

中国东北地区夏季旱涝 的大气环流异常特征^{*}

P426 A

孙 力 安 刚 廉 毅 高 枫 亭
唐晓玲 沈柏竹 丁 立

(吉林省气象科学研究所, 长春 130062)

摘 要 利用东北地区均匀分布的 69 个测站 35 年 (1961~1995 年) 夏季月平均降水资料 and NCEP/NCAR 1958~1997 年月平均再分析资料, 对我国东北地区夏季旱涝发生的大气环流异常特征及其差异进行了诊断分析研究。结果表明, 东北地区旱涝年夏季, 高纬和极区大气环流特征、东北亚异常长波槽脊的分布和活跃程度、东亚大槽和西太平洋副热带高压的位置和强度等均有十分明显的差别。不仅如此, 该区域夏季降水异常还显著地受到亚洲季风诸系统的影响, 包括南亚季风, 也包括南海季风和副热带季风, 并且高空西风急流的位置和强度也有明显变化。涡度、散度、垂直速度和水汽含量等物理量特征在旱涝年不仅有截然相反的分布, 而且还表现出与低纬地区存在着不同的联系方式。位于菲律宾以东洋面上行星尺度的高层辐散和低层辐合也有一定不同, 并且受热带地区大气加热强度变化的影响。东北地区所在经度上的经圈环流在旱涝年也发生了明显变化, 从而对该区域降水异常产生影响。

关键词: 东北地区; 旱涝; 大气环流

1 引言

中国东北地区位于中高纬度, 几十年的资料表明, 夏季集中暴雨洪涝和持续性干旱等气候灾害异常活跃, 这些气候灾害的发生对当地国民经济尤其是对农业发展产生了很大影响。以近两年为例, 1997 年发生的历史罕见的持续性干旱, 仅在吉林省就造成了超过 50 亿 kg 粮食的减产, 1998 年松嫩流域发生的特大洪涝更是造成了达千亿元人民币的直接经济损失。虽然过去人们从不同的角度对东北地区的旱涝问题进行过一些研究, 但多数集中在夏季降水异常的时空分布规律^[1,2]、旱涝形成的向外长波辐射 (OLR) 特征^[3]和暴雨发生的气候学分析及其影响系统^[4]等几个方面, 相比之下, 从全区域角度出发对旱涝成因及其出现的大尺度环流背景做全面和系统探讨的工作却不是很多。本文利用东北地区 69 个测站 35 年 (1961~1995 年) 夏季月平均降水资料以及 NCEP/NCAR 1958~1997 年月平均再分析资料, 对东北地区旱涝发生的大气环流异常特征进行了合成对比诊断分析, 这对进一步认识该区域夏季降水异常的机理, 研究有物理意义的预测方法是有意义的。

2000-01-08 收到, 2000-07-10 收到再改稿

^{*} 国家自然科学基金资助项目 49875022

2 资料和方法

利用东北地区均匀分布的 69 个测站 35 年 (1961~1995 年) 夏季月平均降水量资料, 以区域月平均降水距平百分率为标准, 挑选了 10 个典型的涝月和 10 个典型的旱月 (表 1), 7 月和 8 月各占一半, 其中, 涝月平均降水距平百分率为 46.8%, 旱月平均为 -42.3%。同时, 以 NCEP/NCAR 1958~1997 年全球月平均再分析资料 (格距 $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$ 经纬度, 垂直方向 17 层) 为基础, 分别制作涝年和旱年夏季 (7~8 月) 大气环流与各物理量场的合成平均图、合成距平图以及旱涝距平差值图 (涝年夏季减旱年夏季), 用合成对比分析方法探讨东北地区夏季旱涝大气环流异常的基本特征及其差异。

表 1 所选旱涝月个例

涝年	1962	1963	1985	1991	1994	1964	1969	1985	1987	1994	
月	7	7	7	7	7	8	8	8	8	8	平均
距平百分率	36.2%	55.5%	27.5%	50.0%	25.5%	57.0%	46.0%	79.1%	50.6%	40.3%	46.8%
旱年	1968	1972	1974	1976	1982	1975	1979	1989	1991	1992	
月	7	7	7	7	7	8	8	8	8	8	平均
距平百分率	-33.0%	-40.1%	-35.6%	-31.2%	-40.1%	-41.2%	-43.2%	-63.1%	-52.9%	-41.7%	-42.3%

3 结果分析

图 1 表示的是涝年夏季和旱年夏季 500 hPa 高度距平的合成图及其差值图, 可以看出, 它们之间的差异是明显的。对于东北地区多雨年, 500 hPa 高纬和极区主要由正距平所控制, 位势高度较常年高; 而对应东北地区少雨年, 500 hPa 高纬和极区主要由负距平所控制, 位势高度较常年低, 这种差异说明高纬和极区大气环流异常对东北地区夏季降水是有一定影响的。并且, 涝年 500 hPa 中高纬度主要距平槽脊为三波型, 贝加尔湖及其以北的新西伯利亚为较强的正距平, 说明该地区经常有长波脊停留和经过, 堪察加半岛及其周围是明显的负距平分布, 而阿留申群岛附近则是明显的正距平分布, 这表明东北地区涝年, 东亚大槽容易在较为偏西的位置上加深, 而阿留申低压则有所减弱。东亚至太平洋地区, 从东北中西部一直到华北和西北北部以及蒙古地区负距平显著, 中心位于蒙古东南部和内蒙古东北部, 即这一带常有异常低槽发展。而 25°N 以北的西北太平洋和日本及其周围地区的较强正距平分布, 则意味着在涝年夏季西太平洋副热带高压不仅位置偏北偏西强度偏强, 而且经常能与位于日本地区的西风带高压脊“打通”而形成东阻形势。上述大尺度环流背景对导致东北地区持续性降水是非常有利的。旱年 500 hPa 高度距平分布与上述差别较大, 尤其是东亚和太平洋地区更为明显。首先, 东北及其西部是正距平中心, 此正距平区向东还包括了俄罗斯远东地区和日本北部, 向西可一直伸展至巴尔喀什湖附近, 表明这一广阔的纬向带状分布的区域内夏季异常高压脊比较活跃。而在 20°N 至 40°N 之间的东亚沿岸和西太平洋地区则是非常明显的负距平分布, 负距平中心位于日本南部海面, 即在东北地区旱年, 西太平洋副高位置容易偏南偏

东,且强度偏弱。同时,以阿留申群岛及其以东地区为中心的另一个明显的负距平区可能还意味着这时的阿留申低压较为活跃,东亚大槽位置偏东。对上述旱涝年主要距平槽脊中心所做的平均值差异 t 检验^[5]表明,它们均可以通过0.05以上的信度标准。以上构成东北地区夏季旱涝的大气环流异常形势,不仅与长江流域^[6]和西北地区^[7]降水异常有明显的不同,而且与华北地区旱涝也有很大差别^[8],因此,我国北方地区雨带的确定是值得进一步研究的。

东北地区旱涝年对流层中下层流场特征及其差别也是十分明显的,图2给出的是850 hPa流场距平合成图及其差值分布。我们可以看到,在降水偏多年,位于贝加尔湖以北俄罗斯新西伯利亚地区和位于日本及其周围两个反气旋式距平环流,都是非常明显的。更值得注意的是,有4支不同的南风距平气流在我国东部地区汇集并加强后向北伸展,从而对东北地区持续性降水产生影响。它们一支源自孟加拉湾东传后折向北;一支源自南海直接北上;另一支源自副热带高压南侧西传后北上;还有一支源自青藏高原东侧途经西南地区后向北推进。这4支北上的南风距平气流与西风带距平气流在东北地区结合,形成了一个十分明显的气旋式距平环流。说明东北地区夏季降水不仅与中高纬度天气系统有直接关系,而且与热带和副热带地区大气环流异常的联系可能更为密切。

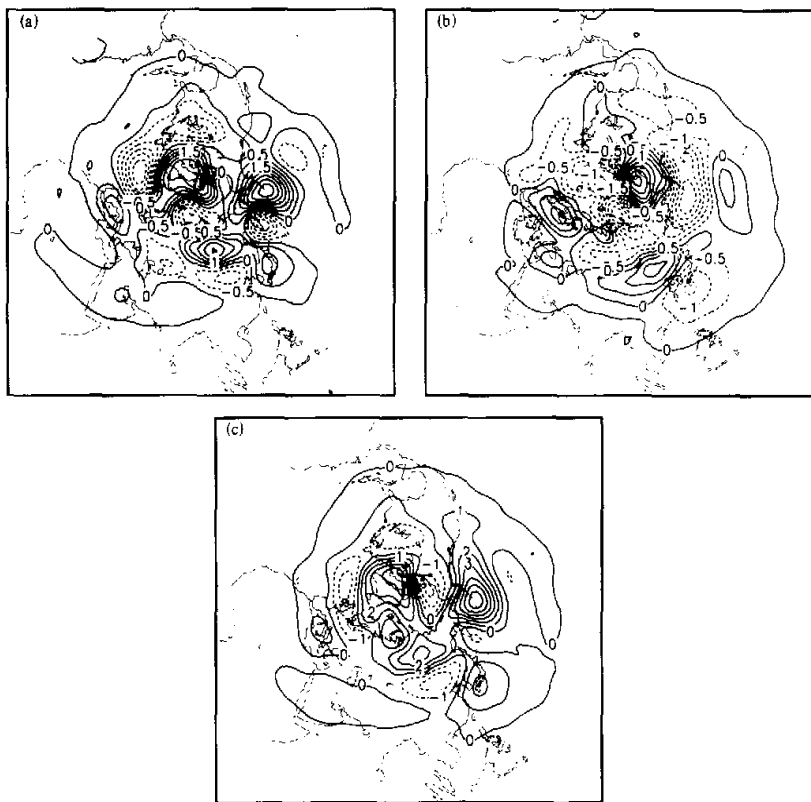


图1 东北地区旱涝年夏季500 hPa高度距平合成图及其差值分布(等值线间隔0.5,单位:dagpm)

(a) 涝年; (b) 旱年; (c) 差值

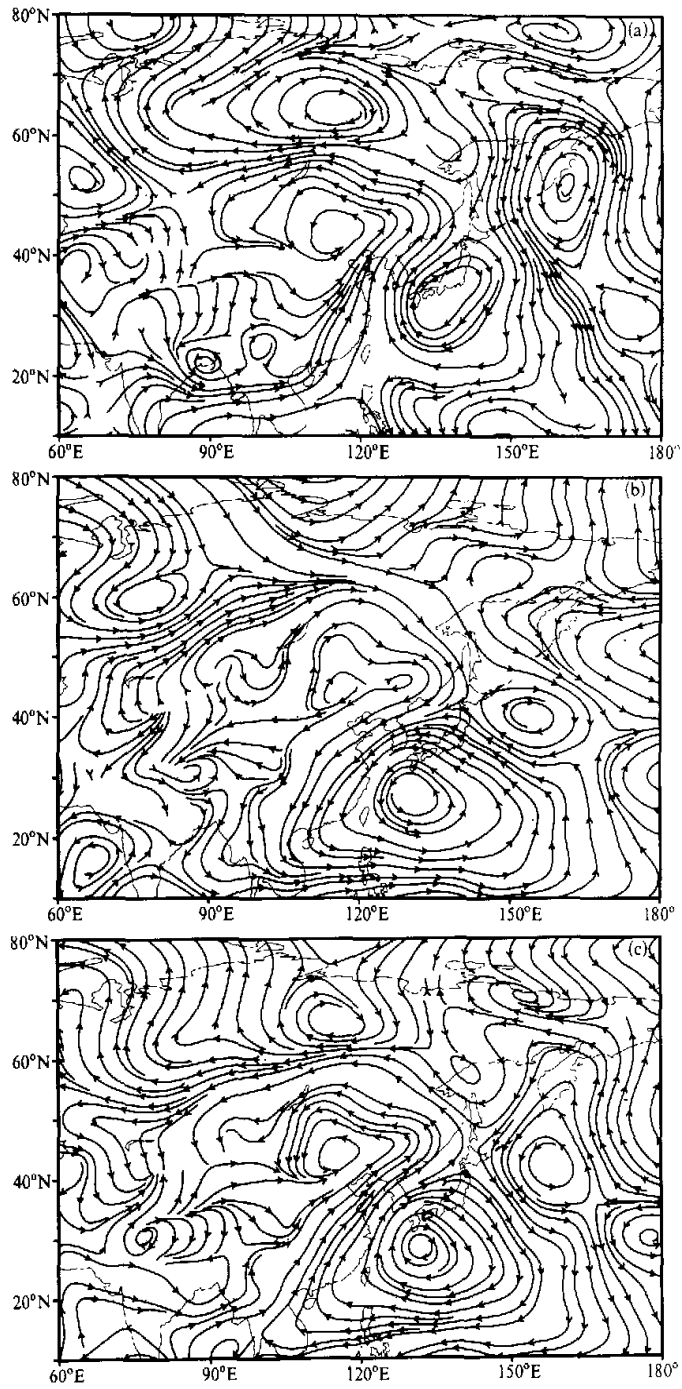


图2 东北地区旱涝年夏季850 hPa流场距平台成图及其差值分布
(a) 涝年; (b) 旱年; (c) 差值

因为那里的气流更具有高温和高湿的性质。即东北旱涝还明显地受到亚洲季风诸系统的影响,包括南亚季风、南海季风和副热带季风,不仅是中高纬,也是中低纬相互作用的产物。早年夏季,其流场特征与上述恰好相反,东北地区和华北北部由明显的反气旋式距平环流所控制,我国东部地区是一致的北风或东北风距平,即这时亚洲季风诸系统对东北地区的影响大大减弱,(110~160°E, 15~40°N)之间的我国东部和西太平洋广大地区分布着一个庞大的气旋式距平环流,中心位于日本南部海域。旱涝年之间的差别在图 2c 中看得更为清楚。

东亚高空西风急流是影响我国天气气候变化的重要系统,其位置的南北移动及其强度变化,与东亚大气环流的季节性转换和我国大部分地区雨季的开始和结束都有着十分密切的联系。为分析东亚高空西风急流异常对东北地区夏季降水的影响,我们给出了该区域旱涝年夏季高空(300 hPa)纬向风距平特征及其差值分布(图 3)。最显著特点是,当降水偏多时,以贝加尔湖南端为中心的纬向带状分布的负距平十分明显,而在其南北两侧的西风则得到加强,特别是我国西北地区东部和河套附近维持着一个正距平中心。东亚沿岸地区,以库页岛以东洋面为中心呈带状分布的正距平非常明显,东北地区位于该正距平区的右后方,而在其南侧的西太平洋地区及其北侧的堪察加半岛周围则由明显的负距平所控制。东北地区早年夏季,东亚沿岸地区高空西风急流有明显的分支现象,其中原来位于中纬度的高空锋区明显减弱,以东北地区为中心纬向分布的广大区域内由负距平所控制,而在其南北两侧的我国江南和西太平洋地区以及俄罗斯远东地区纬向西风得到加强。即高空西风急流异常对东北地区旱涝也是至关重要的。

旱涝年夏季平均的涡度、散度、垂直速度和湿度等物理量分布特征及其差异也是非常明显的(为节省篇幅,文中只给出了涝年距平减早年距平的差值分布,图 4)。在涝年,500 hPa 涡度距平的分布特点是,东北地区、华北北部、蒙古和俄罗斯远东地区为最显著的正距平分布,中心位于东北中东部和蒙古东部,而在早年正好相反。多雨年夏季在对流层中低层(850 hPa),我国东北地区、华北东部、江淮至长江中下游地区是一个呈东北西南向分布的散度负距平区,负距平中心位于东北中部和江淮附近;而在对流层高层(200 hPa),东北地区则是最显著的正距平分布,最大正距平轴线也呈东北西南向,其南端可伸至我国东部的副热带地区。这表明涝年夏季我国东北地区低层辐合和高层辐散不仅同时都得到加强,而且这种加强还与低纬或副热带地区的天气系统相联系。500 hPa 垂直速度的距平分布也有与上述相类似的特点,东北地区是最为明显的负距平分布,表明该区域上升运动将得到加强;东北西南向的最大负距平轴线向南也可以到达低纬或副热带地区,即东北地区 ω 的负距平分布并不是孤立的,它与低纬或副热带地区也存在着密切联系。涝年东亚地区最大增湿距平也是出现在东北地区,并且向西南可一直延伸到热带或副热带地区,向西北可到达贝加尔湖以东附近。在东北地区早年夏季,上述物理量距平会出现与涝年相反分布,这里不再赘述。

200 hPa 和 850 hPa 速度势通常用来反映大尺度辐散和辐合环流的变化情况,图 5 给出了东北地区涝年和早年 200 hPa 平均速度势及其距平的差值分布(850 hPa 速度势图略)。我们可以看到最明显的差别是太平洋上高低层辐散辐合中心的强度,在早年,位于 20°N 附近菲律宾东侧(120~150°E)的高层辐散中心和低层辐合中心都较涝年要强,中心位置较涝年稍偏东。从旱涝年高低层平均速度势距平(图略)及其差值分布

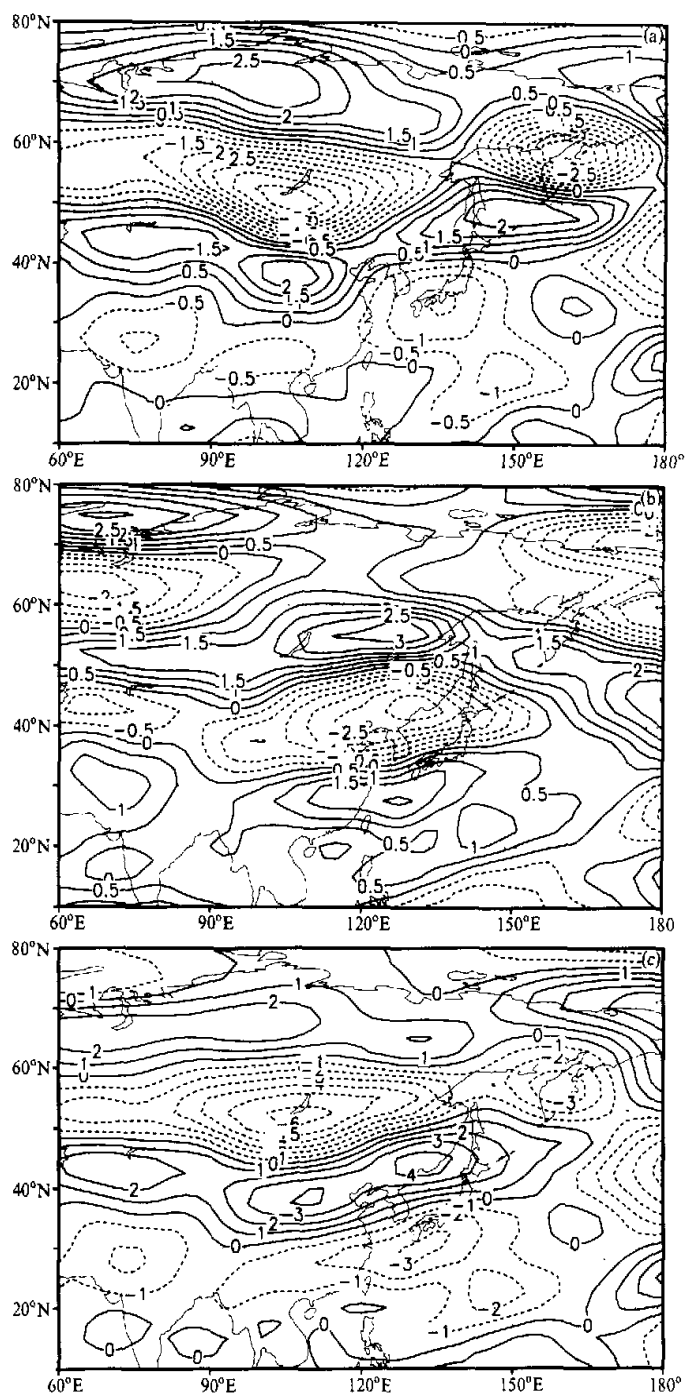


图3 东北地区旱涝年夏季300 hPa 纬向风距平合成图及其差值分布(单位: ms^{-1})
(a) 涝年; (b) 旱年; (c) 差值

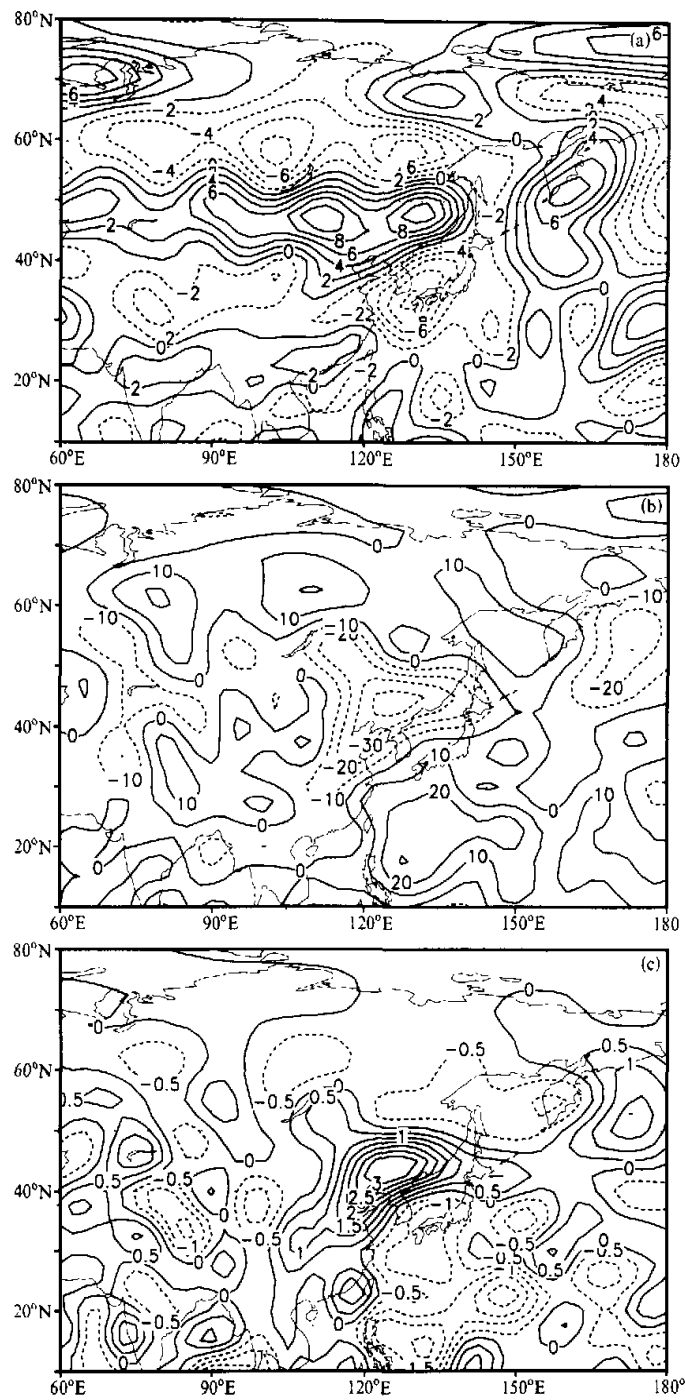


图 4 东北地区旱涝年夏季各物理量距平值分布

(a) 500 hPa 涡度 (10^{-6} s^{-1}); (b) 500 hPa 垂直速度 ($10^{-3} \text{ Pa s}^{-1}$); (c) 200 hPa 散度 (10^{-6} s^{-1}).

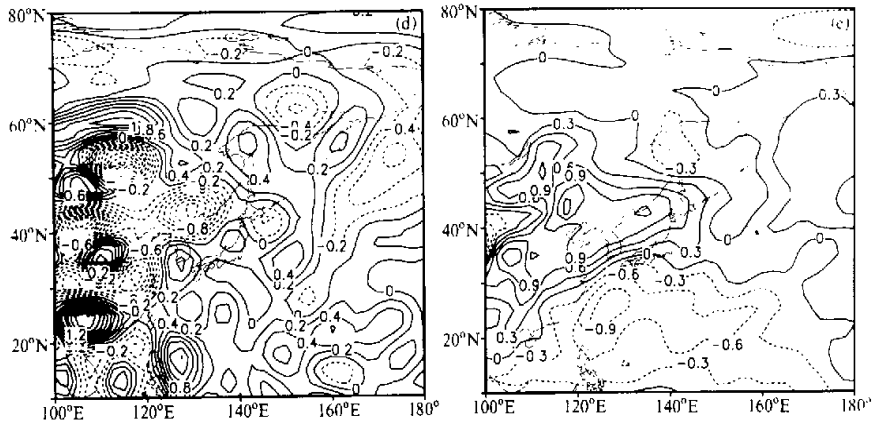


图 4(续) 东北地区旱涝年夏季各物理量距平差值分布
(d) 850 hPa 散度 (10^{-6} s^{-1}); (e) 850 hPa 比湿 (g kg^{-1})

(图 5c、d) 来看, 涝年大约在 120°E 以东 850 hPa 和 200 hPa 速度势距平分别为负值和正值分布, 以西分别为正值和负值分布, 距平中心在热带印度洋, 旱年刚好相反。这说明与我国天气气候联系紧密的南亚地区, 在东北地区涝年高低层行星尺度的辐散辐合环流将有一定程度的加强, 也即东北地区涝年时上述地区夏季风可能比旱年更活跃一些。

热带地区大尺度辐合辐散环流的分布和变化, 实际上是对局地加热不平衡的动力调整, 它反映了大气冷热源的分布和变化, 在多降水区这种分布和变化还将对垂直环流有所影响^[9]。图 6 给出了东北地区旱涝年沿 $120^{\circ}\sim 135^{\circ}\text{E}$ (东北地区所在经度) 平均的经圈环流距平及其差值分布。明显特征是: 在涝年 20°N 附近是下沉运动距平, 即这里的上升运动将有所减弱, 这与该区域大气加热强度的减弱可能有关, 这一下沉运动距平使得 20°N 以南在低层出现北风距平, 在中高层出现上升运动距平。而在 20°N 以北的副热带地区 ($20^{\circ}\sim 38^{\circ}\text{N}$) 中低层出现明显的南风距平, 即使这一带空气的向北输送得到加强, 这对西太平洋副高的偏北偏西和偏强是有利的。在中纬地区 ($38^{\circ}\sim 52^{\circ}\text{N}$), 则出现了很明显的上升运动距平, 距平中心在 45°N 左右, 这当然十分有利于东北地区出现多雨。东北地区旱年, 与上述情况正好相反, 20°N 附近是上升运动距平, 这与该区域加热增强可能有关, 20°N 以南到赤道附近为正环流距平分布, 而 20°N 以北的副热带到中纬地区为反环流距平分布, 特别在中纬度 ($38^{\circ}\sim 52^{\circ}\text{N}$) 是明显的下沉运动距平, 距平中心也位于 45°N 附近, 这对维持东北地区少雨当然是有利的。以上情况说明, 可能由于热带地区热源强度或位置变化引起的经圈环流距平可以在东北地区导致上升或下沉运动异常, 从而对该区域旱涝产生影响。

4 结论

本文重点讨论了东北地区夏季旱涝的大气环流异常特征, 得到如下一些结论:

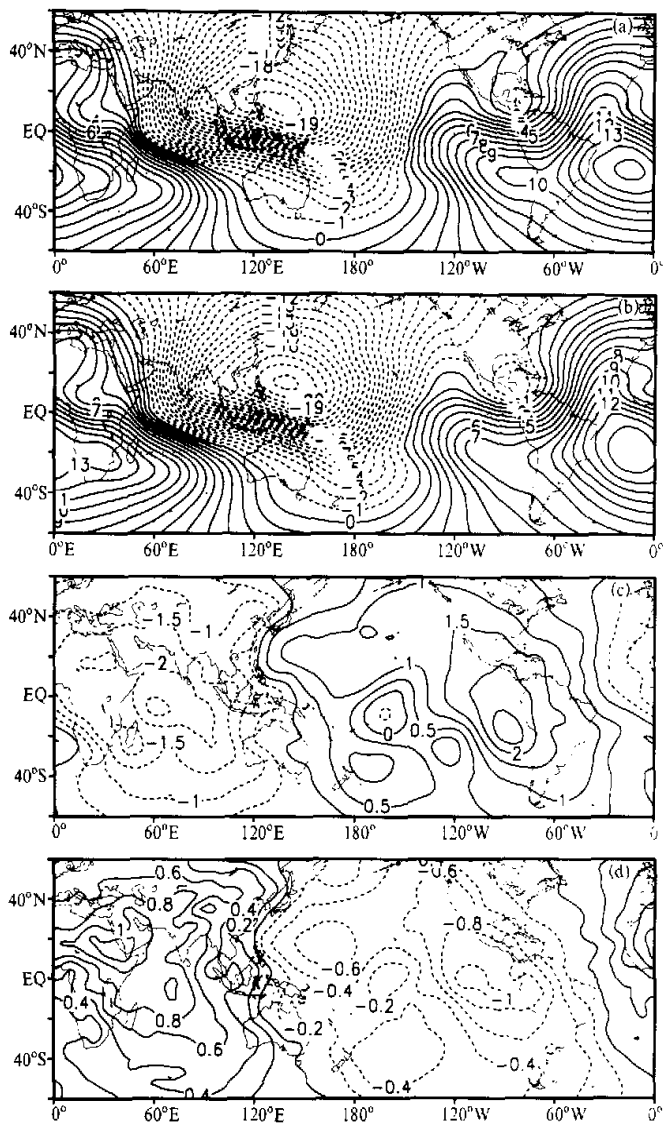


图5 东北地区旱涝年夏季平均的速度势及速度势距平差值分布(单位: $10^6 \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$)

(a) 涝年平均 200 hPa 速度势; (b) 旱年平均 200 hPa 速度势;

(c) 200 hPa 速度势距平差值; (d) 850 hPa 速度势距平差值

(1) 东北地区涝年夏季, 500 hPa 高度场高纬和极区主要由正距平所控制, 特别是贝加尔湖以北的新西伯利亚地区长波脊较为活跃, 而东北地区中西部、华北北部和蒙古东部一带有异常长波低槽发展, 西太平洋副高不仅位置偏北偏西强度偏强, 而且常能与位于日本地区的西风带高压脊“打通”而形成“东阻”形势, 东亚大槽容易在较为偏西的位

置上加深, 阿留申低压减弱。旱年与上述相反, 高纬和极区主要由负距平所控制, 以东北地区为中心东西两侧呈带状分布的区域内常有异常高压发展。西太平洋副高位置偏南偏东强度偏弱, 东亚大槽偏东, 阿留申低压增强。

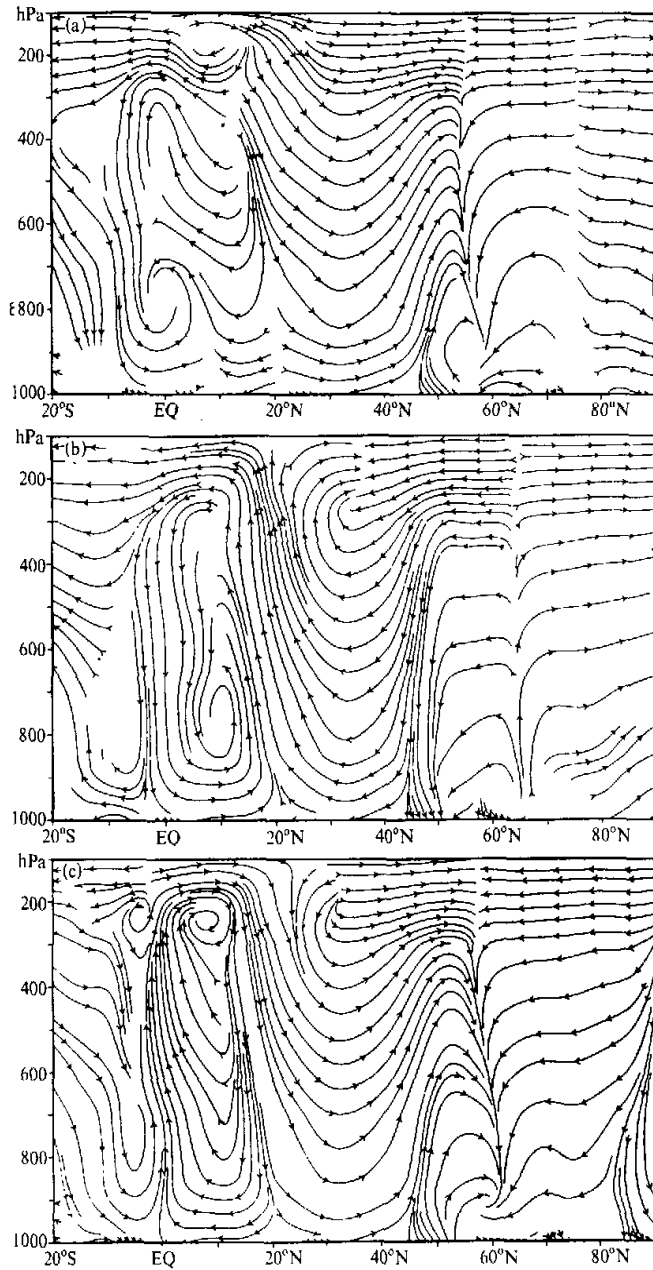


图 6 东北地区旱涝年夏季沿 120~135°E 平均的经圈环流距平及其差值分布

(a) 涝年分布; (b) 旱年分布; (c) 差值环流分布

(2) 东北地区旱涝年夏季对流层中低层流场特征及其差异也十分显著,特别是当降水偏多时,在低层(850 hPa)有4支北上的南风距平气流与西风带距平气流在东北地区形成了一个十分明显的气旋式距平环流,这4支北上的南风距平分别源自孟加拉湾、南海、副热带高压西南侧和青藏高原东侧。这说明东北地区夏季旱涝不仅与中高纬大气环流异常有直接关系,而且还明显地受到亚洲季风诸系统的影响,包括南亚季风,也包括南海季风和副热带季风。而在旱年,东北地区由明显的反气旋式距平环流所控制,我国东部地区是一致的北风或东北风距平分布。

(3) 东北地区旱涝年夏季各物理量的分布特征及其差异是:在涝年,东北地区由最显著的涡度正距平、垂直速度负距平和增湿区所控制,同时该区域对流层高层和低层的辐散和辐合也得到明显加强。并且上述物理量距平一般主要呈东北西南向的经向分布,大值距平区轴线向南可一直伸展至低纬或副热带,即出现在东北地区的上述物理量距平分布不是孤立的,它们与热带或副热带地区的天气系统有密切联系。而在旱年,一般会呈现与涝年截然相反分布。

(4) 位于 20°N 附近菲律宾以东洋面上($120^{\circ}\sim 150^{\circ}\text{E}$),行星尺度的高层辐散和低层辐合中心在东北地区旱年要比涝年有所增强,位置也稍偏东。但涝年在 120°E 以西,特别是在南亚地区速度势会在高层出现负距平,而在低层出现正距平, 120°E 以东是反向分布。旱年则刚好与上述相反。

(5) 沿 $120^{\circ}\sim 135^{\circ}\text{E}$ (东北地区所在经度)平均经圈环流剖面上,东北地区涝年时, 20°N 附近是下沉运动距平, 20°N 以北的副热带地区中低层由于南风距平的存在,使得空气向北的输送得到加强,在中纬度地区则会出现明显的上升运动距平,中心位于 45°N 左右。东北地区旱年时, 20°N 附近是上升运动距平, 20°N 以南到赤道附近为正环流距平, 20°N 以北的副热带到中纬地区为反环流距平,明显的下沉运动距平主要出现在中纬度,中心也是在 45°N 左右。上述经圈环流异常的出现可能与 20°N 附近大气加热在东北地区旱涝年的强度变化有关。

参 考 文 献

- 1 孙力、安刚、丁立等,中国东北地区夏季降水异常的气候学分析,气象学报,2000, 58(1), 70~82.
- 2 周琳,东北气候,北京:气象出版社,1991.
- 3 孙力、安刚、唐晓玲,东北地区旱涝的OLR特征分析,应用气象学报, 2000, 11(2), 228~235
- 4 郑秀雅、张廷治、白人海,东北暴雨,北京:气象出版社,1992.
- 5 黄嘉佑,气象统计分析与预报方法,北京:气象出版社,1990, 20~23.
- 6 张庆云、陶诗言,亚洲中高纬度环流对东亚夏季降水的影响,气象学报,1998, 56(2), 199~211.
- 7 李栋梁、姚辉,中国西北夏季降水量与500 hPa纬偏场的特征分析,气象, 1991, 21(11), 22~26.
- 8 李崇银,华北地区汛期降水的一个分析研究,气象学报,1992, 50(1), 40~49.
- 9 丁一汇、赵深铭、张健,北半球夏季全球热带和副热带200 hPa平均辐散环流的研究,气象学报, 1987, 45(1), 120~127.

The Unusual Characteristics of General Circulation in Drought and Waterlogging Years of Northeast China

Sun Li, An Gang, Lian Yi, Gao Zongting, Tang Xiaoling,

Shen Baizhu and Ding Li

(*Institute of Meteorological Science of Jilin Province, Changchun 130062*)

Abstract By using the NCEP/NCAR reanalysis monthly mean data from 1958 to 1997 and summer precipitation from 69 observation stations of Northeast China, the general circulation anomaly characteristics in drought and waterlogging years of this area have been studied. The results show that the features of general circulation in the high-latitude and pole area, the location and the intensity of subtropical high of the western Pacific and the unusual long wave ridge and trough in Northeast Asia are quite different between drought and waterlogging years. The activities of Asia summer monsoon (including South Asia summer monsoon and East Asia summer monsoon) and the variations of planetary scale convergence and divergence circulation in tropical zone have the important impacts to the summer precipitation anomaly in northeast area in China.

Key words: Northeast China; drought and waterlogging; general circulation