

张萍萍,孙军,车钦,等,2018.2016年湖北梅汛期一次极端强降雨的气象因子异常特征分析[J].气象,44(11):1424-1433.

2016年湖北梅汛期一次极端强降雨的气象因子异常特征分析*

张萍萍¹ 孙 军² 车 钦¹ 董良鹏¹
钟 敏¹ 陈 璇¹ 张蒙蒙¹ 张 宁³

1 武汉中心气象台,武汉 430074

2 国家气象中心,北京 100081

3 湖北省气象局,武汉 430074

提 要: 利用 NCEP/NCAR 再分析逐日资料和其他常规观测资料,对 2016 年湖北省梅雨期一次罕见极端强降水过程气象因子的异常特征进行分析。结果表明:异常的高低纬度环流形势配合,为此次极端降水过程的发生提供了有利的环流背景。500 hPa 副热带高压较气候平均值显著偏强,有利于副热带高压西侧水汽输送加强,使得低层南风距平较气候平均值异常偏强;850 hPa 低涡强烈发展配合 200 hPa 分流区的形成,导致垂直方向上动力抬升也表现出一定的异常性;此外对该过程中极端降水站点上空的气象因子分析发现,水汽因子(PW)、不稳定因子(K 指数)和动力因子(850 hPa 散度)绝对值均比气候平均值偏高了 1.5 个 σ 以上,并且超过历史相关统计值的上四分位值。最后给出了此次过极端强降水过程的天气概念模型及气象因子异常度的定量配置图。

关键词: 极端强降水,异常特征,标准化距平,定量配置图

中图分类号: P456,P458

文献标志码: A

DOI: 10.7519/j.issn.1000-0526.2018.11.005

Analysis on Abnormal Characteristics of Meteorological Factors During an Extremely Heavy Rainfall in 2016

ZHANG Pingping¹ SUN Jun² CHE Qin¹ DONG Liangpeng¹ ZHONG Min¹
CHEN Xuan¹ ZHANG Mengmeng¹ ZHANG Ning³

1 Wuhan Central Meteorological Observatory, Wuhan 430074

2 National Meteorological Centre, Beijing 100081

3 Hubei Meteorological Service, Wuhan 430074

Abstract: Based on NCEP/NCAR reanalysis data and other conventional observation data, the abnormal characteristics of meteorological factors during an extremely heavy rainfall process in 2016 were analyzed. The results showed that the extremely heavy rainfall was a direct result of atmospheric circulation anomalies. The 500 hPa subtropical high was stronger than the climatic mean, which was conducive to the strengthening of water vapor transport, leading to stronger southerly normalized anomaly. The 850 hPa strong vortex development and 200 hPa shunting area formation contributed to the vertical uplift anomaly. By further analyzing the abnormal meteorological factors over the extremely rainfall sites, we found the

* 湖北省气象局科技基金项目(2017Z02)、中国气象局预报员专项(CMAYBY2018-046)和公益性行业(气象)科研专项(GYHY201306011)共同资助

2017年5月9日收稿; 2018年9月17日收修定稿

第一作者:张萍萍,主要从事短期暴雨及极端降水天气预报分析研究. Email:zpp7117@126.com

通信作者:孙军,主要从事灾害性天气预报研究. Email:sunjun@cma.gov.cn

absolute values of precipitable water, K index and 850 hPa divergence were higher than the climatic mean values for 1.5σ , and also higher than upper quartile of historical data. Finally, synoptic conceptual model and quantitative configuration diagram of abnormal meteorological factors were built based on above researches.

Key words: extremely heavy rainfall, abnormal characteristics, normalized anomaly, quantitative configuration diagram

引 言

近些年来,随着全球气候变暖,导致大气环流异常。各种极端天气气候事件频发,造成气象灾害损失非常严重,特别是极端降水事件时有发生,它不仅导致土地积水、河道漫溢、农田毁坏、房屋倒塌,还会引发山洪、滑坡、泥石流、渍涝等次生灾害。2016 年是典型厄尔尼诺次年,极端降水事件多发,其中湖北省就发生了典型的梅雨期极端降水事件。2016 年入梅以来湖北省共出现了多轮区域性强降水,雨强大,范围广,极端性强,导致汛情险、灾情重,影响巨大。据统计,整个汛期湖北省有 27 县(市)出现极端日降水事件,7 站日降水量突破历史极值,3 站日降水量达到百年一遇,其中,仅 6 月 30 日至 7 月 1 日的强降水过程就有 3 站日降水量突破历史极值。

国内外关于极端降水的研究主要围绕以下三个方面:(1)极端降水的时空分布特征和变化趋势。如钱维宏等(2007)利用多年平均逐日降水资料分析指出我国极端强降水有增多的趋势。杨金虎等(2008)认为中国年极端降水事件的主要模态分布在江淮北部、湖南、四川西南部及西藏和新疆西部地区。李正泉等(2018)利用 CMIP5 模式对杭州市极端降水趋势进行了评估。(2)极端降水气候或大尺度环流背景影响分析。如 Cavazos(1999)认为阿留申低压、北太平洋高压及 ENSO 可能是巴尔干半岛冬季极端降水的影响因子。Jones(2000)研究发现印度洋的低纬地区发生东风或西风异常、MJO 强,则极端降水次数增多。张永领和丁裕国(2005)研究了我国东部极端降水和北太平洋海温的遥相关,发现太平洋海温异常是影响我国降水异常的关键因素之一。江漫和漆良波(2016)对极端台风降水的气候特征进行了分析,建立了极端降水台风综合指数。赵洋洋等(2013)对一次极端降水中环流形势极端性进行了客观分析。肖递祥等(2017)对四川盆地极端暴雨的基本气候特征进行了分析。高荣等(2018)对 2016、

1998 年中国降水极端特征进行了对比分析。(3)极端降水事件的天气学及中尺度系统分析。如针对 2012 年 7 月 21 日北京极端降水事件一些学者做了分析,方翀等(2012)、孙继松等(2012)、湛芸等(2012)分析了此次极端降水过程的中尺度对流条件和特征、太行山脉的地形增幅作用和中尺度环境条件,孙军等(2012)则从降水效率、水汽、上升运动等方面探讨了此次极端降水的成因。另外,符娇兰等(2017)、陈涛等(2017)对 2016 年 7 月 19 日华北极端降水的相关天气特征进行了分析。

综合以上分析发现,学者们对于极端降水的气候方面研究较多,对于极端降水的天气成因方面研究较少,已有的研究主要集中于“7·21”和“7·19”典型个例的研究,而业务上对极端降水的预报无论主、客观方面都还比较欠缺。比如在 2016 年 6 月 30 日至 7 月 1 日湖北强极端降水预报过程中,EC 和 GRAPES 全球模式预报降水量级与实况相比均偏小,强降水带偏西,湖北省预报员主观预报降水量级与实况相比偏小,数值模式和主观预报对于这次极端降水可能达到的强度均估计不足。基于此,本文从极端强降水事件中气象因子所呈现的异常特征方面,对 2016 年梅汛期 6 月 30 日至 7 月 1 日罕见的极端降水事件进行分析,探讨导致其形成的关键因子,以为湖北省极端降水过程的预报预警服务提供有力的参考依据。

1 资料及方法

使用资料:2016 年湖北省国家气象站和区域气象站日降水资料、高空地面实况资料;气候平均态采用 1981—2012 年 NCEP/NCAR $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$ 再分析格点资料。

极端降水阈值采用日降水量 ≥ 10 mm 的子样本的第 95% 百分位的日降水量(Bonsal et al, 2001),气象因子异常度计算方法采用标准化异常度法,公式如下:

$$N = (X - \mu) / \sigma$$

式中, N 表示因子的异常度, X 为要素值, μ 为气候平均值, σ 为气候标准差, 其中实际大气的气候平均和气候标准差根据 1981—2012 年的 NCEP 再分析资料, 应用 21 天滑动平均法计算得到 (Hart and Grumm, 2001)。标准化过程使要素趋于正态分布, 根据 Hart and Grumm (2001) 对于正态分布要素, N 的绝对值达到 2.5σ 以上意味着要素值发生的频率在 $5\% \sim 16\%$, 可以说是历史上少有, 因此可用 N 值大小判定极端事件中因子的异常特征, 当然不同区域 N 的阈值也有所不同。

2 过程实况及降水极端性分析

2016 年 6 月 30 日至 7 月 1 日, 湖北省出现梅雨期最强的一次大范围大暴雨、局地特大暴雨过程, 强降水从 6 月 30 日 15 时开始, 7 月 2 日 08 时结束, 有 156 个区域站累积雨量超 250 mm (图 1a), 最大雨量达到 796.1 mm (位于黄冈红安市), 有 37 个国家基本站累积雨量超过 100 mm, 有 20 个国家基本站 24 h 雨量达到极端降水标准 (日降水量 ≥ 10 mm 子样本的第 95% 百分位), 其中有 3 个站 24 h 雨量突破 1949 年以来历史极值 (图 1b), 分别是荆门 (6 月 30 日 272.5 mm)、麻城 (6 月 30 日 285.2 mm)、江夏 (7 月 1 日 263 mm)。荆门强降水从 6 月 30 日 15 时开始, 7 月 1 日 06 时减弱, 最强时段位于 6 月 30 日 20 时前后, 最大 6 h 雨量达到 134 mm; 麻城的强降水开始于 6 月 30 日 20 时 (图 1c), 1 日 08 时前后出现降水峰值, 最大 6 h 雨量达到 196 mm; 江夏的强降水开始于 7 月 1 日 02 时前后, 一直持续到次日 08 时, 最大 6 h 雨量为 133 mm。该过程中对流类型以短时强降水为主, 加密站 (麻城天台山) 最大小时雨强达到 113.5 mm。

3 大尺度背景及天气形势特征

此次极端强降水发生初期 (6 月 30 日 20 时), 在 500 hPa 高度场上, 欧亚中高纬度西风带为两槽一脊型, 其中一脊位于贝加尔湖上空, 乌拉尔山上空为低压槽, 我国东北地区为另一较强的冷涡低槽 (图略), 高度场上呈现出负距平, 上述环流形势配置有利于东北冷槽后部冷空气南下影响湖北地区。从海平面气压场可看出 (图略), 受槽后偏北气流影响,

蒙古地区呈现出较常年同期偏强 1.5σ 的冷高压, 冷高压的发展导致湖北北部不断有比常年同期偏强的冷空气扩散南下, 同时湖北西南部有弱暖低压发展北上。在中低纬度 (图 2a), 副热带高压 (以下简称副高) 呈东西走向稳定位于华南上空, 呈现出范围较大的正距平, 表明副高强度较常年同期偏强、面积偏大, 有利于副高西侧西南暖湿气流向湖北地区输送。同时高原上有低槽东移, 移至湖北西部时出现高度场负距平, 表明低槽东移过程中加深, 强度较常年同期偏强; 到了 7 月 1 日 08 时, 北方冷槽与南方高原槽发生结合 (图 2c), 导致湖北上空低槽经向度加大, 高度场上距平负值进一步增大, 南北槽结合导致湖北上空高度场与常年同期相比显著偏低, 为此次极端强降水的发生提供了充分的中层动力条件。海平面气压场上湖北中东部暖低压发展强烈, 并呈现出低于 -2σ 的标准化距平 (图 2b), 大气不稳定性进一步增加; 7 月 1 日白天至 2 日 08 时, 500 hPa 南北槽经历结合之后产生分离 (图略), 但是由于高空槽和副高相持, 提供了相对稳定的环流形势, 同时也为极端降水的产生提供了很好的时间条件。综上所述, 异常的高低纬环流形势相互配合并稳定维持, 为湖北极端强降水事件提供了有利的环流背景。

在大尺度环流背景的影响下, 此次过程中高低层系统相互耦合为极端降水的发生发展创造了很好的环境条件 (图 2c)。低层低涡切变东移配合高层显著分流区的形成, 有利于出现强烈的垂直上升运动, 低空和超低空急流的强盛为极端降水的产生输送了充沛的水汽和不稳定能量, 而地面上稳定的梅雨静止锋的形成导致降水持续时间较长, 综合来看, 极端降水区主要位于 500 hPa 高空槽前、副高边缘、200 hPa 分流区中、低层低涡的右侧以及 850 和 925 hPa 急流轴的出口处。

4 气象因子异常特征

4.1 水汽因子

在极端强降水发生过程中, 水汽是一个非常重要的因子 (孙军等, 2012)。根据物理意义和经验, 低层大气的南风分量、整层大气可降水量 (PW) 是对极端强降水事件有指示意义的两个气象因子 (杜钧等, 2014)。本次过程中水汽来源于副高外围西南急流的输送, 从南风距平的演变看, 6 月 30 日 20 时至



图 1 2016 年(a)6 月 30 日 08 时至 7 月 2 日 08 时加密雨量图,
 (b)6 月 30 日至 7 月 1 日极端降水站点分布图(小三角为 95%分位站点,
 大三角为超过历史极值站点),(c)荆门、麻城、江夏逐 6 h 雨量

Fig. 1 (a) The observed accumulated precipitation from 08:00 BT 30 June to 08:00 BT 2 July 2016, (b) station distributions for extreme rainfall more than 95% points (small triangle) and extreme rainfall having broken historical record (big triangle) from 30 June to 1 July 2016, (c) the 6 h rainfall sequence diagram for Jingmen, Macheng and Jiangxia stations

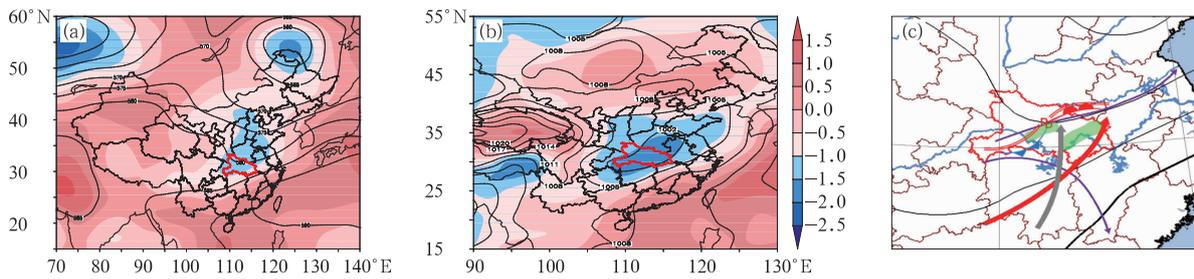


图 2 2016 年 7 月 1 日 08 时(a)500 hPa 高度场和标准化距平场,(b)海平面气压场和
 标准化距平场,(c)天气形势配置图

(图 2c 中,黑色实线为 500 hPa 流线,红色箭头为 850 hPa 急流轴,灰色箭头为 925 hPa 急流轴,
 紫色箭头为 200 hPa 分流区,红色双实线为低涡切变线,绿色阴影为极端降水落区)

Fig. 2 The 500 hPa height field and normalized anomaly (a), sea level pressure and normalized anomaly (b), weather situation configuration (c) at 08:00 BT 1 July 2016

(In Fig. 2c, black line: 500 hPa dagpm isoline, red arrow: 850 hPa jet axis, grey arrow: 925 hPa jet axis, purple arrow: 200 hPa diverging area, red double solid lines: vortex shear line, green shadow: extreme rainfall area)

7 月 1 日 08 时,对流层低层 850 hPa 上湖北省中东部出现高于气候平均值 2σ 以上的南风距平(图 3a),表明暖湿气流较气候平均态异常偏强,并且这种偏强的态势一直持续到 7 月 1 日 20 时。对应整层可降水量场上,自 6 月 30 日 20 时起,湖北省中东部开始出现 >65 mm 的可降水量大值区,对应标准化距平超过 1σ ,局部超过 2σ (图 3b),以荆门站为例,此次过程中 PW 最大达到 65.2 mm, PW 异常值最大达到 2.18σ 。为研究此次过程中 PW 及其异常值与本地气候值的对比情况,分别选取荆门站 1981—2012 年日降水量为暴雨以下量级、暴雨、大暴雨、特大暴雨四类样本作为统计对象,利用 NCEP 再分析资料,计算出荆门站上空气候 PW 值及其异常值的各种统计数值(图 3c、3d),通过对比可见,此

次过程中荆门上空 PW 值超过了所有级别降水样本 PW 的上四分位值,几乎等于特大暴雨的最大值, PW 异常值则同样超过所有级别降水样本 PW 异常值的上四分位值,再次表明了这次过程中水汽的异常性特征。从荆门站逐 6 h 雨量演变与逐 6 h 的 PW 及其异常值演变的对应关系看(图 3e、3f), PW 值在极端降水开始前存在快速增加的趋势,而在极端降水结束后迅速减弱, PW 最大值出现的时间与最强 6 h 降水出现的时间并不吻合,而 PW 异常值的演变趋势则与 6 h 降水的演变趋势极为一致,对于极端降水预报指示性更强。因此在极端降水的预报中,既要关注 PW 值的变化趋势及可能达到的最大值,又要关注 PW 偏离气候平均值的程度,以及这样一个异常度随时间的演变特征。

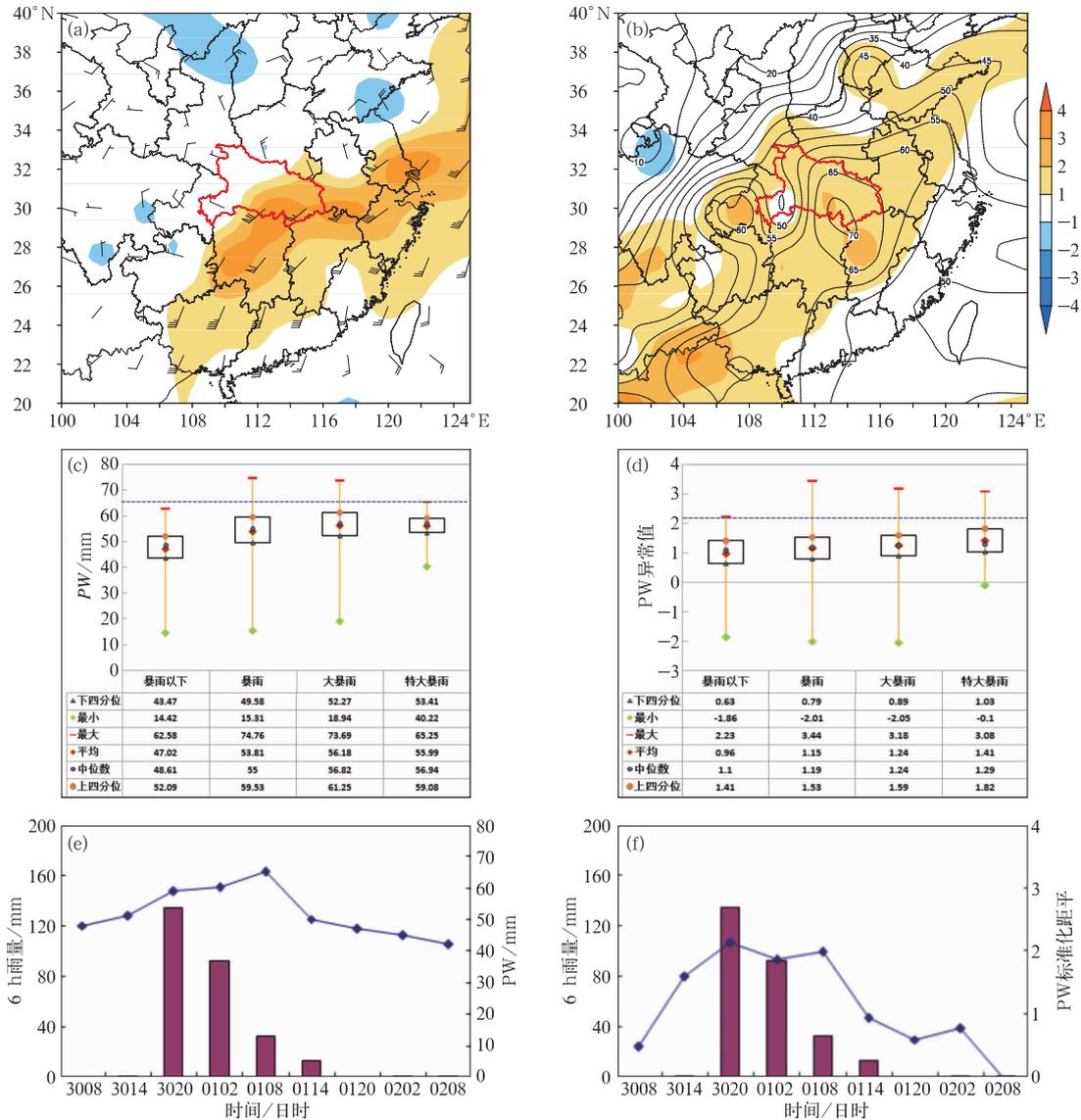


图 3 (a)2016 年 7 月 1 日 08 时 850 hPa 风场和南风标准化距平场(阴影),(b)2016 年 6 月 30 日 20 时
可降水量(实线,单位:mm)和可降水量标准化距平场(阴影),(c)荆门站可降水量最大值(虚线)
与气候统计值对比,(d)荆门站可降水量标准化距平最大值(虚线)与气候统计值对比,
(e)荆门逐 6 h 降水量序列(柱状)和 PW 演变(曲线),
(f)荆门逐 6 h 降水量序列(柱状)和 PW 标准化距平演变(曲线)

Fig. 3 (a) The 850 hPa wind and southerly wind normalized anomaly (shaded) at 08:00 BT 1 July 2016,
(b) PW (solid line, unit: mm) and PW normalized anomaly (shaded) at 20:00 BT 30 June 2016,
(c) maximum value (dotted line) and climatic statistic value of PW at Jingmen,
(d) the maximum normalized anomaly value (dotted line) and climatic statistic normalized
anomaly value of PW at Jingmen, (e) 6 h rainfall (histogram) and PW (curve) sequence diagram
for Jingmen, (f) 6 h rainfall (histogram) and PW normalized anomaly (curve)
sequence diagram for Jingmen

4.2 不稳定因子

该极端降水发生的过程中大气中存在非常好的

热力不稳定性。从武汉站 6 月 30 日 20 时探空来看(图 4a),CAPE 值达到 $1660.9 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}$,属于中等大小的不稳定能量值,7 月 1 日 08 时 CAPE 值减弱到

758 J · kg⁻¹, 随后数值逐渐减小。K 指数也是常用来表征大气稳定度的一个常用指标, K 指数的大值区通常与降水大值区吻合较好(张玉峰和张潜玉, 2015)。

本次过程中 K 指数从 6 月 30 日 20 时至 7 月 1 日 14 时则维持在 39℃ 以上, 从 6 月 30 日 20 时 K 指数以及异常值的水平情况看(图 4b), 湖北省中东部处于

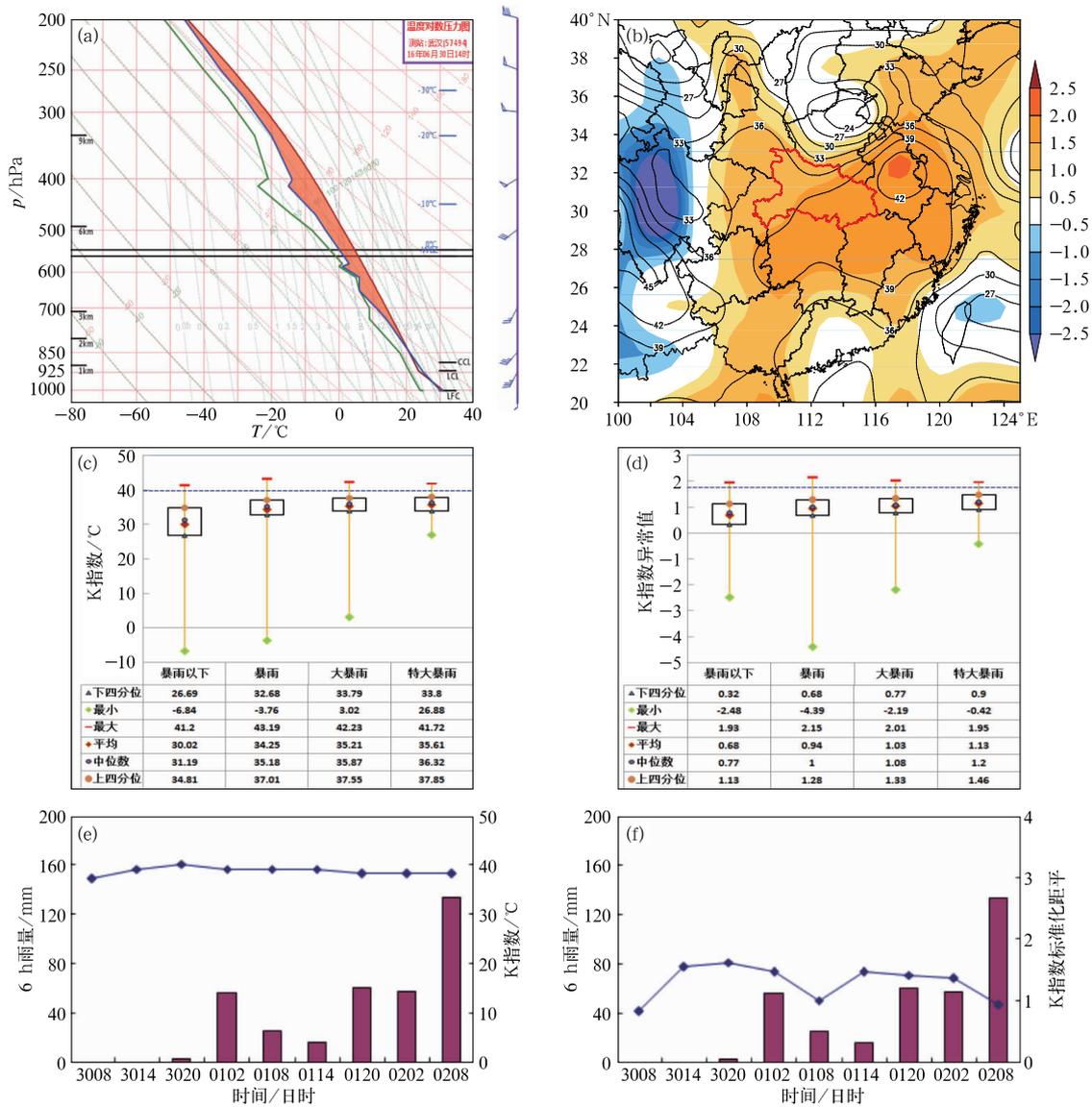


图 4 (a)2016 年 6 月 30 日 14 时武汉站探空, (b)2016 年 6 月 30 日 20 时 K 指数(实线, 单位: °C)和 K 指数标准化距平场(阴影), (c)江夏站 K 指数最大值(虚线)与气候统计值对比,

(d)江夏站 K 指数标准化距平(虚线)与气候标准化距平统计值对比,

(e)江夏逐 6 h 降水量序列(柱状)和 K 指数演变(曲线), (f)江夏逐 6 h 降水量序列(柱状)

和 K 指数标准化距平演变(曲线)

Fig. 4 (a) Sounding data at Wuhan at 14:00 BT 30 June 2016, (b) K index (solid line, unit: °C) and K index normalized anomaly (shaded) at 20:00 BT 30 June 2016 (unit: °C),

(c) maximum value (dotted line) and climatic statistic value of K index at Jiangxia,

(d) maximum normalized anomaly value (dotted line) and climatic statistic normalized anomaly value of K index at Jiangxia, (e) 6 h rainfall (histogram) and K index (curve)

sequence diagram for Jiangxia, (f) 6 h rainfall (histogram) and K index normalized

anomaly (curve) sequence diagram for Jiangxia

K 指数 $>39^{\circ}\text{C}$ 的大值区中, 该区域 K 指数偏离气候平均值达到了 1.5σ 以上。同样选取突破历史纪录的站点(江夏站)1980—2012 年日降水量位于暴雨以下量级、暴雨、大暴雨、特大暴雨四类样本作为统计对象, 利用 NCEP 再分析资料, 计算出江夏站上空气候 K 指数值及其异常值的各种统计数值(图 4c、4d), 通过对比可见, 此次过程中江夏 K 指数最大值(40°C)超过了所有级别降水样本 K 指数的上四分位值, 几乎接近于所有统计样本的最大值, K 指数异常值的最大值(1.61σ)则同样超过所有级别降水样本 K 指数异常值的上四分位值, 表明了这次过程中热力不稳定条件也具有一定的异常性。从江夏站逐 6 h 雨量演变与逐 6 h 的 K 指数及其异常值演变的对应关系看(图 4e、4f), K 指数值在强降水的发生阶段变化较平稳, 而 K 指数异常值则出现明显的 2 个波动, 对应江夏站两个降水时段, 因此在极端降水的预报中, 关注到 K 指数异常度可能达到的最大值以及其演变特征也非常重要。此外, 这次过程中低层干冷空气的侵入也使得大气不稳定性进一步增强(图略), 导致出现非常强的短时强降水天气。

4.3 动力因子

从以上分析可看出, 此次过程中已经具备了较为异常的水汽和不稳定条件, 若有某种触发条件导致水汽辐合抬升, 并触发不稳定能量的释放, 则将会进一步导致极端降水的产生。从图 2c 中天气系统的相互配置可看出, 本次过程中高低层系统的相互耦合作用非常显著, 从 6 月 30 日 20 时至 7 月 1 日 08 时, 低层 850 hPa 低涡切变逐渐东移并辐合加强, 从 7 月 1 日 02 时 850 hPa 切变及散度标准化距平可看出(图 5a), 极端降水落区上空动力辐合较气候平均值偏强 1.5σ 以上, 从 200 hPa 散度及标准化距平可看出(图 5b), 相对应极端降水落区上空动力辐散较气候平均值偏强 0.5σ 以上, 低层异常强辐合配合高层强辐散, 导致了异常强的上升运动(图略)。这样的一个强辐合程度在湖北省气候上排位如何呢? 以麻城(突破历史纪录站点之一)为例, 此次过程中 850 hPa 最小散度值达到了 $-10.1 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$, 散度标准化距平最小值达到了 -2.15σ , 从同样选取麻城站 1980—2012 年日降水量位于暴雨以下量级、暴雨、大暴雨、特大暴雨四类样本作为统计对象, 通

过对比可见(图 5c~5d), 此次过程中麻城上空 850 hPa 散度最小值低于几乎所有级别降水样本下四分位值, 并且达到特大暴雨样本最大值, 850 hPa 散度异常值的最小值则同样低于所有级别降水样本下四分位值, 表明了这次过程中动力辐合条件在历史上具有一定的异常性。从麻城站逐 6 h 雨量演变与逐 6 h 的 850 hPa 散度及其异常值演变的对应关系看(图 5e、5f), 强降水发生时段, 两个值均有明显的下降, 850 hPa 散度的最小值出现在 7 月 1 日 14 时左右, 落后于 6 h 降水最强时段(7 月 1 日 08 时前后), 而 850 hPa 散度异常度的最小值则在 7 月 1 日 08 时前后出现一个低谷值, 因此应综合利用这两个动力辐合方面的物理量来判断较强降水可能发生的时段。

5 异常气象因子配置图

通过以上分析给出此次极端强降水过程的天气概念模型如下(图 6a): 此次过程属于典型的江淮梅雨锋型强降水过程, 500 hPa 南北两槽合并后形成经向度较大的低槽, 东移过程中受到副高阻挡移动缓慢, 中低层有低涡沿着江淮切变线向东移动, 低涡东侧有强盛的低空和超低空急流发展, 为强降水发生提供了充沛的水汽条件, 地面上前期暖低压发展强盛, 后期有冷空气南下, 形成稳定少动的梅雨静止锋, 200 hPa 上分流区的形成进一步增强垂直上升运动。

本次过程虽然属于常见的梅雨锋型强降水过程, 但是在强降水发生过程中, 由于各种气象因子表现出较气候平均值显著偏强的异常特征, 因此导致了突破历史极值的强极端降水的产生, 图 6b 给出此次过程中各种因子的异常度定量配置。在此次强极端降水产生的过程中, 极端降水上空 200 hPa 散度超过气候平均值 0.5σ 以上; 500 hPa 高度场上, 极端降水区域上空高空槽区域高度场低于气候平均值 -0.5σ 以上, 强降水右侧副高区域高度场超过气候平均值 1.0σ 以上; 环境场因子方面: PW 超过气候平均值 2.0σ 以上, K 指数超过气候平均值 1.5σ 以上, 850 hPa 散度负值低于气候平均值 1.5σ 以上; 海平面气压场上极端降水上空暖低压低于气候平均值 -1.0σ 以上, 暖低压北侧冷高压高度场高于气候

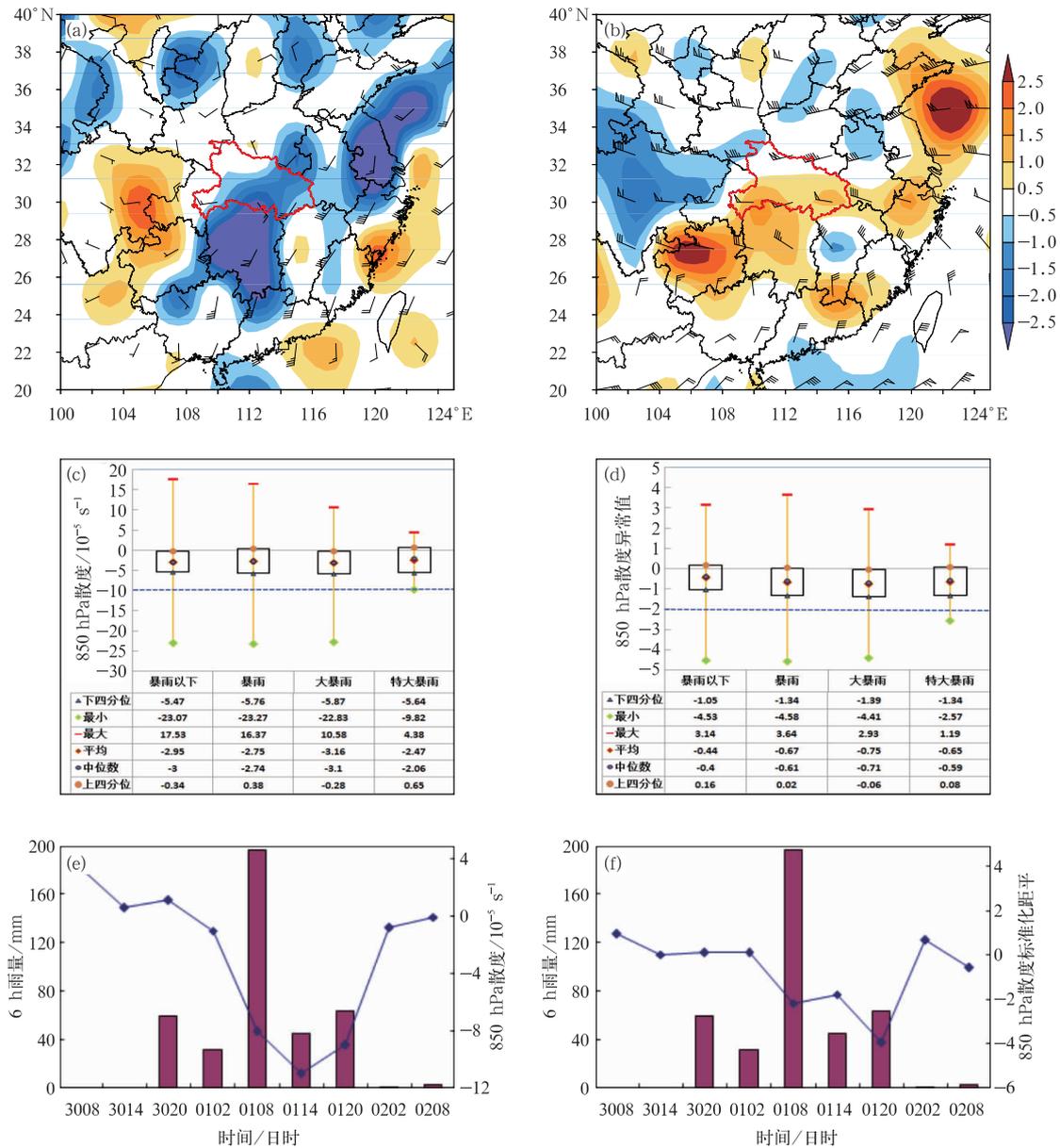


图 5 2016 年 7 月 1 日 02 时(a)850 hPa,(b)200 hPa 风场和散度标准化距平场(阴影); 麻城站(c)850 hPa 散度最小值(虚线)与 850 hPa 散度气候值对比图, (d)850 hPa 散度标准化距平(虚线)与 850 hPa 散度气候标准化距平值对比图, (e)逐 6 h 降水量序列(柱状)和 850 hPa 散度演变(曲线),(f)逐 6 h 降水量序列(柱状)和 850 hPa 散度标准化距平演变(曲线)

Fig. 5 The 850 hPa (a) and 200 hPa (b) wind and divergence normalized anomaly (shaded) at 02:00 BT 1 July 2016, (c) minimum value (dotted line) and climatic statistic value of 850 hPa divergence at Macheng, (d) divergence normalized anomaly value (dotted line) and climatic statistic normalized anomaly value of 850 hPa divergence at Macheng, (e) 6 h rainfall (histogram) and 850 hPa divergence (curve) sequence diagram for Macheng, (f) 6 h rainfall (histogram) and 850 hPa divergence normalized anomaly (curve) sequence diagram for Macheng

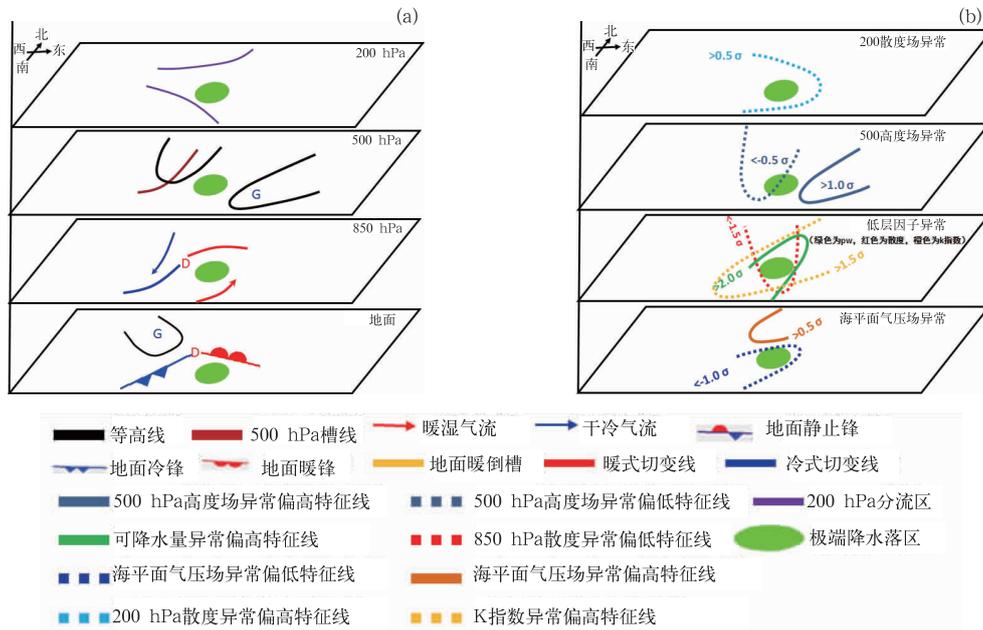


图 6 2016 年 6 月 30 日至 7 月 1 日 (a) 极端降水过程天气概念模型和 (b) 异常因子定量配置图

Fig. 6 (a) Weather conceptual model diagram of extreme heavy rainfall, (b) quantitative configuration diagram of abnormal factors from 30 June to 1 July 2016

平均值 0.5σ 以上, 综上所述, 在此次过程中, 水汽因子、不稳定因子、动力因子均表现出一定的异常性和极端性。

6 结 论

本文通过对 2016 年 6 月 30 日至 7 月 1 日极端强降水事件发生过程中气象因子异常特征进行分析, 得出如下结论:

(1) 这是一次由于南北槽结合使得湖北上空低槽经向度加大并东移加强的过程, 高度场和海平面气压场均表现为异常偏低。在深厚的低槽的动力引导作用下, 低层低涡强烈发展, 导致低层动力辐合异常偏强, 同时 200 hPa 分流区的形成导致垂直方向上动力抬升与常年同期相比显著偏强。低层低空急流的强烈发展南风距平表现出明显异常, 而副高的稳定少动, 则导致降水持续时间较长, 进一步促使极端降水量的加大。

(2) 通过对极端强降水站点上空的气象因子异常特征做更深入的分析, 发现本次极端降水过程中, 突破历史极值的极端降水站点上空水汽因子 (PW)、不稳定因子 (K 指数) 和动力因子 (850 hPa 散度) 绝对值均比气候平均值偏高了 1.5σ 以上, 并

且超过站点上空 1981—2012 年日降水量位于暴雨以下量级、暴雨、大暴雨、特大暴雨四类样本个例相关物理量值的上(下)四分位值, 因此从气象因子的定量分析来看, 同样表现出一定的极端性。

通过以上分析, 在今后的极端降水预报业务中, 可根据气象因子异常度的相关特征对极端降水可能发生的区域做出事先判断, 因此具有一定的实际应用价值。然而在极端降水发生的过程中, 除了大尺度和天气尺度气象因子表现出的异常特征之外, 中尺度系统的演变特征和地形抬升作用也起到非常重要的作用, 在今后的工作中需要做进一步的分析和总结。

参 考 文 献

- 陈涛, 林建, 张芳华, 等, 2017. “16·7” 华北极端强降水过程对流尺度集合模拟试验不确定性分析[J]. 气象, 43(5): 513-527.
- 湛芸, 孙军, 徐珺, 等, 2012. 北京 721 特大暴雨极端性分析及思考 (一) 观测分析及思考[J]. 气象, 38(10): 1255-1266.
- 杜钧, Grumm R H, 邓国, 2014. 预报异常极端高影响天气的“集合异常预报法”: 以北京 2012 年 7 月 21 日特大暴雨为例[J]. 大气科学, 38(4): 685-699.
- 方琳, 毛冬艳, 张小雯, 等, 2012. 2012 年 7 月 21 日北京地区特大暴雨中尺度对流条件和特征初步分析[J]. 气象, 38(10): 1278-1287.

- 符娇兰,马学款,陈涛,等,2017.“16·7”华北极端强降水特征及天气学成因分析[J].气象,43(5):528-539.
- 高荣,宋连春,钟海玲,2018.2016 年汛期中国降水极端特征及与 1998 年对比[J].气象,44(5):699-703.
- 江漫,漆良波,2016.1959—2012 年我国极端降水台风的气候特征分析[J].气象,42(10):1230-1236.
- 李正泉,宋丽莉,梁卓然,等,2018.杭州市降水特征及极端降水趋势预估[J].气象,44(6):781-789.
- 钱维宏,符娇兰,张玮玮,等,2007.近 40 年中国平均气候与极值气候变化的概述[J].地球科学进展,22(7):673-684.
- 孙继松,何娜,王国荣,等,2012.“7.21”北京大暴雨系统的结构演变特征及成因初探[J].暴雨灾害,31(3):218-225.
- 孙军,湛芸,杨舒楠,等,2012.北京 721 特大暴雨极端性分析及思考(二)极端性降水成因初探及思考[J].气象,38(10):1267-1277.
- 肖递祥,杨康权,俞小鼎,等,2017.四川盆地极端暴雨过程基本特征分析[J].气象,43(10):1165-1175.
- 杨金虎,江志红,王鹏祥,等,2008.中国年极端降水事件的时空分布特征[J].气候与环境研究,13(1):75-83.
- 张永领,丁裕国,2015.我国东部夏季极端降水与北太平洋海温的遥相关研究[J].南京气象学院学报,27(2):244-252.
- 张玉峰,张潜玉,2015.2013 年 8 月 6—7 日华北大暴雨过程的诊断分析[J].气象与环境学报,38(3):114-119.
- 赵洋洋,张庆红,杜宇,等,2013.北京“7.21”特大暴雨环流形势极端性客观分析[J].气象学报,71(5):817-824.
- Bonsal B R, Zhang Xuebin, Vincent L A, et al, 2001. Characteristics of daily and extreme temperatures over Canada[J]. J Climate, 14(9):1959-1976.
- Cavazos T, 1999. Large-scale circulation anomalies conducive to extreme precipitation events and derivation of daily rainfall in northeastern Mexico and southeastern Texas[J]. J Climate, 12(5):1506-1523.
- Hart R E, Grumm R H, 2001. Using normalized climatological anomalies to rank synoptic-scale events objectively[J]. Mon Wea Rev, 129(9):2426-2442.
- Jones C, 2000. Occurrence of extreme precipitation events in California and relationships with the Madden-Julian oscillation[J]. J Climate, 13(20):3576-3587.