

大气颗粒物 PM_{2.5} 及其源解析

◆杨新兴 尉鹏 冯丽华

(中国环境科学研究院, 北京 100012)

摘要:大气颗粒物的来源分为两类:一类是自然源;另一类是人为源。自然源主要包括:岩石土壤风化、森林大火、火山爆发、流星雨、沙尘暴、海盐粒子、植物花粉、真菌孢子、细菌体,以及各种有机物质的自燃过程等。人为源主要包括:汽车尾气排放、摩托车尾气排放、火车机车排放、飞机尾气排放、轮船排放、工业窑炉排放、民用炉灶排放、农用拖拉机排放、工业粉尘、交通道路扬尘、建筑工地扬尘、裸露地面扬尘、烹饪油烟、街头无序烧烤、垃圾焚烧、农田秸秆焚烧、燃放烟花爆竹、寺庙香火和烟民抽烟等。在大气颗粒物中,细颗粒物主要来自化石燃料和生物质的燃烧过程。专家们认为细颗粒物是导致北京地区雾霾灾害天气频繁出现的最主要因素。汽车尾气排放大量的空气污染物。有车族对北京市严重的大气污染和雾霾灾害的形成,负有首要责任。有车族,少开车,或者不开车,是解决目前北京严重的大气污染,阻止雾霾灾害天气频繁出现的根本出路。

关键词:环境;大气颗粒物;PM_{2.5};霾;汽车

中图分类号:X501 文献标示:A

1. 引言

实际上,早在2011年的秋末冬初,在北京,在中国,甚至在全球,就掀起了一场关于中国首都北京的空气污染真相的环保龙卷风。由于美国驻京大使馆周边空气中的PM_{2.5}污染数据的实时公布,中国13亿公众第一次知道,为什么居住在北京的居民和旅行到北京的地球人,亲身感受到的北京空气质量与环境监测报告的差距如此巨大。

2013年1月,京津冀以及我国东部广大地区遭遇严重的大气污染,先后出现四次持续多日的

大范围雾霾天气。在1月份的31天里,雾霾天气达到24天。专家们说,大气颗粒物PM_{2.5}是形成雾霾天气的罪魁祸首。于是,PM_{2.5}再次成为人们关注和热议的焦点。1月12日,是北京人难以忘记的痛苦日子。这一天,北京的天空烟雾弥漫,烟气呛人,呼吸道疾病患者急剧增加,医院人满为患。由于能见度极低,高速公路被迫关闭,飞机停飞,交通受阻。

中国环境监测总站网站1月12日全国重点城市空气质量24小时均值显示,北京的可吸入颗粒物浓度(PM₁₀)为786微克/立方米,天津的可吸入颗粒物浓度为500微克/立方米,石家庄的可

收稿日期:2013-02-20 修订日期:2013-05-30

作者简介:杨新兴(1941-),男,中国环境科学研究院研究员,研究方向:大气环境污染。发表论文46篇,出版科普著作一部。获部级科技进步奖3项。E-mail: yangxinxing@gmail.com

冯丽华,女,工程师,研究方向:数据处理。E-mail: fenglihua99@sina.com

尉鹏,男,博士,研究方向:气候与环境。E-mail: weipeng_1981@hotmail.com

吸入颗粒物浓度为960微克/立方米。截至13日零时,在74个监测城市中,有33个城市的空气质量达到了严重污染。

2013年1月严重雾霾天气事件中,北京市首次发出橙色污染警报,紧急启动“空气重污染日应急方案”,采取了迄今为止最为严厉的控制措施:北京58家企业完全停止生产,切断污染排放源;41家企业通过减产,减少30%的污染物排放量;在京的党政机关和企事业单位的公车停用30%。但是,治理效果却并不明显,公众抱怨,政府着急,专家学者们忧虑。空气严重污染,雾霾天气持续发生,成为社会经济发展的严重制约因素。

2013年2月21日,国家气象局组织召开《雾霾天气成因分析与预报技术研讨会》,邀请气象研究部门和大气环境领域的专家和学者,对雾霾的产生原因和防治问题进行了深入分析和讨论。

中国气象科学研究院张小曳研究员指出,人为排放的污染物大大超过大气环境容量的极限,造成严重的大气污染,致使雾霾天气持续多日,多次出现。此外,不利的天气条件,促使大气层结稳定度增加,低层空气中的颗粒物迅速积聚,导致雾霾灾害更加严重,形成污染—雾霾—污染—雾霾的“恶性循环”,这是持续多日的雾霾天气多次出现,并进一步加剧的主要原因。

中国科学院大气物理所研究员王跃思博士说,在2013年1月份我国中东部发生的雾霾天气中,细颗粒物主要来自:汽车尾气排放,煤炭燃烧,工业排放,地面扬尘,餐饮业排放,以及其他无序排放,它们对大气污染物排放的贡献率分别是:25%、20%、20%、10%、15%和10%。

“外因是变化的条件,内因是变化的根据,外因通过内因而起作用”。大气物理学家、中国科学院院士周秀骥先生强调,不能把2013年一月份的雾霾事件简单归结于全球气候变暖。雾霾

的形成,气象因素只是一个重要条件,是外部原因,而人类活动排放的大量污染物,才是形成雾霾天气灾害的内部原因,也是造成严重雾霾天气现象的根据和主要原因。大气污染总体上在加剧。2013年一月份的雾霾天气过程警示我们,大气污染已经到了危险的极值,加强污染源排放控制的研究和治理,已经到了刻不容缓的地步。

中国环境科学研究院的专家在回答我国的大气环境状况究竟何时说:中国的大气环境,局部有所改善,整体状况堪忧。大气环境持续恶化的趋势,还没有得到有效遏制。环境科学工作者需要有科学的精神,科学的态度,科学的方法,提高科学素养,求真务实,讲真话,说实话,重实效。对于环境治理、环境改善,环境科学工作者,责无旁贷,任重道远。环境治理和改善,不能仅仅依靠政府的管理,还需要公众的积极参与和主动配合。

专家们对中国的大气环境的严重污染问题,普遍感到担忧,对于大气环境质量能否得到改善,不持乐观态度。

研究大气颗粒物及其来源,对于预防和控制灾害性的雾霾天气,至关重要。然而,迄今为止,什么是粗粒子,什么是细粒子,什么是气溶胶?它们从何而来?各种排放源的贡献有多大?它们与雾和霾天气灾害的关系如何?专家们各抒己见,众说纷纭,说法不一;研究结果不尽相同,没有令人信服的结论。可以说,大气环境科学研究的新成果,如雨后春笋,层出不穷。专家们如同八仙过海,各显其能。但是,谁是英雄好汉,尚无定论。

2. 基本概念

2.1 PM_{2.5} 与雾霾

在科学研究领域里,大气颗粒物PM_{2.5},与

雾和霾,是不同的概念^[1-5]。雾和霾,是气象学上的概念,表示两种天气的状况。《大气科学词典》上说:

霾(haze),悬浮在大气中的大量小尘粒、烟粒、盐粒的集合体,使空气混浊,水平能见距离降到10km以下的一种天气现象。霾一般呈乳白色,它使物体的颜色减弱,使远处光亮物体微带黄色,而黑暗物体微带蓝色。

雾(fog),悬浮在贴近地面的大气中的大量微细水滴(或冰晶)的可见集合体。雾使地面的水平能见度显著降低。按国际气象组织规定,使能见度降低到1km以下的称为雾。雾多为乳白色。雾滴的直径多为4-30 μm。

PM_{2.5},是大气环境科学研究领域里使用的概念,表示粒径在(含)2.5微米以下的颗粒物。悬浮在空气中的颗粒物(Particulate Matter, PM),是由各种不同形状、不同大小、不同重量的物质微粒组成的。它们的形状大致可分球形、椭圆形、纺锤形、碟形(盘形)、棒状、片状等几类。在环境科学里,为了计算和处理方便,通常不考虑物质微粒的实际大小、形状和组成,把在空气中具有相似沉降速度的物质微粒,视为具有相同直径的球体。这种视同球体的直径,称为空气动力学等效直径,简称等效粒径。专家们根据自己的研究目的和需要,按照颗粒物的大小,把等效粒径等于和小于100微米、10微米、2.5微米、1.0微米的大气颗粒物,分别称为PM₁₀₀、PM₁₀、PM_{2.5}、PM_{1.0}和PM_{0.1}。其中PM₁₀₀被称为总悬浮颗粒物(TSP)、PM₁₀称为可吸入颗粒物、PM_{2.5}称为细粒子;PM_{1.0}称为超细细粒子。另外一些专家把粒径为10纳米的大气颗粒物,称作气溶胶。还有一些专家把粒径在100微米以下的颗粒物,统统称为气溶胶。

2.2 质量密度

单位体积中的物质质量,称为质量密度,用希腊字符 ρ 表示。质量密度等于物体的质量(m)与体积(V)之比:

$$\rho = \frac{m}{V}$$

质量密度的国际单位是:千克/立方米(kg/m^3)。在大气环境科学里,通常用毫克/立方米(mg/m^3),或微克/立方米($\mu g/m^3$)表示大气中某种污染物的质量密度。这种密度,又被称为绝对密度。除此之外,还用相对密度,表示某种物质成分占物质总量的分数,其单位有:ppm(10^{-6}), ppb(10^{-9}), ppt(10^{-12})。此外,还用ppmv, ppbv, pptv表示体积分数,用ppmm, ppbm, pptm表示质量分数。

大气环境专家们把大气的物质密度,称为“质量浓度”。

2.3 数密度

单位体积中的物质粒子的数量,称为数密度,用字符 φ 表示。数密度等于物体中的某种物质粒子数量(N)与其体积(V)之比:

$$\varphi = \frac{N}{V}$$

数密度的单位是:个/立方米(one/m^3)。大气环境专家们把数密度,称为“数浓度”。

目前,国内外大气质量标准,只对PM₁₀和PM_{2.5}提出了污染控制标准限值。一些专家们认为,大气颗粒物对环境的影响和对人体健康的危害,主要来自细颗粒物(FPs ,粒径位0.1-2.5微米)和超细颗粒物($UFPs$,粒径<0.1微米)。虽然 FPs 和 $UFPs$ 体积小,质量浓度($\rho(FPs)$ 和 $\rho(UFPs)$)相对于总悬浮颗粒物质量浓度 $\rho(TSP)$ 小很多,但其数浓度($\varphi(FPs)$ 和 $\varphi(UFPs)$)却很大。因此,国外又开始大规模地研究 FPs 和 $UFPs$ 的数浓度。

2.4 源与汇

物质不灭和能量守恒是自然界里的最基本的和最普遍的规律。在自然界里,物质既不会自生,也不会自灭,只能从一种形式转化为另外一种形式。物质从一种形式向另一种形式的转化(包括物理变化和化学变化)是自然界里普遍存在的现象。地球大气中的物质成分,除某些惰性气体外,大多数是从地球表面排放出去的。在大气里,它们经过一系列的物理和化学变化,以不同的物质形态汇聚在地球的表面。通常,我们把向大气排放物质的原始地点,称为物质的排放“源”(Source)。这些物质在空间可能经过各种复杂的物理或化学变化过程,然后形成新的化学物质。这些新的化学物质,将会不断地迁移、汇集、沉积到一个新的场所,我们把这个新的汇聚、沉积场所称作物质的“汇”(Sink)。大气中的微量成分不仅参与源与汇之间的物质循环过程,而且还参与整个大气层内的输送过程。大气中微量物质成分,几乎都经历一个共同的循环过程,即由源排放到大气,在大气中转化成其他的形态,然后再回到一个被称为“汇”的地方,累积起来。大气物理和大气化学的任务,就是要研究它们变化的现象和运动的规律,认识并掌控它们,减少其对环境 and 人类健康的影响或危害。

2.5 空气污染指数

目前,我国空气污染指数的取值范围定为0-500,其中0-50,0-100,100-200,200-300,300-400,400-500分别对应于六个污染等级。空气污染指数与污染浓度的转换,可以选用下列公式:

$$I_i = \frac{C_i - C_{i,j}}{C_{i,j+1} - C_{i,j}} (I_{i,j+1} - I_{i,j}) + I_{i,j}$$

式中, I_i - 第 i 种污染物的空气污染指数; C_i - 第 i 种污染物的监测浓度; $I_{i,j}$ - 第 i 种污染物第

j 个转折点上的污染分指数; $I_{i,j+1}$ - 第 i 种污染物第 $j+1$ 个转折点上的污染分指数; $C_{i,j}$ - 第 j 个转折点上第 i 种污染物(对应 $I_{i,j}$) 的浓度; $C_{i,j+1}$ - 第 $j+1$ 个转折点上第 i 种污染物(对应 $I_{i,j+1}$) 的浓度。

3. 大气颗粒物的排放源

根据理论研究和实际观察分析,我们把大气颗粒物的来源分为两类:一类是自然源;另一类是人为源。自然源主要包括:岩石土壤风化、森林大火、火山爆发、流星雨、沙尘暴、海盐粒子、植物花粉、真菌孢子、细菌体,以及各种有机物质的自燃过程等。人为源主要包括:(1)汽车尾气排放;(2)摩托车尾气排放;(3)火车机车排放;(4)飞机尾气排放;(5)轮船排放;(6)工业窑炉排放;(7)民用炉灶排放;(8)农用拖拉机排放;(9)工业粉尘;(10)交通道路扬尘;(11)建筑工地扬尘;(12)裸露地面扬尘;(13)烹饪油烟;(14)街头无序烧烤;(15)垃圾焚烧;(16)农田秸秆焚烧;(17)燃放烟花爆竹;(18)寺庙香火;(19)烟民抽烟等。

在环境科学研究领域里,大气颗粒物被列为一项十分重要的大气污染物。迄今为止,对于大气颗粒物的来源和形成机制,专家们并没有完全一致的结论,至于对各种排放源对大气颗粒物的贡献率的测算结果,差别就更大。

中国科学院大气物理所王跃思博士的研究报道指出,北京地区人为活动排放的颗粒物的主要排放源是:汽车尾气,煤炭燃烧,工业排放,地面扬尘,餐饮业排放等^[6]。而各种排放源对空气颗粒物的质量浓度 $\rho(PM)$ 的贡献率分别为:汽车尾气 25%,煤炭燃烧 20%,工业排放 20%,地面扬尘 10%,餐饮业排放 15%。

安娜报道,北京地区, $PM_{2.5}$ 约 60%来源于

燃煤、机动车尾气排放和工业生产过程等,23%来源于地面扬尘,17%来源于溶剂挥发及其他排放过程^[7]。

于娜等报道,北京市细粒子OC的主要来源为柴油车排放(15.3%)、汽油车排放(20.5%)、燃煤排放(19.0%)、生物质燃烧(2.1%)和植物碎屑(1.1%)^[8]。机动车和燃煤排放仍然是北京市细粒子OC的主要来源,而且有加重趋势。

徐敬等人报道,北京地区PM_{2.5}的5类污染源分别为:土壤尘、煤燃烧、交通运输、海洋气溶胶,以及钢铁工业^[9]。 SO_4^{2-} , NO_3^- 和 NH_4^+ 为北京地区PM_{2.5}中的二次颗粒物的主要离子成分。

于扬等报道,通过因子分析方法确定,北京PM_{2.5}有3种可能来源^[10]:(1)交通排放、工业排放和燃煤;(2)本地扬尘和远源沙尘细颗粒;(3)可能与成土母岩风化有关的土壤颗粒的再悬浮和/或迁移,其贡献率分别为41.2%、31.4%和12.2%。

朱先磊等报道,北京市PM_{2.5}的主要来源为燃煤、扬尘、机动车排放、建筑尘、生物质燃烧、二次硫酸盐和硝酸盐及有机物^[11]。污染源贡献率随地域变化不大,燃煤、扬尘、生物质燃烧、二次硫酸盐和硝酸盐随季节变化比较明显。

宋宇等报道,细粒子的主要来源有6类:地面扬尘、建筑工地、生物质燃烧、二次源、机动车排放和燃煤^[12]。

邹长武等报道,根据他们提出的大气颗粒物混合尘溯源解析方法对某城市的颗粒物来源进行分析,得到扬尘的贡献率为28.75%,煤烟尘的贡献率为25.22%,尾气尘为6.87%^[13]。

4. “北京咳”的警示

一些外国旅游者说,他们在北京逗留期间,

常常患有一种特有的呼吸道病症;一旦离开北京,症状便立即消失。于是,他们将这种现象,称之为“北京咳”。“北京咳”,并不是准确的医学术语。北京大学人民医院呼吸内科的主任医师称,“北京咳”,是对北京的极度侮辱。

“北京咳”一词最早见诸于1990年《The Rotarian》(扶轮月刊)第三期。这家由慈善组织扶轮社筹办的杂志援引了一篇报告,说:工业国家曾经出现的主要城市不良现象——空气污染,已经散播至全世界……该杂志援引报告的作者是希拉里·弗兰切,她只是在新闻上看到的“北京咳”,因为当时她还没有到过中国。近来在学界,“北京咳”一词的使用范围略有扩展。2002年,在一本书中写道:城市里的空气经常带有酸味、硫磺味;常常可以听到人们谈论“北京咳”。2003年一本叫做《文化震撼,游遍北京》(Culture Shock! Beijing at Your Door)的旅游书中这样说:很多人抱怨“北京咳”……我们还不知道防止或是治愈“北京咳”的方法。既然有“伦敦雾”,为何就不能北有“北京咳”?“北京咳”,本来只是一种调侃之词,北京人对此大可不必过分计较,更无必要将其视之为是“对北京的极大侮辱”。但是,它却是一种十分有益的警示:北京的空气污染问题已经很严重了。

5. 结论和建议

大气颗粒物的来源可以分为两类:一类是自然源;另一类是人为源。自然源主要包括:岩石土壤风化、森林大火、火山爆发、沙尘暴、流星雨、海盐粒子、植物花粉、真菌孢子、细菌体,以及各种有机物质的自然过程等。人为源主要包括:(1)汽车尾气排放;(2)摩托车尾气排放;(3)火车机车排放;(4)飞机尾气排放;(5)轮船排放;(6)工业窑炉排放;(7)民用炉灶排放;(8)农用拖拉

机排放;(9)工业粉尘;(10)交通道路扬尘;(11)建筑工地扬尘;(12)裸露地面扬尘;(13)烹饪油烟;(14)街头无序烧烤;(15)垃圾焚烧;(16)农田秸秆焚烧;(17)燃放烟花爆竹;(18)寺庙香火;(19)烟民抽烟等。在大气颗粒物中,PM2.5被称为细颗粒物,主要来自化石燃料和生物质的燃烧过程。专家们认为,细颗粒物是导致北京地区雾霾灾害天气频繁出现的最主要因素。汽车尾气排放大量的空气污染物。有车族对北京市严重的大气污染和雾霾灾害的形成,负有首要责任。有车族,少开车,或者不开车,是解决目前北京严重的大气污染,阻止雾霾灾害天气频繁出现的根本出路。

致谢

王文兴院士、任阵海院士和苏福庆教授,在作者撰写论文过程里,始终不渝地给予热情支持和鼓励,并提出中肯的意见和建议。作者受益良多。在此,谨向他们表示最诚挚的谢意。■

●参考文献

[1] 吴兑, 吴小京, 朱小祥. 雾和霾. 北京: 气象出版社, 2009.

- [2] 邵敏. 灰霾与PM2.5 (Haze & PM 2.5). 世界环境. 2012 (1): 12-13.
- [3] 张亚旭. PM2.5之殇. 可编程控制器与工厂自动化 (. PLC & FA) . 2012: (4): 首页.
- [4] 赵德山, 王明星. 煤烟型城市污染大气气溶胶. 北京: 中国环境科学出版社, 1991. 第7页.
- [5] 天津大学物理化学教研室编著: 物理化学(胶体化学). (下册). 北京: 高等教育出版社, 第三版, 1993, 394-396.
- [6] 王跃思. 雾霾形成的气象机理分析. 《雾霾天气成因分析与预报技术研讨会》专题报告. 2013/02/22. 北京: 中国科学院大气物理所, 2013.
- [7] 安娜. PM2.5 究竟从哪里来? 探索, 2012 June : 38-39.
- [8] 于娜, 魏永杰, 胡敏, 曾立民, 张远航. 北京城区和郊区大气细粒子有机物污染特征及来源解析. 环境科学学报, 2009, 29 (29): 243-251.
- [9] 徐敬, 丁国安, 颜 鹏等. 北京地区PM2.5的成分特征及来源分析. 应用气象学报, 2007, 18 (5): 645 - 654.
- [10] 于扬, 岑况, NORRA Stefan 等. 北京市大气可吸入颗粒物的化学成分和来源. 2012. 31 (1): 156-163.
- [11] 朱先磊, 张远航, 曾立民, 王玮. 北京市大气细颗粒物PM2.5的来源研究. 环境科学研究, 2005, 18 (5): 1-5.
- [12] 宋宇, 唐孝炎, 张远航等. 北京市大气细粒子的来源分析. 环境科学. 2002, 23 (6): 11-16.
- [13] 邹长武, 印红玲, 刘盛余等. 大气颗粒物混合尘溯源解析方法. 中国环境科学, 20011, 31 (6): 881-885.

推荐语:

中国的大气环境质量,局部有所改善,整体状况堪忧。大气环境持续恶化的趋势,还没有得到有效的遏制。2013年1月,京津冀以及我国东部的广大地区遭遇严重的雾霾天气灾害,惊动全国。北京市监测部门首次发出橙色污染警报,紧急启动“空气重污染日应急方案”;采取迄今为止最为严厉的控制措施,试图控制和减缓污染事件造成的危害程度,但是效果并不明显。研究解决大气污染问题的有效对策和措施,迫在眉睫。对于环境治理、环境改善,环境科学工作者,责无旁贷,任重道远。环境科学工作者需要科学的精神,科学的态度,科学的方法,提高科学素养,求真务实,讲真话,说实话,重实效。环境治理和改善,不能仅仅依靠政府的管理,还需要公众的积极参与和主动配合。本文有重要参考价值。建议贵刊予以发表。

推荐人:苏福庆 任阵海

任阵海(1932 -),男,汉族。大气物理学家,中国工程院院士,国家环境咨询委员会委员,国家环境保护部科学技

术委员会顾问。中国环境科学研究院研究员,国家环境保护局气候变化影响研究中心总工程师,教授,博士生导师。1955年毕业于北京大学地球物理系。1959年赴前苏联留学,在前苏联总观象台学习和工作。研究方向:气候与环境。在大气环境容量和大气污染物输送理论研究及应用方面,做出了巨大贡献。获国家科技进步奖一等奖1项,二等奖2项,省部级奖多项。发表学术论文100多篇,编著《任阵海文集》一部,待出版。其他学术专著多部。

苏福庆(1931-),男,汉族。气象学家。原北京市气象局气象科学研究所所长、教授级高级工程师。1955年毕业于北京大学地球物理系。曾在北京农业大学物理及气象系任教。现任中国环境科学研究院客座教授,博士生导师。研究方向:气候变化与大气污染。曾参与国家“八五”科技攻关课题“我国大气酸性物质的输送”的研究工作,是课题研究报告的主要撰写者。长期致力于气候变化及环境影响研究工作,提出了边界层污染理论,大气区域环境污染理论。在气候变化及大气环境污染影响研究方面,做出了巨大贡献。发表学术论文100多篇,编辑出版学术专著多部。获省部级奖多项。

作者更正

胶体化学里说,胶体粒子在某个方向的线度(粒径)在1-100纳米之间,扩散速度慢,渗透压低,不能透过半透膜。而动植物的细胞壁都是半透膜,PM2.5的等效粒径大多数大于胶体粒子。胶体粒子不能透过半透膜,而PM2.5则更不能透过半透膜。因此,“PM2.5通过肺泡,进入血液,引发疾病”之说有误,必须予以更正。本刊2012年第6卷第1期,“大气颗粒物PM2.5及其危害”一文:第26页右栏,在“PM2.5对人体健康的危害”一节下面第2段,倒数第2-3行:“空气中的PM2.5,可以通过呼吸道,进入肺泡,在肺泡内积聚,引发各种疾病。”应更正为:“空气中的PM2.5,可以通过呼吸道,到达肺泡,在肺泡表面积聚,引发各种疾病。”

第27页右栏,第1段内:“2.5微米以下的颗

粒物(PM2.5),可进入肺泡,引发肺气肿等。1.0微米以下的颗粒物(PM1),通过肺泡,进入血液系统,引发多种疾病。”应该更正为:“2.5微米以下的颗粒物,可以通过呼吸道,沉积在肺泡表面,引发肺气肿等多种疾病。沉积在肺泡上的颗粒物如被溶解,其溶解物质还可以进入血液系统,引发各种严重疾病。”

第28页,表5.3,第3栏第5行中:“可被吸入肺泡,进入血液系统,引发各种疾病。”应更正为:“沉积在肺泡上的颗粒物如被溶解,其溶解物质可以通过肺泡,进入血液系统,引发各种严重疾病”。表5.3下方:“资料来源:郝吉明等. 大气污染控制工程,第二版,13页”一项系录入错误,应予以删除。

特此更正,并向读者和编者以及郝吉明先生,表示歉意。

Atmospheric Particulate Matter PM_{2.5} and Its Sources

Yang Xinxing Wei Peng Feng Lihua

(Chinese Research Academy of Environmental Sciences, Beijing 100012, China)

Abstract: The sources of the particulates in the atmosphere may be put in two kinds: One of which is called natural source, and another is called anthropogenic source. The major natural sources include forest fire, volcanic eruption, sand and dust storm, flying dust on the earth's surface, sea salt particles, plant pollens, plant spores, germ bodies, and self-burning process of organic substance in the natural world, etc. The major anthropogenic sources include: automobile exhaust, motor exhaust, train engine, airplane exhaust, steamboat exhaust, industrial boilers, Stoves and furnaces of civil uses, tractor exhaust, industrial dust, dust from highways, dust from construction sites, dust from uncovered lands, oil and smoke from cooking, barbecue on the streets, refuse incineration, burn of agricultural straw, set off firecrackers, burning joss sticks in the temples and smoking of smoking persons, and so on. The fine particles in the atmosphere are mainly from combustion of fossil fuels and organic substances. Now the fine particles in the air in Beijing are mainly from exhaust of the 5.20 million cars.

Key words: Environment; Atmospheric particulate; PM_{2.5}; Haze; Car