

# 格尔木太阳辐射气候特征及其与气象因子的关系

祁贵明, 李海凤 (青海省格尔木市气象局, 青海格尔木 816000)

**摘要** 利用 1981—2015 年太阳能辐射资料和同期气象资料, 采用气象统计学方法, 对近 35 年格尔木太阳能辐射变化规律及其与气象因子的相关性进行分析。结果表明, 近 35 年来格尔木直接辐射的总体走势与年总辐射相近, 但直接辐射的变幅大于总辐射。近 35 年虽然总辐射的变化趋势不明显, 但直接辐射占总辐射的百分率存在明显的阶段性变化; 总辐射年变化曲线呈双峰型, 且春季比秋季多。月太阳总辐射主要与日照、总云量、水汽压、相对湿度、蒸发量、低云量等因素相关, 其中日照、总云量与总辐射相关性较好。

**关键词** 太阳辐射; 气候特征; 气象因子; 格尔木

中图分类号 S161.1 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2016)36-0213-03

## The Relationship between Solar Radiation Climate Characteristics and Meteorological Factors in Golmud

QI Gui-ming, LI Hai-feng (Golmud Meteorological Bureau, Golmud, Qinghai 816000)

**Abstract** Using solar radiation data and contemporaneous meteorological data during 1981-2015, adopting meteorological statistics method, the variation law of solar radiation in Golmud in recent 35 years and its correlation with meteorological factors were analyzed. The results showed that the overall trend of Golmud direct radiation in recent 35 years is similar to annual total radiation, but the amplitude of direct radiation is larger than total radiation. Although the variation trend of total radiation is not obvious, the percentage of direct radiation to total radiation has obvious phasic change; the annual change curve of total radiation presents double peak type, radiation in spring is more than that in autumn. Monthly total solar radiation are mainly correlated with sunshine, total cloud cover, water vapor pressure, relative humidity, evaporation capacity, low cloud cover, among which, sunshine, total cloud cover are closely related to total radiation.

**Key words** Solar radiation; Climate characteristics; Meteorological factors; Golmud

太阳辐射是地表最基本、最重要的能量来源, 是植物光合作用、蒸腾作用、土壤蒸发、水文循环、天气气候形成的主要驱动因子, 其变化会改变温度、湿度、降水、大气环流和水文循环等过程<sup>[1]</sup>。太阳辐射及其变化的研究在国内外一直备受重视<sup>[2-4]</sup>, Abakumova 等<sup>[2]</sup>分析 1960—1987 年前苏联地区太阳辐射减少的原因, 发现云量的增加和大气能见度的降低是太阳辐射减少的主要原因; 江凯等<sup>[4]</sup>探讨近半个世纪以来我国东南部太阳辐射的变化特征, 并分析了太阳辐射变化的影响因素以及对区域气候的影响, 结果表明, 该地区地表总太阳辐射自 1961 年以来呈下降趋势, 且其太阳辐射的变化很可能是受到低云量变化的影响。由于受到云、气溶胶、海拔、纬度等诸多因素的影响, 我国各地区地表太阳辐射存在很大的时空差异<sup>[5-9]</sup>。研究地表太阳辐射的时空变化规律, 不仅有助于了解区域气候变化规律, 还可以间接推断该地区的大气组成及其变化, 反演大气气溶胶的光学厚度及其变化, 从而可分析污染物等大气环境状况。

格尔木空气稀薄, 干燥少雨, 日照时间长, 太阳能资源十分丰富, 年日照时数 2937 ~ 3267 h, 日照百分率达 62% ~ 85%, 年太阳总辐射量 6000 MJ/m<sup>2</sup> 以上, 属太阳能资源一类区, 太阳能资源仅次于西藏。笔者利用 1981—2015 年格尔木太阳能辐射资料和同期气象观测资料, 采用气象统计学方法, 对近 35 年格尔木太阳能辐射变化规律及其与气象因子的相关性进行分析, 以期研究大气环境状况、开发利用太阳能资源提供依据。

## 1 太阳辐射变化特征分析

### 1.1 年际变化

由图 1 可见, 2007 年前总辐射变化趋势不明显, 但变幅很大, 年太阳总辐射量的最大值在 1990 年, 为

7 204.8 MJ/m<sup>2</sup>, 次大值为 1995 年的 7 193.7 MJ/m<sup>2</sup>, 最小值出现在 1983 年, 为 6 500.1 MJ/m<sup>2</sup>, 次小值为 1998 年的 6 604.5 MJ/m<sup>2</sup>; 1981—1997 年除 1981—1983 和 1989 年为负距平外, 其余 13 年均为正距平; 1998—2015 年除 2004、2006、2009 和 2013 年为正距平外, 其余 14 年均为负距平。直接辐射与总辐射具有较好的正相关, 近 35 年来格尔木直接辐射的总体走势与年总辐射相近, 但直接辐射的变幅大于总辐射。1981—1993 年多为负距平, 直接辐射相对较小; 1994—2007 年除 1996、1998 和 2003 年为负距平外, 均为正距平, 但变幅较大; 2008—2015 年正负距平交替, 直接辐射变化幅度大, 尤其是 2012—2014 年变化尤为显著。直接辐射最大值出现在 1997 年, 为 4 986.2 MJ/m<sup>2</sup>; 最小值出现在 1983 年, 为 3 672.0 MJ/m<sup>2</sup>。总体上, 直接辐射 20 世纪 90 年代以来在缓慢增加, 2011 年后又有小幅度下降。散射辐射的变化趋势与直接辐射相反, 1981—1992 年均为正距平, 1993—2015 年除 1996、2009 和 2012 年为正距平外, 其余 20 年均为负距平。散射辐射最大值出现在 1992 年, 为 2 929.7 MJ/m<sup>2</sup>; 最小是 1997 年, 为 2 147.2 MJ/m<sup>2</sup>。

经计算, 近 35 年格尔木总辐射、散射辐射和直接辐射的气候倾向率分别为 -5.1、-13.9、9.0 MJ/(m<sup>2</sup>·a), 即总辐射和散射辐射均呈减少趋势, 而直接辐射呈增加趋势。经信度检验, 总辐射的变化趋势不明显, 直接辐射通过 95% 的显著性检验, 散射辐射通过 99.9% 的显著性检验, 说明近 35 年散射辐射的逐年减少和直接辐射的逐年增加是显著的。

由格尔木地面太阳直接辐射占总辐射百分率的年际变化(图 2)可见, 近 35 年虽然总辐射变化趋势不明显, 但直接辐射占总辐射的百分率存在明显的阶段性变化。1981—1983、1990—1992 年直接辐射所占百分率呈明显减小趋势, 如 1981 年为 61.2%, 1983 年锐减至 56.5%, 1990 年为

**作者简介** 祁贵明(1972-), 男, 青海湟中人, 高级工程师, 从事应用气象服务研究。

**收稿日期** 2016-09-21

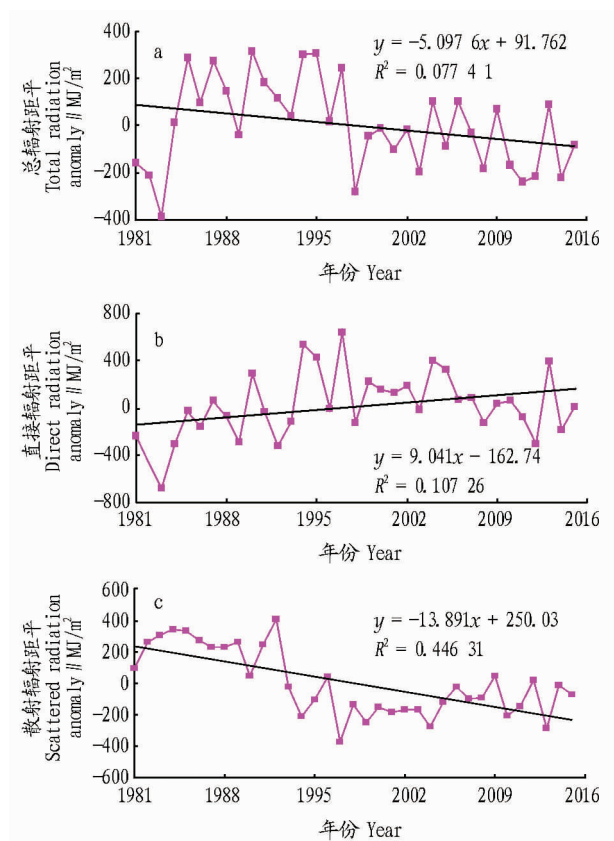


图1 1981—2015年格尔木太阳总辐射(a)、直接辐射(b)和散射辐射(c)年距平值变化

Fig.1 Annual anomaly change of total solar radiation (a), direct radiation(b) and scattered radiation(c) in Golmud during 1981 - 2015

64.4%，1992年锐减至57.6%；1993—2015年直接辐射占总辐射的百分率呈逐年增加趋势，1997年最高，达70.1%，其次为2005年的9.2%、2013年的68.0%。

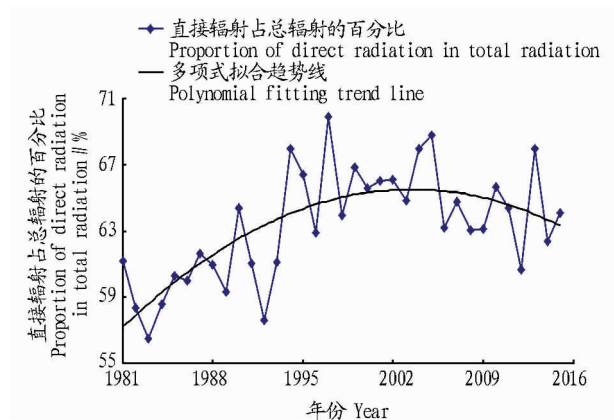


图2 1981—2015年格尔木直接辐射占总辐射百分率的年际变化  
Fig.2 Annual variation of percentage of direct radiation in total radiation in Golmud during 1981 - 2015

1.2 月变化 由图3可见，近35年格尔木总辐射月变化呈双峰型，从3月开始急剧增加，5月达峰值(799.9 MJ/m²)，6月略有下降后，7月又回升达次高值，9月迅速下降，12月达最小值(324.8 MJ/m²)；月总辐射主要集中在4—8月，占年总辐射的53.8%以上。从季节来看，春季比秋季多，主要由

于春季3月以后太阳直射北半球，白昼时间长，秋季9月后直射南半球，昼短夜长。近35年格尔木直接辐射变化与总辐射基本相似，呈双峰态，3—5月急剧增加，6月略有下降，7、8月又逐渐回升，8月达最大值(487.0 MJ/m²)；散射辐射呈单峰型，5月为最大，12月最小。

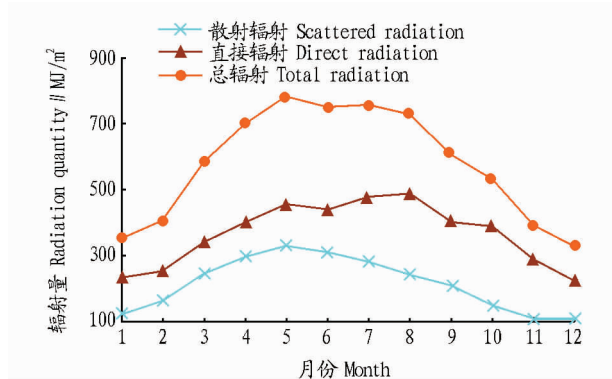


图3 1981—2015年格尔木太阳总辐射、直接辐射和散射辐射月变化

Fig.3 Monthly variation of total solar radiation, direct radiation and scattered radiation in Golmud during 1981 - 2015

1.3 日变化 分析2009年1月—2014年12月格尔木逐日逐时辐射资料发现，日辐射持续时间最长的是5、6和7月，辐射时间达15 h/d，但07:00和21:00的辐射量非常小；日辐射持续最短的是1和12月，辐射时间为11 h/d。取20个晴天、多云和阴天个例对格尔木、诺木洪、小灶火1和7月辐射资料进行分析，其余月份晴天、多云和阴天情况下变化趋势非常相似。由图4可见，在晴天条件下，7月自太阳升起辐射逐步增加，逐时增量随太阳高度角的增加而减小，至15:00辐射量达全天最大值；此后，辐射逐渐减少，减少量随太阳高度角的变小而增加。1月辐射的日变化与7月相同，只是日出时间比7月延迟，而日落提前到来，因此辐射时数相应比7月缩短5 h；逐时辐射比7月均小，但最大值仍出现在15:00。在多云和阴天条件下，无论是7月还是1月，其日变化与晴天很相似，全天最大值仍出现在15:00。此外，由于云层对总辐射的影响，阴天1、7月各时的辐射均少于晴天。

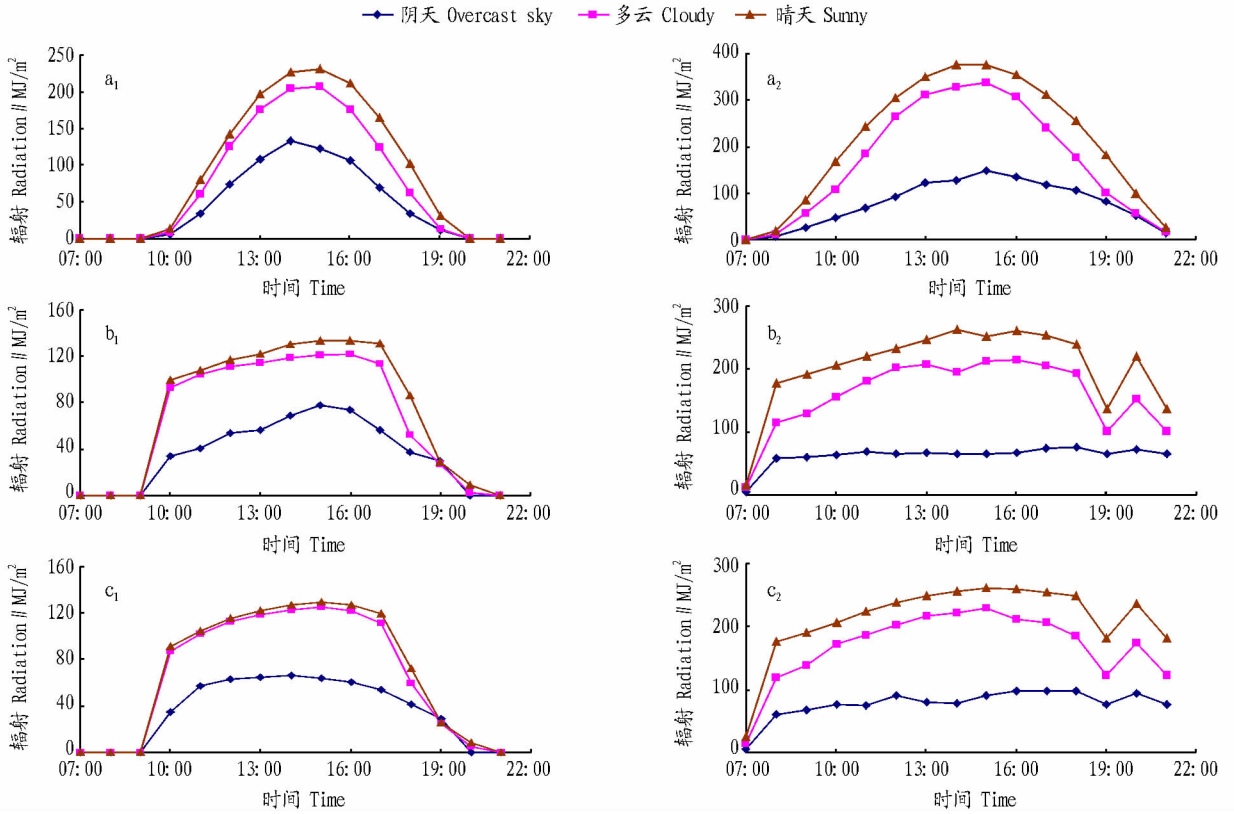
格尔木逐小时平均辐射 $\geq 2.0$  MJ/m²且逐小时最大辐射 $\geq 3.0$  MJ/m²的时间3月出现在13:00—16:00，4月出现在12:00—17:00，5月出现在11:00—17:00，6、7和8月均出现在12:00—17:00，9月出现在13:00—16:00，10月出现在13:00—15:00；逐小时平均辐射极值为3.24 MJ/m²，出现在5月份14:00，最大辐射极值为4.05 MJ/m²，分别出现在5月14:00和6月15:00，1、2、11和12月均未出现逐小时平均辐射 $\geq 2.0$  MJ/m²且逐小时最大辐射 $\geq 3.0$  MJ/m²的情况，说明格尔木全年日辐射主要集中在3—10月的11:00—17:00。

### 2 格尔木太阳辐射与气象因子的关系

从表1可以看出，月太阳总辐射主要与日照、总云量、水汽压、相对湿度、蒸发量、低云量等因素相关性较好，其中日照与总辐射相关性最好。影响太阳总辐射/晴空辐射的因子

主要是日照百分率(表 2),而日平均地表温度与该比值呈显著的正相关,主要反映的是太阳辐射对地表的加热作用;与总云量和低云量相关系数很高,但偏相关系数却相当低,说明总云量和低云量对该比值的作用实际上是通过影响日照百分率造成的。

由于云对太阳辐射的遮挡、吸收、散射等作用,成为影响辐射甚至影响气候的一个重要因素。尤其在柴达木盆地更是如此。总云量愈多可明显减少太阳总辐射和直接辐射,而使散射辐射显著增加,其相关系数均达显著水平,低云量总体上起到削弱太阳总辐射和直接辐射的作用但不明显。



注: a<sub>1</sub>、b<sub>1</sub>、c<sub>1</sub> 为 1 月; a<sub>2</sub>、b<sub>2</sub>、c<sub>2</sub> 为 7 月。

Note: a<sub>1</sub>, b<sub>1</sub>, c<sub>1</sub> was Jan.; a<sub>2</sub>, b<sub>2</sub>, c<sub>2</sub> was Jul.

图 4 格尔木(a)、诺木洪(b)、小灶火(c)晴天、多云和阴天状况下 1、7 月太阳总辐射日变化

Fig. 4 Diurnal variation of total solar radiation in Jan. and Jul. under sunny, cloudy and overcast sky conditions in Golmud (a), Nomhon (b), Xiaozhuo(c)

表 1 格尔木总辐射与气象要素的相关性

Table 1 The correlation between total radiation and meteorological elements in Golmud

月份 Month	日照 Sunshine	总云量 Total cloud cover	水汽压 Water vapor pressure	低云量 Low cloud cover	相对湿度 Relative humidity	蒸发量 Evaporation capacity	降水量 Rainfall	气压 Pressure	平均气温 Average temperature	日较差 Diurnal range	风速 Wind speed
1	0.713	-0.61	-0.47	-0.41	-0.26	0.259	-0.230	0.523	-0.310	0.299	-0.020
2	0.823	-0.65	-0.29	-0.22	-0.22	-0.050	-0.070	0.429	-0.230	0.138	-0.190
3	0.683	-0.72	-0.21	-0.21	-0.25	0.139	0.072	0.360	-0.140	0.256	-0.050
4	0.751	-0.71	-0.43	-0.28	-0.57	0.191	-0.150	0.414	0.161	-0.040	0.024
5	0.719	-0.50	-0.60	-0.47	-0.69	0.338	-0.460	0.254	0.359	0.074	0.016
6	0.780	-0.48	-0.63	-0.25	-0.76	0.475	-0.510	0.204	0.442	0.293	0.116
7	0.518	-0.46	-0.39	-0.35	-0.59	0.361	-0.460	-0.100	0.331	0.415	0.001
8	0.814	-0.71	-0.66	-0.52	-0.77	0.375	-0.640	0.337	0.168	0.152	0.192
9	0.855	-0.65	-0.51	-0.36	-0.66	0.452	-0.410	-0.050	0.164	0.165	0.138
10	0.784	-0.61	-0.63	-0.62	-0.60	0.437	-0.360	0.034	-0.130	0.109	0.124
11	0.717	-0.31	-0.44	-0.52	-0.36	0.438	-0.080	0.442	-0.060	0.197	0.366
12	0.754	-0.38	-0.44	-0.56	-0.15	0.504	-0.170	0.184	-0.370	0.567	0.465

用税等,在城乡统一的建设用地市场流转的过程中,按统一标准征收印花税、营业税、不动产保有税等。税收的重要功能之一就是“政府之手”进行社会财富的二次分配,通过税收调节土地增值收益,国家可以获得基于社会因素而产生的部分土地增值,然后将这些增值收益用于公共事业或者转移支付,从而有力地促成土地增值社会共享这一目标的实现。

**3.3 提高征地补偿标准,建立多元化补偿机制** 我国现行的征地补偿标准,无论是与农民的生产生活保障要求相比,还是与土地供应的市场价格和土地增值相比,都显得很低。现阶段我国的土地征收呈现出市场机制和政府宏观调控并存,并以政府宏观调控为主<sup>[2]</sup>,这种情况的存在就导致了土地增值收益分配的极度不合理,政府获得巨额收益,而农民的收益得不到保障。从保护农民权益的角度出发,应提高征地补偿标准,这样也可以在某种程度上限制地方政府的盲目征地活动。除了货币补偿之外,还可以推广多种形式的补偿机制,如土地入股、土地分红等。

#### 4 结语

在现行的土地征收制度下,政府是最大的受益者。征地产生的巨大收益已成为地方政府的重要财政支柱,与此同时,农民的权益受到侵害,分配上的不公平激化了社会矛盾。城乡统一的建设用地市场的建立有利于我国城镇化进程的推进,以市场形式进行集体土地的流转交易,在此过程中会

产生巨大的土地增值收益。因此必须要认清现阶段土地增值收益分配机制存在的问题,结合试点地区的经验,从增值收益归公、统一的税收体系、合理的集体内部分配以及多元化补偿方式出发,建立合理的土地增值收益分配机制。

#### 参考文献

- [1] 李元. 宝鸡市统筹城乡经济发展过程中土地增值收益共享模式研究[D]. 西安:长安大学,2013.
- [2] 马贤磊,曲福田. 经济转型期土地征收增值收益形成机理及其分配[J]. 中国土地科学,2007,20(5):2-6.
- [3] 邓宏乾. 土地增值收益分配机制:创新与改革[J]. 华中师范大学学报(人文社会科学版),2008,47(5):42-49.
- [4] 约翰·穆勒. 政治经济学原理及其在社会哲学上的若干应用:下卷[M]. 赵荣潜,桑炳彦,朱泱,译. 北京:商务印书馆,1999:391.
- [5] 亨利·乔治. 进步与贫困[M]. 吴良健,王翼龙,译. 北京:商务印书馆,2010:369.
- [6] 朱一中,曹裕. 农地非农化过程中的土地增值收益分配研究:基于土地发展权的视角[J]. 经济地理,2012,32(10):133-138.
- [7] 周天勇. 维护农民土地权益的几个问题[J]. 理论视野,2006(4):16-17.
- [8] 蔡继明. 必须给被征地农民以合理补偿[J]. 中国审计,2004(8):18.
- [9] 周减. 我国农地转非自然增值分配的“公私兼顾”论[J]. 中国发展观察,2006(9):27-29.
- [10] 廖霞林,罗志鹏. 城镇化进程中土地征收增值收益分配机制研究[J]. 人民论坛,2014(34):80-82.
- [11] 沈飞,朱道林. 政府和农村集体土地收益分配关系实证研究:以我国土地征用-出让过程为例[J]. 中国国土资源经济,2004,17(8):17-19.
- [12] 单娇颖. 农地非农化进程中土地增值收益分配研究[D]. 哈尔滨:黑龙江大学,2014.

(上接第215页)

表2 格尔木太阳总辐射/晴空辐射与气象要素的相关性

Table 2 The correlation of global solar radiation in Golmud / sky radiation and meteorological factors

气象要素 Meteorological elements	相关系数 Correlation coefficient	偏相关系数 Partial correlation coefficient
日白天降水量 Precipitation during the day	-0.333	-0.138
日平均低云量 Daily average low cloud cover	-0.451	0.052
日平均地表温度 Daily mean surface temperature	0.010	0.302
日平均风速 Daily average wind speed	0.037	0.008
日平均气温 Daily average temperature	-0.057	-0.295
日平均气压 Daily average air pressure	0.012	0.084
日平均水汽压 Daily average water vapor pressure	-0.301	-0.012
日平均相对湿度 Daily average relative humidity	-0.517	0.039
日平均总云量 Daily average total cloud cover	-0.671	-0.010
日气温日较差 Diurnal range of daily temperature	0.768	0.143
日日照百分率 Daily sunshine percentage	0.931	0.313
日日照时数 Daily sunshine hours	0.903	-0.005

#### 3 结论

(1)近35年来格尔木直接辐射的总体走势与年总辐射相近,但直接辐射的变幅大于总辐射。

(2)近35年虽然总辐射的变化趋势不明显,但直接辐射占总辐射的百分率存在明显的阶段性变化;总辐射年变化曲线呈双峰型,且春季比秋季多。

(3)月太阳总辐射主要与日照、总云量、水汽压、相对湿度、蒸发量、低云量等因素相关;其中日照、总云量与总辐射相关性较好。

(4)总云量愈多可明显减少太阳总辐射和直接辐射,而使散射辐射显著增加。

#### 参考文献

- [1] 白建辉,王庚辰. 影响太阳总辐射各主要因子的分析[J]. 高原气象,1994,13(4):485-487.
- [2] ABAKUMOVA G M, FEIGELSON E M, RUSSAK V, et al. Evaluation of long-term changes in radiation, cloudiness, and surface temperature on the territory of the former Soviet Union[J]. Journal of climate, 1996, 9(6): 1319-1327.
- [3] LIEPERT B G. Observed reductions of surface solar radiation at sites in the United States and worldwide from 1961 to 1990[J]. Geophysical research letters, 2002, 29(10):1421.
- [4] 汪凯,叶红,陈峰,等. 中国东南部太阳辐射变化特征、影响因素及其对区域气候的影响[J]. 生态环境学报,2010,19(5):1119-1124.
- [5] 吕宁,刘荣高,刘纪远. 1998-2002年中国地表太阳辐射的时空变化分析[J]. 地球信息科学学报,2009,11(5):623-630.
- [6] 杨建莹,刘勤,严昌荣,等. 近48a华北区太阳辐射量时空格局的变化特征[J]. 生态学报,2011,31(10):2748-2756.
- [7] 申彦波,赵东,祝昌汉,等. 近50年来鄂尔多斯地面太阳辐射的变化及与相关气象要素的联系[J]. 高原气象,2009,28(4):786-794.
- [8] 祁栋林,李晓东,郭彩萍,等. 1980-2010年青藏高原柴达木盆地太阳辐射变化特征研究[J]. 安徽农业科学,2013,41(10):4484-4488,4492.
- [9] 李月高,汪青春. 柴达木盆地太阳能资源分布及评估初探[J]. 青海科技,2009,16(2):31-34.