

东亚和太平洋地区上空的平均垂直环流 (二) 冬季

杨广基 王兴东 叶笃正

(中国科学院大气物理研究所)

提 要

本文继《东亚和太平洋地区上空的平均垂直环流(一)夏季》之后,分析了该地区冬季平均垂直环流的特点,得出以下主要结果:

冬季南亚季风区的经向环流为强大的 Hadley 环流所控制,这一环流在青藏高原南侧发展得最为强盛,出了高原向东其强度逐渐减弱;在中、东太平洋的中纬度逆环流成为主要环流系统, Hadley 环流远弱于夏季,只存在于赤道低纬度的低空。

本文对该地区的纬向垂直环流也进行了讨论。

一、引 言

关于冬季和夏季北半球经圈环流的研究工作过去已有很多^[1,2],由于沿纬向冷热分节的不均而产生的东西环流也越来越为人们所注意。Bjerknes 发现由于在赤道太平洋海温有东西向的巨大差异,引起所谓的 Walker 垂直环流^[3]。Krishnamurti^[4]曾指出在夏季青藏高原和东太平洋之间有一巨大的东西环流,同一作者也研究了冬季情况^[5]。

在文献[6]中,作者曾研究了夏季亚洲大陆,尤其是青藏高原对这一地区的经向和纬向垂直环流的影响,发现夏季季风环流圈比一般所想象的要大,东西环流和 Krishnamurti 的结果类似。由于青藏高原耸立于对流层中部,它和对流层中部的大气之间形成冷热对比,因此在巨大的季风环流圈和东西环流圈之内还存在较小的经向和纬向垂直环流圈。此外,我们在文献[6]中还讨论了青藏高原附近环流的一些其它特征。

亚洲大陆和太平洋尤其是中、东太平洋冬夏两季的冷热源分布有很大的差异^[7],故经向和纬向垂直环流冬夏特点必定有鲜明的季节变化,继文献[6]之后,本文将进一步讨论这一地区的冬季环流特点,以便对这个地区天气系统的研究和预报提供一个季节性的大尺度环流背景。

这里所用资料、计算方法和计算范围与文献[6]相同。

二、55°E—135°W 地区的平均经向垂直环流

图(1)为 55°E—135°W 之间各纬度平均垂直运动随高度的分布,此图表示亚洲和太

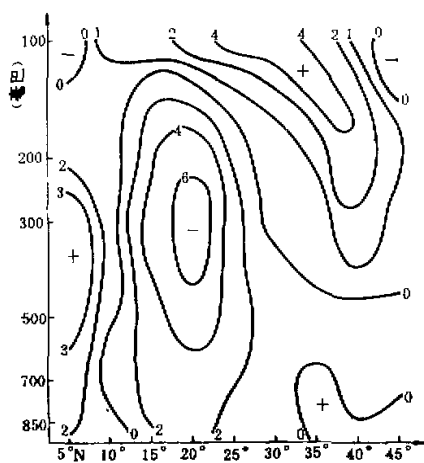


图1 一月 55°E—135°W 各纬度平均垂直运动随高度的分布,单位毫米/秒

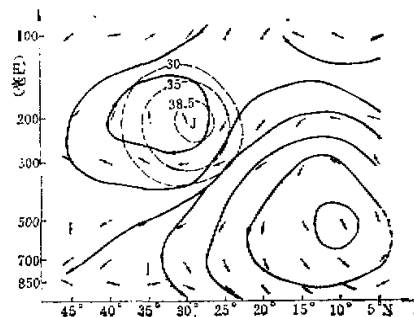


图2 55°E—135°W 平均一月经向垂直环流剖面,作图时垂直距离扩大 200 倍,急流的风速单位米/秒

平洋地区冬季的平均值。在 15°N—30°N 之间整个对流层均为下沉运动,在 15°N—20°N 300 mb 附近有一中心为 6 mm/秒的最大下沉运动区,在 30°N 以北约 400 mb 以上为上升运动区,其最大中心强度为 3—4 mm/秒。文献[1]中曾作过 15°S 以北的整个纬圈平均垂直运动随高度变化的平均图,其计算范围虽然是包括我们所计算的范围在内的全北半球的垂直运动分布,但二者垂直运动的分布和强度是很相似的,这说明亚洲和太平洋地区平均垂直运动的分布对全北半球的平均结果有决定性的贡献。

图(2)是亚洲和太平洋地区的(55°E—135°W)平均经圈环流,在 25°N 以南存在一个强大的 Hadley 环流圈,其上升支在 5°N 到赤道附近,上升气流达 200 mb 左右的高空以后转为下沉,下沉支气流大约在 30°N 以南,其中一部分下沉到太平洋副高区内。在 30°N 以北的高空约在 400 mb—100 mb 之间有一个间接环流圈。大约在 25°N—35°N 地区 200 mb 附近是西风急流中心的位置,其强度可达 35 m/秒以上,此西风急流中心位于 Hadley 环流圈和间接环流圈之间,而稍偏于间接环流一边。上述结果和文献[2]中冬季北半球的平均环流特点是一致的。

三、55°E—140°E 地区的平均经向环流

此地区包括了欧亚大陆东部的 65 个经度的范围,这其中有世界上著名的高地——青藏高原,并包括有西太平洋的 20 个经度范围。这里给出图(3)和图(4)分别代表 55°E—140°E 地区的平均经圈环流和青藏高原地区(沿 90°E)的经圈环流特点。

图(3)清楚地显示出在 25°N 以南地区是一个强大的 Hadley 环流,低纬和赤道地区上升,上升气流到达 200 mb 左右,于 15°N 以北下沉。而在 25°N 以北地区上空,在 500 mb 以下有来自中高纬的一支下沉气流,此支下沉气流和 Hadley 环流的下沉支合并。在 500

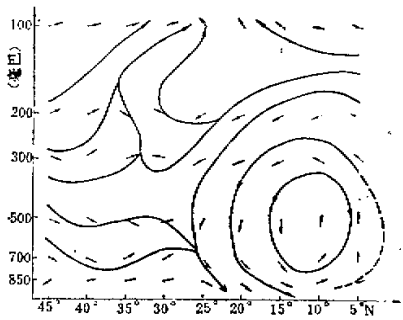


图3 55°E—140°E 平均一月经向垂直环流剖面, 作图时垂直距离扩大 200 倍。

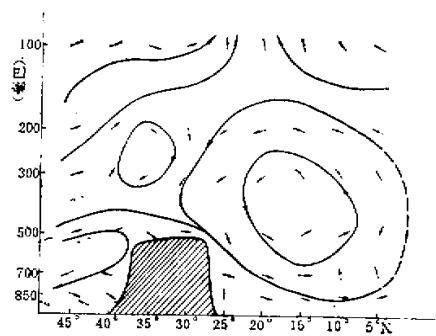


图4 沿 90°E 平均一月经向垂直环流剖面, 作图时垂直距离扩大 200 倍。

mb 以上有一支来自高纬的上升气流, 此支上升气流和来自中低纬的气流在 30°N 以北约 200 mb 的高空附近汇合上升, 这正是冬季 200 mb 平均图上该地区西风急流所处的位置。此外在 120°E、140°E 的剖面图上(图略)还可看到, 在 30°N 以北的中高空似乎还有一个环流圈, 在 700 mb 以下的低空有一支从中高纬地区向 25°N 以南的 850 mb 西太平洋副高区下沉的气流。

沿 90°E 的剖面(图 4)可以看到高原的南侧也是一个强大的 Hadley 环流圈, 其高度也达 200 mb 以上, 北界达 30°N 以北。由不同的剖面以及平均图上(图略)可看出, 除高原西部有爬坡上升运动外, 在高原上空的大部分(在 200 mb 以下)都是下沉运动区, 下沉运动的大部分气流和 Hadley 环流的下沉支一并在高原南侧下沉。同时我们在 90°E 剖面图上还看到, 在高原北部的 300 mb—200 mb 的高空有一个小的环流圈, 从 35°N 以北地区上升在 30°N 附近下沉。

比较图(3)和图(4)我们看到, 55°E—140°E 地区的平均经圈环流特点和 90°E 上的环流特点基本上一致。不过图(4)的经圈环流要比图(3)的强, 这表明自高原越向东 Hadley 环流越弱, 比较沿 90°E、100°E、120°E、和 140°E (图略)的经圈剖面, 更可看出这个特点。这是因为高原上空大气在冬季相对于四周的大气来说是个比较强大的冷源*, 同时由于这个冷源几乎处于对流层大气的中部, 它大大加强了季风区冬季 Hadley 环流的强度。

四、145°E—135°W 地区上空的平均垂直环流

此地区处于太平洋中, 其经圈环流(图 5)特点是: 仅在大约 15°N 以南 400 mb 以下的中低空有一个较弱的 Hadley 环流圈, 在 5°N 以南的地区上升, 在 15°N 以南的地区下沉。而在 25°N 以北, 有一个比较强大的逆环流, 它的南支下沉气流和 Hadley 环流的下沉支一并注入到 10°N—35°N 的低空范围内, 此区也正是冬季太平洋副高区。它的北支上升气流一直延伸到 45°N 以北, 这个逆环流占据了整个对流层。

* 参看叶笃正, 高由禧等著, 青藏高原气象学(二), 第一章。

对比 145°E — 135°W 和 55°E — 140°E 两个地区的经圈环流, 可以看到前者的逆环流要比后者的清楚且强大, 而 Hadley 环流在 55°E — 140°E 地区要比 145°E — 135°W 地区

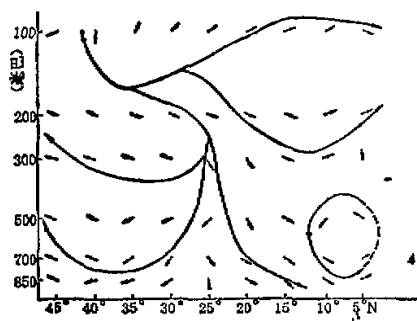


图 5 145°E — 135°W 平均一月经向垂直环流剖面, 作图时垂直距离扩大 200 倍。

强大得多。所以 55°E — 135°W 的平均经圈剖面图上的 Hadley 环流主要是大陆上的产物, 而它的中纬度逆环流主要是海洋上的产物。这两张平均经圈环流的巨大差异是因为冬季大陆和海洋上冷热源分布的不同所造成的。

五、纬向环流的特点

为了研究冬季纬向环流的特点, 我们做了沿不同纬圈的纬向垂直环流剖面图, 现给出沿 20°N (图 6) 和沿 30°N (图 7) 的剖面图, 它们分别代表高原以南和正过高原的纬向垂直环流特点。由图(6)看到, 在 300 mb 以上的高空, 气流呈西风波动型, 波长约在 120 个经度以上。同时在亚洲大陆上从 300 mb 高空, 西风气流向东直达 150°W 以东的东太平洋, 这支气流在东行的过程中, 逐渐下沉到 700 mb 以下转成东风下沉气流。

通过高原的纬向垂直环流剖面(图 7)和高原以南的情况有所不同。这一带对流层整层大气都是西风波动。在 150 mb 以下西风气流里, 波的位相基本是上下一致的, 只是 170°E 以东上下位相稍有不同。这一带的波长较短, 在高原东西两侧波动的波长不超过 40 个经度, 高原的东西两侧都有一波谷。高原再往东的波长为 70 个经度左右, 波峰在

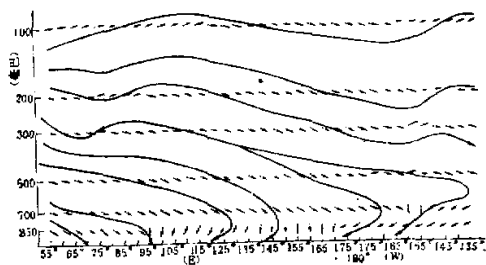


图 6 沿 20°N 平均一月纬向垂直环流剖面, 作图时垂直距离扩大 500 倍。

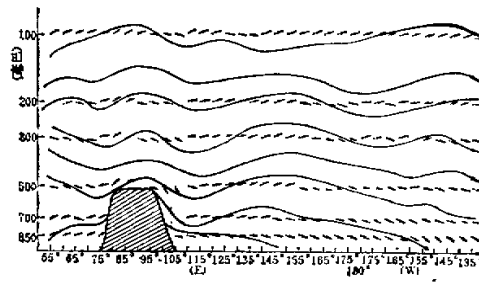


图7 沿 30°N 平均一月纬向垂直环流剖面, 作图时垂直距离扩大 500 倍。

150°E 左右, 波谷约在 180°E 左右, 这些波动比高原以南的波长短得多。再往北, 如 35°N 剖面(图略), 基本上和图(7)相似, 这种南(20°N)北(30°N)纬向垂直环流的差异主要是由于青藏高原的动力作用所造成的, 我们认为在高原的纬度带内, 上述的垂直波动可能是在稳定层结大气中, 高原扰动引起的长重力波。

六、冬夏两季平均垂直环流的比较

通过 0°—50°N、50°E—130°W 地区冬夏两季的平均垂直环流的对比, 可看出这一地区两季环流的特点有如下差异:

夏季高原上空平均为上升运动区, 其强度为 5—6 mm/秒, 上升高度达 100 mb, 上升区的南、北、东三侧各有补偿的下沉气流; 冬季青藏高原平均为下沉运动, 在 500 mb 上为 -2.4 mm/秒, 300 mb 为 -2.2 mm/秒, 200 mb 为 -0.1 mm/秒, 100 mb 上平均转为上升。夏季高原以南地区是一个巨大的季风环流圈, 在高原及其以南的地区上升, 大约到赤道以南下沉; 冬季青藏高原以南是与夏季季风环流相反的 Hadley 环流区。

与大陆及其南部经圈环流冬夏转变正好相反, 在中、东太平洋上, 夏季 Hadley 环流非常明显而冬季却很弱。在夏季东太平洋的 Hadley 环流高度可达 200 mb 以上, 其纬度可到 30°N 以北^[6]。而冬季中、东太平洋上空 Hadley 环流缩小到 400 mb 以下的热带。中纬度逆环流在中、东太平洋上则是冬季远比夏季强盛, 这种环流的季节变化是由于太平洋上冷热源分布不同所造成的。在夏季东部海洋上低纬度是热源区, 中高纬是热汇区, 到了冬季低纬地区是热汇区, 中高纬地区的一部分为热源区, 一部分为热汇区^[7]。上述中、东太平洋上中纬度逆环流的冬夏变化也表现在 55°E—135°W 的平均剖面上。在冬季的平均剖面上, 中纬度逆环流的上界可达 200 mb 以上, 其影响的范围已超过了 30°N 以南。但到了夏季它缩小到 500 mb 以下 35°N 以北的低空(图 8)。这也是容易理解的, 因为中纬度逆环流与极峰有比较密切的关系, 而极峰在冬季远比夏季强, 冬季平均位置也远比夏季靠南。

西太平洋副高的形成和维持是东亚大气环流的一个重要问题, 我们对其维持及气流来源的特点也进行了对比分析。无论冬夏西太平洋副高区都有四支气流注入其内, 并且

是在不同的高度上对副高的形成和维持起着作用的。夏季南来的气流在 700 mb 以下下沉;北来的气流是从 200 mb 左右下沉;东来的气流是从对流层中层高度下沉到副高区内;西来的气流是在 500 mb 以下向高压内下沉。而冬季各气流的高度和强度有很大的不同,南来的气流是从 200 mb 高度下沉到副高区内;北来的一支却在 700 mb 以下下沉;东来的气流是在 500 mb 以下向副高区下沉;西来的气流是从 300 mb 附近高空向副高区下沉。冬季西太平洋副高位置偏南, Hadley 环流对其维持起主要作用。夏季西太平洋副高的平均位置偏北,中高纬气流(如太平洋洋中槽后下沉气流)对副高的维持是起主要作用的因素之一。这说明西太平洋副高冬夏的平均位置和强度与天气系统的位置及其相互作用有关。这对预报具有一定的参考意义,因为对副高起主要作用的天气系统在冬夏各不相同,如上所述,当在夏季预报西太平洋副高的移动和强度时,就得注意太平洋低槽移动的影响,冬季就得注意 Hadley 环流的变化。

通过冬夏的对比,我们看出,夏季青藏高原对环流的作用主要表现在热力方面,而在冬季则以动力作用为主(虽然热力作用使得高原以南的 Hadley 环流加强)。夏季青藏高原是个强大的热源,通过对流热量可以带到很高的高空,然后辐射到很远的地方,如:东可达东太平洋;南可越过赤道。冬季高原上空大气是个冷源,200 mb 以下的大气盛行下沉运动,辐射将局限于近地面一层空气。可是冬季高原正居于西风带,在西风带中它的动力作用可在下游引起一系列的波动,象图(7)中我们看到的。

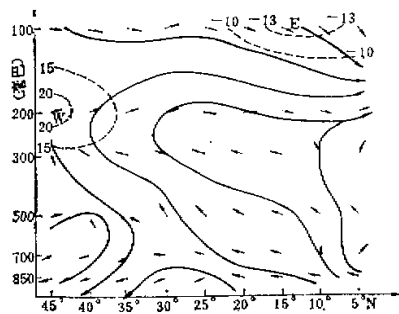


图 8 55°E—135°W 平均七月经向垂直环流。作图时垂直距离扩大 200 倍。虚线表示风速等值线。单位:米/秒

参 考 资 料

- [1] Abraham, H. Oort and Eugene M. Rasmusson, *M. W. E.*, 96(1970), pp. 423—442.
- [2] Akira Kasahara, Takashi Sasamori and Warren M. Washington, *J. A. S.*, 30(1973), pp. 1229—1251.
- [3] J. Bjerknes, *M. W. E.*, 97(1969), pp. 163—172.
- [4] T. N. Krishnamurti, *J. A. S.*, 28(1971), pp. 1342—1347.
- [5] T. N. Krishnamurti, Masao Kanamitsu, Weiter James Koss and John D. Lee, *J. A. S.*, 30(1973), pp. 780—787.
- [6] 叶笃正,杨广基,王兴东, *大气科学*, 第三卷, 第 1 期, 1979.
- [7] Isao Kubota, *Journal of the Meteorological Society of Japan* 48(1970), pp. 30—45.

THE AVERAGE VERTICAL CIRCULATION OVER THE EAST-ASIA AND THE PACIFIC AREA (2) WINTER

Yang Guang-ji Wang Xin-dong Yeh Tu-cheng

(Institute of Atmospheric Physics, Academia Sinica)

ABSTRACT

This paper is a continuation of "The average vertical circulations over the East-Asia and the Pacific area (1) in summer". In this paper the winter case is analyzed. The main results are given as follows:

In winter over the Asiatic continent the vertical circulation is characterized by a strong Hadley circulation with its intensity strongest to the south of Tsinghai-Tibetan Plateau and decreasing eastward. Over middle and east Pacific the vertical circulation shows a strong Ferrel circulation in middle latitudes, but Hadley circulation in low latitudes is quite weak (weaker than that in summer in the same region).