

于文勇,李建,宇如聪. 中国地区降水持续性的季节变化特征[J]. 气象,2012,38(4):392-401.

中国地区降水持续性的季节变化特征^{* 1}

于文勇¹ 李 建^{1,2} 宇如聪^{3,4}

- 1 中国气象科学研究院,北京 100081
- 2 大理国家气候观象台,大理 671003
- 3 中国气象局,北京 100081
- 4 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

提 要: 本文利用我国 588 个气象站 1969—2008 年逐 12 小时的降水资料,分析了中国地区降水持续性的空间分布特征及其季节演变规律。分析结果表明,35°N 以南,西部和东部年平均的降水平均持续时间较长,中部略短;35°N 以北,西北和内蒙古西部最短,东北地区北部略长。将降水事件按持续时间分类,自南向北,东南地区、江淮和黄淮地区、东北和华北北部地区短时降水(持续一个时次,12 小时)的降水量和降水频率占全年总降水的比例逐渐增加,持续性降水(持续 3 个时次及以上)的比例减少。降水平均持续时间随季节的变化基本能反映出江南春雨、江淮梅雨、东北和华北夏季雨季、关中盆地和汉水谷地的秋雨以及青藏高原地区和西南地区夏季雨季。同时,东南地区秋冬季节、江淮和黄淮地区 10 月上旬和西南地区 10 月下旬存在降水平均持续时间的峰值,与降水量的变化不一致,是由持续性降水频率的增加和短时降水频率的减少造成的。此外,东部三个区域降水平均持续时间的夏季季节内变化对应了季风雨带的“北跳和南撤”过程。

关键词: 降水平均持续时间,降水季节变化,短时降水,持续性降水

Analyses of Seasonal Variation Characteristics of
the Rainfall Duration over China

YU Wenyong¹ LI Jian^{1,2} YU Rucong^{3,4}

- 1 Chinese Academy of Meteorological Sciences, Beijing 100081
- 2 Dali National Climate Observatory, Dali 671003
- 3 China Meteorological Adminstration, Beijing 100081
- 4 State Key Laboratory of Modeling for Atmospheric Sciences and Geophysical Fluid Dyuamics,
Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Science, Beijing 100029

Abstract: Using 12-hourly station rain-gauge data at 588 stations during 1969—2008, this paper analyzes the spatial characteristics and seasonal variation of rainfall durations over China. The result shows that in south of 35°N, the annual mean averaged rainfall duration over eastern and western regions is longer than that over the middle region, while over north of 35°N, northwestern China and the west of Inner Mongol, the averaged rainfall duration is the shortest all over China, and the rainfall duration over the north of northeastern China is longer. According to the duration time, precipitation events are classified. Over the three regions of eastern China (southeastern China, the region of Jianghuai and Huanghuai, and the region of northeastern China and the north of North China), the percentages of the short-duration rainfall (1 time duration for 12 h) to the total rainfall gradually increase during the whole year for both amount and frequency, while those of long-duration rainfall (no less than 3 times duration) decrease. The seasonal variation of averaged rainfall duration in China reasonably reflects the spring persistent rain over southeastern

^{*} 国家自然科学基金项目(40921003)和中国气象科学研究院重点基础科研项目(2010Z003)共同资助
2011 年 6 月 7 日收稿; 2011 年 11 月 8 日收修定稿
第一作者: 于文勇,主要从事降水气候特征方面的研究. Email: yuwenyong2010@163.com

China, the Meiyu, the summer rainy season over northeastern China and the north of North China, the autumn rain over Guanzhong Basin and Hanshui River Valley and the summer rain over the Tibetan Plateau and southwestern China. The averaged rainfall duration is long in autumn and winter over southeastern China, in the first dekad of October over Jianghuai and Huanghuai region and in the last dekad of October over southwestern China, which is not in accordance with the variation of rainfall. These features can be attributed to the increasing frequency of the long-duration rainfall and decreasing frequency of the short-duration rainfall. Subseasonal variation of averaged rainfall duration over the three regions of eastern China corresponds to the ‘northward advance and the southward retreat’ of the monsoon rain belt.

Key words: averaged rainfall duration, seasonal variation of rainfall, short-duration rainfall, long-duration rainfall

引言

易致灾的降水可分为两类:一类是短时强降水,另一类是长时间持续的暴雨、低温连阴雨和冻雨等。暴雨可直接引起气象灾害,给人民生命财产造成重大损失:2004年发生在北京城区的“7.10”突发性暴雨,造成了城市交通大瘫痪;2005年6月10日下午,黑龙江省宁安市沙兰镇西北上游流域内突发历史罕见的、短时间的特大暴雨,给当地人民生命财产造成了重大伤亡和损失;2006年7月31日上午,北京首都机场周围发生了大暴雨,致使机场高速公路积水严重,造成首都机场共252次航班延误^[1]。致灾性更强的降水是长持续时间的暴雨、低温连阴雨和冻雨等,长时间、大范围的连阴雨或频繁的暴雨都会引发洪涝灾害。夏季东亚季风所引起的持续性暴雨是我国洪涝灾害产生的最主要原因^[2]。除了暴雨,长时间的低温连阴雨和冻雨等也是引起大范围气象灾害的重要原因:1972年3月底至4月上旬,受强冷空气影响,出现倒春寒天气,北方部分地区早春作物受到不同程度的冻害,南方大部持续低温阴雨,早稻烂秧严重,油菜、豌豆遭受冻害;另外,在近几十年中,1976年春南方低温阴雨,1984年湖北、贵州秋季低温阴雨,1996年春季江南、华南和西南低温连阴雨,以及1982年春南方低温阴雨及西北霜雪冻害,这些事件都给国民生产生活带来了很大的危害^[3];需要特别关注的是,2008年1月10日至2月2日我国南方地区的低温雨雪冰冻天气,这是持续性低温雨雪天气造成极为严重损失的典型事件,据民政部统计,全国受灾人口达1亿多,直接经济损失达1500多亿元,农作物受灾面积和直接经济损失已经超过2007年全年低温冻害灾害造成的损失^[4]。

因此,深入研究降水持续性的时空分布特征,对于我国的防灾减灾工作有着非常重要的意义。

早期对降水持续性的研究,多关注不同季节降水的小时数^[5-6],国内亦有类似的定义和讨论,如林之光等^[7]利用台站降水资料,讨论我国不同地区降水时数的季节变化及地形对降水时数的影响。近年来,降水的持续时间受到越来越多的重视。Zhao等^[8]用一个标准来表示特定区域的有效降水,然后用有效降水的持续时间来定义雨季的持续时间,讨论中国东部持续性降水的长期变化;亦有研究讨论长时间持续的暴雨等极端降水事件的性质^[9]。除此之外,还有对持续性暴雨成因的讨论^[10]等。Yu等^[11]将江淮和黄淮地区降水事件按照持续时间分类,发现降水峰值与降水持续性密切相关,持续性降水的峰值大多位于午夜至清晨,而短时降水的极大值则多出现在下午或傍晚。李建等^[12]结合每次降水的持续时间,对降水日变化的气候特征进行分析,发现北京地区下午至前半夜的降水主要表现为持续时间少于6小时的降水事件,而后半夜至清晨的降水峰值则主要由持续时间大于6小时的降水事件累积而成。Li等^[13]在讨论中国南方地区降水日循环的季节变化时指出,不同季节西南部和东南部的短时降水和持续性降水的峰值时间有差异。两区域短时降水的峰值时间全年变化较为一致,暖季在午后至傍晚,冷季在午夜或者清晨;长持续性降水则表现出不同的特征,西南部全年峰值在午夜或者清晨,东南部7—9月的峰值在午后至傍晚。同时,针对不同持续性降水日变化特征的差异,前人也有一些机理方面的工作,如从夏季南方对流云降水和层状云降水的角度分析长短持续性降水的峰值时间^[14],或者从对流层低层风场日循环的角度讨论长江流域夏季持续

性夜雨开始时间自西向东滞后的可能机制^[15]。然而这些工作较少直接讨论降水持续性的季节变化。

从起讫时间和地域差异考虑,我国的主要雨季包括江南春雨、华南前汛期、江淮梅雨、华北和东北雨季、华南后汛期、华西秋雨和西部雨季等^[16-33]。以上雨季多是以降水量、降水频率和强度的变化为依据进行划分的,而前人较少从降水持续时间的角度讨论降水的季节变化。

我国降水持续性的空间分布特征如何,其季节演变有何规律,是否与降水量的季节变化特征相同,持续不同时间的降水事件呈现怎样的空间和季节分布特征? 本文利用台站降水资料,从降水平均持续时间入手,对以上问题进行讨论。

1 数据和方法

本文所用资料为国家气象信息中心整编的我国地面气象观测站的逐 12 小时降水资料(把一天分成两个时段,以 08 和 20 时为时间分界点),因此文中 1 个时次代表 12 小时(本文后面提到的时次,均指 12 小时)。考虑到记录的完整性和可比性,本文挑选一年内连续缺测时间不超过 5 天(10 个时次)的台站分析,图 1a 中用黑点表示 588 个台站的站点位置。

基于两方面的考虑:一是将局地条件引起的小降水事件滤去,二是保证足够的样本数,不至于略去明显的降水事件;本文进行了台站降水强度(单位: mm/时次)的阈值确定工作。以往对降水的讨论中,全国各站多采用同一个阈值,由于我国降水地域差异明显,对不同的台站分别确定阈值,更有实际意义。本文采用累积降水量占总降水百分比的方法:对每个台站,把 1969—2008 年 12 小时降水所有样本按升序排列,取累积降水量占总降水量的百分比为 3% 所对应的降水强度值为该站降水的阈值(如图 1b 所示),即不高于此降水强度的所有时次降水量之和占该站 40 年总降水量的 3%。总体来说,阈值从东南向西北逐渐减小,与降水量的分布类似。大值带位于华南,超过 1.6 mm/时次;东北地区西北部 and 西北地区较小,低于 0.8 mm/时次;另外,四川盆地以西有一个低值中心。

除了阈值的规定,为了更加客观地考察降水的持续性,对于一次持续性降水,允许有间断点,需保证该间断点的前两个时次和后两个时次有降水。当某一降水时次之后的 1 个时次没有降水且不满足以上的间断条件时,称为一次降水事件的结束,将一次降水事件开始至结束间的时次数定义为其持续时间。降水平均持续时间的定义:降水总时次/降水事件总数。

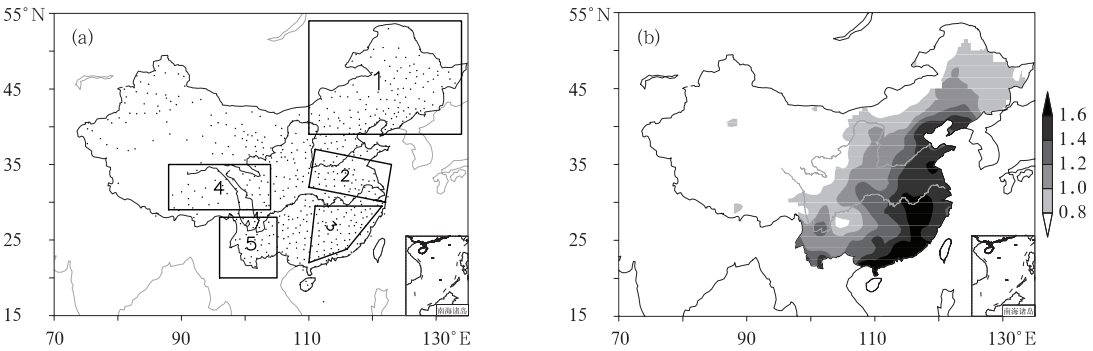


图 1 我国 588 个气象台站的位置分布(黑点表示)(a)和降水强度阈值的空间分布 (b, 单位: mm/时次; 12 小时为一个时次)

[(a) 中 5 个四边形表示 5 个讨论区: 1 区, 东北和华北北部地区; 2 区, 江淮和 黄淮地区; 3 区, 东南地区; 4 区, 青藏高原及其以东地区; 5 区, 西南地区]

Fig. 1 The locations of 588 rain gauge stations over mainland China (black dots) (a) and the spatial distribution of the precipitation intensity threshold value (b; unit: mm/time; one time represents 12 hours)

[Five key regions are marked in (a): The first region, Northeastern China and the north of North China; The second region, Jianghuai and Huanghuai region; The third region, Southeastern China; The fourth region, Tibetan Plateau and east of Tibetan Plateau; The fifth region, Southwest China]

2 降水平均持续时间的季节变化特征

图 2 给出 40 年(1969—2008 年)平均的年降水平均持续时间的的气候态分布。可以看出,35°N 以南,从西到东,呈现“高低高”的分布特征,江南地区、西南地区 and 青藏高原东南部是大值区,均超过 2.0 时次,最长平均持续时间出现在青藏高原东南部,超过 2.2 时次,中部区域略短,低于 1.8 时次,包括陇中高原、陇南地区、四川盆地及其东南的云贵高原东北部;35°N 以北,西北和内蒙古西部最短,低于 1.4 时次,东北地区北部略长。

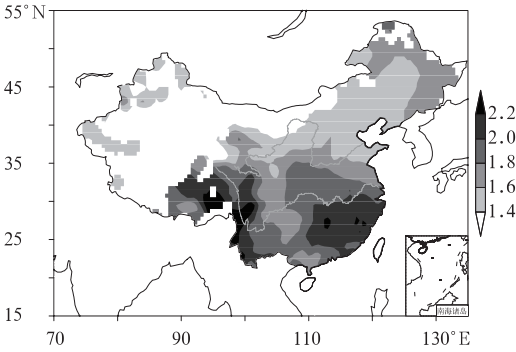


图 2 1969—2008 年 40 年平均的年降水平均持续时间的的气候态分布
[单位:时次(12 小时)]
Fig. 2 Annual mean averaged rainfall duration [unit: time (12 h)] from 1969 to 2008

进一步看不同季节降水持续性的演变,接近 57%的台站夏季降水平均持续时间最长,约 27%的台站秋季降水平均持续时间最长,春、冬季降水平均持续时间最长的台站比例均低于 10%。降水平均持续时间最长季节的空间分布图(图 3)显示,最长降水平均持续时间为夏季的区域主要分布在东南沿海地区、华北北部、东北地区、内蒙古东部、西南地区的西南部 and 青藏高原地区,对应了这些地区的雨季;江淮和黄淮流域、关中盆地、汉水谷地、长江中游地区以及海南省秋季降水平均持续时间最长;江南地区春季降水持续时间最长,对应江南春雨。其中,江淮和黄淮流域以及长江中游地区的降水平均持续时间最长季节(秋季)与雨季时间(夏季)不一致,是由于秋季持续时间较长的降水事件发生的比例高于夏季,而这些区域降水量和降水频率则均是夏季值最高(图略)。

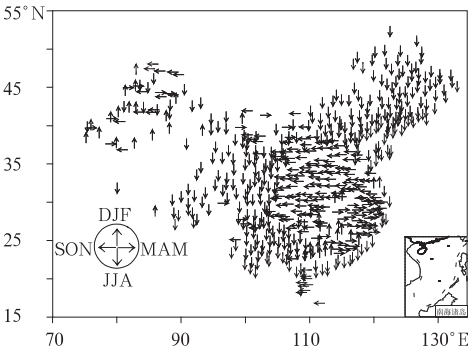


图 3 1969—2008 年 40 年平均的年降水平均持续时间最长季节的空间分布
[箭头指向代表不同的季节:春(MAM),夏(JJA),秋(SON),冬(DJF)]
Fig. 3 The spatial distribution of the longest season of averaged rainfall duration averaged from 1969 to 2008
(The arrows denote the season when the maximum occurred)

图 4 给出不同季节降水平均持续时间的空间分布。由图可知,不同地区降水平均持续时间随季节变化的差异明显,比较典型的是,东南地区春季和冬季的降水平均持续时间较夏、秋季长,四川盆地各季节值相差不大且较低,云南省西北与青藏高原相接的地区各季节也相差不大但值较高。从冬季到春季,全国大部分地区降水平均持续时间变长,比较两个季节各站点的降水平均持续时间发现,除了西北、东南和江淮黄淮的部分地区,全国超过 75%的地区降水平均持续时间春季长于冬季(图略)。春季降水平均持续时间的空间分布特征与年平均分布特征相似,只是在 35°N 以南,西部大值区的值和范围较小,中部的低值区范围扩大,东部大值区的值略高,东南地区普遍超过 2.2 时次。夏季东北的东部和 35°N 以南的大部分地区降水持续时间超过 1.8 时次,青藏高原东部地区降水持续时间最长,超过 2.2 时次,不过江南地区的降水平均持续时间较春季明显减少。秋季最显著的特征是河套东南的汉中盆地和汉水谷地等地区降水持续时间显著提高,另外,江淮流域和长江中游以南地区也比夏季降水持续时间长。冬季全国大部分地区降水平均持续时间较短,低于 1.6 时次,只有东南地区和云南省西北与青藏高原相接的地区较高,超过 2 个时次。

为了进一步了解不同区域降水持续性的季节变化特征,用 40 年平均的逐旬降水平均持续时间标准

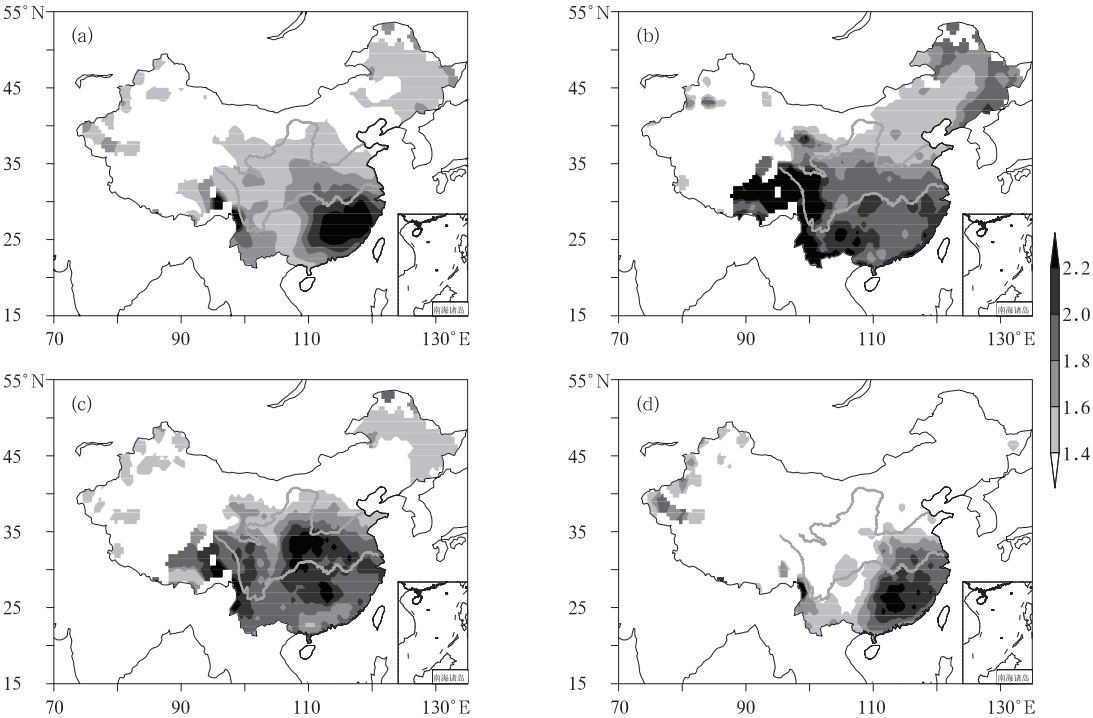


图 4 1969—2008 年 40 年平均的不同季节降水平均持续时间的空间分布 [单位: 时次(12 小时)]
(a、b、c 和 d 分别代表春、夏、秋、冬四个季节)

Fig. 4 The spatial distribution of averaged rainfall duration of different seasons
of 40 years averaged from 1969 to 2008 [unit: time(12h)]

[a, b, c, and d denote the spring (MAM), the summer (JJA), the autumn (SON) and the winter (DJF), respectively]

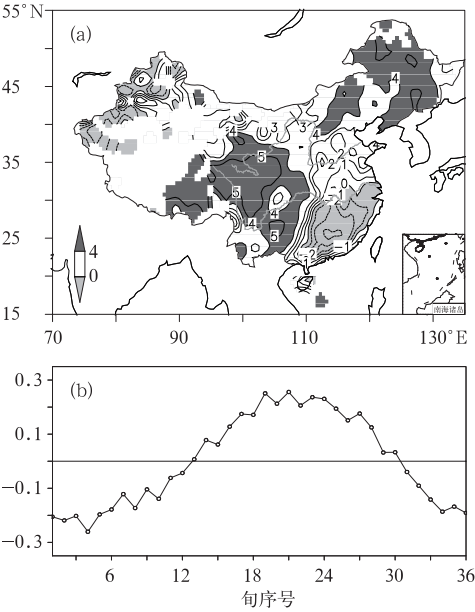


图 5 1969—2008 年 40 年平均的逐旬降水
平均持续时间标准化距平场 EOF 展开
第一模态空间型(a)及相应的时间序列(b)
(横轴代表 1—36 旬)

Fig. 5 The EOF1 pattern (a) of normalized
anomaly of dekad averaged rainfall duration
of 40 years averaged from 1969 to 2008
and the corresponding PC change (b)
(The x axis signifies the 1st to 36th dekad)

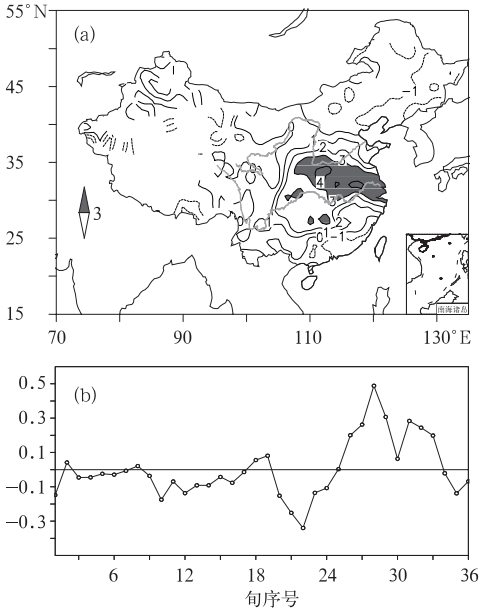


图 6 同图 5, 但为 EOF 第二模态
的空间型和时间序列

Fig. 6 Same as Fig. 5, but for the EOF2

化距平作经验正交函数(empirical orthogonal function, EOF)展开。图 5 和 6 分别给出 EOF 展开第一、二模态空间型及时间序列[方差贡献分别是

36.1%和 9.7%，均通过了利用计算机特征值误差范围进行的显著性检验(North 检验)]。第一模态空间场(图 5a)的分布反映了我国长江流域以南的东南地区降水平均持续时间与全国大部分地区呈现

相反的变化特征,正值中心位于东北、青藏高原及其以东。结合时间序列(图 5b),第一模态反映的是,空间场的正值地区降水平均持续时间在暖季(13—30旬)较高,并且在夏季达到最高;而东南地区相反,

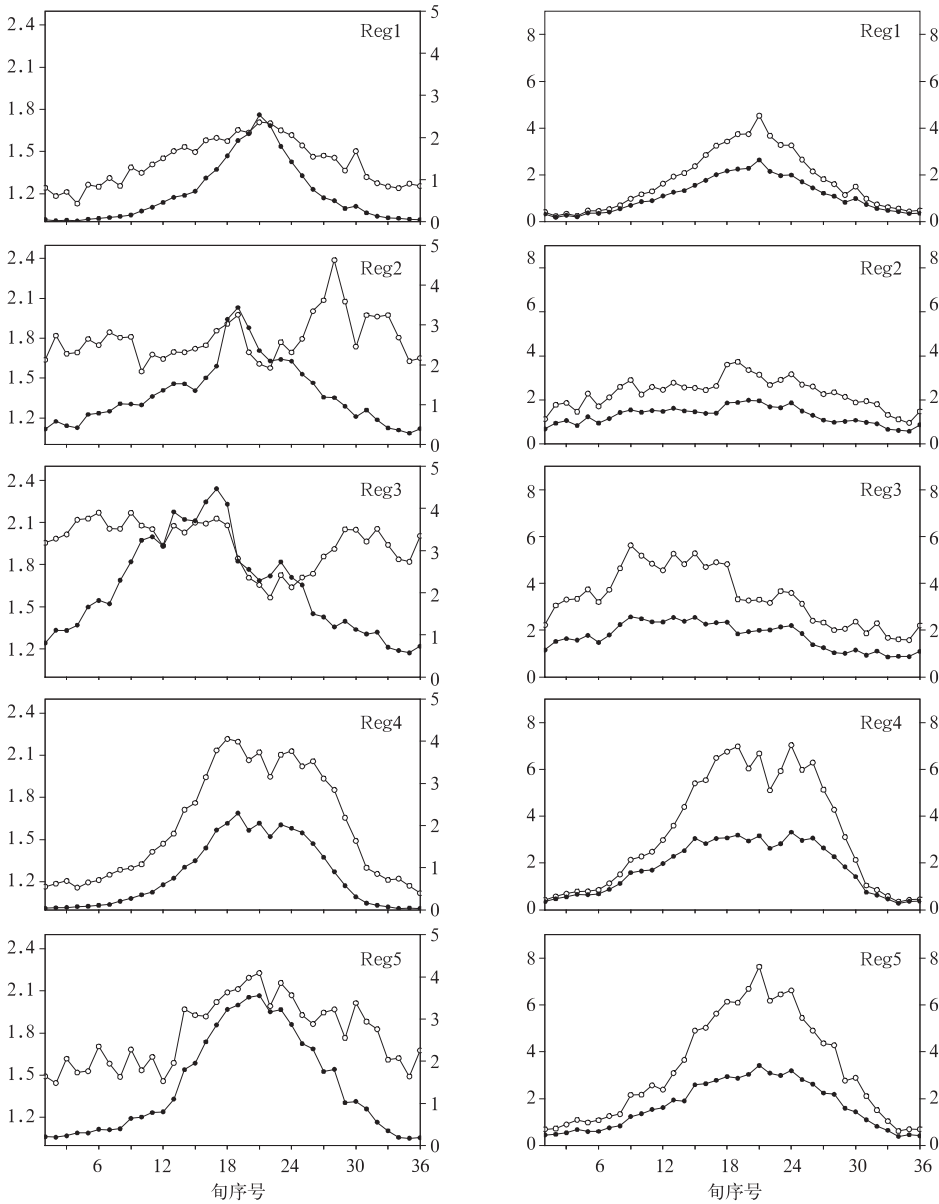


图 7 5 个区域降水情况的逐旬演变情况
左图是降水平均持续时间[空心圆线,左刻度,单位:时次(12 小时)]和降水量[实心圆线,右刻度,单位:mm],右图是降水频率[空心圆线,左刻度,单位:时次(12 小时)/旬]和降水事件频次[实心圆线,右刻度,单位:次/旬]

Fig. 7 Time series of the dekad averaged rainfall duration [black solid line with open circle in the left panel with the left scale, unit:time (12 h)], precipitation amount (solid line with filled circle in the left panel with the right scale, unit:mm), frequency [solid line with open circle in the right panel with the left scale, unit:time (12 h)/dekad] and rainfall events frequency (solid line with filled circle in the right panel with the right scale, unit: event time/dekad) averaged over the five regions marked in Fig. 1 (Reg1, Reg2, Reg3, Reg4 and Reg5 indicate 5 regiones respectively)

冷季降水平均持续时间高于暖季。第二模态空间场(图 6a)突出的特征是江淮和黄淮地区有正值中心,南北方向上,呈现“负正负”的分布形势。结合时间序列(图 6b),第二模态反映的是江淮和黄淮地区秋季的降水平均持续时间较其他季节长。

根据 EOF 分解结果,确定 4 个典型区域:1 区,即东北和华北北部地区(39°N 以北, 110°E 以东),2 区,即江淮和黄淮地区(30°N 以北, 110°E 以东,第二模态空间分布值不低于 3 的区域),3 区,即东南地区(30°N 以南, 110°E 以东,第一模态空间分布负值的区域),4 区,即青藏高原及其以东地区($29^{\circ}\sim 35^{\circ}\text{N}$, 104°E 以西,第一模态空间分布值不低于 5 的区域)。另外,根据图 2,西南地区(28°N 以南, 105°E 以西)存在降水平均持续时间的大值区,将此区作为一个区域,即 5 区。对以上确定的 5 个区域(图 1a),后面将深入讨论其降水持续性的季节变化特征(后面的讨论中用序号代表区域)。我国中部地区($105^{\circ}\sim 110^{\circ}\text{E}$)处在西部的高原和东部的平原之间,地形复杂,影响降水的因素较多,本文暂不讨论。

图 7 给出 5 个区域降水平均持续时间、降水量、降水频率和降水事件频次的逐旬演变。从降水持续时间的变化特征来看,1 区属于单峰型,其他 4 个区域属于多峰型。各区域降水平均持续时间最长旬分别是 1 区的 7 月下旬,2 区的 10 月上旬,3 区的 3 月下旬,4 区 6 月下旬以及 5 区的 7 月下旬。与其他 4 个区域雨季值最高不同,2 区的梅雨期(6 月下旬和 7 月上旬)峰值属于次峰。另外,3 区秋、冬季也存在高值区,5 区的降水平均持续时间除了夏季主要的高值区,还存在 10 月下旬的小峰值。从降水平均持

续时间的平均值来看,3 区最高,达到 1.95 时次,1 区最低,为 1.42 时次;标准差最大的是 4 区,为 0.38 时次,最小的是 1 和 3 区,0.16 时次。从降水平均持续时间和降水量逐旬演变的相关系数来看,1 和 4 区均超过 0.90,说明这两个地区降水持续时间与降水量的变化一致性较好;2 和 3 区相关系数很低,分别仅为 0.03 和 0.18,原因在于降水平均持续时间存在不同于降水量和降水频率变化的高值区,包括 2 区的 10 月峰值,3 区秋、冬季节的高值。5 个区域降水频率和降水事件频次的变化趋势非常接近,相关系数均超过 0.90;二者与降水平均持续时间的相关系数在 1 和 4 区也较高,超过 0.90,在 2 和 3 区最低,均低于 0.30。东部 3 个区域降水平均持续时间夏季的季节内变化明显,3 区的降水持续时间在第 18 和 19 旬(6 月下旬和 7 月上旬)开始降低,2 区的降水平均持续时间则是在这个时段迅速提高并达到峰值,对应了江淮梅雨和季风雨带的第一次北跳;2 区第 20 旬(7 月中旬)开始降水平均持续时间值迅速缩短,而 1 区降水平均持续时间在 21 旬(7 月下旬)最长,对应东北和华北雨季以及季风雨带的第二次北跳;到了 23 旬(8 月中旬),随着雨带南撤到江淮流域,2 区的降水平均持续时间又变长,说明降水平均持续时间的变化可能与季风雨带的移动有关。另外,4 和 5 区均在第 22 旬(8 月上旬)是低值区。

3 不同持续时间降水的季节变化特征

比较 5 个区域不同持续时间降水事件的降水强度(图略)发现,对于持续 3 个时次以下的降水事件,

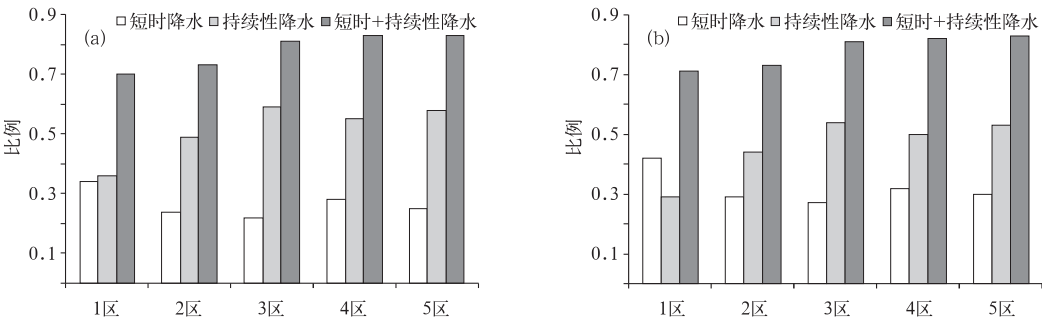


图 8 5 个区域各类降水事件的降水量(a)和降水频率(b)占全年总降水的比例
[由浅到深分别是短时降水(持续 1 个时次的降水)、持续性降水(持续 3 个时次及以上的降水)以及短时降水与持续性降水之和,时次指 12 小时]

Fig. 8 The percentages to the total rainfall during the whole year in terms of amount (a) and frequency (b) of different events
[From light to deep are the short-duration (1 time duration), long-duration (no less than 3 times duration), both short-duration and long-duration rainfall over the five regions marked in Fig. 1, time denotes 12 h]

随着降水持续时间的延长,各区域降水强度呈现增大的趋势,而持续 3 个时次以上的降水事件强度趋于平稳。据此,我们将持续 1 个时次的降水事件定义为短时降水,而将持续 3 个时次及以上的降水事件定义为持续性降水。后面主要讨论此两类事件的区域特征和季节演变规律。

图 8 给出两类降水事件降水量和降水频率占全年总降水的比例。从两类事件降水量和降水频率之和对总降水的贡献来看,1 和 2 区略低,占总降水的 70%左右,其他 3 个区域均超过 80%。1 区短时降水的贡献最高,降水频率的贡献超过了 40%,高于持续性降水。3 区短时降水的降水量和频率贡献最

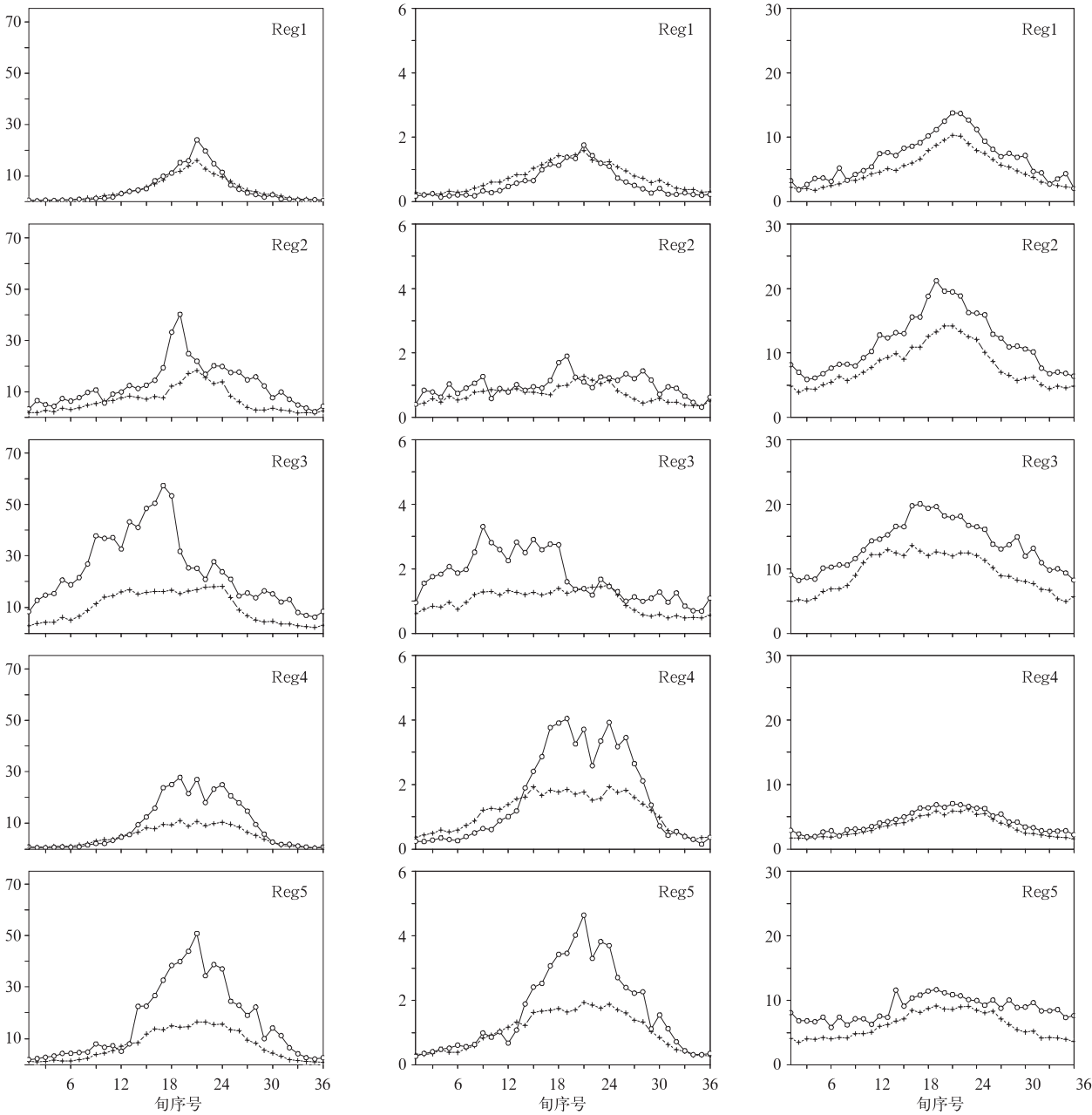


图 9 5 个区域短时降水(黑色叉线)和持续性降水(空心圆线)的降水量(左,单位:mm)、降水频率[中,单位:时次(12 小时)/旬]和降水强度[右,单位:mm/时次(12 小时)]的逐旬演变

Fig. 9 Time series of the dekad mean rainfall amount (the left panel, unit; mm), frequency [the middle panel, unit: time (12 h)/dekad] and intensity [the right panel, unit:mm/time (12 h)] of short-duration (black solid line with cross) and long-duration rainfall (solid line with open circle) averaged over the five regions marked in Fig. 1

低,持续性降水贡献最高,其中持续性降水降水量甚至接近60%;5区两类事件的总贡献最高,降水量和降水频率都达到83%。同时可以发现,对于东部3个区域,自南向北,短时降水量和频率的比例逐渐增加,持续性降水比例减少。

图9给出5个区域两类降水事件降水量(左)、降水频率(中)和降水强度(右)逐旬演变。综合比较几张图,各区域短时降水和持续性降水的逐旬演变相关性很高,无论降水量、降水频率还是降水强度的相关系数都通过了0.01显著性水平检验。对于1和4区,短时降水和持续性降水的变化基本一致,在雨季以外,两类事件相差不大,到了雨季,持续性降水的降水量和降水频率增长迅速,比例明显高于短时降水,降水平均持续时间也提高。对于2区的10月上旬、3区1和2月和5区的10月下旬,持续性降水的降水频率虽然不高,但有明显的增加趋势,而短时降水不变或减少,这样持续性降水占的比例大,所以降水平均持续时间长。2区两类事件降水频率的逐旬演变特征,尤其是各个季节两类事件的比例也解释了为什么图3中江淮和黄淮地区秋季降水平均持续时间最长。两类事件在东部地区夏季季节内变化差异明显,3区持续性降水量和频率从6月下旬开始下降,而短时降水没有明显减少;同时2区持续性降水在6月下旬和7月上旬的梅雨期降水量、频率和强度明显提高,而从7月中旬降低,此时短时降水仍然增加;1区7月下旬持续性降水的降水量和降水频率明显高于短时降水;到了8月中旬,2区持续性降水的降水量提高,短时降水的降水水量降低;这对应了前面降水平均持续时间逐旬演变的讨论,与Yuan等^[34]的观点一致,可能是夏季季风雨带随时间“北跳和南撤”造成的。降水强度的典型特征是,各区域两类降水事件基本上是暖季(5—10月)值较高,冷季较低;各旬4区长短持续性降水强度比值相差最小。

4 结 论

本文从降水平均持续时间入手,讨论了中国5个地区降水持续性的季节变化特征,并讨论不同持续时间降水事件的降水量、频率和强度的季节变化特征。主要结论如下:

(1) 中国地区降水年平均持续时间地域差异明显。 35°N 以南,西部和东部年降水平均持续时间较长,中部略短; 35°N 以北,西北和内蒙古西部最短,东北地区北部略长。降水平均持续时间随季节的变化基本能反映出各地的雨季特征,包括江南春雨、江淮地区的梅雨、东北和华北夏季雨季、关中盆地和汉水谷地的秋雨以及青藏高原地区和西南地区夏季的雨季。

(2) 对于讨论的5个典型区域,东北和华北北部地区、青藏高原及其以东地区降水平均持续时间与降水量的季节变化较为一致;其他3个区域降水平均持续时间存在秋、冬季的大值区,如东南地区的秋冬季节高值区、江淮和黄淮地区10月上旬的峰值以及西南地区10月下旬的高值区。

(3) 东南地区、江淮和黄淮地区、东北和华北北部地区夏季季节内降水平均持续时间的变化对应了季风雨带的“北跳和南撤”过程。

(4) 东部三个区域,自南向北,短时降水的降水量和降水频率占全年总降水的比例逐渐增加,持续性降水的比例减少。

(5) 短时降水和持续性降水的季节变化特征不同,雨季两类降水事件的降水量和频率都高,由于持续性降水的比例明显高于短时降水,降水平均持续时间长;而结论(2)提到的3个秋、冬季节高值区是由持续性降水的增加和短时降水的减少造成的。降水强度上,各区域两类事件变化趋势较为一致,暖季高,冷季低。

参考文献

- [1] 李崇银,黄荣辉,丑纪范,等.我国重大高影响天气气候灾害及对策研究[M].北京:气象出版社,2009:39.
- [2] 黄荣辉,陈际龙,周连童,等.关于中国重大气候灾害与东亚气候系统之间关系的研究[J].大气科学,2003,27(4):770-787.
- [3] 丁一汇.中国气象灾害大典(综合卷)[M].北京:气象出版社,2008:305-323.
- [4] 国家气候中心.2008年初我国南方低温雨雪冰冻灾害及气候分析[M].北京:气象出版社,2008:20.
- [5] Math F A. Duration of rainfall at Havre, Montana[J]. Mon Wea Rev,1929,57(11):468-471.
- [6] Null R. Duration of rainfall at baltimore, md. 1[J]. Mon Wea Rev,1929,57(2):50-52.
- [7] 林之光,彭开秀,焦仪珍.我国降水时数时空分布[J].地理学报,1983,38(4):382-396.
- [8] Zhao P, Yang S, Yu R C. Long-term changes in rainfall over

eastern china and large-scale atmospheric circulation associated with recent global warming[J]. *J Climate*, 2010, 23(6): 1544-1562.

[9] 闵岫,钱永甫. 中国极端降水事件的区域性和持续性研究[J]. *水科学进展*, 2008, 19(6): 763-771.

[10] 王晓芳,黄华丽,黄治勇. 2010 年 5—6 月南方持续性暴雨的成因分析[J]. *气象*, 2011, 37(10): 1206-1215.

[11] Yu R, Xu Y, Zhou T, et al. Relation between rainfall duration and diurnal variation in the warm season precipitation over central eastern China[J]. *Geophy Res Lett*, 2007, 34: L13703.

[12] 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.

[13] Li J, Yu R C, Zhou T J. Seasonal variation of the diurnal cycle of rainfall in southern Contiguous China[J]. *J Climate*, 2008, 21: 6036-6043.

[14] Yu R C, Yuan W H, Li J A, et al. Diurnal phase of late-night against late-afternoon of stratiform and convective precipitation in summer southern contiguous China[J]. *Climate Dynamics*, 2010, 35: 567-576.

[15] Chen H, Yu R, Li J, et al. Why nocturnal long-duration rainfall presents an eastward-delayed diurnal phase of rainfall down the Yangtze River Valley[J]. *J Climate*, 2010, 23: 905-917.

[16] Tian S F, Yasunari T. Climatological aspects and mechanism of spring persistent rains over central China[J]. *J Meteo Soc of Japan*, 1998, 76: 57-71.

[17] Wan R J, Wu G X. Mechanism of the spring persistent rains over southeastern China[J]. *Sci China Ser D: Earth Sci*, 2007, 50(1): 130-144.

[18] 万日金, 吴国雄. 江南春雨的时空分布[J]. *气象学报*, 2008, 66(3): 310-319.

[19] 覃武, 孙照渤, 丁宝善, 等. 华南前汛期雨季开始期的降水及环流特征[J]. *南京气象学院学报*, 1994, 17(4): 455-461.

[20] 马慧, 王谦谦, 陈桢华. 华南前汛期降水异常的时空变化特征[J]. *高原气象*, 2006, 25(2): 325-329.

[21] 强学民, 杨修群, 孙成艺. 华南前汛期降水开始和结束日期确定方法综述[J]. *气象*, 2008, 34(3): 10-15.

[22] 伍红雨, 杜尧东, 秦鹏. 华南暴雨的气候特征及变化[J]. *气象*, 2011, 37(10): 1262-1269.

[23] 周曾奎. 江淮梅雨的天气气候和环流形势特征[J]. *气象科学*, 1988, (4): 42-53.

[24] 胡娅敏, 丁一汇, 廖菲. 江淮地区梅雨的新定义及其气候特征[J]. *大气科学*, 2008, 32(1): 101-112.

[25] 周文艳, 郭品文, 罗勇, 等. 淮河流域夏季降水空间变率研究[J]. *气象*, 2008, 34(8): 51-57.

[26] 赵汉光. 华北的雨季[J]. *气象*, 1994, 20(6): 3-8.

[27] 杨晓霞, 周庆亮, 郑永光, 等. 2009 年 5 月 9—10 日华北南部强降水天气分析[J]. *气象*, 2010, 36(6): 43-49.

[28] 王学忠, 孙照渤, 谭言科, 等. 东北雨季的划分及其特征[J]. *南京气象学院学报*, 2006, 29(2): 203-208.

[29] 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.

[30] 王遵娅, 丁一汇. 中国雨季的气候学特征[J]. *大气科学*, 2008, 32(1): 1-13.

[31] 何敏. 我国主要秋雨区的分布及长期预报[J]. *气象*, 1984, 10(9): 10-13.

[32] 徐桂玉, 林春育. 华西秋雨特征及成因探讨[J]. *气象科学*, 1994, 14(2): 149-154.

[33] 白虎志, 董文杰. 华西秋雨的气候特征及成因分析[J]. *高原气象*, 2004, 23(6): 884-889.

[34] Yuan W H, Yu R C, Chen H M, et al. Subseasonal characteristics of diurnal variation in summer monsoon rainfall over central eastern China[J]. *J Climate*, 2010, 23: 6684-6695.