



中华人民共和国气象行业标准

QX/T 533—2019

太阳光度计标校技术规范

Technical specifications for sun photometer calibration

2019-12-26 发布

2020-04-01 实施

中 国 气 象 局 发 布

目 次

前言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 标校技术指标 1

5 观测仪器原理、构成及波长范围 2

6 标校条件 2

7 标校内容及方法 3

8 数据归档 5

9 标校周期 5

附录 A(资料性附录) 太阳光度计标校记录表格模板 6

参考文献 7

QX/T 533—2019

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准由全国气候与气候变化标准化技术委员会大气成分观测预报预警服务分技术委员会(SAC/TC 540/SC1)提出并归口。

本标准起草单位:中国气象科学研究院、中国气象局气象探测中心。

本标准主要起草人:车慧正、张小曳、张晓春、郑宇、鲁赛、李晓攀。

太阳光度计标校技术规范

1 范围

本标准规定了太阳光度计的标校技术指标,观测仪器原理、构成及波长范围,标校条件、标校内容及方法,数据归档和标校周期。

本标准适用于 CE318-VBS8、CE-318NS9、CE-318NP9 极化式、CE-318TS9、CE-318TP9 等型号的太阳光度计的定期标校,其他型号太阳光度计的标校可参照。

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。

QX/T 270—2015 CE318 太阳光度计观测规程

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

多波长太阳光度计 multi-wavelength sun photometer

通过测量从可见光到近红外不同波长、不同天顶角、不同时刻太阳和天空的辐射信号强度,反演大气气溶胶光学厚度等特性的仪器。

[QX/T 270—2015,定义 2.3]

3.2

大气质量数 air mass

太阳在任何位置与在天顶时直射光通过大气到达观测点的路径之比。

[QX/T 270—2015,定义 2.4]

3.3

积分球 integrating sphere

乌布里希积分球 Ulbricht sphere

内表面尽可能为一非选择性漫反射层的空心球。

注:改写 GB/T 26178—2010,定义 2.2.3。

4 标校技术指标

多波长太阳光度计的标校技术指标如下:

- 待标仪器与标准仪器间各波长气溶胶光学厚度的最大允许误差应小于 ± 0.02 。
- 待标仪器与标准仪器间各波长天空散射辐亮度的最大允许误差应小于 $\pm 5\%$ 。

QX/T 533—2019

5 观测仪器原理、构成及波长范围

5.1 原理

光度计自动追踪太阳,并进行太阳直接辐射、太阳等高度角天空扫描、太阳主平面扫描以及极化通道天空扫描等测量,通过算法反演获得气溶胶的光学厚度等微物理和光学辐射参数。

5.2 构成

见 QX/T 270—2015 中第 4 章。

5.3 波长范围

见 QX/T 270—2015 中的 5.2。

6 标校条件

6.1 概述

6.1.1 包括太阳直接辐射通道标校和天空散射辐射通道标校两部分。应先进行太阳直接辐射通道标校,再进行天空散射辐射通道标校,且两部分标校的时间间隔不应超过 7 天。

6.1.2 太阳直接辐射标校(室外标校):包括兰利标校法(Langley 法)和标准仪器相对标校法(系数传递法),应在视野开阔的露天观测场进行。

6.1.3 天空散射辐射通道标校(室内标校):应在室内无其他光源影响的暗室内进行。

6.1.4 标校场地应清洁,避免颗粒物污染,且不得存放易燃、易爆和强腐蚀性的物质,周围无强烈的机械振动和电磁干扰。

6.2 太阳直接辐射通道标校条件

6.2.1 标校期间(北京时间 09 时至 15 时)天空晴朗、无云且大气条件稳定。

6.2.2 标准仪器 440 nm 中心波长的气溶胶光学厚度应小于 0.20。

6.2.3 观测点附近应开阔,观测视场角内应无障碍物遮挡。

6.2.4 利用 Langley 法进行标校的站点,海拔高度应不小于 2500 m。

6.3 天空散射辐射通道标校条件

6.3.1 暗室内的环境温度应在 $23\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$,相对湿度应在 20%~60%。

6.3.2 暗室内供电电源应具有良好接地线路,且接地电阻小于 $4\text{ }\Omega$;宜配备具有稳压滤波功能的不间断电源。

6.4 标校设备、设施和材料

6.4.1 标准仪器:具有与待标仪器同样功能、参数和通道数,且满足第 4 章 a)和 b)的太阳光度计。

6.4.2 辅助标校设备:包括积分球(光谱范围 400 nm~2500 nm、功率不小于 1000 W 且可调,面非均匀性小于 1%)、积分球控制箱及支架等配套设施、计算机及标校软件等。

6.4.3 温度表(仪):测量范围($-40\sim 50$) $^{\circ}\text{C}$,最大允许误差 $\pm 0.3\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

6.4.4 湿度表(仪):测量范围(10~100)%,最大允许误差 $\pm 5\%$ 。

6.4.5 其他辅助设施:串行或 USB 通信线缆、干洁空气或干洁压缩空气、去离子水、脱脂棉、无尘擦拭

纸、毛刷、螺丝刀工具等。

7 标校内容及方法

7.1 标校前准备

7.1.1 外部检查

待标仪器整体外观良好,结构完整,各部件齐全。

7.1.2 内部检查

7.1.2.1 检查光学头采光镜片表面是否干净整洁,无灰尘、泥渍等。必要时可用干洁压缩空气清洁去除镜片表面灰尘,或用去离子水、脱脂棉和无尘擦拭纸小心清洁镜片表面,避免划伤。

7.1.2.2 检查瞄准筒光路通透情况。将瞄准筒朝向光亮处,利用双眼观察其内侧是否清洁,光路应畅通且无柳絮、蜘蛛网、虫卵等杂物,必要时可用毛刷和干洁压缩空气对其内部进行清理。

7.1.3 运行检查

7.1.3.1 正确连接好待标仪器相关部件及电源充电器等部件,仪器应运行正常,电脑接收数据无报错显示。

7.1.3.2 暗室内积分球、积分球控制箱及支架等配套设施、计算机及标校软件等能正常工作。

7.1.4 数据清零处理

仪器标校前,应通过控制箱对原有观测数据进行清除。

7.2 天空散射辐射标校

7.2.1 基本要求

7.2.1.1 待标仪器及 6.4.2 中所需辅助标校设备应工作正常。

7.2.1.2 开启积分球,积分球光源稳定时间应不少于 20 分钟。

7.2.2 待标仪器的架设

7.2.2.1 正确连接电脑、控制箱、光学头等待标仪器部件之间的接线。

7.2.2.2 将光学头与瞄准筒连接,并将光学头固定在积分球配套的支架系统上,调整支架使瞄准筒对准积分球出光孔。

7.2.3 待标仪器的标校

7.2.3.1 通过查看仪器控制箱,记录待标仪器标校前的增益值(CE-318TS9 和 CE-318TP9 型号仪只需依次执行 7.2.3.3 和 7.2.3.6 步骤)。

7.2.3.2 利用待标仪器控制箱,将待标仪器调至手动天空散射辐射通道观测状态,调节增益值使光度计各波长观测所得信号值均处于 10000~30000 之间。

7.2.3.3 通过调节仪器控制箱,各波长应进行 1 次暗电流值观测和不少于 20 次天空散射辐射测量,并保存定标数据。

7.2.3.4 检查定标数据,若信号值超过 30000,应按顺序关闭积分球的一个光源,并清除仪器控制箱内原有的定标数据,待光源稳定后,重复 7.2.3.3、7.2.3.4 步骤,直至信号值不超过 30000,结束标校。

QX/T 533—2019

7.2.3.5 将增益值调回至控制箱标校前的数值并保存。

7.2.3.6 将定标数据输出保存为数据文件,文件名中应包含光学头号和标校时间信息。

7.2.4 标校数据处理

7.2.4.1 检查各波长测量信号的稳定性,同一波长测量数据间的相对偏差应小于 0.5%。

7.2.4.2 根据积分球各波长辐射亮度,得到室内标校系数,如式(1)所示:

$$C(\lambda) = \frac{L(\lambda)}{V(\lambda) - V(\lambda)_b} \quad \dots\dots\dots(1)$$

式中:

λ ——波长,单位为纳米(nm);

$C(\lambda)$ ——待标仪器在 λ 波长通道的天空散射辐射标校系数,无量纲;

$L(\lambda)$ ——积分球在 λ 波长的辐射亮度,单位为瓦每球面度平方米(W/(sr·m²));

$V(\lambda)$ ——待标仪器在 λ 波长通道的信号值,无量纲;

$V(\lambda)_b$ ——待标仪器在 λ 波长通道的暗电流值,无量纲。

7.3 太阳直接辐射标校

7.3.1 基本要求

7.3.1.1 在满足 6.2 的条件下,应优先使用 Langley 法。

7.3.1.2 若标校站点无法满足海拔要求,或无法利用 Langley 法进行标校,则应使用标准仪器相对标校法进行标校。

7.3.1.3 调整仪器的增益值,使各波长的测量信号值在 10000~30000。(CE-318TS9 和 CE-318TP9 型号仪不必执行此步骤)

7.3.1.4 待标仪器在室外环境应运行至少 24 小时。

7.3.1.5 利用标准仪器相对标校法时,应使待标仪器与标准仪器处于同一观测场内并同步观测,且两者观测时间的偏差应小于 10 秒。

7.3.1.6 应选取北京时 10 时至 14 时、大气质量数在 2~6 间的观测数据作为标校数据。

7.3.2 标校方法

7.3.2.1 兰利标校法原理

利用式(2)求得待标仪器的测量信号值与大气质量数曲线,推算大气质量数为 0 时的各波长的信号值,即为待标仪器的在该波长的标校系数;

$$\ln V(\lambda) = \ln(C(\lambda)_0 R^{-2}) - m\tau \quad \dots\dots\dots(2)$$

式中:

λ ——波长,单位为纳米(nm);

$V(\lambda)$ ——待标仪器在 λ 波长通道的信号值,无量纲;

$C(\lambda)_0$ ——待标仪器在 λ 波长通道的太阳直接辐射标校系数,无量纲;

R ——日地距离订正因子,无量纲;

m ——大气质量数,无量纲;

τ ——大气总光学厚度,无量纲。

7.3.2.2 标准仪器相对标校法原理

根据式(3)计算得到待标仪器各波长的标校系数:

$$C(\lambda)_0 = C(\lambda)_1 \times \frac{V(\lambda)_0}{V(\lambda)_1} \quad \dots\dots\dots(3)$$

式中:

- λ ——波长,单位为纳米(nm);
- $C(\lambda)_0$ ——待标仪器在 λ 波长通道的太阳直接辐射标校系数,无量纲;
- $C(\lambda)_1$ ——标准仪器在 λ 波长通道的太阳直接辐射标校系数,无量纲;
- $V(\lambda)_0$ ——待标仪器在 λ 波长通道信号值的平均值,无量纲;
- $V(\lambda)_1$ ——标准仪器在 λ 波长通道信号值的平均值,无量纲。

7.3.3 标校数据处理

7.3.3.1 兰利标校法

数据处理流程和方法如下:

- a) 检查每次各波长数据间的相对偏差,紫外波长(340 nm 及 380 nm)应小于1%,其他波长应小于0.5%。若无法满足要求则应择日再次进行标校。
- b) 对观测值与大气质量数进行最小二乘法线性拟合,剔除由式(2)所得拟合直线距离3倍标准差区间以外的离散值(剔除数据不应超过原始数据的5%)。
- c) 至少取得10组以上的待标仪器标校系数,求取各波长标校系数的平均值,作为待标仪器的最终标校系数。

7.3.3.2 标准仪器相对标校法

数据处理流程和方法如下:

- a) 剔除奇异值(观测信号值为0或超过30000的值)。
- b) 计算待标仪器与标准仪器各个波长测量信号值的比值,紫外波长比值的相对偏差应小于2%,其他波长比值的相对偏差应小于1%。若无法满足要求则应择日再进行标校观测。
- c) 每个波长至少取得5个有效数据比值,分别计算各波长比值的平均值,代入式(3)求得待标仪器的标校系数。

8 数据归档

所有测量数据应以光学头编号命名并存储,至少异地存留2份,标准仪器和台站仪器室内标校所测得的积分球观测值及相应的标校系数应用表格归纳整理(标校记录表格模板参见附录A中表A.1、表A.2),以备后续核查。

9 标校周期

标准仪器和待标仪器每12个月应至少进行一次太阳直接辐射通道标校和天空散射辐射通道标校。积分球每24个月应至少进行一次标校。

QX/T 533—2019

附 录 A
(资料性附录)

太阳光度计标校记录表格模板

表 A.1 太阳光度计室外标校记录

太阳光度计太阳直射辐射通道标校									
操作人				日期					
标准仪器编号				待标仪器光学头编号					
波长/nm	1020	1640	870	675	440	500	1020i	936	380 340
增益值									
标准仪器观测值									
标准仪器标校系数									
待标仪器观测值									
待标仪器标校系数									
注:仪器观测值及增益值均为无量纲参数。									

表 A.2 太阳光度计室内标校记录

太阳光度计天空散射辐射通道标校						
操作人				日期		
标准仪器编号				待标仪器光学头编号		
选择 AUREOLE 通道 ^a	1020A1	1640 A2	870 A3	670 A4	440 A5	500 A6
增益值						
积分球观测值						
标校系数						
选择 SKY 通道 ^b	1020 @1	1640 @2	870 @3	670 @4	440 @5	500 @6
增益值						
积分球观测值						
标校系数						
注:积分球观测值及增益值均为无量纲参数。						
^a AUREOLE 通道指日晕附近通道的中心波长,单位:nm。 ^b SKY 通道指日晕附近通道以外的中心波长,单位:nm。						

参 考 文 献

- [1] GB/T 26178—2010 光通量的测量方法
 - [2] JJF 1002—2010 国家计量检定规程编写规则
 - [3] JJF 1071—2010 国家计量校准规范编写规则
 - [4] QX/T 270—2015 CE318 太阳光度计观测规程
 - [5] 中国气象局. 大气成分观测业务规范(试行)[M]. 北京:气象出版社,2012
 - [6] Holben B. AERONET: A federated instrument network and data archive for aerosol characterization[J]. Remote Sensing of Environment, 1998, 66(1):1-16
-

中 华 人 民 共 和 国
气 象 行 业 标 准
太阳光度计标校技术规范
QX/T 533—2019

*

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

*

开本:880 mm×1230 mm 1/16 印张:0.75 字数:22.5千字
2020年1月第1版 2020年1月第1次印刷

*

书号:135029-6120 定价:15.00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