

# 干旱指标研究进展及中美两国国家级干旱监测<sup>①</sup>

邹旭恺<sup>1,2</sup> 张强<sup>2</sup> 王有民<sup>2</sup> 高歌<sup>2</sup>

(1. 北京大学物理学院, 北京 100871; 2. 国家气候中心)

## 提 要

分析比较了国内外常用的一些干旱指数如降水量距平、标准化降水指数及 PDSI 等的原理和计算方法。对美国和中国国家级干旱监测业务的发展与现状进行了综述,并详细地介绍了两国干旱监测业务流程、监测方法、产品内容及各自的干旱等级规定、影响评估及预警情况等。

**关键词:** 干旱 干旱指数 干旱监测

## 引 言

干旱是复杂的气候灾害,它的频繁发生和长期持续不但会给国民经济特别是农业生产等带来巨大的损失,还会造成水资源短缺、荒漠化加剧、沙尘暴频发等诸多深远的不良影响。对干旱灾害进行有效监测和合理评估对社会发展、环境保护具有积极的意义。

### 1 干旱指标研究进展

干旱指标是干旱监测的基础与核心,它吸收了降水量、积雪、径流和水分供缺等大量的信息,形成易于理解的指标数值来反映干旱程度或范围、持续时间等<sup>[1]</sup>;对于决策者、公众乃至科研人员来说更加实用和直观。由于干旱成因及其影响的复杂性,很难找到一种普遍适用各种用途的干旱指数,因此应用于不同需求的各种干旱指数得到了发展<sup>[2]</sup>。归纳各种干旱指标大致可分为四类,即气象指标、水文指标、农业指标、社会经济指标。其中气象指标可成为其他三种指标的研究背景和参考依据,具有重要的基础意义。气象干旱指标大致可以分为以下几种。

(1)降水量百分率或降水量距平百分率指标,即以实际降水量或其距平值与多年平均同期降水量的比值来衡量干湿程度。RAI (Rainfall Anomaly Index)<sup>[3]</sup>、BMDI (Bhalme and Mooly Drought Index)<sup>[4]</sup>等指数都属于这一类。其优点是计算方法简单。缺点是该方法实质上暗含着将降水量当作正态分布来考虑,而实际上多年平均值一般并不是降水量长期序列的中位数,由于降水量时空分布的差异,降水量偏离正常值的不同距离的出现频率以及不同地区降水量偏离正常值的距离大小是难以相互比较的<sup>[1]</sup>。

(2)降水量分位数方法。将长时间的降水量序列按大小顺序排列分组,以实际降水量在长序列中所占的分位数来判定干旱的发生和程度,例如澳大利亚的十分位 Deciles 指数<sup>[5]</sup>。

(3)假定降水量符合某种概率分布函数,然后做标准化变换得到的指数。优点是能够适用于任意时间尺度,对干旱的反应较灵敏,例如 SPI (Standardized Precipitation Index)<sup>[6]</sup>

<sup>①</sup> 本文由中国气象局气象新技术推广项目“干旱监测方法优化完善与推广应用”(CMATG2005M03)资助。

指数,虽然该指标只利用了降水量要素,仅依赖于统计方法,但在实际应用中还是得到了相当大的认可。

(4)湿润度和干燥度指标。以降水量与蒸发能力之间的不同组合形成的指数来反映水分收支的状况。这种指标考虑了下垫面条件,但指标中的蒸发能力是指在充分供水条件下的土壤蒸散量,不能反映作物的实际需水情况及土壤各时期的供水情况。马柱国等<sup>[7]</sup>运用该种指标对我国的干湿变化做过较为详细的分析研究。

(5)以土壤水分平衡为基础导出的干旱指标。降水量的多少仅反映某地区一段时间内水分收入多少,不同地区或季节需水不同,干湿程度不仅取决于降水量,还与水分平衡过程的其他重要分量有关。利用水分平衡原理导出的干旱指数物理意义较为明确。其中最富盛名的就是 Palmer 干旱指数(即 PDSI, The Palmer Drought Severity Index)<sup>[8]</sup>。美国许多政府决策部门利用 PDSI 监测结果制定或调整防旱减灾计划。我国学者安顺清<sup>[9]</sup>、刘巍巍<sup>[10]</sup>等对 PDSI 指数做过适用性修正和区域干旱特征分析。

(6)综合指数。张强等人<sup>[11]</sup>发展了一个以 SPI 指数和湿润度指数为基础,并考虑近期降水量的综合指数  $C_i$ 。目前国家气候中心运用该指数对全国范围的干旱实况进行逐日滚动实时监测,业务实践效果良好。

## 2 中美两国国家级干旱监测业务

中美两国都是疆域广阔的国家,境内气候多样,降水量时空分布不均,干旱是主要的自然灾害之一。干旱监测业务的发展进步是政府和决策部门的重要需求。

### 2.1 美国的国家级干旱监测业务<sup>[12]</sup>

美国国家级干旱监测业务始于 20 世纪 80 年代。20 世纪末,由美国国家干旱减灾中心(NDMC)、海洋大气局(NOAA)、农业部(USDA)一起合作建立新的干旱监测业务产品(命名为“The Drought Monitor”),由监测干旱状况及影响的图形(图 1)和文字组成,

是由相当丰富的信息综合而成的产品。互连网是其主要发布途径,NOAA 也通过天气频道发布这一产品。

#### 2.1.1 The Drought Monitor 的等级划分

The Drought Monitor 中将干旱程度分为 4 个级别: $D_1, D_2, D_3, D_4$ (表 1)。另外还有一个级别  $D_0$ ,表示虽然没有发生干旱灾害,但较正常偏干。

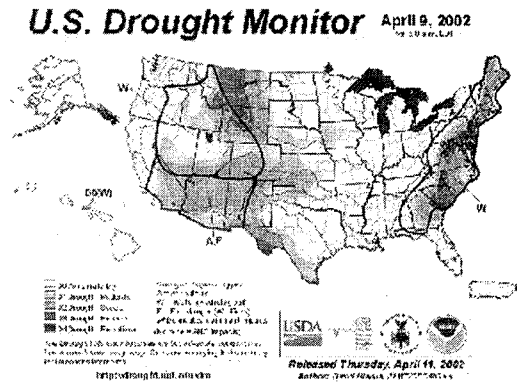


图 1 2002 年 4 月 9 日监测美国干旱分布图<sup>[12]</sup>

表 1 The Drought Monitor 的干旱级别划分及其出现概率

级别	干旱状况	出现概率 $P/\%$
$D_0$	偏干	$20 < P \leq 30$
$D_1$	轻旱	$10 < P \leq 20$
$D_2$	中旱	$5 < P \leq 10$
$D_3$	重旱	$2 < P \leq 5$
$D_4$	特旱	$P \leq 2$

#### 2.1.2 The Drought Monitor 使用的干旱指标

The Drought Monitor 级别标准的制定依赖于 6 个关键指标:Palmer 旱度指数(PDSI)、CPC 土壤湿度模式(CPC/SM)、美国地质测量局(USGS)的流量指标、标准降水量百分位数(Percent of Normal Precipitation)、标准化降水指数(SPI)、卫星遥感植被健康指数(VT)和其他一些辅助指标如 Palmer 作物湿度指数(CMI)、森林火险指数,还有相对湿度、气温、水库蓄水量、湖泊水位和地下水位等观测资料,以及一些土壤湿度测量资料等等。

The Drought Monitor 以客观干旱指标综合方法 OBDI (the Objective Blend of

Drought Indicators)来综合各种指标,形成最终的用于划分干旱级别的值,即将原始的各单一指标值根据其自身的历史序列计算出各自当前干(湿)状况的百分位数,然后进行加权平均,形成最终的用于划分干旱等级的数值。

2.1.3 The Drought Monitor 监测干旱影响

表2 干旱等级及其对农业、水资源、火险的影响

干旱级别	农业(A)	水资源(W)	火险(F)
D <sub>0</sub>	耕种活动及作物、牧草生长受影响减慢	河流流量低于常年	火险高于正常情况
D <sub>1</sub>	作物和牧草一定程度受灾	流量、水库蓄水量、井水高度降低;水短缺可能加重	高火险
D <sub>2</sub>	部分作物和牧草可能死亡	一般会出现水资源短缺;出现限制用水	火险非常高
D <sub>3</sub>	大部分作物、牧草减产	大范围的水资源短缺,用水受限制	火险极高
D <sub>4</sub>	特别的、大范围的作物、牧草减产	流量、蓄水量和井水大幅减少,出现危急情况	火险异常高

2.1.4 The Drought Monitor 文字产品

伴随 The Drought Monitor 的图形,文字产品也一同发布。主要是总结过去一星期的干旱状况和目前全国不同地区的干旱影响。还包括下一星期的干旱发展趋势的预测。

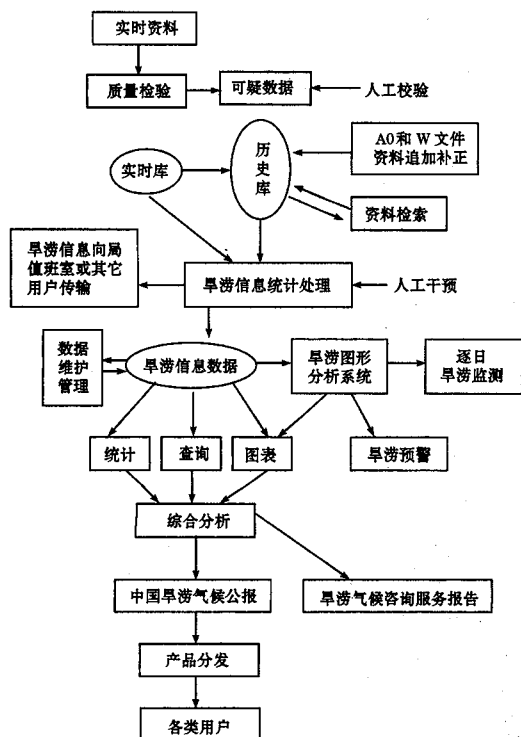


图2 旱涝气候监测、预警分析业务流程<sup>[11]</sup>

The Drought Monitor 中以 A、W、F 字母标志来表示干旱对某些地区带来的影响(表2)。A 表示对农业有影响,例如对作物、牲畜或牧草生长等;W 表示对水文有影响,例如供水系统、河流流量、积雪、地下水和水库蓄水量等;F 表示伴随干旱的发生,存在高火险。

2.2 中国的国家级干旱监测业务

1995年起,中国气象局国家气候中心开发研制了“全国旱涝气候监测、预警系统”(图2)。该系统利用降水量、气温等常规观测要素,依托气候指标计算,实现了对全国干旱范围和程度的实时监测和影响评估,并利用数值模式预报资料对未来旱涝发展趋势进行预警分析。

2.2.1 指标体系

目前国家气候中心的干旱监测业务实现了多种指标的实时监测,包括降水量距百分率、标准化降水指数、K<sub>i</sub> 指数<sup>[11]</sup>、湿润度指数和综合旱涝指标 C<sub>i</sub> 等。其中综合指数 C<sub>i</sub> 为最主要的监测指标(图3)。C<sub>i</sub> 是一个

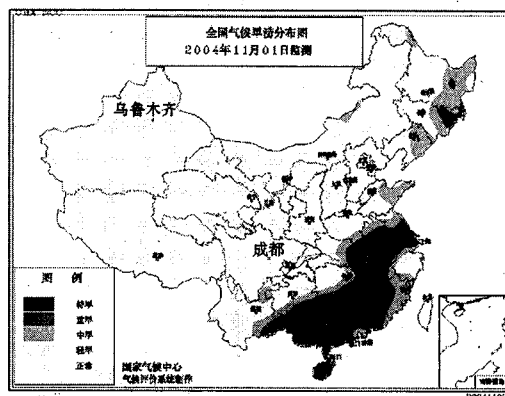


图3 2004年11月1日监测全国干旱分布图

融合了标准化降水指数和湿润百分率指数以及近期降水量等要素的一种综合指数,其等级划分如表3。

表3  $C_i$  指数的旱涝等级

旱涝等级	旱涝类型	$C_i$ 值
0	特涝	$C_i \geq 2.4$
1	重涝	$2.4 > C_i \geq 1.8$
2	中涝	$1.8 > C_i \geq 1.2$
3	轻涝	$1.2 > C_i \geq 0.6$
4	正常	$0.6 > C_i > -0.6$
5	轻旱	$-0.6 \geq C_i > -1.2$
6	中旱	$-1.2 \geq C_i > -1.8$
7	重旱	$-1.8 \geq C_i > -2.4$
8	特旱	$-2.4 \geq C_i$

### 2.2.2 数据库及管理系统

干旱监测系统由三个数据库体系组成,它们分别是基本气候资料数据库、指标数据库和干旱灾情数据库。数据管理主要功能有:各类数据库的维护、输入、修改、扩充等功能;基本气候资料数据库具有按日、旬、月方式进行数据自动接收追加;基本统计运算、浏览查询功能;各种数据填图打印、表格输出等功能。

### 2.2.3 产品发布

干旱业务监测以指数方法为主要依据,并参考农业气象站的旬10cm、20cm土壤相对湿度、卫星干旱监测等信息资料,当全国有较大范围干旱出现、持续发展或缓解时,发布《中国旱涝气候公报》产品,向政府有关单位提供旱涝监测实况信息。同时,每周二在中

央电视台向公众发布干旱监测、预警信息。

### 参考文献

- Hayes, M. . Drought indices. Lincoln, Nebraska: University of Nebraska, 2002, 9 pp. .
- 官德吉. 干旱监测预警指数研究. 气象, 1998, 24(8): 14~18.
- Van-Rooy, M. P. . A Rainfall anomaly index (RAI) independent of time and space. Notos, 1965, (14): 43.
- Bhalme, H. N. and D. A. Mooley. Large-scale drought/floods and monsoon circulation. Mon. Wea. Rev., 1980, 108:1197-1211.
- Gibbs, W. J. and J. V. Maher. Rainfall deciles as drought indicators. Bureau of Meteorology Bulletin, Commonwealth of Australia, Melbourne, 1967, No. 48.
- Mckee, T. B., N. J. Doesken and J. Kleist. The relationship of drought frequency and duration to time scales. Preprints, Eighth Conf. on Applied Climatology, Anaheim, CA, Amer. Meteor. Soc., 1993:179-184.
- 马柱国,符淙斌. 中国北方地表湿润状况的年际变化趋势. 气象学报, 2001, 59(6), 737~746.
- Palmer, W. C. . Meteorological Drought. 1965, Research Paper No. 45, US Weather Bureau [NOAA Library and Information Services Division, Washington, D. C. 20852].
- 安顺清,邢久星. 帕默尔旱度模式的修正. 气象, 1985, 11(12), 17~19.
- 刘巍巍,安顺清,刘庚山等. 帕默尔旱度模式的进一步修正. 应用气象学报, 2004, 15(2), 207~215.
- 张强,高歌. 我国近50年旱涝灾害时空变化及监测预警服务. 科技导报, 2004, 7:21~24.
- Svoboda Mark et al. . The Drought Monitor. Bull. Amer. Meteor. Soc., 2002, 83:1181-1190.

## Drought Indices and Operational Drought Monitoring in the U. S. A. and China

Zou Xukai<sup>1,2</sup> Zhang Qiang<sup>2</sup> Wang Youmin<sup>2</sup> Gao Ge<sup>2</sup>

(1. School of Physics, Peking University, Beijing 100871; 2. National Climate Center)

### Abstract

The meanings and methods of several drought indices such as precipitation anomaly, Standardized Precipitation Index and Palmer Drought Severity Index etc. are presented and compared. The operational drought monitoring systems in the U. S. A. and China are also introduced, including the monitoring tools, magnitudes of drought and assessments of drought impacts.

**Key Words:** drought drought index drought monitoring