

张曦,党超琪,汪媛媛,等. 西咸与西汉高速公路降水时空变化特征[J]. 陕西气象,2023(1):50-55.

文章编号:1006-4354(2023)01-0050-06

西咸与西汉高速公路降水时空变化特征

张曦^{1,2},党超琪^{1,2},汪媛媛^{1,2},卢珊^{1,2},王靖中^{1,2}

(1. 陕西省气象服务中心,西安 710014;

2. 陕西省气象局秦岭和黄土高原生态环境气象重点实验室,西安 710016)

摘要:利用2014—2020年西安—咸阳机场高速公路(简称西咸高速公路)和西安—汉中高速公路(简称西汉高速公路)交通气象站和临近国家自动气象站的逐小时降水资料,分析了西咸、西汉高速公路降水的时空分布特征。结果表明:西咸、西汉高速公路年降水量和降水日数由北向南逐渐递增。夜雨量大于昼雨量,夜雨出现的时间长、强度大。5—10月降水量占全年的69%~91%,其中6、9月偏高较多。5—10月小雨降水日数最多,暴雨日数最少,暴雨月平均降水量和降水强度的最大值均出现在7、8月。西咸、西汉高速公路为夜间至清晨和午后降水峰值型。西汉高速短时强降水发生频次较多,而西咸高速公路的极端强降水发生频次明显多于西汉高速,各公路点1 h最大降水量均发生在7、8月。21:00—01:00高速公路的降水量和强度偏大,且西汉高速公路多为山路,滑坡、泥石流等灾害发生的风险增大,尤其发生在夜间,危害更大。

关键词:高速公路;降水;时空变化特征

中图分类号:P426.614

文献标识码:A

近50年来,在全球变暖背景下极端降水事件的频率和强度均有升高趋势^[1-2],降水对公路交通安全的威胁愈发显著。仅2005—2014年全国雨、雪、雾等不利气象条件下发生的交通事故达287 783起,其中雨天出现的交通事故占总数的86.5%^[3]。雨天的交通事故率比晴天高2~3倍,且事故的发生与雨量级别有很高的相关性^[4-5]。甘肃省乌鞘岭路段在3、7、9月交通事故发生的概率较大,这与季节交替气象要素变化显著、雨带北移降水日数增多有直接关系^[6]。高速公路是公路交通系统的“大动脉”,高速公路上车速快、车流量大,降水过程可能引发交通大阻塞,甚至严重的交通事故;因此研究高速公路降水变化特征,对准确预报此类天气现象以及公路交通防灾减灾有非常重要的意义。

一些学者已开展诸多关于降水时空分布特征的研究^[7-12],但是针对高速公路降水的研究较少。

陕西省高速公路交通气象站建站较晚,2013年7月陕西省气象局首次在西安—咸阳机场高速公路(简称西咸高速公路)和西安—汉中高速公路(简称西汉高速公路)建成6个交通气象站。本文通过分析陕西高速公路降水时空分布特征,为更好识别降水给高速公路带来的潜在安全风险,确保高速公路运输安全,为陕西省建立高影响天气的风险预报服务提供支持。

1 资料和方法

挑选资料较为完整的V0001(汉城收费站)、V0002(渭河大桥北桥头站)、V0003(机场收费站)、V0006站(宁陕站)共4个交通气象站。考虑到交通气象站点较少,另外挑选交通气象站20 km以内的三原、泾阳、高陵、泾河、咸阳、鄂邑、宁陕国家自动气象站作为补充,按照纬度从北向南依次编号1~11号公路点,对应依次为V0003、V0002、V0001、三原、泾阳、高陵、泾河、咸阳、鄂

收稿日期:2022-01-23

作者简介:张曦(1989—),女,汉族,陕西榆林人,硕士,工程师,主要从事气象预报服务工作。

基金项目:陕西省气象局秦岭和黄土高原生态环境气象重点实验室开放基金课题(2019Y-11)

邑、V0006、宁陕站。其中1~8号公路点代表西咸高速公路,9~11号公路点代表西汉高速公路。

选取以上站点2014—2020年的逐小时降水量资料进行分析。各时段降水量利用逐时降水量在分析时段内累加得出;降水小时数为所有有效降水(降水量 ≥ 0.1 mm)小时数在分析时段累加得出;在分析时段内用累计降水量除以累计降水小时数,得出对应时段的降水强度。降水量等级划分定义^[13]:24 h降水量0.1~9.9 mm为小雨,10.0~24.9 mm为中雨,25~49.9 mm为大雨,50.0 mm以上为暴雨。时间均指北京时,夜雨和昼雨分析时段分别是20时至次日08时、08—20时。

2 结果分析

2.1 降水的空间分布特征

图1为西咸、西汉高速公路11个公路点2014—2020年年平均降水量、降水日数,5—10月降水量、降水日数、降水小时数。整体来看,各公路点年降水量为496~993 mm,5—10月降水量达404~837 mm;年降水日数为79~133 d,5—

10月降水日数为51~85 d,5—10月降水小时数为353~587 h,降水量和降水日数基本由北向南逐渐递增,与中国降水由北向南、由西向东递增是一致的^[14]。西咸高速公路年降水量在613 mm以下,平均值为550.4 mm,最大值在1号公路点(613.3 mm);西汉高速公路年降水量在700 mm以上,平均值为801.4 mm,最大值出现在11号公路点(993 mm)。西咸、西汉高速公路降水日数以100 d为界,西咸高速公路在79~93 d,8号公路点降水日数最多;西汉高速公路降水日数101~132 d,最大值在11号。总体上,西汉高速公路降水量、降水日数均明显多于西咸高速公路,这主要是由于纬度的差异造成的,而且复杂的地形造成了降水分布不均匀^[15]。西汉高速公路交通站建于秦岭半山腰,海拔高度较高,容易受地形影响,气流爬坡易造成水汽凝结,因此降水偏多。西咸、西汉高速公路5—10月降水量占全年的69%~91%,有很好的代表性,此外考虑到数据的完整性,仅对西咸、西汉高速公路5—10月降水变化特征进行分析。

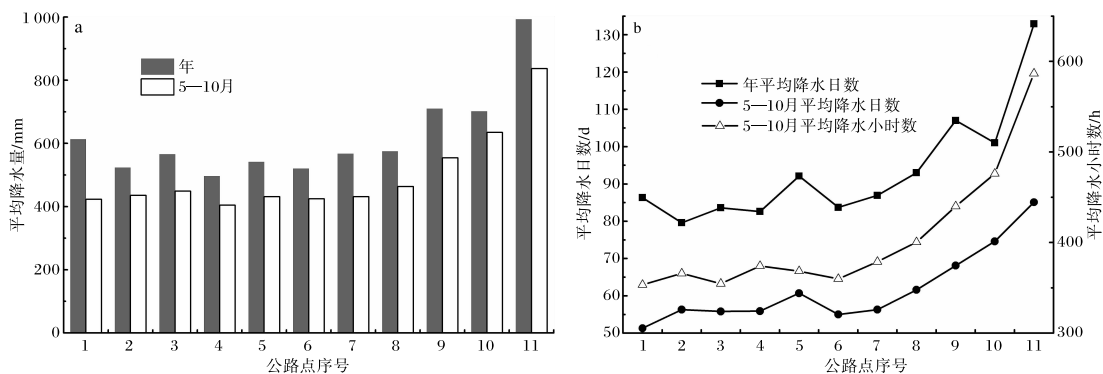


图1 西咸、西汉高速公路2014—2020年年平均降水量、5—10月平均降水量(a)和年平均降水日数,5—10月平均降水日数、降水小时数(b)

2.2 夜雨、昼雨分布特征

图2为西咸、西汉高速公路11个公路点2014—2020年5—10月平均夜雨量、昼雨量、夜昼雨量差值以及差值占总降水量的百分比。整体来看,除2号公路点外,其余公路点均是夜雨量大于昼雨量,夜雨量210~452 mm,昼雨量137~393 mm,夜雨昼雨量差—9~97 mm,差值占日降水量的—2%~26%。除去1~3号公路点外,其

余公路点夜雨小时数大于昼雨,夜雨小时数168~308 h,昼雨小时数162~278 h。各公路点夜雨强度大于昼雨强度,夜雨强度1.18~1.47 mm/h,昼雨强度0.81~1.41 mm/h。因此,夜雨不仅表现为夜间降水比例高,也表现为夜间降水出现的时间长、强度大。夜雨的形成与地形有着密切的关系,中国夜雨降水量的百分比大于50%的地区往往发生在有山脉存在的地区或附近,中国北方

和西部地区最为明显^[16]。

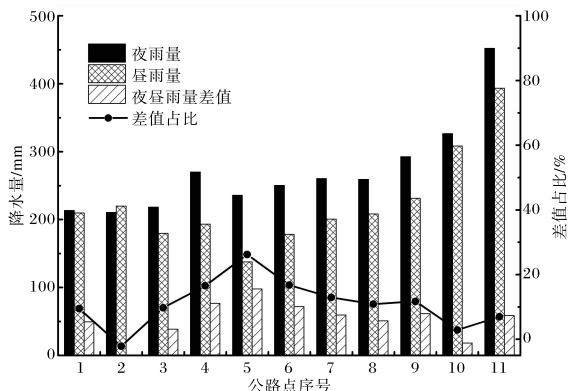


图2 西咸、西汉高速公路 2014—2020 年 5—10 月夜雨量、昼雨量、夜昼雨量差值以及差值占总降水量的比例

对比发现,西咸高速公路夜雨和昼雨量最大值分别为 270.1 mm、219.8 mm,西汉高速公路的分别为 452.2 mm、393.4 mm。西咸高速公路昼雨和夜雨的降水小时数多在 200 h 以内,西汉高速公路则都大于 200 h。西咸高速公路昼夜降水强度最大值为 1.3 mm/h,西汉高速公路则为 1.5 mm/h。昼夜雨量、降水小时数、降水强度均是西汉高速公路明显大于西咸高速公路。

2.3 降水月变化特征

图3为西咸、西汉高速公路各公路点 2014—2020 年 5—10 月逐月平均降水量。可以看出各月降水量空间分布的特征与年降水量分布相似,随纬度的增加月降水量自北向南递增。总体表现为 1~8 号公路点降水量递增幅度平缓,9 号点开始降水量陡然增加。西咸、西汉高速公路 5—10 月的月降水量分别为 25~139 mm、53~176 mm。西汉高速公路各月降水量较高,西汉与西咸平均月降水量差值 6 月最大(56.4 mm),其次为 9 月(53.8 mm),10 月差值最小(20.9 mm)。可以看出,陕西高速公路南北路段 5—10 月降水存在明显差异,6、9 月相差较多,且西汉高速公路多分布在山路,要特别注意季节交替带来气象要素的显著变化,更容易发生交通事故。

西咸、西汉高速公路的降水逐月变化特征也有所不同,5—10 月月平均降水量分别为 52.5、86.6、84.9、94.9、119.4、55.1 mm,6—9 月降水

较多。这是因为陕西属东亚季风气候区,受季风影响,降水的季节性特征非常明显。夏季(6—8 月)随着西太平洋副热带高压的北抬西进,我国夏季雨带北抬,受夏季季风影响,陕西进入汛期,全省各地降水集中于夏季,几乎占年降水量的一半。秋季是大气环流季节转换时期,陕西处于副高西北侧边缘,受副高西北侧暖湿气流及蒙古高压分裂的冷空气共同影响,9 月华西秋雨开始出现,关中、陕南往往产生阴雨连绵的秋淋天气。

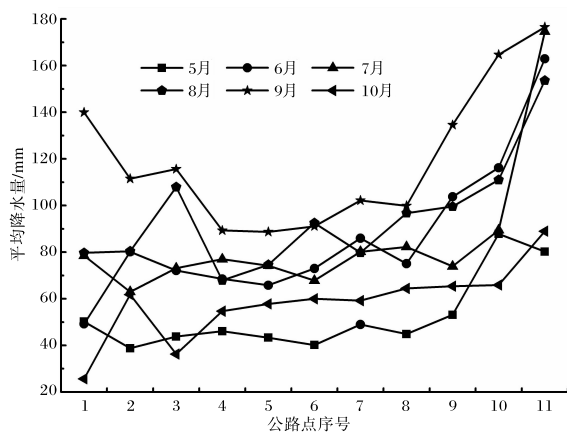


图3 西咸、西汉高速公路 2014—2020 年 5—10 月逐月各公路点平均降水量

分别在西咸、西汉高速公路挑选 5—10 月降水量偏大、短时强降水发生次数较多的交通站点,选取西咸高速公路的 3 号公路点和西汉高速公路的 10 号公路点为代表,分析各等级降水在 5—10 月的平均降水强度和降水日数分布特征(表 1)。各月的平均降水强度为月平均降水量除以月平均降水日数。分析得出,除了暴雨主要出现在 6—9 月,其余等级的降水在 5—10 月均有出现。3 号公路点小雨、中雨、大雨月平均降水量的最大值均出现在 9 月,暴雨在 8 月;10 号公路点小雨、中雨、大雨月平均降水量的最大值出现在 6、9 月,暴雨在 7 月。5—10 月小雨、中雨、大雨、暴雨的平均降水日数分别为 7.9、2.0、0.8、0.3 d。各月各等级降水的降水日数相差较大,降水日数随着等级增加而减少,小雨日数最多,暴雨最少。3 号公路点小雨、中雨和大雨平均降水日数均为 9 月最多,暴雨 8 月最多;10 号公路点小雨、中雨、大雨平均降水日数最大值分别出现在 8、9、6 月,暴雨

在6、7月。5—10月小雨、中雨、大雨、暴雨的平均降水强度分别为1.9~3.6、14.2~17.3、26.6~35.5、50.5~82.6 mm/d,对比周围国家气象自动站的不同等级降水日数和强度^[17],西咸、西汉高速公路表现为降水日数偏少、降水强度偏大。3号公路点小雨、中雨、暴雨平均降水强度均为8月最大,大雨为7月;10号公路点小雨、中

雨、大雨的月平均降水强度最大值分别出现在6、8、10月,暴雨7月。平均降水强度的极值出现在7月,为82.6 mm/d。对比3号和10号公路点的各等级平均降水强度和降水日数,除了小雨的平均降水强度外,其余等级均为10号公路点大于3号公路点。

表1 3号(汉城收费站)、10号(宁陕站)公路点2014—2020年5—10月不同等级降水的平均降水强度和降水日数分布

月份	公路点 序号	平均降水强度/(mm/d)				平均降水日数/d			
		小雨	中雨	大雨	暴雨	小雨	中雨	大雨	暴雨
5	3	2.5	16.6	34.0	0.0	8.0	1.0	0.2	0.0
	10	3.3	16.7	30.3	0.0	7.3	2.0	1.0	0.0
6	3	2.7	15.7	31.7	0.0	7.0	2.2	0.6	0.0
	10	3.6	14.2	34.1	63.9	9.3	1.7	1.7	0.7
7	3	2.8	16.1	35.5	50.5	5.6	1.4	1.0	0.2
	10	1.9	15.3	30.8	82.6	10.0	1.7	1.3	0.7
8	3	3.6	16.7	34.7	63.3	5.0	1.6	0.6	0.8
	10	2.6	17.3	26.6	74.7	10.7	2.0	1.0	0.3
9	3	3.1	14.8	28.5	53.5	8.0	2.6	1.4	0.2
	10	2.9	16.1	33.9	54.1	9.3	4.7	0.7	0.7
10	3	2.8	14.8	0.0	0.0	7.6	1.0	0.0	0.0
	10	2.5	16.3	39.3	0.0	6.7	2.3	0.3	0.0

2.4 降水日变化特征

表2为西咸、西汉高速公路各公路点降水峰值出现时间,高速公路为夜间至清晨和午后降水峰值型,主峰值出现在夜间(21:00—04:00),清晨(09:00)和午后(13:00—16:00),其中夜间降水峰值型又主要出现在上半夜(21:00—01:00)。次峰值出现在夜间(21:00—06:00)、正午(11:00)。当主峰值是夜间和清晨型,次峰值也会出现在夜间和清晨,时间间隔较小,通常相差1~4 h;主峰值是午后型,则与次峰值的间隔时间比较长。这可能是因为峰值位于夜间和清晨大多是持续性降水,而出现在下午则多为短时强降水。夜间降水的产生主要是由于地面上空云顶辐射冷却,加剧了大气层结的不稳定,使得对流加强,产生降水。午后降水峰值主要来自于大气对辐射加热日变化

引起的热力不稳定,清晨至上午的降水峰值多与大尺度环流相联系^[18]。不同路段降水的日变化差异显著,这可能是由于南北路段不同的地形分布导致了极不均匀的地表强迫,地球气候系统的日变化存在鲜明的区域差异。

分析降水量与降水小时数和降水强度的相关性,降水量和降水强度为显著相关,相关系数为0.9~0.98,降水量和降水小时数的相关系数为0.26~0.79。降水量和降水强度的日变化较为一致,降水小时数日变化相对较小,因此降水峰值主要以降水强度贡献为主。21:00—01:00、09:00、13:00降水量和降水强度均偏大,将增大滑坡、泥石流等灾害的发生风险,尤其注意21:00—01:00夜间时段,危害更大。

表2 西咸、西汉高速公路 2014—2020 年各公路点
降水峰值、最大降水小时数和强度出现时刻

公路点 序号	主峰值	次峰值	最大降水 小时数	最大降水 强度
1	09:00	06:00	10:00	09:00
2	23:00	11:00	09:00	23:00
3	09:00	11:00	11:00	09:00
4	04:00	0:00	01:00	21:00
5	01:00	21:00	01:00	21:00
6	21:00	04:00	00:00,01:00	21:00
7	13:00	01:00	02:00	13:00
8	03:00	02:00	03:00	13:00
9	01:00	04:00	00:00	01:00
10	16:00	02:00	02:00	03:00
11	00:00	22:00	01:00	07:00

2.5 短时强降水特征

目前,中央气象台和我国中东部地区气象部门均将 1 h 降水量 ≥ 20 mm 的降水记为短时强降水。在陕西,15 mm/h 左右的降水在特殊下垫面上就可造成灾害^[19],考虑到陕西整体降水特征,本文将短时强降水定义为观测站 1 h 降水量 ≥ 10 mm。统计各公路点累计短时强降水发生频次(图 4),1 号点最少(10 次),11 号点最多(82 次),其余公路点多在 20 次左右。1 h 降水量 ≥ 30 mm 的短时强降水具有很强的致灾性,各公路点均有发生,高发区(≥ 4 次)出现在 8 号点和 11 号点。1 h 降水量 ≥ 50 mm 的极端强降水出现在 4 个公路点,均分布在西咸公路沿线。各公路点 1 h 最大降水量在 35~75 mm,最大出现在 3 号点(75 mm),其次 6 号点(57 mm)。对比发现,西咸、西汉公路平均强降水频次分别为 19、40 次,1 h 最大降水量平均分别为 50、39 mm,且 1 h 最大降水量出现在西咸公路。这种极端强降水的发生与关中地区喇叭口地形有着密切的联系,低层气流进入喇叭口后被迫辐合抬升,历时短、降水量大的强降水十分容易在喇叭口收缩区形成,而关中中部正好位于喇叭口地形的收缩区上^[20]。各公路点 1 h 最大降水量均发生在 7、8 月,这与张建康等的研究结果较为一致^[21-22]。

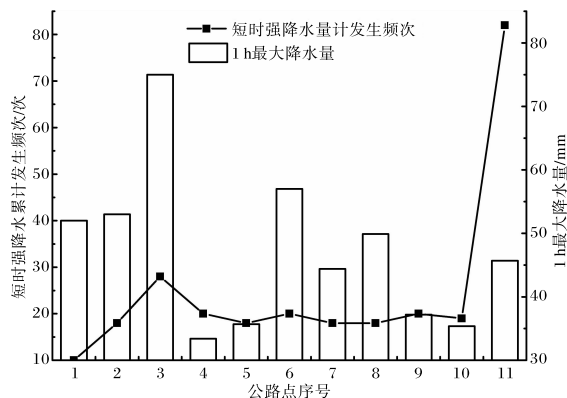


图4 西咸、西汉高速公路 2014—2020 年 5—10 月短时强降水累计发生频次和 1 h 最大降水量

3 结论

(1)西咸、西汉高速公路年降水量和降水日数基本由北向南逐渐递增,其中 5—10 月降水量占全年的 69%~91%。西咸、西汉高速公路月降水量存在明显差异,6、9 月相差较多,且西汉高速公路多分布在山路,要特别注意季节交替带来气象要素的显著变化,更容易发生交通事故。

(2)西咸、西汉高速公路降水主要集中在 6—9 月,各等级降水的降水日数在各月相差较大,降水日数随着等级增加而减少,暴雨月平均降水量和降水强度的最大值均出现在 7、8 月。对比周围国家自动气象站,西咸、西汉高速公路分等级降水有降水日数偏少、降水强度偏高特征。日变化表现为夜间、清晨和午后降水峰值型,降水峰值主要由降水强度贡献为主。西咸、西汉高速公路有明显的夜雨现象,表现为夜间降水比例高,夜间降水出现的时间长、强度大。需注意 21:00—01:00 高速公路的降水量和强度偏大,这将增大滑坡、泥石流等灾害的发生风险,尤其发生在夜间,危害更大。

(3)1 h 降水量 ≥ 10 mm 短时强降水累计发生次数最多出现在西汉高速公路,而处于喇叭口特殊地形附近的西咸高速公路更容易发生 1 h 降水量 ≥ 50 mm 的极端强降水。

参考文献:

- [1] 高涛,谢立安. 近 50 年来中国极端降水趋势与物理成因研究综述[J]. 地球科学进展, 2014, 29(5):

- 577-589.
- [2] 翟盘茂,潘晓华. 中国北方50年温度和降水极端事件变化[J]. 地理学报,2003,58(S):1-10.
- [3] 宁贵财,康彩燕,陈东辉,等. 2005—2014年我国不利天气条件下交通事故特征分析[J]. 干旱气象,2016,34(5):753-762.
- [4] BRODSKY H, HAKKERT A S. Risk of a road accident in rainy weather[J]. Accident Analysis and Prevention,1988,20(3):161-176.
- [5] 潘娅英,陈武. 引发公路交通事故的气象条件分析[J]. 气象科技,2006,34(6):778-782.
- [6] 钱莉,安颖颖,赵德强. 乌鞘岭高速公路路段多发交通事故的气象条件分析[J]. 干旱气象,2014,32(2):286-291.
- [7] 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.
- [8] 蔡新玲,叶殿秀,孙娴,等. 1961—2011年陕西省汛期短时降水变化特征[J]. 高原气象,2014,33(6):1618-1626.
- [9] 姚莉,李小泉,张立梅. 我国1小时雨强的时空分布特征[J]. 气象,2009,35(2):80-87.
- [10] 彭芳,吴古会,杜小玲. 贵州省汛期短时降水时空特征分析[J]. 气象,2012,33(3):307-313.
- [11] 鲁俊,郝莹,陶寅. 短时强降水的高分辨率时空分布特征[J]. 中国农学通报,2015,31(25):247-254.
- [12] 陈海山,范苏丹,张新华. 中国近50a极端降水事件变化特征的季节性差异[J]. 大气科学学报,2009,32(6):744-751.
- [13] 降水量等级:GB/T 28592—2012[S].
- [14] 贾晓红,康延臻,杜晖,等. G2京沪高速公路沿线降水特征分析[J]. 兰州大学学报(自然科学版),2018,54(4):453-460.
- [15] 陕西省气象局《陕西气候》编写组. 陕西气候[M]. 西安:陕西科学技术出版社,2009:32.
- [16] 段春锋,曹雯,缪启龙,等. 中国夏季夜雨的空间分布特征[J]. 自然资源学报,2013,28(11):1935-1944.
- [17] 卢珊,张宏芳,屈直,等. 1961—2015年陕西省不同等级降水事件变化特征[J]. 气象与环境科学,2018,41(1):77-85.
- [18] 宇如聪,李建,陈昊明,等. 中国大陆降水日变化研究进展[J]. 气象学报,72(5):948-968.
- [19] 陕西省减灾协会. 陕西省重大自然灾害综合研究与防御对策[M]. 西安:陕西科学技术出版社,1993:65-67.
- [20] 王政宇. 喇叭口地形对降水的作用[J]. 气象,1982,8(1):17-18.
- [21] 张建康,刘慧敏,康磊,等. 陕西黄土高原短时强降水时空分布及环流特征[J]. 陕西气象,2021(2):17-23.
- [22] 刘嘉慧敏,马晓华,黄少妮,等. 陕西中南部初夏和盛夏暴雨过程对比分析[J]. 陕西气象,2019(1):1-11.