

贵州辐射雾的时空变化特征 及其气象要素分析

谢清霞 唐延晴 庞庆兵 夏晓玲 廖波

(贵州省气象服务中心, 贵阳 550002)

摘要: 选取 2008-2012 年贵州省 3646 站次的辐射雾天气过程, 根据 08 时能见度大小将其划分为 4 级雾、3 级雾、2 级雾和 1 级雾四个等级, 利用常规地面观测资料分析其时空变化特征, 并根据辐射雾多发生区选取修文、三穗和凤冈 3 个分布在贵州省高速干道上的站点, 利用相应地面气象观测台站的逐日逐时实测气象要素资料, 分析其不同等级的气象要素特征。结果表明: 各等级辐射雾在 10 月次年 1 月发生较多; 空间分布呈“东多西少”格局, 4 级雾主要分布中心为修文和岑巩, 其余等级辐射雾主要分布中心为三穗、凤冈、平塘、正安、松桃和锦屏; 修文站的 4 级雾偏多与其平均相对湿度明显偏高、风速小于 3 m/s 和风向主要为偏东风相关性较高; 三穗站和凤冈站的平均相对湿度与当日 08 时和前一日 20 时的气温差相对利于雾的生成, 但其风速较小, 垂直混合较弱, 故其主要为较低等级雾。

关键词: 辐射雾; 时空变化; 气象要素

中图分类号: P426.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-7148(2016)02-0119-07

引言

雾不仅对工农业生产和人类健康带来影响, 在交通方面也会带来更严重、更直接的生命安全威胁和经济损失。近年来, 随着高速公路的迅速发展, 雾对高速交通的影响也更加突出, 对雾的研究显得尤为重要。

国内对辐射雾已有诸多研究。李子华等研究了沪宁高速公路上雾的观测资料, 揭示了辐射雾的双层结构和爆发性发展的特征, 分析了辐射雾发展的物理过程, 讨论了影响辐射雾生成过程的逆温结构和湍流混合问题。梅压应用反向传播人工神经网络(BP 网络)建立冬季辐射雾的人工神经网络预报系统。黄艳芳将辐射雾分级进行统计分析, 编制出计算逐时能见度的应用程序, 由此客观自动地预报出武汉机场的辐射雾的逐时能见度。杨军等利用 2006 和 2007 年冬季南京雾外场试验

中取得的雾水离子成分资料, 分析了雾水化学组分特征, 探讨了雾水酸度来源及辐射雾和平流辐射雾的化学特征差异。吴和红等利用 2006 年 6 月 2009 年 5 月沪宁高速公路 AWM 自动气象站资料, 研究得出沪宁高速公路 2 级雾发生时辐射雾的风速介于平流雾和锋面雾之间, 湿度以渐变为主。黄治勇等对比分析了 2010 年湖北西南山地一次连续发生的辐射雾和雨雾的环流形势及地面和高空气象要素特征。樊琦等对珠江三角洲地区的一次辐射雾进行了数值模拟, 表明地面的长波辐射冷却促使辐射雾的形成, 而短波辐射的加热是辐射雾消散的主要原因。陈锋立等利用非静力平衡中尺度模式对一次持续平流辐射雾过

程进行阶段性数值模拟研究, 结果表明, 模式能较好地模拟出雾的范围、强度和生消过程, 但模拟白天雾的强度较弱。

研究人员对贵州省的雾也有一些研究。 2008 年罗喜平等研究指出: 贵州省多雾中心主要分布在东部、西部边缘及中部地势较高处, 雾与海拔高度呈弱的正相关; 贵州省雾每月都有出现, 主要集中在冬半年; 一日当中 08 时雾出现的频率最高。 2010 年杨静等利用中尺度模式系统 WRF 对 2008 年 2 月 20 21 日贵州山区出现的一次锋面大雾进行了数值模拟研究, 结果表明, WRF 模式对此次大雾的发生区域及生成过程具有较好的数值模拟能力。 2011 年杨静等分析 2008 年 2 月 21 22 日贵州山区锋面雾特征。 2010 年崔庭等分析了滇黔准静止锋形成大雾的时空分布特征, 及形成雾的大气环流背景及动力、热力条件结构和成因。 2012 年罗喜平等分析了 1971 2008 年的贵州区域性辐射大雾的特征和形成条件。对贵州省辐射雾的等级划分及其不同等级雾的时空变化及其气象要素变化情况, 还没有相应的研究, 所以本文对此进行探讨。

1 资料说明

选用 2008 2012 年贵州全省 84 个县级以上气象站点逐日 08、14、20 时 3 个时次的地面气象要素资料作为统计对象(02 时只有 34 个国家基准站有能见度观测记录, 因此统计时不考虑 02 时资料), 确定辐射雾天气。 根据能见度资料和罗喜平等提出的标准, 共确定 3646 站次辐射雾天气过程。根据 08 时能见度资料, 将辐射雾划分为 4 个等级: 1 级, $0.5\text{km} < \text{能见度} \leq 1.0\text{km}$; 2 级, $0.2\text{km} < \text{能见度} \leq 0.5\text{km}$; 3 级, $0.1\text{km} \leq \text{能见度} \leq 0.2\text{km}$; 4 级, 能见度 $< 0.1\text{km}$ 。

再应用 2008 2012 年贵州全省 84 个气象观测站点的逐时地面气象要素资料(包括气温、相对湿度、风向和风速等) 进行特选站点的要素分析。 由于贵州辐射雾的生成时间为 01-08 时, 所以本文各气象要素均分析 01-08 时多个例的平均值。

贵州辐射雾在一年四季均有形成(图 1), 本文分为夏半年(4 9 月)和冬半年(10 次年 3 月) 进行分析。 贵州的辐射雾主要形成于中东部地区(图 3), 根据辐射雾的空间分布特征(图 4), 结合贵州省内的主要高速干道分布情况, 挑选修文、三穗和凤冈 3 个站点进行分析。其中, 修文位于贵州省中部, 海拔 1242 m, 为兰海高速在贵州辐射雾 4 级雾的高发中心; 三穗位于贵州省东部, 海拔 611 m, 为沪昆高速在贵州辐射雾 3 级雾、2 级雾和 1 级雾的高发中心; 凤冈位于贵州省北部, 海拔 711 m, 为杭瑞高速在贵州的辐射雾 2 级雾和 1 级雾的高发中心。

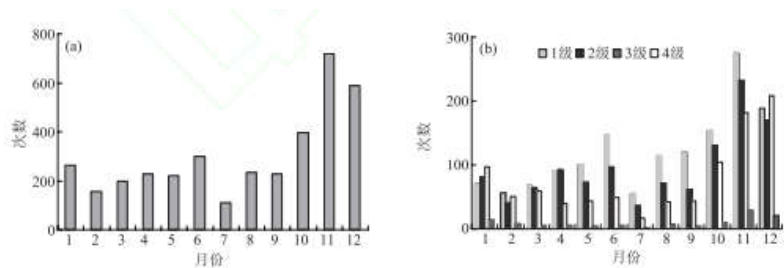


图 1 2008—2012 年贵州辐射雾月次数 (a) 和各等级雾月次数 (b)

2 时空分布

2.1 时间变化

图 1a 为 2008 2012 年贵州辐射雾各等级总频次,可见贵州辐射雾主要发生在 10 月 次年 1 月和 6 月,2 5 月和 7 9 月发生较少,其中 11 月是辐射雾发生频次最高的月份,7 月是发生频次最低的月份。不同等级的辐射雾在每个月的分布情况(图 1b)略有不同,4 级雾与 3 级雾主要发生在 10 月 次年 1 月,而 2 级雾不仅在 10 月 次年 1 月发生较多,在夏半年的 4 6 月发生频次也相对较高;1 级雾主要发生在 8 12 月,4 6 月也相对较多,6 月与 10 月的频次相当。

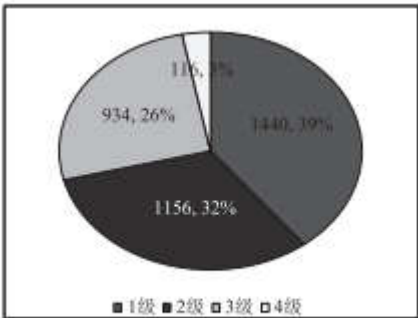


图 2 2008—2012年贵州辐射雾各等级比例

在发生的 3646 站次辐射雾中,不同等级辐射雾所占比例如图 2。其中,4 级雾所占比例最小,为 3Z,发生频次为 116 次;3 级雾发生比例为 26Z,发生频次为 934 次;2 级雾发生比例为 32Z,发生频次为 1156 次;1 级雾的比例为 39Z,发生频次为 1440 次。可见,等级越高,发生频次就越低,4 级雾发生频次最少,1 级雾的发生频次最多。

2.2 空间变化

2008 2012 年辐射雾空间分布为“东多西少”的格局(图 3),其中 4 个高值中心分别为松桃、三穗、平塘和凤冈,与罗喜平等的 1971-2008 年贵州省区域辐射雾的分布较为一致,说明贵州的辐射雾空间分布趋势没有变化。

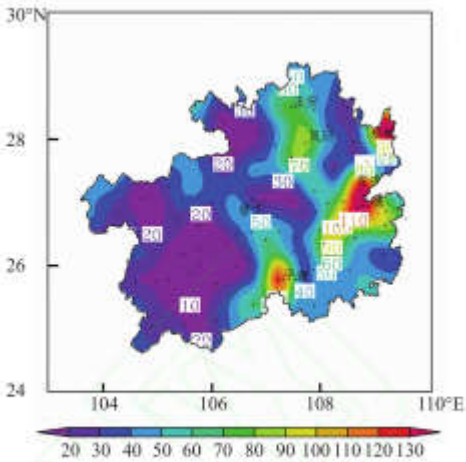


图 3 2008—2012年贵州辐射雾空间分布

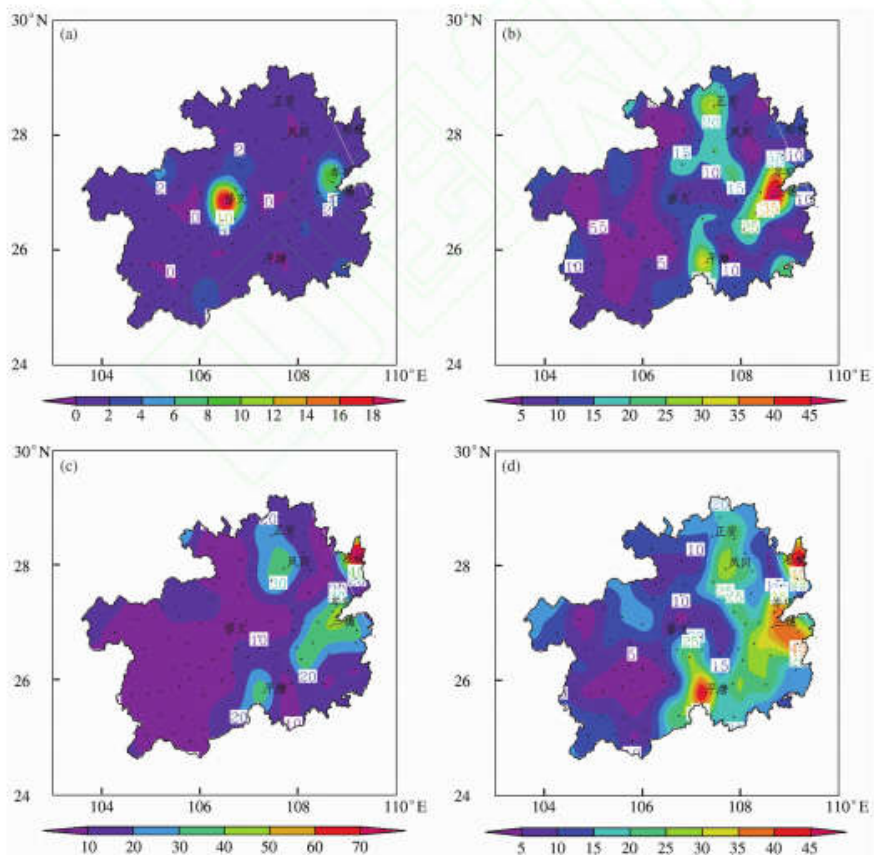


图 4 2008—2012 年贵州辐射雾 4 级雾 (a)、3 级雾 (b)、2 级雾 (c) 和 1 级雾 (d) 的空间分布

图 4 为不同等级辐射雾的空间分布。由图 4 可见:4 级雾的高频发生区主要在中部以修文为中心的区域和东部以岑巩为中心的区域;3 级雾的高频发生区主要为以三穗为中心的东部、以平塘为中心的南部和以正安为中心的北部;2 级雾在东部的高频中心为三穗,南部的高频中心为平塘,北部的则是凤冈;1 级雾的高频发生区主要在东部以锦屏为中心、南部以平塘为中心和北部以凤冈为中心的 3 个区域,其中 2 级雾和 1 级雾还有个以松桃为中心的高频发生区域。

3 气象要素的变化特征

夏半年,修文站 4 级雾、3 级雾和 1 级雾均在 8 月出现较多,2 级雾主要在 6 月出现,其中 4 级雾出现总次数相比其他等级雾偏多,为 14 次。三穗站 4 级雾天气出现很少,仅在 4、6 和 8 月各出现 1 次,3 级雾和 1 级雾天气主要出现在 9 月,2 级雾天气在 8 月出现较多,其中 1 级雾累计次数最多,为 35 次,2 级雾其次,为 31 次,3 级雾较少,为 17 次。凤冈站的 1 级雾和 2 级雾均在 6 月出现较多,3 级雾出现较少,4 级雾没有发生(表 1)。

冬半年,修文站 4 级雾在 11 月出现最多,3 级雾天气主要出现在 10 月,2 级雾天气仅在 11 月出现过 1 次,1 级雾出现次数也很少,其中 4 级雾总次数最多,为 18 次。三穗站的 4 级雾天气出现次数也很少;3 级雾和 2 级雾天气均主要出现在 11 月,1 级雾主要在 10 月和 12 月出现较多,其中 3 级雾的总次数最多,为 50 次。凤冈站的 4 级雾没有出现,3 级雾主要出现在 12 月,2 级雾在 11 月出现较多,1 级雾在 10 月出现较多,其中 2 级雾总次数最多,为 25 次(表 1)。

表 1 2008—2012年贵州修文、三穗和凤冈站各等级辐射雾次数												
台站	修文				三穗				凤冈			
	4级	3级	2级	1级	4级	3级	2级	1级	4级	3级	2级	1级
夏半年	14	12	6	4	3	17	31	35	0	4	18	17
冬半年	18	9	1	3	2	50	14	18	0	11	25	21

3.1 气温

辐射降温是辐射雾形成的最主要条件之一。统计修文、三穗和凤冈站各等级辐射雾当日08 时与前日 20 时的平均气温差发现:修文站各等级雾的平均温差在夏半年和冬半年为-4~ -6℃,全年均是 1 级雾的平均温差绝对值最大,2 级雾和 4 级雾之间相差不大;三穗站和凤冈站在夏半年和冬半年的平均温差均是雾等级越高,温差绝对值越大,其中三穗站为-4~ -6℃,而凤冈站为 -4~ -5℃。 这与罗喜平的贵州区域辐射雾平均温差较为一致。

夏半年,图略)3 个站点在 01-08 时各等级辐射雾的平均气温变化趋势基本一致。 其中,修文和三穗站在 01-07 时逐渐下降,08 时开始上升;凤冈站在 01-06 时逐渐下降,在 07 时就开始上升。修文站 01-08 时的平均气温在 13~16℃,不同等级雾之间的气温无明显差异;三穗站各等级雾 01-08 时的平均气温差异较为明显,由高到低的顺序为 1 级(18.9-20.3℃)、4 级(17.5-19.0℃)、2 级(16.6-18.2℃)和 3 级(15.8-17.2℃)’凤冈站的气温变化在 17.9-20.0℃,且 2 级雾气温最高为 18.9-20.0℃,1 级雾其次,为 18.1-19.3℃,3 级雾最低,为 17.9-19.1℃)

冬半年(图 5),3 个站点在 01-07 时的各等级辐射雾的平均气温均略有下降,下降幅度较为一致,到 08 时略有回升)修文站在 01-08 时平均气温在 2-9℃,且 3 级雾平均气温最高,1 级雾的平均气温明显低于其他等级雾的’三穗站在 01-08 时平均气温在 6-10℃,4 级雾的平均气温比其他等级的雾明显偏高,3 级雾和 2 级雾的平均温度基本一致,为最低’凤冈站的平均气温在 4.6-9.6℃,1 级雾平均气温最高(8.1-9.6℃),且明显高于其他 2 个等级雾的,2 级雾的,其次(4.7-6.4℃),3 级雾最低(4.6-6.4℃)。

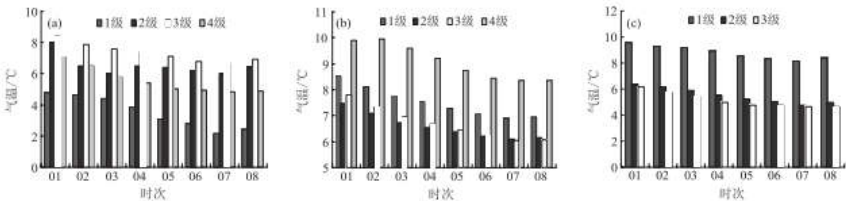


图 5 2008—2012年修文(a)、三穗(b)和凤冈(c)各等级辐射雾冬半年 01—08 时平均气温变化

3.2 相对湿度

空气湿度是雾形成与维持最重要的影响因子之一,湿度越大,湿层越厚,就越有利于雾的形成。夏半年(图略),3 个站点各等级雾在 01-07 时的平均相对湿度均呈缓慢上升趋势,08 时开始趋于平稳)01-07 时,修文站的平均相对湿度在 92% — 98%, 4 级雾的平均相对湿度明显高于其他等级雾的,为 94% — 98%,其次为 1 级雾的平均相对湿度,2 级雾和 3 级雾的平均相对湿度较为一致’三穗站平均相对湿度在 91% — 97%, 3 级雾的平均相对湿度略高于其他等级雾的,为 93% — 97%,其余等级雾的平均相对湿度大小无明显差异’凤冈站的平均相对湿度由高到低分别为 3 级*2 级和 1 级的,且 3 级辐射雾的平均相对湿度明显高于其余 2 个等级的。

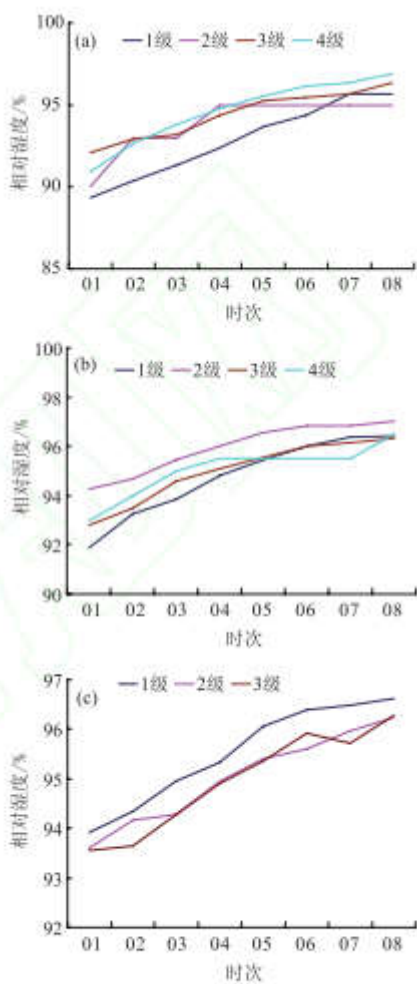


图 6 2008—2012 年修文 (a)、三穗 (b) 和凤冈 (c) 各等级辐射雾冬半年 01—08 时平均湿度变化

冬半年 (图 6)，3 个站点各等级雾在 01-08 时的平均相对湿度均呈缓慢上升趋势) 修文站的平均相对湿度在 89%-97%，4 级雾的平均相对湿度略高于其他等级雾的，而 1 级雾的略偏低 (89.0%-95.6%)，其余等级雾的平均相对湿度基本一致' 三穗站的平均相对湿度在 91%-97%，2 级雾的平均湿度 (94.0%-97.0%) 明显高于其余等级雾 (92.0%-96.5%) 的，而其余等级雾的平均相对湿度也基本一致' 凤冈站的各等级雾平均相对湿度在 93%-97%，1 级雾的平均相对湿度 (93.9%-96.6%) 明显高于其余等级雾的，而 2 级雾和 3 级雾的相对湿度无明显区别 (93.5%-96.2%)。

3.3 风向

夏半年 (图略)，修文站的风向在 01-07 时主要以偏东风为主，08 时转为东风比例最大 (25.0%)，其次为东偏南风 (19.4%)' 三穗站在 01-07 时的风向一致为西风，到 08 时转为东偏南风比例最大 (22.1%)，其次为东南风 (17.4%)' 凤冈站在 01-07 时为一一致的静风，到 08 时转为东风 (28.2%)，其次为静风 (17.9%)。

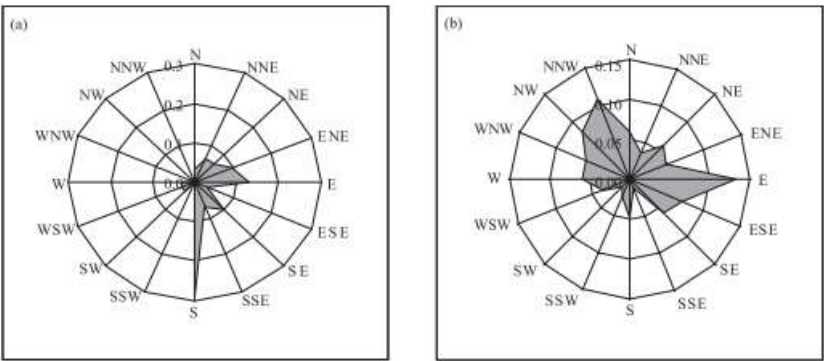


图 7 2008—2012年修文(a)、三穗(b)辐射雾冬半年08时风向变化

冬半年(图 7), 修文站在 01-07 时仍然主要为偏东风, 08 时风向转为南风, 比例为 29.0%, 其次为东风, 所占比例为 12.9%; 三穗站在 01-06 时西风占最大比例, 07 时转为西北风比例最大, 到 08 时转为东风比例最大(13.1%); 凤冈站(图略)在 01-08 时以静风为主。

3.4 风 速

要形成一定强度及一定厚度的辐射雾, 还必须有适度的风速, 产生一定的湍流混合作用, 以便形成较厚的冷却层。夏半年(图略), 修文和三穗两个站点均在 01-07 时风速维持在较低值范围内没有太大变化, 而在 07-08 时明显增大。修文站 01-07 时各等级雾平均风速在 0.3 -1.2 m/s, 08 时小于 3.0 m/s, 各等级雾平均风速大小区别不大; 三穗站 01-07 时各等级雾平均风速在 0.4 -1.0 m/s, 08 时为小于 2.0 m/s, 4 级雾风速明显低于其他各等级雾的。凤冈站各等级雾的平均风速在 02-08 时均为上升的趋势, 其值均小于 1.0 m/s, 在 04-06 时风速由大到小依次为 1 级、2 级和 3 级辐射雾时的风速。

冬半年(图 8), 修文和三穗站各等级辐射雾的平均风速大小基本一致, 且在 01-07 时的风速变化不大, 到 08 时风速明显上升。01-07 时平均风速修文站维持在 0.4-1.0 m/s, 三穗站在 0.2 -1.2 m/s; 08 时修文站风速小于 2.0 m/s, 三穗站的小于 1.2 m/s。凤冈站各等级雾的风速在 0.1 -0.9 m/s, 变化虽均是上升趋势, 但都波动较大。

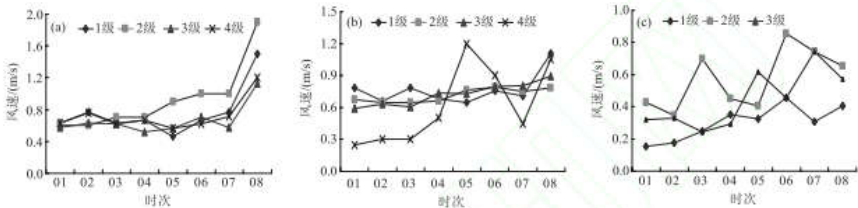


图 8 2008—2012年修文(a)、三穗(b)和凤冈(c)各等级辐射雾冬半年01—08时平均风速变化

3 个站点均是夏半年风速高于冬半年的, 且修文风速最大, 凤冈风速最小, 这主要因为修文海拔最高, 风速相对较大。由于凤冈的风向在很多时段为静风, 因而风速偏小, 其垂直混合作用也小, 冷却层也较薄, 所以在温差和相对湿度基本一致的条件下, 多发雾的等级也就偏低。

4 结 论

(1)各等级辐射雾在 10 月 次年 1 月发生较多,2 级雾和 1 级雾在 4 6 月也相对较多,且等级越高,发生频次就越低。

(2)辐射雾空间分布为“东多西少”的格局,4 级雾主要分布在东部以岑巩为中心和中部以修文为中心的区域,3 级雾的 3 个高频发生区域分别以平塘、三穗和正安为中心,2 级雾的高频中心分别为平塘、凤冈、松桃和三穗,1 级雾的高频中心分别为平塘、凤冈、松桃和锦屏。

(3)修文站的 4 级雾偏多与其平均相对湿度明显偏高、风速小于 3 m/s 和风向主要为偏东风有一定关系。三穗站和凤冈站的平均相对湿度与当日 08 时和前一日 20 时的气温差相对利于雾的生成,但其风速较小,垂直混合较弱,故其主要生成较低等级雾;三穗站风向主要为偏西风转偏东风,凤冈站主要为静风,所以三穗站的雾发生的等级和次数又明显高于凤冈站的等级和次数。

参考文献

- [1] 赵慧霞,王维国,李泽榕,等.雾对我国交通运输的不利影响及对策[J].气象与环境学报,2010,26(2):58-62.
- [2] 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.
- [3] 陈而康,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.
- [4] 邵振平.郑州机场能见度变化特征及雾的成因分析[J].气象与环境科学,2014,37(1):75-82.
- [5] 李子华,黄建平,孙博阳,等.辐射雾发展的爆发性特征[J].大气科学,1999,23(5):623-631.
- [6] 梅珏.人工神经网络在辐射雾预报中的应用[J].应用气象学报,1999,10(4):511-512.
- [7] 黄艳芳.武汉机场辐射雾的逐时能见度预报[J].民航科技,2001(1):51-52,58.
- [8] 杨军,谢玉静,石春娥,等.南京冬季辐射雾和平流辐射雾的化学特征差异[J].大气科学学报,2009,32(6):776-782.
- [9] 吴和红,严明良,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.
- [10] 黄治勇,牛奔,杨军,等.湖北西南山地一次辐射雾和雨雾气象要素特征的对比分析[J].气候与环境研究,2012,17(5):532-540.
- [11] 樊琦,王安宇,范绍佳,等.珠江三角洲地区一次辐射雾的数值模拟研究[J].气象科学,2004,24(1):1-8.
- [12] 陈锋立,王春明,王洋,等.一次大雾天气过程的数值模拟研究[J].气象与环境科学,2011,34(2):31-38.
- [13] 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):765-772.
- [14] 杨静,汪超.贵州山区一次锋面雾的数值模拟及形成条件诊断分析[J].贵州气象,2010,34(2):3-9.
- [15] 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):445-452.

- [16] 崔庭, 吴古会, 岑启林, 等. 滇黔准静止锋一次锋面雾的成因分析[J]. 贵州气象, 2010, 34(4): 32-33.
- [17] 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.
- [18] 王伟, 卢雪翠, 解以扬. 雾的标准化危险性指数计算方法及其应用[J]. 气象与环境学报, 2010, 26(1): 16-20.