

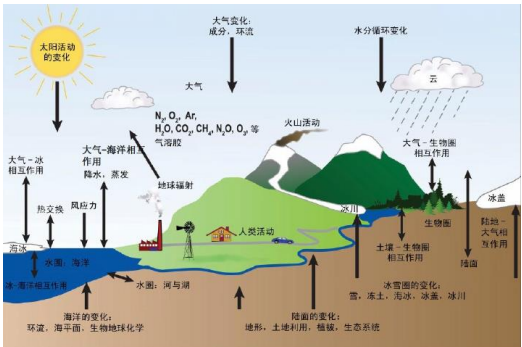
第二章 气候系统

2.1 气候系统的概念及组成

2.1.1 气候系统概念

气候系统 气候系统是大气圈、水圈、陆圈、冰雪圈和生物圈组成的受地球外宇宙（主要为太阳辐射）的强迫作用、能够决定气候形成和变化的相互作用的整体。各子系统在空间上相对独立，但同时相互接触渗透、相互影响。

- 具体解释**
- ① 气候系统是一个物理系统，由五个子系统构成，分别是**大气圈、水圈、冰冻圈、岩石圈和生物圈**。
 - ② 气候系统不是孤立系统，受地球外宇宙的强迫作用：主要为**太阳辐射的热力作用**，是地球气候形成的基础。同时这个强迫作用与地球在宇宙空间的**位置**以及地球本身的**参数**（如地球大小）有关。物质交换很少（电离层、陨石）
 - ③ 最为重要的是：五个子系统相互作用，体现为系统间**能量、动量和物质的交换**，表现为大气与其它四个子系统间的垂直方向交换。**海-气、陆-气、冰-气、生物圈-大气圈**的相互作用是气候系统各圈层间相互作用的最基本过程。



大气—（海洋—冰—陆面—生物）耦合气候系统示意图

2.1.2 气候系统组成

2.1.2.1 大气圈

概念 大气圈是包裹着固体地球的大气层，是人类赖以生存最重要的环境，是气候系统的**主体部分**，也是气候系统中**最为活跃、变化最大的部分**。

组成 主要成分有**干洁空气**(CO_2, O_3, CH_4 可变)、**水汽**、**固态和液态微粒**（气溶胶粒子）

温室效应 大气中的温室气体对太阳辐射的吸收很少，但却能**强烈地吸收地面放射辐射**，同时又向地面放射长波辐射，补偿地面因放射辐射而损阳失的能量，使地面气温升高的效应

臭氧层空洞 南极地区上空大气臭氧总含量大幅度异常下降的一种现象。

大气层臭氧春季最大，最高值在**80°**左右，赤道附近季节变化不大。由于夏季强紫外线分解。臭氧层空洞位于南极主要由于南极环境气温冷，有冷平流层云，氯原子活性强，更容易分解臭氧。1987 年：《蒙特利尔协议》 目前臭氧在逐步恢复，2050s 恢复至 1980s 水平，本世纪末空洞消失主要来源于**地表蒸发与植被蒸腾**。由于水汽正反馈存在，可使温室效应增温翻倍。

水汽 固态颗粒主要来源于工厂、地表、植物、火山灰等；液态颗粒如水滴、冰晶等。

微粒 气溶胶对太阳辐射的**散射和吸收**，使得到达地表的**太阳辐射减弱**，引起地面气温下降。

阳伞效应 **热惯性和动力惯性小**。维持原有状态的能力很小，给予强迫立刻变化。

性质 **特征时间尺** **一个月左右** $T = C_{热容量} / F_{更新一次的通量}$ **时间尺度**：完成某一种物理过程所花费时间的平均度量。即大气圈受到外部强迫，调整到近似平衡状态需要的时间在一个月左右。

由于大气热容量较小，且更新速度快，所以特征时间尺度较小。

天气系统(气旋、反气旋等)的平均生命史作为该系统的时间尺度

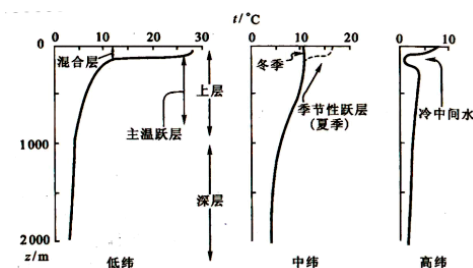
如定常 Rossby 波传播一圈的时间在 16.4 天左右。

气候上也常用其周期表示时间尺度，如 2-7 年为年际时间尺度。

流体系统取决于对外界强迫的响应，固体系统取决于自身性质的变化。

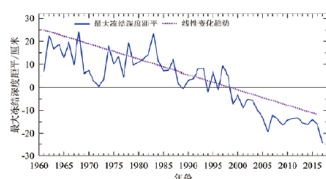
2.1.2.2 水圈

组成	海洋、河流、湖泊、地下水和地表及 大气中的一切液态水 。其 三相变化 是气候系统最重要的过程之一。
性质	反射率最小、热容量最大 、流速小， 动力、热力惯性大 。
特征时间尺	几年~几十年 (上层海洋) 世纪尺度 (深层海洋) 如 ENSO 循环(5 年左右)，温盐环流(千年尺度)
海洋结构	大洋平均温度典型垂直分布(右图) 海洋上层 平均厚度240m 的水温有季节变化，称 海洋活动层 混合层 ：风应力导致的海水混合，阳光穿透， 温度几乎一致 。 温跃层 ：温度变化最大的一层，在热带最明显。 冷中间水 ：高纬度冷海水密度增大下沉而形成
气候影响	海洋不存在对流，主要研究上层活动层 海气相互作用、对温度的调节作用(二氧化碳的汇(海洋酸化)、吸热等)、水汽源地等

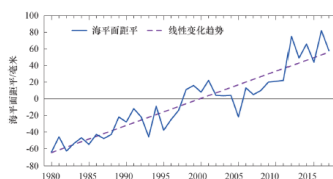


2.1.2.3 冰冻圈

组成	大陆 冰原 、高山 冰川 和 永冻层 、 海冰 和地面 雪盖 、 冰盖 。
热力性质	反射率最大
时间尺度	陆地雪盖 ： 季节~年际变化 (青藏高原年际变化，季节消退) 海冰 ： 季节~几十年际变化 (北极海冰变化) 大陆冰原、高山冰川和永冻层 ： 几百年~几百万年
气候影响	冰雪面-大气正反馈效应 (北极放大效应)、冰盖和冰川等冰雪圈冰量变化可影响海平面的升降



西藏最大冻结深度距平序列



中国大陆沿海海平面距平序列

2.1.2.4 岩石圈

组成	地球表层的固体表面，由 岩石、土壤和沉积物 组成。包括高原、平原、山地、丘陵、盆地等。
热力性质	热容量小，热惯性小 陆地上层 平均厚度10m 有季节变化，称为 陆地活动层
时间尺度	山脉形成: $10^5 - 10^8$ 年 大陆漂移: $10^6 - 10^9$ 年 陆块位置和高度变化: 10^9 年以上 岩石圈时间尺度相当大 土壤湿度 ： 季节与年际变化
气候影响	地形的动力作用、地表热力热性的差异及陆面水分循环。

	大气	海洋活动层	陆地活动层
质量比	1	10.4	0.55
热容量	1	68.5	0.45

陆地质量、热容量均最小

2.1.2.5 生物圈

组成	陆地和海洋中的 植物 ，空气、海洋和陆地生活的 动物 ，包括人类本身。
性质	反射率、粗糙度、蒸发、蒸腾、渗透、水份循环、 CO_2 平衡等各种因素随植被有区别。 主要由下垫面性质参与影响气候。
时间尺度	季节~千年
气候影响	人类活动通过改变地表特性和大气成分对气候产生影响。 植被的直接效应与生理效应(云南桉树抽取地下水蒸腾散发) 不良适应：例如在不适宜种树的区域植树造林，会对当地生态造成影响。 物质循环：生物圈与大气圈存在物质循环，主要是碳氮循环、二氧化碳循环、水循环