

# 边界层内大气排放物形成重污染背景解析

任阵海<sup>1</sup> 苏福庆<sup>1</sup> 高庆先<sup>1</sup> 卢士庆<sup>3</sup> 洪钟祥<sup>2</sup>  
胡 非<sup>2</sup> 张美根<sup>2</sup> 雷 霆<sup>2</sup>

1 国家环境保护局气候变化影响研究中心, 北京 100012

2 中国科学院大气物理研究所, 北京 100029

3 南京信息工程大学电子工程系, 南京 210044

**摘 要** 我国大气中的粒子浓度普遍较高, 特别是可吸入颗粒物 PM<sub>10</sub>。在区域特定的大气环境过程的影响下, 能形成大范围的严重污染情景。利用大气环境过程的概念, 分析引起大气重污染的中尺度天气系统、近地层小尺度局地系统和稳定的大气边界层结构, 发现大范围均压场条件下易出现近地层小尺度局地环流群体, 大范围均压场持续演变和移动常形成大气污染汇聚带, 从而形成局地严重污染的重要大气条件。

**关键词** 大气环境过程 空气污染级别 可吸入颗粒物 (PM<sub>10</sub>)

文章编号 1006-9895 (2005) 01-0057-07

中图分类号 P404

文献标识码 A

## Analysis of the Serious Atmospheric Pollution Event Caused by Emissions in Boundary Layer

REN Zhen-Hai<sup>1</sup>, SU Fu-Qing<sup>1</sup>, GAO Qing-Xian<sup>1</sup>, LU Shi-Qing<sup>3</sup>, HONG Zhong-Xiang<sup>2</sup>,  
HU Fei<sup>2</sup>, ZHANG Mei-Gen<sup>2</sup>, and LEI Ting<sup>2</sup>

1 Research Center of Climate Change of State Environmental Protection Administration, Beijing 100012

2 Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029

3 Department of Electronic Engineering, Nanjing University of Information Science and Technology, Nanjing 210044

**Abstract** The particle concentration is always higher in China, especially the concentration of particle matter 10 (PM<sub>10</sub>). Controlled by special atmospheric environment process, the serious large-scale pollution may come into being. Directed by the atmospheric environment process notion, the surface mesoscale system which can cause severe air pollution and the ground layer microscale circulation system, as well as the steady boundary layer, are analyzed. Two mechanisms that can trigger fearful air pollution should be paid more attention to. One is the ground layer microscale circulation cells coming forth in the homogeneous pressure field. The other is the pollution transmission and convergence belt which may appear when the homogeneous pressure field tends to move.

**Key words** atmospheric environment process, air pollution index, PM<sub>10</sub> (particle matter 10)

## 1 引言

叶笃正院士和陶诗言院士十分关心我国的环境问题, 我们衷心祝贺叶笃正老师九十华诞! 祝贺叶笃正老师健康长寿, 继续指导我们工作!

2002 年 12 月, 我国各大区都出现相似的大气污

染形势, 持续时段较长。其中以北方区域较严重, 北方大气污染区覆盖山西、陕西、甘肃、内蒙古、河北、河南以及北京市等地区, 且持续时段近 20 天, 而在这一时段内没有出现任何沙尘现象, 完全属于大气环境污染过程。本文主要分析该区域中的可吸入颗粒物 PM<sub>10</sub>, 即大气中粒径 10  $\mu\text{m}$  以下粒子的日均值

浓度的分布及其演变过程。

2 空气污染级别、浓度及对人体影响

空气污染指数（Air Pollution Index，简称 API）是一种反映和评价空气质量的方法，就是将常规监测的几种空气污染物的浓度简化为单一的概念性数值形式，并分级表征空气质量状况与空气污染的程度，其结果简明直观，使用方便，适用于表示城市的短期空气质量状况和变化趋势。

空气污染指数的确定原则：空气质量的好坏取决于各种污染物中危害最大的污染物的污染程度。空气污染指数是根据环境空气质量标准和各种污染物对人体健康和生态环境的影响，来确定污染指数的分级及相应的污染物浓度限值。目前，我国所用的空气指数分级标准是：（1）空气污染指数 API 50 对应的污染物

浓度为国家空气质量日均值一级标准；（2）API 100 对应的污染物浓度为国家空气质量日均值二级标准；（3）API 200 对应的污染物浓度为国家空气质量日均值三级标准；（4）API 更高值段的分级对应于各种污染物对人体健康产生不同影响时的浓度限值，API 500 对应于对人体产生严重危害时各项污染物的浓度。空气污染指数的污染物浓度限值如表 1 所示，而相应的空气质量级别及对人体健康的影响见表 2。

根据我国空气污染的特点和污染防治工作的重点，目前计入空气污染指数的污染物项目暂定为：二氧化硫、氮氧化物和总悬浮颗粒物。随着环境保护工作的深入和监测技术水平的提高，再调整增加其他污染项目，以便更为客观地反应污染状况。

空气污染指数的计算与报告：污染指数与各项污染物浓度的关系是分段线性函数，用内插法计算各污

表 1 空气污染指数对应的污染物浓度限值

Table 1 Air pollution index and corresponding scales

污染指数（API） Air Pollution Index	污染物浓度 Concentration of contamination / $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$			
	二氧化硫 $\text{SO}_2$ （日均值）Sulfur dioxide（daily mean）	二氧化氮 $\text{NO}_2$ （日均值）Nitrogen dioxide（daily mean）	可吸入颗粒物 $\text{PM}_{10}$ （日均值） Particle Mater 10 （daily mean）	颗粒物 TSP（日均值）Total Suspended Particulates （daily mean）
50	0.050	0.080	0.050	0.120
100	0.150	0.120	0.150	0.300
200	0.800	0.280	0.350	0.500
300	1.600	0.565	0.420	0.625
400	2.100	0.750	0.500	0.875
500	2.620	0.940	0.600	1.000

表 2 空气污染指数范围及相应的空气质量级别

Table 2 Air pollution index and its corresponding messages

空气污染指数 Air pollution index	空气质量级别 Air quality level	空气质量状况 Air quality status descriptor	对健康的影响 General health effects	建议采取的措施 Cautionary statements
0 ~ 50	I	优 Good	可正常活动	
51 ~ 100	II	良 Moderate	Safely work and rest	
101 ~ 150	III 1	轻微污染 Slight pollution	易感人群症状有轻度加剧，健康人群出现刺激症状 Mild aggravation of symptoms in susceptible persons, with incitation symptoms	心脏病和呼吸系统疾病患者应减少体力消耗和户外活动 Persons with existing heart or respiratory ailments should reduces physical exertion and outdoor activity
151 ~ 200	III 2	轻度污染 Light pollution		
201 ~ 250	IV 1	中度污染 Middling pollution	心脏病和肺病患者症状显著加剧，运动耐受力降低，健康人群中普遍出现症状 Significant aggravation of symptoms and decreased exercise tolerance in persons with heart or lung disease, with widespread symptoms in the healthy population.	老年人和心脏病、肺病患者应停留在室内，并减少体力活动 Elderly and persons with existing heart or lung disease should stay indoors and reduce physical activity
251 ~ 300	IV 2	中度重污染 Light serious pollution		
301 ~ 500	V	重污染 Severe pollution	健康人运动耐受力降低，有明显强烈症状，提前出现某些疾病 Premature onset of certain diseases in addition to significant aggravation of symptoms and decreased exercise tolerance in healthy persons	老年人和病人应停留在室内，避免体力消耗，一般人群应尽量减少户外活动 Elderly and persons with existing diseases should stay indoors and avoid physical exertion. General population should avoid outdoor activity

染物的分指数  $I_n$ ，取各项污染物分指数中最大者代表该区域或城市的污染指数。即

$$I_{AP} = \max(I_1, I_2, \dots, I_i, \dots, I_n),$$

该指数所对应的污染物即为该区域或城市的首要污染物。

3 区域大气环境过程

区域大气边界层内的空气质量要受到近地层向大气中释放的排放物的影响，当前主要关注的排放物来自火电能源、冶金化工、建材等工业。大城市的汽车尾气，中小城市的生活排放物，大面积裸露土地和道路的扬尘，林火，我国西部、北部和东北地区在春季发生的沙尘都是污染大气边界层的主要污染源。至于陆面生态系统排放的挥发性有机化合物也是影响大气环境质量的污染源。这些排放物在大气边界层内都具有自身的运动形态，主要是扩散、输送、沉降和转化。

区域大气边界层的大气从受到污染到污染物从大气中清除的过程，具有明显的发生、加重、缓解、结束的阶段演变特点。区域大气环境经常以优或劣的质量并持续不同天数而叠次呈现，这是大气环境具有的普遍特点。研究发现，对区域大气环境质量优劣的控制，主要是边界层内不同天气尺度的气压系统相互作用的结果，其中，大尺度的气压系统相互作用与天气过程相联系，具有过程的特点。在稳定的大尺度气压系统区域内，容易形成近地层局地性中小尺度气压系统，它也具有发生、加重、缓解、结束的过程特点。环境监测表明，环境质量尽管会受到边界层内各种尺度系统的影响，以及不同系统间相互作用的影响，但其变化具有如上所述的的过程的特点，因此，利用过程的概念分析环境问题更为适宜。从大气环境过程出发，地区中尺度天气系统或边界层内中尺度气压系

统，近地层局地环流系统，边界层结构，污染物的转化、迁移性质，地形等是构成地区大气环境潜势的集合，每一个集合单元都包含着不同的自然参数。这类参数是客观的，不以人的意志为转移。对上述集合叠加地区大气污染物的排放，构成大气环境过程。大气环境过程不仅仅提供严重污染时段和优良环境质量时段，同时也提供大气污染物的浓度分布及汇聚带的出现、移动和消失，污染背景区域范围的变化和污染物输送通道的变异。

如果根据规定的地区环境质量分布以及不能危害其他地区的环境质量作为约束条件，进行排污源的优化规划，以适应地区社会需求的环境质量目标，即能获知地区大气环境容量。由于地区社会经济技术水平的适应能力要兼顾未来经济与环境的可持续发展，社会需求的优化规划，具有非常多的可供选择的方案，这些规划方案构成一系列社会优化变量。这类变量由人类的愿望设置。由此可知，环境容量不是某个固定的容许地区总体排放量，而是一种概率分布。大气环境过程是管理和控制地区大气环境质量重要的客观自然基础。

将全国（不考虑西藏、新疆、台湾、香港和澳门）分为 5 个区（表 3）。分析 2002 年 12 月份的 PM10（可吸入颗粒物，以下同）日均值，得到上述 5 大区域内的 PM10 均值随时间变化图（图 1）。2002 年 12 月 9 日到 25 日除西藏、新疆以外的我国几个大区域都出现了相似的大气污染过程。其中尤以北方区域大气污染严重。从 PM10 日均浓度的时间序列显示，在 12 月 16 日出现 PM10 日均值的一个相对较低浓度节点，然后其浓度又迅速升高，直到 12 月 25 日。但在 25 日以后又出现了另外一个大气污染过程。从同时段的沙尘暴监测数据来看，此时段内全国未发生任

表 3 分区表  
Table 3 Partition table

分区名称 Area name	分区代码 Area code	所包含的省、自治区、直辖市 Provinces and cities each area contains
中国北方 North China	AREA1	青海 Qinghai, 甘肃 Gansu, 陕西 Shaanxi, 宁夏 Ningxia, 内蒙古西部 Western part of Inner Mongolia, 山西 Shanxi, 河南 Henan, 北京 Beijing, 河北 Hebei, 天津 Tianjin, 山东 Shandong
东北 Northeast China	AREA2	内蒙古东部 Eastern part of Inner Mongolia, 黑龙江 Heilongjiang, 吉林 Jilin, 辽宁 Liaoning
华东 East China	AREA3	安徽 Anhui, 江苏 Jiangsu, 上海 Shanghai, 江西 Jiangxi, 浙江 Zhejiang
西南 Southwest China	AREA4	四川 Sichuan, 重庆 Chongqing, 云南 Yunnan, 贵州 Guizhou, 湖北 Hubei
华南 South China	AREA5	湖南 Hunan, 广西 Guangxi, 广东 Guangdong, 福建 Fujian, 海南 Hainan

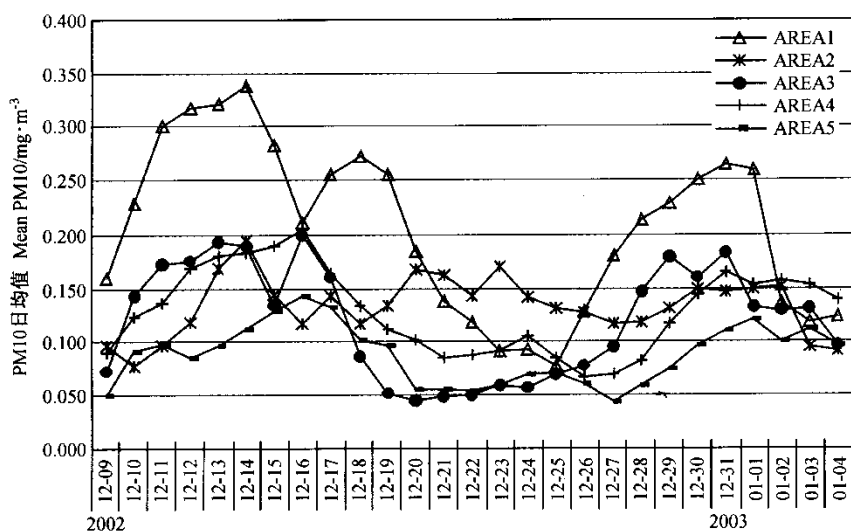


图1 2002年12月9日至2003年1月4日5大区域PM10日均值随时间演变图

Fig. 1 The evolution of 5 areas mean PM10 from Dec 9th, 2002 to Jan 4th, 2003

何沙尘暴、扬沙事件。可以断定此次全国性的大气污染事件，均系人为排放污染物造成。

#### 4 对2002年12月9日至16日重污染过程PM10日均浓度的分布范围及变化的描述

2002年12月9~25日，在我国北方区域出现大气污染过程。由于12月16日显示PM10日均浓度相对较低的节点，因此本文仅对12月9~16日这一时段的环境污染过程研究分析。图2是12月9~16日PM10日均浓度值及其分布范围。

12月9日，出现初始污染的情景。该日小图上最外层PM10日均值浓度线是 $200 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ，等值线的间隔为 $100 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ，从该日图中可见 $200 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ 浓度线，即大气轻度污染范围覆盖到宝鸡、西安、延安、洛阳、石家庄、保定、北京、天津，直到赤峰。在此范围内的晋南盆地污染较重，接近中度污染。

12月10日，以PM10衡量的大气环境质量的各地分布进入重污染时段。该日小图上最外层PM10日均值的等浓度线升至 $300 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ，其覆盖范围增加较大，包括阴山南麓的呼和浩特盆地，黄河河谷边的包头，关中盆地的西安、宝鸡，以及大同盆地，而赤峰已经不在其范围之内。此日属于严重污染过程的开始，晋南盆地的大气环境质量已超过重污染的限值。

12月11日，PM10日均值的污染范围，由于非常严重的局地污染超出重污染的限值，已无法画出间隔

$100 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ 的等值线。因而，只在污染浓度最严重的局地标出污染数值。此日， $300 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ 等值线的覆盖范围和浓度值都出现大变化，它已经覆盖了兰州、河北大部、河南北部、山东西南部、江苏西北部、内蒙古包头。晋南盆地的浓度值已达 $882 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ，并通过渭河河谷与西安（ $408 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ）相连，进而与兰州相连。另外，太行山、燕山汇聚带的浓度达 $484 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ，并与天津、北京相连。

12月12~14日，出现地区大气污染达到峰值，且持续稳定的特点。晋中盆地与晋南盆地大气污染物浓度值最高，又通过渭河河谷与西安相连接。晋北盆地亦为严重污染，而 $300 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ 等值线范围比11日稍大。这个持续稳定的污染物峰值时段的严重污染区都处于盆地和河谷地区。

12月15日， $300 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ 的污染范围已经缩小，但是晋中、晋南和关中盆地大气污染依然很重。

12月16日， $300 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ 污染范围缩小，我国北方区域大气环境质量明显转好，达到优良质量。但是晋南盆地受地形影响，污染仍较重。此次重污染过程持续8天之后转为另一个重污染环境过程。

#### 5 2002年12月9~16日重污染过程的解析研究

##### 5.1 大气污染最重盆地的PM10日均浓度的时间序列

如图3所示，12月9~12日晋南盆地PM10日均浓度逐日增量很大，其日增量分别为 $113 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ，

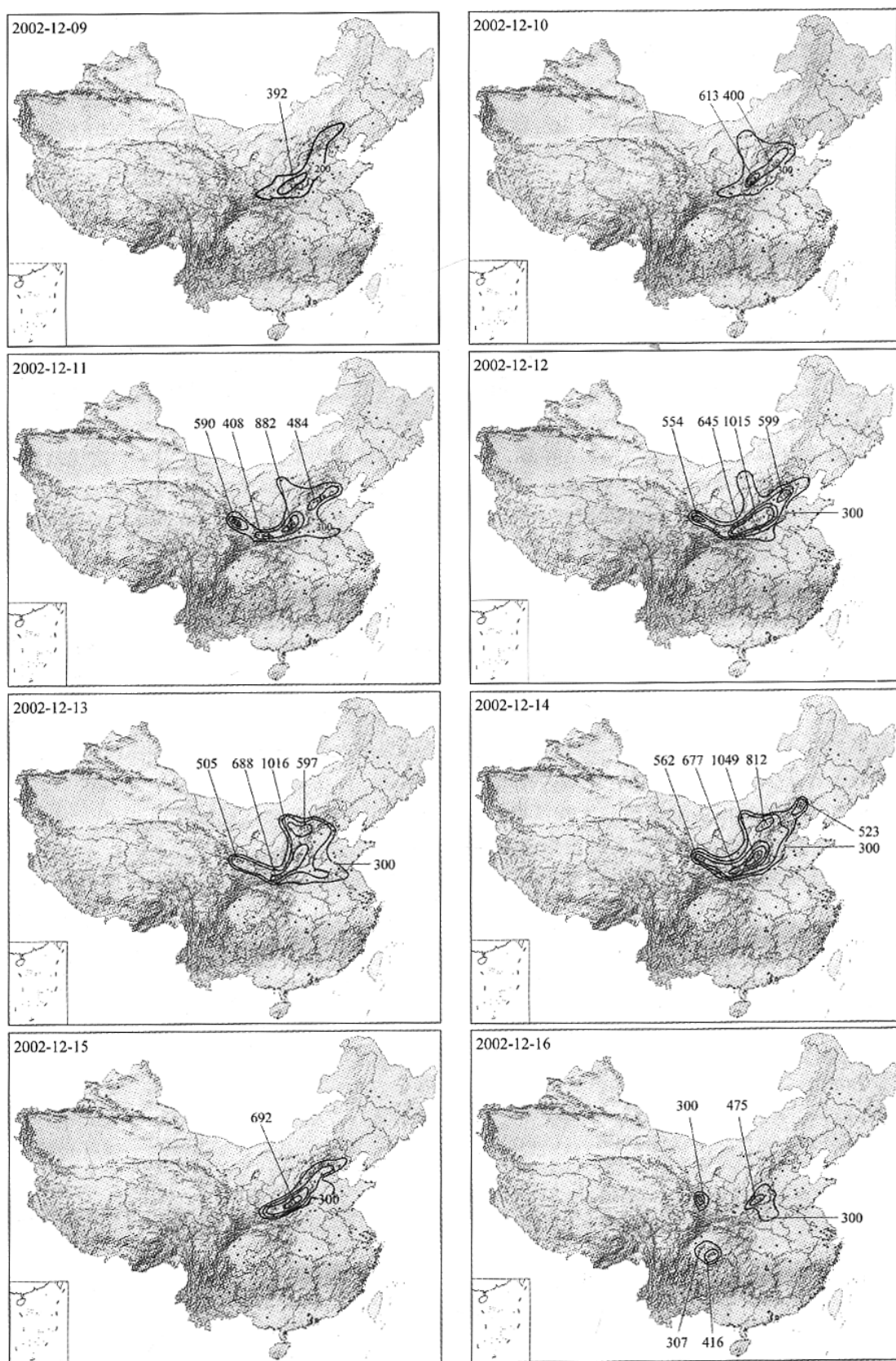


图 2 2002 年 12 月 9 ~ 16 日 PM<sub>10</sub> 日均值的污染范围与浓度值的分布

Fig. 2 Distribution of PM<sub>10</sub> in North China during the pollution process from Dec 9th , 2002 to Dec 16th , 2002

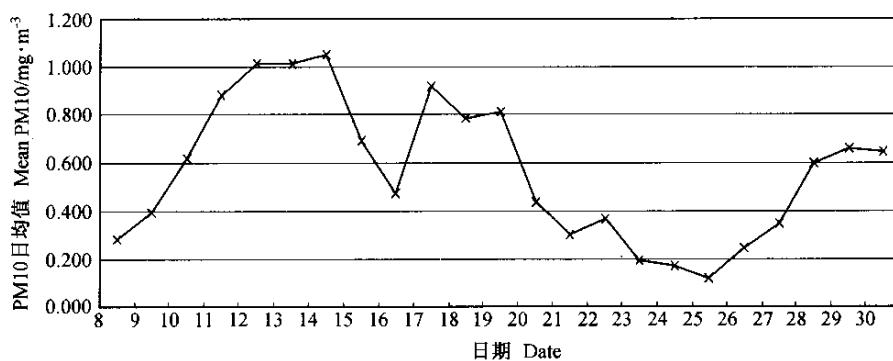


图3 晋南盆地 2002 年 12 月 8 日至 30 日 PM10 日均值随时间演变曲线

Fig. 3 The variation of daily mean PM10 from Dec 8th, 2002 to Dec 30th, 2002 in southern Shanxi basin

$221 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ,  $269 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ,  $233 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ , 总增量为  $1015 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ , 是我国大气污染较为少见的情景, 只有严重沙尘天气可达到这种污染增量。在 12~14 日, 三天的大气污染物浓度增量很小, 13 日和 14 日分别为  $1 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  和  $33 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ , 处于高浓度持续稳定阶段。而 15 日、16 日, 其日均浓度值的日减量为  $357 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  和  $217 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ , 降到过程的低值  $475 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ 。

## 5.2 边界层中尺度气压系统

图 4 (见图版 I) 为此次污染过程的区域边界层的地面气压系统。以 12 月 9 日为例, 中国地区皆为高压系统外缘的均压场, 高压中心在贝加尔湖西部。在我国东部海上有很强的低气压, 稳定少动。我国西南部为海上低气压, 使我国大陆持续处于均压状态。分析 925 hPa 气压系统, 从贝加尔湖到我国南海都处于非常均匀的均压场控制, 厚度约 800 m 左右。

## 5.3 近地层局地小尺度局地环流系统

在持续稳定的均压场控制下, 近地层出现各种类型的小尺度环流群体。如图 5 (见图版 I), 2002 年 12 月 9 日和 10 日重污染的初始阶段, 出现很多近地面

小尺度系统群体。这类群体使当地大气排放物不易输送。在重污染过程的初始阶段, 均压场和小尺度系统群是形成地区重污染的主要因子, 造成地区污染浓度逐日迅速增长, 如 9 日、10 日、11 日。随后, 小尺度环流衰减或消失, 这是由于重污染层形成后使辐射影响衰减的结果。

## 5.4 汇聚带

当稳定的均压场出现明显的移动, 在近地层常形成中尺度系统间的风场汇聚现象, 形成污染物汇聚带。根据以往资料分析, 汇聚带有局地常驻型和移动型两类。汇聚带常伴有小尺度低压群, 它的生成可能是边界层大气中的适应现象, 往往出现污染物的汇聚和移动。如图 6 (见图版 I), 12 月 12 日、13 日、14 日、15 日皆为汇聚带型污染。

## 5.5 边界层结构

根据重污染地区——太原的探空曲线分析 (图 7), 暖空气中心侵入时形成的深厚逆温, 空气温度和露点温度的垂直分布在 12 月 12 日、13 日、14 日是很稳定的层结, 而 16 日过程后期稳定层结偏低。这类边界层结构是由于均压系统缓慢东移, 其后部西南

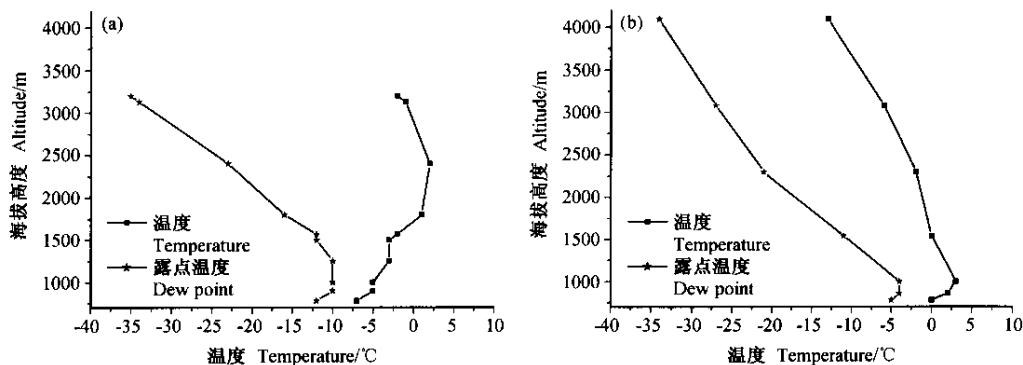


图7 (a) 2002 年 12 月 13 日 08 时太原温度露点廓线 ;(b) 2002 年 12 月 16 日 20 时太原温度露点廓线

Fig. 7 (a) The temperature and dew point profile in Taiyuan at 08 BT on Dec 13th, 2002 ;(b) the temperature and dew point profile in Taiyuan at 20 BT on Dec 16th, 2002

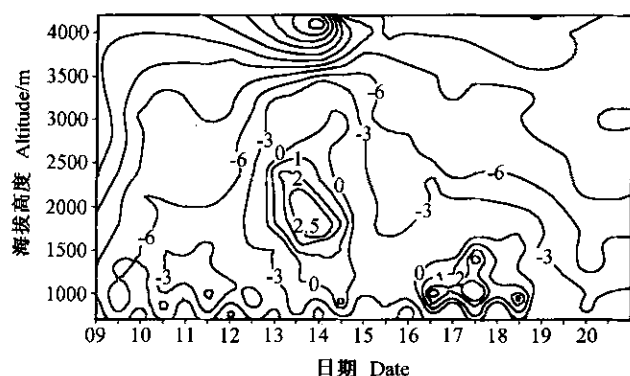


图 8 2002 年 12 月 9~20 日重污染区太原逐日 08 和 20 时温度廓线 (单位:  $^{\circ}\text{C}$ ) 时间演变图

Fig. 8 The transformation of temperature profile from Dec 9th, 2002 to Dec 20th, 2002 in Taiyuan that was the severely polluted zone. Solid line represents the temperature (units:  $^{\circ}\text{C}$ )

暖湿平流影响晋南盆地, 于 12 日至 14 日在边界层上层形成暖中心(见图 8), 由图 8 可知, 西南风暖空气形成的暖空气盖, 对华北地区重污染过程的形成有明显影响, 使区域边界层稳定度增强, 并造成持续三天的高浓度时段。

## 6 结果与讨论

大气污染主要出现在大气边界层内, 对边界层的研究往往着眼其要素的垂直分布, 除此之外, 从大气污染方面, 又非常关注边界层内不同尺度的气压系统, 特别是弱的气压系统的影响。实际上, 这些多尺度气压系统不仅有着自身的变化, 相互激发、削弱, 以至消失。这些气压系统还构成变化着的污染物的输送通道和汇聚带, 它确定污染物浓度的空间分布和污染区域, 而且不同的污染阶段其不同尺度的气压系统起着不同的作用。因此, 大气污染问题不能完全依赖少数气象台站的资料或由其制作的联合频率等, 当然, 考虑大气污染问题还应当涉及到污染物化学性质变化方面的内容。

本文分析的北方地区从 2002 年 12 月 9~16 日的严重污染过程, 其初始阶段为持续的晴天和高压均压场, 在其控制下, 近地层产生很多小尺度局地环流群体, 形成相应的大气污染区, 随后, 由于重污染浓度覆盖层致使小尺度局地环流群体减弱乃至消失。此时

的大气污染由均压场控制, 然后均压场逐渐移动, 由于均压场前部与后部的气流结构又产生污染汇聚带。同时, 均压场后部的西南气流使重污染区上空暖空气盖增强, 边界层逆温厚度增大, 是 12 月 12~14 日污染峰值持续稳定的主要背景, 这就是这次重污染环境过程的主要特征。大气边界层内稳定的高压均压场和稳定的低压均压场是形成我国中尺度乃至大尺度重污染的主要气压系统。

## 参考文献

- [1] Ren Zhenhai, Su Fuqing, Gao Qingxian, et al. Territorial features of atmospheric environment in Beijing and impact of dust-storm. *Engineering Science*, 2004, 2(1): 65~72
- [2] 任阵海, 万本太, 虞统, 等. 不同尺度大气系统对污染边界层的影响及其水平流场输送. *环境科学研究*, 2004, 17(1): 7~13  
Ren Zhenhai, Wan Bentai, Yu Tong, et al. Several characteristics of atmospheric environmental quality in China at present. *Research of Environmental Science (in Chinese)*, 2004, 17(1): 7~13
- [3] 张志刚, 高庆先, 韩雪琴, 等. 中国华北区域城市间污染物输送研究. *环境科学研究*, 2004, 17(1): 14~20  
Zhang Zhigang, Gao Qingxian, Han Xueqin, et al. The study of pollutant transport between the cities in North China. *Research of Environmental Science (in Chinese)*, 2004, 17(1): 14~20
- [4] 苏福庆, 任阵海, 高庆先, 等. 北京及华北平原边界层大气中污染物的汇聚系统——边界层输送汇. *环境科学研究*, 2004, 17(1): 21~25  
Su Fuqing, Ren Zhenhai, Gao Qingxian, et al. Convergence system of air contamination in boundary layer above Beijing and North China: transportation convergence in boundary layer. *Research of Environmental Science (in Chinese)*, 2004, 17(1): 21~25
- [5] 苏福庆, 高庆先, 张志刚, 等. 北京边界层外来污染物输送通道. *环境科学研究*, 2004, 17(1): 26~29  
Su Fuqing, Gao Qingxian, Zhang Zhigang, et al. Transport pathways of pollutants from outside in atmosphere boundary layer. *Research of Environmental Science (in Chinese)*, 2004, 17(1): 26~29
- [6] 郝吉明, 马广大. 大气污染控制工程. 第二版. 北京: 高等教育出版社, 2002, 第一章  
Hao Jiming, Ma Guangda. *Air Pollution Control Engineering (in Chinese)*. 2nd ed. Beijing: Higher Education Press, 2002, Chapterone
- [7] John R Holum. *Topic Terms in Environmental Problems*. New York: John Wiley & Sons, Inc, 1977, 25

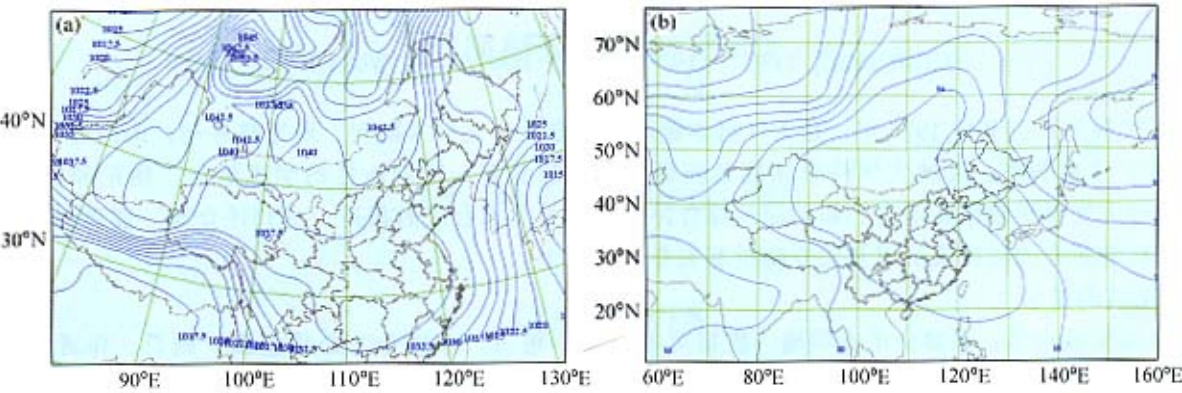


图4 (a) 2002年12月9日08时地面均压场图; (b) 2002年12月10日20时925 hPa 均压场图  
Fig. 4 (a) Homogeneous pressure field at sea level at 08 Beijing Time (BT) on Dec 9th, 2002; (b) homogeneous pressure field at 925 hPa level at 20 BT on Dec 10th, 2002

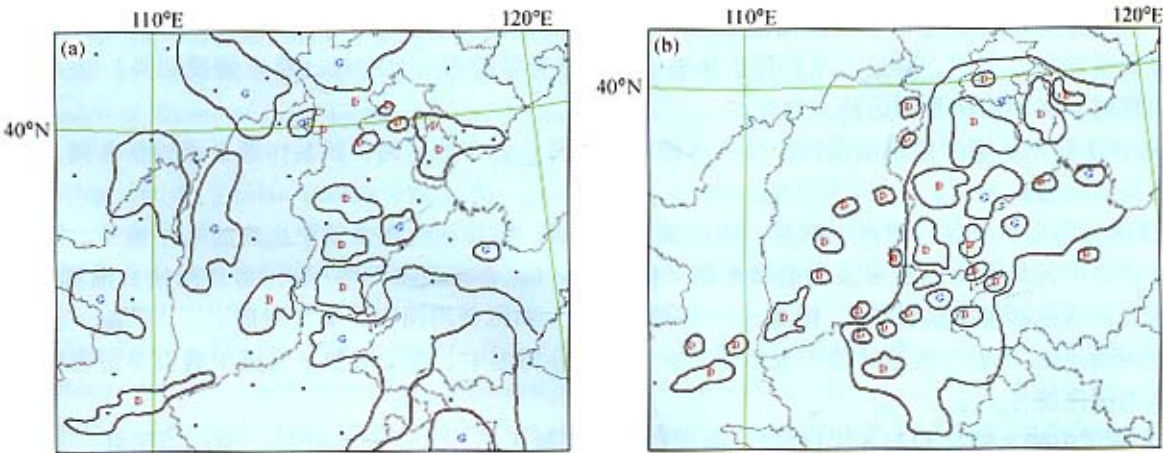


图5 (a) 2002年12月9日08时小尺度低压群分布示意图; (b) 2002年12月10日08时小尺度低压群分布示意图  
Fig. 5 (a) Sketch map of the ground layer microscale circulation cells at 08 BT on Dec 9th, 2002; (b) sketch map of the ground layer microscale circulation cells at 08 BT on Dec 10th, 2002

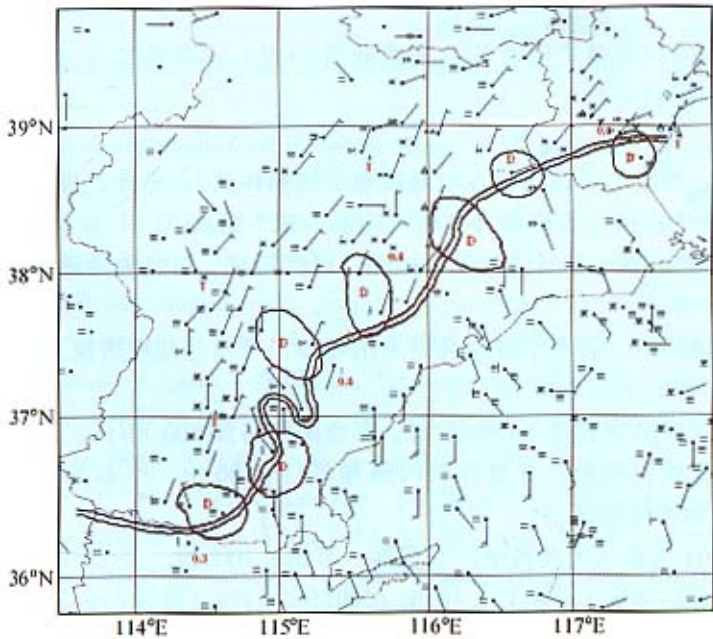


图6 2002年12月14日08时重污染阶段华北平原汇聚带示意图  
Fig. 6 Sketch map of the pollution transmission and convergence belt at 08 BT on Dec 14th, 2002 during the much heavy pollution stage