

# 2017年初春贵州高速公路大雾天气分析

胡跃文<sup>1</sup> 秦杰<sup>2</sup> 裴兴云<sup>3</sup> 牛迪宇<sup>3</sup> 吉廷艳<sup>3</sup>

(1 贵州省气象学会, 贵阳 550002; 2 贵阳市乌当区气象局, 贵阳 550018; 3 贵州省气象服务中心, 贵阳 550002)

**摘要:** 利用气象自动站和交通气象站逐分钟能见度观测资料和天气图资料, 分析了2017年初春发生在贵州多条高速公路的持续性大雾天气形成原因, 探讨了山区高速公路大雾天气应对措施。结果表明: 高空槽东移影响, 低空西南气流将南海水汽向贵州输送, 静止锋系统东西摆动和长时间存在, 是这次高速公路大雾过程的主要天气背景。在锋面天气系统影响下, 相邻区域内海拔高度与能见度具有反相关性, 海拔较高处能见度较低, 大雾现象严重、持续时间较长, 贵州高速公路因海拔相对较高更容易发生大雾。锋面逆温维持, 大气层结稳定, 有利于水汽在低空聚集, 充沛的水汽和辐合有利于低云发展增厚、云底下降, 从而导致近地面大雾形成和维持; 随着逆温层减弱消失, 稳定层受到破坏, 不利于水汽聚集和低云发展, 地面大雾也随之减弱消散。应对大雾天气需要特别注意隧道内外能见度反差较大的影响, 以及锋面大雾天气因路面湿滑和低能见度双重因素的影响。

**关键词:** 大雾, 高速公路, 静止锋, 水汽辐合

**DOI:** 10.3969/j.issn.2095-1973.2019.04.004

## Analysis of Heavy Fog on Expressways of Guizhou Province in Early Spring of 2017

Hu Yuewen<sup>1</sup>, Qin Jie<sup>2</sup>, Pei Xingyun<sup>3</sup>, Niu Diyu<sup>3</sup>, Ji Tingyan<sup>3</sup>

(1 Guizhou Meteorological Society, GuiYang 550002 2 Wudang District Meteorological Office of Guiyang, Guiyang 550018  
3 Meteorological Service center of GuiZhou province, GuiYang 550002)

**Abstract:** Based on the synoptic map and one-minute visibility data from automatic weather stations and traffic weather stations, the causes of persistent heavy fog occurred on 9 to 12 March 2017 on expressways of Guizhou were analyzed. The countermeasures of heavy fog weather on mountainous expressways were discussed. The results showed that heavy fog mainly occurred on the expressways under the influence of upper trough eastward movement, water vapor transports from the South China Sea to Guizhou by the southwest airflow, and the east-west shift and long-term existence of the static front system. Visibility in adjacent areas was negatively correlated with altitude because of the influence of frontal weather system. The fog was heavier and lasted for longer time at higher altitudes, resulting in lower visibility. Heavy fog was more likely to occur on expressways in Guizhou because of the relatively high altitude. Atmospheric stratification was stable under the frontal inversion, which was conducive to water vapor accumulation at low levels. The abundant water vapor and convergence was conducive to the development and thickening of low clouds and cloud bottom descent, resulting in the formation and maintenance of heavy fog near the ground. The stability layer was destroyed as the inversion layer weakened and disappeared. This was not conducive to water vapor accumulation and low cloud development, which was beneficial to the weakening and dissipating of the heavy fog. In order to deal with heavy fog weather, special attentions should be paid to the influence of contrasting visibility between inside and outside of tunnels, as well as the influence of wet road surface and low visibility in frontal heavy fog.

**Keyword:** heavy fog, expressway, stationary front, water vapor convergence

### 0 引言

贵州地处低纬高原山区, 地形地貌复杂, 天气气候多变, 大雾天气频发, 空间分布差异大, 并呈增多趋势, 对交通安全与畅通存在严重隐患。陈娟等<sup>[1]</sup>对贵州雾的研究表明, 1961—2010年贵州大雾的年际间

变化呈现增加趋势, 贵州大雾具有明显的区域分布特征, 各地大雾日数从最少约4 d到最多114 d不等, 大雾有4个高值中心, 包括西部乌蒙山东侧、黔中开阳和息烽县一带、黔东苗岭山脉一带、黔西南晴隆和普安等地。近年来贵州高速公路建设营运发展迅速, 2018年贵州高速公路通车里程已达6450 km, 高速公路网已覆盖全省各县, 实现全省县县通高速。随着高速公路网的广覆盖, 加上贵州高速公路多隧道和桥梁的特点, 大雾等灾害性天气下高速公路网脆弱性提高, 大

收稿日期: 2019年5月10日; 修回日期: 2019年5月29日  
第一作者: 胡跃文(1964—), Email:1006537820@qq.com  
资助信息: 贵州省科技支撑计划项目 黔科合支撑[2017]2812)

雾对贵州高速公路交通影响将越来越严重，一旦引发交通事故将造成重大经济损失和人员伤亡。如何应对大雾天气影响已成为交通、气象等相关部门的重要任务。开展高速公路大雾成因分析，有助于提升高速公路大雾预报预警服务能力，对高速公路安全管理、应急措施制定等相关工作具有重要意义。

关于高速公路雾的发生、发展规律与预报方法，国内科研工作者相继开展了较多研究。张利娜等<sup>[2]</sup>分析了北京高速公路大气能见度演变特征及相对应的物理因子，对大气能见度演变的动力热力条件进行了探讨。吴彬贵等<sup>[3]</sup>研究了京津塘高速公路秋冬雾气象要素与环流特征。吴兑等<sup>[4]</sup>利用广东南岭山地京珠高速公路粤北段铺设的能见度仪和自动气象站观测资料，分析发现南岭山地高速公路雾区在11月一次年5月最盛。王博妮等<sup>[5]</sup>对江苏沿海高速公路低能见度浓雾的研究指出：高空暖性高压脊和地面变性冷高压的高低空环流配置为雾的形成提供了逆温层结和近地面的弱风场条件；偏东气流和逆温层保证了水汽供应及在低层汇聚。田小毅等<sup>[6]</sup>对沪宁高速公路江苏段低能见度浓雾天气过程实时资料分析，证实了浓雾具有较强的地域性特征，在丘陵、水网密集地区多局地性浓雾，日出后是团雾多发时段。有些学者<sup>[7-22]</sup>对高速公路大雾及其影响也开展了相关研究。贵州因地形作用常受

静止锋影响而出现锋面大雾，并能持续较长时间，有时数日都是雨雾弥漫，能见度很低。针对贵州高速公路大雾的研究工作尚处于起步阶段。唐延婧等<sup>[21]</sup>对贵州山区高速公路低能见度研究指出，低能见度长过程有“象鼻”和缓慢下降的前期形态，能见度震荡幅度大、变化快；短过程占多数，能见度呈“突降”形态，其范围小、强度大、发生突然。关于贵州高速公路雾的研究有待进一步开展。

本文利用气象自动站和交通气象站逐分钟能见度观测资料、天气图资料以及贵阳探空资料，分析了2017年初春发生在贵州多条高速公路的持续性大雾天气形成原因，探讨了山区高速公路大雾天气应对措施，以期高速公路大雾预报服务提供技术参考。

## 1 资料与方法

### 1.1 天气实况

2017年3月9—12日贵州境内沪昆、兰海、杭瑞、惠兴等高速公路出现持续性大雾天气（能见度 $\leq 500$  m）。这是一次锋面大雾天气过程，大雾持续时间较长，从9日00时—13日08时持续有大雾出现，其中，9日23时—10日08时及11日21时—12日09时这两个时段内大雾范围较广，气象站监测显示大雾范围持续在10县站以上（图1）。

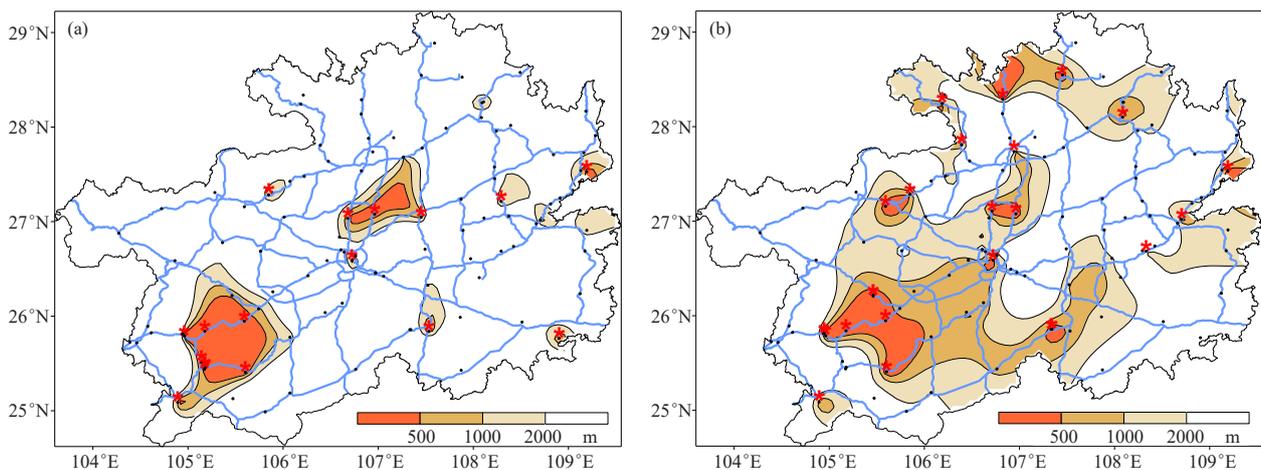


图1 2017年3月10日06时 (a) 和12日04时 (b) 高速公路大雾分布 (色斑为能见度, 单位: m)

Fig. 1 Heavy fog distribution on expressways at 06:00 BT 10 March (a) and 04:00 BT 12 March (b) 2017 (Shaded areas are visibility, unit: m)

3月8日贵州中东部受冷高压控制，静止锋位于云南东部，8日夜间到9日白天冷高压减弱东移，静止锋随之东退北抬，沪昆高速普安、关岭、清镇等地出现大雾；9日夜间随着静止锋再次西伸南压，大雾范围扩大，除沪昆高速普安、关岭外，兰海高速息烽、惠兴高速兴仁等地也出现大雾；10日白天到11日白天

大雾天气减弱，在兰海息烽、都匀等地有大雾；11日夜间—12日早晨大雾天气再次增强，12日03—05时贵州高速公路多地出现大雾，包括沪昆高速（普安、晴隆、关岭、安顺、清镇、贵阳）、兰海高速（修文、息烽、遵义）、蓉遵高速（习水、仁怀）、杭瑞高速（大方）、惠兴高速（贞丰）等地。静止锋的东西摆

动是这次高速公路大雾形成的主要影响系统。

## 1.2 资料来源

能见度资料包括气象站（77县、3区）和建于高速公路上的交通气象站（25个）自动监测的分钟数据，资料分别来源于CIMISS系统（全国综合气象信息共享平台）和贵州省交通气象服务系统。贵州省交通气象站的建设始于2014年，当年建设完成40个站点，由贵州省交通厅牵头建站，2016—2018年又陆续建设了60余个交通气象站，但由于设备维护和管理权限等原因，能够获取到本次大雾天气的观测资料仅有25个站点资料。

贵阳探空资料来源于CIMISS系统，天气图资料来源于MICAPS（气象信息综合分析处理系统）数据。

## 1.3 分析方法

利用MICAPS系统进行大气环流形势和水汽条件分析，根据贵阳探空资料绘制层结曲线，分析大气层结特征。

针对出现大雾的气象站点，筛选相对最近（约10 km以内）的6个交通气象站为分析对象（表1），对比分析山区大雾演变特点。

表1 气象站与交通气象站相关信息

Table 1 Information of automatic weather station and traffic weather station

| 气象站 |      | 交通气象站 |      | 气象站与交通气象站间距/km | 气象站与交通气象站海拔高度差/m |
|-----|------|-------|------|----------------|------------------|
| 站名  | 海拔/m | 站名    | 海拔/m |                |                  |
| 万山  | 884  | 老山口   | 658  | 8              | 226              |
| 白云  | 1323 | 曹关    | 1272 | 5              | 51               |
| 龙里  | 1093 | 贾托坡   | 1314 | 10             | -221             |
| 普安  | 1649 | 狮子山   | 1596 | 5              | 53               |
| 盘州  | 1800 | 红果西   | 1855 | 10             | -55              |
| 兴仁  | 1378 | 团坡    | 1393 | 7              | -15              |

## 2 环流形势

整个大雾期间，中高纬经向环流明显，500 hPa副热带高压主要位于南海以东洋面，强度较弱，贵州主要受偏西气流影响，陆续有高原槽东移；700 hPa贵州也主要受偏西气流影响（图2）。

850 hPa，大雾之前8日20时贵州受弱脊后部的偏东气流影响。9日白天华南及广西一带南风增强形成西南急流，贵州转为西南风，有利于水汽输送；川东低涡形成，弱脊仍然存在，位于江浙一带。10日08时川东低涡东移减弱，贵州转为偏东风，水汽输送减弱，在贵州南部到广西北部之间有切变形成，江浙一带弱脊维持。10日20时—11日08时广西、广东南风减弱，贵州维持偏东风。11日20时贵州转为偏南风，为

大雾的发展提供了水汽输送条件。12日白天广东、广西一带南风增强，同时，位于蒙古的高压系统也东南移动，高压底部形成一支较强的东风急流，湖南、江西一带为明显的切变系统。

地面图上，3月6—8日冷空气持续补充影响贵州，静止锋位于云南东部，9日冷高压减弱东移，静止锋随之东退北抬到贵州中北部，伴随静止锋东退过程，贵州西部出现大雾，9日夜间南风势力减弱，静止锋西伸南压（10日08时到达西部），由于水汽丰富，锋面云系发展，造成大雾范围扩大。10日白天南风增强、静止锋东退，10日夜间南风减弱、静止锋西伸；11日白天南风再次增强，静止锋有所减弱；11日夜间静止锋在贵州中西部发展增强，由于水汽充沛，再次造成大范围大雾；12日白天到夜间热低压发展逐渐控制贵州大部地区，静止锋减弱，大雾天气也随之减弱。

总之，低空西南气流输送充沛的水汽，静止锋系统北抬，是造成9日夜间大雾形成的主要原因；静止锋系统东西摆动和长时间存在，导致大雾长时间持续；低空西南气流再次发展和静止锋维持，造成11日夜间大范围大雾天气。

## 3 气象站与交通气象站能见度对比

贵州锋面大雾与静止锋云系的发展有直接关系。一般来说，静止锋云系发展增厚，造成云底下降，并在海拔相对较高的山地接地形成地面大雾。由于贵州以山地为主的地形特点，致使高速公路多修建于半山之间，相比行政区来说，大多数高速公路海拔相对较高，因此，在锋面天气系统影响下，高速公路更容易发生大雾。

对比气象站与交通气象站能见度发现，锋面系统影响下相邻区域内海拔高度与能见度具有反相关性，海拔相对较高处能见度较低，大雾现象严重，大雾起始时间较早、持续时间较长。8日夜间伴随静止锋从云南东部向贵州东退过程，贵州西部高海拔地区出现大雾。盘州和红果西位于贵州西部，海拔在1800 m以上，红果西海拔比盘州高55 m。监测资料显示红果西于9日00：40—04：40断断续续出现大雾，盘州由于海拔相对较低，因此能见度相对较好，仅在9日03：55出现大雾（图3）。

9日夜间随着静止锋从贵州中北部移向西南部，导致海拔相对较高地区出现大雾天气。兴仁、团坡位于贵州西部，海拔在1300 m以上，团坡相比兴仁海拔较高，大雾于10日04：40产生，比兴仁早1 h，大雾持续时间也相对较长，结束于10日09：10，比兴仁晚

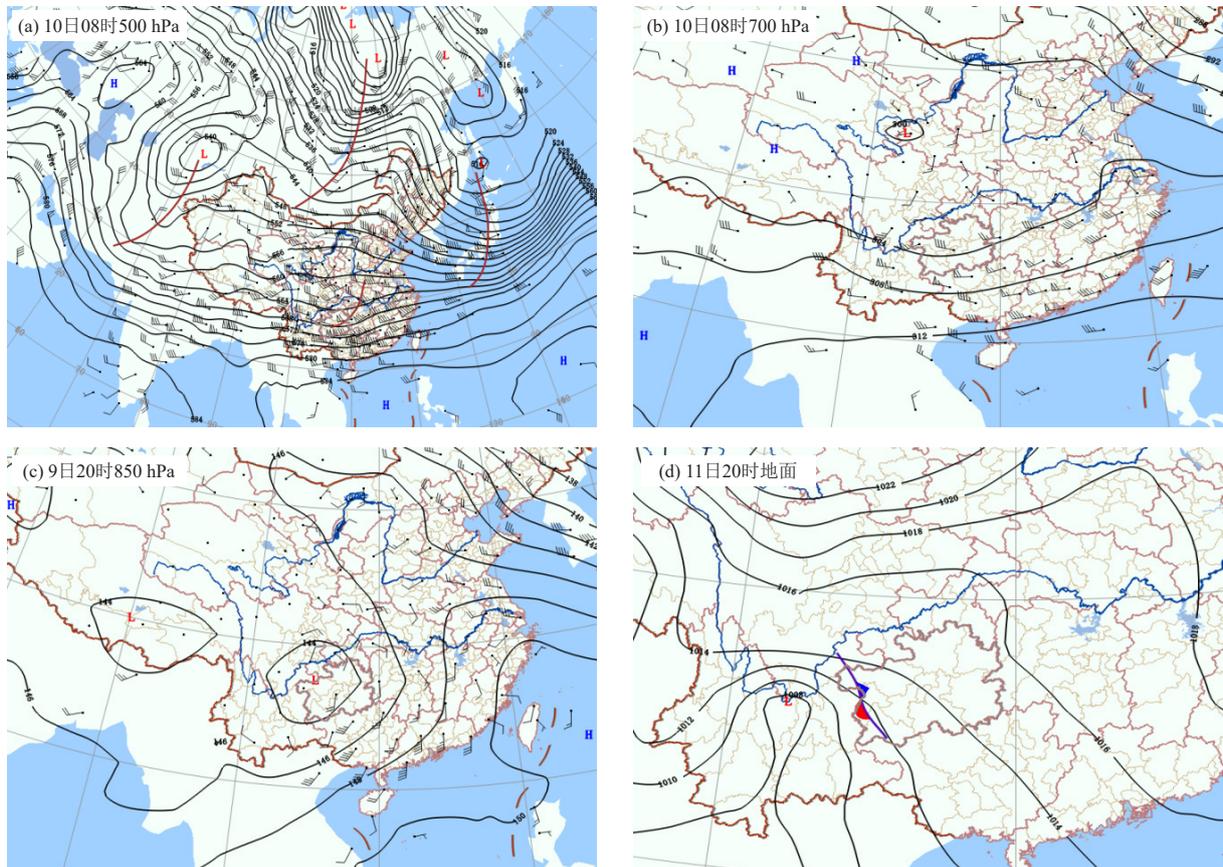


图2 2017年3月9—12日天气形势  
Fig. 2 Weather conditions during 9 to 12 March 2017

50 min。万山和老山口位于贵州东部，老山口海拔658 m，比万山低226 m，大雾主要发生在10日00:45—04:25，万山由于海拔相对较高，大雾天气严重，大雾持续时间较长，从9日22:40起持续约18 h。龙里和贾托坡位于贵州中部，贾托坡海拔1314 m，比龙里高221 m，贾托坡于01:05—01:50出现大雾，龙里未出现大雾。

11日夜间由于静止锋再次增强发展，造成贵州多地出现大雾天气。普安和狮子山位于贵州西部，海拔在1600 m上下，狮子山海拔比普安低53 m，大雾现象相对较轻，呈现断断续续状态，持续时间较短；普安大雾天气严重，大雾于11日19:15产生，至12日08:55消散，持续近14 h。白云和曹关位于贵州中部，海拔在1300 m上下，曹关海拔较白云低51 m，能见度较好，没有出现大雾，白云能见度相对较差，能见度在1000 m上下，并于12日00:25出现短时大雾。

#### 4 水汽条件

造成本次大雾天气过程的水汽主要来源于南海。大雾形成前偏南风将南海水汽向贵州等地输送，9日20时850 hPa贵州比湿 $>6$  g/kg，相对湿度在90%以

上，水汽通量为 $2 \times 10^{-7} \sim 6 \times 10^{-7}$  g/(s·cm·hPa)，贵州处于水汽辐合地带（水汽通量散度为负值）。低空充沛的水汽和辐合有利于低云发展增厚、云底下降，从而导致近地面大雾形成。10日白天到11日白天贵州主要受脊后切变系统北侧的偏北气流影响，水汽输送减弱，低云发展受限，大雾现象也随之减弱。11日20时由于高压系统东移，贵州转受偏南气流影响，水汽通量再次增强，比湿达7~9 g/kg，水汽辐合明显（图4），致使低云再次发展增厚，导致11日夜间贵州多条高速公路出现大雾天气，大雾范围比9日夜间更广。

#### 5 大气层结特征

低空逆温的维持和充足的水汽是大雾形成、发展的重要条件。由于锋面系统的存在，低空形成上暖下冷的逆温结构，大气处于稳定状态，有利于水汽在低空聚集，从而促进低云发展增厚、云底下降，云底在海拔较高的山地接地形成地面大雾。随着逆温层的减弱消失，稳定层受到破坏，云底抬升，地面大雾也随之减弱消散。

从贵阳探空资料可以看出，9日20时，浅层逆温

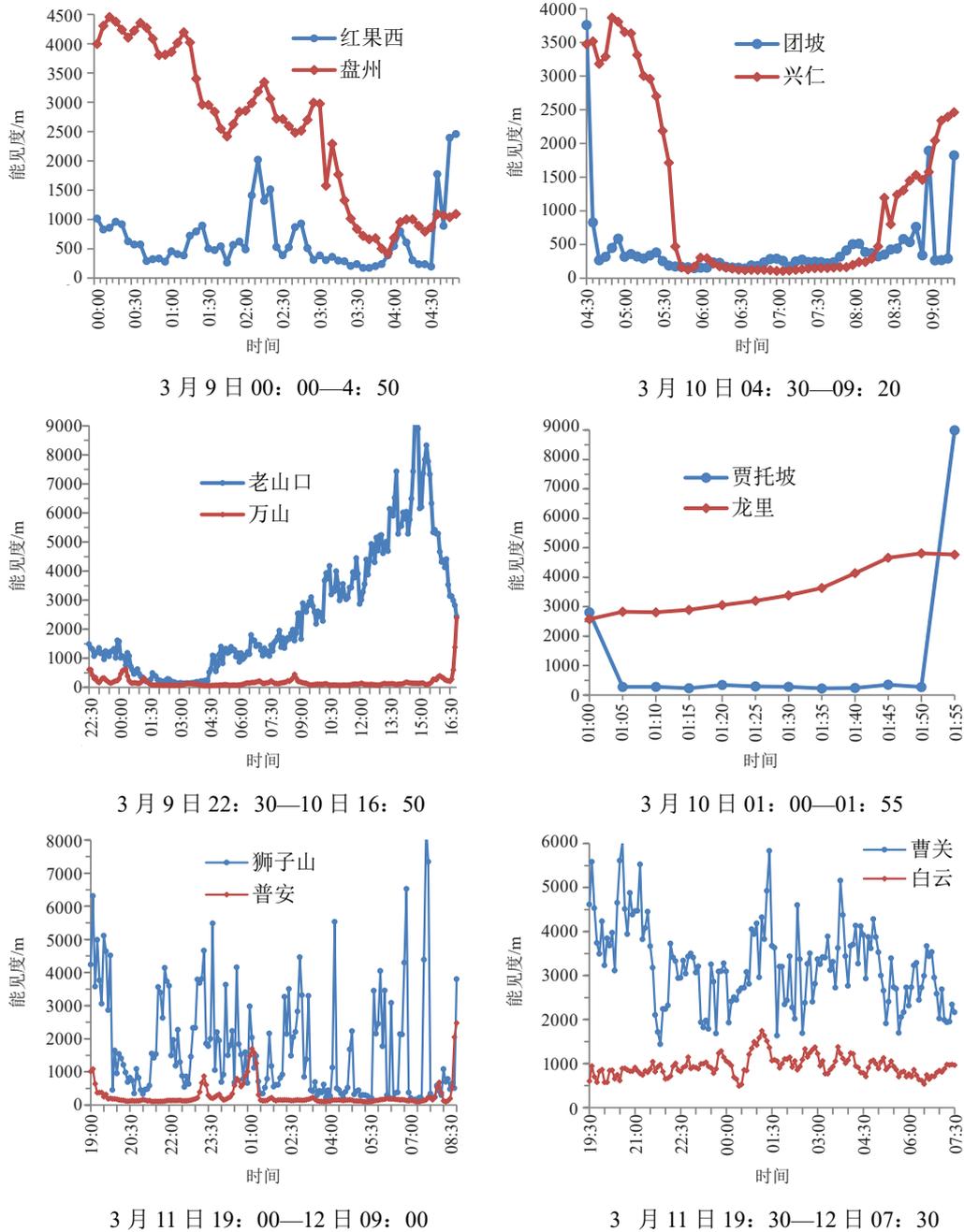


图3 气象站与交通气象站能见度对比

Fig. 3 Visibility comparison between automatic weather station and traffic weather station

位于800 hPa高度附近，低层湿度较大，800 hPa高度以下温度露点差为0.4~1℃，云底位于871 hPa高度，低云在发展，有利于近地面大雾形成。10日白天逆温减弱，稳定层受到破坏，不利于水汽的聚集和低云发展，地面大雾也随之减弱；10日20时在700~800 hPa之间又出现浅层逆温并持续到12日20时，其中，12日08时逆温增厚，说明稳定层结较厚，有利于大雾持续发展，实况也显示11日夜间大雾范围广、持续时间

长；13日08时低空逆温消失，大雾过程随之结束。

## 6 山区高速公路大雾天气应对措施探讨

贵州属于高原山区，地势起伏大。与平原地区不同，贵州高速公路隧道较多，大雾天气常导致隧道内外能见度反差较大，隧道外雾气缭绕、能见度低、视野模糊，隧道内虽然光线昏暗但能见度好于隧道外，车辆从隧道内驶出时因能见度陡降易发生危险。因此，大雾天气车辆行经隧道出口时要特别警惕，注意

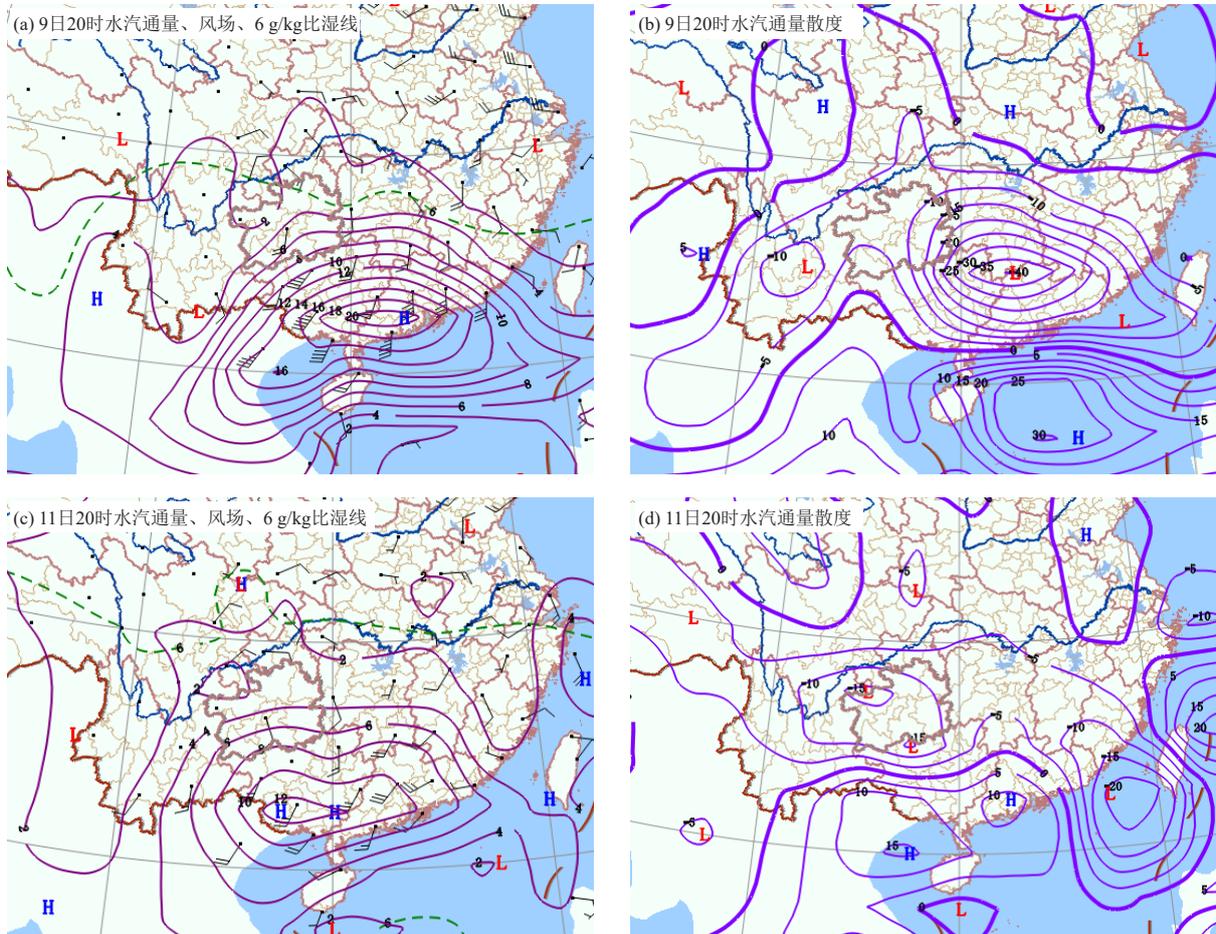


图4 2017年3月9—11日水汽条件

Fig. 4 Water vapor conditions during 9 to 11 March 2017

控制车速。

因地形地势特殊,贵州大雾类型比较复杂,主要分为锋面大雾、辐射大雾和地形大雾。锋面大雾持续时间较长,一天中任何时段均有可能发生锋面大雾;锋面大雾时常伴有蒙蒙细雨,路面附着系数降低,容易导致刹车失阻、车辆侧滑和控制失灵等现象,从而引发交通事故;锋面大雾的生成、发展和消散与静止锋系统的生消和位置关系较大,常出现在地势相对较高地区。辐射大雾主要出现在夜间到早晨,与平原地区辐射大雾形成机制相同,在水汽充足的条件下,因夜间辐射降温作用产生。地形大雾局地性明显、范围有限,以普安、大方、息烽、开阳和万山等地出现较多。驾车人员途经大雾路段要注意减速行驶、控制车距、开启雾灯和报警闪光灯,特别注意锋面大雾天气因路面湿滑和低能见度双重因素影响而产生的安全隐患。

## 7 结论

1) 配合高空槽的东移影响,低空西南气流将南海水汽向贵州输送,静止锋系统的东西摆动和长时间

存在,是这次高速公路大雾过程的主要天气背景。

2) 锋面系统影响下相邻区域内海拔高度与能见度具有反相关性,海拔相对较高处能见度较低,大雾现象严重、持续时间较长。贵州高速公路多修建于半山之间,海拔相对较高,在锋面天气系统影响下,高速公路更容易发生大雾。

3) 低空偏南气流向贵州输送水汽,致使比湿和相对湿度较大;逆温层的维持,大气层结稳定,有利于水汽在低空聚集;充沛的水汽和辐合有利于低云发展增厚、云底下降,从而导致近地面大雾形成和维持;随着逆温层的减弱消失,稳定层受到破坏,不利于水汽的聚集和低云发展,地面大雾也随之减弱消散。

4) 贵州高速公路隧道较多,大雾天气常导致隧道内外能见度反差较大,车辆行经隧道出口时要特别警惕,注意安全。另外,贵州锋面大雾常伴有蒙蒙细雨,因路面湿滑和低能见度双重因素影响更容易引发交通事故,需要特别防范。

本文分析的大雾天气属于典型锋面大雾过程，因类似大雾天气造成的贵州高速公路交通事故时有发生，社会影响较大，如：2012年2月20日下午厦蓉高速贵阳往都匀方向芭茅冲大桥发生14辆车连环相撞的重大交通事故，造成7人死亡，22人不同程度受伤，事故当日，贵州大部出现大雾并伴有降雨天气，省内多条高速公路能见度低。2012年2月28日下午沪昆高速晴隆路段因大雾天气发生6车连环相撞事故，2人当场死亡。2014年1月10日因大雾并伴有降雨天气，沪昆高速安顺至镇宁路段7车相撞，1人受伤。2015年1月27日贵遵高速因大雾和降雨天气，15车连环追尾，1人死亡、4人受伤。近年来交通部门在高速公路沿线建设的交通气象站，弥补了气象部门对交通气象服务的监测能力，提高了观测资料精度，对山区高速公路大雾天气分析和服务能力的提高具有重要作用。本文结合交通气象站资料开展的大雾天气分析，具有一定实际意义。

#### 参考文献

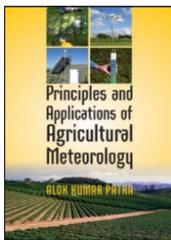
- [1] 陈娟, 罗宇翔, 郑小波. 近50年贵州雾的时空分布及变化. 高原山地气象研究, 2013, 33(2): 46-50.
- [2] 张利娜, 张朝林, 王必正, 等. 北京高速公路大气能见度演变特征及其物理分析. 大气科学, 2008, 32(6): 234-236.
- [3] 吴彬贵, 解以扬, 吴丹朱, 等. 京津唐高速公路秋冬雾气象要素与环流特征. 气象, 2010, 36(6): 21-28.
- [4] 吴兑, 赵博, 邓雪娇, 等. 南岭山地高速公路雾区恶劣能见度研究. 高原气象, 2007, 26(3): 649-654.
- [5] 王博妮, 濮梅娟, 田力, 等. 江苏沿海高速公路低能见度浓雾的气候特征和影响因子研究. 气象, 2016, 42(2): 192-202.
- [6] 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. 气象科学, 2009, 29(3): 414-420.
- [7] 吴东阁. 汝郴高速公路能见度特性及影响因素分析. 公路与汽运, 2013, 158(5): 90-93.
- [8] 吴彬贵, 解以扬, 吴丹朱, 等. 京津塘高速公路秋冬雾气象要素与环流特征. 气象, 2010, 36(6): 21-28.
- [9] 陈晓红, 严小静, 周扬帆, 等. 2010年安徽省高速公路一次连续性大雾过程初探. 安徽农业科学, 2011, 39(29): 18170-18174, 18191.
- [10] 张艳, 红欧博, 孙晓光. 大雾天气高速公路交通事故成因分析及解决措施. 中国科技信息, 2008, 19: 294-297.
- [11] 田华, 王亚伟. 京津塘高速公路雾气候特征与气象条件分析. 气象, 2008, 34(1): 66-71.
- [12] 包云轩, 丁秋冀, 袁成松, 等. 沪宁高速公路一次复杂性大雾过程的数值模拟试验. 大气科学, 2013, 37(1): 124-136.
- [13] 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. 气象与减灾研究, 2010, 33(4): 31-37.
- [14] 严明良, 缪启龙, 袁成松, 等. 沪宁高速公路一次大雾过程的数值模拟及诊断分析. 高原气象, 2011, 30(2): 428-436.
- [15] 丁秋冀, 包云轩, 袁成松, 等. 沪宁高速公路团雾发生规律及局地性分析. 气象科学, 2013, 33(6): 634-642.
- [16] 周慧, 解以扬, 高鹰. 京津塘高速公路大雾天气气候特征及其对交通的影响. 灾害学, 2008, 23(3): 48-53.
- [17] 王佳, 郭根华, 严明良, 等. WRF模式对沪宁高速公路浓雾的模拟与检验研究. 热带气象学报, 2014, 30(2): 377-381.
- [18] 李岚, 李洋, 邢江月, 等. 沈大高速公路雾气候特征与气象要素分析. 气象与环境学报, 2009, 25(1): 49-53.
- [19] 陈贝, 徐洪刚, 王明天, 等. 成乐高速公路大雾预报方法研究. 高原山地气象研究, 2012, 32(2): 70-76.
- [20] 崔驰潇, 包云轩, 袁成松, 等. 江苏省沿海高速公路雾的时空变化特征研究. 科学技术与工程, 2015, 15(12): 6-20.
- [21] 万小雁, 包云轩, 严明良, 等. 不同陆面方案对沪宁高速公路团雾的模拟. 气象科学, 2010, 30(4): 487-494.
- [22] 唐延婧, 裴兴云. 贵州交通站资料应用于山区高速公路低能见度研究. 热带气象学报, 2015, 31(2): 280-288.

## 新书架

### NEW BOOK

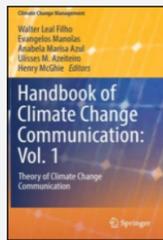
编辑：张萌

 感兴趣的读者可以到中国气象局图书馆查阅



Principles and Applications of Agricultural Meteorology  
《农业气象原理与应用》

编著者：Alok Kumar Patra  
出版者：NIPA  
出版年：2016



Handbook of Climate Change Communication: Vol. 1 Theory of Climate Change Communication  
《气候变化传播手册：第一卷 气候变化传播理论》

编著者：W. Leal Filho等  
出版者：Springer  
出版年：2018



Hyperspectral Remote Sensing Applications and Environmental Monitoring and Safety Testing Technology  
《高光谱遥感应用和环境监测与安全测试技术》

编著者：Wenqing Liu等  
出版者：SPIE  
出版年：2016



Regime Interaction and Climate Change-The Case of International Aviation and Maritime Transport  
《制度互动与气候变化——以国际航空与海运为例》

编著者：Beatriz Martinez Romera  
出版者：Routledge  
出版年：2018