

文章编号:1006 - 7639(2003) - 04 - 0001 - 05

# 中国北方干旱的气候特征及其成因的初步研究

李维京,赵振国,李 想,孙林海

(国家气候中心,北京 100081)

**摘要:**文中重点分析了我国北方干旱气候的基本特征,并从影响中国气候异常的主要因子初步探讨了干旱的成因。指出在全球与东亚区域气候变暖的背景下,主要影响因子的年际异常变化和年代际振荡是我国干旱气候形成的主要原因。

**关键词:**干旱特征;成因分析;气候变化

**中图分类号:**P462.3

**文献标识码:**A

## 引言

干旱灾害是我国乃至全球影响最大的自然灾害之一。干旱对我国农业、水资源、生态环境以及工业和人们的生活均有重要影响,未来必将成为制约我国社会进步和发展的一个重要因素,所以研究我国干旱发生的基本气候特征、影响和成因,探讨异常干旱气候趋势预测以及对旱灾所应采取的对策措施具有十分重要意义。近几十年来,我国北方气候明显变暖,冬季变暖更为明显,致使蒸发加强,径流减少,加剧了水资源的供需矛盾,河流下游地区水资源供需矛盾更趋剧烈。

据研究,受气候自然变化和人类活动的共同影响,我国北方地区未来 30~50a 气温仍可能持续升高,而且种种迹象显示目前可能正在进入一个新的百年尺度的气候干旱期,加上需水量的不断增加,干旱发生频率和强度必然增加,并可能发生特大干旱灾害,将严重地影响我国社会经济的可持续发展和人类的自身生存。本文主要初步分析了 20 世纪中国干旱气候特征及其成因,对于深入认识我国北方干旱及其影响的基本特征具有重要意义。

## 1 我国干旱发生的基本气候特征

我国是干旱频发的国家,大旱尤其是特大旱灾是我国北方最严重的自然灾害,其时间之长、范围之广、损失之大,都是其它自然灾害所无法比拟的。

我国北方地区历史上曾多次出现大旱,从近千年的干旱灾害演变情况来看,持续性多年连旱时有发生,有些灾例的持续时间、影响范围及严重程度也是罕见的,如公元 989~991 年、1328~1330 年、1483~1485 年、1527~1529 年、1637~1643 年、1689~1692 年、1784~1787 年、1876~1878 年、1928~1930 年等。据 1470~1989 年近 520a 的旱灾历史资料统计,甘肃共出现了 8 次特大旱灾,平均 63a 发生 1 次,都是出现在约 100~130a 干湿气候波动的干旱期中。这种 100~130a 气候干湿波动,在华北和西北地区具有高度的一致性,与之对应的特大旱灾也都是大范围的,均波及华北和西北大部分地区。例如 1637~1642 年大旱、1876~1878 年大旱、1928~1929 年大旱均如此,造成数百万乃至上千万人死亡,比震撼世界的 80 年代非洲大旱灾死亡 240 万人多得多。更为严重的是黄河流域历史上曾发生两次连续 11a 的干旱期,即 1632~1642 年和 1922~1932 年。大旱尤其是特大旱灾是我国北方最严重的自然灾害,其损失之大、时间之长、范围之广是其它自然灾害所无法比拟的。

1949 年以来全国旱灾面积以及成灾面积的变化均成增加的趋势(图 1)。据统计,1949~2000 年,平均每年受旱面积约 2 159 万  $\text{hm}^2$ ,约占各种气象灾害面积的 60%左右,其中 1959、1960、1961、1972、1978、1986、1988、1992、1994、1997、1999、2000 年等受灾面积均在 3 000 万  $\text{hm}^2$  以上。1972 年的大旱涉及

收稿日期:2003 - 11 - 19;改回日期:2003 - 12 - 19

基金项目:国家自然科学基金项目(40375025)资助

作者简介:李维京(1955 - ),男,正研级高级工程师,主要从事气象学、气候动力模式与数值模拟研究。

长江、黄河流域及华北地区十几个省区,全国农田受旱面积达 3 067 万  $\text{hm}^2$  以上,其中黄河中下游和华北地区继前 1a 少雨干旱后 1972 年又发生春夏连旱,造成全国近一半省市粮食减产,干旱严重的京津冀晋地区减产幅度较大,当时天津市日供水量由 600 万 t 减至 70 万 t。这些大旱与气候变化密切相关。我国(尤其是北方地区)1999~2001 年连续 3a 干旱,其中一些地区在 1997、1998 年连续两年降水就已经偏少。

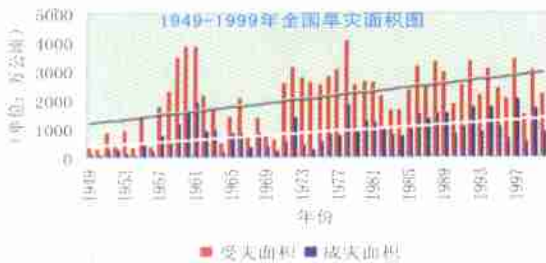


图 1 1949~1999 年我国干旱面积图

Fig. 1 The area of drought in China during 1949 - 1999

从近 50a 降水的变化趋势看,上个世纪 50 年代到 90 年代,华北地区降水总趋势是减少的。50 和 60 年代降水量较多,平均每年比多年平均偏多 20mm 左右;70 年代降水开始减少,接近多年平均值;80 年代降水减少到最低,比 50 年代少了 40 多 mm;90 年代比 80 年代略有增加(见图 2)。

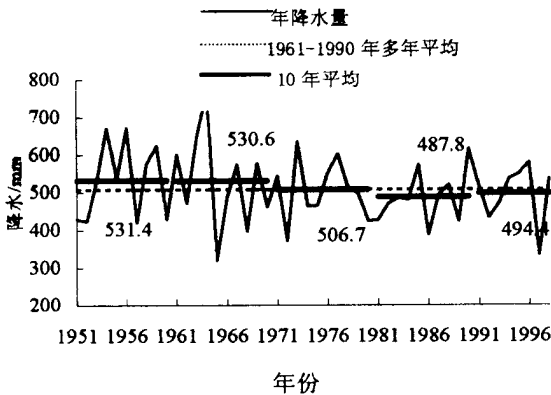


图 2 华北地区近 50a 年降水量变化曲线图

Fig. 2 The precipitation change in North China during last 5 decades

西北地区近 50a 降水变化趋势为:50 年代降水较多,变幅较大;60 年代到 80 年代前期降水稍偏少,变幅较小;80 年代后期以来,降水趋于增加,变幅较大(见图 3)。但西北地区东部与西部降水变化却又有区别,近 50a 来,呈东降西升的趋势,分界线大致在河西走廊东部。西北地区高山山区降水量是

该地区水资源的主要来源,山区降水量不但多而且稳定,降水变差系数只有 0.14 左右,地表径流变差系数也是如此,水资源稳定性较好,有利于开发利用。

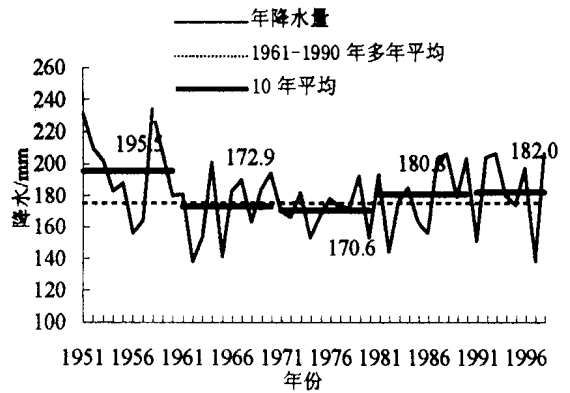


图 3 西北地区近 50a 年降水量变化曲线图

Fig. 3 The precipitation change in Northwest China during last 5 decades

## 2 干旱成因的初步分析

### 2.1 我国干旱发生的全球气候背景

全球变暖是近百年来全球气候变化的重要特征之一,科学家们发现,在全球变暖的条件下,水分循环加强,极端气候事件增多,其表现为干旱和洪涝的频率增加。在近几年,东亚(包括中国)、非洲南部和撒赫勒地区干旱程度趋于增强,而美国、欧洲等地则是干(旱)湿(涝)都趋于增加。特别是 20 世纪 70 年代以后,非洲撒赫勒地区严重干旱灾害发生的频率是上世纪前 50a 的 2 倍。从 19 世纪 60 年代至今,全球平均气温上升了 0.3~0.6 (图略)。在全球气候变暖的影响下,近 50a 来我国气温也趋于上升,但具有明显的地区性和季节性,北方地区增温最显著,尤以冬季最明显。图 4 为我国 1960 年以来

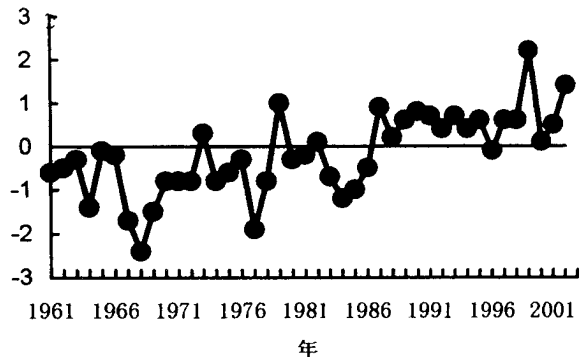


图 4 1960~2002 年我国冬季季平均气温距平

Fig. 4 The seasonal mean temperature anomaly in winter in China during 1960~2002

冬季平均气温距平。由图可见,从 60 年代到 90 年代气温是逐渐升高的,尤其是 1986 年以来,持续出现暖冬的异常特征,90 年代上升最明显。我国北方地区近年来大范围的持续干旱就是在这种全球气候变暖的大背景下发生的。

## 2.2 影响我国北方干旱的年际气候异常信号

众所周知,影响中国气候变化的因素非常多,也非常复杂。由于我国大部分地区夏季降水占全年总降水量的绝大部分,所以这里将重点讨论影响我国夏季降水的年际异常信号。就影响夏季降水的因素而言,基本因素就有十几个之多,包括海温(ENSO 现象)、冰雪覆盖、地温等下垫面热力因素和亚洲季风、热带对流活动、赤道辐合带、越赤道气流、青藏高原、西太平洋副热带高压、中纬度阻塞高压、极涡、遥相关型、准两年振荡(QBO)、三大涛动等大气活动中心或大气环流系统,以及太阳活动、天文因素、地球物理因素等,这些因素涵盖面相当广泛,不仅包含了地球系统海洋圈、冰雪圈、大气圈、岩石圈等,也有地球系统之外的太阳活动等。

诸多因素中,主要物理因素也有来自中国东西南北中 5 个方面:(1)东面的海洋,反映海洋的热力异常,包括厄尔尼诺和拉尼娜现象;(2)西面的青藏高原,反映高原陆地的热状况,包括高原积雪和位势高度异常;(3)南面的季风,反映南半球和热带大气环流以及赤道辐合带的异常,实质上是代表暖湿气流或水汽活动的特征;(4)北面的阻塞高压,反映中高纬度大气环流的变化,即冷空气活动的异常;(5)中间的东西太平洋副热带高压,反映副热带环流异常。冷空气和水汽是产生降水的两个必须条件,中国夏季的持续性降水总是在北方南下的冷空气和来自海上的暖湿气流相互交汇时方可产生,而冷暖气流交汇的位置往往是由西太平洋副热带高压的位置所决定,即中国夏季主要多雨区总是出现在西太平洋副热带高压的北侧,因此夏季中国主要雨带的位置和西太平洋副热带高压的位置基本上是一致的,即夏季西太平洋副热带高压位置偏北对应中国主要雨带位置也偏北,夏季西太平洋副热带高压位置偏南对应中国主要雨带位置也偏南。所以,亚洲季风、东亚阻塞高压和西太平洋副热带高压是直接影响中国夏季降水和旱涝趋势的 3 个主要的东亚环流系统,其它因素一般都是通过作用于这 3 个系统进而影响中国夏季降水。东面的海洋和西面的高原是间接影响中国夏季降水的主要下垫面热力因素,它们的热力

异常首先引起夏季东亚主要大气环流系统的变化,进而导致中国夏季降水异常。

根据冬季赤道东太平洋海温、青藏高原积雪日数和夏季亚洲季风指数、东亚阻塞高压指数、西太平洋副热带高压脊线与夏季北半球 500hPa 高度场的相关(图略)可以发现,在东亚地区从高纬到低纬分别表现为“+ - +”、“+ - +”、“- + -”、“+ - +”、“- + -”的东亚遥相关型;从冬季赤道东太平洋海温、青藏高原积雪和夏季亚洲季风指数、东亚阻塞高压指数、西太平洋副热带高压脊线与夏季中国降水的相关(图略)可以看到,长江流域分别为显著的“+”、“+”、“-”、“+”、“-”相关,而长江以北大部分地区相关趋势正好相反。上述关系列于表 1 中,由表可以看出:当冬季赤道东太平洋海温偏低(拉尼娜位相)、青藏高原少雪和夏季亚洲季风偏强、东亚地区阻塞形势不明显、西太平洋副高位置偏北时,夏季东亚地区呈现出“- + -”的遥相关距平波列,这种环流型意味着:夏季,偏南暖湿气流北上势力明显增强,水汽向北输送量增多;东亚中纬度地区盛行平直西风,纬向环流占优势,冷空气向北收缩;副热带锋区北抬,冷暖气流主要交汇在长江以北地区;从而导致中国夏季主要雨带偏北,北方大部分地区多雨,干旱不明显。反之,冬季赤道东太平洋海温偏高(厄尔尼诺位相)、青藏高原多雪和夏季亚洲季风偏弱、东亚地区阻塞形势发展、西太平洋副热带高压位置偏南,夏季东亚地区从高纬到低纬呈现出“+ - +”的遥相关距平波列,这种环流型意味着:夏季,偏南暖湿气流主要活跃在中国南方地区,南方地区水汽充沛;东亚中纬度地区西风分支,经向环流盛行,冷空气向南扩展;副热带锋区南压,冷暖气流主要交汇在长江流域及其以南地区,从而导致中国夏季主要雨带位置偏南,北方大部分地区少雨干旱。

表 1 中国夏季降水的年际气候异常信号

Tab. 1 The inter - annual climate anomaly of precipitation in summer in China

年际气候异常信号	赤道东太平洋海温	青藏高原积雪	亚洲季风	东亚阻塞高压	西太平洋副高位置	中国夏季降水分布特征
特征 - 1	低	少	强	无	北	北多南少 (北涝南旱)
特征 - 2	高	多	弱	有	南	北少南多 (北旱南涝)

## 2.3 我国北方干旱的年代际振荡趋势

最近,我们将中国东部季风区夏季降水分布划分为 2 大类 4 亚型,2 大类分别是;E1 类:夏季降水分布为南北多中间少;E2 类:夏季降水分布为南北少中间多。每一大类又分为 2 个亚型,分别是: E1a

型,夏季主要雨带在黄河流域及华北一带;E2b型,夏季主要雨带在黄河与长江之间;E2c型:夏季主要雨带在长江流域一带;E1d型:夏季主要雨带在江南、华南一带。图5是我国东部季风区夏季主要雨带纬度位置的年代际变化曲线,由图不难看出,夏季主要雨带位置的年代际变化趋势非常明显。70年代末以前,主要雨带纬度位置偏北,基本维持在34°N及以北地区,我国夏季降水的分布特征是北多南少,长江流域及其以南大部分地区处于一个相对少雨期,而北方大部分地区则处在一个相对的多雨期,北方干旱发生频率相对较低。70年代末以后,主要雨带纬度位置逐渐南移,一直维持在34°N以南地区,我国夏季降水的分布特征为北少南多,长江流域及其以南大部分地区处于一个相对的多雨期,而北方大部分地区则处在一个相对的少雨期,北方干旱频繁发生。

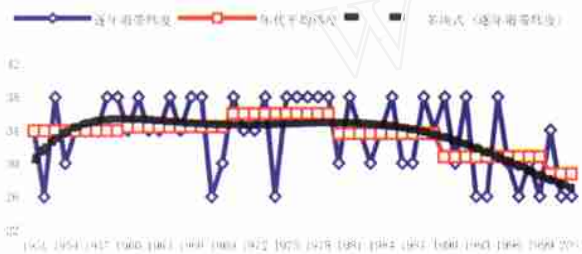


图5 东部季风区夏季主要雨带纬度位置的年代际变化  
(各类雨型对应的纬度: E1a型, 38°N; E2b型, 34°N;  
E2c型, 30°N; E1d型, 26°N)

Fig.5 Interdecadal change of main rain belt latitude in summer in East China monsoon region

进一步分析中国夏季降水与5大主要影响因素的年代际演变规律,结果发现,它们之间存在着基本一致的年代际振荡趋势。冬季赤道东太平洋海温、青藏高原冬季积雪日数和夏季亚洲季风指数、东亚阻塞高压指数、西太平洋副热带高压指数的累积距平曲线(图略)与图5中国夏季主要雨带位置的年代际变化趋势相当一致,其结果如表2所示。50年代

表2 中国夏季降水及主要影响因素的年代际振荡趋势

Tab.2 The interdecadal oscillation trend of precipitation in summer and its influence factors in China

气候要素	赤道东太平洋海温	青藏高原原积雪	亚洲季风	东亚阻塞高压频率	西太平洋副热带高压位置	中国夏季降水分布特征
70年代末以前 优势气候状态	低	少	强	低	北	北多南少 (北涝南旱)
70年代末以后 优势气候状态	高	多	弱	高	南	北少南多 (北旱南涝)

到70年代末,占优势的气候状态是:赤道东太平洋海温偏低,青藏高原冬春少雪,夏季亚洲季风偏强、

东亚阻塞高压出现的频率相对较低、西太平洋副热带高压位置偏北,对应我国夏季是北方多雨、南方少雨的降水分布型。70年代末以后,气候状态的主要特点与70年代末以前基本相反:赤道东太平洋海温偏高,青藏高原冬春多雪,夏季亚洲季风偏弱、东亚阻塞高压出现的频率相对较高、西太平洋副热带高压位置偏南,对应我国夏季是南涝北旱的降水分布型。目前还仍然处在后一个阶段,下垫面热源和大气环流背景都是有利于我国北方地区维持少雨、干旱的气候状态。

### 3 结 语

3.1 全国旱灾面积以及成灾面积的变化均成增加的趋势,西北地区近50a降水变化趋势为:50年代降水较多,变幅较大;60年代到80年代前期降水稍偏少,变幅较小;80年代后期以来,降水趋于增加。华北地区降水总趋势是减少的。

3.2 我国北方地区近些年大范围的持续干旱就是在这种全球气候变暖的大背景下发生的。进一步分析中国夏季降水与5大主要影响因素的年代际演变规律,结果发现,它们之间存在着基本一致的年代际振荡趋势。50年代到70年代末,占优势的气候状态是:赤道东太平洋海温偏低,青藏高原冬春少雪,夏季亚洲季风偏强、东亚阻塞高压出现的频率相对较低、西太平洋副热带高压位置偏北,对应我国夏季是南旱北涝的降水分布型。70年代末以后,气候状态的主要特点与70年代末以前基本相反,我国夏季降水主要是南涝北旱的分布特征。

以上仅仅是对干旱气候的基本特征与成因进行了初步分析,但干旱形成的机理是极其复杂的,今后还需要进行深入的研究。

#### 参考文献:

[1] 赵振国. 我国汛期旱涝趋势预测进展. 气候预测研究[M]. 北京:气象出版社,1996. 84 - 93.

[2] 赵振国. 中国夏季旱涝及环境场[M]. 北京:气象出版社,1999. 28 - 110.

[3] 陈兴芳,赵振国. 中国汛期降水预测研究及应用[M]. 北京:气象出版社,2000. 66 - 99.

[4] 王绍武. 现代气候学研究进展[M]. 北京:气象出版社,2001. 226 - 259.

[5] 赵振国,陈国珍,王永光,等. 影响中国汛期降水物理因素的分析[A]. 气候变化与预测研究 - 国家气候中心成立五周年纪念文集[C]. 北京:气象出版社,2000. 65 - 75.

[6] 赵振国,陈国珍,王永光,等. 厄尔尼诺、拉尼娜事件对东亚环

- 流和中国气候的可能影响,国家“九五”重中之重 96 - 908 科技项目《我国短期气候预测系统的研究》之四,短期气候监测、预测、服务综合业务系统的研制[M]. 北京:气象出版社,2000. 313 - 321.
- [7] 赵振国,刘海波. 我国短期气候预测的业务技术发展[J]. 气象软科学,2002,(2):9 - 16.
- [8] 赵振国,许力,孙林海,等. 中国夏季雨型划分的基本思路和方法[A]. 全国气候业务技术交流研讨会文集[C]. 2002. 138 - 141.

## The drought characteristics analysis in North China and its causes of formation

LI Wei - jing ,ZHAO Zheng - guo ,LI Xiang ,SUN Lin - hai

(National Climate Center ,Beijing 100081 ,China)

**Abstract :**In this paper , the spatial and temporal characteristics of drought in China are analyzed. On the basis of the main factors of the influence of China climate anomaly , the causes of drought are also studied. It is shown that the causes of formation are mostly the global and regional climate warming , the inter - annual and decadal oscillation of the main factors.

**Key words :**drought feature ;cause analysis of drought ;climate change