

北半球大气质量的平均月际变化*

楊 鑑 初

(中国科学院地球物理研究所)

提 要

本文根据 1930—1939 年間北半球逐月海平面平均气压圖, 計算逐月之間南北兩半球大气質量的輸送, 以及北半球海洋区与大陸区之間的大气質量輸送。本文獲得以下几点主要的認識:

- (1) 每年自 1 月至 7 月北半球的大气質量逐漸減少, 自 7 月至 1 月則逐漸增加, 半年增減的总質量約为 10.3×10^{18} 克, 但半年增加与半年減少期中增減的速度並不一致。
- (2) 5—6 月与 10—11 月兩半球之間的大气質量輸送最为強烈。
- (3) 兩半球之間的質量輸送一般大於北半球海陸区之間的質量輸送。
- (4) 兩半球之間的質量輸送主要決定於亞歐大陸区逐月間的大气質量变化。
- (5) 亞洲区与太平洋区月际大气質量变化異常时, 对我國月平均温度距平分佈及水旱区域分佈有明顯的影响。

一年中地球在其公轉的过程中, 在黃道上与太陽相对位置不断發生变化, 由於地球自轉軸对黃道面並非垂直, 所以地球表面各处的受热量隨季節不同而發生改变, 引起在南半球与北半球之間的大气質量的輸送。从北半球的冬天到夏天, 約半年之內北半球的大气質量繼續減少, 南半球的大气質量相应增加, 在这時間中大气質量即自北半球輸送到南半球去。反之, 从北半球的夏天到冬天, 約半年之內北半球的大气質量逐漸增加, 南半球的大气質量相应減少, 因此在这半年中大气質量又从南半球輸送到北半球。在兩半球之間一年中大气質量輸送的过程是比較复雜的。固然, 我們可以根据每天的北半球地面气压圖, 來計算每天的北半球大气总質量, 並研究它們逐日之間的变化, 以便探討每天在兩半球之間大气質量輸送的情况以及輸送的淨值。如果再利用南半球的地面气压圖, 更可用來互相校對計算的結果。但在南半球海洋面積远大於大陸, 气象測站比北半球要少得多, 在高緯度更見缺少, 所以南半球的天气圖一般还不够精確, 目前还不能用來作这样的計算。然而, 从每天的半球天气圖來作大气質量計算, 工作量比較

* 中国科学院地球物理研究所論著第 283 号。1955 年 12 月 2 日收到。

浩繁。着眼於較長時間中（月为單位）某一廣大地区大气質量的平均增減情况时，利用月平均地面气压圖即可滿足需要。

再者，由於地球表面海陸分佈不同，海洋与大陸受熱作用的性質很有差別，因此引起海陸之間大气質量輸送在冬夏之間的差異。一般而論，在北半球自冬到夏陸面上的大气質量逐漸減少，而海洋上的大气質量大致逐漸增加；自夏到冬則相反，即海洋上的大气質量減少而陸面上增加。

一年中逐月之間北半球大气質量的增減以及海陸之間大气質量的增減，其增減的性質在各月之間究竟有些什麼區別，其增減的量究竟達到什麼程度？北半球大气質量的月际变化在年与年之間有什麼不同，其差別可以達到什麼程度？大气質量月际变化如出現反常現象，則對其后某些地区的天气与气候方面的異常情况有無关联？這些問題皆与大範圍大气环流的性質及其演变相关联着的。本文应用 1930—1939 年中逐月（其中資料有缺月）的北半球月平均地面气压圖，先作出每前后兩月間北半球的气压差圖，然后進行北半球及北半球各区域月际大气質量平均較差的計算。其目的就是想針對上述這些問題加以初步的探討。

本文計算工作大部由中央气象台林学舜、白燕兩位同志担任，附圖承曾佑思同志代为繪繪，在工作進行中承叶篤正和顧震潮兩位同志提供寶貴意見，特此一併誌謝。

1. 計算方法

从 1930 年 1 月到 1939 年 6 月的时期中，我們根据逐月的北半球月平均气压圖，按照每五度及十度經緯綫交点上的气压值，求每前后两个月各經緯綫交点上的气压差值，即 2—1 月、3—2 月……1—12 月，並作出每兩月間的北半球气压差圖。然后根据气压差圖來計算北半球各个区域的月际平均大气質量差。

我們把北半球分为五个区域來計算：第一个区域自 0° — 60° E，主要包括欧洲、北非洲及小亞細亞（以后即称欧洲区）；第二个区域自 60° — 140° E，主要包括亞洲絕大部分（称亞洲区）；第三个区域 140° E— 130° W，主要包括北太平洋及亞洲和美洲的一小部分（称太平洋区）；第四个区域 130° — 70° W，包括北美洲和中美洲（称美洲区）；第五个区域 70° W— 0° ，包括大西洋及格陵蘭（称大西洋区）。每个区域皆从北緯 10 度起到北極为止。从赤道到北緯 10 度的範圍內由於紀錄很少，北半球天气圖上几乎沒有等压綫通过該处，故月际气压差从平均圖上無从求出，所以未列入計算。

計算时先求出各个区域内各緯綫上的平均月际气压差，在北緯 20° — 70° 範圍內每隔 5 个緯度取一条緯綫，在北緯 10° — 20° 及 70° — 90° 範圍內每隔 10 个緯度取一条緯

綫。在每條緯綫上每隔十個經度取一個氣壓差的數值，計算各個區域的平均氣壓差時，在各區域的分界經綫上（ 0° ， 60°E ， 140°E ， 130°W ， 70°W ），將其氣壓差值分為兩半，相鄰兩個區域各以其一半差值列入計算。

我們知道，在地球上某一緯度帶內（ ϕ_1 到 ϕ_2 ）的面積為

$$A_{\phi_1}^{\phi_2} = 2\pi r^2 \int_{\phi_1}^{\phi_2} \cos \phi \, d\phi = 4\pi r^2 \sin \frac{\phi_2 - \phi_1}{2} \cos \frac{\phi_2 + \phi_1}{2},$$

其中 r 為地球半徑。北半球某一緯度帶內的月際大氣質量差即為

$$M_D = A_{\phi_1}^{\phi_2} \frac{\bar{P}_D}{g},$$

其中 \bar{P}_D 為該緯度區間內的月際平均氣壓差， g 為重力加速度。分區計算時即考慮各區的平均氣壓差及其面積，五個區域的計算結果相加，即得北半球的月際大氣質量差。例如，我們求第一個區域（ $0^\circ - 60^\circ\text{E}$ ） $50^\circ - 60^\circ\text{N}$ 緯度帶內某兩個月間的月際大氣質量差時，其算式即為

$$M_D = \frac{60}{360} A_{50}^{60} \frac{\bar{P}_D}{g} = \frac{2}{3} \pi r^2 \sin 5^\circ \cos 55^\circ \frac{\bar{P}_D}{g}.$$

上述計算，包括三種假定：1) 我們用的是海平面氣壓圖，沒有考慮地形高低的影響。如計算各月北半球平均大氣總質量時，就會比實際稍大，但在計算月際質量差時，其影響可以忽視。2) 赤道到 10°N 帶內的月際大氣質量差當作零來考慮。這是不十分切當的。但由於那里資料缺少，這一緯度帶內的質量差計算比較困難，所以實際上本文所說的北半球是指 $10^\circ - 90^\circ\text{N}$ 的範圍。然而下文我們仍要對 $0^\circ - 10^\circ\text{N}$ 帶內的月際大氣質量差作一適當估計。3) 考慮地球為球體，地球半徑 r 不變（ $6367 \times 10^5 \text{ cm}$ ），這個假定對計算的影響極小。

2. 北半球大氣質量的平均月際變化

我們先把北半球大氣質量平均月際變化的計算結果加以說明，然後再對北半球各個區域大氣質量的月際變化情況加以分析比較。看圖 1 可知北半球大氣質量在一年中逐月之間的情況。從二月份起北半球的大氣質量開始減少，一直減少到七月份，所以七月份為北半球大氣質量最少的一個月。八月份起北半球的大氣質量開始增加，一直增加到一月份，所以一月份為北半球大氣質量最多的一個月（關於這一點，D. Brunt 在引述 N. Shaw 的計算結果時做了相反的錯誤結論^[1]）。

在這種周年變化中有幾點值得注意：第一，北半球大氣質量月際變化最大的月份一



圖 1.

在 5—6 月之間，另一个在 10—11 月之間。这就是說，在平均的情况下每年在 5—6 月之間自北半球輸送到南半球去的空气为最多，在 10—11 月之間自南半球輸送到北半球來的空气为最多。这就意味着在这二个时期中南北兩半球空气輸送的物理过程最为强烈。而且，这二个时期相互之間的时间間隔並不正好是半年。圖 1 中最低点到最高点相距只五个月，而最高点到最低点則相距七个月。第二，在北半球大气質量輸出的半年中，除 5—6 月間以外，逐月之間輸出量的变化比較平穩，在 $0.8—1.9 \times 10^{18}$ 克的范围中；而在北半球大气質量輸入的半年中，除 10—11 月間以外，逐月之間輸入量的变化較大，在 $0.3—2.3 \times 10^{18}$ 克的范围中。第三，北半球大气質量輸入与輸出的两个半年中，其出入总量約达 10.3×10^{18} 克。就是說，7 月份北半球大气質量最少时与 1 月份最多时其相差約达 10.3×10^{18} 克，約佔半球大气总質量的 $1/270$ (根据 N. Shaw 的計算，半球大气总質量約为 2700×10^{18} 克^[2])。第四，1—7 月北半球大气質量輸出的半年中与 7—1 月大气質量輸入的半年中，其逐月減少与增加的速度顯然是不一致的。这看圖 2 就更

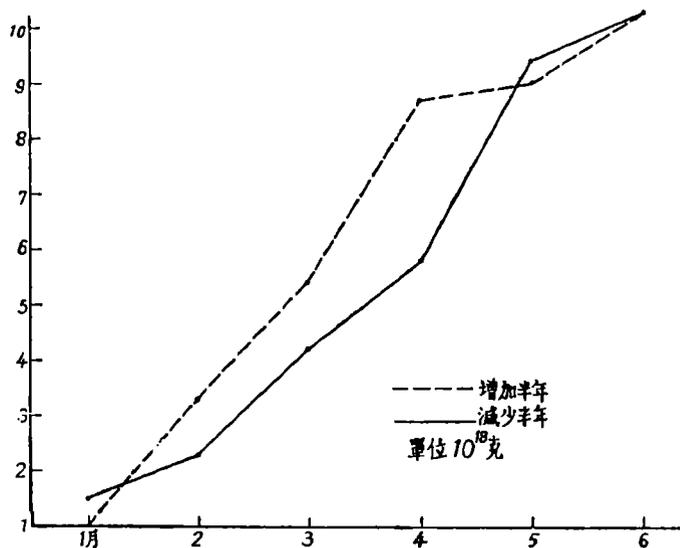


圖 2.

明白。圖 2 中的虛綫表示連續六個月大氣質量增加時的累積曲綫，實綫表示連續六個月減少時的累積曲綫。可見最初四個月內增加的質量比最初四個月內減少的質量為大。在第五個月差別最大，增加半年中第五個月的累積甚少，而減少半年中第五個月的累積特多。這說明在兩個半年中南北半球大氣質量的輸送過程是有差別的，間接地表示出來一年中兩半球受熱過程的複雜性，這當與南北半球海陸分佈的差異有關。

以上所述北半球大氣質量月際變化的性質，在過去 N. Shaw 發表的結果中並不能明顯表示出來^[4]，但半年內輸出入的大氣總量，Shaw 發表的數據 (10.2×10^{18} 克) 則同本文的計算結果相符合。

對於兩半球大氣質量輸送過程的物理機構並不明白，一年中大氣質量如何經過赤道上空，往返主要經過那些區域，是否在某種特定高度輸送最為強烈？這些問題由於赤道附近及熱帶內的測站還很少，尤其高空觀測不多，目前尚未能弄清楚。但是，有兩點值得提出：一方面我們知道赤道附近地面氣壓的年變化是小的，下表即為赤道到 10°N

表 1.

地 名	緯 度	經 度	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Lagos	$6^\circ 27'\text{N}$	$3^\circ 24'\text{E}$	0.0	-0.7	+0.8	+1.1	+1.9	+1.2	-0.3	-0.7	-1.2	-1.4	-0.2	-0.5
Freetown	$8^\circ 29'\text{N}$	$13^\circ 13'\text{E}$	-0.1	-0.3	+0.1	+0.7	+1.3	+1.6	-0.8	-0.5	-0.7	-0.8	-0.2	-0.3
Colombo	$6^\circ 54'\text{N}$	$74^\circ 52'\text{E}$	0.0	-0.9	-0.7	-0.8	+0.6	+0.2	+0.2	+0.5	+0.3	-0.1	+0.5	+0.2
Singapore	$1^\circ 17'\text{N}$	$103^\circ 51'\text{E}$	+0.1	-0.9	-0.4	-0.2	+0.3	-0.1	+0.4	+0.3	+0.1	-0.2	0.0	+0.6
Cristobal	$9^\circ 21'\text{N}$	$79^\circ 54'\text{W}$	+1.1	-0.8	-0.6	-0.6	+0.3	-0.1	-0.1	-0.1	-0.2	+0.1	+0.3	+0.7
Georgetown	$6^\circ 50'\text{N}$	$58^\circ 12'\text{W}$	+0.8	-0.5	-0.1	-0.1	+0.8	+0.2	-0.8	-0.6	-0.9	-0.9	+1.2	+0.9
六站平均 (單位毫巴)			+0.3	-0.7	-0.2	0.0	+0.9	+0.5	-0.2	-0.2	-0.4	-0.6	+0.3	+0.3
估計 $0-10^\circ\text{N}$ 帶內大氣質量差 ($\times 10^{18}$ 克)			+0.1	-0.3	-0.1	0.0	+0.4	+0.2	-0.1	-0.1	-0.1	-0.2	+0.1	+0.1

帶內六個測站的月際氣壓差^[4]，這六站的經度位置比較分散，但各站的月際氣壓變化符號大都是一致的。如果把這六站的月際氣壓差的平均值當作 $0^\circ-10^\circ\text{N}$ 帶內的月際平均氣壓差，用來計算該緯度帶內的月際大氣質量差，即如表中最后一項所示。可見其月際變化的數量的確很小。[可以注意的是各月月際變化的符號與 $10^\circ-90^\circ\text{N}$ 範圍內的月際變化符號並不一致，而且大致出現相反的趨勢。就是說自 1—7 月半年內 $10^\circ-90^\circ\text{N}$ 範圍中大氣質量減少時， $0^\circ-10^\circ\text{N}$ 帶內略微有所增加 (約合 0.3×10^{18} 克)；自 7—1 月半年內 $10^\circ-90^\circ\text{N}$ 範圍中增加時， $0^\circ-10^\circ\text{N}$ 帶內略微減少 (亦約合 0.3×10^{18} 克)。而在 5—6 月，6—7 月及 10—11 月間這種相反情況比較明顯。] 由此可見，大氣質量在兩半球之間輸送時，一般並不在熱帶內發生停留或堆積的過程，只是直接越過而已。另一方面，我們知道在盛夏的時候，南半球的東南信風可以跨越赤道以西南季風的面貌出現於

北半球^[5]，而此时北半球的大气质量仍在减少；隆冬的时候，北半球低纬度的地面气流可以跨越赤道到南半球去^[5]，而此时北半球的大气质量是在增加。由此可以推想，两半球之间大气质量的输送，主要应在赤道上空某一高层内通过。

为了了解海洋与大陆地区大气质量月际变化的差异，我们曾把北半球分为五个区域来分别计算。各区域的分界上文已经提及。现在我们先看欧洲区（0°—60°E）和亚洲区（60°—140°E）的月际变化，这两个区域包括亚欧大陆及北非一部，所以皆为大陆区。这两个区域一年中逐月之间大气质量的增减，与整个北半球逐月之间大气质量增减的符号完全一致。即自1—7月这两个区域的大气质量逐月减少，而自7—1月则逐月增加（参看图3）。半年增减的总质量在欧洲区约达 3.0×10^{18} 克，亚洲区约达 8.0×10^{18} 克。后者约为前者的两倍半。但在我们的区划中亚洲区的面积只不过比欧洲区大

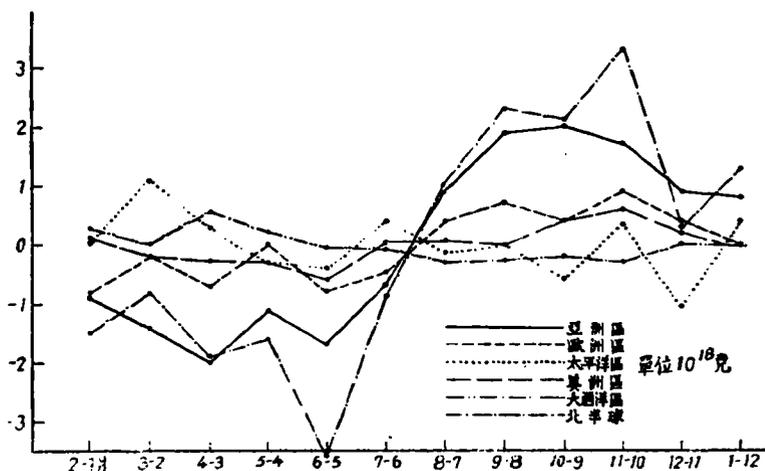


图 3.

$\frac{1}{3}$ ，而大气质量总的增减竟相差 1 倍半，可见亚洲区大气质量在一年中的变化是特别显著的。从图 3 更可看出亚洲区大气质量的月际变化为五个区域中月际变化最大的一个区域。如果把半年中欧亚两区大气质量总的增减量相加，则还稍稍超出整个北半球半年中总的增减量。由此可见，一年中南北两半球大气质量的输送总量，几乎恰好相当于亚欧大陆区上大气质量在一年中所发生的变化。也就说明北半球海洋和大陆区之间的质量输送净值，对两半球的质量输送来说，并不发生显著的作用。这就是说，从 1—7 月亚欧大陆区上减少的大气质量，其中只有很少一部分输送到北半球的海洋区域，绝大部分皆输送到南半球去了。同样，从 7—1 月亚欧大陆区上增加的大气质量，其绝大部分皆为南半球输送过来的，自北半球海洋区域输送来的则极少。当然，这仅仅是针对着质量输送的净值来说的，并不意味着质量输送过程中海陆之间输送作用的重要性。南北

兩半球大氣質量輸送的过程，很可能先通過兩半球海洋上空的质量輸送，然後再通過北半球海陸之間大氣質量的輸送，方使得亞歐大陸區發生大氣質量的堆積和消滅。這是在赤道兩邊大部分為海洋面積所佔據的緣故。

歐洲區當在大氣質量漸減的半年中(1—7月)，以1—2月、3—4月、5—6月間質量的減少較顯著，而在2—3月、4—5月、6—7月間的質量減少比較不明顯，尤其在4—5月間幾乎可說沒有什麼增減，可見減少較多與減少較少的月份是交替地出現的。歐洲區當在大氣質量增加的半年中(7—1月)，以8—9月及10—11月間增加的量比較多，在12—1月間則增加極少。任何兩月之間在歐洲區中平均大氣質量的增或減，都沒有達到 1.0×10^{18} 克。

亞洲區在大氣質量減少的半年中，逐月之間減少的質量都比較大，大都在 $1.0—2.0 \times 10^{18}$ 克的範圍中。尤其在2—3月與3—4月之間，亞洲區減少的大氣質量比同時期整個北半球減少的質量還要大，乃由於此時北半球兩個海洋區大氣質量增加的緣故(圖3)。亞洲區3—4月間大氣質量的顯著減少，與亞洲大陸上當時地面溫度的急劇上升以及季節的轉變有關。5—6月間亞洲區的質量減少也比較多，此時北半球五個區域的大氣質量一致在減少，輸送到南半球去的大氣質量因此在5—6月間為最多，這在上文也已提及，這可說是北半球夏季開始時的一種突出的表現。我們知道，在6月份太陽中天的高度在北半球為最大，太陽輻射的強度到達北半球大氣外層的也以此時為最大^[6]。所以從5月到6月之間，北半球有大量空氣輸送到南半球去的現象當與此發生一定的聯繫。亞洲區在大氣質量增加的半年中，自8月到10月質量增加很快而且增加的量很可觀，幾乎與同時期整個北半球增加的大氣質量相當。10—11月亞洲區增加的質量也不少，但不及8—9月及9—10月間增加的多，可是此時在北半球除大西洋區以外，大氣質量皆在增加，因此成為北半球質量增加最猛烈的一個月。11—12月間亞洲區增加的質量為增加半年中最少的一個月，而12月為北半球太陽中天高度最低的時候，到達大氣外層的太陽輻射此時在一年中為最少，如果依照減少半年中的情況，則此時南半球應有大量空氣輸送到北半球來。但在11—12月之間實際上輸送來的並不多，其原因當與11月之前的三、四個月內的大量向北半球輸送有關。可是，由於大氣質量月際變化的年間差異很複雜(下文要討論)，我們計算的年份不足十年，也許並未能反映准平均的確實情況。

再看太平洋區($140^{\circ}E—130^{\circ}W$)大氣質量的月際變化(圖3)，這與大陸區的情況顯然不同，而且也沒有連續半年增加與連續半年減少的現象。從12—4月的時期中太平洋區的大氣質量是繼續增加的，但除了2—3月間的增加量較大外，其餘各月之間的

增加量皆不明顯，尤其在1—2月間的增加微不足道。4月以后直到6月本区大气質量稍見減少，此时北半球各大陸区也在減少。6—7月太平洋区大气質量又見增加，7月之后直到10月則又漸減，但在7—9月間的減少量是很小的。10—11月又略有增加，11—12月則又顯著減少。由此可見，在北半球太平洋区域的大气質量，一年中有三个增加的时期，又有三个减少的时期，各个时期的長短不一，短則一个月，長則可达四个月。但大致說，4—10月(除6—7月)为質量減少的半年，10—4月(除11—12月)为質量增加的半年。而且太平洋区大气質量的月际变化一般都較小，虽其面積大於亞洲区但月际質量变化值平均不到亞洲区的一半。

美洲区(70° — 130° W)的面積与欧洲区相同，皆取60度的經度間隔，但其月际質量变化数值比欧洲区为小。2—6月美洲区質量漸減，以5—6月間減少稍多；6—9月該区增減極少；9—12月則为質量增加时期，而以10—11月間增加稍多；12—1月微減，1—2月又略見增加。美洲区除了5—6月及10—11月間增減量最大时达到 0.6×10^{18} 克以外，其余皆不足 0.4×10^{18} 克，且有五个月間月际变量不足 $\pm 0.1 \times 10^{18}$ 克。

大西洋区(0° — 70° W)大气質量的月际变化也很小，5—11月半年中为質量繼續減少的时期，11—5月(除2—3月間)半年中为質量增加的时期。其中以3—4月間的增加及5—6月間的減少比較明顯，約达 $\pm 0.5 \times 10^{18}$ 克；其余月际变量皆在 $\pm 0.3 \times 10^{18}$ 克以下，且有4个月間的变量不足 $\pm 0.1 \times 10^{18}$ 克。

根据以上所述，可見北半球五个区域中，以亞洲区大气質量的月际变化最为明顯，其逐月增減的符号及数量与整个北半球大气質量的月际变化頗为符合。由此可知，亞洲区大气質量的月际改变几乎决定着南北半球大气質量輸送的淨值。

3. 北半球大气質量月际变化的年間差異

从上節所述我們知道，北半球的大气質量从1—7月繼續減少，从7—1月則繼續增加。以歷年的平均情况而論，其半年增加的总量与半年減少的总量固然相等，皆約为 10.3×10^{18} 克。但在各个年份中每半年增減的总量是否能互相平衡，若每年不能互相平衡則其差異的程度如何？这种差異在歷年之間的变化又如何？这些問題是值得我們加以注意的。下列表中数字即表示1932—1937年中每半年北半球大气質量增減的总量，以及每年在北半球所發生的大气質量淨余。

从表2可知，在1932—1936五年中每年在北半球輸入的大气質量皆比輸出的为多，五年積累竟剩餘 4.9×10^{18} 克，几乎达到每半年平均輸出或輸入总量的一半，到1937年北半球方虧損 1.1×10^{18} 克。由於我們計算的年數較短，对这种半球大气質量盈虧的

表 2.

(單位 10^{18} 克)

年	1932	1933	1934	1935	1936	1937
1—7 月	-9.6	-9.9	-8.4	-9.5	-9.6	-11.9
7—1* 月	+11.1	+10.8	+9.1	+10.1	+10.8	+10.8
淨 余	+1.5	+0.9	+0.7	+0.6	+1.2	-1.1

* 下年 1 月份。

多年變化, 尚未能作進一步的分析。從表 2 中也可看到, 北半球每年輸出及輸入的大氣總量, 其年際變化也是很可觀的。就在這六年中輸出最多的一年 (1937) 與輸出最少的一年 (1934) 之差即達 3.5×10^{18} 克。同樣, 輸入最多年 (1932) 與最少年 (1934) 之差也達到 2.0×10^{18} 克。如計算年數增多, 變差範圍勢必還要大些。這種半球上大氣質量變化的年間差異, 當與大氣環流的強度變化及大氣環流的距常發生聯繫, 而且也可以影響到大氣角動量輸送方面的種種問題。所以也就牽涉到各個地區氣候與天氣方面的距常現象, 甚至還會影響到地球自轉軸長年變動的週期^[7]。而發生這種半年質量輸送不能逐年平衡的原因, 當與太陽輻射強度的變化以及兩半球大氣環流的年間變異有關。

我們現在再看北半球及北半球各區大氣質量逐月月際變化的年間差異, 這表示在圖 4—5 中。圖 4 (1)—(12) 是北半球各月之間大氣質量差的歷年變化曲綫。圖 4 (1) 表示 1—2 月間的年際變化情況。從 1—2 月北半球的大氣質量平均要減少 1.5×10^{18} 克, 但並非每年都一定在這兩月之間出現減少。例如從圖 4 (1) 可見, 在 1933 年與 1936 年的 1—2 月間北半球的大氣質量幾乎並沒有什麼增減; 而在 1931 年特別反常, 該年 2 月比 1 月竟增加 2.4×10^{18} 克。這種反常現象勢必聯繫着某些地區的氣候與天氣狀況的變異。例如, 在 1933 年及 1936 年的 2 月與 3 月, 我國大部地區的月平均溫度皆比正常情況為低, 尤其在東北與華北這兩年 2, 3 月的溫度負距平特別明顯, 東北負距平達到 4—6 度*。至於 1931 年 2 月我國的溫度負距平更為普遍, 東北最大達到 -7.0°C 以上。1937, 1935 及 1934 年 1—2 月間北半球大氣質量減少特多, 皆在 3.0×10^{18} 克以上, 尤其 1937 年 1—2 月間減少達 4.7×10^{18} 克為最大。而這三年 2 月份我國的溫度距平大都為正, 東北正距平特別明顯達到 2—6 $^{\circ}\text{C}$ 。這樣鮮明的對比關係是值得注意的, 因為 2 月份大陸上的高溫與 1—2 月間北半球大氣質量的大量減少, 以及 2 月份大陸上的低溫與 1—2 月間北半球大氣質量的不見減少或者甚至增加, 原是應該符合的。根據上節我們已經明了北半球大氣質量的月際變化, 主要決定於大陸區 (尤其亞洲區) 的質量增減。如果

* 本節所述溫度雨量距平皆根據中央氣象台資料室長期預報組所製歷年逐月的距平圖稿。

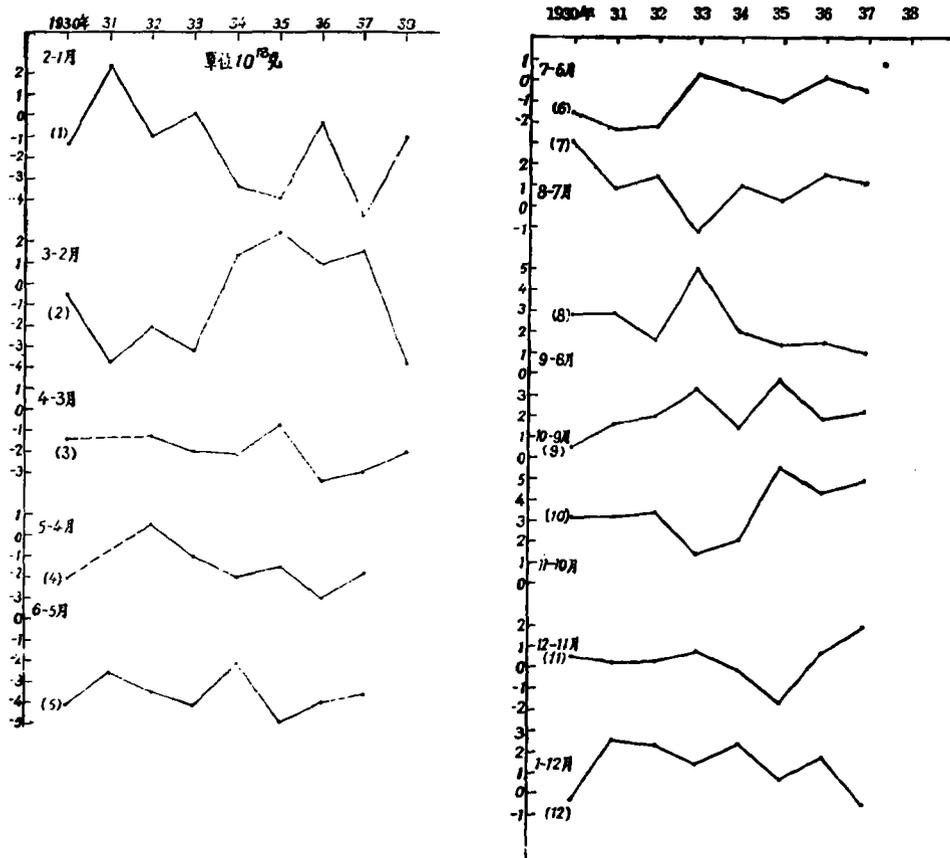


圖 4.

大陸上某月温度过高(过低)而气压降低(升高),則其上的大气質量勢將比正常減少(增加),因此它对上一個月的質量差也就發生了应有的改变。另一方面,由於大气質量的增減不同,伴隨着方向不同的冷暖平流。如由於冷平流佔优势而造成大气質量增加,則应在温度分布上出現負距平;如由於暖平流佔优势而造成大气質量減少,則在温度分布上就應出現正距平。不过我們現在对照的温度区域只限於國內而已,还不能代表亞洲区的整个情况。

圖 4 (1) 更表示着北半球 1—2 月間的大气質量差在歷年中的变化是相当大的,僅在这九年(1930—1938)之中,其年間变差范围就已达到 7.1×10^{18} 克。九年中有七年 2 月比 1 月減少,但也有兩年 2 月反而比 1 月增加。

圖 5 (1)—(12) 为北半球五个分区大气質量月际变化的年間差異,圖中左方表示亞洲和太平洋兩区,右方表示欧洲、美洲和大西洋三区。看圖 5 (1) 可見五个区域 1—2 月間大气質量差的年間变化是不一致的。上述 1931 年 1—2 月間北半球的反常現象,主

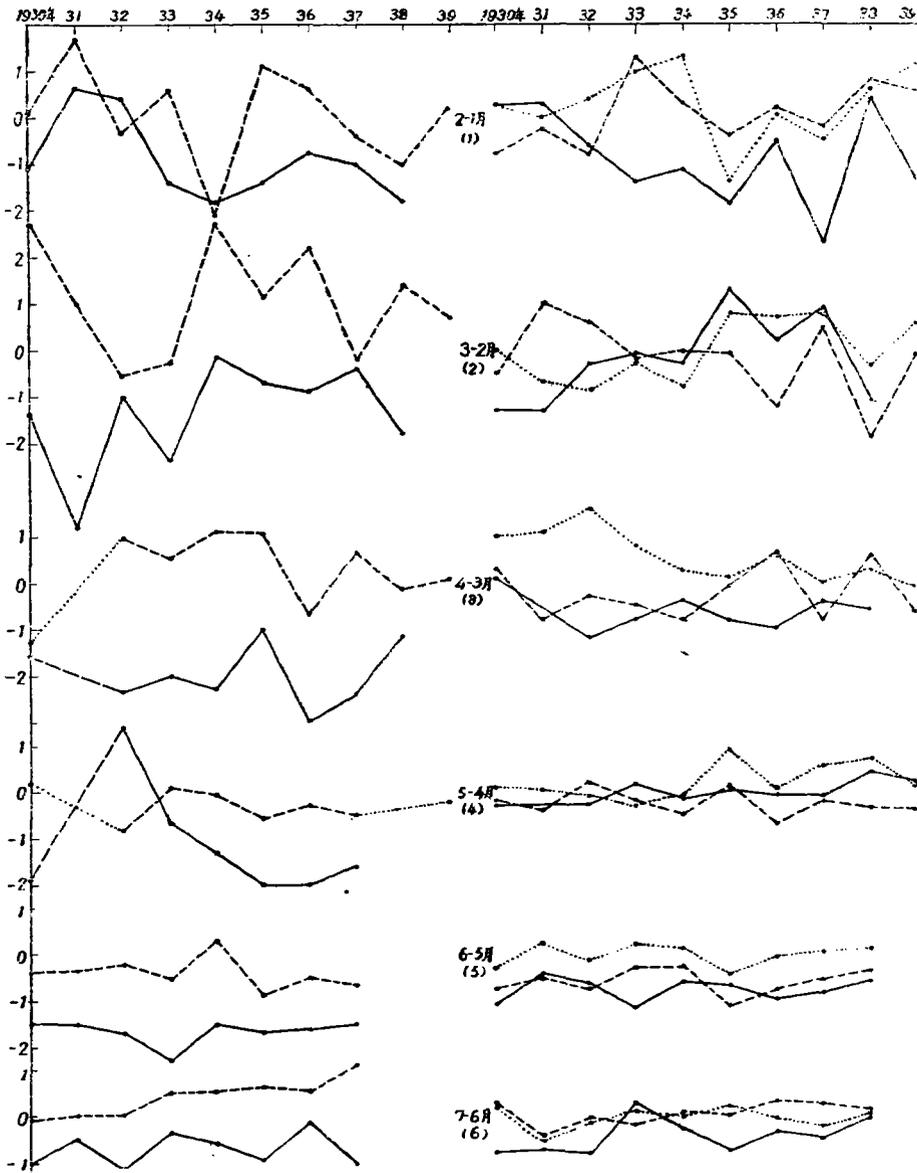


圖5. (1)—(6).

要乃由於太平洋和亞洲區質量增加所造成的；1937年1—2月間的大量減少則由於當時五個區域皆出現減少所致，尤其歐洲區的減少最為突出。五個區域中1—2月間年間變化最大的為太平洋區，其較差達 3.8×10^{18} 克。太平洋區1—2月間質量差的歷年平均值只 $+0.04 \times 10^{18}$ 克，幾乎可說沒有增減，但在個別年份中其增減的量比較可觀而且正負變動很大。美洲區的情況與此相仿。歐亞兩區1—2月間大多數年份出現減少，大

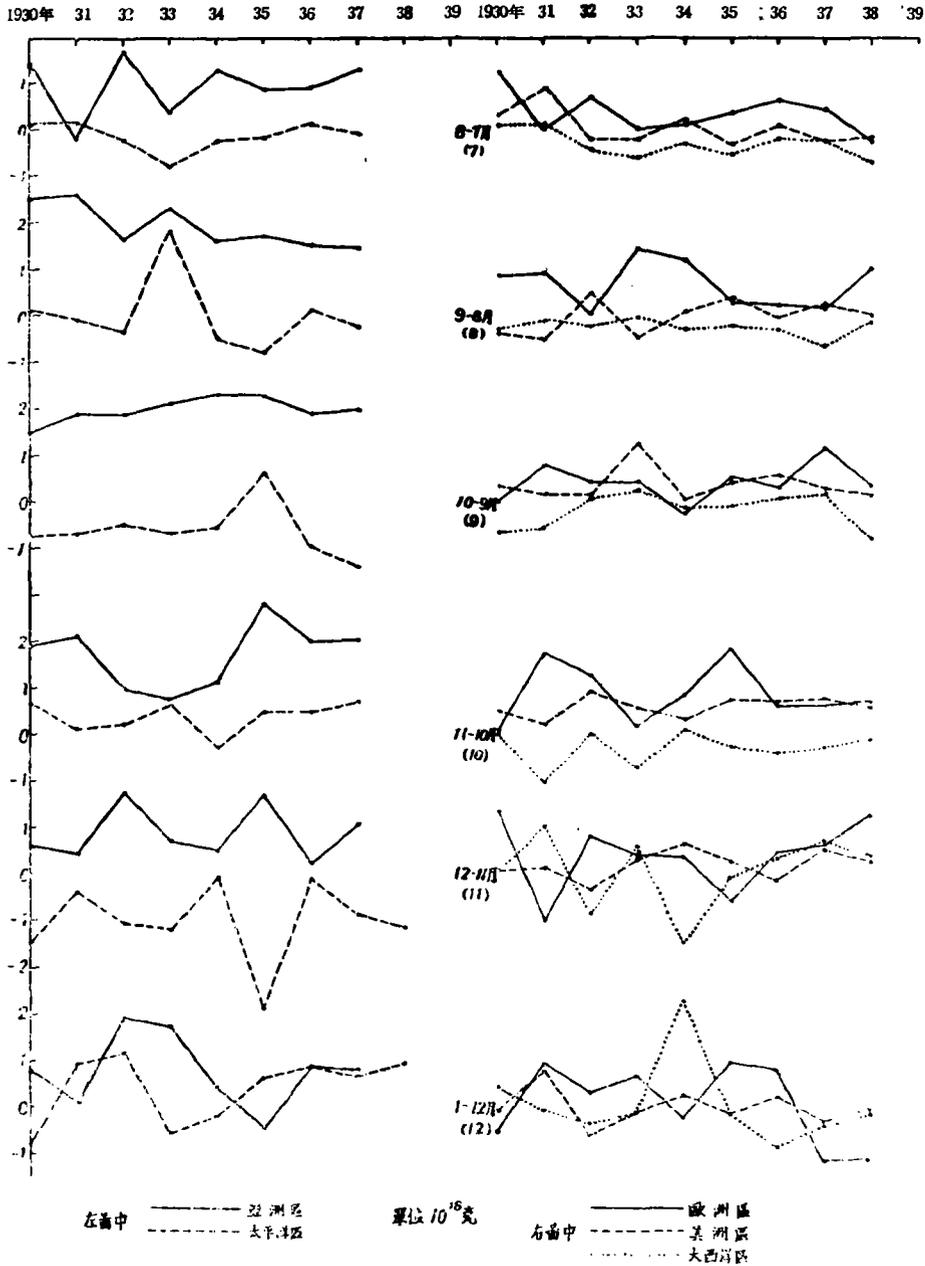


圖5. (7)—(12).

西洋区則大都为增加。

圖 4 (2) 为 2—3 月間北半球大气質量差的歷年变化。这二个月之間的变化顯得比較特別，九年中前四年連續为質量減少，接着連續四年質量增加。但減少的量一般比增加的量为大，因此平均而論北半球自 2—3 月大气質量还是減少 0.8×10^{18} 克。年間变差範圍則为 6.3×10^{18} 克，也比 1—2 月間較小。从各个区域來說，看圖 5 (2)，2—3 月間亞洲与太平洋兩区的海陸差異比較明顯，亞洲区逐年皆为質量減少，而太平洋区則大致皆为增加。亞洲区 1931 年 2—3 月間質量減少最为顯著，該年 3 月份我國出現大片温度正距平；亞洲区 1934 年 2—3 月間質量減少很小，同年 3 月份我國則出現普遍的温度負距平；其間对比关系頗为明顯。其他三区 2—3 月的年間差異比較雜乱。

圖 4 (3) 与圖 5 (3) 为 4 月減 3 月的情况，北半球歷年皆出現負值，年間变差也小，1935—1936 年間出現的最大变差也只 2.7×10^{18} 克。各个区域中海陸区的相反变化比較明顯。太平洋区与大西洋区几乎歷年皆为質量增加，而三个大陸区歷年几乎皆为質量減少，尤其亞洲区特別明顯。可見自 3—4 月北半球大陸区上減少的大气質量，一小部分 (0.9×10^{18} 克) 輸送到北半球的海洋区去，大部分 (1.9×10^{18} 克) 則輸送到南半球去。3—4 月間大陸区減少的質量比 1—2 月、2—3 月間大陸区減少的質量要多(參閱圖 3)，但海洋区 3—4 月間增加的質量並不比其前二月之間增加的为多，因此 3—4 月間輸送到南半球去的質量就比前二月輸去的要多，這可以說是北半球夏季半年开始时的一种征象。其原因乃由於北半球大陸上在 3—4 月間温度出現急剧增加的緣故。至於 1935—1936 兩年中 3—4 月間北半球大气質量減少的巨大差別，乃由於此時亞洲及太平洋兩区發生巨大年間变化所致。同时我國在這兩年的春季也顯出很大的差別，1935 年春我國異常温暖，自 3—5 月國內大都皆出現温度正距平，1936 年春我國就比較寒冷，3—5 月連續三个月普遍出現温度負距平，這兩年的暖春与寒春特別在華北表現得明顯。

还有一点可以指出，就是關於 3—4 月間海洋区与大陸区質量的相反变化，比較圖 5 (3) 中各条曲綫可見大西洋区与欧洲区、太平洋区与美洲区相互之間皆出現明顯的相反变化。歷年中凡大西洋区質量增加得多，則欧洲区質量減少也多(1932, 1936 年)；大西洋区增加得少，則欧洲区減少也少(1934, 1937 年)。同样，凡美洲区 3—4 月間質量減少的年份，則太平洋区皆出現增加(1932—1935, 37, 39 年)；美洲区增加則太平洋区減少(1936, 1938 年)。而且它們兩对曲綫在歷年中的升降趋势也大都相反。唯独亞洲区的变化似乎自成系統，不与其他四条曲綫發生明顯的联系。而且，3—4 月間亞洲区大气質量的減少不僅为本区月际質量減少最大的一个月，也是五区中所有月份中月际質量減

少最大的一个月。

圖4(4)及圖5(4)为5月減4月的情况,圖4(4)中除1932年外皆出現負值。平均而論,4—5月間北半球減少的大气質量要比3—4月間減少的略小,但年間變差範圍(3.5×10^{18} 克)則比3—4月間稍大。各个区域的質量差則有这样几个特点:1)除亞洲区外,其余四区的变化量都很小。2)两个海洋区的变化符号相反,即太平洋区平均为質量減少,而大西洋区則增加(相反的现象也出现在其他各月之間,如在10—11月間两个海洋区的變差符号也相反)。3)亞洲区的減少虽較明顯,但平均不及上兩月間減少的多;个别年份且出現大量增加(1932年),这在以前几个月沒有出現过的。此外,当亞洲区及整个北半球在1932年4—5月間出現增加,1936年4—5月間出現大量減少时,在我国的温度距平分布方面甚至雨量的距平方面,也都表现出一些相反的情况。

圖4(5)与圖5(5)为5—6月間的計算結果。上文我們已經提到,这两个月間北半球減少的大气質量为一年中減少的最大值。任何一年5—6月間北半球減少的質量皆大於 2.0×10^{18} 克,減少最多的一年(1935)达到 4.9×10^{18} 克,这也是所有月份中月际減少量的最大值。可是5—6月的年間變差範圍則比較小,僅 2.8×10^{18} 克。北半球各个区域中,不論其为海洋区或是大陸区,5—6月間一致为質量減少,因此在5—6月間自北半球輸送到南半球去的大气質量为最多,平均达到 3.6×10^{18} 克。但是如果考慮到赤道至北緯 10° 間的質量增減情况,則5—6月間实际輸送到南半球去的質量可能要比这个数值略小。

对北半球各个区域來說,5—6月間大气質量的減少除美洲区为一年中月际減少最多外,其他四区的減少量並不是一年中最大的(參閱圖3)。而且各区減少量的年間变化也都比較小。大西洋与美洲兩区的年間变化曲綫几乎互相平行,說明这两个区域在5—6月間的質量增減过程是比較一致的,而海陸区的相反关系在这两个月間对这两个区域竟不起顯著的作用。

太平洋区在1934与1935兩年中的变化較大,1934年5—6月为太平洋区八年中唯一出現質量增加的一年,1935年5—6月又为減少最多的一年。就在这兩年的5—6月,很有趣的是我国的降水分布也出現相反的现象,在1934年5,6月華北雨水过多華南則較旱;1935年5,6月華北旱区甚廣華南則比較多雨。

圖4(6)和圖5(6)为7月減6月的計算結果,这两月間北半球大气質量減少不多,平均僅減少 0.9×10^{18} 克。八年中且有兩年略見增加。減少最多的一年(1931)僅達 2.3×10^{18} 克,年間變差範圍 2.6×10^{18} 克为各个月际變差範圍最小的一个月。6—7月間質量增加的1933及1936年的7月份,國內旱区比較普遍,而質量減少最多的

1931 年的 7 月份我國長江流域發生巨大澇區，華北則旱。以各個區域來說，亞洲區歷年皆為質量減少，歐洲區除一年外亦都為減少；太平洋區則大都質量增加，有些年份增減不顯；大西洋與美洲兩區歷年增減皆甚小，平均不足 $\pm 0.1 \times 10^{18}$ 克，個別年份月際變化大時也不足 $\pm 0.5 \times 10^{18}$ 克。

圖 4 (7) 和圖 5 (7) 為 8 月減 7 月，此時北半球大氣質量開始增加，8 月比 7 月平均增加 1.0×10^{18} 克。個別年份情況異常時也曾發現質量減少 (1933 年)，年間變差範圍比前幾月增大，達到 4.3×10^{18} 克。7—8 月間北半球大氣質量的增加，由於北半球三個大陸區質量開始增加的緣故，此時二個海洋區則在減少。但大陸區增加的質量超過海洋區減少的質量，說明南半球已經開始輸送大氣質量過來。在亞歐兩區 1930—1931，1932—1933 年間大氣質量增減的變化較大，同時在這些年份的 7, 8 兩月，我國水旱區的分布也表現出相反現象。例如，1930 年 7 月在我國長江流域廣大地區雨水不足，東北雨水過量；而 1931 年 7 月則長江流域大澇，東北苦旱。

圖 4 (8) 和圖 5 (8) 為 9 月減 8 月，在這兩月間北半球大氣質量增加頗多，平均達 2.3×10^{18} 克，增加最多的年份達到 5.1×10^{18} 克，增加最少的年份也有 1.0×10^{18} 克，年間變差範圍為 4.1×10^{18} 克。各個區域中亞歐兩區歷年皆為質量增加，大西洋區歷年皆為質量減少，但減少的量遠比亞歐區增加的為小。美洲區與太平洋區歷年增加或減少的機會大致相等，因此平均而論這兩區在 8—9 月間幾乎沒有什麼增減。但太平洋區的年間變差範圍頗大，為其他各區所不及，達到 2.6×10^{18} 克。亞洲區歷年增加皆多，幾乎皆在 1.5×10^{18} 克以上，但年間變差只 1.1×10^{18} 克。1933 年 8—9 月間北半球大氣質量的巨大增加，乃由於太平洋、歐洲及亞洲三個區域增加特多所致。1933 年為太平洋區增加最多的一年，而 1935 年則為太平洋區減少最多的一年。檢閱 1933 年 8, 9 月我國的降水量距平圖，旱區出現在東南各省，長江以北雨水大都接近正常；1935 年則相反，旱區大都出現在長江及華北，江南雨水反而比較正常。還有一點值得注意的，即歐洲與美洲兩區的歷年變化曲綫表現出趨勢相反的現象。就是說，如果在歐洲區某一年 8—9 月間增加的質量比其前一年增加的減少時，同時期美洲區就會增加，反之亦然。這說明歐洲與美洲兩區 8—9 月間大氣質量的增減有某種補償作用存在。1930—1935 年間這種相反關係十分明顯，1935—1937 年間這兩區的變化雖較小，但相反的趨勢仍然可辨。

圖 4 (9) 和圖 5 (9) 為 10 月減 9 月的結果，這與上兩月間一樣，北半球歷年皆為質量增加，平均增加 2.1×10^{18} 克則比上兩月間增加的略少。年間變差範圍 3.3×10^{18} 克也比 8—9 月間為小。各個區域中，三個大陸區皆為質量增加，尤以亞洲區增加的量為最多。亞洲區的增加為其一年中增加最多的一個月，而且歷年增加的量頗穩定，變差范

圖只 0.8×10^{18} 克 ($1.5-2.3 \times 10^{18}$ 克)。两个海洋区皆为質量減少, 但減少不多, 尤其大西洋区的減少量平均还不到 0.2×10^{18} 克。而太平洋区的变差范围 2.0×10^{18} 克則为五区中最大者。1935 年 9—10 月間太平洋区出現質量增加, 这是反常的現象, 1937 年 9—10 月間則又減少特多。查这兩年 9, 10 月我國的降水量距平圖, 大致也都出現相反現象。1935 年 9 月我國的偏旱地区大都在 1937 年 9 月則成为偏澇的地区。又如 1935 年 10 月西南的廣大澇区, 在 1937 年 10 月則成为大旱地区, 其他不再一一列举。在温度方面, 1935 年 9, 10 月我國大都为正距平, 1937 年 9, 10 月則負距平比較普遍。

圖 4 (10) 和圖 5 (10) 为 11 月減 10 月, 北半球的大气質量在这二个月之間有特別顯著的增加, 为一年中質量增加最多的一个月份, 平均增加量达 3.3×10^{18} 克。增加最少的年份(1933)也到 1.4×10^{18} 克; 增加最多的年份(1935)达到 5.6×10^{18} 克, 为北半球任何月际質量增加所达到的最大数值。其年間变差范围故为 4.2×10^{18} 克。在 10—11 月間北半球除大西洋区以外, 其余四区皆为質量增加, 尤其美洲与欧洲兩区也都成为一年中月际質量增加最多的一个月。亞洲区的增加量也很大, 但比該区前二个月間的增加量稍少一些。特別值得注意的是太平洋区的情况, 太平洋区自 8 月份以來月际質量大致皆为減少, 唯独在 10—11 月間有明顯的增加, 虽然增加的量平均不过 0.4×10^{18} 克, 但八年中有七年为增加, 只有一年減少; 而且年間变差范围比前兩月之間大为減少, 只有 1.0×10^{18} 克。亞洲区的变差范围則較大, 达到 2.1×10^{18} 克。而且, 在 10—11 月間亞欧兩区歷年变化曲綫的趋势很一致, 这表示此时使得亞欧大陸質量增加的物理过程是一致的。1935 年北半球的增加特多, 即由於亞欧兩区增加特多所致; 1933 年增加特少, 亦由於亞欧兩区增加特少的緣故。10—11 月間美洲区的增加量平均虽只有 0.6×10^{18} 克, 但歷年皆为增加, 变差范围亦少 ($0.2-0.9 \times 10^{18}$ 克)。

1933 年 10—11 月北半球及亞、欧兩区大气質量增加不多时, 該年 10 月份我國温度距平負区比較普遍, 11 月份則正区比較普遍, 而且这两个月內我國雨量缺少的地区比較廣大。相反, 1935 年 10—11 月北半球及亞、欧兩区大气質量增加特多时, 該年 10 月份和 11 月份我國的温度距平分佈也就同 1933 年的情况相反, 10 月份全國几乎皆为正区, 11 月份則大部为負区; 而且这两个月內我國大部地区雨量过多。这种月际質量增減的变化与我國温度及降水分佈方面的明顯联系, 將來資料充份时可以作更深入的分析, 对長时期的气候演变以及長期天气预报方面可能增加一些新的認識。

圖 4 (11) 和圖 5 (11) 为 12 月減 11 月, 这是北半球大气質量月际变化最小的一个月, 平均只增加 0.3×10^{18} 克, 年間变差范围則达 3.6×10^{18} 克, 八年中有二年出現質量減少的現象, 六次增加的年份中增加量超出 1.0×10^{18} 克的只出現一次。北半球各个区域

中，以亞洲區的質量增加為最明顯，歷年皆為增加，平均增加 0.9×10^{18} 克。歐洲區與美洲區雖平均亦為增加，但增加極少。大西洋區平均可說沒有增減 ($< +0.1 \times 10^{18}$ 克)。唯獨太平洋區在 11—12 月間歷年皆出現質量減少，平均減少 1.1×10^{18} 克，已經大於同時期亞洲區增加的質量，約相當於亞洲和美洲兩區增加的和。而且，從圖 5 (11) 中可以看出，太平洋和亞洲兩區的变化曲線其間有明顯的相反趨勢存在，可知在 11—12 月間在這兩區之間的大氣質量輸送過程是相當重要的，而這個海陸間的輸送過程比當時南北半球之間的輸送過程更佔優勢。11—12 月間北半球二個海洋區的年間變差範圍大於三個大陸區，皆超出 2.5×10^{18} 克，尤以太平洋區的變差範圍為最大 (2.8×10^{18} 克)。

1935 年 11—12 月間亞洲區質量增加頗多，而太平洋區的減少則更大，其他三區的增減不甚明顯，因此造成當時全北半球的質量也減少。這二月內我國絕大部分的溫度比平均為低，尤其 12 月的溫度負距平不但範圍廣大而且負的數值也大，大部地區達到 $-3^{\circ}—-7^{\circ}\text{C}$ ，這與亞洲區質量的大為增加是符合的。不但如此，甚至在我國的降水量多少方面也有反映，該年 11 月國內絕大部分降水量超出正常，12 月則旱區廣大，尤以華北最為突出。1934 年 11—12 月間亞洲區質量增加很少，太平洋區的減少也很少，與 1935 年的情況相異，當時我國溫度距平與降水方面也出現與 1935 年 11—12 月間相反的現象。

圖 4 (12) 和圖 5 (12) 為 1 月減 12 月的計算結果，此時北半球大氣質量的增加又比上二月之間增加的為多，平均已達 1.3×10^{18} 克。但歷年中仍出現減少的年份，年間變差範圍達 3.2×10^{18} 克。北半球五個區域中除美洲區平均略為減少外，其餘四區皆為質量增加。年間變差則以大西洋區為最大，也達 3.2×10^{18} 克。亞洲區 1932 年 12 月至 1933 年 1 月間增加特多，1935 年 12 月至 1936 年 1 月間則出現減少。同樣，在相當月份我國的溫度距平圖上也發現與之相符的現象。如 1932 年 12 月我國北方溫度正距平很明顯，1933 年 1 月則出現負距平；1935 年 12 月和 1936 年 1 月國內雖皆出現溫度負距平，然 12 月的負距平比 1 月更為普遍而嚴重。

綜合本節所述，可以得到這樣幾個主要的觀念：第一，各個年份中北半球半年增加與半年減少的大氣質量並不互相平衡。第二，北半球大氣質量月際變化的年間差異是很明顯的，在大氣質量逐漸增加的半年中，個別年份月際質量變化可能出現減少，在逐漸減少的半年中，個別年份月際質量變化也可能出現增加。北半球各個區域中也出現同樣的現象。第三，北半球月際質量變化的年間變差範圍以 1—2 月間為最大 (7.1×10^{18} 克)，6—7 月間為最小 (2.6×10^{18} 克)。第四，北半球各個區域相互之間，尤其海洋區與大陸區之間，大氣質量的月際變化發生各種不同的關聯。第五，亞洲區與太平洋區

大气質量月际变化的極端現象，在冬半年常与我國的温度距平分佈發生明顯的联系，在夏半年且与我國水旱区域的分佈發生一定的关联。最后，我們还想特別指出一个現象，就是在1931年和1934年1—2月及2—3月間，亞洲与太平洋兩区皆出現異常的並相反的大气質量变化，而這兩年的夏季在我國又出現嚴重的大水(1931)与干旱(1934)^[6]，其間是否有密切关联存在，尚需更多的例案方能証实。

4. 北半球大气質量月际变化的緯圈分佈

以上我們討論了北半球及北半球五个区域一年中逐月之間大气質量增減的种种情况。現在我們再对大气質量月际变化的緯圈分佈加以注意，以便了解大气質量增減强度的時間与地域分佈，从此並想認識高低緯度間是否存在互相补偿和調節的作用。为了簡化計算起見，我們应用1932—1936連續五个整年的資料，計算北半球每十度間隔各緯圈上的平均月际气压差与緯度余弦的乘積($\bar{P}_D \cos \phi$)，來代表各緯度帶上大气質量的平均月际变化(如求質量差只需再乘 $4\pi r^2 \sin 5^\circ / g$ 即得)。北半球和北半球五个区域逐月之間 $\bar{P}_D \cos \phi$ 的平均分佈表示在圖6—11中。各圖中縱坐标表示緯度，横坐标表示月份。

看圖6，这是北半球平均 $\bar{P}_D \cos \phi$ 的分佈圖，圖中不僅明白表示出來1—7月間北半球大气質量的減少現象与7—1月間的增加現象，同时对各月之間大气質量增減的緯圈分佈也詳細指出。在圖6中有以下几点事实值得提出：1) 大气質量月际变化比較強

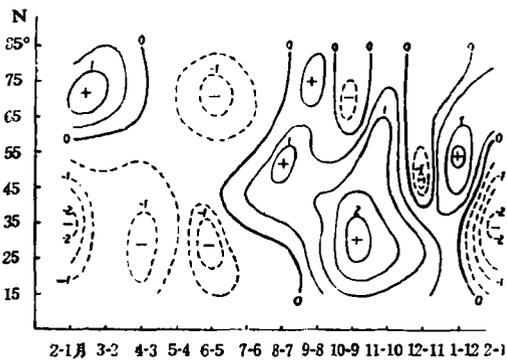


圖6. 北半球 $\bar{P}_D \cos \phi$ 的分佈圖(1932—1936年)。

的正負中心集中在 $20^\circ—40^\circ\text{N}$ 及 $60^\circ—80^\circ\text{N}$ 之間，尤其在 $20^\circ—40^\circ\text{N}$ 間出現的正負区時間比較持久而且强度也最大。2) 大气質量減少的半年中減少最多的出現在1—2月間 $25^\circ—45^\circ\text{N}$ 处，但由於此時高緯度 ($60^\circ—90^\circ\text{N}$) 出現質量增加，所以使得1—2月間北半球輸送到南半球去的大气質量反不如5—6月間輸出的為多。而5—6月間所以成為輸出

最多的一個月，顯然由於此時高低緯度一致出現質量減少的緣故。3) 大气質量增加的半年中增加最多的出現在9—10月間 $20^\circ—40^\circ\text{N}$ 处，此時高緯度又出現質量減少的現象，因此北半球輸入質量最多的一個月推遲到10—11月之間，那時高低緯度一致出現質量增加。4) 在大气質量減少的半年中，質量減少先在中緯度開始，然後逐漸向高低

緯度發展。據最近 Martin Teich 的研究^[9]，逐月間 $\bar{P}_D \cos \phi$ 負值最大之處與高空西風最大速度出現的緯度有些關聯。在增加的半年中，也先在中緯度開始增加，然後發展到高低緯度去。但高緯度的增加不能持久，在增加半年中高緯度只出現二個月增加，倒有四個月是減少的。由此可見，北半球大氣質量半年減少與半年增加的現象主要由於 60°N 以南的變化所造成， 60°N 以北這種半年為期的增減現象並不存在。

圖 7 為歐洲區 ($0^\circ - 60^\circ \text{E}$) $\bar{P}_D \cos \phi$ 的分佈圖，從圖可知：1) 歐洲區大氣質量的半年減少與半年增加主要由於 45°N 以南質量變化的結果。2) 在 $45^\circ - 70^\circ \text{N}$ 之間，月際質量增減的改變非常大，12 個月中幾乎逐月皆發生增減符號的交替，只在 5—9 月期中每兩個月方改變符號一次。但在減少的半年中仍有四個月出現負號 2 個月出現正號，在增加的半年中也有四個月出現正號 2 個月出現負號。這說明在歐洲大陸上一年中大氣質量月際變化的趨勢是不很穩定的，在五個區域的相當緯度帶內這是很突出的現象。由於歐洲大陸面積比較小，歐洲西部受大西洋的影響又很大，在逐月月際氣壓差圖上*歐洲西北部與東南部大都出現符號相反的趨勢所致。3) 在 $70^\circ - 90^\circ \text{N}$ 之間歐洲區的情況也很別致，除在 1—3 月內大氣質量增加外，其餘 8 個月幾乎皆出現減少，但負量大都很小。

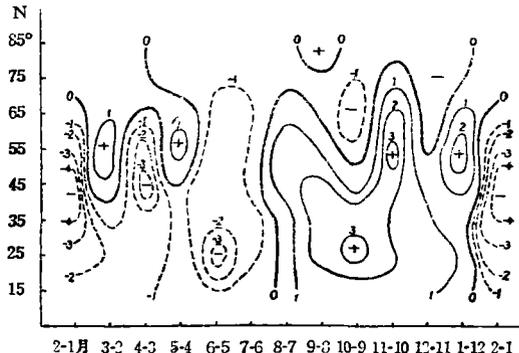


圖 7. 歐洲區 $\bar{P}_D \cos \phi$ 的分佈圖(1932—1936年).

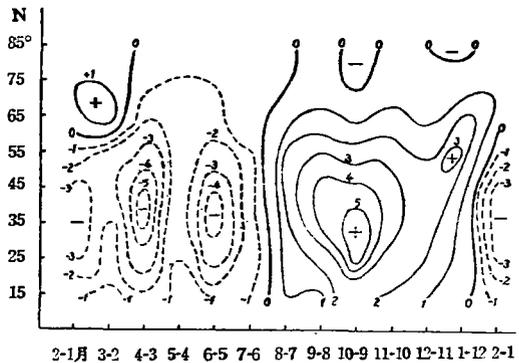


圖 8. 亞洲區 $\bar{P}_D \cos \phi$ 的分佈圖(1932—1936年).

圖 8 為亞洲區 ($60^\circ - 140^\circ \text{E}$) $\bar{P}_D \cos \phi$ 的分佈圖，圖中表示出幾個特點：1) 半年減少與半年增加的對比在各緯度都很明顯。2) 月際變化強度最大的地帶在 $20^\circ - 50^\circ \text{N}$ 之內；3—4 月間減少最多出現在 $30^\circ - 50^\circ \text{N}$ ，而 9—10 月間增加最多的則出現在 $20^\circ - 40^\circ \text{N}$ ，後者比前者偏南約 10 個緯度。兩者出現的時間間隔恰為半年，而且都在春秋過渡季節內出現。3) 1—3 月間 60°N 以南減少時，在 60°N 以北則出現增加，這在歐美二個大陸區也出現類似的現象，並在太平洋、大西洋二區同時期的高緯度也發現增加。4) 9—10 月間中低緯度出現強烈增加時， 70°N

* 月際氣壓差圖未付印。

以北則稍稍減少,這在其他各區相當時期的高緯度也都出現減少,因此9—10月間北半

球高緯度就顯出獨特的減少現象(參閱圖6)。

圖9為太平洋區(140°E—130°W) $\bar{P}_D \cos \phi$ 的分佈圖,圖中正負區的分佈顯然比亞歐大陸區為複雜。1) 在12—4月中高緯度的增加漸向低緯度發展,到5—9月中低緯度的增加又向高緯度發展。2) 在3—7月高緯度的減少十分明顯,7—12月則中緯度的減少頗為強烈。

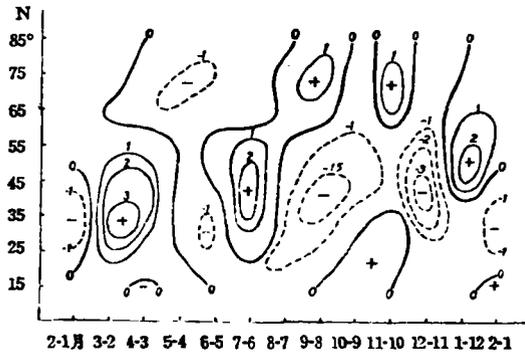


圖9. 太平洋區 $\bar{P}_D \cos \phi$ 的分佈圖(1932—1936年)。

3) 除11—12月間各緯度一致減少外,其餘各月間各緯度增減符號沒有一致的出現,這顯與亞洲區不同。4) 春季(2—4月)太平洋區60°N以南的增加特別明顯,此時在亞洲區相當緯度則出現大量減少,海陸的對比是明顯的。4月以後(4—6月)這種對比就不顯,此時在太平洋區高低緯度幾乎也都出現質量減少,中緯度則變化較小。直到6—7月間,30°—60°N地帶方出現比較明顯的增加。這種自冬到夏質量增加不連續的現象是值得注意的。5) 11—12月間太平洋區中緯度質量減少特別強烈,此時在大西洋區中緯度也有同樣的強烈減少現象(圖11)。所以雖然在歐亞大陸上此時出現質量增加,但對整個北半球的中緯度來說,11—12月間仍出現明顯的質量減少(圖6)。到12—1月間太平洋區中緯度又出現質量增加。

圖10為美洲區(130°—70°W) $\bar{P}_D \cos \phi$ 的分佈圖,從圖可知: 1) 在50°N以南自12—6月半年之內幾乎皆為減少,自6—12月大致皆為增加,這種半年為期的增減現象雖與亞歐兩區情況相似,但其起迄月份與亞歐兩區相差一個月。美洲區中低緯度減少最多的月份(2—3月間)及增加最多的月份(10—11月間)也與亞歐兩區出現月份不一致。2) 1—4月在50°N以南減少時,50°N以北則有明顯的增加,這與亞歐兩區情況大致相仿,但本區高緯度的增加維持到4月,亞歐兩區到3月即已終止。

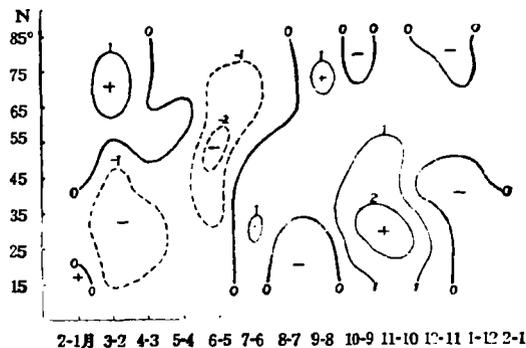


圖10. 美洲區 $\bar{P}_D \cos \phi$ 的分佈圖(1932—1936年)。

3) 5—6月間美洲區各緯度一致減少,此時亞歐兩區也一致減少,但歐洲區減少最多在20°—30°N之間,亞洲區在

30°—40°N 之間，美洲區則在 50°—60°N 之間。4) 4—7 月美洲區 60°N 以北的減少現象與大西洋區同時期高緯度的情況最為類似，且與太平洋、亞洲、及歐洲等區的情況亦大致相仿。由此可見，對北半球高緯度來說，劃分成五個區域是不一定需要的。約在 60°N 以北的地區，其大氣質量的周年變化顯然可以單獨成為一個區域，可以叫做北冰洋區，那里的月際變化可用圖 6 中 60°N 以北的情況來表示的。然而，至少在 7—1 月的半年中，北半球高緯度在五個區域中的月際質量變化情況仍然有所差別（比較圖 7—11 與圖 6），所以把高緯度分別列入五區之內也不是不可以的。5) 美洲區 7—1 月 60°N 以北的增減情況大致與亞洲區相似，與其他三區則顯有差別。尤其在 65°N 緯圈地帶，美亞兩區在 8—1 月間皆為增加，大西洋區則大都為減少，太平洋與歐洲兩區則增減交替出現。6) 7—9 月間美洲區在 30°N 以南出現質量減少，這與兩個海洋區的情況相同，反而與歐亞兩個大陸區相反。這由於北美大陸所在緯度較高，美洲區中 30°N 以南主要是海洋，所以那里已不可能反應出大陸性的月際質量變化情況。即以圖 10 中美洲區 60°N 以南的增減分佈來說，也並不與亞歐兩區情況完全一致（亞歐兩區在 40°N 以南完全一致），由此可見，美洲區所表示的大陸特性已不如亞歐兩區所表示的明顯。

圖 11 為大西洋區 (0°—70°W) $\bar{P}_D \cos \phi$ 的分佈圖，圖中可以看出以下一些特點：

1) 各月之間高低緯度大氣質量增減相反的現象很普遍。例如在 4—7 月及 9—1 月時期中，各月之間高緯度質量皆為減少，低緯度則質量增加。1—3 月及 8—9 月期間高緯度質量增加，而低緯度質量減少。這種高低緯度月際質量增減相反的結果，使得整個大西洋區月際質量的變化就不至於很大。2) 大西洋區在 50°N 以北，一年中質量減少的月份倍於增加的月份（8 月比 4 月），而在 50°N 以南一年中增加的月份多於減少的月份也約達一倍。3) 唯獨 3—4 月間 20°N 以北一致為增加，尤其在 60°N 附近增加最大，其原因乃為 3—4 月間冰島低壓大為減弱所致。4) 在 1—7 月半年中，質量增加自高緯度處開始，然後向低緯度發展；在 7—1 月半年中，質量減少則從低緯度開始，然後向高緯度發展。5) 在 40°—60°N 之間月際質量改變最大。

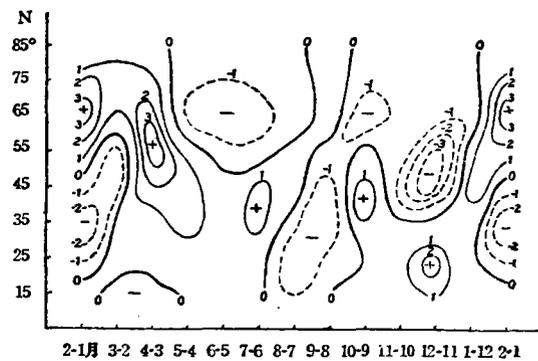


圖 11. 大西洋區 $\bar{P}_D \cos \phi$ 的分佈圖 (1932—1936 年)

5. 結 論

根据本文計算与分析結果,可以得到以下几点結論:

(1) 自1—7月半年中北半球有大气質量向南半球輸送,自7—1月半年中南半球有大气質量向北半球輸送,半年輸出入的总質量約为 10.3×10^{18} 克(圖1)。

(2) 逐月之間南北半球大气質量輸送的淨值不等,5—6月及10—11月間輸出入的質量較大;輸出半年与輸入半年中逐月大气質量的改变並不对称(圖1,2)。

(3) 北半球大陸区与海洋区大气質量的月际变化不同,亞欧大陸区的月际变化最大,一年中亞欧大陸区月际变化的符号和数量与整个北半球的变化相一致(圖3)。

(4) 逐年而論,北半球輸出的大气質量与輸入的不能互相平衡,1932—1936五年中,北半球每年輸入大於輸出,五年中積累 4.9×10^{18} 克的大气,約相当於半年平均輸出入总量的一半(表2)。

(5) 北半球及北半球各个海陸区,大气質量月际变化的符号与数量在歷年中有很大的出入;各个海陸区月际变化相互之間,發生各种复雜的联系(圖4,5)。

(6) 亞洲与太平洋兩区大气質量的月际变化大都成相反現象(圖5),兩区的变化異常时,在我國温度及降水的分佈方面發生明顯的差異。

(7) 北半球大气質量的月际变化以在 20° — 40° N 与 60° — 80° N 之間的变化强度为最大(圖6),半年增減的現象主要由於中低緯度大陸区的变化所產生(圖6—8,10)。

(8) 北半球及北半球各个海陸区,大气質量月际变化的緯圈分佈互有出入,海洋区比大陸区的分佈为复雜,高低緯度之間及海陸之間發生各种相互补偿的作用(圖6—11)。

参 考 文 献

- [1] Brunt, D., *Physical and dynamic meteorology*, second edition, p. 12, 1939.
- [2] Shaw, N., *Manual of meteorology*, Volume IV, p.328, 1942.
- [3] ———, *Manual of meteorology*, Volume II, p.213, 1942.
- [4] Clayton, H. H., *World Weather Record*, 1930-1940.
- [5] Костин, С. И. и Покровская, Т. В., *Климатология*, стр. 45, ГМИ. Л. 1953.
- [6] Тверский, П. Н., ред., *Курс Метеорологии*, глава XII, ГМИ. 1951.
- [7] Максимов, И. В., Движение полюса земли и многолетние изменения континентальности климата европы, *ДАН СССР*, Том ХСШ, No. 5 (1953), 803—806.
- [8] 涂長望, On the relation between the great flood of 1931, the drought of 1934 and the centers of action in the Far-East, *气象研究所集刊第十号*, 1937.

- [9] Teich, M. *Beitrag zum Problem der allgemeinen Zirkulation, insbesondere der mitteltroposphärischen Hochdruckgebiete der nördlichen Nordhemisphäre*, Akademie-Verlag, Berlin, 1955.
- [10] Brier, G. W., Forty year trends in northern hemisphere surface pressure, *Bull. Amer. Met. Soc.*, 28 (1947), 237—247.
- [11] ———, Changes in the northern hemisphere sea-level circulation in the 40-year period 1899-1939, *Transaction A.G.U.*, 29 (1948), 789—795.
- [12] ———, Forty-year sea level pressure and sunspots, *Tellus*, 4 (1952) 262—269
- [13] Harris, M. F., Normal monthly change in sea level pressure and in the gradient of effective solar radiation, *Monthly Weather Review*, 81 (1953), 193—194
- [14] Gordon, A. H., Seasonal changes in the mean pressure distribution over the world and some inferences about the general circulation, *Bull. Amer. Met. Soc.*, 34 (1953) 357—367.

THE MEAN MONTHLY CHANGES OF AIR MASS OF THE NORTHERN HEMISPHERE

YANG CHIEN-CHU

(*Institute of Geophysics and meteorology, Academia Sinica*)

ABSTRACT

In this paper we discuss (1) the transport of air masses between hemispheres, and (2) transport between oceans and continents in northern hemisphere.

It is found, (1) that the quantity of air mass transport between two hemispheres is much greater than the mass transport between continents and oceans, (2) that generally from January to July the total air mass of northern hemisphere is gradually decreased and the total transport of air in this period to southern hemisphere is about 10.3×10^{18} grams, (3) that the mass transport between hemisphere is greatest during the period from May to June and from October to November, (4) that the amount of monthly mass transport between two hemispheres is determined by the amount of mass variation over Eurasian area, and (5) that the positive deviation from normal of total amount of air mass over Asia accompanies with cold weather while negative deviation accompanies with warm weather over same continent.