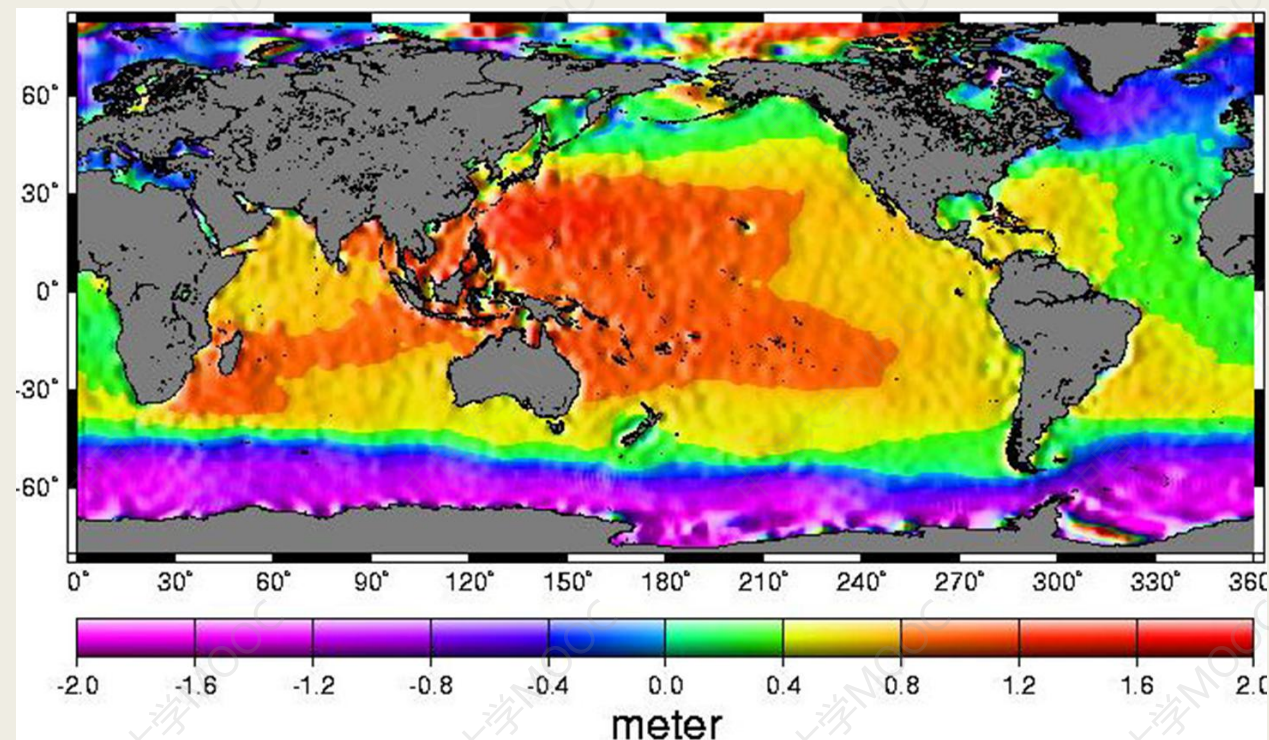
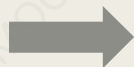
重力势：从一水平面逆重力方向移动物体到另一高度所做功。

等势面：位势相等的面叫等势面。处处与重力垂直的面称水平面。

海平面：海洋表面的平均位置。



海表面流动示意图



各大洋海面高度分布

影响和产生海流的力

2、压强梯度力：

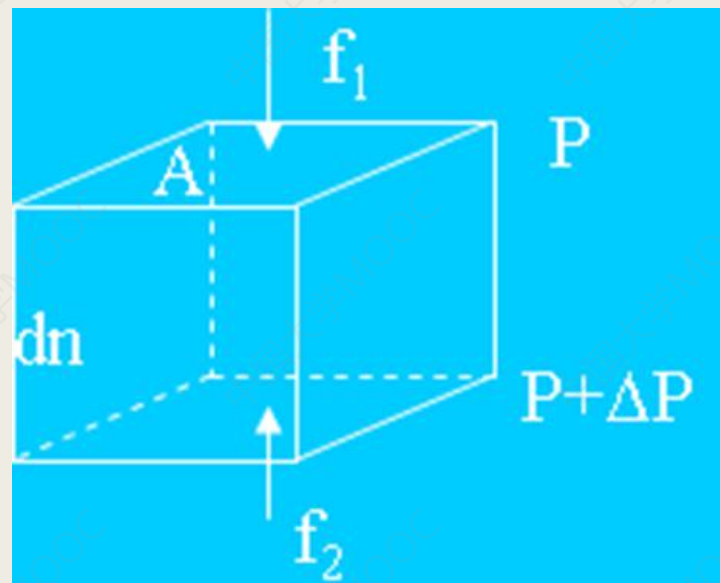
等压面：压强相等的面。

单位质量水体所受的静压力的合力： $f/(\rho \times d_n \times A) = -\frac{1}{\rho} \frac{\Delta P}{d_n} = -\frac{1}{\rho} \frac{dP}{d_n}$

与等压面垂直，指向压力减小的方向。即与压强梯度方向相反。

$$g = -\frac{1}{\rho} \frac{dp}{dz}$$

流体静力学方程：



3、风应力：切应力，将大气动量输送给海水，目前，只能以经验公式给出

$\vec{F} = -2\vec{\Omega} \times \vec{V}$ 为科氏力

$f = 2\Omega \sin \varphi$ 称其为科氏参量

4、科氏力：

$$\left. \begin{aligned} F_x &= 2\Omega \sin \varphi \cdot v - 2\Omega \cos \varphi \cdot w \\ F_y &= -2\Omega \sin \varphi \cdot u \\ F_z &= 2\Omega \cos \varphi \cdot u \end{aligned} \right\} \Rightarrow \left\{ \begin{aligned} F_x &= 2\Omega \sin \varphi \cdot v \\ F_y &= -2\Omega \sin \varphi \cdot u \\ F_z &= 0 \end{aligned} \right. \Rightarrow \left\{ \begin{aligned} F_x &= f \cdot v \\ F_y &= -f \cdot u \\ F_z &= 0 \end{aligned} \right.$$

5、摩擦力：体积力，分子粘性力和湍流粘性力

海洋环流



海洋环流和海流有何区别？



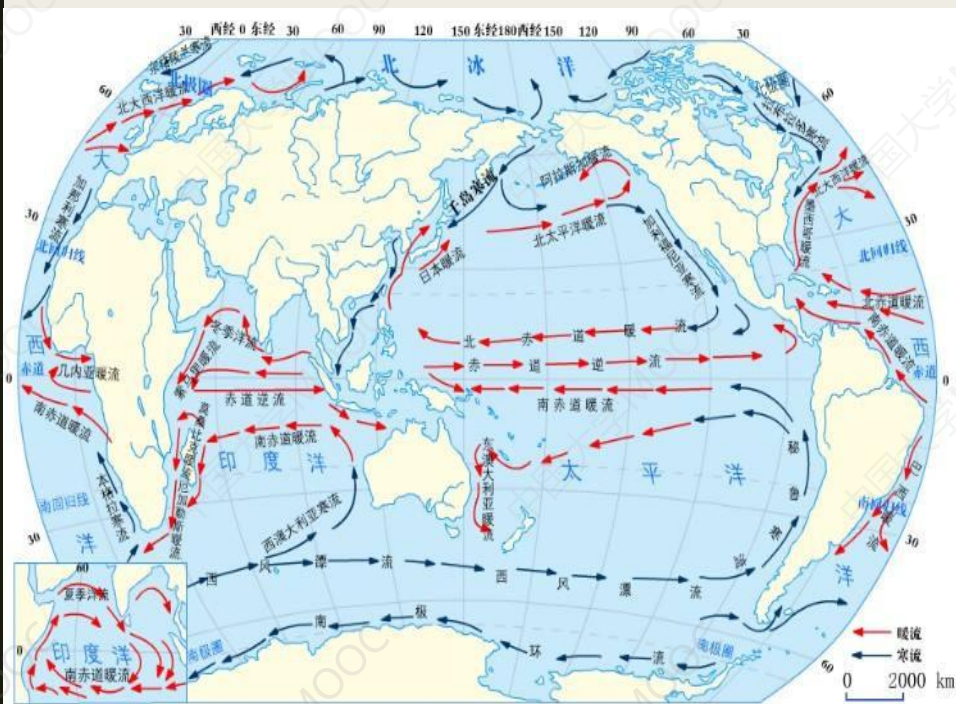
海洋环流

海流形成首尾相接的相对独立的环流系统

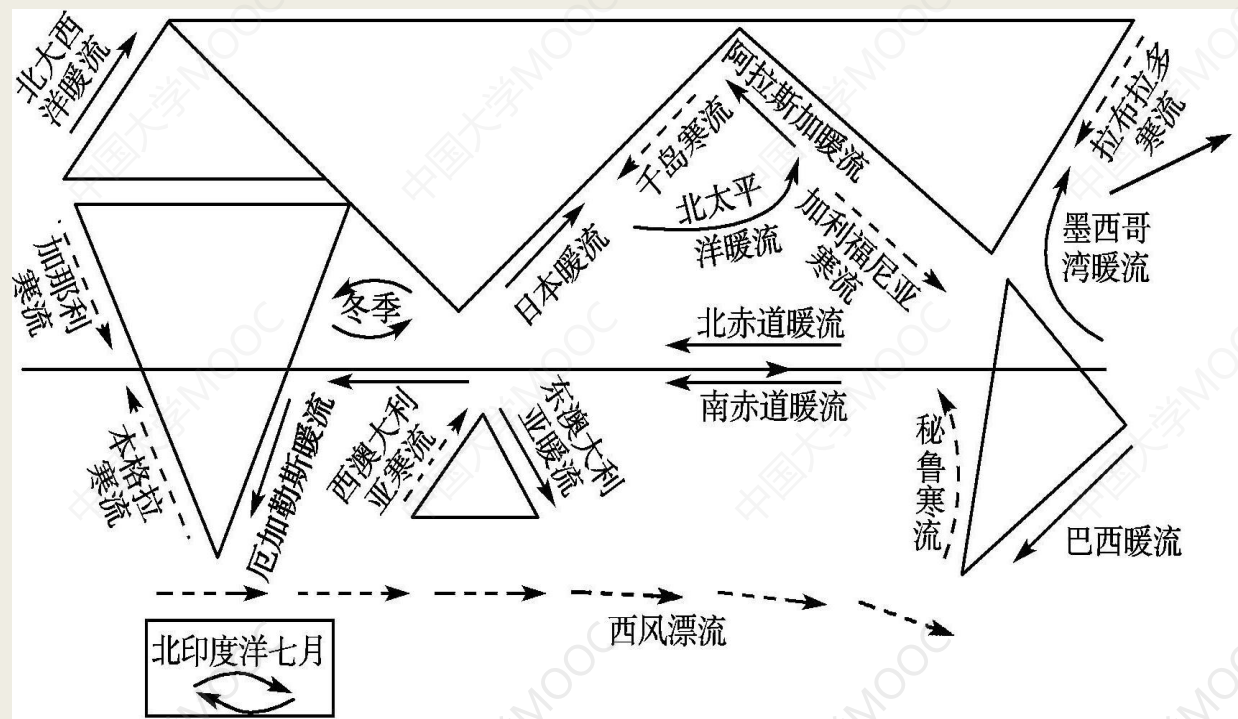
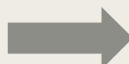
是气候式(准)定常运动，时空变化是连续的

联系世界大洋，使水文、化学要素及其温度和盐度保持

对稳定。



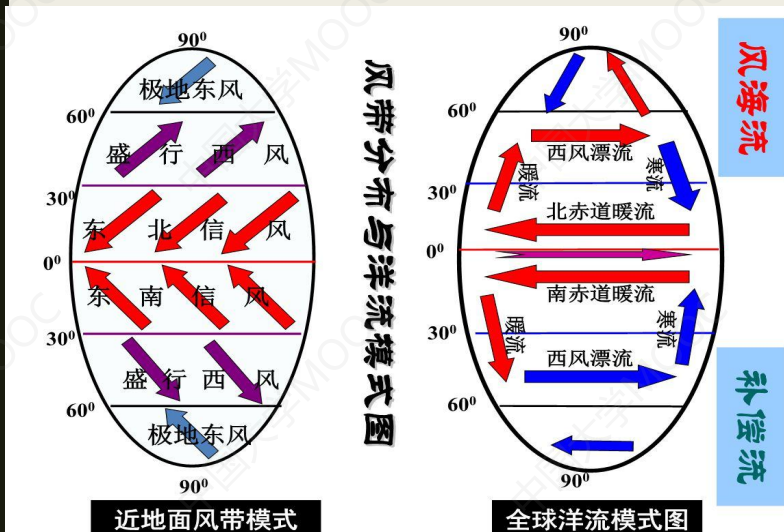
海洋表层环流示意图



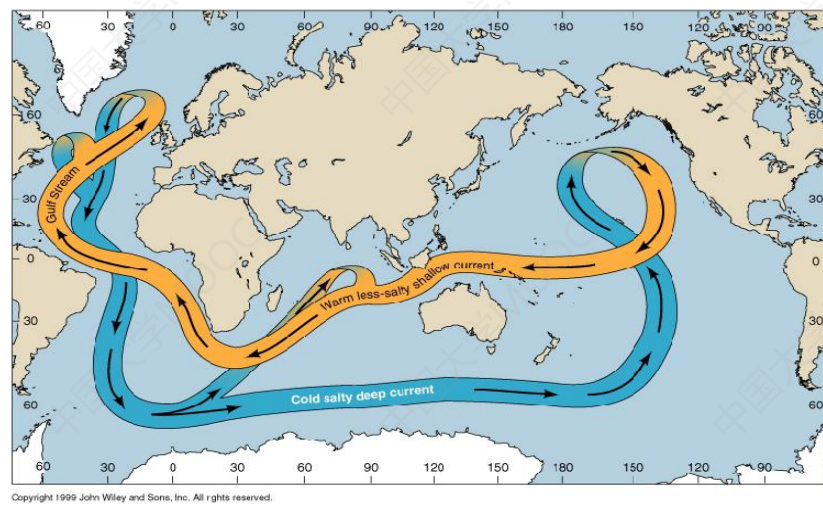
海洋表层环流模型图

海洋环流的驱动源

风应力—风生环流



浮力（能量）—热盐环流
(热通量、蒸发及降水、淡水输入等)



天体引力—潮或某些周期性运动



海洋环流大尺度运动特点

运动空间尺度特点:

运动的**空间尺度很大**, 基本在100km以上。

运动时间尺度特点:

运动的**时间尺度很长**, 一般在1个月以上, 意味着要远远的大于地球自转的时间尺度。

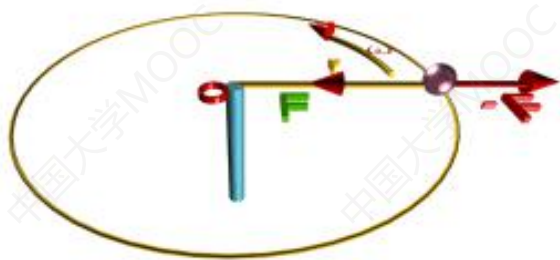
物理意义: 流体相对运动的时间尺度远大于地球自转周期, 运动过程中地球自转的效应能够被感觉到, 即科氏力的作用能被感觉到。

Rossby数: $R_0 = \frac{U^2/r}{fU} = \frac{\text{离心力}}{\text{柯氏力}} = \frac{U}{fL}$

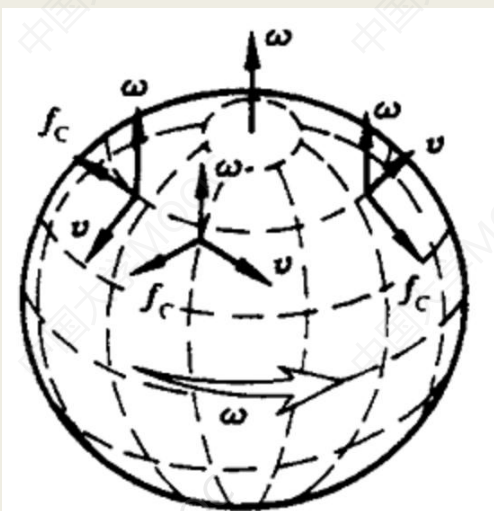
其中U是水平流动的特征流速, L是水平流动的特征空间尺度。

对于大尺度运动, U一般为0.01-0.1m/s, L一般为100-1000km

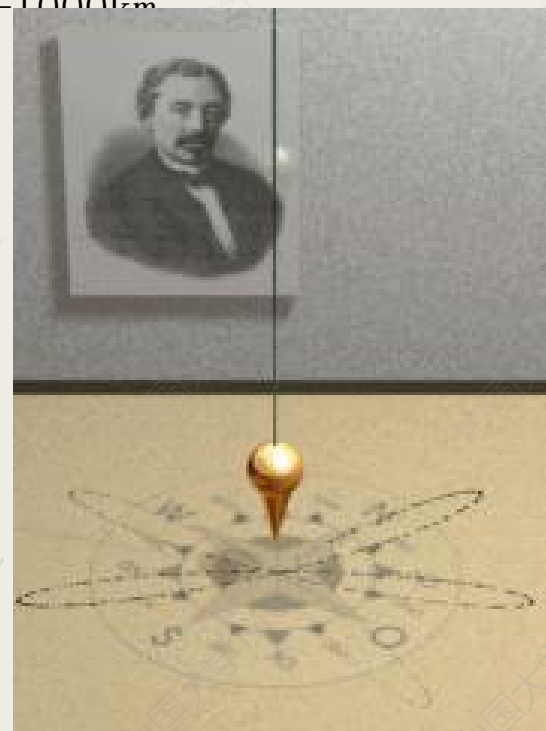
对于大尺度运动Rossby数远小于1



离心力



北半球的科氏力



在科氏力作用下偏离原来运动轨道的小球

世界大洋表层海流模式与规律

1. 中低纬度地区：以副热带海区为中心的大洋环流，北顺南逆。
2. 北半球中高纬度海区：逆时针方向环流
3. 南极大陆外围：西风漂流
4. 北印度洋海区：季风洋流，夏顺冬逆。

其中，洋流类型如下：

信风流和赤道逆流：

在赤道区有一支从东向西的海流，即北赤道海流（NEC）和南赤道海流（SEC），南北赤道海流之间有一支从西向东的赤道逆流。

西风海流和西风漂流：

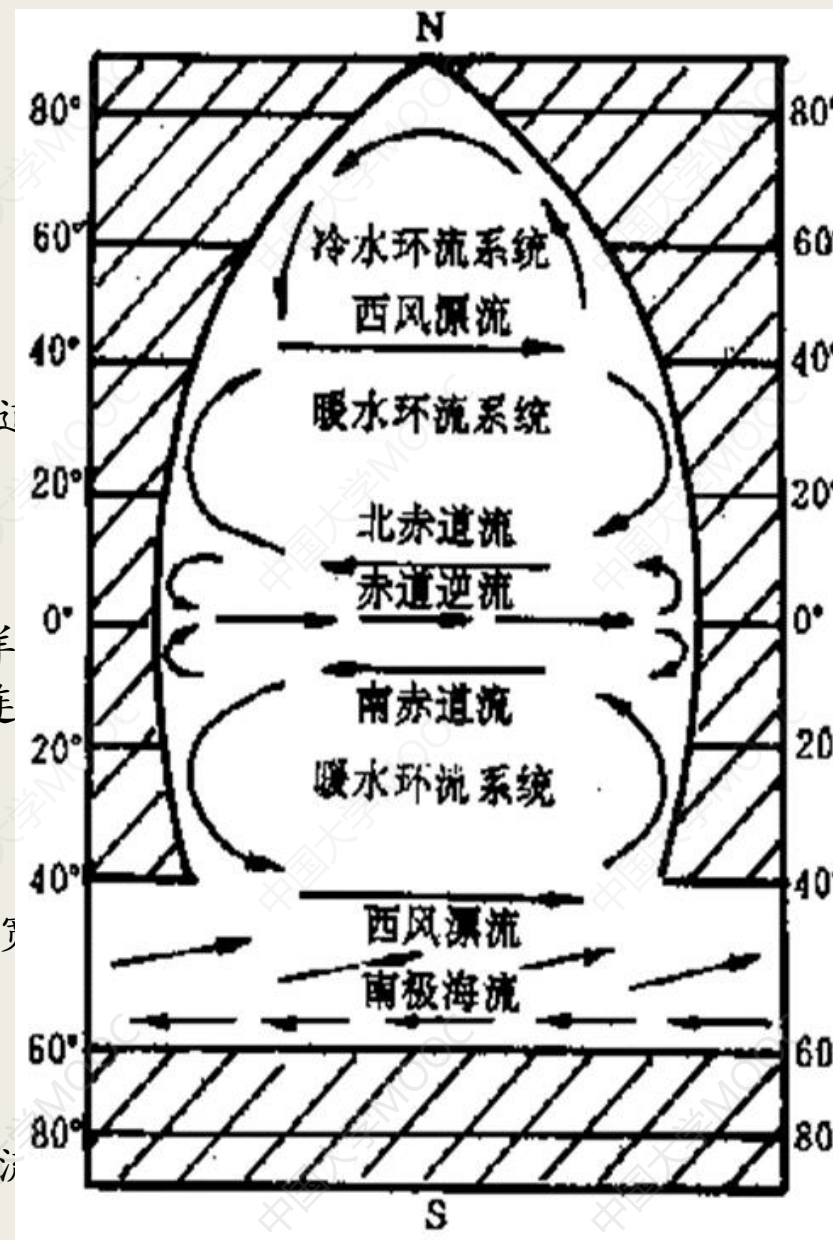
在西风带中，海流基本上自西向东流，西风海流大多来自热带洋面，水温高，流速大。在南半球三大洋的西风海流彼此沟通，形成一个连续的水环。又称西风漂流。

东边界流：

西风漂流在大洋东岸流向低纬的海流。东边界流流动缓慢，幅度小，广具有寒流性质。

西边界流：

大洋两岸的海流在强度上不对称，大洋西边界的海流比东边界的海流窄而强。如墨西哥湾流和黑潮均为强海流。



三大洋的海洋环流系统



太平洋环流系统

北太平洋主要环流:

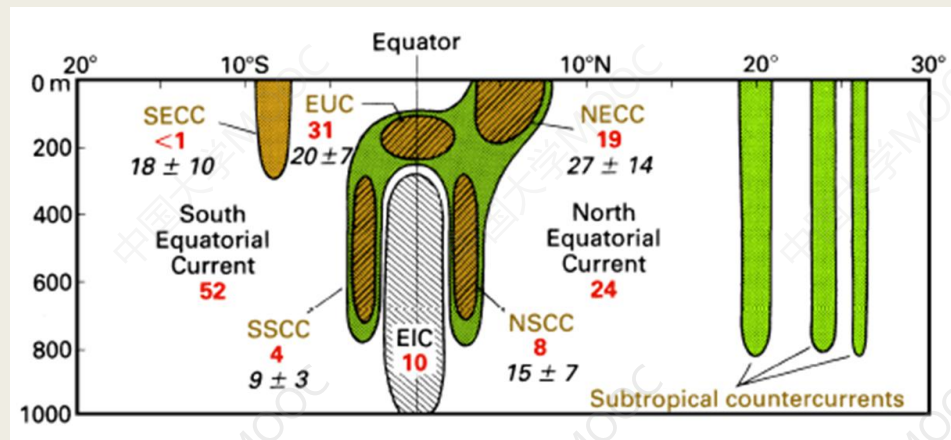
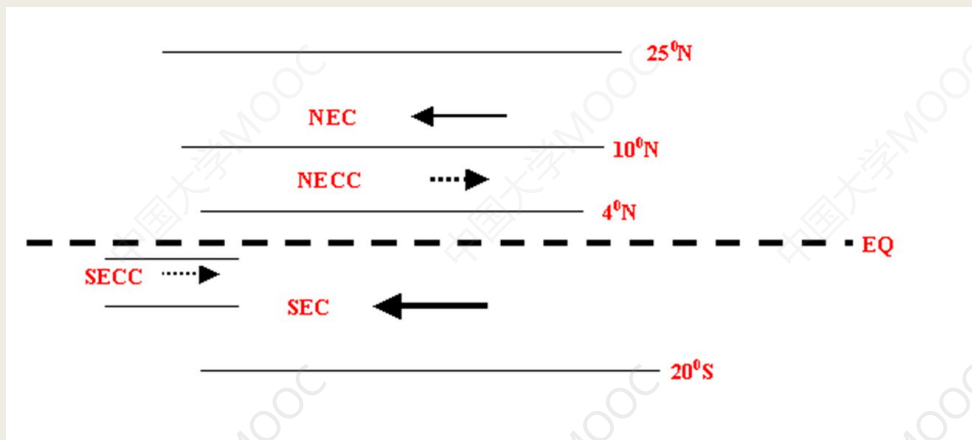
北赤道海流→黑潮→北太平洋海流→加利福尼亚海流, 构成北太平洋中低纬顺时针环流系统;

北太平洋海流→阿拉斯加海流→阿留申海流→亲潮, 构成北太平洋中高纬逆时针环流系统;

南太平洋主要环流:

南赤道流→东澳大利亚暖流→西风漂流→秘鲁海流, 构成南太平洋逆时针环流系统。

热带太平洋流系特征



热带太平洋: 北赤道流 (NEC) 北赤道逆流 (NECC) 南赤道流 (SEC) 南赤道逆流 (SECC) 赤道潜流 (EUC) 赤道中层流 (EIC) 南次表层逆流 (SSCC) 北次表层逆流 (NSCC)

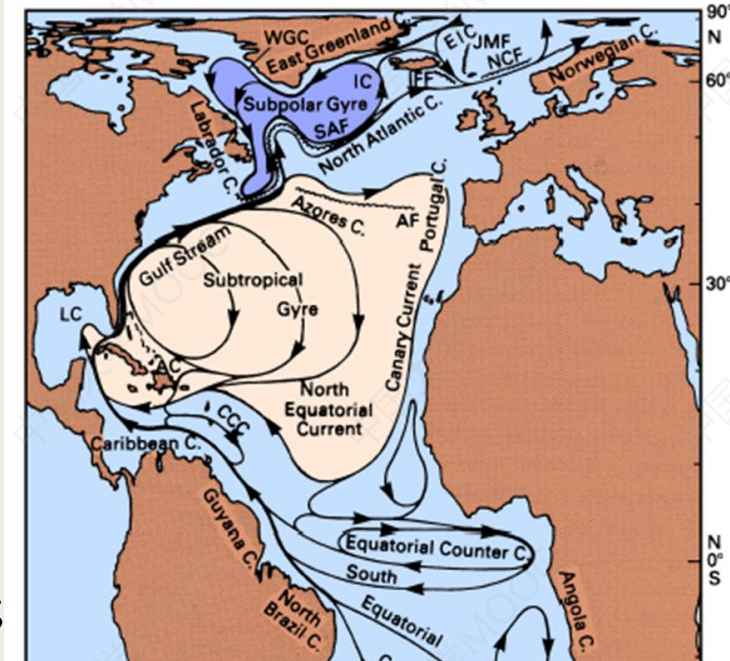
三大洋的海洋环流系统

大西洋环流系统

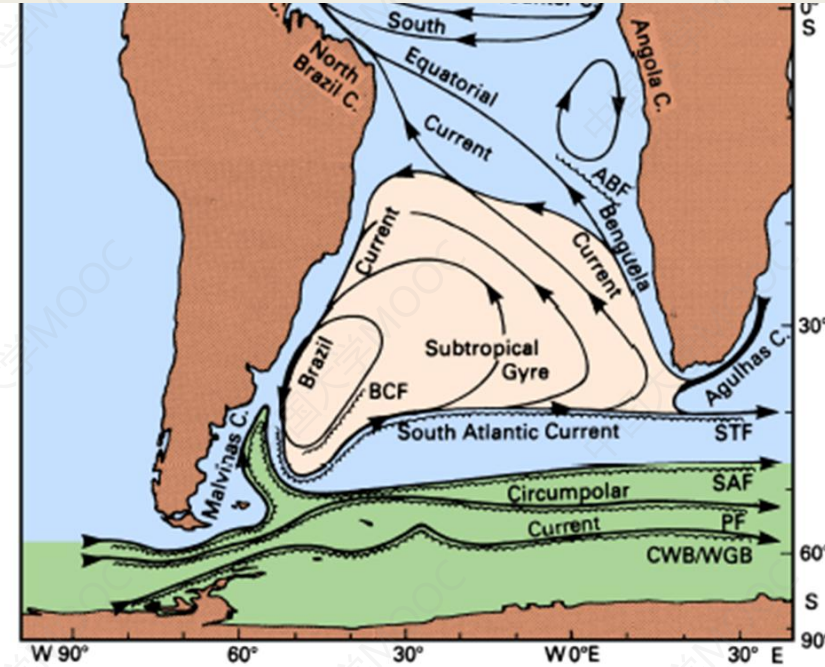
赤道流系和南北海盆的副热带环流，与太平洋类似

北大西洋：北赤道流；湾流；拉布拉多海流；加纳利海流

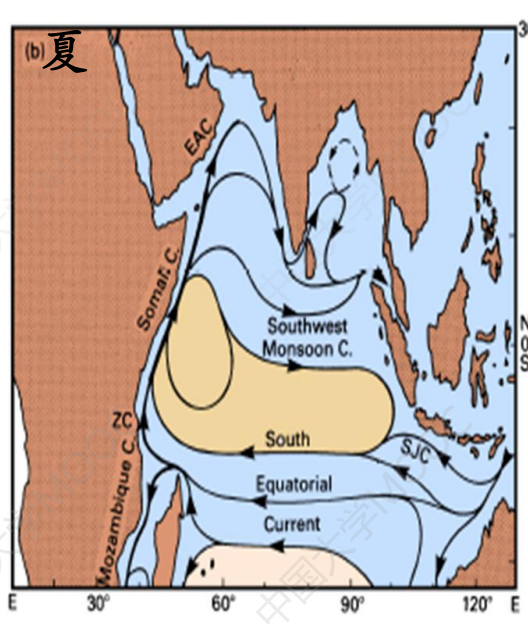
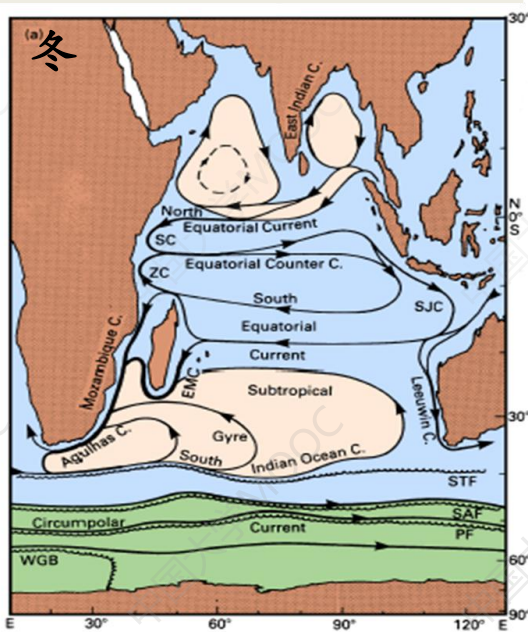
南大西洋：南赤道流；巴西海流；南大西洋流；本格拉海流



北大西洋洋流示意图



南大西洋洋流示意图



印度洋环流系统 (随季节转变)

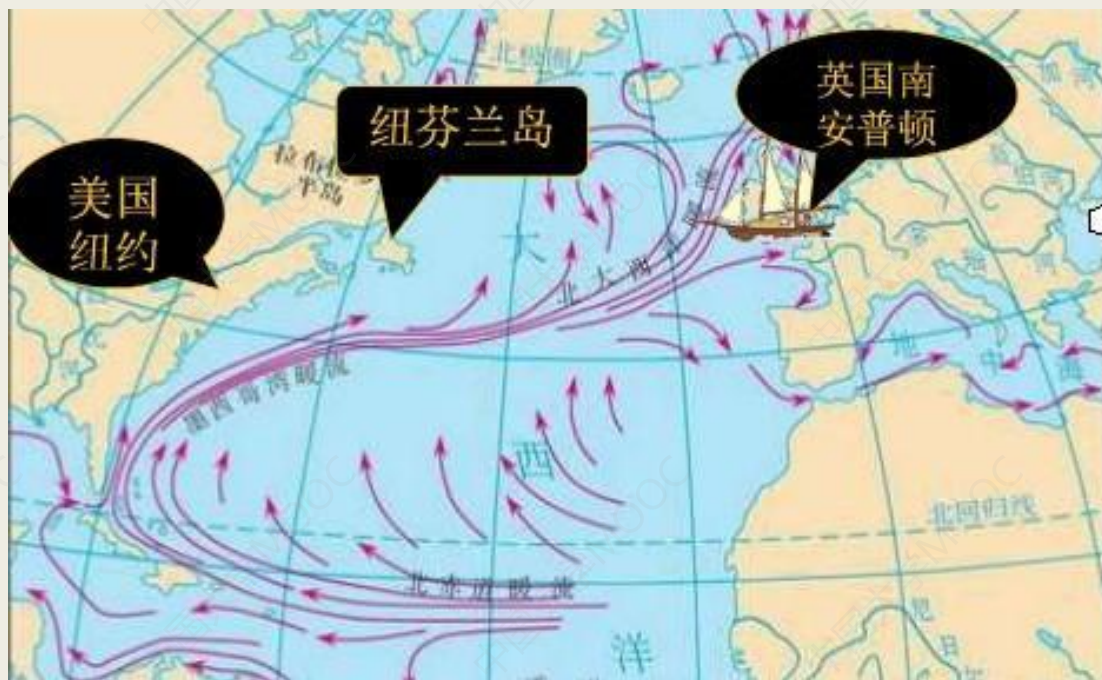
北赤道流：与北太平洋、北大西洋的北赤道流相同，都是自东向西之洋流，但因为印度洋的海域较小且受地形和季节变化的影响，当抵达非洲东岸时，逆时针方向转向，成为赤道逆流。

赤道逆流：北赤道流抵达非洲东岸时转向，汇合而成赤道逆流，形成自桑给巴尔至棉兰东向流动之洋流，其流轴偏南半球。夏季时，因为受到西南季风增强。

西风漂流：与南太平洋的西风漂流相同。

两只西边界海流：北印向北的强西边界流-索马里海流，南印向南的马达加斯加海流。

一支强劲的暖流——湾流



Effects: Climatic



墨西哥湾流:

1. 世界上流量最大的西边界流
2. 流速超过2m/s
3. 高温高盐水

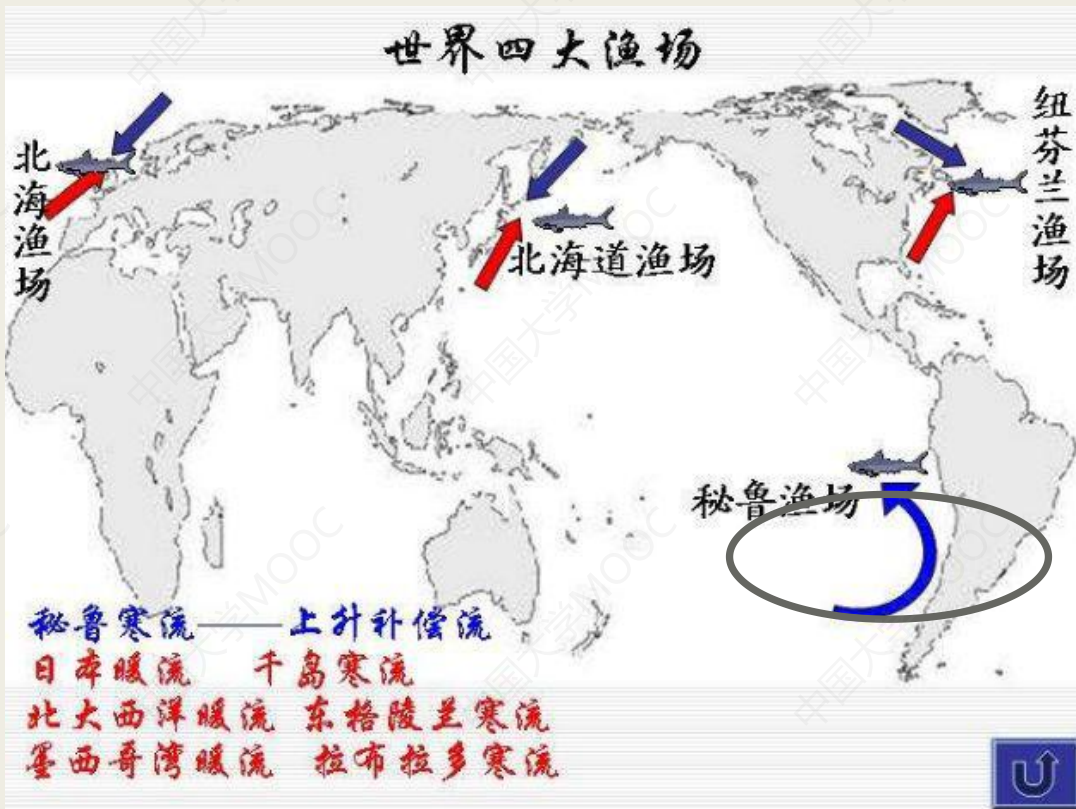
对美洲和欧洲的气候意义重大

墨西哥湾流气候影响:

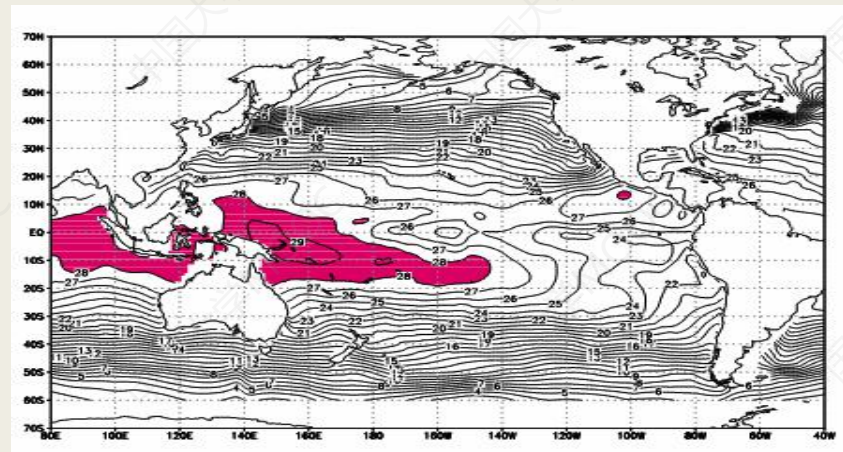
其延伸体影响到北欧, 使1月份平均气温要比同纬度亚洲与北美洲的东海岸高出15~20°C, 从而使北欧盛长混交林及针叶林。

秘鲁寒流——“世界渔场”的重要原因

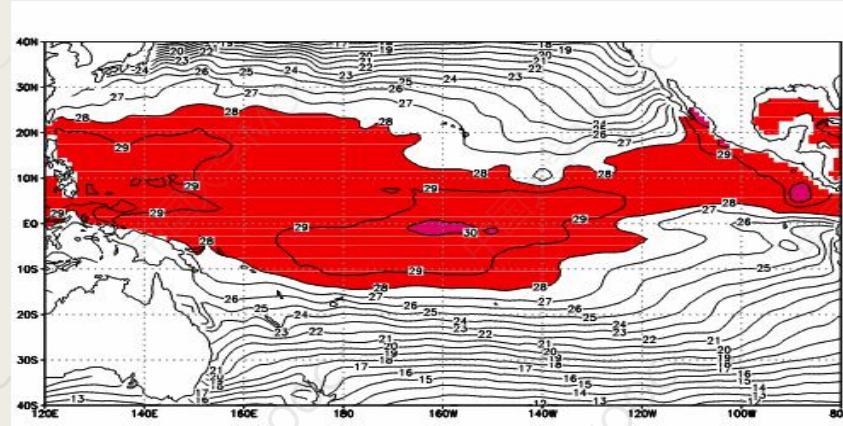
♣**秘鲁洋流**：将南半球高纬度地区的寒冷海水，北流到低纬度地区，对南美洲的气候影响很大，期末端接南赤道流。



ENSO现象影响较大的区域



正常年份



厄尔尼诺年