

热带西太平洋秋季低空大气温度 层结的基本特征

李若钝 武建平 孙瑞本

(国家海洋局第一海洋研究所)

提 要

本文利用现场考察资料,分析了热带西太平洋低空大气温度层结基本特征,发现其边界层内往往有多个弱逆温层存在,在2000—3000m之间也常有弱逆温层存在。

关键词: 多逆温层; 温度垂直廓线; 大气温度探测。

一、前 言

热带边界层结构对于研究海气相互作用、热带扰动和对流,都是非常重要的。热量、动量和水分通量等,均发生在这一层内,并以各种方式传递到云底,酿成云、雨。因此,近几十年来,热带边界层结构引起人们的极大关注^[1]。人们先后进行了大西洋热带试验(GATZ, 1977)、马绍尔群岛海洋和气象试验(LIE, 1956)、巴巴多斯海洋和气象试验(BOMEX, 1969)、线岛试验(2° — 6° N, 157° — 162° W, 1970)^[1-3]等。上述试验、研究均得到许多有益的结果。但是前人在热带太平洋西部(21° N— 11° S, 120° — 165° E)进行的低层大气探测却甚少。为补其不足,在第三次“中美热带西太平洋海气相互作用联合调查”中,增加了低层大气温度探测项目。初步揭示了该海区低层大气温度的垂直变化特征。发现在边界层(2000m)内,经常有多个薄而弱的逆温层(或等温层)同时存在的事实。从而提请人们注意,其他季节、其他热带海区的边界层内是否也有多个逆温层存在的问题。

二、资料及说明

主要资料为第三次“中美热带西太平洋海气相互作用联合调查”(1987年9月20日—11月12日,海区: 21° N— 11° S, 120° — 165° E)时,所获得的低空大气温度探测资料、海面气象资料、云图及热带天气图资料。低空大气探测所用的仪器为,TK型低空大气温度探测仪(沈阳辽海机械厂产),是一种变低频式电子仪器,其温度感应元件是热敏电阻。在2000m以下,温度误差为 0.1° C。2000m以上误差较大,但粗略分析逆温层特征还

1988年6月20日收到,12月13日收到修改稿。

是可信的.观测时间多为 07 或 19 时(地方时).为分析日变化,有时还进行不定时加测.调查期间共进行了 62 次(成功次数)探测(航线及站位见图 1).

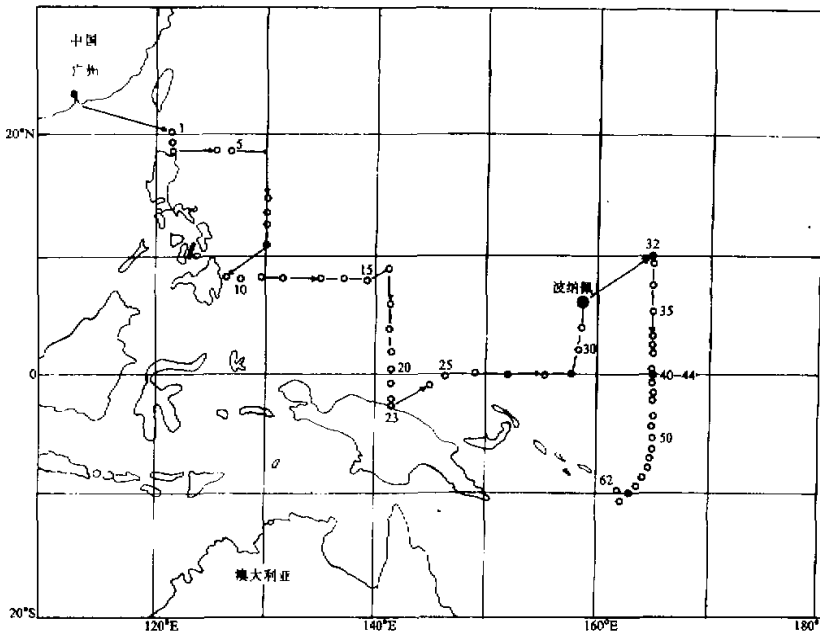


图 1 航线及站位图

因调查海区范围大、单船观测、单一要素等欠缺,给分析带来很大困难.分析结果还待以后的调查来检验.

三、分 析

边界层内的逆温层,是边界层结构的重要组成部分,其形成与维持可能与自由大气低层(2000—3000m)的逆温层不同.本文将分别进行讨论.为了便于讨论逆温层特征与地理位置及天气系统的关系,又分别统计不同经、纬度剖面上和不同天气系统影响时的统计特征.由于观测到的逆温层大多厚度很薄、强度也很弱(多数为等温层),所以本文的逆温层定义为 $r = -\frac{\partial T}{\partial Z} < 0^{\circ}\text{C}/\text{m}$, 厚度 $> 20\text{m}$; 或者 $r = 0^{\circ}\text{C}/\text{m}$, 厚度 $> 30\text{m}$.要说明的是调查期间,阴雨天气较少按云量说,即是多云天气,天顶有云的机会也不多,因此进行探测时,探头极少穿越云体或云层.这是与信风逆温和季风逆温的主要差别.

1. 多逆温层现象.

调查期间, 虽未发现强而厚的逆温层, 但逆温层却普遍存在, 且往往有多个逆温层同时存在. 大多数出现在 2000—40m 的边界层内, 平均 2.7 个, 最多 6 个, 4 个以上者占 20% (图 2、表 1).

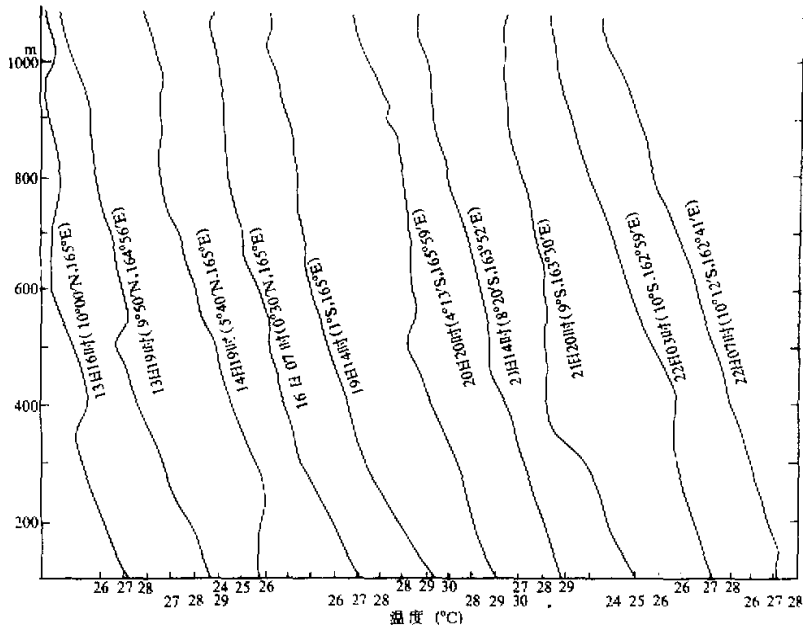


图 2 1987 年 10 月 165°E (附近) 剖面上 10³m 以下温度廓线图 (地方时)

2. 高逆温层特征

本文将 2000m 以上的逆温层称为高逆温层, 属于低层自由大气的逆温层. 其强度比边界层内的逆温层弱, 大多为等温层, 但厚度较厚, 多为 50—100m. 平均高度最容易出现 2000—2600m 层. 2000—3000m 之间有逆温层的概率为 25%.

3. 低逆温层特征

不论从边界层内各逆温层的强度, 还是从逆温层对海气之间能量及物质交换角度来看, 最低的一个逆温层是比较重要的. 本文把 10³m 内最低的逆温层称低逆温层.

a 一般规律: 逆温层底高度多为 500—600m. 调查期间, 有低逆温层者, 占总观测次数的 95%. 与较高逆温层相比, 强度较强, 厚度与边界层内其他逆温相比, 较厚, 多为 30—80m. 比较相邻观测可知, 逆温层连续性较差, 即相邻时间差异较大 (表 1, 图 2). 相对而言, 在天气系统较稳定的条件下, 低逆温层连续性比其他逆温层连续性明显. 例如, 1987 年 10 月 21 日至 22 日 (54—60) 的 7 次探测 (5—10°S; 165°E), 低逆温层的连续性还是清楚

表 1 1987 年 10 月 165°N(附近)剖面上, 24m 以下逆温层特征

探测 序号	日期	时间	纬 度	总 云 量	低 云 量	降水 类型	逆温层 1			逆温层 2			逆温层 3			逆温层 4			逆温层 5		
							底 高 (m)	厚 度 (m)	r (℃/m)	底 高 (m)	厚 度 (m)	r (℃/m)	底 高 (m)	厚 度 (m)	r (℃/m)	底 高 (m)	厚 度 (m)	r (℃/m)	底 高 (m)	厚 度 (m)	r (℃/m)
32	13	16	10°00'N	10	10	▽	366	53	-0.9	670	130	-0.2	950	70	-0.6						
33	13	19	9°50'N	9	7		500	60	-1.0	900	20	-1.0	1466	81	-0.4	1735	31	0.0	1830	36	-0.3
35	14	19	5°40'N	10	10	▽	116	142	-0.1	970	133	-0.2	1470	53	0.0						
36	15	07	3°35'N	10	10		396	20	-0.5	1533	133	-1.1									
39	16	07	0°30'N	3	1		500	55	0.0	680	40	0.0	1066	33	-0.6	1605	60	-1.3	1866	60	-0.3
41	16	19	0°	7	3	▽	498	40	-1.0	1133	33	0.0									
42	17	07	0°	3	3		520	110	-0.5	1180	50	0.0	1460	190	-0.3						
43	17	14	0°	6	5		833	150	-0.7												
47	19	07	0°31'S	3	1		505	56	-1.6	1045	35	0.0	1205	160	-0.1	1800	50	0.0			
48	19	14	1°00'S	8	4		645	30	0.0	750	50	-0.4	1020	40	-1.0	1325	75	-0.3	1900	70	0.0
50	20	02	2°10'S	5	4		1570	130	-0.2												
52	20	15	4°13'S	10	2		515	85	-0.5	705	45	0.0	905	25	-1.2						
53	20	19	5°00'S	10	1		345	20	-1.0	1500	40	0.0									
54	21	02	6°21'S	8	1		795	55	0.0	1066	54	0.0	1500	30	0.0	1805	55	0.0			
56	21	14	8°20'S	6	2	▽	466	74	0.0	1316	50	0.0									
57	21	20	9°00'S	10	10	▽	390	180	0.0	1040	65	-0.3	1170	30	-1.7						
59	22	03	10°00'S	10	10	▽	315	85	0.0	1215	51	-0.8	1470	66	-0.9	1715	85	-0.4			
60	22	07	10°12'S	5	5		1160	20	-1.0												

表 2 1987 年 10 月 21—22 日低逆温层特征变化表

序 号	时 间		低逆温层				次低逆温层				天 气		
	日	时	底高 (m)	顶高 (m)	厚度 (m)	r (℃/m)	底高 (m)	顶高 (m)	厚度 (m)	r (℃/m)	降水	总云量	低云量
54	21	02	795	850	55	0.0	1066	1120	54	0.0		8	1
55	21	08	805	875	70	-0.3	1070	1115	45	-0.4		9	3
56	21	14	466	540	74	0.0	1316	1366	50	0.0	▽	6	2
57	21	20	390	570	180	0.0	1040	1105	65	-0.3		10	10
58	22	02	300	415	115	0.0					▽	10	10
59	22	03	315	400	85	-0.1	1215	1266	51	-0.8	▽	10	10
60	22	07					1160	1180	20	-1.0		5	5

的(表 2)。

b 与天气及天气系统的关系: 表 3 中降水是指探测时有降水或视野内有降水、或探测前后 1 小时内有降水。由表 3 可知, 在有降水的天气条件下, 大多数低逆温层底低、厚度

厚、强度强,其中最低、最强、最厚的低逆温层多出现在有降水条件下,而且有降水时边界层内一定有逆温层存在,低逆温层全部在云层或云体之下,这表明低逆温层的形成、维持与降水有关。

降水是以天气系统为背景的,因此,逆温层与天气系统也应该有比较好的对应关系。分析天气图可知,10月21日—22日两天,调查船位于南半球赤道辐合带北侧,辐合带对调查船的影响较小;相对而言,21日14时—22日03时,辐合带对调查船的影响逐渐增大,自22日07时起,辐合带明显南退、减弱,对调查船的影响也随之而减弱,大气层结也有相应变化。由表2可知,从21日14时到22日03时低逆温层有降低、变厚的趋势。此外,由表4还可以看出,低气压系统外围影响时,低逆温层低、厚且强;高压系统外围影响时,低逆温层高、薄且弱。以上事实表明,天气及天气系统对逆温层有一定影响。遗憾的是调查期间调查船距系统中心都比较远,没有得到在系统中心附近的资料。

表3 降水时低逆温层特征

序 号	总 云 量	低 云 量	底高(m)	厚度(m)	强度($^{\circ}\text{C}/\text{m}$)
17	10	10	145	88	-0.5
22	9	7	165	66	-0.7
32	10	10	366	53	-0.9
33	9	7	500	60	-1.0
34	9	7	285	81	0.0
35	10	10	116	142	-0.1
36	10	10	396	20	-0.5
37	10	10	114	14	-1.4
38	10	8	413	14	-3.6
41	7	3	498	40	-1.0
46	3	3	600	100	-0.3
56	6	2	466	74	0.0
57	10	10	390	180	0.0
58	10	10	300	115	0.0
59	10	10	315	85	-0.1
61	10	10	40	60	-1.0
62	9	2	440	20	-0.5
平 均	8.9	7.6	326	71	-0.7
1—62 平均	7.1	4.8	452	62	-0.5

c 与地理位置的关系:调查海区范围大,逆温层与地理位置是否有关系呢?这也是人们关心的问题。由表5可知,逆温层与地理位置的关系不明显。这是因为调查海区(除 18°N 剖面以外),主要处于南北两条辐合带之间,热带天气系统距调查船较远且多向西移动,对其南(北)侧调查船的影响较弱的缘故。

表 4 气压系统与低逆温层的关系

时 间	天 气 系 统	底高 (m)	厚度 (m)	强度 ($^{\circ}\text{C}/\text{m}$)	平均总云量(成)	降水频率 (%)
9月22日—29日	副高脊西边缘	515	56	-0.3	4.8	0
9月30日—10月4日	台风或热带气旋南部	355	74	-0.8	9.6	70
10月5日—8日	副高南部	538	59	-0.4	6.0	0
10月13日—15日	热带气旋南部	312	72	-0.6	9.7	86
10月16日—19日	赤道高压内	550	57	-0.5	5.0	13
10月19日—22日	赤道辐合带北部	423	71	-0.6	8.9	36
9月22日—10月22日	热带天气系统外围	471	64	-0.5	6.7	34

表 5 各剖面低逆温层平均特征对比

剖面名称		探测序号	底高(m)	厚度(m)	强度($^{\circ}\text{C}$)
经向剖面	130 $^{\circ}$ E	6—8.11	453	48	-0.1
	140.5 $^{\circ}$ E	16—23	371	86	-1.0
	165 $^{\circ}$ E	32—62	410	71	-0.7
纬向剖面	18 $^{\circ}$ N	1—5	447	65	-0.4
	8 $^{\circ}$ N	9—15	518	71	-0.3
	0 $^{\circ}$ N	25—30	568	72	-0.2

四、讨 论

前人大量研究结果表明^[1-3],信风逆温层及季风逆温层,都有很好的规律性.例如如图3,给出了 ATEX 试验(15 $^{\circ}$ N, 37 $^{\circ}$ W 附近, 1970)期间,两条船(“发现者”、“行星”)测得的温度垂直廓线,逆温层规律的排列着.加利福尼亚海岸到夏威夷群岛,逆温层也是规律的排列着,中太平洋信风区也如此.但上述试验多在 15 $^{\circ}$ N 以北.赤道及南半球的有关试验研究,仍然甚少.本次调查期间所观测到的逆温层与上述逆温层有很大差异.这可能与调查期间风向、风速(天气系统)的频繁变化,限制了逆温的发生、发展有关.

根据前人的研究结果^[2],信风逆温及季风逆温均和云层或浅对流云紧密联系在一起.而我们观测到的逆温却大多没有云层或浅对流云配合,即探测时探头很少穿越云体或云群体.当探头穿越云体或云的群体时,有时在探空曲线上有猛烈下降,然后又迅速上升(逆温)的异常变化,因无湿度及风的资料,很难分析其成因.有趣的是,1986年1月间,在日期变更线附近的赤道海区上,进行高空探测时,也多次观测到这种情况(图4),分析湿度廓线和温度廓线的变化可知,湿度近饱和状态显然是在云体内部,而湿度迅速减小的高度应该在云顶之上的逆温层底部.但因温度曲线猛降是在湿度猛降之上,这表明上述湿度猛

降,并不是发生在逆温层内,而是离开云顶以后进入逆温层之前开始的.关于气温在逆温层之下先猛烈降低,这可能与云顶的辐射冷却和云中卷出的液态水的蒸发等有关^[2].当无云体配合时,则逆温层往往很弱,且高.较强的逆温大多出现在有云或雨配合时.图3中逆温层显然与受云体影响,气温猛烈下降有直接关系.由此我们可以得出这样的结论,热带大洋上强逆温层,是在与云的相互作用相互影响的条件下,形成与维持的.

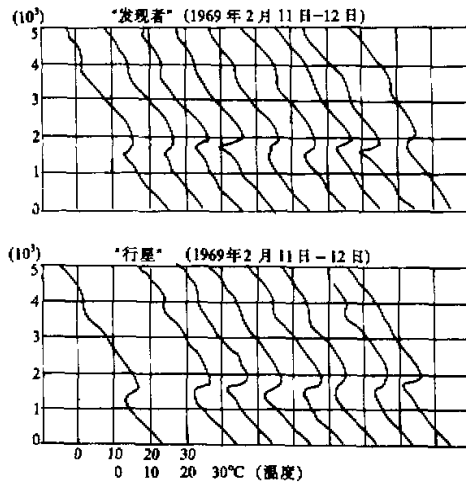


图3 热带西太平洋试验中船舶测出的5000m以下温度(°C)廓线¹⁾

1)图3取自文献[2]图12.5a

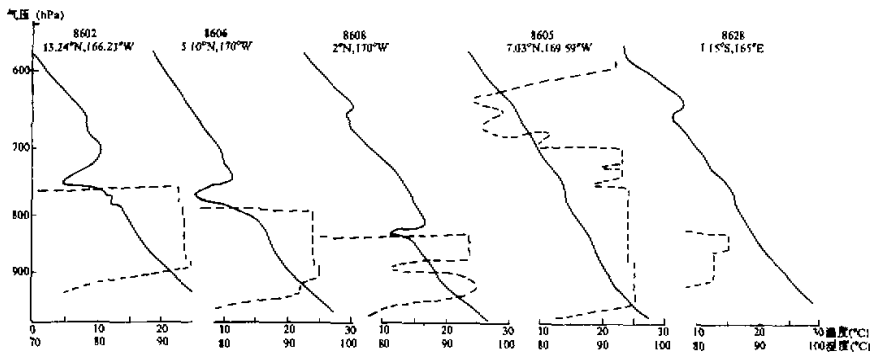


图4 1986年1月热带西太平洋温度(实线)、湿度(虚线)廓线图

五、结 论

调查期间,不论是在副高控制下,还是在低压系统外围控制下,大多有逆温层存在,而且往往有多个逆温层同时存在.由于这些逆温层大多数没有云体或云层配合,所以逆温层

弱且薄.

参 考 文 献

- [1] 陈隆勋, 王作述, 1975, 近年来热带气象学的进展, 近代气象学若干问题的进展, 科学出版社, 75—113
- [2] Krishnamurti T. N. 1983, 热带气象学, 气象出版社, 44—54, 131—145.
- [3] 吕乃平、李兴生, 1985, 稳定大气边界层中风向脉动的特征, 气象学报, 43, No. 1. 35—44.

MAIN FEATURES OF LOW ALTITUDE ATMOSPHERIC TEMPERATURE STRATIFICATION IN THE WESTERN TROPICAL PACIFIC OCEAN IN AUTUMN

Li Ruodun, Wu Jianping and Sun Ruiben

(First Institute of Oceanography, SOA, Qingdao)

Abstract

In this paper, the main features of the low altitude atmospheric temperature stratification in the Western Tropical Pacific Ocean are analyzed based on the site observations. It is found from the analysis that there often exist several weak inversion layers in both the boundary layers and the altitude between 2000—3000m.

Key words: Several inversion layers; Vertical profile of temperature; Atmospheric temperature exploration