

热带西太平洋大气非绝热加热的初步分析

——中美西太平洋海-气合作考察观测事实之四

李维亮 李月洪

(气象科学研究院)

提 要

本文利用1986年2月8—14日中美海-气考察船上的气象资料以及其它海洋气象站的报告,计算了热带西太平洋大气加热的诸分量,如辐射加热项、凝结加热项、感热加热项等。最后诊断出冬季考察时期该区域的大气加热场是个热源,其大气总加热强度为 $0.57^{\circ}\text{C}/\text{天}$ 。

一、前 言

作者近年来对中美联合海气考察期间,热带西太平洋的大气特征进行了一系列的研究,发现了一些新的事实^[1-3]。但在考虑热带西太平洋大气热、源热汇的性质时,还缺少大气辐射加热的资料。B. Albrecht 等人^[4] (1975)指出,在热带波动中,辐射加热是大气非绝热总加热中的一个重要的分量。为此,本文进一步计算了该地区气柱中各层的大气辐射加热项,还综合了该地区上空所有的大气加热诸分量,通过诊断分析指出,冬季考察时期热带西太平洋上空大气是个热源。这一事实为进一步探讨 ENSO 事件以及周围的海洋环境和大范围天气气候的变化有着明显的意义。

二、资料与计算方法

本文的资料取自中美海气考察船上的气象资料以及其它海洋气象站的报告。在计算中只使用 00GMT 一个时次,高空资料为 100、200、300、500、700、850hPa 的温度和露点;地面资料为低云量、总云量、地面风速、气压、海气温差、露点及日降水量。计算了 1986 年 2 月 8—14 日中美西太平洋海气合作考察的一个多边形区域^[2]内辐射、凝结潜热和海面对大气的感热输送等加热分量,在计算中采用的方案为

凝结潜热

$$Q_L = L \times R / 100 \quad (\text{单位: 卡/厘米}^2 \cdot \text{天})^{1)}$$

感热输送

$$Q_s = 18.90(0.26 + 0.077V)(T_s - T_a) \\ \text{当 } T_s - T_a > 0 \\ = 1.45V(T_s - T_a)$$

$$\text{当 } T_s - T_a \leq 0$$

我们假定降水凝结所释放的潜热和海气之间的感热输送对大气层的加热是均匀分布的^[5],故整层变温为:

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \frac{g}{c_p} \frac{\sum \theta_i}{|\Delta p|} \times 10^{-3}$$

(单位: $^{\circ}\text{C}/\text{天}$)

方案中: L 为凝结潜热, R 为日降水量, T_s 为海面温度, T_a 为气温, V 为风速, c_p 为干空气定压比热, Δp 用地面值。

辐射计算方案采用陈隆勋、李维亮^[6]的方案进行计算。在辐射计算过程中分五层进行,并考虑低云、中云的影响,在求出了各层的辐射后,再求整层的辐射加热。

三、西太平洋热带地区大气

加热各分量

本文把西太平洋热带地区以“向阳红14号”考察船的路径以及周围的测站如 94120、94299、91348、91334、91217、91413 和 91408

1) 按照法定计量单位规定,卡应当改为焦耳,即 1 卡 = 4.1855 焦耳。

等站组成的5边形区域作为计算区域。用算术平均计算了这个区域的辐射加热项(Q_R)、凝结加热项(Q_L)和感热加热项(Q_S)等。这里假定大气总加热 $Q = Q_L + Q_S + Q_R$, 如 $Q > 0$ 则为热源, 反之为热汇。

1. 辐射加热项

图1是西太平洋热带地区1986年2月8—14日的辐射加热各分量的时间变化曲

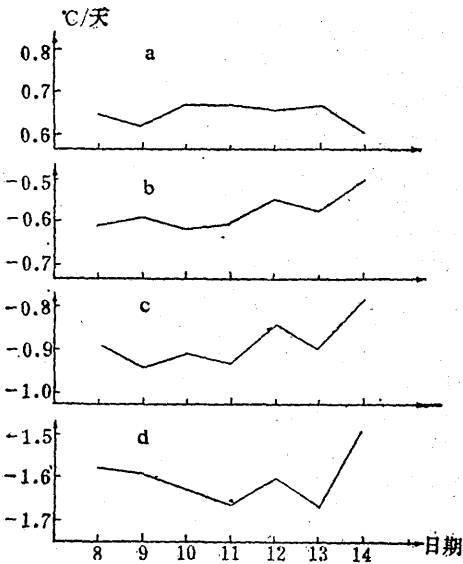


图1 热带西太平洋地区辐射加热各分量的时间变化

a: 水汽对短波辐射吸收, b: CO₂对长波辐射吸收, c: 总辐射加热, d: 水汽对长波辐射吸收

线。从图中可见, 水汽、二氧化碳(该曲线和水汽相近, 在图上未画出)对短波辐射的吸收与水汽、二氧化碳对长波辐射的吸收的变化趋势是大致相反的。在2月8—13日这段时间内, 水汽对长波辐射吸收所造成的红外辐射冷却, 大约在-1.6—-1.65℃/天范围内。二氧化碳对长波辐射吸收所造成的红外辐射冷却降温, 大约在-0.62—-0.56℃/天范围内变化。这期间该区域上空主要的天气系统是赤道辐合带, 受其影响该区测站为多云天气, 云的大量存在导致大气逆辐射的增强。在这时期内, 水汽和二氧化碳对短波辐

射吸收所引起的大气增温在0.63—0.66℃/天范围内, 这是由于赤道辐合带的存在, 云量的增加一方面使太阳的直接辐射减小, 同时又增大了散射辐射。因此随着云量的增加, 最初大气对净短波辐射的吸收是增加的, 但由于散射辐射的增加不足以补偿直接辐射的减少, 因此, 云量的增加最后还是导致大气对净短波辐射吸收的减少^[5]。从图中还可见, 该地区的总辐射加热(图中以粗实线表示)是水汽、二氧化碳对长波、短波吸收值的总和。总的来说, 在这段时期内, 大气是冷却的, 除2月14日以外, 其冷却的幅度大约在-0.85—-0.94℃/天之间变动。

表1给出了7天的区域平均辐射加热值。从中可以看出, 在平均的情况下, 水汽对于长波辐射的吸收最大, 它使大气冷却

表1 · 2月8—14日区域平均辐射加热(℃/天)

日 期	对长波辐射吸收		对短波辐射吸收		区域平均 辐射加热
	水 汽	CO ₂	水 汽	CO ₂	
8 日	-1.58	-0.61	0.65	0.65	-0.89
9 日	-1.59	-0.59	0.62	0.62	-0.94
10 日	-1.63	-0.62	0.67	0.67	-0.91
11 日	-1.66	-0.61	0.67	0.67	-0.93
12 日	-1.60	-0.56	0.66	0.66	-0.84
13 日	-1.67	-0.58	0.67	0.68	-0.90
14 日	-1.48	-0.51	0.60	0.60	-0.79
平 均	-1.60	-0.58	0.65	0.65	-0.88

-1.6℃/天。二氧化碳对长波辐射吸收的冷却仅是水汽对长波辐射的三分之一。这说明大气中吸收长波辐射的主要是水汽, 其次是二氧化碳。大气中的水汽和二氧化碳对短波辐射的吸收, 即对大气的加热率相同, 均为0.65℃/天。此外, 从计算中得知, 在考察时间内, 该区域大气中水汽和二氧化碳对辐射的吸收所造成的红外辐射冷却, 使大气冷却大约为-0.88℃/天。

2. 潜热加热项

潜热加热主要决定于降水量的大小, 故采用区域内各测站和考察船逐日降水量倒算

的方法可以近似确定 Q_L 。假定降水凝结所释放的潜热是均匀地分配在该地区上空。由图 2 可看出, 1986 年 2 月 8—11 日的凝结加热率平均由 $0.24^{\circ}\text{C}/\text{天}$ 上升到 $2.4^{\circ}\text{C}/\text{天}$, 这明显的升高是由于赤道辐合带逐日逼近该区域上空, 使云量增多, 出现降水之故。随后数日区域的潜热加热平均大约在 $1.5\text{—}2.0^{\circ}\text{C}/\text{天}$ 范围内变化。由此可知, 在考察期间内该区域降水所产生的潜热对大气的贡献是加热的, 平均大约为 $1.4^{\circ}\text{C}/\text{天}$ 。

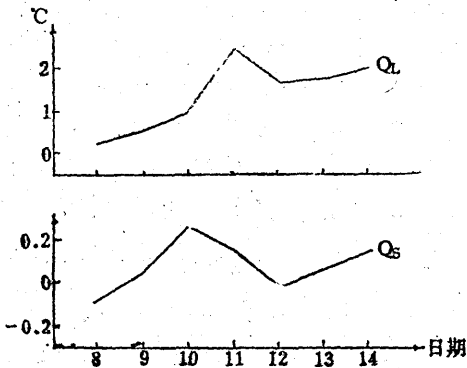


图 2 热带西太平洋地区潜热和感热加热时间变化

3. 感热加热项

众所周知, 低纬度热带海洋比高纬度海洋吸收的直接太阳辐射要多, 因此, 低纬度热带海洋所贮藏的热量也相对地多, 它通过感热、潜热交换的形式向大气输送的热量比高纬度海区要多。从图 2 可见, 在考察期间最大的感热加热出现在 2 月 10 日, 其感热加

热率平均为 $0.26^{\circ}\text{C}/\text{天}$ 。总的来看, 这段时间内该区域的感热加热值不大, 这是由于该区域受赤道辐合带的影响, 测站上空云量较多, 太阳的总辐射较小, 海气温差不大, 使海洋向大气输送的感热也较少。

4. 大气总加热特征

前面已分别讨论了考察期间热带西太平洋计算区域中大气非绝热加热的诸分量的特征。现在着重分析该地区大气的总加热状况。这里用辐射加热项 (Q_R)、凝结加热项 (Q_L)、感热加热项 (Q_S) 等 3 种加热分量的总和表示该地区的大气总加热 (Q)。图 3 是 1986 年 2 月 8—14 日热带西太平洋计算区域上空大气总加热 (Q) 的时间变化曲线。由图可见, 在考察期间, 该区域上空的大气总加热值 (Q) 在 10 日以后均大于零, 这表明该区域上空为大气热源。其中以 2 月 11 日的总加热值最大, 为 $1.62^{\circ}\text{C}/\text{天}$ 。这与赤道辐合带的发生、发展有关。在大气总加热中各项所占的相对贡献如表 2 所示。从表 2 可以看出,

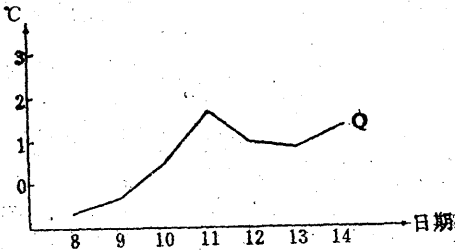


图 3 热带西太平洋地区大气总加热时间变化

表 2 大气总加热的各分量(单位: $^{\circ}\text{C}/\text{天}$)

项目 \ 日期	8	9	10	11	12	13	14	平	均
Q_L	0.24	0.51	0.99	2.40	1.74	1.74	2.00	1.37	
Q_S	-0.08	0.05	0.26	0.15	-0.01	0.03	0.15	0.08	
Q_R	-0.89	-0.93	-0.90	-0.93	-0.83	-0.90	-0.78	-0.88	
Q	-0.73	-0.37	0.35	1.62	0.90	0.87	1.37	0.57	

在考察期间凝结潜热项对大气总加热的贡献最大;感热输送值是一个小量,对大气的加热作用较小;而辐射加热项是使大气冷却,这其中又以水汽对长波辐射吸收而造成的红外冷却起主要作用。

综上所述,在中美海气考察期间,热带西太平洋地区上空为大气热源。在2月8—14日该地区大气总加热平均值为 $0.57^{\circ}\text{C}/\text{天}$ 。

四、结 语

在中美海气考察期间,热带西太平洋上空大气是个热源。大气总加热分量如辐射、潜热、感热加热项等对该区域的大气热源的贡献不同,这里以潜热加热项的贡献最大,感热加热项的贡献最小。而辐射加热项中的长波辐射红外冷却使大气降温。同时还指出,大气总加热各分量的逐日变化与该区域上空的低值天气系统的发生、发展有关。

以上仅对中美海气科学考察期间热带西太平洋区域进行了大气总加热的诊断分析,

指出该区域上空为一大气热源。这对于进一步探讨 ENSO 现象以及大范围天气气候变化是有益的。由于资料和范围有限,有关大气热源的时空分布以及机制尚待深入探讨。

参考文献

- [1]李维亮等,西太平洋热带地区总辐射概况,气象,1986年第6期。
- [2]李月洪、李维亮,西太平洋热带地区大气能量收支分析,气象,1987年第4期。
- [3]李月洪、李维亮,热带西太平洋海面的热量收支,气象,1987年第7期。
- [4]B. Albrecht and S. K. Cox, The large-scale response of the tropical atmosphere to cloud-modulated infrared heating, Journal of the Atmospheric Sciences, Vol. 32, No. 1, p16—24, 1975.
- [5]李维亮、钟名森,1979年夏季南海北部地区大气加热场和各分量的中期振荡特征,全国热带夏季风学术会议文集,137—146页,气象出版社。
- [6]陈隆勋、李维亮,亚洲季风区夏季大气热量收支,1981年全国热带夏季风学术会议文集,云南人民出版社,246, (1983)。

The preliminary anylysis of the atmospheric diabatic heating budget on the West

Tropical Pacific

Li Weiliang Li Yuehong

(Academy of Meteorological Science)

Abstract

Based on the vessel "Xiangyanghong No. 14, China" and other marine meteorological data, the atmospheric diabatic budget on the West Tropical Pacific has been calculated in this paper. Some components, such as radiative heating, latent heating and sensible heating, are analyzed. As a result, it has been pointed out that there was a heat source over the West Tropical Pacific during the investigation period. The atmospheric total heating rate is about $0.57^{\circ}\text{C}/\text{day}$.