

程玉琴, 张少文, 徐玉强. 赤峰地区夏季干旱强度预测方法研究[J]. 气象, 2010, 36(1): 49-53.

赤峰地区夏季干旱强度预测方法研究

程玉琴 张少文 徐玉强

内蒙古赤峰市气象局, 赤峰 024000

提 要: 夏季副高偏弱、位置偏南、中纬度盛行纬向环流以及冷涡活动偏少造成干旱的主要环流特征。选用冬季亚洲地区环流指数、北半球极涡位置以及夏季降水的气候特征这三组预报因子, 采用赤峰地区 10 个旗县站 1959—2000 年夏季(6—8 月)平均降水量资料, 依据当地的气候特点把干旱强度划分为轻度干旱和重度干旱, 通过三组因子逐级订正的方法预报干旱强度。经过 2001—2007 年 7 年的实际应用, 证实了该方法对于干旱强度具有一定的预测能力。

关键词: 环流特征, 干旱强度, 逐级订正

Study on the Forecasting Method of Drought Intensity over Chifeng, Inner Mongolia in Summer

CHENG Yuqin ZHANG Shaowen XU Yuqiang

Chifeng Meteorological Office of Inner Mongolia, Chifeng 024000

Abstract: The main circulation patterns of the drought can be concluded as follows: the subtropical high weakening and its position northward shifted compared to normal, the mid-latitude zonal circulation prevailing and Mongolia cold vortex scanty. Using the Asian circulation index, the northern polar vortex position and climatic characteristics of summer precipitation, based on the data of summer (June to August) precipitation from 1959 to 2000 at 10 meteorological stations in Chifeng, according to local climatic characteristics, the drought intensity was divided into two grades of slight drought and severe drought, and then by the stepwise correcting method, the drought intensity is predicted by use of the above three series of factors. Results verify that the method has the definite ability of forecasting summer drought intensity through the practical utilization from 2001 to 2007.

Key words: circulation patterns, drought intensity, stepwise correcting

引 言

赤峰地区位于 $41^{\circ}17'10'' \sim 45^{\circ}24'15''$ N, $116^{\circ}21'07'' \sim 120^{\circ}58'52''$ E, 面积 9 万多平方千米, 属于干旱、半干旱气候区, 年降水量平均 390 mm, 且 70% 集中于夏季。由于夏季降水时空分布不均, 导致夏季干旱频发, 是粮食大幅度减产的主要自然灾害。随着气候变暖^[1-2], 干旱发生的频率呈增加趋势^[3]。不少气象学者对华北地区的旱涝规律和环流

特征做过很多研究^[4-6], 丁一汇等^[7]指出不论是严重的洪涝还是干旱, 其发生的大尺度背景都存在非常相似的特征, 东亚地区大陆性暖高压的盛行和低纬水汽输送的异常偏东是华北地区干旱的大尺度环流背景。在此干旱的大尺度环流背景下, 本文着重分析影响赤峰地区夏季干旱的天气系统和环流特征。应用数值化的环流特征量, 选择若干个预测因子, 然后依据各预测因子对干旱的实际预测能力的大小依次进行逐级订正, 建立赤峰地区夏季有无干旱和干旱强度的预测方法。实际应用效果说明, 该预测思

路应用在夏季干旱的短期气候预测中是可行的。

1 资料和方法

1.1 资料

选用赤峰市 10 个旗县站夏季平均降水量,其历年平均值(1971—2000 年)为 280 mm。资料时段为 1959—2007 年,其中 1959—2000 年共 42 年的资料用于拟合分析,2001—2007 年共 7 年的资料用于试报。

根据当地实际的气候特点,把夏季干旱分成 1 级特大干旱、2 级重度干旱和 3 级轻度干旱、4 级以上不旱。对应的降水量 R 分别为:1 级, $R < 140$ mm;2 级, $140 \text{ mm} \leq R < 224$ mm;3 级, $224 \text{ mm} \leq R < 280$ mm;4 级, $280 \text{ mm} \leq R < 337$ mm;5 级, $337 \text{ mm} \leq R < 421$ mm;6 级, $R \geq 421$ mm。干旱强度等级用 J 表示。

经统计,42 年间共出现 21 次干旱,频率为 50%,其中重度干旱 9 年,轻度干旱 12 年,特大干旱没有出现过。

1.2 方法

1.2.1 夏季干旱的环流特征

为了突出干旱的环流特征,对比分析与夏季降水天气过程关系密切的西太平洋副高(简称副高)、蒙古冷涡(简称冷涡)和经、纬向环流指数的旱、涝年差异。

(1) 干旱年的副高环流特征。统计结果表明,旱年副高强度比涝年平均偏弱 21,面积指数偏弱 7,脊线位置偏南 1 度,西伸脊点偏东 4 个经度。当副高偏西、强度指数及面积指数偏强时,西南气流将南方的暖湿空气向北输送,在 40°N 附近与上游槽或冷涡等系统引导下的冷空气相汇合,是造成赤峰地区强降水的主要环流形势。相反副高位置偏南,不利于水汽向北输送,造成少雨。这与专家的研究结论一致^[8-9]。

(2) 干旱年的冷涡活动特征。冷涡是影响夏季降水的又一主要天气系统,70%的降水天气过程受冷涡影响(或参与影响),降水量占整个季节的 3/4 之多^[10-11]。使用 1980—1993 年 6—8 月中央台印发的历史天气图资料,分析了夏季重度干旱年和 5 级(含 5 级)以上的不旱年冷涡活动差异。结果表明,重度干旱年不仅冷涡活动次数少(平均 6 次/年),而

且冷涡影响天数也少(15 天/年),每次冷涡持续影响天数少于 3 天,且多无雨冷涡。不旱年的情况与此相反,冷涡活动次数平均 13 次/年,冷涡影响天数平均 28 天/年,每次冷涡持续影响天数在 3 天或以上,最长达 10 天。以上说明重度干旱年冷涡活动次数明显偏少,强度偏弱。

(3) 干旱年的环流指数特征。夏季盛行经向环流,有利于南方的暖湿空气和北方的干冷空气交汇,形成降水。如果纬向环流盛行,则不利于夏季降水^[12-13]。应用 500 hPa 格点资料计算了 1980—1993 年中纬度($35^\circ \sim 50^\circ\text{N}$)地区环流指数,统计结果表明:重度干旱年夏季纬向环流指数平均 238,比不旱年 229 偏强了 9;经向环流指数平均 119,比不旱年 128 偏弱了 9。说明纬向环流偏强,经向环流偏弱,不利于夏季降水,易造成干旱。

1.2.2 夏季干旱的气候特点

赤峰地区夏季降水的气候特征是存在明显的阶段性^[14-18]。夏季降水处于干段,旱年的概率达 $19/21 \approx 90.5\%$;处于湿段,不旱年的概率达 $19/26 \approx 73.1\%$ 。干、湿段分布及特征如下:

1959—1969 年:湿段,持续时间 11 年,其中 7 年不旱,4 年旱,平均距平 22 mm。

1970—1983 年:干段,持续时间 14 年,其中 2 年不旱,12 年旱,平均距平 -29 mm。

1984—1998 年:湿段,持续时间 15 年,其中 12 年不旱,3 年旱,平均距平 24 mm。

1999—:进入又一个相对干段。

前 3 个干、湿段的平均周期为 13 年,所以第 2 个干段自 1999 年应到 2011 年左右结束,目前及未来几年仍处在干段,出现干旱的概率大。

1.2.3 预报因子选取及干旱预测

影响赤峰地区夏季干旱的环流因子很多^[19]。统计分析结果表明,冬季环流特征能够在一定程度上反映出夏季环流形势的特点。冬季纬向环流偏强,经向环流偏弱,到夏季则转为纬向环流偏弱,经向环流偏强,有利于夏季降水,否则不利于夏季降水;当 1 月份北半球极涡中心纬度偏南时,夏季冷涡活动偏多,造成降水偏多,否则降水偏少。据此选择 1 月份北半球极涡纬度、冬季亚洲地区环流指数和气候因素共三组预测因子,通过逐级订正方法预报干旱强度。

1.2.3.1 第一组因子 X_1

X_1 是 1 月份北半球极涡中心纬度,与夏季降水

相关系数为-0.6。把 X_1 从南向北分成五档,见表 1。随着极涡纬度增加,干旱强度及发生频数成增强趋势。极涡在 65°N 以南时以不早为主,只出现 1 次轻度干旱;极涡在 $66^\circ\sim 74^\circ\text{N}$ 时以轻度干旱和不早为主,其中出现 2 次重度干旱和 4 次轻度干旱;极涡在 75°N 以北时以重度干旱和轻度干旱为主,其中出现 7 次重度干旱和 6 次轻度干旱。

表 1 1 月份极涡纬度和赤峰地区夏季干旱等级频数

Table 1 Polar vortex in January and the drought grade of summer in Chifeng region

极涡纬度	频数	J_1	2 级频数	3 级频数	4 级频数	5 级频数
60°N 以南	4	3~5	0	1	0	3
$60^\circ\sim 65^\circ\text{N}$	5	3~5	0	0	3	2
$66^\circ\sim 74^\circ\text{N}$	14	2~5	2	4	7	1
$75^\circ\sim 80^\circ\text{N}$	14	2~5	4	7	4	1
80°N 以北	3	2	3	0	0	0

X_1 各档中虽然出现干旱频率不同,但对应的实况干旱等级跨度较大,如 X_1 在 60°N 以南时, J_1 在 3~5 级范围; X_1 在 $66^\circ\sim 74^\circ\text{N}$ 时, J_1 在 2~5 级范围。由于 X_1 预报干旱等级跨度大,无法确定具体干旱等级,属于模糊区,因此需要用第二组因子对其进行订正,以达到缩小干旱等级范围的目的。

1.2.3.2 第二组因子 X_2

以亚洲地区冬季环流指数作为第二组因子 X_2 对第一组因子的预测结论 J_1 进行订正。

第二组因子 X_2 由三个特征量指数组成。

I_Z : 亚洲地区冬季平均纬向环流指数距平,与夏季降水相关系数为 0.4。

I_M : 亚洲地区冬季平均经向环流指数距平,与夏季降水相关系数为-0.4。

为了分析纬向环流和经向环流的相对强弱,引入指数 I_{ZM} 。

$I_{ZM} = (\text{冬季纬向环流指数} - \text{冬季经向环流指数}) / \text{冬季经向环流指数}$, I_{ZM} 与夏季降水相关系数 0.5。

X_2 订正指标: 当 $I_Z \geq 100$ 或者 $I_{ZM} \geq 1.45$ 时, X_2 预报夏季不早; 当满足 $I_Z \geq 15$ 并且 $I_M \leq -8$ 并且 $I_{ZM} \geq 0.9$ 时, X_2 预报夏季不早; 当满足 $I_Z < 15$ 并且 $I_M > -8$ 并且 $I_{ZM} < 0.9$ 时, X_2 预报夏季干旱; 不满足以上条件时, X_2 预报夏季降水处在旱与不早的模糊区。

X_2 对 X_1 的预报结论 J_1 的订正结果用 J_2 表示,具体订正结果见表 2(表 2 中的排序是按照极涡纬度从南向北排列的,表中空白处表示不早,不用继

续订正)。

X_2 订正方法: ① X_1 在 60°N 以南: 如果 X_2 预报不早或者在模糊区,订正结果 J_2 为不早; 如果 X_2 预报早,订正为 3 级轻度干旱。可见极涡在 60°N 以南的 4 年中,1977 年由订正前的 3~5 级被订正为 3 级,其他三年被订正为不早,与实况一致。② X_1 在 $60^\circ\sim 65^\circ\text{N}$: 如果 X_2 预报不早,订正结果 J_2 为不早; 如果在模糊区,订正为 3~4 级; 如果 X_2 预报早,订正为 3 级,轻度干旱。订正后,1962 年、1979 年和 1991 年订正为不早,1963 年和 1994 年订正为 3~4 级。③ X_1 在 $66^\circ\sim 74^\circ\text{N}$: 如果 X_2 预报不早,订正结果 J_2 为不早; 如果 X_2 预报在模糊区或者早,订正为 3~4 级。这样就由订正前的 2~5 级范围被订正为不早或者 3~4 级,缩小了干旱等级预报范围。④ X_1 在 $75^\circ\sim 80^\circ\text{N}$: 如果 X_2 预报不早或者模糊区,订正结果 J_2 为 3~4 级; 如果预报早,订正为 2~3 级。同样由订正前的 2~5 级范围被订正为 3~4 级或者 2~3 级。⑤ X_1 在 80°N 以北: 降水量与 X_2 无关,不需要继续订正,都是 2 级,重度干旱。

X_2 订正效果分析: 通过 X_2 订正后,虽然排除了一些不早的年份,缩小了干旱等级范围,但是仍然存在轻度干旱与不早(3~4 级)以及轻度干旱与重度干旱(2~3 级)的模糊区,这就需要应用气候因素 X_3 进一步对 J_2 订正。

1.2.3.3 第三组因子 X_3

X_3 是夏季降水的干湿段分布,用 X_3 对 J_2 进行订正,结果用 J_3 表示。

X_3 订正方法: 如果 X_3 位于干段,在 J_2 的模糊区中,干旱等级为 3~4 级的订正为 3 级,轻度干旱,2~3 级的订正为 2 级,重度干旱; 如果 X_3 位于湿段,则分别订正为 4 级不早和 3 级轻度干旱; 如果 J_2 不是模糊区就不用继续订正了。见表 2 中的 J_3 。

1.2.4 订正后的干旱拟合效果分析

1959—2000 年 42 年中,9 年重度干旱预报拟合率为 6/9,其中 1980 年、1972 年、和 1968 年是重度干旱年,预报是轻度干旱,趋势正确,干旱没有空漏报。12 年轻度干旱预报拟合率为 9/12,其中 1961 年、1997 年是轻度干旱年,预报结论不早,漏报 2 年; 1974 年不早,预报轻度干旱,空报 1 年。

2 2001—2007 年干旱强度预测方法应用效果检验

自 2001 年开始,赤峰地区夏季降水一直是负距

表 2 1959—2000 年夏季干旱等级实况、各因子值以及逐级订正结果

Table 2 Factual drought grades, variables and stepwise revisal results for summer seasons from 1959 to 2000

年份	R/mm	J	X_1	J_1	X_2	J_2	X_3	J_3	I_Z	I_M	I_{ZM}
1959	418	5	52	3~5	不早	不早			116	6	1.30
1977	229	3	52	3~5	旱	3		3	-119	4	0.45
1969	399	5	55	3~5	不早	不早			40	-28	1.31
1985	378	5	55	3~5	模糊区	不早			-62	-17	0.80
1994	308	4	60	4~5	模糊区	3~4	湿段	不早	99	26	1.09
1962	332	4	65	4~5	不早	不早			26	-28	1.25
1963	314	4	65	4~5	模糊区	3~4	湿段	不早	39	-1	1.07
1979	356	5	65	4~5	不早	不早			188	-15	1.78
1991	340	5	65	4~5	不早	不早			62	-55	1.71
1965	307	4	68	2~5	模糊区	3~4	湿段	不早	24	5	0.97
1976	269	3	69	2~5	模糊区	3~4	干段	3	21	15	0.89
1975	258	3	70	2~5	模糊区	3~4	干段	3	-43	-21	0.91
1980	187	2	70	2~5	旱	3~4	干段	3	-15	31	0.67
1983	277	3	70	2~5	旱	3~4	干段	3	13	20	0.83
1984	318	4	70	2~5	旱	3~4	湿段	不早	-83	13	0.53
1996	305	4	70	2~5	模糊区	3~4	湿段	不早	18	-5	1.03
1998	367	5	70	2~5	不早	不早			133	3	1.39
1974	309	4	71	2~5	模糊区	3~4	干段	3	-14	-8	0.92
1972	218	2	72	2~5	模糊区	3~4	干段	3	34	-1	1.05
1961	250	3	73	2~5	旱	3~4	湿段	不早	-6	10	0.83
1966	320	4	73	2~5	不早	不早			144	30	1.21
1986	310	4	73	2~5	旱	3~4	湿段	不早	-79	-4	0.65
1990	329	4	73	2~5	不早	不早			47	-37	1.43
1973	249	3	75	2~5	不早	3~4	干段	3	70	-20	1.36
1987	305	4	75	2~5	模糊区	3~4	湿段	不早	63	-13	1.26
1995	285	4	75	2~5	模糊区	3~4	湿段	不早	5	-12	1.03
1999	203	2	75	2~5	旱	2~3	干段	2	13	7	0.92
2000	219	2	75	2~5	旱	2~3	干段	2	-22	6	0.79
1960	238	3	76	2~5	模糊区	3~4	湿段	不早	4	-14	1.04
1967	249	3	77	2~5	旱	2~3	湿段	3	-41	41	0.53
1971	260	3	77	2~5	模糊区	3~4	干段	3	-7	-30	1.13
1982	221	2	77	2~5	旱	2~3	干段	2	-18	34	0.64
1992	287	4	77	2~5	不早	3~4	湿段	不早	30	-25	1.24
1993	418	5	77	2~5	不早	3~4	湿段	不早	72	-29	1.46
1968	147	2	78	2~5	旱	2~3	湿段	3	-183	28	0.11
1970	265	3	78	2~5	旱	2~3	干段	2	-136	29	0.27
1978	237	3	78	2~5	模糊区	3~4	干段	3	43	15	0.97
1964	302	4	80	2~5	不早	3~4	湿段	不早	28	-8	1.09
1997	253	3	80	2~5	模糊区	3~4	湿段	不早	49	-7	1.16
1988	173	2	82	2		2		2	10	14	0.86
1981	180	2	85	2		2		2	-75	-12	0.71
1989	153	2	85	2		2		2	53	-20	1.29

平,干旱严重。干旱预报工具应用效果见表 3。如 2001 年,第一组因子 1 月份极涡纬度 X_1 是 $75^\circ N$, 预测夏季干旱等级 J_1 为 2~5 级;第二组因子 X_2 预测夏季干旱等级在模糊区,按照订正方法将 J_1 订正为 J_2 的 3~4 级;第三组因子 X_3 位于干段,因此将 J_2 订正为 J_3 的 3 级轻度干旱。2001 年夏季降水实况 247 mm,3 级,轻度干旱。预测结论与实况

一致。2002—2007 年逐级订正过程同理。

分析实况干旱强度等级 J 与干旱预测结论 J_3 得出,5 年轻度干旱预测准确率 4/5,其中 2003 年预测错误,漏报。2 年重度干旱中,2006 年预测正确,2007 年预测为轻度干旱,干旱趋势正确。7 年中干旱趋势(轻度干旱和重度干旱)预测准确率 6/7,漏报 1 年,无空报。

表 3 2001—2007 年夏季干旱等级试报效果表

Table 3 The tested effects of summer drought grades from 2001 to 2007

年份	R/mm	J	X_1	J_1	X_2	J_2	X_3	J_3	I_Z	I_M	I_{ZM}
2001	247	3	75	2~5	模糊区	3~4	干段	3	-43	-15	0.86
2002	260	3	65	3~5	模糊区	3~4	干段	3	78	-7	1.28
2003	260	3	75	2~5	不早	4	干段	不早	65	-11	1.25
2004	261	3	75	2~5	模糊区	3~4	干段	3	24	-3	1.03
2005	273	3	65	3~5	模糊区	3~4	干段	3	-71	-17	0.76
2006	208	2	75	2~5	旱	2~3	干段	2	-117	18	0.38
2007	200	2	80	2~5	模糊区	3~4	干段	3	81	-1	1.23

3 小结

(1) 造成赤峰地区夏季干旱的主要环流特点是副高偏南、冷涡活动偏少及中纬度盛行纬向环流;(2) 夏季降水呈现干、湿段交替变化特点,干旱主要发生在干段;(3) 选择三组预报因子进行逐级订正后,消除了模糊区,旱与不早以及干旱强度较为清晰。经过 7 年的业务应用,效果很好。

参考文献

- [1] Chen Longxun, Shao Yongning, Dong min. Preliminary analysis of climatic variation during the last 39 year in China[J]. Adv. Atmos. Sci., 1991, 8: 279-288.
- [2] 丁一汇,戴晓苏. 中国近百年来的温度变化[J]. 气象, 1994, 20(12): 19-26.
- [3] 尤莉,张少文,杨军,等. 赤峰地区气候变暖对极端天气气候事件的影响[J]. 气象, 2005, 31: 28-31.
- [4] 黄荣辉,李崇银,王绍武,等. 我国旱涝重大气候灾害及其形成机理研究[M]. 北京:气象出版社,2003,11.
- [5] 黄荣辉,周连童. 我国重大气候灾害特征、形成机理和预测研究. 自然灾害学报[J], 2002, 11(1): 1-9.
- [6] 赵振国. 中国夏季旱涝及环境场[M]. 北京:气象出版社, 2000, 106.
- [7] 丁一汇,孙颖,李跃凤,等. 20 世纪 90 年代东亚严重旱涝事件

的大尺度条件分析. 我国旱涝重大气候灾害及其形成机理研究[M]. 北京:气象出版社,2003,11:260-275.

- [8] 金荣花,陈涛,鲍媛媛,等. 2007 海温和大气环流异常及对我国气候的影响[J]. 气象, 2008, 4: 107-112.
- [9] 何敏,李小泉. 热带环流异常与我国夏季降水分布的关系[J]. 应用气象学报, 1992, 3(2): 181-189.
- [10] 李小泉,章少卿. 北半球极涡从冬到夏演变的初步分析[C]. 长期天气预报论文集,北京:海洋出版社,1992,44-46.
- [11] 丁玉中,罗孝逞. 夏季蒙古冷涡特征及降水[J]. 内蒙古气象, 1992. 5. 10-13.
- [12] 张庆云,陶诗言. 亚洲中高纬度环流对东亚夏季降水的影响[J]. 气象学报, 1998, 56(2): 199-211.
- [13] 王智娟,周顺武,杨双艳,等. 山西省夏季旱涝的大气环流异常分析[J]. 气象, 2008, 9: 104-111.
- [14] 李崇银. 气候动力学引论[M]. 北京:气象出版社, 2000, 18-23.
- [15] 陈隆勋,朱文琴,王文,等. 中国近 45 年来气候变化的研究[J]. 气象学报, 1998, 56(3): 257-271.
- [16] 林学椿,于淑秋. 近 40 年我国气候趋势[J]. 气象, 1990, 16(10): 16-21.
- [17] 陈小丽,吴慧. 海南岛近 42 年气候变化特征[J]. 气象, 2004, 30(8): 27-30.
- [18] 赵春雨,刘勤明,李晶. 辽宁省近 48 年来气候变化研究[J]. 气象, 2000, 26(5): 32-35.
- [19] 马青霞,格日勒,王星辰. 2004 年内蒙古东部农区异常干旱影响因子分析[J]. 内蒙古气象, 2005, 31: 65-68.