

近40年我国气候趋势

林学椿 于淑秋

(气象科学研究院)

提 要

近40年来,我国年平均气温以 $0.04^{\circ}\text{C}/10$ 年的倾向率上升,最大增温在东北和华北地区;长江流域以及西南地区的年平均气温不但没有增加反而呈下降趋势。我国年降水量以 $-12.66\text{mm}/10$ 年速度减少,除湖北、四川部分地区外,全国降水都呈减少的趋势。降水量的减少使得干旱和沙漠化成为我国气候的两个突出问题。

一、前言

目前,大气中人为排放的二氧化碳等温室气体的浓度正在明显增加。因此,人们普遍担心由于温室效应,地面温度会逐渐增高,从而产生一系列的社会和经济问题。判断当前全球温度变化的总趋势,已经成为研究气候变化的一个至关重要的问题。迄今已有30多位作者发表了他们的研究成果。总的来看,在过去100年里,全球平均温度上升了 $0.3-0.6^{\circ}\text{C}$ 。80年代以来全球激烈变暖,本世纪6个最暖年份都出现在这个年代。随着全球温度的变化,区域性气候也变得严峻,气候干旱化和沙漠化已成为人们最关心的问题之一。

我国气候趋势如何?气温上升还是下降?降水增多还是减少?这都是些基础性的工作。只有全面地了解过去,才能预测未来,为我国各级政府制定政策提供气候背景。我们通过对1951—1989年全国160个站的气温和降水的研究来回答这些问题,并给出定量的概念。

二、计算方法

设某站某个气象要素时间序列为:

$$y_1, y_2, y_3, \dots, y_n \quad (1)$$

它总可以用一个多项式来表示:

$$\hat{y}(t) = a_0 + a_1 t + a_2 t^2 + \dots + a_p t^p \quad (2)$$

$(p < n)$

t 为时间,单位为年。一般来说,温度和降水的气候趋势用一次直线方程或二次曲线方程就能满足,我们用一次直线方程来描述,即:

$$\hat{y}(t) = a_0 + a_1 t \quad (3)$$

其趋势变化率方程为:

$$\frac{d\hat{y}(t)}{dt} = a_1 \quad (4)$$

把 $a_1 \times 10$ 年称作气候倾向率,单位为: $^{\circ}\text{C}/10$ 年或 $\text{mm}/10$ 年。

方程(2)或(3)中的系数 $a_0, a_1, a_2, \dots, a_p$,可用最小二乘法或经验正交多项式来确定。本文用最小二乘法,即满足:

$$\sum_{t=0}^n (y_n - \hat{y}(t))^2 = \text{最小}$$

不难看出,这种方法实际上就是建立以 t, t^2, \dots, t^p 为自变量的多元回归方程。

为了比较,我们用1951—1989年全国160站的降水和温度资料,逐站计算它们的倾向率,下面讨论计算结果。

三、温度趋势

图1给出了北半球年平均气温和我国(160站平均)的年平均气温及年降水量的年际变化。北半球年平均气温资料取自于文献[1]。由图1可以清楚地看到,北半球年平均气温从上世纪80年代到本世纪20年代为持续低温期,30—40年代为高温期,以后温度下降,70年代初开始增温,1981年达到近百年来来的最高值。1920年前后是个明显的界限。近百年来所有较冷的年份都出现在1920年之前;大多数较暖的年份都出现在1920年之后。根据这个特点,我们将温度变化划分为两个气候阶段^[2]。

第一阶段1880—1917年,阶段平均值为 -0.42°C ,方差为0.18,极差为 0.36°C 。第

二阶段1921—1976年,阶段平均为 0.01°C ,方差为0.17,极差为 0.42°C 。这个阶段包括了30—40年代的高温期和60年代的相对低温期。用 t 来检验两个阶段平均值差异的显著性^[3],计算表明 $t=11.04$,远大于 0.1% ($t_{0.001}=3.37$)的信度水平,可见这两个阶段平均值有显著的差异。说明上述的阶段划分是合理的。

两阶段间的过渡期比较短,自1917—1921年,只有5年,但阶段间的温度变化非常大。两阶段平均温度之差达 0.43°C ,这个值接近于阶段内的极差,大于阶段内方差的两倍以上。说明北半球年平均气温从第一阶段到第二阶段上升了 0.43°C 。它非常接近于许多科学家对近百年北半球温度升高的估计值。例如Vinnikov等^[4]估计北半球增温

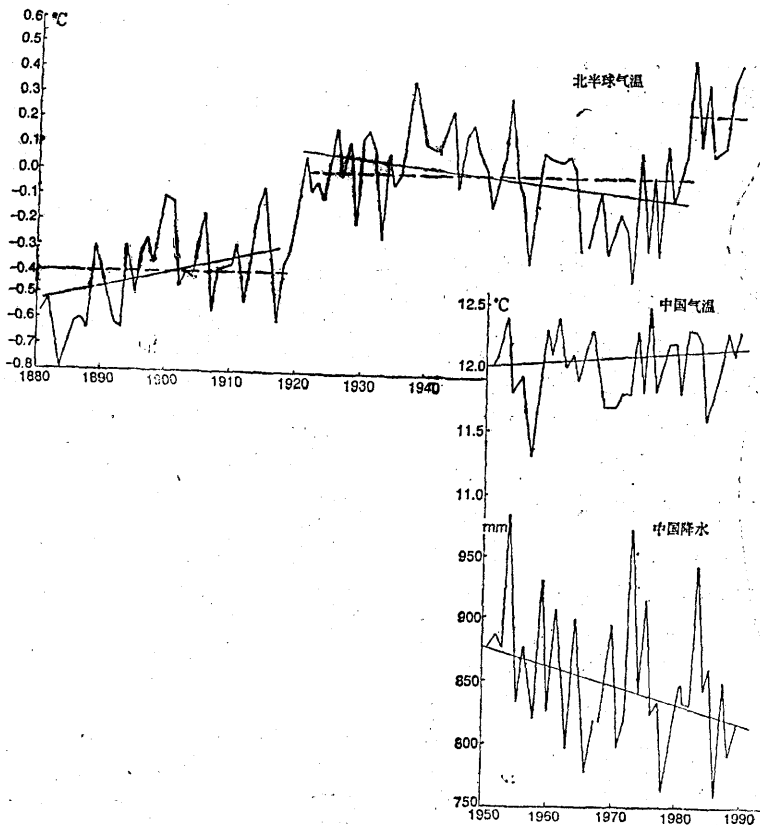


图1 北半球年平均气温(上)和我国年平均气温(中)、年降水量(下)年际变化曲线

虚线: 阶段平均值 直线: 气候趋势

率大约为 $0.49^{\circ}\text{C}/100$ 年。实际上由1917—1921年北半球年平均气温增加了 0.66°C 。可见北半球的增温是由阶段间的跳跃变化来完成的。

我国近40年平均温度变化处于北半球年平均气温变化的第二个气候阶段内。但60年代的相对低温在我国反映不明显，我国80年代的增温也不如北半球激烈。它的倾向率为 $0.04^{\circ}\text{C}/10$ 年，和北半球的近百年增温率相当。

图2为年平均气温倾向率分布图。可见黄河以南、长江流域大部分地区倾向率均为负值，最大降温中心在湖北和四川之间。内江、重庆、郫县的倾向率都超过 $-0.25^{\circ}\text{C}/10$ 年。黄河以北、华北和东北的倾向率均为正值，山西和河北南部、河南和山东北部的部分地区、内蒙大部以及东北三省的部分地区倾向率都在 $0.20^{\circ}\text{C}/10$ 年以上。长江以南除沿海外倾向率也为正值，中心在广西和广东之间，倾向率大于 $0.10^{\circ}\text{C}/10$ 年。

由 Jones^[5] 计算的北半球年平均气温的最近20年(1967—1986年)的倾向率分布图可见，最大增温区出现在阿拉斯加、加拿大西北部、苏联大部(特别是西伯利亚西部)，南亚、北非和欧洲西南部也为强的增温区。我国大部分地区处于西伯利亚和南亚增温区之间，是一个相对极小区，这说明我国年平均温度在最近20年的上升速度要比北半球其它地区缓慢。

温度倾向率存在着明显的季节差异。全国平均温度最大倾向率出现在冬季(1月)，为 $0.33^{\circ}\text{C}/10$ 年，几乎大于年倾向率一个数量级。最小倾向率出现在夏季(7月)，为 $-0.055^{\circ}\text{C}/10$ 年，说明近40年来我国夏季温度不但没有升高，反而降低。冬季(1月)我国除西南部有20个站为负倾向率外，其它140个站都为正倾向率(表2)。由图3可见，长江以北的倾向率都在 $0.20^{\circ}\text{C}/10$ 年以上。增温中心在山西、内蒙以及新疆北部，增温率都在 $0.60^{\circ}\text{C}/10$ 年以上。夏季(7月)

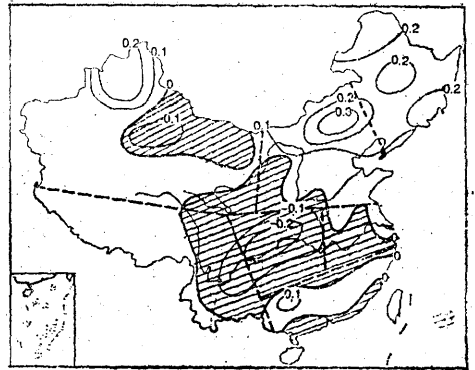


图2 年平均气温倾向率分布图

则相反，除内蒙、华南以及东北等部分地区共46个站为增温外，其它地区均为负倾向率，中心在四川和湖北之间，倾向率超过 $-0.40^{\circ}\text{C}/10$ 年。我国温度趋势的季节差异，结果使冬夏温差减小，例如全国平均气温在50年代冬夏温差为 27.0°C ，80年代为 25.7°C ，减少了 1.3°C (表1)。就这点而论，气候似乎变得温和些了。

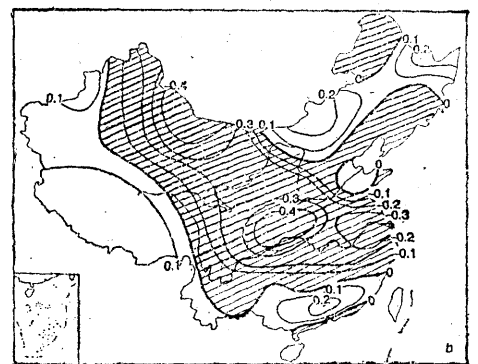
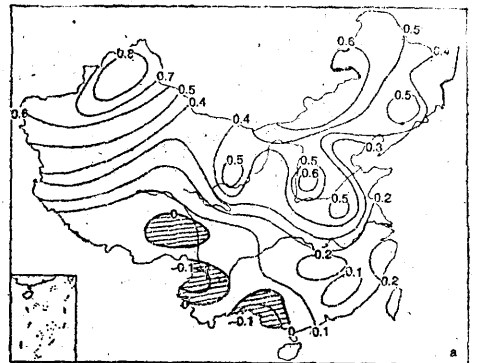


图3 冬季(1月, a)和夏季(7月, b)温度倾向率分布

表 1 全国及各区10年平均气温和降水量及其倾向率(°C/10年, mm/10年)

		气 温(°C)					降 水(mm)		
		年	1月	4月	7月	10月	年	夏半年	冬半年
全 国	1951—1960平均	11.9	-2.3	13.2	24.7	13.2	872	682	189
	1961—1970平均	11.9	-2.0	13.2	24.7	13.4	843	661	182
	1971—1980平均	12.0	-1.7	13.4	24.5	13.3	842	662	179
	1981—1989平均	12.1	-1.3	13.6	24.4	13.6	838	646	191
	倾向率	0.0400	0.3280	0.0630	-0.0550	0.0630	-12.69	-11.82	-1.26
东 北 区	1951—1960平均	3.3	-18.9	4.8	21.7	5.3	591	516	74
	1961—1970平均	3.5	-18.5	5.6	21.7	5.3	545	488	56
	1971—1980平均	3.6	-17.7	5.4	22.8	4.6	511	444	66
	1981—1989平均	3.9	-17.3	6.7	21.6	5.1	565	506	58
	倾向率	0.1921	0.4666	0.4647	-0.0167	-0.0922	-13.944	-10.279	-3.667
华 北 区	1951—1960平均	10.1	-6.4	11.4	24.7	11.2	570	480	89
	1961—1970平均	10.2	-6.0	11.3	24.7	11.4	568	485	83
	1971—1980平均	10.2	-5.3	11.7	24.4	11.4	542	456	86
	1981—1989平均	10.4	-5.0	12.4	24.5	11.9	499	420	79
	倾向率	0.1042	0.4620	0.3046	-0.1099	-0.2099	24.276	-20.692	-3.584
长 江 中 下 游 区	1951—1960平均	15.6	2.9	15.8	28.5	17.3	1289	918	371
	1961—1970平均	15.7	3.3	15.7	28.1	17.7	1210	868	341
	1971—1980平均	15.7	3.6	16.1	28.1	17.7	1220	873	347
	1981—1989平均	15.7	3.6	16.1	28.0	17.8	1247	860	387
	倾向率	-0.0122	0.2391	0.1058	-0.2069	0.1764	-14.377	-16.054	1.677
长 江 中 上 游 区	1951—1960平均	16.1	5.3	17.2	27.1	17.0	1200	946	253
	1961—1970平均	16.0	5.5	16.9	27.0	17.3	1224	952	271
	1971—1980平均	15.9	5.4	17.1	26.7	17.4	1155	914	249
	1981—1989平均	15.7	5.6	16.5	26.2	17.1	1186	953	233
	倾向率	-0.1411	0.0542	-0.1850	-0.2969	0.0741	-12.982	-3.655	-9.326
华 南 区	1951—1960平均	19.1	9.5	19.5	28.7	21.1	1596	1175	420
	1961—1970平均	19.2	9.5	19.5	28.7	21.4	1525	1114	411
	1971—1980平均	19.2	9.5	19.6	28.5	21.4	1585	1194	390
	1981—1989平均	19.2	9.8	19.4	28.7	21.7	1563	1097	465
	倾向率	0.0015	0.1006	-0.0215	0.0060	0.1740	-12.913	-20.384	7.470
西 南 区	1951—1960平均	13.3	5.5	15.3	20.3	14.3	943	774	163
	1961—1970平均	13.1	5.2	14.8	20.3	14.3	963	788	175
	1971—1980平均	13.1	5.2	14.8	20.2	14.3	943	781	162
	1981—1989平均	13.2	5.6	14.4	20.3	14.6	899	736	163
	倾向率	-0.0444	-0.0029	-0.2500	-0.0521	0.0247	-15.101	-11.147	-3.954
西 北 区	1951—1960平均	7.8	-10.6	10.5	22.6	7.9	204	160	43
	1961—1970平均	7.9	-10.0	10.6	22.2	8.1	195	155	39
	1971—1980平均	7.9	-9.7	11.0	22.0	8.2	196	154	41
	1981—1989平均	8.0	-8.4	10.6	22.1	8.1	205	164	40
	倾向率	0.0498	0.6240	0.0382	-0.1596	0.1085	0.692	1.385	-0.693

根据年平均气温倾向率的分布特点(同时也参考了年降水量倾向率分布的特征),我们将全国划分成7个大区(如图2中的虚线),分别计算各区的倾向率,结果见表1。

由表1可见:1)东北、华北、华南和西北区的年平均气温倾向率是正的,最大增温在东北区,可达 $0.192^{\circ}\text{C}/10\text{年}$;其次是华北区,为 $0.104^{\circ}\text{C}/10\text{年}$ 。其它三区均为负倾向率,最大降温在长江中上游区,达 $-0.141^{\circ}\text{C}/10\text{年}$ 。2)冬季(1月),除西南区外,其它6个区均为正倾向率,最大增温在东北区和华北区,倾向率分别为 $0.467^{\circ}\text{C}/10\text{年}$ 和 $0.462^{\circ}\text{C}/10\text{年}$ 。3)夏季(7月)则相反,除华南区外,其它6个区均为负倾向率。最大降温在长江中上游区,倾向率为 $-0.297^{\circ}\text{C}/10\text{年}$ 。4)冬夏温差减小。最明显的是华北区和东北区。50年代的冬夏温差分别为 31.1°C 和 40.6°C ,80年代为 29.5°C 和 38.9°C ,分别减少了 1.6°C 和 1.7°C 。

四、降水趋势

由图1(下部)可以看到,近40年来我国平均年降水量虽有明显2—3年的准周期振荡,但其气候趋势正在以 $-12.69\text{mm}/10\text{年}$ 的速度下降。事实上,我国平均年降水量50年代为 872mm ,80年代为 838mm ,减少了 34mm 。

图4给出全国年降水量倾向率的分布。由图可见,除长江中游和西北部分地区47个站(表2)降水增加外,其余113个站降水

表2 全国气温和降水正负倾向率站数统计

项 目	温 度					降 水		
	年	1月	4月	7月	10月	年	夏半年	冬半年
正倾向率站数	91	140	99	46	114	47	51	51
负倾向率站数	69	20	61	114	46	113	109	109

都呈减少的趋势。降水减少区主要集中在我国东南部。长江以南除华南沿海外是一个年

降水量减少区,中心在湖南、广东和广西三省(区)交界处附近。桂林、柳州、梧州、零陵、曲江等地年降水倾向率均超过 $-50\text{mm}/10\text{年}$ 。包括山东、河北、辽宁、吉林、黑龙江和内蒙在内的地区为另一个降水减少区,中心有两个:一个在河北、山东之间,德州、菏泽、安阳、邢台等地的倾向率都超过 $-40\text{mm}/10\text{年}$;另一个在辽宁和吉林之间,沈阳、丹东、通化等地的倾向率都超过 $-30\text{mm}/10\text{年}$ 。

冬半年(10—3月)和夏半年(4—9月)的倾向率分布(图略)基本上类似于图4,无明显的季节差异。

对比图4和图2,可见年平均温度的倾向率和年降水量倾向率的符号正好相反。降

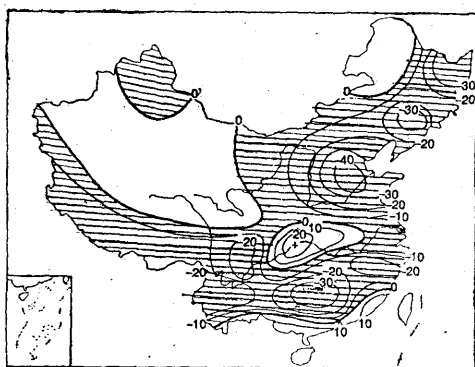


图4 全国年降水量倾向率分布图

水倾向率的正中心对应于温度倾向率的负中心。温度的正倾向率区与降水的负倾向率区对应,但其中心并不重合。另外,我们还注意到降水倾向率的季节差异远没有温度明显。

由表1可以看到,7个大区除了西北区年降水量略有增加外,其它6个区的降水量都在减小,华北区最为严重,倾向率为 $-24.28\text{mm}/10\text{年}$,其次是西南区、长江中下游区和东北区,其倾向率分别为 $-15.10\text{mm}/10\text{年}$ 、 $-14.38\text{mm}/10\text{年}$ 和 $-13.94\text{mm}/10\text{年}$ 。

从以上分析可知,近40年来,除了湖北、四川部分地区以及西北区降水略有增加

外,我国大部分地区降水都呈减少的趋势,使得干旱和沙漠化成为我国突出的气候问题。

据有关部门统计*,我国总耕地面积为1.1亿公顷。1950—1980年年平均受灾面积(包括水、旱、霜、冻、风、雹等自然灾害)为3060万公顷,约占总耕地面积的30%,年平均旱灾面积为1830万公顷,占总受灾面积的60%。1950—1957年旱灾平均面积为748万公顷,1963—1970年平均为1354万公顷,1971—1980年平均为2816万公顷。说明干旱是我国最严重的自然灾害之一,其危害占第一位,而且受灾面积在不断扩大。

除人类过度的经济活动使生态平衡遭到破坏外,干旱是造成沙漠化的直接原因。我国是世界上沙漠最多的国家之一**,沙漠呈弧形绵亘于西北、华北和东北地区,南北宽600km,东西长4000km,面积约71万km²。沙漠南面的草原带,则是我国受沙漠化严重威胁的地区。据50年代末和70年代末空中摄影的对比分析,沙漠化土地近25年增加3.9万km²,平均每年扩大1560km²。因此对我国说来,由于降水量的减少,干旱和沙漠化是一个极需引起重视和采取措施加以防范的自然灾害。

五、结束语

通过以上分析,近40年来我国气候趋势

的特点如下:

1. 全国年平均温度正以0.040℃/10年的倾向率上升,增温最大是东北区和华北区。长江中下游区、长江中上游区以及西南区的年平均温度为负的倾向率,中心在湖北和四川间。冬季(1月)我国大部分地区温度趋势为正的倾向率,夏季(7月)则相反,为负的倾向率,存在着明显的季节差异。

2. 全国平均年降水量的倾向率为-12.66mm/10年。除西北地区及湖北、四川的部分地区外,全国降水都在减少,最严重的是华北区,其次是长江中下游区、东北区和西南区。降水量的减少,使得旱灾和沙漠化成为我国气候的两个突出问题。

世界气象组织和大多数气象学家认为:一般用30年平均可以作为一个时期的气候平均值,因此,40年资料讨论气候趋势显得太短。上述的结论是否有代表性还有待于进一步的论证。

参 考 文 献

- (1) Jones, P.O. et al., Mon. Wea. Rev., 110, 50—70, 1982.
- (2) 林学椿, 气象科学研究院院刊, Vol. 1, 59—67, 1986.
- (3) 张庆云等, 大气科学, Vol. 7, 364—374, 1983.
- (4) Vinnikov, K. Ya. et al. Meteorology and Hydrology, 1987(1), 45—53.
- (5) Jones, P.O. et al. Journal of climate, Vol. 1, 654—660, 1988.

Climatic trend in China for the last 40 years

Lin Xuechun

Yu Shuqiu

(Academy of Meteorological Science)

Abstract

In the paper, the annually mean temperature and rainfall at 160 stations in China from 1951 to 1989 are calculated climatically with a linear trend equation. In the period, the annually mean temperature of the whole country were arising at a rate of 0.04℃/10-year. The maximum value of warming occurred in North China and Northeast China, but annually mean

*元来福, 国外干旱和沙漠化研究概况, 气象工作情况, 1986, 5月。

**章基嘉等, 气候变化、干旱和沙漠化, 气象工作情况, 1986, 5月。

temperatures in the Changjiang River Valley and Southwest China appeared with a continuous drop. In respect of climatology, the annual rainfall of the whole country was decreasing at a rate of $-12.66\text{mm}/10\text{-year}$. Except for some areas in Hubei and Sichuan Provinces, the precipitation decreases. The droughtization and desertization caused by rainfall-decreasing have become two vital climatic problems in China.
