

甘肃省河西地区径流量 干旱指数初探^①

王劲松 冯建英

(甘肃省兰州干旱气象研究所, 兰州 730020)

提 要

利用代表河西地区三条主要内陆河的昌马堡、莺落峡和九条岭三个水文站 38 年 (1959~1996 年) 逐月径流量资料, 分析各年汛期径流量距平百分率, 确定径流量丰枯程度; 通过对径流量进行正态化处理来确定径流量的干旱指数, 并对干旱指数的旱涝等级进行了划分; 同时考虑干旱指数的旱涝等级和农业灌溉用水的实际情况, 初步对农业灌溉用水提出了一些合理化建议。

关键词: 河西地区 内陆河径流量 干旱指数 旱涝等级

引 言

甘肃省河西地区东起乌鞘岭, 西至敦煌, 是介于祁连山和马鬃山之间的一条狭长地带。这里是甘肃省主要的商品粮基地。而这一地区常年少雨, 平均年降水量为 100~150mm, 仅占全省年降水量的 30% 左右, 因而靠自然降水来维持农业生产的需要是远远不够的。河西地区是灌溉农业区, 水资源来自于其境内的三条主要内陆河, 它们从西到东分别属于疏勒河、黑河和石羊河。

由于内陆河水资源状况对农业生产起到重要作用, 那么对内陆河流量的研究也就十分重要。关于内陆河流量方面的工作, 前人的研究表明^[1,2], 祁连山区降水是影响内陆河流量的主要因子, 而平均温度则是辅助性的因子, 它通过影响高山冰雪融化来对流量起增加作用, 并且温度与流量的这种相关性以西部的疏勒河为最好。可见, 已有的研究成果从气候因子与流量之间的关系进行了分析, 揭

示了流量的影响因子及其变化特征, 但对由于气候因子影响而造成的流量变化程度没能给出一个明确的划分, 而流量的这种变化程度却与农业灌溉用水的合理安排息息相关, 因而本文试图通过对三条内陆河月径流量资料的分析来揭示其变化特征, 并以此为基础, 找出对农业生产有直接影响的径流量干旱指数, 并对其进行旱涝等级划分; 进而结合大气的干旱指数, 讨论以径流量干旱指数划分的旱涝等级与大气旱涝等级之间的关系。

在确定旱涝标准方面人们已做过一些工作, 并建立了一些有效的指标^[3,4]。但这些指标往往是依赖于降水量而建立的, 这对于年降水量很小的河西地区来说是不适宜的, 因此, 建立一种适合河西地区的流量干旱指数是有其实际意义的。

1 资料来源

本文所用水文资料为昌马堡、莺落峡、九条岭三个水文站, 分别为疏勒河(祁连山西

^① 本文得到国家“九五”重中之重项目 96-908-05-03 专题资助

段)、黑河(祁连山中段)、石羊河、(祁连山东段)的水文代表站,1959~1996年逐月径流量资料。汛期径流量用历年5~9月径流量相加而得。

2 河西内陆河汛期径流量年际变化特征

由三条内陆河38年径流量资料,经统计得到如下结果(表1),内陆河汛期径流量平均占全年径流量的75%以上,其中石羊河达到了80%以上,因而内陆河汛期径流量的多寡可以代表年径流量的丰枯情况。为简单起见,本文以下讨论使用汛期径流量进行分析和计算。

表1 1959~1996年径流量统计结果(10^8m^3)

	年径流量	汛期径流量	汛期径流量占年径流量的百分比/%
疏勒河	324.172	244.019	75.3
黑河	588.537	444.641	75.6
石羊河	120.938	99.660	82.4

将三条内陆河汛期径流量按距平百分率分为5个等级,并用5个整数(-2,-1,0,1,2)代表不同等级的汛期径流量,分别是:径流量距平 $\Delta < -30\%$,代表枯水年,用-2表示; $-30\% \leq \Delta < -10\%$,代表偏枯年,用-1表示; $-10\% \leq \Delta < 10\%$,代表正常年,用0表示; $10\% \leq \Delta < 30\%$,代表偏丰年,用1表示; $\Delta > 30\%$,代表丰水年,用2表示。根据1959~1996年三条内陆河径流量的不同丰枯等级状况(图略),可以看出:疏勒河枯水年2次,偏枯年12次,正常年14次,偏丰年7次,丰水年3次;黑河,枯水年1次,偏枯年10次,正常年18次,偏丰年7次,丰水年2次;石羊河,枯水年0次,偏枯年13次,正常年17次,偏丰年5次,丰水年3次。显然,三条内陆河径流量均以正常年份为多,平均占43%,且少水年份(指枯水年和偏枯年)要多于多水年份(指偏丰年和丰水年)。同时,还可

以看到,少水年中主要以偏枯为主,枯水年次之,而多水年中主要以偏丰为主,丰水年次之。可见,在三条内陆河的径流量序列演变中,平均丰枯年份总数占统计年份的10%左右,少水年份水量不很匮乏,多水年份水量不很丰盈。

分析三条内陆河38年汛期径流量变差系数、偏态系数(表2)。由表中可看出,疏勒河汛期径流量的变差系数 C_v 和偏态系数 C_s 均大于黑河和石羊河,说明疏勒河汛期径流量年际变化程度较黑河和石羊河的更为剧烈,即疏勒河的径流量年际变化特征最明显。由于偏态系数 $C_s > 0$,为正偏,说明疏勒河汛期径流量小于其平均值的程度比黑河和石羊河径流量小于它们各自平均值的程度要大,即疏勒河的偏枯性更强一些,这与前面分析得到的结果也是一致的。

表2 三条内陆河1959~1996年汛期径流量变差系数和偏态系数的比较

	变差系数 C_v	偏态系数 C_s
疏勒河	0.24	1.34
黑河	0.18	0.78
石羊河	0.18	0.83

3 径流量干旱指数及其旱涝等级的确定

由以上分析的汛期径流量变化特征,可以看到,三条内陆河径流量具有较为统一的丰枯特征。这样对于三条内陆河的径流量干旱指数,就能够选择一致的指标来统一确定其丰枯等级。

由于河西地区内陆河流量的年内分配与祁连山区降水的年内分配基本一致^[5],而较好地描述干旱地区降水量分布的是Person III型分布^[6],因此可以假设径流量遵从Person III型分布。

根据文献[3],通过对径流量进行正态化处理,可将概率函数Person III型分布转换为

以 Z 为变量的标准正态分布,转换公式为:

$$Z_i = \frac{6}{C_s} \left(\frac{C_s}{2} J_i + 1 \right)^{1/3} - \frac{6}{C_s} + \frac{C_s}{6}$$

式中 C_s 为偏态系数, J_i 为径流量的标准化变量,二者均可由径流量资料序列计算得出,计算公式如下:

$$C_s = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^3}{nS^3}, J_i = \frac{X_i - \bar{X}}{S}$$

其中 $S = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}$ 为均方差。

根据 Z 变量的正态分布特性,同时按照上述径流量丰枯等级情况,将 Z 值划分为 5 个等级并确定其相应的界限值,作为各级旱涝指标,列于表 3。

表 3 径流量 Z 指数旱涝等级标准

等级	累积频率	Z 值	旱涝类型	理论频率分布
1	>95%	$Z > 1.6448$	涝	5%
2	70%~35%	$0.5244 < Z \leq 1.6448$	偏涝	25%
3	30%~70%	$-0.5244 \leq Z \leq 0.5244$	正常	40%
4	5%~30%	$-1.6448 \leq Z < -0.5244$	偏旱	25%
5	<5%	$Z < -1.6448$	旱	5%

依照表 3 中的标准,对三条内陆河 1959~1996 年径流量的 Z 指数进行计算和划分,具体结果见表 4。

表 4 依表 3 标准划分的三条内陆河 1959~1996 年 Z 指数旱涝等级的频数

等级	旱涝类型	疏勒河	黑河	石羊河	平均频率分布(%)
1	涝	2	2	3	6.1
2	偏涝	8	9	9	22.8
3	正常	19	17	13	42.9
4	偏旱	6	8	13	23.7
5	旱	3	2	0	4.4

表 4 中,旱涝等级的平均频率分布与表 3 中的理论频率分布基本一致,3 级占 40% 左右,2 级和 4 级分别占 25% 左右,1 级和 5 级分别占 5% 左右,这与实际情况也是相符的。

4 径流量干旱指数旱涝等级与大气干旱指数旱涝等级的比较

为说明径流量干旱指数旱涝等级划分的合理性,本文将其划分得出的旱涝等级与用大气干旱指数划分得到的旱涝等级作一比较。利用三条内陆河上游山区降水量代表站(疏勒河为托勒、黑河为祁连、石羊河为门源)1959~1996 年的降水资料分别代入大气干旱指数公式,并确定出旱涝等级^[4],结果列在表 5。

表 5 1959~1996 年三条内陆河上游山区降水量代表站的大气干旱指数旱涝等级频数

等级	旱涝类型	托勒	祁连	门源	平均频率分布(%)
1	重涝	3	2	2	6.1
2	大涝	4	6	5	13.2
3	偏涝	4	4	4	10.5
4	正常	14	15	14	37.7
5	偏旱	5	5	8	15.7
6	大旱	6	5	4	13.1
7	重旱	2	1	1	3.5

表中,大气干旱指数将旱涝级别划分为 7 级,如果按照径流量干旱指数旱涝等级划分的 5 级来讨论,将大气旱涝等级的 2 级与 3 级合并,5 级与 6 级合并,分别记为偏涝和偏旱,另外,重涝、重旱分别记为涝、旱,如表 6 所示,那么可以看到,代表站大气旱涝等级中正常级占了 38%,接近 40%;偏涝、偏旱平均占了 26%,接近 25%;涝、旱平均占了约 5%,这与径流量旱涝等级(表 4)各级频数分布基本相同,因而二者的等级划分是基本一致的。可以认为径流量干旱指数旱涝等级的划分是合理的。

表 6 将表 5 中旱涝等级合并为 5 级后的结果

等级	旱涝类型	托勒	祁连	门源	平均频率分布(%)
1	涝	3	2	2	6.1
2	偏涝	8	10	9	23.7
3	正常	14	15	14	37.7
4	偏旱	11	10	12	28.8
5	旱	2	1	1	3.5

进一步分析三条内陆河径流量旱涝等级频数与它们各自对应的上游山区降水量代表站的大气旱涝等级频数,比较表 4 与表 6,发现疏勒河径流量旱涝等级中正常级的频数较托勒大气旱涝等级中正常级的频数多,而其偏旱级的频数却少于后者,即径流量比其流域内降水量的稳定性要好。对黑河和祁连而言,这种差异已经不太明显;石羊河径流量旱涝等级频数与门源大气旱涝等级频数之间却具有较为一致的特性。显然,在正常级和偏旱级上,疏勒河与托勒之间在等级频数上较黑河与祁连之间、石羊河与门源之间的差异要大;而在偏涝级上不存在这种差异。这是因为内陆河径流量的大小不只受上游山区降水量的制约,还与温度的变化有关,而温度是冰川融水的决定性因子。我国内陆河冰川融水补给占径流量的比例,祁连山为 14%,其中疏勒河占 28.5%,黑河占 8.3%,石羊河占 3.8%^[7]。可见,疏勒河靠冰川融水补给的径流量远大于黑河和石羊河,因而在上游山区温度高、降水少的年份,疏勒河仍与可能维持正常的径流量,如 1961 年,托勒站大气干旱指数旱涝等级为“旱”,而疏勒河的径流量干旱指数旱涝等级为“正常”,从托勒站 1959~1996 年 4~6 月平均温度距平图(图略)可以看到,1961 年的温度为正距平,对冰川融水有利(类似情况还有 1978 年、1991 年、1994 年、1995 年和 1996 年)。因而径流量干旱指数 Z 同时考虑了上游山区的温度与降水情况,符合实际,具有其合理性。

5 径流量旱涝等级与农业灌溉的关系

由于河西地区特殊的干旱气候条件,农业用水只能依靠灌溉,当内陆河径流量丰沛时,灌溉用水可以得到满足;当内陆河径流量欠缺时,灌溉用水得不到满足,则需要抽取地下水来补充这一不足。但从水资源的合理开

发利用来讲,应尽可能最大限度地利用好由祁连山区降水、冰雪融化已经形成的内陆河水,为保证水资源的可持续发展,一般尽量不要开采地下水。

径流量的丰欠可以通过径流量干旱指数 Z 的旱涝等级来判断,前面的讨论中,将径流量旱涝等级划分成 5 级,这仅是表明了内陆河径流量的实际大小情况,而在实际应用中,可根据 Z 指数的旱涝等级来作具体的农业灌溉安排,只要径流量的旱涝等级为 1、2、3 级,即内陆河径流量达到丰沛或正常,那么就能够满足农业灌溉的正常需要。考虑到农业灌溉是人为进行的过程,因而来水的丰沛并不意味着农田会出现涝的情况,人们对充沛的内陆河水是可以合理利用的,所以,径流量的“涝”、“偏涝”和“正常”的等级,对于农业灌溉来说可合并为一级,记为“正常”。

而当径流量旱涝等级为 4、5 级,即“偏旱”、“旱”时,说明内陆河径流量欠缺,这将对农业灌溉的正常用水有影响。就径流量的“旱”等级而言,表明内陆河的径流量确实不能满足农业用水的需要,这时可考虑开采地下水来灌溉。事实上,从表 4 中可以看到,这种情况发生的频率很小,因而通过开采地下水来解决农业灌溉用水是可行的,不会发生因地下水的频繁开采而导致水资源的可持续发展遭到破坏。当径流量为“偏旱”等级时,说明内陆河径流量不足以满足农业用水,这时对偏旱的程度作如下规定:在“偏旱”等级中(见表 4),取 Z 指数的中间值,即 -1.0846 。当 $-1.0846 < Z < -0.5244$ 时,认为径流量的偏旱程度轻,这时必须合理安排利用好内陆河来水。在这种情况下,首先建议推迟作物的头水灌溉时间,以保证农作物生长关键期的用水;其次建议使用水库的库存水来补充内陆河来水的不足。当 $-1.6448 \leq Z$

≤ -1.0846 时,认为径流量的偏旱程度重,这时除提出以上的两条建议外,还建议适当开采地下水来补充。

综上所述,径流量 Z 指数值在实际农业灌溉应用中,可分为4级,表7列出了 Z 值与农业灌溉用水之间的关系。

表7 径流量 Z 指数值与农业灌溉用水的关系

Z 值	农业灌溉用水
$Z \geq -0.5244$	正常
$-1.0846 < Z < -0.5244$	轻度偏旱,建议推迟作物头水灌溉和使用库存水
$-1.6448 \leq Z \leq -1.0846$	重度偏旱,建议推迟作物头水灌溉、使用库存水和适当开采地下水
$Z < -1.6448$	旱,开采地下水灌溉

6 结论

径流量干旱指数的确定对于主要靠内陆河灌溉的河西地区农业生产来说,意义是十分重大的,这与以雨养农业区为主的河东地区是截然不同的,这也正是研究以径流量为指标的干旱指数的目的所在。

由于 Person III 型分布能较好的描述干旱地区的降水量分布,而河西地区内陆河流量与祁连山区降水量年内分配是基本一致的,这样,径流量的 Z 指数方法假设某时段径

流量服从 Person III 型分布时,计算出的结果就比较符合实际。因此,作为干旱区旱涝的标准,径流量 Z 指数是可用的。以此为基础,通过对农业灌溉用水实际情况的分析,取 Z 指数“偏旱”级的中间值,将 Z 指数在农业灌溉的实际应用中分为四级,从而对灌溉用水提出了合理化建议。

致谢: 本文在修改过程中得到李栋梁研究员的指导,在此表示衷心感谢。

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, 1988, 7(4): 374~376.
- 2 袁玉江, 桑修诚. 甘肃省河西地区气候对流量影响的初步分析. 高原气象, 1998, 17(2): 211~216.
- 3 鞠笑生, 杨贤为, 陈丽娟等. 我国单站旱涝指标确定和区域旱涝级别划分的研究. 应用气象学报, 1997, 8(1): 26~32.
- 4 张存杰, 王宝灵, 刘德祥等. 西北地区大气旱涝指标的研究. 高原气象, 1998, 17(4): 381~389.
- 5 冯建英. 河西内陆河春季流量变化特征的分析 and 预测. 甘肃气象, 1998, 4: 38~41.
- 6 屠其璞, 王俊德, 丁裕国等. 气象应用概率统计学. 北京: 气象出版社, 1984. 41~42.
- 7 徐国昌等. 中国干旱半干旱区气候变化. 北京: 气象出版社, 1997: 68.

Preliminary Research on Runoff Drought Index in Hexi Area of Gansu Province

Wang Jinsong Feng Jianying

(Lanzhou Arid Meteorological Institute, Gansu Province 730020)

Abstract

In terms of 38 Year's (1959—1996) monthly runoff data of Changmabao, Yingluoxia and Jiutiaoling Hydrological station which represent three main inland rivers in Hexi area respectively, the anomalous percentage of runoff and its degree of high/low flow were analysed. The runoff drought index was specified by processing runoff normally and its grades of dryness/wetness was divided. Considering of the drought index grades and the situation of agriculture irrigating, some reasonable suggestions about irrigating were given.

Key Words: Hexi area runoff of inland river drought index dryness/wetness grades