

柳龙生,高拴柱,2021. 2021 年 9 月大气环流和天气分析[J]. 气象,47(12):1555-1560. Liu L S, Gao S Z, 2021. Analysis of the September 2021 atmospheric circulation and weather[J]. Meteor Mon, 47(12):1555-1560(in Chinese).

2021 年 9 月大气环流和天气分析*

柳龙生 高拴柱

国家气象中心,北京 100081

提 要: 2021 年 9 月大气环流主要特征是:极涡呈单极型,中高纬度地区西风带呈 3 波型分布,西太平洋副热带高压较常年位置偏西。全国平均降水量为 83.8 mm,较常年同期(65.2 mm)偏多 28.5%;全国平均气温为 18.2℃,较常年同期(16.6℃)偏高 1.6℃。9 月我国大范围降水过程有 4 次,西南、华北和东北等地出现强降水,局地灾情严重。9 月在西北太平洋和南海共有 4 个台风生成,没有台风登陆我国。月内,西南地区东部、西北地区东部至华北、黄淮等地遭受暴雨洪涝灾害;华西地区秋雨开始时间偏早,雨量大;西北地区气象干旱缓解,华南气象干旱持续;南方出现阶段性高温,部分地区遭受旱灾。

关键词: 大气环流,副热带高压,台风,暴雨

中图分类号: P448, P458

文献标志码: A

DOI: 10.7519/j.issn.1000-0526.2021.12.011

Analysis of the September 2021 Atmospheric Circulation and Weather

LIU Longsheng GAO Shuanzhu

National Meteorological Centre, Beijing 100081

Abstract: The main characteristics of the general atmospheric circulation in September 2021 are as follows. The polar vortex showed a single-pole pattern. The circulation presented a three-wave pattern in middle-high latitudes. The northwestern Pacific subtropical high extended remarkably more westward than normal. The monthly mean precipitation amount was 83.8 mm, which is 28.5% more than normal (65.2 mm). The monthly mean temperature was 18.2℃, 1.6℃ higher than normal. Four large-range heavy precipitation processes occurred over China, of which Southwest China, North China and Northeast China were caught by severe precipitation, and some local areas suffered from serious disasters. Four typhoons were generated over northwestern Pacific Ocean and the South China Sea, but none landed on China. The east of Southwest China, the east of Northwest China to North China, the Huanghuai Region and other places suffered from torrential rain and flood disasters. Autumn rain in West China came earlier than normal and were stronger. The meteorological drought in Northwest China eased but continued in South China. Periodic high temperatures occurred in the south of China with some areas experiencing drought.

Key words: atmospheric circulation, subtropical high, typhoon, torrential rain

1 天气概况

1.1 降 水

2021 年 9 月全国平均降水量为 83.8 mm,较常

年同期(65.2 mm)偏多 28.5%,较 2020 年 9 月的 88.1 mm(王海平和许映龙,2020)偏少。从空间分布看(图 1),西南地区东部、西北地区东南部、江汉西部、江淮东部、黄淮、华北东部和南部、东北南部、华南西南部降水量普遍在 100 mm 以上,其中四川东北部、重庆西北部、陕西南部、河南中北部、山西南

* 2021 年 10 月 20 日收稿; 2021 年 11 月 10 日收修定稿

第一作者:柳龙生,主要从事台风与海洋方面的研究和预报工作. E-mail:lls08421003@163.com

部、山东西部等地降水量为 200~400 mm,局地超过 400 mm。与常年同期相比(图 2),东北地区西南部、华北南部、黄淮北部及陕西中部等地偏多 2 倍以上;南方大部降雨偏少,江淮南部、江南大部、华南中东部、西北地区西部及山西西北部、云南大部等地偏少 2 成以上。北京、天津、河北、河南、辽宁、陕西和山西 7 个省(直辖市)降水量均为 1961 年以来历史同期最多(国家气候中心,2021)。

1.2 气温

2021 年 9 月全国平均气温为 18.2℃,较常年同期(16.6℃)偏高 1.6℃,与 2020 年 9 月的 17.2℃(王海平和许映龙,2020)相比明显偏高。从空间分布看(图 3),全国大部气温以偏高为主,江淮大部、江南、华南北部、西北地区东北部及贵州大部、新疆东北部和南部等地气温偏高 2~4℃,湖南大部、江西中西部偏高 4~6℃。安徽、江苏、浙江、湖北、湖南、贵州、江西、福建、广东、甘肃和上海 11 个省(直辖市)气温均为 1961 年以来历史同期最高(国家气候中心,2021)。

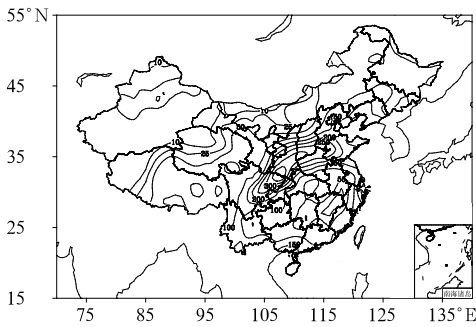


图 1 2021 年 9 月全国降水量分布(单位:mm)
Fig.1 Total precipitation amount over China in September 2021 (unit: mm)

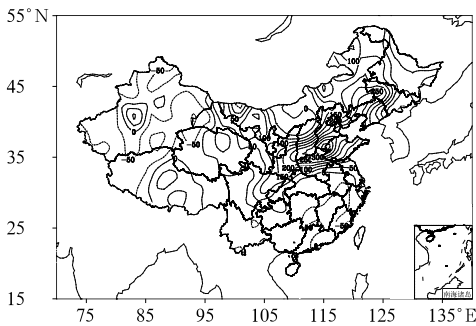


图 2 2021 年 9 月全国降水量距平百分率分布(单位:%)
Fig.2 Spatial distribution of precipitation amount anomaly over China in September 2021 (unit: %)

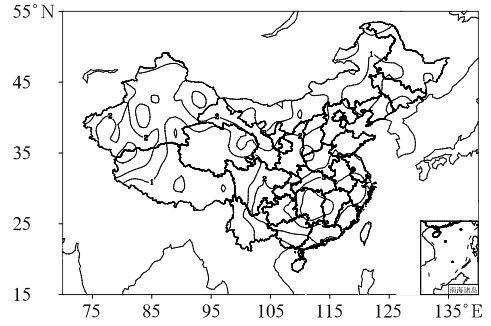


图 3 2021 年 9 月全国平均气温距平分布(单位:℃)
Fig.3 Distribution of mean temperature anomaly over China in September 2021 (unit: ℃)

2 环流特征与演变

2.1 环流特征

图 4 为 2021 年 9 月 500 hPa 月平均位势高度场

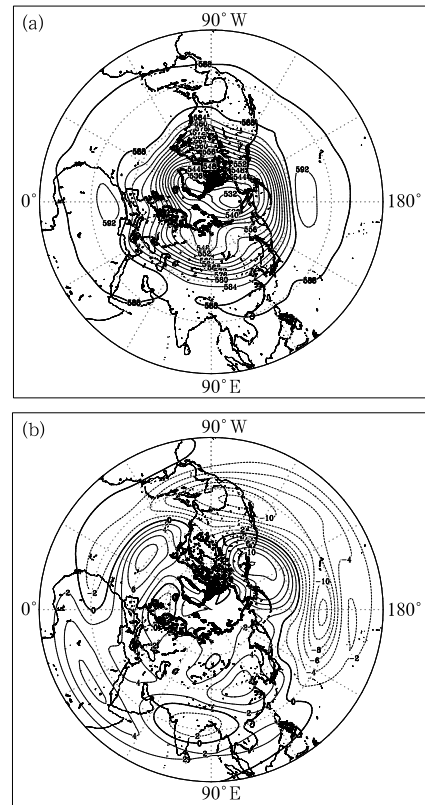


图 4 2021 年 9 月北半球 500 hPa 平均位势高度(a)和距平(b)(单位:dagpm)

Fig.4 The 500 hPa average geopotential height (a) and anomaly (b) in the Northern Hemisphere in September 2021 (unit: dagpm)

及距平分布图,与常年同期的环流形势对比,2021 年 9 月的北半球环流形势具有以下主要特点。

2.1.1 极涡呈单极型分布

由月平均高度场可见(图 4a),9 月北半球极涡只有一个闭合中心,极涡中心位于北极圈内,位势高度为 532 dagpm;中高纬度西风带呈 3 波型分布,欧亚大陆为“两槽一脊”的环流型,长波槽分别位于俄罗斯西西伯利亚平原和白令海峡,其中西西伯利亚地区长波槽对应 -2 dagpm 距平,较常年同期偏弱,说明槽后冷空气势力较弱。副热带高压(以下简称副高)西伸至印度半岛北部,较常年同期偏西,受异常偏强的副高影响我国华南地区出现了持续高温天气,并且造成了严重的旱情。

2.1.2 西太平洋副高较常年偏西

9 月西北太平洋副高西脊点位于(30°N , 80°E)附近(图 4a),较常年气候平均位置明显偏西(周冠博和高拴柱,2016;吕爱民和董林,2017;柳龙生和高拴柱,2018;孙舒悦和董林,2019),副高主体控制着我国西南和华南地区,强度较常年同期明显偏强(图 4b)。

2.2 环流演变与我国天气

图 5 给出了 9 月上、中、下旬欧亚地区 500 hPa 平均位势高度场的环流演变。上旬(图 5a),欧亚大陆中高纬地区呈现“两槽一脊”的形势,欧洲地区有一冷涡活动,贝加尔湖西侧为脊区,我国整个中高纬度地区位于脊前,这种环流形势有利于冷空气不断从极地南下影响我国华北和东北地区。上旬主要天气过程有:1—6 日,受副高影响,我国西南、华南和华东地区出现 35°C 以上持续高温天气,受阶段性高温天气影响,广西、湖南等部分地区出现旱情;3—5 日,在西南涡和低层切变线共同作用下,四川盆地、陕西中部和南部、山西南部、河南东部、江苏北部、山东南部出现大暴雨。

中旬(图 5b),欧亚大陆中高纬度发生长波调整,新地岛以西的槽东移,中高纬度转变为“两脊一槽”的形势,不断有小的波动东传。9—15 日,副高盘踞在我国西南和华南地区,由此造成持续高温天气;11—16 日,受台风灿都和西南涡的共同影响,四川盆地、贵州北部、浙江东部、上海大部出现大暴雨。

下旬(图 5c),我国西北地区位于冷涡底部,有冷空气东传影响我国北方地区,西太平洋副高断开,在这种“鞍型场”环流形势下,副高南侧的台风在我

国近海转向。17—20 日,在低涡和切变线影响下,四川东北部、重庆北部、陕西东部、山西南部、河北中南部、河南北部、山东大部、天津、内蒙古东北部、辽宁中部和西部出现暴雨。24—27 日,河北南部、陕西中南部、山西南部、河南大部、山东西部、四川东北部出现大暴雨。17—30 日,受副高影响,我国西南和华南地区出现持续高温天气。

3 主要降水过程

3.1 概况

9 月,全国 39 个站出现极端日降水量事件,主要分布在东北南部、华北东部、陕西、四川、云南以及浙江等地,其中陕西的志丹(113.8 mm)和城固(112.8 mm)日降水量超历史极值。全国有 74 个站出现极端连续降水量事件,主要分布于陕西中部和

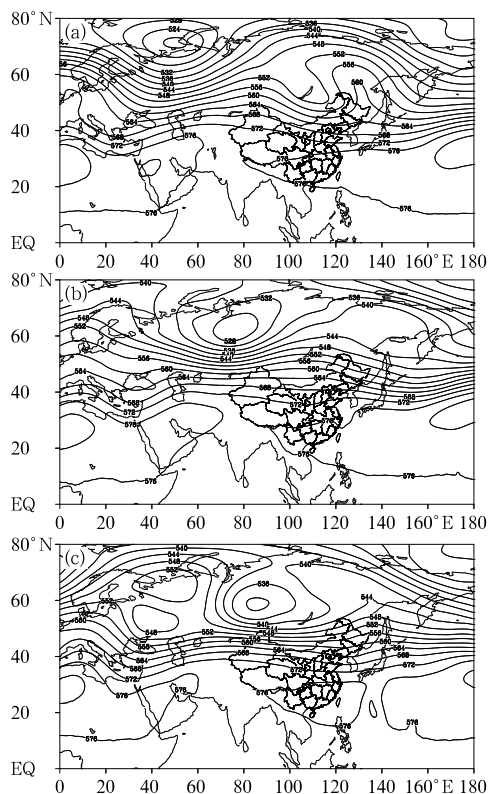


图 5 2021 年 9 月上(a)、中(b)、下(c)旬欧亚地区的 500 hPa 平均位势高度场(单位:dagpm)
Fig. 5 The 500 hPa average geopotential height over Eurasia for the first (a), second (b) and third (c) dekads in September 2021 (unit: dagpm)

南部、黄淮北部及华北南部等地，其中甘肃灵台(258.9 mm)和山西襄汾(200.4 mm)等 7 个站的连续降水量达到历史极值(国家气候中心, 2021)。9

月主要出现了 4 次强降水过程,其主要影响系统、影响区域和降水强度见表 1。

表 1 2021 年 9 月主要降水过程
Table 1 Main precipitation events in September 2021

降水时段	主要影响系统	影响区域及降水强度
3—5 日	高空槽、低层切变线、西南涡	四川盆地、陕西中部和南部、山西南部、河南东部、江苏北部、山东南部出现大暴雨
11—16 日	台风灿都、低层切变线、西南涡	四川盆地、贵州北部、浙江东部、上海大部出现大暴雨
17—20 日	低涡、切变线	四川东北部、重庆北部、陕西西部、山西南部、河北中南部、河南北部、山东大部、天津、内蒙古东北部、辽宁中西部出现暴雨
24—27 日	低涡、低层切变线	河北南部、陕西中南部、山西南部、河南大部、山东西部、四川东北部出现大暴雨

3.2 9 月 17—20 日强降水过程分析

受低涡和切变线影响,17—20 日我国北方地区经历了一次持续性大范围的强降水天气过程,从 17 日 20 时至 20 日 20 时国家站累计降水量分布来看(图 6),四川东北部、重庆北部、湖北西北部、陕西南部、山西南部、河南北部、河北东部和南部、天津、山东、辽宁中西部和辽东半岛等地累计雨量超过 50 mm,河北南部、河南北部、山东西北部、辽宁西部雨量超过 100 mm,部分地区雨量超过 200 mm。

从高低空环流场配置(图 7)来看,我国西南、华北和东北地区位于高空槽前,从 19 日开始,在正涡度平流作用下华北地区低层有低涡发展加强,形成气旋式辐合,促进大气对流发生,导致降水进一步增幅。副高西伸并稳定维持在我国华南地区,不断地将西北太平洋和南海的水汽向西南、华北和东北地区输送,整层水汽通量达到 $320 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$,为强降水的发生提供了充足的水汽供应。从暴雨落区大气散度的垂直剖面(图 8)来看,600 hPa 以上高

空维持反气旋式辐散,散度中心达到 $22 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$,低层维持强的气旋式辐合,最大辐合中心超过 $-20 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$,高层质量辐散流出,引起地面气压下降,从而增强低空气旋性环流辐合,促进暴雨增幅。

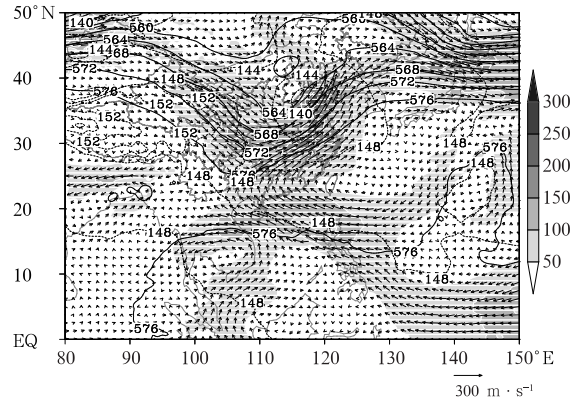


图 7 2021 年 9 月 20 日 02 时 500 hPa(黑线)和 850 hPa(虚线)位势高度场(单位: dagpm)、整层积分水汽通量(阴影,单位: $\text{kg} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$)和风矢量
Fig. 7 The 500 hPa (black contour) and 850 hPa (dotted contour) geopotential height (unit: dagpm), integrated water vapor flux (shaded, unit: $\text{kg} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$) and wind vector at 02:00 BT 20 September 2021

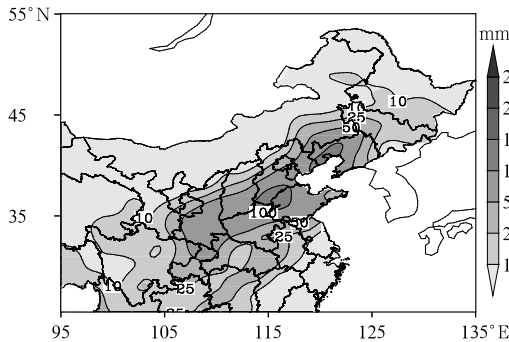


图 6 2021 年 9 月 17 日 20 时至 20 日 20 时过程累计降水量

Fig. 6 The accumulated precipitation from 20:00 BT 17 to 20:00 BT 20 September 2021

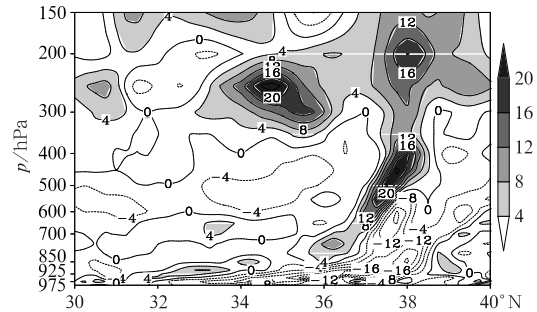


图 8 2021 年 9 月 20 日 02 时沿 118°E 散度(单位: 10^{-5} s^{-1})的垂直剖面

Fig. 8 Cross-section of divergence (unit: 10^{-5} s^{-1}) along 118°E at 02:00 BT 20 September 2021

4 热带气旋活动

2021 年 9 月,南海及西北太平洋共有 4 个台风(“康森”“灿都”“电母”“蒲公英”)生成(图 9),生成个数较常年同期(4.9 个)偏少 0.9 个,没有台风登陆我国,但给我国华东沿海地区带来了强烈的风雨天气。

今年第 14 号台风灿都于 9 月 7 日上午在关岛以西的西北太平洋洋面上生成,7 日夜间至 8 日早晨从强热带风暴级快速加强为超强台风级,随后北上,在东海回旋三天之后,于 17 日登陆日本福冈,9 月 18 日 08 时,变性为温带气旋,中央气象台对其停止编号。

台风的移动主要受引导气流影响,从 9 月 14—16 日平均 500 hPa 高度场来看(图 10),“灿都”嵌入于庞大的副高之中,引导气流方向并不明确,这也是“灿都”在东海回旋三天的重要原因。受“灿都”影响,浙江北部和东部、上海等地部分地区出现大到暴雨,浙江嘉兴、宁波、台州、温州等局地大暴雨。

5 其他灾害天气

5.1 华西地区秋雨开始时间偏早,雨量大

今年华西秋雨开始时间总体显著偏早,其中四川、重庆、贵州、湖南和湖北于 8 月 23 日进入秋雨季,较常年(9 月 9 日)偏早 17 d;甘肃、宁夏和陕西于 8 月 30 日进入秋雨季,较常年(9 月 8 日)偏早 9 d。

月内,华西秋雨区发生 5 次区域性暴雨过程(4 日、6 日、16—20 日、24—26 日及 28 日),陕西、四川、重庆、湖北、湖南、贵州、云南多地遭受暴雨洪涝灾害。9 月 2—5 日,受西南暖湿气流与地面冷空气的共同影响,四川省广元市出现持续的区域性暴雨至大暴雨,造成 6 万余人受灾,直接经济损失达 2 亿多元。9 月 3—6 日,四川省巴中市巴州区出现强降水天气,共造成 6.35 万人受灾,房屋倒损 329 间,直接经济损失达 1.18 亿元(国家气候中心,2021)。

进入秋雨季以来,四川、重庆、贵州、湖南和湖北的大部分地区日照时数较常年同期偏少 20 h 以上。降水日数普遍有 16~24 d,陕西南部、重庆、四川东北部等地较常年同期偏多 2~4 d,部分地区偏多 4 d

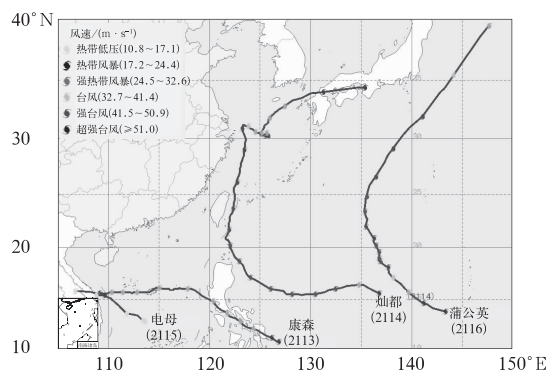


图 9 2021 年 9 月西北太平洋和南海热带气旋路径
Fig. 9 Tracks of tropical cyclones over the Northwestern Pacific and the South China Sea in September 2021

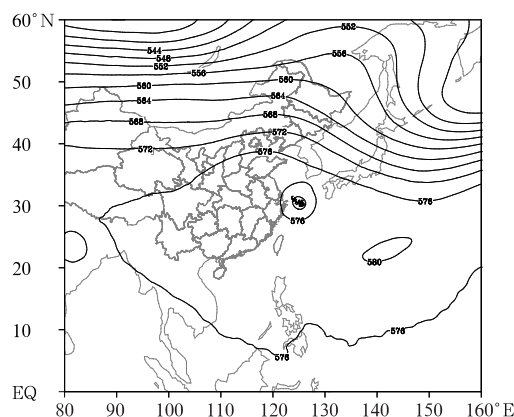


图 10 2021 年 9 月 14 日 08 时至 16 日 08 时 500 hPa 平均位势高度场(实线;dagpm)和台风灿都在此期间的路径变化(⚡:台风路径)
Fig. 10 The averaged 500 hPa geopotential height (contour, unit: dagpm) and track change of Typhoon Chanthu during this period (⚡: the track of typhoon) from 08:00 BT 14 to 08:00 BT 16 September 2021

以上。多雨寡照天气对西北地区东南部、江汉西部和四川盆地的农作物造成了一定不利影响。

5.2 南方出现阶段性高温,华南气象干旱持续

月内我国南方出现 3 次高温过程,分别出现在 1—6 日、9—15 日及 17—30 日。其中,1—6 日的高温过程主要影响广西东北部、广东东北部、湖南中部、江西中部和东部、福建西部、浙江中部和江苏西南部等地。受此次高温过程影响,南方 131.6 万 km² 和其中的 43.8 万 km² 国土面积分别遭受 35℃ 以上和 37℃ 以上高温影响。广西、湖南等地部分地区出现

旱情,农作物绝收。截至 9 月 30 日,华南地区中等及以上气象干旱面积为 13.8 万 km²,气象干旱向北扩展到江南南部的部分地区。

致谢:国家气象中心气象服务室连治华为本文提供月降水量、降水距平和温度距平资料。

参考文献

- 国家气候中心,2021. 2021 年 9 月中国气候影响评价[R]. National Climate Centre,2021. China climate impact assessment of September 2021[R](in Chinese).
- 柳永生,高拴柱,2018. 2018 年 9 月大气环流和天气分析[J]. 气象, 44(12):1635-1640. Liu L S, Gao S Z, 2018. Analysis of the September 2018 atmospheric circulation and weather[J]. Meteor Mon, 44(12):1635-1640(in Chinese).
- 吕爱民,董林,2017. 2017 年 9 月大气环流和天气分析[J]. 气象, 43

- (12):1594-1600. Lyu A M, Dong L, 2017. Analysis of the September 2017 atmospheric circulation and weather[J]. Meteor Mon, 43(12):1594-1600(in Chinese).
- 孙舒悦,董林,2019. 2019 年 9 月大气环流和天气分析[J]. 气象, 45(12):1762-1768. Sun S Y, Dong L, 2019. Analysis of the September 2019 atmospheric circulation and weather[J]. Meteor Mon, 45(12):1762-1768(in Chinese).
- 王海平,许映龙,2020. 2020 年 9 月大气环流和天气分析[J]. 气象, 46(12):1651-1656. Wang H P, Xu Y L, 2020. Analysis of the September 2020 atmospheric circulation and weather[J]. Meteor Mon, 46(12):1651-1656(in Chinese).
- 周冠博,高拴柱,2016. 2016 年 9 月大气环流和天气分析[J]. 气象, 42(12):1560-1566. Zhou G B, Gao S Z, 2016. Analysis of the September 2016 atmospheric circulation and weather[J]. Meteor Mon, 42(12):1560-1566(in Chinese).



《气候变化对中国华北冬小麦影响研究》

杨晓光 等著

该书以气候变化对华北冬小麦影响为主线,明确了气候变化对冬小麦种植北界的影响,定量了气候变化对冬小麦生育进程和产量的影响程度,揭示了冬小麦各级产量潜力及其适宜性,解析了冬小麦各级产量差的限制因素,评估了干旱和冻害演变特征及其对冬小麦产量的影响并提出了华北冬小麦应对气候变化策略。该书具有很强的研究系统性和创新性,可供高等院校、科研机构、气象与农业管理部门的科技工作者及关注气候变化与冬小麦生产的相关人员参考。

16 开 定价:80.00 元

《网格订正预报系统搭建与应用技术》

曾晓青 赵克明 郭云谦 主编

该书基于作者累积多年的业务经验编写而成,从五个章节介绍格点预报的发展与关键技术:第一章介绍格点预报发展的历史脉络;第二章将教会读者如何在 Linux 系统上搭建所需的计算机环境;第三章是在上一章基础上介绍研发的网格预报系统建设的工程技术和网格化预报算法以及一些实验研究;第四章教读者如何将已有的站点预报产品通过最优插值(OI)等算法进行数据融合;第五章介绍预报产品的一些

检验方法和技巧。该书是科研和业务相结合的结晶,可作为天气预报业务工作者和高校学生学习的参考教材,对于从事气象领域相关的计算机软件开发和应用的工程技术人员也具有较高的参考价值。

16 开 定价:98.00 元

《气候变化背景下高光谱遥感的应用》

丑述仁 著

气候变化是一个全球性的话题,已经引起了国际社会的高度关注,而高光谱数据对研究全球碳循环和气候变化有重要意义。该书尝试基于不同物种将碳同化过程与高光谱遥感获得的光化学反射指数(PRI)和日光诱导叶绿素荧光(SIF)联系起来,从干旱程度、模型参数、观测角度三个方面来研究气候变化背景下高光谱遥感的应用,主要包括气候变化背景下干旱胁迫的指示、反演最大碳羧化速率(碳同化模型中一个非常重要的参数),以及多角度光谱观测及角度订正。该书对全球变化、气候学、生态学、地理学等研究者以及高等院校相关专业师生有着重要的参考价值。

16 开 定价:55.00 元