

# 山东省干旱演变规律及其影响

杨志刚 杨洪昌

(山东省气象局, 济南 250031)

## 提 要

利用近 500 年旱涝资料分析了干旱对山东省农业、工业及环境的危害。利用功率谱和模糊判别函数研究了旱涝的周期性和阶段性, 指出旱涝的演变规律可为气候预测提供依据。

**关键词:** 干旱危害 周期性 阶段性

## 前 言

干旱是山东省的主要自然灾害, 是造成 80 年代农业徘徊的主要原因, 也是制约山东经济发展的主要因素。水资源不足已引起各级领导和广大群众的普遍关注。1993—1995 年, 山东省降水量较多, 水资源紧缺的矛盾稍有缓解。“九五”期间山东省的降水趋势如何, 是人们十分关心的问题, 本文试图通过对旱涝的周期性及阶段性的分析, 寻求解答这一问题的启示。

## 1 山东省的干旱概况及危害

### 1.1 近五百年的干旱概况

《华北、东北近五百年旱涝史料》<sup>[1]</sup>将山东省划分为济南、德州、莱阳、菏泽、临沂 5 个区域, 分别代表鲁中、鲁北、半岛、鲁西南、鲁东南 5 个地区。该史料对每个地区的旱、涝用指数表示, 即: 1——涝; 2——偏涝; 3——正常; 4——偏旱; 5——旱。某年有 1 个或以上地区指数为 4 或 5, 则该年我省至少有部分地区有干旱发生, 在 1470—1948 年的 479 年中, 有 321 年发生干旱, 占总年数的 67.0%, 其中连续 2 年或以上发生干旱的 298 年, 占总年数的 62.2%, 占发生干旱年的 92.8%; 某年有 4 个以上地区指数为 4 或 5, 则该年

为出现大范围干旱的大旱年, 在 1470—1948 年共出现大旱年 76 年, 占总年数的 15.9%, 连续出现的大旱年 47 年, 占总年数的 9.8%, 占大旱年数的 61.8%。

### 1.2 近 50 年来的干旱概况

1949 年以来, 气象资料、受旱面积、干旱成灾面积等资料比较完整, 为研究干旱灾害提供了方便。本文选取全省受旱面积来描述我省的干旱概况。

据调查统计, 1949—1994 年, 除 1964 年外, 每年都有不同范围、不同程度的干旱发生, 全省年平均受旱(减产 1 成以上)面积  $183.8 \times 10^4 \text{ha}$ , 占耕地面积的近 30%; 受旱面积在  $100 \times 10^4 \text{ha}$  (约占耕地面积的 15%) 以上的 33 年, 占总年数的 71.7%, 连续 2 年或以上受旱面积超过  $100 \times 10^4 \text{ha}$  的 32 年, 占总年数的 69.6%, 占受旱面积  $100 \times 10^4 \text{ha}$  以上年数的 97.0%; 全省受旱面积超过  $300 \times 10^4 \text{ha}$  (约占耕地面积的 50%) 的大旱年有 10 年, 占总年数的 21.7%, 连续 2 年或以上出现的大旱年有 5 年, 占总年数的 10.9%, 占大旱年的 50.0%。

以上可见, 出现几率高、影响范围大、持续时间长是山东省干旱的主要特点。

### 1.3 干旱的危害

干旱的危害是多方面的,对山东省来说,主要影响表现在以下几个方面。

#### 1.3.1 对经济发展的危害

影响作物生长发育及产量、质量形成的主要气象因素是光、热、水。我省光、热资源比较丰富,一般能满足作物的需要,水资源不足是农业发展的主要制约因素。

我们据 1949—1988 年的资料计算得到山东省平均粮食单产的趋势函数:  $H_t = 198.44712 + 11.076273t + 0.404772t^2$ , 其中分别取 1968 年  $t=0$ ; 1969, 1970, ..., 1988 年  $t=1, 2, \dots, 20$ ; 1967, 1966, ..., 1949 年,  $t=-1, -2, \dots, -19$ 。该趋势函数反映了农业政策、农业科学技术、农业投入引起的全省平均粮食单产随时间的变化,称作趋势产量。每年的实际粮食单产减去趋势产量得到“气象产量”,表明气象条件优(劣)造成的全省平均粮食单产增(减)量。从 1949—1988 年山东干旱造成的粮食减产情况(表略)可以看出,气象条件对全省平均粮食单产的影响最大可达 33.0kg; 在此期间全省干旱成灾面积  $200 \times 10^4 \text{ha}$  以上的共 6 年,其中 5 年“气象产量”为负值;而“气象产量” $\geq 5\text{kg}$  的共有 14 年,全省干旱成灾(减产 3 成以上)面积均在  $200 \times 10^4 \text{ha}$  以下,其中有 12 年全省干旱成灾面积不足  $133.3 \times 10^4 \text{ha}$ 。可见,干旱对我省粮食产量的影响是显著的。由于干旱平均每年减产粮食 139.95 万吨,平均每年受灾人口 779.9 万人,平均每年抗旱救灾投入经费达 3228.5 万元。

对部分干旱较重年份(1966、1981、1982、1988、1989 年)的旱灾经济损失进行调查统计表明,这几年因干旱缺水,全省平均每年工业减产值 55.6 亿元,农业减产值 17.6 亿元,其它减产值 19.8 亿元。

### 1.3.2 对自然环境的影响

#### 1.3.2.1 地下水漏斗对环境和生产建设的影响

地下水漏斗是由于少雨干旱被迫超量开采地下水,造成地下水位局部大幅度下降的现象。由于 70 年代后期至 80 年代山东连续十余年少雨干旱,加之工农业生产发展的需要,大量开采地下水,因而出现了多处大面积地下水漏斗。据 1989 年调查,全省有漏斗区 15 个,总面积达  $16639 \text{km}^2$ , 占全省陆地总面积的 11%。

地下水漏斗产生以后,地下水的水源枯竭,水质恶化,致使水井报废。据 1981—1989 年不完全统计,共报废机井 77639 眼,占现有配套机井的 34%,仅此一项就损失 3.11 亿元。另外,由于地下水下降,机井设备改造增加投资 5.71 亿元。

随着漏斗区地下水位不断下降,漏斗面积不断扩大,使地下水污染加重。据不完全统计,每年排放到漏斗区的污水量达 4 亿  $\text{m}^3$ 。致使地下水水质不断恶化。不仅给生产生活用水带来困难,而且对人民健康和生态环境都会产生深远的影响。

由于漏斗区面积扩大,地下水埋深增加,使部分地区产生地面下沉现象,产生了一系列工程地质问题,也给生态环境产生诸多不良影响。

#### 1.3.2.2 引起海水入侵导致环境恶化

沿海地区地下水咸、淡水界面向内陆推进的现象,称为海水入侵。

山东省比较显著的海水入侵始于 70 年代中期,其后入侵速度日趋加快,面积迅速扩大,截止 1990 年底,全省沿海地区海水入侵面积已达  $730.7 \text{km}^2$ 。

海水入侵显著地改变了沿海地区生态环境,破坏了地下水资源和土地资源,影响了沿

海地区城市建设和工农业生产的发展。

海水入侵使工业设备受损,工业用水发生困难,生产效益大为降低。1976年以来,仅莱州湾地区海水入侵就造成工业产值平均每年损失2—3亿元,至1990年,累计损失已达30—45亿元。

海水入侵造成土地资源退化,农业产量下降,给农业带来巨大损失。由于地下水咸化,机井报废7100余眼,0.33×10<sup>4</sup>ha耕地变成荒地,平均每年减产粮食1—1.5亿kg,1976—1990年累计减产产量达30—45亿kg。

### 1.3.2.3 引用黄河水加重了土壤沙化

由于干旱发生频繁,为补充工农业生产所需的水源,山东省自70年代以来逐渐发展了引用黄河水。据统计,70年代平均引用黄河水50亿m<sup>3</sup>,80年代增加到80亿m<sup>3</sup>,1990年多达100多亿m<sup>3</sup>。每引进100m<sup>3</sup>黄河水,引来泥沙1吨。因此,引黄虽为工农业发展补充了水源,但也引进了大量泥沙。据推算,今后每年引黄增加的土壤沙化面积将达20km<sup>2</sup>。

土壤沙化严重地影响经济发展、危害人民生活。流动风沙遇有4级以上的风,随风飘扬,遮天盖日或滚动、跳跃形成沙岗,或盖压农田,威胁村庄、道路,越冬小麦被连根拔起,春播作物常常需种多遍,严重地恶化了环境。当地人民饱受风沙之苦。

## 2 山东省旱涝演变规律

### 2.1 近500余年旱涝演变规律分析

对山东省1470—1985年代表全省的5个地区旱涝史料进行统计分析,得出了一些有益的结论,其中包括:

#### 2.1.1 山东旱涝的周期性

对上述期间5个地区的旱涝指数序列分别做功率谱分析,取信度 $\alpha=0.05$ 时,其共同的显著周期分别是2年、4年、7—8年、11

年、22年、50—55年、80—90年、170—180年。分析旱涝指数的各阶自相关函数发现,时滞长度在上述周期附近的自相关函数均为较大的正值,而时滞长度在上述半周期附近的自相关函数为绝对值较大的负值,且均达到了 $t$ 检验0.05的显著水平。

#### 2.1.2 山东旱涝的阶段性的

为了分析旱涝的阶段性的,我们以 $E_b(t) = \sum_{i=1}^5 E_i^2(t)/5$ 表示山东省的旱涝指数时间序列。其中 $i=1,2,\dots,5$ , $E_i(t)$ 为5个地区的旱涝指数; $t=1,2,\dots,516$ ,表示旱涝指数时间序列的年序号。

在分析较长时期的旱涝气候变化时,为剔除最显著的7—8年周期的影响,我们规定,凡同时满足以下两条者,为一个旱涝气候时段。

(1)每个气候时段的长度至少是7年。

(2)若第7年的 $E_b(t) < 10.0$ ,则其后直到 $E_b(t) > 10.0$ 的那一年开始转入下一个气候时段,反之亦然。

据此,可将全省旱涝指数序列 $E_b(t)$ 划分成58个气候时段。对于第 $k$ 个气候时段,令 $N_j(k)$ 为该时段内 $j$ 级旱涝指数出现的频数( $j=1,2,\dots,5$ ), $T(k)$ 表示该时段持续的年数, $m(k)$ 为该时段内全省5个地区出现各级旱涝指数的总频数,显然有:

$$m(k) = 5T(k)$$

我们定义第 $k$ 个气候时段的旱涝特征指标如下:

$$\text{旱指标: } e_1(k) = (N_4(k) + N_5(k))/m(k)$$

$$\text{涝指标: } e_2(k) = (N_1(k) + N_2(k))/m(k)$$

$$\text{特殊年指标: } e_3(k) = (N_1(k) + N_5(k))/m(k)$$

$$\text{正常年指标: } e_4(k) = N_3(k)/m(k)$$

旱涝年变率:

$$e_2(k) = \left\{ \sum_{t_1=1}^{T(k)} \sum_{t_2=1}^{T(k)} (E_b(t_1) - E_b(t_2))^2 / (T^2(k) - T(k)) \quad t_1 \neq t_2 \right.$$

根据各个气候时段的旱涝及其年际变化特征,可把58个气候时段分成7类,分别是:

- 1类(洪涝时段):多数年份为涝年;
- 2类(偏涝时段):以正常、偏涝年为主;
- 3类(正常时段):以正常年为主;
- 4类(偏旱时段):以正常、偏旱年为主;
- 5类(干旱时段):多数年份为旱年;

6类(不稳定偏涝时段)和7类(旱涝相间时段):以旱涝交替出现为主要特征,其中6类的涝年出现频率较7类大。

在58个气候时段中,4类和5类最多,共25个,占总数的43.1%,该两类时段的平均长度均为8年左右,且84%持续时间在9年以内。可见,旱年、偏旱年出现较频繁,且常在较短的时间占优势;1,2两类时段共17个,占总数的29.3%,其持续时间较长,1类的平均长度11.8年,2类的平均长度9.3年,表明涝和偏涝年常在较长的时间内占优势;3类时段只有8个,仅占总数的13.8%,可见正常年出现的几率较小;而6,7两类时段共有8个,出现的几率为最小。

为了研究更长阶段的气候变迁,我们又根据各类气候时段在一定时期内相对集中和频繁出现的情况,把58个气候时段序列划分为A、B、C、D、E 5个气候时期。通过分析发现,在气候时期转换以前,都要出现一个信号时段,信号时段的共同特征是 $e_1(k) - e_2(k) < 0$ ,信号时段起的第4个时段才有可能转换为下一个气候时期第1个时段。自1470年以来,满足 $e_1(k) - e_2(k) < 0$ 的时段共25个,分别自这25个时段起,连续算出4个时段的 $e_1(k) - e_2(k)$ ,组成四维向量 $X_1, X_2, \dots, X_n (n = 25)$ ,计算模糊判别函数 $G(X)$ 值,令有转

换的集合 $X_i \in A$ ,无转换的集合 $X_j \in B$ ,则 $A = 4, B = 21$ 。因此,将1470年以来的山东省旱涝气候划分为如下气候时期。

A时期:1470—1590年,共经历14个气候时段,121年,是一个全省旱、涝一致,气候年际变化较小的干旱时期,该时期内以偏旱时段出现的次数为最多。

B时期:1591—1782年,共有20个气候时段,共192年,是一个多涝少旱的气候时期。该时期内涝和偏涝时段共占40%,其中洪涝时段的出现几率为各类气候时段之冠。

C时期:1783—1838年,共包含6个气候时段,56年,是一个重旱有涝,全省旱涝一致,气候年际变化较大的气候时期,该时期内无明显占优势的时段类型。

D时期:1839—1915年,共经历了9个气候时段,77年,为一个多涝少旱的气候时期,该时期内涝和偏涝时段共占55.6%。

E时期:1916年至现在,已经历了9个气候时段,为一个重旱有涝、全省旱涝不均、气候变化剧烈的气候时期,其中旱和偏旱气候时段占77.8%。

自1965年以来,尚未出现过旱涝气候时期转换的信号时段。即使1990年开始的第59气候时段是个洪涝或偏涝时段,即满足 $e_1(k) - e_2(k) < 0$ 这一信号条件,也要至少再经过2个气候时段才能转换到下一个气候时期。因此,可以认为在2010年前仍处于重旱有涝、旱涝分布不均的E气候时期内。

## 2.2 山东省近百年来降水量变化规律分析

据1951—1989年资料统计,济南年降水量与全省平均年降水量的距平同号率为82%,因此,在进一步分析E时期山东省的旱涝规律时,可选用济南的年降水量资料。

从表1可以看出,济南1916年以来的年降水量变化可分为以下几种类型:

表1 济南 1916—1994 年降水量变化阶段划分

少雨阶段		多雨阶段	
起止年代	距平频率	起止年代	距平频率
1916—1920	-4/5	1921—1923	+2/3
1924—1927	-4/4	1928—1930	+3/3
1931—1948	-14/18	1949—1956	+5/8
1957—1960	-4/4	1961—1964	+4/4
1965—1968	-4/4	1969—1980	+7/12
1981—1989	-7/9	1990—1994	+4/5

(1)长度 4—9 年的少雨阶段,其持续少雨的年数可达 3 年以上。

(2)长度 3—5 年的多雨阶段,其持续多雨的年数在 3 年以上或虽持续多雨的年数仅达两年,但其中 1 年的降水量较常年偏多 4 成以上。

(3)长度 8—12 年以多雨为主的阶段,降水多于常年的年数占阶段总年数的 60% 左右,且持续多雨的年份不超过 2 年,多雨年的降水距平百分率在 40% 以下。

(4)长度 15—20 年的少雨阶段,降水少于常年的年数占阶段总年数的 70%—80%,持续少雨年数可达 3 年以上,但连续多雨的年数均不超过 2 年。

1990—1994 年的 5 年中,有 4 年降水为正距平,为一个明显的多雨阶段,1995 年 1—9 月降水量较常年偏少,可以认为 1995 年开始进入一个新的少雨阶段。

### 2.3 山东省近期降水演变规律分析

为分析山东省降水的近期演变趋势并找出时间尺度较小的变化阶段,我们又对 1951—1992 年山东省平均降水量序列进行了分析研究。发现我省降水量年际变化仍然较大,最少年为 1989 年,仅有 422.0mm,最多年是 1964 年,达 1132.4mm,几乎为最少年的 3 倍。

表2 1951—1994 年山东省平均年降水量的阶段划分

多雨阶段		少雨阶段	
起止年代	距平频率	起止年代	距平频率
1951—1956	+4/6	1957—1960	-4/4
1961—1964	+4/4	1965—1969	-5/5
1970—1975	+5/6	1976—1983	-7/8
1984—1985	+2/2	1986—1992	-6/7
1993—1994	+2/2		

由表 2 可见,近期山东省降水具有 2—6 年多雨阶段和 4—8 年的少雨阶段相间出现的规律。1993—1994 年连续两年降水较常年偏多,处于一个新的多雨阶段中,但多雨时段的平均长度仅为 4.5 年,可以推论这一新的多雨时段不会持续太久,干旱的矛盾仍将突出。

### 参考文献

- 1 中央气象局研究所,华北东北十省(市、区)气象局,北京大学地球物理系,华北、东北近五百年旱涝史料,铅印本,1975.
- 2 燕子杰,杨洪昌,山东近 500 年旱涝规律的研究及 1987—2000 年旱涝趋势预报,山东中长期天气预报研究文集,北京:气象出版社,1990.

## Drought Evolution and Its Effect in Shandong Province

Yang Zhigang Yang Hongchang

(Meteorological Bureau of Shandong Province, Jinan 250031)

### Abstract

Using the drought data about 500 years, drought disaster in agriculture, industry and environment are analysed. The periodicity and phase of drought and flood are studied by the use of power spectrum and fuzzy discriminate analysis. The evolution of drought and flood is given.

**Key Words:** drought disaster periodicity phase