

西太平洋云量变化与中国东部的降水

章名立

(中国科学院大气物理研究所, 北京 100080)

提 要

本文用“综合海洋大气资料集”(COADS)中月平均总云量资料得到了1905—1985年西太平洋地区夏季云量的历史演变. 在副热带地区存在一个云量最少的带, 这个云带的演变能较好地反映西太平洋副热带高压的变化. 云带的位置和中心云量值具有明显的10年尺度的变化. 它与中国东部雨量的变化有着明显的关系. 因此它能提供近80年形成我国东部气候变化的夏季西太平洋副热带地区的环流变化的特征.

关键词: 海上云量; 夏季副热带高压; 雨量变化.

一、前 言

我国的气候是著名的季风气候区域. 由于季风气流的影响, 中国东部大部分地区降水是由夏季季风从海上带来大量的水汽形成的. 所以降雨量主要集中在夏季. 夏季雨量的多寡, 雨区的分布与当年控制夏季风活动的西太平洋副热带高压的进退活动, 及其纬度位置和强弱变化均有密切关系. 因此研究我国东部地区旱涝气候的形成, 必须研究西太平洋副热带高压的变化. 同样研究我国东部雨量的长期变化, 亦应该摸清西太平洋副热带高压多年变化的情况. 由于观测仪器的限止, 50年代以前对流层中上层高度场和风场资料几乎是没有的, 但是要了解夏季副热带高压又必须从对流层中层的环流状况来进行分析. 利用云的观测资料来分析对流层上空的环流条件是一个可以尝试的途径. 因为云的形成与空气柱的垂直运动, 上层的辐散、辐合的条件有密切的关系. 尤其在副热带高压区, 由于强烈的下沉辐散, 和高压本身是个半永久性的气压系流的缘故, 形成一个稳定的少云区域, 因此有可能通过对副热带地区的最少云量带的变化来分析副热带高压的变化.

“综合海洋大气资料集”(COADS)^[1]汇编了1854—1985年全球海洋船舶观测资料, 这份资料中包括海上 $2^{\circ} \times 2^{\circ}$ 经纬度网格中总云量的月平均值. 本文用该资料集中西太平洋地区总云量的变化来分析早期西太平洋副热带高压的长期变化特征, 从而研究形成我国东部旱涝变化的副热带环流变化条件.

由于我国主要是夏季风降雨区, 我们对副热带高压的分析主要以夏季7月份为代表, 所分析的总云量是用 120° — 160° E经度范围内每年7月份的平均云量来代表西太平洋上空的云量. 中国东部平均年降水量用文献[2]中的资料序列.

二、1905—1985年西太平洋夏季总云量的变化

1. 船舶云量观测与卫星观测的比较

在分析海上总云量的变化之前,我们先对海上船舶观测资料的可靠性进行一些验证。图1是1979年4月至1985年3月西太平洋副热带纬度上(26° — 30° N, 136° — 140° E) COADS月平均总云量与“雨云7号”卫星测得的月平均总云量的比较(船舶观测云量已由八分度换算成百分数,以下云量单位均为百分数)。两组观测十分吻合,差值一般在5%以下,仅有少数达10%以上,相关系数达0.86。在整个西太平洋副热带地区两组观测的差异大致与上述地区相近^[9]。因此我们认为在西太平洋副热带地区 COADS 的总云量资料有一定的可信度。当然在1950年以前,尤其在更早的时期,资料的质量就差得多了。

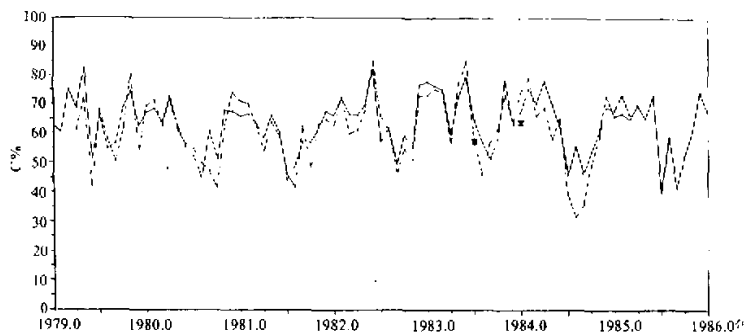


图1 月平均总云量变化曲线(1979年4月—1985年3月)
COADS (实线)与“雨云7号”(虚线)

2. 总云量变化与副热带高压变化的关系

图2是西太平洋(120° — 160° E)7月份5年滑动平均总云量的时间—纬度分布图。(由于本文试图用最少云量带来诊断副热带高压的年际变化,而副热带高压在6—8月期间所在纬度位置有较大的差异,为了突出年际差异,所以仅用7月份的总云量来代表夏季的状况。)总云量在副热带高压所在纬度(20° — 30° N)范围内出现最低值,在它的北侧云量很快增加,在 50° N附近,即夏季西风急流所在纬度,达到最大值。南侧在 10° N附近,即夏季热带辐合带的纬度,又出现一个高值带。

图3是西太平洋7月份5年滑动平均500hPa等压面上位势高度纬度—时间分布图,比较图2和图3,总云量在副热带纬度上的最低值区正好与副热带高压相合。云量最低值中心的南北移动和云量的变化与副热带高压的位置和强弱变化有着明显的一致性。因此有可能用这一地区总云量的年际变化特征来诊断分析西太平洋副热带高压多年变化的特征。

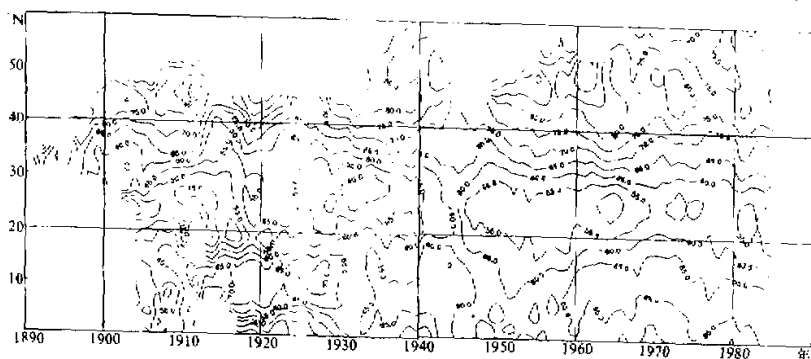


图2 1891—1985年120—160°E平均7月份总云量纬度—时间分布图
(5年滑动平均值)

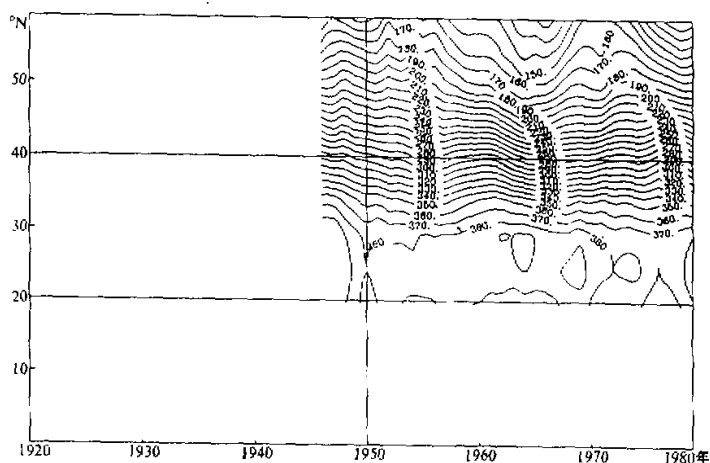


图3 1946—1980年120—160°E平均7月份500hPa位势高度值纬度—时间分布图
(单位:5500位势米,5年滑动平均值)

3. 近80年西太平洋副热带高压的变化

比较图2和图3,大致可以确定在副热带纬度区云量在60%以下的低值带为副热带高压所在的地带,而云量最小的中心为副热带高压脊所在的位置.图2中1905年以前云量资料较少,难于确定副热带高压所在的纬度.1905年以后的80年中,云量最低值的变化大致可以分为4个稳定少变的时期:(1)1920年以前,(2)20年代至40年代中期,(3)40年代中期到60年代中期,(4)60年代中期至80年代.图4是这4个时期平均总云量的经向廓线,可以看到这4个时期云量最低值带所在的平均纬度和中心数值有明显的差异.在本世纪前20年,这个云带位置最偏南,平均在23°N附近.20年代中期以后,它北移到29°N附近.这是本世纪前80年中,它的位置最偏北的时期,平均云量减少到50%以下.40年代中期以后,云带又向南移,平均位置在23—25°N.

云量又明显的增加。60年代中期以后,云量继续增加,云带在 $25^{\circ}-27^{\circ}\text{N}$ 附近。

从最少云量带的变化,我们可以推断西太平洋夏季副热带高压的演变:在本世纪初,副热带高压位置偏南,20年代以后副热带高压北移并且增强。本世纪的30年代,可能是夏季西太平洋高压位置最北和最强的时期,40年代中期以后,副热带高压减弱并且南移。在60年代中期副热带高压又一次加强和北移,但是以后又减弱,并再没有回复到30年代时的强度。

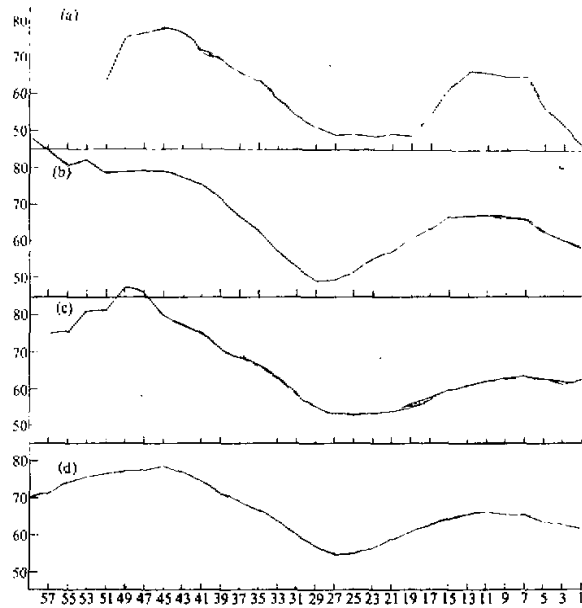


图4 西太平洋(120—160°E)7月份平均总云量的经向廓线

(a) 1906—1920年平均, (b) 1926—1940年平均, (c) 1946—1960年平均, (d) 1966—1980年平均

横坐标: 纬度(N), 纵坐标: 云量(%)

西太平洋副热带纬度($25^{\circ}-31^{\circ}\text{N}$, $120^{\circ}-160^{\circ}\text{E}$) 1905—1985年7月份平均总云量的变化曲线(图5)表明这一地区的云量有明显的增加趋势。在图2中亦同样显示出这种趋势,即云量最低值带内云量值明显增高。因此可以推断,夏季西太平洋副热带高压在本世纪内具有减弱的趋势,70年代以后减弱更为明显。

Lamb等^[9]对不列颠岛西风频率的分析指出,20世纪前40年中西风频率大,到50年代以后就降低了,1970年西风频率比20年代时少1/3。西风频率的减少说明中高纬度容易出现阻塞形势,风带南移,南侧的副热带高压亦南移。王绍武等对海平面气压场的统计分析^[18]得到,本世纪30—40年代,北太平洋高压强,印度低压深和位置偏西,我们用总云量分析得到的西太平洋高压的演变与他们的结果基本一致,虽然所分析的地区和季节不完全一致。

上面指出的云量在副热带地区有4个稳定少变的时期。在这些时期之间的过渡期内

云量有时会突然增加(1920年和1945年左右)或减少(1965年左右),最少云量带的位置亦发生了变化。这些过渡时期正好与最近一些学者分析的北半球气候突变的时期相吻合^[6,7],副热带地区云量在气候突变期的显著变化可能与副热带地区环流状况在气候突变亦经历了重要的变化有关。

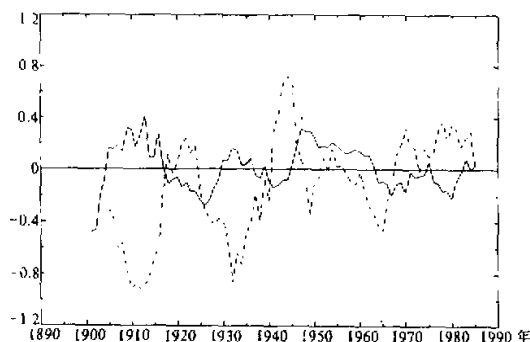


图5 1905—1985年7月份西太平洋副热带纬度(120—160°E, 25—31°N)
5年滑动平均总云量变化曲线和最小二乘估计的趋势曲线

三、西太平洋云量与中国东部降水的关系

1. 大范围平均降水

中国东部是著名的季风气候区域,夏季季风降水集中了一年中主要的降水量。它是夏季季风气团与极地大陆气团相互作用的结果。夏季季风的活动和强度与西太平洋副热带高压的西伸和北移有直接关系。因而可以说西太平洋副热带高压是形成中国东部夏季降水的重要因子。我国东部旱涝气候的形成直接受到与西太平洋副热带高压年际变异的影响,为此我们要分析西太平洋副热带高压长期变化与我国东部降水长期变化的关系。

我们选择120—160°E, 25—31°N这一地区内云量的变化来代表西太平洋副热带地区的云量变化。从图2看这个纬度带是最少云量带所在的纬度。取这个地区1951—1985年每年7月份的平均总云量与同年5—9月西太平洋副热带高压脊线所在的平均纬度求相关,得到相关系数为-0.43。相关系数已超过信度为1%的临界值,所以这个地区的7月份云量可以用来表示当年夏季西太平洋副热带高压的位置,当云量多时,副热带高压偏南,反之则高压偏北。从图2和图3相比,我们又可以看到最少云量带中云量少,副热带高压中心强。

图6为中国东部(100°E以东)平均年降水量与西太平洋副热带地区(25—31°N, 120—160°E)平均7月总云量距平值的变化曲线,两组曲线的数值均是5年滑动平均值。中国东部的平均年降水量取自文献[2],它是由279个雨量站的年降水量标准化后的

平均值, 两组曲线求距平时的基值均取 1951—1980 年的平均值.

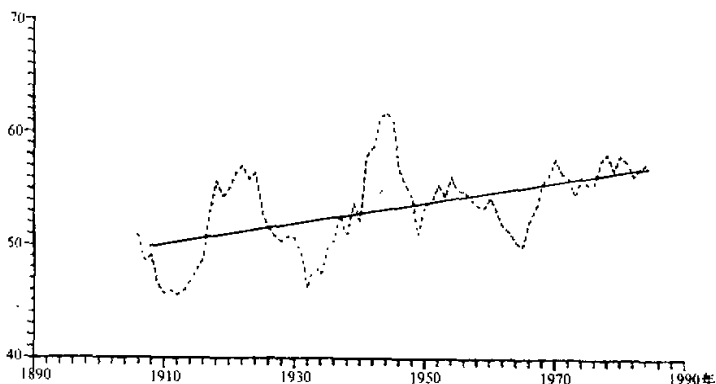


图 6 1891—1985 年中国东部 (100°E 以东) 平均年降水量和西太平洋副热带地区 (120°E , 25°N — 31°N) 平均 7 月总云量距平值, 5 年滑动平均变化曲线

实线: 雨量 $\left(\text{标准比值} = \frac{\text{距平值}}{\text{标准差}} \right)$, 虚线: 云量 (0.1 百分数)

从变化曲线看, 西太平洋副热带地区的云量与中国东部大范围平均降水具有很好的反相关关系, 亦就是说中国东部地区早期出现在西太平洋副热带地区云量偏多的时期. 即当西太平洋副热带高压位置偏南和强度较弱的时期, 中国东部气候偏旱. 在本世纪内出现 3 次副热带地区云量偏多而雨量偏少的时段, 其中以 60 年代中期以后持续时间最长. 这一时期的干旱同时出现在中国东部、印度和非洲北部. 从图 2 中可以看出, 60 年代中期以后的最少云量带内是本世纪前 80 年中云量偏多, 云带纬度偏南持续时间最长的时段, 它持续了近 20 年, 因此持续干旱的出现是由于这段时期内副热带高压持续偏南而且持续偏弱的缘故.

相反, 中国东部气候多雨的时期是副热带地区云量偏少的时期, 如本世纪初的 20 年, 30 年代的前期和 40 年代中期到 50 年代.

2. 中国东部降水的分布

图 6 已给出了西太平洋副热带地区云量变化与中国东部大范围平均旱涝变化的关系. 但是由于中国东部降水的形成主要依靠夏季季风从海洋上带来大量的水汽, 而副热带高压在夏季西伸和北进才使得夏季季风有可能深入中国东部大陆, 在大陆上形成大片的雨区. 因此不同的副热带高压位置, 在中国大陆上形成的雨区亦不一样, 雨区分布的年际差异与西太平洋副热带大气环流的年际变异有密切的关系, 而西太平洋副热带地区的云量变化是副热带高压的位置和强度的反映. 因此它的变化对中国东部雨区的分布应该亦是有联系的. 图 7 为 1951—1985 年期间夏季 6—8 月中国东部雨量分布分别与 (a) 5—9 月平均西太平洋副热带高压脊线的纬度位置、(b) 7 月份西太平洋副热带地区 (25°N , 120°E — 160°E) 平均总云量的相关系数分布图, 由图可以看到两种相关系数的分布型式是很相似的, 只是符号相反, 这进一步说明了这一地区的云量变化与副

热带高压的位置变化的关系。

相关系数的分布, 在中国东部成鞍形分布. 可以以 32.5°N 和 105°E 为界分为 4 个区域. 在 32.5°N 以北, 当副热带高压偏北和云量偏少时, 这一年夏季我国华北地区和东北(除内蒙和黑龙江省的北端)雨量偏多. 甘肃的东部则雨量偏少. 雨量与副热带高压位置相关关系最好的地区是我国的吉林和辽宁两省的东部和山东省. 在长江流域以南地区, 105°E 以东地区夏季雨量与副热带高压脊的位置偏北程度成负相关关系, 负相关最大中心在两湖盆地, 西部四川, 云南一带的夏季雨量与副热带高压位置偏北成正相关. 在闽粤沿海夏季雨量与副热带高压的位置关系很小, 这是因为这一带夏季雨量主要受辐合带和台风的影响. 相关系数最大的地区分布成东北西南走向, 从东北平原、华北平原指向四川和云南. 这个带大致是夏季副热带高压伸向大陆的西北边缘, 是副热带高压的西南气流与西风带极地空气交绥的地带, 夏季的雨量与副热带高压脊的纬度位置相关系数最大达 0.75 以上.

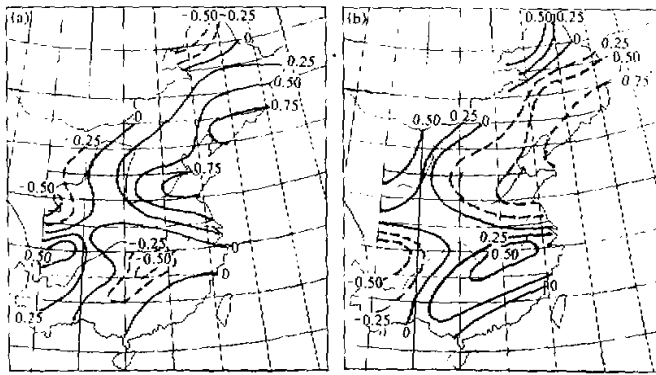


图 7 (a)1951—1985 年 5—9 月西太平洋副热带高压脊线的平均位置(纬度)与中国东部 6—8 月雨量的相关系数分布图, (b) 1951—1985 年 7 月西太平洋副热带地区 (25° — 31°N , 120° — 160°E) 平均总云量与中国东部 6—8 月雨量的相关系数分布图

四、结 语

夏季西太平洋副热带环流的变化对中国东部气候的形成有着重要的作用. 海上船舶观测资料为我们提供了长序列的海上总云量的气候资料, 使用这分资料有可能分析对流层中上层海洋上大气环流变化的状况, 尤其是副热带地区云量最少带与副热带高压能很好的相互配置, 分析这个带的位置变化和云量的变化能够诊断副热带高压的位置和强弱变化, 从而弥补因为早期没有高空资料而无法得到早期中上层副热带环流状况的缺陷. 我们分析了 1905 年以来, 西太平洋 (120° — 160°E) 夏季副热带地区 7 月份云量变化得到:

(1) 本世纪前 80 年内西太平洋副热带地区夏季云量最少带的变化可以分为 4 个稳定少变的时期, 在这些时期内这个带位置变化不大, 云量变化亦小. 在两个稳定期之间出现时间相对较短的过渡时期, 此时云量变化较大, 云量很少带的位置亦有明显的变

化, 过渡时期出现的时间与本世纪内出现的几次气候突变时期相吻合, 这说明西太平洋夏季副热带环流在气候突变事件中有明显的变化, 而在气候突变事件以后, 西太平洋副热带环流有一个相当长的稳定时期。

(2) 在本世纪前 80 年, 夏季西太平洋副热带地区的云量具有增加的趋势, 因此夏季西太平洋高压具有减弱的趋势。

(3) 夏季西太平洋副热带高压的位置和强度对中国东部大范围平均降水有重要的影响, 在本世纪前 80 年中, 西太平洋副热带地区的云量与中国东部雨量具有很好的反相关关系, 当云量偏少时, 即副热带高压偏北且强时, 雨量偏多, 相反云量偏多时, 则雨量偏少。60 年代中期以后, 云量持续偏多与中国东部持续偏旱相对应。

(4) 中国东部雨区的分布受西太平洋副热带高压的控制, 沿夏季西太平洋副热带高压脊的西北边缘, 从东北、华北到四川、云南一带地区的雨量与夏季副热带高压脊的位置相关最大, 但是在东南沿海一带由于夏季降雨受台风、热带辐合线等系统的影响, 又因为这些地区的降雨量并不集中在夏季, 所以雨量的变化与夏季副热带高压的变化关系反而较小。

参 考 文 献

- [1] Slutz, R. J. et al., 1985, Comprehensive ocean-atmosphere data set: Release 1, NOAA environmental Res. Lab, Climate Res. Progr., Boulder CO, 268.
- [2] 章名立, 1993, 近百年中国东部降水量变化, 大气科学, 17, 第 4 期, 451—461.
- [3] Zhang, M. L., 1992, Comparison of satellite and ship observation for total cloud amount, *Advance in Atmospheric Sciences*, 9, No.1, 63—72.
- [4] Lamb, H. H., 1982, Climate history and the modern world, Cambridge, University Press.
- [5] 王绍武, 1962, 东亚大气活动中心的多年变化与我国的气候波动, 气象学报, 32, 19—36.
- [6] Yamamoto P. et al., 1986, An analysis of climatic Jump, *Journal of the Meteor. Soc. of Japan*, 64, 273—281.
- [7] 严中伟等, 1990, 60 年代北半球夏季气候跃变——I. 降水和温度变化, 中国科学, B 辑, 97—103.

Cloudiness in the Western Pacific and Rainfall in East China

Zhang Mingli

(Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080)

Abstract

In this paper, a long term series of monthly total cloud amount data in the western Pacific (120°—160°E) area during July of 1905—1985 has been analysed. There is a belt of minimum value of cloudiness in the subtropical area. The location of this belt and minimum value of cloudiness show the decade scale fluctuation during the past 80 years. The evolution of this belt agrees with the variation of the western subtropical high in summer. Thus it can indicate the variation of the western Pacific subtropical high during the earlier period in this century. It is found that the rainfall in East China is well correlated with the variation of the cloudiness in the subtropical area of the western Pacific.

Key words: Cloudiness; Subtropical high; Rainfall.