

# 中华人民共和国国家标准

GB/T 33868—2017

## 紫外辐射表校准方法

Calibration method for ultraviolet 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) 紫外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、江苏省无线电科学研究所有限公司。

本标准主要起草人:丁蕾、杨云、权继梅、崇伟、徐毅刚、顾平月。



# 紫外辐射表校准方法

## 1 范围

本标准规定了紫外辐射表的校准条件、校准方法、校准结果的不确定度评定。

本标准适用于太阳宽带紫外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

**紫外辐射表 ultraviolet radiometer**

**宽带紫外辐射表 broadband ultraviolet radiometer**

带宽大于数十纳米,测量地面太阳紫外辐射(UV)的仪器。

注:根据测量光谱范围的不同可分为3类:测量UV-A(315 nm~400 nm)、UV-B(280 nm~315 nm)或UV-AB(280 nm~400 nm)的宽带紫外辐射表。

## 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,大气透明度良好,太阳高度角不小于30°。

3.1.3 空气温度在10℃~30℃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 标准宽带紫外辐射表

应符合下列要求:

- a) 不确定度应不大于7%;
- b) 余弦响应误差(天顶角0°~70°时)应不大于2.5%;
- c) 带外响应(大于400 nm时)应不大于0.1%。

#### 3.2.2 数字仪表

0.05级、分辨力1 μV。

#### 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

紫外辐射表的校准方法有 2 种,即工作级标准紫外辐射表方法和光谱辐射计方法,分别用于校准业务用紫外辐射表和工作级标准紫外辐射表。

工作级标准紫外辐射表技术指标见 3.2.1,工作级标准紫外辐射表方法见 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。经外观检查合格的紫外辐射表方可进行灵敏度的校准。

### 4.3 工作级标准紫外辐射表方法

#### 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,仪器接收面置于同一水平面,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,数据采集的时间间隔为 1 min,测量持续时间为 3 h~4 h(宜在地方时 10 时~14 时之间进行)。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)计算被校仪器的灵敏度:

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

式中:

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

$V_{(i,j)}$  —— 被校仪器的第  $j$  组第  $i$  个输出值,单位为微伏 ( $\mu\text{V}$ );

$E_{(i,j)}$  —— 标准仪器的第  $j$  组第  $i$  个辐照度值,单位为瓦每平方米 ( $\text{W}/\text{m}^2$ )。

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

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

式中:

$\bar{K}_j$  —— 第  $j$  组灵敏度平均值,单位为微伏平方米每瓦 [ $\mu\text{V}/(\text{W} \cdot \text{m}^{-2})$ ];

$n$  ——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  $K_{(i,j)}$  删去, 并重新计算  $\bar{K}_j$  和  $s$ :

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  $m$  组测量系列的灵敏度平均值  $\bar{K}$  (保留到小数点后两位);

式中：

$m$ ——测量组数。

## 5 校准结果的不确定度评定

紫外辐射表校准结果的不确定度评定参见附录 C。

## 6 校准结果

紫外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) 本次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1年,最长不超过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) 波长测量范围应覆盖 280 nm~400 nm；
- c) 波长分辨率应不大于 0.3 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紫外辐射表同时放在室外平台上,接线柱朝北。校正器与被校仪器接收面置于同一水平面。光学传感器通过光纤与光谱辐射计连接,被校仪器与数据仪表连接。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。

**B.1.3** 测量时间间隔 6 min, 测量持续时间 3 h~4 h(应在地方时 10 时~14 时之间进行)。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:

$$E_{\langle i, j \rangle} = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} E_{s, \lambda} d\lambda \quad (\text{B.1})$$

式中：

$E_{(i,j)}$ ——第  $j$  组第  $i$  次测量时间段内, 光谱辐射计在相应波长扫描范围内的标准辐照度积分值, 单位为瓦每平方米( $\text{W}/\text{m}^2$ );

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

$\lambda_1$  ——光谱辐射计测量波段的起始波长,单位为纳米(nm);

$\lambda_2$  ——光谱辐射计测量波段的截止波长,单位为纳米(nm)。

### B.2.2 按式(B.2)计算被校仪器灵敏度:

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

式中：

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

$\bar{V}_{(i,j)}$ ——光谱辐射计每一段采样积分时间内,被校仪器输出电压的平均值,单位为微伏( $\mu$ V)。

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

式中：

$\bar{K}_j$  ——第  $j$  组灵敏度的平均值, 单位为微伏平方米每瓦 [ $\mu\text{V}/(\text{W} \cdot \text{m}^{-2})$ ];

$n$  ——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  $K_{(i,j)}$  删去, 应重新计算  $\bar{K}_j$  和  $s_j$ :

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);

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)

C.1 概述

紫外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:

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

式中：

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

V ——被校仪器电压输出值,单位微伏( $\mu$ V);

$E$  ——标准紫外辐照度值,单位为瓦每平方米( $\text{W}/\text{m}^2$ )。

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

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

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

### 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：

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

式中：

$u_A(\bar{K})$ ——被测量估计值的 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：

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( $\mu V$ )。

$a_V$  ——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：

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( $\text{W}/\text{m}^2$ );

$a_E$  —— 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:

或由。

$u_3(\Delta K_1)$ ——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 [ $\text{V} \cdot (\text{W} \cdot \text{m}^{-2})$ ].

$a_{\Delta K_1}$  ——温度特性引起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:

式中：

$u_4(\Delta K_o)$ ——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 [ $\text{V}^2 \cdot \text{W}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$ ],

$a_{AK_0}$  ——方向特性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.3.2.5 按式(C.7)计算仪器装调引入的标准不确定度分量:

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 [ $\mu\text{V}/(\text{W} \cdot \text{m}^{-2})$ ];

$a_{\Delta K_x}$  ——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):

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

式中：

$u_c$  ——紫外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 [ $1/(W \cdot m^{-2})$ ];

$c_2$  ——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  $\Delta K_t$  的偏导数;

$c_4$  —— 灵敏系数, 为式(C.1)对输入量  $\Delta K_g$  的偏导数;

$c_5$  —— 灵敏系数, 为式(C.1)对输入量  $\Delta K_z$  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:

式中：

$u_{\text{crel}}$ ——紫外辐射表校准结果的相对合成标准不确定度。

#### 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:

式中：

$U_{\text{rel}}$ ——紫外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,该扩展不确定度U<sub>rel</sub>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—2014 太阳能资源术语
  - [2] JJG 458 — 96 总辐射表
  - [3] JJF 1059.1—2012 测量不确定度评定与表示
  - [4] World Meteorological Organization. Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation (Seventh edition), No.8, 2008
-



中华人民共和国  
国家标 准

**紫外辐射表校准方法**

GB/T 33868—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](http://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

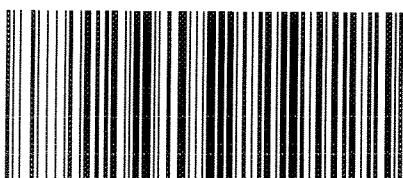
\*

书号: 155066 · 1-56336 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 33868—2017