

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

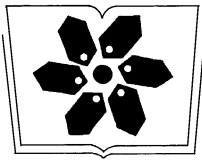
Acta Ecologica Sinica



第33卷 第13期 Vol.33 No.13 **2013**

中国生态学学会
中国科学院生态环境研究中心
科学出版社

主办
出版



中国科学院科学出版基金资助出版

生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

第 33 卷 第 13 期 2013 年 7 月 (半月刊)

目次

前沿理论与学科综述

- 强度干扰后退化森林生态系统中保留木的生态效应研究综述..... 缪 宁,刘世荣,史作民,等 (3889)
- AM 真菌对重金属污染土壤生物修复的应用与机理..... 罗巧玉,王晓娟,林双双,等 (3898)

个体与基础生态

- 东灵山不同林型五角枫叶性状异速生长关系随发育阶段的变化..... 姚 婧,李 颖,魏丽萍,等 (3907)
- 不同温度下 CO₂ 浓度增高对坛紫菜生长和叶绿素荧光特性的影响..... 刘 露,丁柳丽,陈伟洲,等 (3916)
- 基于 LULUCF 温室气体清单编制的浙江省杉木林生物量换算因子..... 朱汤军,沈楚楚,季碧勇,等 (3925)
- 土壤逐渐干旱对菖蒲生长及光合荧光特性的影响..... 王文林,万寅婧,刘 波,等 (3933)
- 一株柠条内生解磷菌的分离鉴定及实时荧光定量 PCR 检测..... 张丽珍,冯利利,蒙秋霞,等 (3941)
- 一个年龄序列巨桉人工林植物和土壤生物多样性..... 张丹桔,张 健,杨万勤,等 (3947)
- 不同饵料和饥饿对魁蚶幼虫生长和存活的影响..... 王庆志,张 明,付成东,等 (3963)
- 禽畜养殖粪便中多重抗生素抗性细菌研究..... 祁诗月,任四伟,李雪玲,等 (3970)
- 链状亚历山大藻赤潮衰亡的生理调控..... 马金华,孟 希,张 淑,等 (3978)
- 基于环境流体动力学模型的浅水草藻型湖泊水质数值模拟..... 李 兴,史洪森,张树礼,等 (3987)

种群、群落和生态系统

- 干旱半干旱地区围栏封育对甘草群落特征及其分布格局的影响..... 李学斌,陈 林,李国旗,等 (3995)
- 宁夏六盘山三种针叶林初级净生产力年际变化及其气象因子响应..... 王云霓,熊 伟,王彦辉,等 (4002)
- 半干旱黄土区成熟柠条林地土壤水分利用及平衡特征..... 莫保儒,蔡国军,杨 磊,等 (4011)
- 模拟酸沉降对鼎湖山季风常绿阔叶林地表径流水化学特征的影响..... 丘清燕,陈小梅,梁国华,等 (4021)
- 基于改进 PSO 的洞庭湖水源涵养林空间优化模型..... 李建军,张会儒,刘 帅,等 (4031)
- 外来植物火炬树水浸液对土壤微生物生态系统的化感作用..... 侯玉平,柳 林,王 信,等 (4041)
- 崇明东滩抛荒鱼塘的自然演替过程对水鸟群落的影响..... 杨晓婷,牛俊英,罗祖奎,等 (4050)
- 三峡水库蓄水初期鱼体汞含量及其水生食物链累积特征..... 余 杨,王雨春,周怀东,等 (4059)
- 元江鲤种群遗传多样性..... 岳兴建,邹远超,王永明,等 (4068)

景观、区域和全球生态

- 中国西北干旱区气温时空变化特征..... 黄 蕊,徐利岗,刘俊民 (4078)
- 集水区尺度下东北东部森林土壤呼吸的模拟..... 郭丽娟,国庆喜 (4090)
- 增氮对青藏高原东缘高寒草甸土壤甲烷吸收的早期影响..... 张裴雷,方华军,程淑兰,等 (4101)
- 基于生态系统服务的广西水生态足迹分析..... 张 义,张合平 (4111)
- 深圳市景观生态安全格局源地综合识别..... 吴健生,张理卿,彭 建,等 (4125)

庐山风景区碳源、碳汇的测度及均衡..... 周年兴,黄震方,梁艳艳 (4134)

气候变化对内蒙古中部草原优势牧草生长季的影响 李夏子,韩国栋,郭春燕 (4146)

民勤荒漠区典型草本植物马蔺的物候特征及其对气候变化的响应..... 韩福贵,徐先英,王理德,等 (4156)

血水草生物量及碳贮量分布格局..... 田大伦,闫文德,梁小翠,等 (4165)

5 种温带森林生态系统细根的时间动态及其影响因子 李向飞,王传宽,全先奎 (4172)

资源与产业生态

干旱胁迫下 AM 真菌对矿区土壤改良与玉米生长的影响..... 李少朋,毕银丽,陈咄圳,等 (4181)

城乡与社会生态

上海环城林带保健功能评价及其机制..... 张凯旋,张建华 (4189)

研究简报

北京山区侧柏林林内降雨的时滞效应 史 宇,余新晓,张佳音 (4199)

采伐剩余物管理措施对二代杉木人工林土壤全碳、全氮含量的长期效应
..... 胡振宏,何宗明,范少辉,等 (4205)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 326 * zh * P * ¥90.00 * 1510 * 35 * 2013-07



封面图说: 岳阳附近的水源涵养林及水系鸟瞰——水源涵养林对于调节径流,减缓水、旱灾害,合理开发利用水资源具有重要的生态意义。洞庭湖为我国第二大淡水湖,南纳湘、资、沅、澧四水,北由岳阳城陵矶注入长江,是长江上最重要的水量调节湖泊。因此,湖周的水源涵养林建设对于恢复洞庭湖调节长江中游地区洪水的功能,加强湖区生物多样性的保护是最为重要的举措之一。对现有防护林采取人为干扰的调控措施,改善林分空间结构,将有利于促进森林生态系统的正向演替,为最大程度恢复洞庭湖水源林生态功能和健康经营提供重要支撑。

彩图及图说提供: 陈建伟教授 北京林业大学 E-mail: cites.chenjw@163.com

DOI: 10.5846/stxb201301050030

黄蕊, 徐利岗, 刘俊民. 中国西北干旱区气温时空变化特征. 生态学报, 2013, 33(13): 4078-4089.

Huang R, Xu L G, Liu J M. Research on spatio-temporal change of temperature in the Northwest Arid Area. Acta Ecologica Sinica, 2013, 33(13): 4078-4089.

中国西北干旱区气温时空变化特征

黄蕊¹, 徐利岗^{2,3}, 刘俊民^{1,*}

(1. 西北农林科技大学水利与建筑工程学院, 杨凌 712100;

2. 中国科学院新疆生态与地理研究所, 乌鲁木齐 830011; 3. 四川大学水利水电学院, 成都 610065)

摘要: 依据我国西北干旱区 95 个站点 1951—2008 年月平均气温资料, 运用经验正交分解法 (EOF)、Morlet 小波分析、Mann-Kendall 秩次相关检验法及气候趋势系数等方法剖析了西北干旱区气温场空间分布结构及多时间尺度下的变异规律和变化趋势。结果表明: 西北干旱区气温存在 3a、9a 及 12a 主周期; 气温场空间分布以“相间复杂”型为主 (对总体方差贡献为 30.93%), 基于此将西北干旱区划分为北疆子区、南疆子区、河西子区、青海子区及内蒙古子区。全区 44.8% 的年份气温属正常范围, 15.5% 年份异常偏暖, 3.4% 显著偏暖, 13.8% 年份偏冷, 显著偏冷和异常偏冷年份均为 8.6%。自 90 年代以来, 西北干旱区开始增温, 2001—2008 年温度正距平值达 6.9℃, 正距平年数由 80 年代 40% 上升至 100%。西北干旱区 97.9% 的地区呈现增温趋势, 其中 94.7% 的地区通过信度 0.01 的显著性检验, 96.8% 的站点通过了 0.05 的显著性检验; 增温幅度为 0.02℃/10a—1.21℃/10a; 并形成了北疆以富蕴 (1.09℃/10a), 南疆以喀什 (0.22℃/10a), 东疆以巴里坤 (0.76℃/10a), 柴达木盆地以小灶火 (0.81℃/10a), 河西地区以松山 (0.08℃/10a), 内蒙古西部以吉诃德 (0.03℃/10a) 为中心的增温区。

关键词: 西北干旱区; 气温; 时空变异性; 趋势分析; 经验正交分解 (EOF); Mann-Kendall 秩统计法

Research on spatio-temporal change of temperature in the Northwest Arid Area

HUANG Rui¹, XU Ligang^{2,3}, LIU Junmin^{1,*}

1 College of Water Resources and Architectural Engineering, Northwest A&F University Yangling, Shaanxi 712100, China

2 Xinjiang Institute of Ecology and Geography, Chinese Academy of Sciences, Urumqi Xinjiang 830011, China

3 College of water resource & hydropower, Sichuan University, Chengdu 610065, China

Abstract: Using the empirical orthogonal function, morlet wavelet analysis, Mann-Kendall rank correlation method and climatic trend coefficient method, the characteristics of temperature on spatial distribution pattern and the multiple-time scale variability are analyzed by the monthly temperature data of 95 sites in the northwest arid area during 1951—2008. Results indicate that: (1) There are 3 years period, 9 years period and 12 years period approximately in research region. (2) Temperature spatial distribution pattern is primarily “Complex type” (to contribution the overall changes rates were 30.93%), according to that, the northwest arid area was divided into northern of Xinjiang region, the southern of Xinjiang region, Qinghai region, Hexi Corridor region and Inner Mongolia Plateau region. For the average annual temperature series, according to level of warm and cold, the rates for normal, abnormal warm, significantly warmer, cold, significantly colder and extreme colder were 44.8%, 15.5%, 3.4%, 13.8%, 8.6% and 8.6% respectively. Since 90s, temperature increase significantly, the positive temperature anomaly value was 6.9℃ for 2001—2008, the ratio of positive anomaly year increased from 40% to 100% since 1980s. (3) There are 97.9% regional appear rising tendency in the research region (94.7% and 96.8% of the stations passed 0.01 and 0.05 significance test, warming rate 0.02℃/10a—1.21℃/10a). In

基金项目: 国家重点基础研究发展计划 (973 计划) 项目 (2009CB421301); 国家自然科学基金项目 (50879071)

收稿日期: 2013-01-05; **修订日期:** 2013-04-18

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: jmlslx@yahoo.com.cn

the northwest arid area, there are some centers of the warming area, for example, Fuyun ($1.09^{\circ}\text{C}/10\text{a}$) in north of Xinjiang, Kashgar ($0.22^{\circ}\text{C}/10\text{a}$) in south of Xinjiang, Barkol ($0.76^{\circ}\text{C}/10\text{a}$) in east of Xinjiang, Xiao Zaohuo ($0.81^{\circ}\text{C}/10\text{a}$) in Qaidam Basin, Song-shan ($0.08^{\circ}\text{C}/10\text{a}$) in Hexi Corridor and Quixote ($0.03^{\circ}\text{C}/10\text{a}$) in Inner Mongolia Plateau region.

Key Words: the northwest arid area; temperature; spatio-spatial change; trend analysis; empirical orthogonal function ; Mann-Kendall rank statistic

联合国政府间气候变化专门委员会(IPCC)评估报告(AR4)指出,近 50 年的变暖率($0.13\pm 0.03^{\circ}\text{C}/10$ 年)几乎是近 100 年的两倍^[1],中国大陆地区地表年平均气温增加约 $0.5\text{—}0.8^{\circ}\text{C}$ ^[2],全球气候变暖已逐渐被人们所认同^[3],而对全球变化和人类活动共同驱动下气温的时空分布及其变化研究也受到众多学者的关注。Liang^[4]、喻树龙^[5]等分别采用树轮代用资料重建了青藏高原东南部、新疆天山北坡地区的长系列的气温序列,分析了各地气温变化规律。郝振纯^[6]及 Wang^[7]分别采用 GCMs 模式对黄河源区及中国气温进行了模拟并分析其变化特征,徐永明^[8]及周曙光^[9]分别基于 MIDOS 数据反演了长江三角洲及黄河源区近地表气温并进行了分析。施雅风院士提出了中国西北气候由暖干向暖湿转型的推测^[10],西北地区气温自 20 世纪 80 年代以来呈现明显上升趋势^[11],未来塔里木河流域最高和最低气温的变化趋势将升高^[12],柴达木盆地^[13]以及甘肃西南部^[14]近 10 年来发生了较大的增暖趋势,科尔沁沙地及其周围地区 2000—2010 年气温下降,有呈冷干化趋势^[15]。河西半干旱地区 NDVI 对气温升高响应明显^[16-17],在柴达木盆地,气温变化对当地水资源影响不显著^[18]。可见,目前对我国西北地区气温变化特征的研究成果较多,但对于西北干旱区气温时间及空间维度的变化规律及其变化趋势的定量研究方面还相对薄弱。研究干旱区气温在时间及空间方面的变化规律及趋势对干旱区退化生态系统植被的保护与恢复,区域社会经济与生态环境协调发展具有重要的指导意义。

1 研究区概况

我国干旱区的面积约占全国总面积的 1/3。主要分布在贺兰山以西的极端干旱区(塔里木盆地、柴达木盆地、巴丹吉林沙漠和腾格里沙漠地区),干旱区(主要包括新疆北部、内蒙古西部、河西走廊)的内陆河流域以及额尔齐斯河地区,而不包括内蒙古的中、东部地区。本文所指西北干旱区包含了极端干旱区(降水量(P) $>50\text{mm}$)、干旱区($50\text{mm}<P<200\text{mm}$)及半干旱区($200\text{mm}<P<400\text{mm}$)这 3 种干旱类型的地区,东以贺兰山为界,南至昆仑山-塔里木盆地南缘,北侧与西侧直抵国界,大致介于东经 $75^{\circ}\text{—}105^{\circ}$,北纬 $36^{\circ}\text{—}50^{\circ}$ 之间,东西长约 2500km ,南北长约 1300km ,面积约 238万 km^2 ,约占全国陆地面积的 1/4,行政区划上包括新疆全部、青海柴达木盆地、甘肃河西走廊以及内蒙古西部等省、自治区(图 1)。西北干旱区深居内陆,属典型大陆性气候,自然条件恶劣、生态极为脆弱,降水稀少。大部分地区的干燥度大于 4.0,其中东疆和南疆塔克拉玛干沙漠地区在 16.0 以上,最高达 60.0^[19]。

2 资料与方法

2.1 研究站点确定与资料来源

在研究区内的国家基准站和基本观测站中,按照区域代表性(新疆南、北部,青藏高原地区,河西走廊、阿拉善高原西北部)和资料序列的长期可比性等原则选取新疆 56 站、甘肃 18 站、青海 12 站、内蒙古 9 站共计 95 站点 1951 年 1 月—2008 年 12 月计 58 年月平均气温数据,并整理出年平均气温系列以备分析。各站点分布位置见图 1。资料来源于国家气象数据网:<http://cdc.cma.gov.cn/index.jsp>。

2.2 研究方法

2.2.1 经验正交函数分解(EOF)与旋转经验正交函数分解(REOF)

EOF 分析是一种分析矩阵数据中的结构特征,提取主要数据特征量的方法。将某一物理场时间序列分解为正交的空间场和正交的时间系数的乘积^[20-21],即:

$$S(x, y, t) = \sum V_n(x, y) T_n(t)$$

式中, $S(x, y, t)$ 为 $M \times N$ 的矩阵, 代表待分解的物理场, M 为空间点的个数, N 是时间点的个数; $V_n(x, y)$ 为 $M \times N$ 阶空间函数矩阵, 描述了第 n 个模态的空间分布特征, $T_n(t)$ 为 $M \times N$ 阶时间函数矩阵, 描述了给定模态的时间的变化规律。

REOF 是在经验正交分解 (EOF) 的基础上, 选择一个正交旋转矩阵, 使原始矩阵旋转以后的列向量元素平方的方差达最大, 从而使原要素场的信息特征集中映射到荷载场所表示的优势空间上^[20-21]。它可以将空间场上与主成分相关的高值区集中在一个较小的范围内, 从而更容易识别空间型。旋转后每一个空间点只与一个主成分存在高相关, 旋转后的特征场比旋转前在时间上更稳定。采用 REOF 方法对气象要素场进行分析, 将使原来的特征向量结构简化, 反映的气候特征更明显^[22]。

2.2.2 小波分析

小波分析是基于 Fourier 变换而又具有时频多分辨功能及自适应性特点的一种信号分析方法。它的实质是用一族频率不同的振荡函数作为窗口函数 $\varphi(t)$ 对信号 $f(t)$ 进行扫描和平移。时间序列 $f(t) \in L^2(R)$ 的连续小波变换为式(1), 而在实际工作中水文时间序列常常是离散的, 如 $f(k\Delta t)$ ($k=1, 2, \dots, N$; Δt 为取样时间间隔), 则其离散形式为(2); 基本小波函数 $\psi(t)$ 有墨西哥帽小波 (Mexican hat)、Morlet 小波、Wave 小波等, 本文采用 Morlet 小波^[23-24], 小波变换系数表示为式

(3), 将时间域上关于 a 的所有小波变换系数的平方进行积分即为小波方差, 式(4):

$$W_f(a, b) = |a|^{-1/2} \int_{-\infty}^{\infty} f(t) \bar{\psi}\left(\frac{t-b}{a}\right) dt \quad (1)$$

$$\text{Var}(a) = \int_{-\infty}^{\infty} |W_f(a, b)|^2 db \quad (2)$$

$$\text{Var}(a) = \int_{-\infty}^{\infty} |W_f(a, b)|^2 db \quad (3)$$

$$\text{Var}(a) = \int_{-\infty}^{\infty} |W_f(a, b)|^2 db \quad (4)$$

式中, a 为尺度因子, 反映小波的周期长度; b 为时间因子, 反映时间平移; $W_f(a, b)$ 称为小波变换系数, 常数 $c=6.2$ 。

2.2.3 M-K 秩次相关法

对序列趋势变化的定量说明, 本文采用国际气象组织推荐的 Mann-Kendall 的秩次相关法^[25]。其基本原理是: 对时间序列 $P(i=1, 2, \dots, n)$, 其任意对偶值 $(P_i, P_j, j>i)$, 如果 $P_i > P_j$, 则序列绝对上升, 反之, 则绝对下降。如序列不是单调上升或下降, 则有:

$$m = \frac{\tau}{\text{var}(\tau)0.5}$$

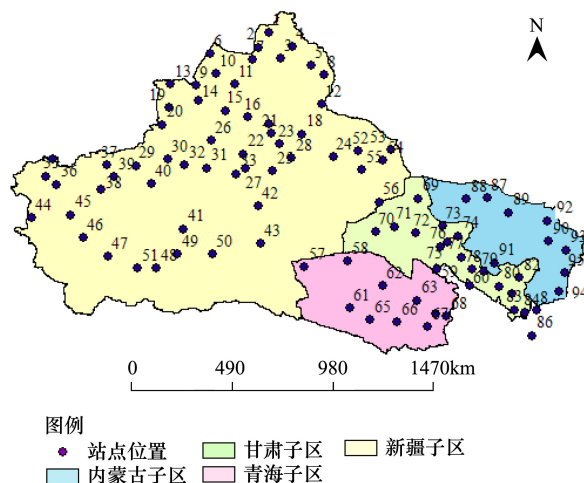


图1 研究区典型站点分布图

Fig. 1 Distribution of observational stations in the study region

1 哈巴河, 2 吉木乃, 3 福海, 4 阿勒泰, 5 富蕴, 6 塔城, 7 和布克赛尔, 8 青河, 9 阿拉山口, 10 托里, 11 克拉玛依, 12 北塔山, 13 温泉, 14 精河, 15 乌苏, 16 石河子, 17 蔡家湖, 18 奇台, 19 伊宁, 20 昭苏, 21 乌鲁木齐, 22 巴仑台, 23 达坂城, 24 十三间房, 25 库米什, 26 巴音布鲁克, 27 焉耆, 28 吐鲁番, 29 阿克苏, 30 拜城, 31 轮台, 32 库车, 33 库勒勒, 34 吐尔杂特, 35 乌恰, 36 喀什, 37 阿合奇, 38 巴楚, 39 柯坪, 40 阿拉尔, 41 塔中, 42 铁干里克, 43 若羌, 44 塔什库尔干, 45 莎车, 46 皮山, 47 和田, 48 民丰, 49 安德河, 50 且末, 51 于田, 52 哈密, 53 巴里坤, 54 淖毛湖, 55 伊吾, 56 红柳河, 57 茫崖, 58 冷湖, 59 托勒, 60 祁连, 61 小灶火, 62 大柴旦, 63 德令哈, 64 乌兰, 65 格尔木, 66 诺木洪, 67 都兰, 68 茶卡, 69 马鬃山, 70 敦煌, 71 瓜州, 72 玉门镇, 73 梧桐沟, 74 鼎新, 75 金塔, 76 酒泉, 77 高台, 78 张掖, 79 山丹, 80 永昌, 81 武威, 82 民勤, 83 乌鞘岭, 84 松山, 85 景泰, 86 兰州, 87 额济纳旗, 88 吉诃德, 89 拐子湖, 90 巴彦诺尔公, 91 阿拉善右旗, 92 海力素, 93 吉兰太, 94 鄂托克旗, 95 阿拉善左旗

$$\tau = \frac{4z}{[n(n-1)] - 1}; \text{var}(\tau) = \frac{2(2n+5)}{[9n(n-1)]} \quad (5)$$

式中, z 为对偶值呈增长趋势的对数。其他符号意义同上。若 $m > 0$, 则序列呈上升趋势, 反之, 则呈下降趋势。 m 的绝对值越大, 说明序列变化趋势越显著。对显著水平 $\alpha = 0.05$ 的临界检验值为 ± 1.96 。

3 结果与分析

3.1 气温场空间分布结构及分区

3.1.1 西北干旱区气温场空间分布结构特征

以 95 个典型站 58a 的年平均气温系列经距平处理后组成矩阵 (58, 95), 据 EOF 方法, 计算各特征向量荷载矩阵并对荷载矩阵进行正交旋转展开得到旋转荷载矩阵 (RLV), 则前 4 个特征向量方差贡献率分别为 30.93%、28.33%、27.97% 及 5.12%, 累计方差贡献率达 92.36% (表 1)。绘出前 4 个贡献率大且较为典型的特征向量的荷载分布图 (图 2)。

表 1 特征向量方差贡献率

Table 1 Variance of main modes (EOF/REOF) of temperature

特征向量 Eigenvector	旋转前 Initial eigenvalues			旋转后 Rotated eigenvalues		
	特征值 Eigenvalues	方差贡献率/% Rate of variance	累计方差贡献率/% Total rate of variance	特征值 Eigenvalues	方差贡献率/% Rate of variance	累计方差贡献率/% Total rate of variance
1	1746.54	33.89	33.89	1593.90	30.93	30.93
2	1739.85	33.77	67.66	1459.97	28.33	59.27
3	1617.17	31.38	99.04	1441.30	27.97	87.24
4	32.29	0.63	99.67	263.82	5.12	92.36
5	6.15	0.12	99.79	162.99	3.16	95.52

第一特征向量荷载正负相间分布, 可称为“相间复杂”型 (图 2), 总体方差贡献最高 30.93%。形成了不同的荷载中心, 且基本呈现 4 个片区, 即新疆片区, 柴达木片区, 河西走廊片区以及内蒙古西北部地区, 说明我国西北干旱区受局局部区域天气系统影响显著, 气温空间变异性较大。第二特征向量总体方差贡献率 28.33%, 均为正位相 (图 2), 但新疆地区荷载值较大, 而青海地区、河西地区和内蒙古西部地区荷载值较小, 可称之为“东西差异”型。新疆北部地区荷载值较大, 南疆地区荷载值最小, 柴达木盆地及内蒙古西部地区相近居中, 则新疆北部地区气温的变化最为强烈。第三特征向量方差贡献率为 27.97%, 大部分为负位相 (图 2), 且在北疆阿勒泰、东疆哈密地区和南疆喀什地区形成极值中心, 显示出这些地区的气温变化特征与其他地区有所差异。第四特征向量基本为负位相 (图 2), 仅在南疆的喀什地区形成极小值中心, 称该分布型为“整体一致”型, 总体方差贡献率较小为 5.12%。

3.1.2 西北干旱区气温场空间分区

由图 2 前 4 个特征向量荷载分布图可以看出, 西北干旱区气温场空间分布具有明显特征, 因此根据方差贡献率较大的前几个特征向量的荷载值分布特点将西北干旱区划分为北疆子区 (BJR)、南疆子区 (NJR)、河西子区 (HXR)、青海子区 (QHR) 以及内蒙古子区 (NMR) 等五个分区, 其中各分区位置、范围以及气象站点所属分区见图 3 所示。对各分区内部气象站点气温资料进行计算, 则形成各分区的气温系列资料。

3.2 气温年际变化

3.2.1 多年平均气温空间分布特征

根据西北干旱区月平均气温数据, 运用 ARCGIS 的地统计分析工具, 插值完成研究区多年平均温度分布图 (图 4)。从图中可以看出, 新疆南部形成了环塔里木盆地的高温区域, 而其有主要以吐鲁番 (14.4°C) 为高温中心; 在新疆北部则以巴音布鲁克 (-4.3°C) 形成低值中心。青海柴达木盆地形成以乌兰 (-0.3°C) 为中心的低值区。河西地区与内蒙古西部地区年均气温居中。

3.2.2 近 60 年来气温冷暖特征分析

统计西北干旱区平均气温时, 采用如下冷暖等级标准^[26]: $T \geq T_p + 2.0S$ 异常偏暖 (3 级); $T_p + 2.0S >$

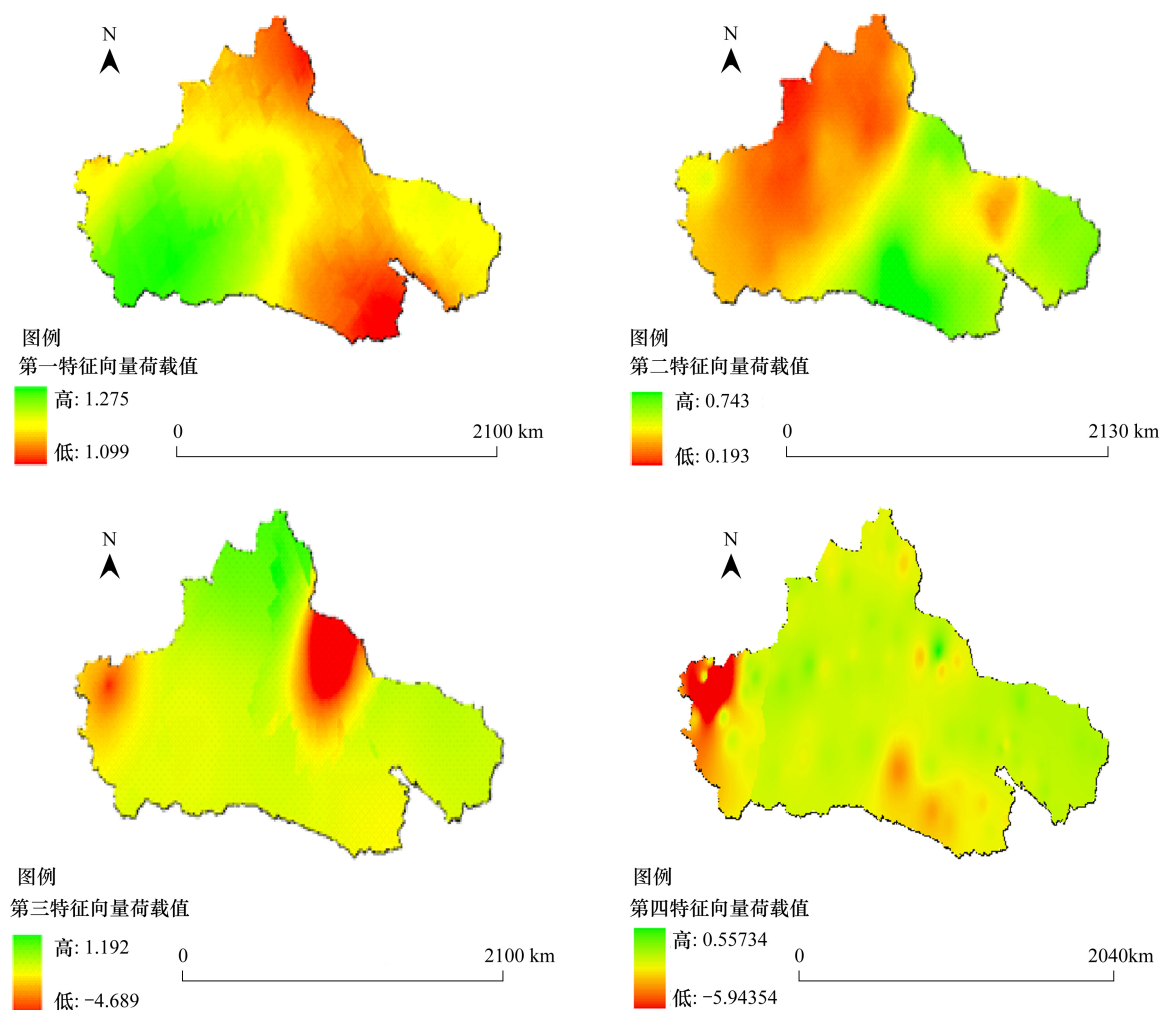


图2 西北干旱区气温系列前4个特征值荷载分布图

Fig. 2 The Load of eigenvectors for temperature in the northwest arid area

$T \geq T_p + 1.5S$ 显著偏暖(2级); $T_p + 1.5S > T \geq T_p + 1.0S$ 偏暖(1级); $T_p + 1.0S > T \geq T_p - 1.0S$ 正常(0级); $T_p - 1.0S > T \geq T_p - 1.5S$ 偏冷(-1级); $T_p - 1.5S > T > T_p - 2.0S$ 显著偏冷(-2级); $T_p - 2.0S \geq T$ 异常偏冷(-3级)。其中 T 为年平均气温, T_p 为多年平均气温值, S 为年平均气温标准差。采用该冷暖等级标准, 计算西北干旱区及各分区气温冷暖的划分标准区间及各级温度所占比例(表2)。

从表中可以看出, 西北干旱区 44.8% 的年份气温属正常范围(0级), 15.5% 年份为异常偏暖(3级); 显著偏暖和偏暖级别分别为 3.4% 和 5.2%; 偏冷年份(-1级)为 13.8%, 显著偏冷和异常偏冷年份均为 8.6%。南疆子区异常偏暖(3级)所占比例在各子区中最高 19.0%, 其次为河西子区 13.8%, 北疆子区最小(5.2%); 青海子区显著偏暖比例相对较高 10.3%。偏暖年份地区(1级)较多, 北疆子区比例最高为 17.2%, 其次为南疆和内蒙子区的 12.1%。各子区大部分年份的气温处于正常范围内, 比例在 37.9% (南疆子区)–53.4% (内蒙子区)。青海子区偏冷比例最高 17.2%, 其次为北疆 12.1%, 内蒙子区最小为 1.7%。南疆子区显著偏冷级比例最大 13.8%, 河西子区最小(3.4%); 河西子区异常偏冷年份占 12.1%, 其次为南疆子区 10.3%, 青海子区最为最小 1.7%。

3.3 气温年代际变化特征分析

以年代为时间尺度统计我国西北干旱区自 1951—2008 年以来的年均气温系列, 分别计算各子区 20 世纪 50 年代至 90 年代以及 2001—2008 年各时段平均温度、累积距平以及正距平的比例(表3)分析西北干旱区年

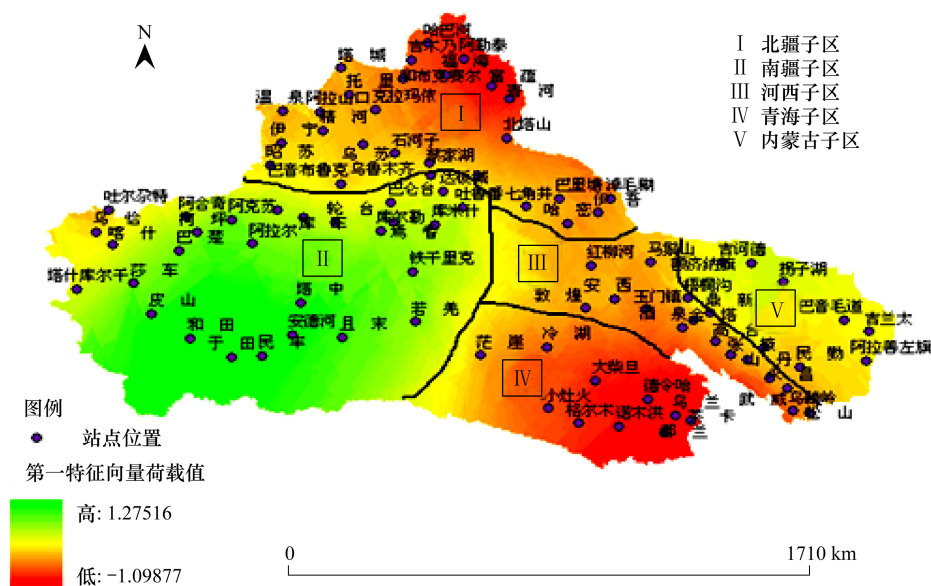


图3 西北干旱区气温场分区

Fig.3 Generating partitions of temperature in the northwest arid area

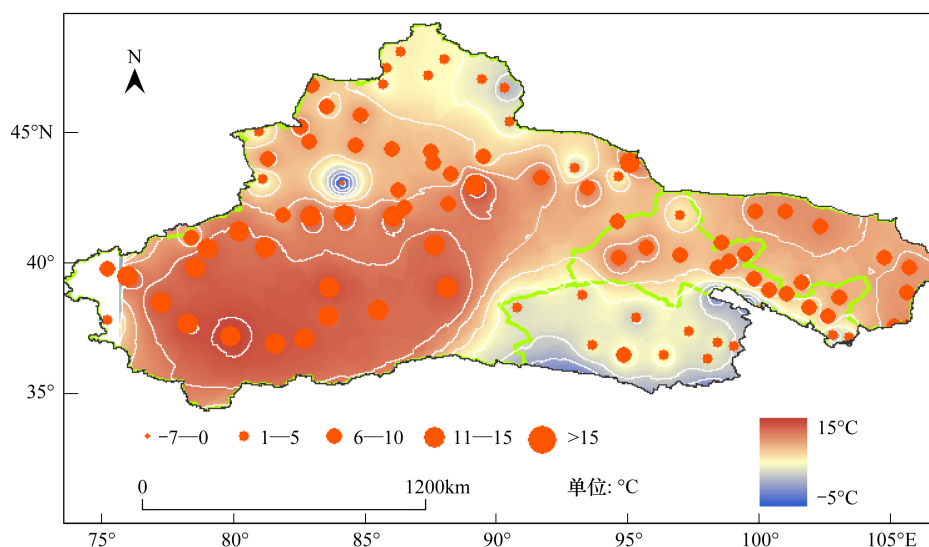


图4 西北干旱区多年平均气温分布图

Fig.4 Isoclines of average temperature in the northwest arid area

均温度的年代际变化特征。

从地区来看,50年代(7.0℃)略高于多年平均气温(6.9℃),自60年代开始进入低温时段,直至80年代末期,负距平累积达10.2℃;自90年代开始增温,2001—2008年时段均温已达7.8℃,温度正距平值达6.9℃。正距平年数比例由80年代的40%上升至100%。北疆子区、南疆子区以及青海子区温度变化规律相似,河西子区和内蒙子区气温变化规律相似。从年代来看,50年代北疆子区、南疆子区以及青海子区时段均温均高于多年均温,累积距平为正值(0.6—2.3℃),正距平年份在40%—60%之间,但河西子区和内蒙子区时段均温均低于多年均温,累积距平为负且数值较大(-2.8,-3.8),正距平年份比例分别为20%和30%。60至80年代,北疆子区、南疆子区以及青海子区时段均温不断增加,负距平累积值不断减小;而河西子区和内蒙子区仍处于低温时段,但低温状态已不断缓和。90年代以后至2008年,各子区时段气温均值均高于多年均气温,西北干旱区整体处于高温时段,且增温趋势明显。

表 2 西北干旱区年均气温冷暖分析

Table 2 An analysis of cold or warm of average temperature in the northwest arid area

温度级别 Temperature level	参量 Parameter	分区 Areas					
		全区 Total areas	北疆子区	南疆子区	青海子区	河西子区	内蒙子区
异常偏暖 3 级 Extremely warmer	标准/℃ 年数/a	$T \geq 7.7$ 9.0	$T \geq 6.8$ 3	$T \geq 10.5$ 11	$T \geq 3.4$ 5	$T \geq 7.5$ 8	$T \geq 8.9$ 6
3 level	比例/%	15.5	5.2	19.0	8.6	13.8	10.3
显著偏暖 2 级 Prominent warmer	标准/℃ 年数/a	$7.5 \leq T < 7.7$ 2.0	$6.8 \leq T < 6.5$ 3	$10.5 \leq T < 10.4$ 0	$3.4 \leq T < 3.1$ 6	$7.5 \leq T < 7.4$ 5	$8.9 \leq T < 8.7$ 3
2 level	比例/%	3.4	5.2	0.0	10.3	8.6	5.2
偏暖 1 级 Normal 0 level	标准/℃ 年数/a	$7.3 \leq T < 7.5$ 3.0	$6.5 \leq T < 6.2$ 10	$10.4 \leq T < 10.5$ 7	$3.1 \leq T < 2.8$ 3	$7.4 \leq T < 7.2$ 3	$8.7 \leq T < 8.4$ 7
Normal 0 level	比例/%	5.2	17.2	12.1	5.2	5.2	12.1
正常 0 级 Normal 0 level	标准/℃ 年数/a	$6.5 \leq T < 7.3$ 26.0	$6.2 \leq T < 4.8$ 29.0	$10.2 \leq T < 9.6$ 22.0	$2.8 \leq T < 1.8$ 28.0	$7.2 \leq T < 6.5$ 27.0	$8.4 \leq T < 7.4$ 31.0
Normal 0 level	比例/%	44.8	50.0	37.9	48.3	46.6	53.4
偏冷-1 级 Colder -1 level	标准/℃ 年数/a	$6.3 \leq T < 6.5$ 8.0	$4.8 \leq T < 4.5$ 7.0	$9.6 \leq T < 9.4$ 5.0	$1.8 \leq T < 1.5$ 10.0	$6.5 \leq T < 6.4$ 6.0	$7.4 \leq T < 7.2$ 1.0
Colder -1 level	比例/%	13.8	12.1	8.6	17.2	10.3	1.7
显著偏冷-2 级 Prominent Colder	标准/℃ 年数/a	$6.1 \leq T < 6.3$ 5.0	$4.5 \leq T < 4.2$ 4.0	$9.4 \leq T < 9.2$ 8.0	$1.5 \leq T < 1.2$ 5.0	$6.4 \leq T < 6.2$ 2.0	$7.2 \leq T < 6.9$ 5.0
Prominent Colder	比例/%	8.6	6.9	13.8	8.6	3.4	8.6
-2 level	标准/℃ 年数/a	$T < 6.1$ 5.0	$T < 4.2$ 2	$T < 9.2$ 6	$T < 1.2$ 1	$T < 6.2$ 7	$T < 6.9$ 5
异常偏冷-3 级 Extremely colder	比例/%	8.6	3.4	10.3	1.7	12.1	8.6
Extremely colder	比例/%	8.6	3.4	10.3	1.7	12.1	8.6
-3 level	比例/%	8.6	3.4	10.3	1.7	12.1	8.6

3.4 气温周期及奇异性分析

将西北干旱区及各子区 58a(1951—2008 年)气温系列中心化处理,并用 Morlet 小波进行变换,分别绘制西北干旱区、北疆子区、南疆子区、青海子区、河西子区以及内蒙子区等各分区的气温距平序列 Morlet 小波变换模平方时频变化(图 5)及小波变换系数实部变化过程(图 6)。从图中可以看出各时间尺度在时间域上分布不均匀,具有显著的局部化特征。图 5 显示出西北干旱区年气温系列在整个研究时段内均存在 3a 及 9a 振荡周期,2000 年以来主要以 9a 左右的时间尺度较为明显,结合小波方差检验得西北干旱区存在 3a、9a 显著周期,其中以 9a 尺度最强。图 6 绘出西北干旱区不同时间尺度下的小波变换实部变化过程看出 9a 的振荡周期分别在 1956 年、1962 年、1971 年、1980 年、1991 年、2000 年及 2005 年发生突变。图 5 显示北疆子区、南疆子区、青海子区主要存在 3a 及 9a 振荡周期,且 80 年代以来,以 9a 时间尺度较为明显。图 5 显示了河西子区和内蒙子区气温系列存在 3a、9a 及 12a 左右的振荡周期,且自 70 年代以来明显表现出 12a 左右的周期。综上所述,我国西北干旱区及各子区整体来看,各气温系列主要显示出 3a、9a 及 12a 主周期。并主要在 1956 年、1966 年、1971 年、1983 年、1993 年、1997 年、2000 年及 2006 年分别出现气温冷暖情势突变。

3.5 气温变化趋势分析

采用 Mann-Kendall 秩次相关检验法(M-K 法)和气候趋势系数法^[27-28]分别对西北干旱区内各站点年平均气温系列进行趋势分析。计算 M-K 检验法的评价参量 m ,并利用显著水平 $\alpha=0.05$ 的临界检验值 ± 1.96 ,判定各站点的趋势显著性程度;计算各站趋势系数的变数(t),当 $|t| \geq 1.679$ 或 $|t| \geq 2.689$ 时,则认为通过信度为 0.05 或 0.01 的显著性检验,表明该时刻温度的变化不是随机振动而是明显的气候趋势。限于篇幅仅列西北干旱区及各分区两种方法的计算结果(表 4),两种方法的计算结果(表 5),就各子区而言,两种方法对未来气温的变化趋势计算结果完全相同,均通过了各自信度为 0.01 的显著性检验。就站点而言,两种方法趋势计算结果误差较小,站点个数误差 1 个,比例相差 1.0%。因此,认为两种方法结论十分相近。分别采用 M-K

检验法及气候趋势系数法的结论绘制气温变化趋势分布图(图7),并绘制西北干旱区气温变化趋向率分布图(图7)。

表 3 西北干旱区各子区气温年代际变化特征
Table 3 The variation character of temperature anomaly for decade

年代 Decades	参数 Parameter	分区 Areas					
		全区 Total areas	北疆子区	南疆子区	青海子区	河西子区	内蒙子区
1951—1960	平均温度/℃	7.0	5.7	10.1	2.4	6.6	7.5
	距平值/℃	0.4	0.6	2.3	0.9	-2.8	-3.8
	正距平年数比率%	50	50	60	40	20.0	30
1961—1970	平均温度/℃	6.3	5.0	9.5	1.5	6.4	7.3
	距平值/℃	-5.5	-4.5	-3.8	-8.2	-4.5	-5.9
	正距平年数比率%	20	30	20	0	20.0	20
1971—18980	平均温度/℃	6.5	5.0	9.5	2.0	6.6	7.6
	距平值/℃	-3.5	-4.9	-3.4	-3.0	-2.5	-3.1
	正距平年数比率%	30	20	30	10	30.0	10
1981—1990	平均温度/℃	6.8	5.4	9.7	2.2	6.8	7.8
	距平值/℃	-1.1	-1.3	-1.8	-1.0	-0.7	-0.4
	正距平年数比率%	40	40	10	40	50.0	50
1991—2000	平均温度/℃	7.2	5.8	10.0	2.8	7.2	8.5
	距平值/℃	3.4	3.5	1.4	4.7	3.9	5.7
	正距平年数比率%	70	70	50	80	60.0	80
2001—2008	平均温度/℃	7.8	6.5	10.5	3.4	7.7	8.8
	距平值/℃	6.9	7.8	5.3	8.7	6.6	6.7
	正距平年数比率%	100	100	100	100	100	100
多年平均气温/℃		6.9	5.5	9.9	2.3	6.9	7.9

表 4 M-K 检验法及气候趋势系数法计算西北干旱区各分区变化趋势表
Table 4 The parameters of Mann-Kendall and climatic trend coefficient method of temperature

分析方法 Methods	分区 Areas	参数 P/t Parameter	m 值/ 倾向率 Tendency rate	趋势 Tendency	分区	参数 P/t	m 值/ 倾向率	趋势	分区 站点	参数 P/t	m 值/ 倾向率	趋势
M-K 法	全区	1138	4.18	▲ * *	北疆子区	1081	3.41	▲ * *	南疆子区	1023	2.64	▲ * *
Mann-Kendall methods	青海子区	1212	5.17	▲ * *	河西子区	1202	5.04	▲ * *	内蒙子区	1210	5.15	▲ * *
趋势系数法	全区	1138	0.42	▲ * *	北疆子区	1081	0.34	▲ * *	南疆子区	1023	0.26	▲ * *
Climatic trend coefficient	青海子区	1212	0.52	▲ * *	河西子区	1202	0.50	▲ * *	内蒙子区	1210	0.52	▲ * *

▲表示增加趋势;▼减少趋势;* 通过 $P=0.05$ 显著性检验;* * 通过 $P=0.01$ 显著性检验

由表4及图7可以看出,全区绝大部分均呈现增温趋势(比例占97.9%),其中94.7%的地区通过信度0.01的显著性检验,96.8%的站点通过了0.05的显著性检验,仅有3.2%地区无显著增减趋势。表4及图7显示,西北干旱区整体均呈正幅增温情势,增温幅度为0.02℃/10a(新疆阿拉尔)–1.21℃/10a(青海芒崖)。在北疆地区、东疆地区与青海柴达木盆地地区形成了高幅增温区;在南疆地区及河西中南部地区形成了低幅增温区。北疆形成了以富蕴(1.09℃/10a)为中心,东疆以巴里坤(0.76℃/10a)为中心,青海柴达木盆地以小灶火(0.81℃/10a)为中心的高幅增温区。南疆以喀什(0.22℃/10a)为中心,河西地区以松山(0.08℃/10a),

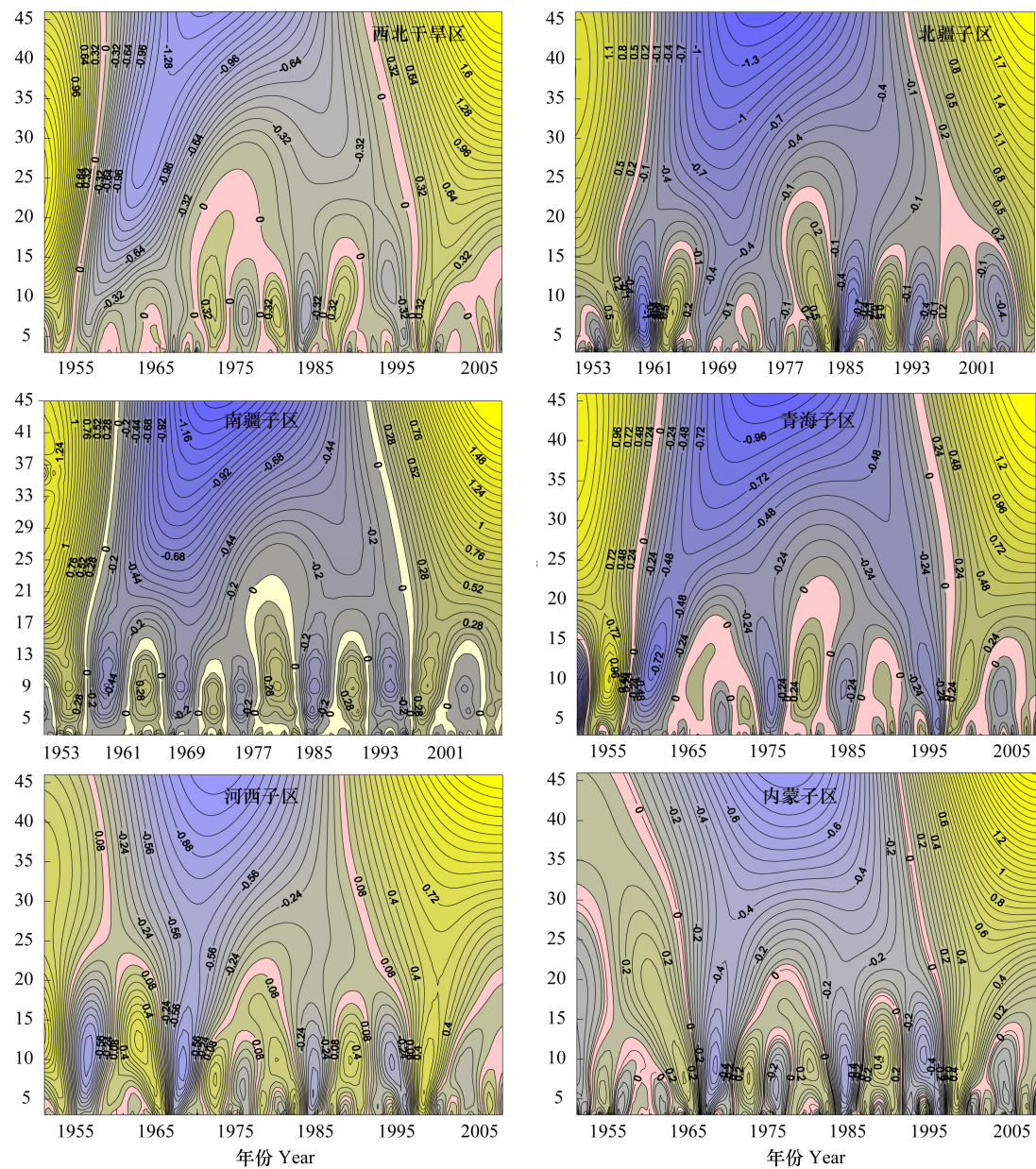


图5 Morlet 小波变换实部时频分布
Fig. 5 Morlet wavelet analysis: real-plural

内蒙古西部以吉河德(0.03℃/10a)为中心的小幅增温区。

表5 M-K 检验法与趋势系数法特征参数结果对比表

Table 5 The results comparison between Mann-Kendall and climatic trend coefficient method							
参数 Parameter	趋势 Tendency	M-K 法(个数/比例) Mann-Kendall methods		趋势系数(个数/比例) Climatic trend coefficient		误差分析 Error level	
		子区 Area	站点 Station amount	子区	站点	子区	站点
年均气温	增加	6(100%)	94(98.9%)	6(100%)	93(97.9%)	0.0%	1.0%
	减少	0(0.0%)	1(1.1%)	0(0.0%)	2(2.1%)		

4 结论与讨论

(1)基于西北干旱区气温场特征向量荷载及因子得分分布型特征可将西北干旱区划分为北疆子区

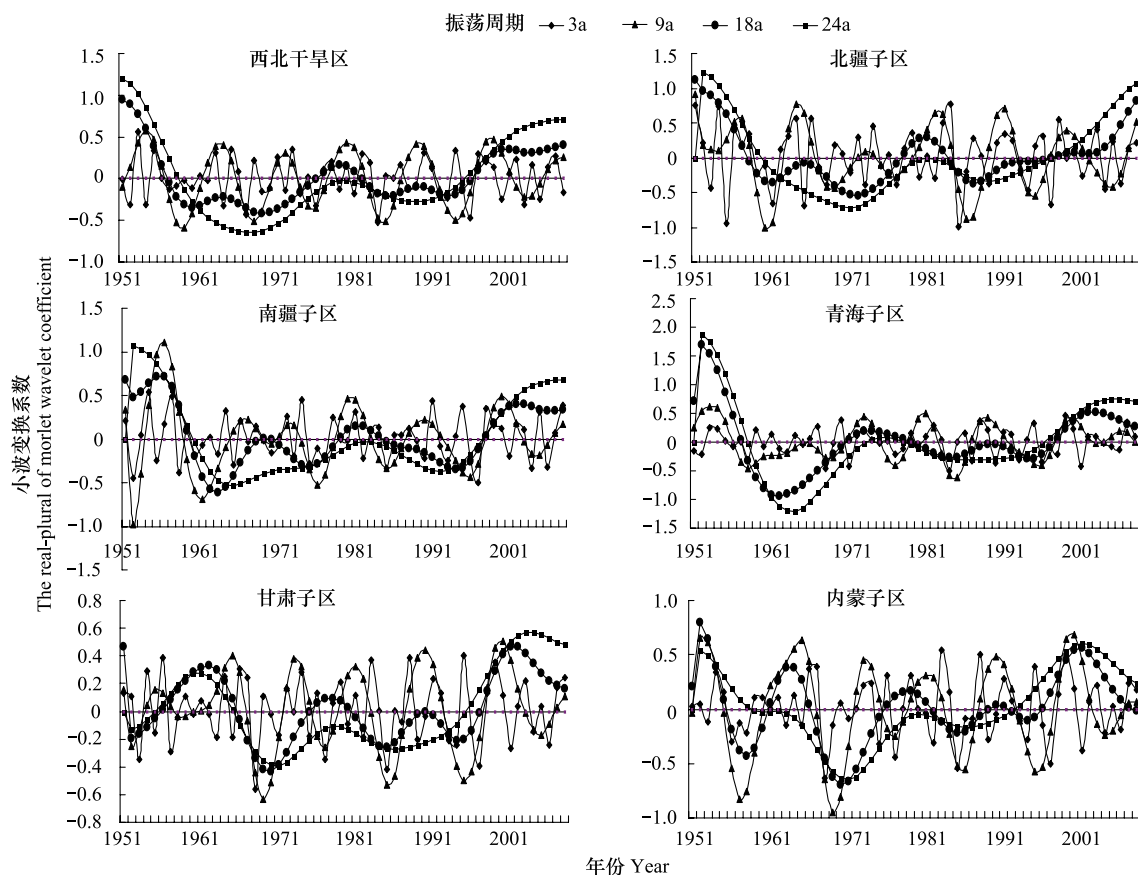


图6 Morlet小波变换系数实部变化过程

Fig. 6 The real-plural of morlet wavelet coefficient process line

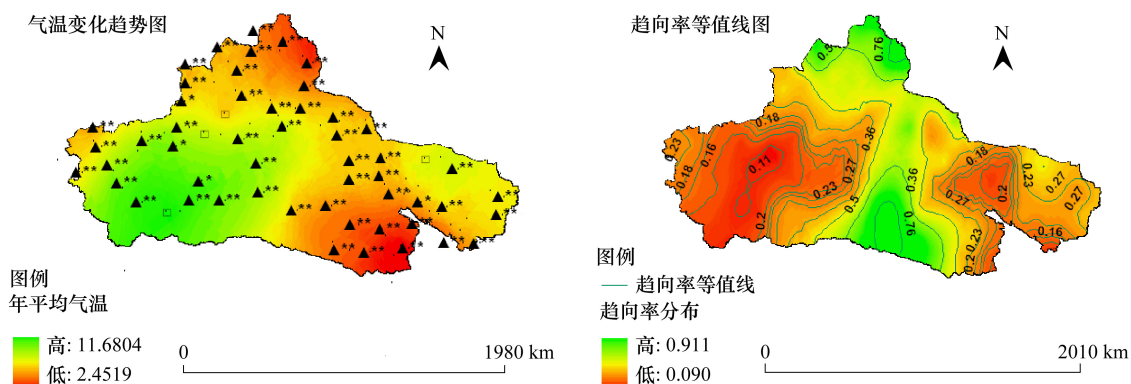


图7 西北干旱区气温变化趋势图

Fig. 7 Trend of temperature in the northwest arid area

(BJR)、南疆子区(NJR)、河西子区(HXR)、青海子区(QHR)以及内蒙古子区(NMR)等5个分区。

(2)全区44.8%的年份气温属正常范围(0级),15.5%年份为异常偏暖(3级);显著偏暖和偏暖级别分别为3.4%和5.2%;偏冷年份(-1级)为13.8%,显著偏冷和异常偏冷年份均为8.6%。20世纪50年代西北干旱区气温略高于多年平均气温,60年代至80年代末期为低温时段,自90年代开始增温,正距平年数比例由80年代40%上升至100%,西北干旱区整体处于高温时段,且增温趋势明显。

(3)西北干旱区及各子区,气温系列主要显示出3a、9a及12a主周期。有97.9%的地区呈现增温趋势,其中94.7%的地区通过信度0.01的显著性检验,96.8%的站点通过了0.05的显著性检验。全区整体呈现正

幅增温情势,增温幅度为 $0.02^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ (新疆阿拉尔)– $1.21^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ (青海芒崖),并在各地形成幅增温中心。

通过分析认为西北干旱区呈现整体增温变暖的趋势,在此背景下研究区的生态系统、水文过程及地表覆被将如何响应,而气候变暖对当地农林牧业将产生怎样的影响并需采取何种应对措施将是进一步的研究的重点。

References:

- [1] Solomon S, Qin D, Manning M. Climate change 2007: the physical science basis contribution of working group I to the fourth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, UK, and New York, USA: Cambridge University Press, 2007.
- [2] Editing committee of National Assessment Report on climate change. National Assessment Report on climate change. Beijing: Science Press, 2007.
- [3] Wang S W, Luo Y, Zhao Z C, Dong W J, Yang B. Debates on the Cause of Global Warming. Progress in Nature Science. 2005, 15(8): 917-922.
- [4] Liang E Y, Shao X M, Xu Y. Tree-ring evidence of recent abnormal warming on the southeast Tibetan Plateau. Theoretical and Applied Climatology, 2009, 98(1/2): 9-18.
- [5] Yu S L, Yuan Y J, Wei W T, Shang H M, Zhang T W, Tong Z, Du M. Response of tree-ring to climate change and temperature reconstruction in west of Tianshan mountains north slope. Journal of Desert Research, 2008, 28(5): 827-832.
- [6] Hao C Z, Li L, Zhang L L, Wang J H, Wang Z H, Shi X L Z, Hao J. Applicability of GCMs in head region of Yellow River. Journal of Hohai University (Natural Sciences), 2009, 37(1): 7-11.
- [7] Wang J, Jiang Z H, Song J, Lou D J. Simulation evaluation and future prediction of the IPCC-AR4 GCMs on the extreme temperatures in China. Acta Oceanologica Sinica, 2008, 27(3): 112-123.
- [8] Xu Y M, Qin Z H, Shen Y. Estimation of near surface air temperature from MODIS data in the Yangtze River Delta. Transactions of the CSAE, 2011, 27(9): 63-68.
- [9] Zhou S G, Zhang Y S, Zhao X Q, Mi Z R. Retrieving of near land surface temperature in the source region of Yellow River with remote sensing. Pratacultural Science, 2011, 28(7): 1229-1233.
- [10] Shi Y F, Shen Y P, Li D L. An assessment of the issues of climate shift from warm-dry to warm-wet in northwest China. Beijing: China Meteorological Press, 2003: 4-23.
- [11] Wang J S, Fei X L, Wei F. Further study of temperature change in northwest china in recent 50 years. Journal of Desert Research, 2008, 28(4): 724-732.
- [12] Liu Z F, Xu Z X, Liu L L, Chen Y N. Temporal trends of future maximum and minimum air temperature in the Tarim River Basin. Arid Land Geography, 2008, 31(6): 821-829.
- [13] Shi X H, Zhao Y N, Dai S, Xu L, Li Y Y, Jia H L, Zhang Q H. Research on climatic change of Qaidam basin since 1961. Journal of Desert Research, 2005, 25(1): 123-128.
- [14] Wang J B, Wang Z G, Wang Z G. Analysis of variation characteristics of temperature in Gannan, Gansu province. Meteorological Monthly, 2007, 33(1): 112-117.
- [15] Zhang Y M, Wang Y X, Xi G P. Multiples temporal scales analysis of rainfall and temperature change in KERQ in desert and its surrounding areas. Journal of Inner Mongolia Agricultural University: Natural Sciences, 2006, 27(2): 30-33.
- [16] Li X H, Shi Q D, Guo J, Ba Y D, Chang S L, Qi J G. The response of NDVI to climate variability in northwest arid area of China from 1981 to 2001. Journal of Arid Land Resources and Environment, 2009, 23(2): 12-16.
- [17] Luo L C, Wang J. The multi-time scale response of NDVI to temperature and precipitation in semiarid areas. Journal of Arid Land Resources and Environment, 2011, 25(9): 167-171.
- [18] Fu X C, Wang F, Wang H, Duan S Q. Analysis of long-term changes in temperature and precipitation and their relationships with water resources in the Qaidam basin in China. Resources Science, 2011, 33(3): 408-415.
- [19] Wu Z. The Desert in China. HongKong: The Commercial Press, 1995: 24.
- [20] Huang J Y. Analysis of temporal and spatial characteristics for temperature and precipitation in summer of China. Scientia Atmospherica Sinica, 1991, 15(3): 124-132.
- [21] Zhou G H, Luo X L, Wang P X, Li L P. Improvements of empirical orthogonal function an analysis for winter temperature over China. Transactions of Atmospheric Sciences, 2012, 35(3): 295-303.
- [22] Tang Y P, Zhang K, Li Z X, Li L, Dai X T, Yan X Y. Temporal and spatial distributions of drought/flood and their evolution trends from 1964 to 2008 in Liaoning province. Journal of Meteorology and Environment, 2011, 27(2): 50-55.
- [23] Wang W S, Zhao T X, Ding J. Study on change characteristics of hydrological time series with continuous wavelet transform[J]. Journal of Sichuan University (Engineering Science Edition). 2004, 36(4): 6-9.
- [24] Xue X J, Jiang X H, Huang Q, Wang Y. The application of wavelet analysis in hydrological sequence trend analysis. Journal of Applied Sciences, 2002, 20(4): 427-428.

- [25] Yue S, Pilon P, Cavadias G. Power of the Mann-Kendall and Spearman's tests for detecting monotonic trends in hydrological series. *Journal of Hydrology*, 2002, 259(1/4): 254-271.
- [26] Lin P S, Li S, Li B S. A study of climate variability in western Hainan Island for last 50 years. *Meteorological Monthly*, 2005, 31(2): 51-55
- [27] Ren J M, You L, Gao J F, Wang S Y. Study on climatic change of last 40 years on Erdos Plateau. *Journal of Desert Research*, 2005, 25(6): 874-879.
- [28] Li S, Chen L, Ren Y Y. Changes of winter precipitation during 1951/1952—2004/2005 in China. *Journal of Tropical Meteorology*, 2008, 24(1): 94-98.

参考文献:

- [2] 《气候变化国家评估报告》编委会. 气候变化国家评估报告. 北京: 科学出版社, 2007.
- [3] 王绍武, 罗勇, 赵宗慈, 董文杰, 杨保. 关于气候变暖的争议. *自然科学进展*, 2005, 15(8): 917-922.
- [5] 喻树龙, 袁玉江, 魏文寿, 尚华明, 张同文, 童忠, 杜敏. 天山北坡西部树木年轮对气候因子的响应分析及气温重建. *中国沙漠*, 2008, 28(5): 827-832.
- [6] 郝振纯, 李丽, 张磊磊, 王加虎, 王振华, 史学丽, 郝洁. GCMs 模式在黄河源区的适用性分析. *河海大学学报(自然科学版)*, 2009, 37(1): 7-11.
- [8] 徐永明, 覃志豪, 沈艳. 基于 MODIS 数据的长江三角洲地区近地表气温遥感反演. *农业工程学报*, 2011, 27(9): 63-68.
- [9] 周曙光, 张耀生, 赵新全, 米兆荣. 基于 MODIS 数据的黄河源区近地表气温遥感反演. *草业科学*, 2011, 28(7): 1229-1233.
- [10] 施雅风. 中国西北气候由暖干向暖湿转型问题评估. 北京: 气象出版社, 2003: 4-23.
- [11] 王劲松, 费晓玲, 魏锋. 中国西北近 50 a 来气温变化特征的进一步研究. *中国沙漠*, 2008, 28(4): 724-732.
- [12] 刘兆飞, 徐宗学, 刘绿柳, 陈亚宁. 塔里木河流域未来最高和最低气温变化趋势. *干旱区地理*, 2008, 31(6): 821-829.
- [13] 时兴合, 赵燕宁, 戴升, 徐亮, 李应业, 贾红莉, 张青梅. 柴达木盆地 40 多年来的气候变化研究. *中国沙漠*, 2005, 25(1): 123-128.
- [14] 王建兵, 王振国, 汪治桂. 甘南地区近 40 年气温变化特征. *气象*, 2007, 33(1): 112-117.
- [15] 张永民, 王云霞, 席桂萍. 科尔沁沙地及其周围地区降水与气温变化的多时间尺度分析. *内蒙古农业大学学报: 自然科学版*, 2006, 27(2): 30-33.
- [16] 李秀花, 师庆东, 郭娟, 巴音达拉, 常顺利, 齐家国. 中国西北干旱区 1981—2001 年 NDVI 对气候变化的响应分析. *干旱区资源与环境*, 2009, 23(2): 12-16.
- [17] 罗隆诚, 王俊. 半干旱地区 NDVI 对气温和降水响应的多时间尺度分析——以甘肃省榆中县为例. *干旱区资源与环境*, 2011, 25(9): 167-171.
- [18] 傅小城, 王芳, 王浩, 段水强. 柴达木盆地气温降水的长序列变化及与水资源关系. *资源科学*, 2011, 33(3): 408-415.
- [19] 吴正. 中国的沙漠. 香港: 商务印书馆, 1995: 24.
- [20] 黄嘉佑. 我国夏季气温、降水场的时空特征分析. *大气科学*, 1991, 15(3): 124-132.
- [21] 周国华, 罗小莉, 王盘兴, 李丽平, 谢瑶瑶. 中国冬季气温异常 EOF 分析的改进. *大气科学学报*, 2012, 35(3): 295-303.
- [22] 唐亚平, 张凯, 李忠炯, 李岚, 戴新童, 严晓瑜. 1964—2008 年辽宁省旱涝时空分布特征及演变趋势. *气象与环境学报*, 2011, 27(2): 50-55.
- [23] 王文圣, 赵太想, 丁晶. 基于连续小波变换的水文序列变化特征研究. *四川大学学报(工程科学版)*, 2004, 36(4): 6-9.
- [24] 薛小杰, 蒋晓辉, 黄强, 王煜. 小波分析在水文序列趋势分析中的应用. *应用科学通报*, 2002, 20(4): 427-428.
- [26] 林培松, 李森, 李保生. 近 50 年来海南岛西部气候变化初步研究. *气象*, 2005, 31(2): 51-55.
- [27] 任健美, 尤莉, 高建峰, 王尚义. 鄂尔多斯高原近 40a 气候变化研究. *中国沙漠*, 2005, 25(6): 874-879.
- [28] 李帅, 陈莉, 任玉玉. 1951/1952—2004/2005 年中国冬季降水变化研究. *热带气象学报*, 2008, 24(1): 94-98

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 33, No. 13 Jul. ,2013 (Semimonthly)

CONTENTS

Frontiers and Comprehensive Review

- A review of ecological effects of remnant trees in degraded forest ecosystems after severe disturbances MIAO Ning, LIU Shirong, SHI Zuomin, et al (3889)
- Mechanism and application of bioremediation to heavy metal polluted soil using arbuscular mycorrhizal fungi LUO Qiaoyu, WANG Xiaojuan, LIN Shuangshuang, et al (3898)

Autecology & Fundamentals

- Changes of allometric relationships among leaf traits in different ontogenetic stages of *Acer mono* from different types of forests in Donglingshan of Beijing YAO Jing, LI Ying, WEI Liping, et al (3907)
- The combined effects of increasing CO₂ concentrations and different temperatures on the growth and chlorophyll fluorescence in *Porphyra haitanensis* (Bangiales, Rhodophyta) LIU Lu, DING Liuli, CHEN Weizhou, et al (3916)
- Research on biomass expansion factor of chinese fir forest in Zhejiang Province based on LULUCF greenhouse gas Inventory ZHU Tangjun, SHEN Chuchu, JI Biyong, et al (3925)
- Influence of soil gradual drought stress on *Acorus calamus* growth and photosynthetic fluorescence characteristics WANG Wenlin, WAN Yinjing, LIU Bo, et al (3933)
- Isolation, identification, real-time PCR investigation of an endophytic phosphate-solubilizing bacteria from *Caragana korshinskii* Kom. roots ZHANG Lizhen, FENG Lili, MENG Qixia, et al (3941)
- Plant's and soil organism's diversity across a range of *Eucalyptus grandis* plantation ages ZHANG Danju, ZHANG Jian, YANG Wanqin, et al (3947)
- Effects of diet and starvation on growth and survival of *Scapharca broughtonii* larvae WANG Qingzhi, ZHANG Ming, FU Chengdong, et al (3963)
- Multidrug-resistant bacteria in livestock feces QI Shiyue, REN Siwei, LI Xueling, et al (3970)
- Physiological regulation related to the decline of *Alexandrium catenella* MA Jinhua, MENG Xi, ZHANG Shu, et al (3978)
- Numerical simulation of water quality based on environmental fluid dynamics code for grass-algae lake in Inner Mongolia LI Xing, SHI Hongsen, ZHANG Shuli, et al (3987)

Population, Community and Ecosystem

- Influence of enclosure on *Glycyrrhiza uralensis* community and distribution pattern in arid and semi-arid areas LI Xuebin, CHEN Lin, LI Guoqi, et al (3995)
- The interannual variation of net primary productivity of three coniferous forests in Liupan Mountains of Ningxia and its responses to climatic factors WANG Yunni, XIONG Wei, WANG Yanhui, et al (4002)
- Soil water use and balance characteristics in mature forest land profile of *Caragana korshinskii* in Semiarid Loess Area MO Baoru, CAI Guojun, YANG Lei, LU Juan, et al (4011)
- Effect of simulated acid deposition on chemistry of surface runoff in monsoon evergreen broad-leaved forest in Dinghushan QIU Qingyan, CHEN Xiaomei, LIANG Guohua, et al (4021)
- A space optimization model of water resource conservation forest in Dongting Lake based on improved PSO LI Jianjun, ZHANG Huiru, LIU Shuai, et al (4031)
- Allelopathic effects of aqueous extract of exotic plant *Rhus typhina* L. on soil micro-ecosystem HOU Yuping, LIU Lin, WANG Xin, et al (4041)
- The impact of natural succession process on waterbird community in a abandoned fishpond at Chongming Dongtan, China YANG Xiaoting, NIU Junying, LUO Zukui, et al (4050)
- Mercury contents in fish and its biomagnification in the food web in Three Gorges Reservoir after 175m impoundment YU Yang, WANG Yuchun, ZHOU Huaidong, et al (4059)

- Microsatellite analysis on genetic diversity of common carp, *Cyprinus carpio*, populations in Yuan River
 YUE Xingjian, ZOU Yuanchao, WANG Yongming, et al (4068)

Landscape, Regional and Global Ecology

- Research on spatio-temporal change of temperature in the Northwest Arid Area HUANG Rui, XU Ligang, LIU Junmin (4078)
- Simulation of soil respiration in forests at the catchment scale in the eastern part of northeast China
 GUO Lijuan, GUO Qingxi (4090)
- The early effects of nitrogen addition on CH₄ uptake in an alpine meadow soil on the Eastern Qinghai-Tibetan Plateau
 ZHANG Peilei, FANG Huajun, CHENG Shulan, et al (4101)
- Analysis of water ecological footprint in Guangxi based on ecosystem services ZHANG Yi, ZHANG Heping (4111)
- The integrated recognition of the source area of the urban ecological security pattern in Shenzhen
 WU Jiansheng, ZHANG Liqing, PENG Jian et al (4125)
- Carbon sources and storage sinks in scenic tourist areas: a Mount Lushan case study
 ZHOU Nianxing, HUANG Zhenfang, LIANG Yanyan (4134)
- Impacts of climate change on dominant pasture growing season in Central Inner Mongolia
 LI Xiazi, HAN Guodong, GUO Chunyan (4146)
- Phenological Characteristics of Typical Herbaceous Plants (*Lris lacteal*) and Its Response to Climate Change in Minqin Desert
 HAN Fugui, XU Xianying, WANG Lide, et al (4156)
- Biomass and distribution pattern of carbon storage in *Eomecon chionantha* Hance
 TIAN Dalun, YAN Wende, LIANG Xiaocui, et al (4165)
- Temporal dynamics and influencing factors of fine roots in five Chinese temperate forest ecosystems
 LI Xiangfei, WANG Chuankuan, QUAN Xiankui (4172)

Resource and Industrial Ecology

- Effects of AMF on soil improvement and maize growth in mining area under drought stress
 LI Shaopeng, BI Yinli, CHEN Peizhen, et al (4181)

Urban, Rural and Social Ecology

- Health function evaluation and exploring its mechanisms in the Shanghai Green Belt, China
 ZHANG Kaixuan, ZHANG Jianhua (4189)

Research Notes

- Time lag effects of rainfall inside a *Platycladus Orientalis* plantation forest in the Beijing Mountain Area, China
 SHI Yu, YU Xinxiao, ZHANG Jiayin (4199)
- Long-term effects of harvest residue management on soil total carbon and nitrogen concentrations of a replanted Chinese fir
 plantation HU Zhenhong, HE Zongming, FAN Shaohui, et al (4205)

《生态学报》2013 年征订启事

《生态学报》是由中国科学技术协会主管,中国生态学学会、中国科学院生态环境研究中心主办的生态学高级专业学术期刊,创刊于 1981 年,报道生态学领域前沿理论和原始创新性研究成果。坚持“百花齐放,百家争鸣”的方针,依靠和团结广大生态学科工作者,探索生态学奥秘,为生态学基础理论研究搭建交流平台,促进生态学研究深入发展,为我国培养和造就生态学科人才和知识创新服务、为国民经济建设和发展服务。

《生态学报》主要报道生态学及各分支学科的重要基础理论和应用研究的原始创新性科研成果。特别欢迎能反映现代生态学发展方向的优秀综述性文章;研究简报;生态学新理论、新方法、新技术介绍;新书评价和学术、科研动态及开放实验室介绍等。

《生态学报》为半月刊,大 16 开本,300 页,国内定价 90 元/册,全年定价 2160 元。

国内邮发代号:82-7,国外邮发代号:M670

标准刊号:ISSN 1000-0933 CN 11-2031/Q

全国各地邮局均可订阅,也可直接与编辑部联系购买。欢迎广大科技工作者、科研单位、高等院校、图书馆等订阅。

通讯地址:100085 北京海淀区双清路 18 号 电 话:(010)62941099; 62843362

E-mail: shengtaixuebao@rcees.ac.cn 网 址: www.ecologica.cn

本期责任副主编 彭少麟

编辑部主任 孔红梅

执行编辑 刘天星 段 靖

生 态 学 报

(SHENGTAI XUEBAO)

(半月刊 1981 年 3 月创刊)

第 33 卷 第 13 期 (2013 年 7 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 33 No. 13 (July, 2013)

编 辑	《生态学报》编辑部 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085 电话:(010)62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@rcees.ac.cn	Edited by	Editorial board of ACTA ECOLOGICA SINICA Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China Tel:(010)62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@rcees.ac.cn
主 编	王如松	Editor-in-chief	WANG Rusong
主 管	中国科学技术协会	Supervised by	China Association for Science and Technology
主 办	中国生态学学会 中国科学院生态环境研究中心 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085	Sponsored by	Ecological Society of China Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
出 版	科 学 出 版 社 地址:北京东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717	Published by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China
印 刷	北京北林印刷厂	Printed by	Beijing Bei Lin Printing House, Beijing 100083, China
发 行	科 学 出 版 社 地址:东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717 电话:(010)64034563 E-mail:journal@cspg.net	Distributed by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel:(010)64034563 E-mail:journal@cspg.net
订 购	全国各地邮局	Domestic	All Local Post Offices in China
国外发行	中国国际图书贸易总公司 地址:北京 399 信箱 邮政编码:100044	Foreign	China International Book Trading Corporation Add:P. O. Box 399 Beijing 100044, China
广告经营 许 可 证	京海工商广字第 8013 号		

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

国内外公开发行

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 90.00 元