

中国遥感卫星辐射校正场气溶胶光学特性观测研究*

胡秀清 张玉香 张广顺 黄意玢 王永宽

(国家卫星气象中心,北京 100081)

提 要

1999年6月28日~7月19日在敦煌场,7月25日~7月31日在青海湖水面场进行了一次大规模综合野外测量试验,其中采用3台先进的法国CIMEL太阳辐射计对两个场地大气光学特性进行了系统全面测量,获得大量晴空天气条件下的大气光学数据。利用Langley法处理气溶胶通道数据得到气溶胶光学厚度及其光谱变化。测量结果显示550 nm波长平均气溶胶光学厚度分别为0.12、0.18,由气溶胶光学厚度的波长变化得到气溶胶Junge参数分别为2.6、3.0,并与几种典型气溶胶类型比较。结果表明两地在晴空天气里,气溶胶含量较小,符合遥感卫星传感器辐射定标的大气条件。

关键词: Langley法 气溶胶光学厚度 气溶胶类型 Junge参数

引 言

大气气溶胶是一种重要的大气微量成分,不仅与云、降水形成等大气物理过程密切相关,而且对光波在大气中的辐射传输产生重要影响,尤其对光的散射和吸收。气溶胶光学厚度和它的类型是辐射传输计算和大气校正的基本参数,它在辐射校正和定标中起着非常重要的作用,它的测量精度直接影响到大气校正的最终精度。在利用辐射校正场对卫星传感器进行辐射定标^[1]和对卫星数据进行大气校正时,必须对气溶胶的光学特性有较精确的测量,才能提高辐射定标和大气校正精度。

太阳辐射计是进行大气光学特性观测最基本的仪器之一^[2],它选用可见近红外通道,这些通道根据需要可以设在吸收带内或者窗区,跟踪太阳作太阳直射辐射测量,然后利用Langley法^[2,3]推算出不同波长大气总的消光光学厚度。用气压测值可计算分子散射Rayleigh光学厚度,从总的光学厚度中减掉Rayleigh散射和气体吸收就得到气溶胶光学厚度。由不同波长上的气溶胶光学厚度还可以推出气溶胶其它重要参数(如Junge参数、粒子谱分布等)。太阳辐射计的吸收通道还用来反演吸收气体总量,如臭氧吸收的Chappuis带和940 nm水汽吸收带,可以用来反演垂直大气层总的臭氧量和水汽量。

敦煌和青海湖于1996年被确定为中国遥感卫星辐射校正场。敦煌场位于敦煌市区以西20 km的戈壁滩,我们用它主要作遥感卫星传感器可见光近红外通道绝对辐射定标。青海湖水面场位于青海省东南部,海拔约3200 m,它主要用作热红外通道绝对辐射

* 本文得到重点卫星应用项目“中国遥感卫星辐射校正场”资助。

2000-10-24收到,2000-12-27收到修改稿。

定标。对两个场地大气光学特性的了解,特别是气溶胶光学特性的观测研究是中国遥感卫星辐射校正场科研项目的重要专题。本文描述了利用 3 台 CIMEL 太阳辐射计对敦煌和青海湖校正场大气光学特性进行测量的结果,分析了两个试验场的大气状况和气溶胶光学特性,并与几种典型气溶胶类型对比模拟计算,初步确定了两地的气溶胶类型。

1 测量仪器

我们利用一台 CE317 手动和两台 CE318 自动跟踪太阳辐射计(R. N. Hathore, 1999)进行大气消光测量,它们都是由法国 CIMEL 公司制造的多通道太阳辐射计。CE317 的结构简单,易于携带。它把光学部分和电子电路部分集中在一个控制箱中,测量时只须人工对准太阳(导光筒上方小孔的太阳亮斑落在下方的小孔上),便可以进行不同时刻太阳辐射度测量。它也可以通过人工控制方位角和天顶角进行天空辐射测量,但需要辅助设备。CE317 的通道设置见表 1,总共有 6 个通道。它自动将测量数据储存在内部可擦写 EPROM 中,测量完毕后将数据用 ASTP 软件通过串行口传输到计算机上。CE317 每进行一次完整的 6 通道数据测量需要 10 s。

CE318 是一个自动跟踪扫描太阳辐射计,结构较为复杂,其光学头部和控制采集数据部分是分开的,光学头部固定在一个可以两轴转动的机器人臂上,机器人臂由两个步进马达传动,可以绕垂直和水平两轴转动,它们构成了仪器主体,如图 1 所示。控制箱为数据采集和软件控制部分,它发出预定的跟踪对准、天空扫描和数据采样指令,并获取测量数据。CE318 安装有 8 个通道(见表 1)。CE318 除了可以测量太阳直射辐射外,还可以进行等高度角天空辐射扫描、太阳主平面天空扫描和太阳主平面极化扫描测量。

表 1 CE317 手动太阳辐射计和 CE318 自动跟踪扫描太阳辐射计光谱通道 nm

通道号	CE317		CE318	
	中心波长	带宽	中心波长	带宽
1	1020	10	1020	10
2	870	10	870 P1	10
3	670	10	670	10
4	440	10	440	10
5	936	10	870 P2	10
6	940	50	870	10
7			936	10
8			870 P3	10

注:P1、P2、P3 表示 3 个极化通道(下同)

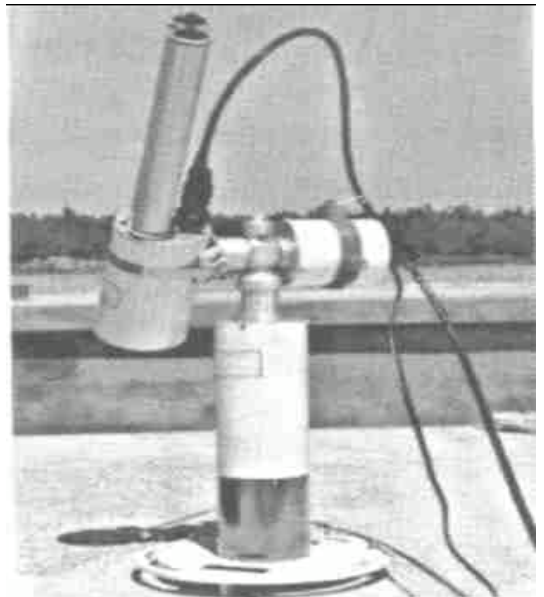


图 1 CE318 自动跟踪扫描太阳辐射计主体部分

2 观测过程

2.1 敦煌试验场

我们在靠近敦煌辐射校正场边缘的七里镇(经度 $94^{\circ}33'49''$, 纬度 $40^{\circ}05'57''$, 海拔 1230 m), 于 1999 年 7 月 6 日至 18 日期间作了 8 天有效测量, 7 月 19 日在敦煌市区(经度 $94^{\circ}39'46''$, 纬度 $40^{\circ}09'14''$, 海拔 1207 m), 进行了 1 天的测量。其中大气稳定的天气有 6 天, 即 7 月 6 日下午, 7 日 1 天, 8 日上午, 16、17、19 日 3 天。表 2 列出了敦煌测量期间的天空状况。每天的测量大约从早上的 07:00(北京时, 下同)测到下午 19:00。我们共使用了 3 台 CIMEL 太阳辐射计, 其中一台手动 CE317, 两台自动 CE318, 其中一台 CE318 由于自动跟踪精度较低, 改为人工对准太阳。CE317 每 1 min 取一次太阳直射数据, CE318 每 2 min 取一次太阳直射数据。另外每天还用 CE318 人工干预做几次等高度角扫描和主平面扫描, 获取天空光的数据资料。

2.2 青海湖试验场

我们在青海湖鱼政招待所门口(经度 $100^{\circ}38'42''$, 纬度 $36^{\circ}33'04''$, 海拔 3196 m), 于 1999 年 7 月 25~30 日期间共作了 6 天的测量, 其中有 4 天有效测量, 大气稳定的天气有 7 月 28、29、30 日 3 天。表 2 列出了青海湖测量期间的天空状况。每天测量从早上 07:00 开始, 到下午 19:00 结束。我们使用与敦煌同样的 3 台太阳辐射计。3 台太阳辐射计均作太阳直射辐射测量, 未进行天空辐射扫描测量。7 月 27 日傍晚从青海湖北面吹来一阵

表 2 敦煌、青海湖 1999 年 7 月太阳辐射计观测期间大气状况

日期	观测时间 (北京时)	地面气压 (hPa)	能见度 (km)	天空状况	
7 月 6 日	14:43~19:44	874	50	无云	
7 月 7 日	07:00~20:00	872	60	12:30~15:00 西南方向有少量云(Ci, Fc)	
7 月 8 日	08:10~18:08	868	50	西部有少量云(Cu, Fc, Ci)	
7 月 10 日	14:42~17:50	868	60	南部云量较多(Ci, Cu, Fc)	
7 月 11 日	07:43~10:40	867	40	天空四周有云(Ci)	
7 月 12~15 日				阴天、多云、小阵雨	
敦 煌	7 月 16 日	08:20~12:10	882	60	09:00 以前有云(Ci, Ac)
		14:45~20:00			下午地平线有云(Cu, Fc)
敦 煌	7 月 17 日	06:56~12:00	880	70	天空无云
		14:30~19:40			地平线有少量云(Ci, Cu)
敦 煌	7 月 18 日	09:00~11:45	878	50	07:00 有云, 09:00 云退去
		14:45~16:30			下午天空有较大云量(Ci, Cu, Fc)
敦 煌	7 月 19 日	07:00~18:00	880	30	无云
青 海 湖	7 月 25 日	08:00~11:00	692		09:30 以后隐约有云
	7 月 26 日	07:15~08:40	740	30	四周(Cu, Fc, Sc)
青 海 湖	7 月 27 日	08:00~17:00	695	35	四周(Cu, Fc, Ci, Ac)
青 海 湖	7 月 28 日	07:45~18:47	697	25	四周(Cc, Fc)
青 海 湖	7 月 29 日	07:00~19:48	697	20	四周(Cu, Fc)
青 海 湖	7 月 30 日	07:00~19:29	696	20	(Cu, Fc)
青 海 湖	7 月 31 日		696	28	(Sc, Ci)

大风,所以 7 月 28、29、30 日 3 天测量期间,天空虽然无云,但肉眼能看到天空不如起风前那么湛蓝,能见度有所下降。

3 测量原理

3.1 大气光学厚度

根据 Bouguer 定律^[3],在地面测得的直接太阳辐射 E (W/m^2) 在给定波长上:

$$E = E_0 R^{-2} \cdot \exp(-m\tau) \tag{1}$$

其中 E_0 是在一个天文单位(AU)距离上的大气外界的太阳辐照度, R 是测量时刻的日地距离(AU), m 是大气质量, τ 为总的垂直光学厚度。若仪器输出电压 V 代表 E , 公式(1)写成

$$V = V_0 R^{-2} \cdot \exp(-m\tau) \tag{2}$$

其中 V_0 是定标常数,在大气稳定条件下,进行不同天顶角的太阳直射辐射测量,由测得的 V 与 m 的函数确定,然后外推到 m 为 0 时 V 的结果。由 $\ln v + \ln R^2$ 与 m 画直线,直线的斜率就是垂直光学厚度 - τ ,截距就是太阳辐射计在大气外界测得的电压信号的对数 $\ln V_0$,这就是常说的 Langley 法。如图 2 显示了 1999 年 7 月 7 日 CE318 太阳辐射计在敦煌测得各通道 Langley 回归直线。

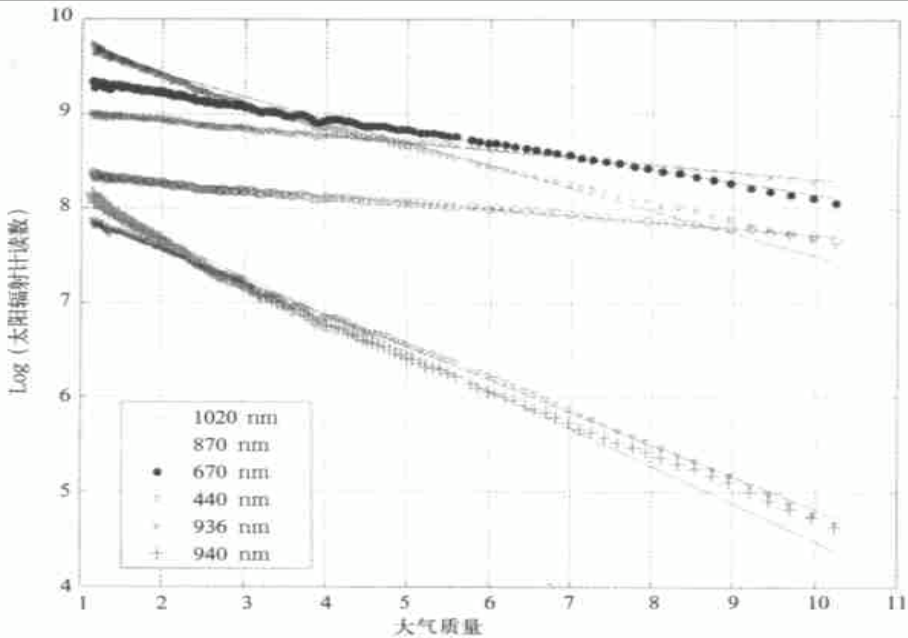


图 2 1999 年 7 月 7 日在敦煌测得各通道 Langley 曲线

总的光学厚度 τ 由分子散射 (Rayleigh), 气体吸收消光(如臭氧)和气溶胶散射 3 部分组成,

$$\tau = \tau_r + \tau_a + \tau_g \tag{3}$$

其中 Rayleigh 光学厚度 τ_r 由地面气压值计算出来,在可见光近红外区,气体吸收主要是臭氧和水汽的吸收。在没有气体吸收的通道,总的光学厚度减去 Rayleigh 光学厚度,就可计算出气溶胶的光学厚度。

3.2 气溶胶参数

对于气溶胶光学厚度,我们假定气溶胶粒子谱分布遵循 Junge 分布,垂直大气柱气溶胶粒子气溶胶尺度谱分布

$$n(r) = \frac{dN(r)}{dr} = c(z) \cdot r^{-(\nu+1)} \quad (4)$$

其中 r 是球形粒子的半径, $N(r)$ 为单位面积上气溶胶粒子总数, ν 是 Junge 参数,因子 $c(z)$ 与高度 z 有关,正比于气溶胶的浓度。在 Junge 气溶胶谱类型及气溶胶复折射指数与波长无关条件下,气溶胶光学厚度与波长的关系满足下列方程

$$\tau_a(\lambda) = k \cdot \lambda^{-\nu+2} \quad (5)$$

式(5)中 k 为 Angstrom 大气浑浊度系数,是波长 $1 \mu\text{m}$ 处大气气溶胶光学厚度。由式(5)可知,我们可以通过测量气溶胶光学厚度的谱分布就能求出 ν ,利用 k 和 ν 继而可以求出其他波长上的气溶胶光学厚度。

4 数据处理及结果

4.1 气溶胶光学厚度

在数据处理前,必须对数据进行质量控制。我们从太阳直射辐射随时间变化的曲线看,应该是在无云的天气里是随着太阳高度角的增大而逐渐上升,如果出现波动或者曲线不光滑,可能是太阳辐射计的对准筒没有完全对准太阳,也可能是大气不稳定或者天空有云遮挡太阳。这类数据是不能参与计算和进行 Langley 回归。因此我们采用一个筛选程序将这类数据滤掉。

为了计算每个观测日半天的平均气溶胶光学厚度,我们采用 Langley 法处理 CE317 和 CE318 的非水汽吸收通道,即 1020、870、670 和 440 nm 4 个通道,除 670 nm 通道有微弱的臭氧吸收外,其它 3 个通道只有 Rayleigh 散射和气溶胶消光。在用 Langley 法处理数据时,我们发现 CE317 和 CE318 的 1020 nm 通道存在较大波动性,而其它通道都很稳定,这说明不是对准筒没对准太阳造成,可能主要由于硅探测器在这个波段灵敏度低,信噪比较大所致。因此我们选用 870 nm 和 440 nm 两个通道得到的气溶胶光学厚度,利用式(5)计算该半天平均 Junge 参数 ν 和 k ,由 ν 和 k 值反过来就可以求出其它波长上的气溶胶光学厚度,那么 670 nm 和 940 nm 有气体吸收通道的气溶胶光学厚度就可推算出来。表 3 和表 4 中分别列出了敦煌和青海湖不同日期测得的气溶胶光学厚度和 Junge 参数 ν 和 k 。

分析表 3 和表 4 可见,敦煌 550 nm 气溶胶光学厚度多天平均值为 0.12, Junge 参数 ν 为 2.68, k 为 0.084。青海湖 550 nm 气溶胶光学厚度 3 天平均值为 0.18, Junge 参数 ν 为 3.0, k 为 0.10。在测量期间,敦煌的气溶胶比青海湖要小,这似乎不符合通常情况,因为青海湖在海拔为 3.196 km 的高原,并且地表植被好。通常应该青海湖的气溶胶比敦煌

少,但是在 7 月 27 日傍晚青海湖起了一阵从北方戈壁沙漠吹来的大风,造成青海湖后来几天里天空中有少量浮尘,能见度明显不如起风前。

表 3 敦煌 1999 年 7 月用 CE317 太阳辐射计测得的气溶胶光学厚度

日期	时间	大气质量	1020 nm	870 nm	670 nm	440 nm	550 nm	936 nm	ν	k
6	14.72~19.75	1.071~3.894	0.1084	0.1070	0.1186	0.1399	0.1282	0.1040	2.3929	0.1013
7	14.67~20.03	1.069~4.875	0.0693	0.0663	0.0772	0.0986	0.0866	0.06351	2.5826	0.0611
8	14.43~18.13	1.059~1.795	0.1203	0.1334	0.1452	0.1664	0.1548	0.1302	2.3248	0.1275
11	7.70~10.40	1.441~4.268	0.0481	0.0545	0.0672	0.0940	0.0786	0.0514	2.7988	0.0488
16	8.57~12.28	1.118~2.607	0.1173	0.0906	0.1072	0.1405	0.1217	0.0865	2.6427	0.0829
16	14.75~20.01	1.079~4.947	0.0673	0.0716	0.0969	0.1575	0.1217	0.0658	3.1556	0.0610
17	6.99~12.01	1.147~10.25	0.0645	0.0645	0.0859	0.1362	0.1067	0.0595	3.0976	0.0553
17	14.42~19.50	1.065~3.341	0.1131	0.1178	0.1379	0.1779	0.1554	0.1127	2.6049	0.1082
19	7.07~12.00	1.150~9.245	0.1042	0.1012	0.1175	0.1496	0.1316	0.0970	2.5737	0.0934
平均值			0.0903	0.0897	0.1060	0.1401	0.1206	0.0856	2.6860	0.0822

表 4 青海湖 1999 年 7 月用 CE318-1 太阳辐射计测得的气溶胶光学厚度

日期	时间	1020	870P1	670	440	870P2	870	936	870P3	550	ν	k
28	7.94~12.11	0.145	0.159	0.204	0.297	0.159	0.161	0.151	0.157	0.243	2.8940	0.1424
28	13.41~18.81	0.177	0.129	0.156	0.211	0.132	0.130	0.123	0.128	0.180	2.7123	0.1175
29	7.98~12.50	0.114	0.121	0.161	0.250	0.120	0.123	0.114	0.121	0.198	3.0418	0.1064
29	13.65~19.01	0.042	0.100	0.137	0.216	0.103	0.103	0.096	0.101	0.170	3.0792	0.0890
30	7.79~12.68	0.132	0.142	0.205	0.352	0.143	0.146	0.133	0.141	0.264	3.2893	0.1220
30	14.12~19.02	0.061	0.042	0.054	0.081	0.041	0.042	0.039	0.043	0.065	2.9830	0.0363
平均值		0.1118	0.1155	0.1528	0.2345	0.1163	0.1175	0.1093	0.1152	0.1867	2.9999	0.1023

表 5 1999 年 7 月 6~19 日敦煌和青海湖两地 3 台太阳辐射计测得的气溶胶光学厚度及 Junge 参数平均值

		1020 nm	870 nm	670 nm	440 nm	936 nm	550 nm	ν	k
敦煌	CE317	0.0903	0.0897	0.1060	0.1401	0.0856	0.1206	2.6860	0.0822
	CE318-1	0.0816	0.0957	0.1117	0.1456	0.0917	0.1262	2.6897	0.0884
	CE318-2	0.0719	0.0924	0.1110	0.1517	0.0878	0.1284	2.7531	0.0838
青海湖	CE317	0.0911	0.0934	0.1236	0.1955	0.0864	0.1531	3.2757	0.0805
	CE318-1	0.1118	0.1175	0.1528	0.2345	0.1093	0.1867	2.9999	0.1023
	CE318-2	0.1035	0.1140	0.1490	0.2312	0.1060	0.1830	3.0239	0.0990

表 5 列出了 3 台太阳辐射计在敦煌和青海湖测得的气溶胶光学厚度和 Junge 参数的总天数平均值,从表中可以看出 3 台太阳辐射计测得的结果十分接近,除 1020 nm 通道外其它通道光学厚度差别小于 0.01,这在 CIMEL 太阳辐射计仪器本身测量精度范围以内(0.01)。

为了配合这次星地同步观测,对 FY-1C 气象卫星的可见光近红外通道进行绝对辐射定标,需要卫星过境时刻大气气溶胶光学厚度,我们利用当天得出的大气外界定标常数 v_0 计算卫星过境时气溶胶光学厚度,由式(2)、(3)得出

$$\tau_a = -\frac{1}{m} \left[\ln \left(\frac{v \cdot R^2}{v_0} \right) - m\tau_r - m\tau_g \right] \quad (6)$$

利用上式即可以计算任意时刻大气气溶胶光学厚度,表 6 列出了敦煌和青海湖同步观测天里卫星过境前后 15 min 平均气溶胶光学厚度,图 3 显示了 7 月 17 日气溶胶光学

厚度随着时间的变化,从图中可以清楚地看出气溶胶光学厚度在不同时刻的变化情况,气溶胶光学厚度在 10:30 以后出现较强的波动,因为没有大的天气系统影响,可能是出现局地强对流所引起,所以卫星过顶时选取气溶胶光学厚度不能盲目取当天平均光学厚度。

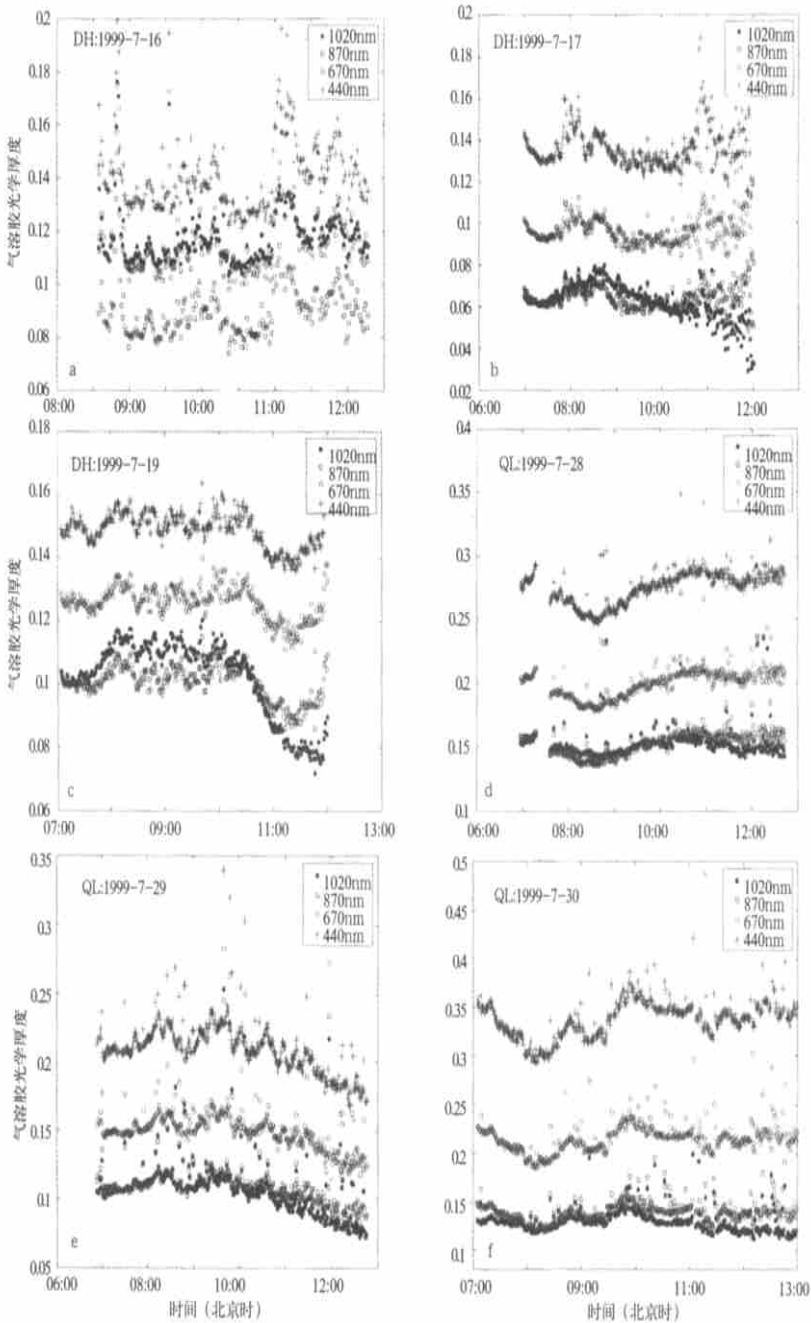


图3 敦煌(DH)和青海湖(QL)1999年7月不同日期气溶胶光学厚度随时间变化

表 6 敦煌和青海湖 1999 年 7 月卫星过顶前后 15 min
太阳辐射计测得的气溶胶光学厚度平均值

	日期	时间	1020 nm	870 nm	670 nm	440 nm
敦煌 CE317	7	10:31	0.0568	0.0443	0.0587	0.0657
	16	10:46	0.0729	0.0757	0.1025	0.1278
	17	10:36	0.0587	0.0637	0.0964	0.1371
青海湖 CE318-1	28	10:33	0.1438	0.1688	0.2212	0.3079
	29	10:23	0.1142	0.1216	0.1724	0.2541
	30	10:13	0.1682	0.1514	0.2408	0.3752

4.2 气溶胶光学厚度测量误差

利用 Langley 法处理太阳辐射计非吸收通道得到气溶胶光学厚度,从测量到处理存在如下的误差源:仪器本身产生误差;天气不稳定;测量时没有完全对准太阳;处理时系统误差,如大气质量数、Rayleigh 计算;不同仪器之间差别。这些误差中影响最大的是测量时天气的稳定性,如天空是否有云,对流强弱。但如果在测量前对太阳辐射计进行精确定标,进行太阳辐射计瞬态测量,则能排除该项误差。我们本次测量基本上在天空无云、大气基本稳定的情况下进行,气溶胶在一天的变化很小,Langley 回归直线的相关系数都在 95% 以上,因此气溶胶光学厚度测量精度主要取决于仪器本身的测量精度,对于气溶胶光学厚度 CIMEL 太阳辐射计的测量精度约 0.01,所以我们的测量误差也为 0.01。

5 敦煌和青海湖气溶胶光学特性分析

5.1 气溶胶光学厚度随波长的变化

由气溶胶光学厚度光谱变化能推算出气溶胶粒子尺度谱分布,其中蕴涵着气溶胶的类型特征,表 3 至表 5 的最后两栏是根据 870 nm 和 440 nm 两个通道的气溶胶光学厚度计算出 Junge 参数 ν 和 k , ν 值的大小反映气溶胶粒子谱分布情况, ν 值越大表明气溶胶小粒子的密度越高, ν 值越小表明气溶胶大粒子的密度越高。 k 是大气浑浊度系数,主要反映的是气溶胶浓度的大小, k 值越大气溶胶浓度越大。图 4 是敦煌 1999 年 7 月 6 日 17 日及 6S 模式常用的几种典型气溶胶模式气溶胶光学厚度随波长

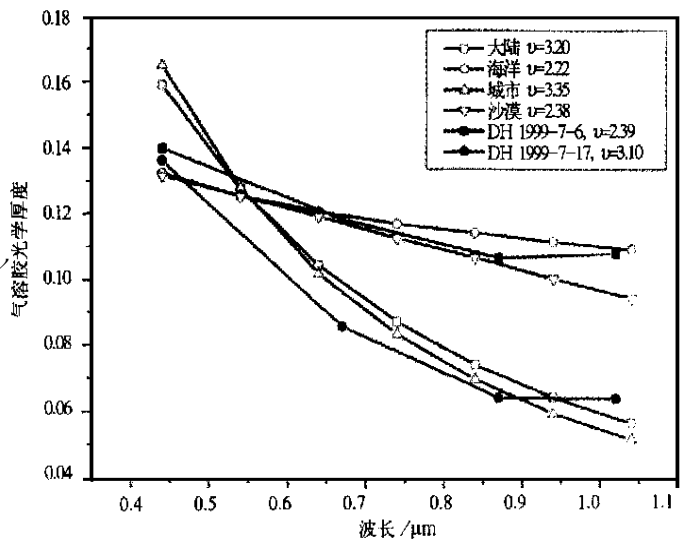


图 4 敦煌和青海湖气溶胶光学厚度随波长的变化

的变化情况,从图中不难看出7月6日变化规律与沙漠模式非常接近,而7月17日的变化规律却与大陆模式接近,分析发现7月12~15日敦煌下过阵雨,大气得到净化,其中的大粒子尘埃浓度减少,导致气溶胶粒子谱分布发生变化,从Junge参数 ν 几天的变化就能判断出来,直到7月19日气溶胶颗粒分布才恢复正常,但敦煌试验场在大部分天气里气溶胶粒子谱分布接近沙漠型。青海湖的气溶胶粒子谱信息同样可以从Junge参数 ν 得到, ν 的平均值为3.0,比较接近大陆型,气溶胶光学厚度随波长的变化较快。

5.2 气溶胶光学厚度随时间的变化

气溶胶光学厚度随时间的变化也是衡量气溶胶的一个重要特征^[4],它分3个时间尺度的变化:一天内变化;不同日期变化;不同季节变化。另外还有更大尺度的年际变化。一天内的时间变化对于卫星辐射定标非常重要,图3显示在敦煌、青海湖同步观测日期气溶胶不同时刻的变化,不同天气里有不同的变化情况,在不稳定天气里气溶胶的变化较大,在大风和降雨等天气过程前后,气溶胶含量变化较大。图5和图6显示敦煌和青海湖气溶胶的日际变化,从图中看出气溶胶的日际变化总是处于波动状态。敦煌在7月12~15日降雨前后变化非常明显,不仅光学厚度的大小有变化,而且气溶胶的光谱分布也有较大变化,即气溶胶的类型有所变化。

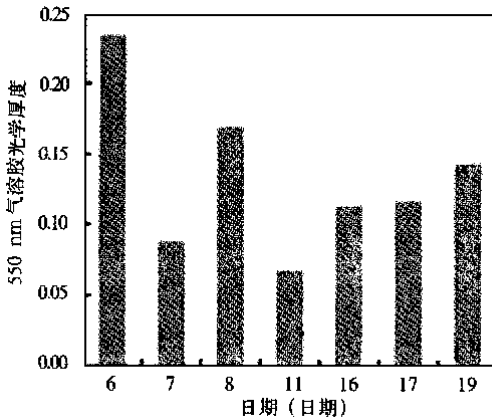


图5 敦煌1999年7月气溶胶光学厚度日际变化

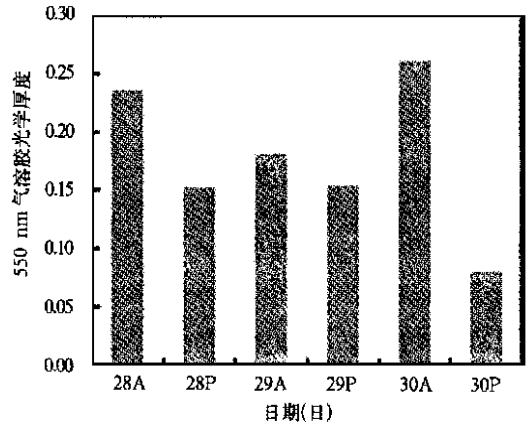


图6 青海湖1999年7月气溶胶光学厚度日际变化(A为上午,P为下午)

6 结 论

通过本次大规模测量试验,我们对敦煌和青海湖辐射校正场的大气气溶胶光学特性得到初步了解。两地测量结果显示:550 nm 波长气溶胶光学厚度平均分别为0.12、0.18,在完全晴空天气里气溶胶光学厚度更小。这表明两地气溶胶含量在晴空天气里很少,符合卫星传感器辐射校正大气条件。利用气溶胶的波长变化得到气溶胶Junge参数 ν 分别为2.6、3.0,结果与常见的几种典型气溶胶模型相比较表明,在大部分测量试验天气里敦煌的气溶胶类型接近于沙漠型,而青海湖接近于大陆型。

致谢:该项测量试验工作在邱康睦和方宗义同志的精心组织和指导下完成,敦煌气象局的王钟林同志

自始至终参加了观测工作,参加观测的还有陈秀莲、王维和、王萍等同志,另外本工作还得到敦煌和西宁气象局许多同志后勤支持在此一并表示感谢。

参考文献

- 1 Biggar S F. In-flight methods for satellite sensor absolute radiometric calibration: [PhD dissertation]. Tucson: the University of Arizona, 1990.
- 2 Holben B N, Eck T F, Slutsker I, et al. AERONET—a federated instrument network and data archive for aerosol characterization. *Rem. Sens. of Environ.* 1997, **39**(1): 66.
- 3 Biggar S F, Gellman D I, Slater P N. Improved evaluation of optical depth components from Langley plot data. *Remote Sens. Environ.*, 1990, **32**: 91~101.
- 4 Wu D, Yin Y, Wang Z, et al. Radiometric characterisation of Dunhuang satellite calibration test site (China). 7th International Symposium on Physical Measurements and Signatures in Remote Sensing. Courchevel, France, 1997/4.

MEASUREMENTS AND STUDY OF AEROSOL OPTICAL CHARACTERISTICS IN CHINA RADIOMETRIC CALIBRATION SITES

Hu Xiuqing Zhang Yuxiang Zhang Guangshun Huang Yibing Wang Yongkuan
(National Satellite Meteorological Center, Beijing, 100081)

Abstract

A field measurement campaign was conducted in Dunhuang and Qinghai Lake sites in July 1999. Three CIMEL sun-photometers were used to measure the optical characteristics of the atmosphere at the two sites, and a great deal of data about atmospheric optical characteristics in the clear condition were obtained. Data from aerosol bands of sun-photometers are used, by means of the Langley method, to determine aerosol spectral optical depths. The results show that the aerosol optical depth (AOD) at 550 nm at the two sites is 0.125 and 0.18 respectively. V (Junge aerosol size distribution parameter) derived from spectral variation of AOD is 2.6 and 3.0 respectively. These values are compared with several typical aerosol models. All results show that the aerosol concentration at the two sites is small and suitable for in-flight calibration for remote sensing satellite sensors.

Key words: Langley method Aerosol optical depth Aerosol type Junge parameter