

近90年大气环流的振动(下)*

王紹武
(北京大学地球物理系)

提 要

本文研究了1871—1960年共90年南北半球(70°N—50°S)7月大气环流的振动。并着重分析了近60年东亚大气环流的变化与我国的气候振动。主要结果如下:

(1) 由于大气环流存在多年变化,不同30年的平均图有相当大的差异。最近30年(1931—1960年)的特点是:北半球,大洋上的副热带气压上升,亚洲大陆、北非及副极地带气压下降;南半球,南美、南大西洋及太平洋西南部气压上升,而其余地区显著下降。

(2) 大气环流的振动可以从大气活动中心的位置及西风指数(40—70°N及30—50°S气压差)来判断。它们的10年滑动平均曲线表现出明显的周期性振动。主要周期为世纪周期及海尔周期。可能还有布吕克纳周期。

(3) 从东亚大气活动中心位置的变化及气压偏差图可以很好地解释近60年(1901—1960年)我国的气候振动。30年代,北太平洋高压最强,这时期印度低压也深,并且这两个活动中心位置均偏西,致使我国大部分地区气候状况暖而少雨。

在文献[1]中作者研究了1871—1960年1月南北半球大气环流的振动。现在对7月份的情况做些分析。7月图的绘制方法与1月相同,这里不再赘述。

一、多年平均图

图1给出1871—1960年90年平均图。这图的意义可以从两方面来看:首先,它是由90张图,按经纬度网格点平均成的,所以有较大的代表性,它不但可以去掉90年内的周期性影响,非周期性变化亦可以在相当大的程度上抵消掉。其次,由于90年的前一时期,特别前20年记录稀少,图的准确程度较差,因此,对平均值的可靠性有一定影响。对于这图的特征我们不想过多的描述,下面与30年平均图对比来谈谈。

图2为三张不同30年的平均距平图。1871—1900年的30年亚洲北部40°N以北地区气压较低,北太平洋北部气压高,北太平洋高压强度与90年平均相差不大。但北大西洋高压则显然较弱,而且欧洲南部及北非为正气压距平,说明这对副热带高压偏东(参见第三节)。整个北美气压都较低,南半球副热带高压普遍强,特别南太平洋气压显著偏高。

自上世纪末到本世纪初,环流产生了不小的变化,这从两个相邻30年平均气压差图来看是很清楚的(图3)。显然,亚洲大陆中部巴尔喀什湖附近气压上升2—3毫巴。北大西洋气压亦上升。但是北太平洋气压却下降,高压中心强度减弱。南半球副热带及中纬

* 本文1964年1月15日收到。

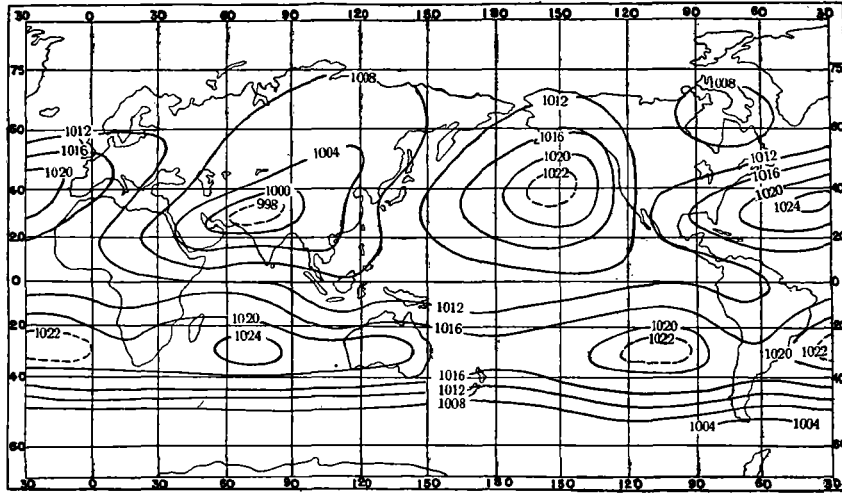


图 1 1871—1960 年 90 年平均

度气压普遍下降,特别南大西洋下降近 6 毫巴。

最近 30 年的特点是: 亚洲大陆的印度低压中心强度略低于 90 年平均, 北太平洋高压与北大西洋高压显著增强。同时, 北非较前 30 年气压下降最大达 5 毫巴。北美气压继续上升。南半球, 南太平洋东部及印度洋气压下降特别多, 而南大西洋气压则又上升。

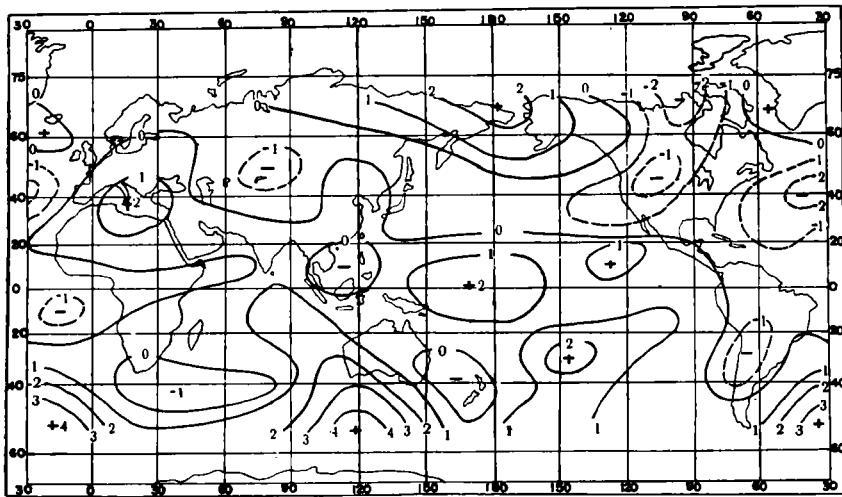
当然, 我们并不能说以上这些图的差别完全都是环流的变化, 显然, 在记录较少的地区, 例如在大洋上, 是会有因分析不准确而产生的误差, 这些我们将在下节再谈。但是, 必须指出, 在后两个 30 年, 尤其北半球是有较大精确度的。这可以从与其它作者工作的比较得到证明。例如, 后两个 30 年的差与 K. 维格 (Wege)^[2] 的计算结果一致。前两个 30 年的差亦与 L. 利斯加尔德 (Lysgaard)^[3] 的研究有很多类似之处, 虽然, 他比较的时期与我们略有不同(1881—1910 年与 1911—1940 年)。又如 M. J. 鲁宾 (Rubin)^[4] 曾指出 1941—1952 年较之 1911—1940 年南美 30—38°S 气压高, 而 50°S 气压低, 这与图 2c 及图 3b 上南美地区气压正距平相当。这样的事实还有很多, 现在不再一一列举。由此至少可以得到结论, 我们这里所讨论的环流差异决不会仅仅是由于记录误差造成的。特别当我们从这些环流变化中, 可以合理的解释一系列的气候变化时, 就更加深信这一点。

二、纬圈平均气压

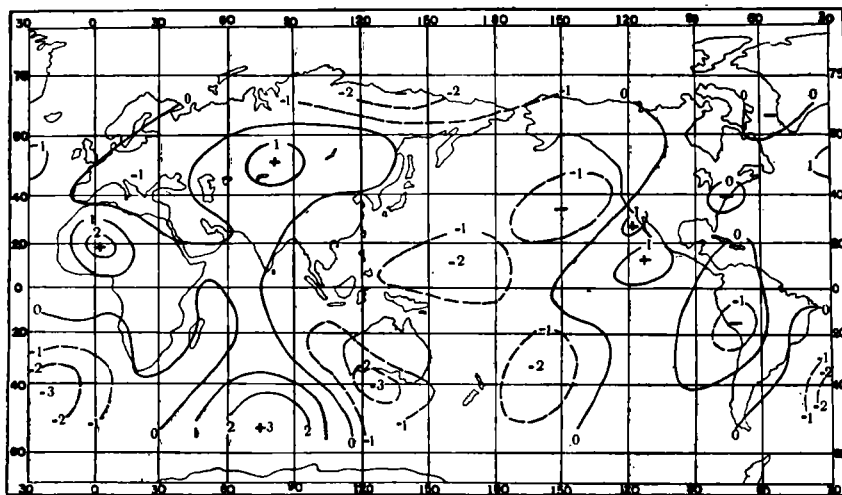
现在我们再讨论一下纬圈平均气压及其多年变化。这一方面可以对各纬度气压的变化得到一个概括的了解, 另一方面, 也可以估计我们所讨论的范围内, 大气质量的变化, 由此进一步考虑记录的可靠程度。因为, 整个大气质量应该是个常数, 所以一定范围内质量的盈亏必须由其它地区补偿。由于 75°N 以北及 55°S 以南地区的面积, 仅占全球面积的 11% 左右¹⁾, 故应补偿之质量差额不应过大, 否则即可能是记录不精确而产生之误差。

现在我们分 10 年为一个阶段来看, 图 4 为每 10 年纬圈平均气压对 90 年平均的距平

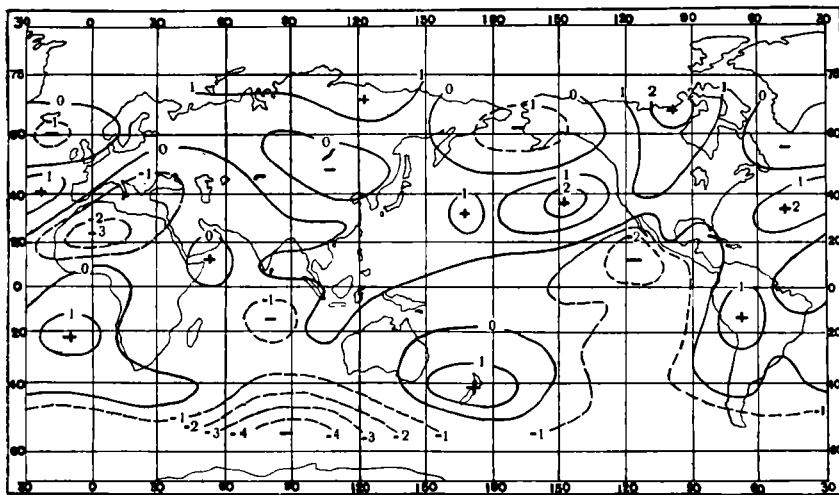
1) 取每个纬度代表 10° 纬度带, 例如取 70°N 代表 75°N—65°N, 故 70°N—50°S 代表 75°N 到 55°S 的区域。



2a 1871—1900年

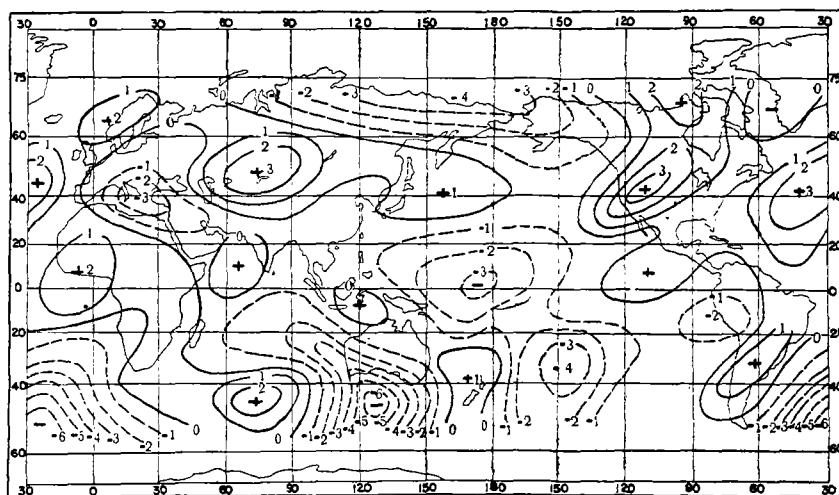


2b 1901—1930年

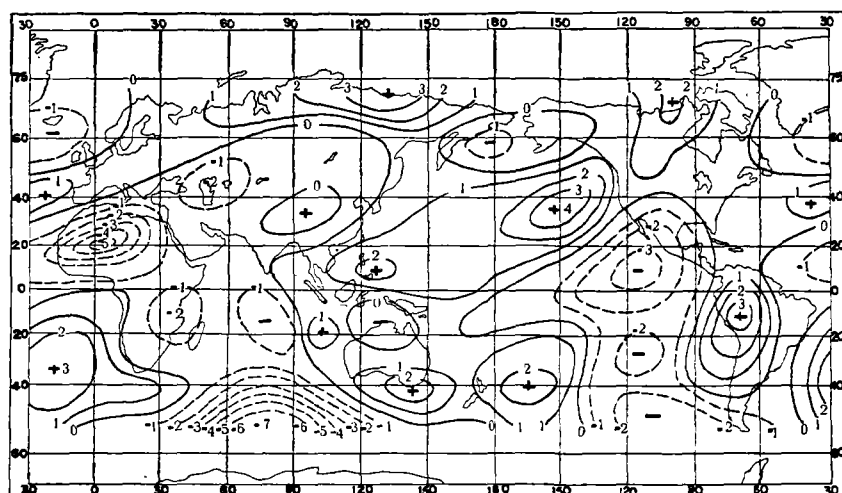


2c 1931—1960年

图2 30年平均距平图(单位:毫巴)



3a (1901—1930年)—(1871—1900年)



3b (1931—1960年)—(1901—1930年)

图3 30年平均图的差(单位:毫巴)

廓线。由于纬度坐标是按纬圈带所包括面积大小来定的,所以廓线与水平零线包围的面积即为质量之增减量。很容易求出上述范围内质量之净增减量,将此量除以 75°N 以北及 55°S 以南地区的面积,再把符号反过来即为两个半球极区平均增减之气压值。顺序9个10年为 $-4.3, -5.3, 1.9, -0.5, 0.4, 3.3, 1.4, 1.4, 1.7$ 毫巴。显然前两个10年净质量差额最大,以致为了平衡,当时极区气压比近10年应低 $4-5$ 毫巴。后几个10年则差别不大。奥康纳(O'Conner)^[5]曾指出近10余年北极气压较低,但这是相对本世纪初而言,故与我们的结论并不矛盾,况且本世纪初极区的记录是不甚多的,因此可靠性较差。

为了进一步检查记录的可靠程度把以上结果与其他作者的计算比较。表1给出三个作者的平均值^[6],以及1871—1960年,1931—1960年,1951—1960年的平均值。由于我们相信近30年记录更可靠,故用1931—1960年平均做比较,结果发现数值很相近,特别

表 1 纬圈平均气压之比较*

纬度 资料	70°N	60	50	40	30	20	10	0	10	20	30	40	50°S
Hann	10.3 (0.0)	10.1 (0.6)	11.9 (-0.3)	13.3 (-0.5)	12.4 (-0.3)	10.4 (-0.5)	10.1 (-0.5)	11.9 (0.5)	14.4 (0.1)	17.9 (-0.5)	20.3 (-0.5)	14.4 (-2.7)	3.9 (-1.2)
Горчинский	10.1 (-0.2)	9.5 (0.0)	10.9 (-1.3)	13.7 (-0.1)	12.6 (-0.1)	11.0 (0.1)	10.5 (-0.1)	12.3 (0.9)	14.9 (0.6)	18.1 (-0.3)	20.4 (-0.4)	15.2 (-1.9)	3.2 (-1.9)
Стехновский	10.8 (0.5)	9.9 (0.4)	12.4 (0.2)	14.0 (0.2)	13.6 (0.9)	11.0 (0.1)	10.2 (-0.4)	11.2 (-0.2)	13.2 (-1.1)	18.3 (-0.1)	20.6 (-0.2)	15.3 (-1.8)	5.4 (0.3)
1871—1960	9.8	9.6	12.1	13.3	12.6	11.2	10.9	11.8	14.5	18.6	21.0	17.2	6.5
1931—1960	10.3	9.5	12.2	13.8	12.7	10.9	10.6	11.4	14.3	18.4	20.8	17.1	5.1
1951—1960	10.7	10.2	12.8	14.0	12.8	11.2	10.6	11.2	14.0	18.1	20.4	16.2	5.1

* 表中数字单位为毫巴 + 1000 毫巴, 括弧中为对 1931—1960 年平均的偏差。

表 2 纬圈平均气压 30 年平均值*

纬度 年代	70°N	60	50	40	30	20	10	0	10	20	30	40	50°S
1871—1900	9.85 (0.09)	9.64 (0.03)	11.85 (-0.26)	12.85 (-0.42)	12.49 (-0.07)	11.41 (0.24)	11.23 (0.32)	12.15 (0.38)	14.92 (0.38)	19.03 (0.45)	21.54 (0.59)	17.70 (0.53)	8.06 (1.55)
1901—1930	9.17 (-0.59)	9.67 (0.06)	12.32 (0.20)	13.16 (-0.11)	12.46 (-0.10)	11.18 (0.01)	10.92 (0.01)	11.77 (0.00)	14.44 (-0.10)	18.29 (0.29)	20.55 (-0.40)	16.76 (-0.41)	6.41 (-0.10)
1931—1960	10.27 (0.51)	9.52 (-0.09)	12.16 (0.05)	13.80 (0.53)	12.74 (0.18)	10.91 (-0.26)	10.58 (-0.33)	11.40 (-0.37)	14.25 (-0.29)	18.43 (-0.15)	20.75 (-0.20)	17.05 (-0.12)	5.05 (-1.46)

* 表中数字单位为毫巴 + 1000 毫巴, 括弧中为对 1871—1960 年平均的距平。

北半球,一般相差不到一个毫巴。当然,也有差异,尤其 40—50°S 差别要大些,近 30 年平均值要高些。考虑到上世紀 70 及 80 年代比它还要高,而且为了維持质量为常数两极气压又需降低很多。因此,可以初步认为,前两个 10 年,主要在南半球与赤道地区(参看图 2a)气压可能偏高了些,当时这一带地区观测也确实很少。但是也不能說极区的气压不能产生这样大的变化。分析一些单站记录表明,在不长的年限内 10 年平均气压有时差到 4—5 毫巴。所以对前两个 10 年记录的可靠程度还不能做出最后結論。不过以后的几十年,特別北半球的记录显然是比較可靠的。这还可以举一个例子說明。G. W. 布瑞尔(Brier)^[7]曾指出,本世紀初到 30 年代北半球质量不断减少,虽然我們的北半球资料仅到 70°N,而且仅 7 月,但亦可看出类似趋势。

现在我們就来分別看一看各緯圈平均气压的多年变化。图 5 为 10 年滑动平均曲綫。70°N 气压变化长期趋势为: 上世紀末气压較高,以后下降,最后又上升。对三个 30 年 70°N 气压为 9.9, 9.2 及 10.3 毫巴(+1000 毫巴)(表 2)。此外还有 20 年左右的周期性振动, 60°N 与之亦有一定程度的类似。30—50°N 气压总的趋势是上升的,自 20°N 到 30°S 的广大热带地区却是下降的,并且一直到 50°S 下降趋势都很

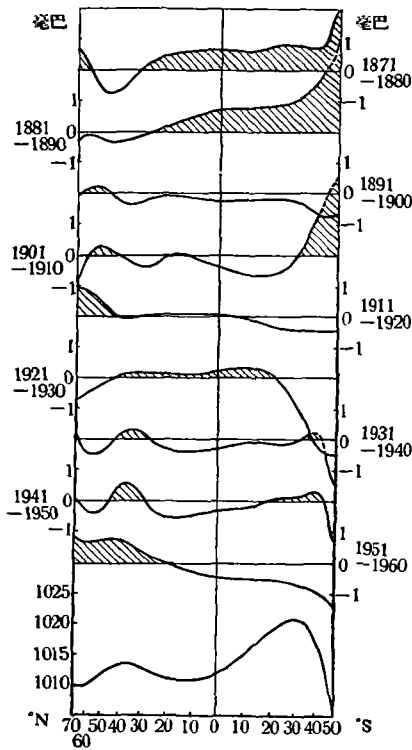


图 4 10 年緯圈平均气压距平的經向剖面

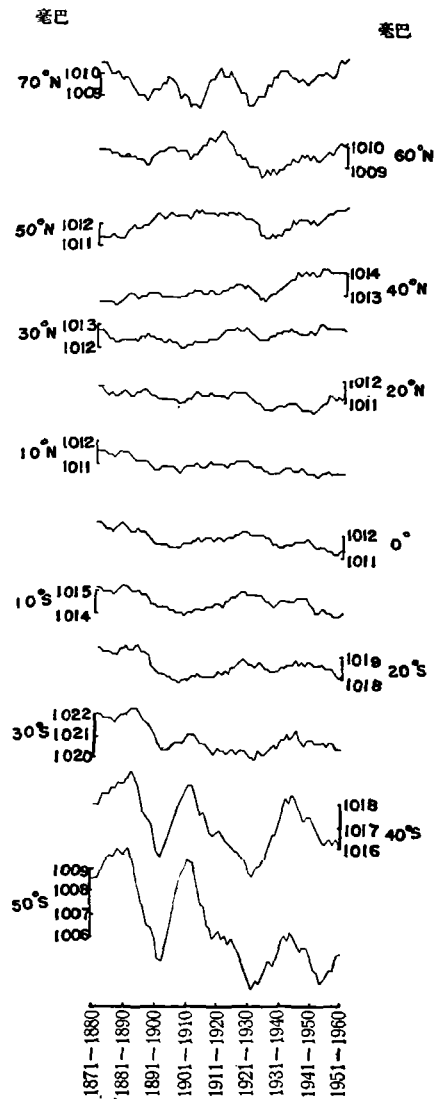


图 5 緯圈平均气压 10 年滑动平均值

明显(表 2)。但是 40—50°S 还似乎有 30 年左右的波动,这从 40°S 最低气压出现年代来看最清楚。

由于各緯圈的变化不尽一致,可以設想緯圈之間气压差也会有不同的多年变化,仍与文献[1]一样取 40—70°N 及 30—50°S 气压差做为北半球及南半球的西风指数 (I_n 与 I_s),求出每年 7 月的西风指数,計算 10 年滑动平均值得到图 6。图中 I_n 与 I_s 均已换算为占多年平均值的百分比。很容易看出, I_n 与 I_s 总的趋势都是上升的,并且 I_n 有特别明显而又規則的 20 年左右周期性振动,但 I_s 却不同,本世紀 20 年代之后与 I_n 变化基本一

致,20 年代之前則几乎完全相反,把 I_n 及 I_s (I , 分两段时期)按太阳活动海爾周期迭加¹⁾,发现很明显的关系(图 7)。 I 前后两段时期的不同也可能与副热带高压的位置有关^[9]。

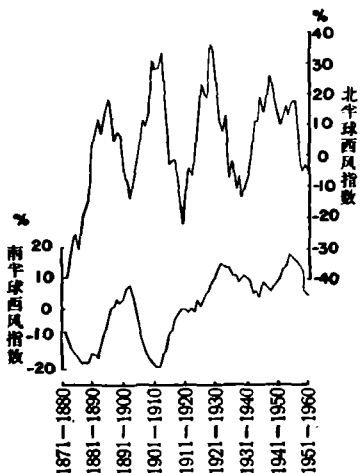


图 6 西风指数 10 年滑动平均值(%)

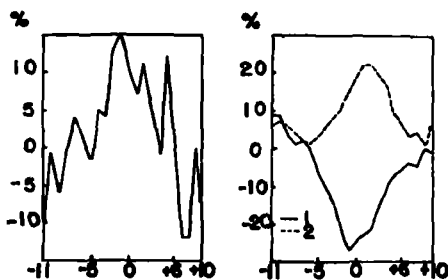


图 7 北半球(左)与南半球(右)西风指数与太阳活动 22 年周期的关系 (1 1873—1916, 2 1917—1960)

三、大气活动中心的多年变化

大气活动中心位置是表征大气环流状况的良好指标^[8],所以下面我們簡要地討論一下它們的多年变化。

图 8a 給出 7 月北半球的三个主要活动中心,即太平洋高压、印度低压及大西洋高压的中心經緯度 10 年滑动平均曲綫。它們的变化并不一致,但是值得注意,一般 7 月沒有象 1 月一样,某个活动中心始終向一个方向移动。例如,太平洋高压在本世紀初以来,总的趋势是向南移动。但是上世紀末却是向北移动的。大西洋高压則有相反的特征。这可能与太阳活动世紀周期有关。另外还有一些較短时期的振动,一般长度为 20 年或 30 余年不等。

图 8b 为南半球三个副热带高压位置的 10 年滑动平均曲綫。根据过去的研究^[8],取 110°W, 20°W 及 70°E 分別代表南太平洋,南大西洋及南印度洋高压。显然前两个均与太阳活动的世紀周期振动有一定程度的类似。太阳活动强高压偏南,弱时偏北。

同时以前的工作証明^[10],东亚大气活动中心边界的位置对我国气候振动有重要意义。图 8c 为太平洋高压西界、南界与印度低压东界、北界的 10 年滑动平均曲綫(附录給出每

1) 按文献[8]的方法,中心 0 年为 1883 年,1906 年,1928 年,1948 年,另外,图中数值为 5 年滑动平均值,以占平均西风强度的%表示。

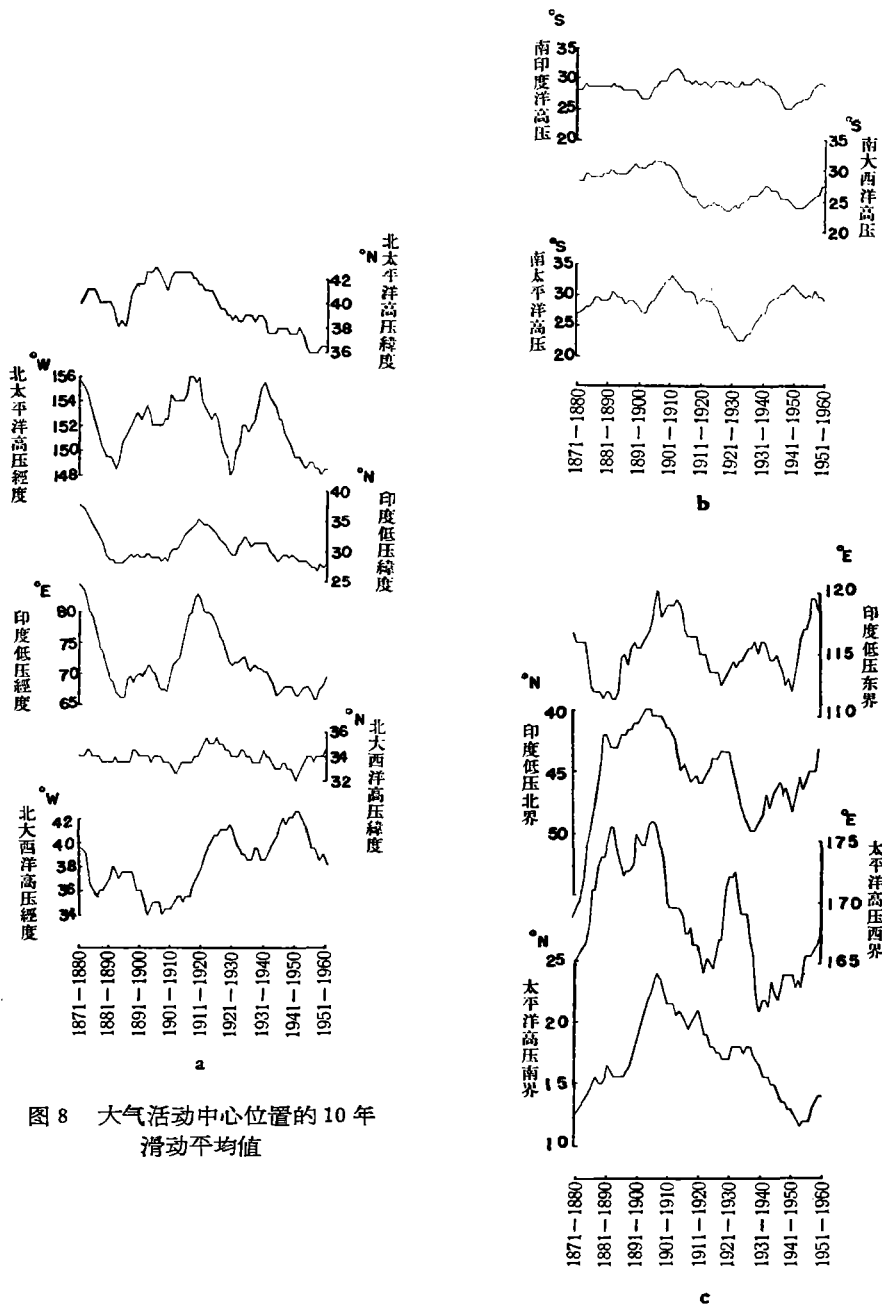


图 8 大气活动中心位置的 10 年滑动平均值

年的值)。关于它们不再多描述,仅指出,世纪周期亦很明显,太平洋高压南界尤为突出。

四、近 60 年东亚大气环流与我国的气候振动

为了解释我国的气候振动,现在较为详细地研究 1901—1960 年东亚大气环流的变化。首先,与对气候振动的研究^[1]类似,做出 1901—1910 年,……1941—1950 年每 10 年平均海平面气压对 1951—1960 年平均的偏差图(图 10),对这些图我们不想逐一描述,准

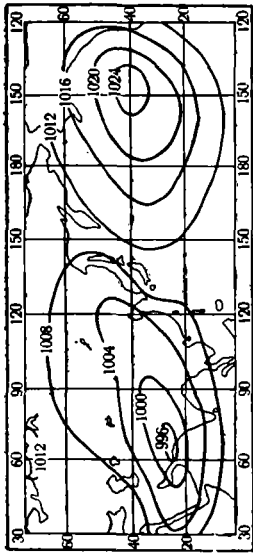
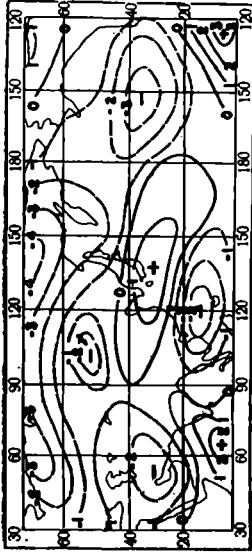
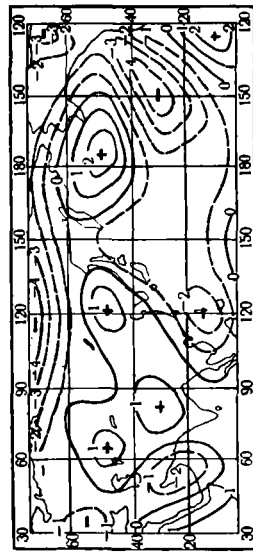


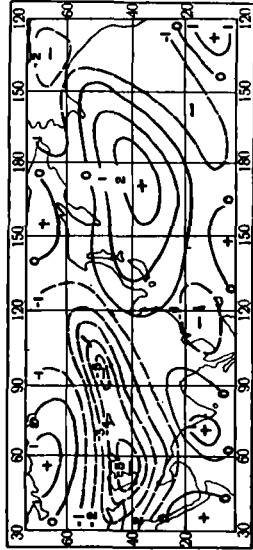
图 9 1951—1960 年东亚平均气压图



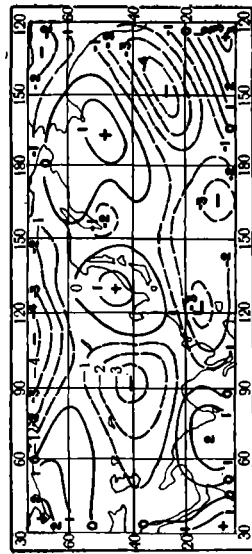
c 1921—1930 年



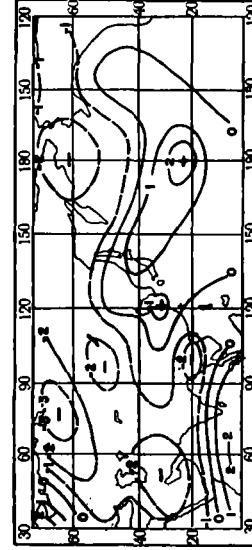
a 1901—1910 年



d 1931—1940 年



b 1911—1920 年



e 1941—1950 年

图 10 10 年平均气压偏差图(单位: 毫巴)

备把它们结合东亚大气活动中心的变化及我国的气候振动来讨论。作为对比的基础, 图 9 给出 1951—1960 年平均气压分布, 图 10a 到图 10e 为 10 年平均气压偏差。表 3 列出每 10 年东亚大气活动中心位置及对 1951—1960 年平均位置的偏差(括弧中数字)。图 11 给出相应的降水偏差图(气温偏差图从略)现在依次分析。

表 3 东亚大气活动中心边界 10 年平均值*

活 动 中 心 年 代	太 平 洋 高 压		印 度 低 压	
	南 界 (°N)	西 界 (°E)	北 界 (°N)	东 界 (°E)
1901—1910 年	21.5 (7.5)	170.0 (2.5)	41.5 (-1.5)	118.5 (0.0)
1911—1920 年	21.0 (7.0)	166.5 (-1.0)	45.5 (2.5)	116.5 (-2.0)
1921—1930 年	17.0 (3.0)	172.0 (4.5)	43.5 (0.5)	113.5 (-5.0)
1931—1940 年	16.5 (2.5)	161.0 (-6.5)	49.5 (6.5)	115.0 (-3.5)
1941—1950 年	13.0 (-1.0)	164.0 (-3.5)	48.5 (5.5)	113.0 (-5.5)
1951—1960 年	14.0	167.5	43.0	118.5

* 括弧中为对 1951—1960 年的偏差, 黑体字为在该 10 年影响最大的活动中心。

1901—1910 年 先看这 10 年气候的特点。图 11a 说明这时期长江中下游多雨, 长江上游、华南及华北均少雨。而且多雨地区一般气温低。从表 3 可知, 这 10 年太平洋高压南界十分偏北。结合图 10a 来看, 太平洋地区气压普遍为负偏差, 但阿留申地区气压高, 也表明这时太平洋高压弱而偏北, 根据过去得到的关系^[10], 正好应该得到上述距平分布。

1911—1920 年 在这一时期, 淮河流域及长江中上游少雨, 华南多雨, 多雨区偏差达 60% 以上(图 11 b)。气温的分布与降水量并不完全一致, 而是西北暖, 东南冷。这 10 年太平洋高压南界依然偏北, 海上气压偏差分布亦与前 10 年类似, 但是, 看来更重要的是大陆气压普遍降低(图 10 b), 印度低压北界偏北, 所有这些都反映印度低压特别深, 且向北伸展很多。从印度低压北界与降水的关系完全可以解释这偏差的分布。

1921—1930 年 这 10 年的特点是我国华北高温多雨, 长江下游冷而少雨, 西南亦多雨(图 11 c)。从气压偏差图来看(图 10 c), 很明显在西太平洋有一个东西向的正偏差带, 这带正好在我国东岸 20°—40°N 之间, 北太平洋中部、北部及东部气压均为负偏差, 因此反映在活动中心边界上是太平洋高压西界(40°N 上)偏东, 其实, 这时 40°N 以南则西界偏西, 由此就造成了上述降水量偏差的分布。值得注意, 这时期高温地区往往也是多雨地区, 反之降水很少的地区气温也低一些。

1931—1940 年 这时期最突出的是全国气温偏高。降水量也偏少, 仅河套地区及西南部多雨(图 11 d)。从气压偏差图(图 10 d)来看, 太平洋高压特别强, 印度低压也深。但是按照印度低压北界特别偏北, 应该是我国华南及华北多雨, 淮河流域少雨。而实际距

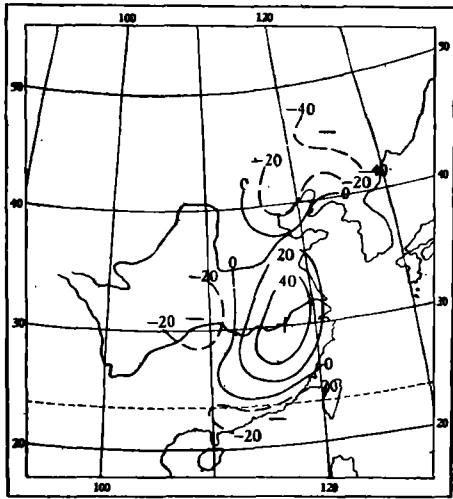


图 11a 1901—1910 年降水量的偏差

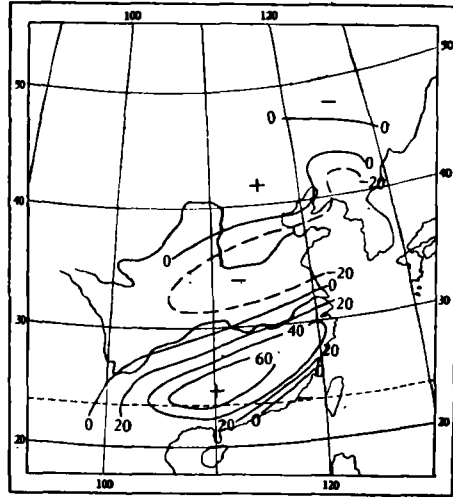


图 11b 1911—1910 年降水量的偏差

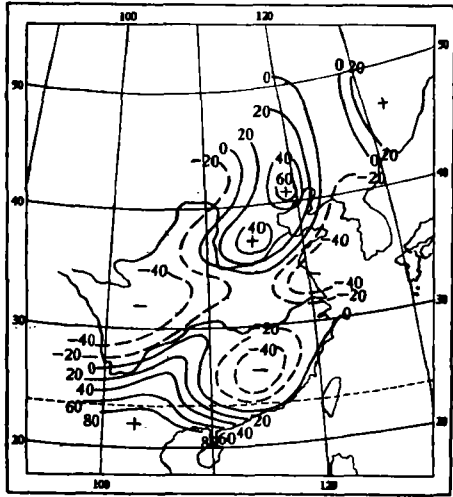


图 11c 1921—1930 年降水量的偏差

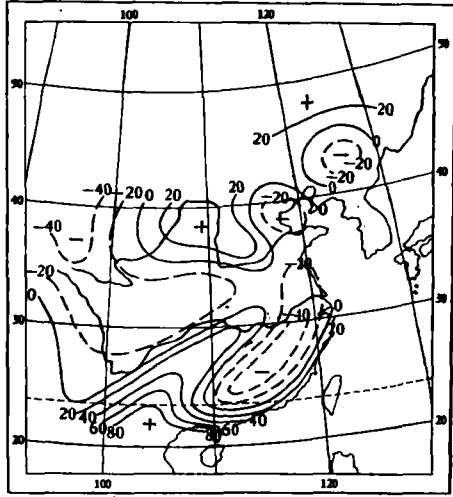


图 11d 1931—1940 年降水量的偏差

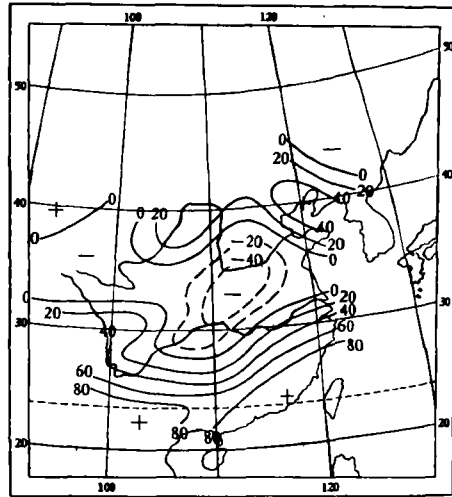


图 11e 1941—1950 年降水量的偏差

