



# 中华人民共和国气象行业标准

QX/T 89—2018  
代替 QX/T 89—2008

---

## 太阳能资源评估方法

Assessment method for solar energy resource

2018-06-26 发布

2018-10-01 实施

---

中 国 气 象 局 发 布



## 目 次

前言 .....	III
引言 .....	V
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	1
4 符号 .....	4
5 数据基本要求 .....	4
6 数据处理方法 .....	5
7 代表年数据订正 .....	7
8 评估内容要求 .....	7
附录 A(规范性附录) 太阳能资源数据合理性检查方法 .....	10
附录 B(资料性附录) 地外太阳辐射计算方法 .....	13
附录 C(规范性附录) $a$ 、 $b$ 系数计算方法 .....	16
附录 D(规范性附录) 代表年时间序列确定方法 .....	17
参考文献 .....	19



## 前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准代替 QX/T 89—2008《太阳能资源评估方法》。与 QX/T 89—2008 相比,除编辑性修改外主要技术变化如下:

- 增加了“数据基本要求”(见第 5 章);
- 增加了“数据处理方法”(见第 6 章);
- 增加了“代表年数据订正”(见第 7 章);
- 增加了“评估内容要求”(见第 8 章);
- 增加了“太阳能资源数据合理性检查方法”(见附录 A);
- 增加了“地外太阳辐射计算方法”(见附录 B);
- 增加了“代表年时间序列确定方法”(见附录 D);
- 删除了“太阳能资源稳定程度评估”(见 2008 年版的 5.2);
- 删除了“有关参数的计算方法”(见 2008 年版的附录 A);
- 删除了“太阳辐射量历史资料的使用”(见 2008 年版的附录 C);
- 删除了“太阳辐射量单位换算”(见 2008 年版的附录 D)。

本标准由全国气候与气候变化标准化技术委员会风能太阳能气候资源分技术委员会(SAC/TC 540/SC 2)提出并归口。

本标准起草单位:中国气象局公共气象服务中心、中国气象局风能太阳能资源中心、江西省气候中心。

本标准主要起草人:申彦波、王香云、章毅之、常蕊、赵晓栋。

本标准所代替标准的历次版本发布情况为:

- QX/T 89—2008。



## 引 言

气象行业标准《太阳能资源评估方法》(QX/T 89—2008)发布 10 年来,在指导太阳能行业和气象部门开展水平面总辐射计算以及太阳能资源评估方面发挥了重要作用。然而,随着太阳能开发利用在我国快速发展,太阳能资源数据的应用越来越深入,数据的来源和处理方法也越来越多元化,除该标准中涉及的气象部门实测的和基于日照百分率计算的太阳辐射数据之外,还有大量的太阳能电站现场短期实测数据,以及根据卫星反演或数值模拟等方法得到的长序列格点化数据,这些数据也可用于太阳能资源评估,但其处理和使用方法在该标准中未能体现。此外,该标准中采用的太阳能资源评价指标和等级划分标准与现行国家标准《太阳能资源等级 总辐射》(GB/T 31155—2014)不完全一致。因此,为了更好地服务太阳能行业,对该标准进行修订。





# 太阳能资源评估方法

## 1 范围

本标准规定了太阳能资源数据基本要求和处理方法、代表年数据订正方法及评估内容要求等。

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

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 19565—2017 总辐射表

GB/T 31156—2014 太阳能资源测量 总辐射

GB/T 33698—2017 太阳能资源测量 直接辐射

GB/T 33699—2017 太阳能资源测量 散射辐射

GB/T 34325—2017 太阳能资源数据准确性评判方法

GB/T 35231—2017 地面气象观测规范 辐射

QX/T 20—2016 直接辐射表

QX/T 368—2016 太阳常数和零大气质量下太阳光谱辐照度

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

#### 直接辐射 **direct radiation**

从日面及其周围一小立体角内发出的辐射。

[GB/T 31163—2014,定义 5.11]

注:一般来说,直接辐射是由视场角约为 $5^\circ$ 的仪器测定的,而日面本身的视场角仅约为 $0.5^\circ$ ,因此,它包括日面周围的部分散射辐射,即环日辐射。

### 3.2

#### 法向直接辐射 **direct normal radiation**

与太阳光线垂直的平面上接收到的直接辐射。

注:从数值上而言,直接辐射与法向直接辐射是相同的;两者的区别在于,直接辐射是从太阳出射的角度而定义,法向直接辐射则是从地表入射的角度而定义。

[GB/T 31163—2014,定义 5.12]

### 3.3

#### 水平面直接辐射 **direct horizontal radiation**

水平面上接收到的直接辐射。

[GB/T 31163—2014,定义 5.13]

3.4

**散射辐射** **diffuse radiation; scattering radiation**

太阳辐射被空气分子、云和空气中的各种微粒分散成无方向性的、但不改变其单色组成的辐射。

[GB/T 31163—2014, 定义 5.14]

3.5

**[水平面]总辐射** **global [horizontal] radiation**

水平面从上方  $2\pi$  立体角(半球)范围内接收到的直接辐射和散射辐射之和。

注:改写 GB/T 31163—2014, 定义 5.15。

3.6

**地外太阳辐射** **extraterrestrial solar radiation**

地球大气层外的太阳辐射。

[GB/T 31163—2014, 定义 5.3]

3.7

**辐照度** **irradiance**

物体在单位时间、单位面积上接收到的辐射能。

注:单位为瓦每平方米( $\text{W}/\text{m}^2$ )。

[GB/T 31163—2014, 定义 6.3]

3.8

**辐照量** **radiant exposure**

**曝辐量** **radiance exposure**

在给定时间段内辐照度的积分总量。

注 1:单位为兆焦每平方米( $\text{MJ}/\text{m}^2$ )或千瓦时每平方米( $\text{kW} \cdot \text{h}/\text{m}^2$ )。

注 2:  $1 \text{ kW} \cdot \text{h}/\text{m}^2 = 3.6 \text{ MJ}/\text{m}^2$ ;  $1 \text{ MJ}/\text{m}^2 \approx 0.28 \text{ kW} \cdot \text{h}/\text{m}^2$ 。

注 3:改写 GB/T 31163—2014, 定义 6.5。

3.9

**法向直接辐照度** **direct normal irradiance**

与太阳光线垂直的平面上单位时间、单位面积上接收到的直接辐射能。

注:单位为瓦每平方米( $\text{W}/\text{m}^2$ )。

3.10

**法向直接辐照量** **direct normal irradiation**

在给定时间段内法向直接辐照度的积分总量。

注:单位为兆焦每平方米( $\text{MJ}/\text{m}^2$ )或千瓦时每平方米( $\text{kW} \cdot \text{h}/\text{m}^2$ )。

3.11

**水平面直接辐照度** **direct horizontal irradiance**

水平面上单位时间、单位面积上接收到的直接辐射能。

注:单位为瓦每平方米( $\text{W}/\text{m}^2$ )。

3.12

**水平面直接辐照量** **direct horizontal irradiation**

在给定时间段内水平面直接辐照度的积分总量。

注:单位为兆焦每平方米( $\text{MJ}/\text{m}^2$ )或千瓦时每平方米( $\text{kW} \cdot \text{h}/\text{m}^2$ )。

3.13

**[水平面]散射辐照度** **diffuse horizontal irradiance; scattered horizontal irradiance**

水平面从上方  $2\pi$  立体角(半球)范围内单位时间、单位面积上接收到的散射辐射能。

注:单位为瓦每平方米( $\text{W}/\text{m}^2$ )。

### 3.14

[水平面]散射辐照量 **diffuse horizontal irradiation; scattered horizontal irradiation**

在给定时间段内水平面散射辐照度的积分总量。

注:单位为兆焦每平方米( $\text{MJ}/\text{m}^2$ )或千瓦时每平方米( $\text{kW} \cdot \text{h}/\text{m}^2$ )。

### 3.15

[水平面]总辐照度 **global [horizontal] irradiance**

水平面从上方  $2\pi$  立体角(半球)范围内单位时间、单位面积上接收到的总辐射能。

注:单位为瓦每平方米( $\text{W}/\text{m}^2$ )。

### 3.16

[水平面]总辐照量 **global [horizontal] irradiation**

在给定时间段内水平面总辐照度的积分总量。

注:单位为兆焦每平方米( $\text{MJ}/\text{m}^2$ )或千瓦时每平方米( $\text{kW} \cdot \text{h}/\text{m}^2$ )。

### 3.17

地外法向太阳辐照度 **extraterrestrial normal solar irradiance**

地球大气层外与太阳光线垂直的平面上单位时间、单位面积上接收到的太阳辐射能。

注:单位为瓦每平方米( $\text{W}/\text{m}^2$ )。

### 3.18

地外法向太阳辐照量 **extraterrestrial normal solar irradiation**

在给定时间段内地外法向太阳辐照度的积分总量。

注:单位为兆焦每平方米( $\text{MJ}/\text{m}^2$ )或千瓦时每平方米( $\text{kW} \cdot \text{h}/\text{m}^2$ )。

### 3.19

地外水平面太阳辐照度 **extraterrestrial horizontal solar irradiance**

地球大气层外水平面从上方  $2\pi$  立体角(半球)范围内单位时间、单位面积上接收到的太阳辐射能。

注:单位为瓦每平方米( $\text{W}/\text{m}^2$ )。

### 3.20

地外水平面太阳辐照量 **extraterrestrial horizontal solar irradiation**

在给定时间段内地外水平面太阳辐照度的积分总量。

注:单位为兆焦每平方米( $\text{MJ}/\text{m}^2$ )或千瓦时每平方米( $\text{kW} \cdot \text{h}/\text{m}^2$ )。

### 3.21

日照时数 **sunshine duration**

$H$

在一给定时间,太阳直接辐照度达到或超过  $120 \text{ W}/\text{m}^2$  的各段时间总和。

注:单位为小时(h)。

### 3.22

可照时数 **duration of possible sunshine**

$H_0$

在无任何遮蔽条件下,太阳中心从某地东方地平线到进入西方地平线,其光线照射到地面所经历的时间。

注 1:可照时数完全决定于当地的地理纬度和日期。

注 2:可照时数的基本计量时间段为日,月和年的可照时数以日值进行累计,单位为小时(h)。

注 3:改写 GB/T 31163—2014,定义 6.13。

3.23

日照百分率 **percentage of sunshine**

*s*

日照时数占可照时数的百分比。

注 1:改写 GB/T 31163—2014,定义 6.14。

注 2:以百分号(%)表示。

3.24

太阳能资源稳定度 **solar resource stability**

太阳能资源年内变化的状态和幅度。

注 1:用全年中各月平均日辐照量的最小值与最大值的比表示。

注 2:在实际大气中,其数值在(0, 1)区间变化,越接近于 1 越稳定。

[GB/T 31163—2014,定义 5.23]

3.25

直射比 **direct horizontal irradiation ratio**

水平面直接辐照量在水平面总辐照量中所占的比例。

注 1:用百分比或小数表示。

注 2:实际大气中,其数值在[0, 1)区间变化,越接近于 1,水平面直接辐射所占的比例越高。

[GB/T 31163—2014,定义 5.21]

4 符号

下列符号适用于本文件。

*DHI*:水平面直接辐照度,单位为瓦每平方米( $W/m^2$ )。

*DHR*:水平面直接辐照量,单位为兆焦每平方米( $MJ/m^2$ )。

*DHRR*:直射比,无量纲。

*DIF*:水平面散射辐照度,单位为瓦每平方米( $W/m^2$ )。

*DIFR*:水平面散射辐照量,单位为兆焦每平方米( $MJ/m^2$ )。

*DNI*:法向直接辐照度,单位为瓦每平方米( $W/m^2$ )。

*DNR*:法向直接辐照量,单位为兆焦每平方米( $MJ/m^2$ )。

*EDNI*:地外法向太阳辐照度,单位为瓦每平方米( $W/m^2$ )。

*EDNR*:地外法向太阳辐照量,单位为兆焦每平方米( $MJ/m^2$ )。

*EHI*:地外水平面太阳辐照度,单位为瓦每平方米( $W/m^2$ )。

*EHR*:地外水平面太阳辐照量,单位为兆焦每平方米( $MJ/m^2$ )。

*GHI*:水平面总辐照度,单位为瓦每平方米( $W/m^2$ )。

*GHR*:水平面总辐照量,单位为兆焦每平方米( $MJ/m^2$ )。

*GHRs*:水平面总辐射稳定度,无量纲。

5 数据基本要求

5.1 主要要素

应包括水平面总辐射,宜包括法向直接辐射、水平面直接辐射、水平面散射辐射、日照时数、日照百分率。

## 5.2 空间代表性

太阳能资源数据地理位置与评估目标位置应属于同一气候区,两地之间距离不宜超过 100 km;地形复杂地区,两地地形应无明显差异。

## 5.3 时间代表性

太阳能资源数据应能够反映最近 10 年以上的太阳能资源变化特征,至少应包括太阳能资源各要素的逐月数据,宜包括逐日、逐时或逐分钟数据。

# 6 数据处理方法

## 6.1 数据分类

太阳能资源数据分为短期实测数据和长序列数据。

## 6.2 短期实测数据

### 6.2.1 数据基本要求

6.2.1.1 短期实测数据指观测时间在 1 年以上、10 年以下的太阳能资源实测数据,应包括太阳能资源各要素至少 1 年的连续、完整数据,数据记录应至少包括小时值,小时值的有效数据完整率应不低于 95%,且连续缺测时间不宜超过 3 天。

6.2.1.2 短期实测数据的观测站在站址选择、观测设备、运行维护等方面应符合 GB/T 31156—2014、GB/T 33698—2017、GB/T 33699—2017、GB/T 35231—2017、GB/T 19565—2017、QX/T 20—2016 的要求。

### 6.2.2 数据检查要求

#### 6.2.2.1 完整性检查

数据数量应等于预期记录的数据数量。数据的时间顺序应符合预期的开始时间、结束时间,中间应连续。

#### 6.2.2.2 合理性检查

从气候学界限值、内部一致性、变化范围三个方面对太阳能资源各要素的数据合理性进行检查,检查方法见附录 A。若太阳能资源各要素的数据超出参考值或不符合内部一致性关系,则应对当时的天气现象和自然地理环境进行回查。若有极端情况发生,则应对数据的合理性进一步判断,若无极端情况发生,则判断该数据不合理。

#### 6.2.2.3 有效数据完整率计算

计算公式见式(1)。

$$r_{ED} = \frac{N_0 - N_i - N_j}{N_0} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(1)$$

式中:

$r_{ED}$  ——有效数据完整率;

$N_0$  ——预期应记录的数据数目;

$N_l$  ——没有太阳辐射数据记录的数目；  
 $N_i$  ——确认为不合理太阳辐射数据的数目。

### 6.2.3 数据插补要求

#### 6.2.3.1 基本要求

将不合理数据剔除后,连同缺测时次一起进行数据插补,插补后的太阳能资源各要素小时值的有效数据完整率应达到 100%。如果不能达到 100%,则应在分析太阳能资源总量时,说明缺测数据可能产生的误差。

#### 6.2.3.2 插补方法

- 6.2.3.2.1 若有备用的或可供参考的传感器同期记录数据,经过分析处理,可替换已确认为无效的数据或填补缺测的数据。
- 6.2.3.2.2 若没有备用的或可供参考的传感器同期记录数据,则从实测数据序列中选择与缺测时刻最近、天气现象相同、有实测数据的时刻进行数据插补。
- 6.2.3.2.3 缺测时刻太阳辐射各要素的计算公式见式(2)。

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{E_1}{E_2} \dots\dots\dots(2)$$

式中:

$R_1$  ——缺测时刻的太阳辐射各要素；  
 $R_2$  ——有实测数据时刻的太阳辐射各要素；  
 $E_1$  ——缺测时刻的地外水平面太阳辐射；  
 $E_2$  ——有实测数据时刻的地外水平面太阳辐射,地外水平面太阳辐射的计算方法参见附录 B。

### 6.3 长序列数据

#### 6.3.1 基本要求

长序列数据指时间序列在 10 年以上、至少具备水平面总辐射逐月值的数据,数据质量应符合 GB/T 34325—2017 中 4.2 的要求,月值数据有效完整率应达到 100%。长序列数据通常以 30 年为宜,特殊情况下达不到要求时,应至少收集 10 年数据。

#### 6.3.2 数据分类

长序列数据包括国家级辐射站长序列实测数据、参证气象站长序列计算数据、格点化长序列计算数据。具体应用中,三种数据使用的优先级顺序为:国家级辐射站长序列实测数据、参证气象站长序列计算数据、格点化长序列计算数据。

#### 6.3.3 国家级辐射站长序列实测数据

若评估目标附近有满足空间代表性的国家级辐射观测站,则可收集该观测站的长序列太阳辐射实测数据,用于太阳能资源评估。

#### 6.3.4 参证气象站长序列计算数据

- 6.3.4.1 若评估目标附近无符合要求的国家级辐射观测站,则可将附近达到空间代表性要求的、具备日照时数的气象观测站作为参证站,根据其记录的长序列日照百分率数据计算逐月水平面总辐射。
- 6.3.4.2 计算公式见式(3)。

$$GHR_m = EHR_m(a + b \cdot s) \dots\dots\dots(3)$$

式中：

$GHR_m$  ——月水平面总辐照量，单位为兆焦每平方米(MJ/m<sup>2</sup>)；

$EHR_m$  ——月地外水平面太阳辐照量，单位为兆焦每平方米(MJ/m<sup>2</sup>)，计算方法参见附录 B；

$a, b$  ——经验系数，可根据距离参证站最近的国家级辐射站的实测数据，采用统计方法计算得到，见附录 C；

$s$  ——参证站实测的月日照百分率，以百分比(%)表示。

6.3.4.3 采用参证气象站长序列计算数据时，应满足 GB/T 34325—2017 中 4.2 的要求，并说明其计算误差，误差计算方法可参见 GB/T 34325—2017 中的 4.3。

### 6.3.5 格点化长序列计算数据

6.3.5.1 基于卫星遥感反演、数值模拟或其他方法，计算得到一定区域内的格点化长序列太阳辐射数据。

6.3.5.2 采用格点化长序列太阳辐射计算数据时，应满足 GB/T 34325—2017 中 4.2 的要求，并说明其空间分辨率和计算误差，误差计算方法可参见 GB/T 34325—2017 中的 4.3。

## 7 代表年数据订正

### 7.1 代表年时间序列确定

7.1.1 分析长序列数据的年际变化曲线，结合当地的气候变化特点，挑选最近 10 年以上、年际变化较小的时间区间作为代表年时间序列确定的时间区间。

7.1.2 采用气候平均法或典型气象年法确定代表年时间序列，见附录 D。

### 7.2 短期实测数据代表年订正

当评估目标附近具备现场短期实测数据时，可采用如下两种方法订正为代表年数据：

——比值法：计算现场短期实测数据与长序列数据中的同期数据之间每个时刻(时段)的比值，用该比值对代表年时间序列中每个时刻(时段)的值进行订正；

——相关法：建立现场短期实测数据与长序列数据中的同期数据之间的相关关系，用相关关系对代表年时间序列进行订正。

## 8 评估内容要求

### 8.1 区域太阳能资源分布特征

分析评估目标所在区域的太阳能资源总体分布特征及主要成因，说明评估目标的太阳能资源在该区域中的丰富程度。

### 8.2 日照时数和日照百分率变化特征

分析评估目标的日照时数和日照百分率年际变化、年变化特征，说明其总体变化趋势。

### 8.3 太阳能资源总量及丰富程度等级

采用代表年数据，计算评估目标的年水平面总辐照量，按照表 1 评价太阳能资源的丰富程度。

表 1 年水平面总辐照量(*GHR*)等级

等级名称	分级阈值 MJ/m <sup>2</sup>	分级阈值 kW·h/m <sup>2</sup>	等级符号
最丰富	$GHR \geq 6300$	$GHR \geq 1750$	A
很丰富	$5040 \leq GHR < 6300$	$1400 \leq GHR < 1750$	B
丰富	$3780 \leq GHR < 5040$	$1050 \leq GHR < 1400$	C
一般	$GHR < 3780$	$GHR < 1050$	D

#### 8.4 太阳能资源时间变化特征及稳定度等级

##### 8.4.1 太阳能资源年际变化特征

采用长序列年值数据,分析太阳能资源各要素年际变化特征,说明其总体变化趋势及可能原因,分析对当地太阳能资源开发利用可能的影响等。

##### 8.4.2 太阳能资源年变化特征及稳定度等级

采用代表年各月数据,将月辐照量除以当月日数转换为月平均日辐照量,分析太阳能资源各要素年变化特征,计算水平面总辐射稳定度,按照表 2 评价稳定度等级。

表 2 水平面总辐射稳定度(*GHR**S*)等级

等级名称	分级阈值	等级符号
很稳定	$GHR S \geq 0.47$	A
稳定	$0.36 \leq GHR S < 0.47$	B
一般	$0.28 \leq GHR S < 0.36$	C
欠稳定	$GHR S < 0.28$	D

注:*GHR**S*表示水平面总辐射稳定度,计算*GHR**S*时,首先计算代表年各月平均日水平面总辐照量,然后求最小值与最大值之比。

##### 8.4.3 太阳能资源日变化特征

采用短期实测数据中的分钟值或小时值,分析太阳能资源各要素日变化特征,说明各种典型天气条件下的辐照度变化范围;统计水平面总辐射各辐照度区间出现的时次及其能量占比,说明辐照度分布特征。

#### 8.5 太阳能资源直射比等级

采用代表年数据,计算年水平面直接辐照量、年水平面散射辐照量和直射比,按照表 3 评价直射比等级。



表 3 太阳能资源直射比 ( $DHRR$ ) 等级

等级名称	分级阈值	等级符号	等级说明
很高	$DHRR \geq 0.6$	A	直接辐射主导
高	$0.5 \leq DHRR < 0.6$	B	直接辐射较多
中	$0.35 \leq DHRR < 0.5$	C	散射辐射较多
低	$DHRR < 0.35$	D	散射辐射主导

注： $DHRR$  表示直射比，计算  $DHRR$  时，首先计算代表年水平面直接辐照量和总辐照量，然后求二者之比。

### 8.6 太阳能资源评价结论

太阳能资源评价结论包括但不限于：

- a) 评估目标的年水平面总辐照量及丰富等级；
- b) 评估目标的太阳能资源主要时间变化特征及水平面总辐射稳定度等级；
- c) 评估目标的太阳能资源成分及直射比等级。

附录 A  
(规范性附录)  
太阳能资源数据合理性检查方法

A.1 气候学界限值检查

太阳能资源各要素的气候学界限参考值见表 A.1。

表 A.1 太阳能资源各要素的气候学界限参考值

序号	要素名称	指标	气候学界限
A.1.1	水平面 总辐射	小时平均辐照度 $\overline{GHI}_h$	平原地区: $0 \leq \overline{GHI}_h < 1400 \text{ W/m}^2$ ; 高山或地表反射较强地区: $0 \leq \overline{GHI}_h < 1600 \text{ W/m}^2$ ; 白天: $\overline{GHI}_h$ 不能为 0。
		日辐照量 $GHR_d$	$0 < GHR_d \leq (1+20\%) \times GHR_{d,max}$ 式中: $GHR_{d,max}$ ——水平面总辐射日最大可能辐照量,各纬度带取值见表 A.2,具体项目地可根据纬度线性内插求得。
A.1.2	法向直接辐射	小时平均辐照度 $\overline{DNI}_h$	$0 \leq \overline{DNI}_h < 1374 \text{ W/m}^2$ 。 白天: $\overline{DNI}_h$ 可为 0。
		日辐照量 $DNR_d$	$0 \leq DNR_d \leq DNR_{d,max}$ 式中: $DNR_{d,max}$ ——法向直接辐射日最大可能辐照量,各纬度带取值见表 A.3,具体项目地可根据纬度线性内插求得。
A.1.3	水平面 散射辐射	小时平均辐照度 $\overline{DIF}_h$	平原地区: $0 \leq \overline{DIF}_h < 1200 \text{ W/m}^2$ ; 高山或地表反射较强地区: $0 \leq \overline{DIF}_h < 1400 \text{ W/m}^2$ ; 白天: $\overline{DIF}_h$ 不为 0。
		日辐照量 $DIFR_d$	$0 < DIFR_d \leq GHR_{d,max}$
A.1.4	日照时数	小时累计值 $H_h$	$0 \leq H_h \leq 1 \text{ h}$ 白天: $H_h$ 可为 0。
		日累计值 $H_d$	$0 \leq H_d \leq H_{0d}$ 式中: $H_{0d}$ ——日可照时数。
注:白天指日出之后、日落之前的时段,各纬度带每日的日出、日落时间见参考文献[4]。			

表 A.2 晴天条件下各纬度带最大可能的水平面总辐射日总量

单位为兆焦每平方米(MJ/m<sup>2</sup>)

北纬 °N	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
90	0.0	0.0	0.2	14.0	30.7	36.6	33.3	18.1	3.3	0.0	0.0	0.0
85	0.0	0.0	1.0	14.3	30.6	36.1	32.9	18.4	4.3	0.0	0.0	0.0
80	0.0	0.0	2.9	15.1	30.1	35.4	32.2	18.7	6.0	0.6	0.0	0.0
75	0.0	0.8	5.6	16.4	29.5	34.4	31.0	19.4	8.2	1.9	0.0	0.0
70	0.0	2.2	8.5	18.4	28.8	33.0	29.9	20.5	10.6	3.8	0.7	0.0
65	1.0	3.9	11.3	20.4	28.7	32.1	29.5	26.2	13.3	6.1	1.9	0.3
60	2.5	6.1	13.9	22.5	29.2	32.2	30.0	23.5	15.8	8.5	3.6	1.6
55	4.4	8.7	16.4	24.3	30.2	32.8	30.8	25.2	18.1	11.0	5.7	3.0
50	6.8	11.5	18.7	26.0	31.1	33.3	31.7	26.8	20.2	13.6	8.1	5.6
45	9.4	14.5	21.6	27.4	31.9	33.6	32.1	28.3	22.2	14.4	10.9	8.2
40	12.4	17.2	23.0	28.5	32.4	33.7	33.0	29.0	23.9	18.5	13.6	11.1
35	15.0	19.6	24.8	29.4	32.6	32.6	33.1	30.1	25.4	20.6	16.0	13.7
30	17.5	21.7	26.2	30.0	32.6	33.3	32.9	30.6	26.8	22.6	18.4	16.1
25	19.8	23.6	27.3	30.3	32.2	32.8	32.5	30.7	27.9	24.4	20.6	18.4
20	21.8	25.2	28.3	30.3	31.6	32.0	31.7	30.6	28.7	26.0	22.6	20.7
15	23.7	26.6	29.1	30.1	30.8	30.9	30.8	30.3	29.4	27.2	24.4	22.6
10	25.4	27.8	29.7	29.8	29.7	29.5	29.6	29.8	29.8	28.2	26.0	24.6
5	27.7	28.7	30.1	29.4	28.5	28.0	28.3	29.0	29.9	29.1	27.5	26.4
0	28.4	29.4	30.2	28.7	27.1	26.4	26.8	28.2	29.7	29.7	28.7	28.0

注:引自 Revised Instruction Manual on Radiation Instruments and Measurements (WMO,1986)。

表 A.3 干洁大气下最大可能的直接辐射日总量

单位为兆焦每平方米(MJ/m<sup>2</sup>)

北纬 °N	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
80	0.0	0.0	25.7	62.6	78.3	81.3	80.2	74.1	39.5	6.8	0.0	0.0
70	0.0	15.8	32.7	49.3	67.0	78.0	76.0	56.7	39.9	23.8	4.9	0.0
60	16.3	25.9	36.1	46.9	56.1	61.6	59.4	51.2	40.8	30.3	19.8	13.4
50	24.6	31.0	38.2	45.8	52.0	55.3	54.0	48.8	41.6	34.1	26.9	22.8
40	30.0	34.5	39.7	45.1	49.4	51.6	50.8	47.2	42.1	36.7	31.5	28.7
30	33.9	37.1	40.7	44.5	47.4	48.9	47.3	45.9	42.4	38.7	35.0	33.0
20	37.0	39.1	41.5	43.9	45.6	46.5	46.1	44.7	42.6	40.2	37.7	36.4
10	39.6	40.8	42.0	43.1	43.9	44.2	44.0	43.5	42.6	41.3	40.0	39.3
0	41.9	42.2	42.3	42.2	42.0	41.8	41.9	42.1	42.3	42.3	42.0	41.8

注:引自 Revised Instruction Manual on Radiation Instruments and Measurements (WMO,1986)。

A.2 内部一致性检查

A.2.1 DNI 与 DHI 的关系

A.2.1.1 DNI 与 DHI 的转换关系见式(A.1)。

$$DHI = DNI \cdot \sin H_A = DNI \cdot \cos \theta_z \quad \dots\dots\dots(A.1)$$

式中:

$H_A$  —— 太阳高度角,单位为度( $^{\circ}$ );

$\theta_z$  —— 太阳天顶角,单位为度( $^{\circ}$ ),  $H_A$  与  $\theta_z$  的转换关系见式(A.2)。

$$\theta_z = 90^{\circ} - H_A \quad \dots\dots\dots(A.2)$$

A.2.1.2 DNI 与 DHI 的大小关系见式(A.3)。

$$\begin{cases} DHI < DNI & \varphi > 23.5 \\ DHI \leq DNI & \varphi \leq 23.5 \end{cases} \quad \dots\dots\dots(A.3)$$

式中:

$\varphi$  —— 北半球纬度,单位为 $^{\circ}$ N,  $23.5^{\circ}$ N 指北回归线。

A.2.2 GHI 与 DHI、DIF 的关系

A.2.2.1 理论上:  $GHI = DHI + DIF$ ; 实际测量:  $|GHI - (DHI + DIF)| \leq GHI \times 10\%$ 。

A.2.2.2  $DHI < GHI$ 。

A.2.2.3  $DIF \leq GHI$ 。

A.3 变化范围检查

A.3.1 GHI、DNI、DHI 的变化范围

1 小时辐照度变化范围是  $[0, 800 \text{ W/m}^2)$ 。

A.3.2 H 的变化范围

1 小时日照时数变化范围是  $[0, 1 \text{ h}]$ 。

**附录 B**  
(资料性附录)  
地外太阳辐射计算方法

**B.1 地外法向太阳辐射**

**B.1.1 地外法向太阳辐照度**

当地球与太阳的距离为日地平均距离时,地外法向太阳辐照度即太阳常数;其他时间,地外法向太阳辐照度则要将太阳常数经日地距离订正后计算得到,计算公式见式(B.1)。

$$EDNI = E_0 \times \left( 1 + 0.033 \cos \frac{360n}{365} \right) \dots\dots\dots(B.1)$$

式中:

*EDNI* ——地外法向太阳辐照度,单位为瓦每平方米(W/m<sup>2</sup>);

*E<sub>0</sub>* ——太阳常数,单位为瓦每平方米(W/m<sup>2</sup>),按照 QX/T 368—2016 取 1366.1 W/m<sup>2</sup>;

*n* ——积日,日期在一年的序数。

**B.1.2 地外法向太阳辐照量**

一段时间的地外法向太阳辐照量 *EDNR* 是将 *EDNI* 乘以时间即可得到。若时间的单位为秒(s),则 *EDNR* 的单位为焦每平方米(J/m<sup>2</sup>),可除以 10<sup>6</sup> 转换为兆焦每平方米(MJ/m<sup>2</sup>);若时间的单位为小时(h),则 *EDNR* 的单位为瓦时每平方米(W·h/m<sup>2</sup>),可除以 10<sup>3</sup> 转换为千瓦时每平方米(kW·h/m<sup>2</sup>)。

**B.2 地外水平面太阳辐射**

**B.2.1 瞬时地外水平面太阳辐照度**

计算公式见式(B.2)。

$$EHI = EDNI \times (\cos\varphi\cos\delta\cos\omega + \sin\varphi\sin\delta) \dots\dots\dots(B.2)$$

式中:

*φ* ——纬度,单位为度(°), -90 ≤ *φ* ≤ 90;

*δ* ——太阳赤纬,单位为度(°), -23.45 ≤ *δ* ≤ 23.45,计算公式见式(B.3);

*ω* ——时角,上午为正、下午为负,单位为度(°),计算公式见式(B.4)。

$$\delta = 23.45 \sin \left( 360 \times \frac{284 + n}{365} \right) \dots\dots\dots(B.3)$$

$$\omega = (T_T - 12) \times 15 \dots\dots\dots(B.4)$$

式中:

*T<sub>T</sub>* ——真太阳时,单位为小时(h),计算公式见式(B.5)。

$$T_T = C_T + L_C + E_Q \dots\dots\dots(B.5)$$

式中:

*C<sub>T</sub>* ——地方标准时,单位为小时(h),在中国区域即北京时;

*E<sub>Q</sub>* ——时差值,在中国区域,可通过查表 B.1 求得,并将表中的分钟数值转换为小时;

*L<sub>C</sub>* ——经度订正值,单位为小时(h),在中国区域,计算公式见式(B.6)。

$$L_C = 4(L_g - 120)/60 \dots\dots\dots(B.6)$$

式中：

$L_g$  ——经度,单位为度(°)。

表 B.1 时差  $E_Q$  表(经度为 120°E,1992 年,12 时 0 分)

单位为 min

日期		1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
平年	闰年												
1		-2	-13	-13	-5	3	3	-3	-7	-1	10	16	11
2	1	-3	-13	-13	-4	3	2	-4	-7	-0	10	16	11
3	2	-3	-13	-13	-4	3	2	-4	-7	-0	11	16	10
4	3	-4	-13	-12	-4	3	2	-4	-6	0	11	16	10
5	4	-4	-14	-12	-3	3	2	-4	-6	1	11	16	10
6	5	-5	-14	-12	-3	3	2	-4	-6	1	12	16	9
7	6	-5	-14	-12	-3	4	2	-4	-6	1	12	16	9
8	7	-5	-14	-12	-3	4	1	-5	-6	2	12	16	8
9	8	-6	-14	-11	-2	4	1	-5	-6	2	13	16	8
10	9	-6	-14	-11	-2	4	1	-5	-6	2	13	16	8
11	10	-7	-14	-11	-2	4	1	-5	-6	3	13	16	7
12	11	-7	-14	-11	-1	4	1	-5	-6	3	13	16	7
13	12	-7	-14	-10	-1	4	1	-5	-6	3	14	16	6
14	13	-8	-14	-10	-1	4	0	-6	-5	4	14	16	6
15	14	-8	-14	-10	-1	4	0	-6	-5	4	14	15	5
16	15	-9	-14	-10	-0	4	-0	-6	-5	5	14	15	5
17	16	-9	-14	-9	-0	4	-0	-6	-5	5	15	15	5
18	17	-9	-14	-9	0	4	-1	-6	-5	5	15	15	4
19	18	-10	-14	-9	0	4	-1	-6	-4	6	15	15	4
20	19	-10	-14	-8	1	4	-1	-6	-4	6	15	14	3
21	20	-10	-14	-8	1	4	-1	-6	-4	6	15	14	3
22	21	-11	-14	-8	1	4	-1	-6	-4	7	15	14	2
23	22	-11	-14	-8	1	4	-2	-6	-3	7	16	14	2
24	23	-11	-14	-7	2	4	-2	-7	-3	8	16	13	1
25	24	-11	-14	-7	2	3	-2	-7	-3	8	16	13	1
26	25	-12	-13	-7	2	3	-2	-7	-3	8	16	13	0
27	26	-12	-13	-6	2	3	-2	-7	-2	9	16	12	-0
28	27	-12	-13	-6	2	3	-3	-7	-2	9	16	12	-1
29	28	-12	-13	-6	3	3	-3	-7	-2	10	16	12	-1
30	29	-13		-5	3	3	-3	-7	-1	10	16	11	-1
31	30	-13		-5	3	3	-3	-7	-1	10	16	11	-2
	31			-5		3		-7	-1		16		-2

注 1:用月份、日期查表,闰年 1 月、2 月与平年同,从 3 月 1 日开始查闰年一行。  
注 2:一般情况,即不符合 1992 年、12 时、120°E 的条件,查此表时,最大误差不大于 1 min。

**B.2.2 小时地外水平面太阳辐照量**

计算公式见式(B.7)。

$$EHR_h = \frac{12 \times 3600}{\pi} \times EDNI \times \left[ \cos\varphi \cos\delta (\sin\omega_2 - \sin\omega_1) + \frac{\pi(\omega_2 - \omega_1)}{180} \sin\varphi \sin\delta \right] \times 10^{-6} \dots\dots\dots(B.7)$$

式中：

$EHR_h$  ——小时地外水平面太阳辐照量,单位为兆焦每平方米(MJ/m<sup>2</sup>)；

$\omega_1$ 、 $\omega_2$  ——所计算时间段的起、止时角,  $\omega_2 > \omega_1$ ,单位为度(°)。

**B.2.3 日地外水平面太阳辐照量**

计算公式见式(B.8)。

$$EHR_d = \frac{24 \times 3600}{\pi} \times EDNI \times \left[ \cos\varphi \cos\delta \sin\omega_s + \frac{\pi\omega_s}{180} \sin\varphi \sin\delta \right] \times 10^{-6} \dots\dots\dots(B.8)$$

式中：

$EHR_d$  ——日地外水平面太阳辐照量,单位为兆焦每平方米(MJ/m<sup>2</sup>)；

$\omega_s$  ——日落时刻的时角,单位为度(°),计算公式见式(B.9)。

$$\cos\omega_s = -\frac{\sin\varphi \sin\delta}{\cos\varphi \cos\delta} = -\tan\varphi \tan\delta \dots\dots\dots(B.9)$$

**B.2.4 月地外水平面太阳辐照量**

可将当月逐日辐照量累计求和得到,也可近似采用当月代表日的日辐照量乘以当月日数表示,15°N与55°N之间区域的各月代表日如表 B.2 所示。

**表 B.2 15°N 与 55°N 之间区域的各月代表日**

北纬 °N	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
55	18	15	16	15	15	10	17	16	15	16	14	11
50	17	15	16	15	15	10	17	16	16	16	15	11
45	18	15	16	15	15	10	17	17	16	16	15	11
40	17	15	16	15	15	10	17	17	16	16	15	11
35	17	15	16	15	15	10	17	17	16	16	15	11
30	17	15	16	15	15	9	17	17	16	16	15	11
25	17	15	16	15	14	8	18	17	16	16	15	11
20	17	15	16	15	12	19	18	17	16	16	15	11
15	17	15	15	14	22	13	19	18	16	16	15	11

**附 录 C**  
**(规范性附录)**  
**a、b 系数计算方法**

月水平面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水平面总辐射和月日照百分率, 计算系数  $a$  和  $b$ , 分别见式(C. 1)和式(C. 2)。

$$a = \bar{y} - b \times \bar{s}'_1 \quad \dots\dots\dots(C. 1)$$

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

式中:

- $s'_{1i}$  ——参考点逐年月日照百分率, 以百分号(%)表示;
- $\bar{s}'_1$  ——参考点月日照百分率的平均值, 以百分号(%)表示;
- $y_i$  ——参考点逐年水平面总辐射月辐照量与地外太阳辐射月辐照量的比值, 无量纲数;
- $\bar{y}$  ——参考站点历年水平面总辐射月辐照量与地外太阳辐射月辐照量比值的平均值, 无量纲数;
- $n$  ——观测资料的样本数, 无量纲数。



**附 录 D**  
(规范性附录)  
代表年时间序列确定方法

**D.1 气候平均法**

**D.1.1 概述**

气候平均法是对 1 年中每个时刻(时段)的太阳能资源各要素求平均,将平均值作为 1 年完整时间序列数据,或将最接近平均值的真实值挑选出来组成 1 年完整时间序列数据。气候平均法适用于仅具备太阳能资源各要素长序列数据的情况。

**D.1.2 计算方法**

对 1 年中每个时刻(月)的太阳能资源各要素序列求平均值  $\mu$ ,将每个时刻(月)的平均值  $\mu$  进行组合,作为 1 年完整时间序列数据。 $\mu$  的计算公式见式(D.1)。

$$\mu = \frac{\sum_{i=1}^N X_i}{N} \dots\dots\dots (D.1)$$

式中:

$X_i$  —— 第  $i$  个要素值;

$N$  —— 要素序列的有效样本数。

**D.2 典型气象年法**

**D.2.1 概述**

典型气象年法,即 TMY(Typical Meteorological Year)方法,综合考虑影响待评估区域大气环境状况的太阳辐射、气温、相对湿度、风速、气压以及露点温度等气象要素,计算各气象要素的长期累积分布函数和逐年逐时刻(时段)累积分布函数,赋予各气象要素合理的权重系数,挑选与所选时刻(时段)的长期累积分布函数最接近的典型时刻(时段),组成 1 年完整时间序列数据。典型气象年法适用于既具备太阳能资源各要素长序列数据,也具备气温、相对湿度、风速、气压以及露点温度等气象要素长序列数据的情况。

**D.2.2 计算方法**

**D.2.2.1** 分别计算太阳辐射、气温、相对湿度、风速、气压以及露点温度等各气象要素的长期累积分布函数和逐年逐时刻(月)累积分布函数值,计算公式见式(D.2)。

$$S_n(x) = \frac{k - 0.5}{N} \dots\dots\dots (D.2)$$

式中:

$S_n(x)$  ——  $x$  处的长期累积分布值;

$k$  —— 要素  $x$  在增序时间序列中的排序;

$N$  —— 样本总数。

D.2.2.2 分别计算太阳辐射、气温、相对湿度、风速、气压以及露点温度等各气象要素的 Finkelstein-Schafer 统计值,简称  $C_{fs}$ ,计算公式见式(D.3)。

$$C_{fs} = \frac{\sum_{i=1}^{n_d} \delta_i}{n_d} \dots\dots\dots(D.3)$$

式中:

$\delta_i$  ——各要素长期累积分布值与逐年各月累积分布值的绝对差值;

$n_d$  ——各分析月内的天数。

D.2.2.3 在获得各气象要素每个月份的  $C_{fs}$ 后,按一定权重系数  $W_{Fi}$ (见表 D.1)把各  $C_{fs}$  汇总成一个参数  $W_s$ ,计算公式见式(D.4)。

$$W_s = \sum_{i=1}^{KK} W_{Fi} \times C_{fsi} \dots\dots\dots(D.4)$$

式中:

$KK$  ——气象要素的个数。

选取  $W_s$  最小值对应的太阳能资源要素值作为该时刻(月)的代表值,组成 1 年完整时间序列数据。

表 D.1 生成典型气象月各构成气象要素的权重系数  $W_{Fi}$  参考值

气象要素	具体指标	权重系数(方案 1)	权重系数(方案 1)
气温	日平均气温	2/24	2/24
	日最低气温	1/24	1/24
	日最高气温	1/24	1/24
露点温度	日平均露点温度	2/24	4/24
	日最高露点温度	1/24	/
	日最低露点温度	1/24	/
风速	日平均风速	2/24	2/24
	日最大风速	2/24	2/24
太阳辐射	水平面总辐射	12/24	12/24

参 考 文 献

- [1] GB/T 18710—2002 风电场风能资源评估方法
  - [2] GB/T 31155—2014 太阳能资源等级 总辐射
  - [3] GB/T 31163—2014 太阳能资源术语
  - [4] 中国气象局. 地面气象观测规范[M]. 北京: 气象出版社, 2003
  - [5] 常蕊, 申彦波, 郭鹏. 太阳能资源典型年挑选方法的适用性对比研究[J]. 高原气象, 2017, 36(6): 1713-1721
  - [6] John A Duffie, William A Beckman. Solar Engineering of New Jersey Thermal Processes (4th Edition)[M]. Hoboken: John Wiley & Sons, Inc. , 2013
  - [7] Frölich C, London J. Revised instruction manual on radiation instruments and measurements[J]. WCRP Publication Series, 1986, 7: 139
-

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—2018

\*

气象出版社出版发行  
北京市海淀区中关村南大街46号  
邮政编码:100081

网址:<http://www.qxcbs.com>

发行部:010-68408042

北京中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:1.75 字数:52.5千字

2018年7月第一版 2018年7月第一次印刷

\*

书号:135029-5979 定价:26.00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