

Cause Analysis on Durative Fog and Haze in January 2013 over Beijing Area

Xiaohui Ma, Lu Gan, Aiyong Zhang, Naijie Li, Mingying Zhang

Beijing Meteorological Server, Beijing
Email: salinamxh@sohu.com

Received: Apr. 24th, 2013 revised: May 22nd, 2013; accepted: May 31st, 2013

Copyright © 2013 Xiaohui Ma et al. This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Abstract: Based on the monitoring and radiosonde data from Beijing Meteorological Observatory and combined with Beijing topography, this paper analyzes on the durative fog and haze in Jan 2013 over Beijing Area. The results showed that abnormal intensity and position of the Aleutian Low has an important influence on the formation of the durative fog and haze in Beijing. Atmospheric circulation is mainly on zonal in the middle latitudes. The cold air forces are partial to north is the important reason of the durative fog and haze occurred frequently and long-time maintenance in Jan 2013 over Beijing Area. Inversion layer has beneficial to the formation and maintenance of the fog and haze. And the inversion layer of plain area is difficult to be destructed is the mainly reason of abundant fog and haze in Jan 2013 over Beijing Area.

Keywords: Fog and Haze; Atmospheric Circulation; Inversion Layer

北京 2013 年 1 月持续雾霾天气成因分析

马小会, 甘璐, 张爱英, 李乃杰, 张明英

北京市气象服务中心, 北京
Email: salinamxh@sohu.com

收稿日期: 2013 年 4 月 24 日; 修回日期: 2013 年 5 月 22 日; 录用日期: 2013 年 5 月 31 日

摘要: 根据北京南郊观象台的监测数据、探空等资料分析了北京地区雾霾天气的气候背景, 并结合北京的地形特点对北京地区 2013 年 1 月持续性雾霾天气的成因进行分析。结果表明, 阿留申低压的强度和位置的异常对于北京地区雾霾天气的形成起到重要的影响, 中纬度地区大气环流以纬向为主, 冷空气势力偏北是造成北京地区 2013 年 1 月雾霾天气频发和长时间维持的重要原因。逆温层的出现有利于雾霾天气的形成和维持, 而平原地区近地面的逆温难以被破坏则是北京 2013 年 1 月雾霾日数偏多的主要原因。

关键词: 雾霾; 环流背景; 逆温

1. 引言

雾和霾都是漂浮在大气中的粒子, 使能见度恶化, 两者的组成和形成过程不同。雾是由大量极小的水滴或冰晶微粒在阳光的作用下呈现为乳白色的悬浮体, 一般形成于近地面层水汽条件较好(空气相对湿

度在 90%以上)、大气层结稳定、风力较小的气象条件下。霾是大量极细微的微粒均匀地浮游在空中, 使空气普遍混浊、水平能见度小于 10 公里的现象, 空气相对湿度较低。在形成雾的条件中, 由于大气层结稳定, 风力较小这种条件也有利于颗粒物聚积而形成

霾。在很多情况下, 可以出现雾、霾共存现象, 并且在一定条件下, 雾霾互相交替转换。

80 年以后, 随着城市化和工业化进程的加快, 我国各个区域的雾霾天气呈增多趋势^[1-6], 这与区域内社会经济发展, 污染物排放增加, 尤其是细颗粒物污染加重密不可分, 与之相关联的霾灾害问题也日益受到了人们的关注^[7-9]。很多研究表明^[10-13], 雾霾天气下小风、高湿、逆温等稳定的气象条件是造成秋冬季节较重污染的主要原因。

2. 2013 年 1 月北京雾霾天气过程的选取

1 月和 2 月是北京雾霾天气的多发期^[1]。2013 年 1 月份, 雾霾天气出现频次多, 持续时间长, 能见度低, 在历史同期非常少见。仅 1 月份, 雾霾天气整月总计达 26 天, 占全月的 83.9%。其中最严重的一次出现在 10~14 日, 持续时间长达 5 天, 影响京津冀华北大部分地区, 在这 5 天中, 北京有 2 天是严重污染, 3 天是重度污染。

由于霾和轻雾在观测中很难分辨, 而且二者在一定条件下可能相互转化, 所以我们选取一月份所有的轻雾和霾天, 对其中较为严重的 6~7 日、9~16 日、18~23 日、25~30 日这几次过程进行重点分析, 这几次过程具有持续时间长, 污染严重的共同特征。

3. 雾霾天气气候特征

对 80 年代以后北京观象台的数据分析, 霾出现的范围及概率呈增多趋势, 尤其是 1 月和 2 月是霾频发时期^[2]。

统计北京历史数据, 做出北京地区自 1981 年~2012 年 32 年北京雾霾变化曲线图(图 1), 其中雾的天数为大雾和轻雾天数的总和。

从图 1 中可以看出, 北京地区雾的年际变化曲线呈无规律的震荡变化, 这种变化往往与当天的天气形势有关, 其平均值基本稳定不变。但是霾的变化曲线自 2000 年以后, 呈现出系统性增多的变化趋势, 这与经济和城市的快速发展, 人口迅速增多、大量汽车尾气和工业污染物的排放等因素密切相关, 尤其是 2005 年以后, 霾的影响天数直线上升, 2010 年霾总数是 63 天, 2011 年 92 天, 2012 年达到 124 天, 霾的天数占到了全年总天数的 47%。

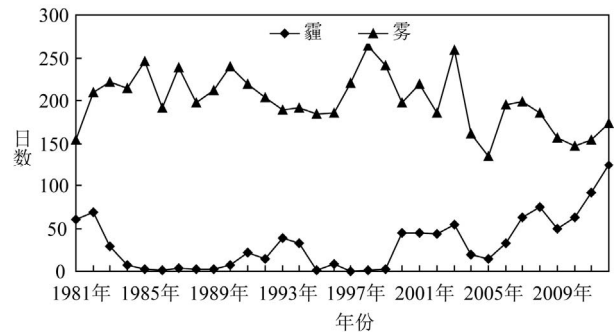


Figure 1. Interannual variations graphs of Fog and Haze in Beijing region

图 1. 北京地区雾霾年际变化曲线图

4. 2013 年 1 月雾霾气象成因分析

4.1. 1 月持续雾霾天气气候背景分析

阿留申低压(Aleutian Low, AL)是冬季影响东亚地区的主要副极地气旋, 是北半球主要的

半永久性大气活动中心之一, 其强度和位置异常对东亚的天气、气候变化有重要的影响^[14]。

今年冬天阿留申低压位置偏南偏西, 强度较常年偏强, 由于阿留申低压是一个深厚的冷性低压, 受其影响东北、华北的冷空气势力也较强^[15], 造成北京气温较常年明显偏低, 2012 年 12 月北京的平均气温 -4.2°C , 明显低于常年的 -1.1°C 。而且 1 月上旬的气温又远远低于 1 月下旬。据南郊观象台的数据资料分析, 1 月上旬平均气温 -7.1°C , 常年 -3.2°C , 偏低近 4°C 。而 1 月下旬平均气温 -3.4°C , 常年 -2.6°C , 只偏低 0.8°C 。这种前期气温和地表温度偏低, 1 月气温较前期有所回升的状况非常容易在近地面形成逆温。大量研究结果^[16,17]表明, 近地层出现逆温有利于雾霾的形成, 而逆温层的存在是雾霾天气维持的主要因素。

4.2. 环流特征

雾霾天气过程一般都发生在特定的大尺度环流背景下, 京津冀发生雾霾天气的环流特征主要有以下三种: 中阻塞型、南支槽型和纬向型^[1]。这三种形势都具有不利于北部冷空气顺利南下, 有利于华北地区回暖的特点。

从 1 月份北京地区的高低空环流形势配置来看, 这段时间的环流特征多为纬向型。500 hpa 上, 中高纬气流较为平直, 盛行偏西气流, 北京处于平直西风

带中。地面高压位置偏北，北京处在两高之间的弱辐合区控制或者弱气压场内。期间影响北京的冷空气位置偏北，当冷空气来临时，北京地面多处于高压底部偏东风控制，这种地面的弱辐合不利于污染物扩散，且增加空气湿度，不但对雾霾消散没有帮助，反而对雾霾天气产生和维持十分有利。大气温度结构表现为持续性稳定的逆温层结特征。在这样的气象条件下，污染物在水平和垂直方向均不易扩散，从而使水汽和污染物在低层堆积，导致北京雾霾天气多发。

从环流形势来看，2013 年 1 月 10 日，北京及华北地区高空 500 hPa 处于亚洲中纬度平直西风带中，地面处于高压前部弱气压场内(图略)，10 日 08 时本市南郊观象台观测出现轻雾，至 14 日 20 时，期间出现持续的低能见度现象，雾和霾交替出现，其中 12 日北京出现了能见度不足 1 公里的大雾天气，08 时观象台能见度为仅 600 米，房山气象站能见度仅为 100 米，PM_{2.5} 在 12 日午后浓度出现突增，城区宝联 12 日 14 时至 13 日 01 时 PM_{2.5} 小时浓度均超过了 500 微克/立方米，期间最高浓度突破 800 微克/立方米。10~14 日期间，虽然有小股冷空气影响北京，但是冷空气主体偏北，高压在东移的过程中北缩，北京由辐合区逐渐转为高压底部，造成了冷空气过境后湿度不减反增，

12 日华北南部低层的偏南风气流与北京地区弱的偏东风共同作用使得近地面湿度进一步增大，是雾霾加重的重要原因。同时，垂直探空表明，从 10 日开始，低层一直存在逆温，直到 16 日 20 时冷空气移过北京，逆温层才得以破坏。

4.3. 北京特殊的地形影响

持续多日的雾霾天气与北京的特殊地形密切相关，北京三面环山的地形造成了在弱流场情况下，山前及平原地区会出现空气滞留现象，从而造成北京雾霾日空间分布呈现南多北少城区居中的特点。

北京处于太行山和燕山交界处，地势由西北向东南倾斜，南部地势低，下垫面比较潮湿，在南风作用下大量污染物和水汽易在山前的平原地区堆积，而形成雾霾或使雾霾有所加重，而西部和北部山区由于山脉的阻挡，其能见度要明显好于平原地区。

统计北京 2013 年 1 月各个站点的雾霾日数，得出北京雾霾时空分布图(图 2)，从分布图可以明显看出雾霾天气在北京的时空分布特点，即南多北少。西部、北部山区雾霾天气明显偏少，南部、东部地区雾霾天气偏多，这与上述北京的特殊地形有着直接的关系。

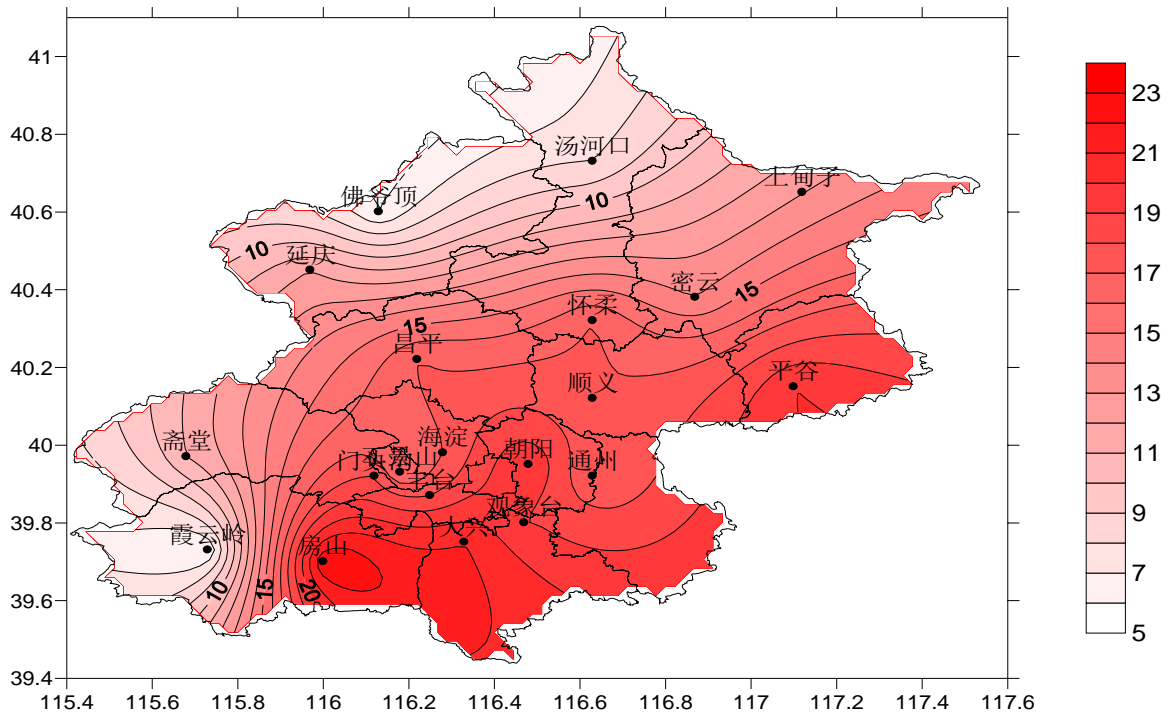


Figure 2. Temporal and spatial distribution of fog and haze in January 2013 over Beijing region
图 2. 北京 2013 年 1 月雾霾时空分布图

辐射逆温是形成雾霾天的重要条件，北京在夜间由于辐射降温形成逆温层，白天在地形作用下，逆温难以破坏，有时还会使逆温加重。其主要原因是，北京山区山体海拔多在 800 米左右，当夜间平原发生逆温时，其逆温层的顶部往往和山高处在同一高度，由于逆温污染作用使逆温层底部升温较慢，而山体加热使逆温层顶的温度进一步升高，这样出现高空气温比低空气温更高，逆温层不仅不易破坏还有可能加强，这种情况导致大气污染物被阻滞在低空和近地面，从而形成持续的雾霾天气。

在 10 日 08 点的探空图上(图 3)，近地面层存在辐射逆温，逆温顶在 950 hPa 左右，相当于六百米高度，接近北京西部北部的山高。白天北京低层维持雾霾天气，影响到辐射增温，而山区则以晴空为主，有利于气温上升。从实况资料可以看到，当天 14 时西部山区的霞云岭气象站气温是 1.2℃，比平原地区的南郊观象台的气温高出了 3℃，造成山上气温明显高于平原地区，在弱的偏西风作用下，暖空气流到冷空气上面形成平流逆温，这种稳定的逆温层，使近地层空气中的水汽、细微颗粒物只能飘浮在逆温层下面的空气层中，而无法扩散。到了 20 点，由于系统的辐合上升运动逆温层顶由早上的六百米左右抬升到到一千二百米的位置，但是逆温层没有被破坏，这主要是因

为北京特殊地形作用的结果。

5. 小结

2013 年 1 月北京的雾霾天气日数达到 26 天之多，这在历史上是比较少见的，其中还出现了两次持续性重度雾霾天气。造成持续性雾霾天气的主要原因：

1) 气候因素：强冷空气活动较早，前期气温和地表温度偏低，1 月份的气温相对前期略有回升，而地表温度回升较慢，这种条件在近地面有利于逆温层的形成。

2) 大气环流：1 月北半球中纬度地区大气环流以纬向为主，冷空气势力偏北，在这种环流条件下，不利于冷空气南下，从而造成北京地区大气层结稳定、少风。

3) 地形作用：北京三面环山的地形造成了雾霾易于聚积而难消散的特点，另外山的高度往往和平原地区所形成的逆温层顶高度一致，在白天山区增温快，常在逆温层顶形成暖平流，使平原地区近地面的逆温难以破坏。

以上三项都间接或直接影响到近地面的逆温层，而逆温层是雾霾形成和维持的重要条件。2013 年 1 月，北京近地面长时间维持逆温是造成持续雾霾的主要原因。

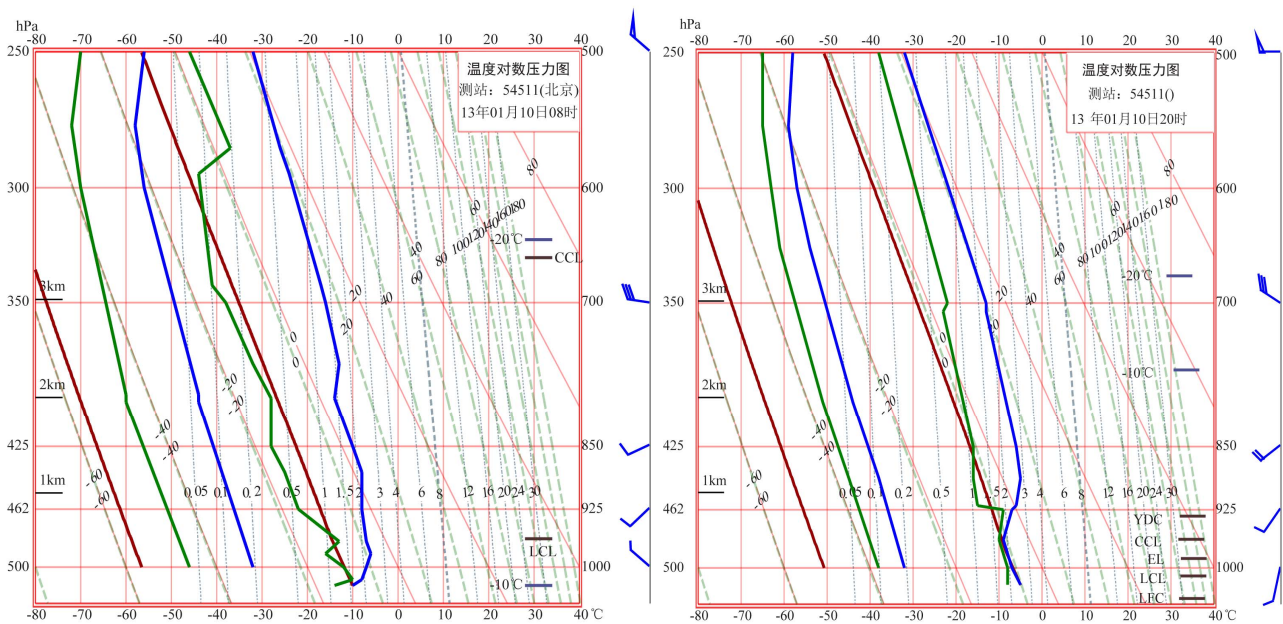


Figure 3. Radiosonde chart at 08:00 and 20:00 BT 10 January 2013
图 3. 10 日 08 时、20 时探空图

6. 致谢

感谢“中国气象局公益性行业科研专项《大城市多源气象信息集成管理与综合应用技术》”对本文章的支持，感谢张明英老师对本篇文章的技术支撑，感谢甘璐同志在深夜为本篇文章赶制摘要和制作图片，感谢所有对本篇文章给予支持的朋友。

参考文献 (References)

- [1] 赵普生, 徐晓峰, 孟伟等. 京津冀区域霾天气特征[J]. 中国环境科学, 2012, 32(1): 31-36.
- [2] 周宁芳, 李峰, 饶晓琴等. 2006 年冬半年我国霾天气特征分析[J]. 气象, 2008, 34(6): 85-88.
- [3] 刘爱君, 杜尧东, 王惠英等. 广州市霾天气的气候特征分析[J]. 气象, 2004, 30(12): 68-71.
- [4] 胡亚旦, 周自江. 中国霾天气的气候特征分析[J]. 气象, 2009, 35(7): 73-78.
- [5] 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: 138-143.
- [6] 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: 177-184.
- [7] 邵天杰, 赵景波. 西安空气质量时空变化特征分析[J]. 干旱区研究, 2008, 25(5): 723-728.
- [8] 孙根年, 张静. 西安市大气硫酸化速率的时空变化研究[J]. 干旱区研究, 2006, 23(3): 478-483.
- [9] 寇栓虎, 杨荣, 张理平. 延安市近年来治理大气污染的效果分析[J]. 干旱区研究, 2007, 24(6): 798-800.
- [10] 周巧兰, 束炯, 王坚捍. 上海地区能见度特征分析[J]. 气象与环境科学, 2009, 32(2): 27-29.
- [11] 杨银娟, 脱宇峰. 济源水平能见度变化特征及气象影响因子分析[J]. 气象与环境科学, 2007, 30: 16-18.
- [12] 孟燕军, 王淑英, 赵习方. 北京地区大雾日大气污染状况及气象条件分析[J]. 气象, 1999, 26(3): 40-42.
- [13] 刘和平, 代佩玲, 张青珍等. 郑州市大气能见度变化特征与空气污染的关系[J]. 气象与环境科学, 2008, 31(4): 44-46.
- [14] 郭冬, 孙照渤. 冬季北太平洋涛动异常与东亚冬季风和我国天气气候的关系[J]. 南京气象学院学报, 2004, 27(4): 461-470.
- [15] 孙凤华, 李丽光, 张耀存. 影响中国东北地区气候的关键区、关键时段和关键因子[J]. 地理科学, 2011, 31(8): 912-916.
- [16] 徐怀刚, 邓北胜, 周小刚等. 雾对城市边界层和城市环境的影响[J]. 应用气象学报, 2002, 13: 170-176.
- [17] 范绍佳, 王安宇, 樊琦等. 珠江三角洲大气边界层概念模型的建立及其应用[J]. 热带气象学报, 2005, 21(3): 286-292.