动力气象名词解释

第一章-绪论

连续介质假设

将离散分子构成的实际流体看成由无数个上述流体质点没有空隙连续分布而构成，这就是**连续介质假设**。

第二章-描述大气运动的基本方程组

拉格朗日方法

- **拉格朗日方法**：以流体中**某一微团**为研究对象，研究其空间位置和物理属性随时间变化的规律。

欧拉方法

- **欧拉方法**：以流体中**某一固定点**为研究对象，研究不同流体微团通过它时的运动状态及物理属性变化的规律。

气压梯度力

1. 气压梯度力 (Pressure Gradient Force)：
----单位质量气块受到的大气的净压力。

地心引力

2. 地心引力（ Gravitational Force ）
----地球对单位质量空气的引力。

摩擦力

3. 摩擦力（Viscous Force ）
----单位质量气块所受到的净粘滞力。

视示力

- 在旋转系中，只有考虑坐标系的加速度才能应用牛顿运动定律。因此，需要引入按照旋转系的加速效应而假想的视示力。视示力是虚拟的力，反映了地球旋转作用对相对运动的作用和影响。

惯性离心力

定义：在作曲线运动的物体，时刻受到一个离开曲率半径向外的作用力，是物体为保持作曲线运动而产生的，即惯性离心力。

重力位势

- 定义：将单位质量物体从海平面抬到高度Z需作的功。

位势高度

当Z=1 m时，Φ=9.8焦耳/千克，定义：

1位势米= 9.8焦耳/千克

定义位势高度：

$$H=\frac{位势}{1位势米}=\frac{\int_0^z g dz}{9.8}$$

地转偏向力

- **定义：**气块相对于地球表面运动时，在旋转坐标系中呈现出的使气块方向发生偏转的一种惯性力
- 它不是一种真实力,由于坐标系的旋转导致物体没有受力却出现加速度，违反牛顿运动定律，从而引入的视示力，以使牛顿运动定律在旋转参考系中成立

位温

位温——气压为P，温度为T的干空气绝热移动到海平面时具有的温度叫位温。

$$\theta = T(\frac{P_s}{P})^{R/C_p}$$

在干绝热过程中，位温守恒。

熵： $s = C_p \ln\theta$

在干绝热过程中，熵守恒。

薄层近似

薄层近似

大气特性：90%大气位于地表数十公里的薄层中，厚度远小于地球半径 $z << a \Rightarrow r = a + z \approx a$

第三章-尺度分析与自由大气中的风场

尺度

1. 尺度概念

物理量的“尺度”是指，具有代表意义、能反映该物理量一般大小的量值，又称“特征值”。其大小是用数量级来表示的。

尺度分析法

尺度分析法：是依据表征某类运动系统的运动状态和热力状态各物理量的特征值，估计大气运动方程中各项量级大小的一种方法。根据尺度分析的结果，结合物理上考虑，略去方程中量级较小的项，便可得到简化方程，并可分析运动系统的某些基本性质。

罗斯贝数

Rossby数：代表了水平惯性力与水平科氏力的尺度之比

$$R_0=\frac{U^2/L}{f_0U}=\frac{\text{特征水平惯性力项}}{\text{特征水平科氏力项}}$$

Rossby数的大小反映了科氏力的相对重要性。

$$\begin{cases} R_0\le 10^{-1},\text{特征惯性力很小，加速度很小，可忽略} \\ \qquad\qquad \Rightarrow \text{满足准地转；} \\ R_0\ge 10^{0}, \Rightarrow \text{非地转。} \end{cases}$$

可通过Rossby数的大小判断运动的准地转性。

基别尔数

基别尔数：代表局地惯性力与水平科氏力的尺度之比

$$\varepsilon=\frac{\frac{U}{\tau}}{f_0U}=\frac{1}{f_0\tau}=\frac{\tau_e}{\tau}=\frac{\text{惯性运动特征时间}}{\text{运动特征时间}}$$

f_0是大气中惯性运动的特征频率，$1/f_0$可看做惯性运动的特征时间尺度τ_e，因此，基别尔数还可视为惯性运动的时间尺度与所研究运动的时间之比，从而反映所研究运动的快慢问题。

$$若\begin{cases}\varepsilon << 1：慢过程，准定常 \\ \varepsilon \geq 1，快过程，非定常\end{cases}$$

基别尔数的大小反映了运动变化过程的快慢程度。

准地转运动

a） 中纬度大尺度运动：

$$f_0 \sim 10^{-4} s, U \sim 10^1 m/s$$

$$L \sim 10^6 m$$

$$R_0 = \frac{U}{f_0 L} \sim 10^{-1} << 1$$

特征惯性力很小，加速度很小，可忽略

科氏力重要，不可忽略

——准地转

$$\varepsilon \frac{\partial u^*}{\partial t^*} + R_o\left(u^* \frac{\partial u^*}{\partial x^*} + v^* \frac{\partial u^*}{\partial y^*}\right) + \frac{D}{H} \frac{R_1}{R_i} w^* \frac{\partial u^*}{\partial z^*} = -R_1 \frac{1}{\rho^*} \frac{\partial p'^*}{\partial x^*} + f^* v^*$$

当ε<<1， Ro<<1， Ri>>1，准地转。

∴ 准地转平衡运动是缓慢变化(ε<<1)的，大尺度运动(Ro<<1)，同时大气层结应是高度稳定的(Ri>>1)。

里查森数

Richardson数：

$$Ri \equiv \frac{N^2 D^2}{U^2} \sim g\frac{\partial \ln\theta}{\partial z} / (\frac{\partial V}{\partial z})^2$$

Richardson数是与大气层结稳定度和风的垂直切变有关的动力学参数。

大尺度运动，Ri >>1，大气层结高度稳定。

静力平衡条件

$\lambda \equiv \dfrac{D}{H}$ 无量纲厚度参数

$\delta \equiv \dfrac{D}{L}$ 垂直-水平比参数

$if\ \lambda \ll 1, D \ll H$, 运动系统是浅薄系统；

$if\ \lambda \geq 1$, 运动系统是深厚系统。

类似推导可得：**静力平衡近似的充分条件是λ=1，δ<<1。**

f 平面近似

若令L代表运动的径向水平尺度，则前两项之比为：

$$\frac{\beta y}{f_0} \sim \frac{\cos\varphi_0 L}{\sin\varphi_0 a}$$

1）在中纬度地区，若运动的经向水平尺度远小于地球半径时 $L<<a$，可以取 $f\approx f_0$，称为 f 平面近似。

β 平面近似

2）高一级的近似，为 β 平面近似，其主要内容是：

- 当 f 处于系数地位不被微商时，取：$f\approx f_0$ 为常数；
- 当 f 处于对 y 求导时，取 β 为常数。 $\dfrac{\partial f}{\partial y}=\beta$

即：

$$f\approx f_0+\beta y$$

其中：$f_0=2\Omega\sin\varphi_0$，$\beta=\dfrac{2\Omega\cos\varphi_0}{a}=\left.\dfrac{df}{dy}\right|_{\phi_0}$，

二者为常数。

β平面近似部分考虑地球球面性，是近似地将f表示成y的线性函数，而使大气运动方程组得到简化的近似方法。

赤道 β 平面近似

特别地，赤道附近，取赤道为中心纬度，则 ：

$$\varphi_0=0, f_0=0$$

$$\Rightarrow f\approx\beta y$$ 赤道β平面近似

自由大气

- 自由大气：距离地球表面1-2km以上的大气层，是大气的主体部分。在此层，摩擦力比起其他力来说，可以忽略不计。

地转风

1. 地转平衡与地转风

运动方程零级近似：

$$\boxed{\begin{aligned}0&=-\frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial x}+fv\\0&=-\frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial y}-fu\end{aligned}}\Rightarrow\boxed{\begin{cases}u=-\dfrac{1}{f\rho}\dfrac{\partial p}{\partial y}\\v=\dfrac{1}{f\rho}\dfrac{\partial p}{\partial x}\end{cases}}$$

自由大气中，水平气压梯度力和水平地转偏向力的平衡称为地转平衡，在此作用下的水平直线运动称为地转风。

$$0=-\frac{1}{\rho}\nabla_h p-f\vec{k}\wedge\vec{V_g}\Rightarrow\boxed{\vec{V}_g=\frac{1}{f\rho}\vec{k}\times\nabla_h P}\ \boxed{\vec{V}_g=\frac{1}{f}\vec{k}\times\nabla\Phi}$$

平衡流场

--气流方向无外力分量的定常水平流场。

$$\frac{dV}{dt} = -\frac{1}{\rho}\frac{\partial P}{\partial s} = 0$$

$$\frac{V^2}{R} + fV = -\frac{1}{\rho}\frac{\partial P}{\partial n} = -\frac{\partial \Phi}{\partial n}$$

- 平衡流场中，等压线即为流线，微团是等速率运动。
- 在气流的法线方向上：**水平气压梯度力，水平地转偏向力，惯性离心力三力平衡**。

惯性运动

1）<u>**惯性运动**</u>：当气压水平分布均匀时，水平**地转偏向力与惯性离心力平衡的大气运动流场**。

$$\frac{V_i^2}{R} + fV_i = 0$$

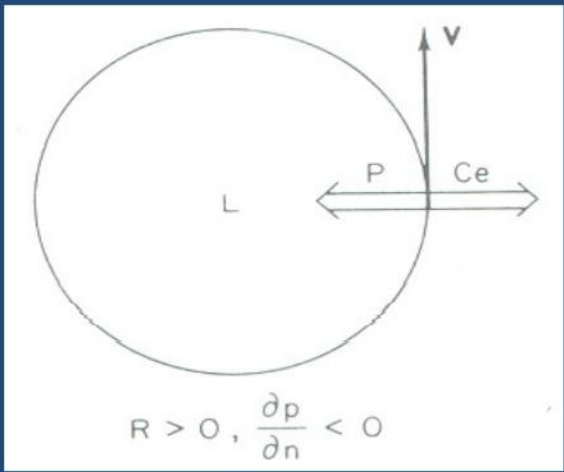
$$\Rightarrow R = -\frac{V_i}{f}$$

- 若V为常值，忽略f随纬度变化，则R为常值。微团运动轨迹为一个以R为半径的圆（惯性圆）。
- 在北半球，f>0，则R<0（曲率中心在$\hat{n}$负向），运动是反气旋式。
- **惯性振荡的周期**：$\left|\frac{2\pi R}{V_i}\right| = \frac{2\pi}{|f|} = \frac{2\pi}{2\Omega|\sin\varphi|} = \frac{2\pi}{2\frac{2\pi}{1day}|\sin\varphi|} = \frac{0.5}{|\sin\varphi|}day$

旋衡运动

2）**旋衡运动**：在小尺度运动中，水平气压梯度力与惯性离心力相平衡的大气运动流场。科氏力相对于水平气压梯度力可以忽略。

$$\frac{V^2}{R} = -\frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial n} \rightarrow V_c = \left(-\frac{R}{\rho}\frac{\partial p}{\partial n}\right)^{1/2}$$



Rossby数充分大时，可取旋衡近似。

科氏力比惯性离心力小，水平气压梯度力与惯性离心力相平衡。

例如：　龙卷　$Ro = \frac{V}{fR} \approx 10^3$　科氏力小，可以忽略

注意：这不意味着科氏力对龙卷不起作用，只是在成熟阶段科氏力才远小于惯性离心力。

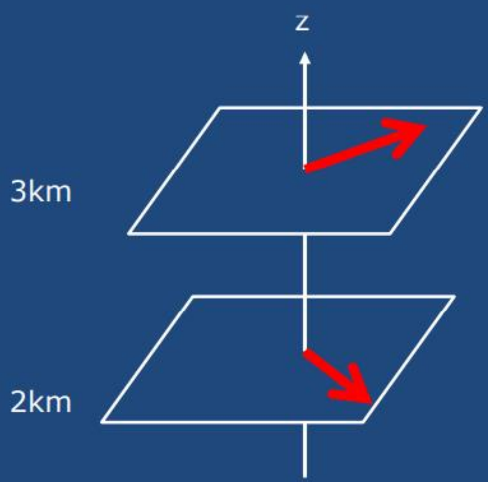
梯度风

3）梯度风

不考虑摩擦力时，**水平气压梯度力，水平地转偏向力和惯性离心力三力平衡**时的风称为梯度风。气压梯度力与地转偏向力不平衡时沿弯曲等压线的运动。

$$-\frac{V_f^{\,2}}{R} - fV_f - \frac{1}{\rho}\frac{\partial P}{\partial n} = 0$$ ——梯度风方程

热成风



热成风：地转风随高度的变化。

热成风是什么风，是不是和温度有关？

地转风随高度变化的原因？

热成风 ——定义为垂直方向上两个等压面上地转风的矢量差。（由热力作用引起）

$$\vec{V}_T = \vec{V}_{g2} - \vec{V}_{g1}$$

正压大气

- 正压大气：
  - 密度的空间分布只依赖于气压，即 $\rho=\rho(p)$，这种大气状态称作正压大气。正压大气中等压面、等密度面和等温面重合在一起。

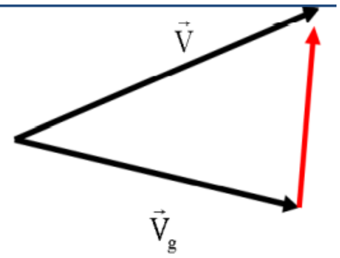
斜压大气

- 斜压大气：
  - 密度的空间分布不仅依赖于气压而且依赖于温度，即 $\rho=\rho(p, T)$，这种状态称作斜压大气。斜压大气中等压面与等密度面、等温面是交割的。

用力管项（斜压矢量）$-\nabla\alpha\times\nabla P$ 来表征。

地转偏差

地转偏差--实际风与地转风的矢量差。 $\vec{V}'=\vec{V}-\vec{V}_g$



$$\boxed{\begin{aligned}&\frac{d\vec{V}_h}{dt}=-\frac{1}{\rho}\nabla_h P-f\vec{k}\times\vec{V}_h=f\vec{k}\times\vec{V}_g-f\vec{k}\times\vec{V}_h=-f\vec{k}\times\vec{V}'\\&\Rightarrow\vec{V}'=\frac{1}{f}\vec{k}\times\frac{d\vec{V}_h}{dt}\end{aligned}}$$

地转偏差和水平加速度方向垂直，在北半球指向水平加速度的左侧。

第四章-大气涡旋动力学

环流

1. 环流的定义

任取一有向、闭合物质环线 $\vec{L}$

定义环流为速度在此曲线上的切向分量的线积分。

力管项

$$\left.\frac{d_a C_a}{dt}\right|_3 = -\iint_A \nabla_3\alpha\times\nabla_3 p\cdot\vec{n}dA \quad \text{力管项}$$

积分环线S所包围的力管数目

力管项的大小：单位面积上力管数决定，

$|-\nabla_3\alpha\times\nabla_3 p|=|\nabla_3\alpha|\cdot|\nabla_3 p|\cdot\sin\gamma$，$\gamma$为等p面与等$\alpha$面的交角

正压大气中等p面与等α面重合，力管项为0；斜压大气中$|\nabla_3\alpha|$、$|\nabla_3 p|$越大，等p面与等α面的交角越接近于90度，即：斜压性越强，力管项越大。

力管项的方向$-\nabla p$到$-\nabla\alpha$的旋转方向，若为逆时针，则由力管项引起的环流变化为正，否则为负。

开尔文环流定理

开尔文环流定理：

正压大气，力管项等于0，不考虑摩擦力时，绝对环流守恒。

相对环流定理

相对环流定理

$C_a = C + C_e$　绝对环流等于相对环流与牵连环流之和

涡度

1. “涡度”—速度的旋度。

2. 环流和涡度的关系

$$C = \oint \vec{V} \cdot \delta \vec{r} = \iint \nabla \times \vec{V} \cdot \delta \vec{A} = \iint \vec{n} \cdot \nabla \times \vec{V} \delta \sigma$$

$$\lim_{\delta\sigma \to 0} \frac{\delta C}{\delta \sigma} = (\nabla \times \vec{V})_{\vec{n}} = \zeta$$

所以，涡度在$\vec{n}$方向的分量就等于单位面积上的环流。

可认为涡度是对流体转动的微观度量。

β 效应

β效应定义：

由于科氏参数随纬度变化，当气块作南北运动时，牵连涡度发生变化；为了保持绝对涡度守恒，这时相对涡度会发生相应的变化（系统发生变化），这种效应称为β效应。

位涡

1．位涡：

综合动力作用和热力作用的物理量，与 ρ、ζ、θ 有关。

$$\frac{1}{\rho}\vec{\zeta}_a \cdot \nabla \ln\theta$$ 称为位涡

位涡

——绝热无摩擦的旋转流体在运动过程中存在的一个动力学量与热力学量结合的守恒量，其本质为绝对涡度与涡旋有效厚度比值的一个度量。