

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.

2017 年 5 月大气环流和天气分析^{*}

张夕迪 孙 军

国家气象中心,北京 100081

提 要: 2017 年 5 月大气环流的主要特征是极涡偏强且呈单极型分布,中高纬环流呈多波型,西太平洋副热带高压强度较常年偏强,南支槽强度较常年偏弱。5 月全国平均气温 17.1℃,较常年同期偏高 0.9℃,为 1961 年以来第 4 高;全国平均降水量 59.4 mm,比常年同期(69.5 mm)偏少 14.5%,但 5 月 7 日广州出现破历史极值的极端强降水。月内我国南方地区有 5 次区域性暴雨天气过程;北方出现极端高温过程;东北西部、华北等地发生严重气象干旱;北方地区有 2 次沙尘天气过程。

关键词: 大气环流,干旱,暴雨,高温,沙尘

中图分类号: P456,P448

文献标志码: A

DOI: 10.7519/j.issn.1000-0526.2017.08.013

Analysis of the May 2017 Atmospheric Circulation and Weather

ZHANG Xidi SUN Jun

National Meteorological Centre, Beijing 100081

Abstract: The main characteristics of the general atmospheric circulation in May 2017 are as follows. There was one polar vortex center in the Northern Hemisphere, stronger than usual. The 500 hPa geopotential height presented the distribution of a multi-wave pattern in the high latitude of Northern Hemisphere. The strength of Western Pacific subtropical high was a little stronger than in normal years, and the south branch through was a little weaker. The monthly mean temperature was 17.1℃, 0.9℃ higher than normal, which ranks the fourth highest since 1961. The monthly mean precipitation amount was 59.4 mm, which is less than normal (69.5 mm) by 14.5%, whereas an extremely strong precipitation event that broke the historical records occurred in Guangzhou on 7 May. Five rainfall processes occurred in Southern China this month, and an extremely high-temperature event happend in Northern China. Severe droughts occurred in the west part of Northeast and North China, and two dust weather events happened in the northern part of China.

Key words: atmospheric circulation, drought, heavy rain, high temperature, sand and dust

1 天气概况

1.1 降水

2017 年 5 月,全国平均降水量 59.4 mm,较常年同期(69.5 mm)偏少 14.5%。从空间分布来看(图 1),江淮大部、江汉南部、西南地区大部、西北地

区东南部、东北地区东部等地降水量有 50~100 mm,长江中下游地区、江南、华南及西南地区东部 100~200 mm,局部地区超过 200 mm;全国其余大部地区降水量普遍在 50 mm 以下,其中西北地区中西部大部、内蒙古西北部等地不足 20 mm,局部地区几乎无降水(国家气候中心,2017)。

与常年同期相比(图 2),西北地区西部、东北地区南部、华北地区中东部、黄淮东部、江南中东部、华

^{*} 2017 年 6 月 20 日收稿; 2017 年 7 月 3 日收修定稿

第一作者:张夕迪,主要从事灾害性天气预报研究工作。Email:zhangxd@cma.gov.cn

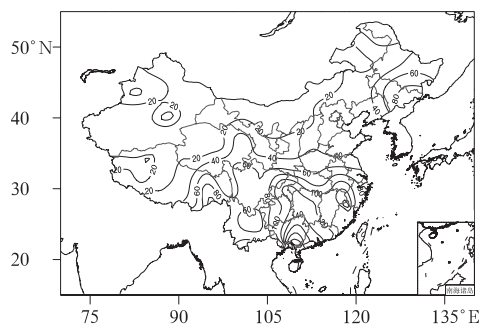


图 1 2017 年 5 月全国降水量分布(单位:mm)
Fig. 1 Distribution of precipitation over China in May 2017 (unit:mm)

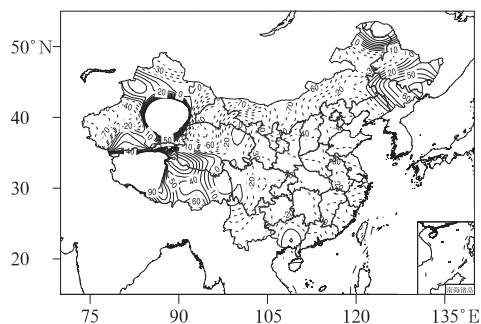


图 2 2017 年 5 月全国降水量距平百分率分布(单位:%)

Fig. 2 Spatial distribution of precipitation anomaly percentage over China in May 2017 (unit:%)

南地区东部及西南地区南部等地偏少 2~8 成;东北地区中东部和北部、西北地区中部、华南地区西部、西藏、新疆南部等地降水量偏多 2 成至 1 倍,局部地区偏多 1 倍以上。全国共有 337 站次出现暴雨,18 站次超过月极大值,其中重庆璧山(142.9 mm)、四川邻水(122.9 mm)等 13 站超过季极大值(国家气候中心,2017)。

1.2 气温

2017 年 5 月,全国平均气温 17.1°C ,较常年同期(16.2°C)偏高 0.9°C ,为 1961 年以来第 4 高。从空间分布看(图 3),西南东部、西北中部、华南中西部气温偏低,其中重庆、青海东部、甘肃西南部、云南北部等地偏低 $0.5\sim 1^{\circ}\text{C}$;全国其余大部气温偏高,其中东北大部、华北、黄淮、江淮、江南北部部分地区及内蒙古、甘肃大部、宁夏、新疆等地偏高 $1\sim 4^{\circ}\text{C}$ 。5 月 17—19 日,我国内蒙古东南部、东北、华北、黄淮等地出现最高气温突破 40°C 的极端高温天气,部分观测站点最高气温达到或突破当地 5 月历史极值

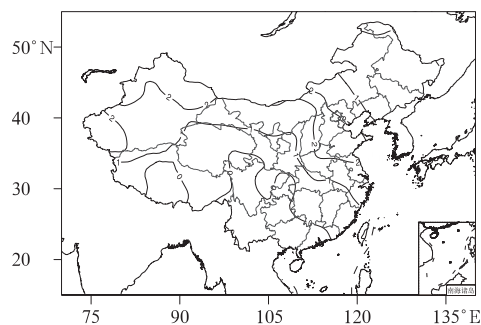


图 3 2017 年 5 月全国平均气温距平分布(单位:°C)
Fig. 3 Distribution of monthly mean temperature anomaly in May 2017 (unit:°C)

(国家气候中心,2017)。

2 环流特征和演变

2.1 环流特征

2017 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。

2.1.1 极涡呈单极型分布,强度偏强

5 月,北半球极涡呈单极偏心型分布(图 4),略偏向亚洲一侧,极涡主体位于贝加尔湖以北地区,中心强度低于 528 dagpm 。此外,在格陵兰岛附近存在一个切断低压,中心强度低于 548 dagpm 。相比历史同期,极涡附近有明显的负距平,负距平中心值达到 -12 dagpm ,表明极涡较常年同期偏强。格陵兰岛切断低压在距平场上同样表现为较大的负距平,达 -12 dagpm 。

2.1.2 中高纬环流呈多波型,副热带高压较常年偏强

2017 年 5 月,北半球中高纬 500 hPa 位势高度呈多波型分布,其中格陵兰岛、乌拉尔山和鄂霍次克海槽区较常年偏强 $6\sim 12\text{ dagpm}$,中太平洋槽区强度基本与常年一致,北美东部槽区强度则较常年偏弱明显,达 $8\sim 10\text{ dagpm}$ 。我国中高纬地区受平直西风气流控制,北方大部地区存在 $2\sim 4\text{ dagpm}$ 的正距平,该形势不利于引导冷空气南下,从而导致本月全国大部分地区气温较常年显著偏高,东北、华北等地的气象干旱与此有密切关系。

低纬地区,西太平洋副热带高压(以下简称副高)的强度较常年同期稍有偏强,副高脊线位于

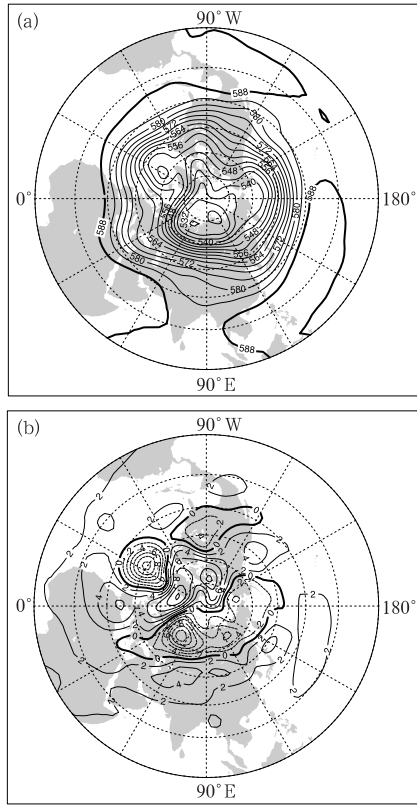


图 4 2017 年 5 月北半球 500 hPa 平均高度场(a)和距平场(b)(单位:dagpm)

Fig. 4 Monthly average geopotential height (a) and monthly geopotential height anomaly (b) at 500 hPa in the Northern Hemisphere in May 2017 (unit: dagpm)

18°N 附近,西脊点位于 100°E 附近。南支槽平均位于 90°E 附近,南支槽控制区域内均为 2~4 dagpm 的正距平,表明南支槽强度较常年略偏弱(李然和张涛,2016;陈双和何立富,2015;朱文剑和何立富,2013),从而导致我国南方大部降水明显偏少。月内,我国南方地区共出现 5 次区域暴雨过程。

2.2 环流演变与我国天气

图 5 给出了 5 月上、中、下旬欧亚地区 500 hPa 高度场的旬平均环流形势。5 月上旬极涡中心位于 70°N 附近的贝加尔湖以北地区,我国中纬度地区环流总体较为平直,略有西高东低之势。由于极涡较强且长时间盘踞于东亚高纬度地区上空,极涡底部的偏西北气流易于携带冷空气南下影响我国北方地区,造成大风和沙尘天气。在南方地区,副高呈带状分布,北界位于 22°N 附近的华南地区,且高原南部多短波槽活动,配合副高外围西南暖湿气流的水汽

输送,我国南方地区出现两次明显的强降雨过程。2—3 日受蒙古气旋南下的冷空气和副高的共同影响,最强降水主要集中在长江中游,降水一般在 50~100 mm,其中四川东部及重庆超过 100 mm;3—7 日,在蒙古气旋影响下,新疆南疆盆地、甘肃中西部、宁夏、内蒙古、陕西北部、山西中北部、河北北部、北京、吉林西部、黑龙江西南部、山东、江苏、湖北、湖南北部等地出现沙尘天气,内蒙古部分地区有沙尘暴,局地出现强沙尘暴;7—8 日南支槽再次发展,并在地面形成强盛的江淮气旋,强降雨主要发生在江淮、江南及华南地区,其中江西大部、浙江西部、福建西北部、两广地区降水在 50~100 mm,局部超过 100 mm。其中,5 月 7 日广州出现暴雨到大暴雨,黄埔、增城、中新、花都等地出现特大暴雨。增城新塘镇 3 h 雨量 382.6 mm,破广东 3 h 雨量历史极值,黄埔区九龙镇日降水量 544.5 mm,打破广州市日雨量历史极值。

5 月中旬,欧亚大陆中高纬地区大气环流形势调整为“两槽一脊”型,黑海、里海附近和日本海位于槽区控制,我国西北地区、华北地区西部为高压脊区

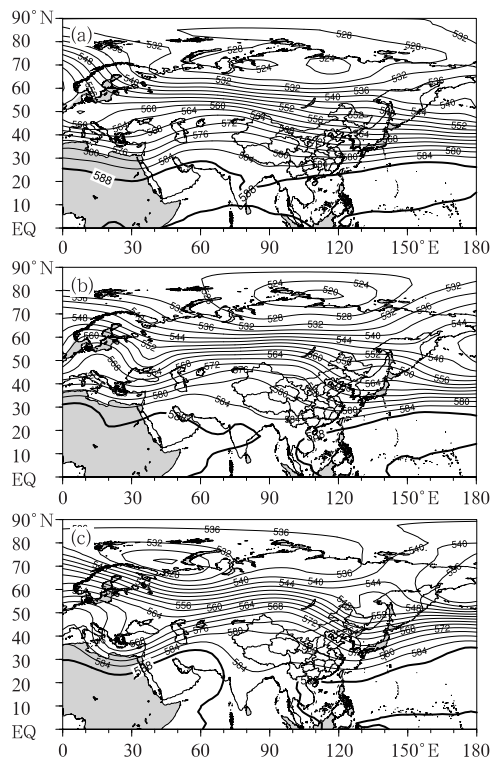


图 5 2017 年 5 月上旬(a)、中旬(b)、下旬(c) 500 hPa 平均位势高度场(单位:dagpm)

Fig. 5 The average geopotential height at 500 hPa for the first (a), second (b) and third (c) dekads in May 2017 (unit: dagpm)

控制;极涡中心略有北收,主体仍位于贝加尔湖以北地区。与上月形势相比,环流经向度有所加强,有利于引导北方冷空气南下。副高断裂为两段,东段北界位于 20°N 附近,西脊点位于 100°E 附近,相比上月有所南落。10—12 日,又一蒙古气旋东移南下,其引导的冷空气从偏东路南下与南支槽和副高配合,导致江南、华南北部和西部出现暴雨;14—16 日,前述气旋在东北地区盘踞已久不断壮大,副高在其影响下有所南落,东北冷涡后部的横槽逐渐转竖,华南、西南地区东部出现一次强降雨过程。17—19 日,在东北冷涡东移入海后,其后部的较强高压脊占据我国华北、东北等地。受其影响,我国内蒙古东南部、吉林西部、辽宁西部等地最高气温突破 40°C ,东北、华北、黄淮等地多个站点最高气温达到或突破当地 5 月历史极值。

5 月下旬,欧亚大陆中高纬地区仍维持“两槽一脊”型,高低压系统位置与中旬变化不大,但极涡中心西移至格陵兰岛附近。副高的位置和强度与中旬

相差不大,高原槽有所加强。22—24 日,受北方南下冷空气和副高外围暖湿气流共同影响,江淮、江汉、江南、华南、西南地区东部等地发生了 5 月强度最强、范围最广的一次强降雨过程;其中,23 日,湖南南部、广西中东部、广东中部等地出现暴雨,局地大暴雨($100\sim 130\text{ mm}$);广东广州及广西玉林、钦州等局地雨量达 $150\sim 197\text{ mm}$,最大 3 h 雨量 $130\sim 169\text{ mm}$ 。28—29 日,受高纬度地区冷涡南下影响,内蒙古西部、甘肃西部、新疆南疆盆地等地出现扬沙浮尘天气,内蒙古拐子湖出现强沙尘暴。

3 主要降水过程和强对流过程

3.1 概况

2017 年 5 月我国主要的降水过程有 5 次(表 1),主要分布在西南地区、长江中下游及两广等区域。

表 1 2017 年 5 月主要降水和强对流过程

Table 1 Main precipitation and convective weather processes in May 2017

降水时段	主要影响系统	影响区域及降水强度
2—3 日	南支槽、低涡切变	四川东部、重庆、湖北东部、安徽中部、江西北部出现暴雨,其中四川东部和重庆部分地区出现大暴雨。
7—8 日	南支槽、低空急流	江西大部、浙江西部、福建西北部、广东大部出现暴雨,其中广州出现暴雨到大暴雨,部分地区出现特大暴雨。
10—12 日	南支槽、低空急流	重庆、湖南东部、江西、浙江西部、福建西部、广西等地出现暴雨。
14—16 日	低涡切变线	广西大部、广东中部、福建南部出现暴雨,其中广西中部、广东中部和福建南部出现大暴雨。
22—24 日	冷式切变线	河南北部、山西南部、河南东南部、湖南中北部、湖北东部、贵州中南部、安徽东南部、江西南部、广东大部、广西北部东部出现暴雨,其中广西东部和广东中部出现大暴雨。

3.2 5 月 7 日广州极端强降水过程分析

5 月 7 日广州出现暴雨到大暴雨,黄埔、增城、中新、花都等地出现特大暴雨。增城新塘镇 1 h 雨量 184 mm ,排历史第二位;3 h 雨量 382.6 mm ,破广东 3 h 雨量历史极值;黄埔区九龙镇日降水量 544.5 mm ,打破广州市日雨量历史极值。这次降水过程主要有降水局地性强、小时雨强大、中尺度雨团移动缓慢、降水强度极端等特点。广州地区主要降水时段为 7 日 00—16 时,其中极端强降水主要分为两个阶段:00—04 时花都花山镇累计雨量达 287.9 mm ;04—08 时增城累计雨量达 302.2 mm ,其中增城新塘镇 05—06 时 1 h 雨量达 184.4 mm 。

从 7 日 02 时天气形势和物理量场(图 6~图 9)的配置可以看出,广州上游地区 500 hPa 有一弱波动东移,925 hPa 华南中北部地区存在明显暖式切

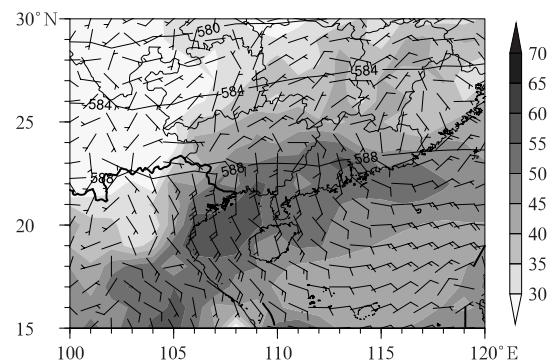


图 6 2017 年 5 月 7 日 02 时 500 hPa 位势高度场(等值线,单位: dagpm)、925 hPa 风场(风向杆,单位: $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)和整层可降水量(填色,单位: $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$)
Fig. 6 The 500 hPa geopotential height (contour, unit: dagpm), 925 hPa winds (wind barb, unit: $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$) and precipitation water (shaded area, unit: $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$) at 02:00 BT 7 May 2017

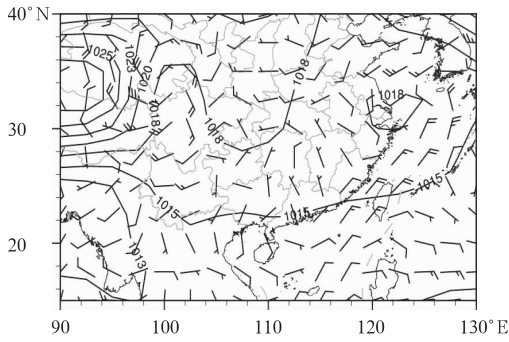


图 7 2017 年 5 月 7 日 02 时地面等压线
(等值线, 单位: hPa) 和地面风场
(风向杆, 单位: $m \cdot s^{-1}$)

Fig. 7 Surface level pressure (contour, unit: hPa) and surface winds (wind barb, unit: $m \cdot s^{-1}$) at 02:00 BT 7 May 2017

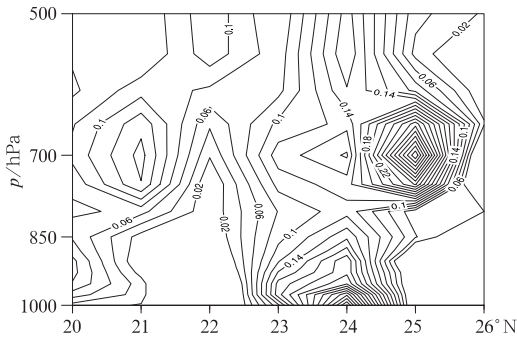


图 8 2017 年 5 月 7 日 02 时垂直速度
沿 113°E 经向剖面图

Fig. 8 Meridional cross section along 113°E of vertical velocity at 02:00 BT 7 May 2017

变, 广州地区处于偏南风 and 偏东风的弱辐合区域中; 地面冷高压主体位于沿江及江南地区, 但高压前部的偏北气流已经渗透到华南北部地区, 该形势与 1977 年 5 月 18 日广州地区发生强降雨时的配置较为相似; 在广州及其以北地区上空存在明显的强上升运动区, 低层偏东南气流将南海和西太平洋的大量水汽向华南地区上空输送并在此区域聚集, 属于有利于暴雨发生的天气尺度条件。

从 6 日 20 时(图 10a)和 7 日 02 时(图 10b)清远站的探空曲线来看, 夜间边界层和高层增湿强烈, 近地面露点从 19°C 增大到 23°C, 中高层由于干区变为湿区, 不稳定能量和垂直风切变不是很强, 但湿层较为深厚, 0°C 层高度位于 4~5 km 之间, K 指数维持 30°C 以上, 同样有利于强降雨的产生。

由雷达回波和卫星云图演变(图略)可知, 本次降水过程的对流云顶发展并不是很高, 但降水效率

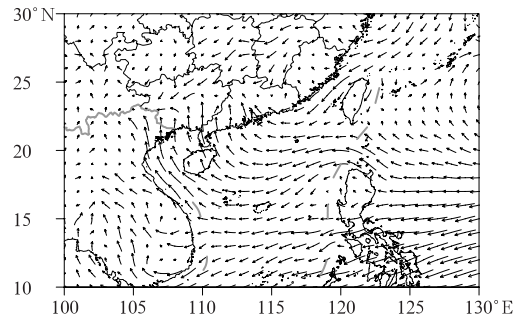


图 9 2017 年 5 月 7 日 02 时 925 hPa 水汽通量

Fig. 9 Vapor flux at 925 hPa at 02:00 BT 7 May 2017

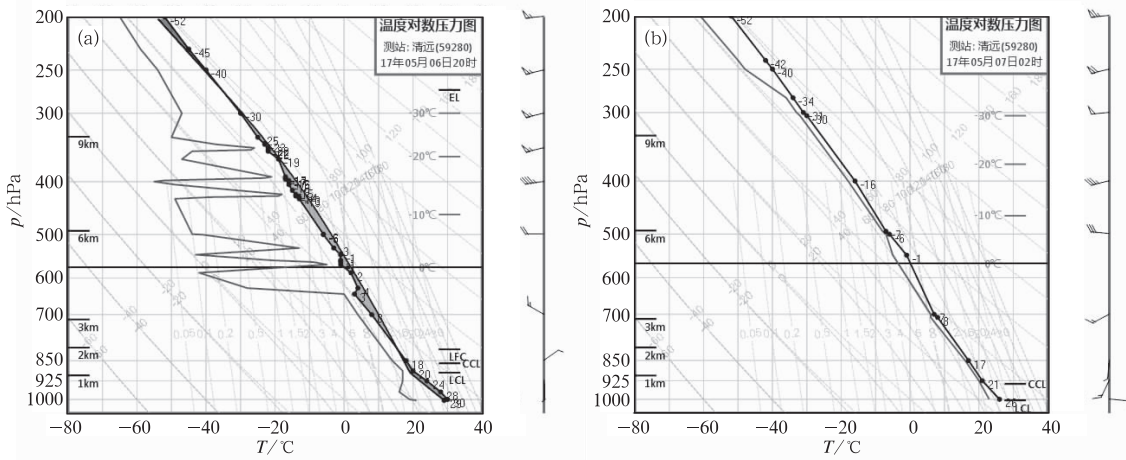


图 10 2017 年 5 月 6 日 20 时(a)和 7 日 02 时(b)广东清远站(59280)探空曲线

Fig. 10 T - $\ln p$ diagram for Qingyuan, Guangdong Sounding Station (59280) at 20:00 BT 6 (a) and 02:00 7 (b) May 2017

很高,属于强低质心对流。典型强低质心对流有 4 个主要特征,即:(1)中等 CAPE,弱垂直风切变;(2)较深厚的湿层;(3)明显的低空急流;(4)边界层与低空急流的相互作用。在本例中,条件(1)和(2)可以满足,然而条件(3)和(4)并没有明显证据可以证明,因此本例与典型强低质心类型对流还存在一定差别。在本例中,对流云团最早出现于 7 日 00 时左右,位于花都以北地区,对流云团发展起来后,雷达回波表现出明显的后向传播特征且移动缓慢,对流云团在较小范围内反复生消。从风廓线的演变情况来看,从化站(图 11a)从 7 日凌晨开始出现明显的东南风向高层扩展并增强的过程,而珠海站

(图 11b)也在 7 日午后表现出明显的东南风增强现象,低层东南风的增强与广州北部罗浮山、九龙山和青云山等地形的相互作用很有可能是对流云团触发的关键因素,又由于低层水汽主要靠东南风输送,因此本例中低层的偏东南风对暴雨的触发和维持起到极其重要的作用。同时,中层引导气流为浅槽前的偏西南风,而低层的入流为持续的偏南风,即风暴主要向偏南方向传播。由于引导气流方向和风暴传播方向之间交角较大,因此两者合成所得的系统移动速度较慢,从而产生了广州附近相对稳定的极端强降水。

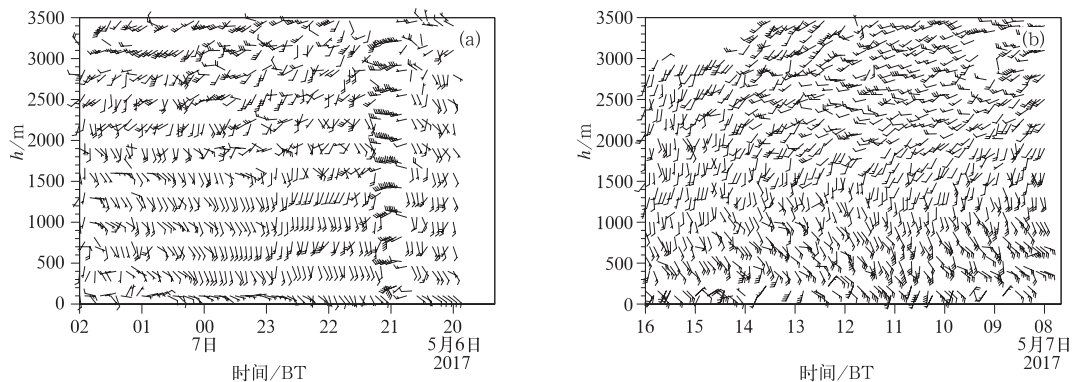


图 11 从化站(a)和珠海站(b)的风廓线分布

Fig. 11 Wind profile of Conghua (a) and Zhuhai (b) Stations

4 其他灾害天气

4.1 干旱

4 月 1 日至 5 月 20 日,华北大部、东北西部及内蒙古中东部、山东东部等地降水普遍少于 50 mm,部分地区不足 10 mm,上述大部地区降水量较常年同期偏少 5~9 成。受持续少雨影响,东北西部、华北北部及内蒙古、山东、河南等地气象干旱发展。21—22 日,北方旱区出现入春以来最明显的降雨过程,累计降雨量普遍超过 10 mm,部分地区达 20~40 mm,旱情缓和。

4.2 高温

5 月 17—19 日,我国内蒙古东南部、吉林西部、辽宁西部等地的最高气温超过 40℃,局地超过 42℃。东北、华北、黄淮等地共 68 个气象观测站点

最高气温达到或突破当地 5 月历史极值。监测表明,今年东北、华北高温是 1961 年以来出现最早的。月内,全国共有 786 站次出现 35℃ 以上高温天气,主要发生在华北、黄淮、内蒙古东部、吉林西部、辽宁西部等地,其中内蒙古高力板(43.6℃)、舍伯吐(42.7℃)、乌兰浩特(42.5℃)、吉林洮南(42.7℃)等 15 站突破历史极值。

4.3 沙尘

5 月,我国北方出现 2 次沙尘天气过程,较 2000—2017 年同期平均值(2.6 次)偏少。3—7 日,新疆南疆盆地、甘肃中西部、宁夏、内蒙古、陕西北部、山西中北部、河北北部、北京、吉林西部、黑龙江西南部、山东、江苏、湖北、湖南北部等地出现沙尘天气,内蒙古部分地区有沙尘暴,局地出现强沙尘暴;28—29 日有 1 次扬沙过程,内蒙古西部、甘肃西部、新疆南疆盆地等地出现扬沙浮尘天气,内蒙古拐子湖出现强沙尘暴。

致谢:感谢国家气象中心预报系统开放实验室宋文彬为本文提供月降水量、降水距平和温度距平资料;感谢国家气象中心暴雨(暴雪)预报员团队提供“5.7”广州局地特大暴雨过程分析相关资料。

参考文献

陈双,何立富,2015.2015年5月大气环流和天气分析[J].气象,41

(8):1042-1048.
国家气候中心,2017.2017年5月中国气候影响评价[R].
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.
朱文剑,何立富,2013.2013年5月大气环流和天气分析[J].气象,
39(8):1083-1088.



《水文学导论》

Wilfried Brutsaert 著 王忠静 等译

该书是被誉为“蒸发先生”的美国工程院院士 Wilfried Brutsaert 的经典专著,是其三十多年水文学教研的结晶,以独特的视角和组织结构,系统介绍了水循环相关概念,以简洁的语言和清晰的图文描述了水在大气、地表和地下运动的基本方程,从流域尺度和统计概念讲述了水文数据的使用,涵盖了几乎所有的水文学基本原理。该书最后还介绍了人类对水循环认知过程简史,从哲学高度阐述了水文学发展螺旋上升的过程。该书是水文学基础教科书,也可作为高年级本科生和研究生提高水文学知识的参考书,也适用于环境、气象、农学、地质、气候、海洋、冰川及其他地球科学方面的科学家和工程师阅读。

16开 定价:196.00元

《城市环境气象监测评价预警》

马雁军 著

该书针对我国城市环境气象特点,采用野外观测和现有方法的集成,开展了关键大气成分(PM₁₀、PM_{2.5}、PM₁)的监测分析;研究了其时空分布的物理、化学特征;分析了可吸入颗粒物与气象要素(风速、风向、温度、湿度、雾及能见度等)之间的关系;研究了浓雾、低能见度天气及可吸入颗粒物污染等环境气象因子对大气环境的影响;研制了城市环境气象监测评价预警业务系统,为城市环境气象研究奠定了基础。该书可供从事大气科学和大气环境保护的科研和业务人员参考。

16开 定价:40.00元

《江南茶叶生产气象保障关键技术研究》

金志凤 著

该书通过人工气候控制试验、田间试验和典型年份相关信息,构建了江南茶区茶叶主栽品种(龙井43、乌牛早、鸠坑、福鼎大白茶等)的农业气象指标体系,研究了茶叶生长发

育、品质和产量与气象条件的关系,建立了茶叶气象灾害监测预警、茶叶生长气候适宜度和茶叶气候品质评价诊断等模型;揭示了气候变化背景下茶叶生产气象灾害的发生规律和茶叶生长气候适宜性的变化特征,开展了基于GIS技术的茶树种植精细化气候区划和气象灾害风险评估;探讨了遥感技术在茶叶光谱与茶叶品质指标关系、基于卫星遥感数据的近地表气温估算和茶树种植区遥感提取等茶叶气象服务中的应用;介绍了茶叶气象服务业务系统,包括系统功能构架、主要功能模块和业务应用。该书可供从事应用气象、茶树栽培和农业技术推广的科技工作者在业务和科研工作中参阅,同时也可供茶树种植大户参考。

16开 定价:68.00元

《安全生产与气象》

许小峰 主编

该书旨在总结凝练与气象因素密切相关的重大安全生产事件及气象服务保障经验,多角度反映气象及相关部门在气象灾害防御和各类重、特大安全生产事故救援中依法履行的安全监管和气象保障职责,客观展示各级政府主导、各部门协同联动的安全生产气象保障服务情况。全书正文分为4个部分28个案例,主要包括因气象因素引发的灾害事件、自然灾害或重大安全生产事故气象应急保障服务、人工影响天气作业安全、安全生产监管等内容。该书编制中坚持真实性、科学性,突出以人为本,依法依规,通过归纳和提炼各地各类气象安全生产事故应对措施及经验,力求为气象和相关部门更好地履行安全生产职责提供指导和借鉴,进一步提升全社会安全生产意识。该书可供气象行业从事安全生产事故风险管理、气象灾害风险评估、气象社会管理与公共气象服务等方面管理人员、理论研究人员、一线工程技术人员参考,也可供安全生产监督管理部门、应急管理部门和其他部门从事安全生产事故风险评估与风险管理、社会管理与公共服务工作的管理人员和科研人员参考。

16开 定价:98.00元