

郑玉琦,于兴娜,项磊,等.东亚沙尘源区与下游地区气溶胶光学特性比较[J].气象与环境学报,2014,30(2):67-73.

ZHENG Yu-qi, YU Xing-na, XIANG Lei, et al. Comparison of aerosol optical properties over source region of sand dust and its down-wind region in the East Asia[J]. Journal of Meteorology and Environment, 2014, 30(2): 67-73.

东亚沙尘源区与下游地区气溶胶光学特性比较

郑玉琦¹ 于兴娜² 项磊² 登增然登³ 德庆央宗⁴

(1. 乾安县气象局, 吉林 乾安 131400; 2. 南京信息工程大学大气物理学院, 江苏 南京 210044;

3. 拉孜县气象局, 西藏 拉孜 858100; 4. 察隅县气象局, 西藏 察隅 860600)

摘 要:利用 AERONET 观测资料,从气候学的角度比较分析 2001—2011 年东亚地区沙尘天气发生时沙尘源区和下游地区大气气溶胶光学特性。结果表明:沙尘天气发生期间沙尘源区气溶胶光学厚度明显大于下游地区,而 Angström 波长指数小于下游地区,当沙尘暴出现时降至零甚至负值。气溶胶粒子尺度体积谱分布除敦煌为单峰外,其余各站均呈双峰型,香河和北京的细粒子浓度明显大于西北地区,可能是由于细的沙尘粒子和污染气溶胶共同造成。在 440—1020 nm 范围,中国站气溶胶单次散射反照率平均值为 0.93,韩国和日本站分别为 0.93 和 0.94。沙尘源区与下游地区相比,复折射指数实部偏大,虚部偏小。总体来说,沙尘天气下东亚地区在 4 个波段内平均不对称因子为 0.70。

关键词:沙尘气溶胶;远距离传输;复折射指数

中图分类号:P402 **文献标识码:**A **doi:**10.3969/j.issn.1673-503X.2014.02.009

引言

沙尘天气是造成生态环境污染的因素之一^[1]。东亚沙漠源区主要位于中国西北及蒙古国南部,属于中亚沙尘暴区的一部分,是全球沙尘气溶胶主要排放源地之一,因该地区的沙尘也是全球大气气溶胶的重要组成部分。东亚地区每年频繁发生沙尘暴天气,将大量沙尘送入大气并向下游地区传输,对东亚地区辐射强迫及气候效应产生重要影响^[2]。此外,沙尘粒子的远距离输送对海洋生态环境和其他国家居住环境也会产生一定的影响^[3]。每年全球输入大气层的气溶胶总量为 1.0×10^9 — 3.0×10^9 t,其中有 8.0×10^8 t 的沙尘气溶胶被输送到大气^[4]。近年来,东亚沙尘源区和下游地区的气溶胶光学特性逐渐成为研究的热点问题之一。

大气气溶胶的光学特性主要包括气溶胶光学厚度、Angström 波长指数、粒子尺度体积谱分布($dV(r)/d\ln r$)、折射指数($n-ik$)、单次散射反照率 and 不对称因子等参数,这些参数都是计算气溶胶的辐射强迫,研究气溶胶的气候效应的输入参数。目前中国学者对气溶胶的光学特性已有研究,成天涛和沈志宝^[5]模拟估算中国西北地区大气沙尘气溶胶的部分光学参数。牛生杰和孙继明^[6]分析贺兰山地区大气气溶胶的光学特征,并对各类天气条件下,大气气溶胶光学厚度、Angström 浑浊度系数和波长指数的

变化规律进行讨论。徐敬等^[7]对 2006 年春季沙尘天气下背景地区大气气溶胶光学特性进行观测研究。

关于大气气溶胶的光学参数已有大量的理论和观测研究。但这些研究大都研究时间较短或研究的范围较小,使用的观测仪器和反演算法等均存在较大的差异,难以准确地进行相互比较,对研究全球大气气溶胶的气候效应非常不利,本文选取 2001—2011 年全球地基气溶胶观测网络 Aerosol Robotic Network(AERONET)中国、韩国和日本的 12 个站的观测资料,分别代表沙尘传输路径的上游和下游地区,对沙尘天气气溶胶的光学特性进行比较研究,以进一步了解东亚沙尘气溶胶的传输特征及对气候系统的影响。

1 资料与方法

1.1 研究区域

从地理位置来看,敦煌位于河西走廊西部,是中国西北地区强沙尘活动中心。内蒙古自治区位于中国北部边疆,由东北向西南斜伸,呈狭长形;东部草原辽阔,西部沙漠广布。榆林位于毛乌素沙漠边缘,是季风控制区,冬季盛行偏北风,夏季盛行偏南风。张掖市位于甘肃省西北部,河西走廊中段,地势平坦,干燥少雨,全年盛行西北风。香河位于北京和天津两个特大城市大气污染物的传输通道和缓冲地带,隶属河北省廊坊市,距北京市东南 70 km,距天津

收稿日期:2013-01-10;修订日期:2013-05-03。

资助项目:国家自然科学基金项目(41005089)、江苏省高校“青蓝工程”和江苏高校优势学科建设工程资助项目(PAPD)共同资助。

作者简介:郑玉琦,女,1989 年生,助理工程师,主要从事大气物理与大气环境研究,E-mail:zhengyuqi1989@163.com。

机场70 km,为温带季风气候。北京位于华北平原西北边缘,为典型的暖温带半湿润大陆性季风气候,春季受塔克拉玛干沙漠及浑善达克和毛乌素等沙地的影响,常出现沙尘天气。首尔是韩国首都,位于朝鲜半岛中部,地处盆地,汉江迂回穿城而过,距半岛西海岸约 30 km,距东海岸约 185 km,北距朝鲜平壤约 260 km。安眠是韩国的一个岛屿,距泰安 30 km,属于韩国的第六大岛屿。高山位于济州岛。能登是日本本州中北部向日本海突出的大半岛,浅丘起伏,间有谷地,气候温和。大阪位于本州岛中部,濒临大阪湾,呈南北长条形分布。白浜是面向太平洋的和歌山县南部地区。各站名称、地理位置、海拔高度和沙尘天气数据见表 1。

表 1 观测站位置、海拔高度和沙尘数据个数

Table 1 Location and altitude of observation stations as well as the number of sand dust data					
国家	观测站	纬度 /°N	经度 /°E	海拔高度/m	数据个数/个
中国	敦煌	40.0	94.8	1300	6
	内蒙古	42.7	116.0	1342	11
	榆林	38.3	109.7	1080	33
	张掖	39.1	100.2	1461	26
	香河	39.8	116.9	36	18
	北京	39.9	116.4	92	72
韩国	首尔	37.6	127.0	116	9
	安眠	36.5	126.3	47	40
	高山	33.3	126.2	72	35
日本	能登	37.3	137.1	200	16
	大阪	34.7	135.6	50	97
	白浜	33.7	135.4	10	110

1.2 资料来源

数据来自于美国国家航空宇航局(NASA)组建的全球地基气溶胶观测网络(AERONET)。观测仪器为法国 Cimel 318 型自动太阳—天空光谱辐射计,该光度计主要包括 7 个波段(340、380、440、500、670、870 nm 和 1020 nm),观测前后均进行严格标定。观测数据根据文献[8]提供的方法反演计算无云情况下的大气气溶胶光学特性和粒子的粒径分布,其中光学特性包括大气气溶胶光学厚度、单次散射反照率和不对称因子等重要参数。AERONET 的太阳直接辐射和天空辐亮度测量反演的产品均通过严格的校准、云掩码处理及敏感性标准判定来控制,使反演结果更精确,作为气溶胶特性的地基测量真实值^[9]。本文采用 2001—2011 年沙尘天气下中国、韩国和日本的 12 个站点 Version 2 Level 2.0 的数据,沙尘日期通过阅读大量关于沙尘的中、英文文献、媒体报道及网络来确定。

2 结果分析

2.1 气溶胶光学厚度

气溶胶光学厚度(Aerosol Optical Depth, AOD)表示垂直大气柱中气溶胶的浓度,是衡量气溶胶粒子对太阳辐射衰减强弱能力的一个重要参数。图 1 为 2001—2011 年沙尘天气下东亚地区 12 个站的气溶胶光学厚度随波长的变化。从图 1 可以看出,除香河和北京站外,其他中国站气溶胶光学厚度随波长均无明显变化,香河、北京、韩国和日本站的光学厚度随波长增大而减小,说明人为排放气溶胶粒子比沙尘粒子更具有波长选择性。在波长 440—1020 nm

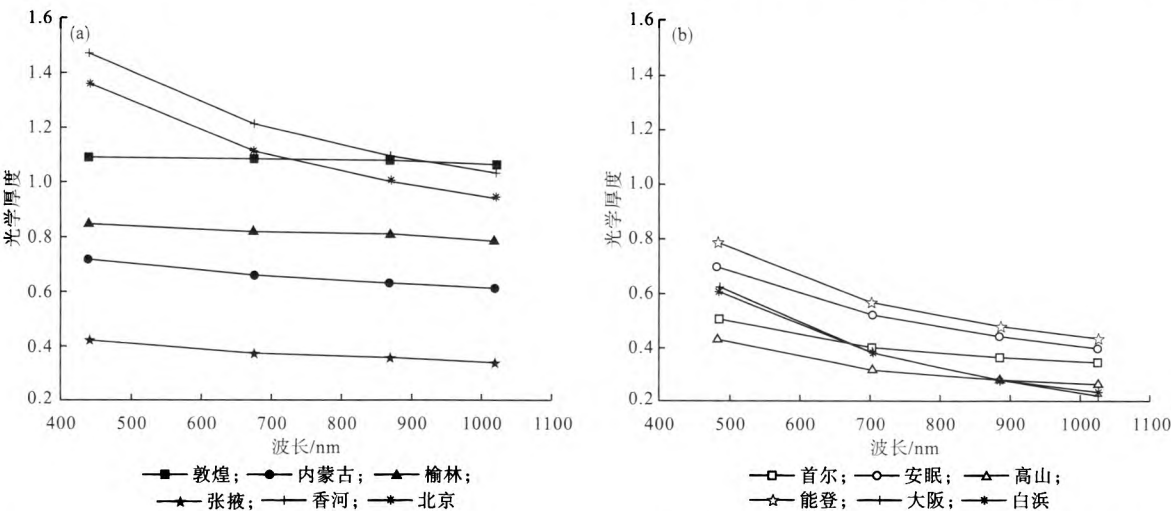
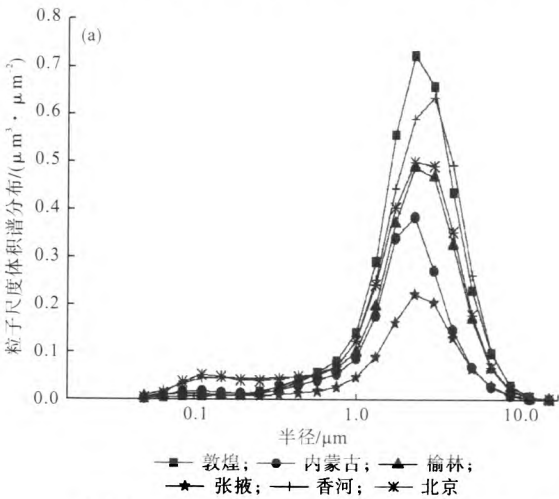


图 1 2001—2011 年沙尘天气下东亚地区中国(a)和韩国、日本(b) 12 个站的平均气溶胶光学厚度随波长的变化
Fig.1 Variation of averages of aerosol optical depth with changes of wave length at 12 sites of China (a), Korea and Japan (b) from 2001 to 2011 during sand dust weather

范围内,中国各站(除张掖站)的平均气溶胶光学厚度均大于韩国和日本站,且中国站平均 AOD 通常大于 0.60,韩国和日本站均小于 0.60。沙尘天气下香河和北京站的 AOD 与靠近沙尘源区站的值相比较 高,分别达 1.20 和 1.10;与 2001 年春季北京站气溶 胶光学厚度平均值接近(1.00,440 nm)^[10];但远远 高于日本高山、大阪、白浜站(0.33—0.38)。香河和 北京站出现高的 AOD,主要归因于沙尘天气时沙尘 粒子与局地人为排放污染粒子的共同贡献^[11]。靠 近沙尘源区(敦煌、内蒙古、榆林和张掖)的气溶胶光 学厚度平均值达 0.73,是韩国(0.31)和日本(0.33) 站的 2 倍左右。这是由于沙尘源区沙尘发生时大量 粗粒子的贡献。

2.2 Angström 波长指数(α)

Angström 波长指数反映气溶胶粒子大小,通常 情况 $0 < \alpha < 2$, α 越小说明气溶胶粒子平均半径越 大,粒子尺度越大;反之, α 越大说明气溶胶粒子平 均半径越小,气溶胶粒子尺度越小,越接近分子散 射^[12]。从图 2 可以看出,中国站的波长指数明显小 于韩国和日本站,中国站的 α 均小于 0.60,而韩国和 日本站的均大于 0.60。中国、韩国和日本各站的波 长指数随与沙尘源区距离增大表现出依次增大的趋 势,说明沙尘源区主要以粗粒子为主,随沙尘气溶胶 的长距离传输导致大量粗粒子沉降,到达下游地区 时主要以细的沙尘粒子和污染气溶胶共同存在^[13]。



从数据中发现,北京站沙尘天气下的波长指数为 0.53,与利用2006年3—5月天空辐射计观测数据反

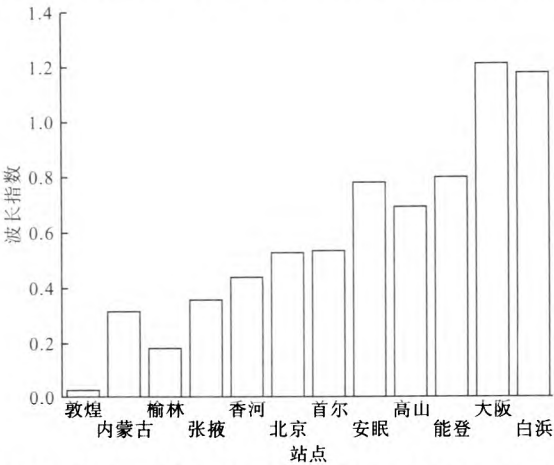


图2 2001—2011 年沙尘天气下东亚地区中国、韩国 和日本 12 个站平均波长指数

Fig.2 Averages of Angström exponents at 12 sites of China, Korea and Japan from 2001 to 2011 during sand dust weather

演北京地区春季大气气溶胶得到的波长指数(0.54) 接近^[14]。日本大阪站波长指数(1.212)比敦煌站 (0.027)高 45 倍左右,说明沙尘源区粒子尺度远大 于下游地区。

2.3 谱分布

将 2001—2011 年沙尘天气下东亚地区 12 个站各 粒径对应的浓度值平均,得到气溶胶粒子体积谱分布 (图 3)。由图 3 可见,只有敦煌站气溶胶谱型呈单峰

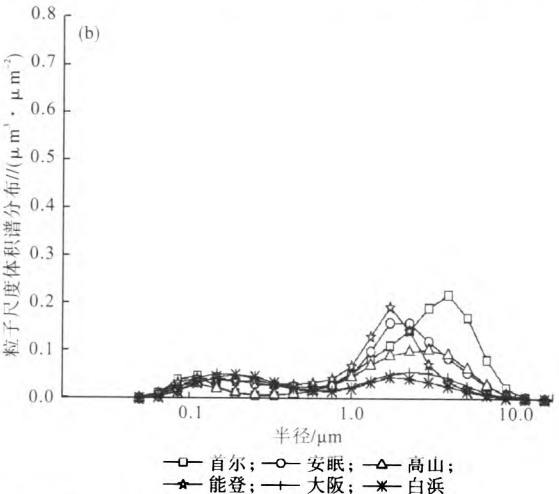


图3 2001—2011 年沙尘天气下东亚地区中国 (a) 和韩国、日本 (b) 12 个站气溶胶粒子体积谱分布

Fig.3 The volume spectrum distribution of aerosol particle size at 12 sites of China (a), Korea and Japan (b) from 2001 to 2011 during sand dust weather

分布,峰值出现在粒径 2.24 μm 处,中国北京、香河 与韩国和日本站谱型基本一致,均呈双峰分布,细模 态峰值半径出现在 0.08—0.15 μm ,粗模态峰除首 尔站出现在 3.86 μm 处,其余峰值主要出现在 2.00—3.00 μm 。谱分布的差异说明各地气溶胶粒 子中各种成分的含量有差别,这与各地的环境和气

象条件密切相关^[15]。从图 1 和图 3 可以看出,北京 和香河站的气溶胶光学厚度和谱分布也很相似,这 是因为中国华北地区不仅受区域尺度沙尘活动的影 响,人为污染也同样表现在区域尺度上^[10]。

从粒子浓度角度分析,中国观测站 0.05— 15.00 μm 的气溶胶粒子体积浓度平均值

($0.680 \mu\text{m}^3 \cdot \mu\text{m}^{-2}$) 大于韩国观测站 ($0.420 \mu\text{m}^3 \cdot \mu\text{m}^{-2}$) 和日本观测站 ($0.140 \mu\text{m}^3 \cdot \mu\text{m}^{-2}$)，这是由于沙尘源区粗粒子较多，粒径较大，在远距离传输过程中粗粒子部分被沉降的结果。受沙尘天气影响中国站粗粒子浓度 ($0.844 \mu\text{m}^3 \cdot \mu\text{m}^{-2}$) 约为韩国站 ($0.241 \mu\text{m}^3 \cdot \mu\text{m}^{-2}$) 的 3.5 倍，是本站 ($0.127 \mu\text{m}^3 \cdot \mu\text{m}^{-2}$) 的 6.5 倍。香河和北京站的细粒子浓度 (0.091 和 $0.088 \mu\text{m}^3 \cdot \mu\text{m}^{-2}$) 明显大于西北地区 (敦煌、内蒙古、榆林和张掖站，其值为 0.023 — $0.033 \mu\text{m}^3 \cdot \mu\text{m}^{-2}$)，这可能是由于细的沙尘和人为排放的污染共同造成的；韩国和本站的细

粒子浓度 (0.036 — $0.078 \mu\text{m}^3 \cdot \mu\text{m}^{-2}$) 也大于中国西北地区，但却小于香河和北京站，说明日韩各站受污染排放气溶胶的影响较小。沙尘天气下中国站粗粒子浓度 ($0.627 \mu\text{m}^3 \cdot \mu\text{m}^{-2}$) 约为细粒子浓度 ($0.049 \mu\text{m}^3 \cdot \mu\text{m}^{-2}$) 的 13 倍，说明发生沙尘暴时，空气中粒径较大的沙尘粒子明显多于细粒子。

2.4 单次散射反照率 (SSA)

单次散射反照率定义为气溶胶粒子散射消光与总消光 (吸收 + 散射) 的比，可反映气溶胶粒子总消光中散射所占的比例。从图4可以看出，中国站单

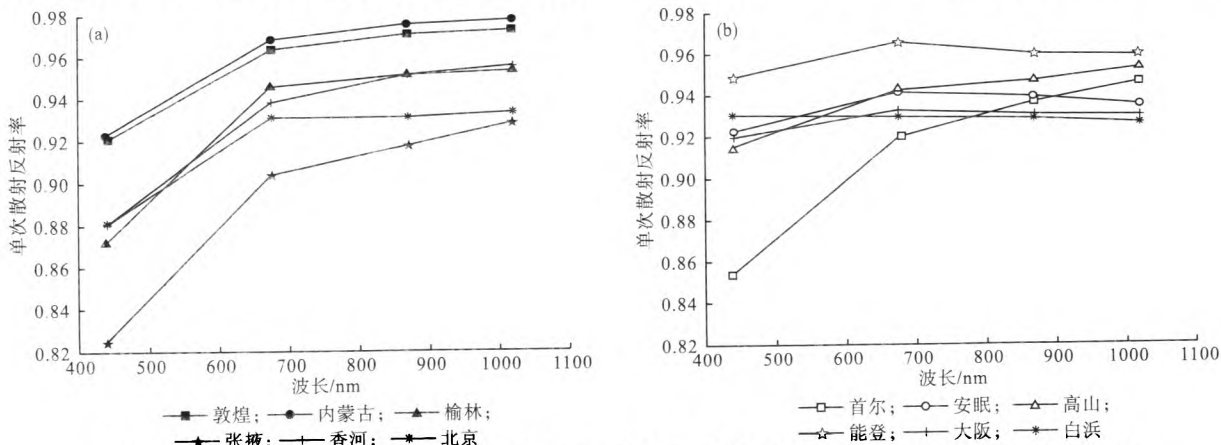


图4 2001—2011年沙尘天气下东亚地区中国(a)和韩国、日本(b)12个站在波长440、675、870 nm和1020 nm 单次散射反照率平均值
Fig. 4 Averages of single scattering albedo at 440 nm, 675 nm, 870 nm and 1020 nm at 12 sites of China (a), Korea and Japan (b) from 2001 to 2011 during sand dust weather

次散射反照率随波长增加而增大，这是由于沙尘源区气溶胶以粗粒子散射为主，波长越长，散射能力越强。除首尔站外，其他日韩站的单次散射反照率均随波长变化不明显。总体来说，韩国站的单次散射反照率约为 0.93，本站约为 0.94。而中国各站单次散射反照率在 4 个波段内变化范围较大，为 0.82—0.98，平均值为 0.93，韩国和本站的平均 SSA 分别为 0.93 和 0.94。其中敦煌和内蒙古站的单次散射反照率相差较小，分别达 0.958 和 0.962；

张掖站的平均值最小为 0.89。华北地区 (北京和香河站) 的单次散射反照率略小于西北地区 (0.94)，分别为 0.92 和 0.93。

2.5 复折射指数

大气气溶胶粒子复折射指数是反映气溶胶粒子光散射和吸收能力的基本参数，其大小与粒子的尺度数、矿物组成及形状有密切的关系。复折射指数实部反映粒子的散射能力，虚部则反映粒子的吸收能力。从图5可以看出，在波长440—675 nm

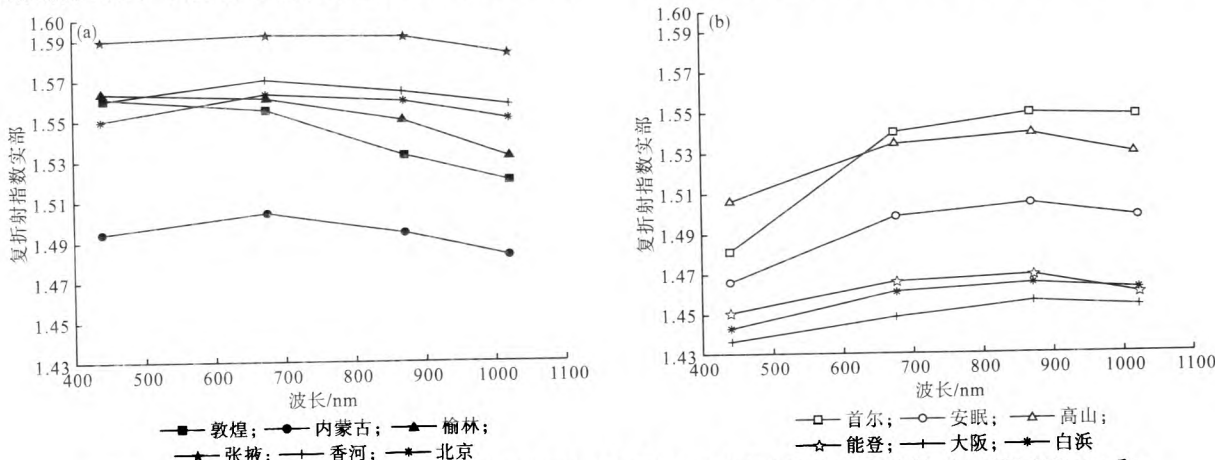


图5 2001—2011年沙尘天气下东亚地区中国(a)和韩国、日本(b)12个站在波长440、675、870 nm和1020 nm 复折射指数实部平均值
Fig. 5 Averages of real parts of the refractive index at 440 nm, 675 nm, 870 nm and 1020 nm at 12 sites of China (a), Korea and Japan (b) from 2001 to 2011 during sand dust weather

范围复折射指数实部中国观测站变化不明显,而韩国和日本观测站随波长增大而增大;在 675—1020 nm 范围复折射指数实部中国观测站略呈减小趋势,而韩国和日本各站呈先增大后减小的趋势。中国站在后 3 个波段处实部值(平均值为 1.55)小于 440 nm(平均值为 1.55)处的值,而韩国和日本的后 3 个波段处实部值(平均值为 1.49)高于 440 nm(平均值为 1.46)处的值,这是因为沙尘粒子复折射指数实部随波长增加而呈下降趋势;而污染气溶胶复折射指数实部随波长增加却呈增加趋势^[16]。在 440—1020 nm 范围,中国观测站复折射指数实部平均值为 1.55,韩国和日本站分别为 1.52

和 1.46,说明沙尘源区比下游地区粒子散射能力强,因为原生气溶胶如土壤尘实部高于次生气溶胶成分,如硫酸盐气溶胶^[17]。中国、韩国和日本站复折射指数实部有较大差异,这可能是由于沙尘源区与下游地区的粒子形状、矿物组成及大小不同等因素有关。对数据分析可知,敦煌和内蒙古自治区站复折射指数实部分别为 1.54 和 1.49,与 Xia 等^[18]对敦煌和内蒙古地区反演出沙尘气溶胶的实部值一致。能登、大阪和白滨站的复折射指数实部变化趋势一致且差异较小,4 个波段的平均值均为 1.45 左右。

由图 6 可以看出,在波长 440—675 nm 范围,复折射指数虚部在所有站均随波长增大而减

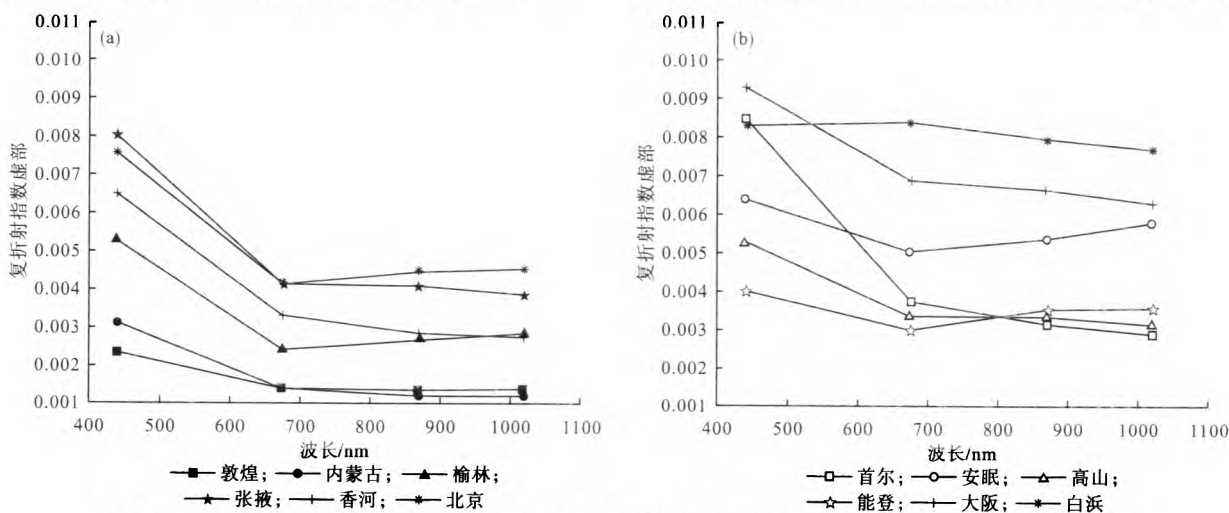


图 6 2001—2011 年沙尘天气下东亚地区中国 (a) 和韩国、日本 (b) 12 个站在波长 440、675、870 nm 和 1020 nm 复折射指数虚部平均值

Fig. 6 Averages of imaginary parts of the refractive index at 440 nm, 675 nm, 870 nm and 1020 nm at 12 sites of China (a), Korea and Japan (b) from 2001 to 2011 during sand dust weather

小,在 675—1020 nm 范围,复折射指数虚部随波长变化不明显。韩国(0.018)和日本(0.025)站复折射指数虚部平均值明显大于中国观测站(0.014),在 440—1020 nm 范围,中国观测站复折射指数虚部为 0.0013—0.0081,韩国和日本站为 0.0033—0.0093。日本白滨站的复折射指数虚部(0.0081)为敦煌站(0.0016)的 5 倍左右,说明在沙尘天气条件下,下游地区的气溶胶粒子比沙尘源区的具有更强吸收太阳辐射的能力。敦煌和内蒙古站的复折射指数虚部相差不大,分别为 0.00164 和 0.00175。日本能登站复折射指数虚部(0.004)最小,吸收能力最弱,与上文散射能力强相对应,说明能登地区人为排放气溶胶少,污染较小。

2.6 不对称因子

气溶胶的不对称因子表示粒子前向散射能力大小。从图 7 可以看出,不对称因子在 440—675 nm 时 12 个站均呈减小趋势,675—1020 nm 中国观测站基本保持不变,韩国观测站略呈增大趋势,日本观测站呈减小趋势。沙尘期间中国各站不对称因子平均

值在 440 nm 处为 0.75,675—1020 nm 为 0.71;韩国站在 440 nm 为 0.72,675—1020 nm 为 0.68;日本站在 440 nm 为 0.73,675—1020 nm 为 0.66。香河和北京站不对称因子相差较小,分别为 0.71 和 0.70。大阪和白滨两站不对称因子随波长变化趋势一致且均为 0.67。中国站不对称因子(0.72)大于韩国(0.69)和日本(0.68)站,说明沙尘源区粒子前向散射能力更强。总体来说,沙尘天气下东亚地区 12 个站在波长 440—1020 nm 范围不对称因子平均值为 0.70。

3 结论与讨论

(1) 沙尘天气下,中国境内观测站气溶胶光学厚度为 0.87,韩国为 0.31,日本为 0.33,其中中国华北地区气溶胶光学厚度为 1.15,是西北地区(0.73)的 1.5 倍左右,说明北京和香河站受人为污染较严重。沙尘期间沙尘源区波长指数远小于下游地区,中国、韩国和日本各站 Angström 波长指数平均值分别为 0.30、0.66 和 1.06,说明沙尘源区以粗粒子为主。

(2) 沙尘源区体积浓度平均值远大于下游地区,

这是由于沙尘源区粗粒子较多,粒径较大,而在远距

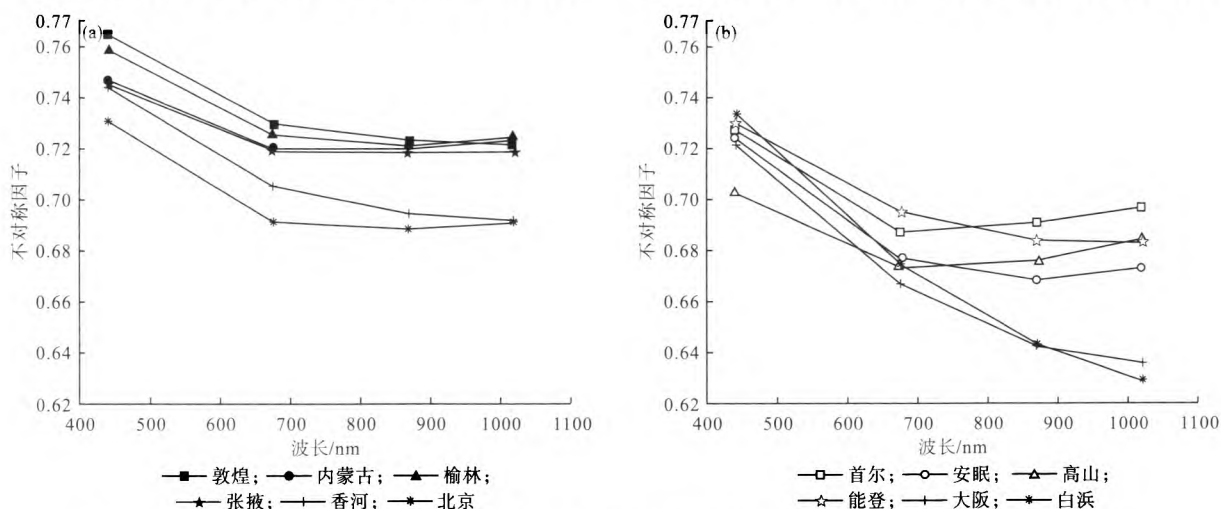


图7 2001—2011年沙尘天气下东亚地区中国(a)和韩国、日本(b)12个站在波长440、675、870 nm和1020 nm的平均不对称因子

Fig. 7 Averages of asymmetry factors at 440 nm, 675 nm, 870 nm and 1020 nm at 12 sites of China (a), Korea and Japan (b) from 2001 to 2011 during sand dust weather

离传输过程中粗粒子部分被沉降的结果。韩国和日本观测站的细粒子浓度($0.036\text{--}0.078\ \mu\text{m}^3\cdot\mu\text{m}^{-2}$)大于中国西北地区(敦煌、内蒙古、榆林和张掖站,其值为 $0.023\text{--}0.033\ \mu\text{m}^3\cdot\mu\text{m}^{-2}$),但却小于香河和北京站,说明日韩各站受污染排放气溶胶的影响较小。

(3) 波长440—675 nm范围内中国观测站单次散射反照率增大较快,675—1020 nm范围缓慢增大,这是由于沙尘源区气溶胶以粗粒子散射为主,波长越长,散射能力越强。

(4) 沙尘源区与下游地区相比,复折射指数实部偏大,虚部偏小。这可能在长距离传输过程中粗粒子沉降,下游地区细粒子和人为排放污染物共同存在的结果。沙尘期间,中国观测站不对称因子大于韩国和日本,说明沙尘源区粒子前向散射能力更强。

参考文献

- [1] 宋煜,邹耀仁,隋洪起,等. 大连地区沙尘预报预警业务平台[J]. 气象与环境学报, 2009, 25(2): 45–49.
- [2] 宿兴涛,王汉杰,宋帅,等. 近10年东亚沙尘气溶胶辐射强迫与温度响应[J]. 高原气象, 2011, 30(5): 1300–1307.
- [3] 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.
- [4] 康富贵,李耀辉. 2010年春季民勤沙地近地面沙尘气溶胶浓度特征[J]. 气象与环境学报, 2010, 26(6): 6–12.
- [5] 成天涛,沈志宝. 中国西北大气沙尘光学特性的数值试验[J]. 高原气象, 2001, 20(3): 291–297.
- [6] 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.
- [7] 徐敬,张小玲,颜鹏,等. 2006年春季沙尘天气下背景地区大气气溶胶光学特性的观测研究[J]. 气象科技, 2008, 36(6): 679–685.
- [8] Dubovik O, King M. A flexible inversion algorithm for retrieval of aerosol optical properties from sun and sky radiance measurements[J]. Journal of Geophysical Research, 2000, 105(D16): 20673–20696.
- [9] 白鸿涛,陈勇航,王洪强,等. 黄土高原半干旱区气溶胶光学特性季节变化特征[J]. 干旱区地理, 2011, 34(2): 292–299.
- [10] 夏祥鳌,王普才,陈洪滨,等. 中国北方地区春季气溶胶光学特性地基遥感研究[J]. 遥感学报, 2005, 9(4): 429–437.
- [11] 庄国顺,郭敬华,袁惠,等. 2000年我国沙尘暴的组成、来源、粒径分布及其对全球环境的影响[J]. 科学通报, 2001, 46(3): 191–197.
- [12] 白鸿涛,陈勇航,黄建平,等. AERONET SACOL站冬春季气溶胶光学特性变化特征[C]//第26届中国气象学会年会大气成分与天气气候及环境变化分会论文集. 杭州:中国气象学会大气成分委员会. 中国气象科学研究院, 2009.
- [13] Yu X N, Cheng T T, Chen J M, et al. A comparison of dust properties between China continent and Korea, Japan in East Asia[J]. Atmospheric Environment, 2006, 40(30): 5787–5797.
- [14] 杨溯,石广玉,段云霞,等. 天空辐射计观测2006年春季北京地区气溶胶光学特性的研究[J]. 气候与环境研究, 2012, 17(1): 20–28.
- [15] 刘菲,牛生杰. 北方沙尘气溶胶光学厚度和粒子谱的反演[J]. 南京气象学院学报, 2006, 29(6): 775–781.
- [16] 车慧正,张小曳,石广玉,等. 沙尘和灰霾天气下毛乌素沙漠地区大气气溶胶的光学特征[J]. 中国粉体技术, 2005(3): 4–7.
- [17] 夏祥鳌,王普才,陈洪滨. 城市气溶胶特性比较分析研

- 究[J]. 过程工程学报, 2004(4): 845 – 850.
[18] Xia X A, Chen H B, Wang P C, et al. Aerosol proper-

ties and their spatial and temporal variations over North China in spring 2001 [J]. Tellus, 2005, 57(1): 28 – 39.

Comparison of aerosol optical properties over source region of sand dust and its downwind region in the East Asia

ZHENG Yu-qi¹ YU Xing-na² XIANG Lei² Dengzengrandeng³ Deqingyangzong⁴

(1. Qian'an Meteorology Service, Qian'an 131400, China; 2. School of Atmospheric Physics, Nanjing University of Information Science and Technology, Nanjing 210044, China; 3. Lazi Meteorological Service, Lazi 858100, China; 4. Chayu Meteorological Service, Chayu 860600, China)

Abstract: The aerosol optical properties were compared between source region of sand dust and its downwind region in the East Asia using the observational data from the AERONET site during 2001 to 2011. The results show that the aerosol optical depth is significantly higher over source regions than over its downwind regions during sand dust, while the reverse is true for the Angström exponent and it decreases to zero or even negative when the dust storm appears. The volume spectrum distribution of aerosol particle size is a double peaks shape except in the Dunhuang site. The concentrations of fine particles are extremely higher in Xianghe and Beijing stations than in the Northwest area, which is caused by the fine particles together with pollutant aerosols. The averages of aerosol single scattering albedo are 0.93, 0.93 and 0.94 from 440 nm to 1020 nm in China, Korea and Japan. Compared with that in the downwind regions, the real part of refractive index is higher and the imaginary part is lower in the source regions. In general, the average of asymmetry factors at the four wavelengths is 0.70 in the East Asia under sand dust weather condition.

Key words: Sand dust aerosol; Long-range transport; Refractive index