



中华人民共和国国家标准

GB/TXXXXX—XXXX

遥感载荷外场自动化辐射定标系统技术规范

Technical specification for field automatic radiometric calibration system of remote sensor

点击此处添加与国际标准一致性程度的标识

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上

(征求意见稿)

(本稿完成日期：2023-12-18)

XXXX-XX-XX 发布

-XX-XX 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会 发布

目 次

前 言	1
引 言	2
1 范围	3
2 规范性引用文件	3
3 术语和定义	3
4 自动化辐射定标系统组成	4
5 地面测量目标分系统技术要求	5
6 外场自动化测量分系统技术要求	5
6.1 仪器设备配置	5
6.2 仪器设备运行	5
6.3 数据获取	6
7 外场测量数据自动处理分系统技术要求	6
7.1 通则	6
7.2 测量数据自动筛选及预处理	7
7.3 地面均匀目标地表反射率光谱自动计算	7
8 载荷无关大气层顶光谱辐亮度/反射率自动计算分系统技术要求	7
9 遥感载荷自动化辐射定标及不确定度计算分系统技术要求	7
10 检查方法	7
附 录 A（资料性） 遥感载荷外场自动化辐射定标参数计算方法	8
A.1 地面均匀目标地表反射率光谱计算	8
A.2 载荷无关大气层顶光谱辐亮度/反射率计算	9
A.3 遥感载荷自动化辐射定标系数计算	9
附 录 B（资料性） 遥感载荷外场自动化辐射定标不确定度分析	11
B.1 不确定度来源	11
B.2 不确定度评定	11
B.3 不确定度合成	11
参考文献	14

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。

本文件由中国科学院提出。

本文件由全国遥感技术标准化技术委员会（SAC/TC 327）归口。

本文件起草单位：中国科学院空天信息创新研究院、中国资源卫星应用中心、农业农村部规划设计研究院、国家卫星气象中心、中国科学院合肥物质科学研究院、中国科学院地理科学与资源研究所、中国计量科学研究院、自然资源部国土卫星遥感应用中心、中国科学院长春光学精密机械与物理研究所、中国农业科学院农业资源与农业区划研究所、国家卫星海洋应用中心、内蒙古北方重工业集团有限公司。

本文件主要起草人：马灵玲、韩启金、王宁、刘耀开、赵永光、李婉、王新鸿、常胜、高彩霞、王任飞、郑小兵、李元、刘恩超、吴骅、代彩红、姚娜、李召良、唐洪钊、王玉鹏、李传荣、唐伶俐、刘照言、钱永刚、邱实、段四波、吴志峰、李玲、宋庆君、郑青川、侯晓鑫。

引 言

高频次、自动化外场辐射定标技术是目前遥感载荷外场辐射定标的发展热点。随着国内外自动辐射定标场的陆续建立和投入使用，基于自动辐射定标场的高频次、自动化在轨场地辐射定标技术得到了长足的发展，积累了大量的经验和技术资料，但目前未对此进行系统的归纳总结，没有形成相关的标准和规范文件。

本文件旨在推动遥感载荷外场自动化辐射定标工作的规范化运行，保证遥感载荷外场辐射定标的常态化和结果稳定性，进而支撑我国遥感载荷开展高频次外场辐射定标及遥感辐射产品的定量化应用，并参与国际统一质量标准的场地资源共享，提升与国外同类遥感数据产品之间辐射质量的可比性。

遥感载荷外场自动化辐射定标系统技术规范

1 范围

本文件规定了遥感载荷外场自动化辐射定标系统的组成，以及地面测量目标、外场自动化测量、外场测量数据自动处理、载荷无关大气层顶光谱辐亮度/反射率自动计算、遥感载荷自动化辐射定标及不确定度计算各分系统的技术要求。

本文件适用于陆地、气象、海洋等系列卫星遥感载荷可见光、近红外、短波红外波段的外场自动化辐射定标。

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 34509.1—2017 陆地观测卫星光学遥感器在轨场地辐射定标方法 第1部分：可见光近红外

GB/T 36299—2018 光学遥感辐射传输基本术语

GB/T 38935—2020 光学遥感器在轨成像辐射性能评价方法 可见光-短波红外

3 术语和定义

GB/T 34509.1—2017、GB/T 36299—2018和GB/T 38935—2020界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

自动化辐射定标 automatic radiometric calibration

利用自动观测设备对辐射定标场地面均匀目标及大气光学特性进行常态化测量，经过大气辐射传输计算，建立遥感载荷对辐射定标场地面目标的观测值与遥感载荷入瞳处辐亮度或者反射率之间定量关系的过程。

3.2

目标反射特性自动测量系统 automatic measurement system for target reflective characteristics

安装于辐射定标场，按一定时间间隔自动采集辐射定标场地面均匀目标反射光谱辐亮度的测量系统。

3.3

地面均匀目标 ground homogeneous target

大面积、均匀且具有特定光谱特征，适用于遥感载荷在轨场地辐射定标的自然场景或者人工目标。

3.4

自动辐射定标场 automatic radiometric calibration site

包含地面均匀目标，并配备目标反射特性自动测量系统、大气和气象自动观测设备，能够实施自动化辐射定标的定标场。

3.5

载荷无关大气层顶光谱辐亮度 sensor-independent top-of-atmosphere spectral radiance

以自动观测设备测量的地面均匀目标反射和大气特性为输入，利用大气辐射传输模型计算得到的大气层顶高光谱辐亮度数据，将它与遥感载荷对应通道的光谱响应函数进行卷积获得的遥感载荷入瞳处通道辐亮度。

注：单位为瓦每平方米球面度微米 $[W/(m^2 \cdot sr \cdot \mu m)]$ 。

3.6

载荷无关大气层顶光谱反射率 sensor-independent top-of-atmosphere spectral reflectance

载荷无关大气层顶光谱辐亮度与大气层顶入射太阳辐射亮度之间的比值，将它与遥感载荷具体通道的光谱响应函数进行卷积获得的遥感载荷入瞳处通道反射率。

3.7

标准参考板 standard reference panel

测量地面均匀目标地表反射率时作为标准目标使用的参考板，其反射率特性精准已知。

4 自动化辐射定标系统组成

遥感载荷外场自动化辐射定标系统组成及各分系统之间的关系见图1，应包括地面测量目标分系统、外场自动化测量分系统、外场测量数据自动处理分系统、载荷无关大气层顶光谱辐亮度/反射率自动计算分系统、遥感载荷自动化辐射定标及不确定度计算分系统五个部分。

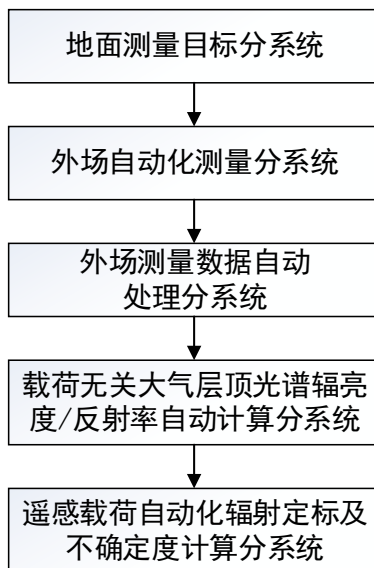


图1 遥感载荷外场自动化辐射定标系统组成图

- 地面测量目标分系统：即地面均匀目标。例如，戈壁自然场景目标、灰色砾石人工目标等。
- 外场自动化测量分系统：对地面均匀目标的反射特性、大气和气象参数进行常态化自动测量的仪器设备。例如，用于地面目标反射特性自动测量的目标反射特性自动测量系统，用于气溶胶光学厚度和水汽含量等大气参数自动化测量的全自动太阳分光光度计，用于气象参数获取的风速风向自动测量仪和云覆盖全天空成像仪等。
- 外场测量数据自动处理分系统：对外场自动化测量分系统常态化自动获取的数据进行自动预处理，得到载荷无关大气层顶光谱辐亮度/反射率计算所需要的输入参数。例如，对目标反射特

性自动测量系统自动测量的地面均匀目标反射特性数据进行预处理，得到地面目标的地表反射率光谱；对太阳分光光度计自动测量的太阳直射辐射数据进行预处理，得到气溶胶光学厚度和水汽含量等大气参数；对全天空成像仪自动测量的云覆盖图片进行预处理，得到上空云覆盖数据等。

- d) 载荷无关大气层顶光谱辐亮度/反射率自动计算分系统：基于外场测量数据自动处理分系统输出的地面均匀目标地表反射率光谱、气溶胶光学厚度、水汽含量等参数，利用大气辐射传输模型（如MODTRAN或者6S）自动计算得到载荷无关的大气层顶光谱辐亮度/反射率。
- e) 遥感载荷自动化辐射定标及不确定度计算分系统：根据待辐射定标的遥感载荷通道光谱响应函数，对匹配的载荷无关大气层顶光谱辐亮度/反射率进行光谱卷积运算，得到遥感载荷对应通道的大气层顶通道辐亮度/反射率，并结合遥感载荷对地面均匀目标的实际观测值，通过线性拟合计算得到遥感载荷各通道定标系数；同时，自动计算遥感载荷自动化辐射定标过程中各项输入参数不确定度对最终定标结果不确定度的贡献，主要包括遥感载荷入瞳处辐亮度/反射率不确定度、遥感载荷观测数据相对辐射校正、场地多角度效应、地面-影像空间匹配误差等不确定度因素，通过误差传递理论计算得到遥感载荷自动化辐射定标结果的总体不确定度。

5 地面测量目标分系统技术要求

地面测量目标分系统应符合如下要求：

- a) 所在区域海拔高程大于 1000m；
- b) 面积不小于待定标遥感载荷的 10 像元×10 像元；
- c) 具有良好的朗伯特性，地表光谱反射率变化较为平缓；
- d) 具有良好的空间均匀性，且空间差异不大于 3%；
- e) 周边环境中无影响遥感载荷外场自动化辐射定标的遮挡物。

6 外场自动化测量分系统技术要求

6.1 仪器设备配置

外场自动化测量仪器设备应符合如下配置要求：

- a) 目标反射特性自动测量系统不少于 1 套，且满足光谱范围覆盖 400nm~2500nm，光谱辐亮度测量精度优于 3%，时间采样频率优于 3min；
- b) 全自动太阳分光光度计不少于 1 套，且满足光谱波段至少包括 340nm、380nm、440nm、500nm、675nm、870nm、936nm、1020nm 和 1640nm 共 9 个波段，辐照度测量精度优于 0.1%，太阳跟踪精度优于 0.01°，时间采样频率优于 10min；
- c) 自动温湿压测量仪不少于 1 套，且满足温度测量范围 (-35±0.2) °C~(+60±0.2) °C，相对湿度测量范围 0%~100%，时间采样频率优于 1min；
- d) 风向风速测量仪不少于 1 套，且满足风速测量范围 0mph~112 mph (50 m/s)，风向测量范围 0°~360°，时间采样频率优于 1min；
- e) 全天空成像仪 1 套，且满足视场角 180°，时间采样频率优于 10min。

6.2 仪器设备运行

外场自动化测量仪器设备运行应符合如下要求：

- a) 布设位置：目标反射特性自动测量系统应布设于地面均匀目标的中间位置，距离边缘不少于 1m，以降低背景反射的影响；全自动太阳分光光度计、自动温湿压测量仪、风向风速测量仪以及全天空成像仪等自动测量设备应布设于无遮挡的空旷区域；

- b) 自动化运行：至少保证 9:00~15:00（地方时）处于自动运行状态；
- c) 测量精准性：定期采用人工或自校准方式进行标定，并确定测量不确定度；
- d) 测量重复性：重复性小于 1%；
- e) 温度敏感性：性能对温度变化的响应小或者能够自动实时测定温度变化并进行校准；
- f) 持续供电能力：配备固定电源或者太阳能电池板等自主供电设备；
- g) 自动存储能力：具备不少于三个月的观测数据存储能力；
- h) 可传输性：支持远程测控和远程数据传输，如支持移动通信终端通用分组无线业务（GPRS）或北斗（卫星）远程传输；
- i) 可维护性和安全性：具备工作状态自动监测功能，方便工作人员检查维护，并且具备防止人为和自然破坏的安全措施。

6.3 数据获取

数据获取要求如下：

- a) 目标反射特性：采用目标反射特性自动测量系统测量地面均匀目标的反射辐亮度光谱，进而计算地表反射率光谱。测量频率宜不低于 1 次/10min。
- b) 大气参数：采用全自动太阳分光光度计自动测量太阳直射辐照度，用于计算气溶胶光学厚度、垂直柱水汽总含量。测量频率宜不低于 1 次/10min。
- c) 气象参数：包括地面温度、湿度和大气压强，地面风向、风速，云量状态。测量频率宜不低于 1 次/10min。

7 外场测量数据自动处理分系统技术要求

7.1 通则

外场测量数据自动处理分系统应具备测量数据自动读取筛选及预处理、地面均匀目标地表反射率光谱计算等功能，业务流程见图2。

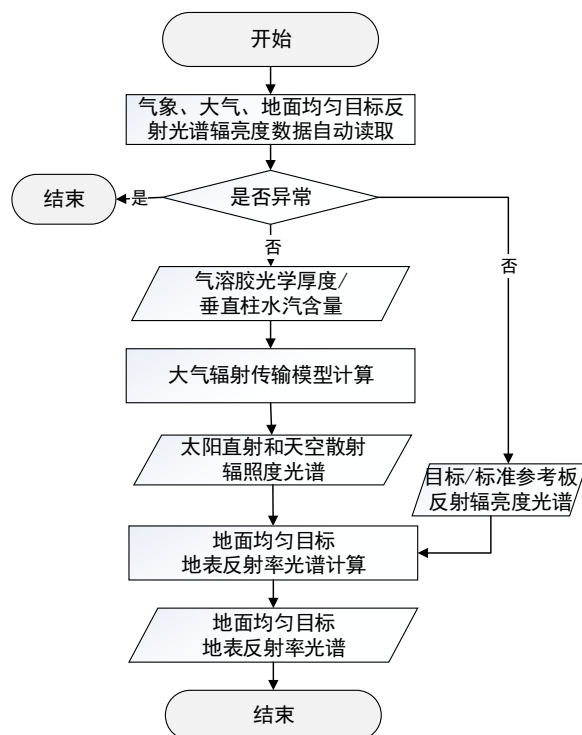


图2 外场测量数据自动处理分系统业务流程

7.2 测量数据自动筛选及预处理

测量数据自动读取、筛选并进行预处理，筛选时应满足如下质量控制条件：

- a) 天气晴朗，目标区周边 10 km² 内天顶无云；
- b) 气溶胶光学厚度小于 0.3；
- c) 气温在 0℃ 以上；
- d) 风力小于 4 级。

7.3 地面均匀目标地表反射率光谱自动计算

应利用借助参考板实测，或者由气溶胶光学厚度和水汽含量等大气参数驱动大气辐射传输模型计算，得到到达地表总辐照度光谱以及目标特性自动观测系统测量的目标反射辐亮度光谱，计算地面均匀目标地表反射率光谱，计算方法见附录A的A.1。

8 载荷无关大气层顶光谱辐亮度/反射率自动计算分系统技术要求

应基于地面目标地表反射率光谱、气溶胶光学厚度、水汽含量等参数，利用大气辐射传输模型（如MODTRAN或者6S）自动计算得到载荷无关大气层顶光谱辐亮度，然后计算载荷无关大气层顶光谱反射率，计算方法见A.2。

9 遥感载荷自动化辐射定标及不确定度计算分系统技术要求

应依据遥感载荷实际成像时间、观测几何等辅助信息，自动从载荷无关大气层顶光谱辐亮度/反射率标准产品文件中匹配和提取所需数据，并结合遥感载荷的通道光谱响应函数，计算得到遥感载荷对应通道的大气层顶通道辐亮度/反射率。在此基础上，应结合遥感载荷过境地面均匀目标的实际观测值，计算得到遥感载荷各通道的辐射定标系数，计算方法见A.3。此外，对遥感载荷自动化辐射定标系数的不确定度进行分析，具体分析方法见附录B。

10 检查方法

检查项应包括但不限于表1所列项。

表 1 遥感载荷外场自动化辐射定标系统检查项

检查项	检查内容	检查方法
自动化辐射定标系统组成	系统组成	检查自动化辐射定标系统组成的完备性，应符合6要求。
地面测量目标分系统技术要求	技术要求	检查地面测量目标分系统的完备性和正确性技术要求，应符合5要求。
外场自动化测量分系统技术要求	仪器设备配置	检查外场自动化测量分系统关于仪器设备配置的完备性和性能满足度，应符合6.1要求。

	仪器设备运行	检查外场自动化测量分系统关于仪器设备运行的技术要求满足度，应符合6.2要求。
	数据获取	检查外场自动化测量分系统关于数据获取的技术要求满足度，应符合6.3要求。
外场测量数据自动处理分系统技术要求	通则	检查外场测量数据自动处理分系统基本功能和业务流程的技术要求，应符合7.1要求。
	测量数据自动筛选及预处理	检查外场测量数据自动处理分系统测量数据自动筛选及预处理的技术要求，应符合7.2要求。
	地面均匀目标地表反射率光谱自动计算	检查外场测量数据自动处理分系统地面均匀目标地表反射率光谱自动计算的技术要求，应符合7.1要求。
载荷无关大气层顶光谱辐亮度/反射率自动计算分系统技术要求	技术要求	检查载荷无关大气层顶光谱辐亮度/反射率自动计算分系统的技术要求，应符合8要求。
遥感载荷自动化辐射定标及不确定度计算分系统技术要求	技术要求	检查遥感载荷自动化辐射定标及不确定度计算分系统的技术要求，应符合9要求。

附录 A

(资料性)

遥感载荷外场自动化辐射定标参数计算方法

A.1 地面均匀目标地表反射率光谱计算

地面均匀目标地表反射率光谱 $\rho_t(\lambda)$ 由公式 (1) 求取：

$$\rho_t(\lambda) = \frac{L_{target}(\lambda)}{E_{irrad}(\lambda) / \pi} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

$L_{target}(\lambda)$ ——目标反射特性自动测量系统测量的地面均匀目标的反射光谱辐亮度，单位为瓦每平方米球面度微米[W/(m²·sr·μm)]；

$E_{irrad}(\lambda)$ ——地面均匀目标的入射光谱辐亮度，单位为瓦每平方米微米[W/(m²·μm)]；

λ ——波长，单位为微米[μm]。

地面均匀目标的入射光谱辐照度获取通常采取两种方式：

a) 间接算法：利用大气辐射传输模型计算到达地表的太阳直射辐照度和天空辐照度，二者之和作为地面均匀目标的入射光谱辐照度 $E_{\text{irrad}}(\lambda)$ 。计算方法见公式（2）：

$$E_{\text{irrad}}(\lambda) = E_{\text{irrad}}^{\text{solar}}(\lambda) + E_{\text{irrad}}^{\text{sky}}(\lambda) \dots\dots\dots (2)$$

式中：

$E_{\text{irrad}}^{\text{solar}}(\lambda)$ ——大气辐射传输模型计算到达地表的太阳直射辐照度，单位为瓦每平方米微米[W/(m²·μm)]；

$E_{\text{irrad}}^{\text{sky}}(\lambda)$ ——大气辐射传输模型模拟到达地表天空辐照度，单位为瓦每平方米微米[W/(m²·μm)]。

b) 标准参考板比对测量法：通过目标反射特性自动测量系统测量标准参考板的反射光谱辐亮度，并结合实验室测定的标准参考板光谱反射率，计算得到地面均匀目标的入射光谱辐照度 $E_{\text{irrad}}(\lambda)$ 。计算方法见公式（3）：

$$E_{\text{irrad}}(\lambda) = \frac{\pi L_{\text{Ref}}(\lambda)}{\rho_{\text{Ref}}(\lambda)} \dots\dots\dots (3)$$

式中：

$L_{\text{Ref}}(\lambda)$ ——目标反射特性自动测量系统测量的标准参考板反射光谱辐亮度，单位为瓦每平方米球面度微米[W/(m²·sr·μm)]

$\rho_{\text{Ref}}(\lambda)$ ——实验室测定的标准参考板光谱反射率，无量纲。

A.2 载荷无关大气层顶光谱辐亮度/反射率计算

基于地面均匀目标的地表反射率光谱、气溶胶光学厚度、水汽含量等参数，利用大气辐射传输模型（如MODTRAN或者6S）自动计算得到载荷无关的大气层顶光谱辐亮度；在此基础上，将载荷无关大气层顶光谱辐亮度转换成载荷无关大气层顶光谱反射率，计算方法见公式（4）：

$$\rho^{\text{TOA}}(\lambda) = \frac{\pi L^{\text{TOA}}(\lambda) \cdot d^2}{E_{\text{extra}}^{\text{solar}}(\lambda)} \dots\dots\dots (4)$$

式中：

$\rho^{\text{TOA}}(\lambda)$ ——载荷无关大气层顶光谱反射率，无量纲；

L^{TOA} ——载荷无关大气层顶光谱辐亮度，单位为瓦每平方米球面度微米[W/(m²·sr·μm)]；

$E_{\text{extra}}^{\text{solar}}(\lambda)$ ——大气层外太阳照度，单位为瓦每平方米微米[W/(m²·μm)]；

d ——日地距离，单位为天文单位[Au]。

A.3 遥感载荷自动化辐射定标系数计算

依据遥感载荷实际成像时间、观测几何等辅助信息，自动从载荷无关大气层顶光谱辐亮度/反射率标准产品文件中匹配和提取所需数据，并结合遥感载荷的通道光谱响应函数，计算得到遥感载荷对应波段的大气层顶通道辐亮度/反射率。

计算方法见公式（5）和公式（6）：

$$L_i^{TOA} = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} R_i(\lambda) \cdot L^{TOA}(\lambda) d\lambda / \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} R_i(\lambda) d\lambda \quad \dots\dots\dots (5)$$

$$\rho_i^{TOA} = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} R_i(\lambda) \cdot \rho^{TOA}(\lambda) d\lambda / \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} R_i(\lambda) d\lambda \quad \dots\dots\dots (6)$$

式中：

L_i^{TOA} ——遥感载荷第*i*波段的大气层顶通道辐亮度，单位为瓦每平方米球面度微米[W/(m²·sr·μm)]；

ρ_i^{TOA} ——遥感载荷第*i*波段的大气层顶通道反射率，无量纲；

$R_i(\lambda)$ ——遥感载荷第*i*波段的光谱响应函数，无量纲；

λ_1 和 λ_2 ——光谱响应函数的光谱范围，单位为微米[μm]；

$L^{TOA}(\lambda)$ ——载荷无关大气层顶光谱辐亮度，单位为瓦每平方米球面度微米[W/(m²·sr·μm)]；

$\rho^{TOA}(\lambda)$ ——载荷无关大气层顶光谱反射率，无量纲。

基于计算得到遥感载荷对应波段的大气层顶通道辐亮度/反射率，结合遥感载荷过境地面均匀目标的实际观测值，计算得到遥感载荷的辐射定标系数。计算方法见公式（7）和公式（8）：

$$G_i^L = \frac{L_i^{TOA}}{DN_i} \quad \dots\dots\dots (7)$$

$$G_i^\rho = \frac{\rho_i^{TOA}}{DN_i} \quad \dots\dots\dots (8)$$

式中：

G_i^L ——遥感载荷第*i*波段的辐射定标系数，单位为瓦每平方米每球面度每微米[W/m² /sr/μm]；

G_i^ρ ——遥感载荷第*i*波段的辐射定标系数，无量纲；

DN_i ——遥感载荷第*i*波段的实际观测值，无量纲。

附录 B

(资料性)

遥感载荷外场自动化辐射定标不确定度分析

B.1 不确定度来源

遥感载荷外场自动化辐射定标全过程的不确定度来源主要包括以下方面：

- a) 自动测量仪器实验室定标的不确定度来源：一般需考虑实验室定标辐射基准源、测量仪器的波长误差、非线性、内部杂散光、外部杂散光等。其中实验室定标辐射基准源的不确定度由专业计量机构给出（比如中国计量科学研究院），影响因素包括：标准灯辐照度标定、标准灯老化及电压控制、漫反射板标定、“灯-板”距离误差、灯-板”系统安装、漫反射板非均匀性；
- b) 自动测量仪器野外测量环境变化的不确定度来源：一般需考虑自动测量仪器移动前后的稳定性、仪器测量噪声、仪器的温度敏感性等；
- c) 地面均匀目标地表反射率光谱计算的不确定度来源：一般需考虑地面均匀目标的入射辐照度不确定度和仪器测量地面均匀目标的反射光谱辐亮度不确定度。其中，对于间接计算法，地面均匀目标入射辐照度的不确定度来源一般包括大气辐射传输模型计算、太阳辐照度模型、气溶胶光学厚度和水汽含量测量以及场地气溶胶模式假设等；对于标准参考板比对测量法，地面均匀目标入射辐照度的不确定度来源一般包括仪器测量的标准参考板反射光谱辐亮度、标准参考板反射率、测量噪声等；
- d) 遥感载荷通道辐亮度/反射率计算的不确定度来源：一般需考虑地面均匀目标的地表反射率光谱计算、大气辐射传输计算、太阳辐照度模型、气溶胶光学厚度和水汽含量测量、场地气溶胶模式假设、地面目标非均匀性、邻近效应等；
- e) 定标系数计算的不确定度来源：一般需考虑遥感载荷观测数据相对辐射校正、场地双边反射分布函数（BRDF）、地面-影像空间匹配误差等。

遥感载荷自动化辐射定标不确定度来源的具体分析示例见附表B.1。

B.2 不确定度评定

在明确遥感载荷自动化辐射定标不确定度的所有来源后，需计算各不确定度来源对定标系数的不确定度贡献，一般有三种可选方式：

- a) 实验测试：设计测量实验，在实验室或者野外利用仪器进行测量，根据测量结果确定影响因素的不确定度。例如：光谱仪噪声、杂散光、非线性等因素引起的不确定度的计算；
- b) 蒙特卡洛模拟：针对一些复杂且难以利用数学公式直接表达的因素，利用蒙特卡洛模拟的方式确定其不确定度。例如：对于大气辐射传输计算中大气参数引起的不确定度，可根据大气参数误差设定大气参数的正态分布函数，根据该函数随机产生相应的大气参数数值，输入到大气辐射传输模型中进行模拟，重复这一过程上千次，统计模型模拟结果，计算其引起的不确定度；
- c) 经验评定：适用的情况下有的因素由专家根据合理的估计进行判断，前提是有充足的证据表明其判断的合理性。

B.3 不确定度合成

遥感载荷自动化辐射定标由所有来源因素的不确定度合成，不确定度合成的计算公式见GB/T 34509.1—2017附录A。

遥感载荷自动化辐射定标不确定度分析示例见表B.1。

表B.1 遥感载荷自动化辐射定标不确定度分析示例

序号	不确定度来源	不确定度因素	400nm	500nm	600nm	700nm	800nm	900nm	1000nm
1	自动 测量 仪器 实验 室定 标	标准灯辐照度标定	0.42	0.35	0.31	0.29	0.29	0.30	0.31
2		标准灯老化及电压控制	0.29	0.23	0.20	0.17	0.17	0.29	0.32
3		漫反射板标定	0.28	0.28	0.28	0.29	0.31	0.32	0.32
4		“灯-板”距离误差	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
5		“灯-板”系统安装	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
6		漫反射板非均匀性	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29
7		光谱仪波长误差	5.00	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	5.00
8		光谱仪响应非线性	0.60	0.37	0.28	0.28	0.28	0.38	0.60
9		光谱仪内部杂散光	1.91	1.26	0.17	0.16	0.01	0.00	0.00
10		外部杂散光	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
11	野外 测量 环境 变化	光谱仪测量稳定性	0.12	0.15	0.24	0.34	0.46	0.58	0.79
12		光谱仪测量噪声	0.41	0.19	0.12	0.11	0.19	0.20	0.28
13		光谱仪温度敏感性	3.38	0.25	0.23	0.30	0.54	0.96	1.97
14	地面 均匀 目标 反射 率光 谱计 算	太阳照度模型	1.5	1.35	1.05	0.95	1.05	1.05	0.95
15		大气辐射传输模型	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
16		气溶胶光学厚度误差	0.28	0.23	0.20	0.17	0.16	0.15	0.13
17		水汽含量误差	0.00	0.00	0.03	0.18	0.12	0.84	0.03
18		气溶胶模式假设	0.19	0.08	0.22	0.43	0.47	0.39	0.40
19	遥感 载荷 通道 辐亮 度/反 射率 计算	场地非均匀性	5.42	5.54	5.48	5.60	5.65	5.71	5.52
20		邻近效应	2.47	3.90	0.84	1.51	3.31	3.67	3.60
21		太阳照度模型	1.5	1.35	1.05	0.95	1.05	1.05	0.95
22		大气辐射传输模型	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
23		气溶胶光学厚度误差	0.55	0.51	0.45	0.41	0.37	0.36	0.29
24		水汽含量误差	0.01	0.01	0.02	0.16	0.11	0.80	0.03

25		气溶胶模式假设	0.17	0.26	0.09	0.62	0.80	0.71	0.88
26	定标 系数 计算	卫星数据相对辐射校正	-	-	-	-	-	-	-
27		场地 BRDF	-	-	-	-	-	-	-
28		地面-影像空间匹配误差	-	-	-	-	-	-	-

参 考 文 献

- [1] QJ 20335—2014 陆地观测卫星在轨场地定标大气参数测量规程
- [2] QX/T 266-2015 气象卫星光学遥感器场地辐射校正星地同步观测规范
- [3] GB/T 34509.1-2017 陆地观测卫星光学遥感器在轨场地辐射定标方法 第1部分：可见光近红外
- [4] GB/T 36299-2018 光学遥感辐射传输基本术语
- [5] GB/T 38935-2020 光学遥感器在轨成像辐射性能评价方法 可见光-短波红外