

河北省中南部一次大雾天气过程分析

王丽荣^{1,2} 连志鸾²

(1. 南京信息工程大学, 210044; 2. 河北省石家庄市气象局)

提 要

对2003年11月河北省中南部大雾天气进行了分析,结果表明与稳定度有关的物理量场的变化不仅是强对流等灾害性天气的预报指标,对大雾天气也有一定的指示意义:雾是在稳定的大气层结下出现的天气现象,根据大气稳定层结的状况及变化,可以判断大雾天气的有无及其生消时间。另外,前期湿度条件的积累也是影响大雾生成的主要原因。

关键词: 大雾 稳定度 物理量场

引 言

随着社会经济的快速发展,大雾对交通的影响表现地越来越突出。为此,大雾的成因及消散成为气象研究者讨论的话题。黄建平等^[1]利用三用滴谱仪和 ADAS 对辐射雾的微物理结构及温、压、湿、风等要素的垂直分布进行了探测。沈鹰^[2]利用三向风标探测资料,分析了辐射雾中的扩散参数。夏立新^[3]等指出逆温层的不断重建是大雾得以维持的关键所在,近地面层充沛的水汽是大雾形成和维持的必要条件之一。石林平^[4]等从气候特征、低空风场、地面气压场等方面分析了华北平原大范围大雾的环境场。本文主要利用和稳定度有关的物理量变化对大雾进行了分析。

2003年11月28日夜间至29日河北省中南部出现了大范围的大雾天气,部分地段能见度距离甚至不足50m。此次过程从28日下午的预报来看是不成功的,预报员一般认为夜间有较强冷空气南压,湿度下降,天气状况逐渐转好,不利于大雾的形成。实况看来,28日半夜开始河北省中南部陆续出现大雾天气(图1),29日08时(北京时,下同)石家庄17站中,有9个站能见距离<100m。中、西部的浓雾到29日中午前后消散,东部的大雾一直维持到下午。此次过程致使石家

庄各个方向的高速公路全部封闭,造成非常大的经济损失。分析预报失误原因主要表现在预报员对数值预报产品的依赖性过大,对冷空气强度及空气湿度的变化情况预报有误差,进而导致大雾漏报。本文就这一次大雾过程的环流形势、天气要素及物理量场等进行了全面分析总结,以便积累经验,为此类大雾过程提供预报依据。

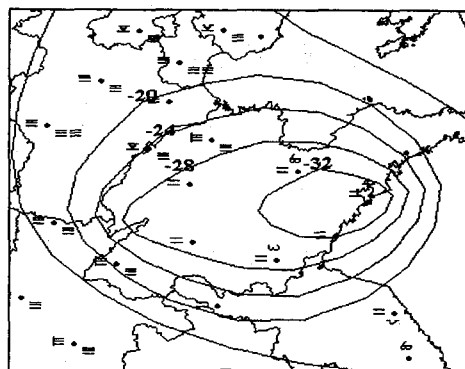


图1 2003年11月28日大雾实况
及29日08时K指数场

1 环流形势分析

追溯此次过程之前的环流形势演变,可以看出,25日夜间在弱冷空气和高空槽的共同作用下河北省出现雨雪天气,26~27日地面先受高压南部东北风,后受偏南气流影响,河北省中南部的部分县市又有小量的雨雪。

28日白天地面高压移至山西境内,夜间开始高压逐渐影响河北省,但由于高压较弱,河北省中南部的风向一直为偏南风,这是导致该范围湿度没有下降的主要原因。

从高空图来看,此次过程为后倾式的弱冷空气活动,见图2。28日08时700hPa以上的高层为槽前西南气流,而850hPa以下的低层为高压前部的西北气流。28日20时开始高层转为槽后部较平直的偏西气流,850hPa河北省中南部(邢台)则由28日20时 $12\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 的西北风转为29日08时 $4\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 的西南风。从变温情况看,29日08时500hPa24小时变温 -3°C 左右,而850hPa为 -2°C 左右。可以看出,此次过程干冷空气活动较弱,而且风力不大,这也是湿度没有下降的另一个主要原因。

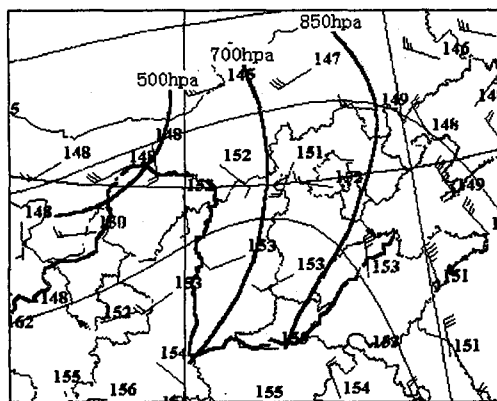


图2 2003年11月28日08时槽线(粗线)及29日08时850hPa图(细线)

2 物理量场分析

K 指数、沙氏指数和 θ_{se} 等是反映大气层结稳定程度的物理量,在预报强对流等灾害性天气中,有非常好的指示意义。由于大雾形成与稳定的大气层结密切相关,因此,本文尝试将这些物理量用到大雾天气中,期望为大雾预报也提供一定的预报依据。经比较分析发现,这些物理量场与大雾之间的确有一定的对应关系。

2.1 K 指数

K 指数的定义为^[5]:

$$K = (T_{850} - T_{500}) + T_{d850} - (T - T_d)_{700}$$

其中: T_{850} 、 T_{d850} 分别为850hPa上的温

度和露点温度, T_{500} 为500hPa上的温度, $(T - T_d)_{700}$ 为700hPa上的温度与露点温度之差。式中第一项 $(T_{850} - T_{500})$ 为气温直减率,表示500hPa以下气层的稳定程度,第二项 T_{d850} 表示低层空气的水汽含量,第三项 $(T - T_d)_{700}$ 表示中层空气的饱和程度。可以看出, K 指数是反映中、低层气层稳定程度和低层空气饱和程度的一个综合量,而这也是影响大雾生成的两个最基本因素。分析28日、29日两天的 K 指数场,从28日20时开始河北省东南部维持 K 指数的低值区。比较图1中的 K 指数场和大雾分布情况可以看出, K 指数场低值中心的后部与大雾范围吻合的相当好。

2.2 沙氏指数(SI)

考察今年11月份的SI场,发现大雾天气一般出现在SI指数低值的前部,而SI指数高值区的前部则很少有大雾天气出现。这和天气形势场的对应关系也是比较吻合的,SI指数低值区一般对应地面锋面前部的低压暖、湿气团,有利于大雾天气的产生。此次大雾过程,从27日开始SI指数一直处于相对低值状态,29日和30日的大雾天气也比较严重。

2.3 T -lnp图

从太原、北京、邢台3站的 T -lnp图(图略)可以看到:28日08时至29日20时,太原的逆温层不是很明显,而北京和邢台2站有明显的逆温层存在,且29日08时(图3)的逆温层从地面一直达到925hPa附近,非常

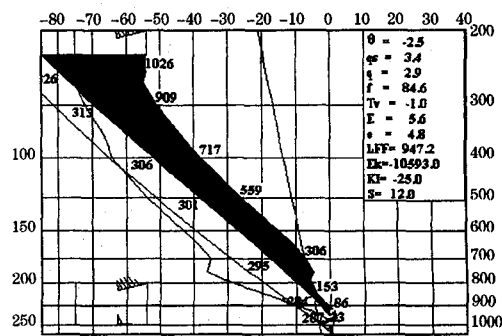


图3 2003年11月29日08时邢台站 T -lnp图

深厚。另外,28日20时邢台站上空高层为西北风,低层为东北风,说明高低空配置结构是非常稳定的。

2.4 温度 T 和假相当位温 θ_w 的变化

25日开始气温一直偏低,最高气温维持在 4°C 以下。29日早晨石家庄市最低气温降至该月最低: -2.5°C ,说明还是有冷空气下来,冷空气南压也是此次大雾过程产生的一个主要原因。同时,从28日的天气实况和形势场推断,28日夜间天空无云,加大了辐射降温量,夜间气温降至露点温度。

为了寻找 θ_w 与大雾的关系,普查石家庄站11月份逐日850hPa的 θ_{w850} 和500hPa的 θ_{w500} 以及二者的差值 $\Delta\theta_w = \theta_{w500} - \theta_{w850}$,发现大雾天气与 θ_w 的低值区和 $\Delta\theta_w$ 的小值是有一定的对应关系的。11月份石家庄站 $\Delta\theta_w$ 的平均值为: $\Delta\bar{\theta}_w = 20.6^{\circ}\text{C}$,无雾日 $\Delta\bar{\theta}_w = 23.6^{\circ}\text{C}$,有雾日(17站中有一站有大雾即统计) $\Delta\bar{\theta}_w = 16.7^{\circ}\text{C}$ 。可见,有雾日与无雾日 $\Delta\bar{\theta}_w$ 的值差别还是比较明显的,即雾日的 $\Delta\bar{\theta}_w$ 值要小于无雾日的 $\Delta\bar{\theta}_w$ 值。本月石家庄共有全区性大雾(≥ 6 站次)6次,当日08时850hPa和500hPa全部为 θ_w 的低值区,且 $10^{\circ}\text{C} \leq \Delta\theta_w \leq 20^{\circ}\text{C}$ 。这在某些程度上反映出大雾天气不仅需要有一定的稳定度,而且还要有适当的能量场。

由上述分析不难发现,此次大雾天气是建立在一定的能量和稳定度的基础上的。自23日20时至29日20时,石家庄附近一直处于 θ_w 的低值区,而且27日以后 θ_w 值成减小趋势,28日夜间到29日早晨达到最低值,850hPa石家庄 θ_w 的值为 11°C 左右, $\Delta\theta_w = 19^{\circ}\text{C}$ 。

2.5 地面总温度场

27日开始,直至29日20时,500hPa以下河北省中南部一直处于地面总温度场的低谷内,表明这几天的扰动能量很小,进一步说明大气层结是稳定的。

2.6 大雾与各种物理量的关系

为了进一步找出大雾与各种物理量之间

的关系,又普查了11月份石家庄单站逐日08时的SI指数、K指数(图略)、850hPa的 θ_w 值,并将这些量与石家庄区域逐日的大雾站次(17站中有一站出现大雾即为1站次)进行比较,得到图4。可以看出,SI指数低值当日有较少站次出现大雾,而次日有较大范围的大雾天气,惟一次例外(5~7日)则对应较强的雨雪天气。K指数和850hPa θ_w 值的变化趋势比较一致,大于5站次的大雾日均对应于二者的低谷或者由高值向低值变化的过程中。这3个物理量与大雾的这种对应关系进一步反映出大雾天气出现在稳定或趋于稳定的大气层结中。

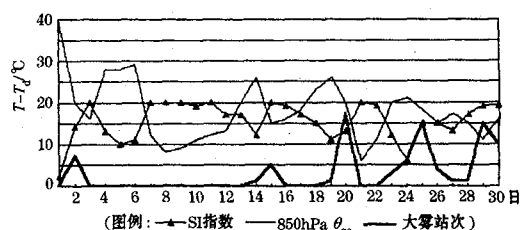


图4 2003年11月份石家庄单站逐日08时的物理量场与大雾的关系

3 湿度和垂直温度条件分析

3.1 相对湿度(f)

继25日夜间河北省出现雨雪天气之后,天空状况一直多云到阴,个别县市还有零星或少量的降水,相对湿度始终维持在70%以上。因此,空气中水汽的含量非常大,产生大雾所需要的湿度条件是具备的。

3.2 温度-露点差($T - T_d$)

28日14时河北省中南部 $T - T_d$ 均在 5°C 以下,非常小。只要温度稍微下降,就可到达露点温度,水汽就会发生凝结,产生大雾。图5为石家庄市自动站逐时的温度-露

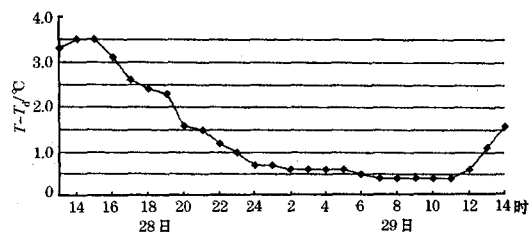


图5 2003年11月28~29日石家庄逐时自动站温度-露点差

点差的变化曲线图,而石家庄单站出现大雾的时间为28日23:31至29日11:47。可以看出,大雾出现的时段与 $T - T_d < 1^\circ\text{C}$ 的时段相互对应。

3.3 垂直温度变化

从形势场分析来看,7次不小于5站次大雾天气过程的前一日08时地面均处于低压区内,高空500hPa有浅槽或者气流比较平直,地面冷高压于当夜或次日压下来,但高空气流仍然平直,即低层冷空气侵入超前于高空。

为了了解大雾日垂直温度的变化情况,又普查了这7次较强大雾天气过程高、低层(300、500、700、850、925、1000hPa)的温度差。考虑在湿度较大的情况下,温度的日变化相对很小,故研究大雾前一日20时和雾日08时12小时的变温(ΔT_{12}),得到与形势分析比较一致的结论:地面至850hPa $\Delta T_{12} < 0$,而700hPa及以上各层 $\Delta T_{12} > 0$ 或者为较小的负值。大雾的浓度、范围越大,这种高、低层的温度差值表现地越明显。同月25日的大雾个例最为典型,300、500、700、850、925、1000hPa对应的 ΔT_{12} 分别为: 1°C 、 6°C 、 4°C 、 -5°C 、 -7°C 、 -5°C 。这样,低层的降温有利于水汽的凝结,而中高层较小的降温(甚至升温)在中层以上形成一个“暖盖”,使得低层水汽达到饱和,产生大雾。只有当中高层

冷空气侵入,“暖盖”消失时,大雾才逐渐消散。可见,较强的大雾天气与低层的弱冷空气南压是相对应的。

4 总 结

(1)冷空气活动的路径、强弱直接影响到湿度的变化,进而影响到大雾的生成与否。

(2)与稳定度有关的物理量场的变化不仅是强对流等天气的预报指标,对大雾天气也有一定的指示意义,即雾是在稳定的大气层结下出现的天气现象,根据大气稳定层结的状况及变化,可以判断大雾天气的有无及其生消时间。

(3)前期湿度条件的积累也是影响大雾生成的主要原因,连续几天湿度较大后低层冷空气的南压,反而促使大雾天气的产生。

参考文献

- 1 黄建平,梅清银,靳永才等. 沪宁地区辐射雾的微物理结构及其演变. 气象, 1998, 24(5): 3~8.
- 2 沈鹰. 云南安宁市辐射雾大气扩散参数研究. 气象, 1997, 23(7): 29~31.
- 3 夏立新,黄石璞. 河南省一次大雾的机理分析. 气象, 1999, 25(7): 53~57.
- 4 石林平,迟秀兰. 华北平原大雾分析和预报. 气象, 1995, 21(5): 45~47.
- 5 王名才. 大气科学常用公式. 北京:气象出版社, 1994: 70.
- 6 孟庆珍. 大气物理基础. 四川:成都气象学院气象系, 1992: 16~22.

Analysis of Heavy Fog in Southern Hebei Province

Wang Lirong^{1,2} Lian Zhiluan²

(1. Nanjing Meteorology Institute, 210044;

2. Shijiazhuang Meteorological Office, Hebei Province)

Abstract

An analysis of the heavy fog which appeared in southern Hebei Province from the mid-night of 28 to the noon of 29 November in 2003 is made. The results show that the physical elements relating to stability are the indexes not only of severe convection process, but also of heavy fog. Fog is a weather phenomenon which comes forth in steady atmosphere. From the stratification and change of the atmosphere, a heavy fog appearing or not, as well as the growing or vanishing time can be decided. In addition, the humidity's accumulation is a cause affecting the heavy fog making also.

Key Words: heavy fog stability physical elements