

新疆北部雨季降水对 ENSO 的响应

魏 香 陈菊英

(中国气象科学研究院,北京 100081)

提 要

分析研究了新疆北部地区近 50 年(1951~2000 年)全年各月降水的气候分布特征和各季降水的年际变化规律,重点揭示了北疆多雨季节(4~7 月)及各月降水量对赤道东太平洋的海温 SST 和南方涛动指数 SOI 的显著响应关系,并用前期 SST 和 SOI 作为预报因子,建立了北疆地区雨季降水量的预报方程。该方程对北疆地区雨季降水量的长期预报有重要的应用价值。

关键词: 雨季降水 ENSO 响应关系

引 言

在过去的几十年中,国内外气象专家在 ENSO 对中国中东部降水与旱涝的影响方面研究比较多,70 年代,陈烈庭^[1]提出了赤道东太平洋海温是通过赤道地区的平均纬圈环流、105~130°E 的平均经圈环流这一重要环节影响江淮流域汛期降水的。80 年代,史久恩等^[2]、李麦村等^[3]分别研究了厄尼诺事件及赤道东太平洋海温与我国汛期降水的关系。符淙斌^[4]研究了 ENSO 的年际变化及其对长江流域梅雨的影响关系。80 年代中期至 90 年代,陈菊英等^[5~12]也作了大量关于 ENSO 与我国汛期旱涝的关系研究,但上述研究重点都放在了 ENSO 与我国中东部降水和汛期旱涝的关系上,对西部的研究较少。今天西部开发已成为我国一项伟大国策,陈菊英又在《西部大开发:气象科技与可持续发展学术研讨会》论文集中发表了“1951~2000 年厄尔尼诺和拉尼娜对中国西部汛期旱涝影响”一文,该文统计分析了中国西部地区 8 个区域的旱涝对 ENSO 的响应关系,结果表明我国西部一些地区的降水对 ENSO 事件的响应关系也较显著。

1 新疆北部雨季降水的气候分布特征

文中所用降水量资料,赤道东太平洋海温和南方涛动指数资料,均来自国家气象中心。

北疆地区位于我国西北角,深居内陆,东南海洋上的水汽很难进入该地,受夏季季风环流的影响较小,盛行干旱和半干旱的大陆性气候。由于天山阻挡,北疆地区的冷空气活动比南疆频繁,山区冰雪资源丰富,山高坡陡,河流集水快,到雨季,积雪大量融化,若遇较大雨量之年常会发生洪水,危及人民生命财产。1996 年 7 月的特大洪水即属此类型,1999 年 7 月中旬至 8 月上旬发生的历史罕见的大洪水也属此类型。融雪、径流量加大是发生洪水的基础条件,而大雨是导致洪水的直接原因,因此研究北疆地区雨季降雨量的变化特征和预报方法对该地区的防汛抗旱具有极其重要的意义。

从北疆地区 5 站(阿勒泰、塔城、乌苏、伊宁、乌鲁木齐)平均的 50 年(1951~2000 年)平均全年各月降雨雪量(统称为降水量)分布情况(如图 1 所示)来看,一般没有明显的降水集中期和干旱期。比较而言,4~7 月为降

水量的相对集中期,故本文把4~7月称为北疆地区的雨季,1951~2000年的50年平均4、5、6、7月降水量分别为24、27、26、25mm,1月和2月最少,仅有12mm,各月降水量差别不是很大。月降水量极大值为69mm(1998年5月),月降水量最少只有1mm,且在全年各月均出现过月降水量仅有几毫米的情况。

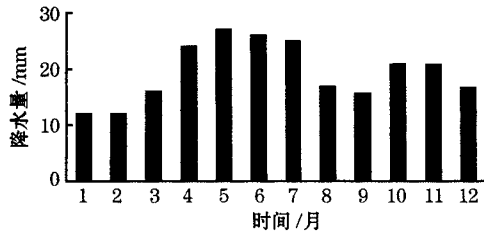


图1 近50年(1951~2000年)北疆地区(5站平均)逐月降水量

雨季(4~7月),常年值为102mm,极大值为199mm(1998年),极小值为23mm(1962年、1991年),最大年际振幅为176mm。

4~7月降水总量超过常年值的年份占全部年份(50年,下同)的44%,逊常年份占56%。从5站平均全年降水总量的年际分布来看,50年代、80年代后期至90年代末为相对多雨雪时期,60年代前期和70年代中期至80年代中期为相对少雨雪时期。50年代和90年代年降水总量高于常年值的年份分别占到了78%、73%,60年代、70年代、80年代年降水总量低于常年值的年份均占到了70%。虽然雨季的降水总量(102mm)只占到了全年降水总量(236mm)的43%,但由全年降水总量与雨季降水总量对比可以看出,两者的变化趋势极其相似,50年的距平趋势相关概率有88%,相关系数达0.90。由此可以说北疆地区的雨季(4~7月)降水量的趋势,基本上反映了年降水总量的趋势。

2 北疆地区月季降水量对厄尼诺事件的响应关系

文献[13]指出,在1951~2000年期间发生了12个厄尔尼诺事件,其开始和结束年月及其强度如表1^[13]所示。经统计分析北疆地区月季降水量对厄尼诺事件的响应关系,得

到如下几点结果:

(1)在12个厄尔尼诺事件开始年,有92%的年份北疆地区雨季降水量较常年同期偏少。

(2)在12个厄尔尼诺事件开始年的次年,有75%的年份雨季降水量较常年同期偏多。

(3)在10个厄尼诺事件结束年(不包括1953年和1976年,这两年既是开始年又是结束年),有60%的年份4~7月降水量较常年同期偏多。

由以上分析结果表明,厄尔尼诺事件对北疆地区汛期降水和旱涝的影响是明显的。

表1 1951~2000年期间厄尔尼诺事件的起讫年、月持续长度和强度

1951~2000年厄尔尼诺事件评定结果			
开始年月	结束年月	持续月数	强度指数
1951.08	1952.02	7	10.9
1953.04	1953.11	8	10.9
1957.03	1958.06	16	22.2
1963.07	1964.02	8	11.2
1965.04	1966.03	12	24.0
1968.10	1970.02	17	21.7
1972.06	1973.03	10	22.6
1976.06	1976.10	5	8.2
1982.08	1983.08	13	40.8
1986.11	1988.03	17	37.4
1991.03	1995.08	54	89.2
1997.03	1998.05	15	52.1

3 北疆地区雨季(4~7月)降水对逐月SST和SOI的响应关系

分析了新疆北部雨季降水对赤道东太平洋逐月SST的明显响应关系。

3.1 北疆地区雨季降水对赤道东太平洋SST的响应关系

北疆地区5月降水量与上一年7月至同年3月的赤道东太平洋(5°N~5°S,180°E~90°W)SST的相关都很显著,50年(1951~2000年,下同)相关系数为0.52~0.60,置信水平都超过了0.001;7月降水量与上一年4月至同年4月SST的50年相关系数为0.41~0.52,相关信度均超过0.01和0.001。而4月和6月的相关则不显著;雨季降水量与前期SST的高相关月份是上一年7月至同年3月,相关系数稳定在0.49~0.56,9个月

的相关置信水平都过了 0.001。我们选取 1951~2000 年中降水大于 300mm(偏多三成以上)的 6 年(1958、1966、1987、1988、1993、1998 年)和小于 65mm(偏少四到五成)进行对比分析。在 6 个年降水量最多的 6 年中,4~7 月降水量也正是最多的 6 年(均偏多四成以上),将这 6 个多雨雪年的上一年的 7~12 月的赤道东太平洋海温距平(SSTA)合成,其分布特征如图 2 所示,在赤道东太平洋地区(5°N~5°S, 180~90°W)大范围内均为正的 SSTA 区,中心最大值达 1.4℃,而在西北太平洋地区是大范围的负 SSTA 区,中心最小值达 -0.8℃ 以下。另外,选取年降水量小于 65mm(偏少四到五成)的 6 年(1962、1965、1974、1989、1991、1997 年),同样将这 6 个少雨雪年的下半年 7~12 月的 SSTA 合成,其分布特征如图 3 所示,基本上与多雨雪年相反,在赤道东太平洋地区(5°N~5°S, 180~90°W)大范围为负的 SSTA 区,中心最小值达 -1.2℃。由此也说明了北疆地区雨季降水对上一年下半年赤道东太平洋 SST 的响应关系非常明显。同时由图 2、3 还可看出,北疆地区雨季降水量的多少,与上一年下半年北太平洋西风漂流区海温存在反相关的响应关系,上一年 7~12 月西风漂流区海温越偏低,次年 4~7 月降水量越偏多,反之亦然。

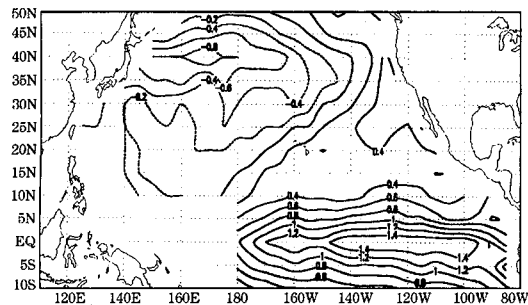


图 2 北疆地区 6 个多雨年的上一年(1957、1965、1986、1987、1992、1997)的后半年(7~12 月) SSTA 合成分布图

3.2 北疆地区雨季降水对南方涛动指数 SOI 的响应关系

北疆地区雨季降水与同年 1 月、2 月的

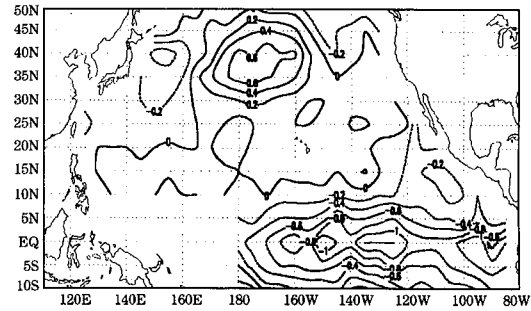


图 3 北疆地区 6 个少雨年的上一年(1961、1964、1973、1988、1990、1996)的后半年(7~12 月) SSTA 合成分布图

南方涛动指数 SOI 有显著的负相关关系,相关系数分别为 -0.53、-0.43,相关概率均为 72%,信度接近和超过了 0.001,与上一年 5 月、8 月的相关系数也有 -0.48、-0.42。

3.3 预报方程的建立

由以上分析可知,赤道东太平洋海温 SST 和南方涛动指数 SOI 与北疆地区(5 站平均)雨季 4~7 月降水量有着较好的相关关系,因此 SST 和 SOI 对北疆地区 4~7 月降水量有很好的预报指示意义。将上一年 7~12 月的赤道东太平洋 SST 值和同年 1 月的 SOI 作为预报因子,求得北疆地区 4~7 月降水量回归预报方程为:

$$Y_{4-7} = -382.311 - 1.225x_1 + 2.654x_2 + 1.095x_3 + 2.666x_4 - 2.244x_5 - 1.092x_6 - 1.221x_7$$

式中 x_1 、 x_2 、 x_3 、 x_4 、 x_5 和 x_6 分别是上一年 7、8、9、10、11 和 12 月 NINO 3 区(5°N~5°S, 180°~90°W)的月平均 SST, x_7 为同年 1 月 SOI。由回归方程计算出来的 1952~1997 年的北疆地区 4~7 月降水量的预报值 (Y_{4-7})与实测值(R_{4-7})的 46 年复相关系数为 0.59。 Y_{4-7} 与实际值的拟合曲线如图 4 所示。对 1998~2000 年进行试报,1998 年 $Y_{4-7} = 146\text{mm}$ (是 Y_{4-7} 的极大值), $R_{4-7} = 199\text{mm}$ (是 R_{4-7} 的极大值),1999 年 Y_{4-7} 与 R_{4-7} 也只有 18mm 的误差,2000 年 $Y_{4-7} = 88\text{mm}$, $R_{4-7} = 93\text{mm}$,误差只有 5mm,3 年的趋势预报基本都正确。

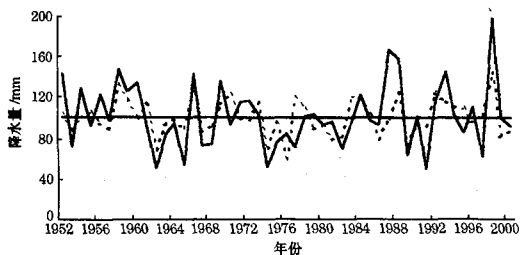


图4 北疆地区(5站平均)4~7月降水量与预报值的拟合曲线

实线:实况值 虚线:拟合值

4 北疆雨季(4~7月)降水的前期大气环流遥相关因子的分析

4.1 北疆雨季旱涝与前期极涡和副高的关系

在对北疆雨季前期的环流因子的调查中发现,上一年12月的北半球(0°~360°)极涡强度指数、前期1月的西太平洋(110°~180°E)副高强度指数和西伸脊点、2月的北半球(5°~360°E)副高强度指数、3月北非大西洋北美(110°W~60°E)副高强度指数与雨季降水都有很好的相关关系,相关系数分别为0.47、0.52、-0.48、0.49和0.56,信度水平都达到了0.001,对雨季降水的多少有很好的指示意义。

4.2 北疆雨季旱涝的前期遥相关高度因子的分析

在前期1~3月500hPa高度距平场上(图略),北疆地区雨季的6个多雨年在北美大部、欧洲中北部、乌拉尔山、日本海至北太平洋这4个主要地区呈+ - + -分布趋势,6个少雨年为- + - +分布趋势,正好相反。取出4个遥相关区,分别为北美中东部(50~60°N、60°~80°W)、欧洲北部(50~60°N、10~30°E)、乌拉尔地区(50~60°N、50~70°E)、太平洋北部(50~60°N、150~170°W)。将4个遥相关区的高度场求平均,得到4个区的平均高度值。

4.3 预报方程的建立

在以上分析的因子中,选取北疆雨季上一年12月的北半球极涡强度指数、前期1月

的西太平洋副高强度指数和西伸脊点、2月的北半球副高强度指数、3月北非大西洋北美副高强度指数、1~3月的北美中东部的500hPa高度和太平洋北部500hPa高度共7个为预报因子。将这7个因子与北疆地区雨季降水量求回归得到如下预报方程:

$$Y_{4-7} = -89.504 + 0.622x_1 + 0.481x_2 - 0.214x_3 - 0.784x_4 + 1.04x_5 + 0.227x_6 - 0.153x_7$$

由回归方程计算出来的1952~1997年北疆地区4~7月降水量的预报值(Y_{4-7})与实测值(R_{4-7})的46年距平趋势复相关系数达0.75,拟合情况良好。 Y_{4-7} 与实际值的拟合曲线如图5所示。从1998年到2000年的试报情况来看,1998年的 $Y_{4-7} = 142\text{mm}$, $R_{4-7} = 199\text{mm}$,1999年的 $Y_{4-7} = 101\text{mm}$, $R_{4-7} = 101\text{mm}$,2000年的 $Y_{4-7} = 96\text{mm}$, $R_{4-7} = 93\text{mm}$,预报效果都比较好。这一方程的建立,对北疆地区雨季(4~7月)降水量的预报具有一定的参考价值。

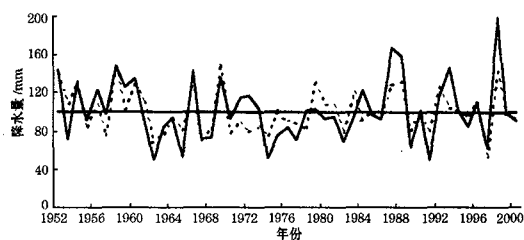


图5 北疆地区雨季(4~7月)降水量与前期1~3月大气环流遥相关因子的回归值的拟合曲线图

实线:实际值 虚线:拟合值

5 北疆雨季降水量综合预报物理模型的建立

以上两个预报方程都有一定的预报功能,但也有各自的不足之处,而且两个预报方程对不少年份的试报意见也发生了矛盾。为了合理处理和综合两个预报方程的预报意见,我们将两个预报方程得到的拟合值进行客观综合和处理,得到北疆雨季降水量综合预报物理模型。模型将降水分成明显少雨、

正常偏少、正常或偏多、一般偏多、明显多雨 5 个分区,5 个分区的总分离率达到了 82% (40/49),特别是明显少雨区和明显多雨区的分离率达到了 95% (19/20)。模型点聚图如图 6 所示。

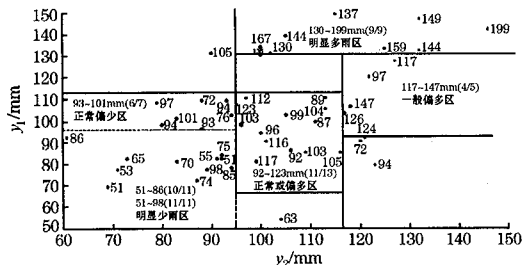


图 6 北疆地区雨季(4~7月)降水量的大气环流预报因子拟合值(Y_1)和 SST、SOI 预报因子拟合值(Y_2)的复相关点聚图

这个预报物理模型在北疆地区雨季(4~7月)旱涝的预报中,有较高的应用价值。我们只要根据每年的大气环流因子、海温预报因子计算出回归值,再根据 Y_1 和 Y_2 的回归值找到预报年的落区后,就可以对预报年的雨季旱涝作出判别分析和预报。

6 结论

通过本文的分析和研究得到如下几点结论:

(1)北疆雨季(4~7月)各月降水量的近 50 年(1951~2000 年)平均值都不足 30mm,4~7 月各月有 24~27 mm,10~11 月平均有 21mm,其余各月只有 12~17mm。

(2)北疆雨季(4~7月)降水量与年降水量的 50 年相关系数达 0.90,有 88% 的年份雨季(4~7月)降水量与年降水总量距平趋势一致。

(3)北疆雨季(4~7月)降水量和夏季(6~8月)降水量对上一年 4 月至同年 4 月的赤道东太平洋 SST 有持续显著响应关系,其中两者相关关系最显著的是上一年 7 月至同年 3 月 SST 对同年 4~7 月降水量或上一年 7~10 月和同年 1~3 月 SST 对同年 6~8 月降水量。雨季降水量对上一年 5 月至同年 4 月南方涛动指数 SOI 也有一定的响应关系,

最高相关系数是同年 1 月 SOI 与 4~7 月降水量和 5 月降水量。

(4)上一年 12 月的北半球极涡强度指数、前期 1 月的西太平洋副高强度指数和西伸脊点、2 月的北半球副高强度指数、3 月北非、大西洋、北美副高强度指数等对雨季降水预报具有明显的前兆意义。

(5)研究得到的北疆地区雨季(4~7月)降水量的综合预报物理模型,对 R_{4-7} 的综合预报功能比 Y_1 或 Y_2 单独预报明显提高,分等级的综合预报概率也有明显提高。

参考文献

- 1 陈烈庭. 东太平洋赤道地区海水温度异常对热带大气环流及我国汛期降水的影响. 大气科学, 1977, 1(1): 1~12.
- 2 史久恩, 林学椿等. 厄尼诺现象和我国夏季(6~8月)降水、气温的关系. 气象, 1983, 9(4): 2~5.
- 3 李麦村, 吴仪芳, 黄嘉佑. 中国东部季风降水与赤道东太平洋海温的关系. 大气科学, 1987, 11(3): 365~371.
- 4 符淙斌. 厄尼诺/南方涛动现象与年际气候变化. 大气科学, 1987, 11(2): 209~220.
- 5 陈菊英著. 中国旱涝的分析和长期预报研究. 北京: 农业出版社, 1991: 166~177.
- 6 陈菊英等著. 海滦河流域汛期旱涝规律成因和预测方法研究. 北京: 气象出版社, 1991: 60~73.
- 7 巢纪平. 厄尼诺和南方涛动动力学. 北京: 气象出版社, 1993.
- 8 陈菊英, Wasył Drosdowsky Neville Nicholls. 中国汛期区域旱涝与 ENSO 事件的遥相关研究. 中央民族大学学报(自然科学版), 1995, 4(1): 41~50.
- 9 刘永强, 丁一汇. ENSO 事件对我国季节降水和温度的影响. 大气科学, 1995, 11(3): 200~208.
- 10 陈菊英, 张清. 1951~1995 年中国夏季不同雨带类型对同期气温和 ENSO 的响应关系研究, 短期气候变化特征成因和预测物理方法研究. 北京: 气象出版社, 1996: 1~18.
- 11 邹力, 倪允琪. ENSO 对亚洲夏季风异常和我国夏季降水的影响. 热带气象学报, 1997, 13(4): 306~314.
- 12 金祖辉, 陶诗言. ENSO 循环与中国东部地区夏季和冬季降水关系的研究. 大气科学, 1999, 23(6): 663~671.
- 13 陈菊英, 王玉红, 王文. 近 50 年来 ENSO 的冷暖事件评定及其对夏季雨型的滞后效应, 汛期旱涝预测方法研究. 北京: 气象出版社, 2000: 109~113.

Response of the Rainy Season Precipitation in Northern Xinjiang to ENSO Event

Wei Xiang Chen Juying

(Chinese Academy of Meteorological Sciences, Beijing 100081)

Abstract

The climatic distribution features of the monthly precipitation and the annual variation of the seasonal precipitation from 1951 to 2000 in the Northern Xinjiang are analyzed. And the obvious response of the precipitation of the rainy season (AMJJ) and the monthly precipitation in the Northern Xinjiang (average for 5 stations) to SST over the equatorial eastern Pacific and to southern oscillation index (SOI) are revealed emphatically. Furthermore, by using SST and SOI in the previous period as the predictors, the predictive equation of precipitation during the rainy season in the Northern Xinjiang is set up. The equation has the great application value for the long-range forecast of the rainy season precipitation in the region.

Key Words: rainy season precipitation ENSO response

① 本文得到广西自然科学基金(桂科自 0135040)项目资助