

文章编号: 1000-694X(2012)02-458-07

河西走廊干旱区气溶胶粒子光吸收特征

向涛, 张武*, 史晋森, 黄建平, 闭建荣

(兰州大学 大气科学学院 半干旱气候变化教育部重点实验室, 甘肃 兰州 730000)

摘要: 利用 2008 年 4—6 月在张掖气候观象台的黑碳仪观测资料, 结合同时期的 PM_{10} 浓度和气象要素观测结果, 分析了河西走廊干旱区的气溶胶吸收系数变化特征。讨论了气溶胶总体特征、日变化特征、局地风对吸收性气溶胶的输送以及沙尘天气下气溶胶吸收系数变化特征, 并估算了沙尘气溶胶的质量吸收系数。结果表明, 观测期间气溶胶吸收系数(532 nm)的平均值(标准差)为 11.9 Mm^{-1} (10.1 Mm^{-1})。一日内气溶胶吸收系数有明显的日变化, 早(08:00)晚(21:00)有两个峰值, 且夜间的气溶胶吸收系数值较白天要高。风向的昼夜转换是影响气溶胶吸收系数日变化的一个重要原因。沙尘气溶胶也有一定的吸收性, 其质量吸收系数估算为 $0.016 \text{ m}^2 \cdot \text{g}^{-1}$ 。

关键词: 气溶胶; 吸收; 散射; 河西走廊

中图分类号: X16 文献标识码: A

大气气溶胶是由直径为 $0.1 \sim 10 \mu\text{m}$ 的液态、固态颗粒物与大气组成的多相体系。大气气溶胶辐射特性及其对气候变化影响的准确和系统的科学认识, 不仅是当今国际全球变化研究前沿, 也是中国提高气候变化预测水平和满足气候变化应对的国家重要需求亟待解决的关键科学问题。大气气溶胶可以通过散射和吸收太阳辐射直接影响地-气系统的辐射收支。一方面, 大气气溶胶通过散射太阳光而减少地球-大气系统接收到的太阳辐射量而直接影响地球-大气系统的能量平衡, 即由于气溶胶粒子的散射可以造成一个负的辐射强迫。另一方面, 大气气溶胶吸收太阳辐射并加热吸收性气溶胶层, 又使得大气温度增加。气溶胶的吸收和散射特性是研究气溶胶气候效应的重要参数。

中国西北干旱区是全球主要的沙尘暴源区之一^[1], 每年东亚沙漠向大气释放约 214 Tg 沙尘气溶胶, 约占全球沙尘气溶胶释放总量的 11%^[2]。起源于该地区的沙尘气溶胶还随西风输送到北太平洋甚至北美^[3-4]。沙尘气溶胶在传输过程中会与传输路径上的污染物如黑碳气溶胶等粒子混合, 改变沙尘气溶胶的组成与吸收性质^[5-6]。

近年来, 对气溶胶辐射特性开展了大量工作, 在中国区域开展的气溶胶观测主要关注的是东部地区和城市的气溶胶理化和光学特征, 如北京^[7]、广州^[8]、上甸子^[9]、临安^[10]、锡林浩特^[11-12]等。在中

国西北地区, 往往关注的是沙尘气溶胶^[13-18], 而对黑碳气溶胶及其吸收特性的研究较少。气溶胶吸收特性研究进展缓慢, 气溶胶吸收性相关观测实验资料不足, 制约着对大气气溶胶辐射特性的完整理解, 难以客观刻画气溶胶辐射效应的空间、时间变化, 制约大气数值模式模拟能力。

利用 2008 年 4—6 月中美联合沙尘暴观测试验期间, 在张掖国家气候观象台观测的气溶胶光学特征以及 PM_{10} 浓度资料, 分析了河西走廊干旱区(以张掖为代表)春季气溶胶吸收特性的特征及其影响因素。

1 观测地点和仪器

甘肃河西走廊位于青藏高原与蒙古高原之间, 南以祁连山和阿尔金山为界, 北至马鬃山、合黎山和龙首山, 东起乌鞘岭, 西迄甘新省界。东西长约 1 000 km, 南北宽约 10~100 km, 为西北-东南走向的狭长平地。地势自东南向西北倾斜, 大部分海拔 1 000~2 500 m。本次观测实验地点位于河西走廊中部的张掖国家气候观象台 (39.082°N , 100.276°E , 海拔 1 460 m, 图 1)。该观测点位于张掖市的西北方向, 巴丹吉林沙漠的西南方向。该地区全年干旱少雨, 下垫面为典型的戈壁。该地区产业主要以农业为主, 工业污染源较少。

观测期间采用了七波段 (370、430、470、532、

收稿日期: 2011-07-12; 改回日期: 2011-08-18

基金项目: 国家自然科学基金重点项目 (40633017) 资助

作者简介: 向涛 (1986—), 男, 湖北仙桃人, 硕士研究生, 研究方向为大气辐射和遥感。Email: xiangt08@163.com

* 通讯作者: 张武 (Email: wzhang@lzu.edu.cn)

565、700 nm 和 950 nm) 黑碳仪 (Aethalometer, Model AE-31, 美国 Magee Scientific) 来测量黑碳气溶胶质量浓度。根据黑碳仪的测量原理, 采用如下间接方法计算气溶胶吸收系数:

$$\sigma_{ap} = [BC] \times \sigma / 1.9 \quad (1)$$

式中: σ_{ap} 为气溶胶吸收系数; $[BC]$ 为黑碳气溶胶质量浓度; σ 为气溶胶比吸收系数。在吴兑等^[19]和 Yan 等^[9]的研究中将 880 nm 通道的黑碳气溶胶质量浓度转换为气溶胶吸收系数 (532 nm) 时, 取 σ 为 $8.28 \text{ m}^2 \cdot \text{g}^{-1}$ 。采用这一取值来计算气溶胶吸收系数。由于黑碳仪观测中没有 880 nm 这一通道, 研究^[20]表明, 在黑碳仪各通道的测量结果中, 与 880

nm 相邻通道的黑碳测量结果是十分接近的。因此, 采用与 880 nm 通道较为接近的 700 nm 通道的黑碳浓度来计算气溶胶吸收系数。

利用三波段 (450、550、700 nm) 积分浑浊度仪 (Integrating Nephelometer, Model 3563, 美国 TSI) 测量了气溶胶散射系数, 仪器输出分辨率为 0.1 Mm^{-1} , 观测中设定为每 5 min 输出一次测量结果。

采用美国 Thermo 公司生产的 TEOM (Tapered Element Oscillating Microbalance, 美国 Rupprecht & Patashnick) 1400ab 环境颗粒物监测仪测量 PM_{10} 质量浓度。该仪器的输出分辨率为 $0.1 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ 。设定为 1 min 输出一次测量结果。

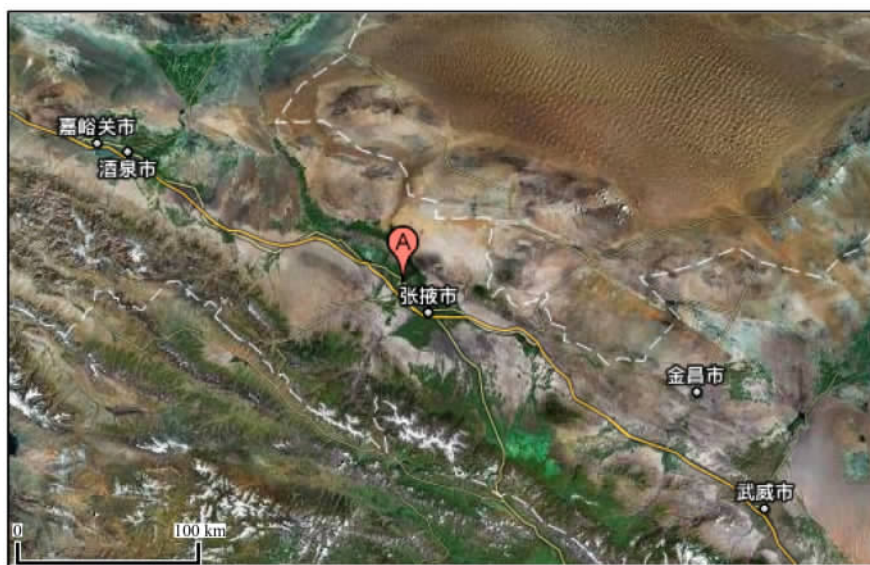


图 1 观测点位置 (A 为观测点位置)

Fig. 1 Location of the measuring site

常规气象资料观测采用芬兰 Vaisala 公司生产的 WXT510 便携式气象传感器, 可同时观测风速、风向、降水、气压、温度、湿度等气象参数。本次观测设定为 1 min 输出一次测量结果。

本次观测中黑碳仪、积分浑浊度仪和 TEOM 1400ab 采样装置进气口距地面高度约 10 m, WXT-510 的位置距地面约 4 m。将以上测量结果分别统计为 5 min 均值和 1 h 均值后进行分析。

2 结果与讨论

2.1 观测期间天气特征

观测期间天气以晴天为主, 共出现了 8 次沙尘天气过程, 其中 5 月 2 日—5 月 3 日、5 月 8 日、5 月 11 日和 6 月 13 日出现了 4 次较强沙尘天气。另外 4 次沙尘过程分别发生在 4 月 26 日、5 月 26 日、5

月 29 日和 6 月 12 日。白天多为西北风或偏北风, 而夜间则以东南风为主, 小时风速平均为 $3.1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, 通常午后容易出现较大风速。平均气温为 $18.3 \text{ }^\circ\text{C}$ 。观测期间相对湿度较低, 平均仅为 28.1%, 共观测到 7 次降水, 降水量累积为 4.81 mm。过程降水量最大 (6 月 13 日) 为 3.76 mm, 最小时 (5 月 20 日) 仅有 0.01 mm。

2.2 气溶胶吸收系数总体特征

如图 2 为观测期间 532 nm 气溶胶吸收系数逐时变化曲线, 气溶胶吸收系数平均值为 11.9 Mm^{-1} , 低于 Bergin 等^[8]在北京测量的 83 Mm^{-1} (565 nm), Andreae 等^[7]在广州测量的 91 Mm^{-1} (540 nm), Yan 等^[9]在上甸子观测到的 17.5 Mm^{-1} (525 nm) 和 Xu 等^[10]在临安测量的 23 Mm^{-1} (565 nm), 高于 Xu 等^[5]在榆林观测到的 6 Mm^{-1} (565

nm)。由于临安和上甸子均为区域本底站,这说明观测地区大气中的吸收性气溶胶含量还是处于一个较低的水平,但仍一定程度上受到了人类活动的污染物排放的影响。整个时间序列的标准差为 10.1 Mm^{-1} ,说明气溶胶吸收系数的波动较大。反映出观测期间吸收性气溶胶的富集和清除幅度都很

大。其中气溶胶吸收系数最大值(4月23日01:00,北京时间,下同)为 68.1 Mm^{-1} ,最小值(5月27日15:00)为 1.2 Mm^{-1} 。最大值为最小值的57倍。从4月到6月,气溶胶吸收系数有减小的趋势。这可能是因为进入夏季后,强对流天气增多,有利于吸收性气溶胶的扩散稀释。

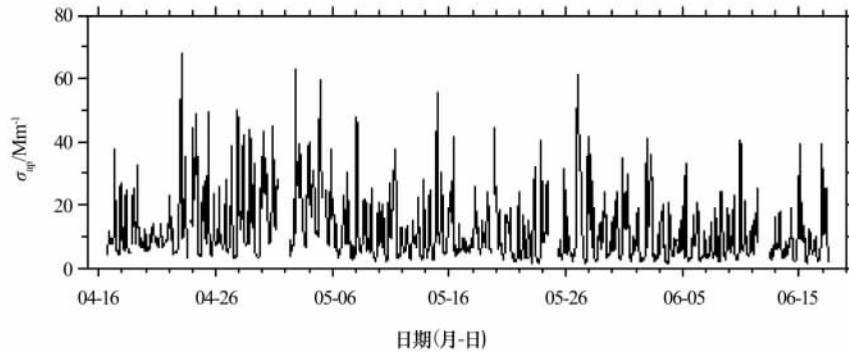


图2 气溶胶吸收系数(532 nm)小时均值时间序列

Fig. 2 Time series of hourly averaged aerosol absorption coefficient at 532 nm

2.3 气溶胶吸收系数日变化

图3为观测期间气溶胶吸收系数的日变化。为了避免沙尘天气出现的极端值对平均日变化的影响,各小时值采用的是中位数。可以看到,气溶胶吸收系数在一日内的变化表现为早晨08:00左右和晚上21:00左右有两个峰值。早晚峰值时段对应的气溶胶吸收系数的均值(标准差)分别为 19.1 Mm^{-1} (10.0 Mm^{-1})和 19.3 Mm^{-1} (11.4 Mm^{-1})。这主要与当地早晚的黑碳气溶胶排放以及大气层结的日变化有关,由于早晚这两个时段当地居民生活类燃烧比较集中,黑碳气溶胶排放较多,且大气层结相对稳定,对流活动弱,混合层高度较低,局地源排放的

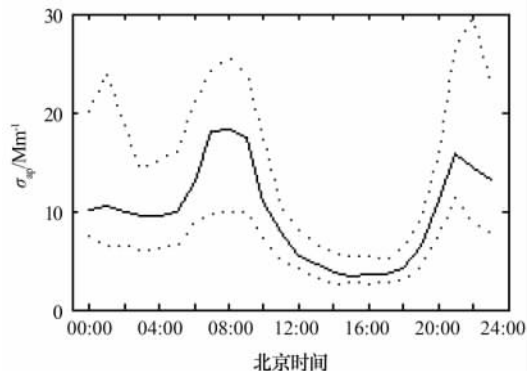


图3 气溶胶吸收系数(532 nm)日变化

(实线为一日内各小时值的中位数,虚线为第25百分位数(下)和第75百分位数(上))

Fig. 3 Diurnal variation of aerosol absorption coefficient at 532 nm

黑碳气溶胶扩散稀释较慢而在近地面堆积,使得观测到的气溶胶吸收系数增大。而一天中气溶胶吸收系数极小值出现在下午14:00时前后。对应的均值(标准差)为 4.5 Mm^{-1} (2.3 Mm^{-1})。这一时段黑碳气溶胶排放较少,且是一天中太阳辐射最强的时段,对流活动强,混合层高度抬升,较强的湍流活动等有利于近地面黑碳气溶胶的扩散稀释。

与白天相比,整个夜间20:00—次日08:00的气溶胶吸收系数都较高。这说明了夜间观测点存在有吸收性气溶胶的富集,这可能与夜间的局地风对吸收性气溶胶输送有关。

2.4 风向对气溶胶吸收系数的影响

图4为观测期间风的日变化,一日内风向有明显的昼夜转换,夜间到上午一般为南风或东南风,而中午到午后一般为西北风。这种风向的变化主要与观测地区的山谷地形有关。祁连山及观测点所处的山谷在一日内由于同一高度上的热力差异,容易形成一个局地的山谷环流。白天盛行谷风,夜间盛行山风。

由于观测点东南方约20 km为张掖市区,那里人口相对密集,工业活动及城市交通等排放源较西北方向的农业区要多,黑碳排放量较大。因此,当观测点受东南风(或偏东南风)控制时,往往会把张掖市区排放的黑碳气溶胶带到观测点,气溶胶吸收系数容易出现较高值。而出现西北风(或偏西北风)时,气流较为洁净,气溶胶吸收系数往往容易出现较

低值(图 5)。可见该地区的吸收性气溶胶主要来源于周围人口密集城市的人为活动排放。

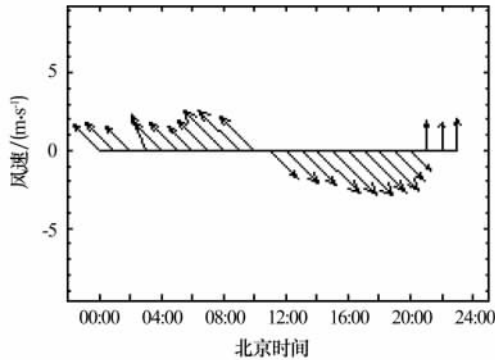


图 4 风日变化

Fig. 4 Diurnal variation of wind speed

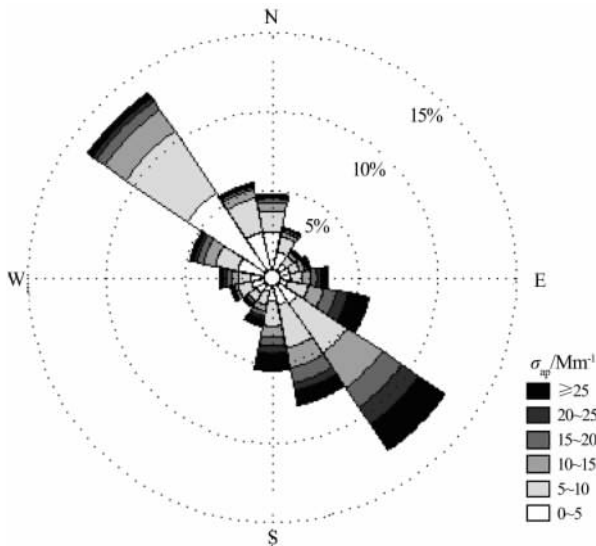


图 5 气溶胶吸收系数(532 nm)风玫瑰图

Fig. 5 Wind rose for aerosol absorption coefficient at 532 nm

2.5 沙尘天气气溶胶吸收系数变化特征

发生沙尘天气时,大风使得地面沙、尘大量进入到大气中,大气中悬浮颗粒物浓度增大,此时,沙尘气溶胶是大气中主要的气溶胶成分,已有研究表明,沙尘天气条件下沙尘气溶胶吸收占气溶胶总吸收的比例会增大^[21],这主要是因为沙尘气溶胶在传输过程中会与传输路径上的黑碳等气溶胶粒子混合作用,改变了其组成与吸收性质。

图 6 为 5 月 2 日—5 月 3 日的一次强沙尘天气过程前后风向、风速、气溶胶吸收系数以及 PM_{10} 浓度的 5 min 平均值时间序列。这次沙尘天气过程从 5 月 2 日 18:00 时开始,到 5 月 3 日 09:00 时基本结束。沙尘天气爆发前最大 5 min 平均风速达到了

$12.8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ (西北风,5 月 2 日 16:15)。且整个 16:00 的风速都超过了 $10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$,风向均为西北。沙尘期间气溶胶吸收系数随 PM_{10} 浓度有明显的增大,二者的变化趋势也较为一致。这反映了沙尘气溶胶对吸收系数的贡献。期间气溶胶吸收系数最大值达到 70.2 Mm^{-1} ,而 PM_{10} 浓度最大值达到 $4541.0 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ 。均远高于二者在观测期间的平均值。

图 7 为这次沙尘过程的气溶胶随气流输送的后向轨迹,对应的为北京时间 5 月 2 日 20:00 时,这一时段较前一小时气溶胶吸收系数有明显增大,后向轨迹分析显示到达张掖的气流经过了中亚地区和塔克拉玛干沙漠。

2.6 沙尘气溶胶质量吸收系数

在一般天气条件下,大气中的吸收性物质主要为黑碳气溶胶,而黑碳在大气中的含量占大气气溶胶比例很少,其浓度的变化对总气溶胶浓度的影响较小,因此,二者的线性相关性较差^[22]。但在沙尘天气条件下,沙尘气溶胶对气溶胶吸收的贡献不可忽略,其浓度的变化将直接影响气溶胶吸收系数的变化。

图 8 为沙尘天 PM_{10} 浓度与气溶胶吸收系数的散点图,二者相关系数的平方为 0.57。根据最小二乘法拟合的结果,估计沙尘气溶胶质量吸收系数约为 $0.016 \text{ m}^2 \cdot \text{g}^{-1}$ 。与黑碳气溶胶的质量吸收系数 ($\sim 10 \text{ m}^2 \cdot \text{g}^{-1}$ ^[23])相比,沙尘气溶胶的质量吸收系数要小得多。

3 气溶胶散射特征和单次散射反照率

将同时期三波段积分浑浊度仪测量的气溶胶散射系数进行插值,得到 532 nm 处的气溶胶散射系数为 100.0 Mm^{-1} 。气溶胶单次散射反照率(Single Scattering Albedo)定义为气溶胶散射系数与消光(散射+吸收)系数的比值,可以得到相同波段的气溶胶单次散射反照率的平均值为 0.88(表 1)。与中国其他地区的研究结果相比^[5-10],该地区的气溶胶表现出低吸收、低散射、低单次散射反照率的特征。这反映出该地区气溶胶粒子总的消光较弱,且其中气溶胶粒子对太阳辐射的吸收衰减作用不可忽视。

4 结论

通过 2008 年 4 月 16 日—6 月 17 日对张掖地区气溶胶吸收系数的观测和同时期气象要素的分

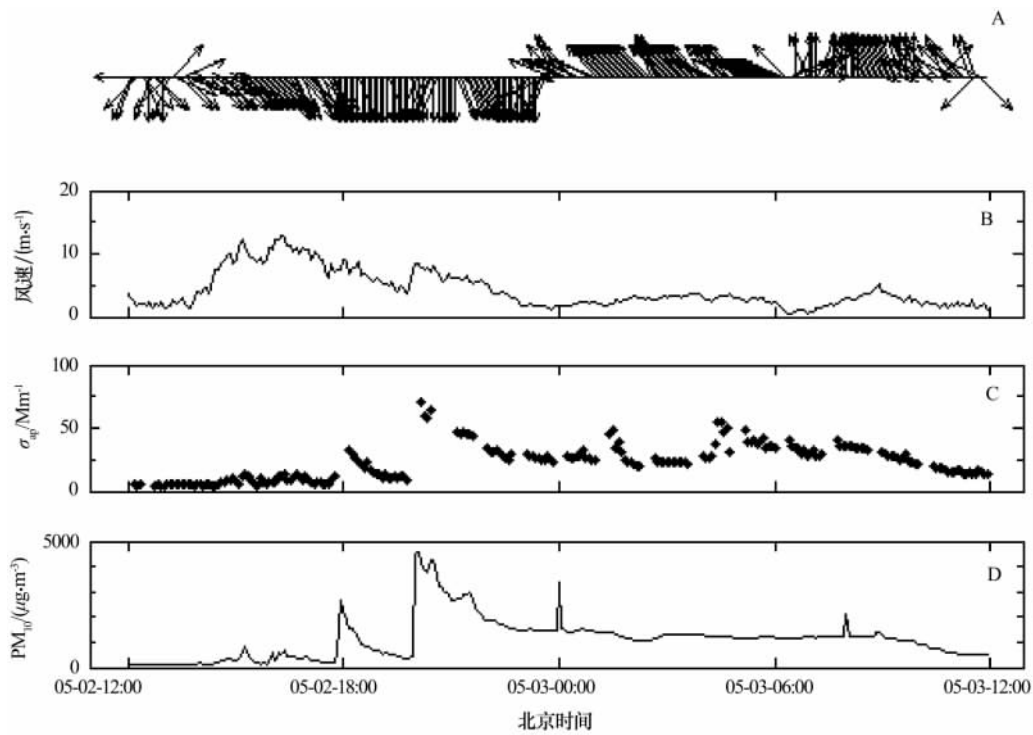


图 6 2008 年 5 月 2 日—5 月 3 日的一次沙尘天气过程风向(A)、风速(B)、气溶胶吸收系数(532 nm)(C)以及 PM₁₀ 浓度(D)5 min 平均值时间序列

Fig. 6 Time series of 5 minutes averaged wind direction (A), wind speed(B), aerosol absorption coefficient at 532 nm (C) and PM₁₀ mass concentration (D) during a dust event from May 2 to May 3, 2008

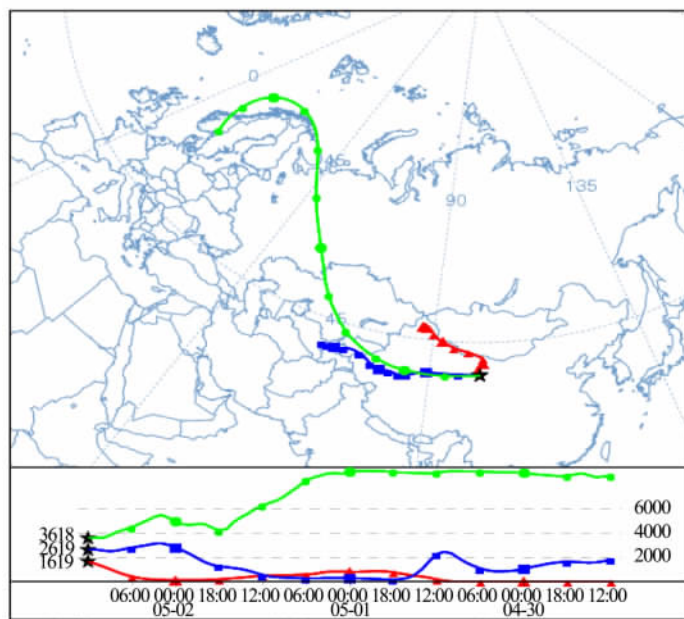


图 7 2008 年 5 月 2 日观测点后向轨迹(北京时间 5 月 2 日 20:00 结束)

Fig. 7 Backward trajectory ending at Zhangye site at 20:00 (BST) on May 2, 2008

析,得出以下结论:

1)小时平均 532 nm 气溶胶吸收系数平均为 11.9 Mm⁻¹。气溶胶散射系数和单次散射反照率分别为 100.0 Mm⁻¹和 0.88,观测地区的气溶胶表现

出低散射、低吸收和低单次散射反照率的特征,说明该地区的气溶胶吸收性较强。

2)观测点清洁天气气溶胶吸收系数日变化表现为早晨08:00和晚上21:00分别出现两个峰值,中午及

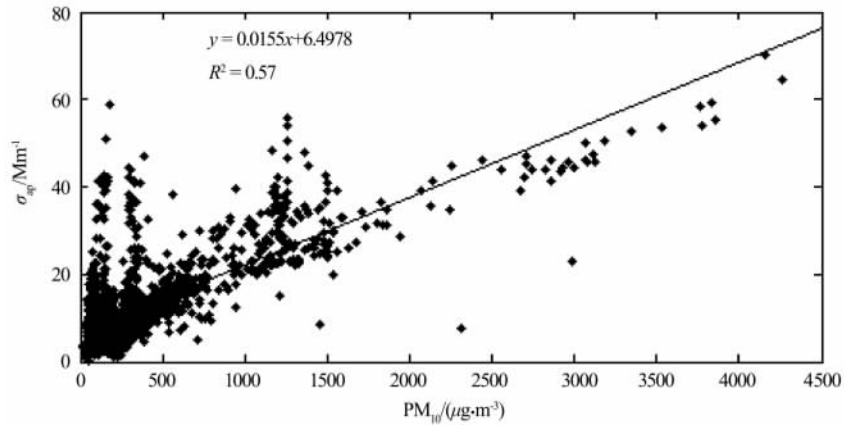
图 8 沙尘天 PM_{10} 浓度与气溶胶吸收系数(532 nm)散点图Fig. 8 Scatter diagram of PM_{10} concentration vs aerosol absorption coefficient at 532 nm in dust days

表 1 532 nm 气溶胶吸收系数(σ_{ap})、散射系数(σ_{sp})、单次散射反照率(SSA)以及 PM_{10} 浓度小时平均值时间序列特征统计

Table 1 The statistics of hourly average value of aerosol absorption coefficient(σ_{ap}), scattering coefficient(σ_{sp}), single scattering albedo(SSA) at 532 nm and PM_{10} mass concentration

统计值	σ_{ap}/Mm^{-1}	σ_{sp}/Mm^{-1}	SSA	$PM_{10}/(\mu g \cdot m^{-3})$
平均值	11.9	100.0	0.88	154.5
标准差	10.1	116.5	0.05	252.2

午后较低,这主要与局地源排放和大气层结状况的日变化有关。

3)风向是影响气溶胶吸收系数的一个重要因素,夜间来自于张掖市区方向的气流往往会使得气溶胶吸收系数值变大,而白天来自于西北方向农业区的气流则相对较洁净,气溶胶吸收系数较低。

4)沙尘天气条件下气溶胶吸收系数有一定的增加,但沙尘气溶胶的质量吸收系数仅约为 $0.016 m^2 \cdot g^{-1}$,其吸收能力相对较弱。

致谢:感谢兰州大学半干旱气候与环境观测站(SACOL)提供本文所用的资料。

参考文献(References):

[1] Goudie A S. Dust storms:Recent developments[J]. Journal of Environmental Management, 2009, 90: 89-94.

[2] Taichu Y Tanaka, Masaru Chiba. A numerical study of the contributions of dust source regions to the global dust budget [J]. Global and Planetary Change, 2006, 52: 88-104.

[3] Duce R A, Unni C K, Ray B J, et al. Long-Range atmospheric transport of soil dust from Asia to the Tropical North Pacific: Temporal variability [J]. Science, 1980, 209 (4464): 1532-1524.

[4] Zhao T L, Gong S L, Zhang X Y, et al. Asian dust storm influence on North American ambient PM levels: observational evidence and controlling factors [J]. Atmospheric Chemistry and Physics, 2008, 8: 2717-2728.

[5] Xu J, Bergin M H, Greenwald R, et al. Aerosol chemical, physical, and radiative characteristics near a desert source region of northwest China during ACE-Asia [J]. Journal of Geophysical Research, 2004, 109 (D19S03).

[6] Clarke A D, Shinozuka Y, Kapustin V N, et al. Size distributions and mixtures of dust and black carbon aerosol in Asian outflow: Physiochemistry and optical properties [J]. Journal of Geophysical Research, 2004, 109 (D15S09).

[7] Bergin M H, Cass G R, Xu J, et al. Aerosol radiative, physical, and chemical properties in Beijing during June 1999 [J]. Journal of Geophysical Research, 2001, 106 (D16): 17969-17980.

[8] Meinrat O Andreae, Otmar Schmid, Yang H, et al. Optical properties and chemical composition of the atmospheric aerosol in urban Guangzhou, China [J]. Atmospheric Environment, 2008, 42: 6335-6350.

[9] Yan P, Tang J, Huang J, et al. The measurement of aerosol optical properties at a rural site in Northern China [J]. Atmospheric Chemistry and Physics, 2008, 8: 2229-2242.

[10] Xu J, Bergin M H, Yu X, et al. Measurement of aerosol chemical, physical and radiative properties in the Yangtze delta region of China [J]. Atmospheric Environment, 2002, 36: 161-173.

[11] 章秋英, 牛生杰, 沈建国, 等. 半干旱区气溶胶散射特性研究 [J]. 中国沙漠, 2009, 29(4): 755-761.

[12] 章秋英, 牛生杰, 沈建国, 等. 半干旱区冬春季黑碳气溶胶吸收特性的观测研究 [J]. 中国沙漠, 2009, 29(1): 183-188.

[13] 牛生杰, 章澄昌. 贺兰山地区春季沙尘气溶胶的化学组分和富集因子分析 [J]. 中国沙漠, 2000, 20(3): 264-268.

[14] 李霞, 胡秀清, 崔彩霞, 等. 南疆盆地沙尘气溶胶光学特性及我国沙尘天气强度划分标准的研究 [J]. 中国沙漠, 2005, 25(4): 488-495.

[15] 牛生杰, 孙继明. 贺兰山地区大气气溶胶光学特征研究 [J]. 高原气象, 2001, 20(3): 298-301.

- [16] 辛金元, 张文煜, 袁九毅, 等. 沙尘气溶胶对直接太阳辐射的衰减研究[J]. 中国沙漠, 2003, 23(3): 311—315.
- [17] 延昊, 矫梅燕, 毕宝贵, 等. 塔克拉玛干沙漠中心的沙尘气溶胶观测研究[J]. 中国沙漠, 2006, 26(3): 389—393.
- [18] Yan H. Aerosol scattering properties in northern China[J]. Atmospheric Environment, 2007, 41: 6916—6922.
- [19] 吴兑, 毛节泰, 邓雪娇, 等. 珠江三角洲黑碳气溶胶及其辐射特性的观测研究[J]. 中国科学(D辑), 2009, 39(11): 1542—1553.
- [20] 薛福民, 李娟, 黄侃, 等. 塔克拉玛干沙漠黑碳气溶胶的特性及来源[J]. 中国科学(化学), 2010, 40(5): 556—566.
- [21] 潘小乐, 颜鹏, 汤洁. 2006年北京春季气溶胶吸收系数的分离研究[J]. 气候变化研究进展, 2007, 3(5): 249—254.
- [22] 高润祥, 牛生杰, 张华, 等. 2006年春季西北地区黑碳气溶胶的观测研究[J]. 南京气象学院学报, 2008, 31(5): 655—661.
- [23] Moosmuller H, Arnott W P, Rogers C F, et al. Photoacoustic and filter measurements related to aerosol light absorption during the Northern Front Range Air Quality Study (Colorado 1996/1997)[J]. Journal of Geophysical Research, 1998, 103(D21): 28149—28157.

Light Absorption Properties of Aerosol Particles in Arid Area of Hexi Corridor

XIANG Tao, ZHANG Wu, SHI Jin-sen, HUANG Jian-ping, BI Jian-rong

(Ministry of Education Key Laboratory of Semi-Arid Climate Change, College of Atmospheric Sciences, Lanzhou University, Lanzhou 730000, China)

Abstract: The aerosol absorption coefficient (σ_{ap}) was measured with an aethalometer at Zhangye observatory from March to June in 2008, in combining with the mass concentration of PM_{10} and the routine weather observation data, and a comprehensive analysis was conducted. We analyzed the general and diurnal variation features of σ_{ap} . Also we discussed absorptive aerosol transported by local wind and the variation feature of σ_{ap} during a dust event. It is found that aerosol absorption coefficient at 532 nm had a mean value of 11.9 Mm^{-1} , with standard deviation of 10.1 Mm^{-1} . The diurnal variation of σ_{ap} was significant, with two peaks at morning (08:00) and at night (21:00), and σ_{ap} was higher in the night than in the daytime. The diurnal variation of wind direction was one of the main impact factors causing diurnal variation of σ_{ap} . The dust aerosol also absorbed light, and its mass absorption efficiency was estimated to be $0.016 \text{ m}^2 \cdot \text{g}^{-1}$.

Keywords: aerosol; light absorption; light scattering; Hexi Corridor