

文章编号:1673-8411 (2015) 01-0096-05

贵州高速公路低能见度分类预报方法研究

唐延婧¹, 宋丹¹, 柳艳香², 廖波¹

(1.贵州省气象服务中心, 贵阳 550002; 2.中国气象局公共服务中心, 北京 100081)

摘要:贵州低能见度天气按对交通影响程度分4级,以各类低能见度天气特征差异为基础,对分类型、分级别的低能见度天气下的气象要素进行考察。发现在辐射雾中,多个气象要素与能见度等级之间有一定关联,但要素范围有重叠,难用做预报依据;各等级地形雾、锋面雾的气象要素差别不太明显,且4级能见度统计效果不好。各类型低能见度天气发生的气象条件有所不同,可以作为预报依据;辐射雾和锋面雾在变温有明显区别,辐射雾为明显的负变温。三类雾都存在总体发生与否的湿度阈值,但差别并不太大。辐射雾发生时和前6小时基本无降水,而弱降水利于出现锋面雾和地形雾等。辐射雾大多发生在静风和弱风情况下,锋面雾、地形雾发生时的风速依次增大。

关键词:辐射雾;锋面雾;气象要素;预报方法

中图分类号:P49

文献标识码:A

Research on Low-visibility Weather Classification Forecasting procedure in motorway of Guizhou

TANG Yanjing

(Guizhou Province Meteorological Service Center, Guiyang, 550002, China Meteorological Administration Public Service Center, Beijing 100081)

Abstract: The low-visibility weather of Guizhou was classified into 4 levels by their influence on traffic. The meteorological factors under different levels and types of low-visibility weathers were studied by the differences of each type of low-visibility weathers. Under the radiation fog, there are certain correlations between multiple meteorological elements and level of visibility, but some overlap in elements made it difficult for forecasting; The difference in all levels of terrain fog and frontal fog meteorological elements are not obvious, and statistical result of the 4th levels is bad.

Under different meteorological conditions different type of low visibility weather occurring can be used for forecasting: Radiation fog and the frontal fog have the obvious difference in varying temperature, radiation fog is obvious negative varying temperature. There are humidity threshold for generating these three types of fog, but the differences are not too big. Before 6 hours of radiation fog occurring, there is no precipitation, and this is good for the appearance of frontal fog and fog terrain, etc. Radiation fog occurs mostly in the calm wind and weak wind, when the frontal fog and terrain fog appeared, the wind speed increases in turn.

Key words: Radiation fog, Frontal fog, Meteorological factors, forecasting method

1 引言

随着高速公路网的全面铺开,不利气象条件对交通运输业的威胁日益突出。尤其在大雾等低能见度天

气条件下,引起交通事故频发,损失惨重。贵州是全国14个预防重特大道路交通事故的重点省份之一。近年来受低能见度天气的影响,发生过多起恶性交通事故。在这样的背景下,贵州高速公路低能见度预报方

收稿日期:2014-10-25

基金项目:公益性行业(气象)专项 GYHY201406029)、(GYHY201306043) 贵州科技厅项目(黔科合J字[2013]2148号)中国气象局预报员专项项目(CMAYBY2013-061)共同资助。

作者简介:唐延婧(1982—),女,工程师,学士,主要从事中短期预报服务及相关研究工作。E-mail: 370128885@qq.com

法的研究有着更实际的意义和迫切的应用需求。

由于雾本身具有很强的局地性特征,其分布与地形地貌也有很大关系^[1]。而贵州地形复杂,水网纵横,地理环境的复杂使得雾的分布有明显的地域性特点,有的地方常年有上坡雾出现,加剧了大雾等低能见度天气的预报难度。另一方面,雾的生消变化可以是一个较为迅速的过程,有时甚至几分钟内能见度就有可能急剧下降^[2-3]。且其持续时间长短不一^[4];团雾维持的时间可能短至几分钟;霾与雾结合的复杂气象条件下,低能见度天气能够维持很长时间^[5]。因此低能见度的预报非常困难。

之前对贵州及周围山区雾的研究以雾的气候特征、天气特征、气象条件等^[6-11]为主,但系统的雾的预报方法尚有待完善。国内其他地区在雾的预报方法方面已取得了许多成果^[12-20],为做好雾的预报提供了有利参考。本文围绕适应贵州天气气候特点和高速公路需求的低能见度预报方法设计,展开了一系列深入的研究。

2 贵州高速公路低能见度分级和预警阈值

虽然通常对雾的定义都是能见度小于 1000 米^[21],然而实践证明,高速公路低能见度的定义不同于常规的气象定义:能见度在 500 米以上,对高速公路交通通行几乎没有影响,能见度小于 200m,即浓雾,交通部门就应对车辆实行限速。通过实地考察和专家咨询,发现贵州的高速公路穿行于山间,地形环境复杂,多桥梁、隧道、弯道等,高速路段能见度小于 100 米,就有发生追尾事故的风险。参照 2013 年 7 月印发的《公路交通气象监测服务产品技术规范(试行)》将能见度对交通影响程度分为 4 级,对交通影响最重的 4 级上限设为 100m(见表 1),同时也是预警阈值。另根据低能见度发生的影响天气系统,将贵州的低能见度天气分为锋面雾、辐射雾、地形雾三类

表 1 低能见度等级划分及类型划分

等级	能见度(km)	类型
1级	$0.5 < v \leq 1$	锋面雾
2级	$0.2 < v \leq 0.5$	辐射雾
3级	$0.1 \leq v \leq 0.2$	地形雾等
4级	< 0.1	

3 贵州低能见度天气特征

在文献^[22]中,将高速公路快速发展的 2008 年到 2013 年的低能见度天气做了分类、分等级、分范围的统计分析。发现 3 级能见度的分布比较特殊,多在秋冬季,有 23 个站点(27%)3 级能见度发生的频

率大于 2 级。分类型的研究发现不同类型的雾频发季节不同,空间分布差异也大:锋面雾主要分布在中部以西,各地差别明显。辐射雾差别相对较小,易发区主要在东部、南部。各站点的锋面雾和辐射平均雾日(表 2)接近;都与海拔高度都显著相关,但符号相反,海拔高的地区易发锋面雾,海拔低的地方易发辐射雾。地形雾等其他类型的雾主要集中在大方、开阳、万山,多与冷空气活动有关。从各范围雾日的年际变化来看,小范围雾以地形雾等其他类型的雾为主(50.4%)。大范围的雾中辐射雾占 63.6%,有 96.6%会出现 3 级能见度,27.9%会出现 4 级能见度。4 级能见度有 76.7%发生在大范围雾日中,其中 62.9%发生在大范围辐射雾中。可见大范围辐射雾的影响范围广,强度大。

表 2 锋面雾和辐射雾的比较

年均雾日(日)	锋面雾	辐射雾
平均值	8.4	8.7
最大值	91.6 晴隆	35.2 平塘
≥ 30	7	4
≥ 10	22	29
≤ 1	32	4
与海拔高度相关性	0.50	-0.48

通过前面的分析和之前的研究结果^[6,8-10],可见贵州锋面雾和辐射雾的时空分布、特点、性质上都差异很大;因此不论是预报还是监测预警,都应该分类来讨论。

4 高速公路低能见度预报的气象要素指标

之前许多研究针对能见度与气象要素的关系^[16-20],证明通过气象要素分析来预报或判断能见度是可行的,较其他方法也更为简便。下面对各类型、各等级低能见度的气象要素进行考察,以期能够找到气象条件上的差异。但由于锋面雾、地形雾 4 级能见度的个例较少,统计分析结果仅供参考。

4.1 气温

从三类雾的气温统计来看,各类雾大多发生在 20℃以下,气温均值都是随能见度等级升高而降低。即气温越低,能见度越差。但锋面雾的 4 级能见度气温较其他等级要高。

从变温来看(图 1),锋面雾和其他两类雾有明显区别。辐射雾大多数变温大多都是负值(75.6%),强浓雾更有 89.7%都是降温。各等级之间有负变温越大,能见度越低的关系。也充分证明了辐射雾的成因,主要是辐射降温。地形雾也有大部分是负变温(63.5%),与辐射雾类似,但降温幅度不如辐射

雾。而锋面雾只有三分之一左右是负变温(32%),且各等级之间区分不明显。

气温和前日气温最高时的露点差,下文称交叉温度,是综合考虑温度和湿度的一个指标,考察结果与气温的结果相似:对辐射雾和地形雾来说,随着能见度等级降低,其均值下降,两者之间存在关联度,但各等级之间区分更清楚。锋面雾的交叉温度不是单调变化的,而是在4级能见度时有一个明显增大。

各级锋面雾中气温要素表现出非单调性,研究后发现在2009年2月25日这一天,开阳能见度达100米以下,但前日静止锋北抬到开阳以北,该地天气转好,温度较高,相对湿度很小;由于锋面雾中的4级能见度很少(15例),样本间差异较大对统计结果影响很大,统计分析效果不好。

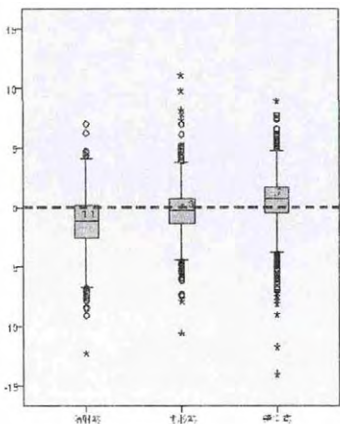


图1 各类低能见度的变温比较

4.2 湿度

发生低能见度天气时的相对湿度都较大,很多时候达100%,不服从正态分布。因此统计分析时,以90%百分位数作为阈值参考。辐射雾中各等级能见度发生时的相对湿度,均值、90%百分位数和及小值都随等级上升而上升(图2),即能见度程度越重,要求的湿度越高。辐射雾发生时的相对湿度大多在92.1%以上,4级以上低能见度大多发生在湿度94.7%以上时。其他两类雾总体的相对湿度的90%百分位数为92.2%和90.8%,相对湿度和能见度等级之间没有明显的关联。值得注意的是,锋面雾中4级能见度曾出现在90.9%的情况下,为各类型中极小值。

图2可见湿度在各等级辐射雾有区分,但范围有重叠。湿度在其他两类雾的各等级之间差别不明显。三类雾都存在总体发生与否的湿度阈值,但差别并不太大。

4.3 降水量

降水量和风速,都不是连续变化的要素,因此采取分级统计的方法。辐射雾发生时基本都没有降水,前6小时也绝大部分都没有降水,0.1mm以下降水和无降水占98.4%;辐射雾中4级能见度也绝大多数都发生在无降水情况下,降水量最大也只有

0.1mm。锋面雾发生时30%左右是有降水的(表4),但都以小于1mm的弱降水为主;前6小时则只有37%没有降水,大多都是有降水的,但大多是5mm以下的小雨(97.97%)。

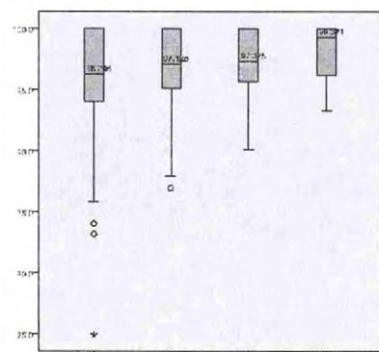


图2 辐射雾各级湿度比较

地形雾等其他类型的雾中包含了降雨原因引起的低能见度,在此剔除当时的1小时降水量大于10mm的5个个例(5个个例中能见度等级均小于4)。地形雾中统计各降雨量级的频率都小于锋面雾的,说明地形雾中出现降水的情况更多,降水量平均也比锋面雾的大。但两类雾中的4级能见度出现时,最大的降水量为0.3mm,前6小时降水量为2.5mm,说明弱的降水利于出现锋面雾和地形雾等,但降水过大不利于出现能见度级别低的天气。

4.4 风速

风向在山区有很强的局地性,不能完全客观反映与能见度的关系。因此主要考察风速与能见度之间的关系。辐射雾中静风和小于 $1\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 的弱风在总体样本中所占比例为3类中最大(表5),但4级能见度样本中弱风的比例却明显减小。锋面雾和辐射雾相反:静风、小于 $1\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 的弱风在4级能见度中所占比例和均值都较总体的小,静风和弱风更利于产生能见度低的锋面雾。地形雾风速均值是3类中最大,4级能见度都发生在风速大于 $1\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 的情况下。

通过前文分析得出各类雾的分级气象要素指标,发现在辐射雾中,变温、交叉温度、湿度等气象要素与能见度等级之间有较好区分,但各等级之间的要素范围有所重叠。各等级地形雾、锋面雾之间的气象要素差别不太明显。可见分等级低能见度的预报非常困难。虽然WRF、精细化预报产品等都有能见度值的预报,但检验结果在贵州山区不甚理想。总的来说,山区能见度受地形环境影响明显,预报能见度等级、能见度值的难度很大。但各类雾的发生,有一定的气象条件,且各类雾之间发生的气象条件有所差别,可以作为分类雾的有无预报指标。

5 总结

通过分类雾的特征比较和气象要素的考察,认

表 3 锋面雾和地形雾的降雨量统计

当前降水	锋面雾		地形雾		前 6h 降水	锋面雾		地形雾	
	总体	4 级	总体	4 级		总体	4 级	总体	4 级
0m 总数	1308	13	553	4	0m 总数	699	9	326	1
0m 频率 (%)	69.76	76.47	60.24	57.14	0m 频率 (%)	37.28	60.00	35.51	14.28
≤0.1m 总数	1666	15	701	6	≤1m 总数	1665	11	641	2
≤0.1m 频率 (%)	88.85	100	76.36	85.71	≤1m 频率 (%)	88.80	73.33	69.83	28.57
≤1m 总数	1855	15	867	7	≤5m 总数	1837	15	829	7
≤1m 频率 (%)	98.93	100	93.93	100	≤5m 频率 (%)	97.97	93.33	90.31	100
最大降水量 (m)	9.7	0.1	7	0.3	最大降水量	37	1.2	75.2	2.5
均值 (m)	0.08	0.01	0.36	0.07	均值	0.60	0.20	1.92	0.91

表 4 风速统计

风速	辐射雾		锋面雾		地形雾	
	总体	4 级	总体	4 级	总体	4 级
静风总数	508	9	255	4	61	0
静风频率 (%)	14.06	7.69	12.53	26.67	6.66	0
≤1m.s ⁻¹ 总数	1804	44	774	7	292	0
≤1m.s ⁻¹ 频率 (%)	50.00	37.61	43.12	46.67	31.88	0
≤3m.s ⁻¹ 总数	3384	107	1690	14	810	100
≤3m.s ⁻¹ 频率 (%)	93.77	91.45	94.15	93.33	88.43	100
最大风速 (m.s ⁻¹)	11.5	4.9	6.0	4.1	5.9	2.7
均值 (m.s ⁻¹)	1.28	1.48	1.55	1.17	1.71	1.99

识各类雾的发生条件，以及各等级雾的气象条件之间的细微差异。虽然实现分等级预报存在困难,但仍可以总结出贵州各类雾的有无预报指标，从而实现适宜贵州天气特点的分类雾的预报。

(1) 各类低能见度天气之间的性质差异明显,在预报中宜分类进行。锋面雾的局地性特点,在预报中需要重点关注锋面雾多发点、区域。辐射雾的性质更均匀,低能见度程度更重,对交通影响重。

(2) 各类雾的分级气象要素指标考察发现:在辐射雾中,变温、交叉温度、湿度等气象要素随能见度等级变化有一定规律,4 级辐射雾发生的降水和风速条件强于其余级别。各等级锋面雾之间的气象要素差别不太明显，且 4 级能见度与其他级别有较大差异,受样本量少的影响统计效果不好。

(3) 各类雾之间发生的气象条件有所差别并可作为预报依据。锋面雾和其他两类雾的变温有明显区别：辐射雾大多是负变温，而锋面雾只有三分之一是负变温。三类雾都存在总体发生与否的湿度阈值，但差别并不太大。辐射雾发生时和前 6 小时基本无降水，而弱的降水利于出现锋面雾和地形雾等，但降水过大不利于出现能见度级别低的天气。辐射雾大多发生在静风和弱风情况下，锋面雾较辐射雾的风速略大，而地形雾发生时的风速最大。

参考文献

[1] 陈而廉, 李生艳, 林开平, 等.雾对广西高速公路交通安全的影响及预防对策 [J]. 气象研究与应用, 2011, 32 (3): 46-48

[2] 李子华.中国近 40 年来雾的研究 [J]. 气象学报, 2001, 59 (5): 616-624

[3] 袁成松, 卞光辉, 冯民学, 等.高速公路上低能见度的监测与预报 [J]. 气象, 2003, 29 (11): 36-40

[4] 邓英姿, 胡宗煜, 黎颖智.2008~2011 年南宁冬春季雾天气特征分析 [J]. 气象研究与应用, 2013, 34 (1): 21-23

[5] 田小毅, 吴建军, 严明良, 等.高速公路低能见度浓雾监测预报中的几点新进展 [J]. 气象科学, 2009, 29 (3): 414-420

[6] 罗喜平, 杨静, 周成霞.贵州省雾的气候特征研究 [J]. 北京大学学报 (自然科学版), 2008, 44 (5): 765-771

[7] 李生艳, 周能, 苏洵.广西雾天气的气候及环流形势特征 [J]. 气象研究与应用, 2009, 30 (4): 14-17

[8] 杨静, 汪超, 彭芳, 等.低纬山区一次持续锋面雾特征探讨 [J]. 气象科技, 2011, 39 (4): 445-451

[9] 崔庭, 吴古会, 赵金玉等.滇黔准静止锋锋面雾的结构及成因分析 [J]. 干旱气象, 2012, 30 (1): 114-118

[10] 罗喜平, 周明飞, 汪超, 等.贵州区域性辐射大雾特征与形成条件 [J]. 气象科技, 2012, 40 (5): 799-806

[11] 吉廷艳, 胡跃文, 唐延婧, 等.贵州高等级公路气象特征及预报 [J]. 气象科学, 2011, 31 (2): 223-227

[12] 张德山, 魏建明, 陈廷良等.首都机场高速公路能见度预报方法 [J]. 气象科技, 2002, 30 (6): 358-361

[13] 李法然, 周之栩, 陈卫锋, 等.湖州市大雾天气的成因分析及预报研究 [J]. 应用气象学报, 2005, 16 (6): 794-803

[14] 王彦磊, 曹炳伟, 黄兵, 等.基于神经网络的单站雾预报试验 [J]. 应用气象学报, (下转第 113 页)

讯网卡,实际使用中 COM 卡故障很常见,其原因通常有雷击、市电原因烧损、电压不稳造成接收数据不畅、连接插头松脱等,我站通常在电脑中安装有备份的 COM 卡,检查方法通常是转换 COM 端口号进行排查和进行连接插头检查。

3 维修案例

2014 年 10 月 20 日,我站在高空地面一体化过程中搬迁值班室,当时需要搬迁的有 4 芯数据通讯线络、市电配电盘、终端电脑等设备,搬迁自上午 8 时开始,至 11 时结束,搬迁过程中采用 4 芯新电缆在两个 GC-25T 之间进行通讯连接,搬迁结束后再用旧的 4 芯电缆连接回来。搬迁过程中初看顺利,数据通讯也正常,但至 12 时,数据下载突然随机地短时中断,时断时连,故障现象颇为奇特,

由于数据有时能下载回来,初步排除采集器故障,同时在采集器端也没有进行 GC-25T 接口操作,故排除 GC-25T 及 3 芯电缆故障,怀疑 4 芯电缆在搬迁过程中有可能扯断,换上新的 4 芯电缆进行连接,故障依旧,下载断断续续,于是怀疑 COM 卡故障,转换端口进行测试,故障仍然存在,最后把焦点转移到市电 220 供电上,原来在搬迁过程中,由于需要进行配电盘搬迁,故把供电插座临时接入到高空探测站的应急电源 UPS 插座上,尽管高空站在 12 时以后没有开雷达,但由于应急电源 UPS 可能存在电压不稳定,供电不正常,故造成地面自动观测终端电脑通讯网卡工作不正常,数据接收不畅,于是加快配电盘安装,终于在 14 时的正点报文发报前安装完毕,重新接电,故障得以排除。

4 小结

气象自动站的检修工作,只要按照其工作原理及流程进行排查检修,一般都会能找出故障原因,而

在检修过程中,最快最有效的就是替换检查法,如换采集器、换电缆、换通讯网卡、换 GC-25T 进行替换检查,切忌在检修过程中杂乱无章,不按顺序,特别是在用万用检查电压电流过程中,更需要小心谨慎,切勿短路操作,造成轻则保险丝熔断,重则损坏采集器从而扩大故障的后果。

参考文献

- [1] 广西区气象技术装备中心, 广西气象局业务处.自动气象站维护与维修手册 [Z].2005: 64-68.
- [2] 邹哲馨, 杨月英.一次自动气象站故障排除实例分析 [J].气象研究与应用, 2012, 33 (2): 79-80.
- [4] 扬兰、郑美仪.浅谈自动气象站记录数据的维护、审核和异常情况处理 [J].气象研究与应用, 2013, 34 (4): 70-73.
- [5] 林堃儒, 陈小燕, 甘昭芳.自动站数据维护和异常数据处理之浅析 [J].气象研究与应用, 2011, 32 (2): 51-53.
- [6] 陈凤娟, 尹海燕, 宋海玲.北海自动站 DY-06 供电系统的一次故障实例 [J].气象研究与应用, 2011, 32 (1): 86-87.
- [7] 徐明芳.CAWS600 型自动气象站维护和常见故障判断 [J].气象研究与应用, 2007, 28 (S1): 103-105.
- [8] 邓延东、杨玉静、莫益江.一次自动站异常数据的处理 [J].气象研究与应用, 2011, 32 (1): 72-73.
- [9] 黄健征、田小芳.百色双套自动气象站雷击故障维修的方法 [J].气象研究与应用, 2014, 35 (1): 97-98.
- [10] 中国华云技术开发公司研发中心.新型自动气象站用户指南及系统说明书 [Z].2010: 12-16.
- [11] 中国气象局综合观测司.气象装备技术保障手册-自动气象站 [M].2011: 43-99.
- [12] 胡玉峰.自动气象站原理与测量方法 [M].北京: 气象出版社, 2004: 66-75.
- [13] 廖铭超, 唐卫环, 韦继忠, 等.自动气象站常见故障及数据维护技巧 [J].气象研究与应用, 2011, 32 (3): 79-80.
- [14] 崔广学.地面气象观测 [M].北京: 气象出版社, 2011: 291-294.
- [15] 王建凯, 赵志强, 刘钧, 谭龙.地面气象观测自动化技术手册 [M].北京: 气象出版社, 2014: 77-79.

(上接第 99 页)

- 2010, 21 (1): 110-113
- [15] 马学款, 蔡芎宁, 杨贵名, 等.重庆市雾的天气特征分析及预报方法研究 [J].气候与环境研究, 2007, 12 (6): 795-803
- [16] 吴和红, 严良明, 缪启龙, 等.沪宁高速公路大雾及气象要素特征分析 [J].气象与减灾研究, 2010, 33 (4): 31-37
- [17] 黎颖智, 邓英姿, 刘世学, 等.广西高速公路雾预报系统设计及实现 [J].气象研究与应用, 2013, 34 (3): 43-46
- [18] 冯民学, 顾松山, 卞光辉, 等.高速公路浓雾监测预警系统 [J].中国公路学报, 2004, 17 (3): 92-98

- [19] 吴兑, 邓雪娇, 游积平, 等.南岭山地高速公路雾区能见度预报系统 [J].热带气象学报, 2006, 22 (5): 418-422
- [20] 贺皓, 刘子臣, 徐虹, 等.陕西省高等级公路大雾的预报方法研究 [J].陕西气象, 2003, 1: 7-10
- [21] 中国气象局.地面气象观测规范 [M].北京: 气象出版社, 2007: 6-7
- [22] 唐延婧, 夏小玲, 谢清霞, 等.贵州低能见度天气的统计特征及对交通影响 [A].第 30 届中国气象学会年会论文集, 南京, 2014