

甘肃黄土高原各级降水和极端降水时空分布特征

杨东, 程军奇, 李小亚, 王慧, 郭佩佩

西北师范大学地理与环境科学学院, 甘肃 兰州 730070

摘要: 利用甘肃黄土高原地区 1960—2011 年 12 个及周边 4 个站点的逐日降水观测资料, 用阈值检测方法计算出甘肃黄土高原地区极端降水的阈值并运用气候线性趋势、多项式拟合、反距离加权法、Mann-Kendall 检验、Morlet 小波、R/S 方法分析了近 52 a 甘肃黄土高原各级雨量和 R95 极端降水的时空变化特征及对未来进行预测。结果表明: ①近 52 a 来甘肃黄土高原春季以小雨为主, 夏、秋季以暴雨为主, 冬季以大雪为主, R95 极端降水主要集中在夏季; ②春、秋季主要以大雨降水强度最强, 夏季暴雨降水强度最强, 冬季则为大雪; R95 极端降水强度夏季降水强度最强。③小雪呈显著增加, 微雨、中雨、大雨、微雪、R95 极端降水量均呈显著减少; ④微雨量、小雨量、中雨量、大雨量、R95 极端降水量与年降水总量有很好的相关性, 对年降水总量有很好的响应; ⑤在空间分布上, 各量级降水和 R95 极端降水大部分存在减小趋势, 减小区主要集中在西南部和东北部; ⑥各量级降水和 R95 极端降水突变年份不尽相同; ⑦各量级降水和 R95 极端降水在不同的时间序列存在长短不同的周期震荡; ⑧R/S 分析表明不同量级降水和 R95 极端降水的未来变化趋势和过去一致。

关键词: 甘肃黄土高原; 极端降水; 时空变化; 发展趋势

中图分类号: P426.6

文献标志码: A

文章编号: 1674-5906 (2012) 09-1539-09

引用格式: 杨东, 程军奇, 李小亚, 王慧, 郭佩佩. 甘肃黄土高原各级降水和极端降水时空分布特征[J]. 生态环境学报, 2012, 21(9): 1539-1547.

YANG Dong, CHENG Junqi, LI Xiaoya, WANG Hui, GUO Peipei. The variation characteristic of different levels of precipitation and extreme precipitation in Loess Plateau of Gansu province region in recent 52 years [J]. Ecology and Environmental Sciences, 2012, 21(9): 1539-1547.

20世纪以来, 由于全球气候变暖背景下的极端气温事件引起了众多学者的关注。政府间气候变化专业委员会(Intergovernmental Panel on Climate Change, 简称IPCC)第四次评估报告指出, 1951—2003年陆地上中高纬地区的强降水事件可能大量增长了, 甚至在降水量减少的区域也出现了增加趋势^[1]。中国学者研究表明, 中国的极端降水值、极端降水平均强度和频数都在增多^[2-3]。近50 a来, 中国西北地区降水以强降水为主, 较强以上强度降水占总降水日数的5%, 但其降水量占总降水量的75%^[4-8]。东北地区降水总量在减少趋势的背景下, 降水事件还有向极端化发展的倾向, 降水分布变得更不均匀; 东北西部极端降水事件也有所增加^[9-11]。华北地区在年降水量明显趋于减少的同时, 年降水偏多的范围减少, 强降水事件趋于减少^[12]。长江中下游、西南部分地区和华南沿海地区极端降水具有明显的增加趋势^[13]。极端降水事件带来的灾害也是显而易见的, 极端降水事件强度和频率的变化, 导

致气候变化的影响更加明显, 如致使洪水频发、土壤侵蚀和干旱加剧等^[14]。不同量级降水和极端降水的研究对了解研究区气候变化, 有效利用水资源, 预防洪涝灾害等都具有很重要的意义。

对于极端强降水事件, 我国气象局规定日降水量大于50 mm 的降水事件为暴雨, 但黄土高原日降水量多小于50 mm且强度较大, 水土流失频发^[15]。事实上, 气候存在地域性的差异, 在干旱、半干旱区, 用这种方法(50 mm降水)检测不到极端降水, 因此本文采用百分位法确定各站极端降水事件的阈值, 从而避免了这种不足。过去对黄土高原极端降水的研究仅限于极端降水事件的时空分布特征^[16]和夏季极端降水的频数与强度^[17]。本文结合站点日降水概率来对降雨进行等级划分, 这种划分更多的考虑了该地区自身的降水特征, 通过对甘肃黄土高原地区不同量级降水和极端降水的特征进行深入的分析, 进一步揭示其变化特征和趋势, 为保护该区资源、改善生态环境、防治水土流失和该区的可

基金项目: 国家自然科学基金项目(41262001); 甘肃省科技支撑基金项目(1104FKCA116); 甘肃省自然科学基金项目(1010RJZA020); 甘肃省高校研究生导师科研项目(1101-04)

作者简介: 杨东(1968年生), 男, 教授, 博士, 主要研究方向为环境资源与管理。E-mail: yangdong@nwnu.edu.cn

*通信作者: 程军奇。E-mail: chengjq789@163.com

收稿日期: 2012-07-02

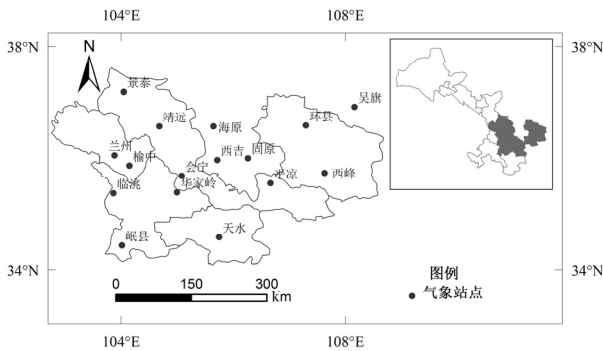


图1 研究区域气象站点分布

Fig.1 The spatial distribution of meteorological stations in study region

持续发展提供科学依据。

1 资料与方法

数据由中国气象科学数据共享服务网提供,利用甘肃黄土高原12个国家气象站点及其周边的4个国家气象站点1960—2011年的日降水序列。采用百分位法定义每个站点极端降水的阈值,具体做法是,将1960—2011年逐年的日降水量序列由小到大排列。取其第95个百分位数的52 a平均值定义为极端降水事件的阈值,当某站某日降水量超过这个阈值时,就记为一次极端降水事件^[17-18]。具体参照Bonsal^[19]的计算方法,如下:

如果某个气象要素有 n 个值,将这 n 个值按升序排列 $x_1, x_2, \dots, x_m, x_n$...某个值小于或等于 x_m 的概率为 $P = (m - 0.31) / (n + 0.38)$ 。其中, m 为 x_m 的序号, n 为某个气象要素值的个数。第95个百分位值是指 $P = 95\%$ 所对应的 x_m 值。

在确定了极端降水事件阈值的基础上,统计出近52 a甘肃黄土高原地区16个站点逐年不同量级降水日数和极端降水事件数据并建立52 a的时间序列,然后通过降水要素倾向率计算各级降水和R95极端降水的变化情况;用多项式拟合的方法分析各级降水量和R95极端降水量与年降水总量之间的相关关系;用Mann-Kendal法对各级降水和R95极端降水的突变进行分析,用滑动 t 检验和Yamamoto法对突变点进行检验;用Morlet小波分析法分析近52 a甘肃黄土高原地区各量级降水和R95极端降水的周期变化;用R/S分析法对各级降水和R95极端降水量进行将来变化趋势预测。

2 结果分析

2.1 不同量级降水和极端降水的季节分布特征

从甘肃黄土高原各季度不同量级降水所占各季度的百分比看,春季微雨占春季总降水的1.7%,小雨占28.2%,中雨占21.9%,大雨占20.2%,暴雨占27.9%;夏季各级雨量占夏季总降水量的比分别是微雨为1.0%、小雨为18.4%、中雨为20.7%、

大雨为29.5%、暴雨为30.5%;秋季各级雨量占秋季总降水量的比分别是微雨为1.0%、小雨为20.9%、中雨为26.7%、大雨为23.4%、暴雨为27.9%;冬季中微雪占冬季降水总量的0.8%、小雪占36.0%、中雪占19.8%、大雪占36.1%。可见,0.3~6.0 mm的小雨所占春季的降水量比重最大;夏季、秋季主要以24.1~48.0 mm暴雨为主,冬季主要以6.1~12.0 mm大雪为主。

春季R95极端降水量占年降水总量的11.11%,夏季为24.09%、秋季为10.69%、冬季为3.11%。可见,各季度R95极端降水占年总降水量的比例有所不同,夏季R95极端降水所占的比重最大,为24.09%。由此可见,甘肃黄土高原区极端降水集中在夏季。

2.2 不同季节各量级降水和R95极端降水强度的变化特征

降水强度是衡量极端降水的另一个要素。从甘肃黄土高原不同季节不同降水量级的降水强度来看,春季微雨的降水强度为0.10 mm/d,小雨的增加到2.01 mm/d,中雨和大雨的增加幅度较大,分别为7.61 mm/d、10.76 mm/d,暴雨降水强度为6.14 mm/d,接近中雨强度,R95极端降水强度最大,为11.10 mm/d。夏季微雨的降水强度为0.12 mm/d,小雨、中雨、大雨、暴雨以及R95极端降水的降水强度持续增加,分别为2.12 mm/d、8.58 mm/d、16.0 mm/d、23.86 mm/d、25.23 mm/d。秋季各量级降水和R95极端降水强度分别为微雨降水强度为0.11 mm/d,小雨为2.13 mm/d,中雨为10.26 mm/d,大雨为12.90 mm/d,暴雨为9.65 mm/d,R95极端降水强度为15.49 mm/d。冬季微雪的强度为0.12 mm/d,小雪的有所增加为1.04 mm/d,中雪的最大,为2.29 mm/d、大雪及R95极端降水的分别为1.92 mm/d和2.25 mm/d。由此可见,春、秋季主要以大雨降水强度最强,夏季暴雨降水强度最强,冬季则为大雪;R95极端降水强度夏季降水强度最强。

2.3 不同量级降水和极端降水的趋势分析

近52 a甘肃黄土高原地区各量级降水和R95极端降水的年际变化不尽相同(图2)。大部分降水指数呈减少趋势,仅有小雪呈增加趋势,并同过了0.001的显著性检验。从变化趋势来看,微雨、中雨、微雪都呈下降趋势,10 a间的变化率分别为-0.542 mm、-0.542 mm、-0.210 mm,通过了0.001的显著性检验,下降趋势显著。小雨、大雨、大雪和R95极端降水都呈下降趋势,10 a间的变化率分别为-1.926 mm、-5.405 mm、-0.311 mm、-13.797 mm,通过了0.05显著性检验,下降趋势较显著。暴雨和中雪也都呈下降趋势,10 a间的变化率分别

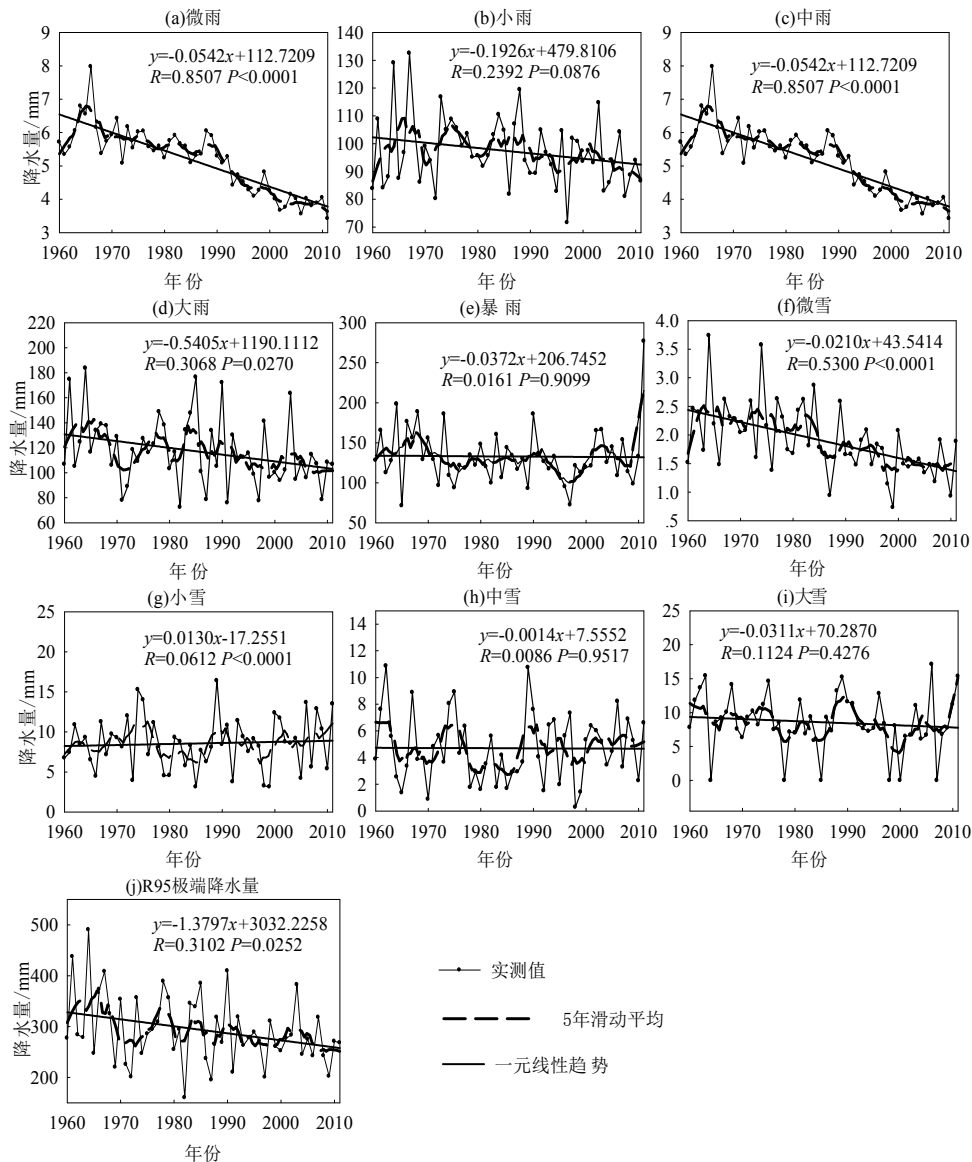


图 2 1960-2011 年甘肃黄土高原区不同量级降水和极端降水的趋势分析
 Fig.2 Different grade of trends of precipitation and the extreme precipitation of the Loess Plateau of Gansu Province region in recent 52 years (1960-2011)

为-0.372 mm、-0.014 mm，未通过显著性检验。

从 5 a 滑动平均来看，微雨呈波动下降趋势；小雨在 1960—1965 年、1970—1975 年出现短期的上升，在整个时间序列波动下降；中雨和微雨比较相似，波动下降；大雨整个时间序列呈下降趋势，在 20 世纪 70 年代出现短期回升；暴雨在 20 世纪 70 年代中期到 90 年代初有个比较平稳的阶段，90 年代后期达到最低峰值；微雪波动下降；小雪呈波动增加趋势，在 20 世纪 70 年代中期出现最高峰值，80 年代中期和 90 年代后期出现最低峰值；中雪 20 世纪 60—90 年代变化幅度较大，80—90 年代出现过两次最低峰值，最高峰值出现在 70 年代中期；大雪在 20 世纪 90 年代经历了一个从最高峰值到最低峰值的状态，变化幅度较大；R95 极端降水在 20

世纪 60 年代中期到 70 年代中期有个大幅下降阶段，之后一直小幅波动减小。

2.4 不同量级降水量和 R95 极端降水量与降水总量的线性拟合

为了进一步证实甘肃黄土高原区不同量级降水量和 R95 极端降水量同降水总量的相关性，图 3 给出了不同量级降水量和 R95 极端降水量同降水总量的散点图。

微雨量和年降水量呈正相关，通过最小二乘法得到的线性拟合方程为： $y=0.036x+3.6720$ ($R=0.2922$, $P=0.0356$)，通过了 0.001 的显著性检验，说明微雨量和年总降水量有较好的相关关系；小雨量和年降水量呈正相关，通过最小二乘法得到的线性拟合方程为： $y=0.1029x+54.3128$ ($R=0.668$,

$P < 0.0001$), 通过了 0.001 的显著性检验, 说明小雨量和年降水总量有很好的相关关系; 中雨量和年总降水量呈正相关, 通过最小二乘法得到的线性拟合方程为: $y = 0.1408x + 44.4788 (R = 0.4390, P = 0.0011)$, 通过了 0.001 的显著性检验, 说明中雨量和年降水总量有很好的相关关系; 大雨量和年降水量呈正相关, 通过最小二乘法得到的线性拟合方程为: $y = 0.2787x + 0.3127 (R = 0.8268, P < 0.0001)$, 通过了 0.001 的显著性检验, 说明大雨量和年降水总量有很好的相关关系; 暴雨量和年降水量呈正相关, 通过最小二乘法得到的线性拟合方程为: $y = 0.1778x + 58.5046 (R = 0.4024, P = 0.4024)$, 没有通过 0.001 的显著性检验; 微雪量和年降水量呈正相关, 通过最小二乘法得到的线性拟合方程为: $y = 0.0016x + 1.2176 (R = 0.2159, P = 0.1243)$, 没有通

过 0.001 的显著性检验; 小雪量和年降水量呈负相关, 通过最小二乘法得到的线性拟合方程为: $y = -0.0067x + 11.3672 (R = 0.1647, P = 0.2433)$, 没有通过 0.001 的显著性检验; 中雪量和年降水量呈负相关, 通过最小二乘法得到的线性拟合方程为: $y = -0.0015x + 5.3354 (R = 0.0475, P = 0.7382)$, 没有通过 0.001 的显著性检验; 大雪量和年降水量呈负相关, 通过最小二乘法得到的线性拟合方程为: $y = -0.0120x + 13.5879 (R = 0.2265, P = 0.1063)$, 没有通过 0.001 的显著性检验; R95 极端降水量和年总降水量呈正相关, 通过最小二乘法得到的线性拟合方程为: $y = 0.7788x - 33.1440 (R = 0.9153, P < 0.0001)$, 通过了 0.001 的显著性检验, 说明 R95 极端降水量和年降水总量有很好的相关关系。通过以上分析可以看出, 暴雨量、微雪量、小雪量、中雪量和大雪

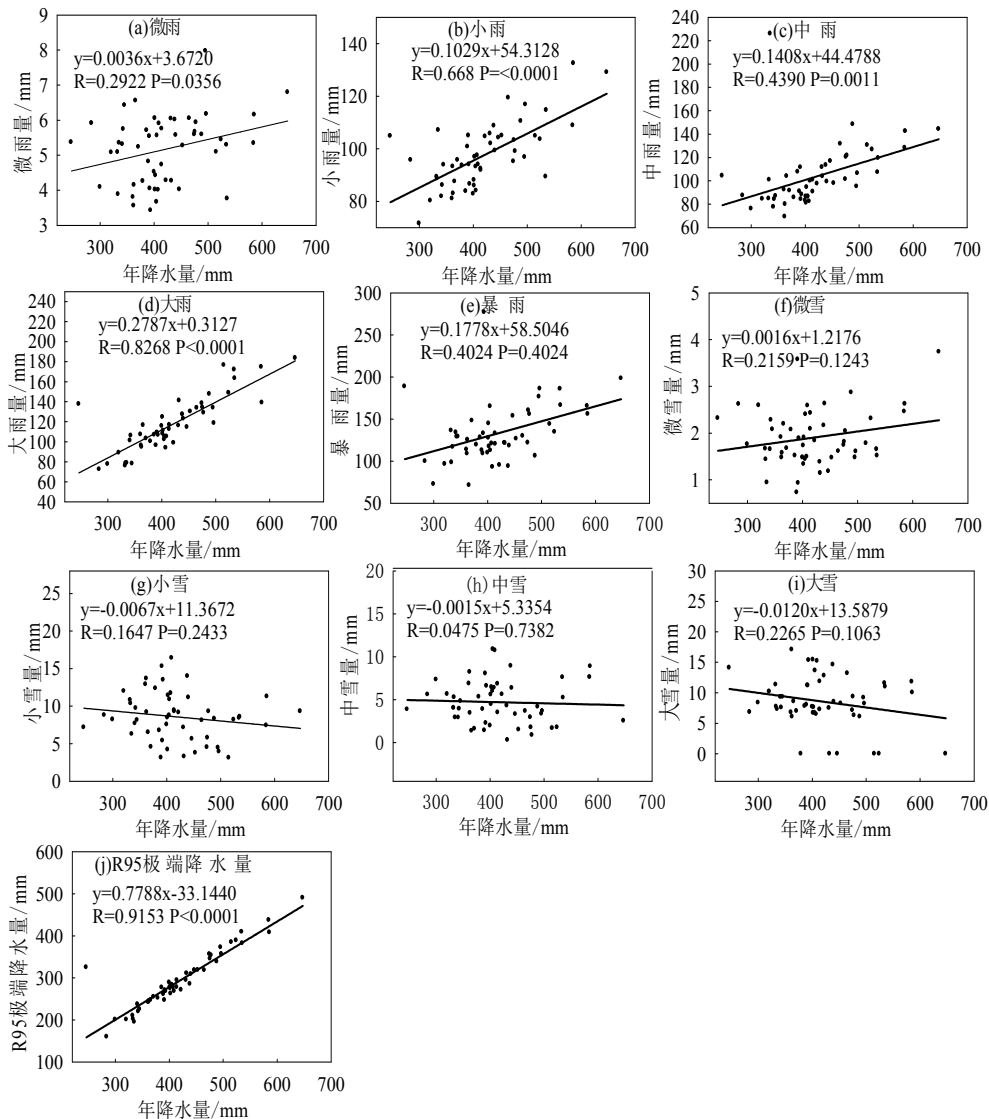


图3 1960-2011年甘肃黄土高原区不同等级降水和R95极端降水的分别与年降水量的线性拟合

Fig.3 The linear regression between the different grade of precipitation and the extreme precipitation and annual precipitation of the Loess Plateau of Gansu Province region in recent 52 years (1960-2011)

量没有通过统计学显著性检验，与年降水总量的相关性都比较差。微雨量、小雨量、中雨量、大雨量以及 R95 极端降水通过显著性检验，与年降水总量的相关性都比较高，对年降水总量有很好的响应。

2.5 不同量级降水量和 R95 极端降水量空间分布

从图 4 中可以看出，不同量级降水量和 R95 极端降水量空间分布之间差异显著。微雨在大部分区域呈增加趋势，但不显著，其中最明显的是靖远、榆中、兰州，减小最为显著的是最北边的景泰；小雨在整个区域呈由东向西渐增的趋势，其中东部偏北的环县减小最为显著；中雨在靖远、岷县减小趋势明显，在西峰、临洮、景泰呈增加趋势；大雨在最西北的景泰、靖远增加趋势显著，在临洮、平凉有略微的增加趋势，会宁减小最为显著；暴雨和微雪从南到北有增加的趋势，但是不显著，增大最明显的是兰州，在岷县、华家岭减小较为显著；小雪在整个区域内呈现增加趋势，其中陇东和陇中地区增加显著，临洮减小显著，呈现从西南到东北渐增的趋势；中雪在整个区域趋于减小，在陇东地区出现了两个相反的变化趋势，西峰增加显著，而环县减小显著，兰州、靖远、会宁、也有不太明显的减小；大雪在整个区域变化很微弱，华家岭有所增加，

其周边都有所减小；R95 极端降水从中西部向周围逐渐增加，在会宁减小显著。总之，甘肃黄土高原地区各量级降水和 R95 极端降水大部分都呈减小趋势，减小区域主要集中在西南和东北，增加区域主要集中在西北和东南。

2.6 不同量级降水量和 R95 极端降水量的突变分析

气候突变是气候变化的重要特征之一，它是指在较短时期内由一种相对稳定的状态，过渡到另一种状态的变化，是系统非线性性质的一种表现^[20]。首先采用 M-K 方法对甘肃黄土高原地区各量级降水量和 R95 极端降水量进行突变检验，确定出可能的突变点，再利用滑动 *t* 检验和 Yamamoto 法对突变点进行检验，从而确定真正的突变点，增强结果的可信度^[21]。近 52 a 来，甘肃黄土高原区的微雨发生了显著变化（图 5:a），正序列曲线在 1991 年之后超过显著性水平信度线，正反曲线在信度线外相交与 1995 年，经滑动 *t* 检验和 Yamamoto 法检验，该点为突变点，说明微雨量在 1995 年发生了突变；小雨、中雨、微雪（图 5:b,c,f）在信度线内都有 1 个可能突变点，分别为：2001 年、1994 年、1992 年，经滑动 *t* 检验和 Yamamoto 法检验，该点都为真正的突变点；大雨（图 5:d）在信度线内有 4 个

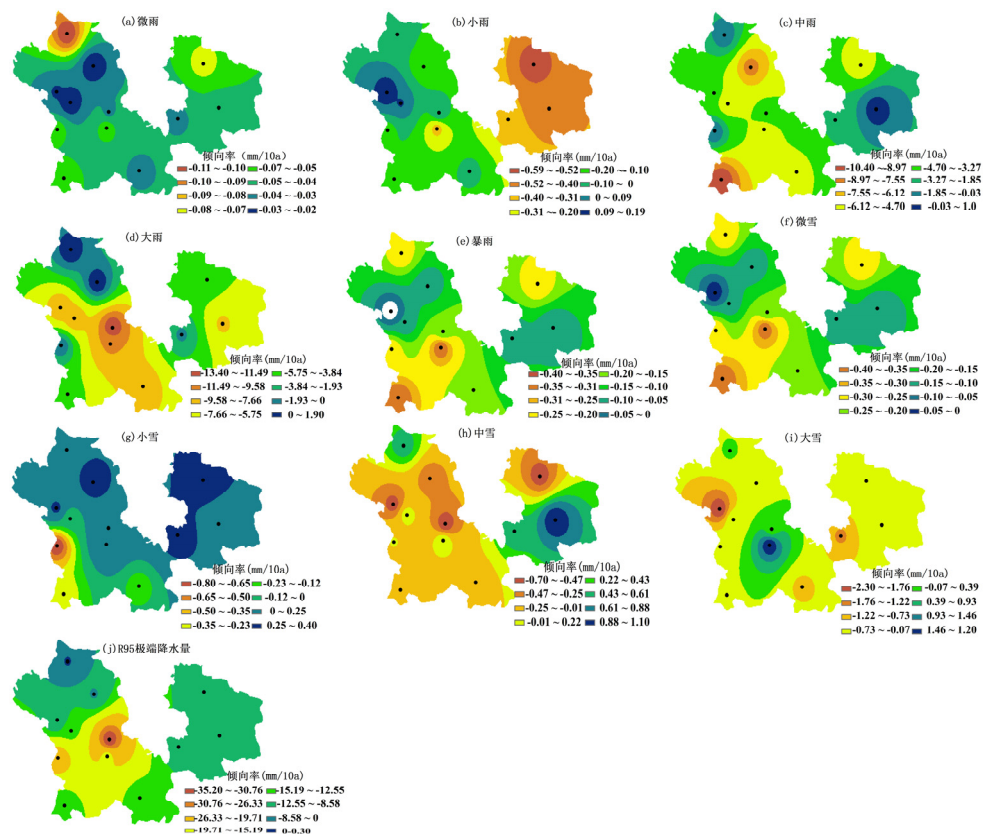


图 4 甘肃黄土高原地区 52 a (1960-2011 年) 不同量级降水和极端降水倾向率分布图
 Fig.4 The distribution map of the trend of the different grade precipitation and the extreme precipitation of the Loess Plateau of Gansu Province region in recent 52 years (1960-2011)

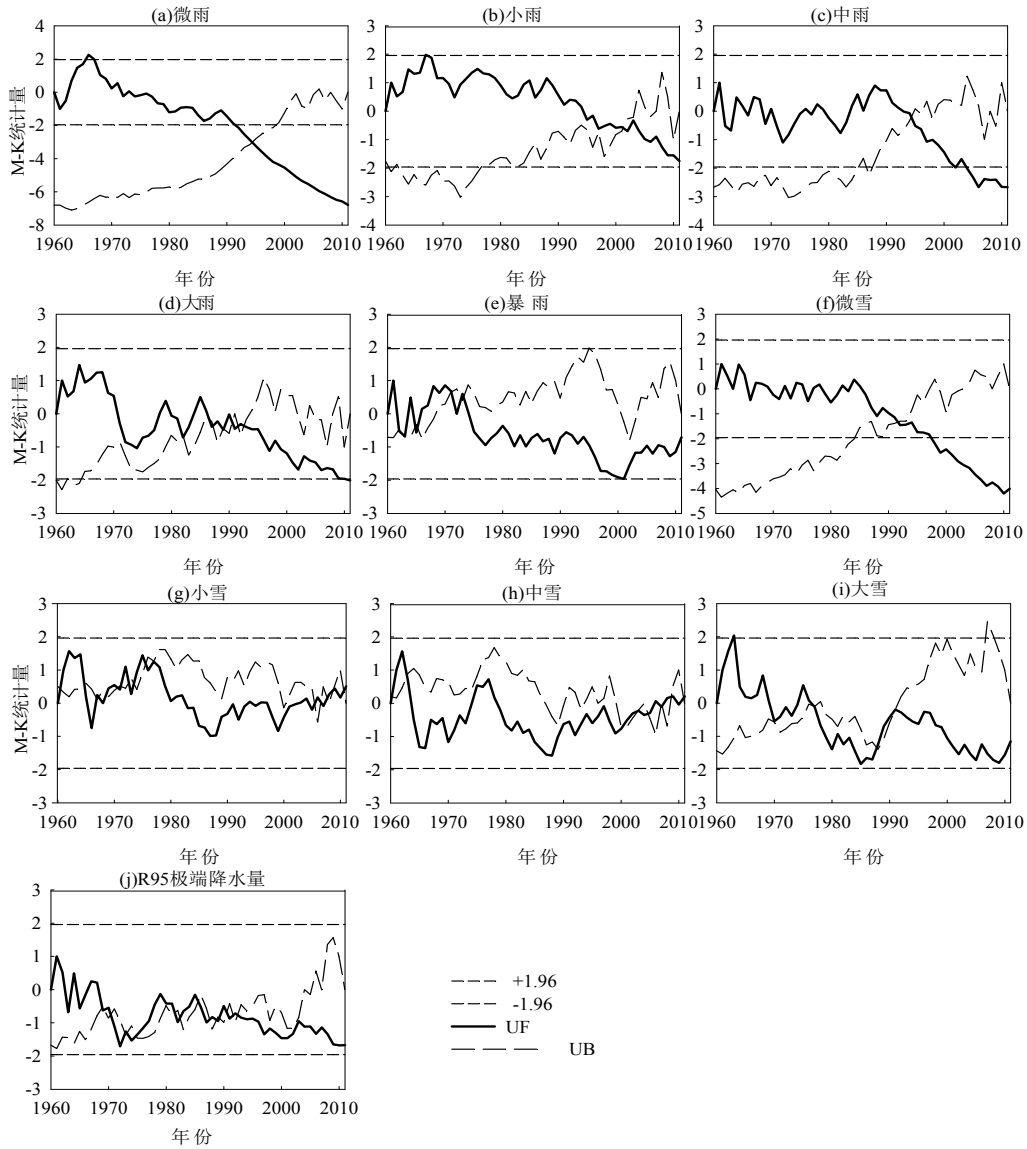


图5 甘肃黄土高原地区 52 a(1960-2011)各级降水量和极端降水 Mann-Kendal 突变分析图例
 Fig.5 The analysis of the different grade of precipitation and the extreme precipitation mutation of the Loess Plateau of Gansu Province region in recent 52 years(1960-2011)

可能突变点, 分别为 1988 年、1990 年、1991 年、1993 年, 经滑动 t 检验和 Yamamoto 法检验, 只有 1993 年是真正的突变点; 暴雨 (图 5:e) 在信度线内有 3 个可能突变点, 分别为 1962 年、1965 年、1971 年, 经滑动 t 检验和 Yamamoto 法检验, 只有 1971 年是真正的突变点; 小雪 (图 5:g) 在信度线内有 7 个可能突变点, 分别为 1964 年、1966 年、1968 年、1971 年、1972 年、1973 年、1975 年, 经滑动 t 检验和 Yamamoto 法检验, 只有 1975 年是真正的突变点; 中雪 (图 5:h) 在信度线内有 5 个可能突变点, 分别为 1962 年、2000 年、2002 年、2004 年、2008 年, 经滑动 t 检验和 Yamamoto 法检验, 这些点都不是真正的突变点; 大雪 (图 5:i) 在信度线内有 3 个可能突变点, 分别为 1976 年、1987 年、1991 年, 经滑动 t 检验和 Yamamoto 法检验, 1976

和 1991 是真正的突变点; R95 极端降水 (图 5:j) 在信度线内有 6 个可能突变点, 分别为 1970 年、1974 年、1981 年、1982 年、1985 年、1992 年, 经滑动 t 检验和 Yamamoto 法检验, 1974 年和 1992 年是真正的突变点。上述分析表明, 甘肃省黄土高原地区在各量级降水和 R95 极端降水大部分都发生了突变, 其中微雨、中雨, 微雪、大雨、小雪都在 20 世纪 90 年代发生了突变, 进入了一个雨量相对减少的状态, 大雪在 1976 年和 1991 年发生突变, 在两个突变点之间经历了一次最低峰值, R95 极端降水在 1974 年和 1992 年发生突变, 在第一次突变之后降水量有个短暂上升的阶段, 而中雪在整个时间序列并没有发生突变。

2.7 不同量级降水量和 R95 极端降水量周期分析
 采用 Morlet 小波分析近 52 a 来甘肃黄土高原地

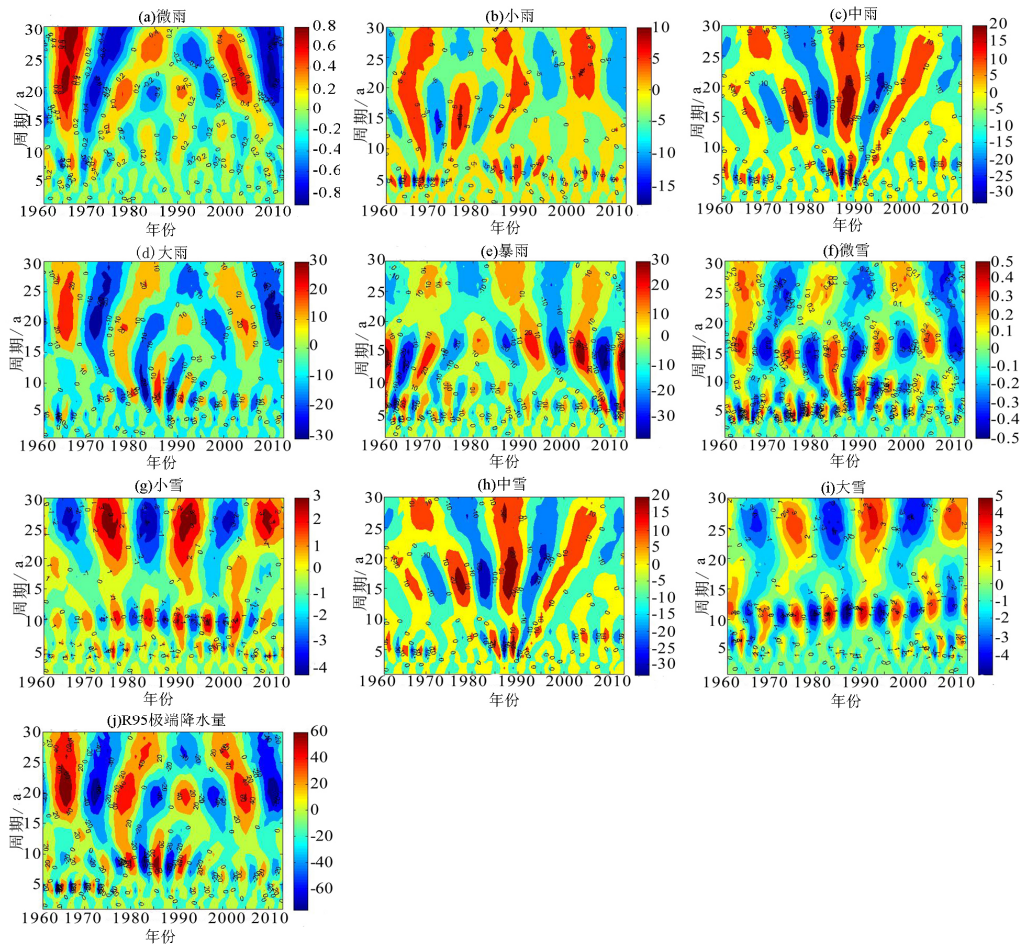


图 6 黄土高原地区 52a (1960-2011) 不同量级降水和极端降水 Morlet 小波分析图

Fig.6 Morlet analysis of the different grade of precipitation and the extreme precipitation of the Loess Plateau of Gansu Province region in recent 52 years(1960-2011)

区各量级降水和 R95 极端降水的周期变化特征(图 6)。微雨在 1960—1970 年存在 7 a 左右的小周期,在 1970 年之后又存在 18 a、25 a 的准周期;小雨在 1960—1975 年存在 5 a 小周期,在 1972 年左右存在 15 a 的周期震荡,但信号很弱;中雨在 1960—1970 存在 5 a 小周期,在 1970—1995 年存在 15 年和 20 年的震荡周期,在 1980—1990 年之间又存在 7a 小周期;大雨在 1970—2011 年之间存在 7、18、20、25 a 的准周期,在 1980—1990 年又存在 10 a 的准周期;暴雨在整个时间序列存在 15 a 左右的准周期,在 1960—1970 年、1995—2011 年又存在 7 a 左右的周期震荡;微雪 5 a 左右的小周期存在整个时间序列,1965 年之后存在 15、25 a 左右的增强震荡,1980—2010 年又存在 8 a 左右小周期;小雪存在 25 a 的准周期,1970 年之后存在 10 a 小周期;中雪存在 5 a 小周期,1970—1995 年存在 15 a 震荡周期;大雪存在 10、25 a 左右周期震荡;R95 极端降水 1960—1975 年存在 5 a 小周期,1975—1995 年又存在 7 a 左右小周期,1970 年之后存在 20 a 震荡周期。

2.8 不同量级降水量和 R95 极端降水量 R/S 分析

R/S 分析法最早是由英国科学家赫斯特(H.E. Hurst)在研究尼罗河多年水文观测资料时提出的一种新的统计方法—变尺度极差分析法(Rescaled Range Analysis,简称 R/S 分析),后来经 Mandelbrot 与 Wallis 在理论上对该方法进一步补充完善,把它发展成为研究时间序列的分形理论^[22]。对应于不同的 Hurst 指数 H ,当 $0.5 < H < 1.0$ 时,表明时间序列有长期的相关性,对过程而言,表明过程具有持续性, H 越接近 1 持续性越强,反应在气候要素上则表明气候要素的未来变化趋势和过去的变化趋势是一致的;当 $0 < H < 0.5$ 时,表明时间序列具有长期相关性特征,而过程具有反持续性, H 越接近于 0 反持续性就越强,反应在气候要素上表明未来变化趋势和过去相反。

对近 52 a 甘肃黄土高原区各级雨量和 R95 极端降水量进行 R/S 预测分析,Hurst 指数 H 的统计结果如表 1,各级雨量和 R95 极端降水量的 H 值都在同一个区间 $0.5 < H < 1.0$,这表明它们的时间序列都有长期的持续相关性,微雪的持续性最强^[23],这说

表1 各级雨量及极端降水 Hurst 指数
Table 1 Hurst index of the different grade precipitation and the extreme precipitation

微雨	小雨	中雨	大雨	暴雨
0.61	0.66	0.73	0.58	0.66
微雪	小雪	中雪	大雪	R95 极端降水量
0.91	0.55	0.59	0.53	0.55

明甘肃黄土高原区各级雨量和R95极端降水量的未来变化趋势和近52 a是一致的,即除了小雪量呈上升趋势外,其他各级雨量和R95极端降水量都呈下降趋势,其中微雪的下降趋势较为明显。

3 结论

(1) 甘肃黄土高原各季度不同量级降水所占各季度的比重不同,春季以小雨为主,夏、秋季以暴雨为主,冬季以大雪为主。

(2) 大部分降水指数呈减少趋势,仅有小雪呈增加趋势,并同过了0.001的显著性检验;微雨、中雨、微雪都通过了0.001的显著性检验,下降趋势显著;小雨、大雨、大雪和R95极端降水都通过了0.05显著性检验,下降趋势较显著;暴雨和中雪未通过显著性检验。

(3) 不同季节各量级降水和R95极端降水强度有所不同,春、秋季主要以大雨降水强度最强,夏季暴雨降水强度最强,冬季则为大雪;R95极端降水强度夏季降水强度最强。

(4) 暴雨量、微雪量、小雪量、中雪量和大雪量没有通过统计学显著性检验,与年降水总量的相关性都比较差。微雨量、小雨量、中雨量、大雨量以及R95极端降水通过显著性检验,与年降水总量的相关性都比较高,对年降水总量有很好的响应。

(5) 从空间分布来看,甘肃黄土高原地区各量级降水和R95极端降水大部分都呈减小趋势,减小区域主要集中在西南和东北,增加区域主要集中在西北和东南。

(6) 突变分析显示,各量级降水和R95极端降水大部分都发生了突变,其中微雨、中雨,微雪、大雨、小雪在20世纪90年代发生了突变,进入了一个雨量相对减少的状态,大雪和R95极端降水发生两次突变,而中雪在整个时间序列并没有发生突变。

(7) Morlet小波分析显示,各量级降水和R95极端降水在不同的时间序列存在长短不同的周期振荡,且大部分量级的降水和极端降水在整个时间序列存在7 a左右和25 a左右的周期振荡。

(8) 各级雨量和R95极端降水量的 H 值都在同一个区间 $0.5 < H < 1.0$,说明甘肃黄土高原区各级雨量和R95极端降水量的未来变化趋势和近52 a是一致的。

参考文献:

- [1] IPCC. Climate change 2007: The physical science basis. Contribution of working group I to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change [M]. Cambridge UK, New York USA: Cambridge University Press, 2007.
- [2] 潘晓华.近五十年中国极端温度和降水事件变化规律的研究 [D].北京:中国气象科学研究院,2002.
- [3] 刘学华,季致建,吴洪宝,等.中国近40年极端气温和降水的分布特征和年代际差异[J].热带气象学报,2006,22(6): 618-624.
- [4] 陈冬冬,戴永久.近五十年我国西北地区降水强度变化特征[J].大气科学,2009,33(5): 923-935.
- [5] 王志福,钱永甫.中国极端降水事件的频数和强度特征[J].水科学进展,2009,20(1):1-8.
- [6] 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.
- [7] 杨金虎,江志红,杨启国,等.中国西北汛期极端降水事件分析[J].中国沙漠,2007,27(2):320-325.
- [8] 杨金虎,江志红,王鹏祥,等.中国西北极端降水事件年内非均匀性特征分析[J].中国沙漠,2008,28(1):78-184.
- [9] 孙凤华,吴志坚,杨素英.东北地区近50年来极端降水和干燥事件时空演变特征[J].生态学杂志,2006,25(7):779-784.
- [10] 蔡福,明惠青,陈鹏狮,等.1961-2004年东北地区四季降水的时空演变特征[J].资源科学,2008,30(10):1456-1462.
- [11] 缪驰远,魏欣,孙雷,等.嫩江、季降雨特征分析[J].资源科学,2007,29(6):25-31.
- [12] 翟盘茂,潘晓华.中国北方近50年温度和降水极端事件变化[J].地理学报,2003,58(增刊):1-10.
- [13] 宁亮,钱永甫.中国年和季各等级日降水量的变化趋势分析[J].高原气象,2008,27(5):1010-1020.
- [14] IPCC. Climate change 2007: Impacts. Adaptation and vulnerability contribution of working group II to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change [M]. Cambridge UK, New York USA: Cambridge University Press, 2007.
- [15] SU B, XIAO B, ZHU D, et al. Trends in frequency of precipitation extremes in the Yangtze River Basin, China: 1960-2003[J]. Hydrological Sciences Journal, 2005, 50(3): 479-492.
- [16] 李志,郑粉莉,刘文兆.1961-2007年黄土高原极端降水事件的时空变化分析[J].自然资源学报,2010,25(2): 291-299.
- [17] 王兴梅,张勃,戴声佩,等.甘肃省黄土高原区夏季极端降水的时空特征[J].中国沙漠,2011,31(1): 223-229.
- [18] 苏布达,姜彤,任国玉,等.长江流域1960-2004年极端强降水时空变化趋势[J].气候变化研究进展,2006,2(1): 9-14.
- [19] BONSAI B R, ZHANG X B, VINCENT L A, et al. Characteristic of daily and extreme temperature over Canada[J]. J Climate, 2001, 14(9): 1959-1976.
- [20] 张星,彭云峰,谢怡芳,等.闽江河口湿地气候变化趋势与突变分析[J].中国农业气象,2010,31(3): 364-368.
- [21] 尹鹤,吴绍洪,陈刚.1961-2006年我国气候变化趋势与突变的区域差异[J].自然资源学报,2009,24(12):2147-2157.
- [22] 孙霞,吴自勤,黄鸣.分形原理及其应用[M].合肥:中国科学技术大学出版社,2003.
- [23] 冯新灵,冯自立,罗隆诚,等.青藏高原冷暖气候气候变化趋势的R/S分析及Hurst指数试验研究[J].干旱区地理,2008,31(2):176-181.

The variation characteristic of different levels of precipitation and extreme precipitation in Loess Plateau of Gansu province region in recent 52 years

YANG Dong, CHENG Junqi, LI Xiaoya, WANG Hui, GUO Peipei

Geographic and Environmental Sciences Department of Northwest Normal University, Lanzhou 730070, China

Abstract: The data on the year-by-year daily precipitation of 12 meteorological stations and 4 around in loess plateau of Gansu Province Region was selected, the thresholds of extreme precipitation were measured by the method of threshold detection as well as climate linear trend analysis, polynomial fitting, inverse distance weighted, Mann-Kendall test, Morlet wavelet analysis and R/S analysis to analyze. The following results were obtained in this paper. ①Different levels of precipitation share different proportion of each quarter, the light rain was mainly in spring, the storm rain was mainly in summer and autumn and heavy snow was mainly in winter, R95 extreme precipitation was mainly in summer; ②The heavy rain precipitation intensity was strongest in spring and autumn, the storm intensity was strongest in summer and heavy snow in winter; R95 extreme precipitation intensity was strongest in summer; ③Light snow was increase significantly, drizzle rain, moderate rain large rain and R95 extreme precipitation were decrease significantly; ④The drizzle rain, light rain, moderate rain large rain and R95 extreme precipitation have good correlation with annual precipitation and made the greatest contribution to the annual precipitation; ⑤In spatial distribution, Different levels of precipitation and R95 extreme precipitation were decreasing, the decreasing area are mainly concentrated in the southwest and northeast; ⑥Different levels of precipitation and R95 extreme precipitation were exist abrupt change except moderate snow; ⑦It is demonstrated that different vibration periods were displayed very clearly in the different levels of precipitation and R95 extreme precipitation in recent 52 years; ⑧R/S analysis to show that the future of the levels of precipitation and R95extreme precipitation of trends are consistent with the past.

Key words: Loess Plateau of Gansu province region; extreme precipitation; temporal and spatial variation; development trends