

何金梅,闫昕昉,李晓琴. 白龙江流域甘肃段 2015—2018 年汛期降水特征[J]. 陕西气象,2021(3):29—35.

文章编号:1006-4354(2021)03-0029-07

白龙江流域甘肃段 2015—2018 年汛期降水特征

何金梅,闫昕昉,李晓琴

(甘肃省气象服务中心,兰州 730020)

摘要:利用 2015—2018 年 5—9 月白龙江流域甘肃段 140 个气象站小时降水资料,定义流域降水过程次数等特征量,分析该流域汛期降水变化特征。结果表明:(1)白龙江流域甘肃段汛期平均降水量逐年增加,近 4 a 汛期平均降水量分布与逐年分布在空间上相似,均为下游的广坪河支流最多,短时强降水主要集中在白龙江主河道上。(2)流域内平均降雨日数与平均降水量的空间分布不对应,降雨日数多的年份各支流降雨日数分布较均匀,降雨日数少的年份则各支流间差异较大。(3)流域内各支流的平均降水量、降雨日数与短时强降水在空间分布上并不一致。(4)流域内白天出现降水的次数小于夜间,01 时出现最多;各支流降水出现次数夜间多于白天,以 22—23 时、03—04 时这两个时段最多;流域内短时强降水天气在 21 时出现最多。(5)流域内的最大降水过程的累计雨量、持续时间及小时最大降水量随着季节变化明显。5、6 月累计雨量不大,持续时间较长,小时降水量较小;7、8 月累计雨量大,持续时间较短,小时降水量较大;9 月累计雨量较大,持续时间较长,小时降水量小。

关键词:汛期;白龙江流域甘肃段;降水特征

中图分类号:P426.6

文献标识码:A

白龙江流域地处青藏高原与川西北高原交错带,是中国西部亚热带和暖温带的过渡带,受东南季风的控制,降雨主要集中在 6—9 月,降水量占全年总降水量的 60%^[1],降雨时间集中且雨量大,加之流域内山高沟深、岩层疏松、地质及生态环境脆弱,导致河道径流多以洪水形式出现,容易出现滑坡泥石流等自然灾害,对水资源利用和当地居民带来很多不利影响^[2],因此作为触发泥石流的强降水是气象服务关注的重中之重。近年来针对白龙江流域在气象、水文方面的研究受到众多学者的重视。王莉萍等^[3]应用改进的中国区域降水过程综合强度评估方法,统计分析了 1961—2016 年全国七个主要流域的降水过程次数和强度等级的变化规律。张晓晓等^[4-5]以白龙江流域 1961—2010 年气象站资料为基础,综合运用多种

方法研究指出,该区域在研究时段内的年降水量呈“多—少—多—少”的波动变化,整体微弱减少,且径流显著减少。赵艳萍等^[6]通过分析指出,白龙江流域的降水在 20 世纪 90 年代中期之前趋势不显著,90 年代呈下降趋势。刘东飞等^[7]根据白龙江流域 1965—2011 年 5 个气象站点的逐日降水资料计算极端降水指数,分析指出 1970 年代初到 1980 年代中期白龙江流域极端降水指数均显著增加,1990 年代中期之后显著减少,其中大雨日数发生了减少突变;各站点强降水次数变化特征差异显著,迭部和武都长期减少趋势最明显。除了关注流域尺度上的降水时空变异外,也有许多学者利用气象和水文资料对流域内降水与径流相关关系及变化趋势进行了研究^[2,8-11]。

以上对白龙江流域内气候、径流变化的研究

收稿日期:2020-09-04

作者简介:何金梅(1977—),女,汉族,陕西宝鸡人,学士,高级工程师,从事专业预报服务工作。

基金项目:甘肃省气象局气象科研重点项目(GSMAZd2018-22);甘肃省自然科学基金计划项目(1208RJZA);中国气象局气象关键技术集成与应用项目(CMAGJ2012M52)

大多是利用气象站点人工观测资料,研究了该流域 2010 年前气象及水文要素的变化,对近几年的研究较少;另外由于过去研究区域内人工观测的气象站点分布稀少且空间分布不均匀,若干站点平均结果难以准确反映研究区降水量的整体变化情况。近十年来随着我国区域自动气象站的建设,使得自动观测的时间和空间密度大大超过了人工观测,可更加客观地反应局地小气候规律。国内大多数省市气象局在各领域的气象服务中,对不同时段的区域站资料也都已经展开了多元化的应用^[12-16]。本文利用白龙江流域甘肃段 135 个区域站和 5 个自动站 2015—2018 年逐时降水资料,分析该流域汛期(5—9 月)的降水分布及其特征变化,揭示该流域近 4 a 内降水变化趋势及局地分布特征,以期为流域内生态修复、地质灾害治理提供依据。

1 资料方法

1.1 研究区域概况

白龙江流域甘肃段地处甘肃南部地区,发源于岷山北麓,是长江水系嘉陵江的一级支流,呈西北—东南向的狭长梭形,东北部和西北部分别与西汉水流域和洮河流域接壤,西部以岷山为界,连接四川省岷江流域,南部则以摩天岭和四川涪江流域为邻,在甘肃省境内行政区域涉及甘南藏族自治州迭部、舟曲,陇南市的宕昌、武都、文县等。白龙江流域甘肃段流路长 381.5 km,流域面积 17 846.3 km²,占整个白龙江流域面积的 83%。根据河道等级划分规定,境内 3 级以上支流主要有白龙江主河道,上游的达拉沟、多儿沟、岷江河、拱坝河及下游的白水江、大团鱼河、广坪河等 8 条。

1.2 流域代表站与资料选取

根据 1:25 万 GIS 地理信息、白龙江流域甘肃段 3 级以上河流走向分布及该区域参与中国气象局质量考核的气象站空间分布,对 8 条支流 5 km 范围内气象站进行遴选,最终选取 135 个区域站和 5 个自动站(图 1),分析资料选取经气候学界限值和区域界限值方法质量控制后连续性良好的 2015—2018 年 5—9 月的逐时降水观测资料。

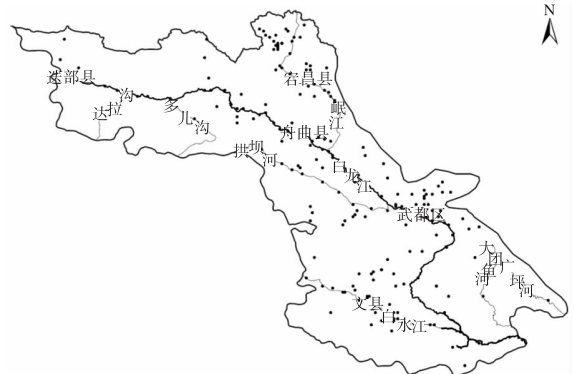


图 1 白龙江流域甘肃段气象站分布

1.3 方法及特征量定义

为了分析白龙江流域降水变化特征,包括流域平均降水量和降雨日数、降水次数的日变化、降水过程等,针对支流内各站统计逐时降水,得到流域内的最大降水过程、小时最大降水量,运用算术平均法计算该流域内汛期平均降水量、降雨日数。

降雨日数:当日 08 时(北京时,下同)到次日 08 时内任意时次出现小时降水量 ≥ 0.1 mm 时计为一个降雨日,流域(支流)的平均降雨日数按流域(支流)内所有区域站降雨日数的算术平均统计。

降水过程:按某站在一次降水中出现的小时降水量 ≥ 0.1 mm,且间歇时间不足 6 h 视为 1 次降水过程,间歇时间 ≥ 6 h 则视为 2 次降水过程;流域内最大降水过程指该流域内任意站所有降水过程中累计降水量最大的一次过程。

降水次数日变化:统计流域和支流内所有区域站和自动站在逐时出现降水的次数,再作算术平均。

2 流域降水特征

2.1 汛期降水量时空分布

2015—2018 年白龙江流域甘肃段汛期平均降水量为 332 mm,但受地理环境和降水性质的影响,各支流的降水量分布不均匀,差异较大,下游地区的降水量整体多于上游地区。8 个支流中广坪河降水量最多,达到 830 mm;相邻的大团鱼河降水量为 459 mm,位居第二,另外在拱坝河及岷江上游地区降水量较多;而下游的白水江降水量是 8 个支流中最少的,只有 239 mm。白龙江

主河道汛期平均降水量也只有 331 mm。

图 2 为白龙江流域甘肃段 2015—2018 年逐年汛期平均降水量分布图。整个流域汛期降水的空间分布特征为广坪河境内降水最多,这一区域也是地质灾害的高发区^[17];拱坝河和大团鱼河次之。整个流域内汛期的平均降水量逐年增多,2015 年汛期平均降水量为 260 mm,2018 年达到 457 mm,平均每年约增加 66 mm;流域内 8 个支流除了上游的达拉沟在 2016 年、2017 年,多儿沟、拱坝河、岷江在 2016 年降水量减少外,其余各支流汛期平均降水量均逐年增多,且下游的广坪河在 2017 年增长最为明显,平均降水量从 2016 年的 636 mm 增长到 2017 年 1 052 mm,增幅约 65%。初步分析其原因,2017 年 5、6、8 月冷空气活动频繁,冷暖空气常在甘肃南部汇合,使陇南中东部地区降水较常年偏多 5 成左右。流域内各区域站降水量差异大,下游广坪河境内武都县的裕河站,平均年降水量达到 837 mm,而上游岷江境内舟曲县的梁家坝站却不足 100 mm,这充分说明白龙江流域甘肃段汛期降水分布的局地特性明显。

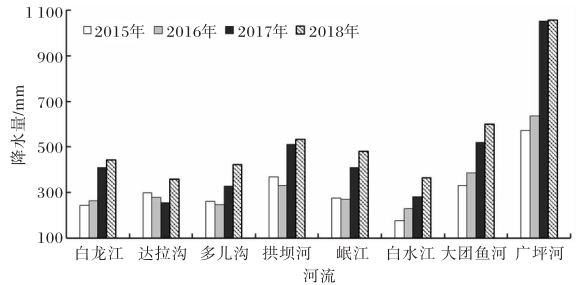


图 2 2015—2018 年汛期白龙江流域甘肃段逐年平均降水量分布

2.2 降雨日数分布

图 3 为 2015—2018 年汛期白龙江流域甘肃段逐年降雨日数与 4 a 平均降水量。流域内平均降雨日数达拉沟和多儿沟支流最多为 77 d,白水江支流最少为 59 d,单站降雨日数最多的站位于甘南东南部和陇南南部地区,为 90~110 d。流域内平均降雨日数与平均降水量的空间分布不一致,降水量最多的广坪河降雨日数只有 71 d,位居所有支流的第 5 位。流域内降雨日数多的年份各支流降雨日数相差不大,降雨日数少的年份各支流间相差较大。2017 年流域内平均降雨日数最多,各支流降雨日数相差 19 d;2016 年平均降雨

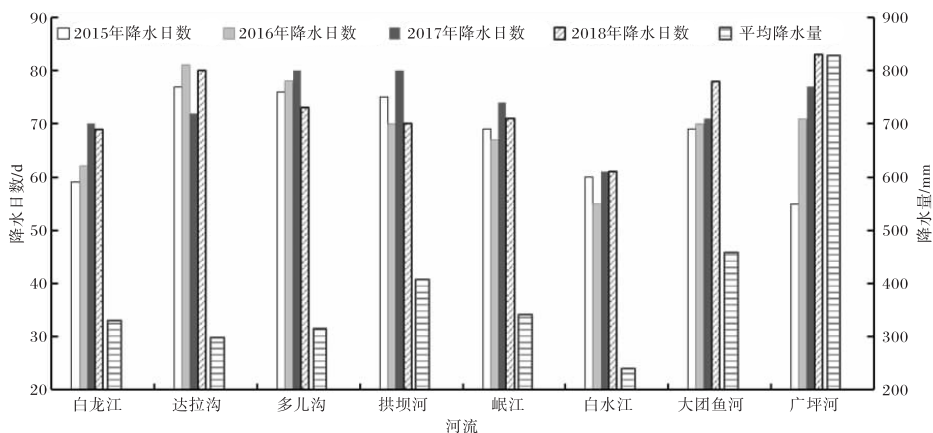


图 3 2015—2018 年汛期白龙江流域甘肃段逐年降雨日数与 4 a 平均降水量分布

日数最少,各支流间的降雨日数差 26 d。各支流降雨日数逐年变化不同,大团鱼河和广坪河逐年增多,白龙江、多儿沟、拱坝河、岷江 2017 年最多,达拉沟 2017 年最少,白水江流域变化不大。

2.3 降水的日变化

统计 2015—2018 年汛期 8 条河流域内所有气象站逐小时降水的分布情况,按算术平均法计

算每条支流降水的日变化(图 4)。分析发现,整个白龙江流域甘肃段降水出现次数呈单峰型,夜间出现降水多于白天。一天中 12—17 时出现降水次数少,其中 15 时最少;18 时后降水次数逐渐增多,01 时达到最多;之后逐渐减少。各个支流降水的日变化与整个流域的分布相似,均为白天出现降水的次数少于夜间,差异体现在降水次数

出现峰谷的时间不同。多儿沟在 12 时降水出现最少,而大团鱼在 17 时最少,其余各支流在 15—16 时最少;各个支流都是从 18 时以后降水次数

明显增多,其中,白龙江和拱坝河在 23 时最多,岷江 22 时最多,广坪河 07 时最多,其余各河流 03—04 时最多。

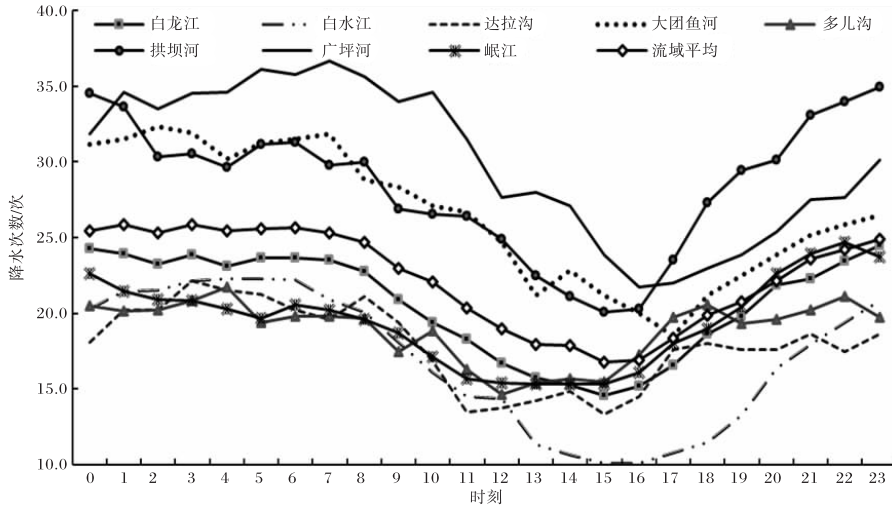


图 4 2015—2018 年汛期白龙江流域甘肃段降水次数日变化

将白龙江流域甘肃段内每个小时的降水量按小于 10.0 mm、10.0~19.9 mm、大于等于 20.0 mm 进行分段统计(表 1),结果表明:小时降水小于 10.0 mm 的在一天中任何时次出现的频率均在 70%以上,其中 01—16 时出现相对较多,占总降水次数的 80%~93%。小时降水量在 10.0~19.9 mm 之间的频率白天小于夜间,其中在 06 时、08—09 时、12—13 时出现频率相对较小,占

6.3%~9.0%,以 06 时最少;17 时以后逐渐增多,在 18、20、21 时频率达到 20%~23%,以 20 时最大,其余时次为 10%~20%之间。小时降水量 ≥ 20.0 mm 的降水在每个小时均可出现,白天少于夜间,除了在 03 时、06—10 时、13—15 时出现频率相对较小,均小于 2%,以 06 时、09 时最少,只有 0.7%,其余时次为 2.0%~7.9%;18 时以后增大,21 时达到最大;之后出现频率逐渐减小。

表 1 2015—2018 年汛期白龙江流域甘肃段分段降水量的逐小时占比分布

时刻	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<10.0 mm	83.2	86.5	84.2	86.2	84.7	93.0	88.1	90.3	91.4	89.0	85.6	88.8
10.0~19.9 mm	12.4	10.3	14.5	11.8	13.2	6.3	10.8	8.3	7.9	10.1	12.6	9.0
≥ 20 mm	4.3	3.2	1.3	2.0	2.2	0.7	1.1	1.4	0.7	0.9	1.8	2.2
时刻	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
<10.0 mm	89.9	87.1	86.7	84.2	76.4	72.4	74.9	70.9	70.9	75.9	74.8	79.3
10.0~19.9 mm	8.9	11.5	12.1	13.5	19.9	21.5	17.7	23.0	21.1	19.3	19.4	17.7
≥ 20 mm	1.3	1.4	1.3	2.3	3.8	6.1	7.4	6.1	7.9	4.7	5.8	3.1

为了更好地揭示白龙江流域甘肃段降水日变化特征,分别统计各支流中小雨、中雨、大雨、暴雨及大暴雨的累计雨量及降水日数的占比(表 2)。流域内各支流降水日数均以小雨居多,除广坪河

境内占比为 69.1%外,其余各支流占比均大于等于 80%;各支流的分级降水量占比显示,广坪河境内暴雨占比多(27.4%),大团鱼河和拱坝河支流的中雨占比多,其余各支流均小雨占比多。

50 mm以上的暴雨在下游的广坪河、大团鱼河及白龙江流域主河道的下游地区不仅出现次数多,而且日降雨量也大,2018年7月10日受强对流天气影响,上述地区出现区域性暴雨,最大降水量

在陇南文县中庙气象站,为 203.5 mm;流域上游地区暴雨出现相对较少,特别是达拉沟近 4 a 没出现过,多儿沟只有 1 站次出现,降水量也只有 57.2 mm。

表 2 2015—2018 年汛期白龙江流域甘肃段分级降雨量与降雨日数占比分布

%

河流名称	小雨		中雨		大雨		暴雨		大暴雨	
	雨量	日数	雨量	日数	雨量	日数	雨量	日数	雨量	日数
岷江	39.7	84.3	38.2	12.8	16.4	2.5	5.4	0.4	0.3	0.0
广坪河	15.3	69.1	23.2	17.5	21.9	7.5	27.4	4.7	12.2	1.1
大团鱼河	29.6	80.0	36.6	15.1	19.3	3.5	11.8	1.3	2.7	0.1
白龙江	40.1	84.4	37.3	12.7	15.6	2.4	5.6	0.5	1.4	0.1
拱坝河	37.0	81.8	39.6	14.7	18.4	3.1	4.5	0.4	0.5	0.0
多儿沟	46.3	87.4	36.8	10.5	15.4	2.0	1.5	0.1	—	—
达拉沟	51.7	88.2	42.7	11.2	5.6	0.6	—	—	—	—
白水江	47.8	88.4	35.0	9.6	13.9	1.8	3.4	0.2	—	—

注:—为未出现。

2.4 强降水过程时空分布特征

2.4.1 最大降水过程

持续的强降水过程往往容易引发白龙江流域的地质灾害,为了掌握该地区强降水过程特性,分析了 2015—2018 年汛期白龙江流域甘肃段每月最大降水过程及其累计降水量、持续时间以及过程中小时最大降水量(图 5)。由图 5 可见,白龙江流域甘肃段 5、6 月的最大降水过程从空间分布上主要集中在拱坝河、广坪河、

岷江和大团鱼河,时间上最大降水过程均出现在 2015 年,累计降水量分别达 147.5 mm、160.5 mm。2018 年 6 月降水过程的累计雨量较大,其余时间过程雨量都不大,在 45~75 mm 之间。5、6 月降雨过程持续时间较长,但过程中小时最大降水量较小,特别是 2017 年和 2018 年都在 20 mm 以下,说明 5、6 月流域内的降水性质多以稳定性降水为主。

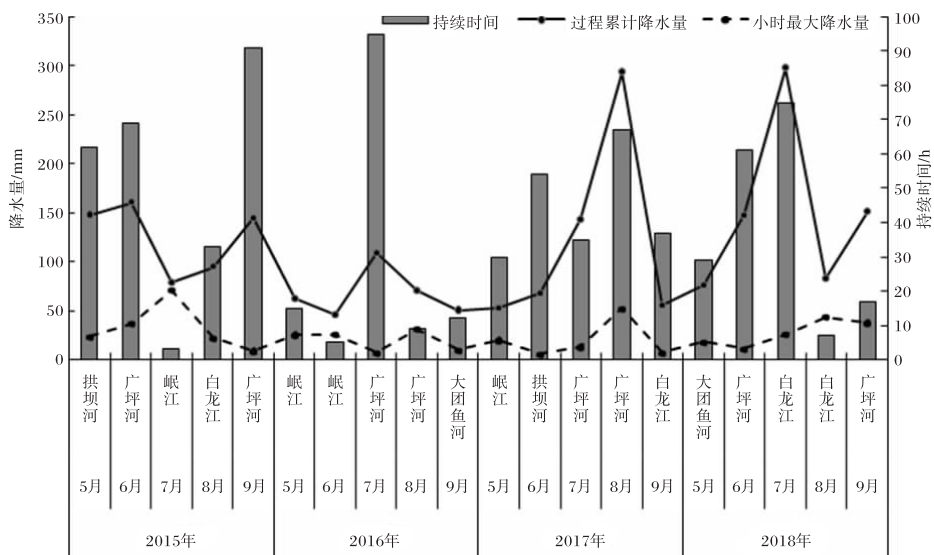


图 5 2015—2018 年汛期白龙江流域甘肃段最大降水过程的累计降水量、持续时间及小时最大降水量

7月白龙江流域最大降水过程主要分布在岷江、广坪河和白龙江主河道上。2018年7月白龙江主河道境内最大降水过程的累计雨量达298 mm,是4 a中汛期白龙江流域甘肃段出现的最大降水过程,从7月8日06时开始到11日08时结束,持续时间长达75 h,但此次降水过程中小时最大降水量并不大,只有25.4 mm。分析发现,造成这次降水过程的主要系统是西伸的副热带高压和青藏高原东移的短波槽,两者共同影响使冷暖空气在白龙江流域上空交汇形成降水。2015年7月岷江境内最大降水过程的累计雨量78 mm,虽然持续时间只有3 h,但小时最大降水量却达到了70.8 mm,此次降水过程属于对流性降水过程。2016年和2017年7月的降水过程持续时间长,且小时降水量均未超过20 mm,属于稳定性降水过程。

8月流域内最大降水过程主要分布在广坪河和白龙江主河道上。最大的降水过程出现在2017年8月19日19时到22日13时的广坪河境内五马站,过程累计雨量为294.2 mm,且小时雨量大,最大达到了52.1 mm。分析发现,这次降水主要是受高空冷槽底部分裂冷空气配合副高外围暖湿气流共同影响形成的。其余年份8月最大降水过程累计雨量较小,持续时间较短,均属于副高内部的暖区降水。

9月流域内最大降水过程主要分布在大团鱼河、广坪河和白龙江主河道上。2016年和2017年累计雨量小,小时降水量也小,属于稳定性降水过程。2015年和2018年累计雨量均较大,其中2015年的降水过程属于稳定性降水;而2018年9月1—2日出现在广坪河的过程主要是受高空槽和低层切变线东移影响形成的,午后有对流性降水存在。

2.4.2 短时强降水 短时强降水指1 h内累计降水量 ≥ 20 mm的降水过程,具有突发性强、来势猛、降水时间集中的特点,因此产生的危害更大。白龙江流域甘肃段各支流境内的短时强降水分布特征:白龙江主河道4 a中出现短时强降水最多,达155站次,且一天任何时次均可出现,01—16时出现频率相对较小,其中以10时最小;

17时以后到前半夜频率增大,其中23时最大,达14.8%。其他支流中岷江出现的短时强降水天气最多(96站次),白水江次之(61站次),广坪河、大团鱼和拱坝河依次有25、27和37站次,多儿沟只出现4站次,达拉沟在4 a中没有出现。各支流中短时强降水夜间出现的次数大于白天,其中岷江、白水江多出现在傍晚前后,分别在19时和21时出现次数最多,而拱坝河则在01时、广坪河和大团鱼在02时出现次数最多。4 a中各支流最大小时降水量多出现在7、8月,其中2017年8月6日15时岷江境内的前贯桥电站最大小时降水量达73.9 mm,为流域内最大;排在第二位的是白龙江主河道的陇南市武都区五凤山,在2017年8月6日23时降水量为68.8 mm;第三位出现在广坪河的陇南市武都区裕河,2018年8月16日04时的降水量57.8 mm;其他支流最大小时降水量在45 mm以下。

2.5 降水月分布特征

白龙江流域汛期月降水量7月最多,6月次多,8月最少,5月次少;降水日数9月最多,6月次多,8月最少,7月次少。各支流月降水分布不同,拱坝河6月降水最多,其余各支流7月最多,广坪河和大团鱼河分别在5月和9月最少,其余各支流8月最少;降水日数大团鱼河、多儿沟和达拉沟分别在7月、5月和6月最多,其余各支流均在9月最多,广坪河5月最少,其余各支流均8月最少。

流域内中雨以下量级的累计雨量及降水日数各月差异都不大;大雨及以上量级的累计雨量和降水日数均是7月最多、8月次多、9月最少、5月次少。各支流中大雨都在7、8月出现次数多、累计雨量大。岷江和广坪河在8月暴雨出现次数最多、累计雨量最大,大团鱼、白龙江、拱坝河、白水江多出现在7月,多儿沟只在7月出现过一次暴雨;流域中的大暴雨天气多出现在岷江(8月)、广坪河(6—9月)、大团鱼河(7月)、白龙江(5月、7—9月)、拱坝河(6月),以7月白龙江出现次数最多。

3 结论

本文利用白龙江流域境内区域气象站、自动气象站小时降水资料,分析了2015—2018年汛期降水分布特征,得到以下结论。

(1)整个白龙江流域甘肃段汛期的平均降水量逐年增加,近 4 a 汛期平均降水量分布与逐年分布在空间上相似,均为下游的广坪河最多,该区域也是地质灾害的高密度区,拱坝河和大团鱼河次之;受地理环境和降水性质的影响,流域内降水的局地特性明显,短时强降水天气主要出现在白龙江主河道上。

(2)流域内平均降雨日数与平均降水量的空间分布不一致,平均降水量多的地方并不是降雨日数多的地方,说明该流域内的短时强降水天气更值得关注;降雨日数多的年份(2017 年)则各支流降雨日数分布较均匀,降雨日数少的年份(2016 年)则各支流间差异大;各支流平均降雨日数逐年的变化特征不明显。

(3)流域内各支流的平均降水量、降雨日数与短时强降水天气在空间分布上并不一致,平均降水量最多的广坪河降雨日数在 8 条支流中只排第 5;降水量最少的达拉沟和多儿沟,降水日数却最多,但短时强降水天气最少,特别是达拉沟 4 a 中都没有出现短时强降水;白水江汛期平均降水量和降雨日数都最少,但境内出现的短时强降水天气却位居第二。

(4)白龙江流域甘肃段白天降水次数均小于夜间,18 时以后降水次数增多;各支流的降水多出现在 22—23 时、03—04 时这两个时段;流域内量级较大的降水多出现在夜间,其中短时强降水在 21 时出现最多,各支流中短时强降水天气出现时间不一致,多发生在 19—21 时和凌晨 01—02 时这两个时段。

(5)流域内的最大降水过程的累计雨量、持续时间及小时最大降水量之间关系随着季节变化明显,5、6 月的降水性质以稳定性为主,累计雨量不大,持续时间较长,小时降水量较小;7、8 月的降水过程主要受副高外围暖湿气流和冷空气的共同影响,大雨以上量级的降水增多,累计雨量大,持续时间较短,但小时降水量较大;9 月以稳定性降水为主,累计雨量较大,持续时间长,小时降水量小。

参考文献:

[1] 韩金华. 基于 GIS 的白龙江流域泥石流危险性评

价研究[D]. 兰州:兰州大学,2010:13.

- [2] 王巧娟. 白龙江流域降水径流变化趋势研究[J]. 水利规划与设计,2015(4):41-44.
- [3] 王莉萍,王维国,张建忠. 我国主要流域降水过程时空分布特征分析[J]. 自然灾害学报,2018,27(2):161-173.
- [4] 张晓晓,张钰,徐浩杰. 1961—2010 年白龙江流域气温和降水量变化特征研究[J]. 水土保持研究,2014,21(4):238-245.
- [5] 张晓晓,张钰,徐浩杰. 1961—2010 年白龙江上游水文气象要素变化规律分析[J]. 干旱区资源与环境,2015,29(2):172-178.
- [6] 赵艳萍,宁娜,齐识. 白龙江流域近 40 a 气候变化特征分析[J]. 人民黄河,2012,34(10):41-43.
- [7] 刘东飞,舒和平,马金珠. 白龙江流域极端降水年际变化及对气候变化的响应[J]. 水电能源科学,2015,33(3):1-5.
- [8] 赵艳萍,宁娜,马金珠. 白龙江流域近 40 a 气候变化及径流的响应[J]. 节水灌溉,2012(5):6-10+15.
- [9] 田黎明,齐识,马金珠,等. 白龙江流域上游径流年内分配变化规律分析[J]. 水文,2012,32(4):82-87.
- [10] 马正耀,胡兴林,蓝永超,等. 1965—2010 年白龙江上游径流变化特征研究[J]. 冰川冻土,2011,33(3):612-618.
- [11] 张晓晓,张钰,徐浩杰. 1961—2010 年白龙江上游水文气象要素变化规律分析[J]. 干旱区资源与环境,2015,29(2):172-178.
- [12] 梁平,韦波,刘诗滔,等. 基于区域自动气象站观测资料的农业气象旱涝监测判定方法研究[J]. 贵州气象,2015,39(3):6-12.
- [13] 王玉龙,张子涵. 2011—2018 年东营短时强降水时空分布特征[J]. 陕西气象,2020(2):24-29.
- [14] 刘瑾,孙东磊,李武龙,等. 利用区域自动站资料分析核桃花期冻害气象条件及成因[J]. 气象科技,2014,42(6):1100-1105.
- [15] 张梅,陈玉光,富晓艳,等. 基于气象区域自动站资料的精细化玉米适宜播种落区预报[J]. 中国农学通报,2016,32(3):151-159.
- [16] 李萍云,赵强,王楠,等. 2005—2018 年陕西短时强降水时空分布特征[J]. 陕西气象,2019(5):34-39.
- [17] 全永庆,贾贵义. 白龙江流域甘肃段地质灾害特征[J]. 地质学刊,2014,38(4):676-681.