

西太平洋热带海域 水汽和云中液态水含量的统计特征

魏 重 忻妙新 林 海
王普才 邹寿祥 宣越健 吕达仁

(中国科学院大气物理研究所)

提 要

利用船载双通道(1.35cm和8.6mm)微波辐射计两次(1985年12月—1986年1月,1986年10月—12月)对西太平洋热带海域的大气可降水和云中液态水含量进行了实地考察,本文根据考察结果,首次分析并给出了该海域大气可降水和云的各种统计特征。

一、引 言

海气相互作用与全球气候关系甚为密切,西太平洋热带海域是全球海温最高的地区,是推动海洋环流和大气环流的能量源区,几乎所有海洋学家和大气物理学家都认为:西太平洋热带海域的物理化学状态及其变化对海洋环流和大气环流从而对气候都有重大影响。因此,实地考察西太平洋热带海域的海气状态,寻找它们各自的变化规律,从而弄清楚海气相互作用的各种机制,对于进一步研究洋流以及气候的变化具有十分重大的理论和现实意义。

在西太平洋热带海域的综合考察中,研究海气界面层的能量和动量交换固然重要,除此以外,定量考察与辐射过程有关的水汽和云中液态水含量以及云的分布特征也具有同样的重要意义,因为辐射过程与界面层能量和动量的交换关系密切,定量给出辐射参量,是研究海气相互作用过程以及构造大气环流模式和海洋环流模式不可缺少的因素。

1985年12月—1986年1月和1986年10—12月,我们两次利用自己研制的微机测控双通道(1.35cm和8.6mm)微波辐射计,在“实验3号”科学考察船上对西太平洋热带海域的水汽和各类云的液态水含量进行了实

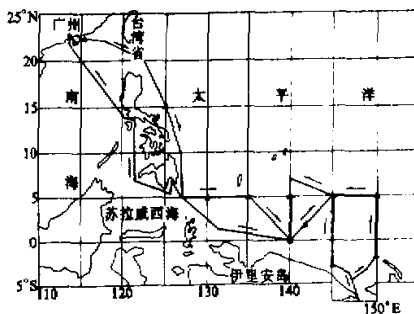


图1 1986年10—12西太平洋考察航线图

1987年8月26日收到,1987年10月26日收到修改稿。

地考察,图1是我们第二次考察过程中的航线图,第一次考察的航线图与它基本相同.

在两次考察中,共取得 5323 组水汽和云中液态水含量的观测数据,为了配合辐射计的遥感探测,我们还对云状和总云量进行了宏观观测,本文在分析了微波辐射计海上观测结果可靠性基础上,给出了该海域积分水汽总量、云状、总云量以及各类云中液态水含量的统计特征,最后给出了晴空条件下该海域积分水汽总量的平面分布图和几次典型天气过程中水汽以及云中液态水含量的演变个例,有关双通道微波辐射计系统和观测反演方法见文献[1].

二、水 汽

1. 水汽的辐射计遥感值与探空值的比较

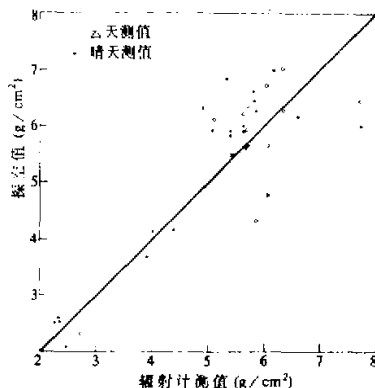


图2 水汽的辐射计遥感值与探空值的比较

在陆地上,我们曾得到晴空和云天条件下辐射计测的水汽总量与探空值比较的相对偏差分别为 5.3%^[1]和 10%^[4].在海上,船载辐射计的工作环境比陆地上更为复杂,在一定条件下,由于海浪冲击造成船体摇摆而引起的观测误差将会相当可观,我们在辐射计的数据采集方式和观测方法上都采取了相应的措施,尽可能地将这项误差减至最小程度,有关这方面的细节见文献[5].图2是两次西太平洋考察过程中,辐射计和探空仪同时测到的 38 组积分水汽值的对比情况.计算表明:两者的相关系数为 0.876,均方根偏差为 0.734 g/cm^2 ,虽然这一结果比陆地上要差一些,但是由于海上的观测条件远比陆

地上差,因此,我们认为这一结果还是合理的.

另外,微波辐射计能够方便、快速和连续地获取大量的实时资料供分析研究使用,这是微波辐射计的优越之处.

2. 积分水汽总量的频数分布 图3(a)是根据 3133 个辐射计实测数据画出的水汽总量频数分布直方图.

由图3(a)可见,该海域秋冬两季的积分水汽总量主要集中在 $4.5 \sim 6.5 \text{ g/cm}^2$,相对频数达 89%,其中又以 $5.5 \sim 6.5 \text{ g/cm}^2$ 的值出现的频数最高.在这个海域,我们观测到的最大值为 8.5 g/cm^2 ,最小值是 4.2 g/cm^2 ,

平均值为 5.76 g/cm^2 ,而在中纬度大陆地区秋冬季节的平均水汽在 3 g/cm^2 左右,由此可见该海域的水汽是极为丰富的.图3(b)是两次考察期间船上施放的 38 次探空所得到的积分水汽频数分布,比较图3(a)和3(b),可以看到两者频数最高的水汽总量

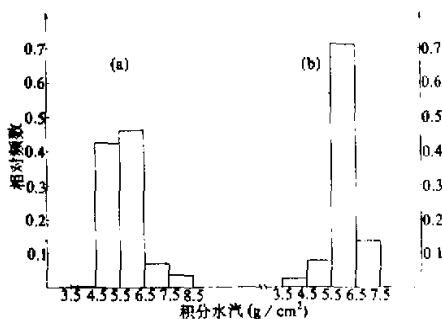


图3 西太平洋热带海积分水汽的频数分布

范围是相近的。Tuller^[2]分析了1964—1966年的一月份卫星水汽观测资料后指出,在 $130^{\circ}\text{E}—150^{\circ}\text{E}$, $5^{\circ}\text{N}—3^{\circ}\text{S}$ 区域内存在一个水汽高值中心,其值为 $4.46\text{g}/\text{cm}^2$ 。我们根据两次考察得到的该区域平均积分水汽总量为 $5.76\text{g}/\text{cm}^2$,考虑到两者之间在探测时间以及覆盖区域有所不同,因此,我们认为这两种观测结果基本上还是一致的。

3. 本底积分水汽总量的区域分布 为了真实地反映积分水汽总量的经纬度分布,我们把不受天气系统的影响,在稳定的天气条件下晴空水汽观测值称之为本底积分水汽值。

图4给出了 $130—150^{\circ}\text{E}$, $5^{\circ}\text{N}—3^{\circ}\text{S}$ 这样一个矩型区域内本底水汽的观测结果。由图可见,在这个区域的东北方(148°E , 5°N)存在一个水汽高值区,最大值为 $6.3\text{g}/\text{cm}^2$,这个高值区向西南方向延伸,并在东经 $140—147$ 度范围内跨越赤道。此外,在西北方有一个水汽低值区,它的前沿向东南偏

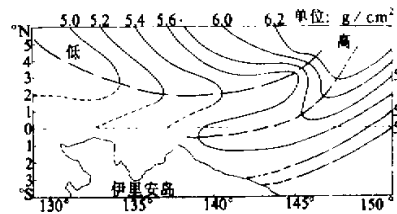


图4 西太平洋热带海域本底水汽值区域分布

东方向伸展。应当指出,这些本底水汽值是在近一个月的时间跨度内观测得到的,如果在一个月之内该区域的本底水汽值不会有太大的变化,或者说不足以引起上述水汽场基本特征的改变,那么,这幅本底水汽分布图是可信的,它不仅对于海气相互作用区域性差异,而且对低纬度热带气象学研究都具有一定的参考价值。

三、云

1. 云型和总云量的频数分布

表1是根据442次云型观测记录的统计结果(一次观测得到的云型可能不止一种),由表1可知西太平洋热带海域上空淡积云出现的频数最高,其次是高积云,卷云和碎积云等,

表1 西太平洋热带海域云型统计

云型	Fc	Cu hum	Cu cong	Ac	Cb	Ci	Sc	St	As	Cs
频数	186	339	175	243	102	202	52	2	9	3
频数 观测次数	0.421	0.767	0.396	0.550	0.231	0.457	0.118	0.005	0.002	0.007

层状云出现的频数很少,层云、高层云和卷层云出现的频数总共才占1.4%,这种大范围均匀的层状云只有在较大的天气系统来临时才出现。表2是423次总云量的观测结果,在

表2 西太平洋热带海域总云量统计

总云量	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
频数	0	7	29	43	51	40	27	38	14	20	154
相对 频数	0	0.02	0.07	0.10	0.12	0.10	0.06	0.09	0.03	0.05	0.36

考察过程中没有发现万里无云的碧空天气,总云量值在3~7之间为199次,总云量为10则有154次,总云量的平均值为6.77,Atkinson和Sadler^[3]根据1965年~1967年的

卫星云图资料,推算得到一月份热带地区平均云量分布图,在我们考察的海域,平均云量为 6.25,这个值与我们得到的总云量平均值十分接近。

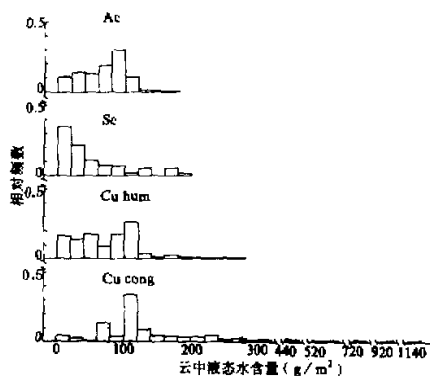


图 5 西太平洋热带海域典型云的含水量统计特征

2. 各类云的液态水含量统计特征

图 5 是西太平洋热带海域具有代表性的四种云: Cu hum, Cu cong, Ac, Sc 的含水量频数分布直方图,横坐标是以一平方米为底面积的垂直云柱中以克为单位的液态水含量,纵坐标是对应的含水量值出现的相对频数。可以看到高积云的含水量变化范围较小,出现频数最高的含水量值是 $80 \sim 100 \text{ g/m}^2$,层积云的含水量主要集中在 $0 \sim 40 \text{ g/m}^2$,但是在少数情况下,它的含水量可以达到 500 g/m^2 以上,淡积云与浓积云的情况有点类似,出现频数最高的含水量都在 $100 \sim 120 \text{ g/m}^2$,但是浓积云中

含水量出现的频数少于淡积云,而且含水量变化范围也比淡积云宽得多,统计结果表明, 200 g/m^2 以上的含水量出现频数占 20.9%,由此可见,浓积云中的含水量明显地多于其它云型的含水量。

四、水汽和云中含水量演变的个例分析

两次考察结果表明:在秋冬季节的转换时期,西太平洋热带海域的天气以晴为主,但是当大陆上强冷空气南下,或在大的天气背景下,本区域有气旋活动时,常常伴有强烈的天气过程发生,例如大风、暴雨等,各种气象要素也会发生激烈的变化。图 6 是 1986 年 10 月 17 日在 114°E , 23°N 测到的 21 号台风边缘蔽光层积云降水前水汽和云中液态水含量的演变过程。在降水前,总的来说水汽和云中含水量都是增加的,但是在初期增加速度比较缓慢,并伴有几次小的起伏,而且这种起伏在两者之间有着较好的同步性,我们认为水汽和云中含水量的起伏可能由上升气流的不均匀所造成的。在降水即将发生前,云中含水量增加速度突然加快,在短短的 10 分钟内,含水量从 74 g/m^2 增加到 538 g/m^2 ,与此同时,虽然大气中水汽也有一定的增加,但是由于大量的水汽上升到云内因凝结而转换成云滴,因此,实际的水汽含量并没有明显的改变。图 7 给出了另一次降水个例,与图 6 相比,不难发现它们之间的共同点,而差别在于:当含水量迅速增加时,水汽值反而减少了。我们认为其原因可能是由于大量的水汽在短时间内因转化成云滴而迅速消耗,下层的水汽又来不及补充,从而造成大气中实际水汽总量减少了。根据图 6 和图 7 我们可以发现这样一个事实,即降水发生前的一段时间里,云中液态水含量有一

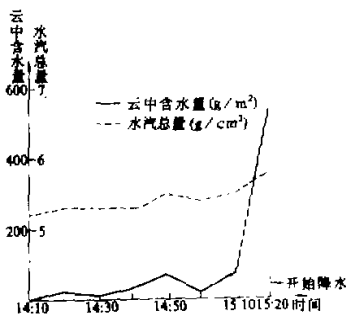


图 6 一次蔽光层积云降水前水汽和云中含水量的演变

个从缓慢增加到突然猛增的过程,而相比之下,水汽值的增加却不很明显,有时反而会减少。

五、小 结

根据以上的统计分析,我们对西太平洋热带海域秋冬转换季节的积分水汽总量,云(包括总云量、云状以及各类云的液态水含量)的特征有了以下几点初步认识:

(1) 西太平洋热带海域 89% 的积分水汽值集中在 $4.5 \sim 6.5 \text{ g/cm}^2$, 最小值是 4.2 g/cm^2 , 最大值为 8.5 g/cm^2 , 平均值为 5.76 g/cm^2 , 这个值要比中纬度大陆地区秋冬季节的平均水汽量大 $2 \sim 3 \text{ g/cm}^2$, 由此可见该海域的水汽是极为丰富的。

(2) 在秋冬季节转换时期, 该海域 ($130 \sim 150^\circ \text{E}$, $5^\circ \text{N} \sim 3^\circ \text{S}$) 的水汽总量具有如下分布特征: 在东北方存在一个高值区, 并向西南伸展, 其前沿在 $140 \sim 147^\circ \text{E}$ 范围内跨越赤道, 西北方有一个水汽低值区, 其前沿向东南偏东方向延伸。

(3) 该海域几乎不出现万里无云的碧空天气, 总云量一般在 $3 \sim 7$, 云状以淡积云和卷云为主, 高积云和浓积云也占有一定的比例, 而层状云如卷层云、高层云和层云出现的机会很少, 它们一般只在大的天气系统来临时出现。

(4) 在该海域具有代表性的四种云中, 浓积云不仅含水量最多, 而且含水量的变化范围也最大, 其次是淡积云和高积云, 层积云中的含水量一般情况下比较低, 但是当有天气系统来临时, 层积云中的含水量也可以超过 500 g/m^2 。

致谢: 高登义、王维为本研究工作提供了探空资料, 在此一并表示感谢。

参 考 文 献

- [1] 魏 重等, 1984, 用 1.35 厘米波长地面微波辐射计测大气中水汽总量及分布, 大气科学, 第 8 卷, 第 4 期, 417—426。
- [2] Tuller, S. E. 1968, World distribution of mean monthly and annual precipitable water, *Mon. Wea. Rev.*, Vol. 96 (11), 785—797。
- [3] Atkinson G. D. and J. C. Sadler 1970, Mean cloudiness and gradient-level-wind charts over the tropics, AWS Technical Report 215, Vol. 1 (Text), Vol. 2 (charts)。
- [4] 黄润恒、邹寿祥, 1987, 两波段微波辐射计遥感云天气的可降水和液态水, 大气科学, 第 11 卷, 第 4 期, 397—403。
- [5] 魏 重等, 1988, 两波段微波辐射计遥感海上云中含水量及可降水, 1985 年北京国际辐射会议论文集 (英文), 318—325。

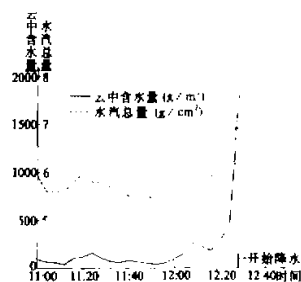


图 7 一次低涡降水前云中含水量和水汽的演变过程