

丹寨县山区雾气候特征及成因分析

潘虹旭^{1*}, 宋永炼², 周智晖³, 皮义均¹, 彭合梅¹, 杨铠泽¹

¹丹寨县气象局, 贵州 丹寨

²镇远县气象局, 贵州 镇远

³从江县气象局, 贵州 从江

收稿日期: 2025年7月28日; 录用日期: 2025年8月27日; 发布日期: 2025年9月4日

摘要

利用2014年至2023年丹寨县国家基本气象站和龙泉山区域自动气象站资料, 分析丹寨县山区雾的气候特征及天气成因。结果表明: (1) 丹寨县山区雾雾日数有逐年增加趋势, 出现雾最多的月份为1、2、3、11月, 峰值出现在3月份, 且雾多生成于夜间, 常伴有降雨现象, 白天最易生成雾的时间为8、9、17、19时, 雾持续时间主要为1、2、3、4、12小时, 频次最多为1小时; (2) 丹寨县山区雾多出现在夜间降温、夜间平均相对湿度在90%以上以及 $1 \leq$ 日平均风速 < 3 m/s的条件下, $0^{\circ}\text{C} <$ 夜间降温幅度 $\leq 3^{\circ}\text{C}$ 、 $1^{\circ}\text{C} \leq$ 气温日较差 $< 9^{\circ}\text{C}$ 的雾日数分别占总雾日数61.6%、86.3%, 平均相对湿度在90%以上的雾日数占总雾日数83.63%, $1 \leq$ 日平均风速 < 3 m/s的雾日数占总雾日数的78.48%; (3) 近地面层逆温对丹寨县山区雾的出现有所影响, 但不是最主要原因, 近地面层逆温对雾的出现影响最大的月份为11月; (4) 丹寨县山区雾的形成与喇叭口地形的地形收缩作用密切相关。

关键词

丹寨县, 山区雾, 气候特征, 成因分析

Climatic Characteristics and Cause Analysis of Mountainous Fog of Danzhai County

Hongxu Pan^{1*}, Yonglian Song², Zhihui Zhou³, Yijun Pi¹, Hemei Peng¹, Kaize Yang¹

¹Danzhai County Meteorological Bureau, Danzhai Guizhou

²Zhenyuan County Meteorological Bureau, Zhenyuan Guizhou

³Congjiang County Meteorological Bureau, Congjiang Guizhou

Received: Jul. 28th, 2025; accepted: Aug. 27th, 2025; published: Sep. 4th, 2025

*通讯作者。

文章引用: 潘虹旭, 宋永炼, 周智晖, 皮义均, 彭合梅, 杨铠泽. 丹寨县山区雾气候特征及成因分析[J]. 气候变化研究快报, 2025, 14(5): 904-912. DOI: 10.12677/ccrl.2025.145090

Abstract

Using data from the Danzhai County National Basic Meteorological Station and the Longquanshan Regional Automatic Meteorological Station during 2014 to 2023, analyze the climatic characteristics and causes of mountainous fog of Danzhai County. The results showed that: (1) The number of foggy days in the mountainous areas of Danzhai County has been increasing year by year. The months with the most fog are January, February, March, and November, with the peak appearing in March. Fog is mostly generated at night, often accompanied by rainfall. The time when fog is most easily generated during the day is 8, 9, 17, and 19 o'clock, and the duration of fog is mainly 1, 2, 3, 4, and 12 hours, with a maximum frequency of 1 hour. (2) Mountainous fog often occurs of Danzhai County under conditions of nighttime cooling, average relative humidity above 90% at night, and $1 \leq$ daily average wind speed < 3 m/s. The number of foggy days with $0^\circ\text{C} \leq$ nighttime cooling amplitude $\leq 3^\circ\text{C}$ and $1^\circ\text{C} \leq$ daily temperature difference $< 9^\circ\text{C}$ accounts for 61.6% and 86.3% of the total foggy days, respectively. The number of foggy days with average relative humidity above 90% accounts for 83.63% of the total foggy days, and the number of foggy days with $1 \leq$ daily average wind speed < 3 m/s accounts for 78.48% of the total foggy days. (3) The inversion of the near surface layer has an impact on the occurrence of mountainous fog of Danzhai County, but it is not the main reason. The month with the greatest impact of near surface layer inversion on fog occurrence is November. (4) The formation of mountainous fog of Danzhai County is closely related to the terrain contraction effect of the horn shaped terrain.

Keywords

Danzhai County, Mountainous Fog, Climatic Characteristics, Cause Analysis

Copyright © 2025 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

雾是一种常见的低能见度天气现象，也是山区常发的天气现象，且具有偶发性和局部性的特征[1]，对交通、电力、通信等领域有严重危害，同时雾滴容易吸附有毒气体、颗粒物、细菌等，人体吸入后会损害身体健康。王丽萍等[2]指出中国主要有6个雾区：天山及新疆北部、甘肃东部-陕西一带、云南贵州一带、淮河流域、长江中游、东南沿海地区。此外，不少学者也对雾的成因进行了分析，毛冬艳等[3]统计了华北地区雾发生时气象要素的变化，发现雾的形成与地面水平风速、相对湿度、温度露点差、地面气温以及大气层结状态等气象要素显著相关。苟杨[4]等对黔南州辐射雾和雨雾的时空分布特征进行了统计分析，指出黔南州辐射雾主要在夏末至秋冬季，雨雾主要在冬季至初春。曾妮[5]等对安顺市大雾天气的气候特征进行了分析。

丹寨县因雨雾天气较多，素有“云上丹寨”之称。地处贵州省东南部，雷公山西南麓，境内地势东北高，西南低，山地面积占总面积76%，属亚热带季风湿润气候区。由于地处低纬山区，地势高低相差悬殊，天气气候特点在垂直方向上差异较大，立体气候明显，有利于雾的形成和发展。随着近年来高速公路建设的发展，雾的影响日益突出，成为一种常见的灾害性天气，它虽然不像暴雨、冰雹等直接导致人员伤亡和财产损失，但它是交通事故、电力安全以及疾病爆发的诱因[6]。山区雾不仅严重影响山区交通安全，而且给人民生活 and 身体健康带来影响，是一种灾害性天气现象，分析丹寨县山区雾的气候特征及

天气成因,具有重要的科学意义和社会价值,可以为山区雾的精细化预报预警和影响评估提供参考。

2. 资料与方法

2.1. 站点选取

丹寨站为国家基本气象观测站,龙泉山站为区域自动气象站。丹寨站位于龙泉山山下平地区,海拔 962.9 米,龙泉山站位于山上,海拔 1360 米。

2.2. 资料说明

由于龙泉山站建站时间较晚,资料时间长度不够。利用 2014~2023 年丹寨站资料和 2015 年 11 月~2023 年龙泉山站资料,对比分析丹寨县山区雾的气候特征与形成机理。以丹寨站为代表站,选取 2014~2023 年的 660 个山区雾雾日进行地面气象要素的统计分析,在分析山地地形对雾的影响作用时,采用了龙泉山区域自动气象站的探测资料。

以能见度 $< 1 \text{ km}$ 作为雾的判别标准[7]。当测站在一个观测日内(当日 20 时至次日 20 时)的水平能见度满足该标准,则认为该测站所代表的区域当日出现雾,记为 1 个雾日。

3. 山区雾的气候变化特征

3.1. 雾日数年变化特征

统计 2014 年至 2023 年丹寨县雾日日数的逐年变化。由图 1 可以看出,年雾日数有逐年增加趋势。近 10 年每年平均出现雾 66 d,每年出现雾的日数均在 36 d 以上,雾日最多的年份与最少的年份相差 81 d,2019 年最多,达到 117 d,2017、2018 年最少,为 36 d。

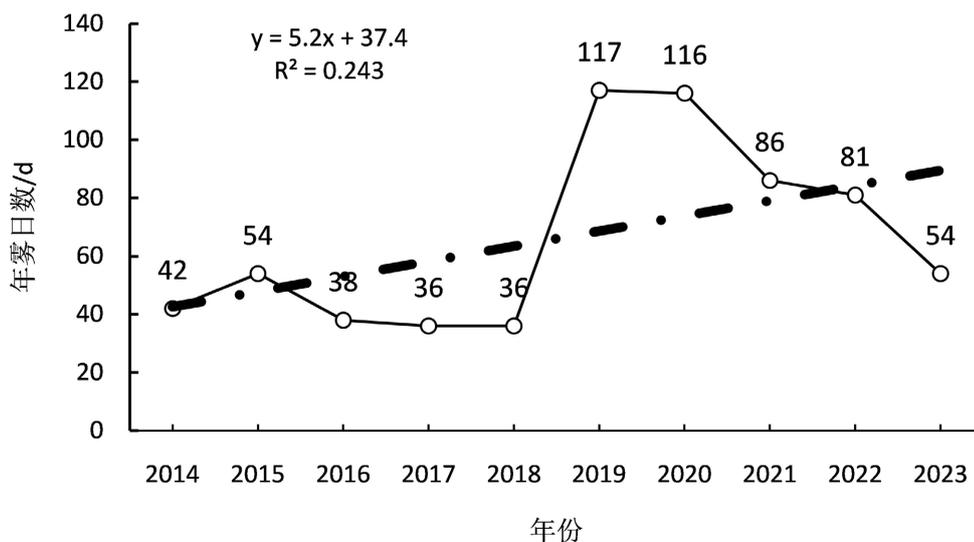


Figure 1. The yearly variation of foggy days in Danzhai County from 2014 to 2023

图 1. 2014~2023 年丹寨县年雾日数年变化

3.2. 雾日数月变化特征

从图 2 可以看出,丹寨县全年均可能出现雾,其中出现雾最多的月份为 1、2、3、11 月,月平均雾日数明显大于其他月份,峰值出现在 3 月份,为 9.6 d,最小值出现在 9 月,为 2.5 d,相差 7.1 d。

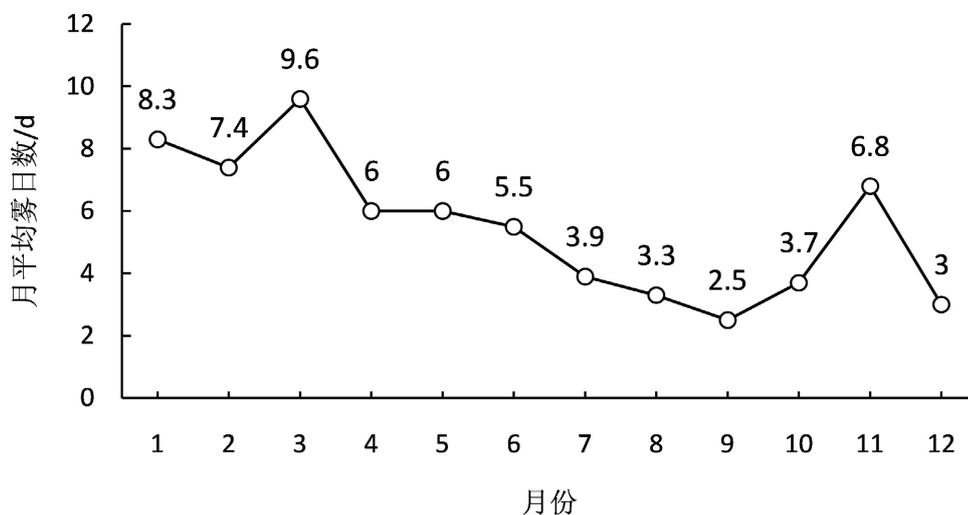


Figure 2. The variation of monthly mean foggy days in Danzhai County from 2014 to 2023

图 2. 2014~2023 年丹寨县月平均雾日数月变化

3.3. 雾日数日变化特征

以小时为时间单位来分析雾的日变化特征，从表 1 不同时间雾的生成频次以及是否有降雨的频次来看，丹寨县的雾生成于夜间的频次达 549 次，占生成总次数的 83.1%，其中夜间有降雨的情况占 48.1%，夜间、白天均有降雨的情况占 35.9%。

Table 1. The frequency of fog generation at different times and the frequency of rainfall

表 1. 不同时间雾的生成频次以及是否有降雨的频次

生成时间/h	次数/次	百分比%	夜间有雨次数/次	百分比%	白天有雨次数/次	百分比%	夜间、白天均有雨次数/次	百分比%
夜间	549	83.2	264	48.1	5	0.9	197	35.9
8	18	2.7	3	16.7	0	0.0	11	61.1
9	18	2.7	2	11.1	2	11.1	2	11.1
10	9	1.4	0	0.0	1	11.1	2	22.2
11	4	0.6	0	0.0	1	25.0	2	50.0
12	5	0.8	1	20.0	1	20.0	0	0.0
13	2	0.3	0	0.0	1	50.0	0	0.0
14	5	0.8	0	0.0	0	0.0	0	0.0
15	4	0.6	0	0.0	2	50.0	0	0.0
16	7	1.1	1	14.3	1	14.3	0	0.0
17	16	2.4	2	12.5	1	6.3	0	0.0
18	8	1.2	2	25.0	1	12.5	0	0.0
19	15	2.3	0	0.0	3	20.0	0	0.0

统计生成于白天的雾的生成时间出现频次，由此得出丹寨县白天雾的生成时间频次图(图 3)，由图 3 可以看出，白天最易生成雾的时间为 8、9、17、19 时，其中除 8 时夜间、白天均有降雨的情况占 61.1% 以外，其余时次雾生成时有降雨的情况均不大于 20%。由此可见，丹寨县的雾多生成于夜间，且出现雾时

常伴有降雨现象，而白天最易生成雾的时间为 8、9、17、19 时，且在白天生成的雾伴有降雨的情况不多。

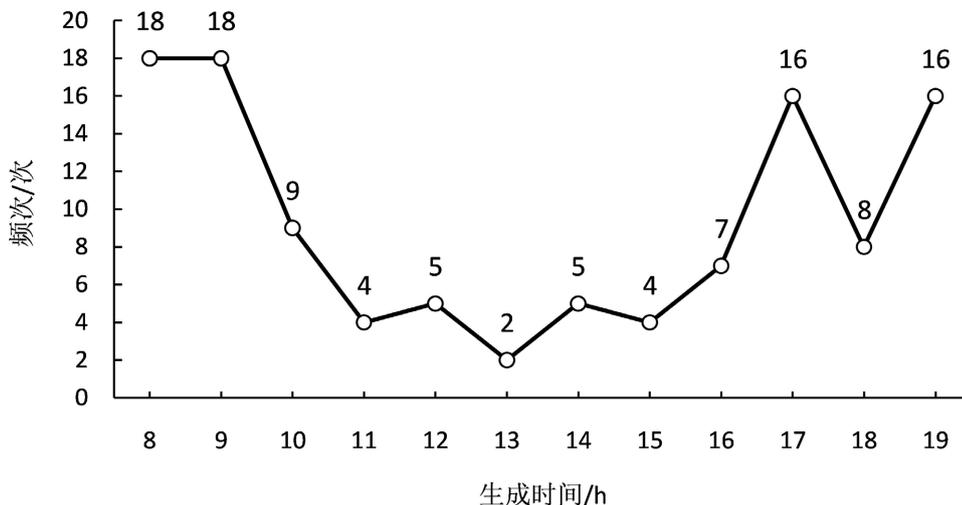


Figure 3. The generation time frequency of daytime fog in Danzhai County
图 3. 丹寨县白天雾的生成时间频次

统计生成于夜间、白天的雾分别在白天的持续时间，由此得出丹寨县雾的持续时间频次图(图 4)，由图 4 可以看出，生成于夜间的雾在白天的持续时间主要为 1、2、3、4、12 小时，最多为 1 小时，频次达 84 次，生成于白天的雾持续时间主要为 1、2、3 小时，最多为 1 小时，频次达 40 次。

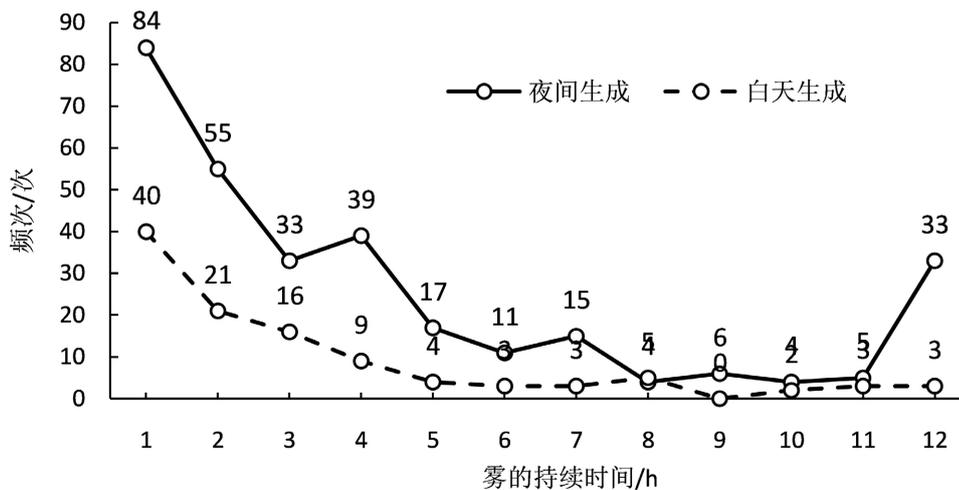


Figure 4. Duration frequency of fog in Danzhai County
图 4. 丹寨县雾的持续时间频次

4. 山区雾的成因分析

4.1. 气温特征

气温的变化在一定程度上反映了近地层辐射冷却的程度，对雾的形成和维持具有重要的作用[8]，利用夜间降温即前一日 20 时与当日 08 时气温差值 $\Delta T_0 = T_{020} - T_{08}$ (表 2)和气温日较差即当日最高气温与最低气温差值 $\Delta T_m = T_{max} - T_{min}$ (表 3)来表征近地面辐射冷却的程度。

Table 2. The relationship between nighttime cooling and the number of fog days**表 2.** 夜间降温与雾日数的关系

降温幅度/ $^{\circ}\text{C}$	$\Delta T_0 \leq 0$	$0 < \Delta T_0 \leq 1$	$1 < \Delta T_0 \leq 2$	$2 < \Delta T_0 \leq 3$	$3 < \Delta T_0 \leq 4$	$4 < \Delta T_0 \leq 5$	$\Delta T_0 > 5$
雾日数/d	126	163	154	90	52	35	40
百分比/%	19.1	24.7	23.3	13.6	7.9	5.3	6.1

Table 3. The relationship between diurnal temperature range and the number of fog days**表 3.** 气温日较差与雾日数的关系

差值/ $^{\circ}\text{C}$	$1 \leq \Delta T_m < 3$	$3 \leq \Delta T_m < 5$	$5 \leq \Delta T_m < 7$	$7 \leq \Delta T_m < 9$	$9 \leq \Delta T_m < 11$	$11 \leq \Delta T_m < 13$	$13 \leq \Delta T_m$
雾日数/d	162	191	118	98	55	26	10
百分比/%	24.6	28.9	17.9	14.9	8.3	3.9	1.5

表 2 说明, 丹寨县雾日存在夜间升温与降温两种情况, 其中夜间降温雾日占总雾日数的 80.9%, 降温幅度为 $0 < \Delta T_0 \leq 3^{\circ}\text{C}$ 的雾日出现频次最高, 占总雾日数的 61.6%。表 3 说明, 丹寨县气温日较差为 $1 \leq \Delta T_m < 9^{\circ}\text{C}$ 的雾日出现频次最高, 占总雾日数的 86.3%。

4.2. 水汽特征

湿度是形成雾的必要条件之一, 因为雾是近地层水汽凝结而成的, 近地面层湿度越大, 越有利于雾的形成[8]。利用雾日前一日 20 时至当日 08 时平均相对湿度表征近地层水汽状况。

Table 4. Relationship between mean relative humidity from 20:00 to 08:00 and the number of fog days**表 4.** 前一日 20 时至当日 08 时平均相对湿度与雾日数的关系

取值/ $^{\circ}\text{C}$	$R_h < 80$	$80 \leq R_h < 85$	$85 \leq R_h < 90$	$90 \leq R_h < 95$	$95 \leq R_h \leq 100$
雾日数/d	20	30	58	128	424
百分比/%	3.03	4.55	8.79	19.39	64.24

从表 4 可以看出, 前一日 20 时至当日 08 时平均相对湿度在 95% 以上的雾日数占总雾日数 64.24%, 平均相对湿度在 90% 以上的雾日数占总雾日数 83.63%, 而前一日 20 时至当日 08 时平均相对湿度小于 80% 的雾日数仅占总雾日数的 3.03%。

4.3. 风特征

风速对雾的形成影响非常大, 风力太强会导致空气中湍流很强, 对雾的形成有负面影响; 风力太弱又缺乏足够的能量将空气下层的水汽运送至中高层, 不利于形成足够厚度的雾, 只能形成浅雾或者露、霜; 而合适风力强度既能保证空气中水汽的运送, 又不至于使湍流太强, 从而有助于雾的生成[1]。

Table 5. Relationship between daily mean wind speed and the number of fog days**表 5.** 日平均风速与雾日数的关系

取值/ $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$	$F < 1$	$1 \leq F < 2$	$2 \leq F < 3$	$3 \leq F < 4$	$4 \leq F < 5$	$5 \leq F$
雾日数/d	18	232	286	81	29	14
百分比/%	2.73	35.15	43.33	12.27	4.40	2.12

从表 5 可以看出, 雾日多出现在日平均风速 $1 \leq F < 3 \text{ m/s}$ 的条件下, 占总雾日数的 78.48%, 当日平均风速 $2 \leq F < 3 \text{ m/s}$ 频率最高, 达 43.33%。其次雾日数多出现在日平均风速为 $3 \leq F < 4 \text{ m/s}$ 的条件下,

占总雾日数 12.27%，当日平均风速 < 1 m/s 时，雾出现的频率仅为 2.73%，当日平均风速 ≥ 4 m/s 时，雾出现的频率仅为 6.52%。

4.4. 层结特征

近地面逆温层有利于水汽和尘埃杂质的聚集，对雾的形成和维持起着重要作用[8]。本文以 08 时 $\Delta T = T_{\text{龙泉山站}} - T_{\text{丹寨站}}$ 为判定近地面逆温层的一个指标，当 $\Delta T \geq 0$ 时，说明近地面层有逆温层存在。因龙泉山站建站较晚，只有 2015 年 11 月之后的气温数据。

Table 6. Relationship between inversion near surface layer and the number of fog days

表 6. 近地面层逆温情况与雾日数的关系

逆温差/℃	$\Delta T < 0$	$0 \leq \Delta T < 2$	$2 \leq \Delta T < 4$	$4 \leq \Delta T$
雾日数/d	330	137	29	20
百分比/%	63.95	26.55	5.62	3.88
逆温程度	无逆温	较明显逆温	明显逆温	强逆温

从表 6 近地面层逆温情况与雾日数的关系可表明，丹寨县的雾日多出现在近地面层无逆温的情况下，仅 36.05% 的雾日有近地面逆温层存在，说明丹寨县近地面层逆温对雾的出现有所影响，但不是最主要原因。从丹寨县各月雾日出现近地面层逆温频次图(图 5)和表 7 近地面层逆温情况与各月雾日数的关系可看出，丹寨县近地面层逆温对雾的出现影响最大的月份为 11 月，11 月雾日出现近地面层逆温的情况最多，达 39d，占 11 月雾日总数的 61.9%，其次在 5 月、8 月、10 月对雾的出现影响也较大，分别占各月雾日总数 45.83%、48.28%、53.85%。

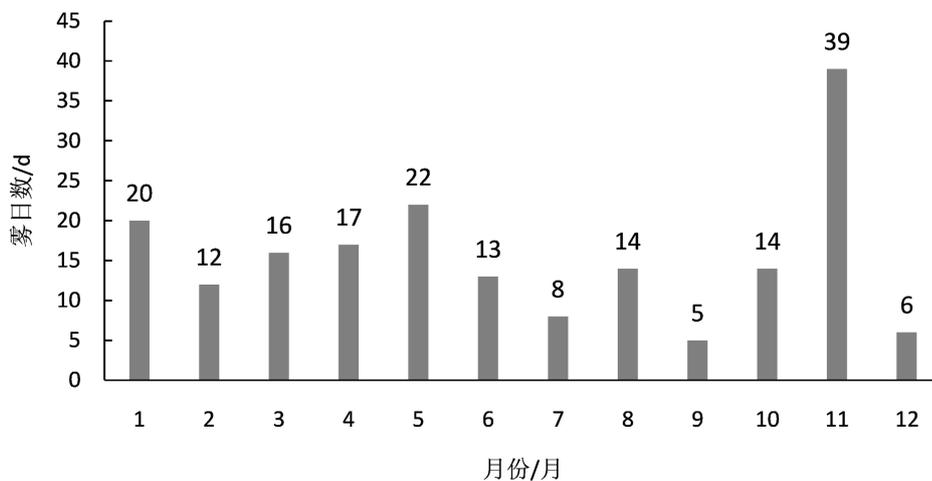


Figure 5. The frequency of near-ground temperature inversion occurred on foggy days in Danzhai County

图 5. 丹寨县各月雾日出现近地面层逆温频次

Table 7. Relationship between inversion near surface layer and the number of fog days in each month

表 7. 近地面层逆温情况与各月雾日数的关系

月份/月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
雾日数/d	55	40	68	49	48	50	38	29	23	26	63	27
出现逆温雾日数/d	20	12	16	17	22	13	8	14	5	14	39	6
百分比/%	36.36	30.00	23.53	34.69	45.83	26.00	21.05	48.28	21.74	53.85	61.90	22.22

5. 地形对雾形成的作用

喇叭口地形是指三面环山一面开口的谷地，当气流朝喇叭口内流进时，地形的收缩会引起辐合上升运动，从而有利于喇叭口内湿度条件的改变[9]。丹寨县位于苗岭山脉主峰雷公山西南侧，该地区多为 1000 m 以上的高山，偏南暖湿气流北上受地形强迫抬升影响，加上雷公山南侧多开口朝偏南方向的喇叭口地形和东南方向的河谷叠加影响，偏南气流进入喇叭口地形收缩，辐合增强，受到上升运动的作用，水汽辐合形成堆积，在喇叭口底部区域达到饱和，形成雾。

选取 2018 年秋冬季 2 个无伴随降水、风向为偏北风、风速 $2 \leq F < 3 \text{ m/s}$ 的雾天气过程，2023 年秋冬季 2 个先起雾后降水、风向为偏北风、风速 $2 \leq F < 3 \text{ m/s}$ 的雾天气过程，取丹寨该日 24 小时的相对湿度变化，分析喇叭口内相对湿度变化情况(图 6)，2023 年 2 月 17 日的起雾时间为 9 时，2023 年 11 月 7 日的起雾时间为 16 时，2018 年 11 月 23 日和 27 日的起雾时间均为 8 时。可以看出在雾形成前有相对湿度突变的过程，在起雾前 8 小时，相对湿度均不到 80%，未饱和的湿空气进入喇叭口后，由于地形收缩作用，辐合增强，受到上升运动的作用，水汽辐合形成堆积，相对湿度逐渐增大，越接近喇叭口底部，湿度增加的幅度越大，当相对湿度达 95%左右时，便开始形成雾。

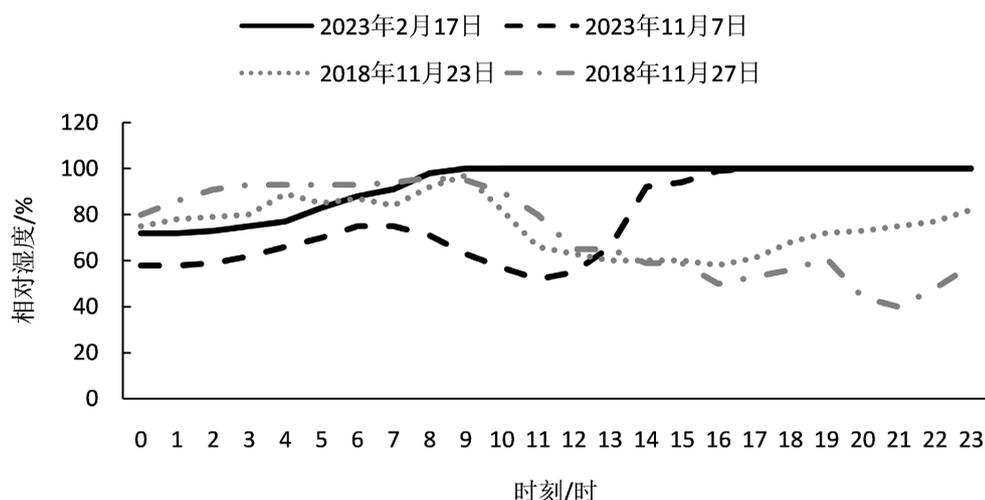


Figure 6. Changes in relative humidity before and after fogging in Danzhai County
图 6. 丹寨县成雾前后相对湿度变化

6. 结论与讨论

(1) 丹寨县山区雾日数有逐年增加趋势。近 10 年每年平均出现雾 66 d，每年出现雾的日数均在 36 d 以上。出现雾最多的月份为 1、2、3、11 月，峰值出现在 3 月份，为 9.6 d。

(2) 丹寨县山区雾多生成于夜间，出现雾时常伴有降雨现象，白天最易生成雾的时间为 8、9、17、19 时，且在白天生成的雾伴有降雨的情况不多。而生成于夜间的雾在白天的持续时间主要为 1、2、3、4、12 小时，生成于白天的雾持续时间主要为 1、2、3 小时，频次最多均为 1 小时。

(3) 丹寨县山区雾多出现在夜间降温、夜间平均相对湿度在 90%以上以及 $1 \leq \text{日平均风速} < 3 \text{ m/s}$ 的条件下。据统计， $0^\circ\text{C} < \text{夜间降温幅度} \leq 3^\circ\text{C}$ 、 $1^\circ\text{C} \leq \text{气温日较差} < 9^\circ\text{C}$ 的雾日出现频次最高，分别占总雾日数 61.6%、86.3%，平均相对湿度在 90%以上的雾日数占总雾日数 83.63%， $1 \leq \text{日平均风速} < 3 \text{ m/s}$ 的雾日数占总雾日数的 78.48%。

(4) 近地面层逆温对丹寨县山区雾的出现有所影响，但不是最主要原因，近地面层逆温对雾的出现影

响最大的月份为 11 月, 出现近地面层逆温的雾日数占 11 月雾日总数的 61.9%。

(5) 丹寨县山区雾的形成与喇叭口的特殊地形密切相关, 未饱和的湿空气进入喇叭口后, 由于地形收缩作用, 辐合增强, 受到上升运动的作用, 水汽辐合形成堆积, 相对湿度逐渐增大, 越接近喇叭口底部, 湿度增加的幅度越大, 当相对湿度达 95%左右时, 便开始形成雾。

(6) 由于龙泉山区域自动站时间序列较短, 统计的近地面层逆温仅反映近 9a 的变化情况。且山区雾存在很强的局地性, 受观测站点的布局和观测手段的局限, 地形对雾的影响作用, 还有待于观测站网密集度的提高和长时间的资料积累, 来进一步论证。

参考文献

- [1] 任照环, 许伟, 余蜀豫等. 重庆南川区雾气候特征及天气成因分析[J]. 成都信息工程大学学报, 2021, 36(2): 223-229.
- [2] 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(4): 689-697.
- [3] 毛冬艳, 杨贵名. 华北平原雾发生的气象条件[J]. 气象, 2006(1): 78-83.
- [4] 苟杨, 周智晖, 廖波等. 近 30a 黔南地区辐射雾和雨雾时空分布特征[J]. 中低纬山地气象, 2023, 47(3): 73-79.
- [5] 曾妮, 方鹏, 蒙军等. 1981-2020 年安顺市大雾天气的气候特征分析[J]. 中低纬山地气象, 2023, 47(1): 70-74.
- [6] 陈娟, 罗宇翔, 郑小波. 近 50a 贵州雾的时空分布及变化[J]. 高原山地气象研究, 2013, 33(2): 46-50.
- [7] 邬平生. 气象学[M]. 北京: 农业出版社, 1979: 179.
- [8] 汪学军. 安徽九华山山区雾的气候特征与形成机理[J]. 干旱气象, 2012, 30(3): 374-379.
- [9] 刘引鸽. 地形对对流天气和暴雨的作用[J]. 宝鸡文理学院学报(自然科学版), 1995, 33(3): 68-70, 74.