

黄河上游地区降水对水资源的影响

时兴合 张国胜 唐红玉 李林 汪青春

(青海省气象局, 西宁 810001)

提 要

利用 1959~1997 年黄河上游地区降水、流量资料, 用 EOF、REOF、功率谱、趋势分析等数理统计预报方法, 分析黄河上游地区降水与流量之间关系及降水变化趋势, 并用逐步回归、最优子集回归方法建立流量预测的最优评估模型。

关键词: 黄河上游 降水与流量 水资源 评估模型

引 言

黄河上游地区(指龙羊峡以上)流域面积约 $13 \times 10^4 \text{ km}^2$, 约占整个黄河流域面积的 $1/5$, 年平均来水总量约为 $214 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。但 1989 年以后, 黄河上游地区龙羊峡水库入库水量持续偏枯。黄河上游区段的缺水, 严重制约着黄河下游各省区工农牧业生产的快速发展。因此, 对黄河上游地区径流产生、演变规律的研究、水资源的合理应用研究等, 显得极有价值, 更具有现实意义。

1 资料和方法

利用黄河上游地区 1959~1997 年 1~12 月份降水(单位: mm)、流量(单位 m^3/s) 序列资料, 采用 REOF 方法对 5、7、9 月份单站降水序列资料进行标准化处理, 计算站点之间相关系数 $R_{ij} (i, j=1, \dots, 39)$ 。以相关矩阵 R_{ij} 为实对称矩阵进行 EOF 分解, 计算特征值、特征向量、载荷量(LV)及主分量(PC)、以及旋转载荷向量 RLV 和旋转主分量 RPC, 利用前几个旋转^[1]载荷向量场(RLV)对黄河上游地区 5、7、9 月份降水序列场分区, 提取代表站。用功率谱方法分析黄河上游地区降水的主要周期; 用趋势分析方法分析黄河上游地区降水的变化趋势; 用逐步回归、最优子集回归建立流量预测的最佳评估模型。

2 黄河上游地区降水趋势变化分析

2.1 黄河上游地区降水分区

将 15 个站 1959~1997 年 5、7、9 月份降水序列资料用 EOF 分解、REOF 旋转后, 对旋转后的每个载荷向量场分析, 综合得出 3 个降水区域(图 1)。其中: 黄河源头至达日段为 1 区, 达日以下至玛曲段为 2 区, 玛曲以下至唐乃亥段为 3 区。取各区载荷向量场中值最大的为各区域代表站, 1~3 区代表站分别为达日、久治、同德。

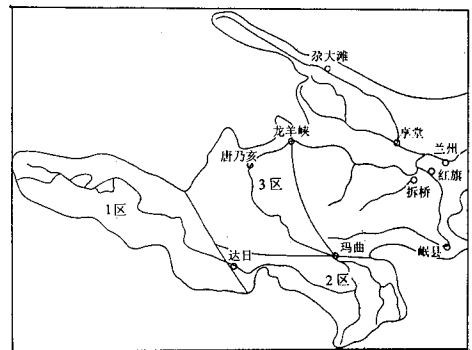


图 1 黄河上游地区降水的分区图, 1 区源头至达日段, 2 区达日以下至玛曲段, 3 区玛曲以下至唐乃亥段

2.2 黄河上游地区降水的功率谱分析

对各区代表站春季、夏季、秋季降水量序

列资料作功率谱分析^[2]。序列长度 $N = 39$ 年、 $M = 39/4$ 、自由度 $\nu = 8.1$ ，从计算结果得知：黄河上游地区春、夏、秋季降水序列大多为红色噪音过程，而少数为白色噪音过程。2、3区降水18年周期较明显。

2.3 黄河上游地区降水变化趋势分析

用 Mann-Kendall 原理，计算春季、夏季、秋季降水序列资料 UF、UB、UF 和 UB 交差点大于临界值检验，则认为交差点处有突变发生^[3]。从分析图得出(图略)：黄河上游源头至达日以上段，1982年夏季有突变发生转向偏少趋势。黄河上游达日至玛曲段，春季1992年有突变发生转向偏少趋势；秋季1991年有突变发生转向偏少趋势。黄河上游玛曲至唐乃亥段，春季1961年有突变发生转向偏多趋势，春季1990年有突变发生转向偏少趋势；夏季1987年有突变发生转向偏少趋势；秋季1990年有突变发生转向偏少趋势。

从各区代表站5年滑动平均曲线图(图

表1 黄河上游各区域同期降水量与流量的相关系数

月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1区	-0.1	-0.03	-0.12	-0.14	0.04	0.36	0.48	-0.07	0.67	0.48	-0.01	-0.06
2区	0.03	-0.15	0.09	0.33	0.26	0.45	0.36	0.41	0.53	0.41	0.25	0.13
3区	0.11	0.15	0.13	0.26	0.32	0.56	0.40	0.60	0.60	0.25	0.30	-0.03

3.1.1 影响春季流量的因素分析

从表2可知：黄河上游地区当年1~5月流量与上年9~10月流量相关系数大多在0.41以上，均通过信度0.01检验。根据文献^[4]，按流量的季度距平百分率分级： $\pm 15\%$ 为正常年， $15\% \sim 19\%$ 为偏丰年， $-15\% \sim -19\%$ 为偏枯年， $\geq 20\%$ 为丰水年， $\leq -20\%$ 为枯水年。9~10月流量偏丰次年3~5月流量偏丰概率为69%，即头年流量偏丰，次年春季流量继续偏丰的几率比较大；3~5月降水偏多同期流量偏丰的概率为20%。9~10月流量偏枯次年3~5月流量偏枯概率为56%，即头年流量偏枯，次年春季流量继续偏枯的几率也比较大；3~5月降水偏少同期流

略)得出：近10年春季，1区降水经过了一个偏多~偏少~偏多的变化过程，2区降水经过了一个偏多~正常的变化过程，3区降水经过了一个偏多~偏少的变化过程。近10年夏季，1区降水以偏少趋势为主，2区降水经过了一个正常~偏少的变化过程，3区降水经过了一个正常~偏少的变化过程。近10年秋季，降水1~3区均为偏少趋势。从以上分析得出：近10年，春季降水源头地区呈增多趋势；夏秋季降水多数地区呈偏少趋势。

3 降水与流量的关系及流量预测评估模型

3.1 降水与流量的关系

从黄河上游各区域降水量与同期流量的相关系数可知(见表1)，相关系数9月份最高，6月份较高，其中：6~8月2、3区各月的相关系数比1区大，稳定性好；9~10月1区各月的相关系数比2、3区大稳定性好；9~10月降水与流量的相关性大部分地区较好。

量偏枯的概率为27%。9~10月流量与次年3~5月流量距平符号相同的概率为69%；3~5月降水正常同期流量正常的概率为20%。

综上所述，春季黄河上游地区唐乃亥站流量大小主要与上年秋汛、春季降水、雪灾的严重程度有关，还与地下水补给、气温等因素有关。

表2 黄河上游地区唐乃亥站上年9~12月与当年1~8月流量的相关系数

上年/当年	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月
9月	0.69	0.64	0.56	0.28	0.52	0.27	0.35	0.07
10月	0.86	0.86	0.80	0.40	0.47	0.45	0.62	0.39
11月	0.88	0.88	0.81	0.40	0.46	0.48	0.57	0.38
12月	0.92	0.92	0.84	0.34	0.48	0.45	0.55	0.28

3.1.2 影响夏、秋季流量的因素分析

影响夏、秋季流量的主要因素是降水量。降水与流量的相关系数最大为 0.67(见表 1),这与东亚大气环流密切相关。因为我国大部分地区属于季风气候区,6月初西风带北缩,青藏高压建立,尔后加强北抬;地面蒙古高压减弱、消失,印度低压生成、逐步加深向北推进;而西太平洋副热带高压加强也开始北抬,有时在北抬过程中还要西伸。由于夏季(6~8月)西太平洋副热带高压北抬、西伸,使得西太平洋副热带高压后部的偏南暖湿气流北上与西风带冷槽带来的冷空气,在西太平洋副热带高压边缘青藏高原东部地区相遇,造成青藏高原东部地区大量的降水。

秋季(9~10月),青藏高压开始东退,中高纬度西风加强,地面蒙古高压开始建立、加强,印度低压逐步减弱、南撤;西太平洋副热带高压也开始南撤、东退。在西太平洋副热带高压后部的偏南暖湿气流与西风带的辐合区经常出现在陕南~甘南、川西~青海东南部一带,造成天气气候上非常有名的“华西秋雨”,每年这个时节黄河上游地区都有一个较明显的多雨时段,唐乃亥站流量的次峰值出现在 9 月份与这个较明显的多雨时段关系较大。

其次夏、秋季流量与降水性质、降水强度有关,还与前期流量、下垫面干湿状况、蒸发量、气温等因素有关。

3.2 流量的预报方程及评估模型

通过因子相关普查,采用逐步回归选取 9~10 个相关系数高、独立、稳定、物理意义明确、通过 0.01 信度检验的自变量因子,建立流量的逐步回归、最优子集回归预报模型^[3]。

7 月份黄河上游地区唐乃亥站流量的逐步回归预报评估模型为: $Y = 10690.6 + 0.51X_3 - 38.4X_5 + 0.83X_2$ 。其中: X_2 为同德 3~5 月降水合计, X_3 为上年 10 月份唐乃亥站流量, X_5 为 4 月份海温(10°N, 120°W)格点值。复相关系数 $R = 0.84$, 回代后的定量预报准确率为 58%, 定性预报的准确率为

89%, 流量的预报误差平均为 230m³/s。

7 月份黄河上游地区唐乃亥站流量的最优子集回归预报评估模型为: $Y = 17267.9 + 0.57X_1 - 31.7X_5 + 0.94X_6 - 100.6X_8$ 。其中: X_1 为唐乃亥 6 月份流量, X_5 为 4 月份海温格点值(10°N, 120°W), X_6 为同德 5 月份降水量, X_8 为 1 月份 100hPa (80°N, 120°W)格点高度值。复相关系数 $R = 0.89$, 回代后的定量预报准确率为 65%, 定性预报的准确率为 95%, 流量的预报误差平均为 191m³/s。

从两个流量预报的评估模型看,最优子集回归建立的预报模型其定性、定量评分值偏高,且流量预报的平均误差值偏小,因此可以认为,最优子集回归建立的预报评估模型,为最优的流量预报评估模型。

同理可得其它月份的最优流量预报评估模型(方程略)。

4 黄河上游各区降水产流率的估算

根据甘肃省电力局水调部门绘制的黄河上游流域图,按经纬网距计算各区的流域面积。1~3 区面积分别约为 5.2×10^4 、 3.9×10^4 、 3.5×10^4 km², 占黄河上游总面积的比例分别约为 41%、31%、28%。

计算历年各月各区域的降水总量、产流总量和降水产流率。降水产流率 = (产流总量/降水总量) × 100%^[5], 由表 3 估算的产流率可知: 4~10 月期间, 2 区各月的产流率比 1、3 区的高。2 区的平均产流率最大约为 41%; 3 区次之, 约为 37%; 1 区最小, 约为 26%。

表 3 黄河上游地区各区域 4~10 月降水产流率/%

	4	5	6	7	8	9	10	平均
1 区	33	18	13	19	18	26	52	26
2 区	36	28	28	39	34	44	83	41
3 区	35	23	23	28	32	37	81	37
全区	35	23	22	29	28	37	74	34

5 结论

(1) 黄河上游地区降水可划分为 3 个区域。从黄河源头至达日段为 1 区, 达日以下至玛曲段为 2 区, 玛曲以下至唐乃亥段为 3 区。近 10 年春季降水源头地区呈增多趋势, 夏、秋季降水多数地区呈偏少趋势。

(2)黄河上游地区春季流量主要与上一年9~10月流量、春季降水、冬春雪灾的程度、地下水补给等因素有关。夏、秋季流量,主要决定于降水量的多少,其次还与降水性质、降水强度、前期流量、下垫面干湿状况、蒸发量、气温等多种因素有关。

(3)最优子集回归建立的流量预报评估模型其定性、定量评分值比逐步回归建立的预报评估模型偏高,且流量预报的平均误差值偏小。

(4)黄河上游地区达日至玛曲段4~10

月降水的平均产流率最高约为41%。

参考文献

- 1 李栋梁,谢金南,王文.中国西北夏季降水特征及其异常研究.大气科学,1997,21(3):331~339.
- 2 黄喜佑.气象统计分析与预报方法.北京:气象出版社,1990年4月第1版:312~317.
- 3 短期气候预测方法.兰州:甘肃省气象局科教处,1997年8月,6~15.
- 4 陈菊英.中国旱涝的分析和长期预报研究.北京:农业出版社,1991年2月第1版:314~335.

The Impact of Precipitation on the Water Resource over the Upper Reaches of the Huanghe River

Shi Xinghe Zhang Guosheng Tang Hongyu Li Lin Wang Qingchun

(Qinghai Meteorological Bureau, Xining 810001)

Abstract

Based on the precipitation and flow curve data during 1959—1997, the relationship between the precipitation and the flow curve in the upper reaches of the Huanghe river was analysed by using of the mathematical statistic forecasting methods of EOF, REOF, power spectrum, and trend analysis etc. The variation trend of precipitation over the upper reaches of the Huanghe river was also studied. The optimum assesment model of the flow curve prediction was established by means of the stepwise regression and optimum subset regression.

Key Words: upper reaches of Huanghe River precipitation flow curve wate resource mathematical statistic method