

文章编号:1000-694X(2008)05-0920-07

塔里木盆地沙尘气溶胶对短波辐射的影响 ——以塔中为例

陈霞^{1,2}, 魏文寿³, 刘明哲¹

(1. 中国科学院新疆生态与地理研究所, 新疆 乌鲁木齐 830011; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100049; 3 中国气象局乌鲁木齐沙漠气象研究所, 新疆 乌鲁木齐 830002)

摘 要: 利用 2006 年 8—9 月塔克拉玛干沙漠腹地塔中气象站的 80 m 铁塔上, 距地 1.5 m 的 KIPP & ZONEN 自动辐射计获取的监测资料, 根据沙尘暴资料中 PM_{10} 的小时浓度变化, 参照 TSP 的变化趋势和塔中地面气象站的能见度和风速, 将天气划分为晴空、浮尘和扬沙、沙尘暴三种类型, 并分别选取其代表性天气, 分析以塔中为代表的沙漠腹地, 沙尘气溶胶浓度的变化对短波辐射的影响。结果表明: 沙尘气溶胶减弱到达地面的总的太阳辐射, 在大气总的透过率上表现为晴空是沙尘暴的 2.04 倍; 直接辐射表现在大气透明系数的变化与沙尘暴、浮尘 PM_{10} 呈显著负相关, 相关系数分别为 -0.714, -0.771; 沙尘气溶胶改变散射辐射波形, 由遁形平顶型改为倒“V”型, 增加散射日总量, 沙尘暴是晴空的 1.68 倍, 浮尘是晴空的 2.12 倍。

关键词: 塔中; 短波辐射; 沙尘气溶胶; PM_{10}

中图分类号: P422

文献标识码: A

沙尘气溶胶作为气溶胶的一种, 其直接辐射效应主要是通过吸收和散射太阳辐射及地面和云层的长波辐射来影响地球能量收支和辐射平衡。气溶胶的吸收作用表现在: 对短波的吸收强烈, 通过加热气溶胶层所在的大气, 减少地表辐射, 影响地面蒸发, 改变大气稳定度, 从而影响水循环。垂直方向上, 使太阳辐射能量重新分配, 直接影响大气环流、云的生消等重要的物理过程, 从而, 影响全球和区域的气候变化^[1]。气溶胶含量的变化在区域辐射影响中起着怎样的作用, 引起了国内外学者的广泛关注^[2-4]。吴润, 蒋维楣等^[5]对我国春季沙尘的短波辐射效应进行了模拟; 成天寿等^[6]通过研究气溶胶的辐射强迫, 认为地表反照率临界值在 0.25~0.3 之间, 高于临界值则对地-气系统具有加热作用, 反之, 具有冷却作用。目前在西北地区如内蒙古、河西走廊、敦煌等^[7-9], 研究较多, 而沙漠腹地沙尘气溶胶的辐射效应研究, 相对薄弱^[10-12]。鉴于塔中气候干燥, 降水稀少, 地面沙源丰富, 起沙风速小, 风沙活动指数大, 沙尘气溶胶含量较高, 变化明显, 而此地区的水汽含量相对较小, 用来研究沙尘气溶胶的辐射效应应具有显著优势。

计算沙尘气溶胶的辐射效应, 首先要了解当地

的辐射特征, 尤其是要清楚有无沙尘对短波辐射的影响。但是塔中长期以来没有辐射的纪录, 其他常规气象资料也只有近几年的观测数据。以前虽有一些研究, 但大部分属于总体变化方面的研究, 李红军等^[13]利用肖塘野外加密观测资料分析了沙尘暴期间太阳辐射的变化, 资料有限, 进一步的量化研究非常少。

因此, 本文基于塔中这一特殊站点, 利用其 2006 年 8—9 月的小时辐射资料, 对比分析有沙尘影响和无沙尘影响下短波辐射日变化特征, 旨在得出沙尘气溶胶对塔中短波辐射的影响, 为进一步分析沙尘气溶胶的辐射效应提供基础。

1 资料和方法

塔中气象站位于塔克拉玛干沙漠腹地, 地理位置为 38°58' N, 83°39' E, 海拔 1 099.3 m。该地区气候干燥, 起沙风速较小, 一般为 $6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ^[14], 地面覆盖物少, 太阳辐射的削减, 受人类活动形成的下垫面的影响相对较小。年降水量 11.05 mm, 平均相对湿度 29.4%, 蒸发量 3638.6 mm, 水汽的吸收作用相对较弱; 风沙活动频繁, 风力强劲, 年起沙达 500 次以上, 风沙活动指数达到 8 000 以上^[15], 植被稀

收稿日期: 2007-10-17; 改回日期: 2007-12-20

基金项目: 公益性行业(气象)科研专项(GYHY200706008); 中国气象局新技术推广项目(CMATG2008Z13)资助

作者简介: 陈霞(1981—), 女(汉), 内蒙古人, 在读博士研究生, 主要从事气溶胶光学特性方面的研究。Email: chenxia1218@sina.com

通讯作者: 魏文寿(Email: weiwsh@idm.cn)

少,沙源丰富。绝大部分地面为流动风沙土,地表沙物质机械组成以细沙和极细沙(0.1~0.05 mm)为主。因此,塔中大气中沙尘气溶胶含量是影响太阳辐射到达地面减少的主要因素。

资料来源于塔中地面气象站常规气象资料,主要有能见度和风速(02、08、14、20 时的实时观测数据),以及 80 m 铁塔上 KIPP&ZONEN 自动辐射仪每间隔一小时的辐射资料(0 至 23)。观测塔系统的探测仪器均采用国际公认的探测传感器,其中风速传感器产自芬兰 VAISALA 公司(型号 WAA151)。在 0.5 m 铁塔横臂上的风速探头感应部分(没有安装风向传感器)实际高度为 0.75 m。大气总悬浮颗粒物的观测是采用大流量 TSP 采样器、精密分析天平、烘箱等设备采集、测量,得到大气中粒径 100 μm 以下的悬浮颗粒物质量浓度($\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$)。大气飘尘质量浓度 PM_{10} 是利用 TEOM-1400a 系列监测仪:以滤膜为基础实时测量气流中悬浮粒子质量直接和实时测量室外或室内环境空气中直径小于 10 μm 粒子积累浓度($\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$)。

辐射数据剔除异常值后,根据 PM_{10} 小时浓度值^[16-18],参照表 1,并参照常规气象资料中的能见度和风速,把 2006 年 8—9 月期间的天气状况,划分为晴空、扬沙和浮尘、沙尘暴 3 种类型^[19]。其中晴空 27 d,并选其 08-31,09-13,09-28,09-29 四天为代表,天气条件为: PM_{10} 浓度自 6:00 起均在 0.17 $\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$ 以下,能见度为 12 km 以上,总云量为零,最大风速小于 6 $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$;浮尘和扬沙 16 d,选取 08-09,08-26,09-03 三天为代表,天气条件为: PM_{10} 浓度在 0.6~1.6 $\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$ 之间,沙尘含量稳定,风速能够达到起沙风速,能见度在 1~10 km 之间,变化迅速而且幅度较大,其中 09-03 能见度在 6 km 以内,沙尘含量稳定且较大;沙尘暴天气共为 4 d,全部选为代表,天气条件为: PM_{10} 浓度在 2.0 $\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$ 以上,持续时间为 10 h 以上,极大风速均超过了

表 1 基于颗粒物浓度的沙尘天气分级(单位: $\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$)

Table 1 Classification of sand-dust weather based on particle concentrations

沙尘天气分级	TSP 浓度限值 (小时值)	PM_{10} 浓度限值 (小时值)	持续时间
浮尘	$1.0 \leq \text{TSP} < 2.0$	$0.6 \leq \text{PM}_{10} < 1.00$	持续 2 h 以上
扬沙	$2.0 \leq \text{TSP} < 5.0$	$1.00 \leq \text{PM}_{10} < 2.00$	
沙尘暴	$5.0 \leq \text{TSP} < 9.0$	$2.00 \leq \text{PM}_{10} < 4.00$	持续 1 h 以上
强沙尘暴	$\text{TSP} \geq 9.0$	$\text{PM}_{10} \geq 4.00$	

17.2 $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$,最大风速超过 11.1 $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$,平均风速接近 6 $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$,能见度很低,最低云量和总云量均因沙尘浓度过大而无法观测到数值。

分析 TSP 变化趋势(图 1),8 月 22 日以后总悬浮颗粒出现剧增,在 9 月 2 日达到最大值后,急剧下降,出现一次沙漠地区的起沙和降落过程。考虑到夏季 TSP 一般记录次数有限,缺乏对比性,再加上为尽量减少由于时间差异带来的天文辐射量的变化而产生对于短波辐射在数量上的影响,因此,从上述 11 个代表性天气中选取 09-02、09-03、09-13 日分别代表沙尘暴、浮尘和扬沙、晴空 3 种典型天气类型,用来对比分析由于沙尘气溶胶浓度变化对太阳短波辐射日变化的影响。

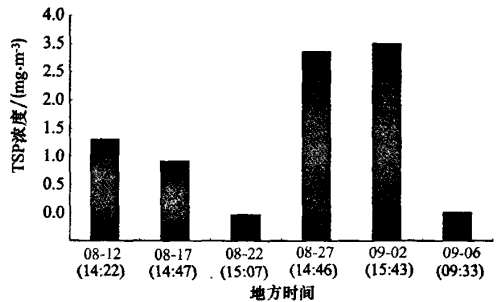


图 1 2006 年 8—9 月总悬浮物 TSP 含量的变化
Fig. 1 Change in TSP concentration from August to September of 2006

2 结果分析

2.1 沙尘气溶胶对太阳总辐射的影响

利用以下公式计算天文日总辐射量,计算不同天气类型下的大气总透射率。

$$Q_0 = \frac{TI_0}{\pi \rho^2} (\omega_0 \sin \phi \sin \delta + \cos \phi \cos \delta \sin \omega_0)$$

$$\rho = \sqrt{\frac{1}{1 + 0.033 \cos(2\pi d_n / 365)}}$$

$$\delta = 0.006918 - 0.399912 \cos \theta_0 + 0.070257 \sin \theta_0 - 0.006758 \cos 2\theta_0 + 0.000907 \sin 2\theta_0 - 0.002697 \cos 3\theta + 0.001480 \sin 3\theta_0$$

$$\theta_0 = 2\pi d_n / 365$$

$$\omega_0 = \arcsin(-\tan \phi \tan \delta)$$

式中: Q_0 为日天文总辐射, $\text{MJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$; I_0 为太阳常数, $13.67 \times 10^{-4} \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$; T 为周期 $24 \times 60 \times 60 \text{ s}$; ρ 为日地相对距离; δ 为太阳赤纬^[20], rad ; ω_0 为日落时角 rad ; ϕ 为地理纬度; d_n 为年内天

数,1月1日为0,12月31日为364。

经计算9月2日沙尘暴天气日总辐射为 $42.53 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$, 9月3日浮尘和扬尘为 $42.56 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$, 9月13日晴空为 $42.78 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$ 。

2.1.1 沙尘气溶胶对总辐射变化的影响

图2显示出到达地面的太阳总辐射变化特征。9月13日晴空时,辐射变化平缓,12时出现最大值,两边呈对称分布,呈现单峰特征。9月3日浮尘、扬尘天气条件下,总辐射削弱比较明显,表现为有两次起伏变化,最大值出现在13时,增加率在08时以后迅速增大,09时尤为显著(近似垂直),之后平缓。9月2日沙尘暴时,总辐射最大值也出现在13时,形状呈倒“V”型,同样,08时以后增大率变化急剧,之

后基本以一个恒定增大率达到最大值,然后速率略有起伏的减少到0。与沙尘浓度变化过程(图3)相比较,9月13日在有辐射时,全天浓度较低,且变化不大,因此,未改变晴空条件下的辐射波形。9月3日在09—11时之间含量增大,以后稳定,与总辐射迅速增加相一致,即:08—09时的大幅增加应该是沙尘增加了散射量所致。9月2日在08时以后,辐射的增大率小于9月3日,因其本底值较大,对总辐射的削弱量大;沙尘含量在08—13时有所降低,致使这期间的辐射增大率都有减小;午后总辐射有向里凹的趋势,因9月2日在13时以后沙尘含量一直处于增大的条件下,且14时增大速率最大,以后减小。沙尘对总辐射的影响表现为:峰值时间滞后,波形左右不对称特征。

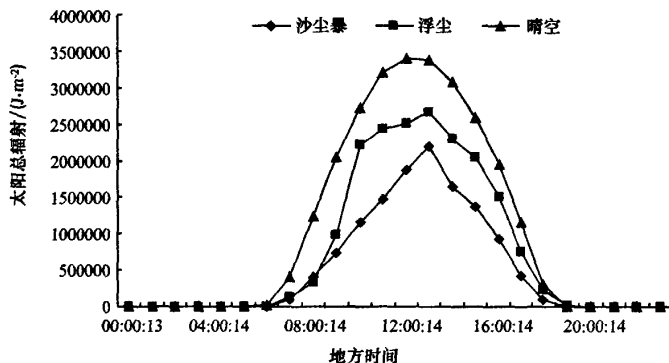


图2 晴空、浮尘、沙尘暴天气条件下太阳总辐射日变化

Fig. 2 Diurnal changes of global radiation in clear, dust-floating and sand-dust storm weather

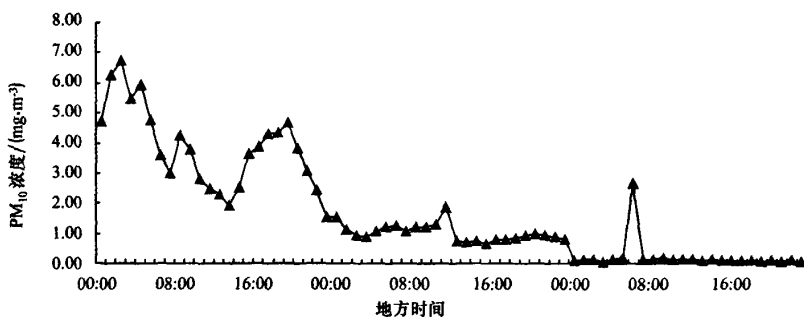


图3 PM_{10} 小时质量浓度3种天气条件下的变化过程

Fig. 3 Variation process of PM_{10} hourly mass concentration in three weather conditions

2.1.2 沙尘气溶胶对总辐射量的影响

日总辐射量9月2日为 $12.43 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$, 9月3日为 $18.15 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$, 9月13日为 $25.49 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$ 。沙尘暴天气条件下,总辐射全天都比较小,晴空总辐射日总量为沙尘暴天气类型的2.05倍。总的大气透过率分别为29.23%、42.64%、59.59%,与利用大气斜程透过率的公

式^[21]计算相比较:

$$t(\lambda) = \frac{P(\lambda)}{P_0(\lambda)} \quad (2)$$

$$t(\lambda) = \exp(-\tau m)$$

式中: $t(\lambda)$ 为大气斜程透过率; $P(\lambda)$ 为地面实测太阳辐射; $P_0(\lambda)$ 为通过Langley方法计算天顶太阳辐射; τ 为大气垂直光学厚度; m 为大气质量。

李霞^[22]研究表明,塔中晴天 550 nmAOD 平均为 0.6522 计算透过率为 0.5209,比本文计算的 0.5959 略小,浮尘为 0.3182 比本文计算的 0.4264 小。沙尘对太阳总辐射的削弱作用,在总的大气透过率上表现为晴空是浮尘的 1.4 倍,是沙尘暴的 2.04 倍。

2.2 沙尘气溶胶对太阳直接辐射的影响

晴天时直接辐射经过大气时的减弱作用主要表现为空气分子的散射、水汽的吸收和散射、臭氧的吸收、气溶胶的吸收和散射及 CO₂、SO₂ 等气体的吸收和散射作用。沙尘气溶胶在塔中因含量高而影响太阳直接辐射量,直接影响到大气透明系数的变化,因此,用大气透明系数的变化来探讨沙尘气溶胶对太阳直接辐射的影响。根据 Bauguer-Lambert 布格-朗伯定律:

$$S = S_0 P^m$$
$$P = \left(\frac{S}{S_0} \right)^{1/m}$$

订正到具有可比性的 P_2 为^[23]:

$$P_2 = \left[\frac{m/2 P^m}{1 - (1 - m/2) P^m} \right]^{1/2} \quad (3)$$

式中: S 为直接测量的太阳直接辐射; S_0 为太阳常数;

P 为大气透明度; P_2 为订正到具有可比性的大气质量数为 02 时的大气透明系数; m 同上。利用太阳直接辐射计算 9 月 2 日、3 日、13 日的大气透明度系数。

结果表明: 9 月 2 日、3 日、13 日的 P_2 平均值分别为 0.2236、0.3288、0.6052,晴空大气透明系数是沙尘暴天气的 2.7 倍。计算的 P_2 值比胡列群^[11] 的塔克拉玛干沙漠透明度 9 月平均值 0.644 都要小,原因可能是 9 月沙尘指数在全年中较小。

沙尘气溶胶对太阳直接辐射量的影响为: 9 月 2 日直接辐射量最小,3 日次之。在有无沙尘的影响下直接辐射波形变化与总辐射的日变化相似,不同点在于 3 d 的峰值均出现在 13 时(图 4);与晴空相比较,在 09 时(9 月 3 日)沙尘浓度增大以后,直接辐射的增加更为缓慢,即:沙尘浓度的增加对直接辐射的削弱更为显著。

由 PM₁₀ 浓度变化(图 5)和直接辐射变化(图 4)可知,两者均是在 10—15 时之间变化剧烈,做出 P_2 与 PM₁₀ 之间的变化双轴图(图 6),易于比较。利用 SPASS12.0 计算相关系数(表 2),结果为: 09-02、09-03、09-13 的 PM₁₀ 与 P_2 相关系数分别为 -0.714、-0.771、-0.086,可见,在有沙尘条件下,太阳直接辐射的衰减与沙尘气溶胶含量呈显著负相关,说明沙尘气溶胶是以塔中为代表的沙漠腹地太

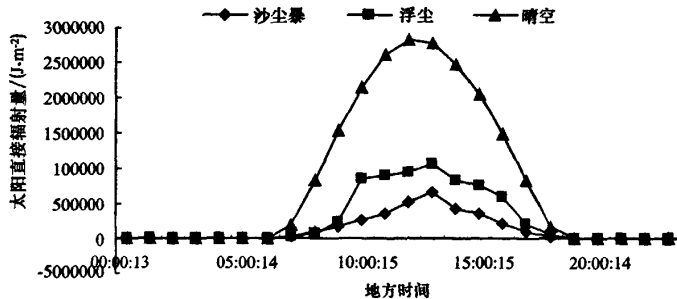


图 4 晴空、浮尘、沙尘暴天气条件下太阳直接辐射日变化
Fig. 4 Diurnal changes of direct solar radiation in clear, dust-floating and sand-dust storm weather

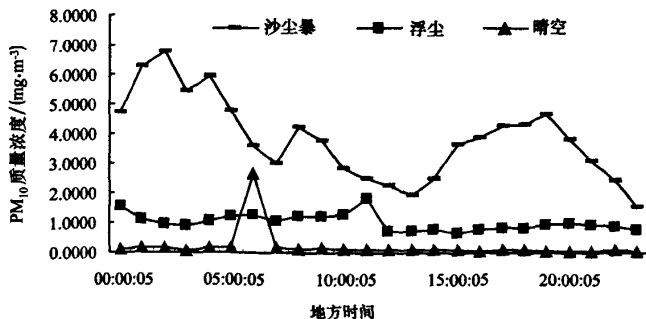


图 5 晴空、浮尘、沙尘暴天气条件下 PM₁₀ 小时质量浓度日变化
Fig. 5 Diurnal changes of PM₁₀ hourly mass concentration in clear, dust-floating and sand-dust storm weather

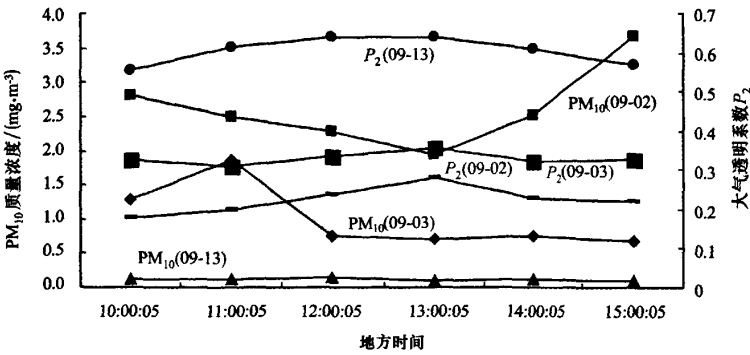


图 6 10:00—15:00 之间 PM₁₀ 和 P₂ 的变化

Fig. 6 Changes of PM₁₀ and P₂ from 10:00 to 15:00

表 2 PM₁₀与大气透明系数的相关系数

Table 2 Spearman's correlations coefficients between PM₁₀ and P₂

	沙尘暴 PM ₁₀	浮尘 PM ₁₀	晴空 PM ₁₀	沙尘暴 P ₂	浮尘 P ₂
浮尘 PM ₁₀	-0.029				
晴空 PM ₁₀	0.029	0.543			
沙尘暴 P ₂	-0.714	-0.600	-0.371		
浮尘 P ₂	-0.429	-0.771	-0.257	0.714	
晴空 P ₂	-0.886*	-0.143	0.086	0.771	0.429

阳直接辐射在大气中衰减的重要因素。经计算^[23]塔克拉玛干沙漠初秋 O₃ 削弱占 10%~15%, H₂O 占 0.69%^[12], 与青海瓦里关地区^[24]在秋初太阳直接辐射削弱中 O₃ 占 35%~45%、H₂O 占 23.9%、气

溶胶 20% 相比较, 沙尘气溶胶的削弱占有相当大的比重, 与本文计算的显著负相关关系相一致。

2.3 沙尘气溶胶对散射辐射的影响

2.3.1 沙尘气溶胶对散射总量的影响

散射辐射主要是由于太阳光谱上的瑞利散射、气体吸收、水汽吸收三个方面引起的。塔中的散射在前文分析中主要是由于沙尘浓度的变化而发生变化, 对比 3 种天气状况下散射辐射的变化(图 7)显示, 3 d 的散射日总量分别为: 9 月 2 日, 9 269 979 J·m⁻², 9 月 3 日: 11 707 932 J·m⁻², 9 月 13 日: 5 509 701 J·m⁻²。

9 月 13 日晴空条件下散射量总体上最小, 07 时

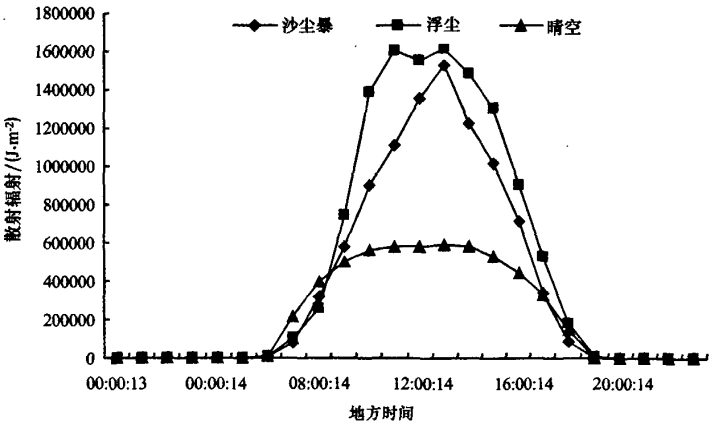


图 7 晴空、浮尘、沙尘暴天气条件下散射辐射日变化

Fig. 7 Diurnal changes of scattering radiation in clear, dust-floating and sand-dust storm weather

开始增加, 斜率相对于午后较大, 13 时达到一天中的最大值。但 10—14 时间散射量变化很小, 其散射波型出现一个较平的峰顶。因为晴空时, 大气中沙尘含量非常小, 沙尘的吸收和散射很微弱, 而 12 时

为净辐射最多的时候, 大气中水汽含量最小, 使因水汽影响下的散射辐射减少到最小, 所以散射的最大值并没有出现在 12 时, 而瑞利散射使整体散射辐射呈规律性变化。浮尘、扬沙与沙尘暴全天的情况相

比,9月3日的散射量最大,07时开始陡增,最大值为11时的 $1\,610\,930.371\text{ J}\cdot\text{m}^{-2}$,为晴空条件下的2.75倍;12时有所下降,主要原因是在12时沙尘气溶胶的浓度有一个较大的降低(见图5),因而沙尘的散射量减少;13时又增大到一个极值,可能是大气中亚微米粒子含量有所增加,虽然总 PM_{10} 浓度变化不大,最终导致散射强度增加,随后急剧减小,全天波形出现双峰特征。9月2日散射量也较大,形状为倒“V”型,与总辐射形似,最大值也出现在13时,总量小于9月3日。

2.3.2 沙尘气溶胶与散射辐射的相关分析

散射辐射变化与沙尘气溶胶 PM_{10} 浓度变化相关关系(表3)为:与9月2日呈显著负相关(-0.796),与9月13日呈负相关(-0.489),与9月3日呈弱负相关(-0.049)。粒子影响散射量变化不仅和浓度有关,同样和粒径大小分布情况有关,粒径在 $0.2\sim 0.4\text{ }\mu\text{m}$ 之间的散射能力最强^[25]。由此可知,9月2日虽然粒子浓度全天都较大,但是,粗粒子相对较多,对光的散射总体小于9月3日。

表3 PM_{10} 与散射辐射的相关系数

Table 3 Spearman's correlations between PM_{10} and scattering radiation

日期	09-02	09-03	09-13
09-02	-0.796	-0.7734	-0.6561
09-03	-0.161	-0.049	-0.0134
09-13	-0.346	-0.3612	-0.489

不同天气条件下,散射辐射所占总辐射比例变化:9月13日晴空散射辐射占总辐射的21%,高于全球的平均比例15%,有沙尘影响的9月3日、9月2日散射辐射分别占64.28%、74.58%,比何清^[14]计算塔克拉玛干沙漠满西的45%高出许多,沙尘增大了散射辐射所占比例。沙尘气溶胶对短波辐射的散射增加了地球反照率(9月2日:0.142,9月3日:0.140,9月13日:0.132),从而冷却地球系统。

3 结论与讨论

3.1 结论

1)沙尘气溶胶减少到达地面的太阳总辐射,塔中晴空总辐射为沙尘暴天气的2.05倍;改变总的大气透过率,沙尘对太阳总辐射的削弱作用,在总的大气透过率上表现为晴空是浮尘的1.4倍,是沙尘暴的2.04倍。

2)沙尘浓度与大气透明系数之间的变化对比分析:晴空大气透明系数是沙尘暴天气的2.7倍;计算变化显著的10—15时的相关系数:9月2日、9月3日的 PM_{10} 与 P_2 呈显著负相关,相关系数分别为 -0.714 、 -0.771 。所以,有沙尘影响下,太阳直接辐射的衰减与沙尘气溶胶含量的负相关关系明显。

3)散射日总量分别为9月2日:9269979 $\text{ J}\cdot\text{m}^{-2}$,9月3日:11707932 $\text{ J}\cdot\text{m}^{-2}$,9月13日:5509701 $\text{ J}\cdot\text{m}^{-2}$ 。沙尘增加了散射总量;散射辐射变化与沙尘气溶胶 PM_{10} 浓度变化相关关系表现为:与9月2日显著负相关(-0.796),9月13日负相关(-0.489),9月3日弱负相关(-0.327),原因是9月2日虽然粒子浓度全天都较大,但是,粗粒子相对较多,对光的散射总体小于9月3日;沙尘气溶胶增大了散射辐射所占总辐射的比例。沙尘气溶胶对短波辐射的散射,增加了地球反射率(反照率)(增大了7.35%),从而冷却地球系统。

3.2 讨论

1)天气类型的分类,如果能够结合器测能见度、粒子散射系数来划分^[26],代表性会更强。

2)大气总的透过率计算中,采用的简化的辐射传输参数化方案,地形、下垫面、云等条件均没有考虑,只是做一个概略比较,考虑利用MODTRAN的ver4^[27]计算,精度会更高。

3)通过对总辐射波形的变化推测沙尘浓度的变化与 PM_{10} 的变化趋势一致,所以,建立长期辐射与粒子浓度观测,有可能建立起总辐射与气溶胶浓度变化的模型;利用准确的气溶胶光学厚度和地面水气压结合,能够精确计算太阳直接辐射削弱各成分所占的比例;结合沙尘气溶胶影响下长波辐射的变化可得出其直接辐射效应。

参考文献(References):

- [1] 夏祥莹,王明星.气溶胶及气候效应研究的新进展[J].地球科学进展,2004,19(4):630—635.
- [2] 沈志宝,王尧奇.太阳辐射在河谷大气中的削弱[J].高原气象,1982,1(4):74—83.
- [3] 王尧奇,韦志刚.河西地区太阳直接辐射和大气透明度[J].气象学报,1995,53(3):375—379.
- [4] 毛杰泰,李成才.气溶胶辐射特性的观测研究[J].气象学报,2005,63(5):621—635.
- [5] 吴润,蒋维楣.我国春季大气沙尘气溶胶分布和短波辐射效应的数值模拟[J].中国科技技术大学学报,2004,34(1):116—125.
- [6] 成天寿,沈志宝.中国西北大气沙尘的辐射强迫[J].高原气

- 象, 2002, 21(5): 473—478.
- [7] 成天寿, 吕达仁. 浑善达克沙地沙尘气溶胶的辐射强迫[J]. 高原气象, 2005, 24(6): 920—926.
- [8] 沈志宝, 魏丽. 黑河地区大气沙尘对地面辐射能收支的影响[J]. 高原气象, 1999, 18(1): 1—8.
- [9] 李初, 季国良. 敦煌地区大气气溶胶的辐射效应[J]. 太阳能学报, 2004, 25(3): 320—324.
- [10] 胡列群. 塔克拉玛干沙漠地面有效辐射研究[J]. 干旱区地理, 1997, 20(1): 25—32.
- [11] 胡列群. 塔克拉玛干沙漠及周围地区直接太阳辐射研究[J]. 干旱区地理, 1996, 13(3): 5—12.
- [12] 河清, 徐俊荣. 塔克拉玛干沙漠散射辐射观测研究[J]. 干旱区地理, 1996, 19(4): 38—44.
- [13] 李红军, 袁玉江. 塔克拉玛干沙漠北缘沙尘暴观测分析[J]. 中国沙漠, 2005, 25(增刊1): 146—149.
- [14] 陈渭南, 董泊宝. 塔克拉玛干沙漠的起沙风速[J]. 地理学报, 1995, 50(4): 360—368.
- [15] 李生字. 塔克拉玛干沙漠腹地沙尘暴特征——以塔中地区为例[J]. 自然灾害学报, 2006, 15(2): 14—19.
- [16] 延昊. 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—394.
- [17] 艾力买买提明. PM_{10} , NEP 在沙尘天气观测分级中的应用[J]. 中国沙漠, 2005, 25(增刊1): 150—154.
- [18] 张广兴. TSP 在沙尘天气观测及分级应用中的初步分析[J]. 中国沙漠, 2005, 25(增刊1): 155—157.
- [19] 中央气象局地面气象观测规范[M]. 北京: 气象出版社, 1997: 1—10.
- [20] 康德拉捷夫 K. 太阳辐射能[M]. 北京: 科学出版社, 1962.
- [21] 范伟. 可见到近红外波段整层大气光谱透过率的测量研究[J]. 光子学报, 2006, 35(3): 402—407.
- [22] 李震. 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.
- [23] 江灏. 拉萨河各辐射特征的研究[J]. 高原气象, 1985, 4(4): 68—72.
- [24] 黄建青, 祁栋林. 瓦里关地区大气透明度系数和太阳直接辐射减弱特征[J]. 青海气象, 2000, 2(2): 23—26.
- [25] Hinds W C. Aerosol technology properties, behavior, and measurement of airborne particles[M]. Second Edition. Canada: John Wiley & Sons Inc, 1998: 357—358.
- [26] 杨莲梅, 张广兴, 魏文寿, 等. 粒子散射系数在沙尘天气观测分级中的初步分析[J]. 中国沙漠, 2006, 26(3): 380—383.
- [27] 陈仁升. 任意地形实际天气条件下小时入射短波辐射模型——以黑河流域为例[J]. 中国沙漠, 2006, 26(5): 773—779.

Influence of Sand-dust over Tarim Basin on Shortwave Radiation: A Case Study in Tazhong Area

CHEN Xia^{1,2}, WEI Wen-shou³, LIU Ming-zhe¹

(1. Xinjiang Institute of Ecology and Geography, Chinese Academy of Sciences, Urumqi 830011, China; 2. Graduate School of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China; 3. Institute of Desert Meteorology, CMA, Urumqi 830002, China)

Abstract: An automatic actinograph (KIPP & ZONEN) was fixed on the 80 meters height tower at Tazhong Meteorological Station in Taklimakan Desert hinterland. Data were obtained every minute and collected per hour from Aug 1st to Sept 30th, 2006. Based on data of visibility, wind speed and other meteorological data the weather conditions were classified into three types: clear, dust-floating and sand-dust storm. The influence of variation of sand-dust aerosols on shortwave radiation in typical weather days was analyzed. Results indicated that: the atmospheric transmittance in clear is 2.04 times more than that in sand-dust storm due to sand-dust weakens the total solar radiation; the correlations between atmospheric transparency and sand-dust storm, dust-floating PM_{10} are negative apparently, and the coefficient is -0.714 and -0.771 respectively. The scattering radiation in sand-dust weather is 1.68 times of that in clear and 2.12 times of that in dust-floating weather conditions.

Keywords: Tazhong area; shortwave radiation; sand-dust aerosol; PM_{10}