关良，张涛，2019. 2019年5月大气环流和天气分析[J]. 气象，45(8)：1181-1188. Guan L，Zhang T，2019. Analysis of the May 2019 atmospheric circulation and weather[J]. Meteor Mon，45(8)：1181-1188(in Chinese).

2019年5月大气环流和天气分析*

关　良　张　涛

国家气象中心，北京 100081

提　要： 2019年5月大气环流呈偶极型分布，加拿大北部极涡偏强，新地岛以南极涡变化不显著，中高纬环流呈四波型，西太平洋副热带高压强度与常年相当，南支槽较常年偏弱。5月全国平均气温为16.2℃，接近常年同期，月内气温波动较大，云南平均气温达到1961年以来最高。全国降水量为69.5 mm，与常年同期相当。月内我国共出现7次区域性暴雨天气过程，北京出现罕见冰雹和雷暴大风等强对流天气，江淮、黄淮和云南等地出现中到重度干旱，北方地区有4次沙尘天气过程。

关键词： 大气环流，暴雨，冰雹，大风，干旱，沙尘

中图分类号： P448，P458　　**文献标志码：** A　　**DOI：** 10.7519/j.issn.1000-0526.2019.08.014

Analysis of the May 2019 Atmospheric Circulation and Weather

GUAN Liang　ZHANG Tao

National Meteorological Centre，Beijing 100081

Abstract： The main characteristics of the general atmospheric circulation in May 2019 are as follows. There were two polar vortex centers in the Northern Hemisphere. The polar vortex in the north of Canada was stronger than usual and was closed to normal in the south of Novaya Zemlya. The 500 hPa geopotential height presented the distribution of a four-wave pattern in the high latitude of Northern Hemisphere. The strength of Western Pacific subtropical high was similar to normal years, and the south branch though was a little weaker. The monthly mean temperature across China was 16.2℃, closed to normal. The temperature fluctuated greatly in this month, and Yunnan Province experienced the warmest mean temperature since 1961. The monthly mean precipitation amount over China was 69.5 mm, same as the normal amount (69.5 mm). In addition, seven regional torrential rain processes occurred in China this month, and the extremely severe weather like hail and thunderstorms hit Beijing. Severe droughts were found in Jianghuai, Huanghuai and Yunnan, and four sand-dust events happened in the northern part of China.

Key words： atmospheric circulation, torrential rain, hail, gale, drought, sand-dust

引　言

2019年5月主要气候特点为：全国平均气温为16.2℃，接近常年同期，全国平均降水量为69.5 mm，与常年同期相当。月内，南方部分地区遭受暴雨洪涝；云南、黄淮和江淮等地气象干旱持续发展；华北、黄淮等地出现持续高温天气；北方出现4次沙尘天气过程；华北西北部分地区遭受低温冷冻冷害；多地遭受风雹袭击，部分地区受灾较重(国家气候中心，2019)。

* 国家重点研发计划(2017YFC1502003和2018YFC1507504)共同资助
2019年6月26日收稿；　2019年7月15日收修定稿

第一作者：关良，主要从事强对流预报工作. Email：guanl@cma.gov.cn

1 天气概况

1.1 降水

5月，全国平均降水量为69.5 mm，接近常年同期(69.5 mm)。从空间分布来看(图1)，华南、江南、西南地区东部和北部、湖北南部、安徽南部、辽宁中北部、黑龙江中东部等地降水量在100 mm以上，其中海南东部、广东大部、福建大部、江西中南部和北部部分地区、湖南中西部、安徽南部、浙江中西部等地降水量在200 mm以上，广东南部出现超过400 mm的降水；全国其余大部分地区降水量在100 mm以下，其中华北南部、黄淮西部和东部及云南中部、新疆南部、西藏西部等地降水不足10 mm，局部地区全月无降水。

与常年同期相比(图2)，全国范围内降水整体表现为北多南少的形势，偏多的区域局地性强且变化梯度显著，主要集中在我国西北和东北地区，其中在内蒙古西部和东部、甘肃中西部、青海西部、新疆中部常年降水偏少地区，受短波槽影响本月降水较为偏多，距平百分率出现明显大值，降水偏多至2倍以上；东北地区降水本月偏多在5成以上，东北中部偏多至2倍，出现明显正异常。黄淮、江淮等地降水偏少5成以上，局地达到8成。

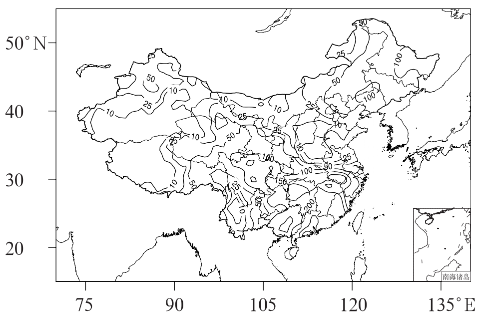

图1 2019年5月全国降水量分布(单位：mm)

Fig. 1 Distribution of precipitation over China in May 2019 (unit: mm)

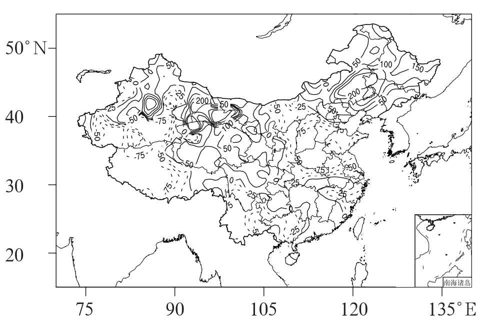

图2 2019年5月全国降水量距平百分率分布(单位：%)

Fig. 2 Spatial distribution of precipitation over China in May 2019 (unit: %)

1.2 气温

2019年5月，全国平均气温为16.2℃，接近常年同期。从空间分布看(图3)，月平均气温空间分布差异大，新疆大部、内蒙古西部、甘肃北部和东部、四川东部、贵州北部、湖南西部等地气温较常年同期偏低1～2℃，而东北中部和南部、华北中东部、黄淮大部及云南、四川西南部等地偏高1～2℃，云南中东部等地偏高至2℃，局部达到3℃以上。西北大部受短波槽的影响较同年4月(周晓敏和张涛，2019)气温距平下降2～4℃，由前期显著偏高转为接近常年略偏低。云南平均气温为1961年以来历史同期最高，天津为次高(国家气候中心，2019)。

2 环流特征和演变

2019年5月北半球500 hPa平均高度及距平的水平分布(图4)表明，5月北半球环流形势有以下特点。

2.1 环流特征

2.1.1 极涡呈偶极型分布，强度偏强

5月北半球极涡呈偶极型分布(图4a)，两个极涡分别位于加拿大以北及新地岛以南，中心强度均为540 dagpm，加拿大以北的极涡中心负距平达到

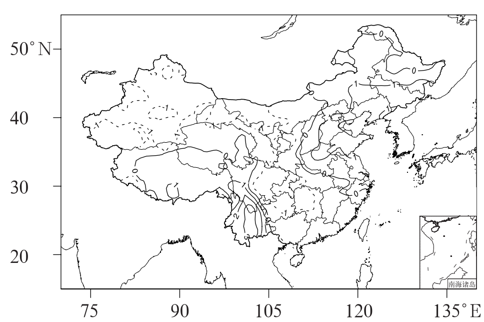

图3 2019年5月全国平均气温距平分布(单位：℃)

Fig. 3 Distribution of mean temperature anomaly over China in May 2019 (unit: ℃)

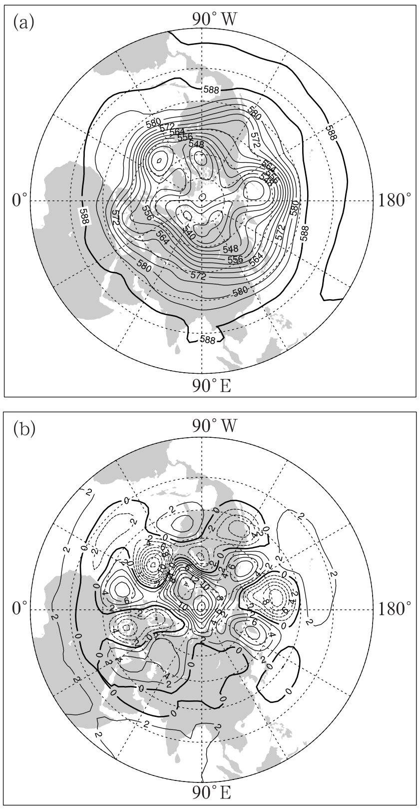

图 4　2019 年 5 月北半球 500 hPa 平均高度场(a)和距平场(b)(单位：dagpm)

Fig. 4　Monthly average geopotential height (a) and anomaly (b) at 500 hPa in the Northern Hemisphere in May 2019 (unit：dagpm)

6 dagpm(图 4b)，与新地岛以南极涡相比，强度相当，位置偏南，但影响范围较小。其位于格陵兰岛以南的切断低压距平达到－16 dagpm，位置较常年偏南，而新地岛以南的极涡与常年相当(正距平约为 0～2 dagpm)，此外极地正距平达到 16 dagpm，表明此月位于格陵兰岛附近的极涡强度增强南移，而影响欧亚大陆的极涡与常年相当。

2.1.2　中高纬度呈四波型，副热带高压较常年相当

2019 年 5 月，北半球中高纬度 500 hPa 位势高度呈四波型分布，其中格陵兰岛以南、黑海附近和中太平洋槽区较常年偏强 8～16 dagpm，贝加尔湖以东槽区强度接近常年同期。欧亚地区中高纬形势为两槽两脊型，两脊分别位于乌拉尔山和鄂霍茨克海附近，乌拉尔山以西的槽较常年偏强，而鄂霍茨克海附近的高压脊较常年偏强 4～8 dagpm。我国中高纬度地区主要受东亚大槽影响，其次受到巴尔喀什湖附近的短波槽影响，其强度与常年相当，该环流形势利于冷空气南下，影响我国西北和东北地区的气温和降水，因此本月与全国同期气温相比，西北部出现 1℃左右的负异常。

低纬地区，西太平洋副热带高压(以下简称副高)与常年同期接近；南支槽在本月平均场表现不明显，相对于常年偏弱，约有 0～2 dagpm 的正距平；副高北界维持在 20°N 左右，受东亚大槽与副高的共同影响，我国江南、华南以及西南地区月内出现数次暴雨过程。

2.2　环流演变与我国天气

图 5 表示 5 月上、中、下旬欧亚地区 500 hPa 的旬平均位势高度场。5 月上旬(图 5a)欧亚大陆中高纬为两槽两脊型，东半球极涡位置偏北偏西，位于新地岛附近，泰梅尔半岛以南分裂出低压中心，以致我国中纬度环流呈现西高东低形式(张夕迪和孙军，2017)，内蒙古中西部呈一弱脊，而东北地区东部则为一槽，鄂霍茨克海北部存在阻塞高压，环流呈经向型波动，冷空气活跃(李然和张涛，2016)。南方地

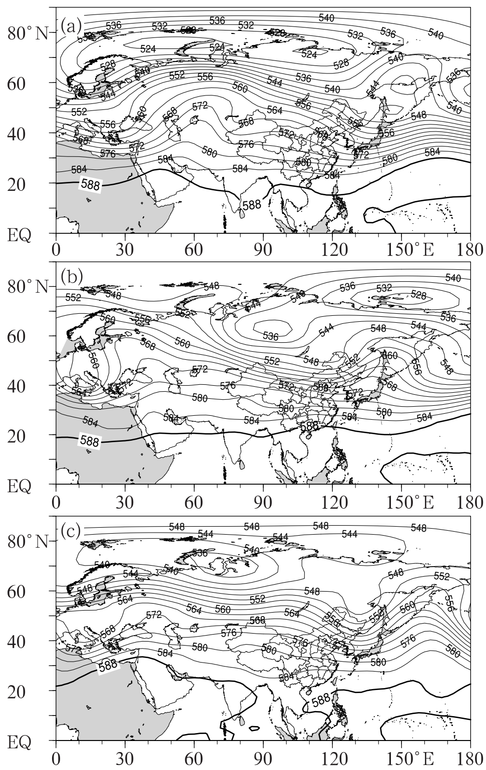

图 5　2019 年 5 月上旬(a)、中旬(b)、下旬(c) 500 hPa 平均位势高度场(单位：dagpm)

Fig. 5　The average geopotential height at 500 hPa for the first (a), second (b), and third (c) dakads in May 2019 (unit：dagpm)

区，副高位置偏南，北界位于20°N以南，受北方南下冷空气和低层暖湿气流共同影响，5月上旬我国南方出现了强降水过程，5—6日广西东部、湖南南部、江西南部、广东大部和福建南部降水量在50 mm以上，其中广东北部和江西南部降水量超过100 mm。

5月中旬(图5b)，欧亚大陆中高纬环流形势为"两脊两槽"型，较上旬形势有所不同，极涡位置位于东西伯利亚海附近，偏南西伸至阿尔泰山以北。黑海附近的脊发展西伸，切断地中海附近的槽形成低压中心控制欧洲南部，东亚大槽较上旬偏西，控制我国东北地区，而内蒙古和西北地区处于东亚大槽后部，冷空气活跃；鄂霍茨克海域的高压中心消失，脊减弱，副高呈带状分布且北界较上旬偏北。中旬主要受冷涡南下与副高外围暖湿气流共同作用影响我国天气，共出现3次强降水过程。12—13日，受低层风切变和气旋的影响，湖南北部和江西北部出现暴雨，局地雨量达到100 mm；15—18日，副高北界位于25°N，外沿低层西南气流为华南大部地区提供良好的水汽条件，低槽东移配合低层切变，造成副高北侧暖区强降水，贵州南部、江西东北部、福建中部、西北部和南部沿海、浙江中部等地有暴雨，局地有大暴雨，长江流域东部局部降水量在100 mm以上，福建中部超过200 mm，三明市累积降水量达到285 mm。18—20日，副高北界南落，低空急流偏南，造成长江以南地区强降水，其中江西大部分地区、湖南中北部、广西北部、广州中部出现暴雨，江西、广州局地出现大暴雨。

5月下旬(图5c)，欧亚大陆中高纬环流形势仍维持"两槽两脊"型，极涡北收西移至新地岛以东。副高南落断裂，东段西界位于110°E，北界至20°N左右，其外围利于暖湿气流输送，利于我国华南地区降水。东亚槽区加深发展，西侧蒙古附近弱脊加强，控制我国大部分地区，东北地区环流经向性加强。23—26日，受南支槽东移影响，长江中下游、贵州中部、广东南部发生强降水过程，局地有大暴雨，阳江过程累积降水量达到337 mm。26—29日，蒙古附近横槽转竖加深，东移至我国东北部，配合副高东移北抬，造成低层切变影响我国南方大部分地区，长江中下游、江南南部、华南大部和西南东部出现暴雨，局部大暴雨，阳江累积降水量达到517 mm。

3　主要降水和强对流过程

3.1　降水概况

2019年5月我国主要降水过程有7次(表1)，主要分布在西南地区、长江中下游及华南地区等。

表1　2019年5月主要强降水过程

Table 1　Main heavy precipitation processes in May 2019

降水时段	主要影响系统	影响区域及降水强度
5—6日	低层切变、低空急流	广东北部、江西南部出现暴雨
12—13日	高空槽、低层切变线、低空急流	湖南北部、江西北部出现暴雨，局地出现大暴雨
15—18日	高空槽、低层切变线、低空急流	贵州南部、江西东北部、福建中部、西北部和南部沿海、浙江中部等地出现暴雨，局地出现大暴雨
18—20日	冷涡、低空急流	江西大部分地区、湖南中北部、广西北部、广东中部出现暴雨，江西、广州局地出现大暴雨
23—26日	低涡切变	广东中南部、贵州中部出现暴雨，局地出现大暴雨
24—26日	低空急流	湖北东部、湖南北部和南部、安徽南部出现暴雨
26—30日	高空槽、低涡切变、低空急流	广西中北部、广东东南部、湖南东部和南部、江西西部、福建西北部出现暴雨，广西局地大暴雨

3.2　5月26—29日大范围强降水过程分析

受高空槽、低涡切变和低空急流的影响，5月26—29日，长江以南地区出现大范围强降水天气过程，长江中下游，江南南部、华南和西南东部地区累积降水量普遍在50 mm以上，其中湖北南部、安徽南部、浙江北部、广西西部、广东大部为主要降水大值区，累积降水量超过100 mm，局地达到200 mm，26日夜间广西北部出现短时强降水、雷暴大风、冰雹等强对流天气。区域强降水主要影响时段为26—27日。

26日20时500 hPa短波槽影响我国江淮东部和西南地区西部(图6)，低空(850 hPa)切变线呈东北—西南走向，从江苏到湖南再延伸至贵州东部，影

响江南、华南以及长江中下游流域，其提供强烈的抬升动力作用。副高南落东退，其西侧外围气流为长江以南地区提供良好的水汽，呈东北—西南走向的整层可降水量大值区（40 mm 以上）覆盖我国江淮、江南和华南大部，其中江苏东部在 50 mm 以上。另外，925、850 hPa 切变线位置对应良好，加强辐合抬升运动（周晓敏和张涛，2018），江南中西部和华南大部分地区不稳定能量条件较好，有利于对流云形成和发展，产生暖季降水，其对流有效位能（CAPE）超过 500 J·kg^{-1}，其中华南南部达到 1000 J·kg^{-1}，广西南部在 2000 J·kg^{-1}以上，充沛的水汽在良好的动力条件配合下，产生了此次大范围强降水过程。

之后，切变线东移维持，低层暖湿水汽持续供给，继续影响整个江南和华南地区，增大累积降水量，直至 29 日夜间，降水过程结束。

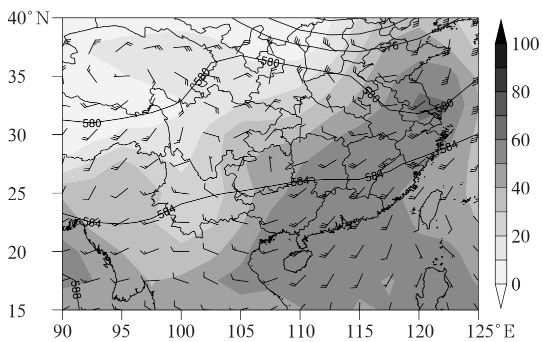

图 6　2019 年 5 月 26 日 20 时 500 hPa 位势高度场（等值线，单位：dagpm）、850 hPa 风场（风向杆，单位：m·s^{-1}）和整层可降水量分布（阴影，单位：kg·m^{-2}）

Fig. 6　The 500 hPa geopotential height (contour, unit: dagpm), 850 hPa winds (wind barb, unit: m·s^{-1}) and whole-layer precipitable water (shaded area, unit: kg·m^{-2}) at 20:00 BT 26 May 2019

3.3　强对流概况

2019 年 5 月我国主要发生强对流过程 4 次（表 2），主要分布在华北、黄淮、江南和西南地区等。

3.3.1　5 月 17 日北京强对流过程分析

5 月 17 日 17 时起北京东部和南部出现强对流天气，局地出现极端的降水和冰雹天气事件，短时强降水小时雨强达到 50～80 mm·h^{-1}，通州 3 h 累积降水量（17—20 时）达到 170 mm 以上，冰雹直径超过 70 mm，最大阵风达到 9 级，是自 2005 年以来北京地区最强冰雹事件。此次强对流过程共持续6 h。

本次极端强对流事件不属于高空冷涡或西北气流背景下的北方典型强对流天气形势，但由于上下层天气系统温湿平流差异显著，在华北东北部小范围区域出现了极为有利的强对流天气条件。从高低空的配置来看（图 7），我国北方大部分地区 500 hPa 等高线平直，影响华北地区的大尺度环流系统偏弱，受急流影响，500 hPa 相对湿度大值区在 08—20 时存在明显东移趋势。北京位于大尺度冷槽内高空急流南部，500 hPa 相对湿度在 50％以下，500 hPa 温度低至约－14℃，弱偏西风提供了显著干平流，相较于低空湿度条件，整体构成了明显上干冷、下暖湿的形势（图 8）；从 850 hPa 温湿场上看（图 9），受西北、内蒙古等高原地区夏季热力作用形成东西向暖脊，其东部舌端一直延伸到华北与海上相对冷湿的东南急流交汇，北京东部附近地区位于这一近垂直走向的干湿舌正交处，北京东部 850 hPa 温湿层结表现为上午暖干、午后转冷湿，而 925 hPa 湿度条件良好，08 时在低层出现垂直风切变（图 10）。上述垂直系统配置在北京东部附近地区形成了有利于较极端强对流天气出现的条件。

从各抬升指数来看（图略），17日20时，华北北部和东北东部 CAPE 在 200 J·kg^{-1}以上，其中北京大部分地区、河北中部和山东北部超过 500 J·kg^{-1}，北京西部则达到了 1000 J·kg^{-1}以上，最大抬升指数（BLI）分布与 CAPE 相近，北京为极小值中心，最低值达到－7 K，层结不稳定易产生对流。从卫星云图上看（图略），对流云团云上冲云顶明显，对

表 2　2019 年 5 月主要强对流过程

Table 2　Main severe convections in May 2019

降水时段	强对流类型	影响区域
4 日	冷空气大风和雷暴大风	华北
12 日	冷空气大风和雷暴大风、冷锋锋面对流系统	华北、黄淮
15—17 日	雷暴大风、冰雹、局地强降水；短时强降水、局地风雹	华北、东北；西南地区东部、江南大部
18—20 日	短时强降水、雷暴大风	华北、江南、华南

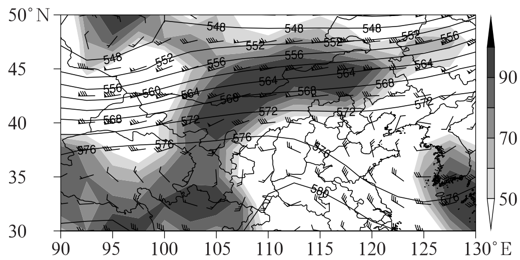

图 7 2019 年 5 月 17 日 20 时 500 hPa 位势高度场(等值线,单位:dagpm)、风场(风向杆,单位:m·s^{-1})和相对湿度(阴影,单位:%)

Fig. 7 The 500 hPa geopotential height (contour, unit: dagpm), winds (wind barb, unit: m·s^{-1}) and relative humidity (shaded area, unit: %) at 20:00 BT 17 May 2019

流深厚。17 日 08 时北京站低层 0～3 km 存在暖平流,3～6 km 出现冷平流(图 10a),温度垂直配置良好;3 km 以上 CAPE 较大;925 hPa 湿度较大,925～850 hPa 出现明显的暖干层,经过 17 时底层温度修正(图 10b),该站 CAPE 值达到 1000 J·kg^{-1} 以上,有利于冰雹等强对流天气产生。

3.3.2 5 月 19 日华北大风

5 月 18—19 日,内蒙古中东部到华北地区发生罕见的冷空气大风天气,平均风 5～6 级;8 级以上阵风出现在内蒙古东部、河北西部、山西中北部以及北京地区;其中 10 级以上阵风主要出现在内蒙古东部、河北西北部以及北京东部,在京津平原地区局地甚至出现 12 级阵风。

西北地区高空槽东移加深发展为东北冷涡后,其西南侧高空西北强急流引导冷空气南下,配合高空动量下传等因素共同造成此次大风天气过程。19

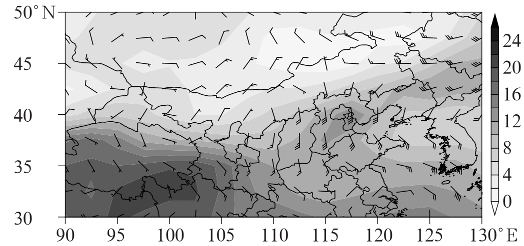

图 8 2019 年 5 月 17 日 20 时 925 hPa 风场(风向杆,单位:m·s^{-1})和比湿分布(阴影,单位:g·kg^{-1})

Fig. 8 The 925 hPa winds (wind barb, unit: m·s^{-1}) and specific humidity (shaded area, unit: g·kg^{-1}) at 20:00 BT 17 May 2019

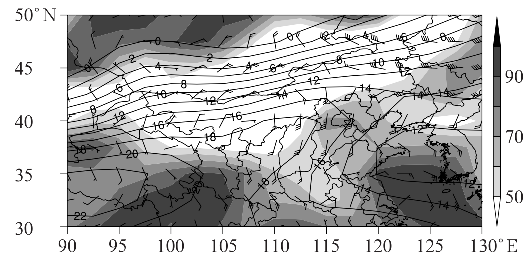

图 9 同图 7,但为 850 hPa 温湿场

Fig. 9 Same as Fig. 7, but for 850 hPa temperature (contour, unit: ℃) and relative humidity

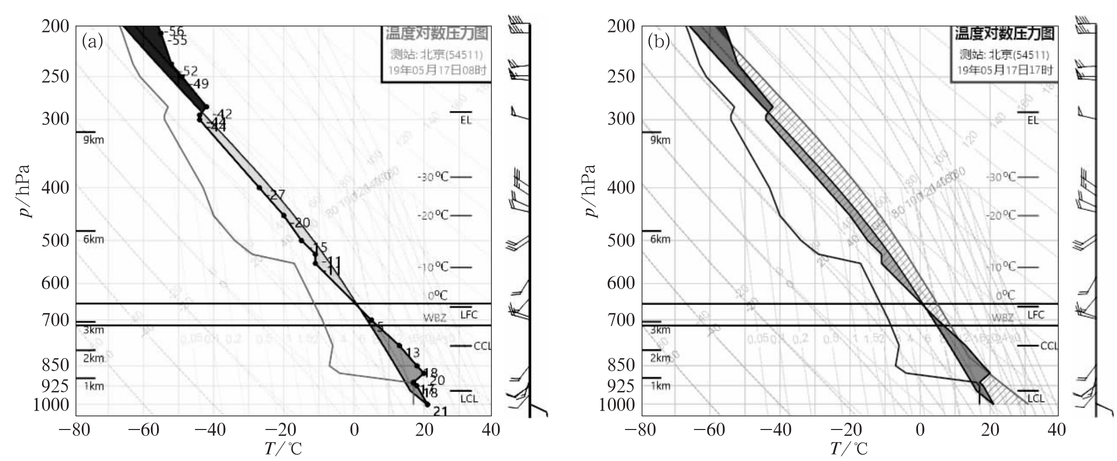

图 10 2019 年 5 月 17 日 08 时(a)和 17 时(b,由 08 时修正得到)北京站探空曲线

Fig. 10 T-ln$P$ diagram at 08:00 BT (a) and 17:00 BT (b, corrected by 08:00 BT) 17 May 2019 for Beijing Sounding Station

日 20 时起,华北地区位于低压中心(500 hPa)西南侧,低空(850 hPa)西北气流影响北京,提供大风形成的大尺度环流背景(图 11)。从 17 日 20 时北京站探空曲线(图略)可以看出,云底高度(LFC)位于 700 hPa 附近,对流通量很弱,不稳定度很小($CAPE = 0\ J \cdot kg^{-1}$)。云底(700 hPa)存在一定的湿层和云下深厚的干绝热层,以维持下沉气流到达地面,下沉对流有效位能达到 545 $J \cdot kg^{-1}$以上,成为本次雷暴大风发生的有利条件。随后冷涡东移,华北地区风力减弱,直至 19 日 23 时,北京 12 级以上大风消失,本次冷空气大风过程持续约10 h。

4　其他灾害性天气

4.1　干旱

5 月以来,黄淮和江淮地区(山东、河南、江苏和安徽)平均降水量为 34.5 mm,较常年同期偏少 55.4%,气象干旱发展并维持。云南南部等地出现持续高温天气,导致云南大部发生严重干旱。月内,东北地区干旱一度发展,19 日以来,受明显降水影响气象干旱逐步缓解。月底,黄淮、江淮北部、云南等地存在中到重度气象干旱,部分地区出现特旱。

4.2　高温和低温

5 月 22—25 日,华北、黄淮和东北出现高温天气过程。河南东北部、山东西部和东南部部分地区、河北东南部、内蒙古东南部、吉林西部等地极端最高气温达38℃以上,河北、内蒙古等地局部地区超过

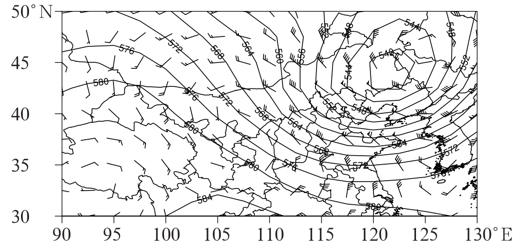

图 11　2019 年 5 月 19 日 20 时 500 hPa 位势高度场(等值线,单位:dagpm)和 850 hPa 风场(风向杆,单位:$m \cdot s^{-1}$)
Fig. 11　The 500 hPa geopotential height (contour, unit: dagpm) and 850 hPa winds (wind barb, unit: $m \cdot s^{-1}$) at 20:00 BT 19 May 2019

40℃,其中河北南宫达 41.2℃。23 日高温范围广,京津冀晋鲁豫皖苏内吉辽 11 省(区、市)35℃以上高温覆盖面积达 64.1 万 km^2,其中 38℃以上高温覆盖面积达 13.8 万 km^2。24 日,高温强度强,吉林、辽宁、黑龙江共有 53 个县(区)气温突破 5 月历史高温极值。

月内,气温波动大,多次遭受冷空气影响。13 日,内蒙古中部、山西、陕西北部等地最低气温低于 0℃,发生低温冷冻灾害,其中陕西受灾较重;18—22 日,西北、华北等地部分地区最低气温降至 2℃及以下,有些地区甚至低于 0℃,造成新疆、陕西、甘肃、宁夏、河北、山西、内蒙古等地遭受低温(霜)冻害,降温同时大部伴有大风。

4.3　沙尘

5 月,北方出现 4 次沙尘天气过程:4—5、11—12、14—16 和 18—19 日。其中扬沙和沙尘暴过程各 2 次。沙尘天气过程次数较 2000—2018 年同期平均值(2.7 次)偏多。

5 月 4—5 日,内蒙古中西部、甘肃中西部出现扬沙和浮尘天气,内蒙古中西部局地出现沙尘暴。11—12 日,内蒙古大部、甘肃中西部、宁夏、陕西北部、山西北部、河北北部、北京、天津等地出现扬沙和沙浮尘天气,内蒙古中西部、甘肃中部部分地区出现沙尘暴。14—16 日,内蒙古中西部、甘肃中西部、宁夏、黑龙江西南部、吉林西部等地部分地区出现扬沙和沙浮尘天气,内蒙古、甘肃中部部分地区出现沙尘暴。18—19 日,内蒙古中西部、青海北部、宁夏、甘肃东部、河北中南部、新疆南疆盆地等地等地出现扬沙和浮尘天气。

致谢:感谢国家气象中心气象服务室刘璐、杨绚为本文提供月降水量、降水距平百分率和温度距平资料。感谢国家气象中心强对流预报中心提供“5·17”北京强对流过程相关分析资料。

参考文献

国家气候中心,2019. 2019 年 5 月中国气候影响评价[R]. National Climate Centre,2019. Climate influence evaluate of May 2019 in China[OL/R]. https∥cmdp. ncc_cma. net/upload/uploadz/yx-pj/qhpj_m190500. doc.

李然,张涛,2016. 2016 年 5 月大气环流和天气分析[J]. 气象,42(8):1026-1032. Li R,Zhang T,2016. Analysis of the May 2016 atmospheric circulation and weather[J]. Meteor Mon,42(8):1026-1032(in Chinese).

张夕迪,孙军,2017.2017年5月大气环流和天气分析[J].气象,43(8):1022-1028. Zhang X D, Sun J, 2017. Analysis of the May 2017 atmospheric circulation and weather[J]. Meteor Mon, 43(8):1022-1028(in Chinese).
周晓敏,张涛,2018.2018年5月大气环流和天气分析[J].气象,44(8):1110-1116. Zhou X M, Zhang T, 2018. Analysis of the May 2018 atmospheric circulation and weather[J]. Meteor Mon, 44(8):1110-1116(in Chinese).
周晓敏,张涛,2019.2019年4月大气环流和天气分析[J].气象,45(7):1028-1036. Zhou X M, Zhang T, 2019. Analysis of the April 2019 atmospheric circulation and weather[J]. Meteor Mon, 45(7):1028-1036(in Chinese).