



中华人民共和国海洋行业标准

HY/T 159—2013

太阳光度计测量数据校正方法

Method for sun photometer data calibration

2013-04-25发布

2013-05-01 实施

国家海洋局 发布

前 言

本标准按照GB/T1.1—2009 给出的规则起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本标准由国家海洋技术中心提出。

本标准由全国海洋标准化技术委员会(SAC/TC 283)归口。

本标准起草单位：国家海洋技术中心。

本标准主要起草人：高飞、李铜基、朱建华、韩冰。

太阳光度计测量数据校正方法

1 范围

本标准规定了太阳光度计的校正项目及技术要求、校正条件、方法原理、测量步骤、数据处理以及记录和报告等内容。

本标准适用于太阳光度计对大气上界太阳辐照度对应电压响应值的校正。

2 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

2.1

光谱辐照度 spectral irradiance

在给定波长附近的无穷小范围内，辐射照度与该波长间隔之商。

注1:单位用微瓦每平方厘米纳米($\mu\text{W}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{nm}^{-1}$)表示。

注2:改写 GB/T12936—2007,定义3.5。

2.2

大气光学质量 optical air mass

太阳在任一位置与在天顶时，日光通过大气到达观测点的折射路径之比。

注:改写GB/T12936—2007,定义5.20。

2.3

光学厚度 optical thickness

$\tau(\lambda)$

辐射在介质中传输时，因介质的吸收和散射作用而受到削弱。对于波长为 λ 的光束，在从位置 x_1 到位置 x_2 所通过厚度为 (x_1-x_2) 介质后，由介质的光束衰减系数和通过厚度计算介质的光学厚度，公式为：

$$\tau(\lambda) = \int_{z_1}^{z_2} C(\lambda, z) dz$$

式中：

$C(a,z)$ ——光束衰减系数，量纲为[L⁻¹]。

注：改写JJG1032—2005,定义4.38。

2.4

太阳天顶角 solar zenith angle

θ

太阳入射光线与当地法线之间的夹角， $0^\circ \leq \theta \leq 90^\circ$ 。

注：改写 QX/T69—2007,定义3.16。

2.5

气溶胶光学厚度 aerosol optical thickness

$\tau(\lambda)$

整层大气天顶方向的总路径上，由气溶胶散射和吸收所造成辐射衰减的光学厚度。

注：改写QX/T69—2007,定义3.12。

2.6

日地平均距离 mean earth-sun distance

地球在公转轨道上至太阳距离的周年平均值。

注：日地平均距离约为 $1.496 \times 10^8 \text{ km}$ 。

[GB/T 12936—2007,定义2.24]

3 技术要求

3.1 太阳光度计技术要求

太阳光度计主要技术指标如下：

- a) 16 位以上 A/D 转换；
- b) 分辨率小于 $10 \mu \text{ W} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{nm}^{-1}$ ；
- c) 不确定度小于2%；
- d) 非线性度不大于0.002%满量程；
- e) 视场角不大于 2.5° ；
- f) 波段半高宽度不大于10 nm；
- g) 中心波长准确度： $\pm 2 \text{ nm}$ 。

3.2 校正项目及技术要求

3.2.1 校正项目

校正项目为太阳光度计对应大气上界太阳光谱辐照度 $E_0(\lambda)$ 的电压响应值 $V_0(\lambda)$ 。

3.2.2 测量范围

光谱辐照度测量范围： $0.5 \mu \text{ W} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{nm}^{-1} \sim 200 \mu \text{ W} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{nm}^{-1}$ 。

3.2.3 不确定度

校正结果的测量合成相对标准不确定度应小于5%。

4 校正条件

4.1 被校正仪器设备

太阳光度计宜采用368 nm、412 nm、440 nm、500 nm、670 nm、870 nm 和1020 nm 等波段进行气溶胶光学特性测量。被校正仪器设备的基本要求：

- a) 仪器采样频率不低于8次/s,并确保保存每次测量的最大值;
- b) 每组测量总时间控制在1 min 以内;
- c) 手动太阳光度计在测量过程中,应固定在三脚架上,通过三脚架调节使太阳光度计对准太阳。

4.2 校正环境条件

校正环境条件应符合以下要求:

- a) 校正场地的高程不低于2000 m;
- b) 校正场地应远离城市、村庄等人口密集地区;

- c) 在日出、日落方向障碍物的高度角应小于 10° ，且场地四周无明显障碍物遮挡太阳；
- d) 仪器校正当天应为晴天。当天440 nm 波段处气溶胶光学厚度平均值应小于0.2；
- e) 仪器现场测量过程中平均风速应小于10 m/s 且最大风速应小于12 m/s，仪器校正场地地貌应以植被为主，测量地点周围100 m² 内的绿化面积大于30%。

5 校正方法

5.1 方法原理

在太阳光度计对准太阳的前提下，太阳光度计测量到的中心波长 λ 处的光谱辐照度可依据 Beer 定律表示，按照 Beer 定律对整层大气积分可得式(1)：

$$E(\lambda)=aE_0(\lambda)e^{-m(\theta)r(\lambda)} \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中：

$E(\lambda)$ —— 地表波长 λ 处的太阳直射光谱辐照度，单位为微瓦每平方厘米纳米($\mu\text{W}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{nm}^{-1}$)；

a —— 日地距离校正因子，无量纲量(见5.3.1)；

$E_0(\lambda)$ —— 大气上界波长 λ 处的太阳直射光谱辐照度，单位为微瓦每平方厘米纳米($\mu\text{W}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{nm}^{-1}$)；

$m(\theta)$ —— 大气光学质量，是太阳天顶角 θ 的函数，无量纲量(见5.3.2)；

$r(\lambda)$ —— 大气总光学厚度，包括分子散射和吸收光学厚度 $r_s(\lambda)$ ，气溶胶光学厚度 $ra(\lambda)$ ，无量纲量。

太阳光度计测量的电压响应值正比于入射的太阳辐照度，因此式(1)改写为式(2)：

$$V(\lambda)=aV_0(\lambda)e^{-m(\theta)r(\lambda)} \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中：

$V(\lambda)$ —— 太阳光度计在地表实测电压响应值，无量纲量；

$V_0(\lambda)$ —— 对应于 $E_0(\lambda)$ 的电压响应值，无量纲量。

在校正过程当中，应对式(2)进行转化，两边取自然对数可得式(3)：

$$\ln V(\lambda)=\ln(aV_0(\lambda))-m(\theta)r(\lambda) \quad \dots\dots\dots (3)$$

根据太阳光度计在地表实测电压响应值，以及日地距离校正因子和大气光学质量的计算，通过式(3)可以对太阳光度计进行校正(见6.1)。

5.2 测量步骤

5.2.1 太阳光度计测量

太阳光度计的校正过程主要包括现场测量和数据处理。测量步骤如下：

- a) 利用全球定位仪 GPS 获取校正地点经纬度与国际标准时间；

- b) 当天大气光学质量 $m(\theta)$ 在1~6之间变化时，大气光学质量每改变0.25需要对仪器每个波段进行3次~5次辐照度测量；
- c) 观测时间可以根据规定的大气光学质量预先计算好，并可偏移1 min~2 min,此时在处理观测数据时，对应观测时间的大气质量需要重新计算；
- d) 在太阳光度计每次测量同时，用其他仪器(已校正过的太阳光度计等仪器)检测440 nm 波段处气溶胶光学厚度；
- e) 每次测量后，仪器应紧跟着完成内部暗电流测量以消除环境温度的影响；

- f) 当大气光学质量 $m(\theta)$ 达到6应停止测量,且太阳有云遮挡时停测;
- g) 在中、高纬度地区大气光学质量有时最低达不到1,当大气光学质量的最小值大于1.5则停止检测。

5.2.2 辅助参数测量与天气记录

在仪器校正过程中,还应对一些气象参数进行测量并记录天气现象,测量和记录内容如下:

- a) 大气光学质量每改变0.25需要对大气温度(°C)、大气相对湿度(%)、大气压力(hPa)、风速(m/s)与风向(°)各进行一次测量;
- b) 做好现场天气现象记录。大气光学质量每改变0.25以及太阳有云遮挡时,记录现场云量、云状与能见度。

5.3 相关参数计算

5.3.1 日地距离校正因子

日地距离校正因子 α 是根据日地平均距离与观测时实际的日地距离之比的平方而确定的。它可由天文学上的近似公式计算,如式(4)所示:

$$\alpha = (1.000423 + 0.032359 \sin X + 0.000086 \sin(2X) - 0.008349 \cos X + 0.000115 \cos(2X))^{-1} \dots\dots\dots(4)$$

式中:

X——地球公转所对应的弧度,单位为弧度(rad),由式(5)计算:

$$X = \frac{2\pi(D - D_0)}{D_T} \dots\dots\dots(5)$$

式中:

D ——观测日在一年中的序数;

D_0 ——序数校正因子;

D_1 ——当年的总日数,总日数为365.2422。

示例:

2008年8月8日, $D=31+29+31+30+31+30+31+8=221$ 。

式(5)中的 D_0 由式(6)计算:

$$D_0 = 79.6764 + 0.2422(Y - 1985) - \text{INT}[0.25(Y - 1985)] \dots\dots\dots(6)$$

式中:

Y ——观测日所在年份;

INT——表示取整函数,获取数据的整数部分。

5.3.2 大气光学质量

在太阳天顶角为 θ 时,大气光学质量可通过式(7)计算:

$$m(\theta) = \frac{1}{\cos\theta + 0.150(93.885 - \theta)^{-1.253}} \dots\dots\dots (7)$$

式中:

θ ——太阳天顶角, 单位为度(°)。

式(7)中的 $\cos\theta$ 由式(8)计算:

$$\cos\theta = \sin\delta \sin\phi + \cos\delta \cos\phi \cos\omega \dots\dots\dots (8)$$

a) 计算每次测量的大气光学质量；

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：

<https://d.book118.com/635013201020011234>