

北半球阻塞形势的统计分析

章基嘉 徐浩

(国家气象局)

摘要 本文利用1951—1988年,逐月北半球500hPa月平均高度场资料,从月平均的角度对北半球阻塞形势进行了统计分析。功率谱、交叉谱分析表明,方案C、D的结果是相似的;对各区面积指数时间序列2年半(30个月左右)、1年半(18—20个月)和2—5个月的周期都是比较重要的;I区和II区具有较好的同位相负相关;在长、短周期段均有凝聚显著的周期存在。

关键词 北半球,阻塞,统计分析

大气低频变化已经引起人们的普遍关注,而这种变化是由于大气环流中某些大尺度持续异常造成的。阻塞形势就是一种常见的大尺度持续流型,它的异常发展常引起大范围天气的异常。如1976年夏的西欧干旱、1988年美国中西部的严重干旱以及1980年夏季我国华北地区干旱等都是由于在特定区域持续维持的阻塞形势作用的结果。所以,对阻塞现象的气候特征、成因以及机制的研究越来越显得重要。目前普遍认为这个问题没有适当解决,中长期天气预报难以取得突破性进展,尽管人们做了大量的工作^[1-7],但至今对阻塞仍缺少一个统一的严格定义,这是因为对阻塞的物理机制还没有一个非常满意的解释。对这样一个机制还不十分清楚的系统,能不能避开其物理过程,从月平均的角度进行研究,以利于长期预报方法的发展呢?我们通过查阅1951—1988年北半球逐月500hPa月平均高度场和相应的逐日高度场发现,由于阻塞形势具有的其准静止性,在月平均图上具有相应的反映。所以,利用月平均高度场研究该月内阻塞活动的平均状况还是可以的。我们把阻塞系统在月平均图上的反映叫做月平均阻塞。经过统计分析和动力学诊断我们得到了一些合理的结论,可供长期预报参考。

1 月平均阻塞的定义和其特征量的计算方法及气候特征分析

翻阅1951—1988年逐月的月平均高度场,可以看到在月平均高度场(选500hPa)中,等高线大致可归纳成4种典型的类型,如图1所示。月平均图上出现的阻塞常位于45—65°N的中纬度地区。综合给出45—65°N高度场的特征,能较好地反映北半球上述4种典型的平均流型。本文所定义的阻塞指图1(a)和(b)两大类。

1.1 阻塞指数的计算方法

(1)当计算区内45°N和65°N都是正纬偏值(如图1(a)),或当45°N和65°N都是负

纬偏值(如图1(d)),或当 45°N 为小的正纬偏值,而 65°N 为小的负纬偏值时(如图1(c)).对于这3种情况均取 45°N 、 65°N 两个纬度上纬偏值的代数和为合成纬偏值 ΔH_{12} .

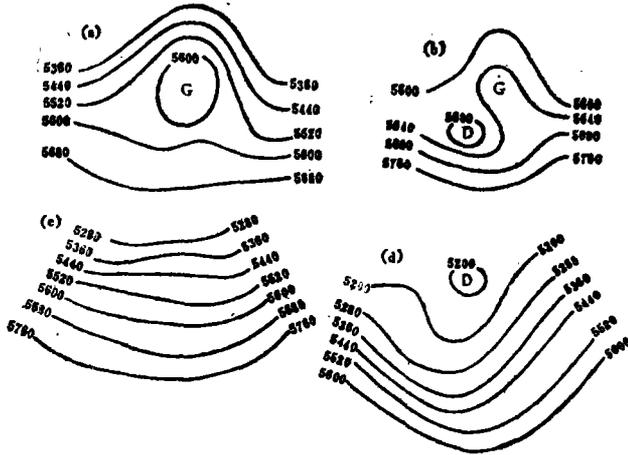


图1 500hPa月平均环流的4种基本流型

- (a) 表示南北向的高压脊,有时北部有闭合高压,有明显的分支(取自1965年2月),其SBI=3.0;
 (b) 表示北高南低,有明显的分支(取自1968年7月),其SBI=2.0,(a)和(b)均为本文定义的阻塞形势;
 (c) 为纬向环流型(取自1969年10月),其SBI=0.6;
 (d) 为低压槽型(取自1970年2月),其SBI=-0.7

时弱,难以定量判断,因此又采用方案C计算。

C.根据 65°N 上的纬偏值进行判断,即

当 $\Delta H(\lambda, \varphi_{45^{\circ}}, t) \leq 0$, $\Delta H(\lambda, \varphi_{65^{\circ}}, t) > 0$ 时。若 $\Delta H(\lambda, \varphi_{65^{\circ}}, t) \geq 3.0$ dagpm(这是引入的一个经验判据),则认为计算区内高度场呈典型的阻塞形势,合成纬偏值取: $\Delta H_{12}(\lambda, t) = |\Delta H(\lambda, \varphi_{45^{\circ}}, t)| + \Delta H(\lambda, \varphi_{65^{\circ}}, t)$,这样可以突出阻塞形势的存在。若 $\Delta H(\lambda, \varphi_{65^{\circ}}, t) < 3.0$ dagpm,它相当于计算区内高度场中北方的高压脊处于减弱阶段而南方的低压槽较强,于是合成纬偏值取: $\Delta H_{12}(\lambda, t) = \Delta H(\lambda, \varphi_{45^{\circ}}, t) + \Delta H(\lambda, \varphi_{65^{\circ}}, t)$,以区别于典型的阻塞形势。在上述A、B、C三种方案中,以C方案与实况图最为一致。

(3)计算半波长L和强度Q

先对合成纬偏值求3点滑动平均,得 $\Delta H'_{12}(\lambda, t)$ 以滤掉高度场中对阻塞没有意义的小扰动。半波长L是指从 $H'_{12}(\lambda, t) = 0$ 的格点开始,经过峰值点(最谷最低点),再回到 $H'_{12}(\lambda, t) = 0$ 的下一个格点之间的经距。半波长所对应的高压脊就是阻塞的一个单体;而峰值点的高度值就是阻塞的强度;其单位为dagpm;峰值点所在的经度就是阻塞单体的中心轴线的位

(2)对于计算区内 45°N 纬圈上为负纬偏值, 65°N 纬圈上为正纬偏值的情况(如图1(b)),采取了A、B、C三种不同的计算方案:

A.仍取 45°N 、 65°N 两纬圈的纬偏值之代数和作为合成纬偏值,但这种方案显然把一些阻塞形势给平滑掉了。

B.查看月平均500hPa实况图。若实况图上计算区内有阻塞则取 45°N 、 35°N 两纬偏值的绝对值之和为合成纬偏值;反之,实况图上计算区内无阻塞则取两者的代数和作为合成纬偏值。这种方案虽然比方案A有所改进,但北边的脊有时强、有

(4) 计算表示500hPa阻塞强度的综合特征量——面积指数S

经过对合成纬偏值的3点滑动平均得到 $\Delta H'_{12}(\lambda, t)$ ，至此，高度场中的等高线分布均转化为近似正弦波形。这样，阻塞的综合强度可以近似地取半波长L和强度Q(在低压场合Q为负值)的乘积之半 $S = \frac{1}{2} L, Q \dots$ 来表示。它既考虑了阻塞的强度，又考虑了它的纬向伸展范围，所以是一个综合强度指数。显然，当S为正时，它反映了阻塞的综合强度；当S为负时，它所反映的就是相应低槽单体的综合强度。

1.2 阻塞的地理分布

在计算上述面积指数时，已考虑了气压场的区域性特点，并对北半球作了初步分区，现在得到面积指数S后，我们进一步讨论这种分区的合理性。

根据500hPa各月气候平均图上槽脊的位置以及月平均图上槽脊活动的情况，可将整个北半球分成5个区域：

I区：40°W—30°E，东大西洋—西欧，东大西洋阻塞活动区；

II区：30—100°E，东欧—亚洲内陆区，乌拉尔山阻塞活动区；

III区：100—180°E，东亚—西太平洋区，冬槽夏脊区；

IV区：180°E—100°W，东太平洋—北美西部区，东太平洋阻塞活动区；

V区：100—40°W，北美东部—西大西洋区，北美沿岸大槽区。

按上述分区，每个 $\Delta H'_{12}(\lambda, \varphi)$ 的峰值位置所在区即为阻塞所在区；若该区该月无阻塞且有Q为负时，则确定该区内有槽；当然也有无槽无脊的情况，此时该区该月S近似于0，这样每个区都得到了序列长度为456的(38(年)×12(月))面积指数(S)序列。

图2给出了按方案C计算得到的分区面积指数的百分率分布曲线。图2a为I区的分布曲线，它反映了东大西洋—西欧区域内阻塞活动的特征。众所周知，这个区域是北半球阻高活动最频繁的地区之一(表略)，因此，出现正的面积指数的月份占绝对优势。出现负的面积指数的月份寥寥无几，整个频率分布曲线几乎全部在正轴一侧。II区是东欧—亚洲内陆地区，是天气学中常称的乌拉尔山阻塞活动的地区。它也是北半球阻塞活动相对集中的地区，所以面积指数为正的月份占绝对优势，频率分布曲线明显地集中在正轴一侧(见图2b)。图2c给出III区，即东亚沿岸—西太平洋地区的频率分布曲线。与上述I和II区明显不同，这个地区的频率分布在正轴一侧和负轴一侧几乎是各半。而且面积

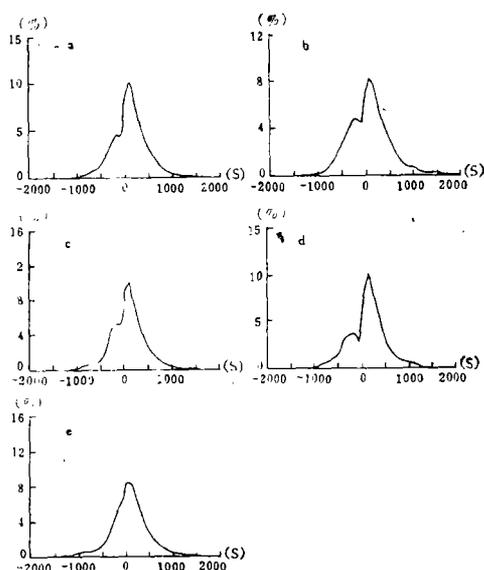


图2 方案C各区面积指数的百分率分布

- a. I区; b. II区;
c. III区; d. IV区;
e. V区

指数为负值的月份还多于面积指数为正值的月份,反映了这个地区冬槽夏脊的季风性气候特征,亦即这里是冬季东亚沿岸大槽常驻的地区,夏季则常出现脊。Ⅳ区是东太平洋—北美西海岸地区,这里是北半球阻塞活动最为频繁的地区(表略)。这个地区没有象Ⅲ区那种季风性气候特征,所以频率分布曲线明显地在正轴一侧(见图2d)。图2e给出的是北美东海岸—西大西洋区的频率分布曲线。由于本区是北美沿海大槽常驻的地区,无论冬夏负的面积指数月份占绝对优势,而正的面积指数月份寥寥无几。所以频率曲线明显地偏在负轴一侧。由此可见,本文的气候分区和计算面积指数的结果是互相吻合的,而且正确地反映了500hPa月平均图上气压槽脊的地理分布特点。其中Ⅰ、Ⅱ、Ⅳ区是北半球3个阻塞活动频繁的地区,Ⅲ区是冬槽夏脊的季风气候区,Ⅴ是北美东岸大槽常驻地区,面积指数的频率分布曲线正确地反映了这些气候特点。

1.3 计算结果与500hPa月平均高度实况的一致性检验

如表1所示,方案C中各区38年中漏算的中纬度阻塞个数为50,占实际存在阻塞的4%。其中各区38年中,因阻塞出现在高纬而漏算的个数为14,这说明阻塞主体出现在

表1 计算结果与实况的对比

方案	A		B		C	
	有阻塞	无阻塞	有阻塞	无阻塞	有阻塞	总阻塞
有阻塞	1234	103	1242	65	1237	50
无阻塞	71	902	85	883	75	398

高纬只是少数情况,因而取45—65°N的纬带作为中纬度来描述北半球500hPa月平均阻塞是合适的。从表1还可见,38年各区方案C的计算结果有阻塞而实际上无阻塞的次数为75,占总数的8%。从表1经过列联表的定量分析,证明方案C优于方案A和B。由表1可得3种方案的一致性系数 γ 分别为: $\gamma_C=0.8904$ 、 $\gamma_B=0.8684$ 、 $\gamma_A=0.8482$,则有 $\gamma_C > \gamma_B > \gamma_A$ 。可见3个方案中,方案C与实况图的一致性是最好的。

1.4 北半球各月平均阻塞的气候学特征

表2给出北半球各月平均阻塞出现个数的气候机率。在1951—1988年的38年中,各月均以出现3个阻塞的机率为最大,全年平均机率是56%。出现2和4个阻塞的机率明显减小,其年平均机率仅为19%、21.5%。出现1和5个阻塞的年平均机率更小,仅是0.5%、2.7%。分月来看,出现1和5个阻塞是极少数现象。出现3个阻塞在全年各月中都明显占优势,只是10月份稍少。出现4个阻塞在夏秋各月(6—9月)相对集中。这与北半球冬季经常出现3波型、夏季容易出现4波型是一致的。出现2个阻塞的概率在夏季6—8月相对较小,在10—12月较大。这可能与秋末冬初北半球两大洋和两大陆的热力作用的地理配置有一定关系。这时乌拉尔阻塞活动相对较少,两大陆的东岸大槽活动频繁,而Ⅰ和Ⅳ区阻塞活动明显增多。

1.5 计算阻塞面积指数距平(方案D)

目前长期预报的对象是距平,为了探讨面积指数的“异常”演变规律,必须计算它的距平值。为此,在各月的气候平均图上求得沿45°N、65°N的纬偏值的气候平均值。

表2 北半球各月出现各种阻塞数的概率分布(%)

月份 \ 阻塞个数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	平均 (%)
≥ 5	0	0	0	3	3	3	17	3	0	0	5	5	2.7
4	29	24	21	13	10	32	32	29	31	18	3	16	21.5
3	55	63	61	66	63	55	50	58	53	47	53	53	56
2	16	13	18	18	24	10	8	10	16	29	39	26	19
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.5

然后求出两个选定纬度上逐月纬偏值的距平，它已经消除了多年平均的季节变化的影响，更适合于长期预报之用。再用和方案C类似的步骤即可求得各月各区面积指数 S 的距平值 S' 。然而面积指数距平 $S' > 0$ 并不直接表示图上存在阻塞，但它表示在 $S' > 0$ 的这一区域内500hPa月平均图上的高压脊(低压槽)比同月的气候平均图上相应的脊(槽)更强(浅)。若 $S' < 0$ ，则表示500hPa月平均图上这一区域内的脊(槽)比同月气候平均图上相应区的脊(槽)更弱(深)。图3a—e给出了方案D的面积指数距平 S' 的频率分布曲线。从图上可以看到，各区面积指数距平 S' 均近似遵从正态分布，且正、负面积指数大约各占一半。峰值都在0点附近。这是符合距平值分布的气候特点的。

2 各区面积指数的功率谱和交叉谱

2.1 功率谱分析

为了分析各区面积指数时间序列 S 中所存在的周期性，我们对各区 S 序列进行功率谱分析。

首先将1951—1988年共38年的各区面积指数时间序列进行列标准化，即扣除各月的多年平均值后再除以该月的标准差。然后将该区逐月的资料以自然顺序排成长度为456个月的时间序列。从而构成长度为456、均值为0、方差为1的标准时间序列，然后分别取最大后延 $m=149$ 和44个月分别进行功率谱分析，以比较取不同最大后延对结果的影响，并综合分析谱图(图略)，归纳出比较可靠的计算结果(见表3)，计算方法详见文

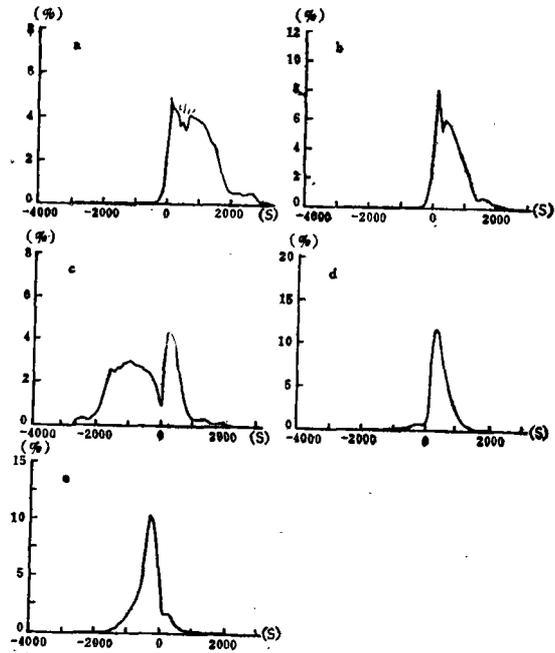


图3 方案D各区面积指数的百分分布

- a. I区; b. II区;
c. III区; d. IV区;
e. V区

献[8]。从表3可以看到Ⅰ、Ⅱ、Ⅴ区均有约30个月周期；Ⅰ区具有约20个月的周期，10个月左右的周期也是较显著的；在长周期段中，Ⅳ区具有约90个月的长周期，这是其

表3 谱值达到或超过 $\alpha=0.05$ 的显著性周期(月)

区	$m=149$ (月)	$m=44$ (月)
Ⅰ	20°, 10	5
Ⅱ	28—29, 6	5*, 4
Ⅲ	30°—33°, 12, 9°—10°	29, 9—10, 4
Ⅳ	90, 6*	5, 2
Ⅴ	27°—30°, 8, 6	29*, 4, 3

注：*者 $\alpha=0.01$

其他区所没有的。此外，在短周期段中，2—5个月的短周期在各区均有出现。尽管在做谱分析时先对资料进行了列标准化(分月进行标准化)，使一年周期得以消除，但半年周期在Ⅱ、Ⅳ、Ⅴ区仍然出现，看来这种准半年(5—6个月)的周期在实际大气中是存在的，因为这种准半年周期在其他气象要素的变化中也有反

映，并为我国长期预报工作者称为准半年相似韵律。

2.2 交叉谱分析

通过功率谱分析，揭示了各区面积指数序列中存在的周期性。为了研究各区面积指数序列 S 之间的相互关系，可进行交叉谱分析。众所周知，协谱反映两个时间序列在某一频率 ω 上的同位相相关程度，而正交谱则反映在某一频率 ω 上两时间序列位相差 90° 时的交叉相关关系。所以通过协谱和正交谱可以了解到两个区域的 S 序列之间各周期振动上的同位相和位相差 90° 时的关系。在实际工作中，往往感兴趣的主要不是它们在某一周期振动上同位相或位相差 90° 时的关系如何，而是要综合地了解对应这一周期上的两个振动的总关系及它们之间的位相情况。通过凝聚谱、位相谱和落后时间长度谱就可以分别了解两个区域的面积指数序列 S 之间在某一周期上两个振动总的关系、两者之间的位相关系和两个时间序列落后(超前)的时间长度。与做功率谱分析时一样，先对资料序列作列标准化，再分别取最大后延 $m=149$ 和44作各区面积指数之间的交叉谱分析。综合 $m=149$ 和44个月的结果，将凝聚谱值达到或超过显著性检验的周期以及相应的落后时间长度列于表4中。其中打*者表示检验信度 $\alpha=0.01$ 。

从表4可以看到最大后延取值较大时，其凝聚谱值达到或超过显著性检验的波数一般较多，这是因为最大后延大时，其总波数也就大，这样某个显著的周期附近就可能出现多个较大的凝聚谱值。从表4还可见，在各区的 S 序列之间普遍在准半年周期(6—8个月)上有显著的凝聚关系，在准一年(11—13个月)和准一年半(18—20个月)的周期上，凝聚显著的也较多，且Ⅰ区和Ⅱ区之间的相互关系最为密切。

下面再分析各区之间的交叉相关关系。从协谱密度函数图(图略)可见，所有的各区之间的协谱密度函数中，除Ⅰ区和Ⅱ区之间的协谱以外，均是正负相同的。而Ⅰ区和Ⅱ区之间的协谱几乎在所有的周期段上均为负，所以Ⅰ区和Ⅱ区的面积指数时间序列之间存在同位相负相关。这从天气学的角度是完全可以理解的，因为Ⅰ区和Ⅱ区是彼此相邻的两个地区，它们的气压场符号常常是相反的，即当Ⅰ区为阻塞发展时，Ⅱ区经常是它的下游而低压槽发展，反之亦然。从凝聚谱和落后的时间长度谱可以得到Ⅰ区和Ⅱ区凝聚

最显著的几个周期为30个月、15个月、6个月、4个月、2.6个月,而且几乎都是Ⅱ区落后于Ⅰ区。

2.3 从谱分析得到的几点认识

通过对方案C、方案D的面积指数时间序列的功率谱、交叉谱的计算和分析,可以得到以下几点认识:

a. 本文实际上对方案C(表4)、方案D(表略)两个方案都进行谱分析,两个结果是相近的,这说明计算结果比较客观地反映了月平均阻塞的周期性活动规律。

b. 在谱分析的过程中,最大后延 m 的取值对结果是有影响的,当 m 较大时加密了较长周期段的波数,有利于分析长周期,所以,本文采用了 $m=149$ 、 $m=44$ 两种情况以求较好地分析各周期段的情况。

c. 本文在做谱分析前,先对资料进行了列标准化,然后将该区逐月的资料以自然顺序排成长度为456个月的时间序列。谱分析结果证明这种所谓的列标准化是能够起到过滤正常的季节变化(一年周期)的作用的,而且较好地保留了其他的周期。

d. 功率谱分析揭示了对各区面积指数时间序列2年半、1年半和2—5个月的周期都是比较重要的。交叉谱分析表明:方案C、方案D中Ⅰ区和Ⅱ区的同位相负相关都较好;在长周期段和短周期段中均有相互作用显著的周期出现。不过方案D中一年、半年左右的周期出现次数较方案C为少,短周期段2—5个月的周期出现次数较方案C为多。

参 考 文 献

- 1 Austin J F. Quart J Roy Meteor Soc, 1980; 106: 327—350
- 2 Berggren R B. Tellus, 1949; 1: 14—37
- 3 Charney J G. Devore J G. J Atmos Sci, 1979; 36: 1205—1216
- 4 Green T S A. Weather, 1977; 32: 120—128
- 5 Hansen A R. Chen T C. Mon Wea Rev, 1982; 110: 1146—1165
- 6 Hansen A R. Sutera A. Tellus, 1982; 36: 52—63
- 7 Hoskins B J. McIntyre M E. Rokertson A W. Q J R Meteor Soc, 1985; 111: 877—946
- 8 黄嘉佑, 李 黄. 气象中的谱分析. 北京, 气象出版社, 1984, 27—53, 96—117

STATISTICAL ANALYSIS OF THE BLOCKING PATTERNS IN THE NORTHERN HEMISPHERE

Zhang Jijia Xu Hao

(State Meteorological Administration)

Abstract Using the monthly NH 500hPa mean height field data from 1951 through 1988, the blocking patterns in the northern hemisphere are analyzed statistically from the viewpoint of monthly means. Power and cross spectrum analyses show that the results from Scheme C are similar to those from Scheme D; periods of two and a half years (about 30 months), one and a half years (18-20 months) and 2-5 months are all of considerable importance for the time series of area index in the regions; there is a good negative in-phase correlation between Region I and Region II; and periods with remarked coagulation exist in both the long and short time periods.

Key words the northern hemisphere, blocking, statistical analysis