

胡向峰, 韩 洋. 一次阴雨条件下河北中南部气溶胶的参数特征分析[J]. 干旱气象, 2015, 33(3): 490-496, [HU Xiangfeng, HAN Yang. An Airplane Detection of Aerosol over the Middle-South of Hebei Province on Rainy Day[J]. Journal of Arid Meteorology, 2015, 33(3): 490-496], doi: 10.11755/j.issn.1006-7639(2015)-03-0490

一次阴雨条件下河北中南部气溶胶的参数特征分析

胡向峰^{1,2}, 韩 洋^{1,2}

(1. 河北省人工影响天气办公室, 河北 石家庄 050021;
2. 河北省气象与生态环境重点实验室, 河北 石家庄 050021)

摘 要:利用2009年9月8日华北中南部上空的飞机探测资料,分析了石家庄市和邯郸市附近大气气溶胶的粒子数浓度、直径、尺度谱分布等时空变化特征。分析表明,降水天气条件下,气溶胶粒子平均数浓度约为 137.6 个/ cm^3 ,平均直径约为 0.26 μm 。气溶胶主要集中于 2000 m以下的对流层低层,气溶胶浓度总体上随高度增加而降低;雨后阴天轻雾天气条件下,气溶胶粒子平均数浓度约为 164.7 个/ cm^3 ,平均直径约为 0.16 μm 。气溶胶在逆温层下累积现象明显,云内气溶胶数浓度明显减少。气溶胶粒子浓度水平变化受下垫面、云区分布等局地因子影响较大。石家庄 600 m和 6600 m气溶胶粒子谱呈单峰分布, 3000 m粒子谱呈双峰分布。邯郸 6400 m粒子谱宽较窄,呈单峰分布。

关键词:气溶胶;飞机观测;垂直分布;水平分布;谱分布

文章编号:1006-7639(2015)-03-0490-07 doi:10.11755/j.issn.1006-7639(2015)-03-0490

中图分类号:X131.1

文献标识码:A

引 言

大气气溶胶作为大气的重要组成部分,对大气的许多物理过程有着重要影响,气溶胶对云、降水的形成以及气候、环境的变化均具有重要作用。随着经济和城市建设的快速发展,人类对环境的影响日益突出,城市大气环境的污染日趋严重。受工业污染、交通扬尘、沙尘暴等诸多因素的影响,大气中气溶胶粒子明显增多,大气气溶胶污染也越来越严重,由气溶胶造成的能见度恶化事件越来越多。近年来大气气溶胶各种特性的研究已引起了人们的广泛重视^[1-2]。

在国内,机载粒子测量系统 PMS (Particle Measuring Systems) 已成为大气探测的重要工具。近几年来,国内外很多学者利用机载 PMS 观测资料开展了大量的关于气溶胶以及云微物理特征等方面的研究工作。孙霞等^[3]对2008年石家庄地区春季气溶胶飞机观测个例进行了分析,认为低空气溶胶浓度和平均直径水平变化不大,中高空由于云区的出现变化幅度相对比较明显,且霾天气条件下,同尺度气

溶胶数密度谱值比晴天条件下高出一个量级;马梁臣等^[4]对2009年石家庄地区不同天气条件下的气溶胶特征进行了研究,认为石家庄地区气溶胶粒子最大数浓度量级在 $10^2 \sim 10^4$ 个/ cm^3 之间,平均值量级在 $10^2 \sim 10^3$ 个/ cm^3 之间,平均直径最大值介于 $0.225 \sim 0.717$ μm ,平均值介于 $0.148 \sim 0.167$ μm ;马新成等^[5]对北京地区 $0 \sim 7$ km的气溶胶数浓度水平和垂直特征进行了分析,认为 $1 \sim 2$ km高度范围气溶胶数浓度明显递减, 2 km以上随高度递减减缓。在逆温下边界附近形成气溶胶“累积层”;陈鹏飞等^[6]分析了2008~2010年北京地区 3.5 km范围内的气溶胶,得出 1.5 km以上高空的气溶胶浓度垂直梯度变化明显低于 1.5 km以下的垂直梯度变化,并且人为活动是影响数浓度水平分布的重要因子;孙玉稳等^[7]研究认为气溶胶粒子数浓度主要受天气条件影响,逆温层是影响粒子垂直输送的主要因素,在逆温层下粒子累积形成粒子数浓度的高值区,逆温层以上气溶胶粒子数浓度迅速减少;张佃国等^[8]研究认为逆温层的存在和相对湿度峰值对气溶胶的分布影响很大。逆温层附近和相

收稿日期:2014-06-30;改回日期:2015-05-11

基金项目:河北省科技支撑计划项目(11277107D)和公益性行业(气象)科研专项(GYHY201206003)共同资助

作者简介:胡向峰(1983-),男,山西文水人,硕士,工程师,主要从事大气气溶胶与云降水相互作用的研究工作. E-mail: wushisi54@163.com

对湿度峰值区会产生较高的气溶胶数浓度,造成气溶胶粒子的累积。受城市环境的影响,同一区域城市上空或者城市的下风方气溶胶粒子平均浓度都大于上风方;气溶胶粒子谱受不同天气背景的影响,出现不同类型的谱型,随高度的变化,谱型也有很大的变化。

本文利用2009年9月8日机载PMS获取的观测资料,结合宏观记录,对石家庄市二环上空和邯郸市以北3 km处上空的气溶胶垂直分布、水平分布以及谱分布等特征进行了初步研究分析,为进一步研究气溶胶与云和降水的关系提供参考依据。

1 飞行概况及分析方法

1.1 PMS 观测仪器

2004年河北省人工影响天气办公室(简称河北人影办)从美国引进了一套粒子测量系统(Particle Measuring System,简称PMS),包括被动腔气溶胶谱探头(PCASP-100X)、前向散射滴谱探头(FSSP)、二维灰度云粒子探头(OAP 2D-GA2)和二维灰度降水粒子探头等(OAP 2D-GB2)。PCASP-100X量程为0.1~3 μm,由15个间隔不等的测量通道组成,采样频率为1 Hz^[9]。

PCASP探头采用氦氖激光管作为光源,其产生的激光束直径约为600 μm,光束进入探头内部一个特定的采样室,该采样室实际是一个谐振腔,氦氖激光在此腔的作用下形成中心强度非常稳定的光束(中心直径约150 μm),以便精确地区分粒子。在探头内还有一个抽气泵,粒子流经采样管进入采样室,然后穿越与之垂直的激光束中心采样区,当粒子流通过激光束时产生光散射,这些散射光被相应的探测器接收,根据散射光与粒子尺寸之间的函数关

系获得所测粒子的尺寸,然后将其归入相应的测量通道中并计数,最后粒子的尺寸及数目等信息传送给数据采集系统进行处理。本文使用的气溶胶探测资料即由PCASP探头探测获取。

1.2 计算方法

各微物理量的计算方法如下:

$$\text{平均直径: } D = \frac{\sum_{i=1}^{n=15} (D_i \times N(D_i))}{N} \quad (1)$$

$$\text{数密度谱: } n(D_i) = dN(D_i)/dD_i \quad (2)$$

式中: D_i 为*i*等级气溶胶粒子的中值直径,单位:μm; $N(D_i)$ 为单位体积内*i*等级气溶胶粒子数浓度,单位:个/cm³; N 为单位体积内气溶胶粒子总数,单位:个/cm³; $n(D_i)$ 为气溶胶粒子数密度谱分布^[10],单位:cm⁻³·μm⁻¹。

1.3 观测期间天气背景、地面天气实况及飞行概况

2009年9月8日08时河北500 hPa受副热带高压外围云系的影响,700、850 hPa受低空切变线的影响,特别是在700 hPa切变线南侧西南气流达到了低空急流的强度,这种形势有利于水汽辐合,从而产生降水。当天下午探测时段石家庄为中雨,云底高度约3 600 m,云顶高度在5 500 m左右。邯郸为阴天轻雾天气,邯郸市上空云的高度较低,大约在1 800 m。根据宏观记录,石家庄机场地面温度为17℃,风速为3 m/s,能见度很好。

从石家庄和邯郸市上空的温度廓线(图1a)可以看出,石家庄市在1 800 m处存在一个小的逆温,2 400~3 000 m之间存在明显逆温。邯郸市上空800~2 000 m高度有个恒温层,2 000~2 400 m之间存在逆温,其它高度层逆温不是很明显。由于逆温层的存在,导致温度廓线呈现一定程度的波动。从图1b看出,石家庄上空1 000 m高度附近相对湿

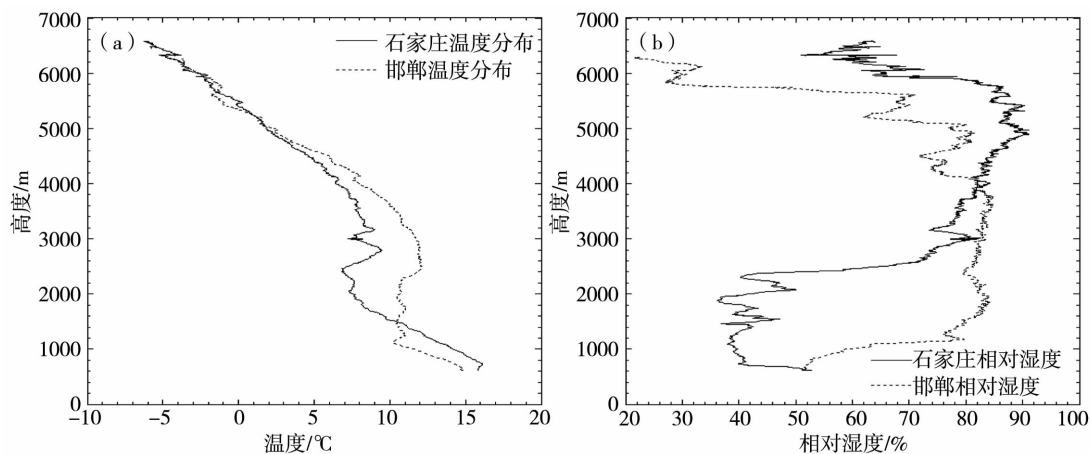


图1 石家庄和邯郸市上空温度(a)与相对湿度(b)的垂直分布

Fig. 1 The vertical distribution of temperature(a) and relative humidity(b) over Shijiazhuang and Handan city

度开始增大,5 000 m 与 5 400 m 高度附近达到极大值,6 000 m 开始逐渐下降,相对湿度变化范围为 36.2% ~ 91.0%。邯郸市 2 600 ~ 5 600 m 的相对湿度变化范围为 21.6% ~ 84.9%。由于受降水的影响,石家庄与邯郸两地空气相对湿度都比较大。

增雨探测时间段为 13:30 ~ 16:47,飞行时间约为 77 min。飞行航线为正定—石家庄(600 ~ 6 600 m)—邯郸(600 ~ 6 400 m)—正定。航测高度随时间变化如图 2 所示。

从图 2 看出,飞机起飞后 1 200 m 平飞至石家庄市,开始 600 ~ 6 600 m 垂直探测,5 660 m 高度开始进行作业;然后从 6 600 m 下降到 2 400 m,平飞至邯郸;在邯郸市进行 600 ~ 6 400 m 垂直穿云探测,最后下降到 2 400 m 原路返回。根据宏观记录记载,探测期间石家庄市上空有降水现象发生,邯郸市是雨后阴天轻雾天气。

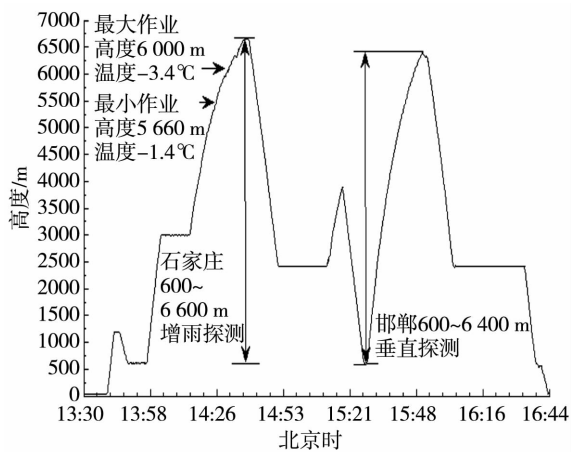


图 2 飞行航测高度随时间变化

Fig. 2 The airplane flight height variation with time

2 气溶胶微物理参数特征

2.1 气溶胶粒子数浓度与粒子平均直径的垂直分布

由于大气气溶胶粒子数浓度在垂直方向的变化远大于水平方向,因此在研究垂直分布时,暂不考虑水平方向的变化。文中对石家庄 600 ~ 6 600 m 和邯郸 600 ~ 6 400 m 上升阶段数据按 100 m 高度间隔进行分析。

图 3 分别给出了石家庄(600 ~ 6 600 m)、邯郸(600 ~ 6 400 m)两地气溶胶数浓度和粒子直径的垂直变化。表 1 是相关统计结果。

从图 3a 看出,石家庄上空 600 ~ 1 200 m 气溶胶数浓度随高度迅速减少,1 200 ~ 1 800 m 数浓度开始增大,1 800 m 左右出现峰值之后继续减少,3 000 m 开始数浓度趋于平稳。从表 1 看出,600 ~ 1 200 m 气溶胶数浓度变化范围为 100.6 ~ 1 894.6 个/cm³,平均数浓度为 628.1 个/cm³。探测当天石家庄地面风速仅 3 m/s,不利于地面污染物扩散,靠近地面的气溶胶数浓度比较高。由于石家庄上空降水对气溶胶冲刷作用的影响,气溶胶数浓度迅速下降,与晴天和阴天轻雾天气条件下的气溶胶平均数浓度相比要低 1 个量级。这与孙玉稳等^[11]对华北平原中西部地区秋季气溶胶观测研究得出的结论一致。从图 1a 看出,石家庄上空 2 000 m、2 400 m 和 3 000 m 高度存在逆温,逆温层严重影响了气溶胶粒子的垂直输送及扩散,使得粒子在逆温层以下 1 200 ~ 1 900 m 之间累积,最大气溶胶数浓度达到 277.3 个/cm³。从 1 900 m 进入逆温层开始,粒子数浓度急剧下降,1 900 ~ 3 000 m 粒子数浓度变化范围为 4.7 ~ 270.0 个/cm³。3 000 m 开始飞机到达云

表 1 石家庄和邯郸市气溶胶数浓度和粒子直径变化

Tab. 1 The number concentration of aerosol particles and its diameter on different heights over Shijiazhuang and Handan

地点	高度/m	气溶胶数浓度/(个/cm ³)			粒子直径/μm		
		最大值	平均值	最小值	最大值	平均值	最小值
石家庄	600 ~ 1 200	1 894.6	628.1	100.6	0.16	0.14	0.13
	1 200 ~ 1 900	277.3	198.4	100.0	0.19	0.15	0.14
	1 900 ~ 3 000	270.0	52.9	4.7	1.03	0.18	0.11
	3 000 ~ 4 500	162.0	18.3	0.0	1.37	0.32	0.11
	4 500 ~ 6 600	120.0	22.2	2.0	1.30	0.28	0.11
邯郸	600 ~ 1 800	664.6	301.3	1.3	0.72	0.19	0.14
	1 800 ~ 2 700	451.3	158.2	0.0	1.35	0.20	0.11
	2 700 ~ 6 400	482.0	154.1	0.6	0.34	0.16	0.11

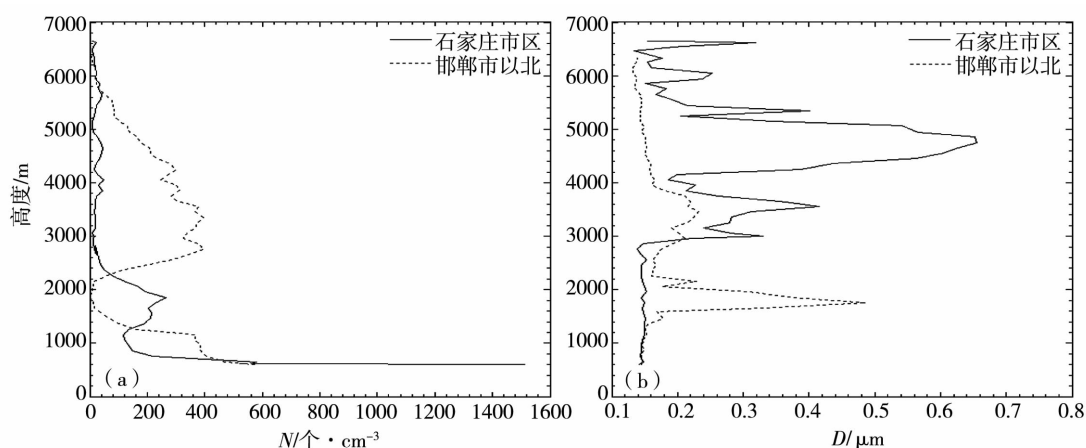


图3 石家庄和邯郸市上空气溶胶数浓度(a)与粒子直径(b)垂直分布

Fig.3 Vertical distribution of aerosol number concentration (a) and particles diameter (b) over Shijiazhuang and Handan

底位置。从图 1b 看出,入云后相对湿度高达 80%~90%。云中的气溶胶吸湿增长活化成凝结核,导致平均数浓度降至 18.3 个/cm³。4 500 m 高度飞机出云,相对湿度降至 60%,由于受地面气溶胶源影响较小,气溶胶浓度变化起伏不大,浓度平均值 22.2 个/cm³,尺度分布类似于稳定的背景气溶胶。对石家庄 600~6 600 m 上空的气溶胶浓度进行统计得出,气溶胶粒子平均数浓度为 137.6 个/cm³。邯郸上空 600~1 800 m 数浓度随高度递减,1 800 m 左右出现了极小值。1 800~2 700 m 数浓度随高度增大,2 800~4 250 m 数浓度随高度波动且大体呈递减趋势,4 300~6 400 m 数浓度随高度递减。600~1 800 m 数浓度最大值 544.6 个/cm³,平均值 192.4 个/cm³,受高空风及降水冲刷作用的影响,且探测区域位于邯郸市以北大约 3 km 处,污染程度相对石家庄要轻,气溶胶平均数浓度量级为 10²。1 800~2 700 m 高度段受逆温的影响,气溶胶粒子在逆温层下累积,最大数浓度达 451.3 个/cm³。2 800~6 400 m 由于逆温的存在,数浓度曲线呈一定的波动,但总体趋势浓度随高度递减。邯郸市 600~6 400 m 上空气溶胶粒子平均数浓度为 164.7 个/cm³。

通过对石家庄和邯郸两地气溶胶垂直分布特征进行对比分析,发现气溶胶数浓度高低受天气状况的影响十分明显,尤其是地面风速大小和逆温层高度。气溶胶数浓度高值出现在地面风速小或有逆温的状态下^[12]。另外,降水对气溶胶的湿清除作用明显。

从图 3b 看出,石家庄市区上空 600~2 700 m 高度范围内粒子直径变化不大,2 800~6 600 m 高

度范围粒子直径随高度起伏变化较大。粒子直径的变化范围为 0.14~0.65 μm,平均直径为 0.24 μm。根据宏观记录记载,3 000~3 600 m 之间周围雾气很重,3 600 m 飞机到达云底。从石家庄粒子直径垂直分布来看,3 000 m 高度附近,粒子直径增大至 0.34 μm。这可能是由于飞机穿越小块层云,导致气溶胶粒子吸湿增长。从图 1b 可以看出 3 000 m 高度相对湿度突增至 80%。4 500 m 高度飞机入云,液态含水量(LWC)高达 0.197 g/cm³,由于云中的气溶胶吸湿增长,使得气溶胶粒子直径在 4 500 m 出现峰值。由于飞机在上升过程中反复穿云,导致粒子直径垂直分布呈曲线波动。从图 1 看出,石家庄市区上空 3 000 m 高度开始,相对湿度增大至 80%;4 500~6 000 m 之间相对湿度高达 90%。对图 4 中石家庄 600~6 600 m 上空的气溶胶粒子直径进行统计得出,石家庄上空的粒子平均直径为 0.26 μm。

邯郸市以北约 3 km 处 600~6 400 m 上空气溶胶粒子平均直径为 0.16 μm,其中 600~1 400 m 高度范围内粒子直径变化不大,1 500~4 000 m 高度范围内粒子直径随高度起伏变化较大,4 000 m 高度开始粒子直径变化不大。粒子直径的变化范围为 0.14~0.49 μm,平均直径为 0.18 μm。飞机在 1 700 m 高度入云,云顶高度大约在 4 000 m 左右。粒子直径在 1 700 m 高度达到峰值,之后在 4 000 m 高度出现一个次峰值后,粒子直径变化趋于平稳。

统计结果表明当天两地空中主要以细小的气溶胶粒子为主。石家庄上空气溶胶粒子最大直径和平均直径比邯郸大,这与范焱等^[13]分析北京及周边地区的不同天气状况下气溶胶分布特征得出雨天直径

较大,平均直径为 $0.25 \mu\text{m}$ 的结论一致。这主要是因为飞机在石家庄市爬升过程中反复穿云,云中相对湿度较大,气溶胶粒子吸湿增长导致了粒子直径比邯郸偏大。

2.2 气溶胶粒子数浓度与平均直径的水平分布

飞机在石家庄 $600 \sim 6600 \text{ m}$ 垂直探测结束后,下降到 2400 m 后,途经元氏、高邑、临城、邢台市、沙河到达邯郸市以北大约 3 km 处,进行 $600 \sim 6400 \text{ m}$ 垂直探测,探测结束后原路返回。

从图 4 看出,石家庄 600 m 上空气溶胶粒子直径在 $0.13 \sim 0.16 \mu\text{m}$ 之间波动,粒子平均直径为 $0.14 \mu\text{m}$ 。数浓度变化范围为 $183.3 \sim 1895 \text{ 个}/\text{cm}^3$ 。数浓度波动与降水分布不均匀以及石家庄二环周围污染分布情况有很大关系。邯郸 600 m 高度气溶胶数浓度变化范围为 $393.3 \sim 664.7 \text{ 个}/\text{cm}^3$,变化幅度

不太明显。这主要是由于探测区域位于邯郸市以北 3 km 处,污染相对较轻, 7 m/s 的高空风对气溶胶粒子的扩散起到了积极作用^[14-15]。另外,由于降水冲刷作用的影响,粒子数浓度量级降至 10^2 。粒子直径变化范围为 $0.14 \sim 0.15 \mu\text{m}$,变化幅度较小。粒子数浓度与直径呈负相关性。雨后空气相对湿度增大,气溶胶粒子吸湿增长并活化成凝结核或小的云滴,导致气溶胶粒子直径增大,粒子数浓度降低。雨天数浓度较晴天和阴天低一个量级^[16-17]。

2.3 气溶胶谱分布

图 5 分别给出石家庄上空 600 m 、 3000 m 、 6600 m 及邯郸上空 600 m 和 6400 m 高度的气溶胶粒子谱分布。从图 5a 看出, 600 m 和 6600 m 气溶胶密度谱呈单峰分布, 3000 m 谱型呈双峰分布。 3000 m 谱第二个峰值出现在 $0.6 \mu\text{m}$ 附近,这可能是

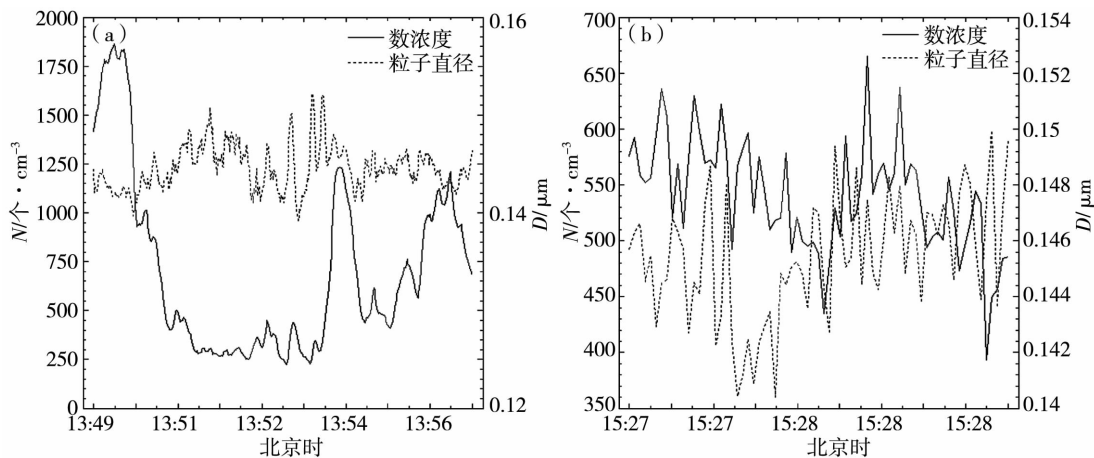


图 4 石家庄(a)与邯郸(b)600 m 高度气溶胶数浓度和直径的水平分布

Fig. 4 The horizontal distribution of number concentration and mean diameter on 600 m height over Shijiazhuang (a) and Handan (b)

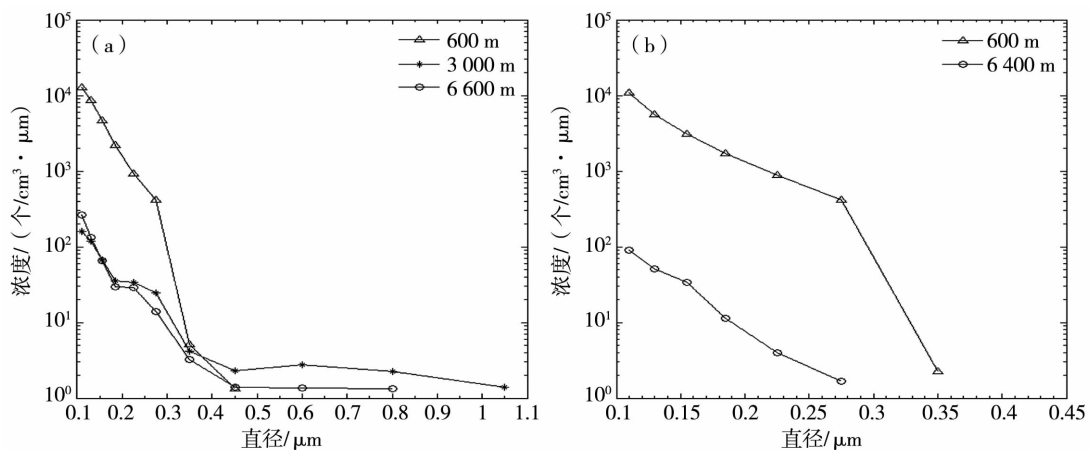


图 5 石家庄雨天条件下(a)与邯郸阴天轻雾条件下(b)的气溶胶数密度谱分布

Fig. 5 The spectrum distribution of aerosol number concentration under rainy weather condition in Shijiazhuang (a) and foggy weather condition in Handan (b)

由于石家庄 2 500 ~ 3 000 m 之间逆温层的阻挡作用,逆温层下粒子大量堆积所致。从低层到高层气溶胶粒子主要为直径 $< 0.25 \mu\text{m}$ 的细粒子。图 5b 可以看出,邯郸上空 600 m 和 6 400 m 的气溶胶粒子谱均呈单峰分布,600 m 谱宽比 6 400 m 宽,小粒子端的峰值相差 2 个量级。气溶胶集中在 $0.12 \sim 0.15 \mu\text{m}$ 区间。

通过对比发现,石家庄 6 600 m 密度谱比邯郸 6 400 m 密度谱要宽。这可能是由于受石家庄降水影响,气溶胶粒子“吸食”水汽变大效应增强,导致石家庄气溶胶粒子谱比较宽^[11]。

3 结 论

(1)通过对石家庄与邯郸市气溶胶数浓度垂直和水平分布特征的分析,发现地面附近和逆温层底是数浓度的高值区。降水天气条件下,气溶胶数浓度水平分布存在较大幅度波动,数浓度最大值和平均值均高于降水发生后。由于降水分布不均匀,雨水对气溶胶粒子冲刷程度不同,数浓度高值与低值相差 1 个量级。研究表明,气溶胶粒子数浓度的高低强烈依赖于天气状况、云层分布及降水分布,尤其是风速大小和逆温层的存在对气溶胶数浓度的影响明显。

(2)粒子直径受相对湿度的影响比较大。雨天条件下气溶胶最大直径和平均直径较晴天、阴天轻雾要大。云中的气溶胶由于吸湿增长活化成凝结核或小的云滴,云中气溶胶直径比云外大,数浓度比云外低,有一定的负相关性。气溶胶粒子在高层卷云内水平分布起伏变化较大,可能与气溶胶粒子核化为冰晶有关。云内气溶胶粒子尺度变化范围为 $0.4 \sim 0.6 \mu\text{m}$ 。

(3)石家庄上空 600 m 和 6 400 m 的气溶胶数密度谱呈单峰分布, $0.1 \sim 0.3 \mu\text{m}$ 的小粒子占气溶胶数浓度的比例最大;3 000 m 高度上的气溶胶数密度谱呈双峰分布,第一个峰值出现在 $0.1 \mu\text{m}$ 处,第二个峰值出现在 $0.6 \mu\text{m}$ 处。邯郸市上空 600 m

和 6 400 m 数密度谱均呈单峰分布。由于大气条件的变化,改变了粒子的吸湿、碰并、凝结等微物理过程,从而使粒子谱发生变化。

参考文献:

- [1] 康富贵,李耀辉. 近 10a 西北地区沙尘气溶胶研究综述[J]. 干旱气象,2011,29(2):144-150.
- [2] 翟颖佳,李耀辉,陈玉华. 全球及中国区域气候变化预估研究主要进展简述[J]. 干旱气象,2013,31(2):441-449.
- [3] 孙霞,银燕,孙玉稳,等. 一次霾过程的气溶胶特征分析[J]. 兰州大学学报(自然科学版),2010,46(增刊):102-106.
- [4] 马梁臣,银燕. 2009 年石家庄地区不同天气条件下大气气溶胶分布特征[J]. 气象与环境学报,2013,29(3):21-28.
- [5] 马新成,田伟红,张磊,等. 2004 年北京地区秋季大气气溶胶粒子分布特征[J]. 气象科技,2011,39(6):685-689.
- [6] 陈鹏飞,张蕾,权建农,等. 北京上空气溶胶浓度垂直廓线特征[J]. 环境科学研究,2012,25(11):1217-1221.
- [7] 孙玉稳,孙霞,银燕,等. 华北地区气溶胶数浓度和尺度分布的航测研究[J]. 中国环境科学,2012,32(10):1736-1743.
- [8] 张佃国,樊明月,肖稳安. 山东地区秋季飞机观测气溶胶特征的初步分析[J]. 气象与减灾研究,2009,32(4):61-66.
- [9] 郭金平,段英,游疾平,等. 河北地区秋季大气气溶胶物理特征分析[J]. 中国粉体技术,2010,16(1):5-8.
- [10] 庞朝云,张丰伟,张建辉. 西北干旱地区一次降水性层状云的飞机观测分析[J]. 干旱气象,2013,31(2):272-277.
- [11] 孙玉稳,孙霞,银燕,等. 华北平原中西部地区秋季(10月)气溶胶观测研究[J]. 高原气象,2013,32(5):1308-1320.
- [12] 居丽玲,牛生杰,段英. 一次秋季冷锋降水过程气溶胶与云粒子分布的飞机观测[J]. 大气科学报,2011,34(6):697-707.
- [13] 范焯,郭学良,付丹红,等. 北京及周边地区 2004 年 8、9 月间大气气溶胶分布特征观测分析[J]. 气候与环境研究,2007,12(1):49-62.
- [14] 孙霞,银燕,孙玉稳,等. 石家庄地区春季晴、霾天气气溶胶观测研究[J]. 中国环境科学,2011,31(5):705-713.
- [15] 周黎明,陈跃,牛生杰,等. 祁连山北坡夏季晴天气溶胶粒子变化特征[J]. 干旱气象,2014,32(2):233-238.
- [16] 张瑜. 河北地区秋季气溶胶飞机探测资料分析[D]. 南京:南京信息工程大学,2008. 31-46.
- [17] SUN Yu wen, SUN Xia, JIANG Yan, et al. Analysis on the Distribution Characteristics of Atmospheric Aerosol Particles in Hebei Area in the Cloudy Day Condition[J]. Meteorological and Environmental Research, 2010, 1(7):9-11.

An Airplane Detection of Aerosol over the Middle – South of Hebei Province on Rainy Day

HU Xiangfeng^{1,2}, HAN Yang^{1,2}

(1. *Weather Modification Office of Hebei Province, Shijiazhuang 050021, China*;
2. *Hebei Key Laboratory of Meteorology and Ecological Environment, Shijiazhuang 050021, China*)

Abstract: Based on the airplane detection data over the middle – south of Hebei Province on Sept 8, 2009, the aerosol particle concentration, diameter and the particle spectrum distributions over Shijiazhuang and Handan were analyzed. The results indicate that the aerosol average number concentration was $137.6/\text{cm}^3$ and the average diameter was $0.26 \mu\text{m}$ under rainy weather condition. The aerosol particles mainly concentrated on the low troposphere below 2 000 m, and the aerosol number concentration decreased with height. The aerosol average number concentration was $164.7/\text{cm}^3$ and the average diameter was $0.16 \mu\text{m}$ under cloudy and foggy weather condition after precipitation. The aerosol accumulated distinctly on the bottom of inversion temperature layer, and the aerosol number concentrations decreased significantly inside the cloud. The aerosol particle concentration was very sensitive to the underlying surface and the distribution of cloud area. The aerosol particle spectrum on the level of 600 m and 6 600 m presented unimodal pattern, and on the 3 000 m level it presented bimodal change over Shijiazhuang. The aerosol particle spectrum on the level of 6 400 m presented unimodal change and the spectral width was narrow over Handan.

Key words: aerosol; airplane observation; vertical distribution; horizontal distribution; spectrum distribution

(上接第 473 页)

Analysis of Radar Product About a Heavy Rain Process in Chongqing

CHEN Peng¹, LIU De¹, GAN Weiwei³, ZHOU Yingying², ZHAI Danhua¹, HE Yue¹

(1. *Chongqing Meteorological Observatory, Chongqing 400039, China*; 2. *Wanzhou Meteorological Observatory of Chongqing, Wanzhou 404100, China*; 3. *Institute of Plateau Meteorology, CMA, Chengdu 610072, China*)

Abstract: Based on radar product data, a heavy rain process in the northeast of Chongqing on 8 July 2010 was analyzed. The results are as follows: (1) The weather process mainly caused by local convection precipitation echo, which stayed for a long time and led to high intensive single – point precipitation. The echos merged and that meant energy concentration and enhancement of convergence upward movement, so when single echo merged with others, it would show an increasing trend. (2) The upwind area and adjacent wind field formed strong convergence ascending motion during rainfall process, which influenced the intensity and distribution of horizontal convergence and divergence, and it was benefit to water vapor transport upward and the landing of precipitation particles. (3) From the storm motion, the storms had the characteristics of stability and strong intensity, and the dying time connected with generation time, and two storms didn't coexist at the same time. In addition, the storm tracking information products (STI) had no high accuracy for storm path forecast at the stage of generation and dying time, but at the mature stage, forecast results coincided with the actual highly.

Key words: heavy rain; radar echo; upwind area; convergence line