

王夫常,宇如聪,陈昊明,等.我国西南部降水日变化特征分析[J].暴雨灾害,2011,30(2):117-121

我国西南部降水日变化特征分析

王夫常^{1,2},宇如聪³,陈昊明⁴,李建^{4,5},原韦华^{1,2}

(1.中国科学院大气物理研究所大气科学和地球流体力学数值模拟国家重点实验室,北京 100029;
2.中国科学院研究生院,北京100049;3.中国气象科学研究院灾害天气国家重点实验室,北京 100081;
4.中国气象科学研究院,北京 100081;5.大理国家气候观象台,云南 671003)

摘要:利用1991—2004年台站观测的逐时降水资料分析了我国西南部降水日变化的基本特征和区域差异。结果表明,西南部降水“夜雨”特征明显,但存在午后次峰值,且区域差异显著。降水频次和降水强度亦存在明显日变化,夜间降水量峰值主要来自于降水频次的贡献,而午后降水量峰值以降水强度的贡献为主。在25°N以北,降水量的峰值位相超前于降水频次1~2 h,且自西向东存在区域差异。西部降水量主峰值在凌晨03—04时,而中、东部在01—02时;中部和东部的区别主要在降水强度的日变化上,中部的强度日变化为午夜单峰值结构,而东部的午后强度较大。25°N以南地区的降水日变化特征与北部明显不同,南部降水量主峰值出现在午后,且主要是强度的贡献,次峰值出现在凌晨05—06时,以频次贡献为主。

关键词:降水日变化;西南部地区;区域差异

中图分类号:P426.61⁴ 文献标识码:A 文章编号:1004-9045(2011)02-0117-05

The Characteristics of Rainfall Diurnal Variation over the Southwestern China

WANG Fuchang^{1,2}, YU Rucong³, CHEN Haoming⁴, LI Jian^{4,5}, YUAN Weihua^{1,2}

(1.LASG, Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029;
2.Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049;
3.State Key Laboratory of Severe Weather, Chinese Academy of Meteorological Sciences, Beijing 100081;
4.Chinese Academy of Meteorological Sciences, Beijing 100081;
5.Dali National Climate Observatory, Yunnan 671003)

Abstract: Diurnal variations of precipitation over the southwestern China and its regional features are studied using hourly rain-gauge data from 72 stations during 1991–2004. Results show that nocturnal rainfall dominates this region, but there is a secondary peak in the late afternoon. Precipitation in this region has large diurnal variations with considerable regional differences. Moreover, the contribution of rainfall frequency and intensity to the diurnal variation of rainfall amount varies with the hours. The night peak of rainfall amount mainly comes from precipitation frequency while the amount peak in the afternoon is resulted from precipitation intensity. In the region north of 25°N in the southwestern China, the peak phase of rainfall amount precedes that of frequency about 1 or 2 hours and varies from the west to east. Over the western region, precipitation is characterized by the diurnal peaks at 3–4 LST. In the middle and eastern regions, rainfall peaks take place at 1–2 LST, and their major difference lies on diurnal variation of intensity. In the region south of 25°N, the diurnal features of precipitation differ from that in the north. The main peak of amount occurs in the afternoon, mainly as a result of the contribution of intensity, while the secondary peak is at 5–6 LST and comes from the contribution of frequency.

Key words: Diurnal variations of precipitation; Southwestern China; Regional features

1 引言

中国西南部(97°—107°E, 21°—30°N)是我国地形最复杂的区域之一,大陆地貌的五种基本类型(高原、

山地、丘陵、盆地、平原)兼备,处于我国东部季风区和青藏高原高寒区的过渡地带;它纬度低海拔高,山高谷深,多种地貌镶嵌分布,气候的区域差异显著^[1]。由西南部地形分布(图1)可以看出,西南中部地势相对

收稿日期:2011-01-14;修订日期:2011-03-25

资助项目:国家自然科学基金项目(40921003)

第一作者:王夫常,男,1987年生,在读硕士,主要从事东亚气候观测分析的研究。E-mail: wfc1102@163.com

较低,西部为一系列南北走向的岭谷;东部为云贵高原与江南丘陵的过渡地带;南部的地势普遍低于北部,地形呈扇状展开。西南部降水分布受到季风环流和复杂地形的综合作用,局地性差异极为明显。受地形影响,常发生局部强降水,是我国降水局部区域差异最大、变化最复杂的地方之一^[1],因而西南气候的研究历来备受关注。

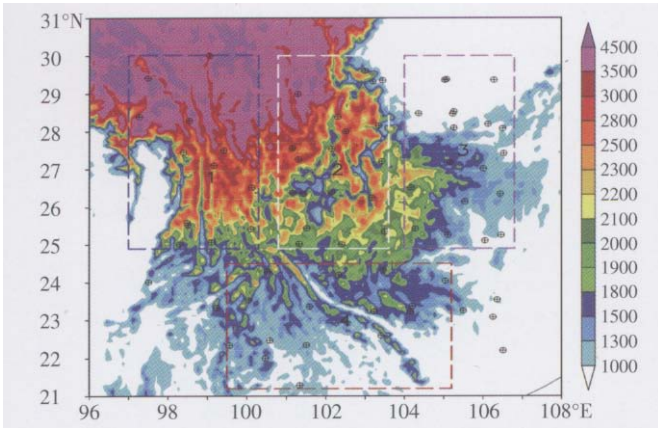


图 1 我国西南部的地形与站点分布。图中填色为地形(单位:m),含十字的圆圈表示站点的位置,矩形虚线框标出了四个子区,分别为西部(区域 1,蓝色)、中部(区域 2,白色)、东部(区域 3,紫色)和南部(区域 4,红色)

日变化是地球气候系统的基本演变模式之一。降水日变化的研究,不仅可以增强对区域气候特征与降水演变规律的认识,同时也为检验和评估数值模式的物理过程提供科学依据。关于降水日变化,国外学者做了大量研究^[2-4]。由于受到资料时间分辨率的限制,此前国内对降水特征的研究多以日、月等降水资料为基础,关注降水的时空特征^[5-10]。近年来,随着高时间分辨率降水资料的出现和积累,降水日变化的研究^[11-18]亦日益受到关注。Yu 等^[12-13]利用全国逐时观测降水资料,全面揭示了中国夏季降水日变化特征及区域差异,在此基础上,指出江淮流域降水日变化的双峰值结构与不同持续时间的降水事件密切相关。Zhou 等^[14]对比了卫星反演和台站观测的夏季降水量、频次和强度的日变化特征。对于降水日变化的机制,前人亦做了很多讨论,发现沿海地区的降水日变化与海陆风环流有关,内陆地区与地形及山谷风环流有关,此外边界层中摩擦拖曳作用与静力稳定度的日变化也会对降水的日变化产生影响^[2]。高原下游的“夜雨”现象,很早就引起气象学家的关注。吕炯^[19]利用川西气象站自记降水 30 年的观测分析了“巴山夜雨”的特征,认为西部高原与盆地之间存在一种类似于山谷风的机制。叶笃正和高由禧^[20]及徐裕华等^[1]都提出,地形作用所造成的山谷风环流、夜间云顶辐射冷却等,可能是导致“夜雨”形成的重要过程。彭贵康等^[21]基于大量的区域

暴雨个例资料,分析了“雅安天漏”的气候特征与环流背景,指出该地区具有显著的“夜雨”特点。宇如聪等^[22]建立了一个有限区域数值预报模式,较成功地模拟出了“雅安天漏”的主要特征。在此基础上,曾庆存等^[23]利用一系列数值试验,分析了雅安“夜雨”形成的可能机制。Chen 等^[18]分析了对流层低层风场的日变化特征,发现其与高原至长江下游持续性夜雨的日峰值位相向东滞后密切相关。

前人对西南部降水日变化的分析和研究多针对某些个例或者局部地区,对中国西南部降水日变化的区域特征缺少较为细致地分析。本文利用多年台站观测的逐时降水资料,进一步细致分析以横断山脉和云贵高原为主体的我国西南部降水日变化的区域特征,以提高对我国西南部降水特性和演变规律的认识。

2 资料与分析方法

本文所用资料为 1991—2004 年我国西南部 72 个台站(图 1)观测的逐时降水数据,该数据由国家气象信息中心收集,并进行了严格的质量控制^[12]。分析过程中,小时降水量大于 0.1 mm 的时次被判定为有降水发生,考察降水量、频次和强度的日变化特征。降水频次定义为降水时次占样本总时次的百分比,降水强度则定义为总降水量除以总降水时次,降水频次与强度的乘积,即为降水量^[14]。对降水量、频次和强度分时段统计,得到 24 h 的序列,由此分析各个量的日变化特征。降水日变化由位相和振幅来表征^[2],峰(谷)值出现的时间由当地时间(Local Solar Time)表示。日变化的显著性由其标准化振幅表示^[12],记第 h 时次的降水为 $R_a(h)$,则峰值振幅 A_p 定义为 $A_p = R_{\max} / R_{\text{ave}} - 1$ ^[2],而谷值振幅 A_v 为 $A_v = 1 - R_{\min} / R_{\text{ave}}$,其中 R_{\max} (R_{\min})为日降水最大(小)值, R_{ave} 为日降水平均值。

3 我国西南部降水日变化特征

图 2 给出 1991—2004 年我国西南部 72 站平均的降水日变化曲线,可见西南部降水日变化明显。降水量具有凌晨 3 时(LST,下同)的主峰值和下午 17 时的次峰值,中午降水量相对较小。降水频次日变化表现为单峰值结构,峰值在凌晨 4 时前后,谷值在正午 12 时。降水强度在午后至午夜较强。降水量和降水频次日变化的振幅较大,降水强度日变化的振幅较小。对比降水频次与强度的日变化曲线可知,降水频次的日变化与降水量更为相近,说明降水频次对降水量日变化的贡献较降水强度要大。降水频次的日位相滞后于降水量日位相约 1~2 h。降水量日变化的午后次峰

值主要来自于降水强度的贡献。

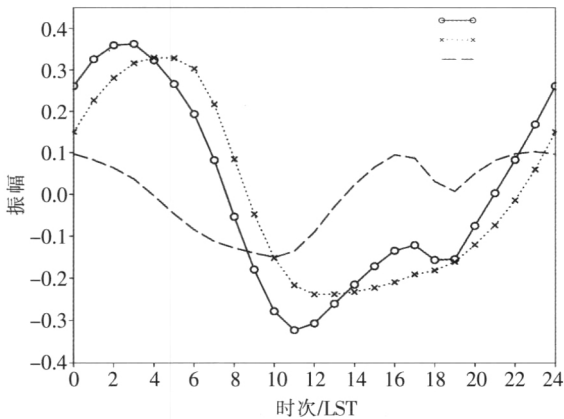


图 2 我国西南部年平均的降水量(带圈实线)、频次(带叉虚线)和强度(长虚线)的日变化曲线(用日平均值标准化)

图 3 给出我国西南部各站的年平均降水日变化分布情况,其中降水峰(谷)值位相及其振幅分别由箭

矢和填色图表示。由降水量峰(谷)值位相的分布(图 3a、d)可见,25°N 以北(简称为北部),各站降水量的峰(谷)值位相较为一致,峰(谷)值多发生在午夜(正午)前后;25°N 以南,位相分布比较复杂,峰值主要发生在午后和凌晨,谷值主要发生在上午和傍晚。从振幅的分布可以看出,东北部为振幅大值区、南部为振幅低值区。图 3b、e 为降水频次日变化的分布情况,可见除个别站外,频次峰值主要发生在午夜至清晨,而频次谷值位相多在正午前后,西南部的部分站点的频次谷值发生在上半夜。图 3c、f 给出降水强度日变化的峰、谷位相及其振幅的分布,可以看出,除了中部为午夜前后的峰值之外,西南部其它地区的降水强度日变化无一致的区域分布特征,午后、上半夜或凌晨的峰值交错分布。北部各站谷值位相多在正午前后,而南部谷值位相在上午和上半夜。从振幅上来看,北部和东部是大值区,南部和西部振幅较小。

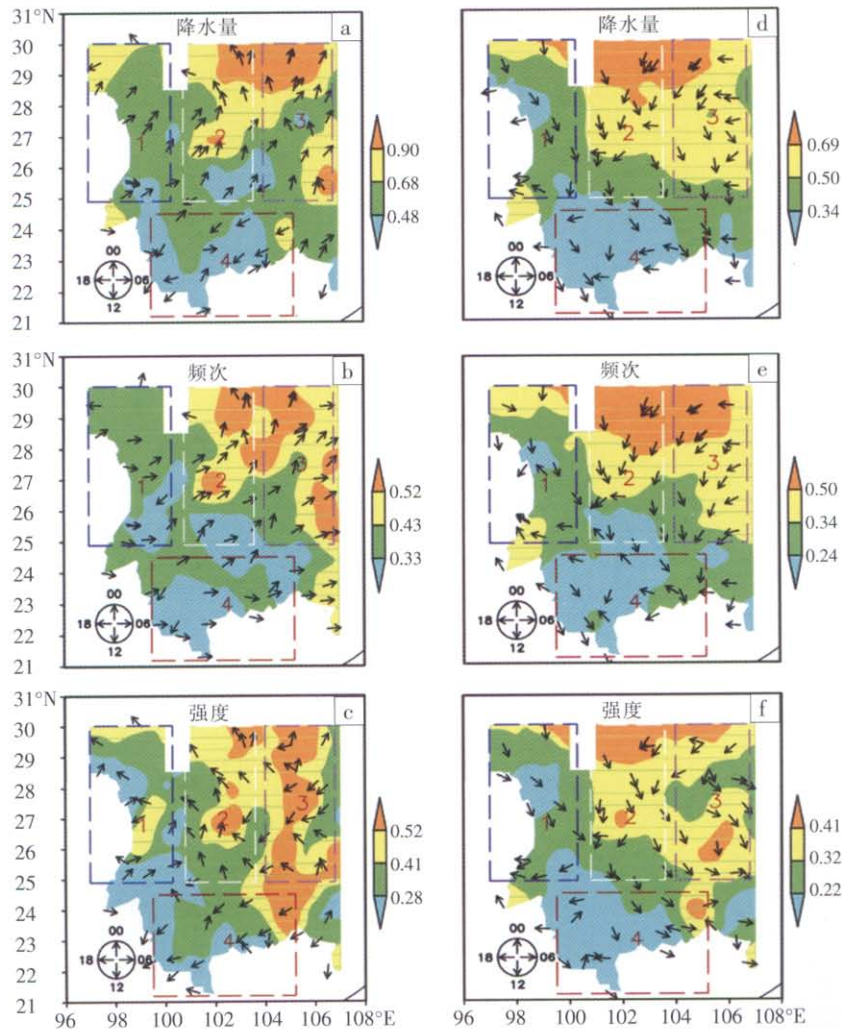


图 3 我国西南部降水量、频次和强度日变化的分布图。左列为其峰值位相和振幅,右列为其谷值位相和振幅;箭头表示位相、填色图为振幅;矩形含义同图 1。

综合降水峰(谷)值位相及其振幅的分布可知,西南部降水日变化具有显著的区域差异,其中大致以

25°N 为界的南北差异尤为明显。北部三个子区(表 1)的降水日变化特征亦存在不同:西部降水量以凌晨降

水峰值为主,且振幅相对中部和东部较小;中部降水量峰值出现在午夜前后,谷值出现在正午,区域一致性最好且振幅较大;东部降水量具有午夜前后的峰值,谷值位相在正午前后和傍晚,日变化振幅较大。东、中部的最大差别在于降水强度的日变化,中部各站的强度峰值在夜间,而东部部分站点的强度最大时段在午后。

根据上述分析,将我国西南部按图 1 和 3 中的虚线矩形框分为 4 个子区域。由图 1 可以看出,4 个子区域的地理特征差异明显(引言中已介绍,不再赘述)。表 1 给出了各区的地理范围、所包含的台站数和

表 1 我国西南部四个子区的地理位置和所包含的台站数

区域	地理范围	台站数	有效记录天数
区域 1	24.9°—30.1°N, 97°—100.3°E	13	39 094
区域 2	24.9°—30°N, 100.8°—103.6°E	19	75 474
区域 3	24.9°—30°N, 104°—106.8°E	19	65 662
区域 4	21.2°—24.5°N, 99.5°—105.2°E	15	69 268

有效记录天数(即未计入 24 时次均缺测记录时的天数)。为进一步细致了解降水日变化的区域差异,图 4 给出了各子区平均的降水量、频次和强度的日变化曲线。

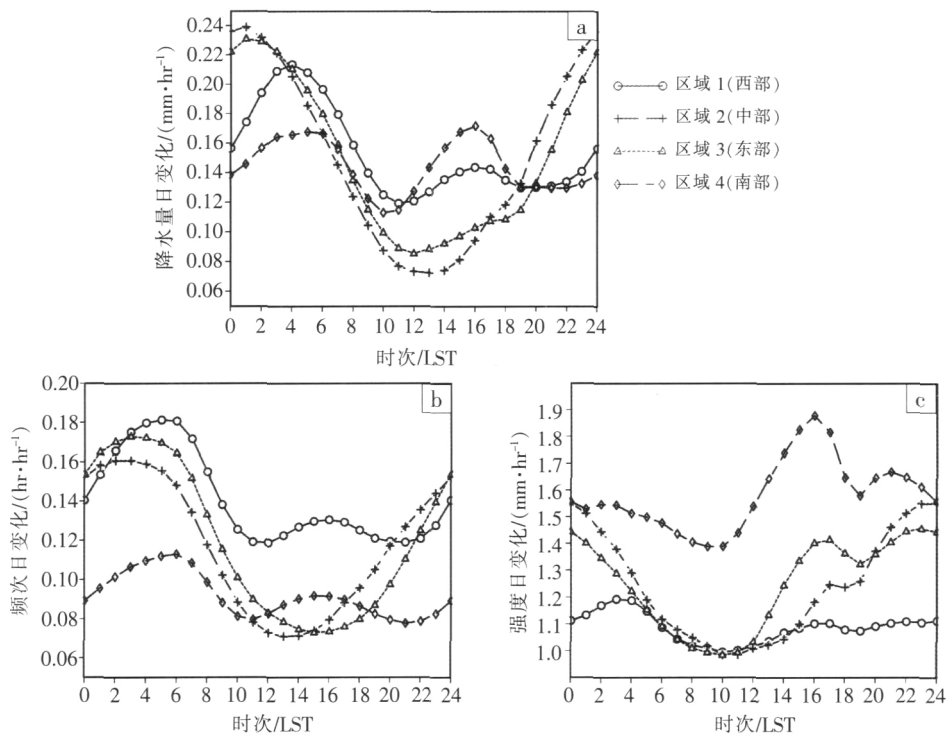


图 4 我国西南部各区降水量(a)、频次(b)和强度(c)的年平均日循环曲线。区域 1-4 分别用圆圈实线、十字长虚线、三角短虚线和菱形长短虚线表示。

由图 4a 可知,南部(区域 4)降水量日变化曲线呈现双峰值并存的特征,午后(16 时)峰值略强于凌晨(05 时)峰值,谷值在 10 时和 21 时前后。在北部各子区中,西部(区域 1)降水量日变化位相与南部最为接近,但凌晨峰值突出。而中部(区域 2)和东部(区域 3)的降水量日变化则为单峰值结构,峰值在午夜、谷值在正午,且凌晨峰值的发生时间较西部(区域 1)早约 1 h。降水频次的日变化曲线与降水量基本一致(图 4b),只是南部(区域 4)的双峰值以凌晨峰值较强,午后为次峰值,与降水量相反。降水强度日变化与降水量和频次日变化不同(图 4c)。南部(区域 4)降水强度均值明显高于北部(区域 1-3),且表现为午后 16 时的峰值和上午 10 时的谷值。北部各区降水在上午均较弱,而在其它时段的特点各不相同。西部(区域 1)降水强度

日变化最弱,但主峰值出现时间与降水量和降水频次都一致。中部(区域 2)为单峰值结构,峰值在午夜,谷值在上午 10 时,与降水量和降水频次的特征也基本一致。东部(区域 3)降水强度的日变化位相与南部(区域 4)最为接近,只是午后峰值没有南部突出,但比西部和中部的午后峰值要明显。此外,东部降水强度峰值时间为降水频次的谷值时间。

由上述分析可知,西南各区降水各有其特点。相比而言,南部降水强度大,降水频次少,且午后强度突出,降水量日变化振幅较小。西部降水日变化以降水频次为主导,降水强度日变化不明显。中部降水日变化的量、频次和强度三者较为一致,峰值均出现在午夜。东部降水强度的午后峰值时间对应的是频次谷值发生的时间,即东部午后降水时次少,但强度大,降水

量日变化主要来自频次的贡献。

4 结论

本文利用 1991—2004 年台站观测的逐时降水资料,细致分析了以横断山脉和云贵高原为主体的我国西南部降水日变化特征。结果表明西南部“夜雨”特征明显,但存在午后次峰值,且降水日变化具有显著的区域差异。主要结论如下:

(1) 西南部年平均的降水量日变化表现为凌晨主峰值和下午次峰值并存的特征;降水频次为单峰值,峰值在凌晨、谷值在正午;降水强度则在午后至午夜较强。总体而言,降水频次与降水量的日变化特征更为接近,降水量夜间峰值主要来自于降水频次的贡献,而午后次峰值来自于降水强度的贡献。

(2) 西南部降水日变化具有区域差异,且南北差异最为明显。南部降水日变化振幅小且各站主峰(谷)值位相差别较大,而北部的日变化振幅大且各站峰(谷)值位相基本一致。北部三区的降水日变化又各有其特点,西部以凌晨降水峰值为主,振幅相对较小;中部和东部的降水日变化分布特征相似,峰值出现在午夜前后,谷值出现在正午,区域一致性好且振幅较大。

(3) 南部午后降水强度较大,各量日变化振幅均较小,夜间峰值来自于降水频率的贡献而午后峰值来自于强度的贡献。西部降水量日变化主要来自降水频次的贡献,降水强度日变化不明显;中部降水量、频次和强度三者的日变化较为一致,峰值都出现在午夜;在东部,降水强度峰值和频次谷值发生在午后,降水量的日变化峰值主要来自频次的贡献。

致谢:感谢中国气象局国家气象信息中心为本文提供数据。

参考文献:

- [1] 徐裕华. 西南气候[M]. 北京: 气象出版社, 1991.
- [2] Wallace J M. Diurnal Variations in Precipitation and Thunderstorm Frequency over the Conterminous United States[J]. Monthly Weather Review, 1975, 103: 406-419.
- [3] Dai A G. Global Precipitation and Thunderstorm Frequencies. Part II: Diurnal Variations[J]. Journal of Climate, 2001, 14: 1112-1128.
- [4] Kevin Trenberth, Dai A G, Roy M Rasmussen, et al. The changing character of precipitation[J]. Bulletin of the American Meteorological Society, 2003, 1205-1217.
- [5] 黄嘉佑. 我国夏季气温、降水场的时空特征分析[J]. 大气科学, 1991, 15(3): 124-132.
- [6] 翟盘茂, 潘晓华. 中国北部近 50 年温度和降水极端事件变化[J]. 地理学报, 2003, 58: 1-10.
- [7] 王志伟, 翟盘茂, 唐红玉, 等. 中国南部近半个世纪的雨涝变化特征[J]. 自然灾害学报, 2005, 14(3): 56-60.
- [8] 向辽元, 陈星, 黎翠红, 等. 近 55 年中国大陆地区降水突变的区域特征[J]. 暴雨灾害, 2007, 26(6): 149-153.
- [9] 李建平, 易成功, 张火平. 近 45a 黄冈市气温和降水的变化与异常特征分析[J]. 暴雨灾害, 2008, 27(1): 59-82.
- [10] 刘少华, 胡彩虹, 王爱琴. 郑州市近 58a 降雨量变化分析[J]. 气象与环境科学, 2010, 33(3): 18-22.
- [11] 赵宗慈, Leung Ruby, 钱云. 近代中国夏季降水变化特征分析[J]. 气候变化研究进展, 2005, 1(1): 29-32.
- [12] Yu R C, T Zhou, A Xiong, et al. Diurnal variations of summer precipitation over contiguous China[J]. Geophys Res Lett, 2007a, 34: L01704.
- [13] 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, 2007b, 34: L13703.
- [14] Zhou T J, Yu R C, Chen H M, 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: 1-14.
- [15] Li J, Yu R C, Zhou T J. Seasonal Variation of the Diurnal Cycle of Rainfall in Southern Contiguous China [J]. Journal of Climate, 2008, 21: 6036-6043.
- [16] 李建, 宇如聪, 王建捷. 北京市夏季降水的日变化特征[J]. 科学通报, 2008, 53(7): 829-832.
- [17] 戴泽军, 宇如聪, 陈昊明. 湖南夏季降水日变化特征[J]. 高原气象, 2009, 28(6): 1463-1470.
- [18] Chen H M, Li J, Yuan W H, et al. Why Nocturnal Long-Duration rainfall Presents an Eastward-Delayed Diurnal Phase of Rainfall down the Yangtze River Valley [J]. Journal of Climate, 2010, 23: 905-917.
- [19] 吕炯. 巴山夜雨[J]. 气象学报, 1942, 16: 36-53.
- [20] 叶笃正, 高由禧. 青藏高原气象学[M]. 北京: 科学出版社, 1979.
- [21] 彭贵康, 柴复新, 曾庆存, 等. “雅安天漏”研究 I: 天气分析部分[J]. 大气科学, 1994, 18(4): 466-475.
- [22] 宇如聪, 曾庆存, 彭贵康, 等. “雅安天漏”研究 II: 数值预报实验[J]. 大气科学, 1994, 18(5): 535-551.
- [23] 曾庆存, 宇如聪, 彭贵康, 等. “雅安天漏”研究 III: 特征、物理量结构及其形成机制[J]. 大气科学, 1994, 18(6): 649-659.