

王晓芙, 林长城, 陈晓秋, 等. 2013. 闽南沿海地区低能见度事件变化特征分析. 气象, 39(4): 453-459.

闽南沿海地区低能见度事件变化特征分析^{* 1}

王晓芙¹ 林长城² 陈晓秋³ 王 宏² 陈彬彬²

1 厦门市专业气象台, 厦门 361012

2 福建省气象科学研究所, 福州 350001

3 福建省环境监测中心站, 福州 350003

提 要: 利用 2005—2010 年闽南沿海地区 9 个气象站(厦门、同安、漳州、东山、漳浦、龙海、诏安、晋江和崇武)的日常观测能见度、相对湿度等气象资料, 采用统计方法, 探讨了闽南沿海地区低能见度事件的年、季和日变化等变化特征规律。分析发现, 闽南沿海地区低能见度事件的年平均能见度一般在 6 km 左右, 且低能见度在霾时总体要好于(轻)雾时; 上半年低能见度事件持续时间较长且多发, 下半年低能见度事件持续时间短且出现频率低于上半年。通常, 08 时的能见度最差, 14 时和 20 时转好, 02 时的能见度较 08 时要好, 只有沿海测站东一站和崇武站在冬春季 02 时能见度较 08 时差。霾是造成闽南沿海地区出现低能见度事件的主要原因, (轻)雾次之, 反映出该地区经济快速发展对能见度的影响。

关键词: 低能见度, 变化, 特征, 闽南

中图分类号: P467

文献标识码: A

doi: 10. 7519/j. issn. 1000-0526. 2013. 04. 007

Analysis on Variation Characteristics of Low Visibility Events in the Coastal Areas of Southern Fujian

WANG Xiaofu¹ LIN Changcheng² CHEN Xiaoqi³ WANG Hong² CHEN Binbin²

1 Xiamen Specialized Weather Station of Fujian, Xiamen 361012

2 Fujian Academy of Meteorological Sciences, Fuzhou 350001

3 Fujian Environmental Monitoring Centre, Fuzhou 350003

Abstract: The observation data of visibility and relative humidity during 2005—2010 from 9 weather stations located in Xiamen, Tong'an, Zhangzhou, Dongshan, Zhangpu, Longhai, Zhao'an, Jinjiang and Chongwu were used to analyze the annual, seasonal and daily variation characteristics of low visibility events seen in the coastal region of southern Fujian Province with the statistical method. Through comparative analyses, it was found that the annual average low visibility was about 6 km and the visibility was better when haze occurred than when mist or fog occurred. During the first half of the year, low visibility lasted for a longer time and the frequency was high. On the contrary, during the second half of the year, low visibility lasted shorter and the frequency was low. Usually, the visibility at 08:00 was the lowest and improved at 14:00 and 20:00. The visibility at 02:00 was better than at 08:00. But Dongshan and Chongwu had poorer visibility at 02:00 than at 08:00 in winter and spring. It is concluded that haze is the primary reason that causes the low visibility events in coastal areas in southern Fujian and the mist is the second reason. All the above reveals that the rapid developing economy in this region has significant impacts on the atmospheric visibility.

Key words: low visibility, variation, characteristics, southern Fujian

* 公益性行业(环保)科研专项(201009004)资助

2012 年 3 月 27 日收稿; 2012 年 11 月 19 日收修定稿

第一作者: 王晓芙, 主要从事气候和大气环境研究. Email: xmjswxf@yahoo.com.cn

引 言

气溶胶粒子是悬浮在大气中的直径 $10^{-3} \sim 10^1 \mu\text{m}$ 的固体或液体粒子,其质量虽然仅占整个地球大气质量的十亿分之一(Malm et al, 2001; 陈静等, 2010),但其对地球环境和人类的生存环境,乃至人类健康都有极大的影响。研究表明(毕凯等, 2012),悬浮在空气中的部分气溶胶颗粒物,在相对湿度低于 80% 时,其散射系数增大不明显;在相对湿度超过 80% 并逐渐增加的情况下,粒子的散射系数成倍增长,此时气溶胶特别是细粒子的消光能力大幅度增强,常常导致极端低能见度等事件发生。

关于大气能见度已有大量研究,研究内容涉及中国大陆地区霾天气的时空分布特征(胡亚旦等, 2009),华南霾日和雾日的气候特征及其变化(伍红雨等, 2011),华南沿海地区的太阳直接辐射、能见度及大气气溶胶变化特征(罗云峰等, 2000),广州市灰霾天气的气候特征及其成因(刘爱君等, 2005),广州地区低能见度事件变化特征(陈静等, 2010),上海雾和霾日数的气候特征及变化规律(靳利梅等, 2008),河北省霾的时空分布特征(魏文秀, 2010),辽宁中部城市群大气能见度变化趋势及影响因子(马雁军等, 2005),长江三角洲地区近 30 年非雾天能见度特征分析(张恩红等, 2012),天津一次持续低能见度事件的影响因素分析(姚青等, 2012),2009 年上海浦东新区能见度资料的深度分析(毕凯等, 2012)。

为了解华南沿海到东南沿海交界处的闽南沿海地区低能见度现象的形成与分布规律,本文利用 2005—2010 年闽南地区 9 个气象站厦门、同安、漳州、东山、漳浦、龙海、诏安、晋江和崇武的日常观测能见度、相对湿度等气象要素资料,采用统计方法,探讨闽南沿海地区低能见度事件的年、季和日变化等变化特征规律。

厦门地处华南亚热带海洋性季风气候区。近年来,随着城市规模的不断扩大和城市化进程的迅速发展,雾及雾和霾结合物已经成为城市发展过程中影响城市环境的重要因素。研究发现(张立多等, 2008),厦门自 20 世纪 80 年代初开始能见度急剧恶化导致霾天气日数增加,其中经历了三大步的增长。1981—1990 年厦门特区的建立,国民经济进入较快发展期,以城市建设为主的土木工程使大气中粉尘含量激增,促使大气气溶胶中的颗粒物含量增加;

1991—1999 年期间,是厦门经济全面腾飞的 10 年,城市化和工业建设全面加速发展,工业发展带来的 SO_2 及其氧化的硫酸盐粒子与粉尘颗粒物共同增长;进入 21 世纪,除了工业化和城市化的进一步发展,机动车持有量开始迅猛增加,机动车尾气污染引发了光化学污染,同时与直接排放的气溶胶和硫酸盐粒子叠加,厦门也进入了复合大气污染的时代。厦门的发展也带动了周边城市群的发展,特别是海峡西岸经济商圈的打造,促发了闽南沿海地区逐渐开始进入了复合大气污染的时代。

鉴于低能见度事件可能造成的重大危害,为确保厦漳泉大经济圈的持续发展、大力改善当地的能见度及空气质量,迫切需要了解低能见度现象的形成与分布规律,以便对综合治理该区域的低能见度事件提供必要的指导和相互协调,促进闽南区域经济的和谐发展,确保我们生存环境的安全。

1 资料收集与处理

采用 2005—2010 年闽南沿海地区 9 个气象站日常观测的能见度、相对湿度等气象要素资料(其中厦门、漳州和东山等 3 站每天有 02、08、14 和 20 时 4 个观测时次,同安、晋江、漳浦、龙海和诏安等 5 站每天有 08、14 和 20 时 3 个观测时次,崇武站每天 24 次的逐时观测),利用统计方法,通过对比分析,探讨闽南沿海地区低能见度事件的年、季和日变化等变化特征规律。

图 1 是闽南沿海地区 9 个地面观测站的地理位置分布,东山和崇武站靠近海边,厦门站为海岛城市,诏安和漳浦站同属近海站,同安、晋江、漳州和龙

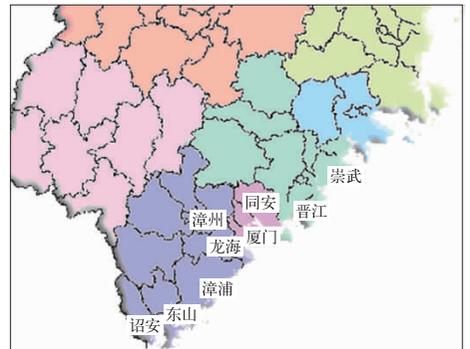


图 1 闽南沿海地区 9 个地面观测站的地理位置分布

Fig. 1 Distribution of 9 weather stations in the coastal areas of southern Fujian

海站离海边较远一些,内陆性质更多一些。

依据对长期气候资料有关霾与(轻)雾界定的国际惯例(吴兑,2008),按照分析气候资料时对霾与(轻)雾的资料处理方法,即当能见度低于10 km,相对湿度以90%为界,<90%时为霾、≥90%为(轻)雾的标准进行统计分析。同时,按照这一气候资料的处理方法定义能见度低于10 km的视程障碍现象为“低能见度”事件。

如果一天中有一个时次的观测值,符合低能见度事件的标准,就认定该天是低能见度日,并定义:

年(或月)平均低能见度=每年的(或该月)平均低能见度总和/6年;

偏差比= $[(\text{轻})\text{雾或霾时的平均能见度}-\text{年平均低能见度}]/\text{年平均低能见度}\times 100\%$;

低能见度出现率=6年中出现低能见度的观测次数/6年的总观测次数。

2 结果分析

2.1 闽南沿海地区霾与(轻)雾天气的特征

从表1可见,在闽南沿海地区低能见度事件发生时,厦门、同安、晋江、东山和崇武等5个站的年平均低能见度相对较小,都低于6 km,其他4个台站则有6~7 km,且霾时的低能见度总体要好于(轻)雾时的低能见度。从霾与(轻)雾时能见度与平均值的偏差比(以绝对值进行比较,下同)来看,东山和崇武霾时的偏差比大于(轻)雾时的偏差比,说明该地低能见度主要是由(轻)雾造成的,尤其是东山站;而

近海台站厦门和诏安两站二者偏差比是霾时比(轻)雾时略小,说明该地低能见度由霾引起的且略强于(轻)雾;其他站霾时的偏差比远比(轻)雾时的偏差比要小,说明这些站的低能见度主要由霾引起的。另外,从总体平均看,闽南沿海地区低能见度事件的年平均能见度一般在6 km左右,(轻)雾时的平均只有4.7 km,霾时的平均可达到6.7 km,即霾时的低能见度总体要好于(轻)雾时的,另外从偏差比霾时小的特性来看,说明霾还是造成闽南沿海地区出现低能见度事件的主要原因,沿海水汽充足引发的(轻)雾造成的低能见度退居次要原因,这充分反映出这一地区经济的快速发展对大气环境的能见度影响已明显显现。

表2给出了9个站2005—2010年期间发生低能见度事件的出现率。在2005—2010年这6年间,离海较远一些的同安、漳州、龙海和晋江4个站,低能见度事件的出现率都超过25%,而沿海的东山和崇武站的出现率较小,尤其是东山站只有5%左右。低能见度事件发生的出现率超过25%的站,往往是由霾天气发生概率较高引起的(超过70%的概率);而东山的低能见度事件只有5.1%的出现率,同时霾天气也较少,说明是(轻)雾引起的;其他台站雾和霾的原因差不多均等,只是霾的原因略多些(崇武略少些)。从闽南地区的平均状况来看,6年间有超过20%的低能见度事件,其中霾天气引起的低能见度事件大约占到40%,这是由于东山和崇武霾较少出现,将总体比例拉低,事实上其他地区霾时的比例都超过了50%。

表1 2005—2010年闽南沿海地区低能见度事件时年平均低能见度(单位:km)及偏差比(单位:%)

Table 1 Annual average low visibility events (unit: km) and deviation ratio (unit: %) in the coastal areas of southern Fujian during 2005—2010

项目	厦门	同安	漳州	漳浦	龙海	诏安	晋江	东山	崇武	平均
年平均低能见度	5.2	5.5	6.5	6.7	6.8	6.1	5.7	4.6	5.4	5.8
(轻)雾时平均能见度/偏差比	3.9/ -25.0	4.2/ -23.6	5.4/ -16.9	6.0/ -10.4	5.7/ -16.2	5.3/ -13.1	4.1/ -28.1	4.0/ -13.0	4.0/ -25.9	4.7/ -19.0
霾时平均能见度/偏差比	6.3/ 21.2	6.0/ 9.1	6.9/ 6.2	7.1/ 6.0	7.2/ 5.9	6.8/ 11.5	6.2/ 8.8	6.6/ 43.5	6.9/ 27.8	6.7/ 15.5

注:(轻)雾指相对湿度≥90%时,霾指相对湿度<90%时,下同。

表2 2005—2010年期间闽南沿海地区低能见度事件的出现率(单位:%)

Table 2 The frequency of the low visibility events in the coastal areas of southern Fujian during 2005—2010 (unit:%)

项目	厦门	同安	漳州	漳浦	龙海	诏安	晋江	东山	崇武	平均
出现率	23.4	27.9	44.9	20.1	28.9	22.1	25.7	5.1	15.6	20.4
其中霾时的比例	55.4	76.5	72.8	63.6	70.4	55.2	76.0	23.8	48.6	39.7

注:霾时的比例=(出现霾时的低能见度次数/低能见度的总次数)×100%。

2.2 闽南沿海地区 2005—2010 年霾与(轻)雾天气的月变化特征

由表 3 可见,闽南沿海地区月平均低能见度呈现上半年小(6 km 以下),下半年大(6.4 km 以上)的月变化趋势,且厦门、同安、晋江、东山和崇武 5 站

的低能见度月变化较明显,漳州、漳浦、龙海和诏安的低能见度月变化不明显;另外,以冬春季的 2、3、4 和 5 月为最小,尤其是受(轻)雾影响严重的东山最差,而下半年都比较好,尤其是夏秋季的 7、8、9 和 10 月最好(东山比其他站滞后一个月)。

表 3 2005—2010 年闽南沿海地区低能见度事件时月平均低能见度(单位: km)

Table 3 The monthly average low visibility events in the coastal areas of southern Fujian during 2005—2010 (unit: km)

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
厦门	5.2	4.6	4.6	4.5	5.1	5.1	6.6	6.5	6.2	6.5	5.8	6.0
同安	5.3	4.9	5.3	5.1	5.3	5.9	6.3	6.4	6.4	6.7	5.9	6.0
漳州	6.3	6.0	6.0	6.1	6.2	6.4	7.2	7.3	7.2	7.1	6.8	6.8
漳浦	6.5	6.2	6.2	6.4	6.6	6.9	7.3	7.3	7.1	7.6	6.8	6.9
龙海	6.6	6.2	6.3	6.3	6.6	6.5	7.6	7.4	7.3	7.5	7.0	7.2
诏安	6.0	5.3	5.5	6.2	6.6	6.1	6.5	6.6	6.5	7.0	6.4	6.2
晋江	5.7	5.0	5.3	5.0	5.6	5.9	6.3	6.1	6.2	6.9	6.3	6.5
东山	5.4	2.6	4.1	3.9	5.3	4.4	5.2	6.7	6.7	7.5	7.3	5.6
崇武	6.4	4.5	5.0	4.2	5.0	5.6	6.8	6.8	7.0	7.3	6.2	6.6
平均	5.9	5.0	5.4	5.3	5.8	5.9	6.6	6.8	6.7	7.1	6.5	6.4

由表 4 可见,闽南沿海地区的低能见度事件发生频率是下半年低于上半年,且以漳州站上半年低能见度事件发生的频率最高,一般在 5%左右;而东山站出现频率最小,即使海雾最多的 2—3 月,出现

频率也只有 1%左右,同时下半年也会更低一些,尤其在秋季的 10 月甚至没有出现过低能见度天气;相比而言,同样是沿海站的崇武就要比东山稍差一些。

表 4 2005—2010 年闽南沿海地区发生低能见度事件的月平均频率变化(单位:%)

Table 4 The changes of monthly average frequency of the low visibility events in the coastal areas of southern Fujian during 2005—2010 (unit:%)

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
厦门	2.4	3.0	3.4	3.1	3.0	1.8	0.6	1.1	1.0	0.8	1.3	2.0
同安	2.5	3.4	3.9	3.7	3.5	2.4	1.5	1.7	1.2	0.9	1.3	1.8
漳州	5.0	5.0	5.8	5.2	4.5	3.6	1.6	2.1	2.4	2.9	2.9	3.9
漳浦	2.1	2.4	2.9	2.7	2.6	1.2	0.6	0.8	1.0	1.0	1.3	1.5
龙海	2.8	2.6	3.9	3.5	3.1	2.3	1.1	1.6	1.8	1.7	2.0	2.5
诏安	2.3	2.7	2.7	2.9	2.1	1.0	0.7	1.5	1.4	1.2	1.5	2.0
晋江	2.4	3.0	3.5	3.2	3.3	2.1	1.3	1.8	1.1	0.8	1.4	2.0
东山	0.5	1.1	1.2	0.8	0.4	0.2	0.2	0.3	0.2	0.0	0.1	0.2
崇武	1.2	1.9	2.4	2.5	2.7	1.3	0.7	0.7	0.6	0.4	0.7	0.6
总体平均	2.3	2.8	3.3	3.1	2.8	1.8	0.9	1.3	1.2	1.1	1.4	1.8

造成低能见度事件呈现上半年多发而重、下半年较好的主要原因是,上半年是闽南地区的春雨季,且常有当地的南风天气出现,即西南暖湿气流增强的同时常和北方南下冷空气交汇,低温的下垫面和暖湿的空气融合,是闽南地区雨雾多发期;下半年北方冷高压控制占主体,空气相对干爽,(轻)雾少发,低能见度主要是由霾引起的,这样对于霾的高发区,也就呈现出月变化不明显的特征。

从表 3 和表 4 低能见度发生月变化特征还可以

看出,低能见度发生日数最多的月份一般出现在春季,这一结论与苏鸿明(1998)得到的结果一致。

2.3 低能见度和相对湿度的关系

为了更好地进一步了解造成低能见度事件发生与空气相对湿度和空气中颗粒物三者的关系,将低能见度按以下 5 个等级划分,即 $8 \text{ km} \leq V < 10 \text{ km}$ 、 $5 \text{ km} \leq V < 8 \text{ km}$ 、 $3 \text{ km} \leq V < 5 \text{ km}$ 、 $1 \text{ km} \leq V < 3 \text{ km}$ 、 $V < 1 \text{ km}$,分别统计出 2005—2010 年期间各

表 5 2005—2010 年闽南沿海地区低能见度区间的比例分布及对应平均相对湿度(单位: %)

Table 5 The regional distribution and mean relative humidity of the low visibility events in the coastal areas of southern Fujian during 2005—2010 (unit: %)

项目	厦门	同安	漳州	漳浦	龙海	诏安	晋江	东山	崇武
$8 \leq V < 10$ 比例/RH	24.5/ 80.1	21.2/ 73.4	37.2/ 75.3	39.8/ 79.6	37.4/ 78.5	28.1/ 80.1	31.6/ 76.9	27.6/ 88.9	40.3/ 84.6
$5 \leq V < 8$ 比例/RH	39.4/ 82.4	48.0/ 76.6	49.7/ 80.6	48.6/ 83.7	53.0/ 84.2	50.5/ 85	34.9/ 79.9	23.8/ 90.6	24.2/ 86.9
$3 \leq V < 5$ 比例/RH	18.3/ 88.6	21.8/ 83.7	11.1/ 89.3	9.6/ 89.2	7.4/ 91.8	16.3/ 90.5	22.5/ 83.4	9.6/ 90.9	11.0/ 88.6
$1 \leq V < 3$ 比例/RH	9.9/ 94.0	7.4/ 90.5	1.4/ 94.3	0.6/ 95.6	1.5/ 93.6	2.8/ 94.5	7.8/ 89.7	11.3/ 92.4	9.1/ 91.5
$V < 1$ 比例/RH	7.8/ 96.1	1.6/ 94.7	0.6/ 95.8	1.4/ 93.8	0.7/ 96.3	2.3/ 97.6	3.3/ 94.7	27.8/ 96.2	15.4/ 94.9
平均 RH	85.2	78.8	79.9	82.8	82.9	85.1	81.0	91.9	87.8

注: RH 为相对湿度, V 为能见度, 下同。

低能见度区间分布的占比情况及所对应的平均相对湿度, 结果见表 5。

由表 5 可见, 闽南沿海地区发生低能见度事件时, 平均相对湿度在 78%~92% 之间, 其中东山站为 91.9%, 说明是(轻)雾引起的低能见度为主; 远离海边的同安、漳州和晋江 3 个站平均相对湿度在 81% 以下, 说明是霾引起的低能见度为主; 其余 5 个站平均相对湿度在 85%, 说明是以雾霾混合引起的低能见度为主。另外, 除东山和崇武站外, 其他站的能见度以 $5 \text{ km} \leq V < 8 \text{ km}$ 居多, 占 35%~55% 之间, 对应的平均相对湿度多在 80% 左右, 看来主要是由霾引起的视觉障碍; 能见度小于 3 km 的占 10% 以下, 其中厦门和晋江站略多(在 10%~20%), 此时对应的平均相对湿度全部为 90% 以上, 说明此时主要是由(轻)雾引起的视觉障碍; 对于东山和崇武站, 显示出中间区域 $1 \text{ km} \leq V < 5 \text{ km}$ 相对较少, 两头较多的规律, 尤其是东山站, 低能见度事件绝大多数都是由水汽引起(平均湿度都在 88.9% 以上), 因此沿海的大湿度成雾几率大, 才导致东山

极端低能见度的几率非常大; 而崇武站, 则显示出水汽影响是最主要因素, 同时霾的作用开始显现, 极端低能见度事件出现的相对少一些。而漳州、漳浦和龙海 3 站, 大约有 90% 的低能见度事件是能见度在 5~10 km 的范围内, 平均相对湿度也在 85% 之下, 进一步说明厦门西侧的这些区域是霾的高发区, 如果不加治理和控制, 将对偏西风时的下风区带来环境安全和视觉的影响, 而偏西风正是厦门一带的海陆风特征的主体风向之一, 因此对闽南地区的灰霾天气治理应给予高度的重视。

2.4 闽南沿海地区低能见度事件的日变化特征

通过对 2005—2010 年低能见度月变化的统计发现, 低能见度在上半年较差, 下半年较好一些。为此选取冬春季能见度最差的月份(通常取 3~4 个月)和夏秋季最好的月份(取 3~4 个月, 因东山和崇武下半年能见度都很好, 故选择 6~7 个月), 分别统计分析在能见度最好月份和最差月份的各观测时次的逐时平均能见度的日变化特点, 结果见表 6。

表 6 2005—2010 年闽南沿海地区低能见度的日变化特征(单位: km)

Table 6 The daily variation characteristics of the low visibility in the coastal areas of southern Fujian during 2005—2010 (unit: km)

地点	冬春季低能见度日变化					夏秋季低能见度日变化				
	02 时	08 时	14 时	20 时	平均	02 时	08 时	14 时	20 时	平均
厦门	5.1	4.1	5.2	5.1	4.9	7.5	5.9	7.0	6.9	6.8
同安		4.3	5.7	5.8	5.3		5.7	6.6	6.8	6.4
漳州	6.2	5.7	6.6	6.2	6.1	7.5	7.0	7.3	7.3	7.3
漳浦		6.2	6.9	6.3	6.5		7.3	7.8	7.2	7.4
龙海		6.2	6.8	6.5	6.5		7.4	7.0	7.6	7.4
诏安		5.3	6.3	6.0	5.9		6.5	7.0	6.7	6.7
晋江		4.4	6.1	5.8	5.4		6.1	7.0	6.7	6.6
东山	3.0	3.7	4.2	3.5	3.6	5.9	5.5	6.8	7.5	6.4
崇武	4.2	4.3	5.3	5.1	4.7	7.0	6.4	7.3	7.5	7.1

由表 6 可见,08 时闽南沿海地区的能见度基本为最差的,14 和 20 时转好,而 02 时能见度对于陆地测站厦门和漳州(其他陆地站没有资料)也比 08 时要好,沿海测站东山和崇武站在夏秋季 02 时也比 08 时能见度要好,而在冬春季则是 02 时比 08 时能见度更差。这主要是夜里人类活动的减少,霾也减少;以及海陆风的影响,夜里的陆风对于陆地少有(轻)雾出现,而对沿海测站夜里温度较低的陆风在温暖的海洋上易出现(轻)雾。从图 2 崇武站逐时能见度变化可看出,夜间能见度差,且从图 3 进一步

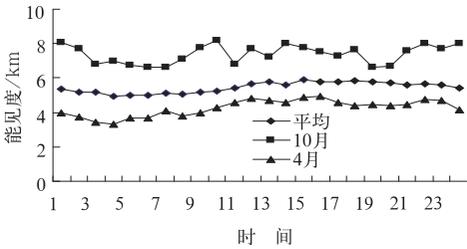


图 2 崇武 2005—2010 年逐时平均低能见度变化特征

Fig. 2 The hourly variation characteristics of the low visibility in Chongwu during 2005—2010

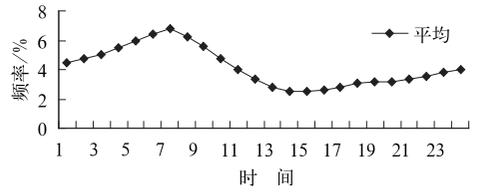


图 3 崇武 2005—2010 年发生低能见度逐时平均频率变化

Fig. 3 The changes hourly average frequency of the low visibility in Chongwu during 2005—2010

看出夜里发生低能见度事件的概率也远大于白天。

2.5 闽南沿海地区出现低能见度的时长特征

由于闽南沿海地区各站每天观测能见度的时次不同,以每天 02、08、14 和 20 时次有 3 个时次观测到低能见度现象来认定全天 24 h 都处于低能见度状况,若有 2 次出现认定为 12 h 定义为半天,1 次出现认定为 6 h,简称为短暂,而崇武站是根据实际监测时长来确定。表 7 为各月每天出现低能见度次数的统计结果,横线部分为出现次数最多的。

表 7 2005—2010 年闽南沿海地区低能见度日的时长统计结果
Table 7 Statistics of the duration of the low visibility days in coastal areas of southern Fujian during 2005—2010

地点	1月				2月				3月				4月				5月				6月			
	次	次	次	次	次	次	次	次	次	次	次	次	次	次	次	次	次	次	次	次	次	次	次	次
厦门	<u>33</u>	27	11	23	28	<u>35</u>	20	26	37	<u>44</u>	27	24	33	<u>49</u>	25	16	<u>55</u>	37	27	13	<u>38</u>	28	13	6
同安	28	21	<u>31</u>	0	34	16	<u>53</u>	0	40	27	<u>55</u>	0	41	14	<u>59</u>	0	39	24	<u>48</u>	0	<u>59</u>	17	21	0
漳州	23	34	<u>35</u>	<u>61</u>	24	35	41	<u>55</u>	24	37	44	<u>69</u>	25	42	42	<u>55</u>	37	44	23	<u>51</u>	<u>45</u>	43	33	22
东山	<u>14</u>	7	3	1	<u>20</u>	11	10	6	<u>27</u>	16	9	5	<u>25</u>	9	4	3	<u>22</u>	5	2	0	<u>17</u>	1	0	0
漳浦	20	<u>23</u>	<u>23</u>	0	<u>53</u>	28	17	0	<u>44</u>	31	29	0	<u>51</u>	28	24	0	<u>41</u>	28	24	0	<u>29</u>	18	5	0
龙海	<u>87</u>	15	23	0	<u>70</u>	19	22	0	<u>73</u>	30	41	0	<u>79</u>	29	31	0	<u>80</u>	19	29	0	<u>79</u>	9	17	0
诏安	<u>46</u>	17	24	0	<u>64</u>	18	26	0	<u>72</u>	18	24	0	<u>69</u>	29	21	0	<u>75</u>	18	8	0	<u>51</u>	6	1	0
晋江	<u>38</u>	18	27	0	27	26	<u>39</u>	0	<u>46</u>	32	39	0	<u>48</u>	31	33	0	<u>60</u>	18	40	0	<u>61</u>	20	12	0
崇武	<u>28</u>	16	14	8	<u>31</u>	20	17	21	<u>39</u>	26	25	23	<u>35</u>	33	17	27	<u>38</u>	26	29	23	<u>49</u>	15	14	7
地点	7月				8月				9月				10月				11月				12月			
	次	次	次	次	次	次	次	次	次	次	次	次	次	次	次	次	次	次	次	次	次	次	次	次
厦门	<u>32</u>	10	0	0	<u>51</u>	16	5	0	<u>31</u>	18	6	1	<u>16</u>	10	10	0	<u>29</u>	22	6	5	<u>27</u>	18	16	15
同安	<u>64</u>	14	3	0	<u>38</u>	18	12	0	<u>18</u>	8	14	0	11	6	<u>13</u>	0	17	8	<u>18</u>	0	20	14	<u>23</u>	0
漳州	<u>57</u>	30	7	1	<u>54</u>	40	8	6	<u>46</u>	32	22	8	<u>38</u>	35	16	24	<u>35</u>	<u>35</u>	16	26	32	33	26	<u>41</u>
东山	<u>11</u>	1	1	0	<u>18</u>	2	0	0	<u>9</u>	4	0	0	<u>2</u>	0	0	0	<u>7</u>	1	1	0	<u>6</u>	4	0	0
漳浦	<u>28</u>	4	1	0	<u>33</u>	7	1	0	<u>26</u>	10	7	0	<u>21</u>	8	9	0	<u>22</u>	13	12	0	<u>24</u>	16	15	0
龙海	<u>68</u>	2	0	0	<u>86</u>	5	2	0	<u>91</u>	6	5	0	<u>77</u>	11	10	0	<u>74</u>	13	10	0	<u>71</u>	21	17	0
诏安	<u>36</u>	1	3	0	<u>64</u>	11	4	0	<u>46</u>	11	8	0	<u>41</u>	8	8	0	<u>36</u>	9	15	0	<u>38</u>	20	18	0
晋江	<u>64</u>	5	4	0	<u>69</u>	19	3	0	<u>37</u>	9	6	0	<u>19</u>	8	5	0	<u>32</u>	8	14	0	<u>34</u>	15	23	0
崇武	<u>51</u>	14	1	1	<u>38</u>	19	5	0	<u>19</u>	14	8	1	<u>15</u>	9	2	1	<u>22</u>	9	3	5	<u>22</u>	17	2	3

由表7可见,东山、漳浦、龙海、诏安、晋江和崇武等6站的低能见度现象以短暂为主,尤其是下半年;漳州和同安除夏季外基本以全天候的低能见度为主,持续时间长;厦门站在上半年以半天低能见度为多,下半年较短。通常(轻)雾和霾都可造成低能见度,当两者同时存在时会使得低能见度持续时间较长,夜晚空气湿度大时可以是(轻)雾导致低能见度,当日出后随着水汽的蒸发,空气湿度降低,大气中的颗粒物对视觉的影响就体现出霾导致的低能见度。上半年是闽南地区的高湿春雨季,雨雾多发,白天阳光出现后又转化霾的天气;而下半年大陆高压的持久控制,闽南地区是秋高气爽的天气居多,大气扩散条件好,空气湿度也较小,因此夜晨出现的霾,随着白天气温升高,热力湍流使大气中颗粒物得到有利扩散,能见度也随之得到改善。因此,通常上半年的低能见度事件会持续时间较长,下半年会较短一些。

3 结 论

(1) 对于低能见度事件的年平均能见度,厦门、同安、晋江、东山和崇武等5站的相对较小,都在6 km以下,漳州、漳浦、龙海和诏安等4站则有6~7 km,并且各地霾时的能见度总体要好于(轻)雾时的。

(2) 6年中,沿海的东山站发生低能见度事件的发生率极小,且主要是由(轻)雾引起,而沿海的崇武站也较少发生,但由(轻)雾和(雾)霾引起的几率是相同的;对于近海的厦门、漳浦和诏安3个站有近25%的发生几率,而且(雾)霾的原因稍强于(轻)雾;对于离海较远一些的同安、漳州、龙海和晋江4个站有超过25%的发生几率,尤其是漳州高达44%,并且主要是由霾引起的。

(3) 通常上半年的低能见度事件会持续时间较长,而且多发,尤其是漳州在2—4月频率高达90%以上,几乎是天天有低能见度发生;下半年的低能见度事件持续时间短暂,而且出现的频率低于上半年。

(4) 一般情况,08时闽南沿海地区的能见度基本为最差的,14和20时转好;夏秋季时厦门和同安

的夜间02时能见度更好;东山和崇武站,夜间的能见度比白天差,尤其是冬春季02时比08时还差。

(5) 闽南沿海地区发生低能见度事件时,平均相对湿度在78%~92%之间。另外除东山和崇武站外,其他站的能见度以 $5\text{ km} \leq V < 8\text{ km}$ 居多,占35%~55%之间,对应的平均相对湿度多在80%左右,看来主要是由霾引起的视觉障碍;能见度小于3 km的占10%以下,其中厦门和晋江站略多,在10%~20%之间,此时对应的平均相对湿度全部为90%以上,说明此时主要是由(轻)雾引起的视觉障碍。沿海台站东山和崇武,以 $1\text{ km} \leq V < 5\text{ km}$ 相对较少,两头较多的规律。

参考文献

- 毕凯,王广河,毛节泰. 2012. 2009年上海浦东新区能见度资料的深度分析——兼论高时间分辨率地面观测资料的应用. 气象, 38(2): 220-227.
- 陈静,吴兑,刘启汉. 2010. 广州地区低能见度事件变化特征分析. 热带气象学报, 26(2): 156-164.
- 胡亚旦,周自江. 2009. 中国霾天气的气候特征分析. 气象, 35(7): 73-78.
- 靳利梅,史军. 2008. 上海雾和霾日数的气候特征及变化规律. 高原气象, 27(增刊): 138-143.
- 刘爱君,杜尧东,王惠英. 2005. 广州灰霾天气的气候特征分析. 气象, 30(12): 68-71.
- 罗云峰,吕达仁,何晴,等. 2000. 华南沿海地区太阳直接辐射、能见度及大气气溶胶变化特征分析. 气候与环境研究, 5(1): 36-44.
- 马雁军,左洪超,张云海,等. 2005. 辽宁中部城市群大气能见度变化趋势及影响因素分析. 高原气象, 24(4): 623-628.
- 苏鸿明. 1998. 台湾海峡海雾的气候分析. 台湾海峡, 3: 25-28.
- 魏文秀. 2010. 河北省霾时空分布特征分析. 气象, 36(3): 77-82.
- 吴兑. 2008. 霾与雾的识别和资料分析处理. 环境化学, 27(3): 327-330.
- 伍红雨,杜尧东,何健,等. 2011. 华南霾日和雾日的气候特征及变化. 气象, 37(5): 607-614.
- 姚青,韩素芹,蔡子颖. 2012. 天津一次持续低能见度事件的影响因素分析. 气象, 38(6): 688-694.
- 张恩红,朱彬,曹云昌,等. 2012. 长江三角洲地区近30年非雾天能见度特征分析. 气象, 38(8): 943-949.
- 张立多,周学鸣,王晓芙. 2008. 厦门市霾天气与环境因素相关性分析. 福建气象, 1: 47-51.
- Malm W C, Derek E D. 2001. Estimates of aerosol species scattering characteristics as a function of relative humidity. Atmospheric Environment, 35(16): 2845-2860.