

华东地区大气本底条件下 大气透明度的变化特点

洪盛茂

(浙江临安大气本底污染监测站, 311307)

提 要

对华东地区大气本底污染条件下的大气透明度进行了研究, 结果表明, 不同波长的大气透明度变化特点大体相同, 年变化中 5、9 两月的大气透明度较小, 1、7、12 叁月较大。各波长中以 778nm 大气透明度最高, 368nm 最低。在影响大气透明度的因素中, 气溶胶粒子的衰减作用最大。三波长(368nm、500nm、778nm)上大气透明度的数据段分布呈偏态分布。

关键词: 大气透明度 太阳辐射 气溶胶粒子 衰减

前 言

本文对 5 年的大气透明度资料并结合降水、飘尘资料进行了初步分析, 试图在研究大气透明度时得到一些比较重要的结论。大气透明度是大气对太阳辐射穿透能力的一种量度, 它的计算公式为:

$$P_{\lambda} = (I_{\lambda} \times S / I_{0\lambda})^{1/MU}$$

式中, I_{λ} 为波长 λ 时太阳辐射透过大气到达地面的辐射强度; $I_{0\lambda}$ 为波长 λ 时太阳在大气外界的辐射强度; S 为日-地距离订正因子, 该值随地球与太阳相互间的位置变化而变化, MU 为大气光学质量(或称大气光学路径), 与测点的地理纬度、太阳入射角、真太阳时角及太阳高度有关。 P_{λ} 为波长 λ 的大气透明度。

大气透明度 $P_{\lambda} = \exp(-\epsilon_{\lambda})$, 式中的 ϵ_{λ} 为波长 λ 时的大气衰减系数, 是气溶胶粒子的衰减、大气臭氧分子的吸收、空气分子的雷莱

散射等三者的总和, 其中气溶胶粒子的衰减作用就是大气混浊度。

在日常观测中, 用 368nm、500nm、778nm 三波长进行大气透明度的观测。观测时天空晴朗, 太阳及其周围未被云遮蔽, 每天三次观测, 观测时间为地方时间 9 时、12 时、15 时¹⁾, 观测大气透明度的仪器是世界气象组织规定使用的由日本生产的 EKO 型太阳光度计。

1 大气透明度的变化特点

1.1 大气透明度的年分布

通过对 1984 年 7 月至 1986 年 6 月、1988 年 2 月至 1991 年 1 月共 5 年时间的大气透明度资料进行分析, 发现三波长的大气透明度的年变化非常相似(见图 1)。由图 1 可见, 大气透明度年变化呈“W”形, 即 1 月、12 月、7 月的大气透明度较高, 5 月和 9 月的大气透明度较低。

1) 中国气象科学研究院. 大气本底污染监测规范(试行草案).

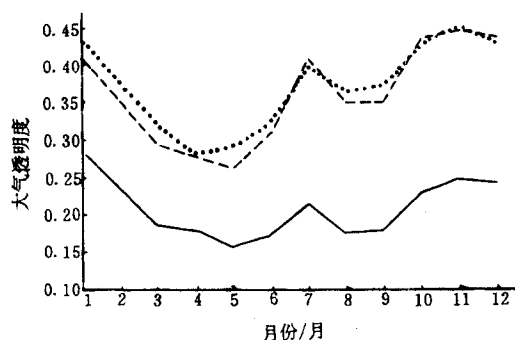


图1 大气透明度的年变化
实线:368nm, 断线:500nm, 点线:778nm

从图1还看到,三波长的大气透明度按高低依次为778nm、500nm、368nm。从观测结果来看,波长较长的太阳辐射穿透大气的的能力较强,波长较短的穿透能力较弱。通过对5年的大气透明度资料的计算得到表1。从表1中看到,气溶胶粒子的衰减率在大气衰减系数中所占百分比以778nm波长最高,为 $97.5\% \pm 0.5\%$ 。368nm波长上最低,为 $67.0\% \pm 5.1\%$ 。500nm波长上则为 $84.1\% \pm 3.2\%$ 。

表1 气溶胶衰减率的年变化

波长/nm		月份/月											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
368	A	1.102	1.338	1.627	1.660	1.790	1.694	1.476	1.682	1.663	1.412	1.343	1.353
	B	0.606	0.846	1.135	1.171	1.304	1.208	0.993	1.198	1.174	0.923	0.850	0.863
	(B/A)×100%	55.0	63.2	69.8	70.5	72.8	71.3	67.3	71.2	70.6	65.4	63.3	63.6
500	A	0.730	0.996	1.171	1.211	1.272	1.118	0.836	0.990	1.001	0.787	0.752	0.770
	B	0.579	0.846	1.021	1.062	1.124	0.970	0.689	0.842	0.852	0.638	0.602	0.620
	(B/A)×100%	79.3	84.9	87.2	87.7	88.4	86.8	82.4	85.1	85.1	81.1	80.1	80.5
778	A	0.667	0.928	1.083	1.206	1.172	1.080	0.877	0.951	0.937	0.805	0.749	0.792
	B	0.644	0.905	1.060	1.183	1.149	1.057	0.854	0.928	0.914	0.782	0.726	0.769
	(B/A)×100%	96.6	97.5	97.9	98.1	98.0	97.9	97.4	97.6	97.5	97.1	96.9	97.1

注:表中A指大气衰减系数;B指气溶胶衰减率

1.2 大气透明度的年际变化

大气透明度的各季节变化见表2。从表2看到,大气透明度有一定幅度的降低。以368nm波长为例,与1985年相比,1988年和1989年的年均值下降了3.6%左右,而1990年则下降了8.1%。产生这种下降现象有两种可能,一是大气本身受到各种因素影响使得大气透明度确有较大幅度的下降;二是由于观测仪器常年使用可能出现老化,导致大气透明度出现较大幅度的下降。当然,也有可能是上述两者的共同作用导致大气透明度的下降现象出现。从表2还看出,以冬季的大气透明度最高,秋季次之,春季则是最低的。这

是因为冬季天气晴朗,地面附近水汽和气溶胶粒子较少,对太阳辐射的衰减作用较弱。而春季则刚好相反。

表2 四季的大气透明度/368nm

年份/年	春季	夏季	秋季	冬季	年均
1985	0.185	0.201	0.226	0.250	0.223
1988	0.160	0.190	0.257	0.277	0.215
1989	0.184	0.208	0.217	0.229	0.216
1990	0.191	0.191	0.204	0.246	0.205

2 不同时间的大气透明度对比

比较3个时次观测的大气透明度变化得到表3。从表中看到,三波长上各时次的月均值大小排列大体相同,一般是9时大气透明度最大,15时次之,12时最低。

表3 三时次大气透明度的月均值

波长/nm	时间/时	月份/月												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
368	9	0.316	0.280	0.202	0.188	0.172	0.186	0.233	0.202	0.212	0.257	0.271	0.254	0.231
	12	0.244	0.217	0.192	0.163	0.151	0.151	0.194	0.149	0.144	0.178	0.202	0.205	0.183
	15	0.289	0.205	0.163	0.185	0.149	0.182	0.217	0.177	0.188	0.254	0.275	0.279	0.214
500	9	0.440	0.402	0.313	0.290	0.285	0.330	0.426	0.382	0.385	0.443	0.469	0.448	0.384
	12	0.376	0.340	0.304	0.266	0.266	0.285	0.381	0.321	0.304	0.388	0.400	0.393	0.335
	15	0.412	0.307	0.261	0.288	0.242	0.308	0.414	0.348	0.354	0.457	0.464	0.469	0.361
778	9	0.477	0.457	0.357	0.293	0.308	0.341	0.410	0.391	0.401	0.431	0.471	0.448	0.398
	12	0.377	0.354	0.293	0.252	0.273	0.285	0.356	0.322	0.312	0.362	0.377	0.357	0.327
	15	0.453	0.317	0.307	0.301	0.300	0.334	0.409	0.380	0.399	0.476	0.494	0.482	0.387

注:表中数据为1984年7月—1986年6月及1988年2月—1991年1月的各月大气透明度资料平均。

统计所有的大气透明度资料得到表4。表中数据为某时大气透明度较高(或较低)时的观测天数在观测总天数中所占的百分比。从表中看到,在9时和12时之间,9时大气透明度高于12时的观测天数较多,约占总天数的54.6%,12时大气透明度高于9时的观测天数较少,约占37.5%。而在12时和15

时之间,15时大气透明度高于12时的观测天数约占总天数的83.6%,三波长中又以778nm较多,竟高达93.1%。在9时和15时之间,15时大气透明度高于9时的观测天数占总观测天数的48.7%,而9时大气透明度较高的天数较少,占23.6%。

表4 三时次大气透明度比较

波长	Δ_{9-12}			Δ_{12-15}			Δ_{9-15}		
	a	b	c	a	b	c	a	b	c
368nm	56.2	7.7	36.2	6.2	9.2	84.6	27.7	23.1	49.2
500nm	50.8	11.5	37.7	6.9	20.0	73.1	26.9	23.8	49.3
778nm	56.9	4.6	38.5	2.3	4.6	93.1	16.2	36.2	47.6
平均	54.6	7.9	37.5	5.1	11.3	83.6	23.6	27.7	48.7

注:表中 Δ 为两时次的大气透明度差值,如 Δ_{9-12} 表示9时和12时的大气透明度的大小比较,a为两时次的大气透明度差值 $\Delta > 0.02$,b为 $0.02 > \Delta > -0.02$,c为差值 $\Delta < -0.02$ 。

大气气溶胶含量的变化一般集中在对流层,尤其是在近地层,有许多直接影响气溶胶含量的天气现象。另外,由于人类活动的频繁,大气污染的加剧,带来大量的气溶胶粒子。12时由于气溶胶粒子的大量增加,气溶胶的衰减作用一部分抵消由于大气光学路径减小而带来的影响,另一部份则直接降低大气透明度。15时的情形则刚好相反。

3 大气透明度的数据段分布

大气透明度的变化范围很大,在368nm波长上为0.035—0.453,500nm波长上为0.063—0.624,在778nm波长上为0.053—0.745。各数据段的分布见图2。从图2看出,大气透明度出现最多的数据段是:368nm波长为0.211—0.280,500nm波长为0.401—0.500,778nm波长为0.331—0.440,三波长上的数据段分布均呈现偏态分布。

在观测中发现,在大气透明度较低的数

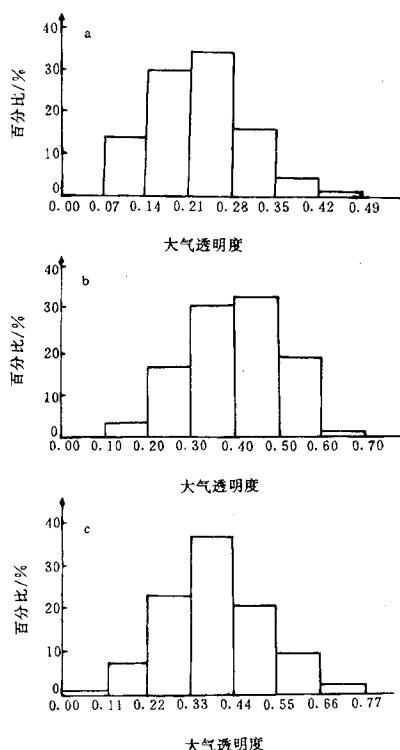


图2 大气透明度数据段分布
a:368nm,b:500nm,c:778nm

据段上各类影响大气透明度的天气现象出现较多,如霾、轻雾等,以及空中云的形成和消退过程中,虽然还没有明显的云体形状,但此时空中已形成一个高浓度气溶胶和高浓度水汽的气团,当太阳辐射透过该气团时必然受到很大程度的衰减。而在大气透明度较高数据段上有许多是在降水后一至二天内观测到的。降水尤其量大时气溶胶粒子被降水冲刷的很多,此时,大气透明度通常很高。当然,也有另一种情形,降水后一至二天内观测到的大气透明度较低(见表5)。这两种不同的情形的出现与当时的气象条件有关。降水后一至二天内,若地面风速较大,温度较低时,大气透明度一般较高。反之则较低。这是因为风速较大时大气湍流较强,扩散稀释能力较强,温度较低时,地面水汽蒸发较少。而风速较小时则刚好相反。

表5 大气透明度与天气现象的关系

368nm	500nm	778nm	天气现象	备注
0.214	0.363	0.375		5年总平均
0.161	0.278	0.312	高空水汽多	水平能见度 $vv=13.0\text{km}$
0.098	0.161	0.168	有霾	$vv=8.0\text{km}$
0.099	0.173	0.235	薄雾	$vv=8.0\text{km}$
0.332	0.482	0.513	云少量小	1985年1月均值,云量0.7(成)
0.167	0.280	0.310	云多量大	1985年5月均值,云量3.8(成)
0.260	0.453	0.443	前一天有雨(I)	$vv=31.7\text{km}$,风速 $3.0\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$,温度 18.9°C
0.133	0.266	0.324	前一天有雨(II)	$vv=18.3\text{km}$,风速 $1.3\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$,温度 32.0°C

4 大气透明度与飘尘质量浓度的关系

在进行大气透明度观测时,因天气条件好而经常同时进行飘尘采样,现将同时观测和采样的大气透明度和飘尘质量浓度的关系绘成图3。从图看出,当飘尘质量浓度增大时,大气透明度降低。

大气中的气压、温度、湿度、降水等气象要素与飘尘质量浓度间的关系非常密切^[1],尤其是降水。降水后大气中的飘尘被大量冲刷,飘尘质量浓度降低,大气透明度增高。如1985年6月29日,大气中飘尘质量浓度为 $162\mu\text{g}/\text{m}^3$,从30日起至7月5日连续有

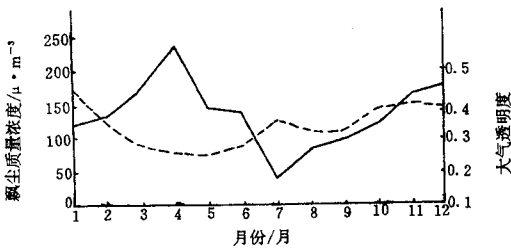


图3 大气透明度和飘尘质量浓度的年变化对比
实线:飘尘质量浓度 断线:大气透明度

表6 大气透明度与飘尘质量浓度及气象要素的有关值(1985年)

日期	浓度 / $\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$	368 nm	500 nm	778 nm	温度 / $^{\circ}\text{C}$	风速 / $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$	气压 /hPa	能见度 /km	湿度 /%
6月29日	162	179	337	339	23.4	1.7	994.3	18.3	89
7月6日	45	242	406	395	32.6	2.3	990.6	23.3	80
7月8日	25	267	502	450	32.5	4.0	988.8	35.0	69

5.2 三波长的大气透明度以778nm波长最高,其次是500nm波长,368nm波长的大气透明度最低。三波长上大气透明度的数据段分布均呈偏态分布。在统计的7个数据段中,有6成左右出现在中间的两个数据段上。

5.3 大气透明度随着飘尘质量浓度的增加而降低,随着飘尘质量浓度的减少而增加。大气中各气象因素的变化影响飘尘质量浓度的大小,最后导致大气透明度的变化。

5.4 分析了影响大气透明度的几个主要因

78.2mm的降水,6日飘尘质量浓度降至 $45\mu\text{g}/\text{m}^3$,大气透明度也有很大幅度的增高(见表6)。比较观测时的气象条件可得到与文献[1,2]相同的结果。

5 小结

5.1 各波长的大气透明度年变化基本相同,均呈“W”形变化,一天3次观测的大气透明度的变化特点也大体相同。

素,尤其是气溶胶粒子的衰减作用。这种衰减作用以778nm波长最大,500nm波长次之,368nm波长上气溶胶粒子对太阳辐射的衰减最小。

致谢:本文经中国气象科学研究院大气化学研究所丁国安先生审阅并提出修改意见,笔者在此深表谢意。

参考文献

- 1 洪盛茂. 飘尘质量浓度变化及影响因素. 大气环境, 1990,5(6):14—16.
- 2 洪盛茂. 飘尘质量浓度与气象要素的关系. 上海环境科学,1989,8(9):34—35.

The Characteristidcs of Change of Atmospheric Transparecy under Atmospheric Background Pollution in East China

Hong Shengmao

(Linnan Atmospheric Background Pollution Montioring Station,311307)

Abstract

The atmospheric transporecy under atmospheric backgroud polltion in East China is studied. The results show that the characteristics of change of atmospheric transporecy in three wavelengths is mainly the same. The atmospheric transporecy is lower in May and Sep. and higher in Jan. ,July,Dec. ,and highest in 778nm and lowest in 368nm. The attenuation function of aerosol particle is biggest in effects. The frequency paragraph idistribution present minor normal.

Key Words: atmospheric transporecy solar radiation aerosol particle attenuation