

西太平洋热带地区大气能量 收支分析

——中美西太平洋海-气合作考察观测事实之二

李月洪 李维亮

(气象科学研究院)

提 要

依据 1986 年 2 月 8—14 日中美西太平洋海气合作考察资料, 计算了西太平洋热带海域 (140°E — 160°E , 18°N — 14°S) 内的大气能量收支。结果表明, 该区域的能量是由外界向区域内输送的。在东、南、西、西北四个边界积上以能量输到为主, 只有在东北边界上, 以输出为主。该区内的能量输送是以平均输送为主, 扰动输送的数量级较小。考察期间, 该区域内大气有明显的增温现象。

一、引 言

中美西太平洋海-气合作考察是热带海洋和全球大气计划 (TOGA) 的一部分。鉴于海洋在气候变化中的作用, 尤其是厄尼诺现象出现, 对全球气候的影响较大, 为进一步探索全球性的海洋-大气现象——厄尼诺/南方涛动 (ENSO) 的内在机制, 西太平洋赤道热带地区对 ENSO 所产生的影响, 近来一直是国内外气象、海洋学者十分关注的问题之一。通过中美海-气合作考察, 弥补了西太平洋赤道热带地区资料的不足。我们利用实时的观测资料, 对西太平洋西部的一个多边形区域进行了大气能量收支的诊断分析, 以了解该地区热量的输送特征及其作用的直观物理图象。

二、资料及计算方案

本文对 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 (计算区, 图 1) 的大气能量收支进行了计算。该多边形区共有 10 个站、点 (94120、94299、91348、91334、91217、91413、91408 站及 K_1 、 K_2 、 K_3 点)。如图 1 所示, 此多边形区大体上可以分为南边界 (AB)、东边界 (BC)、东北边界 (CD)、西北边界 (DE)

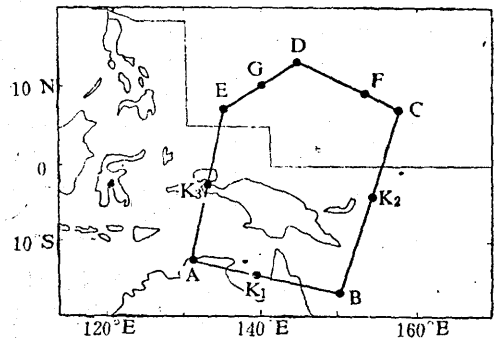


图 1 考察期间的计算区示意图

和西北边界 (EA) 五个边界面。该区大约位于 132°E — 158°E 、 14°S — 12°N , 面积约为 630000km^2 , 长度为 933.8km 。

该多边形区的每一边界面上有 3 个站点, K_1 (130°E , 14°S)、 K_2 (154°E , 4°S) 和 K_3 (133°E , 2°S) 不是海洋站。本文采用曲面拟合方法^[1], 利用 7 个海洋站的常规资料和考察船上实时观测资料来获得 K_1 、 K_2 和 K_3 三点比较合理的资料。

因 12GMT (世界时) 的资料缺测太多, 在计算时只使用 00GMT 一个时次、9 个标准层 (1000—200hPa) 的观测资料, 其中 400、600、700、800 和 900hPa 上的资料, 是用拉格朗日插值公式通过实测层次的

资料求得的。

本文所计算的是考察期间上述多边形区域内气柱可感热量、位能和潜热的输送项，

$$\text{即 } \frac{1}{g} \int_{p_0}^p \int_s C_n (c_p T + gZ + Lq) dp ds, \text{ 积分的}$$

上下限是从地面(1000hPa)到200hPa。对边界s积分时采用中值定理, C_n 为各边界上的法向风速, $\Delta p = 100\text{hPa}$, 计算公式及步骤可参见文献[2]。共计算了8个厚度层的平均输送、扰动输送和总输送项。其目的是了解冬季西太平洋热带地区上空大气的能量收支特征及其变化的影响。

三、天气概况

1986年2月8—14日西太平洋热带海洋

表1 计算区内感热($c_p T$)潜热(Lq)和位能(gZ)的输送(单位: $10^{14}W$)

项 目 期	$c_p T$			Lq			gZ			$c_p T + Lq$			$c_p T + Lq + gZ$
	平均 输送	扰动 输送	总输送	平均 输送	扰动 输送	总输送	平均 输送	扰动 输送	总输送	平均 输送	扰动 输送	总输送	总 输送
8日	-8.58	0.13	-8.45	-0.42	0.0	-0.42	-16.58	0.0	-16.58	-9.00	0.13	-8.87	-25.45
9日	-9.76	0.41	-9.34	-0.38	0.0	-0.38	-18.13	0.0	-18.13	-10.14	0.42	-9.72	-27.85
10日	-15.16	0.21	-14.95	-0.59	0.0	-0.59	-28.93	0.0	-28.93	-15.75	0.21	-15.54	-44.47
11日	-11.81	0.08	-11.73	-0.33	0.0	-0.33	-18.71	0.0	-18.71	-12.14	0.08	-12.06	-30.77
12日	-9.04	0.21	-8.83	-0.29	0.0	-0.29	-15.20	0.0	-15.20	-9.33	0.21	-9.12	-24.32
13日	-9.21	0.54	-8.67	-0.34	0.0	-0.34	-17.88	-0.04	-17.92	-9.55	0.54	-9.01	-26.93
14日	-11.97	0.38	-11.59	-0.59	0.0	-0.59	-26.84	0.0	-26.84	-12.56	0.38	-12.18	-39.02
平均	-10.79	0.28	-10.51	-0.42	0.0	-0.42	-26.32	0.0	-26.32	-11.21	0.28	-10.93	-31.26

外界向计算区内输送的。其中以2月10日的总输送值最大, 达到 $-44.47 \times 10^{14}W$, 相当于使该区域内的空气柱一天平均升温 $5.9^\circ C$, 这是南半球冷空气爆发使得能量向北半球输送的结果。2月12日的值最小, 为 $-24.32 \times 10^{14}W$, 相当于升温 $3.6^\circ C/日$ 。感热与潜热之和的输送仍以10日为最大, 其值为 $-15.54 \times 10^{14}W$ 。从感热、位能和潜热的平均输送和扰动输送平均值的绝对值来看, 它们的平均输送量均比扰动输送量要大。在这三项的平均输送中, 以位能项的平均输送最大, 其值为 $-20.32 \times 10^{14}W$, 潜热项平均输送最小, 为 $-0.42 \times 10^{14}W$ 。在扰动输送中, 它们的值也有差异, 感热项的扰动输送最大 ($0.28 \times 10^{14}W$), 潜热和位能的扰动输送量级较小。

由此可知, 在考察期间内, 计算区与外界的能量输送, 主要是通过平均输送来实现

上空主要的天气系统是赤道辐合带。2月7日北赤道辐合带较前日有所减弱并南移, 而南赤道辐合带明显加强。8日南、北赤道辐合带在 $5^\circ N$ 、 $140-150^\circ E$ 附近交汇。10日南半球有明显的冷空气爆发, 到达澳大利亚东北部、逼近本文计算区的南面。11—14日西太平洋赤道地区为一个赤道高压, 其东北方向有一次较弱的冷空气逼近该计算区。

四、西太平洋热带地区大气的能量收支特征

1. 计算区与外界的能量输送

1986年2月8—14日计算区内感热、位能和潜热的输送值见表1。这7天 ($c_p T + gZ + Lq$) 的总输送均为负值, 即能量是由

的。7天内的平均输送和总输送的值为负值, 即由外界向计算区内输送能量。而扰动输送值均为正值, 即输出能量, 但其量值较小。

2. 边界面上能量输送的垂直分布

图2给出了7天中计算区各边界面与外界能量交换的垂直廓线。在东、南、西、西北4个边界面, 整个气柱内总输送值是负值, 即能量由外界向区内输送。只有东北边界, 在300—400hPa厚度层以下, 能量是由区域向外界输送, 而在高层却又是向内输送。整个闭合区域内能量输送量的绝对值是输入远大于输出, 过东北边界面的能量输出足以由通过其它边界面的输入补偿。

能量输送值, 以通过计算区西边界的数值为最大, 过西北边界的最小。从垂直廓线图上可以看出, 东和西北边界面上的最大输送层在500—600hPa厚度层内, 南和西北边界面的最大输送层在400hPa以上。总的看

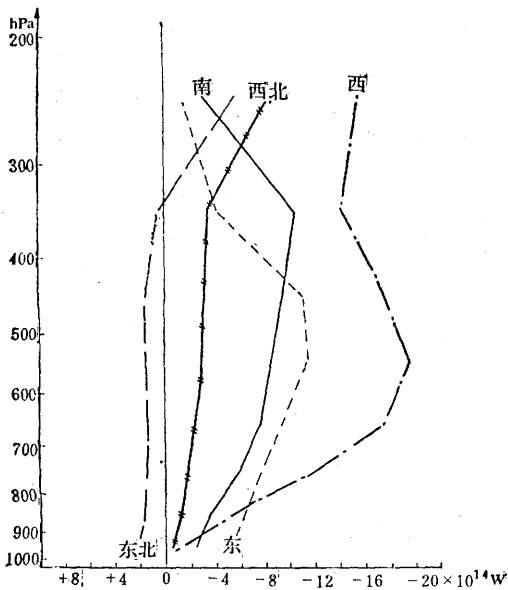


图2 1986年2月8—14日各边界面上能量输送的垂直廓线

来, 该计算区各边界面上最大的输送量主要集中在中、高层大气。东、南、西和西北4个边界面上能量输送的方向, 在整个大气柱内是一致的, 7天中都是能量由外界向计算区内输送, 唯独东北边界面上的能量输送方向相反。且在300—400hPa厚度层以下, 各层的输送量大致相当, 没有明显的最大输送层。

我们取2月8日、10日和12日为例, 计算了计算区各层水平方向的能量收支状况(图3)。图中给出8个厚度层上, 通过各边界总输送($c_p T + gZ + Lq$)的数值。图中箭头表示该边界能量输送的方向, 5边形框内的正、负值代表该厚度层在计算区域的净能量输送。

从图3可以明显地看出, 在这3天中, 东边界各层能量的水平输送方向基本一致, 由外界向计算区内输送, 其中以10日500—400hPa厚度层的输送量最大, 其值为 $-4.06 \times 10^{14} W$ 。南边界在10、12日的各厚度层和8日600—700hPa层以下, 能量的输送方向一致, 以输入为主, 最大输送层为10日500—400hPa厚度层, 数值为 $-3.39 \times 10^{14} W$ 。在这3天中, 西边界除1000—900hPa层以外, 其它各层次都以能量输入

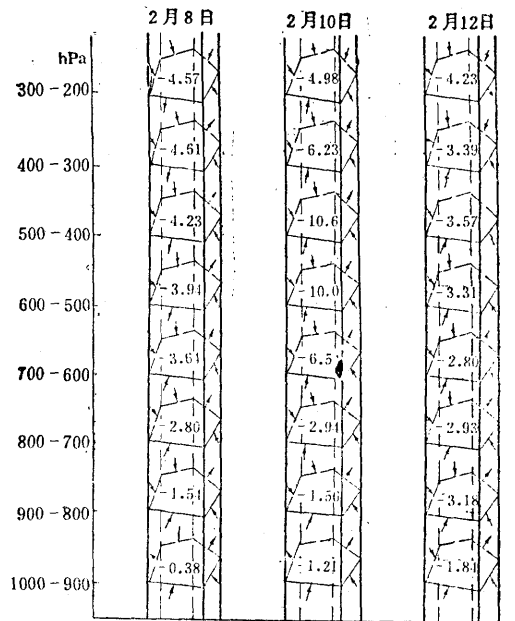


图3 1986年2月8、10、12日计算区各层水平方向大气能量收支(单位 $10^{14} W$)

为主, 最大输送层在10日500—600hPa厚度层中, 输送值为 $-3.06 \times 10^{14} W$ 。同样, 西北边界8个厚度层, 在这3天中也以输入为主。只有东北边界上与其它4个边界上的各层次水平输送的方向相反, 最大输送在10日800—900hPa厚度层内。从隔日的各层次水平输送值中看出, 5个边界面上能量输送的方向相对稳定, 最大水平输送层大多在封闭区域的中、高层。

多边形框内每天的总输送值均为负值, 这表明区域内能量总收支是由外界向区内输送。计算区中最大水平输送出现在10日500—400hPa厚度层, 数值为 $-10.60 \times 10^{14} W$ 。另外, 计算区各水平层次, 除东北边界以外, 其它4个边界面上的能量输送方向大体一致, 整个气柱由外界得到输送能量。

3. 各边界面上能量的平均输送和扰动输送

我们分别计算了计算区各边界面上的平均输送和扰动输送(表2), 表中的能量还是感热、潜热和位能之和。在能量的平均输送中, 东、南、西和西北边界的逐日平均输送为负值。其中以西边界的平均输送量最大,

表2 计算区各边界面上能量的输送(单位: $10^{14}W$)

输送日期	平均 输送						区域平均输送
	南界	东界	东北界	西北界	西界		
2月8日	9.59	-13.23	1.21	-3.94	-10.22	-25.59	
2月9日	-5.82	-7.79	2.09	-3.22	-13.52	-28.26	
2月10日	-14.03	-15.41	1.97	-4.19	-13.02	-44.68	
2月11日	-6.70	-8.08	0.25	-3.98	-12.35	-30.86	
2月12日	-1.93	-5.28	-0.33	-2.81	-14.19	-24.54	
2月13日	-9.59	4.10	-0.63	-2.47	-19.05	-27.64	
2月14日	-13.65	-6.91	0.42	-2.39	-16.87	-39.40	
平均	-7.30	-7.51	0.71	-3.29	-14.17	-31.56	

输送日期	扰动 输送						区域扰动输送
	南界	东界	东北界	西北界	西界		
2月8日	-0.08	-0.04	0.04	0.04	0.17	0.13	
2月9日	-0.04	0.04	0.13	0.04	0.25	0.42	
2月10日	-0.08	-0.08	0.17	0.08	0.13	0.22	
2月11日	-0.04	0.04	-0.13	-0.08	0.13	-0.08	
2月12日	0.08	0.00	-0.04	-0.04	0.21	0.21	
2月13日	0.08	0.04	-0.17	0.13	0.42	0.50	
2月14日	0.00	0.08	0.17	-0.08	0.21	0.38	
平均	-0.01	0.01	0.02	0.01	0.22	0.25	

7天的平均值为 $-14.17 \times 10^{14}W$ 。计算区内以10日的平均输送为最大。各边界面上逐日的扰动输送量的绝对值比平均输送的量级要小得多,除南边界以外,其它边界面上7天平均的扰动输送方向均是由计算区向外输送,又以西边界的扰动输送量最大,其值为 $0.22 \times 10^{14}W$ 。从计算区逐日平均的各边界面上的能量输送来看,平均输送和扰动输送的方向相反,两者的输送均以西边界上最大,各边界面上的扰动输送较小。这表明计算区内的总能量输送是以平均输送为主,扰动输送的作用较小。

了能量收支的诊断分析。在该地区,大气能量是由外界向区域内输送的,其中以平均输送为主,扰动输送的作用较小。计算区5个边界面中,仅东北边界上为输出能量,其它边界上都是输入能量,且以西边界上的输送量最大。计算表明,在考察期间,西太平洋热带海洋上大气能量收支表现为明显的增温,可初步推论该区冬季,大气是热源。诊断计算还表明,在该区域的能量收支中,南半球中纬度的作用远大于北半球中纬度的作用。

五、结束语

根据中美海-气合作考察提供的资料,作者对西太平洋热带海洋上的一个有限区域作

参考文献

- (1) 中国气象学会天气专业委员会编,天气学的新进展——现代天气学讲座文选,气象出版社。
- (2) 章名立,盛夏我国东部地区热量平衡的个例计算,气象学报,第34卷,第1期,1964年。

A survey of the atmospheric energy budget over the

West Tropical Pacific

Li Yuehong Li Weiliang

(Academy of Meteorological Sciences)

Abstract

Based on the data of the investigation through the 8th to 14th of February, 1986, the atmospheric energy budget in a polygon area of the West Pacific Ocean ($140^{\circ}\text{E}-160^{\circ}\text{E}$, $18^{\circ}\text{S}-14^{\circ}\text{N}$) has been calculated. It is shown that the total energy budget transports from outside toward inside of the polygon area. Among the all boundaries, however, the energy transfer only in the north-eastern boundary could display in opposite phase. Meanwhile, the major energy transfer would be by mean transfer rather than by disturbance. This study has also point out that there was the obvious warming-atmosphere phenomenon over the area during the investigation period.