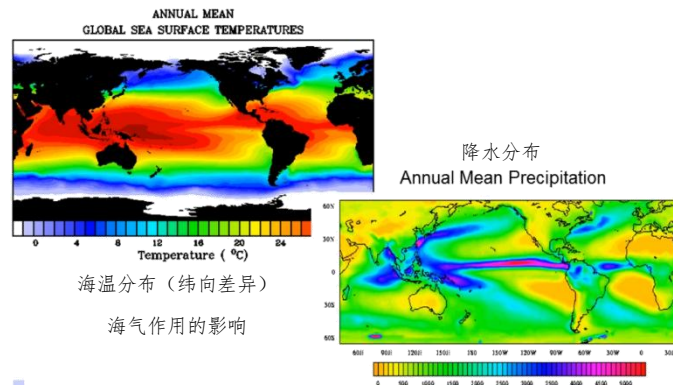


第六章 海气相互作用



6.1 海洋在气候形成和变化中的重要性

6.1.1 海气相互作用

定义 海洋与大气之间**热量、动量、物质**的交换，以及这种交换对大气、对海洋各种物理特性的影响及改变。

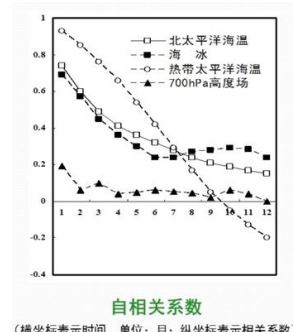
具体过程

- ① 海洋通过蒸发提供水汽，改变加热、影响大气运动
- ② 大气运动通过：切应力对海流产生影响、云-辐射效应，使海温分布发生变化，从而影响到加给大气的热量。

6.1.2 重要性

重要价值

- ① **海洋是大气的主要能量供应源**：太阳辐射绝大部分 85% 被海洋表层吸收，通过潜热和显热输送给大气、海洋环流热量的经向输送
- ② **海洋是大气水分的主要供应地**：大气中的水汽主要来自海表蒸发
- ③ **海洋对气候的调节作用**：海洋的**热惯性和动力惯性大**（海洋的记忆功能），使全球气候季节变化幅度减小，海洋气候季节滞后于陆地、**平滑大气高频变化**
- ④ **海洋对温室效应的缓解作用**：释放到大气中的 CO_2 有25%被海洋吸收，减缓了全球增暖的速率，同时导致海洋酸化。



6.2 海陆物理特性的差异

海陆面积 海洋表面积占地球总面积的 70.8%，南北半球以及各纬度海陆分布不同。

辐射特性 对太阳辐射的**反射率**，海水表面平均为 5-6%，陆面平均为 10-30%，**海面单位面积净辐射大于陆面**。海水对辐射的**透射作用**，使海水吸收、储存更多的太阳辐射。海洋可以投射到 100m，陆面不到 1mm

向上热量 **向大气热量输送**：① 全球平均**湍流感热输送陆地大于海洋** ② 全球平均**海洋蒸发是陆地的 3 倍以上**

向下热量 **向大气热量输送**：① 全球平均**湍流感热输送陆地大于海洋** ② 全球平均**海洋蒸发是陆地的 3 倍以上**

向下热量 **向下及水平热量输送**：① 海水的热容（是空气的 3100 倍）大于土壤 2-3 倍

摩擦阻力 海面平滑、粗糙度小、平均风速大于陆面

6.3 海陆分布对气候的影响

6.3.1 海陆分布对环流的影响

季风环流 海陆分布对近地层环流（季风环流）的影响：**季风环流**。夏季大陆为低压，海洋为高压，气流由海洋吹向陆地（夏季风）；冬季大陆为高压，海洋为低压，气流由陆地吹向海洋（冬季风）

高空气流 使平直气流产生了**槽脊波动**

6.3.2 海陆分布对气温的影响

影响情况

- ① **夏季海面气温低于陆地，冬季相反**
- ② 海面气温的**日较差**（日最高温和最低温）和**年较差**（月平均最高温和最低温）都小于陆面

6.3.3 海陆分布对大气水份和降水的影响

空气湿度 海面上的空气湿度大于陆地

雾 **海洋多平流雾、陆地多辐射雾**

降水 **对流雨**：陆地上主要出现在**夏季午后**，海洋上出现在**冬季夜间**。**地形雨**：出现陆地上
锋面雨与气旋雨：海洋多于陆地

6.4 海-气能量、物质及动量交换

6.4.1 海气能量交换

6.4.1.1 海-气界面能量平衡方程

方程 $R_0 = LE + H + C_0$ $R_0 = (1 - \alpha)S \downarrow + \varepsilon(F \downarrow - \sigma T^4) - I_c$

其中 R_0 海面的**净辐射通量**， LE, H 分别为海面与大气间的**潜热和感热湍流通量**， C_0 海面与下层海水及周围海水传输的热通量， I_c 透过海面向下传输的太阳辐射通量

海面 $R = LE + H + Q_s + S_t$

$R = Q \times (1 - \alpha) - F$

6.4.1.2 海面热量收支对海洋混合层温度(T)变化的影响

局地变化 $\frac{\partial T}{\partial t} = -(\vec{V} \cdot \nabla T) - w \frac{\partial T}{\partial z} + \frac{1}{\rho C_p H} (R_0 - LE - H) + S$ 其中 $-(\vec{V} \cdot \nabla T)$ 为海水水平热量输送

$-w \frac{\partial T}{\partial z}$ 为海水垂直热量输送， $\frac{1}{\rho C_p H} (R_0 - LE - H)$ 为海面热通量， S 为剩余。

6.4.1.3 海气之间的热量交换特点

- 特点**
- ① 海洋是大气的主要能源供应地，同时**潜热大于感热**
 - ② 冬季海洋向大气的能量输送大于夏季

6.4.2 海气界面的物质交换过程

交换过程 蒸发与降水、海盐交换、二氧化碳与氧气的交换。

6.4.3 海-气动量交换

6.4.3.1 风应力

概述 **大气环流向海洋输送动量**，是海洋环流和风浪的主要动力。

风应力 $\tau = \rho \overline{w'V'}$ $\tau = -\rho C_D U^2$ 风应力、科氏力及海水内摩擦力作用下，北半球表层海水流动偏向风矢量方向右侧45度，体积流偏向右侧90度。

6.4.3.2 海流及其分类

海流定义 海水沿着一定方向**有规律的较大规模的水平运动现象**称为洋流，即海流。

成因分类 **风海流**、**密度流**（密度、盐度）、**补偿流**（底层海水上翻）

温度分类 **暖流**：指海流水温比流经海区水温高的海流。**寒流**则相反。

6.4.3.3 风生环流

定义 受海面风应力作用产生的海流，分布于大洋的上层，在**温跃层以上**，影响10%水体。

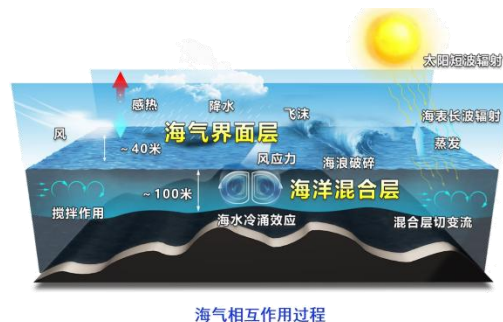
温跃层 位于海面以下几百米左右，温度和密度有巨大变化的层结。

混合层 海洋表层，在海气相互作用下，充分混合，水体性质均一，接近同温状态。

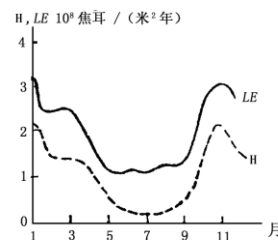
风海流分布 ① 中低纬度以**副热带海区**为中心，北(南)半球顺(逆)时针大洋环流。

② 北半球中高纬海区为逆时针大洋环流。

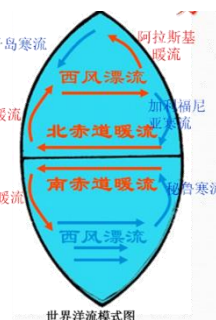
③ 40°S附近海区为环绕全球的西风漂流。



海气相互作用过程



北大西洋中纬度区域热通量H和LE强度的年变化



④ **北印度洋海区**，海洋环流为**季节性洋流**，冬季逆时针，夏季顺时针，一年两换。

四大渔场 寒暖流交汇：北海道、北海、纽芬兰渔场；上升补偿流：秘鲁渔场

6.4.3.4 热盐环流 (温盐环流)

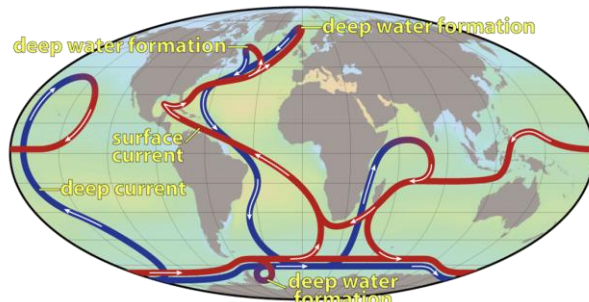
定义 由于海面受热不均、蒸发降水影响所引起(即由热通量和淡水通量的强迫作用引起)的**温度和盐度的变化**，导致**密度分布不均**所形成的热力环流系统，主要**集中在大洋的深层**，影响 90%水体。千年尺度

形成过程 表层海水**向极地流动时**，由于**蒸发和冷却在高纬度盐度(密度)**(同时极地淡水注入)**增大而下沉**，**从大洋底部流向低纬地区**形成的深层海水流动现象称为温盐环流。

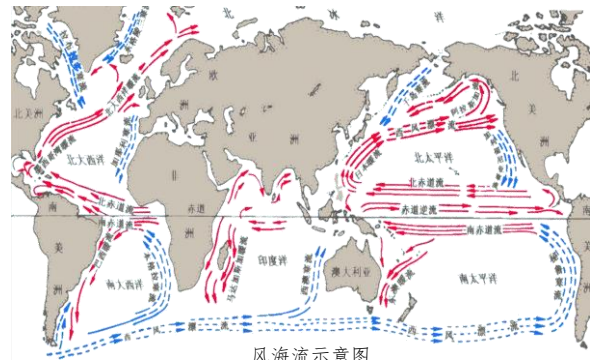
深层水团 南极地区就像是一个发动机，大西洋，太平洋以及印度洋的经向翻转流就像是发动机的页片，驱动全球温盐环流。1. 北大西洋深层水 North Atlantic Deep Water,NADW 由挪威海盆中溢出的中层水和底层水混合而成,具高盐度和贫氧等特征。印度洋和太平洋深层水团源自于 NADW。

2.南极底层水 Antarctic Bottom Water,AABW 与南极绕极环流水团混合,沿深海向北扩展(北半球受白令海峡阻隔、难以进入太平洋)

作用 热盐环流在**全球的热量经向输送**中占有重要地位，历史上**数次气温的突然下降**都与热盐环流中断有关



温盐环流示意图



风海流示意图