

邵建,裴晓蓉,刘娟,等.近53 a宁夏暴雨时空分布特征[J].干旱气象,2015,33(4):595-601, [SHAO Jian, PEI Xiaorong, LIU Juan, et al. Temporal and Spatial Distribution Characteristics of Rainstorms in Ningxia During 1961-2013[J]. Journal of Arid Meteorology, 2015, 33(4):595-601], doi:10.11755/j.issn.1006-7639(2015)-04-0595

## 近53 a宁夏暴雨时空分布特征

邵建<sup>1,2</sup>,裴晓蓉<sup>3</sup>,刘娟<sup>2</sup>,石宏磊<sup>2</sup>,王式功<sup>4</sup>,胡文东<sup>1</sup>

(1.宁夏防灾减灾重点实验室,宁夏 银川 750002;2.宁夏回族自治区银川市气象局,宁夏 银川 750002;  
3.宁夏回族自治区气象局,宁夏 银川 750002;4.兰州大学大气科学学院,甘肃 兰州 730000)

**摘要:**利用1961~2013年宁夏25个常规观测站资料和2007~2013年220个区域自动站暴雨观测资料,对宁夏暴雨的气候特征进行分析,发现宁夏暴雨呈“南多北少”的整体分布特征,暴雨易发区为中卫市以南和贺兰山东麓。近53 a来,宁夏暴雨有3个集中期,尤其是21世纪后暴雨剧增,其中宁夏南部山区和银川平原暴雨频数增加明显。宁夏暴雨存在明显的月、日变化特征,暴雨主要发生在7月上旬到9月上旬,短时暴雨主要集中在午后到夜间(即下午16时至次日02时),这一特征与气温(热量)及对流发展的日变化比较一致。宁夏暴雨发生频数存在明显的准16 a、20 a年代际、2~3 a年际变化特征和准10 d的低频振荡特征。

**关键词:**暴雨;气候特征;精细化;时空分布

**文章编号:**1006-7639(2015)-04-0595-07 doi:10.11755/j.issn.1006-7639(2015)-04-0595

**中图分类号:**P426.61<sup>+4</sup>

**文献标识码:**A

### 引言

我国暴雨日数呈明显的南多北少、东多西少,沿海多、内陆少,迎风坡侧多、背风坡侧少的地域分布。宁夏地处中纬度内陆地区,平均海拔较高,地形复杂,天气多变,暴雨是该区主要气象灾害之一,基本属于小概率事件,但其出现往往带来较严重的气象灾害或衍生灾害。如2012年7月29日夜,银川市大部、石嘴山市部分地区及贺兰山沿山出现了暴雨、局地大暴雨,区域自动站中超过100 mm的有13个站,最大日降水量出现在贺兰山滚钟口,为166.2 mm,银川站日降水量达119.5 mm,贺兰站达107.2 mm,永宁站达79.6 mm,创银川、贺兰、永宁有气象记录以来的日降水量极值,暴雨导致城市特大内涝,造成道路损坏、银川老城区电力中断达6 h,直接经济损失2.5亿元。随着全球气候变化,极端气候事件逐年增多,公众对气象事件越来越关注,日益增长的公众需求对防灾减灾能力和灾害性天气预报准确率上提出了更高要求,这就需要气象学者对暴雨天气进行更加深入、全面的研究。丁一汇等<sup>[1]</sup>研究了

中国气候变化特征及其对中国暴雨的影响,认为近百年中国气候变化的主要特征与全球气候变化的趋势一致,中国雨型的年代际变化明显,西北地区西部自20世纪80年代后降水明显增多;近年来,众多学者<sup>[2-21]</sup>先后对中国降水或暴雨的气候学特征进行研究,得出中国夏季暴雨发生频率具有明显的年代际变化特征、地域分布特征和阶段性特征。同时也开展了宁夏降水的空间分布和变化趋势研究,如丁永红<sup>[22-23]</sup>、陈豫英<sup>[24]</sup>、胡文东<sup>[25]</sup>等针对宁夏暴雨气候特征和变化规律以及降水的正态性进行分析。这些研究使用的资料均为2004年之前的常规站点资料,最小分辨率仅到县级。赵庆云等<sup>[26]</sup>对中国西北地区的极端降水事件变化特征进行研究,发现西北区东部的气候在近十几年变得更加极端。那么,在全球气候变暖背景下,宁夏暴雨的气候变化是否也具备相同的规律?有哪些差异?为此,在前人研究的基础上,本文使用了1961~2013年高密度的区域自动站资料(分辨率近8 km),对宁夏暴雨的精细化时空分布特征进行分析,找出其精细化的暴雨高发区和高发期,确定暴雨灾害重点防范区和防范时

收稿日期:2014-06-30;改回日期:2014-10-16

基金项目:国家公益性行业(气象)科研专项(HY2012060510)、宁夏回族自治区自然科学基金(NZ08161)和宁夏防灾减灾重点实验室项目(2011-02)共同资助

作者简介:邵建(1981-),男,硕士,高级工程师,从事天气预报和数值预报释用技术研究. E-mail:shaosdh@163.com

段,使得防灾减灾工作更有针对性,提高宁夏暴雨防范能力。

## 1 资料与方法

选用宁夏 1961 年 1 月至 2013 年 7 月期间暴雨日的 25 个常规站点降水量资料以及 2007 年 5 月至 2013 年 7 月期间 220 个区域自动站暴雨资料(图 1)。其中,25 个常规站点资料主要用于 1961~2007 年暴雨各项指标的分析;区域自动站资料将用于 2007 年后提高暴雨精细化程度的分析。区域自动站暴雨资料的空间分辨率可达 5 km,时间分辨率达 1 h。

针对常规站点逐日降水资料,将降水量  $\geq 50$  mm 的暴雨频次按逐年代、逐年、逐月、逐旬、逐候进行分段统计。

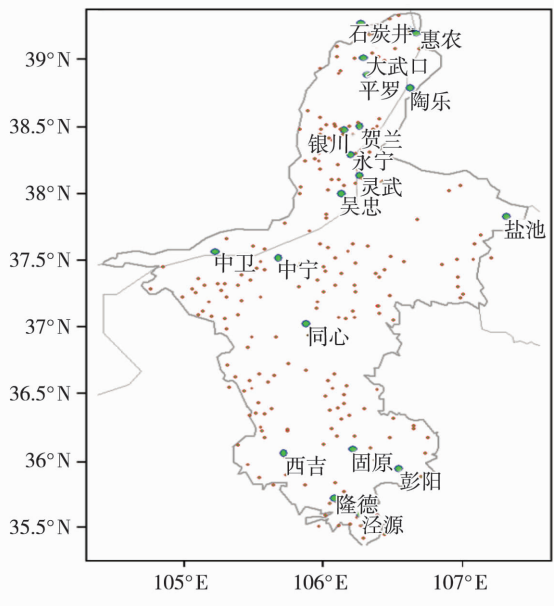


图 1 宁夏常规和区域自动站的站点分布图

Fig. 1 Distribution of routine and automatic weather stations in Ningxia

暴雨时间序列资料具有多时间尺度性,由于大小尺度相互包涵、杂乱无章,用传统的统计方法很难判别其演变过程,而小波分析具有多分辨性,可用来了解时间序列不同频率的时间分布特征或不同时间的频率(周期)特征。因此,本文采用 Mexico-hat 小波进行变换,从而得到宁夏暴雨时间尺度上的变化特征,即周期分布。

另外,定义以下术语:

年均暴雨贡献率:年均暴雨雨量占年均总降水量的比率。

区域发生率:某一区域中年均暴雨发生频次或

频率。

暴雨变化频数:暴雨变化的年均次数。

暴雨变率:暴雨的年均变化频数与年均平均频数的比值。

某市暴雨总频数:宁夏某个市中某个时期内出现暴雨的总次数。文中“宁夏暴雨总频数”为某个时期内 25 站暴雨出现次数之和。

## 2 宁夏暴雨空间分布

### 2.1 暴雨总频数及贡献率的分布

统计宁夏 1961~2013 年各站暴雨出现频数(图略)可以得出,宁夏暴雨分布呈现南多北少、东多西少的特征,明显有 4 个暴雨易发中心,分别位于泾源、固原、海原、盐池,暴雨出现总频数依次为 16 d、12 d、10 d、10 d,远大于全区平均频数 6.6 d;这 4 大中心均位于宁夏东南部山区或高原迎风坡一侧,其中最前 2 个暴雨中心分别位于六盘山脉南侧和北侧迎风坡,而海原位于西华山东麓的迎风坡,盐池位于鄂尔多斯台地迎风坡,均有利于降水的抬升。暴雨低发区有 2 个,分别在吴忠附近和中卫到兴仁一带,暴雨出现频数仅为 2 d。

从贡献率的分布来看(图略),年均暴雨贡献率最高的是石嘴山(29.6%)和银川(26.9%)一带,平均都达到 21.2%;海原(20.3%)和彭阳(19.1%)次之;贡献率最低的是中部干旱带,最低值位于同心,仅为 6.2%。

按行政区划计算了宁夏 5 市近 53 a 暴雨的区域发生率(表 1)。可以看到,按年发生率从高到低依次为固原市(16.7%,总频数 53 d)、银川市(12.3%,总频数 26 d)、石嘴山市(12.1%,总频数 32 d)、吴忠市(11%,总频数 35 d)、中卫市(16.7%,总频数 20 d);而所占比例却依次为固原、吴忠、石嘴山、银川、中卫。固原市暴雨发生的各项统计均为全区最高,53 a 来暴雨发生率高达 31.9%;中卫市各项统计全区最低,年发生率不到 10%。

### 2.2 暴雨频数年代际空间分布演变特征

从宁夏暴雨发生频数的年代际分布图(图 2)上看出,1960、1990 年代宁夏暴雨呈现“东南多、西北少”的分布特征;1970 年代和 2000~2013 年呈南北“两极”分布特征;1980 年代呈典型的“南多北少”特征。其中,1960 年代,全区暴雨发生平均频数为 1.6 d,主要集中发生在盐池,总频数为 5 d,暴雨发生率达 50%,中宁附近存在次中心,平均频数为 3 d,发生率为 30%,石嘴山、韦州一带最少,仅在 1960 年代末出现了暴雨;1970 年代,全区暴雨发生频数

表1 1961~2013年宁夏暴雨频数分布

Tab.1 Distribution of rainstorm frequency in Ningxia

各市	站点数	站点平均频数/d	市总频数/d	站点年发生率/%	占全区比例/%
石嘴山	5	6.4	32	12.1	19.3
银川	4	6.5	26	12.3	15.7
吴忠	6	5.8	35	11.0	21.1
中卫	4	5.0	20	9.4	12.0
固原	6	8.8	53	16.7	31.9

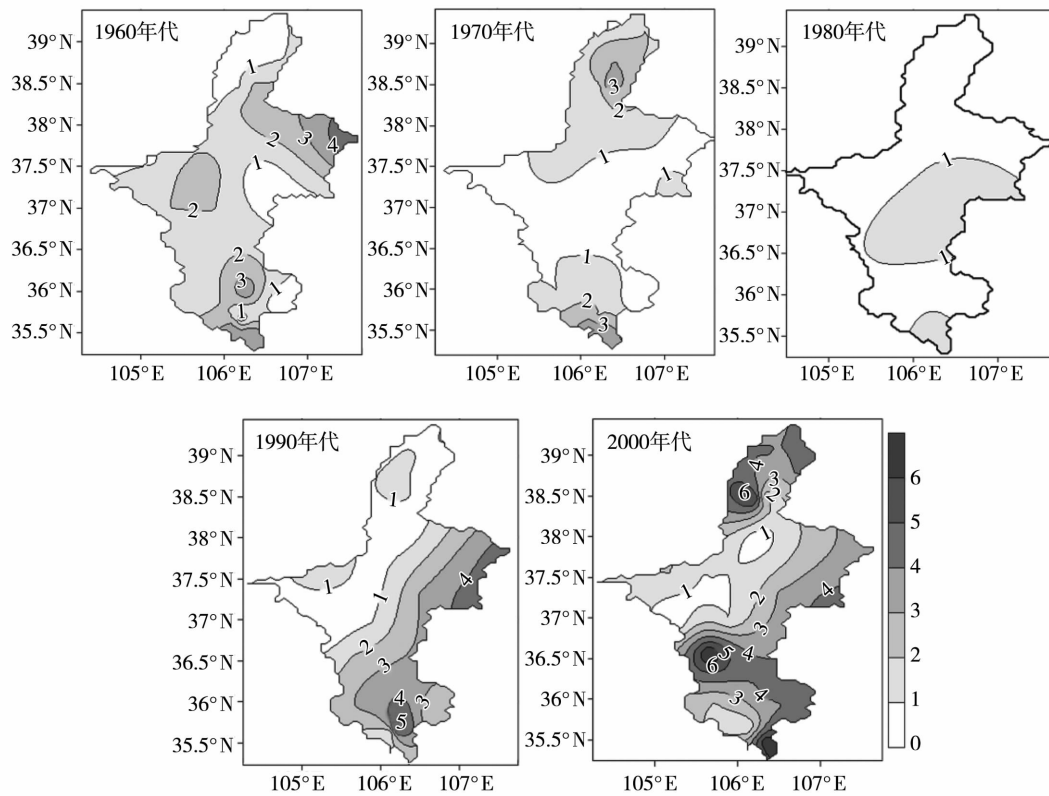


图2 宁夏暴雨总频数年代际空间分布(单位:d)

Fig.2 Distribution of decadal rainstorm frequency in Ningxia (Unit:d)

平均为1.24 d,暴雨主要发生在平罗、贺兰一带和泾源、隆德一带,频数为3 d,年代内暴雨发生率为30%,中部干旱带大部只在1970年代未出现过暴雨。另外,与1960年代相比,除宁夏北部暴雨发生频数增加外,其余站点均有所减少;1980年代,全区暴雨发生频数平均仅为0.28 d,为近53 a来暴雨最少的年代,仅有7站出现过暴雨(频数均为1 d,发生率为10%,区域比例为28%),主要集中在同心以南;1990年代,全区暴雨发生平均频数有所增加,为1.32 d,其“东南多、西北少”的空间分布特征较1960年代更加明显,暴雨主要集中在盐池和六盘山,总频数达4 d,年代内暴雨发生率达40%,吴忠

以北地区暴雨频数较1980年代有所增加,增幅为1 d,而中部干旱带(中卫到青铜峡一带)未出现过暴雨;进入21世纪后的13 a中,全区暴雨发生平均频数持续增加至2.68 d,频数分布北部中心开始凸显,“南北对称”的特征更加明显,暴雨中心呈多极化状态,出现了3个强中心和2个次中心。最强3个中心自北向南依次为银川、海原、泾源,总频数分别为5 d、6 d、5 d,年代内暴雨发生率依次为38.5%、46.2%、38.5%;2个次中心位于石嘴山到惠农一带和麻黄山,总频数达4 d,暴雨发生率为30.7%;最少的仍为中卫到青铜峡一带和西吉。

### 2.3 区域站暴雨空间分布特征

利用 2007 ~ 2013 年宁夏区域自动站暴雨资料, 绘制宁夏暴雨频数空间分布图(图 3)。可以看出, 宁夏暴雨频数的空间分布仍然具备图 2 中 2000 ~ 2013 年所描述的特征, 且更加精细化。2007 年后, 宁夏暴雨中心多极化发展特征更明显, 较明显区域有 3 大片 9 大处, 自北向南依次为贺兰山沿山 2 处(石炭沟附近 4 d、西夏王陵附近 4 d)、宁夏东部戈壁滩 4 处(吴忠南部 5 d、盐池 5 d、麻黄山 4 d、韦州 7 d)、宁夏南部山区 5 处(固原三营到炭山附近 6 ~ 8 d、海原曹洼到九彩附近 6 d、六盘山 7 d、西吉火石寨附近 7 d、泾源荷花沟附近 7 d)。这 9 处可作为汛期暴雨灾害防御重点, 对其开展进一步的研究, 将有助于提高宁夏暴雨防范能力及针对性。

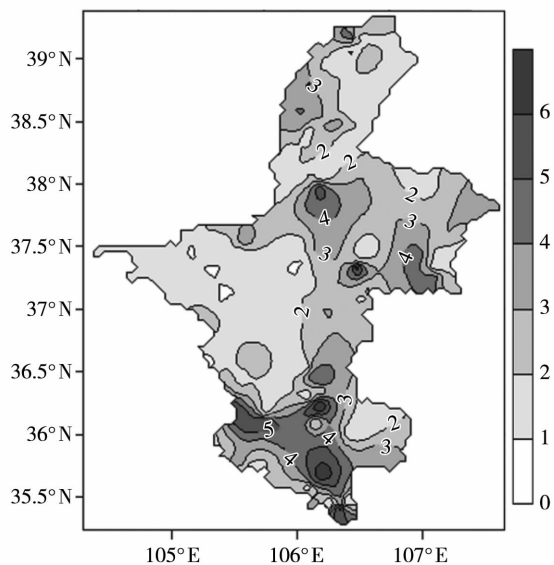


图 3 2007 ~ 2013 年区域自动站暴雨频数分布(单位: d)

Fig. 3 Distribution of rainstorm frequency from the automatic weather stations in Ningxia during 2007 - 2013

## 3 宁夏暴雨时间分布

### 3.1 暴雨年代际分布

1961 ~ 2013 年间(表略), 宁夏暴雨发生频数自 1960 年代开始呈逐年代减少趋势, 至 1980 年代频数降为最低, 仅为 2 d(仅出现 7 站), 随后的 1990 年代开始逐年代增加, 尤其是进入 21 世纪后, 暴雨发生频数和出现站点数骤增, 短短 13 a 内出现的暴雨频数(25 d)相当于前 40 a 的总和(26 d)。逐年代距平显示, 1970 年代、1980 年代均为负距平, 分别为 -3 d、-5 d, 1990 年代及 21 世纪后均为正距平, 分别为 5 d、18 d, 逐年代增加特征十分明显。

### 3.2 暴雨年际分布

图 4 为 1961 ~ 2013 年宁夏暴雨的年际变化。可以看到, 宁夏暴雨年出现频数有 3 个集中期, 第一个集中出现期为 1961 ~ 1979 年(19 a), 第二个集中出现期为 1995 ~ 2002 年(8 a), 第三个集中出现期为 2006 ~ 2013 年(8 a), 其中第三个集中期的暴雨出现频数明显增加, 年均至少出现 2 次暴雨。暴雨年出现次数最多的是 2012 年, 达 5 d, 其次是 1973 年和 2006 年, 为 4 d, 有 26 个年份未出现暴雨, 其中 57% 的无暴雨年份集中在 1980 ~ 1990 年代, 28% 的出现在 1960 ~ 1970 年代, 其余的出现在 2000 年以后。

### 3.3 暴雨月分布

图 5 为宁夏暴雨月平均频数分布图。可以看出, 无论统计哪个年代, 宁夏暴雨均集中在 7 ~ 8 月, 1961 ~ 2013 年、1961 ~ 1999 年、2000 年以后 3 个时间段内的频数分别为 44 d、14 d、20 d, 分别占对应时期内暴雨出现总数的 86%、100%、74%。其中, 7 月出现次数最多, 1961 ~ 2013 年、1961 ~ 1999 年、2000 年以后 3 个时段内暴雨出现日数分别为 25 d、

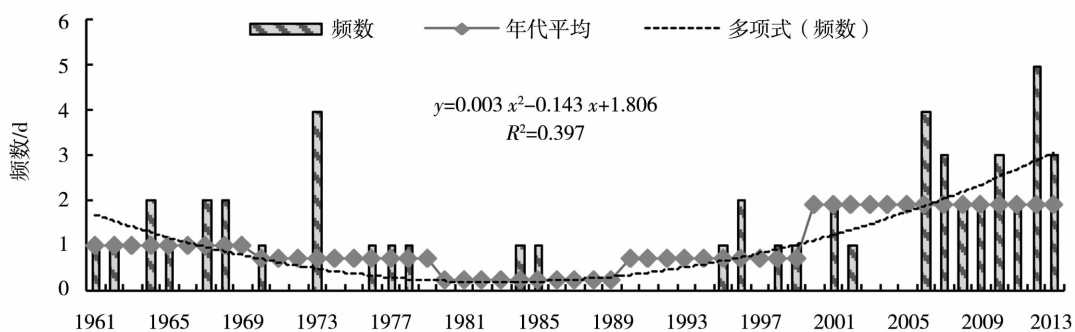


图 4 1961 ~ 2013 年宁夏暴雨频数的年际变化

Fig. 4 Annual change of rainstorms frequency in Ningxia from 1961 to 2013

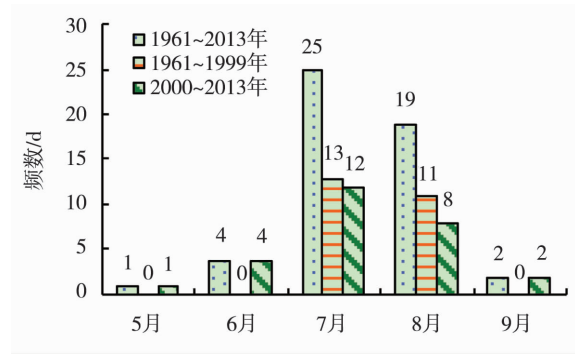


图5 宁夏暴雨频数的月分布

Fig. 5 Monthly distribution of rainstorms frequency in Ningxia from 1961 to 2013

8 d、12 d,分别占暴雨出现总数的49%、57%、44%; 8月次之,3个时段内暴雨出现日数分别为19 d、6 d、8 d,占暴雨总数的37%、43%、30%。还发现,7月、8月集中了大部分的暴雨站点,近53 a间暴雨出现总站数分别达81站(49%)、62站(37%)。值得注意的是,1961~1999年间,暴雨仅出现在7月和8月,而2000年以后,5月、6月、9月也出现了暴雨,

这表明伴随着气候变暖,宁夏暴雨易发期已逐渐提前,时长也延长,强降水集中期逐步分散。

### 3.4 暴雨旬、候分布

从暴雨出现频数的旬分布图上(图6)看出,宁夏暴雨出现有2个主要集中期,主汛期为7月上旬到9月上旬(1961~1999年占100%,2000年以后占81.5%,平均为90.2%),其中7月上旬出现频数最多(1961~1999年间7 d,2000~2013年4 d);2000年后出现了次集中期,为5月下旬到6月中旬(1961~1999年占9.8%,2000年以后占18.5%);6月下旬、9月上旬未出现过暴雨。还发现2000年后,暴雨频数最多的旬发生了变化,主要集中期不再是普遍认为的“七下八上”,而是逐渐的趋于分散。

就暴雨出现频数的候分布显示(图略),宁夏暴雨主汛期又可细分为3个子集中期,分别为7月第一候到7月第四候(共20 d)、7月第六候到8月第四候(共25 d)、8月第六候到9月第一候(共10 d)。1961~2013年间,3个子集中期出现频数分别为19 d、18 d、8 d。

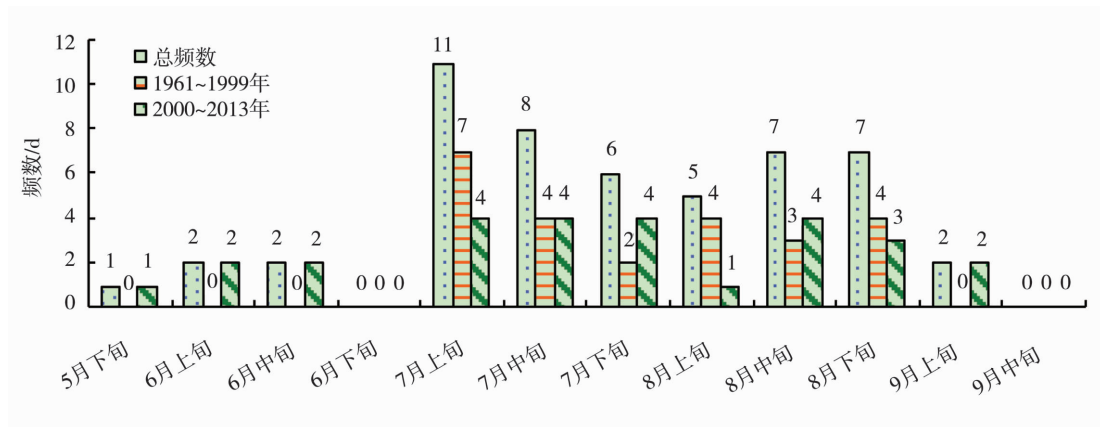


图6 宁夏暴雨频数的旬分布

Fig. 6 Ten-day distribution of rainstorms frequency in Ningxia from 1961 to 2013

### 3.5 暴雨短时分布

图7是宁夏2007~2013年区域自动站短时暴雨(雨强 $\geq 10$  mm/h)平均出现频次的时序分布图。可以看出,宁夏短时暴雨易发期(定义平均频次 $\geq 20$  d为易发期)主要集中在每日的16时至次日02时,这一时段的短时暴雨占总数的65.6%。其中最易出现短时暴雨的时次为20时,平均出现28.2 d,占总数的7.1%;短时暴雨出现频次较少的时段为每日的04~09时,仅为总数的10.4%,其中08时出现的次数最少,平均仅出现了4.8 d。这与每日的逐时热力、层结变化特征相一致。一般午后随着气温升高,层结逐渐趋于不稳定状态,导致对流易

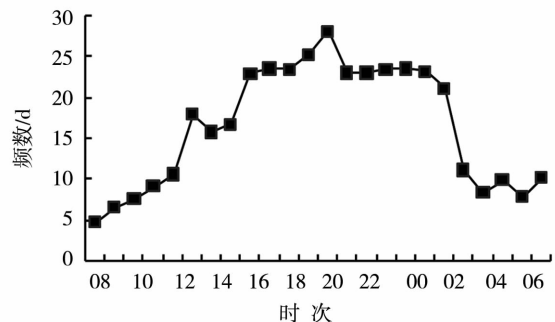


图7 宁夏短时暴雨平均频数的逐时分布  
Fig. 7 Hourly distribution of rainstorms frequency in Ningxia from 1961 to 2013

发;而太阳落山后,由于地表与大气热力差异,近地面温度下降缓慢而大气气温下降迅速,层结稳定性遭到破坏,形成位势不稳定层结,引发对流。

### 3.6 暴雨的周期特征

#### 3.6.1 年代际和年际周期

上述分析可知,宁夏暴雨发生频数存在明显的年际、年代际变化特征。因此,对宁夏 1961~2013 年近 53 a 暴雨发生频数序列进行 Mexico-hat 小波分析(图 8),发现最明显的年代周期是 16 a,1971 年、1987 年、2003 年的小波频次均为强信号中心,期间最强信号出现在 1980 年代后。另外,正负信号的中心分布特征显示,宁夏暴雨发生频数还存在明显的准 20 a 的周期特征,1960~1970 年代末为正信号,正中心出现在 1969 年前后;1980~2000 年代初为负信号,负中心出现在 1990 年前后;2006 年以后又为正信号,正中心出现在 2010 年前后。从正负信号的整体分布来看,1980 年以前为正信号,1981~2006 年基本为负信号,2006 年后又为正信号,因此可能还存在 26 a 的周期变化,但由于资料长度有限,还不能确定。

由图 8 还可看出宁夏暴雨频数存在明显的年际变化周期。1960~1980 年代间,呈准 2~3 a 的年际变化周期,最强信号出现在 1970 年代中前期;1980 年代后,正负信号发生突变,年际周期出现了延长的趋势,逐渐增至 5~7 a;进入 1990 年代后,周期又逐渐下降到 2~3 a。

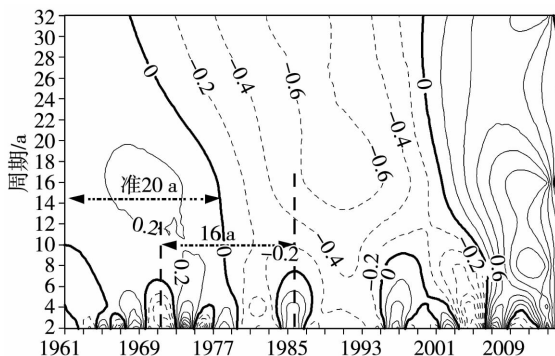


图 8 宁夏暴雨频数的 Mexico-hat 小波分析  
Fig. 8 Mexico-hat wavelet analysis of rainstorm frequency in Ningxia during 1961-2013

#### 3.6.2 低频振荡特征

用 Mexico-hat 小波法分析了宁夏暴雨频数候际分布特征(图 9),可见宁夏暴雨频次存在明显的准 10 d(2 候)低频分布特征,正负信号周期特征十分明显,其信号最强时期为 7 月第二候到 8 月第四候。另外,还发现候分布还具有准 30 d 周期特征

(即准月分布周期),负信号中心出现在 6 月第三候附近,正信号中心出现在 7 月第三候前后,而 8 月第三候又出现负信号中心,9 月第一候再次出现正中心,其信号最强出现在六月第二候到 7 月第四候期间。

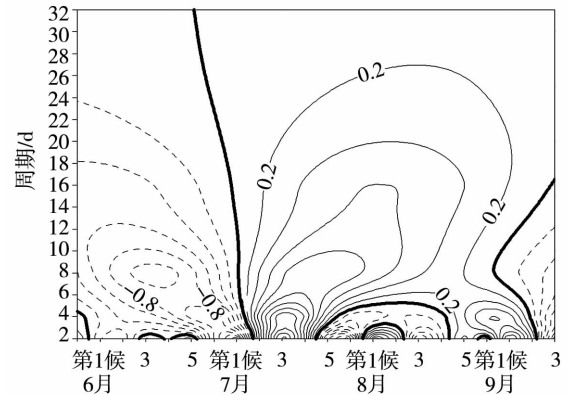


图 9 宁夏暴雨频数低频振荡分析  
Fig. 9 Low frequency oscillation analysis of rainstorm frequency in Ningxia by using Mexico-hat wavelet

## 4 小结

(1)宁夏暴雨整体呈现“南多北少、东多西少”的分布特征,存在 4 个暴雨易发中心,均位于宁夏东南部山区迎风坡或高原迎风坡一侧,分别为泾源、固原、海原、盐池。年均暴雨贡献率石嘴山和银川市最高,同心县最低。

(2)1961~2013 年间,宁夏暴雨频数呈先减少后增加的逐年代变化趋势。其中 1980~1990 年代为暴雨发生最少的年代,集中在同心以南;进入 21 世纪后,全区暴雨发生频数剧增,短短 13 a 出现的暴雨频数相当于前 40 a 的总和,贺兰山东麓的北部中心开始凸显,暴雨中心开始呈多极化状态,出现了 3 个强中心和 2 个次中心。暴雨主要增幅中心位于银川平原、海原和彭阳,降幅中心位于贺兰、吴忠、隆德,且变幅较大。

(3)近 53 a 来,宁夏暴雨先后出现 3 个集中期,分别为 1961~1979 年、1995~2002 年、2006~2013 年。

(4)一年当中,宁夏暴雨先后存在 2 个主要集中期,主汛期为 7 月上旬到 9 月上旬,可细分为 3 个子集中期;进入 21 世纪后,出现了次集中期(可认为是前汛期),为 5 月下旬到 6 月中旬,暴雨易发期逐渐提前,时长延长,强降水集中期逐步分散。

(5)宁夏短时暴雨易发生在午后到夜间(16 时



至次日的02时期间),不易发生在清晨(04~09时),这一特征与气温(热量)的日变化非常一致。

(6)通过小波分析发现,宁夏暴雨存在较为显著的准16 a、20 a的年代际、2~3 a的年际特征以及准10 d的低频振荡特征。

#### 参考文献:

- [1] 丁一汇,任国玉,赵宗慈,等.中国气候变化的检测及预估[J].沙漠与绿洲气象,2007,1(1):1-10.
- [2] 鲍名,黄荣辉.近40年我国暴雨的年代际变化特征[J].大气科学,2006,30(6):1057-1067.
- [3] 严华生,严小东.中国降水场的时空分布变化[J].云南大学学报(自然科学版),2004,26(1):38-43.
- [4] 王遵亲,丁一汇.中国雨季的气候学特征[J].大气科学,2008,32(1):1-13.
- [5] 左洪超,吕世华,胡德樵.中国近50年气温及降水量的变化趋势分析[J].高原气象,2004,23(2):238-244.
- [6] 熊光洁,王式功,尚可政,等.中国西南地区近50年夏季降水的气候特征[J].兰州大学学报(自然科学版),2012,48(4):45-48.
- [7] 郝立生,丁一汇,闵锦忠,等.华北降水季节演变主要模式及影响因素[J].大气科学,2011,2:217-234.
- [8] 刘海文,丁一汇.华北夏季降水的年代际变化[J].应用气象学报,2011,22(2):129-137.
- [9] 卿清涛,陈文秀,詹兆渝,等.四川省暴雨洪涝灾害损失时空演变特征分析[J].高原山地气象研究,2013,33(1):47-51.
- [10] 王纪军,任国玉,匡晓燕,等.河南省月和年降水量正态性分析[J].气候与环境研究,2010,15(4):522-528.
- [11] 张永领,丁裕国.黄淮地区降水极值统计特征的研究[J].南京气象学院学报,2003,26(1):70-75.
- [12] 陈朝平,王佳津,罗可生.“7.20”暴雨过程中分钟级雨量特征分析[J].高原山地气象研究,2013,33(1):23-29.
- [13] 钟一丹,贾仰文,李志威.北京地区近53年最大1小时降雨强度的时空变化规律[J].水文,2013,1:32-37.
- [14] 杨秋明.初夏亚洲季风区环流低频振荡与长江下游持续暴雨[J].应用气象学报,1993,3:320-326.
- [15] 裴洪芹,庄玲玲,庄启华,等.临沂地区暴雨气候特征及洪涝灾害特点[J].中国农学通报,2011,27(17):245-249.
- [16] 莫爱嫫,马丽征,蔡涛,等.卢氏县暴雨的基本气候特征[J].气象与环境科学,2009,32(增刊):168-169.
- [17] 舒远华.昭通市暴雨洪水特性分析[J].水资源研究,2012,33(3):7-8.
- [18] 房伟,钱正迪.1961-2010年雅安市暴雨气候特征及变化趋势分析[J].贵州气象,2012,4:22-23.
- [19] 白慧,吴龙.安顺地区暴雨日数年际变化的气候特征[J].贵州气象,2011,2:8-12.
- [20] 薄兆海,王式功,梁军,等.大连地区近46年暴雨统计分析[J].安徽农业科学,2010,2:803-805.
- [21] 张艳梅,江志红,王冀,等.贵州夏季暴雨的气候特征[J].气候变化研究进展,2008,3:182-186.
- [22] 丁永红,王文,陈晓光,等.宁夏近44年暴雨气候特征和变化规律分析[J].高原气象,2007,26(3):630-636.
- [23] 丁永红,王文,陈晓光,等.宁夏7-8月暴雨发生次数与北太平洋海温的相关分析[J].中国沙漠,2009,29(1):168-173.
- [24] 陈豫英,陈楠,王式功,等.50a来宁夏可利用降水的时空变化及其对生态环境的影响[J].中国沙漠,2008,28(4):748-754.
- [25] 胡文东,陈晓光,李艳春,等.宁夏月、季、年降水量正态性分析[J].中国沙漠,2006,26(6):963-968.
- [26] 赵庆云,张武,王式功,等.西北地区东部干旱半干旱区极端降水事件的变化[J].中国沙漠,2005,25(6):904-909.

## Temporal and Spatial Distribution Characteristics of Rainstorms in Ningxia During 1961-2013

SHAO Jian<sup>1,2</sup>, PEI Xiaorong<sup>3</sup>, LIU Juan<sup>2</sup>,

SHI Honglei<sup>2</sup>, WANG Shigong<sup>4</sup>, HU Wendong<sup>1</sup>

(1. Key Laboratory of Meteorological Disaster Prevention and Mitigation in Ningxia, Yinchuan 750002, China; 2. Yinchuan Meteorological Observatory of Ningxia, Yinchuan 750002, China; 3. Ningxia Meteorological Bureau, Yinchuan 750002, China; 4. College of Atmospheric Sciences, Lanzhou University, Lanzhou 730000, China)

**Abstract:** Based on the daily precipitation data of 25 conventional weather stations from 1961 to 2013 and 220 automatic weather stations from 2007 to 2013 in Ningxia, the temporal and spatial distribution characteristics of rainstorms in Ningxia were analyzed. The results showed that the rainstorms in Ningxia had been more in the southern part and less in the northern part as a whole, and concentrated in the south of Zhongwei and east of the Helan Mountain. In the past 53 years, there were three concentration periods of rainstorm including 1961-1979, 1995-2002 and 2006-2013, especially the rainstorms increased sharply after 2000, which mainly appeared in southern mountains of Ningxia and Yinchuan plain. The daily and monthly changes of rainstorm in Ningxia were obvious. The rainstorms concentrated from July to September, and the short-time rainstorms mainly occurred from 16:00 to 02:00, which was more consistent with the daily variation of temperature. The rainstorms in Ningxia had obvious 16 a and 20 a interdecadal, 2-3 a interannual period oscillation and 10 d low frequency oscillation characteristics analyzed by using Mexico-hat wavelet.

**Key words:** rainstorm; climatic characteristics; high resolution analysis; temporal and spatial distribution