

近半个世纪我国干旱变化的初步研究^{* 1}

邹旭恺 张 强

(国家气候中心, 北京 100081)

摘 要

利用我国地面 606 个气象观测台站 1951—2006 年的逐日降水量和平均气温资料, 使用《气象干旱等级》国家标准中推荐使用的综合气象干旱指数(I_c), 分析了近半个世纪以来全国及不同地区干旱变化情况。结果表明: 总体而言, 全国干旱面积在近 50 年没有显著增加或减少的趋势, 但不同地区差异较大; 其中东北和华北地区干旱化趋势显著, 特别是 20 世纪 90 年代后期至 21 世纪初, 上述地区发生了连续数年的大范围严重干旱, 在近半个世纪中十分罕见; 东北、华北和西北地区东部的大部分地区在近 50 年中持续时间最长的干旱事件多发生在 1980 年以后的 20 多年中, 而且上述地区在近 20 多年来干旱发生得更加频繁。另外, 我国干旱化趋势最显著的地区与增暖幅度最大的地区有很大的一致性, 表明区域增暖在干旱变化中起着一定作用。

关键词: 干旱; 干旱面积; 综合气象干旱指数

引 言

干旱是对人类社会影响最严重的气候灾害之一^[1], 它具有出现频率高、持续时间长、波及范围广的特点。干旱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、沙尘暴频发等诸多不利影响。因此监测、研究、预测干旱变化具有重要的意义。

Dai 等^[2]利用 1870—2002 年 Palmer 指数的计算结果分析表明, 20 世纪 70 年代后期以来, 全球极端干旱面积增加了一倍多, 这种干旱趋势的加剧主要是由于干旱化地区降水减少和气温升高造成的。在我国, 干旱灾害发生频繁, 1949—2006 年平均每年受旱面积 $2122 \times 10^4 \text{ hm}^2$, 约占各种气象灾害受灾面积的 60%, 加上近几十年来经济迅速发展、人口增长等原因, 干旱给社会造成的不利影响和对人类生存环境的危害日趋严重。我国北方地区继 1997 年发生了大范围的干旱后, 1999—2002 年又连续 4 年少雨干旱。频繁发生的干旱以及干旱对社会和环境产生复杂和深远的影响^[3]。2006 年夏季, 重庆发

生百年一遇特大伏旱, 四川遭遇近 50 年最重干旱^[4]。这些严重的干旱事件及其引发的不利影响引起了政府决策部门和公众的广泛关注。特别是对于一些气候脆弱区, 如果干旱化趋势进一步加重, 不仅使可利用的水资源减少, 人类无法继续生存, 而且荒漠化和沙漠化将导致植被的消失, 对周边环境也会产生更加恶劣的负面作用^[5]。不少学者对我国的干旱变化进行了大量研究。王志伟等^[6]根据 1950—2000 年我国 629 个站逐月降水资料, 采用 Z 指数作为旱涝等级划分标准计算了干旱发生的范围, 指出 51 年来我国北方主要农业区干旱面积呈扩大趋势, 特别是华北等地干旱面积扩大迅速, 形势严峻, 而且极端年份干旱面积显著扩大。马柱国等^[7-8]利用地表湿润指数分析了 1951—2000 年北方地区极端干湿事件的演变规律, 指出近 10 年来东北和华北地区极端干旱频率显著增加, 而极端湿润发生的频率相对减少; 与气温变化趋势的比较还发现, 极端干旱的频发区往往对应着增温明显的地区, 而西北地区极端干旱发生频率出现了下降的趋势。王绍武等^[9]、施雅风等^[10]的研究表明我国西北地区有变湿的趋势。

以上学者虽然都在不同程度上对我国干旱变化

* 科技部国际合作项目“区域气候变化的监测、模拟和影响研究”(2005DFA20940)和中国气象局 2008 年业务建设项目“干旱监测预警与气象灾害预测业务”共同资助。

2008-02-18 收到, 2008-05-23 收到再改稿。

特征做了有意义的研究,但大部分研究都集中在局部地区或者研究中缺少最近几年最新的干旱演变情况分析。本文利用《气象干旱等级》国家标准^[11]推荐使用的综合气象干旱指数,详细分析了1951—2006年全国及各区域干旱的变化特征。

1 资料和方法

1.1 资料

本研究中所用到的资料包括我国地面606个台站1951—2006年的逐日降水量和平均气温资料(图1),大部分站点属于国家基准站和基本站,个别为一般气象站。资料由国家气象信息中心提供,均经过严格质量检验。台站变迁、仪器变化、观测方法改变等是影响气候资料均一性的重要因素。从我国基本、基准气象台站的历史沿革来看,约有一半的台站均有过迁移^[12];在仪器和观测方法上,气温、降水的观测仪器和观测规范也发生过多次变化,但多发生在20世纪60年代中期之前^[12-13]。为了减少资料的非均一性,本文在资料选取时规定:月内逐日资料缺测达5d的,该月资料定为缺测;1年中有1个月缺测时,该年年值为缺测;资料时间序列应包括气候平均场(1971—2000年),时间长度至少为40年。原始资料库中共包含731个台站,本文剔除了不满足上述条件的125个站点资料,最终选取了606个站点(图1),剔除站点数占总站点数的17%。选取的606个地面观测台站覆盖了我国大陆绝大部分地区。本文选取的资料集中,20世纪50年代初期站点数量较少,仅有150~350个左右,而且空间分布不均,西部地区除了新疆有少量台站外,其他地区记录很少;50年代中期以后收录的观测站点数迅速增加,西部的站点也逐渐增多,1956年以后我国西部所有省区都有了观测站;60年代以后资料站点数均在600个以上,各年的站点数量变化不大。经过上述质量控制后的资料集时间序列长,覆盖率较高,具有较好的代表性和可靠性。为了分析不同区域的干旱变化特点,本文分别讨论了东北、华北、西北东部、西北西部、长江中下游、华南、西南和青藏高原8个地区近半个世纪干旱的变化特征(图1)。在讨论各区域的干旱长期变化时,采用了格点化计算面积的方法,在一定程度上有助于增加时间序列的可靠性^[14]。

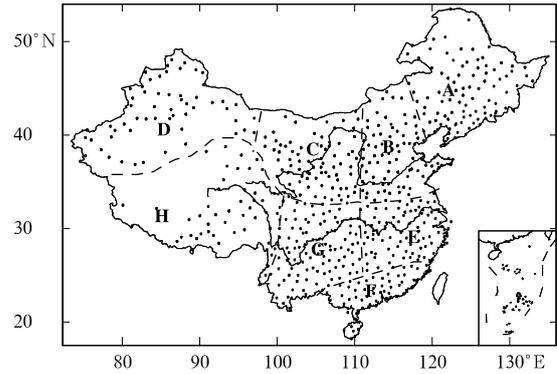


图1 全国606个地面观测站和不同区域分布图

(A:东北;B:华北;C:西北地区东部;D:西北地区西部;E:长江中下游;F:华南;G:西南;H:青藏高原)

Fig. 1 Locations of 606 stations and separate regions within China

(A: Northeast China; B: North China; C: eastern of Northwest China; D: western of Northwest China; E: mid-lower Basins of the Yangtze; F: South China; G: Southwest China; H: Tibetan Plateau)

1.2 方法

本文中采用《气象干旱等级》国家标准 GB/T 20481—2006 中推荐使用的综合气象干旱指数来统计分析近50多年来我国的干旱时空分布特征^[11]。

综合气象干旱指数是利用近30d(相当于月尺度)和近90d(相当于季尺度)降水量标准化降水指数,以及近30d相对湿度指数进行综合而得,该指标既反映短时间尺度(月)和长时间尺度(季)降水量气候异常情况,又反映短时间尺度(影响农作物)水分亏欠情况。该指标适合实时气象干旱监测和历史同期气象干旱评估。综合气象干旱指数 I_c 的计算见式(1)。

$$I_c = aZ_{30} + bZ_{90} + cM_{30} \quad (1)$$

式(1)中, Z_{30} 、 Z_{90} 分别为近30d和近90d标准化降水指数SPI值,计算方法见《气象干旱等级》国家标准 GB/T 20481—2006 中附录C^[11]; M_{30} 为近30d相对湿度指数,由式(2)计算; a 为近30d标准化降水系数,由达轻旱以上级别 Z_{30} 的平均值除以历史出现的最小 Z_{30} 值得到,平均取0.4; b 为近90d标准化降水系数,由达轻旱以上级别 Z_{90} 的平均值除以历史出现最小 Z_{90} 值得到,平均取0.4; c 是近30d相对湿度系数,由达轻旱以上级别 M_{30} 的平均值,除以历史出现最小 M_{30} 值得到,平均取0.8。

相对湿度指数的计算见式(2):

$$M = \frac{P - P_E}{P_E} \quad (2)$$

式(2)中, P 是某时段的降水量; P_E 为某时段的可能蒸散量, 本文中用 Thornthwaite 方法计算得到。

Thornthwaite 方法求算可能蒸散量是以月平均温度为主要依据, 并考虑纬度因子(日照长度)建立的经验公式, 需要输入的因子少, 计算方法简单:

$$P_E = 16.0 \times \left(\frac{10T_i}{H}\right)^A \quad (3)$$

式(3)中, T_i 是月平均气温, 单位: $^{\circ}\text{C}$; H 是年热量指数; A 为常数。年热量指数 H 和常数 A 分别由相应的经验公式计算, 具体方法见文献[11]。

当月平均气温 $T_i \leq 0^{\circ}\text{C}$ 时, 月热量指数 $H_i = 0$, 可能蒸散量 $P_E = 0$ (单位: $\text{mm}/\text{月}$)。

表 1 综合气象干旱指数 I_c 等级划分^[11]

Table 1 Classification of a compound drought index I_c

等级	类型	I_c 值
1	无旱	$-0.6 < I_c$
2	轻旱	$-1.2 < I_c \leq -0.6$
3	中旱	$-1.8 < I_c \leq -1.2$
4	重旱	$-2.4 < I_c \leq -1.8$
5	特旱	$I_c \leq -2.4$

另外, 本文采用估算干旱面积的方法来分析近 50 多年我国的干旱变化特征, 具体计算方法如下。

在计算干旱影响范围时, 先将干旱指数值的站点资料格点化, 转化为对应的 $2^{\circ} \times 2^{\circ}$ 格点资料, 计算干旱影响范围时, 按照 $I_c \leq -0.6$ 为出现干旱的区域。每个 $I_c \leq -0.6$ 格点覆盖的面积近似为

$$S_i = x_{\text{grid}} \times y_{\text{grid}} \times 110.0 \times 111.0 \times \cos\phi_i \quad (4)$$

式(4)中, x_{grid} 和 y_{grid} 分别为经度和纬度格距, $110.0 \times 111.0 \text{ km}^2$ 为赤道地区 $1^{\circ} \times 1^{\circ}$ 网格的近似面积, $\cos\phi_i$ 是对纬度的订正, 则第 j 年 n 个格点的总面积 S_j 为

$$S_j = \sum_{i=1}^n S_{ij} \quad (5)$$

对发生过干旱的格点按式(4)、(5)统计面积, 以此表示干旱影响范围的大小。考虑到干旱资料为地面站点资料, 在沙漠和青藏高原高寒地区站点分布稀少, 会造成部分格点资料无有效值。为了减少因此带来的误差, 将估算的格点面积又转化为其占有有效格点面积的百分率。计算第 j 年有效观测区格点的覆盖面积为 S_{Nj} , $I_c \leq -0.6$ 的出现干旱的格点的覆盖面积为 S_j , 则第 j 年的干旱面积百分率 S_{Sj} 为

$$S_{Sj} = \frac{S_j}{S_{Nj}} \times 100\% \quad (6)$$

此结果即最终的干旱面积百分率。

2 全国及各区域干旱的长期变化特征

2.1 全国干旱的长期变化

图 2 显示了基于 I_c 指数统计的全国干旱面积百分率历年变化。从年代际变化看, 在近半个多世纪中, 我国干旱较重的时期主要出现在 20 世纪 60 年代、70 年代后期至 80 年代前期、80 年代中后期以及 90 年代后期至 21 世纪初。其中最为严重的干旱出现在 2001 年。根据 Kendall's tau 的趋势计算^[15] 结果分析, 整体而言, 全国干旱面积在近 56 年中没有显著增加或减少的趋势, 趋势值为 $-0.04/10\text{a}$ (表 2), 没有通过 95% 信度检验。

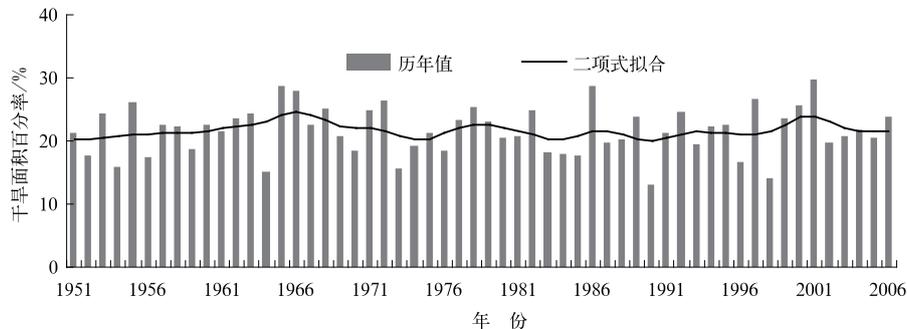


图 2 1951—2006 年全国年干旱面积百分率历年变化图
(曲线为 11 点二项式滑动)

Fig. 2 Time series of annual percentage areas in drought conditions over entire China during 1951—2006
(the smooth curve is generated using an 11-point binomial filter)

表2 1951—2006年不同地区干旱面积百分率变化趋势

Table 2 Trends of drought area in different regions within China during 1951—2006

地区	变化趋势/(%/10a)
东北	2.31*
华北	2.50*
西北东部	0.02
西北西部	-0.22
长江中下游	-0.31
华南	0.31
西南	0.27
青藏高原	-2.14*
全国	-0.04

注: *表示通过95%信度检验。

2.2 各区域干旱的长期变化

总体而言,全国干旱面积在近56年中没有

显著增加或减少的长期变化趋势,但不同地区的变化特点有很大差异。下面分别讨论东北、华北、西北地区东部、西北地区西部、长江中下游、华南、西南和青藏高原近半个世纪的干旱变化特征(图3)。

从各区域近56年来干旱面积的变化看,东北和华北地区有明显增加趋势(图3)。东北地区的干旱面积变化趋势达到2.31%/10a,华北地区达2.50%/10a,均通过了95%信度检验,说明东北和华北地区近半个多世纪以来的干旱化趋势十分明显。特别是自20世纪90年代中后期至21世纪初,东北和华北地区的干旱面积之大是近半个多世纪罕见的,2001年两个地区的干旱面积均为历年最大,东北和华北地区分别为58.9%和62.7%。而且在这一时期,大范围的严重干旱持续了4~5年之

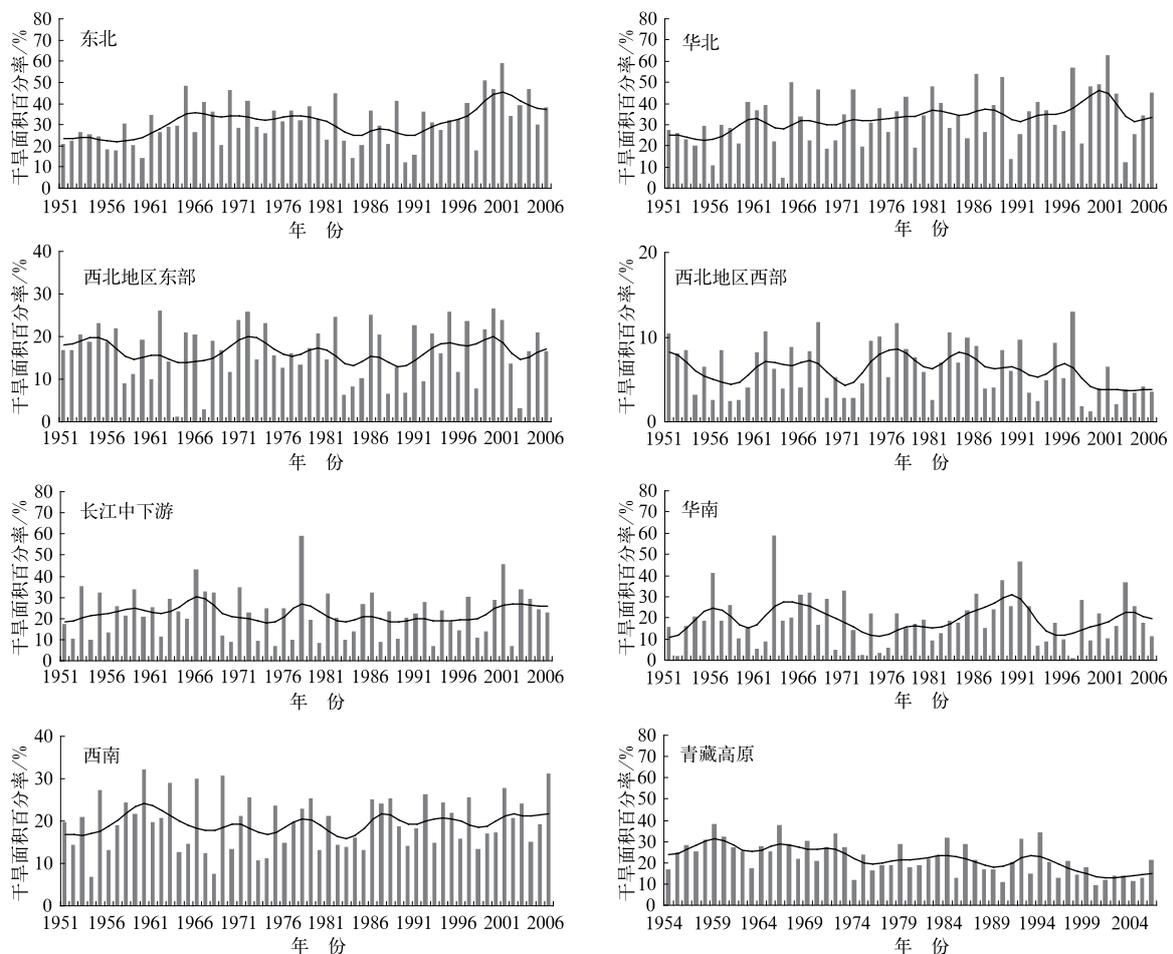


图3 1951—2006年全国各区域年干旱面积百分率历年变化图

(曲线为11点二项式滑动;青藏高原地区由于20世纪50年代初期站点稀少,从1954年开始计算)

Fig. 3 Time series of annual percentage areas in drought conditions over different regions within

China during 1951—2006

(smooth curves are generated using an 11-point binomial filter; due to too few stations in early years,

its calculation of drought areas is started from 1954 over the Tibetan Plateau)

久。西北地区东部的干旱面积在近半个世纪没有明显的增加或减少趋势。但在 20 世纪 90 年代中后期至 21 世纪初也出现了连续数年的大范围干旱。继 20 世纪 90 年代后期至 21 世纪初的严重干旱后,2003 年北方地区降水较常年明显偏多,华北和西北东部地区的干旱面积出现了显著减少,但最近几年又出现了明显增多,加之前期连续数年的干旱,水资源短缺的现象日益严重。西北地区西部、长江中下游、华南和西南地区的干旱面积也没有显著的变化趋势存在,但存在着明显的年代际变化。其中西北地区西部在 20 世纪 80 年代中期以后干旱面积有较明显的减少。青藏高原地区的干旱面积有减少趋势,趋势值为 $-2.14\%/10a$,尤其是近 20 多年减少趋势明显(图 3),这与 20 世纪 80 年代中后期以后,青藏高原大部分地区年降水量和相对湿度明显的增加趋势相对应^[16]。

3 干旱持续时间和发生次数

除了干旱程度外,持续时间和发生频次也是干旱特征的重要组成部分。根据《气象干旱等级国家标准》^[11]规定,统计了全国 606 个站点 1951—2006 年历年发生的干旱过程,以此来分析干旱的持续时间和发生次数的变化特征。图 4 反映了 1951—2006 年,全国干旱过程的最长持续时间分布。干旱的平

均持续时间的空间分布(图略)与其最长持续时间的空间分布相似。干旱持续时间长的几个中心分别位于东北地区西部、华北地区中部和云南等地,最长持续时间一般有 4 个月以上。另外,东北地区中东部、华北大部、黄淮、华南地区中南部和西南地区东部部分地区干旱最长持续时间一般也有 3 个月左右,可见干旱灾害之严重。统计表明,对于东北、华北、西北地区东部、华南及四川盆地等地的大部分地区,在近半个多世纪里,最长的干旱事件大多发生在 1980 年以后的二十多年里(图 5)。

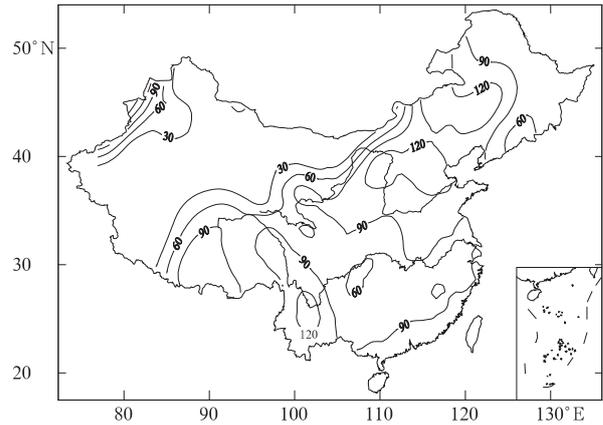


图 4 1951—2006 年干旱过程最长持续时间(单位:d)

Fig. 4 Durations of the longest droughts across China during 1951—2006(unit: d)

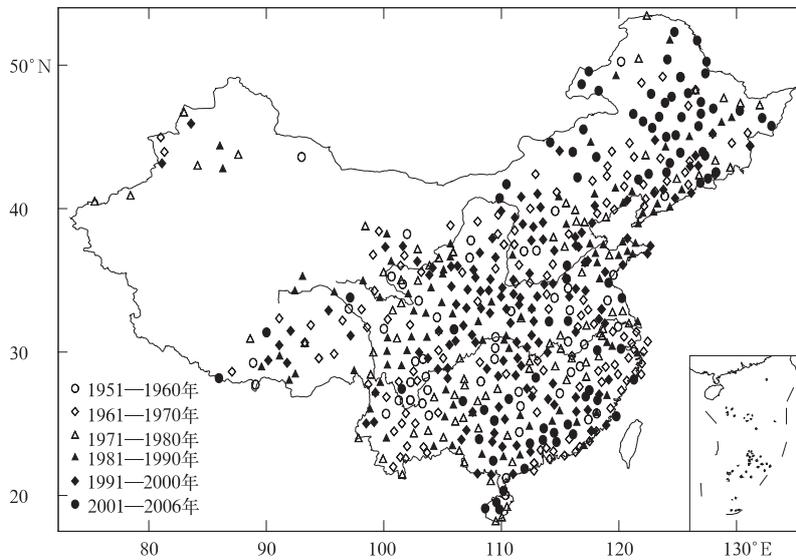


图 5 1951—2006 年最长干旱期出现年代

Fig. 5 Decades of the longest drought duration occurred during 1951—2006

分别计算 1951—1978 年、1979—2006 年两段时间的年平均干旱日数之差(图 6),结果表明:东北地区西部和南部、华北、西北地区东部、华南及云南南部等地的后 28 年的干旱发生日数比前 28 年明显

增多,即干旱发生更加频繁了。在长江中下游地区和西南地区中南部干旱日数有所减少。全国其余大部分地区干旱日数没有出现明显增多或减少的变化。

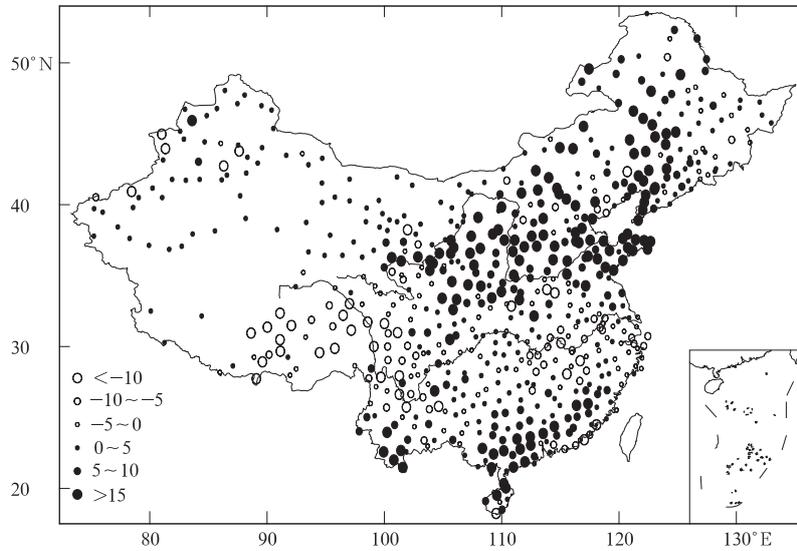


图 6 1979—2006 年和 1951—1978 年年平均干旱日数之差(单位:d)

Fig. 6 The difference of annual mean drought day number between periods of 1979—2006 and 1951—1978(unit: d)

4 干旱变化与区域增暖

近 50 年来,干旱化趋势明显的华北、东北地区和西北地区东部部分地区增暖也十分显著。近半个世纪以来年平均气温资料分析结果反映,我国大部分地区都出现了气温升高的现象,其中北方大部分地区增暖趋势显著,华北大部、东北大部及西北部分地区的增温幅度达到 $0.4 \sim 0.8^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ 左右,南方大部分地区没有显著的冷暖变化趋势^[17]。近 50 年来气温上升最多的地区是东北、华北和西北的部分地区(图 7)。从利用 Kendall's tau 的趋势检验计算方法^[15]得到的结果可以看到(图 7 和图 8),我国干旱化趋势最显著的地区与增暖幅度最大的地区有很大的一致性,这说明区域增暖在干旱变化趋势中起着一定的作用。这与 Dai 等^[2]的研究结果相一致,即 20 世纪 70 年代后期以来,全球变暖的气候变化进

程不仅带来了地面气温的升高,还使得一些地区干旱化趋势加剧。

另外,干旱的发生和大范围蔓延会抑制植被的生长甚至带来植被的大量减少,增加下垫面的沙源条件,从而引起风沙活动加剧、沙尘天气频繁发生,导致沙漠化进程加剧。研究表明^[18],20 世纪 90 年代后期至 21 世纪初的几年北方地区连续出现的大范围严重干旱,导致植被覆盖范围的迅速减小,这可能是造成这几年北方地区沙尘天气频发的重要原因之一。近半个世纪以来,我国干旱化明显的地区主要出现在北方地区,北方地区干旱化趋势的演变会影响到地面植被的生长,并导致生态环境的恶化^[19]。虽然在 2003 年以后北方部分地区的降水量较之前几年有所增加,但由于受 20 世纪末至 21 世纪初连续数年严重干旱的后续影响,同时北方大部地区处于半干旱、半湿润气候区,属于气候脆弱区,干旱的威胁仍然相当严重。

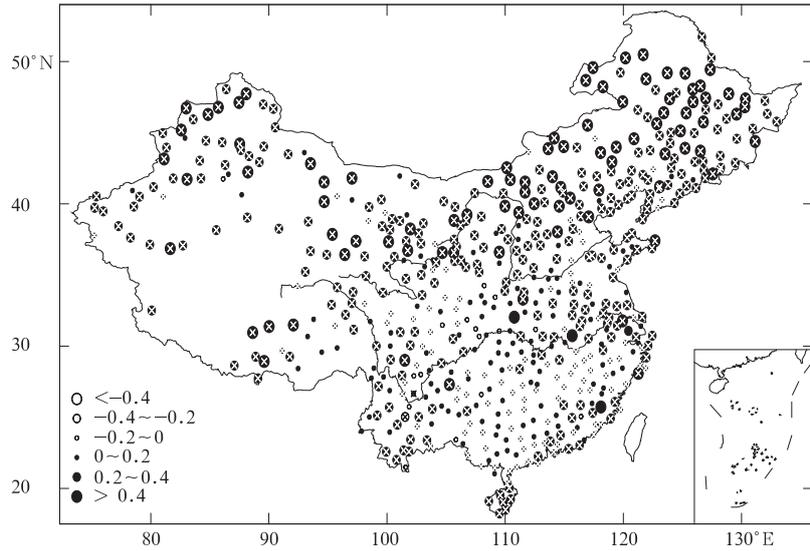


图 7 1951—2006 年年平均气温距平变化趋势的空间分布
(单位: $^{\circ}\text{C}/10\text{a}$; 标准期取 1971—2000 年; 叉号表示通过 95% 信度检验)

Fig. 7 Trends in annual temperature anomalies (relative to 1971—2000 mean) across China during 1951—2006
(unit: $^{\circ}\text{C}/10\text{a}$; cross symbols denote passing the test of 95% level)

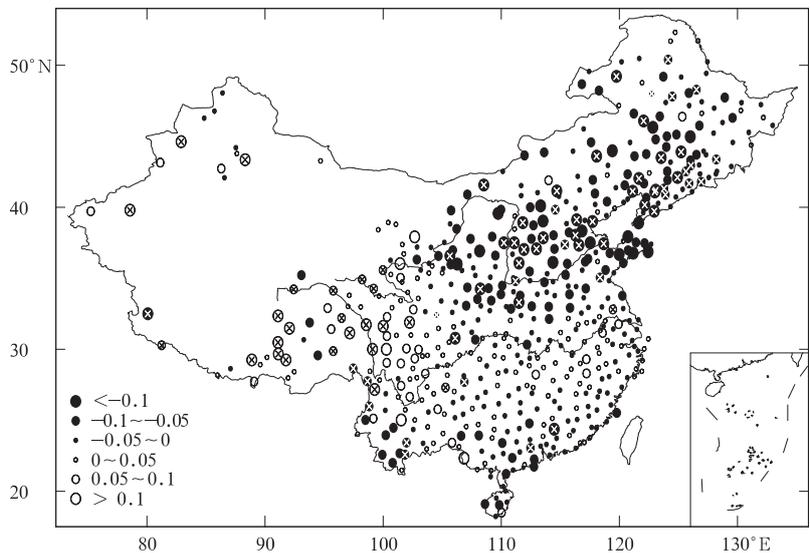


图 8 1951—2006 年年干旱指数 I_c 变化趋势的空间分布
(单位: $1/10\text{a}$; 叉号表示通过 95% 信度检验)

Fig. 8 Trends in annual values of drought index I_c during 1951—2006
(unit: $1/10\text{a}$; cross symbols denote passing the test of 95% level)

5 小 结

综上所述,1951—2006 年,我国的干旱总体上没有显著增加或减少的趋势,但在不同地区存在显著的区域差异。东北和华北地区干旱有显著加重趋

势,在这些地区,20 世纪 90 年代后期至 21 世纪初的严重干旱在近半个多世纪中是十分罕见的。另外,近 50 年来,东北、华北和西北地区东部的大部分地区持续时间最长的干旱事件多发生在 1980 年以后的二十多年中,同时,干旱发生也更加频繁。另外,近 50 年来,我国北方地区区域增暖显著,同时干

旱化趋势也最明显。

参考文献

- [1] Woodhouse C A, Overpeck J T. 2000 years of drought variability in the central United States. *Bull Amer Meteor Soc*, 1998,79: 2693-2714.
- [2] Dai A G, Trenberth K E, Qian T T. A Global data set of Palmer Drought Severity Index for 1870—2002: Relationship with soil moisture and effects of surface warming. *J Hydrometeorology*, 2004,5: 1117-1130.
- [3] 张强. 干旱及其影响//全国气候影响评价(2002). 北京:气象出版社, 2003:12-18.
- [4] 邹旭恺. 干旱及其影响//全国气候影响评价(2006). 北京:气象出版社, 2007:12-18.
- [5] 谢安,孙永罡,白人海. 中国东北近50年干旱发展及对全球气候变暖的响应. *地理学报*, 2003,58(增刊):75-82.
- [6] 王志伟,翟盘茂. 中国北方近50年干旱变化特征. *地理学报*, 2003,58(增刊):61-68.
- [7] 马柱国,华丽娟,任小波. 中国近代北方极端干湿事件的演变规律. *地理学报*, 2003,58(增刊):69-74.
- [8] 马柱国. 华北干旱化趋势及转折性变化与太平洋年代际振荡的关系. *科学通报*, 2007,52(10):1199-1206.
- [9] 王绍武,龚道溢,翟盘茂. 西部地区的气候变化(第二章)//秦大河. 中国西部地区的环境演变. 北京:科学出版社, 2002: 31-80.
- [10] 施雅风,沈永平,胡汝骥. 西北气候由暖干向暖湿转型的信号、影响和前景初步探讨. *冰川冻土*, 2002,24(3):219-226.
- [11] 张强,邹旭恺,肖风劲,等. 气象干旱等级. GB/T20481-2006, 中华人民共和国国家标准. 北京:中国标准出版社, 2006:1-17.
- [12] 李庆祥,刘小宁,张洪政,等. 定点观测气候序列的均一性研究. *气象科技*, 2003,31(1):3-10.
- [13] 吴增祥. 气象台站历史沿革信息及其对观测资料序列均一性影响的初步分析. *应用气象学报*, 2005,16(4):461-467.
- [14] Jones P D, Hulme M. Calculating regional climatic time series for temperature and precipitation: Methods and illustrations. *Int J Climate*, 1996, 16: 361-377.
- [15] Wang X L, Swail V R. Changes of extreme wave heights in Northern hemisphere oceans and related atmospheric circulation regimes. *J Climate*, 2001,14: 2204-2221.
- [16] 牛涛,刘洪利,宋燕,等. 青藏高原气候由暖干到暖湿时期的年代际变化特征研究. *应用气象学报*, 2005,16(6):763-771.
- [17] 翟盘茂,章国材. 气候变化与气象灾害. *科技导报*, 2004,7: 11-14.
- [18] Zou X K, Zhai P M. Relationship between vegetation coverage and spring dust storms over northern China. *J Geophys Res*, 2004,109, D03104, doi:10.1029/2003JD003913.
- [19] 朱震达. 全球变化与荒漠化. *地学前缘*, 1997,4:213-219.

Preliminary Studies on Variations in Droughts over China During Past 50 Years

Zou Xukai Zhang Qiang

(National Climate Center, Beijing 100081)

Abstract

After preliminary quality control such as removing missing values, daily precipitation and temperature data of 606 observatory stations across China are selected from the original 731 station dataset to calculate drought index in different regions. Variations in droughts are analyzed based on the calculation results of the compound drought index I_C . The drought index I_C is recommended as an effective operational drought monitoring index from National Standard. I_C has been applied by National Climate Center to monitor drought conditions across the whole country in recent years. The drought areas of different regions and the whole country during 1951—2006 are estimated by transferring the station observations into grid values. In order to discuss changes of drought areas in different regions during the past half century, Kendall's tau method is used to compute the trends of drought conditions.

Results indicate that for the country as a whole, there is no obvious increasing or decreasing trend in drought area during past 50 years. Changes in drought areas are not even in different regions. Significant increases in drought area are found in North China and Northeast China with trends of 2.50%/10a and 2.31%/10a respectively. During the period of late 1990s to early of the 21st century, some regions in

North China and Northeast China experience unprecedented drought conditions since 1951. There is no evident increasing or decreasing trend in drought areas in the mid-lower Basins of the Yangtze, South China and Southwest China. Decreases are found in Northwest China and the Tibetan Plateau since late 1980s.

In China, the longest drought centers mainly occurred in western part of Northeast China, central North China and Yunnan Province etc. These extreme droughts often last for more than 4 months. Statistically most of the longest droughts occur in the period after the year 1980 during past 50 years in Northeast China, North China, eastern of Northwest China, South China and Sichuan Basin etc. Based on the calculations of drought days between the period of 1951—1978 and the period of 1979—2006, it suggests that droughts become much frequent in eastern and southern parts of Northeast China, North China, eastern Northwest China, South China and southern part of Yunnan Province in the later 28 years. While in the mid-lower Basins of the Yangtze and some regions of Southwest China, drought days decrease. No evident increases or decreases of drought days are found in other regions of the country.

In addition, the drying trends in China such as North China, Northeast China and some regions of the eastern of Northwest China are mainly detected in the places where temperatures are increasing much more evidently across the country, which indicates that both high temperature and increased drying are produced by regional warming progress.

Key words: drought; drought area; the compound drought index

《应用气象学报》征稿简则

《应用气象学报》(双月刊)是大气科学理论与应用研究的综合性学术期刊,主要刊登反映新理论与新技术在大气科学中的应用,以及大气科学理论与实践相结合,应用于各个有关领域的研究论文、业务系统和研究简报;国内外大气科学与应用气象科学发展中的新动态与新问题的探讨与评论;国内外重要学术会议或研究、业务活动的报道;气象书刊评介。

来稿要求和注意事项:

1. 论点明确、文字精炼。摘要请按文摘四要素(目的、方法、结果、结论)撰写,列出 3~8 个关键词,作者姓名请附汉语拼音,所在单位请附中英文名称、地名、邮编。要求中文摘要为 200~400 字,英文摘要为 500 个单词左右(并请附对应的中文译文)。

2. 稿件请在 A4 幅面的纸上用 5 号字单面打印两份(1.5 倍行距),寄交最后审定稿时,稿件连同电子版一并交编辑部。

3. 插图请插入文中,要求准确、清晰、美观。图中坐标、单位请勿遗漏,中英文图题及说明写在插图下面。表格请采用三线表形式,并列出中英文表题,文字须端正和清晰。

4. 稿件中的数字及符号必须清楚无误,易混淆的外文字母、符号,用铅笔标注文种,大、小写,正、斜体,黑、白体,公式中的上、下标。

5. 参考文献请择主要的列入,并按文中引用顺序标号。期刊书写格式:作者. 文章题目. 刊名,年,卷(期):起止页;专著书写格式:作者. 书名. 译编者. 出版地:出版社,出版年:起止页。

6. 计量单位请按《中华人民共和国法定计量单位》列出,已废止的单位请换算成法定计算单位。

7. 科技术语和名词请使用全国自然科学名词审定委员会公布的名词。外国人名和地名,除常用者外请注原文。

8. 来稿时请附全体作者签名的《承诺书》(链接地址 <http://cadata.cams.cma.gov.cn/yyqx/yyqx.jsp>)。稿件自收到之日起,将在 6 个月内决定刊用与否,来稿一经刊登,酌情收取版面费,并酌付稿酬,请自留底稿,不登者恕不退还。

9. 本刊已加入“中国学术期刊(光盘版)”、“万方数据——数字化期刊群”和“中文科技期刊数据库”。本刊所付稿酬包含光盘稿酬和刊物内容上网服务报酬。凡向本刊投稿的作者(除事先声明外),本刊视为同意将其稿件纳入此两种版本进行交流。

欢迎来稿。来稿请寄:北京中国气象科学研究院《应用气象学报》编辑部,邮政编码:100081。电话:(010)68407086,68408638;E-mail 地址:yyqxxb@cams.cma.gov.cn, yyqxxb@163.com。