

DOI:10.13718/j.cnki.xsxb.2017.11.005

# 近 50 年雅安降水变化特征及小波分析<sup>①</sup>

陈林琳<sup>1</sup>, 王典<sup>2</sup>, 叶乔<sup>1</sup>, 刘康平<sup>1</sup>

1. 什邡市气象局, 四川 什邡 618400; 2. 成都信息工程大学 大气科学学院, 成都 610225

**摘要:** 分析四川省雅安地区 50 年(1961—2010 年)的年降水以及月降水资料的降水变化规律得出: 雅安地区年降水总量与每年降水量 $\geq 0.1$  mm 的日数有逐年减少的趋势; 每年最大日降水总量呈增加的趋势; 降水量的变化规律在 80 年代末期发生明显的变化; 雅安地区夏季降水量最大占全年降水的 58.2%; 冬季降水量最小占全年降水的 4.3%, 其中月降水总量在 8 月份最多, 在 1 月份最少; 年降水量 2 年的周期变化特征最为明显.

**关键词:** 降水量; 雅安; 年代际变化; 周期变化; 小波分析

**中图分类号:** P333.2      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1000-5471(2017)11-0025-06

降水量的变化直接关系到人类生活的方方面面, 相对于全球性的持续性变暖趋势, 降水的变化格局及其区域分异有更大的不确定性, 区域降水量是重要的气候变量, 它不仅对农业生产乃至整个国民经济发展具有重要影响, 而且对气候变化具有十分重要意义. 捷克 Brázdil 教授<sup>[1]</sup>在分析大气降水对欧洲的影响时指出随着全球气候变暖, 欧洲的降水量会随之增加. Bodri 和 Cermak 等人<sup>[2]</sup>组成的研究小组, 在研究布拉格降水变率趋势中发现, 由于气候变暖对降水变率的影响也较明显, 促使水循环进一步加强. 因此不同区域降水的变化特征及其影响是当前全球变化研究的重要内容之一, 研究其在气候变化下的变化特征可为当地合理利用水资源以及旱涝预警和防灾减灾提供重要依据. 特别是在全球变暖的气候背景下, 极端天气、气候事件频率加剧, 对雅安市降水的时空变化特征进行适当的分析后, 便可采取适当的技术手段应对因降水变化而对农业及人类生活产生的不利影响.

## 1 站点、资料及研究方法

本文以雅安站(表 1)近 50 年的降水资料为依据, 对所有资料进行了质量控制, 剔除其中的错误记录, 并对缺测或空白记录进行插补. 该资料中包括雅安地区近 50 年的年降水量、最大日降水量、最大日降水量出现月和平均月降水量等. 应用统计学方法, 对降水量年内变化特征<sup>[3]</sup>、年代际变化特征<sup>[4]</sup>以及四季降水的量的变化特征进行分析; 连续小波变换的本质是将函数与不同尺度下任一点的小波函数进行比较<sup>[5]</sup>, 利用墨西哥帽小波分析的方法来分析降水量的年代际变化特征, 得到常见的小波图和年降水量的周期频率图<sup>[6]</sup>.

表 1 雅安概况

| 站点        | 经度/°  | 纬度/° | 海拔/m  | 资料长度/a | 资料年份      |
|-----------|-------|------|-------|--------|-----------|
| 雅安(56287) | 102.9 | 29.9 | 327.6 | 50     | 1961—2010 |

① 收稿日期: 2017-03-22

作者简介: 陈林琳(1990-), 女, 重庆涪陵人, 助理工程师, 本科, 主要从事大气科学研究.

2 雅安地区降水变化特征分析

2.1 雅安降水年内变化特征

2.1.1 月降水总量变化特征

雅安位于四川省西部,东经 102.9°、北纬 29.9°,东邻川西平原,西接青藏高原,地处高原东南麓陡峭地边缘<sup>[7]</sup>.地区北部,名山、雅安、天全一带的青衣江河谷,地形兼有“迎风坡”、“喇叭口”的特点.地区南部,大渡河贯穿东西,整个流域为高差很大的峡谷.由于特定的地理和地形条件,雅安的降水特别多<sup>[8]</sup>.

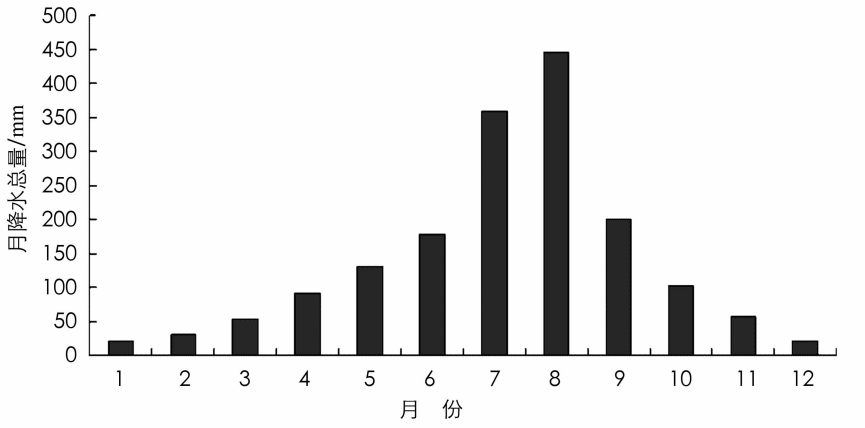


图 1 雅安各月降水总量

通过雅安站 50 年的月降水数据,描绘出雅安地区 12 个月各月降水总量的柱状图(图 1).从图中可以看出,各月降水量总量随月份的变化大体呈抛物线状.月降水总量在 8 月份最多,为 445.9 mm;其次是 7 月份,降水量为 359.9 mm. 7 月和 8 月的总降水量约占全年降水量的 1/2;月降水总量在 1 月份最少,为 20.6 mm.

表 2 给出了雅安地区逐月降水量占全年降水量的百分率.从表中可以看出的雅安多年平均降水量为 1 690.6 mm.雅安地区一年之中降水量最大的两个月是 7 月份和 8 月份,其两个月降水比例的总和占到了全年降水量的 47.67%,将近一半.而在 12 月份和 1 月份降水比例仅在 1%左右,是一年之中降水量最小的两个月.可见,雅安地区降水主要集中在 7 月份和 8 月份.

表 2 雅安逐月降水量占全年降水量的比例

| 月份    | 1 月   | 2 月   | 3 月   | 4 月  | 5 月  | 6 月   | 多年平均<br>降水量/mm |
|-------|-------|-------|-------|------|------|-------|----------------|
| 百分率/% | 1.22  | 1.83  | 3.13  | 5.39 | 7.66 | 10.53 |                |
| 月份    | 7 月   | 8 月   | 9 月   | 10 月 | 11 月 | 12 月  | 1 690.6        |
| 百分率/% | 21.29 | 26.38 | 11.82 | 6.10 | 3.38 | 1.27  |                |

2.1.2 各季降水变化特征

雅安位于四川盆地西缘、青藏高原东麓,由于特定地理和地形条件所致,无论是年雨量、雨日还是暴雨日数,雅安都是高原东部的最大值区<sup>[9]</sup>,历来素有“雨城”和“天漏”之称,尤其是在夏季,暴雨频繁,常常给当地造成严重的灾害<sup>[10]</sup>.图 2 给出了雅安地区一年之中四季平均降水总量的柱状图.从图中可以明显看出,在夏季的降水最为突出,降水总量为 983.9 mm.其次为秋季和春季,降水总量分别为 360.1 mm 和 273.6 mm.冬季降水量最小为 72.9 mm.

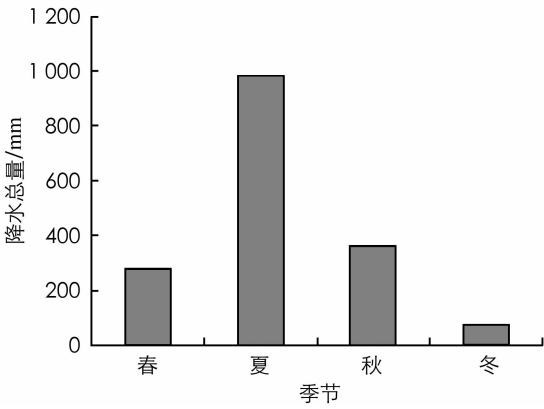


图 2 雅安各季降水总量

由表 3 可知, 雅安地区春夏秋冬各季节降水所占比例. 从表中可以看出, 雅安在夏季时降水最多, 约占全年降水的 58.2%; 秋季次之, 约为 21.3%; 春季占全年降水的 16.2%; 在冬季降水所占比例最少, 仅为 4.3%. 通过统计, 验证了雅安地区夏季降水最为突出, 其次为秋季, 该地区降水主要集中在夏秋两季.

表 3 雅安各季降水比例

| 季节    | 春季   | 夏季   | 秋季   | 冬季  |
|-------|------|------|------|-----|
| 百分率/% | 16.2 | 58.2 | 21.3 | 4.3 |

2.2 雅安降水年代际变化特征

2.2.1 年降水总量变化特征

近年来在全球气候变化的背景下我国科学家就降水的变化规律做了大量的研究工作. 翟盘茂等<sup>[11]</sup>研究发现中国降水总量变化趋势不明显, 但空间特征明显, 而且极端降水强度在增强. 图 3 给出了四川雅安地区年降水总量以及距平值折线图, 在该折线图上进一步作出 50 年的年降水总量的趋势线, 求出趋势线方程以及相关系数. 由该趋势线可知, 雅安地区年降水总量有逐年减少的趋势特征; 另外, 由趋势线方程可知, 该地区每 10 年降水量减少约 27 mm. 由图可知在 1961—2010 年共 50 年中年均降水量极值分别出现在 1966 年和 1974 年, 分别为 2 367 mm 和 1 204 mm, 极值差为 1 163 mm. 这 50 年中有 10 年的年降水总量低于 1 500 mm, 其中 1974 年的年降水总量最小; 有 8 年的年降水总量超过了 2 000 mm, 其中 1966 年的年降水总量最大, 约为 1974 年的 2 倍, 1985 年次之, 约为 2 294 mm; 其它 30 年的年降水总量集中在 1 500~2 000 mm 之间. 通过统计得出, 雅安地区有 60% 的年份降水量在 1 500~2 000 mm 之间, 低于 1 500 mm 和超过 2 000 mm 的年份约占 40%. 不同年份降水量有差别, 在个别年份会出现降水量异常大值和异常小值.

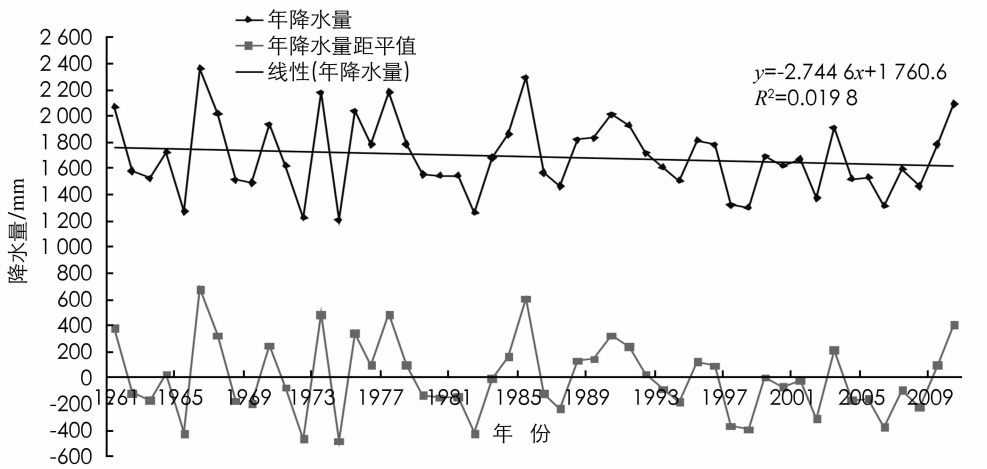


图 3 四川雅安年降水总量以及距平值

由距平折线图还可以看出, 1961—2010 年年降水量的距平值大部分集中在  $\pm 100 \sim \pm 400$  mm 之间, 其中距平绝对值大于该区域的年份有 9 年, 这 9 年分别在 60 年代出现 2 次, 70 年代出现 4 次, 80 年代出现 2 次, 而最后 1 次出现在 2010 年, 可见在 70 年代雅安地区年降水量极值变化较大.

表 4 给出了雅安地区各个年代年降水量以及距平值. 由该表可知, 60 年代年降水量最大, 达到 1 750 mm; 其次为 80 年代, 为 1 736 mm; 2001—2010 年年降水量最少, 为 1 559 mm. 另外, 还可以看出, 90 年代以及 90 年代以前年降水量都在 1 700 mm 以上, 90 年代以后年降水量便都在 1 700 mm 以下, 通过距平值也可以明显看出 90 年代以后, 距平值均为负值. 所以雅安地区在 90 年代以后年降水量有下降的趋势.

表 4 各个年代雅安地区年降水量值与距平值

| 年代         | 1961—1970 年 | 1971—1980 年 | 1981—1990 年 | 1991—2000 年 | 2001—2010 年 |
|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 年降水量/mm    | 1 750       | 1 712       | 1 736       | 1 630       | 1 559       |
| 年降水量距平值/mm | 59          | 21          | 45          | -60         | -64         |

2.2.2 最大日降水总量变化

王颖等<sup>[12]</sup>研究了 1954 — 2000 年中国年、季、月雨日的时空特征和气候变化,结果表明我国年雨日已经明显减少,平均每 10 年雨日减少 318d,各季的雨日都是负趋势,夏季雨日减少最明显.

图 4 给出了四川雅安地区每年最大日降水总量的柱状图,在该柱状图上进一步作出 50 年的每年最大日降水总量的趋势线,求出趋势线方程和相关系数. 由该趋势线可知,雅安每年最大日降水总量成增加的趋势,由趋势线方程可以得出,该地区每 10 年最大日降水总量约增加 8 mm.

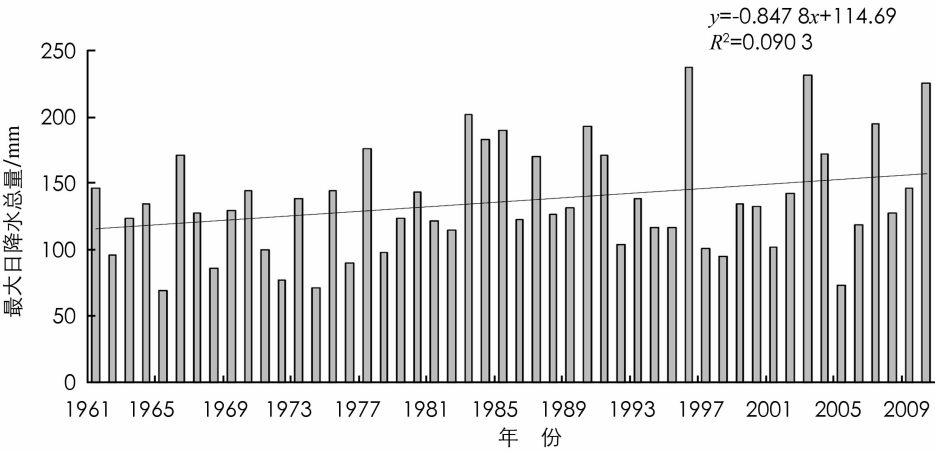


图 4 四川雅安年最大日降水总量

由图还可以看出,在 1961—2010 年共 50 年的降水资料中,有 4 年的年最大日降水总量大于了 200 mm,并且其中的 3 年都在近 20 年出现. 其中 1996 年的年降水总量最大,约为 237 mm;2003 年次之,约为 231 mm;再次为 2010 年,降水量约为 226 mm. 其它年份大部分的最大日降水总量集中在 100~200 mm 之间. 最大日降水总量在最近几年多次出现较大值. 以 1985 年为分界点,可以明显看出 1985 年以前年最大日降水量变化较为平稳,呈高一低一高一低的变化趋势;而在 1985 年之后,最大日降水总量有了明显的变化趋势,降水量异常大值和异常小值出现次数增多.

2.2.3 年降水量≥0.1 mm 日数变化特征

雅安民间历来有“蜀犬吠日”、“雅无三日晴”之民谚. 从图 5 可以看出,每年降水量≥0.1 mm 的日数变化较平稳,但同样存在日数下降的趋势,尤其是近 30 年可以明显看出其日数少于 200 d 的次数明显增加. 以≥0.1 mm 的日数是 200 d 为分界线,通过统计可以得出,1961 年至 2010 年之中少于 200 d 的年数有 10 年,而其中有 8 年是在 1990 年以后,到 2010 年期间;剩下的 40 年其日数均多于 200 d.

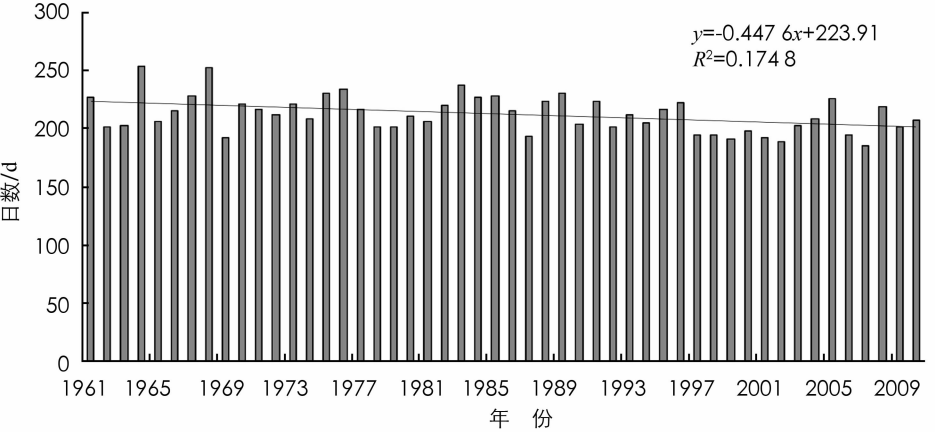


图 5 四川雅安年降水量≥0.1 mm 的日数

2.2.4 最大日降水量出现月变化特征

由图 6 得知雅安地区每年最大日降水量出现过的月份分别有 6 月、7 月、8 月、9 月和 11 月. 最大日降

水量出现月在 8 月份出现次数最多, 占 50 年中出现次数的 52%, 其次为 7 月份占到了 34%, 7 月和 8 月出现最大日降水量的次数总和占到了全部的 86%, 可见每年最大日降水量出现在 7 月和 8 月的可能性最大。同时, 7 月和 8 月也是雅安地区年内降水量最大的两个月。

2.3 降水量距平 11 年滑动

由于有 50 年代较长资料, 通过 11 年滑动排除了同期 10 年以下降水信息, 保留了 10 年以上的波动, 以分析雅安地区降水的年代际变化。由图 7 可以看出, 该地区在 80 年代末期变化规律发生明显变化。在 80 年代末以前, 年降水量呈波动状, 降水量整体偏多, 并且在 1990 年达到峰值; 80 年代末以后, 年降水量呈直线下降趋势。80 年代末以前和 80 年代末以后降水量变化规律变化明显。

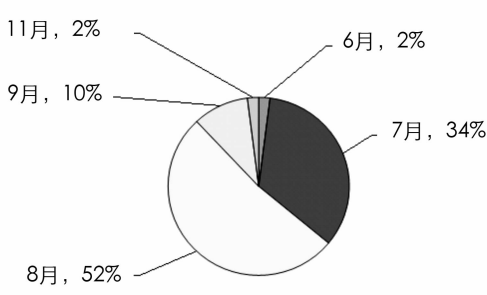


图 6 四川雅安最大日降水量出现月百分比

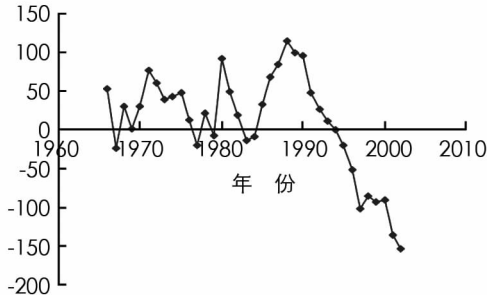


图 7 年降水量距平 11 年滑动图

2.4 年降水量小波分析

本文采用了墨西哥帽小波分析主要分析降水呈现的周期变化。图 8(a)给出了四川雅安地区 1961—2010 年降水量的的小波分析图, 由图可知, 年降水量 2 年的周期变化特征最为明显。另外, 80 年代以前, 年降水量 10 年周期变化明显; 80 年代初到 90 年代中期, 年降水量呈现 5—7 年的周期变化, 90 年代中期以后周期变化逐渐向 2 年靠拢。结合图 8(b)可知, 年降水量 2 年的周期变化特征最为明显, 另外, 年降水量也存在 5 年、7 年和 10 年的周期变化特征。

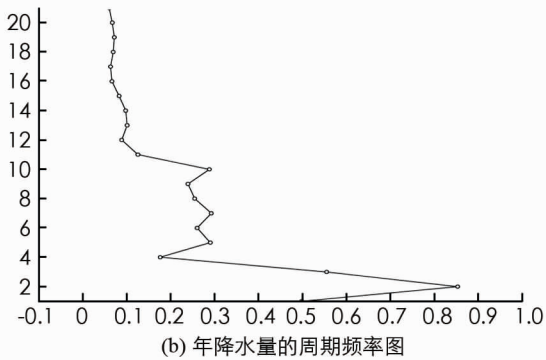
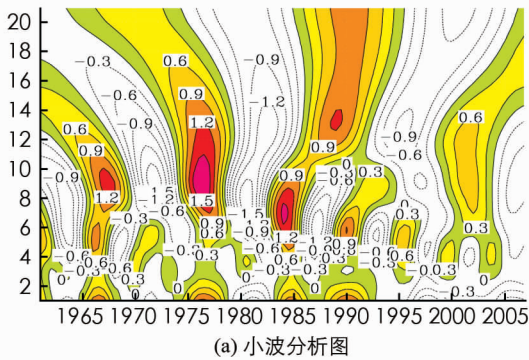


图 8 四川雅安地区 1961—2010 年降水量的的小波分析图

3 结 论

本文利用 1961 年—2010 年四川雅安地区年降水资料以及逐月降水资料, 分析了雅安地区的降水量年内变化特征、年代际变化特征和降水量的周期变化特征, 得出如下结论:

- 1) 月降水总量在 8 月最多, 月降水总量在 1 月最少。
- 2) 雅安在夏季时降水最多, 在冬季时降水最少。
- 3) 雅安年降水总量有逐年减少的趋势, 并且每 10 年减少约 27 mm。
- 4) 雅安每年最大日降水总量成增加的趋势, 并且每 10 年增长 8 mm。
- 5) 雅安每年降水量  $\geq 0.1$  mm 的日数变化有减少下降的趋势, 这种趋势在 80 年代以后逐渐显现。
- 6) 雅安地区每年最大日降水量最有可能出现在 8 月份, 其次为 7 月份。
- 7) 雅安地区在 80 年代末期变化规律呈现明显变化。

8) 雅安地区年降水量 2 年的周期变化特征最为明显. 另外, 80 年代以前, 年降水量 10 年周期变化明显; 80 年代初到 90 年代中期, 年降水量呈现 5—7 年的周期变化, 90 年代中期以后周期变化逐渐向 2 年靠拢.

#### 参考文献:

- [1] BRÁZDIL R. Fluctuation of Atmospheric Precipitation in Europe [J]. *Geojournal*, 1992, 27(3): 275—291.
- [2] BODRI L, CERMAK V, KRESL M. Trends in Precipitation Variability: Prague(The Czech republic) [J]. *Climatic Change*, 2005, 72(1/2): 151—170.
- [3] 李月英, 范俊红, 于海磊, 等. 石家庄降水量和气温变化特征分析 [J]. *沙漠与绿洲气象*, 2009, 3(2): 31—34.
- [4] 蒋好堂. 保山市北庙站降水量变化特征分析 [J]. *保山师专学报*, 2008, 27(5), 6—8.
- [5] 周淑贞, 束 炯. 城市气候学 [M]. 北京: 气象出版社, 1994.
- [6] 曹雪梅, 孙智辉, 雷延鹏, 等. 近 50 年陕西黄土高原云量和气温年际变化 [J]. *气象科技*, 2010, 38(3): 311—315.
- [7] 彭贵康, 李志友, 柴复新. 雅安地形与降水的气候特征 [J]. *高原气象*, 1985, 4(3): 230—240.
- [8] 汪之义, 郑世京. 雅安“天漏”的形成及其预报 [J]. *气象科技资料*, 1977(S1): 66—74.
- [9] 彭贵康, 柴复新, 曾庆存, 等. “雅安天漏”研究 I: 天气分析 [J]. *大气科学*, 1994, 18(4): 466—475.
- [10] 宇如聪, 曾庆存, 彭贵康, 等. “雅安天漏”研究 II. 数值预报试验 [J]. *大气科学*, 1994, 18(5): 535—551.
- [11] 翟盘茂, 邹旭恺. 1951—2003 年中国气温和降水变化及其对干旱的影响 [J]. *气候变化研究进展*, 2005, 1(1): 16—18.
- [12] 王 颖, 施 能, 顾骏强, 等. 中国雨日的气候变化 [J]. *大气科学*, 2006, 30(1): 162—170.

## Characteristics Wavelet Analysis of Precipitation Variation in Ya'an in Recent 50 Years

CHEN Lin-lin<sup>1</sup>, WANG Dian<sup>2</sup>,  
YE Qiao<sup>1</sup>, LIU Kang-ping<sup>1</sup>

1. Shifang Meteorological Bureau, Shifang Sichuan 618400, China;

2. Chengdu University of Information Technology, Chengdu 610225, China

**Abstract:** Based on the analysis of the annual precipitation in Ya'an area of Sichuan Province from 1961 to 2010 and the precipitation variation of monthly precipitation data, it is concluded that the annual precipitation and the annual rainfall  $\geq 0.1$  mm in Ya'an area have a decreasing trend; The maximum daily precipitation is increasing every year; the variation of precipitation changes obviously in the late 1980s; the summer rainfall in Ya'an area accounts for 58.2% of the annual precipitation; the lowest precipitation in winter is 4.3%, Of which the total monthly precipitation is the highest in August, at least in January; annual precipitation 2-year cycle characteristics of the most obvious.

**Key words:** precipitation; Ya'an; interdecadal variation; periodicity; Wavelet Analysis

责任编辑 包 颖 崔玉洁