

华北地区冬季旱情及大气环流异常分析

李姣, 覃军* (中国地质大学(武汉), 湖北武汉 430074)

摘要 利用 NCEP/NCAR 1959~2007 年东亚月平均网格点再分析资料以及全国 756 个站点资料, 分析了华北典型少雨年和典型多雨年对流层整层大气物理量场的变化特征, 并着重对 2008 年末~2009 年初的全国旱情及成因进行了研究。结果表明, 华北地区冬季少雨年的基本环流形势, 500 hPa 高度距平场 110°E 以东为负距平, 以西为正距平, 即“西正东负”的形势, 温度和风场也均呈现相对应的分布形势; 与此相对应, 华北地区对流层整层盛行下沉气流; 对流层中下层辐散、中上层辐合, 华北地区为正涡度距平区, 500 hPa 水汽从北向南输送, 水汽很少; 多雨年的环流形势恰好相反。2008 年 10 月~2009 年 2 月华北地区干旱的原因为: 中高纬度环流异常, 乌拉尔山附近位势高度为正距平区, 我国东北和东西伯利亚地区位势高度为负距平区, 位势高度的差异反映的是气压的差异, 两地产生很大的气压梯度, 有强烈的西北风; 而这强烈的西北风阻挡了来自渤海的海润气流, 使得气流不能进入我国内陆地区, 而取道东北进入东北和西伯利亚, 造成了华北地区的此次干旱。

关键词 华北地区; 干旱; 环流形势; 冬季

中图分类号 S423 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2013)08-03524-06

Analysis of Winter Drought and Atmospheric Circulation Anomaly in North China

LI Jiao et al (China University of Geosciences, Wuhan, Hubei 430074)

Abstract The NCEP/NCAR monthly average reanalysis data and the data of 756 stations in China during the last 49 years (1959–2007) were used to study the characteristics of the physical field variation in the tropospheric during the typical dry (rainy) years. And we focus on the causes of national drought from late 2008 to early 2009. The results showed that the basic atmosphere circulation anomalies (the height, the temperature and wind) situation of North China in winter during the dry years are “west positive and east negative” in the 500hPa. Correspondingly, the North China prevailed downdraft in the tropospheric; the lower tropospheric divergence and the upper layer convergence, because of the positive vorticity anomaly, the dry air flow was transported from north to south; the circulation situation in rain year is just the opposite. During late 2008 to early 2009, the positive anomaly of geo-potential height near the Ural Mountains and the negative anomaly for both Northeast China and Eastern Siberia caused strong northwest wind which blocked the moist air from the Bohai Sea, the moist air blowed to Northeast China and Siberia, resulted in North China’s drought.

Key words North China; Drought; Atmospheric circulation; Winter

我国地处季风气候区, 秋冬季节北方大部分地区降水稀少。随着全球气候变暖, 20 世纪 90 年代以后我国北方地区降水偏少、气温偏高, 频繁出现干旱。最近十几年, 北方冬麦区、冬、春季干旱时有发生, 严重年份甚至可以持续至初夏, 对农业生产造成极大影响。《中国科学技术蓝皮书第 5 号》将干旱列为我国气候灾害之首, 而华北地区发生干旱的频率又居全国之首。历史上华北旱灾的次数也远远多于洪涝, 自公元初至 19 世纪期间在华北境内发生水灾 650 次、旱灾 980 次^[1]。

迄今为止, 对华北地区的研究主要着重于汛期降水, 张庆云等通过对 1948~2000 年华北夏季降水的研究发现, 华北夏季降水偏少的一种主要流型是 500 hPa 欧亚大陆位势高度偏高, 华北大部分地区受高压控制^[1]; 周晓霞等指出华北汛期多雨年有向华北地区的正异常水汽输送, 而少雨年中西风带对水汽的输送减少^[2]。对华北地区冬春季干旱的研究还较少, 叶瑾琳等统计指出夏季旱、涝分别仅占四季旱涝总和的 12.3% 和 38.8%^[3]; 王志伟等指出 51 年 (1950~2000 年) 以来, 我国北方主要农业区的干旱面积在各个季节有增加的趋势, 其中以冬、春季发展较快^[4]; 且自 1951 年以来冬季气候变暖最为显著^[5], 内蒙古中部、华北北部是我国北方增温幅度最大的地区^[6], 同期我国冬季降水日数明显减

少^[7]。2008 年末~2009 年初全国大旱, 2008 年 10 月底~2009 年 2 月上旬河北、河南、陕西、山西、山东、甘肃、江苏、安徽等北方冬麦区出现了比较严重的干旱, 据统计, 北方旱区这个冬季平均无降水日数为 85.1 d, 干旱程度总体达 30 年一遇, 是历史上一次严重的旱灾。在以上研究背景下, 笔者从 2008 年末~2009 年初的干旱入手, 针对华北地区冬春季的多雨期和少雨期的环流形势与各物理量场进行分析, 揭示了我国华北干旱的环流形势以及主要形成原因, 为我国干旱气候研究以及农业防灾减灾工作服务。

1 资料与方法

1.1 资料的选取 所用的月平均位势高度、风、温度以及垂直速度、水汽等物理量均取自 NCEP/NCAR 再分析资料, 地面观测资料为全国 756 个站点的地面常规观测资料。

1.2 分析方法

1.2.1 降水距平百分率。降水距平百分率是用来表示某时段降水量相对降水量变率的大小, 其数学表达式为: $p_i = \frac{x_i - \bar{x}}{\bar{x}} \times 100\%$ ($i = 1, 2, 3, \dots, n$), 式中, n 为时间序列长度, x_i 为第 i 年 (月) 的降水量之, $\bar{x}$ 为 n 年 (月) 的降水量的平均值。

1.2.2 干旱指数。采用属于水温平衡法的 N. N. 伊万诺瓦指标^[8], 并对其进行了适当修改, 其表达式为: $H = \frac{0.0018(25+T)^2(100-RH)}{R}$, 式中, t 为月平均温度 (°C), RH

为月相对湿度, $R = \frac{R_1 + R_2/3.0 + R_3/5.0}{1 + 1/3.0 + 1/5.0}$, R_1 为当月降水量

作者简介 李姣 (1987–), 女, 河北辛集人, 硕士研究生, 研究方向: 大气物理与大气环境研究, E-mail: abbylzu@yahoo.com.cn。* 通讯作者, 博士, 高级工程师, 从事大气环流异常和气候变化研究, E-mail: qinjunnj@126.com。

收稿日期 2013-03-21

1.2.3 研究区域和研究时间。首先选出有 1971~2000 年 30 年月平均降水、温度、湿度资料的 596 个站,并以此作为平均值计算各年的月降水距平百分率和干燥度距平百分率。由降水距平百分率和干燥度指数的空间和时间分布可以了解到华北地区的干旱最为明显,持续时间为 2008 年的 11、12 月和 2009 年的 1、2 月。考虑区域问题,由于干旱区域主要为华北地区,因此选择华北地区 1959~2007 年月平均降水、温度、

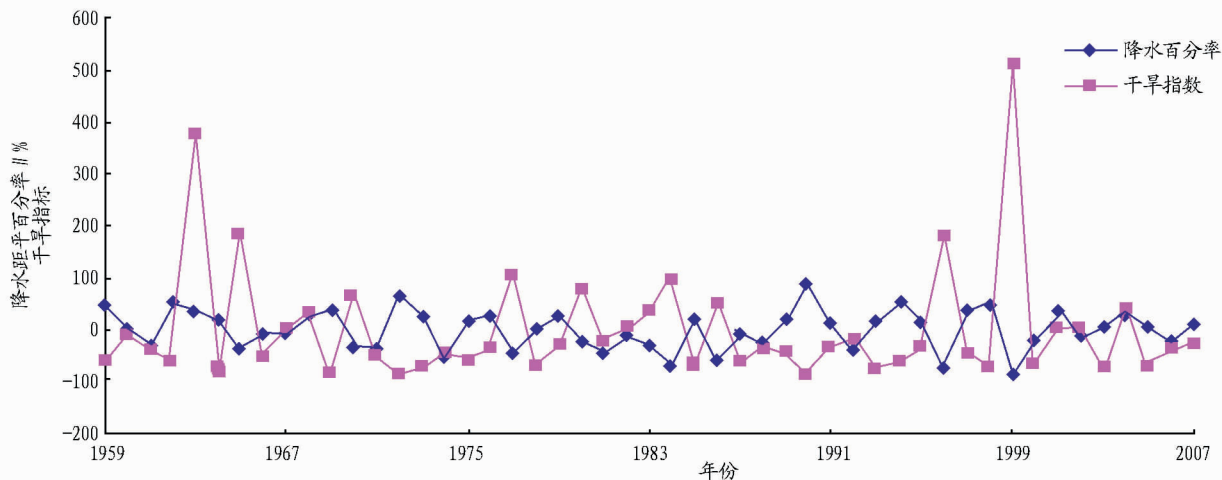
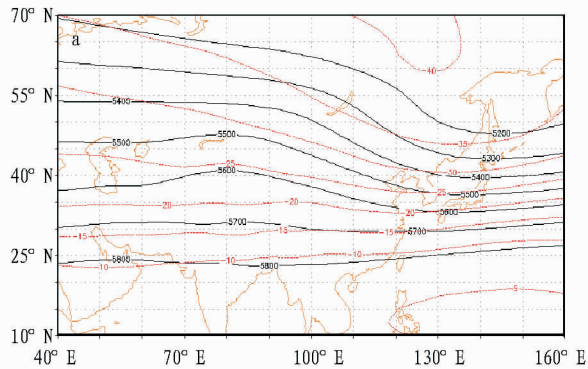


图1 1959~2007年华北地区冬季降水距平百分率和干旱指标分布

2.1 49 年历史平均场的分析 对 1959~2007 年的 11、12 月和次年 1、2 月这 4 个月份进行统计平均, 分析 500 hPa 高度场、温度场、矢量风、垂直运动 ω 和水汽通量散度的分布形势, 研究华北地区的平均环流形势(图 2)。由图 2 可知, 冬季



注:图 a 中红色线条表示温度,单位:℃;黑色表示位势高度,单位:gpm。

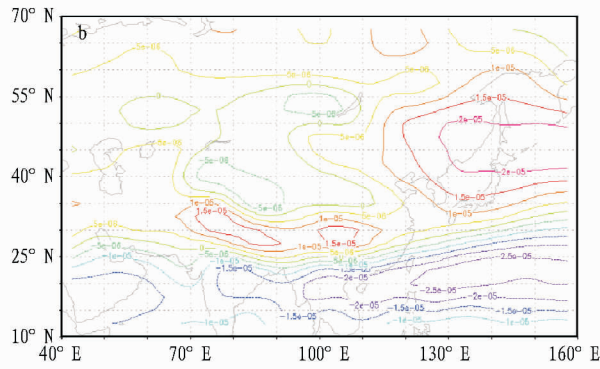
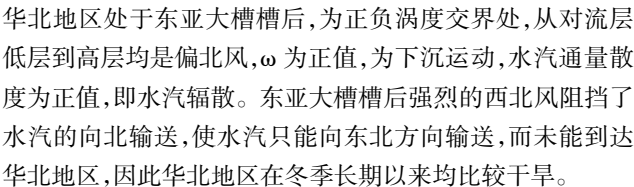


图2 1959~2007年冬季500 hPa位势高度温度(a)和涡度(b)平均合成场

2.2.1 500 hPa 高度距平合成。从少雨年 500 hPa 高度距平合成图(图 3a)可以清楚地看出,在中低纬度,沿 $20^{\circ} \sim 60^{\circ} \text{N}$ 纬带内呈现出“西正东负”的少雨年特征,在 110°E 以西为正高度距平区,在 110°E 以东地区为负高度距平区。而多雨年中低纬度的环流特征与少雨年相反,在 $20^{\circ} \sim 60^{\circ} \text{N}$ 纬带内, 110°E 以西为负高度距平区,以东为正高度距平区(图 3b)。这与杨善恭等研究的西北地区旱涝年的环流特征的结论^[9]和王金花研究的青藏高原东北侧夏季干旱平流层环流

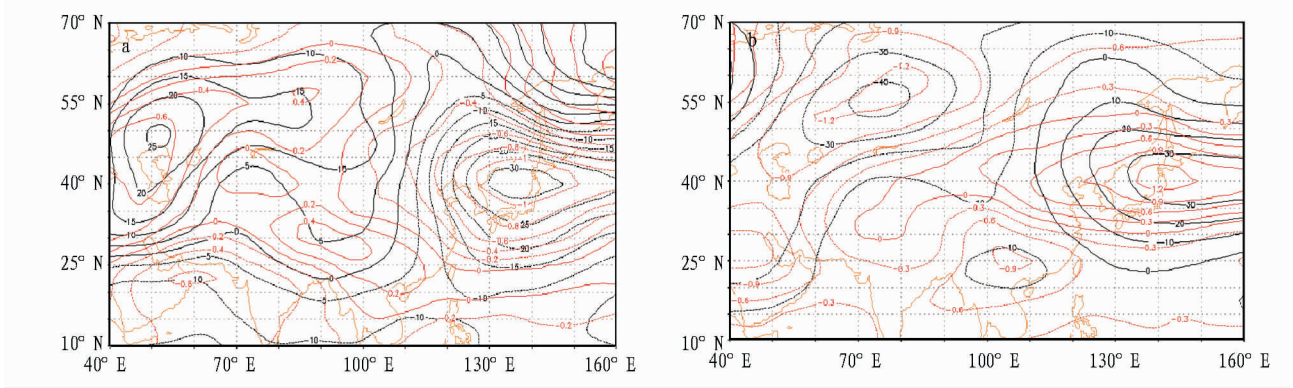
湿度资料的 22 个站,并求出各站各个月份的干燥度指数;同时,由于华北地区的干旱为区域性干旱,区域平均值应具有一定可比性,因此,求出所选择的 22 个站的区域平均值。对于时间的考虑,此次干旱持续了近 4 个月的时间,对历史状况采用 4 个月的平均值,并分别求出 1959~2007 年每年的降水距平百分率、干燥度指标距平百分率(图 1)。根据图 1 选出了历史上 49 年中最早的 5 年(1999、1963、1965、1996 和 1977 年)和最涝的 5 年(1993、1990、1972、1969 和 1964 年)。

形势^[10]是一致的。也就是说西北地区和华北地区的旱涝有一致性。在研究中发现此种环流形势不仅在 500 hPa 高度出现,且在 850、200 hPa 高度层上均有体现,说明华北地区多雨流型和少雨流型是对流层整层的特征。

2.2.2 垂直运动 ω 距平合成场。从少雨年 200 和 850 hPa 垂直运动 ω 距平合成场(图 4a)可以看出,华北地区上空 ω 为正距平区,即下沉运动区,且 200 hPa 的 ω 正的距平中心强于 850 hPa 的,也就是说华北地区冬季少雨年的对流层整层的下沉运动增强,不利于降水的形成。而多雨年(图 4b),华

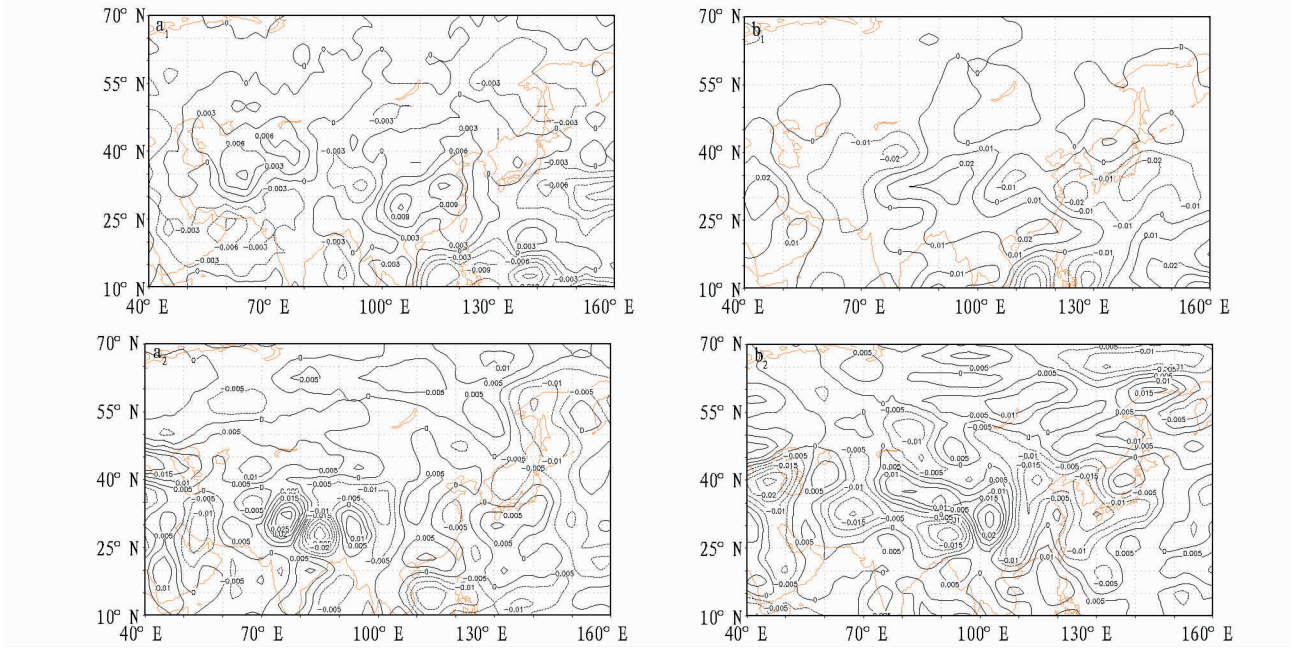
北地区上空 ω 为负距平区,且 850 hPa 高度上的 ω 负值中心强度强于 200 hPa 的,也就是说华北地区冬季多雨年的对流

层整层的下沉运动减弱,或上升运动加强,有利于降水的形成。



注:红色线条代表温度,单位:℃;黑色线条代表位势高度,单位:gpm。

图3 华北最早(a)与最湿(b)5年的高度和温度距平场合成



注:a₁、b₁ 为 200 hPa,a₂、b₂ 为 850 hPa。

图4 最早年份(a)和最涝年份(b)垂直运动 ω 距平场

2.2.3 散度距平合成。从华北冬季少雨年 200、500 和 850 hPa 散度距平合成图(图 5a)可以清楚地看出,少雨年华北地区上空 200 hPa 高度散度为负距平区,表示气流在对流层上层的辐合强于常年,而在 850 hPa 高度大部分为正距平区,反映了对流层下层气流辐散比常年强,500 hPa(对流层中层)负距平强度小于对流层上层,这整体反映了华北地区少雨年对流层高层辐合、低层辐散的特征,与上节讨论的垂直速度恰好对应,为下沉气流加强,不利于降水的形成。华北冬季多雨年(图 5b),在 200 hPa 高度,华北地区上空散度为正距平区,表示气流在对流层上层的辐散比气候平均强,850 hPa 高度则大部分为负距平区,反映了对流层下层气流的辐合比气候平均强,这反映了华北地区多雨年对流层高层辐散低层辐合的特征,与上节的垂直速度的分布完全对应,为上升气流加强,此种环流形势有利于降水的形成。

2.2.4 涡度距平。由图 6 可见,华北地区冬季少雨期其上

空为正涡度距平区,且随高度向东倾斜,200 hPa 正涡度中心在日本上空,850 hPa 正涡度中心在山东半岛上空,此种环流配置与位势高度场的分布相配合,此时东亚大槽偏东或加深,槽后偏北风加强,不利于水汽的到达和汇聚,此种环流配置不利于降水;而华北地区冬季多雨期其上空为负涡度距平区,负涡度中心偏北,此环流形势与位势高度场的分布相对应,此时东亚大槽偏西或减弱,槽后偏北风减弱,有利于水汽的到达和汇聚,此种环流配置有利于降水。

2.2.5 水汽通量距平。由图 7 可见,华北地区冬季少雨期 850 hPa 水汽输送相对于气候平均而言为从北向南输送,也就是说由南向北的水汽输送减少,由渤海海湾输送的水汽同样也减少,这种配置表明到达华北地区的水汽比气候平均少,且在华北地区上空是明显的水汽辐散,这样的环流形势极不利于华北的降水;而华北地区冬季多雨期 850 hPa 水汽输送相对于气候平均而言从南向北输送,来自南方的水汽和

来自渤海的水汽在华北地区辐合,这样的流型有利于华北降水的形成。

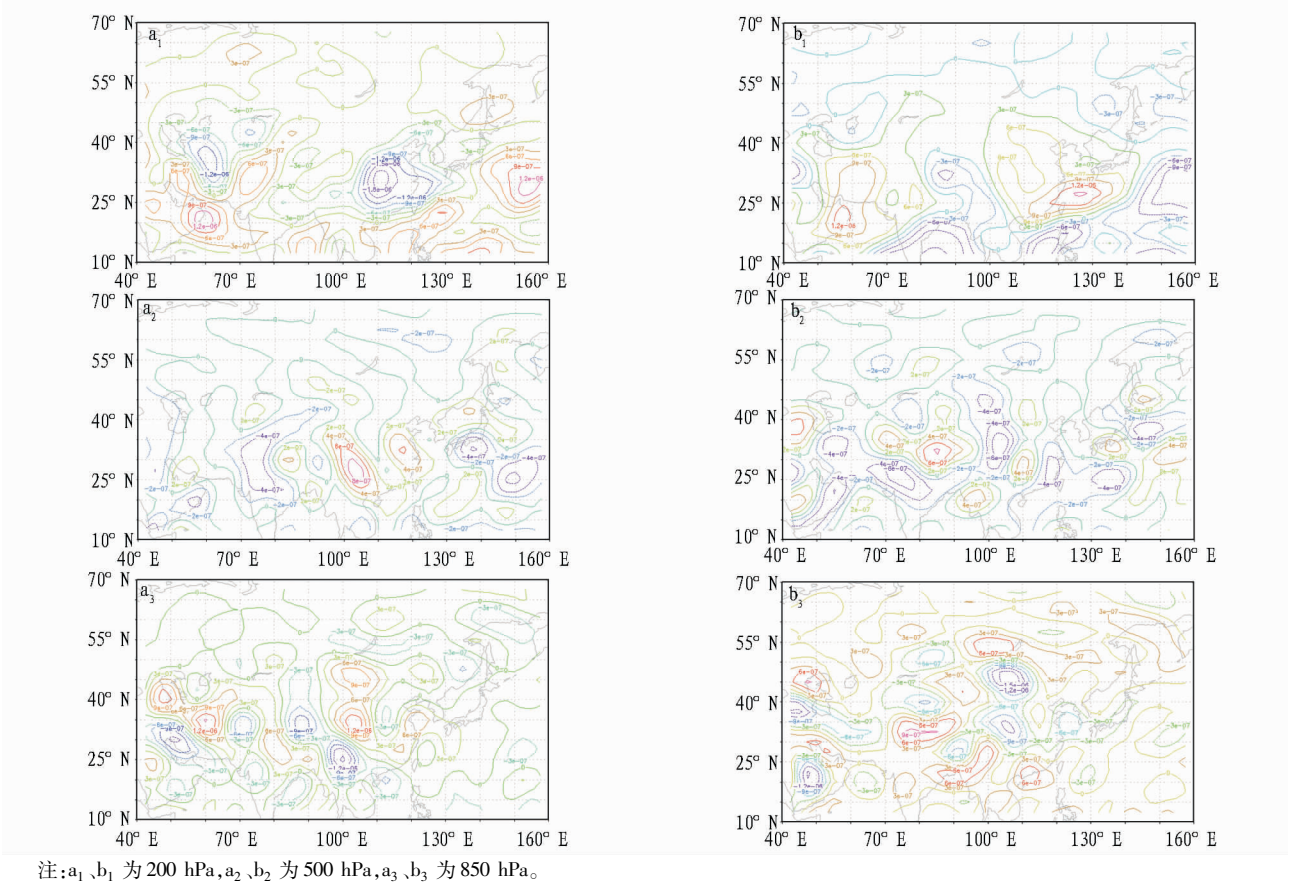


图 5 最早年份(a)和最涝年份(b)散度距平场

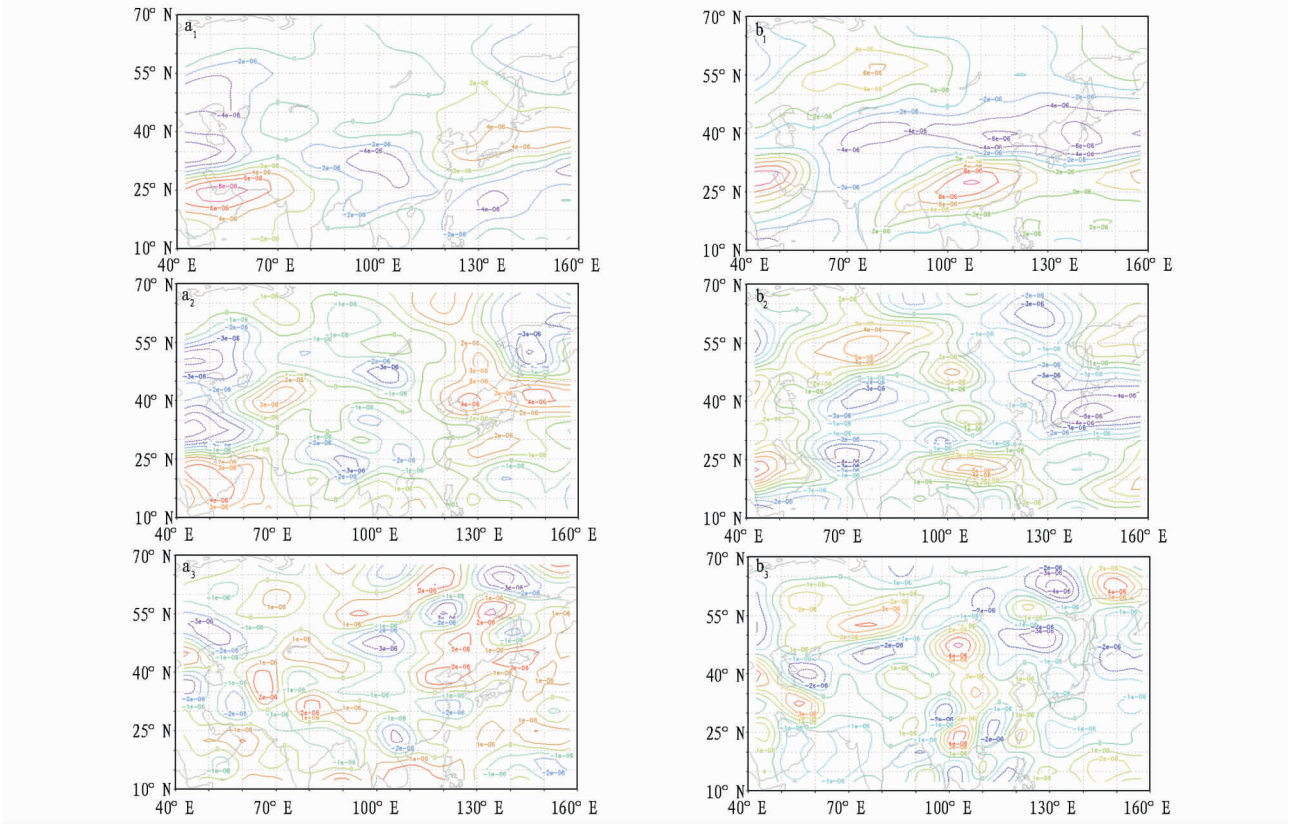


图 6 最早年份(a)和最涝年份(b)涡度距平场

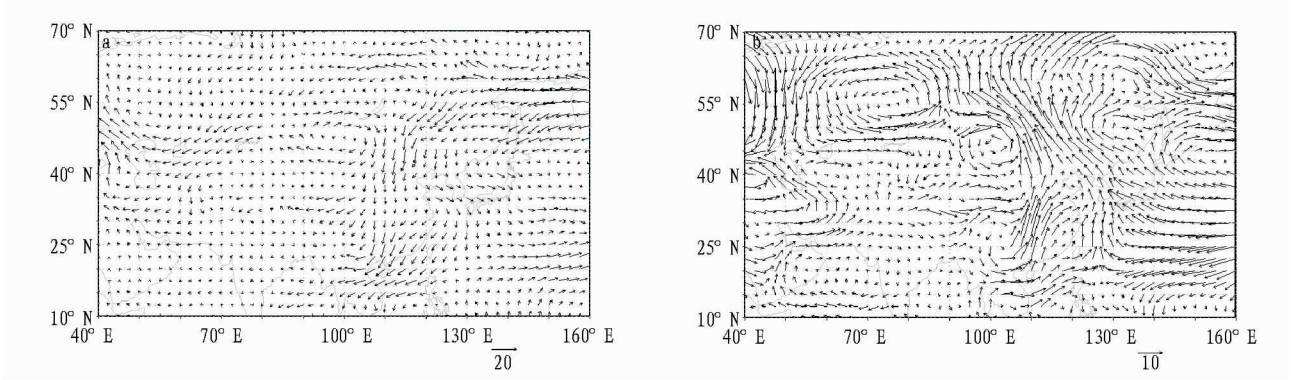
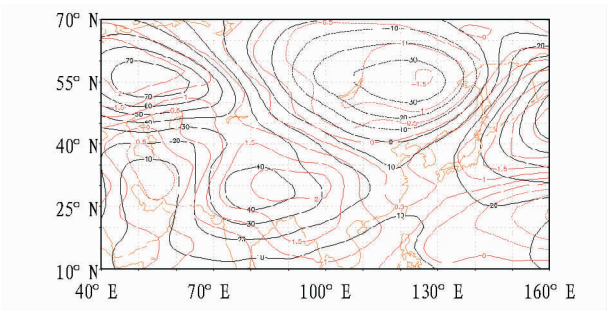


图7 最早年份(a)和最涝年份(b)水汽通量距平场

3 2008 年末~2009 年干旱成因分析

2008 年 10 月~2009 年 2 月在 500 hPa 高度距平合成场中我国东北至东西伯利亚一带为负距平区,负距平中心在贝加尔湖东侧地区,而欧亚大陆为正距平区,有 2 个正距平中心,一个位于乌拉尔山一带,另一个位于青藏高原上空(图 8);45°~70°N,2 个最强的正负位势高度距平区之间将产生很强的北风,强烈的偏北风减少了到达华北地区的水汽输送。另外 200 和 850 hPa 高度上也是同样的分布,只是在正负距平的数值上有所不同,这与徐桂玉等研究指出的乌拉尔山、巴尔喀什湖、贝加尔湖附近高压脊加强,而华北至东西伯利亚高度降低时华北地区降水减少的结论是类似的^[11]。



注:红色代表温度,黑色表示高度。

图8 2008 年 10 月~2009 年 2 月 500 hPa 高度和温度距平合成场

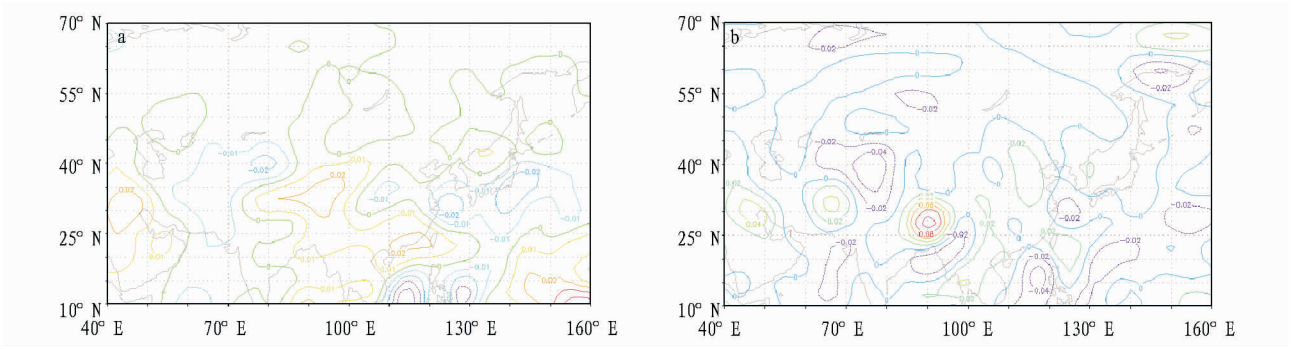


图9 2008 年 10 月~2009 年 2 月 200 hPa(a)和 850 hPa(b)垂直速度 ω 距平场

由图 9 可见,华北地区在 200 hPa 有负 ω 距平区,表示气流在此较气候平均而言下沉运动减弱,而在 850 hPa 华北地区上空为正 ω 距平区,气流的下沉运动比气候平均加强,正距平中心值为 0.02,而历史干旱平均的负距平中心值为 0.01,即对流层低层的下沉运动比历史上 5 年的干旱平均强。但该年的干旱与历史干旱年的平均不同,华北地区上空的 ω 值不再表现为整层为正距平,而仅仅是在对流层低层的下沉运动显著加强。从 2008 年 10 月~2009 年 2 月 850 hPa 水汽通量距平合成场(图 10)可以看出,虽然从渤海湾有水汽输送到华北和东北地区,但这水汽仅在山东半岛的临海地区聚集,到达华北大部和西北地区的水汽仍然很少,在华北地区的大部均表现为水汽通量辐散。大部分来自渤海海湾的水汽到达东北和东西伯利亚地区,并没有为我国内陆地区增加水汽。

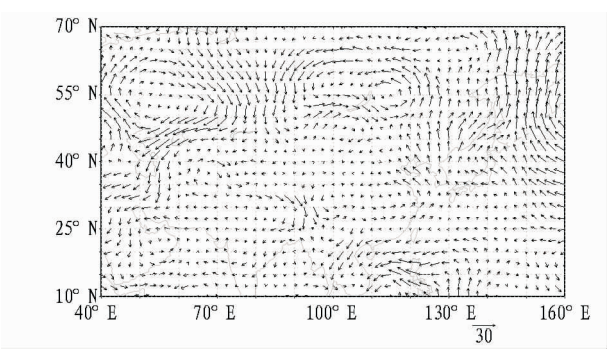


图10 2008 年 10 月~2009 年 2 月 850 hPa 水汽通量距平合成场

4 小结与讨论

(1)从 1958~2007 年华北地区冬季少雨年和多雨年的分析可以发现,当中低纬度呈现“西高东低”或“西正东负”时,即当东亚大槽偏东或加深时,华北地区为干旱,这是因为

华北地区位于东亚大槽槽后,槽后有西北风,当东亚大槽加深时,槽后偏北风加强,阻挡了来自南方和海洋的湿润气流,不利于华北地区降水的形成,从而造成了华北地区的干旱;而当其中低纬度呈现“东高西低”或“东正西负”时,即当东亚大槽减弱或偏西时,槽后西北风减弱,使得南方和海洋的水汽易于到达,有利于华北地区降水的形成,形成了华北地区冬季的多雨年。

(2)2008 年末~2009 年初全国大旱,其中以华北地区旱情最为严重,持续时间近 5 个月。造成此次干旱的原因为:中高纬度环流异常,乌拉尔山附近位势高度为正距平区,我国东北和东西伯利亚地区位势高度为负距平区,位势高度的差异反映的是气压的差异,两地产生很大的气压梯度,有强烈的西北风;而这强烈的西北风阻挡了来自渤海的湿润气流,使得气流不能进入我国内陆地区,而取道东北进入东北和西伯利亚,造成了华北地区的此次干旱。

(3)2008 年末~2009 年初全国大旱与历史典型干旱年份的环流形势又有所不同。历史年份的干旱多是由于中纬度地区环流异常(东亚大槽加深或减弱)而形成,此次干旱主要是由于中高纬度地区的环流异常形成,乌拉尔山位势高度为正距平,东北和东西伯利亚地区为负距平;历史年份的干旱表现为对流层整层为下沉运动,而此次干旱仅表现为对流层低层为下沉运动,不再是对流层整层的特征。

(4)通过对 2008 年末~2009 年初的全国旱情的综合分析,对造成此次干旱的大气环流异常特征有了一定的了解,但干旱灾害的发生和持续是多因子综合作用的结果,特别是华北地区的干旱是一个较强的气候现象。因此关于华北地区干旱的发展维持与成因还有很多问题值得深入研究,

特别是中高纬度大气环流的变化^[12-15]、三大洋海面温度的异常(SSTA)^[11]及其海气相互作用^[14-16]对华北干旱物理过程的影响还有待进一步的深入研究。

参考文献

- [1] 张庆云,卫捷,陶诗言.近 50 年华北干旱的年代际和年际变化及大气环流特征[J].气候与环境研究,2003,8(3):307-318.
- [2] 周晓霞,丁一汇,王盘兴.夏季亚洲季风区的水汽输送及其对中国降水的影响[J].气象学报,2008,32(2):59-70.
- [3] 叶瑾琳,陈振华,龚道溢,等.近百年中国四季降水量异常的空间分布特征[J].应用气象学报,1998,9(S1):57-64.
- [4] 王志伟,翟盘茂.中国北方近 50 年干旱变化特征[J].地理学报,2003,58(S1):61-68.
- [5] 任国玉,徐铭志,初子莹,等.近 54 年中国地面气温变化[J].气候与环境研究,2005,10(4):717-727.
- [6] 马柱国,任小波.1951-2006 年中国区域干旱化特征[J].气候变化研究进展,2007,3(4):195-201.
- [7] 李帅,陈莉,任玉玉.1951/1952-2004/2005 中国冬季降水变化研究[J].热带气象学报,2008,24(1):94-98.
- [8] 尚可政,董光荣,王式功,等.我国北方沙区气候变化对全球变暖的响应[J].中国沙漠,2001,21(4):387-392.
- [9] 杨善恭,朱炳媛,徐国昌.甘肃省各月少雨和多雨的环流特征[J].甘肃气象,1984(4):7-10.
- [10] 王金花.青藏高原东北侧夏季干旱平流层环流初步研究[D].南京:南京气象学院,2004.
- [11] 徐桂玉,杨修群,孙旭光.华北降水年代际、年际变化特征与北半球大气环流的联系[J].地球物理学报,2005,48(3):511-518.
- [12] 卫捷.华北夏季干旱气候灾害的物理成因分析[D].北京:中国科学院大气物理研究所,2001.
- [13] 竺可桢,李良驹.华北之干旱及其前因后果[J].地理学报,1934,1(2):97-106.
- [14] 樊增全,刘春葵.1980—1987 年华北地区上空水汽输送特征[J].大气科学,1992,16(5):548-555.
- [15] 侯亚红,杨修群,李刚.冬季西伯利亚高压变化特征及其与中国气温的关系[J].气象科技,2007,35(5):646-650.
- [16] 郭冬,孙照渤.冬季北太平洋涛动异常与东亚冬季风和我国天气气候的关系[J].南京气象学院学报,2004,27(4):461-470.

(上接第 3509 页)

谐、具有韵律感和节奏感;墩台形状及布设形式应尽量做到轻巧美观。

5 结论

通过对景观敏感性、景观阈值和视觉景观的影响分析可以看出,新建北安至五大连池铁路工程建设将会对五大连池风景名胜区的景观结构、功能、视觉效应等产生不利影响,但是程度轻微,并且通过采取相应的保护措施,可以得到有效恢复,该风景名胜区的整体功能仍可可持续发展。从风景名胜区保护角度分析,工程建设可行。

本次评价采用生态机理法、综合指数法,中尺度水平从“面”的层次,选取景观敏感度、景观阈值,小尺度水平从“点”的层次,选取视觉景观影响指标,针对景观影响进行综合评价考量。结果表明,所选取的评价指标、方法较为适合,能够反映工程在区域的景观状况及其变化,保证了景观评价

的合理性。

参考文献

- [1] 刘晓兰.五大连池风景名胜旅游区旅游名镇总体规划环境制约因素及替代方案分析[J].环境科学与管理,2011,36(8):15-17.
- [2] 匡星,白明洲,王连俊,等.铁路建设项目对生态环境影响评价体系探析[J].铁道学报,2009,31(2):125-131.
- [3] 仲明锦,徐晓辉,孙延军,等.深圳马峦山郊野公园的植被景观分区及其评价[J].华南师范大学学报:自然科学版,2007,35(2):104-113.
- [4] 阎建忠,张锦铨,刘林山,等.高原交通干线对土地利用和景观格局的影响——以兰州至格尔木段为例[J].地理学报,2003,58(1):34-44.
- [5] 邓平跃,牟瑞芳.景观生态学理论在道路工程中的应用[J].交通环保,2004,25(1):48-50.
- [6] 宗跃光,周尚意,彭萍,等.道路生态学研究进展[J].生态学报,2003,23(11):2396-2404.
- [7] 俞孔坚.景观:文化、生态与感知[M].北京:科学出版社,1999:168-180.
- [8] 俞孔坚.论风景美学质量评价和认知学派[J].中国园林,1988,3(1):16-19.
- [9] 许娣.赣龙铁路工程景观评价[J].铁道标准设计,2005(8):90-92.