

ICS 07. 060
A 47

QX

中华人民共和国气象行业标准

QX/T 89—2008

太阳能资源评估方法

Assessment method for solar energy resources

2008-03-22 发布

2008-08-01 实施

中 国 气 象 局 发 布

中华人民共和国
气象行业标准
太阳能资源评估方法

QX/T 89—2008

*

气象出版社出版发行
北京市中关村南大街46号
邮政编码:100081
网址:<http://cmp.cma.gov.cn>
发行部:010-68409198
北京京科印刷有限公司印刷
各地新华书店经销

*

开本:880×1230 1/16 印张:1 字数:30千字
2008年7月第一版 2008年7月第一次印刷

*

统一书号:135029-5417 定价:8.00元

如有印装差错 由本社发行部调换
版权专有 侵权必究
举报电话:(010)68406301

目 次

前言	III
引言	IV
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 太阳能资源的计算	1
5 太阳能资源评估	2
附录 A(规范性附录) 有关参数的计算方法	4
附录 B(规范性附录) 月太阳总辐射量经验公式系数 a, b 的计算方法	6
附录 C(规范性附录) 太阳辐射量历史资料的使用	7
附录 D(规范性附录) 太阳辐射量单位换算	8
参考文献	9
表 1 太阳能资源丰富程度等级	2
表 2 太阳能资源稳定程度等级	3

前 言

本标准的附录 A、B、C、D 为规范性附录。

本标准由中国气象局提出。

本标准由中国气象局政策法规司归口。

本标准起草单位：江西省气候中心、江西省气象局政策法规处。

本标准主要起草人：章毅之、王怀清、胡菊芳、彭静、万贵珍。

本标准为首次发布。

引 言

作为一种可再生的清洁能源,太阳能的开发利用一直受到世界各国的普遍关注。随着石油、煤炭、天然气等化石燃料资源的迅速耗竭和生态环境的日益恶化,太阳能已被公认为是未来最有竞争性的能源之一,其开发利用对于减缓全球气候变化有着重要的意义。

《中华人民共和国气象法》第六章中规定:“各级气象主管机构应当组织对城市规划、国家重点建设工程、重大区域性经济开发项目和大型太阳能、风能等气候资源开发利用项目进行气候可行性论证。”开发利用太阳能,资源评估是基础和关键。目前,太阳能资源评估的方法多种多样,造成各地计算出的太阳能资源缺乏可比性。为使各地太阳能资源的评估客观化、规范化,制订本标准。

太阳能资源评估方法

1 范围

本标准规定了表征太阳能资源的太阳总辐射计算方法,太阳能资源评估指标体系及其等级划分。

本标准适用于能源、建筑、气象、电力、农业等相关领域太阳能利用的规划、科研和产业中太阳能资源的计算和评估。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件,其随后所有的修改单(不包括勘误内容)或修订版均不适用于本标准,然而,鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件,其最新版本适用于本标准。

GB/T 12936.2 1991 太阳能热利用术语 第一部分

3 术语和定义

下列术语、定义适用于本标准。

3.1

太阳能资源 solar energy resources

任一特定时段内(如日、月、年)水平面上太阳总辐射量的累计值,单位为兆焦每平方米(MJ/m²)。

3.2

太阳总辐射 global solar radiation

太阳直接辐射与散射辐射之和,单位为兆焦每平方米(MJ/m²)。

4 太阳能资源的计算

太阳能资源的数量以到达地面的太阳总辐射量来表示。

4.1 日天文总辐射量

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

式中:

Q_n 日天文太阳总辐射量,单位为兆焦每平方米天(MJ/(m²·d));

T 时间周期为 24×60 min·d⁻¹;

I_0 太阳常数为 0.0820,单位为兆焦每平方米分(MJ/(m²·min));

ρ 日地距离系数,无量纲;

φ 地理纬度,单位为弧度(rad);

δ 太阳赤纬,单位为弧度(rad),其计算见附录 A;

ω_0 日出、日落时角,单位为弧度(rad),其计算见附录 A。

4.2 月太阳总辐射量

对有太阳辐射观测的地点(日射站),月太阳总辐射量可以用式(2)计算:

$$Q_M = \sum_{d=1}^M Q_d \dots\dots\dots(2)$$

式中:

- Q_M 计算地点月太阳总辐射量,单位为兆焦每平方米天(MJ/(m²·d));
- Q_d 观测点日太阳总辐射量观测值,单位为兆焦每平方米天(MJ/(m²·d));
- M 计算月的天数,如1月份为31天。

对于无太阳辐射观测的地点,选择最近的有太阳辐射观测的站点作参考,建立经验公式对月太阳总辐射量进行计算:

$$Q_M = Q_0(a + bS) \dots\dots\dots(3)$$

式中:

- S 月日照百分率,无量纲数,其计算见附录 A;
- a, b 经验系数,无量纲数。根据计算点最近的日射站观测资料,利用最小二乘法计算求出,计算方法见附录 B;
- Q_0 月天文太阳总辐射量,单位为兆焦每平方米天(MJ/(m²·d)),由(4)式计算:

$$Q_0 = \sum_{n=1}^M Q_n \dots\dots\dots(4)$$

式中:

- Q_n 观测点日天文太阳总辐射量,单位为兆焦每平方米天(MJ/(m²·d)),由(1)式计算;
- M 计算月的天数,如1月为31天。

4.3 年太阳总辐射量

年太阳总辐射量计算见式(5):

$$Q_Y = \sum_{M=1}^{12} Q_M \dots\dots\dots(5)$$

式中:

- Q_Y 计算地点年太阳总辐射量,单位为兆焦每平方米天(MJ/(m²·d));
- Q_M 计算地点逐月太阳总辐射量,单位为兆焦每平方米天(MJ/(m²·d))。

5 太阳能资源评估

采用太阳能资源丰富程度、稳定程度指标对太阳能资源进行分级评估。在进行评估时,所用数据应采用具有气候意义的30年气候平均值。

5.1 太阳能资源丰富程度评估

以太阳总辐射的年总量为指标,进行太阳能资源丰富程度评估,其等级见表1。

表1 太阳能资源丰富程度等级

太阳总辐射年总量	资源丰富程度
$\geq 1750 \text{ kW} \cdot \text{h}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$	资源最丰富
$6300 \text{ MJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$	
$1400 \sim 1750 \text{ kW} \cdot \text{h}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$	资源很丰富
$5040 \sim 6300 \text{ MJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$	
$1050 \sim 1400 \text{ kW} \cdot \text{h}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$	资源丰富
$3780 \sim 5040 \text{ MJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$	
$< 1050 \text{ kW} \cdot \text{h}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$	资源一般
$< 3780 \text{ MJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$	

5.2 太阳能资源稳定程度评估

太阳能资源稳定程度用各月的日照时数大于6h天数的最大值与最小值的比值表示,见公式(6),

其等级见表 2。

$$K = \frac{\max(Day_1, Day_2, \dots, Day_{12})}{\min(Day_1, Day_2, \dots, Day_{12})} \dots\dots\dots(6)$$

式中：

- K 太阳能资源稳定程度指标,无量纲数;
- $Day_1, Day_2, \dots, Day_{12}$ 1 至 12 月各月日照时数大于 6 h 天数,单位为天(d);
- $\max()$ 求最大值的标准函数;
- $\min()$ 求最小值的标准函数。

表 2 太阳能资源稳定程度等级

太阳能资源稳定程度指标	稳定程度
<2	稳定
2~4	较稳定
>4	不稳定

附 录 A
(规范性附录)
有关参数的计算方法

A.1 太阳赤纬的计算

太阳赤纬由(A.1)式计算,单位为度:

$$\delta = 0.3723 + 23.2567\sin x + 0.1149\sin 2x - 0.1712\sin 3x - 0.7580\cos x + 0.3656\cos 2x + 0.0201\cos 3x \quad \dots\dots\dots(A.1)$$

$$x = 2\pi \times (N - N_0) / 365.2422 \quad \dots\dots\dots(A.2)$$

式中:

- δ 太阳赤纬,单位为弧度(rad);
- x 计算参数,无量纲数;
- N 日序。取值范围为1到365或366,1月1日取日序为1;
- N_0 计算参数,由(A.3)式计算:

$$N_0 = 79.6764 + 0.2422(y - 1985) - INT[0.25 \times (y - 1985)] \quad \dots\dots\dots(A.3)$$

式中:

- y 计算年份,无量纲数;
- $INT()$ 取整数的标准函数。

A.2 日地距离系数的计算

日地距离系数是计算日天文总辐射时使用的参数,用(A.4)式计算:

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

式中:

- x 计算参数,无量纲数,由(A.2)式计算。

A.3 可照时数的计算

可照时数是计算日照百分率时用到的参数,用(A.5)式和(A.6)式进行计算:

$$\sin \frac{T_B}{2} = \sqrt{\frac{\sin(45^\circ + \frac{\varphi - \delta + \gamma}{2})\sin(45^\circ - \frac{\varphi - \delta - \gamma}{2})}{\cos\varphi\cos\delta}} \quad \dots\dots\dots(A.5)$$

$$T_A = 2 \times T_B \quad \dots\dots\dots(A.6)$$

式中:

- T_A 日可照时数,单位为小时(h);
- T_B 半日可照时数,单位为小时(h);
- γ 蒙气差,取值为 $34'$;
- φ 纬度,单位为弧度(rad);
- δ 太阳赤纬,单位为弧度(rad),由(A.1)式计算。

A.4 月日照百分率的计算

$$S_1 = INT(S/T_M) \times 100\% \quad \dots\dots\dots(A.7)$$

式中：

- S 月实际日照时数,单位为小时(h);
- T_M 月可照时数,由(A.5)式和(A.6)式计算,全月逐日可照时数累加。
- $INT()$ 取整数的标准函数。

附录 B
(规范性附录)

月太阳总辐射量经验公式系数 a, b 的计算方法

选择离计算点最近的太阳辐射观测站,作为计算参考点。根据参考点历年观测的月太阳总辐射和月日照百分率,计算系数 a 和 b ,其计算公式如下:

$$a = \bar{y} - b \bar{S}'_1 \quad \dots\dots\dots(B.1)$$

$$b = \frac{\sum_{i=1}^n (S'_{1i} - \bar{S}'_1)(y_i - \bar{y})}{\sum_{i=1}^n (S'_{1i} - \bar{S}'_1)^2} \quad \dots\dots\dots(B.2)$$

式中:

- S'_{1i} 参考站点逐年月日照百分率,无量纲数;
- \bar{S}'_1 参考点月日照百分率的平均值,无量纲数;
- $y_i = \frac{Q'_i}{Q'_0}$ 参考站点逐年月实际太阳辐射总量与月天文辐射总量的比值,无量纲数;
- y 参考站点历年月实际太阳辐射总量与月天文辐射总量比值的平均值,无量纲数;
- n 观测资料的样本数,无量纲数。

附 录 C

(规范性附录)

太阳辐射量历史资料的使用

在太阳辐射量资料的统计分析过程中,应注意我国气象部门的辐射观测从 1981 年 1 月 1 日开始使用世界辐射测量基准(WRR),在此之前使用的是国际直接日射表标尺(IPS),两者关系为:

$$\frac{WRR}{IPS} = 1.022$$

在 1981 年 1 月 1 日以前,我国所有辐射资料(IPS)换成 WRR 必须乘系数 1.022。

附 录 D
(规范性附录)
太阳辐射量单位换算

在太阳能资源评估过程中,常用的单位换算关系如下:

$$1 \text{ cal} = 4.1868 \text{ J}$$

$$1 \text{ kW} \cdot \text{h} = 3.6 \text{ MJ}$$

$$1 \text{ kW} \cdot \text{h}/(\text{m}^2 \cdot \text{a}) = 0.114 \text{ W}/\text{m}^2$$

参 考 文 献

- [1] 左大康. 中国地区太阳总辐射的空间分布特征[J]. 气象学报. 1963, **33**(1):78-96
- [2] 翁笃鸣. 试论总辐射的气候学计算方法[J]. 气象学报. 1964, **34**(3):304-315
- [3] 陆渝蓉, 高国栋. 我国辐射平衡各分量计算方法及时空分布研究[J]. 南京大学学报(自然科学版). 1976, **12**(2), 89-110
- [4] 王炳忠, 张富国, 李立贤. 我国的太阳能资源及其计算[J]. 太阳能学报. 1980, **1**(1):1-9
- [5] 祝昌汉. 再论总辐射的气候学计算方法(一)[J]. 南京气象学院学报. 1982, **5**(1):15-24
- [6] 祝昌汉. 再论总辐射的气候学计算方法(二)[J]. 南京气象学院学报. 1982, **5**(2):196-206
- [7] 王炳忠. 中国太阳能资源利用区划[J]. 太阳能学报. 1983, **4**(3):221-228
- [8] 朱瑞兆, 祝昌汉, 薛桁. 中国太阳能、风能资源及其利用[M]. 北京: 气象出版社, 1988
- [9] 王炳忠, 刘庚山. 日射观测中常用天文参数的再计算[J]. 太阳能学报. 1991, **12**(1):27-32
- [10] 孙治安. 中国太阳总辐射计算方法的进一步研究[J]. 南京气象学院学报. 1992, **15**(2), 21-19
- [11] 缪启龙, 周锁铨, 吴息. 西部山区总辐射气候学计算及分布[J]. 南京气象学院学报. 1994, **17**(2):177-182
- [12] 高国栋, 缪启龙, 王安宇, 等. 气候学教程[M]. 北京: 气象出版社. 1996. 31-32
- [13] 翁笃鸣. 中国辐射气候[M]. 北京: 气象出版社. 1997
- [14] 刘绍民, 李银芳. 新疆月太阳总辐射气候学计算方法的研究[J]. 干旱区地理. 1997, **20**(3):75-81
- [15] 赵媛, 赵慧. 我国太阳能资源及其开发利用[J]. 经济地理. 1998, **18**(1):56-61
- [16] 杜尧东, 毛慧琴, 刘爱君, 等. 广东省太阳总辐射的气候学计算及其分布特征[J]. 资源科学. 2003, **25**(6):66-67
- [17] 中国气象局. 地面气象观测规范[M]. 北京: 气象出版社. 2003
- [18] 唐永顺. 应用气候学[M]. 北京: 科学出版社. 2004
- [19] 王建源, 冯建设, 袁爱民. 山东省太阳辐射的计算及其分布[J]. 气象科技. 2006, **34**(1):98-101
- [20] 字春霞. 南宁市太阳能日辐射估算方法探讨[J]. 广西气象. 2006, **27**(1):31-33