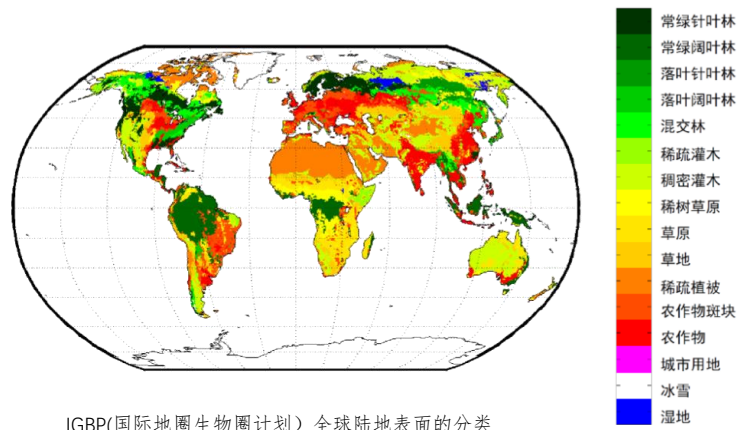


第七章 陆-气相互作用



IGBP(国际地圈生物圈计划) 全球陆地表面的分类

7.1 陆面过程

7.1.1 基本概念

7.1.1.1 陆面基本特征

基本特征 陆面非常复杂。1/4 的森林，1/4 的草地，1/4 的沙漠，1/8 的城市和农用地，其余 1/8 为其他各种不同的下垫面。这些下垫面的性质(反射率、比热等)随**季节**发生变化。

7.1.1.2 陆面过程的概念

陆面过程 发生在陆地表面的热力、动力、水文以及生物物理、生物化学等一系列复杂过程，以及陆地表面与大气的**相互作用**过程称之为陆面过程。包括**陆面物理过程**、**陆面生物化学过程**和**陆面生态过程**。

7.1.1.3 物理过程

热力过程 发生在大气、植被和土壤表面的辐射过程、土壤和植被与大气间的辐射、感热、潜热交换。

$$R_{\text{净辐射}} = Q \times (1 - \alpha) - F \quad R = LE + H + Q_s + S_t$$

动量交换 地面对风的摩擦，植被对风的阻挡 $\tau = \rho w'V'$

水文过程 降水、蒸发、植物的蒸腾、凝结、地表径流、冰雪融化等。

$$\Delta W_{\text{局地降水变化}} = P - E - f$$

物质交换 水汽、 CO_2 及其他化学气体和气溶胶的交换，大气悬浮物的沉落。

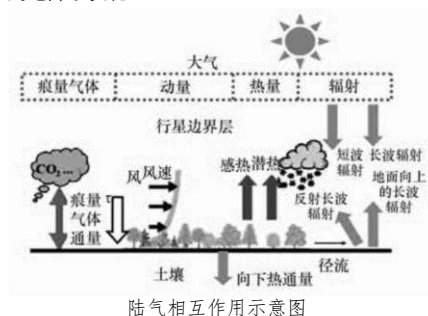
7.1.1.4 陆面生物化学过程

过程描述 碳同化、气孔传导、光合作用、碳、氮等化学元素循环等过程。

7.1.1.5 陆面生态过程

过程描述 陆地生态系统的演变及其与气候之间的相互作用过程。

例如陆面植被的季节动态交替、生态演变；年季造林等。



陆气相互作用示意图

7.1.2 陆面过程的重要性

重要意义 ① 陆面与大气存在复杂的**动量、能量、物质及辐射**的交换过程，陆面状态变化必将**改变这些过程**，进而影响大气和气候。 ② 陆面**为大气运动提供下边界** ③ 气候系统对陆面特性变化的**敏感性**（陆面与大气直接接触，城市扩张，热岛效应） ④ 大气环流、气候及其变化对陆面状态的控制作用。

描述方程

$$\frac{\partial \mathbf{v}}{\partial t} = -\mathbf{v} \cdot \nabla \mathbf{v}_{\text{平流}} - \omega \frac{\partial \mathbf{v}}{\partial p_{\text{垂直}}} + f \mathbf{k} \times \mathbf{v}_{\text{科氏力}} - \nabla \Phi + \mathbf{D}_M_{\text{摩擦力(汇)}}$$

$$\frac{\partial T}{\partial t} = -\mathbf{v} \cdot \nabla T + \omega \left(\frac{\kappa T}{p} - \frac{\partial T}{\partial p} \right) + \frac{\tilde{Q}_{\text{rad}}}{c_p} + \frac{\tilde{Q}_{\text{con}}}{c_p} + D_H_{\text{热通量(源)}}$$

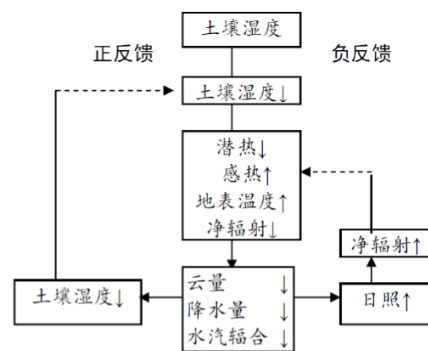
$$\frac{\partial q}{\partial t} = -\mathbf{v} \cdot \nabla q - \omega \frac{\partial q}{\partial p} + E - C + D_q_{\text{湍流水汽通量(源)}}$$

$$\frac{\partial \omega}{\partial p} = -\nabla \cdot \mathbf{v} \quad \frac{\partial \Phi}{\partial p} = -\frac{RT}{p}$$

7.1.3 陆面过程对气候的影响

7.1.3.1 土壤湿度

影响效应 ① **土壤类型、土壤水分、植被覆盖**等陆面状况的变化均会引起自身的**比热**及**反射率**产生变化。 ② 上述两个因子的变化可影响**地面净辐射**、**地表温度**以及地表与大气的**热量交换**。



土壤湿度变化的气候效应

③ 局地近地层的气候效应是确定的，高层的影响与土壤湿度变化的尺度有关。

反馈情况

降水影响

任何一种变化都有相应的正反馈和负反馈，关键在于**确定两者的相对比重**，这种比重随位置而变。土壤湿度对气候具有很强的**记忆功能**，土壤湿度异常**对局地气候状态有极大影响**，而且影响了全球范围的大气环流。湿土壤降水显著大于干土壤。

理论研究

我国学者研究指出中国东部春季土壤湿度与夏季降水之间存在物理联系。

春季从长江中下游到华北的土壤湿度偏湿，东北土壤湿度偏干[土壤]→中国大陆东部地表温度降低，减少了海陆温差→造成东亚夏季风减弱，西太平洋副热带高压发展西伸[季风]→中国夏季雨带偏南，长江流域降水偏多，华北和南方降水偏少[降水]

7.1.3.2 土壤温度

描述

土壤的热容量远大于空气，土壤的热状况及其变化会对大气的陆面下边界起重要的作用。

影响效应

土壤温度是地表热状况的直接反映，土壤温度的异常(尤其是深层土壤的温度异常)具有**很强的持续性**，可直接影响地气之间的感热通量和辐射通量等能量平衡过程，从而对气候起到反馈作用。土壤温度具有**记忆性**，前期土壤温度偏高，后期降水偏多。层次越深、滞后时间越长。

数值结果

东亚土壤温度偏高→降水偏多、地面温度偏高。

7.1.3.3 植被

总体描述

包含**影响因素很多**，十分复杂。

影响效应

对降水和辐射拦截作用、辐射的吸收、蒸散、改变土壤温度、改变动量输送(地表粗糙度)、生物通量输送。改变反射率、土壤湿度、粗糙度，影响地表辐射差额、径流、大气运动以及与大气间的水分和热量交换来影响局地和远处的气候。

影响案例

模式模拟的亚马逊地区的热带雨林砍伐引起的气候变化

发现地表温度上升、降水量减少、深层土壤温度上升、蒸发量减少

沙漠化效应

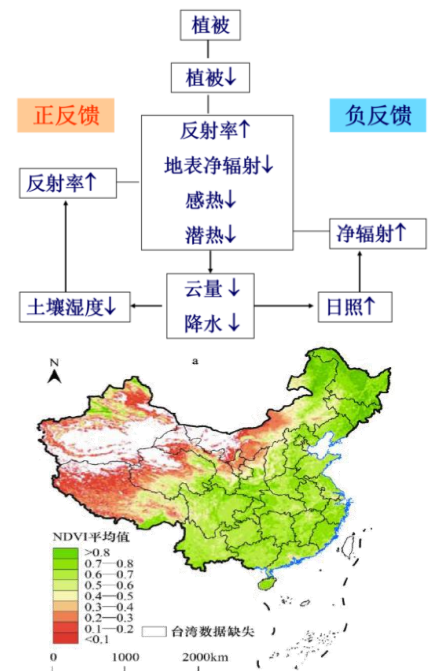
中高纬和干旱地区：地表降温、高压、下沉、降水较少

热带和季风区域：地表升温、降水减少(蒸发反馈为主，蒸腾减少)

归一化指数

归一化植被指数： $NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$

近红外光波段NIR与红光段RED的反射能显示出植物生长、生态系的活力、生产力等资讯。数值愈大表示植物愈多，生长状况好。



7.1.4 陆面过程的研究

数值试验

通过**数值方法**求解控制陆面的能量、质量、动量、水分平衡方程，计算土壤温度及湿度等陆面状态参量和径流等水文参数，同时确定地-气之间的能量通量(辐射通量、感热通量、潜热通量)、动量通量和质量通量等，在描述陆面状态变化的同时，为大气模式提供陆地部分的下边界条件。(大气模式WRF，陆面过程模式，陆-气耦合模式等)

资料分析

卫星观测、地表通量观测、铁塔观测等。资料总体较少。

7.2 地形的作用

7.2.1 动力作用

7.2.1.1 机械阻挡作用

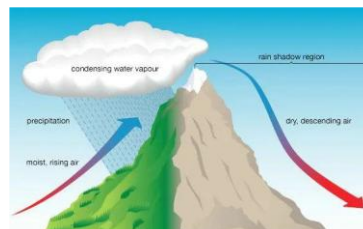
案例

青藏高原以其巨大的体积对大气环流产生显著的机械阻挡作用。

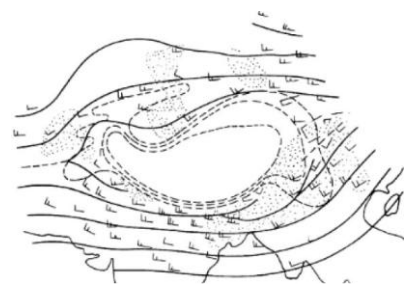
7.2.1.2 绕流分支作用

案例

青藏高原在对流层中层，对行星西风起了显著的分支绕流作用。形成南支槽、北方的槽。



机械阻挡



南支槽、北支槽

7.2.1.3 动力作用对气温、降水及环流的影响

降水影响

- ① 地形**促进降水**的形成
- ② 地形对**降水分布**的影响：改变大范围的降水分布、迎风坡降水远多于背风坡
- ③ 高大山脉是**气候的分界线**

7.2.2 热力作用

7.2.2.1 高大地形热力作用

气温影响

高原气温特点：地面辐射差额(气温)随海拔高度升高而减小(降低)，产生**垂直气候带**

高原气温**日较差大于平原**，高原气温**年较差小于平原**

环流

- ① 导致我国**对流层低层的季风厚度增厚**。
- ② 夏季青藏高原上空形成**青藏高压**（南压高压），破坏对流层中部的行星气压带和行星环流。

7.2.2.2 中小地形对气候的影响

气温

坡地方位：平均**南坡高于北坡**

地形形态：凹下地形(山谷)的**日较差、年较差大于**凸出地形(山顶) 谷地气温的垂直分布:冷湖、暖带
冷湖、暖带：盆地或谷地由于夜间辐射冷却，**冷空气堆积于盆底或谷底**，称为冷湖；冷湖之上温度相对高的区域称为暖带。

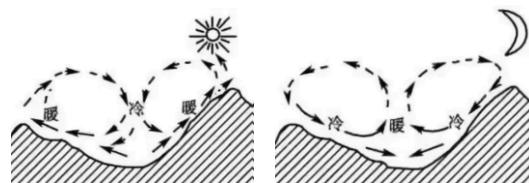
环流

山谷风 定义：当大范围水平气压场较弱时，**白天地面风从谷地吹向山坡**，**夜间地面风从山坡吹向谷地**的局地热力环流。**形成**：坡地气柱与谷地气柱的温差引起同一高度的气压差形成的局地环流。

特点：山谷风是山区经常出现的现象，午后达到最大，有明显的季节变化，**冬季山风强于谷风**，**夏季则谷风强于山风**

降水

降水日变化与山谷风有关



7.2.3 地形作用的研究

敏感性试验 改变地形高度、地貌等，观察模式输出结果。