

近 40 a 来新疆地区太阳辐射状况研究

陈志华^{1,3}, 石广玉¹, 车慧正^{1,2,3}

(1 中国科学院大气物理研究所, 大气科学和地球流体力学数值模拟国家重点实验室, 北京 100292;

2 中国科学院地球环境研究所, 黄土与第四纪地质国家重点实验室, 陕西 西安, 710075

3 中国科学院研究生院, 北京 100039)

摘要: 本文利用 1961 - 2000 年间新疆地区的日照及地面太阳辐射观测资料, 详细分析了近 40 a 来新疆地区日照和地面太阳辐射的分布和时空变化趋势。研究表明, 近 40 a 来新疆地区日照、地面太阳总辐射和直接辐射呈总体下降趋势, 但散射辐射的减少不明显。更仔细的分析可以发现, 在前 31 a (1961 - 1991 年) 间, 日照和地面太阳总辐射的减少趋势, 从 1978 年开始显得更为明显。但是, 自 1992 年开始, 这种减少趋势发生逆转, 新疆日照和地面太阳总辐射开始增加, 不过尚未恢复到 40 a 来的平均值。

关键词: 新疆 太阳辐射 大气系统

中图分类号: P641.8 文献标识码: A 文章编号: 1000-6060 (2005) 06-0734-07

到达地球 - 大气系统的太阳辐射是地球大气运动和气候形成的最重要因子。在地球大气上界某一处所接受到的太阳辐射量, 基本上是由地球地理纬度决定的; 此外还受到太阳常数以及平均日地距离等因子的影响。但是, 到达地球表面的太阳辐射, 除了受天文因子影响外, 还受到地球大气的强烈影响, 其中包括云、水汽和臭氧等大气气体以及大气气溶胶等因子。因此, 研究到达地面的太阳辐射的中长期变化, 不但具有直接的气候意义, 如地面(辐射)能量平衡等研究, 而且有助于了解某一区域大气组成的变化, 并进而探讨造成这种变化的自然或人为原因。例如, 可以根据晴空太阳辐射的变化, 反演该区域的大气气溶胶的变化, 了解颗粒物污染等大气环境的状况; 并能对地面上可利用的太阳能资源进行有效的评估。

已有许多作者对中国的太阳辐射资料进行过分析研究。陆渝蓉、高国栋^[1]和翁笃鸣^[2]等人的研究主要集中在太阳辐射-气候学方面。傅玮东^[3]研究了新疆红外与紫外辐射的时空分布规律。李晓文等人^[4]分析了中国地区 1960 - 1990 年间总辐射、直接和散射辐射的年平均距平和季节变化特征, 得出中国大部分地区的总辐射和直接辐射呈减少趋势, 并推测大气悬浮粒子浓度的增加可能是造成这种趋势的主要原因之一。

对新疆气候的研究大都关注于气温和降水等

因子^[5-7], 而对地面太阳辐射的研究较少。本文同时利用 1961 - 2000 年间新疆地区地面太阳辐射观测站的逐日地面太阳总辐射、直接和散射辐射资料以及日照观测站日照时数月总量的资料, 详细分析了近 40 a 来新疆地区日照和地面太阳辐射的分布和时空变化特征, 对今后研究新疆地区的气候环境变化以及有效开发利用太阳能提供了科学依据, 并对人类活动对环境的可能影响做了一些探讨。

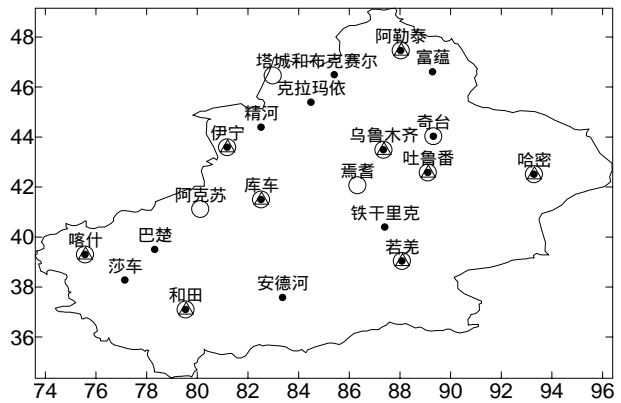


图 1 日照和辐射台站分布(实心圆●和空心圆○分别表示对日照和总辐射进行了观测, 空心三角表示对直接辐射和散射辐射同时进行了观测)

Fig. 1 Site map of sunshine duration and solar radiation observation in Xinjiang Uygur Autonomous Region (● means sunshine duration observation sites; ○ means global radiation observation sites; △ means direct and diffuse radiation observation sites)

收稿日期: 2005-3-22; 修改日期: 2005-06-10

基金项目: 国家自然科学基金重大项目“上层海洋—低层大气生物地球化学与物理过程耦合研究”(编号 40490260)资助

作者简介: 陈志华 (1980 -), 男, 广西南宁人, 硕士研究生, 主要从事气候变化相关研究. E-mail: chenzh@mail.iap.ac.cn

1 研究方法

本文所使用的新疆日照和辐射数据均来自中国气象局气象信息中心气象资料室。日照资料包括 18 个台站 1961 - 2000 年日照时数月总量；辐射资料包括新疆地区 13 个台站 1961 - 2000 年的逐日地面太阳总辐射 G 以及 9 个台站 1961 - 1992 年的太阳直接辐射 S 和散射辐射 D ，单位统一为 $\text{MJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{day})$ 。图 1 是日照和辐射台站分布图，可以看出这些站点分布相对比较均匀，基本能够代表整个新疆区域的特征状况。

对于日照资料，首先根据日照时数月总量计算出每个台站逐月的日照百分率，月日照百分率为月日照时数 S 除以月可照时数 L ，月可照时数 L 根据下式计算：

$$L = m \frac{24}{\pi} \arccos(-\tan \varphi \tan \delta) \quad (1)$$

式中： φ 为测站纬度， δ 为当月 15 日太阳赤纬， m 为当月的天数。然后根据单站逐月的日照总时数和日照百分率求出它们的年平均值和多年平均值并计算年日照时数的距平百分率；用线性的方法求出年日照时数和日照百分率多年的变化趋势，并进行趋势显著性检验。

为了分析辐射数据，首先计算每个台站逐日的大气顶接收到的辐射日总量 G_0 ， G_0 可以根据下式计算：

$$G_0 = \frac{24 \cdot I_{sc}}{\pi \rho^2} (\omega_0 \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \sin \omega_0) \quad (2)$$

式中： I_{sc} 为太阳常数； φ 为测站纬度； δ 为太阳赤纬； ω_0 为日落（日出）的时角； ρ 为日地距离，可由儒略日期算出。接着通过逐日的总辐射 G 和散射辐射 D 分别计算出晴天指数 $K_t = G/G_0$ 和散射比率 $K_d = D/G$ 。然后根据单站逐日的总辐射 G ，直接辐射 B ，散射辐射 D ，晴天指数 K_t 和散射比率 K_d 求出它们的年平均值和多年平均值；用线性的方法求出这 5 个量多年的变化趋势，并进行趋势显著性检验。

对新疆日照和地面太阳辐射总体状况的研究，在这里使用的是对所有台站进行算术平均的结果。

2 结果分析和讨论

2.1 地面太阳辐射的地理分布特征

太阳辐射量是决定区域气候的重要因素。日照

时数和太阳辐射资料都是对地面太阳辐射状况进行评估的重要物理量。图 2 是根据台站观测资料绘制的新疆多年平均的日照和地面辐射等值线图（图表中辐射量的单位均 $\text{MJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{day})$ ，下同）。世界气象组织（WMO）将太阳直接辐射 $S \geq 120 \text{W} \cdot \text{m}^{-2} \pm 10\%$ 定为日照阈值（算为有日照）。日照丰富是新疆气候的一个主要特点，新疆日照分布的主要地理特征是自西向东逐渐增加，在准格尔盆地和塔里木盆地有两个低值中心，这一是由于盆地地区海拔低，太阳辐射经过的大气路径较长，二是这两个盆地地区主要是沙漠，扬沙和浮尘的时间较长，这两方面的原因都导致太阳辐射受到较大的衰减。

新疆不仅日照时数充足，且地面接受到的太阳辐射能量也较大。总的来说，新疆年总辐射量从东南向西北随着纬度的增高而逐渐减少。年平均总辐射量最大的地方是哈密，最小的地方是北疆的乌苏、精河、克拉玛依一带。散射辐射的分布基本上是随纬度由南向北逐渐减少，在塔克拉玛干沙漠为散射辐射最大的地区，这是由于沙漠沙尘气溶胶具有较强的散射特性^[7]，沙尘增加了散射辐射。地面太阳直接辐射分布与日照的地理分布特征基本类似。

2.2 日照和地面太阳辐射多年变化特征

表 1 统计的是 18 个台站日照时数和日照百分率多年的平均值和 40 a 来的变化情况。日照百分率反映的是某地日照相对大小的一个指数，其大小与天空云量以及大气的浑浊情况相关。由表中可以发现，1961 - 2000 年，在统计的 18 个台站中有 13 个日照呈下降的趋势，其中 9 个站下降趋势显著，通过了 95% 的信度检验，其中下降最大的地方是乌鲁木齐，达到 -5.14%/10 a；另外 5 个站虽呈上升趋势，但上升的幅度很小，而且不显著，只有伊宁的上升趋势通过了 95% 的信度检验，为 2.22%/10 a。日照百分率的变化情况与日照时数的变化基本相一致，在 15 个呈下降趋势的台站中，有 9 个下降趋势显著，通过了 95% 的信度检验。乌鲁木齐的日照百分率在新疆并不算高，但是它的日照百分率的下降趋势为 -6.25%/10 a。而日照最丰富的哈密，其日照时数和日照百分率也都在显著地下降。

表 2 是 13 个台站地面太阳总辐射 G 和晴天指数 K_t 多年的平均值和 40 a 来的变化情况。由于塔

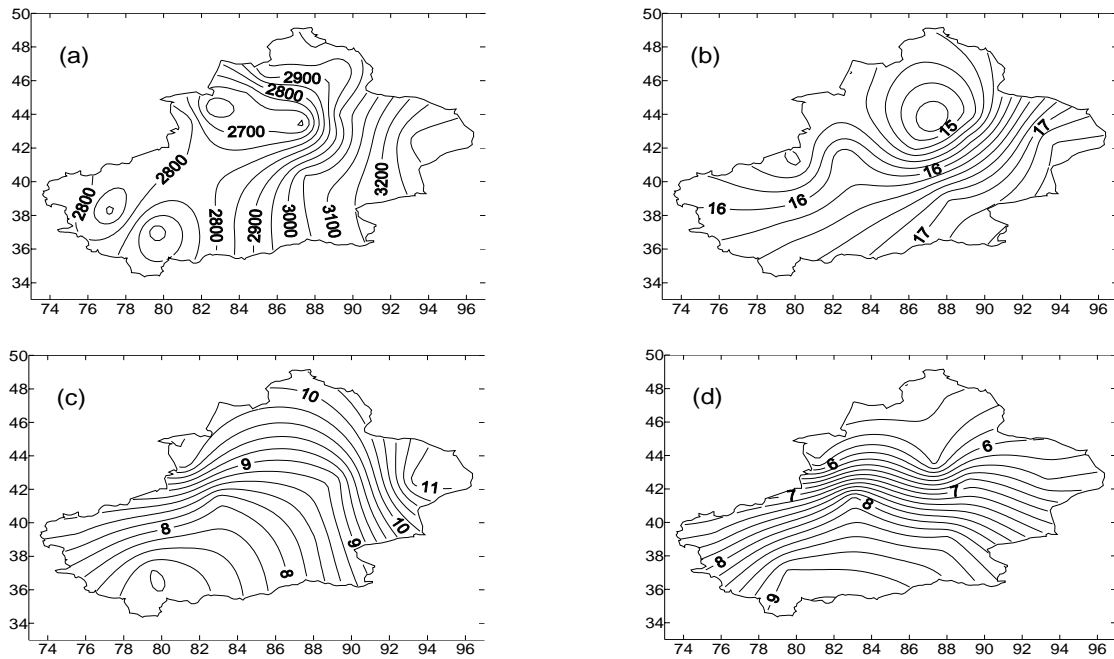


图 2 新疆地区 1961 - 2000 年平均日照时数年总量 (a)、总辐射 (b) 及 1961 - 1992 年平均直接辐射 (c) 和散射辐射 (d) 的分布情况

Fig. 2 Distributions of annual sunshine duration (a), global radiation (b) during 1961 - 200, and direct radiation (c), diffuse radiation (d) during 1961 - 1992 in Xinjiang Uygur Autonomous Region

表 1 日照时数和日照百分率在 1961 - 2000 年的多年平均值及变化趋势

Tab. 1 Multi-year annual mean and variation trends of sunshine duration and percentage of possible sunshine for 1961 - 2000

台站	年日照时	年日照时数	年日照百	年日照百分	台站	年日照时	年日照时数	年日照百	年日照百分
阿勒泰	2995.15	0.0060	0.80	-0.28	库车	2772.30	-1.96	0.76	-2.23
富蕴	2894.53	0.7239	0.78	0.66	喀什	2755.62	-0.93	0.74	-0.94
和布克赛尔	2944.25	-2.8827*	0.80	-3.12*	巴楚	2841.78	-0.95	0.78	-1.48
克拉玛依	2708.86	-0.8128	0.72	-1.12	铁干里克	3051.48	-1.76*	0.83	-1.98*
精河	2607.99	-3.1859*	0.69	-3.72*	若羌	3081.53	0.01	0.84	-0.23
奇台	3014.04	-2.4740*	0.81	-2.84*	莎车	2920.48	-3.18*	0.80	-3.33*
伊宁	2838.52	.2230*	0.76	2.16*	和田	2618.74	1.06	0.72	0.94
乌鲁木齐	2632.03	-5.1443*	0.70	-6.25*	安德河	2834.35	-1.70*	0.78	-1.65*
吐鲁番	2951.76	-2.3850*	0.80	-2.97*	哈密	3318.11	-2.03*	0.90	-2.27*

* 表示通过了 95% 的信度检验，变化率的单位均为%/10yr，下表中相同。

表 2 地面太阳总辐射和晴天指数在 1961 - 2000 年的多年平均值及其变化趋势

Tab. 2 Multi-year annual mean and the variation trends in global solar radiation and clearness index for 1961 - 2000

台站	总辐射	总辐射变化率	晴天指数	晴天指数变化率	台站	总辐射	总辐射变化率	晴天指数	晴天指数变化率
阿勒泰	15.30	-2.02*	0.59	-1.90*	阿克苏	15.35	***	0.54	***
塔城	15.61	***	0.58	***	库车	16.18	-3.25*	0.58	-3.88*
奇台	15.11	***	0.55	***	喀什	15.92	-2.83*	0.55	-3.18*
伊宁	15.51	-1.91*	0.56	-1.92*	若羌	16.99	-0.17	0.59	-0.37
乌鲁木齐	14.59	-3.68*	0.52	-4.84*	和田	16.31	-1.81*	0.56	-2.22*
焉耆	15.12	***	0.53	***	哈密	17.37	-1.99*	0.66	-2.48*
吐鲁番	15.67	-3.81*	0.56	-4.58*					

*** 表示资料的时段少于 10 年。

城、奇台、焉耆和阿克苏 4 个站的资料时段 < 10 a，没有计算它们的变化趋势。剩下的 9 个站的总辐射和晴天指数都呈现出明显下降的趋势，除了若羌，

其他 8 个站的下降趋势通过了 95% 的信度检验。其中乌鲁木齐和吐鲁番的下降趋势最大，乌鲁木齐总辐射和晴天指数的变化率达到 -3.68%/10 a 和 -4.84

%/10 a，吐鲁番总辐射和晴天指数的变化率为-3.81 %/10 a 和-4.58%/10 a。

表 3 是新疆各站直接辐射、散射辐射和散射比率的多年平均值及其 1961 - 1992 年的变化趋势，由于大部分台站在 1992 年后就不再直接和散射辐射的观测，这里的资料只到 1992 年。在统计的 9 个站中，直接辐射都呈现出下降趋势，其中 8 个站的下降趋势显著，通过了 95% 的信度检验，这与总辐射的变化比较一致。散射辐射的变化与直接辐射有所不同，9 个站中有 3 个呈现出上升的趋势，而呈下降趋势的 6 个站中只有 4 个站通过了 95% 的信度检验。散射比率大都呈上升趋势，在 7 个站呈上升趋势的站中 4 站个通过了 95% 的信度检验。

表 3 地面太阳直接辐射、散射辐射和散射比率在 1961 - 1992 年的多年平均及其变化趋势。

Tab. 3 Multi-year annual mean and the variation trends in direct,diffuse solar radiation and diffuse fraction for 1961 - 1992

台站	直接辐射	直接辐射变化率	散射辐射	散射辐射变化率	散射比率	散射比率变化率
阿勒泰	9.97	-0.76	5.41	-3.04	0.45	-1.24
伊宁	9.98	-2.20	5.63	-0.55	0.45	1.30
乌鲁木齐	9.05	-8.91*	5.60	1.82	0.48	7.38*
吐鲁番	8.88	-6.92*	6.84	-3.03*	0.50	3.80*
库车	8.06	-2.13*	8.08	-6.55*	0.55	-0.75
喀什	8.18	-6.87*	7.56	-4.38*	0.56	2.02*
若羌	8.40	-3.65*	8.46	0.98	0.55	2.23
和田	7.17	-2.76*	9.03	-4.84*	0.60	0.17
哈密	11.09	-3.59*	6.41	1.67	0.41	3.22*

如上分析，总体而言，近 40 a 来新疆各地的日照和日照百分率大都呈下降的趋势，这与 1954 - 1998 年全国的减少趋势是一致的^[8]，总辐射、晴天指数和直接辐射也在减少。日照和地面太阳辐射的减少，对于喜光农作物的生长会产生不利影响，且表明新疆地区可利用的太阳能资源也在逐步降低；另一方面，由于太阳辐射的减少，可能会减缓新疆地区的水分的蒸发和植物的蒸腾作用，将缓解部分地区的干旱状况，对气候的改善可能有一定的作用，但是由于气候系统的复杂性，对这方面的认识还不是非常清楚。但散射辐射的下降趋势并不明显，有的地方还呈上升的趋势，散射比率总体则呈上升趋势。造成日照、总辐射和直接辐射减少，散射比率上升的主要原因是云量和/或大气浑浊度的加大，由于包括新疆在内的中国大部分地区近几十年来的云量是减少的或基本不变的^[9]，云量变化的

影响基本可以排除，因而造成这种变化的重要原因很可能是大气浑浊度的增加。这点通过对不同台站的数据进行分析也可以看出，乌鲁木齐和吐鲁番等经济较发达的地区日照、总辐射和直接辐射减少较为明显，散射比率增加较大，这说明了这些地方的大气质量的恶化程度可能较严重。

为了研究新疆地区地面太阳辐射随时间变化的具体情况，我们分别对新疆地区的日照和太阳辐射 1961 - 2000 年的变化特征进行了分析研究。

图 3 是 18 个台站日照时数年总量平均值的距平百分比的演化。可以看出，近 40 a 来，新疆地区日照呈总体下降趋势。就文中所统计的 18 个站点而言，多年平均日照时数年总量约为 2876.80 ± 82.68 hrs/10 a，平均变化率约是 -39.95 hrs/10 a，通过了 99.99% 的置信度检验。

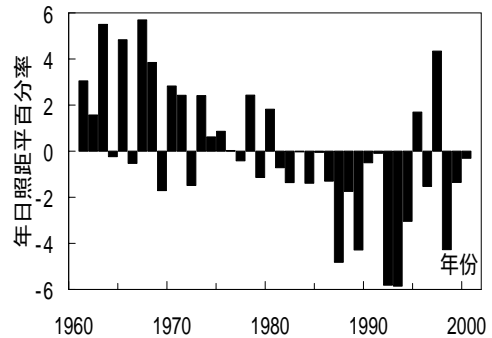


图 3 平均日照时数年总量距平百分率 1961 - 2000 年的年际变化

Fig.3 Interannual variation of yearly sum of sunshine duration anomaly percentages for 1961 - 2000

图 4 是总辐射（13 个站平均）、直接和散射辐射（9 个站平均）的时间序列。可以看出，近 40 年来，新疆地区总辐射呈总体下降趋势。就文中所统计的 13 个站点而言，多年平均总辐射约为 15.90 ± 0.58 MJ·m⁻²·d⁻¹，变化率约是 -0.38 MJ·m⁻²·d⁻¹·10 a⁻¹，通过了 99.99% 的置信度检验。1961 - 1992 年平均直接辐射和散射辐射分别为 8.99 ± 0.43 MJ·m⁻²·d⁻¹ 和 7.00 ± 0.34 MJ/(m²·day)，变化率分别为： -0.36 MJ/(m²·day·10yr) 和 -0.15 MJ·m⁻²·d⁻¹·10 a⁻¹。其中，前者通过了 99.99% 的置信度检验。这说明，新疆近 30 a 来直接辐射与总辐射的变化基本一致，具有明显的下降趋势，而散射辐射则的下降则没有总辐射和直接辐射显著。可见总辐射的下降主要是直接辐射的减少而引起的。

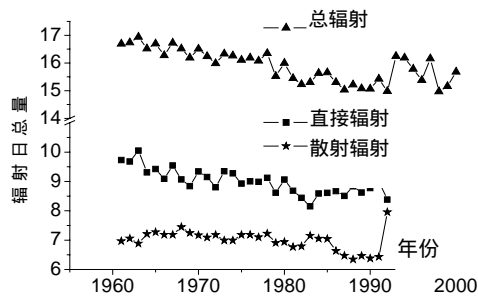


图4 地面太阳总辐射(1961-2000年)直接和散射辐射(1961-1992年)的年内变化

Fig.4 Interannual variation of global radiation, direct and diffuse solar radiation on a horizontal surface (Global radiation: 1961 - 2000, direct and diffuse radiation: 1961 - 1992)

为了更加细致的进行分析,本文将近40a的日照和总辐射资料大致划分为三个时段:即,1961-1977年,1978-1991年以及1992-2000年。之所以进行这种划分主要是考虑到,1961-1977年改革开放之前经济发展相对较慢,人类活动对环境的影响较小,而1978年改革开放以后则进入了一个高速发展期。虽然我国政府一直重视环境保护工作,但各地区的执行力度不同。1989年底颁布的《中华人民共和国环境保护法》,将环境保护提升到国家法律的高度。而法律的出台对环境的影响会有一些的滞后,结合图3和图4也发现在1991-1992年左右曲线的趋势有所改变,所以,本文又以1991年为界,将后23年划分为两个时段。这可能有助于我们考察人类活动是如何从反、正两个方面来影响环境的。分析发现:1961-1977年间,新疆的日照和地面太阳总辐射虽然呈下降趋势,但基本上高于40a的平均值;在1978-1991年间,新疆日照和地面太阳总辐射的下降趋势更为明显,并且低于40a来的平均值;1992-2000年期间日照和总辐射虽然总体仍低于40a来的平均值,但已经呈现出上升趋势。如上所述,从1989年底开始,我国和新疆当地政府陆续采取措施,加强环境保护工作,对气溶胶颗粒物的排放有所控制。这可能是从20世纪90年代以来,新疆相当部分地区的地面太阳总辐射开始增加的原因之一。

3 结论

新疆日照和太阳辐射能量充沛,但在不同的气

候区域,日照和地面太阳辐射呈现出不同的分布特征。新疆日照和直接辐射分布的主要地理特征是自西向东逐渐增加,总辐射从东南向西北逐渐减少,散射辐射随纬度由南向北逐渐减少。

新疆各地绝大部分台站的日照、日照百分率、总辐射和晴天指数在1961-2000年来都呈明显的下降趋势,直接辐射在1961-1992年也在减少。但是散射辐射在1961-1992年的变化不明显,散射比率则主要呈现上升趋势。

新疆地区日照和总辐射在1961-2000年总体下降幅度约为-39.95 hrs/10 a和-0.38 MJ·m⁻²·d⁻¹·10 a⁻¹。但是,在这种总体下降的趋势中,自1992年以后,日照和总辐射开始呈现出一种增加趋势。这可能与我国和新疆当地政府从20世纪90年代开始,逐渐加大环境保护工作力度,减少气溶胶颗粒物的排放有关。

致谢 感谢中国气象局气象信息中心提供了日照和地面太阳辐射观测数据。

参考文献 (References)

- [1] Lu Yurong, Gao Guodong. Physical climatology[M]. Beijing, China Meteorological Press, 1987. 134-152. [陆渝蓉, 高国栋. 物理气候学[M]. 北京:气象出版社, 1987. 134-152.]
- [2] Weng Duming. An attempt to discuss the climatologically calculational methods for global radiation [J]. ACTA Meteorologica Sinica, 1964, 34(2): 304-315. [翁笃鸣. 试论总辐射的气候学计算方法[J]. 气象学报, 1964, 34(2): 304-315.]
- [3] Fu Weidong. Distribution laws of ultraviolet and infrared solar radiation in Xinjiang [J]. Arid Land Geography, 2000, 23(2): 116-122. [傅玮东. 新疆红外与紫外辐射的时空分布规律[J]. 干旱区地理, 2000, 23(2): 116-122.]
- [4] Xu Guiqing, Wei Wenshou. Climate change of Xinjiang and its impact on eco-environment [J]. Arid Land Geography, 2004, 27(1): 15-18. [徐贵青, 魏文寿. 新疆气候变化及其对生态环境的影响[J]. 干旱区地理, 2004, 27(1): 15-18.]
- [5] Yuan Yujiang, Mu Guiying. Features of spring climate change in Tianshan mountainous area for the recent 40 years and comparison with that in plain area of Xinjiang [J]. Arid Land Geography, 2004, 27(3): 36-40. [袁玉江, 穆桂金. 新疆天山山区近40年春季气候变化特征与平原区的比较[J]. 干旱区地理, 2004, 27(3): 36-40.]
- [6] Wei Wenshou, Gao Weidong, Shi Yuguang, et al. Influence of climate and environment change on dust storms in Xinjiang, China [J]. Arid Land Geography, 2004, 27(2): 138-141. [魏文寿, 高卫东, 史玉光等. 新疆地区气候与环境变化对沙尘暴的影响研究[J]. 干旱区地理, 2004, 27(2): 138-141.]
- [7] Li Xiaowen, Li Weiliang, Zhou Xiujie. Analysis of the solar radiation variation of China in recent 30 years[J]. Quarterly Journal of Applied Meteorology, 1998, 9(1): 24-31. [李晓文, 李维亮, 周秀骥. 中国近30年太阳辐射状况研究[J]. 应用气象学报, 1998, 9(1):

- 24-31.]
- [8] Kaiser D. P. Decreasing trends in sunshine duration over China for 1954-1998 : Indication of increased haze pollution? [J]. Geophys. Res. Lett., 2002, **29** (21), 2042-2045.
- [9] Kaiser D. P. Decreasing cloudiness over China : An updated analysis examining additional variables [J]. Geophys. Res. Lett., 2000, **27** (15), 2193-2196.

Analysis of the solar radiation of Xinjiang Uygur Autonomous Region in recent 40 years

CHEN Zhi-hua^{1, 3}, SHI Guang-yu¹, CHE Hui-zhen^{1, 2, 3}

(1. LASG, Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of sciences, Beijing 100292, China .2. SKLLOG, Institute of Earth Environment, Chinese Academy of sciences, Xi An 710075, China .3. Graduate School of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China .)

Abstract : Solar radiation data at the earth's surface is essential for understanding the environment and climate as well as their changes .The distribution and Trends of sunshine duration ,global radiation ,direct radiation , diffuse radiation ,clearness index ,diffuse fraction and percentage of possible sunshine duration for the period 1961 - 2000 were analyzed based on data for daily surface solar radiation and monthly sunshine duration in Xinjiang Uygur Autonomous Region . Annual means for all seven variables were calculated for each station and for Xinjiang as a whole . Linear regression analysis was used to characterize long-term annual trends in these variables . Sunshine and solar radiation energy are abundance in Xinjiang . In this region , sunshine and direct radiation increase from east to west ,global radiation decreases from southeast to northwest ,and diffuse radiation decreases from south to north . Over the latter half of the 20th century , there have been significant decreases in sunshine , percentage of possible sunshine ,global radiation ,clearness index and direct radiation .However ,from 1961 to 1992 , the diffuse radiation shows not so obvious variation and the trend of the diffuse fraction is increasing . Trends of sunshine and global radiation are on the order of approximately -39 . 95hrs/10yr and - 0 . 38MJ/ (m²·day·10yr) from 1961 to 2000 , respectively . However , with the decreasing trend in the 40 years , sunshine and global radiation began to increase from 1990s , and this change maybe could ascribed to the enforcement of the environment protection by the central and the local government which lead to the decreased aerosol loadings .

Key words : Xinjiang Uygur Autonomous Region ;Sunshine ;Solar radiation ;Geographical distribution ;Trend of variation

欢迎订阅《干旱区地理》

《干旱区地理》创刊于 1978 年，2005 年改为双月刊，15 元/本，年订价 90 元，如订阅请通过邮局汇款《干旱区地理》编辑部，对在本刊订阅的个人、自费读者实行优惠 20%，欢迎新老读者订阅。

邮发代号：58—45 ，国外发行代号：Q4557 电话：0991-7885506

地址：中国科学院新疆生态与地理研究所《干旱区地理》编辑部 邮编：830011

新疆乌鲁木齐市北京南路 40—3 号 E - mail : aridlg@ms.xjb.ac.cn

《干旱区地理》编辑部