

黄河上游降水的时空变化及其环流特征

许晨海 姚展予 陈进强

(中国气象科学研究院, 北京 100081)

提 要

分析了黄河上游降水的时空变化及影响黄河上游降水的环流特征,指出河曲地区是黄河上游降水资源最丰富的地区。4月下旬到10月中旬河曲地区均可进行人工增雨作业,其中7月上旬和9月上旬是河曲地区人工增雨的最佳时期。

关键词: 降水分布 环流特征 人工增雨

引 言

我国是全球的贫水国家之一,人均占有量仅为世界人均量的1/4,水资源的短缺已严重地制约我国国民经济可持续发展。水资源是大气降水、地面水和地下水的总称。其中大气降水不但在全球水分循环中起了关键性作用,而且降水量的多少基本上决定了当地水资源的丰富或匮乏。众所周知,我国西部水资源严重缺乏,开发利用西部降水资源,对缓解水资源短缺和保护生态环境可以起到重要的辅助作用。开展利用降水资源的积极办法之一是开展人工增雨计划。但人工增雨技术所涉及的科学技术很广,尽管近年来人工增雨的理论和技术有了长足的进步,但人类改造自然的能力仍然是有限的。人工增雨的必要条件是丰富的大气可降水,因此,本文主要分析了黄河上游降水资源的时空分布状况。

1 黄河上游降水资源状况

黄河是我国第二条大河,发源于青海省境内巴颜喀拉山北麓的卡日曲。其上游指源头向东流入四川省、甘肃省,而后转向西北沿阿尼玛卿山再进青海省(河曲地区),流经青海省东部再次进入甘肃省至兰州市,约300km,汇流面积达 $12 \times 10^4 \text{ km}^2$ (图1)。为了解黄河上游的降水资源及其季节变化,我

们选取唐乃亥水文站的流量资料进行了分析。

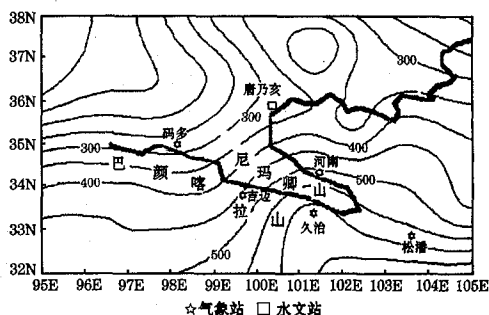


图1 黄河上游地形和1960~2000年4~9月降水量平均图

1.1 汛期唐乃亥水文站流量及季节变化

首先我们来看一下黄河上游唐乃亥水文站流量的年变化,唐乃亥水文站年平均总流量为 $212.55 \times 10^8 \text{ m}^3 \cdot \text{a}^{-1}$ 。图2是1956~1986年唐乃亥水文站流量逐候平均流量变化图,由图可见:①若把大于日平均流量($673.98 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)的时段视为黄河上游的汛期,则黄河上游入汛期为5月5候,与江淮流域(5月)开始于同一个月,比华北地区(6月)早;②最大候平均流量日期是7月第3候,7月份第一个峰值期比华北的雨季(7月下旬)要早一些,9月份第二个峰值期,恰好是“华西秋雨”时段,这是我国西部地区秋季多雨的一种特殊天气现象,其特点是这段降水量一

般多于春季,而少于夏季。但从唐乃亥水文站流量的推测,黄河上游第二个峰值期的降水量并不比夏季的峰值小。

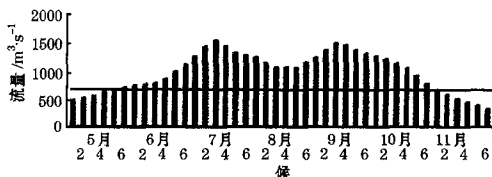


图2 1956~1986年唐乃亥水文站流量逐候日平均流量变化图

1.2 黄河上游降水量的时空分布和季节变化

图1绘出了黄河上游地区多年4~9月平均降水量。由图1可见,降水量从黄河源头到久治附近,自西北向东南很快递增,源头不足300mm,以每向东一个经度递增约100mm,到达久治时降水量已达600mm以上,河曲地区的降水量都在500mm以上。河曲地区位于青藏高原东部,高原腹地东坡,具有特定的地理和地形条件,因为受庞大青藏高原影响,来自孟加拉湾的水汽只能绕道青藏高原东侧北上。河曲地区处于孟加拉湾水汽向东亚大陆输送的必经之路,使得该地区降水量比青藏高原其它地区要大得多。河曲地区是黄河上游降水资源最丰富的地区之一。

为了研究黄河上游降水量的时空分布和季节变化,我们绘制了玛多、吉迈和松潘气象站4~10月多年候平均降水量图(图3)。由图3可见,①若把大于候平均降水量(5.2mm)的时段视为玛多的雨季,则雨季开始日是5月第4候,比唐乃亥水文站的汛期出现日早一个候,雨季结束日是10月第1候,但比唐乃亥水文站汛期结束日早一个月,雨季持续时间为27个候(图3a);②若把大于候平均降水量(9.0mm)的时段视为久治的雨季,则雨季开始日是5月第3候,雨季结束日是10月第2候,持续时间为29个候(图3b);③若把大于候平均降水量(11.9mm)的

时段视为松潘的雨季,则雨季开始日是4月第5候,雨季结束日是10月第5候,持续时间为36个候(图3c)。

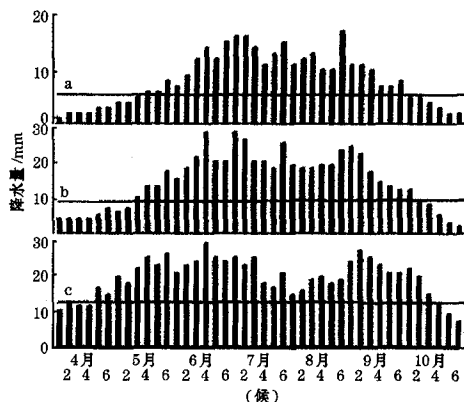


图3 玛多(a)、吉迈(b)和松潘(c)多年候平均降水量变化图

图中横线分别是3站候平均降水量值:5.2,9.0和11.9mm

由此可见,黄河上游雨季开始时间自东向西推进,松潘比吉迈和玛多分别早3和5个候,当上述3站均进入雨季之后,唐乃亥水文站流量才出现大于候平均流量;雨季结束时间自西向东退去,玛多比吉迈和松潘雨季结束分别提前1和4个候,当上述3站雨季结束后2个候之后,唐乃亥水文站流量才出现小于候平均流量。由图2和图3可知,唐乃亥水文站最大候平均流量出现在7月第3候和9月第3候,在最大候流量出现前1~3候玛多、吉迈和松潘也出现最大候降水量。

2 影响黄河上游降水的一些物理机制

2.1 面年雨量距平计算

资料选用国家气象中心整理的1951~2000年全国160站1~12月降水资料,首先求出各站逐年1~12月的平均降水量值,然后,进行客观化分析(0.1×0.1 经纬度),得到格点上的逐年降水量值($R_{(t,j)}$, $j = 1, 2, 3, \dots, Z$)和多年平均降水量值 $\overline{R_{(j)}} = \frac{1}{50} \sum_{t=1951}^{2000} R_{(t,j)}$,计算出河曲地区逐年的面年雨量距平: $MR_{(t)} = \frac{1}{Z} \sum_{j=1}^Z (R_{(t,j)} - \overline{R_{(j)}})$ 。

2.2 影响河曲地区降水的物理因子

影响河曲地区降水的物理因子很多,各种因子的相互关系及其影响机制比较复杂,有很多原因我们尚不清楚,还要继续进行研究。为此我们计算了1951~2000年面年雨量距平与74个环流指数^[1]的相关系数并将信度超过0.02的环流指数列在表1中。

表1 1951~2000年面年雨量距平与当年环流指数的相关系数

信度	相关系数	环流指数名称
0.001	0.4720	9月份南方涛动指数
0.001	0.4664	8月份南方涛动指数
0.001	0.4553	4月份印度副高北界(65~95°E)
0.01	0.4379	1月份西太平洋副高脊线(110~150°E)
0.01	0.4137	1月份西太平洋副高北界(110~150°E)
0.01	0.3944	1月份太平洋区极涡强度指数(150°E~120°W)
0.02	0.3605	4月份印度副高脊线(65~95°E)
0.02	0.3556	1月份太平洋副高北界(110°E~115°W)
0.02	0.3513	7月份南方涛动指数
0.02	0.3380	1月份印度副高脊线(65~95°E)
0.02	-0.3397	4月份亚洲纬向环流指数(60~150°E)
0.02	0.3299	4月份南方涛动指数

由表1可以看到,相关系数最大的是8、9月份南方涛动指数,其次是4月份印度副高北界。我们将8、9月份南方涛动指数之和与河曲地区面年雨量距平值绘制在图4中,由图4可见,两者距平符号相同的年份有37年占总年数的74%。

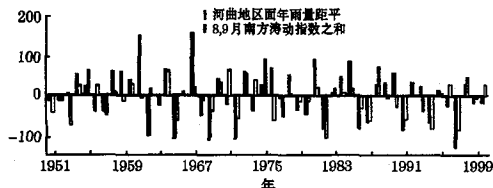


图4 1951~2000年8、9月南方涛动指数之和与河曲地区面年雨量距平值

相关程度较好的还有1月份西太平洋副高脊线和北界位置、太平洋副高北界,这些指数都能反映太平洋海温的变化情况与El Niño和La Nina事件的相关。1951年以来共发生了14次El Niño现象(1952、1953、1957、1963、1965、1969、1972、1976、1983、1987、

1991、1993、1994和1997年),在El Niño年,由于赤道东太平洋海温增高,西太平洋海温降低,导致东亚夏季季风减弱,西太平洋副热带高压位置南移,使我国夏季主要季风雨带偏南,雨带位于黄河以南地区,江淮流域多雨的可能性较大,而在北方地区特别是华北和西北地区少雨干旱。

La Nina年正好相反,赤道东太平洋海温降低,西太平洋海温升高,夏季季风增强,西太平洋副热带高压位置北抬,使我国夏季主要季风雨带偏北,雨带位于黄河流域及其以北地区,江淮流域少雨的可能性较大^[2]。

1951年以来El Niño事件发生的当年河曲地区面雨量距平为负距平的年份是1952、1953、1957、1963、1965、1969、1972、1987、1991、1994和1997年,共11年占出现El Niño总年数的79%,El Niño事件发生后的第二年河曲地区面雨量距平为正距平的年份是1954、1958、1964、1966、1970、1973、1984、1988、1992、1995和1998年,也为11年,占出现El Niño总年数的79%。统计结果表明河曲地区的降水多寡与西太平洋海温的变化有较密切的关系。

印度副高的季节性变化与印度雨季开始早晚有关,当春季印度副高脊线比常年偏北时,印度雨季就来得早,反之雨季就来得迟。大量研究表明,印度雨季开始时间与我国雨季开始时间和雨强有密切的关系。4月份印度副高北界(65~95°E)与河曲地区面年雨量距平也有很好的关系(图略)。

2.3 多雨年和少雨年的500hPa环流特征

河曲地区多雨年和少雨年的确定以面年雨量距平为准。若面年雨量距平大于50mm,则定义为多雨年(1958、1959、1961、1964、1967、1973、1976、1981、1985、1990年);若小于等于-50mm,则定义为少雨年(1962、1965、1969、1972、1982、1986、1987、1991、1994、1997年)。

我们分别绘制出多雨年和少雨年 1~12 月 500hPa 北半球高度距平图(图略)。由图可以看到:(1)多雨年 1 月 500hPa 高度距平从印度半岛到太平洋中部的副热带地区为正距平,在西太平洋地区和印度半岛的中北部有大于 80gpm 的正值区,上述正值区在 2 月和 3 月 500hPa 北半球高度距平图均为正值,到 4 月份印度半岛到太平洋中部的副热带地区仍为正距平,尤其是西太平洋的正值区范围更大(图略)。(2)少雨年 1 月 500hPa 高度距平与多雨年相反,印度半岛大部地区和西太平洋副热带地区为负距平,上述正值区在 2 月和 3 月 500hPa 北半球高度距平图也为负值,到 4 月份印度半岛到太平洋中部的副热带地区仍为负距平,尤其是西太平洋的负值区范围更大(图略)。(3)上述结果与表 1 中列出河曲地区面年雨量距平与西太平洋副高脊线、西太平洋副高北界、太平洋区极涡强度指数、太平洋副高北界和印度副高脊线呈正相关是一致的。(4)多雨年极涡为单极型,极涡中心偏离极地位于阿拉斯加半岛附近(有小于 -60gpm 的负值中心),高纬度为一波型;少雨年极涡为偶极型,极涡中心有两个,一个在北美洲大湖区附近,另一个位于西

欧地区(两地各有一个小于 -40gpm 的负值中心),高纬度为两波型。

3 小 结

黄河源头到久治附近,自西北向东南降水量快速递增,河曲地区是黄河上游降水资源最丰富的地区。黄河上游雨季开始时间自东向西推进,东部比西部提前 3~5 个候,雨季结束时间自西向东退去,西部比东部提前 1~4 个候,降水量与唐乃亥水文站流量有密切的关系。河曲地区是黄河上游人工增雨的最佳地区,4 月下旬到 10 月中旬均可进行增雨作业,7 月上旬和 9 月上旬降水比较集中,是人工增雨的最佳时期。影响河曲地区降水的物理因子很多,各种因子的相互关系及其影响机制比较复杂。通过上述分析,我们认为要特别注意对副热带地区的环流变化进行研究,在中高纬度的环流变化中要注意极涡的强度和位置的变化。

参考文献

- 1 赵振国,陈兴芳.中国汛期降水预测研究及其应用.北京:气象出版社,2000.
- 2 中国气象局国家气候中心.'98 中国大洪水与气候异常.北京:气象出版社,1998.

Analysis of Spatial-temporal Variation of Precipitation in the Upper Reach of the Yellow River and Its Circulation Characteristics

Xu Chenhai Yao Zhanyu Chen Jinqiang

(Chinese Academy of Meteorological Sciences, Beijing 100081)

Abstract

Analysis of spatial-temporal variation of precipitation in the upper reach of the Yellow River and its circulation characteristics are made. It shows that the bend region of the Yellow River is one of the area with richest precipitation in the upper reach of the Yellow River. The first ten days of July and the first ten days of September are the optimum periods of artificial precipitation enhancement over the bend region.

Key Words: the upper reach of Yellow River spatial-temporal variation of precipitation circulation characteristics