

# 青神大雾特征分析

肖丹<sup>1,2</sup>, 胡超<sup>1</sup>, 陈宁<sup>1</sup>, 黄保云<sup>1</sup>

<sup>1</sup>眉山市气象局, 四川 眉山

<sup>2</sup>高原与盆地暴雨旱涝灾害四川省重点实验室, 四川 成都

收稿日期: 2023年10月22日; 录用日期: 2023年11月21日; 发布日期: 2023年11月27日

## 摘要

使用青神县国家气象观测站1971~2022年逐日能见度数据、2017~2022年逐小时能见度数据, 对青神大雾年和月际变化、生消时间、持续性特点等进行了研究分析, 得出以下结论: 青神雾日具有明显的年际和月际变化, 1971~1977年、2003~2015年是少雾年, 1978~2002年、2016~2022年是多雾年; 1、12月各类雾出现频次较高, 5、6月各类雾出现频次较低; 1978~2000年、2016~2021年出现持续性广义大雾( $V < 1 \text{ km}$ )的次数在10次以上, 1988~2000年持续性大雾( $500 \text{ m} \leq V < 1 \text{ km}$ )的次数在5次以上, 持续性浓雾、强浓雾或特强浓雾每年出现次数较小, 一般在3次以下; 持续性雾天气以3 d最多, 随着天数的增多其占比迅速减小; 早上到上午是各类雾发生的主要时段, 雾生成的高发时段一般在09时之前, 消散时间一般在11时之前, 下午和前半夜各类雾生消占比很低; 各类雾出现时长以1 h为主, 占比超过40%, 随着时长的增加占比迅速减小, 持续6 h及以上的占比极低。

## 关键词

大雾, 能见度, 浓雾, 强浓雾, 特强浓雾

# Analysis of Fog Characteristics in Qingshen

Dan Xiao<sup>1,2</sup>, Chao Hu<sup>1</sup>, Ning Chen<sup>1</sup>, Baoyun Huang<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Meishan Meteorological Bureau, Meishan Sichuan

<sup>2</sup>Heavy Rain and Drought-Flood Disasters of Plateau and Basin Key Laboratory of Sichuan Province, Chengdu Sichuan

Received: Oct. 22<sup>nd</sup>, 2023; accepted: Nov. 21<sup>st</sup>, 2023; published: Nov. 27<sup>th</sup>, 2023

## Abstract

This paper uses daily visibility data from 1971 to 2022 and hourly visibility data from 2017 to 2022 of national meteorological observation station in Qingshen to analyze the annual and inter-monthly changes, generation and dissipation time, and persistence characteristics of fog. The re-

sult shows: The fog in Qingshen has obvious inter-annual and inter-monthly changes. There are many foggy days from 1978 to 2002, 2016 to 2022, and less foggy days from 1971 to 1977, 2003 to 2015. There's high frequency of fog occurrence in January and December, while low frequency in May and June. The persistent generalized fog ( $V < 1$  km) occurred more than 10 times every year from 1978 to 2000 and 2016 to 2021, the persistent fog ( $500 \text{ m} \leq V < 1$  km) occurred more than 5 times every year from 1988 to 2000. There're less than 3 times every year for persistent dense fog, strong dense fog and extremely strong dense fog. The most duration is three days for persistent foggy events, and the proportion decreased rapidly with the increase of duration days. Morning is main period of occurrence for all kinds of fog. The high incidence time of fog generation is before 9 am, and the dissipation time is generally before 11 am. Proportion of generation and dissipation for all kinds of fog is very small in the afternoon and the first half of the night. The duration time for all kinds of fog is mainly 1 h, which accounts for more than 40%. Occurrence proportion decreases rapidly with the increase of time, and the proportion for 6 h and above is very small.

## Keywords

Fog, Visibility, Dense Fog, Strong Dense Fog, Extremely Strong Dense Fog

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

大雾是我国秋冬季常见的天气现象，由于能见度低，大雾对交通的影响非常显著，常可造成高速封闭、航班延误等。大雾出现时，空气的对流性常较弱，使得空气中有害颗粒物增多，给人体健康带来危害。大雾对农业生产也有不利影响，它减少了农作物光照时间。农作物呼吸受影响，合成碳水化合物的时间减少，从而延迟生长、开花等，使产量和品质下降。因此，研究大雾特征，做好监测和预防，对于社会经济发展具有重要作用。

许多学者对我国大雾特征进行了研究[1]-[6]。刘小宁等[2]分析了我国大雾的气候特征，发现我国大雾呈现东南部多西北部少的特点，大雾的季节和月际变化有明显的南北、东西的地区差异和局地特征。赵玉广[7]对华北平原 3 次持续 10 天以上的大雾过程进行了研究，发现冷空气活动偏弱、大尺度下沉运动造成的静稳天气是大雾长时间维持的根本原因。四川盆地属于中亚热带湿润气候，湿度较大，风速较小，有利于雾的生产。唐信英等[8]分析了四川省大雾时空分布特征，发现大雾主要集中在四川盆地，川西高原区很少出现大雾。李慧晶等[9]分析了四川不同等级雾的时空分布及生消时间，发现四川雾冬季最多夏季最少，各等级雾在后半夜到早上最为频发。顾清源等[10]研究发现，四川盆地以辐射雾为主，晴朗少云的夜间天气，近地面湿层厚、空气接近饱和，近地层风力较小，层级稳定或逆温层存在是辐射雾产生的重要因素。

青神县位于成都平原西南部，农业是支柱产业，境内广泛种植粮食作物、晚熟柑橘等。青神是大雾多发地，弄清大雾的气候特征及生消演变规律，有利于合理安排农时活动，科学开展病虫害防治等，从而有助于提升农作物产量和品质。

## 2. 资料与方法

本文使用青神国家气象站 1971~2022 年逐日能见度观测数据，2017~2022 年逐小时能见度数据。其中日数据用于分析青神大雾的气候特征，包括年际变化、月际分布等。逐小时数据选取青神国家气象站有稳定自动观测以来的数据，用于分析青神大雾的生消时间。

广义的大雾是指水平能见度(Visibility, V)低于 1 km 的天气现象。按水平能见度从大到小的顺序, 广义大雾还可分为大雾、浓雾、强浓雾、特强浓雾四个等级(见表 1), 这里  $500 \text{ m} \leq V < 1 \text{ km}$  是狭义的大雾。可见, 浓雾、强浓雾、特强浓雾是能见度更低的广义大雾。后文当将雾按不同等级区分时, 大雾都是指表 1 中定义的狭义大雾, 并用“大雾( $V < 1 \text{ km}$ )”指代广义大雾。

Table 1. Fog level ( $V < 1 \text{ km}$ )

表 1. 大雾( $V < 1 \text{ km}$ )等级

等级	大雾	浓雾	强浓雾	特强浓雾
能见度(V)	$500 \text{ m} \leq V < 1 \text{ km}$	$200 \text{ m} \leq V < 500 \text{ m}$	$50 \text{ m} \leq V < 200 \text{ m}$	$V < 50 \text{ m}$

### 3. 大雾的气候变化特征

#### 3.1. 雾日的年、月变化

青神雾日具有明显的年际变化特征(见图 1), 1971~2022 年经历了两个高值和两个低值阶段。1971~1977 年、2003~2015 年是青神的少雾年, 年总大雾日( $V < 1 \text{ km}$ )日均在 70 d 以下, 多数年份小于 50 d, 2012 年仅 19 d。在少雾年, 大雾、浓雾和特强浓雾出现天数一般低于 20 d, 特强浓雾很少出现, 其中 1974~1976 年均无强浓雾。1978~2002 年、2016~2022 是青神的多雾年, 总大雾日( $V < 1 \text{ km}$ )多大于 100 d, 其中 1995~1998 年、2016 年大于 150 d, 1997 年达到 168 d。大雾日数( $500 \text{ m} \leq V < 1 \text{ km}$ )与总大雾日的年际变化总体比较一致, 1978~2003、2016~2022 年每年的大雾日数普遍高于 30 d, 1997 年大雾日数最多, 达到 108 d。浓雾在 1978~1999 年、2016~2022 出现日数较多, 一般都大于 20 d, 其中 1985 年达到 46 d。强浓雾的年际变化幅度最小, 1984 年最大时达到 38 d。它与总大雾日的增减没有明显对应关系, 在 1980~2002 年不仅没有随总大雾日增多, 反而比 20 世纪 70 年代有所减少。但在 2016 年后, 强浓雾有一个明显增多的趋势。特强浓雾在 1980~2000 年经历了一个大值阶段, 年日数均大于 20 d, 多数高于 30 d, 1984 年达到 44 d, 其余年份特强浓雾日数均低于 20 d, 多数低于 10 d。

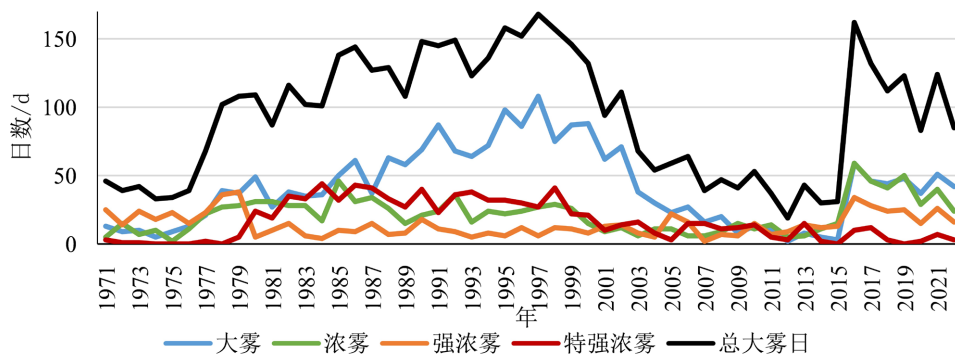
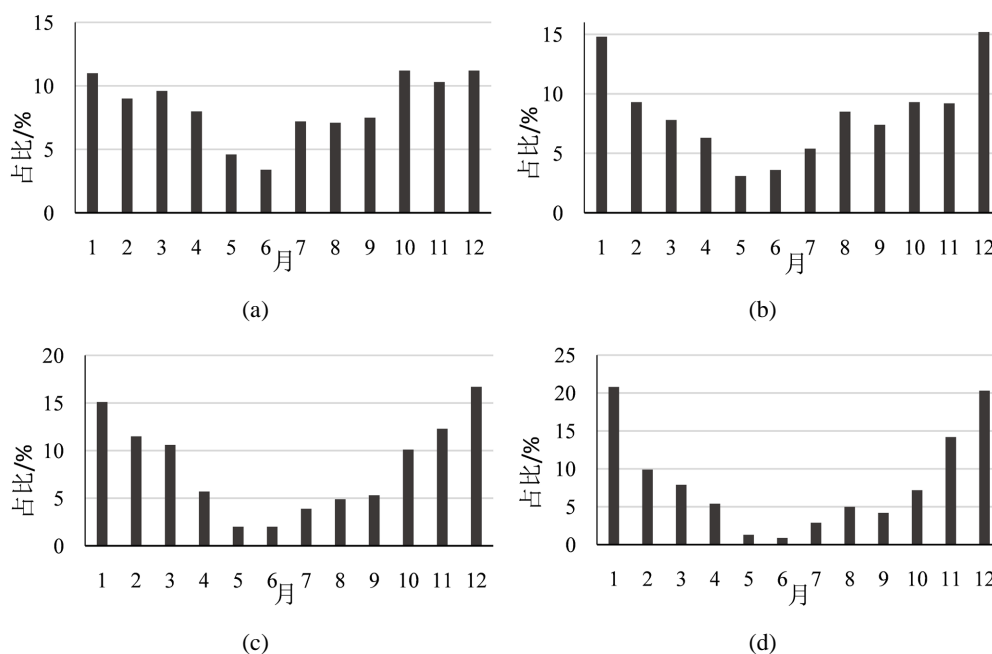


Figure 1. Change of foggy days from 1971 to 2022 in Qingshen

图 1. 1971~2022 年青神雾日变化

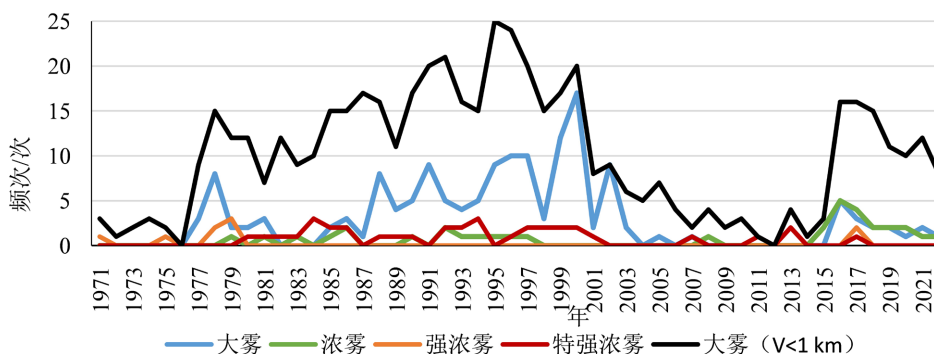
从雾日的月际分布来看(见图 2), 1 月、12 月是各类雾出现概率最高的两个月份, 尤其是特强浓雾, 这两个月出现的占比均在 20% 以上, 浓雾及强浓雾的占比在 15% 左右。5、6 月是各类雾出现频次最低的月份, 占比均在 5% 以下。特强浓雾和强浓雾在 5~9 月出现的占比均  $\leq 5\%$ , 即主汛期出现概率较小。浓雾在 2、10 和 11 月出现概率相当, 接近 10%。大雾各月出现频率差异比其余等级雾小, 10 月至次年 1 月占比在 10% 左右, 2~4 月占比在 9% 上下、7~9 月占比在 7% 左右。



**Figure 2.** Foggy day proportion of every month. (a) Fog; (b) Dense fog; (c) Strong fog; (d) Extremely strong dense fog  
**图 2.** 各月雾日占比。(a) 大雾; (b) 浓雾; (c) 强浓雾; (d) 特强浓雾

### 3.2. 持续性雾天气

将连续 3 天及以上时间出现同一等级雾的过程视为持续性雾天气。对比图 1、图 3，可以看到，持续性雾出现的频次与雾日有较好的对应关系，在多(少)雾年，持续性雾天气也较多(少)。1978~2000 年、2016~2021 年出现持续性广义大雾( $V < 1$  km)的次数一般在 10 次以上(见图 3)，其中 1995 年出现了 25 次。持续性大雾( $500 \text{ m} \leq V < 1 \text{ km}$ )主要集中在 1988~2000 年出现，频次一般在 5 次以上，另外 1978 年、2016 年也分别出现了 8 次、5 次。持续性大雾( $500 \text{ m} \leq V < 1 \text{ km}$ )年频次在 10 次及以上的共有 4 次，其中 2000 年达到 17 次。每年出现持续性浓雾、强浓雾或特强浓雾的频次较小，普遍在 3 次及以下，仅在 2016、2017 年浓雾次数分别出现 5 次和 4 次。



**Figure 3.** Occurrence times of persistent fog from 1971 to 2022

**图 3.** 1971~2022 年持续性雾出现频次

各类持续性雾天气以持续 3 d 的最多，浓雾和强浓雾持续天数最长为 5 d，特强浓雾仅有一次超过 5 d，且持续时间长达 9 d，从 1984 年 1 月 6 日持续到 14 日。大雾( $500 \text{ m} \leq V < 1 \text{ km}$ )持续 3 d 的占比高达 70.3%，

持续 5 d 以上的有 10 次, 最长为 6 d, 出现在 1978 年 1 月 22~27 日, 1988 年 11 月 26 日~12 月 1 日, 2000 年 12 月 5~10 日。大雾( $V < 1$  km)持续 3 d 的占比为 36.5% (见图 4), 随着天数的增多其占比迅速减小, 10 d、11 d 的占比均为 1.7%, 12 d 及以上的占比小于 1%。出现 10 d 及以上持续性大雾( $V < 1$  km)的次数共有 23 次(见表 2), 主要发生在秋冬季节, 另外 3 月也出现过一次。持续性大雾( $V < 1$  km)出现时间最长的一次长达 16 d, 从 1998 年 11 月 2 日一直持续到 17 日。

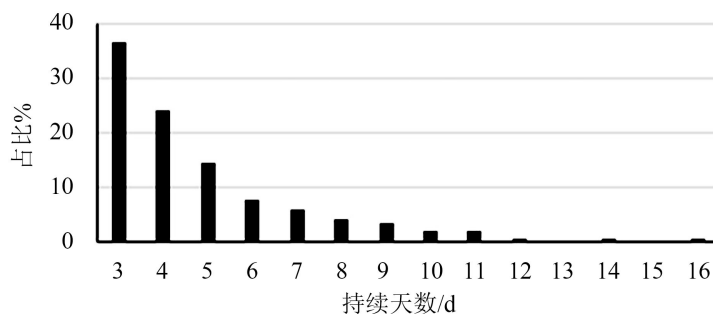


Figure 4. Proportion of persistent days of fog ( $V < 1$  km)

图 4. 大雾( $V < 1$  km)持续天数占比

Table 2. Persistent fog events ( $V < 1$  km) lasting for 10 days and above from 1971 to 2022

表 2. 1971~2022 年持续 10 d 以上的大雾( $V < 1$  km)过程

序号	开始时间	结束时间	持续天数(d)
1	1998 年 11 月 2 日	1998 年 11 月 17 日	16
2	1994 年 1 月 20 日	1994 年 2 月 2 日	14
3	1994 年 11 月 1 日	1994 年 11 月 14 日	14
4	1999 年 12 月 22 日	2000 年 1 月 2 日	12
5	2017 年 12 月 18 日	2017 年 29 日	12
6	1979 年 10 月 23 日	1979 年 11 月 2 日	11
7	1980 年 1 月 15 日	1980 年 1 月 25 日	11
8	1983 年 1 月 21 日	1983 年 1 月 31 日	11
9	1992 年 11 月 23 日	1992 年 12 月 3 日	11
10	1999 年 1 月 17 日	1999 年 1 月 27 日	11
11	1999 年 12 月 8 日	1999 年 12 月 18 日	11
12	2016 年 10 月 15 日	2016 年 10 月 25 日	11
13	2016 年 12 月 12 日	2016 年 12 月 22 日	11
14	2017 年 10 月 29 日	2017 年 11 月 8 日	11
15	1981 年 1 月 10 日	1981 年 1 月 19 日	10
16	1984 年 1 月 5 日	1984 年 1 月 14 日	10
17	1986 年 12 月 18 日	1986 年 12 月 27 日	10
18	1987 年 12 月 13 日	1987 年 12 月 22 日	10
19	1990 年 11 月 10 日	1990 年 11 月 19 日	10
20	1993 年 1 月 29 日	1993 年 2 月 7 日	10

Continued

21	1998年9月5日	1998年9月14日	10
22	2019年10月29日	2019年11月7日	10
23	2021年3月6日	2021年3月15日	10

#### 4. 大雾生消时间

利用 2017~2022 年逐小时能见度数据, 分析各类雾( $V < 1 \text{ km}$ )发生和生消时间, 这里“发生”是指某时出现了雾。从大雾( $500 \text{ m} \leq V < 1 \text{ km}$ )发生时间来看(见图 5), 一天中任何时刻都有可能发生。00~09 时大雾发生占比超过 5%, 其中 03~08 时占比超过 7%, 08 时发生占比最高为 9.3%。13~17 时大雾发生占比很小, 低于 1%。浓雾发生时间和大雾较为接近, 00~09 时发生占比超过 5%, 其中 06、07 时发生占比超过 10%, 分别达到 11.5%、11.7%。浓雾在 13~19 时发生占比低于 1%, 13 时、17 时发生占比为 0。强浓雾仅发生在 00~12 时, 13~23 时发生占比为 0。06~10 时强浓雾发生占比超过 10%, 08、09 时发生占比大于 15%, 分别达到 18.0%、18.3%。特强浓雾发生在 01 时、03~11 时, 其余时次发生占比为 0。05 时、07~10 时强浓雾发生占比超过 10%, 其中 07 时最高, 达到 22.6%, 09 时次之, 为 19.4%。从以上分析可知, 早上到上午尤其是 05~10 时是各类雾的高发时段, 下午很难发生雾, 前半夜雾发生概率也很低。

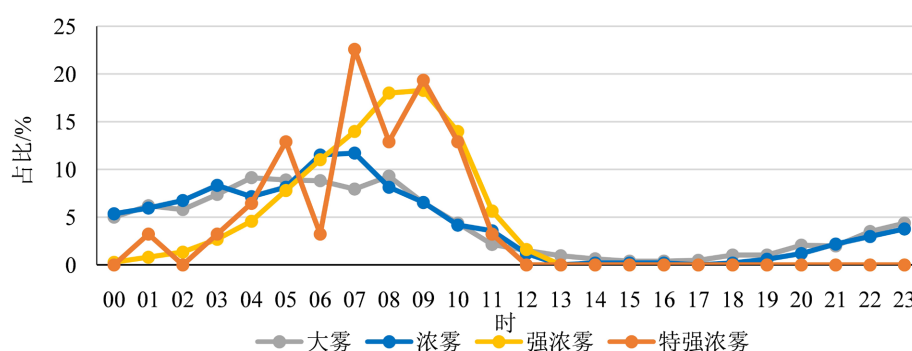


Figure 5. Proportion of occurrence time for all kinds of fog  
图 5. 各类雾发生时刻占比

各类雾极少出现在下午, 因此其开始生成的时间也很少出现在下午(见图 6)。大雾、浓雾开始生成在 11~20 时的占比绝大多数情况低于 2%, 该时段强浓雾、特强浓雾生成占比为 0。00~07 时是大雾开始生成的高发时段, 占比在 5% 以上, 其中 03 时最高, 达到 10.6%, 07 时次之, 为 9.7%。00~08 时浓雾开始生成的占比在 5% 以上, 02~06 时占比超 7%, 其中 05、06 时占比超过 10%, 分别达到 12.6%, 11.1%。强浓雾开始生成的时刻在 23 时、00~10 时, 04~08 时占比超过 10%, 其中 07 时最高, 达到 18.9%, 11~22 时没有强浓雾生成。特强浓雾开始生成的时间只出现在特定的少数几个时刻: 01 时、03~05 时、07~09 时, 其余时刻生成占比为 0, 05、07、09 时占比超过 10%, 其中 07 时高达 43.8%。

大雾消散在 01~10 时的占比超 5%, 04~06 时、08 时占比超 8%, 其中 06、08 时分别达到 9.5%、9.2%, 而消散在 12~21 时的占比低于 2%。浓雾主要消散在 02~11 时, 占比在 5% 以上, 其中 06、07 时占比超过 10%, 分别为 10.8%、11.4%, 而 12~20 时占比低于 2%。强浓雾消散在 08~11 时的占比超过 10%, 10 时占比最高, 达到 23.1%, 13 时至 00 时无消散记录。特强浓雾消散只出现在少数几个时刻: 02 时、06~12 时, 其中 06 时、08 时、10~11 时的占比超过 10%, 08 时最高, 达到 25.0%。

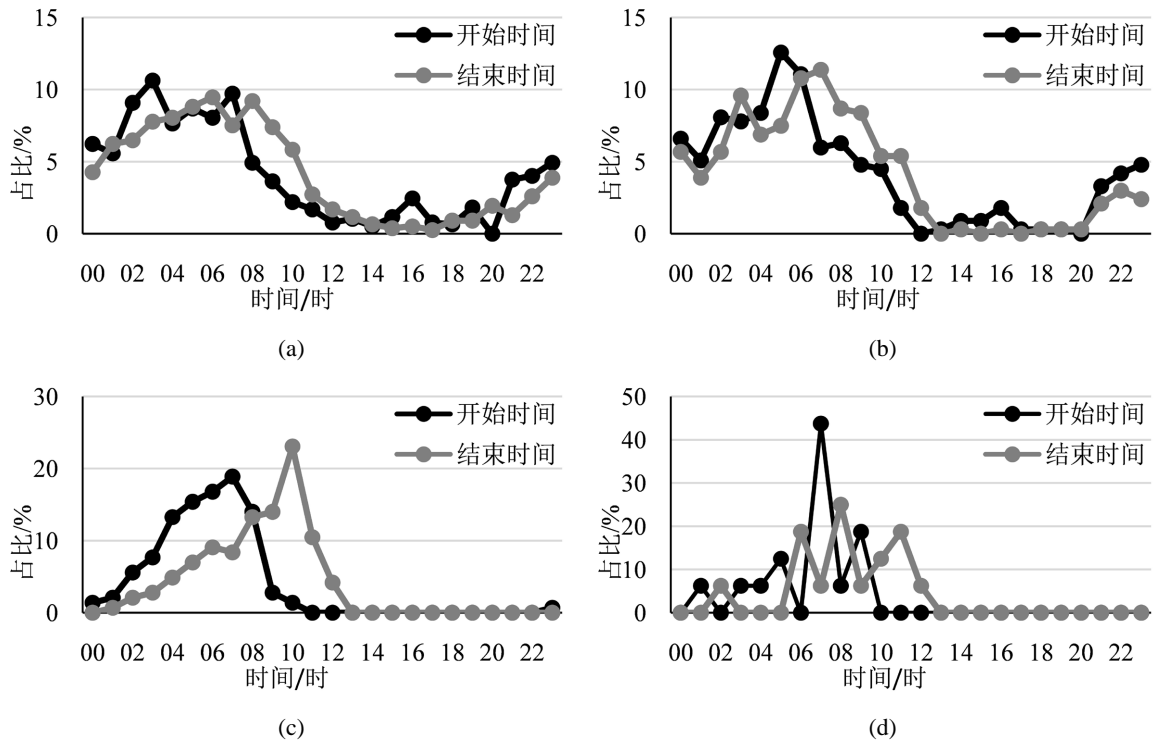


Figure 6. Proportion of generation and dissipation time of fog. (a) Fog; (b) Dense fog; (c) Strong fog; (d) Extremely strong dense fog

图 6. 各类雾开始与结束时间占比。(a) 大雾; (b) 浓雾; (c) 强浓雾; (d) 特强浓雾

### 5. 大雾持续时长

各类雾出现时长以 1 h 为主(见图 7)，占比超过 40%，其中特强浓雾、大雾、浓雾持续 1 h 的占比分别达到 56.3%、64.3%、74.3%。占比随着时长的增加迅速减小。各类雾出现时长达到 2 h 的占比普遍在 15%~20%，仅大雾超过 20%，达到 22.6%。各类雾持续 3~5 h 的占比普遍低于 10%，仅浓雾的 3 h、特强浓雾的 4 h 占比超过 10%。各类雾持续 6 h 及以上的占比均低于 5%，且绝大多数低于 1%。特强浓雾最长持续时间为 5 h，浓雾、强浓雾可以达到 11 h，大雾最长达到 15 h。

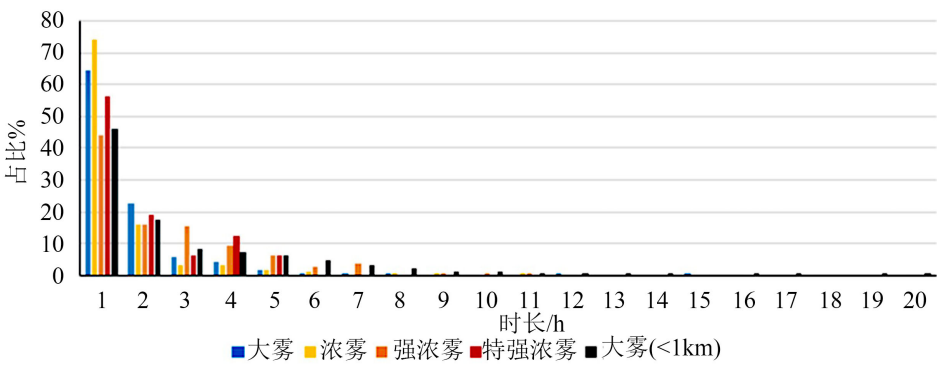


Figure 7. Proportion of duration time of fog

图 7. 大雾持续时长占比

由于气象条件的变化，各等级雾可以相互转换，如大雾可以增强为浓雾，浓雾又可以减弱为大雾，

因此一次大雾天气( $V < 1 \text{ km}$ )可能包含了几种强度的雾, 而大雾( $V < 1 \text{ km}$ )的持续时间往往更长。2017~2022 年大雾( $V < 1 \text{ km}$ )持续时间 $\geq 10 \text{ h}$ 的共发生了 29 次,  $\geq 15 \text{ h}$ 的共发生了 4 次。大雾( $V < 1 \text{ km}$ )最长持续时间达到 20 h, 发生在 2021 年 11 月 2 日 13 时至 3 日 08 时, 其次是 19 h, 发生在 2020 年 12 月 27 日 19 时至 28 日 13 时。

## 6. 结论

本文对青神大雾特征从年际和月际变化、生消时间、持续天数、持续时长等方面进行了研究分析, 得到了以下结论:

1) 青神雾日具有明显的年际变化, 1971~1977 年、2003~2015 年是少雾年, 1978~2002 年、2016~2022 年是多雾年, 少雾年的总大雾日数( $V < 1 \text{ km}$ )在 70 d 以下, 多雾年多大于 100 d。大雾日数( $500 \text{ m} \leq V < 1 \text{ km}$ )与总大雾日的年际变化总体比较一致, 1978~2003、2016~2022 年为大值年, 普遍高于 30 d。浓雾在 1978~1999 年、2016~2022 出现日数较多, 一般大于 20 d。强浓雾的年际变化幅度最小, 1984 年最大, 达到 38 d。特强浓雾在 1980~2000 年出现日数较多, 均大于 20 d。

2) 青神雾日具有明显的月际变化特征, 1 月、12 月各类雾出现概率最高, 特强浓雾在这两个月出现的占比  $> 20\%$ , 浓雾及强浓雾的占比在 15%左右。5、6 月是各类雾出现频次最低的月份, 占比均在 5%以下。

3) 1978~2000 年、2016~2021 年出现持续性广义大雾( $V < 1 \text{ km}$ )的次数较多, 一般在 10 次以上; 持续性大雾( $500 \text{ m} \leq V < 1 \text{ km}$ )主要集中在 1988~2000 年, 年频次一般在 5 次以上, 出现持续性浓雾、强浓雾或特强浓雾的年频次较小, 一般在 3 次以下。大雾( $500 \text{ m} \leq V < 1 \text{ km}$ )持续 3 d 的占比高达 70.3%, 持续 5 d 以上的有 10 次, 最长为 6 d。浓雾和强浓雾持续时间最多达到 5 d, 强浓雾仅有一次超过 5 d。大雾( $V < 1 \text{ km}$ )持续 3 d 的占比为 36.5%, 随着天数的增多其占比迅速减小, 出现 10 d 及以上共有 23 次, 主要发生在秋冬季节。

4) 早上到上午尤其是 05~10 时是各类雾的高发时段, 下午和前半夜雾发生概率很低。00~07 时、00~08 时、04~08 分别是大雾、浓雾、强浓雾生成的高发时段, 特强浓雾主要在 05、07 和 09 时生成, 各类雾 11~20 时生成的占比一般低于 2%。01~10 时、02~11 时、08~11 时分别是大雾、浓雾、强浓雾消散的主要时段, 特强浓雾主要在 06 时、08 时、10~11 时消散。

5) 各类雾出现时长以 1 h 为主, 占比超过 40%, 随着时长的增加占比迅速减小, 持续 6 h 及以上的占比均低于 5%, 且绝大多数低于 1%。特强浓雾最长持续时间为 5 h, 浓雾、强浓雾可以达到 11 h, 大雾可达 15 h, 大雾( $V < 1 \text{ km}$ )最长达到 20 h。

## 资助项目

高原与盆地暴雨旱涝灾害四川省重点实验室科技发展基金项目(SCQXKJYJXMS202205)和眉山市气象局创新发展专项(MSCXFZ202103)共同资助。

## 参考文献

- [1] 王丽萍, 陈少勇, 董安祥. 中国雾区的分布及其季节变化[J]. 地理学报, 2005, 60(4): 689-697.
- [2] 刘小宁, 张洪政, 李庆祥, 等. 我国大雾的气候特征及变化初步解释[J]. 应用气象学, 2005, 16(2): 220-230, 271.
- [3] 孙丹, 朱彬, 杜吴鹏. 我国大陆地区浓雾发生频数的时空分布研究[J]. 热带气象学报, 2008, 24(5): 497-501.
- [4] 孙戩, 马振峰, 牛涛, 等. 最近 40 年中国雾日数和霾日数的气候变化特征[J]. 气候与环境研究, 2013, 18(3): 397-406.
- [5] 牛生杰, 陆春松, 吕晶晶, 等. 近年来中国雾研究进展[J]. 气象科技进展, 2016, 6(2): 6-19.



- [6] 刘新超, 曹锐, 朱克云, 等. 四川高速公路封道强浓雾特征及其成因分析[J]. 气象科技, 2016, 44(1): 111-117.
- [7] 赵玉广, 李江波, 李青春. 华北平原 3 次持续性大雾过程的特征及成因分析[J]. 气象, 2015, 41(4): 427-437.
- [8] 唐信英, 罗磊, 王鸽, 等. 四川省大雾时空分布特征研究[J]. 高原山地气象研究, 2009, 29(3): 60-65.
- [9] 李慧晶, 余芳, 李洪梅, 等. 四川不同等级雾的时空分布及其生消时间[J]. 高原山地气象研究, 2021, 41(2): 88-93.
- [10] 顾清源, 徐会明, 陈朝平, 等. 四川盆地大雾成因剖析[J]. 气象科技, 2006, 34(2): 162-165.