

冬季影响江苏不同类型寒潮事件的对比研究

张梦

淮安市气象局 江苏 淮安 223003

关键字：江苏寒潮；时空分布；环流异常；罗斯贝波能量

本文利用 1979-2021 年江苏地区 69 个站点的逐日气温观测资料和 JRA55 逐 6 小时再分析资料通过合成分析和 T-N 波作用通量(Takaya and Nakamura, 2001)等方法对冬季(11 月-次年 3 月)江苏地区寒潮事件(cold wave event, CWE)的时空变化特征及其背景环流的成因进行探究。

依据国家标准,结合本地特点,将 24h 日最低气温下降 $\geq 8^{\circ}\text{C}$ 或 48h 下降 $\geq 10^{\circ}\text{C}$,且日最低气温 $\leq 4^{\circ}\text{C}$ 的冷空气过程定义为寒潮,同时将影响江苏地区 ≤ 23 个站点数的 CWE 称为小范围 CWE,反之称为大范围 CWE,首次达到寒潮标准的日期为第 0 天。研究发现,1979-2020 年冬季江苏单站 CWE 发生次数(图 1)呈现由西北向东南递减的趋势,这与前人的研究结论相一致(王珂依等, 2020; 张玥等, 2017)。后续分析都进行了水平插值。

进一步分析江苏大、小范围寒潮的时空分布特征差异。表 1 显示冬季影响江苏的小范围 CWE 发生数量较大范围 CWE 明显偏多,11 月、12 月和 3 月发生的小范围 CWE 显著多于 1 月和 2 月,这可能与 1、2 月平均温度偏低更难以达到寒潮标准相对应,11 月发生的大范围 CWE 较其它月份偏多。此外,小范围 CWE 影响区域主要集中在江苏淮北地区,大范围 CWE 影响大值区位于淮北中部和江淮南部区域(图 2)。

图 3 可见,冬季江苏大、小范围 CWE 均具有显著的年际变化特征,其中小范围 CWE 在全球变暖之后对应的线性增加趋势较大范围 CWE 更显著(图 3a、b),尤其是 2010 年之后小范围 CWE 发生次数明显增加。小范围 CWE 的每十年际变化呈现波动的趋势,而大范围 CWE 自 20 世纪 90 年代起却呈现增加趋势(图 3c、d)。

寒潮期间最突出的天气表征就是温度变化(刘明歆等, 2021)。图 4a 显示小范围 CWE 发生期间欧亚大陆温度负异常范围和强度较大范围 CWE(图 4b)均显著偏弱,大范围 CWE 发生对应西伯利亚地区更强的冷空气堆积,导致该类寒潮发生后降温更加剧烈,低温持续时间也 longer。并且大范围 CWE 发生前期北半球高纬地区对应明显的温度正异常,而小范围 CWE 温度正异常位置偏南。

大、小范围 CWE 发生期间 500hPa 都对应槽脊的加强（图 5）。大范围 CWE 发生第-4 天即对应乌拉尔山高压脊的显著加强，其东南侧的高度负距平有利于贝加尔湖附近的低压槽进一步加深（图 5b），进而使得西北-东南向经向度加深，高纬地区冷空气更易南下影响江苏大部地区。到第-2 天高度异常范围整体南移，预示冷空气大举南下，较小范围 CWE 而言南下（图 5a）偏晚，这在某种程度上更有利于冷空气堆积。另外，小范围 CWE 发生前期高度异常强度和范围较大范围 CWE 均显著偏弱，尤其是乌山附近的正高度异常，整体来看，小范围 CWE 高度异常的持续时间也较短。

进一步从 850hPa 原始风场及其温度距平合成图（图 6）中可见，冷空气源也是发生大、小范围 CWE 的主要区别。小范围 CWE 发生第-4 天高纬风场近乎平直，然而大范围 CWE 对应相当明显的经向风场，这直接使得大范围 CWE 具有较小范围 CWE 而言更北更冷的冷空气源，这与更为显著的对流层温度异常相对应，和前面 500hPa 的分析结论也一致。

西伯利亚高压（SH）是冬季的半永久冷性高压系统，它的加强与扩大是产生和维持寒潮的重要因素（Zhang 等，1997）。图 7 所示江苏大、小范围 CWE 发生都对应着不同加强程度的 SH，但大范围 CWE 期间（图 7a）西伯利亚地区的气压正距平范围和强度较小范围 CWE（图 7b）均更强，并且大范围 CWE 第 0 天气压正异常仍然存在，并且高压外围有明显南扩的现象，这对于冷空气源源不断地补充南下十分有利。进一步通过计算 SH 指数（图 8）发现，SH 在大范围 CWE 发生期间指数也明显偏强、峰值持续时间相对更长。

两类 CWE 发生期间在罗斯贝波波动能量传播方面的特征有具有显著差别，大范围 CWE 发生期间明显存在一条自中高纬地区向东南方向且能够传至江苏南部的罗斯贝波波动能量带（图 9a），这对于在江苏发生大范围 CWE 十分有利，相比而言，小范围 CWE 的能量传播时间更晚、强度更弱，罗斯贝波波动能量仅传播至江苏北部地区，明显不利于大范围 CWE 的发生发展。

参考文献

- Takaya K, Nakamura H, 2001. A Formulation of a Phase-Independent Wave-Activity Flux for Stationary and Migratory Quasigeostrophic Eddies on a Zonally Varying Basic Flow[J]. *Journal of the Atmospheric Sciences*, 58(6):608-627. DOI: 10.1175/1520-0469(2001)058<0608:AFOAPI>2.0.CO;2.
- Zhang Y, Sperber K R, Boyle J S, 1997. Climatology and Interannual Variation of the East Asian Winter Monsoon: Results from the 1979–95 NCEP/NCAR Reanalysis[J]. *Monthly Weather Review*, 125(10): 2605-2619. DOI: 10.1175/1520-0493(1997)125<2605:CAIVOT>2.0.CO;2.
- 刘明歆, 李艳, 吕春艳, 2021. 中国冬季两类极端低温事件特征及其大气环流成因分析[J]. *高原气象*, 40(3): 603-620.
- 王珂依, 刘园, 刘布春, 邱美娟, 杨晓娟, 张玥滢, 吴昕悦, 肖楠舒, 庞静漪, 2020. 1958—2015 年长江中下游寒潮时空演变特征[J]. *自然资源学报*, 35(12): 10.

张玥, 陈永平, 刘颖婧, 等, 2017. 影响江苏的寒潮时空分布及气候变化特征[J]. 江西农业学报, 29(11): 7.

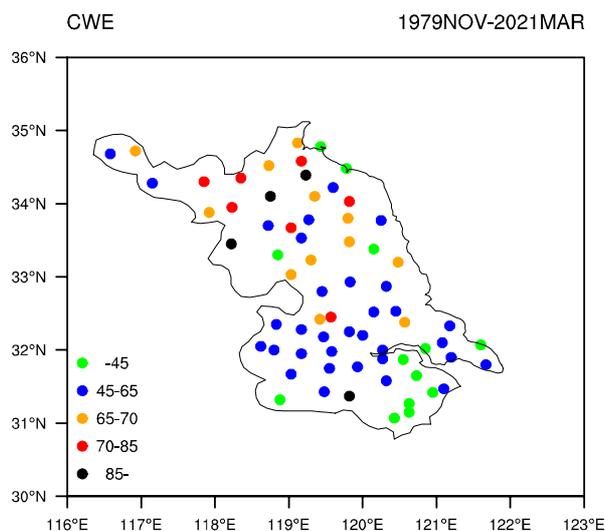


图 1 1979-2020 年冬季江苏 69 个站点 CWE 空间分布 (单位: 次)

表 1 1979-2020 年冬季内各月江苏大、小范围 CWE 发生次数

月份	11 月	12 月	1 月	2 月	3 月
小范围 CWE	62	73	38	28	52
大范围 CWE	23	11	9	11	9

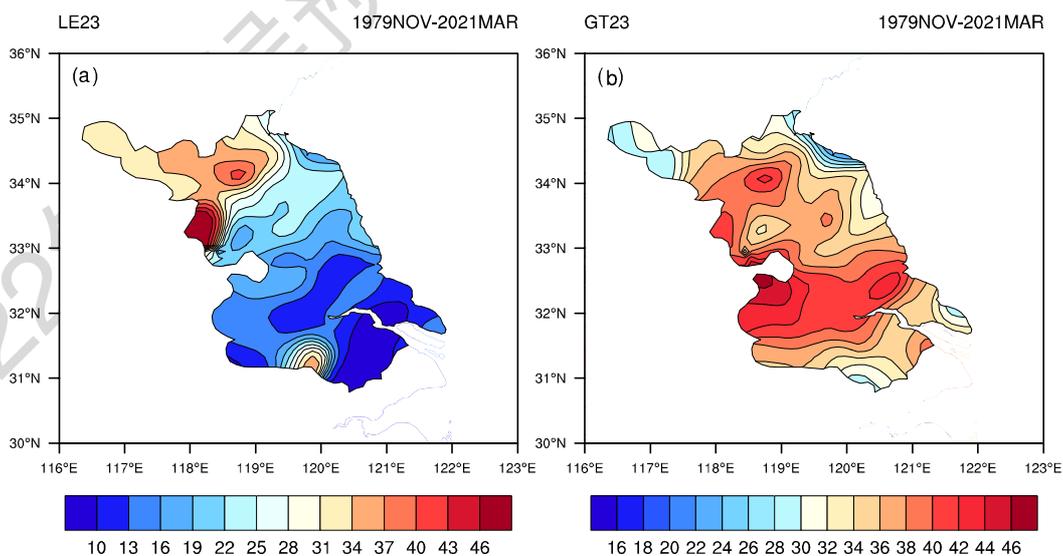


图 2 江苏各站点发生小范围 CWE (a) 和大范围 CWE (b) 总次数分布

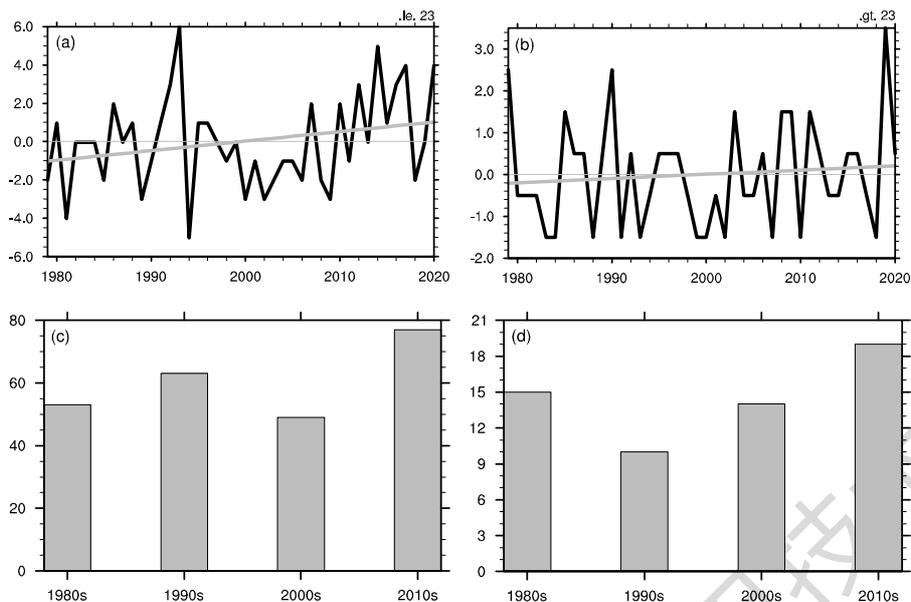


图3 小范围CWE每年发生次数距平变化序列(a)及其每十年际变化柱状图(c), (b)、(d)对应大范围CWE。

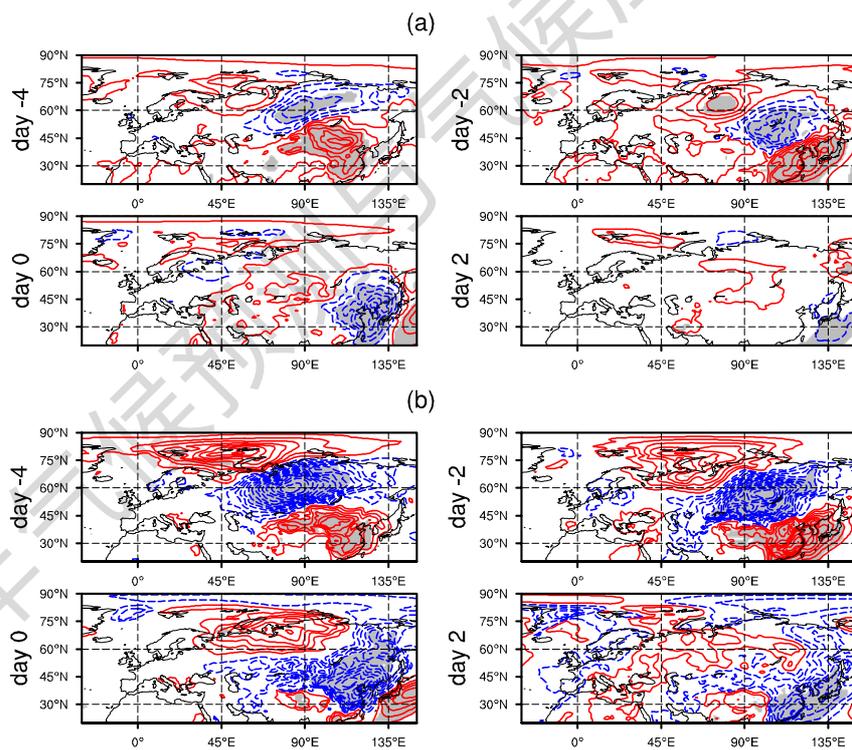


图4 小范围CWE(a)和大范围CWE(b)发生第-4天到+2天2m气温距平合成场(等值线, 单位: °C)

灰色阴影区表示通过99%信度检验

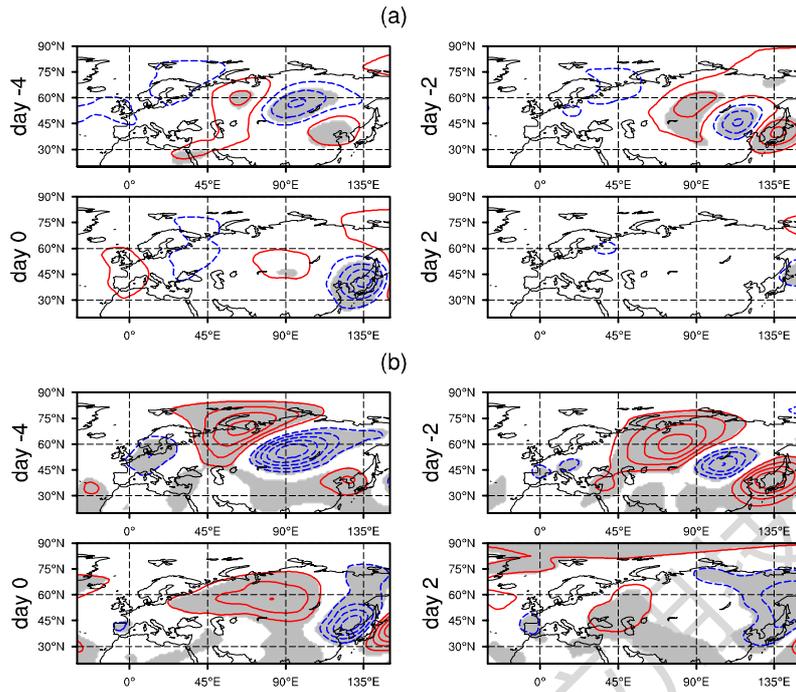


图 5 小范围 CWE (a) 和大范围 CWE (b) 发生第-4 天到+2 天 500hPa 位势高度距平合成场 (等值线, 单位: gpm)

灰色阴影区表示通过 99% 信度检验

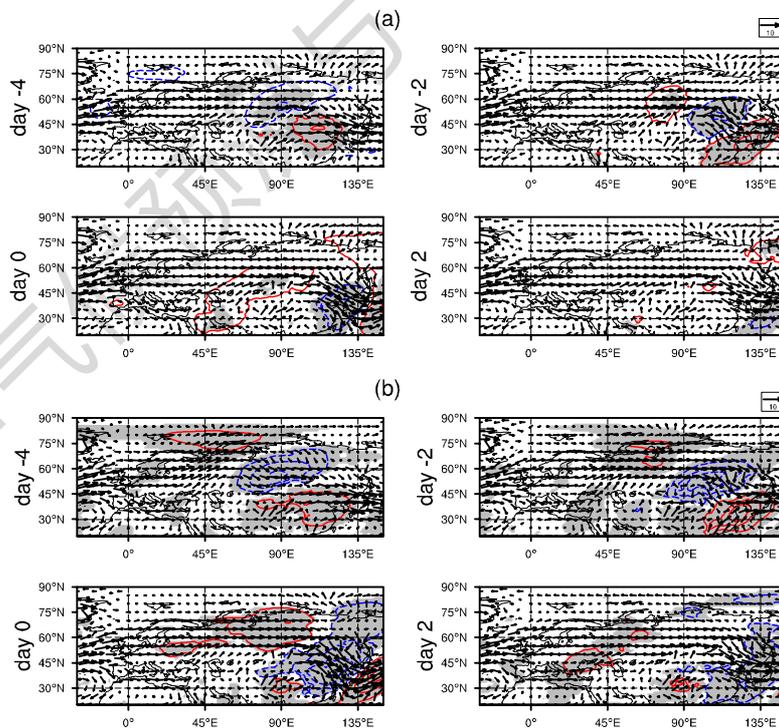


图 6 小范围 CWE (a) 和大范围 CWE (b) 发生第-4 天到+2 天 850hPa 原始风场 (箭头, 单位: m/s) 及温度距平 (等值线, 单位: °C) 合成分布

灰色阴影区表示通过 99% 信度检验

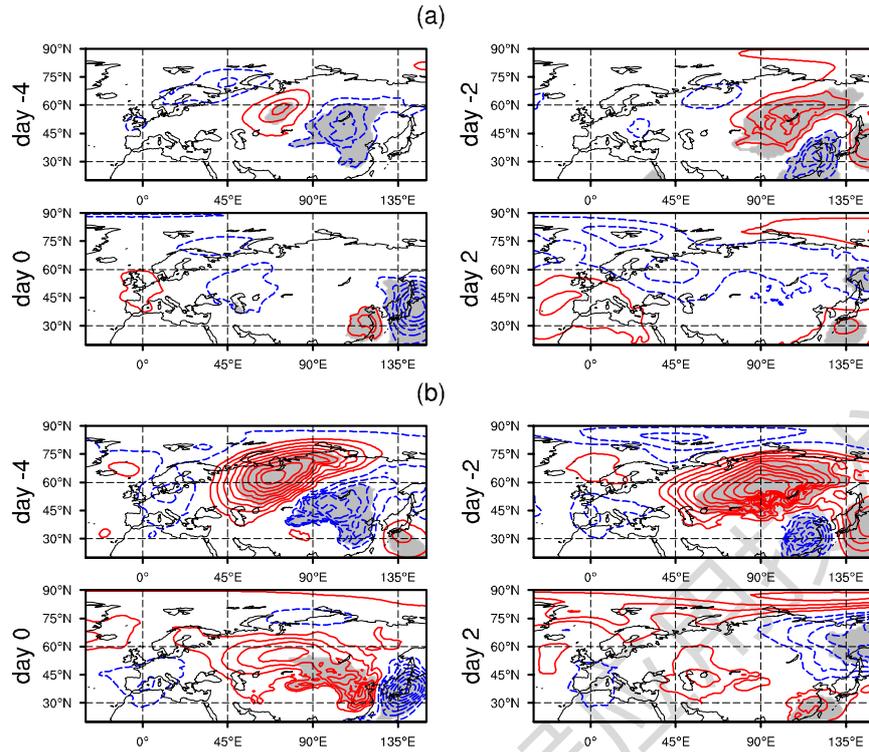


图7 小范围CWE (a) 和大范围CWE (b) 发生第-4天到+2天海平面气压距平(等值线, 单位: Pa) 合成场
灰色阴影区表示通过99%信度检验

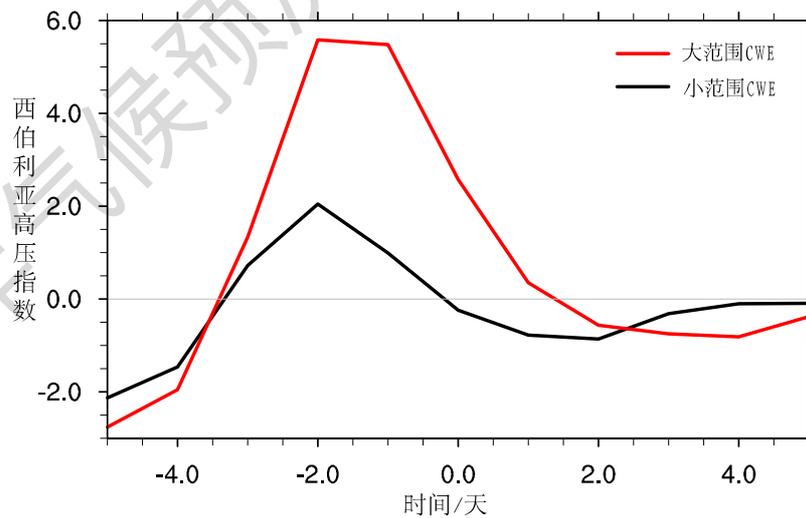


图8 小范围CWE (a) 和大范围CWE (b) 发生第-4天到+2天西伯利亚高压指数变化序列

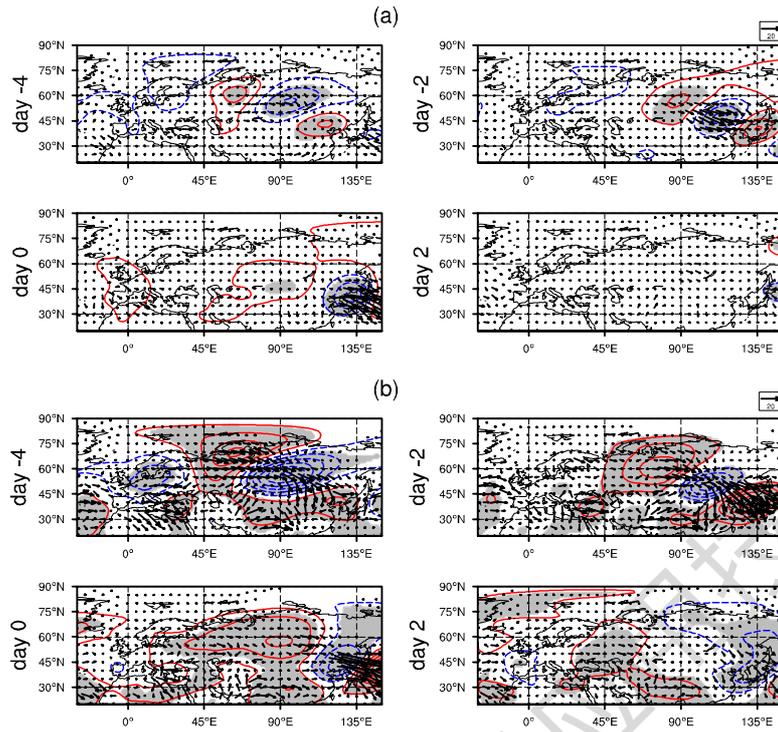


图9 小范围CWE (a) 和大范围CWE (b) 发生第-4天到+2天T-N波作用通量(箭头, 单位: m^2/s^2) 及高度距平(等值线, 单位: gpm) 合成场
 灰色阴影区表示通过99%信度检验