

文章编号: 1004-4574(2007)05-0069-05

# 山西旱涝动态诊断

郭慕萍<sup>1</sup>, 刘月丽<sup>1</sup>, 郝寿昌<sup>2</sup>

(1 山西省气候中心, 山西 太原 030000 2 山西省气象台, 山西 太原 030000)

**摘要:** 干旱是山西的主要气象灾害, 但长期以来, 该省一直没有一个科学的、实用的干旱指标。分析了目前有关干旱指标研究的不同思路和方法, 结合山西省实际情况, 给出了适合该省的综合判断法和 Z 指数干旱指标, 并建立了山西旱涝动态监测预警服务系统, 该系统可以从不同的角度对山西省的旱涝状态实施动态诊断。

**关键词:** 旱涝指标; 动态诊断; 监测预警; 山西省

**中图分类号:** P426.616 **文献标识码:** A

## Dynamic diagnosis of drought /waterlogging in Shanxi Province

GUO Mu-ping<sup>1</sup>, LU Yue-li<sup>1</sup>, HAO Shou-chang<sup>2</sup>

(1 Shanxi Climate Center Taiyuan 030000 China 2 Shanxi Meteorological Bureau Taiyuan 030000 China)

**Abstract** Drought is the most important meteorological disaster in Shanxi Province. But up to now there is not a scientific and applicable drought index for Shanxi Province yet. In this paper, the different methods to research drought/waterlogging index were analyzed. As a result, the drought/waterlogging judgment approaches suitable for Shanxi Province such as comprehensive judgment and z index methods were presented. The dynamic monitoring and pre-warning service system for drought/waterlogging in Shanxi Province were established and the system can implement dynamic diagnosis of drought/waterlogging in Shanxi Province from different points of view.

**Keywords** drought/waterlogging index; dynamic diagnosis; monitoring and pre-warning; Shanxi Province

干旱一直是困扰山西省工农业生产和人民生活的主要自然灾害。据史料记载: 上朔到殷商成汤十九至二十五年(约公元前 1582- 公元前 1576年), 山西省就有关于旱灾的记载; 到公元前 800年左右, 山西省境内几乎是年年都有不同程度、不同范围的干旱灾害发生。尤其是在近百年来, 干旱灾害越来越频繁。20世纪 70年代后期以来, 干旱成为山西省乃至华北地区的主要自然灾害。据不完全统计, 华北地区平均每年因干旱受、成灾面积占全国因干旱受成灾面积的 30% 以上, 严重影响了地区的工农业生产, 制约着国民经济的可持续发展。

根据政府间气候变化委员会 (IPCC) 研究结果表明: 在过去几百年乃至上千年, 全球以变暖为主要特征的气候变化已是不争的事实, 各种极端气候事件频繁发生, 并且预计从目前到 2100年的 100 a间, 由于人类活动造成的温室气体的排放将继续增加, 全球平均地表温度被预测将上升 1.5~ 6.0℃, 其中干旱和半干旱区将变的更干。上述问题已不仅仅是科学问题、环境问题, 而且是能源问题、经济问题甚至是政治问题。因

收稿日期: 2004-04-10 修订日期: 2004-06-28

基金项目: 山西省科技厅攻关项目资助 (993028)

作者简介: 郭慕萍 (1956-), 女, 高级工程师, 主要从事气候研究. E-mail: sxgh-gmp@163.com

此,我们将面临着更加干旱的挑战,研究山西省干旱的动态诊断方法,对于研究其干旱规律及其未来气候变化对干旱的影响就显得非常必要。

制约干旱的主要因子除降水以外,还包括气温、日照、风等其它气象要素以及地形地貌、水利设施等非气象要素。确定干旱指标是目前进行干旱诊断研究要解决的首要问题,指标的恰当与否直接影响着对干旱程度的正确判断和评估。

在进行干旱诊断、评估中,常常还会遇到任一时段一定重现期的干旱(湿涝)问题,作为衡量干旱(湿涝)的标准之一。这也是该项研究要解决的问题之一。

# 1 干旱指标的确定

目前判断干旱指标的方法很多,各有不同侧重,考虑的要素也存在一定的差异。大致可分为下列几种情况。(1)直接用降水量来确定干旱指标。如降水百分率、z指数。(2)除降水量外同时考虑其它气象要素的影响来确定干旱指标。如降水均一化指标。(3)根据蒸发和降水量的相对大小确定干旱指标。(4)根据最大蒸发与实际蒸发相对大小确定干旱指标。如程纯枢 我国气候干湿条件的分布特点,用最大可能蒸发和实际蒸发的相对大小,讨论了我国气候干湿条件的分布。(5)以干燥度为干旱指标。如李克让等的 华北平原旱涝气候。以干燥度为干旱指标,分析了华北平原干旱发生的规律特点。(6)水分平衡原理方法。如安顺清等 修正了的帕莫尔干旱指数及其应用,根据华北地区的特点,引进并修改的帕莫尔(Pan er)干旱指数。(7)综合法。如张文宗等综合考虑土壤墒情与气温、降水等因子来确定干旱指标的方法等。

由于各个指标的侧重点不同,考虑的要素也有差别,因此都有一定的局限性。理论上讲,从气候学水分平衡原理出发进行旱涝评估最为理想,但由于计算起来比较复杂,可操作性差,用于旱涝实时诊断监测存在较大的难度。在对上述方法进行充分讨论和分析的基础上,结合山西省实际,对山西干旱指标进行了确定。

山西省南北跨度大、地形复杂、垂直变化显著,进而导致气候类型多样。根据这些特点和有关方面的实际,我们选用了目前比较常用的几种干旱指标,对山西省历史上典型旱涝年份进行了分析计算。结果表明:在可操作性或与实际吻合方面,几种方法虽各有特点,但都有一定的局限性。水分平衡原理考虑的因子比较全面,但在业务中推广应用比较困难;仅考虑前期降水的干旱指标,实际上是对大气干旱的描述,并不能反映真实的土壤干旱情况。本课题根据山西省的旱涝特点,综合考虑土壤墒情、气温和降水等因子,建立山西省干旱指标。

## 1.1 综合判断法

众所周知,土壤墒情实际代表了土壤目前的实际干旱状况,以此为出发点,综合考虑降水量、气温、风速等影响土壤墒情的要素,从而得出山西省各级干旱预警指标。

$$S = S_0 + S_R + S_T + S_F \tag{1}$$

式中:

- S 干旱预警指标;
- S<sub>0</sub> 实测或遥感的 10厘米深度土壤墒情(占田间持水量);
- S<sub>R</sub> 根据降水量试验得出的订正值;
- S<sub>T</sub> 根据最高气温试验得出的订正值;
- S<sub>F</sub> 根据中期降水趋势预报得出的订正值。

具体的干旱预警指标见表 1:

表 1 干旱预警指标  
Table 1 Drought pre-w am ing index

旱涝指标	S < 40	40 ≤ S < 50	50 ≤ S < 60	60 ≤ S < 80	80 ≤ S < 95	95 ≤ S < 109	S > 109
旱涝等级	极旱	重旱	轻旱	正常	轻涝	重涝	极涝

应该指出,如果进行干旱监测时,应去除中期预报项,则干旱等级指标如下列表 2。

表 2 干旱监测指标  
Table 2 Drought monitoring index

旱涝指标	$S < 36$	$36 < S < 46$	$46 < S < 56$	$56 < S < 76$	$76 < S < 91$	$91 < S < 105$	$S < 105$
旱涝等级	极旱	重旱	轻旱	正常	轻涝	重涝	极涝

### 1.1.1 降水订正模式

降水订正模式是根据实测或遥感土壤墒情后发生的降水量来确定的订正值。它的应用,可以较好地避免实施测墒后因降水发生而引起的土壤墒情误差,使干旱预警服务系统的动态监测结果逼近警报分布的实际情况。(具体订正值如表 3)

表 3 降水量订正值  
Table 3 Modified values of precipitation

降水量 (mm)	$R = 0$	$0 < R < 3$	$3 < R < 10$	$10 < R < 25$	$25 < R < 50$	$50 < R < 100$	$100 < R < 200$	$R > 200$
$S_R$	-3	3	5	8	10	12	14	18

### 1.1.2 最高气温订正模式:

最高气温订正模式是根据实施测墒后的逐日最高气温确定的订正值。它适合于海拔高度低于 1 200 m 的地区(山西省 90% 台站的观测场海拔高度在 1 200 m 以下)。对于海拔高度高于 1 200 m 的地区其  $S_T$  所对应的最高温度按增加 2 处理。例如:在海拔高于 1 200 m 的地区,当最高气温在  $36 < T < 38$  区间时,  $S_T$  取 -8 当最高气温在  $34 < T < 36$  区间时,  $S_T$  取 -6。依次类推。(最高气温订正值见表 4)

表 4 最高气温订正值  
Table 4 Modified values of maximum temperature

最高气温 /	$T < 38$	$36 < T < 38$	$34 < T < 36$	$32 < T < 34$	$T < 32$
$S_T$	-8	-6	-5	-3	0

### 1.1.3 中期降水趋势预报订正值

中期降水趋势预报对干旱预警指标影响较大,干旱预警系统的服务质量的提高,必须依托较高水的平中期预报。随着中期天气预报水平的不断提高,这部分订正值的应用,对于提高系统的稳定性有着十分重要的意义(中期降水订正值见表 5)。

表 5 中期降水趋势预报订正值  
Table 5 Modified values of trend forecast for medium-term precipitation

中期降水量趋势预报	晴	多云	阴	零星小雨	小雨	小	中雨	中	大雨	大雨	大	暴雨	大暴雨
$S_R$	-5	-3	0	3	5	6	8	10	12				

### 1.1.4 需要说明的几个问题:

#### (1) 综合判断法 中干旱预警的时间尺度问题

本系统为旱涝监测预警系统。如进行监测时,则指标为:  $S = S_0 + S_R + S_T$ , 可根据实测资料,监测该日旱(涝)的实际情况。如:根据 2004 年 5 月 30 日的实测资料和相关的历史资料,得出该地到 5 月 30 日旱情的实际等级。

如果在指标中加入中期降水趋势项,则指标为:  $S = S_0 + S_R + S_T + S_F$ , 可进行旱(涝)预警,其时间尺度依预报的时间尺度而定(一般为最长为 7~10 d)。应该指出:由于预报的准确程度随时间尺度的增加而降低,故预警准确程度亦然。

#### (2) 关于测墒后几天的问题

由于受条件所限(目前测墒为每旬一次),在进行旱(涝)监测(预警)时,使用距离时间最近的一次测墒结果。

### (3)降水、最高气温的问题

降水、最高气温因每日都有实测资料,则在监测(预警)时使用当日资料即可。

## 1.2 用 Z 指数判断干旱等级

对于一个地区,降水的出现虽然是随机分别的,但在年(月)的气候统计上,降水量的多年平均值却总是相对稳定在一定范围内,超越这个范围将会呈现出旱涝异常。因此,时段降水量的多少,在很大程度上可以表征该地区的旱涝趋势。(Z 指数法可用来进行月以上时段干旱等级的判断,此方法相对简单易行,多年来为大多数人所熟悉,但应用于较短时间尺度的干旱等级判断欠妥。)依据皮尔逊型确立的 Z 指数计算公式就比较客观地反映了这一关系。

公式形式:

$$Z_i = \frac{6}{C_s} \left[ \frac{C_s}{2} i + 1 \right]^{\frac{1}{3}} - \frac{6}{C_s} + \frac{C_s}{6} \quad (2)$$

式中  $C_s$  为偏态系数,  $i$  为标准变量。

$$C_s = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^3}{n^3} \quad (3)$$

$$i = \frac{X_i - \bar{X}}{\sigma} \quad (4)$$

$$= \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2} \quad (5)$$

表 6 Z 指数划分的旱涝指标

Table 6 Division of drought index in Z index method

Z 值范围	旱涝等级	所属类型
$Z > 1.645$	1	极涝
$1.037 < Z < 1.645$	2	大涝
$0.386 < Z < 1.037$	3	偏涝
$-0.386 < Z < 0.386$	4	正常
$-1.037 < Z < -0.386$	5	偏旱
$-1.645 < Z < -1.037$	6	大旱
$Z < -1.645$	7	极旱

## 2 干旱(湿涝)动态诊断研究系统

将旱涝指标直接应用于服务和业务工作中,既是对其正确性和可行性检验,也是其研究的出发点和归宿。

本系统采用 VB6.0 语言开发,系统运行环境为 W N9X。整个系统主要功能为:用 Z 指数法、综合法进行旱涝动态监测预警;用正态法进行任一时段最多(少)降水量重现期计算。

### 2.1 资料需求

在全省范围内对旱涝状况进行全面监测和预警,必须考虑站点实时资料的获取手段,以确保其结果的及时性。因此,在建立干旱动态诊断研究系统时,实时资料的采集无疑是系统正常运行的关键。要保证系统的结果及时可靠,必须对各类资料进行逐日更新。同时,在监控过程中还要考虑未来出现的降水(中期降水趋势预报)以便使系统的结果客观准确。使有关部门既了解全省当前的干旱分布状况,又能及时掌握未来时段的旱涝趋势,防患于未然。

### 2.2 资料处理

为了满足系统运行的需求,要对历史和实时资料进行处理。

#### (1) 实时资料的采集和处理

本系统实时资料的采集是通过每日把所辖区域内台站的地面气象观察资料以随机数据格式进行全面的压缩处理,再通过网络在约定的时间传输上来。数据在本地再自动进行累日添加,形成逐日气象要素资料序列,用以提供当年监测时段的样本资料(监测开始日期任意选取)。

#### (2) 历史资料的来源

本系统所使用的历史资料来源于气候中心历史资料库。

### 2.3 干旱(洪涝)监测预警

选择综合法或 Z 指数法的干旱模式,通过相关的气象要素计算出当前全省各县的干旱等级,显示全省

范围内干旱等级的分布状况,进行干旱(洪涝)监测;根据需要,输入未来一周或更长时段的滚动天气预报,计算出未来的旱涝趋势,并针对所出现的旱涝等级发布预警公报。

### 3 任一时段 $X$ 年一遇的最小(大)降水量

计算任一时段  $X$  年一遇的最小(大)降水量,是本系统的又一主要功能,也是在气候服务工作中急需解决的问题。本系统采用的是正态法。其分析结果,可以单独使用也可与预测、预警结果同时发布。

### 4 产品发布

将全省目前的旱涝情况和未来一周或未来更长时段的旱涝情况以地图的形式保存。可以检索查询近期的逐日旱涝等级分布信息。

如果需要,可计算出任一时段最多(少)降水量的重现期,与上述产品一并处理。

### 5 结论

(1)结合山西省的实际,对各种干旱指标进行分析比较。结果认为:综合法科学、客观、可操作性强,便于业务推广; $Z$ 指数被人们所熟悉,对于月以上时间尺度的旱涝状况亦可进行较客观的评价。

(2)建立了山西省旱涝诊断预警预测系统。系统采用了综合法、 $Z$ 指数两种旱涝指标,形成的产品既可进行相互比较,又可满足不同用户的不同要求。

(3)对任一时段不同重现期最多(少)降水量的计算,可对其降水(旱涝)情况从另外一个角度进行客观评价。

### 参考文献:

- [1] 程纯枢.我国气候干湿条件的分布特点[M].北京:气象出版社,1986.
- [2] 刘庚山,郭安红,安顺清,等.帕默尔干旱指标及其应用研究进展[J].自然灾害学报,2004 13(4): 21- 27.
- [3] 王志兴,岳平,李春红,等.对农业干旱及干旱指标计算方法的探讨[J].黑龙江水利科技,1995 2 77- 81.
- [4] 张文宗,等.华北平原土壤水分遥感监测研究[C]/第九届全国遥感技术学说交流会论文集,1995
- [5] 王春乙,王石立,霍治国.近 10年来中国主要农业气象灾害监测预警与评估技术研究进展[J].气象学报,2005,63(5): 659- 671
- [6] 李小泉,顾秋谨,牛若芸.用天气资料实时监测和评估北方的旱情变化[J].气象,24(1): 13- 19