

巴仑台山区夏季降水变化特征分析

赵艳红

新疆和静县巴仑台气象站

DOI:10.32629/as.v9i6.4032

[摘要] 本文根据巴仑台山区多年气象观测数据,采用各种统计诊断方法,对巴仑台山区夏季降水变化规律及空间分布进行分析。研究目的在于找出降水量的长期趋势、极端事件的变化、气候突变信号、多时间尺度周期振荡和山区降水的空间分异格局。结果表明,研究区夏季降水量总体上呈波动增加趋势,降水强度增大是总量增加的主要原因,降水在某些年份发生了由少到多的明显变化。周期分析得到各个时间尺度的主要振荡周期,年代际波动起主导作用。降水空间上受海拔影响明显,地形抬升作用大。本研究给认识天山南麓地区气候变化赋予了实证支撑,对山区水资源治理,灾害风险防控和生态安全守护有着重要的科学参照意义。

[关键词] 巴仑台山区; 夏季降水; Mann-Kendall检验; 小波分析

中图分类号: P332.1 **文献标识码:** A

Analysis of Summer Precipitation Variation Characteristics in Baluntai Mountain Area

Yanhong Zhao

Baluntai Meteorological Station in Hejing County, Xinjiang

[Abstract] Based on years of meteorological observation data in the Baluntai Mountain area, this article uses various statistical diagnostic methods to analyze the changes and spatial distribution of summer precipitation in the Baluntai Mountain area. The research aims to identify long-term trends in precipitation, changes in extreme events, climate change signals, multi time scale periodic oscillations, and spatial differentiation patterns of precipitation in mountainous areas. The results indicate that the overall summer precipitation in the study area shows a fluctuating increasing trend, with an increase in precipitation intensity being the main reason for the total increase. Precipitation has undergone significant changes from less to more in some years. Periodic analysis reveals the main oscillation periods at various time scales, with decadal fluctuations playing a dominant role. The precipitation space is significantly affected by altitude, and the uplift effect of terrain is significant. This study provides empirical support for understanding climate change in the southern foothills of the Tianshan Mountains, and has important scientific reference significance for water resource management, disaster risk prevention and control, and ecological security protection in mountainous areas.

[Key words] Baluntai Mountain District; Summer precipitation; Mann Kendall inspection; wavelet analysis

在全球气候变化的大背景之下,干旱半干旱地区水文气象响应是复杂的、敏感的,降水格局的改变会直接影响到区域水循环、生态服务以及经济社会发展。新疆属于典型的内陆干旱区,近些年来出现了一些“暖湿化”的气候转变迹象,降水变动及其影响成了学界重视的焦点。巴仑台山区位于天山中段南麓,是开都河上游的主要产流区和水源涵养地,夏季降水多少、时空分布直接影响下游河流径流、博斯腾湖水位变化和绿洲农业用水安全。但是目前对于该地区降水,尤其是夏季降水系统性、多维特征的研究还比较缺乏,长时序的综合分析更是缺少。因此,本文采用长序列站点观测资料,结合空间加密观测数据,从趋势、突

变、周期、空间分布等几个方面来刻画巴仑台山区夏季降水的演变规律,填补了该区域气候研究的空白,为应对气候变化、制定适应性管理策略提供了坚实的科学基础。

1 研究区概况与数据方法

1.1 研究区概况

巴仑台山区位于新疆巴音郭楞蒙古自治州和静县境内,处在天山中段南麓,地理坐标为北纬 $42^{\circ}44'$ 、东经 $86^{\circ}18'$,海拔约1739m。区域地形起伏较大,地势起伏大,垂直气候带分异明显。受西风环流控制,大西洋和北冰洋的水汽可以沿着天山山脉通道输送到这里,形成相对丰富的山地降水。巴仑台气象站建站

于20世纪50年代,观测资料序列长,在研究天山南麓区域气候变化方面具有重要的代表性。巴仑台河为开都河上游支流,夏季降水是区域河流径流量的重要补给来源,降水变化直接决定下游博斯腾湖水位变动和焉耆盆地绿洲农业灌溉用水保障。近些年来,为了克服单个站点观测的不足,在山区布置了多个区域自动气象站,从而使得对山区降水的空间分布描述更加细致。认识该区域夏季降水变化的规律,对于区域水资源开发利用和气象灾害防御都具有很强的现实意义。

1.2 数据来源

本研究主要用到的数据有两部分,第一部分是巴仑台气象站1958–2024年共67年逐日降水观测记录,经过严格的质量控制,连续性强、可靠性高;第二部分是巴仑台山区黄庙等10个区域自动气象站2015–2024年共10年夏季(6–8月)日降水量资料。各个站的数据都经过了极值检验和均一性检验,缺测率小于允许的阈值,可以满足气候统计分析的要求。夏季指6–8月三个月,降水量按当月各日降水量之和计算;暴雨事件以日降水量 $\geq 25\text{mm}$ 为判定标准(新疆地方气象业务标准),降水日数以日降水量 $\geq 0.1\text{mm}$ 为统计阈值。区域站数据主要是对山区降水的空间分布情况进行分析,国家站长序列资料可以做趋势、突变、周期的分析^[1]。

1.3 研究方法

本文对降水要素的多维特征进行了分析,主要使用的方法有线性倾向估计、Mann–Kendall (M–K) 突变检验和Morlet小波分析。线性倾向估计用来反映降水量在时间序列上总体的变化趋势,用每十年的变化量($\text{mm}/10\text{年}$)来表示它的倾向率;Mann–Kendall (M–K) 突变检验是不需要数据服从某种分布的非参数统计方法,被广泛地应用到气候要素突变点的识别当中,当正序列统计量UF和逆序列统计量UB的交叉点落在置信区间内时,这个点就是突变发生的时间点;Morlet小波分析具有时频多分辨率的特点,可以揭示降水序列中隐藏的多尺度振荡周期,通过小波方差图可以确定主周期。空间分布特征分析根据10个区域站的降水数据,用插值法得到降水量的空间分布图,分析山区降水的地形响应规律。上述方法互相验证,可以比较完整地表现出巴仑台山区夏季降水变化的真谛。

2 夏季降水量及极端降水的时间变化特征

2.1 夏季降水量的趋势变化

从近67年巴仑台站夏季降水量年际变化上看,大体上呈波动增加趋势,与新疆总体降水增多的气候背景一致。降水量在年代际尺度上存在着明显的阶段性特点,20世纪60年代到70年代降水偏少,属于相对枯水期;80年代中期到90年代初期降水量明显增加,属于相对丰水期;21世纪以来降水一直保持较高水平,个别年份出现历史极值。从各月的贡献来看,夏季降水集中在7月,7月降水量占整个夏季总降水量的40%以上,6月和8月次之。月际分配特点同天山地区西风槽活跃程度和局地对流活动的季节变化有联系。降水年际波动幅度大,标准差占多年平均值的比例说明降水不稳定,丰枯差异明显,给区域水资源管理及防灾减灾工作提出较高要求。

2.2 极端降水特征分析

极端降水事件属于引发山洪、泥石流等地质灾害的气象触发因素之一,在该区域的防灾减灾工作中具有一定的借鉴意义。近67年巴仑台站暴雨日数统计分析可知,暴雨日数总体上呈缓慢增多趋势,在年代际尺度上具有明显的集中性,多暴雨年份大多出现在夏季大气环流异常的年份^[2]。最大日降水量年际变化较大,极端事件具有随机性,高值年份往往伴随着暖湿气流北上。最大连续降水量变化也呈现出类似的规律,连续多日降水事件近几年来有所增加,说明持续性降水过程发生的频率增大。降水日数(日降水量 $\geq 0.1\text{mm}$ 的天数)变化趋势较为平稳,说明降水强度增大是造成总降水量增加的主要原因,而不是降水频次大幅提高。上述极端降水变化特点和区域气候变暖下大气持水能力增大、对流活动加强的物理机理相吻合。

3 夏季降水的突变与周期性分析

3.1 突变特征

用Mann–Kendall突变检验对巴仑台站67年夏季降水量序列进行分析,结果为UF统计曲线在20世纪80年代末期出现持续上升趋势,在置信区间 $\alpha = 0.05$ 的临界线附近与UB曲线出现明显交叉,说明巴仑台山区夏季降水在1987年前后发生由少到多的气候突变。这个突变的时间点同前人的研究显示的新疆降水转变时期非常接近,具备较好的区域代表性。突变发生之后,UF统计值一直大于显著性临界线,说明增多趋势有统计显著性,降水量进入了一个新的偏多阶段。从物理背景上看,20世纪80年代末北半球大气环流发生明显改变,西风带位置、强度发生变化,向新疆输送的水汽通量增大,大气温度上升使水汽容量增加,两者一起促使降水突变。对于不同的降水指标,其突变时间存在差别,不过总体上都在80年代末到90年代初这个时间段里,具备较好的一致性。

3.2 周期性变化特征

使用Morlet小波分析方法对巴仑台站夏季降水量的多尺度振荡特征进行分析,小波系数实部时频分布图清楚地显示出降水序列在多个时间尺度上存在周期性振荡的规律。从年代际尺度上看,识别出约20到30年显著长周期振荡信号,这和北大西洋多年代际振荡(AMO)、太平洋年代际振荡(PDO)等大尺度气候模态的相位变化有密切联系,体现出大尺度海—气相互作用过程经由调节环流背景场来影响区域降水的长远调节效应。年际尺度上3–5年准周期振荡也比较明显,该周期和厄尔尼诺–南方涛动(ENSO)事件主要发生周期有较好的对应关系,说明热带太平洋海表温度异常可以激发大气遥相关波列,从而对巴仑台山区夏季降水造成影响^[3]。小波方差图结果从统计上又对上述两个尺度为主周期的可靠性进行了确认,年代际周期对应的小波方差峰值更明显,说明年代际时间尺度的气候变率是造成该区域夏季降水长期变化的主要背景因子。另外从分析结果可以看出,在各个历史时期里,各个周期振荡的强弱、显著性是不一样的,这说明背后的主要气候驱动因子存在非平稳性特征,也就是说在用周期规律来做出趋势预测的时候要考虑到它的时空变异性。

4 夏季降水空间分布特征

4.1 山区降水的空间格局

根据巴仑台山区10个区域自动气象站2015-2024年夏季降水观测数据,对山区降水空间分布特征做综合分析。结果表明,山区各个站点夏季降水量存在明显的空间异质性,整体上表现为随着地势升高,降水量呈垂直地带性规律增加,和天山山区迎风坡地形抬升效应促进水汽凝结降水的物理机制是一致的。海拔较高处的降水量一般比低海拔河谷要高,山地迎风坡比背风坡降水多,这是地形动力强迫和热力作用对降水空间分布的影响。从水平分布上看,由于地形走势的影响,降水量的高值区主要分布在山区中高海拔地带的迎风面,沟谷地形容易造成局地辐合上升运动,增强降水,降水中心大多和地形凸起(山脊、山峰)相对应。各站降水量年际变化幅度不一样,高海拔站点年际变率大,低海拔河谷站点降水量相对稳定,可能是由于不同海拔层次受天气系统影响的稳定性不同。另外,局地对流性降水在夏季所占比例较大,短时强降水事件多出现在午后到傍晚,这是由于太阳辐射加热下垫面引起的热力不稳定以及局地环流的发展所导致的,是山区夏季降水日变化的主要特点。

4.2 降水空间变化的气候意义

山区降水空间分布对流域水文过程、自然灾害风险有重大影响。巴仑台山区是开都河上游主要的产流区,夏季降水的空间分布直接决定着各个支流子流域的产流能力、径流组成和洪水风险的时空强度。高海拔地区降水量多、强度大,地形坡度陡峻、地表径流汇流快,短时强降水很容易快速汇集形成突发性的山洪、泥石流灾害,给山区公路、牧业生产和居民点造成严重威胁。相比而言,低海拔河谷站点降水量少,但是它是径流汇集区,受上游山地降水汇流的影响,河道径流量仍然很大,是水资源利用的重要地区。空间插值结果表明,山区降水量高值区与历史山洪灾害发生地点的空间对应关系较好,说明把精细化的降水空间分布信息加入到山洪风险区划和预警系统中,具有重要的实践意义^[4]。对近十年10个区域站降水量的对比分析显示,各个站降水增多的趋势大小不同,海拔较高的站点增多趋势更加明显,说明山区降水对于气候变暖的反应具有一定的海拔依赖性,与全球变暖背景下由于气温升高、大气持水能力增强而使高山地区降水“放大效应”的理论认识是一致的。该特点说明在气候持

续变暖的大背景下,巴仑台山区高海拔地区极端降水事件发生频率和强度可能会增大,相应的防灾减灾预案、工程设防标准、生态保护措施等应做好充分的考虑并作出前瞻性调整。

5 结论与展望

本研究基于巴仑台气象站长序列观测数据(1958-2024年)及山区加密站点资料,系统分析了巴仑台山区夏季降水的多维度变化特征。主要结论如下:(1)近67年来,夏季降水量总体呈波动增加趋势,降水集中期在7月;(2)极端降水事件(暴雨日数、最大日降水量等)呈阶段性增多特征,降水强度增强是总量增加的主因;(3)Mann-Kendall检验检测到1987年前后发生由少到多的气候突变,此后降水进入持续偏多阶段;(4)小波分析揭示降水存在显著的年代际(20-30年)和年际(3-5年)周期,其中年代际振荡主导长期变化;(5)空间分布上,降水量随海拔升高而增加,地形抬升效应显著,高海拔迎风坡为降水高值区。

未来研究可在以下方面深化:第一,结合高分辨率遥感资料与数值模拟,揭示地形-环流耦合作用对降水空间分异的精细影响;第二,探讨全球变暖背景下大气环流模态(如AMO、ENSO)相位转换对区域降水周期振荡的调制机制;第三,发展基于多源数据融合的山区降水实时监测与预报系统,提升极端降水事件预警能力;第四,将降水变化与水文过程、地质灾害风险耦合评估,为巴仑台山区水资源适应性管理、生态保护与灾害防控提供更精准的科技支撑。

[参考文献]

- [1]郭玉琳,赵勇,张同文,等.新疆天山山区夏季极端降水的日变化特征[J].沙漠与绿洲气象,2023,17(02):44-51.
- [2]郭玉琳,赵勇,周雅蔓,等.新疆天山山区夏季降水日变化特征及其与海拔高度关系[J].干旱区地理,2022,45(01):57-65.
- [3]徐飞,贾仰文,牛存稳,等.横断山区气温和降水年季月变化特征[J].山地学报,2018,36(02):171-183.
- [4]苏荣.1981—2010年巴仑台山区降水变化趋势及利用时间序列法预测夏季降水[J].河南农业,2017,(23):36-37.

作者简介:

赵艳红(1986--),女,汉族,新疆库尔勒人,大学本科,工程师,主要研究方向:综合气象观测。