

“大气中的耗散结构与对流运动”一文商榷

赵佩章 符长锋

(平原大学, 新乡, 453003) (河南省气象研究所)

《大气科学》1992年第1期发表了钱维宏同志的文章“大气中的耗散结构与对流运动”(下称钱文), 我们认为有值得商榷的地方, 现提出来与学者们讨论。

1. 钱文说:“作者认为, 在现有的应用中至少存在两方面的问题. 首先, 文[1]或[2]的熵平衡方程是在非平衡线性区内导出的.”这是一个误解. 所谓熵平衡方程是熵变化的等式, 是说一个系统的熵增加率, 等于在单位时间外界进入系统内的熵(熵流), 和系统中的不可逆过程所产生的熵(熵产生)的和. 它对于任何情况都适用. 熵平衡方程不是像钱文所理解的: 系统的熵变化率等于零, 即系统的熵产生等于负熵流. 如钱文对(17)式的讨论:“……而此时 $w=0$, 熵不平衡, 有 $\rho ds/dt < 0$ ”等等那样. 钱文误认为“熵平衡方程是在非平衡线性区内导出的”, 大概是因为“Gibbs关系式”为

$$TdS = dU + PdV - \sum_{k=1}^n \mu_k dC_k,$$

在局域平衡假定下, 并利用热力学第一定律等式后, 便可得到如下熵平衡方程”. 他认为局域平衡只在线性区成立, 一到非线性区, 则局域平衡破坏(这样, 就不成非线性区, 而为非线性点了). 这是一种误解, 微分方程对于线性曲线和非线性曲线都可以用, 对于再快的状态变化, 在某一瞬间系统中的某一点总有确定的状态参量(这是微分学的基本观点), 熵平衡方程总是适用的.

2. 钱文在推导“大气系统中的熵平衡方程”时“利用湿空气的总位能守恒方程

$$P/\rho + c_p T + gz + v^2/2 + Lq_s = \text{常数}, \quad (6)$$

得

$$\sum_{\beta=1}^3 \frac{\partial}{\partial x_\beta} \left(\frac{P}{\rho} \right) = - \sum_{\beta=1}^3 \frac{\partial}{\partial x_\beta} (c_p T + gz + v^2/2 + Lq_s). \quad (7)''$$

这是一个严重错误, 姑不问总能量守恒方程是否正确, 它表示的是一个质点能量转化和守恒的公式. 例如一气块(质点)潜热能的释放转化为显热能 $c_p T$ 和动能 $v^2/2$ 等. 决不是说大气的压强就等于这些能量的负值加一常数, 如钱文用到的

$$P = -\rho c_p T - \rho gz - \rho v^2/2 - \rho Lq_s + \text{常数}.$$

如果讨论不同质点的气压, 则式中常数为质点的函数 $c(x, y, z)$, 对坐标的导数不为零, (7)式不成立.

3. 姑不问钱文推导的熵平衡方程正确与否, 他得出的对流发展的判据是完全错误

1992年4月24日收到.

的. 钱文说: “……描写这一热对流的熵平衡方程可写成

$$\rho \frac{dS}{dt} = \frac{\lambda}{T} \nabla^2 T + \begin{cases} \frac{\mu_e}{T} w \frac{\partial \rho_e}{\partial z}, & w > 0; \\ 0, & w \leq 0. \end{cases}$$

起初暖中心逐渐增强, 有 $\lambda \nabla^2 T / T < 0$, 而此时 $w = 0$, 熵不平衡, 有 $\rho dS/dt < 0$. 在不平衡的状态下必有熵产生出现, 即 $(\mu_e w / T) \partial \rho_e / \partial z > 0$, 也就有 $w > 0$, 此时对流出现, 如若空气饱和, 则积云就可发展. 因此, $\lambda \nabla^2 T / T < 0$ 可作为对流发展的判据”. 就是说系统如果有负熵流时, 就要有上升气流而形成对流.

首先, 姑不问说有水汽凝结时就有熵产生是否正确, 说 $\partial \rho_e / \partial z < 0$ 式 $w \frac{\partial \rho_e}{\partial z} = \frac{\partial z}{\partial t} \frac{\partial \rho_e}{\partial z} = \frac{d\rho_e}{dt} < 0$, 是根据钱文对 (12) 式的说明 “在湿饱和和大气系统中当有上升 ($w > 0$) 运动时, $d\rho_e/dt < 0$, 即有凝结水产生” 而来的. 如果湿空气上升时没有水汽凝结, 则 $\partial \rho_e / \partial z \nless 0$, 而得不出钱文的对流判据.

再者, 也是最重要的, 系统中有负熵流时, 不一定要有熵产生. 这时系统的熵减小, 这是满足熵平衡方程的, 而不是如钱文说的 “熵不平衡”. 钱文的错误出自对熵平衡方程的理解有误.