

用卫星云图分析平均经圈环流和纬圈环流 的一个尝试*

符淙斌**

(中国科学院地理研究所)

提 要

本文使用太平洋地区1965—1973年月平均卫星云图资料,分析了这一地区冬、夏平均经圈和纬圈环流。将其与用气象站测风所计算的结果相比较,发现它们的基本形势是一致的。但是在台站网相当稀疏的海洋上,由卫星云图分析的结果比实测风计算的结果,能更细致更正确地反映实际大气的运动状况。

卫星云图在短期天气的分析预报中已经有相当广泛的应用,在台站资料稀少的高原和海洋地区收到了良好的效果。作为一种尝试,本文使用1965—1973年月平均卫星云图,分析了太平洋地区的平均经向和纬向大气垂直环流圈,对比了实测风计算的结果。

一、资料和分析方法

本文采用美国夏威夷大学出版《太平洋卫星云图》^[1]。

用云图分析大气垂直环流,主要根据是云量和垂直运动之间有很密切的关系。对照垂直速度场和云量场可以发现,一般来说,上升运动区为多云区,下沉运动区为少云区。但是,大洋上也有一些地方,并无强烈的上升运动,云量却相当多。经过分析,这往往是由层结状况所造成的非对流性低层云。这种影响,在分析时应当注意。这里为了分析大气的垂直环流圈,采用纬圈和经圈平均云量,它可以较好地反映大范围垂直运动的状况。

但是,在等云量图上怎样划分上升运动和下沉运动区呢?将等云量图(按八级划分)与500毫巴垂直速度场相比较,发现在热带地区通常云量 <4 为下沉区,云量 >4 为上升区。中、高纬度,这个标准要适当提高。根据这个标准,绘制了整个太平洋和东西太平洋平均云量的纬向廓线,用以分析平均经圈环流。同时绘制了 0° — 10° S, 10° — 25° N平均云量经向廓线,用以分析这两个纬度带的平均纬圈环流。在分析中,环流圈的垂直伸展,用云量数值大小来估计。

二、太平洋地区冬夏平均经圈环流

1. 大洋平均经圈环流

图1给出了二月和八月 40° N— 30° S整个太平洋上平均云量纬向廓线,以及由此分

* 本文于1978年9月15日收到。

** 现在中国科学院大气物理研究所工作。

析的平均经圈环流。

在北半球冬季(二月), 太平洋上有两个多云带, 其中 25°N 以北的一个相当于平均极锋的位置, 另外 10°N 和 10°S 附近的多云带相当于南、北赤道辐合带的平均位置。同时又有三个少云带, 其中 15°N 附近和 30°S 附近的两个与南、北太平洋高压相当, 赤道附近的一个少云带相当于所谓赤道缓冲带。

与此相配合的经圈环流是, 20°N 以北为中纬度反环流, $10^{\circ}-20^{\circ}\text{N}$, $10^{\circ}-20^{\circ}\text{S}$ 为两个哈得来环流圈, 它们之间存在两个在赤道附近下沉的相反方向的较窄的环流圈。它与 Asnai 最先给出的“赤道环流圈”的模型相似^[3], 因此可称之为“赤道环流圈”。

在北半球夏季(八月), 整个云带北移, 且强度和宽度都发生很大的变化, 主要多云带位于 10°N 附近即平均赤道辐合带的位置。另外, 40°N , 30°S 附近的多云带大致也与此平均极锋位置相当。平均经圈环流的型式也与二月有很大的不同, 北半球 10°N 以北为一个哈特莱环流圈和中纬度反环流, 在 10°N 以南存在两个相反方向的环流圈, 它似乎可以看作冬季原有两个弱小的“赤道环流圈”的发展。但是, 现有环流圈范围宽广, 已远远超过赤道带, 不宜称为“赤道环流圈”。因其位置与经典哈得来环流圈相当, 气流正好相反, 可称为“哈得来反环流圈”。

以上由卫星云图所分析的冬夏平均经圈环流及其季节变化特点, 与实测风计算的结果相比(见文献[2]), 其主要特征是一致的。但是, 在不少方面有显著的差异。

在冬季(二月), 由实测风计算结果是 10°S 南北各有一个哈得来环流圈, 20°N 以北, 25°S 以南各有一个中纬度的反环流。由卫星云图分析的结果, 在北部哈得来环流位置上为三个较小的环流圈, 一个为哈得来型环流, 两个为赤道环流圈。这种差别表明, 由实测风计算的结果, 因海上台站稀少, 使资料情况大为均匀化, 经圈环流的细节被掩盖了。测风计算结果的那个大的哈得来环流圈, 可以看作三个小环流圈叠加的结果(见图 1a 中虚线所描绘的环流圈)。

在夏季(八月), 5°S 南北的两个哈得来反环流圈的形势很相似。北半球的哈得来环流圈和中纬度反环流, 在卫星图上反映更明显, 而实测风计算的较弱, 中纬度反环流更向北推进。如果与平均高度场相比较, 卫星图反映的更为合理, 因为 8 月 35°N 左右正是平均副高区, 而实测风计算却为上升运动区。

2. 西太平洋平均经圈环流

这里用 $135^{\circ}-140^{\circ}\text{E}$ 代表西太平洋情况。图 2 给出二月、八月平均云量纬向廓线和相应的经圈环流。

与整个太平洋的情况不同, 这里冬夏均为两个多云带和两个少云带。

二月, 20°N 以北, $10^{\circ}\text{N}-20^{\circ}\text{S}$ 为多云带, $10^{\circ}-20^{\circ}\text{N}$, 20°S 以南为少云带。由此, 构成赤道南北各有一个哈得来环流圈。 20°N 以北, 30°S 以南, 分别为中纬度反环流。这个结果, 与实测风计算比较接近。它说明, 与整个太平洋平均比较, 西太平洋不存在所谓“赤道环流圈”。这是因为这里没有所谓“赤道冷水带”。

八月, 基本形势与二月相似。整个云带, 北移了大约十个纬度。相应的, 北半球中纬度反环流移到了 25°N 以北。哈得来环流圈也有一定位移, 主要是北半球一环。在南北两个哈得来环流圈之间, 有一个相对少云区, 推测可能存在两个弱的赤道环流圈(见

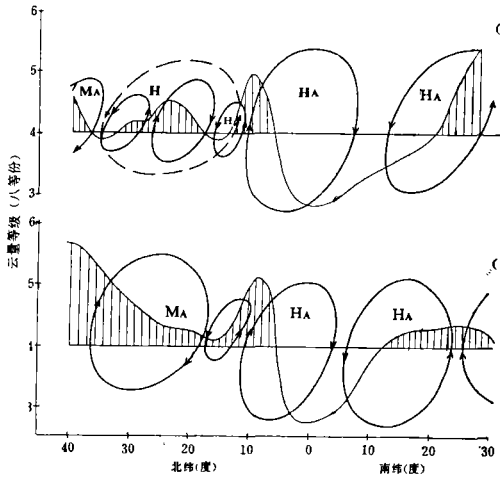


图 1 整个太平洋纬向平均云量廓线及经圈环流 (a): 2月, (b): 8月

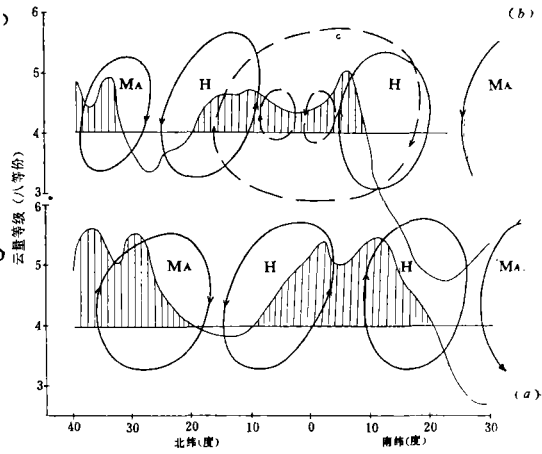


图 2 西太平洋纬向平均云量廓线及经圈环流 (a): 2月, (b): 8月

图 2 b 中的虚线)。这种型式与西太平洋夏季双赤道辐合带及其间的赤道缓冲带结构是吻合的。

与实测风计算比较, 似乎差别甚大。但实际上, 它只是把卫星云图反映的结果平滑了。计算得到的 $15^{\circ}\text{S}-20^{\circ}\text{N}$ 之间那个大环流圈, 实际上也是几个小环流圈叠加的结果 (见图 2 b 中的虚线)。但是, 值得注意的是 $20^{\circ}-30^{\circ}\text{N}$ 之间的少云区, 在计算图上却是上升区, 因而哈得来环流和中纬度反环流在计算图上变得很弱。这种情况, 在大洋平均夏季也有反映。这里的云量和垂直运动间配合不好, 其原因值得研究。

3. 东太平洋平均经圈环流

这里用 $140-145^{\circ}\text{W}$ 代表东太平洋。图 3 给出了平均云量的纬向廓线和经圈环流。

与西太平洋有明显不同。二月, 主要多云带有两个, 一个位于 5°N 以北, 另一个位于 15°S 以南, 赤道附近及以南为一很宽的明显少云区。由此, 构成两个在赤道附近下沉, 副热带上升的哈得来反环流。其北部, 可能有一个弱的哈得来环流和中纬度反环流。

八月, 主要特点是赤道及其以南的少云带加强扩展, 同时原北半球多云带分裂成三块。由此产生的垂直环流特点是, 两个哈得来反环流进一步加强。北半球还出现几个弱环流圈。

与实测风计算相比较, 夏季形势比较接近, 同样, 北半球一环可看作若干较小环流圈的叠加, 反映云图资料比实测风更为细致些。冬季的情况形势类似, 但在低纬部分强度差异大。赤道附近明显少云区和 10°N 附近多云区, 在垂直速度上反映较弱。

显然, 由于赤道冷水带的存在, 东西太平洋的平均经圈环流有很大的不同。主要差别是, 西太平洋暖水区上空维持一多云带, 哈得来环流型发展, 而东太平洋冷水区基本上为一少云带; 主要多、少云带移至赤道以北, 其南哈得来反环流发展。整个太平洋平均, 实际上是有显著差异的东西两部分叠加的结果。哈得来环流和哈得来反环流叠加,

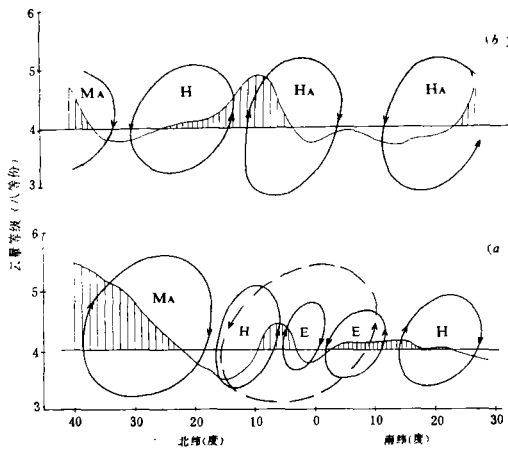


图 3 东太平洋纬向平均云量廓线及经圈环流
(a): 2月, (b): 8月

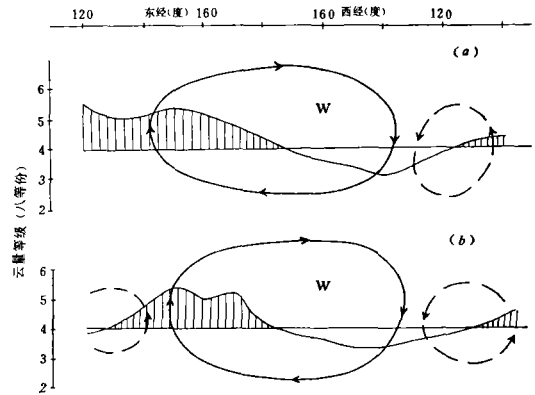


图 4 0°—10°S 经向平均云量廓线及平均纬圈环流
(a): 1月, (b): 7月

在赤道附近出现“赤道环流圈”，它与中太平洋平均经圈环流相接近^[3]。

三、太平洋地区冬夏平均纬向垂直环流圈

1. 赤道附近的平均纬圈环流

图 4 给出 0°—10°S, 120°E—120°W 平均云量经向廓线及相应的垂直环流图。

显而易见，冬夏季赤道太平洋云量为西多东少，大致以 170°W 为界；其西多云区，其东至 110°W 附近为少云区，110°W 以西有一个弱的相对多云区。由此分析，存在着一个纬向的垂直环流圈：西太平洋上升、东太平洋下沉，低层为东风、高层为西风，即所谓“沃克环流圈”。从冬到夏，东部少云带向东西两侧扩展，即沃克环流的下沉分支在夏季较为宽广，这与赤道冷水带的季节性发展相配合。在这个环流圈以东，从云量廓线还可分析另一个相反方向的弱环流。根据其它资料分析，秘鲁沿岸多云区是冷水上翻所造成的稳定层结下的低层云，不是大范围上升运动产生的对流性云系，因此这是一个虚假的环流(图 4 中的虚线)。夏季，其西的一个环流圈与印度洋状况有关。

与由质量通量计算的结果(见文献[2])比较，夏季形势比较一致，但下沉区较计算的稍偏西。冬季，垂直气流分布是一致的。但计算表明，不存在闭合环流圈。这是，由云图分析所不能反映的缺点所在。但根据云图判别水平气流的方法并不是不可能的，如何用于平均云图及风场分析尚须研究。

2. 10°—25°N 地区的平均纬向垂直环流圈

这一地区，可反映北太平洋副热带的状况。图 5 给出了，120°E—100°W 地区云量的经向廓线和纬圈环流。

可以看到，北太平洋副热带地区云量分布沿各经度的明显差异。西太平洋为多云区，大洋中部为少云区；150°—160°W 以东又为一个多云区，110°W 以东又一个少云区。

与此相对应，可以分析三个纬向的垂直环流圈，其中西部两环较为发展。这个结果表明，所谓纬向垂直环流圈，并不局限于 J. Bjerknes 所指出的赤道附近^[4]，也并不如

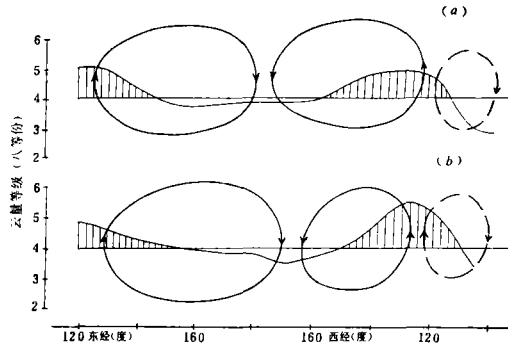


图 5 $10^{\circ}-25^{\circ}\text{N}$ 经向平均云量廓线及平均纬圈环流
(a): 1 月, (b): 7 月

T. N. Krishnamwrti 所推测的海陆之间^[5]。在海洋上, 在副热带纬度也存在着一类纬向的垂直环流圈。它的形成可能与海面温度和海陆分布有关, 其维持机制尚须进一步研究。

上述由云图所反映的副热带纬向垂直环流圈, 其主要下沉分支通常与副热带高压主体部分相对应, 而其上升分支位于副高体的东西两侧, 它反映了垂直速度场在副高体内的分布, 这对了解北太平洋副高结构是有益的。

四、结 语

1. 本文的尝试表明, 用平均卫星云图来分析大气的垂直环流圈是一种可行的方法。
2. 与实测风计算结果比较, 它的主要优点是, 云图资料复盖了整个地表, 而测风资料目前所用的只是少数探空站, 它们又大多集中在中高纬度的陆地上, 辽阔的海上测站相当少。因此, 由测风计算的结果, 使垂直环流图象大为简化和平滑了; 而云图分析结果, 在某种程度上, 却能更正确地反映实际大气的运动状况。例如, 太平洋上较窄的所谓“赤道环流圈”的存在及其哈得来环流圈的多环结构, 在卫星云图上有较清楚的反映。同时, 副热带纬向的垂直环流圈, 在云图资料中反映很清楚, 较好地揭露了副高内部的垂直气流分布。

3. 这一方法的不足之处是, 某些地区垂直气流和云量分布间配合不太好。由于不能反映水平气流的情况, 环流圈的垂直伸展分析有主观性, 若有垂直方向多环结构就分析不出来。

另外, 我们还分析了一些个例, 如 1971 年 12 月, 赤道相对干带发展; 1972 年 12 月, 则是“爱奥尼诺年”。这两例在云量分布上, 前者赤道东太平洋云是异常减少; 后者则相反, 云量异常增多。这表明用云图也可以分析逐年逐月的天气过程, 由此作为研究长期天气过程演变的一种信息, 为长期天气预报提供定性的依据。

参 考 文 献

- [1] Sadler, J. C., Pacific Ocean Cloudness from Satellite Observations, *UHMET*, 76—01.
- [2] 符淙斌, 平均经圈环流型的转变与长期天气过程, *气象学报*, 37 (1979), No.1.
- [3] Bunker, A. F., *Journ. Atmos. Scie.*, 28 (1971), No.7.
- [4] Bjerknes, J., *Mon. Wea. Rev.*, 97 (1969), No.3.
- [5] Krishnamurti, T. N., *Journ. Atmos. Scie.*, 28 (1971), No.8.
- [6] 符淙斌等, 赤道海温异常与大气的垂直环流圈, *大气科学*, 1979年, 第一期。

A TENTATIVE ANALYSIS OF THE MEAN MERIDIONAL AND ZONAL-VERTICAL CIRCULATION BY USING THE SATELLITE CLOUDNESS DATA

Fu Gong-bin

(*Institute of Geography, Academia Sinica*)

Abstract

The mean meridional and zonal-vertical circulation in Pacific region have been analyzed by using 1965—1973 monthly mean satellite cloudness. The general pattern is rather similar to the result calculated by using the rawin data. Furthermore over the open seas where the conventional data are lack, the result obtained from satellite data may be better and more detailed for describing the actual atmospheric circulation.