

回 答*

王 两 铭

(国家气象局气象科学研究所)

一九八五年三月十三日转来朱抱真先生的《关于“饱和湿空气动力学基本方程”的问题》(以下简称“问题”)^[1],由于当时正在国外工作,手头无其它原始材料,拖至今日答复,请谅。回国后又读到气象学报刊登的李德成同志给谢义炳先生的信^[2]和谢先生的回信^[3]。由于李在信中提及到《特征》^[4]的作者“在说理上有点毛病”“技术上有失误之处……”作者借此机会一并回答如下:

1. 朱先生写道:“我认为可以把饱和湿空气,在等压过程近似下(作者注:此处应该在等焓过程近似下,或在等压、绝热过程近似下),看作一种“相当干燥”的模式大气,并可定义相当干燥大气的温度为……”。朱先生进一步写道:“……由此可以完全把这种模式大气,看作具有密度 ρ^* 、温度 T^* 和气压 P 的干空气。因此 Z 坐标的这种相当干燥大气的模式大气方程组,完全可以按照干空气动力学方程组写出……”。李德成同志没有像朱先生那样先认真地理解作者的基本物理思想,而一定要引进一个作者从没有引进的 Z 坐标,并且一定要以 Z 坐标为出发点,进行所谓的 $Z \rightarrow Z^* \rightarrow P$ 的两步坐标变换,从而指责《特征》是“错误的”,“说理上有毛病的”。

其实,李德成同志无需用数学形式。因为,他既然用干空气的 Z 坐标作为方程组的出发点(见[5]公式 9),那么无论进行怎样的坐标变换,其结果只能得到通常的热成风,当然不会有湿热成风的出现。作者讨论的是“相当干燥大气”,而不是干空气,使用的是 Z^* 坐标,而不是 Z 坐标。那么,只要这个假设的模式大气的物理观念可允许的话,在相当干燥大气的 Z^* 坐标系统中(按照朱先生的观念,也可以说在相当干燥大气的 Z 坐标系统中,注意,朱先生这里的 Z 坐标实质上是 Z^* 坐标,而不是李德成所引的干空气的 Z 坐标,作者加“*”也只是为了区别于通常的干空气)当然应该有它自己的热成风——即湿热成风。

2. 朱先生认为对《特征》来说“值得讨论的关键问题是广义位势 ϕ^* 的引进”。在把《特征》方程组同朱先生推导的方程组^[1](1.12—1.18)比较后,朱先生写道:“若令 $\phi^* = \phi$, 则两者的运动方程、静力关系和连续方程完全一致”。朱先生认为问题是出在“在定义”广义位势^[4](2.6)式的同时,又定义一般位势

$$\phi = - \int_{p_0}^p R_d T d \ln p \quad [4](2.4)$$

则……”(见[1]原文)。这里是一个误会。为了弄清楚问题,作者在此引《特征》中与此有关的原文如下:

“……等压面上的位势场是由静力方程和状态方程通过垂直积分而得到的。在干空气和进行虚温订正的湿空气中,分别为

$$\phi = \int_0^z g dz = - \int_{p_0}^p R_d T d \ln p \quad (2.4)$$

$$\phi_v = \int_0^{z_v} g dz = - \int_{p_0}^p R_d T_v d \ln p \quad (2.5)$$

则在相当干燥大气中,类似地可由广义温度 T^* 定义一个广义位势 ϕ^* , 即

$$\phi^* = \int_0^{z^*} g dz = - \int_{p_0}^p R_d T^* d \ln p \quad (2.6)$$

为了区别于干空气的物理量,在相当干燥大气中,其对应物理量用“*”表示……”。

从上述引文中可清楚地看到,第一,《特征》^[4](2.4)的 ϕ 是在讨论干空气平衡态时所定义的重力位势场,而不是朱先生误解的在讨论相当干燥大气中定义广义位势 ϕ^* (2.6)式的同时又定义的一般位势 ϕ

* 本文于1986年2月4日收到。

(2.4)。第二,《特征》(2.5)的重力位势 ϕ_r 是在进行虚温订正的湿空气平衡态中所定义的位势场,它同朱先生文中的(2.1)式,即他所说的“观测的”等压面位势完全一样,只是朱先生用 ϕ ,《特征》为了区别于干空气起见用 ϕ_r 。显然,在这两种情况下的 $\phi_r = \phi$ 。第三,在相当干燥大气中,《特征》只定义一个重力位势,即(2.6)的 ϕ^* ,《特征》原文用“类似地”三个字更清楚地说明了这一点。第四,《特征》中所以用 ϕ^* 而不用 ϕ 也只是“为了区别于干空气的物理量……”。事实上,《特征》用的 ϕ^* 同朱先生“问题”中的(1.14)式的 ϕ 是一回事。按朱先生的(1.14)式,必然也有一个 ϕ 的表达式,即

$$\phi = - \int_{p_0}^p R_d T^* d \ln p \quad (1)$$

比较《特征》的(2.6)和上式,等式右边完全一样,故必然有 $\phi^* = \phi$ (或 $Z^* = Z$)。事实上从《特征》的(3.4)式

$$\frac{\partial \phi^*}{\partial p} = - \frac{1}{\rho^*}$$

和朱先生的静力方程(1.10)

$$\frac{\partial \phi}{\partial p} = - \frac{1}{\rho^*}$$

比较可见,《特征》的 ϕ^* 就是朱先生用的 ϕ 。按照朱先生的“若令 $\phi^* = \phi$, 则两者的运动方程、静力关系和连续方程完全一致”的讨论,《特征》方程组应该同朱先生的方程组完全一致。因此,关键问题不在于广义位势 ϕ^* 的引进,而在于作者在讨论相当干燥大气时并没有“同时又定义一般位势 ϕ ”,朱先生误解了此事,从而引出了一些讨论。显然,这些讨论与《特征》无关,当然就更不是《特征》的“问题”了。朱先生讨论的 $z \neq z^*$ 的情况,在作者的讨论中从没有,也决不会有。因为作者并未引进一般位势 ϕ ,也未引进 Z 坐标,而只讨论 Z^* 坐标,且只是“为了区别于干空气”而用 Z^* 代替 Z ,故正象上面 $\phi^* = \phi$ 的讨论一样,此处的 $z = z^*$ 只能理解为在相当干燥大气中计算的高度 z 就是 z^* 。

3. 朱先生提到在讨论相当干燥的模式大气时必须“整个大气到处总是维持饱和的,而且随时又将饱和和水汽完全凝结,释放于大气……”。朱先生在这里又有另一个误解。可能朱先生在写“问题”时还没有读到作者对李德成同志的回答^[9]。在相当干燥的模式大气中,作者只是讨论一个与干空气平衡态有区别的相当干燥大气的平衡态,即湿地转风和湿热成风的平衡态。这是从重力位势的定义出发的。《特征》(2.6)式对 ϕ^* (即朱先生(1.14)式中的 ϕ) 的定义并不要求有一个“饱和水汽完全凝结,释放于大气”的条件。正如在传统的干空气中讨论它的重力位势 ϕ 时,也不必要求势能的完全释放。事实上,它是决不会,也永远不会完全释放的。恰恰相反,能够释放的重力位势能只占全部势能的很小一部分。对于平衡态来说,重要的不是重力位势本身的大小,而是等压面上重力位势的相对差,即水平位势梯度。在干空气系统中它由温度,在相当干燥大气中由相当温度的分布所确定的。当然,相当干燥的模式大气的假设同其它模式大气(如理想大气)的假设一样,同实际大气是有出入的。因此,问题的关键不在于它究竟与实际大气有多大出入,而在于这个模式大气所描述的基本特征,对所讨论的特定问题(如台风、东亚夏季季风)、特定地区(如在饱和湿空气大量集中的地区)是否更加接近于实际大气的分布。

至于凝结潜热的释放问题,是一个同位能的定义完全不同的概念问题;是一个物理过程问题,从而也是一个与物理量的时间变化有关的问题。同干空气动力学一样,它是由绝热条件下对应的热力学第一定律所确定。在相当干燥的模式大气中,在讨论热流量方程时,只是引入了一个物理观念,即把大气中凝结潜热的释放看作是系统内部的一种能量转换,从而将这一部分的潜热项 $L \frac{dq}{dt}$ 从传统的热力学第一定律等式的右侧移到等式的左侧,没有附加任何其它限制。因此,只要所引入的物理观念没有错,那么,在传统的热力学的讨论中所允许的方法,同样应该在相当干燥的模式大气中得到类似地讨论和应用。因此,朱先生认为相当干燥的模式大气是“极端理想的情况”从而在“实际上是不可能实现的”忧虑似乎是不必要的。

在完成本回答后,作者又读到朱抱真先生对谢义炳教授的“湿斜压大气的天气动力学问题”的评论^[7],文中涉及到作者的某些问题,由于作者在本文中对此问题已作回答,故不再另文回答。

参 考 文 献

- [1] 朱抱真,关于“饱和湿空气动力学基本方程”的问题。气象学报,44,3,378—381,1986。
- [2] 李德成,读者来信。气象学报,41,381,1983。
- [3] 谢义炳,答复。气象学报,41,382—384,1983。
- [4] 王两铭等,饱和湿空气动力学的基本方程和主要特征。气象学报,38,44—50,1980。
- [5] 李德成等,对“饱和湿空气动力学的基本方程和主要特征”一文的几点初步看法。气象学报,41,249—252,1983。
- [6] 王两铭,答复。气象学报,41,252—256,1983。
- [7] 朱抱真,评“湿斜压大气的天气动力学问题”的研究。气象学报,44,118—124,1986。

《第二次全国概率统计天气预报会议论文集》即将出版

《第二次全国概率统计天气预报会议论文集》将于1986年底由科学出版社出版。

本文集收集了会议上宣读的39篇论文,这些论文中有老一辈气象工作者的真知灼见。也有广大中青年气象工作者的优秀成果。

本文集中有相当一部分是台站气象工作者,应用概率统计方法预报天气的成功经验总结,对广大气象台站进一步开展概率统计天气预报有较大的参考意义。

本书内容丰富,涉及面广,并有若干较新的成果。其中有:门限自回归,非量度的多维变换,随机函数典型分解的应用,相关系数的不稳定性,逐步筛选因子的聚类分析,不规则格点上车贝雪夫多项式的应用,时空谱分析,模糊数学的应用,随机动力模式,卡曼滤波,薛定谔方程的应用,农业气候区划等。

本书可供广大气象台站天气预报工作者参考,对科学研究工作者、高等学校师生、研究生以及水文、地质、地震、医学等部门的工作者,亦有较大的参考意义。

需要本书的同志可向当地新华书店预订,也可直接同科学出版社联系,本书定价3.30元。

(周家斌)