

副高、极涡因子对我国夏季降水的影响^{*}

黄嘉佑 刘 舸 赵昕奕

(北京大学物理学院大气科学系, 北京 100871)

摘 要 利用奇异值分解方法(SVD)分别分析了北半球副高指数和北半球极涡指数对我国夏季降水(6~8月)的影响,并详细讨论了对我国夏季降水影响重大的具体关系,以及它们影响的区域情况。研究发现,我国夏季降水主要受前期冬季极涡强弱的影响。冬季副高因子的影响是半球范围的,而春季副高因子的影响主要取决于我国南部的副高系统。综合研究极涡、副高两者对我国夏季降水的影响要比分别研究它们各自的影响所得模态的代表性好,预报价值也更高。

关键词: 夏季降水; 副高; 极涡; 奇异值分解

文章编号 1006-9895 (2004) 04-0517-10 **中图分类号** P461 **文献标识码** A

1 引言

夏季降水(6~8月)对我国社会和经济有重大影响,全国旱涝形势,农作物的生长都与之息息相关。因而倍受人们的瞩目,成为最重要的研究对象之一。

影响我国降水的因素复杂。陈兴芳和赵振国^[1]指出影响中国汛期降水的基本因素是多方面的,海温、地温、冰雪覆盖、青藏高原位势高度、亚洲季风、西太平洋副高、东亚阻塞形势、大气活动中心、准两年振荡和太阳活动、天文条件和地球物理因素等都会对我国汛期降水产生影响。其中,大气环流因子是影响我国天气变化的重要因素之一。但是属于环流因子的大气系统很多,例如有副热带高压(简称副高)、极涡、环流型、纬向环流、经向环流、槽线位置和强度,以及西藏高原高度、冷空气、台风等。特别是副高,是我国夏季降水的主要影响因子,它的面积、强度和位置等变化反映热带地区给我国运输的暖湿气流和水汽的变化,另一因子是入侵我国的冷空气强度和路径等变化,例如极涡、经向和纬向环流等。由它们共同作用,每年影响着我国雨带分布及强度。这些因子是怎样影响的,在其中哪个因子起主要作用,有必要进行深入研究。赵振国和廖荃荪^[2]分析了冬季北太平洋涛动与我国夏季降水的关系。何金海等^[3]指出夏季西太平洋副高的三个参数(面积、强度和脊线位置)与长江中下游降水存在很高的相关。苏洁等^[4]研究了副高对黄海渤海夏季异常海温的影响,对引起黄海渤海夏季异常高温的各因子进行了定量分析,给出了副高中心及其附近两点由各因子引起的增温率变化。耿淑琴和王旭^[5]通过对1999/2000年冬季环流背景资料的分析,发现西太平洋副热带高压和极涡的变化是影响我国冬季天气气候特征变化和渤海海冰生消

2002-12-02 收到, 2003-05-22 收到修改稿

^{*} 国家重点基础研究发展规划项目 G1998040901-1 和国家自然科学基金资助项目 40201002、49875018 共同资助

的重要因素。

极涡和我国的降水也有着密切关系。时兴合等^[6]利用 1959~1999 年降水、气温、高度场等资料分析得出：1999 年夏季青海省多雨与乌拉尔山高压脊偏强、西太平洋副热带高压位置偏北及西伸脊点位置偏东、极涡强度偏强等因素有关。刘德等^[7]对比分析了三峡库区夏季旱涝同期环流特征，指出三峡库区夏季降水异常的主要成因是亚洲中纬度经纬向环流、北半球极涡和西太平洋副热带高压等环流异常。

另外，一些气象学家对引起副高、极涡等大气环流因子变化的因素做了大量的研究。廖荃荪和赵振国^[8]研究了东亚阻高与西太平洋副高对我国降水的影响，认为夏季东亚阻高形势是影响西太平洋副高南北位置异常变化的重要流型之一，对我国夏季降水的分布有重要的影响。陈兴芳^[9]研究了 1994 年西太平洋副高的异常变化及其成因，指出一些影响副高异常的重要因子。

然而，这些分析研究并没有涉及我国整个区域，也没有全面地阐述各区域各时段副高、极涡的面积（或强度）的大小对我国夏季降水的综合影响。因而，前期哪一阶段和哪种尺度的副高、极涡对我国夏季降水影响显著，副高、极涡的哪些指数对我国夏季降水产生显著的影响，以及它们主要影响全国范围内哪些区域，冬季、春季各月份的副高、极涡指数对我国夏季降水的影响如何，在哪个月份变化明显等问题，都没有具体说明。因此，本文利用北半球范围的副高、极涡各指数资料，以及我国 1951~2001 年各月份降水资料，运用奇异值分解方法（SVD），详细分析了副高、极涡各指数与我国夏季降水的关系，以解决上面的问题。

2 方法和资料

2.1 奇异值分解方法原理

奇异值分解（Singular Value Decomposition）方法^[10~12]是对气候要素耦合场统计分析方法之一，主要是用来分解耦合场的时空场，从而提取它们时间和空间的有用相关信息。因此，对于两个要素场，为了研究两者之间的相关关系，我们采用 SVD 方法来分解两个场的交叉协方差阵。

例如，对于左场 x 和右场 y ，它们的交叉协方差阵是 C_{xy} 。利用 SVD 方法得出下式：

$$C_{xy} = U\Sigma V', \quad (1)$$

其中， U 和 V 是相互正交的。 U 和 V 的列分别就是左右特征向量。即 $U = (u_1, u_2, \dots, u_k)$ 和 $V = (v_1, v_2, \dots, v_k)$ 中， u_i 、 v_i 分别称为左特征向量和右特征向量。 Σ 是非负奇异值组成的对角阵：

$$\Sigma = \text{diag}(\sigma_1, \sigma_2, \dots, \sigma_k), \quad (2)$$

这里， $\sigma_1 \geq \sigma_2 \geq \dots \geq \sigma_k > 0$ ， σ_i 就是奇异值。每一个奇异值和一对左右特征向量相对应。

对时间方面的分析，可以通过计算原要素场 x 、 y 各自在左右特征向量 u_i 、 v_i 上的投影，可分别得到左场的展开系数（时间系数） $a_k(t)$ 和右场的展开系数（时间系数） $b_k(t)$ 。

对空间方面的分析，是以异性相关图来描述两个场中那些相关性强的空间特征的。为了得到异性相关图，利用前面得到的左右两场的展开系数，可以得到如下异性相关

系数：

$$r[X, b_k(t)] = \frac{\langle X(t)b_k(t) \rangle}{\langle X^2(t) \rangle^{\frac{1}{2}} \langle b_k^2(t) \rangle^{\frac{1}{2}}}, \quad (3)$$

$$r[Y, a_k(t)] = \frac{\langle Y(t)a_k(t) \rangle}{\langle Y^2(t) \rangle^{\frac{1}{2}} \langle a_k^2(t) \rangle^{\frac{1}{2}}}. \quad (4)$$

异性相关系数的分布表示一个场的展开系数（时间系数）与另一个场之间的相关分布状况。

同理，一个场的展开系数与同一个场进行计算，可以得到同性相关系数：

$$r[X, a_k(t)] = \frac{\langle X(t)a_k(t) \rangle}{\langle X^2(t) \rangle^{\frac{1}{2}} \langle a_k^2(t) \rangle^{\frac{1}{2}}}, \quad (5)$$

$$r[Y, b_k(t)] = \frac{\langle Y(t)b_k(t) \rangle}{\langle Y^2(t) \rangle^{\frac{1}{2}} \langle b_k^2(t) \rangle^{\frac{1}{2}}}. \quad (6)$$

同性相关系数的分布反映展开系数置身气象场时间变化程度大小的地理分布。在一定程度上代表了左、右气象场的耦合相关特征。

本文主要采取异性相关图的方法来分析副高、极涡与全国 160 站点夏季降水的关系的。

为了衡量各模态对原要素场 x 、 y 的交叉协方差 C_{xy} 的贡献，我们定义第 K 个模态对平方协方差的贡献百分比率 S （Squared Covariance Fraction）为

$$S_K = \frac{\langle a_K b_K \rangle^2}{\|C_{xy}\|_F^2} = \frac{\sigma_K^2}{\sum_{i=1}^p \sigma_i^2}. \quad (7)$$

前 K 个模态的累积平方协方差贡献百分率 F 为

$$F_K = \frac{\sum_{i=1}^K \sigma_i^2}{\sum_{i=1}^p \sigma_i^2}. \quad (8)$$

实际上，(7)、(8) 两式的意义在于，它反映前 K 个模态是否能够体现左右两场整体相关的情况，以及两者相关的程度。这样，只要根据前 K 个模态，就能够提取有用的信息，进行分析和研究。这也是奇异值分解（SVD）方法的意义所在。

2.2 资料

本文降水资料取自全国 160 个站点的 1951~2001 年共 51 年的各月降水资料。并从中逐点合成历年夏季（6~8 月）降水资料，为了逐月分析前期（12~5 月）各月份和冬季（12~2 月）与春季（3~5 月）的季度副高、极涡指数对我国夏季降水的各自影响，我们分别选择月尺度、季尺度等时段的降水资料作为 SVD 分析的右要素场。又采用由中国气象局国家气候中心提供的 1951~2001 年的 74 个大气环流等因子，分别选取其中有关极涡 12 个指数、副高 45 个指数资料，进行季尺度和月尺度的划分，作为 SVD 的左要素场进行耦合场分解。

3 冬春季极涡与我国(160 个站点)夏季(6~8 月)降水的关系

为了研究冬季（12~2 月）极涡指数和春季（3~5 月）极涡指数分别对我国夏季

降水的影响,我们进行了季尺度的耦合相关分析。对于冬季极涡指数,首先提取共 50 年(1951~2001 年)北半球及其 4 个分区的冬季(上一年 12 月至当年 2 月)极涡面积指数总和与强度指数总和这 12 个指数的序列资料作为 SVD 分析的左要素场。为了满足时间跨度的一致性,用 1952 年到 2001 年的全国 160 个站点夏季降水总量(6~8 月)作为右要素场,进行奇异值分解。

前三个模态对平方协方差阵的贡献百分比率 SCF 分别为 $SCF_1 = 0.358$ 、 $SCF_2 = 0.198$ 和 $SCF_3 = 0.142$ 。由于第一模态对平方协方差的贡献是最主要的,所以它能够在很大程度上反映冬季极涡指数场与全国 160 个站点夏季降水场的关系。正如我们从图 1 中看到的,东部沿海是明显的正相关区域,其中心在浙江省境内。东北三省大部分地区为负相关区域,而长江流域以南的全国大部分地区则是负相关的,负相关中心位置在云南南部地区。另外,新疆和青海大部地区也有一明显的正相关区域。如表 1 所示,可以看出极涡面积指数的相关系数均大于与其相应的极涡强度指数的相关系数。其中,第 5、4 极涡指数的相关显著。它们分别是北半球极涡面积指数和大西洋欧洲区极涡面积指数,即冬季这两个指数对后期中国夏季的降水影响在这 12 个冬季极涡指数当中是最为显著的。综上所述,当冬季北半球极涡面积指数、大西洋欧洲区极涡面积大的时候,我国东部沿海、新疆、青海等区域降水量为正距平,而长江流域以南和东北三省的大部分负相关地区的降水量为负距平。当这两个指数值小的时候,情况相反。

表 1 冬季极涡指数场与 160 站点夏季降水总量(6~8 月) SVD 分析的第一耦合模态的异性相关关系

因子	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
相关系数	-0.28	-0.17	-0.54	-0.63	-0.72	-0.25	0.16	0.32	0.43	0.38	0.23	-0.32

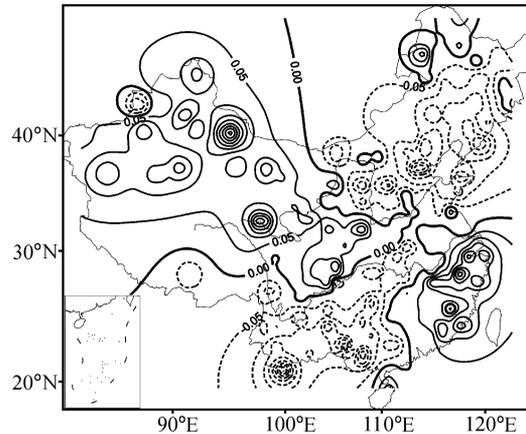


图 1 全国 160 站夏季(6~8 月)降水总量与前期冬季(12~2 月)极涡指数场 SVD 分析的第一耦合模态异性相关的空间分布

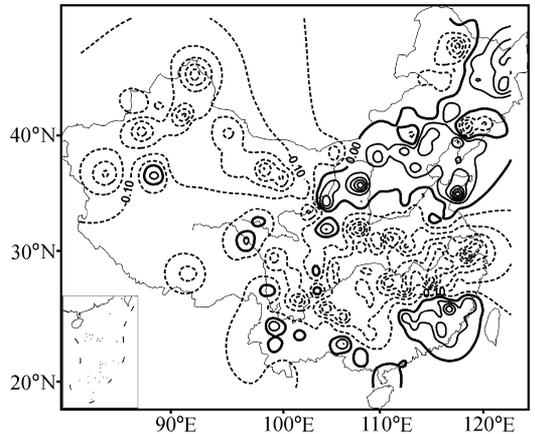


图 2 全国 160 站夏季(6~8 月)降水总量与前期春季(3~5 月)极涡指数场 SVD 分析的第一耦合模态的异性相关的空间分布

同理,用 SVD 方法分析春季极涡指数(3~5 月)对夏季(6~8 月)降水总量的影响。通过计算,求得前三个模态的贡献分别为 $SCF_1 = 0.311$ 、 $SCF_2 = 0.222$ 和 $SCF_3 = 0.134$,比冬季极涡指数的情况要小。可见春季极涡对夏季降水的影响不如冬季极涡的影响显著,这表明夏季降水受前期冬季的极涡影响要比前期春季极涡的影响更

强烈一些。由图 2 可见，在长江流域以南同样出现与图 1 基本一致的负相关区域。不同的是，这个负相关区域扩展到了长江流域以北的一些地区。而且正相关区域控制了我国东北的一些地区。新疆、青海大部地区被负相关区域控制，这与冬季极涡指数的影响相反。从表 2 发现，除亚洲区外的春季极涡强度指数均比面积指数显著，其中北美区极涡强度指数、北半球极涡强度指数的影响最为强烈，即当北美区极涡强度和北半球极涡强度大的时候，我国南部沿海和东北华北部分地区出现涝，长江中下游流域和东部沿海以及新疆、青海地区则出现旱。当这两个指数值小的时候，情况相反。

表 2 春季极涡指数场与 160 站点夏季降水总量(6~8 月)SVD 分析的第一耦合模态的异性相关关系

因子	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
相关系数	-0.18	-0.18	0.43	0.11	0.13	0.08	-0.08	0.52	0.46	0.48	0.18	-0.32

4 副高与我国 (160 个站点) 夏季 (6~8 月) 降水的关系

运用 SVD 方法，我们也可以分析冬、春季副高指数场与我国 160 个站点夏季降水的关系。

前三个模态对平方协方差阵的贡献百分比率 SCF 分别为 $SCF_1 = 0.483$ 、 $SCF_2 = 0.211$ 和 $SCF_3 = 0.092$ 。同样，第一模态对平方协方差阵的贡献是最主要的。如图 3a，全国大部分地区是正相关关系，在新疆北部和内蒙古的中部最为强烈，负相关区域主要出现在东南沿海的一些省份，其中最明显的负相关在江苏省和琼州海峡。同样的，我们可以得到冬季副高指数场与全国 160 站点夏季 (6~8 月) 降水总量 SVD 分析的第一耦合模态的异性相关关系表 (由于副高指数比较多，这里将表略去)，查得对我国夏季降水最有影响的副高指数是北半球副高强度指数和北非大西洋副高强度指数。当指数值大的时候，除我国东南沿海地区的降水量为负距平外，我国大部分地区的降水量为正距平。当指数值小的时候则情况相反。

分析春季 (3~5 月) 副高指数对我国夏季降水的影响，前三个模态对平方协方差

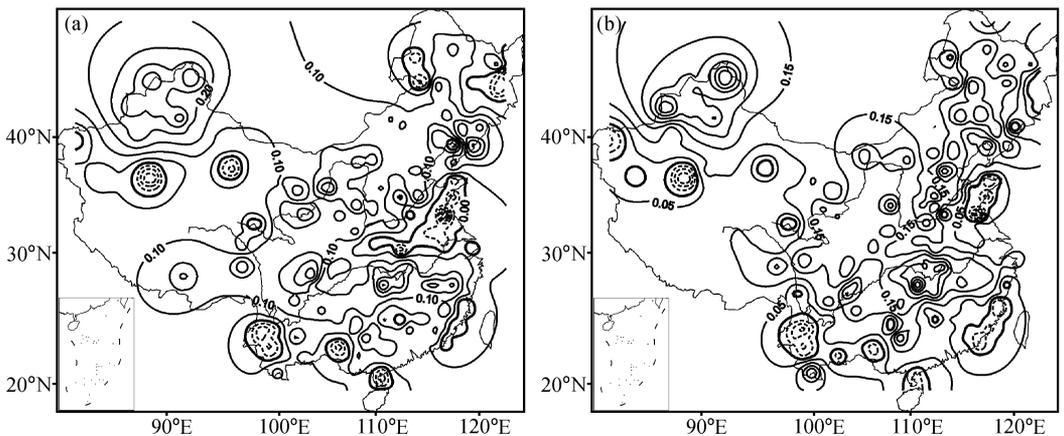


图 3 全国 160 站夏季 (6~8 月) 降水总量与前期冬季 (12~2 月)、春季 (3~5 月)

副高指数场 SVD 分析的第一耦合模态的异性相关的空间分布

(a) 冬季副高指数; (b) 春季副高指数

的贡献百分率 $SCF_1=0.523$ 、 $SCF_2=0.234$ 和 $SCF_3=0.093$ 。从图 3b 上看, 其正负相关区域的分布也和冬季副高指数的情况非常相似, 只是东南沿海的负相关性更为减弱。采用与上文相同的方法, 得知南海副高北界、印度副高强度对我国夏季降水的影响最为显著。与冬季副高指数第一模态的贡献相比较, 春季副高因子的影响比冬季的影响更为显著。说明冬季副高因子的影响是半球范围的, 而春季副高因子的影响主要取决于我国南部的副高系统。

值得一提的是, 如果不采用冬季 (12~2 月) 副高指数的季度之和, 而是选取冬季 (12、1、2 月) 三个月的副高指数场作为 SVD 的左要素场。同样, 不采用夏季 (6~8 月) 降水总量, 而是夏季 (6、7、8 月) 连续的三个月作为右要素场。这样进行 SVD 的分析, 实际上是研究 12 月副高指数与 6 月降水, 1 月副高指数与 7 月降水, 2 月副高指数与 8 月降水的整体相互关系, 即冬季副高指数与夏季降水的月尺度关系分析, 称为逐月整合 SVD 分析。这样算得前三个模态对平方协方差阵的贡献百分率分别是 $SCF_1=0.772$ 、 $SCF_2=0.085$ 和 $SCF_3=0.050$ 。第一模态的贡献要比前面普通季尺度的分析方法所得的第一模态的贡献要显著得多 (图 4a), 在我国长江流域以南和新疆出现大面积的负相关区域, 而东北华北的大部分地区和西南的云南、西藏等省份被正相关所控制。同样做出副高指数场与 160 站点夏季 (6~8 月) 降水 SVD 分析的第一耦合模态整体综合的异性相关关系表, 得到对我国夏季降水影响强烈的冬季副高指数依次是东太平洋副高脊线、东太平洋副高北界、太平洋副高脊线、太平洋副高北界、西太平洋副高脊线、北非副高北界和西太平洋副高北界等。剔除其中相互不独立的因子, 而且考虑到东太平洋副高在冬季有副高体 (有 2 个以上格点 ≥ 5880 位势米) 的月份只占全部月份的 10%, 所以选取得到的东太平洋副高因子有假象。因此, 我们认为太平洋副高脊线、西太平洋副高脊线对我国夏季降水有着重要的影响, 当这些指数值大时 (即位置偏北), 多数年份我国东北、华北以及云南、西藏的部分地区夏季降水量为正距平, 长江流域以南的大部分地区和新疆西北部降水量为负距平。当指数值小时, 情况相反。这和文献 [1] 中的 6、7、8 月西太平洋副高脊线纬度位置与中国夏季降水的

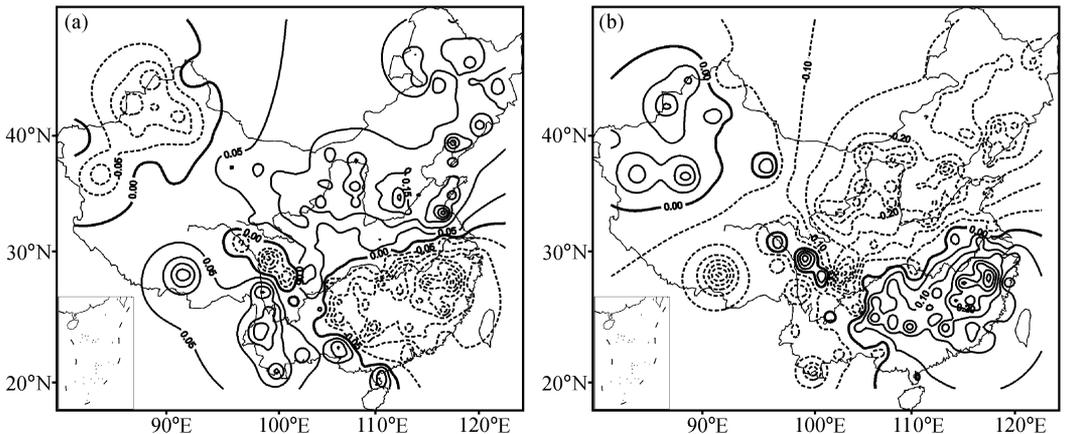


图 4 全国 160 站夏季降水 6~8 月与前期冬季 12~2 月、春季 3~5 月副高指数场的逐月整合 SVD 分析的第一耦合模态的异性相关的空间分布

(a) 冬季副高指数; (b) 春季副高指数

相关关系分布图类似。

按同上步骤,对春季(3~5月)副高指数场和我国夏季降水的关系进行类似研究。选用连续的3、4、5月的副高指数场作为左场,6、7、8月全国160个站点的降水场作为右场,进行整体性的综合研究。我们发现这种方法,同样要比简单的计算春季副高因子总和与夏季降水总量的季尺度关系要好:综合研究的第一模态的贡献 $SCF_1 = 0.822$,而用季尺度研究得到的第一模态贡献 $SCF_1 = 0.523$,差别比较明显。如图4b,在我国南方和新疆出现大范围的正相关区域,其中东南沿海的一些省份正相关表现最为强烈,当副高指数值大的时候,降水量为正距平。而我国东北华北地区以及西藏云南的部分地区出现了负相关,副高指数值大时,降水量为负距平。这与冬季副高影响的情况正好相反。同样利用春季副高指数场与160站点夏季降水(6~8月)SVD分析的第一耦合模态整体综合的异性相关关系表的方法,发现印度副高脊线、北非大西洋副高北界等影响是最重要的。

5 极涡与副高综合对我国(160个站点)夏季(6~8月)降水的影响

将第一次用SVD方法分析出来的冬季对我国夏季降水影响显著的极涡、副高指数结合起来。具体做法是:选取对我国夏季降水影响显著的北半球极涡面积指数等前三个冬季的极涡指数,而后选取冬季对我国夏季降水有显著影响的北半球副高强度指数等前9个冬季副高指数,结合两者组合成一个含有极涡、副高共12个指数的新场作为左要素场,以全国160个站点夏季(6~8月)降水总量作为右要素场,做第二次SVD分析。可以得到,前三个模态对平方协方差阵的贡献百分比率SCF分别为 $SCF_1 = 0.625$ 、 $SCF_2 = 0.213$ 和 $SCF_3 = 0.066$ 。

图5给出全国160站夏季(6~8月)与前期冬季(12~2月)(图5a)、春季(3~5月)(图5b)极涡、副高综合指数场SVD分析的第一耦合模态异性相关的空间分布,从图中可见综合研究极涡、副高两者对我国夏季降水的影响要比分别研究它们各自的影响所得模态的代表性好,预报价值也更高。在新场的12个指数中,北半球副高强度指数、北半球副高面积指数和印度副高强度指数对我国夏季降水的影响最为显著,而极涡指数的影响要小得多。考虑到北半球副高强度指数、北半球副高面积指数本身是密切相关和不独立的因子,所以把影响相对小的北半球副高面积指数舍去,于是可见冬季北半球副高强度指数、印度副高强度指数对我国夏季降水影响显著,成为反应我国夏季降水情况的重要前兆因子。另外如图5a,其正负相关区域的分布与冬季副高指数单独影响的图3a基本一致,说明在副高因子中引入北半球极涡指数等三个冬季极涡指数时,对我国夏季降水的影响不会产生明显变化。

同样,选取对我国夏季降水影响显著的北美区极涡强度指数等前三个春季的极涡指数,而后选取春季对我国夏季降水有显著影响的南海副高北界等前9个春季副高指数,组成一个含有极涡、副高共12个指数的新场作为左要素场,以全国160个站点夏季(6~8月)降水总量作为右要素场,做第二次SVD分析。

前三个模态对平方协方差阵的贡献百分比率SCF分别为 $SCF_1 = 0.711$ 、 $SCF_2 =$

0.105 和 $SCF_3=0.083$ 。对于春季的极涡、副高因子,通过第二次 SVD 方法分析,同样可得到代表性比第一次 SVD 更好的模态。在这 12 个极涡、副高指数中,北半球副高强度、印度副高强度和南海副高北界等副高指数对我国夏季降水有更显著的影响。影响的正负相关区域分布和副高单独影响的区域分布基本一致。说明当在副高因子中引入北美区极涡强度指数等前三个极涡指数时,对我国夏季降水影响的变化不大。所以,考察春季极涡、副高指数对我国夏季降水影响的时候,副高指数是起决定性作用的因素。

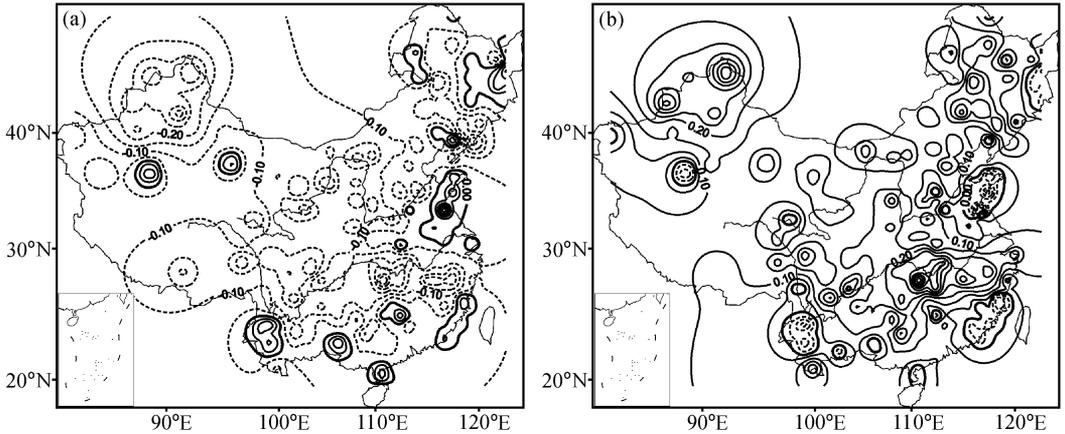


图 5 全国 160 站夏季 (6~8 月) 降水总量与前期冬季 (12~2 月)、春季 (3~5 月) 极涡、副高综合指数场 SVD 分析的第一耦合模态的异性相关的空间分布
(a) 冬季综合指数 ; (b) 春季综合指数

6 结论和讨论

本文利用奇异值分解方法 (SVD), 分别分析了北半球各区域副高指数和北半球各区域极涡指数对我国夏季 (6~8 月) 降水的影响, 以及它们整体对我国夏季降水的影响, 并详细讨论了对我国夏季降水影响重大的因子, 以及它们影响的区域情况。研究发现:

(1) 我国夏季 (6~8 月) 降水受前期冬季 (12~2 月) 的极涡指数影响比前期春季 (3~5 月) 的极涡、副高指数的影响显著。冬季副高因子的影响是半球范围的, 而春季副高因子的影响主要取决于我国南部的副高系统。

(2) 冬季 (12~2 月) 极涡情况: 冬季北半球极涡面积指数、大西洋欧洲区极涡面积指数数值大的时候, 我国东部沿海、新疆、青海等区域降水量为正距平, 而长江流域以南和东北三省的大部分负相关地区的降水量为负距平。当这两个指数值小的时候, 情况相反。春季 (3~5 月) 极涡情况: 当北美区极涡强度指数和北半球极涡强度指数值大的时候, 我国南部沿海和东北华北部分地区出现涝, 长江中下游流域和东部沿海以及新疆地区出现旱。当这两个指数值小的时候, 情况相反。

(3) 冬季副高情况: 北半球副高强度指数和北非大西洋副高强度指数值大的时候, 我国大部分地区的降水量为正距平, 而我国东南沿海地区的降水量则为负距平。当指

数值小的时候则情况相反。

春季副高情况：南海副高北界、印度副高强度指数对我国夏季降水的影响最为显著，影响的区域与冬季情况类似。

(4) 采用逐月整合的 SVD 分解，其第一模态贡献比简单季尺度分析的第一模态贡献大。在冬季，当太平洋副高指数、西太平洋副高脊线值大时，我国东北华北以及云南西藏的部分地区降水量为正距平，长江流域以南的大部分地区和新疆西北部降水量为负距平。当指数值小时，情况相反。

在春季，印度副高脊线、北非大西洋副高北界等指数值大时，南方和新疆大部分地区，特别是东南沿海的一些省份降水量为正距平。而我国东北华北地区以及西藏云南的部分地区出现了负相关，指数值大时，降水量为负距平。

(5) 综合研究极涡、副高，对我国夏季降水的影响要比分别研究它们各自的影响所得模态的代表性好，预报价值也更高。

参 考 文 献

- 1 陈兴芳、赵振国，中国汛期降水预测研究及应用，北京：气象出版社，2000，66~92，21~25.
- 2 赵振国、廖荃荪，冬季北太平洋涛动与我国夏季降水，气象，1992，**18** (2)，11~16.
- 3 何金海、周兵等，关于西太平洋副热带高压的垂直环流结构和年际变动特征及其机制研究，大气科学进展，2001，**18** (4)，497~510.
- 4 苏洁、李磊等，副高对黄渤海夏季异常海温影响的数值实验，青岛海洋大学学报，2000，**30** (2)，567~574.
- 5 耿淑琴、王旭，拉尼娜持续年的渤海海冰，海洋通报，2001，**20** (2)，1~11.
- 6 时兴合、秦宁生等，1999 年夏季青海多雨形势分析，高原气象，2002，**21** (2)，222~224.
- 7 刘德、申学勤等，三峡库区夏季旱涝成因分析及预测方法研究，四川气象，2000，**20** (4)，36~39.
- 8 廖荃荪、赵振国，东亚阻塞形势与西太平洋的关系及其对我国降水的影响，见：“长期天气预报理论、方法和资料库建立”研究项目总课题组编，长期天气预报论文集，北京：气象出版社，1990，125~135.
- 9 陈兴芳，1994 年西太平洋副热带高压的异常变化及其成因分析，气象，1995，**21** (12)，3~7.
- 10 Matthew Newman, and Prashant D. Sardeshmukh, A caveat concerning singular value decomposition, *J. Climate*, 1995, **8** (2), 352~360.
- 11 苏绍基、张慧君，云南 3 月低温与青藏高原、四川的土壤热流量的奇异值分解，云南大学学报（自然科学版），1999，**21** (5)，349~352.
- 12 赵声蓉、宋正山，华北汛期旱涝与中高纬大气环流异常，高原气象，1999，**18** (4)，535~540.

The Influence of Subtropical High Indexes and Polar Vortex Indexes on the Summertime Precipitation in China

Huang Jiayou, Liu Ge, and Zhao Xinyi

(Department of Atmospheric Sciences, School of Physics, Peking University, Beijing 100871)

Abstract The method of singular value decomposition is applied to analyze the summertime (June~August) precipitation in China affected by the subtropical high indexes and the polar vortex indexes in the Northern Hemisphere, respectively. Moreover, the indexes that intensively affected the summertime precipitation in China and the areas they affected are discussed in detail. The results reveal that the summertime precipitation in China is mainly affected by the former winter polar vortex indexes. The influence of winter subtropical high indexes covers the whole Northern Hemisphere, and the influence of spring subtropical high indexes depends on the subtropical high system in south China. It is better to synthesize polar vortex and subtropical high indexes than to study the summertime precipitation affected by the subtropical high indexes or the polar vortex indexes separately.

Key words: summertime precipitation; subtropical high; polar vortex; singular value decomposition