

# 中国东北地区地表干湿状况的变化及趋势分析\*

孙力 沈柏竹 安刚

(吉林省气象科学研究所, 长春 130062)

## 摘要

利用1961~2000年中国东北地区80个测站的月降水和平均气温资料,通过计算地表最大潜在蒸发、地表干燥度指数和地表水分盈亏量,分析了东北地区及其7个不同气候区域地表干湿状况的时空分布规律及其变化趋势,并探讨了它与降水和气温的关系。结果表明,东北地区及其不同区域的地表干湿状况不仅具有较大的地域差别和年际及年代际变率,而且存在着明显的阶段性和低频变化特征,特别是20世纪90年代中期以来,东北地区呈现出较强的变干倾向,并且由于气温升高所导致的潜在蒸发的加大与降水一样对这一变干倾向也有十分重要的影响。

关键词: 东北地区 干旱化倾向 地表干燥度指数 气候变化

## 引言

我国是世界上主要的干旱国家之一,干旱、半干旱面积约占国土面积的二分之一,且大部分集中在西北、华北和东北地区。由于北方干旱化与水资源严重匮乏以及植被减少和荒漠化(沙漠化和盐碱化)加剧等生态环境问题密切相关而日益受到重视,特别是近些年来人们对华北和西北地区干旱化趋势及其对水资源的影响方面做了大量有价值的工作<sup>[1~9]</sup>,揭示了很多新的规律和事实。但相比之下,有关东北地区这方面的研究却不是很多,个别的一些探讨也只是集中在对该地区降水异常时空分布规律的分析上<sup>[10,11]</sup>,并仅以降水是否减少作为衡量干旱化倾向是否存在标准。而实际上,降水的减少只是干旱化可能发生的一个方面,干旱化的指标应该是能够衡量地表水分收支大小的综合参量。在本文的研究中,我们利用东北地区均匀分布的80个测站40年来(1961~2000年)的月降水和月平均气温资料,首先计算了能够体现地表干湿状况的物理量——地表干燥度指数和地表水分盈亏量,并分析了这两个物理量的年际和年代际特征及其地域差别,希望能够对东北地区地表干湿状况的变化及趋势有更加深入的了解。

## 1 资料和分析方法

干燥度指数可以被定义为蒸发力  $E$  与降水量  $R$  之比值,即:

$$D = \frac{E}{R} \quad (1)$$

其中,  $D$  为干燥度指数,  $R$  为月降水总量,  $E$  为最大潜在蒸发,它的计算可以表示如下<sup>[1]</sup>:

\* 国家科技部社会公益研究专项基金资助。

2002-09-27 收到, 2002-11-12 收到修改稿。

$$E = \begin{cases} 0 & T \leq 0 \text{ } ^\circ\text{C} \\ 1.6 d (10 T / I)^a & 0 \text{ } ^\circ\text{C} < T \leq 26.5 \text{ } ^\circ\text{C} \\ a_1 + a_2 T + a_3 T^2 & T > 26.5 \text{ } ^\circ\text{C} \end{cases} \quad (2)$$

式中,  $E$  为最大潜在蒸发(cm),  $T$  为月平均温度( $^\circ\text{C}$ ),  $d$  为每月天数除以 30,  $a = 0.49239 + 1.792 \times 10^{-2} I - 7.71 \times 10^{-5} I^2 + 6.75 \times 10^{-7} I^3$ ,  $I$  为加热指数,  $I = \sum_{i=1}^{12} (\frac{T_i}{5})^{1.514}$ , 其中  $T_i$  为第  $i$  个月的平均气温。这是马柱国等<sup>[1]</sup>对 Thornthwaite 计算潜在蒸发公式<sup>[12]</sup>的一个修正,并证实对我国北方地区计算较长时段的蒸发力是适合的<sup>[1]</sup>。可以看出,温度在零度以下时,蒸发力  $E$  为零,这时可以近似地用降水量表示北方冬季地表湿润状况。降水量  $R$  与蒸发力  $E$  的差值称为地表水分盈亏量:

$$W = R - E \quad (3)$$

以上可以看出,当某地降水小于蒸发力时,干燥度  $D > 1$ ,水分盈亏量  $W < 0$ ,表示该地降水不能满足蒸发所需要的水分,因此,该地是比较干燥的,反之,是比较湿润的。当两者相当时,表示达到干湿平衡。 $D$  和  $W$  分别是表示地表干湿状况的相对量指标和绝对量指标。

在分析东北全区及其不同区域干燥度指数及潜在蒸发的变化趋势时,我们采用了 Mann-Kendall 法<sup>[13]</sup>,它的主要内容是:对于时间序列  $x_1, x_2, \dots, x_j \dots x_i \dots x_n$ ,  $m_i$  表示第  $i$  个样本  $x_i$  大于  $x_j$  ( $1 \leq j \leq i$ ) 的累积数,计算统计量:

$$d_k = \sum_{i=1}^k m_k \quad (2 \leq k \leq n) \quad (4)$$

$$\text{将 } d_k \text{ 标准化: } u(d_k) = (d_k - E[d_k]) / \sqrt{\text{var}[d_k]} \quad (5)$$

式中,  $E[d_k]$ ,  $\text{var}[d_k]$  为  $d_k$  的数学期望和方差,设定时间序列是随机独立的平稳序列,  $u(d_k)$  遵从标准正态分布,其概率  $P(u)$  小于信度 1.96 (即  $\alpha_0 = 0.95$ ) 时,表示序列具有较强的增长或减少趋势。采用反序列表,得到其反序列为:

$$\begin{cases} u'(d_i) = -u(d'_i) \\ i' = n + 1 - i \end{cases} \quad (i, i' = 1, 2, \dots, n) \quad (6)$$

当  $u(d_i)$  与  $u'(d_i)$  两条曲线相交于正负信度线之间时,此相交点表示突变的开始。

本文所用资料为东北三省及内蒙古东北部均匀分布的 80 个测站 40 年(1961 ~ 2000 年)的月降水和月平均气温资料,范围大约为  $39^\circ \sim 54^\circ \text{N}$ ,  $117^\circ \sim 134^\circ \text{E}$ 。按文献[10],并根据地理位置,地形地貌和下垫面分布及影响天气系统的差异,可以将整个东北地区分为 7 个气候敏感区域,即东北南部区(I 区)、西部平原区(II 区)、辽宁西部区(III 区)、三江平原区(IV 区)、内蒙古东北部区(V 区)、东南部山区(VI 区)和东北北部区(VII 区),各气候敏感区域内的旱涝异常具有相对一致的性质。

图 1 为测站分布和分区示意图。

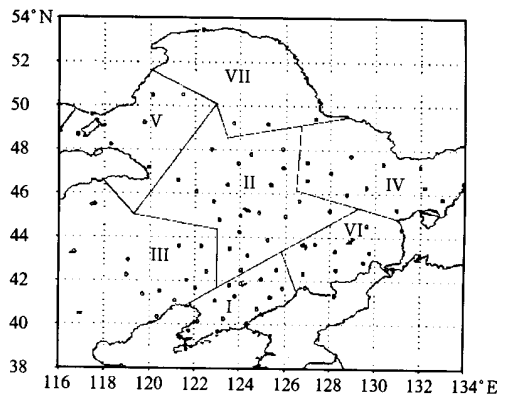


图 1 分区和站点分布,“.”表示测站位置

由于东北地区的绝大部分降水都发生在农作物生长季(5~9月),农作物生长季基本上代表了全年的地表干湿状况,因此本文分析主要针对5~9月而言。

## 2 结果分析

### 2.1 东北地区地表干湿状况的空间分布

图2、3、4分别表示东北地区5~9月地表干燥度指数和水分盈亏量以及地表潜在蒸发的空间分布。可以看出,东北地区农作物生长季地表干湿状况在地理分布上存在着较大的差异,东北西部、内蒙古的东部和东北部以及黑龙江和吉林东部的部分地方地表干燥度指数均在1.0以上,地表相对比较干燥,处于水分亏损状态,特别是吉林西部、辽宁西部和内蒙古的东部及东北部的部分地方,干燥度指数均在1.3以上,水分亏损达90~200 mm。而在东北的南部和东南部山区以及三江平原的部分地方,干燥度均小于1.0,是东北地区较为湿润的地方,水分盈余可达50~200 mm。值得一提的是,东北地区干湿状况随季节变化也有很大差别,5月份和9月份的地表最为干燥,整个东北地区均处于水分亏损状态,其中东北西部和内蒙古的东部及东北部等地月水分亏损可达40~50 mm,并且除7月份外(全区较湿润),上述地区仍然是比较干燥的,即使是8月份也是如此。

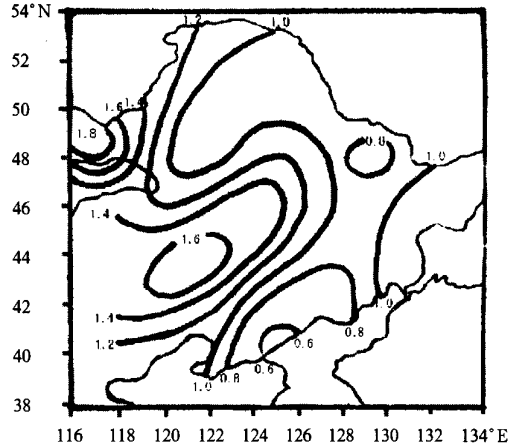


图2 东北地区5~9月地表干燥度指数的空间分布

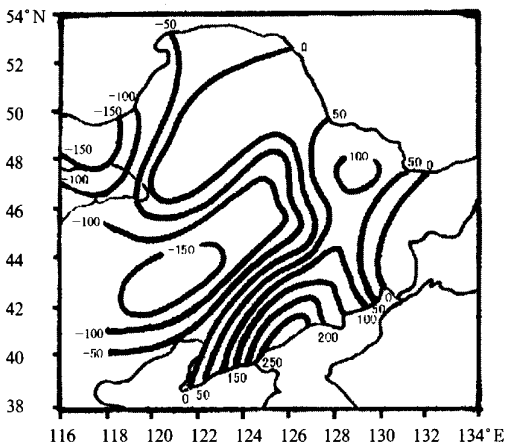


图3 东北地区5~9月地表水分盈亏量的空间分布(mm)

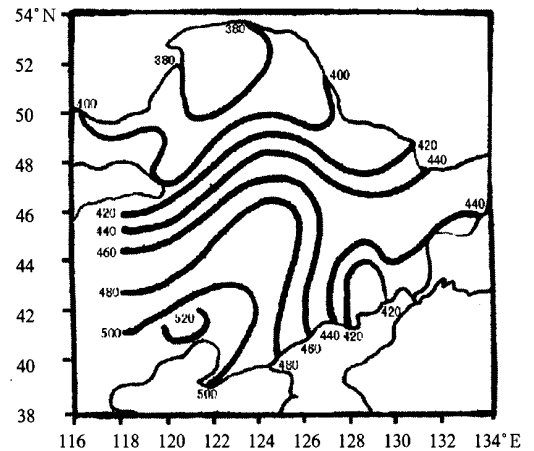


图4 东北地区5~9月地表潜在蒸发的空间分布(mm)

### 2.2 东北地区地表干湿状况的年际和年代际变化特征及趋势分析

东北地区的绝大部分降水都发生在农作物生长季,因此这一时期基本上代表了全年

的干湿状况。图 5 为东北地区及其 7 个气候敏感区区域平均的地表干燥度指数和潜在蒸发的年际变化以及用 Mann-Kendall 法<sup>[13]</sup>所做的上述要素 10 年滑动平均的趋势分析。从图中可以看出如下特点:①东北地区及其不同区域地表干燥度和水分盈亏量均具有较大的年际变率。平均来说,全区  $D$  值为 0.99,总年际变率为 0.11,最大值为 1.44,最小值 0.77,最大变差为 0.67, $W$  值为 10.83 mm,总年际变率为 51.65 mm。其中 I 区、VI 区和 VII 区较为湿润,平均  $D$  值分别为 0.75、0.92 和 0.95,总年际变率分别为 0.13、0.15 和 0.11,最大变差为 0.85、0.84 和 0.63, $W$  值为 191.93 mm、56.29 mm 和 32.05 mm。地表较为干燥的区域依次是 V 区、II 区和 III 区,平均  $D$  值为 1.56、1.30 和 1.28,总年际变率为 0.31、0.24 和 0.29,最大变差为 2.12、1.20 和 1.42, $W$  值为 -129.72 mm、-84.20 mm 和 -89.70 mm。可见地表干燥区  $D$  值的年际变率大,最大变差也大,5~9 月地表水分亏损达 80~130 mm,而地表湿润区  $D$  值的年际变率相对较小,最大变差也小,5~9 月地表水分盈余达 30~190 mm。②40 年来,东北地区及其不同区域的地表干燥度指数和水分盈亏量还具有明显的阶段性和低频变化特征。全区  $D$  值的时间演变特点大致是 20 世纪 60 年代初至 70 年代末,是  $D$  值的明显上升阶段(变干),趋势达到了 95% 的显著性标准(图中曲线纵轴的绝对值大于 2),80 年代初至 90 年代中期,是  $D$  值的减小阶段(变湿),90 年代中期以来, $D$  值又呈明显的增加趋势并达到了 95% 的显著性检验,即目前就整个东北地区而言正处在一个地表变干的时期。潜在蒸发  $E$  从 20 世纪 60 年代初至 70 年代中前期呈变小趋势,此后一直到 2000 年一直快速增加并达到 95% 的信度标准,目前正处于 40 年来的极值。与全区  $D$  值及  $E$  值变化趋势相类似的还有 I 区、II 区、IV 区和 VII 区,区别在于,I 区  $D$  值增加时十分明显,而减小时较为平缓,40 年来总趋势以变干为主。II 区  $E$  值是在经历了 80 年代中前期至中后期的一个并不太显著的减小阶段后,才又开始迅速增加的。而 VII 区  $E$  值从 60 年代初开始就一直呈明显的上升趋势。III 区  $D$  值的变化特点是 60 年代和 70 年代中期至 80 年代中期以及 90 年代中期以来是增加阶段,而 70 年代前期和 80 年代中期至 90 年代中期则是  $D$  值的减小阶段, $E$  值变化与全区相类似。V 区  $D$  值演变与其它区域有明显的不同,其  $D$  值在 60 年代是增加的,从 70 年代开始一直到 90 年代中期的大约 25 年中,该区域地表主要是变湿趋势,虽然其间也有波动,但振幅比较小,只是从 90 年代中期以后,才缓慢上升,但并不太显著。VI 区地表干湿演变也有自身特点,其  $D$  值从 60 年代初一直到 80 年代初明显增长,80 年代以后又明显下降,90 年代以来, $D$  值变化平稳,趋势不太明显。以上可以看出,由于受地理位置、地形地貌和下垫面差异的影响,东北地区不同区域的地表干湿变化及趋势各有特色,但有一点是共同的,即 90 年代中期以来东北大部的变干倾向是显著的。

东北地区 40 年来的地表干湿状况不但有明显的年际变化和地域差别,其年代际变化也是值得关注的,把 1961~2000 年的年平均值或年总量每 10 年进行算术平均,每个值就代表它所在的年代,多年平均值用国际上惯用的 1961~1990 年的平均值。表 1 为东北全区及其不同区域各年代的地表干燥度指数,水分盈亏、潜在蒸发和降水及气温与平均值的差值,以此来研究地表干湿状况的年代际变化及其与降水和气温之间的联系。

由表 1 可知,就整个东北地区而言,20 世纪 60 年代  $D$  值为负距平,是一个相对较为湿润的年代,地表变湿主要与该年代的降水增加相联系。70 年代  $D$  值为较明显的正距平,

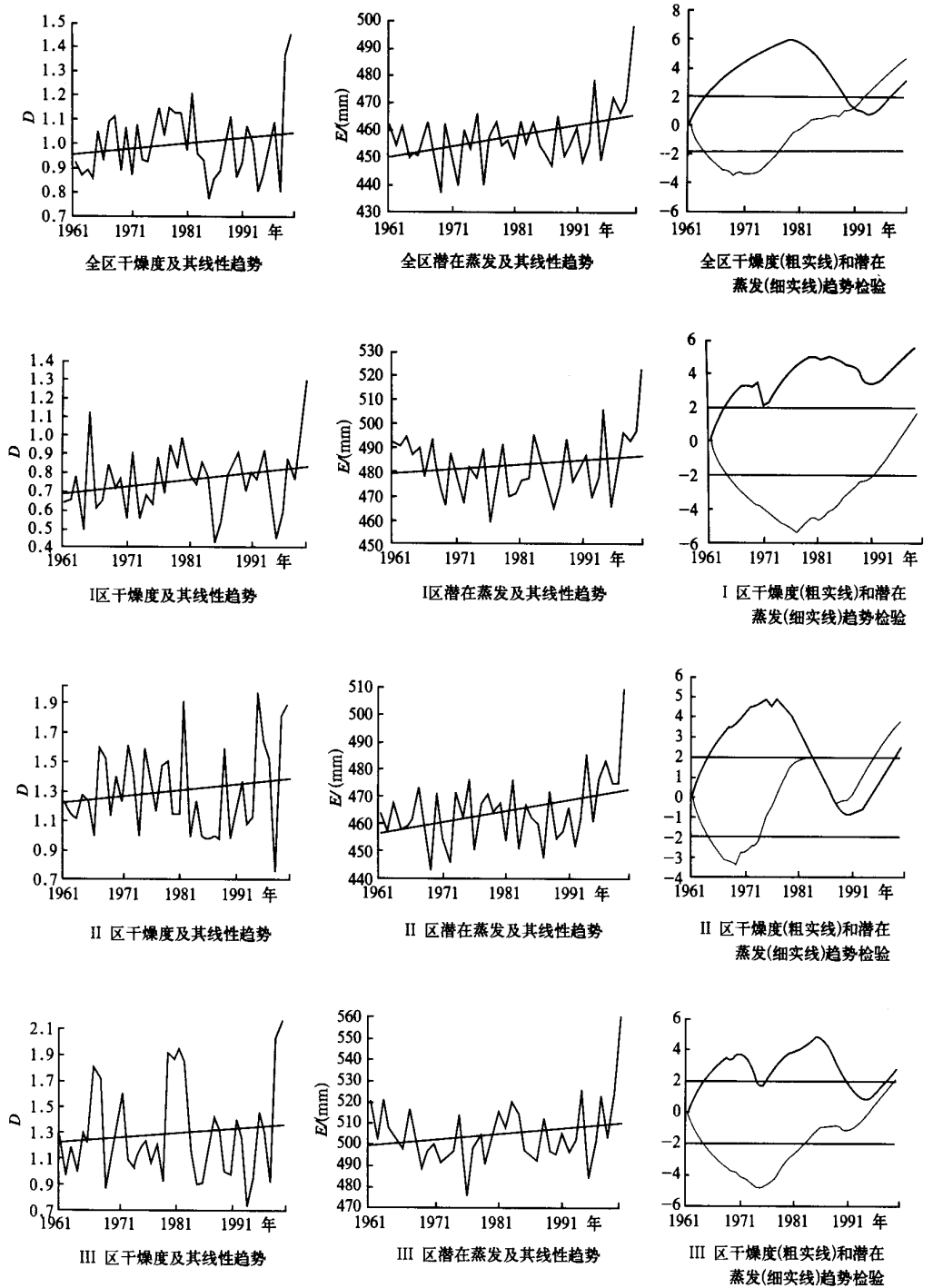
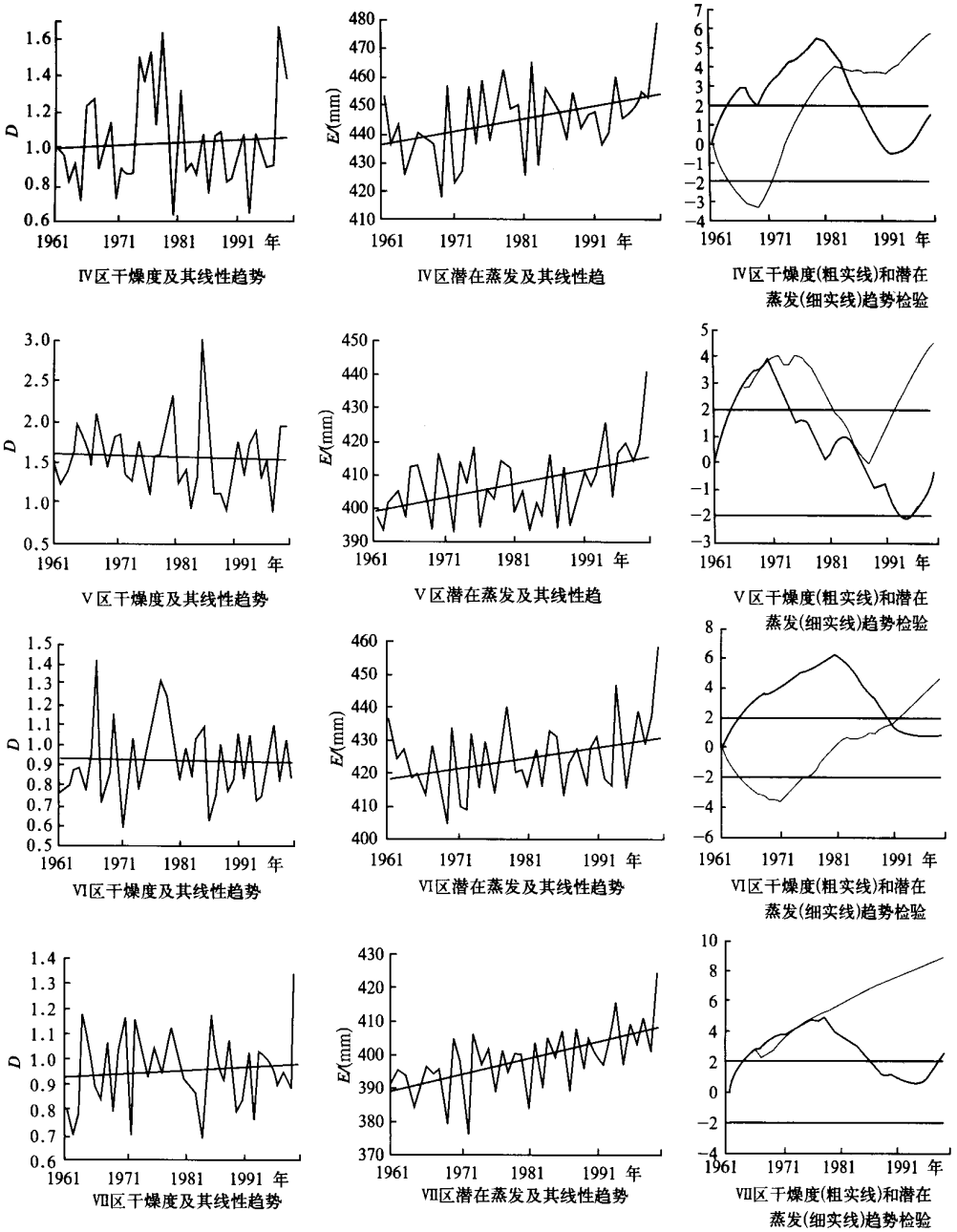


图5 东北地区及其不同区域地表干燥度指数、潜在蒸发的年际变化及趋势检验



续图 5

即地表急剧变干,这种变干主要是与该年代降水的大幅度减少相对应。80年代  $D$  值又转为负距平,是40年来最为湿润的一个年代,直接原因也是降水的增加。尽管这个年代的气温也是正距平,但数值较小,它所导致的蒸发量的增加是微不足道的。进入90年代  $D$  值的增加较为明显,距平达 0.05,但导致这个年代地表变干的原因却与上述有所不同。

表1 1961~2000年东北地区地表干燥度、潜在蒸发、水分盈亏和降水及气温的年代际距平

年代	东北全区					I区				
	干燥度 指数	潜在蒸 发(mm)	水分盈 亏(mm)	降水 (mm)	气温 (℃)	干燥度 指数	潜在蒸 发(mm)	水分盈 亏(mm)	降水 (mm)	气温 (℃)
60	-0.02	0.42	6.27	6.69	0.01	-0.01	5.28	14.67	19.95	0.22
70	0.05	-0.99	-25.01	-26.00	-0.06	0.02	-4.50	-24.30	-28.80	-0.22
80	-0.04	0.57	18.74	19.31	0.06	-0.01	-0.78	9.63	8.85	-0.01
90	0.05	11.02	-11.52	-0.50	0.56	0.07	8.73	-38.22	-29.49	0.38
年代	II区					III区				
	干燥度 指数	潜在蒸 发(mm)	水分盈 亏(mm)	降水 (mm)	气温 (℃)	干燥度 指数	潜在蒸 发(mm)	水分盈 亏(mm)	降水 (mm)	气温 (℃)
60	0.00	0.01	-5.49	-5.48	0.01	-0.04	3.3	8.73	12.03	0.12
70	0.09	1.47	-28.35	-26.88	0.03	-0.02	-5.74	4.29	-1.18	-0.26
80	-0.08	-1.48	33.84	32.36	-0.04	0.07	2.44	-13.28	-10.84	0.14
90	0.17	12.63	-31.85	-19.22	0.62	0.01	10.76	-1.96	8.8	0.40
年代	IV区					V区				
	干燥度 指数	潜在蒸 发(mm)	水分盈 亏(mm)	降水 (mm)	气温 (℃)	干燥度 指数	潜在蒸 发(mm)	水分盈 亏(mm)	降水 (mm)	气温 (℃)
60	-0.03	-4.43	4.01	-0.42	-0.23	0.05	0.15	-19.65	-19.50	0.01
70	0.13	2.16	-41.85	-39.69	0.08	0.01	0.48	-8.03	-7.55	0.02
80	-0.09	2.27	37.85	40.12	0.15	-0.04	-0.63	27.68	27.05	-0.02
90	0.00	11.20	0.56	11.76	0.46	0.01	14.87	-4.07	10.80	0.77
年代	VI区					VII区				
	干燥度 指数	潜在蒸 发(mm)	水分盈 亏(mm)	降水 (mm)	气温 (℃)	干燥度 指数	潜在蒸 发(mm)	水分盈 亏(mm)	降水 (mm)	气温 (℃)
60	0.00	0.57	-1.64	-1.07	0.01	-0.03	-2.32	14.32	12.00	-0.09
70	0.05	-2.06	-16.54	-18.60	-0.11	0.06	-0.63	-29.34	-29.97	-0.08
80	-0.05	1.50	18.18	19.68	0.10	-0.03	2.95	15.02	17.97	0.18
90	-0.03	9.08	9.36	18.44	0.48	0.01	12.04	-2.30	9.74	0.70

整个年代全区降水距平只有 -0.5 mm,变化非常小。而气温距平却达到了 0.56 ℃,这一数字不但在全国,甚至在整个北半球都属显著的地区之一。它所导致的潜在蒸发量的增加也很可观,E值的距平达到了 11.02 mm,相当于10年来东北地区80个测站平均每站地表最多可多支出水分 110.2 mm,即90年代以来,东北地区与我国其它北方地区(例如华北)一样也存在着干旱化的问题,只不过原因与华北地区略有不同<sup>[1]</sup>。这一结果与最近的某些研究工作也存在着差异,例如文献<sup>[10]</sup>根据降水的变化分析指出,东北地区90年代的旱涝等级为4(Z指数),属正常,因此没有干旱化倾向,但如果把由于气温升高所导致的地表蒸发加大的因素也考虑进去,则结果就有可能完全不同。事实上,近几年的一些研究也发现<sup>[14-16]</sup>,90年代东北地区西部生态环境呈恶化趋势,表现为沙化碱化面积增加并向东发展,植被和水域面积减少,这也是该地区地表干旱化的直接表现,显然本文的结果可能更加符合实际。一般情况下,地表变干与降水减少和气温升高相联系,而变湿与降水增加和气温降低相对应,但有些情况下,即使降水变化不大,也不能表明地表就不存在干湿变化的趋势,上述结果也证明了这一点。

东北其它不同地区地表干湿状况的年代际变化大致是,I区60年代和80年代较为

湿润,原因是降水增加,70年代较为干燥,原因是降水减少,90年代地表的明显变干( $D$ 值距平达0.07)趋势是由降水减少和蒸发加大共同作用的结果,使得该区域10年来平均每个测站地表水分盈亏量减少了382.2 mm,这是一个十分可观的数字,表明即使是东北最为湿润的地区,90年代以来的地表变干趋势也是不容忽视的。II区的变化特点是,60年代 $D$ 值无变化,70年代的变干和80年代的变湿均主要与降水的减少和增加相联系,进入90年代,该区明显升温,距平达0.62℃,是东北各地区增暖最显著的区域之一,所造成的地表潜在蒸发也大量增加,并与同期降水的减少等量齐观,10年来该区域平均每个测站地表水分盈亏量减少了318.4 mm,这对于本来地表就比较干燥的东北西部平原地区来说,其影响无疑是十分重大的。由表中可见,该区 $D$ 值距平达到0.17,是东北地区地表干旱化最为显著的区域,也是引起该区域土地沙化碱化增加并向东发展以及植被减少和水域面积(包括湿地)萎缩等生态环境问题的主要原因之一。III区60年代和70年代是比较湿润的,60年代降水增加,而70年代虽然降水稍有减少,但气温的降低也使地表蒸发同时有明显减少。80年代降水的明显减少是该区域出现明显变干趋势的主要原因,这一点与其它区域均有所不同,进入90年代,随着气温的明显升高,地表蒸发也同时加大,但在降水也明显增加的作用下,该地区虽也有变干趋势,但也并不算太显著。IV区60年代和80年代较为湿润,70年代比较干燥,这与东北全区的变化是一致的,90年代虽然降水有明显增加,但由于和显著增温所带来的蒸发加大相抵消,使得该区域地表也没出现变湿倾向, $D$ 值距平为0。V区在60年代和70年代由于降水减少,使得地表较为干燥,80年代随着降水的大幅度增加而变得比较湿润,90年代以来,降水继续明显增加,但气温的升高更为显著,距平达到0.77℃,是东北地区变暖最显著的区域,所导致的潜在蒸发量加大也超过了降水的增长,使得该区域地表非但没有变得湿润,反而干旱有所增加。VI区90年代以来的干湿变化与其它各区均有所不同,它是唯一一个地表变得湿润的地区,原因是降水大幅度增长,这种增长也是东北地区90年代最为显著的区域,虽然由于增温所带来的蒸发加大也达到了很可观的程度,但还不足以抵消降水增强的作用。VII区的特点与V区相类似,特别是90年代的显著升温(气温距平达0.7℃)占有主导地位。

以上分析可以看出,虽然东北不同区域40年来地表干湿变化各有特点,但总体上讲90年代之前的这种变化主要还是受降水的增加或减少所左右,气温的影响比较小,90年代以来,随着气温的大幅度上升,它所导致的蒸发加大也变得越来越重要,对地表干湿变化甚至与降水增减的作用等量齐观,这一点是我们过去很少注意到的,即气温升高加剧了干旱化的发展,七个不同区域中虽然有五个在该年代降水有不同程度的增加,但存在湿润倾向的只有一个,这一事实也说明了这一点。很多数值模拟结果表明,上个世纪的气候变暖主要是温室气体增加造成的,并且未来在 $\text{CO}_2$ 浓度倍增的情况下,全球气温还将上升1.5~3.5℃<sup>[17-19]</sup>,尤其是中高纬度可能更为突出,特别是文献[20]的结果表明,在 $\text{CO}_2$ 浓度倍增时,东北地区的气温大约可以升高2~3℃,而降水在东北南部有所减少,在北部有所增加,总体上看东北地区降水变化不大或略有增长。因此,未来东北地区由气温升高所导致的干旱化问题很值得人们的关注,它将对该地区的生态环境和经济可持续发展产生深刻影响。

以上给出了东北地区区域平均的地表干燥度指数的时间演变规律,除此之外,对该区



域地表干湿状况地理分布的探讨也有助于了解其年变化趋势的地域特征。图6是由Mann-Kendall法计算的东北地区农作物生长季(5~9月)地表干燥度指数的变化趋势,为突出年际趋势,对资料进行了9年滑动平均处理。可以看出,东北绝大部分地区的地表干燥度指数都在增加,即具有干化倾向,并且很多干化区都可以达到95%的信度标准(图中数字绝对值大于2),其中,特别以辽宁南部、吉林西部,辽宁西部和黑龙江东北部等地的干化趋势最为显著。而具有变湿倾向的地方很少,仅局限于吉林的东部山区和黑龙江最北端的漠河附近,且一般都不能通过95%的信度标准。

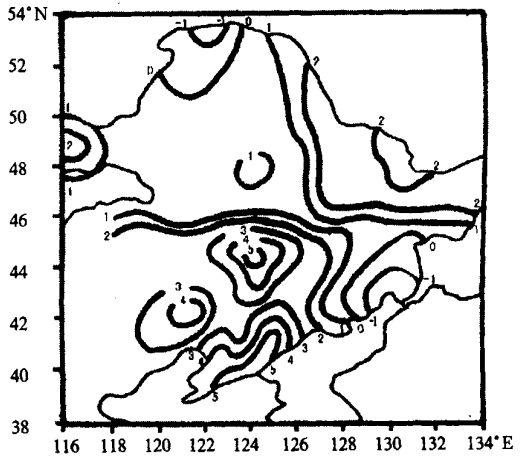


图6 1961~2000年地表干燥度指数的趋势  
(M-K法,负值为变湿趋势,正值为变干趋势;  
绝对值大于2的区域可达到95%的信度)

### 3 结 论

(1) 东北不同区域农作物生长季的地表干湿状况在地理分布上存在着较大差别,吉林西部、辽宁西部和内蒙古东部及东北部等地,干燥度指数一般都在1.3以上,地表水分亏损达90~200 mm,而东北南部和东南部山区等地的干燥度指数一般都在0.9以下,水分盈余达50~200 mm。但月季分布不均,除7月份外,东北大部都处于水分亏损状态。

(2) 东北全区及其不同区域的地表干燥度指数和水分盈亏总量具有较大的年际变化,特别是干燥区的年际变率和最大变差更为显著,即这些地区的地表水资源经常处于不稳状态之中,因此会对水资源的利用效率产生影响。

(3) 东北地区地表干湿状况具有明显的阶段性和低频变化特征,20世纪60年代初至70年代中后期是变干阶段,70年代中后期至90年代中期变湿倾向明显,90年代中期以后进入了一个新的变干阶段,其趋势达到了95%的信度检验。尤其是原来地表就比较干燥的东北西部更为突出,并对该区域生态环境恶化具有重要影响。即使是较为湿润的东北南部地区干化倾向也是比较显著的。

(4) 东北地区及其不同区域的地表干湿状况还存在着明显的年代际变化,并且90年代之前的这种变化主要受控于降水的增加或减少,气温的影响非常弱,90年代以来,随着气温大幅度上升,它所导致的地表潜在蒸发的加大也变得越来越重要,甚至与降水对地表干湿变化的作用等量齐观,即强烈的增暖也加剧了干旱化的发展,尽管90年代从整体上看东北地区的降水变化不大,甚至一些区域的降水还有所增加。当然,东北地区不同区域的具体情况也存在着差异。

## 参 考 文 献

- 1 马柱国,符淙斌.中国北方干旱区地表湿润状况的趋势分析.气象学报,2001,59(6):737~746.
- 2 张庆云.1880年以来华北降水及水资源的变化.高原气象,1999,18(4):486~495.
- 3 Fu Congbin. An aridity trend in China in Association with global warming. In Climate Biosphere Interaction: Biogenic Emissions and Environmental Effects of Climate Change. Edited by Richard G Zepp, 1994. 1~17.
- 4 严中伟.华北降水年代际振荡及其与全球温度变化的关系.应用气象学报,1999,10(增刊):16~22.
- 5 魏凤英,曹鸿兴.华北干旱异常的地区特征.应用气象学报,1998,9(2):205~211.
- 6 范广洲,吕世华,程国栋.华北地区夏季水资源特征分析及其对气候变化的响应(II):华北地区夏季水量丰枯与气候变化的关系.高原气象,2002,21(1):45~51.
- 7 李林,张国胜,汪青春,等.黄河上游流域蒸散量及其影响因子研究.气象,2000,26(2):6~10.
- 8 李栋梁,谢金南,王文.中国西北夏季降水特征及其异常研究.大气科学,1997,21(3):331~340.
- 9 孙国武,刘晓东,陈葆德,等.夏季青藏高原地面热源对黄河上游流量及径流的影响.应用气象学报,1993,4(1):22~29.
- 10 孙力,安刚,丁立.中国东北地区夏季旱涝的分析研究.地理科学,2002,22(3):311~316.
- 11 孙力,安刚,丁立,等.中国东北地区夏季降水异常的气候分析.气象学报,2000,58(1):70~82.
- 12 Thornthwaite C W. An approach toward a rational classification of climate. *Geogr Rev.*, 1948,38:55~94.
- 13 Snyers R. On the statistical analysis of series of observations. Technical Note, 143, WMO, Geneva, 1990.11.
- 14 廉毅,高枞亭,任红玲,等.吉林省西部荒漠化发展的陆地卫星遥感监测分析.气象学报,1999,57(6):662~667.
- 15 廉毅,高枞亭,任红玲,等.二十世纪90年代中国东北地区荒漠化的发展与区域气候变化.气象学报,2001,59(6):730~736.
- 16 任红玲,廉毅,高枞亭,等.中国东北西部地区荒漠化发展前沿区域的遥感研究.第四纪研究,2002,22(2):136~140.
- 17 王绍武.现代气候学研究进展.北京:气象出版社,2001.440~443.
- 18 王绍武,赵宗慈.未来50年中国气候变化趋势的初步分析.应用气象学报,1995,6(3):333~342.
- 19 赵宗慈.IPCC科学评估报告研究进展.应用气象学报,1999,10(增刊):113~121.
- 20 秦大河主编.中国西部环境演变评估.北京:科学出版社,2002.56~60.

## A STUDY OF THE VARIATION AND TENDENCY OF SURFACE DRY AND WET STATE OF NORTHEAST AREA IN CHINA

Sun Li Shen Baizhu An Gang

(Institute of Meteorological Science of Jilin Province, Changchun 130062)

### Abstract

Based on the 80 observation station's data of monthly precipitation and mean monthly temperature over the northeast area in China from 1961 to 2000, the maximum potential evaporation, the aridity index and the water budget in the surface are computed. The spatial

and temporal distribution and the variation and tendency of the surface dry and wet status over the northeast China are analyzed, and the relationship between the dry wet status and precipitation and temperature is examined. The results show that not only the surface aridity index have a large interannual and decadal variation, but also have an obvious phasic change and low frequency variation characteristics. Since the mid of the 1990s, the northeast area in China shows the arid tendency obviously, and it is mainly controlled by the higher temperature which caused the potential evaporation increasing greatly.

**Key words:** Northeast China Desertification Aridity index Regional climatic change