

胡莹莹,牛若芸,黄威,2025. 2025 年 4 月大气环流和天气分析——冷空气引发极端大风和强沙尘暴[J]. 气象,51(7):891-900.
Hu Y Y, Niu R Y, Huang W, 2025. Analysis of the April 2025 atmospheric circulation and weather[J]. Meteor Mon, 51(7):891-900(in Chinese).

2025 年 4 月大气环流和天气分析 ——冷空气引发极端大风和强沙尘暴^{*}

胡莹莹 牛若芸 黄 威

国家气象中心, 北京 100081

提 要: 2025 年 4 月, 北半球极涡呈现单极偏心分布, 强度偏强, 欧亚中高纬地区呈现“两槽一脊”的环流形势, 东欧槽与东亚槽之间的浅脊宽阔平直。全国平均气温为 13℃, 较常年同期(11.5℃)偏高 1.5℃, 全国平均降水量为 38.9 mm, 较常年同期(43.6 mm)偏少 11%, 主要降水区位于江南、华南北部等地, 内蒙古东部、东北地区降水较常年同期偏多。月内主要出现 5 次沙尘、2 次冷空气、3 次强降水和 4 次强对流过程, 其中 10—14 日的强沙尘暴过程持续时间长、强度强、沙尘覆盖范围广, 过程期间还出现了大范围的极端大风和强降温。

关键词: 大气环流, 强冷空气, 大风, 沙尘, 强对流

中图分类号: P448, P458

文献标志码: A

DOI: 10.7519/j.issn.1000-0526.2025.063001

Analysis of the April 2025 Atmospheric Circulation and Weather

HU Yingying NIU Ruoyun HUANG Wei

National Meteorological Centre, Beijing 100081

Abstract: In April 2025, the Northern Hemisphere polar vortex exhibited a monopole with an eccentric distribution and was stronger than normal. Over the Eurasian mid-to-high latitudes, the circulation pattern featured a pattern of “two troughs and one ridge”. The ridge between the East European trough and the East Asian trough was broad and flat. The national average temperature across the whole China was 13℃, which is 1.5℃ higher than the climatological average (11.5℃) in the same period. The national average precipitation was 38.9 mm, 11% less than the climatological average (43.6 mm). The main precipitation areas were located in Jiangnan and the northern parts of South China. The precipitation of Eastern Inner Mongolia and Northeast China was above the normal level. During this month, there were five major sand-dust processes, two cold air, three heavy rainfall processes, and four severe convective weather processes. Notably, the strong sandstorm process from 10 to 14 April was characterized by its long duration, high intensity and extensive dust coverage. This event was also accompanied by widespread strong winds and a significant drop in temperature.

Key words: atmospheric circulation, strong cold air, gale, sand-dust, severe convection

^{*} 国家自然科学基金联合基金项目(U2142207)和国家气象中心青年基金项目(Q202403)共同资助

2025 年 6 月 19 日收稿; 2025 年 6 月 30 日收修定稿

第一作者: 胡莹莹, 主要从事中长期天气预报及统计后处理技术研究. E-mail: huyy@cma.gov.cn

通讯作者: 牛若芸, 主要从事中期延伸期预报技术及灾害性天气形成机制研究. E-mail: niury@cma.gov.cn

1 数据资料

本文所用降水、气温、大风以及沙尘资料均来自国家气象信息中心的中国地面日值数据,该数据集包括中国范围 1951 年以来的国家级气象观测站以及 2016 年以来的区域级气象观测站每日气压、气温、相对湿度、降水量、风向、风速、地温、水汽压等多种要素数据。文中采用的北半球 500 hPa 平均位势高度场和距平场,以及各旬平均环流分析数据来自 NCEP/NCAR 再分析资料,该资料水平分辨率为 $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$ 。冷空气、沙尘、强降水和强对流过程分析依据国家气象中心的灾害性天气统计表。2025 年 4 月 10—14 日极端大风和强沙尘暴以及 11—12 日强对流天气过程分析中采用的 2 m 气温变温、海平面气压场、500 hPa 高度场和 850 hPa 风场时间-纬度剖面等数据来自 ERA5 逐小时再分析资料,水平分辨率为 $0.25^{\circ} \times 0.25^{\circ}$ 。福建邵武站探空分析采用国家气象信息中心的中国高空气象观测站定时值资料,该资料每日逐 6 h 观测,要素包括云量、云状、云底高度、位势高度、高度、气压、温度、露点温度和风向、风速等。

2 天气概况

2.1 降水

2025 年 4 月,全国平均降水量为 38.9 mm,较常年同期(43.6 mm)偏少 11%(国家气候中心, 2025)。主要降水区位于安徽南部、浙江、江西、湖南、福建、广西北部、广东、重庆南部、贵州东部、云南东南部、西藏东南部、海南岛以及台湾岛北部等地,累计降水量有 100~200 mm,其中江西东北部、湖南西南部等地局部地区降水量超过 250 mm(图 1);上述地区降水量基本接近常年(图 2)。此外,内蒙古东部、东北地区累计降水量为 20~60 mm,其中吉林中东部、辽宁中北部 70~90 mm,局地超过 100 mm;累计降水量较常年同期偏多 80% 至 1 倍以上。内蒙古西部、西北地区东部、华北南部、黄淮大部、江汉、江淮东部等地累计降水量较常年同期偏少 50% 以上。

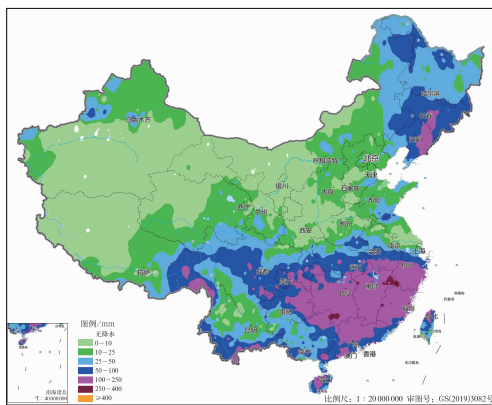


图 1 2025 年 4 月全国降水量分布
Fig. 1 Distribution of precipitation over China in April 2025

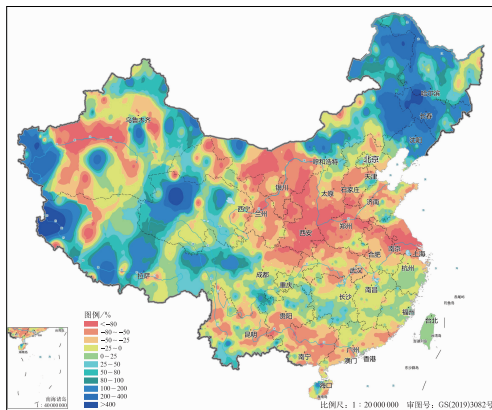


图 2 2025 年 4 月全国降水量距平百分率分布
Fig. 2 Distribution of precipitation anomaly percentage over China in April 2025

2.2 气温

4 月,全国平均气温为 13°C ,较常年同期(11.5°C)偏高 1.5°C ,为 1961 年以来第二高(国家气候中心, 2025)。从月平均气温距平空间分布看(图 3),全国大部地区平均气温较常年同期偏高,其中,新疆北部、内蒙古西北部、华北南部、西北地区东南部、黄淮、江汉、江淮、江南西部和北部以及广西中北部等地偏高 $2\sim 3^{\circ}\text{C}$,河南、湖北等地的部分地区偏高 4°C 以上。

3 环流特征和演变

3.1 环流特征

4 月北半球 500 hPa 平均位势高度场及距平场

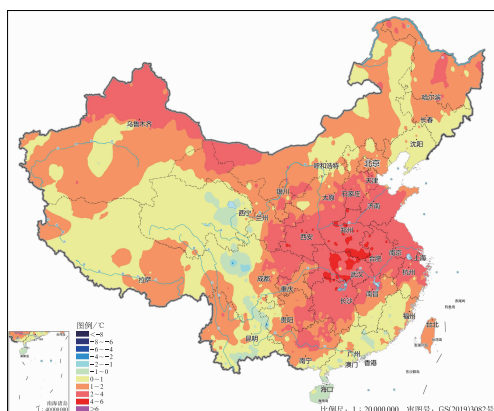


图3 2025年4月全国平均气温距平分布

Fig. 3 Distribution of mean temperature anomaly over China in April 2025

的分布(图4)显示,北半球极涡呈现单极偏心分布(图4a),极涡中心位于新地岛北部海域,中心强度低于512 dagpm(距平值低于 -10 dagpm,图4b),强度偏弱。北半球中高纬环流呈现四波形分布,长波槽分别位于北美东部、欧洲东部、亚洲东部以及阿留申群岛附近。欧亚地区中高纬呈现“两槽一脊”的环流形势,我国北方大部地区受高空脊或脊前西北气流控制,影响我国的冷空气频繁,多大风、沙尘天气,但冷空气势力总体不强,全国大部地区气温较常年同期偏高。副热带高压西脊点位置偏西(华珊等,2022;赵英珊等,2023;严大春和方翀,2024),其北界位于 20°N ,偏南暖湿气流沿副热带高压西侧输送至我国南方地区,并与北方南下的冷空气交汇产生降水,江南、华南北部等地为4月主要降水区域。

3.2 环流演变与我国天气

4月上旬,欧亚大陆上空中高纬平均环流为“两槽一脊”型(图5a),东、西两侧低槽分别位于日本海与地中海附近,我国大部地区受高压脊控制,冷空气势力偏弱,平均气温较常年同期偏高;低层受偏北气流和反气旋环流控制,水汽条件较差,全国大部地区累计降水量不足5 mm,较常年同期显著偏少。3—4日,弱冷空气南下,西藏东部、川西高原北部、青海东南部出现明显雨雪天气,高海拔地区局地出现大到暴雪;新疆南部、甘肃中西部、内蒙古西部等地部分地区出现扬沙或浮尘天气;旬后期,受南下弱冷空气以及南支槽波动影响,西南地区东部、江南、华南以阴雨天气为主。

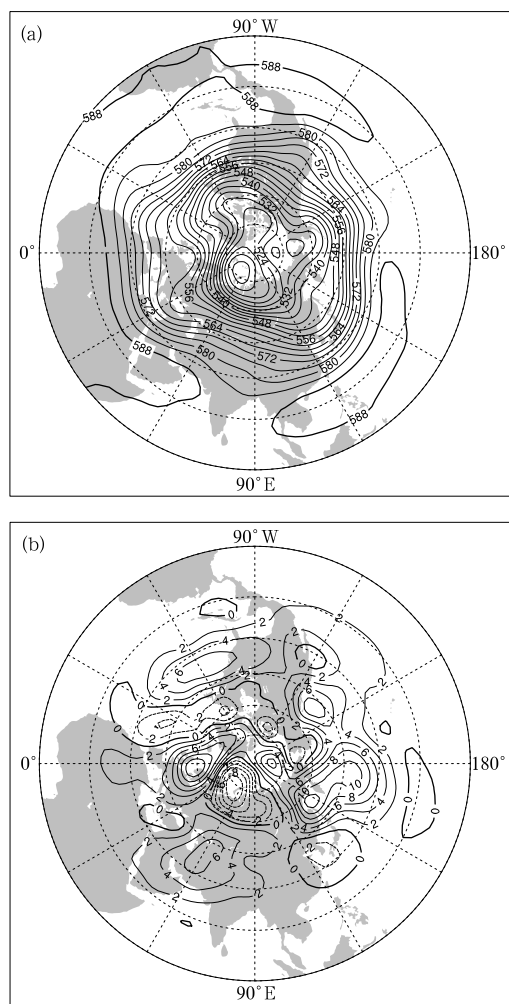


图4 2025年4月北半球500 hPa(a)平均位势高度场和(b)距平场(单位:dagpm)

Fig. 4 (a) Mean geopotential height and (b) its anomaly at 500 hPa in the Northern Hemisphere in April 2025 (unit: dagpm)

中旬,欧亚大陆中高纬平均环流维持“两槽一脊”的环流形势(图5b),东侧槽较上旬有所加深(槽区位势高度距平为 $-10 \sim -4$ dagpm),相应影响我国的冷空气势力较上旬加强,但由于冷空气过后升温迅速,且前期气温显著偏高,因而中旬全国大部地区平均气温仍较常年同期偏高。中旬影响我国的冷空气活动较为频繁,新疆、内蒙古中西部、西北地区等地先后出现了两次沙尘天气过程,旬前期的沙尘天气达到了强沙尘暴过程,影响范围广泛;过程期间,我国中东部还出现了大范围降温和大风天气。此外,受短波槽和切变线影响,11—13日和18—19日江南、华南等地出现了强降水过程,部分地区伴有雷暴大风、冰雹等强对流天气。江南、华南北部等地

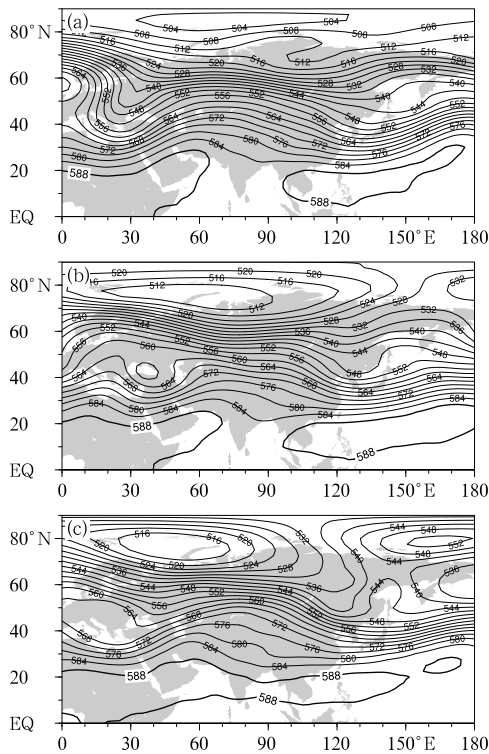


图 5 2025 年 4 月欧亚(a)上旬、(b)中旬、(c)下旬
500 hPa 平均位势高度场(单位:dagpm)
Fig. 5 Mean geopotential height at 500 hPa
over Eurasia in the (a) first, (b) second and
(c) third dekads of April 2025 (unit: dagpm)

旬累计降水量达到 50~80 mm,大部地区接近常年同期或偏多 20%~60%,局地偏多 1 倍以上。

下旬,欧亚大陆中高纬虽仍维持“两槽一脊”环流形势(图 5c),但内蒙古东部和东北地区位于东侧平均槽区,位势高度较常年同期偏低 4~8 dagpm,影响东北地区的冷空气势力偏强,旬平均气温较常年同期偏低 1℃左右;新疆北部、西北地区东部、黄淮等地仍受高空脊和脊前西北气流控制,旬平均气温较常年同期偏高 2~4℃。下旬影响我国的冷空气活动仍较频繁,先后出现 2 次扬沙天气过程。此外,21—25 日,受冷涡和低层切变线影响,江南、华南北部和东部出现强降水过程,部分地区伴有雷暴大风、冰雹等强对流天气。

4 冷空气活动和沙尘天气

4.1 冷空气过程

4 月,影响我国的冷空气活动较为频繁,有 2 次较大范围的冷空气过程(表 1),分别出现在 11—12 日、20—22 日,其中,11—12 日强冷空气过程影响范围广,并伴随罕见大风、沙尘,从北至南影响我国中东部大部地区。

表 1 2025 年 4 月主要冷空气过程
Table 1 Major cold air events in April 2025

影响时段	强度	影响区域	降温	大风
11—12 日	强冷空气	中东部大部地区	中东部大部地区气温下降 6~10℃,其中,西北地区东部、内蒙古中东部、华北西部和东南部、东北地区南部、黄淮西部、江淮西部和江汉东部等地局地降温幅度可达 12~16℃	西北地区东部、内蒙古、东北地区中部、华北、黄淮、江淮、江汉、江南北部及四川东北部等地出现 8~10 级阵风,甘肃中部、内蒙古中西部、宁夏北部、山西中部和东南部、北京西部、天津蓟州、河北南部、河南中西部局地 11~13 级,甘肃武威、宁夏银川、山西长治、北京门头沟、河南安阳局地 14~15 级
20—22 日	较强冷空气	长江中下游以北地区	西南地区东部、长江中下游以北地区气温下降 4~8℃,内蒙古中西部、西北地区东部等地局地降温超过 10℃	过程大风 4~6 级,阵风达 8~9 级,西北地区东部、内蒙古中西部、华北西部和北部等地的部分地区阵风可达 10 级

4.2 沙尘天气过程

4 月,共有 5 次沙尘天气过程影响我国(表 2),分别为 3 次扬沙过程(3—4 日、20—22 日、29—30 日),1 次沙尘暴过程(15—18 日)以及 1 次强沙尘暴过程(10—14 日)。沙尘天气过程次数较 2000—2024 年同期(4.2 次)略偏多,其中,10—14 日的强沙尘暴过程影响我国中东部大部地区,最远传输至海南岛北部,影响面积超 430 万 km²(国家气候中

心,2025)。下文将针对此次强沙尘暴过程进行具体分析。

4.3 4 月 10—14 日极端大风和强沙尘暴天气过程分析

4 月 10—14 日的极端大风和强沙尘暴天气过程具有持续时间长、覆盖面积大、强度强的特点,还伴随有大范围强降温。新疆东北部、内蒙古中西部、西北地区东部、东北地区中部、华北、黄淮、江汉、江

表 2 2025 年 4 月主要沙尘过程

Table 2 Major sand-dust weather events in April 2025

影响时段	过程类型	主要影响系统	影响范围
3—4 日	扬沙	蒙古气旋	新疆南部、甘肃中西部、内蒙古西部、宁夏北部、陕西中北部、山西中北部、河北西部等地出现扬沙或浮尘
10—14 日	强沙尘暴	蒙古气旋、地面冷锋	新疆东部和南部、内蒙古中西部、甘肃大部、宁夏、陕西、山西、河北、北京、天津、吉林西部、黑龙江南部、河南、山东大部、四川东部、重庆、湖北、安徽、江苏、上海、浙江中北部、贵州大部、湖南大部、江西、福建西部、广西、广东西部和北部、海南岛北部等地出现扬沙或浮尘天气,其中新疆和田、内蒙古中西部、甘肃中东部、宁夏大部、陕西北部、山西南部、河北南部等地局部出现沙尘暴,宁夏中北部的部分地区和内蒙古雅布赖、吉兰泰、鄂托克前旗以及新疆和田、甘肃民勤、陕西定边等地出现强沙尘暴
15—18 日	沙尘暴	蒙古气旋、地面冷锋	新疆东部和南疆盆地、内蒙古中西部、甘肃大部、宁夏、青海北部、陕西中北部、山西、河北西部和南部、河南中北部、山东中西部等地的部分地区出现扬沙或浮尘天气,其中内蒙古吉兰泰、甘肃民勤出现沙尘暴,新疆南疆盆地中北部等地出现沙尘暴或强沙尘暴
20—22 日	扬沙	冷高压、地面冷锋	新疆南疆盆地、青海北部、内蒙古中西部、甘肃西部和东北部、宁夏、陕西中北部、山西西南部、河南西部、湖北西北部等地的部分地区出现扬沙或浮尘,新疆南疆盆地的部分地区出现沙尘暴,新疆塔中出现强沙尘暴
29—30 日	扬沙	蒙古气旋、地面冷锋	新疆南疆盆地、内蒙古西部、甘肃中部、宁夏、陕西中北部、山西中南部、河南中西部、河北南部、山东西部等地的部分地区出现扬沙或浮尘天气,其中甘肃民勤、内蒙古拐子湖、雅布赖及山西霍州等地出现强沙尘暴

淮、江南北部和西部以及四川东北部、贵州中部、广西大部等地出现 5~7 级风,最大阵风风力可达 8~10 级,局地达 11~13 级(图 6a)。河北、河南、山西、陕西、湖北、内蒙古等地共有 327 个国家级气象观测站最大阵风突破 4 月历史极值,其中 64 个站突破历史极值。多地出现扬沙或浮尘天气,部分地区出现强沙尘暴(图 6b,表 2)。此外,受强冷空气影响,我国中东部大部地区气温下降 6~10℃(图 6c),其中西北地区东部、内蒙古中西部、华北西部和东南部、东北地区南部等地部分地区降温幅度可达 12~16℃,内蒙古西部、宁夏东部局地降温 18℃以上。

沙尘暴作为多种因素共同作用的产物,需要一定的宏观气候和下垫面条件(周自江等,2002)。自 3 月中下旬至 4 月上旬,新疆东部、内蒙古大部、西北地区东部等地无明显降水过程,大部地区累计降水量不足 10 mm(图 7a),此外,4 月上旬,新疆、内蒙古、西北地区东部、华北等地平均气温较常年同期持续偏高,大部地区偏高 2~4℃(图 7b)。受气温偏高和降水偏少影响,上述大部地区地表湿度偏低且土质疏松,为此次强沙尘暴过程提供了有利的下垫面起沙条件。

此次强沙尘暴过程的发生发展主要是强冷空气和蒙古气旋共同作用的结果,具有我国北方强沙尘暴过程的典型性(刘景涛等,2004)。云静波等(2013)研究表明,冷锋和蒙古气旋导致的沙尘暴约占总次数的 90%,通过远距离传输使沙尘暴影响范围显著扩大。2025 年 3 月至 4 月上旬,西伯利亚地

区持续受大陆冷气团的控制,形成深厚冷空气堆(图略)。4 月 7 日起,新疆北部、内蒙古中西部大部地区升温 4~8℃,蒙古国西部局地升温 12℃以上(图 8),为沙源地起沙提供了有利条件。

从环流形势上看,4 月 9 日 08 时(北京时,下同),西西伯利亚上空 500 hPa 高空出现切断低压并逐步发展,引导极地冷空气沿西北路径南下;10 日 20 时,500 hPa 亚洲北部环流型已转为“两脊一槽”的倒 Ω 流型,贝加尔湖西侧至新疆北部受横槽控制,地面冷空气前锋到达内蒙古西部至新疆北部,蒙古气旋生成,冷锋未至的华北地区出现异常增温,局地升温 10℃以上,锋面两侧温度差较大,强温度梯度也促进了风力加大(薛建军等,2004);11 日 08 时,位于蒙古国西部的地面冷高压与其东侧的暖低压区之间,形成较强气压梯度(图 9),内蒙古西部部分地区出现 8~9 级西北风;11 日 20 时,500 hPa 横槽转竖并东移至蒙古国中部,地面冷锋到达华北东部—黄淮西部—西北地区东南部,地面气旋强烈发展,冷锋后部出现较大范围的强气压梯度区;受高压前部强风作用以及冷锋前部强上升运动影响,沙尘被抬升至约 800 hPa 高度,形成高耸沙尘墙,沙尘随西北气流向东扩散,出现强沙尘暴并被输送至华北地区。12 日,500 hPa 低槽继续东移加深,蒙古气旋移至内蒙古东部并持续加强,500 hPa 冷涡后部急流轴延伸至华北上空,提供了有利的高空强动量条件。受上述系统的共同影响,华北出现 8~10 级风,北京市高山玫瑰园观测到 14 级(45.2 m·s⁻¹)阵

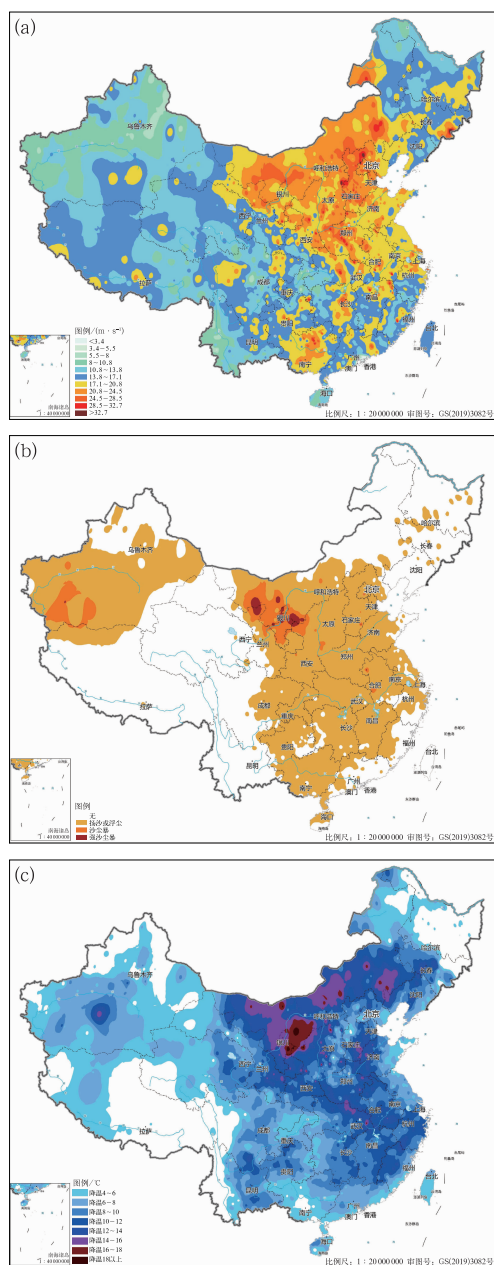


图 6 2025 年 4 月 10—14 日全国 (a) 最大阵风风速, (b) 沙尘区域, (c) 最低气温最大降温幅度
Fig. 6 (a) Maximum gust wind speed, (b) areas affected by sand-dust, and (c) maximum drop range of minimum temperature over China from 10 to 14 April 2025

风,河北北部出现 12~13 级阵风。此外,局地地形(如山口、峡谷及城市高楼群)产生的狭管效应进一步增强了风力,使得沙尘天气影响范围进一步扩大,黄淮、江淮、江汉、江南、四川盆地等地出现沙尘天气;13 日,随着前股冷空气东移南下,加上冷涡后部的补充冷空气,蒙古气旋东移至黄海海域,北方大风

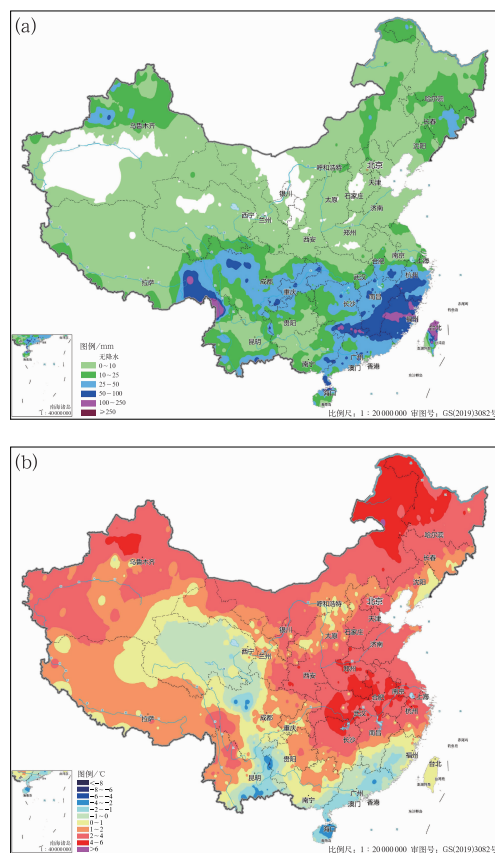


图 7 2025 年 (a) 3 月 15 日至 4 月 10 日全国累计降水量, (b) 4 月 1—10 日全国平均气温距平
Fig. 7 (a) Accumulated precipitation over China from 15 March to 10 April and (b) mean temperature anomaly over China from 1 to 10 April 2025

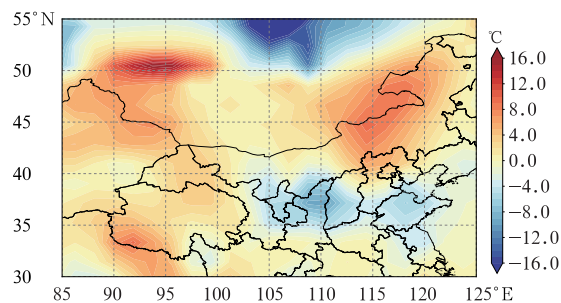


图 8 2025 年 4 月 7—9 日 2 m 气温 48 h 变温
Fig. 8 The 48 h temperature change at 2 m from 7 to 9 April 2025

强度有所减小,南方大风持续(图 10),受持续大风和沙尘传输影响,华南部分地区甚至海南岛北部出现扬沙或浮尘天气。在此期间,地面冷高压中心最强达 1046 hPa,蒙古气旋中心气压最低为 981 hPa,同时次的气压差高达 45~60 hPa 以上,气压梯度最大时达到每纬距 2.2 hPa,而此次强沙尘暴过程主

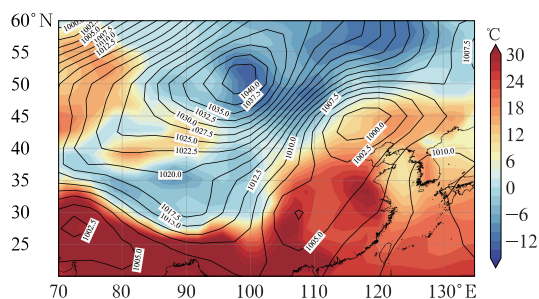


图9 2025年4月11日08时海平面气压场
(等值线,单位:hPa)和地面气温(填色)

Fig. 9 The sea level pressure field (contour, unit: hPa) and temperature field (colored) at 08:00 BT 11 April 2025

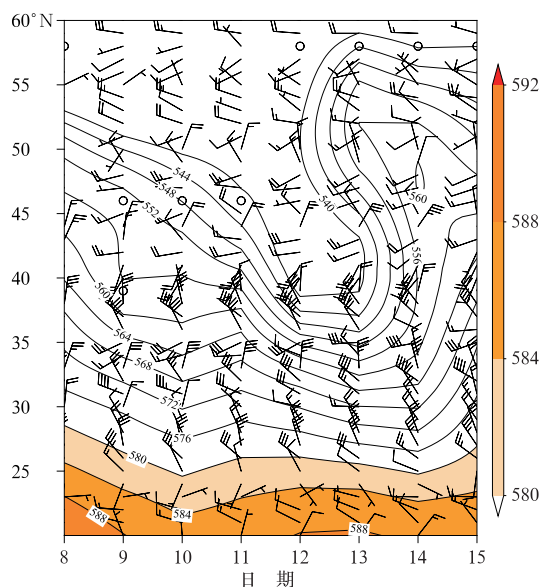


图10 2025年4月8—15日110°~122°E的
500 hPa 高度场(填色和等值线,单位:dagpm)
和 850 hPa 风场(风羽)时间-纬度演变

Fig. 10 Time-latitude evolution of 500 hPa geopotential height field (colored and contour, unit: dagpm) and 850 hPa wind field (barb) over 110°–122°E from 8 to 15 April 2025

要发生于地面冷高压前部、蒙古气旋和锋面后部的强气压梯度区域。

针对此次强沙尘暴过程,中央气象台先后发布了9期沙尘暴蓝色预警。中国气象局、欧洲中期天气预报中心的数值天气预报模式提前72 h预报出冷涡强度与路径,但对阵风极值存在低估;此外,模式对于局地地形增幅效应(如狭管区)存在漏报,未能充分解析城市高楼群、山口地形的动力扰动,导致实际风力较预报提升2~3级。预报员在短期时效

内,结合中尺度模式以及集合预报产品,及时调整系统以及各类灾害性天气的强度预报,较好地预报了大风的强度和范围。此次过程同时出现沙尘暴、暴雪、雷暴大风,体现出春季过渡期天气的复杂性。针对此类极端大风天气,后续需要加强关注500 hPa涡度平流与地面变压梯度的耦合,作为大风增强信号;并追踪高空急流轴右侧辐散区,指示动量下传高风险区。此外,模式对于大风落区预报的不确定性,边界层动量下传参数化方案在复杂地形区存在的系统性偏差,狭管效应区大风的提前预警等问题也是未来预报服务需进一步关注的问题。

5 主要降水过程、强对流过程和干旱天气

4月,据中央气象台统计,我国分别出现了3次较强降水过程(表3)和4次强对流过程(表4),主要影响区域集中在我国的江南、华南等地。其中,11—12日,受低涡及切变线影响,黄淮南部、江淮、江汉、西南地区东部和南部、江南、华南自北向南发生了大范围、极端性强的强对流天气过程,短时强降水、极端大风和冰雹同时出现。下文将对此次强对流过程进行分析。

5.1 4月11—12日强对流天气过程分析

4月11—12日,我国江淮、江汉、江南以及华南等地出现大范围强对流天气,江淮南部、江南大部、华南等地出现 $30\sim 60\text{ mm}\cdot\text{h}^{-1}$ 的短时强降水,局地最大小时降水量超过80 mm,上述部分地区伴有雷暴大风和冰雹天气。过程主要发生在11日下午至12日白天,南方大部地区出现大风、冰雹和强降水的混合型强对流天气。此次强对流天气过程主要受冷涡东移南下、配合低层切变线系统的影响,在锋面附近能量、水汽以及风切条件均较好,有利于对流系统的发生及强度的维持。从环流形势上看,11日20时(图11),低涡中心位于内蒙古中部,850 hPa上,风在江淮一带辐合产生强垂直风切变;低层偏南急流强度较强并维持,暖湿平流输送强,为对流组织化发展提供有利条件。由于此次过程锋面南压迅速,中层存在急流区,有利于混合型雷暴大风的出现。强对流环境场条件分析可见,整层水汽充沛,大气可降水量达到50 mm。以福建邵武站11日20时探空为例(图12),K指数为41.3°C,低层水汽充沛,

表 3 2025 年 4 月主要降水过程
Table 3 Major heavy precipitation events in April 2025

影响时段	主要影响系统	影响区域及降水强度
11—13 日	高空槽、低涡、切变线、低空急流	湖北中东部、湖南南部和西北部、江西中北部、安徽南部、浙江、福建北部、贵州东部、重庆东南部、四川盆地西南部等地部分地区累计降水量为 50~140 mm,湖北荆门、武汉和黄冈、江西九江、湖南怀化和邵阳、贵州黔东南等地局地累计降水量为 150~193 mm,贵州、湖北、湖南、江西、安徽、浙江、福建、广西、广东等地出现短时强降水,最大小时降水量为 20~50 mm,局地超过 80 mm;上述部分地区伴有 8~10 级、局地 10~12 级雷暴大风,局地阵风达 14 级;贵州中部、江西、福建、江苏北部等地局地出现冰雹
18—19 日	低空切变线	湖南北部和东部、江西中南部、浙江南部、福建中北部、贵州北部及广西东北部、广东北部等地部分地区累计降水量为 50~100 mm,江西萍乡、广西桂林等局地 150~180 mm,湖南怀化局地 259 mm;上述部分地区伴有 8~10 级、局地 10~12 级雷暴大风,广西局地 13 级;广西河池、柳州及百色等地出现冰雹,直径 8~10 mm
21—25 日	低空切变线	湖南中北部、江西北部、浙江、福建西北部、广西北部、广东北部及安徽南部等地累计降水量为 50~150 mm,浙江杭州和衢州等局地 210~235 mm;上述部分地区伴有 8~10 级雷暴大风和冰雹,局地风力 11~12 级;湖南益阳局地最大冰雹直径为 60~70 mm,常德局地最大冰雹直径约达 30 mm

表 4 2025 年 4 月主要强对流过程
Table 4 Major severe convective weather events in April 2025

影响时段	主要影响系统	过程类型	影响区域及强度
11—12 日	高空槽、切变线、低涡	风雹降水混合型	重庆、贵州、湖北、湖南、安徽、江苏、浙江、福建、广西、广东、海南等地出现 30~60 mm·h ⁻¹ 短时强降水,局地最大小时降水量达 83.6 mm(11 日 22—23 时,安徽东至);四川东部、重庆中南部、湖北、湖南、江西中北部、浙江中南部、福建局地、广西、广东等地部分地区伴有 8~10 级雷暴大风和冰雹,最大风力达 11~12 级(湖北东部、江西北部、福建中南部);福建建阳区出现直径 50 mm 冰雹
18—20 日	高空槽、切变线	风雹降水混合型	河南、四川、重庆、贵州、湖北、湖南、江西、浙江、福建、广西、广东等地出现 30~60 mm·h ⁻¹ 短时强降水,局地最大小时降水量达 92.5 mm(18 日 20—21 时,湖南沅陵);山东西部、河南中部、四川中东部和南部、重庆中南部、湖北中部、湖南、江西、浙江南部、福建、广西北部、广东北部等地部分地区伴有 8~10 级雷暴大风和冰雹,局地风力达 11~12 级(贵州、广西西部和北部),最大达 13 级(广西凌云等地);广西河池、柳州及百色等地 19 日 17 时前后出现冰雹,直径为 8~10 mm
21—22 日	短波槽	风雹降水混合型	河南、四川、重庆、贵州、湖北、湖南、江西、浙江、福建、广西、广东等地出现 30~80 mm·h ⁻¹ 短时强降水,局地最大小时降水量达 84.3 mm(21 日 10—11 时,湖南湘西);四川、重庆、湖南、江西、浙江、贵州、广西等地部分地区伴有 8~10 级雷暴大风和冰雹,局地风力达 11~12 级(江西中部);益阳局地最大冰雹直径为 60~70 mm,常德局地最大冰雹直径约为 30 mm
30 日	东北冷涡、高空槽	强风雹型	陕西、山西、河北中南部、河南西部和北部、山东大部、江苏北部等地,中午至前半夜出现大范围雷暴和冷空气混合型雷暴大风;上述地区普遍出现 8~10 级雷暴大风,其中陕西中部、山西中南部、河南西部、河北中南部、山东等地部分地区风力达 11~12 级,河南西部局地最强风力达 13 级(41 m·s ⁻¹)

0~6 km 垂直风切变达到 20~22 m·s⁻¹,0℃层位于 600 hPa 高度附近,850 hPa 和 500 hPa 温度差达到 25.8℃,整体层结条件均有利于强降水以及冰雹天气出现。

此次强对流天气过程主要是受冷涡和切变线共同影响,低层动力条件和水汽条件均较好,但不稳定能量条件略低,在锋面快速南压过程中,有利于风雹型强对流天气发展(吴海英等,2023),但由于中小尺度系统生消快,触发条件敏感,边界层水汽辐合、能量锋区位置细微偏差均可导致对流落区偏移;且模式针对中小尺度系统造成的强对流天气落区预报偏

差较大,对流触发时间的预报误差达 3~6 h,导致预警提示信息的提前量不足(曾康等,2024)。针对此次江南、华南等地强对流天气过程,预报提前 24 h 指出此次过程将包含短时强降水、混合型雷暴大风以及冰雹等强对流天气,并提出主要关注 11 日午后至夜间,与实况较为一致,取得了较好的预报效果。

5.2 干 旱

3 月下旬以来,华北、长江中下游以及华南等地气象干旱阶段性发展。4 月 18 日,全国中旱及以上等级气象干旱面积达 201.8 万 km²,其中特旱达

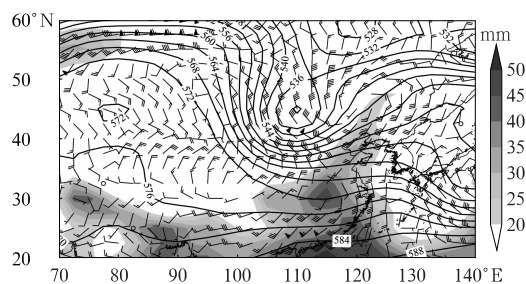


图 11 2025 年 4 月 11 日 20 时 500 hPa 位势高度场(等值线,单位:dagpm)、850 hPa 风场(风羽)和整层可降水量(阴影)

Fig. 11 The 500 hPa geopotential height field (contour, unit: dagpm), 850 hPa wind field (barb), and vertically integrated precipitable water (shaded) at 20:00 BT 11 April 2025

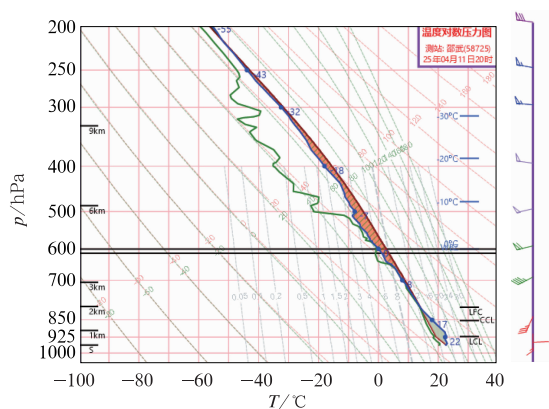


图 12 2025 年 4 月 11 日 20 时福建邵武站 T - $\ln p$ 图

Fig. 12 The T - $\ln p$ diagram at Shaowu Station in Fujian at 20:00 BT 11 April 2025

47.7 万 km^2 , 均为阶段性最高(国家气候中心, 2025)。4 月中下旬以来, 受降水天气过程影响, 华北东南部、华中中南部、华东中部、华南南部等地气象干旱有所缓和或缓解; 月底, 由于华北、长江中下游等旱区降水偏少、气温偏高, 气象干旱进一步发展, 华北南部、西北地区东部、华中北部、华东中部、西南地区东南部及华南西南部等地存在中度及以上气象干旱, 其中广西中部、江苏南部、陕西南部、河南西部等地为特旱。

6 结论与讨论

2025 年 4 月, 北半球极涡呈单极偏心分布, 强度偏强; 中高纬地区以四波型环流主导, 欧亚中高纬

地区环流维持“两槽一脊”形势, 东欧槽与东亚槽之间的浅脊平直宽阔, 冷空气总体势力较弱。副热带高压位置较常年同期偏西, 导致南方暖湿气流输送不足, 华中、华南降水较常年同期显著偏少。4 月全国平均气温 13°C (偏高 1.5°C), 为 1961 年以来第二高, 华北至江南大部偏高 $2\sim 4^\circ\text{C}$, 局部超 4°C 。

在 4 月的 2 次冷空气过程中, 11—12 日的强冷空气过程引发跨区域灾害, 伴随罕见极端大风(局地阵风达 12~13 级以上)、强沙尘暴(影响范围可达 430 万 km^2)及强降水天气过程。月内 3 次强降水过程、4 次强对流天气过程主要集中在江南、华南地区, 并伴随大范围雷暴大风与冰雹。长江中下游、华南地区阶段性特旱面积达 47.7 万 km^2 , 月末仍存在中旱以上范围 201.8 万 km^2 。

对于 4 月 11—12 日的极端大风及强沙尘暴天气过程, 由于冷涡动力机制复杂、模式垂直分辨率不足, 无法对于城市“狭管效应”、山区峡谷地形对风速的增幅进行捕捉, 以及多灾种叠加的交互影响难以反映, 加剧了此次过程的预报难度。未来可以进一步研究温带气旋的中长期可预报性, 模式边界层动量下传参数化方案在复杂地形区(如华北山地、河西走廊)存在的系统性偏差, 并发展相关订正方法。此外, 可以进一步加强暖区对流触发的阈值研究, 结合高分辨率模式验证低空急流-地形辐合系统的协同作用机制。

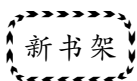
参考文献

- 国家气候中心, 2025. 2025 年 4 月中国气候影响评价[R/OL]. [2025-05-12]. http://cmdp.ncc-cma.net/Monitoring/cn_china_extreme.php. National Climate Centre, 2025. Impact Assessment of April 2025 in China[R/OL]. [2025-05-12]. http://cmdp.ncc-cma.net/Monitoring/cn_china_extreme.php (in Chinese).
- 华珊, 张涛, 张宸, 2022. 2022 年 4 月大气环流和天气分析[J]. 气象, 48(7): 936-944. Hua S, Zhang T, Zhang C, 2022. Analysis of the April 2022 atmospheric circulation and weather[J]. Meteor Mon, 48(7): 936-944 (in Chinese).
- 刘景涛, 钱正安, 姜学恭, 等, 2004. 中国北方特强沙尘暴的天气系统类型分型研究[J]. 高原气象, 23(4): 540-547. Liu J T, Qian Z A, Jiang X G, et al, 2004. A study on weather types of super severe dust storms in North China[J]. Plateau Meteor, 23(4): 540-547 (in Chinese).
- 吴海英, 孙继松, 慕瑞琪, 等, 2023. 一次强对流过程中两种不同类型风暴导致的极端对流大风分析[J]. 气象学报, 81(2): 205-217. Wu H Y, Sun J S, Mu R Q, et al, 2023. Analysis of extreme convective gusts caused by two types of weather storms during a

- strong convection event[J]. Acta Meteor Sin, 81(2):205-217(in Chinese).
- 薛建军, 刘月巍, 牛若芸, 等, 2004. 2002 年 3 月 18—22 日强沙尘暴过程分析[J]. 气象, 30(9):39-44. Xue J J, Liu Y W, Niu R Y, et al, 2004. Synoptic analysis of severe dust storm on March 18—22, 2002[J]. Meteor Mon, 30(9):39-44(in Chinese).
- 严大春, 方翀, 2024. 2024 年 4 月大气环流和天气分析[J]. 气象, 50(7):897-904. Yan D C, Fang C, 2024. Analysis of the April 2024 atmospheric circulation and weather[J]. Meteor Mon, 50(7):897-904(in Chinese).
- 云静波, 姜学恭, 孟雪峰, 等, 2013. 冷锋型和蒙古气旋型沙尘天气过程典型个例对比分析[J]. 中国沙漠, 33(6):1848-1857. Yun J B, Jiang X G, Meng X F, et al, 2013. A comparative analysis on the typical cases of the cold front and Mongolia cyclone dust storms[J]. J Desert Res, 33(6):1848-1857(in Chinese).

- 曾康, 闵锦忠, 庄潇然, 等, 2024. 基于生成对抗网络的强对流临近预报方法及其在中国东部地区的应用评估[J]. 大气科学, 48(6):2316-2328. Zeng K, Min J Z, Zhuang X R, et al, 2024. Severe convection nowcasting method based on a generative adversarial network and its application evaluation in eastern China[J]. Chin J Atmos Sci, 48(6):2316-2328(in Chinese).
- 赵英珊, 张涛, 曹艳察, 2023. 2023 年 4 月大气环流和天气分析[J]. 气象, 49(7):892-900. Zhao Y S, Zhang T, Cao Y C, 2023. Analysis of the April 2023 atmospheric circulation and weather[J]. Meteor Mon, 49(7):892-900(in Chinese).
- 周自江, 王锡稳, 牛若芸, 2002. 近 47 年中国沙尘暴气候特征研究[J]. 应用气象学报, 13(2):193-200. Zhou Z J, Wang X W, Niu R Y, 2002. Climate characteristics of sandstorm in China in recent 47 years[J]. J Appl Meteor Sci, 13(2):193-200(in Chinese).

(本文责编:何晓欢)



《Python 地学数据处理实例教程》

肖志祥 著

该书主要基于地理科学与大气科学领域本科教学与科研的实际需求, 首先介绍了这两个领域中常用的 Python 语言基本语法以及相关的工具库, 其次从地理科学与大气科学两个领域中的实际应用案例出发, 对 Python 的实际应用进行系统讲授。全书内容的编排和撰写充分考虑了大多数入门者的知识背景, 从数据获取、介绍、读取等基础知识, 再到数据处理成图和一些常用的统计分析场景应用都有相应介绍, 可作为地理科学与大气科学本科课程教学教材使用。

16 开 定价:70.00 元

《Python 雷达产品数据开发应用》

孟蕾 罗焕娟 桑友伟 肖媚 编著

该书着重介绍在雷达基数据与产品数据处理过程中必备的工具和方法, 为使用 Python 语言进行雷达产品数据开发的气象业务人员和科研人员提供极具价值的人门指引。全书共分为 4 章, 包括天气雷达产品介绍、Python 环境配置、雷达数据处理工具库应用、雷达产品数据开发实例。其中雷达数据处理工具库应用主要介绍处理雷达数据的 PyCINRAD、PyCWR 和 Py-ART 三大工具库的基础用法, 雷

达产品数据开发实例主要基于冰雹场景阐述雷达产品阈值定量提取和雷达回波图像自动识别算法。该书不仅适用于气象业务领域中需要利用雷达数据进行日常工作的专业人员, 也适合对气象雷达数据处理和 Python 开发感兴趣的高等院校师生。

16 开 定价:68.00 元

《业务化海洋监测预报系统构建》

恩里克·阿尔瓦雷斯·范胡尔 主编

该书介绍了业务化海洋监测预报系统的完整链条, 包括海洋预报的目的和国际背景、海洋预报系统的定义、海洋监测预报系统的结构、不同变量的海洋预报系统、大气-波浪-海洋综合预报、从数据到产品的下游应用、海洋预测发展面临的挑战及其未来展望, 阐述了建立海洋监测预报系统的国际标准和最佳做法, 有助于促进全球海洋预报系统的发展和改进, 形成能够应用于决策过程的信息, 进而与广阔的海洋建立更加和谐和可持续发展的关系。该书由全球海洋观测系统及其业务化海洋预报系统专家编写, 可为全球相关专业人员提供指导和启发, 激励读者在这个广阔的领域研究更深层次的问题。

16 开 定价:260.00 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