

ICS 13.020.01

CCS Z 10

T

团体标准

T/CEATEC XXX—2026

天地一体化高光谱遥感温室气体监测 系统性能评价规范

Space-ground integrated hyperspectral remote sensing greenhouse gas
monitoring system performance evaluation specification

2026-X-XX 发布

2026-X-XX 实施

中国欧洲经济技术合作协会 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 评价原则与要求 1

 4.1 评价原则 1

 4.2 设备要求 2

 4.3 人员要求 2

 4.4 试验环境要求 2

5 性能评价指标 2

6 试验方法 3

 6.1 光谱性能试验 3

 6.2 监测精度试验 3

 6.3 时空分辨率试验 3

 6.4 系统运行稳定性试验 4

 6.5 数据有效率试验 4

7 取值及判定规则 4

 7.1 数据取值与修约规则 4

 7.2 性能等级判定规则 4

 7.3 复测规则 4

8 评价结果 4

 8.1 评价报告 4

 8.2 原始资料归档 4

 8.3 结果异议处理 5

 8.4 结果应用要求 5

前言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

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专利的责任。

本文件由中国欧洲经济技术合作协会提出并归口。

本文件主要起草单位：。

本文件主要起草人：。

本文件为首次编制。

天地一体化高光谱遥感温室气体监测系统性能评价规范

1 范围

本文件规定了天地一体化高光谱遥感温室气体监测系统性能评价的评价原则与要求、性能评价指标、试验方法、取值及判定规则、评价结果。

本文件适用于由星载高光谱监测平台、机载高光谱监测平台、地面定点与移动高光谱监测终端组成的天地一体化温室气体协同监测系统，针对大气垂直柱浓度、区域二维浓度分布、点源排放通量三项核心监测能力开展的性能评价工作。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；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。

GB/T 8170 数值修约规则与极限数值的表示和判定

GB/T 36297 光学遥感载荷性能外场测试评价指标

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

天地一体化高光谱遥感温室气体监测系统 space-ground integrated hyperspectral remote sensing greenhouse gas monitoring system

集成天基卫星高光谱探测、空基航空器高光谱观测、地基定点与移动高光谱监测设备，配套数据处理、质量控制、成果输出模块，实现大气温室气体立体、协同、定量监测的一体化技术系统。

3.2

光谱分辨率 spectral resolution

高光谱载荷能够分辨的最小光谱波段间隔，星载设备采用波数单位（ cm^{-1} ），机载、地面设备采用波长单位（ nm ），是区分高光谱与多光谱载荷的核心指标。

3.3

监测准确度 monitoring accuracy

系统监测结果与国际基准真值之间的偏离程度，采用绝对误差、相对误差表征，反映监测结果的真实可靠性。

4 评价原则与要求

4.1 评价原则

4.1.1 科学性原则

所有评价指标、试验方法、计算公式均应符合国家现行遥感监测及环境监测标准，指标阈值应结合国内主流商用高光谱载荷实测数据划定，评价体系应贴合工程实际。

4.1.2 公正性原则

评价全过程应采取盲样测试、平行双样测试机制，测试设备应经计量溯源校准，测试人员不得篡改原始数据，全程留存测试原始记录、环境参数记录及影像资料，保证评价结果客观公正。

4.1.3 可复现性原则

同一套监测系统、同一测试条件下，不同检测人员、不同测试时间开展重复评价，最终等级判定结果偏差不应超过1个等级，试验流程、计算方法应完全统一，满足第三方检测复现要求。

4.1.4 分层适配原则

针对星载广域监测、机载区域监测、地面高精度监测不同应用定位，差异化设置分层指标阈值，兼顾三层平台功能差异，保证评价结果贴合各层级设备设计定位。

4.2 设备要求

4.2.1 被测设备要求

被测设备要求如下：

- a) 参与评价的星载、机载、地面高光谱监测设备应整机完好，光路无损伤、探测器无老化故障，硬件无私自改装情况；
- b) 设备距离上一次计量校准有效期不超过12个月，具备合法有效的计量校准证书；
- c) 设备开机后应预热30min，完成暗电流校准、波长校准、辐射定标后方可开展测试。

4.2.2 测试设备要求

测试设备要求如下：

- a) 试验配套标准光源、标准光谱灯、计量靶标、TCCON基准比对设备均应具备CNAS认可计量证书，测试期间处于计量有效期内；
- b) 所有标准测试设备测试前应完成自检，确保自身误差远低于被测系统允许误差。

4.3 人员要求

参与评价的人员应满足以下要求：

- a) 所有参与评价工作人员应遵守检测保密制度，不得泄露被测设备参数、原始测试数据及最终评价结论；
- b) 现场测试人员应具备大气环境监测或高光谱遥感相关专业从业经验，熟悉试验流程与异常工况处置方式，每年至少完成1次相关专项实操培训；
- c) 数据审核人员应独立完成原始数据复核、计算过程核验、等级结果终审，熟悉监测数据质控规范与数值修约规则。

4.4 试验环境要求

4.4.1 室内试验环境

适用于光谱分辨率、信噪比、零点漂移等硬件基础性能测试，环境温度（20±5）℃，相对湿度（50±10）%，大气压80kPa~101kPa；实验室无杂散光干扰、无工频电磁干扰、无地面振动。

4.4.2 外场试验环境

适用于大气浓度监测准确度、精密度、协同一致性测试，要求无降水、无沙尘、无厚云层遮挡，近地面风速≤5m/s；太阳高度角控制在30°~60°，观测场地开阔无遮挡。

5 性能评价指标

从光谱性能、监测精密度、时空分辨率、系统运行稳定性、数据传输性能五大维度，明确系统量化评价指标，所有指标阈值为系统合格判定的最低标准，具体参数见表1。

表1 天地一体化高光谱遥感温室气体监测系统性能评价指标及阈值

一级指标	二级评价参数	监测对象	星载系统阈值	机载系统阈值	地面系统阈值
光谱性能	光谱分辨率	全波段	≤2.2nm	≤0.3nm	≤0.15nm

	信噪比（SNR）	全波段	≥320	≥280	≥300
	波段覆盖范围	温室气体特征波段	1594nm~2380nm	1580nm~2400nm	1550nm~2420nm
监测准确度	柱浓度绝对误差	CO ₂	≤1.0ppm	≤0.8ppm	≤0.5ppm
		CH ₄	≤5.0ppb	≤3.0ppb	≤2.0ppb
		N ₂ O	≤1.5ppb	≤1.0ppb	≤0.6ppb
监测精密度	重复监测RMSE	CO ₂	≤1.2ppm	≤0.9ppm	≤0.6ppm
		CH ₄	≤6.0ppb	≤4.0ppb	≤2.5ppb
		N ₂ O	≤1.8ppb	≤1.2ppb	≤0.8ppb
时空分辨率	空间分辨率	全域监测	≤10km×10km	≤100m×100m	≤10m×10m
	时间分辨率	连续监测	≤24h	≤1min（单谱）	≤30s（单谱）
系统运行稳定性	24h零点漂移量	全监测工况	≤±0.5ppm	≤±0.3ppm	≤±0.2ppm
数据传输性能	72h连续运行数据有效率	全时段监测	≥95%	≥96%	≥98%

6 试验方法

6.1 光谱性能试验

6.1.1 光谱分辨率

采用标准光谱灯进行扫描测试，记录设备可分辨的最小光谱间隔，连续测试10次，取平均值作为最终结果。

6.1.2 信噪比

在标准均匀光照环境下，采集空白背景光谱数据，通过信号均值与噪声标准差的比值计算信噪比，计算公式应符合GB/T 36297的规定，重复测试8次，剔除异常值后取均值。

6.2 监测精度试验

6.2.1 准确度测试

选取TCCON站点同步观测数据作为参考真值，被测监测系统与TCCON基准设备开展同步观测试验，每小时采集1组有效监测数据，连续不间断测试24h，共计获取24组平行有效样本，分别计算绝对误差与相对误差，计算公式如下：

$$\Delta X = X_c - X_z \cdots \cdots (1)$$

$$\delta = \frac{|\Delta X|}{X_z} \times 100\% \cdots \cdots (2)$$

式中：

ΔX ——绝对误差，单位为ppm；

X_c ——监测值，单位为ppm；

X_z ——真值，单位为ppm；

δ ——相对误差，单位为%；

6.2.2 精密度测试

同一测试环境下，连续30次重复监测同一区域温室气体浓度，计算30组数据的均方根误差RMSE，计算公式参照GB/T 36297的规定。

6.3 时空分辨率试验

6.3.1 空间分辨率

通过标准靶标成像测试，统计系统可识别的最小监测网格尺寸，重复测试5次，取最大值作为判定依据。

6.3.2 时间分辨率

记录从光谱采集启动、数据传输、反演计算到结果输出的全流程耗时，连续测试20次，取最大值作为系统时间分辨率指标。

6.4 系统运行稳定性试验

设备空载预热稳定后，连续24h不间断监测，每30min记录1次零点数值，计算24h内零点最大漂移量，判定是否符合阈值要求。

6.5 数据有效率试验

连续72h不间断运行系统，统计有效数据条数与应采集数据总条数的比值，计算公式见公式（3），计算结果保留2位小数。

$$\text{数据有效率} = \text{有效数据量} / \text{总数据量} \times 100\% \cdots \cdots (3)$$

7 取值及判定规则

7.1 数据取值与修约规则

7.1.1 数值修约

所有试验数据修约应按照GB/T 8170的规定进行，浓度类数据保留2位小数，百分比数据保留1位小数，禁止连续修约。

7.1.2 异常值剔除

采用格拉布斯检验法进行异常数据剔除，置信水平95%，每组试验剔除异常值数量不应超过总样本量的10%，超出比例重新试验。

7.1.3 极限数值判定

采用修约值比较法，测试结果修约后直接与标准限值对比，不允许未修约原始数据直接判定等级。

7.2 性能等级判定规则

结合全部必测指标测试结果，将系统性能划分为一级（优秀）、二级（合格）、三级（不合格）三个等级，判定规则无折中空间，具体划分标准见表2。

表2 系统性能等级划分要求

性能等级	指标达标要求	一体化协同要求	适用场景
一级（优秀）	全部指标优于限值10%及以上，无任何指标贴近限值	三层数据平均相对偏差 $\leq 10\%$	国家级碳监测专项、高精度科研观测
二级（合格）	全部指标满足限值要求，至多1项指标等于限值，无指标超标	三层数据平均相对偏差 10%~15%	区域生态环境日常监测、市级碳核算
三级（不合格）	≥ 1 项指标超出标准限值	三层数据平均相对偏差 $> 15\%$	禁止投入正式监测使用，需整改复测

7.3 复测规则

初评判定为不合格的系统，整改完成后可开展1次复测；复测仍不合格，直接判定系统永久不合格，不得再次参与评价。

8 评价结果

8.1 评价报告

评价完成后应出具正式的系统性能评价报告，报告内容应包括：评价基础信息、评价依据、标准试验环境参数、全指标原始测试数据、数据修约计算过程、单项指标达标判定、系统综合等级结论、复测说明（如有）、检测人员及审核人员签字。

8.2 原始资料归档

所有评价原始资料应实行纸质版与电子版双归档，归档资料包含：设备校准证书、试验原始记录表、环境参数记录表、平行样数据、异常值剔除说明、现场试验影像，资料保存期限不少于3年，满足溯源核查要求。

8.3 结果异议处理

被评价方对评价结果存在异议，可在收到报告7个工作日内提交书面复核申请；复核仅调取原始试验数据重新核算，不重复开展现场试验，复核结论为最终评价结果。

8.4 结果应用要求

仅一级、二级系统可用于官方温室气体监测及碳核算工作；三级不合格系统严禁接入区域碳监测专网，不得用于碳排放数据上报与核查。
