

# 利用 de Martonne 方法对我国 20 世纪干旱化趋势的研究

孟 猛<sup>1</sup>, 宗美娟<sup>2</sup>

(1. 山东理工大学, 山东 淄博 255049; 2. 淄博职业学院, 山东 淄博 255314)

**摘 要:**利用 de Martonne 干燥度计算方法, 计算并分析了 20 世纪我国干燥度的动态变化。利用 GIS 软件对计算的结果进行插值计算, 并做出了干燥度分布的数字化地图, 从而对干旱化趋势进行了探讨。从计算结果看出: 我国湿润气候面积在逐步减少, 半湿润半干旱气候和干旱气候面积在增大, 特别是半湿润半干旱气候面积增幅较大。在 20 世纪, 我国陆地自东南地区到西北地区, 气候逐步变的干燥。干旱化的趋势主要是由西北地区和华北地区向南, 向东扩展。

**关键词:**干燥度; 气候变化; 干旱化; 荒漠化

**中图分类号:** P467

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1005-3409(2018)03-0128-05

## Study of Aridity Trend of China in 20th Century by Using de Martonne Method

MENG Meng<sup>1</sup>, ZONG Meijuan<sup>2</sup>

(1. Shandong University of Technology, Zibo, Shandong 255049, China;

2. Zibo Vocational Institute, Zibo, Shandong 255314, China)

**Abstract:** We calculated and analyzed the dynamic variation of aridity index in China during the 20th century. The results were interpolated by using GIS software, the digital maps of aridity index distribution were made, and the drought trend was discussed. The results show that humid climate area in China reduced gradually, semi-humid and semi-arid climate areas increased especially, and the arid area increased too. From the southeast to the northwest in China, the climate was gradually drying up in 20th century. The arid area in the northwest and north of China expanded to the south and east.

**Keywords:** aridity index; climatic change; aridification; desertification

荒漠化作为全球变化的重要方面, 特别是对因对农业生产的重要影响受到了广泛关注。联合国防治荒漠化公约 1994 年对荒漠化有着明确定义, “荒漠化系指包括气候变异和人类活动在内的种种因素造成的干旱、半干旱和亚湿润干旱地区的土地退化”。而对“干旱、半干旱和亚湿润干旱地区”的划分依据的主要气候指标则是干燥度。干燥度(Aridity Index, AI, 或 K 等), 在此特指气候干燥度, 是表征一个地区干湿程度的指标, 一般以某个地区水分收支与热量平衡的比值来表示, 其倒数则称为湿润指数(Humidity Index, HI)。干燥度的计算对于了解气候—植被之间的相互关系, 研究和预测全球变化对人类及生物赖以生存的生态环境的影响, 以及制定应对的策略、方法与途径具有重要的理论和现实意义。

孟猛等<sup>[1]</sup>通过对现有的 22 种干燥度指数中应用

最为广泛的 8 种指数进行比较和分析, 包括各自的原理、计算方法和在生态学与地理学研究中的应用等方面, 结合其在中国应用的实际状况, 分别阐述了各自的优缺点。最简单的计算气候干燥度的方法就是利用温度与降水这两个气候因子来计算干燥度, 此类方法应用最广泛的就是 de Martonne 干燥度计算方法, 因为其计算简单, 指标明确, 与植被和水分对应性强, 所以经常用在气候区划上。Weck<sup>[2]</sup>根据建立了德国的气候模型。Botzan<sup>[3]</sup>利用 de Martonne 干燥度计算方法划分的水文特征提供了定义农业干旱的新指标。陈金等<sup>[4]</sup>把 de Martonne 干燥度作为衡量区域气候干湿状况的综合指标, 通过对干燥度指数的栅格空间数据进行分析, 研究了 1981—2007 年锡林郭勒盟的气候状况, 以及气候干燥度等值线的空间位移与动态变化规律等。

de Martonne 干燥度计算方法利于月干燥度的计算,并且其计算简单,但精确度不高,比较适合于在大尺度的研究中应用。本文利用 de Martonne 干燥度计算方法和气象数据,对我国 1901—2000 年的干燥度进行计算,并结合 GIS 软件 Mapinfo 的应用,对 20 世纪我国干旱区的变化趋势进行了初步探讨。

# 1 数据与方法

## 1.1 气象数据

采用英国的东安格利亚大学气候研究中心(Climatic Research Unit)CRU TS 2.0 数据集为基础数据。该数据集是由 CRU 提供的在时间尺度(TS)上变化的气象数据。TS 2.0 是 1901—2000 年间以 0.5 度为一间隔的点上的气象数据集。其提供的气象数据包括月降水量、平均温度、云层盖度和水汽压。该数据集可以用来比较气候的变化研究<sup>[5]</sup>。

## 1.2 干燥度的计算

de Martonne 在 1926 年提出了一种简单的干燥度计算方法,其计算公式如下所示:

$$I_{dm} = \frac{P}{T + 10}$$

式中: $I_{dm}$  即 de Martonne 干燥度; $P$  为平均降水量(mm); $T$  为平均温度值(℃)。在本研究中,平均降水量是年平均降水量,每十年的平均年降水量为  $P$  值,每 10 年的每天平均温度为  $T$  值,计算 0.5 度点上的十年的平均干燥度值。

根据 Crowe<sup>[6]</sup> 在 1971 年对干旱气候的划分依据:干燥度值小于 10,表明严重干旱,河流断流,农作物需要强制人工灌溉;干燥度值为 10~30,表明中等干旱,河流暂时性有水,流量中等,植被类型为草原;干燥度大于 30,表明气候湿润,河流可以常年有水,不断流,并水量充足,植被类型为森林。

## 1.3 空间插值

利用 CRU 气象数据中的 0.5°精度的经纬度点使用 GIS 软件 Mapinfo 创建点元素地图,然后利用 TIN 即不规则三角网进行空间插值。不规则三角网插值是直接利用原始采样点进行区域平面的重建,由连续的相互联接的三角面组成,三角面的形状和大小取决于不规则分布的观测点的密度和位置。经过比较分析,TIN 插值的设置为单元大 3.8 km; 网格尺寸:1 770×1 024;允许距离:0.005;距离:42;特征角度:25°。de Martonne 计算的干燥度指数 TIN 插值的样式方法:自定义范围;变形数:2;舍入精度:0.1。分界线两个,分别是干燥度指数 30,10。

# 2 结果与分析

## 2.1 全国 de Martonne 干燥度计算结果

图 1 是根据 1901—1910 年我国 de Martonne 干燥度计算结果进行区划,湿润、半湿润半干旱和干旱地区的具体分布情况,图 2 则是 1991—2000 年各区域的具体分布情况。中国总的干旱气候变化及百年间的动态分布面积见图 3。1901—1910 年间的干旱气候分布最小,只有 163.1 万 km<sup>2</sup>。1961—1970 年间的干旱气候分布最广,有 205 万 km<sup>2</sup>,约占国土总面积的 21.8%。从 1961—1970—2000 年总的趋势是干旱区面积减少,不过,1991—2000 年间的干旱气候面积又比 1981—1990 年间的又有稍微增加,增加了 0.8%。1991—2000 年间的干旱气候面积为 165.9 万 km<sup>2</sup>,约是国土总面积的 17.5%。

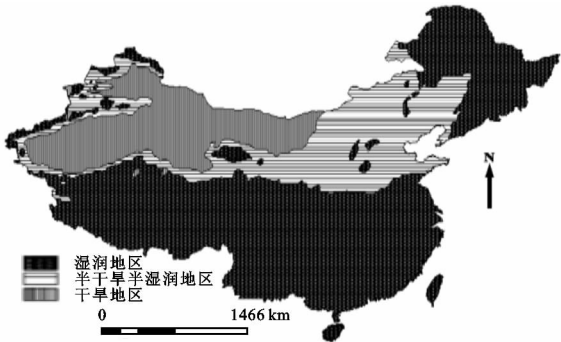


图 1 1901—1910 年间 de Martonne 干燥度

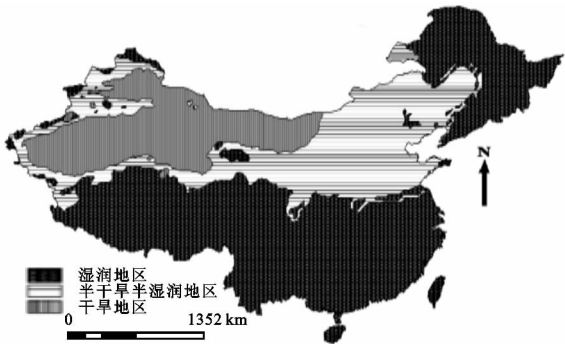


图 2 1991—2000 年间 de Martonne 干燥度

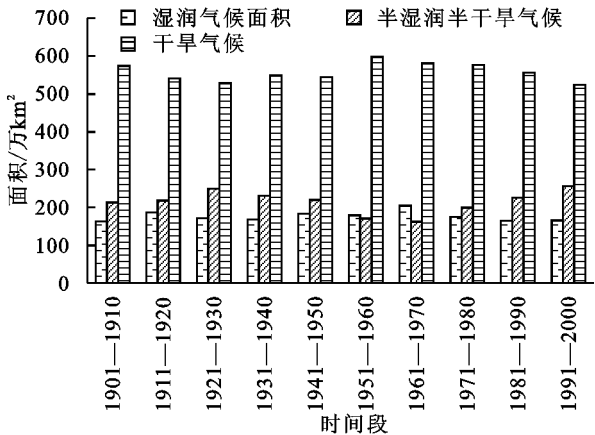


图 3 各气候区域面积变化

1961—1970 年间的半湿润半干旱气候面积最小为 162.6 万  $\text{km}^2$ , 1991—2000 年间的半湿润半干旱区面积最大, 为 256.6 万  $\text{km}^2$ , 约占国土总面积的 27%。总的变化趋势为 1901—1910 年间到 1921—1930 年间逐步增加, 1921—1930 年向后逐步减少, 直至最小年份, 以后逐步增加至最大年份。最近四、五十年来, 半湿润半干旱气候面积是逐步增加的。1991—2000 年间比 1981—1990 年间增加了大约 13.4%。

从图 3 可以看出, 1991—2000 年间的湿润气候面积最小, 只有 524.5 万  $\text{km}^2$ , 是国土总面积的 55.2%。1951—1960 年间的湿润气候面积最大, 有 597.9 万  $\text{km}^2$ 。1991—2000 年间比 1951—1960 年间湿润气候面积大约减少了 12.3%。湿润气候面积的变化趋势是: 1901—1910 年间到 1921—1930 年间逐渐减少, 1921—1930 年间到 1951—1960 年间湿润气候是增加的, 特别是 1951—1960 年间比 1941—1950 年间增加了 53 万  $\text{km}^2$ , 是 1951—1960 年间的湿润气候总面积的 9.7%; 从 1951—1960 年间到 1991—2000 年间湿润气候面积逐渐减少, 1981—1990 年间到 1991—2000 年间变化最大, 减少了 32.2 万  $\text{km}^2$ , 大约是 1981—1990 年间湿润气候总面积的 5.8%。

## 2.2 区域 de Martonne 干燥度计算结果

本研究以地理区域划分将中国大陆及主要岛屿划分为 6 个区域分别对其区域内的各气候区域面积变化进行了研究。东北地区面积大约是 786 400  $\text{km}^2$ , 包括: 黑龙江、吉林、辽宁; 华北地区面积大约 1 515 000  $\text{km}^2$ , 包括: 内蒙古、河北、山西、北京、天津; 西北地区面积大约是 3 012 000  $\text{km}^2$ , 包括: 陕西、甘肃、宁夏、青海、新疆; 西南地区面积约 2 332 000  $\text{km}^2$ , 包括: 四川、重庆、贵州、云南、西藏; 华中地区面积大约 564 000  $\text{km}^2$ , 包括: 湖北、湖南、河南; 华东地区面积约 788 400  $\text{km}^2$ , 包括: 山东、江苏、安徽、上海、浙江、江西、福建; 华南地区包括: 广东、广西、海南、台湾和港澳特别行政区。

东北地区百年以来没有出现干旱气候, 只有湿润气候和半湿润半干旱气候。其中绝大部分地区是湿润气候, 湿润气候分布变化见图 4。自 20 世纪初到 1951—1960 年间, 东北地区的湿润气候分布面积是逐步扩大的。1951—1960 年间的湿润气候面积最大, 共 767 000  $\text{km}^2$ , 约占东北地区总面积的 97.5%。1951—1960 年间至 1991—2000 年间湿润气候面积逐步缩小, 即半湿润半干旱气候面积在逐步扩大。1981—1990 年间到 1991—2000 年间变化最大, 湿润

气候面积减小了 57 100  $\text{km}^2$ , 占总面积的 7.3%。

华北地区 3 种气候类型都有, 其分布变化见图 5。华北地区主要的气候类型为半干旱半湿润气候。其干旱气候类型面积变化不大, 主要是湿润气候面积和半湿润半干旱气候面积变化显著。1951—1960 年间的湿润气候面积最大共 553 200  $\text{km}^2$ , 而半湿润半干旱气候面积最小为 635 000  $\text{km}^2$ , 其相差不大。自世纪初到 1951—1960 年间湿润气候面积是增加的, 而从 1951—1960 年间到 1991—2000 年间湿润气候面积是逐步缩小。其半湿润半干旱气候面积变化则正好相反, 1991—2000 年间比 1951—1960 年间的半湿润半干旱气候面积增加了大约 52.3%。

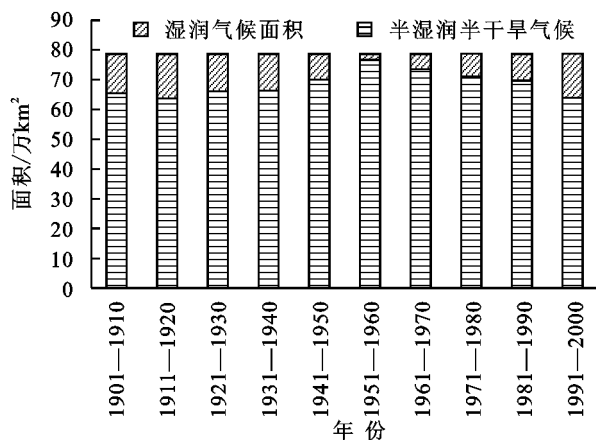


图 4 东北地区湿润气候面积变化

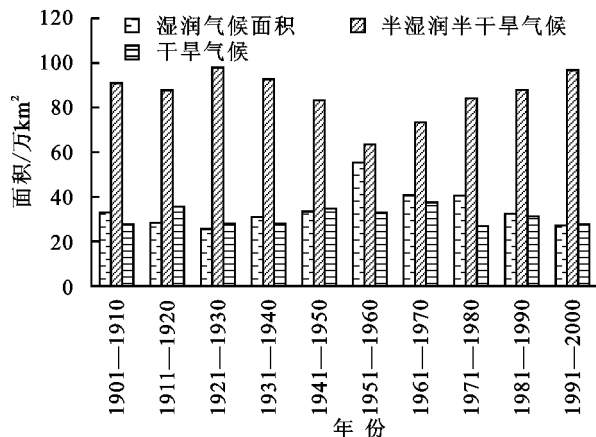


图 5 华北地区各类型气候面积变化

西北地区主要的气候类型是干旱气候, 我国的干旱气候也主要是分布在西北地区。其次是半湿润半干旱气候, 湿润气候面积最小。其各气候面积变化见图 6。西北地区的湿润气候面积变化不大, 半湿润半干旱气候面积和干旱气候面积变化较大。其中 1961—1970 年间干旱气候面积最高为 1 674 000  $\text{km}^2$ , 同时半湿润半干旱气候的面积最小 650 500  $\text{km}^2$ , 甚至低于湿润气候面积。近几十年西北地区的

干旱气候面积在减少,只是 1991—2000 年间比 1981—1990 年间略有增加,但是同时湿润气候面积也在减少,即半湿润半干旱气候在增加。

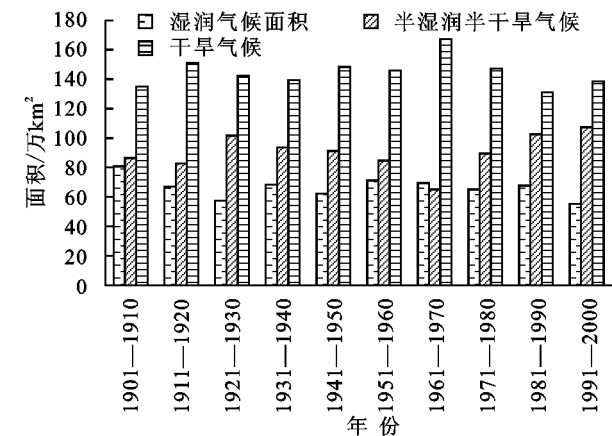


图 6 西北地区各类型气候面积变化

西南地区绝大部分为湿润气候,半湿润半干旱气候和干旱气候面积很小,1991—2000 年间甚至没有干旱气候。其湿润气候面积变化见图 7。其湿润气候面积在 1941—1950 年间最小,有 2 294 000 km<sup>2</sup>,其次就是 1991—2000 年间面积小,有 2 251 000 km<sup>2</sup>。变化最显著的年份是 1981—1990 年间到 1991—2000 年间,湿润气候地区减小了 49 000 km<sup>2</sup>,占西南地区总面积的 2.1%。

华中地区的主要气候类型是湿润气候,其次是半湿润半干旱气候,无干旱气候。其各气候类型面积变化见图 8。湿润气候面积在 1921—1930 年间最小,只有 400 300 km<sup>2</sup>,在 1971—1980 年间湿润气候面积最大,有 498 400 km<sup>2</sup>。最近 30 a 间湿润气候面积在逐步减少。1991—2000 年间比 1971—1980 年间减少了 57 400 km<sup>2</sup>,约占华中地区总面积的 10.2%。

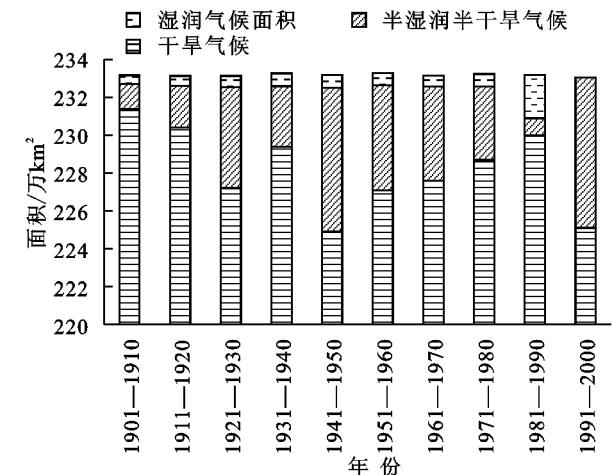


图 7 西南地区各类型气候面积变化

华东地区绝大部分地区是湿润气候,其余的地区是半湿润半干旱气候。其湿润气候变化见图 9。其中

1931—1940 年间的湿润气候面积最小为 605 900 km<sup>2</sup>。1971—1980 年间湿润气候面积最大为 730 900 km<sup>2</sup>。自 1971—1980 年间至世纪末湿润气候面积是逐步减小的,1991—2000 年间的湿润气候面积是 613 400 km<sup>2</sup>。

华南地区只有湿润气候类型,无变化。

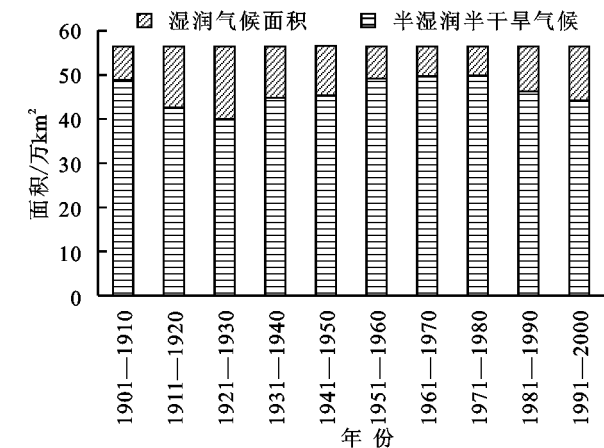


图 8 华中地区湿润气候面积变化

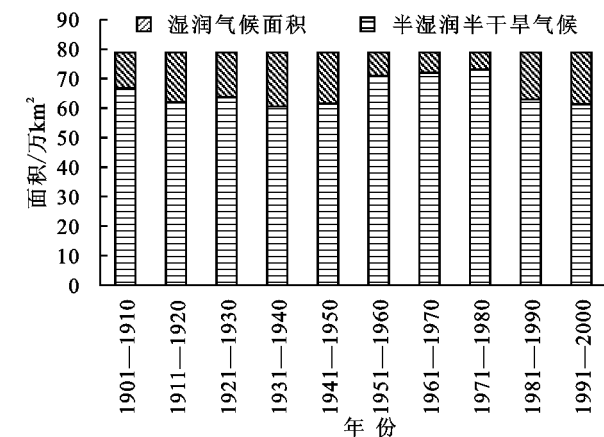


图 9 华东地区湿润气候面积变化

3 结 论

de Martonne 的计算结果显示,我国干旱气候面积在过去的 1 个世纪里,增加了 2.8 万 km<sup>2</sup>,约是我国国土总面积的 0.3%。1991—2000 年间干旱气候的南界是北纬 35.475°,而 1901—1910 年间的干旱气候的南界是北纬 35.568°,说明干旱气候略有北移。1901—1910 年间的干旱气候的东界是东经 108.765°,西界是东经 75.531°;1991—2000 年间的干旱气候的东界是东经 108.565°,西界是东经 75.311°。这样看来干旱气候是西移的。干旱气候主要是在西北地区,华北地区内蒙古自治区的西部也是干旱气候,其他地区无干旱气候。丁一汇等<sup>[7]</sup>通过对国家气候中心的数据进行分析,认为我国过去近百年来的温度变化与北半球的变化大致相同,我国温度出现最高的时期是在 40 年代。此结论与 Martonne 计算的干旱气候面积最大

时期相符。周晓东等<sup>[8]</sup>利用 Penman 和 Thornthwaite 方法计算我国的干燥度指数,认为现阶段我国干旱区面积约占国土总面积的 17%。此干旱区面积与本研究成果的干旱气候面积大体一致,并且分布范围基本相同。

半湿润半干旱气候面积在 1991—2000 年间比在 1901—1910 年间增加了 43.6 万 km<sup>2</sup>,是我国国土面积的 4.6%。1901—1910 年间和 1991—2000 年间的半湿润半干旱气候的北界都是北纬 49.847°,无变化。1991—2000 年间半湿润半干旱气候的南界是北纬 30.988°,1901—1910 年间的南界是北纬 32.795°。说明我国的半湿润半干旱气候在 20 世纪有较大的南扩现象。半湿润半干旱气候 1901—1910 年间的东界是东经 125.099,1991—2000 年间是东经 125.047,湿润半干旱气候最西始终到我国的西边境,这样看来半湿润半干旱气候有较小的东扩。半湿润半干旱气候在我国的西北地区、华北地区有较大的分布,而华中地区和华东地区的北部也有一定的分布,东北地区的西南部有少量的地区也是半湿润半干旱气候。

湿润气候的面积世纪末比世纪初减少了 49.8 万 km<sup>2</sup>,是国土总面积的 5.2%,有较大的变化。我国的各个地区都有湿润气候分布。1991—2000 年间湿润气候面积,西北地区减少了 31.8%,华北地区减少了 17.7%,东北地区少了 2.4%,西南地区少了 2.7%,华中地区减少了 9.7%,华东地区减少了 8.3%。从减少面积的绝对值来看也是西北地区最大,减少了 256 700 km<sup>2</sup>,华北地区次之,共减少了 58 300 km<sup>2</sup>。慈龙骏<sup>[9]</sup>在研究全球变化对我国荒漠化的影响时认为我国过去 30 a 间的湿润气候平均面积是国土面积的 61.7%,与本研究成果的面积大体相等。

由计算结果得出,我国湿润气候面积在逐步减少,半湿润半干旱气候和干旱气候面积在增大,特别是半湿

润半干旱气候面积增幅较大,这与李新周等<sup>[10]</sup>研究的全球干旱化趋势相符。自我国的东南地区到西北地区,气候逐步变的干燥。干旱化的趋势主要是由西北地区和华北地区向南,向东扩展。在全球增暖背景下,由于温度的升高导致地表蒸发量的增加;同时,廉毅等<sup>[11]</sup>研究表明中国的气候过渡带降水量线性下降较显著。这应该是 20 世纪我国干旱化加剧的两个重要因素。

#### 参考文献:

- [1] 孟猛,倪健,张治国. 地理生态学的干燥度指数及其应用评述[J]. 植物生态学报, 2004, 28(6): 853-861.
- [2] Weck J. An improved CVP-index for the delimitation of the potential productivity zones of the forest lands of India. [J]. Journal of The Australian Mathematical Society, 1970, 2(3): 321-333.
- [3] Botzan M. Consideratii asupra indicilor climatici pentru proiectarea irigatiilor[J]. Hidrotehnica, 1974, 19: 41-48.
- [4] 陈金,李政海,贾树海,等. 锡林郭勒草原区气候干旱化的时空变化规律[J]. 内蒙古大学学报, 2011, 42(3): 304-310.
- [5] 闻新宇,王绍武,朱锦红,等. 英国 CRU 高分辨率格点资料揭示的 20 世纪中国气候变化[J]. 大气科学, 2006, 30(5): 894-904.
- [6] Crowe P R. Concepts in Climatology[M]. London: Longman, 1971.
- [7] 丁一汇,戴晓苏. 中国近百年来的温度变化[J]. 气象, 1994, 20(12): 19-26.
- [8] 周晓东,朱启疆,孙中平,等. 中国荒漠化气候类型划分方法的初步探讨[J]. 自然灾害学报, 2002, 11(2): 125-131.
- [9] 慈龙骏. 全球变化对我国荒漠化的影响[J]. 自然资源学报, 1994, 9(4): 289-303.
- [10] 李新周,刘晓东,马柱国. 近百年来全球主要干旱区的干旱化特征分析[J]. 干旱区研究, 2004, 21(2): 97-103.
- [11] 廉毅,沈柏竹,高枫亭,等. 中国气候过渡带干旱化发展趋势与东亚夏季风、极涡活动相关研究[J]. 气象学报, 2005, 63(5): 740-749.