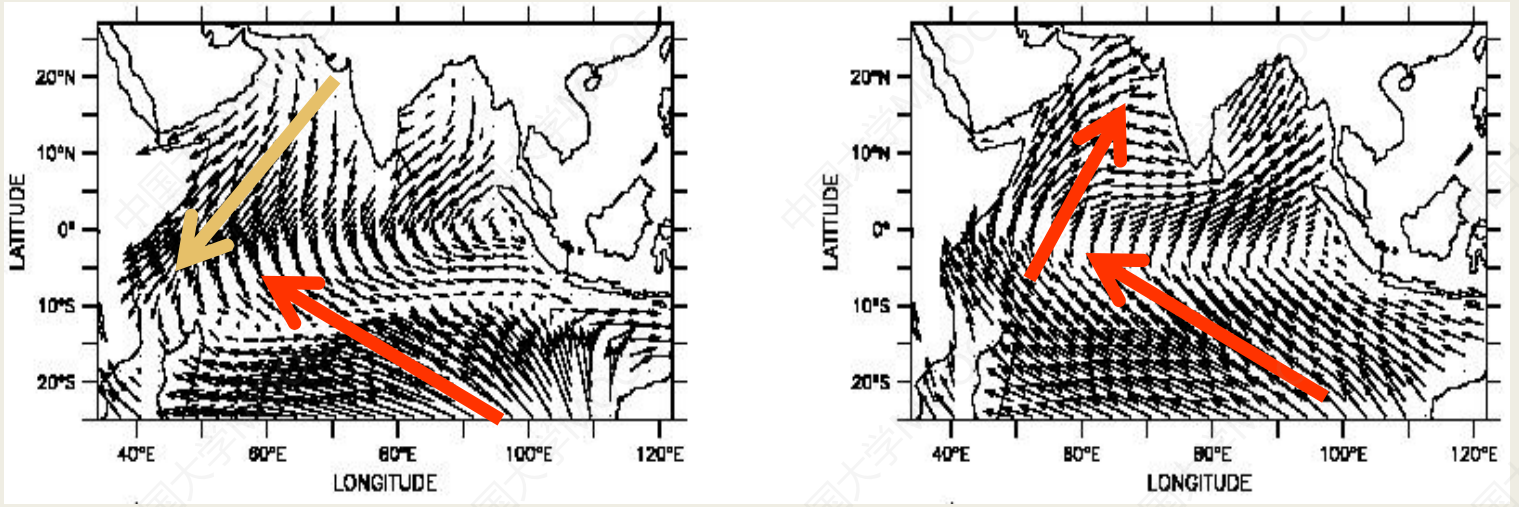
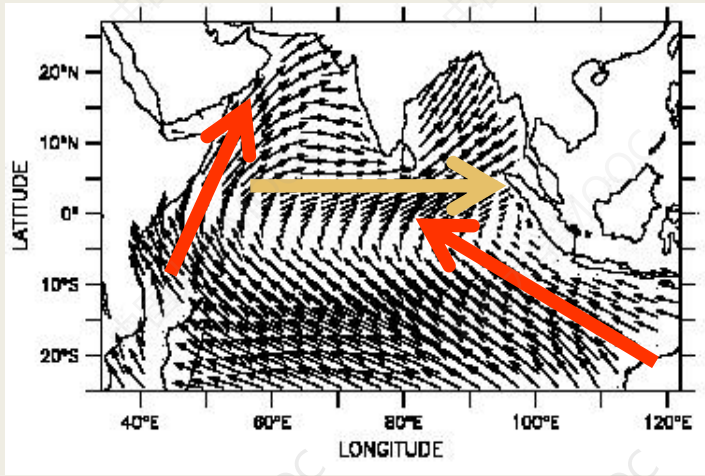
6.4 热带印度洋地区的海气相互作用

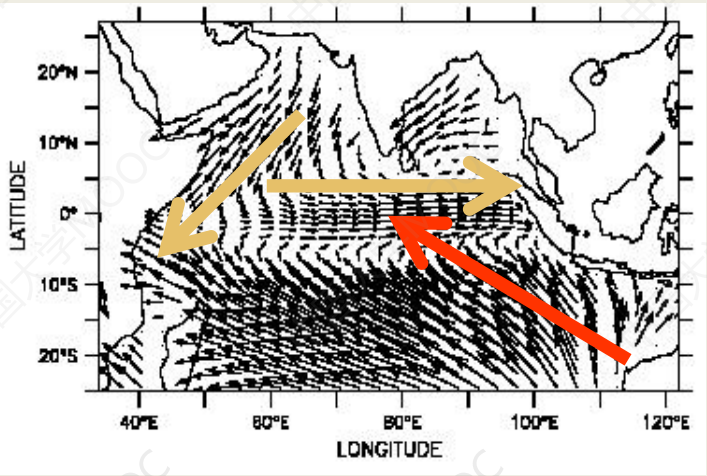
中国大学MOOC

热带印度洋海气相互作用

1. 印度洋地区风场主要特征







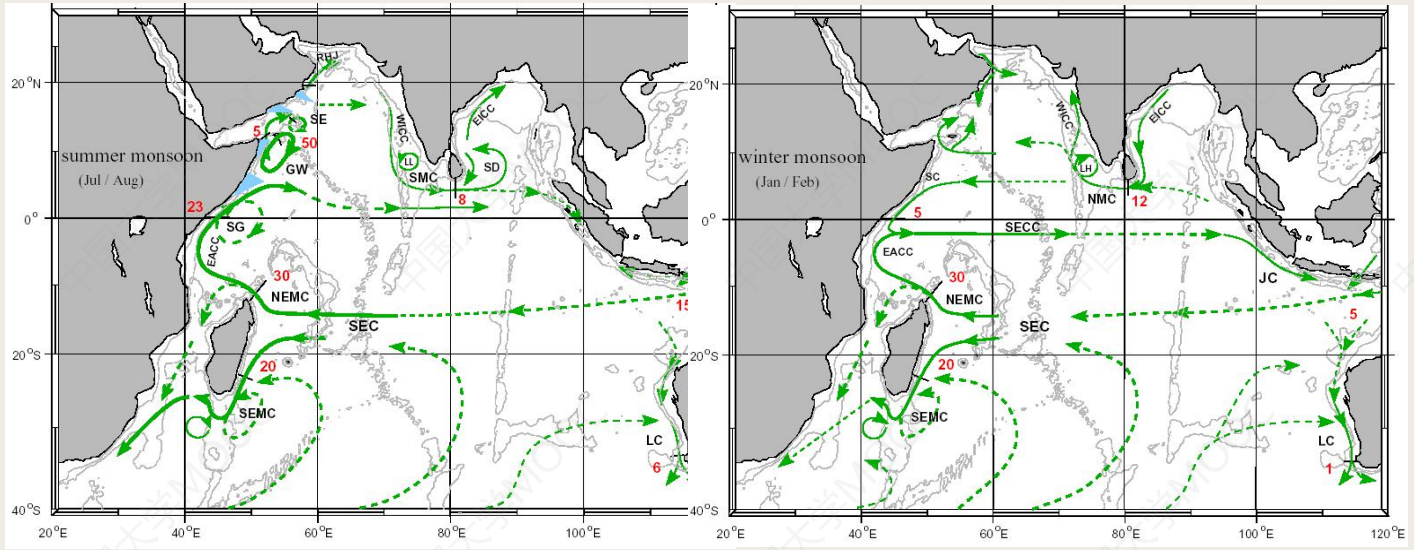
印度洋地区的风场为典型的季风风场，10°S以南，一年四季都是东南信风，在南半球冬季强度最大，伸展最靠北。在北半球冬季，阿拉伯海和孟加拉湾盛行东北风，此东北风与东南信风交汇于南半球。在夏季受西南季风影响，南半球的信风越过赤道达到南亚大陆。在春季和秋季过渡季节，赤道出现西风

2月、5月、8月和11月热带印度洋风应力的分布（根据SODA资料，单位：N/m2）

热带印度洋海气相互作用

2. 印度洋地区海流场主要特征

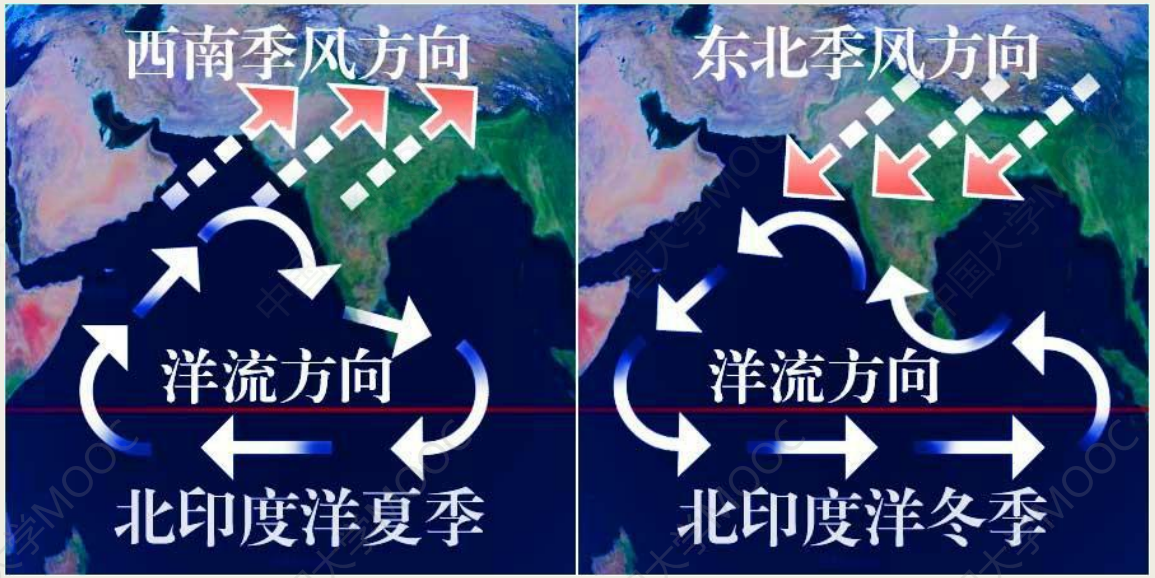
夏



冬

北半球夏冬季热带印度洋表层海流的分布情况

夏

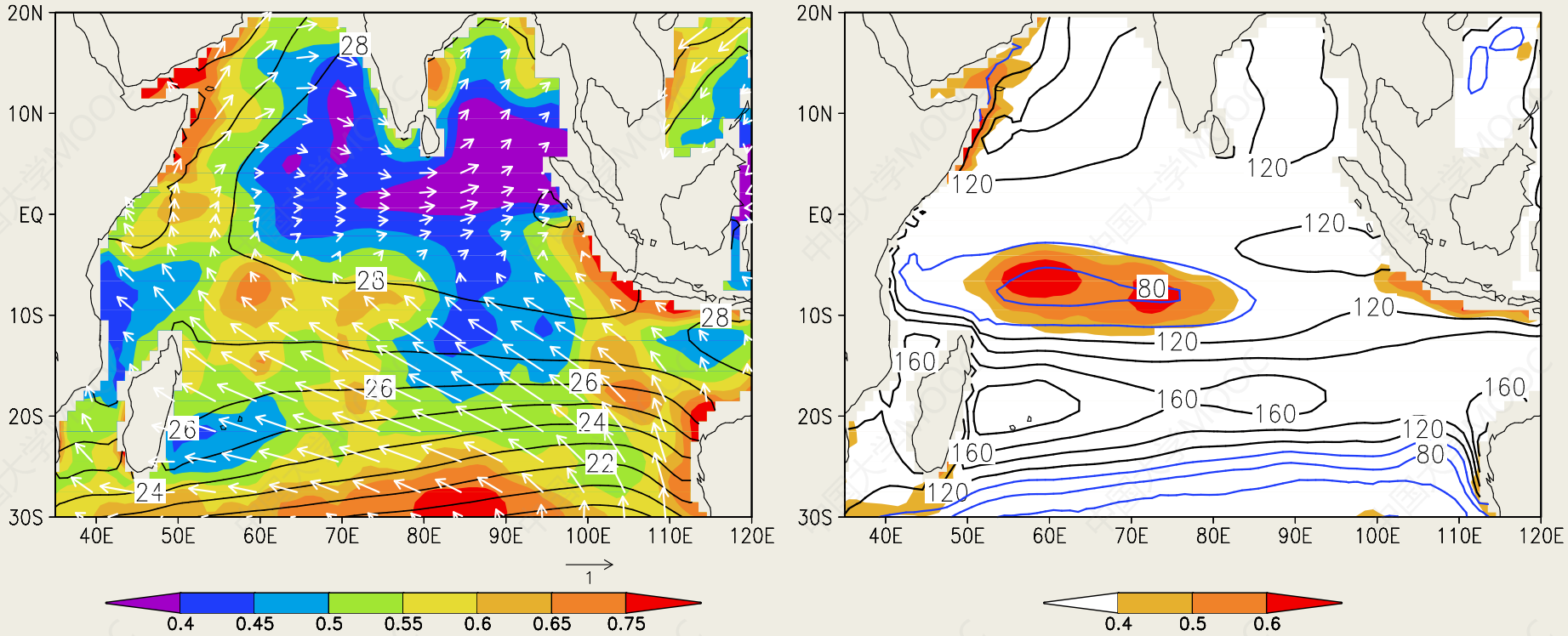


冬

北半球夏冬季热带印度洋表层海流与风场的分布情况

热带印度洋海气相互作用

3. 印度洋地区海温场主要模态



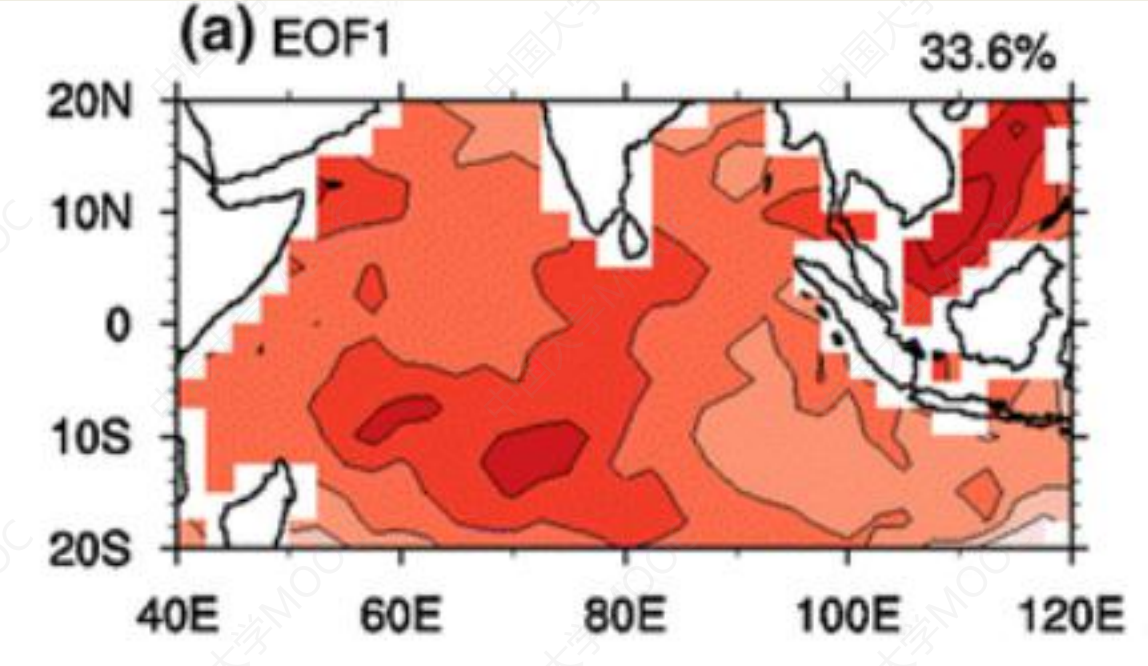
印度洋SST及其年际变化的标准方差（左图的等值线及彩色），印度洋20°C等温线的深度及与SST年际变化的相关系数（右图的等值线及彩色）。（取自Xie et al.2002）

由于赤道印度洋的年平均风场为弱西风，赤道温跃层平而深，这样的年平均气候态限制了赤道温跃层的变化对SST的影响。但研究表明，在某种异常情况的影响下，赤道东印度洋温跃层深度变浅，印度洋可以发展出类似ENSO的纬向模态，在这个过程中，海洋动力过程起了重要作用。

赤道印度洋SST的变率比赤道中、东太平洋要小得多，大约为0.5°C。

印度洋海盆一致模态（IOB）

1. 基本概念



印度洋海盆一致模态(IOB)，是印度洋海盆的一致性变化

IOB与ENSO相关

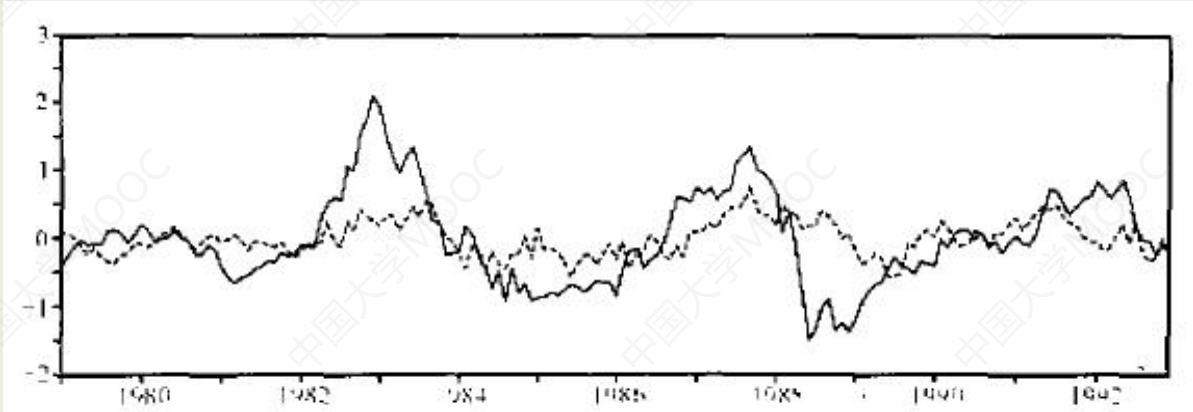
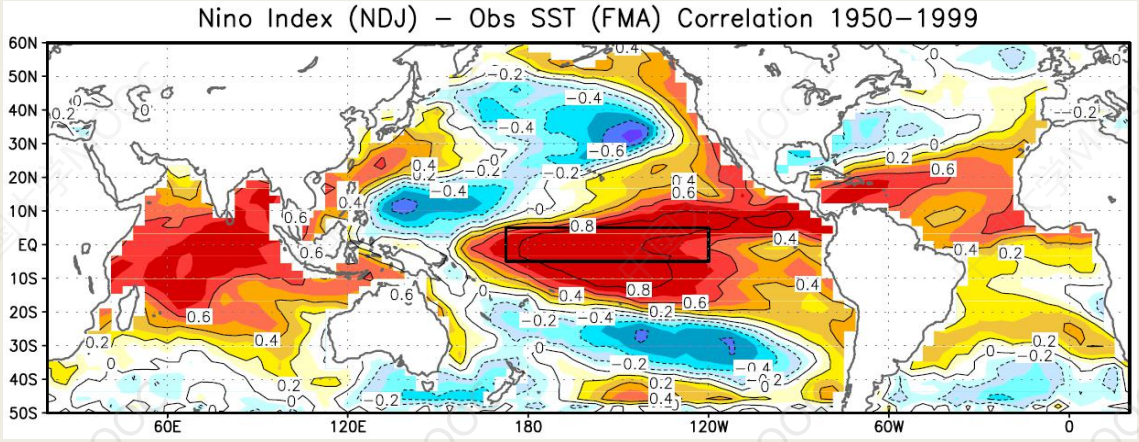


图3 1979年1月至1992年12月共168个月中赤道东太平洋海区（实线：150～90°W，10°S～10°N）和赤道中部印度洋洋区（虚线：60～90°E，10°S～10°N）SST对气候月平均离差（SSTA）的时间演变。单位为°C

观测事实显示，在El_Nino期间，伴随着赤道东太平洋表层海温的升高，热带印度洋SST出现正距平。并且这种变化滞后东太平洋约一个季度。

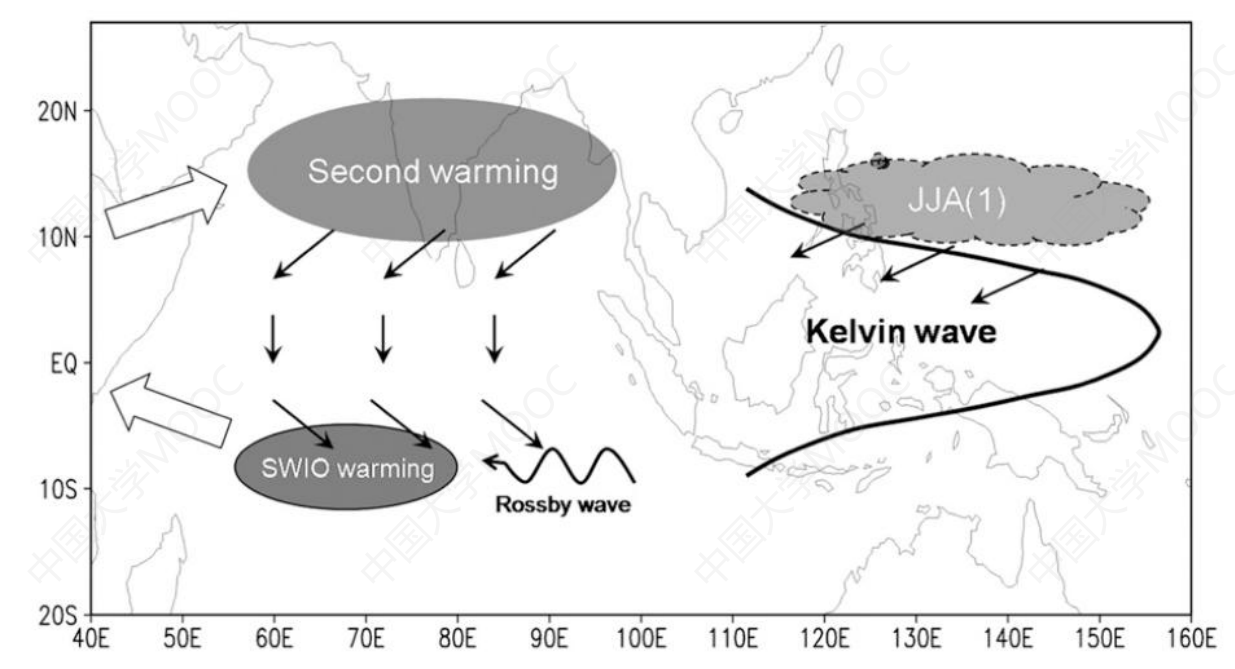


春季（2，3，4月）SST异常与冬季（11，12，1月）Nino指数（方框中的SST异常）相关系数的空间分布（Klein et al.1999）

印度洋海盆一致模态（IOB）

2. 形成机制

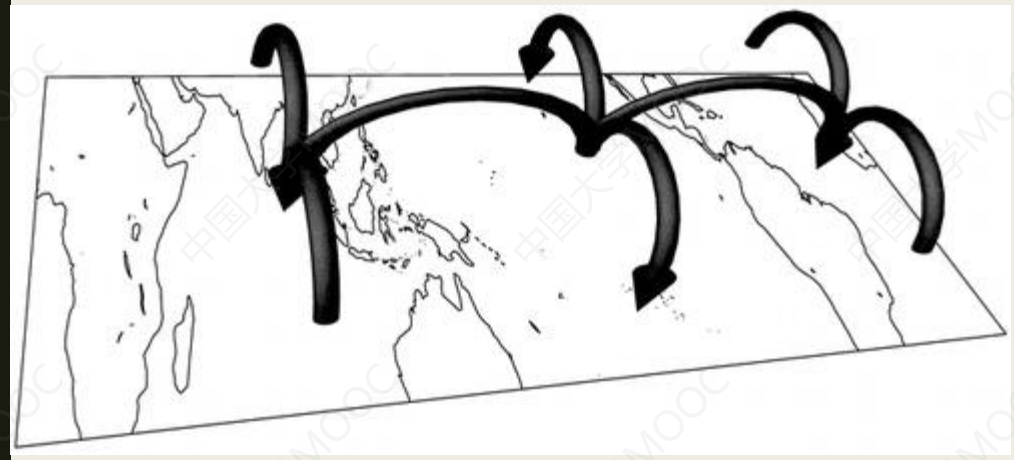
- El Nino(La Nina)达到峰值位相以后，通过大气桥使得印度洋上空云量减少（增多），太阳辐射增加（减小），从而引起印度洋SST增暖(变冷)，另外，减弱（增强）的风速通过改变潜热通量而使SST增暖（变冷）。



- 印度洋海温异常通常滞后Nino3区海温异常3-6个月,El Nino(La Nina)在第二年夏天消失后,印度洋海温仍然异常,这说明存在海洋热力或动力调整，使得印度洋对大气异常的响应滞后并保持，但是印度洋的响应过程并不明确.

印度洋海盆一致模态（IOB）

3. 影响途径



途径：1）通过影响沃克环流；2）通过东传热带Kelvin波对热带大西洋和热带印度洋大气对流层加热；3）通过热带印度洋海洋Rossby波西传。

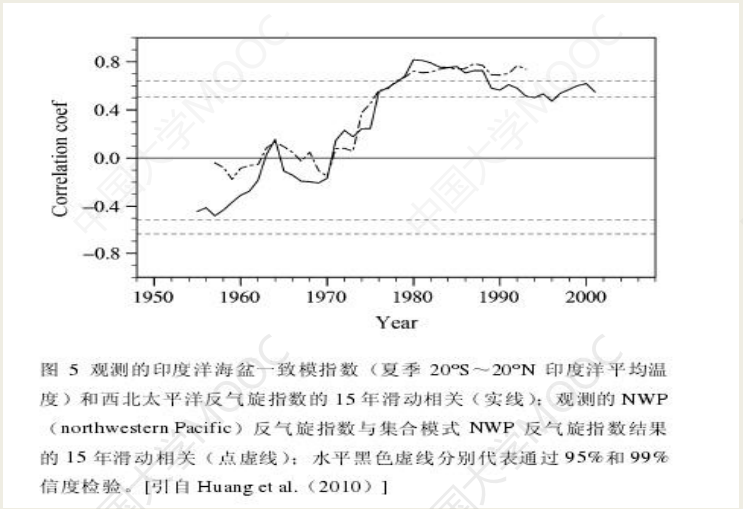
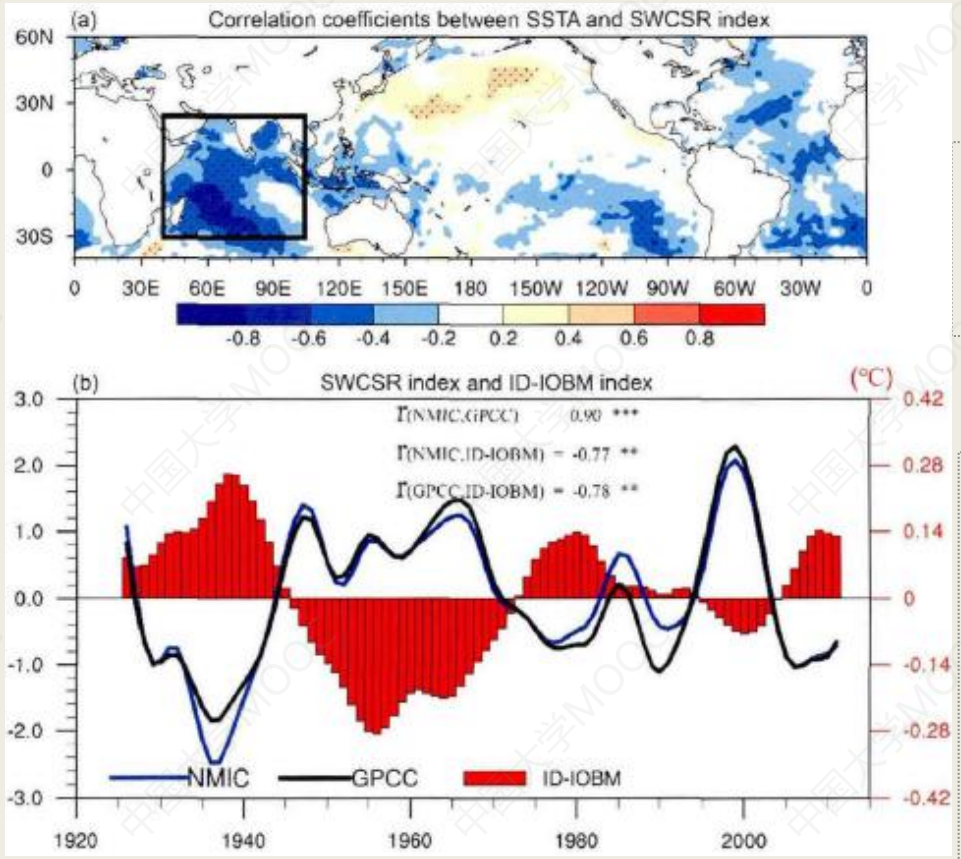


图 5 观测的印度洋海盆一致模指数（夏季 20°S～20°N 印度洋平均温度）和西北太平洋反气旋指数的 15 年滑动相关（实线）；观测的 NWP（northwestern Pacific）反气旋指数与集合模式 NWP 反气旋指数结果的 15 年滑动相关（点虚线）；水平黑色虚线分别代表通过 95%和 99%信度检验。[引自 Huang et al.（2010）]



（a）海温异常与西南夏季降水指数的异常

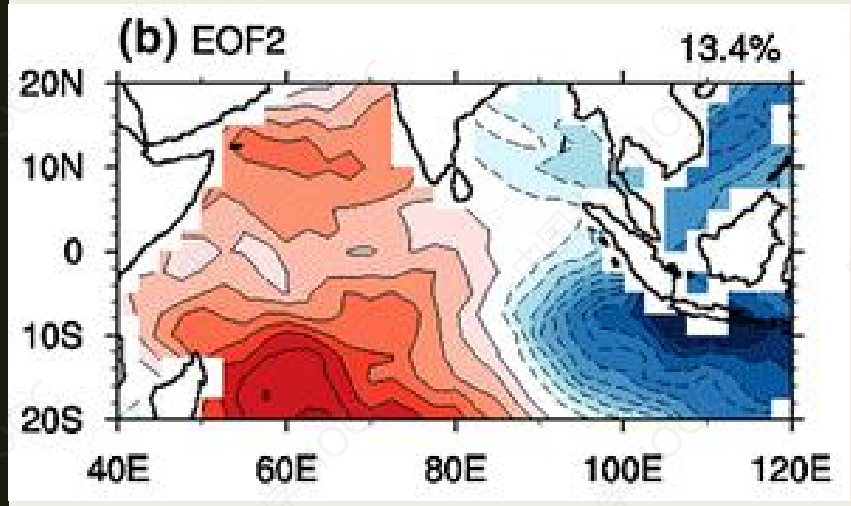
（b）西南夏季降水指数（红色柱形）与IOB指数（蓝色：NMIC，黑色实线：GPCC）的异常

西南夏季降水与IOB存在显著的年代际尺度相关：

IOB正相位，西南夏季降水偏少；IOB负相位，西南夏季降水偏多。

印度洋海盆偶极子模态（IOD）

1. 基本概念



热带印度洋SST异常进行EOF分解的第二模态，印度洋偶极子(IOD)，也被称为印度洋尼诺，是一种海洋表面温度的不规则振荡，在这种振荡中，西印度洋时而比东印度洋变暖，时而变冷。方差贡献约占总方差的12%

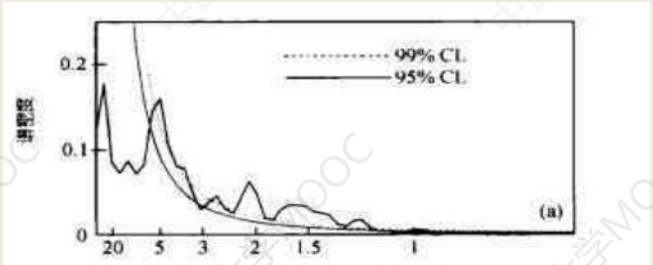
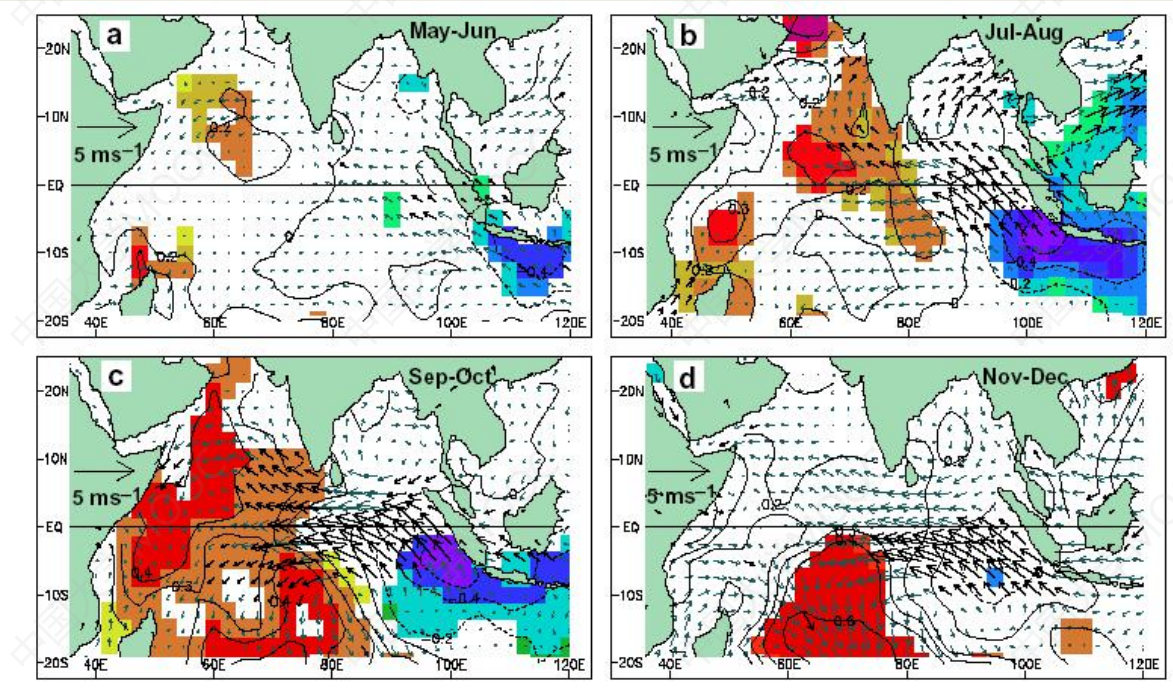


图3 赤道印度洋海温偶极子指数的时间变化功率谱[18]
细实线和虚线分别表示95%和99%信度。

年际尺度信号



六个“偶极子”事件合成，表明形成，发展和消失过程中SST和海面风异常的分布（Saji,et al. 1999）

Saji等(1999)首次指出IODM的形成主要依赖于海洋动力学过程，独立于ENSO而存在，也称为印度洋纬向模态

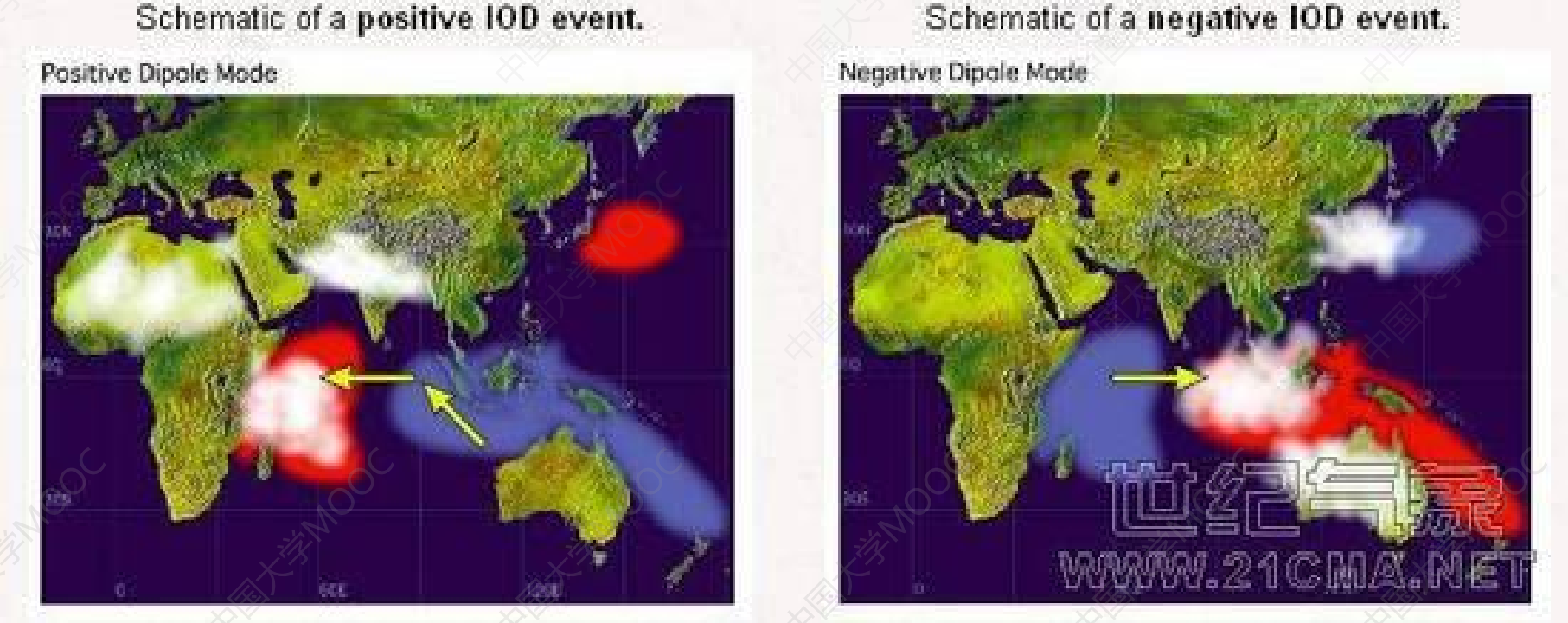
IODM不仅仅是SST异常的一个模态，在上层海洋热含量、海面高度、温跃层、OLR、SLP等中也能得到反映。

印度洋海盆偶极子模态（IOD）

1. 基本概念

IOD指数一般定义为热带西印度洋和赤道东南印度洋的平均海表温度距平之差。正IOD事件的典型特征是：印度洋东南侧近赤道的海面温度（SST）距平降低，而印度洋西侧近赤道的SST距平偏高。在这种情况下，对流活动在印度洋西侧异常活跃，在东侧则相对萎靡，导致非洲东部出现大规模降水，而印度尼西亚一带却出现干旱，甚至引发森林大火。对于我国来说，正IOD事件的发生一般伴随着南方（特别是西南地区）夏季降雨量的增多，西北地区夏季降水的减少。亦有分析指出正IOD事件将造成我国东部、日本南韩等地区干旱炎热，东南亚地区水灾洪涝。

正IOD事件和负IOD事件出现时的现象如下图所示。其中蓝色代表SST降低，红色代表SST升高，白色代表该区对流活动增强。



印度洋海盆偶极子模态（IOD）

2. 形成机制

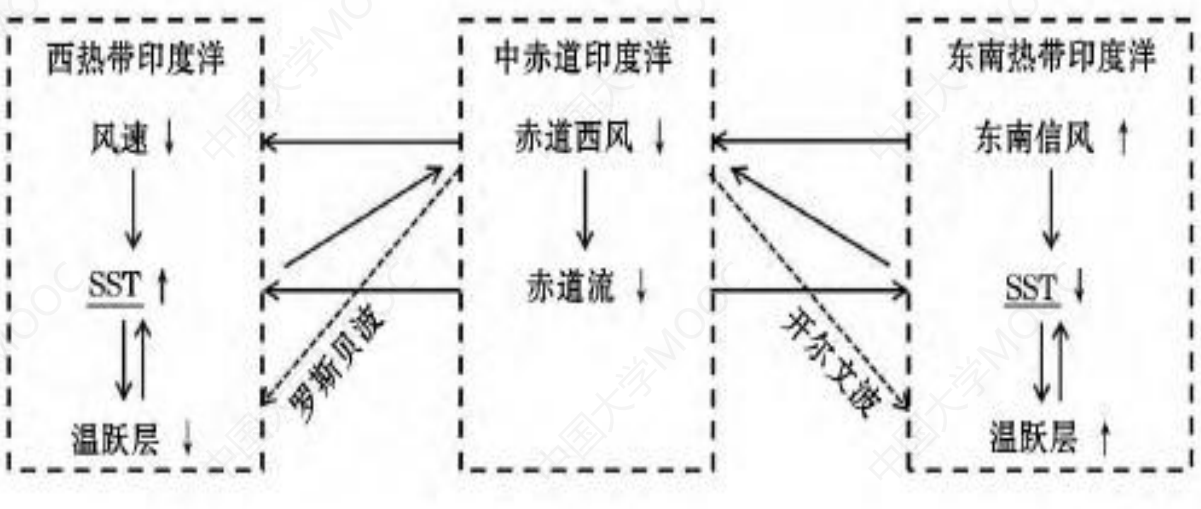


图 2　IOD 的一种可能的动力机制示意图[6]

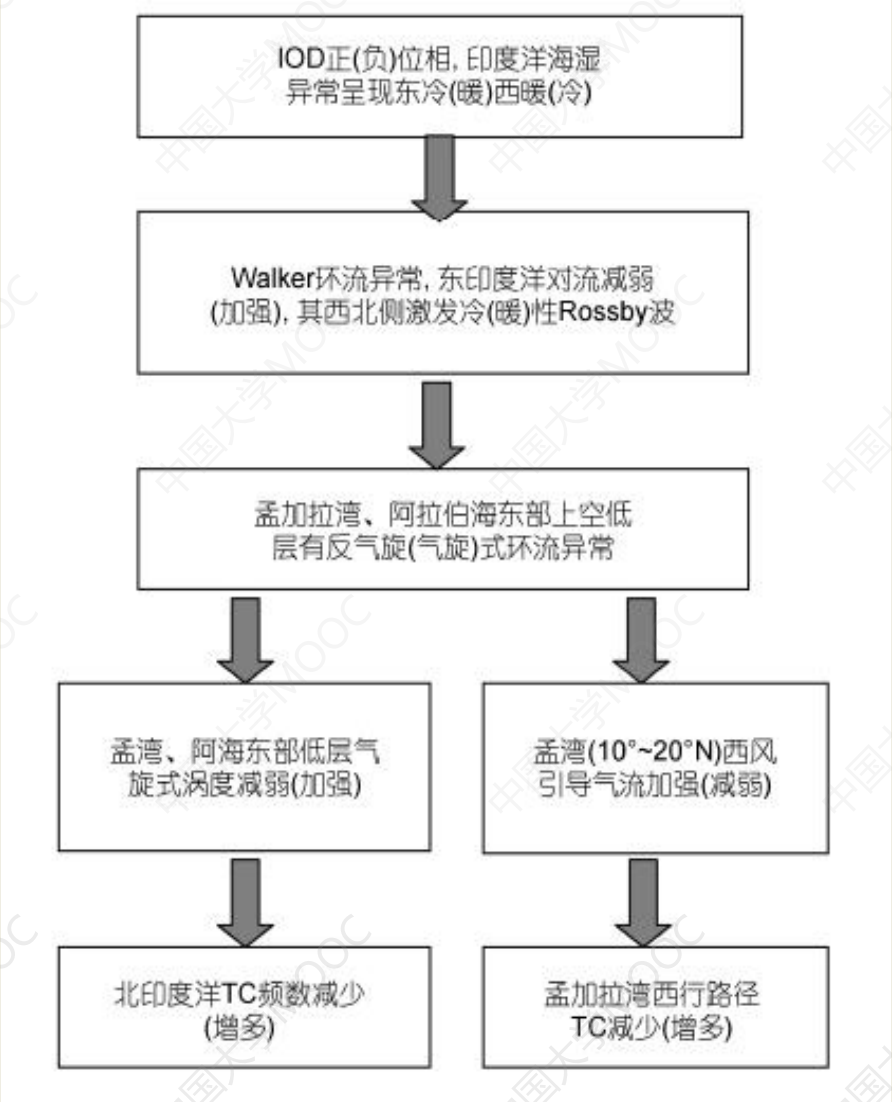
Fig. 2　Schematic diagram of a possible dynamic mechanism of IOD[6]

IOD的相位反转与次表层作用密切相关。因为海洋次表层的波动主要由区域风异常激发的行星波控制，而热带印度洋赤道风只有在IOD期间才表现显著异常，热带印度洋的次表层变率主要随IOD变化。在IOD年的夏、秋季，赤道风异常分别通过罗斯贝波和开尔文波使西印度洋温跃层加深、东印度洋温跃层变浅，其后暖的SST异常沿赤道东向传播，加深中东热带印度洋温跃层深度，次表层IOD相位反转。

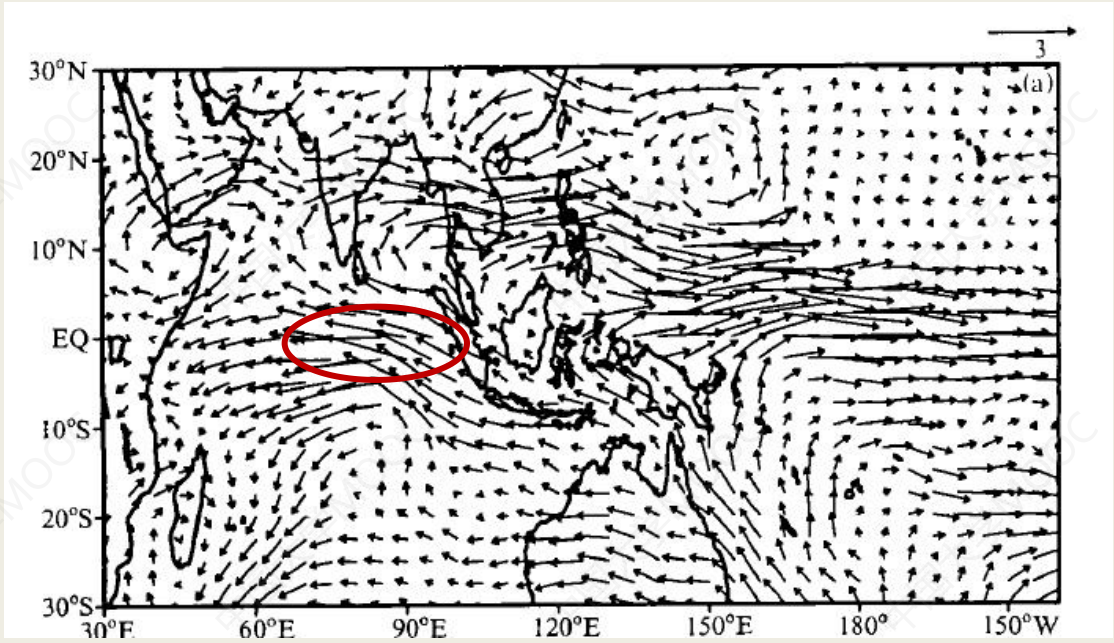
印度洋海盆偶极子模态（IOD）

3. 影响途径

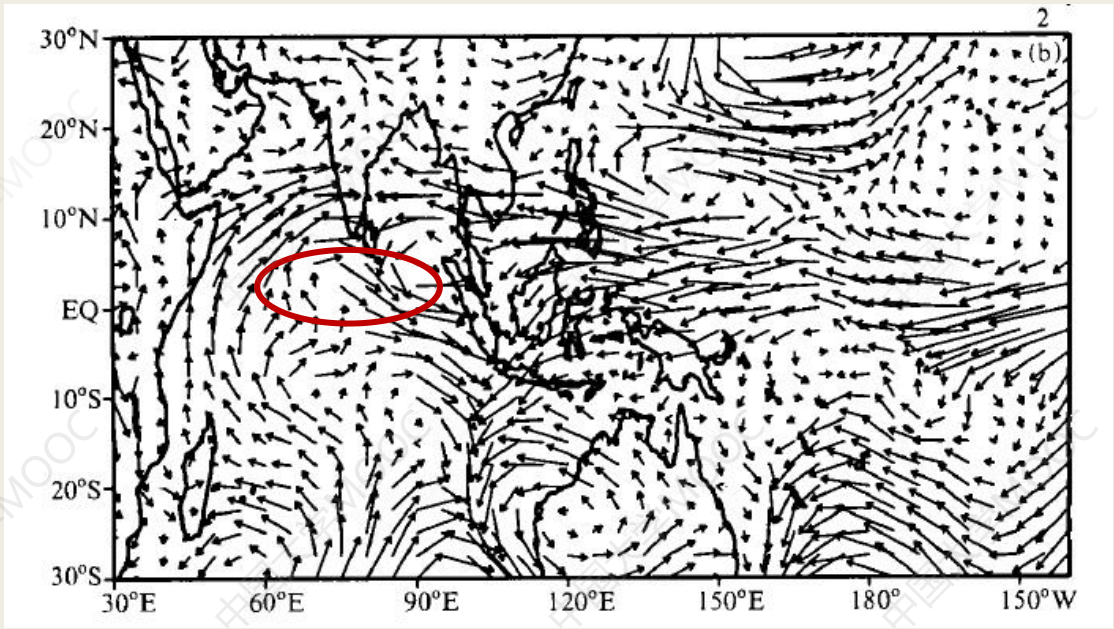
对热带气旋的影响



对南亚夏季风的影响



与赤道印度洋海温偶极子正相位相对应的亚洲南部地区夏季（6--8月）850 hPa流场形势



与赤道印度洋海温偶极子负相位相对应的亚洲南部地区夏季（6--8月）850 hPa流场形势。异常偏西风，对应较弱的印度夏季风。