

罗金芳, 吴君涛, 姜敏, 等. 鄂东北春季三类典型极端强降水特征分析[J]. 沙漠与绿洲气象, 2024, 18(2): 44-51.

doi: 10.12057/j.issn.1002-0799.2024.02.006

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



鄂东北春季三类典型极端强降水特征分析

罗金芳, 吴君涛, 姜敏, 张慧娟

(孝感市气象局, 湖北 孝感 432000)

摘要: 利用 1961—2020 年降水资料、NCEP/NCAR 2.5°×2.5°和 ERA5 资料, 对鄂东北春季极端强降水个例天气系统及物理量的异常度、配置与降水落区的关系进行分类对比研究。结果发现: (1) 鄂东北春季极端强降水有 3 种典型形势, 即地面倒槽型、冷锋前沿型、暖低压型。3 类极端强降水过程 500 hPa 均有南支槽缓慢东移, 湖北以东、东北地区到日本有异常强的高压或高压脊, 东高西低的形势使降水持续时间长。850 hPa 偏南急流异常强盛, 鄂东北位于切变辐合区。强降水发生前地面暖低压异常发展, 为强降水提供了有利的环境条件。(2) 鄂东北大多数春季极端强降水与低层水汽、中低层垂直速度的异常密切相关。鄂东北及周边为低层水汽辐合和垂直速度异常度绝对值之和的大值区。

关键词: 春季; 极端强降水; 异常度

中图分类号: P458.1

文献标识码: A

文章编号: 1002-0799(2024)02-0044-08

在全球变暖的大背景下, 极端强降水多发频发早发。春季西南急流到达长江中游时, 鄂东北位于大别山、桐柏山迎风坡, 易出现极端强降水, 如 2020 年 3 月 26 日多站降水量刷新同期历史记录, 2021 年 5 月 15 日出现极端短时强降水, 2022 年 3 月 16 日出现了 1961 年以来 3 月最强区域性暴雨。许多气象工作者开展了春季暴雨的研究, 童金等^[1-4]对春季天气形势、暴雨落区进行统计分析认为: 沿海(120°E, 30°N)500 hPa 高度偏高时, 安徽易出现暴雨^[1]; 500 hPa 东高西低、控制南海东部的副高使南支槽东移缓慢、日本海高压阻挡低涡暖切东移有利于强降水的长时间维持^[2]; 地面倒槽对强降水有明显指示意义^[3]; 河南春季暴雨落区与地面气旋和低压相关^[4]。侯淑梅等^[5-10]对各地春季暴雨个例进行了诊断和中尺度分析指出: 山东暴雨区出现在水汽通量大值区长轴方

向前端、水汽通量辐合区、水汽通量矢量气旋式弯曲拐角处以及强上升速度中心区^[5]; 中低层较高的比湿、较好的边界层触发条件、较深厚的上升气流与较强对流不稳定利于华南槽前类暖区暴雨^[6]; 强降雨发生在 TBB 梯度最大处^[7]、能量锋区以及偏暖区一侧^[8]; 浙江春季暖区雨带与等 θ_e 线密集区相对应^[9]; 对流云团前温度大梯度区 γ 中尺度回波单体生成, 东移发展为线(带)状多单体风暴, 形成“列车效应”, 有利于强降雨^[10]。罗昭彰等^[11]、贺程程等^[12]从地面形势、物理量诊断、西南涡云系特征等方面对湖北春季暴雨个例进行了研究, 得出许多有益的结论: 春季降水地面系统主要有 3 种, 冷锋、高压后部、地面暖槽^[11]; 湖北热低压的发展和前期近地面异常增温为春季暴雨提供了热力条件^[12]; 冷空气与暖湿气流的交汇导致较强锋生作用是暴雨的成因之一^[13]; 对流层低层温度平流对低涡的移动有引导作用^[14]; 高层负涡度低层正涡度使高层辐散、低层辐合, 有利于上升运动加强^[15]; 南海水汽输送、暴雨区本地及周边地区近地层高温高湿环境中水汽的贡献有利于形成湖北春季暴雨^[16-17]。但目前针对鄂东北春季极端降水事件异常特征研究较少, 本文通过分析鄂东北春

收稿日期: 2022-11-23; 修回日期: 2023-02-23

基金项目: 武汉市气象局科技项目(WHY202202)

作者简介: 罗金芳(1976—), 女, 高级工程师, 主要从事天气预报分析研究工作。E-mail: 27877324@qq.com

通信作者: 吴君涛(1988—), 女, 高级工程师, 主要从事天气预报分析研究工作。E-mail: 351614976@qq.com

季发生极端强降水的天气背景异常度、异常天气系统和物理量配置与降水落区关系, 以期为鄂东北春季极端强降水预报提供参考。

1 资料与方法

1.1 资料

1961—2020 年逐日 20—20 时(北京时,下同)鄂东北 13 个国家气象站降水资料来自湖北省气象预报服务业务一体化平台。气候平均态资料采用 1991—2020 年 NCEP/NCAR 2.5°×2.5°再分析资料。典型个例高分辨率资料采用第 5 代欧洲再分析(ERA5)逐小时资料,空间分辨率为 0.25°×0.25°。

1.2 方法

根据 Grumm 等^[8]提出的标准化距平法对天气形势和物理量进行异常度分析,具体计算方法如下:

$$N = \frac{(X - \mu)}{\sigma} \quad (1)$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \mu)^2}{n-1}} \quad (2)$$

$$\mu = \frac{1}{21n} \sum_{i=1}^n (X_{i(d-10)} + X_{i(d-9)} + X_{i(d-8)} + \dots + X_i + \dots + X_{i(d+8)} + X_{i(d+9)} + X_{i(d+10)}) \quad (3)$$

式中: X 为要素值, μ 为要素平均值, σ 为标准差, n 为样本数。在本文中, μ 取 1991—2020 年 21 d 滑动平均值, $X_{(d-10)}, X_{(d-9)}, \dots, X_{(d+9)}, X_{(d+10)}$ 表示 X_i 前 10 d 至 后 10 d 的要素值。 N 为某一日要素值和历史同期平均值的偏离程度, 即异常度, Grumm 等^[8]研究表明, 可用 N 值大小判定要素的异常程度, N 的绝对值越大, 表明要素与气候态的偏离程度越高。

1.3 个例选取及分型

对 1961—2020 年鄂东北随州、孝感、武汉和黄冈北部 13 个国家气象站(图 1)春季分月的逐日雨量资料由大到小进行排位, 当日降水量超过 99% 分位值且达到暴雨标准时统计为一个极端强降水日, 并规定区域内同一时段有 ≥ 3 站同时达到极端强降水日标准时统计为一次极端强降水事件。按照此标准, 共统计出 68 例极端强降水事件。

孙兴池等^[3-4, 11]认为地面天气系统对强降水有指示意义, 将鄂东北春季极端强降水按地面形势归纳为以下 3 种类型: 地面暖倒槽左侧与偏东路冷空气结合型(即地面倒槽型, 46 例)、冷锋前沿型(10 例)、暖低压型(12 例, 地面冷空气不明显), 分别称作“类型 I、类型 II、类型 III”。

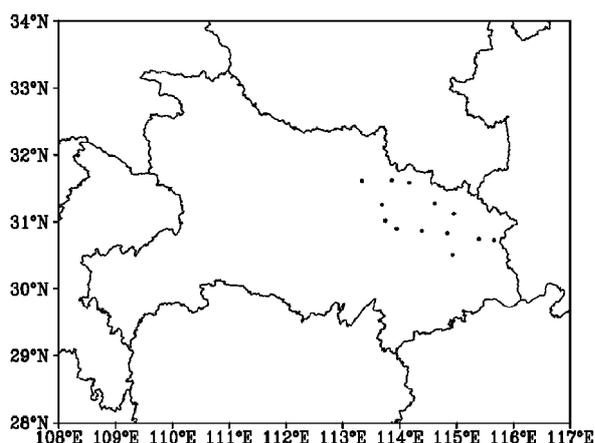


图 1 鄂东北 13 个国家气象站站分布

2 3 类典型极端强降水特征

2.1 降水分布特征

近 30 年(1991—2020 年)3—4 月极端强降水较前 30 年(1961—1990 年)增多: 3 月极端强降水个例只发生在近 30 年, 其中 1993 年 1 次, 2015 年以来 3 次; 4 月极端强降水个例 69% 发生在近 30 年(20 次), 其中前 30 年发生 9 次。5 月极端强降水个例前 30 年、近 30 年分别发生 19、16 次, 1971—2000 年有 26 次(表 1)。

表 1 鄂东北春季极端强降水个例年代际特征 次

	1961—1970 年	1971—1980 年	1981—1990 年	1991—2000 年	2001—2010 年	2011—2020 年	合计
3 月	0	0	0	1	0	3	4
4 月	3	3	3	9	4	7	29
5 月	2	8	9	9	3	4	35
合计	5	11	12	19	7	14	68

约 80% 研究个例的雨带呈 W—E 向或 SW—NE 向分布, 且多为湖北周边 3 省或以上的区域性暴雨一大暴雨。

类型 I 暴雨发生频率最大的区域主要位于鄂东北—江汉平原—鄂西南, 其中高发中心位于云梦、孝感、新洲、罗田等地区, 呈东西向分布, 中心值为 24~25 次(图 2a); 极端降水站数、极端降水量平均值均为 3 种类型中等(表 2)。类型 II 暴雨发生频率最大的区域主要位于鄂东北—江汉平原东部和鄂西南西部, 其中高发中心为云梦, 7 次; 其次为新洲、麻城、罗田, 6 次(图 2b); 极端降水站数、极端降水量平均值均为 3 种类型最小。类型 III 暴雨发生频率最大的区域主要位于鄂东北—江汉平原—鄂西南东部, 其

中高发中心为黄陂, 11 次(图 2c); 极端降水站数、极端降水量平均值均为 3 种类型最大。

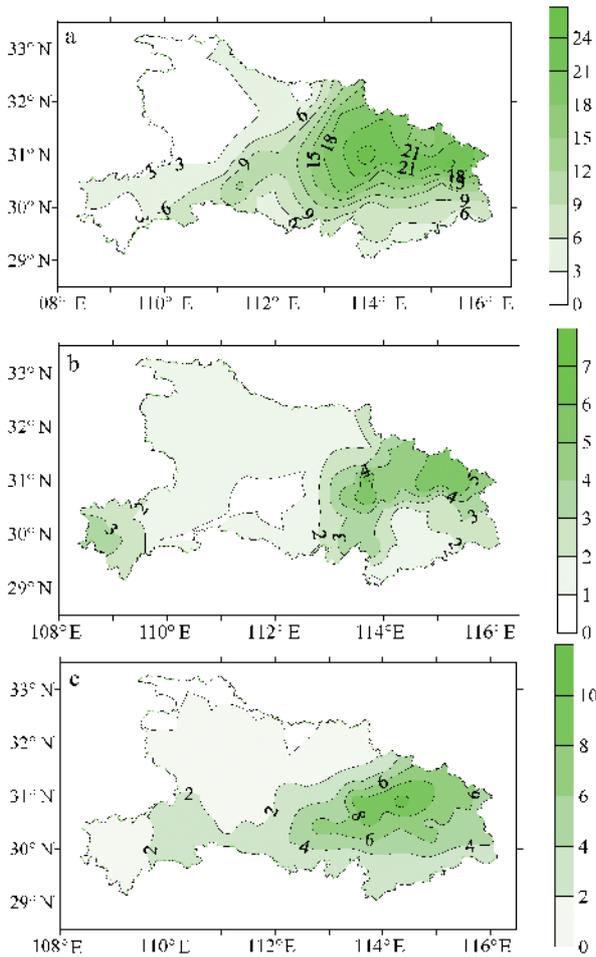


图 2 3 种类型暴雨频次(阴影)分布
(a 为类型 I, b 为类型 II, c 为类型 III, 单位: 次)

表 2 3 种类型鄂东北极端强降水站数、日极端降水量统计

统计量	类型 I	类型 II	类型 III
极端站数最大值/站	12	7	10
极端站数最小值/站	3	3	3
极端站数平均值/站	5.6	4.8	6.2
日极端降水量最大值/mm	242.9	188.1	178.6
日极端降水量最小值/mm	50.2	50.1	51.8
日极端降水量平均值/mm	79.6	73.1	82

2.2 天气背景特征

对 68 例极端强降水的天气形势统计分析发现, 中低层有明显的低涡、切变线、低空急流, 高空为辐散场。另外环流形势稳定, 有利于降水系统长时间维持, 形成强的累积雨量, 尤其是类型 III 和类型 I,

这从极端降水量平均值的大小可以看出。

3 种类型高空 500 hPa 为东高西低的形势(图 3), 朝鲜半岛到日本高度场异常度中心为 2, 平均副高强度由大到小分别为类型 II、类型 I、类型 III, 异常强的副高可以为鄂东北输送充足的水汽, 同时使南支槽东移缓慢, 利于降水长时间维持, 其中类型 II 东北地区有冷槽或冷涡, 其后对应地面冷高压, 类型 III 北支槽后 NW 气流与南支槽前 SW 气流交汇于鄂东北, 中层冷平流叠加于低层暖平流之上, 增加层结不稳定, 利于上升速度增大。3 种类型鄂东北均位于低层异常发展的南风气流左侧, 南风异常度中心 > 4, 类型 I 受暖切影响, 类型 II、类型 III 位于冷切尾部辐合区。强降水前 1 d, 3 种类型地面均为异常发展的暖低压。春季出现一段持续性、大范围的明显增温时, 预示着将有一次明显的降水过程^[19]。强降水当日类型 I 在长江流域有强烈发展的暖倒槽, 海平面气压异常度中心 < -3, 倒槽左侧常有弱冷空气渗透; 类型 II 暖低压已东移南压, 西北冷高压异常度中心 > 5, 鄂东北处于冷空气前沿, 海平面气压偏离气候平均态约 1 σ ; 类型 III 中东部为暖低压控制, 范围较类型 I 更广, 海平面气压异常度中心 < -2, 鄂东北气压梯度不大, 冷空气不明显。

2.3 物理量异常度特征

将研究个例的物理量异常度按 $|N| \geq 2$ 的标准(其中中低层水汽通量散度、散度和垂直速度物理量取 $N \leq -2$, 其他物理量取 $N \geq 2$)统计为异常, 异常比例 $\geq 85\%$ 的物理量(表 3)为: 前 1 d 低层经向风、当日低层露点和比湿、整层可降水量、低层水汽通量散度、高层和低层散度、中低层垂直速度、低层涡度、 k 指数。当日低层经向风、500~850 hPa 温度、温度平流、涡度平流异常比例 $\leq 80\%$ 。这说明鄂东北大多数春季极端强降水与低层水汽、中低层动力和不稳定度的异常密切相关。这是由于春季强降水过程, 低层常有强烈发展的低涡切变, 易导致低层辐合和高层辐散异常、中低层垂直速度异常, 如 850 hPa 涡度异常比例为 96%, 850~925 hPa 散度异常比例 > 91%, 200 hPa 散度异常比例为 87%, 400~850 hPa 垂直速度异常比例 > 94%; 同时由于低层低涡切变南侧的南风气流异常强盛, 使水汽输送通道通畅, 因此水汽因子异常比例大, 如低层水汽含量和整层水汽含量异常比例约为 90%, 925 hPa 水汽通量散度异常比例为 96%。

类型 I 和类型 III 的物理量异常比例与总个例的比例相近。类型 II 的 500 hPa 露点、700 hPa 水汽

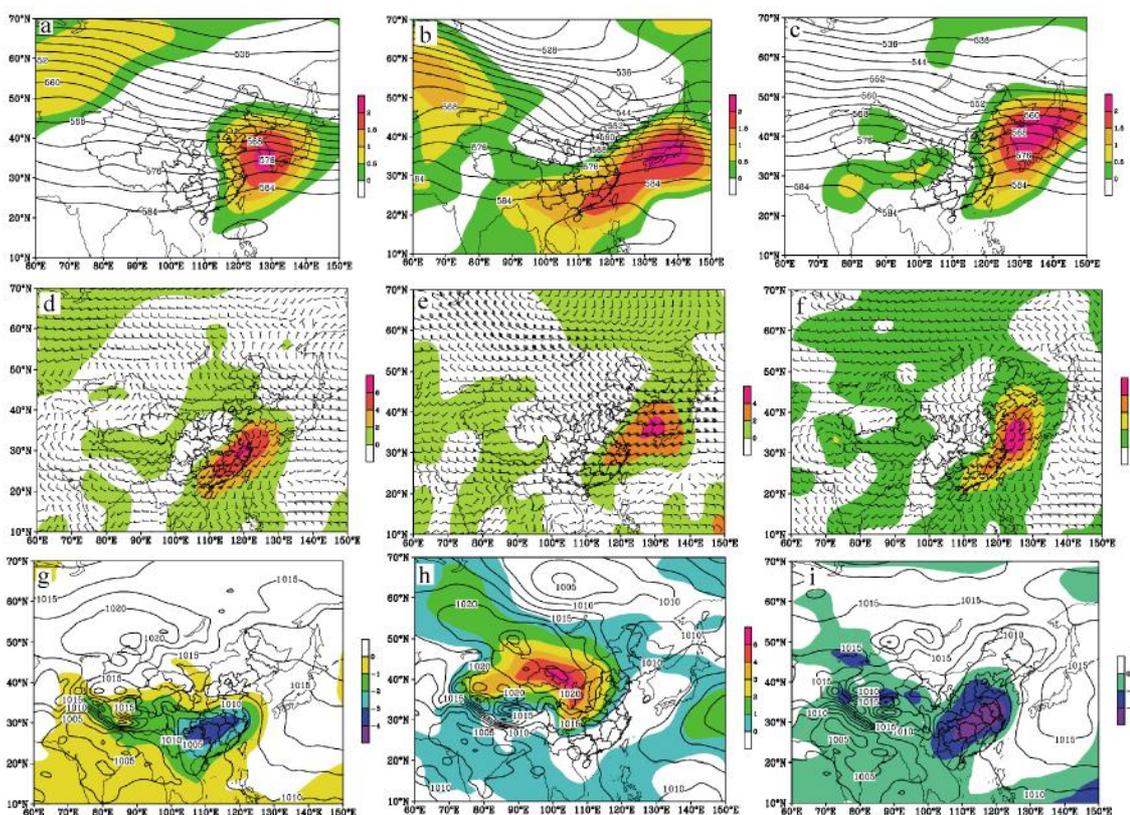


图3 3种类型各层平均场和异常度(阴影),500 hPa位势高度平均场(a、b、c,等值线,单位:dagpm),
 低层风矢量平均场和经向风异常度(d、e、f),海平面气压平均场(g、h、i,等值线,单位:hPa)
 (a、d为850 hPa,g为类型I,b、e为700 hPa,h为类型II,c、f为850 hPa,i为类型III)

表3 3种降水类型有关物理量异常度统计特征

物理量	总个例 异常 比例/%	异常比例/%			平均异常度			物理量	总个例 异常 比例/%	异常比例/%			平均异常度		
		类型 I	类型 II	类型 III	类型 I	类型 II	类型 III			类型 I	类型 II	类型 III	类型 I	类型 II	类型 III
400 hPa 垂直速度	97	98	100	100	-6	-6	-6	700 hPa 露点	90	96	90	75	3	3	2
500 hPa 垂直速度	97	98	100	100	-6	-6	-6	850 hPa 比湿	90	100	50	92	4	1	3
925 hPa 水汽通量散度	96	100	90	92	-12	-4	-6	925 hPa 涡度	90	93	90	83	7	4	4
700 hPa 垂直速度	96	98	100	92	-7	-5	-5	850 hPa 露点	88	100	40	92	3	1	3
850 hPa 涡度	96	100	100	83	7	4	5	200 hPa 散度	87	91	80	83	5	3	4
600 hPa 垂直速度	94	96	100	92	-7	-6	-6	925 hPa 垂直速度	85	93	80	67	-5	-3	-2
850 hPa 垂直速度	94	98	90	92	-8	-6	-5	K 指数	85	96	50	83	3	1	3
前1 d 700 hPa 经向风	93	96	80	100	4	3	4	700 hPa 涡度	84	84	90	83	4	4	5
前1 d 850 hPa 经向风	93	98	70	100	4	3	5	850 hPa 水汽通量散度	82	87	70	83	-7	-1	-4
整层可降水量	93	100	70	92	4	2	3	500 hPa 露点	79	87	90	50	3	3	2
925 hPa 散度	93	100	80	83	-10	-7	-6	925 hPa 露点	76	87	20	92	3	1	3
700 hPa 比湿	91	98	90	75	4	3	3	925 hPa 比湿	76	87	20	92	3	1	3
850 hPa 散度	91	93	100	83	-8	-7	-6	700 hPa 水汽通量散度	68	64	90	67	0	-1	-1

通量散度异常比例显著大于另外两型,但受冷空气影响,850 hPa 以下水汽含量和水汽通量散度、整层可降水量等物理量异常比例和平均异常度显著小于另外两型,使类型 II 极端降水量平均值小于另外两型。

3 典型个例雨量实况及天气形势

挑选 1970 年 5 月 28 日、1993 年 5 月 13 日、2000 年 5 月 25 日个例分别作为类型 I、类型 II、类型 III 对应的典型个例。

1970 年 5 月 28 日,鄂东北出现 4 站大暴雨、8

站暴雨,安陆降水量 242.9 mm 最大,前 12 h(20 时—次日 08 时)、后 12 h(08—20 时)降水量分别达 122.5、120.4 mm。28 日 500 hPa 华北高压脊 N 为 2,移动缓慢,鄂东北受缓慢移动的南支槽前西南气流影响。27 日夜间 850 hPa 西南急流与华北高压底部偏东急流均加强,急流核 $>20 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$,在湖北北部形成强辐合,28 日 08 时鄂西北弱冷空气侵入,斜压性增强,襄阳南部有低涡生成^[20],并向东北移动,安陆位于低涡右前方约 9 h。28 日鄂东北位于地面倒槽左侧,由于西南低空急流的暖平流输送,地面气压进一步降低,异常度 $N < -4$,同时有冷空气向鄂东北渗透(图 4a)。

1993 年 5 月 13 日,鄂东北出现 3 站大暴雨、4 站暴雨,黄陂降水量 122.8 mm 最大,前 12 h、后 12 h 降水量分别为 111.5、11.3 mm。13 日 500 hPa 东部大洋上有异常强的带状副高, N 为 3,588 dagpm 线达到湖南—江西—浙江南部,鄂东北位于副高西北侧的南支槽前,暖湿气流沿副高外围向鄂东北及下游地区输送,贝加尔湖脊 N 为 2,脊前强冷空气沿偏北气流南下。12 日 20 时 850 hPa 最大风速 $>20 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 的偏南急流与偏北强冷空气形成强烈辐合。冷锋前常出现锋前热低压^[21],12 日鄂东北处于地面狭长的暖低压中,海平面气压 $N < -2$,北方有强冷空气堆积,等压线梯度大,13 日随着强冷空气南下,在鄂东北地区冷暖激烈交汇(图 4b)。

2000 年 5 月 25 日,鄂东北出现 6 站大暴雨、4 站暴雨,黄冈降水量 163.0 mm 最大,前 12 h、后 12 h 降水量分别为 60.6、102.4 mm。500 hPa 上,25 日副高较强,东北地区到日本高压脊 N 为 4,河套地区北支槽后西北气流与缓慢东移的南支槽前西南气流交汇于鄂东北地区。25 日 02 时 850 hPa 偏南急流加强北界达到湖北东南部,急流核 $>20 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$,东北地区到日本高压后部的东南急流加强到达河南东南部,两支急流在湖北东部形成强烈辐合,同时宜昌南部

有低涡生成。25 日地面暖低压强烈发展,倒槽伸展至皖北,中心异常度 $N < -7$ (图 4c)。

3 种类型 500 hPa 天气形势稳定,类型 I 和类型 III 低空偏东急流对西南急流有阻挡作用,有利于西南急流与偏东急流之间的强辐合带持续,使降水长时间维持^[22]。3 种类型强降水分别分布于地面倒槽及左侧、冷锋前沿和暖低压中心附近。

4 典型个例物理量及降水落区分析

4.1 水汽、动力条件

1970 年 5 月 28 日鄂东北 925 hPa 比湿、水汽通量散度、850 hPa 垂直速度异常度 N 分别为 4、-9、-9。27 日 20 时—28 日 16 时安陆 900 hPa 以下均有明显的水汽辐合,辐合时间约 20 h,其中 15 h 位于倒槽左侧偏东气流中(图 5a)。28 日 11 时开始安陆位于低涡右前侧,低层水汽辐合增强,13 时达最强。

1993 年 5 月 13 日鄂东北 850 hPa 比湿、925 hPa 水汽通量散度、850 hPa 垂直速度异常度 N 分别为 2、-2、-5。12 日 20 时—13 日 00 时黄陂 900 hPa 以下有明显的水汽辐合,13 日 00 时近地层转为偏北风,水汽转为辐散,冷垫之上水汽辐合持续,其中 12 日 23 时冷暖交汇时水汽辐合达最强(图 5b)。

2000 年 5 月 25 日鄂东北 925 hPa 比湿、水汽通量散度、850 hPa 垂直速度异常度 N 分别为 3、-9、-10。24 日 20 时—25 日 18 时黄冈 850 hPa 以下有明显的水汽辐合,低层水汽辐合时间约 22 h,且 25 日 00 时前后、14 时前后暖切和低涡移近黄冈时,水汽辐合高度达到 600 hPa(图 5c),低层水汽辐合时间长,且达到较高的高度,为强降水提供了有利的水汽条件。14 时后黄冈位于 500 hPa 弱波动前、低涡右前侧,地面为中尺度辐合中心,水汽辐合达最强。

类型 I 和类型 III 地面为暖倒槽和暖低压控制,

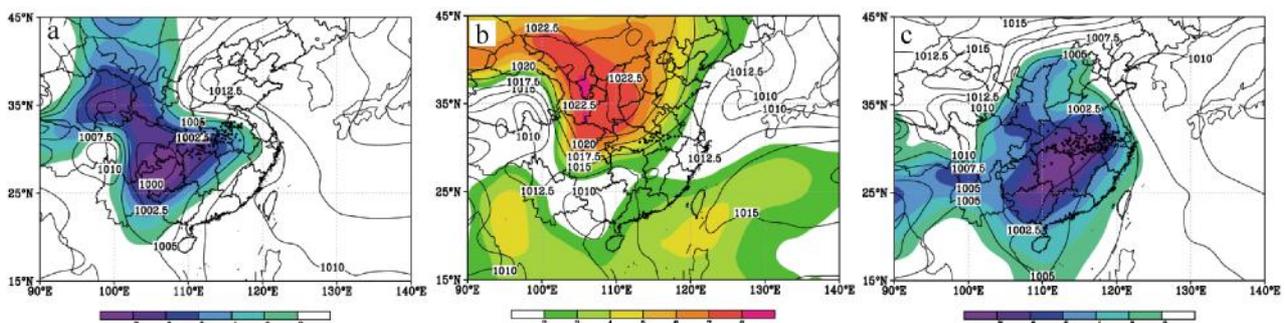


图 4 海平面气压场(等值线,单位:hPa)和异常度(阴影)

(a 为 1970 年 5 月 28 日,b 为 1993 年 5 月 13 日,c 为 2000 年 5 月 25 日;图中黑点为暴雨站点)

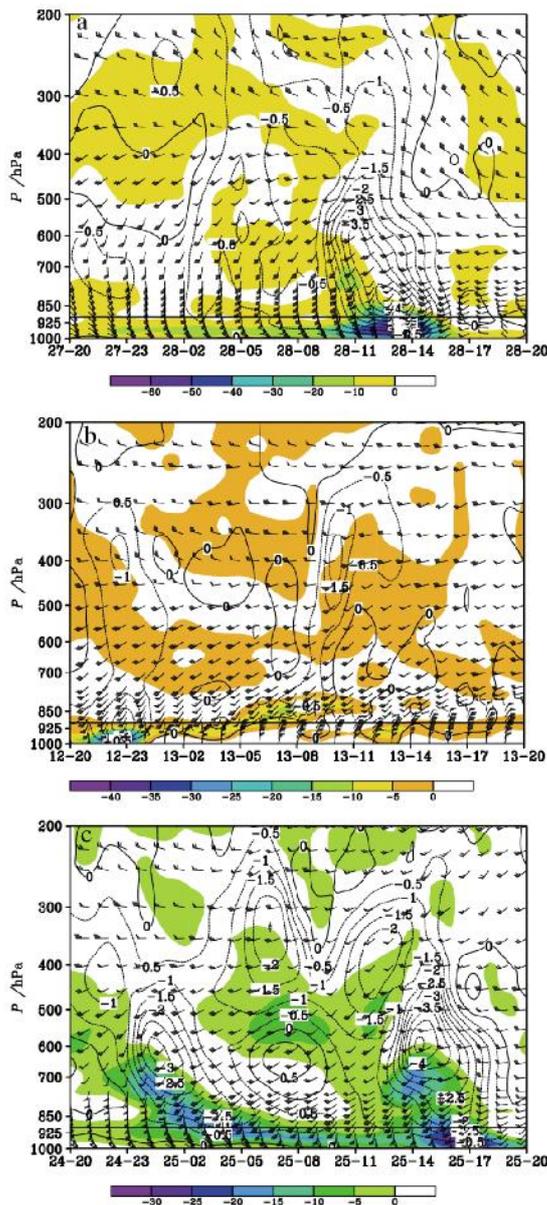


图5 水汽通量散度(阴影,单位: $10^8 \text{g} \cdot \text{hPa}^{-1} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)、垂直速度(等值线,单位: $\text{Pa} \cdot \text{s}^{-1}$)、水平风矢量
时间—高度分布
(a为1970年5月28日安陆,b为1993年5月13日黄陂,
c为2000年5月25日黄冈)

低层持续较长时间的暖平流对应于水汽辐合和上升运动。类型II低层水汽含量、水汽辐合、中低层垂直速度异常度及水汽辐合持续时长均小于另外两型,使其降水量小于另外两型。

4.2 物理量异常度与强降水落区

张萍萍等^[23]通过研究发现极端降水的落区不仅与相关气象因子本身可能达到的阈值有关,而且与气象因子异常度可能达到的阈值有关^[24]。选取异常比例大且|MI|平均值大的物理量:低层水汽通量散度

(类型I和类型III为925 hPa,类型II为700 hPa)、850 hPa垂直速度作为研究强降水落区的物理量。

3种类型鄂东北及周边为低层水汽通量散度和850 hPa垂直速度异常度绝对值之和的大值区(图6)。类型I地面倒槽及左侧925 hPa水汽辐合异常度中心与强降水落区有较好的对应关系,类型II冷锋前沿700 hPa水汽辐合异常度中心附近有强降水,类型III暖低压中心为925 hPa水汽辐合和850 hPa垂直速度异常度中心,与强降水落区对应。

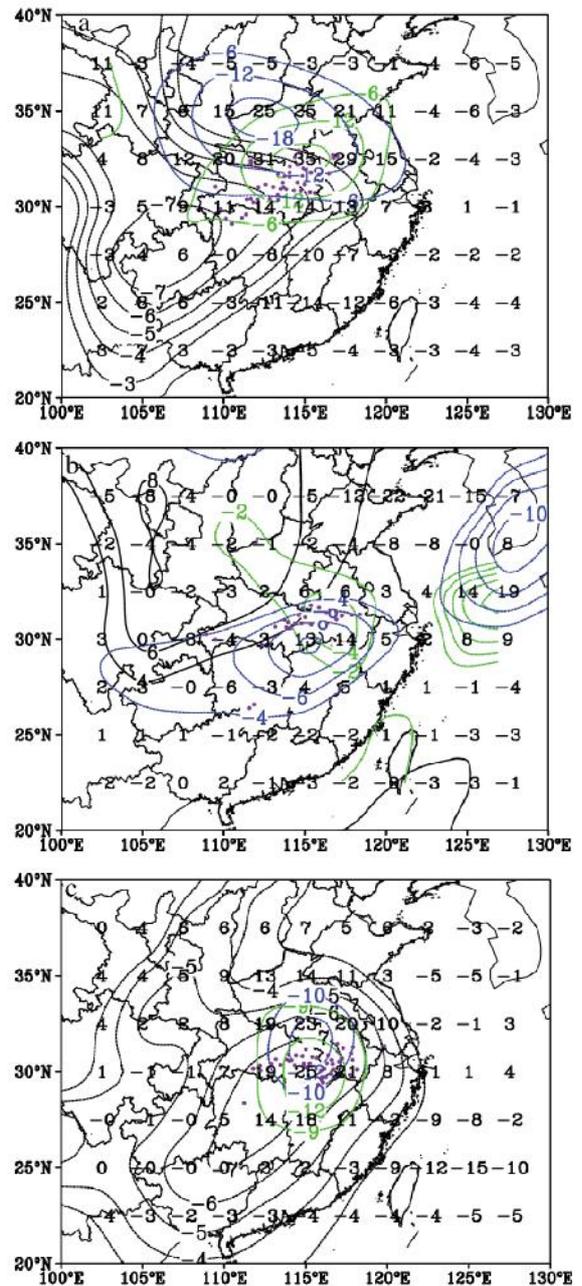


图6 强降水落区(紫点)与物理量异常度(等值线)
(a为1970年5月28日,b为1993年5月13日,c为2000年5月25日;数值为异常度绝对值之和,黑色为海平面气压,绿色为低层水汽通量散度,蓝色为850 hPa垂直速度)

5 结论与讨论

对1961—2020年鄂东北春季极端强降水进行分类对比分析,研究其环流背景异常度,分析天气系统异常、物理量配置与降水落区关系,主要结论如下:

(1)近30年3—4月极端强降水较前30年增多,约80%研究个例为湖北周边3省或以上的区域性暴雨一大暴雨,鄂东北发生暴雨频率高。

(2)依据地面环流形势分类,鄂东北春季极端强降水有3大类,分别为地面倒槽型、冷锋前沿型、暖低压型。

(3)3种类型极端强降水过程500 hPa南支槽均东移缓慢,在湖北以东、东北地区到日本有异常强的高压或高压脊,形成东高西低的形势,使降水持续时间长。850 hPa偏南急流异常强盛,鄂东北处于暖切或冷切尾部辐合区。强降水发生前地面均有暖低压异常发展,为强降水提供有利的环境条件。

(4)鄂东北大多数春季极端强降水与低层水汽、中低层垂直速度的异常密切相关。冷锋前沿型边界层水汽含量、水汽辐合和中低层垂直速度异常度及水汽辐合持续时长均小于其他两型,极端降水量平均值为3种类型最小。

(5)3种类型鄂东北及周边为低层水汽通量散度和垂直速度异常度绝对值之和的大值区。

由于本文所用到的气候态为 $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$ 分辨率资料,仅能对极端降水发生的背景及大致落区提供一定参考,更为精细的结果有待于今后对上述各类天气形势下的中小尺度系统用高时空分辨率资料进行更为深入的分析。

参考文献:

- [1] 童金,魏凌翔,张娇,等.安徽省春季暴雨气候特征统计分析[J].暴雨灾害,2016,35(6):504-510.
- [2] 张熙,马丽,冷亮,等.近45 a 济宁地区春季暴雨气候特征及天气概念模型[J].暴雨灾害,2016,35(5):482-488.
- [3] 孙兴池.地面倒槽暴雨的形成机制研究[J].海洋气象学报,2018,38(3):39-46.
- [4] 鲁坦,徐文明,俞小鼎,等.2003—2014年河南春季暴雨特征及影响系统分析[J].气象与环境科学,2017,40(2):92-99.
- [5] 侯淑梅,张立,党文升.2009年5月山东春季大暴雨落区诊断与中尺度特征分析[J].暴雨灾害,2010,29(3):231-238.
- [6] 肖安,许爱华.2016年华南地区一次大暴雨过程的空报原因分析[J].暴雨灾害,2018,37(2):124-134.
- [7] 热孜瓦古·孜比布拉,吕新生,王鹏飞,等.2020年春季新疆西部一次极端暴雨成因分析[J].沙漠与绿洲气象,2021,15(3):20-28.
- [8] 王宁,马梁臣,霍也.一次爆发性气旋引发东北地区暴雨成因分析[J].气象与环境学报,2022,38(3):19-28.
- [9] 翁之梅,周雪君,甘晶晶,等.浙江省春季不同类型暖区天气降水特征[J].干旱气象,2021,39(5):766-774.
- [10] 王春玲,张一平,崔力,等.豫东北一次春季大暴雨的环境条件与中尺度特征分析[J].暴雨灾害,2022,41(1):76-85.
- [11] 武汉中心气象台.湖北天气预报手册[M].武汉:湖北气象局,1988:81-83.
- [12] 贺程程,金琪.一次春季寒潮暴雨天气过程的诊断分析[J].湖北气象,2006(3):18-20.
- [13] 李世刚,梁涛,彭盼盼,等.“07·5”湖北大暴雨的中尺度系统及降水成因分析[J].暴雨灾害,2007,26(3):230-235.
- [14] 舒斯,韩芙蓉.2013年初夏湖北两次低涡暴雨对比分析[J].沙漠与绿洲气象,2016,10(4):59-66.
- [15] 黄思先,王保,翟红楠.2019年5月湖北东部一次大暴雨过程诊断分析[J].沙漠与绿洲气象,2021,15(3):38-45.
- [16] 熊秋芬,姜晓飞,鞠英芹,等.湖北省三次春季暴雨过程水汽来源与输送特征分析[J].气象科技进展,2022,12(3):25-33.
- [17] 韦惠红,牛奔,刘希文,等.春季两次东移型西南涡云系的发展演变特征[J].干旱气象,2017,35(3):456-464.
- [18] GRUMM R H, HART R. Standardized anomalies applied to significant cold season weather events: Preliminary findings[J]. Wea Forecasting, 2001, 16(6): 736-754.
- [19] 侯建忠,王秀成,宁志谦,等.2004年春季两次增温过程及降水的对比分析[J].气象科学,2007,27(3):323-328.
- [20] 张家国,王珏,吴涛,等.长江中游地区极端降水主要天气系统类型分析[J].暴雨灾害,2018,37(1):14-23.
- [21] 朱乾根,林锦瑞,寿绍文,等.天气学原理和方法[M].3版.北京:气象出版社,2000.
- [22] 钟敏,车钦,张蒙蒙,等.华中区域极端降水天气形势及物理量异常度特征[J].气象,2020,46(4):503-516.
- [23] 张萍萍,孙军,车钦,等.2016年湖北梅汛期一次极端强降水的气象因子异常特征分析[J].气象,2018,44(11):1424-1433.
- [24] 张萍萍,钟敏,董良鹏.湖北省两类典型极端降水过程气象因子异常特征对比[J].海洋气象学报,2022,42(1):23-31.

the Characteristics of Three Kinds of Typical Extreme Precipitation in Northeast Hubei in Spring

LUO Jinfang, WU Juntao, JIANG Min, ZHANG Huijuan
(Xiaogan Meteorological Bureau, Xiaogan 432000, China)

Abstract Based on the analysis of precipitation data from 1961 to 2020, in conjunction with NCEP/NCAR and ERA5 datasets, the study examines the correlation between the area of precipitation, the abnormality of the weather system, and physical quantities related to spring's extremely heavy precipitation events in northeast Hubei. The research categorizes and compares the relationship, yielding the following findings: (1) Three primary scenarios typify instances of extremely heavy precipitation: ground inverted trough, cold front, and warm low-pressure systems. Across all three types, the 500 hPa south branch trough moves sluggishly eastward. Abnormally robust high-pressure systems or high-pressure ridges are observed from the eastern regions of Hubei and northeast China to Japan. The interplay of the eastern high-pressure system and western low-pressure conditions contributes to prolonged precipitation. Additionally, the 850 hPa southerly jet exhibits exceptional strength, positioning northeast Hubei in the zone of shear convergence. Before the onset of heavy precipitation, abnormal ground heating and the development of low pressure create a conducive environment for the occurrence of extremely heavy precipitation. (2) The majority of spring's extremely heavy precipitation in northeast Hubei demonstrates a close association with anomalies in low-level water vapor and low-level vertical velocity. Particularly, the northeastern and surrounding areas of Hubei manifest an extensive area characterized by the summation of the absolute values of low-level water vapor convergence and vertical velocity anomalies.

Key words spring; extremely heavy precipitation; abnormal degree