第四章　　大气中的涡旋运动

17、在等θ 面上取一闭合物质链，试利用环流定理推出 Ertel 位涡方程（提示：以此物质链为底面，作一流体柱，将$\vec{h}$用$\nabla\theta$表示，并把质量守恒定律应用于此柱。)。

18、 虑南北铅直平面上的闭合回路 ABCDA（见图），AD，BC 为二等压线，近于与地面平行，长为Δy，AB 和 CD 为二垂直线，长为Δz，且各具有平均温度$T_m^{(1)}$和$T_m^{(2)}$，又设回路上下界西风风速分别为u_2和u_1，试求回路上环流保持不变时，$u_2 - u_1$与平均温度$T_m^{(1)}$，$T_m^{(2)}$的关系，并求$\nabla y \to 0, \Delta z \to 0$时，风速的垂直切变与南北温度梯度的关系。

19、在$\varphi = 30^0$ N 有一圆柱形气柱，其半径$r_0 = 10^5$米，如果空气开始时是静止的，求当气柱膨胀使半径达到$r = 2 \times 10^5$米时，要维持绝对环流守恒，其周界的平均线速度。

20、 坐标系中涡度和散度分别定义为

$$\varsigma_p = \left(\frac{\partial v}{\partial x} - \frac{\partial u}{\partial y}\right)_p$$

$$D_p = \left(\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y}\right)_p,$$

试求出它们分别与 z 坐标系的涡度和散度间的关系。再推导出 P 坐标系中的涡度方程和散度方程，并与 z 坐标系的相应方程作一比较。