

博州地区1961—2006年太阳能资源的分析评估

杨 勇¹, 普宗朝², 黄 杰¹, 陆 炯³, 王小飞¹(1.博州气象局, 新疆 博乐 833400; 2.乌鲁木齐市气象局, 新疆 乌鲁木齐 830002;
3.新疆气象局业务处, 新疆 乌鲁木齐 830002)

摘 要:根据太阳总辐射估算模型 $Q=Q_0(a+bS_1)$ 按月确定了博州地区邻近站伊宁的 a 、 b 系数, 将其对应于博州地区 4 个站点 1961—2006 年逐月太阳辐射的计算, 据此分析了全地区太阳总辐射的时空分布状况, 并对太阳能资源按行业标准进行了评估。结果表明, 46a 来博州地区的太阳总辐射呈明显下降趋势, 整体上冬季减少的贡献率最大; 太阳总辐射与总、低云量、相对湿度、雨雪日数具有较好的相关性; 造成博州地区太阳总辐射呈下降趋势的重要气候原因是: 平均总、低云量, 相对湿度, 雨雪日数增加的综合作用; 博州地区的太阳能资源较丰富, 其开发利用的综合条件较好。

关键词: 太阳总辐射; 太阳能资源; 分析; 评估

中图分类号: TK511

文献标识码: B

文章编号: 1002-0799(2008)05-0041-05

Analysis and Evaluation about Solar Energy Resources in Boertala Mongol Autonomous Prefecture (Bozhou) from 1961 to 2006

YANG Yong¹, PU Zong-chao², HUANG Jie¹, LU Jiong³, WANG Xiao-fei¹

(1. Bortala Mongol Autonomous Prefecture Meteorological Bureau, Bole 833400, China; 2. Urumqi Meteorological Bureau, Urumqi 830001, China; 3. The Operational Department of Xinjiang Meteorological Bureau, Urumqi 830002, China)

Abstract: According to the total solar radiation estimation model, the basis coefficients of a , b in Yining, adjacent station of Bozhou, have been determined monthly and applied it to calculate the total solar radiation of every month in four sites of Bozhou from 1961–2006, hereby to analyze the temporal-spatial distributions of total solar radiation of whole prefecture and to evaluate the solar energy resources with industry standards since 1961–2006. The results showed that the total solar radiation have presented decreasing tendencies in the past 46 years in Bozhou, as a whole the largest contribution rate of decreasing tendency to be in winter, moreover the total solar radiation has good correlation with mean total cloud cover, mean low cloud cover, relative humidity, rain and snow days, and that the combined effect of increased mean total cloud cover, mean low cloud cover, relative humidity, rain and snow days is the important climatic reason for the total solar radiation to be decreased in Bozhou. The solar energy resource of Bozhou is abundant and the integrative condition is better for exploitation and utilization of solar energy.

Key words: total solar radiation; solar energy resources; analysis; evaluation

收稿日期: 2008-06-13

基金项目: 新疆气象局科研项目(200814)资助。

作者简介: 杨勇(1965-), 男, 工程师, 现从事业务管理工作。E-mail: yangnoy@sohu.com

太阳能作为一种清洁能源已经被普遍认为是未来最有竞争性的能源之一,因其分布广泛、用之不竭并具有不污染环境、不破坏生态等优良特性,应用前景十分广阔。众多学者以往多偏于大范围的研究,对具体地域的研究很少。徐德源^[1]曾对新疆太阳能资源作过区划,但范围仍然显得较大,外推的经验系数也比较笼统。对地处新疆西部的博州来说,至今还无人对当地的太阳能资源状况作过具体、详细的研究。本文旨在通过对博州太阳总辐射的分析、计算得出其具体的分布状况,在此基础上对太阳能资源进行评估,以期更好地服务于博州当地的太阳能资源的开发、利用。

1 资料和方法

1.1 数据来源

由于博州地区无太阳辐射实测资料,因此,本文利用博州地区最近站点伊宁 1961—2006 年各月太阳辐射实测资料和该站同期地面气象观测资料,统计太阳辐射月总量和月日照百分率的回归关系,可获取逐月 a 、 b 系数;并将该系数应用于博州地区,结合博乐、精河、阿拉山口、温泉等 4 站 1961—2006 年的逐月气候资料,进行逐月太阳总辐射计算、分析,并对博州地区的太阳能资源进行评估。

1.2 太阳总辐射的计算方法

运用日照资料计算太阳总辐射,其基础辐射一般有 3 种,即:天文辐射、理想大气总辐射和晴天总辐射^[2],本文采用中国气象局推荐的天文辐射作为基础辐射进行计算。

太阳月辐射总量的气候学计算公式^[2]采用 $Q=Q_0(a+bS_1)$,其中 a 、 b 为待定经验系数, S_1 为月日照百分率, Q_0 为月天文辐射,由日天文辐射累计得到。

日天文辐射公式^[3]为:

$$Q_n = \frac{TI_0}{\pi\rho^2} (\omega_0 \sin\phi \sin\delta + \cos\phi \cos\delta \sin\omega_0) \quad (1)$$

其中 Q_n 为日天文辐射总量,单位为 $\text{MJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$; T 为周期 ($24 \times 60 \times 60 \text{ s}$);

I_0 为太阳常数 ($13.67 \times 10^{-4} \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$); ρ^2 为日地相对距离;

ω_0 为日落时角, $\omega_0 = \arccos(-\tan\phi \tan\delta)$; ϕ 为地理纬度; δ 为太阳赤纬。

太阳赤纬由公式(1)计算:

$$\delta = 0.3723 + 23.2567 \sin x + 0.1149 \sin 2x - 0.1712 \sin 3x - 0.7580 \cos x + 0.3656 \cos 2x + 0.0201 \cos 3x \quad (2)$$

$$x = 2\pi \times 57.3 \times (N + \Delta N - N_0) / 365.2422 \quad (3)$$

式中 N 为按天数顺序排列的积日。1 月 1 日为 0; 2 日为 1; 其余类推……, 12 月 31 日为 364 (平年); 闰年 12 月 31 日为 365。

$N_0 = 79.6764 + 0.2422 (\gamma - 1985) - \text{INT} [0.25 \times (\gamma - 1985)]$, 其中 γ 为年份;

ΔN 为积日订正值, 由观测地点时间差订正值 L 和观测时刻时间差订正值 W 两项组成。

$$\Delta N = (W - L) / 24$$

$$\pm L = (D + M / 60) / 15$$

$$W = S + F / 60$$

其中 D 、 M 为计算点经度的度、分值; L 东经取负号, 西经取正号; S 、 F 分别为计算时刻的时、分值; 计算中取 $S=12$, $F=0$

日地相对距离用下式^[4]计算:

$$\rho^2 = 1.000423 + 0.032359 \sin x + 0.000086 \sin 2x - 0.008349 \cos x + 0.000115 \cos 2x \quad (4)$$

计算, 式中的 x 由(3)式计算。

利用伊宁站 1961—2006 年的实测资料, 逐月计算了实际太阳总辐射与日照百分率的相关系数, 有 83.33% 的月份同时通过了 $\alpha=0.05$ 和 0.01 的显著性检验。由此可以认为: 实测资料年限达到一定的长度后, 太阳实际总辐射确实与日照百分率具有良好的正相关性。经检验, 用公式算出的太阳总辐射, 其月、年值与实测值的相对误差最大不超过 0.2%, 从而也验证了用日照百分率计算太阳总辐射^[5]是可行而且也是可靠的。

为提高计算精度, 一是月天文辐射采用了如前所述的逐日累计方法, 二是采用了经验系数 a 、 b 分月计算^[6]的方法。

2 太阳总辐射的计算结果与分析

2.1 逐月太阳总辐射分布

表 1 和图 1 分别给出了利用上述公式计算出的逐月经验系数以及近 46a 各站平均太阳总辐射的年内分布状况。从图 1 可以看出以下特点: 4 站的月总辐射最大值均出现在 7 月, 其中博乐站最大, 可达 $732.90 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-2}$, 最小值则均出现在 12 月, 其中阿拉山口 12 月辐射值最小, 仅为 $138.80 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-2}$; 另一个明显的特点是 1—2 月、11—12 月的最大值集中在温泉, 而 3—9 月则基本上集中在博乐, 4—10 月的最小值也基本上集中在温泉。温泉的这种集历年平均值的最大、最小于一身的现象, 正好与其地处山区冬暖夏凉的气候特点相吻合。数据分析表明, 整个博州地区 4 个站点的各年月总量除个别站点的个别

月份略有增加外,整体的月总量年际变化均呈下降趋势,最大气候倾向率为 $-11.3\text{MJ}\cdot\text{m}^{-2}/10\text{a}$ 。

表1 博州地区各月经验系数

1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
a 0.1405	0.2944	0.2604	0.2838	0.2960	0.3564	0.4309	0.2511	0.4885	0.2539	0.1788	0.3243
b 0.7315	0.4437	0.4503	0.4045	0.4078	0.3275	0.2156	0.4602	0.1287	0.4260	0.5669	0.3559

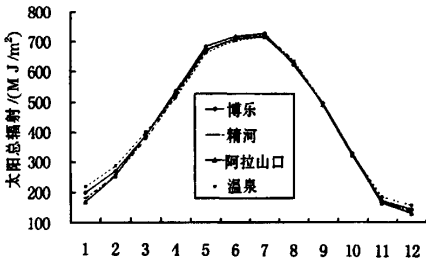


图1 博州各地多年月平均太阳总辐射

2.2 逐季太阳总辐射分布

计算结果表明,博州各地1961—2006年春季(3—5月)、夏季(6—8月)、秋季(9—11月)、冬季(12月—次年2月)历年平均太阳总辐射占年平均太阳总辐射的比例范围分别为30%~31%,39%~40%,19%,11%~13%,十分稳定。

从博州4个站点1961—2005年各个季节的逐年变化(见图2~5)可以看出,其主要特征是:博乐20世纪70—80年代四季太阳总辐射均高于累年平均,其他时段则均低于平均值;精河、阿拉山口、温泉在20世纪60—70年代四季太阳总辐射均高于累年平均(阿拉山口70年代冬季稍低于平均值);温泉在80年代后四季太阳总辐射均低于平均值。各季节太阳总辐射减少对年总量减少贡献最大者:博乐、精河、阿拉山口均为冬季,温泉为夏季;贡献次大者:博乐为春季,精河为秋季,阿拉山口为夏季,温泉为冬季,各不相同。

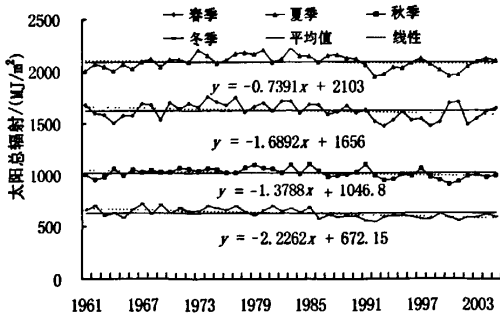


图2 博乐历年四季太阳总辐射

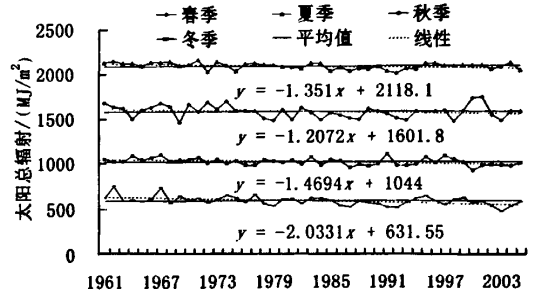


图3 精河历年四季太阳总辐射

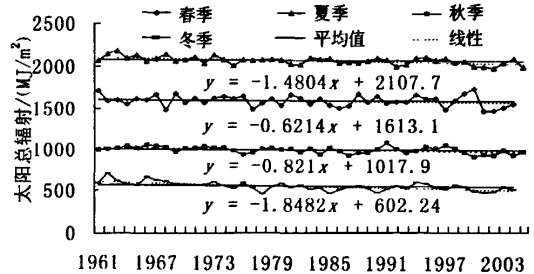


图4 阿拉山口历年四季太阳总辐射

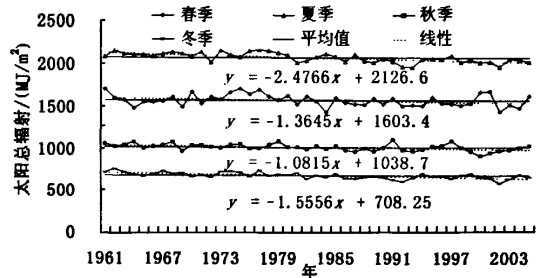


图5 温泉历年四季太阳总辐射

2.3 逐年太阳总辐射分布

博州地区1961—2006年年均太阳总辐射是:博乐为 $5339.14\text{MJ}\cdot\text{m}^{-2}$,精河为 $5258.37\text{MJ}\cdot\text{m}^{-2}$,阿拉山口为 $5232.61\text{MJ}\cdot\text{m}^{-2}$,温泉为 $5332.56\text{MJ}\cdot\text{m}^{-2}$ 。各地累年太阳总辐射的极值分布是:博乐最大值为 $5652.91\text{MJ}\cdot\text{m}^{-2}$ (1983年),最小值为 $4942.86\text{MJ}\cdot\text{m}^{-2}$ (1993年);精河最大值为 $5549.38\text{MJ}\cdot\text{m}^{-2}$ (1961年),最小值为 $4974.99\text{MJ}\cdot\text{m}^{-2}$ (1992年);阿拉山口最大值为 $5487.22\text{MJ}\cdot\text{m}^{-2}$ (1968年),最小值为 $4897.00\text{MJ}\cdot\text{m}^{-2}$ (2002年);温泉最大值为 $5561.65\text{MJ}\cdot\text{m}^{-2}$ (1975年),最小值为 $5000.17\text{MJ}\cdot\text{m}^{-2}$ (2002年)。

从图6中可以看出,按自然年代划分,博乐和温泉的年平均太阳总辐射的最大值出现在20世纪70

年代,精河和阿拉山口则出现在 60 年代;最小值除博乐出现在 90 年代外,其他三地均出现在 20 世纪初。按数值实际分布,总体上博乐在 20 世纪 70—80 年代,其它三站在 60—70 年代为正距平,其它时段升降振荡,但总体为负距平。

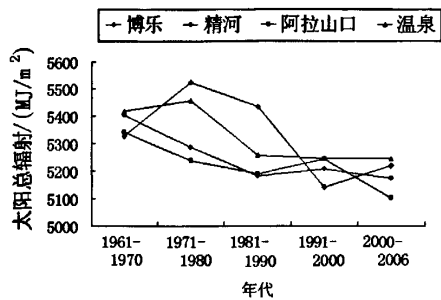


图 6 博州各地多年各年代平均太阳总辐射

根据分析,自 1961—2006 年,博州各地的年际太阳总辐射整体呈下降趋势,其气候倾向率分别为:博乐 $-59.124\text{MJ}\cdot\text{m}^{-2}/10\text{a}$,精河 $-59.516\text{MJ}\cdot\text{m}^{-2}/10\text{a}$,阿拉山口 $-45.93\text{MJ}\cdot\text{m}^{-2}/10\text{a}$,温泉 $-57.05\text{MJ}\cdot\text{m}^{-2}/10\text{a}$ 。各地年实际太阳总辐射整体上从偏高趋于偏低的年份虽略有差异,但均出现在 20 世纪 80 年代。

2.4 太阳总辐射与各气候要素的关系

影响太阳总辐射的因素一般认为与大气成分、大气悬浮物、云量及大气中的水汽含量有关。但由于缺乏大气成分及大气悬浮物的实测资料,因此仅能根据常规观测的实有要素资料进行分析,从表 2 中可以看出,太阳总辐射与平均总云量、平均低云量、平均相对湿度和雨雪总日数大多呈负相关关系。除了博乐的总云量、精河的低云量和温泉的相对湿度未达到显著性标准外,其余的相关系数都达到了 0.05 以上,大部分甚至达到 0.01 的显著性检验。

表 2 博州地区太阳总辐射与云、湿度、雨雪日的相关系数

站点	总云量	低云量	相对湿度	雨雪日数
博乐	-0.278*	-0.391++	-0.371+	-0.422++
精河	-0.404+	-0.290*	-0.610++	-0.637++
阿拉山口	-0.359+	-0.587++	-0.560++	-0.531++
温泉	-0.394++	-0.592++	+0.118*	-0.728++

注: +表示通过 0.05 检验, ++表示通过 0.01 检验, *表示未通过检验

2.5 太阳总辐射变化的重要气候成因

根据对影响太阳总辐射的主要气候因素即总云

量、低云量、相对湿度以及雨雪日数进行趋势分析(考虑到 14 时平均总、低云量对太阳总辐射的影响更直接,同样对它们进行了相应的趋势分析,图略)发现:近 46a:(1)所有站点的平均总云量均呈上升趋势(而 14 时的总云量除温泉外,均呈下降趋势);(2)除精河外,其余站点的平均低云量均呈上升趋势(而 14 时所有站点的平均低云量均呈上升趋势);(3)除博乐外,其它站点的相对湿度均呈上升趋势;(4)所有站点的雨雪日数均呈上升趋势(其它湿性视障现象如轻雾、雾及干性视障现象如沙尘现象与太阳总辐射相关不明显)。

通过以上分析可知,影响太阳总辐射的气候要素是较为复杂的,但总、低云量的增加尤其是 14 时低云量的增加,相对湿度的增加以及雨雪日数的增加是造成博州地区太阳总辐射呈下降趋势的重要原因。

3 太阳能资源评估

3.1 太阳能资源的丰富程度

根据博州 4 个站点 46a 年均太阳总辐射可知,博州地区太阳能资源为 $1\,450\sim1\,490\text{KW}\cdot\text{h}/(\text{m}^2\cdot\text{a})$,具体是:博乐 $1\,483\text{KW}\cdot\text{h}/(\text{m}^2\cdot\text{a})$,精河 $1\,460\text{KW}\cdot\text{h}/(\text{m}^2\cdot\text{a})$,阿拉山口 $1\,453\text{KW}\cdot\text{h}/(\text{m}^2\cdot\text{a})$,温泉 $1\,481\text{KW}\cdot\text{h}/(\text{m}^2\cdot\text{a})$ 。根据全国统一划分标准^[3],博州属于太阳能资源较丰富地区。

3.2 太阳能资源的利用价值

以日照时数大于 6h 的日数作为指标,博州近 46a 年均日照时数大于 6h 的日数分布是:博乐 255d,精河、阿拉山口 235d,温泉 260d,且全年在 4—10 月较为集中,再进一步则主要集中在 5—9 月。根据其在全年日数中所占比例,博州地区太阳能资源的利用价值较好。

3.3 太阳能资源的稳定程度

以一年中各月日照时数大于 6h 的天数的最大值与最小值的比值为指标,比值越小则太阳能资源越稳定,就越利于太阳能资源的利用。资料统计显示,博乐、温泉 1—10 月,精河、阿拉山口 3—10 月比值大部分均 <3 ,全地区在 5—9 月比值普遍 <2 ,仅在秋末和冬季振幅较大,这也与太阳总辐射主要集中在夏季和春季相吻合。比值的分布情况说明,博州地区太阳能资源较为稳定。

3.4 太阳能资源的日最佳利用时段

以博州 4 个站点当地正太阳时的 9—10 时、11—13 时、14—15 时的日照时数分别代表上午、中

午、下午的日照状况进行评定。资料统计表明,博州地区近 46a 中午的平均日照时数均长于上午和下午,即一天中中午是最有利于太阳能资源利用的时段。

4 结论

4.1 博州地区多年月均太阳辐射呈单峰型,最大值出现在 7 月,最小值出现在 12 月;多年季均太阳总辐射夏季最大,冬季最小。

4.2 博州地区年均太阳总辐射在 $5230\sim 5340\text{MJ}\cdot\text{m}^{-2}$,在四季中的分配比例较为稳定,按总量大小排列依次为博乐、温泉、精河、阿拉山口。

4.3 近 46a 来博州地区的太阳总辐射总体呈下降趋势,其气候倾向率为 $-45.93\sim -59.516\text{MJ}\cdot\text{m}^{-2}/10\text{a}$,整体上冬季减少的贡献率最大。

4.4 博州地区太阳总辐射与总、低云量、相对湿度、雨雪天气日数几乎均呈显著的负相关关系。

4.5 近 46a 来,博州地区总、低云量、相对湿度、雨雪日数的增加等因素的综合作用,是造成太阳总辐

射呈下降趋势的重要气候原因。

4.6 博州地区属于太阳能资源较丰富地区,太阳能资源最佳利用时段为正午,太阳能资源的利用价值和稳定度均较好。综合而言,太阳能资源的开发利用总体条件较好。

参考文献:

- [1] 徐德源.新疆农业气候资源及区划[M].北京:气象出版社,1989:1-4.
- [2] 胡毅,李萍,杨建功,等.应用气象学:2 版[M].北京:气象出版社,2005:118-122.
- [3] 高绍凤,陈万隆,朱超群,等.应用气候学[M].北京:气象出版社,2004:18-28.
- [4] 中国气象局.地面气象观测规范[M].北京:气象出版社,2003:134-142.
- [5] 罗汉民,吴诗敦,谭克光.气候学[M].北京:气象出版社,1980:10-13.
- [6] 鞠晓慧,屠其璞,李庆祥.我国太阳总辐射气候学计算方法的再讨论[J].南京气象学院学报,2005,28(4):516-521.