

我国单站旱涝指标确定和区域旱涝 级别划分的研究*

鞠笑生 杨贤为 陈丽娟 王有民

(国家气候中心, 北京 100081)

提 要

根据 1951~1995 年各月降水资料, 在全国选取 8 个代表站, 测试了 3 种单站旱涝指标, 并作了相互比较, 认为 Z 指数方法最优. 在此基础上, 以华北地区为例, 选取 80 个站点, 探讨了能反映区域旱涝时空分布和强度的区域旱涝指标以及旱涝等级.

关键词: 单站旱涝; 区域旱涝; 指标; 级别.

引 言

中国位于气候的脆弱带, 受季风进退异常和明显的年变化及其它物理因子的影响, 各种气候灾害频繁发生. 尤其是旱涝, 近一、二十年, 我国旱涝发生呈加剧趋势, 对国计民生构成了严重的威胁. 而且随着我国国民经济的持续发展, 造成的损失越来越大. 因此, 研究制定我国大范围旱涝指标及等级标准, 对全面了解我国区域性旱涝的发生频率、分布范围、持续时间和强度, 建立旱涝监测预警系统, 提高防灾减灾能力, 促进经济的持续发展, 无疑都将具有十分重要的意义.

众所周知, 旱涝本身包含了很多复杂的因子, 它不仅与降水量的多少和分配有关, 还与地形、土壤性质、水利设施等多种因子有关, 因此研究旱涝最关键的问题是明确旱涝定义和确定旱涝指标. 关于确定旱涝指标的方法, 前人已做过很多工作, 也已经建立了许多定量指标. 由于各地的地理位置、下垫面性质以及人类活动等因素的不同, 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, 只能反映气候变化的某一个方面.

本文试图对确定单站旱涝指标的 3 种方法进行对比分析, 从中选择一种作为全国单站划分旱涝等级的指标. 在单站指标的基础上, 探求一种既能反映旱涝的空间分布, 又能反映旱涝程度的区域旱涝指标.

* 本文得到 95-4YW-02 基金资助.

1996-02-08 收到, 1996-08-21 收到再改稿.

1 确定单站旱涝指标的 3 种方法

1.1 降水距平百分率

降水距平百分率反映了某时段降水与同期平均状态的偏离程度,不同地区不同时期有不同的平均降水量,因此,它是一个具有时空对比性的相对指标.在气象部门日常业务中,多半用降水距平百分率作为划分旱涝的指标.本文旱涝标准根据文献[1]稍作修改,如表 1 所示.

表 1 降水距平百分率(M)的旱涝等级

Table 1 Grades of flood/drought for anomalous percentage of precipitation

等级	距平百分率	旱涝类型
1	$M \geq 75\%$	重涝
2	$50\% \leq M < 75\%$	大涝
3	$25\% \leq M < 50\%$	偏涝
4	$-25\% < M < 25\%$	正常
5	$-50\% < M \leq -25\%$	偏旱
6	$-75\% < M \leq -50\%$	大旱
7	$M \leq -75\%$	重旱

表 2 湿度指标的旱涝等级

Table 2 Grades of flood/drought for moisture index

等级	距平百分率	旱涝类型
1	$M \geq 150$	重涝
2	$80 \leq M < 150$	大涝
3	$30 \leq M < 80$	偏涝
4	$-30 < M < 30$	正常
5	$-80 < M \leq -30$	偏旱
6	$-150 < M \leq -80$	大旱
7	$M \leq -150$	重旱

1.2 湿度指标

湿度指标公式^[2]:

$$M = 100 (X_i - \bar{X}) / \sigma \quad (1)$$

式中: M 为湿度指标, σ 为标准偏差, X_i 为某一时段的降水量. 其旱涝等级标准如表 2^[2].

1.3 Z 指数

由于某一时段的降水量一般并不服从正态分布,现假设月、季降水量服从 Person III 型分布,其概率密度分布为:

$$P(X) = [\beta \Gamma(\gamma)]^{-1} [(X - \alpha) / \beta]^{\gamma-1} e^{-(X-\alpha)/\beta}$$

根据文献[3],对降水量 X 进行正态化处理,可将概率密度函数 Person III 型分布转换为以 Z 为变量的标准正态分布,其转换公式为:

$$Z_i = \frac{6}{C_S} \left(\frac{C_S}{2} \varphi_i + 1 \right)^{1/6} - \frac{6}{C_S} + \frac{C_S}{6} \quad (2)$$

式(2)中: C_S 为偏态系数, φ_i 为标准变量,均可由降水资料序列计算求得,即

$$C_S = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^3}{n\sigma^3}, \quad \varphi_i = \frac{X_i - \bar{X}}{\sigma}$$

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

根据 Z 变量的正态分布曲线,划分为 7 个等级并确定其相应的 Z 界限值,作为各级旱涝指标,列于表 3^[3].

1.4 结果和分析

在计算上述 3 种旱涝指标时,为了使问题简单化,集中讨论 4~9 月的降水总量.在全国选择了 8 个代表站(哈尔滨、北京、南京、武汉、高要、昆明、成都、西宁),从 1951 至 1995 年,除了高要和西宁 2 站为 42 年资料外,其余 6 站均为 45 年.

现以北京、成都地区为例,讨论 1951~1995 年期间 3 种旱涝指标的结果.

从图 1 可以看出这 3 种旱涝标准大致上可以彼此兼容,确定的大旱大涝年均是有效的.如北京地区,1956、1959、1969 年大涝,1965 年大旱;成都地区,1959、1961 年大涝,都被这 3 种指标定性地证实了,其它 6 个地区(图略)也获得了同样结果.

表 3 以 Z 值为指标的旱涝等级

Table 3 Grades of flood/ drought for Z-Index

等 级	Z 值	类 型
1	$Z > 1.645$	极涝
2	$1.037 < Z \leq 1.645$	大涝
3	$0.842 < Z \leq 1.037$	偏涝
4	$-0.842 \leq Z \leq 0.842$	接近正常
5	$-1.037 \leq Z < -0.842$	偏旱
6	$-1.645 \leq Z < -1.037$	大旱
7	$Z < -1.645$	极旱

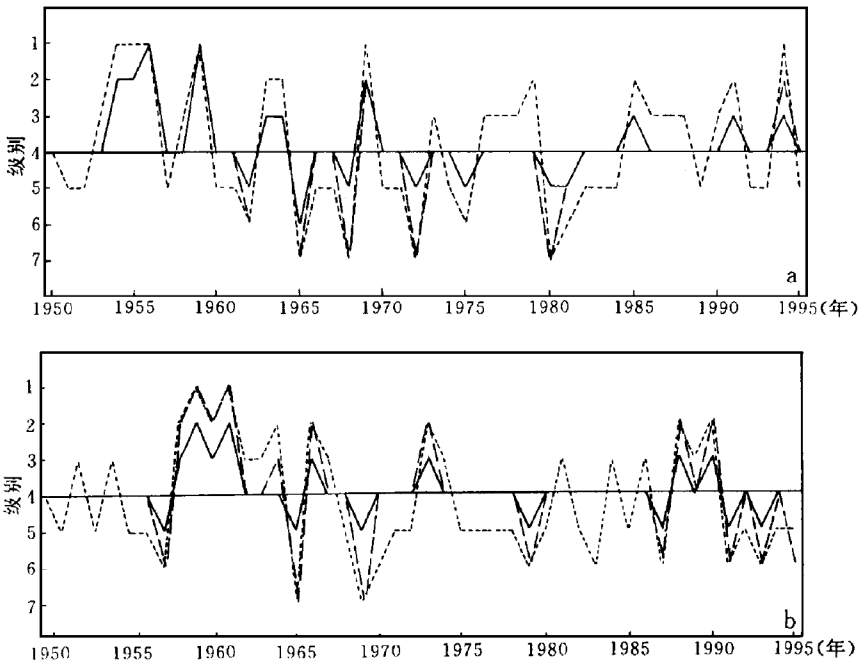


图 1 3 种旱涝指标的历年等级值 (a) 北京地区 (b) 成都地区 (——: 距平百分率, ---: 湿度指标, - - - : Z 指数)

Fig.1 Yearly class values of the three kinds of flood and drought indexes (a) in Beijing area (b) in Chengdu area (——: anomalous percentage, ---: moisture index, - - - : Z index)

从上述 8 个地区计算结果,基本上可以看出:当降水量比常年同期平均降水量显著

增加(减少)时,3种指标对同一旱涝情况响应(即敏感性)的快慢程度是不同的,多数年份距平百分率比湿度指标和Z指数响应慢,而湿度指标比距平百分率和Z指数响应快得多。因此在历年个例中,除异常旱涝年份外,距平百分率反映出的旱涝程度比较弱,而湿度指标则容易夸大旱涝程度。现将3种指标的优劣比较如下:

(1) 距平百分率的优点是方法简单,比较直观,意义明确。其不足是响应慢,反映出的旱涝程度比较弱,在实际应用过程中因为没有对降水季节变化进行加权,会出现相同的指标值或等级值对应不同程度的旱涝情况,使标准的统一可比性下降。

(2) 在计算Z指数时,用到了偏态系数,从式(2)中可以看出,当标准变量 φ 确定时,Z值主要取决于偏态系数 C_s 值。这表明Z不仅与降水量有关,还与该地区的降水分布特征有关。偏态系数愈大,Z指数分析结果愈好,愈能反映出旱涝的程度。如北京地区,当降水总量明显增加(减少)时,Z值比距平百分率响应快,能较明显地反映出旱涝程度,如该地区1968、1972、1980年达到的重旱程度在Z指数里均能反映出,而从距平百分率来看,就反映不出,只是属偏旱。又如成都地区,1965、1969年均为重旱,在Z指数里也能反映出,而从距平百分率来看,也是属偏旱。可见Z指数比距平百分率更切合实际。

(3) 湿度指标只在异常旱涝情况下与上述2种方法的结果一致,甚至更为敏感,但在大部分个例中,比上述2种方法响应要快得多,因而过分夸大了旱涝程度。

通过在8个地区用3种指标方法计算的结果与历史实况对照,Z指数确定的旱涝年比较客观地反映了历史情况。因此,可以认为用Z指数作为划分旱涝级别的标准是3种方法中最佳的。除了极为干旱的蒙、新部分地区外,可以作为确定我国单站旱涝的指标。

2 确定区域旱涝指标的方法

本文探讨区域旱涝指标的宗旨是既要能表征旱涝的空间分布,又要能反映出旱涝的轻重程度,且避免复杂的计算,寻求客观的定量表示。

2.1 资料和方法

以华北地区为例,在 $32^{\circ}\sim 40^{\circ}\text{N}$, $102^{\circ}\sim 124^{\circ}\text{E}$ ^[4]的范围内,选取80个站点,根据1951~1995年各月的降水量,按式(2)计算该地区各站历年4月、7月、9月、6~8月、4~9月的Z指数。在此基础上,再根据表3划分的旱涝等级算出该地区历年各时段各级的站数,然后,按通常计算区域旱涝指标的方法^[5]计算出该地区历年各时段的旱涝指标:

$$I_1 = \frac{n_1 + n_2 + n_3}{n}, L_1 = \frac{n_5 + n_6 + n_7}{n} \quad (3)$$

式中: I_1 、 L_1 分别为区域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 为区域内总站数。

上述计算未对各个旱涝等级在旱涝程度上所占权重加以区分,因而仅仅表示了该区域的旱涝面积,即旱涝的空间分布。然而,在相同的旱涝空间分布里,重涝、重旱站对区域旱涝的影响程度要大得多,而且重涝、重旱站数越多,则区域旱涝程度越重,所以对式(3)作适当的修正,使其能反映出1级和7级在区域旱涝中的影响,作为更适用于度量

区域旱涝的指标,即

$$I_2 = \frac{2n_1 + n_2 + n_3}{n} \quad (4)$$

$$L_2 = \frac{n_5 + n_6 + 2n_7}{n}$$

由式(3)和式(4)计算的4~9月旱涝指标列于表4.

表4 2类区域旱涝指标值比较(4~9月)

Table 4 The comparisons between the two kinds of regional flood and drought indexes(from April to September)

年	I_1	L_1	I_2	L_2	年	I_1	L_1	I_2	L_2
1951	11.8	20.6	17.6	20.6	1974	12.5	31.3	13.8	37.5
1952	8.3	36.1	11.1	44.4	1975	12.5	11.3	12.5	12.5
1953	11.1	22.2	11.1	28.9	1976	21.3	8.8	23.8	8.8
1954	33.3	3.5	43.9	3.5	1977	18.8	18.8	25.0	22.5
1955	13.8	16.9	13.8	18.5	1978	20.0	21.3	21.3	32.5
1956	58.8	1.5	75.0	1.5	1979	27.5	15.0	32.5	18.8
1957	8.0	26.7	9.3	32.0	1980	8.8	21.3	8.8	28.8
1958	37.7	11.7	46.8	13.0	1981	11.3	27.5	17.5	32.5
1959	33.0	21.5	40.5	24.0	1982	16.3	28.8	20.0	36.3
1960	12.5	23.8	13.8	27.5	1983	22.5	13.8	28.8	15.0
1961	27.5	12.5	33.8	15.0	1984	38.8	6.3	51.3	7.5
1962	15.0	17.5	17.5	20.0	1985	30.0	2.5	33.8	2.5
1963	39.4	7.6	54.4	7.6	1986	1.3	56.3	1.3	75.0
1964	83.8	0.0	128.8	0.0	1987	8.8	18.8	11.3	20.0
1965	8.8	50.0	11.3	81.3	1988	26.3	17.5	30.0	21.3
1966	12.5	35.0	15.0	48.8	1989	13.8	31.3	15.0	38.8
1967	27.5	3.8	40.0	5.0	1990	37.5	3.8	46.3	3.8
1968	7.5	35.0	7.5	51.3	1991	13.8	31.3	16.3	35.0
1969	22.5	12.5	25.0	15.0	1992	13.0	19.5	14.3	20.8
1970	22.5	7.5	23.8	7.5	1993	7.5	26.3	8.8	27.5
1971	18.8	18.8	23.8	22.5	1994	20.3	29.1	21.5	32.9
1972	0.0	47.5	0.0	66.3	1995	4.4	42.2	4.4	71.1
1973	33.8	5.0	35.0	5.0					

2.2 结果和分析

从表4可见,有些年份区域旱涝指标值是相同的,这表明该区域该年内未出现重旱(重涝)站.当某年出现了重旱(重涝)站时,指标值将偏高,重旱(重涝)站数少,偏高值小,重旱(重涝)站数多,偏高值大.这是因为式(4)考虑了重旱(重涝)站的影响以及影响的程度.而式(3)未考虑重旱、重涝程度的权重,因而只反映了旱涝的空间分布,不能反映出旱涝的轻重程度.因此,在式(3)中,当出现旱涝指标值相同的年份,便会认为其旱涝程度也相同,其实不然.从表4中可见,1961、1967、1979年 I_1 (用式(3)计算)均为27.5,似乎这3年涝的程度相同;而 I_2 (用式(4)计算)则不同,1961年为33.8,1967年为40.0,1979年为32.5,显然这3年涝的程度是有差别的.事实也是如此,以表示洪涝程度的1级站数(表略)而言,1961年出现1级的站数为总站数的6%,1967年为12%,

1979 年为 5%。因此,应该是 1961 年的涝重于 1979 年,1967 年的涝又重于 1961 年。干旱年也是如此。又例如,1966 年和 1968 年, L_1 均为 35.0, 似乎这 2 年干旱程度相同; 而从 L_2 来看, 1966 年为 48.8, 1968 年为 51.3, 显然这 2 年干旱情况是有差异的, 应该说 1968 年旱情重于 1966 年。

其它时段也都获得了同样的结果, 可见用式(4)计算出的区域旱涝指标能更确切地反映区域旱涝的程度, 取得更好的实际效果。

2.3 区域旱涝级别划分

根据式(4)计算的区域旱涝指标值大小, 可将华北地区历年旱涝情况从重涝到重旱划分为下列 7 个等级, 列于表 5。

按照表 5 标准, 现将华北地区 1951~1995 年各年的 4 月、7 月、

9 月、6~8 月、4~9 月的旱涝等级列于表 6。以 4~9 月而论, 华北地区重旱年有 5 年, 分

表 5 华北地区旱涝指标与等级

Table 5 Regional flood/drought indexes and classes for North China

级 别	指 标	类 型
1	$I_2 > 50$	重涝
2	$35 \leq I_2 \leq 50$	大涝
3	$35 > (I_2 - L_2) > 3$	偏涝
4	$(I_2 - L_2)$ 或 $(L_2 - I_2) \leq 3$	正常
5	$35 > (L_2 - I_2) > 3$	偏旱
6	$35 \leq L_2 \leq 50$	大旱
7	$L_2 > 50$	重旱

表 6 华北地区历年各时段旱涝等级

Table 6 Yearly flood/drought grades for various periods in North China from 1951 to 1995

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

别为 1965、1968、1972、1986、1995 年；重涝年有 4 年，分别为 1956、1963、1964、1984 年，这与历史上实际旱涝情况基本一致。其次，大涝年有 7 年，大旱年有 6 年，偏旱年有 11 年，偏涝年有 7 年，基本正常年有 5 年，可见华北地区偏旱型多于偏涝型。

由统计可知，华北地区 50 年代~60 年代前期，多呈偏涝型，以涝为主；60 年代后期~80 年代初期，多呈偏旱型，以干旱年居多；从 1983 年开始，降水连续 3 年偏多，旱情曾一度有所缓和，而到 80 年代后期，再度少雨，一直持续到 1995 年，基本上还是呈偏旱型。可见华北地区是我国容易发生干旱的地区，这是符合实际情况的。

从表 6 还可看出华北地区春旱严重的特点，4 月份出现重旱的年份有 7 年；夏季雨量相对丰沛且集中，7 月份干旱明显减少，重旱年只有 3 年；秋季雨量显著减少，9 月份是华北大部分地区雨季终止月，重旱频率明显增加，重旱年有 6 年。

3 结束语

在我国气象部门日常业务中，通常用降水距平百分率作为划分旱涝级别的标准，这对于年降水而言，一般是可行的。因为随着降水序列的增长，年降水量通常服从正态分布或接近正态分布，但对于某一时段(年以下的时间尺度)降水量而言，未必服从正态分布，且随着地区不同，其变化是很大的。迄今为止，许多学者都认为用 Person III 型分布拟合某一时段的降水量效果较好^[6]，而 Z 指数方法恰恰假设某时段降水量服从 Person III 型分布，所以算出的结果比较符合实际，且方法也比较简单。因此，作为我国气象业务中宏观分析某一时段旱涝的标准，这种方法是可行的。在此基础上探讨的区域旱涝指标既反映了旱涝的空间分布，又能较好地反映出旱涝的轻重程度，这也比通常采用的面积和之平均方法更符合实际。

参考文献

- 1 王绍武,黄朝迎. 公元 950~1991 年的旱涝型. 长江黄河旱涝灾害发生规律及其经济影响的诊断研究. 北京: 气象出版社, 1993. 55~66.
- 2 鞠笑生. 1985 年长江流域的伏旱及其影响. 长江黄河旱涝灾害发生规律及其经济影响的诊断研究. 北京: 气象出版社, 1993. 139~148.
- 3 Kife G W. Frequency and Risk Analysis in Hydrology. Water Resources Publication, Colorado 80522, ISBN-0-918334-24-3, 1978.
- 4 盛承禹等. 中国气候总论. 北京: 科学出版社, 1986. 422~432.
- 5 许协江, 张先恭. 近 500 年我国东部地区旱涝分布类型及未来趋势. 见: 气象科学技术集刊, 北京: 气象出版社, 1983. 47~54.
- 6 么枕生, 丁裕国. 气候统计. 北京: 气象出版社, 1990. 161~180.

**RESEARCH ON DETERMINATION OF STATION INDEXES
AND DIVISION OF REGIONAL FLOOD/
DROUGHT GRADES IN CHINA**

Ju Xiaosheng Yang Xianwei Chen Lijuan Wang Youmin

(National Climate Center, Beijing 100081)

Abstract

By use of the monthly precipitation data of eight sampling meteorological stations in China from 1951 to 1995, the three single indexes for flood and drought were tested and compared with each other. The Z-index was recognized to be optimum. On this basis, the 80 stations are selected in North China to discuss the regional indexes and grades which can reflect both the spatial and temporal distribution and intensity for regional floods and drought.

Key words: Flood and drought for single station; Regional flood and drought; Index; Grades.