

马晓华,黄少妮,张科翔,等. 关中地区一次霾天气过程分析[J]. 陕西气象,2017(4):10-13.

文章编号:1006-4354(2017)04-0010-04

关中地区一次霾天气过程分析

马晓华,黄少妮,张科翔,徐娟娟

(陕西省气象台,西安 710014)

摘要:利用常规地面观测资料及气象探空资料,分析了2016年11月3—5日关中地区霾天气过程,结果表明:高空500 hPa锋区偏北,中纬度无明显冷空气活动,850 hPa暖空气控制,地面弱气压场是导致关中地区霾出现的主要天气背景;近地层为正涡度平流,而925~850 hPa为负涡度平流是大范围霾持续的动力结构;霾出现前有暖干空气向关中地区输送,而逆温层持续存在,是霾天气持续的重要原因;气压场稳定,风速偏小,大气混合层高度持续低于650 m,致使大气水平垂直交换能力弱,引发了此次霾天气。霾出现前后气象要素变化特征明显,可为霾的预报提供重要参考。

关键词:霾天气;环流形势;涡度平流;总温度平流;逆温层;混合层高度

中图分类号:P458.11

文献标识码:A

随着我国城市化和工业化进程的加快,霾天气越来越多,伴随霾而来的重度空气污染造成能见度下降,带来交通安全隐患,对生态建设、社会经济发展、人们的生活和身体健康产生较大危害。霾及霾

的预报预警越来越受到政府和公众的高度关注。气象及环保专家对霾的成因也有较多分析^[1-4],认为霾的形成主要受污染排放和大气对污染物的扩散稀释能力影响。关中盆地位于陕西省中部,南依

收稿日期:2017-01-10

作者简介:马晓华(1986—),女,陕西宝鸡人,硕士,工程师,主要从事天气预报理论及方法研究。

基金项目:陕西省气象局预报员专项(2016Y-3)“关中盆地持续性重污染天气过程气象特征分析”

合线的存在加强了动力抬升作用。

(3) 涡度场和散度场同时表现出的低层辐合、高层辐散的配置,为暴雨的产生提供了有利的动力条件。

(4) FY-2E 红外云图上,对流云团的持续影响,使降水较长时间维持,造成了濮阳市的区域性暴雨、大暴雨天气。

参考文献:

- [1] 周雪松,阎丽凤,孙兴池. “2007.8.17”山东大暴雨的数值模拟和诊断分析[J]. 气象,2012,38(8): 960-970.
- [2] 马月枝,张霞. 新乡“7.9”特大暴雨过程中尺度对流特征分析[C]//濮阳市气象局. 第八届太行山区域

气象防灾减灾协作组织预报技术交流论文集. 濮阳:濮阳市气象局,2017:22-32.

- [3] 胡容,史小康,李耀东. 重庆一次暴雨过程的诊断分析[J]. 气象与环境科学,2016,39(1):66-73.
- [4] 周祖刚,张高英,姜勇强,等. 一次梅雨暴雨过程的数值模拟[J]. 气象与环境科学,2011,34(4):1-6.
- [5] 牛乐田,刘帆,李春娥,等. 陕西中西部一次区域性暴雨天气诊断分析[J]. 陕西气象,2015(5):33-37.
- [6] 黄昌兴,毛连海,张方伟,等. 江西一次暴雨过程的诊断分析[J]. 气象与环境科学,2014,37(4):80-85.
- [7] 王春玲,崔力,杜丽娅,等. 濮阳市一次雷雨大风天气过程分析[J]. 陕西气象,2016(6):22-26.
- [8] 杜丽娅,许庆娥. 2014-07-14 豫北局地冰雹机制分析[J]. 陕西气象,2015(5):21-27.

秦岭,北靠北山,西窄东宽。关中盆地因独特的地形特征^[5],受偏东风影响,污染物易在盆地堆积而不利于扩散,使得霾天气发生频率较高,因此有必要探讨霾形成的气象条件。本文选取 2016 年 11 月 3—5 日重度霾天气过程,分析其形成的气象原因,以期为霾天气的预报提供参考。

1 天气实况

2016 年 11 月 3—5 日,陕西关中地区连续出现了大范围霾天气,环境污染严重,首要污染物为 PM_{2.5}。从 3—6 日逐时 PM_{2.5} 质量浓度变化图(图 1)可以看出,PM_{2.5} 质量浓度从 08 时开始逐渐增大,傍晚 17—20 时达到峰值,20—08 时又迅速减小,08 时 PM_{2.5} 质量浓度为每日最低值。3 d 的 PM_{2.5} 质量浓度最大值,渭南一直维持在 300 μg/m³,西安维持在 200~250 μg/m³,渭南、西安连续 3 d 空气污染等级达到重度到严重污染,关中其它地区为中度污染。11 月 6 日,全省出现了降水天气,关中霾逐渐减弱。此次霾是入冬以来首次重污染天气,且持续时间较长,影响范围大,具有明显的日变化特征。霾使得能见度极差,给关中道路交通、公路运输、电力部门、农业生产等带来了严重影响。

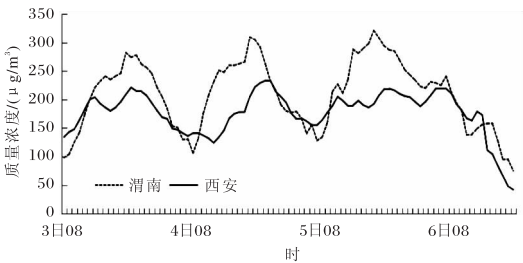


图 1 2016-11-03T08—06T23
PM_{2.5} 质量浓度逐时变化

2 环流形势

分析 11 月 3—5 日高低空环流形势演变发现,11 月 3 日 08 时(图 2),500 hPa 欧亚中高纬度为宽广低值区,锋区偏北,冷空气位于巴尔喀什湖以西;中纬度环流较平直,河套地区无明显冷空气活动;低纬度副热带高压呈块状分布,主体位于广东、广西、贵州以南,陕西受偏西气流影响。低层 850 hPa 陕西关中地区处于副热带高压北侧的偏西南气流中,西安温度为 12 ℃,明显高于周围其

他测站。地面图上(图略),河套地区等压线分布稀疏,气压场较弱。4 日(图略)500 hPa 高空槽引导冷空气缓慢东移到巴尔喀什湖附近,整个中纬度高度场呈纬向分布,关中地区仍以偏西气流为主;850 hPa 上陕西中南部被西南气流控制,西安温度为 13 ℃,仍高出周围测站 5~6 ℃;925 hPa 关中以偏西风为主。5 日(图略)副热带高压势力明显减弱,控制范围缩小,位置南压,500 hPa 高空槽携带冷空气继续东移南压到新疆中部;低层冷空气入侵到河西走廊,850 hPa 西安温度为 12 ℃;低层 925 hPa 有一支偏东气流影响陕西关中地区。6 日 08 时(图略)500 hPa 高空槽东移到新疆东部;700 hPa 冷空气已东移南压到河套西部,同时自云贵高原经四川盆地到陕西有偏南风发展,西北风与偏南风在关中西部 and 陕西南部形成冷式切变线;850 hPa 冷空气侵入到陕西关中、陕西南部,西安温度降到 10 ℃;近地面 925 hPa 自东海经山东、河南到陕西关中地区的东路冷空气势力明显加强。20 时西北路冷空气进一步东移南压,850 hPa 西安温度降到 6 ℃,受东路和西北路冷空气共同影响,陕西 6 日白天出现了降水天气,霾逐渐消散。

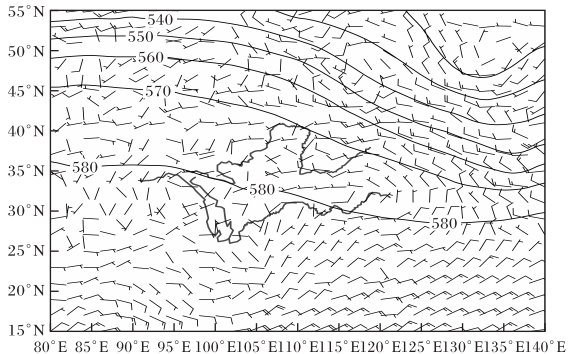


图 2 2016-11-03T08 500 hPa 高度场
(单位为 dagpm)及 850 hPa 风场

3 形成条件和维持机制

3.1 动力条件

涡度平流是由于涡度水平分布不均匀而引起的涡度局地变化。涡度平流随高度的变化,反映了地面低值系统的发展演变,从而判断近地层辐合上升运动的强弱^[6]。分析霾出现前后各层涡度平流变化发现,在霾天气出现的当日早上,关中地区

925 hPa 以下涡度平流为正值(图 3a),存在弱上升运动,可以将近地层的颗粒物带到一定高度,形成一定厚度的霾层。925~850 hPa 涡度平流为 $-10\times 10^{-5}\text{s}^{-2}$,存在下沉运动,可将低空的颗粒物带到近地面,从而有利于霾天气的稳定维持^[5]。这种近地面层弱上升运动、850~925 hPa 下沉运动一直持

续到 5 日白天(图略)。5 日夜间 925 hPa 以下涡度平流为负值,925~850 hPa 出现了 $10\times 10^{-5}\text{s}^{-2}$ 的正值中心(图 3b)。此时低层湿度迅速增加(图略),925~850 hPa 上升运动可将低层的水汽带到空中,大气边界层湿度增加,6 日关中地区出现了弱降水及能见度较低的雾,霾明显减弱。

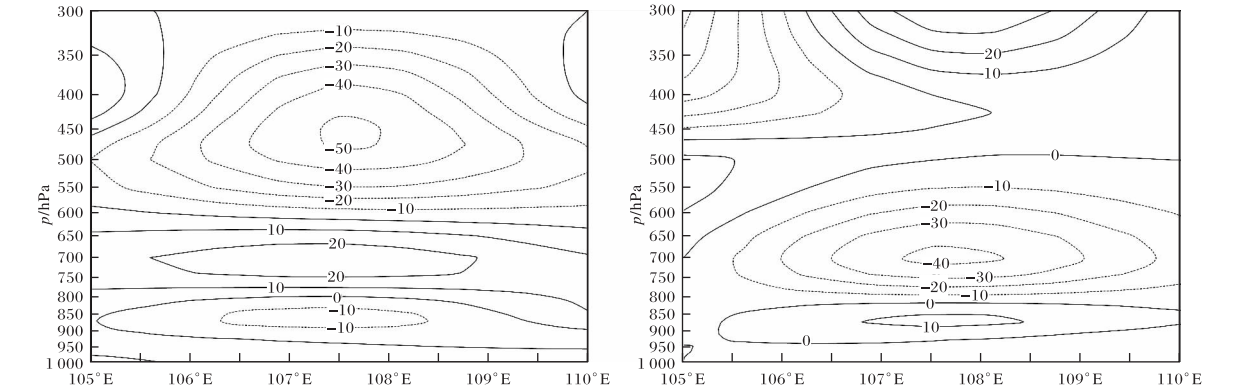


图 3 2016 年 11 月涡度平流垂直剖面图(单位为 10^{-5}s^{-2} ; a 03 日 08 时; b 05 日 20 时)

3.2 热力条件

总温度平流是综合性物理量,不仅能反映暖湿空气的活动,而且在一定意义上可以反映地形的影响^[6]。分析各层逐日总温度平流,发现 850 hPa 总温度平流有代表意义。关中地区霾出现前(图略),有暖干平流从贝加尔湖经蒙古到河套向陕西关中地区输送。在霾出现期间,从东北—华北—关中存在一支暖干平流输送,关中地区的总温度平流基本维持在 $0\sim 5\text{ }^{\circ}\text{C/s}$; 5 日 08 时,关中地区总温度平流为 $-4\sim -2\text{ }^{\circ}\text{C/s}$; 20 时,陕西北部出现了中心强度为 $-20\text{ }^{\circ}\text{C/s}$ 的总温度平流中心,即有强烈的降温出现,有利于近地层空气的下沉运动。随着下沉运动的增强,霾迅速消散。

3.3 逆温层的作用

逆温强度是大气层结稳定度的重要指标^[7]。从温度场的垂直分布(表 1)可以看出,关中霾持续期间,08 时和 20 时关中上空均有逆温层存在。逆温层可达 850 hPa,较为深厚,且逆温强度 08 时大于 20 时。逆温层的存在使低层形成一暖区,这种下冷湿上暖干的大气垂直分布有利于大气颗粒物和水汽在近地面层聚集,阻止近地面的水汽

和污染物向上扩散,从而形成一定厚度的持续性霾天气,且逆温层越厚,霾持续时间越长。5 日 20 时随着冷空气的南下,逆温层遭到破坏,霾天气减弱。

表 1 2016-11-03—06 泾河站天气现象及 850 hPa 温度与地面温度差

日期	天气现象	850 hPa 温度与地面温度差/ $^{\circ}\text{C}$	
		08 时	20 时
3	霾	7	4
4	霾	7	4
5	霾	3	-2
6	小雨	0	-6

4 气象要素特征

4.1 气压及风场

霾出现前,关中地区地面气压场呈减弱趋势(图 4),24 h 负变压,有偏南风发展,暖平流加强。霾出现且持续期间,关中地区受地面弱高压区中的均压场控制,一直维持风速较小或静风状态,有利于污染物的聚集,利于区域性霾天气的形成。大气处于稳定状态,污染物在大气中的扩散速率较小,且范围狭窄,有利于霾的积累。随着较强冷

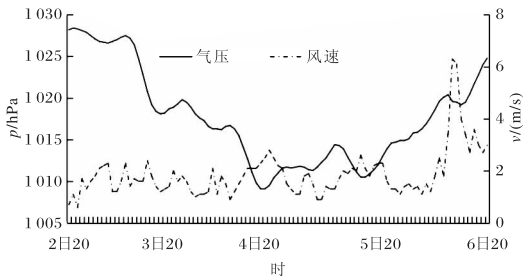


图4 2016-11-02T20—06T20 泾河
站气压及风速变化

空气影响,气压场明显升高,风速增大,霾逐渐扩散消失。

4.2 混合层高度

有研究表明,大气混合层高度是影响空气质量的重要因素^[8]。大气混合层高度与空气质量存在明显反相关。根据罗氏法^[9],取关中地区地面粗糙度为 0.2 m,使用 2 min 平均风速观测值及一天 8 次温度露点差平均值计算霾天气期间混合层的高度(以泾河站为例)。

11 月 3—5 日,泾河上空大气混合层高度(图 5)偏低,持续低于 650 m,平均为 633.7 m,3 日混合层高度最低为 586 m。泾河空气质量 AQI 指数日平均为 227,为重度污染。从图 5 可以看出,混合层高度和 AQI 指数存在反比关系,当大气混合层高度较低时,大气湍流交换能力较弱,使得近地面污染物不易向高空扩散,污染加重。

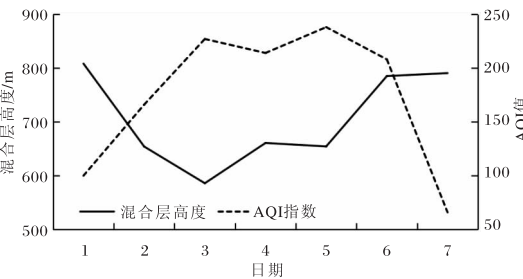


图5 2016 年 11 月泾河站混合层
高度与日平均 AQI 指数对比

5 小结

(1)霾天气持续期间,500 hPa 高纬度为典型

的宽广低值区,锋区偏北;中纬度环流平直,受低纬副热带高压阻挡,冷空气不易南下,势力较弱。850 hPa 关中地区温度明显偏高,对应地面图上,河套地区气压梯度较小。

(2)动力诊断表明,近地层弱上升运动有利于颗粒物的积聚,从而形成霾。热力诊断表明,霾出现前或出现时,有暖干平流输送;随着强冷平流的输入,霾天气结束。逆温层的持续存在,有利于颗粒物在近地层积聚,从而有利于霾的形成和持续,随着逆温层的破坏,霾逐渐消散。

(3)霾出现前后气压场及风场等均有明显的变化特征,可为霾天气预报提供参考。混合层高度也可做为预报霾的指标之一,大气混合层高度越低,大气湍流交换能力越弱,越不利于霾的消散。

参考文献:

[1] 王淑英,张小玲. 北京地区 PM10 污染的气象特征[J]. 应用气象学报,2002,13(S1):177-184.

[2] 陈训来,冯业荣,王安宇,等. 珠江三角洲城市群灰霾天气主要污染物的数值研究[J]. 中山大学学报(自然科学版),2007,46(4):103-107.

[3] 吴庆梅,张胜军. 一次雾霾天气过程的污染影响因子分析[J]. 气象与环境科学,2010,33(1):12-16.

[4] 靳利梅,史军. 上海市雾霾天气气候特征分析[J]. 高原气象,2008,27(S1):138-143.

[5] 杜继稳,侯明全,梁生俊,等. 陕西省短期天气预报技术手册[M]. 北京:气象出版社,2007:3.

[6] 赵桂香,杜莉,卫丽萍,等. 一次持续性区域雾霾天气的综合分析[J]. 干旱区研究,2011,28(5):871-878.

[7] 赵海江,周彦丽,刘建勇,等. 张家口市低空逆温特征分析[J]. 干旱区资源与环境,2014,28(5):171-175.

[8] 杨静,李霞,李秦,等. 乌鲁木齐近 30a 大气稳定性和混合层高度变化特征及与空气污染的关系[J]. 干旱区地理,2011,34(5):747-752.

[9] 孟庆珍,冯艺. 成都大气混合层厚度的计算和分析[J]. 成都气象学院学报,1996,11(1):73-81.