

MJO 和 AO 持续异常对云南干旱的影响研究

琚建华^{1,2}, 吕俊梅², 谢国清¹, 黄中艳¹

(1. 云南省气象学会, 云南 昆明 650034, 2. 中国气象科学研究院, 北京 100081)

摘要:热带季节内振荡和北极涛动的持续异常会对全球大气环流产生影响, 同样会对东亚地区的旱涝造成影响。本文针对云南及周边地区近年来频繁出现的极端干旱事件进行了分析。发现当热带大气季节内振荡(MJO)和北极涛动(AO)两者持续异常时, 会对云南的降水产生影响。2009/2010秋、冬、春3季连旱就是由MJO和AO出现极端异常(MJO异常不活跃; AO异常偏弱)造成的。2011年云南主汛期极端伏旱的产生则是由于MJO持续不活跃和西太平洋高压脊异常偏北造成的。

关键词:干旱; MJO; AO; 持续异常; 云南

中图分类号: P429

文献标识码: A

气候变暖使得极端气候事件发生的频率和强度增加, 在年代际时间尺度上, 20世纪70年代末热带中东太平洋发生的“年代际 El Nino 现象”是引起华北地区1970年代末以来持续干旱的重要原因^[1], 黄荣辉等人研究发现热带西太平洋暖池的热状态及其上空的对流活动能够激发出异常的东亚—太平洋型(EAP型)遥相关波列, 使得江淮流域出现干旱^[2]。此外, 大气环流异常型的发展和长期持续也会引起干旱发生, 卫捷等^[3]的研究表明, 1999及2000年中国华北地区的严重干旱是由于欧亚大陆35°~45°N纬度带的正位势高度距平区叠加欧亚型(EU)遥相关波列, 华北地区经常受高压脊控制。热带大气季节内振荡(Madden Julian Oscillation, 简称MJO)是全球热带地区的一种大气季节内振荡现象, 它表现为热带对流活动从印度洋到大西洋的自西向东传播, 因此, MJO的不同位相代表热带不同地区的上升和下沉运动^[4-5]。研究表明, MJO对全球的天气气候异常有着重要作用, MJO对东亚地区冬季的降水和气温具有调制作用, 它所激发出来的环流异常能使中等强度的冷涌增幅为极端冷涌^[6-7]。而在夏季的时候, 来自赤道印度洋的MJO引起南海地区西风的加强, 触发中国大陆南部出现季风涌, 季风涌携带暴雨产生所必须的水汽从南向北传播, 与来自北方的

冷空气交汇, 造成中国南方流域性致洪暴雨^[8-9]。

北极涛动(Arctic Oscillation, 简称AO)是北半球高纬度大气环流的主要模态, 它的正、负位相代表了北半球中高纬度地区西风强度的变化以及北方冷空气的活动情况。大量的研究表明, AO对北半球冬季中高纬地区的气候异常有着重要的作用, 也对东亚地区的气候有重要影响^[10-13]。Ju等人^[14]的研究指出AO在年代际时间尺度上的变化趋势使得1970年代末以后冬季南支槽异常加深, 将大量水汽输送到青藏高原和华南地区, 导致这些地区的冬季降水发生年代际增多。

自二十一世纪以来, 云南及周边地区进入了一个10a年以上的年代际变化过程, 在此期间, 云南发生了数次严重的极端干旱事件, 如2003年的春旱、2006年的严重春旱和初夏旱, 2009/2010年秋冬春3季严重的连旱(有气象记录以来最严重的干旱), 2011年再次发生了有气象记录以来最严重的主汛期伏旱(图1)。

这些极端干旱, 对云南当地的工农业生产、社会进步和人民群众的生活带来了极大的影响。同时也表明, 我国雨带也有进一步北抬的趋势。

本文从MJO和AO的持续性异常入手, 考察云南北极旱涝与MJO和AO持续异常的关系。以

收稿日期: 2011-11-10; 改回日期: 2011-12-09

基金项目: 公益性行业专项项目“多时空尺度干旱监测与预警、评估技术研究”(GYHY201006023)资助

作者简介: 琚建华(1956-), 男, 云南昆明人, 博士, 教授, 主要从事全球气候变化研究、热带季风和海气相互作用研究、季节内振荡研究和极端旱涝的物理成因研究和教学。E-mail: jujh@cma.gov.cn

2009年秋季至2010年冬季云南发生的历史罕见的极端干旱和2011年云南夏季发生的极端主汛期干旱为例,分析影响云南极端干旱的天气与气候原因。研究发现MJO和AO的季节内持续性异常分别影响来自热带海洋的暖湿气流和来自中高纬度的冷空气,从而影响冷暖气流在云南及其邻近地区汇合,导致云南发生极端旱涝事件。本文所采用的资料都为常规资料,与文章*所使用的资料完全相同。

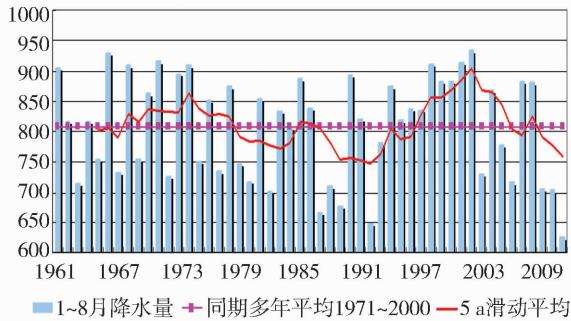


图1 1961~2011年云南全省平均1~8月降水量逐年变化图

Fig. 1 The yearly variation of mean precipitation from January to August in Yunnan Province during 1961-2011

1 MJO的持续异常对云南极端干旱的影响

分析了近年来云南极端干旱事件发生的物理原因。结果表明,2009年夏季至2010年春季云南降水的持续性偏少是导致云南及周边地区秋冬季3季极端干旱发生的直接原因。6~10月热带中东印度洋MJO指数持续维持弱指数(MJO指数的振幅 ≤ 1.0)。相应地,孟加拉湾地区的对流活动较弱,并在热带印度洋地区激发出异常的下沉气流,使得南亚地区的亚洲季风垂直环流异常减弱,亚洲夏季风强度为1961~2009年来极小值,热带印度洋向云南的水汽输送异常减少,从而导致2009年夏季至秋季云南的降水持续偏少,形成干旱。

2011年云南全省平均1~8月的降雨量是有气象记录以来(1961~2011年)最少的一年,又一次突破了干旱的极值(图1)。除了云南,整个西南地区夏季(JJA)降水明显偏少,贵州省2011年1~8月全省的降雨量同样也是达到了1961~2011年以来的

极端最少,重庆1~8月的降水量极端偏少,仅比历史上百年不遇的2006年同期稍多,另外接近了1961年(1961~2011年1~8月降水第二少的年份)降水,属第三少的年份。云南、贵州及周边几省几乎同时遭遇了历史极端伏旱,几个省市区全年雨量偏少已基本成定局。研究表明,造成云南和周边西南地区几个省市区2011年降水极端偏少的天气气候学原因主要是:印度季风环流偏弱(图2)和西太平洋副热带高压脊线偏北使得来自热带的暖湿气流和来自北方的冷空气都比常年偏弱(图3)。

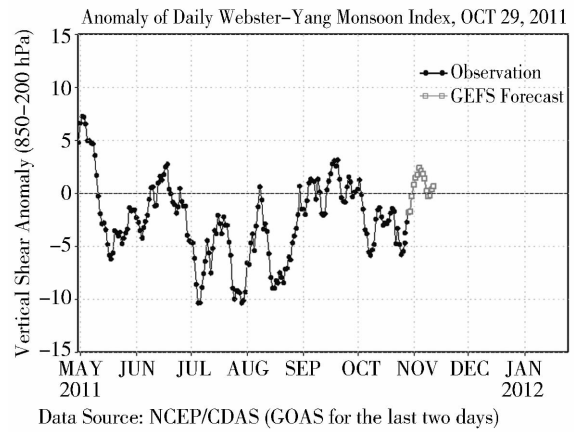


图2 2011年亚洲夏季季风环流指数距平图(引自CPC)
Fig. 2 The anomaly of daily Webster-Yang monsoon index in 2011 in Asia

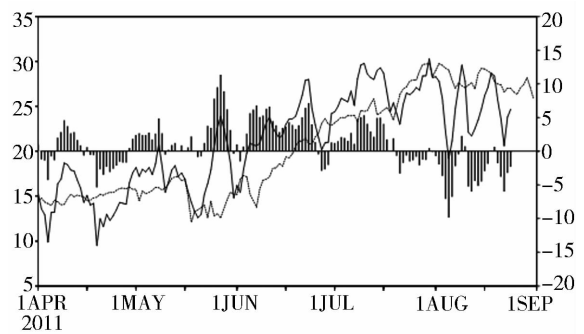


图3 西太平洋副高脊线的时间-纬度图(110°~130°E,实线)、气候平均(虚线)距平(直方图)(引自NCC)

Fig. 3 The time-latitude section of the position of the ridge of subtropical high

热带印度洋对流活动(MJO)异常偏弱是造成西南季风不强的更深层次主要原因。MJO的持续异

* Lü Junmei, JU Jianhua, REN Juzhang, et al. The influence of MJO activity anomalies on Yunnan's extreme drought of 2009-2010. Chinese Science Bulletin. in press.

常将造成整个亚洲夏季风环流的持续减弱(图4)。另外,由于 MJO 与 ENSO 的相互作用,不活跃的 MJO 也激发了新一轮 La Nina 事件的发展。

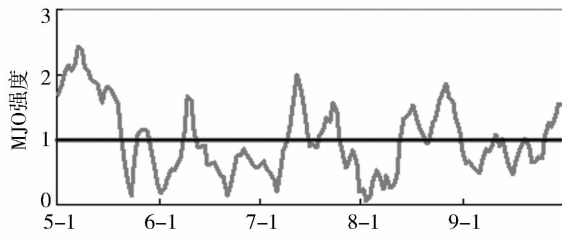


图4 2011年5~9月MJO(RMM指数的模)强度
Fig. 4 The intensity of MJO from May to September in 2011

目前热带海温正由正常分布向异常变化,一次新的 La Nina 已经发展形成, La Nina 的继续发展将有利于秋冬季 MJO 活跃,将会有相对充足的暖湿气流向大陆输送,随着秋冬春干季降水的偏多,就会有利于目前严重的水文干旱的减缓。如果太平洋与印度洋的 SST 能够长期维持东冷西暖的形势,在云南的干季,只要有合适的南支槽和南下的冷空气发展并在云南汇合,就将十分有利于本次极端干旱的减缓。

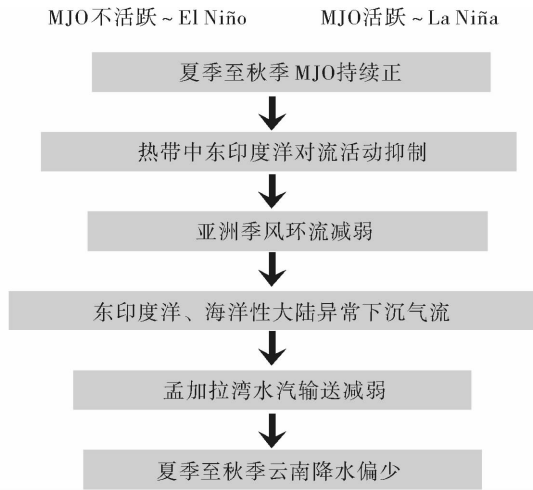


图5 云南干旱的天气气候影响机理示意图
Fig. 5 The mechanism of synoptic and climatic influence for Yunnan drought

根据前期的研究*,发现 MJO 的持续异常,常与 ENSO 活动叠加在一起, MJO 与 ENSO 是一种相互

作用的关系。从尺度上来看, ENSO 无论是时间尺度还是空间尺度都要远大于 MJO 的尺度,所以说, MJO 在大多数情况下是被 ENSO 控制的(通过 Walker 环流的上升支影响 MJO 的对流活动)。但是,在 ENSO 处于正负位相的转换阶段时, MJO 的活动可以激发 ENSO 事件(El - Nino 或 La - Nina)形成。异常活跃的 MJO 将容易激发 El - Nino 的形成;异常弱的 MJO 将容易激发 La - Nina 的形成(将另文专门讨论)。MJO 活动的异常将直接影响亚洲夏季风环流的强弱,而季风环流则是影响云南汛期降水的直接系统,图5是 MJO 影响云南汛期降水的机理示意图。

2 冬季 AO 异常对云南冬春季干旱的影响

人们早就注意到,冬季从印缅移来的低槽是影响云南天气的重要系统^[15]。这个低压槽是青藏高原南侧南支西风带中的西风扰动,通常被称作南支槽。研究表明,当南支槽发展加深,槽底向南伸到孟加拉湾海面,同时南海的副热带高压西伸到中南半岛,则可将孟加拉湾的西南暖湿气流向低纬高原的云南地区输送,这时如果有南下的冷空气配合,则会造成云南冬春季节的主要降水过程^[16]。过去的研究表明^[14], AO 向着正位相的年代际变化趋势使得 1970 年代末以后冬季南支槽异常加深。

为了揭示 AO 的年际变化对南支槽的影响作用,本文计算了 1951 ~ 2009 年冬季 AO 指数与 700 hPa 风场的相关(图6),很明显,冬季当 AO 处于正位相时,极涡增强,北半球中高纬度地区的西风气流偏强,大气环流以纬向型环流为主,不利于冷空气向南侵袭;同时,青藏高原南侧的南支西风也加强,并在孟加拉湾北部激发出一个异常的气旋性低压,此时南支西风带中的南支槽发展加深,槽底向南伸到孟加拉湾海面,有利于水汽向云南输送,云南冬季降水偏多。反之,当 AO 处于负位相时,南支槽减弱变浅,不利于水汽向云南输送,云南降水偏少。这表明在年际时间尺度上 AO 同样影响南支槽的强度变化。

2009/2010 年冬季 AO 指数为异常低的负值并且达到 1951 年以来的极小值(图7),在此情形下,极涡较弱,中高纬度的西风气流也较弱并且容易出

* Lü Junmei, JU Jianhua, REN Juzhang, et al. The influence of MJO activity anomalies on Yunnan's extreme drought of 2009 - 2010. Chinese Science Bulletin. in press.

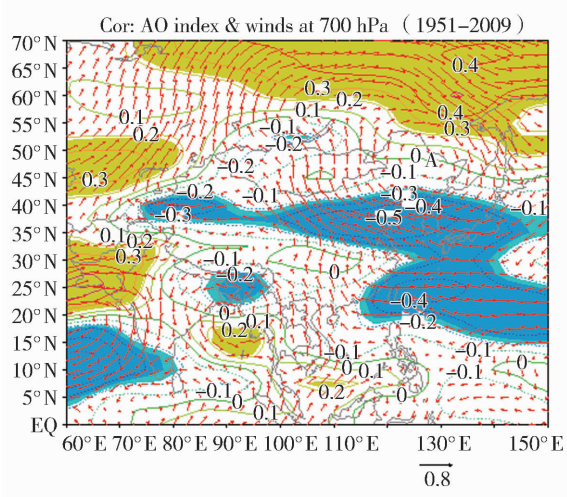


图6 1951~2009年冬季AO指数与700 hPa风场的相关
(等值线表示纬向风,阴影表示纬向风通过
90%和95%显著性检验)

Fig. 6 The correlation of AO index and 700 hPa
wind field in winter during 1951 - 2009 (the isolines
for zonal wind, the shadow for zonal wind through
the 90% and 95% significant test)

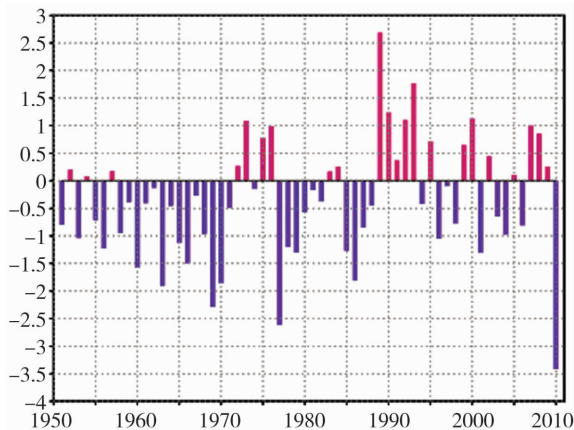


图7 1951~2010年冬季AO指数

Fig. 7 The AO index in winter during 1951 - 2010

现经向型环流,冷空气活动频繁;与此同时,副热带南支西风较弱,南支槽强度减弱(图略),不利于云南降水偏多。在季节内时间尺度上,2009年12月1日至2010年2月28日AO指数的逐日变化图(图8)显示,整个冬季仅有2 d AO指数为较小的正值,其余时间AO指数均为负值,也即AO持续处于负位相。AO的这种季节性持续性负异常所激发出来的700 hPa风场上(图9),中高纬地区西风气流减弱,东亚大槽异常加深加强,槽后的西北气流引导冷空气频繁向我国南侵,但是冷空气的路径相对偏东;

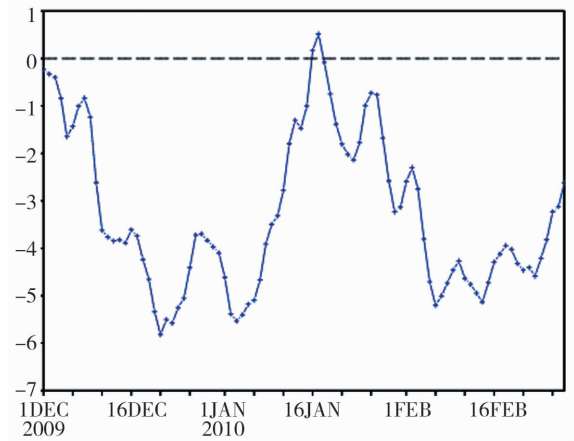


图8 2009年12月1日至2010年2月28日
AO指数的逐日变化

Fig. 8 The daily variation of AO index from
December 1, 2009 to February 28, 2010

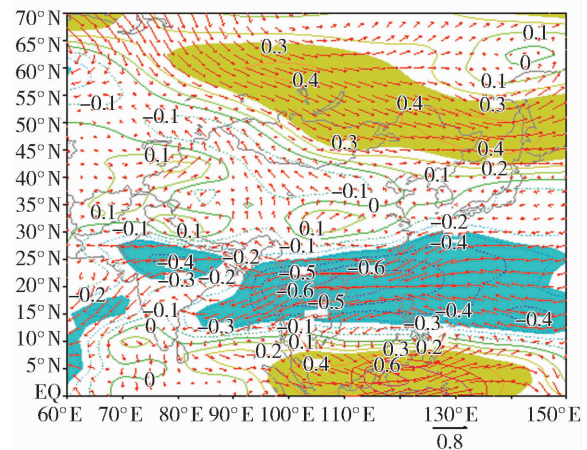


图9 2009年12月1日至2010年2月28日AO
指数与700 hPa风场的相关
(等值线表示纬向风,阴影表示纬向风
通过99%显著性检验)

Fig. 9 The correlation of AO index and 700 hPa
field from December 1, 2009 to February 28, 2010
(the isolines for zonal wind, the shadow for
zonal wind through the 99% significant test)

这也是2009/2010年冬季我国北方地区频繁发生暴风雪,江南和华南持续低温多雨的重要原因。另外一方面,西太平洋、南海至孟加拉湾地区盛行异常的东风,南海南部至孟加拉湾南部有一气旋性异常环流,使得南支槽减弱变浅,不利于水汽向云南输送,导致云南冬季降水偏少。因此,2009/2010冬季AO持续处于负位相是导致云南冬季降水持续性偏少的重要原因。

3 结论和讨论

近年来云南多次发生了较为严重的极端干旱事件,导致这些干旱事件发生的最直接原因是由于头年夏季至次年春季云南的降水持续性偏少。1961~2011年云南降水持续性异常指数的逐年变化表明,2009年云南全年的降水持续性偏少是1961~2009年中最严重的。2011年1~8月云南的降水再次创下自1961~2011年同期降水最少的极值,分别发生了极端的春旱和极端的伏旱。与此同时,还发生了气温偏高,土壤蒸发加大的气候异常事件。这样就使得干旱不断加剧,形成极端干旱事件。

研究表明,云南降水持续性偏少主要是由于夏季至秋季热带中东印度洋MJO指数持续维持正值和西太平洋副热带高压脊线异常偏北,使得冷暖气流难以在云南汇合,从而使得雨季降水减少。

2009/2010年冬季AO指数为1951年以来的极小值,并且AO在整个冬季持续处于负位相。与AO的持续性负异常相关的大气环流异常表现为,北半球中高纬度西风气流减弱,大气环流以经向型环流为主,东亚大槽异常加深,引导冷空气频繁向中国南侵;此外,青藏高原南侧的南支西风气流减弱,南海至热带印度洋地区产生异常东风,使得2009年冬季南支槽强度偏弱,不利于水汽从孟加拉湾向云南输送,云南冬季降水持续偏少,干旱加剧。因此,2009~2010年云南发生极端干旱事件是MJO和AO季节内的持续性异常作用连续叠加的结果。

由于La Nina事件的强烈发展,MJO在今年到明年的秋冬季和春季都有可能比较活跃,有利于秋、冬、春3季来自热带海洋的暖湿气流向我国大陆的输送,未来秋冬春3季云南降水都可能正常偏多。但由于主汛期降水和库塘蓄水严重偏少,需要特别注意西南东部地区今冬明春(2011/2012年)再次发生严重干旱事件。

参考文献:

[1] 周连童,黄荣辉. 关于我国夏季气候年代际变化特征及其可能

成因的研究[J]. 气候与环境研究,2003,8(3): 274-290.

- [2] 黄荣辉,李维京. 夏季热带西太平洋上空的热源异常对东亚上空副热带高压的影响及其物理机制[J]. 大气科学,1988(特刊): 95-107.
- [3] 卫捷,张庆云,陶诗言. 1999及2000年夏季华北严重干旱的物理成因分析[J]. 大气科学,2004,28(1): 125-137.
- [4] Madden R A, Julian P R. Detection of a 40-50 day oscillation in the zonal wind in the tropical Pacific[J]. J Atmos Sci, 1971, 28: 702-708.
- [5] Madden R A, Julian P R. Description of global-scale circulation cells in the tropics with a 40-50 day period[J]. J Atmos Sci, 1972, 29: 1109-1123.
- [6] Jeong J H, Ho C H, Kim B M, et al. Influence of the Madden-Julian Oscillation on wintertime surface air temperature and cold surges in East Asia[J]. J Geophys Res, 2005, 110. D11104, doi:10.1029/2004JD005408.
- [7] Jeong J H, Kim B M, Ho C H, et al. Systematic variation in wintertime precipitation in East Asia by MJO-Induced extratropical vertical motion[J]. J Climate, 2008, 21: 788-801. DOI: 10.1175/2007JCLI1801.1
- [8] 陶诗言,卫捷. 夏季中国南方流域性致洪暴雨与季风涌的关系[J]. 气象,2007,33(3): 10-18.
- [9] 琚建华,孙丹,吕俊梅. 东亚季风区大气季节内振荡经向与纬向传播特征分析[J]. 大气科学,2008,32(3): 523-529.
- [10] Wu B Y, Wang J. Possible impacts of Winter Arctic Oscillation on Siberian High, the East Asian Winter Monsoon and Sea-ice Extent[J]. Adv Atmos Sci, 2002, 19:297-320.
- [11] Gong D Y, Ho C H. Arctic oscillation signals in the East Asian summer monsoon [J]. J Geophys Res, 2003. doi: 10.1029/2002JD002193
- [12] 龚道溢,朱锦红,王绍武. 长江流域夏季降水与前期北极涛动的显著相关[J]. 科学通报,2002,47(7): 546-549.
- [13] Lü J M, Ju J H, Kim S J, et al. Arctic Oscillation and the autumn/winter snow depth over the Tibetan Plateau[J]. J Geophys Res, 2008, 113. D14117, doi:10.1029/2007JD009567.
- [14] Ju J H, Lü J M, Cao J, et al. Possible impacts of the Arctic Oscillation on the interdecadal variation of summer monsoon rainfall in East Asia[J]. Adv Atmos Sci, 2005, 22(1): 39-48.
- [15] 陶诗言. 冬季由印缅来的低槽对于华南天气的影响[J]. 气象学报,1953,23(30): 172-192.
- [16] 秦剑,琚建华,谢明恩等. 低纬高原天气气候[M]. 北京:气象出版社,1997. 6.

Studies on the Influences of Persistent Anomalies of MJO and AO on Drought Appeared in Yunnan

JU Jianhua^{1,2}, Lü Junmei², XIE Guoqing¹, HUANG Zhongyan¹

(1. Yunnan Provincial Meteorological Society, Kunming 650034, China;
2. Chinese Academy of Meteorological Sciences, Beijing 100081, China)

Abstract: The persistent anomalies of Madden – Julian Oscillation (MJO) and Arctic Oscillation (AO) not only have influences on global general circulation, but also have important implications for the drought and flood in eastern Asia. In this paper the frequent extreme drought events appeared in Yunnan Province and its surrounding areas in the past few years are analyzed. The results show that the precipitation in Yunnan would be affected while MJO and AO showed persistent anomalies. The three – season drought in autumn, winter and spring during the period of 2009 – 2010 was exactly caused by the extreme anomalies of MJO and AO (MJO was inactive while AO was unusually weak). And the persistent inactivity of MJO and the abnormally northerly location of western Pacific subtropical highs were responsible for the extreme summer drought during main flood season in 2011 of Yunnan.

Key words: drought; MJO; AO; persistent anomaly; Yunnan Province

《干旱气象》入选 2011 年中国科技论文 统计源期刊即中国科技核心期刊！

中国科学技术信息研究所 2011 年度“中国科技核心期刊”评选结果揭晓,《干旱气象》入选 2011 年“中国科技论文统计源期刊”即中国科技核心期刊!

“中国科技核心期刊”评定选择了期刊被引计量指标(总被引频次、影响因子、学科扩散因子等 9 项指标)和来源期刊计量指标(如来源文献量、平均引用数、基金论文比等 9 项指标),对全国出版的 6000 余种科技期刊进行综合量化指标客观评价,同时结合期刊出版质量,经专家严格评议,最终确定 1900 余种中国各学科重要科技期刊入编为“中国科技核心期刊”。评选工作实行总量控制、动态管理。

《干旱气象》是我国干旱气象领域科学研究的专业性学术期刊,反映有关干旱气象监测、预测和评估的最新研究成果,充分展示干旱气象领域整体的研究和应用水平,面向整个干旱地区。期刊主要刊载干旱气象及相关领域有一定创造性的学术论文、研究综述、研究简评等。

近年来《干旱气象》影响因子和总被引频次连年大幅提高。2010 年影响因子为 1.74,总被引频次 734 次,引用刊数 166(具体数字来自 CJCR(2011)(扩刊版)),2010 年在全部统计源期刊(6196 种)中《干旱气象》影响因子排名第 130 名。

《干旱气象》将以入选“中国科技核心期刊”为契机,快速提高期刊学术水平,提升期刊综合影响力,为广大国内外科技人员提供更加快速、便捷的科技成果与信息传播平台,衷心欢迎科技工作者踊跃赐稿!

《干旱气象》编辑部