

2008年11月初大雾过程边界问题分析

王 玮 黄玉芳 孙建玲

(山东省菏泽市气象局, 菏泽 274000)

提 要: 利用常规观测资料和 NCEP $1^{\circ}\times 1^{\circ}$ 再分析资料对 2008 年 11 月初发生在中国东部的一场大雾的边缘区域进行诊断分析, 结果表明: 在雾区的边缘, 能否成雾的因素除湿度、风速和逆温等基本条件外, 近地面散度场与垂直风速对雾的形成也有相当重要的作用, 其中低层辐合高层辐散区的边缘和雾区的边缘有较好的对应关系, 950hPa 上方的下沉速度能够阻止水汽的向上扩散, 而越往上越大的上升速度意味着雾区的消散。

关键词: 雾 边缘 辐散场 上升速度

Analysis of the Boundary of the Fog Field in the Early November, 2008

Wang Wei Huang Yufang Sun Jianling

(Heze Meteorological Office of Shandong Province, Heze 274000)

Abstract: Based on the data from conventional observations and NCEP reanalysis, a synoptic analysis was carried out for the boundary of a rare large fog process occurring in the early November, 2008. The result shows that, at the boundary of the fog field, besides such basic conditions as temperature inversion, air humidity and wind speed, the divergence field and vertical wind speed are related to the fog formation, and the boundaries of low-level convergence and high-level divergence are also related to the fog boundary.

Key Words: fog boundary divergence field ascending velocity

引 言

雾是冬半年比较常见的一种天气现象, 是大量水滴悬浮于近地面层使水平能见度低

于 1km 的灾害性天气。雾的发生给交通运输业带来严重影响, 对工农业生产和人民生命财产带来严重危害。近年来, 国内外不少气象工作者对雾进行了大量的研究。其中包括雾区边界层结构的探测分析、卫星遥感监

测、大气环流形势与气象要素场以及物理量场等许多方面。例如毛冬艳等^[1]统计了华北平原雾发生时的大气低层部分气象要素特征及其分布区间与雾发生频率之间的关系;张新荣等^[2]研究认为大雾是在大气底层暖平流、大气层结相对稳定和充沛的水汽条件下产生的;康志明等^[3]认为华北平原的雾与 900hPa 以下的负涡度平流、冷温度平流和弱辐合上升运动关系密切;吴兑等^[4]利用自动站的每分钟观测资料分析了南岭山地高速公路浓雾的能见度特征;邓雪娇等^[5]利用野外观测数据,分析了有雾和无雾时的天气型和边界层风、温、湿结构特征;曹治强等^[6]分析了华北和黄淮地区雪后大雾发生时暖湿平流与逆温层的相互作用;濮梅娟等^[7]对南京市雾的发展过程及爆发性增强的物理特征进行了研究探讨;梁益同等^[8]探讨了雾在气象卫星中不同通道的光谱特征;吴洪等^[9]统计了北京市有利于辐射雾发生的气象条件。但几乎所有的研究都是针对较大范围的雾区内部的典型特征进行的。对于那些恰好处于大范围雾区边缘的市县级台站来讲,雾的预报是一个非常难以把握的问题。本文针对 2008 年 11 月 1—5 日发生在中国东部的一次大雾天气过程,根据常规天气资料、NCEP $1^{\circ} \times 1^{\circ}$ 的 6 小时再分析资料,侧重分析雾区边缘的一些气象要素及物理量特征,以期对提高市县级台站大雾预报准确率提供一定的参考依据。

2008 年 10 月 29 日,江淮流域受冷空气与暖湿气流共同影响,产生大范围小雨天气,使近地层积聚了大量水汽。30 日雨区南压至长江以南,长江以北至鲁南为大范围的雾区,一直维持到 11 月 6 日较强冷空气自华北南下,雾随之消散。大雾持续期间,由于天气形势及各种气象要素在每天并不是完全相同的,因此雾区的范围及强度每天也会各不相同,而菏泽市一直处于雾区的边缘,这就给本

站的预报工作带来了一定的难度,致使这次大雾过程预报服务效果不甚理想。为提高预报准确率,为以后的大雾短期预报提供一些有价值的参考信息,本文以下就雾区边缘的一些气象要素和物理量特征进行详细的分析讨论。

1 环流形势特征

1.1 高空形势

11 月 1 日 500hPa 上(图 1a),东亚基本为一槽一脊形势,乌拉尔山上空为长波脊,东亚槽位于我国内蒙古北部到东北地区,槽底约在 40°N ,副热带高压呈东西块状,脊线在 20°N 附近稳定少动。以后几日乌拉尔山高压脊前不断有冷空气沿西北气流下滑,在我国东北地区积聚并形成东北低涡,中纬度地区一直处于高压脊前低涡后部的西北偏西气流控制,环流形势比较稳定。850hPa 上(图 1b),华北一直维持纬向锋区,山东、河南和江苏安徽的北部处于锋区前的西北或偏北

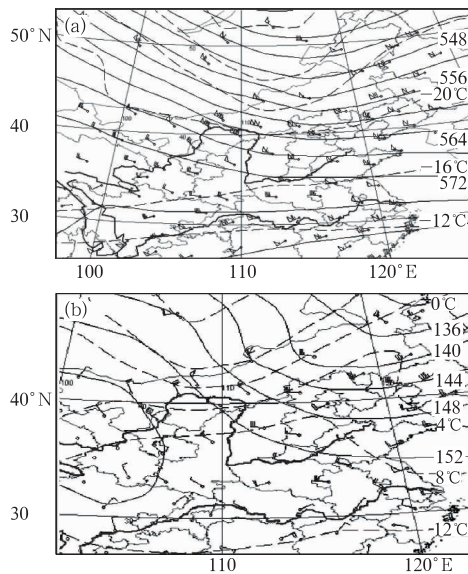


图 1 2008 年 11 月 1 日 08 时
500hPa(a)和 850hPa(b)形势场

气流下,不断有小股弱冷空气沿偏北风南下。这是中国东部冬季大雾的常见形势,这种形势一直维持到 11 月 6 日东北低涡南掉,东亚大槽建立,大雾天气结束。

大雾期间高空环流形势比较稳定,以后几日与 1 日大致相似,不再详述。

1.2 地面形势及实况

虽然高空环流形势稳定少动,但大雾期间冷空气的强弱、路径、影响时间不可能完全一致,因此 1 到 5 日的地面形势也不完全相同。1 日 08 时(图 2a),地面冷高压中心在河套西部,长江流域为均压场,东北地区有一较强低涡,低涡底部受太行山的影响在鲁西北形成华北地形槽。菏泽正处于地形槽的底部

同时也是雾区的西北边缘,其南部处于 35°N 以南的 4 个县出现能见度为 $600\sim 800\text{m}$ 的大雾, 35°N 以北的其他五县为轻雾。

2 日 02 时(图 2b),黄淮、江淮处于从河套西伸的均压场里,菏泽附近有一直径约 100km 的弱的气旋性环流,在这个气旋性环流里存在一小范围的雾区,其北部边缘即菏泽市的定陶、曹县能见度从 02 时的 600m 降至 05 时的 200m ,而离其约 100km 的济宁,能见度一直为 10km 。到 08 时地面图,由于观测站的增加,边界更为清晰,雾区只存在于菏泽西部的 5 个县区,东部 4 县以及同纬度的菏泽以东的鲁南地区和以西的河南北部,均无大雾。

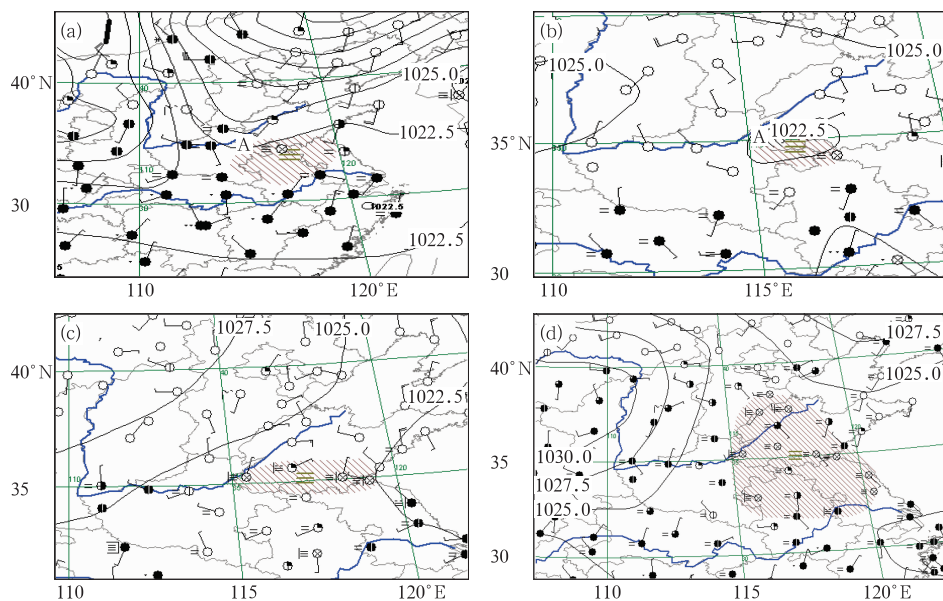


图 2 2008 年 11 月 1—5 日地面形势和风场

(a) 1 日 08 时; (b) 2 日 02 时; (c) 3 日 08 时; (d) 5 日 08 时。阴影部分为雾区,“A”处为菏泽所在地

3 日 08 时地面图上形势为(图 2c):冷高压位于河套顶部略呈东北—西南向,高压的东南部即鲁南为大片雾区。菏泽处于雾区的西部边缘,其西部的东明县为轻雾,再以西的河南多为晴天。

4 日无雾,略过。5 日 08 时地面图上

(图 2d),河套冷高压稍有加强,东部洋面上也有一高压,东北地区有一低涡中心,这样江淮地区就处于以上三者以及华南低压区形成的鞍形场里,山东大部、河南北部、江苏安徽的北部为大范围雾区,菏泽仍然处于雾区的西部边缘,从菏泽以西由大雾逐渐转为轻雾再至无雾。

由以上分析发现,尽管根据高空及地面形势均可以做出黄淮地区有雾的预报,但这种预报是较大尺度的,对于大雾所处的边缘地区,仅凭形势场是很难做出正确判断的,这正是这次过程中菏泽预报失误的原因。下面具体从气象要素及中小尺度物理量场来分析雾区边缘的不同特征。

2 气象要素分析

2.1 湿度

1日08时,菏泽市出现大雾的四县的 $T - T_d$ 为 0°C ,附近没有出现大雾的县站的 $T - T_d$ 分别为:牡丹区 0°C 、东明 0.8°C 、鄄城 1.7°C 、巨野 2.1°C 、金乡 0.5°C 。

2日08时,菏泽出现大雾的县站的 $T - T_d$ 均在 $0 \sim 0.1^{\circ}\text{C}$ 之间,雾区的东部没有出现大雾的成武、单县为 0°C ,鄄城 3.8°C ,巨野 1.2°C ,金乡 0.5°C ,雾区的西部,即河南省的 $T - T_d$ 都比较大,即湿度较小。

3日08时地面图上的湿区和雾区配合比较一致,雾区以西的 $T - T_d$ 都较大。

5日,菏泽处于大雾区的8个县的 $T - T_d$ 均为 0°C ,以西的河南省北部为轻雾区,其 $T - T_d$ 大多小于 1°C ,例如同处于 35°N 的长恒县为 0°C ,原阳县为 0.2°C 。

以上分析发现,雾区的 $T - T_d$ 虽然大多为 0°C ,但并不能说明有雾区的湿度条件比无雾区的湿度条件要好,相反正因为大雾的

发生,即水汽完全凝结,才使得空气达到完全饱和。而附近没有出现大雾的地区,仅就湿度条件来讲,对形成雾也是相当有利的。

2.2 风速

1—3日,雾区边缘,菏泽市附近有雾和无雾的区域,风速均在 $2 \sim 4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 之间,1日、2日为偏南风,3日为偏北风。只有5日,菏泽及以东有雾的区域风速为 $2 \sim 4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$,而以西的河南北部轻雾的区域风速多在 $1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 以下,这应该是这一区域多为轻雾的原因。由以上分析可知,虽然一定的风速是形成雾的有利条件,但结合第2.1节可知,即使风速和湿度都合适也不一定能够形成雾,下面来分析雾的物理量场方面的特征。

3 物理量场分析

3.1 逆温层

1日08时(图3a),雾区只在 35°N 以南, 15°C 的暖中心却在 36°N 附近的 950 hPa 高度上。2日02时(图3b) 950 hPa 附近, 115°E 有一 16°C 的暖中心,这个暖中心和气旋性环流配合较好,和雾区却不很一致,雾区在暖中心的东部即 115°E 以东的地区。3日(图3c) $112^{\circ} \sim 120^{\circ}\text{E}$ 即有雾和无雾的较大区域内均存在低层逆温,暖中心在 950 hPa 附近。5日(图3d), 950 hPa 附近, 114.5°E 附近有一暖中心,雾区边缘均有逆温存在。

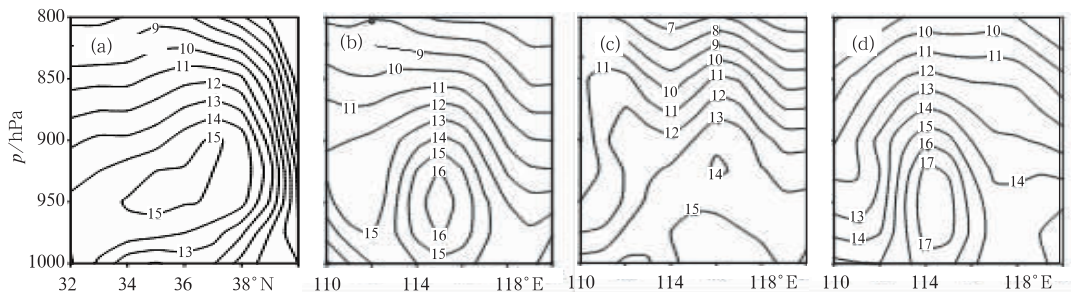


图3 2008年11月1—5日温度随高度变化场

(a) 1日08时沿 115°E ; (b) 2日02时沿 35°N ; (c) 3日08时沿 35°N ; (d) 5日08时沿 35°N (单位: $^{\circ}\text{C}$)

从以上所述可知,逆温层的区域和雾区并不完全一致,而是覆盖了比雾区更广大的范围。

3.2 散度场

1 日 08 时(图 4a),在 35°N 以南,900hPa 以下有弱辐合,950hPa 有 $-2 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ 辐合中心,其上 800hPa 附近有 $1 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ 的辐散中心,这样,结合上文所述的逆温状况,低层较冷的空气辐合上升,遇到较高处辐散下沉的较暖空气阻挡,使得水汽在近地层积聚,形成大雾。而与其相反, 35°N 以北,处于地形槽后部,有较强的低层辐散高层辐合,对雾的生成非常不利,因此从辐散场上判断 35°N 附近是大雾消散的区域,和实况比较吻合。

2 日 02 时(图 4b), $114^{\circ} \sim 116^{\circ}\text{E}$,1000hPa 附近有弱的辐合,而在 950hPa 附近, 116°E 有一个 $1 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ 的辐散中心。只有在 $115^{\circ} \sim 116^{\circ}\text{E}$ 之间才满足低层辐合高层辐散的条件,而 $116^{\circ} \sim 117^{\circ}\text{E}$ 则以辐散为

主,再往东辐合辐散场均极弱,无法满足大雾需要的一定扰动的条件,因此 116°E 以东能见度明显变好。而 116°E 正是菏泽市东部大雾开始消散的位置,这和上文所描述的天气实况非常吻合。

3 日 08 时(图 4c),在 $116^{\circ} \sim 120^{\circ}\text{E}$,为低层辐合高层辐散,有利于大雾产生。 114°E 以西,只有低层辐合不利于大雾产生, $114^{\circ} \sim 116^{\circ}\text{E}$,为较弱的辐散场,对应地面图这一区域正是大雾的边缘区域。

而在 5 日 08 时的散度场(图 4d)中,虽然在近地面均为弱的辐散场,但是在 115°E 仍然可以看到有明显的区别,以西近地面散度几乎为 0,上文也提到这一区域的风速大多小于 $1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$,说明空气非常稳定,因此尽管湿度较大却多为轻雾。 115°E 以东均为小于 $1 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ 的辐散,一般来讲,辐散下沉区不利于大雾的发生,地面图上仍然有大范围雾区,考虑原因可能是此时大雾正处于消散阶段。

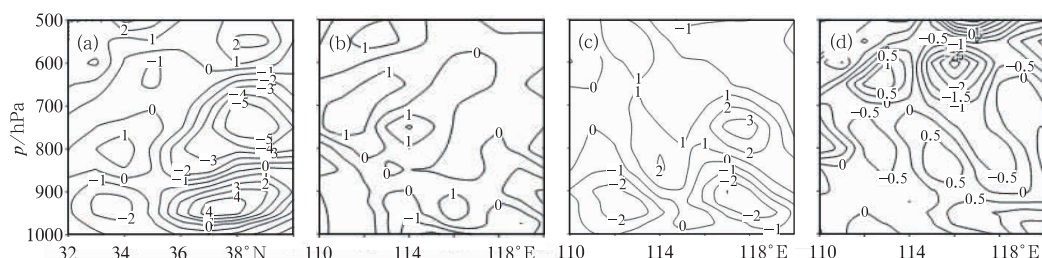


图 4 2008 年 11 月 1—5 日散度随高度变化场

(a) 1 日 08 时沿 115°E ; (b) 2 日 02 时沿 35°N ; (c) 3 日 08 时沿 35°N ; (d) 5 日 08 时沿 35°N (单位: 10^{-5} s^{-1})

从 1—3 日来看,在雾区近地面一般存在低层辐合高层辐散的散度场,其边缘和雾区的边缘有一定的对应关系。

3.3 垂直风场

1 日 08 时(图 5a), 35°N 以南,950hPa 以下垂直风较弱,以上有 $>0.1 \text{ hPa} \cdot \text{s}^{-1}$ 的下沉速度,使得水汽不易向上扩散,从而在 950hPa 以下积聚形成雾。而 35°N 以北,

850hPa 以下,上升速度越来越大,那么水汽也随之向上扩散,大雾在 35°N 以北迅速消散。

2 日 02 时(图 5b), 114°E 以西为 $>0.1 \text{ hPa} \cdot \text{s}^{-1}$ 的上升速度,且越往上越大。 116°E 以东也有越往上越大的上升速度。只有 115°E 附近,垂直风场较弱,没有上升速度,水汽难以向上扩散,因此 115°E 附近相对来说对大雾生成比较有利。

3 日 08 时(图 5c), 在 114°E 以西和 116°E 以东, 950hPa 以下均为向上的速度, 以上均为向下的速度, 但是上文提到, 114°E 以西的湿度较小, 所以没有产生大雾。 115°E 附近, 是一直向下的速度, 配合上文所述的散度场, 115°E 附近是空气辐散下沉区, 正是大雾逐渐消散的区域。

5 日 08 时(图 5d)垂直风场很弱, 表明

900hPa 以下, 空气没有明显的垂直运动。这和上文的较弱的散度场也是一致的。因此结合上文可以认为, 这一天水平风速的大小是决定雾的轻重的重要因子。

从以上分析可知, 垂直风场对雾区的边界也有一定的指示意义, 950hPa 上方为下沉速度能够阻挡水汽的扩散从而有利于雾的维持, 而越往上越大的上升速度对大雾不利。

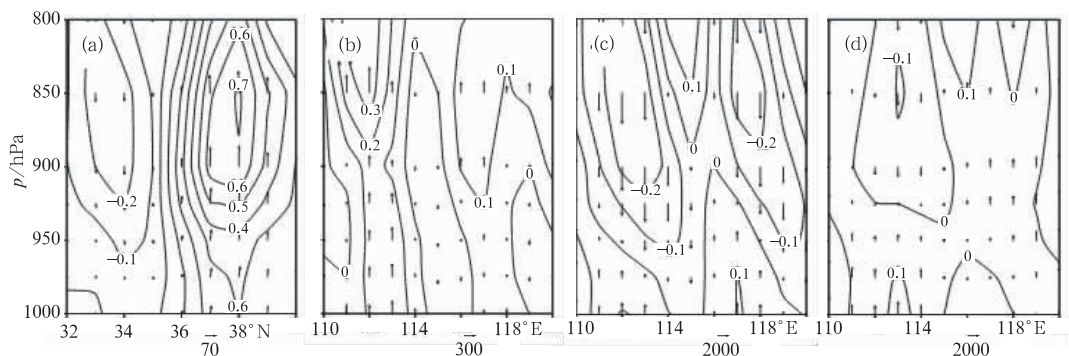


图 5 2008 年 11 月 1—5 日垂直速度随高度变化

(a) 1 日 08 时沿 115°E ; (b) 2 日 02 时沿 35°N ; (c) 3 日 08 时沿 35°N ; (d) 5 日 08 时沿 35°N (单位: $\text{hPa} \cdot \text{s}^{-1}$)

4 小结

(1) 在雾区的边缘地带, 有雾和无雾的区域, 湿度、风、逆温等条件有时差别并不大, 所以难以据此正确判断雾区的边界。

(2) 在较小尺度的散度场中, 边界层的低层辐合高层辐散对雾的形成维持较为有利, 其边缘和雾区的边缘有较好的对应关系。

(3) 950hPa 附近有下沉速度阻挡了水汽的扩散, 越往上越大的上升速度使得水汽难以在近地面积聚, 因此中小尺度的垂直速度场对雾区的边界也有一定的指示意义。

(4) 大雾的形成维持是许多因素共同作用的结果, 预报时要对各种条件进行综合分析才能做出准确判断。

参考文献

- [1] 毛冬艳, 杨贵名. 华北平原雾发生的气象条件[J]. 气象, 2006, 32(1): 78-83.
- [2] 张新荣, 刘治国, 等. 中国东部一场罕见的大雾天气成因分析[J]. 干旱气象, 2006, 24(3): 47-51.
- [3] 康志明, 尤红, 郭文华, 等. 2004 年冬季华北平原持续大雾天气的诊断分析[J]. 气象, 2005, 31(12): 52-56.
- [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[J]. 高原气象, 2007, 26(3): 649-654.
- [5] 邓雪娇, 吴兑, 唐浩华, 等. 南岭山地一次锋面浓雾过程的边界层结构分析[J]. 高原气象, 2007, 26(4): 881-889.
- [6] 曹志强, 方翔, 吴小京, 等. 2007 年初一次雪后大雾天气过程分析[J]. 气象, 2007, 33(9): 52-58.
- [7] 濮梅娟, 严文莲, 商兆堂, 等. 南京冬季雾爆发性增强的物理特征研究[J]. 高原气象, 2008, 27(5): 1111-1118.
- [8] 梁益同, 张家国, 刘可群, 等. 应用 FY-1D 气象卫星监测雾[J]. 气象, 2007, 33(10): 68-72.
- [9] 吴洪, 邵洁. 北京地区大雾形成的分析和预报[J]. 应用气象学报, 2000, 11(1): 123-127.