

QJ

中华人民共和国航天行业标准

FL 1680

QJ 20620—2016

陆地观测卫星光谱性能在轨测试方法

In-orbit test method for spectral characteristic of land observation satellite

2016—12—14 发布

2017—03—01 实施

国家国防科技工业局 发布

前 言

本标准的附录 A 为资料性附录。

本标准由中国航天科技集团公司提出。

本标准由中国航天标准化研究所归口。

本标准起草单位：中国资源卫星应用中心。

本标准主要起草人：张学文、傅俏燕、韩启金、刘 李、王爱春。

陆地观测卫星光谱性能在轨测试方法

1 范围

本标准规定了陆地观测卫星高光谱遥感器在轨光谱性能测试的方法，包括测试要求、测试程序、数据处理和不确定度分析等。

本标准适用于光谱范围在 $0.4\mu\text{m}\sim 2.5\mu\text{m}$ 的陆地观测卫星（以下简称卫星）色散型高光谱遥感器波段带宽、中心波长的在轨测试。其他类型的遥感卫星可参照使用。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包含勘误的内容）或修订版均不适用于本标准，然而，鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

GJB 2700 卫星遥感器术语

QJ 20094 陆地观测卫星地面处理系统术语

QJ 20331—2014 陆地观测卫星可见光近红外遥感器在轨场地定标方法

QJ 20334—2014 陆地观测卫星在轨场地定标地表光学特性测量规程

QJ 20335—2014 陆地观测卫星在轨场地定标大气参数测量规程

3 术语和定义

GJB 2700 和 QJ 20094 确立的以及下列术语和定义适用于本标准。

3.1

超高光谱 super hyperspectral

在 $0.4\mu\text{m}\sim 2.5\mu\text{m}$ 的波段范围内，光谱分辨率达到纳米级或更高。

4 测试要求

4.1 测试场地

场地特性要求如下：

- 场地面积一般不小于待测试遥感器的 $10\text{像元}\times 10\text{像元}$ ，地表均匀一致，反射率变化一般小于 3%；
- 场地表面应具有良好的朗伯特特性；
- 场地周边环境无影响测试的遮挡物。

4.2 天气条件

天气条件要求如下：

- 天气晴朗，目标区周边 10km^2 内天顶无云；
- 气溶胶光学厚度小于 0.25；
- 风力小于 4 级。

4.3 测量仪器

4.3.1 测量仪器组成

测量仪器一般包括：

- a) 光谱辐射计；
- b) 参考标准板；
- c) 太阳分光光度计；
- d) 无线电探空仪；
- e) 臭氧分光光度计；
- f) 温度湿度气压传感器；
- g) 风力风速测量仪；
- h) 定位仪器等。

4.3.2 测量仪器要求

测量仪器一般要求如下：

- a) 测量仪器的工作波段应涵盖卫星遥感器工作波段；
- b) 测量仪器在测试前应进行标定，在有条件的情况下宜进行现场标定；
- c) 用于大气参数测量的相关仪器要求按 QJ 20335—2014 中第 4 章的规定；
- d) 用于地表光学特性测量的相关仪器要求按 QJ 20334—2014 中第 4 章的规定。

5 测试程序

测试程序如下：

- a) 获取卫星及遥感器参数，包括待测卫星遥感器的光谱响应函数、辐射定标系数、观测路径几何参数和 L1 级影像数据；
- b) 获取同步地表数据，包括采用定位仪器获取场地地理参数、采用光谱辐射计和标准参考板获取场地光谱特性、采用太阳分光光度计获取大气气溶胶光学厚度和垂直柱水汽含量、采用臭氧分光光度计获取垂直柱臭氧含量和采用无线电探空仪测量不同大气层的温度、湿度和大气压强廓线；
- c) 将同步地表数据输入大气辐射传输模型，模拟超高光谱分辨率入瞳处辐亮度；
- d) 基于卫星遥感器光谱响应函数，利用不同偏移量值构建新的光谱响应函数；
- e) 将模拟超高光谱分辨率入瞳处辐亮度与新的光谱响应函数进行卷积，构建模拟光谱辐亮度；
- f) 在大气吸收峰或地物吸收特征附近，将高光谱遥感器入瞳处光谱辐亮度与构建的模拟光谱辐亮度进行光谱匹配；
- g) 匹配函数取最小值时，即得到高光谱遥感器每个波段的中心波长偏移和带宽变化。

6 数据处理

6.1 高光谱遥感器入瞳处光谱辐亮度

高光谱遥感器入瞳处光谱辐亮度 L_j 按公式 (1) 计算。

$$L_j = Gain_j \times DN_j + Bias_j \dots \dots \dots (1)$$

式中：

L_j ——卫星遥感器 j 通道入瞳处光谱辐亮度的数值，单位为瓦每平方米·球面度·微米 ($W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1} \cdot \mu m^{-1}$)；

$Gain_j$ —— j 通道的定标增益的数值, 单位为瓦每平方米·球面度·微米 ($W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1} \cdot \mu m^{-1}$);

DN_j —— j 通道卫星遥感观测值;

$Bias_j$ —— j 通道的定标偏置的数值, 单位为瓦每平方米·球面度·微米 ($W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1} \cdot \mu m^{-1}$)。

6.2 模拟超高光谱分辨率入瞳处辐亮度

基于辐射传输模型输入地面同步测量的数据, 模拟超高光谱分辨率入瞳处光谱辐亮度按公式 (2) 计算。

$$L_{TOA}(\lambda) = L_O(\lambda) + \frac{\rho(\lambda)T(\mu) E_d(\lambda)}{1 - S\rho(\lambda)} \frac{1}{\pi} \dots\dots\dots (2)$$

式中:

$L_{TOA}(\lambda)$ ——波长 λ 处模拟的超高光谱分辨率入瞳处光谱辐亮度的数值, 单位为瓦每平方米·球面度·微米 ($W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1} \cdot \mu m^{-1}$);

$L_0(\lambda)$ ——波长 λ 处的大气程辐射产生的光谱辐亮度的数值, 单位为瓦每平方米·球面度·微米 ($W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1} \cdot \mu m^{-1}$);

$\rho(\lambda)$ ——波长 λ 处的地表反射比因子;

$T(\mu)$ ——地表到大气顶部的总的透过率;

$E_d(\lambda)$ ——波长 λ 处当 $\rho = 0$ 时地表上总的入射辐射值, 单位为瓦每平方米·球面度·微米 ($W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1} \cdot \mu m^{-1}$);

S ——波长 λ 处的地表反射比因子。

6.3 构建新光谱响应函数

中心波长偏移 δ_1 , 带宽变化 δ_2 时, 光谱响应函数按公式 (3) 构建。

$$S(\lambda, \delta_1, \delta_2) = \exp\left[-\left(\frac{\lambda - \lambda_i - \delta_1}{(\sigma_i - \delta_2) / 2\sqrt{\ln 2}}\right)^2\right] \dots\dots\dots (3)$$

式中:

$S(\lambda, \delta_1, \delta_2)$ ——中心波长偏移 δ_1 , 带宽变化 δ_2 时的光谱响应函数;

λ ——波长的数值, 单位为微米 (μm);

λ_i ——实验室光谱定标参数中提供各通道的中心波长的数值, 单位为微米 (μm);

σ_i ——实验室光谱定标参数中提供的半波宽值, 单位为微米 (μm);

δ_1 ——中心波长偏移量值, 单位为微米 (μm);

δ_2 ——带宽变化量值, 单位为微米 (μm)。

6.4 构建模拟光谱辐亮度

模拟光谱辐亮度按公式 (4) 构建。

$$L(\lambda, \delta_1, \delta_2) = L_{TOA}(\lambda) \otimes S(\lambda, \delta_1, \delta_2) \dots\dots\dots (4)$$

式中:

$L(\lambda, \delta_1, \delta_2)$ ——中心波长偏移 δ_1 , 带宽变化 δ_2 时的模拟光谱辐亮度的数值, 单位为瓦每平方米·球面度·微米 ($W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1} \cdot \mu m^{-1}$)。

6.5 光谱匹配

光谱匹配按公式 (5) 计算, 当函数 $\chi^2(\delta)$ 取最小值时即得到中心波长偏移量和带宽变化。

$$\chi^2(\delta_1, \delta_2) = \sum_{\lambda=N_1}^{N_2} [L(\lambda, \delta_1, \delta_2) - L(\lambda)]^2 \dots\dots\dots (5)$$

式中：

$\chi^2(\delta_1, \delta_2)$ ——光谱匹配代价函数；

$L(\lambda)$ ——卫星高光谱传感器入瞳处光谱辐亮度的数值，单位为瓦每平方米·球面度·微米
($\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}\cdot\mu\text{m}^{-1}$)；

N_1 、 N_2 ——所选特征吸收峰值边界波段。

7 不确定度分析

7.1 不确定度分析一般要求

不确定度分析一般要求如下：

- a) 列出测量参量的不确定性因素；
- b) 测量或估算每个不确定性因素的不确定度；
- c) 根据测量参量的计算公式和不确定度合成规则，计算合成标准不确定度。

7.2 不确定度分析因素

光谱性能在轨测试方法的不确定因素包括以下几个方面（分析示例参见附录 A）：

- a) 地表光谱测量不确定性，主要包括标准参考板标定、漫射辐射校正和地表反射率测量误差等；
- b) 气溶胶光学厚度测量不确定性，主要包括大气总光学厚度误差和气溶胶光学厚度分离误差等；
- c) 大气吸收气体测量不确定性，主要包括水气含量测量误差、臭氧含量测量误差等；
- d) 气象参数测量不确定性，主要包括温度廓线测量误差、湿度廓线测量误差和压强廓线测量误差等；
- e) 大气辐射传输模型的固有精度；
- f) 卫星高光谱传感器辐射定标的精度。

7.3 不确定度计算方法

依据误差传递理论对光谱性能在轨测试的不确定度进行分析，相关分析计算公式见 QJ 20331—2014 中附录 A。

附 录 A
(资料性附录)

卫星光谱性能在轨测试的不确定度分析示例

卫星光谱性能在轨测试的不确定度分析示例参见表 A.1。

表 A.1 卫星光谱性能在轨测试的不确定度分析示例

序号	不确定度因素	不确定度 %
1	地表光谱测量误差	2.1
1.1	标准参考板的标定	0.5
1.2	漫射辐射的校正	0.5
1.3	地表反射率测量误差	2.0
2	气溶胶光学厚度测量误差	5.4
2.1	大气总光学厚度误差	5.0
2.2	气溶胶光学厚度分离误差	2.0
3	大气吸收气体测量误差	7.1
3.1	水气含量测量误差	5.0
3.2	臭氧含量测量误差	5.0
4	气象参数测量	2.4
4.1	温度廓线测量误差	2.0
4.2	湿度廓线测量误差	2.0
4.3	大气压强廓线测量误差	2.0
5	大气辐射传输模型固有精度	2.0
6	卫星高光谱传感器辐射定标精度	3.0
合成标准不确定度		—

中华人民共和国航天行业标准

陆地观测卫星光谱性能在轨
测试方法

QJ 20620—2016

*

中国航天标准化研究所出版

北京市丰台区小屯路 89 号

邮政编码：100071

中国航天标准化研究所

印务发行部印刷、发行

版权专有 不得翻印

*

2017 年 2 月出版

定价：16 元