

西安市一次晴空气溶胶粒子的观测分析

何绍钦*

(气象科学研究院)

提 要

1982年夏季,我国第一架装有PMS粒子测量系统的气象科研考察飞机在西安市首次进行大气物理科学考察。本文仅对6月8日西安城市晴天大气气溶胶粒子观测资料进行了初步分析。结果表明:西安市晴天气溶胶粒子(直径 $0.5-8\mu\text{m}$)浓度值范围在 $4\times 10^0-3.8\times 10^1$ 个/ cm^3 ,分布趋势随高度递减,逆温层对粒子垂直输送有阻滞作用。同时对气溶胶粒子谱分布及谱分布函数作了探讨,并对一些参数进行理论计算。

一、引言

城市上空气溶胶粒子的研究,不仅是云物理学研究的课题之一,也是大气化学、城市污染、环境保护等学科十分关注的问题。国内外有关学者在这方面做了不少的研究工作,而且还有专门的评述^[1,2,3]。西安市地处关中平原,南邻秦巴山脉,北接黄土高原,是我国西北大工业城市之一。众所周知,随着工业生产的发展,必然向大气中排放大量的废气和烟尘,因而城市污染问题引起人们普遍的关心和重视。早晨是气溶胶粒子浓度极大值出现的时间^[2]。1982年6月8日,我们在上午08—09时利用装有粒子测量系统的气象科研飞机对西安城市气溶胶粒子进行了专题观测。本文分析了观测资料,并得出几点初步结果。

二、气溶胶粒子的观测

1. 天气形势

大范围天气形势往往会影响局地气象要素的变化,而气象因子对气溶胶粒子浓度分布、输送等均有明显的影响^[1]。当天08时500hPa高空图上,维持二槽一脊型,在苏

联西西伯利亚有一低压,槽线呈NNE-SSW向,槽线南端在新疆喀什;贝加尔湖到青藏高原为一暖脊,高原东北侧为脊前西北气流控制。08时地面图上,冷锋位置在蒙古西部经哈密到塔里木一线,乌拉尔山东侧到北疆为一冷高压,冷中心在巴尔喀什湖南侧,河套地区为冷锋前热低压控制。08时探空图上,层结稳定,从地面到高空均为西北风,西安天气晴好。

2. 仪器及资料观测

观测仪器采用装在伊尔-14飞机上的PMS粒子测量系统。因考虑到观测晴天气溶胶粒子的实际需要,用PMS系统中的FSSP-100(前向散射气溶胶滴谱仪)探头进行观测,仪器采样率选用2,即每秒可取两帧资料。仪器量程档选用3,该档量程范围为 $0.5-8\mu\text{m}$ (粒子直径)。为避免飞机机身附面层的影响,仪器探头是安装在机翼下面的。

飞行观测选在本场空域,采用垂直爬高和水平飞行观测相结合的飞行观测方案。08时06分从本场起飞开始爬高,08时28分爬升到本场上空海拔3300m高度层,在城市上空平飞5分钟后08时34分下降,08时51

* 参加飞行观测工作的有游来光、谷福印、王承能、刘兴汉、陈保国、陆桂林等。

分下降到780m高度层(距城市高370m,本站海拔高410m),在城市上空低空平飞11分钟,09时06分飞机着陆,停止观测。本场中低空无云,整个飞行观测是在晴空中进行的。

三、观测结果

1. 气溶胶粒子浓度随高度的分布

在资料分析处理中,考虑到观测时间短(仅1小时以内),又考虑到代表性,故将飞机爬高上升和下降的资料统一分层统计处理,每层步长为300m,即每层所测资料的平均值代表该层的浓度值。将处理后的资料绘于图1中,同时将本站08时探空资料的温度曲线以及各高度层的风向、风速资料一并绘于图1中。从图1可看出:(1)西安市气溶胶粒子浓度随高度分布总趋势是遵循递减规律;(2)气溶胶粒子浓度的最大值不是出现在近地层,而是出现在第二层即海拔700—1000m高这层,其值为30个/cm³,这主要是受逆温层的影响。图1中虚线表示08时探空温度层结曲线,可看出有一逆温层顶高为1100m,粒子浓度最大值层刚好在逆温层下部。逆温层的存在对下层的大气湍流强度、上升运动有抑制作用,故阻挡了气溶胶粒的垂直输送,这样一来在逆温层下累积了大量的气溶胶粒子,形成高浓度带。一旦过逆温层后,浓度值随高度迅速递减,1300m层的浓度值仅为12个/cm³。(3)从图1中还可看出,在2700m以上粒子浓度又随高度递增,到3300m时达到9个/cm³。从温度层结看,该层并没有逆温出现,但由风场分布可看出,从地面到高空均为西北风,风速随高度递增,在3000m为6m/s,而4000m为10m/s。故这层粒子浓度增加可能与上游黄土高原的水平输送有关。

2. 气溶胶粒子浓度的水平分布

在西安城市上空平飞观测两次,即3300m和780m两层。将观测资料绘于图2

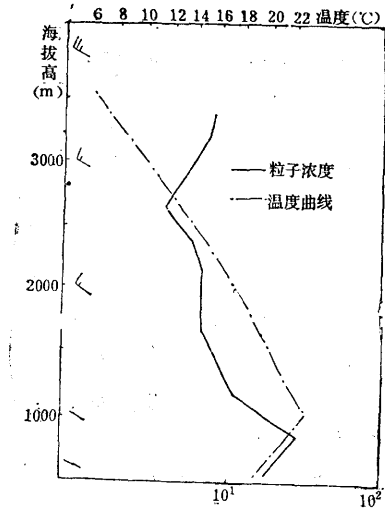


图1 气溶胶粒子浓度随高度分布
(1982.6.8.西安市)

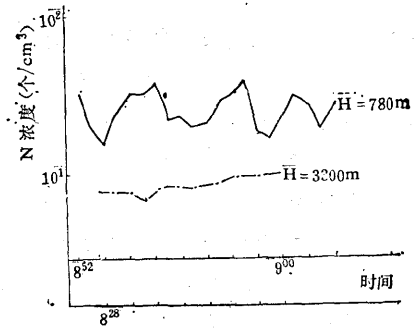


图2 1982年6月8日西安市不同高度层气溶胶粒子浓度水平分布

中。从图2可看出:(1)低空层(780m)比中空层(3300m)粒子浓度大,低空层最大值为38个/cm³,最小值为15个/cm³,而中空层最大值也只有9.8个/cm³。这种显著差异除与高度有关外,低空层正好处于逆温层下粒子高浓度带也是很重要的原因;(2)从两层粒子浓度水平分布趋势看,低空层起伏很大,而中空层确无明显起伏,分布曲线几乎平直。这种显著差异主要原因是低空层(距离地面370m)受下垫面影响很大,虽然同是城市上空同一高度,但工厂、居民区、街道、田野各种不同的下垫面向大气中释放核的量有显著的不同,加之地面风速很

小 (仅为 1m/s), 水平输送很小, 故造成低空层粒子浓度水平分布起伏很大。而中空层受下垫面影响小, 加之低空的逆温层阻挡了粒子的垂直输送, 故该层主要受平流输送影响, 所以粒子浓度水平分布较均匀。

3. 气溶胶粒子的谱分布

这里分析三个不同高度层粒子的谱分布, 即近地层 (550m)、低空层 (850m)、中空层 (3300m) 三层, 见图 3。从图 3 可看出: (1) 近地层的气溶胶粒子谱比上面两层都要宽, 谱宽为 0.5—8 μ m, 而 850m、3300m 层谱宽仅为 0.5—7.5 μ m。近地层有直径为 8 μ m 的大粒子, 而上面两层则没有。(2) 低空层 (850m) 这层谱线比近地层和中空层都要高。这是因为该层处于逆温层下粒子高浓度带所致。

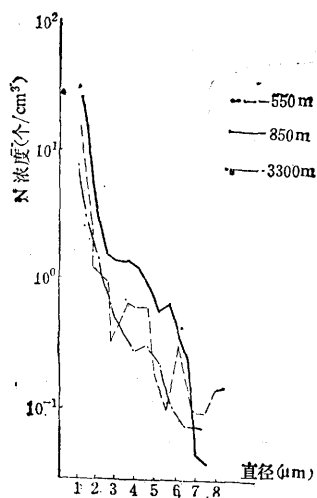


图 3 1982年 6 月 8 日西安市各高度层气溶胶粒子谱分布

四、气溶胶谱分布函数的讨论

在气溶胶粒子谱分布函数研究方面, C. E. Junge 作了专门的研究工作, 他指出, 在半径 $r > 0.1\mu$ m 到几十 μ m 尺度范围的气溶胶粒子, 在等间格对数半径区间内质量总体为一常数, 即 Junge 分布^[1], 表达式为:

$$n(r) = \frac{dN}{d(\lg r)} = \frac{A}{r^3} \quad (1)$$

为考虑 (1) 式的普遍性, 以 α 代常数 3 则可写成 (2) 式。

$$n(r) = Ar^{-\alpha} \quad (2)$$

(2) 式中的 A、 α 为待定系数, 根据不同地方的实测资料可计算出相应的值。

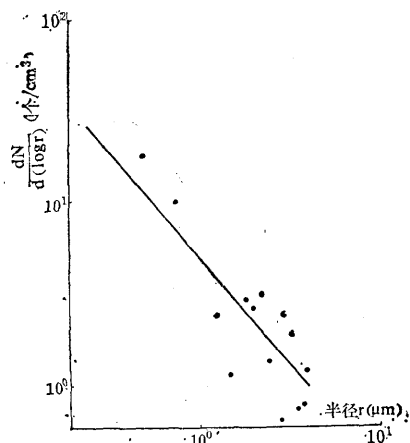


图 4 1982年 6 月 8 日西安市气溶胶粒子 Junge 谱分布图

西安的实测资料, 粒子直径为 0.5—8 μ m, 刚好落在 Junge 定义的区间内。把实测资料代入 (2) 式, 用最小二乘法即可计算出 A、 α 的值来。经实测资料处理计算结果, 得出 $A = 5.146$ 、 $\alpha = 1.17$ 。则西安市近地层气溶胶粒子谱分布表达式为

$$n(r) = \frac{dN}{d(\lg r)} = 5.146r^{-1.17} \quad (3)$$

将 (3) 式计算值与实测值同时绘于图 4 中, 图中实线为 (3) 式计算值, 小圆点为实测资料点。从图 4 看出, 拟合的 Junge 分布表达式的计算值与实测资料相关较好, 计算的相关系数 $r = -0.87$ 。故 (3) 式为较合理的表达西安市近地层气溶胶粒子谱分布的数学表达式。

2. 几个理论参数的计算

(1) 气溶胶粒子总的数密度 N_T 的计

算

$$N_T = \int_{r_{\min}}^{\infty} n(r) d(\lg r) = \frac{A}{\alpha} r_{\min}^{-\alpha} \quad (4)$$

这里 $r_{\min}$ 取 $0.25\mu\text{m}$, 因为仪器测得最小直径 $0.5\mu\text{m}$ 。将 A 、 α 、 $r_{\min}$ 代入 (4) 式则可计算出 $N_T = 22.3$ 个/ cm^3 。

(2) 气溶胶粒子平均半径的计算

$$\bar{r} = \frac{\alpha}{\alpha-1} r_{\min} \quad (5)$$

将 α 、 $r_{\min}$ 的值代入 (5) 式, 则可计算出 $\bar{r} = 1.72\mu\text{m}$ 。

五、结论

通过实测资料的处理分析, 可得出如下几点初步结果。

1. 西安市 1982 年 6 月 8 日 08—09 时, 晴空气溶胶粒子浓度最大值为 38 个/ cm^3 , 最小值为 4 个/ cm^3 , 浓度值随高度增加总趋

势是递减的。

2. 粒子浓度最大值不是出现在近地层, 而是出现在逆温层下, 即 700—1000m 高度层。

3. 各层粒子浓度水平分布, 低空层比上层起伏大。

4. 粒子谱分布近地层比低空层、中空层都要宽。

5. 近地层粒子分布满足于 Junge 分布, 其表达式 $n(r) = 5.146r^{-1.17}$, 经理论计算得出粒子总的数密度 $N_T = 22.3$ 个/ cm^3 、平均半径为 $\bar{r} = 1.72\mu\text{m}$ 。

参考文献

- [1] [英]B. J 梅森著, 云物理学, 中国科学院大气物理所译, 科学出版社, 1984.4。
- [2] 邹进上、刘长盛、刘文保编著, 大气物理基础, 气象出版社, 1982.6。
- [3] [美]W. N 赫斯主编, 人工影响天气和气候, 王昂生、徐华英等译, 科学出版社, 1985.5。

A case analysis of aerosol particles observation under fine weather over Xian

He Shaoqin

(Academy of Meteorological Science)

Abstract

In the summer of 1982, the first atmospheric science investigation had been performed in Xian, using an aircraft installed with PMS instruments. The case analysis of aerosol particles observation under fine weather condition is presented in this paper based on the data of 8. June. The results show that the concentration of aerosol particles ($0.5-8\mu\text{m}$ diameter) ranges from 4×10^0 to $3.8 \times 10^1 \text{cm}^{-3}$, decreases with increasing height. The temperature inversion layer has obstructive effect on the vertical transportation of aerosol particles. The particle size distribution expression and its parameters are given.