

河西走廊黑河流量的气候特征及其预报

李栋梁 陈丽萍

(兰州干旱气象研究所)

提 要

本文利用黑河流量资料,分析了径流本身的持续性、周期性及年际变化。统计表明,4月径流与前期2月青藏高原地面加热场强度存在较好的正相关。前期500hPa高度距平特征可预示未来5月黑河流量。

一、引 言

研究内陆河水资源的变化规律对干旱地区的发展很重要。河西走廊地处亚洲大陆之腹地,青藏高原东北侧,年降水量不足150mm,特别是春季4—5月间降水量总量小于20mm,属于旱气候区。春季是农作物需水的关键季节,河西绿洲商品粮基地的水源主要依靠发源于祁连山区的内陆河,其中最大的是黑河。近期的研究表明^[1],黑河春末夏初径流量与部分气象要素存在较好的关系。本文将对径流自身的变化规律及其与青藏高原地面加热场及500hPa高度场的关系,从统计学的角度作进一步的研究。

二、资料和方法

黑河流量资料选用莺落峡水文站1944—1986年历年各月径流量($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)。青藏高原地面加热场强度取自文献^[2,3]($\text{kWh} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$)。500hPa高度选用1951—1987年 $5^\circ \times 10^\circ$ 月平均网格点资料。用计算落后自相关系数进行持续性研究,用谐波和交叉谱分析周期性及其与加热场强度之间的交叉能量关系。从天气气候学的角度出发,用统计方法研究黑河春季流量与同期及前期500hPa高度场的关系。

三、黑河流量的若干统计特征

1. 黑河流量的持续性

利用1944—1986年黑河流量资料,计算了其后续一个月、二个月、三个月的相关系数

(表1),可以看出,后延一个月的相关系数全年均为正值。除3—4月、8—9月较差外,其余月份均在0.05信度水平以上。特别是秋冬季节(9—3月)其持续性更好,超过0.01信度水平,比青藏高原地面加热场强度的持续性还要好^[3]。冬与春、夏与秋之间的这种持续性较弱的现象,反映了冬与春、夏与秋形成径流的原因有明显的差异,春末至夏径流主要取决于当月祁连山区降水量^[1],而秋冬季径流主要来源于山区地下水渗透和融化冰雪补给,在影响径流主要因子转变的季节,径流持续性差一些。

表1 黑河流量落后自相关系数

月 份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
后延一个月	** 0.784	** 0.739		*	*	*	**		**	**	**	**
后延二个月	** 0.674	-0.002	*		*				**	**	**	**
后延三个月			*	**		-0.250		**	*		**	**
	0.055	0.175	0.387	0.429	0.043	0.015	0.447	0.318	0.233	0.573	0.644	

* 信度 0.05, ** 信度 0.01

2. 黑河流量的周期性

季平均黑河流量资料序列的周期分析表明(图1),黑河径流量具有准3年(11个季)、6年(24个季)、7.5年(30个季)、准10年(39个季)、准14年(55个季)和21年以上(85个季)等明显周期(以上周期均超过 $F_{0.01}$ 信度检验水平)。特别是准14年和21年以上两个长周期更为显著。准3年、10年和14年周期与我国西北地区降水量的主要周期相一致^[4]。21—22年周期则与太阳黑子的活动周期相吻合,反映了黑河流量受大范围、长周期气候变化的影响。

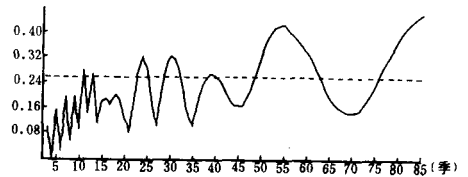


图1 黑河流量周期(季)图
(虚线为信度0.01水平线)

3. 黑河流量的年际变化

通过历年各月黑河流量标准化序列曲线和累计标准化序列曲线(图2)分析表明,黑河流量随时间变化的波动性较大。1944—1951年流量偏小,1952—1959年偏大,1966—1979年总的以偏小为主,1980—1986年又开始偏大。在上述变化过程中,短周期形成小的波动,大的振动反映了14年以上长周期的作用,当长短周期位相一致时,这种振动更为明显。

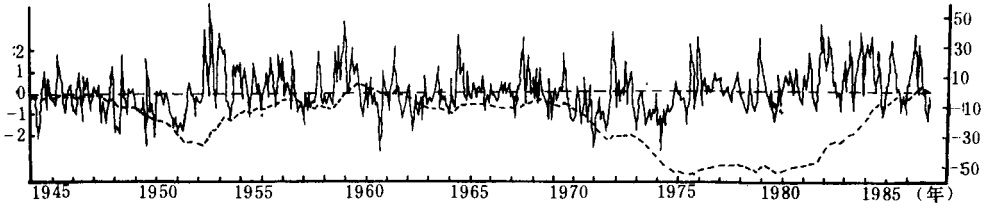


图2 1944-1986年历年各月黑河流量变化曲线
(——标准化变量 ——累计标准化变量)

四、黑河流量与青藏高原地面加热场强度

2月、4月青藏高原地面加热场强度与同年春季(4月)黑河流量存在较好的正相关,相关系数分别为0.4633和0.4855(信度超过0.01)。当冬末春初青藏高原地面加热场强度偏强时,有利融冰化雪,春季黑河流量偏大。图3给出2月青藏高原地面加热场强度与

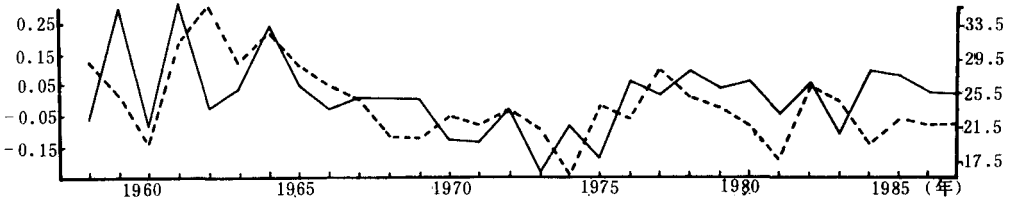


图3 2月青藏高原地面加热场强度与4月黑河流量的变化曲线
(——黑河流量(m³/s)-----加热场强度(kWh/m²·d))

4月黑河流量的变化曲线,两者的趋势相当一致。为进一步研究它们之间的总体关系,表2给出黑河流量与青藏高原地面加热场强度的季交叉谱分析结果。 $\tau(l)$ 为波数, $T(l)$ 为周期(季), $P_{12}(l)$ 为协谱, $P_{12}^2(l)$ 为凝聚谱, $L(l)$ 为落后时间长度谱(季)。在计算中取1958—1986年同期112个季的资料,最大落后时间步长 $M=28$ (季)。从表2可以看出,协谱中0—28个波段中,存在7个正负相间的相关。其中以波数0—3、周期18.7季至无穷大有较好的同位相正相关;而在另一波数13—14、相当周期4.0—4.3季有较好的同位相负相关。说明黑河流量与青藏高原地面加热场强度,在各种频率振动上存在不同的相关关系。特别是在7年(28个季)、14年(56个季)以上的长周期振动中有较好的同位相正相关,反映了黑河流量和青藏高原地面加热场强度的长期变化是由共同的气候因素所控制。年际变化受某些短期的气象要素如气温、降水等的影响。

在3.1—3.3季、2.7季周期上有较高的凝聚,超过0.01信度,在14个季的周期上凝聚也较为明显。从落后时间长度谱看,除个别波段上出现黑河流量超前于青藏高原地面加热的现象外,在主要波段,特别是在14年的长周期振动中,黑河流量比加热场强度落后5.8个季(约1.5年),在年际变化上黑河流量落后1—2个月。即当青藏高原地面加热场

强度增强后,下垫面向上输送热量,加热冰雪使之融化,大约一个月后可形成径流。

表2 黑河流量与青藏高原地面加热场强度季序列交叉谱计算结果

$\tau(t)$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
$T(t)$	∞	56.0	28.0	18.7	14.0	11.2	9.3	8.0	7.0	6.2	5.6	5.1	4.6	4.3	4.0
$P_{12}(t)$	0.028	0.052	0.032	0.006	-0.008	-0.007	-0.002	-0.002	-0.001	-0.001	-0.001	0.002	-0.001	-0.020	-0.027
$R_{12}^2(t)$	0.068	0.157	0.170	0.044	0.257	0.122	0.018	0.009	0.131	0.151	0.043	0.063	0.011	0.194	0.368
$L(t)$		5.819	1.840	-2.720	2.667	1.918	-1.655	-0.767	1.558	1.310	0.839	-0.571	0.758	0.276	0.419
$\tau(t)$	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	
$T(t)$	3.7	3.5	3.3	3.1	2.9	2.8	2.7	2.5	2.4	2.3	2.2	2.2	2.1	2.0	
$P_{12}(t)$	-0.004	0.007	0.005	0.006	0.000	-0.005	-0.005	-0.001	0.003	0.006	0.005	0.001	0.001	0.004	
$R_{12}^2(t)$	0.176	0.242	0.652	0.587	0.029	0.398	0.607	0.320	0.028	0.242	0.494	0.151	0.387	0.189	
$L(t)$	0.765	0.429	0.664	0.534	0.649	0.431	0.519	0.588	0.174	0.373	0.326	-0.399	0.378		

五、黑河流量与 500 hPa 环流特征

根据研究,黑河 4 月份的流量主要取决于前期降雪、积雪量^[1]。5 月以后的径流则主要来自当于降水。春末初夏降水应与大尺度环流系统相联系,即降水的多少应在同期和前期环流特征上有所反映。图 4 为 5 月黑河流量与同期欧亚 500hPa 月平均高度场相关关系

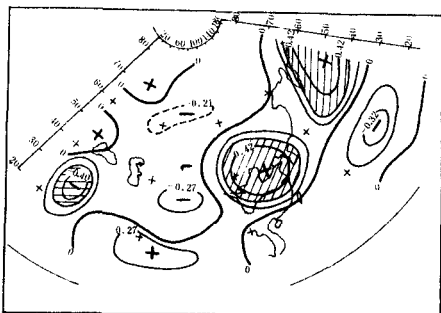


图 4 5 月黑河流量与同期欧亚 500hPa 高度场相关系数
(阴影区为 0.05 信度水平以上相关区,下同)

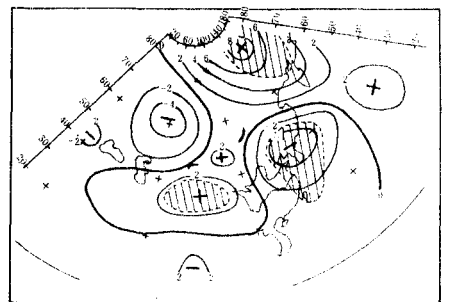


图 5 5 月经流 5 个少水年与多水年 4 月欧亚 500hPa 高度平均距平差

数。可以看出,在中纬度(30°—50°N)地区,以 90°E 为界,相关场呈“东正西负”。黑河流量偏大(多水)年,500hPa 高度距平场表现为“东正西负”,从非洲东北部经乌拉尔山至新西伯利亚为大范围负距平。新疆脊、东亚至阿留申为正距平,东亚大槽及阿留申低压填塞,成为典型的多雨环流特征。反之,新疆脊强,东亚大槽深,为干旱少雨环流特征^[4]。这就是说,黑河径流的偏多(少)与中国西北部大范围降水量的多(少)相联系。

5 月黑河流量的多少不仅在同期 500hPa 有反映,其前期的环流差异也是显著的。图 5 给出 5 月黑河流量的 5 个少水年与 5 个多水年的前期 4 月 500hPa 高度平均距平差。5 月少水年在 4 月欧亚 500hPa 高度距平场上,乌拉尔山和东亚大陆东海岸为负距平,青藏高原和欧亚大陆东北部为正距平。零线在 105°E,“西正东负”。少水年青藏高原东部北风加大,反气旋促使气流下沉,多发生干旱。多水年相反,“西负东正”,高原东部南支气流(气旋绕流)使孟加拉湾水汽向北输送,有利西北降水。5 月黑河的少(多)水年的环流特征在前期 3 月份出现,表 3 给出 5 月黑河流量与前期各月部分环流指标的相关系数。可以看出,前期 3、4 月 500hPa 极涡(用北半球 500hPa 月平均极涡中心强度(位势什米)表示,取自中央气象台长期预报科)强,东亚北风(用 500hPa 月平均 40°N、80°E 格点高度减 40°N、130°E 格点高度所定义的东亚北风指数表示^[4])弱,(新疆脊弱,东亚槽浅),5 月降水偏多,流量加大,反之亦然。

表 3 5 月黑河流量与前期各月部分环流指标的相关系数

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
极涡中心强度	-0.058	-0.186	-0.342	-0.435	-0.100	0.195	0.071	0.035	-0.087	-0.067	-0.101	0.038
东亚北风指数	0.047	-0.046	-0.290	-0.472	0.419	-0.082	0.031	-0.196	0.088	0.068	-0.049	-0.007

(* 信度 0.05, ** 信度 0.01)

六、小 结

1. 河西走廊黑河流量具有很好的持续性,特别是在冬秋季节,其持续性达三个月以上。
2. 黑河流量具有 3、6、7.5、10、14、21 年 6 个非常明显的周期振动,特别是准 14 年和准 21 年两个长周期尤为显著。
3. 4 月黑河流量与前期青藏高原地面加热场强度的关系密切,经交叉谱分析表明,两者在 14 年以上的长周期振动中有较好的同位相正相关,且前者比后者落后约 1.5 年。在短周期的年际变化上,落后时间长度缩短到 1—2 个月。
4. 5 月黑河流量与 500hPa 高度场存在较好的相关性。径流预报实质上可作为西北干旱长期预报。前期 3 月份的环流特征可预示后期 5 月份的径流。

致谢:徐国昌同志提出宝贵意见,特表谢意。

参 考 文 献

- [1] 胡天清,黑河春末初夏径流量与气象要素的关系,高原气象,7,4,374—376,1988。
- [2] 徐国昌,李栋梁,陈丽萍,青藏高原地面加热场强度的气候特征,高原气象,9,1,1990。
- [3] 李栋梁,陈丽萍,青藏高原地面加热场强度与东亚环流及西北初夏旱的关系,应用气象学报,1,4,1990。
- [4] 白肇烨,徐国昌等,中国西北天气,气象出版社,1988年。
- [5] 黄嘉佑,李黄,气象中的谱分析,气象出版社,1984年。

CLIMATIC CHARACTERISTICS AND FORECAST OF THE FLOW OF HEIHE RIVER IN THE HEXI CORRIDOR AREA

Li Dongliang Chen Liping

(Lanzhou Institute of Arid Meteorology)

Abstract

Using the data set of the flow of Heihe river, we have analyzed the persistence, periodicity and annual variation of the flow. It is shown that there is a good positive correlation between the flow of Heihe river in April and surface heating field over the Qinghai-Xizang Plateau in February of the year. The departure characteristics of 500hPa in March have the predictability to the flow of Heihe river for coming May.