

# 河西地区的太阳直接辐射和大气透明度\*

王尧奇 韦志刚

(中国科学院兰州高原大气物理研究所, 兰州市, 730000)

## 摘 要

利用河西地区的民勤和敦煌两个日射站的三年(1981—1983年)资料, 计算了太阳直接辐射在传输过程中的各种衰减。该地区有干燥、荒漠和狭管地形等三大特点, 环境对直接辐射的影响表现为气溶胶衰减的重要作用。

**关键词:** 太阳直接辐射; 大气透明度; 云的辐射衰减; 河西地区。

## 1 引 言

河西地区是一特殊的自然地理区域。有三大特点: 其一, 地处内陆腹地, 气候极其干燥, 年降水量仅 40—200mm。其二, 在自然降水条件下不能生长农作物和林木。但发源于祁连山的水系对该地区具有水力灌溉之利, 水源充足的地方大都形成绿洲。然而绿洲农田被大片戈壁、流沙所分割。其东、北、西三面又受腾格里、巴丹吉林和库穆塔格三个大沙漠的包围, 自然环境仍十分恶劣。其三, 河西地区是位于祁连山和北山(马鬃山、合黎山和龙首山)之间的狭长平原, 东起乌鞘岭, 西止甘新省界, 全长约 1200km, 南北宽仅几公里至百余公里, 构成了狭管地形, 故称“河西走廊”。狭管地形有明显增大风速的作用。据 1951—1980 年 30 年资料统计, 河西各地大风日数一般有 15d 以上。位于最窄处的安西, 一般为 69d, 最多年份可达 105d, 有“风库”之称。众所周知, 干旱荒漠地带是自然尘埃气溶胶的最主要源地。地面风场是支配低层气溶胶的最重要参数。因此, 这里每遇大风, 尘土飞扬甚至飞沙走石, 形成沙尘暴天气。发生强沙尘暴(俗称黑风)时, 不仅农田、作物遭殃, 且致人畜伤亡, 是河西地区的一大危害。特殊的自然地理环境必然形成特殊的辐射气候。本文利用走廊东部的民勤(北纬 38°38', 东经 103°05', 海拔高度 1367.0m)和西部的敦煌(北纬 40°09', 东经 90°49', 海拔高度 1138.7m)两个日射站的三年(1981—1983年)资料, 对该地区的太阳直接辐射在传输过程中的各种衰减作出定量估算。

## 2 计算方法

近似认为理想大气、晴好大气、可能大气和实际大气条件下的太阳直接辐照量, 是天文辐照量依次受空气分子、水汽和粗粒气溶胶(Mie 散射)、沙尘、云等的作用逐项衰减的

\* 1993年8月16日收到原稿, 1993年10月19日收到修改稿。本文得到“黑河地区地-气相互作用野外观测实验研究(HEIFE)”的资助。

结果。天文辐射和理想大气的直接月辐照量可根据文献[1]求得。实际大气的直接月辐照量由实测资料得到。晴好大气和可能大气的直接月辐照量按以下步骤计算：

(1) 根据国家气象局日射观测记录月报表中 9:30、12:30 和 15:30 三个时次的日光状况、云量和备注栏说明，区分日面无云遮蔽且无沙尘为晴好天；日面无云遮蔽但有沙尘为沙尘天；日面有云遮蔽而无沙尘为云天无沙尘和日面有云遮蔽并有沙尘为云天有沙尘等四种天气类型。分别统计其出现频数。

(2) 将光线垂直面上的直接辐照度订正到日地平均距离，再利用西部干旱地区(光学)直接辐照度  $S_m$  与大气质量  $m$  的关系式<sup>[2]</sup>

$$S_m = S_{i,m} \left( \frac{S_2}{S_{i,2}} \right)^{0.06+0.53m-0.03m^2} \quad (1)$$

将晴好天的直接辐照度订正为  $m = 2$  时的辐照度  $S_2$ 。式中  $S_{i,m}$ 、 $S_{i,2}$  是大质量为  $m$  和  $m = 2$  时的理想大气直接辐照度。然后计算  $m = 2$  时的透明系数  $p_2$ 。

(3) 计算晴好天透明系数  $p_2$  的加权平均值。由于一天中不同时段内的直接辐照量在日辐照量中所占的比重不同，因此在估算透明度对日辐照量的影响时，应根据不同时段给  $p_2$  以不同的权重。某时刻的辐照度与日平均辐照度的比值就是该时刻的权重  $W$ 。晴天直接辐射日辐照量  $S'_{day}$  的计算公式为

$$S'_{day} = \frac{T}{\pi} \int_0^{\omega_0} S' d\omega \quad (2)$$

式中  $T$  是全天时数， $\omega$  是时角， $\omega_0$  是日落时角， $S'$  是水平面上的直接辐照度。文献[3] 在计算日辐照量时令  $\theta = \frac{\omega}{\omega_0}$ ， $\theta$  称为“标准”时间。令  $\frac{S'_\theta}{S'_{\theta=0}} \theta = \Phi(\theta)$ ， $S'_{\theta=0}$  是正午时刻水平面上的直接辐照度。并令  $T_\odot = \frac{T}{\pi} \omega_0$ ， $T_\odot$  是日照时间。式(2)改写为

$$S'_{day} = T_\odot S'_{\theta=0} \int_0^1 \Phi(\theta) d\theta \quad (3)$$

文献[3]发现一年中任一天，纬度  $\varphi = 0^\circ - 70^\circ$ ， $\Phi(\theta)$  随  $\theta$  的日变化几乎是一样的。 $W(\theta) = \Phi(\theta) / \int_0^1 \Phi(\theta) d\theta$ 。求得  $W(\theta)$  的值列于表 1。

表 1  $W(\theta)$  与  $\theta$  的关系

$\theta$	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
$W(\theta)$	1.82	1.78	1.69	1.53	1.31	1.05	0.78	0.57	0.27	0.13	0.00

(4) 求得晴好天的加权平均透明系数后，根据文献[1]可求得晴好大气的直接月辐照量。

(5) 用以上方法也可得到沙尘大气的直接月辐照量。

(6) 可能直接辐照量是假定不受云的影响情况下的辐照量。日面有云遮蔽时，假定若无云的影响，不出现沙尘时  $p_2$  与晴好天相同；出现沙尘时  $p_2$  与沙尘天相同。于是根据沙尘出现总频率，就可求得该月浮尘、扬沙和沙尘暴等天气增加的巨粒气溶胶(无选择性散射)所造成的衰减。晴好大气直接月辐照量减去沙尘造成的衰减便是可能大气直接月辐照量。根据文献[1]可求得相应的平均透明系数。

为了区分水汽和粗粒气溶胶分别对辐射的影响,利用水汽吸收过程先于其他衰减过程的假定下得到的计算结果,导出水汽吸收辐射  $\Delta S_w$  的计算公式<sup>[4]</sup>:

$$\Delta S_w = 698(0.122 + 0.041 \frac{b}{b_0})(mW_\infty)^{0.330-0.019\frac{b}{b_0}} \quad (4)$$

式中  $b_0$ 、 $b$  分别是海平面气压和台站气压,  $W_\infty$  是大气可降水量。公式(4)乘以  $\sin h$  ( $h$  是太阳高度角)后对一天时间积分,得到水汽吸收日辐照量,累计得到月辐照量。然后从水汽和粗粒气溶胶共同造成的衰减量中减去水汽吸收的余项,作为粗粒气溶胶的衰减量。

### 3 计算结果和分析

各种因子衰减的辐照量的年变程示于图 1。年衰减辐照量列于表 2。由图 1 可见,分子散射不受气候影响,因太阳赤纬和昼长时间变化,而有平缓、规则的年变程。河西地区的大气可降水量,一年中有规则地变化于 0.3cm(冬季)—2.0cm(夏季)之间,其吸收辐照量也是有规则的年变程。粗粒散射各月都大于水汽吸收作用。与长江中上游地区以水汽占主导地位<sup>[5]</sup>有着根本差别。

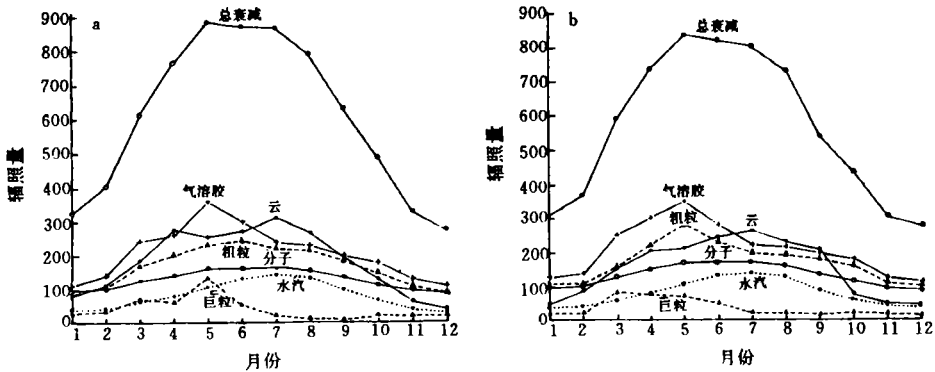


图 1 各种因子衰减的辐照量(MJm<sup>-2</sup>)的年变化 (a,民勤;b,敦煌)

河西地区晴好大气条件下的平均透明系数  $p_2$  基本上等于或大于 0.70,冬季甚至大于 0.75(见图 2)。出现沙尘时,透明系数明显降低,春季降低最为显著。河西地区各月沙尘出现频率都大于 10%,春季最为频繁,超过 35%。由于沙尘造成的年衰减量几乎等于水汽吸收的一半。

表 2 各种因子衰减的年辐照量(MJm<sup>-2</sup>)

地点	气 溶 胶				云	总衰减
	分子	水汽	(粗粒)	(巨粒)		
民勤	1553.51	980.40	2011.25	484.42	2184.94	7214.52
敦煌	1569.18	952.53	2078.71	423.10	1724.81	6748.33

浑浊度系数  $\beta$  可作为垂直气柱内气溶胶粒子总数的量度。 $\beta < 0.1$  表示大气非常清

洁,  $\beta > 0.20$  表示明显混浊<sup>[6]</sup>。已知(可能大气)透明系数  $p_2$  和大气可降水量  $W_\infty$ , 假定波长指数  $\alpha$ (与气溶胶粒子的尺度分布有关)的值为:春季  $1.0 \pm 0.3$ , 夏季  $1.3 \pm 0.3$ , 秋、冬季  $1.6 \pm 0.3$ 。利用文献[4]中直接辐照度的计算公式, 可以推算  $\beta$  的大致数值。计算结果表明(见图 3, 图中节线表示  $\beta$  的变化范围), 春季  $\beta$  接近或大于 0.20, 大气很浑浊; 冬季  $\beta$  接近 0.10, 是清洁大气; 夏、秋季介于其间。与张掖大气浑浊度观测结果基本一致<sup>[7]</sup>。

降水云系对辐射的影响最为重要。通常雨季出现时期影响着辐射年变化过程。河西地区降水过程少, 日面受不透光云遮蔽的频率在冬季最小为 10%, 夏季最大为 30%(敦煌)和 35%(民勤)。云所衰减的年辐照量大体上与粗粒气溶胶相当。

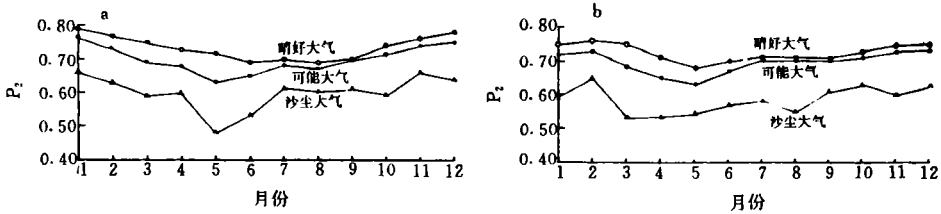


图 2 各种大气条件下平均透明系数  $p_2$  的年变化  
(a, 民勤站; b, 敦煌站)

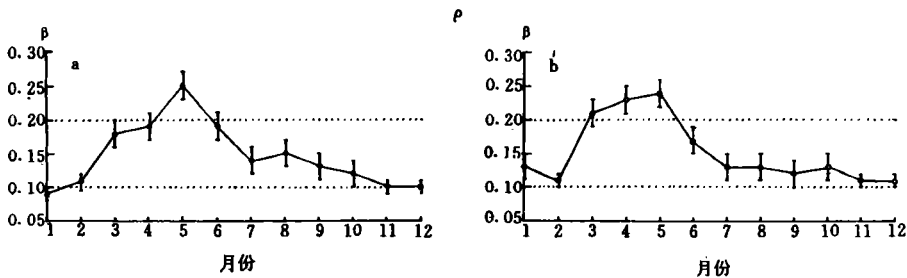


图 3 浑浊度系数  $\beta$  的年变化  
(a, 民勤站; b, 敦煌站)

比较各衰减因子的作用, 就年衰减辐照量而言, 依次为气溶胶占总衰减量的 35%(其中沙尘占 6%), 云占 30%弱, 分子占 20%强, 水汽占 15%弱。

#### 4 总 结

河西地区环境对辐射的影响突出表现在气溶胶的重要作用上。春季地表解冻, 大气干燥, 蒸发力强, 土质疏松。加之西北低气压频频入侵, 在地形作用下容易形成大风而出现浮尘、扬沙、沙尘暴等天气现象。春季沙尘造成的衰减与水汽吸收作用(平均大气可降水量约为 0.5cm)大致相同。气溶胶的作用位居各种衰减因子之首。即使在降水集中的夏季, 气溶

胶也是重要的衰减因子。冬季非常干燥,云和水汽的作用降至最小。相对而言,气溶胶的作用更为明显。

### 参考文献

- [1] 韦志刚,王尧奇. 中国西部干旱地区各纬度在各种透明度状况下的可能太阳直接辐射月辐照量. 高原气象, 1992, 11(2): 133—143.
- [2] 王尧奇,韦志刚. 中国西部干旱地区太阳直接辐射通量密度与大气质量的关系. 高原气象, 1990, 9(3): 327—336.
- [3] Аверкиев М С. Простой способ приближенного расчета суточных сумм инсоляции горизонтальной поверхности при безоблачном небе. МЕТОР ИГИДРЮ 1957, (9): 25—27.
- [4] 王尧奇,水登朝. 太阳辐射在大气中的衰减. 高原气象, 1985, 4(1): 34—45.
- [5] 潘守文. 长江中上游地区的辐射平衡和大气透明度特性. 南京大学学报(气象学), 1962, (1): 75—83.
- [6] WMO operations manual for sampling and analysis techniques for chemical constituents in air and precipitation, 1971. WMO—No. 299.
- [7] 马晓燕,邱传涛,张掖地区的大气浑浊度. 高原气象, 1993, 12(2): 180—185.

## THE DIRECT SOLAR RADIATION AND THE ATMOSPHERIC TRANSPARENCY OVER HEXI REGION

Wang Yaoqi Wei Zhigang

(Lanzhou Institute of Plateau Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou, 730000)

### Abstract

Using the data of 3 years (1981—1983) of the two solar radiation stations in Minqin and Dunhuang of Hexi region, various kinds of attenuation of the direct solar radiation during the transmission process have been computed. There are three features in Hexi region, i. e. aridity, desert and narrow channel topograph. Their influence on the direct solar radiation appears as: in spring, the attenuation caused by the giant aerosol is almost equivalent to that caused by absorbing of the water vapour of the probable atmospheric precipitation of 0.5cm, the attenuant action of total aerosol is the most important among various factors; in summer, the aerosol and the cloud both are important attenuant factors; in winter, the action of the aerosol is more obvious than others. As for the annual attenuation of the direct solar radiation, the aerosol takes 35% (in which the giant aerosol takes 6%), the cloud takes a little less than 30%, the air molecule takes a little more than 20%, the water vapour takes a little less than 15%.

**Key words:** Direct solar radiation, Atmospheric transparency; Attenuation of solar radiation of cloud, Hexi region.