

中国近 45 年来气候变化的研究*

陈隆勋 朱文琴 王 文 周秀骥 李维亮

(中国气象科学研究院, 北京, 100081)

摘 要

利用 1951~1995 年约 400 站的月平均气温、降水和 1961~1995 年 200 余站的最高和最低气温、相对湿度、总云量和低云量、日照时数、蒸发、风速和积雪日数和深度以及 0~3.2 m 共 8 层土壤温度等资料, 对近 45 a 来中国气候变化特征作了一个较全面的分析研究。本文为第一部分, 分析了平均气温、最高最低气温、降水、相对湿度和日照的气候变化规律。其余要素的变化规律以及中国气候变化的可能机制将在第二部分中加以讨论。

关键词: 中国气候变化, 气温和降水, 最高和最低气温, 相对湿度和日照。

1 引 言

自 20 世纪 80 年代以来, 中国气候学家对中国大陆现代气候变化规律作了不少研究。张先恭等^[1]利用气温和降水等级研究了本世纪 1980 年以前的中国气温和降水等级变化, 发现本世纪以来中国气温以 40 年代最暖, 随后下降, 70 年代气温比 40 年代要低。自本世纪 50 年代以来, 中国渐趋干旱。随后, 屠其璞^[2], 赵汉光等^[3], 林学椿等(1990)^[4]进一步对此作了研究。陈隆勋等^[5]和 Chen L.-X, et al^[6-8]研究了近 70 a 的中国气温和降水变化, 指出即使考虑了 80 年代, 中国气温仍以 40 年代最暖, 降水以 50 年代最多。自本世纪 70 年代后期起, 气温升温明显。他们并且指出中国变暖区主要在 35°N 以北地区。35°N 以南和 100°E 以东地区存在一个气温变冷区, 中心在四川及其邻近地区, 变冷区中心的四川省自 40 年代以后一直在逐步变冷。Li Xiaowen, et al^[9]对四川省的变冷进一步作了研究, 指出四川省总辐射和能见度逐渐下降, 提出四川变冷是大气气溶胶增加所致。对贵州省气候变化的研究中也提出同样结论。参考中国酸雨网观测结果, 四川和贵州是中国酸雨发生频率最大中心, 也是降水酸度 pH 值最小中心, 所以可能是 SO_x 根酸性气溶胶造成的影响。唐国利^[10]和王伯民^[11]利用国家八·五气候攻关项目整理的 1951~1990 年中国 400 站气温和降水资料作了进一步研究, 得到类似的结论。

另一方面, Chen L.-X, et al^[7]也提出, 除了长江中下游和部分淮河流域外, 全国其他地区自本世纪 50 年代以来降水是减少的。他们并且用海陆温差的减少来解释。为了进一步研究中国气候变化规律, 需要对气温和降水以外的气象要素的变化规律进行研究。通过

* 初稿时间: 1997 年 3 月 18 日; 修改稿时间: 1997 年 6 月 23 日。

资助课题: 本文的部分结果系国家科委领导的“国家气候报告”成果。

对这些气象要素的气候变化规律研究, 可以对中国气候变化得到更多的启示, 这就是本文的目的。研究的气象要素包括了气温和降水, 最高平均气温和最低平均气温、相对湿度和云量、日照和标量风速, 雪盖面积和雪深, 气压和各层地温(0~3.2 m共8层)。此外, 进入20世纪90年代后, 中国气温有明显升温, 因而本文把气温和降水资料补充到1995年, 以便研究1951~1995年间变化。本文是这个研究的第一部分, 讨论气温、降水、湿度和日照。其他要素以及中国气候变化可能机制将在第二部分予以讨论。

2 资料和研究方法

在分析研究中, 选用了400多测站的资料。为了克服以前研究中测站东部密西部稀少的不均匀性, 尽量增加105°E以西的测站而适当减少东部测站分布密度, 基本上做到了105°E以西测站数占研究的总站数的2/5。

所用的资料序列时段: 气温和降水为1951年到1995年, 其他要素为1961到1995年。地温采用8层, 即0 cm, 5 cm, 10 cm, 20 cm, 40 cm, 80 cm, 1.6 m和3.2 m。统计的方法是作出全国和8个地区的平均曲线(年和各季)。全国曲线的作法如下: (1) 作出各站要素对1961~1990年气候平均值的距平值; (2) 作出中国地区5°×5°经纬度内各站距平平均值; (3) 作出全国平均值并乘以面积加权系数以及全国各要素的线性倾向分布及其相关系数分布。线性倾向系数由最小二乘方法求得。8个地区分区为: (1) 东北地区(NE)为黑龙江、吉林、辽宁和内蒙古自治区东北部; (2) 华北地区(N)包括河北、山东、山西和内蒙中段; (3) 华东地区(E)包括江苏、江西、浙江、安徽和福建; (4) 西南地区(SW)包括四川和贵州; (5) 华南地区(S)包括广东、广西和海南; (6) 青藏云地区(QZY)包括青海、西藏、云南; (7) 西北地区(NW)包括新疆、宁夏、甘肃和陕西; (8) 中南地区(C)包含河南、湖南和湖北。为了消去城市热岛效应的影响, 在计算温度曲线和线性倾向时, 除去了除拉萨以外的27个省的省会及北京和天津市的记录。以下来讨论结果。

3 气温的气候变化

图1为中国1952~1995年年平均和四季平均的气温距平曲线, 距平是对1961~1990年30a气候值的偏差。图中实线为逐年气温曲线, 点线为5a滑动平均曲线。从图中看到, 对年平均气温而言(图1a), 以1957年气温这最低, 是40年代暖峰后下降的最低点, 随后有5次波动, 分别在1961, 1973, 1982, 1990和1994年达到波峰, 于1968, 1976, 1984和1992年达到波谷。1985年以前的3个波动, 其波峰的距平值几乎一致, 亦即波动间变化不大, 但自1985年起, 气温突然急剧增暖, 于1994年达到与1990年一致的、自1952年以来的最高正距平。此外, 还看到1957年到1994年, 年平均气温相差达1.7℃, 但20世纪50年代前5a到90年代前5a, 年平均气温只相差0.3℃。根据Chen L-X, et al, 100°E以东地区40年代峰值气温比50年代前5a气温高约0.4℃。若以此推论全中国, 估计20世纪90年代前5a的气温尚未超过40年代的气温。对于各季的变化, 变化振幅最大的是冬季, 其次是秋季和夏季, 春季变化最小。对于80年代中期以后的增暖, 贡献最大的是冬季和秋季。

图 2 是各地区年气温变化曲线。看到, 东北和华北增温最明显, 尤以华北(N)。东北地区(NE) 1985 年以前变化不大, 但自 1985 年以后明显增暖。青藏云地区(QZY) 有轻微增温。华东地区(E)、华南地区(S) 和华中地区(C) 1952 年以来变化不大, 其中华中还有轻微变冷。西南地区(SW) 明显变冷, 这个地区自 40 年代达到最暖后在 50 年代急剧变冷, 随后又继续逐渐变冷。NW 区在 60 年代达到最冷后有轻微增暖。所以中国变暖主要在东北和华北地区。与此变暖相反, 中国还存在一个变冷区, 中心在中国西南地区变冷扩及华中地区。为了分析中国各地的温度变化趋势, 作了 1951 ~ 1990 年气温线性倾向值分布(图 3)。由图 3 可见, 在四川、贵州、云南北部、浙江、福建以及陕西南部 and 河南西部都是气温变冷区, 此外, 在西藏西部、新疆一些地区和山西西部也是变冷区。总的来说, 35—23 N, 100 E 以东广大地区均为变冷区。变冷中心位于四川, 40 a 内变冷 0.8 。看到变暖区位于 35 N

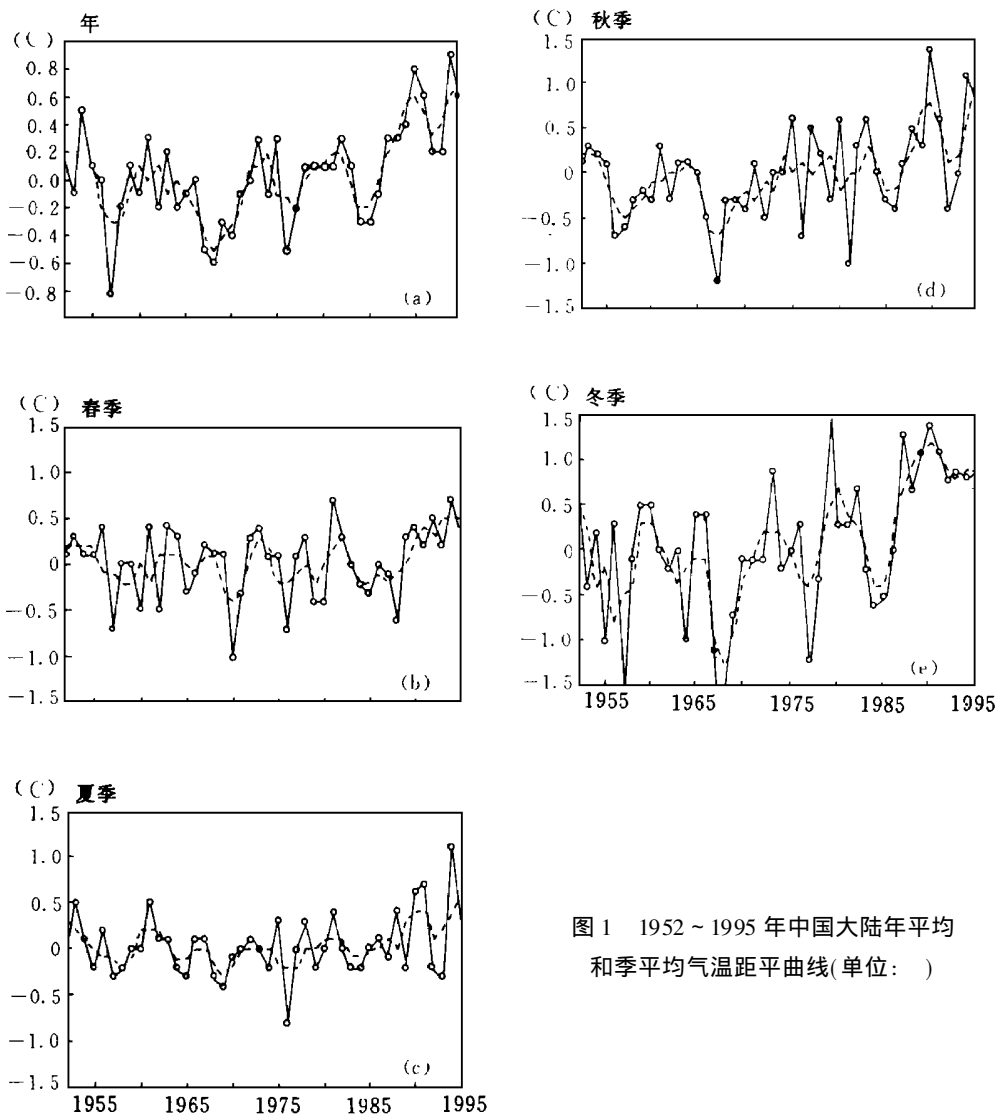


图 1 1952 ~ 1995 年中国大陆年平均和季平均气温距平曲线(单位: °C)

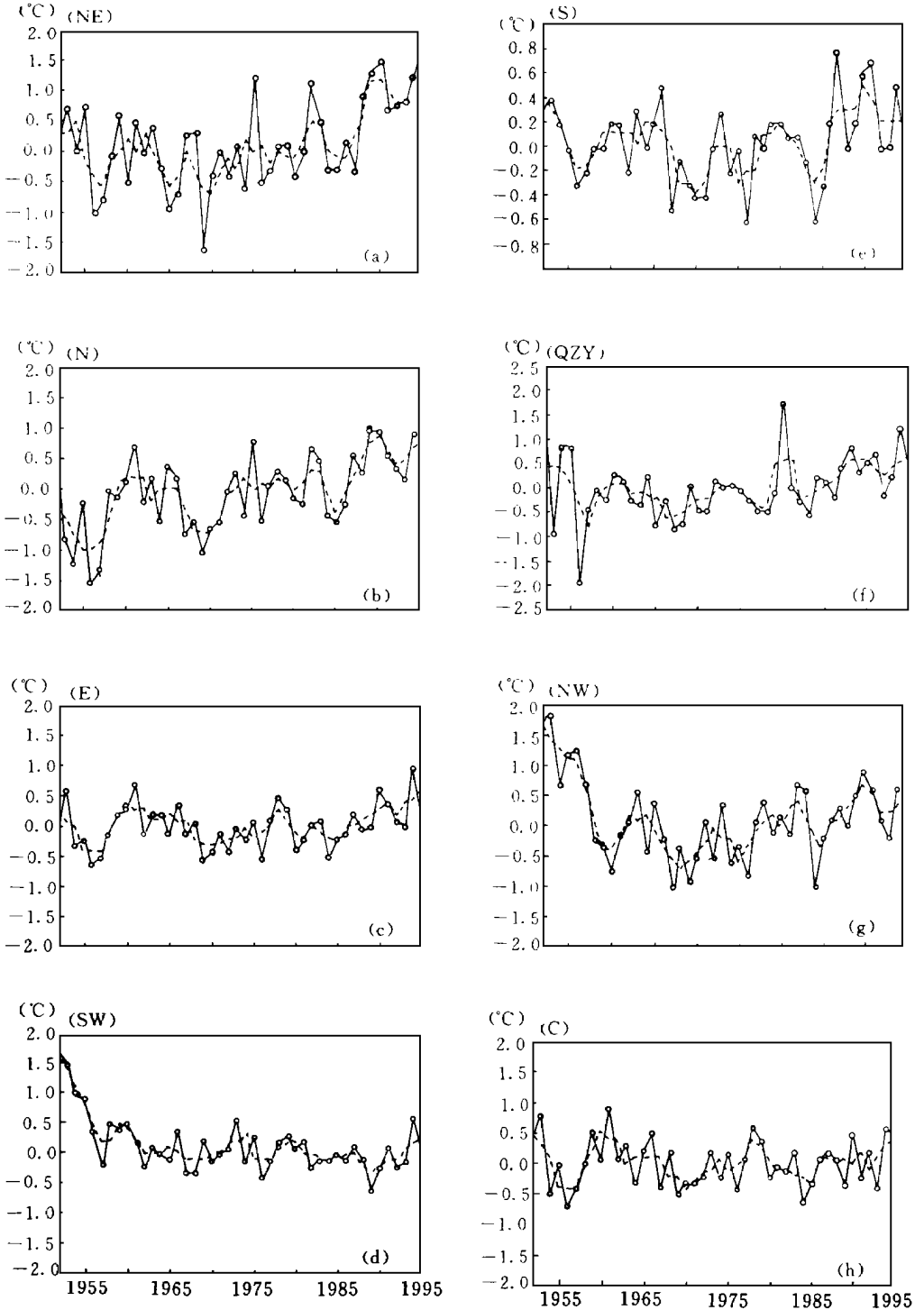


图 2 1951~1995 年中国各大区年平均气温距平变化(单位:)

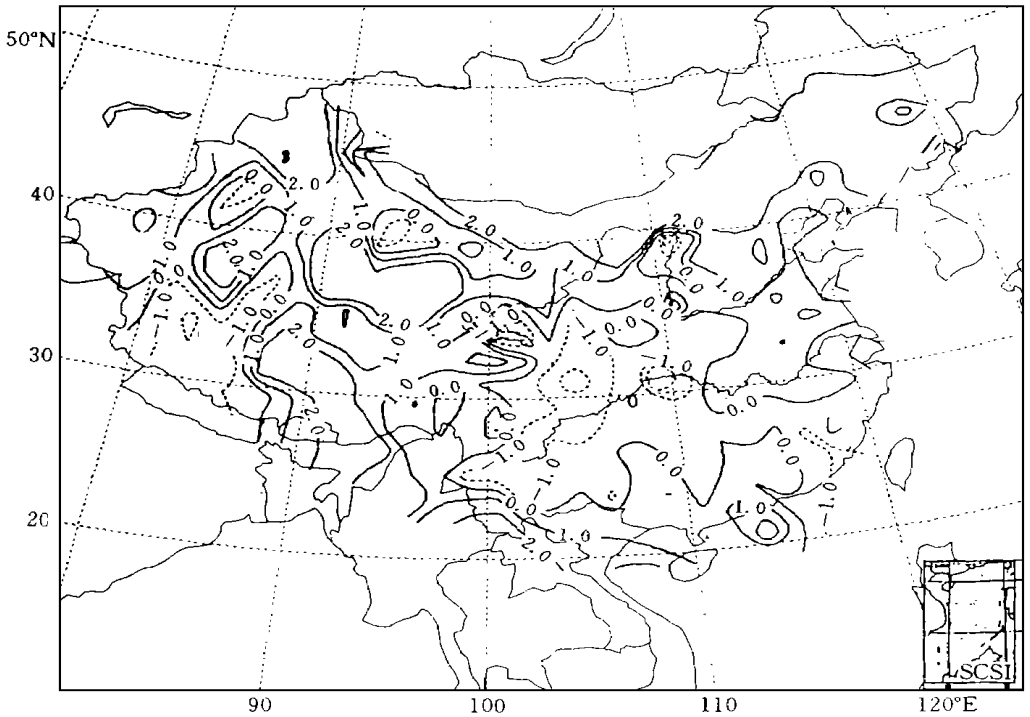


图 3 中国大陆 1951~1990 年年平均气温线性倾向值分布
(正值变暖, 负值变冷, 单位: 0.01 /a)

以北, 越向北变暖越强, 新疆北部达每年 0.02, 黑龙江北部达 0.03, 亦即 40 a 内变暖 0.8~1.2。

陈隆勋等^[5]和 Chen L-X, et al^[7]曾分析过 80 年代减 50 年代气温差值分布以及 80 年代对 1961~1990 年平均值距平分布, 也发现 35°N 以南和 100°E 以东存在一个变冷区。还做了 1991~1995 年的气温距平分布(图略)也发现这个变冷区仍然存在, 但范围已缩小, 限于自四川、贵州和长江中游地区。

4 降水的气候变化规律

和气温一样, 也做了中国年和四季降水变化曲线(图 4), 中国 8 个地区年降水变化曲线(图 5)以及年降水的线性倾向值分布图(图 6)。从年和四季降水变化曲线图(图 4)可见, 在 1951~1995 年期间, 中国以 20 世纪 50 年代前 5 a 降水最多, 随后逐步呈波动式变化并略有减少, 与 50 年代相比, 全国降水约减少 20 mm, 但主要表现在 50 年代与 60 年代之间减少。20 世纪 60 年代以后减少并不是十分明显。其中, 1954, 1973, 1983 和 1990 年为多水年, 而 1966, 1972 和 1986 为旱年。从图中可以看到明显的存在 2 a, 11 a 和 4 a 的准周期变化。在四季中, 春季和夏季降水减少最为明显, 秋冬季年变化不大。对夏季, 自 1990 年开始, 降水有增加趋势, 但降水量尚未超过 20 世纪 50 年代前半期。

对于全国 8 个大区, 降水减少最多的地区是华北区, 自 1950 年开始, 降水一直是减

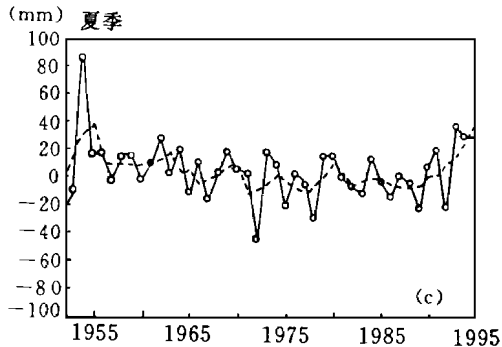
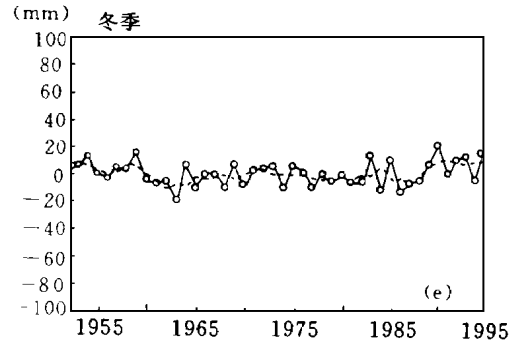
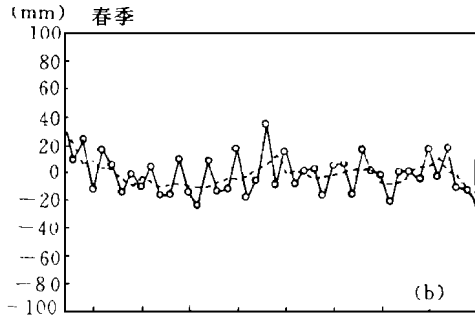
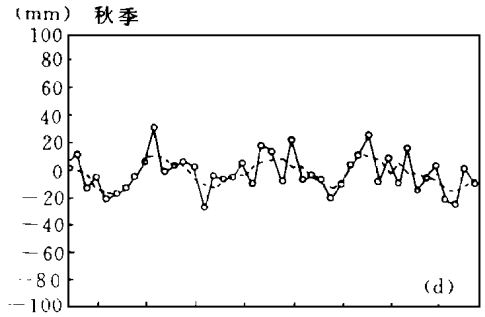
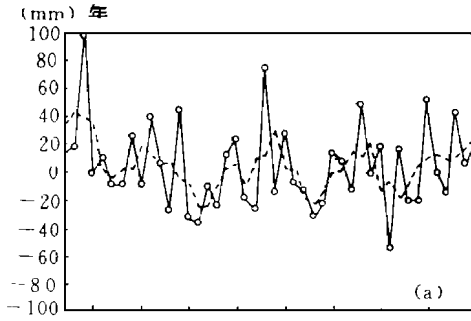


图4 中国大陆1951~1995年间年和四季降水变化曲线(单位:mm)

少的。20世纪50年代降水量比80年代多80 mm,比90年代前5 a多约50 mm。降水减少的其他地区有东北、华东和青藏地区,但东北地区自1985年以来降水已有明显增加。降水增加的地区有华南和西北地区。其他地区变化不大。图6为年降水量1951~1990年线性倾向值分布图,可以看到100 E以东地区除了东北北部、江淮之间以及广东西部外,降水都是减少的。其中以华北降水减少最多而江淮流域降水增加最多,江淮流域在20世纪80年代以后多次发生洪涝。100 E以西地区,除了西藏和新疆西部以及西藏东南部外都是增加的。从图中还看到,降水减少面积远大于增加面积,并且减少中心一般达到3 mm/a,而增加中心只达到1 mm/a。以上中心值均达到95%信度的检验。所以自20世纪50年代以来,全国在变旱,但变旱并不十分严重。

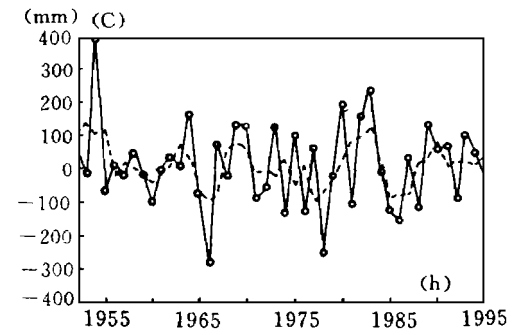
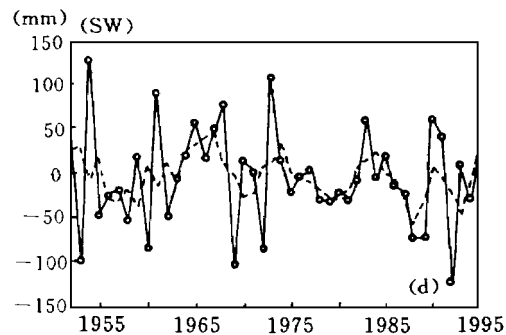
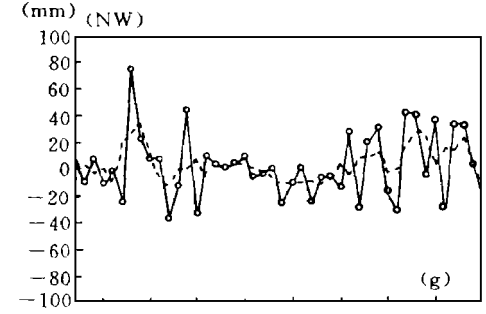
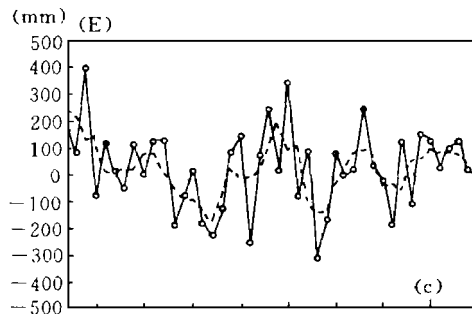
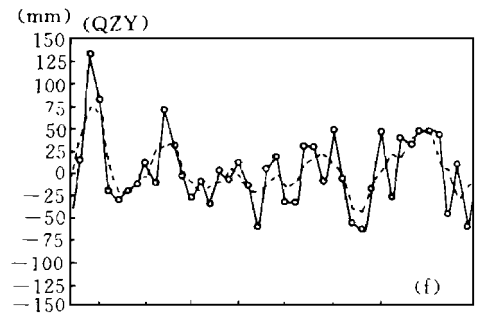
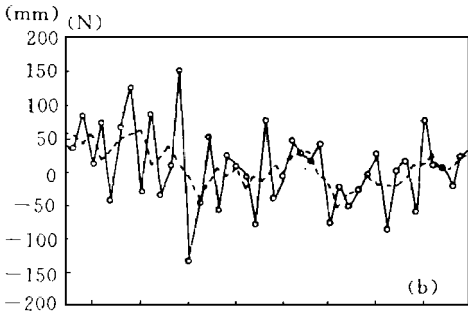
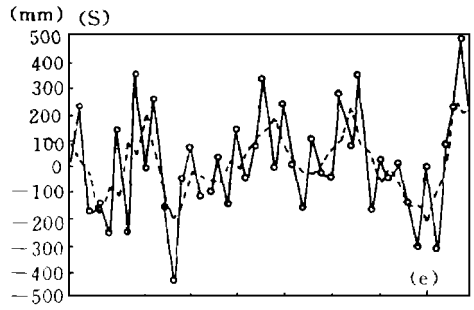
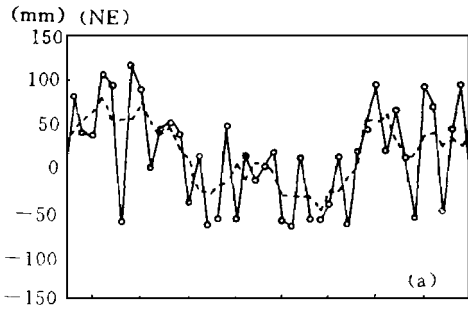


图 5 中国大陆 1951 ~ 1995 年各大区年降水变化曲线(单位: mm)

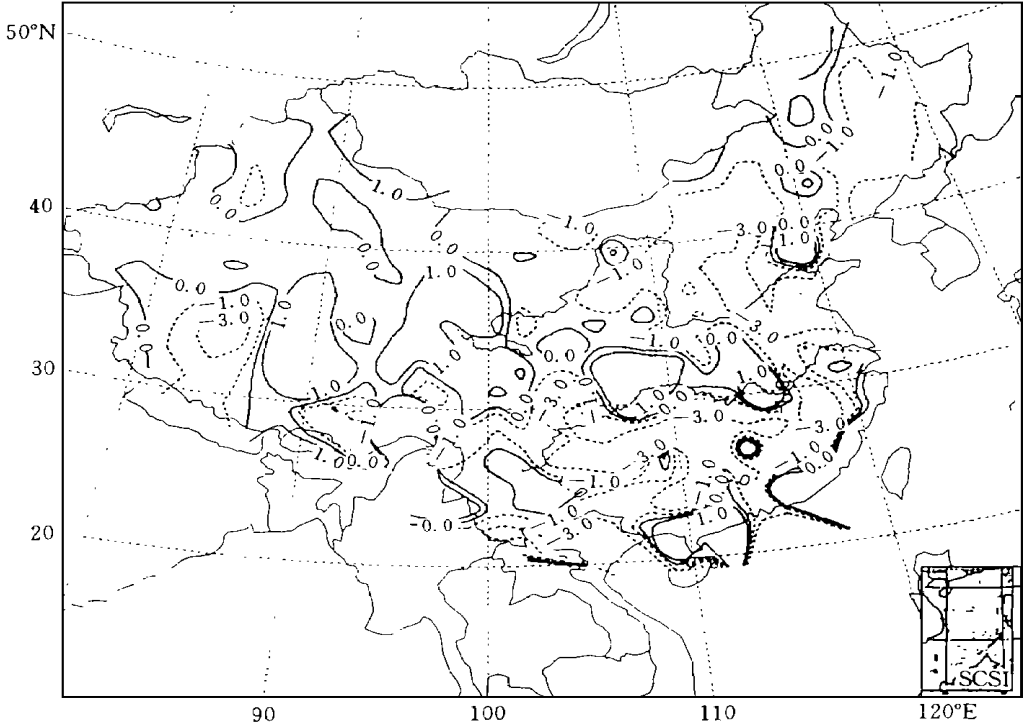
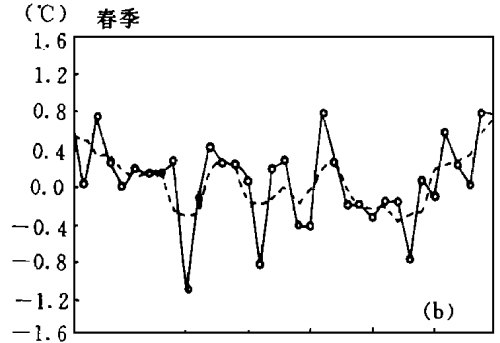
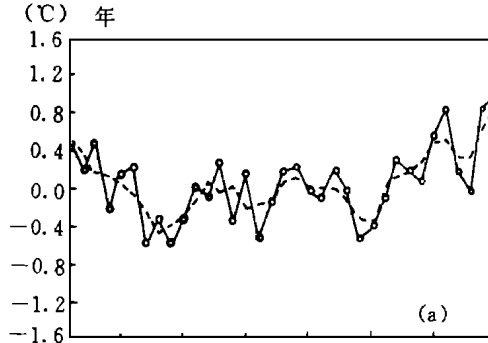


图 6 中国大陆 1951~1990 年各大区年降水的线性倾向值分布(单位: mm/a)

5 最高和最低平均气温的变化

图 7 为年和四季最高平均气温距平曲线。在 1961~1995 年间, 对全国而言, 最高气温是变冷的, 以 20 世纪 60 年代初最高, 随后下降, 1984 年以后有升高, 到 90 年代, 年最高气温已超过 60 年代前 5 a 的水平。对四季而言, 春夏季变化和年变化一致, 但 20 世纪 80 年代的增加分别始于 1988 年和 1989 年, 年变化始于 1984 年。冬季变化大而秋季到 1986 年前变化不大, 1986 年后明显上升。上节指出, 1985 年前全国年平均气温变化是平稳的, 1985 年以后急剧升温, 最高平均气温自 20 世纪 80 年代后 5 a 开始四季均增加, 尤其明显的是夏秋季。因而, 全国 1985 年后的增温并不是主要由冬季增加造成, 相反, 夏季增温的



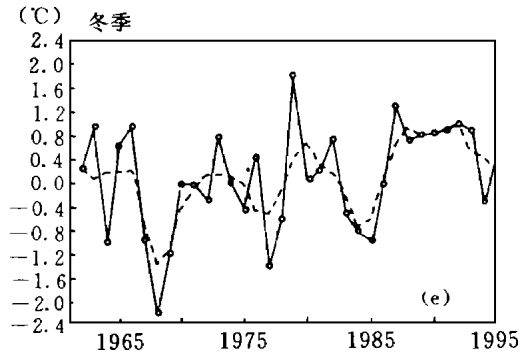
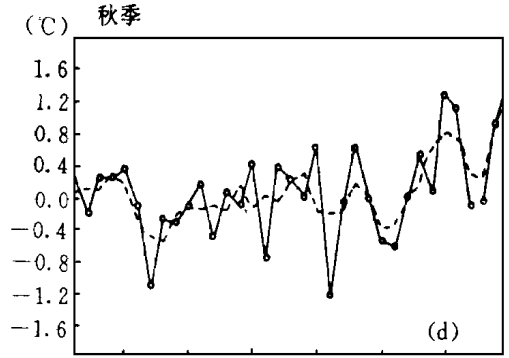
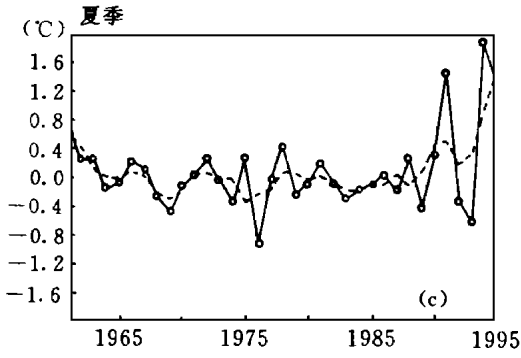
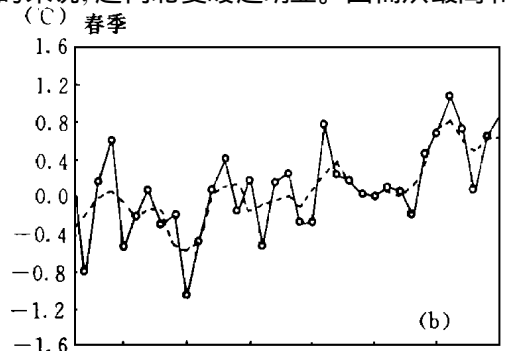
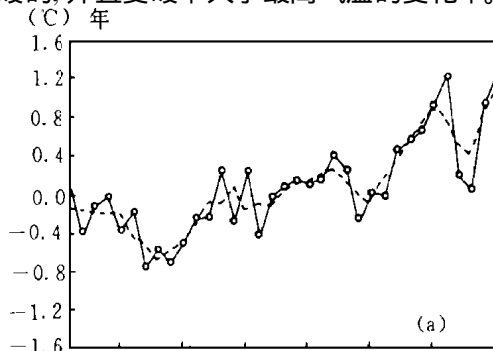


图 7 1961~1995 年中国年平均最高气温年和四季距平曲线(单位:)

作用是重要的。图 8 是 1961 ~ 1990 年间年和四季最低平均气温距平变化曲线。可以看到, 从年平均值看, 最低气温在 30 a 内是明显变暖的, 尤其是 1985 年以后。从四季看, 都是明显变暖的。因而, 在 1985 年以前中国的气候是白天气温略有变冷, 晚间气温变暖, 但晚间变暖大于白天变冷。这一点是和全球气温变化特征一致的, 亦即最高气温变化不大而最低气温增暖明显。但自 1985 年开始, 最高最低气温都是变暖的。亦即, 1985 年以后中国变暖并不完全是以最低气温变暖为主而形成的。

图 9, 10 分别是 1961 ~ 1990 年间平均最高气温和最低气温线性倾向值分布。在最高温度图(图 9) 上, 105 E 以东地区, 36 N 以北为变暖区, 而 36 N 以南为变冷区, 和年平均气温的变暖区和变冷区分布几乎一致。而 105 E 以西地区, 最高气温线性倾向的正负值分布十分零乱。对最低平均温度的线性倾向值分布(图 10), 除了西藏西部外, 全国几乎是变暖的, 并且变暖率大于最高气温的变化率。总的来说, 越向北变暖越明显。因而从最高和



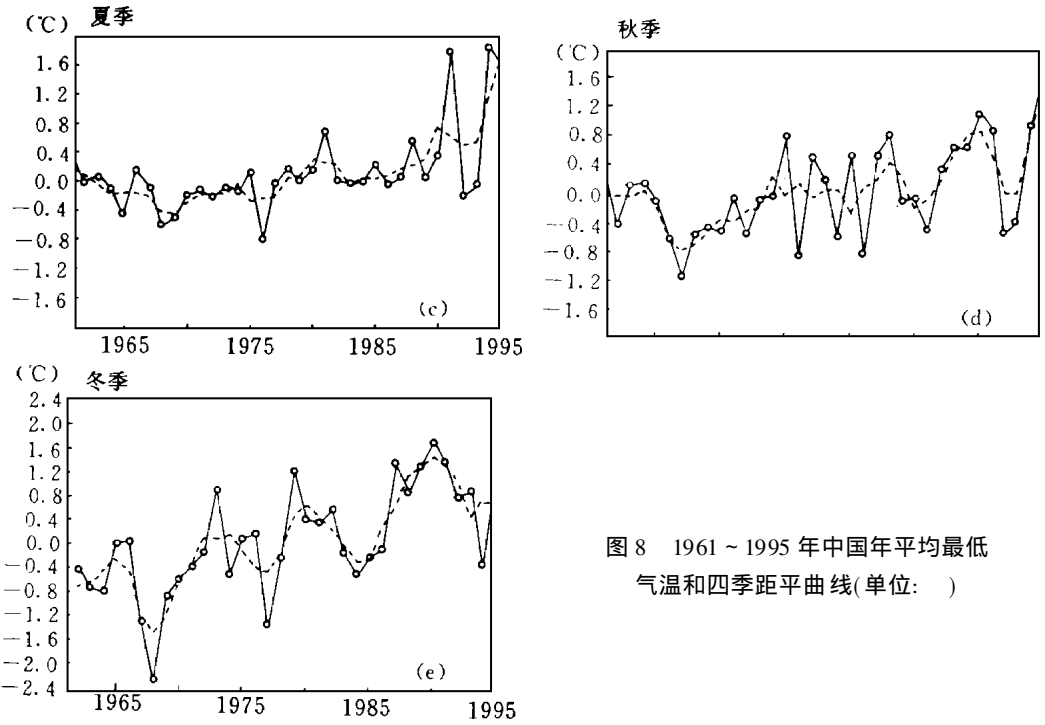


图8 1961~1995年中国年平均最低气温和四季距平曲线(单位: °C)

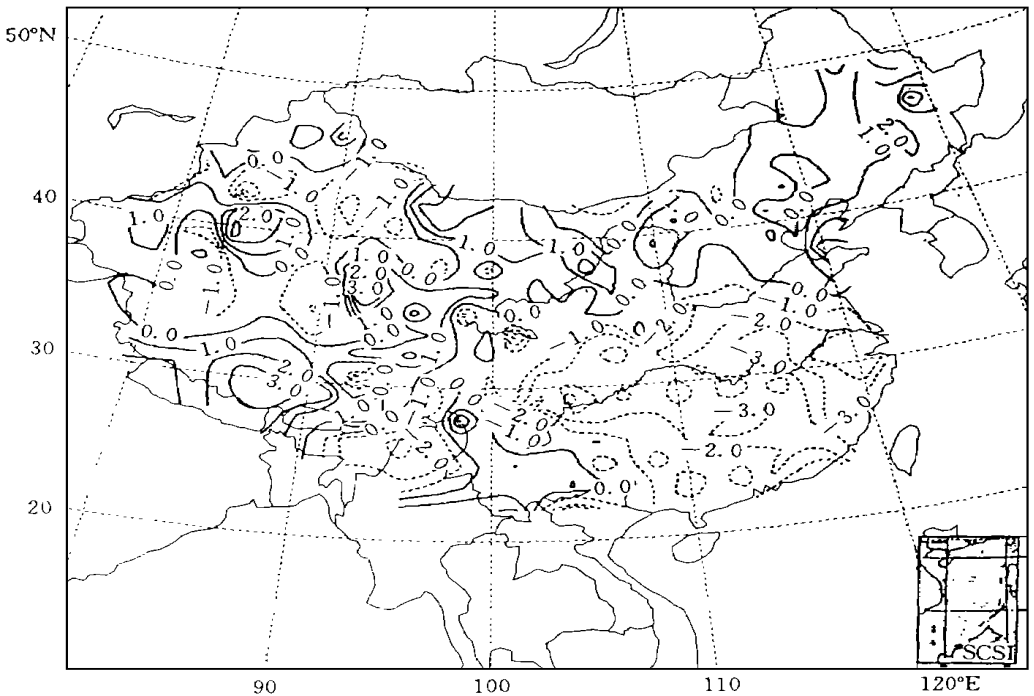


图9 1961~1990年中国年平均最高气温线性倾向分布(0.01 °C/a)

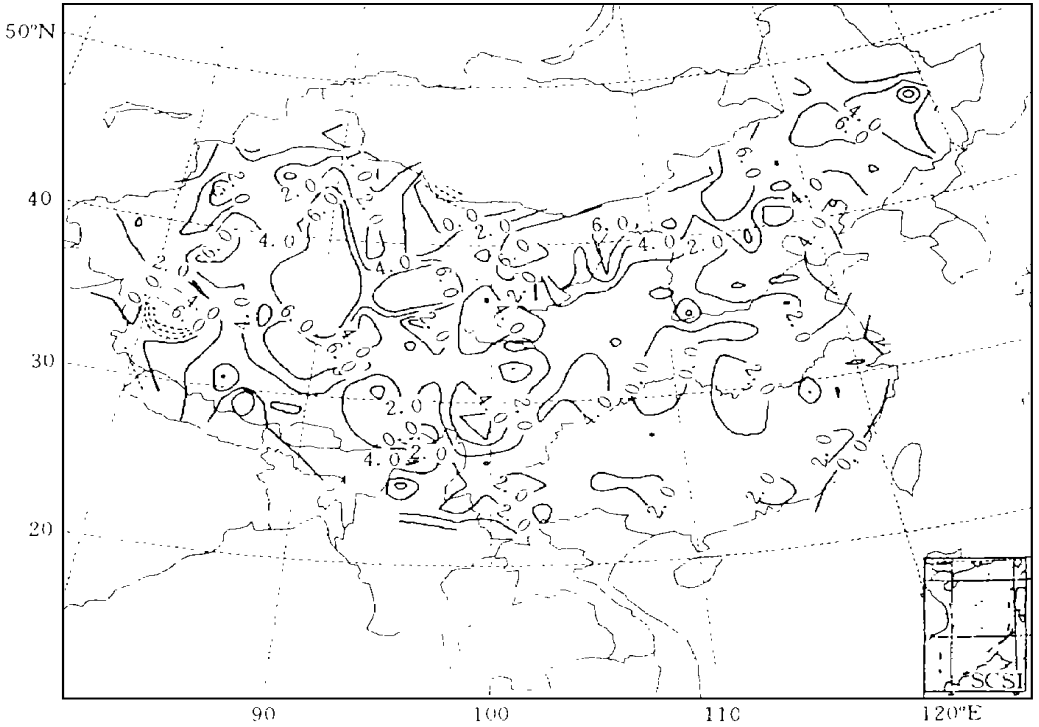
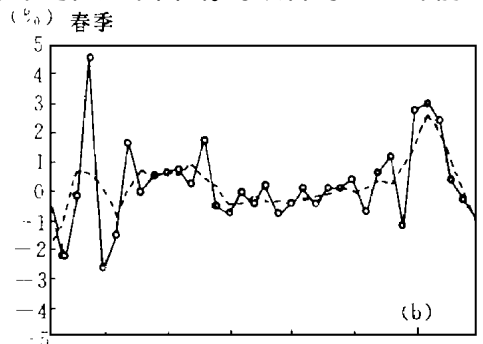
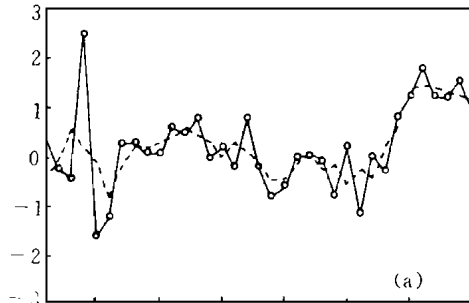


图 10 1961 ~ 1990 年中国年平均最低气温(0.01 /a)

最低气温线性倾向值分布来看, 可以认为, 对 100°E 以东 35°N 以北的气温变暖区, 最高最低气温均在变暖, 最低气温变暖更为明显。因而在气温变暖中最低气温变暖的作用是主要的。而对 35°N 以南的变冷区, 最高气温在变冷但最低气温仍为变暖, 但最高气温变冷大于最低气温变暖, 所以最高气温变冷作用在气温变冷中占主要作用。上述机制适于新疆变冷区, 不适用于高原西部变冷, 因高原西部最高和最低气温均在变冷, 尤其是最低气温变冷。

6 相对湿度的气候变化规律

图 11 是 1961 ~ 1995 年中国相对湿度年和季平均值距平曲线。可以看到 1985 年前全



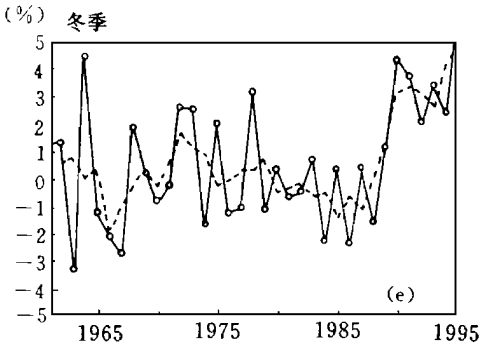
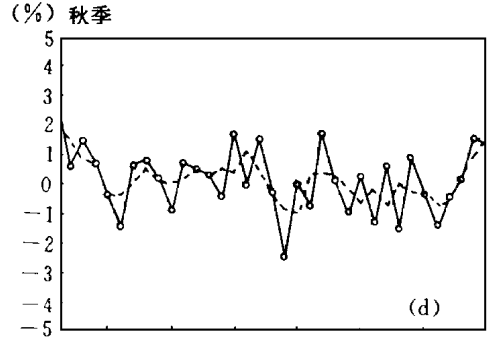
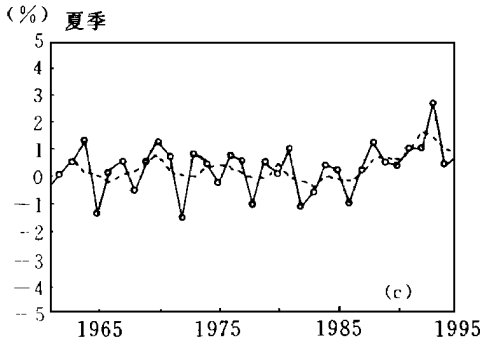
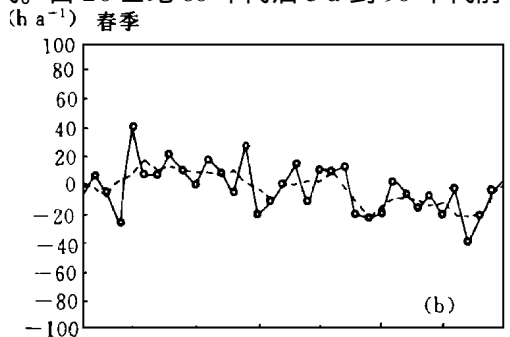
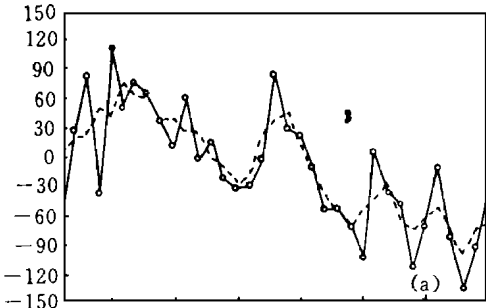


图 11 1961 ~ 1995 年中国年和四季平均相对湿度距平变化曲线(单位: %)

年平均变化不大,均在-10%~10%之内。但1986年后年相对湿度增加。但增加距平为2%~3%之间。增加最明显的是冬季,其次为夏季。对比降水曲线,冬季降水并未有明显增加。从年相对湿度线性倾向值分布来看(图略),可以看到江淮之间有一条相对湿度增加带,东北、华北和长江中下游及长江上游以南地区均为减少区。这和降水增加和减少区基本一致。无论是减少还是增加区,其中心值均为0.1%/a。30a相对湿度只变化3%。还可以看到,新疆北部和西藏西部为增加区,中心达0.15%/a以上,相当于增加4.5%。南疆沙漠和青藏高原中西部为减少区。总的来说,相对湿度的气候变化反映不明显。

7 日照时数的气候变化

图 12 为中国地区年平均和四季平均的日照时数。从图中看到,在35a中年日照时数以1965年最高,随后下降直到20世纪90年代。自20世纪60年代后5a到90年代前5



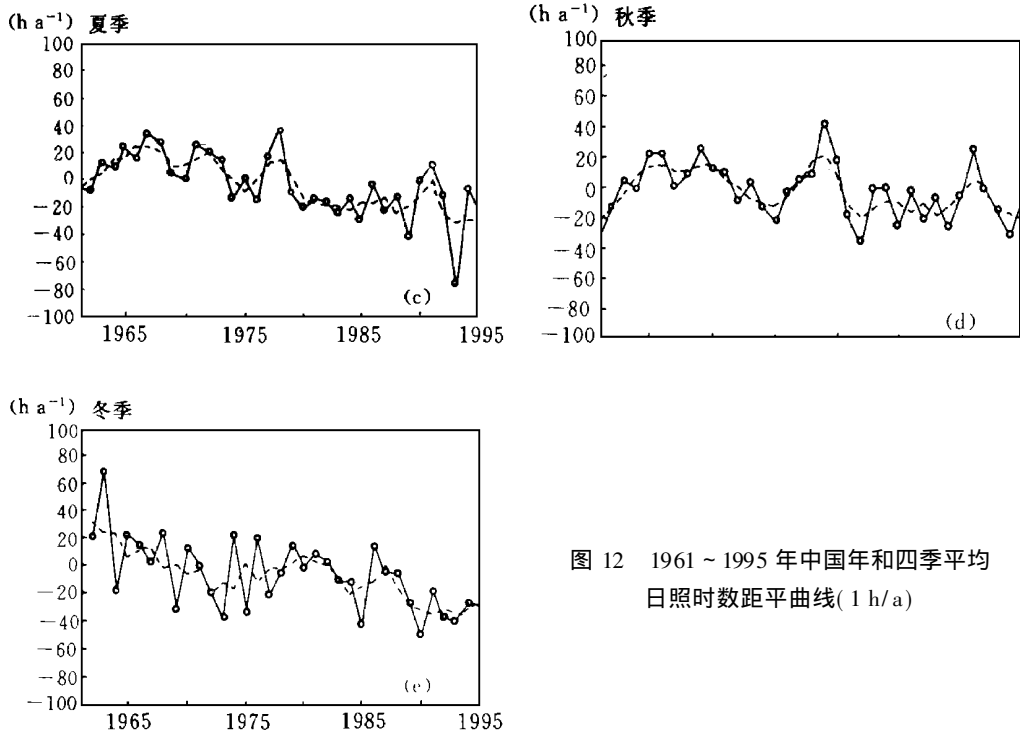


图 12 1961 ~ 1995 年中国年和四季平均日照时数距平曲线(1 h/a)

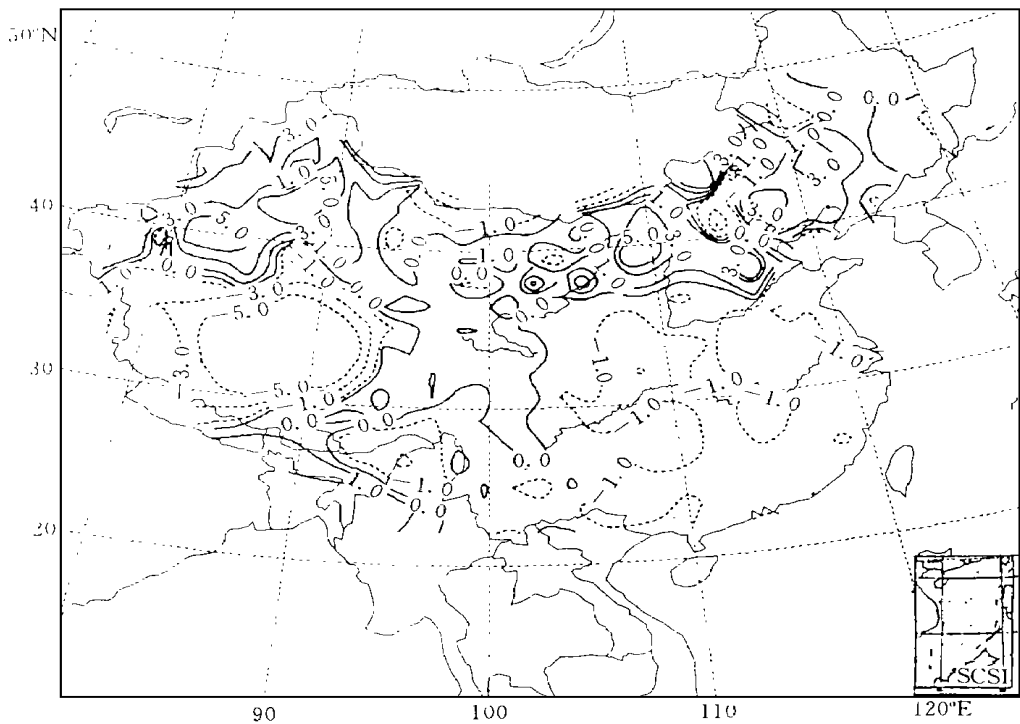


图 13 1961 ~ 1990 年中国年平均日照时数线性倾向值分布(10 h/a)

a. 距平几乎呈线性减少, 距平值由+ 60 h/a 减少到- 90 h/a, 30 年内减少 150 h, 每年减少 5 h, 减少最大的季节是冬季, 其次是夏季。图 13 为日照时数线性倾向值分布。可以看到 35°N 以北地区主要是增加区, 而以南为减少区。对比气温、最高平均气温和最低平均气温的线性倾向分布, 可以发现气温增暖区为日照时数增加区, 而 35°N 以南的气温变冷区为日照时数减少区。日照减少区和最高气温减少区是一致的, 表明该区日照减少且最高气温减少, 从而气温减少。

8 结 论

作为本文第一部分, 这里介绍了中国近 45 a 来气温和降水的气候变化, 最近 35 a 最高和最低平均气温以及湿度和日照时数的气候变化。通过分析, 发现以下几个主要气候变化事实:

(1) 中国自本世纪 40 年代达到本世纪第一个暖期后(张先恭等^[1]; Chen L-X, et al^[7]), 于本世纪 50 年代气温急剧下降, 随后呈波动变化。自 20 世纪 80 年代后期气温又急剧上升, 到 90 年代前 5 a 达到本世纪第 2 个暖期, 全国平均气温自 50 年代前 5 a 到 90 年代前 5 a, 增温 0.3 °C, 由此估计, 20 世纪 90 年代前 5 a 气温尚未达到或只是接近 40 年代的中国气温。但各地区气温变化相当复杂, 既有变暖区又存在变冷区。

(2) 中国现代的气温变暖主要发生在 35°N 以北地区, 变暖最大在新疆和黑龙江北部。与此相反, 在 35°N 以南直到 23°N 以及 100°E 以东地区存在一个广阔的变冷区。变冷中心主要位于四川、贵州以及陕南, 变冷区扩及华东沿海, 自江苏到福建。变暖区主要特征是最低气温变暖, 日照时数增加。与其他地区不同, 中国变暖区并不主要是冬季变暖造成的, 夏季变暖的作用不能忽视, 有些地区可能比冬季变暖还要大。而变冷区主要特征是最高气温减少并且日照时数减少。因而变冷区主要是白天日照减少, 造成白天的最高气温减少造成的。造成这种现象发生的主要原因值得进一步研究。Li Xiaowen, et al^[9]指出四川的变冷可能是由于该区大气污染造成的酸性气溶胶增加造成的, 这种可能性是存在的, 本文的第 2 部分将作进一步研究。

(3) 近 45 a 中国年降水量略有减少。主要减少地区在华北和江南地区。相反, 江淮流域降水是增加的, 这个地区降水的增加主要是本世纪 80 年代直到 1995 年增加的, 这种增加和本世纪 80 年代到 90 年代上半期江淮流域不断出现夏秋季洪涝是一致的。

参考文献

- 1 张先恭等. 本世纪我国气温变化的某些特征. 气象学报, 1982, 40(2): 198~208
- 2 屠其璞. 近百年来我国气温变化的趋势和周期. 南京气象学院学报, 1984, 2: 151~161
- 3 赵汉光等. 我国异常冬暖的时空变化及其环流特征的分析, 气象, 1989, 5: 16~20
- 4 林学椿等. 近 40 年我国气候趋势. 气象, 1990, 10: 16~21
- 5 陈隆勋等. 近四十年我国气候变化的初步分析. 应用气象学报, 1991, 2: 164~173
- 6 Chen Longxun, et al. The Characteristics of interannual variations of the East Asian monsoon. J Meteor Soc Japan, 1992, 70: 397~421.
- 7 Chen Longxun, et al. Climate change in China during the past 70 years and its relationship to the monsoon variations. in: Richard G Zepp, eds. Climate Biosphere Interaction: Biogenic Emissions and Environmental Effects of Cli-

- mate Change. New York: John Wiley and Sons, Inc, 1994, 31 ~ 49
- 8 Chen Longxun, et al. Preliminary analysis of historical temperature and precipitation baseline for China submitted to U. S. country studies management team and department of Science and Technology for Social Development, The State Science and Technology Commission of China. 1995
- 9 Li Xiaowen, et al. The cooling of Sichuan province in recent 40 years and its probable mechanisms. *Acta Meteor Sinica*. 1995, 9: 57 ~ 68
- 10 唐国利. 我国气温标准序列的趋势变化分析. 见: 气候变化规律及其数值模拟研究论文(第一集). 北京: 气象出版社, 1996. 196 ~ 199
- 11 王伯民. 我国降水标准序列的趋势变化分析. 见: 气候变化规律及其数值模拟研究论文(第一集). 北京: 气象出版社, 1996. 200 ~ 206

STUDIES ON CLIMATE CHANGE IN CHINA IN RECENT 45 YEARS

Chen Longxun Zhu Wenqin Wang Wen Zhou Xiuji Li Weiliang

(*Chinese Academy of Meteorological Sciences, Beijing, 100081*)

Abstract

Based on the data of monthly mean air temperature and precipitation from about 400 stations in 1951 ~ 1995 and the data of maximum and minimum air temperature, relative humidity, total cloud cover and low-cloud cover, sunshine duration, evaporation, wind speed, snow-covered days and depth, and soil temperatures in 8 layers from 0 m down to 3.2 m, from 200 odd stations in 1961 ~ 1995, the climate change and its characteristics in China in recent 45 years have been analyzed and studied comprehensively. This paper, as the first part of the work, has analyzed the climate change and regularities of such meteorological elements as mean air temperature, maximum and minimum air temperature, precipitation, relative humidity and sunshine duration. The possible mechanism on climate change in China and the climate change and regularities of other meteorological elements will be discussed in another paper as the second part.

Keywords: Climate change in China, Air temperature and precipitation, Maximum and minimum air temperature, Relative humidity and sunshine.