

气候旱涝指标方法及其分析

鞠笑生 邹旭恺 张 强

(国家气候中心, 北京 100081)

摘 要

在前人研究的基础上,提出了计算单站旱涝指标和区域旱涝指标的方法;并根据 1951 ~ 1996 年各月降水资料,对华北地区和长江流域地区的旱涝进行了计算和分析,取得了较好的结果。

主题词: 旱灾 涝灾 指标 级别 单站旱涝 区域旱涝

中国图书分类号: P426.616

1 引言

旱涝是我国发生最频繁的自然灾害,尤其是范围大、强度大、持续时间长的大旱大涝对我国的社会经济造成了重大的损失。单就农田而言,每年受灾面积约有 2670 多万 hm^2 ^[1],其中由旱涝造成的灾害约占受灾面积的 60% ~ 70%,可见旱涝灾害影响之巨大。而旱涝灾害又以我国经济发达的华北地区和长江流域地区最为严重。因此,研究旱涝指标、划分旱涝级别,对全面了解我国旱涝的发生频率、分布范围、持续时间和强度,建立旱涝监测预警系统,都将具有十分重要的社会意义和显著的经济效益。

随着科学技术的发展,人类逐渐认识到旱涝是由许多复杂的因子与环境相互作用的结果。它不仅与降水量的多少和分配有关,还与地形、土壤性质、水利设施、作物需水量、社会供求等多种因子有关,因此关于旱涝,应视研究角度的不同而有不同的含义,大致有气象、水文、农业、经济等几个方面。本文作者从气候学角度考虑,认为降水量的多少是造成大范围旱涝最主要的因子。关于确定旱涝指标的方法,前人已做过很多工作,也已建立了许多旱涝指标,但由于各地的地理位置、下垫面性质以及人类经济活动因素的不同,存在着各种不同的气候差异,造成各地的降水千变万化。因此,无论哪一种旱涝指标都有一定的局限性,尤其是在干旱半干旱地区,研究旱涝指标更是一个十分复杂的问题。

2 确定单站旱涝指标的方法

作者在 1997 年发表的“我国单站旱涝指标确定和区域旱涝级别划分的研究”^[2]一文中,已详细地比较了降水距平百分率、湿度指标、Z 指数等三种旱涝指标的优缺点,确定了 Z 指数能较好地反映某一时段的旱涝实况,并应用于《中国旱涝气候公报》中。本文将对 Z 指数方法

本课题受国家“九五”科技攻关项目 96-908-04 资助

鞠笑生: 男, 57 岁, 高级工程师

收稿日期: 1997-12-15, 改定日期: 1998-06-03

作进一步的介绍。

根据文献[3]可知,用 Γ 分布能较好地拟合某一时段(年以下)的降水量。现假设某时段降水量服从皮尔逊 III 型曲线中的 Γ 分布,其概率分布密度为:

$$f(x) = \frac{\beta_\alpha}{\Gamma(\alpha)} \cdot (x - a_0)^{\alpha-1} \cdot e^{-\beta(x-a_0)} \quad (x > a_0) \quad (1)$$

上式中 a_0, α, β 为三个参数。 Γ 分布的数学期望为

$$m = \frac{\alpha}{\beta} + a_0 \quad (2)$$

方差为

$$\sigma^2 = \frac{\alpha}{\beta^2} \quad (3)$$

又因为偏差系数

$$c_s = \frac{2}{\sqrt{\alpha}} \quad (4)$$

变差系数

$$c_v = \frac{\sqrt{\alpha}}{\alpha + \beta a_0} \quad (5)$$

所以式(1)中的 a_0, α, β 可用 m, c_s, c_v 来表示,即

$$\left. \begin{aligned} a_0 &= m \left(1 - \frac{2c_v}{c_s} \right) \\ \alpha &= \frac{4}{c_s^2} \\ \beta &= \frac{2}{m c_v c_s} = \frac{2}{\sigma c_s} \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

由式(6)可见, α 系由偏差系数确定,且确定其分布曲线形状;当 α 一定时, β 取决于均方差 σ , 并确定 Γ 分布的尺度,即分散度。

对降水量 x 进行正态化处理,得

$$x = \frac{\alpha}{\beta} \left[1 - \frac{1}{9\alpha} + z \left(\frac{1}{9\alpha} \right)^{1/2} \right]^3 + a_0 \quad (7)$$

上式中 z 为与 x 值有关的标准正态偏差。令

$$\left. \begin{aligned} Q &= \beta(x - a_0)/\alpha \\ R &= \frac{1}{9\alpha} \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

将式(8)代入式(7),得

$$z = (Q^{1/3} - 1 + R)/R^{1/2} \quad (9)$$

显然, z 可由 α, β, a_0 的估计值计算得到。现将式(6)式代入式(8),得

$$\left. \begin{aligned} Q &= \frac{c_s}{2} \left(\frac{x - m}{\sigma} \right) + \frac{m c_v}{\sigma} = \frac{c_s}{2} \varphi + 1 \\ R &= \frac{c_s^2}{36} \end{aligned} \right\} \quad \left(\text{其中 } \varphi = \frac{x - m}{\sigma}, c_v = \frac{\sigma}{m} \right) \quad (10)$$

将式(10)代入式(9),得:

$$z = \frac{6}{|c_s|} \left(\frac{c_s}{2} \varphi_i + 1 \right)^{1/3} - \frac{6}{|c_s|} + \frac{|c_s|}{6}$$

(11)

当 $c_s > 0$ 时,上式为

$$z_i = \frac{6}{c_s} \left(\frac{c_s}{2} \varphi_i + 1 \right)^{1/3} - \frac{6}{c_s} + \frac{c_s}{6}$$

(12)

上式中, c_s 为偏态系数, φ_i 为标准变量,均可由降水量资料序列计算求得,即

$$\left. \begin{aligned} c_s &= \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3}{m \sigma^3} \\ \varphi_i &= \frac{x_i - \bar{x}}{\sigma} \\ \sigma &= \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \\ \bar{x} &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \end{aligned} \right\} \quad (13)$$

用式(12)求出 z 值。根据 z 变量的正态分布曲线,划分 7 个等级及其相应的 z 指数界限值作为旱涝指标,如表 1。

表 1 以 z 值为指数的旱涝等级

等级	z 值	类型
1	$z > 1.96$	重涝
2	$1.44 < z \leq 1.96$	中涝
3	$0.84 < z \leq 1.44$	轻涝
4	$-0.84 \leq z \leq 0.84$	正常
5	$-1.44 \leq z < -0.84$	轻旱
6	$-1.96 \leq z < -1.44$	中旱
7	$z < -1.96$	重旱

3 确定区域旱涝指标的方法

在单站旱涝指标的基础上,进一步探求区域旱涝指标。区域旱涝指标不仅要能反映该区域的旱涝面积,还要能反映该区域旱涝的轻重程度。以往研究中,通常是将区域内各站旱涝等级进行平均,或者是计算该区域内分别出现各级旱、涝的站数占总站数的百分比作为旱涝指标。作者认为,这些方法虽有一定的代表性,但没有充分反映出不同的旱涝等级,尤其是重旱、重涝站对区域旱涝的影响程度,同时还会出现对旱涝指标相同的年份,认为其旱涝程度也相同的现象。事实上,在同一个旱涝空间分布里,重旱、重涝站对区域旱涝的影响程度要大得多,而且重旱、重涝站数越多,则对区域旱涝程度影响越重。为了使区域旱涝指标能较客观地反映出旱涝的空间分布和旱涝的轻重程度,作者认为应加大重旱、重涝程度的权重。为此,通过计算和比较,建议采用如下区域旱涝指标:

$$\left. \begin{aligned} I &= \frac{2n_1 + n_2 + n_3}{n} \\ L &= \frac{n_5 + n_6 + 2n_7}{n} \end{aligned} \right\} \quad (14)$$

上式中, I, L 分别为雨涝指标和干旱指标, $n_1, n_2, n_3, n_5, n_6, n_7$ 分别为该区域内 Z 指数为 1, 2, 3, 5, 6, 7 级的站数, n 为区域总站数。

根据式(14)计算,求出 I, L 值。对 I, L 值按下式标准分为 7 个等级,列于表 2。

表 2 区域旱涝指标与等级

等 级	指 标	类 型	等 级	指 标	类 型
1	$I > 50$	重涝	5	$35 > (L - I) > 3$	轻旱
2	$35 \leq I \leq 50$	中涝	6	$35 \leq L \leq 50$	中旱
3	$35 > (I - L) > 3$	轻涝	7	$L > 50$	重旱
4	$(I - L)$ 或 $(L - I) < 3$	正常			

4 华北地区和长江流域地区的旱涝分析

确定华北地区范围为 $32^{\circ} \sim 40^{\circ}\text{N}$, $102^{\circ} \sim 124^{\circ}\text{E}$, 长江流域地区范围为 $27^{\circ} \sim 33^{\circ}\text{N}$, $104^{\circ} \sim 122^{\circ}\text{E}$; 根据 1951 ~ 1996 年各月降水资料, 前者选取 74 个站点, 后者选取 62 个站点。现将这两个地区的旱涝情况分析如下:

4.1 华北地区

表 3 是华北地区 1951 ~ 1996 年 4, 7, 9, 10 月和 6 ~ 8 月的旱涝级别。以 6 ~ 8 月而论,

表 3 华北地区历年各时段旱涝等级

年	4 月	7 月	9 月	10 月	6~8 月	年	4 月	7 月	9 月	10 月	6~8 月
1951	5	3	4	3	5	1974	6	5	3	4	7
1952	3	6	5	5	6	1975	1	3	2	2	5
1953	7	4	7	3	3	1976	3	4	3	6	2
1954	5	3	6	3	2	1977	2	2	6	1	3
1955	5	5	1	5	5	1978	7	2	3	3	3
1956	3	5	7	5	1	1979	2	1	3	7	2
1957	2	2	7	7	5	1980	4	7	5	3	5
1958	3	2	5	3	2	1981	6	4	5	6	3
1959	6	6	3	5	2	1982	5	5	5	5	5
1960	6	4	2	4	5	1983	2	6	2	1	7
1961	4	4	1	1	3	1984	5	4	2	5	3
1962	6	2	3	5	4	1985	5	5	1	2	5
1963	3	3	5	7	4	1986	7	6	6	5	7
1964	1	1	1	1	2	1987	3	7	5	2	5
1965	1	4	7	5	7	1988	7	2	5	6	3
1966	4	3	7	5	5	1989	3	5	4	7	5
1967	3	4	2	7	3	1990	2	3	4	6	2
1968	5	6	3	1	7	1991	3	6	5	6	7
1969	1	4	1	6	6	1992	7	5	4	3	4
1970	3	6	4	4	4	1993	6	3	6	6	4
1971	5	5	4	5	3	1994	2	4	7	3	3
1972	6	5	5	5	7	1995	6	3	5	3	3
1973	2	3	3	1	3	1996	4	2	5	2	2

46年中偏旱年有20年，偏涝年有21年，正常年为5年。其中重旱年有7年，分别为1965，1968，1972，1974，1983，1986和1991年；重涝年1年，为1956年。由此可见，华北地区多雨与少雨年中旱与涝交替出现。但总体上讲，旱情重于雨涝。

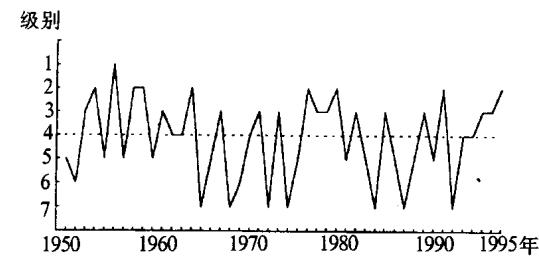


图1 华北地区1951～1996年6～8月旱涝级别演变图

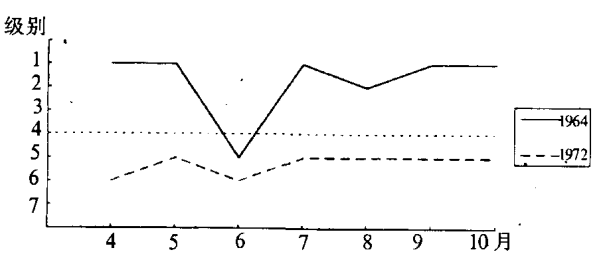


图2 华北地区1964年、1972年4～10月旱、涝级别演变图

从图1可进一步看出华北地区旱涝的演变趋势：50年代至60年代中期，以涝为主，其中1956年为重涝年；60年代中期至70年代中期，干旱显著，并出现了1965，1968，1972和1974年等重旱年；70年代中后期略偏涝；80年代至90年代初，干旱又加剧，并出现了1983，1986和1991年等重旱年；1992至1996年，雨水逐年增多。由此可见，在早期，重旱年有明显的群发性，一般间隔为3～4年。

以各季而论，华北地区春季干旱多，如4月份，出现5次重旱；而夏季雨水充沛且集中，7月份重旱明显减少；进入秋季，雨水显著减少，9月份是该地区雨季中止期，重旱明显增加，出现6次。其中1972年(图2)是典型的重旱年，春、夏、秋连旱，4～10月均在5级以上。1964年是典型的重涝年，4～10月中，除6月偏旱为5级外，有5个月出现1级，1个月出现2级，这种持续时间长、范围大的重涝年在华北地区历史上是少见的。

其次，华北地区干旱持续时间长，是该地区干旱的又一个重要特征。通常都是春、夏连旱或夏、秋连旱，甚至于春、夏、秋连旱。例如1968年4～7月连旱，1952，1986和1991年的7～10月连旱，1972年干旱时间自4至10月长达7个月。

4.2 长江流域地区

表4是长江流域地区1951～1996年4，7，9，10月和6～8月的旱涝等级。同样以6～8月而论，46年中有20年出现过程度不等的涝年，其中重涝年有6年，分别为1954，1969，1980，1991，1993和1996年；有21年出现过程度不等的干旱年，其中重旱年有3年，分别为1966，1972和1978年；正常年有5年。可见长江流域地区旱涝并不是均匀分布的，而是旱年、涝年、正常年相间出现，但重涝年多于重旱年。

从图3可进一步看出长江流域旱涝的演变趋势：50年代、80年代以及90年代降水较多，以涝为主，并出现了1954，1980，1991，1993和1996年等重涝年；60年代和70年代降水较少，以旱为主，并出现了1966，1972和1978年等重旱年；90年代洪涝呈加剧趋势，如1991，1993和1996年连续出现重涝；同时还可看出，久旱之后必会出现重涝，如1957～1968年连续干旱，到1969年出现重涝；1971～1978年连续干旱，到1980年出现重涝。

表 4 长江流域地区历年各时段旱涝等级

年	4 月	7 月	9 月	10 月	6~8 月	年	4 月	7 月	9 月	10 月	6~8 月
1951	2	3	3	3	5	1974	4	2	6	5	4
1952	3	2	1	3	3	1975	1	5	3	1	3
1953	7	5	3	1	5	1976	3	5	5	3	5
1954	2	1	7	5	1	1977	1	3	5	3	3
1955	5	5	7	7	3	1978	7	7	6	5	7
1956	3	5	6	5	2	1979	3	3	2	7	3
1957	3	3	6	4	5	1980	5	3	5	3	1
1958	1	5	4	3	6	1981	3	5	5	1	6
1959	5	7	4	5	6	1982	5	2	2	3	2
1960	5	5	3	6	5	1983	2	2	1	1	2
1961	4	5	1	3	6	1984	6	4	2	5	3
1962	3	5	2	3	3	1985	7	3	3	2	5
1963	2	4	5	6	6	1986	5	3	5	5	4
1964	1	6	4	2	5	1987	3	2	5	1	3
1965	3	4	5	3	3	1988	7	6	1	5	5
1966	3	6	7	3	7	1989	1	3	3	5	3
1967	5	5	3	6	6	1990	3	5	4	4	5
1968	5	2	3	5	5	1991	4	1	5	7	1
1969	5	1	6	6	1	1992	6	5	6	6	5
1970	3	2	1	5	4	1993	7	1	5	4	1
1971	6	7	3	4	5	1994	3	6	3	3	4
1972	6	7	2	1	7	1995	2	5	7	3	3
1973	1	3	1	7	4	1996	7	1	7	5	1

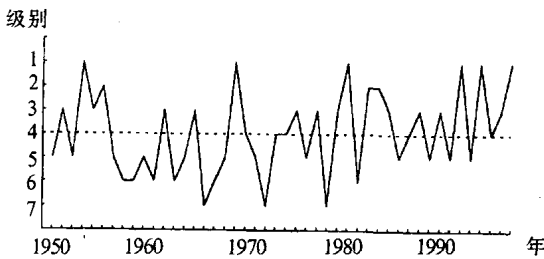


图 3 长江流域地区 1951~1996 年 6~8 月旱涝级别演变图

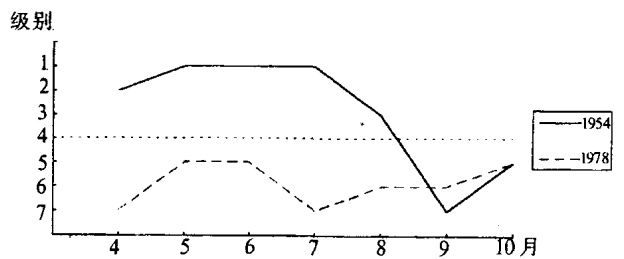


图 4 长江流域地区 1954、1978 年 4~10 月旱涝级别演变图

其次,该地区由于季风降水的不稳定性,各时段降水差别很大,每年旱涝不仅频繁发生,而且发生的时间各不相同,往往同一年里,既有旱也有涝。但一般情况下,干旱主要发生在夏秋季节,如 1966,1978 和 1986 年;雨涝主要发生在梅雨季节,如 1956,1971,1973 和 1995 年等。

最后,旱涝持续时间长也是一个重要特征。由图 4 可见,1954 年是典型的大涝年,4~8 月均出现涝,其中 5~7 月连续 3 个月重涝;又如 1978 年是典型的大旱年,春夏秋连旱,4~10

月间均在 5 级以上。

5 结语

旱涝一直是我国农业和经济面临的最重要的自然灾害,因此旱涝指标的研究和确定也一直是众多学者关注的问题。通过本文分析,作者认为:

1. 文中介绍的 z 指数方法在确定单站旱涝指标中具有资料易于获得、计算简单、结果比较符合实际等优点,目前已作为《中国旱涝气候公报》中分析和确定某一时段旱涝的标准。

2. 文中确定的区域旱涝指标,通过分析表明:既反映了区域旱涝的空间分布,又反映了区域旱涝的轻重程度,计算结果也比通常采用的面积和之平均法更符合实际。

3. 利用本文介绍的单站旱涝指标和区域旱涝指标,对华北地区和长江流域地区的旱涝进行了分析,所得结果是比较符合实际情况的。

参 考 文 献

- 1 杨振怀.加强防洪抗旱、减轻水旱灾害.中国减灾,1992, 2(4): 8 ~ 10
- 2 鞠笑生等.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, 26 ~ 32
- 3 么枕生,丁裕国.气候统计.北京:气象出版社,1990, 43 ~ 46

THE METHOD OF THE CLIMATIC DROUGHT-FLOOD INDEX AND ITS ANALYSIS

Ju Xiaosheng Zou Xukai Zhang Qiang

(National Climate Center, Beijing 100081)

ABSTRACT

Based upon the previous researches, the methods to calculate the flood-drought indices for single station and regions are proposed. By use of the monthly precipitation data from 1951 to 1996, the flood-drought indices in North China and the Yangtze River valley are calculated and analyzed and the results are fairly good.

KEY WORDS: Drought Waterlogging Index Grade Flood and drought for single station Regional flood and drought