

一次导致重大交通事故的大雾天气成因分析

苗开超 姚叶青 王传辉 刘承晓 张蕾

(安徽省公共气象服务中心, 合肥 230031)

摘要: 利用地面气象观测资料、卫星遥感资料以及ERA-Interim再分析资料对2017年11月14日夜间至15日早晨安徽境内一次导致严重交通事故的大雾天气过程进行分析, 结果表明: 1) 此次大雾天气覆盖范围广, 区域差异明显, 江淮之间中西部、沿淮西部部分地区能见度不足200 m, 交通事故发生路段附近的最低能见度不足100 m; 能见度变化具有较强的局地性, 使得高速公路行车危险性增大。2) 大雾发生前后500 hPa高度场上安徽境内受西北偏西气流影响, 无较强冷空气活动, 地面处均压场内, 有弱偏东气流提供水汽。大雾发生前云量较少, 地面辐射降温明显, 近地层大气层结夜间转为稳定, 为典型的辐射雾。良好的水汽供应和较强的辐射降温使得近地层空气相对湿度在夜间接近饱和; 稳定的大气层结和接近饱和的空气是这次大雾发生的直接原因。

关键词: 辐射雾, 能见度, 水汽, 环流

DOI: 10.3969/j.issn.2095-1973.2021.04.006

Analysis of a Dense Fog Event Caused a Fatal Traffic Accident

Miao Kaichao, Yao Yeqing, Wang Chuanhui, Liu Chengxiao, Zhang Lei

(Anhui Public Meteorological Service Center, Hefei 230031)

Abstract: Based on the ground meteorological observations, satellite remote sensing data and ERA-Interim reanalysis data, the dense fog weather which caused a traffic accident in Anhui Province during the night on 14 November in 2017 to the next morning were analyzed. The results showed that the dense fog was widespread and had the significant regional differences. The visibility in some areas of the central Anhui midwest and the West along Huaihe River was less than 200 m, the minimum visibility in the section where the accident happened was even less than 100 m; the high localized variations of visibility enhanced the difficulty of driving in highway. The dense fog event occurred in the background of west-northwest flow controlled on 500 hPa height field in Anhui without strong cold air, and homogenous pressure field with weak east water vapour transportation was existed on the surface. This was a typical radiation fog with the characteristics of less cloudiness, obvious radiation cooling and stable atmospheric stratification. Adequate water vapour supply and strong radiation cooling made air relative humidity reaching saturation at night. The stable atmospheric stratification and the near saturated atmosphere led to the dense fog event.

Keywords: radiation fog, visibility, water vapor, circulation

0 引言

大雾作为一种灾害性天气现象近年来受到了越来越广泛的关注。雾的出现除对人体健康的危害外, 由雾导致的视程障碍对高速行车、飞机起降等方面带来严重影响^[1-3], 尤其是在能见度低于500 m时影响尤为严重^[4]。相关学者关注到了导致变化的主要因素^[5-6]。在雾的形成机理方面, 何立富等^[7]从动力和热力特征方面对华北平原一次持续性大雾过程进行剖析。吴兑等^[2]、康博识等^[8]分别从大雾发生宏微观结构、理化特性的角度进行了研究。更多的研究是从大雾发生时

环流形势、水汽条件、辐射特征以及静稳条件等方面进行了研究^[9-11]。大雾在形成、发展及消亡的过程中气象要素演变十分复杂, 马翠平^[12]等对冀中南及天津地区出现的一次大范围大雾天气过程进行分析时发现, 在大雾发生的不同时段风向和风速等要素变化存在明显差异, 同时各气象要素配合的不同导致大雾的持续时间也不同^[13]。安徽省虽然已建成高速公路气象观测站网, 基本实现了高速公路上多气象要素自动观测, 但空间密度还达不到对团雾的监测要求。

安徽省低能见度天气发生频率存在明显季节差异^[14], 秋冬季为安徽省大雾多发季节。此次重大交通事故正是发生在秋末的11月15日, 在07:45时许, 滁新高速(滁州—新蔡)下行线191~194 km路段发生多点多车追尾, 造成严重人员伤亡和经济损失。

本文通过对安徽颍上县境内发生重大交通事故时

收稿日期: 2019年9月10日; 修回日期: 2020年2月16日

第一作者: 苗开超(1973—), Email: mkc2005@126.com

资助信息: 安徽省气象局科技发展基金项目(AHXJ201910);

江苏省气象科学研究所北极阁基金项目

(BJG201707)

的天气实况和天气背景进行分析,指出大雾发生的原因及在服务过程中需加强的地方,提出防范建议,便于相关部门和人员参考借鉴。

1 资料介绍

安徽省气象信息中心提供的安徽省国家站和高速公路自动气象观测站共330站2017年11月14—15日逐10 min能见度观测资料;NOAA卫星可见光通道观测资料,水平分辨率为0.9 km,时间为2017年11月14日23:22 UTC,即11月15日07:22 BT;ERA-Interim再分析资料,主要包括温度、相对湿度、比湿、经向风场(U)、纬向风场(V)、垂直速度以及高中低云量资料,时间分辨率为逐6 h,空间分辨率为 $0.25^{\circ} \times 0.25^{\circ}$ [15-16]。

2 大雾天气实况

2017年11月14—15日安徽省出现大范围的大雾天气。图1a给出了11月14日23时至15日11时最低能见

度空间分布。可见,在14日夜里到15日上午,安徽省沿淮西部、江淮之间中西部和东部部分地区以及江南中东部部分地区出现了不同程度的大雾,空间差异明显,反映了此次大雾局地性较强,低能见度集中的地区位于江淮之间中西部、沿淮西部部分地区。11月15日00时—12时,江淮之间中西部、沿淮西部部分地区出现能见度不足200 m的大雾,其中交通事故发生路段附近的最小能见度不足100 m。11月15日07时45分前后,在“滁新高速”发生多点多起交通事故,30余辆车发生连环撞,具体位置位于图1a中方框附近。该处最低能见度在100 m以下,且位于区域范围大雾的边缘,高低能见度过渡地带。从能见度逐小时的演变看,14日23时前后大雾主要位于霍邱县境内(图略),到了15日01时低于100 m能见度区域有所扩大(图1b),沿淮河及淮河以南部分站点能见度低于1 km。到了03时,能见度低于1 km的区域进一步扩

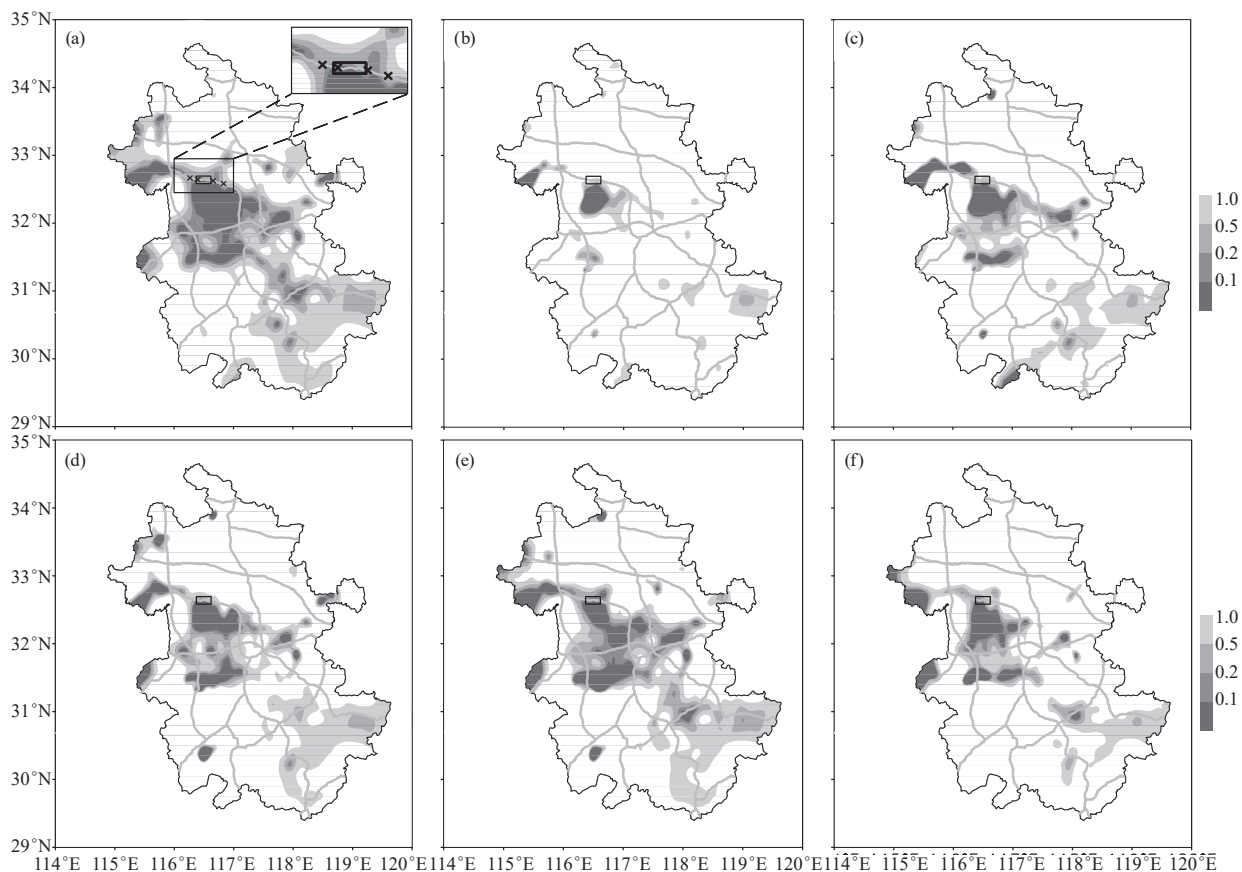


图1 安徽省 2017年11月14—15日能见度空间分布
(a) 14日20时—15日11时最低能见度, (b) 15日01时、(c) 03时、(d) 05时、(e) 07时、(f) 09时瞬时能见度
(单位: km, □为交通事故发生位置, ×为交通事故附近能见度观测站点)

Fig. 1 The spatial distribution of visibility in Anhui Province

(a) minimal visibility from 20:00 BT 14 November to 11:00 BT 15 November; (b-f) the instantaneous visibility at 01:00 BT (b), 03:00 BT (c), 05:00 BT (d), 07:00 BT (e), 09:00 BT (f) 15 November 2017 (units: km, □: the position of traffic accident spot, ×: the visibility observation stations around the traffic accident spot)

大, 交通事故附近能见度降到1 km以下(图1c)。05时和07时能见度低于1 km的范围最大, 且低于100 m的区域也达到最大(图1d、1e), 这与刘承晓等得出的安徽省春季和秋季最低能见度主要出现在日出前后的结论相一致^[14]。到了09时能见度低于1 km的区域明显较少(图1f), 11时前后大雾基本结束(图略), 能见度普遍回升到1 km以上。

从2017年11月15日07:22 BT NOAA卫星观测到的安徽省境内可见光图可以看出(图略), 暗灰色的区域与图1e低能见度区域基本吻合, 进一步验证了大雾发生区域。

根据交通事故地点附近4个气象观测站(站点位置见图1a)观测到能见度逐10 min变化情况可知, 从14日20时开始各站能见度均表现出在波动中逐渐下降的特点, 最低能见度出现在15日06时, G颍上站能见度仅为47 m。同时可以看出, 虽然各站相距较近, 但在同一时刻能见度差异明显。以06时为例, G焦岗湖站能见度为661 m, 而K160站则为3260 m。这里需要说明的是, 由于单能见度站(K160和K216)配备蓄电池容量较小等因素, 导致中间数据有缺失, 这里

仅用来做参照。

3 大雾出现前后天气形势分析

根据2017年11月14日20时到15日08时500 hPa位势高度分布可见, 大雾发生前后500 hPa东亚地区处在一脊一槽控制之下, 低压中心位于鄂霍次克海附近。安徽省处于低压槽后, 盛行纬向西北偏西气流, 无较强冷空气活动, 有利于安徽晴朗少云天气出现, 有利于辐射雾发生。

从11月14日20时到15日08时海平面气压场上看(图2), 在贝加尔湖以南蒙古东部存在一个高压中心, 中心气压维持在1032 hPa以上。高压东北部的鄂霍次克海南部存在一个低压中心, 在高低压系统的共同作用下, 中国东部沿海处于东北气流的控制下。安徽省处在1020~1024 hPa的均压场, 受弱偏东气流影响, 安徽省范围内大部地区平均风速在1.5~2.5 m/s。在偏东气流和夜间辐射降温的共同作用下, 从11月14日20时到15日08时, 地面相对湿度明显增大, 到15日02时全省大部地区相对湿度达到90%以上(图2b), 15日08时高相对湿度区一直维持(图2c), 为大雾天气的发生提供了水汽条件。

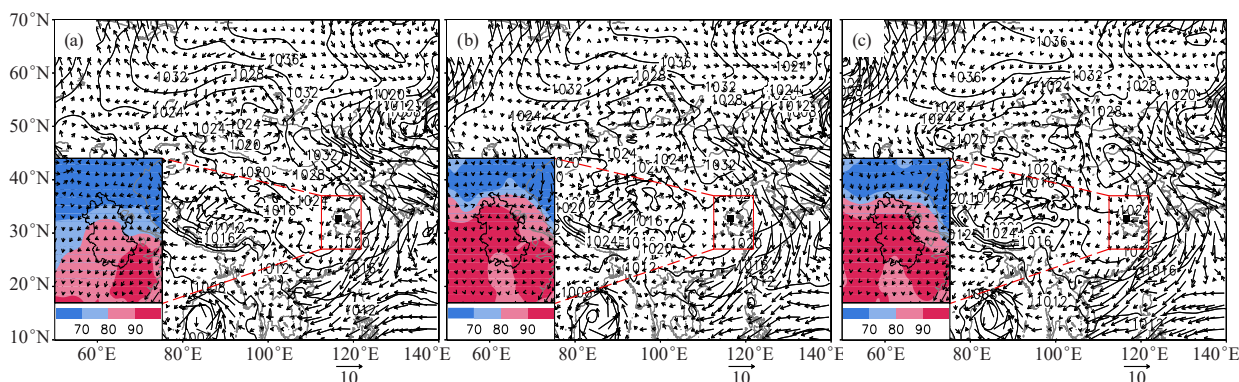


图2 2017年11月14日20时(a)、15日02时(b)和15日08时(c)海平面气压、10 m高度风场和地面相对湿度(等值线为海平面气压, 单位: hPa; 矢量线条为10 m高度风场, 单位: m/s; 阴影为相对湿度, 单位: %; ■为交通事故发生位置)
Fig. 2 Sea level pressure, 10 m wind field and surface relative humidity at 20:00 BT on 14 November (a), 02:00 BT on 15 November (b) and 08:00 BT on 15 November 2017(c)
(isolines: the sea level pressure, unit: hPa; arrow lines: the wind field at the height of 10 m, unit: m/s; shadow areas: the relative humidity, unit: %; ■ the position of traffic accident)

14日20时1000 hPa高度上, 安徽省气温处在12~15℃(图3a), 到了15日08时, 气温降低到12℃上下(图3c)。值得关注的是, 偏东气流并未给安徽省上空1000 hPa带来明显的冷平流, 相反, 在大雾集中区域为暖平流区域。水汽输送通量方面, 1000 hPa高度上偏东气流成为该高度上主要水汽来源。

从沿116.75°E纬向风-垂直速度剖面图上可以看到(图略), 在11月14日20时600 hPa高度附近, 32.5°N

以北处于弱的下沉气流控制之下, 以南处于上升气流控制, 导致在30.5°—32.5°N相对湿度较高。随着偏北气流的南下, 15日02时安徽省上空为弱下沉气流控制。15日08时安徽省700 hPa以上均转为下沉气流, 受下沉气流抑制, 700 hPa以下上升气流逐渐减小, 稳定性在不断增强, 在1000 hPa附近相对湿度逐渐增大。

由于高云量较少, 云量从14日20时开始逐渐减少导致安徽省上空逐渐转为晴空, 在辐射降温的影响下15日02时过去6小时降温和15日08时过去12小时降温

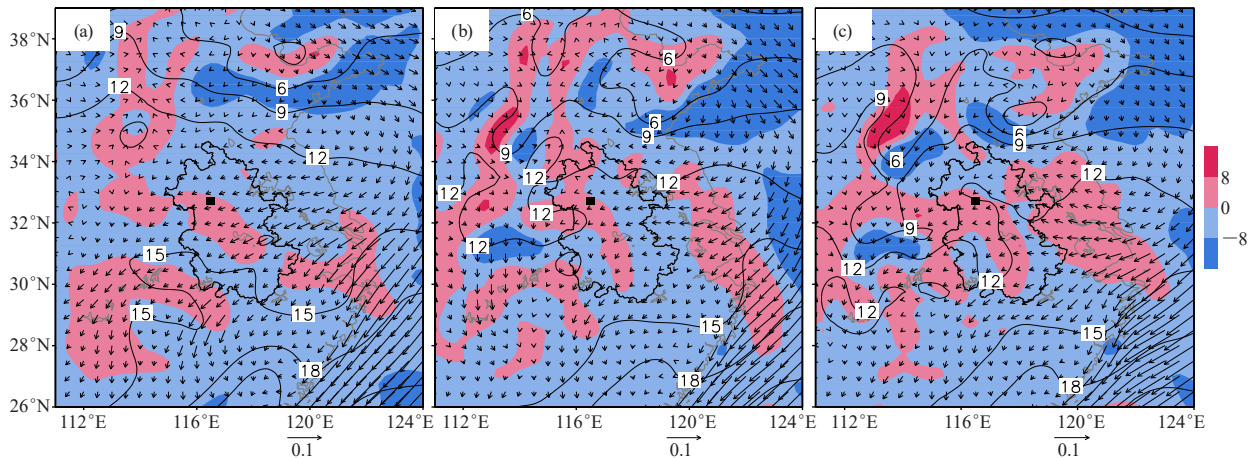


图3 2017年11月14日20时(a)、15日02时(b)和15日08时(c) 1000 hPa水汽输送通量、温度场和温度平流
(矢量线条为1000 hPa水汽输送通量,单位: $\text{kg}/(\text{m} \cdot \text{s})$;等值线为温度场,单位: $^{\circ}\text{C}$;阴影为温度平流,单位: $10^{-5} \text{K} \cdot \text{m}/\text{s}$;
■为交通事故发生位置)

Fig. 3 1000 hPa water vapor transport flux, temperature field and temperature advection at 20:00 BT on 14 November (a), 02:00 BT on 15 November (b) and 08:00 BT on 15 November (c) 2017

(arrow lines: water vapor transport flux of 1000 hPa, unit: $\text{kg}/(\text{m} \cdot \text{s})$; isolines: temperature field, unit: $^{\circ}\text{C}$; shadow areas: temperature advection, unit: $10^{-5} \text{K} \cdot \text{m}/\text{s}$; ■ the position of traffic accident)

明显,出现大雾区域降温在 3°C 以上,这正是14日20时到15日08时近地层比湿变化不大,但相对湿度明显增加的主要原因。

受地面辐射降温的影响,从14日20时到15日02时地面到1000 hPa逆温逐渐增强。到15日02时安徽省大部地区逆温达到 2°C 以上,其中安徽省淮河以北地区普遍达到 5°C 以上。到15日08时逆温略有减弱(图4c)。近地层逆温的增强有利于近地层稳定度的增加。

假相当位温(θ_{se})的垂直变化能够反映大气稳定程度。从14日20时到15日02时,安徽省中北部925~1000 hPa θ_{se} 由负转正(图5a、5b),表明这一地

区在近地面层大气稳定度明显增强。到15日08时,安徽省大部925~1000 hPa θ_{se} 在 2°C 以上,表明大气稳定度进一步增强,有利于大雾天气的发展和维持。

4 结论

1) 2017年11月14—15日发生在安徽省境内的大雾,覆盖范围广,区域差异明显,具有较强的局地性,且同一位置的能见度变化较快。

2) 通过对大雾发生前后的环流形势分析发现,安徽境内高空处在西北气流控制下和地面均压区中,云量较少,夜间地面辐射降温明显而产生逆温,在能见度较低的时段,1000 hPa到地面2 m的逆温达到 5°C ,近地层大气层结夜间转为稳定,为典型的辐

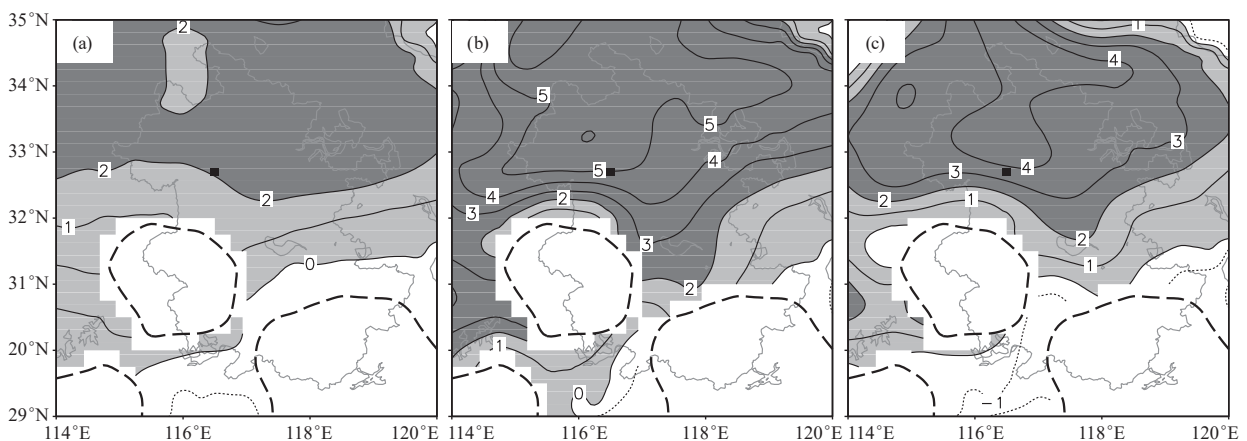


图4 2017年11月14日20时(a)、15日02时(b)和15日08时(c) 1000 hPa地面2 m温度(单位: $^{\circ}\text{C}$)
(■为交通事故发生位置)

Fig. 4 1000 hPa to surface 2 m temperature at 20:00 BT on 14 November 2017 (a), 02:00 BT on 15 November (b) and 08:00 BT on 15 November (c) 2017 (unit: $^{\circ}\text{C}$) (■ the position of traffic accident)

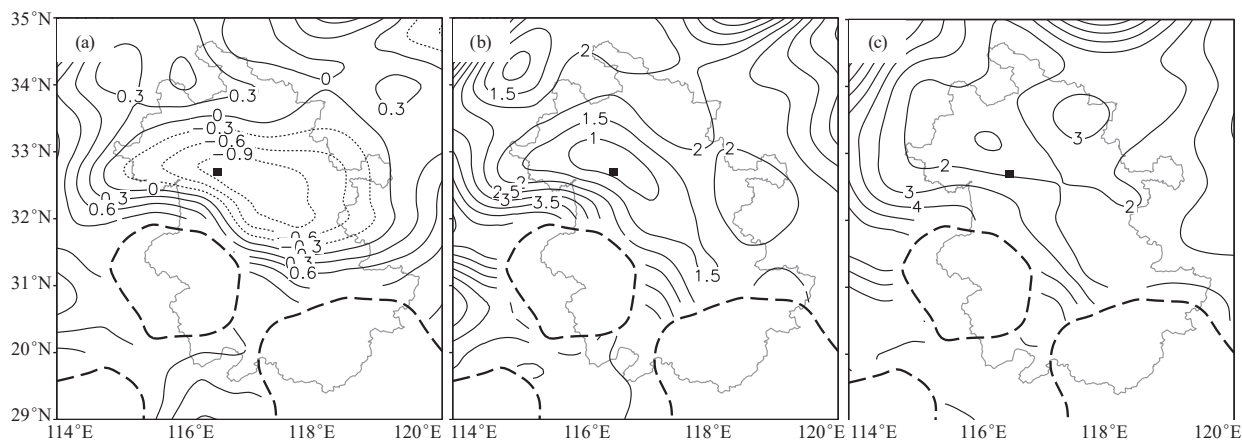


图5 2017年11月14日20时(a)、15日02时(b)和15日08时(c) 925~1000 hPa θ_{se} (单位: $^{\circ}\text{C}$)
(■为交通事故发生位置)

Fig. 5 θ_{se} of 925–1000 hPa at 20:00 BT on 14 November 2017 (a), 02:00 BT on 15 November 2017(b) and 08:00 BT on 15 November 2017(c) (unit: $^{\circ}\text{C}$; ■ the position of traffic accident)

射雾。

3) 此次大雾过程中安徽境内始终为弱东北风控制, 风速处在1.5~2.5 m/s, 该风向有利于水汽的提供, 同时晴空少云昼夜温差大使得空气相对湿度在夜间接近饱和, 在雾发生与维持阶段, 相对湿度均处在90%以上, 稳定的大气层结和接近饱和的空气是这次大雾发生的直接原因。

参考文献

- [1] 崔新强, 周小兰, 付佳, 等. 高速铁路安全运行高影响天气条件等级标准研究. 灾害学, 2016, 31(3): 26-30.
- [2] 吴兑, 邓雪娇, 毛节泰, 等. 南岭大瑶山高速公路浓雾的宏微观结构与能见度研究. 气象学报, 2007, 65(3): 406-415.
- [3] 李秀连, 陈克军, 王科, 等. 首都机场大雾的分类特征和统计分析. 气象科技, 2008, 36(6): 717-723.
- [4] 单权, 魏晨, 潘娅英. G60沪昆高速浙江段气象灾害风险普查分析. 浙江气象, 2015, 36(2): 16-19.
- [5] 马艳, 黄容, 陈尚, 等. 青岛市雾和城市空气质量的特征及其相关关系. 气象科技, 2015, 43(5): 925-931.
- [6] 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): 1229-1240.

- [7] 何立富, 李峰, 李泽椿. 华北平原一次持续性大雾过程的动力和热力特征. 应用气象学报, 2006, 17(2): 160-168.
- [8] 康博识, 樊曙光, 张悦, 等. 南京冬季持续性强浓雾天气中三级分档雾水的理化特性分析. 气象学报, 2017, 75(2): 356-370.
- [9] 刘照明, 胡非, 邹海波, 等. 北京地区一次典型大雾天气过程的边界层特征分析. 高原气象, 2010, 29(5): 1174-1182.
- [10] 陈瑞敏, 吴雁, 刘晓峰. 2007年1月初河北省连续大雾的成因分析. 干旱气象, 2008, 26(2): 63-66.
- [11] 黄彬, 王晴, 陆雪, 等. 黄渤海一次持续性大雾过程的边界层特征及生消机理分析. 气象, 2014, 40(11): 1324-1337.
- [12] 马翠平, 吴彬贵, 李江波, 等. 一次持续性大雾边界层结构特征及诊断分析. 气象, 2014, 40(6): 715-722.
- [13] 马翠平, 吴彬贵, 李云川, 等. 冀中南连续12天大雾天气的形成及维持机制. 高原气象, 2012, 31(6): 1663-1674.
- [14] 刘承晓, 周建平, 翟振芳, 等. 2011—2015年安徽省高速公路低能见度变化特征. 气象科技, 2017, 45(5): 858-863.
- [15] Berrisford P, Dee D, Fielding K, et al. The ERA-Interim Archive. ECMWF, ERA Report Series, 2009, (1): 1-16.
- [16] Dee D P, Uppala S M, Simmons A J, et al. The ERA-Interim reanalysis: Configuration and performance of the data assimilation system. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, 2011, 137(656): 553-597.