

中华人民共和国国家标准

GB/T 33865—2017

光合有效辐射表校准方法

Calibration method for photosynthetic active radiometer

2017-07-12 发布

2018-02-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
中国国家标准化管理委员会 发布

目 次

前言	I
1 范围	1
2 术语和定义	1
3 校准条件	1
4 校准方法	2
5 校准结果的不确定度评定	3
6 校准结果	3
7 复校时间间隔	3
附录 A (规范性附录) 光谱辐射计技术指标	4
附录 B (规范性附录) 光谱辐射计方法	5
附录 C (资料性附录) 光合有效辐射表校准结果的不确定度评定方法	7
参考文献	10

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准由中国气象局提出。

本标准由全国气象仪器与观测方法标准化技术委员会(SAC/TC 507)归口。

本标准起草单位:国家气象计量站、云南省大气探测保障中心、江苏省无线电科学研究所有限公司。

本标准主要起草人:杨云、权继梅、丁蕾、崇伟、林冰、王云昆、胡梅、王欣、朱涯、徐毅刚。

光合有效辐射表校准方法

1 范围

本标准规定了光合有效辐射表的校准条件、校准方法、校准结果的不确定度评定。
本标准适用于半球向光合有效辐射表灵敏度的校准。

2 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

2.1

光合有效辐射表 **photosynthetic active radiometer**

半球向光合有效辐射表 **hemispherical photosynthetic active radiometer**

测量给定平面从上方 2π 立体角内所接收到的 400 nm~700 nm 太阳总辐射的辐射表。

3 校准条件

3.1 环境条件

3.1.1 四周空旷,仪器感应面以上没有任何障碍物。

3.1.2 天空晴朗,太阳高度角不小于 30° ,宜在地方时 10 时~14 时之间进行。

3.1.3 空气温度在 $10\text{ }^\circ\text{C}$ ~ $30\text{ }^\circ\text{C}$ 范围内,相对湿度不大于 80%,风速不大于 5 m/s。

3.2 标准器及配套设备

3.2.1 标准光合有效辐射表

应符合下列要求:

- a) 不确定度应不大于 6%;
- b) 余弦响应误差(天顶角 0° ~ 80° 时)应不大于 10%;
- c) 方位响应误差(天顶角 0° ~ 70° 时)应不大于 5%;
- d) 温度误差应不大于 $0.3\%/^\circ\text{C}$;
- e) 稳定性应不大于 3%。

3.2.2 数字仪表

0.05 级、分辨力 $1\ \mu\text{V}$ 。

3.2.3 环境测量仪器

技术指标见表 1。

表 1 环境测量仪器技术指标

气象要素	气温 ℃	相对湿度 %	风速 m/s
测量范围	0~50	0~100	0~10
分辨力	0.1	1	0.1
最大允许误差	±0.5	±5	±0.5

4 校准方法

4.1 总则

光合有效辐射表的校准方法有 2 种,即工作级标准光合有效辐射表方法和光谱辐射计方法,分别用于校准业务用光合有效辐射表和工作级标准光合有效辐射表。

工作级标准光合有效辐射表技术指标见 3.2.1,工作级标准光合有效辐射表方法见 4.3;光谱辐射计技术指标见附录 A,光谱辐射计方法见附录 B。

4.2 校准前检查

应检查仪器的外观,不应有影响仪器校准操作的缺陷。经外观检查合格的光合有效辐射表方可进行灵敏度的校准。

4.3 工作级标准光合有效辐射表方法

4.3.1 校准步骤

4.3.1.1 在满足 3.1 的环境条件下,将标准仪器和被校仪器同时放在室外平台上,接线柱朝北,仪器感应面置于同一水平面,与数字仪表连接。检查仪器输出值的正负极性、信号大小和稳定性,并预热半小时。

4.3.1.2 标准仪器与被校仪器同步连续采集数据,采样时间间隔为 1 min,测量持续时间 3 h~4 h。同时记录下测量期间的温度、湿度和风速。

4.3.2 数据处理

4.3.2.1 按式(1)计算被校仪器灵敏度:

$$K_{(i,j)} = \frac{V_{(i,j)}}{E_{(i,j)}} \dots\dots\dots(1)$$

式中:

- $K_{(i,j)}$ ——被校仪器灵敏度,单位为微伏平方米每瓦[$\mu\text{V}/(\text{W} \cdot \text{m}^{-2})$];
- $V_{(i,j)}$ ——被校仪器的第 j 组第 i 个电压输出值,单位为微伏(μV);
- $E_{(i,j)}$ ——标准仪器的第 j 组第 i 个辐照度值,单位为瓦每平方米($\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$)。

4.3.2.2 以 20 个测量数据为一组,按式(2)计算第 j 组灵敏度的平均值:

$$\bar{K}_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n K_{(i,j)} \dots\dots\dots(2)$$

式中:

- \bar{K}_j ——第 j 组灵敏度的平均值;

n —— 每组测量次数。

4.3.2.3 按式(3)计算每组中单个灵敏度值 $K_{(i,j)}$ 的标准偏差,当任一单个灵敏度值 $K_{(i,j)}$ 与该组灵敏度平均值 \bar{K}_j 的差的绝对值大于 3 倍标准偏差时,应将该 $K_{(i,j)}$ 删除,并重新计算 \bar{K}_j 和 s :

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (K_{(i,j)} - \bar{K}_j)^2} \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中:

s —— 每组中单个灵敏度值 $K_{(i,j)}$ 的标准偏差,单位为微伏平方米每瓦 [$\mu\text{V}/(\text{W} \cdot \text{m}^{-2})$]。

4.3.2.4 按式(4)计算 m 组灵敏度的平均值(保留到小数点后两位):

$$\bar{K} = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m \bar{K}_{(j)} \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中:

\bar{K} —— m 组灵敏度的平均值;

m —— 测量组数。

5 校准结果的不确定度评定

光合有效辐射表校准结果的不确定度评定参见附录 C。

6 校准结果

光合有效辐射表校准后出具校准证书,校准证书应至少包括以下内容:

- a) 实验室名称和地址;
- b) 校准地点(如果与实验室的地址不同);
- c) 校准日期;
- d) 校准所依据的技术规范的标识,包括名称及代号;
- e) 校准所用测量标准的溯源性及有效性说明;
- f) 校准环境条件;
- g) 校准结果及其测量不确定度的说明;
- h) 校准证书签发人签名。

7 复校时间间隔

7.1 复校时间间隔宜为 2 年。

7.2 更换重要部件、维修或对仪器性能有怀疑时,应及时校准。

附录 A
(规范性附录)
光谱辐射计技术指标

应符合下列要求：

- a) 不确定度应不大于 5%。
- b) 波长范围应覆盖 400 nm~700 nm。
- c) 波长分辨力应不大于 0.5 nm。
- d) 配有余弦校正器的光学传感器的余弦误差(天顶角 0° ~ 60° 时)应不大于 4%。



附 录 B
(规范性附录)
光谱辐射计方法

B.1 校准步骤

B.1.1 在满足 3.1 的环境条件下,将配有余弦校正器的光学传感器和被校工作级标准光合有效辐射表同时放在室外平台上,接线柱朝北。校正器与被校仪器感应面置于同一水平面。光学传感器通过光纤与光谱辐射计连接,被校仪器与数字仪表连接。通电后检查仪器输出值的正负极性、信号大小和稳定性,并预热半小时。

B.1.2 光谱辐射计自校准(与标准灯比较)后与被校仪器同步连续采集数据,采样时间间隔 3 min,测量持续时间 3 h~4 h。同时记录测量期间的温度、湿度和风速。

B.2 数据处理

B.2.1 按式(B.1)计算第 j 组第 i 次测量时间段内的标准辐照度积分值:

$$E_{(i,j)} = \int_{400\text{ nm}}^{700\text{ nm}} E_{s,\lambda} d\lambda \quad \dots\dots\dots (B.1)$$

式中:

$E_{(i,j)}$ ——光谱辐射计在 400 nm~700 nm 波长范围内的标准辐照度积分值,单位为瓦每平方米 (W/m^2);

$E_{s,\lambda}$ ——光谱辐射计在波长 λ 处测量的光谱辐照度,单位为瓦每平方米纳米 [$\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{nm})$]。

B.2.2 按式(B.2)计算被校仪器的灵敏度:

$$K_{(i,j)} = \frac{\bar{V}_{(i,j)}}{E_{(i,j)}} \quad \dots\dots\dots (B.2)$$

式中:

$\bar{V}_{(i,j)}$ ——光谱辐射计每一段采样积分时间内,对应的被校仪器输出电压(当输出为电流值时应根据说明书要求在输出端串联电阻改为测电压)的平均值,单位为微伏(μV);

$K_{(i,j)}$ ——被校仪器的灵敏度,单位为微伏平方米每瓦 [$\mu\text{V}/(\text{W} \cdot \text{m}^2)$]。

B.2.3 以 20 个测量数据为一组,按式(B.3)计算第 j 组灵敏度的平均值:

$$\bar{K}_{(j)} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n K_{(i,j)} \quad \dots\dots\dots (B.3)$$

式中:

$\bar{K}_{(j)}$ ——第 j 组灵敏度的平均值;

n ——每组测量次数。

B.2.4 按式(B.4)计算每组中单个灵敏度值 $K_{(i,j)}$ 的标准偏差,当任一单个灵敏度值 $K_{(i,j)}$ 与该组灵敏度平均值 \bar{K}_j 的差的绝对值大于 3 倍标准偏差时,应将该 $K_{(i,j)}$ 删除,并重新计算 \bar{K}_j 和 s :

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (K_{(i,j)} - \bar{K}_{(j)})^2} \quad \dots\dots\dots (B.4)$$

式中：

s ——每组中单个灵敏度值 $K_{(i,j)}$ 的标准偏差，单位为微伏平方米每瓦 [$\mu\text{V}/(\text{W} \cdot \text{m}^{-2})$]。

B.2.5 按式(B.5)计算 m 组灵敏度的平均值(保留到小数点后两位)：

$$\bar{K} = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m \bar{K}_{(j)} \quad \dots\dots\dots (\text{B.5})$$

式中：

\bar{K} —— m 组灵敏度的平均值；

m ——测量组数。

附录 C

(资料性附录)

光合有效辐射表校准结果的不确定度评定方法

C.1 概述

光合有效辐射表校准结果的不确定度评定参照 JJF 1059.1—2012 进行。

C.2 建立数学模型

根据校准方法,被校仪器灵敏度的数学模型按式(C.1)计算:

$$K = \frac{V}{E} + \Delta K_t + \Delta K_q + \Delta K_z \quad \dots\dots\dots (C.1)$$

式中:

K ——被校仪器灵敏度,单位为微伏平方米每瓦 $[\mu\text{V}/(\text{W} \cdot \text{m}^{-2})]$;

V ——被校仪器电压输出值,单位为微伏 (μV) ;

E ——标准光合有效辐照度值,单位为瓦每平方米 $(\text{W} \cdot \text{m}^{-2})$;

ΔK_t ——温度特性引入的仪器灵敏度的误差,单位为微伏平方米每瓦 $[\mu\text{V}/(\text{W} \cdot \text{m}^{-2})]$;

ΔK_q ——方向特性引入的仪器灵敏度的误差,单位为微伏平方米每瓦 $[\mu\text{V}/(\text{W} \cdot \text{m}^{-2})]$;

ΔK_z ——仪器装调引入的仪器灵敏度的误差,单位为微伏平方米每瓦 $[\mu\text{V}/(\text{W} \cdot \text{m}^{-2})]$ 。

C.3 评定标准不确定度

C.3.1 评定 A 类标准不确定度

对被测量进行独立重复观测,通过所得到的一系列测得值,用统计分析方法获得实验标准偏差,当用算术平均值 \bar{K} 作为被测量估计值时,被测量估计值的 A 类标准不确定度按式(C.2)计算:

$$u_A(\bar{K}) = \frac{s(K)}{\sqrt{n}} \quad \dots\dots\dots (C.2)$$

式中:

$u_A(\bar{K})$ ——A 类标准不确定度,单位为微伏平方米每瓦 $[\mu\text{V}/(\text{W} \cdot \text{m}^{-2})]$;

$s(K)$ ——每组测量系列的实验标准偏差,单位为微伏平方米每瓦 $[\mu\text{V}/(\text{W} \cdot \text{m}^{-2})]$;

n ——实际测量次数。

C.3.2 评定 B 类标准不确定度

C.3.2.1 按式(C.3)计算数字仪表引入的标准不确定度分量:

$$u_1(V) = \frac{a_V}{k} \quad \dots\dots\dots (C.3)$$

式中:

$u_1(V)$ ——数字仪表引入的标准不确定度分量,单位为微伏 (μV) ;

a_V ——数字仪表的不确定度,由校准证书给出;

k ——包含因子,由校准证书给出。

C.3.2.2 按式(C.4)计算标准器引入的标准不确定度分量:

$$u_2(E) = \frac{a_E}{k} \dots\dots\dots (C.4)$$

式中:

$u_2(E)$ ——标准器引入的标准不确定度分量,单位为瓦每平方米($W \cdot m^{-2}$);

a_E ——标准器的不确定度,由校准证书给出;

k ——包含因子,由校准证书给出。

C.3.2.3 按式(C.5)计算温度特性引入的标准不确定度分量:

$$u_3(\Delta K_t) = \frac{a_{\Delta K_t}}{k} \dots\dots\dots (C.5)$$

式中:

$u_3(\Delta K_t)$ ——温度特性引入的标准不确定度分量,单位为微伏平方米每瓦 $[\mu V/(W \cdot m^{-2})]$;

$a_{\Delta K_t}$ ——温度特性引入的仪器灵敏度的误差,由说明书给出;

k ——置信因子,变量的概率分布为均匀分布,等于 $\sqrt{3}$ 。

C.3.2.4 按式(C.6)计算方向特性引入的标准不确定度分量:

$$u_4(\Delta K_q) = \frac{a_{\Delta K_q}}{k} \dots\dots\dots (C.6)$$

式中:

$u_4(\Delta K_q)$ ——方向特性引入的标准不确定度分量,单位为微伏平方米每瓦 $[\mu V/(W \cdot m^{-2})]$;

$a_{\Delta K_q}$ ——方向特性引入的仪器灵敏度的误差,由实验数据给出;

k ——置信因子,变量的概率分布为均匀分布,等于 $\sqrt{3}$ 。

C.3.2.5 按式(C.7)计算仪器装调引入的标准不确定度分量:

$$u_5(\Delta K_z) = \frac{a_{\Delta K_z}}{k} \dots\dots\dots (C.7)$$

式中:

$u_5(\Delta K_z)$ ——仪器装调引入的标准不确定度分量,单位为微伏平方米每瓦 $[\mu V/(W \cdot m^{-2})]$;

$a_{\Delta K_z}$ ——仪器装调引起的仪器灵敏度的误差,由实验数据给出;

k ——置信因子,变量的概率分布为均匀分布,等于 $\sqrt{3}$ 。

C.4 计算合成标准不确定度

各输入量互不相关,计算合成标准不确定度,见式(C.8)~式(C.13):

$$u_c = \sqrt{u_A^2(\bar{K}) + c_1^2 \cdot u_1^2(V) + c_2^2 \cdot u_2^2(E) + c_3^2 \cdot u_3^2(\Delta K_t) + c_4^2 \cdot u_4^2(\Delta K_q) + c_5^2 \cdot u_5^2(\Delta K_z)} \dots\dots\dots (C.8)$$

$$c_1 = \frac{\partial K}{\partial V} = \frac{1}{E} \dots\dots\dots (C.9)$$

$$c_2 = \frac{\partial K}{\partial E} = -\frac{V}{E^2} \dots\dots\dots (C.10)$$

$$c_3 = \frac{\partial K}{\partial \Delta K_t} = 1 \dots\dots\dots (C.11)$$

$$c_4 = \frac{\partial K}{\partial \Delta K_q} = 1 \dots\dots\dots (C.12)$$

$$c_5 = \frac{\partial K}{\partial \Delta K_z} = 1 \dots\dots\dots (C.13)$$

式中：

u_c —— 光合有效辐射表校准结果的合成标准不确定度，单位为微伏平方米每瓦 [$\mu\text{V}/(\text{W} \cdot \text{m}^{-2})$];

c_1 —— 灵敏系数，为式(C.1)对输入量 V 的偏导数，单位为平方米每瓦 [$1/(\text{W} \cdot \text{m}^{-2})$];

c_2 —— 灵敏系数，为式(C.1)对输入量 E 的偏导数，单位为微伏四次方米每二次方瓦 [$\mu\text{V}/(\text{W} \cdot \text{m}^{-2})^2$];

c_3 —— 灵敏系数，为式(C.1)对输入量 ΔK_l 的偏导数；

c_4 —— 灵敏系数，为式(C.1)对输入量 ΔK_q 的偏导数；

c_5 —— 灵敏系数，为式(C.1)对输入量 ΔK_z 的偏导数。

C.5 计算相对合成标准不确定度

按式(C.14)计算相对合成标准不确定度：

$$u_{\text{crel}} = \frac{u_c}{\bar{K}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (\text{C.14})$$

式中：

u_{crel} —— 光合有效辐射表校准结果的相对合成标准不确定度；

\bar{K} —— 灵敏度平均值。

C.6 确定相对扩展不确定度

按式(C.15)计算相对扩展不确定度：

$$U_{\text{rel}} = k \cdot u_{\text{crel}} \quad \dots\dots\dots (\text{C.15})$$

式中：

U_{rel} —— 光合有效辐射表灵敏度校准结果的相对扩展不确定度；

k —— 包含因子，当 $k=2$ 时，扩展不确定度 U_{rel} 所确定的区间具有的包含概率约为 95%。

注：根据概率论获得的 k 称置信因子，当 k 为扩展不确定度的倍乘因子时称包含因子。

参 考 文 献

- [1] GB/T 31163 太阳能资源术语
 - [2] JJG 458—1996 总辐射表
 - [3] JJF 1059.1—2012 测量不确定度评定与表示
 - [4] JJF 1071—2010 国家计量校准规范编写规则
 - [5] World Meteorological Organization. Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation (Seventh edition), No.8, 2008
 - [6] World Climate Research Programme. Baseline Surface Radiation Network (BSRN), operations manual, version 2.1
-

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
光合有效辐射表校准方法
GB/T 33865—2017

*

中国标准出版社出版发行
北京市朝阳区和平里西街甲2号(100029)
北京市西城区三里河北街16号(100045)

网址 www.spc.net.cn

总编室:(010)68533533 发行中心:(010)51780238
读者服务部:(010)68523946

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷
各地新华书店经销

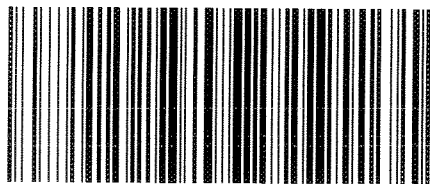
*

开本 880×1230 1/16 印张 1 字数 22 千字
2017年7月第一版 2017年7月第一次印刷

*

书号: 155066·1-56334 定价 18.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换
版权专有 侵权必究
举报电话:(010)68510107



GB/T 33865-2017