

# 成山头近海大雾特征分析

钱恒臣<sup>1</sup>, 钱池<sup>2</sup>

<sup>1</sup>威海市气象台成山头气象站, 山东 威海

<sup>2</sup>威海市文登区气象局, 山东 威海

收稿日期: 2024年4月15日; 录用日期: 2024年5月13日; 发布日期: 2024年5月20日

## 摘要

通过2005年~2007年3年地面、探空资料对成山头大雾天气进行分析。结果表明, 成山头大雾有明显的日、月、季变化, 大雾多发生在03~09时, 季节分布不均, 夏季大雾多发; 发生大雾时风力不大, 3~8月多为偏南风流场, 高空风向随着高度升高逐渐向偏西风流场变动; 大雾强度与逆温层的厚度和逆温强度相关, 逆温层越厚, 逆温强度越强, 能见度越低。

## 关键词

大雾, 逆温, 风向

# Analysis of the Characteristics of Heavy Fog in the Coastal Area of Chengshantou

Hengchen Qian<sup>1</sup>, Chi Qian<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Chengshantou Meteorological Station of Weihai Meteorological Station, Weihai Shandong

<sup>2</sup>Weihai Wendeng District Meteorological Bureau, Weihai Shandong

Received: Apr. 15<sup>th</sup>, 2024; accepted: May 13<sup>th</sup>, 2024; published: May 20<sup>th</sup>, 2024

## Abstract

Analyze the heavy fog weather in Chengshantou through ground and sounding data from 2005 to 2007. The results show that there are obvious daily, monthly, and seasonal changes in the heavy fog at Chengshantou, with heavy fog occurring mostly from 03 o'clock to 09 o'clock, with uneven seasonal distribution and frequent occurrence in summer; when heavy fog occurs, the wind force is not strong, and from March to August, it is mostly a southerly wind field. The high-altitude wind direction gradually changes towards the westerly wind field as the altitude increases; the intensity

文章引用: 钱恒臣, 钱池. 成山头近海大雾特征分析[J]. 气候变化研究快报, 2024, 13(3): 574-581.

DOI: 10.12677/ccrl.2024.133064

of heavy fog is related to the thickness and intensity of the inversion layer. The thicker the inversion layer, the stronger the inversion intensity, and the lower the visibility.

## Keywords

Fog, Temperature Inversion, Wind Direction

Copyright © 2024 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

雾是悬浮于近地面空气中的大量微小水滴或冰晶,常呈乳白色,是水平能见度小于 1000 m 的灾害性天气现象。成山头位于山东半岛最东端,是胶东半岛最早看见海上日出的地方,被誉为“亚细亚-太阳启升的地方”,是国家 AAAA 级旅游区,其地理位置独特,三面临海,属于北温带季风型大陆性气候,四季变化和季风进退都较明显。受海洋的调节作用,表现出春冷、夏凉、秋暖、冬温的气候特点,昼夜温差小、大风多、湿度大、大雾多。据资料统计,成山头年平均大雾日数为 87.5 天,最多为 119 天,其中七月最多雾日达 29 天,大雾成为当地主要灾害性天气之一。而成山头是黄、渤海海上交通必经之路,素有东方好望角之称,受大雾天气影响成山头附近海域时有船只碰撞事故发生,更对当地海上作业、农业生产、交通运输以及人们日常生活等带来影响。提高对成山头大雾天气预报的及时准确率对人民的生产生活具有积极意义。

## 2. 资料与方法

山东半岛最东端的成山镇三面环海,东西狭长,向东伸入黄海十四、五公里,南北最宽处仅 5 公里,而成山头气象站正位于成山角的最尖端,所以成山头站的气象数据基本可代表海上气候特征。成山头站为国家基准气候站,观测资料全面,还是山东省三个探空之一,每天 07 时 15 分(08 时)、19 时 15 分(20 时)(北京时)进行两次探测,这为地面观测数据与垂直观测数据结合分析大雾天气提供了方便。成山头高空气象探测系统为“59-701”探空系统,可自地面至高空 30 公里进行连续探测,计算输出高空温度、气压、湿度、风向、风速等气象要素,可查算探测区间内任意高度的气象要素。因雾是发生在近地面层的空气凝结现象,根据《地面气象观测规范》规定北京时 20:00~次日 20:00 为一个观测日,本文将 2005~2007 年 3a 成山头气象站大雾观测数据和 2005~2007 年 3a 探空观测时地面风向、风速、近地面层逆温层高度、厚度以及地面至海拔 1500 米每隔 100 米层的风向、风速进行了查算统计,分析成山头大雾逐月、逐日(20 时~20 时)变化规律以及大雾日逆温和风的特征。

## 3. 成山头大雾逐气候变化规律分析

根据雾形成的天气条件,成山头的大雾多为平流雾,即暖空气移动到冷的下垫面上而形成的雾。一是暖季大陆上的暖气团移动到较冷的海面上而形成,二是空气由暖海面移动到冷海面时形成的雾。多发生在春末夏初[1]。

### 3.1. 日变化规律

经对成山头站 2005~2007 年 3 年各时间段内雾观测记录统计分析,由图 1 可知,03 时~09 时为大雾

出现高频率时间, 09 时以后大雾出现频率逐渐减少, 在 12 时~15 时出现低谷, 15 时以后大雾出现频率逐渐增加。海雾由于其下垫面热性质的稳定性, 其日变化较陆地雾要小, 甚至终日不散[2]。但, 黄海海雾主要是平流冷却雾[2], 暖空气团移动到冷的下垫面, 气温下降使空气达到饱和状态, 大气中的水分凝结成为小水滴或冰晶, 形成雾。由于夜间地面辐射冷却作用, 使得近地大气层结趋于稳定, 更加有利于雾的形成。9 点以后气温升高, 大气水汽饱和值增大, 不利于大雾的形成。

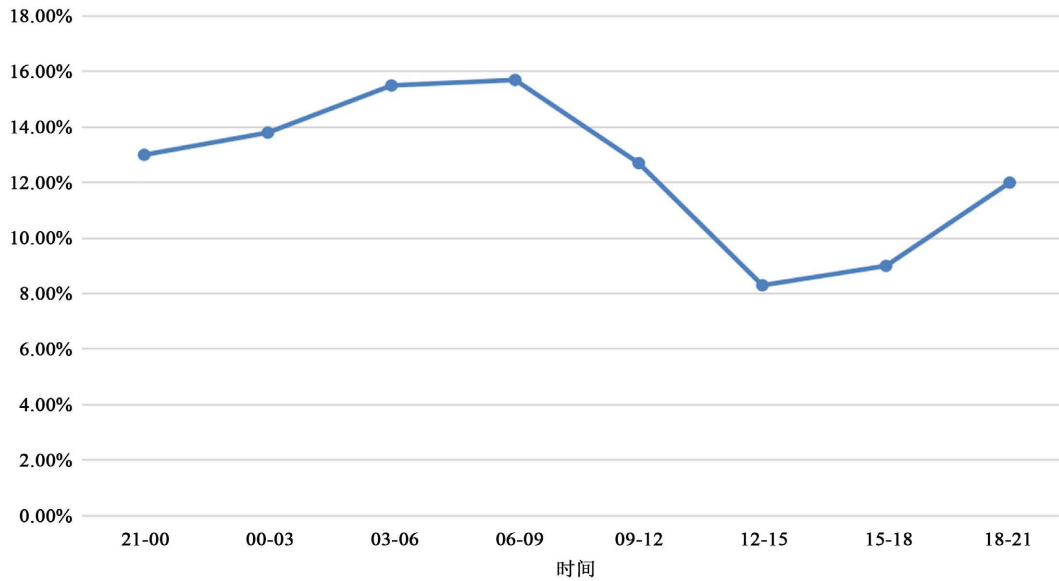


Figure 1. Daily occurrence time scale map of heavy fog  
图 1. 大雾逐日出现时间比例图

### 3.2. 月际变化

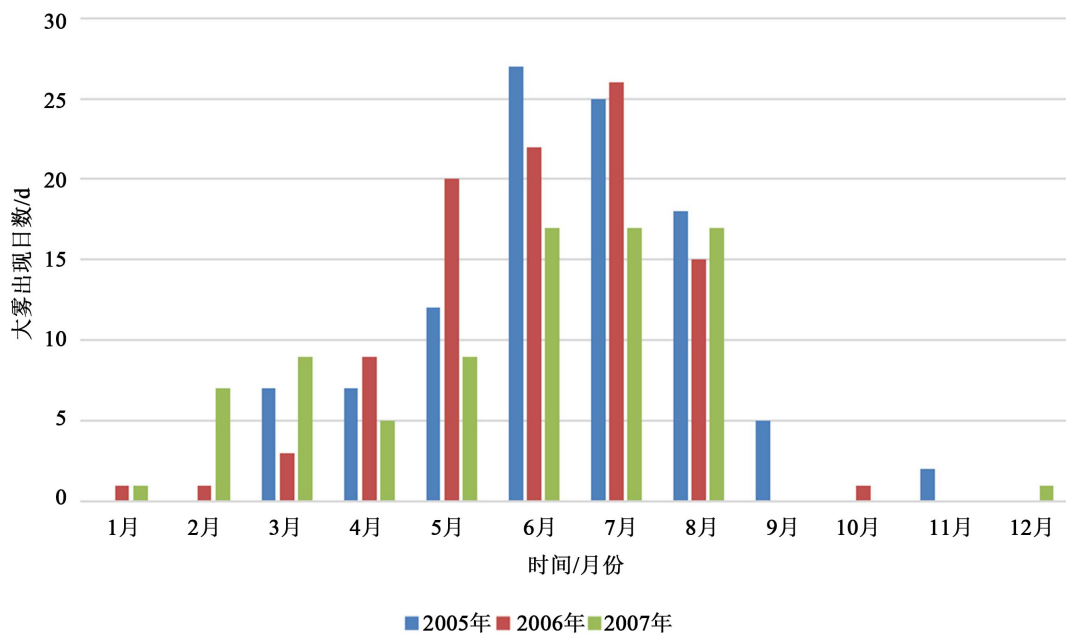


Figure 2. Monthly distribution map of heavy fog days from 2005 to 2007  
图 2. 2005~2007 年每月大雾日数分布图

由图 2 可知, 成山头大雾月际变化明显, 主要集中在 3 月~8 月, 1~2 月、9~12 月大雾出现频率较少, 7 月为成山头大雾出现最频繁月。形成雾的基本条件是, 近地面层空气中的水汽充沛, 有使水汽凝结的冷却过程, 有凝结核存在。水汽压大于其饱和水汽压, 才能使气层中的水汽凝结或凝华[1]。3 月~8 月成山头多为高湿天气, 地形条件优越, 三面环海, 近海面水汽充沛, 水面与空气温差大, 这些都容易引发大雾的形成。

### 3.3. 季节变化

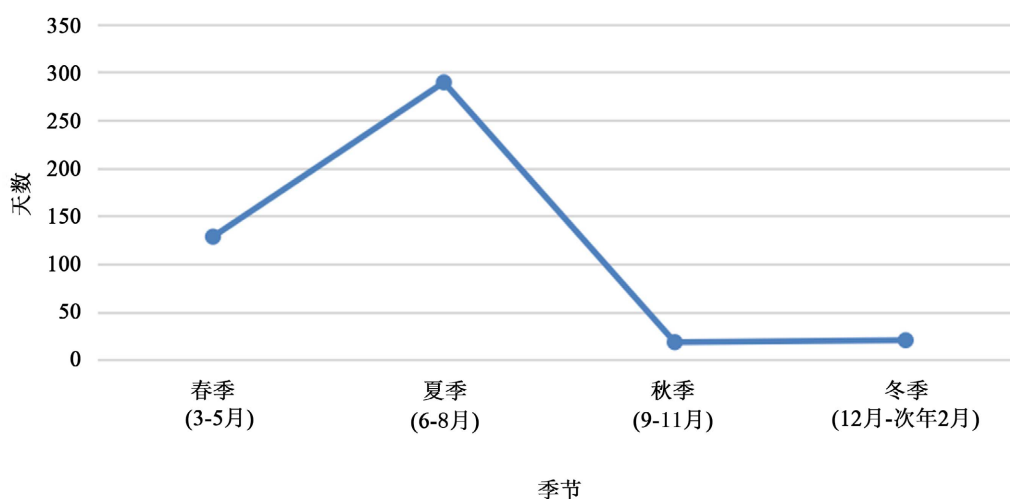


Figure 3. The seasonal variation of heavy fog in Chengshantou from 2005 to 2009

图 3. 2005 年~2009 年成山头大雾季变化规律

大雾出现存在一定的季节变化规律, 由图 3 可知, 成山头大雾多出现在夏季, 春季次之, 秋冬两季大雾较少。成山头大雾多出现在盛行偏南季风的夏季, 以平流雾为主。

## 4. 大雾与风向风速的关系

### 4.1. 3~8 月大雾日盛行风统计分析

Table 1. The maximum wind direction at ground and altitude of 500~1500 m on foggy days from March to August

表 1. 3~8 月大雾日地面及高空 500~1500 m 最多风向

月份	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月
大雾日数	6.3	7.0	13.7	22.0	22.7	16.7
地面最多风向	NNW	SSW	SSW	SSW	SSW	SSW
500 m 最多风向	NNW	SSW	SSW	S	SSW	SSW
600 m 最多风向	NNW	WSW	SSW	S	SSW	SSW
700 m 最多风向	NW	WSW	SSW	S	SSW	SW
800 m 最多风向	NW	WSW	SW	S	SSW	SW
900 m 最多风向	NW	SW	SSW	SW	SSW	SW
1000 m 最多风向	NNW	SW	SW	SW	SW	SW
1100 m 最多风向	WNW	WNW	SW	WSW	SW	SW

续表

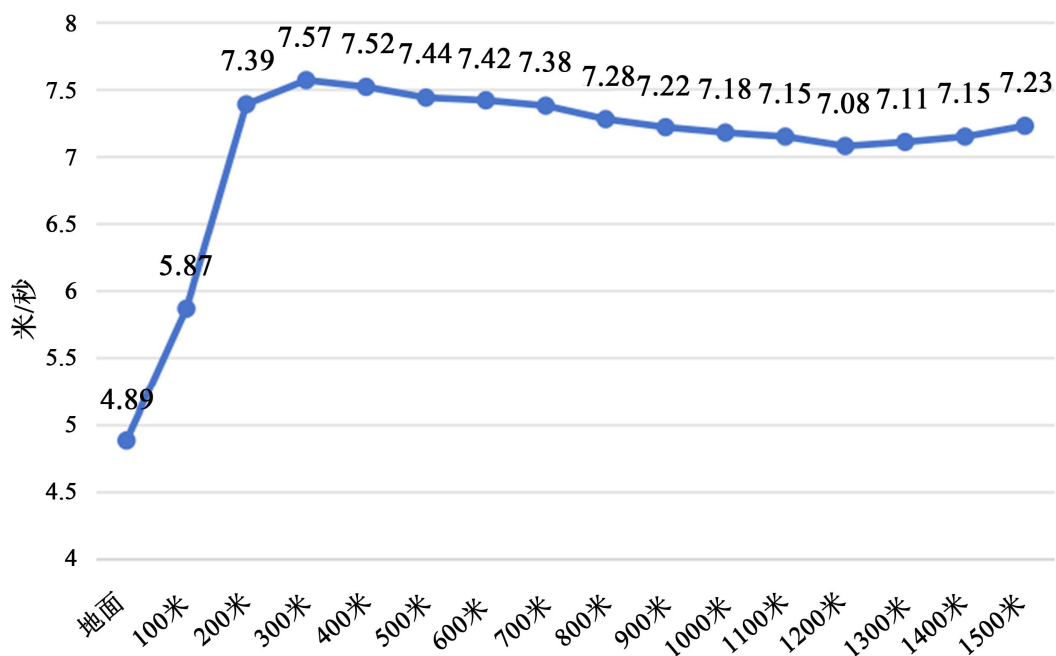
1200 m 最多风向	WNW	WSW	SW	SSW	SW	WSW
1300 m 最多风向	NNW	WSW	SW	SSW	SW	WSW
1400 m 最多风向	NNW	WSW	SW	SSW	SW	WSW
1500 m 最多风向	WNW	WSW	SW	SSW	SW	WSW

由于春夏两季成山头大雾出现频率高, 具有一定的代表性, 统计 3 年来 3~8 月逐月成山头大雾日的地面——海拔 1500 米每间隔 100 米层的最多风向。统计结果显示, 成山头大雾日地面风向多为偏南风流场, 高空风风向会随着高度的升高逐渐向偏西风流场变动, 如表 1。

#### 4.2. 风速与大雾的关系

**Table 2.** The mean surface wind speed of heavy fog from January to December  
**表 2.** 1~12 月大雾天气地面平均风速表

月份	地面平均风速 (米/秒)	月份	地面平均风速 (米/秒)
1 月	6.5	7 月	4.7
2 月	6.1	8 月	4.5
3 月	4.4	9 月	6.1
4 月	6.7	10 月	4.3
5 月	6.1	11 月	4.8
6 月	5.5	12 月	5.0



**Figure 4.** Heavy foggy weather from June to August from the ground to 1500 m altitude wind speed changes  
**图 4.** 6~8 月大雾天气地面 1500 米高空风速变化

对3年内高空观测(每天07时至08时、19时至20时,两个时段)仍存在大雾天气地面风速进行统计计算,研究中发现,发生大雾时地面风力不大,均在4级风以下(表2);对3年内6~8月当高空观测(每天07时至08时、19时至20时,两个时段)仍存在大雾天气时地面至海拔1500米(间隔100米/每层)进行统计计算,发现低空大气风速多呈现:前期地面到300米高空,风速随高度升高快速增大,后期风速先略微减小后增大的趋势,但风力变化不明显(图4)。

研究朝连岛雾季各月有雾时的水温和气温关系得出:雾季各月,85%~90%的雾是出现在气温高于水温的条件下,其中60%的雾出现时气温高于水温 $0^{\circ}\text{C}\sim 2^{\circ}\text{C}$ ,过大或过小都不利于海雾的形成[3]。有研究表明6、7月两月北方海域海面温度较低,北方海域海温南北梯度大[4],成山头西南、南部海域海面温度明显偏高,根据资料统计(如表1)该时段成山头近地层盛行偏南风,水汽输送充沛,气温与海面温差大,易引发平流雾的形成。而成山头处于成山山脉最东端,成山山脉成东西走向,对低层偏南气流起到阻挡作用,更容易使暖湿气团在此聚集。

## 5. 逆温与大雾的关系

根据数据统计发现,大雾生成时存在逆温的有89%,近地面逆温层高度多处于950 hpa~1000 hpa之间,风向多处于南风-西北风-东北风之间,风力不大。逆温层的厚度和强度与大雾强度也呈现一定的规律。

### 5.1. 逆温层的厚度与大雾的关系

逆温层的厚度是表征逆温特征的重要指标,是逆温指定层起始高度与指定层终止高度之间的高度差,即逆温层顶高与底高的高度差[5]。用 $\Delta H$ 表示,其计算公式为:

$$\Delta H = H_2 - H_1$$

其中 $H_1$ 为逆温层的底高, $H_2$ 为逆温层的顶高,单位为m。

将大雾天气分为:能见度小于50米的雾、能见度大于等于50米小于200米的雾和能见度大于等于200米小于500米的雾三类。

对3年内高空观测(每天07时至08时、19时至20时,两个时段)仍存在大雾天气时的逆温进行统计计算,针对以上3种雾类分别计算(表3)。发现,逆温层越厚,能见越低,大雾强度越强。

**Table 3.** Average inversion thickness of fog with different visibility

**表 3.** 不同能见度大雾平均逆温层厚度

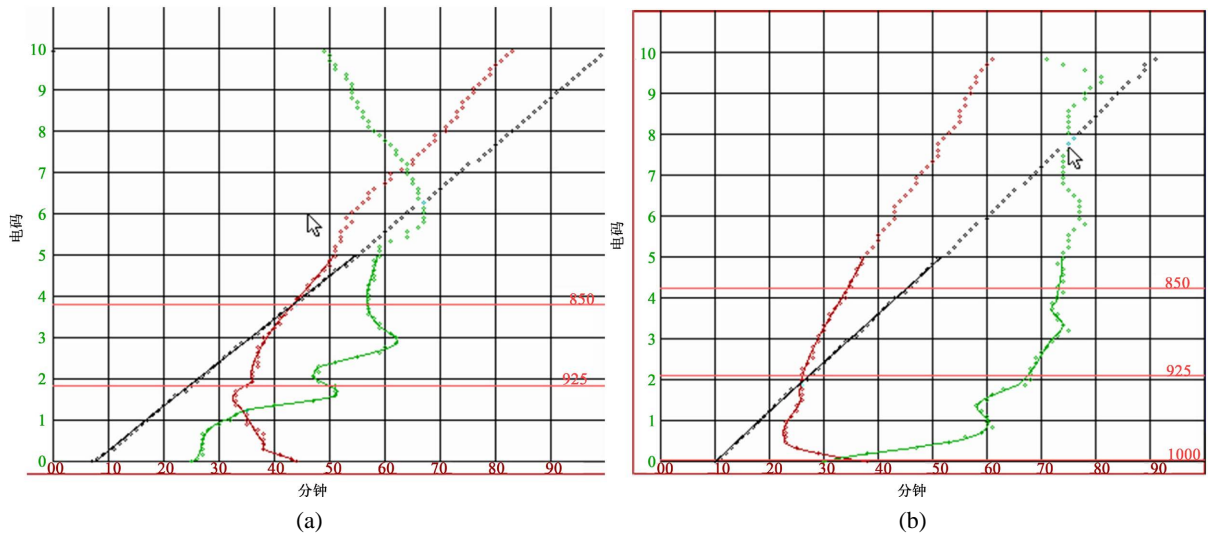
能见度范围	小于 50 米	大于等于 50 米 小于 200 米	大于等于 200 米 小于 500 米
平均逆温层厚度(m)	466.2	387.9	370.8

以2005年7月10日07时和2005年7月21日07时观测为例(图5)。

2005年7月10日和2005年7月21日成山头分别出现两次大雾过程,2005年7月10日大雾过程最小能见度40 m,2005年7月21日大雾过程最小能见度100 m,且在07时15分(08时)高空探测时均存在大雾天气,通过计算得出,2005年7月10日逆温层厚度573 m,2005年7月21日逆温层厚度252 m,符合逆温层越厚,能见越低,大雾强度越强的结论。

### 5.2. 逆温强度与大雾的关系

逆温强度也是表征逆温特征的重要指标,且与大气层结稳定度密切相关。逆温强度是指逆温层高度



**Figure 5.** High-altitude stratification curve at 07:00 on 10 July 2005 (left) and high-altitude stratification curve at 07:00 on 21 July 2005 (right)

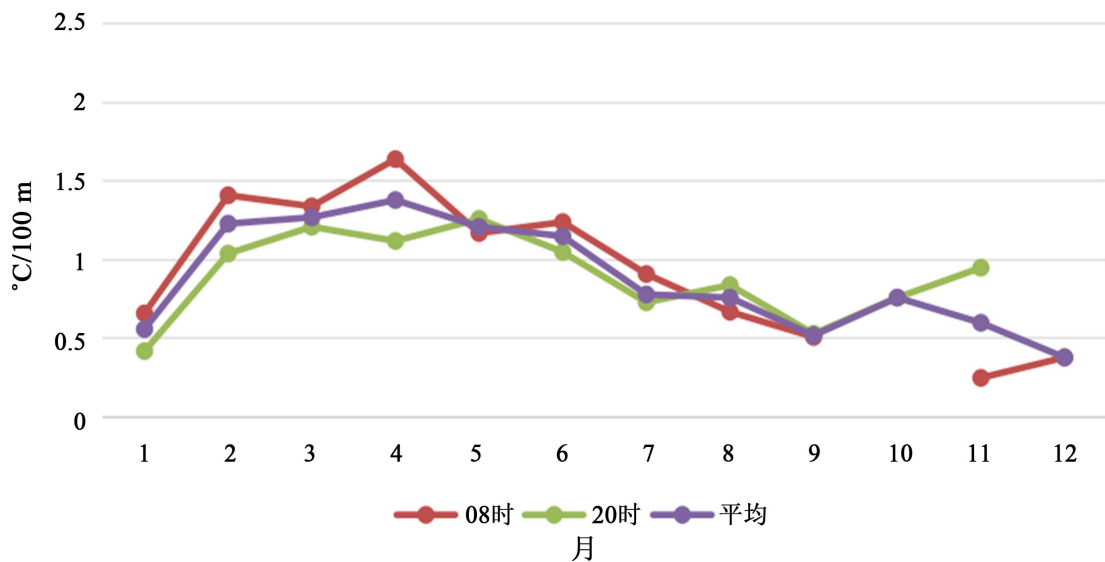
**图 5.** 2005 年 7 月 10 日 07 时高空层结曲线(左图)和 2005 年 7 月 21 日 07 时高空层结曲线(右图)

每上升 100 m 气温的增加值, 即逆温层温度的垂直递增率。一般, 逆温层内温度增量越大, 逆温强度越强, 反之亦然[6]。用  $I$  表示逆温强度( $^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ ), 其计算公式为:

$$I = \frac{\Delta T}{\Delta H} \times 100 = \frac{T_2 - T_1}{H_2 - H_1} \times 100$$

其中  $\Delta T$  为逆温层的温度差,  $T_1$  为逆温层底温度,  $T_2$  为逆温层顶温度, 单位为  $^{\circ}\text{C}$ ;  $\Delta H$  逆温层厚度,  $H_1$  为逆温层的底高,  $H_2$  为逆温层的顶高, 单位为 m。

对 3 年内 08 时逆温强度、20 时逆温强度, 以及 08 时和 20 时平均逆温强度分别进行了统计计算(图 6); 对每季度逆温强度进行统计(图 7)。



**Figure 6.** Monthly variation of temperature inversion intensity

**图 6.** 逆温强度逐月变化规律

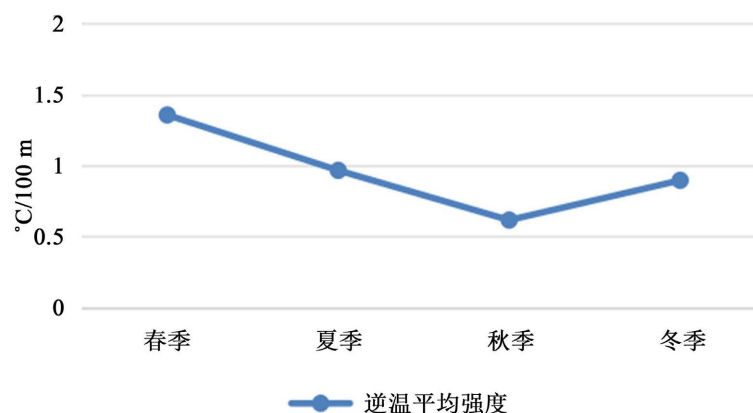


Figure 7. Seasonal variation of temperature inversion intensity

图 7. 逆温强度季变化规律

研究成山头逆温强度发现, 逆温强度季节明显, 春夏强度高, 秋冬强度较低, 这与大雾季变化规律基本一致; 8 时和 20 时逆温强度月变化基本一致, 08 时逆温强度在 4 月达到峰值, 20 时逆温强度在 5 月达到峰值, 与大雾月变化规律存在差异; 每日平均逆温强度 08 时大于 20 时, 与地面辐射降温特征一致, 伴随日出日落雾的消散和增强与逆温层变化一致。

## 6. 结论

成山头大雾存在全天性的情况, 但多出现在 03 时~09 时, 12 时~15 时大雾出现频次较少; 季节分布不均, 夏季最多, 春季次之, 秋冬两季大雾较少出现; 有明显月变化规律, 雾季在每年的 3 月~8 月, 大雾出现频率最多的是 7 月, 6 月次之。

风向多为偏南风流场, 高空风向会随着高度的升高逐渐向偏西风流场变动; 地面风力较小, 风力多在 4 级风以下, 6~8 月前期地面到 300 米高空, 风速随高度升高快速增大, 后期略微减小后增大, 但风力变化不明显。

逆温层越厚逆温幅度越大, 大雾强度越强; 逆温强度季节变化明显, 春夏逆温强度高, 秋冬逆温强度较低, 与大雾季变化规律基本一致; 每日平均逆温强度 08 时大于 20 时, 与地面辐射降温特征一致, 伴随日出日落雾的消散和增强与逆温层变化一致。

## 参考文献

- [1] 李爱贞, 刘厚凤. 气象学与气候学基础[M]. 第 2 版. 北京: 气象出版社, 2004.
- [2] 王彬华. 海雾[M]. 北京: 海洋出版社, 1983.
- [3] 曹钢锋, 张善君, 朱管忠, 等. 山东天气分析与预报[M]. 北京: 气象出版社, 1988.
- [4] 聂高臻, 黄彬, 曹越男, 黄奕武. 2018 年夏季海洋天气评述[J]. 海洋气象学报, 2018, 38(4): 103-114.
- [5] 刘增强, 郑玉萍, 李景林, 等. 乌鲁木齐市低空大气逆温特征分析[J]. 干旱区地理, 2007, 30(3): 351-356.
- [6] 曹红丽, 陈奇. 西安边界层逆温特征及其与空气污染的关系[J]. 陕西气象, 2014(2): 13-16.