

黄河上游月径流量与海温的关系研究

葛朝霞,王会容

(河海大学水资源环境学院,江苏 南京 210098)

摘要 采用相关、回归分析的方法,对黄河上游月径流量与全球海温的关系进行了分析,揭示了不同海区的海温对月径流量的影响,寻找出关键区和关键时段,建立了 1~12 月径流量的预报方程,对其模拟和预报结果进行了分析,研究表明,海温是影响黄河上游月径流量的重要因子。
关键词 黄河上游;海温;回归分析;月径流量
中图分类号 :TV124 **文献标识码** :A **文章编号** :1000-198X(2003)06-0605-04

以兰州为界的黄河上游地区,流域面积约 22 万 km²,约占黄河全长的 30%,但年平均水量却占黄河总水量的 60%。该流域月径流量的丰枯,不仅影响到其干流上刘家峡、龙羊峡等大型水电站的水资源管理和水量调度,对中下游两岸的防洪抗旱也有重要影响。因此,研究该地区月径流量的丰枯意义十分重大。径流主要是由降水形成的,而降水量多少与大气环流的异常密切相关,影响大气环流的因子很多,其中海温的影响越来越引起人们的关注。许多研究已经表明,海温异常对长江、黄河流域的旱涝有显著的影响^[1]。对于小范围海温与黄河流域降水的关系也有过一些研究^[2],但就黄河流域某一确定地区的径流量与全球海温之间的关系研究得不多。本文详细分析了全球 11 个海区的海温与黄河上游地区径流量的相关关系,较全面了解了海温对该地区径流量影响的关键时段和关键区,利用逐步回归的方法建立了海温与月径流量之间的回归方程,并对模拟和预报结果进行了详细分析。

1 资料、资料处理与方法

1.1 资料

1954~1989 年全球海温资料,网格距为 5°×5°。黄河上游 5 站是唐乃亥、红旗、折桥、享堂、民和,1951~1997 年月径流量。

1.2 资料处理

为了解全球各大洋不同部位对黄河上游月径流量的影响,考虑到洋流的特性,将大洋分为 11 个海区,详情见文献[3]。利用黄河上游 5 个具有代表性的水文站提供的月径流量资料,计算平均值,用以代表黄河上游地区的月径流量。

1.3 方法

逐月计算径流量与各大海区海温序列的同期及超前相关系数^[4]。取信度 $\alpha = 0.05$ 进行相关显著性检验。采用 t 检验^[4]。用逐步回归的方法,建立黄河上游 1~12 月的月径流量预报方程。

2 相关分析

2.1 同期相关

相关计算结果表明,几乎各月(除 5 月)的月径流量与海温都具有一定的相关关系。除 3、8 月,其它月份的相关都超过了 0.05 的信度。不同的月份相关显著的海区各不相同,1 月的月径流量与南印度洋海温的相关系数为 -0.398,2 月与黑潮洋流区海温相关系数为 -0.36,3 月与黑潮、北印度洋流区相关系数分别为 -0.338, -0.333,4 月与大西洋东南部海温相关系数达 -0.422,6 月与南印度洋洋流区海温的相关系数为

收稿日期 2003-05-12
基金项目 国家自然科学基金重点资助项目(40233037)
作者简介 葛朝霞(1954—),女,江苏溧水人,副教授,主要从事水文气象研究。

+0.371, 7月与亲潮区海温相关系数为-0.363, 8月、9月与北大西洋、黑潮洋流区的海温的相关系数分别为+0.329, -0.382, 10月与大西洋东南部海温相关系数为-0.388, 11月与北赤道、加利福尼亚、赤道东太平洋、北印度洋洋流区海温的相关系数为-0.383, -0.358, -0.469, -0.493, 12月与黑潮、北印度洋洋流区海温的相关系数分别是-0.358, -0.419. 由此可见, 海温与黄河上游地区的月径流量的关系是十分密切的, 可以作为预报因子.

2.2 超前相关

作为预报因子, 超前才有价值. 为此, 计算了比月径流量序列超前1~12月的相关系数. 结果表明, 11个海区的前期海温与黄河下游月径流量都有较高(信度大于0.05)的相关关系, 说明前期海温确实是影响黄河上游月径流量的重要因子之一. 但与不同月份径流量相关密切的海区和超前的月份各不相同. 1~3月主要的相关海区为北印度洋和大西洋东南部: 1月的径流量与上年3~8月, 10月大西洋东南部的海温负相关, 与上年3、4, 10~12月北印度洋的海温也呈负相关; 2月与上年4, 10~12月北印度洋的海温负相关, 与前一个月南印度洋海温负相关, 与上年4、5, 10月大西洋东南部的海温负相关; 3月与上年6月的北赤道洋流的中西段海温正相关, 与当年2月、上年11月北印度洋的海温负相关, 与上年7, 10月大西洋东南部海温负相关. 4月主要相关区在大西洋的北部和南部: 与上年6、7月大西洋北部海温正相关, 与上年4, 10, 11月大西洋南部负相关. 5月主要的相关区在北赤道洋流的中西段, 与上年的6、7月该海区海温呈正相关. 6月相关的海区较多, 相对集中在南、北印度洋和亲潮海区: 与上年6~8, 10月南印度洋海温正相关, 与上年7~9月北印度洋海温也是正相关, 与当年2月及上年6、9, 12月亲潮区海温负相关, 与大西洋的中偏北部及东南部呈正相关. 7月相关的海区只有两个: 与当年3月北赤道洋流中西段、4月北印度洋洋流区海温负相关. 8月只与当年2, 3、5月大西洋东南部海温有正相关. 9月主要相关海区在北印度洋和大西洋东南部: 与当年4、7、8月北印度洋洋流区的海温负相关, 与当年3~8月大西洋东南部海温也呈负相关. 10月主要相关的海区为北赤道、加利福尼亚、北印度洋流区和大西洋东南部: 与当年8、9月北赤道、7和9月加利福尼亚、4和6月北印度洋流区以及4和5月大西洋东南部的海温都为负相关. 11月主要相关海区有5个: 分别与当年8和9月北赤道、7和9月加利福尼亚洋流、9和10月赤道东太平洋、4和10月北印度洋以及4、5和10月大西洋东南部海区的海温呈负相关. 12月主要相关区为赤道东太平洋、北印度洋和大西洋东南部洋流区: 与当年9, 11月赤道东太平洋海温负相关, 与4, 11月北印度洋和4、5月大西洋东南部洋流区的海温也呈负相关.

2.3 主要结论

- a. 黄河上游月径流量与海温关系密切, 可以很方便地利用前期关键海区、关键时段的海温做后期各月径流量的预报.
- b. 主要关键区是北印度洋和大西洋东南部洋流区. 特别是前者, 除8月外所有月份的径流量都与之关系密切. 除5、7两月外, 其它月份的径流量与大西洋东南部洋流区的海温都有相关.
- c. 除6月份外, 其它月份的径流量与上述两个关键区海温都呈负相关, 表明海温偏高(低)时, 月径流量将偏少(多).
- d. 关键时段因月而异: 一季度各月为提前1~10个月; 4月份为提前6~12月; 5月份主要提前10~12月; 6月的关键时段与相关的海区有关, 亲潮区提前5~6月, 黑潮区提前4~12月, 北印度洋区提前10~12月, 南印度洋区提前8~12月, 大西洋中偏北部提前11~12月, 大西洋东南部提前3~5月; 7月份提前3、4个月; 8月份提前3~6月; 9~12月份的关键时段大约为1~8月.
- e. 资料显示, 各月同期相关和超前相关的海区并不相同, 说明海温影响月径流量过程的复杂性, 其中应包括不同海区之间的相互作用、海洋与大气的相互作用, 其机理还有待于更深入的研究.

3 回归分析

有研究表明^[5], 用海温作大范围降水趋势预报, 效果是明显的. 鉴于降水与径流量的关系, 用逐步回归的方法分别建立了海温与1~12月的月径流量间的预报方程, 详见表1. 表中 X_i 为预报因子. 其中除5、9月份通过 $\alpha=0.1$ 的F检验外, 其余月份均通过了 $\alpha=0.05$ 的F检验. 方程中相应的因子由表2所示. 表中, 因子编号原则如下: 前2位代表海区(十位缺时, 不用符号表示), 后2位代表月份(十位缺时, 用零表示. 如大于或等于预报月份数, 则表示上年的资料).

表 1 月径流量预报方程

Table 1 Equations for monthly runoff forecast

月份	回归方程
1	$Y_1 = 262.87 - 15.46X_1 + 30.25X_2 - 19.13X_3 - 11.83X_4 - 5.75X_5 + 18.83X_6 - 6.58X_7 + 8.92X_8$
2	$Y_2 = 761.25 - 27.20X_1 - 7.55X_2 + 6.21X_3$
3	$Y_3 = 254.34 - 27.14X_1 + 20.49X_2$
4	$Y_4 = -1851.68 - 53.24X_1 + 23.69X_2 + 45.46X_3 + 88.05X_4 + 24.66X_5 - 15.00X_6 + 18.70X_7 - 19.78X_8$
5	$Y_5 = -1908.51 - 243.75X_1 - 65.40X_2 + 152.66X_3 + 148.32X_4 + 69.87X_5 - 118.27X_6 + 68.97X_7 + 163.08X_8$
6	$Y_6 = -8602.89 - 55.58X_1 - 137.22X_2 + 193.57X_3 - 138.51X_4 + 271.25X_5 - 88.04X_6 + 160.74X_7 + 103.79X_8$
7	$Y_7 = -7506.33 - 269.07X_1 + 571.06X_2 - 594.22X_3 + 173.85X_4 + 489.49X_5 - 206.72X_6 + 244.94X_7 - 136.00X_8$
8	$Y_8 = 620.09 - 205.00X_1 + 324.55X_2 - 445.31X_3 + 320.42X_4 + 107.87X_5 + 160.91X_6 - 178.14X_7 - 68.40X_8$
9	$Y_9 = 12274.42 - 349.65X_1 + 204.66X_2 - 434.99X_3 + 341.96X_4 + 179.84X_5 - 196.11X_6 - 197.63X_7$
10	$Y_{10} = -4317.49 - 242.82X_1 + 860.41X_2 - 120.89X_3 + 246.85X_4 + 237.31X_5 - 131.65X_6 - 91.20X_7 - 351.13X_8 - 145.78X_9$
11	$Y_{11} = 1921.97 - 17.74X_1 - 55.51X_2 - 81.68X_3 + 85.53X_4 + 78.08X_5 - 73.12X_6 - 12.38X_7 + 24.96X_8$
12	$Y_{12} = 1026.48 - 32.45X_1 + 9.92X_2 - 35.90X_3 - 38.46X_4 - 12.24X_5 + 40.56X_6 + 19.99X_7 + 16.77X_8$

表 2 挑选预报因子

Table 2 Selected factors for forecast

月份	因 子								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1105	1001	301	712	209	907	203	306	
2	711	207	1101						
3	711	709							
4	1104	907	506	809	204	211	906	702	
5	103	207	907	101	311	1007	903	1001	
6	201	704	708	103	805	712	405	501	
7	704	804	801	806	109	103	602	810	
8	1103	708	1009	1007	206	1111	710	204	
9	1105	1111	301	309	812	611	110		
10	1104	1001	301	1006	506	110	811	1012	1004
11	609	1105	301	1006	311	310	205	211	
12	1105	1112	301	711	908	1006	1109	304	

用 1955 ~ 1989 年的资料对回归方程的预报效果进行模拟 ,其结果见表 3。除 6 月份外 ,误差小于 30% 的概率(误差 < 30% 年数占总年数的百分数)均大于 83% ,可见模拟效果好。为了检验用海温作因子的预报效果 ,用 1955 ~ 1987 年资料建立了逐步回归方程 ,对 1988(表略)和 1989 年的月径流量进行了预报。结果分析表明 ,误差小于 30% 的月份占 63%。表 4 给出了 1989 年各月的预报结果 ,可见相对误差小于 30% 的月份占 75% ,

表 3 各月误差统计

Table 3 Error statistics for each month

月份	最大误差	最小误差	平均误差	误差 < 20% 概率	误差 < 30% 概率
1	15.32	- 0.02	0.39	100	100
2	24.98	0.15	1.23	90.32	100
3	26.82	0.15	1.56	87.1	100
4	- 23.79	- 0.09	0.94	90.32	100
5	80.78	- 0.44	3.38	70.97	87.1
6	- 57.77	- 1.48	- 1.74	64.52	74.19
7	- 61.39	0.41	1.51	67.74	83.87
8	77.1	0.79	1.06	77.42	93.55
9	93.19	1.18	3.99	77.42	83.87
10	- 46.28	1.98	0.66	77.42	93.55
11	42.22	0.93	2.4	87.1	90.32
12	- 21.98	- 0.16	0.21	96.77	100

表 4 月径流量预报结果

Table 4 Predicted result of monthly runoff

月份	实测值 ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)	预报值 ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)	绝对误差 ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)	相对误差 /%
1	55	38.6	- 16.4	- 29.8
2	53	61.8	8.8	16.6
3	81	52.6	- 28.4	- 35.1
4	135	103.8	- 31.2	- 23.1
5	267	438	171	64.0
6	596	515	- 81	- 13.6
7	669	737	68	10.2
8	536	160	- 376	- 70.1
9	516	496	- 20	- 3.9
10	331	394	63	19.0
11	186	202	16	8.6
12	101	88.5	- 12.5	- 12.4

精度还是比较高的,这也正说明了海温因子的重要性.当然也有少数月份的预报精度较差,因为影响月径流量的因子是很复杂的,毕竟方程中只考虑了海温一个因子.要进一步提高预报精度,在方程中应该增加其他相关显著的因子,无疑海温应该是其中的一个重要的、必不可少的因子.

4 结 语

研究证明,黄河上游的月径流量与海温关系十分密切,海温应该是黄河上游月径流量预报的重要因子之一.不同月份相关显著的关键海区 and 关键时段不同,可分别建立预报方程.但要进一步提高预报精度,还需考虑其它因子的作用.今后,要进一步考察其它因子与该区月径流量的相关关系,在预报方程中引入其它因子,不断提高预报精度,并尽快将研究成果应用到生产实践中去.

参考文献:

- [1] 叶笃正,黄荣辉.长江黄河流域旱涝规律和成因研究[M].山东:山东科学技术出版社,1996.222—258.
- [2] 黄荣辉,李维京.夏季热带西太平洋上空的热源异常东亚上空副热带高压影响及其物理机制[J].大气科学,1988(特刊):107—117.
- [3] 葛朝霞.黄河下游降水与海温的关系[J].河海大学学报(自然科学版),2001,29(4):19—22.
- [4] 魏凤英.现代气候统计诊断与预测技术[M].北京:气象出版社,1999.20—36.
- [5] 会议技术小组.第4次长江流域中长期水文气象预报讨论会技术小组[A].中长期水文气象预报文集(第1集)[C].北京:水利电力出版社,1978.1—7.

Relationship between sea-surface temperature (SST) and monthly runoff of upper Yellow River

GE Zhao-xia , WANG Hui-rong

(College of Water Resources and Environment , Hohai Univ. , Nanjing 210098 , China)

Abstract :By use of the correlation and regression methods , an analysis is made of the relationship between the monthly runoff and global sea-surface temperature . The influences of SST of different sea areas on the monthly runoff are revealed , and the key regions and phases are searched . Furthermore , regression equations of monthly runoff from January to December are developed , and the simulated and predicted results by the equations are analyzed . The research shows that SST is an important factor affecting the monthly runoff of the upper Yellow River .

Key words :upper Yellow River ; sea-surface temperature ; regression analysis ; monthly runoff