

区域气候变化监测与检测学术研讨会  
( 第五 届 )

论 文 摘 要

中国气象局气候研究开放实验室  
宁夏回族自治区气象局  
中国地质大学 ( 武汉 )  
中国气象学会气候变化与低碳发展委员会  
2018 年 8 月 27-28 日 宁夏银川



# 前言

两年一度的“区域气候变化监测与检测学术研讨会”，今年已步入第五届。本届研讨会由中国气象局气候研究开放实验室、宁夏回族自治区气象局、中国地质大学（武汉）和中国气象学会气候变化与低碳发展专业委员会联合主办，于2018年8月27-28日在宁夏回族自治区首府银川市举行。迄今，会议共收到论文近100篇，参会代表近200人，为历届之最。

全球和区域气候变化监测与检测是气候变化科学的基础性、前沿性研究领域，对于深入理解近现代气候变化的基本事实和成因、机理，客观检验气候（地球）系统模式模拟能力，准确预估未来不同时空尺度气候变化趋势及可能影响，均具有重要科学意义。但是，目前在气候变化监测、检测和归因研究中，仍存在着若干重要科学和技术问题有待解决。持续关注和探索这些焦点、难点问题，是气候变化科学工作者义不容辞的责任。

本届研讨会围绕以下议题开展学术交流：1) 早期气候资料挖掘、数字化、均一化及应用；2) 气候观测资料序列系统偏差评价与订正；3) 极端天气气候指标体系及其应用；4) 亚洲、中国现代气候变化与变异观测事实；5) 亚洲、中国现代气候变化趋势检测与归因；6) 东亚季风区历史时期和近现代极端气候变化；7) 亚洲干燥区历史时期和近现代极端气候变化；8) 当前气候变化监测、检测和归因热点问题（包括但不限于：a. 北极变暖增幅，b. 气候变暖对高度的依赖性，c. 东亚地区气溶胶气候效应，d. 气温观测中的城市化偏差，e. 北大西洋和美国东南部降温现象，f. 南北极气温变化的非对称性，g. 近20年全球变暖滞缓现象，h. 近地面风速下降原因）；9) 城市气候变化：特征、原因和影响；10) 现代气候变化影响的监测、检测与归因；11) 区域气候变化监测业务与服务。通过交流，促进合作，增进对当前气候变化监测、检测和归因领域若干关键科学、技术问题的认识，是这次会议的主要目的。

作为会议组织者，感谢来自全国各地代表的积极参与；感谢秦大河院士，丁一汇院士，陈发虎院士，Xiaolan Wang博士，翟盘茂研究员和江志红教授应邀做大会特邀报告；感谢宁夏气象局局长杨兴国研究员，国家气候中心副主任巢清尘研究员，中国气象局科技与气候变化司袁佳双处长，中国气象局气候研究开放实验室常务副主任李清泉研究员和副主任任宏利研究员，中国地质大学（武汉）环境学院大气科学系主任李双林教授的大力支持；杨兴国、张强、罗勇、周天军、李金豹、李国平、张仲石、钱诚、戴君虎、陈正洪、熊安元、李双林、王春在和杨萍教授（研究员）做主题邀请报告；感谢宁夏气候中心主任孙银川高级工程师以及其他多位同事，中国气象局气候研究开放实验室张雁高级工程师和农丽娟女士，中国地质大学（武汉）环境学院大气科学系研究生秦云、张盼峰、索南看卓、张永强、温康民，中国气象科学研究院研究生薛晓颖，以及南京信息工程大学研究生李欣、孙秀宝等同学，在会议筹备和举办过程中所做出的无私奉献。

本届研讨会论文摘要集由张雁高级工程师和秦云编辑。

任国玉

2018年8月16日



# 目 录

前言 .....	任国玉
<b>特邀报告</b>	
气候变化与冰冻圈科学发展.....	秦大河 (1)
北极增暖与海冰融化是中国冬季极端冷事件增加的原因吗? .....	丁一汇 (1)
亚洲中部干旱区气候变化的事实与机制.....	陈发虎 (1)
Climate data homogenization and analysis of the 19 <sup>th</sup> and early 20 <sup>th</sup> century .....	
.....	Xiaolan Wang (1)
IPCC WG1 第六次评估报告编写工作进展 .....	翟盘茂 (1)
On the emergence of anthropogenic signal in extreme precipitation change over China .....	
.....	江志红 (1)
北极放大效应与全球变暖停滞.....	罗 勇 (1)
巴黎协定温升背景下的全球季风变化.....	周天军 (1)
<b>S1 气候观测资料拯救、均一化和系统偏差订正</b>	
偏差订正对我国降水气候态的影响.....	张颖娴 (2)
东北地区近百年气温序列均一性检验和订正 .....	崔 妍 (3)
降水自记纸数字化及分钟降水数据集的建立.....	鞠晓慧 (4)
基于均一化资料的河南省最高气温变化规律.....	左 璇 (6)
Recent Surface Air Temperature Change over Mainland China Based on an Urbanization-Bias Adjusted Dataset .....	温康民 (7)
河南省最低气温资料均一化状况及其对气候变化监测的影响 .....	刘雅星 (8)
嵩山站平均气温资料延长及其变化趋势分析.....	姬兴杰 (13)
Analysis of variability and long-term trends of sea surface temperature over the China Seas derived from a newly merged regional data set .....	李 琰 (15)
风场变形误差对北京降水记录及变化趋势的影响.....	郑祚芳 (16)
柳州市近三十年来降水情况统计分析.....	杨 宇 (17)
数字化雨量自记纸资料的质量控制方法及其初步应用 .....	赵华睿 (18)
<b>S2 全球与区域关键气候要素变化事实、机理和原因</b>	
北极海冰变化及其与中高纬度大气环流的联系.....	杨小怡 (19)
中国区域大气水汽的观测、模拟及检测归因.....	张京朋 (21)
东北冬季大雪强度年代际分量的变化特征及对海温的响应.....	赵春雨 (22)
藏东南草地下垫面地气通量交换日变化的数值模拟.....	李宏毅 (23)

中国东部地区百年温度长程相关性及其演变规律研究.....	王启光 (24)
Analysis of Precipitation Trends and LULC Changes in Shanghai .....	江 琴 (25)
Underestimated interannual variability of East Asian summer rainfall under climate change .....	任永建 (27)
Assessing the inundation risk resulting from extreme water levels under sea-level rise .....	冯爱青 (28)
中国生态脆弱区 35 年气候变化特征分析.....	孙康慧 (29)
东亚副热带西风急流与我国南方地区夏季降水的关系及其对海温异常的响应.....	邵鹏程 (30)
Modulation of Atmospheric Quasi-biweekly Oscillation on the Intensity of Nascent Tibetan Plateau Vortices.....	李 论 (32)
全球变暖加速期与趋缓期西风爆发的特征比较.....	石运昊 李静怡 (33)
北方农牧交错带春季风速年际变化的影响因子分析.....	胡毅鸿 (34)
青藏高原土壤湿度的变化特征及其与降水的关系.....	孙 夏 (35)
夏季青藏高原增暖及其影响东亚夏季降水的机理分析.....	梁 梅 (36)
夏季印度季风变化对青藏高原降水的影响.....	孙 亦 (37)
北极变暖对东亚冬季气候的影响.....	李跃凤 (38)
二十四节气的气候变化分析.....	孙倩倩 (39)
海冰消融背景下和北极增温的季节差异及其原因.....	武丰民 (42)
辽宁省降雪变化特征.....	周晓宇 (43)
近 33 年西北太平洋极端海表温度事件的变化特征及与 ENSO 的关系.....	康建成 陈志伟 (44)
厄尔尼诺事件的多样性及其对东亚夏季风降水的影响.....	袁 帅 (45)
<b>S3 东亚地区近现代极端气候变化事实、机制和影响</b>	
On the emergence of anthropogenic signal in extreme precipitation change over China .....	江志红 (46)
近 61 年西南低涡的统计特征与异常发生的流型分析.....	李国平 (47)
1951-2017 年中巴经济走廊北端帕米尔高原区域极端升温过程频数及强度气候变化特征 .....	毛炜峰 (48)
亚洲中纬度地区极端降水强度变化及其归因.....	董思言 (49)
新疆干湿气候变化多时间尺度综合评估.....	姚俊强 (50)
全球温度增温半度对中国区域极端气候发生风险的影响.....	李 伟 (51)
淮河中上游水量平衡要素对气候变化的响应及预估研究.....	王 胜 (52)
近百年全球日较差变化特征.....	孙秀宝 (54)

2018 年夏季中国高温事件监测及未来高温人口暴露度预估 .....	黄大鹏 (55)
气候变化背景下广东近 10 年冷冬频发成因分析 .....	郝全成 (56)
武汉地区浓雾的变化特征及成因分析 .....	何明琼 (57)
全球 1.5 度和 2 度温升时的气温和降水变化预估 .....	胡 婷 (59)
近 40 年京津冀大风日频次的变化及其环流背景分析 .....	石晓雪 (60)
成都一次沙尘气溶胶污染过程及光学特性 .....	汤津赢 (61)
三峡库区春季连阴雨气候趋势分析 .....	郑衍欣 (62)
Land-use change and air pollution likely triggered significant increase in heavy rainfall in China .....	孔 锋 (63)
基于非齐次隐马尔可夫降尺度方法的江淮流域夏季日降水量变化的未来预估 .....	郭莲怡 (64)
.....	.....
东北区夏季低温事件概率空间分布与亚洲阻塞流型域及其冷空气活动路径 .....	.....
.....	苏丽欣 (65)
定量评估气候变化对我国西南地区干湿状况的影响 .....	周舒佳 孙善磊 史婉蓉 (66)
松花江流域盛夏降水异常模态的环流差异及机理研究 .....	姜德君 (67)
Regime Shift in the Destructiveness of Tropical Cyclones over the Western North Pacific .....	涂石飞 (68)
近 50a ENSO 时频特征分析及其与南海台风的相关性研究 .....	季倩倩 (69)
近 46 年京津冀地区暖季降水时空特征 .....	梁苏洁 谢 均 (70)
EC 细网格对黄渤海大风预报性能的检验 .....	李昱茜 (71)
<b>S4 城市气候变化的特征、原因和影响</b>	
1873 年以来中国极端气温变化和现代城市化效应估算新方法 .....	钱 诚 (72)
Evidence for strong association of short-duration intense rainfall with urbanization in Beijing urban area .....	杨 萍 (73)
近百年来台湾海峡两岸中心城市气候变化特征与趋势 .....	杨 林 (74)
城市化对石家庄湿度的影响分析 .....	卞 韬 (75)
武汉城市相对湿度气候学特征与长期变化趋势 .....	索南看卓 (76)
Urban Heat Island Effect and Its Contribution to Observed Temperature Increase at Wuhan Station, Central China .....	贾文茜 (77)
河北平原气象站与农田气温差异特征 .....	徐建芬 (78)
地面气温对微环境空间差异的响应 .....	刘玉莲 (79)
上海百年气温、降水变化特征分析 .....	孙兰东 吴 蔚 (80)
沈阳市城区土地扩张对风热环境与边界层的影响 .....	沈历都 (82)
The effects of climate change on heating energy consumption of office buildings in different	

climate zones in China .....	孟凡超 (84)
北京地区生长期气候变化特征研究.....	杨 洁 (85)
面向新型城镇化的气候承载力指标研究—以皖江城市带为例 .....	卢燕宇 (86)
<b>S5 古气候演化特征及其驱动机制</b>	
Interdecadal modulation of El Niño teleconnection on monsoon Asia climate over the past five centuries .....	李金豹 (87)
树木年轮记录的青藏高原气温年循环变化.....	段建平 (88)
千年石鱼研究—长江上游历史时期枯水变化.....	施艾琳 (89)
气候重建中历史记录的词语语义分析方法研究.....	相婷婷 (90)
<b>S6 区域气候变化监测、服务与应对</b>	
近 20 年来风电场(群)对气候的影响研究进展.....	陈正洪 (91)
不同施肥制度下作物增产减排的协同效应研究.....	田 红 (93)
近地层逆温在典型霾过程中演变特征分析.....	邓佩云 (94)
2015 年 12 月持续雾、霾过程分析.....	赵 焯 (95)
河南气象灾害对农业年景的影响评估分析.....	王记芳 (96)
基于气候弹性模型的丹江口水库水源区径流模拟及预测.....	王 苗 (97)
气候变化对宁夏中南部山区马铃薯商品性状的影响研究.....	马力文 (98)
Effects of climate change on building climatic zoning in China.....	程善俊 (100)
气候变化对七星河径流驱动影响关系的分析.....	郑 红 (101)
Observational Quantification of Climatic and Human Influences on Vegetation Greening in China .....	华文剑 (102)
气候变化对伊洛河上游流域水资源影响评估.....	郜彦娜 (103)
重庆市低温监测评估业务规范探讨.....	杨 琴 (104)
动力气候模式对伊犁河谷 8.1 极端降水过程预测能力的检验评估.....	李海燕 (105)
渤海西岸沧州市海陆风的统计特征及标准.....	王淑云 (107)
气候变化背景下武川主要作物生产水足迹变化分析.....	赵 慧 (108)

# 气候变化与冰冻圈科学发展

秦大河，中国气象局

## 北极增暖与海冰融化是中国冬季极端冷事件增加的原因吗？

丁一汇，国家气候中心

## 亚洲中部干旱区气候变化的事实与机制

陈发虎，中国科学院青藏高原研究所

## Climate data homogenization and analysis of the 19<sup>th</sup> and early 20<sup>th</sup> century

Xiaolan Wang

Climate Research Division, Environment and Climate Change Canada

## IPCC WG1 第六次评估报告编写工作进展

翟盘茂，中国气象科学研究院

## On the emergence of anthropogenic signal in extreme precipitation change over China

江志红，南京信息工程大学

## 北极放大效应与全球变暖停滞

罗勇，清华大学地学系

## 巴黎协定温升背景下的全球季风变化

周天军，中科院大气物理研究所

# **Bias correction of gauge data and its effect on precipitation climatology over mainland China**

Yingxian Zhang<sup>a</sup>, Yuyu Ren<sup>a</sup>, Guoyu Ren<sup>a,b</sup>, Guofu Wang<sup>a,\*</sup>

<sup>a</sup> *Laboratory for Climate Studies, National Climate Center, China Meteorological Administration,  
Beijing 100081, P R China*

<sup>b</sup> *Department of Atmospheric Science, School of Environmental Studies, China University of  
Geosciences, Wuhan 430074, P R China*

## **Abstract:**

Rain gauge measurements have long been recognized to underestimate the actual precipitation. Long term daily precipitation records during 1961-2013 from a dense national network of ~2400 gauges are corrected to remove the systematic errors caused by trace precipitation, wetting losses, as well as wind-induced undercatch. The correction percentage is higher/lower in cold/warm seasons. Both trace precipitation and wetting losses correction are more important in arid regions than wet regions. Greater correction percentage for wind-induced error can be found in cold or arid region, as well as high wind-speed area. Generally, the annual precipitation amount, as well as the precipitation intensity, more or less increases after bias correction with the maximum percentage being about 35 %. More importantly, bias corrected snowfall amount, as well as rainstorm amount, increases remarkably by a percentage up to 50 % and 400 % respectively. Therefore, the actual precipitation, snowfall, and intense rainfall are really much higher than previously measured over China. The bias correction is thus necessarily needed to obtain accurate estimates of precipitation amount and precipitation intensity.

**Key words:** precipitation, wetting losses, undercatch, error, extreme precipitation, China

---

\* Correspondence to: G. Wang, Laboratory for Climate Studies, National Climate Center, China Meteorological Administration, Beijing 100081, P R China. E-mail addresses: [zhangyingxian@cma.gov.cn](mailto:zhangyingxian@cma.gov.cn)

# 东北地区近百年气温序列的均一性检验和订正

崔妍

沈阳区域气候中心

## 摘要

本文采用惩罚最大 T 检验 (PMT) 方法, 结合台站历史沿革信息, 对东北地区 129 个气象站 1905—2014 年月最高气温和最低气温资料进行均一性检验和订正, 并与已有均一化数据集 (CHHT) 进行对比分析。结果表明: 气温的非均一性在空间上普遍存在, 最高温和最低温分别检测出断点 74 个和 94 个, 资料拼接和迁站是造成非均一性的重要因素。均一性检验和订正提高了东北地区最高气温和最低气温的空间一致性, 线性趋势空间分布更加合理, 订正之后变化趋势略有增加, 年平均最高气温和最低气温分别由  $0.1^{\circ}\text{C}/10\text{a}$  和  $0.22^{\circ}\text{C}/10\text{a}$  增至  $0.17^{\circ}\text{C}/10\text{a}$  和  $0.33^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ 。与 CHHT 相比, 两套数据时间相关系数在 0.9 以上, 对东北地区气候长期演变趋势基本一致, 东北地区年平均最高气温和最低气温均呈显著升温趋势, 采用 PMT 得到的年平均最高气温和最低气温变化趋势较 CHHT 分别偏高  $0.05^{\circ}\text{C}/10\text{a}$  和  $0.03^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ , 在线性趋势空间分布上 PMT 均一化检验订正结果较 CHHT 略有改善。

关键词: 东北地区、气温、均一性检验和订正、PMT

# 降水自记纸数字化及分钟降水数据集的建立

鞠晓慧<sup>1</sup> 黄少平<sup>2</sup> 高峰<sup>1</sup> 范邵华<sup>1</sup> 战云健<sup>1</sup>

(1 国家气象信息中心 北京 100081; 2 江西省气象局 南昌 330096)

## 摘要

在我国地面自动气象观测系统建立之前,地面台站降水有两种观测形式:雨量筒观测的人工定时降水和翻斗雨量计或虹吸雨量计观测的遥测自记降水。21世纪之后,我国逐步建立了自动气象观测系统,首先实现了降水自动观测。人工定时降水以数字形式记录在气象报表上,经人工录入后形成信息化 A0 (A1) 文件;遥测自记降水量以迹线形式记录在降水自记纸上,通过人工整理和录入后形成信息化 A6 (A7) 文件;通过人机交互,使用专业数字化处理软件,对自记纸迹线跟踪并计算出逐分钟降水量,形成分钟降水标准数据 R01 文件。自动雨量传感器直接输出分钟降水量数据 (J 文件)。

全国气象档案馆共馆藏有 2248 站约 900 多万页降水自记纸。中国气象局自 2004 年开始实施降水自记纸数字化建设,分 3 期开展,于 2018 年初完成了全部国家地面站建站至自动站正式运行前一年的降水自记纸数字化,首次建立了人工观测分钟降水数据。

降水自记纸数字化采用了降水曲线彩色表征区分技术和降水曲线自动跟踪提取技术,提取出降水自记纸上用纵坐标(降水量)和横坐标(时间)表现的降水曲线数据,再转换成降水分钟强度数据。依据该原理研制了“降水自记纸彩色扫描数字化处理系统”,使用该系统,采用人机交互的方式逐张对降水自记纸扫描图像文件进行迹线提取,形成降水分钟数据文件。为了保证自记纸迹线提取数据的质量,需要对提取的分钟降水数据进行质量检查。检查主要针对日降水量合计大于 30mm、提取的逐时数据与 A6 逐时数据相差 0.3mm,最大 1 小时降水量大于 10mm 等情况进行。具体检查内容包括:自记纸迹线跟踪开始时间和结束时间是否正确;跟踪迹线与原降水迹线是否一致;降水迹线是否异常;降水迹线提取累计量是否正确等。

由于全国地面站自动站雨量观测建立时间不一,2005 年之前的自动站分钟(降水)数据 (J 文件) 质量差异较大,需要对 J 文件降水数据进行检查处理。检查原则上以地面月报数据 A 文件中小时降水量为基本参照。检查内容包括:J 文件格式检查、分钟降水量的气候界限值和极值检查、小时内逐分钟累积降水量与小时降水量匹配性检查。其中 J 文件与 A 文件降水量内部一致性检查规则为:J 文件累计量与 A 文件差异大于 0.3mm 时提示疑误信息;A 文件小时降水量=0.0mm, J 文件分钟降水有缺测时提示疑误信息。人工对以上疑误信息进行处理和确认。

制作分钟降水数据集时,人工站期间的数据源为有自记记录至自动站正式运行前一年的分钟数据标准文件(R01文件)。自动站正式运行至2017年的数据源为J文件。自动化观测期间缺少J文件或出现整月(年)分钟降水数据缺测等,需将降水备用自记纸迹线提取数据作为补充数据源。采用数据集实体文件制作软件进行实体文件的制作。对分钟降水数据完整性和质量进行评估。

基于降水自记纸迹线提取的逐分钟降水数据为城市暴雨强度公式编制、设计暴雨雨型编制、短时强降水的气候变化分析、降水的日内变化气候特征分析等业务与科研工作提供了强有力的基础数据支撑。

**关键词:** 降水自记纸 分钟降水 迹线提取 质量控制

#### 参考文献

- 1 王伯民. 彩色扫描图形数字化处理技术的研究\_气象历史档案拯救技术探索之一. 应用气象学报. 2003. 14(6):763-768.
- 2 王伯民 吕勇平 张强. 降水自记纸彩色扫描数字化处理系统应用气象学报. 2004. 15(6):737-744

# 基于均一化资料的河南省最高气温变化规律

左璇, 姬兴杰

(河南省气候中心, 郑州, 450003)

## 摘要

气候变暖问题现已得到国内外科学家和公众的广泛关注, 成为共同关注的热点问题。国内一系列研究者的研究表明, 近百年来中国气温呈现增温趋势, 其中最高气温的变化趋势存在地区差异, 同一省份, 最高气温也存在相反变化趋势的可能: 谢庄等分析发现, 北京 7 月份最高气温的倾向率为  $-0.245^{\circ}\text{C}/100\text{a}$ ; 常军等的研究表明 1959-2008 年间, 河南省最高气温年气候变化倾向率为  $0.053^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ , 在西部的洛阳地区升温较快, 而其他地区相对较慢。季节变幅来看, 我国西北地区近 30a 来最高气温在冬季变化最为显著, 但仍表现为不明显的升高趋势。

而在长期的观测过程中, 由于台站观测环境被破坏及仪器变更等因素造成了地面观测数据的因非气候因素造成的跃迁现象。研究表明, 对资料均一化处理能够有效纠正因迁站等原因造成的地面气温观测记录中的非均一性, 很大程度上还原城市站点地面气温观测记录中的城市化影响偏差。本文对河南省均一化前后的最高气温变化规律进行探讨, 为研究城市变化以及应对气候变暖, 减缓气候变化对人类社会的影响提供参考。

本文利用国家气象信息中心 2013 年发布的均一化气温资料, 对河南省 51 个经均一化处理站点数据以及全省 111 个国家站平均值在均一化处理前后的月、季、年尺度最高气温数据序列的线性趋势进行比较评价。结果表明:

1) 河南省有 56 个国家气象站最高气温资料经均一化处理, 主要受影响站点为 51 个, 主要集中在豫西北和豫北地区;

2) 均一化后河南省年平均最高气温 1961-2017 年均值降低  $0.085^{\circ}\text{C}$ ; 均一化订正前后全省年平均最高气温线性趋势均呈显著增加趋势; 均一化后增幅变大, 增温速率上升  $0.020^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ , 河南省年平均最高气温增幅被低估;

3) 均一化后, 1961-2017 年春、夏、秋、冬季平均最高气温多年平均值较均一化前分别减小, 夏季减幅最大, 冬季最小; 春、秋、冬三季在均一化前后均呈增加趋势, 其中春季增幅最大, 冬季次之; 夏季呈弱的减少趋势。年尺度及季节尺度上, 最高气温线性趋势在均一化后较之前增加  $0.020^{\circ}\text{C}/10\text{a}$  左右, 春季增幅最大。

关键词: 河南; 均一化; 最高气温

# Recent Surface Air Temperature Change over Mainland China Based on an Urbanization-Bias Adjusted Dataset

WEN Kangmin<sup>1</sup>, REN Guoyu<sup>1,2\*</sup>, LI Jiao<sup>3</sup>, ZHANG Aiyong<sup>4</sup>, REN Yuyu<sup>2</sup>, SUN Xiubao<sup>2,5</sup>, ZHOU Yaqing<sup>6</sup>

1. *Department of Atmospheric Science, School of Environmental Studies, China University of Geosciences, Wuhan 430070*
2. *Laboratory for Climate Studies, National Climate Center, China Meteorological Administration, Beijing 100081*
3. *Tieling Meteorological Bureau, Liaoning Province, Tieling 112000*
4. *Beijing Meteorological Bureau, Beijing 100081*
5. *College of Atmospheric Science, Nanjing University of Information Science & Technology, Nanjing 210044*
6. *Jinzhong Meteorological Bureau of Shanxi Province, Jinzhong 030600*

**Abstract:** A data set from 763 national Reference Climate stations and Basic Meteorological Stations (RCBMS) was used to analyze Surface Air Temperature (SAT) change in mainland China. The monthly data set had been corrected for in-homogeneities, and it has been further adjusted for urbanization bias existing in the data series of size-varied urban stations. The standard procedures for creating area-averaged temperature time series and for calculating linear trend were used. Analyses were made for annual and seasonal mean temperature. Annual mean SAT in China as a whole rose by 1.24 °C for the last 55 years, with a warming rate of 0.23 °C per decade. This was close to the warming of 1.09 °C observed in global mean land SAT over the period 1951-2010, and indicated that the urbanization bias had caused an overestimate of the annual warming rate of more than 19.6%. The winter, autumn, spring and summer mean warming rates were 0.28, 0.23, 0.23 and 0.15 °C per decade respectively. The spatial patterns of the annual and seasonal mean SAT trends also exhibited an obvious difference from those of the previous analyses. The largest contrast was a weak warming area appearing in central parts of mainland China, which included a little part of southwestern North China, Northwestern Yangtze River, and eastern part of the Southwest China. The annual mean warming trends in Northeast and North China obviously decreased, which caused a relatively more significant cooling in Northeast China after 1998 under the background of global warming slowdown.

# 河南省最低气温资料均一化状况及其对气候变化监测的影响

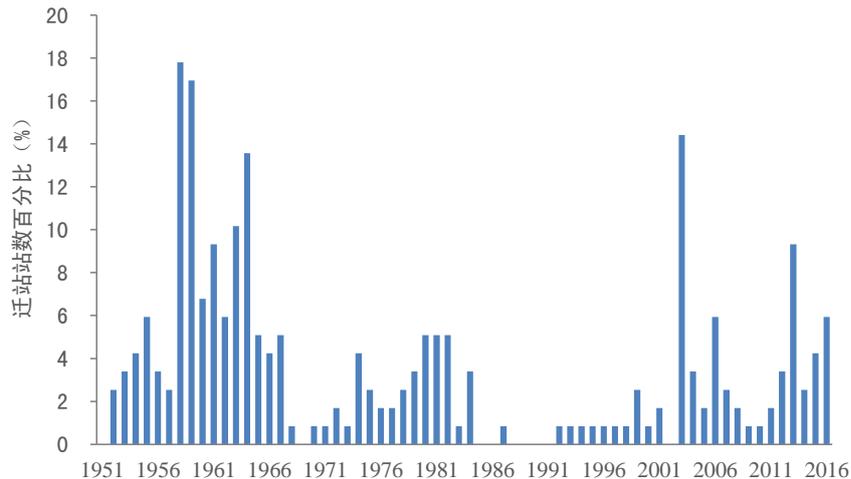
刘雅星 姬兴杰

(河南省气候中心, 郑州, 450003)

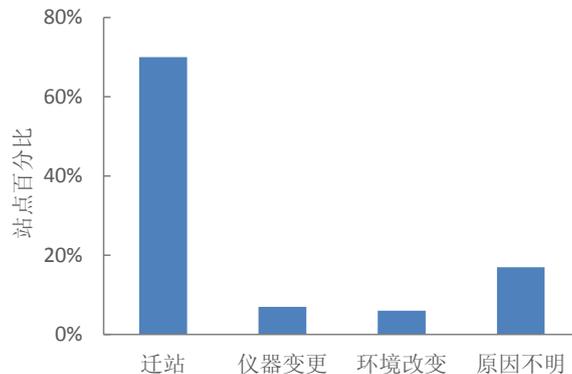
## 摘要

运用 1951-2017 年河南 111 个气象站的逐月最低气温观测数据及均一化数据, 阐述了河南省最低气温数据均一化状况, 结合台站沿革资料, 分析了影响气象数据均一化的主要因素; 通过对比分析, 研究了气象资料均一化对气候变化监测造成的影响。结果表明:

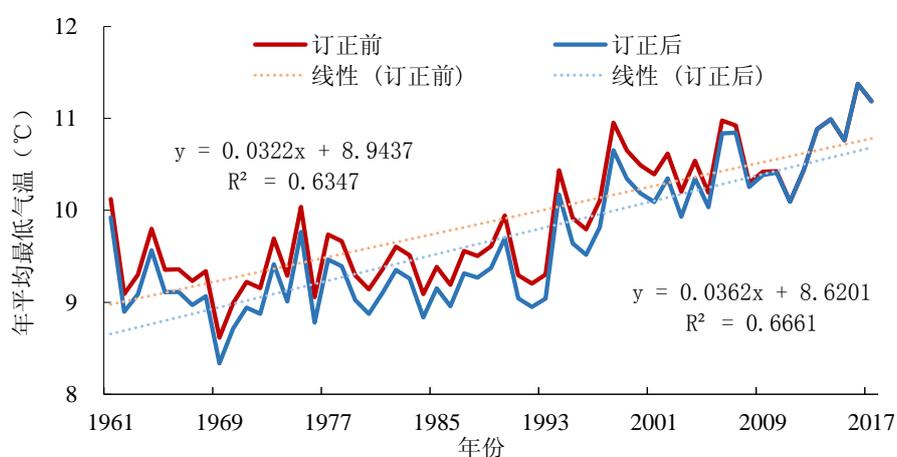
1. 1951 年以来, 河南气象台站的迁站数量分别于上世纪五六十年代、七十年代末到八十年代初、21 世纪以后出现 3 次高峰期, 这与河南城市化发展进程密切相关。



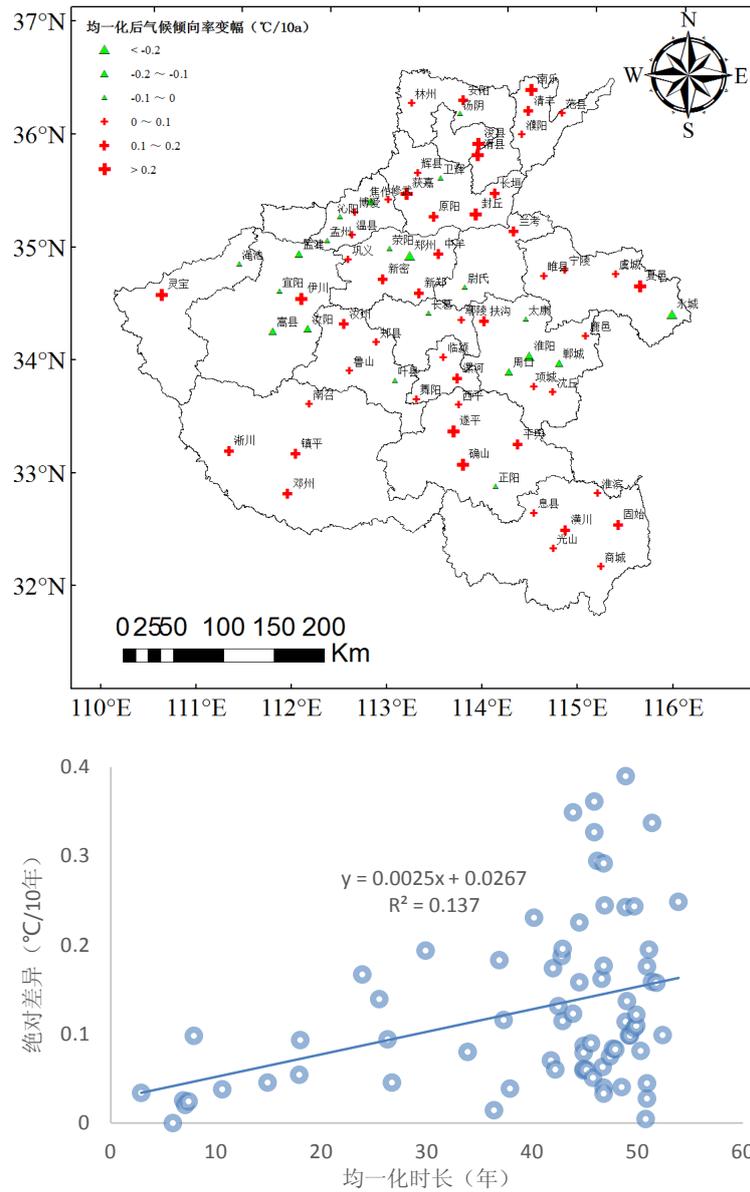
2. 在河南均一化站点中, 70%的站是直接由迁站导致, 7%的站点是明确由于观测仪器变更, 6%的站点是明确由于周边环境改变, 其余 17%的站点均一化原因不明确。



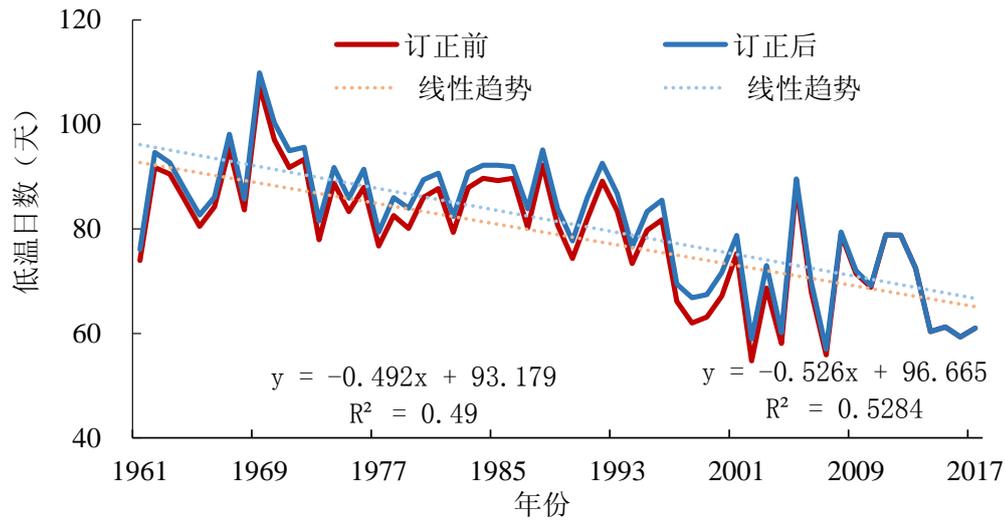
- 河南共有 76 个站点的最低气温数据进行了均一化订正，其中 65% 站点的最低气温数据最后异常突变点出现在 21 世纪以后，这正是河南最后一次迁站高峰时段，也是河南城镇规模迅速扩张的时段，在 17% 不明原因均一化站点中，仅 3 个站最后一次突变点出现在上世纪 90 年代，其余各站均出现在 21 世纪以后，说明城市化极有可能就是造成这些站点数据异常突变从而进行均一化订正的主要原因。
- 1961-2017 年，河南省年平均最低气温呈显著升高趋势，均一化后的升温速率比均一化前加快了  $0.03^{\circ}\text{C}/10$  年。四季平均最低气温均呈显著升高趋势，均一化后的最低气温升温趋势更显著，尤其是夏季，升温趋势的显著性水平较均一化前提高了 70%。



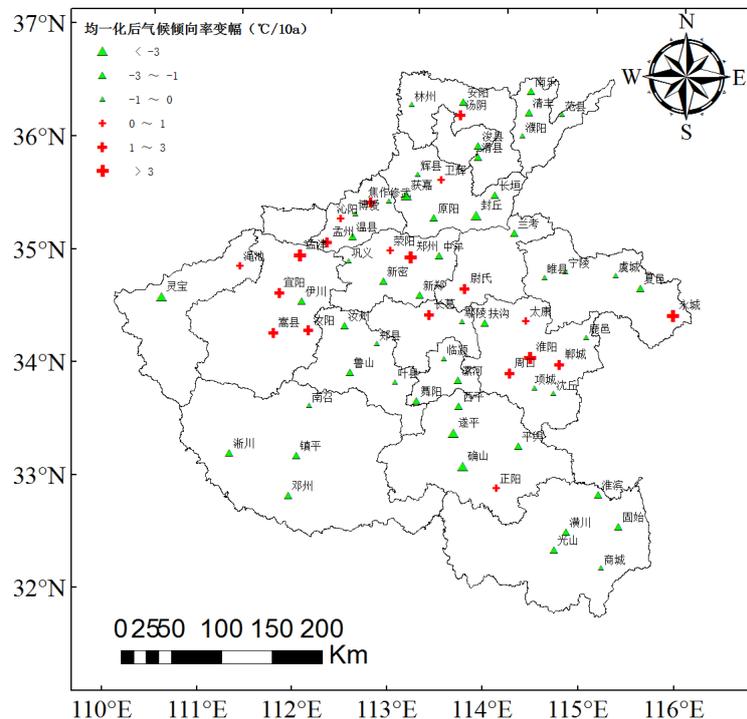
- 全省均一化站点中，71% 的站均一化后年平均最低气温的升温速率比均一化前加快，37% 的站加快  $0.1^{\circ}\text{C}/10$  年以上，14% 的站加快  $0.2^{\circ}\text{C}/10$  年以上，其中灵宝站均一化后的年平均最低气温升温速率比均一化前加快了  $0.4^{\circ}\text{C}/10$  年。均一化前后最低气温变化速率的绝对差与均一化序列时间长度具有较好的相关性，均一化时段时间越长，其均一化前后变化速率的差异就越大。

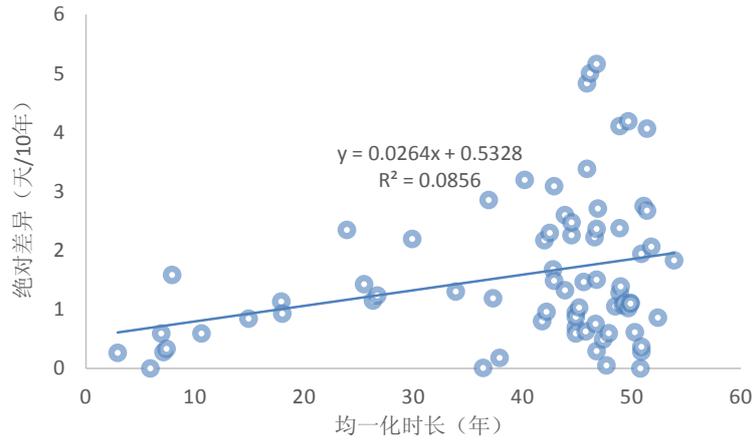


6. 1961-2017年,河南省平均年低温日数呈显著减少趋势,均一化后的减少速率比均一化前加快了0.4天/10年。1961-2017年,河南省冬、春、秋季低温日数均呈显著减少趋势,尤其是秋季,低温日数减少趋势的显著性水平较均一化前提高了13%。



7. 全省均一化站点中，72%的站均一化后年低温日数的减少速率比均一化前加快，46%的站加快1天/10年以上，21%的站加快2天/10年以上，0.7%的站加快3天/10年以上，其中确山站均一化后的年低温日数减少速率比均一化前加快了4.8天/10年。均一化前后低温日数变化速率的绝对差与均一化序列时间长度具有显著的相关性，均一化时间长度越长，其均一化前后变化速率的差异就越大。





# 嵩山站平均气温资料延长及其变化趋势分析\*

姬兴杰

(河南省气候中心, 郑州 450003)

## 摘要

嵩山气象站始建于 1956 年, 位于河南省登封市中岳嵩山跑马岭, 海拔 1178.4 米, 是河南省唯一的高山国家基准气候站, 对研究区域尺度气候与气候变化意义重大。但由于嵩山气象站在 1990-2002 年间观测中断, 数据时间序列不连续, 对本站气候业务服务造成了一定影响。

本研究采用登封站均一化气温数据, 对 1990-2002 年嵩山气象站逐月平均气温观测资料进行了数据插补, 建立了 1956-2017 年的时间序列完整、连续的月平均气温资料。登封站和嵩山站的空间位置分布见图 1。

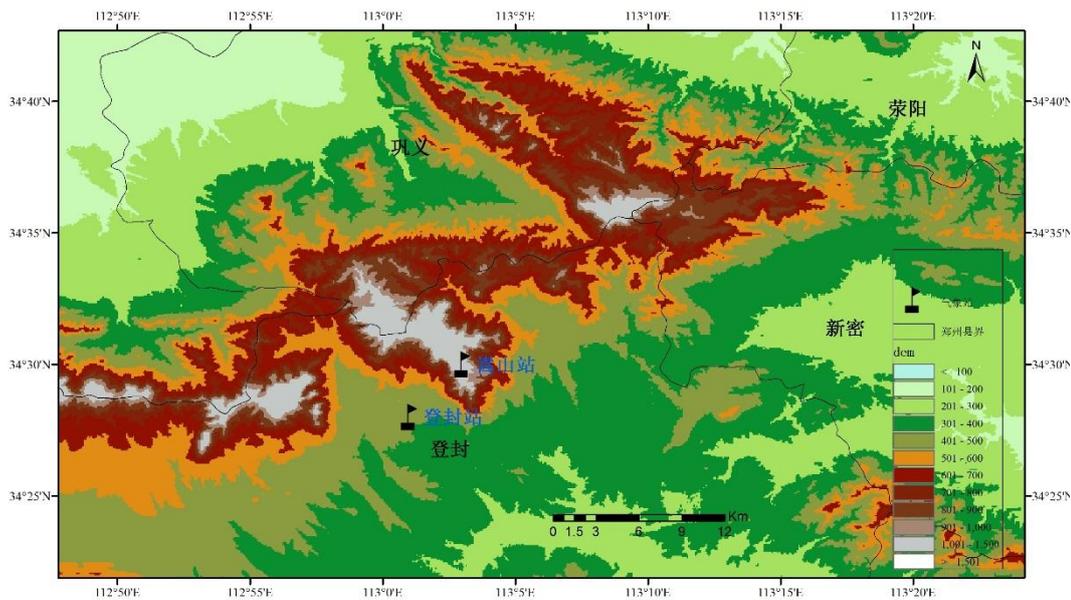


图 1 登封站和嵩县站点位置

结果表明: 均一化处理对登封站月平均气温因台站迁移的非自然因素引起的非均一性取得了明显的校正效果。基于登封站均一化月平均气温数据, 建立了嵩山站各月平均气温推算模型, 模型验证显示, 相关系数在 0.92-0.99 之间, 均方根误差在 0.21-0.65℃之间, 模型具有较好的模拟效果。1956-2017 年, 嵩山站年

\* 收稿日期:

基金项目: 河南省气象局“气候与气候变化创新团队”

作者简介: 姬兴杰 (1982-), 博士, 高级工程师, 主要从事气候变化及其影响研究。E-mail: jixingjie2004@aliyun.com

平均气温增温显著，其速率为  $0.223^{\circ}\text{C}/10$  年（图 2）；四季之间，以春季增温速率最大，为  $0.350^{\circ}\text{C}/10$  年，冬季和秋季次之，分别为  $0.307^{\circ}\text{C}/10$  年和  $0.199^{\circ}\text{C}/10$  年，夏季增温不显著，其气候倾向率为  $0.023^{\circ}\text{C}/10$  年（图 3）；各月之间，6 月、7 月、8 月和 9 月增温均不显著，其余各月增温显著，并以 2 月增温速率最大，达  $0.445^{\circ}\text{C}/10$  年。

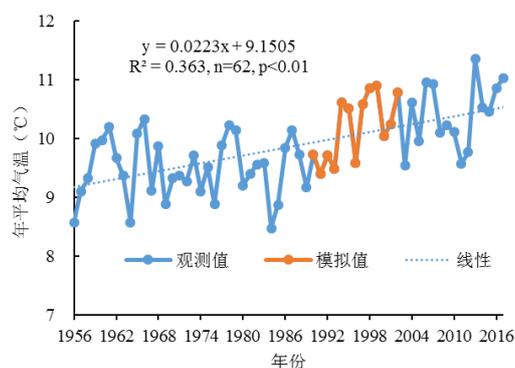


图 2 1956-2017 年嵩山站年平均气温变化

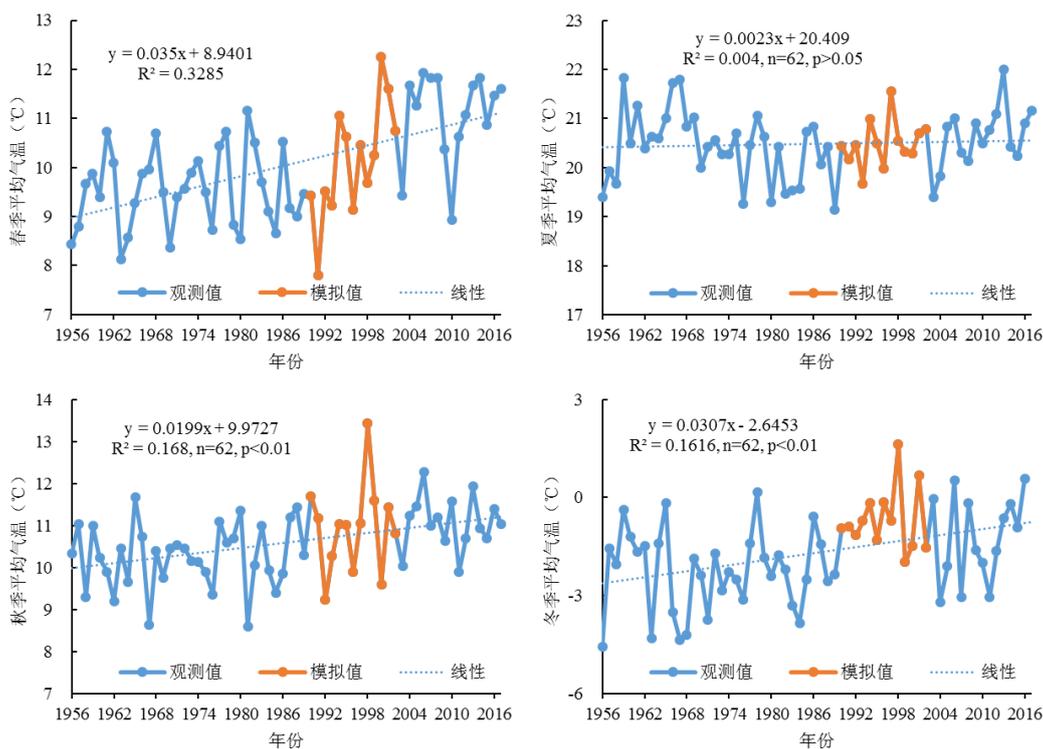


图 3 1956-2017 年嵩山站四季平均气温变化

# **Analysis of variability and long-term trends of sea surface temperature over the China Seas derived from a newly merged regional data set**

Yan Li

National Marine Data and Information Service Center

## **ABSTRACT**

A sea surface temperature (SST) data set was recently reconstructed for the China Seas and their adjacent waters (100–150 °E, 0–50 °N). Hereafter, we refer to this new regional data set as SST-CS. SST-CS has a monthly temporal resolution and a spatial resolution of 1 °latitude by 1 ° longitude for the period from January 1960 to December 2012. This data set is merged by SST observations from the State Oceanic Administration (SOA) of China and the SST observations from Release 2.5 of the International Comprehensive Ocean-Atmosphere Data Set (ICOADS R2.5) from 1960–2012. SST-CS has improved the data coverage over the China Seas (105–130 °E, 15–45 °N) compared with ICOADS R2.5. Results show that SST-CS is more consistent with SST observations over the China Seas than COBE SST2 and HadISST1, especially in the offshore areas, and can better capture the temporal and spatial variability of SST in the China Seas. The warming rate of the annual mean SST derived from SST-CS is about 0.153 °C every 10 yr for the past 53 yr over the China Seas. Regarding seasonal variation, the most significant warming trend appears in winter, about 0.181 °C per 10 yr, and the lowest warming trend occurs in summer (0.102 °C per 10 yr). SST-CS can provide a more suitable and available data source for climatic and oceanographic studies in the China Seas and their adjacent waters.

**KEY WORDS:** Sea surface temperature • China Seas • Data set • Observation • Climate change

# 风场变形误差对北京降水记录及变化趋势的影响

郑祚芳<sup>1,2</sup>, 任国玉<sup>2,3</sup>

(1. 中国气象局北京城市气象研究所, 北京 100089; 2. 中国地质大学环境学院大气科学系, 湖北 武汉, 430074; 3. 国家气候中心中国气象局气候研究开放实验室, 北京 100081)

风场变形误差是降水观测误差最主要的来源之一, 不仅影响观测值的准确性, 也可能导致长期降水变化趋势中隐含虚假成分。结合北京地区 20 个气象站点 1976—2015 年逐日观测资料及前人研究成果, 评估了风场变形误差对降水记录及其长期变化趋势的影响, 得到以下认识:

1) 近 40a 来北京地区平均降水捕获率介于 90~95%之间, 受局地自然地理条件影响, 降水捕获率空间分布不均匀。北京地区降水捕获率总体呈现上升趋势, 平均每 10a 上升约 0.25 个百分点。城市站点捕获率上升速率要大于郊区站点。统计得知, 从前 10a (1976-1985 年) 到最近 10a (2006-2015 年), 3 个乡村站点的降水捕获率均值从 93.3% 上升到 93.7%, 平均增加 0.4 个百分点, 同期 7 个城区站点的降水捕获率均值从 92.6% 上升到 94.3%, 平均增加 1.7 个百分点, 增幅相比乡村站点要大。城市化效应是导致近十年来北京城区站点降水捕获率增加的一个重要原因。在同样降水条件下, 城市站由于风速更小, 观测中受到风场变形误差的影响也更小。

2) 由订正后前、后北京地区 20 站平均降水量及其差值的年际分布可见, 近 40a 来订正前、后降水量均表现为下降趋势, 线性速率分别为 -34.4mm/10a 和 -37.0mm/10a, 趋势差值为 2.6mm/10a。进行风场变形误差订正后, 年均降水量的下降趋势要更明显一些, 现有的观测值将这种下降趋势低估了约 7.0%。

3) 北京地区近 40a 来进行风场变形误差订正前、后年均降水量分别为 552.2mm 和 575.3mm, 年均订正量为 23.1mm, 相对误差为 4.0%。考虑到观测降水量值还受到其他一些来源的误差 (如粘湿误差、蒸发等) 影响, 意味着现有的观测降水量值比实际降水量至少低估了 4.0%。进一步统计各季节的降水量分布可知, 春、夏、秋、冬季的观测值较实际值分别低估了约 4.4%、3.4%、3.7% 和 14.0%。其中冬季低估最明显, 其后依次为春季, 秋季及夏季, 这种现象与平均风速在季节分布上的差异是一致的。此外, 订正后年平均降水强度从 7.9mm/d 增加到 8.3mm/d, 意味着目前观测得到的平均降水强度比实际值低估了约 4.8%。

3) 对于强度越大的降水过程, 风场变形引起的观测误差也越明显。统计表明, 弱降水过程中乡村站点的低估比城市站点明显, 对大雨及以上强降水过程则相反, 城市站点的低估比乡村站更明显。

**关键词:** 风速; 风场变形; 测量误差; 降水变化; 北京

注: 郑祚芳, 任国玉. 风场变形误差对北京降水记录及变化趋势的影响. 水科学进展, 2017, 28 (5): 662-670

# 柳州市近三十年降水情况统计分析

杨宇

成都信息工程大学, 3160102002

## 摘要

柳州市地处广西中北部, 属于亚热带向南亚热带过渡的气候带, 受到西风带系统和热带系统的双重影响, 是中国西部的工业重镇, 广西最大的工业城市, 因降水引发的洪涝、山体滑坡等地质灾害对柳州的交通、工业、农业等方面影响较大, 且北部三县又具有山地气候特征, 因此分析各县的降水变化特征, 有助于加深对柳州市降水的气候背景认识, 提高柳州市的预报服务水平, 对气象防灾减灾和工农业生产均有重大意义。本研究基于柳州市 6 县及市区气象台站 1988—2017 共 30 年的逐日降水资料, 对柳州地区年总降水量, 各县年平均降水量、各县降水量的变化趋势以及各县近 30a 降水的年际变化进行分析, 根据气象学定义, 分析降水量的季节性变化, 得出结论:

(1) 1988—2017 年柳州市降水总量总体呈上升趋势, 气候倾向率为  $10.964\text{mm} / 10\text{a}$ 。柳州市降水总量最大出现在 1994 年, 降水量达  $2298.1\text{mm}$ ; 最小降水总量是 1989 年, 降水量为  $909.1\text{mm}$ 。降水总量最多的 1994 年降水量是年降水量最少年份 1989 年降水量的 2.5 倍。年平均降水量总体上呈上升趋势, 气候倾向率为  $0.137\text{mm} / 10\text{a}$ , 柳州市年平均降水量  $739.5\text{mm}$ , 年平均降水日数 100 d, 最大年平均降水量出现在 1994 年, 达  $10.2\text{mm}$ ; 最小年平均降水量是 1989 年, 为  $2.5\text{mm}$ 。

(2) 通过线性趋势分析发现, 趋势线的倾向率为  $4.726\text{mm} / 5\text{a}$ , 近 30a 柳州市总降雨量呈略微上升趋势, 并且在 90 年代中期有相对比较明显的增长, 呈现一定的周期性。从 1988—2017 年柳州 7 个台站 30a 的年平均降水量 (图 4) 可以看出, 除柳城、柳州以外, 其余 5 个台站年平均降水量都大于  $1500\text{mm}$ , 其中位于柳州市北部的融安年平均降水量最大, 达  $1913.1\text{mm}$ ; 最小值出现在柳江, 为  $1474.5\text{mm}$ 。

(3) 分析柳州各县季节变化特征发现, 各县降水主要集中在春、夏两季, 占全年总降水量的 72% 左右。由下列各县多年平均降水量的季节分布 (表 1—7) 可以看出, 各县降水的季节分配还是比较鲜明, 春季降水占全年的 25% 左右; 夏季降水占全年的 38.5—44.3%; 秋季降水占全年的 18—21%; 冬季降水仅占全年的 10% 左右。春季降水量是冬季的 2.5 倍左右, 这对水稻等作物的播栽十分有利。夏季降水较大幅度地影响着年降水, 其中以融安、融水最多, 多年平均降水量超过了  $800\text{mm}$ , 分别占全年降水量的 41% 和 42.1%。秋季柳州地区大部分时间为强大、稳定的副热带高压控制, 出现秋高气爽的天气, 各县雨量也随之有较大幅度的减少。冬季柳州地区降水量相对较少, 各县分别占全年的 12.6%、12.1%、11.3%、14.9%、13.2%、13.2% 和 13.5%, 雨量是全年各季中最少的。

(4) 从各县四季的线性倾向趋势可以看出, 除了三江的夏季雨量有略微的下降趋势, 其它各县的四季降水量均呈上升趋势。

# 数字化雨量自记纸资料的质量控制方法及其初步应用

赵华睿 李昱茜 宋煜 邬晓冬 张丹闯

(大连市气象服务中心, 大连, 116000)

## 摘要

近年来, 由于气候条件变化较大, 极端天气气候事件有所增多, 许多省市开始了暴雨强度公式的重新编制工作, 编制暴雨强度公式所需的基础数据为不同历时年最大雨量, 该基础数据通常由数字化雨量自记纸资料计算而得, 因此, 对于数字化雨量自记纸资料的质量控制就成为了十分重要的基础性工作。本文采用的质量控制方法首先将数字化雨量自记纸资料与年报表资料进行对比, 分析二者之间差异大小; 然后将该差异按大小分类, 针对较大差异翻查纸质雨量自记纸资料, 对其进行质量控制。本文将上述质量控制方法应用于大连、瓦房店、长海和庄河四个国家气象站 1980~2000 年的数据, 取得了一些初步的应用经验。

首先, 比较各站同年同历时数字化雨量自记纸资料和年报表资料之间的差异, 发现二者之间的差异最小为 0, 最大可达 30.45mm; 四站差异为 0 的情况在 21 年中分别出现过 6 次、2 次、1 次和 2 次。然后将上述差异按大小分类, 发现二者存在较大差异的情况相对较少。通过上述差异分类, 挑选出差异超过 5mm 的个例, 再通过翻查纸质雨量自记纸资料对挑选出的个例进行进一步的质量控制。针对上述质量控制方法在这些个例中的初步应用情况, 分析总结初步应用经验如下。这些个例可以分为四种常见的需要进行质量控制的情况。第一种情况是当数字化雨量自记纸资料和年报表资料属于同一降水过程时, 应以数据接近同期纸质雨量自记纸资料数据的为准; 第二种情况是如果数字化雨量自记纸资料和年报表资料的数据均接近同期纸质雨量自记纸资料数据, 无论二者是否属于同一降水过程, 均应以数据较大者为准。这两种情况意味着在对数字化雨量自记纸资料进行质量控制时, 一般应以接近纸质雨量自记纸资料的较大数据为准。另外两种情况则应采用接近实际情况的年报表资料数据。一种是当纸质雨量自记纸资料上明确标注了因仪器故障等原因某时段数据需采用实测数据等其它数据代替的情况, 另一种是当纸质雨量自记纸资料上的线太过密集以致难以看清或是模糊得难以分辨的情况。

# 北极海冰变化及其与中高纬度大气环流的联系

杨小怡

厦门大学近海海洋环境科学国家重点实验室

厦门大学海洋与地球学院

## 摘要

北极海冰从上世纪 90 年代末开始加速融化，冬季海冰异常的双偶极子模态开始发生变化，北极边缘海海冰之间的位相相关性几乎完全消失。进一步研究发现，海冰空间模态突变的主要原因是初冬巴伦支和喀拉海海冰面积急剧缩减，引起此海域海洋对大气的热通量大大增强，局地大气环流响应此海冰热强迫的变化，大气热平流和涡热通量都发生相应改变，从而破坏了冬季海冰模态形成的条件。

我们的研究表明初冬（11 月）巴伦支海和卡拉海海冰的急剧减少很可能是导致北半球冬季大气环流突变的主要原因。我们通过详尽的统计分析阐述了局地海冰异常影响冬季北半球大气环流的相关动力机制和途径：海冰减少引起向上的海气热通量增多，从而加热对流层低层的大气，大尺度大气环流响应底层加热效应，并进行一系列动力调整过程，其中包括纬向平均纬向风减速并逐渐向中纬度扩展，与之联系的波流相互作用过程使得大气环流在 1 月呈现出相当正压结构的北极涛动模态，随后的 2 月份在平流层极涡减弱以及平流层-对流层耦合动力过程的影响下，北极涛动模态的负位相结构得以稳定地建立起来。在此意义上，近年来冬季北极涛动的减弱以及北半球中纬度气候变化的异常至少部分是由巴伦支和卡拉海海冰缩减所导致的。

# 冬季 NAO 在不同气候强迫试验中的变化响应研究\*

任宏利<sup>1</sup>, 黄玉<sup>1</sup>, Robin Chadwick<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 国家气候中心, 中国气象局气候研究开放实验室, 北京;

<sup>2</sup> Met Office Hadley Centre, Exeter, UK

## 摘要

Changes of the winter North Atlantic Oscillation (NAO) variability in response to different climate forcings, and their possible causes, are decomposed and investigated using a set of atmosphere-only timeslice experiments forced by sea surface temperature (SST) from coupled runs. The results indicate that the effects of uniform SST warming and direct CO<sub>2</sub> radiative forcing could enhance NAO variability, while SST pattern change could lead to large inter-model difference for model simulations. For the influences of uniform SST warming and the direct CO<sub>2</sub> radiative effect, the most significant air temperature increases occur at mid-low latitudes instead of northern polar regions, which produces a greater meridional temperature gradient at mid-high latitudes, thus leading to enhanced westerly winds according to the thermal wind theory. The effects of uniform SST warming and CO<sub>2</sub> direct radiative forcing could lead to intensification of winter NAO variability, although this result does not consider ocean-atmosphere coupling. The meridional temperature gradient decreases in most areas of the northern Atlantic under the forcing of SST pattern change, but with a larger inter-model uncertainty, which makes the change of winter NAO variability in response to SST pattern change an open issue.

---

\*资助课题: 国家重点研发计划项目 (2017YFC1502302) 和国家自然科学基金项目 (41775066, 41375062)  
通讯作者: 任宏利, [renhl@cma.gov.cn](mailto:renhl@cma.gov.cn)

# 中国区域大气水汽的观测、模拟及检测归因

张京朋 赵天保

中国科学院东亚区域气候-环境重点实验室, 北京 100029

## 摘要

水汽是地球系统中最重要温室气体之一, 在全球水分和能量循环中扮演着重要角色。因此, 深入研究水汽变化的规律成因与区域气候效应对于我们深入认识全球变暖背景下区域气候变化的响应机理有重要意义。本研究基于均一化的探空湿度观测资料和国际耦合模式比较计划第五阶段 (CMIP5) 多模式模拟结果, 深入分析 1970–2015 年中国区域大气水汽的时空分布规律并预估其未来变化情景, 估算水汽变化在东亚区域增暖中的气候效应及其区域差异, 检测水汽变化中人为和自然因素外强迫的影响。结果表明: CMIP5 多模式能较好地描述观测值的气候学特征, 尤其是在我国东部地区观测值与模拟值的偏差在 20% 以内; 多模式也基本能够再现观测水汽的长期增加趋势, 但增加的幅度及其空间分布特征与观测结果仍然存在一定的差异, 特别是在东南和西北区域的差异较大; 其中 CanESM2、GFDL-CM3、HadGEM2-ES 和 MIROC5 能够较好地模拟水汽的长期变化。在不同典型浓度路径 (RCPs) 情景下, CMIP5 模式预估的中国区域水汽的未来变化特征均呈现明显上升趋势, 特别是青藏高原地区的增加趋势要明显强于东南地区, 而且 RCP8.5 情景下的增长幅度约是 RCP4.5 情景的 2 倍; 在这种增暖背景下, 未来中国区域大气出现极端偏湿的频率也是明显增加的, 尤其是在 RCP8.5 情景下表现得更为明显。水汽的长期变化受到温度的影响较大, 观测的地表温度的长期变化与水汽的长期变化具有较好的一致性, 呈显著性正相关, 观测水汽距平百分率与地表温度的相关系数达 0.78; 中国区域观测值其水汽距平百分率与地表温度的散点拟合曲线斜率为 6.7%, 即地表温度每上升 1°C, 水汽变化约为 6.7%, 略低于克劳修斯-克拉贝龙方程 (C-C 方程) 的理论结果; 同时, 在 RCP8.5 情境下预估的温湿拟合斜率要明显大于 RCP4.5 情景下的结果。基于最优指纹法的检测归因结果显示中国近几十年的水汽变化可以归因于人为因素的影响, 其中温室气体排放是最主要的人为因子。在双因子检测分析中, 人为因素可以引起水汽的趋势变化为 +1.11mm/40yr, 自然因素只引起 +0.12mm/40yr 的变化; 在三因子检测分析中, 温室气体则可引起 +1.64mm/40yr 的趋势变化。

**关键词:** 水汽变化; CMIP5 多模式; 中国区域; 检测归因

# 东北冬季大雪强度年代际分量的变化特征及 对海温的响应

赵春雨  
沈阳区域气候中心

## 摘要

采用 1961~2012 年东北区域（东北三省和内蒙古东四盟）208 个气象站逐日降水量资料、NCEP/NCAR 再分析的月平均高度场、风场和海平面气压场资料及由 NOAA 重构的月平均海温资料，计算了东北冬季的大雪强度；分析了近 50 a 来东北冬季大雪强度年代际分量的时空特征；研究了关键区海温东北冬季大雪强度年代际分量关系的物理机制。结果表明：近 50 a 来，东北冬季大雪强度呈上升趋势，且有明显的年代际变化特征；东北冬季大雪强度年代际分量 EOF 第一模态呈全区一致的异常特征，第二模态呈南北反相变化的特征，第三模态呈现西北部与东南部反相变化的特征，各模态时间系数均有明显的年代际变化特征；影响东北冬季大雪强度年代际分量第一模态变化的海温关键区为：亲潮区、印度洋和北大西洋。第二模态与 PDO 关系密切；秋季亲潮区海温年代际分量偏高，对应冬季北太平北部 500 hPa 高度场偏高，导致阻塞形势建立，且对应东亚冬季风偏弱，造成东北冬季大雪强度年代际分量偏强，反之亦然；秋季 PDO 指数年代际分量异常，激发出冬季的 PNA 遥相关型，PNA 型可能通过与蒙古高压的对应关系，从而与东北冬季大雪强度年代际分量第二模态产生联系。

# 藏东南草地下垫面地气通量交换日变化的数值模拟

李宏毅<sup>1</sup> 肖子牛<sup>2</sup>

(1. 中国气象局气象干部培训学院, 北京, 100081, lihongyi@cma.gov.cn; 2. 中国科学院大气物理研究所, 大气科学和地球流体力学数值模拟国家重点实验室, 北京, 100029)

## 摘要

利用2013年5月21日到7月9日藏东南地区草地下垫面的边界层观测数据, 分别从典型晴天和长时间平均的角度, 评估了中尺度WRF模式对藏东南草地下垫面在南亚季风爆发前后的感热、潜热、地表土壤热通量和地表辐射平衡各分量日变化的模拟能力, 对比分析了模拟结果与边界层观测数据的异同点。对典型晴天少云状况的个例模拟和整个时段的平均结果分析均表明: 模式对感热通量和潜热通量的日变化具有较好的模拟能力, 感热比潜热的模拟效果好, 在夜间感热和潜热的模拟效果好, 而白天感热和潜热的模拟值大于观测值。典型晴天天气下的太阳向下短波辐射和净辐射的模拟值与观测值基本一致, 而向上短波辐射的模拟值在白天大于观测值。长时间平均的向下太阳短波辐射、向上短波辐射和净辐射的模拟值在夜间也与观测数据基本一致, 但在白天模拟值比观测值明显偏大。晴天个例和长时间模拟的向下长波辐射和向上长波辐射的模拟值在日循环整个过程中较观测值均偏小。长时间模拟的地表土壤热通量在早上和晚上低于观测值, 而在白天高于观测值。虽然平均的结果分析和晴天个例的结果是类似的, 但由于晴天个例没有降水过程的干扰, 因此晴天天气状态下的分析结果更能一致地反映出这一地区的日变化特征。

**关键词:** 藏东南, 草地下垫面, 感热, 潜热, 辐射分量, WRF模式, 数值模拟

## 参考文献

- [1] 李娟, 李跃清, 蒋兴文, 等. 青藏高原东南部复杂地形区不同天气状况下陆气能量交换特征分析[J]. 大气科学, 2016, 40(4):777-791.
- [2] 周强, 李国平. 边界层参数化方案对高原低涡东移模拟的影响[J]. 高原气象, 2013, 32(2):334-344.

---

**作者简介:** 李宏毅, 1981年12月, 中国气象局气象干部培训学院, 副教授, 主要从事气候年代际变化和高原地区地气交换研究, 北京市海淀区中关村南大街46号, 100081, 010-58995754, E-mail: lihongyi@cma.gov.cn

# 中国东部地区百年温度长程相关性及其演变规律研究

王启光<sup>1</sup>, 冯爱霞<sup>2</sup>, 廉毅<sup>3</sup>

1. 中国气象局气象干部培训学院, 北京, 100081
2. 国家气象信息中心, 北京, 100081
3. 吉林省气象科学研究所, 长春, 130062

本研究针对国家气象信息中心 (Chinese National Meteorological Information Center, NMIC) 整理的“中国中东部百年均一化气温月值序列 (V1.0)”中的中国东部 16 个站点 1916.01-2015.12 共 100 年的月平均气温数据进行分析, 结合去趋势波动分析法 (Detrended Fluctuation Analysis, DFA) 研究了百年温度序列的长程相关性, 揭示了该地区气候系统的记忆性特征及其年代际演变规律。文中首先分析比较了东部 16 个百年温度序列的常规统计量特征, 发现近百年月温度序列中呈现的趋势变化, 由中国北部到南方地区总体减弱, 其直接原因在于北方地区近百年月温度序列整体平稳增长, 而南方大部分台站基本是在 1980s 后才出现显著增温趋势。进一步, 本文计算了 16 个台站百年尺度的温度序列标度指数, 结果表明中国东部各个台站月温度序列标度指数范围在 0.62-0.85 之间, 都存在一定长程相关性, 其中东北和长江中下游区域台站温度序列长程相关性较强, 南方地区长程相关性相对较弱。在此基础上, 选取了 50 年时间窗口以 10 年为步长滑动计算温度序列标度指数, 研究发现在 100 年内中国东部 16 站点的温度序列长程相关性存在转折, 大部分站点的标度指数在前 70 年 (1916-1986 年) 相对较为稳定, 但是进入 1980s, 其长程相关性明显减弱, 直至最近 50 年 (1976-2015), 标度指数又出现整体增长趋势。

# Analysis of Precipitation Trends and LULC Changes in Shanghai

Qin Jiang<sup>1</sup>, Weiyue Li<sup>2, 3, 4,\*</sup>, Xiaogang He<sup>5</sup>, Jiahong Wen<sup>1</sup>, Haizhen Mu<sup>6</sup>, Ming Xu<sup>7</sup>

<sup>1</sup> Department of Geography, Shanghai Normal University, Shanghai 200234, China;  
jqshnu@163.com (Q.J.); jhwen@shnu.edu.cn (J.W.);

<sup>2</sup> Institute of Urban Studies, Shanghai Normal University, Shanghai 200234, China;

<sup>3</sup> Northwest Institute of Eco-Environment and Resources, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou  
730000, China;

<sup>4</sup> Department of Architecture, Built Environment and Construction Engineering, Politecnico  
Milano, Milano 20133, Italy;

<sup>5</sup> Department of Civil and Environmental Engineering, Princeton University, Princeton, NJ, 08544,  
USA; hexg@princeton.edu (X.H.);

<sup>6</sup> Shanghai Climate Centre, Shanghai Meteorological Bureau Service, Shanghai 200030, China;  
muhz@climate.sh.cn (H.M.);

<sup>7</sup> Shanghai Typhoon Institute/China Meteorological Administration, Shanghai 200230, China;  
xum@mail.typhoon.gov.cn (M.X.);

**Abstract:** As an extremely significant phenomenon of human-induced LULC change, urbanization is increasingly associated with regional climate change. During last few decades, anthropogenic LULC change and increasing warming in the mega city have raised great concern about urban precipitation trends change. Since the opening-up of the Pudong district, Shanghai has been regarded as one of the most intensively urbanized cities in China. However, this continuous urban expansion has raised two questions. First, whether the areas where LULC changes rapidly are consistent with that places with more precipitation or extreme precipitation. Second, whether the probability of extreme precipitation over built-up area is higher than non-built-up area. Consequently, we quantitatively assessed the long-term observed precipitation trends difference between built-up and non-built-up areas, particularly for extreme precipitation in this paper.

Based daily precipitation records from January 1960 to December 2012 and four periods land use and land cover (LULC) data in 1979, 1990, 2000 and 2010, the relationship between the spatio-temporal variability characteristics of precipitation trends and LULC changes in Shanghai were quantitatively analyzed, by using linear regression, IDW interpolation, data gridding and spatial analysis.

Results show that: (1) In the rapid urbanization stage, the expansion of the built-up area generally reflected a diffusion trend from the center city to the periphery and suburbs, as well as the percentage of the built-up extent was largely influenced by the distance from the urban center. In 1979, high-density (built-up extent in percent is higher 80%) grids were mainly distributed in the inner city. During 1979 to 1990, the built-up area presented a north-south direction trend of

expansion, and the rapidly changing grids were surrounding the urban center. By 1990, high-density grids were continuously increased and extended to the south of Minhang and Baoshan. In the stage (1990-2000), Pudong district was inaugurated as a new development zone, the more dynamic areas of urbanization were concentrated in its eastern district and other suburbs. In 2000, the percentage of the grid coverage in the central urban area were greater than 80%. From 2000 to 2010, the built-up area also expanded enlarged. Different with previous expansion direction, the active urban expansion of outlying districts formed a ‘U’ band, advanced into Jiading, Qingpu and Songjiang areas in this perio. Moreover, there was no obvious change in central area, which indicated that a maturing and thus waning potential for urban sprawl in these places.

(2) Meanwhile, the spatial distribution of annual precipitation and extreme precipitation trends are exhibit urban rain-island feathers, but the later also shows an increasing trend on the upwind of the city in this phrase. The annual precipitation trend takes urban station (Xujiahui) as the center of high value shows distinctive increasing trend, while suburban and rural stations showed a weak or noticeable decline, especially in Baoshan, Songjiang, Chongming and Qingpu sites. Extreme precipitation and its frequency spatial distribution characteristics are similar to that of annual precipitation, but urban site is increased dramatically, and otherwise, the upwind regions of East Asian summer monsoon, i.e., the southeast coastal areas, show a large-extent upward trend.

(3)The LUCC changes rapidly are consistent with that place with more precipitation or extreme precipitation. With the increase of the overall change rate of built-up area, from “Very-Low” to “Very-High”, the proportion of “T 5” shows an increasing trend in annual precipitation, extreme precipitation and extreme precipitation frequency. The grids with large annual or extreme precipitation trends are mainly distributed in the area where the overall change rate of built-up area is higher. More importantly, built-up area has higher proportion of extreme precipitation with increasing trend than non-built-up area.

# Underestimated interannual variability of East Asian summer rainfall under climate change

Yongjian Ren<sup>1,2</sup> Lianchun Song<sup>2</sup> Ying Xiao<sup>3</sup> Liangmin Du<sup>3</sup>

1 Hubei Meteorological Service Center, Hubei Meteorological Administration, Wuhan 430074, China 2 National Climate Center, China Meteorological Administration, Beijing, China 3 Hubei Key Laboratory for Heavy Rain Monitoring and Warning Research, Institute of Heavy Rain, China Meteorological Administration, Wuhan, China

**Abstract:** This study evaluates the performance of climate models in simulating the climatological mean and interannual variability of East Asian summer rainfall (EASR) using Coupled Model Intercomparison Project Phase 5 (CMIP5). Compared to the observation, the interannual variability of EASR during 1979–2005 is underestimated by the CMIP5 with a range of 0.86~16.08%. Based on bias correction of CMIP5 simulations with historical data, the reliability of future projections will be enhanced. The corrected EASR under representative concentration pathways (RCPs) 4.5 and 8.5 increases by 5.6 and 7.5% during 2081–2100 relative to the baseline of 1986–2005, respectively. After correction, the areas with both negative and positive anomalies decrease, which are mainly located in the South China Sea and central China, and southern China and west of the Philippines, separately. In comparison to the baseline, the interannual variability of EASR increases by 20.8% under RCP4.5 but 26.2% under RCP8.5 in 2006–2100, which is underestimated by 10.7 and 11.1% under both RCPs in the original CMIP5 simulation. Compared with the mean precipitation, the interannual variability of EASR is notably larger under global warming. Thus, the probabilities of floods and droughts may increase in the future.

# Assessing the inundation risk resulting from extreme water levels under sea-level rise

Aiqing Feng

*National Climate Center, China Meteorological Administration, Beijing 100081, China*

**Abstract:** Extreme water level is always produced by the encounter of a storm surge and an astronomical high tide, which leads to the occurrence of coastal disasters. Driven by global climate change, sea-level rise would exacerbate the hazard of extreme water level as a disaster-inducing factor. Rongcheng was taken as a case study considering its physical geographic conditions and socio-economic characteristics. Based on Representative Concentration Pathway (RCP) 2.6, 4.5 and 8.5, this study explored the inundation risk of extreme water levels under climate change. Pearson Type III (P-III) distribution was used for refitting recurrence periods of extreme water level, which aimed to characterize the occurrence probability of coupled extreme event. Expected losses exposed to extreme water levels were assessed through inundated area and depth, per-unit loss values and vulnerability curves of land-use types. Results indicated that sea-level rise significantly shortened recurrence period in 2050 and 2100, which suggested a higher frequency of extreme water level in future. A large increase in expected direct losses would reach an average of 60% with a 0.82 m sea-level rise (under RCP 8.5) in 2100. Moreover, affected population and Gross Domestic Product would grow 4.95% to 13.87% and 3.66% to 10.95% in 2050, respectively, while the increment in 2100 would be twice. Residential land and farmland were demonstrated as greater inundation risk because of higher exposure and losses than other land-use types. Consequently, the intensifying hazard and the increase in possible losses suggested that sea-level rise would exacerbate future inundation risk in coastal region.

**Keywords:** sea-level rise; inundation risk; extreme water level; expected direct losses; affected population and GDP; recurrence period.

# 中国生态脆弱区 35 年气候变化特征分析

孙康慧<sup>1, 2</sup> 曾晓东<sup>2, 3, 4</sup> 李芳<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 成都信息工程大学大气科学学院, 成都 610225

<sup>2</sup> 中国科学院大气物理研究所国际气候与环境科学中心, 北京 100029

<sup>3</sup> 中国科学院大学, 北京 100049

<sup>4</sup> 南京信息工程大学气象灾害预报预警与评估协同创新中心, 南京 210044

## 摘要

中国是世界上生态脆弱区分布面积最大、脆弱生态类型最多、生态脆弱性表现最明显的国家之一。为了全面把握 20 世纪 80 年代以来中国生态脆弱区气候变化的特征, 利用基于全国 2000 多个站点发展的格点化逐月资料 (CN05.1 观测数据集), 对中国典型生态脆弱区 35 年来的日平均气温、日最高和最低气温、降水、相对湿度、风速和蒸发皿蒸发量的变化特征进行了分析。结果表明: (1) 中国生态脆弱区日平均气温、日最高和最低气温几乎都呈上升趋势; 日平均气温增幅北方大于南方; 90 年代末以后, 北方生态脆弱区的年平均气温增长停滞甚至下降, 而南方增温仍十分明显; 北方生态脆弱区日平均气温、日最高和最低气温、南方生态脆弱区日最低气温的季节增幅多为春季最大, 秋季或冬季最小, 季节变化特征与以往不同, 表明 80 年代以来中国生态脆弱区甚至全国气温的季节变化出现了新特点。(2) 全区平均降水变化趋势不明显; 而各生态脆弱区降水的年代际变化显著, 00 年代中期以后, 多区相对湿度距平百分率的多年平均值减少; 就季节变化趋势而言, 生态脆弱区降水距平百分率春季多为增长趋势, 夏季多为减少趋势, 秋、冬季和年北方多为增长趋势, 南方多为减少趋势。(3) 相对湿度以减少趋势为主, 只有黄土高原南部脆弱区秋、冬季和干旱半干旱区脆弱区冬季相对湿度距平百分率的趋势为正, 这几个正值区同时也是降水增长大值区。

(4) 风速基本为减少趋势, 春季减少趋势最大; 从 90 年代开始, 全区、北方生态脆弱区和青藏高原脆弱区风速距平的减少趋势放缓, 甚至以低值波动; 00 年代开始南方农牧脆弱区的风速距平波动变化并呈增长趋势。(5) 全区平均蒸发皿蒸发量春、夏季和年为减少趋势, 冬季为增长趋势; 北方生态脆弱区蒸发皿蒸发量四季和年多呈减少趋势; 南方生态脆弱区蒸发皿蒸发量春、夏季以减少趋势为主, 秋、冬季和年呈增长趋势; 南方生态脆弱区蒸发皿蒸发量的增长趋势主要发生在 21 世纪。气候变化是陆地生态系统演变的主要驱动力。在上述不同气候变化特征影响下, 各生态脆弱区的生态系统稳定性与脆弱性如何变化、是否可能出现生态突变等, 尚有待进一步深入研究。

**关键词** 中国生态脆弱区, 气候变化, 气温, 降水, 相对湿度, 风速, 蒸发皿蒸发量

# 东亚副热带西风急流与我国南方地区夏季降水 的关系及其对海温异常的响应<sup>1</sup>

邵鹏程

中国气象局 国家气候中心, 北京 100081

## 摘要

基于 1961-2015 年我国南方地区 229 站降水量资料、NCEP/NCAR 再分析资料和 NOAA 海表温度资料, 本文首先研究了我国南方地区夏季降水的典型模态及其时间演变; 其次研究了东亚副热带西风急流的空间结构及其与我国南方夏季降水的关系及其大气环流异常, 最后讨论了东亚副热带西风急流对前期海温场的响应。主要结论有:

1. 我国南方地区降水主要分布在 4-9 月份, 且从东南沿海向西北内陆递减。自高纬至低纬, 我国南方地区降水存在较好的一致性, 20 世纪 90 年代, 整个南方地区处于多雨的时期, 2010 年以来, 长江中下游地区降水偏多, 西南地区降水偏少。我国南方夏季降水均方差分布自西向东逐渐增大, 大值区在长江中下游和华南沿海, 主要空间模态有南北反相型、全区一致型和东西反相型。
2. 东亚副热带西风急流在高空中是类似“椭球体”的结构, 东亚副热带西风急流这个“椭球体”的长轴变化要大于短轴的变化, 且东亚副热带西风急流下界的年际变率要大于上界的变率, 东亚副热带西风急流 EOF 前两个模态为南北反相型和全区一致型, 反映了东亚副热带西风急流的位置和强度变化。
3. 东亚副热带西风急流位置指数与长江中下游夏季降水呈明显的负相关, 即当东亚副热带西风急流位置异常偏北时长江中下游地区少雨, 当东亚副热带西风急流位置异常偏南时长江中下游地区多雨; 东亚副热带西风急流强度指数与华南地区夏季降水呈明显的负相关, 即当东亚副热带西风急流强度偏强时华南地区夏季少雨, 当东亚副热带西风急流强度偏弱时华南地区夏季多雨; 东亚副热带西风急流高低指数与华中和江南地区夏季降水呈明显的负相关, 即当东亚副热带西风急流高低风速差较大时华中和江南地区夏季降水偏少, 东亚副热带西风急流高低风速差较小时华中和江南地区夏季降水偏多。
4. 东亚副热带西风急流位置偏南时, 西太平洋副热带高压位置偏南, 中高纬度位势高度偏强, 在华南沿海有反气旋性异常, 在朝鲜半岛地区有气旋性异常, 两者相互作用在长江中下游地区形成辐合带, 长江中下游地区有明显的上升运动, 造成长江中下游地区夏季降水偏多。东亚副热带西风急流强度偏弱时, 阻塞高压

1

资助项目: 国家气候中心气候研究开放课题青年基金资助

作者简介: 邵鹏程(1987-), 男, 工程师, 研究方向为短期气候诊断预测与应用. E-mail: [shaopch@cma.gov.cn](mailto:shaopch@cma.gov.cn)

偏强，在东南沿海为负距平分布，850hPa 上为气旋性异常，西太副高强度偏弱，来自中高纬的北风和来自南海的南风在华南形成切变线，在 20° N 具有明显的上升运动，有利于华南地区降水偏多。

5. 与东亚副热带西风急流位置指数相关显著的区域在赤道东太平洋、印度洋和南大西洋，即当赤道东太平洋、印度洋和南大西洋海温偏高时，东亚副热带西风急流位置偏南。与东亚副热带西风急流强度指数相关显著的区域在西太平洋、西南太平洋和北大西洋，即当西太平洋、西南太平洋和北大西洋海温偏高时，东亚副热带西风急流强度偏弱。与东亚副热带西风急流高低指数相关显著的区域在赤道西太平洋，南印度洋和南大西洋，即赤道西太平洋、南印度洋和南大西洋海温偏高时，东亚副热带西风急流高低风速差偏小。

**关键词：**南方地区；夏季降水；西风急流；空间结构；大气环流；海表温度

# Effect of the Atmospheric Quasi-biweekly Oscillation on the Vortices Moving off the Tibetan Plateau

Lun Li<sup>1</sup>, Renhe Zhang<sup>\*2,3</sup>, Min Wen<sup>1</sup>, and Junmei Lü<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *State Key Laboratory of Severe Weather, Chinese Academy of Meteorological Sciences, Beijing, China*

<sup>2</sup> *Institute of Atmospheric Sciences, Fudan University, Shanghai, China*

<sup>3</sup> *CAS Center for Excellence in Tibetan Plateau Earth Sciences, Beijing, China*

## ABSTRACT

In the present study, the relationship between the atmospheric quasi-biweekly oscillation (QBWO) and Tibetan Plateau vortices (TPVs) moving off the Tibetan Plateau was investigated based on the radiosonde and reanalysis data. It is found that the number of TPVs moving off the Tibetan Plateau (moving-off TPVs) has the distinct feature of the 10-20-day QBWO. 77% of the moving-off TPVs occur in the positive phases of the 10-20-day filtered 500 hPa vorticity over eastern Tibetan Plateau. Besides, distributions of the zonal and meridional components of E-vectors coincide well with the trajectories of TPVs, indicating the moving-off TPVs are well related with the propagation of the QBWO energy.

The atmospheric circulations and related thermodynamic fields are discussed to reveal the mechanism of the effect of 10-20-day QBWO on the moving-off TPVs. It is found that the atmospheric circulations and heating fields of 10-20-day QBWO have major impact on the moving-off TPVs. In positive QBWO phases, at 500 hPa over eastern Tibetan Plateau, there appear negative geopotential height anomalies and anomalous cyclonic wind shear; the anomalous jet stream and positive geopotential heights at 200 hPa lying over the northeast of the Tibetan Plateau stretch eastward gradually, benefiting for the upper level divergence and ascending motion. The condensation latent heat is released and shifts eastward with the heating centers located at 400 hPa, which depresses the isobaric surface at 500 hPa. All these conditions are in favor of the maintenance and eastward movement of TPVs in the positive QBWO phases.

# 全球变暖加速期与趋缓期西风爆发的特征比较

石运昊<sup>1</sup> 苏京志<sup>1</sup> 李静怡<sup>1</sup>

<sup>1</sup>中国气象科学研究院, 北京, 100081

## 摘要

利用欧洲中尺度天气预报中心 (ECMWF) 的 ERA-interim 的 10 m 风场资料, 研究了全球变暖加速期 (1980 年-1998 年) 和全球变暖趋缓期 (1999 年-2013 年) 的西风爆发的时空分布特征。当赤道西太平洋 (5°S-5°N, 120°E-170°W) 至少 3 个纬度方向出现连续 1500 km 的 5 m/s 以上的西风正距平, 并维持 2-40 天, 定义为一次西风爆发 (WWB)。根据这个标准, 全球变暖加速期 (PDO 正位相) 共发生 219 次西风爆发事件, WWB 事件持续时间平均为 10 天。这些 WWB 中的西风异常中心位置集中在 169°E, 西风异常的东界平均可达 173°W, 西风异常南北方向的跨度平均为 778km (7 个纬度)。以这一时期两个强厄尔尼诺年 (1982 年和 1997 年) 为例。1982 年的厄尔尼诺发展期 (2-6 月) 有 6 次西风爆发事件, 持续时间平均为 11 天。西风异常的中心位置在 161°E, 东界延伸到 178°E, 南北跨度平均为 7 个纬度。这一年的中心位置较 PDO 正位相的 WWB 的平均中心位置偏西, 范围偏小。1997 年的厄尔尼诺发展期 3 次西风爆发事件, 持续时间平均为 37 天。厄尔尼诺发展期西风异常的中心位置在 165°E, 东界延伸到 169°W, 南北跨度为 11 个纬度。中心位置较全球变暖加速期的平均位置偏西, 持续时间、范围均高于 PDO 正位相年份的平均情况。相对而言, 在全球变暖趋缓期 (PDO 负位相), 西风爆发事件频次偏少 (152 次), WWB 事件持续时间整体偏短 (平均 7 天)。西风异常中心位置偏西 (157°E), 西风异常的东界整体偏西 (174°E), 西风异常南北方向跨度偏小 (878 km, 8 个纬度)。以 PDO 负位相的厄尔尼诺年 (2002 年和 2009 年) 为例, 其中 2002 年厄尔尼诺发展期西风爆发事件有 8 次, 持续时间平均为 8 天。西风异常中心位置在 151°E, 东界延伸到 165°E, 南北跨度平均为 7 个纬度。西风异常持续时间长于 PDO 负位相年份厄尔尼诺发展期的平均情况, 东西范围偏大, 南北跨度大。2009 年的厄尔尼诺发展期, 西风爆发事件有 5 次, 持续时间平均为 4 天。这一年的西风异常中心位置在 144°E, 东界延伸到 154°W, 南北跨度平均为 6 个纬度。与该时期的西风异常的平均情况相比, 持续时间偏短、东西范围偏窄, 南北跨度小。

# 北方农牧交错带春季风速年际变化的影响因子分析

胡毅鸿, 龚道溢\*, 毛睿, 杨静

北京师范大学地理科学学部, 减灾与应急管理研究院, 环境演变与自然灾害教育部重点实验室, 北京 100875

**摘要:** 利用 1979~2016 年 15 个台站逐日风速资料、ERA-Interim 再分析资料以及 1982~2014 年 GLASS 叶面积指数数据产品等, 分析了北方农牧交错带春季近地面风速的变化特征, 以及大气环流因子和下垫面因子对风速年际变化的影响。近 38 年来风速的变化除了显著的下降趋势(每 10a 约下降 0.10 m/s)外, 还存在强烈的年际波动, 年际<sup>i</sup>方差占总方差的比例达 58 %。研究区风速年际变化与东北亚地区的气旋性环流异常有密切关系, 平均风速与该环流系统中心区 700 hPa 位势高度的相关系数高达-0.83。异常气旋性环流加强时, 带来的偏西北风与研究区春季盛行西风叠加, 加强近地面风速。分析表明东北亚异常气旋环流受北半球行星尺度的大气环流变化的影响, 与北极涛动有显著相关(+0.41)。下垫面状况的变化, 通过热力和动力性质的变化可影响风速。计算表明风速与边界层高度、感热通量以及潜热通量年际变化的相关系数分别为+0.57、+0.39 和-0.39, 如果排除较强天气过程的可能影响, 只计算小风日风速 (<3m/s), 则它们的年际相关更加显著(分别达到+0.59、+0.60 和-0.57)。地表粗糙度也是影响风速的一个重要物理参数。统计表明叶面积指数与风速年际波动存在明显的反位相变化( $r=-0.41$ ), 近几十年来研究区叶面积指数的明显增加可能对该区域风速的持续减小有显著贡献。

**关键词:** 北方农牧交错带, 风速, 年际变化, 大气环流因子, 下垫面因子

---

国家重点研发计划(2016YFA0602401)和国家自然科学基金(41621061)资助, 目前该文章处于投稿阶段。

# 青藏高原土壤湿度的变化特征及其与降水的关系

孙夏, 范广洲

(成都信息工程大学大气科学学院/高原大气与环境四川省重点实验室/气候与环境变化联合实验室, 四川成都 610225)

基于 GLDAS Noah2.0 月平均不同层次 (表层: 0-10cm, 浅层: 10-40cm, 中层: 40-100cm, 深层: 100-200cm) 的土壤湿度资料和 CMAP 全球降水月平均资料, 利用统计学方法分析了 1950-2009 年年均青藏高原各层土壤湿度的基本分布、EOF 分布等基本状态, 以及其基本状态的变化趋势, 并利用不同层次土壤湿度和降水的相关性, 定性和定量分析了 1979-2009 年不同层次土壤湿度与降水之间的关系, 结果表明: (1) 年均青藏高原土壤湿度范围在  $0.1 \text{ m}^3/\text{m}^3 \sim 0.26 \text{ m}^3/\text{m}^3$  之间, 表层土壤湿度分布呈现东南-西北递减, 其高值区位于高原南部, 次高值区位于高原东南部, 低值区位于高原西北部以及北部边缘; 表层、浅层土壤湿度分布呈现西大东小, 南大北小, 高原西南部、西北部土壤湿度增加, 高原中东部、东北部土壤湿度减小; 深层土壤湿度相对较大, 高原中部及西南部为高值区, 高原西北部及北部边缘为低值区。(2) 表层、浅层和中层土壤湿度均在 50 年代下降, 60 年代-90 年代呈现不同程度的波动, 随后其土壤湿度增加, 21 世纪 00 年代为土壤湿度高值期; 而深层土壤湿度表现在 60 年代大幅度增加, 80 年代为深层土壤湿度高值期。(3) 在青藏高原上各层土壤湿度的多年变化以变大趋势为主, 但在不同的区域, 各层土壤湿度的变化表现不同: 在高原中东部地区, 表层、浅层、中层土壤湿度均有显著变大的趋势, 以中层最为明显, 而深层土壤湿度有部分区域显著变小的趋势; 在高原西北部地区, 浅层、中层和深层土壤湿度均有变小的趋势, 以浅层最为显著, 表层土壤湿度却有变大的趋势。(4) 表层土壤湿度主要与当月降水的相关性较高, 但冬季除外, 说明降水是影响表层土壤湿度的主要因素之一; 浅层、中层土壤湿度与降水的相互响应较为明显, 主要体现在 8 月降水可以持续影响到 8-11 月的浅层、中层土壤湿度, 呈现显著的正相关, 同时 8-12 月的浅层、中层土壤湿度也会影响 12 月的降水, 呈现显著的负相关; 降水对深层土壤湿度的滞后效应较为明显。以上结果的分析, 有助于我们更科学地理解高原地气之间水分与能量交换的物理机制以及土壤冻融过程对区域和东亚大气环流的影响, 可为短期气候预测提供一定的理论基础。

关键词: 青藏高原; 土壤湿度; 降水; GLDAS;

# 夏季青藏高原增暖及其影响东亚夏季降水的机理分析

梁梅<sup>1</sup> 徐建军<sup>1</sup> 吴立广<sup>2</sup>

1 广东海洋大学南海海洋气象研究院, 湛江 524088

2 南京信息工程大学气象灾害教育部重点实验室, 太平洋台风研究中心 南京 210044

## 摘要

基于中国气象科学数据网提供的气温和降水资料以及 GPCP 和 MERRA 月平均再分析资料, 利用相关分析和合成分析等方法研究了 1979–2016 年夏季青藏高原的气温变化特征以及东亚夏季风降水之间的关系。结果表明: (1) 1979–2016 年间, 青藏高原气温以较快的速率增长 ( $0.38^{\circ}\text{C}/\text{decade}$ ), 61 个研究的站点中有 56 个站点变化趋势通过 95% 信度检验, 而增暖速率达  $0.5^{\circ}\text{C}/\text{decade}$  的站点有 16 个, 分布在青藏高原东北和西南两侧。(2) 青藏高原及其周边区域的站点气温随海拔高度以  $0.43\text{--}0.45^{\circ}\text{C}/100$  米左右减小, 比对流层大气中  $0.6^{\circ}\text{C}/100$  米低, 且气温增暖速率随海拔高度的升高而升高, 青藏高原是全球变暖的最敏感的响应区域之一, 青藏高原大地形对气温增暖速率有放大效应, 高海拔区域的气温增暖幅度高于低海拔区域。(3) 1979–2016 年东亚夏季风降水呈现南涝北旱的分布格局, 这可能与青藏高原的增暖有关。近 40 年来东亚地区蒙古上空高低层反气旋环流有明显的加强趋势, 而中国东南部、南海北部、以及西北太平洋区域有明显的气旋性环流异常, 这样异常环流与高原气温年际变率有关, 青藏高原的气温变化诱发该环流结构, 且青藏高原的增暖的放大效应加剧这种环流异常。青藏高原的增暖加强青藏高原北侧的反气旋环流, 在这样的结构下, 蒙古上空呈现地层 ( $700\text{hPa}$ ) 辐散, 高层 ( $200\text{hPa}$ ) 辐合的下沉气流, 不利于该地区降水。而东南亚地区上空环流呈现气旋性环流加强, 该地区上升运动加强, 同时也有利于夹卷孟加拉湾、南海以及西北太平洋的水汽, 为降水提供动力条件和水汽条件。

**关键字:** 青藏高原; 气候变暖; 东亚夏季风; 降水

# 夏季印度季风变化对青藏高原降水的影响<sup>1</sup>

孙亦 巩远发

(成都信息工程大学大气科学学院, 成都 610225)

## 摘要

根据 1973-2014 年 NCEP ( $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$ ) 再分析资料及印度、中国逐月降水资料和 Bin Wang 的印度夏季风指数 IMI, 通过相关分析和合成分析, 详细讨论了印度夏季风强弱变化对应的高原降水变化。结果发现: (1) 印度夏季风强弱与高原夏季降水存在显著的相关关系, 尤其为高原东部与高原西部为代表的两个互为反相关区域。即印度夏季风强盛时, 高原东部降水偏少, 高原西部降水偏多。(2) 从印度夏季风强弱年海平面气压场、风场、高度场合成分析得到: 底层海平面气压场中, 印度夏季风强盛(减弱)时, 对应印度低压中心偏强(偏弱); 850hPa 风场异常场上表现为, 印度夏季风强盛(减弱)时, 印度地区变现为强气旋(反气旋)环流对应印度低压加强(减弱), 高原西部降水偏多(偏少), 高原东部降水偏少(偏多); 500hPa 风场异常场上, 印度夏季风强(弱)年, 高原南侧为一致的偏西(东)风, 北侧为偏东(西)风, 不利于(有利于)夏季暖湿气流向高原东部的输送, 且高原偏南部存在横切变线(高原东部存竖切变线移出型), 有利于高原西部(东部)降水; 100hPa 印度夏季风高度异常场表现为, 印度夏季风强年, 南亚高压的增强, 东风急流加强, 对应高原东部降水偏少, 高原西部降水偏多。弱年则反之。(3) 印度夏季风强盛时, 垂直剖面中高原西部与印度同性季风区为一致的上升运动, 高原东部与孟加拉湾为一致下沉。高原西部为低纬向高纬水汽输送, 水汽偏多; 高原东部为由高纬向低纬的偏北水汽输送, 即水汽偏少。印度夏季风弱年反之。

**关键词:** 印度夏季风; 青藏高原; 降水; 大尺度环流; 水汽输送

---

\*资助项目: 国家自然科学基金重大研究计划(91537214), 国家自然科学基金资助项目(41775079, 41275080)  
作者简介: 孙亦, 女, 研究生, 主要从事天气动力学和短期气候变化研究。E-mail: 1649560537@qq.com  
通讯作者: 巩远发, 男, 教授, 博士, 主要从事短期气候异常变化的诊断和模拟研究。gyfa@cuit.edu.cn

# **Interdecadal Connections between the Surface Temperature over the Arctic and the Summer Monsoon Precipitation over China**

Yuefeng Li

China Meteorological Administration Training Center, WMO Regional Training Center,  
Beijing 100081, China

After the end of the 1970s, there has been a tendency for enhanced summer precipitation over South China and the Yangtze River valley (YRV) and drought over north China and northeastern China. Coincidentally, Arctic ice concentration has decreased since the late 1970s, with a larger reduction in summer than spring. However, the Arctic warming is more significant in spring than summer, suggesting that spring Arctic conditions could be more important in their remote impacts. This study investigates the potential impacts of the Arctic on summer monsoon precipitation in China. The leading spatial patterns and time coefficients of the unfiltered and interdecadal precipitation (1960–2008) modes were analyzed and compared using empirical orthogonal function (EOF) analysis, which shows that the first three EOFs can capture the principal precipitation patterns (northern, central, and southern patterns) over eastern China. Regression of the Arctic spring and summer temperature onto the time coefficients of the leading interdecadal precipitation modes shows that interdecadal summer precipitation in China is related to the Arctic spring warming but that the relationship with Arctic summer temperature is weak. This suggests important relationships between the Arctic spring temperature and summer precipitation over China at the interdecadal time scale.

In order to further explore the influence of the Arctic temperature on summer monsoon precipitation in China, Six of the Coupled Model Intercomparison Project phase 5 (CMIP5) historical simulations including models from the Canadian Centre for Climate Modeling and Analysis (CCCma), the Beijing Climate Center, the Max Planck Institute for Meteorology, the Meteorological Research Institute, the Met Office Hadley Centre, and NCAR are used. The NCEP–NCAR reanalysis and observed precipitation are also used for comparison. Among the six CMIP5 simulations, only CCCma can approximately simulate the enhancement of interdecadal summer precipitation over the YRV in 1990–2005 relative to 1960–75; the various relationships between the summer precipitation and surface temperature ( $T_s$ ), 850-hPa winds, and 500-hPa height field (H500); and the relationships between  $T_s$  and H500 determined using regression, correlation, and singular value decomposition (SVD) analyses. It is found that CCCma can reasonably simulate the interdecadal surface warming over the boreal mid- to high latitudes in winter, spring, and summer. The summer Baikal blocking anomaly is postulated to be the bridge that links the winter and spring surface warming over the mid-to high latitude and Arctic with the enhancement of summer monsoon precipitation over the YRV. Models that missed some or all of these relationships found in CCCma and the reanalysis failed to simulate the interdecadal enhancement of precipitation over the YRV. It points to the importance of Arctic and mid-to high-latitude processes on the interdecadal variability of the East Asian summer monsoon and the challenge for global climate models to correctly simulate the linkages. And the above studies confirm that the Arctic temperature in winter and spring is an important predictor of summer monsoon precipitation in China on the interdecadal time scale.

# 二十四节气气候变化分析

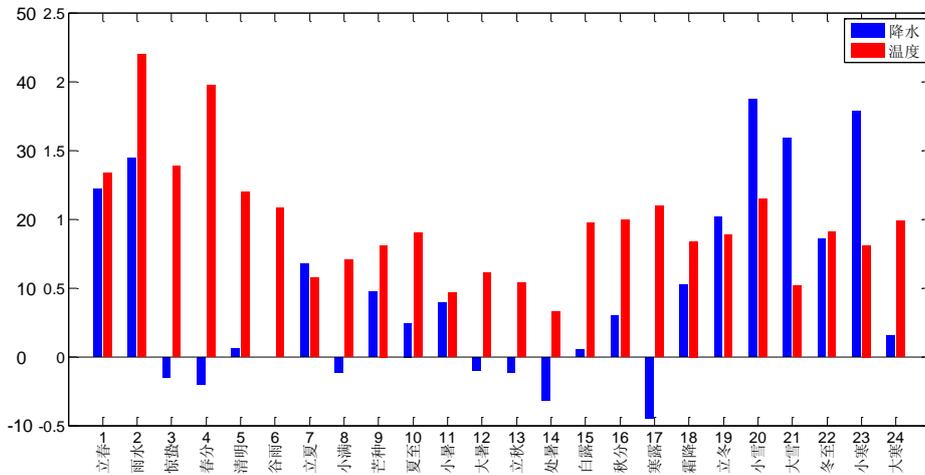
孙倩倩 隋伟辉 王也

中国气象局公共气象服务中心

24 节气细致地反映了我国四季的气候变化特点，对物候变化、农作物生长等方面有很好的参考价值，特别是与农业生产活动紧密相连，尤其是 24 节气中气温和降水概率的预测对指导农业生产意义尤为重大。但全球变暖趋势给“24 节气”带来不小的影响，导致一些节气的适用性发生变化。本文利用 2001-2016 年平均值与 1961-1990 年气候值进行比较，重点分析全国范围内（包括各省份统计分析）的 24 节气气温、降水的气候变化特征，有利于指导农事生产，提高气象服务水平。

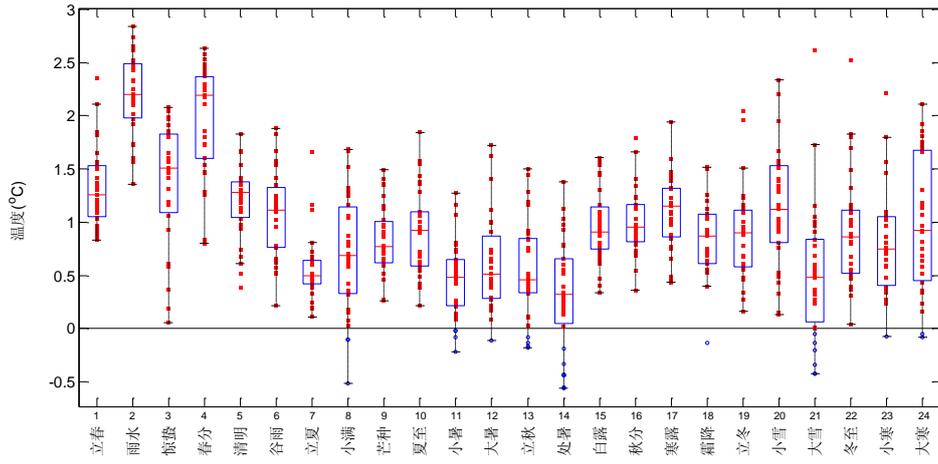
通过分析得出以下结论：

1、从全国平均来看，24 个节气的气温均有升高的趋势，其中春季节气的气温升高最显著，尤其是雨水升高最多，而小暑至处暑节气的升高幅度最小；降水量则有升有降，其中惊蛰、春分、小满、大暑、立秋、处暑、寒露的降水量有所减少，其余均增多，且冬季节气增多的最明显，尤其是小雪节气最甚。

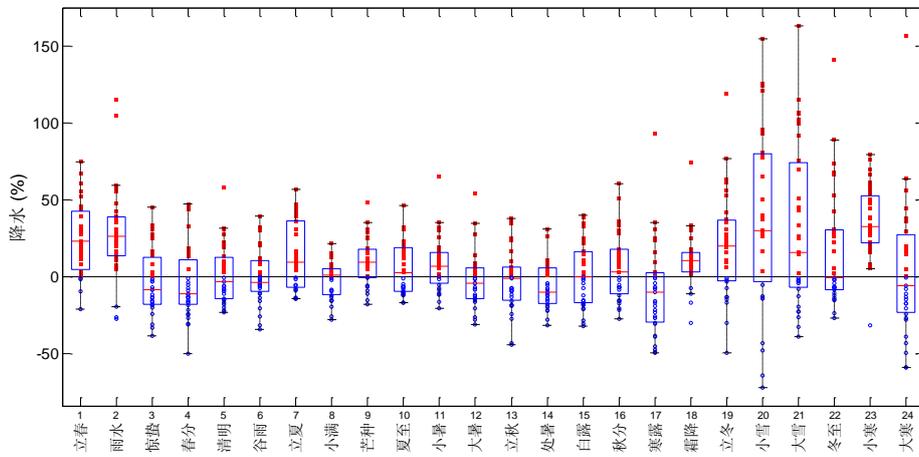


各节气平均气温和降水百分率距平

2、分省份平均来看，大部分的省份的气温都有升高趋势，但也有少数省份出现了下降，这些下降的省份主要集中在了春秋之交的节气以及冬季的大雪节气。对于降水来说，每个节气都有增多或减少的省份，其中夏季节气各省份的变化差异较小，冬季节气各省份的变化差异最大，尤其是小雪节气增多最多的省份和减少最多的省份的距平差值超过了 200mm。



各省份节气平均气温变化情况



各省份节气降水变化情况

3、比较 34 个省（市、区）各节气的气温和降水量的变化幅度，得出北方气温的变化总体比南方更加明显，其中气温变化最敏感的区域是青藏高原地区，西藏有 9 个节气的气温变化幅度均高于其他省份、还有 5 个节气的变化幅度位列 2、3 位，而青海仅次于西藏。另外上海则有 8 个节气的气温变化幅度位列全国各省份之首。

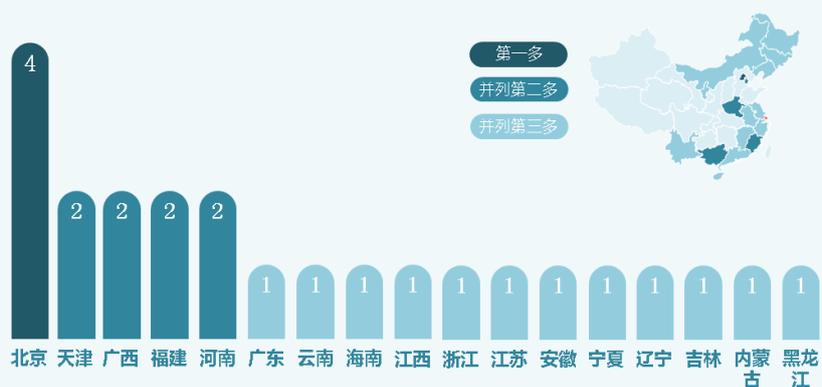
降水对气候变化响应比较明显的区域是在东北、华北以及东南沿海各省份，其中北京有 4 个节气降水变化幅度要高于其他省份，而天津、河南、福建、广西则各有 2 个节气的降水变化最明显。

### 气温偏高最显著前三的节气数量排行榜



气温变化最敏感的省份

### 降雨偏多最显著的节气数量排行榜



降水量变化最敏感的省份

数据比较：2001-2016 年平均与 1961-1990 年气候值相比较

# 海冰消融背景下北极增温的季节差异及其原因

武丰民

(浙江省气象科学研究所, 浙江, 杭州, 310008)

随着全球增暖的加快, 近几十年来北极海冰正在以超出人们估计的速度消融。海冰减少带来的最直接影响就是导致北极表面大气增温。这是由于可以阻断大气与海水热交换的海冰一旦被开阔的海水取代, 海水将吸收更多的太阳能, 并以向大气释放更多热量, 使得北极地表气温升高。由于海冰的迅速减少, 近十年来北极地表的增温达到全球平均增温的 2-4 倍。然而, 尽管北极地表有着明显的增温趋势, 但由于北极海冰在夏季融化秋季凝结, 季节特色显著, 不同季节的海冰减少对北极增温的影响也明显不同。

运用哈德莱中心第一套海冰覆盖率 (HadISST1)、欧洲中心 (ERA\_Interim) 的温度以及 NCEP 第一套地表感热通量、潜热通量等资料, 研究了 1979-2011 年 33 年来北极海冰消融的季节特点和空间特征, 并从反照率——温度正反馈与地表感热通量、潜热通量等方面分析了海冰减少对北极增温影响的季节差异。结果表明:

(1) 近三十年来, 尤其是 2000 年以后的十几年来, 北极海冰覆盖率急剧下降。其中秋季减少最多, 其次是夏季。春季和冬季的海冰覆盖较为稳定。夏季和秋季的减少趋势覆盖了北冰洋东南边缘的广大地区, 而冬季和春季的减少趋势主要分布于巴伦支海北部。

(2) 与海冰变化趋势相对应, 北极近地面气温在近 30 年来, 尤其是最近的十几年来, 显著升高。其中秋季和冬季升温最显著, 夏季最微弱。垂直特征方面, 夏季 900hPa 以下的增温廓线随着高度递增, 而其他三个季节则都是随着高度递减。

(3) 对于低空大气而言, 海水在夏季是冷源, 而在秋冬季是热源。随着海冰的减少, 海水在夏季吸收和储存更多热量, 这些热量在秋冬季释放到大气中。海水对大气的这种延迟加热机制是北极低空大气增温具有显著季节差异的主要原因。

形象的说, 北极海冰如同一个“隔热毯”, 阻断了海水与大气之间的能量交换。而海冰一旦减少, 海水与大气之间的能量交换必将加强。这种加强在夏季主要表现为海水可以吸收和储存更多的热量, 而在秋冬季则表现为海水向大气放热的增加。可以说, 海冰减少造成的“隔断”效应减弱以及海水对大气的“延迟加热”效应是北极近地面升温具有显著季节差异的主要原因。

# 辽宁省降雪变化特征

周晓宇

沈阳区域气候中心

## 摘要

利用辽宁省 52 个站逐日降水量及降雪天气现象资料提取出逐日降雪数据，采用多种统计方法分析了近 53 年(1961-2013 年)不同等级降雪的时空变化特征，研究表明：降雪量和降雪日数空间分布上山地要大于平原地区，由东部山区向沿海地区减少；降雪强度中心位于辽宁中部城市群所在的平原地区。降雪量、降雪日数年内分配分别呈双峰型和单峰型分布，中雪等级以上的降雪多发生在冬末春初。年降雪量增加，年降雪日数（降雪强度）显著减少（减小）；降雪日数的显著减少主要表现为微量降雪日数和小雪日数的减少，尤其是微量降雪日数，降雪强度的显著增大主要是暴雪强度的增大。1960s 和 1970s 为降雪偏多时段，1990s 以来降雪量增加，降雪日数减少。不同区域各级降雪占总降雪的比例，辽东地区以微量降雪日数最大，其他区域均以小雪日数和暴雪降雪量最大。全省降雪量有 65.4% 站点呈增加趋势，降雪日数 96.2% 的站点呈减少趋势，降雪强度 90.4% 站点呈增大趋势，辽西地区降雪变率要大于辽东山区。小雪降雪量和微量降雪日数贡献率均呈下降趋势，其他不同等级降雪贡献率均呈上升趋势。随着纬度升高(海拔增高)，总降雪量（降雪日数）和各等级降雪量（降雪日数）均增加，总降雪强度和小雪强度减小。

# 近 33 年西北太平洋极端海表温度事件的变化特征及与 ENSO 的关系

陈志伟<sup>1</sup>, 康建成<sup>1</sup>, 王国栋<sup>1</sup>, 顾成林<sup>1,2</sup>, 徐勇<sup>1</sup>, 汤明<sup>1,3</sup>, 陆凯<sup>1</sup>

(1. 上海师范大学地理系、城市生态与环境研究中心, 上海 200234;

2. 佳木斯大学理学院资源与环境科学系, 黑龙江佳木斯 154007;

3. 九江学院鄱阳湖生态经济研究中心, 江西九江 332000)

## 摘要

使用 1982-2014 年美国国家海洋和大气管理局 (National Oceanic and Atmospheric Administration, NOAA) 最优插值 1/4 度逐日海温分析资料, 分析西北太平洋极端海表温度(sea surface temperature, SST)事件的变化特征, 探讨极端 SST 事件与 ENSO (El Niño-southern oscillation, ENSO)之间的关系。结果表明: 极端高温事件的频率明显增大, 20 世纪 80 年代为 2-5 年一遇, 20 世纪 90 年代为 1-4 年一遇, 21 世纪以来, 除 2004 和 2011 年外, 其余年份均有发生。极端高温发生天数呈线性增加趋势, 增长速率为 30 d/10 a。单次极端高温事件持续时间逐渐增长, 增长速率为 0.56 d/次, 且平均温度和最高温度也呈上升趋势, 上升速率分别为 0.032 °C/次和 0.049 °C/次。相反的是, 极端低温事件的频率明显减小, 1982-2000 年为 1-2 年一遇, 21 世纪以来, 发生次数明显减少。极端低温发生天数和单次事件的持续时间均明显减少, 减少速率分别为-27 d/10a 和-1.6 d/次。单次极端低温事件的平均温度和最低温度呈线性上升趋势, 增长速率分别为 0.0087 °C/次和 0.017 °C/次。极端高温事件呈现 1-4 年和 4-7 年周期的高低频震荡, 低温事件呈现多尺度周期变化, 主周期尺度为 3-4 年。Nino3.4 区下半年 ENSO 指数与西北太平洋极端高温呈显著负相关, 与极端低温事件呈显著正相关。意味着在 La Niña 年份, 极端高温事件更容易发生。反之, 在 El Niño 年份, 极端低温事件容易发生。赤道太平洋上空的信风异常和 ENSO 环流中大规模的海气相互作用对西北太平洋极端温度事件具有重要影响。

**关键词:** 西北太平洋; 极端温度事件; ENSO; 气候变化

# 厄尔尼诺事件的多样性及其对东亚夏季风降水的影响

袁帅<sup>1,2</sup>, 徐建军<sup>1,2</sup>, 潘裕山<sup>1,2</sup>

(1. 广东海洋大学海洋与气象学院//2. 广东海洋大学南海海洋气象研究院, 广东湛江 524088)

## 摘要

本文从近四十年(1979–2017)选取出三个极强厄尔尼诺事件(1982–1983年、1997–1998年和2015–2016年), 首先运用海温距平资料, 分析极强厄尔尼诺事件的多样性特征, 然后根据这三个极强厄尔尼诺事件发生年与次年的夏季降水距平, 讨论东亚夏季风降水对厄尔尼诺事件多样性的响应差异。研究表明, 即使是同为极强的厄尔尼诺事件, 但由于其多样性的特征, 东亚夏季风降水的响应场表现出很大的不同。在此基础上, 从环流异常、850hPa风场异常以及副高的变化讨论了这两者联系的可能机制。

**关键词:** El Niño 多样性; 东亚夏季风降水; 机制讨论

## Diversity of El Niño Events and Its Impact on East Asian Summer Monsoon Precipitation

YUAN Shuai<sup>1,2</sup>, XU Jian-jun<sup>1,2</sup>, Pan Yu-shan<sup>1,2</sup>

(1. College of Oceanography and Meteorology, Guang Dong Ocean University, Zhanjiang 524088, China; 2. South China Sea Institute of Marine Meteorology, Guang Dong Ocean University, Zhanjiang 524088, China)

**Abstract:** In this paper, three strong El Niño events (1982-1983, 1997-1998, and 2015-2016) were selected from nearly four decades (1979-2017). Firstly, SST anomaly data were used to analyze the strong El Niño event. Based on the diversity characteristics, the summer precipitation anomalies between the three strong El Niño events and the following year were then used to discuss the differences in the responses of the East Asian summer monsoon precipitation to the El Niño event diversity. Studies have shown that even with the strong El Niño event, due to the diversity of the characteristics, the response field of the East Asian summer monsoon precipitation shows a great deal of difference. On this basis, the possible mechanisms of the relationship between the two are discussed from the anomaly of the circulation, the anomaly of the 850 hPa wind field and the change of the subtropical high.

**KEYWORDS:** El Niño diversity; East Asian summer monsoon precipitation; Mechanism discussion

# On the emergence of anthropogenic signal in extreme precipitation change over China

Zhihong Jiang<sup>1</sup>, Wei Li<sup>2</sup>, Xuebin Zhang<sup>3</sup>, and Laurent Li<sup>4</sup>

1. Joint International Research Laboratory of Climate and Environment Change, Collaborative Innovation Center on Forecast and Evaluation of Meteorological Disaster, Nanjing University of Information Science and Technology, Nanjing, China

2. Key Laboratory of Meteorological Disaster of Ministry of Education, Collaborative Innovation Center on Forecast and Evaluation of Meteorological Disaster, Nanjing University of Information Science and Technology, Nanjing, China

3. Climate Research Division, Environment and Climate Change Canada, Toronto, Ontario M3H 5T4, Canada

4 Laboratoire de Météorologie Dynamique, CNRS, Sorbonne Université et Ecole Normale Supérieure, Ecole Polytechnique, Paris, France

**Abstract:** The detection of anthropogenic influences on climate extremes at regional scale is not only important for the development of national climate change policy, but also the hot topic and grand challenge in regional climate change research. We use non-stationary GEV based on r-largest events to estimate the extreme precipitation change due to anthropogenic influence in each station or grid cell. Field significance resampling-based test was used to determine whether the anthropogenic influence is significant in the overall region. Global climate simulations from CMIP5 under the RCP8.5 scenario are used to examine the time at which an anthropogenic influence becomes detectable in extreme precipitation over China and the change in probability of extreme precipitation with certain magnitudes when the changes are detectable. Results shown that anthropogenic influence is not significantly detected over China in the observational record or simulations from 1961 to 2012 based on the test of field significance. Simulations indicate that such change would become detectable in the future by around 2035 under RCP8.5 scenario. Large changes would already manifest by the time of signal detection; for example, extreme precipitation events that occur on average once every 20, 50 and 100 years in current (1986–2005) climate would reduce to about 15, 34, and 63 years on average by the time of detection around 2035.

**Key Words:** Anthropogenic signal, Extreme precipitation, Field significance test, China

# 近 61 年西南低涡的统计特征与异常发生的流型分析

李国平<sup>1</sup> 叶瑶<sup>2</sup>

1 成都信息工程大学大气科学学院, 成都, 610225

2 四川省气象服务中心, 成都, 610072

## 摘要

在提出表征西南低涡生成的均一化指数  $I_{swv}$  的基础上, 统计了 1954-2014 年间夏半年 (5-10 月) 西南低涡发生频数的年际变化, 并着重分析了西南低涡异常发生年份的气候特征。结果表明, 1954-2014 年间西南低涡年均发生频数为 43 次, 其变化基本呈波动状, 夏半年中又以 6 月最多, 8 月最少。多发年分别为 1954, 1955, 1956, 1963, 1964, 1997, 1998, 2005, 2007 和 2009 年; 少发年分别为 1960, 1961, 1962, 1972, 1974, 1975, 1981, 1982, 1988 和 2014 年, 与历史上极端气候事件有较好对应关系。西南低涡多发年, 低层流场在西南低涡关键区表现为西南风旺盛且辐合异常强, 气旋性切变加大, 低纬季风环流增强, 导致大量正角动量输送至关键区, 有利于西南低涡生成; 同时印度洋输送至关键区的水汽通量亦增加, 也有利于降水发生。而西南低涡少发年, 低纬季风减弱, 关键区为异常北风控制, 南支绕流偏弱, 水平散度场表现为辐散异常强, 造成角动量输送减弱, 不利于西南低涡生成; 且来自于印度洋的季风水汽输送也减弱, 亦不利于降水发生。因此, 除地形和加热作用外, 西风带以及季风环流带来的水汽和角动量输送也是影响西南低涡发生的重要因子。

**关键词:** 西南低涡; 气候变化; 环流异常; 水汽通量; 角动量输送

# 1961—2017 年中巴经济走廊北端帕米尔高原区域 极端升温过程频数与强度气候变化特征<sup>1</sup>

毛炜峰<sup>1,2</sup>, 姚俊强<sup>1,2</sup>, 陈静<sup>1,2</sup>, 李红军<sup>1,2</sup>

(1. 中国气象局乌鲁木齐沙漠气象研究所, 新疆 乌鲁木齐 830002; 2. 中亚大气科学研究中心, 新疆 乌鲁木齐 830002)

## 摘要

利用中国在帕米尔高原的塔什库尔干、吐尔尕特和乌恰 3 个气象站 1961 年 1 月 1 日至 2017 年 12 月 31 日的逐日最高气温, 建立了中巴经济走廊北端帕米尔区域的升温过程数据库。根据升温过程综合强度指数  $IZ$ , 百分位排序法, 整理出了该区域内 3 站的极端升温过程, 由此分析了区域内各站的极端升温过程发生频数以及强度的气候变化特征。分析结果表明:

1961—2017 年, 塔什库尔干、吐尔尕特和乌恰分别出现了 489、534 和 528 次极端升温过程, 平均每年分别为 8.6、9.4 和 9.3 次。塔什库尔干强度最大的一次极端升温过程出现在 2008 年 2 月 20—21 日, 吐尔尕特出现在 1971 年 3 月 9—16 日, 乌恰出现在 1976 年 4 月 18—20 日。塔什库尔干 489 次极端升温过程持续日数平均 3.56d, 持续 3d 的最多, 占 24.7%, 吐尔尕特 534 次极端升温过程持续日数平均 3.13d, 持续 2d 的最多, 占 27.5%, 乌恰 528 次极端升温过程持续日数平均 3.21d, 持续 3d 的最多, 占 21.6%。

1961—2017 年, 塔什库尔干的极端升温过程主要集中在 4 月—7 月, 7 月最多, 达 17.0%, 10 月最少, 仅占 0.5%。吐尔尕特的极端升温过程主要集中在 3 月—6 月, 5 月最多, 达 12.6%, 10 月最少, 仅占 3.9%。乌恰的极端升温过程主要集中在 12 月—5 月, 1 月最多, 达 12.7%, 9 月最少, 仅占 3.2%。57 年来, 帕米尔高原的塔什库尔干、吐尔尕特和乌恰的年极端升温过程发生频数呈不显著的线性增加趋势, 增加率分别为: 0.57、0.22 和 0.18 次/10a<sup>-1</sup>, 从本世纪以来基本上处于偏多时期, 进入本世纪以来年际间变化幅度加剧。

1961—2017 年, 塔什库尔干与乌恰的极端升温过程综合强度在冬季(5.41、5.21)最强, 春季其次, 塔什库尔干在秋季(4.61)最弱, 乌恰在在夏季(4.40)最弱。吐尔尕特的极端升温过程综合强度在春季(5.26)最强, 冬季其次, 夏季(4.87)最弱。分别以年内所有极端升温过程的平均综合强度、年内最强 1 次极端升温过程的综合强度为年强度指标, 57 年来, 塔什库尔干的年综合强度均呈显著的增强趋势, 分别通过了 0.01 和 0.05 信度检验; 吐尔尕特年综合强度指数呈不显著的增强趋势, 乌恰呈不显著的减弱趋势。

以年内所有极端升温过程的平均综合强度为年强度指标, 塔什库尔干与吐尔尕特在上世纪 60 到 90 年代极端升温过程的强度相对较弱, 进入 21 世纪以来, 强度明显增强。乌恰在上世纪 70 年代极端升温过程的强度明显偏弱, 80 年代以来, 各年代际强度差异不大, 近 7 年略偏弱。

帕米尔高原 3 站的极端升温过程变化特征不完全一致, 是依赖于地理位置(经纬度), 还是海拔高度的差异, 有待进一步深入研究。

关键词: 极端升温过程; 频数与强度; 气候变化; 帕米尔高原

基金项目: 国家自然科学基金项目(U1503181)资助

作者简介: 毛炜峰, 主要从事气候诊断、预测、区域气候变化影响等研究。E-mail:mao6991@vip.sina.com

# 亚洲中纬度地区极端降水强度变化及其归因

董思言<sup>1</sup>, 孙颖<sup>1,2</sup>

(1 国家气候中心, 2 中国气象局气候研究开放实验室)

## 摘要

目前有很多研究关注极端降水方面的归因,但是人类对极端降水变化影响的直接证据仍较有限,归因结果只能达到中等置信度,在较小的尺度上极端降水变化的归因研究更有挑战。由于亚洲观测极端降水资料的覆盖度和一致性问题,很难评估 CMIP5 模式是否能够准确地再现极端降水空间分布以及其变化,这也对亚洲极端降水的检测与归因有一定的影响。为了改善亚洲观测极端降水资料空间和时间覆盖范围上的限制, WMO 联合 CC1/ CLIVAR/JCOMM 气候变化检测和指数联合专家组 (ETCCDI) 和来自亚洲各国的科学家共同编制了一个新的亚洲观测极端指数数据集 (以下简称 ADEX), 与 HadEX2 相比, 这个观测数据集具有更大的空间覆盖范围, 并提供了有关亚洲极端气候事件的更详细信息。本研究使用包含 ADEX 在内的观测数据集和 CMIP5 模式进行比较, 发现在观测数据中改善数据覆盖范围对于理解亚洲降水极端变化具有重要意义。虽然这些差异与不同的观测资料格点化处理顺序和插值方法有关, 但观测数据空间覆盖度可能是导致这种差异的重要因素。在对 ADEX 数据集的研究基础上, 利用最优指纹法对亚洲区域中纬度四个极端强度降水指数进行了检测归因分析。结果表明, 人类活动信号可以在亚洲中纬度区域四个极端强度降水指数中被检测出来, 而自然强迫却不能, 这就表明人为外强迫在亚洲中纬度相对小的尺度上极端降水变化中的重要作用。

# 新疆干湿气候变化多时间尺度综合评估

姚俊强<sup>1</sup>, 陈亚宁<sup>2</sup>

1. 中国气象局乌鲁木齐沙漠气象研究所, 新疆 乌鲁木齐 830002;
2. 中国科学院新疆生态与地理研究所, 新疆 乌鲁木齐 830056

**摘要:** 新疆地处亚洲中部干旱区, 地形复杂, 生态环境极其脆弱, 是全球气候变化的敏感区和强烈影响区。随着全球变暖导致水循环过程加剧, 新疆气候发生明显改变, 引起了相关学者的广泛关注。21 世纪初, 施雅风院士提出西北干旱区气候呈现“暖湿化”特征, 其中干旱区西部(新疆)更加明显。21 世纪以来, 新疆气候发生明显变化, 表现为气温出现跃变式升高且维持高温波动, 降水量呈微弱的较少态势, 这势必对区域干湿气候、生态环境和水资源产生重要影响。全面揭示新疆干湿气候变化规律, 综合评估干旱化对新疆生态环境的影响, 对“丝绸之路经济带”核心区经济社会的可持续发展和生态安全至关重要。

基于蒸发需求和多时间尺度的 SPEI 干旱指数, 研究了新 SPEI 干旱指数的多时间尺度特征, 并从区域气候变化、土壤水分、植被 NDVI 和河流径流量等多尺度佐证了新的变化事实。研究指出: 过去 54 年以来(1961-2015 年), 新疆总体表现为明显的增湿特征, 但 1997 年之后随着温度跃升, 蒸发加剧、降水量增加趋势减缓, 导致 70% 以上的区域呈现变干趋势。在空间上, 干旱化区域主要发生在新疆南部、东部和天山山区, 而在新疆西北部和西南部(帕米尔高原)依然呈现增湿特征。潜在蒸发量(PET)和降水量是影响干湿变化的主要因素, 敏感性分析发现两者的影响有明显差异, 干旱区蒸发需求大, 在温度跃升且高位波动情况下, PET 对干旱变化的影响最明显。SPEI 干旱指数的不同时间尺度分别代表着不同的干旱类型, 如 3 月时间尺度 SPEI 代表气象干旱, 6 月和 12 月时间尺度 SPEI 代表生态干旱和水文干旱。新疆地区土壤湿度在 90 年代中期开始有断崖式下降, 平均减少了 42.2%; 植被 NDVI 在 1997 年发生生态逆转, NPP 也在 21 世纪有减少趋势。水文径流对干湿气候变化的响应更加复杂, 主要受山区冰雪融水对河流补给比例的影响, 如发源于天山的河流对 SPEI 变化有正响应, 但与发源于昆仑山的河流径流有反相关关系。

**关键词:** 新疆; 干湿气候; 多尺度; 评估

**作者简介:** 姚俊强, 博士, 副研究员, 从事气候变化与水循环研究

# 全球温度增温半度对中国区域极端气候发生风险的影响

李伟<sup>1</sup>，江志红<sup>1</sup>，石晨<sup>1</sup>，张学斌<sup>2</sup>，李肇新<sup>3</sup>

1. 气象灾害教育部重点实验室，气象灾害预报预警与评估协同创新中心，南京信息工程大学，南京，210044
2. 加拿大环境气候变化部，多伦多，加拿大，M3H5T4
3. 法国科研中心动力气象实验室，巴黎，法国

## 摘要

为了应对气候变化，巴黎协定制定将全球温度增温控制在  $2^{\circ}\text{C}$ ，并且努力控制到  $1.5^{\circ}\text{C}$  的目标。本文基于 CMIP5 模式的模拟结果，研究了当全球温度从  $1.5^{\circ}\text{C}$  上升到  $2^{\circ}\text{C}$  时，中国区域极端事件发生强度和风险的变化特征，结果表明，额外增温半度使得极端最高温 (TXx) 和极端最低温 (TNn) 在西北，西南和青藏高原增加超过  $1^{\circ}\text{C}$ ；中国区域平均的极端降水强度将增加约为 4%，并且不同重现期极端降水强度变化差距不大。但是极端事件风险的变化依赖极端事件的重现期，一般重现期越长（越极端）的极端事件，发生的风险越大。当前气候下 100 年一遇的极端高温事件，在  $1.5^{\circ}\text{C}$  和  $2^{\circ}\text{C}$  下发生风险分别降低至 15 年和 11 年。历史 100 年一遇的极端降水事件在  $1.5^{\circ}\text{C}$  和  $2^{\circ}\text{C}$  气候下，则分别降低至 62 年一遇和 42 年一遇。极端温度和极端降水强度和风险的变化与 RCP 排放情景无关。

**关键词：**全球增温  $1.5^{\circ}\text{C}$  和  $2^{\circ}\text{C}$ ；极端温度和极端降水事件；CMIP5；中国

# 淮河中上游水量平衡要素对气候变化的响应及 预估研究

王 胜<sup>1,2</sup>, 许红梅<sup>3</sup>, 刘绿柳<sup>3</sup>, 王 勇<sup>4</sup>, 宋阿伟<sup>1</sup>

(1. 安徽省气候中心, 合肥 230031; 2. 安徽省大气科学与卫星遥感重点实验室, 合肥 230031;  
3. 国家气候中心, 北京 100081; 4. 重庆市气候中心, 重庆 401147)

**摘要:** 淮河流域地处南北气候过渡带, 各种天气系统相互交错又相互影响, 是典型的生态环境脆弱区, 也是气候变化的敏感区。为了充分认识淮河中上游地区气候变化对径流量的影响, 本研究在对 SWAT (Soil-Water-Assessment-Tool) 进行参数化的基础上, 采用淮河干流吴家渡水文控制站 1971—1990 年和 1991—2014 年的月径流观测数据对 SWAT 模型进行了率定和验证, 结果显示, SWAT 能够较好的再现月尺度降雨-径流过程。淮河中上游年径流深线性变化趋势不明显, 但子流域空间差异显著, 径流深上游及南部呈线性减小趋势, 其他子流域增大。从年水量平衡要素来看, 蒸散量和渗漏量对水量平衡贡献最大。主成分分析表明, 平均气温、降水量及蒸散量是淮河中上游水文要素变化的关键因子。剔除人为因素的影响, 近 44a 淮河中上游地区水资源量呈减少趋势, 这可能年平均气温升高、年降水量略有减少、年蒸散量减少综合作用的结果。

应用耦合模式比较计划 (Coupled Model Intercomparison Project Phase 5, CMIP5) 中 5 个全球气候模式 (Global Climate Models, GCMs) 和 3 种典型浓度路径 (Representative Concentration Pathways, RCPs) 在全球增温 1.5°C 和 2.0°C 下的预估结果, 预估了气候变化对该区径流量的影响, 并量化了预估结果的不确定性。在全球增温 1.5°C 和 2.0°C 下, 淮河中上游年平均气温分别较基准期 (1986—2005 年) 增加 1.1°C 和 1.7°C; 年降水量较基准期分别相应增加 4% 和 7%; 基于 SWAT 模型预估的年径流量较基准期分别增加 5% 和 8%。未来气候变化不会改变径流季节分布特征, 年内径流仍集中在盛夏和初秋 (6—9 月)。预估的月丰水流量明显增加, 尤其当全球增温达到 2.0°C 后, 出现洪涝的风险明显增大。未来降水量和径流量预估都存在较大的不确定性, 不确定性主要来源于 GCMs, 在全球增温 2.0°C 下预估的不确定性更大。本研究成果可为淮河中上游水资源管

---

基金项目: 国家重点研发计划(项目编号 2016YFE0102400); 中国气象局气候变化专项 (CCSF201832, CCSF201810)。[**Foundation items:** National Key R&D Program of China, No.2016YFE0102400; Climatic Change Research Item of the China Meteorological Administration, No.CCSF201832 and No. CCSF201810.]

**第一作者简介:** 王胜 (1978-), 男, 安徽铜陵人, 硕士, 高工, 主要从事气候与气候变化研究。  
E-mail:[ws7810@163.com](mailto:ws7810@163.com)

理和相关政策的制定提供技术支撑。

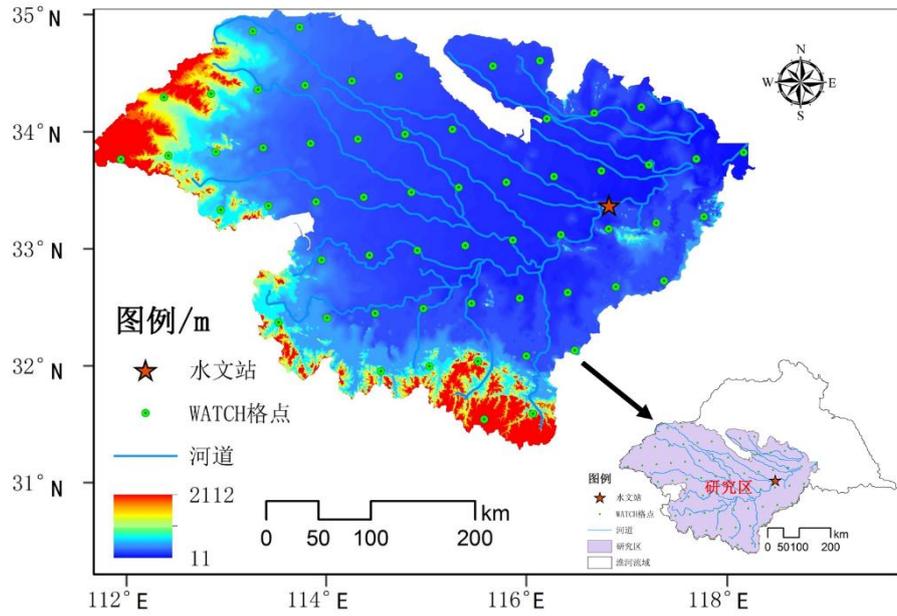


图1 研究区域、气候数据格点分布及吴家渡水文站点位置

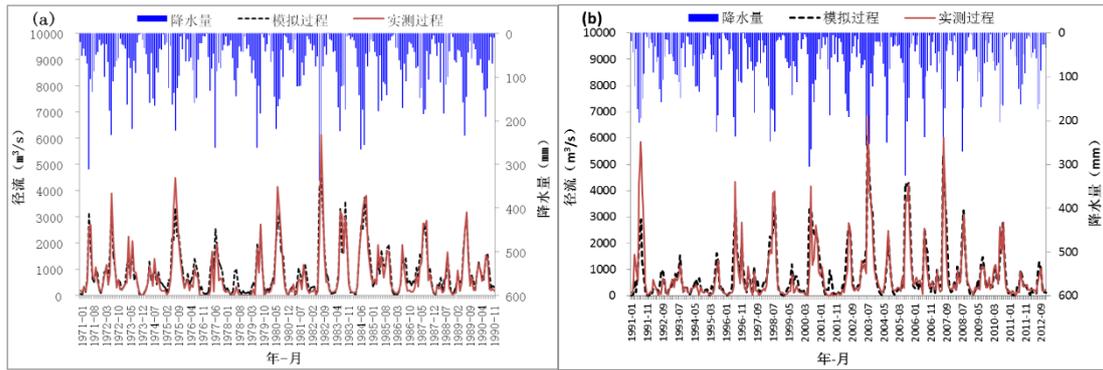


图2 率定期 (a) 及验证期 (b) 吴家渡月平均径流量模拟值与实测值对比

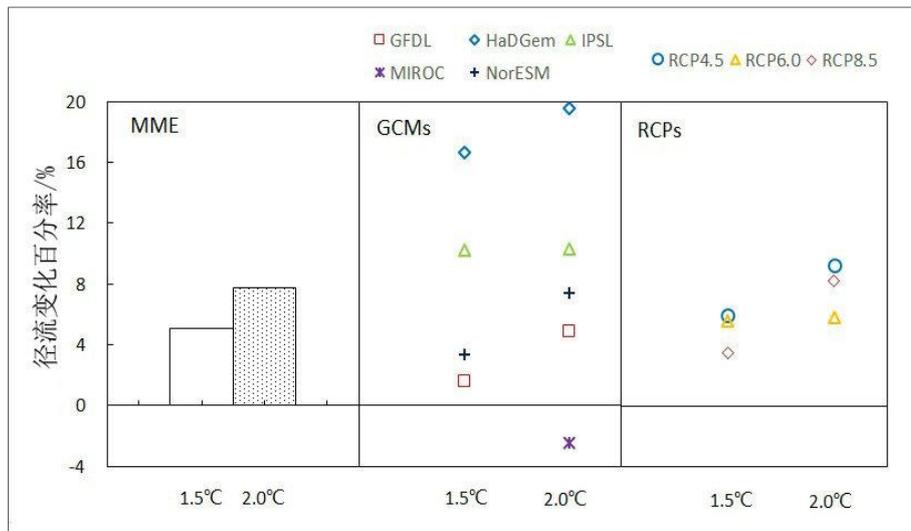


图3 全球增温 1.5°C 和 2°C 下 5 个 GCMs 和 3 种 RCPs 预估的淮河中上游年径流量变化百分率 (基准期: 1986-2005)

# Global diurnal temperature range (DTR) changes since 1901

Xiubao Sun<sup>1,2,3</sup>, Guoyu Ren<sup>2,3</sup>, Qinglong You<sup>1</sup>, Yuyu Ren<sup>3</sup>, Wenhui Xu<sup>4</sup>, Xiaoying Xue<sup>2,3</sup>, Yunjian Zhan<sup>4</sup>,  
Siqi Zhang<sup>3</sup>, and Panfeng Zhang<sup>2</sup>

1. College of Atmospheric Science, Nanjing University of Information Science and Technology (NUIST), Nanjing, China 210044

2. Department of Atmospheric Science, School of Environmental Studies, China University of Geosciences (CUG), Wuhan, China 430074

3. Laboratory for Climate Studies, National Climate Center, China Meteorological Administration (CMA), Beijing, China 100081

4. National Meteorological Information Center, China Meteorological Administration (CMA), Beijing, China 100081

## ABSTRACT

Previous observational analyses show that the land-surface diurnal temperature range (DTR) has decreased in the past six decades worldwide. Based on a newly developed China Meteorological Administration–Land Surface Air Temperature (CMA-LSAT) dataset, we analyzed the DTR changes between 1901 and 2014. Results indicate that the global land surface DTR significantly decreased at a rate of  $-0.036\text{ }^{\circ}\text{C decade}^{-1}$  over the 1901–2014 period, mainly due to the large decrease in DTR from 1951 to 2014. For the first half of the 20th century, most grid boxes (spatial resolution  $5^{\circ}\times 5^{\circ}$ ) show a positive DTR trend, with the positive trends of 32.4% grid boxes being statistically significant, leading to a large and significant increase of  $0.048\text{ }^{\circ}\text{C decade}^{-1}$  in DTR. However, a dramatic reversal in DTR change occurred in early 1950s, with most parts of global lands exhibiting a shift from increasing to decreasing trends. The global land average DTR decrease during 1951–2014 was  $-0.054\text{ }^{\circ}\text{C decade}^{-1}$ , with 45.0% grid boxes showing significant negative trends. The reverse phenomenon is more obvious in the Northern Hemisphere than that in the Southern Hemisphere. For the periods 1979–2014 and 1998–2014, the decreasing trends in DTR mainly occur in the Northern Hemisphere. The DTR in the Southern Hemisphere experienced larger increases during the two recent periods than during the period 1901–2014. Asia, Eastern North America, and Australia exhibited widespread decreases in DTR, although the trend pattern for global DTR is generally mixed during 1979–2014 and 1998–2014. There is a good negative correlation between DTR and precipitation in the Northern Hemisphere from 1901 to 2014, with a correlation coefficient of  $-0.61$ . The change in precipitation and number of volcanic eruptions, and the “early brightening” of Europe (Stockholm) all benefit the increase of DTR at global and regional scales in the first half of the 20th century.

**Key words:** DTR, Trends, Maximum temperature, Minimum temperature, Global lands

# 2018年夏季中国高温事件监测及未来高温 人口暴露度预估

黄大鹏<sup>1,2</sup>, 张蕾<sup>3</sup>, 高歌<sup>1,2</sup>

1. 国家气候中心气象灾害风险管理室, 北京, 100081; 2. 南京信息工程大学气象灾害预报预警与评估协同创新中心, 南京 210044; 3. 国家气象中心, 北京 100081

2018年夏季以来, 北半球欧洲、北美以及我国所处的东亚多国遭遇高温, 高温极端性强、影响面大。7月9日以来, 我国中东部及陕渝川黔滇出现大范围持续高温天气, 具有高温极端性强、高温日数多、面积大、持续时间长、日最低气温高的特点。7月9日以来, 中东部及陕渝川黔滇平均高温日数(日最高气温 $\geq 35^{\circ}\text{C}$ )为8.4天, 与1971年并列为1961年以来历史同期第二多, 仅次于2017年(9.4天)和1971年(8.4天)。辽宁和吉林高温日数分别达5.2和3.1天, 均为1961年以来历史同期最多。7月20日, 日最高气温 $35^{\circ}\text{C}$ 以上高温面积达161.8万平方公里, 日最高气温 $38^{\circ}\text{C}$ 以上高温面积达13.4万平方公里。本次过程在单日最大范围和平均范围上都超过了2013年6月29日至8月29日的高温过程。平均最长连续高温日数为5.2天, 为1961年以来第三多, 仅次于2017年(6.4天)和2003年(5.4天)。区域平均最长连续高温日数, 东北地区为1.9天, 为1961年以来历史同期最多; 辽宁有4.1天, 也为1961年以来历史同期最多; 重庆为13.0天, 为1961年以来第二多, 仅少于2017年(13.3天)。日最低气温平均值达到 $23.8^{\circ}\text{C}$ , 为1961年以来历史同期第一高; 最低气温 $\geq 26^{\circ}\text{C}$ 的日数为6.7天, 为1961年以来历史同期第三多。其中, 华北东南部、黄淮中部、江淮西北部、江汉东部及上海、江西东北部、湖南东北部、重庆西南部等地日最低气温最大值超过 $28^{\circ}\text{C}$ , 陕西临潼和重庆合川达 $32.1^{\circ}\text{C}$ 和 $32^{\circ}\text{C}$ 。东北地区81站日最低气温突破历史极值, 其中辽宁有50站最低气温突破历史极值。

RCP8.5情景下, 中国高温的人口暴露度明显增加, 2021-2040年、2041-2060年、2061-2080年和2081-2100年相比基准时段1981-2010年分别增加了1.3、2.0、3.6和5.9倍, 强危害性高温的人口暴露度增加更为显著, 相比基准时段分别增加了2.0、8.3、24.2和82.7倍。高温的人口暴露度在华北、黄淮、华南、江南、江淮、西南和江汉地区增加较为明显, 其中华北、黄淮、华南和江南最为显著; 强危害性高温的人口暴露度在华北、黄淮、江南、江淮、西南和江汉等区域增加较为明显, 其中华北、黄淮、江南和江淮最为显著; 未来情景下人口暴露度的变化主要受气候因子的影响, 其次受人口和气候因子的共同影响, 单独人口因子的影响很小。全国尺度上, 气候因子对未来不同时段人口暴露度变化的影响逐渐减弱, 贡献率由70.0%左右逐渐减至60.0%左右。人口和气候因子的共同作用逐渐增强, 贡献率由20.0%左右逐渐增至40.0%左右。

# 气候变化背景下广东近 10 年冷冬频发成因分析

郝全成  
广东省气候中心

## 摘要

利用 1951-2015 年广东 86 站逐日气温资料, 分析了近 65 年广东冬季气温变化趋势, 发现广东冬季平均气温增速为  $0.13/10a$ , 但近 10 年冬季平均气温呈明显下降趋势。本研究定义了我省冷冬、暖冬划分标准, 发现近 65 年冷冬年数 (21 年) 是暖冬年数 (7 年) 的 3 倍, 近 10 年我省有 4 年属冷冬年份。近 10 年冷冬频发的成因: (1) PDO 年代际振荡从正位相转为负位相导致的西伯利亚高压增强是近 10 年冷冬频发的重要原因; (2) 近 15 年全省 55 个站点搬迁带来的累积影响是冬季气温下降的重要人为因素, 对比观测表明, 韶关、广州、深圳、湛江等传统代表站迁站后 4 站冬季平均气温距平平均下降约  $0.9^{\circ}\text{C}$ ; (3) 全省平均冬季平均气温的新气候平均值 (1981-2010) 比前值 (1971-2000) 升高了  $0.3^{\circ}\text{C}$ , 它的启用使得我省更容易达到冷冬标准。

On the basis of the daily air surface temperature data of 86 meteorological observation stations in Guangdong province from 1951 to 2015, the spatial and temporal characteristics of winter temperature are analyzed. The mean air temperature in Winter declines obviously in last 10 years although it rises about  $0.13^{\circ}\text{C}/10a$  in the past 65 years. The result indicates that the number of cold winter years almost triples the number of cold winter years after cold winter and warm winter are defined in this study, and 4 years of cold winter are observed in last 10 years. There are three reasons resulted in 4 cold winters years in last 10 years. First, the Siberian High which brings mass severe cold air striking China is strengthened in past 15 years because of the Pacific Decadal Oscillation (PDO) transformed from positive phase into negative phase around 2000 in the north Pacific Ocean while PDO is positively correlated to the winter temperature of Guangdong on the interdecadal timescale. Second, the aggregate impact of 55 stations moved from former location in the past 15 years could be another important reason why cold winters appeared so frequently for the past decade for compared observation in Shaoguan, Guangzhou, Shenzhen and Zhanjiang shows that average anomaly of mean winter temperature of the 4 stations is declined  $0.9^{\circ}\text{C}$ . Third, the result of new standard climatological normals (1981-2000) of 86 stations minus the old one (1971-2000) is  $0.3^{\circ}\text{C}$  while its spatial characteristics indicates that temperature rising in the Pearl River Delta and the east Guangdong is notable, the higher new normal makes cold winter appearance easier.

# 武汉市浓雾的变化特征分析

何明琼<sup>1, 2, 3</sup>, 任永建<sup>1</sup>, 谭静<sup>1</sup>

(<sup>1</sup>湖北省气象服务中心, 武汉, 430205; <sup>2</sup>江苏省气象科学研究所, 南京, 210009

<sup>3</sup>中国气象局交通气象重点实验室, 南京, 210009)

**摘要:** 根据 1951~2017 年武汉市城区及 1960~2017 年武汉市黄陂区、江夏区气象资料, 采用趋势分析法、差积曲线法、M-K 法, 分析了武汉市浓雾的年代际、年际、月际变化规律及突变特征, 结果表明, 武汉市城区与郊区浓雾存在不同的变化趋势和周期变化特征。近年来, 城区浓雾出现增多趋势, 郊区浓雾为减少趋势。武汉市城区受气象站迁站、观测手段变更、城市化发展及气象条件等多种因素影响, 导致 2010 年以来城区比郊区浓雾显著增多。其中, 近年来, 城区风速减小、相对湿度增大, 为浓雾增多提供了有利的气象条件。

## 1 浓雾特征分析

趋势分析表明, 武汉市城区浓雾年代际尺度上, 表现出“少-多-少-多”交替出现的变化特征, 20 世纪 90 年代到 21 世纪 00 年代的少雾周期持续了 20 年, 2010 年转为多雾趋势。黄陂年代际尺度表现出“少-多-少”的变化特征, 2001 年以来一直处于少雾趋势。江夏浓雾日数较少, 年浓雾日数在 0~14 次之间, 周期特征不明显, 但 2011 年以来浓雾日数为减少趋势。可见, 2010 年以来, 武汉市城区与郊区浓雾表现为不同的变化趋势。

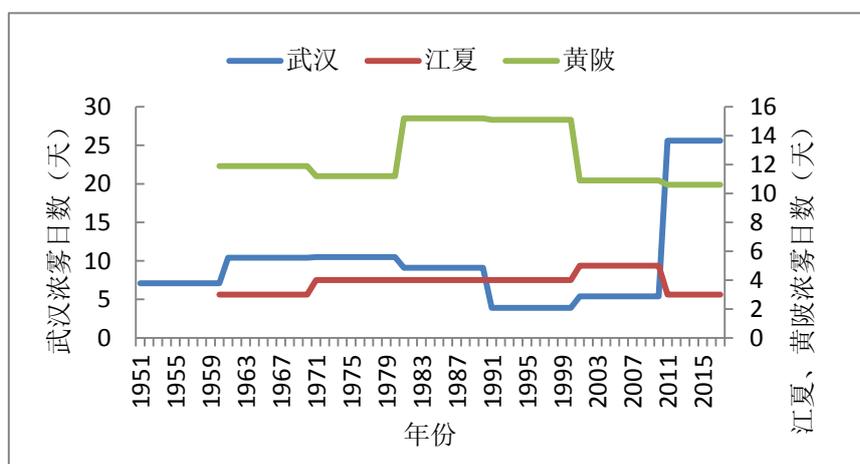


图 1 1951-2017 年武汉地区浓雾日数年代际变化

基于差积曲线法和武汉地区 1960-2017 年能见度资料, 对浓雾日数使用模比系数差积曲线进行分析, 如图 2 所示。可以看出, 武汉地区浓雾变化表现出不同的特征: 武汉市城区以 2009 年为界, 分为波动减少和显著增多阶段, 1960-2008 年为波动减少阶段, 2009-2017 年

**基金项目:** 江苏省气象科学研究所北极阁基金项目 (BJG201603)、湖北省气象局科技基金项目 (2018Y09) 资助

为显著增多阶段, 目前处于增多状态。黄陂区浓雾表现为“减少-增加-减少”特征, 1999 年

以来，一直处于减少状态。江夏区浓雾表现为“减少-增加-减少-增加-减少”的交替变化特征，但总体呈现波动减少趋势。

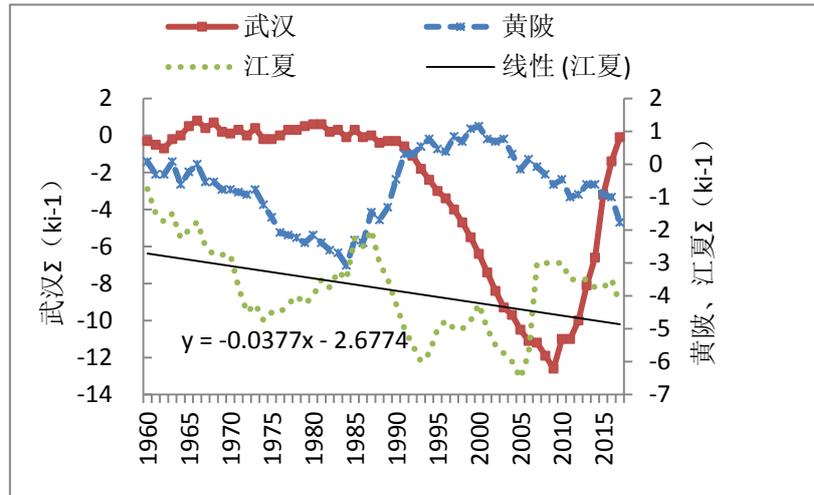


图 2 武汉地区浓雾日数模比系数差积曲线

## 2 小结及讨论

(1) 趋势分析表明，武汉城区浓雾的变化有“少-多-少-多”交替变化的特征，目前由 20 世纪 90 年代至 21 世纪 00 年代的少雾期转为多雾趋势。这个时期将持续多长，有待监测。

(2) 武汉市浓雾最多出现在 12 月和 1 月，冬季浓雾次数占 49%，其次为秋季和春季，夏季很少有浓雾出现。趋势分析表明，武汉城区浓雾呈现增多趋势：以 2009 年为界，分为波动减少和快速增多两个阶段。多种因素导致 2010 年以来武汉市城区浓雾快速增多。

(3) 2009 年底武汉市观象台进行了迁站，新站临近汉江，湿度大，周边空旷，建筑物遮挡少，有利于夜间辐射降温、水汽凝结成雾，因此，新站观测的浓雾日数比老站多。

(4) 城市化发展及人类活动导致粉尘、汽车尾气等污染物向空气中排放，污染物浓度增加，凝结核增多，导致浓雾更容易形成。

(5) 随着科技进步，能见度观测由人工定时观测更新至 24 小时不间断自动监测，更易捕捉到各种气象要素和天气现象的演变过程特别是夜间持续时间较短的雾和强降水过程中的低能见度现象，可进行有效识别。

(6) 近年来，武汉市城区风速减小，湿度增大，为城区浓雾增多提供了有利的气象条件。

(7) 武汉城区浓雾呈现增多趋势，政府、交通、环保、卫生等相关部门应积极采取相关措施，减少浓雾对交通、环境及人体健康等的影响。

# 全球 1.5 度和 2 度温升时的气温和降水变化预估

胡婷<sup>1</sup>, 孙颖<sup>1\*</sup>, 张学斌<sup>2</sup>

1. 中国气象局国家气候中心, 气候研究开放实验室, 北京, 100812.
2. 加拿大环境与气候变化部, 多伦多, 加拿大, M3H 5T4

**摘要** 基于新一代全球气候模式比较计划 (CMIP5) 的结果, 评估了全球近地面气温和降水在不同温升时, 主要包括 1.5 °C 和 2 °C 温升时的响应特征。多模式集合平均结果显示, RCP2.6、RCP4.5、RCP6.0 和 RCP8.5 情景下, 全球平均气温相对于工业化前升温 1.5 °C 的时间出现在 2036 年、2028 年、2033 年和 2025 年, 升温 2 °C 的时间在后三个情景为 2049 年、2056 年和 2039 年, 而 RCP2.6 情景在 2100 年前没有达到 2 °C 温升 (尽管有些单个的模式试验可以达到)。全球平均气温到达不同温升的时间主要与不同排放路径上达到的辐射强迫和排放浓度有关。不同情景达到 1.5 °C (2 °C) 温升时的辐射强迫和 CO<sub>2</sub> 当量浓度值相近, 分别为 2.9~3.0 W/m<sup>2</sup> (3.7~3.9 W/m<sup>2</sup>) 以及 450.6~454.1 ppm (523.0~539.1 ppm)。因此, 基于不同组合的排放路径选择决定了温升阈值出现的时间, 1.5 °C 温升目标的实现可能需要开发更低的排放路径组合。利用气候敏感度为指标对不同模式间差异的分析表明, 一般而言, 瞬时气候响应高 (偏暖) 的模式到达 1.5 °C 和 2 °C 温升的时间早, 瞬时气候响应低 (偏冷) 的模式到达的时间晚, 但其他因子也可能影响到达某个特定温升的时间。进一步对多模式集合的空间分布的研究显示, 在达到同一温升值时, 不同情景驱动下的全球气温和降水变化的分布基本不存在差异, 说明在全球和区域尺度上, 气温和降水的响应特征和高低排放情景的定义 (基于 2100 年的辐射强迫) 基本无关。由此对 RCP8.5 情景下每升温 0.5 °C 的模式结果分析表明, 随着排放和辐射强迫的增加, 全球气温和降水基本呈现出高纬温度增幅大于低纬、陆地增温大于海洋、湿润的地方降水增加多、干旱的地方降水减少等未来气候变暖的普遍特征。气温每增加 0.5 °C 的区域响应特征基本不存在差异。这说明, 在全球和区域尺度上, 这些变化都基本是线性的。

**关键词** 1.5 °C 2 °C 温升 气温 降水 CMIP5 预估

# 近 40 年京津冀大风日频次的变化及其环流背景分析

石晓雪 龚道溢

(北京师范大学地理科学学部, 民政部教育部减灾与应急管理研究院, 地表过程与资源生态国家重点实验室, 北京市, 100875)

## 摘要

利用 1979-2017 年冬半年(11 月至次年 3 月)地面台站的日平均风速和 ERA-Interim 再分析资料, 分析了京津冀核心区冬半年大风频次的变化特征及其环流背景。在研究区选取了缺测资料较少的 5 个地面站点(北京、霸州、天津、唐山和保定)。定义风速为 90% 百分位的日平均风速(3.4m/s)为大风, 5 个站点中不低于 3 个站点达到大风标准定义为一个区域的大风日。整个资料时段共计 588 个大风日, 统计表明大风日以偏北风为主, 其中 NNW 比例最大(约 25%)。近 39 年的大风日频次呈显著下降趋势, 以-0.9d/10yr 的速率减少, 达到了 0.001 的显著水平。除长期趋势外, 大风日频次还有明显的年际和年代际波动, 功率谱分析表明年际波动以 3-4 年左右准周期为主, 年代际波动以 14-15 年左右的准周期为主。对应的大气环流分析表明, 当大风频次偏多时, 东亚急流中心北侧有异常下沉气流和北风环流。同时, 北半球对流层中层大气环流的异常表现出大尺度的变化, 500hPa 位势高度场在欧亚大陆自西向东表现出低、高、低的异常, 其中乌拉尔山地区的异常不管是强度还是范围, 都是最突出的; 而北大西洋地区则呈现南北向的高、低异常, 与西大西洋遥相关型非常相似, 计算京津冀核心区的大风日频次与西大西洋遥相关型的同期相关, 二者呈显著的正相关(相关系数 0.31,  $p < 0.1$ )。

# 成都一次沙尘气溶胶污染过程及光学特性

汤津赢<sup>1,2</sup> 冯淼<sup>1</sup> 谭钦文<sup>1</sup> 倪长健<sup>2</sup>

(1.成都市环境保护科学研究院, 四川 成都 610072; 2.成都信息工程大学大气科学学院高原大气与环境四川省重点实验室, 四川 成都 610225)

## 摘要

大气颗粒物,是大气气溶胶体系中各种颗粒物的统称。在地球大气中,大气颗粒物含量甚微,但当其浓度达到一定界限时会形成环境污染,在不同地域尺度上影响人和生态系统的健康。沙尘暴作为一种由大风将地面沙尘吹起、卷起或被高空气流夹卷带到下游地区而造成的一种大气混浊现象是城市沙尘气溶胶污染的主要来源途径之一,对人类的生产生活具有严重影响。四川地区多次在春季观测到沙尘污染,且由于特殊的地理气象条件,沙尘污染特征与北方差异较大。本研究利用偏振 Mie 散射微脉冲激光雷达 (EV-LIDAR),结合地面颗粒质量浓度、气象观测资料及后轨迹模型,对 2017 年 4 月 17-19 日成都市一次沙尘污染过程进行分析,研究四川盆地沙尘气溶胶的光学、微物理特性及传输路径。本文应用美国国家海洋和大气研究中心(NOAA)开发的供质点轨迹、扩散及沉降分析用的综合模式系统 HYSPLIT-4,研究发现:16 日 11 时,携带沙尘的气团于自甘肃陇南市高空(3000m 以上)向东南方向移动且高度层逐渐下降,在进入四川盆地后经巴中、重庆等地向南传输至四川宜宾附近,17 日在高空环流的作用下向北垂直移动到成都地区,并开始影响本地空气质量。本次沙尘污染过程,成都市大气能见度范围在 5-20 km,对应空气质量等级在一至四级间变动,消光系数和退偏比分别为 0.13-0.63  $\text{km}^{-1}$  和 0.08-0.11,  $\text{PM}_{2.5}/\text{PM}_{10}$  比值为 0.44-0.61。整个过程大气能见度与  $\text{PM}_{10}$  浓度显著负相关。退偏比是判断沙尘污染的有利参数,就成都而言近地面退偏比大于 0.1 则可视作受沙尘影响。消光系数与近地面颗粒物浓度呈现较好的相关性,能够反映颗粒物浓度的垂直变化特征。通过沙尘颗粒物微物理参数可以看出本次沙尘过程主要对成都地区带来轻、中度污染的影响,而其他地区受到的沙尘影响多集中在重度污染。与其他城市的沙尘污染过程的污染特征相比,成都市的此次污染过程颗粒物粒径和污染程度明显小于北方地区,基于消光系数垂直廓线分析成都市沙尘污染的发展过程,发现与北方沙尘污染较为不同的是,且沙尘发展期后出现沙尘停留期,而停留期间,受边界层日夜变化使近地面污染物与高空污染混合起伏,不同高度层污染物浓度差异较大,空气质量出现了反复恶化现象。

**关键词:** 沙尘污染; 激光雷达; 消光系数; 退偏比; 后向轨迹;  $\text{PM}_{10}$

# 三峡库区春季连阴雨气候趋势分析

郑衍欣<sup>1</sup>, 李双林<sup>1,2\*</sup>

(1. 中国地质大学大气科学系, 武汉, 430074; 2. 中国科学院大气物理研究所, 中国科学院气候变化研究中心, 北京, 100029)

连阴雨是滑坡、崩塌等地质灾害的重要诱发因素,也是三峡水库安全的潜在威胁。利用三峡库区 39 个站 1960—2015 年春季逐日降水观测资料,分别分析了总的连阴雨和各类连阴雨的时空分布特征和变化趋势。结果表明:(1)从空间上看,连阴雨过程频次、总天数和总降水量均呈现自北向南逐渐增多的分布特征;从时间上看,在近 56 a 连阴雨过程的频次、总天数和总降水量呈明显减少趋势,1979 年以来过程降水强度显著增强且年际变率明显。(2)从分类来看,持续时间 5~6 d 的短期过程频次、总天数以及总降水量均呈弱增加趋势,降水强度在整个库区均较强,持续时间 7~10 d 的中期过程和持续时间 10 d 以上的长期过程频次、总天数和总降水量呈减少趋势,且长期过程的减少趋势更明显,在 2000 年以后很少出现。(3)从连阴雨过程总降水量对春季总降水量的贡献占比趋势来看,连阴雨的贡献减弱,而小于 5 d 的非连阴雨过程增多。(4)就不同类型连阴雨而言,库区以南的区域主要以长期过程为主,而以北的地区主要以短、中期过程为主。(5)连阴雨过程总降水量的变化主要由过程总天数的变化引起。值得关注的是,在连阴雨长时间减少的背景下,在最近 10 a 来却表现出一些新的特征,连阴雨过程发生频次、总天数和总降水量增多且年际变率增大,特别在三峡库区的东南部,应重点关注库区东南部地质灾害。接下来,为了预估未来连阴雨的可能的变化趋势以及其可能对三峡库区造成影响,本文检测了 20 个 CMIP5 全球耦合模式对该地区春季连阴雨模拟情况。虽然区域面积不大,由于使用了连阴雨的新的衡量标准,部分模式对三峡库区连阴雨的模拟能力较好。结果发现,2005 - 2099 年,春季连阴雨的频次、天数、降水量以及降水强度均呈现显著增长。同时,模式结果也表明单次连阴雨的累积降水量增多,连阴雨期间极端降水或强降水的出现增多,且在高排放路径下的增长比低排放路径下更为剧烈。以上未来春季的连阴雨可能出现的变化特征,包括降水强度的增强以及春季连阴雨出现的增多,会加大该地区山地灾害的风险,从而增加三峡大坝以及下游地区的安全隐患。

# **Land-use change and air pollution likely triggered significant increase in heavy rainfall in China**

Feng KONG

(Training Center, China Meteorological Administration, Beijing 100081, China)

## **Abstract**

The increasing occurrence of extreme-precipitation events are attributed to a warming climate, but cannot be fully explained by large-scale climate factors alone. Here we use daily precipitation data from 659 meteorological stations in China, large scale climatic and anthropogenic indices to identify major causes of, and quantify their contribution to, a marked increase in the heavy rainfall from 1951 to 2010. Our analysis suggests that a total of 84.7-87.5% of the variance in heavy rainfall indices could be explained by both large-scale climate phenomena, and the local and regional anthropogenic activities, such as land-use and air pollution have the strongest influence, explaining 58.5-65.5 percent of the variance. The spatial distribution of heavy rainfall amount and days over time shows a significant and increasing correlation with the spatial distributions of population density and annual low-visibility days. These results suggest that the substantial increase in heavy rainfall across large parts of China during the past six decades is likely triggered by local and regional anthropogenic factors. Our findings indicate that local anthropogenic processes may shift the regional climate beyond through GHG emissions. The physical mechanism of such statistically robust connection needs to be better understood and reflected into the climate models (S12). With cities in China increasingly experiencing extreme rainfall events<sup>28</sup>, compounded by the increasing extreme summer heat in the same region<sup>20</sup>, our findings call for a careful reevaluation of the risks of extreme weather in formulating national policies on urbanization, industrialization and environmental management, in China and elsewhere. Rapidly growing and industrializing cities and nations will need to better control the air pollution, and to anticipate and accommodate these regional climate consequences, if they are to reduce the risk of flooding and waterlogging.

**Keywords:** land-use change, air pollution, trigger, heavy rainfall, China

# 基于非齐次隐马尔可夫降尺度方法的江淮流域夏季 日降水量变化的未来预估

郭莲怡<sup>1</sup>, 江志红<sup>1</sup>, 丁梅<sup>2</sup>, 陈威霖<sup>1</sup>, 李肇新<sup>1,3</sup>

1. 南京信息工程大学气象灾害教育部重点实验室/气候与环境变化国际联合实验室/气象灾害预报预警与评估协同创新中心, 南京, 210044

2. 马鞍山气象局, 马鞍山, 243000

3. 法国研究中心动力气象实验室, 巴黎, 法国

## 摘要

引入非齐次隐马尔可夫模型(Nonhomogeneous Hidden Markov Model, NHMM)统计降尺度方法, 考察 BCC-CSM1.1(m)、IPSL-CM5A-MR、MPI-ESM-MR 模式及模式集合对江淮流域夏季日降水量的降尺度模拟能力, 在此基础上, 进行 RCP4.5 情景下江淮流域夏季降水的未来预估。结果表明: NHMM 方法能够有效提高气候模式对江淮流域夏季日降水量的模拟能力。3 个气候模式及模式集合经 NHMM 降尺度后, Q-Q 图(Quantile - Quantile plot)中日降水量绝对偏差由最高 60mm 以上减少至普遍 20mm 以下, 显著性评分的中位数分别增加 0.23、0.22、0.07 和 0.16, 各降水指数空间相关系数由小于 0.6 提高至 0.8 以上, 均方根误差则均小于 0.75, 总之降尺度结果更接近于观测。RCP4.5 情景下, 未来江淮流域的夏季降水总体呈增加趋势, 其中 10mm 以下降水的发生频率将减少, 而 10mm 及以上降水的发生概率均呈增加趋势; 夏季总降水量、降水强度、中雨日数、95% 分位降水量在 21 世纪前、中、后期空间上呈逐步增长趋势, 而连续干日指数则相对减少, 具体表现为东部地区明显偏涝, 西部地区偏旱, 江淮流域夏季降水的局域性趋强。

# 东北区夏季低温事件概率空间分布与亚洲阻塞流型域 及其冷空气活动路径

苏丽欣<sup>1, 2</sup>, 廉毅<sup>1, 2</sup>, 李尚锋<sup>1, 2</sup>, 沈柏竹<sup>1, 2</sup>, 陈长胜<sup>1, 3</sup>

(1. 中高纬度环流系统与东亚季风研究开放实验室, 吉林 长春 130062; 2. 吉林省气象科学研究所, 吉林 长春 130062; 3. 吉林省气象台, 吉林 长春 130062)

## 摘要

采用国家气候中心的全国 160 个和东北 88 个测站 1960~2010 年的逐月观测资料、美国 NCEP/NCAR 的再分析资料, 对东北区夏季低温事件概率的空间分布与冷空气活动路径及其环流特征进行了分析, 结果表明: 东北区测站严重冷夏 A 事件  $\geq 20\%$  概率区主要分布在黑龙江省的大部和吉林省的中东部, 概率大值轴呈东北-西南向分布; 东北区测站冷夏 B 事件  $\geq 20\%$  概率区主要分布在东北区的中西部和长白山东部区, 概率大值轴呈西北-东南向分布; 5 个 A 事件典型年的 500hPa 亚洲地区呈现乌拉尔山与鄂霍次克海阻高, 与东北区均为负距平区构成双阻塞偶极子流型, 偏东和偏北区域为温度场负距平极值中心; 5 个 B 事件典型年则巴尔喀什湖和贝加尔湖为正异常区, 东北亚至北太平洋阿留申群岛附近上空为负距平区, 构成亚洲地区东西向偶极子阻塞流型, 温度场负距平分布为偏西北-东南走向; 选择 850hPa 的假相当位温  $\theta_{se}$  的 316K 候平均等值线的变化, 反映来源于极地或超极地的冷空气活动路径的时空范围, 其 A 和 B 事件典型年冷空气活动路径均分别与与东北区 A、B 事件大率区的主要轴向分布是吻合的

**关键词:** 东北区; 夏季低温; 冷空气; 路径; 假相当位温

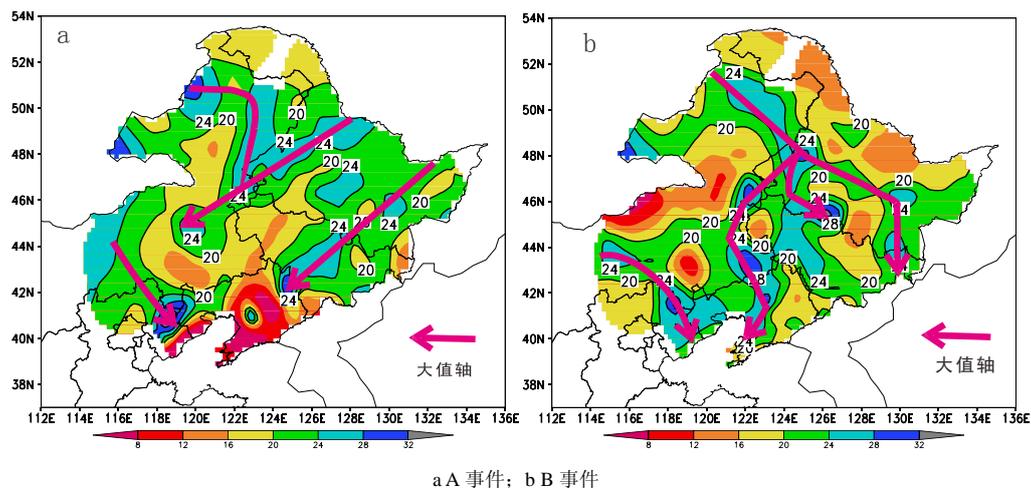


图 1 东北区 1960-2010 年夏季低温 A、B 事件概率的空间分布

基金项目: 国家自然科学基金项目(41175083, 41275096)和公益性行业科研专项(GYHY201106016, GYHY201006020, GYHY201106015)资助。(已被《地理科学》录用)

作者简介: 苏丽欣(1980-), 女, 黑龙江齐齐哈尔人, 工程师, 主要研究方向: 天气气候研究, E-mail: sulixin\_329@163.com

# 定量评估气候变化对我国西南地区干湿状况的影响

周舒佳<sup>1, 2</sup> 孙善磊<sup>1, 2, 3</sup> 史婉蓉<sup>1, 2</sup>

(1. 气象灾害教育部重点实验室, 南京信息工程大学, 南京, 210044; 2. 气象灾害预报预警与评估协同创新中心, 南京信息工程大学, 南京, 210044; 3. 大气科学学院, 南京信息工程大学, 南京, 210044)

在全球气候变化加剧的背景下, 气候极端事件, 特别是干旱事件在全球范围内发生地更为频繁和强烈。因此, 研究地区干湿变化特征及其成因, 有利于深入理解干旱机理, 并提高对地区干旱监测、预警预测能力。近年来, 研究发现过去几十年间西南地区干旱已变得更强和更加频繁。针对这一现象, 许多国内外学者从降水异常、大气动力学等角度对西南干旱进行了广泛研究, 并取得了一系列的成果。然而, 仅仅考虑降水的影响, 而忽略水量平衡的支出项(即蒸散发)可能会给干旱机制的理解带来一定的不确定性。另外, 多数研究针对干旱的年际、年代际变化, 很少有考虑月、季节尺度情况, 然而这些尺度的地区干湿状况及其变化对水资源管理和农业灌溉方案有很重要的现实意义。

基于以上两方面的考虑, 本文采用 1961-2012 年中国西南地区(即四川、重庆、贵州、云南和广西省西部) 268 个常规气象站点观测资料、FAO-PM 公式、标准化降水-蒸散指数 SPEI, 详细分析中国西南地区降水、潜在蒸散发 PET 和 SPEI-3 干湿度(3 个月时间尺度的 SPEI) 的年、月变化特征; 同时, 利用 SPEI 指数开展相关敏感性试验, 并应用一个新的贡献分离方法, 分别剥离各气候要素(降水、温度、风速、饱和水汽压差和净辐射)对西南地区干湿度变化的贡献, 并进行 SPEI-3 变化趋势的归因分析。

总体而言, 每个区域的月 PET 减小, 而降水(SPEI-3)分别在 1-7 月和 8-12 月增大和减小。归因分析显示, 西南地区东部和西部年 PET 的下降分别是由净辐射和饱和水汽压差造成的; 除广西西部, 年 SPEI-3 的增大归咎于年 PET 的下降, 降水减少是其他地区年 SPEI-3 减小的主要原因。就月 SPEI-3 趋势, 2 月份, 西南地区大部(>58% 站点)的主导因子为 PET; 而其他月份大部分地区(>53%)为降水。另外, PET 和 SPEI-3 变化的主导因子在空间和时间上存在较大差异。有趣的是, 本研究发现 PET 的变化在某些地区和月份对 SPEI-3 的贡献甚至大于降水, 说明 PET 对干湿状况的影响是不容忽视的; 因此, 在未来研究干湿度或干旱变化时, 应给予 PET 变化更多的关注。

# 松花江流域盛夏降水不同分布型的环流差异及影响机制

娄德君<sup>1</sup>, 刘玉莲<sup>2</sup>, 王冀<sup>3</sup>

(1 黑龙江省齐齐哈尔市气象局, 齐齐哈尔, 161006)

(2 黑龙江省气候中心, 哈尔滨, 150030)

(3 北京市气候中心, 北京, 100089)

## 摘要

利用1961~2017年松花江流域盛夏降水资料、NCEP/NCAR再分析资料和NOAA/CPC指数资料, 采用经验正交函数分解(EOF)、相关分析、合成分析、回归分析等方法, 研究了松花江流域盛夏降水前三个优势模态的环流特征、差异及影响机制。结果表明: 松花江流域盛夏降水主要有全流域一致型、西北-东南反位相型和东北-西南反位相型三个主要模态。三个模态分别以里海至蒙古高原与其北侧极区对流层的反位相变化、东亚沿海中纬度和欧洲地区中高纬的两个经向偶极子环流异常、东亚沿岸中低纬经向三极子分布为主要特征。三个模态与高度场环流的相关在对流层中层东亚地区均表现为南北向的相关波列, 但高相关区域有明显差异: 分别位于 $130^{\circ}\text{E}$ 以西的中高纬的欧亚大陆、 $120^{\circ}\text{E}$ 以东的中纬度东亚沿海区域、 $80^{\circ}\text{E}$ - $140^{\circ}\text{E}$ 之间的中低纬地区。极地-欧亚遥相关型(PEA)对产生第一模态降水分布型起到非常重要的作用, PEA和东亚-太平洋遥相关型(EAP)相互配合共同作用对产生第二模态降水分布型起主要作用。欧亚遥相关型(EU)和EAP与第三模态密切相关, 并通过东亚夏季风来影响第三模态的降水分布。研究结论有助于进一步认识松花江流域盛夏降水的环流异常特征及影响机制, 从而为其预测提供参考依据。

关键词: 松花江流域, 盛夏, 降水, 环流差异, 影响机制

# Regime Shift in the Destructiveness of Tropical Cyclones over the Western North Pacific

Shifei Tu<sup>1,2</sup>, Feng Xu<sup>1,2</sup>, and Jianjun Xu<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> South China Sea Institute of Marine Meteorology, Guangdong Ocean University, Zhanjiang, China

<sup>2</sup> College of Ocean and Meteorology, Guangdong Ocean University, Zhanjiang, China

## Abstract

The characteristics of tropical cyclones (TCs) and their response to climate change is an issue of broad concern. Based on the Power Dissipation Index (PDI) proposed by Emanuel in 2005, the destructiveness of TCs in the typhoon season (July–October) during the period 1979–2016, over the western North Pacific, is investigated. Results show that a regime shift in the destructive potential of TCs took place around 1998. The destructive potential of TCs has a considerable increasing trend from 1998 to 2016 (the P2 period), mainly contributed by the average intensity of TCs (51.20% of PDI change). We find that the PDI of TCs is mainly regulated by the ENSO cycle in whole study period; whereas, the PDO pattern shows significant enhancement in P2, which acts as a more important constraint on the typhoon season PDI over the western North Pacific.

**Keywords:** tropical cyclones, power dissipation index, regime shift

# 近 50a ENSO 时频特征分析及其与南海台风的相关性研究

季倩倩<sup>1,2</sup>, 徐峰<sup>1,2</sup>, 张羽<sup>3</sup>

(1. 广东海洋大学海洋与气象学院, 广东 湛江 524088;

2. 广东海洋大学南海海洋气象研究院, 广东 湛江 524088; 3. 广东省气候中心, 广东 广州 510640)

**摘要:** 本文试图分析表征 ENSO 事件的特征值和南海台风活动的多时间尺度结构特征及其相关关系。采用日本气象厅东京台风中心 (JMA) 1967-2016 年西北太平洋 TC 最佳路径数据集, 统计分析了近 50a 来南海台风活动月频数。同时又采用 Morlet 小波变换、交叉小波变换、小波相干等方法, 分析了近 50a 来 ENSO 事件时频变化特征及其与南海台风相关性。结果表明: ENSO 循环具有 2-6a 的主周期; 7-10 月南海台风活动最为频繁, 其频数时间序列存在准 2a 尺度周期; ENSO 指数与南海台风活动频数的相关表现在多个时间尺度上。1970-1978 年、1995-2000 年, ONI 指数和南海台风活动频数在 2-6a 周期尺度上具有较好的相关关系, 并且南海台风活动频数变化先于 ONI 指数半个周期。1980-1985 年间, 在 1.5-3a 的周期尺度上 SOI 指数和南海台风活动频数具有较好的相关关系, 且两序列同步变化。

**关键词:** ENSO; 时频特征; 南海台风; 小波变换; 相关分析

## Study on ENSO Time-frequency Characteristics in Recent 50 Years and Its Correlation with tropical cyclones in the South China Sea

Ji Qianqian<sup>1,2</sup>, XU Feng<sup>1,2</sup>, Zhang yu<sup>3</sup>

(1. College of Oceanography and Meteorology, Guang Dong Ocean University, Zhanjiang 524088, China; 2. South China Sea Institute of Marine Meteorology, Guang Dong Ocean University, Zhanjiang 524088, China; 3. Climatic Center of Guangdong, Guangzhou 510640, China)

### Abstract

This paper attempts to analyze the multitime-scale structural features of the characteristic values of the ENSO events and the South China Sea typhoon activities and their correlations. The Japan Meteorological Agency's (JMA) 1967-2016 TC best path data set in the Pacific Northwest are employed to count the monthly frequency of typhoon activities in the South China Sea during the past 50 years. At the same time, the Morlet wavelet transform and statistical methods are used to analyze the time-frequency characteristics of ENSO events and the typhoon activities in the South China Sea. It is shown that the ENSO cycle has a main period of 2-7a; South China Sea typhoon activities is the most frequent in July-October, and its frequency time series has a quasi-2a scale cycle. In addition, the cross wavelet transform and wavelet coherence analysis show that the correlation between the ENSO index and the frequency of South China Sea typhoon activities was on multiple time scales. In 1970-1978 and 1995-2000, the ONI index and the South China Sea typhoon activities frequency had a good correlation on the 2-6a cycle scale, and the changes of frequency in the South China Sea typhoon activities preceded the ONI index by half a cycle. From 1980 to 1985, there was a good correlation between the SOI index and the frequency of South China Sea typhoon activities on the scale of 1.5-3a, and the two sequences changed simultaneously.

**Key words:** ENSO; Time - frequency characteristics; typhoon frequency; South China Sea

# 近 46 年京津冀地区暖季降水时空特征

梁苏洁<sup>1</sup> 谢均<sup>1</sup>

1. 天津市气候中心, 天津, 300074

利用 1970~2015 年逐日和逐时降水资料, 本文分析了京津冀地区各月降水的变化趋势。研究发现, 京津冀地区降水量和降水时数皆呈降低趋势, 降水集中期日趋分散, 降水集中程度出现降低。暖季(5~9 月)是主要降水时段, 在暖季前期(5—6 月)降水量和极端降水呈现弱的增加趋势, 而在暖季中期(7—8 月)呈明显的下降趋势, 后期(9 月)则呈较明显的增加趋势。总的来看, 暖季不同量级的降水变化情况不同, 小时极端降水量方差贡献呈增加趋势, 弱降水的则在减少。同时, 暴雨降水量和降水日数明显减少, 由于暴雨主要发生在暖季中期(7—8 月), 因而是暖季中期降水量和日降水极大值减少的主要影响因子。

暖季各月降水的日变化特征为, 京津冀地区降水日变化最低值出现在中午前后, 持续性降水(持续时间在 6 h 以上)在午夜至凌晨多发, 而短时降水(持续时间小于等于 6 h)主要出现在午后至傍晚, 且受气温逐月变化影响, 午后短时降水在暖季前期较弱、中期增强、后期再次减弱。暖季前期午后短时降水事件次数增加, 在持续性降水事件上, 5 月的降水事件次数和降水强度以增加增强为主, 6 月持续性降水事件的降水量变化趋势为减少, 其次数和强度也减少减弱。1997 年后暖季中期夜间至凌晨累积降水量明显减少, 午后短时降水事件累积降水时数也明显减少。2000s 初以来, 暖季后期降水, 尤其是夜间降水增多明显。

跃变检验分析发现, 暖季中期降水在 1990s 末由多雨转为少雨位相, 尽管持续性降水事件的降水量未出现跃变信号, 但是由于其在暖季中期降水量中的比重较大, 因而对降水量减少的贡献更大。而暖季后期降水在 2000s 初发生跃变, 由少雨转为多雨位相, 并且持续性降水的增加和跃变是初秋降水增加的主要原因。

已有研究表明(叶笃正和黄荣辉, 1996; 丁一汇等, 2007), 京津冀地区降水在很大程度上受东亚夏季风系统调制和影响, 且近 50 a 东亚夏季风减弱是该地区降水减少的主要原因。本文分析表明, 尽管京津冀地区暖季总降水量呈下降趋势, 但各月变化趋势不同, 前期为弱增加, 中期明显下降, 而后期则呈较强的上升趋势, 降水集中程度下降, 出现明显的“夏雨秋下”现象。模式模拟结果表明, 受到变暖的影响, 中国东部地区水汽输送和层结不稳定将加强, 强降水的结束时间将出现推迟(陈活泼, 2013), 并且华北地区雨季也会发生延迟, 使得华北地区的多雨时节增加了 1 个月(布和朝鲁, 2003; 布和朝鲁和林永辉, 2003)。本文研究结论印证了模拟结果, 但京津冀地区“夏雨秋下”的形成原因尚不明确, 对此还有待于今后做进一步探讨。

# EC 细网格对黄渤海大风预报性能的检验

李昱茜 赵华睿 邬晓冬 张丹闯  
(大连市气象局, 大连, 116001)

## 摘要

黄渤海大风过程的天气系统强,而渤海、黄海北部海域的暖下垫面及地形的峡谷作用,可加剧这种强风灾害。已有的大风检验和预报方法研究多以 ECMWF (European Centre for Medium-Range Weather Forecasts) 细网格的 10m 风场作为基础,大风过程之前短时的动量上传和热量下传、大风期间增大的湍流通量等对风速均有较大影响,其过程也较为复杂。因此,本研究基于 850hPa、925hPa 风场进行预报效果检验,分析其误差产生的原因,并提出订正方法,以期对黄渤海大风的预报提供参考。基于黄渤海沿海 9 个自动站(大连站、金州站、旅顺站、长兴岛站、长海站、獐子岛站、成山头站、长岛站、钻井平台站)和 3 个探空站(大连站、锦州站、荣成站)实况风场资料,以及欧洲中心细网格模式预报的 10 米风场资料、925hPa 风场资料、850hPa 风场资料,将模式预报的风速与经过质量控制检验的实况资料进行对比分析,主要采用气象部门应用较为广泛的平均绝对误差进行检验分析,结果表明:(1)欧洲中心细网格 10 米风场风速预报普遍比实况偏小,各站点的平均绝对误差通常在 2~6 米/秒。每个站点预报值偏小程度不一致,与地理位置有关,站点离陆地越远,预报准确率越低。通过箱线图可以看出几乎所有站点的预报值比实况风速都偏小。(2)从风速的模拟效果来看,数值模式高空风场的预报效果优于地面 10 米风场预报,925hPa 风场预报更接近实况风速,对实际预报更具有参考价值。(3)对于高空 925hPa 风场的未来 24 小时预报来说,前 12 小时的预报值更加接近实况,平均绝对误差基本在 2~3 米/秒,预报效果更好,可信度更高;后 12 小时的平均绝对误差相对来说略微偏大。(4)对于不同天气类型所引起的黄渤海大风,欧洲中心细网格风场预报产品对于综合类大风的预报效果偏好,包括地面 10 米风场预报产品以及高空 925hPa、850hPa 风场预报产品。从预报时效来说,在 24 小时预报内,前 12 小时高空 925hPa 风场预报产品的可信度更高,后 12 小时地面 10 米风场的预报效果更好。本文对欧洲中心细网格风场预报产品的分析研究结果,可为以后实际业务工作中预报黄渤海大风提供一定参考,为沿海大风的精细化预报也提供了一定的参考依据。但由于自动站资料以及数值模式资料获取困难,本研究仅选取了黄渤海沿海 9 个自动站连续一年的数据进行数值模式风速预报的检验,还有待于收集更多的自动站资料以及数值模式资料来进一步分析研究,为黄渤海大风的精细化预报提供更多的参考依据。

**关键词:** 欧洲中心细网格 10米风场 质量控制 检验分析

# 1873 年以来中国极端气温变化和现代城市化效应 估算新方法

钱诚

中国科学院大气物理研究所

会上将报告三部分和极端天气/气候事件相关的内容：

(1) 事实分析：上海 1873 年以来、北京 1940 年以来的大暑、大寒日数变化，揭示其中的长期趋势和多年代际变率；香港 1947 年以来热天日数变化；雄安新区 1960 年以来极端气温变化。

(2) 归因分析：城市化效应作为人类活动强迫的形式之一，对极端气温变化产生了不可忽视的影响，但究竟有多大的贡献？以往城市化效应归因分析采用线性趋势估计，但城市化发展并不是线性的。将介绍从非线性趋势角度估算城市化效应贡献的新方法，给以往的城市化效应归因研究提供一种补充；

(3) 预测方法：高温日数受到全球变暖、(多)年代际变率和局地城市化效应的多重气候背景影响，如何在短期气候预测中加以考虑？将报告一阶差分(年际增量)方法，它既考虑了这些影响(信息来自前一个观测值)，又使预测对象容易满足传统回归模型的正态分布假定，在香港高温日数短期气候预测中显示出较好的预测技巧。

# **Evidence for strong association of short-duration intense rainfall with urbanization in Beijing urban area**

PING YANG   GUOYU REN   PENGCHENG YAN

*China Metrological Administration (CMA) Training Center, Beijing, China*

## **ABSTRACT**

Correlations of the Urban Heat Island Intensity (UHII) and key surface variables with the Short-Duration Intense Rainfall (SDIR) events are examined for the Beijing urban areas by applying hourly data of a high-density Automatic Weather Station (AWS) network. Higher frequencies (amounts) of the SDIR events are found in or near the central urban area, and most of the SDIR events begin to appear in late evening and nighttime, but tend to end in late night and early morning. Correlations of the UHII with the SDIR frequency (amount) are all highly significant for more than 3 hours ahead of the beginning of the SDIR events. Although the UHII at immediate hours (<3h) before the SDIR occurrence is more indicative to the SDIR events, their occurrence more depends on the magnitude of the UHII at earlier hours. The UHII before the beginning of the SDIR events also shows the high-value centers in the central urban area, which is generally consistent with the distribution of the SDIR events. The spatial and temporal patterns of regional SDIR events exhibit similar characteristics to the site-based SDIR events, and also show the good relationship with the UHII in the urban areas. In addition to the UHII over the urban areas, surface air temperature, surface air pressure, relative humidity and near-surface wind directions at the Beijing Station experience large changes before and after the beginning time of the regional SDIR events, and have potential to indicate the occurrence of the SDIR events in the studied area.

# 近百年来台湾海峡两岸中心城市气候变化特征与趋势\*

杨 林 曹春荣

(福建省气候中心, 福建, 福州, 350001)

## 摘 要

台湾海峡两岸是我国的典型地区, 海峡西岸的福州市、厦门市和海峡东岸的台北市、高雄市是中心城市, 由于台湾海峡的海洋和地形作用, 使区域内东西两岸中心城市气候变化的趋势与特征存在明显的地域性、特殊性和差异性, 天气系统活动互为上下游关系, 在西风带天气系统下, 锋面系统的活动, 西岸处于上游位置; 在热带天气系统下, 热带系统的活动, 东岸处于上游位置。本文利用台湾海峡两岸福州、厦门、台北、高雄四个中心城市近百年气温和降水观测资料, 采用现代气候统计方法分析研究四个中心城市气温变化的季节特征、年代特征、极值特征、突变特征和周期特征; 分析研究四个中心城市降水量变化的汛期特征、暴雨特征、旱涝特征、突变特征和重现期特征。比较分析台湾海峡西岸与东岸四个中心城市气温与降水量变化的相关性和差异性。采用统计降尺度方法, 基于 CMIP5 的 RCP 情景多模式预估数据集, 预估海峡两岸四个中心城市未来气温和降水量变化的趋势和不确定性分析。通过模拟降水空间分布, 考虑相对海拔高度和山地影响, 研究降水订正降尺度方法, 通过历史观测数据检验, 对比分析统计降尺度方法与订正降尺度方法的数据精准度和适用范围。

**关键词:** 海峡两岸; 中心城市; 变化趋势; 气候特征; 统计降尺度

---

\*资助项目: 中国气象局气候变化专项 (CCSF201533) “台湾海峡两岸典型地区强降水气候变化基本特征和指标” 资助。

# 城市化对石家庄湿度的影响分析

卞韬<sup>1,3</sup> 任国玉<sup>2,3</sup> 赵焯<sup>1</sup> 李禧亮<sup>1</sup> 张盼峰<sup>2</sup>

(1 河北省石家庄市气象局, 石家庄 050081; 2 中国地质大学(武汉)环境学院大气科学系, 武汉 430074; 3 中国气象局气候研究开放实验室, 国家气候中心, 北京 100081)

## 摘要

利用 1963-2012 年石家庄城市站和 4 个郊区站相对湿度资料, 采用城乡对比方法, 对石家庄城市站地面相对湿度序列中的城市化影响进行了全面分析, 结果表明: (1) 近 50 年, 石家庄城市站年平均 RH 在波动中呈比较显著的减小趋势, 减小趋势为-0.74%/10a, 较为显著的减小趋势发生在 1990 年代之后; 乡村站年平均 RH 表现为微弱的减小趋势, 减小趋势为-0.16%/10a。(2) 石家庄城市站年平均 RH 减小的城市化影响为-0.59%/10a, 城市化影响非常显著; 城市化影响贡献率为 78.7%, 说明石家庄城市站年平均 RH 的减小趋势, 或者说城市变“干”的趋势, 有近 4/5 是由城市化影响造成的。(3) 石家庄城市站春夏秋冬四季平均 RH 减小的城市化影响分别为 -0.60%/10a、-0.61%/10a、-0.67%/10a 和 -0.46%/10a, 城市化影响显著或非常显著; 四季的城市化影响贡献率分别为 45.1%、88.7%、84.3%和 100%, 冬季的城市化影响贡献率最大。除 2 月和 11 月的城市化影响较弱外, 其它各月的城市化影响以显著或非常显著为主, 城市化影响在-1.07%/10a~-0.43%/10a 之间, 城市化影响贡献率在 17.3%-100%, 其中 1 月、5 月、6 月、9 月和 12 月达到 100%。(4) 在半干旱区温度和降水日数是影响 RH 的主要因子。

**关键词:** RH; 变化趋势; 城市化影响; 城市化影响贡献率

# 武汉城市相对湿度气候学特征与长期变化趋势

索南看卓<sup>1</sup>, 任国玉<sup>1,2\*</sup>, 贾文茜<sup>1</sup>, 孙秀宝<sup>3</sup>

1. 中国地质大学(武汉), 武汉, 430070
2. 国家气候中心, 北京, 100081
3. 南京信息工程大学, 南京, 210044

## 摘要

在对相对湿度(RH)序列进行均一性检验和订正的基础上,分析了武汉4个城市站RH的气候学特征和长期变化趋势。结果表明: 1)迁站对RH序列引起较大非均一性偏差,其中武汉站2010年迁站引起的偏差达到8%; 2)城区年平均RH较高,介于75-85%之间,武汉站最高; 3)每年1月至6月城区RH逐渐增加,6月达到峰值,之后缓慢减少,但季节内变化一般很小,月际间差异仅有0.1%~2.5%,存在夏季RH最高,春、秋次之,冬季最低的季节性特征; 4)武汉城市区域1961-2015年平均RH总体呈长期减少趋势,线性变化趋势-0.81%/10a,20世纪90年代之后下降趋势加剧; 5)近55年城区春、秋、冬三个季节平均RH均呈不同程度的下降,以春季最为明显,夏季存在较为显著的上升趋势,但1991年后年及四季均呈现显著的下降趋势。

# Urban Heat Island Effect and Its Contribution to Observed Temperature Increase at Wuhan Station, Central China

JIA Wenqian<sup>1</sup>, REN Guoyu<sup>1,2\*</sup>, SUONAN Kanzhuo<sup>1</sup>, ZHANG Panfeng<sup>1</sup>, WEN Kangmin<sup>1</sup>, REN Yongjian<sup>3</sup>

1. *Department of Atmospheric Sciences, China University of Geosciences, Wuhan 430070*

2. *Laboratory for Climate Studies, China Meteorological Administration, National Climate Center, Beijing 100081*

3. *Wuhan Regional Climate Center, Wuhan 430074*

## Abstract

Based on an in-homogeneity adjusted dataset of the monthly mean temperature, minimum and maximum temperature, this paper analyzes the temporal characteristics of Urban Heat Island (UHI) intensity at Wuhan Station, and its impact on the long-term trend of surface air temperature change recorded during 1961-2015 by using an urban-rural method. Results show that UHI effect is obvious near Wuhan Station in the past 55 years, especially for minimum temperature. The strongest UHI intensity occurs in summer and the weakest in winter. For the period 1961-2004, UHI intensity undergoes a significant increase near the urban station, with the increase especially large for the period 1988-2004, but a significant decrease is registered for the last 10 years, with the decrease in minimum temperature more significant than that of maximum temperature. The annual mean urban warming and its contribution to overall warming are  $0.18^{\circ}\text{C}/10\text{yr}$  and 48.8% respectively for the period 1961-2015, with a more significant and larger urbanization effect seen in  $T_{\min}$  than  $T_{\max}$ . A large proportion warming, about half of the overall increase in annual mean temperature, as observed at the urban station, thus can be attributed to the rapid urbanization in the past half a century.

# 河北平原气象站与农田气温差异特征

徐建芬 石志增 张素美 韩建广

(河北省衡水市气象局, 衡水, 053000)

**摘要:** 利用位于河北平原大面积农田中的区域自动站2011年9月~2018年6月观测数据, 计算分析邻近8个国家气象站日气温数据与其差值的总平均、月平均、年度变化、不同差值区间分布。8个国家气象站中包含2016年迁站的饶阳国家基准气候站, 7个国家一般气象站; 2013年观测环境评分, 冀州、武强一般站分别为95.8分、89.2分, 其它站和饶阳旧址65.3~79.0分。分析结果: 1) 饶阳基准站平均气温接近农田略偏高, 迁站前平均差值 $0.42^{\circ}\text{C}$ , 迁站后 $0.21^{\circ}\text{C}$ ; 武强、冀州站分别接近农田略偏高 $0.49^{\circ}\text{C}$ 、偏高 $0.71^{\circ}\text{C}$ ; 其它站明显偏高 $1.10\sim 1.46^{\circ}\text{C}$ , 城镇化观测环境可造成平均气温偏高。2) 气象站与农田最高气温差异较小。基准站新址、旧址平均差值仅为 $-0.07^{\circ}\text{C}$ 、 $-0.12^{\circ}\text{C}$ ; 一般站平均差值 $0.27\sim 0.50^{\circ}\text{C}$ 。3) 气象站平均最低气温高于农田。基准站新址和武强站最低气温较农田平均高 $0.74\sim 0.96^{\circ}\text{C}$ ; 基准站旧址和冀州站高 $1.26\sim 1.30^{\circ}\text{C}$ ; 其它站高 $2.04\sim 2.84^{\circ}\text{C}$ 。4) 基准站、武强站月平均气温接近农田, 各月平均差值在 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 内, 其中基准站新址多数、旧址半数月份与农田差值在 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 内, 部分月在 $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ 以内, 新址4月、5月差值较大, 旧址4月、1月较大; 武强站月差值 $0.25^{\circ}\text{C}$  (6月)~ $0.80^{\circ}\text{C}$  (1月)。冀州站月差值 $0.26^{\circ}\text{C}$  (7月)~ $1.32^{\circ}\text{C}$  (1月); 其它站差值 $1\sim 2^{\circ}\text{C}$ 居多, 最小差值在6月或7月; 最大在1月。5) 比较2012、2015、2016年气象站与农田气温, 气象站年平均气温、最低气温大于农田, 基准站迁站后差值明显缩小约1倍, 最高气温和未迁站的一般站平均气温、最低气温年变化不明显。说明环境变化影响最低气温、平均气温。6) 气象站与农田平均气温差值在 $(-1, 1)$ 区间日数最多, 基准站和武强、冀州站占 $64.2\%\sim 82.3\%$ , 其它站不足50%; 差值区间 $(-1, 2)$ 的日数, 基准站和武强、冀州站占 $92.2\%\sim 99.0\%$ ; 其它站占 $72.1\%\sim 83.6\%$ 。最高气温差值在 $(-1, 1)$ 区间的日数占 $75.5\%\sim 87.8\%$ 。最低气温差值在 $(-1, 1)$ 区间的日数居多, 但基准站和武强、冀州仅占 $39.8\%\sim 59.1\%$ , 其它站不足30%; 差值区间 $(-1, 5)$ 日数占比才达到 $73.8\%\sim 96.3\%$ , 最低气温的差值分布更为分散, 趋向正差值分布。

**关键词:** 河北平原, 农田, 气象站, 气温, 差异

## 参考文献:

- [1] 卞韬, 任国玉, 连志鸾, 张翠华等. 石家庄城市与郊县站地面平均最低、最高气温差异 [J]. 气象科技, 2010, 38(6): 721-726.
- [2] 张庆伟, 王军, 石纯, 许世远. 城市化进程中气温趋势性分析 [J]. 山东农业大学学报 (自然科学版), 2011, 42(2): 280-288.
- [3] 李欣, 郭建侠, 金莲姬. 黄淮海平原地区中尺度环境对气温观测的影响 [J]. 应用气象学报, 2011, 22(6): 740-746.
- [4] 王佳丽, 张人禾, 王迎春. 北京不同区域表面气温的变化特征以及北京市观象台气温的代表性 [J]. 气候与环境研究, 2012, 17(5): 563-573.
- [5] 杨爱萍, 杜筱玲, 刘文英. 晚稻大田气温变化特征及其与气象站气温的关系 [J]. 生物灾害科学, 2013, 36(1): 105-110.
- [6] 岳艳霞, 智利辉, 王磊, 曹春莉. 石家庄市区域自动气象站气温数据适用性分析 [J]. 气象与环境学报, 2017, 33(2): 53-62.
- [7] 中华人民共和国质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. GB/T 35562-2017, 气温评价等级 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2017.

# 地面气温对微环境空间差异的响应：漠河站 对比试验结果

刘玉莲<sup>1,2</sup> 任国玉<sup>2,3\*</sup> 张广英<sup>4</sup> 于宏敏<sup>5</sup>

(1 黑龙江省气候中心 哈尔滨 150030, 2 中国地质大学环境学院大气科学系 武汉 430074;  
3 中国气象局气候研究开放实验室 国家气候中心 北京 100081; 4 黑龙江省大兴安岭地区  
气象局 加格达奇 165000; 5 黑龙江省公共气象服务中心 哈尔滨 150002)

## 摘要

测站附近微环境条件对地面气温观测记录的影响目前还不清楚。本文对2010年漠河国家基准气候站地面观测对比试验数据进行了分析,得到如下结论:(1)年平均地面气温近障碍物点低于标准观测场内,但1月和6月的月平均气温近障碍物点偏高;(2)北京时间6-17时之间的白天和傍晚21时,近障碍物地点的气温偏低;18-5时(除21时)之间的夜间,近障碍物点气温偏高;(3)春季各时次近障碍物点地面气温均偏低;夏季日间6-17时近障碍物点气温偏低,但夜间18-5时相反;秋季仅1、3、19、23时近障碍物点气温偏高,其它时次相反;冬季日间7-19时近障碍物点气温偏低,夜间20-6时相反。冷季近障碍物点气温偏低;暖季昼间近障碍物点气温偏低,夜间相反;(4)日最高、最低气温出现时间不同地点大体相同,最高气温近障碍物点偏低,最低气温近障碍物点偏高,但最高气温偏低绝对值大于最低气温偏高绝对值;(5)有雾情况下近障碍物地点的气温偏高几率大;雨雪多云天气近障碍物地点气温均偏低;晴朗的白天近障碍物地点的气温偏低,有风天气更明显;而晴朗的夜间近障碍物地点气温偏高,无风天气更明显;晴朗天气条件下,无风时近障碍物地点与观测场内气温差值大于有风时。本文结果表明,地面气温观测记录对台站观测场附近微环境改变十分敏感,微环境条件的变化将导致地面气温观测出现明显不连续性,对气候变化分析产生影响。

# 上海百年气温、降水变化特征分析

孙兰东, 吴蔚, 胡恒智, 杨涵洧等  
上海市气候中心

为了提高社会公众对适应气候变化的认知水平,认识并了解上海最新的气候变化科学事实,同时作为区域气候变化业务服务产品,《上海市气候变化监测公报》自 2013 年以来已连续制作发布 5 期。其中最新一期的《上海市气候变化监测公报(2017 年)》共分 5 章,分别从大气、海洋、植被物候、季节变化和气候变化影响因子等方面揭示了上海市 1961-2017 年上海市气候变化特征。主要结论如下:

1873-2017 年,上海徐家汇站年平均气温总体呈明显上升趋势,平均每十年升高  $0.17^{\circ}\text{C}$ ,城市热岛效应明显;2017 年平均气温比常年值偏高  $1.2^{\circ}\text{C}$ ;1874-2017 年,平均年总降水量呈弱的增多趋势且年代际变化特征明显;2017 年徐家汇站年总降水量为  $1200.0\text{mm}$ ,较常年值偏少  $59.4\text{mm}$ 。1961-2017 年,徐家汇站平均相对湿度,宝山站风速、日照时数也呈减少趋势。1961-2017 年,上海  $850\text{hPa}$ (约  $1500\text{m}$  高度)、 $500\text{hPa}$ (约  $5700\text{m}$  高度)和  $200\text{hPa}$ (约  $12000\text{m}$  高度)等压面年平均气温分别呈现微弱升温( $0.14^{\circ}\text{C}/10$  年)、无明显变化和显著降温( $-0.24^{\circ}\text{C}/10$  年)的线性趋势;年平均风速分别呈现微弱减小( $-0.09\text{m/s}/10$  年)、减小( $-0.26\text{m/s}/10$  年)和无明显变化的线性趋势。

1961-2017 年,上海徐家汇站年平均高温日数为 14 天,且以每十年 4.4 天的速率增加;大雾日数为 25 天,且以每十年 8.1 天的速率减少。上海宝山站年平均大风日数为 11.6 天,且以每十年 6.1 天的速率减少。1961-2017 年,徐家汇站 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温总体呈现明显上升趋势,空间分布上近十年呈现出“中心高、四周低”的分布型。1961-2017 年制冷(采暖)度日总体上呈明显上升(下降)趋势;在近十年的空间分布上,制冷(采暖)度日数总体表现为城区较高(低)、郊区较低(高)。1981-2010 年上海徐家汇站人体舒适日数平均值为 187.2 天,呈现上升趋势。1961-2017 年,影响上海的台风总数达到 117 个,平均每年 2.1 个,总的变化趋势是台风次数略有增多,但趋势不明显。1981-2017 年,上海强降水事件累计频次达到 384 次,呈微弱上升趋势,2017 年,上海强降水事件共发生 15 次,明显高于 2016 年,也比常年平均值偏多近 5 次。

2017 年上海近海地区平均海温距平为  $1.1^{\circ}\text{C}$ ,明显高于 2016 年,其中以长江口以北海域最为突出。上海沿海海平面比常年高 60 毫米,比 2016 年低 42 毫米。

1961-2017年宝山站年均0cm和20cm地温均呈弱的上升趋势,平均每十年分别上升0.14℃和0.20℃,2017年分别比常年值高0.91℃、0.95℃。

2007-2017年桃花初花花期呈现出“偏早-偏晚-偏早”的变化趋势。

1961-2017年冬季长度总体表现为缩短的趋势,平均每十年减少6.1天,而夏季长度则与之相反,总体为延长的趋势,平均每十年增加6.3天。

1961-2017年,副热带夏季风强度具有明显年际尺度差异,总体上表现出略微增强的趋势,其强度指数平均每十年增加8.3,2017年副热带夏季风异常偏强;上海热岛强度表现为增强的趋势,平均每十年热岛强度指数增长0.2℃;上海宝山站年总辐射量总体表现为持续减少的趋势,平均每十年减少58.0兆焦耳/平方米,2017年较常年偏多286.9兆焦耳/平方米。

# 沈阳市土地扩张对城市风热环境影响的模拟研究\*

沈历都<sup>1</sup>, 赵梓淇<sup>2</sup>, 朱玲<sup>1</sup>, 马雁军<sup>2</sup>, 李丽光<sup>2</sup>

(1. 沈阳区域气候中心, 沈阳, 110166; 2. 中国气象局沈阳大气环境研究所, 沈阳, 110166)

## 议题 4 城市气候变化的特征、原因和影响

### 摘要

沈阳是辽中南城市群的中心枢纽城市, 夏季有较强的城市热岛<sup>[1]</sup>, 秋冬季雾霾事件多发<sup>[2]</sup>。WRF 模式耦合城市冠层模型是模拟研究城市边界层气象环境的有力工具之一, 并且已广泛应用在国内很多城市中<sup>[3-6]</sup>, 但在东北地区的城市中并无先例。本文以沈阳市为研究对象, 以 WRF 模式耦合城市冠层模型为研究工具, 一方面检验和比较 WRF 模式城市冠层模型对沈阳市风热环境的模拟性能, 另一方面初步探索针对城市扩张对城市风热环境影响的数值模拟研究方法。利用 WRF 模式中的 UCM+AH 城市冠层方案, 以 2005 年 8 月两个晴天为天气背景, 对比研究了 1993 年与 2005 年下垫面类型下沈阳市城市扩张对近地层风热环境及边界层的影响, 得出以下结论: (1) UCM+AH 方案能够较合理准确地模拟出城市范围的 2-m 气温与 10-m 风速的日变化特征, 且对 2-m 气温的模拟效果要优于 10-m 风速; 模拟 2-m 气温的日较差偏大, 模拟 10-m 风速系统性偏高 0.5—1.0 m s<sup>-1</sup>; (2) 城市土地扩张后, 城区普遍增温, 且夜间增温幅度较大, 扩建城区夜间最大增温能达到 7℃, 旧城区在夜间增温幅度最大可达 3℃, 且上风向增温幅度较大; 城区日间增温不明显, 在 0—1℃; (3) 城市土地扩张后, 旧城区风速普遍减小, 但减小值 < 1 m s<sup>-1</sup>; 扩建城区风速减小近 1 m s<sup>-1</sup>, 城区内可能出现的高温辐合中心对周围近地层风速有加速作用; (4) 城市扩张对边界层的影响最显著的体现在午后, 城区的扩张增大了湍流动能的影响范围, 湍流动能在数值上增加 0.2—0.3 m<sup>2</sup> s<sup>-2</sup>; 扩建城区上空的边界层高度在 14 时抬升 100—200 m, 且下风向边界层内部的局地环流与垂直上升运动增强。

**关键词:** 城市扩张; 城市冠层模型; 土地利用类型; WRF 模式

\* 基金项目: 国家自然科学基金重点项目“城市扩展的大气环境效应与景观格局优化”(41730647); 辽宁省气象局博士科研专项(D201701)

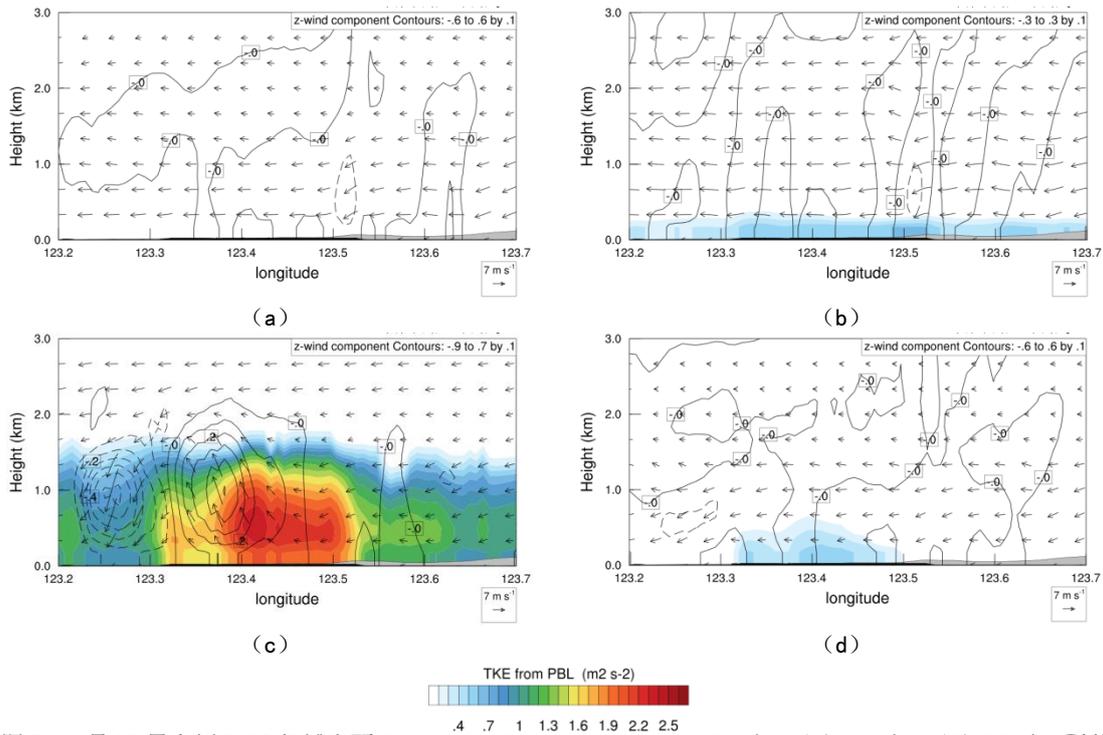


图7 8月22日个例2005年城市下垫面纵剖面图, (a)02时、(b)08时、(c)14时、(d)20时, 彩色填图为TKE、黑色等值线为垂直运动速度  $m s^{-1}$ 、箭头为风矢量、x轴上的黑色实线代表城市, 灰色表示地形起伏

Fig.7 vertical cross-section of (a) 02, (b) 08, (c) 14, (d) 20 o'clock at 22<sup>th</sup> August for 2005 land use, color contours for TKE, black solid contours for vertical velocity  $m s^{-1}$ , arrows for wind vector, black solid line on the x axis indicates urban area, and light gray shade for terrain relief

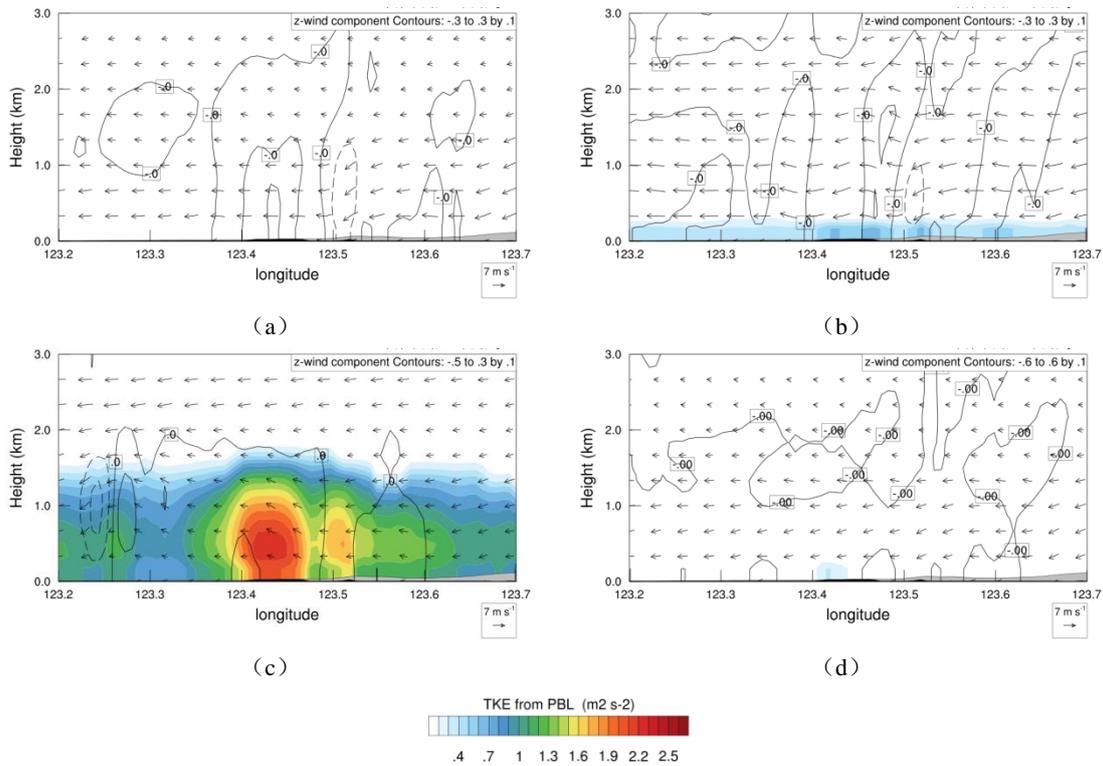


图8 8月22日02时(a)、08时(b)、14时(c)、20时(d)个例1993年城市下垫面纵剖面图, 其他说明详见图7

Fig.8 vertical cross-section of (a) 02, (b) 08, (c) 14, (d) 20 o'clock at 22<sup>th</sup> August for 1993 land use, for other details see Fig.7

# The effects of climate change on heating energy consumption of office buildings in different climate zones in China

Fanchao Meng<sup>1</sup>, Mingcai Li<sup>\*1</sup>, Jingfu Cao<sup>1</sup>, Ji Li<sup>2</sup>, Mingming Xiong<sup>1</sup>, Xiaomei Feng<sup>2</sup>, Guoyu Ren<sup>3,4</sup>

1. *Tianjin Climate Center, Tianjin, 300074, China;*
2. *Institute of Building Environment and Energy Efficiency, China Academy of Building Research, Beijing, 100013, China;*
3. *Laboratory for Climate Studies, National Climate Center, China Meteorological Administration, Beijing, 100081, China;*
4. *China University of Geosciences, Wuhan, 43007, China*

## Abstract

Climate plays an important role in heating energy consumption owing to the direct relationship between space heating and changes in meteorological conditions. To quantify the impact, the TRNSYS model was used to simulate the heating loads of office buildings in Harbin, Tianjin and Shanghai, representing the three major climate zones – severe cold, cold, and hot summer & cold winter in China during 1961-2010. Stepwise multiple linear regression was performed to test the key factors influencing energy consumption. The results showed that dry bulb temperature (DBT) is the dominant climatic factor affecting building heating loads in all three climate zones across China during the heating periods at different temporal scales (day, month and year) ( $R^2 > 0.86$ ). With the continuous warming climate in winter over the past 50 years, heating loads decreased by 14.2, 7.2 and 7.1 W/m<sup>2</sup> in Harbin, Tianjin and Shanghai, respectively, indicating that the decrement is more apparent in severe cold climate zone. When the DBT increases by 1 °C, the heating loads decreases by 253.1 W/m<sup>2</sup> in Harbin, 177.2 W/m<sup>2</sup> in Tianjin and 126.4 W/m<sup>2</sup> in Shanghai. These results suggest that the heating energy consumption can be well predicted by the regression models at different temporal scales in different climate conditions owing to the high determination coefficients. In addition, a greater decrease in heating energy consumption in northern severe cold and cold climate zones may be efficiently promote the energy conservation in these areas with high energy consumption for heating. Particularly, the likely future increase in temperatures should be considered in improving building energy efficiency.

# 北京地区生长期气候变化特征研究

杨洁<sup>1</sup>, 刘海涛<sup>2</sup>

(1.北京市气象台, 北京 100089; 2.北京市气候中心, 北京 100089)

## 摘要

在全球增暖背景下,越来越多的基于气象数据、物候观测和卫星资料的研究发现各地区生长期气候特征发生了显著变化。为研究气候变暖背景下北京地区生长期变化特征,利用北京 1951—2016 年逐日气象资料,应用 Mann-Kendall 检验和线性回归法,分析了北京地区生长期的气候变化特征及其与变暖的联系。结果显示:(1)1951—2016 年北京地区生长期初日(终日)以-1.88d/10a (1.09d/10a)的变化率呈显著提前(推迟)趋势,生长期以 2.96d/10a 的变化率呈极显著延长趋势,生长期延长是由于生长期初日显著提前与终日显著推迟共同作用的结果。(2)1951—2016 年北京地区生长期平均气温与生长期积温呈显著上升趋势,而北京地区生长期降水量呈显著减少趋势,北京地区生长期呈现出以 1990s 为分界的“冷湿—暖干”的变化特征。(3)气候变暖对北京地区生长期指数有显著影响,对积温的影响最显著;城市化影响使得北京地区生长期初日(终日)提前(推迟),生长期延长,生长期平均气温升高以及生长期积温增多。北京地区生长期对气候变暖的响应表现为生长期指数的非对称变化,尽管存在热岛效应,北京地区生长期气候资源的变化趋势是可信的。北京地区生长期积温的增多使得北京地区生长期热量资源得到了明显的改善,这对于扩大北京地区农作物种植面积以及提高作物产量,都具有重要意义。延长的生长季节可以为较早种植提供最佳条件,从而确保成熟和提高生产力。但是另外一方面,北京地区热量资源增多也会导致病虫害增加和干旱更趋于严重等不利影响。因此,根据北京地区生长期气候变化的特点,积极加强病虫害的防治、推广高效的灌溉技术、调整作物类型和种植布局,以科学应对气候变化,促进北京农业和林业可持续发展。

关键词: 生长期, 气温, 积温, 降水, 气候变化

# 面向新型城镇化的气候承载力指标研究—以皖江城市带为例

卢燕宇<sup>1,2</sup>, 田红<sup>1</sup>, 孙维<sup>3</sup>, 吴蓉<sup>1,2</sup>, 王胜<sup>1,2</sup>

1 安徽省气象局气候中心, 安徽 合肥 230031;

2 安徽省大气科学与卫星遥感重点实验室, 安徽 合肥 230031

3 安徽省气象局公共气象服务中心, 安徽 合肥 230031

## 摘要

从服务新型城镇化进程出发, 本文基于气候条件与人类活动的相互作用关系, 同时考虑气候的资源 and 灾害双重属性, 识别并构建了包含气候资源供给、气候灾害限制和城镇化协调发展水平三方面要素的气候承载力评价指标体系, 进而采用熵权法、耦合协调度模型和 GIS 技术等方法实现了指标的量化, 形成了气候承载力的综合评价指标和模型。以皖江城市带为例, 应用该套指标方法探讨了气候承载力的空间格局与关键影响因子, 结果表明, 皖江城市带城镇化发展格局能够较好的适应气候承载力分布特征, 气候承载力较高的地区意味着可容纳的城市发展负荷量较高, 而与之对应的这些地区城镇化集聚程度也较高; 但气候承载力水平空间差异显著, 区域整体气候承载力还有待进一步优化提升。根据城镇化集聚度和气候承载力特点, 皖江城市带可分为 4 个等级和 12 种类型, 并进一步揭示了不同类型地区存在的承载力“短板”和现状问题。

**关键词:** 气候承载力; 综合指标; 双重属性; 耦合协调; 集聚度

## Assessment on Climate Carrying Capacity in the Process of New Urbanization: a Case Study in the Wan-jiang City Belt

LU Yan-yu<sup>1,2</sup>, TIAN Hong<sup>1</sup>, SUN Wei<sup>3</sup>, WU Rong<sup>1,2</sup>, WANG Sheng<sup>1,2</sup>

1. Anhui Climate Center, Anhui Meteorological Administration, Hefei 230031, China

2. Anhui Key Laboratory of Atmospheric Science and Satellite Remote Sensing, Anhui Meteorological Administration, Hefei 230031, China

3. Anhui Public Meteorological Service Center, Anhui Meteorological Administration, Hefei 230031, China

**Abstract:** According to the interaction between climate and human activities as well as the double attributes of climate, a comprehensive framework and indices system of climatic carrying capacity were established to support the new urbanization. In this framework, the factors concerning climatic resource supplying, climatic disaster constraining, and urban coordinated development were included and quantified by using various methods such as entropy weight, coupled coordination model, and GIS technology. The comprehensive indices were then adopted in Wan-jiang City Belt to analyze the spatial pattern and key factors of climate carrying capacity. Results indicated that the spatial pattern of urbanization development was well matching the climatic carrying capacity. The areas where have relative high climatic carrying capacity are also dominated by high urbanization agglomeration. However, the climatic carrying capacity show large spatial variability, and needs to be further optimized at the whole regional scale. Based on the characteristics of urbanization agglomeration and climate carrying capacity, Wan-jiang City Belt could be divided into 4 grades and 12 types of areas. For different areas dominated by different types of climate carrying capacity, the "short board" and main limiting factors are further revealed in this paper.

**Key words:** climatic carrying capacity, integrated indices, double attributes, coupled coordination, agglomeration

# **Title: Interdecadal modulation of El Niño teleconnection on monsoon Asia climate over the past five centuries**

李金豹

香港大学社会科学院地理系

## **Abstract**

The El Niño influence on monsoon Asia climate weakened during the mid-20 century and strengthened substantially after the late 1970s. Exploring the nature of such an interdecadal variation is constrained by short instrumental records. Here we synthesize the Indo-Pacific tree-rings and coral records to reconstruct monsoon Asia temperature and moisture change during the past five centuries, and show that the interdecadal modulation of El Niño teleconnection on monsoon Asia climate is a robust feature beyond the instrumental era. Comparison with proxy El Niño records indicates that the El Niño-monsoon Asia climate teleconnection is controlled by interdecadal changes in ENSO variance, with strong (weak) teleconnection in periods of high (low) variance, respectively.

# 树木年轮记录的青藏高原温度年循环变化

段建平

中国科学院大气物理研究所 东亚区域气候-环境重点实验室, 北京 100029

E-mail: duanjp@tea.ac.cn

大多数关于人类活动对长时间尺度气候变化影响的研究都集中于气候变暖, 而对于温度年循环幅度(夏-冬温差)变化的研究却局限于器测时段。这主要是因为基于代用资料的温度重建往往被限制于某一季节, 难以同时获取均一的、两个不同季节的温度信号。尽管基于器测资料的研究发现温度年循环在近几年有弱化趋势, 并且这一趋势可归因于人类强迫, 但这种弱化趋势始于什么时候及在工业化前是否存在尚不清楚。

本研究通过对青藏高原多个高海拔(4000米以上)样点树轮宽度和密度数据的分析发现, 树轮宽度显著响应于冬季温度变化, 树轮密度则能可靠地指示夏季温度信号。通过建立树轮密度-宽度残差序列, 重建了1700年以来温度年循环幅度变化的历史。结果发现, 温度年循环弱化趋势在青藏高原甚至更大空间尺度上始于工业革命后的1870s, 在之前的1700s-1860s则呈现了微弱的上升趋势, 意味着工业革命以来温度的季节性越来越不“分明”了。这一发现与青藏高原冰芯记录的硫酸盐气溶胶自19世纪70年代以来持续增加的证据相一致, 表明了人类活动对青藏高原地区温度年循环及大气成分的影响很可能始于19世纪70年代。

**关键词:** 树木年轮; 青藏高原; 温度年循环; 人类活动

# 千年石鱼研究介绍—长江上游历史时期枯水变化

Jun Qin<sup>1</sup>, Ailin Shi<sup>1</sup>, Guoyu Ren<sup>1,2\*</sup>, Zhenghong Chen<sup>3</sup> and Yuda Yang<sup>4</sup>

1. 中国地质大学环境学院大气科学系, 武汉 430074
2. 中国气象局国家气候中心气候研究实验室, 北京 100081
3. 湖北省气象服务中心, 武汉 430205。
4. 复旦大学中国历史地理研究中心, 上海 200433

长江中上游流域北纬 29° 42' 东经 107° 23' 的江中静静躺着一座造山运动时形成的天然的巨型石梁—白鹤梁, 它位于乌江与长江交汇处约一千米的地方。这座常年埋没于江底的天然石梁全长约 1600m, 宽 15m, 由于只比常年最低水位高出 2—3 米而比最高洪水位低 30 米所以几乎长年淹没于江中, 只在一些枯水年份, 水位较低的冬春之交才部分露出江面, 当时的古巴枳人注意到了这种水位线在石梁上的变化便在朝向长江的石梁倾斜面上雕刻鱼和文字标识枯水水位将其记录下来。是世界江河水文记录最早的地方, 白鹤梁上的石鱼题刻比英国在武汉江汉馆设计的水尺标点将近早了 1100 年, 被联合国教科文组织誉为“保存完好的世界唯一古代水文站”。白鹤梁题刻共记录了自唐广德元年以来 1200 多年当地长江枯水水位变化的情况, 为人们认识长江上游历史时期枯水的变化规律提供了可靠的数据, 堪称一座延续千年的古代枯水水文站。前人对石鱼出水的研究截止到 1963 年, 而三峡大坝自 2003 年 6 月 1 日开始蓄水, 蓄水后的石鱼出水研究没有意义, 所以我们将资料插补截止到 2003 年 5 月。本文利用 1941 年 1 月~2003 年 5 月逐日的清溪场水文站水位资料, 对 1941~1963 年间白鹤梁石鱼出水的文献记录进行订正并将石鱼出水年表补充到三峡大坝蓄水前, 得到一张石鱼出水最全的年表。并分析了古代历史气候变化与石鱼出水的联系。历史上由于朝代的变化, 观测和记录可能会有所不同。然而, 在中世纪暖期, 公元 1051 年至 1250 年期间, 石鱼确实表现出相对较高的出现频率, 而石鱼在小冰期时期出现频率较低。甚至在小冰河时代的高峰期(公元 1601 年至 1650 年), 没有石鱼再现的记录。所以这段期间的社会动荡可能不仅是由于包括李自成和张显忠在内的一系列农民起义造成, 也是由于长江中上游洪水频率较高, 干旱较少。华北地区在此期间正遭遇前所未有的干旱, 特别是 1627-1643 年间, 这可能引发了农民起义, 导致清代取代明朝(如 Zhang 等, 2006; Zheng 等, 2014)。鉴于现代认识, 北旱南涝的空间格局通常伴随着东亚夏季风的减弱。气候学的研究显示枯水与所控制流域面积的干和湿度直接有关, 80 年代迄今, 已有大量运用历史洪、枯水文献和考古资料来研究与长江流域长期天气预报有关的气候异常现象。1985 年以前探讨了长江流域个例历史洪水发生的暴雨及其前期大范围 and 长江历时多雨雪气候异常表征与我国气象学家陶诗言、徐椒英 60 年代研究的关于《夏季江淮流域持久性旱涝现象的环流特征》结果相吻合。汪奉耀在 1998 年发表的《长江涪陵白鹤梁题刻在科学文化领域中的应用》一文中应用了涪陵白鹤梁历史枯水题刻纪录, 得出长江上游水汽输送和下垫面条件与中下游流域地区有所不同, 暴雨洪水形成有差异的论断。本文对石鱼出水年表进行补充完善为相关研究的学者提供相对完整的古代长江流域枯水水位情况, 对恢复过去敏感地区的气候状况有重大的意义。

# 气候重建中历史记录的词语语义分析方法研究

相婷婷<sup>1</sup> 李蓓蓓

南京信息工程大学 科学技术史研究院，江苏 南京 210044

**摘要：**在利用历史文献记录重建气候中，对词语语义的判断、使用，对气候重建的结果会产生重要影响。官私文献、地方志、档案、日记这四种主要的历史文献资料类型中的词语记载主要涉及天气状况记载、物候记录、感应记录等气象信息类型，每种历史文献的记录都有独特的特点。词语的区分使用主要与词语本身记载的涵义以及所出现的地域、季节相关；主要记载天气状况、物候记录和感应记录；对于提取出来的词语，主要采取量化处理、计次处理、将词语转化为可供量化的数据、以及定性处理这四种方法。

**关键词：**气候重建；语义；气象指标；处理方法

---

作者简介：相婷婷，南京信息工程大学科学技术史研究院硕士研究生，主要从事气象科技史，古代文学研究；李蓓蓓，南京信息工程大学科学技术史研究院副教授，硕士生导师，主要从事气象科技史研究；

# 近 20 年来风电场（群）对气候的影响研究进展

陈正洪<sup>1,2</sup>, 何飞<sup>1,2</sup>, 崔杨<sup>1,2</sup>, 张雪婷<sup>1,2</sup>

(1. 湖北省气象服务中心, 武汉, 430205; 2. 湖北省气象能源技术开发中心, 武汉, 430205)

## 摘要:

近年来风电场的大规模开发, 风电场群对气候的影响受到关注, 自 2000 年后相关研究逐步增多, 多集中在美国、欧洲等风电发展较早的国家, 中国在该领域开展了文献综述及少量观测、数值模拟研究。本文对 40 多篇文献进行综述, 系统地梳理了风电场对气候影响的研究方法、影响机制, 研究成果, 意在探索该领域未来的研究方向。

目前研究基于现场观测、遥感卫星数据、风洞实验以及数值模拟四种方法, 其中数值模型的方法使用最多。

风电场对气候影响机理可总结为三方面: 一是风机转动对大气能量的吸收, 改变了自然能源循环; 二是风电场建设增大地表粗糙度, 改变了大气热交换过程, 三是风机转动, 增大了大气边界层的湍流强度, 改变地表通量, 从而影响气象条件。

目前的研究多集中在风电场对局地气候的影响, 少量文献研究了对全球气候的影响。针对风电场区域及下游的温度、风速开展的研究较多。主要结论如下:

(1) 气温: 风机通过增强大气边界层的垂直混合, 在不同的稳定度下造成近地层气温产生不同的效应, 如图 1, 风电场在正的温度梯度下增温, 负的则相反。对区域地表温度的影响结果多以增暖为主, 且夜间强于白天, 夏季强于冬季。文献中风电场造成地表温度提高 0.18~0.70℃之间, 同时卫星遥感资料分析得到风电场下风方向也有变暖趋势。

(2) 风速: 风机运行中吸收大气动量, 增加地表摩擦力, 导致风速衰减, 图 2 显示风电场内部风速衰减最大, 这种衰减随风电场规模的增加而增大, 随环境风速增加而减小, 风电场内部风速减小 8%~16%。风速恢复需要一定的距离, 不同的研究中风速的影响范围从 5-60km。

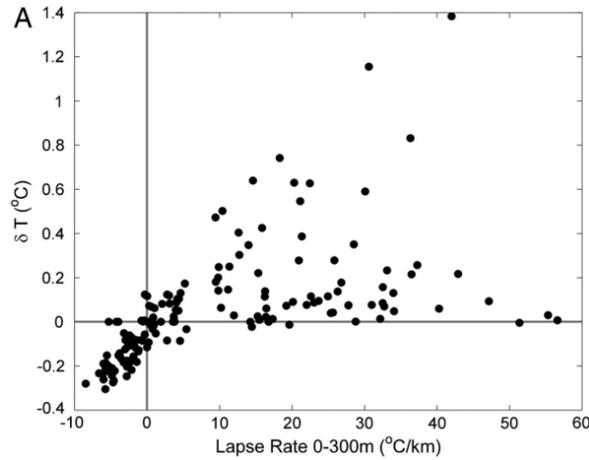


图 1 采用 RAMS 模拟风电场在不同气温倾斜率下对 300m 以下温度造成的变化散点图

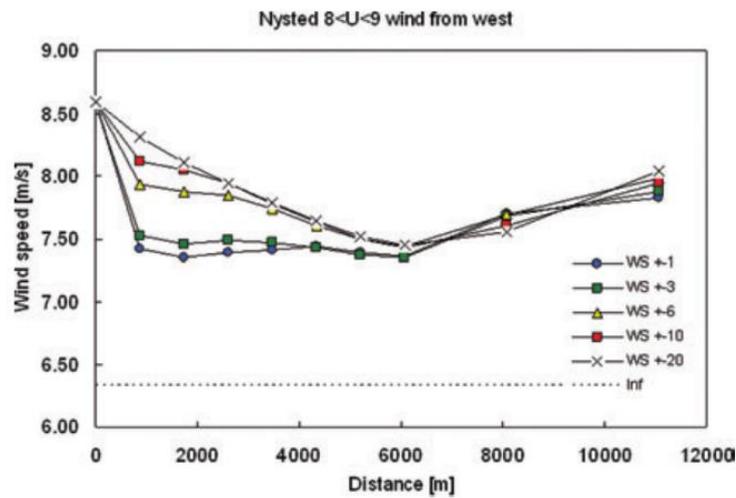


图 2 风电场轮毂高度 70m 处风电场内部及下游不同扇区平均风速变化曲线

(3) 风电场对降水、湿度、蒸发等其它气象要素的影响是通过改变近地层的感热和潜热通量以及动量和风速变化产生的间接影响。影响效应未有定论。

目前研究表明风电场对全球气候影响较小，采用不同的模型模拟得到，大规模风电场群使全球平均气温的影响分别升高 0.5°C 和 0.15°C，在 1km 以下大气层的能量损失约为 0.007%。

目前风电场对气候影响的研究结论存在不确定性，有待深入，一要加强影响机理的研究，完善构建模型的原理，探求“低影响”风电场的开发方案；二要开展实测数据的研究，用以验证和修正数值模式的参数设置；三要开展量化的研究，量化风电场对局地、全球气候的影响程度及影响范围，探索全球范围内风电场群开发的最大程度。

**关键词：**风电场，气候效应，影响机理，现场观测，数值模拟

# 不同施肥制度下作物增产减排的协同效应研究

田红<sup>1</sup> 曹承富<sup>2</sup> 陈欢<sup>2</sup> 王胜<sup>1</sup> 党修伍<sup>3</sup>

(1 安徽省气候中心, 合肥 230031; 2 安徽省农科院作物所, 合肥 230031; 3 淮北市气象局, 淮北 235000)

## 摘要

农业生产对温室气体排放具有重要影响, 控制农业温室气体排放对减缓全球气候变暖具有举足轻重的作用。在保障粮食安全的前提下如何有效减少农田温室气体排放, 是农业可持续发展亟需解决的重大课题之一。

砂姜黑土是黄淮海三大中低产土壤类型之一, 全国总面积4835.6万亩, 其中安徽省就有2336.6万亩, 占比将近50%, 主要分布在淮北平原, 在全国具有典型的代表性。

2016年, 安徽省气候中心、安徽省农科院作物所及淮北市气象局联合开展不同施肥制度下作物增产减排的协同效应研究。试验设于省农科院作物所濉溪县杨柳试验站, 依托长期定位试验平台, 设计作物生育期内不施肥、单施化肥、单施有机肥、有机肥与化肥配施(常量与高量)等5种施肥制度, 采用静态暗箱-气象色谱方法采集测定农田温室气体( $\text{CO}_2$ 、 $\text{N}_2\text{O}$ 和 $\text{CH}_4$ ), 探寻农田温室气体动态释放规律, 并结合30多年小麦产量, 评价不同施肥措施下农田气体排放强度与综合温室效应。主要结论如下:

(1) 温室气体周年排放通量与环境气温、作物生长及施肥种类有关。 $\text{CO}_2$ 周年排放最高峰出现在玉米大喇叭口期(7月底), 次高峰为小麦返青期(1月底);  $\text{N}_2\text{O}$ 周年排放两个高峰分别出现于麦播后2周(10月底)及玉米拔节肥后1周(7月底);  $\text{CH}_4$ 周年没有明显排放规律, 并且整体表现为 $\text{CH}_4$ 净吸收。

(2) 从温室气体排放来看, 农田土壤 $\text{N}_2\text{O}$ 是排放“源”,  $\text{CH}_4$ 是吸收“汇”, 并且小麦季累积排放量远大于玉米季。施用有机肥明显提高 $\text{CO}_2$ 排放, 而化肥则显著提高 $\text{N}_2\text{O}$ 排放。相同施氮水平下, 温室气体排放量不施肥<单施化肥<单施有机肥<50%有机肥+50%化肥<80%有机肥+80%化肥。长期单施化肥的排放强度(单位产量增温潜势)最高, 达225.94g  $\text{CO}_2$ -eq/kg, 有机肥与化肥配施的温室气体排放强度较单施化肥下降5.6%; 进一步的分析表明有机肥和化肥配施导致的温室气体排放强度处于中等水平。

(3) 从产量效益来看, 与不施肥相比, 无论是单施化肥、单施有机肥、还是有机肥与化肥配施均能显著提高小麦产量, 并且长期有机肥与化肥配施较单施化肥或单施有机肥具有显著增产效果, 增产10.2%~19.5%, 产量稳定性亦最佳。

(4) 综上所述, 在深入推进农业绿色转型升级的进程中, 有机肥与化肥配施是实现小麦丰产稳产、农田增加碳汇、减少温室气体排放的有效途径, 值得各地推广。

# 近地层逆温在典型霾过程中的演变特征分析

邓佩云<sup>1</sup>

1. 成都信息工程大学大气科学学院, 成都 610225

## 摘要

作为由液态或固态微粒在空气中组成的悬浮体系, 大气气溶胶粒子通过对太阳短波辐射与地表长波辐射的散射与吸收影响地-气系统能量收支平衡, 其显著的辐射效应必然会对边界层热力结构产生影响, 并在热力和动力因素的共同作用下呈现出相应的垂直分布形态, 而二者之间的耦合演化特征及其反馈机制至今尚不清晰。着眼于东亚地区气溶胶气候效应这一热点问题, 本文以秋冬季颗粒物浓度高值中心城市成都为研究区, 以期间历史典型霾过程为研究时段, 利用成都市 2016 年 12 月-2017 年 1 月期间的 RPG-HATPRO 地基多通道微波辐射计资料、地面细颗粒物质量浓度数据和常规气象观测资料, 重点开展以下两方面的研究:

(1) 系统分析近地层逆温在霾过程中的演变特征; (2) 揭示近地层附近垂直热力结构和霾颗粒物之间存在反馈机制。具体结论如下:

(1) 近地层附近的逆温呈现出以下重要特征: **a:** 基于 RPG-HATPRO 地基多通道微波辐射计的探测结果表明, 成都地区秋冬季具有较为显著的日变化特征, 在晴好的天气背景条件下, 近地层主要表现为夜间的辐射逆温, 白天减弱或消失; **b:** 随着霾从形成期向发展期和维持期的渐进演化, 夜间贴地辐射逆温的强度逐渐减弱, 而脱地逆温则不断增强, 近地层逆温强度中心也随之明显抬升, 由此导致逆温的垂直形态渐趋复杂, 多层逆温结构愈加明显; **c:** 在灰霾演化的过程中, 成都地区冬季大气边界层逆温的复杂性表现在逆温的生消特性变得不再规律, 近地层内逆温的强度总体减弱, 而近地层以上逆温强度不断加强。上述诊断结果初步表明, 近地层逆温的存在对颗粒物的累积至关重要, 但灰霾演化也会对近地层附近的逆温产生显著影响, 即近地层附近垂直热力结构和霾颗粒物之间存在反馈机制。

(2) 进一步对近地层附近垂直热力结构和霾颗粒物之间存在反馈机制进行研究分析, 结果表明, 随着颗粒物浓度持续累积, 日间颗粒物热力作用的加强诱发夜间近地面长波辐射冷却作用减弱, 辐射贴地逆温强度逐渐减弱, 而夜间颗粒物的抬升致使脱地逆温厚度增大、强度增强、逆温强度中心点位置抬升, 由此导致逆温的垂直形态渐趋复杂, 抑制了污染物在垂直方向上的扩散。灰霾演化对大气边界层逆温反馈的诊断初步表明颗粒物在近地层附近渐进累积, 并通过辐射效应进一步反馈于大气边界层垂直热力结构, 由此对近地层附近逆温产生显著的影响, 这种作用可能是灰霾演化的重要机制之一。

# 2015年12月持续雾、霾过程分析

赵焯<sup>1</sup>, 尚可<sup>2</sup>, 李江波<sup>3</sup>, 钤伟妙<sup>1</sup>, 艾敬宜<sup>3</sup>, 张艳品<sup>1</sup>

1. 石家庄市气象局, 河北石家庄 050081

2. 中国科学院地球环境研究所, 陕西西安 710061

3. 河北省气象台, 河北石家庄 050021

## 摘要

本文利用气象站观测资料、探空资料、雷达资料以及 NCEP/NCAR 和欧洲中期数值预报中心 (ECMWF) 提供的再分析数据集, 对 2015 年 12 月京津冀地区发生的持续雾、霾过程的气候背景场、环流背景场及气象要素场进行了分析和研究。研究表明, 纬向环流的加强及东亚冬季风的减弱所引起的静稳形势的维持是造成该次雾、霾过程维持并发展的气候背景。这四次雾、霾过程高空呈现上干下湿的层结结构, 地面处于小风高湿的环境。700 hPa 以上弱下沉运动和边界层弱上升运动引起局地弱辐合, 为雾、霾过程提供有利的动力条件, 边界层垂直方向冷槽-暖脊的结构利于逆温的维持。此外, 对流层中层 700-500 hPa 的小干槽不断过境引起地面增湿, 从而形成了大范围持续的雾、霾天气过程。雾、霾对光的削弱作用在 700 m 之下, 尤其是 70 m 之下的近地面层最为强烈, 且雾对光的削弱作用显著强于霾。雾、霾过程不利于污染物的扩散, 常常伴有大气污染。研究表明, 降水与风对污染物均有一定的清除作用, 但对于不同粒径的颗粒物其清除效果不尽相同。降水对不同粒径污染物的清除作用相差不大, 而大风对细颗粒物的清除作用强于粗颗粒物。雾、霾及晴好天气下, 颗粒物规则程度均随高度增加而先增加后降低。雾出现时的高空及晴好天气下近地面层的颗粒物不规则程度较强。雾、霾及晴好天气下后向散射系数随高度的分布表明大气对光的散射作用在低层最强, 随高度增加而减小。雾出现时近地面层后向散射系数远大于霾及晴好天气, 且其随高度的衰减最为迅速。HYSPLIT 后向轨迹模拟表明, 邢台站过程 1 和过程 4 的污染源均来源于我国西北地区, 属于远距离输送型, 且输送高度较高; 而过程 2 和过程 3 的污染源来源于我省中部的石家庄地区, 属于区域内输送型, 输送高度较低。强浓雾的各气象要素分布区间最窄, 浓雾和雾的分布区间较强浓雾宽, 而霾的分布区间最为宽广。在发生强浓雾、浓雾、雾和霾时, 最具区分意义的是湿度因子。在强浓雾出现前 24 小时内, 地面一直维持小风高湿的静稳状态, 有雾或轻雾天气。

关键词: 雾霾; 污染; 环流; 低能见度

# 河南气象灾害对农业年景的影响评估分析

王记芳

河南省气候中心，河南 郑州 450003

## 摘要

利用1978-2017年河南省农作物播种面积和气象灾害资料，分析气象灾害时空分布特征，并开展气象灾害对农业年景影响的评估分析，得到以下结论：

(1) 河南省气象灾害时空分布不均，从年际变化来看，全省每年均不同程度受气象灾害影响，造成的农作物受灾面积年际变化较大；从灾害空间分布来看，豫西和豫西南最重，淮北平原次之，豫北北部、中东部和淮河以南地区最轻。

(2) 4类气象灾害中，干旱和暴雨洪涝占总气象灾害灾损比重高达81.3%。根据气象灾害等级划分标准，全省气象灾害对农业影响轻灾年份出现频率为60~65%，而重灾和特大灾频率仅占3~13%。灰色关联分析表明：主要气象灾害对农业影响由大到小分别为：干旱>暴雨洪涝>风雹灾>低温冷冻雪灾，表明干旱和暴雨洪涝是影响河南农业生产的主要气象灾害。

(3) 近40年来河南省农业灾损指数有明显减小趋势，其中20世纪80-90年代平均灾损指数较大，进入21世纪以来明显减小，表明气象灾害对农业生产的影响明显减轻。综合灾损评估模型分析表明，河南省轻灾发生频率为48%，为气象灾害影响较轻年景；重灾和特大灾频率为18%，属气象灾害较重年景，其中大旱的1986和1994年最为突出。总体而言，轻灾发生频率高，影响程度小；重灾频率低，但危害程度重。

利用关联度分析方法开展气象灾害年景评估，其物理意义明确、计算方法简便、资料来源可靠、定量化程度高、评估结果合理，是一个可用于业务运行并具有时间可比性的农业年景评估标准。在气候变暖背景下，河南省极端气候事件和气象灾害的变化更加复杂，农业气象条件不稳定性增加，各类气象灾害对农业生产的影响权重也可能发生变化，今后将继续边应用、边改进，不断完善气象灾害对农业年景评估模型与业务流程，提升评估的客观与定量化水平。

# 基于气候弹性模型的丹江口水库水源区径流模拟及预测

汪涛<sup>1, 2</sup>, 王苗<sup>3</sup>, 高正旭<sup>3</sup>, 秦鹏程<sup>3</sup>, 任永建<sup>3</sup>

(1. 国网湖北省电力公司电力科学研究院, 武汉 430077; 2. 国家电网公司高压电器设备现场实验技术重点实验室, 武汉 430077; 3. 武汉区域气候中心, 武汉 430074)

**摘要:** 利用1961—2015年丹江口水库水源区41个气象站点逐日降水、气温资料及该水库同期入库径流数据, 对丹江口水库水源区水文气象特征进行分析, 建立气候弹性模拟公式, 开展水库入库径流序列模拟; 结合未来RCP2.6、4.5、8.5三种情景下的降水、气温预估数据, 预测未来径流演变。结果表明: 近50多年来丹江口水库水源区气温以 $0.13\text{ }^{\circ}\text{C}\text{ (10 a)}^{-1}$ 的速率显著增加, 增温主要发生在1990年代以后; 入库径流年际和年代际变化显著, 整体呈 $-64.3\text{ m}^3\text{ s}^{-1}\text{ (10 a)}^{-1}$ 的减少趋势。气候弹性模型能较好地模拟出水库入库径流演变趋势, 相比气温, 径流对降水弹性系数更大; 未来三种情景下降水、气温均有所增加, 入库径流变化趋势不一, 其中RCP2.6情景下各年代入库径流偏少, 偏少幅度超 $270\text{ m}^3\text{ s}^{-1}$ , RCP4.5情景下各年代一致偏多, RCP8.5情景下径流呈 $-14.2\text{ m}^3\text{ s}^{-1}\text{ (10 a)}^{-1}$ 减少趋势, 年际间波动最为剧烈, 不利于水资源调度。

**关键词:** 径流; 降水; 气温; 气候弹性模型; 丹江口水库

## Simulation and Forecasting of Danjiangkou Reservoir Inflow Based on Climate Elasticity Model

WANG Tao<sup>1,2</sup>, WANG Miao<sup>3</sup>, GAO Zhengxu<sup>3</sup>, QIN Pengcheng<sup>3</sup>, REN Yongjian<sup>3</sup>

(1.State Grid Hubei Electric Power Research Institute, Wuhan 430077, China;2.Key Laboratory of High-voltage Field-Test Technique of State Grid, Wuhan 430077, China;  
3.Wuhan Regional Climate Center, Wuhan 430074, China)

**Abstract:** By using the daily precipitation、temperature data of 41 weather stations in the upper basin during 1961-2015 as well as the inflow data of Danjiangkou reservoir, the variation characteristics of the hydrometeorology were studied.We also simulated the historical runoff based on the climate elasticity model and future runoff by taking advantage of forecasting data in RCP2.6、4.5、8.5 emissions scenarios.The results indicated that:the temperature over the basin exhibited a significantly upward trend of  $0.13\text{ }^{\circ}\text{C}$  per decade and the increase mainly appeared after 1990s'.The runoff decreased by  $64.3\text{ m}^3\text{ s}^{-1}$  per decade while its interannual and decadal variability were remarkable. The climate elasticity model could imitate the change tendency of high and low water commendably and the elasticity coefficient of runoff to precipitation was higher than to temperature .The precipitation and temperature all increased in the three emissions scenarios and the runoff exhibited different tendencies. The runoff which increased in each decade in RCP2.6 emissions scenario decreased in all ages and the decrement exceeded  $270\text{ m}^3\text{ s}^{-1}$  in RCP4.5 emissions scenario the runoff increased in each decade.In RCP8.5 emissions scenario the runoff decreased by  $-14.2\text{ m}^3\text{ s}^{-1}$  per decade and fluctuated severely,which meant that it was not good for managing of water resources.

**Key words:** Danjiangkou Reservoir; Climate elasticity model;Inflow;Forecasting

# 气候变化对宁夏中南部山区马铃薯商品性状的影响研究

马力文 马海斌 徐青 刘静 张学艺 郑方

中国气象局旱区特色农业气象灾害监测预警与风险管理重点实验室

宁夏气象防灾减灾重点实验室

## 摘要

研究目的:宁夏中南部山区马铃薯以旱作为主,大部地区降水量不足 400mm,特别是北部在 300mm 以下,不能满足马铃薯需水,且生育期间干旱频繁,发棵至开花阶段高温干旱往往造成结薯少,薯块小,产量低。有研究发现固原市马铃薯产量与开花后 40d 的平均气温负相关,与膨大初期降水量呈显著正相关,其他时段气象因子大多不显著。耿秀华等得出西吉县马铃薯产量与开花期气温负相关,与花序形成至开花期降水量和膨大初期相对湿度正相关。姚玉璧等认为黄土高原区除采收期外,其余时段的气温对马铃薯产量为负效应。总体来看,上述研究得出的显著影响气象因子不尽相同,马铃薯单产对历史和未来气候变化的响应也差异较大,有必要对马铃薯块茎性状受气象条件的影响及对气候变化的响应进行研究。

研究方法:为了确定气象因子对马铃薯的影响,考虑正态分布和偏态分布假设,利用固原、西吉马铃薯多年定点试验资料,结合 2016-2017 年在固原、西吉和同心开展的马铃薯试验结果,用试验田马铃薯单产与播前、苗期、开花期、薯块膨大期等各发育阶段的降水量、降水日数、平均气温、日较差、日照时数等进行多种因子相关分析,选择通过显著性检验的因子,进一步对各因子进行偏相关分析,去除因子间相关的影响,得到马铃薯生长及产量形成的关键气象因子,并探讨了产量、结薯量对气候变化的响应,为确定马铃薯适应气候变化的对策评价奠定基础。

研究结果:块茎膨大期日均降水量由 1mm/d 增加到 2mm/d,商品薯率由提升至 76.5%,日均降水量达到 2.94mm/d 时,商品薯率达到 100%。开花后第 4 旬(淀粉积累转折期)平均气温每升高 1℃,商品薯率下降 4.0%~5.5%。3~4 月播前降水量每增加 10mm,可增加商品薯 3.14%~11.01%,越干旱增加降水对商品薯率提升越大。播种 3~4 月的降水量在 50mm 范围内,每增加 10mm,平均单株薯重可增加 37.84 g/株~73.88g/株,播前降水越少,增加降水对单株薯重的提升作用越大。出苗至花序形成期日均降水量每增加 1mm,平均单株薯重增加 110.39g/株。花序形成至开花阶段降水量在常年 0-60mm 范围内,每增加 10mm 降水,单株

结薯增重 24.3~64.4g/株。膨大后 4 旬累积日照时数每增加 10h，平均单株薯重增加 23.42g/株。

结论：宁夏中南部山区马铃薯商品性状受气象条件影响，马铃薯平均单产随着气候变化有增产趋势，气候的作用使马铃薯增产 52.45g/亩\*10a。平均单株结薯数随着气候变化有减少趋势，气候变化导致平均单株结薯数减少 0.44 个/株\*10a。商品薯率受气候变化的影响较小。平均单株薯重随着气候变化而增加，64 年来提高 4.15 g/株。总体来看，宁夏气候变化使宁夏中南部山区马铃薯生产情况趋于改善，单产增加，大中薯率略增，单株薯重增加，但单株结薯数减少。

讨论：尽管安排了较多的田间试验，同时利用 2016 年西吉、固原、同心分期播种、密度和栽培措施试验资料和固原西吉马铃薯农业气象观测报表资料，获取到了一定的样本开展了研究，但要得到较为准确的模型和指标比较困难，许多农业气象指标还需要深入的研究。上述模型只是在病虫害和农业气象灾害较轻的条件下构建的，特殊气象条件还需要开展人工控制环境下的试验研究。

# Effects of climate change on building climatic zoning in China

Shanjun Cheng<sup>1</sup>, Mingcai Li<sup>1</sup>

*1. Tianjin Climate Center, Tianjin, 300074, China*

## Abstract

Building climatic zoning is an essential element of most building energy efficiency programs to improve thermal performance of buildings. The effects of climate change on building climatic zones in China were investigated by using 55-year (1961–2015) observational data based on the same parameters and terms as specified in the Code for thermal design of civil building. The results showed that the building climatic zones have largely changed accompanying the prominent warming, with the transition areas of  $31.77 \times 10^4 \text{ km}^2$ ,  $69.95 \times 10^4 \text{ km}^2$ , and  $78.47 \times 10^4 \text{ km}^2$ , accounting for 3.4, 7.4, and 8.3 % of the land surface for the periods of 1971–1980, 1981–1990, and 1991–2015 relative to 1961–1990. The severe cold zone has reduced, and the other four climatic zones have expanded, with the largest expansion occurring in cold zone. The major transition is from severe cold to cold zone, accounting for 69.7, 75.1, and 71.5 % of the total change for the three periods compared with 1961–1990. The transitions from cold to HSCW zone, cold to mild zone, mild to HSCW zone, and mild to HSWW zone are also main types of climatic zone changes. The results in this study suggest that climate change has apparent effects on building climatic zones in China. Hence, accurate building design strategies are urgently needed to improve the energy efficiency and actively address climate change.

# 气候变化对七星河径流驱动影响关系的分析

郑 红

(黑龙江省气候中心, 哈尔滨 150030)

## 摘 要

为了达到七星河流域水资源的综合利用和农业可持续发展的目的。使用1961-2013年保安和宝清气象、水文监测资料;基于水量平衡方程出发,采用相关、趋势和突变检测等方法计算。研究分析了七星河流域中游区段降水、气温、蒸发及对径流驱动变化,特别是对突变前后特征变化影响。结果表明近53年来保安与宝清等面上雨量变化关系基本一致,正相关显著。通过对保安与宝清径流变化特点的分析,揭示出七星河与挠力河中游段两径流量变化趋势一致,正相关系数高达0.89。从分析降水对径流变化关系中指出,降水对径流的驱动影响相关系数达0.72,而面上雨量对径流的驱动影响更大一些;经统计取保安降水 $\geq 600\text{mm}$ ,对应径流偏多确率为0.77,而面雨量对径流偏多确率达0.89,表明降水成为驱动径流变化的主要因子之一。计算了蒸发与径流变化相关系数达-0.25,并具有明显阶段变化特点,1961-1987a蒸发与径流相关系数达-0.55,而1988-2013a相关系数仅达-0.14相关很低,表明蒸发从1988年开始发生了转折性变化;1961-1987a蒸发对径流的反相关变化确率达0.78;而1988-2013a的反位相确率为0.39可见蒸发对径流的驱动影响主要表现在1961-1987年段上。另外分析了宝清气温与保安径流呈反向变化趋势特点,相关系数达-0.33;经突变计算,突变前1961-1987a为低温时段,突变后1988-2013a为较高时段;突变前气温与径流量相关系数为-0.23;低温对应径流偏多年份确率达0.69;突变后26年中气温与径流相关系数为-0.15但气温偏高对应径流偏少确率达0.83;可见气温变化虽不能对径流变化直接产生驱动影响,但却能起到加速或减少蒸发的驱动作用和对降水起到不同冷暖环境下对径流变化的驱动影响。最后分析了气候变暖大背景下降水对径流驱动影响再分析,一致表明气候变暖前后,尤其变暖后降水成为驱动径流变化影响的主要因子。

**关键词:** 气候变化; 径流; 驱动; 影响

# Observational Quantification of Climatic and Human Influences on Vegetation Greening in China

Wenjian Hua<sup>1,2,\*</sup>, Haishan Chen<sup>1</sup>, Liming Zhou<sup>2</sup>, Minhua Qin<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Key Laboratory of Meteorological Disaster, Ministry of Education (KLME), Nanjing University of Information Science and Technology, Nanjing 210044, China

<sup>2</sup>Department of Atmospheric and Environmental Sciences, University at Albany, State University of New York, Albany, NY 12222, USA

\*Correspondence: wenjian@nuist.edu.cn

## Abstract

This study attempts to quantify the relative contributions of vegetation greening in China due to climatic and human influences from multiple observational datasets. Satellite measured vegetation greenness, Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), and relevant climate, land cover, and socioeconomic data since 1982 are analyzed using a multiple linear regression (MLR) method. A statistically significant positive trend of average growing-season (April–October) NDVI is found over more than 34% of the vegetated areas, mainly in North China, while significant decreases in NDVI are only seen in less than 5% of the areas. The relationships between vegetation and climate (temperature, precipitation, and radiation) vary by geographical location and vegetation type. We estimate the NDVI changes in association with the non-climatic effects by removing the climatic effects from the original NDVI time series using the MLR analysis. Our results indicate that land use change is the dominant factor driving the long-term changes in vegetation greenness. The significant greening in North China is due to the increase in crops, grasslands, and forests. The socioeconomic datasets provide consistent and supportive results for the non-climatic effects at the provincial level that afforestation and reduced fire events generally have a major contribution. This study provides a basis for quantifying the non-climatic effects due to possible human influences on the vegetation greening in China.

**Keywords:** vegetation greenness; NDVI; human influences; China

# 气候变化对伊洛河上游流域水资源影响评估

郜彦娜<sup>1</sup> 左璇<sup>2</sup>

(1. 郑州市气象局, 河南 郑州 450000; 2. 河南省气候中心, 河南 郑州 450000)

## 摘要

以豫西山区典型小流域洛河上游地区为研究对象, 利用伊洛河上游流域的高程和包含土壤平均持水力、土地利用、产汇流时间等的土地利用数据, 结合研究流域及周边国家气象站的逐日降水、气温观测数据驱动 HBV 模型后, 再结合卢氏水文控制站历史上的逐日流量和水位资料, 将 2004-2017 年流域气象水文观测数据划分为率定期(2004-2010 年)和验证期(2011-2017 年), 通过率定调参验证, 生成本地化的 HBV 模型, 并建立径流和流量关系, 从而对伊洛河流域 2004-2016 年近 13 年水资源进行诊断分析。结果表明, 经过模型率定后, HBV 模型在率定期内实测与模拟径流过程的趋势基本一致, 模型的确定性系数达 0.75, NASH 效率系数为 0.57, 模拟效果较好。验证期模拟的确定性系数为 0.91, NASH 系数为 0.81, 模拟的水文过程线与实测基本吻合, 该模型在伊洛河流域适用性良好。2004-2016 年, 伊洛河流域水资源呈波浪变化, 丰沛年 2011 年较枯竭年 2008 年水资源量几乎翻倍, 近 13 年总体呈现下降趋势, 尤其最近两年 2015-2016 年较 2011 年下降八成。利用国家气候中心提供的在全球模式 BCC\_CSM1.1 驱动下的区域气候模式 RegCM4.0 模拟的逐日降水要素, 应用本地化后的 HBV 水动力模型, 输入逐日降水量和流量数据进行模拟, 评估了气候变化对伊洛河流域水资源的影响; 对 RCP4.5 和 RCP8.5 两种不同情景下, 未来气候变化对伊洛河水资源造成的影响进行预估。得出如下结论: RCP4.5 下未来一百年伊洛河上游流域水资源基本保持稳定, 2017 年-2042 年水资源相对较少, 2044 年-2051 年期间相对丰盈。RCP8.5 情景下, 模拟的伊洛河流域水资源未来百年有略下降趋势, 但 2017-2042 年水资源量偏少, 2044-2051 年水资源量增加的趋势与 RCP4.5 是一致的。可见未来 30 年对伊洛河上游水资源保护和水污染治理仍刻不容缓。

**关键词:** HBV 模型 气候变化 水资源评估

# 重庆市区域低温监测评估业务技术规范探讨

杨琴

重庆市气候中心

## 摘要

低温是重庆地区主要气象灾害之一，低温是指连续数日甚至十几日出现气温相对较低的灾害性天气，常伴有强降温、连阴雨。低温可对农业生产造成损失，给社会生产和人民生活带来的影响损失巨大。低温监测目前全国大都停留在单站的监测上，而对于区域过程的监测评估则较为缺乏。区域的低温过程由于影响范围广，致灾性较强，具有重大的现实意义。因此，制定系统的、能够满足现代化建设需求且具有重庆本地特色的区域性低温天气过程评估标准是必要且紧迫的。本文针对重庆本地的实际情况，详细介绍了重庆低温定量评估技术标准本地的编研情况。

本文研究了重庆低温的区域范围，区域低温的判定标准，区域内单站低温等级指标，区域低温过程综合等级指标，区域低温强度综合指数，年度低温综合强度标准的制定等。我们定义，在某一时段内国家级气象站出现低温的站点数达到或超过 2 成（重庆 34 个站的 20%，即 7 个站）开始，到不满足 2 成站点结束，称为一次区域低温天气过程。我们评定区域低温天气过程等级，制定区域低温强度指数，主要考虑以下三个方面：区域低温过程持续时间、区域过程累计站点数、累计气温距平。区域低温过程强度指标定义如下：1、区域低温的过程持续时间  $IA = O(t)$ （结束时间）-  $S(t)$ （开始时间），持续时间不能少于 2 候，表征该区域过程具体持续的天数，进行极差标准化得到 IA。2、最大站点数  $IB = \text{SUM}(si)$ ， $\text{SUM}(si)$  为此次区域低温过程的最大影响范围，即所覆盖的最大站点数， $si$  为第  $i$  个站点。3、累计气温距平  $IC = \text{SUM}(Pi)$ ，评估区域内所有站点候平均气温距平（绝对值）的累计值， $Pi$  为第  $i$  个站点的气温距平值。区域低温综合强度指数的制定，分别对 IA、IB 和 IC 经过极差标准化，得到序列 NIA、NIB 和 NIC。由于低温主要考虑过程时间持续性、影响范围、降温强度，因此加大了相应的指标序列权重，则考虑 NIA、NIB 和 NIC 权重分别为 0.5、0.3、0.2。利用不等权集成方法得到区域低温综合强度指数  $F = 0.5 \times NIA + 0.3 \times NIB + 0.2 \times NIC$ 。（强度指数等级划分标准：轻度  $0 < F < 0.4$ ，中度  $0.4 \leq F < 0.6$ ，重度  $0.6 \leq F < 0.75$ ，特重  $0.75 \leq F$ ）。2016 年，重庆气候监测分析平台中的低温监测评估开始投入建设并业务试用。2018 年 6 月，报送地方政府形成了重庆市地方标准《重庆市区域性低温天气过程评估标准》。

# 动力气候模式对伊犁河谷 8.1 极端降水过程 预测能力的检验评估

李海燕<sup>1)</sup> 张俊兰<sup>2)</sup>

1) (新疆气候中心, 乌鲁木齐 830002), 2) (新疆气象台, 乌鲁木齐 830002)

## 摘要

### 1 伊犁 8.1 极端暴雨过程概述

2016 年 7 月 31 日至 8 月 2 日, 新疆北部、天山山区及南疆西部出现了一次明显的降雨过程。暴雨中心出现在新疆偏西的伊犁河谷及天山山区的局部地区, 其中伊犁河谷全境出现大于 24.1mm 的暴雨, 阿合奇、精河、天池、和布克赛尔等也出现了局地暴雨, 多地日雨量破历史极值。

### 2 资料方法和降水标准

新疆气候中心根据预报司业务规定强降水过程业务规定采用过程日最大降水量平原站 5mm, 山区站 11mm 的标准。按照此标准: 本次伊犁河谷极端降水达到强降水过程标准, 属于一次强降水过程。

### 3 前期环流背景及主要影响因子

#### 3.1 新疆汛期降水基本特征

2016 年夏季新疆特别是北疆强降水过程频次多, 影响范围广、累计雨量大、区域降雨强、日雨量突破历史极值、受灾点多等特点。

#### 3.2 前期信号及环流影响因子

##### 3.2.1 中高纬环流 (阻塞系统)

2016 年夏季欧亚中高纬呈两槽一脊型, 中亚及东北亚地区为平均槽区, 无明显的阻塞系统, 东阻强于西阻, 西太平洋副高异常偏强偏西, 位置略偏北。7 月月平均环流场也有类似的表现, 深厚、稳定的中亚低槽说明该地冷空气相对活跃。

##### 3.2.2 高中低层风场

高中低层的南风异常和偏东风的异常构建了伊犁河谷强降雨的风场结构。

##### 3.2.3 副高影响

稳定深厚的西太副高则是新疆出现强降水有利的大尺度环流背景, 西太副高的稳定维持阻挡了天气系统的快速移动, 为暴雨的形成提供了较长的持续时间。

##### 3.2.4 海温影响 (Nino3.4 区 SSTA)

1981 年以来伊犁河谷夏季降水偏多 2 成以上的年份基本上均发生在厄尔尼诺事件的当年或次年, 且其爆发类型为中部型的厄尔尼诺事件。伊犁 7 月、8 月降水与厄尔尼诺海温监测 SSTA 和印度洋海温指数 IBOW 存在显著的正相关, 2016 年是厄尔尼诺的衰减年, 同时印度洋暖海温异常, 有利于伊犁地区降水偏多, 与事实比较吻合。

## 4 模式检验评估

### 4.1 环流预测

DERF2.0 气候月动力延伸模式不同时效的预测检验来看,提前 30 天环流预测与实况不符;提前 20 天、10 天、5 天的环流预测尽管报出了东强西弱的环流配置,但是下游蒙古高压脊的位置偏差明显。CFSv2 提前 30 天和 20 天的环流距平场预报相似程度不高,提前 10 天的环流预测具有一定的参考价值。

### 4.2 要素预报

CFSv2 提前 20 天起到临近持续预测了 8 月 1 日降水过程,且预报落区正确。DERF2.0 对于伊犁暴雨的要素预报不甚理想,未报出强降雨过程。

### 4.3 降水过程预测

文中选取伊犁河谷极端降水的代表站尼勒克(51433)和昭苏(51437)站来检验两种模式对于强降水过程的预报能力。DERF2.0 提前 10 天和 20 天对强降水过程有一定的预测能力;CFSv2 提前 30 天预测了该降水过程,但短期调整误差较大。

关键词: 强降水过程, DERF2.0 模式, CFSv2 模式, 延伸期预报

#### 参考文献:

- 陈丽娟, 顾薇, 丁婷, 等. 2016. 2015年汛期气候预测先兆信号的综合分析. 气象, 42(4): 496-506.
- 袁媛, 高辉, 贾小龙, 等. 2016. 2014-2016年超强厄尔尼诺事件的气候影响. 气象, 42(5): 532-539.
- 顾薇. 2016. 夏季热带西太平洋海温对厄尔尼诺发展阶段我国东部汛期降水的影响分析. 气象, 42(5): 548-556.
- 王东阡, 王艳姣, 崔童, 等. 2016. 2015年夏季气候异常特征及其成因简析. 气象, 42(1): 115-121.
- 刘佳, 徐金霞, 马振峰, 等. 第二代月动力延伸预报产品对西南汛期降水的预报检验[J]. 高原气象, 2014, 33(6): 1468-1479
- 钱维宏, 蒋宁, 杜钧. 2016. 中国东部7类暴雨异常环流型. 气象, 42(6): 674-685.
- 杨莲梅, 李霞, 张广兴. 2011. 新疆夏季强降水研究若干进展及问题[J]. 气候与环境研究, 16(2): 188-198.
- 李海燕. 2014. 天山山区暴雨过程的多尺度综合分析及动力诊断[D], 兰州大学
- 杨莲梅, 张云惠, 汤浩. 2012. 2007年7月新疆三次暴雨过程的水汽特征分析[J]. 高原气象, 31(4): 963-973.
- 郎杨. 2015. CFSv2在中国区域的季节干旱可预报性研究[D], 北京师范大学

# 渤海西岸沧州市海陆风的统计特征及标准

王淑云, 何璇, 任妙春, 张晓瑞

(河北省沧州市气象局, 沧州 061000)

## 摘要

利用 2015~2016 年常规观测数据、地面自动气象资料, 研究确立河北省沧州市海陆风日标准, 统计分析沧州市海陆风的时空分布特征, 试行设立了沧州市海陆风强度标准(地标)。

沧州地区海风风向的范围定义为: 北东北至东南向(ENE~SE)。沧州市海陆风具有明显的季节特征, 5~8 月份为海陆风的高发时期, 全年 60% 以上的海陆风日都出现在这四个月份, 12 月份、1~2 月份海陆风发生频率最低。各季节海陆风平均持续时间均为 12~13 小时, 平均开始时间均出现在午后, 为 13~15 时; 结束时间为 21~23 时。沧州市海陆风引起的气象变化主要表现在气温、湿度、降水, 强对流天气较少。沧州市在 2015~2016 年共发生 48 次海陆风天气过程。在 48 次海陆风天气过程中, 有 13 次伴有区域性降水, 中雨以上量级有 6 次, 其中大雨 3 次。在因海陆风发展导致的强对流天气过程中, 有 7 次伴有 6 级以上的大风天气, 对海陆风最为敏感的是气温变化, 海陆风形成时刻会导致气温的骤变, 尤其是在上午发生海陆风时, 气温总是不升反降, 最为敏感时, 一个小时最高气温会下降 3℃ 以上, 在下午发生海陆风天气时, 对最低气温的影响较大。

根据海陆风引发的降水、雷暴大风及降温强度等天气现象, 试行制定海陆风强度等级标准(地标)。把沧州市海陆风强度划分为三级, 其中, 三级为无降水或者微量、个别点有小雨, 气温变化 2℃ 左右; 二级为有区域性降水, 强度为小雨或中雨, 或伴有 6 级以下雷雨大风, 或者气温变化 3~4℃; 一级为大雨以上降水, 个别点有短时强降水, 或者有雷暴大风, 或者气温变化 5℃ 以上。对温度、降雨、风力影响不显著的不分级。

根据以上划分标准, 2015~2016 年沧州市发生一级强度的海陆风 6 次, 占比 18%, 其中, 5 次发生在夏季, 1 次在 4 月份; 二级强度的海陆风 9 次, 占比 27%, 其中, 6 次发生在春季和秋季, 3 次发生在夏季; 三级强度的海陆风 18 次, 占比 54%。

**关键词:** 海陆风; 气候特征; 统计分析; 强度标准

# 气候变化背景下武川主要作物生产水足迹变化分析

赵慧<sup>1,2</sup>, 潘志华<sup>2\*</sup>, 韩国琳<sup>2</sup>, 董智强<sup>3</sup>, 张婧婷<sup>4</sup>, 赫迪<sup>5</sup>, 王立为<sup>6</sup>, 张君<sup>7</sup>  
(1. 中国气象局旱区特色农业气象灾害监测评估与风险管理重点实验室, 银川 750002; 2. 中国农业大学资源与环境学院, 北京 100193; 3. 山东省气候中心, 济南 250031; 4. 中国科学院生态环境研究中心, 北京 100085; 5. 中国气象科学研究院, 北京 100081; 6. 沈阳农业大学农学院, 沈阳 110866; 7. 内蒙古农牧业科学院资源环境与检测技术研究所, 呼和浩特 010031)

**摘要:** 生产水足迹(WFP)是指生产单位产品所消耗的水资源, 一般用单位质量农产品所需要的水的体积来表示作物生产水足迹。气候变化对生产水足迹的影响是农业生产者关心的重要科学问题。本文以内蒙古自治区武川县主要作物马铃薯、春小麦为例, 基于 1983-2010 年气象数据及生育期资料, 修正作物系数, 应用 CROPWAT 模型, 计算作物生产水足迹, 分析气候变化对作物生产水足迹的影响。结果表明: (1) 近 28a 来, 武川县气候呈干暖化变化趋势, 马铃薯和春小麦生产水足迹呈显著下降趋势 ( $P < 0.05$ ); (2) 气候变化对作物生产水足迹影响显著, 生育期平均相对湿度、平均温度和平均日较差对马铃薯生产水足迹影响较大, 生育期平均风速和平均日较差对春小麦生产水足迹影响较大; (3) 1983-2010 年马铃薯平均生产水足迹为  $1.37\text{m}^3\cdot\text{kg}^{-1}$ , 春小麦平均生产水足迹为  $2.51\text{m}^3\cdot\text{kg}^{-1}$ , 说明在当地生产单位质量的干物质, 春小麦比马铃薯消耗更多水分。在该地区适当增加马铃薯播种面积, 对提高水资源利用效率, 促进地区农业发展具有重要作用。  
**关键词:** 生产水足迹; 气候变化; 马铃薯; 春小麦; 作物系数; 内蒙古武川县

## 1. 结果结论

(1) 1983-2010 年, 武川年平均气温极显著升高 ( $P < 0.01$ ), 年平均风速极显著降低 ( $P < 0.01$ ), 气温日较差呈显著线性减小 ( $P < 0.05$ ), 年降水量、平均相对湿度和日照时数的线性变化趋势均不显著, 武川县气候呈干暖化变化趋势。

(2) 1983-2010 年武川县马铃薯平均生产水足迹为  $1.37\text{m}^3\cdot\text{kg}^{-1}$ , 春小麦平均生产水足迹为  $2.51\text{m}^3\cdot\text{kg}^{-1}$ , 近年来均呈显著下降趋势 ( $P < 0.05$ )。马铃薯生产水足迹受生育期内平均相对湿度、平均温度和平均日较差的影响显著, 春小麦受生育期内平均风速和平均日较差影响显著。

(3) 武川单位产量马铃薯的生产水足迹小于春小麦, 从水资源利用效率的角度来看, 种植马铃薯优于春小麦。

---

\*通讯作者。E-mail: panzhihua@cau.edu.cn

基金项目: 国家重大科学研究计划“973”项目(2012CB956204); 国家自然科学基金项目(41271110; 41371232); 国家科技支撑计划(2012BAD09B02); 公益性行业(农业)科研专项(201103039)

作者简介: 赵慧(1992-), 女, 陕西榆林人。E-mail: zhaohui\_cau@163.com

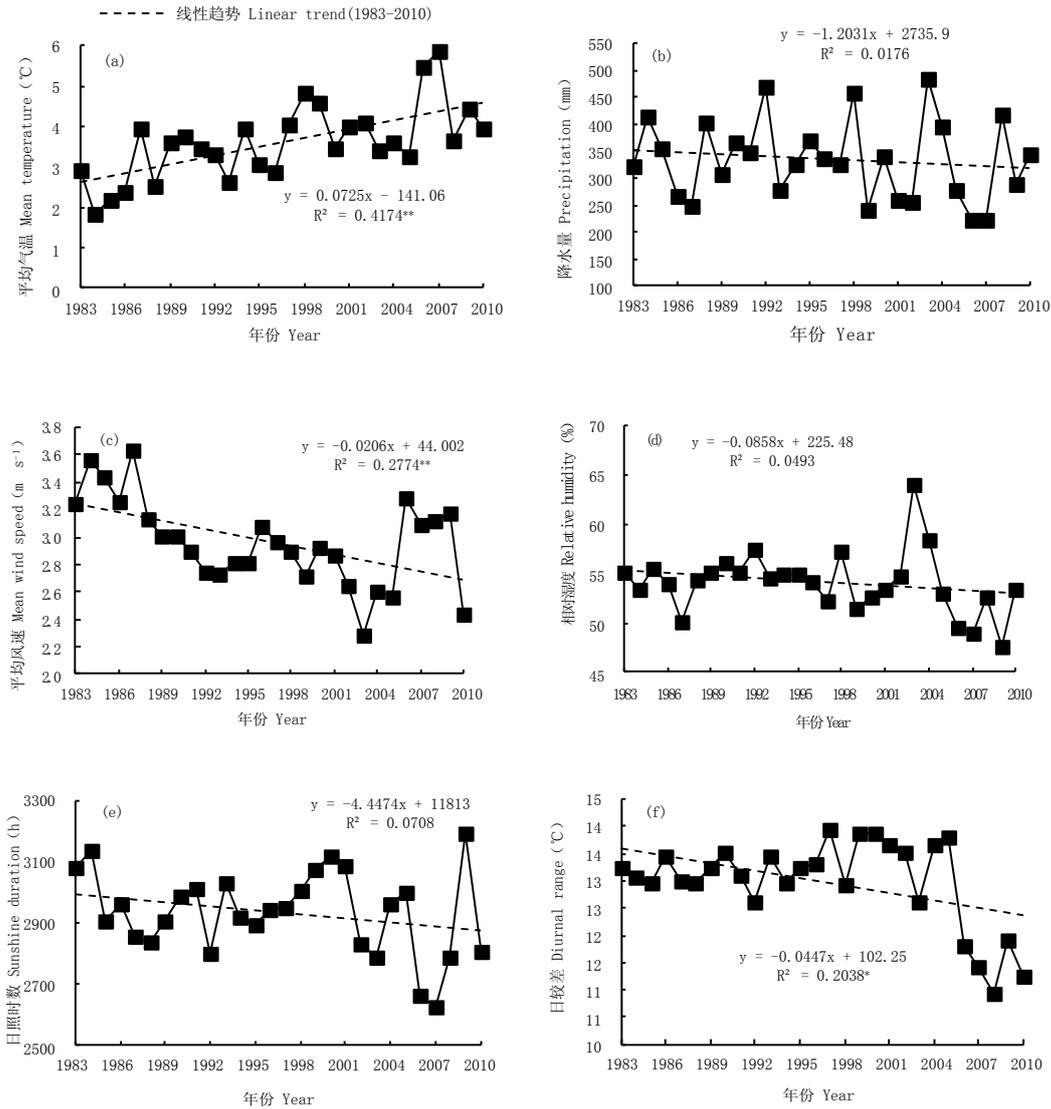


图 1 1983-2010 年武川县各气候要素的年度变化

注：\*、\*\*分别表示相关系数通过 0.05、0.01 水平的显著性检验。下同

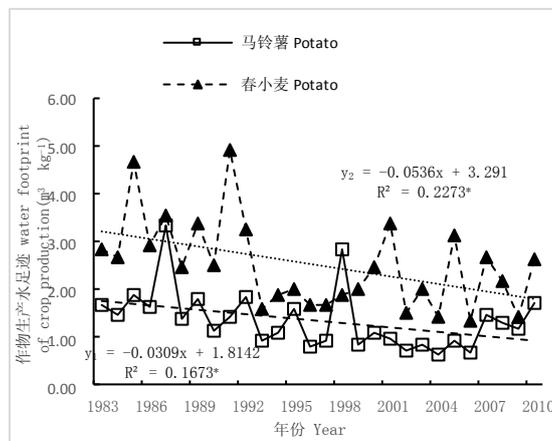


图 2 1983-2010 年武川县马铃薯和春小麦生产水足迹的年度变化

注： $y_1$ 、 $y_2$  分别为 1983-2010 年马铃薯、春小麦生产水足迹的趋势线方程