

中国夏季区域干旱特征比较研究

姚玉璧^{1,2}, 董安祥¹, 张秀云², 王毅荣²

(1. 中国气象局兰州干旱气象研究所 甘肃省干旱气候变化与减灾重点实验室 中国气象局干旱气候变化与减灾重点实验室, 甘肃 兰州 730020; 2. 甘肃省定西市气象局, 甘肃 定西 743000)

摘要: 利用全国 515 站(1957~2000 年)气象资料,修正计算帕默尔干旱指数,研究中国夏季区域干旱演变特征及其与东亚夏季风的关系。结果表明:除内蒙古高原区、华北北部及长白山脉区、黄土高原区、云贵高原区、东北平原区等 5 区域夏季干旱指数呈下降趋势外,南岭区、长江中下游区、黄淮区域、塔里木盆地、天山北部区域、河西走廊及其沙漠戈壁区、青藏高原区等广大区域夏季干旱指数均呈上升趋势。中国夏季干旱指数大多存在 5~8 a 的短周期年际周期变化,12~13 a、15~16 a 的长周期年际周期变化存在于部分区域,个别区域还存在 20~25 a 长周期年际周期变化。西北和青藏高原夏季干旱指数与东亚夏季风指数呈负相关,中东部地区夏季干旱指数与东亚夏季风指数呈正相关。

关键词: 帕默尔干旱指数;夏季干旱;区域特征;中国

中图分类号: P461 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2009)01-0248-06

干旱是全球最为常见的自然灾害,据测算每年因干旱造成全球经济损失高达 60~80 亿美元,远远超过了其它气象灾害^[1];据统计,自然灾害中 70% 为气象灾害,而干旱灾害又占气象灾害的 50% 左右。中国平均每年有 667~2 667 万 hm^2 农田受灾,最高达 4 000 万 hm^2 ,每年减产粮食数百万 t 到 3 000 万 t。遇到大旱之年,我国粮食减产大约有一半以上来自旱灾。近些年来,随着全球温室效应的加剧、气温的不断升高,我国的干旱问题日益突出。干旱气候特点可以分为降水长期偏少的永久性干旱和气候异常性的阶段性干旱,中国主要干旱及半干旱区在西北和华北地区,气候异常性干旱在我国各地都不同程度存在着,影响较大^[2~4]。干旱涉及气象、农业、水文及社会经济等学科,各学科对干旱有不同的理解和定义,不同学科的着眼点不同,很难要求各学科在各地区都采用统一的干旱标准,气象干旱是其他各类干旱的基础,在众多的干旱指数(标)^[5~7]中,帕默尔(Palmer)干旱指标^[8]是气象干旱的主流指标,其物理意义明确,能反映出干旱渐变的特征,在我国的应用中进行了修正,初步应用证实帕默尔干旱指数基本适于我国,尤其在北方地区。但仍需要深入修正,建立合理干旱指标体系,区划全国干旱,分析干旱指数演变特点,对于农业生产、生态环境保护等有重要的现实意义。

1 资料与方法

干旱与其他气象灾害不同,它开始和结束的时间往往是模糊不清的,干旱事件的生命过程及干旱轻重程度之间的界限是模糊的,往往通过附着在地表的植被等体现出来,其中土壤水分起着极其重要的作用。影响土壤水分变化的原因是多方面的,诸如降水、气温、蒸发、土壤、作物群体结构等,定量描述各因素的影响是很困难的,但可以通过修正帕默尔干旱指数综合体现出来^[9~11]。

为使帕默尔干旱指数在全国具有普适性和可比性,对帕默尔干旱指数进一步修正。

修正帕默尔干旱指数模型:

$$Z_i = R_i - R_i \quad (1)$$

$$X_i = f(x_1, x_2, x_3, \dots)Z_i + g(x_1, x_2, x_3, \dots)X_{i-1} \quad (2)$$

式中, Z_i 为水分距平指数, R_i 为月降水量,为保持土壤水分适宜的月降水量(可以通过统计当地土壤水分与降水量关系得到); X_i 、 X_{i-1} 分别为本月及前一月干旱指数,修正系数函数 $f(x_1, x_2, x_3, \dots)$,滞后系数函数 $g(x_1, x_2, x_3, \dots)$ 。

修正帕默尔干旱指数越大干旱越严重,依据修正帕默尔干旱指数等级标准^[9],作物植被生长极端和普遍情况对应当地土壤水分确定 3 个级(修正帕

收稿日期:2007-07-20

基金项目:科技部科研院所社会公益研究专项(2004DIB5J192);干旱气象科学研究基金项目(IAM200711)

作者简介:姚玉璧(1962-),男,甘肃通渭人,高级工程师,主要从事农业气象业务和研究。E-mail:yaoyubi-099@sina.com。

默尔干旱指数极大值、极小值、0 值), 建立新序列, 统计确定(2)式中的待定系数, 以全国 20 a(1981~2000 年)0~100 cm 土层土壤湿度资料较全的 57 站, 建立 57 个逐月的干旱指数方程, 进一步回归建立 $f(x_1, x_2, x_3, \dots)$ 、 $g(x_1, x_2, x_3, \dots)$ 等系数在我国与经纬度、海拔等诸因子的空间函数, 以此计算全国 515 个站 44 年(1957~2000 年)逐月帕默尔干旱指数。夏季帕默尔干旱指数是指 6~8 月帕默尔干旱指数的平均值。

为提取该时段干旱变化的时空主要信息, 对年帕默尔干旱指数标准化资料序列采用了 EOF (经验正交分解函数) 和 REOF (旋转经验正交分解函数) 分解方法; 为分析干旱的气候演变特征采用了气候倾向率、Cubic 函数曲线拟合、小波分析。小波基(母波)采用 Morlet 小波^[12~14]。

2 中国干旱空间特征区域划分

REOF 每个空间型中数值反映空间相关程度, 大值区(含绝对值大值)内各地干旱变化之间相关程度较高, 以此把相关程度高的区域规划在一起, 利用其空间模分型。依据干旱指数的前 12 个 REOF 空间型把中国干旱变化分成 12 个区(图 1), 分别为内蒙古高原区(1 区)、南岭区(2 区)、华北北部及长白山脉区(3 区)、长江中下游区(4 区)、黄土高原区(5 区)、黄淮区域(6 区)、天山北部区域(7 区)、东北平原区(8 区)、河西走廊及其沙漠戈壁区(9 区)、云贵高原区(10 区)、塔里木盆地区(11 区)、青藏高原区(12 区)。这样的分区与全国降水的历史演变的特征区域和气候转型有较好的对应关系^[15]。

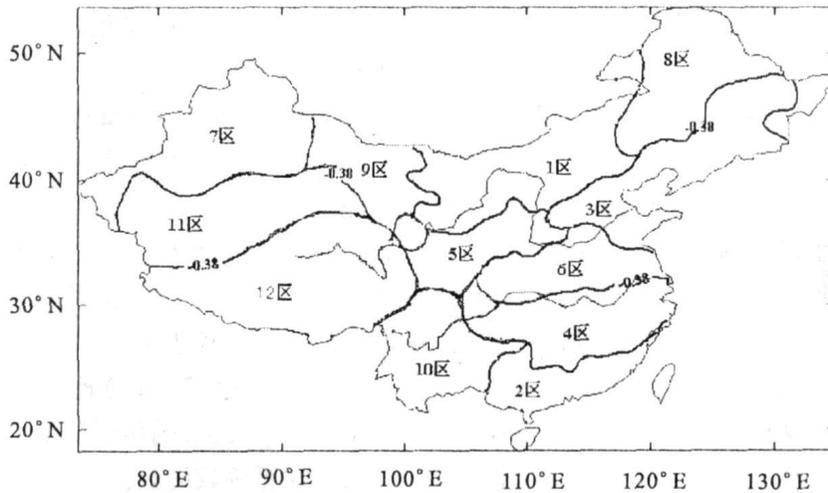


图 1 中国干旱区域划分

Fig. 1 Regionalization of arid areas over China

3 中国夏季干旱特征比较

选取 REOF 空间型分布中最大值所在站点代表该区域, 从 1 区到 12 区代表站依次为包头(109.9°E, 40.7°N)、汕尾(115.4°E, 22.8°N)、营口(122.3°E, 40.7°N)、玉山(118.3°E, 28.7°N)、武功(108.2°E, 34.3°N)、阜阳(115.8°E, 32.9°N)、石河子(86.1°E, 44.3°N)、通榆(123.1°E, 44.8°N)、玉门镇(97.0°E, 40.3°N)、会泽(103.3°E, 26.4°N)、且末(85.6°E, 38.2°N)、甘孜(100.0°E, 31.6°N)等。

3.1 夏季干旱指数趋势变化

内蒙古高原区(1 区)包头夏季干旱指数呈下降趋势(见图 2a), 曲线线性拟合倾向率为 $-0.038/10a$, Cubic 函数呈先降后升型, Cubic 方程为 $y = -0.0002x^3 + 0.0126x^2 - 0.2832x + 1.5048$, 其线

性化后的复相关系数 $R=0.434$, 通过 $\alpha=0.01$ 检验。

南岭区(2 区)汕尾夏季干旱指数呈上升趋势(见图 2b), 曲线线性拟合倾向率为 $0.328/10a$, Cubic 函数呈波动变化型, Cubic 方程为 $y = -0.0005x^3 + 0.0304x^2 - 0.5148x + 1.4143$, 其线性化后的复相关系数 $R=0.196$, 未通过 $\alpha=0.10$ 检验。

华北北部及长白山脉区(3 区)营口夏季干旱指数呈下降趋势(见图 2c), 曲线线性拟合倾向率为 $-0.065/10a$, Cubic 函数呈波动变化, Cubic 方程为 $y = -0.0001x^3 + 0.011x^2 - 0.2628x + 1.5196$, 其线性化后的复相关系数 $R=0.431$, 通过 $\alpha=0.01$ 检验。

长江中下游区(4 区)玉山夏季干旱指数呈上升趋势(见图 2d), 曲线线性拟合倾向率为 $0.788/10a$,

Cubic 函数呈波动变化, Cubic 方程为 $y=0.0005x^3-0.0323x^2+0.584x-3.2579$, 其线性化后的复相关系数 $R=0.329$, 通过 $\alpha=0.05$ 检验。

黄土高原区(5区)武功夏季干旱指数呈下降趋势(见图 2e), 曲线线性拟合倾向率为 $-0.257/10a$, Cubic 函数呈先升后降型, Cubic 方程为 $y=-0.0003x^3+0.0171x^2-0.3384x+1.8208$, 其线性化后的复相关系数 $R=0.471$, 通过 $\alpha=0.01$ 检验。

黄淮区域(6区)阜阳夏季干旱指数呈上升趋势(见图 2f), 曲线线性拟合倾向率为 $0.108/10a$, Cubic 函数呈波动变化, Cubic 方程为 $y=-0.0002x^3+0.0127x^2-0.2543x+1.0079$, 其线性化后的复相关系数 $R=0.142$, 未通过 $\alpha=0.10$ 检验。

天山北部区域(7区)石河子夏季干旱指数呈上升趋势(见图 2g), 曲线线性拟合倾向率为 $0.016/10a$, Cubic 函数呈先降后升型, Cubic 方程为 $y=0.000001x^3+0.0008x^2-0.0366x+0.2612$, 其线性化后的复相关系数 $R=0.284$, 通过 $\alpha=0.10$ 检验。

东北平原区(8区)通榆夏季干旱指数呈下降趋势(见图 2h), 曲线线性拟合倾向率为 $-0.032/10a$, Cubic 函数呈波动变化, Cubic 方程为 $y=-0.0002x^3+0.0103x^2-0.1805x+0.7131$, 其线性化后的复相关系数 $R=0.307$, 通过 $\alpha=0.05$ 检验。

河西走廊及其沙漠戈壁区(9区)玉门镇夏季干旱指数呈上升趋势(见图 2i), 曲线线性拟合倾向率为 $0.014/10a$, Cubic 函数呈波动变化, Cubic 方程为 $y=-0.00001x^3-3E-05x^2+0.0164x-0.1803$, 其线性化后的复相关系数 $R=0.318$, 通过 $\alpha=0.05$ 检验。

云贵高原区(10区)会泽夏季干旱指数呈下降趋势(见图 2j), 曲线线性拟合倾向率为 $-0.041/10a$, Cubic 函数呈波动变化, Cubic 方程为 $y=0.0001x^3-0.0039x^2-0.0184x+0.6766$, 其线性化后的复相关系数 $R=0.419$, 通过 $\alpha=0.01$ 检验。

塔里木盆地区(11区)且末夏季干旱指数呈上升趋势(见图 2k), 曲线线性拟合倾向率为 $0.030/10a$, Cubic 函数呈波动变化, Cubic 方程为 $y=0.00002x^3-0.0016x^2+0.0382x-0.248$, 其线性化后的复相关系数 $R=0.391$, 通过 $\alpha=0.01$ 检验。

青藏高原区(12区)甘孜夏季干旱指数呈上升趋势(见图 2k), 曲线线性拟合倾向率为 $0.229/10a$,

Cubic 函数呈波动变化, Cubic 方程为 $y=0.00003x^3-0.0013x^2+0.0311x-0.4578$, 其线性化后的复相关系数 $R=0.428$, 通过 $\alpha=0.01$ 检验。

3.2 夏季干旱指数周期振荡特征

用小波分析方法对夏季干旱指数的年际周期振荡特征进行分析, 可见, 内蒙古高原区(1区)包头夏季干旱指数存在 $7\sim 8a$ 、 $17\sim 18a$ 的年际周期变化(见图 3a), $7\sim 8a$ 短周期振荡一致性较好。

南岭区(2区)汕尾夏季干旱指数存在 $9\sim 10a$ 、 $20a$ 的年际周期变化(见图 3b), 且周期振荡一致性均较好, 华北北部及长白山脉区(3区)营口夏季干旱指数存在 $16\sim 17a$ 的年际周期变化(见图 3c)。

长江中下游区(4区)玉山夏季干旱指数存在 $7\sim 8a$ 、 $23\sim 24a$ 的年际周期变化(见图 3d), 其中 $7\sim 8a$ 短周期振荡在 1966~1990 年一致性较好。

黄土高原区(5区)武功夏季干旱指数存在 $8\sim 9a$ 、 $25a$ 的年际周期变化(见图 3e), 且长、短周期振荡一致性均较好。

黄淮区域(6区)阜阳夏季干旱指数存在 $8\sim 9a$ 、 $20a$ 的年际周期变化(见图 3f), 且周期振荡一致性较好。

天山北部区域(7区)石河子夏季干旱指数存在 $5\sim 6a$ 、 $12\sim 13a$ 的年际周期变化(见图 3g), $12\sim 13a$ 长周期振荡较明显。

东北平原区(8区)通榆夏季干旱指数存在 $5\sim 6a$ 、 $12\sim 13a$ 、 $25a$ 的年际周期变化(见图 3h), $12\sim 13a$ 长周期振荡较明显。

河西走廊及其沙漠戈壁区(9区)玉门镇夏季干旱指数存在 $5\sim 6a$ 、 $12\sim 13a$ 的年际周期变化(见图 3i), $12\sim 13a$ 长周期振荡较明显。

云贵高原区(10区)会泽夏季干旱指数存在 $5\sim 6a$ 、 $15\sim 16a$ 的年际周期变化(见图 3j), $15\sim 16a$ 长周期振荡较明显。

塔里木盆地区(11区)且末夏季干旱指数存在 $5\sim 6a$ 、 $16\sim 17a$ 的年际周期变化(见图 3k)。

青藏高原区(12区)甘孜夏季干旱指数存在 $5\sim 6a$ 、 $20a$ 的年际周期变化(见图 3l)。

4 干旱指数与东亚夏季风的关系

由于东亚夏季风(EASM)的影响系统较多, 从高纬到低纬, 甚至南半球的澳大利亚高压等。文中引用郭琪蕴^[15]的定义, 取 $10^\circ\sim 50^\circ N$ 范围内, 每 10° 纬圈上 $110^\circ E$ 减去 $160^\circ E$ 之间的气压差值 $\leq -5 hPa$ 的所有数值之和, 把各年的值与多年平均求比值, 将

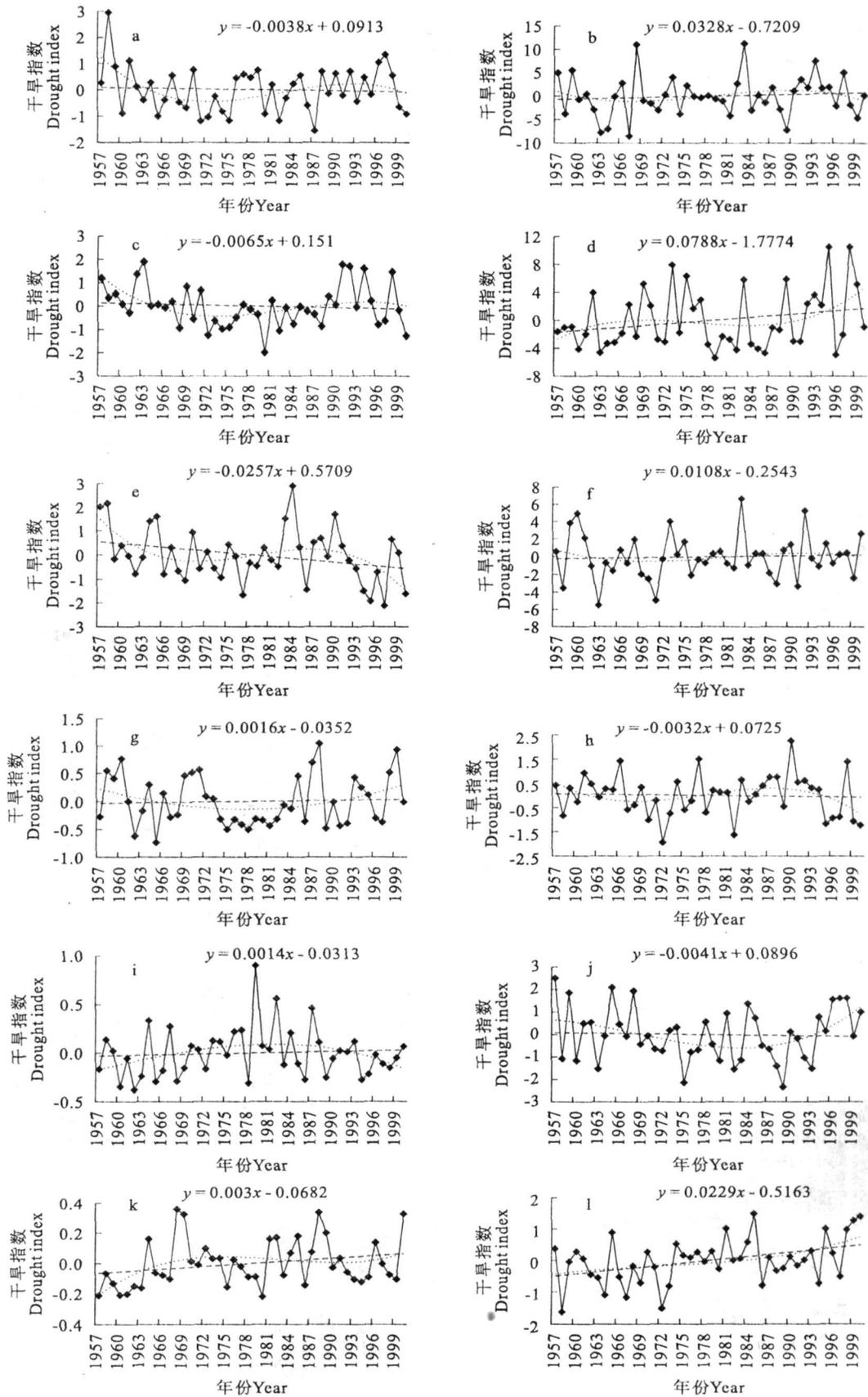


图2 夏季干旱指数变化曲线

Fig.2 Curve of summer drought severity index

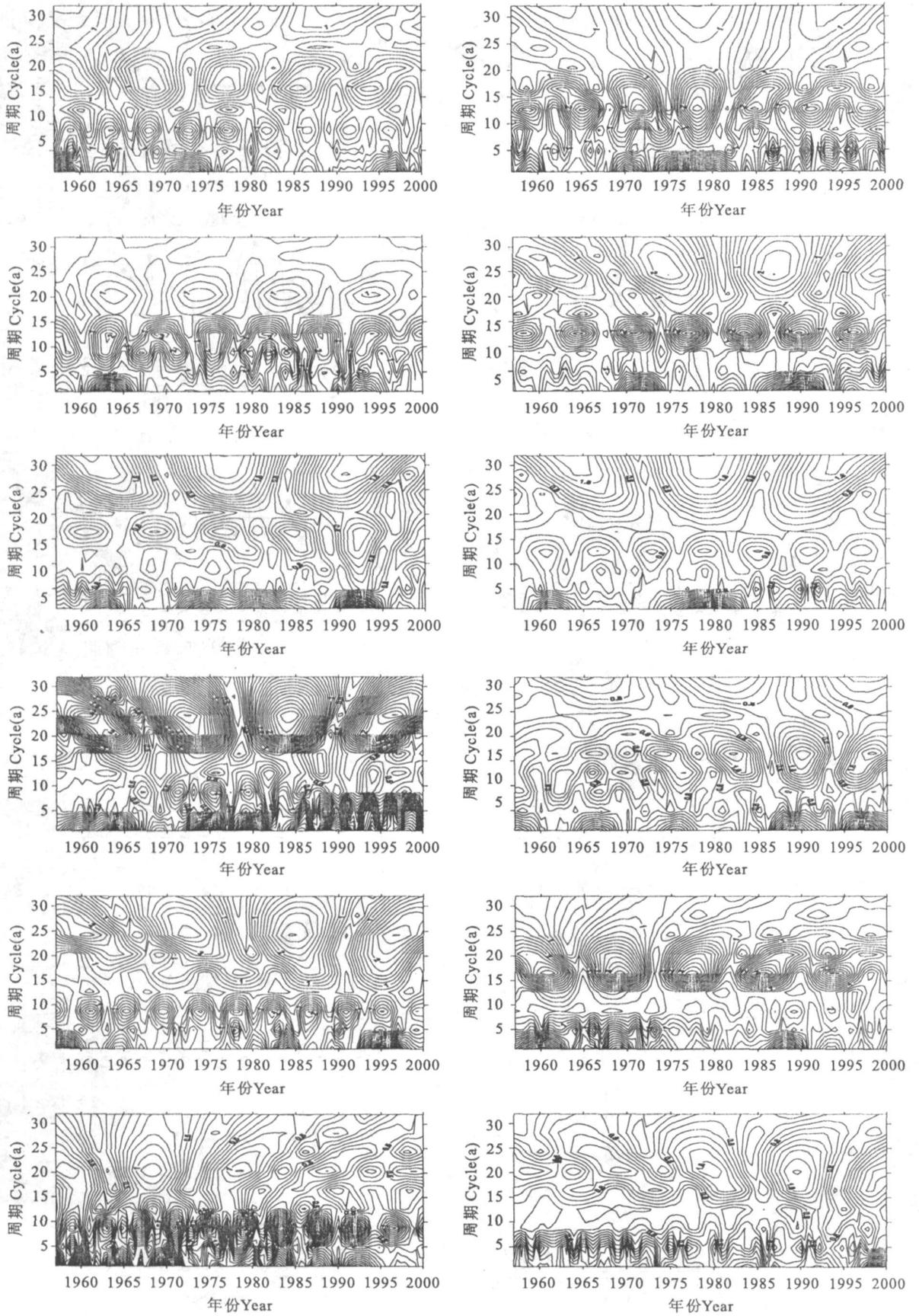


图 3 夏季干旱指数小波分析图

Fig. 3 The analysis of wavelets of summer drought severity index

该比值称作夏季风强度指数。比值越大,说明这一年夏季风越强,反之,比值越小说明夏季风弱。

计算东亚夏季风指数与中国夏季各区域代表站干旱指数的相关性,其相关系数见表1,可见,塔里木盆地区的且末和河西走廊及其沙漠戈壁区的玉门镇夏季干旱指数同东亚夏季风指数呈负相关,且且

末的相关系数通过0.05信度检验,这同文献[16]的结论完全一致。说明东亚夏季风越弱,西北地区夏季越干旱,反之亦然。青藏高原区的甘孜夏季干旱指数同东亚夏季风有同样的特征。而营口、武功夏季干旱指数同东亚夏季风呈正相关,即东亚夏季风越强,该区域夏季越干旱,反之亦然。

表1 东亚夏季风与中国夏季各区域代表站干旱指数的相关系数

Table 1 Correlation coefficient of East Asia summer monsoon with summer drought severity index

项目 Item	代表站 Representative station											
	包头 Baotou	汕尾 Shanwei	营口 Yingkou	玉山 Yushan	武功 Wugong	阜阳 Fuyang	石河子 Shihezi	通榆 Tongyu	玉门镇 Yumenzhen	会泽 Huize	且末 Qiemo	甘孜 Ganzi
相关系数 Correlation coefficient	0.15	-0.22	0.27*	-0.09	0.25*	0.01	0.19	0.05	-0.21	0.05	-0.31**	-0.22

注: * 为通过0.10信度检验; ** 为通过0.05信度检验。

Note: “*” mean significant difference at $\alpha=0.10$ level; “**” mean significant difference at $\alpha=0.05$ level.

5 结论

1) 除内蒙古高原区、华北北部及长白山脉区、黄土高原区、云贵高原区、东北平原区等5区域夏季干旱指数呈下降趋势外。南岭区、长江中下游区、黄淮区域、塔里木盆地区、天山北部区域、河西走廊及其沙漠戈壁区、青藏高原区等广大区域夏季干旱指数均呈上升趋势。

2) 中国夏季干旱指数大多存在5~8 a的短周期变化, 12~13 a、15~16 a的长周期变化存在于部分区域, 个别区域还存在20~25 a长周期变化。

3) 西北及青藏高原夏季干旱指数与东亚夏季风指数呈负相关, 即东亚夏季风越弱, 西北及青藏高原地区夏季越干旱。中东部地区夏季干旱指数与东亚夏季风指数呈正相关, 即东亚夏季风越强, 该区域夏季越干旱。

参考文献:

- [1] Wilhite D A. Drought as a natural hazard: Concepts and definitions[C]// Wilhite D A. Drought: A Global Assessment. London & New York: Routledge, 2000: 3-18.
- [2] 王绍武, 蔡静宁, 朱锦红, 等. 中国气候变化的研究[J]. 气候与环境研究, 2002, 7(2): 137-145.
- [3] 徐国昌. 中国干旱半干旱区气候变化[M]. 北京: 气象出版社,

1997: 1-101.

- [4] 杨金虎, 王润元, 姚玉璧, 等. 甘肃省年有效降水次数的异常特征分析[J]. 干旱区研究, 2006, 23(1): 109-114.
- [5] 袁文平, 周广胜. 干旱指标的理论分析与研究展望[J]. 地球科学进展, 2004, 19(6): 982-991.
- [6] 杨胜天, 刘昌明, 孙睿. 黄河流域干旱状况变化的气候与植被特征分析[J]. 自然资源学报, 2003, 18(2): 136-141.
- [7] 江剑民. 我国大陆干旱指数及其年际变化[J]. 大气科学, 1991, 15(1): 43-52.
- [8] 安顺清, 邢久星. 修正的帕默尔干旱指数及其应用[J]. 气象, 1985, 11(12): 17-19.
- [9] 刘庚山, 郭安红, 安顺清, 等. 帕默尔干旱指标及其应用研究进展[J]. 自然灾害学报, 2004, 13(4): 21-27.
- [10] 刘巍巍, 安顺清, 刘庚山, 等. 帕默尔旱度模式的进一步修正[J]. 应用气象学报, 2004, 15(2): 207-216.
- [11] 刘巍巍, 安顺清, 刘庚山, 等. 以气候适宜降水量为基础的水分距平的计算方法[J]. 气象, 2003, 29(4): 14-18.
- [12] 丁裕国, 施能. 气象场经验正交函数不同展开方案收敛性问题的探讨[J]. 大气科学, 1992, 16(4): 436-443.
- [13] 魏凤英. 现代气候统计诊断与预测技术[M]. 北京: 气象出版社, 1999: 106-113.
- [14] 任国玉, 吴虹, 陈正洪. 我国降水变化的空间特征[J]. 应用气象学报, 2000, 11(3): 322-330.
- [15] 张存杰, 谢金南, 李栋梁. 东亚季风对西北地区干旱气候的影响[J]. 高原气象, 2002, 21(2): 193-198.
- [16] 杨金虎, 杨启国, 姚玉璧, 等. 西北东部夏季干湿演变及环流特征[J]. 气象, 2006, 32(10): 94-101.

(英文摘要下转第264页)

stage. Evidently, the warming during the growth periods especially in October had a positive effect on cotton production, but had a negative effect on winter wheat production. The minimum temperature during overwintering stages had correlation with the yield of winter wheat significantly, but the maximum temperature of return green to heading and milky to mature were significantly of negative correlation with yield of winter wheat. 1000-grain weight of winter wheat started to drop when the average maximum temperature of June reached over 24°C. Cotton yield was significantly correlated with the average minimum temperature before flowering, and the yield before frost was significantly correlated with the lowest temperature of October.

Key words: winter wheat; cotton; climate warming; response

(上接第 253 页)

Comparison research on characteristics of regional drought in summer over China

YAO Yu-bi^{1,2}, DONG An-xiang¹, ZHANG Xiu-yun², WANG Yi-rong²

(1. Key Laboratory of Arid Climate Change and Reducing Disaster of Gansu Province and China Meteorological Administration, Lanzhou Institute of Arid Meteorology, China Meteorological Administration, Lanzhou, Gansu 730020, China;

2. Dingxi Meteorological Bureau, Dingxi, Gansu 743000, China)

Abstract: By modifying Palmer drought severity index based on meteorological data of 515 stations from 1957 to 2000 over China, characteristics of regional drought evolution were analyzed in spring. The results show that the summer drought index takes on descendant trend in the Inner Mongolian plateau area, the north part of North China and Changbaishan Mountain area, the Loess Plateau area, the Yunnan-Guizhou Plateau area and the plain of Northeast China, but it takes on ascendant trend in the Nanling Mountain areas, the Yangtze River area, the Yellow River and Huaihe River area, the Hexi Corridor area, the north of Tianshan Mountain area, the Talimu Basin area and the Qinghai-Tibet Plateau area. It is proved that the drought index exists 5~8 a period in the most areas, it exists 12~13 a and 15~16 a period in some areas, it also exists 20~25 a period in specific area. The east Asia summer monsoon is contrary bound up with the summer drought severity index of Northwest China and Qinghai-Tibet Plateau, but it is identical bound up with with the summer drought severity index of the Middle and East China.

Key words: palmer drought severity index; summer drought; regional characteristic; China