

青南高原大气降水变化规律及其 对黄河上游地区水资源的影响*

时兴合 张国胜 李 林
汪青春 唐红玉 白彦芳

(青海省气象局, 西宁 810001)

摘 要 利用 1959~1997 年黄河上游地区降水、流量资料, 用 EOF、REOF 等数理统计方法, 分析了黄河上游地区降水与流量之间的关系, 并对黄河上游地区的水资源进行了估算。分析得出: 龙羊峡年入库流量的丰枯主要与黄河上游地区的年降水量有关, 春季流量的丰枯主要与上一年秋季的流量、春季的降水量有关, 夏、秋季流量的丰枯主要与同期的降水量有关。

关键词: 黄河; 降水; 流量; 水资源

1 引言

黄河上游地区(指龙羊峡以上)流域面积约 13 万 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 亿 m^3 。但 1989 年以后, 由于受全球气候变化以及少雨、干旱、水土流失、荒漠化等因素的影响, 黄河上游地区龙羊峡水库入库水量持续偏枯。而上游区段的缺水, 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, 具有重要现实意义。

2 资料和方法

利用黄河上游地区 1959~1997 年 1~12 月降水、流量序列资料, 采用 REOF 方法对 5、7、9 月单站降水序列资料进行标准化处理, 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 RLV 对黄河上游地区 5、7、9 月降水序列场分区, 提取代表站^[1]。用相关分析方法分析降水与流量的关系, 估算黄河上游各区段的水资源以及产流率。

1999-02-08 收到, 1999-04-23 收到修改稿

* 国家“九五”重中之重项目 96-908-05-03 专题“青海省干旱、雪灾监测和预测, 评估服务系统研究”资助

3 降水与流量的关系

3.1 黄河上游地区降水分区

将黄河上游地区 15 个站 1959~1997 年 5、7、9 月降水序列资料用 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):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、2、3 区代表站分别为达日、久治、同德。

3.2 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(表 1),相关系数 9 月最高,6 月份较高。6~8 月 2、3 区各月的相关系数比 1 区的大、稳定性好,9~10 月 1 区各月的相关系数比 2、3 区的大、稳定性好,大部分地区 9~10 月降水与流量的相关性较好。

表 1 黄河上游各区域同期降水量与流量的相关系数

区域	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月
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

3.2.1 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[2],按流量的季度距平百分率分级:

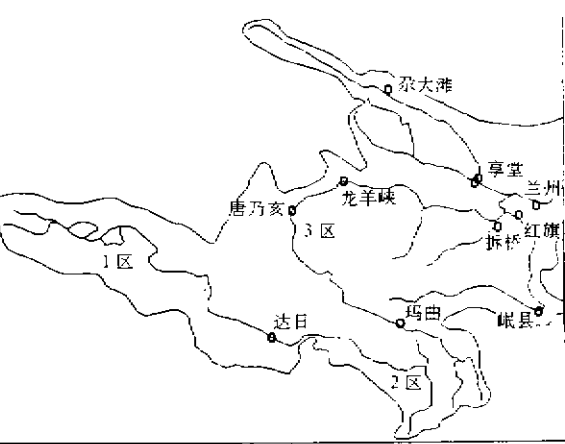


图 1 黄河上游地区降水的分区图

±15%为正常年,15%~19%为偏丰年,-15%~-19%为偏枯年,≥20%为丰水年,≤-20%为枯水年。头年 9~10 月流量偏丰,次年 3~5 月流量偏丰的概率为 69%,即头年流量偏丰,次年春季流量继续偏丰的机率比较大;3~5 月降水偏多同期流量偏丰的概率为 20%。头年 9~10 月流量偏枯,次年 3~5 月流量偏枯的概率为 56%,即头年流量偏枯,次年春季流量继续偏枯的机率也比较大;3~5 月降水偏少,同期流量偏枯的概率为 27%。头年 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%。

率为 27%。头年 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%。

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

		当 年							
		1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月
上 年	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

冬季(12~2月)高原上降水稀少、气温很低,唐乃亥流量平均在 $160\sim 220\text{ m}^3/\text{s}$ 之间,河水流量基本靠地下水补给。春季(3~5月)大地回暖,河水平均流量上升较快,从 $220\text{ m}^3/\text{s}$ 升至 $602\text{ m}^3/\text{s}$,这不仅与上年秋季流量的大小有关,还与以下的几个因素有关。

黄河源头地区星罗棋布的大小湖泊和青海久治县、四川西北部以及甘肃西南部地区一带广阔的沼泽地、草地在丰水期可大量蓄水以减缓河流流量,在枯水期可源源不断的补充河流流量,对黄河的径流具有较明显的调节作用。如1981年8、9月青海省果洛、黄南南部降水量达历史极大值,同期9月唐乃亥平均流量为 $3\,550\text{ m}^3/\text{s}$,最大流量达 $5\,450\text{ m}^3/\text{s}$ 。9~10月流量比历年同期偏丰1.3倍,出现了百年一遇的特大洪水。长时间的连阴多雨天气使流量特丰,湖泊、沼泽地、草地等地下水库储存了足够的水量并达到了饱和或近饱和状态。进入冬季后,含水土层冻结、湖水结冰,阻止了水源的流失。1982年春季在降水量正常的情况下,流量仍偏丰3成。所以秋汛特丰对翌年流量的影响是极其显著的。

从表3可知:1963、1968、1978、1983年9~10月流量为偏丰,对应下一年3~5月流量却出现偏枯或正常的现象,其原因是春季3~5月降水量较历年同期明显偏少的缘故。另外,1988年9~10月流量偏枯,而1989年3~5月流量却出现明显偏丰的现象,其原因是春季3~5月降水量明显较历年同期偏多的缘故。以上说明,某些年份春季降水对流量的贡献也是比较明显的。

表 3 黄河上游春季流量与降水的关系

年 份	上年 9~10 月 流量距平百分率	当年 3~5 月 流量距平百分率	当年 3~5 月降水距平百分率			
			3 月	4 月	5 月	3~5 月
1961	-22%	11%	22%	-11%	-30%	-20%
1964	63%	1%	-47%	-38%	12%	-8%
1969	38%	-15%	-52%	2%	-8%	-9%
1979	19%	-20%	-32%	-16%	-21%	-22%
1984	35%	-1%	-33%	-38%	23%	1%
1989	-15%	26%	12%	113%	6%	32%
1993	-12%	15%	77%	-42%	-5%	-6%

从表3可知:1961、1993年3~5月流量距平百分率分别为11%、15%,但上年9~10月流量距平百分率分别为-22%和-12%,当年3月的降水较历年同期偏多,3~5月降水总量较历年同期偏少,而1960~1961、1992~1993年冬春季这些地区出现了雪灾。由此可知,积雪的融化对流量补给有着积极的作用。

从表 1 可知, 春季 3~5 月降水量与流量的正相关不明显, 这是因为 3、4 月黄河上游地区月平均气温大多仍在 0°C 以下, 高山上的气温还比较低, 降雪不会马上产生径流的缘故。从表 4 可知, 4 月黄河上游地区 6 个站的气温都与 5 月唐乃亥流量呈明显负相关, 均通过信度 0.01 的检验。也就是说, 4 月气温偏高则 5 月流量相应偏小, 反之亦然。

表 4 黄河上游各站 4 月气温与 5 月唐乃亥流量的相关系数

站 名	同 德	泽 库	大 武	达 日	久 治	玛 多
相关系数	-0.60	-0.54	-0.54	-0.63	-0.66	-0.51

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、春季降水有关, 还与冬春季降雪、气温等因素有关。

3.2.2 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 (表 1), 这与东亚大气环流密切相关。因为中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, 而后加强北抬; 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也开始加强并北抬西伸。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南撤、东退过程中, 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。

1981 年 7 月中旬四川西部的特大暴雨和 1981 年 8 月下旬至 9 月上旬黄河上游地区的持续大雨, 使同期黄河龙羊峡以上区段, 唐乃亥水文站的流量猛增, 7~9 月平均流量分别是 1600 、 989 、 $3550 \text{ m}^3/\text{s}$, 9 月出现了严重的洪涝灾害。而 1984 年 6~8 月黄河上游地区 $\geq 25.0 \text{ mm}$ 的降水日数较历年同期偏多 2~3 次, 同期唐乃亥水文站的流量较历年同期偏多 43%; 1975 年 6~9 月黄河上游地区 $\geq 10.0 \text{ mm}$ 的降水日数较历年同期偏多 2~6 次, 同期唐乃亥水文站的流量较历年同期偏多 45%。以上分析说明, 降水强度、性质对流量的贡献是比较显著的。

1983 年 6~8 月黄河上游地区的大雨 ($25.0 \sim 49.9 \text{ mm}$) 日数比历年同期偏少 1~2 次, 中雨 ($10.0 \sim 24.9 \text{ mm}$) 日数比历年同期偏少 2~5 次, 而同期 6~8 月唐乃亥水文站的流量较历年同期偏多 62%, 其原因是黄河上游地区 5 月下旬至 7 月下旬出现了连续的阴雨天气。而 1989、1982 年黄河上游地区的大雨日数, 中雨日数接近常年水平, 同期 6~9 月唐乃亥水文站的流量较历年同期分别偏多 77%、27%, 1989 年 6、7 月唐乃亥水文站的流量分别是 2390 、 $2350 \text{ m}^3/\text{s}$, 该年 6 月峰值最大, 其原因是黄河上游地区 6 月上旬至 7 月中旬出现了连续的阴雨天气; 1982 年 7、9 月唐乃亥水文站的流量

分别是 1790 、 $1700 \text{ m}^3/\text{s}$, 出现了夏季的主峰和秋季的次峰。其原因是黄河上游地区 5 月下旬至 7 月中旬、8 月下旬至 9 月中旬分别出现了连续的阴雨天气。以上分析说明, 持续性的阴雨天气对流量的贡献也是较显著的。

1995 年 6~8 月黄河上游地区降水总量 (青海省内的达日、大武、玛多、久治、同德、泽库站) 较历年同期偏多 10%, 同期的流量较历年同期偏少 41%, 其原因是 1990~1994 年黄河上游地区流量持续偏枯, 天然的降水被干渴的地表吸收所致。例如: 黄河源头地区的玛多县, 70 年代和 80 年代是全国牧区经济增长较快的县份之一, 而 90 年代初, 由于干旱的原因, 导致了当地环境的恶化, 使大面积的草场退化和沙化, 出现了牲畜和人口的负增长, 畜牧业经济发展出现了恶性循环。以上分析说明, 前期土壤的含水量也对河流的流量有间接的影响作用。

综上所述, 夏、秋季黄河上游地区唐乃亥站流量大小主要与同期的降水量有关, 还与同期降水的性质、强度、前期的流量及土壤含水量等因素有关。

3.3 年流量与年降水量的关系分析

黄河龙羊峡以上区段, 有 3 个水文测站, 唐乃亥离龙羊峡水库仅 100 km, 该站的水文资料完全能代表入库的流量。图 2 为 1959~1997 年唐乃亥站的年平均流量和青海省黄河上游 6 站 (达日、大武、玛多、久治、同德、泽库) 的平均年降水量的曲线图。从图 2 得知: 流量的峰值基本对应降水的峰值, 80 年代前期年平均流量持续偏丰, 而平均年降水量大多以偏多为主, 90 年代年平均流量持续偏枯, 而平均年降水量大多以少为主。年平均流量偏枯、偏丰的持续性比平均年降水量显著。年平均流量的升降趋势与平均年降水量升降趋势大多数年代基本一致。即龙羊峡水库年平均入库流量主要取决于黄河上游地区年降水量的大小, 若黄河上游地区年降水量偏多, 入库的流量偏丰, 反之偏枯。

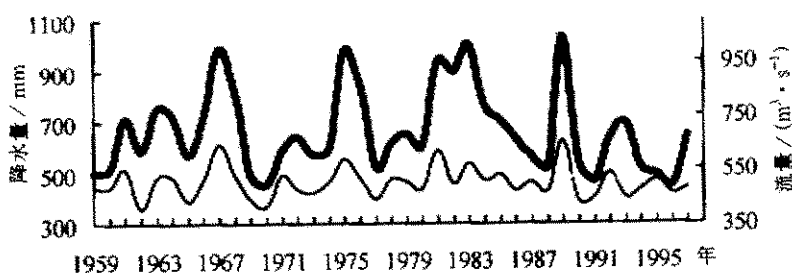


图 2 唐乃亥的年平均流量 (粗线) 和黄河上游 6 站平均年降水量 (细线)

4 黄河上游各区水资源的估算

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、3.9、3.5 万 km^2 , 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) $\times 100\%$ 。由表 5 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 5 黄河上游地区各区域 4~10 月降水产流率

	降水产流率							
	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	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%	35%

5 结论

(1) 黄河上游地区春季流量主要与上一年 9~10 月流量、春季降水有关, 还与冬春季降雪、气温等因素有关。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、土壤含水量等因素有关。

(2) 黄河上游地区年降水量偏多, 龙羊峡水库入库的流量偏丰, 反之偏枯。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 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, No.1, 314~335.

Variation of Rainfall over the Southern Part of Qinghai-Xizang Plateau and Its Influences on Water Resource in the Upper Reaches of the Yellow River

Shi Xinghe, Zhang Guosheng, Li Lin, Wang Qingchun, Tang Hongyu and Bai Yanfang

(Meteorological Bureau of Qinghai Province, Xining 810001)

Abstract The data of rainfall and flow at the upper reaches of the Yellow River from 1959 to 1997 and the EOF, REOF methods were used to analyze relation between rainfall and flow at the upper reaches of the Yellow River and to estimate water resource in this area. The analyses show that large or small flow of entering the Longyangxia Reservoir is major related to the annual precipitation at the upper reaches of the Yellow River. The flow in Spring is mainly related to the flow in the last year's autumn and the precipitation in Spring. But the flows in Summer and Autumn are principally related to the corresponding precipitation.

Key words: Yellow River; rainfall; flow; water resource