

doi:10.3969/j.issn.1673-1719.2012.06.008

季飞, 黄建平, 管晓丹, 等. 北美和欧亚大陆冬季快速增温与地表干湿变化 [J]. 气候变化研究进展, 2012, 8 (6): 440-447

北美和欧亚大陆冬季快速增温与地表干湿变化

季 飞, 黄建平, 管晓丹, 冉津江

半干旱气候变化教育部重点实验室, 兰州大学大气科学学院, 兰州 730000

摘要: 采用东英吉利大学气候研究中心 (CRU) 提供的月地表温度和降水资料, 分析了全球年平均及冬季地表温度变化趋势, 发现在北半球中高纬地区半干旱区冬季快速增温。在此基础上通过分析帕默尔干旱指数 (PDSI) 研究了北美和欧亚大陆冬季地表干湿变化的时空特征和差异, 并讨论北美和欧亚大陆冬季快速增温对地表干湿变化的影响。结果表明, 北美大陆南部微弱变湿, 加拿大北极群岛变湿明显, 而在北美大陆的中西部有明显的变干趋势; 欧亚大陆大部分地区在冬季有一定的变干趋势, 其中尤以西欧南部, 中国华北、东北, 蒙古中北、东北部及俄罗斯远东地区变干最为显著。但北美和欧亚大陆 1950—2008 年冬季降水并无显著变化趋势, 地表干湿变化主要受气温的影响, 尤其是在冬季增温最为快速的地区。

关键词: 北美大陆; 欧亚大陆; 干湿变化; 冬季增温

引言

作为全球变化的重要表现形式, 全球变暖和区域干旱化已经成为全球变化领域重要的研究内容之一。Fu 等^[1-2]发现, 在南北半球 30° 纬度带附近的对流层是全球增温最快的区域, 这导致热带环流变宽, 对流层急流以及与之相对应的副热带干旱区向两极移动, 使干旱区域扩展, 全球干旱问题日益严重。黄荣辉等^[3]研究表明, 1965 年后华北地区夏季降水明显减少, 干旱化趋势明显, 与西非萨赫尔地区的干旱化趋势相似。丁一汇等^[4]指出, 中国西北地区干旱事件出现的频率显著增加, 湖泊水位下降、面积缩

小甚至干涸, 河川径流有减少趋势, 沙漠和沙漠化土地面积明显扩展。封国林等^[5]研究表明, 中国各地区极端温度变化幅度差异明显, 具有明显的区域特征。自 1950 年来, 中国气温变化趋势和全球变暖不完全同步, 北部普遍增暖, 被认为是北半球增温型的一部分, 而在西南某些地区出现变冷趋势, 冬季增暖是四季中最明显的^[6-9]。

符淙斌等^[10]给出了近代中国北方干旱化的空间分布格局, 揭示了干旱化的转折性特征及其与气候变化的联系以及区域增暖对干旱化强度变化的影响。IPCC 第四次评估报告^[11]也指出, 温室气体增加和人类活动加剧, 使对流层温度升高, 平流层温度降低,

收稿日期: 2012-03-19; 修回日期: 2012-04-29

资助项目: 国家重大科学研究计划项目 (2012CB955301); 高等学校科技创新工程重大项目培育资金项目 (708088); 国家科技支撑计划 (2009BAC51B04)

作者简介: 季飞, 男, 博士研究生, 主要从事全球气候变化研究, 7532095@163.com

致使对流层顶高度抬高,减弱了赤道的环流强度,副热带急流及中纬度风暴路线向两极移动,进而使得热带地区范围增大,副热带干旱区域向两极扩展。通过对比研究各大陆干湿变化的特征及其与影响气候变化的大尺度背景的关联,马柱国等^[12]发现,在增暖背景下,20世纪下半叶全球干湿变化趋势有明显的区域差异,非洲大陆、欧亚大陆、澳洲大陆和南美大陆以干旱化趋势为主,北美大陆在1976年以后表现为变湿趋势;同时他们也发现,增暖已经改变了全球环境干湿变化的分布格局,南美大陆和澳洲大陆尽管降水呈增加趋势,但仍然表现为干旱化趋势,其中气温升高是不可忽视的原因。李新周等^[13]研究结果表明,在全球变暖的大背景下,所有干旱区都表现出暖时段干旱年所占比率明显高于冷时段,全球增暖的持续可能导致干旱区的干旱化加剧。龚道溢^[14]研究全球变暖背景下的南极地区气候变化发现,南极地区气温上升趋势最强的是冬季。Huang等^[15]研究结果表明,全球不同地区的温度增加趋势明显不同,北半球中高纬度干旱半干旱区增温尤其在冬季最明显,而这一快速增温会进一步加剧该区域的干旱化。

基于以上研究成果,本文通过分析冬季帕默尔干旱指数(PDSI)的变化来揭示北美和欧亚大陆冬季干湿变化的特征和差异,并分析北美和欧亚大陆冬季快速增温对其地表干湿状况的影响。

1 资料和分析方法

文中所用资料为东英吉利大学气候研究中心(CRU)提供的月降水和月地表温度资料^[16],其空间分辨率为 $0.5^{\circ} \times 0.5^{\circ}$;时间长度为1901—2009年(见<http://www.cru.uea.ac.uk/>)。PDSI来自文献^[17],分辨率为 $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$;时间长度为1850—2010年。PDSI是综合考虑了前期降水、水分供给、水分需求、实际蒸散量和潜在蒸散量等要素,以水分平衡为基础而建立的一个气象干旱指数,这是目前在全球或区域干旱检测中应用最广泛的干旱指标。PDSI能抓住降水是干旱最重要决定因素这一特征,同时考虑了水分平衡和干旱的累计效应,并经过了时空订正,所

以PDSI反映出干旱过程具有更大的时空尺度,而且它对干旱的表述时空可比性较好。它的局限性在于对计算方案中参数的区域性非常敏感,加之计算方案中土壤湿度的取值因观测资料缺乏而存在很大的不确定性,由于冬季PDSI的潜在蒸发计算误差最大,一定程度上会导致高纬地区,如北极群岛等干湿变化的不准确。总体而言,该指数对于中纬度干旱半干旱区地表干湿变化的表述还是可信的。

本文所采用的分析方法主要包括经验正交函数(EOF)分解、线性回归分析和相关分析。文中冬季均为当年12月至次年2月。

2 结果分析

2.1 北美和欧亚大陆冬季快速增温

图1(a)给出了1901—2009年全球年平均地表温度变化趋势的分布图,总体而言,尽管北美大陆东南部、南美大陆西南部、澳大利亚北部以及亚洲和非洲部分地区有弱的降温趋势,但在北半球尤其是北半球中高纬度大部分地区近100年来年平均地表温度呈明显上升趋势,而位于北美及中亚大陆的半干旱区则是其中增温最显著的区域。同时,由图1(b)可见,全球冬季平均地表温度空间分布型与年平均温度变化趋势的分布较为类似,但是在北半球中高纬地区出现了更为显著的增温,其中尤以位于北美及中亚大陆的半干旱区增温最为剧烈,明显大于全球其他区域,与图1(a)相比,北美及中亚大陆半干旱区增温的空间范围及强度均有明显提高。Huang等^[15]以年平均降水量为划分标准,对全球不同气候区进行划分,研究各区域年平均温度变化趋势发现,地表温度并不是在所有区域一致增加,而是呈现出一种类似一级近似的特征,温度变化趋势基本随着区域年平均降水量的增加而下降。这说明,在湿润地区,地表温度的升高会导致大气中水汽含量的增加,易于形成降水,一定程度上可以抑制温度的增加;而在干旱地区,温度的增加会导致大量的水汽蒸发,从而使干燥的地表变得更干更热,进而破坏当地的生态系统。进一步通过比较冷季(11—3月)和暖季(5—9月)的情况发现,在冷季半干旱区的

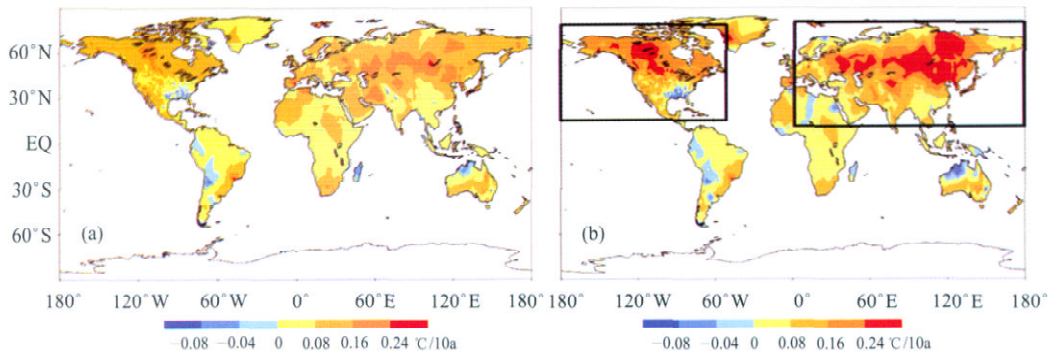


图1 1901—2009年全球年平均地表温度(a)及全球冬季平均地表温度变化趋势(b) (黑色方框代表选择的北美和欧亚大陆的具体范围)

Fig. 1 Global distributions of linear land surface temperature trend for (a) annual and (b) winter season in the period of 1901–2009

温度有明显增加,增温峰值出现在年平均降水量为300~400 mm的区域,并且冷季的增温趋势接近暖季的两倍。同时,通过计算各降水分区温度变化对全球温度变化的贡献发现,半干旱区增温对全球变暖的贡献占主要地位,尤其是在冷季的情况下。这也进一步说明了半干旱区在冷季的增温具有快速、加强等特征,半干旱区冷季的温度变率较其他区域对气候变化具有更敏感的反应。

为进一步研究不同地区在冬季快速增温下的区域特征和差异,本文选择北美大陆(10°~74°N, 180°~56°W)和欧亚大陆(10°~76°N, 0°~180°E),对其PDSI进行分析,以此研究北美和欧亚大陆冬季的干湿变化特征及其与冬季快速增温的关系。

2.2 北美和欧亚大陆冬季干湿变化的特征

图2给出了1950—2008年北美和欧亚大陆冬季PDSI变化趋势。可以看出,欧亚大陆大部分地区在冬季呈现变干趋势,其中尤以西欧南部,中国华北、东北,蒙古中北、东北部及俄罗斯远东地区变干最为显著;而在青藏高原、西伯利亚西部和东部等地,冬季地表有变湿的倾向。北美大陆则体现了南北相异的干湿变化格局:北美大陆南部有弱的变湿倾向,加拿大北极群岛变湿较为明显,而北美大陆中西部则有明显的变干趋势。

对北美和欧亚大陆冬季PDSI分别进行EOF分解,得到第一模态分布如图3(a)、3(c)所示,其解释方差分别达到35%和17%,北美和欧亚大陆1950—2008年冬季平均干湿分布特征与图2所示的冬季

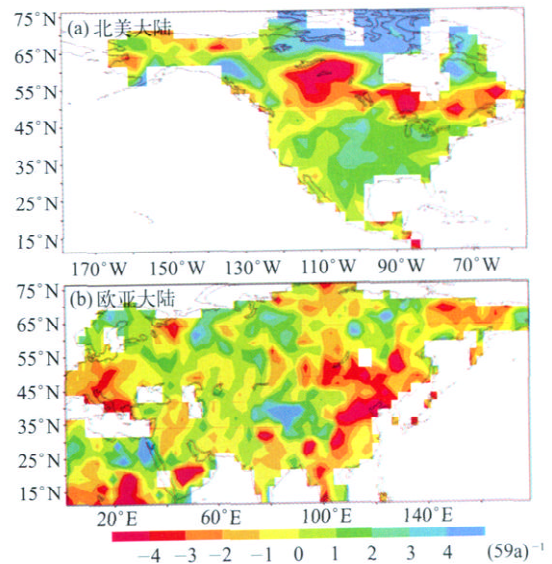


图2 1950—2008年冬季北美和欧亚大陆PDSI变化趋势
Fig. 2 Distributions of linear winter Palmer drought severity index (PDSI) trend for (a) North America and (b) Eurasia in the period of 1950–2008

PDSI变化趋势分布较为一致:北美大陆中西部,欧亚大陆西欧南部,中国华北、东北,蒙古中北、东北部及俄罗斯远东地区地表平均状况明显偏干,这些区域大部分正是位于北美和欧亚大陆半干旱区,且是冬季全球增温最为显著的区域。同时由图3(b)、3(d) EOF第一模态时间系数可以看出,北美和欧亚大陆时间系数的正趋势都非常明显,说明1950—2008年北美和欧亚大陆冬季地表呈现变干趋势。

图4(a)、4(c)为PDSI经5年滑动平均后相对于1961—1990年30年平均的距平值,图4(b)、4(d)为未滑动平均的PDSI及降水的变化趋势。由图4(a)、

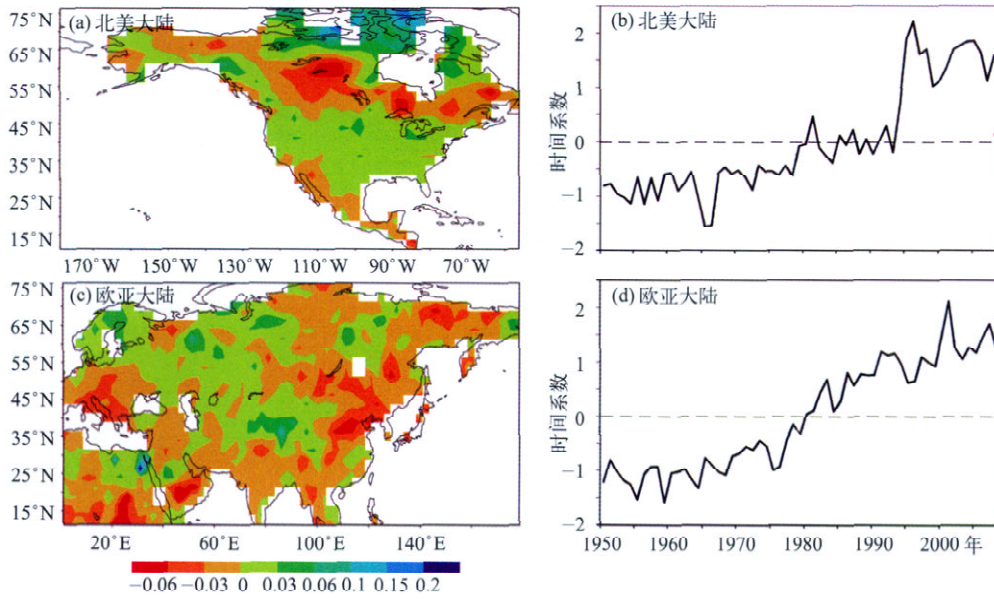


图3 1950—2008年冬季北美和欧亚大陆PDSI EOF第一模态分布及EOF第一模态时间系数

Fig. 3 Spatial (left) and temporal (right) patterns of the first leading EOF of winter PDSI in 1950–2008 for (a, b) North America and (c, d) Eurasia

4(c)可以看出,从20世纪50年代初到60年代末期,北美大陆和欧亚大陆冬季地表的干湿状况完全相反:70年代之前,北美大陆较干,欧亚大陆较湿。之后北美大陆转入了一个相对较湿的时期,同时也可以看出,自70年代末期开始,北美大陆冬季地表干湿

变化呈现出明显的年代际振荡特征,周期大约为10年。欧亚大陆在60年代末期转入相对较干的时期之后,除了1977—1982年及1995—1998年出现了几次相对较弱的湿期外,其他大部分年份一直处于较干的时段,并持续至2008年。由图4(b)、4(d)可以

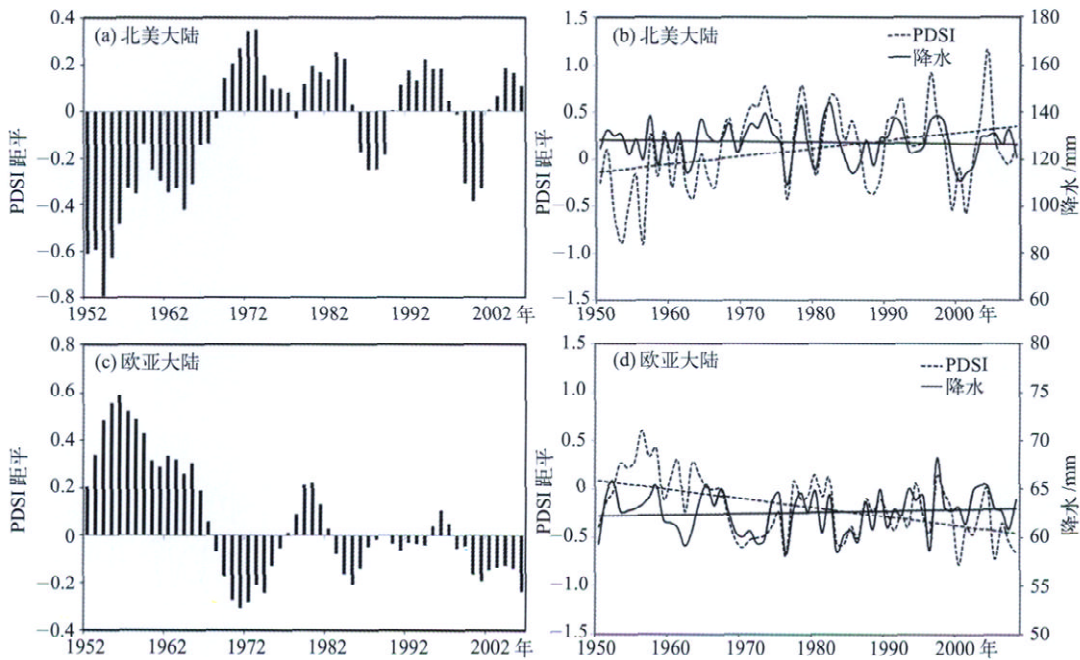


图4 1950—2008年冬季北美和欧亚大陆PDSI距平变化及降水线性趋势

Fig. 4 Yearly evolution of winter PDSI anomaly (left), and winter PDSI (dashed line) and precipitation (solid line) (right; dashed/solid straight lines: linear trends for PDSI/precipitation) in 1950–2008 for (a, b) North America and (c, d) Eurasia

看出,1950—2008年北美和欧亚大陆冬季平均降水量并无明显变化趋势,但就整体而言,北美大陆冬季整体变湿,而欧亚大陆则有变干的趋势。

结合前文研究内容可以发现,造成北美和欧亚大陆冬季干湿变化差异的原因可能包括以下两方面:(1) 尽管北美和欧亚大陆冬季降水均无明显变化趋势,但北美大陆冬季相对欧亚大陆湿润,平均降水量大约为欧亚大陆的两倍(图4b、4d),这在一定程度上抵消了升温造成的干旱化影响。(2) 欧亚大陆冬季升温区域范围更广,强度更大。在欧亚大陆冬季降水较少且无明显变化趋势的情况下,气温的升高增加了区域的潜在蒸发率,最终导致干旱化的加剧。

综合上述结果也可以看出,北美和欧亚大陆冬季地表干湿状况的变化受地表温度变化的影响更大。

2.3 北美和欧亚大陆冬季温度变化特征及其与干湿变化的关系

图5(a)、5(c)分别为1950—2008年冬季北美和欧亚大陆温度距平场EOF第一模态分布图,其解释方差分别为41%和42%。可以看出,冬季北美与欧亚大陆温度距平场EOF第一模态分布型类似,纬向特征明显,且大部分地区为负值。北美大陆极小值

中心位于北美大陆的中西部,仅大陆的东南沿岸为弱的正值。欧亚大陆极小值中心位于中西伯利亚地区,仅俄罗斯远东地区,中国中北部、西北东部,印度北部及东南亚地区为相对较小的正值。即当北美大陆中西部和中西伯利亚地区偏冷的时候,北美大陆东南沿岸和欧亚大陆俄罗斯远东地区,中国中北部、西北东部,印度北部及东南亚地区表现为弱的偏暖。由图5(b)、5(d)第一模态的时间系数可以看出,北美和欧亚大陆冬季地表温度年际变化特征明显,且在20世纪70年代之前北美和欧亚大陆第一模态时间系数都表现为上升趋势,从70年代开始,时间系数趋势发生明显转折,转变为下降趋势,80年代中期后以负位相为主。结合图6温度距平变化可以看出,北美和欧亚大陆冬季地表温度均在20世纪70年代初期发生了一次明显的转折:在70年代之前,大陆冬季地表温度有微弱的下降趋势,而70年代之后转变为明显的上升趋势,同时也可以看出,从80年代中期开始至2008年,北美和欧亚大陆冬季地表温度基本为正距平,这与Dai等^[18]关于20世纪70年代以来全球陆地干旱区面积增加了1倍多的主要原因是20世纪80年代中期以后增暖的结论相一致。

由北美和欧亚大陆1950—2008年冬季地表温度

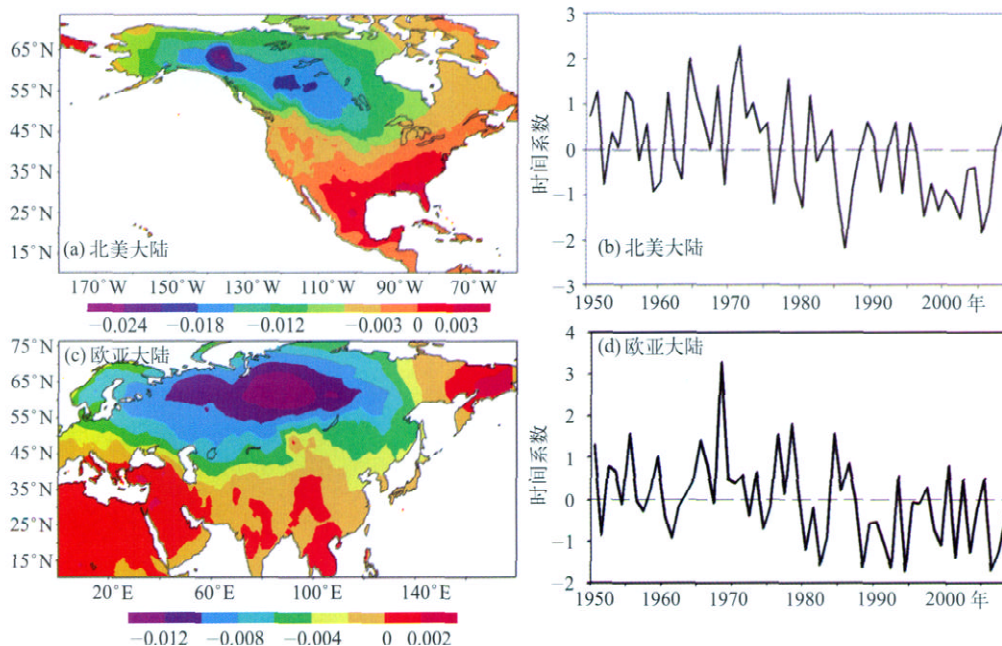


图5 1950—2008年冬季北美和欧亚大陆温度距平场EOF第一模态分布及其时间系数

Fig. 5 Spatial (left) and temporal (right) patterns of the first leading EOF of winter temperature anomaly in 1950–2008 for (a, b) North America (explained 41% variance), and (c, d) Eurasia (explained 42% variance)

距平序列与区域各格点PDSI相关系数的分布(图7)可以看出,北美大陆中西部为较强的负相关中心,而北极群岛正相关明显,北美大陆南部地区呈弱的正相关,结合图2(a)北美大陆冬季PDSI变化趋势图可以看出,随着冬季北美大陆地表温度的不断升高,增温最快速的北美大陆中西部地区地表明显变干;而加拿大北极群岛则相反,即地表有变湿的趋势,这和加拿大北极群岛冰川消融^[19]有关。

对欧亚大陆而言,相关系数的负值中心主要分布在西南南部,东南亚西北部,中国中部、华北,蒙古中北部以及俄罗斯远东地区;而在西伯利亚西部、中东部以及青藏高原区域呈现出较为明显的正相关。这说明随着冬季欧亚大陆地表温度的不断升高,在以上相关系数为负值中心的区域(基本为欧亚大陆冬季增温最为快速的区域),冬季PDSI有逐渐变小即地表逐渐变干的趋势;而在西伯利亚西部、中东部以及青藏高原等地,PDSI随着冬季欧亚大陆平均

地表温度的升高而变大,说明这些地区地表呈现逐渐变湿的特征,这可能和欧亚大陆中高纬度冬季积雪及青藏高原积雪融化有关^[20]。结合图2(b)欧亚大陆冬季PDSI变化趋势图可以看出,欧亚大陆冬季地表1950—2008年变干的区域基本对应了上文相关系数的负值中心区。

为了进一步理解北美和欧亚大陆冬季温度变化与地表干湿状况的关系,并找出北美和欧亚大陆地区较易受温度变化影响的区域,本文进行了合成分析。根据标准化的1950—2008年冬季北美和欧亚大陆温度距平场EOF第一模态时间系数,按其绝对值大于1.5个标准偏差来选取个例。北美大陆选取的低温年为1964、1971和1978年,高温年为1986、2002和2005年;欧亚大陆选取的低温年为1955、1968、1976、1978和1984年,高温年为1982、1988、1992、1994和2006年。图8为合成的冬季北美和欧亚大陆平均PDSI在高温年与低温年的差值的分布,可以看

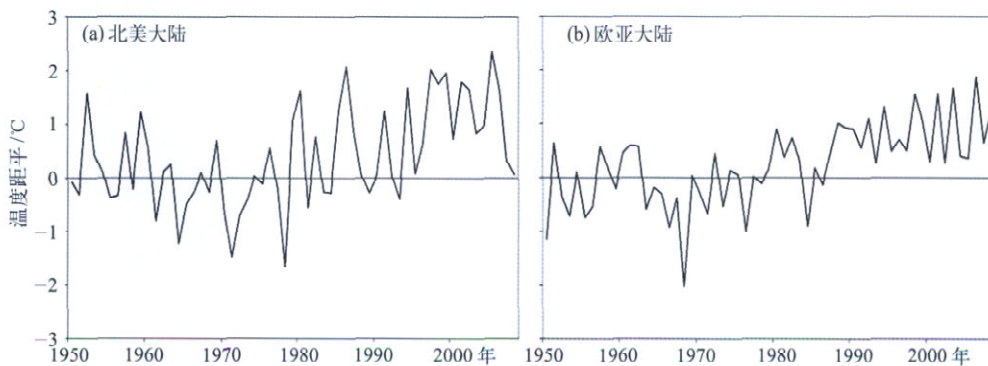


图6 1950—2008年冬季北美和欧亚大陆地表温度距平

Fig. 6 Winter temperature anomalies of (a) North America and (b) Eurasia in 1950–2008

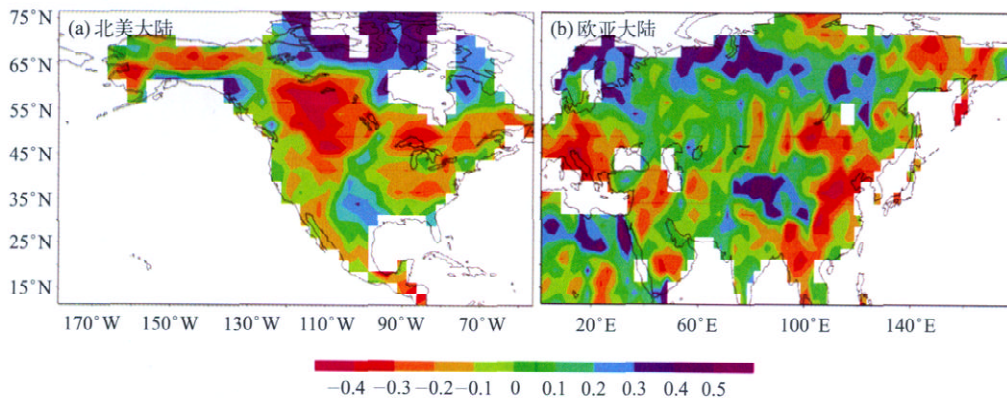


图7 1950—2008年冬季北美和欧亚大陆地表温度距平序列与PDSI相关系数的分布

Fig. 7 Correlation between winter temperature anomaly and PDSI in 1950–2008 for (a) North America and (b) Eurasia

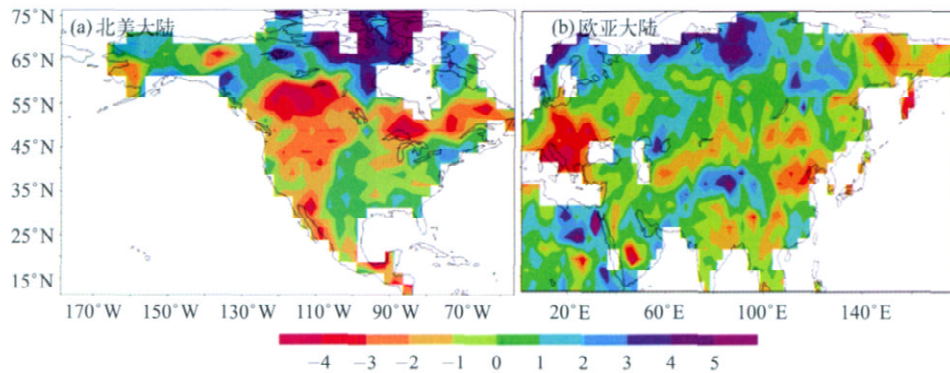


图8 合成的冬季北美和欧亚大陆温度距平第一模态正负位相之间典型年份PDSI差异的分布

Fig. 8 Composite differences of PDSI between the pronounced positive and negative cases in winter temperature anomaly EOF-PC1 for (a) North America and (b) Eurasia

出,图8与图7大小值中心分布基本类似:北美大陆小值中心出现在加拿大中西部,大值中心出现于加拿大北极群岛;欧亚大陆小值中心出现在西欧南部,中国华北,蒙古中北、东北以及俄罗斯的东北部,大值中心分布在青藏高原及西伯利亚北部。这进一步说明北美和欧亚大陆冬季地表的干湿状况在冬季增温最快的区域受到地表温度变化的影响也更为剧烈。

3 结论和讨论

(1) 通过分析全球年平均及冬季地表温度变化趋势发现,位于北美及中亚大陆的半干旱区是1901—2008年增温最为显著的区域,且冬季增温的空间范围及强度更为显著。

(2) 北美大陆1950—2008年冬季地表干湿状况变化表现为大陆南部微弱变湿,加拿大北极群岛变湿明显,大陆中西部明显变干。

(3) 欧亚大陆1950—2008年冬季地表干湿状况变化表现为大陆大部分地区为变干趋势,其中尤以西欧南部,中国华北、东北,蒙古中北、东北部及俄罗斯远东地区变干最为显著。

(4) 北美和欧亚大陆1950—2008年冬季降水并无显著变化趋势,大陆地表干湿变化主要受温度的影响,尤其是在冬季增温最为快速的地区。

过去已有的研究表明^[21-23],对于地表干湿变化的机理主要从陆-气相互作用和大尺度海温变化影

响的角度进行考虑。本文研究发现,北美和欧亚大陆冬季降水均无明显变化趋势,土壤水分不足,同时由于冬季的快速增温,地表蒸散加强,从而导致北美和欧亚大陆冬季增温最为快速的地区地表的干湿变化也最为显著;另外,由于欧亚大陆冬季降水更为稀少,地表干湿状况受温度影响范围更广、更剧烈。本文只是讨论了北美和欧亚大陆冬季温度变化及其与冬季地表干湿状况变化之间的关系,但并未涉及大气环流系统,以及变化与相互影响的机理,这一部分内容尚需进一步研究,以期对其有更深入的理解。■

参考文献

- [1] Fu Q, Johanson C M, Warren S G, *et al.* Contribution of stratospheric cooling to satellite-inferred tropospheric temperature trends [J]. *Nature*, 2004, 429: 55-58
- [2] Fu Q, Johanson C M, Wallace J M, *et al.* Enhanced mid-latitude tropospheric warming in satellite measurements [J]. *Science*, 2006, 312: 1179
- [3] 黄荣辉, 徐予红, 周连童. 我国夏季降水的年代际变化及华北干旱化趋势[J]. *高原气象*, 1999, 18 (4): 465-475
- [4] 丁一汇, 王守荣. 中国西北地区气候与生态环境概论[M]. 北京: 气象出版社, 2001: 20-21
- [5] 封国林, 杨杰, 万仕全, 等. 温度破纪录事件预测理论研究 [J]. *气象学报*, 2009, 67 (1): 61-74
- [6] 姚玉璧, 肖国举, 王润元, 等. 近50年来西北半干旱区气候变化特征 [J]. *干旱区地理*, 2009, 32 (2): 159-165
- [7] 王绍武, 蔡静宁, 朱锦红, 等. 中国气候变化的研究 [J]. *气候与环境研究*, 2002, 7 (2): 137-145
- [8] 陈隆勋, 朱文琴, 王文, 等. 中国近45年来气候变化的研究 [J]. *气象学报*, 1998, 56 (3): 257-271

- [9] 郭江勇, 林纾, 马鹏里. 气温变化对西峰黄土高原地温与梨树发育期的影响 [J]. 干旱区地理, 2007, 30 (6): 126-132
- [10] 符淙斌, 马柱国. 全球变化与区域干旱化 [J]. 大气科学, 2008, 32 (4): 752-760
- [11] IPCC. Climate change 2007: the physical science basis: contribution of working group I to the fourth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [M]. Cambridge: Cambridge University Press, 2007: 266-269
- [12] 马柱国, 符淙斌. 20 世纪下半叶全球干旱化的事实及其与大尺度背景的联系 [J]. 中国科学: D 辑, 2007, 37 (2): 222-233
- [13] 李新周, 刘晓东, 马柱国. 近百年来全球主要干旱区的干旱化特征分析 [J]. 干旱区研究, 2004, 21 (2): 97-103
- [14] 龚道溢. 全球变暖背景下的南极地区气候变化 [J]. 地理科学, 1999, 19 (2): 102-107
- [15] Huang Jianping, Guan Xiaodan, Ji Fei. Enhanced cold-season warming in semi-arid regions [J]. Atmos Chem Phys Discuss, 2012, doi:10.5194/acpd-12-1-2012
- [16] Mitchell T D, Jones P D. An improved method of constructing a database of monthly climate observations and associated high-resolution grids [J]. Int J Climatol, 2005, 25: 693-712
- [17] Dai A. Characteristics and trends in various forms of the Palmer Drought Severity Index (PDSI) during 1900-2008 [J]. J Geophys Res, 2011, 116, D12115, doi: 10.1029/2010JD015541
- [18] Dai Aiguo, Trenberth K T, Qian Taotao. A global dataset of Palmer drought severity index for 1870-2002: relationship with soil moisture and effects of surface warming [J]. J Hydrometeorol, 2004, 5: 1117-1130
- [19] Gardner A S, Moholdt G, Wouters B, *et al.* Sharply increased mass loss from glaciers and ice caps in the Canadian Arctic Archipelago [J]. Nature, 2011, doi:10.1038/nature10089
- [20] 李栋梁, 王春学. 积雪分布及其对中国气候影响的研究进展 [J]. 大气科学, 2011, 34 (5): 627-636
- [21] McCabe J G, Palecki M A, Betancourt J L. Pacific and Atlantic Ocean influences on multidecadal drought frequency in the United States [J]. Proc Natl Acad Sci USA, 2004, 101 (12): 4136-4141
- [22] Hidalgo H G. Climate precursors of multidecadal drought variability in the western United States [J]. Water Resour Res, 2004, 40, W12504, doi: 10.29/2004WR003350
- [23] Lau K M, Lee J Y, Kim K M, *et al.* The North Pacific as a regulator of summertime climate over Eurasia and North America [J]. J Clim, 2004, 15: 819-833

Enhanced Winter Warming in North America and Eurasia and Its Correlation with Dry/Wet Variation at the Surface

Ji Fei, Huang Jianping, Guan Xiaodan, Ran Jinjiang

Key Laboratory for Semi-Arid Climate Change of the Ministry of Education, College of Atmospheric Sciences, Lanzhou University, Lanzhou 730000, China

Abstract: This study examined surface air temperature trends over global land in 1901-2009 using data (monthly precipitation and monthly mean surface air temperature) from Climatic Research Unit (CRU) at University of East Anglia. It is found that the warming trend was particularly enhanced in the winter seasons over semi-arid regions at mid-high-latitude areas. By analyzing the temporal and spatial characteristics of dry/wet variation at the surface of North America and Eurasia and the impact of enhanced winter warming upon the dry/wet variation, it is found that the south of North America was becoming wet weakly and Arctic Archipelago in Canada became wet apparently while the middle and west of North America was drier. In Eurasia, most of the continent became drier, especially in the south of West Europe, North China, Northeast China, the central-north and northeast of Mongolia and far east of Russia. But there was no clear trend of precipitation in North America and Eurasia during the winter seasons in 1950-2008, so the dry/wet variation was mainly affected by the change of temperature, especially in the places where winter warming was enhanced.

Key words: North America; Eurasia; dry/wet variation; winter warming