

三亚降水日变化特征及其影响机制

蓝欣^{1,2}, 冯箫^{1,3}

(1. 海南省南海气象防灾减灾重点实验室, 海南 海口 570203; 2. 海南省三亚市气象局, 海南 三亚 572000; 3. 海南省气象台, 海南 海口 570203)

摘要: 利用2011—2020年逐时降水数据, 研究了三亚6—10月降水日变化特征及其影响机制。结果表明: 三亚降水日变化呈双峰特征, 主峰出现在05—08时, 次峰出现在15—17时。降水日变化存在空间分布差异, 内陆山区峰值以午后为主, 沿海地区以晨峰为主。将降雨日按峰值时间分为晨峰雨日和午峰雨日, 在环流差异上, 晨峰雨日的位势高度距平场呈一致的西低东高和东南风异常, 午峰雨日则表现为在南海上空115°E附近存在一个低压异常和东北风异常; 在影响机制上, 晨峰雨日夜间存在低压异常和比湿正距平, 近地面存在持续较强的辐合, 垂直环流上存在一个深厚的上升运动系统, 是导致夜间降水发生的主要原因, 而午峰雨日夜间存在比湿负距平, 500~600 hPa垂直环流上维持一个深厚的下沉环流, 抑制了夜间降水, 午后局地风场环流导致山区附近出现持续较强的近地面辐合异常, 垂直环流上整层存在深厚的上升运动环流, 是午后降水发生的主要原因。

关键词: 降水日变化; 三亚; 晨峰雨日; 午峰雨日

中图分类号: P426.61⁺4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-0239(2024)06-0071-11

0 引言

开展降水日变化研究, 是掌握降水演变规律、改进数值模式和提高降水预测水平的重要途径之一, 有重要的理论价值和应用价值。随着现代气象观测站网的日趋完善和数值模式能力的不断提高, 高时空分辨率的气象观测资料和再分析资料为我们提供了研究区域和全球尺度降水日变化的机会。宇如聪等^[1]对中国大陆降水日变化的主要研究成果进行了详细总结。在空间分布上, 中国大陆夏季降水日变化具有明显的区域差异; 冷暖季对比显示降水日变化存在季节差异和季节内演变; 持续和短时降水事件对比表明, 二者的云结构特性和降水日峰值事件存在显著差异; 在影响机制方面, 降水日变化涉及不同尺度的山-谷风、海-陆风和大气环流的综合影响。以往关于降水日变化的研究多是全球

性的, 近年来, 针对中国特定地区和各省市的降水日变化特征得到了学者们的深入研究^[2-5]。综合来看, 各地区降水日变化表现出一定的地域依赖性, 普遍受到该区域盛行环流和地形的影响。海南岛位于中国大陆的最南端、南海的北部, 受热带季风海洋性气候影响, 夏季风和冬季风环流交替, 雨季和旱季分明, 目前对其降水日变化的研究较少。

CHEN等^[6-7]和PLOSHAY等^[8]利用热带降雨测量任务(Tropical Rainfall Measuring Mission, TRMM)3 h数据的研究结果表明, 南海北部和华南沿岸以清晨降水为主。LI等^[9]利用40年的逐小时降水数据对华南沿海地区的降水日变化进行了研究, 指出降水量在夜间—清晨达到峰值的地区主要为广西、广东沿岸以及海南岛西部和南部陆地, 其中海南岛南部夜间—清晨的降水量占总降水量的40%以上。ZHONG等^[10]针对华南暖季夜间—凌晨

收稿日期: 2023-11-20。

基金项目: 海南省气象局青年基金项目(hnqxSJ202126)。

作者简介: 蓝欣(1993-), 女, 工程师, 硕士, 主要从事降水成因分析及预报技术研究。E-mail: lxnuist@163.com

降水的分析也表明,夜间降水频数大值区出现在广西北部、两广沿岸和海南岛南部。吴名杰等^[11]对海南岛 1961—2017 年 5—10 月 20 时(北京时,下同)一次日 08 时的降雨日数统计指出,海南岛南部地区在该时段的降水日数最多,其中 6—8 月仅南部三亚、万宁和陵水地区的夜雨日数占全天降水日数的 60% 以上。ZHU 等^[12]首次系统性地研究了季风环境下低层风场和湿度场对海南岛降水日变化的影响,发现低层风速大小决定了降水的强度和空间分布,而湿度不仅影响白天降水的强弱,更决定了夜间能否形成降水。较小的风速会引起海南岛下午产生更强更广的低层风场辐合,从而造成白天降水更强,这主要是由于不同方向的海风锋发展并传播至岛内引起碰撞。夜间降水只有在高湿度环境下才能形成,且风速越大,夜间降水越强,其与边界层的惯性震荡密切相关。此外,陆风与大尺度环境风的相互作用也对夜间降水有一定的影响。

三亚作为海南岛最南部的滨海旅游城市,北靠五指山麓,南临南海,存在北高南低的地形变化,另外受海陆热力差异变化显著影响,存在海-陆风环流,因此,其小时降水特征在海南岛南部降水日变化中具有一定的代表性。除了降水日变化特征外,其相关机制也值得深入研究,例如季风和局地风环流已被证明在东亚地区的降水日变化中发挥着重要作用^[13-14],但针对海南岛南部地区降水日变化的机制研究较少,因此需要进行综合研究来检验并解释海南岛南部降水日变化的各种可能机制。

本研究利用 10 年的逐小时降水数据研究了三亚降水日变化特征,重点关注 6—10 月降水高发期,然后对其可能机制进行分析。

1 数据及方法

1.1 数据

本文使用的资料包括:①海南省气象局提供的 2011—2020 年三亚 31 个测站的逐小时降水观测资料,数据缺测率小于 5%,经过了极值检验和一致性检验。②为了研究降水日变化的可能机制,使用 2011—2020 年欧洲中期天气预报再分析中心第 5 版数据(European Centre of Medium-range Weather Forecasts Reanalysis v.5, ERA5)^[15],数据的时间分辨

率为 1 h,空间分辨率为 $0.25^{\circ} \times 0.25^{\circ}$,可用于研究大气状态的日变化^[16]。

1.2 方法

若 1 h 降水量大于 0.1 mm 则判定为有降水发生,任意时次的平均小时降水量为该时次总降水量除以该时次非缺测小时数,平均小时降水频率为该时次有降水的小时数占该时次非缺测小时数的百分比,降水强度为该时次总降水量除以该时次有降水的小时数。降水量、降水频率和降水强度的日变化演变曲线用 24 h 逐时均值除以 24 h 均值的时间序列表示,即无量纲化。

由于降水频率和强度的日变化共同影响了降水量的日变化,参考 LI 等^[17]的方法计算降水频率和降水强度的相对贡献。降水量是降水频率和降水强度的乘积,将其取对数并应用全微分,它们的关系可以表示为:

$$dPA = PI \times dPF + PF \times dPI \quad (1)$$

式中:PA 为降水量;PF 为降水频率;PI 为降水强度。在各时次分别将式(1)从 24 h 均值积分到该时次的日变化统计值,可以得到以下关系式:

$$\delta PA = \overline{PI} \times \delta PF + \overline{PF} \times \delta PI \quad (2)$$

式中: \overline{PI} 和 \overline{PF} 分别为降水强度和降水频率的 24 h 均值; δPF 和 δPI 分别为降水频率和降水强度在各时次上的日变化统计值与 24 h 均值之间的偏差; $\overline{PI} \times \delta PF$ 和 $\overline{PF} \times \delta PI$ 分别代表降水频率和降水强度的日变化对降水量日变化的贡献。

2 分析

2.1 降水日变化的基本气候特征

本节分析降水量、降水频率和降水强度的日变化特征。图 1a 表明降水量的日变化曲线呈双峰特征,且 05—08 时的峰值高于 15—17 时的峰值,对应的两个谷值分别出现在 12 时和 22 时。降水频率的日变化主峰出现在 07 时,随后减弱,下午维持在一个稳定的水平至 18 时后减弱,谷值出现在 22 时。降水强度呈现出波动变化特征,主要在 01 时、03—05 时和 16—17 时出现峰值,22 时出现谷值。图 1b 表明,降水频率和降水强度对降水量日变化的贡献会随时间变化,05—08 时的降水量峰值由高降水

频率贡献,15—17时的峰值由高降水强度贡献,22时的降水量谷值由低降水频率和低降水强度共同造成。

三亚地形北高南低,不同区域的降水日变化具有显著差异,降水量日变化峰值时间的空间分布见图2a。根据降水量峰值时间出现的时间段可将全市站点大致分为两组,一组为清晨(05—08时)的峰值,另一组为下午(15—17时)的峰值。这其中,具有下午降水峰值的站点均位于北部内陆山区附近,其余均为晨峰站点,且东南沿海地区站点的峰值时间为08时左右,较其他晨峰站点的峰值时间偏晚。降水日变化峰值的这种区域差异,可能与山区-平原的地形高度差异和海-陆下垫面差异对局地环流的影响有关。

图2b显示,具有清晨峰值的站点在午后存在一

个次峰,具有午后峰值的站点在清晨也存在一个次峰,它们对总日变化中的每个峰值都有贡献。定义所有站点平均日降水量大于0.1 mm为雨日,雨日的降水峰值时间根据站点平均降水日变化所得,分别将峰值为05—08时和15—17时的雨日定义为晨峰雨日(Early Morning Peak Rainy Days, EMP日)和午峰雨日(Afternoon Peak Rainy Days, AP日)。从图2c可见,这两类雨日的降水日变化有明显区别,每类雨日均只显示单个降水峰值。此外,对两类雨日的降水持续时间进行统计,结果表明EMP日35%的过程持续时间在6 h以下,35%的过程持续时间超过12 h,AP日有高达50%的过程持续时间在6 h以下。综上所述,EMP日和AP日可能具有不同的与降水相关的气象条件,因此具有不同的降水日变化机制。

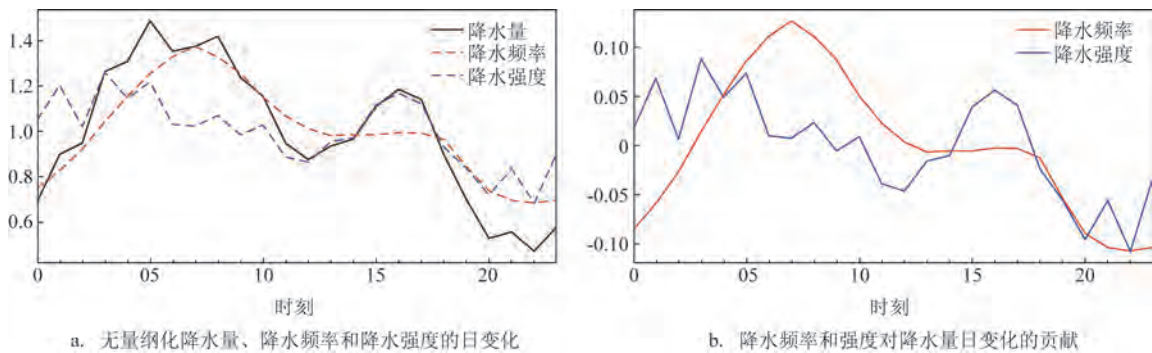


图1 三亚区域平均降水量、降水频率和降水强度的日变化曲线特征

Fig.1 Diurnal variation of dimensionless precipitation amount, precipitation frequency and precipitation intensity

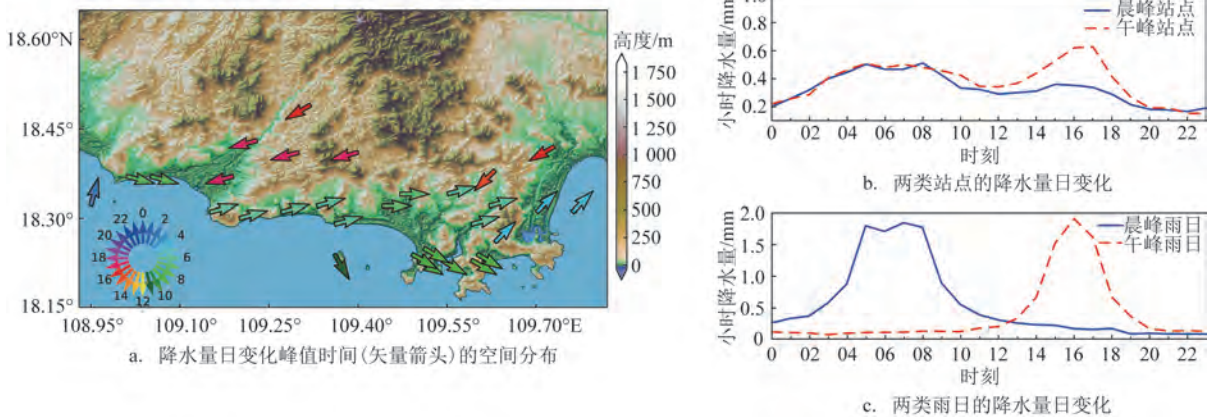


图2 降水峰值时刻空间分布特征和降水量日变化差异对比

Fig.2 Spatial distribution of the peak times of diurnal variation in precipitation amount and comparison of diurnal variation in precipitation amount

2.2 两类雨日的降水差异

分析上述两类雨日降水量和降水峰值时间的空间分布。图3表明,EMP日的降水主要发生在东南部沿岸和东北部内陆地区,AP日的降水中心则位于中部内陆地区。两类雨日降水量峰值时间的空间分布完全不同,EMP日的峰值出现在05—08时,AEP日均为15—16时。

两类雨日的降水差异与不同的环流背景有关。图4a显示,6—8月,EMP日850 hPa位势高度平均场呈西北低东南高,影响系统表现为开口朝向西北的槽,海南岛主要受西南风影响;9月,850 hPa槽位

于南海中部,背景风转为东南风;10月,位势高度平均场转为北高南低,大陆冷高压活动频繁,背景风转为偏东风。图4b显示,AP日位势高度平均场在6月同样表现为开口朝西北的槽,7—8月影响系统为华南沿海—海南岛一带东西向的槽或低压,背景风以弱偏西风为主;9月背景风转为南海气旋性环流西北侧的东—东北风,10月主要受大陆高压底部与南海低值环流北侧的东北风影响。从环流平均场来看,两类雨日在不同月份的影响系统和背景风随季节而变化。

通过分析距平场,可以进一步比较两类雨日的环流差异。如图5所示,6—10月EMP日位势高度

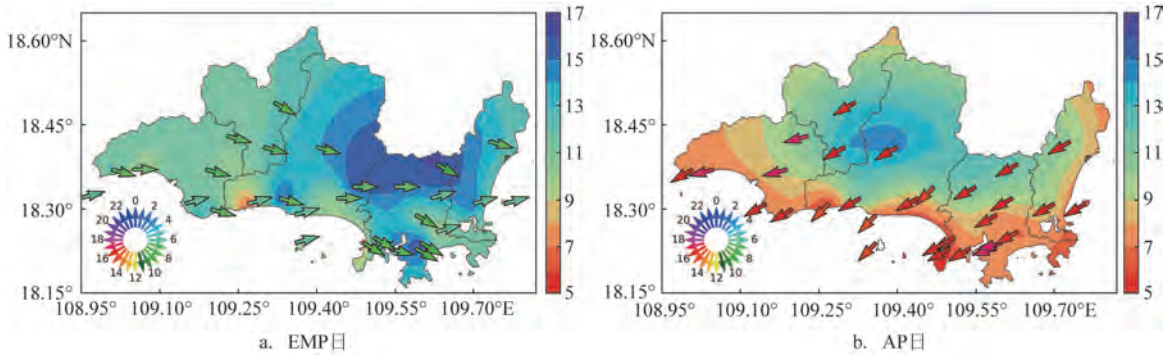


图3 两类雨日降水量(填色,单位:mm)和降水峰值时间(矢量箭头)的空间分布

Fig.3 Comparison of spatial differences in precipitation amounts (shaded area, unit: mm) and peak time (vector arrow) between two types of rainy days

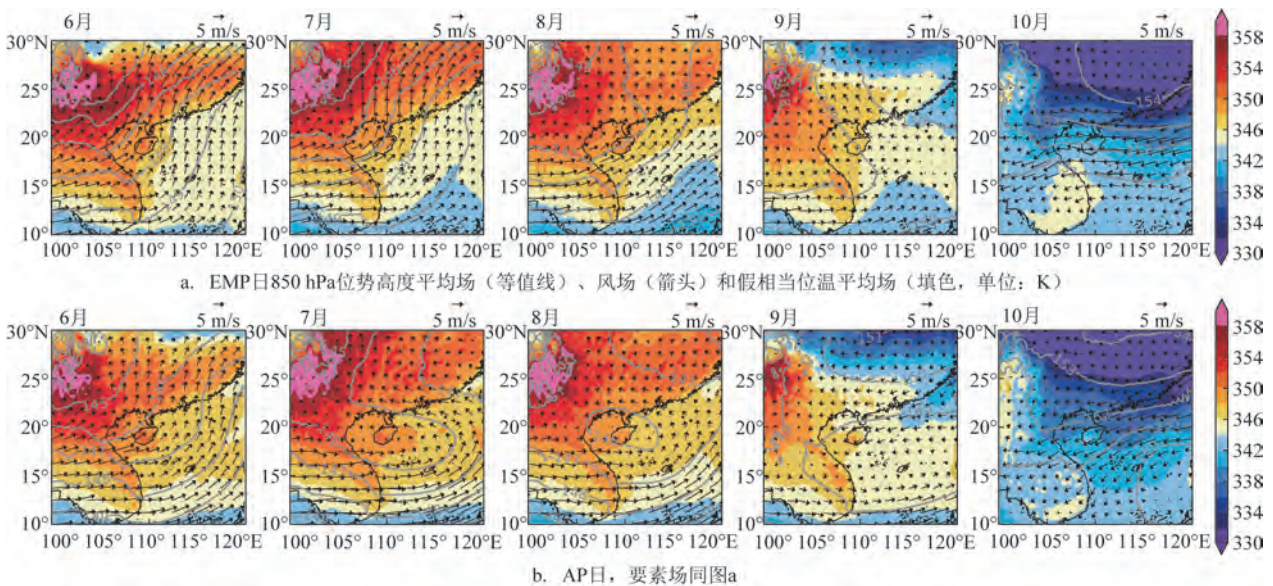


图4 两类雨日6—10月平均环流场

Fig.4 Average circulation fields of two types of rainy days from June to October

距平场在海南岛附近区域均一致表现为西低东高,对应距平风场为东南风,而AP日位势距平场在6—10月均表现为在南海上空115°E附近存在一个低压异常,由此产生东北风异常,且位势高度负距平的区域为假相当位温的正距平,三亚所在的海南岛南部的低层大气比北部更湿热。从环流距平场来看,两类雨日在不同月份的距平风场基本不随季节变化,低层东南风异常和东北风异常分别是两类雨日在不同月份不同环流背景下表现出来的一致差别。也就是说,两类降水日变化可能并不特定出现于某种影响系统下,而是出现在这两种特定的风场异常下。下一节将通过研究降水日变化与气象要素日变化之间的关系,分析两类雨日的降水日变化的可能机制。

2.3 两类雨日的降水日变化的机制分析

降水受天气尺度强迫,大尺度低层环流的日变化会影响降水日变化。EMP日和AP日850 hPa位势高度、风场和比湿的日变化见图6a和6b。02—05时,EMP日海南岛南部陆地及海面风场距平逐渐由偏南风转为西南风,05时海南岛西南部海面存在一个位势高度负距平中心,有利于加强西南风输送,08—11时风向顺转为偏西风。在这样的风场日变化下,海南岛南部比湿距平场在02—05时存在正值

中心,为夜间降水提供了有利的水汽条件,08—11时比湿正距平略有减弱。14—17时风场距平由西北风转为偏北风,比湿正距平高值区位于海南岛中部和北部,有利于北部午后降水的发生,而南部比湿正距平则相对较弱,并在20时转为负距平。AP日风场距平的变化与EMP日相似,但比湿距平变化却相反,02—05时海南岛南部的比湿呈负距平,08—11时负距平维持,不利于夜间和上午时段的降水却有利于上午太阳辐射加热地面,从而为午后提供对流热力条件。14—17时比湿正距平高值区比EMP日略偏南,且正距平一直持续到20时。

降水日变化的另一个重要机制是局地风场环流的日变化。三亚地区北高南低的地形差异和海陆下垫面差异都可能对局地的风场环流有影响。图7为EMP日和AP日近地面风场及其散度的日变化。23时—次日05时,EMP日南部沿海地区持续存在近地面辐合异常,有利于降水,相反地,辐散异常抑制了AP日这段时间的降水。11—14时,EMP日风场辐合位于海南岛西部—北部地区,AP日风场辐合偏南,位于海南岛中部—西南部地区,这些地区的午后强辐合异常与AP日降水中心相吻合(见图3b),17时后辐合异常减弱。

单独对三亚区域两类雨日不同要素场的日变化进行分析,结果见图8。00—07时,EMP日偏南风

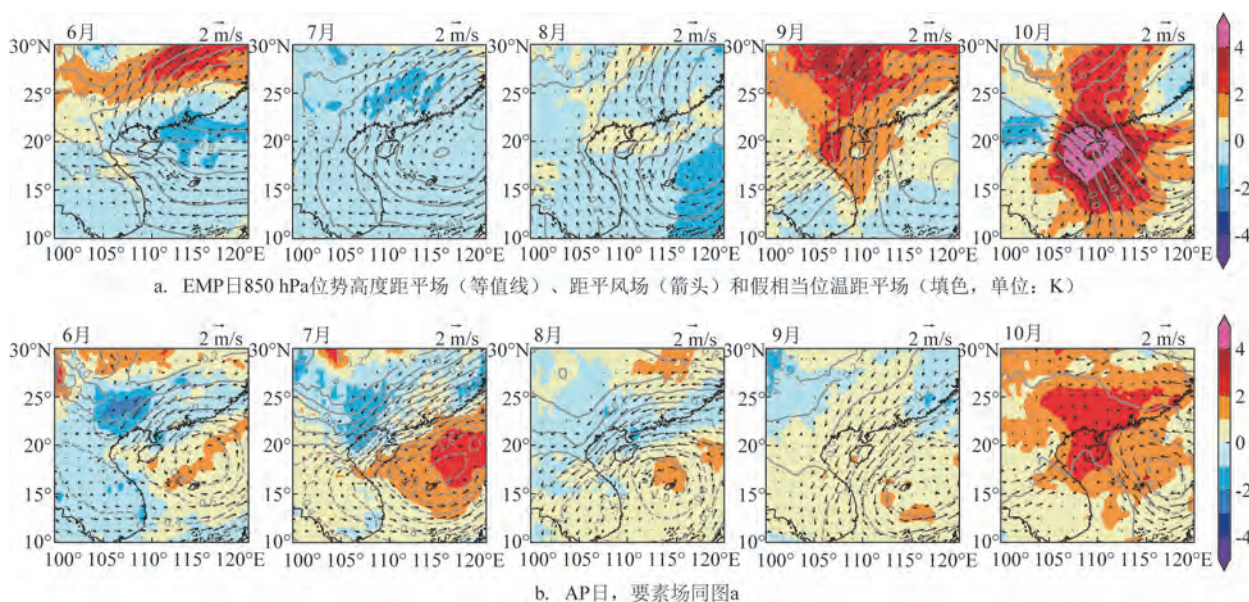


图5 两类雨日6—10月环流距平场

Fig.5 Anomaly circulation fields of two types of rainy days from June to October

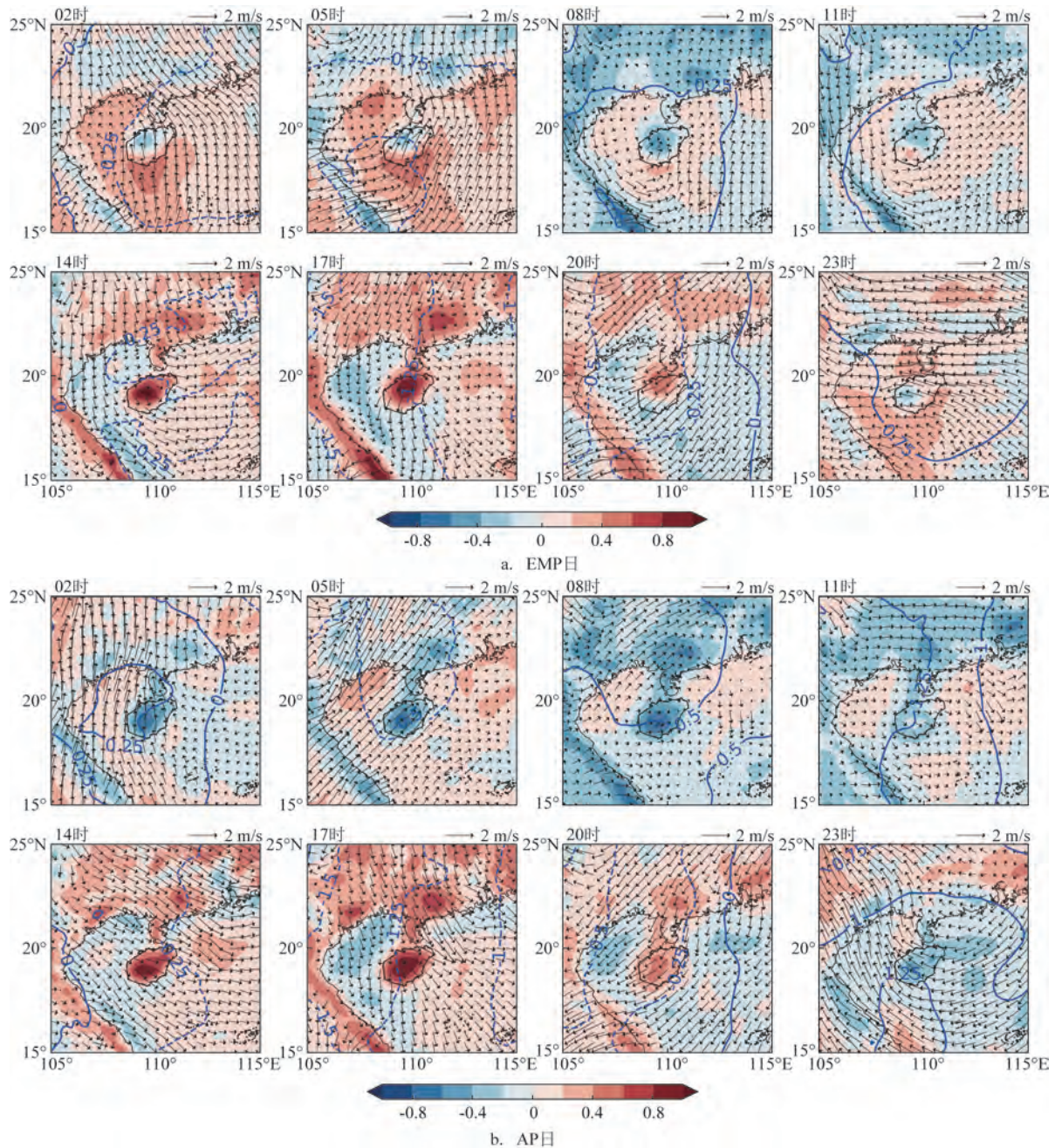


图6 两类雨日 850 hPa 位势高度(等值线)、风场(箭头)和比湿(填色,单位:g/kg)的日变化

Fig.6 Diurnal variation of geopotential height (isoline), wind vector (arrow) and specific humidity (shaded area, unit: g/kg) in 850 hPa between two types of rainy days

异常(v 风正距平)对应比湿正距平和垂直速度负距平,AP日偏南风异常则对应比湿负距平和垂直速度正距平。11—15时,AP日偏北风异常(v 风负距平)对应的比湿正距平和垂直速度负距平是EMP日的2~3倍。由此可见,三亚区域EMP日的低层偏南风夜间加速和AP日的低层偏北风午后加速与比湿

增大、垂直上升运动增强有较好的对应关系。10 m v 风正距平对应海风或上坡风(见图8c),负距平对应陆风或下坡风。00—05时,EMP日为弱的 v 风正距平,地面散度表现为持续较强的异常辐合,有利于上升运动的发展维持,而AP日 v 风距平不显著,地面表现为异常辐散。05—08时,EMP日为 v 风负

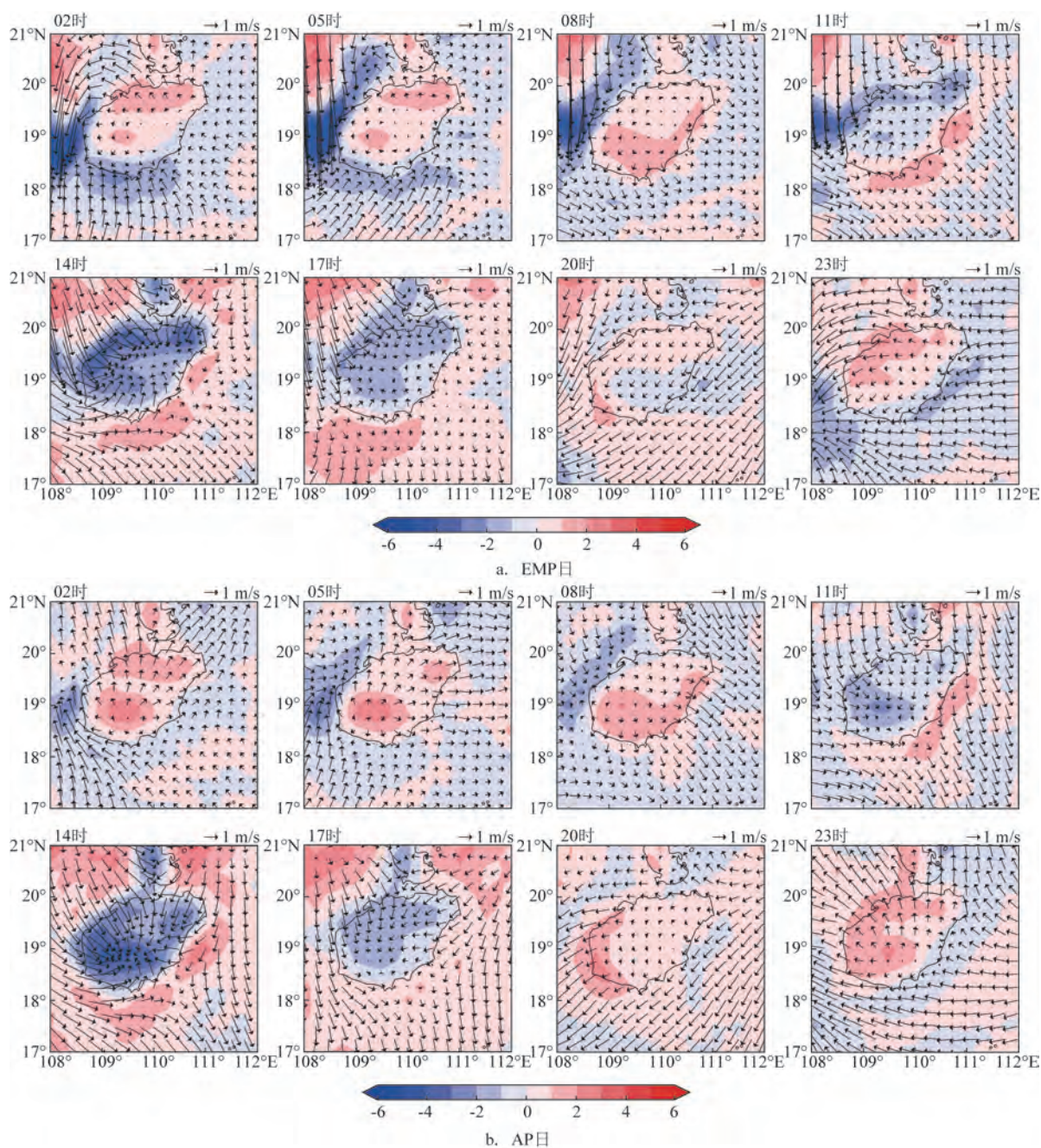


图7 两类雨日 10 m 风场(箭头)和散度(填色,单位: $10^{-4}/s$)的日变化

Fig.7 Diurnal variation of 10-m wind vector (arrow) and its divergence (shaded area, unit: $10^{-4}/s$) between two types of rainy days

距平,即陆风加强,散度由异常辐合转为辐散,结合 05—08 时散度距平区域的变化来看(见图 7a),南部沿海地区转为散度正距平的时间较内陆地区偏晚,这与沿海地区站点晨峰峰值时间多为 08 时左右、较其他晨峰站点的峰值时间偏晚的现象(见图 3b)一致,这一时段内 AP 日地面散度维持异常辐散,不利

于降水。11—17 时,两类雨日均为 v 风正距平,对应白天海风或上坡风的增强,其中 EMP 日大部分时段表现为异常辐散,而 AP 日表现为持续较强的异常辐合,有利于触发对流和维持上升运动。17—22 时,两类雨日均转为 v 风负距平且以异常辐散为主,不利于降水维持。

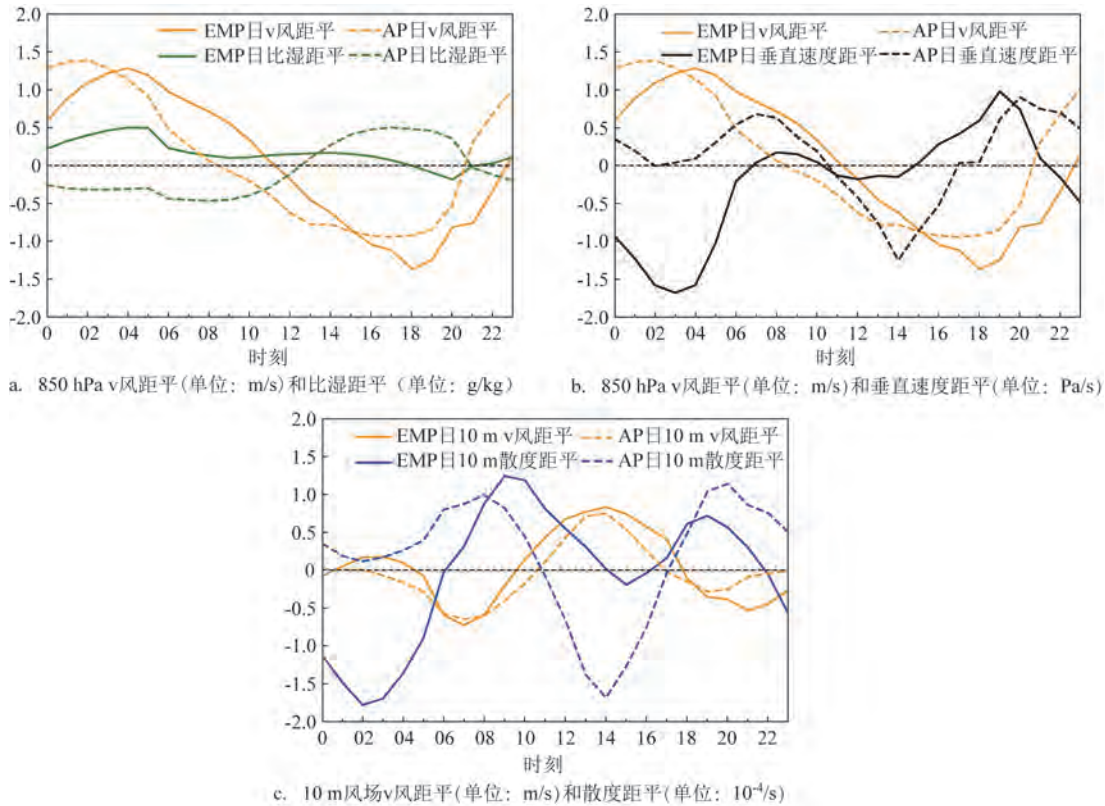


图8 两类雨日三亚区域平均各要素场的日变化

Fig.8 Diurnal variation of various elements averaged over the Sanya region for two types of rainy days

为了进一步研究三亚区域局地风环流对降水日变化的影响,图9为三亚及其沿海区域($18^{\circ}\sim 19^{\circ}\text{N}$)沿 109.25°E 的环流距平和垂直速度距平的日变化。在EMP日,一个伴随深厚上升运动的对流系统于23时一次日05时自南部海面向三亚沿海靠近,900~800 hPa和500 hPa分别存在上升运动大值中心,08时近地层转陆风环流控制,950~1 000 hPa为下沉运动。而在AP日,23时一次日05时500~600 hPa维持着一个深厚的下沉环流,抑制了夜间降水,与EMP日相比,08时陆风厚度和垂直速度正距平都更为深厚。在11—14时,受海陆热力差异,两类雨日在1 000 hPa均存在海风环流,并在山坡南侧形成了上坡风,11时900 hPa均存在垂直速度负距平,其中AP日的低层垂直风向切变更大,更有利于对流发展,14时AP日陆地区域的上升速度距平在800~900 hPa和400~500 hPa分别存在一个大值中心,深厚的上升运动区向南传播的范围较EMP日更大。17时,两类雨日中层均转为下沉环流控制,降水逐渐受到抑制,20时下沉环流更深厚,降水基本结束。

3 结论与讨论

利用10年逐小时降水资料,分析了三亚6—10月降水的日变化特征及其可能的机制。结论如下:

①三亚降水日变化有两个峰值,主峰出现在05—08时,次峰在15—17时。降水频率对降水量晨峰峰值的贡献较大,降水强度对午后峰值的贡献较大。从峰值时刻的空间分布来看,内陆山区以15—17时为主,沿海地区以05—08时为主。根据降水峰值时间将雨日分为EMP日和AP日,两类雨日具有明显不同的日变化特征和相关机制。

②两类雨日的降水空间分布差异显著。EMP日降水中心位于三亚东南部沿岸和东北部内陆地区,AP日降水中心位于中部内陆地区。

③两类雨日的环流距平场差异显著。EMP日的环流特征为位势距平场在6—10月均一致表现为西低东高和东南风异常,AP日的位势距平场在6—10月均表现为在南海上空 115°E 附近存在一个低压异

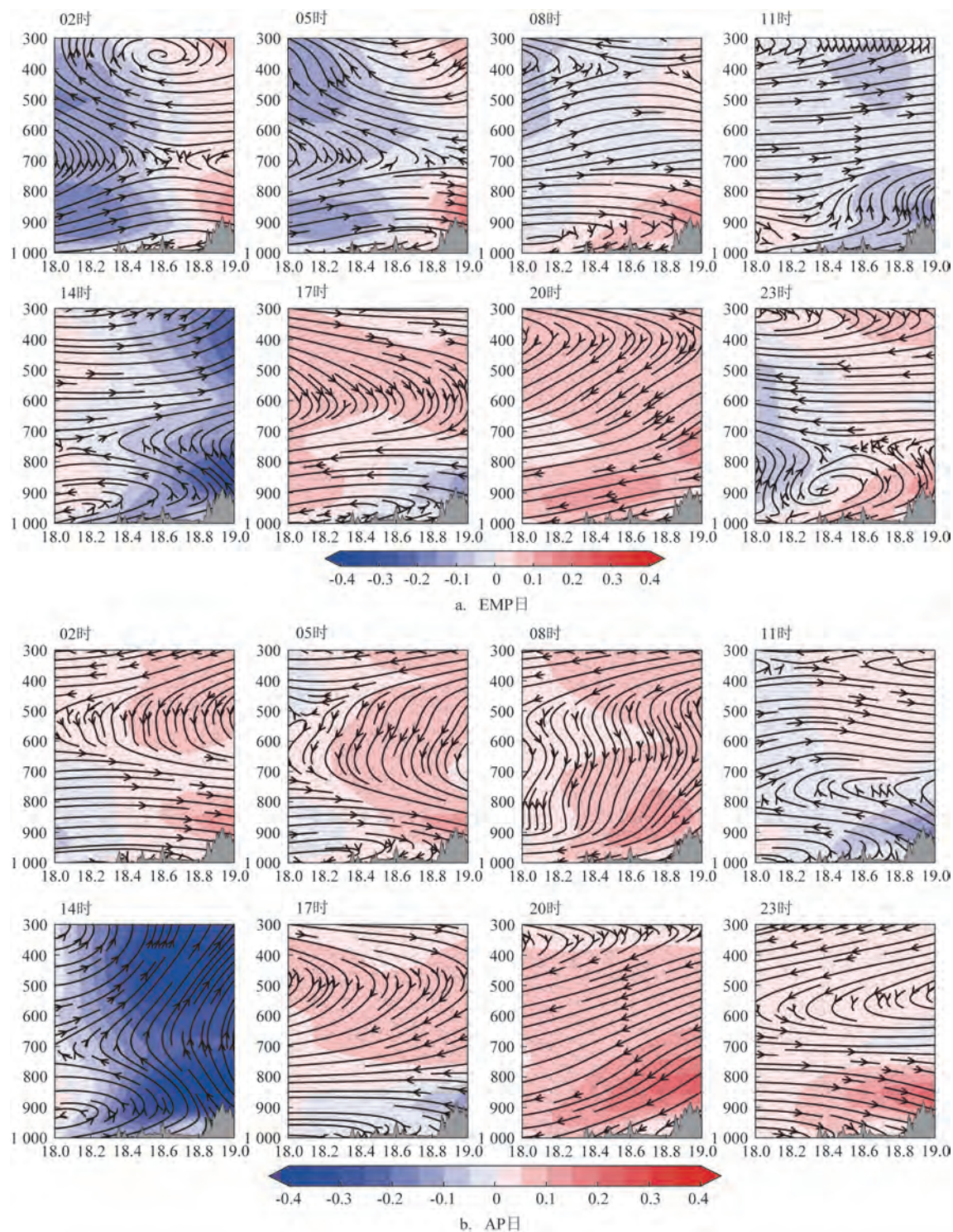


图9 两类雨日沿 109.25°E 的环流距平(流线)和垂直速度距平(填色,单位:Pa/s)的日变化

Fig.9 Anomaly fields of circulation along 109.25°E (streamline) and vertical velocity (shaded area, unit: Pa/s) in latitude-pressure cross-sections for two types of rainy days

常,由此产生东北风异常。

④在影响机制上,受低层环流日变化和地面局

地风场环流日变化的影响,两类雨日的水汽、散度、垂直运动等要素日变化存在差异。EMP 日夜间存

在低压异常,加强了低层经向风和海南岛南部地区的比湿正距平,同时近地面存在持续较强的辐合,是造成EMP日清晨降水的主要原因。垂直环流上表现为23时一次日05时一个伴随深厚上升运动的对流系统自南部海面向三亚沿海靠近并维持。AP日夜间存在比湿负距平,地面散度维持异常辐散,垂直环流上23时一次日05时500~600 hPa维持一个深厚的下沉环流,抑制了夜间降水。午后,局地风场环流导致AP日山区附近持续为较强的近地面辐合异常,垂直环流上表现为陆地区域的上升速度距平在800~900 hPa和400~500 hPa分别存在一个大值中心,深厚的上升运动区向南传播的范围较EMP日更大,有利于午后的对流触发和上升运动的维持。

本研究分析了三亚降水日变化的可能机制,但这些机制的相对重要性并未揭示。未来可以通过数值模拟研究不同机制对降水日变化的贡献并进行定量比较,以此加深对两类雨日的降水日变化的理解。

参考文献:

- [1] 宇如聪,李建,陈昊明,等. 中国大陆降水日变化研究进展[J]. 气象学报, 2014, 72(5): 948-968.
- YU R C, LI J, CHEN H M, et al. Progress in studies of the precipitation diurnal variation over contiguous China[J]. Journal of Meteorological Research, 2014, 72(5): 948-968.
- [2] 张灵玲,许遐祯,韩珏静,等. 近30a江苏夏季降水日变化的气候学特征[J]. 气象科学, 2016, 36(6): 826-833.
- ZHANG L L, XU X Z, HAN Y J, et al. Climatic features of diurnal variation of rainfall in Jiangsu province during summer for recent 30 years[J]. Journal of the Meteorological Sciences, 2016, 36(6): 826-833.
- [3] 杨萍,肖子牛,石文静. 基于小时降水资料研究北京地区降水的精细化特征[J]. 大气科学, 2017, 41(3): 475-489.
- YANG P, XIAO Z N, SHI W J. Fine-scale characteristics of rainfall in Beijing urban area based on a high-density autonomous weather stations (AWS) dataset[J]. Chinese Journal of Atmospheric Sciences, 2017, 41(3): 475-489.
- [4] LI X Z, LAU N C, LEE T C. An observational study of the diurnal variation of precipitation over Hong Kong and the underlying processes[J]. Journal of Applied Meteorology and Climatology, 2018, 57(6): 1385-1402.
- [5] 王颖,刘丹妮,张玮玮,等. 2004—2016年浙江省夏季降水的日变化特征[J]. 干旱气象, 2019, 37(1): 1-9.
- WANG Y, LIU D N, ZHANG W W, et al. Diurnal variation characteristics of summer precipitation in Zhejiang province during 2004—2016[J]. Journal of Arid Meteorology, 2019, 37(1): 1-9.
- [6] CHEN G X, SHA W M, IWASAKI T. Diurnal variation of precipitation over southeastern China: spatial distribution and its seasonality[J]. Journal of Geophysical Research: Atmospheres, 2009, 114(D13): D13103.
- [7] CHEN G X, SHA W M, IWASAKI T. Diurnal variation of precipitation over southeastern China: 2. Impact of the diurnal monsoon variability[J]. Journal of Geophysical Research: Atmospheres, 2009, 114(D21): D21105.
- [8] PLOSHAY J J, LAU N C. Simulation of the diurnal cycle in tropical rainfall and circulation during boreal summer with a high-resolution GCM[J]. Monthly Weather Review, 2010, 138(9): 3434-3453.
- [9] LI J, LI N N, YU R C. Regional differences in hourly precipitation characteristics along the western coast of South China[J]. Journal of Applied Meteorology and Climatology, 2019, 58(12): 2717-2732.
- [10] ZHONG S X, YANG S. Nocturnal-to-morning rains during the warm season in South China: characteristics and predictability[J]. Atmospheric and Oceanic Science Letters, 2020, 13(6): 527-533.
- [11] 吴名杰,陈小敏,陈秋壮,等. 海南岛晨雨日数对橡胶产量影响及其时空变化分析[J]. 江苏农业科学, 2019, 47(16): 146-149.
- WU M J, CHEN X M, CHEN Q Z, et al. Effect of morning rain days on rubber yield in Hainan Island and its temporal and spatial variation analysis[J]. Jiangsu Agricultural Sciences, 2019, 47(16): 146-149.
- [12] ZHU L, CHEN X C, BAI L Q. Relative roles of low-level wind speed and moisture in the diurnal cycle of rainfall over a tropical island under monsoonal flows[J]. Geophysical Research Letters, 2020, 47(8): e2020GL087467.
- [13] CHEN G X. Diurnal cycle of the Asian summer monsoon: air pump of the second kind[J]. Journal of Climate, 2020, 33(5): 1747-1775.
- [14] SONG Z Y, ZHANG J Y. Diurnal variations of summer precipitation linking to the topographical conditions over the Beijing-Tianjin-Hebei region[J]. Scientific Reports, 2020, 10(1): 9701.
- [15] HERSBACH H, BELL B, BERRISFORD P, et al. The ERA5 global reanalysis[J]. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, 2020, 146(730): 1999-2049.
- [16] HUANG L K, MO Z X, LIU L L, et al. Evaluation of hourly PWV products derived from ERA5 and MERRA-2 over the Tibetan Plateau using ground-based GNSS observations by two enhanced models[J]. Earth and Space Science, 2021, 8(5): e2020EA001516.
- [17] LI Z, YU W D, LI T, et al. Bimodal character of cyclone climatology in the Bay of Bengal modulated by monsoon seasonal cycle[J]. Journal of Climate, 2013, 26(3): 1033-1046.

Characteristics and mechanisms of diurnal variation of precipitation in Sanya

LAN Xin^{1,2}, FENG Xiao^{1,3}

(1. Key Laboratory of South China Sea Meteorological Disaster Prevention and Mitigation of Hainan Province, Haikou 570203, China; 2. Sanya Meteorological Bureau of Hainan Province, Sanya 572000, China; 3. Hainan Meteorological Observatory, Haikou 570203, China)

Abstract: Based on hourly precipitation data during 2011—2020, the characteristics and mechanisms of diurnal variation of precipitation in Sanya from June to October are studied. The results show that diurnal variation of precipitation in Sanya exhibits a bimodal pattern, with a primary peak at 05—08 LST and a secondary peak at 15—17 LST. Spatial distribution differences are observed in the diurnal variation, with peak values predominantly in the afternoon for inland mountainous areas and in the morning for coastal areas. Rainy days are divided into days with early morning peaks and days with afternoon peaks. In terms of atmospheric circulation, early morning peak rainfall days are featured by consistent westward low-eastward high pattern in the geopotential height anomaly along with southeaster anomaly, while afternoon peak rainfall days are featured by a low-pressure anomaly near 115°E over the South China Sea and northeaster anomaly. Regarding the influencing mechanisms, for morning peak rainfall days, there is a low-pressure anomaly and positive specific humidity anomaly at night. Continuous strong convergence is present near the surface in the Sanya region, accompanied by a deep ascending motion system in the vertical circulation, which is the primary factor leading to nighttime precipitation. For afternoon peak rainfall days, negative specific humidity anomalies are observed at night, and a deep descending circulation prevails at 500~600 hPa in the vertical circulation, suppressing nighttime precipitation. Local wind circulation in the afternoon leads to persistent strong near-surface convergence anomalies near the mountainous areas. Throughout the vertical circulation, there is a deep ascending motion circulation, serving as the main reason for afternoon precipitation.

Key words: diurnal variation of precipitation; Sanya; early morning peak rainy days; afternoon peak rainy days