

多典洛珠,周顺武,宋倩倩,等. 西藏拉萨汛期降水日变化特征[J]. 干旱气象, 2020, 38(1): 58-65, [DUO Dianluozhu, ZHOU Shunwu, SONG Qianqian, et al. Diurnal Variation Characteristic of Precipitation During Flood Season in Lhasa of Tibet Autonomous Region[J]. Journal of Arid Meteorology, 2020, 38(1): 58-65], DOI: 10.11755/j.issn.1006-7639(2020)-01-0058

## 西藏拉萨汛期降水日变化特征

多典洛珠<sup>1,2</sup>, 周顺武<sup>1</sup>, 宋倩倩<sup>1</sup>, 孙阳<sup>1</sup>, 赤曲<sup>1,3</sup>

(1. 南京信息工程大学气象灾害教育部重点实验室, 气象灾害预报预警与评估协同创新中心, 气候与环境变化国际合作联合实验室, 江苏 南京 210044;

2. 西藏自治区拉萨市气象局, 西藏 拉萨 850000; 3. 西藏自治区气象台, 西藏 拉萨 850000)

**摘要:** 利用拉萨 2005—2017 年逐小时降水观测资料和 1969—2017 年逐 3 h 降水观测资料, 在分析该站汛期(5—9 月)降水日变化特征的基础上, 揭示该站昼夜降水的长期演变特征。结果表明: (1) 拉萨小时降水量和降水频次日变化呈单峰型分布, 两者峰值均出现在 05:00(北京时,下同), 谷值出现在 15:00—17:00; 小时降水强度日变化呈双峰型分布, 峰值出现在 17:00 和 00:00, 谷值出现在 13:00—15:00。(2) 拉萨汛期不同等级降水的小时降水量和降水频次日变化位相不同, 其中微雨和小雨的小时降水量和降水频次日变化为单峰型, 且峰值均出现在 05:00, 而中雨及以上小时降水量和降水频次日变化峰值出现时间较微雨和小雨略有提前。(3) 近 49 a 拉萨汛期昼夜降水量显著增多, 降水强度显著增强, 而降水日数无明显趋势, 降水强度增强是拉萨汛期降水量增多的主要原因。

**关键词:** 日变化; 降水量; 降水频次; 降水强度; 昼夜降水

文章编号: 1006-7639(2020)01-0058-08 DOI: 10.11755/j.issn.1006-7639(2020)-01-0058

中图分类号: P468.0<sup>+</sup>24

文献标志码: A

### 引言

降水日变化是全球气候系统变化的最基本变化模态之一。对降水日变化特征深入认识, 有助于理解区域天气气候演变的物理规律<sup>[1-4]</sup>。近年来国内外学者就全球及区域尺度降水日变化特征进行了大量研究<sup>[3-12]</sup>。许多研究表明, 中国降水日变化具有明显的区域性, 其中四川、重庆和贵州部分地区多夜雨, 而云南则以白天降水为主<sup>[6]</sup>; 新疆降水量峰值一般出现在傍晚到前半夜, 谷值出现在中午<sup>[7-8]</sup>; 浙江省夏季降水量和降水频次日变化总体呈双峰型<sup>[9]</sup>。YIN 等<sup>[12]</sup>的研究表明, 青藏高原降水日峰值出现在午夜前后; 而一些卫星观测资料的分析结果却显示高原降水日变化峰(谷)值主要出现在傍晚(早晨)<sup>[13-14]</sup>。随着气候变化加剧, 近年来极端降水事件也越来越受关注。王传辉等<sup>[15]</sup>发现 1973—2009 年汛期小雨日数在雅鲁藏布江及高原东部(西北部)以减少(增加)趋势为主, 但中雨和大

雨日数在大部分地区以增加为主。研究指出, 极端降水在白天和夜间并非均匀分布, 且变化趋势存在一定差异<sup>[16-17]</sup>。

拉萨地处青藏高原(简称“高原”)腹地——雅鲁藏布江河谷地带, 属于典型的干旱半干旱气候区, 在高原典型代表站中, 拉萨降水日变化特征最为显著<sup>[18]</sup>, 且位于高原夜雨率的高值中心<sup>[19]</sup>。以往有关高原降水的相关研究主要是利用 12 h 或逐日降水资料<sup>[15, 19-24]</sup>, 依据逐小时数据分析高原降水日变化特征的还很少。另外, 在全球变暖的大背景下, 拉萨夏季降水以增加为主<sup>[21-22]</sup>, 但关于降水增加是在白天还是在夜间等问题还少有涉及。

鉴于高原腹地汛期(5—9 月)降水量占年降水总量的 70% 以上<sup>[23-24]</sup>, 本文利用拉萨 2005—2017 年逐小时降水资料, 在分析该站汛期降水日变化的基础上, 采用拉萨 1969—2017 年逐 3 h 降水资料, 进一步讨论和比较该站白天(08:00—20:00, 北京时)和夜间(20:00 至次日 08:00)降水的演变特

收稿日期: 2019-02-26; 改回日期: 2019-06-14

基金项目: 国家自然科学基金项目(41175081, 91337218, 41605039)资助

作者简介: 多典洛珠(1986—)男, 工程师, 主要从事西藏地区中短期天气预报业务。E-mail: ddlzh@qq.com。

通信作者: 周顺武(1968—)教授, 主要从事青藏高原气象和气候动力学研究。E-mail: zhou@nuist.edu.cn。

征,这不仅有利于深入认识拉萨降水日变化特征,而且对认识高原气候及气候变化规律具有一定意义。

## 1 资料与方法

### 1.1 资料

拉萨站(91.14°E,29.66°N,海拔3700 m)属于国家基本气象观测站,根据该站华云DZZ5型自动气象站<sup>[18]</sup>观测的拉萨最近13 a(2005—2017年)逐小时降水资料,分析该站汛期降水日变化特征。同

时依据拉萨近49 a(1969—2017年)逐3 h降水资料(拉萨站1969年以前日降水资料缺失严重),揭示该站汛期白天和夜间降水的长期演变特征。以上降水资料来源于西藏自治区气象信息中心整编资料,所有数据均经过严格质量控制。

### 1.2 研究方法

分析小时降水量、小时降水频次以及小时降水强度,以刻画降水日变化特征;分析白天和夜间降水量、降水日数和降水强度,以揭示昼夜降水的变化特征。各统计量及计算方法<sup>[7,25]</sup>见表1。

表1 统计特征量及其计算方法

Tab.1 Statistics characteristic quantities and their calculation methods

| 统计量                            | 计算方法                                   |
|--------------------------------|--|
| 小时降水量/mm                       | 汛期同时刻累计降水量的13 a平均                      |
| 小时降水频次/次                       | 汛期有效降水量(降水量>0.0 mm,下同)同时刻出现的总次数的13 a平均 |
| 小时降水强度/(mm·次 <sup>-1</sup> )   | 小时降水量和小时降水频次的比值                        |
| 昼(夜)降水量/mm                     | 08:00—20:00(20:00至次日08:00)汛期降水量累加      |
| 昼(夜)降水日数/d                     | 08:00—20:00(20:00至次日08:00)汛期有效降水量出现日数  |
| 昼(夜)降水强度/(mm·d <sup>-1</sup> ) | 昼(夜)降水量和昼(夜)降水日数的比值                    |

## 2 降水日变化特征

### 2.1 小时降水量和小时降水频次及强度

图1为2005—2017年汛期拉萨小时降水量、频次及强度日变化。可以看出,小时降水量和小时降水频次均呈单峰型分布,且服从正态分布(两者的偏度系数分别为0.31和-0.01,峰度系数分别为-1.54和-1.68)。小时降水量和小时降水频次峰值均出现在05:00,分别为42.7 mm和27.4次;小时降水量谷值出现在15:00,降水量为1.4 mm(约为峰值降水量的1/30);小时降水频次谷值出现在17:00,约为峰值频次的1/10(约2.7次)。拉萨汛期夜间降水量(降水频次)占日降水量(降水频次)的百分比为84.4%(76.7%),小时降水量和小时降水频次均呈“白天少、夜间多”的分布特征。高原热力作用和特殊地形作用可能是造成夜间降水明显大于白天的主要原因<sup>[26-27]</sup>。拉萨位于河谷地带,环绕河谷的山脉海拔较高(约5000 m),白天强烈的太阳辐射使得云滴蒸发,云变薄以至消散,同时由于河谷水体热容量较大,增温幅度小于两侧山坡,大气较稳定不利于空气的上升运动。傍晚随着太阳辐射的减弱,相对海拔较高的山坡处首先降温,此时山坡附近的空气密度大于河谷,冷空气沿山坡下沉到谷底,将谷底附近的暖湿气块抬升冷却凝结致雨,造成拉萨多夜雨现象<sup>[18-19]</sup>。小时降水强度日变化呈双峰型分布,两个峰值分别出

现在17:00和00:00,谷值出现在13:00—15:00。其中第一个峰值强度达1.71 mm·次<sup>-1</sup>,此时小时降水量较小约为4.6 mm,小时降水频次也较低(2.7次),主要反映高原白天太阳辐射较强形成热对流后出现的短时强降水,这种降水属于小概率事件,但一旦发生,降水强度相对较强;第二个峰值强度为1.70 mm·次<sup>-1</sup>,该时刻小时降水量为39.5 mm,小时降水频次为23.2次,小时降水量和降水频次均明显高于第一个峰值。

### 2.2 不同等级降水小时降水量和频次

由于拉萨干旱少雨,以往研究根据干旱地区降水特点将单位小时降水量( $r$ )分为3个等级<sup>[28-29]</sup>:微雨( $0.1 \leq r < 1$  mm)、小雨( $1 \leq r < 3$  mm)和中雨及以上( $r \geq 3$  mm)。图2为2005—2017年汛期拉萨各等级降水小时降水量和小时降水频次日变化。可以看出,各等级降水小时降水量和小时降水频次总体分布也呈现白天少、夜间多特征,但各等级降水日变化存在明显差异。微雨和小雨小时降水量日变化呈单峰型,峰值出现在05:00;而中雨及以上日变化呈双峰型,峰值出现在00:00和04:00。微雨和小雨小时降水频次日变化呈单峰型,峰值出现在05:00;中雨及以上量级的小时降水频次呈多峰型分布,峰值基本在01:00—04:00,较微雨和小雨提前1~4 h,各等级降水小时降水量和小时降水频次的谷值均出现在15:00—17:00。

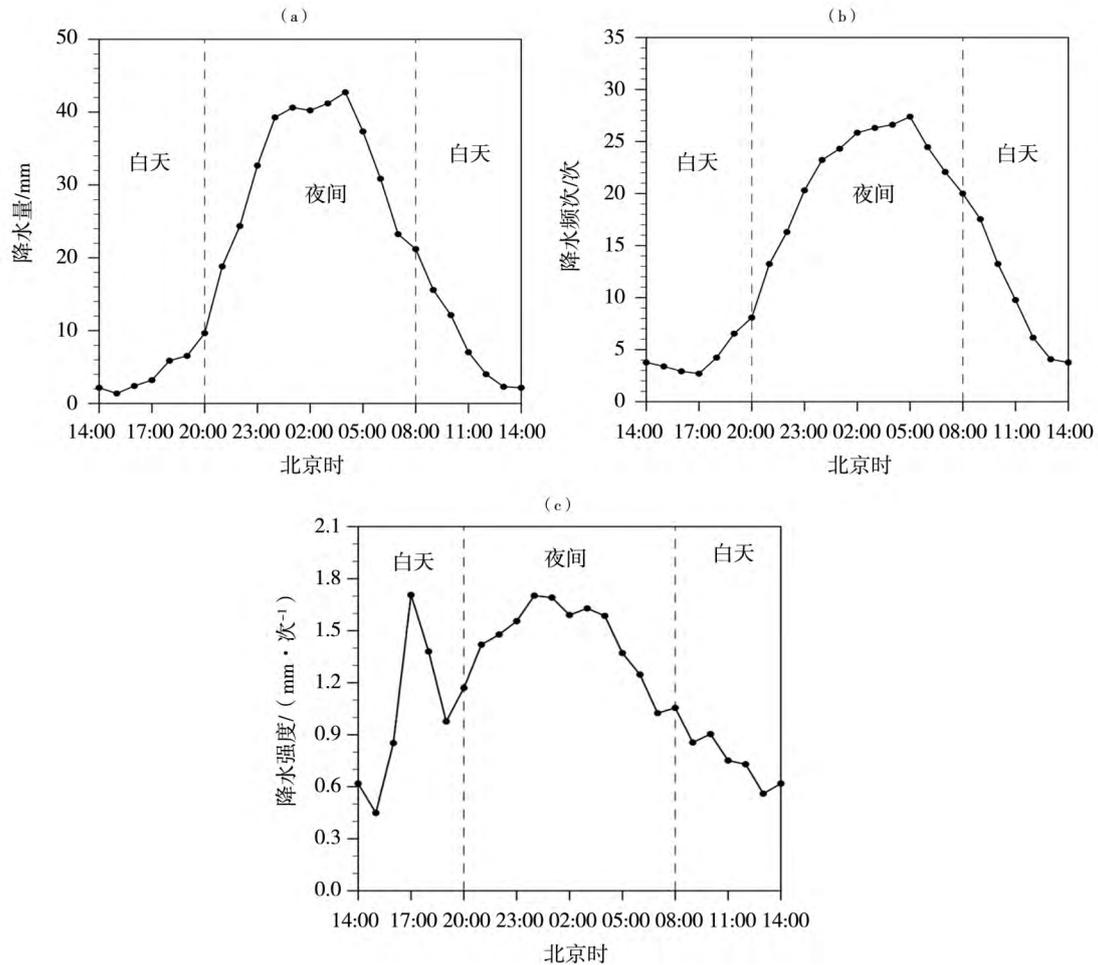


图1 2005—2017年汛期拉萨小时降水量(a)、小时降水频次(b)和小时降水强度(c)日变化

Fig. 1 Diurnal variations of hourly precipitation amount (a), frequency (b) and intensity (c) during the flood season in Lhasa from 2005 to 2017

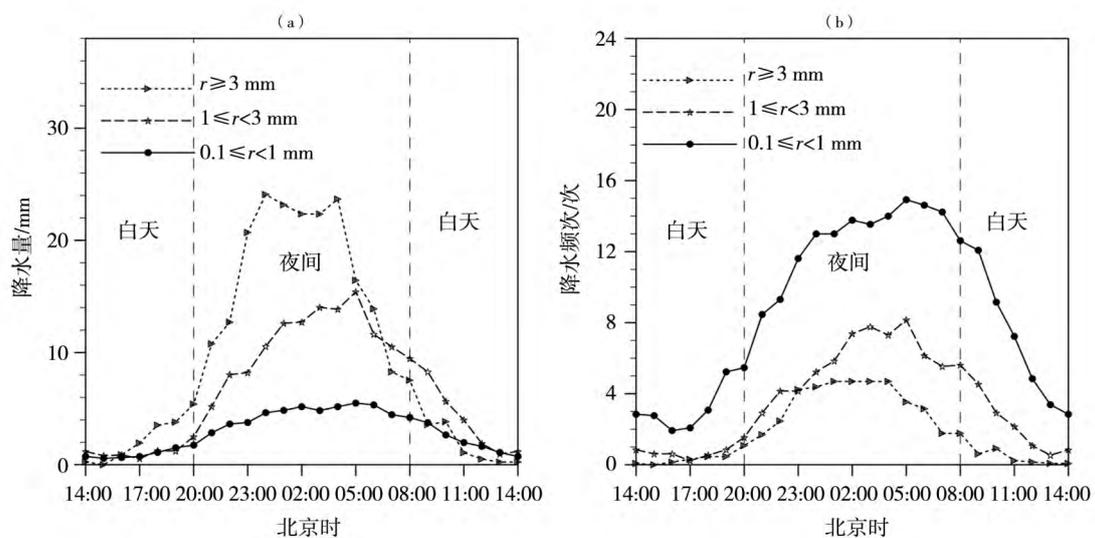


图2 2005—2017年汛期拉萨各等级降水小时降水量(a)和小时降水频次(b)日变化

Fig. 2 Diurnal variations of hourly precipitation amount (a) and frequency (b) of different grades precipitation during the flood season in Lhasa from 2005 to 2017

拉萨海拔较高,傍晚随着太阳辐射的减弱,相对高海拔的山坡处空气首先降温并逐渐下沉将河谷附近的气流抬升,河谷地区不稳定能量加强产生上升运动,同时在热力环流驱动下高原周边低海拔地区的水汽逐渐向高原输送,并在傍晚至夜间达到最强。梁宏等<sup>[27]</sup>对拉萨大气水汽日变化特征分析后发现,拉萨大气水汽呈明显日变化特征,且水汽的峰值超前降水峰值3~6 h。相对充足的水汽加之较强的上升运动是导致拉萨夜间降水较多的直接原因。

综上所述,拉萨汛期微雨和小雨的小时降水量和小时降水频次日变化均呈单峰型;中雨以上量级小时降水量呈双峰型,小时降水频次呈多峰型。由于中雨及以上量级小时降水总体较少,观测资料年限较短,因此该量级降水的降水量双峰型和降水频次多峰型分布特征还有待更长时间观测资料进行验证。

### 3 昼夜降水量、降水日数及降水强度的演变特征

#### 3.1 昼夜降水量、降水日数及降水强度演变

图3为1969—2017年汛期拉萨白天和夜间降水量、降水日数、降水强度距平的年际变化。可以看出,近49 a拉萨汛期白天降水量和降水强度呈显著上升趋势,气候倾向率分别为 $4.5 \text{ mm} \cdot (10 \text{ a})^{-1}$ 、 $0.08 \text{ mm} \cdot \text{d}^{-1} \cdot (10 \text{ a})^{-1}$ ,均通过0.05显著性检验;白天降水日数长期变化趋势不显著(未通过0.05显著性检验)。1990年代以前拉萨白天降水量为偏少期,1990年代以后到21世纪为偏多期,降水量最少和最多年份分别为1983和2014年;白天降水强度的5阶多项式拟合曲线与白天降水量相似,在波动中有明显上升趋势;白天降水日数在进入2000年以前为增加趋势,之后则以下降趋势为主。

近49 a拉萨汛期夜间降水量和降水强度均呈显著上升趋势,通过0.05显著性检验,夜间降水量气候倾向率为 $15.8 \text{ mm} \cdot (10 \text{ a})^{-1}$ ,明显高于高原1961—2015年年降水量的增加速率 $[6.59 \text{ mm} \cdot (10 \text{ a})^{-1}]$ <sup>[30]</sup>;夜间降水强度气候倾向率为 $0.29 \text{ mm} \cdot \text{d}^{-1} \cdot (10 \text{ a})^{-1}$ ;夜间降水日数变化趋势不显著。拉萨夜间降水量和降水强度在1990年代前为偏少期,进入1990年代以后为偏多期,夜间降水量和降水强度峰值出现时间分别为1990年和2017年,谷值分别出现在1983年和1975年;夜间降水日数2000年以前较为平稳,以后

呈下降趋势。

综上所述,虽然近半个世纪以来拉萨昼夜降水量和降水强度表现出较一致的上升趋势,但由于降水夜间多而白天少,昼夜之间降水量和降水强度的气候倾向率差异明显,夜间的气候倾向率远大于白天(夜间降水量和降水强度的气候倾向率约为白天的3倍左右),昼夜降水日数的长期变化趋势均不明显。降水量明显变化必然对应着导致降水发生条件的变化。从影响降水形成的水汽和动力条件上分析,可能是由于以下两方面。首先,近年来高原地区云量的增加为降水提供了水汽条件<sup>[31-32]</sup>,降水的增多通过改变蒸发量又对云量变化形成正反馈;其次,随着高原气温的升高,高原夏季风增强<sup>[33]</sup>。

表2列出1969—2017年昼(夜)降水量、降水日数、降水强度距平分别与时间序列之间的相关系数。可以看出,除了降水日数之外,其余均通过了0.05的显著性检验,昼雨量、昼雨强度以及夜雨量均通过了0.05的显著性检验,夜雨强度则通过0.01的显著性检验,说明各要素的变化趋势是显著的。

#### 3.2 降水量与降水强度和降水日数的关系

表3列出1969—2017年汛期昼(夜)降水量分别与昼(夜)降水强度和昼(夜)降水日数的相关系数。可以看出,无论白天还是夜间降水量与降水强度的相关系数均高于降水量与降水日数的相关系数。拉萨近49 a昼夜降水强度呈显著上升趋势而降水日数变化趋势不明显。因此,降水量增加是由于极端降水事件增加引起。研究指出,高原夏季风环流的形成为雅鲁藏布江中部流域强降水天气过程提供了大尺度环流背景<sup>[34]</sup>,高原夏季风增强可能影响雅鲁藏布江流域极端降水事件的发生<sup>[33,35]</sup>。

## 4 汛期各月降水特征

虽然拉萨降水主要集中在汛期,但汛期各月降水也存在较明显差异,表4为1969—2017年拉萨汛期逐月平均降水量和降水日数。可以看出,在主汛期(7—8月)降水最多,对比分析汛期各月降水日变化差异,图4给出2005—2017年拉萨汛期各月小时累计降水频次日变化。可以看出,各月小时累计降水频次的分布均存在明显的昼夜差异,即夜间多、白天少。小时累计降水频次最多的是主汛期7月和8月,6月和9月次之,5月最少。从各月日变化位相上看,主汛期降水波动比其他月份波动小,说明降水越多则日变化越稳定。因此今后分析中有必要进一步针对主汛期降水特征进行分析。

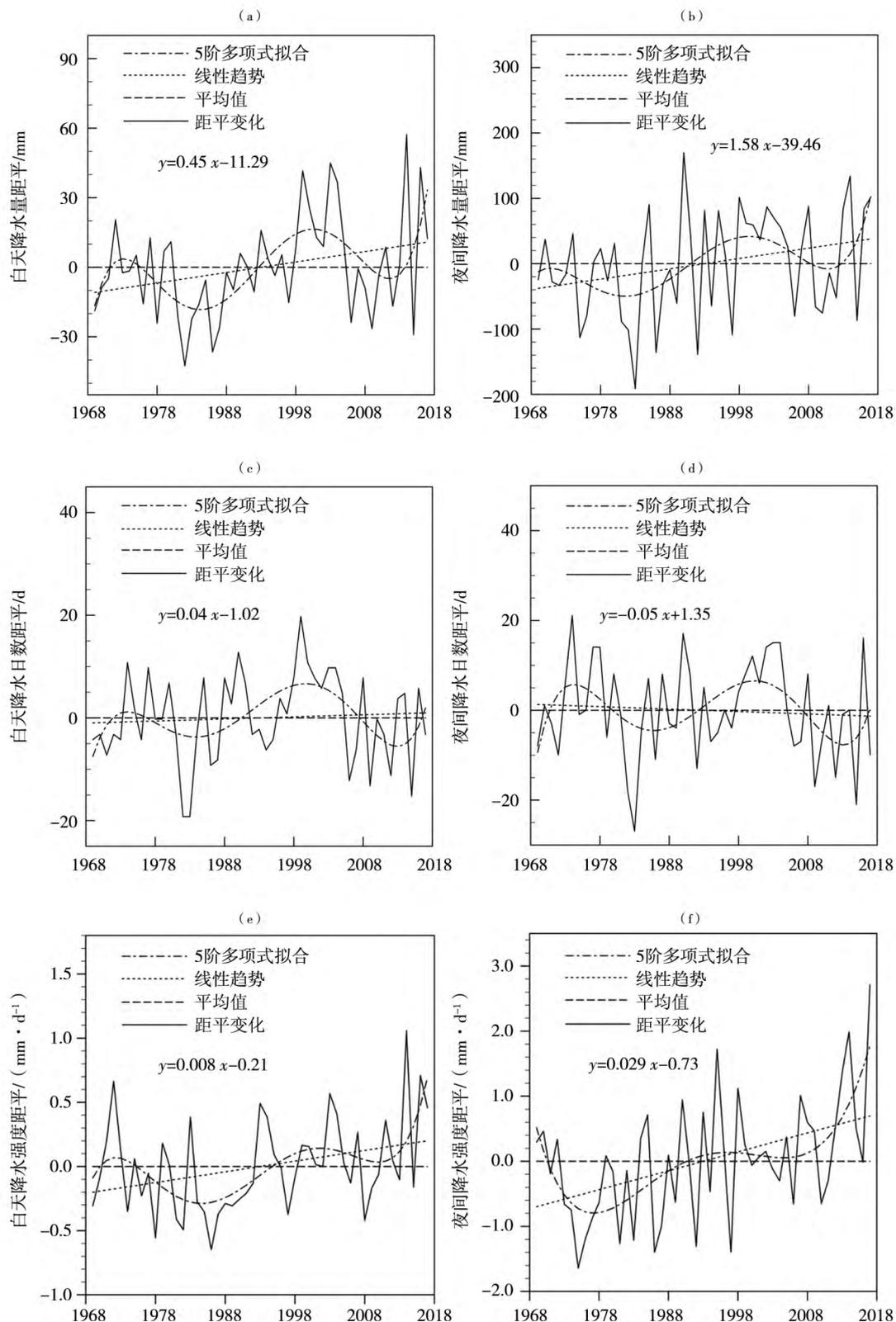


图3 1969—2017年汛期拉萨白天(a,c,e)和夜间(b,d,f)降水量(a,b)、降水日数(c,d)、降水强度(e,f)距平的年际变化

Fig.3 Interannual variation of daytime (a,c,e) and nighttime (b,d,f) precipitation amount (a,b), days (c,d) and intensity (e,f) anomalies during the flood season in Lhasa from 1969 to 2017

表 2 1969—2017 年昼夜降水量、降水日数、降水强度距平分别与时间序列的相关系数

Tab. 2 Correlation coefficients between precipitation amount , days , intensity anomalies during daytime and nighttime and time series during 1969 – 2017

| 昼雨量   | 昼雨日  | 昼雨强   | 夜雨量   | 夜雨日   | 夜雨强    |
|-------|------|-------|-------|-------|--------|
| 0.30* | 0.07 | 0.33* | 0.28* | -0.07 | 0.45** |

注: \* 和 \*\* 分别表示通过 0.05 和 0.01 显著性检验, 下同

表 3 1969—2017 年汛期昼(夜)降水量分别与降水强度和降水日数的相关系数

Tab. 3 Correlation coefficients between precipitation amount and intensity , days of precipitation during daytime and nighttime from 1969 to 2017

| 昼降水量与昼降水强度 | 昼降水量与昼降水日数 | 夜降水量与夜降水强度 | 夜降水量与夜降水日数 |
|------------|------------|------------|------------|
| 0.77**     | 0.69**     | 0.72**     | 0.68**     |

表 4 1969—2017 年拉萨汛期逐月平均降水量和降水日数

Tab. 4 Average monthly precipitation amount and days during the flood season in Lhasa from 1969 to 2017

| 月份 | 平均降水量/mm | 平均降水日数/d |
|----|----------|----------|
| 5  | 23.4     | 4.9      |
| 6  | 67.4     | 7.6      |
| 7  | 108.3    | 11.7     |
| 8  | 103.0    | 10.9     |
| 9  | 51.8     | 7.1      |

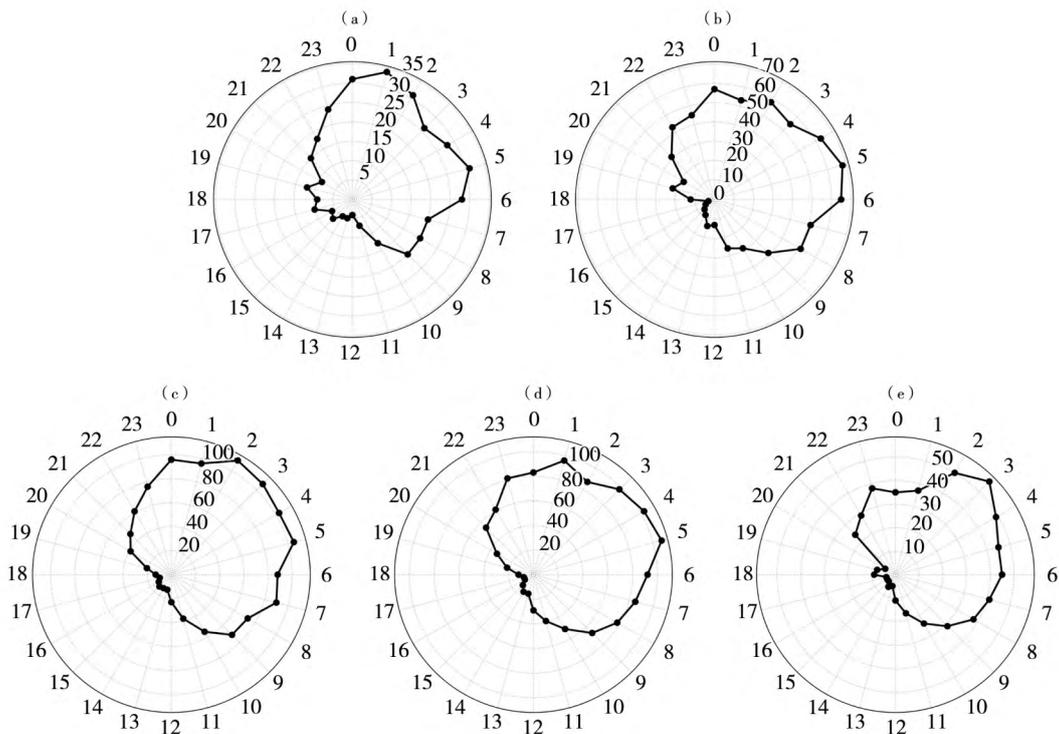


图 4 2005—2017 年拉萨汛期 5 月( a )、6 月( b )、7 月( c )、8 月( d )和 9 月( e )小时累计降水频次日变化( 单位: 次)

Fig. 4 The diurnal variation of accumulated precipitation frequency in May ( a ) , June ( b ) , July ( c ) , August ( d ) and September ( e ) during the flood season from 2005 to 2017 in Lhasa ( Unit: times)

## 5 结论

(1) 拉萨汛期小时降水量和降水频次的日变化呈单峰型分布特征,且服从正态分布,两者峰值均出现在05:00,谷值分别出现在15:00和17:00;小时降水强度的日变化特征呈双峰型分布,峰值分别出现在17:00和00:00,谷值出现在13:00—15:00,小时降水强度的谷峰值相比小时降水量和降水频次的谷峰值提前。

(2) 拉萨汛期不同等级降水的降水量昼夜分布与总降水一致,呈“夜间多、白天少”的分布特征,但各等级降水日变化位相不同,其中微雨和小雨的小时降水量和小时降水频次日变化为单峰型,峰值均出现在05:00,中雨及以上的小时降水频次日变化峰值出现时间较微雨和小雨提前1~4 h,小时降水量和降水频次的谷值均出现在15:00—17:00。

(3) 近49 a拉萨汛期昼夜降水量和降水强度显著增多,夜间降水量和降水强度的气候倾向率均明显高于白天,其中夜间降水强度气候倾向率为 $0.29 \text{ mm} \cdot \text{d}^{-1} \cdot (10 \text{ a})^{-1}$ ;而昼夜降水日数的变化趋势不明显。降水强度和降水日数与降水量的变化存在显著正相关关系,但降水强度的增强是降水量增多的主要原因。

(4) 拉萨汛期各月小时降水频次均存在夜间多、白天少的特点;主汛期(7—8月)小时降水总频次最多,5月最少;降水越多则日变化越稳定。

### 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.

[2] 原韦华,宇如聪,傅云飞. 中国东部夏季持续性降水日变化在淮河南北的差异分析[J]. 地球物理学报, 2014, 57(3): 752-759.

[3] FU Y F, PAN X, YANG Y J, et al. Climatological characteristics of summer precipitation over East Asia measured by TRMM PR: A review[J]. J Meteor Res, 2017, 31(1): 142-159.

[4] SINGH P, NAKAMURA K. Diurnal variation in summer precipitation over the central Tibetan Plateau[J]. J Geophys Res, 2009, 114(D20): 1-15.

[5] 宇如聪,李建. 中国大陆日降水峰值时间位相的区域特征分析[J]. 气象学报, 2016, 74(1): 18-30.

[6] 唐红玉,顾建峰,俞胜宾,等. 西南地区降水日变化特征分析[J]. 高原气象, 2011, 30(2): 376-384.

[7] 黄秋霞,方雯,王春燕,等. 新疆昌吉市主汛期降水的日变化特征[J]. 沙漠与绿洲气象, 2016, 10(6): 19-23.

[8] 赵克明. 喀什市降水日变化特征分析[J]. 沙漠与绿洲气象, 2016, 10(2): 31-35.

[9] 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.

[10] 甘文强,李刚,万雪丽. 近57 a 5—9月贵州极端强降水变化特征[J]. 干旱气象, 2018, 36(4): 617-623.

[11] 王胜,郭海瑛,牛喜梅. 甘肃省汛期小时降水的变化特征[J]. 干旱气象, 2018, 36(4): 610-616.

[12] YIN S Q, CHEN D L, XIE Y. Diurnal variations of precipitation during the warm season over China[J]. International Journal of Climatology, 2009, 29(8): 1154-1170.

[13] ZHOU T, YU R, CHEN H, et al. Summer precipitation frequency, intensity, and diurnal cycle over China: A comparison of satellite data with rain gauge observations[J]. Journal of Climate, 2008, 21(16): 3997-4010.

[14] LIU X D, BAI A J, LIU C H. Diurnal variations of summertime precipitation over the Tibetan Plateau in relation to orographically induced regional circulations[J]. Environmental Research Letters, 2009, 4(4): 1-8.

[15] 王传辉,唐晓萍,吴萍. 西藏高原汛期不同等级降水变化特征分析[J]. 干旱气象, 2010, 28(4): 384-390.

[16] 罗玉,马振峰,陈超,等. 四川省盛夏极端降水变化特征及与高原夏季风的关系[J]. 干旱气象, 2018, 36(5): 733-742.

[17] 郭凌曜. 湖南短历时降水变化特征研究[D]. 长沙: 湖南师范大学, 2014.

[18] 列杰班宗,罗布,王伟. 西藏地区气象自动站夏季逐时降水资料特征分析[J]. 高原山地气象研究, 2012, 32(2): 77-80.

[19] 余忠水,康世昌,蒋建莹. 青藏高原夏季夜雨率空间分布及其变化特征[J]. 山地学报, 2011, 29(5): 627-632.

[20] 张核真,唐小萍,普布卓玛. 近46年西藏高原昼夜降水变化趋势[J]. 气象科技, 2010, 38(2): 205-208+283.

[21] 余忠水. 1955—2007年拉萨市雨季夜雨率变化特征[J]. 气象, 2011, 37(12): 1584-1588.

[22] 杜军,马玉才. 青藏高原降水变化趋势的气候分析[J]. 地理学报, 2004, 59(3): 375-382.

[23] 王传辉,周顺武,杨玮,等. 青藏高原汛期降水异常空间分布及水汽配置[J]. 大气科学学报, 2015, 38(4): 566-572.

[24] 周顺武,王传辉,杜军,等. 青藏高原汛期降水的时空分布特征[J]. 气候与环境研究, 2011, 16(6): 723-732.

[25] 李胜楠,高婧,宋佳,等. 库尔勒市主汛期降水日变化特征分析[J]. 沙漠与绿洲气象, 2019, 13(2): 63-68.

[26] 梁宏. 青藏高原大气水汽变化和对辐射影响的模拟[D]. 北京: 中国气象科学研究院, 2012.

[27] 梁宏,刘晶森,张人禾,等. 拉萨河谷大气水汽日变化特征[J]. 水科学进展, 2010, 21(3): 335-342.

[28] 黄秋霞,赵勇,何清,等. 伊宁市主汛期降水日变化特征[J]. 干旱区研究, 2015, 32(4): 742-747.

[29] 沈志强,卢杰,华敏,等. 西藏拉萨达孜夏季降水日变化特征[J]. 山地学报, 2016, 34(4): 409-414.

[30] 冀钦,杨建平,陈虹举. 1961—2015年青藏高原降水量变化综合分析[J]. 冰川冻土, 2018, 40(6): 1090-1099.

[31] 马茜蓉,游庆龙,蔡森,等. 基于CERES卫星资料分析中国近15 a云量变化[J]. 干旱气象, 2018, 36(6): 911-920.

[32] 李庆,张春来,王仁德,等. 1965—2016年青藏高原关键气象因子变化特征及其对土地沙漠化的影响[J]. 北京师范大学学报(自然科学版), 2018, 54(5): 103-109.

[33] 齐玉磊,冯松,黄建平,等. 高原夏季风对中亚干旱半干旱区

- 夏季降水的影响[J]. 高原气象, 2015, 34(6): 1566 - 1574.
- [34] 高建锋, 朱宝维, 董金湖. 雅鲁藏布江中部流域降雨特征及成因分析[J]. 气象, 1993, 19(4): 44 - 49.
- [35] 刘青春, 秦宁生, 李栋梁, 等. 印度洋海温的偶极振荡与高原汛期降水和温度的关系[J]. 高原气象, 2005, 24(3): 350 - 356.

## Diurnal Variation Characteristic of Precipitation During Flood Season in Lhasa of Tibet Autonomous Region

DUO Dianluozhu<sup>1,2</sup>, ZHOU Shunwu<sup>1</sup>, SONG Qianqian<sup>1</sup>, SUN Yang<sup>1</sup>, CHI Qu<sup>1,3</sup>

- (1. Key Laboratory of Meteorological Disaster, Ministry of Education, Collaborative Innovation Center on Forecast and Evaluation of Meteorological Disasters, Joint International Research Laboratory of Climate and Environment Change, Nanjing University of Information Science & Technology, Nanjing 210044, China;  
2. Lhasa Meteorological Bureau of Tibet Autonomous Region, Lhasa 850000, China;  
3. Tibet Autonomous Region Meteorological Observatory, Lhasa 850000, China)

**Abstract:** Based on hourly observation data from 2005 to 2017 and three - hour observation data from 1969 to 2017 in Lhasa station, diurnal variation characteristics of precipitation during flood season ( from May to September) and the long - term evolution characteristics of daytime and nighttime precipitation were revealed. The results are as follows: ( 1) The diurnal variations of hourly precipitation amount and frequency in Lhasa were characterized by a single peak distribution, both peak values occurred at 05:00 and the valleys occurred during 15:00 - 17:00, while the hourly precipitation intensity presented a double peak distribution, the peak value occurred at 17:00 and 00:00, and the valley value occurred during 13:00 - 15:00. ( 2) The diurnal variation phases of hourly precipitation amount and frequency of different grades precipitation were different. The diurnal variation of hourly precipitation amount and frequency of slight rain and light rain presented single peak distribution, the peak value occurred at 05:00, and the time of peak hourly precipitation amount and frequency of medium rain and above were earlier than that of the former two grades precipitation. ( 3) The daytime and nighttime precipitation amount and intensity increased significantly, while precipitation days had no obvious trend in Lhasa during 1969 - 2017. The main reason of precipitation amount increase was precipitation intensity increase in Lhasa during the flood season.

**Key words:** diurnal variation; precipitation amount; precipitation frequency; precipitation intensity; daytime and nighttime precipitation