



中华人民共和国气象行业标准

QX/T 532—2019

Brewer 光谱仪标校规范

Specifications for Brewer spectrophotometer calibration

2019-12-26 发布

2020-04-01 实施

中 国 气 象 局 发 布

目 次

| | |
|--------------------------------------|-----|
| 前言 | III |
| 1 范围 | 1 |
| 2 规范性引用文件 | 1 |
| 3 术语和定义 | 1 |
| 4 符号和缩略语 | 1 |
| 5 光谱仪工作原理与系统构成 | 2 |
| 6 标校特性技术要求 | 2 |
| 7 标校条件 | 3 |
| 8 标校原理和方法 | 3 |
| 9 标校结果表达 | 4 |
| 附录 A(资料性附录) 光谱仪标校原理和方法 | 5 |
| 附录 B(资料性附录) 光谱仪检查、安装、架设和测试 | 7 |
| 附录 C(资料性附录) 光谱仪常数文件的说明 | 8 |
| 附录 D(资料性附录) 光谱仪配置文件(OP_ST)说明 | 10 |
| 附录 E(规范性附录) 标校前被标校光谱仪测试比较及特性测试 | 12 |
| 附录 F(规范性附录) 标校前同步比对观测结果分析比较 | 14 |
| 附录 G(规范性附录) 被标校光谱仪的维护和测试 | 15 |
| 附录 H(规范性附录) 室外标校比对观测及数据处理 | 17 |
| 附录 I(规范性附录) 光谱仪标校总结记录 | 18 |
| 附录 J(规范性附录) 光谱仪的拆卸、包装和运输 | 19 |
| 附录 K(资料性附录) 标校证书 | 20 |
| 参考文献 | 21 |

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/SC 1)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、浙江省气象局、青海省气象局、黑龙江省气象局。

标准主要起草人:郑向东、张晓春、马千里、祁栋林、于大江、陈树。

Brewer 光谱仪标校规范

1 范围

本标准规定了 Brewer 光谱仪工作原理与系统构成、标校特性技术要求、标校条件、标校原理与方法及标校结果表达等。

本标准适用于 Brewer 光谱仪的定期标校或非定期标校。

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 172—2012 Brewer 光谱仪观测臭氧柱总量的方法

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件

3.1

大气臭氧柱总量 total column ozone

地面上单位面积垂直大气柱内所包含臭氧的含量。

[QX/T 172—2012, 定义 3.1]

3.2

B 波段紫外辐射 Ultraviolet radiation band B;UVB

波长 280 nm~315 nm 波段内的辐射。

[QX/T 172—2012, 定义 3.3]

4 符号和缩略语

4.1 符号

下列符号适用于本文件。

AP:电学系统测试。

B0:关闭汞灯及标准灯。

B2:打开标准灯。

CI:标准灯狭缝#1 扫描测试。

FI:滤光轮中性滤光片检测。

HP:光栅同步测试(通常与 HPHG 一起仅在 MK III 型光谱仪使用)。

RS232:串行通信接口标准。

SKC:连续运行模式。

4.2 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

Cal. skd: 标定设定 (Calibration schedule)
CCW: 逆时针方向 (Counter-Clock Wise)
CW: 顺时针方向 (Clock Wise)
DSP: 光栅色散测试 (DiSPersion test for grating)
DT: 光电倍增管死区时间测试 (Dead Time test)
DU: 陶普森单位 (Dobson Unit)
DUV: Diffey 响应曲线权重紫外辐射 (Diffey curve weighted UltraViolet)
ETC: 地球大气上界常数 (Earth Terrestrial Constants)
GMT: 格林威治时间 (Greenwich Mean Time)
GS: 光栅斜率和截距测试 (Grating Slope and intercept test)
ICF: 仪器常数文件 (Instrument Constant Files)
PMT: 光电倍增管 (Photo Multiplier Tube)
QL: 外部灯光谱快速扫描测试 (Quick Lamp scan)
RS: 光阑运行/停止测试 (Run Stop test)
HG: 汞灯波长标定 (HG lamp wavelength calibration)
HV: (PMT) 的高电压测试 (High Voltage test)
SI: 对太阳 (Sun sItting)
SC: 太阳光谱扫描观测 (Sun sCan)
SL: 仪器稳定性标准灯检测 (Standard Lamp test)
SR: 跟踪器转一圈所应有的步数 (Tracker Steps per Revolution)
TU: 天顶棱镜在 UV 观测时的最佳位置检测 (Test UVB alignment)
UV: 紫外辐射 (UltraViolet rays)
UVR: 紫外辐射光谱响应函数 (UltraViolet Response)
WMO: 世界气象组织 (World Meteorological Organization)
ZE: 天顶棱镜的归零位置检测 (ZEroing zenith drive)

5 光谱仪工作原理与系统构成

5.1 工作原理

Brewer 光谱仪根据臭氧对 B 波段紫外 (UltraViolet Band; UVB) 辐射的吸收特性, 通过准确跟踪太阳 (或月亮), 采用衍射光栅分光技术, 测量 UVB 五个中心波长位置的太阳光谱辐照度, 基于近似差分吸收的原理反演大气臭氧和二氧化硫柱总量; 通过衍射分光实现 B 波段紫外辐射光谱测量。

5.2 系统构成

Brewer 光谱仪包括分光仪、控制计算机和标校系统。其中, 分光仪应由衍射光栅分光光谱仪、太阳和月亮水平方位跟踪器以及三角支架组成; 标校系统应包括 Brewer 标准光谱仪、UV 光谱标校以及标校数据处理软件。

6 标校特性技术要求

标校后的 Brewer 光谱仪其特性技术指标应符合表 1 的要求。

表 1 Brewer 光谱仪的标校特性技术要求

| 指标 | 最大允许偏差 |
|-----------|--|
| 大气臭氧柱总量 | 与标准光谱仪日均值绝对偏差在 ± 2.5 DU 以内或 $\pm 1\%$ 以内 |
| 大气二氧化硫柱总量 | 与标准光谱仪日均值绝对偏差在 ± 1.0 DU 以内 |
| UV 光谱响应函数 | 与标准光谱仪同步观测 290 nm~325 nm, 积分值相对偏差小于 10% |

7 标校条件

7.1 基本要求

7.1.1 场地和室内环境

应符合 QX/T 172—2012 中 5.1 的要求。

7.1.2 天气条件

天气晴朗,少云(或太阳周边无云)。

7.2 标校设备、设施、材料

7.2.1 标准光谱仪应经由 WMO-Brewer 标校中心标校并处于标准传递有效期内。

7.2.2 UVB 光谱标校系统应由标准光源(含电源驱动设备)和便携式暗室组成。光源直流电流控制稳定性应优于 0.001 A。便携式暗室应满足通风、散热及标准光源距离 Brewer UV 窗口水平感应面之间距离在 0 cm~55 cm 之间可调等条件。

7.2.3 溶剂,使用分析纯级甲醇或丙酮作为清洁剂。

7.2.4 辅助工具,英制内六角扳手、水平仪、手电和激光笔、软毛刷、清洁纸巾、专业级镜头纸、干燥剂、一次性手套和口罩等。

8 标校原理和方法

8.1 原理

光谱仪标校原理参见附录 A。

8.2 方法

8.2.1 一般原则

8.2.1.1 标校工作包括标校前、标校中和标校后三个阶段。每个阶段均应进行光谱仪特性测试、室外比对观测和比对测试数据分析。

8.2.1.2 光谱仪连续运行累计达 24 个月以上或光谱仪维修、更换新的光学器件(如光栅、UV 滤光片)均应对光谱仪进行标校。

8.2.1.3 标准光谱仪每 2 年应与高一级别的标准光谱仪进行校准。

8.2.1.4 观测数据中应包含太阳天顶角 45° 以下的样本。

8.2.2 标校前

- 8.2.2.1 光谱仪运输前后均应对被运输光谱仪进行检查、安装、架设和测试,步骤和要求参见附录 B。
- 8.2.2.2 按照 QX/T 172—2012 表 2 指标要求对被运输光谱仪的稳定性检测(SL)进行判断,确定是否根据稳定性的检测结果。若不满足要求则参照附录 A 中 A.3 和 A.4 对被运输光谱仪 ICF 中的臭氧和二氧化硫的地球大气上界常数(ETC)值进行修改。
- 8.2.2.3 按照附录 E 中表 E.1 的要求对被标校光谱仪的电学、波长标校、稳定性、光电倍增管、光阑狭缝的运行状况进行评估;按照附录 E 中表 E.2 的步骤与要求对被标校光谱仪进行特性测试。
- 8.2.2.4 被标校光谱仪与标准光谱仪进行同步比对观测至少半天,对比对观测数据进行比较和统计分析,记录和分析内容见附录 F。

8.2.3 标校中

- 8.2.3.1 对光谱仪进行维护和测试,维护步骤、测试内容及要求见附录 G。
- 8.2.3.2 按照附录 H 中表 H.1 的步骤 1—11 要求完成至少一个晴天的室外比对观测。
- 8.2.3.3 按照附录 H 中表 H.1 的步骤 12—18 要求完成测试和 ICF 修改工作 ICF。

8.2.4 标校后

- 8.2.4.1 按照附录 H 中表 H.1 的步骤 1—11 的要求,新 ICF 运行的光谱仪至少与标准光谱仪开展一个晴天比对观测。
- 8.2.4.2 比对观测结果,符合标校特性技术要求时则本次标校结束;若不符合则重复 8.2.3.2 至 8.2.4.2 直到标校特性技术指标符合要求。
- 8.2.4.3 分别保存标准光谱仪和被标校光谱仪的标校数据和文档。
- 8.2.4.4 按照附录 I 中表 I.1 的要求填写标校总结记录表。
- 8.2.4.5 关闭标准光谱仪或被标校光谱仪,并按照附录 J 的要求对光谱仪系统进行拆卸、包装和运输。

9 标校结果表达

经标校后的光谱仪应颁发标校证书,证书参见附录 K。

附 录 A
(资料性附录)
光谱仪标校原理和方法

A.1 大气臭氧柱总量的标校

Brewer 臭氧光谱仪是对中心波长位置分别在 310.0 nm、313.5 nm、316.8 nm 和 320.0 nm 的太阳辐照度的光子数进行测量,根据测量结果及已经在实验室测定的臭氧在这 4 个波长的吸收系数,确定大气臭氧柱总量,见式(A.1)。根据式(A.1),通过标准光谱仪多次测量的大气臭氧柱总量 Ω 以及被标光谱仪 ΔN_o 测值,可建立方程组,采用最小二乘法确定待标校光谱仪 ΔN_{oz} (ICF 中第 10 行的确定臭氧的地球大气上界值(ETC),参见附录 C)和 $\Delta\alpha$ 值,实现对待标光谱仪大气臭氧柱总量测值的标校。

$$\Omega = \frac{\Delta N_o - \Delta N_{oz}}{\mu_{oz} \Delta\alpha} - \frac{\Delta\beta m}{\mu_{oz}} \dots\dots\dots(A.1)$$

式中:

- Ω ——大气臭氧柱总量测量值,该值由标准光谱仪观测,单位为摩尔每平方米(mol/m^2),在实际应用中,这一单位常换算为标准大气下的臭氧柱总量厚度单位(DU);
- ΔN_o ——被标校光谱仪测量上述 4 个波长光子数对数拟合,无量纲;
- ΔN_{oz} ——待标校确定待标光谱仪的参数值(ICF 中第 10 行臭氧的 ETC),无量纲;
- μ_{oz} ——臭氧层的大气质量数(以离海平面 23.5 km 高度计算),无量纲;
- $\Delta\alpha$ ——与上述 4 个中心波长位置(310.0 nm、313.5 nm、316.8 nm 和 320.0 nm)有关的臭氧吸收系数(ICF 文件中第 7 行的系数),其值通常由厂家给出,若更换被标光谱仪的光学器件(如滤光片、光栅等),导致中心波长位置发生偏移时,应根据式(A.1)重新确定,单位为平方米每摩尔(m^2/mol);
- $\Delta\beta$ ——与地面气压有关的空气分子瑞利散射系数,单位为摩尔每平方米(mol/m^2);
- m ——大气质量数,无量纲。

A.2 二氧化硫柱总量的标校

在确定大气臭氧柱总量后,根据 Brewer 光谱仪在中心波长 306.0 nm、316.8 nm 和 320.0 nm 的太阳辐照度光子数测量结果, ΔN_s ,及实验室测定的二氧化硫这 3 个波长的吸收系数,可确定大气二氧化硫柱总量, Ψ ,见式(A.2)。根据式(A.2),通过标准光谱仪的 Ω 、 Ψ 以及被标光谱仪的 ΔN_s 测值,建立方程组,通过最小二乘法确定 ΔN_{so} (ICF 中第 11 行确定臭氧的地球大气上界值(ETC))和 $\Delta\alpha_{so}$,实现对待标光谱仪二氧化硫柱总量测值的标校。

$$\Psi = \frac{\Delta N_s - \Delta N_{so}}{\mu_{so} \Delta\alpha_{so}} \times \Delta\alpha_{oz} - \frac{\Omega}{\Delta\alpha_{oz}} \dots\dots\dots(A.2)$$

式中:

- Ψ ——大气二氧化硫柱总量测量值,该值由标准光谱仪观测,单位为摩尔每平方米(mol/m^2);
- ΔN_s ——被标校光谱仪上述 3 个波长光子数对数值的拟合,无量纲;
- ΔN_{so} ——要标校所确定,待标光谱仪的参数值(ICF 中第 11 行的二氧化硫 ETC),无量纲;
- μ_{so} ——二氧化硫的大气质量数(以离海平面 5 km 高度计算),无量纲;
- $\Delta\alpha_{so}$ ——与上述 3 个中心波长(306.0 nm、316.8 nm 和 320.0 nm)位置有关的二氧化硫吸收系数

(ICF 文件中第 8 行的系数),其值通常由厂家给出,若更换被标光谱仪的光学器件(如滤光片、光栅等),导致中心波长位置发生偏移时,应根据式(A. 1)重新确定,单位为平方米每摩尔(m²/mol);

$\Delta\alpha_{oz}$ ——臭氧吸收系数与二氧化硫吸收系数的比值,无量纲。

A.3 ΔN_{oz} 和 ΔN_{so} 的 SL 检测订正

当被标光谱仪稳定运行且没有出现光栅、滤光片等核心光学器件更换时, ΔN_{oz} 和 ΔN_{so} 则可以根据待标光谱仪的稳定性检测(SL)记录由以下公式来分别订正。

$$\Delta N_{ozn} = \Delta N_{ozo} + R6_n - R6_o \quad \dots\dots\dots(A. 3)$$

$$\Delta N_{son} = \Delta N_{soo} + R5_n - R5_o \quad \dots\dots\dots(A. 4)$$

式中:

ΔN_{ozn} ——待标光谱仪本次标校确定的 ICF 中第 10 行新的臭氧 ETC 值(ΔN_{oz}),无量纲;

ΔN_{son} ——待标光谱仪本次标校确定的 ICF 中第 11 行新的二氧化硫 ETC 值(ΔN_{so}),无量纲;

ΔN_{ozo} ——待标光谱仪上次标校所确定的 ICF 中第 10 行老的臭氧 ETC 值,无量纲;

ΔN_{soo} ——待标光谱仪上次标校所确定的 ICF 中第 10 行老的二氧化硫 ETC 值,无量纲;

$R6_n$ ——待标光谱仪本次 sl 检测确定与大气臭氧柱总量有关新的比率值,无量纲;

$R6_o$ ——待标光谱仪上次 sl 检测确定与大气臭氧柱总量有关老的比率值,无量纲;

$R5_n$ ——待标光谱仪本次 sl 检测确定与大气二氧化硫柱总量有关新的比率值,无量纲;

$R5_o$ ——待标光谱仪上次 sl 检测确定与大气二氧化硫浓度有关老的比率值,无量纲。

A.4 UV 光谱响应函数的确定

在给定精确的直流电流和电压情况下,标准光源辐亮度系数已确定(该系数有可溯源的计量标准),当该光源照射被标校光谱仪时,光谱仪记录相应的光子数信号,Brewer 臭氧光谱仪的 UV 光谱响应函数由式(A. 5)确定。

$$R(\lambda) = \frac{E(\lambda)}{S(\lambda)} \quad \dots\dots\dots(A. 5)$$

式中:

$R(\lambda)$ ——UV 光谱响应函数,待确定量,单位为光子数每瓦平方米纳米(光子数/(W·m²·nm));

$E(\lambda)$ ——标准光源在波长 λ 位置上的辐照度值,已确定量,单位为瓦每平方米纳米(W/(m²·nm));

$S(\lambda)$ ——待标光谱仪在波长 λ 位置上所测的光子数,已测量量。

附 录 B
(资料性附录)

光谱仪检查、安装、架设和测试

表 B.1 规定了光谱仪检查、安装、架设和测试工作步骤和要求。

表 B.1 检查、安装、架设和测试步骤

| 光谱仪序列号： 日期： 站点： 操作者： | | | |
|---|-----------------------------|-----------------|----------------------------|
| 序号 | 工作步骤 | 状况 ^a | 要求 |
| 1 | 运输光谱仪箱的外部破损情况 | | 若外部损坏则拍照记录,确定原因再打开 |
| 2 | 打开光谱仪运输箱 | | |
| 3 | 打开光谱仪外盖 | | 打开前,紫外辐射石英罩应被罩住 |
| 4 | 目测光谱仪状况,手机拍照(以备包装光谱仪用) | | |
| 5 | 撤出所有海绵和防撞泡沫等异物 | | |
| 6 | 仔细检查光谱仪机械连接及螺丝松脱状况 | | 用英制内六角工具检查 |
| 7 | 检查电气电缆线插头松脱,电路板组合松脱 | | 对 MK II 型光谱仪尤其重要 |
| 8 | 检查汞灯和标准灯的情况 | | |
| 9 | 目测光谱仪光栅、反射镜、测微尺状况 | | 不应手直接接触及光学器件表面,不应抽烟,不应潮湿环境 |
| 10 | 检查干燥程度 | | 平时光谱仪内部的湿度检测纸应为蓝色 |
| 11 | 扣紧光谱仪黑盒和外盖 | | 应扣紧黑盒,应轻放扣子 |
| 12 | 检查跟踪器、保护绳和圆盘传动机械的松紧 | | |
| 13 | 按 QX/T 172—2012 检查光谱仪电源连接 | | |
| 14 | 确定光谱仪室外安装位置 | | |
| 15 | 安装三脚架、水平跟踪器和光谱仪 | | |
| 16 | 按 QX/T 172—2012 调好光谱仪水平 | | |
| 17 | 光谱仪连接计算机和电源 | | |
| 18 | 打开计算机中修改台站地理信息配置文件 | | 参见附录 D 第 10—13 行修改 |
| 19 | 启动光谱仪,等待 3 min~5 min | | |
| 20 | 通过 Brewcmdw. exe 检查光谱仪的通信状态 | | 仅对新型电路板的光谱仪适用 |
| 21 | 退出 Brewcmdw. exe,计算机运行光谱仪 | | |
| 22 | 计算机进入主菜单,检查主菜单信息 | | 重点是时间(GMT)和日期 |
| 23 | 键入 PDSRSI,仅调 CW 和 CCW 对准太阳 | | 若天气不允许对准太阳则进入下一步 |
| 24 | 键入 PDAPHGSL 测试,卸紫外辐射石英罩 | | |
| 25 | AP、HG、SL 测值与上次测值比较 | | |
| 26 | 设置 Brewer 光谱仪做同步比对观测模式 | | 仅限晴朗白天观测模式 |
| 注: 步骤 19—21 仅适用于 MK III 光谱仪。 | | | |
| ^a 仅划√和×分别表示完成或未完成,对于“×”要简要说明现象或原因。 | | | |

附 录 C
(资料性附录)
光谱仪常数文件的说明

表 C.1 给出了光谱仪常数文件(ICF)格式说明。

表 C.1 光谱仪常数文件(ICF)说明

| 序号 | 典型数值 | 意义 | 备注说明 |
|-------|----------|---------------------|-------------------------------------|
| 1—5 | 0 ~ -0.7 | 光阑狭缝 #1—#5 臭氧温度补偿系数 | 固有设值,仅光学器件更换后应重新测定 |
| 6 | 0 | 螺旋测微尺每度的转动步数 | |
| 7 | 0.3446 | 臭氧吸收比率的系数 | 仅光学器件更换时才重新测定 |
| 8 | 2.35 | 二氧化硫比率吸收系数 | |
| 9 | 1.1533 | 臭氧与二氧化硫比值吸收比率系数 | |
| 10 | 1690 | 计算臭氧柱总量的 ETC 值 | 重要参数,是标校的重点内容,通过标准灯检测或标准光谱仪比对更改 |
| 11 | 215 | 计算二氧化硫柱总量的 ETC 值 | |
| 12 | 4.00E-08 | PMT 死区时间(单位:s) | 若更改后,所有测试应重新做 |
| 13 | 286 | 波长标校步数 | 即 SC 观测所确定的步数 |
| 14 | 14 | 光阑马达的延迟时间 | 固有设定 |
| 15 | 1688 | Umkehr 廓线观测偏移值 | 通常不改动,SC 测值变化时再做色散实验重新确定 |
| 16—21 | 0 | 滤光轮 #0—#5 位置衰减单位 | 通过 FI 检测测定。 |
| 22 | 2972 | 驱动天顶棱镜的马达步数范围 | 固有设定 |
| 23 | MK III | 光谱仪型号 | |
| 24 | 1 | 和计算机通信的串行接口 | 根据实际定,但 Brewer 光谱仪只认 RS232 1 或 2 串口 |
| 25 | 0 | 汞灯在狭缝 #0 温度系数 | 不变 |
| 26—31 | — | 不用 | |
| 32—33 | 0,2310 | 测微尺 #1 和 #2 偏差值 | 测微尺 #1 和 #2 偏差值通常分别为 0 和 2310 |
| 34—40 | — | 不用 | |
| 41 | 0.998 | 光栅的斜率 | 仅 MK III 型光谱仪存在,很少改动,通过 GS 检测而改变 |
| 42 | 1.901 | 光栅截距 | |
| 43 | 2469 | 测微尺零位置时步进电机数 | 基本上是厂家固有设置 |
| 44 | 250 | 打开(光圈)马达转动步数 | |
| 45 | 0.8 | 计算机缓存的延迟时间 | 依据计算机情况而定 |
| 46 | — | 不用 | 固有设定 |
| 47 | 256 | 臭氧观测时,#1 滤光轮位置 | |
| 48 | 0 | 臭氧观测时,#2 滤光轮位置 | |

表 C.1 光谱仪常数文件(ICF)说明(续)

| 序号 | 典型数值 | 意义 | 备注说明 |
|----|---------------|-------------------|-------------------------|
| 49 | 64 | UV 观测时, #2 滤光轮的位置 | 固有设定 |
| 50 | 40 | 天顶棱镜回零时马达可调步数 | |
| 51 | 2223 | UV 观测天顶棱镜所转的步数 | 通过外部 UV 校准灯由 HGTU 测试来确定 |
| 52 | Jan. ,01,2005 | ICF 文件产生的日期 | |

附录 D
(资料性附录)

光谱仪配置文件(OP_ST)说明

表 D.1 给出了光谱仪配置文件(OP_ST 文件)格式说明。

表 D.1 被标校光谱仪配置文件表

| 序列号 | 典型值 | 变量名 | 意义说明 | 备注 |
|-----|-------------|-------|----------------------|----------------------|
| 1 | 54 | NO\$ | 光谱仪序列号,表示第 54 号光谱仪 | |
| 2 | D:\BDATA | DD\$ | Brewer 光谱仪所有数据所在的目录 | |
| 3 | ICF07914 | ICF\$ | 2014 年第 79 天生成的光谱仪文件 | 标校后修改 |
| 4 | ZSF25606 | ZSF\$ | 天顶方向散射光测臭氧的系数文件 | 仅随更换光学器件而改动 |
| 5 | DCF11199 | DCF\$ | 光栅色散系数文件 | 仅随更换光学器件而改动 |
| 6 | UVR07914 | UVR\$ | UV 光谱响应函数 | 标校后修改 |
| 7 | 24 | DA\$ | 日期 | 可从计算机自动读取 |
| 8 | 11 | MO\$ | 月份 | |
| 9 | 15 | YE\$ | 年 | |
| 10 | Mt. Waligan | LO\$ | 光谱仪所在地名(瓦里关山) | 光谱仪被运输到新地点后更改 |
| 11 | 36.287 | L1\$ | 纬度(负值为南半球) | |
| 12 | -100.898 | L2\$ | 经度(负值为东半球) | |
| 13 | 650 | L3\$ | 平均气压 | |
| 14 | 1.8 | TI\$ | GMT 时间 | 可从计算机自动读取 |
| 15 | 215 | NC% | 距离正北方向的偏差 | SI 后修改 |
| 16 | 0 | HC% | 距离仰角为零度时的偏差 | 该值不随 SI 不变,参考 OPOAVG |
| 17 | 14689 | SR% | 水平跟踪器转 360°所需要的马达步数 | SR 后的记录 |
| 18 | 1 | Q1% | 天顶棱镜 | 1 表示天顶棱镜是可运行 |
| 19 | 1 | Q2% | 水平跟踪器 | 1 为跟踪器是可运行 |
| 20 | 1 | Q3% | 光圈 | 0 为关闭光圈 |
| 21 | 1 | Q4% | 滤光轮 #1 | 0 为关闭滤光轮 #1 |
| 22 | 1 | Q5% | 滤光轮 #2 | 0 为关闭滤光轮 #2 |
| 23 | 1 | Q6% | 时钟电路板 | 0 为关闭时钟电路板 |
| 24 | 1 | Q7% | A/D—转换 | 0 为关闭 A/D—转换 |
| 25 | 1 | Q8% | UVB 观测窗口 | 0 为关闭 UVB 观测窗口 |
| 26 | 0 | Q9% | 滤光轮 #3 | 仅在 MK IV 型光谱仪中有 |
| 27 | 0 | Q10% | 新型温度转换电路板 | 仅在新的电路板的光谱仪上有 |
| 28 | 1 | Q11% | 滤光轮安装第二块偏振片 | |

表 D.1 被标校光谱仪配置文件表(续)

| 序列号 | 典型值 | 变量名 | 意义说明 | 备注 |
|-----|--------------------|-------|--------------------------|---|
| 29 | 0 | Q12% | 设置 1 则光谱仪在仿真(NoBrew)工作状态 | |
| 30 | 1 | Q13% | 狭缝 #1 对 HG 检测为宽状态,设为 1 | |
| 31 | 0 | Q14% | 新型工作电路板设为 1 | |
| 32 | 1 | Q15% | 湿度传感器 | 1 表示有湿度传感器工作 |
| 33 | SKC/menu | DI\$ | 转入连续运行模式 | |
| 34 | O ₃ | MDD\$ | 臭氧工作模式 | 默认 O ₃ 模式,仅 MK IV 有 NO ₂ 模式 |
| 35 | UMKNO ₂ | SK\$ | NO ₂ 工作模式 | |

附录 E
(规范性附录)

标校前被标校光谱仪测试比较及特性测试

表 E.1 规定了标校前被标校光谱仪测试数据记录要求;表 E.2 规定了对光谱仪开展特性测试命令顺序。

表 E.1 标校前与标准光谱仪同步观测数据比较记录样表

| 光谱仪序列号: 日期: 站点: 操作者: | | | | | |
|---|----------------------------|--|--|--|----|
| 检测数据结果评估 | | 检查内容 | | | 备注 |
| | | 上次标校值 | 现在测值 | 运行区间均值 (含 1 标准差) | |
| 数据统计 | APOAVG(电学系统测试平均值) | 电压(5 V)= PMT 电压= | 电压(5 V)= PMT 电压= | 电压(5 V)= PMT 电压= | |
| | HGOAVG (波长标校平均值) | 光强 = | 光强 = | 光强 = | |
| | SLOAVG (稳定性检测平均值) | R5 = R6 = 光强 = | R5 = R6 = 光强 = | R5 = R6 = 光强 = | |
| | DTOAVG (光电倍增管死区时间测试平均值) | DT _{低位} = DT _{高位} = | DT _{低位} = DT _{高位} = | DT _{低位} = DT _{高位} = | |
| | RSOAVG (光阑运行/停止测试平均值) | R1 = R2 = R3 = R4 = R5 = R6 = R7 = R8 = | R1 = R2 = R3 = R4 = R5 = R6 = R7 = R8 = | R1 = R2 = R3 = R4 = R5 = R6 = R7 = R8 = | |

表 E.2 被标校光谱仪标校前的特性测试

| 光谱仪序列号： 日期： 站点： 操作者： | | | |
|--|----------|----------------------------|------------------|
| | 测试命令 | 测试内容 | 备注 |
| 特性 测试 ^a | HPHGFI | 检查滤光片衰减系数的变化 | 约 3 h |
| | HPHGCIHG | 检查狭缝半波宽度的变化 | |
| | HPHGGSHG | 检查双光栅的同步 | 仅 MKⅢ 测试 |
| | HGQLHG | 检查 UVB 的稳定性变化 ^b | 使用 2~3 个灯, 约 2 h |
| ^a 特性测试通常在夜间开展, HP 和 GS 检测仅对 MKⅢ型 Brewer 光谱仪有效。 ^b 按照 QX/T 172—2012 的规定, 应使用 50 W 外部灯来检测 UVB 稳定性, 若距离上次标校差别超过 ±5%, 则应使用 1000 W 的标准光源进行标校。 | | | |

附录 F
(规范性附录)

标校前同步比对观测结果分析比较

表 F.1 规定了标校前光谱仪同步观测数据分析和结果比较格式。

表 F.1 被标校光谱仪维护和测试记录样表

| 光谱仪序列号： 日期： 站点： 操作者： | | | | |
|---|----------------------|-------|---------|-----|
| 比较内容 | | 日均值 | | |
| | | 臭氧柱总量 | 二氧化硫柱总量 | DUV |
| 标准光谱仪 | | | | |
| 被标校光谱仪 | 计算机读取测值 | | | |
| | SL 订正后值 ^a | | | |
| 相对差别(%) | | | — | |
| 卫星测值参考 | | | — | — |
| 注：“—”表示不填写。 | | | | |
| ^a DUV 值则用表 E.1 最后 QL 产生 UV 响应函数重新计算的值。 | | | | |

附 录 G
(规范性附录)

被标校光谱仪的维护和测试

表 G.1 规定了被标校光谱仪维护和测试步骤。

表 G.1 被标校光谱仪维护和测试步骤要求记录表

| 光谱仪序列号: 日期: 站点: 操作者: | | | |
|-------------------------------------|---|-----------------|-------------------|
| 序号 | 维护步骤和测试内容 | 状况 ^a | 要求 |
| 1 | 室外光谱仪做一次 APHPHGS L | | HP 仅对 MK III 型光谱仪 |
| 2 | 退出计算机控制光谱仪,关闭室外光谱仪的电源 | | |
| 3 | 备份上次 ICF 并利用 OP_ST 文件关闭水平跟踪器 | | |
| 4 | 将室外光谱仪搬到室内,并连接计算和电源(不启动光谱仪) | | 紫外辐射石英罩罩住 |
| 5 | 打开光谱仪外盖,清除光谱仪内可能灰尘或干燥剂硅胶颗粒 | | |
| 6 | 目测光谱仪所有机械连接并检查是否有螺丝松脱 | | 用英制内六角改锥 |
| 7 | 检查电缆、线插头松脱,电路板组合松脱(MK II 型发生) | | |
| 8 | 检查汞和标准灯,若它们表面发黑则更换,若更换则在更换后启动光谱仪做 HGSLDTRSB2CIHG 检测后关闭光谱仪 | | 约耗时 1 h |
| 9 | 检查驱动滤光轮特氟龙齿轮老化程度 | | |
| 10 | 打开光谱仪黑盒目测光栅及球面反射镜、螺旋测微尺状况 | | |
| 11 | 戴口罩和手套,清洁螺旋测微尺 | | 视情况拆卸清洗 |
| 12 | 清洗后用手将测微尺转到其初始位置,感受测微尺松紧度 | | 应比较松的状态 |
| 13 | 更换黑盒圆柱体内干燥剂 | | |
| 14 | 用手感觉反射镜后端和光阑狭缝的连接松紧度状况 | | 禁触任何光学表面 |
| 15 | 扣上黑盒,接通光谱仪电源,启动光谱仪 | | 扣黑盒力度应轻 |
| 16 | 测试主电源 5 V 是否满足 4.9 V~5.1 V 范围 | | 若不满足则应调试电压 |
| 17 | 做 B2ZE 检测,并用小水平泡检查天顶棱镜的零点位置 | | |
| 18 | 视情况做 PMT 电压调节 | | 用 HV 指令 |
| 19 | 更换干燥剂,注意防撞海绵的放置,盖上外盒 | | |
| 20 | 做 HGSLDTRSB2CIHG | | 约耗时 2 h |
| 21 | 关闭计算机光谱仪,关闭光谱仪电源 | | |
| 22 | 据 SL,DT 和 SC 测值,修改原 ICF 文件 B1,B2,DT 和 SC 的参数,产生新的 ICF | | 参见附录 B |
| 23 | 比较步骤 8 和步骤 20 所做 ci 结果,若两者光强变化未超 2%则采用标校前的 1000 W 标准光源的标校结果 | | |
| 24 | 修改 OP_ST 文件,让光谱仪重启使用新 ICF | | 参见附录 D |
| 25 | (不通电)打开室外水平跟踪器,对水平跟踪器进行清洁和维护 | | |

表 G.1 被标校光谱仪维护和测试步骤要求记录表(续)

| 序号 | 维护步骤和测试内容 | 状况 ^a | 要求 |
|-------------------------------|---|-----------------|-------|
| 26 | 启动光谱仪并做 APHGSL 检测 | | |
| 27 | 白天晴朗,太阳天顶角合适,让被标校光谱仪与标准光谱仪室外同步观测;白天天气不晴朗,让被标光谱仪进行光栅色散测试(HGD-SP) | | 见附录 C |
| 28 | 运行 cal. skd | | |
| ^a 仅划√和×分别表示完成或未完成。 | | | |

附录 H
(规范性附录)

室外标校比对观测及数据处理

表 H.1 规定了光谱仪室外标校比对观测及数据处理步骤。

表 H.1 室外标校比对观测及数据处理记录表

| 光谱仪序列号: 日期: 站点: 操作者: | | | |
|-------------------------------------|--|-----------------|-----------------------|
| 序号 | 对被标校光谱仪的操作步骤 | 状况 ^a | 要求 |
| 1 | 光谱仪的水平状况检查 | | |
| 2 | 检查光谱仪电源连接,应符合 QX/T 172—2012 中 6.1.4 规定 | | |
| 3 | 检查太阳天顶角(72°以下) | | |
| 4 | 启动被标校光谱仪 | | |
| 5 | 检查时间,日期与标准光谱仪一致 | | |
| 6 | 做 pdsrsi 测试,了解光谱仪对太阳情况 | | |
| 7 | 在“press HOME to stop”状态下标准光谱仪回到主菜单下 | | |
| 8 | 被标校光谱仪和标准光谱仪同步进行 cal. skd 标校观测模式 | | |
| 9 | 中午 ds 观测期间两台光谱仪是否准确对准太阳检查 | | |
| 10 | 下午期间 ds 观测期间两台光谱仪是否准确对准太阳检查 | | 太阳天顶角在 72°以上 |
| 11 | cal. skd 观测应接近一个整晴天(太阳天顶角至少 45°~75°) | | 太阳天顶角在 95°以上 |
| 12 | 退出 cal. skd | | |
| 13 | 进行 UV 光谱响应函数标校,应符合 QX/T 172—2012 中 7.2 的规定 | | 应用 2~3 个 1000 W 的标准光源 |
| 14 | 退出 UV 光谱响应函数标校,回归主菜单下 | | |
| 15 | 根据比对观测数据再次确定被标校光谱仪新的 ICF | | |
| 16 | 根据步骤 13,确定被标校光谱仪 UV 光谱响应函数 | | |
| 17 | 调整被标校光谱仪 OP_ST 文件用的 ICF 和 UV 光谱响应文件 | | 参见附录 B、附录 D |
| 18 | 关闭光谱仪电源并重新启动被标校光谱仪,进入 cal. skd 观测模式 | | 新 ICF 仅光谱仪重启时才开始被应用 |
| ^a 划√和×分别表示完成或未完成的状况。 | | | |

附 录 I
(规范性附录)
光谱仪标校总结记录

表 I.1 规定了光谱仪标校总结记录格式。

表 I.1 光谱仪标校总结记录表

| 光谱仪序列号： 日期： 站点： 填写人： | | | | | |
|---|---|------|---------|-------|---|
| 类别 | 具体内容 | 上次标校 | 本次标校维护前 | 本次标校后 | 备注 |
| | AP 5 V 电压 PMT 电压 RS 检测* DT(高位) R6/R5 FI 滤光片#1 值 滤光片#2 值 滤光片#3 值 滤光片#4 值 50 W—QL 50 W TU 运行检测 HC | — | | | 5.0 V±0.1 V 900 V~1500 V 0.997~1.002 (2.0~4.0)×10 ⁻⁹ s 误差在±5% 2112±10 步数 一般为 0 |
| ICF 关键参数 | ETC 臭氧/二氧化硫 | | | | |
| | ETC 臭氧/二氧化硫 | — | | | SL 订正 ETC |
| | SC 测值 | | | | |
| 臭氧总量测值 (单位:DU) | 标准/被标 | | | — | 应用上次 ICF 中 ETC |
| | 标准/被标 | | | — | 应用随 SL 订正 ETC |
| | 标准/被标 | — | — | | 应用新 ICF 中 ETC |
| 二氧化硫总量 (单位:DU) | 标准/被标 | | | — | 应用上次 ICF 中 ETC |
| | 标准/被标 | | | — | 应用随 SL 订正 ETC |
| | 标准/被标 | — | — | | 应用新 ICF 中 ETC |
| 同步 DUV (单位:mW/m ²) | 标准/被标 | | | — | 上次 UVR |
| | 标准/被标 | | | — | 维护前 UVR |
| | 标准/被标 | | | | 新 UVB 响应函数 |
| 被标光谱仪文件使用记录 | ICF | | | | |
| | UVR 文件 | | | | |
| | 软件版本 | | | | |
| ^a 测值在 0.997~1.002 划“√”，否则划“×”；“—”不填。 | | | | | |

附 录 J
(规范性附录)
光谱仪的拆卸、包装和运输

J.1 拆卸前的测试

对光谱仪做以下检测：

- a) 3个50 W UV灯做UV稳定性测试；
- b) 完成UV稳定性检测之后，光谱仪在夜间应做如下APHPHGSLDTRSB2CIB0HGCIHGFISL以进一步了解仪器的稳定特性。

J.2 水平跟踪器的包装

要求如下：

- a) 水平跟踪器上面三个突起部分，用海绵包盖；
- b) 将水平跟踪器平面部分朝下好放入；
- c) 将两根电缆线沿着水平跟踪器的底座圆柱盘呈圆形放在水平跟踪器箱里。

J.3 光谱仪的包装

要求如下：

- a) 将光谱仪卸下后尽量保持光谱仪在与地面平行的状态将光谱仪抬到室内；
- b) 将光谱仪箱打开，依据附录B的表B.1中步骤4拍摄的照片要求，将光谱仪内部垫海绵防撞。重点部位是两个灯室底部、光电倍增管底部、前置光学系统底部、UVB—石英窗底座、光谱仪黑盒子四周及底座。保持各个光学器件在受到冲击时能有相对的缓冲；
- c) 将新烘干干燥剂放入光谱仪内，再次检查各个部件海绵填垫情况，干燥剂的放置是否合适；
- d) 将光谱仪外盖盖住扣紧。将石英窗口用长条板形的海绵盖上，用透明胶带贴上；
- e) 将UVB—石英窗用保护盖盖住；
- f) 将光谱仪的外盖包一层塑料泡沫纸(带圆泡形的)之后将光谱仪放在箱里；
- g) 将已包装好的串口(符合RS232)转换器及其电源等部件放在光谱仪的石英窗口所剩下的空间里；
- h) 盖上光谱仪外箱，运输。

J.4 光谱仪的运输

要求如下：

- a) 三脚架和水平跟踪器的箱子可走公共物流运输。
- b) 光谱仪由操作者随身携带长途运输。

附 录 K
(资料性附录)
标校证书

标校证书包括以下信息：

- a) 标校证书标题；
- b) 标校单位名称和地址；
- c) 标校地点和日期；
- d) 证书的唯一性标识,每页及总页数的标识；
- e) 被标校对象所属单位的名称和地址；
- f) 被标校对象的描述和明确标识；
- g) 标校所依据的技术规范的标识,包括名称和代号等；
- h) 本次标校所用测量标准的溯源及有效性说明；
- i) 标校环境的描述；
- j) 标校结果及其测量不确定度的说明；
- k) 标校证书签发人的签名、职务或职称,以及签发日期；
- l) 标校结果仅对被标校对象有效的声明；
- m) 声明：“未经标校单位书面批准,不得部分复制证书”。

参 考 文 献

- [1] JJF 1002—1998 国家计量检定规程编写规则
- [2] JJF 1071—2000 国家计量校准规范编写规则
- [3] 中国气象局监测网络司. 全球大气监测观测指南[M]. 北京:气象出版社,2003
- [4] China Brewer calibration reports[Z], 1991,1996,1999,2002,2004,2006,2008,2010,2012,2014. <http://www.ios.ca/>
- [5] Brewer MK II Spectrophotometer Operator's and Acceptance Manuals, SCI-TEC Instruments[Z]. Inc.,Saskatoon, Saskatchewan, Canada, 1992
-

中华人民共和国
气象行业标准
Brewer 光谱仪标校规范
QX/T 532—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:1.75 字数:52.5 千字
2020 年 1 月第 1 版 2020 年 1 月第 1 次印刷

*

书号:135029-6114 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