

董少柔,何健,饶方成,等. 华南地区 2020 年 4 月异常低温成因浅析[J]. 气象研究与应用,2021,42(2):77-82.

Dong Shaorou, He Jian, Rao Fangcheng, et al. Cause analysis of abnormal low temperature in South China in April 2020[J]. Journal of Meteorological Research and Application, 2021, 42(2): 77-82.

华南地区 2020 年 4 月异常低温成因浅析

董少柔, 何健, 饶方成, 李梓贤

(广东省气候中心, 广州 510640)

摘要: 利用华南 2020 年 4 月 192 个站点气温数据和大尺度环流再分析资料, 采用回归、合成等常规统计方法, 研究华南 2020 年 4 月温度达到近 43a 来同期次低值的成因。结果表明, 2020 年 4 月华南平均气温的异常偏低是由多种因素共同作用导致。主要原因是有较强冷空气 3 次南侵并长时间盘踞华南, 同时亚欧大陆东部沿海海平面气压正、负异常中心产生的气压梯度力、增强的蒙古高压、中高层引导气流等因素使冷空气势力得到增强。其次, 低层风场对气团活动也存在重要影响, 主要表现在西南气流的减弱及东北风异常的加强促使冷气团增强南下。再有, 相比 1—3 月, 4 月副高西伸幅度有所减弱, 其脊线位置由偏南转偏北, 遏制西南气流补充, 进而抑制来自洋面暖湿气团的北上, 利于月内低温异常现象的形成。

关键词: 异常低温; 华南; 大气环流

中图分类号: P46

文献标识码: A

doi: 10.19849/j.cnki.CN45-1356/P.2021.2.15

OSID:



引言

2020 年 1—3 月华南地区经历连续三个月的气温偏高, 于 4 月急转为异常低温, 华南地区 4 月平均气温较气候态(1981—2010 年)偏低 2.6℃, 偏低程度为 20 世纪 80 年代以来第二位, 仅次于 1996 年(该年华南地区 4 月气温偏低 2.9℃)。根据前人研究^[1-9], 虽然华南地区 4 月较 3 月低温阴雨日数显著减少, 但在气候变暖及极端气候事件增多背景下低温现象依旧高发^[10], 值得关注。而较为严重的低温现象将导致低温冷害事件发生^[11, 12], 对农业生产、林业培育以及市民生活等各方面造成重大的经济损失及不利的社会影响^[2, 5, 13-17]。基于前期华南地区连续三个月气温异常偏高, 2020 年 4 月华南地区气温骤降且偏低异常显著, 极为罕见, 针对这一极端气候现象, 有必要对其特点及成因进行探讨。已有的研究成果表明, 冬春季气温异常与冷空气活动^[18-20]及环流形势紧密联系^[21-26], 且与 ENSO 等气候背景相关联^[27-29]。

本文将重点从大气环流角度出发, 通过分析华

南地区 4 月气温特点及月内变化特征、与 4 月气温相关联的大气环流形势特点、冷空气活动情况以及 2020 年 4 月华南地区气温异常偏低成因, 可供短期气候预测提供参考。

1 资料和方法

考虑资料完整性, 本文选用华南地区 192 个测站 1978—2020 年常规气象观测资料、美国气象环境预报中心(National Centers for Environmental Prediction)及美国国家大气研究中心(National Center for Atmospheric Research)NCEP/NCAR 精度为 2.5°×2.5°的逐日位势高度场、海平面气压及风场再分析资料, 欧洲中期天气预报中心 European Centre for Medium-Range Weather Forecasts(ECMWF)第五代(ERA5)精度为 0.25°×0.25°的逐日 100m 风场及 2m 温度场再分析资料。选取(104°E~117.5°E, 18°N~26.4°N)作为华南区域。根据国家气候中心对气温异常级别的划分, 将气温异常幅度≥2℃定义为二级异常, <1℃定义为正常级别, 而≥1℃且<2℃则定义为一

收稿日期: 2020-12-23

基金项目: 广东省气象局青年基金项目(GRMC2020Q04)

作者简介: 董少柔, 女, 广东省人, 助理工程师, 主要从事气候预测研究。Email: dongshr@mail2.sysu.edu.cn

通信作者: 何健, 男, 广东省人, 高级工程师, 主要从事气候预测和气候变化研究。E-mail: 67052140@qq.com

级异常^[30]。本文采用了回归、合成等常规统计方法。

2 华南 4 月平均气温的气候特征

如图 1 所示, 华南地区 4 月份平均气温逐年分布情况存在一定的变化规律。20 世纪 80 年代气温以低温异常为主导, 20 世纪 90 年代起至 2020 年期间则转为高温异常为主导。在偏暖的近三十年里气温二级异常偏低的年份出现两次 (偏低幅度超过 2℃, 分别为 1996 年与 2020 年), 这与全球变暖大背景下极端气候事件增加的规律一致^[3]。而与 1996 年不同, 2020 年华南气温在连续三个月 (1—3 月) 二级异常偏高的条件下, 于 4 月急转为二级异常偏低, 实属罕见。气温异常的突然变化, 将放大低温气候事件带来的不良影响。

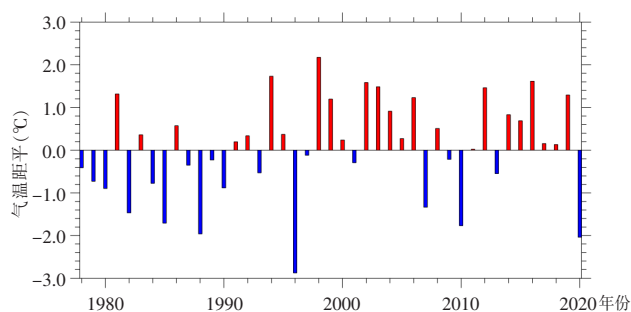


图 1 1978—2020 年 4 月华南 192 个测站平均气温距平序列 (单位:℃)

3 华南 2020 年 4 月气温异常和冷空气活动特征

3.1 气温月内变化

华南地区 1981—2010 年三十年气候态的 4 月逐日气温分布呈现缓慢变化的规律 (图 2 红柱), 具体表现为: 4 月上旬气温平缓升高, 于 4 月中旬初期下降至 19.6℃ (4 月 12 日), 继续升温至 23.9℃ (4 月 21 日), 后再缓慢回调至 23℃ (4 月 26 日), 并于 4 月下旬末再度升温并达到月内日平均气温最高值 24.2℃ (4 月 30 日)。气候态 4 月下半月气温均值为 23.3℃, 较上半月高 2.7℃。而 2020 年 4 月华南地区逐日气温的月内变化 (图 2 蓝柱) 呈现明显异于气候态的波动。其上半月与下半月的气温差距明显增大: 下半月气温均值为 21.9℃, 较上半月偏高 3.8℃; 上、下半月气温分别较气候态偏低 2.5℃及 1.4℃。

2020 年 4 月主要的低温过程主要集中于 4 月

上旬、中旬前期及下旬前期, 而 4 月仅有 16—21 日及 30 日共计一周的时间气温略高于气候态同期。其中, 4 月下旬气温偏低幅度最大 (4 月 23—25 日分别偏低 5.9℃、6.9℃及 4.8℃), 4 月上旬低温跨度最长。

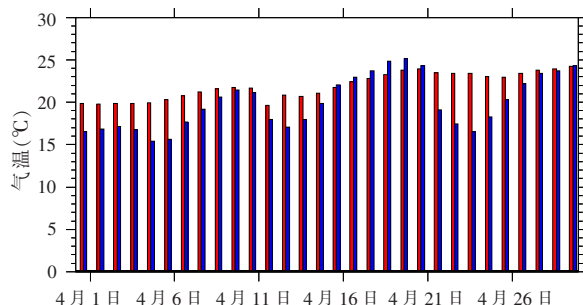


图 2 华南 192 个测站平均的气温序列
蓝柱表示 2020 年 4 月逐日情况, 红柱表示
气候态 4 月逐日情况

3.2 冷空气活动

从 2020 年 4 月华南经度范围 (104°E~117.5°E) 风场、气温平均的纬度-时间剖面图来看 (图 3), 上旬、中旬前期及下旬前期分别对应三次冷空气南侵过程。伴随着北风异常加大, 4 月上旬华南北部气温连续 4d 低于 12℃。4 月 6 日起华南上空转南风主导, 暖空气增强北推并使得气温短暂回暖。4 月 9 日第二次冷空气南下且北风分量比第一次过程更大, 因而降温迅速 (图 3a 中气温梯度增大), 但同时暖湿空气势力也不断加强, 并取而代之占据主导——来自南边的暖湿空气于 13 日逐步加强北上, 彻底将冷空气北推至华南以北的区域, 使得 4 月 13—20 日华南上空南风主导长达 8d, 对应气温的持续攀升并超过气候态同期 (图 2)。4 月 19 日较强的北方冷空气再度南下, 与暖空气交绥, 出现了下旬前期气温较快下降并于下旬后期逐步回暖的过程。气温的波动与南下冷空气及北上暖空气势力的相对强弱以及停留时间长短相关。从月内气温波动情况来看, 4 月上旬及下旬前期受冷空气影响程度较大, 这也是造成 4 月气温异常偏低的重要原因。

结合气温与风场分布来看, 第一次降温过程暖空气势力明显弱于另外两次过程 (图 3b), 然而不断有弱冷空气补充南下, 偏北风持续了 5d, 使冷空气得以较长时间盘踞在华南, 导致 4 月上旬连续十天气温偏低。第二次降温过程北风分量虽大, 但由于暖空气势力均敌甚至后期赶超, 导致第二次降温过程

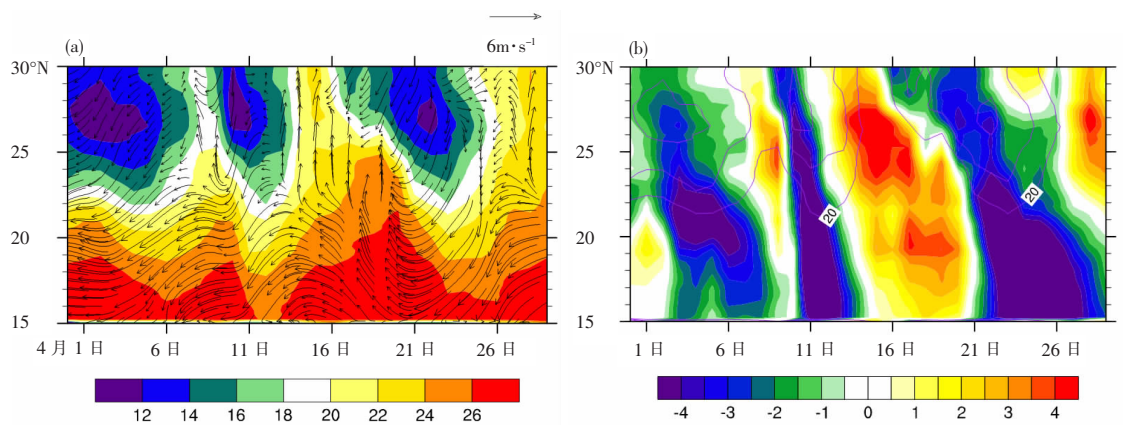


图 3 经度 104~117.5°E 平均纬度-时间剖面图

(a)填色:2m 气温,单位为 $^{\circ}\text{C}$;矢量箭头:100m 风场,单位为 $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$;
(b)填色:100 米经向风,单位为 $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$;等值线:2 米气温 $\leq 20^{\circ}\text{C}$,间隔 4°C

持续时间短且后期气温回升幅度大。结合图 2,4 月下半月气温整体较上半月升高 2.7°C ,而 2020 年 4 月下旬气温回落点仍低于第二次过程最低值,因此第三次降温过程幅度较第二次更大。总体上,2020 年 4 月冷空气的南侵占主导地位,使得 4 月华南气温偏低。

4 华南 2020 年 4 月气温异常对应的环流特征

4.1 海平面气压分布

4 月华南气温异常与大气环流形势密切联系。2020 年 4 月海平面气压异常场分布表现为,东亚大陆和西太平洋沿岸出现明显的正异常区(图 4)。类似地,1978 年以来华南 4 月气温偏低超过 1°C 的 7

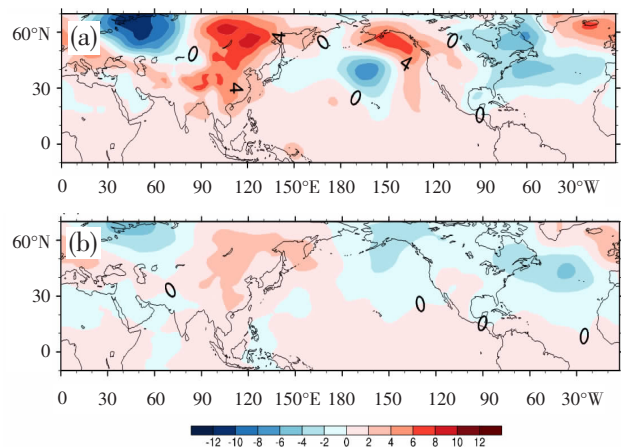


图 4 海平面气压异常分布图

(a)2020 年 4 月海平面气压与气候态同期相减得到的异常场;(b)华南地区 4 月气温偏低超过 1°C 对应年份的海平面气压异常场合成图

个年份(图 1)中,东亚大陆和西太平洋沿岸均呈现出明显正异常的分布特征。由此可见,蒙古高压较强、阿留申低压加深,海陆交界处存在较大的气压梯度,高压脊前的偏北气流引导北方冷空气向南侵袭,利于冷空气向南爆发,进而利于 2020 年 4 月华南气温偏低。

对比合成年份,2020 年 4 月的蒙古高压明显更强,其与华南 4 月气温呈现出显著负相关关系(相关系数达 -0.6),即 4 月蒙古高压偏强,则对应华南同期气温偏低。这进一步说明,蒙古高压 2020 年 4 月异常偏强是造成华南 4 月气温异常偏低的重要原因之一。

4.2 低层风场特点

2020 年 4 月 850hPa 风场如图 5a 所示,蒙古上空为弱的反气旋式环流,东北上空为强的气旋式环流。反气旋东侧及气旋西侧区域为明显的偏北风主导,利于北方冷空气南下。同时,华南上空为弱的西南风异常,暖湿气流补给弱,配合风场辐散,尤其集中在华南东南部沿海。反观气候态 4 月低层风场(图 5b),蒙古到东北上空为西风横扫,华南上空为强劲的西南气流,利于暖湿气流北上。与气候态同期相比(图 5c—d),低层风场经、纬向风分量异常场分布表明,2020 年 4 月华南上空为显著的东北风异常,北风分量异常程度较东风分量更明显,不利于南方暖湿气流北上。东北沿海为显著的气旋式异常,我国东部到南海为东北风异常,低层风场的分布特征有利于北风加强,即利于北方冷空气从北往南侵入华南地区,是造成气温较历史同期偏低的重要原因之一。

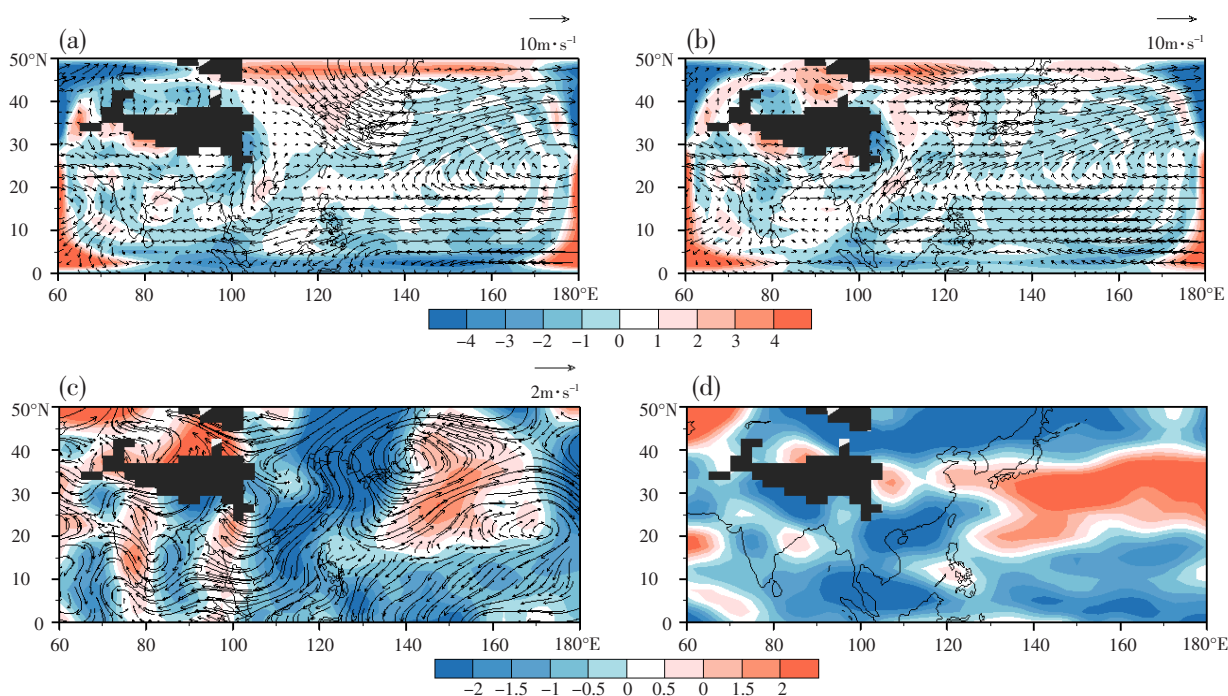


图5 低层风场(矢量箭头,单位: $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)及辐合辐散场(填色,单位: s^{-1})

(a)2020年4月850hPa;(b)1981—2010年气候态平均4月850hPa;2020年4月与气候态同期相减所得的850hPa风场异常及经向风异常(c)、纬向风异常(d)

4.3 中层环流场形势

从中层500hPa位势高度距平场来看(图6b),亚洲中高纬度地区上空为正异常,从日本到我国华东上空为负异常。该分布型近似于华南4月气温距平场经验正交分解第一模态(方差占比为82.7%,图略)PC序列与同期500hPa位势高度的回归场(图

略),对应华南地区4月气温大体偏低的空间模态分布型。2020年4月,我国东北至日本一带为负异常中心,东亚槽异常偏强,中层配置利于将北方冷空气往南引导,并在华南上空盘踞较长时间,使得2020年4月气温异常偏低现象得以维持并发展。

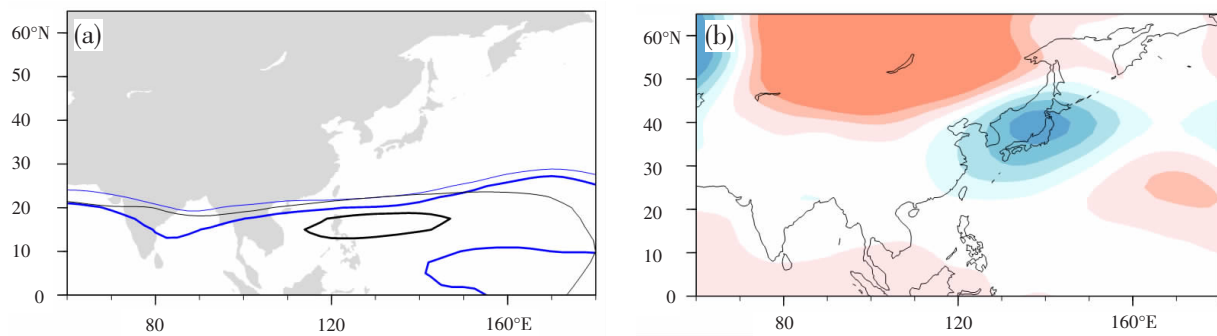


图6 500hPa位势高度场及异常场

(a)2020年4月(蓝线)及气候态同期(黑线)(等值线,单位:十位势米,细线代表5860线,粗线代表5880线);(b)二者相减得到的500hPa位势高度异常(填色,单位:十位势米)

5 小结

在全球变暖大背景下,2020年1—3月连续3个月异常高温过后,4月华南气温突转为异常低温,

为1978年以来4月同期次低记录。4月华南气温偏低主要受三次冷空气过程影响,分别出现在4月上旬、中旬前期及下旬前期。由于暖空气势力较弱,第一次冷空气过程持续时间最长。第二次过程北风虽

强劲,但由于暖空气北推增强,使得 4 月中旬后期出现气温明显回暖。第三次过程降温幅度最大,但同样后期由于暖空气势力相对强于冷空气,月底出现月内气温最高值。因此华南 4 月气温异常情况受冷暖气团活动影响,即气温与南下冷空气及北上暖空气势力的相对强弱、冷暖气团停留时间长短紧密联系。

4 月气温受不同层次环流变化的影响。北半球中纬度的正、负海平面气压异常中心所形成的亚欧大陆东部沿岸气压梯度力利于冷空气南下,同时,蒙古高压加强利于冷空气活动增强,促使华南 4 月气温偏低。中高层来看,大气环流波动不稳定发展条件下高空槽脊加深,高压脊前偏北气流引导及气压梯度力作用下引导北方冷空气南侵进。与此同时,蒙古及东北低层上空的反气旋及气旋分布利于北方冷空气由北而南直达华南地区。2020 年 4 月暖湿空气补给不充分,同样利于华南地区 4 月气温异常偏低。总的来说,大气环流形势引起了 4 月气温偏低,而对应的海温背景包括 ENSO 信号以及印度洋一致性模态、华南地区 1—3 月连续三个月的气温异常偏高则值得进一步的研究和探讨。

参考文献:

- [1] 韩荣青,陈丽娟,李维京,等. 2—5 月我国低温连阴雨和南方冷害时空特征[J].应用气象学报,2009,20(3): 312—320.
- [2] 王慧,王铁. 3 月高温少雨开春早 4 月低温多雨风灾重[J].新疆气象,2001(3): 38—39.
- [3] 陈新光,潘蔚娟,张江勇,等.气候显著变暖使广州极端气候事件增多[J].广东气象,2007(2):24—25.
- [4] 吴乃庚,林良勋,李天然,等.2008 年初广东罕见低温雨雪冰冻天气的成因初探[J].广东气象,2008(1):4—7.
- [5] 梁必骥.自然灾害的影响与防范[J].广东气象,2007(3): 39—41.
- [6] 刘传凤,高波.我国南方春季低温冷害气候及其大气环流特征[J].热带气象学报,2001(2):179—187.
- [7] 李英,郭潮升,彭丽英.茂名市近 60 年低温阴雨天气气候特征分析[J].气象研究与应用,2016,37(1):68—71.
- [8] 陆虹,周秀华,黄卓,等.华南地区低温雨雪事件的时空变化特征[J].生态学杂志,2019,38(1):237—246.
- [9] 李艳兰,黄卓,覃卫坚.近 50 年广西春播期低温阴雨的变化特征[C].中国气象学会,2012:7.
- [10] 梁钊扬,彭端,裴苏华,等.粤中西部 2016 年初强寒潮影响评估及应急气象服务思考[J].气象研究与应用,2019,40(1):53—56.
- [11] 廖雪萍,李妍君,黄梅丽,等.1961—2016 年广西双季稻低温冷害演变特征[J].气象研究与应用,2019,40(4): 41—45,112.
- [12] 黄艳红,匡昭敏,李莉,等.2018 年 1 月低温雨雪冰冻天气对广西糖料蔗影响的量化评估[J].气象研究与应用,2019,40(2):65—67,72.
- [13] 周新桥,陈达刚,李丽君,等.秧苗期低温胁迫对华南主推双季水稻生长的影响[J].西南农业学报,2013,26(3): 936—941.
- [14] 王国莉,郭振飞.水稻不同耐冷品种碳代谢有关酶活性对冷害的响应[J].作物学报,2007(7):1197—1200.
- [15] 周新桥,陈达刚,李丽君,等.华南双季超级稻始穗期低温胁迫及耐冷性评价[J].湖南农业大学学报(自然科学版),2008(4):388—392.
- [16] 黄光民,刘尉,王广伦.低温对广东果树、花卉形态及花期的影响[J].广东气象,2010,32(5):39—41.
- [17] 陈定如.广东园林植物遭受 2008 年持续低温危害的思考[J].广东园林,2008(5):77—78.
- [18] 林良勋,吴乃庚,蔡安安,等.广东 2008 年低温雨雪冰冻灾害及气象应急响应[J].气象,2009,35(5):26—33.
- [19] 刘晓梅,高安宁,赵金彪.2011 年华南西部低温雨雪冰冻灾害特征与成因[J].自然灾害学报,2013,22(6):232—239.
- [20] 朱秋宇,何慧,周秀华,等.广西持续性低温雨雪冰冻过程特征和气候成因分析[J].气象研究与应用,2019,40(1):38—41.
- [21] 黄露菁.广东省低温阴雨天气的气候特征和类型[J].中山大学学报(自然科学版),1999(2):105—109.
- [22] 吴乃庚,邓文剑,林良勋,等.2012 年春节期间广东罕见低温阴雨天气特点及成因[J].广东气象,2012,34(1): 4—9.
- [23] 陈桂兴,魏清,黎伟标,等.2003 年天气气候异常灾害机理的定量分析 I—夏季淮河流域洪涝和南方酷暑[J].热带气象学报,2005,21(1):44—54.
- [24] 蒋伯仁.西太平洋付热带高压的长期变化及其与华南西北部春季低温阴雨关系的初步探讨[J].广西气象,1980(1):7—15.
- [25] 丁光美.广西春季低温阴雨轻,重年环流特征分析[J].广西气象,1994(4):201—202.
- [26] 古文保,钟利华,陆虹.形势分析与相似分析作 1998 年春季低温阴雨天气预报研究[J].广西气象,1998(3):2—5.
- [27] 陶诗言,张庆云.亚洲冬夏季风对 ENSO 事件的响应[J].大气科学,1998(4):15—23.
- [28] 曾琮,谢炯光.广东省寒潮、强冷空气的气候特征及与 ENSO 的关系[J].广东气象,2003(1):7—9.
- [29] 刘永强,丁一汇. ENSO 事件对我国季节降水和温度的影响[J].大气科学,1995,19(2):200—208.
- [30] 陈桂英,赵振国.短期气候预测评估方法和业务初估[J].应用气象学报,1998(2):51—58.

Cause analysis of abnormal low temperature in South China in April 2020

Dong Shaorou, He Jian, Rao Fangcheng, Li Zixian
(Guangdong Climate Center, Guangzhou 510640)

Abstract: Based on the temperature data of 192 stations in South China in April 2020 and the reanalysis data of large-scale circulation, the causes of the low temperature in South China in April 2020 in recent 43 years were studied by using the conventional statistical methods such as regression and synthesis. The results showed that the abnormally low average temperature in South China in April 2020 was caused by many factors. The main reason was that the strong cold air intruded into South China three times and occupied South China for a long time. At the same time, the pressure gradient force produced by the positive and negative abnormal center of sea level pressure along the east coast of Eurasian continent, the enhanced Mongolian high, the middle and high-level guiding airflow and other factors enhanced the cold air force. Secondly, the low-level wind field also had an important influence on the air mass activity, mainly manifested in the weakening of southwest airflow and the enhancement of northeast wind anomaly, which promoted the air-conditioning mass to strengthen southward. Moreover, compared with January to March, the westward extension of the subtropical high in April was weakened, and its ridgeline changed from south to north, which restrained the supplement of the southwest airflow and further restrained the northward movement of the warm and humid air mass from the ocean surface. That is beneficial for the formation of the monthly low temperature anomaly.

Key words: abnormal low temperature; South China; atmospheric circulation