

5—10月全球热带和副热带 200hPa 多年平均环流的研究(一)

——行星尺度环流系统

丁一汇 赵深铭 何诗秀

(中国科学院大气物理研究所)

提 要

本文用近13年200hPa高空风资料得到了夏半年(5—10月)逐月平均全球热带风场,发现如下一些主要结果:

(1) 在亚洲地区对流层上部反气旋存在两个中心;一个在青藏高原上空;一个在伊朗和阿富汗地区。两者的演变不同。伊朗高压的北推和撤退都比青藏高原上的早。北美墨西哥高压的变化在时间上与伊朗高压很相似。

(2) 北太平洋中部高空槽(TUTT)出现在5—10月,8月份最强,位置最北;北大西洋中部高空槽出现在5—9月,7—8月最强。

(3) 南半球冬季有三个主要的长波脊和长波槽,分别位于大陆以西和以东海区。

一、前 言

热带和副热带200hPa环流的演变对全球天气及其预报具有十分重要的影响。它们不仅与热带地区天气系统的发生发展有关,而且通过中低纬度相互作用能影响中纬度地区天气系统的发展。在200hPa热带和副热带的不少环流系统表现得最清楚,如青藏高原、墨西哥高压和大洋中部槽等。因而通过对200hPa环流场的分析可清楚地揭示出它们的活动特征。

最近20年来,高空资料日益增多。尤其是在200和300hPa,大量商业飞机和卫星测风报告弥补了许多地区的资料不足和缺乏。Sadler^[1]曾利用1960—1973年的资料绘制了全球热带200和300hPa多年月平均环流图。1968年开始,美国国家气象中心(NMC)进行了全球热带风分析。NMC的热带风场包括所有的热带无线电测风资料、飞机资料和卫星测风资料。许多研究表明^[2],这种资料可以用来很好地分析热带大尺度环流的特征。因而现在有可能利用新的更可靠的资料来绘制新的200hPa多年平均流场图。本文目的是根据最近13年(1968—1980)NMC资料重新绘制北半球夏半年(5—10月)200hPa多年平均环流图,并且还计算了夏季200hPa逐月多年的平均辐散风场。本文第一部

分主要讨论行星尺度环流系统的特征,第二部分讨论与东西风急流有关的风场,并且把所得到的主要结果与以前的工作作了比较。

二、资料和计算方法

利用 1968—1980 年 13 年 200hPa 5—10 月一天两次的 NMC 热带风分析,计算了逐年逐月的平均 u 、 v 分量,然后再求逐月 13 年的 u 、 v 平均值。计算区是从 45°S — 45°N 的全球地区。网格点格距是 $5^{\circ} \times 5^{\circ}$ 经纬度。

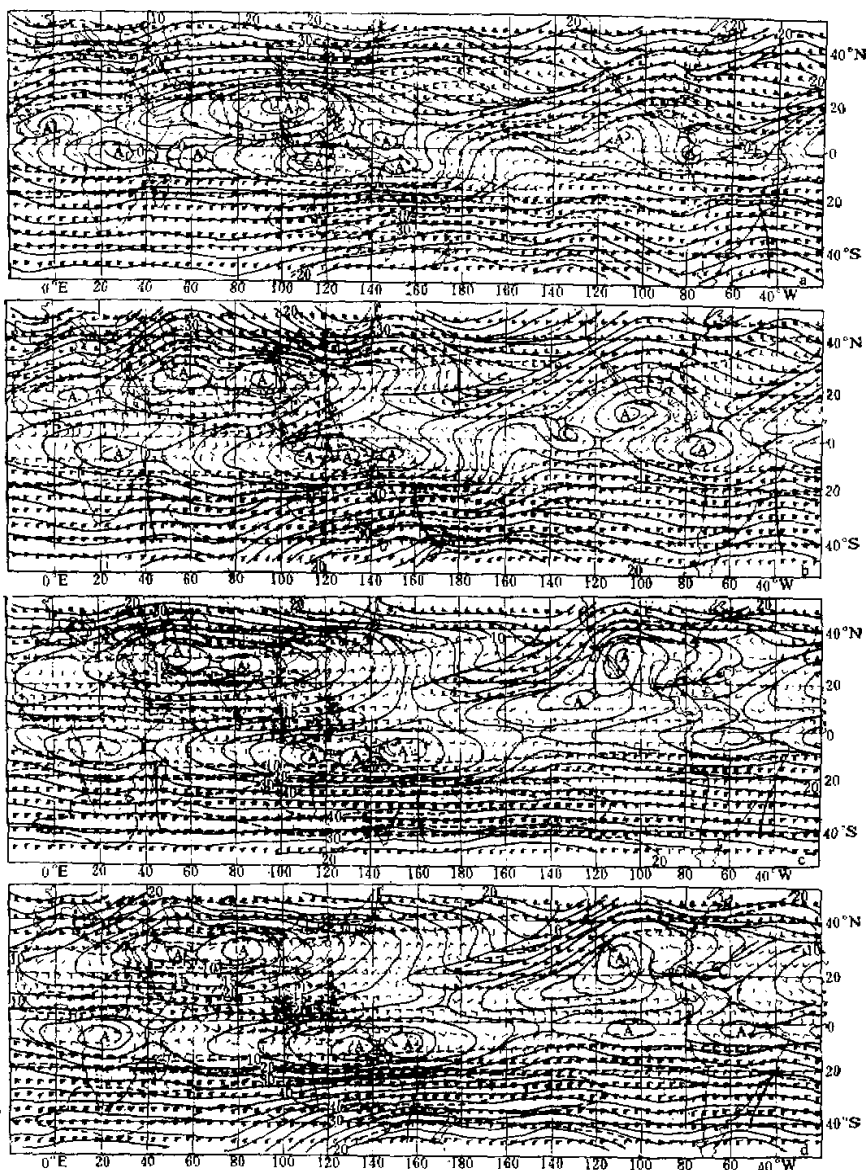
三、南亚高压和北美墨西哥高压

北半球夏季,南亚高压和北美墨西哥高压是对流层上部和平流层下部最明显的大尺度环流系统。尤其是南亚高压是夏季最庞大的环流系统。图 1(a) 到图 1(f) 是全球 5—10 月多年的 200hPa 流场图,可以清楚地看到南亚高压的演变。在 5 月份以前的北半球冬半年,高压主要位于西太平洋近赤道地区,并且常常没有闭合的环流中心。5 月是南亚高压第一次明显西移和北跳的月份。由图 1a 可见,南亚高压位于中印半岛上空,中心在 100°E 、 18°N 。这个位置与 Sadler 的位置十分一致 (97°E 、 17°N)。6 月份,南亚高压出现两个中心,西面的一个在伊朗-阿富汗地区,中心在 58°E 、 27°N ,一般称伊朗高压。东面的一个中心在孟加拉湾北部,即一般所称的青藏高原。这个高压显然是从中印半岛移过来的,它的位置与 Sadler 得到的位置也是非常一致的。在 Sadler 及其他人的平均图上,只绘出青藏高原这一环流系统,没有揭示出伊朗高压这个环流中心。但在 Atkinson^[3] 7 月 200hPa 平均图上出现这个高压,但强度较弱。这可能与过去这个地区缺乏高空资料有关。可以看到,伊朗高压的出现是很迅速的。5 月在阿拉伯半岛东部只能看到一个高压脊,但到 6 月已发展成一个很显著的独立环流系统。其原因可能与亚洲热源分布及其季节变化有关。根据叶笃正和高由禧等人^[4]的计算,5 月和 6 月青藏高原上空的大气加热最迅速,尤其是在 6 月。因为高原西部是半干旱地带,计算表明感热加热起着主要作用^[4]。阿富汗-伊朗高原地区的加热状况与高原西部相类似,因而伊朗高压的迅速发展可能与感热加热在 5 月和 6 月的显著增加有关。如果这个机制是正确的,则与青藏高原的形成有明显的不同。后者主要与凝结加热有密切关系。最近的一些工作都进一步证明了这一点^[6]。

7 月份,亚洲最显著的特征就是伊朗高压,它的位置不但比青藏高原偏北 4 — 5° 纬度(分别在 32°N 和 27°N),而且伊朗高压环流的范围也大。如果我们看一下亚洲地区 200 hPa 平均流场的月际变化图(图 2),可发现 5 月到 6 月,6 月到 7 月,最大的变化都发生在青藏高原西部到伊朗地区,也即反气旋环流在这个地区增长最显著。但是在 8 月份,伊朗高压和青藏高原的变化正好相反,前者迅速减弱、南退,后者继续增强和北上,高压中心所在纬度超过了伊朗高压 2° 纬度。图 2c 中在伊朗-阿富汗地区出现的气旋性环流变化和高原到东亚出现的反气旋性环流变化正反映了这一事实。到 9 月份,伊朗高压消失,只有青藏高原中心存在,但其位置南退东移。在月际变化图上(图 2d)主要表现为西风分量

增加。在 10 月青藏高原又移回到中印半岛上, 只比 5 月的位置稍偏东一些。9 月到 10 月的环流变化图表明(图略), 在高原南部和印度北部出现很强的西风分量, 这说明高空东风急流的减弱和西风急流在高原以南地区重建的过程, 这是东亚环流由夏向冬季过渡的一个重要特征。

根据上面的分析可见, 伊朗高压的向北推进和撤退都比青藏高原上的要早, 并且有不



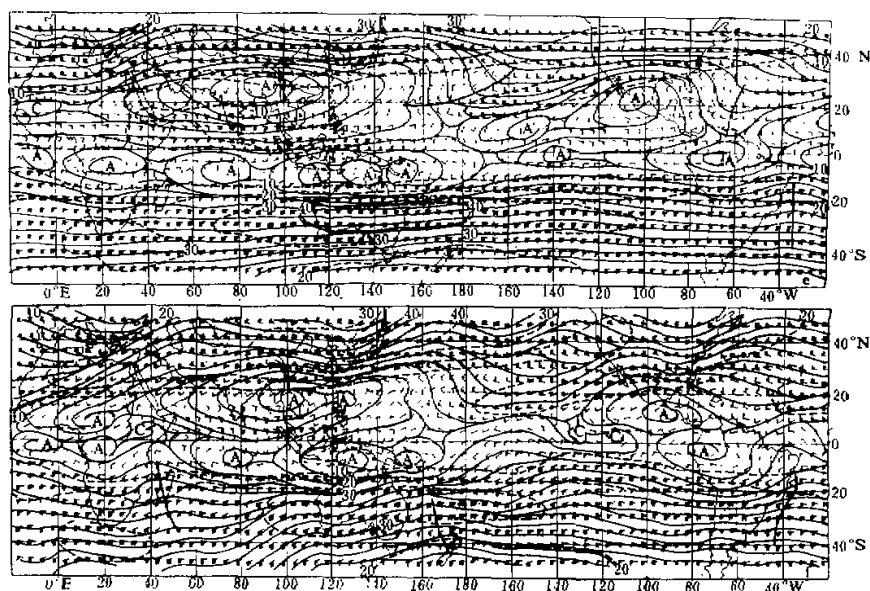


图1 1968—1980年200hPa北半球夏半年逐月平均流场图

(a)5月, (b)6月, (c)7月, (d)8月, (e)9月, (f)10月。 实线: 流线, 虚线: 等风速线, A: 反气旋性环流, C: 气旋性环流。 风的符号: 三角: 20米/秒, 长羽矢: 4米/秒, 半羽矢: 2米/秒。

同的起源,因而是一个独立活动的高压中心。最近的研究也表明^[6],在有些年份,到达伊朗—西藏高原的高压系统是从阿拉伯半岛一带移来的。这个结果与 Sadler 的看法是不同的。这个事实也表明,这种高压的形成和北推机制可能与青藏高压是不同的。

北半球夏季热带和副热带 200hPa 行星尺度流型以 2 波为主。与南亚高压相对应的是北美的墨西哥高压。在 Sadler 的 200hPa 平均图上,这个高压在 1—4 月是不存在的。5 月突然形成在热带东太平洋,中心在 112°W 、 15°N 。根据我们的分析,这个高压中心位置在 5 月份要偏南得多,在 110°W 、 7°N 的地方。6 月高压范围迅速地扩大,并移向东北到达 105°W 、 12.5°N 处。与此相应,北美大陆有一个很强的高压脊发展。图 3a 中 5 月到 6 月最大的月际变化就出现在北美上空,是否这与落基山的热力作用有关还不清楚。7 月,高压进一步北上到 107°W 、 30°N ,为高压的最北位置。这时北美上空的反气旋环流变化最明显(图 3b)。看来北美的墨西哥高压在 7 月达到了最大强度。8 月份实际上高压开始减弱,并南退到 110°W 、 27.5°N 处。图 3c 中在北美上空出现的大范围气旋性环流变化可以说明这一点。这个位置比 Sadler 的位置要偏南 3° 纬度。9 月和 10 月高压不断南退,迅速移到中美西岸(中心在 92.5°W 、 12.5°N)。这时北美及其邻近地区的环流开始向冬季形势过渡,即在北美大陆东部和东岸是槽区,而在西部和东太平洋沿岸有高压脊发展(即 PNA 型)。

上述北美墨西哥高压的季节变化在一定程度上与伊朗高压相近,即 5 月份生成后,6

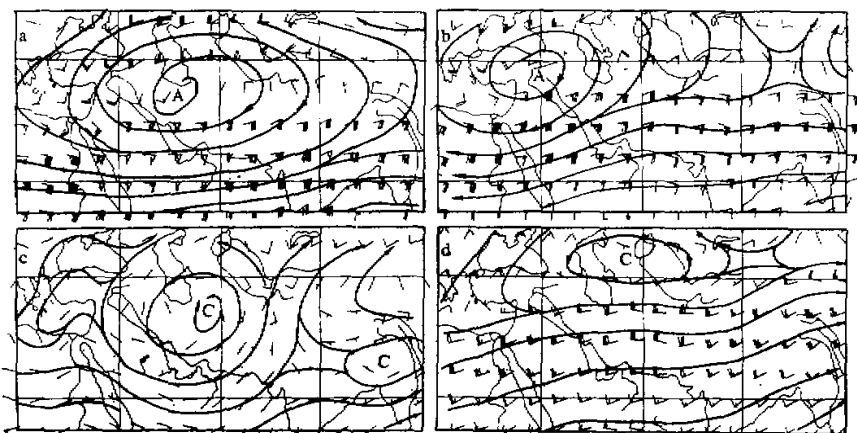


图2 亚洲地区多年平均200hpa流场的月际变化。

(a)6月减5月, (b)7月减6月, (c)8月减7月, (d)9月减8月。A: 反气旋性环流变化, C: 气旋性环流变化, 其它符号同图1。

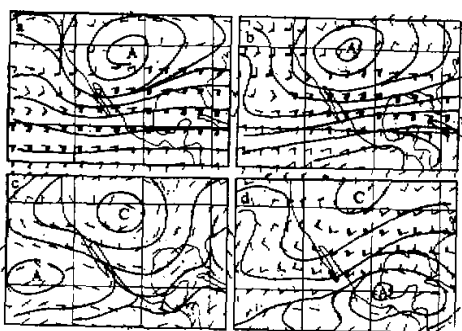


图3 北美及其邻近地区多年平均200hpa流场的月际变化

(a)6月减5月, (b)7月减6月, (c)8月减(7)月, (d)9月减8月。图例同图2。

月份明显发展,7月份最强,位置最北,8月份开始撤退减弱。上面的结果总的来说与Sadler的结果相同,但我们的低压位置一般比Sadler的要偏南。

四、对流层上部大洋中部槽 (TUTT)

对流层上部大洋中部槽是夏季海洋上主要的高空环流系统,这种系统在北太平洋和北大西洋、加勒比海与墨西哥湾地区发展最强。根据风速和风向分布,这时TUTT可定义为温带和副热带西风带之间风速最小值区或风向水平切变最明显的地区。根据Sadler的研究,这种风场上的TUTT在北太平洋出现是5月到11月,在北大西洋出现是6月到10月。

由图 1a 可见,在 5 月份风场的 TUTT 并不很明显,只在 140°W — 180° 表现为一条西风气流内的辐合线。这条辐合线一直与位于 115°W 的西风槽相连,在辐合线以南是很强的副热带西风,在东太平洋上空达到 25 米/秒。在 Sadler 的图上看不到这条气流辐合线。在 6 月份,北太平洋 TUTT 开始迅速发展,从 140°W 向西伸到 145°E , 成为一个很明显的横槽,纬度范围在 20° — 30°N 之间。7 月 TUTT 进一步向北发展,同时在槽线以南的近赤道地区有高压脊发展,这就是副赤道高压脊 (SER)。它的形成和发展以及与低空赤道辐合带的迭加对台风的生成有重要影响^[7]。8 月份, TUTT 及其南侧的副赤道脊发展都最强,并且位置最北,它位于 20° — 40°N 、 155°E — 140°W 地区。这个结果与 Sadler 的结果是一致的。9 月份, TUTT 减弱,只出现在 20° — 30°N 、 155°E — 160°W 内,但副赤道脊仍很明显。10 月 TUTT 进一步减弱,趋于成为宽广西风气流中的一条辐合线。副赤道脊也变得不明显。

对于北大西洋,5 月份 TUTT 表现为一个弱槽,位于 60° — 40°W 、 10° — 28°N 内。槽前强副热带西风从 40°W 一直向东伸展到北非上空,可观测到 30 米/秒的风速。6 月份的情况和 5 月份相似,只是槽前的副热带西风明显减弱。7 月和 8 月 TUTT 最强,位置最北,在 20° — 30°N 纬带,从 45°W 向西伸展到 95°W 。可以看到其中存在着闭合涡旋。在 TUTT 以南没有明显的副热带西风气流。9 月 TUTT 显著减弱,范围很小,只限于在 60°W 附近。到 10 月份已趋于消失。

五、近赤道环流系统

近赤道系统主要包括前面所说的副赤道脊及其南侧的反时针旋转的风系或环流系统(对北半球夏季而言)。北半球的副赤道脊主要形成在夏半年,位于中太平洋和东太平洋以及非洲到大西洋的赤道地区,尤以中太平洋地区最明显。在脊的南侧是明显的东风气流,这支东风气流以后越过赤道并转向东流入南半球冬季的西风带中。这样就在赤道附近形成反时针旋转的风系,其中经常可观测到闭合的环流系统。当这个系统的轴位于北半球时,环流的旋转方向是气旋性的,当环流系统的轴位于赤道以南时,则是反气旋性的。这种情况十分类似于对流层下部的赤道缓冲带,它们都是两个独立的风向相反的风系之间的过渡区或转换区。5 月份的时候(图 1a),200hPa 上这个缓冲带的轴线主要在南半球,从 160°E 向西到大西洋东部的近赤道地区,纬度约 7°S 。其中一系列反气旋涡旋是十分明显的,这是北半球赤道地区东风与南半球西风之过渡区。在太平洋向东到大西洋中部的赤道地区以西风为主。6 月份的情况大致仍是如此。主要变化在南美近赤道地区。随着墨西哥高压的发展及其南侧东风的出现,在 120° — 50°W 也出现反时针旋转的风系,轴线位于 3°S 。在 Sadler 的图上虽然没有这个闭合环流,但却是一个更大范围反时针旋转风系的一部分。7 月和 8 月的情况十分相近,几乎围绕全球近赤道地区出现这种反时针旋转的风系。在 140°W 以西到 0° 地区,轴线南移到 10°S 附近。而在 140°W 以东到大西洋中部非常接近赤道,约在 2.5°S 。这种轴线在纬度上的差别与北半球东风的强度和范围有密切关系。在前一种情况下,北半球热带有最强的东风,并且其范围扩展到赤道以南 10°S ;而在后一种情况下,北半球东风很弱,只扩展到赤道上。

9 月份近赤道反时针环流系统似乎达到最强的强度,尤其在中西太平洋地区发展出一个独立的闭合中心,这是由于北侧副赤道脊明显加强和北移的结果。10 月,上层的这种赤道缓冲带随着太平洋地区副赤道脊的减弱或消失而消失。南半球西风在某些地区($140^{\circ}\text{--}100^{\circ}\text{W}$)可越过赤道在北半球形成气旋性环流。在印度和非洲地区,缓冲区轴线又退回到 7°S 左右,与 5 月和 6 月位置相似。

由上可见,近赤道系统主要在一个半球的近赤道区发展和存在,而另一半球一般是纬向气流。与 Sadler 的结果相比,我们的分析在这种缓冲区揭示出更多的闭合环流,并且季节变化更清楚。这与我们具有更多的高空资料来源有关。

六、南半球冬季的主要槽脊系统

过去南半球 200hPa 高度和风场的多年平均图表明^[10],在冬季和夏季,在南美和非洲各有一高压环流系统,并且从非洲经印度洋和澳大利亚有一个高压脊伸展到 170°E ,并从这里再伸向北半球。在南太平洋是一个明显的槽区。冬夏之间上述槽脊区的位置并没有明显的差别,只是在冬季高压脊移向更低的纬度。Sadler 的平均图在南半球一般只到 $30^{\circ}\text{--}35^{\circ}\text{S}$,因而难于分析出整个槽脊的分布。

我们的分析表明,实际上在南半球冬季存在着三个高压脊。非洲和南美的两个高压脊与以前的结果基本一致。在澳大利亚以西的南印度洋上 (80°E 附近),还有一个明显的高压脊存在。有时在 160°W 也可发现有一个较弱的平均脊。相应在其下游,即分别在 40°E , 160°E , 140°W 和 50°W 附近观测到长波槽区。其中三个槽位于大陆(非洲、澳大利亚和南美)的东岸地区。南太平洋上的低槽主要出现在较低纬度,并可延伸到北半球。由图 1a 可以清楚地看到上面所述的情况。在低纬高压带从非洲延伸到 170°E ,非洲和南美的高压脊也很清楚。另外在 80°E 和 150°E 还有两个脊。实际上南美的脊(有时非洲的脊)并不在大陆上空,而是位于大陆以西的海洋上,这是和以前不同的地方。6 月份的情况与 5 月份基本相同。7 月和 8 月虽然槽脊分布仍大致类似,但强度似乎有减弱,尤其是 7 月。9 月和 10 月槽脊系统又明显加强,并且非洲和美洲的脊都向东移动到大陆上空。

由上面的槽脊分布可见,主要的脊位于大陆以西海洋上,而槽位于大陆东岸附近的海洋上,这与北半球冬季的情况很类似,主要反映了海陆的影响。

另外还可注意到,南半球冬季最强的高空西风位于澳大利亚及其东南海区,其最大风速有 50 米/秒。下一部分我们将详细讨论这些主要风系的分布和特征。

七、总 结

利用 13 年 5—10 月 200hPa 平均高空风资料进行的分析,得到下列一些主要结果:

(1) 在亚洲地区对流层上部反气旋存在两个独立的中心:一个在青藏高原上空,一个在伊朗-阿富汗地区。两者的演变具有明显差别。伊朗高压的向北推进和撤退都比青藏高原上的中心早,并且有不同的起源。北美墨西哥高压的季节变化在一定程度上与伊

朗高压相似。

(2) 北太平洋大洋中部槽 (TUTT) 主要出现在 5—10 月。在 8 月份达到最大强度。其南侧的副赤道脊也发展最强, 并且两者的位置最北。在北大西洋, 大洋中部槽主要出现在 5—9 月, 7 月和 8 月最强, 10 月份已趋于消失。

(3) 近赤道系统主要在一个半球的近赤道区发展和存在, 它具有明显的区域和月际差异。最显著的高空气流缓冲带主要从 160°E 向西扩展到大西洋东部, 并位于南半球近赤道地区。北半球盛夏时 (7 月和 8 月), 这段缓冲带轴线最南, 在 10°S 附近。同时在 140°W 以东到大西洋中部又出现另一条高空气流的缓冲带, 轴线位置在 2.5°S 。到 10 月份, 这段缓冲带消失, 只留下西段的缓冲带, 轴线又退回到 7°S 附近。

(4) 南半球冬季存在三个主要的长波脊和另一个较弱的脊, 相应在下游也存在四个长波槽。三个主要的长波脊分别位于大陆 (非洲、澳大利亚和南美) 以西的海洋上空或大陆上空。而三个主要的长波槽则分别位于大陆东岸海区。这种情况可能反映了海陆对平均环流形成的影响。

参 考 文 献

- [1] Sadler, J. M., 1975, The upper tropospheric circulation over the global tropics. Department of Meteorology, University of Hawaii, Nov.
- [2] Krueger, A. F., and J. S. Winston, 1974, A comparison of flow over the tropics during two contrasting circulation regimes, *J. Atmos. Sci.* Vol. 31, p. 358—370.
- [3] G. D. 阿特金森, 1974, 热带天气预报手册, 上海人民出版社。
- [4] 叶笃正、高由禧等, 1980, 西藏高原气象学, 科学出版社。
- [5] Nitta, T., 1983, Heat budget analysis during the summer monsoon, *J. of Meteor. Soc. of Japan.* Vol. 61, No. 4.
- [6] Murakami, T. and Ding Yi hui, 1982, Wind and temperature changes over Eurasia during the early summer of 1979. *J. of Meteor. Soc. of Japan*, Vol. 60, No.1, p.183—196.
- [7] Sadler J. C., 1981, Mid-season typhoon development and intensity changes and tropical upper tropospheric trough, *Mon. Wea. Rev.* Vol. 106, No. 8, p. 1137—1152.
- [8] American Meteorological Society, 1972, Meteorology of the Southern Hemisphere, *Meteor. Monograph of AMS*, Vol. 13, No. 3.