

万子为,张涛,2017.2017年4月大气环流和天气分析[J].气象,43(7):894-900.

2017 年 4 月大气环流和天气分析^{*}

万子为 张 涛

国家气象中心,北京 100081

提 要: 2017 年 4 月大气环流的主要特征是极涡呈偶极型分布,强度偏弱,中高纬环流呈 4 波型分布,西太平洋副热带高压强度较常年偏强,南支槽强度与常年相当。4 月全国平均气温为 12.0℃,较常年同期偏高 1.0℃;全国平均降水量为 44.0 mm,较常年同期偏少 2%。月内出现 1 次全国大范围较强冷空气过程;南方多降水天气,共出现 3 次区域性暴雨天气;北方出现 2 次扬沙天气;多省(区、市)局地遭遇风雹灾害。

关键词: 大气环流,沙尘,暴雨,强对流

中图分类号: P448

文献标志码: A

DOI: 10.7519/j.issn.1000-0526.2017.07.014

Analysis of the April 2017 Atmospheric Circulation and Weather

WAN Ziwei ZHANG Tao

National Meteorological Centre, Beijing 100081

Abstract: The main characteristics of the general atmospheric circulation in April 2017 are as follows. Double polar vortex centers existed in the Northern Hemisphere, but weaker than usual. The circulation in Eurasian middle-high latitude showed a four-wave pattern. The strength of Western Pacific subtropical high is stronger than that in normal years. While the south branch trough was almost equal to normal. The monthly mean temperature was 12.0℃, 1.0℃ higher than normal, and the monthly mean precipitation amount was 44.0 mm, which was 2% less than normal. One nationwide strong cold air process happened in this month. There were more precipitation weather events in southern China in this month, with three regional rainstorm processes seen. In addition, two blowing sand weather events happened in the northern China and hail disaster attacked some places of many provinces.

Key words: atmospheric circulation, dust weather, heavy rain, severe convection

引 言

2017 年 4 月我国主要气候特征为,上旬冷空气活动较弱,环流形势以较为平直的纬向环流为主,到中下旬环流经向度加大,冷空气活动加强;全国平均降水量较常年同期偏少,共有 39 站日降水量突破当月历史极值,其中福建永泰(117 mm)、江西上饶(122.9 mm)超过当地春季日降水量历史极值;全国平均气温较常年同期偏高,共有 93 站发生极端高温

事件,其中广西凌云(39.9℃)、凤山(37.6℃)、巴马(39.2℃)3 站突破历史极值记录。月内,南方多降水天气,共出现 3 次区域性暴雨过程,分别发生在 8—9 日、19—21 日和 25—26 日,暴雨导致福建、江西、湖北、湖南和重庆等地遭受洪涝灾害;多省(区、市)局地遭遇风雹灾害,其中 4 月中旬重庆部分地区遭受风雹灾害造成 4.1 万人受灾,2 人死亡,1 人失踪,直接经济损失达 5600 余万元;北方地区出现 2 次沙尘天气过程,分别为 17 日和 18—19 日,沙尘天气过程次数较 2006—2017 年同期平均值(3.4 次)

^{*} 国家重点基础研究发展计划(973 计划)(2013CB430106)和国家自然科学基金项目(41375051)共同资助

2017 年 5 月 19 日收稿; 2017 年 5 月 22 日收修定稿

第一作者:万子为,主要从事强对流预报与数值模式的研究. Email: vivien19901223@163.com

偏少。

1 天气概况

1.1 降水

2017年4月,全国平均降水量为44.0 mm,较常年同期(44.7 mm)偏少2%。从空间分布来看(图1),西南地区北部和南部、江汉、江淮大部、江南、华南等地降水量有50~150 mm,其中江汉、江南东部、华南南部等地部分地区降水量超过150 mm;全国其余大部分地区降水量普遍在50 mm以下,其中西北中部、内蒙古大部、东北西部、华北东北部、西藏大部等地降水量不足10 mm,局部地区几乎无降水。

从4月全国降水量距平百分率来看(图2),与常年同期相比,西北地区大部、内蒙古西部、东北北部、华北南部、黄淮东部、西南大部、江汉、江淮西部、江南东北部、华南南部等地降水较常年同期偏多2

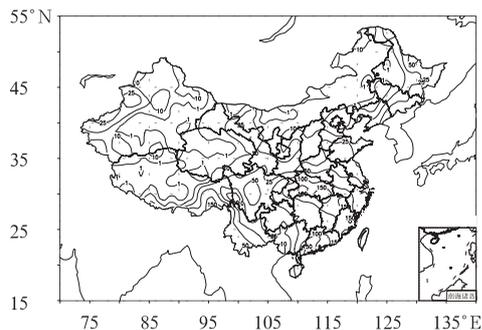


图1 2017年4月全国降水量分布(单位:mm)
Fig. 1 Distribution of precipitation over China in April 2017 (unit: mm)

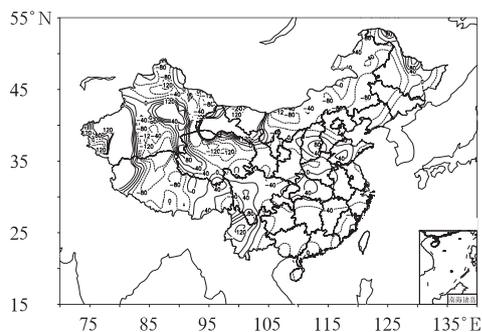


图2 2017年4月全国降水量距平百分率分布(单位:%)
Fig. 2 Distribution of precipitation anomaly percentage over China in April 2017 (unit: %)

成至1倍,局部偏多1倍以上;全国其余大部地区偏少或接近常年,其中西北地区中部和东北部、内蒙古中东部、东北大部、西藏中部、江淮东部、江南、华南等地的部分地区降水较常年同期偏少2~5成,部分地区偏少5成以上(国家气候中心,2017)。

1.2 气温

2017年4月,全国平均气温为12.0℃,较常年同期(11.0℃)偏高1℃。从空间分布来看(图3),除云南中部气温偏低1~2℃外,全国其余大部地区气温接近常年同期或偏高1~2℃,其中内蒙古东部、吉林西部、辽宁西部、江苏东部、浙江北部等地的部分地区偏高2~4℃。

2 环流特征和演变

图4给出2017年4月北半球500 hPa平均高度及距平的水平分布,与常年平均相比较,有以下特点。

2.1 极涡呈偶极型分布,强度偏弱

4月,北半球极涡呈偶极型分布(图4a),中心位于70°N附近,其中一个位于北美,中心强度为520 dagpm,较常年偏弱2~6 dagpm,另一个位于新地岛以东地区,中心强度低于516 dagpm,较常年偏弱2~4 dagpm(图4b)。

2.2 中高纬环流呈4波型分布,副热带高压偏强,南支槽强度与常年相当

4月,北半球中高纬环流呈现4波型分布(图4),长波槽分别位于欧洲、亚洲东部、北美东部

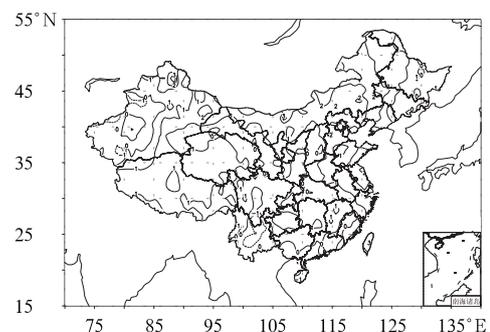


图3 2017年4月全国平均气温距平分布(单位:℃)
Fig. 3 Distribution of mean temperature anomaly over China in April 2017 (unit: °C)

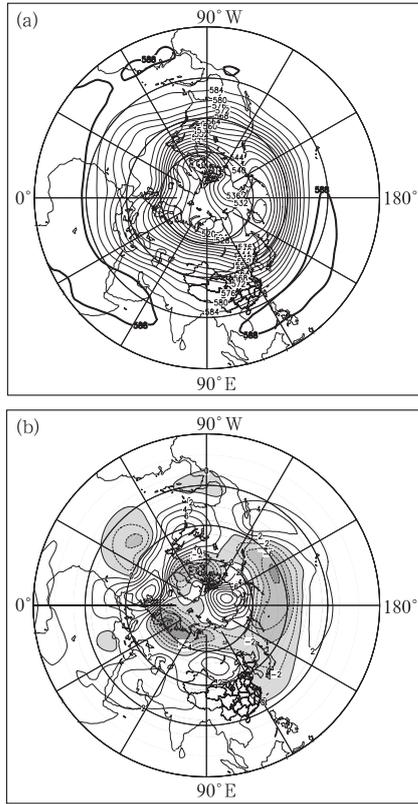


图 4 2017 年 4 月北半球 500 hPa 平均高度(a)和距平(b)(单位: dagpm)

Fig. 4 The average 500 hPa geopotential height (a) and anomaly (b) in the Northern Hemisphere in April 2017 (unit: dagpm)

和西部,其中位于欧洲、北美西部和东部的槽较常年偏强,负距平值为 $-8 \sim -4$ dagpm;亚洲中高纬为一槽一脊形势,脊区位于贝加尔湖附近,东亚大槽位于 130°E 附近,强度与常年相当。

低纬地区,西太平洋副热带高压(以下简称副高)呈带状分布,环绕大半个北半球副热带地区,强度较常年同期有所偏强(陶亦为等, 2016),其中副高脊线位于 17°N 附近,副高西伸脊点位于柬埔寨附近;北半球中低纬南支槽平均位置位于 95°E 附近,强度与常年相当。

2.3 环流演变与我国天气

图 5 为 2017 年 4 月上、中、下旬欧亚地区 500 hPa 高度场的平均环流形势,可以看出,4 月上旬,新地岛附近有一个极涡,中心强度为 504 dagpm,欧亚大陆中高纬为较为平直西风气流,其上多小波波动,冷空气活动较弱,中低纬平均环流形势为“两槽一脊”型,低槽分别位于黑海以西和日本海以东洋面,

我国北方大部分地区受弱的高压脊前西北气流影响,南方地区处于较为平直的西风气流里,南支槽表现不活跃,副高断裂为两块,一个位于太平洋上,另一个位于印度洋上。从逐日环流形势演变图来看(图略),5—7 日有一次南支槽东移过程,低层多低涡切变线活动,南支槽输送持续稳定的暖湿水汽,给西南地区东南部、江南大部地区带来降水天气;8—9 日受短波槽东移以及低层切变线影响,导致长江中下游及江汉等地出现区域性暴雨天气。

4 月中旬,位于新地岛附近的极涡中心强度减弱,中心值为 512 dagpm,欧亚大陆中低纬低槽较月上旬明显加深,两个低槽一个仍位于黑海以西,另一个东亚大槽位于 120°E ,我国北方大部分地区仍受脊前西北气流控制,南支槽平均位置在 90°E ,较上月,位于印度洋上的副高北抬,位于太平洋上的副高西伸,北界位于 20°N ,使得我国南方地区受西南暖湿气流影响。从逐日环流形势演变图来看(图略),北方地区受高空槽东移引领冷空气南下,以及低涡切变线影响,在东北、华北、黄淮等地出现以雷暴大风

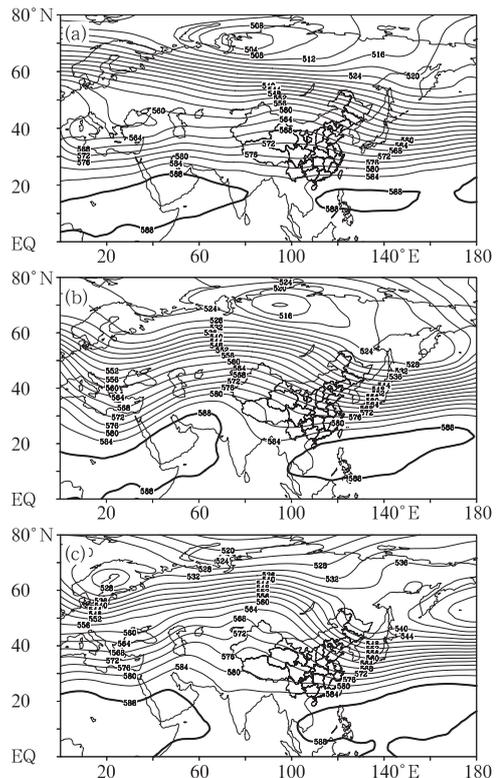


图 5 2017 年 4 月上旬(a)、中旬(b)、下旬(c)的 500 hPa 平均位势高度(单位: dagpm)

Fig. 5 The average 500 hPa geopotential height for (a) the first, (b) middle and (c) last decades in April 2017 (unit: dagpm)

为主的强对流天气;受南支槽活动和低涡切变线影响,南方大部分地区出现降水天气。

4月下旬,位于新地岛附近的极涡消失,环流经向度加大,脊区加深,脊前冷空气活跃,给我国带来沙尘和降水天气,两个低槽进一步加深并形成切断低压,一个位于波罗的海,另一个位于鄂霍次克海以北,从里海至贝加尔湖以东为广阔的脊区,我国大部分地区受脊前西北气流控制,南方为较为平直的风气流,较中旬,副高南落,受西南暖湿气流以及低涡切变线影响,在华南等地出现暴雨天气,其中25—26日,福建东南部沿海地区、广东中西部及海南南部沿海地区局地小时雨强达50~80 mm,珠三角局地超过80 mm。

3 冷空气和沙尘天气活动

3.1 冷空气过程

4月共出现1次全国大范围的较强冷空气过

程,4月8—12日,受冷空气影响,内蒙古中部和东部,东北大部、西北地区中部和东部、华北西部、黄淮、西南地区北部和东部、江汉、江淮、江南、华南等地降温幅度普遍在6℃以上,其中西南地区东部、江汉、江淮、以及江南等地降温幅度达到10~12℃;江南中部和东部、华南北部和东部等地出现大到暴雨,局地降水量超过100 mm;甘肃中部、青海东部、四川北部、陕西中部、山西东部等地出现雨雪天气;东北、黄淮东部、江淮等地部分地区伴有4~6级大风。

3.2 沙尘过程

4月,受地面冷锋和蒙古气旋影响,北方共出现两次扬沙天气过程,分别为17日和18—19日(表1)。沙尘天气过程次数较2006—2017年同期平均值(3.4次)偏少。其中,17日,内蒙古西部、甘肃河西、宁夏北部等地出现扬沙,内蒙古西部局地出现沙尘暴;18—19日,新疆南疆盆地、内蒙古中西部、甘肃中部等地出现扬沙,局地出现沙尘暴(国家气候中心,2017)。

表1 2017年4月主要沙尘天气过程

Table 1 Major sand-dust weather processes in April 2017

时段	影响系统	过程类型	影响区域
17日	地面冷锋,蒙古气旋	扬沙	内蒙古西部、甘肃河西、宁夏北部等地出现扬沙,内蒙古西部局地出现沙尘暴
18—19日	地面冷锋,蒙古气旋	扬沙	新疆南疆盆地、内蒙古中西部、甘肃中部等地出现扬沙,局地出现沙尘暴

3.3 4月18—19日沙尘天气过程分析

4月18日白天到19日凌晨,由于前期降水少,新疆南疆盆地、内蒙古中西部、甘肃中部附近沙源地的旱情导致土壤疏松加剧,极易起沙,从地面气压场图(图6a)来看,蒙古气旋(中心强度值为997.5 hPa)从新疆天山一带东移至内蒙古中部地区,地面冷锋推动冷空气东移南压,气旋中心与高压中心间气压梯度较大,加之地表温度较高,大多在20℃以上,导致新疆南疆盆地、内蒙古中西部、甘肃中部等地出现扬沙,局地出现沙尘暴。图6b给出4月18日20时850 hPa温度和相对湿度图,可以看到,该地区高空为一致的西北气流,850 hPa风速为 $12 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$,地面风速达到 $8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$,850 hPa低压切变线位于内蒙古中部至甘肃南部地区,温度大多高于18℃,并在甘肃南部附近存在一个暖中心,中心值达22℃,且该区域相对湿度大多小于40%,局地小于10%,故该区域在850 hPa上存在一个干暖区,利于起沙。

19日凌晨以后,随着气旋进一步东移移出沙源地,沙尘天气趋于结束。

4 主要降水过程

4.1 概况

4月,我国共出现3次主要降水过程,其降水起始时段、过程主要影响系统、影响区域和降水强度见表2。4月我国降水天气过程多,强降水过程分布呈现南多北少(樊立强等,2014;周康辉和方翀,2015),以暖区暴雨为主。全国共有39站日降水量突破当月历史极值,主要分布在新疆北部、云南西部、福建东部等地,其中福建永泰(117 mm)、江西上饶(122.9 mm)超过当地春季日降水量历史极值。

4.2 4月8—9日降水过程分析

4月8—9日,受高空短波槽影响,低层低涡东

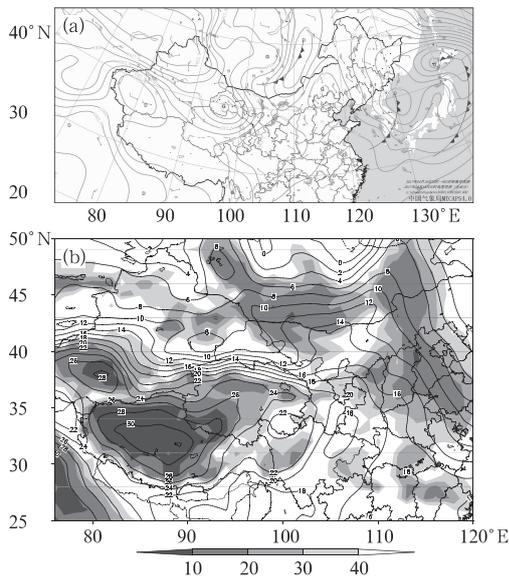


图 6 2017 年 4 月 18 日 20 时海平面气压场和 850 hPa 物理量图
(a) 海平面气压场(等值线,单位:hPa)、地面天气现象填图和 850 hPa 风场(风向杆,单位: $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$),
(b) 850 hPa 温度(等值线,单位: $^{\circ}\text{C}$)和相对湿度(填色,单位:%)

Fig. 6 Sea-level pressure and 850 hPa physical quantities at 20:00 BT 18 April 2017
(a) sea-level pressure (contour, unit: hPa), weather phenomenon plot at surface and 850 hPa winds (wind barb, unit: $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$),
(b) 850 hPa temperature (contour, unit: $^{\circ}\text{C}$) and relative humidity (shaded area, unit: %)

移,低涡切变线南侧西南暖湿气流不断输送水汽,造成长江中下游地区及江汉等地出现区域性暴雨天气过程,其中湖北东南部和西部及重庆北部、江西东北部、浙江西部等地降水量有 50~100 mm,局部地区超过 100 mm,暴雨影响范围达 17 万 km^2 。

从 8 日 20 时高空图(图 7)可见,从北方渗透南下的冷空气与西南暖湿气流在长江中下游地区交汇,500 hPa 高空短波槽提供动力强迫作用,槽前高、低空一致的西南气流,且 500 hPa 急流达到

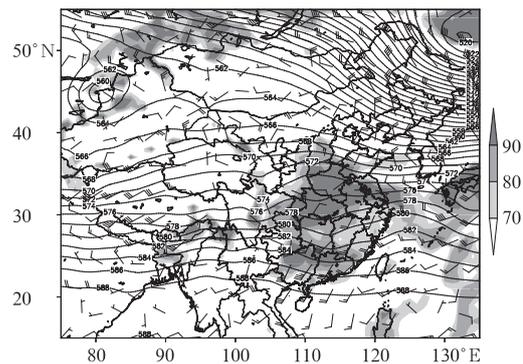


图 7 2017 年 4 月 8 日 20 时 500 hPa 位势高度场(等值线,单位:dagpm)、850 hPa 风场(风向杆,单位: $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)和相对湿度(填色,单位:%)

Fig. 7 The 500 hPa geopotential height (contour, unit: dagpm), 850 hPa winds (wind barb, unit: $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$) and relative humidity (shaded area, unit: %) at 20:00 BT 8 April 2017

表 2 2017 年 4 月主要降水过程

Table 2 Major precipitation processes in April 2017

降水时段	主要影响系统	影响区域及降水强度
8—9 日	短波槽、冷涡切变线,低空急流,冷锋	长江中下游地区及江汉等地出现区域性暴雨天气过程,其中湖北东南部和西部及重庆北部、江西东北部、浙江西部等地降水量有 50~100 mm,局部地区超过 100 mm,暴雨影响范围达 17 万 km^2
19—21 日	南支槽,低层切变线,低空急流,冷锋	江南东部、华南大部等地出现区域性暴雨天气过程,其中福建中南部、广东大部等地降水量有 50~100 mm,局部地区超过 100 mm,暴雨影响范围达 19.7 万 km^2
25—26 日	短波槽,低层切变线	江南中西部、华南中部等地出现区域性暴雨天气过程,其中江西中部部分地区、广西西部部分地区等地降水量有 50~100 mm,局部地区超过 100 mm,暴雨影响面积小,仅有 5 万 km^2

$20 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, 700、850 hPa 低空急流超过 $12 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, 850、925 hPa 低涡切变线位于江南至江淮一带,两层切变线之间的区域低层辐合抬升运动较强,加之水汽条件充沛(由图 8 可见,江南、江汉、江淮等地整

层可降水量达到 40 mm,局地超 50 mm),因而在上述地区产生区域性暴雨天气。

9 日夜间,低涡东移入海加深,雨带移至海上,江南、江汉、江淮陆地上本轮降水结束。

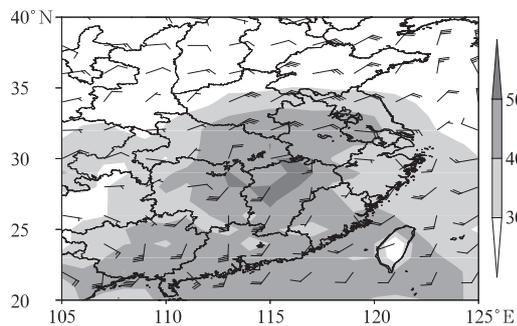


图 8 2017 年 4 月 8 日 20 时 925 hPa 风场 (风向杆,单位: $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)和整层可降水量 (填色,单位:mm)

Fig. 8 The 925 hPa winds (wind barb, unit: $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$) and PWAT (shaded area, unit: mm) at 20:00 BT 8 April 2017

5 其他灾害天气

5.1 概况

4 月强对流频发, 新疆、内蒙古、吉林、辽宁、宁夏、陕西、山西、河南、山东、四川、重庆、云南、贵州、湖北、湖南、安徽、江西、浙江、福建、广西、广东、海南等省(区、市)遭受风雹袭击。其中贵州、重庆、湖南、江西、湖南等地受灾较重, 4 月 16—17 日, 重庆部分地区遭受的风雹灾害造成 4.1 万人受灾, 2 人死亡, 1 人失踪, 直接经济损失 5600 余万元; 4 月 26—27 日, 江西南部、福建东部、广西东部、广东大部、海南大部等地出现 20~50 mm 短时强降水天气, 福建东南部沿海地区、广东中西部及海南南部沿海地区局地雨强达 50~80 mm, 珠三角局地超过 80 mm。

5.2 4 月 13—14 日强对流过程分析

4 月 13 日白天到 14 日凌晨, 内蒙古中南部、山西大部、河北南部、山东大部出现区域性风雹天气, 雷暴大风强度为 8~10 级, 局地超过 10 级, 其中, 山西东部、河南北部局地风力达 $28 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, 内蒙古中南部、山西东部和南部、山东西部局地出现直径为 10~20 mm 的冰雹。这是一次随着高空槽东移, 配合低层切变线辐合抬升在华北和黄淮等地产生的以风雹天气为主的强对流天气。

13 日起, 高空短波槽东移, 配合低层西南暖湿气流, 形成一定的不稳定区域, 于午后在太行山脉附

近的低层切变线触发对流(图 9), 在中空西北急流的引导下, 对流向东南方向移动并向下游传播, 此

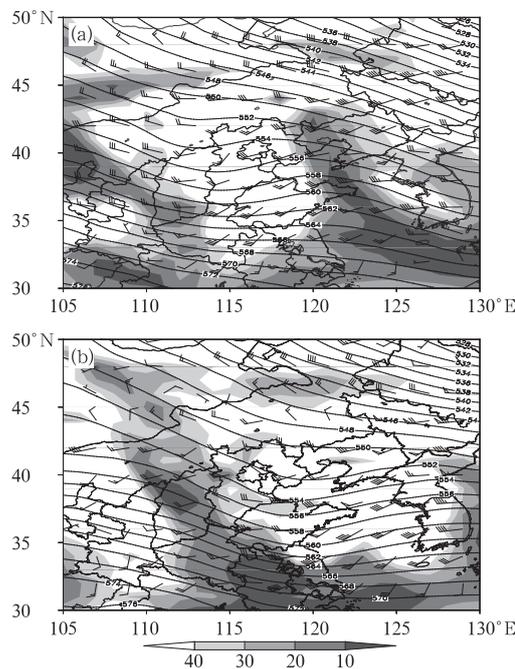


图 9 2017 年 4 月 13 日 14 时(a)、14 日 02 时(b) 500 hPa 位势高度场(等值线,单位:dagpm)、850 hPa 风场(风向杆,单位: $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)、500 hPa 相对湿度(填色,单位:%)

Fig. 9 The 500 hPa geopotential height (contour, unit: dagpm), 850 hPa winds (wind barb, unit: $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$), 500 hPa relative humidity (shaded area, unit: %) at 14:00 BT 13 (a) and 02:00 BT 14 (b) April 2017

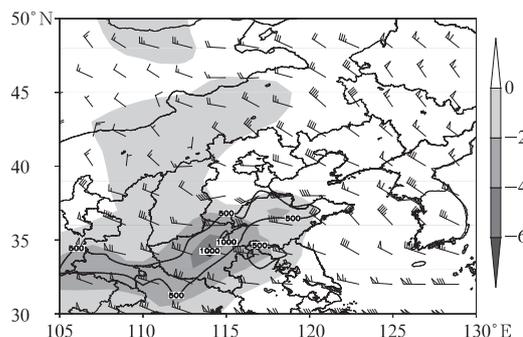


图 10 2017 年 4 月 13 日 14 时 CAPE(等值线,单位: $\text{J} \cdot \text{kg}^{-1}$)、0~6 km 垂直风切变(风向杆,单位: $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)和最优抬升指数(填色,单位: $^{\circ}\text{C}$)

Fig. 10 Convective available potential energy (contour, unit: $\text{J} \cdot \text{kg}^{-1}$), 0-6 km wind vertical shear (wind barb, unit: $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$) and benefit lifting index (shaded area, unit: $^{\circ}\text{C}$) at 14:00 BT 13 April 2017

时,华北南部、黄淮等地对流有效位能(CAPE)值超过 $500 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}$,局地超过 $1000 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}$,且上述地区位于最优抬升指数(BLI)大值的梯度区,BLI大多小于 -2°C ,局地小于 -4°C ,不稳定能量条件较好,同时高空短波槽及中空急流为对流的维持提供了较好的垂直风切变条件, $0\sim 6 \text{ km}$ 垂直风切变达到 $20 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ (图 10),切变线南侧西南向的低空急流超过 $12 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$,带来一定的水汽条件,对流在上述区域得到发展,入夜后,对流移出高能区,至 14 日凌晨,逐渐减弱消失。

致谢:感谢国家气象中心系统室宋文彬提供全国降水、全国降水距平、全国气温距平资料。

参考文献

- 樊利强,张涛,孙瑾,2014.2014年4月大气环流和天气分析[J].气象,40(7):898-904.
- 国家气候中心,2017.2017年4月中国气候影响评价[R].
- 陶亦为,张芳华,刘涛,2016.2016年4月大气环流和天气分析[J].气象,42(7):898-904.
- 周康辉,方翀,2015.2015年4月大气环流和天气分析[J].气象,41(7):915-920.



《生态气候学:概念和应用(第二版)》

戈登·B.伯南 著

该书为美国国家大气研究中心的戈登·B.伯南(Gordon B. Bonan)教授所著,是一部生态与气候领域的杰作。全书分为地球系统、全球物理气候学、土壤过程、水文学、生物气象学、陆地植被生态系统、陆地胁迫与反馈七大部分,共 30 章,内容涉及多学科领域,从个体、种群、群落到生态系统、景观的不同层次,从微观到宏观角度,深刻阐述了天气、气候与生物间的相互影响、相互作用,揭示了不同尺度下生物对气候变化的响应及其适应对策,探讨了生态系统组成、结构和功能变化对气候、水资源和生物地球化学循环的影响。第二版与初版相比,不仅介绍了最新科学知识,在章节结构方面更为有序,而且每章附有内容摘要、图表解说、复习问题和相关文献,方便读者和师生们有效掌握基本概念及其应用。

16 开 定价:95.00 元

《人工影响天气动力学研究(第二版)》

许焕斌 著

该书介绍了人工影响天气中的动力学研究近况,着重提炼出了动力学疑问及动力效应的机理问题。鉴于所提问题是跨学科的,物理上也具有一些模糊性,因而采用了如下的研究思路:以归纳观测现象与演绎物理模型相结合的方式,运用数值模拟再现观测现象的方法,来逐步拟构逼近自然的物理模型。一旦所演绎的模型能正确再现所有观测到的现象,这个物理模型就应是所寻求的某种动力扰动作用原理的体现,找到机理就能解答疑问了。该书可供从事人工影响天气研究,教学和业务应用的专业人员以及研究生参考。

16 开 定价:40.00 元

《湿大气中尺度能量谱理论和应用》

张立凤等 编著

该书介绍了非静力湿大气中尺度能量谱理论及应用的研究成果:首先给出了改进的非静力湿大气运动控制方程组及其扰动形式;然后基于这些方程组开展了湿位涡、湿有效能量以及中尺度能量谱的研究,定义了湿物质重力势能,揭示了湿大气有效能量的转化关系;最后设计了理想的梅雨锋和湿斜压波系统,从动力学上揭示了两类系统的中尺度能量谱特征和形成机理。该书可供大气科学工作者和相关专业的师生参考,也可作为研究生教材。

16 开 定价:40.00 元

《新一代天气雷达故障诊断技术与方法》

潘新民 主编

以 CINRAD/SA 和 CINRAD/SB 型新一代天气雷达维修为主线,本书系统地介绍了新一代天气雷达故障诊断技术与方法。从整机连接电缆、系统、分机、组件级和板级信号流程出发,以调试技术、参数测量方法为手段,结合分机和组件级关键信号参数和波形,分别整理出系统、分机、组件、板级故障树图,总结出对应的故障诊断方法,建立了故障诊断流程,最终找到故障的最小可更换单元。列举了典型故障维修案例,帮助读者理解和应用。探讨新一代天气雷达故障诊断的规范化,为新一代天气雷达测试平台软件建模和故障自动诊断提供帮助,进而提高基层雷达保障人员维修效率和业务水平,充分发挥雷达在灾害性天气监测和预警中的作用。该书可供天气雷达技术保障人员及高校相关专业师生使用,也可供大气探测、大气物理的技术人员和研究人员参考。

16 开 定价:130.00 元