

2008/2009年秋冬季我国东部严重干旱分析

陶诗言 卫 捷 孙建华 赵思雄

(中国科学院大气物理研究所, 北京 100029)

提 要: 2008/2009年秋冬季我国12省区出现30~50年一遇的罕见干旱,这次我国大范围严重干旱是较长时期降水稀少所造成的。欧亚中高纬度存在稳定的准静止环流系统是造成这次干旱灾害的主要成因。东亚大槽维持在日本东北部,高原上空为稳定的高压脊,中国大陆长时期处于东亚大槽槽后西北气流控制下;从亚洲西部过来的扰动系统不易东移到东亚上空;此外,北非、印度次大陆、中南半岛和中国大部冬季风异常盛行,来自海洋上的水汽不易到达这些地区。欧亚大陆稳定长达3个月的异常环流的形成机制,有待深入研究。

关键词: 中国东部 干旱 大气环流异常

The Severe Drought in East China During November, December and January 2008—2009

Tao Shiyan Wei Jie Sun Jianhua Zhao Sixiong

(Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029)

Abstract: In the fall and winter of 2008 to 2009, a rare severe drought struck twelve provinces in East China. This severe drought is due to the lack of rainfall for a sustained period. There was a quasi-stationary circulation system in the middle latitude over the Eurasia. There was a deep trough sustained over the northeast of Japan. In the Tibetan Plateau there was a stationary ridge. There was emulous cold air outbreak over the East China. Due to the persistence of the ridge over the plateau, the perturbations from West Asia could hardly reach East Asia. At the same time, the abnormal winter monsoon prevented the water vapor from the ocean reaching the land. The formation mechanism of such anomalous atmospheric circulation which lasted three months stably over Eurasia Continent is yet to be further studied.

Key Words: East China drought atmospheric circulation anomalies

资助项目: 国家科技支撑计划课题(课题编号 2007BAC29B* *);公益性行业科研专项经费项目

收稿日期: 2009年2月20日

引言

2008 年 10 月下旬至 2009 年 2 月初,中国淮河以北大部地区降水量持续偏少,北京、天津、河北大部、山西、山东、河南、安徽北部、江苏北部、湖北东北部、陕西北部、宁夏、甘肃东部等 12 省区出现 30 年一遇干旱,部分地区重旱程度达五十年一遇。这些地区是冬麦主产区, $1.05 \times 10^7 \text{ hm}^2$ 小麦受旱, 干旱成为农业生产中最为突出的问题。旱灾还造成部分地区人畜饮水困难, 水库蓄水受到一定影响^[1-2]。

本文利用中国气象局整编的 1951 年 1 月至 2009 年 1 月中国 160 站气温、降水月平均资料, 分析干旱区降水和干旱特征。使用 2008、2009 年和多年平均的 NCEP/NCAR 再分析数据集, 包括逐日资料(水平分辨率为 $1^\circ \times 1^\circ$ 经纬度网格)和月平均资料($2.5^\circ \times 2.5^\circ$ 经纬度网格), 分析干旱灾害的大气环流异常及其对干旱的影响。最后, 对值得进一步研究的问题提出一些看法。

1 雨情特点

2008 年 11 月至 2009 年 1 月, 淮河以北的大部地区 3 个月的降水总量在 10mm 以下(图 1a), 北京、天津、河北、山西、山东、河南、安徽北部、江苏北部、湖北东北部、陕西北部、宁夏、甘肃东部降水量较常年同期偏少 5~8 成, 山西中部、河北中南部、河南东北部和中部、山东西部、安徽西北部等地降水量偏少 8 成以上(图 1b)。图 1c 是沿 $110 \sim 120^\circ \text{ E}$ 平均的候降水量纬度-时间剖面, 可以看出, 从 2008 年 10 月下旬开始, 32° N 以北地区持续无雨。以北京为例, 从 2008 年 10 月 24 日至 2009 年 2 月 12 日首次下雨, 110 天无降水为 1951 年以来无雨日数的最高纪录。

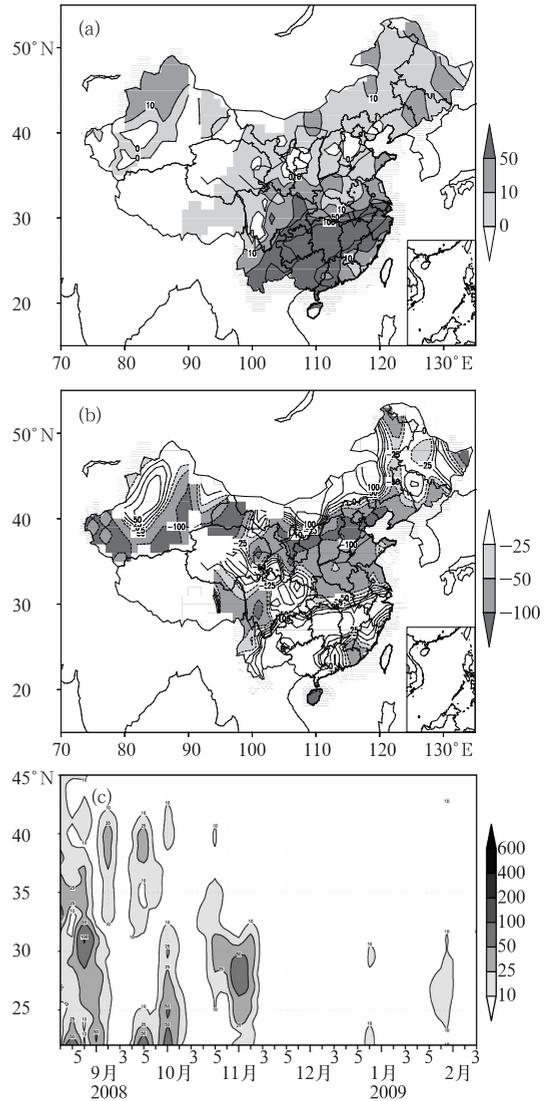


图 1 2008 年 11 月至 2009 年 1 月全国降水总量(a, 单位: mm)、降水距平百分率(b)及沿 $110 \sim 120^\circ \text{ E}$ 平均的候降水量纬度-时间面
引自国家气候中心

2 旱情特征与演变

据农业部农情调度, 截至 2 月 5 日, 河南、安徽、山东、河北、山西、陕西、甘肃、江苏等主产区小麦受旱 $1.05 \times 10^7 \text{ hm}^2$, 其中严重受旱 $432 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 。八省旱区受旱麦田中已

灌溉面积 $525 \times 10^4 \text{hm}^2$, 占受旱面积的 50%。国家防汛抗旱总指挥部 2 月 4 日启动 II 级抗旱应急响应的基础上, 5 日宣布启动 I 级抗旱应急响应。这也是中国历史上首次启动 I 级抗旱应急响应^[1]。

根据气象与水文学上的定义, 某一次异常气候或水文事件的重现期为 30~50 年一遇, 我们称之为极端气候或水文事件。这次的干旱是一次极端气候事件。

在农业上, 是以土壤水分亏缺的累积程度表征干旱严重程度。Palmer^[3]定义的干旱严重程度指数(Palmer drought severity index, 简称 PDSI)在干旱监测和研究上应用广泛^[4-5]。安顺清等^[6]根据郑州和济南长序列

资料修正了 PDSI 的计算方法, 修正的 PDSI 对我国东部、特别是华北干旱有很好的指示意义^[7-8]。我们计算了我国干旱区 12 个代表站(北京、天津、邢台、临汾、德州、安阳、阜阳、东台、钟祥、延安、中宁和西峰镇)2008 年 7 月至 2009 年 1 月月平均 PDSI(表 1), 对照干旱等级表(表 2), 分析干旱严重程度及其演变过程。

表 1 Palmer 指数干湿等级

指数值(X)	等级	指数值(X)	等级
≥ 4.00	极端湿润	0~-0.99	正常
3.00~3.99	严重湿润	-1.00~-1.99	轻微干旱
2.00~2.99	中等湿润	-2.00~-2.99	中等干旱
1.00~1.99	轻微湿润	-3.00~-3.99	严重干旱
0.99~0	正常	≤ -4.00	极端干旱

表 2 2008 年 7 月至 2009 年 1 月干旱区代表站 Palmer 指数

代表站	2008 年 7 月	2008 年 8 月	2008 年 9 月	2008 年 10 月	2008 年 11 月	2008 年 12 月	2009 年 1 月	持续时间(单位:月)
北京	-2.34	-2.99	1.25	1.45	-0.65	-0.80	-1.03	1
天津	-1.00	-2.94	-2.31	-0.93	-1.71	-1.52	-1.61	3
河北(邢台)	-1.78	-1.85	-1.70	-1.84	-2.46	-2.39	-2.27	7
山西(临汾)	-4.62	-4.95	-4.63	-5.13	-4.98	-4.45	-3.99	7
山东(德州)	-1.87	-2.64	-3.44	-3.40	-3.70	-3.39	-3.12	7
河南(安阳)	1.79	-1.91	-2.81	-3.79	-4.04	-3.78	-3.50	6
安徽北部(阜阳)	0.28	2.62	-1.08	-1.38	-2.07	-2.26	-2.76	5
江苏北部(东台)	-0.04	-0.30	-1.83	-2.79	-3.31	-2.98	-3.28	5
湖北东北部(钟祥)	3.12	8.62	-1.45	-1.56	-2.30	-2.85	-3.14	5
陕西北部(延安)	-3.33	-3.77	-3.41	-3.90	-4.61	-4.28	-3.96	7
宁夏(中宁)	-4.74	-5.85	-4.33	-3.87	-3.65	-3.01	-2.55	7
甘肃东部(西峰镇)	-4.70	-4.77	-4.41	-4.91	-5.74	-5.42	-5.09	7

2008 年 8—10 月, 华北地区降水的显著特点是“北多南少”(北部降水偏多 5 成~1 倍, 南部偏少 2~5 成, 图略)。从 2008 年 11 月开始, 除了内蒙古以外华北大部降水偏少, 河南、河北、京津及黄淮大部分地区持续无雨日数达到 100 多天^[2], 但华北北部和南部的干旱严重程度迥然不同: 华北中南部(例如, 邢台和安阳)在 2008 年夏末已经出现干旱的征兆(轻微干旱等级), 秋冬季持续维持并达到严重干旱程度; 华北北部, 例如京津地区秋

冬季仅表现为轻度到中度干旱的情况。这是由于在 PDSI 的计算中既包含对干旱影响最大的降水作用, 还考虑了气温和土壤湿度等因素对干旱的影响。由于华北北部气温偏低, 且土壤未解冻, 这使得土壤蒸腾作用小, 土壤失水程度有限; 此外, PDSI 的计算还考虑了前期这些因子的影响。在中国东部干旱持续期间, 北非、印度、中南半岛地区也发生了严重干旱(图 2)。

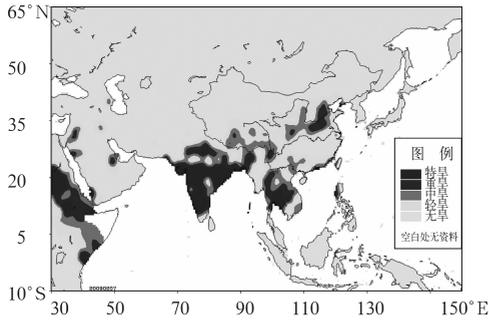


图 2 2009 年 2 月 6 日亚洲干旱监测图
(引自国家气候中心)

3 干早期大气环流异常分析

图 3a 给出了 2008 年 11 月至 2009 年 1 月平均的北半球 500hPa 高度及其距平场。图 3b 是在这段时间里,每天高度距平大于 10gpm 以及高度负距平小于 10gpm 的天数占总天数的百分率,表示 500hPa 平均高度场上各个系统的稳定程度。在这 3 个月,欧亚大气环流异常表现在:第一,西欧北部阻塞高压维持,这个阻塞高压在 12 月达到鼎盛,并持续到 2 月初;在阻塞高压的西南侧欧洲西海岸为低压槽,这反映出西欧、地中海上空高空槽活动频繁。欧洲西部的阻塞形势稳定性达到 70% 以上(即有 67 天以上北方为正距平区所盘踞)。第二,欧亚中高纬沿着 30~50°N 的纬度带存在长定波列:大西洋中部、黑海到里海之间、巴尔喀什湖到青藏高原及日本海以东为正距平区(高压脊)控制;而西欧沿岸至地中海、波斯湾地区和东亚沿海岸为负距平区(低压槽)。波列中各个正距平中心的稳定度基本上在 70% 以上;只有欧洲西部上空的负距平中心其稳定性达到 70% 以上,波斯湾地区高空槽活动并不十分频繁,而东亚沿岸的负距平中心位置变化较大。第三,在北半球 10~20°N 附近的纬度带,基本上为副热带高压控制,副热带高压明显偏强。值得注意的是:从热带印度洋、阿

拉伯半岛及孟加拉湾、青藏高原一直到巴尔喀什湖以北地区(10~60°N、60~90°E),中高纬高压脊和副高叠加,形成所谓“高压坝”。这个“高压坝”既阻挡了西风带上游的低压扰动向高原以东传播,也阻碍了来自低纬海洋的扰动和水汽对中国大陆的影响。由于东亚大槽维持在日本东北部(千岛),中国大陆长时期处于东亚大槽槽后西北干冷气流控制下,冷空气活动频繁。

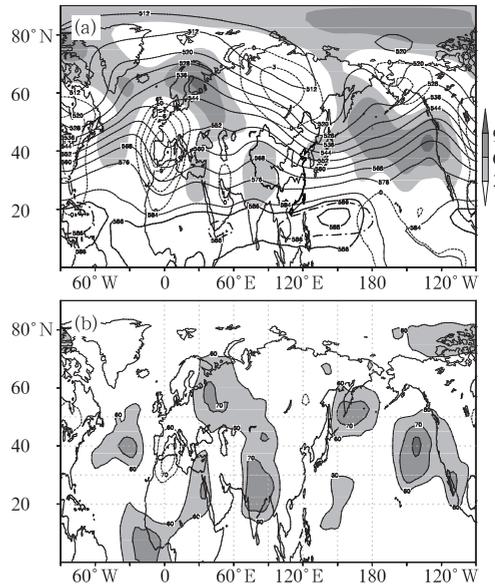


图 3 2008 年 11 月至 2009 年 1 月
平均的 500hPa 位势高度场及其距平(a)
和正负异常为 10gpm 的持续天数百分比(b)

图 4 是 2009 年 1 月平均的北半球 500hPa 平均高度、距平场及其环流稳定度分布。可以看到,2009 年 1 月平均的 500hPa 的环流形势与 2008 年 11 月至 2009 年 1 月平均的环流相似。正是这种异常环流的稳定维持,造成持续性严重干旱。2009 年 1 月是这次干旱过程的全盛期,以下我们对 1 月对流层上部和对流层下部大气环流异常进行分析。

2009 年 1 月 200hPa 水平风距平场(图 5)上,沿着 30°N 北半球有几个反气旋性的距平中心,分别位于大西洋中部、地中海西部以及

青藏高原上空;在中国沿海岸有一个气旋性环流区。这些反气旋性、气旋性距平中心与对流层中层 500hPa 的正、负距平区基本上对应。从 2009 年 1 月平均 300hPa 的等风速线分布(图 6)上看,有一支急流从大西洋中部、非洲及亚洲大陆沿 20~35°N 地区(北非、中东、印度北部和中国西南地区)向东伸向日本南部。在这支急流中,300hPa 经向风扰动动能的大值区集中在 70°E 以西地区,表明如图 4 所示的高原及其南北两侧“高压坝”的存在,使得从亚洲西部过来的扰动系统不容易东移到东亚上空。

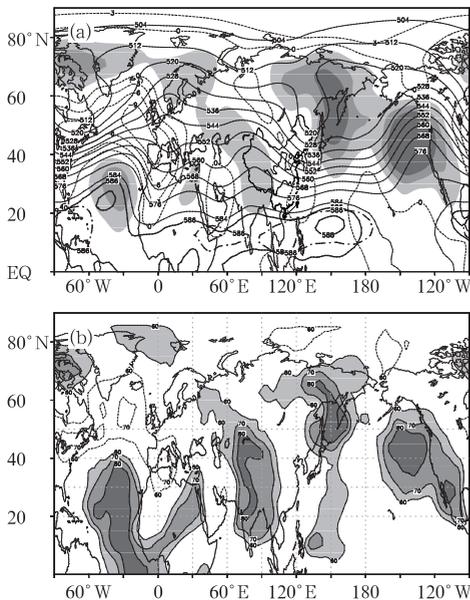


图 4 2009 年 1 月平均的 500hPa 位势高度场及其距平(a)和正负异常为 10gpm 的持续天数百分比(b)

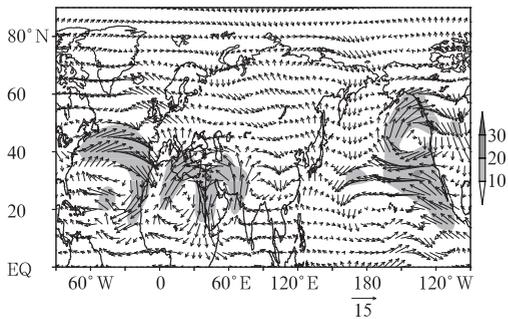


图 5 2009 年 1 月平均 200hPa 水平风距平场

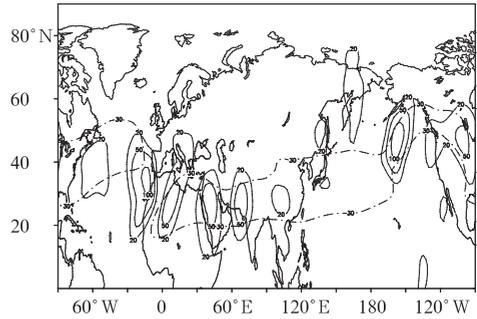


图 6 2009 年 1 月平均 300hPa 经向风扰动动能分布图
单位: $m^2 \cdot s^{-2}$, 粗点虚线为 $30m \cdot s^{-1}$ 全风速线

图 7 给出 2009 年 1 月对流层下部的 850hPa 水平风距平场。可以看出,北非、印度次大陆、中南半岛和中国大部偏北距平风盛行,这表明这些地区冬季风异常盛行,来自海洋上的水汽不容易达到上述地区。此外,受日本海附近低压槽南侵影响,南中国海上的西太平洋副热带高压强度偏弱,西伸北抬不明显,也抑制了来自南海的水汽向中国大陸输送。

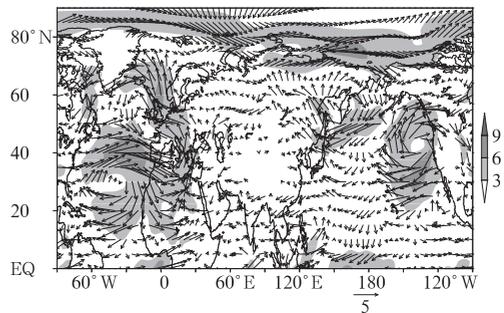


图 7 2009 年 1 月平均 850hPa 水平风距平场

4 2008 和 2009 年 1 月亚洲大气环流异常对比分析

这次出现严重干旱的大部分地区,在 2008 年 1 月曾经是雪灾严重^[9]。值得对这两次过程进行对比分析。图 8 为安徽阜阳附近(33°N、116°E)1 月平均垂直速度(图 8a)和相对湿度(图 8b)廓线。2008 年 1 月暴雪期间,阜阳地区在对流层中下层

(600hPa以下)为上升运动,相对湿度在55%以上;而在2009年1月,除了近地面的边界层整层皆为下沉运动,对流层中层(400~600hPa)下沉速度接近 $20\text{Pa}\cdot\text{s}^{-1}$,在这里对流层中、上部空气下沉运动甚强,相对湿度基本上在40%以下,抑制了云和降水的发展。图9给出2008年1月11日至2月2日

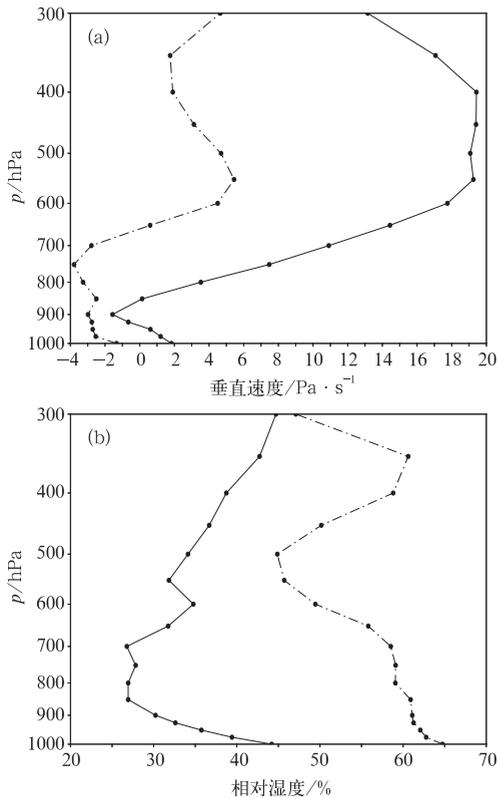


图8 安徽阜阳附近($33^{\circ}\text{N}, 116^{\circ}\text{E}$) 1月平均垂直速度廓线(a)和相对湿度廓线(b) 实线为2009年,点划线为2008年

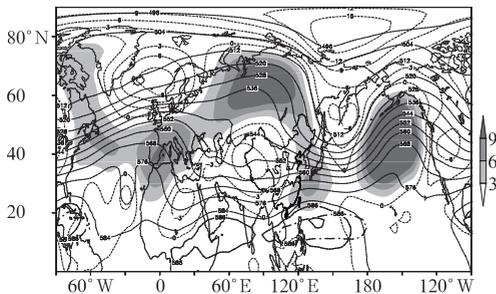


图9 2008年1月11日至2月2日平均的500hPa位势高度场及其距平场

500hPa平均高度及其距平场,可以看出,东亚地区出现了最有利于出现冬季强降水的“东高西低”的环流^[9],与2009年1月严重干旱时段的大气环流差异明显(图4),亚洲环流系统近似反相分布。

图10和图11分别是2009和2008年1月逐日干旱区和暴雪区区域平均对流强弱与天气系统配置图。这两年1月亚洲环流差异表现在:(a)2009年1月中纬度扰动位于 70°E 以西和 120°E 以东地区,基本上没有从青藏高原东移的扰动到达中国中东部地区;2008年1月有3次低气压扰动沿青藏高原向东移入我国上空(图10a和图11a)。(b)除了受2008年12月底至2009年1月初和1月下旬这两次强寒潮影响外,中国东部地区稳定在高原高压脊前单一西北干冷气流控制下,1000hPa温度零线位于 32°N (淮河)以北;2008年1月中旬初中高纬度冷空气呈“扩散式”南下,1000hPa温度零线稳定位于 28°N 以南(比气候平均偏南10个纬距,图10b和图11b)。(c)暴雪区和干旱区区域平均OLRA(Outgoing Longwave Radiation Anomaly)反映出对流强弱不同的情况(图10c和图11c)。(d)2009年1月南海北部对流明显比2008年同期弱,水汽输送的强度和方向有明显差异;2008年1月异常活跃的西南暖湿气流与中高纬干冷空气稳定交绥于江淮流域,使得江淮流域的降水具有夏季静止锋降水的性质^[9](图10d和图11d)。此外,从2008年底至2009年1月,热带大气季节内30~60天振荡(MJO)在 $60^{\circ}\sim 150^{\circ}\text{E}$ 地区很不活跃,与2008年初暴雪期间MJO在此地区的强盛差异明显(图略)。(e)2009年1月,南中国海上的西太平洋副热带高压强度偏弱,西伸北抬不明显,抑制了来自南海的水汽向中国大陆输送;2008年1月,副高西伸北抬,其北界比多年平均偏北5个纬距(图10e、f和图11e、f)。欧亚环流异常的稳

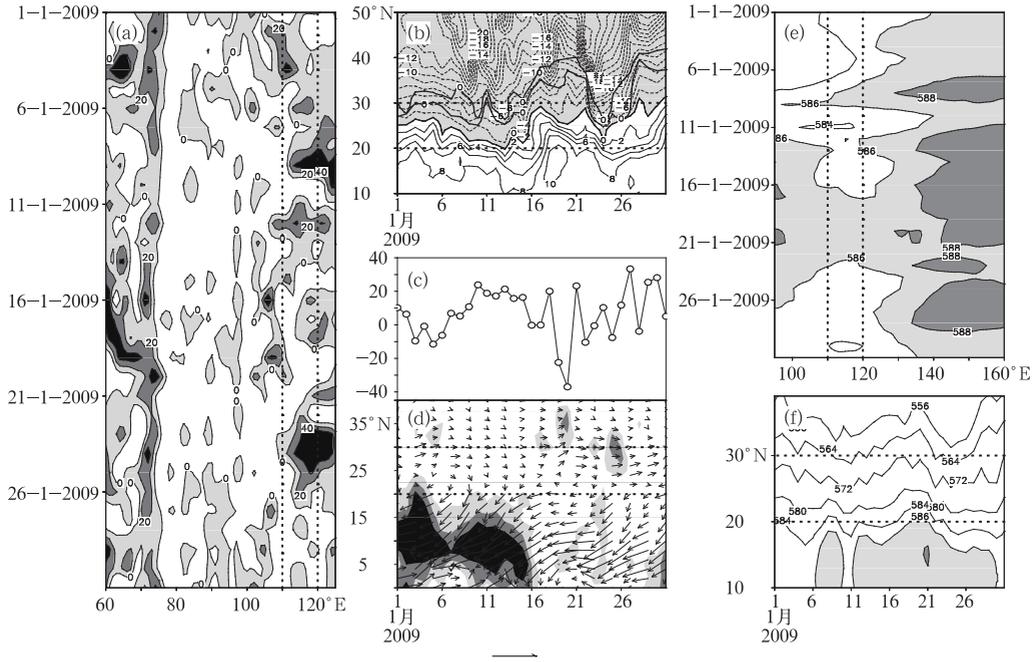


图 10 2009 年 1 月逐日干旱区区域平均(32.5~37.5°N,110~120°E)对流强弱与天气系统配置
 (a) 沿 32.5~37.5°N 的 600hPa 相对涡度(单位: $10^{-5} s^{-1}$) 时间-经度剖面, 阴影区: 正相对涡度区; (b) 沿 110~120°E 的 700hPa 温度时间-纬度剖面, 阴影区温度 $\leq 10^{\circ}C$, 等值线间隔为 $2^{\circ}C$; 灰粗线: 850hPa 温度零线; 黑粗线: 1000 hPa 温度零线; (c) 干旱区逐日 OLRA (单位: $W \cdot m^{-2}$); (d) 沿 110~120°E 平均的整层(地面至 300hPa) 积分的水汽通量矢量(单位: $kg \cdot m^{-1} \cdot s^{-1}$) 时间-纬度剖面, 阴影区表示 $OLRA \leq -10 W \cdot m^{-2}$; (e), (f) 分别为 500hPa 位势高度沿 15~20°N 平均的时间-经度剖面和沿 110~120°E 平均的时间-纬度剖面

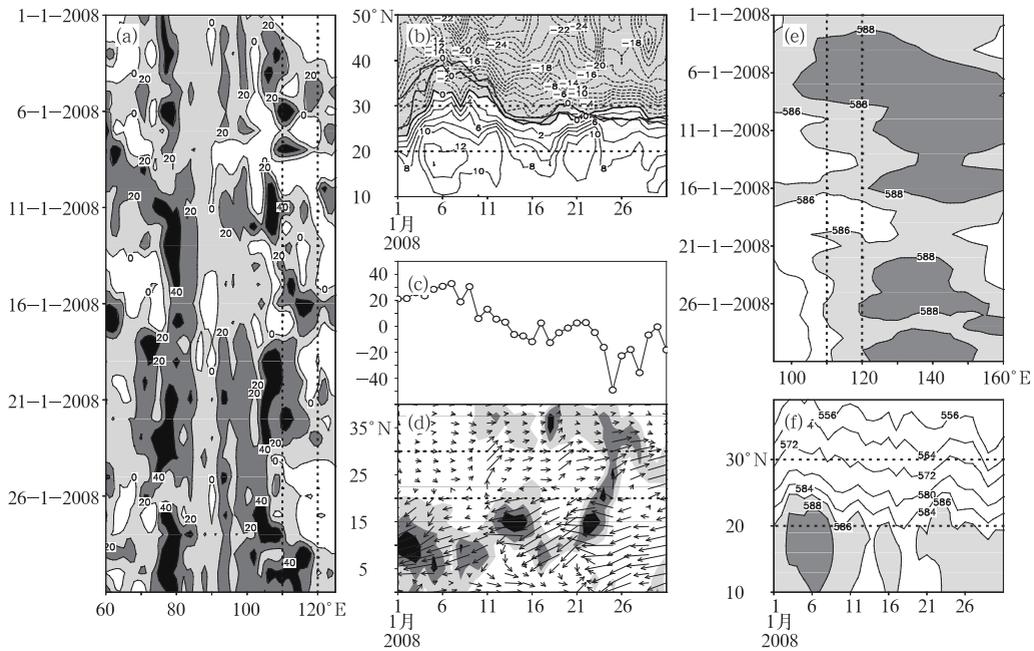


图 11 2008 年 1 月逐日暴雪区区域平均(27.5~32.5°N,110~120°E)对流强弱与天气系统配置
 除了(a)和(c)纬度平均为 27.5~32.5°N, 其它图注说明同图 9

定程度很高,这是 2008 和 2009 年 1 月环流异常的共同特征。

5 结论与讨论

造成我国大部地区 2008 年 11 月至 2009 年 1 月降水偏少、干旱产生与维持的环流成因为:欧亚中高纬沿着 $30\sim 50^{\circ}\text{N}$ 存在稳定性高的长定波列,东亚大槽维持在日本东北部(千岛),高原上空为稳定的高压脊,中国大陆长时期处于东亚大槽槽后西北气流控制下,冷空气活动频繁。冷空气活动没有带来降水,仅仅是大风和降温天气。降水偏少的主要原因是亚洲西部的扰动系统不容易东移到东亚上空,同时,来自热带洋面上的暖湿气流较弱,仅仅到达长江以南地区。

2008 年 11 月至 2009 年 1 月的 3 个月里,北半球异常环流的稳定程度达 2 个月以上。大气环流异常形成与维持的机理是什么?月和季节时间尺度的大气环流变化,是由于持续时间长的下垫面外强迫(如 SST 距平、土壤水分距平或雪盖距平)所引起的,也可能是大气内部动力过程产生的,或是两者共同作用的结果^[10]。一般在气候异常研究和预测中,人们重视赤道东太平洋 SST 异常对全球气候异常的影响。我们注意到 2008 和 2009 年冬季赤道东太平洋 SST 同属冷水位相(La Nina 位相),而我国气候完全相反,看来这次干旱与 La Nina 事件关系十分复杂,值得深入研究。大气环流在本质上是混沌的,这在中高纬度和亚洲季风区表现更为明显。大气内部动力过程导致的大尺度环流异常及其对气候变化的影响,这也是国际上有待解决的难点问题。

根据 IPCC(政府间气候变化专门委员会)第 3、4 次评估报告^[11-12],在全球变暖的气候背景下,全球的水分和能量循环加快,极端气候事件有增多趋势,中国也是如此。这次我国 12 省区出现严重干旱,属于极端气候事

件。2006 年夏季川渝地区百年一遇的特大干旱,2008 年初南方严重的低温、雨雪、冰冻灾害也是如此。气象业务和科研部门,应重视极端气候事件的监测、诊断和预测研究。

致谢: 干旱期无雨日数统计、亚洲干旱监测图和灾情相关信息引自国家气候中心和中新网,在此一并说明与致谢!

参考文献

- [1] 十二省区遭遇严重干旱 中国拉响 I 级抗旱警报 [OL], 2009 年 2 月 6 日, 中新网. 网址: http://news.xinhuanet.com/politics/2009-02/06/content_10776236.htm.
- [2] 我国北方冬麦区气象干旱严重[OL], 2009 年 2 月 5 日, 国家气候中心 气候应用服务室. 网址: <http://ncc.cma.gov.cn/Website/index.php?NewsID=3649>.
- [3] Palmer, W. C. Meteorological Drought[J]. Res. Paper. 45, Weather Bureau, Washington, D. C., 1965: 1-58.
- [4] Aiguo Dai, Kevin E. Trenberth et al. Global variations in droughts and wet spells[J]. Geophysical Research Letters, 1998, 25(17): 3367-3370.
- [5] Gerald D. Bell John E. Janowiak. Atmospheric circulation associated with the midwest floods of 1993 [J]. Bulletin of the American Meteorological Society, 1995, 76: 681-695.
- [6] “华北平原水分胁迫与干旱研究”课题组. 作物水分胁迫与干旱研究[M]. 郑州: 河南科学技术出版社, 1991: 175-214.
- [7] 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.
- [8] 卫捷, 马柱国. Palmer 干旱指数、地表湿润指数与降水距平的比较[J]. 地理学报, 2003, 58(增刊): 117-124.
- [9] 陶诗言, 卫捷. 2008 年 1 月我国南方严重冰雪灾害过程分析[J]. 气候与环境研究, 2008, 13(4): 337-350.
- [10] Shukla J and Mooley D A. Empirical prediction of the summer monsoon rainfall over India [J]. Monthly Weather Review, 1987, 115(3): 695-704.
- [11] Climate Changes 2001, the Third Assessment Report[OL]. Website: <http://www.ipcc.ch/pdf/climate-changes-2001/synthesis-spm/synthesis-spm-en.pdf>.
- [12] Climate Change 2007, the Fourth IPCC Assessment Report[OL]. Website: http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr.pdf.