

類 科：氣象

科 目：大氣動力學

考試時間：2 小時

座號：_____

※注意：(一)禁止使用電子計算器。

(二)不必抄題，作答時請將試題題號及答案依照順序寫在試卷上，於本試題上作答者，不予計分。

一、目前全球氣象模式的水平動量方程式在高度座標 z 可表示為

$$\frac{D\mathbf{V}}{Dt} + f\mathbf{k} \times \mathbf{V} = -\frac{1}{\rho} \nabla p + \mathbf{F}_r$$

其中 $\mathbf{V}(x, y, z, t)$ 為水平風速向量， $\rho(x, y, z, t)$ 為密度， $p(x, y, z, t)$ 為氣壓， $\mathbf{F}_r$ 為亂流摩擦混合項常表為 $K_m \frac{\partial^2 \mathbf{V}}{\partial z^2}$ (K_m 為渦流的動量傳送係數)。試將此方程式（每一項）轉換至 σ 座標，

$$\sigma = \frac{p - p_t}{p_s(x, y) - p_t} \quad (p_t \text{ 為模式頂之氣壓設為常數， } p_s \text{ 為地表氣壓})。 (15 \text{ 分})$$

二、(一)氣塊上升（下降）會產生絕熱冷卻（增溫），試以熱力學第一定律說明之。(10 分)

(二)說明飽和濕空氣塊上升會保守其相當位溫 (equivalent potential temperature)，由此說明為何飽和濕空氣塊上升時降溫率會小於乾空氣的絕熱降溫率。(10 分)

三、恆定的 (steady) 強烈颱風大致呈梯度風平衡 (gradient-wind balance)，但常在最大暴風處的邊界層頂附近出現超梯度風 (super-gradient wind)，試利用動量方程式解釋之。(10 分)

四、何謂 Ertel 位渦 (Ertel potential vorticity)？在何種情況下空氣塊須保守此位渦？請說明位渦如何受到物理過程的作用而改變（生成或消滅），試以副熱帶氣旋為例。(15 分)

五、試以小擾動的正壓渦度方程，決定羅士比波 (Rossby waves) 的頻散關係 (dispersion relationship)，並說明在均勻緯向西風下，對此固定不動的波（相對於地面），其群速向東傳（造成下游擾動）。(15 分)

六、由尺度分析說明半地轉理論 (semi-geostrophic theory) 與準地轉理論 (quasi-geostrophic theory) 在動量方程式有何主要差異，並試利用半地轉模式來解釋跨鋒面環流 (cross-frontal circulation) 之形成以及其中科氏力之作用。(15 分)

七、繪出 Lorenz 的四格能量圖 (four-box energy diagram) (以北半球為例)，解釋準地轉緯向平均氣流與渦流二者之動能及可用位能之收支，其中有兩種能量不能直接轉換，請說明。(10 分)