

干旱预测方法与预测模型

500hPa 高度场与中国西北春季降水量的耦合特征

董安祥

(甘肃省气象局 兰州 730020)

王澄海

(兰州大学 兰州 730000)

摘 要

对近 35 年(1961~1995)春季西北降水量和同期与前期冬季的北半球 500hPa 高度场进行奇异值分解(SVD),得到了同期和前期 500hPa 高度场与西北区春季降水场的高相关区域,分析两场之间的耦合关系,寻找出有预报意义的环流特征和关键区。

关键词 500hPa 高度场 中国西北 春季降水 奇异值分解 耦合

1 引 言

西北区春季(3~5月)降水量只占全年的 10%~20%,而降水相对变率平均高达 60%以上。由于春季温度上升快,相对湿度迅速降低,风速较大,蒸发强烈,加速了土壤水分的散失,造成春旱经常发生。春旱严重影响越冬植物抽穗开花,灌浆成熟,造成夏粮减产。因此,搞好春季降水量气候预测是一项有意义的工作。而要制作预测,首先应对造成春季降水量多寡的环流成因及前期环流特点进行认真的分析。本文将用奇异值分解(SVD)研究春季降水和同期与前期冬季北半球 500hPa 高度场耦合相关结构的区域特性,揭示同期和前期冬季北半球 500hPa 环流对西北区春季降水分布的影响,为春雨短期气候预测提供信息。

2 资料和方法

北半球月平均 500hPa 高度场资料,由“九五”国家重中之重科技攻关项目 96-908-04-08 专题提供,网格尺度为 10° (经度) \times 5° (纬度) 资料长度为 1961~1995 年。春季取 3 月、4 月、5 月的平均,冬季取前一年 12 月和当年 1 月、2 月的平均。西北春季降水量取自 1961~1995 年西北地区(陕、甘、宁、青、新) 85 个代表站 3 月、4 月、5 月降雨总量。

奇异值分析(SVD)是研究两个气象场相互作用和反馈耦合特征的有效工具。国内,孙照渤等较早将该方法用于环流异常中相关分析^{[1][2]} 现在已经普遍应用于研究和业务中^[3,4]。它从两个资料场的交叉协方差矩阵出发,求出这两个场之间相互配对的典型空间分布,能最大限度地解释两个场空间分布密切相联的程度。

设两个资料场的协方差矩阵是一个 $N_1 \times N_2$ 的实矩阵 A ,其奇异值分解为:

* 本文初次发表在《成都气象学院学报》2000 年第 3 期。

$$A = \sum_{k=1}^r \sigma_k U_k V_k^T \quad (1)$$

其中 $r \leq \min(N_s, N_z)$ 对 U, V 都只取 r 列 (截断到 r 列), 其中 U_k 称左奇异向量; V_k 称右奇异向量 ($K = 1, 2, 3, \dots, r$), σ_k 为奇异值 且 $\sigma_1 \geq \sigma_2 \geq \dots \geq \sigma_r \geq 0$ 。根据奇异向量的正交性 用下式计算典型分布对应的时间系数:

$$a_i(t_n) = \sum_{j=1}^{N_z} Z_j(t_n) U_{ij} \quad (2)$$

$$b_l(t_n) = \sum_{k=1}^{N_s} S_k(t_n) V_{lk} \quad (3)$$

每对奇异向量及相应的振幅即时间系数确定了一种模态。第 k 对向量对应的时间系数之间的相关系数表示两个耦合场空间分布型之间的相关程度^[3]。

定义 SCF_k 为第 k 对空间分布型 (又称型偶) 解释的协方差占总方差的比率为

$$SCF_k = \sigma_k^2 / \sum_{L=1}^r \sigma_L^2$$

定义 $CSCF_k$ 为前 k 对空间分布型 (又称型偶) 累积解释的协方差占总方差的比率为

$$CSCF_k = \sum_{h=1}^k \sigma_h^2 / \sum_{L=1}^r \sigma_L^2 \quad (5)$$

3 500hPa 高度场与西北地区春季降水场的耦合空间特征

分别计算同期 (春季) 和前期 (冬季) 500hPa 高度场与春季降水场之间的交叉协方差矩阵, 进行奇异值分解, 得到 500hPa 高度场与西北降水的成对空间分布型。

3.1 同期 (春季 500hPa 高度场与降水的耦合特征)

表 1 给出了 500hPa 春季高度场和同期降水量经 SVD 分解得到的前 6 对奇异向量的方差贡献、累积方差贡献和相关系数。

表 1 春季 500hPa 高度场与西北春季降水量的解释方差 (%) 和相关系数

奇异向量	1	2	3	4	5	6
方差贡献	31.07	19.36	12.58	9.86	8.71	7.23
累积贡献	0.49	0.69	0.77	0.82	0.85	0.88
相关系数	0.74	0.66	0.67	0.76	0.68	0.73

从表 1 中可以看出, 前 6 对空间分布型的累积方差可解释总方差的 88% 每对奇异向量之间的相关系数明显超过 0.001 ($\alpha_{0.001} = 0.52$) 显著性水平。而前三对奇异向量就解释了总方差的 77%。因此, 分析前 6 对奇异向量对应的“型偶”, 特别是第一、第二和第三对空间分布型即可描述西北春季降水与 500hPa 同期高度场的耦合关系。

图 1 为春季 500hPa 高度场与西北同期降水场奇异值分解得到的第一对空间分布型。它解释了总方差的 49%, 型偶展开系数间的相关系数为 0.74 大于 0.001 的置信水平。图 1(a) 中看出, 位于我国东部沿海的东亚大槽区为大片正值区, 相关系数在 0.50 以上, 中心值高达 0.66, 它是北半球相关最大的地区。这表明, 西北区春季多雨, 东亚大槽浅。中纬度 110°E 以西为大片负值区。中心在里海、咸海, 相关系数在 -0.30 以下 达到 0.05 的信度水平。它表明从中亚到新疆的高压脊越强, 降水越少; 越弱, 降水越多。图 1(b) 中看出, 98°E 以东为正相关区, 中心值高达 0.70 以上。造成西北区东部春季降水主要形势是亚洲流型中纬度为西负东正 (西

低东高)。其中东正比西负更重要。东亚大槽是 1、2 和 3 三个超长波迭加的结果，而中亚脊（里咸海地区）是 3 波超长波的一个脊，因此西北区东部春雨与北半球超长波振幅也有一定的关系，一般表现为负相关，即振幅大，降水量少^[5]。东亚大槽和中亚脊是形成西北区东部多雨的主要环流形势。此外，阿留申群岛也有大片正相关区。

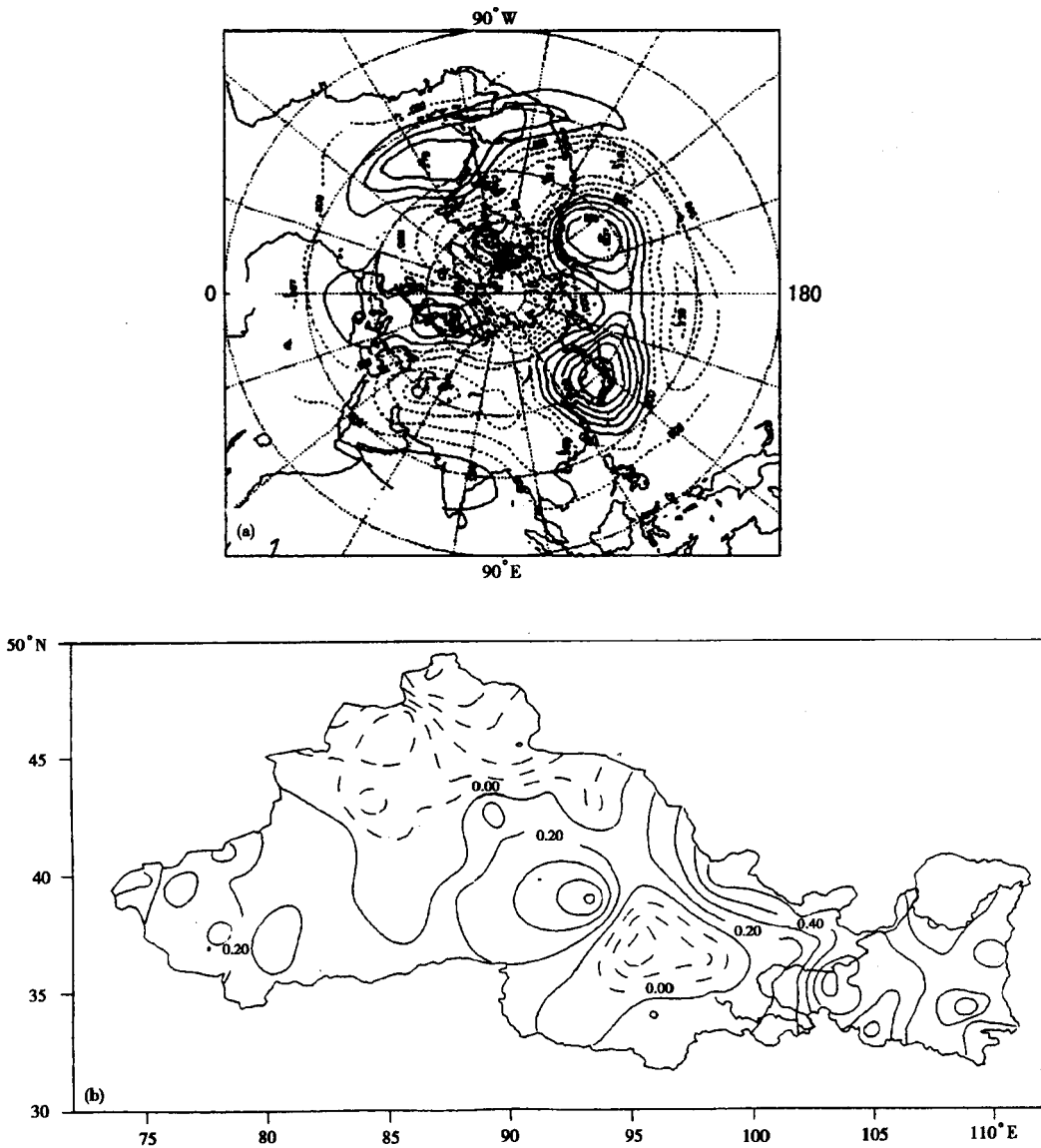


图 1 同期第一对空间分布型
(实线表示正值 虚线表示负值 a. 500hPa 春季高度场 b. 西北春季降水场)

图 2 给出了第二对奇异向量的空间分布型。它解释了总方差的 19%，型偶展开系数间的相关系数为 0.66。在 500hPa 高度场上，欧亚高低纬呈反相变化，欧亚长波槽位于中亚地区。对应降水场，102°E 以西以负值为主，以东为正值。它表明中亚长波槽深（浅），西北区西部多雨（少雨），值得注意的是北美有一个很强的负值区，中心值高达 -0.40，它表明北美大槽深（浅），

西北区西部易多雨(少雨)西北区东部易少雨(多雨)

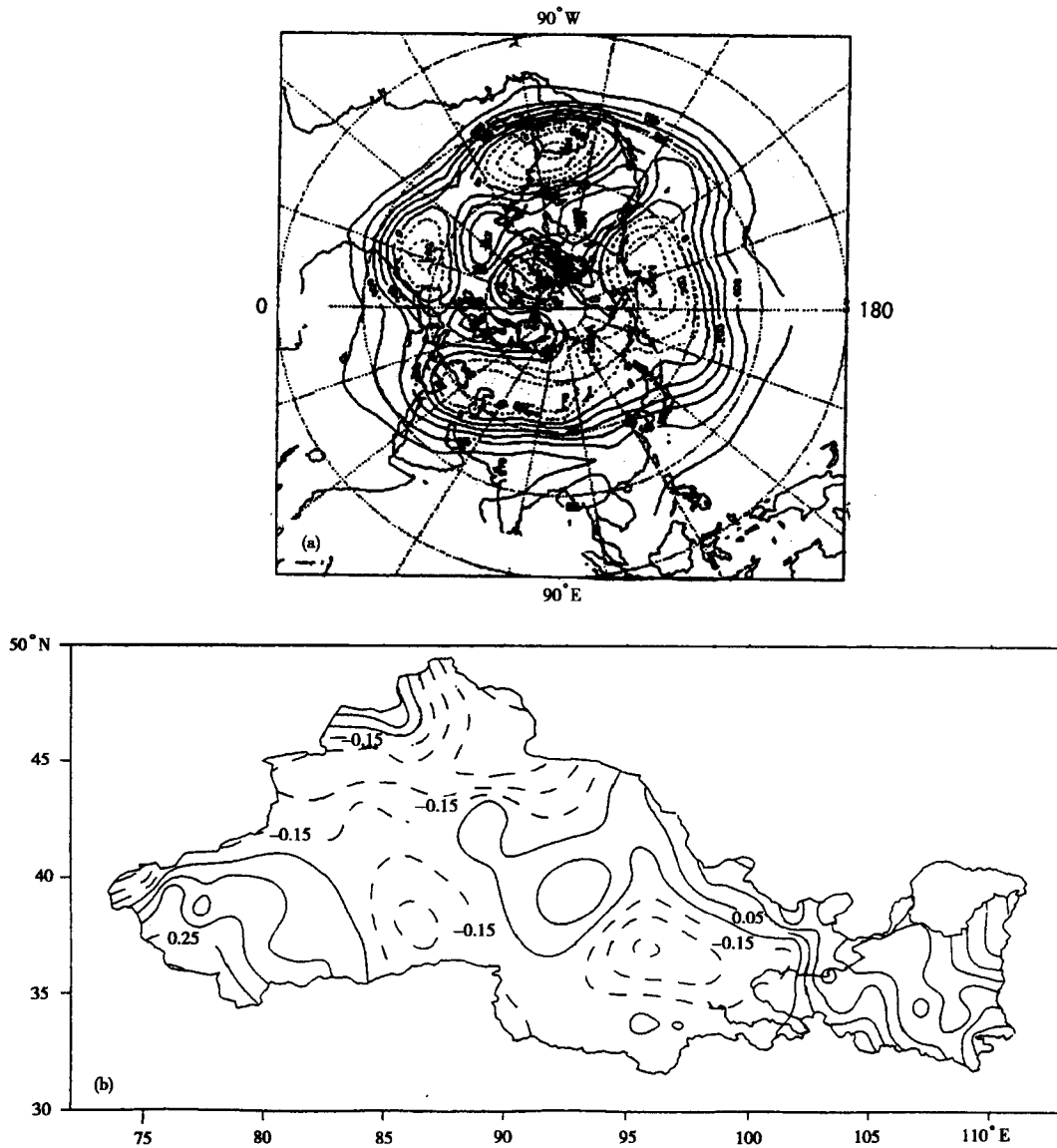


图 2 同期第二对空间分布型(说明同图 1)

图 3 给出了第三对奇异向量的空间分型。它解释了总方差的 13%，型偶展开系数间的相关系数为 0.67。在 500hPa 高度场上，从中亚到乌拉尔山为大片正值区，位于中亚正值中心高达 0.50 以上，对应降水场西北区大部为正值区。它表明在中亚和乌拉尔山有强大高压脊发展，在蒙疆一带有横槽出现，其下游东亚中纬度为平直西风气流，西北大部易多雨。与第二对类似，北美也有一片强大的负值区，北美是西北春季同期降水的关键区。

3.2 冬季 500hPa 高度场与春季降水的耦合特征

表 2 给出了冬季 500hPa 高度场和春季降水量经 SVD 分解得到的前 6 对奇异向量的方差贡献、累积方差贡献和相关系数。

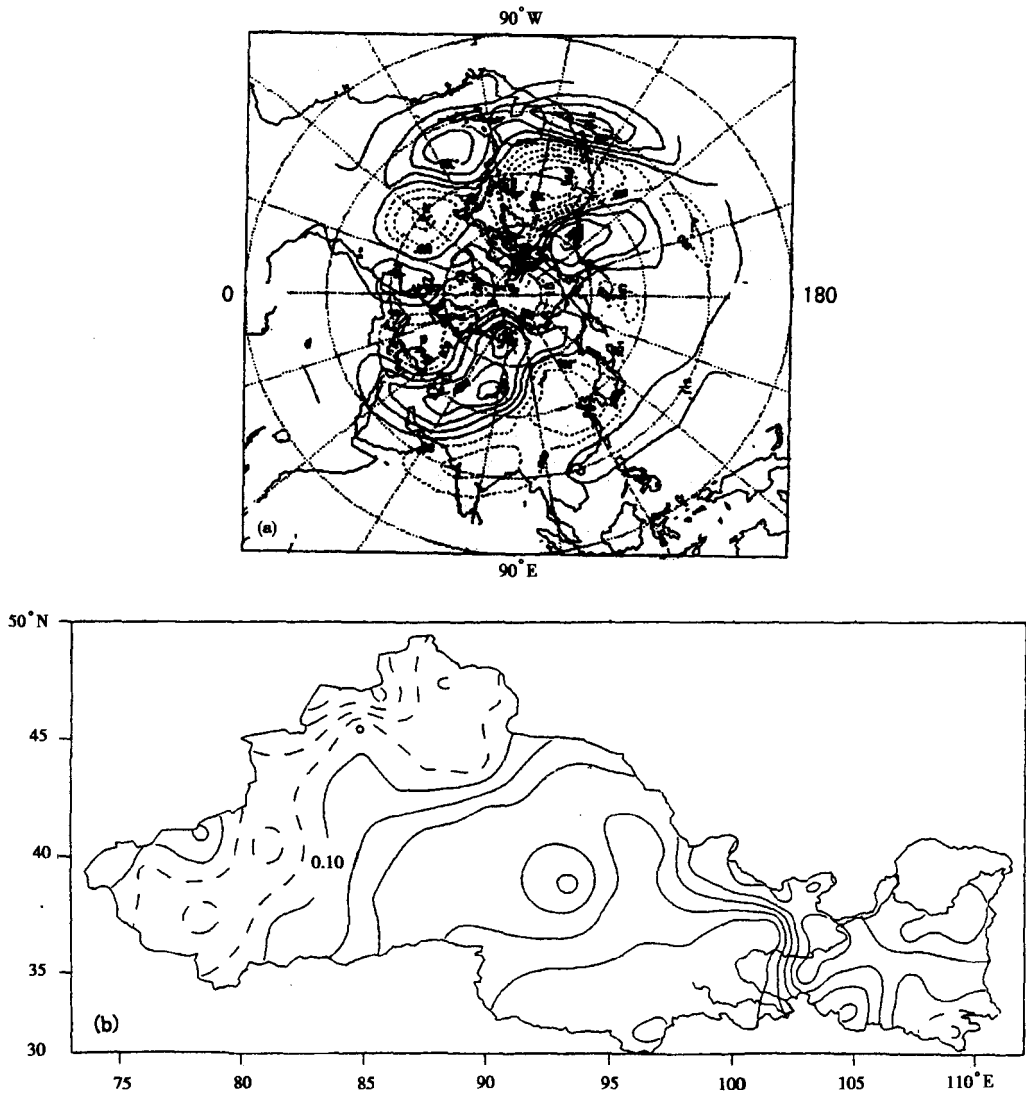


图 3 同期第三对空间分布型 (说明同图 1)

表 2 冬季 500hPa 高度场与西北春季降水量的解释方差 (%) 和相关系数

奇异向量	1	2	3	4	5	6
方差贡献	22.91	17.26	11.09	10.65	9.77	7.88
累积贡献	0.37	0.58	0.67	0.75	0.81	0.86
相关系数	0.61	0.58	0.57	0.62	0.54	0.72

从表 2 中可以看出,前 6 对空间分布型的累积方差可解释总方差的 86%。每对奇异向量之间的相关系数明显超过 $0.001 (\alpha_{0.001} = 0.52)$ 显著性水平。而前三对奇异向量就解释了总方差的 67%。因此,分析前 6 对奇异向量对应的“型偶”,特别是第一、第二和第三对空间分布型即可描述西北春季降水与 500hPa 冬季高度场的耦合关系。

图 4 为春季 500hPa 高度场与西北冬季降水场奇异值分解得到的第一对空间分布型。它解释了总方差的 37%，型偶展开系数间的相关系数为 0.61 明显超过 0.001 的信度水平。图 4 (a) 中看出，它与同期第三型相似，是强经向型。从中亚到乌拉尔山为大片正值区，中心位于 55°N、75°E。从高原到鄂霍次克海为大片负值区，中心位于高原西南部，相关系数在 -0.30 以下。该型表明，当冬季从中亚到乌拉尔山有强大高压脊发展，高原上为低槽区，西南气流盛行，西北区春季易多雨。值得注意的是阿留申群岛有大片正值区，中心值高达 0.60 以上，是冬季预报西北区春季降水的关键区。另外，北美也有大片正值区。

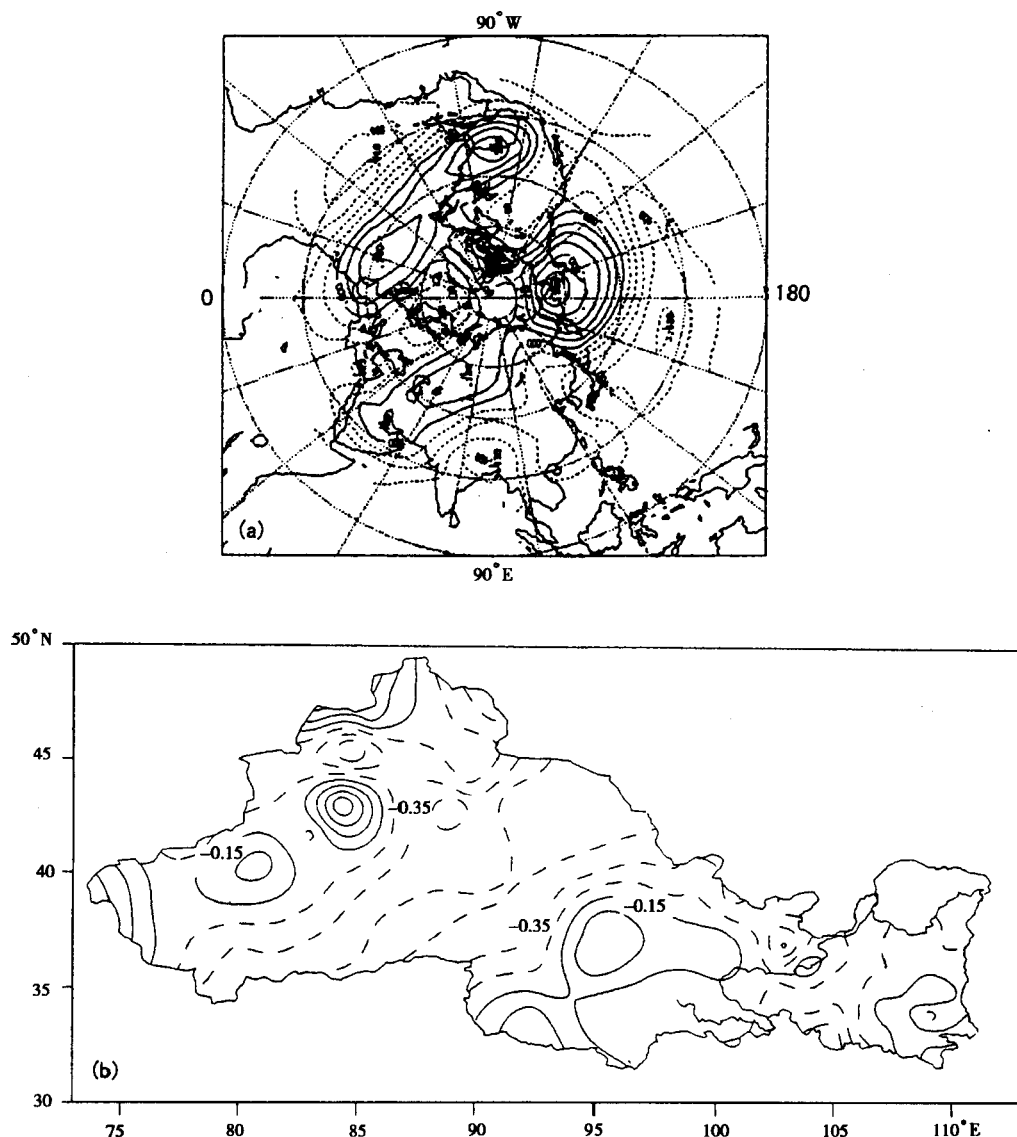


图 4 滞后第一对空间分布型 (说明同图 1)

(实线表示正值，虚线表示负值。a. 500hPa 冬季高度场, b. 西北春季降水场)

图 5 给出了第二对奇异向量的空间分布型。它解释了总方差的 21%，型偶展开系数间的相关系数为 0.58。在 500hPa 高度场上，高纬与低纬反相，亚洲中低纬为大片负相关区，中心位于中亚，负中心低达 -0.40 以下，对应降水场西北区东部为正值区。它表明冬季亚洲中纬度气流平直，高原为槽区，春季西北区东部易多雨。另外，北美也有大片正值区，对应西北区东部多雨。

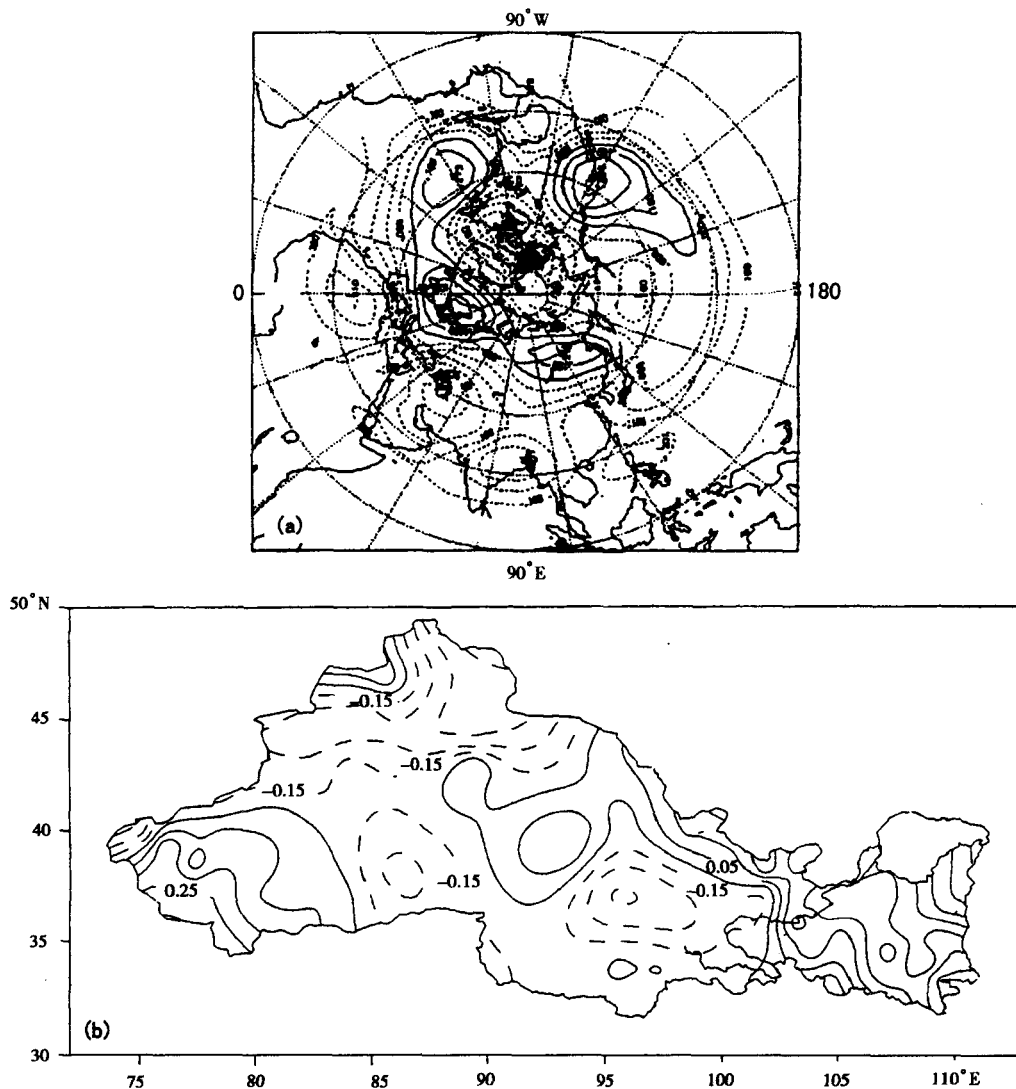


图 5 滞后第二对空间分布型 (说明同图 4)

4 小 结

由 SVD 分析的意义知，任意一对型偶表现了一个场的局部格点资料与另一个场展开系数之间的时间相关系数的地理分布。从物理上讲，非均匀相关图描述了一个场的格点值在多大程度上能用另一个场的优势模态的演变去预报。由上述分析结果，我们得到：

(1) 奇异场分解揭示了二个场之间的相关程度，比之点相关，更全面、系统地揭示了

500hPa 高度场与西北降水场的关系,较之过去盲目地寻找降水预报的“信号”及“信号”区更全面、方便。而且物理意义明确,数学方法严谨。

(2) 通过分析可以看出, SVD 的前 6 对模态即可解释总方差的 85% 以上, 其中尤以前 3 对型偶尤为典型。

(3) 形成西北区东部春季降水的基本环流形势是亚洲中纬度为“西低东高”型, 中亚到新疆的脊(强)东亚大槽(浅深),多(少)雨。东亚大槽的深浅对春季降水的关系更为重要。形成西北区大部春季多雨的环流形势是从中亚到乌拉尔山为强大的高亚脊, 在蒙疆一带有横槽, 东亚中纬度西风气流平直。

(4) 冬季北美大槽(浅深)春季西北区东部多(少)雨,春季同期北美大槽(浅深)西北区东部春季少(多)雨。

(5) 前期冬季 500hPa 阿留申群岛高度场与西北区东部春季降水正相关。

致谢: 甘肃省气候资料中心张存杰提供了绘图程序, 谨致谢意。

参 考 文 献

- [1] 孙照渤、章基嘉、J. M. 华莱士, 1991, 冬季北大西洋地区海表温度与 500 hPa 高度的奇异值分解, 南京气象学院学报, 14(3), 287~292。
- [2] 孙照渤、张善强、朱伟军, 1996, 1 月地温垂直梯度与大气环流的关系, “八五”长期天气预报理论和方法的研究, 北京: 气象出版社, 39~44。
- [3] 曹鸿兴、李月洪、魏凤英, 1996, 我国短期气候变化及成因研究, 北京: 气象出版社, 67~74。
- [4] 施能, 1995, 气象科研与预报中的多元分析方法, 北京: 气象出版社, 229~238。
- [5] 白肇焯、徐国昌, 1988, 中国西北天气, 北京: 气象出版社, 164~179。

COUPLING FEATURE OF 500hPa HEIGHT FIELD AND SPRING PRECIPITATION IN NORTHWEST CHINA

DONG Anxiang

(Meteorological Bureau of Gansu Province, Lanzhou 730020)

and *WANG Chenghai*

(Lanzhou University, Lanzhou 730000)

Abstract

The Singular Value Decomposition (SVD) between 500hPa height field over the Northern Hemisphere and spring rainfall in Northwest China are performed based on both data sets of 35 years in the period of 1961 to 1995. Higher correlation region between synchronous and preceding 500hPa height field and spring rainfall in Northwest China are obtained. Coupling relation of both fields are analyzed. Both circulation feature and key region of forecast are found.

Key words 500hPa height field, Northwest China, spring precipitation, Singular Value Decomposition, coupling

甘肃省伏旱短期气候概率预测

董安祥 张存杰 李栋梁

(甘肃省气象局, 兰州 730020)

摘 要

用 EOF 和 REOF 将甘肃省伏期降水分为 7 个区域, 并在每个区域中选取了一个代表站。设计出既能反映伏期降水多少, 又能反映伏期旱段长度的伏旱强度指数。将伏旱强度指数与伏旱发生的概率联系起来。通过对大气环流特征指数、地面气象要素等因子的分析, 利用逐步回归分析和多级逐步判别分析方法, 建立了甘肃省几个代表站的伏期干旱指数的概率预报方程。提出了集成概率预测的概念。最后给出了对伏旱概率预测进行评估的一种方法。

关键词 伏旱 强度指数 概率预测

1 引 言

目前, 美国、英国、澳大利亚等国家在月、季时间尺度的短期气候预测和中短期天气预报中使用了概率预报方法^[1]。1995 年北京和上海率先在我国开展了短期降水概率预报服务^[2]。概率预报已成为世界各国天气预报向客观化、定量化发展的一个重要方向。

短期气候预测更适合以概率的形式描述并对外发布。因为大气的变化有两个特性, 即随机性和必然性, 反映在人们目前对天气气候的认识方面也有两重性, 即确定性和不确定性。月、季时间尺度的短期气候预测更具有不确定性。把这种不确定性以概率的形式表示, 一方面反映了预报员对未来气候的把握程度, 另一方面有利于用户的使用, 不同的用户能够对不同的预测概率采取不同的措施。所以, 短期气候预测以概率的形式给出, 会给国民经济各部门和不同用户的科学决策带来客观依据, 从而减少了使用定性预报中的盲目性和被动性。本文对甘肃省伏旱进行了短期气候预测概率预测的尝试。

2 甘肃省伏期降水分区

伏旱与伏期降水量有很大的关系。伏期降水量随着地理位置的不同而有很大差别。甘肃省东、西向地理位置相差很大, 反映在降水量分布上, 东南部的武都伏期平均降水量为 107mm 而西北部的敦煌只有 11mm。这里我们对甘肃省伏期降水分布进行了分区。

首先用经验正交函数分析 (EOF) 方法对甘肃省内 58 个代表站 1961~1995 年 7~8 月的降水量进行了分析, 得到如下特征: 第一载荷向量场反映了甘肃省伏期降水的一致性; 第二载荷向量场反映了河东与河西伏期降水量呈相反的形势; 第三载荷向量场反映了黄河流域与陇东和河西伏期降水呈相反的形势。前三个载荷向量占总方差的 56%。

为了把伏期降水量的区域性分布特征显示得更清楚, 我们取前 10 个载荷向量场 (占总方差的 74%) 进行了 REOF 分析。旋转后前 7 个向量场占总方差的 70%, 所以将甘肃省伏期降

水空间分布分为 7 个区，并在每个区中选取了一个代表站（如图 1 百分数为所占方差）

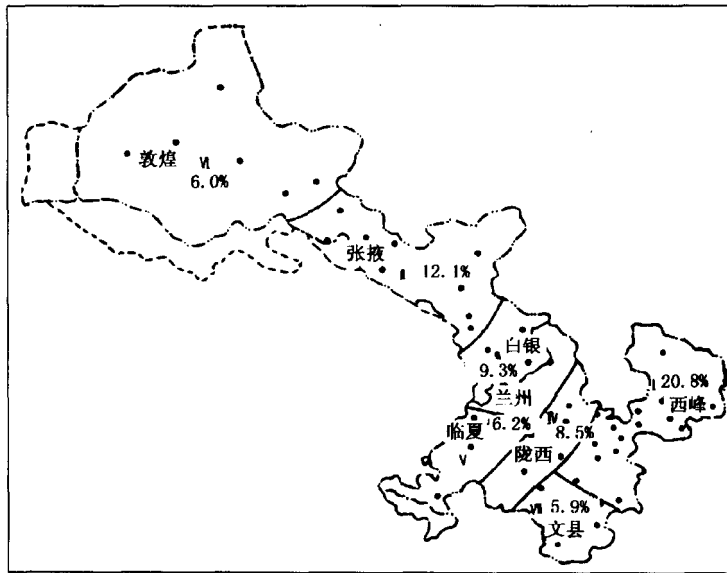


图 1 甘肃省伏期降水分区

3 伏旱强度指数

甘肃省的伏旱主要发生在黄河以东地区，影响较大的地区为陇东和陇南。旱段一般集中发生在 7 月中旬至 8 月中旬。伏旱不仅会影响到当年秋田作物的产量，而且会影响到冬小麦的播种和生长。

伏旱的划分是研究伏旱最基本的工作。以前人们对伏旱制定了许多有效的标准，对伏旱的研究起到了积极的作用。但是，有些标准比较繁琐，不利于普遍使用，有些标准又太简单，不能区分真正的伏旱。为此，我们设计了一个既能反映伏期降水多少，又能反映旱段长度，并且便于使用的伏旱强度指数。其公式如下：

$$F_i = A \times \frac{D_i}{41} + B \times \frac{R_{\max} - R_i}{R_{\max}} \quad (1)$$

D_i 代表第 i 年伏期最长旱段的持续天数；41 为伏期的天数（7 月 21 日至 8 月 20 日）； R_{\max} 代表伏期 4 个旬降水量之和的历史最大值（1951 ~ 1990 年）； R_i 为第 i 年伏期 4 旬降水量之和； A 和 B 为经验系数。

应该注意，伏期旱段的划分应随着伏期平均降水量的大小而取不同的标准。河西一般取 5mm 为标准，即日降水量小于 5mm 的持续天数为一早段，河东一般取 10mm 为标准。

为了保证 F 在 0.0 ~ 1.0 之间变化，我们这里取 A 和 B 均为 0.5。

4 伏旱强度指数与伏旱概率的联系

在概率预报中，通常把向公众发布的概率值分为 11 个等级，即 0.0、0.1、0.2、0.3、0.4、0.5、0.6、0.7、0.8、0.9、1.0。而我们前面算出的伏旱强度指数 F 也在 0.0 ~ 1.0 之间变化，所以可以把计算出的伏旱强度指数的值直接作为伏旱发生的概率值，而不用再建立一套概率预报方程。

对于上面给出的概率值的理解为： $F_i \leq 0.2$ ，认为伏旱不会发生； F_i 值为 $0.3 \sim 0.5$ 则认为有机会出现伏旱； F_i 值为 $0.6 \sim 0.7$ ，则认为有轻伏旱发生； $F_i > 0.7$ 时，则认为有重伏旱发生。

5 甘肃省伏期干旱的分析

用式(1)分别计算了甘肃省几个代表站自 1951 年以来的伏旱强度指数，图 2 和图 3 给出了兰州和天水两站的伏旱强度指数历史演变曲线。

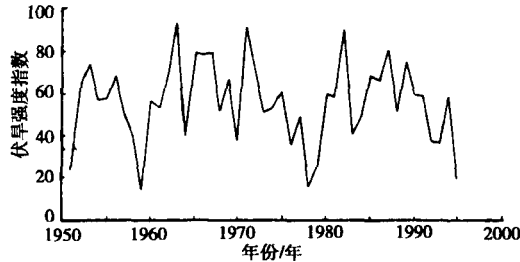


图 2 兰州伏旱强度指数

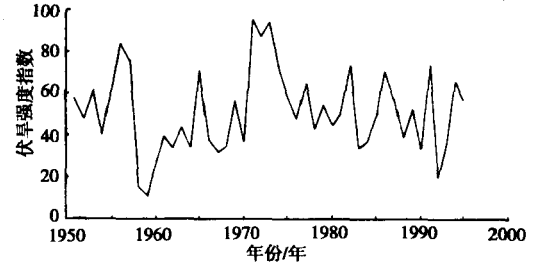


图 3 天水伏旱强度指数

从图 2 可以看出，1951~1995 年共 45 年中兰州地区重伏旱年共出现 8 次，分别为 1963、1965、1966、1967、1971、1972、1982、1987 年，轻旱年共出现 17 次。从图 3 可以看出，天水地区重旱年共出现 10 次，分别为 1956、1957、1965、1971、1972、1973、1974、1982、1986、1991 年，轻旱年共出现 13 次。兰州地区自 1951 年以来主要旱段出现在 1961~1973 年和 1981~1990 年，自 1991 年以来处于不旱时期。天水地区主要旱段出现在 1951~1957 年和 1970~1976 年，目前处于伏旱高发时期。

6 伏旱预报方程的建立

6.1 因子的选取

在实际应用中，预报因子的选取是一项非常重要的工作，它直接影响到预报效果的好坏。这里我们利用国家气候中心提供的 74 个环流特征量，以及单站的温度、降水历史资料来选取预报因子。为了提高预报时效，我们计算了前一年 8 月至当年 6 月共计 11 个月的 74 个特征量与当年伏旱强度指数的相关系数，另外还计算了前一年 1~12 月，当年 1~6 月共 18 个月每旬的平均温度和降水量与伏旱强度指数的相关系数。选取相关性较好的要素做为预报因子。下面列出兰州站相关系数通过 0.05 信度的因子（括号内为相关系数）：

兰州： X_1 ：当年 1 月份太阳黑子相对数（-0.36）， X_2 ：前一年 12 月份亚洲经向环流指数（0.35）， X_3 ：当年 5 月份太平洋副热带高压面积指数（-0.39）， X_4 ：前一年 12 月份东亚槽位置（-0.54）， X_5 ：前一年 11 月份东亚槽强度（-0.36）， X_6 ：前一年 12 月上旬温度（-0.38）， X_7 ：前一年 8 月上旬降水量（-0.51）。

6.2 预报方程的建立

将上面选出的因子作为入选因子，利用逐步回归分析的方法建立伏旱强度指数与预报因子的回归方程。这里给出兰州的伏旱强度指数 F_i 的预报方程：

$$\text{兰州: } F_i = 1.9838 - 0.0032X_3 - 0.0075X_4 - 0.0016X_5 - 0.0002X_7 \quad (2)$$

兰州站预报方程的复相关系数为 0.75。

我们还用多级逐步判别的方法，建立了伏旱等级与预报因子的判别函数，这里不再叙述。

7 伏旱概率预测的集成

为了提高伏旱概率预测的效果,我们不但考虑了由回归方程和判别函数得到的概率,而且考虑了太阳黑子相对数处于目前位相时历史上伏旱出现的概率,西太平洋副热带高压变化处于目前位相时历史上伏旱出现的概率,以及 ENSO 现象处于目前位相时历史上伏旱出现的概率,把以上各种方法得到的结果经过综合分析,最后得出一个合理的伏旱概率预测结果。

我们对 1996 年兰州站的伏旱进行了试验性预测。回归方程得到的值为 0.41,判别函数得到的值为 0.20;从 1995 年的情况分析,1996 年太阳黑子处于低值年份,而低值年份兰州出现伏旱的概率为 0.49;1996 年西太平洋副热带高压脊线位置应偏北,而副热带高压偏北时伏旱出现的概率为 0.64;从 1995 年末至 1996 年初海温变化的情况分析,1996 年夏季赤道东太平洋海温应以负距平为主,而此种情况下伏旱出现的概率为 0.63。综合以上得到的各种结果,最后取概率预测值为 0.46。而实际的 1996 年兰州站的伏旱强度指数为 0.32。从以上试验可看出,使用集成方法得到的伏旱概率预测结果比只单独使用某一种方法得到的结果效果要好。

集成预报的方法有很多,如权重法、回归法、神经网络法、模糊推理法等等。但是,人们最常用的方法还是权重法,其公式为:

$$Y = \sum_{j=1}^J \beta_j X_j \quad (4)$$

X_j 为第 j 种方法的预测结果, β_j 为权重系数,用下式可以求出:

$$\beta_j = S_j P_j / \sum_{j=1}^J S_j P_j$$

其中 S_j 为第 j 种预报方法的多年平均评分, P_j 为该方法的可信度因子。

在实际业务应用中,应该采用科学适用的集成方法,这样不仅可以避免综合决策中的主观因素,而且也可以对其结果进行检验,对各种因子、各种方法的权重大小进行修正,不断改进,不断提高。

8 伏旱概率预测的评分

在使用概率预测以后,如何评分,也是一个重要的问题。

我们设计了一个伏旱概率预测的 H 评分方法,公式如下:

$$H_i = \left(1 - \frac{|\tilde{F}_i - F_i|}{1 - H_c} \right) \times 100\% \quad (5)$$

式中 H_c 代表实况 F_i 所属伏旱等级的气候概率; \tilde{F}_i 为某次预测的概率值; F_i 为该次实况的伏旱强度指数。如果 H_i 小于 0 则取为 0 表示预报水平为 0, H_i 大于 0 的值,就直接表示预报水平。

如兰州站 1996 年的预测值 \tilde{F} 为 0.46, F_i 实况为 0.32, 气候概率 H_c 为 0.25 求得 H_i 为 81, 说明 1996 年伏旱的预测水平为 81%。

9 初步结论

使用概率预测,特别是使用集成概率预测,是短期气候预测发展的方向。通过对甘肃省河东的伏旱使用集成概率预测,效果明显好于使用单个方法的预测。这里设计的伏旱强度指数公

式和气候概率预测评分公式,有待进一步检验和完善。特别要强调的是,在实际应用中,选取的预报因子的好坏是预报成功与否的关键。前面建立的预报方程还不够完善,因为考虑的因素十分有限。在业务使用中,还应该考虑如海温、地温、积雪等对短期气候变化影响较大的强信号因子进入方程,随着数值预报的发展,也应该把模式的结果考虑进去。

参 考 文 献

- [1] 李维京,1996,国外短期气候趋势概率预测概况,气候通讯,(2)。
- [2] 高顺清等,1996,降水概率预测综述,黑龙江气象,(3)。
- [3] 周兵,1996,北京地区夏季降水概率预报业务应用研究,气象,22(1)

PROBABILITY FORECASTS OF SUMMER DROUGHT IN GANSU PROVINCE

DONG Anxiang, ZHANG Cunjie and LI Dongliang
(Meteorological Bureau of Gansu Province, Lanzhou 730020)

Abstract

Summer precipitation of Gansu Province is divided into seven regions by using EOF and REOF method, a representative station is selected in each region. An index of summer drought intensity is designed which indicates not only summer precipitation but also drought duration in summer. The index of summer drought intensity was combined with the summer drought probability. Summer drought probability forecast equations of representative stations were established by analyzing general circulation feature index and surface meteorological essential factors and using the method of stepwise regression analysis and stepwise discriminate analysis. The concept of assembly probability forecast is put forward. Moreover, a method evaluating summer drought probability forecasts is given.

Key Words summer drought, index of drought intensity, probability forecasts

影响西北地区东部春雨的物理因素初步分析*

董安祥

(甘肃省气象局, 兰州 730020)

摘 要

本文研究了西北地区东部春雨多寡的同期和前期环流特征。对影响西北地区东部春雨的物理因素进行了初步分析, 给出了西北地区东部春雨预测概念模型。

关键词 西北地区东部 春雨 物理因素

1 引 言

春季是由冬到夏的过渡季节, 冬夏环流特征兼而有之。春季环流的年际和同年同季不同时期的变化都是异常激烈的, 环流具有突变特征, 春雨的短期气候预测难度大。作者着眼于实际业务预报, 结合本人的研究成果, 分析影响西北地区东部春季干旱和多雨的诸多物理因素, 探讨了 500 hPa 环流特征、海平面气压场、东亚冬季风、海温、冬季冷暖、天文因素与西北地区东部春雨的关系, 制作了西北地区东部春雨预报的概念模型。上述初步分析, 对于制作春雨的短期气候预测提供了思路, 对于深入探讨它们的性能、成因及相互联系提供了一些有益的借鉴。

2 环 流 特 征

2.1 同期环流特征

我们以 4 月代表春季, 选取 1955、1962、1979、1986、1995 年共 5 年代表西北地区东部春干年, 选取 1960、1964、1970、1983、1990 年共 5 年代表西北地区东部春湿年。用 5 个干年的北半球 500 hPa 月平均高度场减去 5 个湿年的 500 hPa 月平均高度场, 得到差值图(图 1)。此外, 还制作了 500 hPa 春干年和春湿年月平均高度场距平图(图略)。

分析图 1 和有关图表看到, 春干年 500 hPa 极地出现大片正值区和正距平区, 仅欧州西北部为弱的小片负值区。负距平中心值仅为 -11gpm , 它表明春干年极涡偏弱, 偏向欧州西北部; 春湿年, 北极区大部为负距平, 负距平大值区位于加拿大北部, 中心位于 $75^{\circ}\text{N}, 80^{\circ}\text{W}$ 最低值为 -54gpm 。它表明春湿年极涡强, 且伸向北美州北部。春干年东亚大槽深, 图 1 有大片负值区, 最低值为 -54gpm , 干年负距平最低值为 -33gpm 。从中亚到乌拉尔山东侧为大片正值区, 它表明春干年, 中亚到乌拉尔山东侧为一强大的高压脊, 春湿年刚好相反。为了分析春干年东亚大槽深的原因, 我们对北半球中纬度 (40°N) 500 hPa 高度场进行了谐波分析(表 1)。

从表 1 中看出, 东亚大槽为中纬度 2、3、4 波迭加而形成, 春干年 2 波和 4 波强, 春湿年 2 波和 4 波弱, 从而造成春干年东亚大槽深, 春湿年东亚大槽浅。

为了分析低纬南支槽与春雨的关系, 我们用下式计算南支槽强度。

$$\Delta H = (H_1 + H_2)/2 - H_3 \quad (1)$$

* 本文初次发表在《气候通讯》2000 年 3 期。

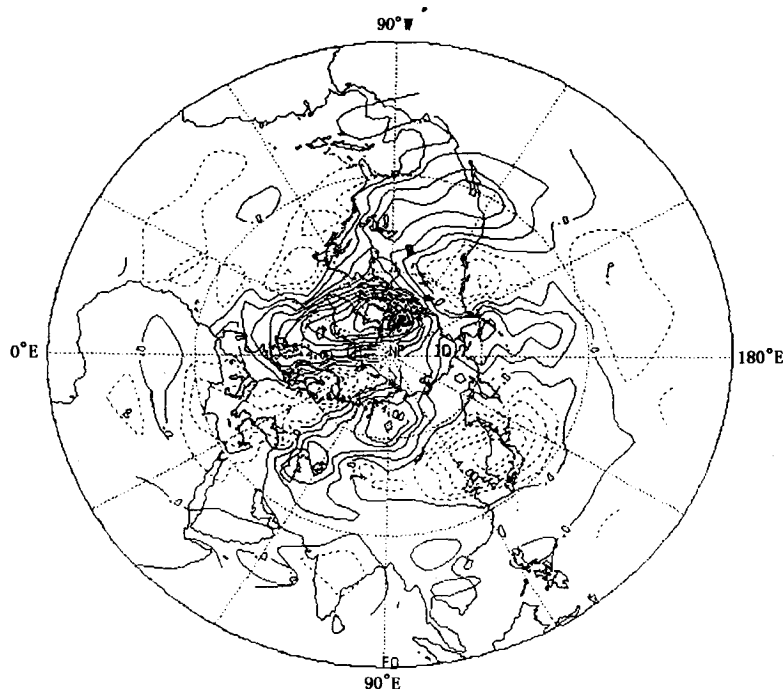


图1 春季(4月)北半球500 hPa干湿年合成差异场(单位: dagpm)

上式中 H_1 为 $15\sim 25^{\circ}\text{N}, 60\sim 80^{\circ}\text{E}$ 中 9 个格点高度平均值。 H_2 为 $15\sim 25^{\circ}\text{N}, 110\sim 130^{\circ}\text{E}$ 中 9 个格点高度平均值。 H_3 为 $15\sim 25^{\circ}\text{N}, 90\sim 100^{\circ}\text{E}$ 中 6 个格点高度平均值。 ΔH 为南支槽强度。经过计算, 干年南支槽平均强度为 9gpm , 多雨年南支槽平均强度为 16gpm 。干年南支槽线。湿年南支槽深。

表1 500 hPa 40°N 纬圈高度场谐波分析

	波数	方差贡献(%)	振幅(gpm)	脊线位置($^{\circ}\text{E}$)	槽线位置($^{\circ}\text{E}$)
春干年	2波	19.0	21	69.4	145.2
	3波	51.6	35	84.6	141.6
	4波	14.9	19	75.6	120.4
	综合	85.5	75	76.5	135.7
春湿年	2波	3.8	9	45.1	135.1
	3波	65.4	38	83.8	143.8
	4波	5.5	11	71.7	116.7
	综合	74.7	58	66.9	131.9

根据上述分析, 春干年, 极涡弱, 并且伸向欧州西北部, 东亚大槽深, 南支槽浅, 中纬度二、四波强而稳定。多雨时, 极涡强且伸向加拿大北部, 东亚大槽浅, 南支槽深。二、四波弱, 因此春干年的环流形势类似于冬季环流形势。我们可以把它简称为“一深、二浅、二四波强”。

上述干湿年的特征在 47 年中是否存在呢? 为此, 我们计算了 1951~1997 年春季(4月)北半球 500 hPa 高度场与西北地区东部春季(4月)雨量的相关系数(图略)。最强的相关区位于东亚大槽, 中心值达到 0.64, 远远超过 0.001 信度值(0.46)。其次是极区, 除欧州西北部外, 均为负相关区, 中心位于白令海峡, 反相关系数低达 -0.45 , 接近 0.001 信度值。在南亚南支槽区

有小片负相关区，相关系数为 -0.33 信度超过 0.05 水平(0.29)。从中亚到乌拉尔东侧有一片负相关区。上述特点与图 1 一致。这就说明典型干湿年平均场环流差异在 47 年中确实存在，它反映了西北地区东部春季干湿年同期环流特征。

采用与分析 500 hPa 高度场相同的方法，分析了海平面气压场，得到北半球海平面气压场干湿年合成差异场(图 2)以及干年和湿年平均气压场距平图(图略)。从图 2 中看出，亚洲大陆基本为正值区，位于贝加尔湖东北部的正中心值为 3.2 hPa 太平洋为负值区 位于太平洋中部负中心值为 -2.8 hPa。其表明春旱年蒙古高压依然强盛，冬季风继续盛行。在干年合成距平图上发现，千岛群岛为一片负距平，中心为 -1.7 hPa，它表明春干年阿留申低压依然存在，但位置偏东，位于千岛群岛附近。蒙古高压和阿留申低压都是冬季大气活动中心，春干年，这两个系统仍然存在，其表明春干年海平面气压场形势类似于冬季。春干年低纬度太平洋为负距平区，它表明夏季大气活动中心——太平洋副热带高压偏弱，因此，低纬度春干年与夏季气压形势场相差甚远。另外，我们计算了 1951~1997 年春季(4 月)北半球海平面气压场与西北地区东部春季(4 月)雨量的相关系数(图略)，经分析，证实上述结论是正确的。

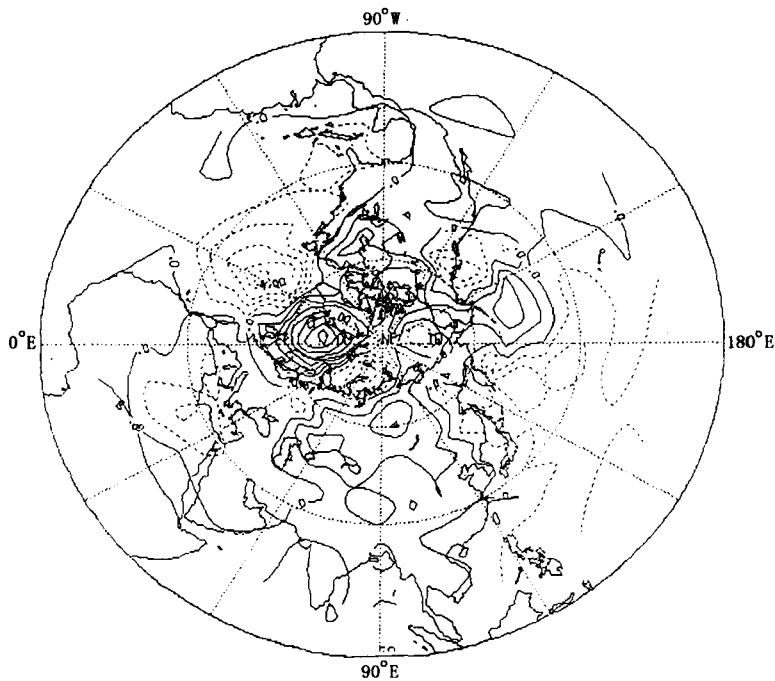


图 2 春季(4 月)北半球海平面气压干湿年合成差异场(单位:hPa)

2.2 前期环流特征

为了分析春雨与前期环流的相关，我们计算了 47 年春雨与同期到前 14 个月 500 hPa 北半球高度场的格点相关系数，统计信度 ≥ 0.05 的点数(表 2)，发现除同期相关好外，3 月与前一年 2 月，4 月与前一年 3 月，5 月与前一年 5 月相关很高，即春雨与前一年同期 500 hPa 高度场形势相关密切。此外，3、4 月与前一年 6、7 月相关也不错，这是时间上的遥相关。北半球海平面气压场也有与上述类似现象，为了寻找前期环流特征，我们制作了春雨干湿年(4 月)前期(前一年 3 月)500 hPa 北半球高度场差值图(图 3)，干年、湿年距平图和相关系数图(图略)，可以看出 春干年时 在前一年 3 月 500 hPa 图上，极涡位于东西伯利亚；从中亚到西西伯利亚

为大片正值区，正值中心位于乌拉尔山东侧，高达 82gpm，它表明乌拉尔山高压脊强大；从中纬度东亚沿海到阿留申群岛为大片负值区，东亚大槽深且偏东，位于 150°E 附近。在低纬度亚洲和西南太平洋为正值区，西太平洋副热带高压呈带状分布，且脊点位置偏西。春湿年，极涡中心位于北美洲的巴芬岛，中亚到乌拉尔山为槽区，东亚大槽浅，低纬度亚洲和西南太平洋高度场偏低，西太平洋副热带高压偏弱，偏东。

表 2 春雨与 500 hPa 高度场相关系数信度 ≥ 0.05 的点数

同月	前 1 月	前 2 月	前 3 月	前 4 月	前 5 月	前 6 月	前 7 月	前 8 月	前 9 月	前 10 月	前 11 月	前 12 月	前 13 月	前 14 月	
3 月	126	23	6	28	29	21	27	25	20	40	33	40	26	65	49
4 月	85	21	1	10	27	20	12	30	18	44	4	25	39	85	61
5 月	41	86	10	38	4	14	15	23	7	14	22	29	67	22	5

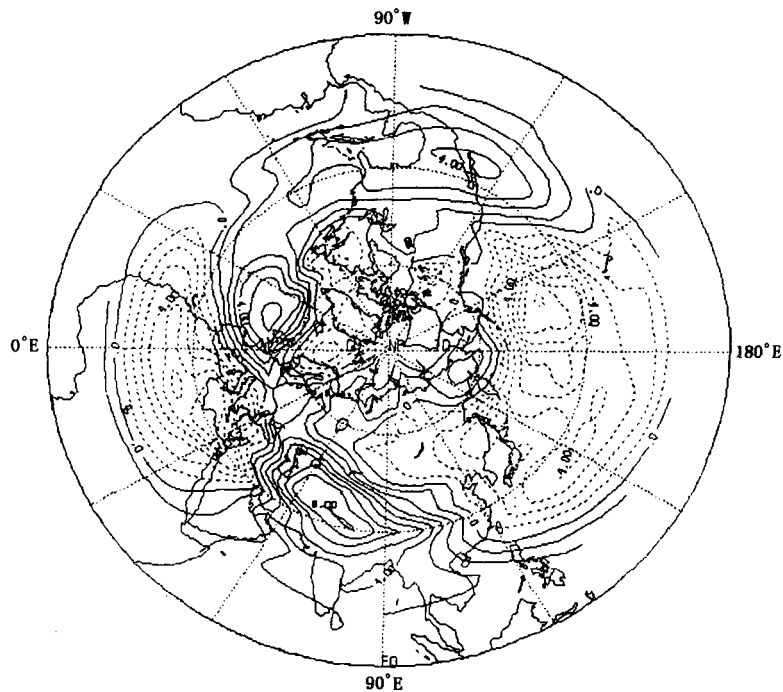


图 3 春季(4月)前期(上年3月)北半球 500 hPa 干湿年合成差异场
(单位:dagpm)

3 天文因素

3.1 月亮章动与春雨

月亮对大气的引潮力最大。月亮相对于地球的位置发生改变，引潮力随之变化，大气环流也会发生变化，造成降水重新分布。月亮章动可分成 19 个位相 m 为最小年， M 为最大年，依次为 $m, m+1, m+2, m+3, m+4, M-4, \dots, M, \dots, M+5, m-4, \dots, m-1$ 。春雨分为 3 级 湿年、正常年和干年。