

文章编号:2096 - 5389(2022)04 - 0088 - 04

FAST 周边 2010—2020 年暴雨特征分析

苟 杨¹, 宋彦棠¹, 谢亚玲¹, 顾 欣²

(1. 贵州省黔南布依族苗族自治州气象局, 贵州 都匀 558000;

2. 贵州省黔东南苗族侗族自治州气象局, 贵州 凯里 556000)

摘 要:利用 2010—2020 年 FAST 周边最近的克度、塘边、董架 3 个区域自动站的逐日降水量资料及暴雨日逐小时降水量资料,运用统计学方法对 FAST 周边暴雨发生特征、强度、月际变化、小时分布等进行分析。结果表明:2010—2020 年 FAST 周边各站发生暴雨 43~47 次,大多数为对流性或混合性降水,暴雨持续时间总体较短,多数情况为 1~2 h。暴雨主要发生在夏秋季,最易发生的月份是 6 月,最易发生的暴雨雨量是 50~100 mm,暴雨在夜间至清晨(22 时—06 时)最易发生。各站 1 周内发生 2 次暴雨的有 5~9 次,1 个月内发生 3 次暴雨的有 4~6 次,连续 3 次暴雨发生的最短时间为 11~13 d。近 11 a 中,FAST 周边各站发生大暴雨以上降水 5~7 次,其中最大雨量为 2014 年 7 月 4 日 FAST 东北面克度站 205.1 mm。

关键词:FAST;暴雨;特征分析

中图分类号:P426.62⁺1 **文献标识码:**B

Analysis of Rainstorm Characteristics in FAST Region from 2010 to 2020

GOU Yang¹, SONG Yantang¹, XIE Yaling¹, GU Xin²

(1. Qiannan Meteorological Bureau of Guizhou Province, Duyun 558000, China;

2. Qiandongnan Meteorological Bureau of Guizhou Province, Kaili 556000, China)

Abstract: Based on the daily precipitation data and hourly precipitation data of three regional automatic stations in Kedu, Tangbian and Dongjia near FAST from 2010 to 2020, the characteristics, intensity, monthly variation and hourly distribution of rainstorm around FAST were analyzed by statistical method. The results showed that between 2010 and 2020, there were 43 to 47 heavy rains at various stations around FAST, most of which were caused by convective or mixed precipitation. The duration of heavy rains was generally short, and most of them were 1 to 2 hours. Heavy rains mainly occur in summer and autumn. The most prone month is June. The most prone precipitation is 50~100 mm. Heavy rains are most likely to occur from night to early morning (22:00 - 06:00). There were two heavy rains 5~9 times in each station in a week, 3 heavy rains 4~6 times in a month, and the shortest time for 3 consecutive heavy rains was 11~13 days. In the past 11 years, there have been 5 to 7 heavy rainstorms at various stations around FAST, of which the maximum rainfall was 205.1 mm at the Kedu station northeast of FAST on July 4, 2014.

Key words: FAST; rainstorm; characteristics analysis

0 引言

世界最大单口径球面射电望远镜“中国天眼”(Five - hundred - meter Aperture Spherical radio Tele-

scope,以下简称 FAST)坐落在贵州省黔南州平塘县克度镇一处喀斯特洼地中,是世界上规模最大、最灵敏的巨型射电望远镜,已被列入中国九大科技基础设施之一。FAST 肩负着搜寻与发现射电脉冲星、

收稿日期:2021 - 07 - 06

第一作者简介:苟杨(1991—),女,工程师,主要从事天气预报研究工作,E-mail:983733200@qq.com。

资助项目:黔南州科技局项目(黔南科合[2021]23号);中国天眼(FAST)基地强降雨诱发地质灾害的研究。

巡视宇宙中的中性氢、探测星际分子、搜寻星际通讯信号等科学目标^[1-2]。自投入运行以来,FAST 附近发生过多起由暴雨引起的山体崩塌。FAST 一带为典型的喀斯特地貌,山体高耸直立,有很多大于 60°~70°的陡峻山坡,暴雨之后山体高处的岩块较易发生突然崩塌。FAST 核心区与周围山体距离不到 10 m,暴雨衍生的岩崩对 FAST 的安全运行构成一定威胁,故本文对 FAST 周边暴雨的发生时间和强度等特征进行基本分析,以期对 FAST 的暴雨气象保障服务提供初步的科学依据。

1 资料和方法

采用 2010—2020 年 FAST 周边最近的克度、塘边、董架 3 个区域自动站的降水量资料,主要包括 20—20 时降水量、08—08 时降水量、逐小时降水量。资料来自 CIMISS 数据库,并经过严格的质量控制。利用统计学方法分析 FAST 周边暴雨的发生规律,其中 20 时或 08 时统计出暴雨的,计为当日发生暴雨,20 时和 08 时均统计出暴雨的,按雨量较大者计。

2 结果与分析

2.1 FAST 周边暴雨概述

逐一分析 2010—2020 年 FAST 周边克度、塘边、董架(以下分析中 3 站均指按此顺序排列)3 个区域自动站的日降水量,统计得出 2010—2020 年 FAST 周边各站共发生暴雨 43~47 次,发生大暴雨 5~7 次,3 站同天发生暴雨 20 次,每年发生 1~4 次,平均每年发生 2 次左右。其中,3 站在 2014 年 7 月 3 日同天发生大暴雨 1 次,雨量分别为 205.1 mm、167.7 mm、139.9 mm。3 站平均雨量达 100 mm 的情况有 6 次,分别发生在 2011 年 5 月 11 日、2014 年 5 月 21 日、2014 年 7 月 4 日、2019 年 6 月 6 日、2020 年 6 月 8 日、2020 年 9 月 17 日(表 1)。

单独分析克度、塘边、董架 3 站的暴雨过程可以发现(表 2),2010—2020 年 FAST 周边 3 站年平均每年发生暴雨 4 次左右,以东南面的董架最多。对

同一个地方,多次暴雨发生时间间隔越短,发生地质灾害的可能性越大,统计 FAST 周边各站 2 次暴雨的间隔时间发现,各站 2 次暴雨间隔时间在 7 d 以内的情况并不频发,每年发生 0.5~0.6 次。各站 2 次暴雨发生的间隔时间最短为 1~2 d,最短间隔的 2 次暴雨累计雨量为 110.6~150.2 mm,1 周内 2 次暴雨累计雨量最大为 212.9~308.5 mm。各站连续 3 次暴雨发生的最短时间在 11~13 d,近 11 a 1 个月内发生 3 次暴雨 4~6 次。各站 1 d 最大雨量为 149.0~205.1 mm。

表 1 2010—2020 年 FAST 周边 3 站同天发生暴雨过程统计表(单位:mm)

Tab. 1 Statistics of heavy rains occurring in the same day at three stations around FAST from 2010 to 2020 (unit:mm)			
日期	克度雨量	塘边雨量	董架雨量
2010-06-17	89.2	82.5	84.7
2010-07-11	60	67.8	74.3
2010-09-29	112	89	87.8
2011-05-11	95	117.6	120.7
2011-06-06	55.8	81.6	52
2011-08-05	55.1	58.5	59.7
2011-10-02	59.2	54.2	59.8
2012-04-29	81.6	66	72
2014-05-21	92	91.3	132.9
2014-06-20	52	91.7	73.8
2014-07-04	205.1	167.7	139.9
2015-05-20	82.7	87.4	72.4
2015-06-18	96.4	65.9	73.2
2017-10-12	68	65.2	69.6
2018-09-18	65.7	56.4	55.9
2019-06-06	76.8	95.4	138.8
2019-06-09	73.1	117.5	75.9
2020-03-03	70.7	50.1	73.5
2020-06-08	77.8	75.3	149
2020-09-17	152.3	78.5	124.2

表 2 2010—2020 年 FAST 周边 3 站暴雨统计表

Tab. 2 The rainstorm statistics of three stations around FAST from 2010 to 2020

	暴雨次数 /(次·a ⁻¹)	大暴雨次数 /(次·a ⁻¹)	间隔 7 d /(次·a ⁻¹)	最短间隔/d	最短间隔累 计雨量/mm	1 周内暴雨累 计雨量/mm	3 次暴雨最 短间隔/d	1 个月内发生 3 次暴雨/次	最大雨 量/mm
克度	3.9	0.5	0.7	2	150.2	123.9~308.5	11	4	205.1
塘边	4.2	0.5	0.5	2	110.6	110.6~212.9	13	4	157.1
董架	4.3	0.6	0.8	1	114.3	114.3~228.6	13	6	149.0

FAST 周边暴雨雨量在 50.9 ~ 205.1 mm 之间,从周边 3 站 2010—2020 年暴雨雨量分布图(图略)可以看出,FAST 周边最易发生的暴雨雨量是 50.0 ~ 99.9 mm,占 86.7%。大暴雨以上降水(≥ 100 mm)发生的概率为 13.3%,发生了 18 站次,其中 100.0 ~ 149.9 mm 占 11.1%,150.0 ~ 199.9 mm 占 1.5%,特大暴雨(≥ 200 mm)发生 1 次,占 0.7%,发生在 2014 年 7 月 4 日 FAST 东北面克度站。

2.2 FAST 周边暴雨月际分布

从 2010—2020 年 FAST 周边暴雨次数的月际分布图(图 1)可以看出,FAST 周边暴雨主要发生在夏秋季,但在不易发生暴雨的冬季也有过暴雨发生(2019 年 1 月 8 日克度站)。逐月发生频次呈双峰型分布,在 6 月达到峰值,在 9 月有 1 个小峰值。其中,FAST 周边暴雨最易发生的月份是 6 月,其次是 7 月和 9 月。此外,FAST 周边大暴雨主要发生在 5 月、6 月,分别发生 8 站次、6 站次大暴雨,特大暴雨发生在 7 月(图略)。

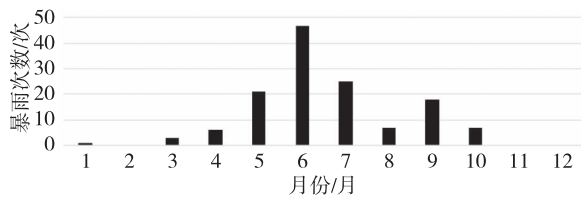


图 1 2010—2020 年 FAST 周边暴雨次数的月际分布图

Fig. 1 Inter - monthly distribution of heavy rain around FAST from 2010 to 2020

2.3 FAST 周边暴雨小时分布

一般情况下,我们将每小时降水量 ≥ 20 mm 的降水现象定义为短时强降水。FAST 周边各站暴雨中出现短时强降水的过程有 32 ~ 34 次,占 70% ~ 74%。研究发现,采用 $20\text{ mm} \cdot \text{h}^{-1}$ 标准来统计 FAST 周边暴雨的发生时间有些不妥。以克度站为例,2020 年 9 月 16 日 04—08 时中,05 时降水量为 13 mm,其余各时次降雨量 $> 20\text{ mm}$,若只统计 $20\text{ mm} \cdot \text{h}^{-1}$ 以上小时降水,则会认为 05 时暴雨有间断,与事实不符。2014 年 7 月 3 日,凌晨以后较强降水从 02 时一直持续到 06 时,若用 $20\text{ mm} \cdot \text{h}^{-1}$ 统计,则会认为较强降水是从 03 时持续到 05 时。外加 FAST 台站对 $10\text{ mm} \cdot \text{h}^{-1}$ 以上小时降水有气象决策服务需求。所以,本文将 $\geq 10\text{ mm} \cdot \text{h}^{-1}$ 的降水作为 FAST 暴雨发生的主要贡献者。统计分析 2010—2020 年 FAST 周边各站各次暴雨过程中逐小时雨量发现,主要贡献者易出现在 22—次日 06 时。23 时出现 27 次,00 时、01 时、02 时、03 时、04 时、05 时出现 24 ~ 25 次,22 时、06 时出现 15 ~ 18

次,10—20 时出现 0 ~ 6 次,其余时段出现 9 ~ 14 次(见表 3)。

表 3 FAST 周边暴雨过程小时雨强
 $\geq 10\text{ mm}$ 时间分布(单位:次)

Tab. 3 Time distribution of hourly rain intensity
 $\geq 10\text{ mm}$ during heavy rain around FAST(unit: times)

时间	克度	塘边	董架	总
00 时	8	9	7	24
01 时	6	7	11	24
02 时	7	12	6	25
03 时	8	10	6	24
04 时	8	11	6	25
05 时	9	7	8	24
06 时	6	3	9	18
07 时	3	3	5	11
08 时	4	6	4	14
09 时	4	3	5	12
10 时	2	2	2	6
11 时	1	1	4	6
12 时	2	1	1	4
13 时	1	1	/	2
14 时	/	/	1	1
15 时	/	/	1	1
16 时	/	/	/	/
17 时	/	/	/	/
18 时	1	1	/	2
19 时	2	/	3	5
20 时	2	1	1	4
21 时	4	3	2	9
22 时	4	2	9	15
23 时	7	10	10	27

总的来说,FAST 周边暴雨在夜间至清晨(22—06 时)最易发生,在上午至午后(07—13 时)和傍晚至刚入夜(18—21 时)较易发生,下午(14—17 时)不易发生。这是由于 FAST 周边的暴雨主要有 2 个水汽源地,一个是孟加拉湾,另一个是南海和东海,其中以越过中南半岛、经云南到达的西南暖湿气流输送最为重要,在暴雨发生前 12 h 或 24 h 西南低空急流开始建立,夜间急流加强,输送的低层水汽和不稳定能量加强,所以 FAST 周边暴雨的发生更易出现在夜间。

大多数情况下,FAST 周边 1 次暴雨天气过程总会有主要贡献者,这样的情况占近 11 a 暴雨总数的 88.2%,即 FAST 周边大多数情况下暴雨是对流性或混合性降雨。68% 的情况下,1 次暴雨过程有 1 ~ 2 个主要贡献者,这其中又以 2 个主要贡献者的情况最多,占 46%。28% 的暴雨过程有 3 ~ 4 个主要贡献者,有 5 个以上主要贡献者的情况有 6 次。塘

边暴雨的主要贡献者最多为 6 个,出现了 1 次;董架暴雨的主要贡献者最多为 5 个,出现了 1 次;克度暴雨的主要贡献者最多为 7 个,出现了 2 次。

拥有 2 个主要贡献者的暴雨过程中,76% 的过程主要贡献者是连续出现的。拥有 3 个主要贡献者的暴雨过程中,59% 的过程主要贡献者是连续出现的。拥有 4 个主要贡献者的暴雨过程中,42% 的过程主要贡献者是连续出现的。所有拥有 5 个及以上主要贡献者的暴雨过程中,主要贡献者都是间断出现的,但最长连续出现的时间有 5 h,出现在 2014 年 7 月 3 日和 2020 年 9 月 16 日克度站、2019 年 6 月 9 日塘边站。有间断出现的 31 次暴雨过程中,27 次过程间断 1 次,间隔时间为 1~17 h,4 次过程间断 2 次,间隔时间为 1~6 h。

主要贡献者的小时雨强在 10~66.1 mm 之间,51% 在 10.0~19.9 mm,23% 在 20.0~29.9 mm,13% 在 30.0~39.9 mm,6% 在 40.0~49.9 mm,4% 在 50.0~59.9 mm,2% 在 60 mm 及以上。1 h 降暴雨的情况有 17 站次,雨急量大,总降水量多在 80 mm 以上。60 mm 以上的 6 次分别出现在 2015 年 5 月 20 日 00 时塘边 62.8 mm 和 01 时克度 61.5 mm、2012 年 4 月 28 日 00 时克度 62.2 mm、2010 年 7 月 30 日 00 时董架 66.1 mm、2014 年 5 月 21 日 03 时董架 65 mm、2018 年 5 月 12 日 03 时董架 64.6 mm。这 6 次拥有 60 mm 以上雨强的暴雨过程中,2015 年 5 月 20 日持续 1 h,2010 年 7 月 30 日、2014 年 5 月 21 日持续 4 h,其余 2 次持续了 2 h。

表 4 FAST 周边暴雨发生时段统计

Tab. 4 Statistics of heavy rain occurrence period around FAST

时段	克度/次	塘边/次	董架/次	克度占比/%	塘边占比/%	董架占比/%
22—06 时	63	71	72	71	76	71
07—13 时	17	17	21	19	18	21
14—17 时	0	0	2	0	0	2
18—21 时	9	5	6	10	5	6

综合以上分析,FAST 周边暴雨持续时间总体较短,多数情况为 1~2 h,但也有长达 7 h 的暴雨发生,且一般持续时间越长,降水量越大,暴雨雨量和暴雨发生时长呈相关系数为 0.836 的正相关关系。这个结论和暴雨发生条件是吻合的。暴雨发生条件中,除了较强的上升运动和水汽输送外,还有一点是较长的持续时间,而持续几个小时的较强降水,通常情况下都有“列车效应”伴随,不断有对流云团生成并经过暴雨区^[3]。FAST 周边最长连续较强降水时间为 5 h,所有拥有 5 个及以上主要贡献者的暴雨过程都是间断出现的。

3 结论与讨论

① 2010—2020 年 FAST 周边 3 站平均每年各发生暴雨 4 次左右、发生大暴雨 1 次左右,平均每年同天发生暴雨 2 次左右。各站 2 次暴雨发生的间隔时间最短为 1~2 d,最短间隔的 2 次暴雨累计雨量为 110.6~150.2 mm,1 周内 2 次暴雨累计雨量最大为 212.9~308.5 mm。

② FAST 周边最易发生的暴雨雨量是 50~100 mm,占 86.7%。近 11 a 最大的雨量为 2014 年 7 月

4 日 FAST 东北面克度站 205.1 mm。

③ FAST 周边暴雨主要发生在夏秋季,在不易发生暴雨的冬季也有过暴雨发生(2019 年 1 月 8 日克度站)。最易发生的月份是 6 月,最易发生的时段是夜间至清晨(22 时—06 时)。

④ FAST 周边暴雨持续时间总体较短,多数情况为 1~2 h,但也有长达 7 h 的暴雨发生,1 h 降暴雨的情况有 17 站次,雨急量大,总降水量多在 80 mm 以上。

由于降水在空间上是不连续的,本文使用包围着 FAST 距离最近的 3 个站点的降水资料,与 FAST 台址点的降雨存在一定差异,若在 FAST 台址设立了自动站,可利用单站资料再次进一步研究。

参考文献

[1] HAN J L, WANG C, WANG P F, et al. The FAST Galactic Plane Pulsar Snapshot survey: I. Project design and pulsar discoveries? [J]. Research in Astronomy and Astrophysics, 2021, 21(5): 107.
[2] 南仁东,李会贤. FAST 的进展——科学、技术与设备[J]. 中国科学:物理学 力学 天文学, 2014, 44(10): 1063-1074.
[3] 蓝俊倩,张浩川,廖君钰,等. 一次由列车效应引发的暴雨过程分析[J]. 中低纬山地气象, 2018, 42(5): 6-13.