

## 宁夏地区 1971~2020 年降雨时空变化特征分析

郝改瑞 李抗彬 傅泽杰

北方民族大学土木工程学院 银川 750021

DOI: 10.12238/ems.v7i11.16078

[摘要] 基于 1971~2020 年宁夏地区的 23 个气象站点的日降雨数据, 分析其降雨时空特征, 利用线性估计法、小波分析法、滑动均值法、IDW 空间插值方法及 Mann-Kendal 法。结果表明: (1) 宁夏地区降雨量呈缓慢上升趋势, 降雨量和时间之间的相关性较小, 2011~2020 年近 10 年的降雨量增加明显, 未来, 极端降雨事件会发生频繁; (2) 年降雨量整体增加, 1971 年呈现显著变化趋势, 其他时间段内无明显变化趋势。(2) 降雨量存在 8a、27a 和 45a 三个主变化周期。近几年正处于处于波峰向波谷转变的中期阶段。(3) 宁夏地区降雨量呈现由北到南逐渐增大的趋势, 形成六盘山高值中心 (>662mm/a) 和惠农低值中心 (<173mm/a)。南部山区等高线密集区降雨较多, 靠近西部沙漠地区的降雨较少, 高海拔地区降雨量相对较多。宁夏地区地形较为复杂, 山地面积所占比例较大且与沙漠等相邻, 因此降雨时空影响因素比较复杂多变, 夏季降雨较多, 应加大水土流失、预防日后雨量增多的防治工作。

[关键词] 降雨; 小波分析; 宁夏地区; Mann-Kendall 检验

[中图分类号] P333.1 [文献标志码] A

气候变暖会导致较多极端降水事件, 从而损害生态系统和社会经济, 威胁人类安全<sup>[1-2]</sup>。气候变化中比较重要的降雨和气温, 气温增加已经形成一定的共识, 对此研究的相关论著也很多<sup>[3]</sup>。受季风及地形地貌等影响, 降雨具有比较显眼的地域特征, 即东部降水下降, 西部降水呈增加趋势, 且黄河上游等地区极端降水的频率显著增加<sup>[4]</sup>。分析已有宁夏地区的有关降水研究, 目前对宁夏地区的降雨演变特征、降雨再分配特征、降雨侵蚀力特征、历史降雨趋势预测、海温与海冰对宁夏汛期降水分布特征异常的协同影响、宁夏南部山区降水特征等做了一定工作, 并取得很多极具参考的成果。宁夏属于西北内陆地区, 处于半湿润地区向半干旱干旱地区的过渡带, 生态环境脆弱, 对降水的反应十分敏感。因此研究宁夏地区降雨时空特征可以为宁夏地区的农业生产、水资源规划、生态环境保护及水资源高效利用等具有重要意义。

因此, 基于宁夏地区 23 个气象站的逐日降水数据, 为了保证数据的可靠性和一致性, 选用 1971 年至 2020 年的数据, 利用泰森多边形法求出研究区域的逐日降雨序列, 分析降雨量在过去 50 年的时空变化情况以及对降雨量周期性进行判断, 为宁夏地区水环境污染、暴雨灾害防治、生态建设及水资源管理等方面提供参考。

### 1 研究区概况

宁夏回族自治区位于北纬 35° 14' 30" ~39° 23', 东经 104° 17' ~107° 38' 50" 之间 (如图 1), 深居内陆西北高原, 跨西北干旱区和东部季风区, 与甘肃省、内蒙古自治区、陕西省毗邻。疆域南北狭长, 相距 450km, 东西相距约 250 km。从西面、北面至东面, 由腾格里沙漠、乌兰布和沙漠和毛乌素沙地相围, 南面与黄土高原相连; 地势南高北低, 西部高

差较大, 东部起伏较缓; 大体可分为: 黄土高原, 鄂尔多斯台地, 洪积冲积平原和六盘山、贺兰山南北中三段山地, 平均海拔 1000 米以上。按地表特征, 还可分为南部暖温带平原地带, 中部中温带半荒漠地带和北部中温带荒漠地带。全区从南向北表现出由流水地貌向风蚀地貌过渡的特征。据统计数据显示, 宁夏地形中丘陵占 38%, 平原占 26.8%, 山地占 15.8%, 台地占 17.6%, 沙漠占 1.8%。

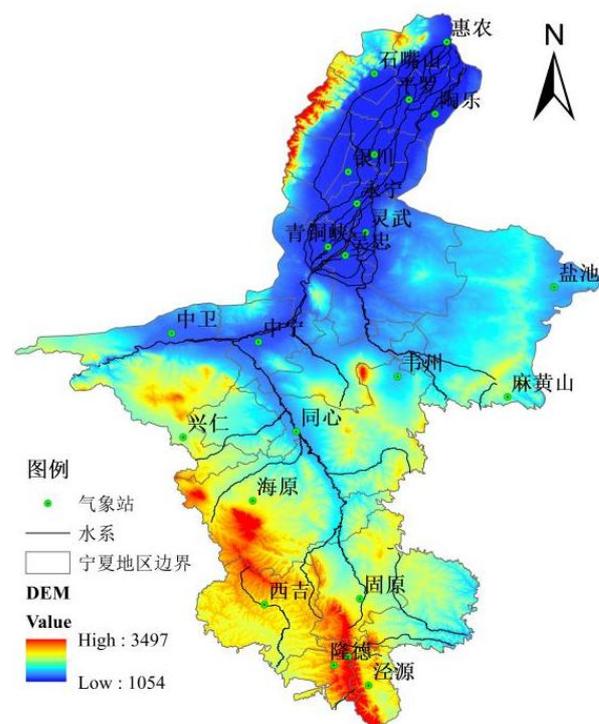


图 1 宁夏地区示意图

2 数据与方法

此次所收集的宁夏地区 23 个气象站逐日降雨量数据来自中国科学院资源环境科学数据中心, 站点数据长度从气象站建站以来至 2020 年末, 各站点位置见图 1。对收集数据进行检查发现, 有个别站点有些年份数据缺失, 为了保证数据质量的完好性和一致性, 将站点无缺测降雨数据研究时段确定为 1971—2020 年, 数据系列长度均为 50 年。降雨数据包括水平降雨和垂直降雨, 其中雨淞、雨及雪等构成垂直降雨, 雾淞及霜雾露等组成水平降雨。本次仅对气象站的垂直降雨数据进行整理。利用泰森多边形法处理研究区域 23 个气象站点的降雨量数据, 进而进行分析。

选择降雨量 (R, mm) 进行研究, 其中 M-K 法、线性估计法和滑动均值法被用来分析降雨量的趋势变化及突变性, 小波分析法用来判断降雨量的周期性, IDW 插值法是分析降雨量空间分布特征的方法。各方法详细过程可参考相关文献, 其中滑动平均值法利用的滑动长度为五年, 在 0.05 显著性水平下进行检验, 系列数据在相同尺度上的变化特点可以通过小波变化系数图进行说明。

3 结果与分析

3.1 趋势线分析

利用线性倾向估计法和滑动平均值法分析降雨量随时间变化趋势图, 结果见图 2。从图 2 可以看出, 宁夏地区降雨

量呈缓慢上升趋势, 降雨量和时间之间的相关性较小, 宁夏地区 1971~2020 年 50 年的平均降雨量为 293.18mm, 最大降雨量为 1985 年 411.48mm, 最小降雨量为 1982 年 174.66mm, 年最大降雨量是年最小降雨量的 2.35 倍, 倾向率为 5.97mm/10a, 即降雨量每十年会增加 5.97mm。由年代际均值可以看出, 50 年降雨量总体呈显著阶段性变化, 1976—1989 年降雨量显著偏丰, 1990~2000 年明显偏少, 2001—2021 年基本回升到平均水平。值得注意的是 2011~2020 年近 10 年的降雨量增加明显, 未来气候变化的显著影响会使得极端降雨事件发生频繁, 会严重威胁区域的土壤侵蚀情况。

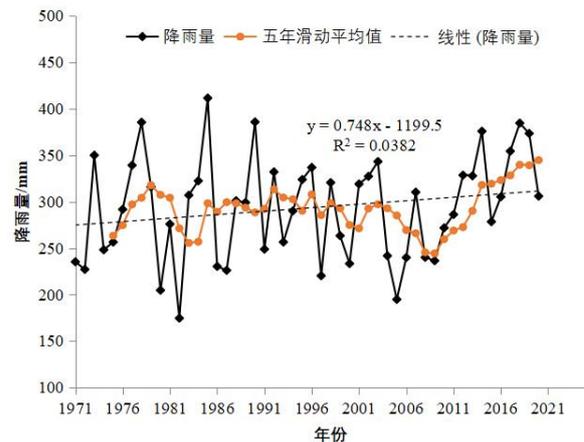


图 2 宁夏地区降雨量变化趋势

表 1 年际降雨量统计结果

年份	1971-1980	1981-1990	1991-2000	2001-2010	2011-2020
年降雨量 (mm)	285.42	293.39	<u>282.59</u>	272.47	<u>332.05</u>

注: 下划线为最小值, 为最大值。

3.2 降雨量突变性分析

以 1971~2020 年宁夏地区 23 个气象站点的逐年统计数据为基础, 对降雨量利用 Mann-Kendal 法进行变化趋势和突变检验, 明确突变时间和突变区域, 由 UF、UB 和 0.05 显著性水平线组成, UB 用来计算突变点, UF 用来判断变化趋势, 结果见图 3。

根据图 3 年可知降雨量在 1971—2020 年间均为上升趋势, 1971—2020 年降雨量在时间段内 UF 和 UB 没有交点, 说明该地区可能是大暴雨发生的概率较低, 结合图 2 可知在 1977—1982 年降雨呈下降趋势, 在 1982 年后年降雨量开始增加; 1971 年间 UF 值小于临界值  $Z=-2.65$ , 呈现显著变化趋势, 在其他时间段内 UF 值基本处于置信区间之间, 无明显变化趋势。从整体上看, 年降雨量呈增加趋势。

3.3 降雨周期分析

小波变化分析中实部等值线可反映出降雨序列不同时间尺度的周期变化及其在时间域中的分布, 可判断出在不同时间尺度上, 降雨量的变化趋势, 实部大于零表示为增加趋势, 小于零表示为减少趋势。1971~2020 年宁夏地区的降雨量小

波变化图, 发现宁夏地区 50 年尺度图中在 27a 尺度在明显的丰枯交替。在整个时间尺度上出现了 1980 年、1995 年、2015 年 3 个偏多中心和 1987 年、1997 年、2007 年三个偏少中心。

小波方差图能反映降雨时间序列的波动能量随时间尺度的分布情况。1971~2021 年宁夏地区降雨周期存在 3 个较为明显的峰值, 依次为 8a、27a 和 45a 的时间尺度。其中最大峰值为 45a 时间尺度, 说明 45a 左右的周期震荡最强, 为宁夏地区降雨量变化的第一主周期; 27a 时间尺度为第二峰值, 为第二主周期; 8a 时间尺度对应第三主周期。

根据小波方差成果, 绘制宁夏地区降雨量周期变化的 27a 和 45a 主周期小波系数图, 从主周期趋势图中分析不同时间尺度降雨量存在的平均周期及丰枯变化情况。在 27a 时间尺度上, 宁夏地区降雨量变化的平均周期为 15a 左右, 存在 3 个丰枯转换期, 近几年基本上上升到波谷阶段。在 45a 时间尺度上, 宁夏地区降雨量变化的平均周期为 35a 左右, 存在 3 个丰枯转换期, 近几年处于波峰向波谷转变的中期阶段。

通过时间序列分析和小波分析, 宁夏降雨量具有多时间尺度的变化, 变化周期包含 45a 和 27a 两个主变化周期。根

据周期变化特征,宁夏地区降雨量变化基本保持稳定,呈缓慢增长的趋势。近几年正处于宁夏地区降雨量较少阶段,45年时间尺度处于波峰向波谷转变的中期阶段,11年基本降到波谷阶段。

### 3.4 降雨空间分布特征

宁夏地区降雨主要集中在夏季,6月至8月的降雨量占全年降雨量的一半以上。其中,7月和8月的降雨量相对较多。以1971—2020年宁夏地区23个气象站的降雨量多年均值为基础,进行IDW插值,获取降雨量的空间分布结果,见图8。发现宁夏地区自南向北带状分布逐渐稀疏,反应出年

降雨量逐渐减少,其中固原和隆德的年降雨量等高线密集,而往北走银川和石嘴山的等高线逐渐稀疏,呈现由北到南逐渐增大的趋势,形成六盘山高值中心( $>662\text{mm/a}$ )和惠农低值中心( $<173\text{mm/a}$ )。宁夏地区的降雨还表现出东西差异,自西向东等高线带状分布逐渐延长,降雨量增多。南部山区等高线密集区,比如固原等地降雨量较大;而靠近西部沙漠地区的降雨较少。高海拔地区降雨量趋于低海拔地区降雨量相对较多。

综上所述,宁夏地区的降雨时空分布受多种因素影响,具有明显的季节性、地域性变化。

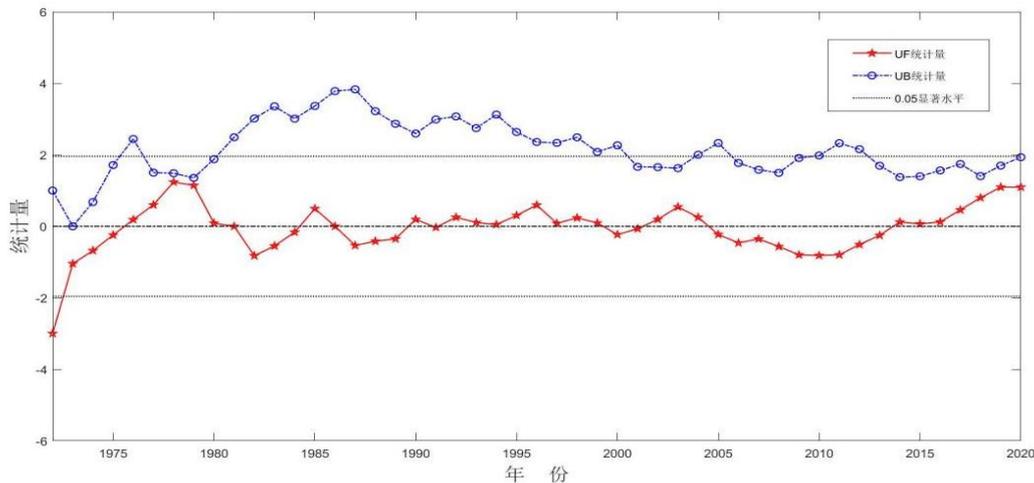


图3 宁夏地区1971~2020年降雨量突变分析

## 4 结论

基于宁夏地区23个气象站点1971~2020年逐日降雨数据,分析降雨特征,利用M-K法、线性估计法、滑动均值法、IDW空间插值方法及小波分析法研究宁夏地区降水时空分布特性,得到以下结论:

(1)宁夏地区降雨量呈缓慢上升趋势,降雨量和时间之间的相关性较小,倾向率为 $5.97\text{mm}/10\text{a}$ ,即降雨量每十年会增加 $5.97\text{mm}$ 。2011~2020年近10年的降雨量增加明显,未来气候变化的显著影响会使得极端降雨事件发生频繁,会严重威胁区域的土壤侵蚀情况。

(2)宁夏地区降雨量在1971~2020年间均为上升趋势,在1977~1982年降雨呈下降趋势,在1982年后降雨量开始增加;1971年呈现显著变化趋势,其他时间段内无明显变化趋势。

(3)对降雨量进行小波周期诊断45a和27a两个主变化周期。近几年正处于处于波峰向波谷转变的中期阶段。

(4)宁夏地区降雨量呈现由北到南逐渐增大的趋势,形成六盘山高值中心( $>662\text{mm/a}$ )和惠农低值中心( $<173\text{mm/a}$ )。降雨表现出东西差异和南北差异。南部山区等高线密集区,靠近西部沙漠地区的降雨较少,高海拔地区降雨量相对较多。六盘山为降水强度最高的区域,后续面临的土壤侵蚀问题、极端降水事件及其他水灾害问题均要引起重视。

总之,宁夏地区地形较为复杂,山地面积所占比例较大且与沙漠等相邻,因此降雨时空影响因素比较复杂多变,夏季降雨较多,应加大水土流失、预防日后雨量增多的防治工作。

### [参考文献]

[1]赵宗慈,罗勇,黄建斌.全球增暖 $1.5^{\circ}\text{C}$ 的再思考——写在SR15发表之后[J].气候变化研究进展,2019,15(2):212-216.

[2]郝改瑞.汉江流域陕西段非点源污染特征及模型模拟研究[D].西安:西安理工大学,2021.

[3]赵爱莉,张晓斌,郝改瑞,等.1971~2018年汉江流域陕西段降水时空特征分析[J].水资源与水工程学报,2020,31(6):80-87.

[4]吴燕娟.气候变化背景下我国极端降水的时空分布特征和未来预估[D].上海:上海师范大学,2016.

作者简介:郝改瑞(1986—),女,陕西绥德人,博士,讲师,研究方向为流域非点源污染及水环境保护;

通讯作者:李抗彬(1981—),男,陕西韩城人,博士,研究方向为水文水资源、水利信息化。

资助项目:宁夏自然科学基金项目(2023AAC03261、2023AAC03273),北方民族大学青年人才培育项目编号(2021KYQD36、2021KYQD44)