

杨森,周晓珊,高杰. 辽宁省夏季降水的日变化特征[J]. 气象,2011,37(8):943-949.

辽宁省夏季降水的日变化特征^{* 1}

杨 森¹ 周晓珊¹ 高 杰²

1 中国气象局沈阳大气环境研究所,沈阳 110016
2 沈阳区域气候中心,沈阳 110016

提 要: 文章利用辽宁省 25 个气象观测站 1961—2008 年夏季 6—8 月的逐时降水自记资料,分析了辽宁省夏季降水日变化的基本特征。发现:降水日变化特征地域性较强,沿海站与内陆站存在差异。总体来说,沿海站降水量的最大值基本出现在午前 04—08 时,内陆站点则呈双峰值的形式,峰值分别出现在午前和午后,午后 14—20 时为降水量最大值出现的时间;降水频次的日变化特征和降水量基本相同;持续时间长的降水多在午前达到峰值,持续时间短的降水多在午后达到峰值;沿海站点午前的降水峰值区基本是由持续时间在 6 h 以上的长时间降水造成,内陆站点午后最大降水峰值则为持续时间 6 h 以内的短时降水,这与内陆下午对流能量强相适应。研究表明,降水日变化的存在能够影响到降水预报的评分。

关键词: 降水日变化, 夏季降水, 降水持续性

Diurnal Variations of Summer Precipitation in Liaoning Province

YANG Sen¹ ZHOU Xiaoshan¹ GAO Jie²

1 Institute of Atmospheric Environment, CMA, Shenyang 110016
2 Shenyang Regional Climate Center, Shenyang 110016

Abstract: The diurnal cycle of summer precipitation in Liaoning Province is investigated by using hourly rain-gauge data from 25 stations during 1961—2008. The results show there are strong regional characteristics of diurnal cycle and differences between coastal station and inland station. In general, the maximum precipitation amount of coastal station occurs at 04—08 BT before noon, while inland station's diurnal cycle has a form of double peak, one before noon and one afternoon, and the maximum value occurs at 14—20 BT afternoon. The maximum precipitation frequency of coastal station is before noon, while the diurnal cycle of inland station's frequency also has a form of double peak. The maximum value of precipitation with persistent 6 h or more occurs before noon, which is the reason for coastal station's peak before noon. On the other hand, the inland station's afternoon peak is attributed to the short time precipitation which is less than 6 hours and mainly caused by strong convection in the afternoon. The results also show that the diurnal cycle of precipitation can affect TS scores.

Key words: diurnal variations, summer precipitation, precipitation persistence

引 言

降水的日变化特征作为当前气候研究领域的一个热点议题,在深入认识理解降水形成机理、评估区

域气候特征以及改进气候模式模拟性能^[1]等方面都有重要作用。国内外学者就全球或局地的降水日变化特征已经进行了大量的研究工作^[2-7]。Yu 等^[8]利用 1991—2004 年中国台站自动观测降水资料,首次对中国大陆区域的夏季降水日变化特征进行了系统

^{*} 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项基金(2011IAE-CMA14)和国家自然科学基金(40875018)共同资助
2010 年 6 月 2 日收稿; 2010 年 12 月 23 日收修定稿
第一作者:杨森,主要从事数值预报业务与科研工作. Email: momoyang_sen@163.com
通讯作者:周晓珊. Email: xiaoshan_zhou@163.com

分析,指出中国夏季降水的日变化具有明显的区域性:华南和东北地区的降水日峰值出现在下午,青藏高原及其东部地区在午夜达到降水极值,长江中游地区的最大降水量出现在清晨,而江淮、黄淮地区则呈现出清晨、午后双峰并存的特征。Yu 等^[9]进一步地深入分析揭示了华东地区降水持续性与降水日变化特征之间的关系,发现降水的持续性是分离该地区两类日变化位相的关键因子。研究结果显示,长持续性降水的峰值大多位于夜间和清晨,而短持续性降水的极大值则多出现在下午或傍晚。研究表明,降水日变化的产生最根本原因是太阳辐射加热的日变化强迫产生的次级环流,如午后热对流、海陆风转换^[10-12]、山谷风转换^[13-14]等都可以造成降水日变化。

虽然许多科技工作者对中国降水日变化特征进行了较深入的分析,关于东北降水日变化特征也有所提及,但主要是针对区域性的分析,具体到辽宁地区的研究和分析则很少见。东北地区是我国纬度位置最高的区域,而辽宁省地处东北地区南部,处于温带气候带,且南邻渤海与黄海,是东北地区唯一邻海地区,拥有约 2000 km 海岸线,邻近海岸区域受到海洋与温带大陆季风的影响。因此,辽宁省的降水日变化和整个东北区域有所不同。

夏季是辽宁省降水主汛期,经常会出现暴雨甚至大暴雨等强降水过程,全省洪涝灾害多集中在此时期,各地这一时期的降水量一般占年降水总量的 60%~70%,多年平均值为 310~740 mm。其中,辽宁省西部地区与蒙古高原相接,受西风环流和西伯利亚大陆性气候影响,呈大陆性气候比较明显,是全省降水量最少、旱灾严重地区,辽河以西大部、大连南部地区夏季降水总量仅为 300~400 mm;而东部和中部地区受季风影响则呈温带大陆季风气候^[15-16],中部平原、辽东山区中北部夏季降水总量约为 400~500 mm;辽东山区南部鸭绿江流域夏季降水总量约为 500~700 mm。

本文采用了辽宁省分布均匀的 25 个站点近 40 年的逐时降水资料,对辽宁地区夏季降水日变化的长期气候特征进行分析,为深入了解辽宁省的局地气候特征提供信息及依据。

1 资料说明及分析方法

本文中所用数据由辽宁省气候中心提供,其为

25 个观测站降水自记纸记录经过数字信息化处理后得到的逐小时降水量数据,站点分布见图 1。

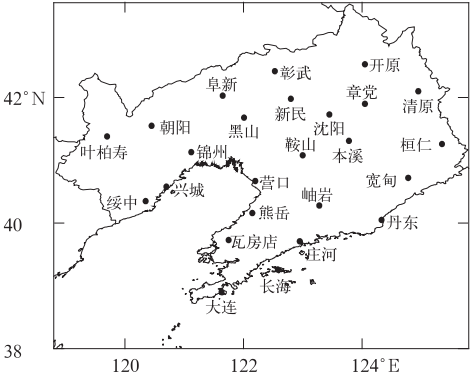


图 1 辽宁省 25 个观测站点分布图
Fig.1 Location map of 25 stations
in Liaoning Province

在降水自记纸的数字信息化过程中,严格按照中国气象局预测减灾司下发的《降水自记纸数字化处理使用手册》中的规定,对降水自记迹线和时间、自记纸的扫描、数据的提取等进行了人工检测,即质量控制。该数据集覆盖时段为 1961—2008 年,本文的分析选取了 1961—2008 年夏季 6—8 月,所用时间为北京时间。有些站点的数据在有些月份有缺失,一般缺失数据都是整天缺失,通过试验发现这种缺失对于降水日变化的研究不会产生太大的影响。

在本文分析中,如果小时降水量大于 0.1 mm,则该时次被判定为有降水发生。对于持续性降水是这样判断的,当某一降水时次之后连续 2 小时没有降水时,则判定该次降水过程结束。将一次降水事件开始至结束间的小时数定义为该次降水的持续时间,根据降水的持续时间进行分类,以 1 h 为间隔,对持续 1~24 h 的降水事件分别进行统计。

为了叙述方便,下文中按照 0—12 时和 12—0 时将一天分为午前和午后。将绥中、兴城、营口、熊岳、瓦房店、大连、长海、庄河、丹东称为沿海站点,其他则为内陆站点。

2 辽宁省夏季多年降水日变化的基本特征

辽宁省各站点夏季降水量的日变化在图 2 中给出。从雨量的日变化来看,沿海站点除绥中外,降水的最大值都出现在午前 04—08 时,19—21 时为降

水的低值点,绥中的降水最大值虽然出现在午后 15 时,但是午前降水总量明显大于午后。除了长海、大连外,其他沿海站点也可看出比较明显的午后峰值现象。内陆站点基本都呈双峰值的形式,中午和午

夜为降水的低值点,午前和午后各有一个高值,但是午前的高值相对较小,午后 14—20 时为降水最大值出现的时间,其中阜新、朝阳、叶柏寿的午前峰值明显偏小。

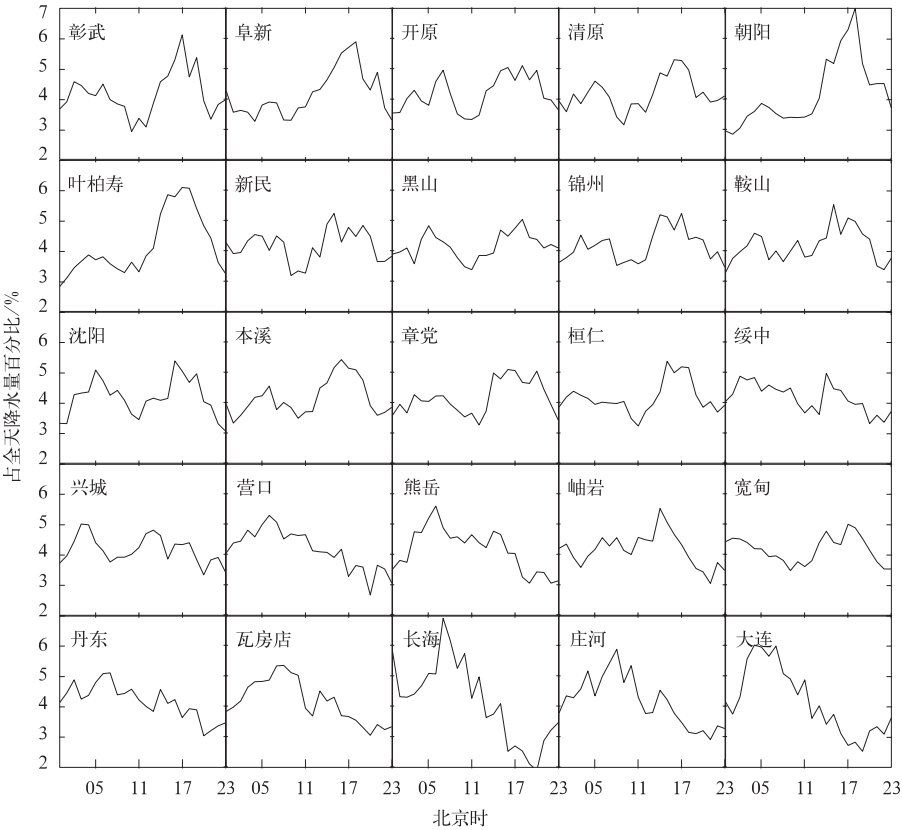


图 2 辽宁省各站点各时次降水量占全天百分比图
Fig. 2 Diurnal variations of precipitation amount at 25 stations in Liaoning Province

辽宁省各站点夏季降水频次的日变化在图 3 中给出。沿海站点的降水频次集中在午前,午后峰值很小或不明显,和降水量的日变化基本一致。大多数内陆站点表现为双峰的形式,但是有些站如彰武、新民、黑山、锦州、章党、岫岩等,则是午前的峰值要大于午后,这点和降水量有所不同,也就是说降水容易发生在午前,但降水量较小,午后降水的频次较少,但是降水量较大。对其他内陆站点进行考查,也可以得到相似的结论,即上午的雨强较小,下午的雨强较大,也就是说较强的降水容易在下午出现。这个结果是和下午对流能量强相适应的。内陆站点降水频次日变化的低值点同样出现在中午和午夜。

总体来说,沿海站点降水量的极大值基本出现在上午,反映了海洋的影响。部分站点如绥中、兴城等,下午也出现了短时峰值现象。午前和午后降水

量累计对比图见图 4。

内陆站点降水主要集中在午后,阜新、朝阳、叶柏寿等站点的午前、午后降水量对比更是明显,这些站点均位于辽宁省西部,是辽宁省降水偏少、比较干旱的地区,分析表明,这些站点午后对流形成的降水占很大成分。对于辽宁省来说,午前降水量大的站点,气候湿润;降水量大部分在午后的站点年降水总量小,气候相对干旱。

因此,按照上述分析的各站点日变化特点,可以将辽宁的站点基本分成 3 类:

(1) 内陆站点阜新、朝阳、叶柏寿降水主要集中在午后,午前降水很少。午前降水量占全天降水的 45% 以下。

(2) 内陆其他站点,午前午后差别不大,午前降水量占全天降水的 45%~50%。

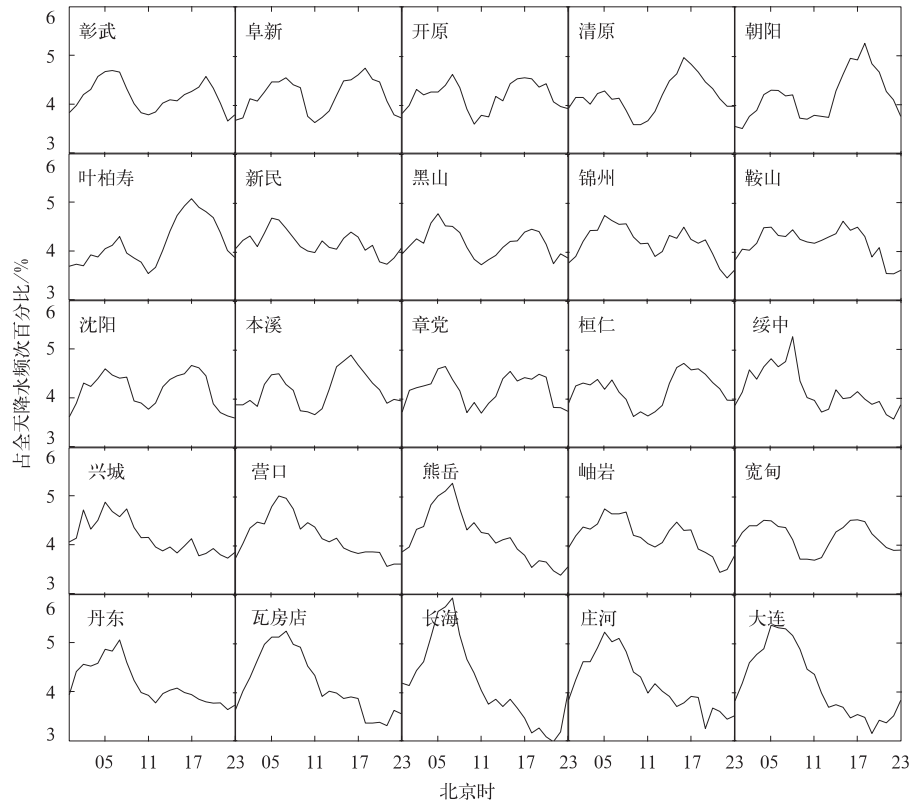


图 3 辽宁省各站点各时次降水频次占全天百分比图

Fig. 3 Diurnal variations of precipitation frequency at 25 stations in Liaoning Province

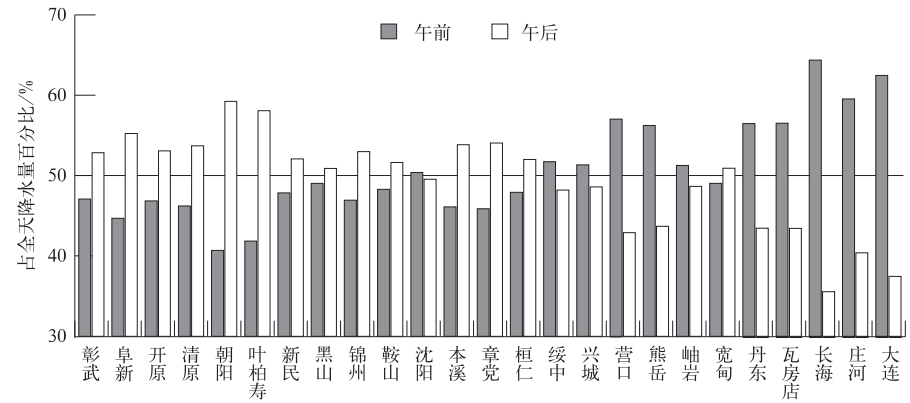


图 4 辽宁省午前午后降水量对比图

Fig. 4 Before noon (solid) vs. afternoon (hollow) precipitation amounts at 25 stations in Liaoning

(3) 沿海站点降水主要在午前,午前降水量占全天降水的 60%左右。

3 不同持续时间降水的日变化特征

降水的日变化特征与降水的持续性之间存在密切关系。Yu 等^[9]指出,在中国中东部地区,持续时

间超过 6 h 的长持续性降水的最大降水量通常出现在清晨,而持续时间在 1~3 h 之间的短持续性降水易于在下午和傍晚达到降水量峰值。

本文以降水事件持续的小时数为标准,对所有降水事件进行了分类,并给出如图 5 所示的不同持续时间的降水在不同时刻的降水量分布图。分析图 5 可见,内陆站点有明显的午后持续时间在 3 h

以内的最大值区,结合图 1 降水量日变化曲线图中的午后峰值,可以得出午后的降水峰值都是由持续时间在 3 h 以内的短时降水造成的,而对应图 1 中的午前峰值则是由持续时间大于 6 h 的降水造成

的。相对于内陆站点,沿海站点的最大值区在午前,和午前降水量的最大值相对应。对于大连等站,小于 3 h 的短时降水的最大值也出现在午前。

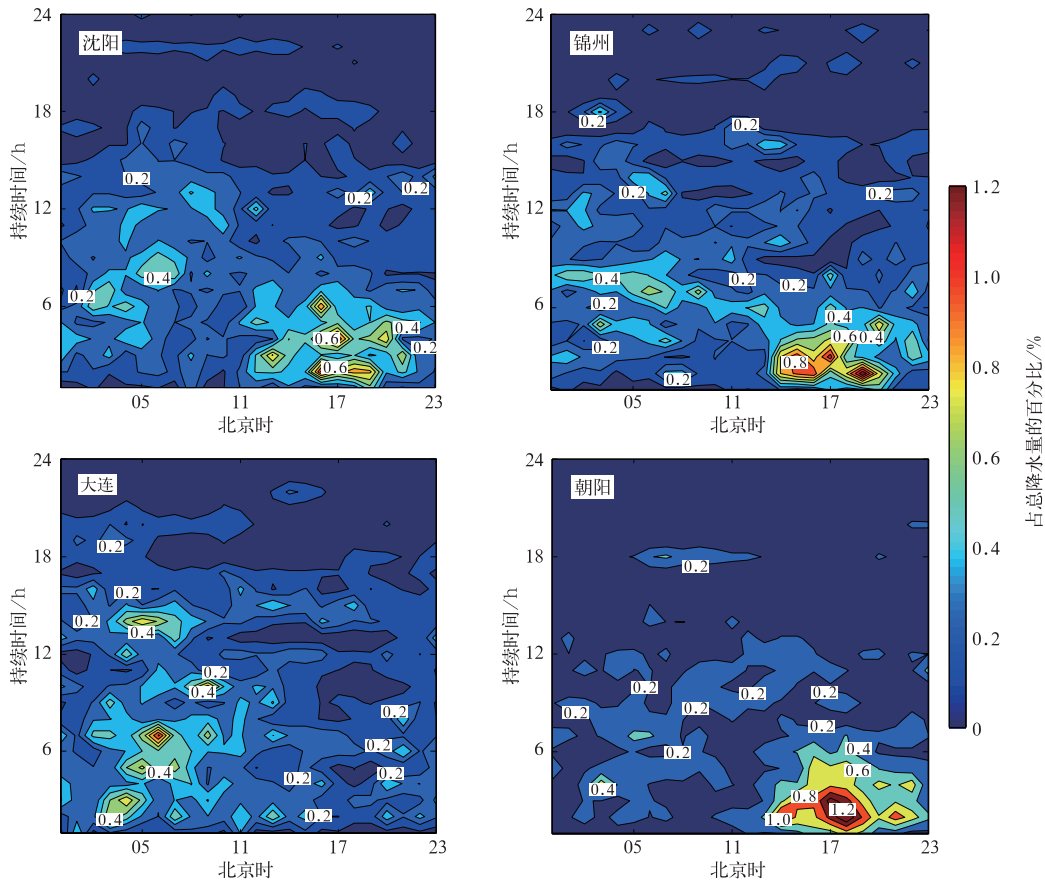


图 5 辽宁省各主要站点不同持续时间降水量(占总降水量的百分比)日变化
Fig. 5 Diurnal variations of precipitation amount with different persistent time at 4 major stations in Liaoning Province

4 辽宁省夏季降水日变化成因的简单分析

辽宁沿海站点夏季降水具有午前峰值的特征,而内陆站点具有午前和午后双峰值的特征。这种峰值分布与海陆风^[11-12,17]、午后热对流及重力波的西传^[18-20]有关。

辽宁沿海站点具有午前降水峰值的特征。有研究表明^[11]海陆风转换时段尤其是陆风结束前有利于在沿岸地区产生辐合,进而形成降水。刘玉彻等^[17]对辽宁大连金州地区的海陆风进行了分析,表明金州地区陆风的结束时间在 07—08 时。这和大

连降水峰值出现在 06 时是相一致的,因此海陆风的转换可能是造成辽宁沿海地区午前降水峰值的主要原因。

辽宁内陆站点的午后峰值大多发生在 14—17 时左右,由于这是全天温度最高的时间段,地面的加热造成大气不稳定产生对流,因此在适合的环境场背景下能够产生或加强局地降水。

辽宁部分沿海站点也具有明显的午后降水峰值特征,造成这种特征的原因可以用大陆度来说明。大陆度是表示该地受大陆影响、反映大陆气候程度的指标,按照张家诚等^[21]对于在中国等季风显著地区计算大陆度的改进算法: $K=1.7A/\sin\varphi-20.4$,其中 A 为气温年较差, φ 为站点纬度, K 大于 50 的

为大陆性气候, K 小于 50 的为海洋性气候;另一个补充指标是使用气温日较差进行判断,如果气温日较差大于 $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 则为大陆性气候,小于 $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 则为海洋性气候。使用 1971—2000 年 30 年统计的气温年较差和气温日较差数据,计算辽宁省各沿海站点的大陆度,结果见表 1。分析表 1 可见,由于受季风影响,所有列出站点的 K 值都大于 50;进一步比较气温日较差,发现:绥中、兴城、熊岳三站的气温日较差大于 $10\text{ }^{\circ}\text{C}$,说明虽然这三个站位于海边,但是基本具有大陆性气候特征,气温日较差高,日出后升温明显,易造成不稳定对流降水,所以降水量日变化都有明显的午后峰值特征。而其他沿海站点的气温日较差均小于 $10\text{ }^{\circ}\text{C}$,具备海洋性气候特征。

表 1 辽宁省沿海站点大陆度
Table 1 Continentalities (K) of coastal stations in Liaoning Province

站点	气温年较差/ $^{\circ}\text{C}$	K	气温日较差/ $^{\circ}\text{C}$
绥中	31.5	62.31	10.7
兴城	31.5	61.92	10.2
营口	33.5	66.99	8.9
熊岳	33.1	66.85	10.9
丹东	30.8	60.97	9.1
瓦房店	30.9	61.78	9.6
长海	28.1	55.09	6.0
庄河	30.9	61.82	9.5
大连	28.0	55.40	6.7

Mapes 等^[18,20] 和 Warner 等^[19] 研究了南美西北部海岸附近地区,发现降水有明显日变化且表现出由海岸向其西侧海洋传播的特征,并指出这种西传特征可能与沿岸对流产生的重力波有关。辽宁内陆站点的午前降水峰值可能就是沿海对流重力波西传的结果。

5 降水日变化的存在对降水预报检验的影响

通常的 24 h 降水评分都是对 08—08 时的降水量进行 TS 评分。事实上预报的降水时段相对于观测通常会提前或滞后,这种提前或滞后对于降水日变化分布不同的站点的降水评分会造成不同的影响,以下对这种影响进行分析。

内陆地区降水高峰多出现在下午 14—20 时,这样 08 时不在降水高峰时段内,08—08 时的降水预报和观测匹配就比较容易;而对于沿海地区降水高

峰在 04—08 时,同样 08—08 时段的降水就会由于预报提前或滞后的原因而和观测相差很大。这也能解释为什么沿海站点 08—08 时的降水评分较低的原因。

如果对 20—20 时 24 h 的降水量评分,则结果和上面相反。

因此,以降水日变化的低谷为界做 24 h 降水评分,评分相对会较高。以日变化的高峰为界,评分则相对较低。

使用观测资料不同时间段的 24 h 累计降水量,对预报滞后或者提前的情况进行模拟评分,分析降水日变化对于降水预报评分的影响。具体做法为:以 08—08 时的降水量评分为例,将实际观测 05—05 时的降水量与 08—08 时观测的降水量进行对比评分,模拟降水预报滞后 3 h 的评分情况;将实际观测 11—11 时的降水量与 08—08 时观测的降水量进行对比评分,模拟降水预报提前 3 h 的评分情况。20—20 时的降水量模拟评分做法类似。对比单站 10 mm 量级降水的 TS 评分,模拟结果表明,如果沿海站的降水预报滞后或提前 3 h,08—08 时 24 h 降水量 TS 评分的减小较大,为 0.2 左右。内陆站点减少较小,在 0.15 左右。而利用 20—20 时的 24 h 降水量观测来检验,情况则相反,沿海站点的 TS 评分减少较少,为 0.15 左右,内陆站点则减少较多,为 0.2 左右。

6 结论和讨论

(1) 辽宁省夏季降水量存在日变化,沿海站与内陆站的日变化特征不一致。沿海站降水量的最大值基本出现在午前 04—08 时,午夜为降水量的低值点;内陆站点的日变化基本呈双峰值的形式,午前和午后各有一个高值,午后 14—20 时为降水最大值出现的时间,中午和午夜为降水量的低值点。

(2) 辽宁省夏季降水频次存在日变化。沿海站点的降水频次集中在午前;大多数内陆站点表现为双峰的形式,与降水量日变化特征不同的是,一部分站点的最大值出现在午前,一部分站点的最大值出现在午后。分析表明,无论降水的最大频次出现在午前还是午后,均是午后的雨强较大,午前的雨强较小,这与下午对流能量强相适应。

(3) 辽宁省夏季不同持续时间的降水存在日变化。总体来说,午前的降水持续时间长,午后的降水

持续时间短。沿海站点午前的降水峰值区大多是持续时间 6 h 以上的降水造成的;部分站点午后降水量的峰值,则主要由持续时间 6 h 以内的短时降水引起。内陆站点降水量的峰值基本出现在午后,为持续时间在 6 h 以内的短时降水。

(4) 降水日变化的存在能够影响到降水预报的评分。受观测降水日变化的影响,内陆站 08—08 时的降水预报评分较高,沿海站则较低;20—20 时的降水预报评分则是沿海站较高,内陆站较低。

(5) 按照各站点降水日变化的特征,可继续将辽宁省细分成三个区域:(a)位于辽宁西部山区的内陆站点,降水主要集中在午后,年降水量偏少、比较干旱;(b)其他内陆站点,午前午后降水量差别不是很大;(c)沿海站点,降水量主要集中在午前。对于辽宁省来说,午前降水量大的站点气候湿润;降水量大部分在午后的站点年降水总量小,气候相对干旱。

参考文献

- [1] 黄安宁,张耀存,朱坚. 物理过程参数化方案对中国夏季降水日变化模拟的影响[J]. 地球科学进展, 2008, 23(11): 1174-1184.
- [2] Wallace J. Diurnal variations in precipitation and thunderstorm frequency over the conterminous United States[J]. Mon Wea Rev, 1975, 103(5): 406-419.
- [3] Dai A G, Giorgi F, Trenberth K. Observed and model-simulated diurnal cycles of precipitation over the contiguous United States[J]. J Geophys Res, 1999, 104(D6): 6377-6402.
- [4] Yang G Y, Slingo J. The diurnal cycle in the tropics[J]. Mon Wea Rev, 2001, 129(4): 784-801.
- [5] Dai A G. Global Precipitation and thunderstorm frequencies. Part II: Diurnal variations[J]. J Clim, 2001, 14(6): 1112-1128.
- [6] Liang X Z, Li L, Dai A G, et al. Regional climate model simulation of summer precipitation diurnal cycle over the United States[J]. Geophys Res Lett, 2004, 31: L24208.
- [7] Wang Y Q, Zhou L, Hamilton K. Effect of convective entrainment/detrainment on the simulation of the tropical precipitation diurnal cycle[J]. Mon Wea Rev, 2007, 135(2): 567-585.
- [8] Yu R C, Zhou T J, Xiong A Y, et al. Diurnal variations of summer precipitation over contiguous China[J]. Geophys Res Lett, 2007, 34: L01704.
- [9] Yu R C, Xu Y P, Zhou T J, et al. Relation between rainfall duration and diurnal variation in the warm season precipitation over central eastern China[J]. Geophys Res Lett, 2007, 34: L13703.
- [10] 刘正奇,谢巨伦. 东西向海岸线对局地性降水的作用[J]. 气象, 2003, 29(12): 41-44.
- [11] 周武,黄小丹,黄忠,等. 阳江地区海陆风特征及其影响[J]. 气象, 2008, 34(12): 44-53.
- [12] 孙贞,高荣珍,张进,等. 青岛地区 8 月一次海风环流实例分析和 WRF 模拟[J]. 气象, 2009, 35(8): 76-84.
- [13] 林之光. 我国的地形性夜雨[J]. 气象, 1982, 8(6): 18-20.
- [14] 丁仁海,周后福. 九华山区下垫面对局地降水的影响分析[J]. 气象, 2010, 36(3): 47-53.
- [15] 张玉书,班显秀,纪瑞鹏,等. 辽宁省气候资源分析[J]. 气象科技, 2004, 32(1): 39-43.
- [16] 张杰,钱维宏,丁婷. 东北地区 5—9 月降水特征和趋势分析[J]. 气象, 2010, 36(8): 1-7.
- [17] 刘玉彻,杨森. 大连金州地区海陆风特征分析[J]. 气象与环境学报, 2007, 23(2): 25-28.
- [18] Mapes B E, Warner T T, Xu M. Diurnal patterns of rainfall in northwestern South America. Part I: Observations and Context[J]. Mon Wea Rev, 2003, 131: 799-812.
- [19] Warner T T, Mapes B E, Xu M. Diurnal patterns of rainfall in northwestern South America. Part II: Model Simulations[J]. Mon Wea Rev, 2003, 131: 813-829.
- [20] Mapes B E, Warner T T, Xu M. Diurnal patterns of rainfall in northwestern South America. Part III: Diurnal gravity waves and nocturnal convection offshore[J]. Mon Wea Rev, 2003, 131: 830-844.
- [21] 张家诚. 中国气候总论[M]. 北京:气象出版社, 1991: 123-125.