

河南省一次大雾的机理分析

夏立新 黄石璞

(河南省气象台, 郑州 450003)

提 要

通过对1997年初冬给社会造成严重危害的一次大雾的机理分析,我们认为当水汽与天气形势条件具备时,在河南省单纯的辐射作用是可以形成持续性大雾天气的,而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。

关键词: 大雾 机理分析 辐射降温 逆温层

引 言

1997年11月21~25日河南省出现了全省范围的大雾天气过程,此次连续性大雾对社会影响非常大,不仅给人民生活 and 身体健康带来影响,而且使铁路、公路、航空、电力等部门造成巨大的经济损失和人员伤亡。郑州国际机场(地址在郑州南35km的新郑薛店,通常情况下,与郑州相比该地大雾的出现频率较高,维持时间也较长。此次过程新郑机场大雾20~25日连续维持6天^[1])。21~25日取消航班次数分别为38、52、54、69和92次;省内已开通的高速公路中许昌段22~25日共关闭41小时;21~24日洛阳段关闭46小时,间断放行,开封段关闭65小时;据郑州段的不完全统计21~23日未关闭公路,共发生4起事故。

1 大雾实况

11月18日08时,河南省内部分县市出现轻雾,之后范围不断扩大,很快发展成全省范围的雾。21日08时首先在郑州出现大雾,到22日08时,河南省除西部地区维持轻雾外,其它地区都出现了大雾天气,多数台站能见度在0.0~0.1km间,14时大雾减弱,能见度增大到0.5~1km或以上。在以后的几天里,雾一直维持,但存在日变化:午后(14时前后)由于气温升高,雾减弱,能见度增加,一般大于1km,为轻雾;其它时

间则为大雾笼罩,大部分地区能见度只有0.0~0.5km(见图1)。

从地域性看,本次大雾过程沿黄河河床地带及京广线以东地区(21日08时~25日08时)每日浓雾持续时间大大超过轻雾时间,以郑州地区为例,在这96个小时里,郑州南郊观测场出现大雾的时间为72小时,其它时间为轻雾;距测站约1.5km、地处市区东北郊的省气象台附近目测能见度几乎低于0.1km(见表1、2)。

表1 郑州(南郊观测场)能见度/km

	02时	08时	14时	20时
21日	3.0	0.2	3.0	1.5
22日	0.4	0.1	4.0	0.8
23日	0.1	0.0	3.0	0.8
24日	0.0	0.0	0.3	0.1
25日	0.8	0.0	4.0	

表2 郑州(省气象台)能见度/km

	02时	08时	14时	20时
21日	1.0	0.0	0.1	0.5
22日	0.0	0.0	0.1	0.1
23日	0.0	0.0	0.05	0.0
24日	0.0	0.0	0.05	0.0
25日	0.8	0.0	1.0	

从22日02时起连续看河南及邻省的地面实况图可知:21日08时仅郑州本站出现大雾,其它各站均无大雾出现。14时图上,郑州的大雾减弱为轻雾。22日02时~24日20

时,大雾最初均是于凌晨在郑州等单站出现, 站大雾减弱为轻雾或消失(图略)。而后范围逐渐扩大,每日 14 时地图上,各

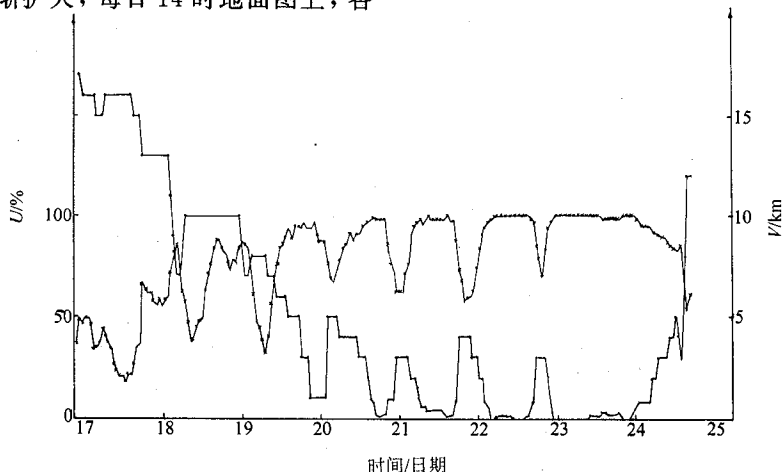


图 1 16 日 21 时~24 日 20 时相对湿度 U (连线) 和能见度 V (实心连线) 变化曲线

2 大雾机理分析

2.1 天气形势

在这场大雾出现之前,河南省受冷空气和高空强西南气流的影响,11月10~13日出现了全省范围的降水过程,黄河以南普降中雨,部分地区达大~暴雨,过程累计雨量较大。15~16日,再次受强冷空气影响,河南省黄河以南大部分地区又出现了一次弱降水过程。此后,空气湿度大,水汽条件很好,17日受冷高压入侵的影响,大风使空气相对湿度有所下降,但18日以后随着冷高压明显

减弱,气压梯度迅速减小。20~24日,河南省地面基本上处在均压场中,且在此期间河南省上空500hPa以稀疏平直环流形势为主,700hPa和850hPa上也基本处在弱高压脊控制下(图略),这种相对稳定的高、低空形势对大气层结的稳定和对大雾的形成与维护都非常有利。

2.2 持续的稳定层结

首先,利用850hPa和地面两层的温度差资料来分析河南省上空的层结状态。

表 3 地面和 850hPa 层温差 ($\Delta T = T_{850} - T_{地面} / ^\circ\text{C}$)

日期 时次	17		18		19		20		21		22		23		24		25	
	08	20	08	20	08	20	08	20	08	20	08	20	08	20	08	20	08	20
安阳	2	-2	-3	-6	-3	-6	0	-3	0	-1	5	4	4	3	2	-1	1	-8
郑州	-7	0	0	-6	0	0	3	-4	2	1	7	2	3	2	2	-3	-1	-5
南阳	-6	-4	0	-7	-2	-4	-1	-6	0	-1	2	-4	3	-2	-1	-6	-5	-6

由表 3 可以看出:17~19日郑州上空层结基本趋向稳定,20日开始出现明显的逆温层,并且在21~24日连续维持了4天,郑州的大雾自21日开始出现,一直到25日08时以后才结束。从全省看,20日08时全省大气层结已很稳定,郑州的逆温层从20日开始,到22日,北部的安阳和南部的南阳上空层结也出现明显逆温,且在22~23日两天内,强逆

温层结维持,这两日安阳、南阳连续出现大雾,表明大雾范围已由郑州扩展到河南全省。

表 3 中,20~24日期间某些时次 $\Delta T < 0$,似乎层结处于不稳定状态,但从后面的进一步分析可知这并非表明稳定层结已被破坏,而是由于原有逆温层抬升至850hPa以上或处在850hPa~地面之间, ΔT 无法反映真实的层结状态所致。

进一步分析此段时间内各地的温度日较差 $\Delta T' = T_G - T_D$ (T_G 是指前一日最高温度, T_D 指当日最低温度) (见表4)。

表4 各地温度日较差 $\Delta T' / ^\circ\text{C}$

日期	安阳	郑州	南阳
20	12	14	9
21	7	7	7
22	10	11	12
23	4	9	12
24	1	7	9
25	1	2	4
26	5	7	6

21~24日安阳、郑州出现连续大雾, 通过表4可看出20日两地 $\Delta T'$ 均 $\geq 12^\circ\text{C}$; 南阳的

大雾在22、23日都是凌晨出现, 白天逐渐减弱, 后半夜又加重成大雾的, 这两日日较差均等于 12°C 。三地的 $\Delta T'$ 都是在出现最大值后逐渐减小, 至26日受冷空气影响后又回升, 但大雾已全部消散。在连续大雾出现的前期有很大的日较差存在, 表明有明显的辐射降温, 这有利于水汽的凝结和逆温层的形成, 因而有利于大雾的生成。当湿度很大, 大雾已持续存在时, 受其反馈作用, 降温与日较差的物理作用反而不明显。一旦大雾减弱或消散后, 降温与日较差又会明显增大, 以保证足够的辐射降温与低层大气的稳定特征。

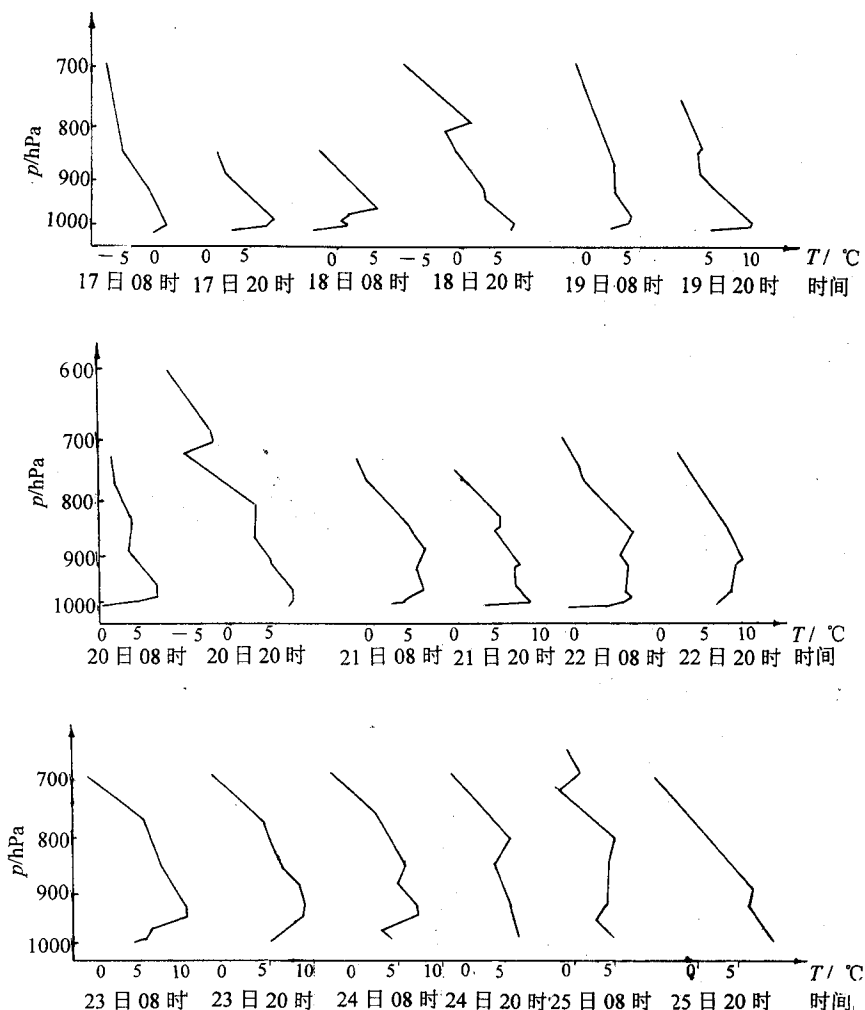


图2 郑州单站层结曲线

为了更细致地了解层结变化情况，我们又用 $T-\lg p$ 图做了 17~25 日郑州单站的层结曲线。由图 2 可以看出，地面强烈的辐射降温使得在河南省上空的低层建立了很强的逆温层，在 19 日 08 时~25 日 20 时，近地面层逆温层结经历了建立→增强→抬升上传和两次底层重建→逆温强度增大→抬升，最后逆温层被破坏的循环过程。在图 2 的分析中我们发现，每日当逆温层顶由地面上升到 925hPa 高度后，逆温层就会开始向上抬升，我们认为这是由于地表辐射冷却使水汽大量凝结成雾，大雾发展到一定厚度层，就会使辐射降温作用减弱下来。当逆温层抬升至一定高度，地面辐射冷却作用又会增强，近地面又有新的逆温层重建，这就是这场大雾在水汽、风力等条件适宜的情况下，受辐射冷却作用就可继续发展维持的关键因素。反之，当逆温层抬升后，在近地面层没有新的逆温层生成则不利于大雾的维持，已生成的大雾也将随着逆温层的破坏而消散。由连续的层结曲线与 $\Delta T'$ 资料分析我们还发现，在整个过程中每次辐射降温幅度的增大都使逆温层的强度得以明显的增强。

从层结曲线还可看出，17 日 08 时~25 日 20 时大气层结均符合大雾生成和维持的条件，但 20 日 20 时前因地面天气形势及风力、水汽等条件均不利于大雾生成，故未出现大雾。这说明形成大雾的几个条件缺一不可，某一条件减弱，大雾也随之减弱成轻雾；某一条件被破坏，大雾即消散。

2.3 地面风力条件

我们在郑州的东南西北四个方向上分别选取徐州、信阳、运城、安阳四个站点，用这四个站的气压减去郑州的气压，通过压差 ΔP (见表 5) 分析可知：在大雾形成的绝大部分时间里四个方向的压差绝对值均小于等于 2.5hPa，表明这段时间内河南省地面基本处于均压场状态，所以在这段时间内全省风力很弱 ($\leq 2\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)，尤其是到夜间全省基本无风，即使有，风力亦均在 $1\sim 2\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ (图略)，这种静风和微风状态的维持有利于大雾

的产生和维持。

表 5 四周与郑州气压差 ΔP /hPa

日期	时次	$\Delta P = P_{\text{某站}} - P_{\text{郑}}$				南北向	东西向
		安阳	信阳	运城	徐州	安~信	运~徐
20	02	1.0	0.6	-1.7	1.1	0.4	-2.8
	08	0.8	-0.2	-2.2	0.5	1.0	-2.7
	14	-0.4	-0.5	-0.7	-0.1	-0.1	-0.6
	20	-0.3	0.4	0.4	-0.4	-0.7	0.8
21	02	-0.5	-0.1	2.0	-1.8	-0.4	3.8
	08	-0.1	0.7	2.7	-1.2	-0.8	3.9
	14	0.9	-0.4	0.6	-2.2	1.3	2.8
	20	-0.1	-0.2	-0.5	-2.1	0.1	1.6
22	02	-0.2	0.2	-0.3	-1.2	-0.4	0.9
	08	0	1.7	1.9	0.2	-1.7	1.7
	14	1.3	1.7	1.5	1.1	-0.4	0.4
	20	0.9	1.1	1.4	0.8	-0.2	0.6
23	02	0.2	0.7	1.7	0.9	-0.5	0.8
	08	0.7	2.0	2.1	1.6	-1.3	0.5
	14	0.9	0.8	0.1	1.6	0.1	-1.5
	20	1.0	0.6	-3.0	1.4	0.4	-4.4
24	02	0.1	-0.3	-5.1	1.3	0.4	-6.4
	08	0.7	-0.6	-3.0	1.1	1.3	-4.1
	14	0.7	-1.7	-4.4	-1.8	2.4	-6.2
	20	1.1	-2.5	-3.6	-2.1	3.6	-1.5
25	02	1.3	-2.2	-1.4	-4.3	3.5	2.9
	07	-1.6	3.1	-4.9		2.3	8.0
	05	-0.1	7.5	-4.2		0.6	11.7
	1.0	0.5	8.2	-3.2	0.5	11.4	

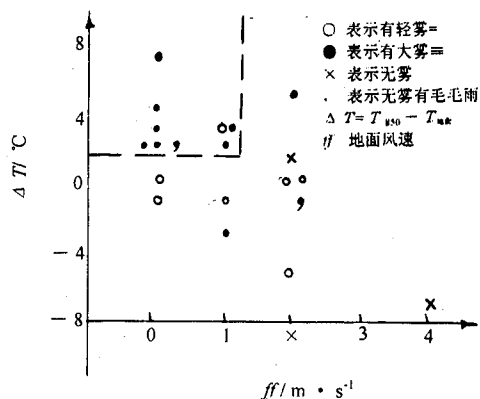


图 3 逆温、风速与大雾对应关系

空心点为轻雾 实心点为大雾 叉号为无雾
 逗号为无雾有毛毛雨 $\Delta T = T_{850\text{hPa}} - T_{\text{地面}}$
 ff 为地面风速

分别用 850hPa 与地面的温度差 ΔT 和地面风速 (ff) 这两种要素作纵、横座标制图，如图 3 所示：在水汽、层结等条件满足的情况下，当 $\Delta T \geq 2^\circ\text{C}$ ， $ff \leq 2\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ 时，全省范围内即有雾生成（并且生成大雾的可

能性达90%)。

2.4 适宜的水汽条件

由于前期出现了大范围较大强度的降水,土壤墒情好,由土壤蒸发出的水汽不断补充到近地面层,18日以后,当风力减弱后,水汽向周围的扩散也随之减少,大量聚集在近地面层,使底层大气的水汽含量迅速增加。

由图1可见:17~24日,郑州市空气相对湿度日最小值逐渐加大,表明近地面层空气的湿度逐渐增大,并且21~24日相对湿度维持在98%以上的时间逐步延长,为大雾的生成和维持提供了极为有利的水汽条件。加上连续几日大幅度的辐射降温(见表4),加快了水汽的凝结,从前面的分析可知:21日后连续几日大气层结都处于稳定状态,地面风力很小,这些都限制了近地面层的水汽向外耗散,底层空气相对湿度维持在90%以上,为大雾的形成提供了充沛的水汽条件^[2]。

2.5 省内地形的作用

从气候特征上分析,通常冷空气是从北向南侵入河南省,所以,一般情况下南北方向上气压变化大而且速度快。但从这次大雾的变压资料(见表5)分析,南北方向变化却很缓慢且变化值也小,而东西方向上变压反而快于南北方向,我们分析这与河南省地形有关。因为河南省西部地区有太行山、伏牛山、桐柏山、嵩山、肴山等山脉,东部地区则为平原地带,形成西高东低之势,且有一定高度差。当地面为均压场时,近地面层因地形作用而产生的湍流扰动很小,受强辐射冷却作用,近地表冷空气就会沿地形由西部向东缓慢推移,这种浅层冷空气的平流作用无疑使我省东部平原低层稳定层结加大,有利于东部大雾的维持与增强。因此,这次大雾河南省京广铁路沿线及其以东地区比西部较为严重。

2.6 其它条件分析

从天气图上分析,21日08时~24日20时河南省地面始终维持弱气压场,风速 $\leq 3\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$,且在此期间江淮之间上空无明显的暖湿气流影响,因而不具备平流雾形成的条件^[3],河南四周的邻近省份也有雾出现,但雾的出现时间均晚于郑州本站,且其维持时间和强度均与河南省区域性大雾不可比翼。通过上面的分析,河南省这次大雾的形成可以确定是纯辐射作用造成的辐射雾。

3 雾的消散

24日08时由于冷空气的侵入使近地面的逆温层自24日08时开始逐步抬升,到25日08时抬至700hPa附近,近地面的稳定层结被破坏,大雾消散。

4 小结

① 在平原地区,当水汽与天气形势条件具备时,单纯的辐射作用是可以形成持续性大雾天气的。

② 地面辐射冷却作用是形成和维持逆温层的主要条件,逆温层的不断重建与维持又是低空水汽不会逸散的重要原因,因此,两者的共同作用是这次辐射大雾得以持续维持的关键。

③ 近地面层充沛的水汽是大雾形成和维持的必要条件之一。

④ 当水汽、层结等条件满足时,只要 $\Delta T \geq 2^\circ\text{C}$, $ff \leq \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$,河南省产生大雾的概率大于90%。

致谢:本文在完成过程中得到杨昭先生的热情指导和帮助,特此感谢!

参考文献

- 1 张冬梅,孙艳敏. 1997年11~12月新郑机场多雾的原因. 河南气象, 1998, 3, 17.
- 2 孙奕敏. 灾害性浓雾. 北京:气象出版社, 1994: 68~69.
- 3 朱乾根,林锦瑞,寿绍文. 天气学原理和方法. 北京:气象出版社, 1981: 412.

Analysis of the Mechanism of a Heavy Fog in Henan Province

Xia Lixin Huang Shipu

(Henan Meteorological Observatory, Zhengzhou 450003)

Abstract

The mechanism of a heavy fog which result serious problems in winter 1997 Henan province was analysed. It concludes that if the water vapor condition and weather tendency condition are satisfied, continuous heavy fog could be formed by radiation effect. The continuous reconstruction of the conversion and the sufficient water vapor from LBL are necessary for the heavy fog's formation and maintenance.

Key Words: Henan province heavy fog mechanism analysis radiation cooling inversion layer