

# QJ

## 中华人民共和国航天行业标准

FL 1690

QJ 20332—2014

---

### 陆地观测卫星热红外遥感器在轨场地 定标方法

**In-flight field calibration method for thermal infrared sensor of  
land observation satellite**

2014—11—20 发布

2015—02—20 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：傅俏燕、韩启金、王爱春、秦敬芳。



# 陆地观测卫星热红外遥感器在轨场地定标方法

## 1 范围

本标准规定了陆地观测卫星热红外遥感器在轨场地辐射定标方法，包括在轨场地辐射定标一般要求、数据获取、定标技术流程与计算方法、不确定度分析等内容。

本标准适用于陆地观测卫星热红外遥感器（ $8\mu\text{m}\sim 14\mu\text{m}$  波段）在轨场地辐射定标（以下简称在轨场地定标）。其它卫星的同类遥感器可参照使用。

## 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。

GB/T 14950 摄影测量与遥感术语

GJB 2700—1996 卫星遥感器术语

GJB 6702—2009 地面气象观测要求

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 20333—2014 陆地观测卫星在轨场地定标地表辐射特性测量规程

## 3 术语和定义

GB/T 14950 和 GJB 2700—1996 确立的以及下列术语和定义适用于本标准。

### 3.1

**热红外遥感器 thermal infrared remote sensor**

通过热红外敏感元件探测地球表面物体的热辐射能量，并将该辐射能量转化成与红外辐射强度成正比的地球表面温度场图像的遥感仪器。

## 4 在轨场地定标一般要求

### 4.1 红外辐射校正场

#### 4.1.1 地表特性

##### 4.1.1.1 陆地场

陆地场地表特性要求如下：

- a) 陆地场的海拔高程一般大于 1000m；
- b) 场地面积一般不小于待定标遥感器的 10 像元 $\times$ 10 像元；
- c) 陆地场表面光谱发射率在遥感器采样范围内应均匀一致；
- d) 场地周边环境无影响定标的遮挡物。

##### 4.1.1.2 水体场

水体场地表特性要求如下：

- a) 水体场的海拔高程宜大于 1000m；

- b) 水体面积一般不小于 5km×5km，水体深度不小于 3m；
- c) 水体表面光谱发射率和辐射温度在遥感器采样范围内应均匀一致，温度变化量在星-地同步采样期间一般不大于 0.2K；
- d) 水体周边环境无影响定标的遮挡物。

#### 4.1.2 气象条件

气象条件要求如下：

- a) 大气干洁；
- b) 全年晴空日一般不少于 150 天。

#### 4.1.3 工作条件

工作条件要求如下：

- a) 辐射校正场应选在交通便利、试验人员与设备易于进出的地带；
- b) 辐射校正场应能满足野外试验（每年至少一次，每次一个月左右）的工作要求。

### 4.2 测量条件

#### 4.2.1 测量仪器

测量仪器一般包括：

- a) 波段式红外辐射计；
- b) 连续式红外光谱仪；
- c) 温度测量仪器，如热电偶温度计、辐射温度计或走航式水温仪；
- d) 标准黑体源；
- e) 镀金板；
- f) 无线电探空仪；
- g) 风力风速测量仪；
- h) 定位仪器。

#### 4.2.2 测量仪器要求

测量仪器要求一般如下：

- a) 测量仪器的工作波段应涵盖卫星遥感器工作波段；
- b) 测量仪器在使用前应进行标定，标定应在有国家计量认证资质的机构进行；
- c) 用于地表辐射特性测量的相关仪器要求按 QJ 20333—2014 中 4.1 的规定。

#### 4.2.3 测量天气条件

测量天气条件要求一般如下：

- a) 天气晴朗，目标区周边 10km<sup>2</sup> 内天顶无云；
- b) 风力小于 4 级。

#### 4.2.4 卫星观测角度要求

卫星过辐射校正场的观测角度应小于 15°。

### 5 在轨场地定标数据获取

#### 5.1 测量数据

##### 5.1.1 地表辐射特性

采用温度仪器测量地表温度，红外仪器和标准黑体源测量辐射亮度，并测算地表发射率，具体测量要求和方法按 QJ 20333—2014 的规定。

### 5.1.2 气象参数

气象参数测量包括：

- a) 测量内容一般包括大气温湿压廓线、风力、风速；
- b) 测量要求和方法按 GJB 6702—2009 中第 4 章和第 5 章的规定。

### 5.1.3 场地参数

场地参数测量内容包括：

- a) 采用定位仪器测量地面采集样点的地理位置（经度和纬度）；
- b) 采用定位仪器测量辐射校正场的海拔高度；
- c) 日期。

## 5.2 非测量数据

### 5.2.1 卫星遥感器参数

卫星遥感器参数包括：

- a) 卫星遥感器轨道高度；
- b) 卫星遥感器过辐射校正场的时间；
- c) 卫星遥感器过辐射校正场时的卫星遥感器观测天顶角、卫星遥感器观测方位角、太阳天顶角和太阳方位角；
- d) 卫星遥感器波段的光谱响应函数。

### 5.2.2 卫星遥感器观测值

在卫星遥感器过辐射校正场成像时的 1 级产品影像上，提取测量样区的遥感器观测值。

## 6 在轨场地定标技术流程与计算方法

### 6.1 方法概述

卫星热红外遥感器飞过红外辐射校正场前后 0.5h 内，同步测量地表辐射亮度（或表面温度和发射率）、大气参数及其它参数，利用大气辐射传输模型计算卫星遥感器入瞳处光谱辐射亮度，然后与遥感器波段光谱响应函数进行卷积得到卫星遥感器波段的等效辐射亮度值，最后与卫星遥感器观测值联合解算出定标系数。

在轨场地定标方法技术流程示意图见图 1。

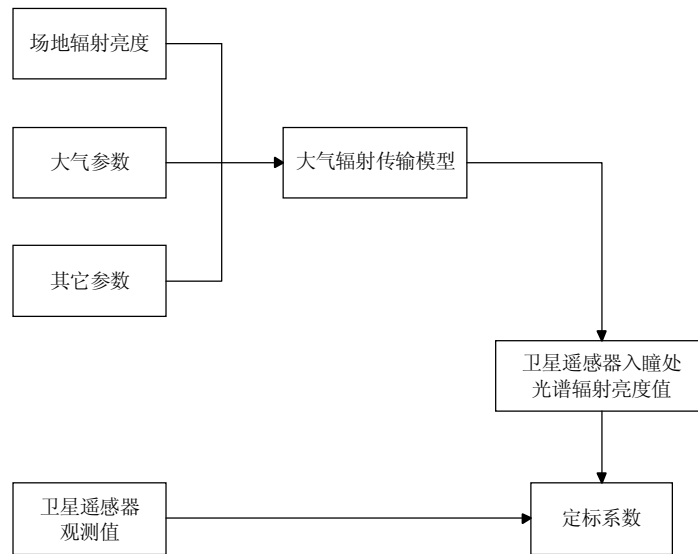


图1 热红外遥感在轨场地辐射定标技术流程示意图

### 6.2 卫星传感器入瞳处光谱辐射亮度

卫星传感器入瞳处光谱辐射亮度  $L_s(\lambda)$  按公式 (1) 计算。

$$L_s(\lambda) = L_{site}(\lambda)\tau(\lambda) + L_{UPR}(\lambda) + [1 - \varepsilon(\lambda)]\tau(\lambda)L_{DWR}(\lambda) \dots \dots \dots (1)$$

式中：

- $L_s(\lambda)$  ——波长  $\lambda$  处的卫星传感器入瞳处光谱辐射亮度，单位为瓦·每平方米·每球面度·每微米 ( $W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1} \cdot \mu m^{-1}$ )；
- $L_{site}(\lambda)$  ——波长  $\lambda$  处的地表发射辐射亮度，单位为瓦·每平方米·每球面度·每微米 ( $W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1} \cdot \mu m^{-1}$ )；
- $\tau(\lambda)$  ——波长  $\lambda$  处的卫星传感器观测方向整层大气透过率；
- $L_{UPR}(\lambda)$  ——波长  $\lambda$  处卫星传感器观测方向大气路径上行辐射亮度，单位为瓦·每平方米·每球面度·每微米 ( $W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1} \cdot \mu m^{-1}$ )；
- $\varepsilon(\lambda)$  ——波长  $\lambda$  处的地表发射率；
- $L_{DWR}(\lambda)$  ——波长  $\lambda$  处的大气路径下行辐射亮度，单位为瓦·每平方米·每球面度·每微米 ( $W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1} \cdot \mu m^{-1}$ )。

对于场地发射率接近于1的情况，卫星传感器入瞳处光谱辐射亮度  $L_s(\lambda)$  按公式 (2) 计算。

$$L_s(\lambda) = L_{s,meas}(\lambda)\tau(\lambda) + L_{UPR}(\lambda) \dots \dots \dots (2)$$

式中：

- $L_{s,meas}(\lambda)$  ——波长  $\lambda$  处的地表测量辐射亮度，单位为瓦·每平方米·每球面度·每微米 ( $W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1} \cdot \mu m^{-1}$ )。

### 6.3 卫星传感器波段处等效辐射亮度

#### 6.3.1 基于波段式红外辐射计测量

采用波段式红外辐射计进行地表辐射亮度测量时，卫星传感器波段处等效辐射亮度  $L_e(\lambda_e)$  按公式 (3) 计算。

$$L_e(\lambda_e) = k \cdot L_{i,s,meas}(\lambda_i)\tau(\lambda_e) + L_{UPR}(\lambda_e) \dots \dots \dots (3)$$

式中：

- $L_e(\lambda_e)$  ——卫星遥感器波段处等效辐射亮度，单位为瓦·每平方米·每球面度·每微米 ( $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}\cdot\mu\text{m}^{-1}$ );
- $\lambda_e$  ——卫星遥感器波段的等效波长，单位为微米 ( $\mu\text{m}$ );
- $k$  ——卫星遥感器波段与波段式红外辐射计波段  $i$  的光谱匹配系数;
- $L_{i,s,\text{meas}}(\lambda_i)$  ——波段式红外辐射计波段  $i$  的等效测量辐射亮度，单位为瓦·每平方米·每球面度·每微米 ( $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}\cdot\mu\text{m}^{-1}$ );
- $\lambda_i$  ——红外辐射计波段  $i$  等效波长，单位为微米 ( $\mu\text{m}$ );
- $\tau(\lambda_e)$  ——卫星遥感器波段对应的卫星遥感器观测方向整层大气透过率;
- $L_{UPR}(\lambda_e)$  ——卫星遥感器波段对应的卫星遥感器观测方向大气路径上行辐射亮度，单位为瓦·每平方米·每球面度·每微米 ( $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}\cdot\mu\text{m}^{-1}$ )。

其中  $L_{i,s,\text{meas}}(\lambda_i)$  的计算按QJ 20333—2014中7.2.1的规定，光谱匹配系数  $k$  按公式 (4) 计算。

$$k = \frac{\int_{\lambda_{\min}}^{\lambda_{\max}} L_{\text{site}}(\lambda) f(\lambda) d\lambda}{\int_{\lambda_{i,\min}}^{\lambda_{i,\max}} L_{\text{site}}(\lambda) f_i(\lambda) d\lambda} \dots\dots\dots (4)$$

式中:

- $\lambda_{\max}$  ——卫星遥感器波段光谱响应函数的最大波长，单位为微米 ( $\mu\text{m}$ );
- $\lambda_{\min}$  ——卫星遥感器波段光谱响应函数的最小波长，单位为微米 ( $\mu\text{m}$ );
- $f(\lambda)$  ——卫星遥感器波段的光谱响应函数;
- $\lambda_{i,\max}$  ——波段式红外辐射计波段  $i$  光谱响应函数的最大波长，单位为微米 ( $\mu\text{m}$ );
- $\lambda_{i,\min}$  ——波段式红外辐射计波段  $i$  光谱响应函数的最小波长，单位为微米 ( $\mu\text{m}$ );
- $f_i(\lambda)$  ——波段式红外辐射计波段  $i$  的光谱响应函数。

### 6.3.2 基于连续式红外光谱仪测量

采用连续式红外光谱仪进行地表辐射亮度测量时，卫星遥感器波段处等效辐射亮度  $L_e(\lambda_e)$  按公式 (5) 计算。

$$L_e(\lambda_e) = \frac{\int_{\lambda_{\min}}^{\lambda_{\max}} L_s(\lambda) f(\lambda) d\lambda}{\int_{\lambda_{\min}}^{\lambda_{\max}} f(\lambda) d\lambda} \dots\dots\dots (5)$$

### 6.3.3 基于温度和发射率测量

采用试验仪器进行地表温度和发射率测量时，卫星遥感器入瞳处光谱辐射亮度  $L_s(\lambda)$  按公式 (6) 计算。

$$L_s(\lambda) = \varepsilon(\lambda)[B(T_{\text{site}}, \lambda)/\pi]\tau(\lambda) + L_{UPR}(\lambda) + [1 - \varepsilon(\lambda)]\tau(\lambda)L_{DWR}(\lambda) \dots\dots\dots (6)$$

式中:

- $B(T_{\text{site}}, \lambda)$  ——依据Planck函数计算的波长  $\lambda$  处、温度  $T_{\text{site}}$  下标准黑体源辐射出射度，单位为瓦·每平方米·每微米 ( $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\mu\text{m}^{-1}$ );
- $T_{\text{site}}$  ——地表温度，单位为开尔文 (K)。

卫星遥感器波段处等效辐射亮度  $L_e(\lambda_e)$  按公式 (5) 计算。

### 6.4 卫星遥感器波段定标系数

当卫星遥感器波段响应为线性时，按公式（7）计算卫星遥感器波段的定标系数 *Gain*（定标斜率）和 *Bias*（定标截距）。

$$L_e(\lambda_e)=Gain \cdot DN + Bias \dots\dots\dots (7)$$

式中：

*Gain* ——定标斜率，单位为瓦·每平方米·每球面度·每微米（ $W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1} \cdot \mu m^{-1}$ ）；

*DN* ——卫星遥感器观测值；

*Bias* ——定标截距，单位为瓦·每平方米·每球面度·每微米（ $W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1} \cdot \mu m^{-1}$ ）。

## 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) 确定遥感器观测值与被观测量的关系式，即遥感器定标方程；
- b) 列出影响遥感器入瞳处辐射亮度的不确定性因素；
- c) 测量或估算每个不确定性因素的不确定度；
- d) 根据定标方程和不确定度合成规则，计算合成标准不确定度。

### 7.2 不确定度计算公式

依据误差传递理论对在轨场地定标结果的不确定度进行分析，相关分析计算公式参见 QJ 20331—2014 中附录 A。

### 7.3 不确定度分析因素

在轨场地定标的不确定因素主要包括以下几个方面（具体分析示例参见附录 A）：

- a) 地表辐射亮度不确定因素如下：
  - 1) 基于波段式红外辐射计测量的不确定度因素主要包括仪器本身、黑体定标和光谱匹配；
  - 2) 基于连续式红外光谱仪测量的不确定度因素主要包括仪器本身、黑体定标；
  - 3) 基于温度和发射率测量的不确定度因素主要包括目标温度和辐射亮度，镀金板温度、反射率和辐射亮度。
- b) 常规大气参数测量。
- c) 大气辐射传输模型固有精度。
- d) 其他不确定因素主要包括陆地场灰体假设或水体场黑体假设等。

附 录 A  
(资料性附录)

在轨场地定标不确定度分析示例

在轨场地定标的不确定度分析示例见表 A.1。

表A.1 在轨场地定标的不确定度分析示例

序号	不确定因素	不确定度 K	对合成标准不确定度的贡献 K
1	地表辐射亮度	1.01	1.01
1.1	黑体定标	0.23	—
1.2	目标测量	0.98	
2	大气常规参数	2.00	0.13
3	地面均匀性假设	0.43	0.43
4	大气辐射传输模型固有精度	0.38	0.38
合成标准不确定度		—	1.17

中华人民共和国航天行业标准  
**陆地观测卫星热红外遥感器  
在轨场地定标方法**

QJ 20332—2014

\*

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**

\*

2015 年 2 月出版

定价：12 元