

苏锦兰,李建,杨桂荣,等. 2015. 横断山系云岭余脉点苍山东西侧小时降水特性对比分析. 气象, 41(1): 17-24.

横断山系云岭余脉点苍山东西侧 小时降水特性对比分析^{*}

苏锦兰¹ 李 建² 杨桂荣¹ 杨 澄¹

1 云南大理国家气候观测台,大理 671003

2 中国气象科学研究院,北京 100081

提 要: 利用横断山系云岭余脉点苍山东西侧两个国家级气象站 2005—2012 年逐小时降水量数据,详细分析东侧和西侧降水特性及差异。结果表明点苍山东西侧多年平均降水气候态相似,两侧年降水量接近,降水季节演变一致,但小时尺度的降水变化却存在明显差异:降水量和降水频次日变化在东侧以单峰型为主,西侧则双峰型变化显著;东西侧均存在后半夜降水量和降水频次高峰,主要由持续 6 h 及以上的长时降水事件引起,且该高峰对总降水量的贡献东侧略大于西侧、持续时间东侧略长于西侧;西侧在午后至傍晚出现另一个降水量和降水频次高峰,一般由持续 6 h 以下的中、短时降水事件造成;累积小时降水量和降水频次的最大值东西侧均于凌晨出现,出现时间东侧滞后于西侧 3 h;累积小时降水量的最小值东侧出现于傍晚、西侧则在正午发生,而累积小时降水频次的最小值东西侧均出现在正午前后。小时雨强日变化西侧较东侧强烈,尤其是夜间,西侧存在 21 时和 03—04 时大雨强时段,东侧雨强则缓慢变化于清晨 07—08 时达最大。这种小时降水特性的东西差异受点苍山地形影响,南北走向高大山脉的特殊地形使两侧下垫面辐射差异在傍晚达最大,辐射强的西侧容易形成降水量、降水频次、小时雨强的傍晚高峰。该区域降水特性的不均匀分布使其成为西南复杂地形区气候区域差异的典型代表。

关键词: 点苍山, 日变化, 降水量, 降水频次, 小时雨强, 降水事件, 东侧, 西侧

中图分类号: P463

文献标志码: A

doi: 10. 7519/j. issn. 1000-0526. 2015. 01. 002

Comparative Analysis on Hourly Precipitation Features on the East and West Sides of Yunling Diancang Mountain in Hengduan Mountains

SU Jinlan¹ LI Jian² YANG Guirong¹ YANG Cheng¹

1 Dali National Climate Observatory of Yunnan, Dali 671003

2 Chinese Academy of Meteorological Sciences, Beijing 100081

Abstract: Based on the 2005—2012 hourly precipitation data from two national meteorological stations on the east and west sides of Diancang Mountain, a part of Hengduan Mountains' ranges, precipitation characteristics on each side and differences between them have been analyzed in detail. The results show that the climate states of average precipitation, annual precipitation and seasonal evolution on both sides are similar, but there are visible differences of the diurnal variations of precipitation between the east and west sides. The diurnal variation of rainfall amount and rainfall frequency presents a single peak curve on the east side, but significant double peaks are clear on another side. The two sides' rainfall amount and rainfall frequency show peaks in late night which are mainly caused by long-duration rainfall events lasting over 6 hours. The peaks of west side's rainfall amount and rainfall frequency appear from afternoon to dusk, which are always derived from the contribution of rainfall events lasting less than 6 hours in duration. The

^{*} 国家自然科学基金项目(41322034)、公益性行业(气象)科研专项(GYHY201406001)和中国气象科学研究院基本科研业务费项目(2013Z004)共同资助

2014 年 6 月 24 日收稿; 2014 年 8 月 14 日收修定稿

第一作者: 苏锦兰, 主要从事降水特性分析及天气气候变化研究. Email: ss101003@163. com

accumulated rainfall amount and rainfall frequency reach the maximum in early morning on each side, but the occurrence time on the east side lags behind about 3 hours to the west side. The minimum of the accumulated rainfall amount at dusk on the east side appears, but on the west side it always occurs at noon while the minimum of the accumulated rainfall frequency on each side happens at around noon. The diurnal variation of hourly rain intensity on the west side is bigger than the west side, especially at night. The hourly rain on the west has two intensive periods (21:00 and 03:00-04:00), but it has slow diurnal variation on the east, getting to the maximum from 07:00 to 08:00. The difference of hourly precipitation between two sides is undoubtedly affected by the geography of Diancang Mountain. Due to the topography, the difference of the surface radiation on the east and west sides reaches the maximum at dusk, leading to a peak about rainfall amount and rainfall frequency, and hourly rain intensity on the west side. The inhomogeneity of rainfall distribution in Diancang Mountain area makes it become a typical representative to study the regional differences of climate in Southwest China with complex topography.

Key words: Diancang Mountain, diurnal variation, rainfall amount, rainfall frequency, hourly rain intensity, rainfall event, the east side, the west side

引 言

降水作为气候特征的一个重要因素,多年来一直是气候分析、气候预测的热点研究问题。近年来随着我国高时空分辨率降水资料的出现,国内有不少学者开始从小时尺度出发对降水特性进行深入分析研究。Yu 等(2007b)首次利用我国台站 1991—2004 年自动观测降水资料分析夏季降水的日变化特性,指出我国夏季降水日变化特征区域差异显著,Yu 等(2007a)进一步分析指出降水持续时间是区分不同类型降水事件的一个关键因素,且降水的持续性能很好地解释降水日变化的双峰值。李建等(2008)使用 1961—2004 年的小时降水来分析北京夏季降水的气候特征和日变化规律,指出降水量和降水频次在下午至凌晨呈现高值时段、中午前后出现最低值,且近 40 年短时降水事件降水量明显增加、长时降水事件降水量有所减少。姚莉等(2009; 2010)分析了我国 1 小时雨强的时空分布特征,指出雨强日变化具有明显地区差异。王夫常等(2011)分析了我国西南区域的降水日变化,指出西南降水夜雨特征明显,且降水日变化存在东西区域差异。于文勇等(2012)对我国降水持续性的季节演变特征进行分析,指出降水持续时间的季节演变能反映出典型雨带随季节的变化特征。宇如聪等(2013)分析降水演变过程的气候特征,指出降水过程存在明显不对称性,降水开始至达到峰值的时间较峰值发生后至降水结束的时间明显偏短。刘伟东等(2014)对北

京地区逐小时降水的时空分布进行聚类分析指出北京地区的自动站分布合理性高。这一系列研究丰富了我们降水特性尤其是降水日变化特性的认识,有助于深入理解降水气候特征及其形成演变机制。

横断山脉地处中国西南区域,位于青藏高原东南缘,由一系列南北走向的平行山脉构成,是我国最长、最宽、最典型的南北向山系。由于地形多变,横断山脉下垫面情况异常复杂,又受到南亚季风和东亚季风的共同影响,造成各气象要素时空分布的区域差异特别明显(张克映等,1992;鲁亚斌等,2008;郑建萌等,2010;朱国锋等,2011;2012;许美玲等,2011;肖潺等,2013;白爱娟等,2008;李红梅等,2008;刘海文等,2010;薛羽君等,2012;刘炜等,2014),如:中西部怒江地区春季出现桃花汛,而山脉的其余大部分地区此时正是季节性干旱期;山脉纵向岭谷区内高黎贡山、怒山、云岭三座山脉相间排列,水平距离 20~50 km,海拔高度接近,但年降水量却有 1000 mm 量级的显著差异;区域内山地垂直气候分带明显,可以呈现从热带到寒带的垂直分布。横断山系云岭余脉点苍山位于云南大理,25°34'~26°00'N、99°57'~100°12'E,南北绵延 50 km,东西宽 19~21 km,由十九座南北走向的山峰组成,平均海拔 3500 m 以上,最高峰马龙峰海拔达 4122 m。点苍山东侧为平均海拔约 1980 m 的狭长平整谷地,谷地东面紧邻面积为 250 多 km² 的高原湖泊洱海,多年平均降水量为 1054 mm,降水量夏秋多、冬春少;点苍山西侧为海拔约 1700 m 的高山峡谷低地,多年平均降水量为 1030 mm,降水集中于夏秋

季。这些特征使得点苍山及其东西两侧谷地成为横断山脉中具有大海拔落差的峰—谷地形的典型代表。由此,关注点苍山区域的天气、气候有助于了解西南复杂地形区域的气候特征,丰富了温、压、湿、风等气候因子分布的区域差异,为精细化预报预测业务提供重要参考。

因此,为细致理解西南横断山脉复杂地形区域的气候特性,本文选取点苍山为典型区域,区域两侧谷地的降水气候态相似、年降水量接近、季节演变一致,通过分析两侧更小时间尺度的降水特性及差异,重点关注高大山脉地形对局地气候尤其是降水特性的影响。

1 数据和方法

本研究选用高大山脉点苍山东侧大理站和西侧漾濞站的站点观测资料。大理站海拔 1990.5 m,漾濞站海拔 1626.1 m,两个台站之间的水平直线距离不足 20 km,周边区域地势起伏特别明显,拔海高度差最大可达 3000 m(图 1)。两个台站都是国家级气象站,其观测数据均经过严格的质量控制。本文使用台站 2005—2012 年的逐小时降水量、气温、地温数据进行分析,时间均为北京时。

文中采用如下降水统计方法:若某 1 h 的降水

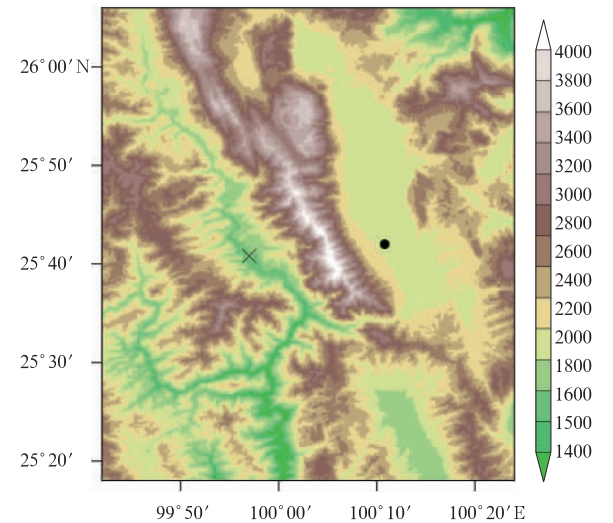


图 1 云南大理点苍山周边区域海拔高度
(×为西侧漾濞站,海拔高度 1626.1 m;●为
东侧大理站,海拔高度 1990.5 m)

Fig. 1 The altitude in the surrounding area of
Dianchang Mountain in Dali Yunnan

(× refers to the west side station with 1626.1 m altitude;
● refers to the east side station with 1990.5 m altitude)

量 $\geq 0.1\text{ mm}$,则表示该小时发生降水,相应的小时降水频次就增加 1 次;某时次的平均小时雨强为该时次的所有降水量(即降水强度)之和除以该时次的降水频次;若连续 2 小时没有发生降水,则定义该次降水事件结束,该次降水事件的持续时间即为降水开始的 1 h 到结束的 1 h 之间的小时数;将降水持续时间在 6 h 及以上的降水事件统一归类为长时降水事件,将降水持续时间在 3~5 h 的降水事件定义为中时降水事件,若某次降水过程只持续 1 或 2 h,则视为短时降水事件。

2 结果分析

图 2 给出 2005—2012 年点苍山西侧(a)和东侧(b)降水量的日变化。其中,填色区表示 2005—2012 年降水量日变化的逐年演变,顶部实线代表一日内逐时次在 2005—2012 年所累积的降水量,右侧虚线代表年降水量。由图 2a 可知,西侧降水量日变化双峰型显著,01—09 时是降水的高值时段,其中 03—08 时是降水高峰,该 6 h 的降水占总量的 34.9%,且累积的小时最大降水量出现于 04 时;傍晚 17—20 时是降水的次高峰时段,每小时的累积降水量都在 300 mm 以上,该 4 h 的降水占总量的 16.9%;其余时间段降水较弱,累积的小时最弱降水量于 12 时出现;04 时累积降水量是 12 时的 3.2 倍。分析图 2b 可得,东侧降水量日变化以单峰型为主,11—21 时都是降水的低值时段,该 11 h 的降水只占总量的 32.9%,累积小时最弱降水出现于 17 时;22 时至次日 10 时则是降水的高值时段,尤其是 03—08 时,该 6 h 的降水占总量的 37.1%,累积小时最大降水量在 07 时出现;07 时累积降水量是 17 时的 2.8 倍。对比图 2a 和 2b 可知,在降水量日变化上点苍山东西侧都存在后半夜降水的一个高峰时段,即凌晨 03—08 时,此夜间高值降水对东侧降水的贡献略大于西侧,累积的最大小时降水量出现时间西侧比东侧早约 3 h,即东侧滞后于西侧;西侧降水在正午 12 时出现最小值之后开始增大,并于傍晚出现日降水的次高峰,且这种特点在其降水量偏多的年份(如 2007、2008 和 2011 年)表现得尤其显著,而东侧从中午至入夜都维持弱降水,值得注意的是降水明显偏多的 2007—2008 年东侧午后降水较其余年份偏多。

图 3 给出 2005—2012 年点苍山西侧(a)和东侧

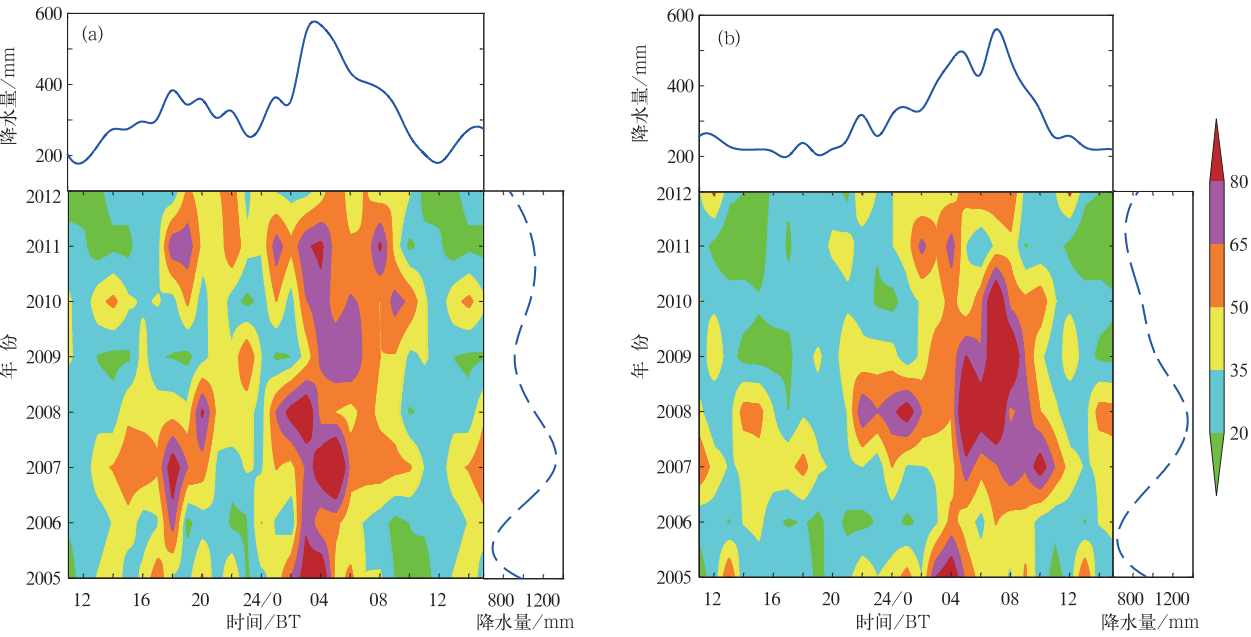


图 2 2005—2012 年点苍山西侧(a)和东侧(b)降水量的日变化
(填色区表示降水量日变化的逐年演变,上端实线表示一日逐时次在 2005—2012 年累积的降水量,右侧虚线表示年降水量)

Fig. 2 The diurnal variation of rainfall amount on west side (a) and east side (b)
of Diancang Mountain during 2005—2012

(The shading shows the annual variation of daily rainfall amount, the solid line on the top presents the hourly accumulated rainfall amount a day, the dashed line on the right presents the annual rainfall amount)

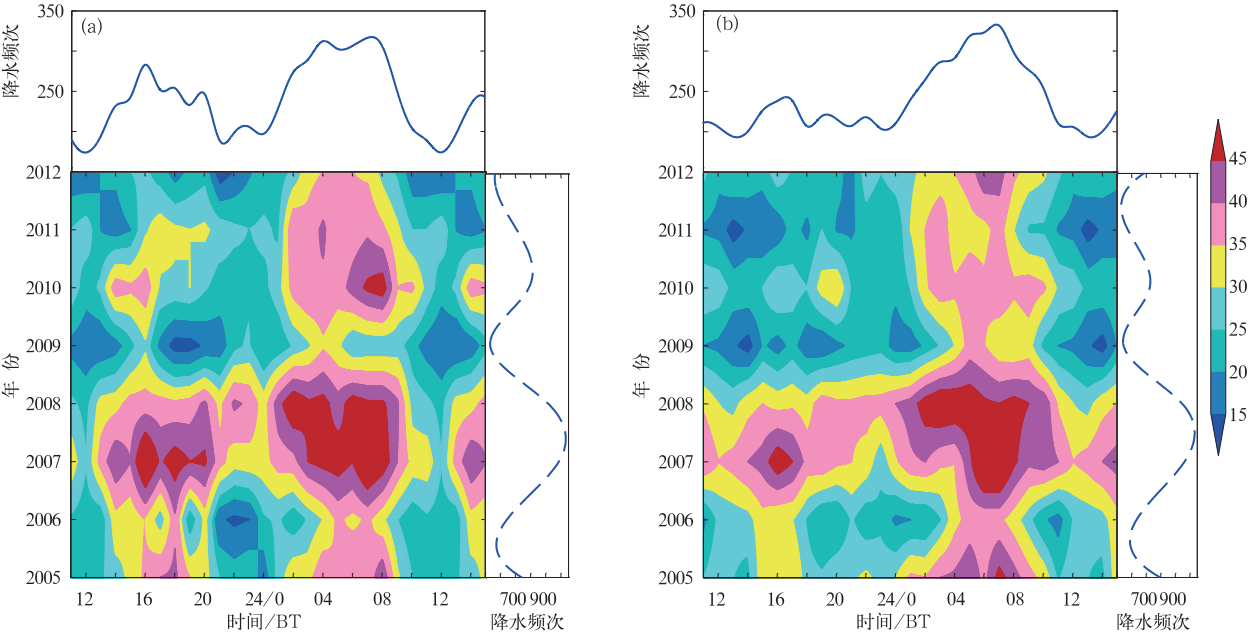


图 3 2005—2012 年点苍山西侧(a)和东侧(b)降水频次的日变化
(填色区表示降水频次日变化的逐年演变,上端实线表示一日逐时次在 2005—2012 年累积的降水频次,右侧虚线表示年降水频次)

Fig. 3 The diurnal variation of rainfall frequency on west side (a) and east side (b)
of Diancang Mountain during 2005—2012

(The shading shows the annual variation of daily rainfall frequency, the solid line on the top presents the hourly accumulated rainfall frequency a day, the dashed line on the right presents the annual rainfall frequency)

(b)降水频次的日变化。其中,填色区表示 2005—2012 年降水频次日变化的逐年演变,顶部实线代表一日内逐时次在 2005—2012 年所累积的降水频次,右侧虚线代表年降水频次。由图 3a 可知,西侧降水频次日变化存在两个明显的高频时段,一个是 02—09 时,该 8 小时里每一小时的降水频次均在 250 次以上,累积的小时降水频次极大值于 04 和 07 时先后出现,分别为 312 和 316 次;另一个为午后 15—20 时,小时降水频次均维持在 233 次及以上。其余时间西侧发生降水的次数均较少,且以中午 12 时为最少,只有 174 次。由图 3b 可知,东侧降水频次日变化存在一个明显的高频时段,即 02—10 时,该 9 小时内每一个小时都有超过 250 次的降水发生,并于 07 时达累积小时降水频次最大值,有 332 次;其余时间段降水发生次数少,且于中午 13 时出现累积小时降水频次最小值,只有 194 次。对比图 3a 和 3b 可知,西侧降水频次日变化双峰型结构特别突出,有后半夜降水频发和午后降水多发两个高峰时段;东侧降水频次日变化则以单峰型结构为主,降水频次高峰期出现于后半夜,但年降水量和年降水频次明显偏多的 2007—2008 年午后降水发生的次数比其余年份明显偏多;累积小时降水频次西侧 04 时已接近最大值,而东侧略滞后,到 07 时才最容易发生降水;大多数年份中午 12—13 时两侧都少有降水出现。另外,对比图 2a 和图 3a 可知,西侧降水频次午后峰值的振幅较降水量的振幅强,说明虽然西侧午后至傍晚降水多发,但与夜间比起来,其小时雨强较弱。综合图 2 和图 3 还可知,两侧降水量和降水频次的日变化存在较大的年际变化,西侧傍晚峰值多出现在降水较多的年份,而东侧在降水偏多的 2007—2008 年,也表现出午后降水明显比其余年份偏多的特点。这说明,降水次峰值可能对于解释该地区降水年际变化的原因有一定的指示意义。

上述分析表明点苍山东西侧降水量和降水频次日变化存在显著区别,这种区别不仅表现在西侧存在降水量和频次的午后峰值而东侧不明显,还表现在夜间高峰降水的贡献及最强、最弱降水的出现时间不同。为了更清晰知道两侧降水特性东西侧差异的具体表现形式,接着对两侧降水作交叉对比,如图 4 所示,该图显示东西侧同时发生降水、只有西侧发生降水、只有东侧发生降水三种情形下累积降水频次的日变化。由黑色实线可知,东西侧同时发生降水情形的频次日变化于 04—08 时存在一个大

振幅波峰,平均降水频次达 188 次,比日平均值(138 次)多 50 次。由红色实线和蓝色实线对比可知:14—20 时西侧比东侧更容易发生降水,降水频次西侧比东侧平均每小时多 29 次,这对应图 2 和图 3 中西侧的午后降水峰值;05—07 时东侧比西侧平均每小时多 16 次的降水,对应图 2 中显示的后半夜降水量高峰东侧略强于西侧;09—12 时东侧比西侧平均每小时多达 31 次的降水发生,结合图 2 可知虽然上午时段东侧降水次数远多于西侧,但降水量却没有大的差别,这表示东西侧上午雨强弱,对总降水贡献少。

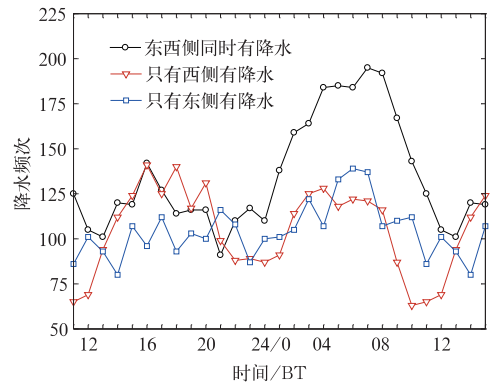


图 4 点苍山东西侧三种降水结构的累积降水频次日变化

Fig. 4 The diurnal variation of accumulated rainfall frequency in three conditions on two sides of Diancang Mountain
[The hollow circle shows that the two sides have rainfall events at the same time, the solid line with hollow triangle (square) presents that only the west (east) side has rainfall event]

降水强度也是反映降水特性的重要物理量,图 5 给出 2005—2012 年点苍山西侧(a)和东侧(b)平均小时雨强的日变化。其中,填色区表示 2005—2012 年平均小时雨强日变化的逐年演变,顶部实线为平均小时雨强日变化的多年平均。由图可知,点苍山东西侧小时雨强日变化存在明显差异:西侧 09—17 时小时雨强均较小,18—08 时则为雨强大值时段,最大雨强常出现于 21 时和 03—04 时,夜间雨强变化幅度大;东侧上午时段雨强较小,17 时达最小值,之后波动上升,并于 07—08 时达最大雨强,日变化幅度比西侧弱。

图 6 给出点苍山东西侧年平均降水事件演变过程的特性及差异。图中填色区表示西侧(图6a)、东

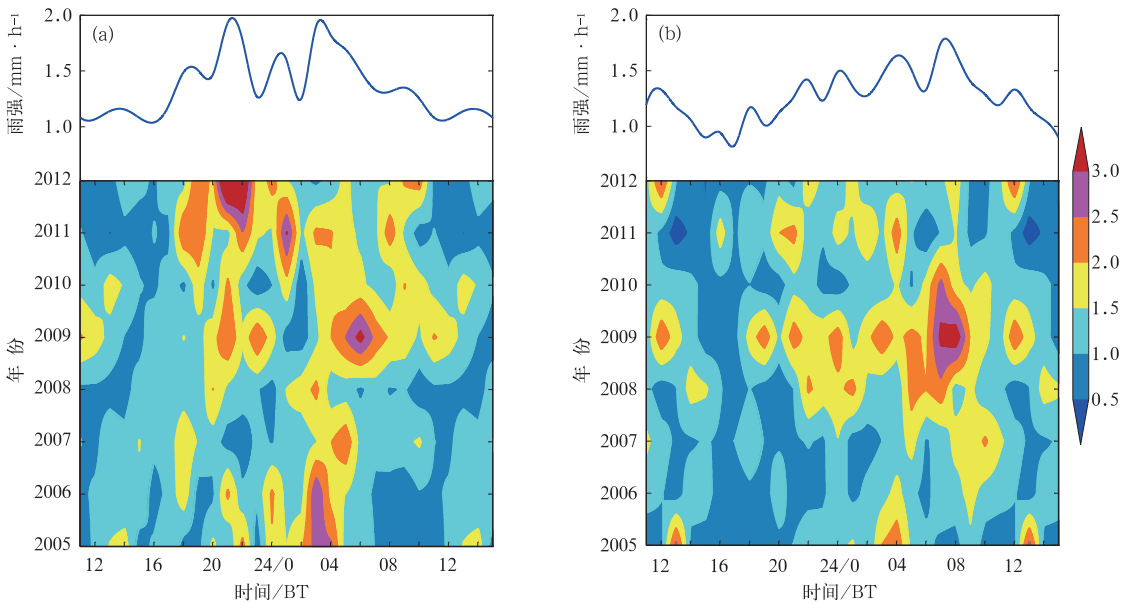


图 5 2005—2012 年点苍山西侧(a)和东侧(b)平均小时雨强(单位: $\text{mm} \cdot \text{h}^{-1}$)的日变化
(填色区表示平均小时雨强日变化的逐年演变,上端实线表示一日逐时
次平均小时雨强在 2005—2012 年的多年平均)

Fig. 5 The diurnal variation of mean hourly rain intensity (unit: $\text{mm} \cdot \text{h}^{-1}$) on west side (a)
and east side (b) of Diancang Mountain during 2005—2012
(The shading shows annual variation of hourly mean rain intensity a day, the solid line on the
top presents the multi-year mean of hourly mean rain intensity a day over 2005—2012)

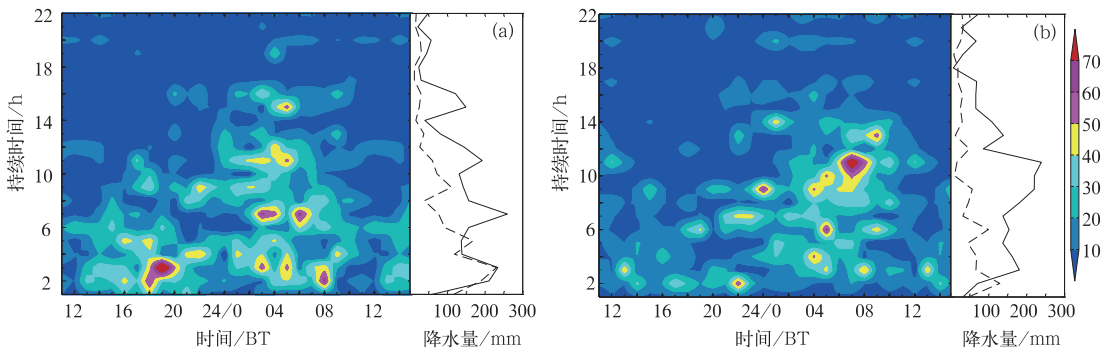


图 6 点苍山西侧(a)和东侧(b)不同持续时间降水事件累积降水量的日变化
[填色区代表不同持续时间降水事件在相应时次的累积降水量,右侧实线(虚线)
代表各类型降水事件在 03—08(16—20)时累积的降水量]

Fig. 6 The diurnal variation of accumulated rainfall amount of rainfall events in different
durations on west side (a) and east side (b) of Diancang Mountain
[The shading shows the accumulated rainfall amount (unit: mm) of rainfall events in different
durations, the solid (dashed) line on the right presents the accumulated rainfall amount
(unit: mm) of each type of rainfall events during 03:00—08:00 (16:00—20:00) BT]

侧(图 6b)不同持续时间的降水事件的累积降水量,可见西侧和东侧的降水事件存在不同的日变化特征:(1)西侧持续 6 h 以下的降水事件,在其降水发生过程中一般会在傍晚前后出现最大小时降水,即此时刻小时雨强达最强;持续 1~2 h 的降水事件的

最大小时降水多出现于 18 时;持续 3~4 h 的降水事件其最大小时降水分别出现于 19 和 22 时;持续 5 h 的降水事件的最大小时降水多在 16 和 18 时发生。这说明西侧午后对流活动相对频繁,且傍晚短时强对流活动旺盛,持续时间短、强度强的降水事件

频发,该类型降水事件(中、短时)常常会在 16—20 时出现降水高峰。而持续 6~21 h 的长时降水事件,除 9 h 外的各类降水事件多在 03—07 时某个时段出现最大小时降水(持续 9 h 的降水事件的最大小时降水出现在前半夜),即长时降水事件一般会在后半夜出现降水高峰。(2)东侧持续 1 h 的降水事件多在 18 时达到峰值;持续 2~21 h 的降水事件,峰值多出现在后半夜 04—08 时,只有 2、7、9、13、20 h 的降水事件的最大小时降水出现于前半夜。即东侧在 18 时易发生持续时间太短、降水强度不强的短时降水事件,而入夜后降水事件的持续时间逐渐变长,往往会在后半夜至清晨达到降水高峰。

图 6 右侧曲线给出不同持续时间的降水事件在后半夜 03—08 时(实线)和傍晚 16—20 时(虚线)的累积降水量。对比两条黑色虚线可知,持续 6 h 以下的降水事件类型对 16—20 时降水量的贡献突出,尤其是西侧,该时段降水量有 50%来自此类降水事件,东侧的午后降水也多以中短时降水事件为主,但发生频次较西侧少,累积的降水量远少于西侧;而持续 6 h 及以上的降水事件类型对 16—20 时降水的贡献在东西侧都很小。这说明西侧傍晚降水峰值多来自午后持续 6 h 以下的中、短时降水事件的贡献。由两条黑色实线可知,东西侧 03—08 时夜间降水事件均多受持续时间较长(6 h 及以上)的降水事件的影响,其中东侧以持续 6~11 h 的降水事件的贡献最明显,西侧则是 6~12 h 降水事件的影响突出。

3 结论和讨论

本文分析了高大山脉点苍山西侧和东侧降水量、降水频次、小时雨强、降水事件的日变化特性及差异,主要结论如下:

(1) 全年范围内降水量日变化东侧以单峰型曲线为主,西侧则双峰型变化显著;东西侧均存在 03—08 时夜间降水量高峰,该高峰对总降水量的贡献东侧大于西侧;西侧于午后至傍晚出现另一个降水量高峰,东侧则没有此明显特点;上午时段东西侧都维持弱降水;累积小时降水量最大值东西侧均在凌晨出现,且东侧滞后于西侧 3 h;累积小时降水量最小值东侧于 17 时出现,西侧则发生在 12 时。

(2) 全年范围内降水频次日变化东侧主要表现为单峰型,西侧则表现为双峰型;东西侧均存在凌晨至上午的夜间降水频次高峰,每小时降水频次都在

250 次以上,但该峰值维持时间东侧比西侧长;西侧在 15—20 时每小时降水 233 次及以上,维持另一个高峰,东侧则表现不明显;累积小时降水频次西侧 04 时已接近最大值,东侧略滞后,出现在 07 时;累积降水频次最小值东西侧均出现在中午前后。

(3) 东侧平均小时雨强日变化变化缓慢,17 时(最小值)起波动上升并于 07—08 时达最大雨强,之后波动下降,上午和午后均维持弱雨强;而西侧雨强日变化剧烈,尤其是夜间,09—17 时雨强均较小,而 18—08 时则为雨强大值时段,且变化幅度大,最大雨强常出现于 21 时和 03—04 时。

(4) 全年来看,西侧比东侧午后对流活动多,尤其是傍晚短时对流活动旺盛,易发生持续 6 h 以下的中、短时降水事件,导致西侧降水量和降水频次的午后峰值;入夜后东西侧降水均以持续 6 h 及以上的长时降水事件为主,降水持续时间长、累积降水量大,多在后半夜至清晨出现降水量和降水频次日变化的最大峰值。

上述研究使用点苍山东侧和西侧逐小时降水数据,详细分析了西南复杂地形区域内高大山脉点苍山两侧谷地的小时降水特性及差异,这种差异的突出表现便是西侧存在午后至傍晚的降水高峰,而东侧不明显,这一点与东西侧下垫面热力分布差异相对应(图 7)。西侧地温从上午 10 时起明显高于东

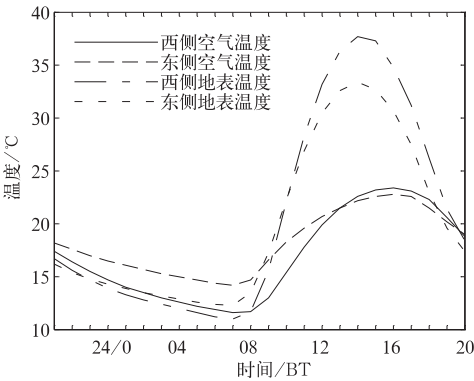


图 7 2005—2012 年点苍山东西侧海拔高度差订正气温和地温年平均日变化
Fig. 7 The diurnal variation of air temperature and earth temperature with altitude correction on two sides of Diancang Mountain in 2005–2012 (Solid line refers to air temperature of the west side, dashed line refers to air temperature of the east side, dotted-dashed line refers to earth temperature of the west, dot line refers to earth temperature of the east side)

侧,并于 14—15 时达最大差值,持续到入夜;空气由于大量吸收地面长波辐射而迅速增温,且空气温度的变化要滞后于地表温度的变化,13 时起西侧气温开始高于东侧,并于 18 时前后达最大差值,持续到 20 时。这说明东西侧下垫面辐射强度最大差异多出现于 18 时前后,此时西侧地表辐射特别强,只要有水汽配合便容易发生短时对流天气并产生降水,容易形成降水量、降水频次和小时雨强的傍晚高峰。然而,高大山脉对降水的影响还着重体现在动力影响机制上。由于该区域地形复杂、地方性风显著,东侧湖陆风与峡谷风相互叠加、西侧则山谷风环流显著,地形引起的这些局地环流差异应该造成了东西侧夜间降水特性的不同,如累积小时降水的最大值东侧滞后于西侧 3 h。下一步将结合大理国家气候观象台的典型山地坡面综合观测系统的数据资料,深入分析高大山脉峰—谷高海拔落差的典型地形对降水特性的动力影响机制,进一步了解该区域水湿气候的不均匀性及降水变化成因,提高精细化降水预报水平。另外,由于资料年限较短,降水存在较强的年际变化,那么该区域降水日变化特征也有可能依赖于所用资料的年份,该问题有待进一步深入分析解决。

参考文献

- 白爱娟,刘长海,刘晓东. 2008. TRMM 多卫星降水分析资料揭示的青藏高原及其周边地区夏季降水日变化. 地球物理学报, 51(3): 704-714.
- 李红梅,周天军,宇如聪. 2008. 近四十年我国东部盛夏日降水特性变化分析. 大气科学, 32(2): 358-370.
- 李建,宇如聪,王建捷. 2008. 北京市夏季降水的日变化特征. 科学通报, 53(7): 829-832.
- 刘海文,丁一汇. 2010. 华北汛期降水日变化特性的变化分析. 大气科学, 34(1): 12-22.
- 刘炜,周顺武,智海. 2014. 1998 年夏季青藏高原东南部降水 30~60 d 低频振荡特征. 气象, 40(5): 530-540.
- 刘伟东,尤焕苓,任国玉,等. 2014. 北京地区自动站降水特征的聚类分析. 气象, 40(7): 844-851.
- 鲁亚斌,解明恩,范菠,等. 2008. 春季高原东南角多雨中心的气候特征及水汽输送分析. 高原气象, 27(6): 1189-1194.
- 王夫常,宇如聪,陈昊明,等. 2011. 我国西南部降水日变化特征分析. 暴雨灾害, 30(2): 117-121.
- 肖潺,宇如聪,原韦华,等. 2013. 横断山脉中西部降水的季节演变特征. 气象学报, 71(4): 643-651.
- 许美玲,段旭,杞明辉,等. 2011. 云南省天气预报员手册. 北京: 气象出版社, 301.
- 薛羽君,白爱娟,李典. 2012. 四川盆地降水日变化特征分析和个例模拟. 地球科学进展, 27(8): 885-894.
- 姚莉,李小泉,张立梅. 2009. 我国 1 小时雨强的时空分布特征. 气象, 35(2): 80-87.
- 姚莉,赵声蓉,赵翠光,等. 2010. 我国中东部逐时雨强时空分布及重现期的估算. 地理学报, 65(3): 293-300.
- 宇如聪,原韦华,李建. 2013. 降水过程的不对称性. 科学通报, 58(15): 1385-1392.
- 于文勇,李建,宇如聪. 2012. 中国地区降水持续性的季节变化特征. 气象, 38(4): 392-401.
- 张克映,马友鑫,李佑荣,等. 1992. 独龙江流域及其邻区的水湿气候特征. 云南地理环境研究, 4(1): 77-86.
- 郑建萌,朱红梅,任菊章,等. 2010. 云南纵向谷区北部“春汛”的气候特征及成因. 资源科学, 32(8): 1478-1485.
- 朱国锋,何元庆,蒲焘,等. 2011. 1960—2009 年横断山区潜在蒸发量时空变化. 地理学报, 66(7): 905-916.
- 朱国锋,蒲焘,何元庆,等. 2012. 横断山区土壤相对湿度时空分异. 地理学报, 32(7): 872-877.
- Yu R C, Xu Y P, Zhou T J, et al. 2007a. Relation between rainfall duration and diurnal variation in the warm season precipitation over central eastern China. Geophys Res Lett, 34, L13703, doi: 10.1029/2007GL030315.
- Yu R C, Zhou T J, Xiong A Y, et al. 2007b. Diurnal variation of summer precipitation over contiguous China. Geophys Res Lett, 34, L01704, doi: 10.1029/2006GL028129.