

关良,张涛,李鑫,2021. 2021 年 3 月大气环流和天气分析[J]. 气象,47(6):767-772. Guan L, Zhang T, Li X, 2021. Analysis of the March 2021 atmospheric circulation and weather[J]. Meteor Mon, 47(6):767-772(in Chinese).

2021 年 3 月大气环流和天气分析^{*}

关 良¹ 张 涛¹ 李 鑫²

¹ 国家气象中心,北京 100081

² 中国气象局气象干部培训学院,北京 100081

提 要: 2021 年 3 月大气环流呈双极型分布,中高纬环流为三波型,东亚大槽偏弱,西太平洋副热带高压强度与常年相当。3 月全国平均气温为 6.6℃,较常年同期(4.1℃)偏高 2.5℃,为 1961 年以来同期第二高。全国降水量为 27.8 mm,较常年同期(29.5 mm)偏少 6%。本月有 3 次大范围沙尘天气过程,较常年偏强偏多,其中 13—18 日为近十年我国最强沙尘天气过程。强对流天气偏少,仅月底在长江流域发生一次强对流天气过程。月内冷空气偏弱,仅于 15—17 日发生一次中等强度冷空气过程。云南等地干旱持续,华南干旱开始发展。

关键词: 大气环流,沙尘,强对流,干旱

中图分类号: P448,P458

文献标志码: A

DOI: 10.7519/j.issn.1000-0526.2021.06.012

Analysis of the March 2021 Atmospheric Circulation and Weather

GUAN Liang¹ ZHANG Tao¹ LI Xin²

¹ National Meteorological Centre, Beijing 100081

² China Meteorological Administration Training Centre, Beijing 100081

Abstract: The main characteristics of the general atmospheric circulation in March 2021 are as follows. There were two polar vortex centers in the Northern Hemisphere, the 500 hPa geopotential height presented the distribution of a three-wave pattern in the mid-high latitude of Northern Hemisphere. The strength of Western Pacific subtropical high was closed to that in normal years, and the south branch though was a little weaker. The national average temperature in March was 6.6℃, 2.5℃ higher than the normal (4.1℃) and recorded the second highest in the same period since 1961. The monthly mean precipitation amount was 27.8 mm, 6% less than in normal period (29.5 mm). There were three large-scale sand-dust weather processes in March, which were more and stronger than the usual, of which the sand-dust weather in 13—18 was the strongest sand-dust weather process in the past 10 years. A severe convective weather process occurred in the Yangtze River Basin at the end of the month, causing severe weather such as hail and thunderstorm. During this month, cold airs were weak, and only one moderate cold wave process appeared in 15—17. The droughts continued in Yunnan Province, droughts appeared and developed in South China.

Key words: atmospheric circulation, sand and dust, severe convective weather, drought

引 言

2021 年 3 月冷空气活动总体偏少偏弱,2 月以

来气温显著偏高、降水偏少的天气形势持续。在此形势下,我国北方和蒙古国土壤解冻偏早,有利于地表起沙,月内共发生 3 次沙尘暴天气过程,影响范围较大,强度强,为近十年来少见。月底长江中下游流

^{*} 国家重点研发计划(2018YFC1507504)资助

2021 年 4 月 25 日收稿; 2021 年 5 月 12 日收修定稿

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

域发生一次以短时强降水为主的强对流天气过程,造成江西北部、安徽南部等地的冰雹、雷电天气灾害,并伴有雷暴大风。月内有一次中等强度冷空气过程影响我国,多地出现低温冷冻灾害或雪灾,最高降温幅度超过 14°C 。云南中北部、四川南部、贵州西部等地干旱持续发展,森林火险等级较高。

1 天气概况

1.1 降水

3 月,全国平均降水量为 27.8 mm ,较常年同期(29.5 mm)偏少 6% 。从空间分布看(图 1),全国呈现出阶梯向心型分布,从西北到东南,降水量逐渐增多。江淮、江汉、江南大部为降水极大值区,降水量超过 100 mm ,其中浙江和江西局部超过 200 mm ,华南北部及重庆东部等地降水量为 50 mm 以上。西北中西部、青藏高原西部和北部、东北地区西部以及内蒙古中东部、云南大部、四川西南部等地降水量不足 10 mm 。其余大部地区降水量为 $10\sim 50\text{ mm}$ 。

与常年同期相比,西南地区东南部、华南大部、东北地区西南部以及江西南部、甘肃西北部、青海中北部、新疆西部等地偏少 $2\sim 8$ 成,云南大部、四川南部、贵州西部和新疆西部偏少 8 成以上(图 2),其中云南平均月降水量在 10 mm 以下,为历史同期第二少;华北大部、河套地区以及黑龙江大部、山东东部和北部、湖北东部和西南部、重庆中东部、新疆北部和东南部、西藏中部等地偏多 5 成至 2 倍,其中部分地区偏多 2 倍以上,黑龙江、宁夏部分地区的平均月降水量超过 25 mm 为历史同期第二多,北京为同期第三多;其余地区接近常年同期。

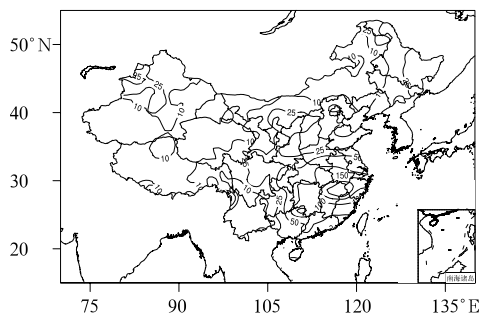


图 1 2021 年 3 月全国降水量分布(单位: mm)
Fig. 1 Distribution of precipitation over China in March 2021 (unit: mm)

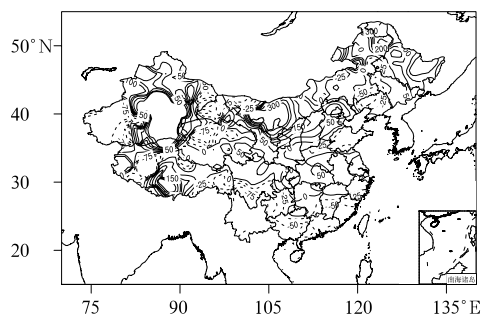


图 2 2021 年 3 月全国降水量距平百分率分布(单位: %)

Fig. 2 Spatial distribution of precipitation anomaly percentage over China in March 2021 (unit: %)

1.2 气温

3 月,全国平均气温为 6.6°C ,较常年同期(4.1°C)偏高 2.5°C ,为 1961 年以来同期第二高。从空间分布上看(图 3),全国大部地区较常年同期均偏暖,气温偏高 $1\sim 4^{\circ}\text{C}$,我国东部地区较西部偏暖程度高,其中黄淮、江淮、江汉、江南、华南等地区偏高 $2\sim 3^{\circ}\text{C}$,内蒙古中东部、黑龙江西部、吉林西部等地偏高最多,超过 4°C 。

2 环流特征

2021 年 3 月北半球 500 hPa 平均高度及距平的水平分布(图 4)表明,3 月北半球环流形势有以下特点。

2.1 极涡呈双极型分布

3 月北半球极涡呈双极型分布(图 4a),两极分别位于东西伯利亚海和格陵兰岛以西,中心强度低

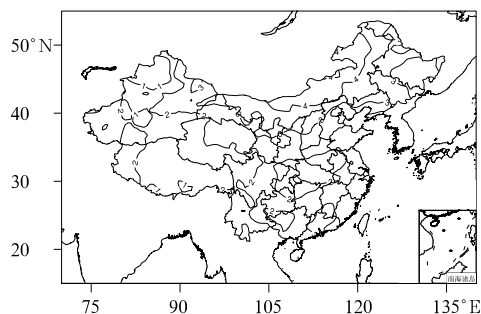


图 3 2021 年 3 月全国平均气温距平分布(单位: $^{\circ}\text{C}$)

Fig. 3 Distribution of monthly mean temperature anomaly over China in March 2021 (unit: $^{\circ}\text{C}$)

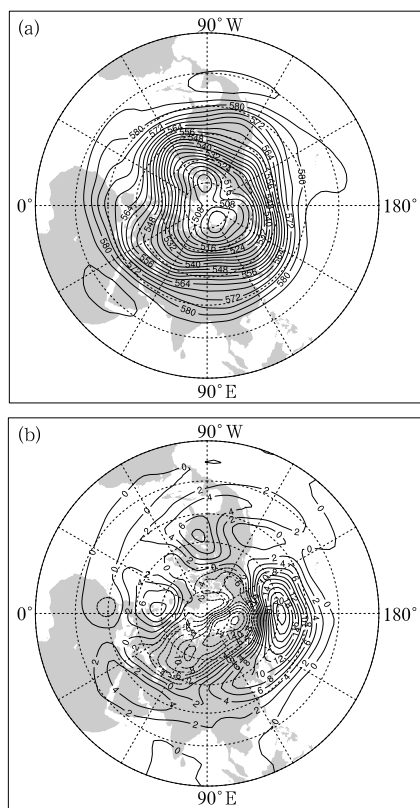


图4 2021年3月北半球500 hPa平均位势高度场(a)和距平场(b)(单位: dagpm)

Fig. 4 Monthly average geopotential height (a) and its anomaly (b) at 500 hPa in the Northern Hemisphere in March 2021 (unit: dagpm)

于500 dagpm,与去年同期的单极型极涡相比,极涡中心沿 120°E 和 60°W 向南延伸分裂,东西伯利亚海一侧的极涡与负距平中心相对应(图4b),距平值低于 -16 dagpm。

2.2 中高纬度呈三波型,东亚槽偏弱,副热带高压与常年相当

如图4所示,2021年3月,北半球中高纬度500 hPa位势高度呈三波型分布,北美槽与常年相比略向南加深,但位置和强度相当。整个欧亚大陆地区中高纬的“两槽一脊”型环流较常年呈现“西强东弱”的态势。欧洲槽偏东位于东欧且显著偏强(对应10 dagpm的负距平区)偏深,乌拉尔山脊偏弱偏东,东亚槽较偏弱,亚洲中高纬环流平直,影响我国的冷空气势力较弱,导致3月全国范围内均出现气温正异常,平均气温较同期偏高 2.5°C ,其中内蒙古中东部、黑龙江西部、吉林西部等地较常年气温偏高 $4\sim 6^{\circ}\text{C}$,加速积雪融化,造成土壤沙化。

低纬地区高度场普遍为正距平($0\sim 2$ dagpm),表现为西太平洋副热带高压与南支槽略偏北,配合较弱冷空气活动,使得冷暖交汇区域偏北,我国长江中下游地区月内累计降水超过200 mm。江淮、江汉、江南地区降水偏多,华南与云南中北部、四川南部、贵州西部等地降水量较常年偏少,云南大部降水量不足10 mm,干旱持续发展,部分地区达中到重度气象干旱,广东和台湾等地旱情明显。

2.3 环流演变与我国天气

图5表示3月上、中、下旬欧亚地区500 hPa的旬平均位势高度场。

3月上旬(图5a)极涡偏东位于东西伯利亚海附近,相应东亚槽位置偏东,贝加尔湖脊控制我国西北地区,环流经向度为3月最强时期。冷空气活动相对活跃并主要影响我国北方和东部地区。东北大部、华北、江汉北部、黄淮大部及青海西北部最大过程降温达 $8\sim 14^{\circ}\text{C}$,其中黑龙江和吉林部分地区降温超过 20°C ,造成新疆、黑龙江、吉林、山西、河北、

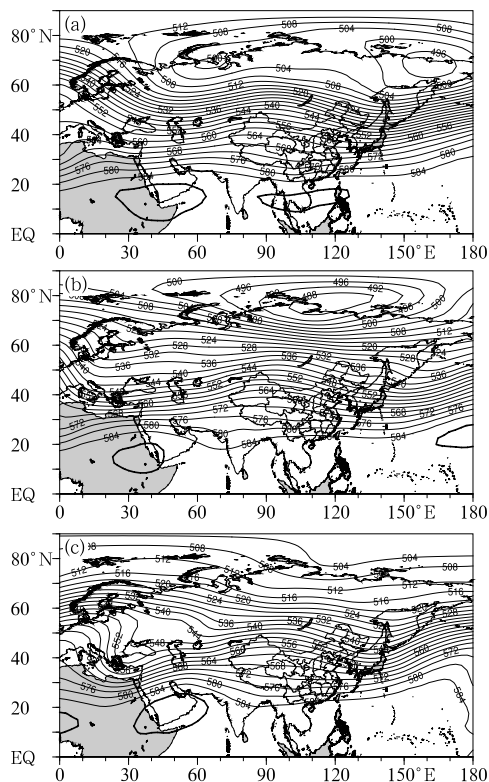


图5 2021年3月上旬(a)、中旬(b)、下旬(c)500 hPa平均位势高度场(单位: dagpm)

Fig. 5 Average geopotential height at 500 hPa for the first (a), second (b), and third (c) dekads in March 2021 (unit: dagpm)

湖南、浙江、四川等地的部分地区出现中到大雪。南下冷空气与偏南暖湿气流在江南地区汇合,较往年略偏北,江南大部和华南北区 3 月上旬累计超过 50 mm,其中安徽南部、浙江西部、江西东北部累计降水量达到 200 mm 以上。

3 月中旬(图 5b),东西伯利亚极涡西移至新地岛,东亚槽随之显著减弱,贝加尔湖脊减弱南退,并略向东移动,环流经向度减小,影响我国冷空气总体较弱。地表增温明显,有利起沙,在 3 月 15—17 日蒙古气旋和中等强度冷空气过程的背景下,出现了近十年来我国最强沙尘天气过程。持续时间长、影响范围广,涉及 19 个省(自治区、直辖市),影响范围 4562 000 km²;内蒙古中西部、甘肃西部、宁夏、陕西北部、山西北部、河北北部、北京、天津等地出现沙尘暴,其中内蒙古中西部、宁夏、陕西北部、山西北部、河北北部、北京等地部分地区出现强沙尘暴。南支槽减弱,我国南方大部地区 3 月中旬降水偏少。

3 月下旬(图 5c),东半球极涡减弱消失,贝加尔湖脊有所加强,继续有利于蒙古国和内蒙古西部起沙。同时东亚槽较中旬有所加强,经向度加大,冷空气活动较中旬有所加强,月末一次蒙古气旋和冷空

气活动,造成 3 月 27 日至 4 月 1 日的强沙尘暴过程,影响范围广,西北大部及内蒙古中西部、东北中南部、华北、黄淮、江淮东部及湖北北部、上海、浙江北部等地出现扬沙和浮尘天气,内蒙古中部、陕西北部、河北西北部的部分地区出现沙尘暴,内蒙古中部出现强沙尘暴。南支槽加深,配合南下冷空气,月底长江流域发生一次以高架雷暴为主的强对流天气过程。

3 沙尘和强对流天气

3.1 沙尘天气概况

3 月,我国北方地区平均扬沙及以上等级沙尘日数共 0.9 d,为 2011 年以来同期最多。月内,共出现 3 次沙尘天气过程(表 1),接近 2000—2020 年平均值(3.6 次),其中 3 月 13—18 日、27 日至 4 月 1 日为强沙尘暴过程,19—21 日为扬沙过程。其中 13—18 日,出现近十年我国最强沙尘天气过程,持续时间长、影响范围广,涉及 19 个省(自治区、直辖市),影响范围 4562 000 km²。

表 1 2021 年 3 月主要沙尘天气过程

Table 1 Main sand-dust weather processes in March 2021

影响时段	过程类型	影响系统	影响区域
13—18 日	强沙尘暴	蒙古高压、地面冷锋	内蒙古中西部、甘肃西部、宁夏、陕西北部、山西北部、河北北部、北京、天津等地出现沙尘暴,其中内蒙古中西部、宁夏、陕西北部、山西北部、河北北部、北京等地部分地区出现强沙尘暴
19—21 日	扬沙天气	蒙古高压、地面冷锋	宁夏、陕西、山西、河北等地的部分地区出现扬沙天气
27 日至 4 月 1 日	强沙尘暴	蒙古高压、地面冷锋	西北大部及内蒙古中西部、东北中南部、华北、黄淮、江淮东部及湖北北部、上海、浙江北部等地出现扬沙和浮尘天气,内蒙古中部、陕西北部、河北西北部的部分地区出现沙尘暴,内蒙古中部出现强沙尘暴

3.2 3 月 13—18 日沙尘天气过程分析

2 月下旬,全国共有 494 个国家气象观测站气温突破历史极值。从 3 月平均场看(图 3),内蒙古、甘肃东北部、山西北部、河北北部等地与常年同期相比气温偏高 3℃ 以上,其中内蒙古中东部偏高 4℃ 以上,入冬以来,蒙古国和我国西北地区降水量较常年同期偏少,2 月中旬至 3 月中旬降水普遍偏少 50% 以上,大部分地区少于 10 mm 甚至无降水,地表基本无积雪覆盖,加速了无积雪裸露地表扩展,大范围裸露地表为沙尘天气有力的起沙条件,蒙古国为此过程主要沙尘源地。

从 3 月 14 日 14 时 500 hPa 环流形势来看(图

6a),亚洲中高纬有三槽两脊,中西亚和远东地区为长波槽区,中间宽广的区域内有一短波槽脊活动。新疆东部、至蒙古国西部在高空短波槽后由地面冷高压控制,蒙古国中东部为高空短波槽前,地面蒙古气旋发展,蒙古国沙源地位于冷高压与蒙古气旋间气压梯度最强区域(50 hPa),且存在中低空强冷平流(图 6b),配合日间地表快速升温,造成中低空干绝热不稳定层结。强气压梯度、强冷平流以及不稳定层结造成的动量下传等共同作用,使得这一地区出现西北大风刮起沙尘,而不稳定层结同时又有利于沙尘通过湍流向上交换在西北气流引导下向我国输送。最终蒙古国约有 110 万 km² 的起沙面积,15 日后沙尘沿三路影响我国东北、华北和黄淮、甘肃、

新疆等地区,其中甘肃、新疆等地沙尘影响时间最长、强度最强。从偏东路径南下影响的华北地区,出现10级以上的阵风,其中张家口部分地区 PM_{10} 平均质量浓度超过 $10\,000\ \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$,北京部分地区超过 $9\,000\ \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$,16日上午沙尘沿地面向下游输送至江淮、江汉地区,华北、东北空气质量转好。16日下午至17日受偏南风影响,一部分沙尘由地面输送沿东北、黄淮地区回流至北京及周边地区,另一部分向西北输送与滞留于新疆盆地的沙尘汇合,持续影响我国西北地区。18—19日500 hPa高压脊维持,经向度减小,冷空气主体影响结束,风力减小,雨雪天气削弱了沙尘对西北地区的影响。19—20日西北地区沙尘随偏东气流影响我国的西北东部和华北地区,造成陕西、山西大范围浮尘天气。20日以后,本次极端沙尘天气过程趋于结束。

3.3 3月30—31日强对流天气过程分析

3月,共出现一次强对流天气过程,与近两年数量相同,且均发生在3月下旬(周晓敏和张涛,2020;韩旭卿和张涛,2019),受灾区域主要以长江中下游

流域和云贵川三省为主,南支槽、低空切变线、低空急流为主要影响系统。3月30—31日湖北南部、湖南北部、江西北部以大范围雷雨为主,并伴有雷暴大风,局地由冰雹天气。受南支槽、低层切变线影响,浙江、江西、安徽、江苏、湖南、重庆、四川发生雷暴和短时强降水,并伴有雷暴大风和冰雹,多地出现不同程度的受灾,其中浙江西南部31日17时出现直径57.5 mm的冰雹,湖北东部(鄂州)、安徽南部、江西南部、福建东北部、浙江南部等地出现8~9级雷暴大风。

从30日20时500 hPa的形势看(图7a),位于四川东部的短波槽东移至长江中下游流域,槽前与底层850 hPa切变线交汇,大尺度锋面抬升作用从湖南北部、湖北南部开始,直至安徽南部,湖北南部、湖南北部、江西北部的低空切变系统附近,整层可降水量达到60 mm,并有低层偏南暖湿气流持续输送,为大范围雷雨过程提供必要的动力和水汽条件。此次过程为高架强对流天气过程,由30日20时的南昌站实况探空(图7b)可知,边界层气温不高而中低空暖湿平流明显,地基雷暴抑制较大且能量较弱

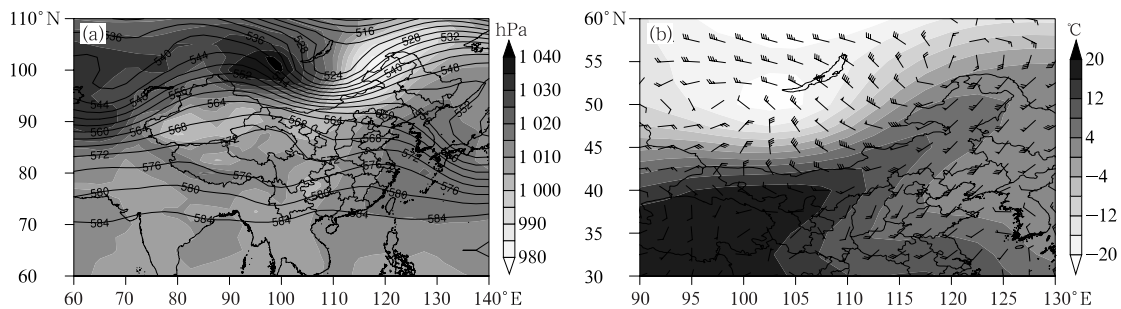


图6 2021年3月14日14时(a)500 hPa位势高度场(等值线,单位:dagpm)和海平面气压(阴影),
(b)850 hPa温度(阴影)和风场(风向杆,单位: $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)

Fig. 6 (a) The 500 hPa geopotential height (contour, unit: dagpm) and sea-level pressure (shaded area),
(b) 850 hPa winds (wind barb, unit: $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$) and temperature (shaded area) at 14:00 BT 14 March 2021

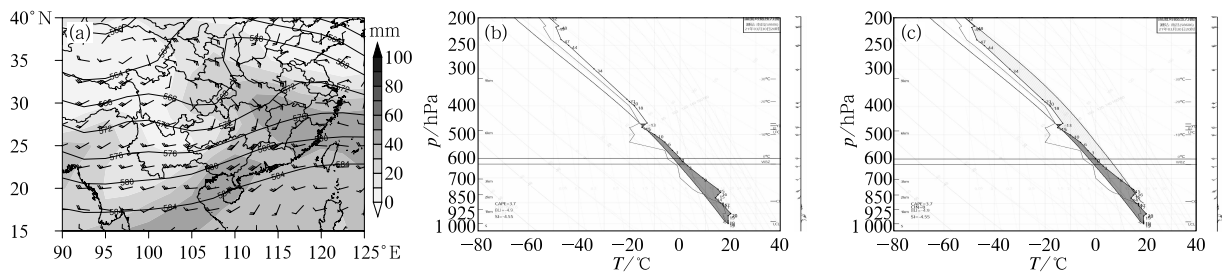


图7 2021年3月30日20时(a)500 hPa位势高度场(等值线,单位:dagpm)、850 hPa风场(风向杆,单位: $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)、
850 hPa整层可降水量(阴影),(b)南昌站探空曲线和(c)订正后探空曲线

Fig. 7 (a) The 500 hPa geopotential height (contour, unit: dagpm), 850 hPa winds (wind barb, unit: $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$) and
precipitable water (shaded area), (b) $T\text{-}\ln p$ diagram for Nanchang Sounding Station
and (c) the corrected diagram at 20:00 BT 30 March 2021

不易发生,最不稳定层约在 850 hPa 左右,订正对流抬升点至 850 hPa(图 7c),LI 达到 -7 K ,对流有效位能超过 $1\,500\text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}$,且对流平衡高度超过 -30°C 层,极其有利于大冰雹的产生。

4 其他灾害性天气

4.1 冷空气

3 月仅有 1 次全国冷空气过程,发生在 15—17 日,为中等强度冷空气过程,与 15 日沙尘暴过程为同一股冷空气,持续时间较长,影响范围较广,造成东北、华北、西北、黄淮、江淮、江南东部不同程度的降温,最大降温超过 14°C ,其中 15 日内蒙古呼伦贝尔受蒙古气旋影响,新巴尔虎左旗出现暴风雪天气,受灾人口超过 3 000 人,全旗 15 个气象监测站最大风力均达到 9 级以上,其中 2 个站最大风力达到 12 级($32.7\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 以上),全旗各苏木镇降雪量均达到中雪以上量级,其中罕达盖、乌布尔宝力格苏木、新宝力格苏木降雪量达到大雪标准,过程期间能见度仅为 30 m。

4.2 干旱

3 月,云南中北部、四川南部、贵州西部等地干旱持续发展,普遍达中到重度气象干旱,云南西北部和东北部有特旱;福建南部、广东东部、广西南部气象干旱露头并发展,出现中旱和重旱。31 日,云南、

贵州、四川、广东、广西和福建等 6 省(自治区)中旱以上面积达到 $749\,000\text{ km}^2$,重旱以上达 28.9 万 km^2 ,其中特旱 $85\,000\text{ km}^2$ 。云南部分地区因旱造成水库蓄水不足,人畜饮水困难。云南、四川南部等地森林火险等级高。受旱情影响,去冬今春以来,云南昭通、临沧、迪庆、楚雄、昆明等 13 市(自治州)51 个县(市、区)97.7 万人受灾,30.4 万人因旱需生活救助,其中 28.8 万人因旱饮水困难需救助;农作物受灾面积为 $41\,400\text{ ha}$,其中绝收面积为 $1\,900\text{ ha}$;饮水困难大牲畜为 13.5 万头(只);直接经济损失为 3 亿元。

致 谢:感谢国家气象中心气象服务室刘扬为本文提供月降水量、降水距平百分率和温度距平资料;感谢国家气象中心天气预报室中期科提供的全国冷空气过程记录。

参考文献

- 国家气候中心,2021. 2021 年 3 月中国气候影响评价[R]. https://cmdp.ncc-cma.net/upload/upload2/yxpj/qhpj_m210300.doc. National Climate Centre, 2021. Assessment of climate impact over China in March 2021[R].
- 周晓敏,张涛,2020. 2020 年 3 月大气环流和天气分析[J]. 气象,46(6):863-872. Zhou X M, Zhang T, 2020. Analysis of the March 2020 atmospheric circulation and weather[J]. Meteor Mon, 46(6):863-872.
- 韩旭卿,张涛,2019. 2019 年 3 月大气环流和天气分析[J]. 气象,45(6):886-892. Han X Q, Zhang T, 2019. Analysis of the March 2019 atmospheric circulation and weather[J]. Meteor Mon, 45(6):886-892.

新书架

《城市空气污染预报》

王式功 主编

为满足城市空气质量预报业务和污染防控需求,就开展空气污染预报的理论、知识和方法进行了系统的阐述。全书共分八章,首先介绍了我国城市空气污染物来源及其时空变化特征、各种经典和新研发污染气象参数计算方法及其对空气质量变化的影响;然后基于作者团队三十多年来将天气动力学理论和方法应用于研究城市空气污染预报问题的成果积累及国内外相关研究进展,重点推介复杂地形区域的污染

天气分型、静稳型和沙尘型污染的差异以及冬季干西南涡对四川盆地形成重污染的“锅盖效应”;接着论述了冷锋和沙尘天气过境对途经之地所产生的大气环境效应及其影响机理;最后对大气环境容量、空气污染统计预报和污染数值预报三方面做了系统介绍,指出了各自在空气污染预报和防控中的作用、优势和不足。本书可供大气科学与环境科学专业领域的科研、教学和业务人员参考,也可作为高等院校相关专业本科生、研究生的教学参考书。

16 开 定价:150.00 元

气象出版社网址:<http://www.qxcbs.com>, E-mail:qxcbs@cma.gov.cn

联系电话:010-68408042(发行部), 010-68407021(读者服务部)

传真:010-62176428