

文章编号:1006 - 7639 - (2003) - 03 - 0050 - 05

渭河上游干旱特征 与降水对天水市水资源的影响

朱拥军,王秀花

(天水市气象局,甘肃 天水 741000)

摘要:文中利用气象和水文观测资料,分析了渭河上游 50a 的干旱特征及降水对天水市水资源的影响,分析表明,渭河上游年降水在空间上有量的差异,但在气候变化趋势上基本一致;降水量存在 17、13、11 和 3a 的周期;水资源对气候变化有很强的敏感性,岷县降水量的年际变化对渭河水资源变化有很强的指示性;气候阶段性变化比年际变化对水资源所造成的影响严重;未来 20a 渭河流域降水很可能呈缓慢上升趋势。

关键词:渭河上游;干旱;降水变化;水资源

中图分类号: P426. 615

文献标识码: B

引言

中国历史文化名城天水市,辖 5 县 2 区,位于甘肃省东南部,地处陕、甘、川三省交界,总面积 1.43 万 km²,人口 340 万。近 50a 来,由于人口增长、经济迅速发展,加上气候变化等因素,全市在需水增加的同时,用水结构也发生巨大变化,对供水保证程度的要求也相应提高,水资源开发利用日益引起人们的关注。

目前,关于渭河上游气候变化对水资源影响的分析还比较少,渭河上游的降水是天水市水资源最重要的自然补给,因此,本文分析渭河上游的干旱特征及降水对水资源的影响,为合理开发利用水资源、为生态环境的保护提供可靠依据。

1 自然概况

渭河上游包括六盘山以西的陇西黄土高原和秦岭西段北侧,境内山脉纵横,地形起伏较大,地形以渭河河床为基线形成漫坡结构。包括 16 个县,流域总面积 29 748km²。流域年降水量 315 ~ 664mm,年平均气温 9 ~ 13℃,属于半干旱季风过渡带。

天水市主要属于黄河流域渭河水系,全市总面积 14 317km²,渭河水系 11 548km²,而嘉陵江水系

仅 2 769km²。渭河干流在境内全长 269km,天水市入境水资源全部来自渭河水系,大部分人口依靠渭河生存。

2 干旱时空分布特征

选取渭河上游 16 个县气象站的年降水资料,时间为 1951 ~ 2000 年,对于个别资料不全的站点,进行资料订正插补。将河水四季^[1]划分为,春季(平水期)3 ~ 6 月,夏季(丰水期)7 ~ 9 月,秋季(平水期)10 ~ 11 月,冬季(枯水期)12 ~ 2 月。为了与河流水量的四季划分一致,降水统计均按流域水文季节进行。降水标准采用 WMO 五分位法,将 1951 ~ 2000 年的年降水资料从小到大排列,分为 5 级,其中:Rd 取 1 ~ 5 时,依次对应于降水显著偏少、偏少、正常、偏多和显著偏多。按 WMO 的规定,年降水量为所取基准 50a 中未遇者为异常,Rd 取 0 降水异常偏少,Rd 取 6 降水异常偏多。

2.1 旱涝空间分布特征

流域年降水平均为 487mm,降水变率 76mm,相对变率 16%。年最大雨量中心在渭河一级支流榜沙河、大南河、山丹河的发源地岷县,年平均降水量 575mm;最小雨量中心在渭河一级支流葫芦河的源头宁夏西吉,年平均降水量 417mm。年降水相对变率最小且降水丰富的是岷县,相对变率为 13%,

收稿日期:2003 - 09 - 05;改回日期:2003 - 12 - 23

作者简介:朱拥军(1970 -),男,甘肃陇西县人,工程师,主要研究气候及其对于旱区自然环境变化的影响。

年降水标准差为 73mm。9 个县年降水量 500mm,7 个县年降水量 501mm,其中 3 个县年降水量 550mm。渭河北部降水多,南部区域少。

对流域内 16 个气象站的年降水量做 EOF 分解(自然经验正交函数解,可把时间长度为 n 、站点数为 m 的气象要素场 X ,分解成空间场和时间场两部分,以提取气象要素场 X 的空间分布特征和时间演变特征),分解的空间分布特征如表 1 所示。

表 1 渭河上游年降水量 EOF 分解特征向量表

Tab. 1 Character vector field of annual precipitation from EOF over upper area of Weihe River

地 名	第一载荷向量	第二载荷向量	第三载荷向量
漳县	0.25	- 0.21	- 0.32
岷县	0.25	- 0.13	- 0.34
通渭	0.25	- 0.36	- 0.02
渭源	0.23	- 0.38	- 0.13
陇西	0.25	- 0.26	- 0.23
西吉	0.23	- 0.23	0.51
隆德	0.26	- 0.14	0.45
静宁	0.26	- 0.05	0.36
庄浪	0.24	0.04	- 0.20
张川	0.26	0.05	- 0.08
秦城	0.26	0.08	0.03
北道	0.26	0.19	0.06
清水	0.26	0.31	0.09
秦安	0.25	0.36	0.12
甘谷	0.25	0.31	- 0.13
武山	0.24	0.40	- 0.18
累计方差贡献	77.00	84.00	89.00

降水量前三种空间分布场方差之和占总方差的 89%,完全能代表流域降水的空间分布特征。

第一载荷向量场方差贡献率为 77%,因子载荷量均为正,表明流域降水虽然在空间分布上有量的差异,但基本变化趋势(旱涝)具有很好的一致性。

第二载荷向量场方差贡献率为 12%,空间分布为天水涝(旱),其余地方旱(涝)。

第三载荷向量场方差贡献率为 5%,空间分布为天水东部和六盘山西侧涝(旱),其余地方旱(涝)。

2.2 旱涝时间演变特征

EOF 分解的前三项特征向量场相应的时间系数曲线如图 1 所示。

第一特征向量场时间系数振幅最大,对应的流域旱涝变化显著,第二、三特征向量场时间系数振幅小,不易造成较大旱涝。曲线表明,50 年代降水正常,60 年代偏多,70 年代正常略少,80 年代正常略多,90 年代偏少 - 特少。

对流域内降水量进行方差周期分析,最显著的为 17a,其次为 13a、11a 和 3a 周期。

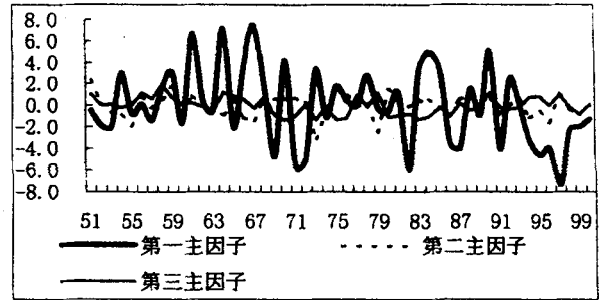


图 1 渭河上游年降水量 EOF 分解的时间系数曲线

Fig. 1 Time coefficient of annual precipitation from EOF over upper area of Weihe River

3 降水对水资源的影响

降水对特定区域水资源的影响可分为自产水和入境水两部分,自产水是指研究区当地降水产生的水资源量;入境水是指其它地区的降水形成径流进入研究区的资源量。下面以天水市为研究区域,进行降水与地表径流资源的关系分析。

3.1 降水与地表径流

天水市地表径流分入境水和自产水两部分。入境水全部来自渭河水系,主要是渭河干流及其一级支流榜沙河、山丹河、大南河、散度河、葫芦河。据计算^[2],平均入境水资源量为 8.9 亿 m^3/a ,占渭河流域水资源总量的 37.3%,占全市水资源总量的 34.0%。其中渭河干流入境水为 1.9 亿 m^3/a ,支流入境水为 7 亿 m^3/a 。入境水集水面积 18 200 km^2 ,降水总量平均为 81.4 亿 m^3/a ,折合降水量平均为 447mm。天水境内渭河流域集水面积 11 548 km^2 ,平均降水量为 507mm,降水总量 58.5 亿 m^3/a ,自产地表径流资源多年平均为 12.1 亿 m^3/a 。

在水文上,径流量是衡量地区水资源的重要标志,但径流量仅是降水量的一部分,直接受降水量的影响。为此,采用降水量与径流量之间的关系,分析渭河年径流量的变化。经计算,流域内主要气象站年降水量与天水北道水文站年径流量之间的回归方程如下:

$$Y = - 23.703 + 0.032 X_1 - 0.024 X_2 + 0.043 X_3 + 0.017 X_4 \quad (1)$$

式中 Y 是渭河在北道水文站的年径流量(亿 m^3),多年平均为 14.71 亿 m^3 ,4 个因子分别是当年岷县、陇西、静宁和前一年岷县的年降水量,方程的复相关系数为 0.93,精评分(S1):168,趋势评分(S2):944,双评分准则(CSC):1 112。

方程中,不但有当年的降水量,还有前一年的降水量,说明前一年大气降水形成的地下水,有一部份转化为下一年的地表径流。根据前面分析,流域内年降水趋势变化基本一致,利用岷县、陇西和静宁 3 县各自的年降水平均值和极值,结合 1951~2000 年间渭河实际情况,均衡出渭河上游径流 5 级标准的

6 种参量数值,以便根据短期气候预测判定渭河流域地表水资源。径流的 5 级标准以多年径流平均值 50%、51%~80%、81%~120%、121%~150%、150% 分别表示极枯年、枯水年、平水年、丰水年、特丰年,具体结果如表 2 所示。

1951~2000 年间,6 次达到极枯年标准,9 次达

表 2 渭河上游径流量分级标准参量均衡表

Tab. 2 Ranking standard parameters of run-off in upper part of Weihe River

参数类型	全年断流	极枯年	枯水年	平水年	丰水年	特丰年
渭河径流量 Y (亿 m^3)	$Y = 0.0$	$Y < 7.4$	$7.4 < Y < 11.8$	$11.8 < Y < 17.7$	$17.7 < Y < 22.1$	$Y > 22.1$
岷县年降水量 R_1 (mm)	$R_1 < 253$	$R_1 < 400$	$400 < R_1 < 523$	$523 < R_1 < 658$	$658 < R_1 < 759$	$R_1 > 759$
陇西年降水量 R_2 (mm)	$R_2 < 193$	$R_2 < 305$	$305 < R_2 < 399$	$399 < R_2 < 502$	$502 < R_2 < 579$	$R_2 > 579$
静宁年降水量 R_3 (mm)	$R_3 < 204$	$R_3 < 322$	$322 < R_3 < 422$	$422 < R_3 < 531$	$531 < R_3 < 612$	$R_3 > 612$
入境年降水总量 S_1 (亿 m^3)	$S_1 < 38$	$S_1 < 56$	$56 < S_1 < 74$	$74 < S_1 < 93$	$93 < S_1 < 107$	$S_1 > 107$
自产年降水总量 S_2 (亿 m^3)	$S_2 < 26$	$S_2 < 41$	$41 < S_2 < 53$	$53 < S_2 < 67$	$67 < S_2 < 77$	$S_2 > 77$
渭河上游年降水总量 S (亿 m^3)	$S < 64$	$S < 101$	$101 < S < 131$	$131 < S < 165$	$165 < S < 190$	$S > 190$

到枯水年标准,22 次达到平水年标准,11 次达到丰水年标准,2 次达到特丰年标准。1997 年渭河径流量最小,为 4.2 亿 m^3 ,大部分支流接近全年断流。1967 年渭河径流量最大,其值为 30.34 亿 m^3 。

由前面分析可知,流域降水显著周期为 17a、13a、11a 和 3a。对天水境内降水和入境水集水区降水分别做方差周期分析,分析结果一致,说明天水境内降水和入境水集水区降水都存在 17、13、11 和 3a 周期。经分析,北道水文站的年径流量存在 17、13、4a 变化周期,由此可见,降水周期性变化影响着天水市地表径流资源的丰欠。

1951~1993 年,入境水集水区干旱对天水地表径流影响最严重的程度是连续 2a 降水偏少(包括特少),共出现 3 次,由于连续偏少后均转为正常或偏多(包括特多),对天水市地表水资源的影响有限。天水境内干旱对天水市地表水资源影响最严重的程度也是连续 2a 降水偏少(包括特少),共出现 2 次,与入境水集水区的干旱相比,不仅干旱出现的次数少,而且干旱程度相对轻;同样,由于降水连续偏少后普遍转为正常或偏多(包括特多),对地表水资源短缺的影响更低。

1994~2000 年,气候出现持续异常,渭河上游连续 7a 出现干旱。入境水集水区降水从 1993 年开始,2 次特少,3 次偏少,3 次略偏少,降水量减少 90 亿 m^3 。境内水降水从 1994 年开始,4 次特少,2 次偏少,1 次略偏少,降水量减少 82 亿 m^3 ,境内降水减少的幅度大于境外降水减少幅度,持续的异常干旱造成天水市地表水资源急剧减少,进而造成水资源严重短缺。

3.2 降水与地下水资源

天水市地下水资源按水文地质条件可分为山区型地下水和河谷区型地下水。山区地下水主要赋存于基岩裂隙和黄土层的孔隙裂隙之中,全部由天然降水入渗补给,其渗补量主要反映在沿不透水层形成潜流或出露形成地表径流向下排泄。河谷区地下水主要赋存于第四纪全新统砂砾、卵石层中,地下水补给主要以地表水入渗、大气降水下渗、河谷地下潜流汇入为主。排泄以地下潜流溢出、人工开采、潜水蒸发等方式进行。

天水市地下水资源补给量中,渭河流域补给量多年平均为 8 亿 m^3 ,占全市总补给量的 90.6%。地下水资源量中,渭河流域多年平均为 7.8 亿 m^3 ,占全市地下水资源量的 90.4%。地下水可开采资源量中,渭河流域平均为 5 亿 m^3 ,占全市地下可开采水资源量的 96.5%,占渭河流域地下水资源量的 64.5%。地下水净资源量中,渭河流域多年平均为 2.8 亿 m^3 ,占全市地下水净资源量的 90%,占渭河流域地下水净资源量的 90.2%。

由于地下水和地表水都来源于大气降水,二者关系密切又互相转化,因此气候变化对地下水资源的影响同样显著。

渭河上游流域出现干旱时,主要通过 3 种途径影响区域地下水资源。首先,大气降水直接入渗补充量将减少。其次,大气降水形成的地表水减少,一方面使地表水入渗量减少,另一方面入渗速度减慢从而影响补给量。最后,上一年贮存的一部分地下水因重力作用要转变为地表水和地下径流流出区域。

1994~2000年,持续的异常干旱造成天水市地下水资源锐减,加上地表水入不敷出,人们加大对地下水的开采以满足用水需求,对地下水的过度开采使地下水水位严重下降,由于地下水资源的短缺,1997年出现城市断水现象。

4 未来 20 年气候趋势与水资源对策

由于天水市水资源完全依赖于渭河上游的大气降水,对气候变化相当敏感,因此气候变化尤其是干旱对水资源供需平衡的影响相当明显。

根据王陇等人对天水市降水年代变化分析预测^[3],2000~2010年间,降水出现偏多的频率将明显增加,降水总趋势将趋于正常到偏多。中国科学院寒区旱区环境及工程研究所施雅风等人通过数值模拟、统计预测、自然周期分析及古气候相似对比推测^[4],西北地区东部的干旱有可能很快结束,并向暖湿性转变,到2050年,整个西北地区可能均会到丰水期。

利用方差周期分析和三阶多项式对渭河上游降水趋势进行模拟,结果如图2所示。流域降水趋势曲线表明,1951~1967年降水呈上升趋势,1967~2003呈缓慢下降趋势,2003~2020年降水呈缓慢上升趋势。

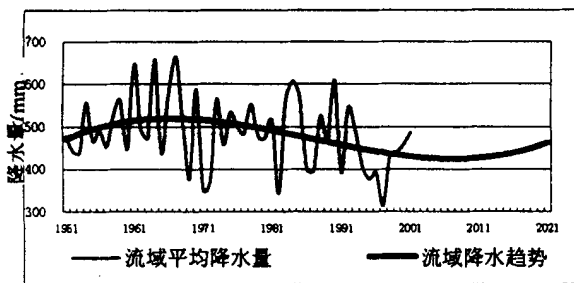


图2 渭河上游降水趋势

Fig. 2 Precipitation trend over upper area of Weihe River

未来近20a,虽然流域降水呈上升趋势,但由于天水市人口增长,经济快速发展等原因,对地表水和

地下水的需求量将持续增加,水资源短缺仍将是一个十分严重的问题。

因此,调整经济结构,大力发展非耗水型或轻度耗水型产业,控制人口增长速度,修建必要的水利设施进行集水、蓄水、保水,充分利用渭河水资源,提高社会用水效率,树立节约用水意识及完善相应措施,是有效缓解水资源短缺的途径。

5 结 论

5.1 渭河上游降水在空间分布上虽然有量的差异,但有相同的年际变化趋势。1951~2000年间,流域降水50年代正常,60年代偏多,70年代正常略少,80年代正常略多,90年代偏少-特少。降水存在17、13、11a和3a周期。

5.2 流域降水与径流统计关系显著,岷县降水丰富且稳定,对渭河径流变化有极强的指示性,同时说明岷县降水在渭河径流中占有重要比例。入境的渭河干流与支流流量比值多年平均为1/8,入境支流对天水水资源的影响比干流大。

5.3 1951~1993年,流域干旱最严重的程度是降水连续2a偏少(包括特少),由于连续偏少后普遍转为正常或偏多(包括特多),对水资源的影响有限。1994~2000年,天水境内外降水持续7a出现偏少甚至特少,造成严重水资源短缺。2003~2020年,渭河上游降水量呈缓慢上升趋势,但用水需求量持续增加,因此水资源短缺问题仍将持续。

致谢:天水气象局蒲永义高工和王陇高工对本文提了有益的建议,在此表示感谢。

参考文献

- [1] 陆渝蓉. 地球水环境学[M]. 南京:南京大学出版社,1999.
- [2] 天水市水利局. 天水市水资源及现状分析报告[R]. 1999.
- [3] 王陇. 天水市降水量的年代际变化特征[J]. 甘肃农村科技, 2002.
- [4] 施雅风. 中国西北部现代气候由暖干向暖湿转型探讨[N]. 中国气象报, 2003-04-01.

The Drought Character in Upper Area of Weihe River and Precipitation Influence on Water Resource in Tianshui

ZHU Yong - jun ,WANG Xiu - hua

(Tianshui meteorological Bureau ,Tianshui 741000 ,China)

Abstract :According to weather and water data , the drought character in upper area of Weihe River and precipitation influence on water resource are analyzed. The results indicate that annual precipitation is different but climatic tendency is same from place to place , there is 17、13、11 and 3 annual circulation period , and water resource is sensible to climate variation , the annual precipitation change in Mingxian country may cause obvious change in run - off of Weihe River. The stage climatic change do greater harm than the annual climatic change ,perhaps the precipitation over upper area of Weihe River gradually increases in following 20 years.

Key Words :upper area of Weihe River ; drought ; precipitation variation ; water resource