

# 近年来山西中部地区水雨情及旱情旱灾分析

刘静楠<sup>1,2</sup>, 顾颖<sup>1,2</sup>, 金君良<sup>1,2</sup>, 倪深海<sup>1,2</sup>, 申瑜<sup>3</sup>

(1.南京水利科学研究院,江苏 南京 210029;

2.水文水资源与水利工程科学国家重点实验室,江苏 南京 210029;3.山西省水文局,山西 太原 030001)

**摘要:**分析了山西中部地区 20 世纪 70 年代以后的降雨、流量、蒸发量的时空分布。山西中部地区降雨偏少,年际丰枯变化大,年内分布不均。70 年代以来径流在逐渐减少,2000 年以后径流的减少更为明显。90 年代以后蒸发量增大。分析了 90 年代以来该地区发生的农业受旱、粮食旱灾情况,降雨、流量、蒸发量是影响旱情旱灾发生的重要因素。

**关键词:**降雨量;流量;蒸发量;农业受旱;粮食旱灾

中图分类号:P332;S152.7

文献标识码:A

文章编号:1000-0852(2013)02-0051-04

山西省是水资源严重短缺的地区,干旱灾害频繁而且严重,区域性干旱灾害连年发生。特别是山西中部地区的干旱情况更为严重。以供水量(包括其它水源)占水资源总量的比例作为水资源的开发利用,则太原本地的水资源开发利用已超过 100%。本文分析了山西中部地区(吕梁、太原、晋中)20 世纪 70 年代以来的水雨情,以及 90 年代以来农业受旱、粮食旱灾的情况,这对加强当地的抗旱减灾,应对日益严重的干旱灾害具有重要意义。

## 1 研究区域概况与资料

山西中部地区属于暖温带大陆性季风气候,四季分明。冬季干冷严寒;春季回暖迅速;夏季雨量集中,日温差较大;秋季天高气爽,气温稳定少变。多年平均气温 6.7~10.4℃,日照时数 2 476~2 871h,无霜期 133~184d。

本次研究所选中部地区共 24 个县区(其中太原市的 6 个城区合并成一个太原市市辖区),总面积 35 570km<sup>2</sup>。

选用站点及基础资料:资料系列 1970~2008 年。雨量资料选用 106 个雨量站,采用细化网格法计算<sup>[1]</sup>面雨量。流量站点 1 个,蒸发站点 5 个(见图 1)。在分析中,蒸发资料统一换算为 E601 型蒸发器观测值<sup>[2]</sup>。

干旱灾害资料系列为 1990~2007 年。

## 2 水雨情分析

### 2.1 雨情

(1)降雨量的地区分布。山西中部地区多年平均降雨量在 414~511mm 之间,中东部的太原市市辖区、清徐县、榆次区、太谷县,以及吕梁地区的临县、石楼县多年平均降雨量较小,低于 450mm,其他县级区多年平均降雨量都大于 450mm(见图 1)。24 县的多年平均年降雨量为 464mm。

降雨量的空间分布总趋势是山区大于丘陵和盆地地区,降雨高值区和低值区多年均值相差约为 50mm,为研究区的多年平均年降雨量的 11%,降雨地区不均匀性相对不显著。由于降水量偏低,在农作物的生长期,特别在作物关键需水期,一遇干旱少雨,干旱极易发生。

(2)降雨的年内变化。一年 12 个月中,7、8 月份降雨量最大(见图 2),其多年平均月降雨量分别为 108mm 和 110mm,为多年平均年降雨量的 23%和 24%;1 月和 12 月份降雨量最小,多年平均月降雨量为 4mm 左右,占多年平均年降雨量的约 1%;最大月与最小月降雨量的比值达到 31 倍。

多年平均连续最大 4 个月(6~9 月)的降雨量占年

收稿日期:2012-04-05

基金项目:水利部公益性行业科研专项经费项目(201001042)

作者简介:刘静楠(1972-),女,陕西乾县人,高级工程师,主要从事水文水资源研究。E-mail: jnliu@nhri.cn

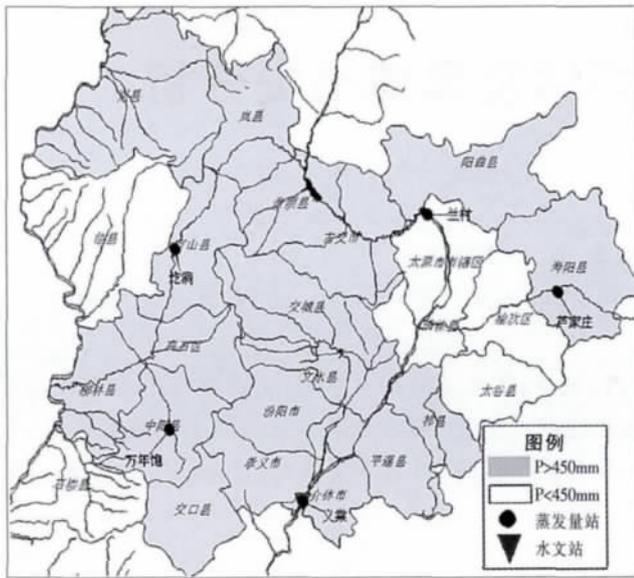


图1 降雨量分布图  
Fig.1 The rainfall distribution

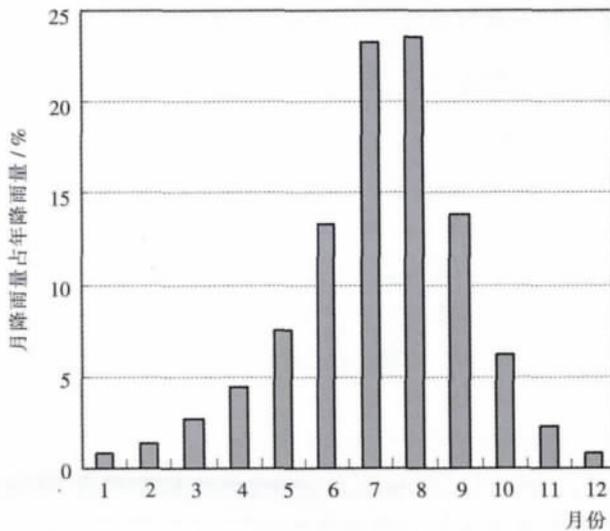


图2 年内降雨量分布  
Fig.2 The rainfall distribution in a year

降雨量的百分比为 74%，这个比例很大，如果此时段降雨偏少，则干旱极易发生。4~5 月份是小麦关键用水期，而此时段的降水量只占年降雨量的 12%，所以常常会发生春旱。7~8 月份的降雨量占年降雨量的百分比为 46%，这个时期是玉米及谷子等杂粮的关键用水期，如果这个时期的降雨偏少，则发生夏旱机率很大。

(3)降雨的年际变化。对研究区全年和时段的面雨量频率计算，统计参数(均值、 $C_v$  值)及不同频率( $P=20\%、50\%、75\%、95\%$ )的降雨量见表 1。

70 年代以来，降水量最大值出现在 1988 年，达到 647mm；最小值出现在 1972 年，为 291mm，系列最大

表 1 研究区降雨特征值统计

Table 1 The statistics of rainfall characteristics of the study area

计算时段	统计参数		极值比	不同频率降雨量 / mm			
	多年均值 / mm	$C_v$		20%	50%	75%	95%
4~5 月	56	0.44	7.6	75	55	37	22
7~8 月	216	0.31	4.4	274	216	168	113
6~9 月	342	0.23	2.7	395	338	294	212
全年	463	0.18	2.2	543	447	417	313

值与最小值之极值比为 2.2。

在研究区 1970~2008 年的 39 年期间，年降水量分别出现 1979~1984 年和 1997~2006 年连续 6 年和 10 年偏旱时段；4~5 月虽然降水偏低连续年份最多为 4 年，但总的降水偏低年份多于偏高年份，多 30%；7~8 月降水量分别出现 1983~1987 年和 1997~2008 年连续 5 年和 12 年偏旱时段(见图 3)。在年和分段降水量偏旱严重的年份，特别在年和分段降水量同时出现偏旱严重的年份，如 1999、2000、2001 年等年份，便会出现旱情分外严重的情况。

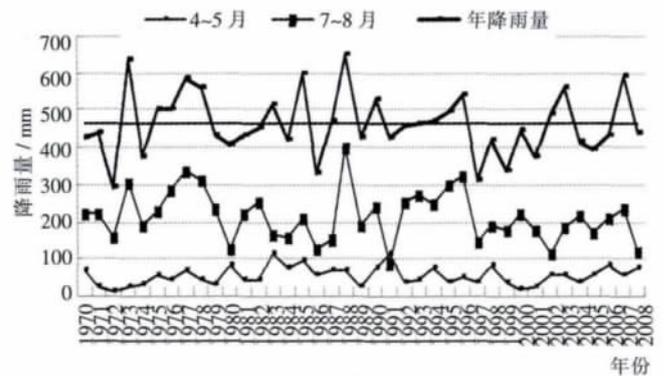


图3 不同统计时段降雨量历年变化图  
Fig.3 The change of rainfall in various durations

## 2.2 水情

(1)流量的年际变化。根据流域地理和下垫面条件选取义棠站天然流量来分析研究区的水情情况。1970~2008 年义棠站流量的变化情况见图 4。多年平均流量为  $26.3\text{m}^3/\text{s}$ ，1972、1987、1999~2001 年流量严重偏枯，1989~1994 年连续偏枯，1997~2006 年连续偏枯。从 90 年代以后呈现逐渐减少的趋势。通过不同年代多年平均径流变化过程的比较还可以看出，随着年代的推进不同年代的平均年径流量和各分段的平均流量呈现减少的趋势。在各分段中，以 7~9 月平均径流量的变化较大，以 12 月至来年 2 月的流量为最小(见图 5)。

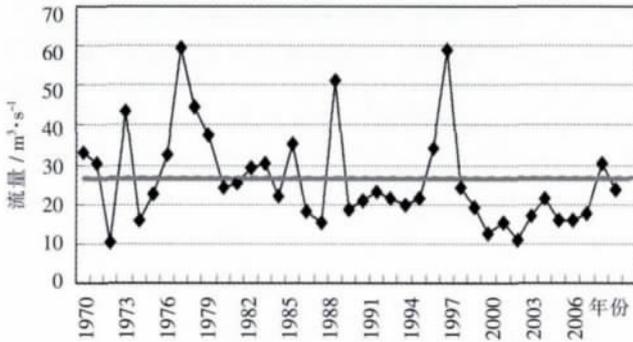


图4 义棠站年平均流量

Fig.4 The annual mean flow at the Yitang station

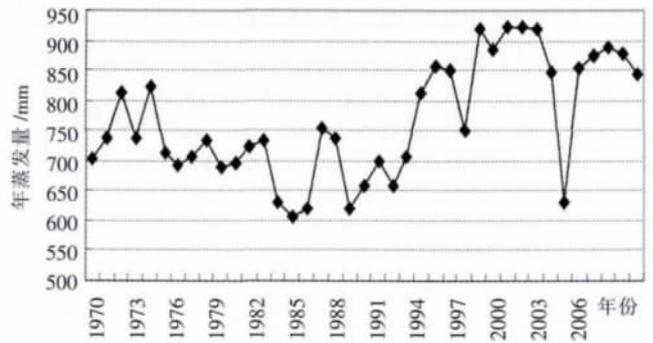


图6 年蒸发量历年变化图

Fig.6 The change of the annual evaporation

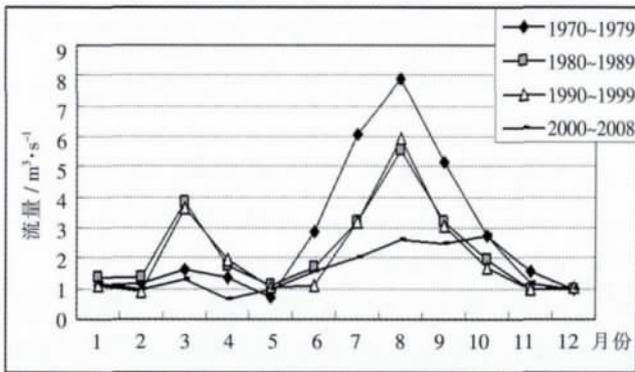


图5 义棠站时段月平均流量年内变化

Fig.5 The monthly mean flow at the Yitang station

(2)流量的年内变化。义棠站年内在7~9月流量较大,1~2月、5月、11~12月流量较小。80~90年代分段平均流量很接近。1980~1999年的1~5月平均流量大于70年代和2000年以后的流量,70年代的6~12月平均流量较大。除了6月和10月份以外,2000年以后的平均流量基本都是最小。

### 2.3 蒸发量

1970~2008年圪洞、万年饱、兰村、芦家庄和义棠5个站的多年平均年水面蒸发量分别为654mm、734mm、749mm、898mm和790mm,5个站平均值为765mm。

(1)蒸发量的年际变化。取5个站平均年蒸发量时序系列,在70年代和80年代年蒸发量呈现不同程度减少趋势,90年代以后蒸发量呈现增加的趋势(见图6)。1997年、1999~2001年的年蒸发量较大,都超过了900mm。

(2)蒸发量的年内变化。5月蒸发量最大,5、6两个月蒸发量就占全年蒸发量的23%~26%;1月或者12月蒸发量最小,占全年蒸发量的百分比小于3%;4~7月连续4个月蒸发量最大,多年平均最大4个月蒸发量占年蒸发量的百分比为55%~57%;汛期6~8

月蒸发量占年蒸发量的百分率为38%~41%,而用水高峰期(3~9月)蒸发量占年蒸发量的百分率达81%~84%。蒸发量的年内分配与降雨的年内分配不一致,4~7月的蒸发量最大,而此时段的降雨较小,干旱极易发生。

定义干旱指数为蒸发能力与同期降水量的比值,以干旱指数作为反映气候干湿程度的指标。当干旱指数大于1时,说明蒸发能力大于降水量,气候偏于干旱;若干旱指数小于1,说明蒸发能力小于降水量,气候偏于湿润。

研究区7~9月份的干旱指数基本都小于或等于1,相对来说比较湿润,其他月份的干旱指数都较大,偏于干旱,1月、2月、12月份的干旱指数最大。

### 3 农业旱情、粮食旱灾分析

分析1990年以来农业旱情和粮食旱灾的实际情况,发现雨情、水情和蒸发量的变化是影响发生农业干旱和粮食旱灾的重要因素。

#### 3.1 农业旱情

以受旱、受灾、成灾、绝收面积占播种面积的百分比为受旱率、受灾率、成灾率和绝收率,统计1990~2007年研究区的农业旱情情况见表2。

从表2可以看出,1999年农业旱情最为严重,受旱受灾率达到70%以上,成灾和绝收面积几乎达到60%。其次1992、1995、1997、2001年受旱受灾率都达到50%以上。1999年全年都有旱情发生,从雨情、水情和蒸发量来看,1999年降雨严重偏小,径流最枯,蒸发量最大,都是影响旱情发生的重要因素。1997、2001年的降雨也偏少,径流偏枯,蒸发量也大,而1992和1995年的年降雨和年平均径流不是很枯,但是1~6月份的降雨和径流都偏枯,所以旱情严重。

表2 研究区农业旱情统计

Table 2 The drought statistics of the study area

年份	受旱率 / %	受灾率 / %	成灾率 / %	绝收率 / %
1990	32	18	11	11
1991	72	50	26	26
1992	66	53	29	29
1993	55	23	10	10
1994	56	51	23	23
1995	60	56	33	33
1996	25	23	2	2
1997	64	59	40	40
1998	56	52	32	32
1999	75	71	59	59
2000	55	49	39	39
2001	63	54	41	41
2002	54	41	20	20
2003	32	27	24	24
2004	27	13	7	7
2005	59	46	30	30
2006	54	44	32	32
2007	47	16	13	13

表3 研究区粮食旱灾统计

Table 3 The grain drought statistics of the study area

年份	因旱减产率 / %	年份	因旱减产率 / %
1990	8	1999	30
1991	23	2000	24
1992	25	2001	33
1993	7	2002	17
1994	6	2003	3
1995	10	2004	3
1996	2	2005	14
1997	24	2006	11
1998	14	2007	4

### 3.2 粮食旱灾

以因旱粮食损失量占正常年份粮食产量的百分比为因旱减产率。正常年份的粮食产量取前三年粮食产量的平均值。统计研究区的因旱减产率情况见表3。

从表3可以看出,1999和2001年因旱减产率最为严重,达到了30%以上。其次1991、1992、1997、2000年因旱减产率都达到了20%以上。从雨情、水情和蒸发量来看,1999年降雨严重偏小,径流最枯,蒸发量最大,都是影响干旱发生的重要因素。1997和2000年的情况与1999和2001年相似,都是降雨径流偏枯,蒸发量大的年份。1991和1992年的年降雨和年径流不是很枯,但1991年7~9月份降雨径流偏枯;而1992年1~6月份的降雨和径流都偏枯,所以因旱减产率比较严重。

## 4 结论

(1)山西中部地区降雨偏少,多年平均降雨量只有464mm,年内降雨分布不均,7月或8月降雨量最大,各占相应年降雨量的23%和24%,多年平均连续最大4个月(6~9月)的降雨量占年降雨量的百分比为74%,这个比例很大,如果此时段降雨偏少,则干旱发生成为必然。同时年际丰枯变化大,最大值与最小值之

比为2.2。70年代以来的1972年、1999~2001年是降水偏少最多的年份。

(2)70年代以来径流在逐渐减少,特别是2000年以后径流的减少更为明显。1972年、1987年、1999~2001年流量严重偏枯。

(3)蒸发量的年内分配与降雨的年内分配不一致,4~7月的蒸发量最大,而此时段的降雨较小,所以更容易发生干旱。70年代中期到80年代蒸发量比较小,90年代以后蒸发量呈现增加的趋势。1997年、1999~2001年的年蒸发量较大,都超过了900mm。

(4)1999年农业旱情最为严重,受旱受灾率达到了70%以上,成灾和绝收面积几乎达到60%。其次1992、1995、1997、2001年受旱受灾率都达到了50%以上。

(5)1999和2001年因旱减产率最为严重,达到了30%以上。其次1991、1992、1997、2000年因旱减产率都达到了20%以上。

(6)水情、雨情和蒸发量,都是影响干旱发生的重要因素。山西中部地区90年代以来旱情旱灾发生的年份都是以上重要因素的影响结果。影响干旱发生的因素很多,如下垫面的变化和人类活动的影响等等,由于受资料的限制,这里没有更为详细的分析。

参考文献:

- [1] 毕宝贵,徐晶,林建.面雨量计算方法及其在海河流域的应用[J].气象,2007,29(8):39-42. (BI Baogui,XU Jing, LIN Jian. Method of area rainfall calculation and its application to Haihe valley [J]. Meteorological Monthly, 2007,29(8): 39-42. (in Chinese))
- [2] 王云峰.山西省小型水面蒸发器折算系数分析[J].山西水利,2004,(2):46-47. (WANG Yunfeng. Analysis on the conversion coefficient of small water surface evaporator in Shanxi province [J]. Shanxi Water Resources, 2004, (2): 46-47. (in Chinese)) (下转第14页)

#### 4 结语

长江口潮位受全球性气候变暖和局部地区地面沉降等因素的变化,其升降过程较为复杂。潮位的变化作为海平面变化最直观的反映,对长江口潮型的影响非常复杂。实测资料分析表明,只有年平均高潮位和年平均低潮位与平均潮位存在着较好的相关关系,而潮差、潮历时以及各项极值与潮位变化的相关性都较差。

本文仅从潮位变化对长江口潮型的影响作了一个单因子分析。实际上,如果要较准确地预测长江口潮型的变化,应进行潮型与潮位、径流、降水、风速、风向等的多因子分析,通过逐步回归找出最主要的影响因子,建立多因子相关关系。随着资料积累的逐步完善,这一工作将有望进一步开展。

参考文献:

[1] 宋永港,朱建荣,吴辉.长江河口北支潮位与潮差的时空变化和机理[J].华东师范大学学报(自然科学版),2011,(6):10-19.(SONG Yong-gang, ZHU Jianrong, WU Hui. Spatial and temporal variation sand mechanism of the tidal level and range in the North branch of the Changjiang estuary [J]. Journal of East China Normal University

(Natural Science), 2011, (6): 10-19. (in Chinese))

- [2] 王艳红,张忍顺,谢志仁.平均高潮位记录分析淤泥质海岸的相对海面变化——以江苏淤泥质海岸为例[J].海洋通报,2004,(5):59-64.(WANG Yanhong, ZHANG Renshun, XIE Zhiren. Analysis of relative sea-level change on muddy coast by tidal gauge records: Jiangsu muddy coast as an example [J]. Marine Science Bulletin, 2004, (5): 59-64.(in Chinese))
- [3] 王伟,宋志尧,陆卫国,等.海平面上升对海岸潮差响应的理论解析[J].海洋工程,2008,8(2).(WANG Wei, SONG Zhiyao, LU Weiguo, et al. A theoretical analysis of the responses of coast tidal range to sea level rise [J]. Ocean Engineering, 2008,8(2).(in Chinese))
- [4] 邓兵,范代读.海平面上升及其对上海市可持续发展的影响[J].同济大学学报,2002,11(30).(DENG Bing, FAN Daidu. Sea level rise and its impact on sustainable development of Shanghai City [J]. Journal of Tongji University, 2002, 11(30). (in Chinese))
- [5] 季子修,蒋自巽,朱季文,等.海平面上升对长江三角洲和苏北滨海平原海岸侵蚀的可能影响[J].地理学报,1993,11(6).(JI Zixiu, JIANG Zixun, ZHU Jiwen, et al. Impacts of sea level rise on coastal erosion in the Changjiang delta and north Jiangsu coastal plain [J]. Acta Geographica Sinica, 1993, 11(6). (in Chinese))
- [6] 陈宗镛.潮汐学[M].北京:科学出版社,1984:200-208.(CHEN Zongyong. Tidology [M]. Beijing: Science Press, 1984: 200-208. (in Chinese))

### Impact of Tidal Level Change on Tidal Form in Yangtze Estuary

MAO Xinghua, GU Shenghua, TANG Guilan

(Shanghai Hydrology Administration, Shanghai 200232, China)

**Abstract:** Based on the observations (1975-2010) at the Wusong Station, a typical tide station, the impact of variations in tidal level on tidal form was analyzed. The results show that the annual mean high (low) tidal level rises along with the rise of the annual mean tidal level, with significant linear correlation between them. However, there are no clear correlations between the tidal range, tidal duration and tidal level. In addition, there are no obvious correlations as well between the tidal level change and all extreme values, the annual highest (lowest) tidal level, the annual maximum flood (ebb) tidal range, the annual maximum (minimum) flood (ebb) duration, etc.

**Key words:** tide level change; tide form; impact

(上接第 54 页)

### Analysis of Rainfall, Floods and Droughts in Middle Shanxi in Recent Years

LIU Jingnan<sup>1,2</sup>, GU Ying<sup>1,2</sup>, JIN Junliang<sup>1,2</sup>, NI Shenhai<sup>1,2</sup>, SHEN Yu<sup>3</sup>

(1. Nanjing Hydraulic Research Institute, Nanjing 210029, China;

2. State Key Laboratory of Hydrology-Water Resources and Hydraulic Engineering, Nanjing 210029, China;

3. Hydrology Bureau of Shanxi Province, Taiyuan 030001, China)

**Abstract:** The statistical method was used to analyze the spatial-temporal distribution of rainfall, runoff and evaporation in the middle Shanxi since 1970s. The results show that the rainfall in the area is less than normal, there great is inter-annual variation of the rainfall, and the annual distribution is uneven. The runoff gradually has decreased since 1970s, and the decreasing trend is more obvious after 2000. The evaporation has increased since 1990s. The analysis was also made on the agricultural droughts and drought damages occurred in this area since 1990s. The results show that the rainfall, runoff and evaporation are important factors affecting the agricultural droughts.

**Key words:** rainfall; discharge; evaporation; agricultural drought; food drought