第15卷 第4期
2021年8月
沙 漠 与 绿 洲 气 象
Desert and Oasis Meteorology

苗运玲,卓芝正,张军,等.乌鲁木齐汛期降水集中度和集中期时空变化特征[J].沙漠与绿洲气象,2021,15(4):9-16.
doi:10.12057/j.issn.1002-0799.2021.04.002
开放科学(资源服务)标识码(OSID):

乌鲁木齐汛期降水集中度和集中期时空变化特征

苗运玲[1],卓芝正[2],张　军[1],李如琦[3],杨艳玲[2],王　健[1*]
(1.乌鲁木齐市气象局,新疆　乌鲁木齐 830002;2.哈密市气象局,新疆　哈密　839000;
3.新疆气象台,新疆　乌鲁木齐 830002)

摘　要:利用乌鲁木齐5个国家级气象站1978—2019年5—9月逐日降水资料,统计分析逐候降水集中度(P_{CD})和集中期(P_{CP})变化趋势和时空分布特征。结果表明:近42 a乌鲁木齐汛期降水集中度和集中期均呈微弱下降趋势,表明汛期降水分配趋于均匀,降水集中期呈逐渐提前趋势。汛期降水集中度和集中期空间分布差异显著,降水集中程度由西向东逐渐增大,降水集中期出现时间由北向南逐渐推迟。汛期降水集中度在整个研究期内存在6、15 a左右周期变化,降水集中期存在12 a左右周期变化。对多降水年和少降水年降水集中度和集中期合成分析,发现少降水年降水集中程度高于多降水年,而降水集中期明显晚于多降水年。

关键词:汛期;降水;集中度;集中期;乌鲁木齐
中图分类号:P426.623　　**文献标识码**:A　　**文章编号**:1002-0799(2021)04-0009-08

降水作为水资源的重要来源,是人类赖以生存和发展不可缺少的最重要物质资源之一。受人类活动、气候变化等因素的影响,水资源缺乏状况日趋严重,而气候变化很大程度上决定了水资源的丰欠,随着全球气候变暖,加快了大气水循环,极端天气气候事件不断增加,灾害性天气强度不断增大,造成降水分布不均匀和区域生态环境不稳定性增强[1-3]。《中国气候变化蓝皮书(2020)》[4]中指出:中国是全球气候变化的敏感区,1961—2019年,平均年降水量呈微弱的增加趋势,平均年降水日数呈显著减少趋势,极端强降水事件呈增加趋势,年累计暴雨(日降水量≥50.0 mm)日数呈增多趋势;各区域降水变化趋势差异明显,青藏地区呈显著增多趋势,西南地区呈减少趋势,其余地区则无明显变化。为了反映年内总降水量非均匀分配的特征,杨远东[5]、孔峰[6]、ZHANG[7]等把月、周、候降水看成矢量,提出用降水集中度(P_{CD})和集中期(P_{CP})进行分析。此后,国内外众多学者利用此方法,采用不同时间尺度对年内降水事件的分布进行分析[8-14]。张天宇等[8]得出华北东部地区降水较西部集中,集中期较晚,且均呈显著的下降趋势。王米雪等[9]研究表明,中国东南沿海地区P_{CD}在空间上具有明显地域差异,且差异不断增强,P_{CP}空间差异性大且不稳定。刘宪锋等[10]通过对黄土高原地区的研究,发现该地区P_{CD}自东南向西北逐渐增加,且以南北反向型分布,而P_{CP}变化不大,主要集中在7月中旬和下旬。

乌鲁木齐位于亚欧大陆腹地、天山北坡中段,是世界上距离海洋最远的城市,属于温带大陆性干旱气候,是"一带一路"经济核心城市和面向中亚的国际商贸中心。该地区水资源匮乏,生态环境脆弱,人均水资源为全国平均值的1/5、世界平均值的1/22,

收稿日期:2020-12-25;**修回日期**:2021-06-11
基金项目:新疆气象局重点项目(ZD201902);中亚大气科学研究基金(CASS201707);中国沙漠气象科学研究基金(SQJ2015001)
作者简介:苗运玲(1976—),女,高级工程师,主要从事新疆灾害性天气研究。E-mail:hmmyl65313@163.com
通信作者:王健(1969—),女,高级工程师,主要从事中短期天气预报和灾害性天气机理研究。E-mail:1442588364@qq.com

是全国 30 个严重缺水城市之一。乌鲁木齐虽拥有冰川融水、地表径流等不同形态水资源补给，但降水却是水资源重要补给来源，因此降水多寡直接影响水资源的丰欠。目前针对乌鲁木齐降水研究，主要集中在气候变化、极端降水、旱涝等方面研究[15-20]，而针对降水集中度和集中期研究尚未涉及。乌鲁木齐 5—9 月降水量占年降水量的 73.0%，因此把 5—9 月界定为乌鲁木齐汛期。受地理位置、地形和海拔高度等影响，汛期降水量在时空分布上很不均匀，极易造成旱涝灾害。为了揭示乌鲁木齐汛期降水变化规律，保障安全度汛，合理存储、利用水资源，本文利用 1978—2020 年乌鲁木齐 5 个国家级气象站汛期逐日降水资料，分析该地区汛期候尺度降水集中度和集中期时空分布特征和变化趋势。

1 资料与方法

1.1 资料

乌鲁木齐地势起伏悬殊、南北地形差异大，地势总体呈东北向西南逐渐增高，海拔高度 490~5 445 m，高差达到 4 955 m。从北到南国家级气象站依次为米东、乌鲁木齐、小渠子、达坂城、大西沟（图 1），乌鲁木齐和米东位于北部平原，代表城区，达坂城位于乌鲁木齐南郊，代表郊区，小渠子和大西沟地处天山山区，代表山区。各站逐日降水资料均通过新疆气象局信息中心严格控制质量，资料真实可靠。

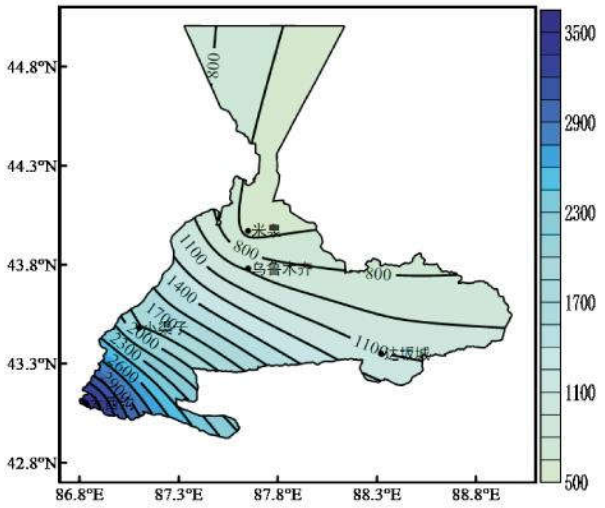

图 1 乌鲁木齐国家气象站点及海拔高度（单位：m）

1.2 降水集中度（P_{CD}）和集中期（P_{CP}）的定义和算法

降水集中度（P_{CD}）和降水集中期（P_{CP}）是利用向量原理来定义区域降水量时间分配特征的参数，定量描述降水集中程度和集中出现时段。其定义公式如下：

$$P_{CD}=\frac{\sqrt{R_{xi}^2+R_{yi}^2}}{R_i}\ , \tag{1}$$

$$P_{CP}=\arctan\frac{R_{xi}}{R_{yi}}\ 。 \tag{2}$$

式中，$R_{xi}=\sum_{j=1}(r_{xi}\cdot\sin\theta_j)$，$R_{yi}=\sum_{j=1}(r_{xi}\cdot\cos\theta_j)$。其中 R_i 为某研究区内测站在研究时段内总降水量，r_{xi} 为某研究区内测站研究时段内某候降水量，θ_j 为研究时段内各候对应的方位角（整个研究时段方位角设为 360°），i 为研究年份序列（i=1978，1979，…，2019），j 为研究时段内候序列（j=1，2，…，n 候）。

由公式（1）、（2）可知，P_{CD} 能反映在研究时段内各个候降水总量集中程度，取值在 0.0~1.0，P_{CD} 越接近 1，表示降水越集中在某一候，反之降水分布就越均匀，即不集中。P_{CP} 则是合成向量的方位角，指示出每个候降水量合成后的总体效应，即向量合成后所指示的最大角度，表示最大候降水量出现在哪个时段。P_{CP} 值越大表示研究区内测站最大候降水量出现时间较晚，反之出现时间较早。

根据文献[7-8]中的研究方法，将候降水量看成向量长度，把 5—9 月降水期看成一个圆，平均分成 30 候，各候按顺序均匀分布，每一候相当于 12°，各候方位角对应角度见表 1。

表 1 乌鲁木齐汛期各候方位角/（°）

5 月角度	6 月角度	7 月角度	8 月角度	9 月角度
25 候 0~12	31 候 72~84	37 候 144~156	43 候 216~228	49 候 288~300
26 候 12~24	32 候 84~96	38 候 156~168	44 候 228~240	50 候 300~312
27 候 24~36	33 候 96~108	39 候 168~180	45 候 240~252	51 候 312~324
28 候 36~48	34 候 108~120	40 候 180~192	46 候 252~264	52 候 324~336
29 候 48~60	35 候 120~132	41 候 192~204	47 候 264~276	53 候 336~348
30 候 60~72	36 候 132~144	42 候 204~216	48 候 276~288	54 候 348~360

1.3 研究方法

对乌鲁木齐汛期降水集中度和集中期研究主要采用线性趋势分析、6 次多项式拟合、Morlet 小波分析及合成分析等方法，利用 SPSS 中双变量分析法分析汛期降水集中度和集中期与汛期降水量相关性，并对其进行显著性水平检验。为了得到乌鲁木齐汛期降水集中度和集中期，先分别计算5 站汛期降水集中度和集中期，然后统计得到乌鲁木齐降水集中度和集中期。

2 分析结果

2.1 汛期降水量基本特征

由图 2 可知,1978—2019 年乌鲁木齐汛期多年平均降水量为233.4 mm,最大值为 354.7 mm,出现在 2007 年,最小值为 159.0 mm,出现在 1985 年,极差达 195.7 mm,说明年际变化较大。年际变化总体呈波动上升趋势,上升率为 4.53 mm/10 a,但未通过 0.05 的显著性检验,说明上升趋势不显著。年代际变化呈倒“V”型分布,20 世纪 80 年代末期至 21 世纪初期为降水相对偏多期,其它时期处于偏少期。从 6 次多项式拟合来看,变化趋势总体呈单峰型分布,从 2000 年左右开始逐渐下降一直持续到 2013 年左右,然后呈微弱的上升趋势,并持续到 2019 年。汛期平均降水量,总体呈带状分布(图 2b),由西南向东北逐渐减小,最大值出现在大西沟(411.0 mm),最小值出现在达坂城(66.3 mm),达坂城站降水量仅是大西沟的 1/6。不同区域降水量从大到小排序为:山区>城区>郊区(表 2),说明区域差异显著,即山区的降水量明显多于城区和郊区;变化速率从高到低排序为(表 3):山区>郊区>城区,但均未通过 0.05 显著性水平检验,说明上升/下降趋势不显著。

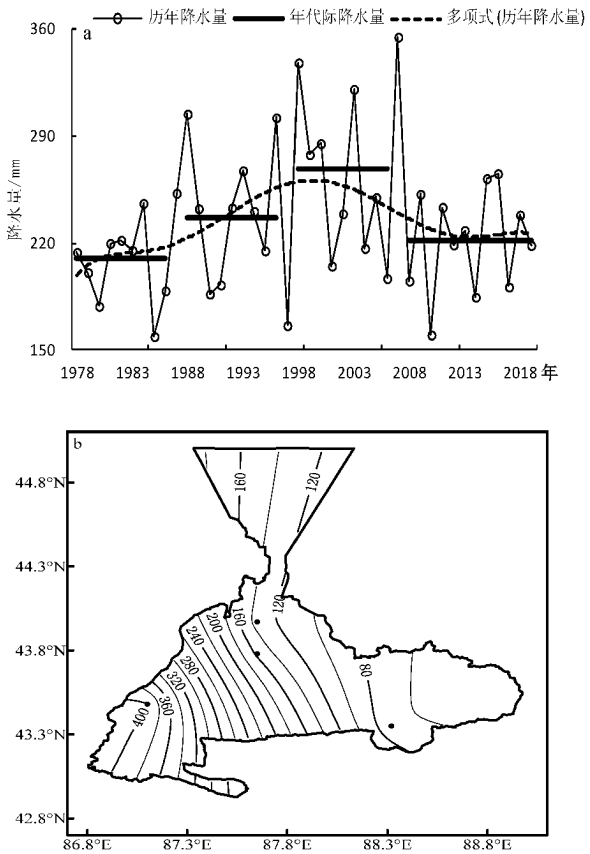

图 2 1978—2019 年乌鲁木齐汛期降水量年际变化趋势(a)和空间分布(b)

表 2 1978—2019 年乌鲁木齐不同区域汛期降水量、降水集中度和集中期多年平均值统计

区域	降水量/mm	P_{CD}	P_{CP}/候
城区	144.0	0.28	31
山区	406.3	0.25	36
郊区	66.3	0.51	36
全区	233.4	0.31	34

表 3 1978—2019 年乌鲁木齐不同区域汛期降水量、降水集中度和集中期变化倾向率

区域	降水量/(mm·(10 a)$^{-1}$)	P_{CD}/(10 a)$^{-1}$	P_{CP}/(候·(10 a)$^{-1}$)
城区	-3.592	-0.010	-1.097
山区	13.531	-0.006	-1.029
郊区	2.763	-0.002	-0.857
全区	4.528	-0.007	-1.045

2.2 汛期降水集中度和集中期年际变化趋势

从图 3 可知,1978—2019 年乌鲁木齐汛期降水集中度和集中期均呈弱的下降趋势,表明汛期降水集中程度逐渐减弱,即降水分配趋于均匀,降水集中期逐渐提前,即最大候降水量出现时间逐渐提前。降水集中度变化范围为 0.11~0.52,平均值为 0.31,高于全国(0.15~0.25)[6]和北疆平均值(0.20)[12],而低于东疆平均值(0.35)[15];降水集中度在近 42 a 中有 25 a 等于或低于平均值,说明这些年份降水分配比较均匀。各年代际变化幅度不大,为 0.29~0.33,说明在各个年代降水集中程度较相似。从 6 次多项式拟合来看,变化趋势总体呈波浪型分布,即急剧下降→上升→缓慢下降→急剧上升,且这种上升趋势一直持续到 2019 年。

汛期降水集中期变化范围在第 25~46 候,平均值为第 34 候,其中有 19 a 集中出现在第 34~40 候,说明这些年最大候降水量出现较晚。年代际变化整体呈“V”型分布,最小值出现在 20 世纪 90 年代末期到 21 世纪初期,说明该时期最大候降水量出现较早。通过 6 次多项式拟合可知,变化趋势呈“峰谷”型分布,即:急剧下降→上升→下降→上升→下降,且这种下降趋势一直持续到 2019 年。

2.3 汛期降水集中度和集中期空间分布

2.3.1 多年平均值空间分布

乌鲁木齐汛期降水集中度空间分布与降水量空间分布大致相反(图 4a),降水集中程度是由西向东

逐渐增大,且东西差异较大,最大值出现在汛期降水量最少的达坂城,为 0.51,最小值出现在小渠子,仅为 0.21,不及达坂城的 1/2。乌鲁木齐不同区域汛期降水集中度从大到小顺序也与汛期降水量相反,即郊区>城区>山区,说明在一定程度上汛期降水量少的区域降水反而比较集中,郊区降水集中程度明显高于城区和山区。

汛期降水集中期空间分布与集中度空间分布存在显著差异。由图 4b 可知,以小渠子为大值中心(第 37 候),逐渐向四周减小,最小值出现在米东(第 28 候),两地差值达 9 候(45 d),说明米东最大候降水量出现时间最早,小渠子出现最晚。乌鲁木齐不同区域汛期降水集中期从高到低排序为(表 2):山区>郊区>城区,且城区降水集中期低于平均值,说明城区最大候降水量出现时间早于郊区和山区。

综上所述,位于乌鲁木齐南郊的达坂城,由于北高南低、三面环山,呈半封闭状态,当受天气系统影响时,因地形特殊,降水量相对其它区域小,出现极端降水次数也相对较少,但当受到某次较强天气系统影响时也会出现较大的降水过程,使该地降水比较集中,出现洪涝灾害的可能性较大。位于天山山区的小渠子和大西沟,由于海拔较高,又地处迎风面,地形产生的抬升运动非常大,当天气系统影响时,会造成该区域降水量较大,且出现极端降水次数也较多;同时受局地气候影响,午后出现强对流天气较多,出现降水概率也高于其它区域,故山区降水分配比较均匀,因此可以根据降水集中程度预防灾害性天气带来的危害。汛期降水集中期与影响的天气系统和各地所处的地理位置有密切关系,米东位于乌鲁木齐最北端,海拔高度较低,最大候降水量出现时间早于其它四站,故乌鲁木齐地区出现明显降水过程是由北向南逐渐推进的,因此可依据降水集中时段适时进行汛线调整和水库调度,保证水库安全度汛。

2.3.2 变化趋势空间分布

近 42 a 乌鲁木齐各站汛期降水集中度呈减小趋势(图 5a),变化速率在-0.012~-0.001/10 a,说明各站降水集中程度逐渐减弱,其中小渠子下降幅度

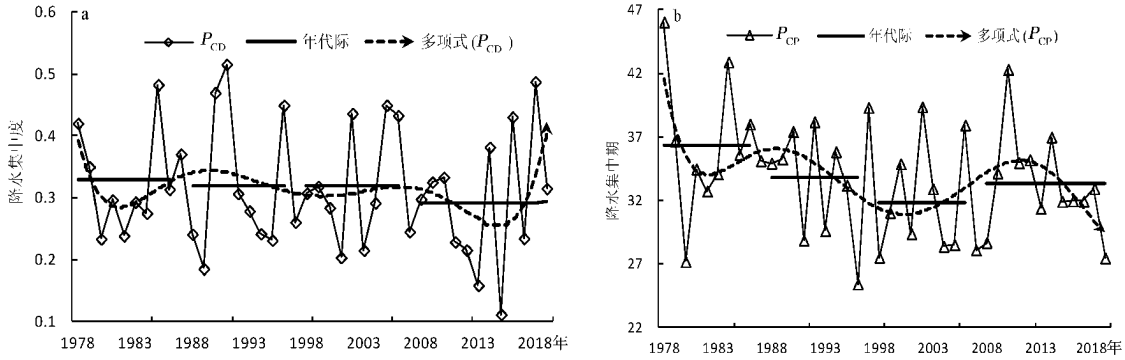

图 3 1978—2019 年乌鲁木齐汛期降水集中度(a)和集中期(b)年际变化趋势

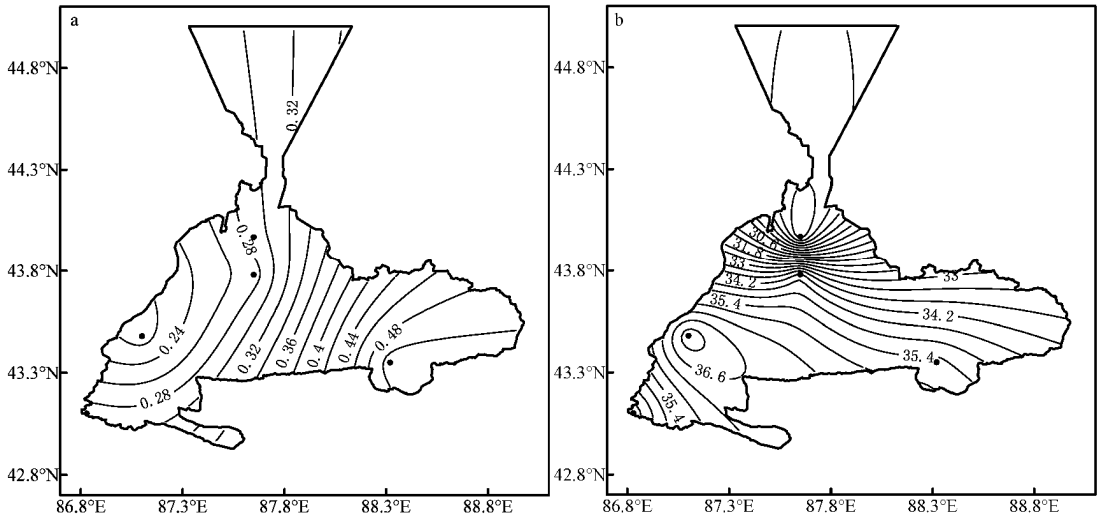

图 4 1978—2019 年乌鲁木齐汛期降水集中度(a)和集中期(b)空间分布

最大,大西沟下降幅度最小,但均未通过 0.05 的显著性检验,说明各站降水集中程度减弱不显著。各站集中期变化趋势与集中度一样,也呈下降趋势(图 5b),变化范围在-1.98~-0.22 候/10 a,且米东通过 0.01 的显著性检验,说明该站降水集中期下降趋势显著,即最大候降水量出现时间早于其它站点。

乌鲁木齐不同区域汛期降水集中度和集中期均呈减小趋势(表 3),且降水集中度和集中期变化趋势从高到低的排序一致,为:郊区>山区>城区。因此乌鲁木齐不同区域汛期候降水集中程度呈减弱趋势,即降水趋于均匀;降水集中期呈提前趋势,即最大候降水量出现时间提前,其中郊区提前显著,城区最缓。

2.4 汛期降水集中度和集中期周期分析

利用 Morlet 小波分析乌鲁木齐汛期降水集中度和集中期的周期变化特征,其中降水集中度为正表示"集中",负表示"均匀",集中期为正表示"推迟",负表示"提前"。乌鲁木齐汛期降水集中度存在 3、6、15 a 左右周期变化(图 6a),其中 6、15 a 左右周期变化具有全域性,呈集中—均匀稳定交替变化。15 a 周期在 2019 年时等值线(正)没有闭合,表明汛期降水正处于集中状态。降水集中期存在 4、8、12 a 左右的周期变化(图 6b),其中 4 a 左右的短周期出现在 1996 年以后,并在 2019 年形成闭合(正),说明汛期降水正处在推迟阶段;12 a 左右长周期变化呈推迟—提前稳定交替变化,等值线(负)在 2019 年没有形成闭合,表明汛期降水继续维持提前状态。

2.5 汛期降水集中度、集中期与汛期降水量的相关性

为了研究乌鲁木齐汛期降水集中度和集中期与汛期降水量之间的关系,对其进行了相关分析,并绘制了相关系数空间分布图(图 7)。乌鲁木齐汛期降水集中度与降水量相关系数为-0.193,说明汛期降水量越大降水集中程度越弱;各站相关系数在-0.270~0.212,且相关性均较差,均未通过0.05 的显著性检验。从空间分布(图 7a)可以看出,在乌鲁木齐站形成一个低值中心,然后逐渐向南增大,且城区以负相关为主,郊区和山区以正相关为主,与赵勇[12]、苗运玲[15]研究结论不太一致,说明城区汛期降水量较大时,降水量在时间分配上比较均匀。

汛期降水集中期与降水量呈负相关,相关系数为-0.350,表明汛期降水量越大降水集中期提前越

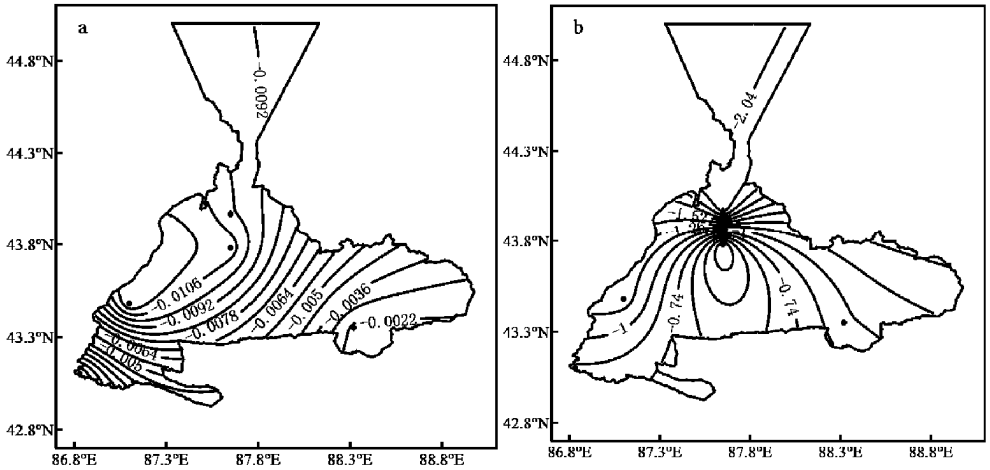

图 5 1978—2019 年乌鲁木齐汛期降水集中度(a)和集中期(b)变化趋势空间分布

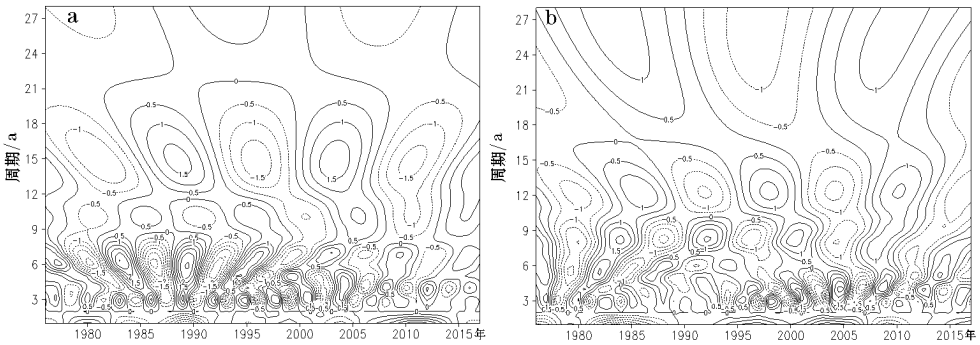

图 6 1978—2019 年乌鲁木齐汛期降水集中度(a)和集中期(b)周期分析

明显。通过对各站相关性分析发现各站均呈负相关，相关系数在-0.459~-0.041，且只有大西沟通过0.01的显著性检验，表明大西沟降水集中期提前趋势比其它站显著。由图7b可知，以大西沟为低值区向四周增大，最大值出现在米东，且山区通过了0.01的显著性检验，说明山区降水集中期提前趋势明显早于城区和郊区。汛期降水集中度与集中期相关系数仅为0.121，没有通过0.05的显著性检验，表明降水集中程度对降水集中期提前（推迟）影响不显著。

2.6 多降水年和少降水年降水集中度和集中期合成分析

为了探究乌鲁木齐汛期降水异常偏多和偏少年（以下简称“多降水年”和“少降水年”）的降水集中度和集中期分布情况，选取近42 a中降水量异常偏多和偏少的5 a降水集中度和集中期进行合成分析。多降水年分别是1988、1996、1998、2003和2007年，少降水年依次是1980、1985、1997、2010和2014年。经合成分析发现，乌鲁木齐汛期多降水年和少降水年降水集中度分别为0.29、0.34，集中期分别为第31、38候，说明少降水年降水集中程度高于多降水年，降水集中期明显晚于多降水年，即少降水年最大候降水量出现时间晚于多降水年。

多降水年（图8a）和少降水年（图8c）降水集中度空间分布各有异同。相同之处是变化趋势大致是自东向西逐渐减小，最大值均出在达坂城，这与汛期多年降水集中度空间分布较一致，说明达坂城在多降水年、少降水年和正常年份降水集中程度都高于其它站；不同之处是最小值出现站点不同，多降水年出现在乌鲁木齐站，少降水年出现在小渠子，且乌鲁木齐站、大西沟、达坂城多降水年和少降水年降水集中度差值相差较大，均超过0.11。

多降水年（图8b）和少降水年（图8d）降水集中期空间分布大致都是由北向南逐渐推迟的，其中少降水年空间分布与汛期多年降水集中期空间分布较相似，最大值和最小值出现站点相同，且各站少降水年均晚于多降水年，即少降水年最大候降水量出现时间比多降水年晚；从二者差值来看，除大西沟相差较大以外（达13候），其它站差值不超过6候。

因此，当汛期降水量异常偏多且降水集中度异常偏大，出现局地洪涝灾害可能性就很大；反之，汛期降水量异常偏少但降水集中度异常偏大，出现干旱和局地短时强降水概率很大。因此在气候变暖背景下，密切关注乌鲁木齐汛期降水集中度和集中期变化对合理调配水资源、防范旱涝灾害具有十分重要的现实意义。

3 结论与讨论

（1）近42 a乌鲁木齐汛期降水集中度呈逐年下降趋势，下降率为-0.007/10 a，即汛期降水分配趋于均匀化。降水集中期呈提前趋势，以-1.045候/10 a的速率提前，即汛期最大候降水量出现时间逐渐提前。

（2）乌鲁木齐汛期降水集中度和集中期空间分布明显不同，降水集中度是自西向东逐渐增大，最大值出现在降水量最少的达坂城，说明降水量越少降水越集中。降水集中期以小渠子为高值中心向四周减小，最小值出现在米东（第28候），总体呈“北早南晚”空间分布特征。

（3）乌鲁木齐各站汛期降水集中度与降水量的相关性较差，表明降水集中度对汛期降水量影响不显著。各站降水集中期与降水量呈负相关，但只有大西沟通过0.01的显著性检验，表明该站降水集中期

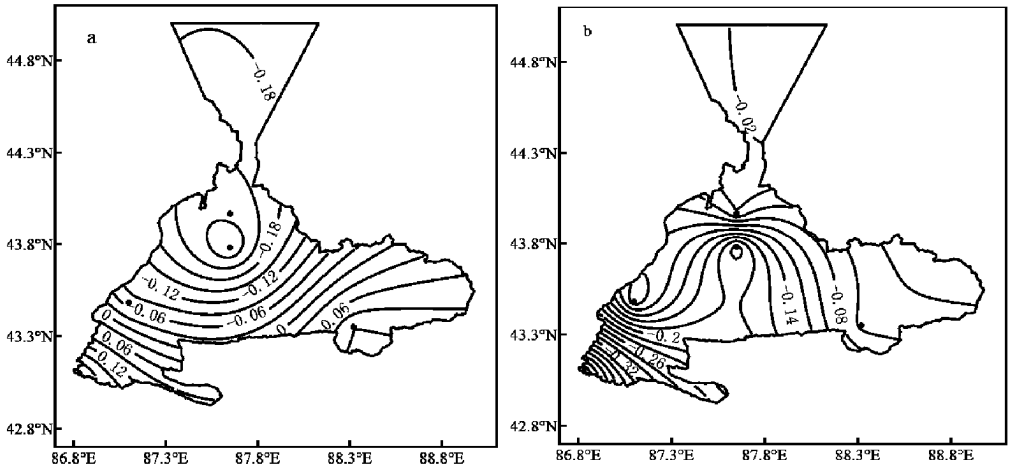

图7 1978—2019年乌鲁木齐汛期降水集中度（a）、集中期（b）与汛期降水量相关性空间分布

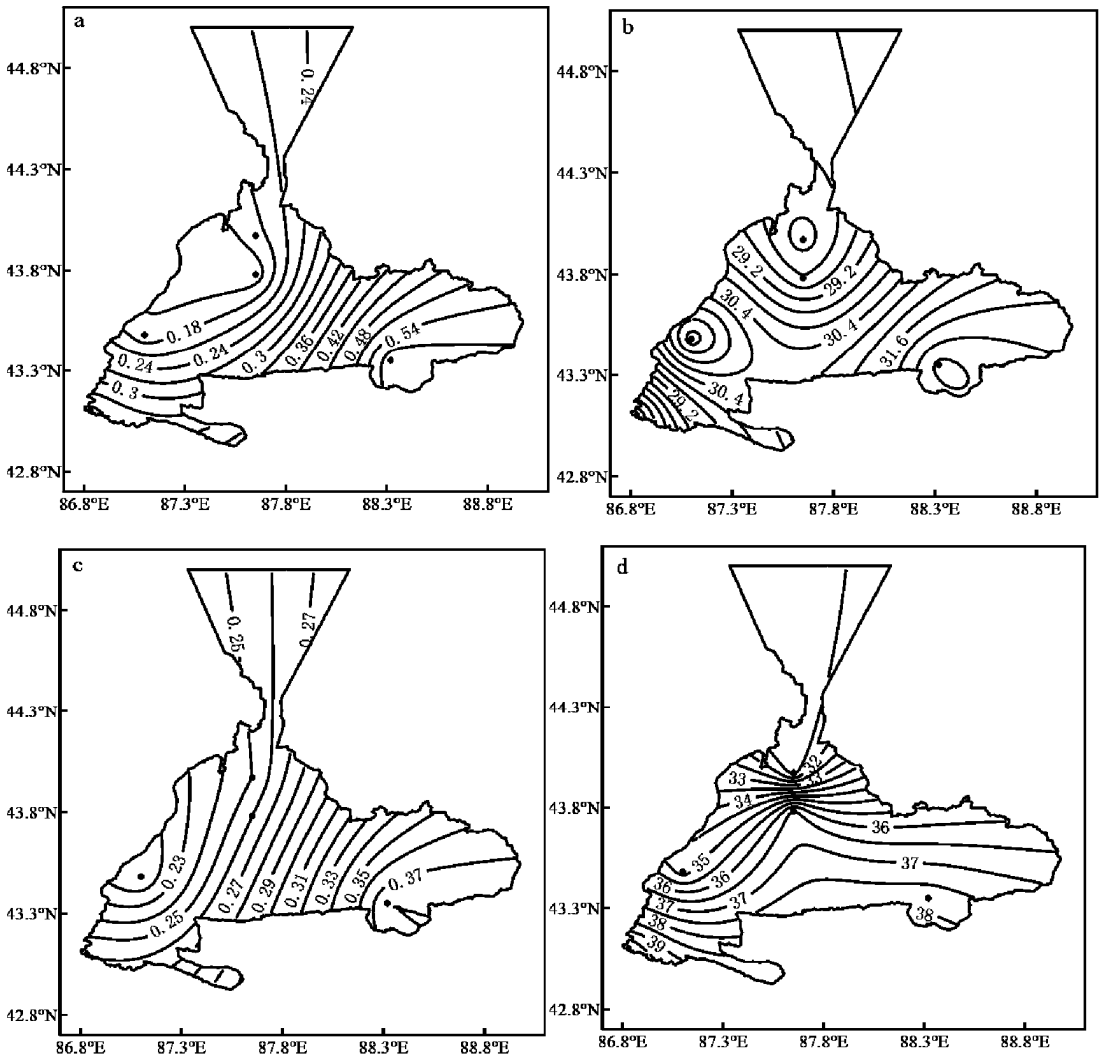

图 8　1978—2019 年乌鲁木齐汛期多降水年降水集中度(a)、集中期(b)和少降水年降水集中度(c)、集中期(d)空间分布

提前趋势比其它站显著。降水集中度与集中期呈较弱的正相关，说明降水集中程度对降水集中期提前或推迟影响不显著。

(4)通过对多降水年和少降水年降水集中度和集中期合成分析发现：少降水年降水集中度和集中期均大于多降水年，即少降水年降水集中程度高于多降水年,降水集中期晚于多降水年,表明在汛期降水异常偏少时降水集中度偏大,集中期偏晚,发生干旱的概率较大。从空间分布来看,多降水年和少降水年降水集中度是从西向东逐渐增大,呈“东高西低”空间分布特征；降水集中期总体呈现由北向南逐渐推迟的态势,即“北早南晚”分布特征。

通过对乌鲁木齐汛期候尺度降水集中度和集中期时空特征及变化规律分析，进一步揭示了该地区汛期降水的气候变化特性，为气象部门进行气候诊断和预测提供数据支持,同时为水利、农牧业等部门提早应对旱涝提供了科学性的指导。

参考文献:

[1] 刘吉峰,丁裕国,江志红.全球变暖加剧对极端气候概率影响的初步探讨[J].高原气象,2007,26(4):837-842.

[2] 肖国举,张强,王静.全球气候变化对农业生态系统的影响研究进展[J].应用生态学报,2007,18(8):1877-188.

[3] 张亚宁,张明军,王圣杰,等.1961-2015 年中国降水面积变化特征研究[J].干旱区地理,2019,42(4):762-773.

[4] 中国气象局.中国气候变化蓝皮书 2020[M].北京:气科学出版社,2020:25-30.

[5] 杨远东. 河川径流年内分配的计算方法 [J]. 地理学报,1984,39(2):218-227.

[6] 孔锋,方佳毅,刘凡,等.1951-2012 年中国降水集中度和集中期的时空格局 [J]. 北京师范大学学报（自然科学版),2015,51(4):404-411.

[7] ZHANG L J,QIANG Y F.Annual distribution of the yearly precipitation in China and their interannual variation[J]. Acta Meteor Sinica,2003,17(2):146-163.

[8] 张天宇,程炳岩.华北雨季降水集中度和集中期的时空变化特征[J].高原气象,2007,26(4):843-852.

[9] 王米雪,延军平.1960-2013 年中国东南沿海地区年内降水集中度和集中期的时空变化特征[J].水土保持通报,2016,36(2):277-287.

[10] 刘宪锋,任志远,张翀,等.1959-2008 年黄土高原地区年内降水集中度和集中期时空变化特征[J].地理科学进展,2009,31(9):1157-1163.

[11] 王翼,赵春雨,娄德军.东北地区冬季降雪的集中度和集中期变化特征[J].地球学报,2010,65(9):1069-1078.

[12] 赵勇,闵屾,秦贺,等.北疆汛期降水集中程度的特征分析[J].沙漠与绿洲气象,2011,5(3):6-11.

[13] 金林雪,刘昊,王海梅.呼伦贝尔不同生态区生长季降水集中度和集中期时空变化特征 [J]. 干旱气象,2018,36(3):390-396.

[14] 藏曦. 运城市降水集中度和集中期的时空特征分析[J].沙漠与绿洲气象,2017,11(1):76-80.

[15] 苗运玲,张云惠,卓世新,等.东疆地区汛期降水集中度和集中期的时空变化特征 [J]. 干旱气象,2017,35(6):949-956.

[16] 郑新倩,李新建,赵书琴,等.乌鲁木齐近 48 a 城市化进程对降水的影响[J].干旱区资源与环境,2014,28(11):178-184.

[17] 郑玉萍,李景林,杨帆,等.1961-2010 年乌鲁木齐降水变化特征分析[J].干旱区地理,2011,34(3):442-448.

[18] 王健,宫恒瑞,贾健,等.乌鲁木齐“12·27”高影响大暴雪天气综合分析[J].沙漠与绿洲气象,2020,14(3):36-42.

[19] 蒋慧敏,刘春云,贾健,等.乌鲁木齐夏季气象干旱的变化特征及成因分析[J].干旱区地理,2018,41(4):693-700.

[20] 曾勇,杨莲梅.乌鲁木齐两类暴雨的中尺度影响系统和大气垂直结构分析[J].高原气象,2020,39(4):774-787.

[21] 魏凤英,现代气候诊断与预测技术[M].北京:气象出版社,2007:63-66.

Change in Precipitation Concentration Degree and Precipitation Concentration Period of Flood Season in Urumqi

MIAO Yunling[1],ZHUO Zhizheng[2],ZHANG Jun[1],LI Ruqi[3],YANG Yanling[2],WANG Jian[1]

(1. Urumqi Meteorological Bureau,Urumqi 830002,China;
2. Hami Meteorological Bureau,Hami 839000,China;
3. Xinjiang Meteorological Observatory,Urumqi 830002,China)

Abstract Based on the daily precipitation data at 5 meteorological stations in Urumqi from May to September during 1978 - 2019,the variation trend and spatial-temporal distribution characteristics of precipitation concentration degree (P_{CD}) and precipitation concentration period (P_{CP}) were analyzed. The results show that:,the P_{CD} and P_{CP} of flood season in Urumqi show a weak downward trend during the recent 42 years,which indicates that the precipitation distribution in flood season tends to be uniform,and the P_{CP} gradually advances. There are significant differences in the spatial distribution of P_{CD} and P_{CP} of flood season. The P_{CD} increases gradually from west to east,and the occurrence time of P_{CP} delays gradually from north to south. During the whole study period,the precipitation concentration in flood season varies about 6 years and 15 years,while the P_{CP} varies about 12 years. It is found that the P_{CD} in less precipitation years is higher than that in more precipitation years,and the P_{CP} is obviously later than that in more precipitation years.

Key words flood season; precipitation; concentration degree; concentration period; Urumqi