

ICS 07. 060  
A 47  
备案号: 42179—2013



# 中华人民共和国气象行业标准

QX/T 206—2013

## 卫星低光谱分辨率红外仪器 性能指标计算方法

Calculation method of specification for satellite infrared instruments  
with low spectral resolution

2013-10-14 发布

2014-02-01 实施

中国气象局 发布

中华人民共和国  
气象行业标准  
卫星低光谱分辨率红外仪器性能指标计算方法  
QX/T 206—2013

\*

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.cmp.cma.gov.cn>  
发行部:010-68409198  
北京中新伟业印刷有限公司印刷  
各地新华书店经销

\*

开本:880×1230 1/16 印张:0.75 字数:22.5千字  
2014年11月第一版 2014年11月第一次印刷

\*

书号:135029-5661 定价:10.00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

## 目 次

前言 .....	II
1 范围 .....	1
2 术语和定义 .....	1
3 符号 .....	2
4 数据源要求 .....	2
5 性能指标计算方法 .....	3
参考文献 .....	7

## 前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准由全国卫星气象与空间天气标准化技术委员会(SAC/TC 347)提出并归口。

本标准起草单位:国家卫星气象中心。

本标准主要起草人:漆成莉、刘辉、马刚。

# 卫星低光谱分辨率红外仪器性能指标计算方法

## 1 范围

本标准规定了卫星低光谱分辨率红外仪器性能指标计算的数据源要求及计算方法。  
本标准适用于卫星低光谱分辨率红外仪器性能指标的计算。

## 2 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 2.1

**波长 wave length**

波在一个振动周期内传播的距离。

### 2.2

**波数 wave number**

在波的传播方向单位长度内波长的数目。

### 2.3

**光谱分辨率 spectral resolution**

遥感器在接收目标辐射的光谱时,能分辨的最小的波长间隔。

### 2.4

**相对光谱响应 relative spectral response**

器件或材料对单色光的辐射通量的响应。

### 2.5

**通道中心波数 channel central wave number**

探测器最大响应率所对应的波数位置。

注:通道中心波数的精确计算通常是光谱响应范围内测量点的光谱透射率和波数位置卷积值与透射率积分值之商。

### 2.6

**半功率带宽 half-power bandwidth**

透过率曲线中两个透过率为最大透过率的一半的点所对应的波长之差。

### 2.7

**视场角 field of view**

光敏面接收辐射的立体张角。

### 2.8

**空间分辨率 spatial resolution**

遥感器所能分辨的最小目标的大小。

### 2.9

**通道配准偏差 channel overlapping bias**

通道视场中心和基准通道视场中心的偏差与基准通道的光学视场角之比。

### 2.10

**噪声等效辐亮度 noise equivalent radiance**

均方根噪声电流值时的入射辐亮度。

## 2.11

**辐射定标准确度 radiance calibration accuracy**

遥感器观测的目标亮温与目标真实亮温的偏差。

## 3 符号

下列符号适用于本文件。

$c_1$  : 普朗克函数中的常数项,  $c_1 = 1.1910439 \times 10^{-5} \text{ mW}/(\text{m}^2 \cdot \text{sr} \cdot \text{cm}^{-4})$ 。

$c_2$  : 普朗克函数中的常数项,  $c_2 = 1.4387686 \text{ cm} \cdot \text{K}$ 。

$L_{\text{COV}}$  : 红外仪器的“准光谱通道”观测值, 单位为毫瓦每平方米球面度波数 ( $\text{mW}/(\text{m}^2 \cdot \text{sr} \cdot \text{cm}^{-1})$ )。

$L(\nu_{\text{cw}}, T_0)$  : 黑体普朗克辐射, 单位为毫瓦每平方米球面度波数 ( $\text{mW}/(\text{m}^2 \cdot \text{sr} \cdot \text{cm}^{-1})$ )。

$n$  : 样本数目。

$S_f(\nu)$  : 通道的系统光谱响应。

$T_0$  : 黑体温度, 单位为开尔文(K)。

$\bar{y}$  : 每通道对 290 K 黑体多次测量计数值的平均值。

$y_i$  : 每通道对 290 K 黑体第  $i$  次测量的计数值。

$\nu$  : 波数。

$\nu_{\text{cw}}$  : 通道中心波数。

$\varepsilon$  : 黑体发射率, 无量纲单位。

$\sigma_d$  : 每通道对 290 K 黑体多次测量计数值的标准差。

$\sigma_r$  : 噪声等效辐亮度, 单位为毫瓦每平方米球面度波数 ( $\text{mW}/(\text{m}^2 \cdot \text{sr} \cdot \text{cm}^{-1})$ )。

$\Delta T_{\text{BB}}$  : 黑体温度不确定度, 单位为开尔文(K)。

$\Delta T_{\text{BG}}$  : 仪器背景辐射温度, 单位为开尔文(K)。

$\Delta T_{\text{BR}}$  : 黑体二次反射温度不确定度, 单位为开尔文(K)。

$\Delta T_{\text{PRT}}$  : 星上黑体测温误差, 单位为开尔文(K)。

## 4 数据源要求

### 4.1 地面测试光谱响应数据

地面用光谱仪测试的所有通道的光谱响应数据, 应在  $0\text{ }^\circ\text{C} \sim 50\text{ }^\circ\text{C}$  的真空环境中进行测量。

### 4.2 地面测试仪器通道光学视场角数据

地面用频谱仪测量仪器响应和仪器方位角度信息, 应在  $0\text{ }^\circ\text{C} \sim 50\text{ }^\circ\text{C}$  的环境中进行测量。

### 4.3 地面红外真空定标试验数据

定标试验在模拟空间冷屏的大型超高真空容器中进行, 环境温度应在  $18\text{ }^\circ\text{C} \sim 22\text{ }^\circ\text{C}$ , 相对湿度控制在  $30\% \sim 40\%$ , 洁净度应高于一万级。

### 4.4 卫星红外仪器在轨源包数据

卫星发射后可使用红外仪器下发的 0 级源包数据计算性能指标, 数据量应至少一个月。

5 性能指标计算方法

5.1 系统光谱响应

$$S_f(\nu) = S_1(\nu) \times S_2(\nu) \cdots \times S_m(\nu) \quad \dots\dots\dots(1)$$

式中：

- $m$  —— 光学部件的数目；
- $S_m(\nu)$  —— 第  $m$  个光学部件的相对光谱响应。

5.2 通道中心波数

$$\nu_{cw} = \int \sigma_m(\nu) S_f(\nu) d\nu / \int S_f(\nu) d\nu \quad \dots\dots\dots(2)$$

式中：

- $\sigma_m(\nu)$  —— 测量点光谱位置，单位为波数( $\text{cm}^{-1}$ )；
- $S_f(\nu)$  —— 计算方法见公式(1)。

5.3 半功率带宽

$$W = \omega_1 - \omega_2 \quad \dots\dots\dots(3)$$

式中：

- $W$  —— 通道带宽，单位为波数( $\text{cm}^{-1}$ )；
- $\omega_1$  —— 左半功率点的光谱位置；
- $\omega_2$  —— 右半功率点的光谱位置。

5.4 空间分辨率

$$r = 2 \times h \times \tan[(\alpha_1 - \alpha_2)/2] \quad \dots\dots\dots(4)$$

式中：

- $r$  —— 空间分辨率，单位为千米(km)；
- $h$  —— 卫星高度，单位为千米(km)；
- $\alpha_1$  —— 左半功率带宽处对应的光轴位置，单位为度( $^\circ$ )；
- $\alpha_2$  —— 右半功率带宽处对应的光轴位置，单位为度( $^\circ$ )。

5.5 通道配准偏差

$$p = 100 \times d\alpha / \alpha_{fov} \quad \dots\dots\dots(5)$$

式中：

- $p$  —— 通道配准偏差；
- $d\alpha$  —— 通道视场中心相对于光学基准参考通道的偏差，单位为度( $^\circ$ )；
- $\alpha_{fov}$  —— 通道视场张角，单位为度( $^\circ$ )。

5.6 噪声等效辐亮度

$$\sigma_r = \sigma_d \cdot a_1 \quad \dots\dots\dots(6)$$

式中：

$\sigma_d$  ——计算方法见公式(7);  
 $a_1$  ——定标系数斜率。

$$\sigma_d = \sqrt{\left(\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2\right) / (n-1)} \quad \dots\dots\dots(7)$$

式中:  
 $\bar{y}$  ——计算方法见公式(8)。

$$\bar{y} = \left(\sum_{i=1}^n y_i\right) / n \quad \dots\dots\dots(8)$$

5.7 辐射定标准度

5.7.1 实验室辐射定标准度的计算方法

5.7.1.1 黑体普朗克辐射

$$L(\nu_{cw}, T_0) = c_1 \nu_{cw}^3 / [\exp(c_2 \nu_{cw} / T_0) - 1] \quad \dots\dots\dots(9)$$

式中:  
 $\nu_{cw}$  ——计算方法见公式(2)。

5.7.1.2 黑体温度不确定度

$$\Delta T_{BB} = c_2 \nu_{cw} / \ln[c_1 \nu_{cw}^3 / [L(\nu_{cw}, T_0) \times (1 + \rho)] + 1] - T_0 \quad \dots\dots\dots(10)$$

式中:  
 $\nu_{cw}$  ——计算方法见公式(2);  
 $L(\nu_{cw}, T_0)$  ——计算方法见公式(9);  
 $\rho$  ——面源黑体的辐射不确定度,单位为毫瓦每平方米球面度波数( $\text{mW}/(\text{m}^2 \cdot \text{sr} \cdot \text{cm}^{-1})$ )。

5.7.1.3 黑体二次反射不确定度

$$\Delta T_{BR} = c_2 \nu_{cw} / \ln[c_1 \nu_{cw}^3 / L(\nu_{cw}, T_0) \times \epsilon + 1] - T_0 \quad \dots\dots\dots(11)$$

式中:  
 $\nu_{cw}$  ——计算方法见公式(2);  
 $L(\nu_{cw}, T_0)$  ——计算方法见公式(9)。

5.7.1.4 仪器背景辐射

$$\Delta T_{BG} = c_2 \nu_{cw} / \ln[c_1 \nu_{cw}^3 / L(\nu_{cw}, T_0) + L(\nu_{cw}, 280) \times (1 - \epsilon) + 1] - T_0 \quad \dots\dots\dots(12)$$

式中:  
 $\nu_{cw}$  ——计算方法见公式(2);  
 $L(\nu_{cw}, T_0)$  ——计算方法见公式(9)。

5.7.1.5 噪声等效温度

$$\sigma_t = c_2 \nu_{cw} / \ln(c_1 \nu_{cw}^3 / L(\nu_{cw}, T_0) + \sigma_r + 1) - T_0 \quad \dots\dots\dots(13)$$

式中:  
 $\sigma_t$  ——噪声等效温度,单位为开尔文(K);  
 $\nu_{cw}$  ——计算方法见公式(2);



$L(\nu_{cw}, T_0)$  ——计算方法见公式(9);  
 $\sigma_r$  ——计算方法见公式(6)。

5.7.1.6 星上黑体测温误差

$$\Delta T_{PRT} = (\sum_{i=1}^4 C_{pi} \cdot a_{pi}) / 4 - T_{BD} \dots\dots\dots(14)$$

式中:

$C_{pi}$  ——第  $i$  个铂电阻温度计的计数值,无量纲单位;  
 $a_{pi}$  ——第  $i$  个铂电阻温度计的温度转换系数,单位为开尔文(K);  
 $T_{BD}$  ——标定的黑体温度,单位为开尔文(K)。

5.7.1.7 实验室辐射定标准准确度

$$\Delta T_{lab} = \Delta T_{BB} + \sqrt{\Delta T_{BR}^2 + \Delta T_{BG}^2 + \sigma_t^2 + \Delta T_{PRT}^2} \dots\dots\dots(15)$$

式中:

$\Delta T_{lab}$  ——实验室辐射定标准准确度,单位为开尔文(K);  
 $\Delta T_{BB}$  ——计算方法见公式(10);  
 $\Delta T_{BR}$  ——计算方法见公式(11);  
 $\Delta T_{BG}$  ——计算方法见公式(12);  
 $\sigma_t$  ——计算方法见公式(13);  
 $\Delta T_{PRT}$  ——计算方法见公式(14)。

5.7.2 在轨辐射定标准准确度的计算方法

选取与红外仪器近同时天底过境、空间匹配的均匀目标观测样本,对高光谱分辨率仪器的红外观测光谱与低光谱分辨率红外仪器光谱响应函数先进行分辨率插值处理,使二者光谱分辨率一致,再进行光谱卷积。样本匹配时先对均匀性进行检验,如对红外大气探测干涉仪和红外分光计均选择  $2 \times 2$  像元为滑动区域,控制高光谱分辨率仪器滑动区域观测样本的标准差小于 5 K 的样本为均匀性条件满足的样本,再选择与满足条件的高光谱分辨率仪器观测样本区域球面距离最近且小于 10 km 的红外分光计样本为匹配上的样本,比较两个仪器匹配样本区域的均值。统计所有高光谱分辨率仪器与低光谱分辨率红外仪器观测匹配样本亮温偏差的均值为在轨辐射定标准准确度。

$$T_{bias} = c_2 \nu_{cw} / [\ln(c_1 \nu_{cw}^2 / L_{COV} + 1)] - T_1 \dots\dots\dots(16)$$

式中:

$T_{bias}$  ——高光谱分辨率仪器与低光谱分辨率红外仪器观测匹配样本的亮温偏差,单位为开尔文(K);  
 $\nu_{cw}$  ——计算方法见公式(2);  
 $L_{COV}$  ——计算方法见公式(17);  
 $T_1$  ——低光谱分辨率红外仪器观测亮温,单位为开尔文(K)。

$$L_{COV} = \int_{\nu_1}^{\nu_2} L_h(\nu) \cdot S_f(\nu) d\nu / \int_{\nu_1}^{\nu_2} S_f(\nu) \cdot d\nu \dots\dots\dots(17)$$

式中:

$\nu_1$  ——低光谱分辨率红外仪器通道响应函数的起始波数,单位为波数( $cm^{-1}$ );  
 $\nu_2$  ——低光谱分辨率红外仪器通道响应函数的结束波数,单位为波数( $cm^{-1}$ );  
 $L_h(\nu)$  ——高光谱分辨率仪器观测辐射率光谱,单位为毫瓦每平方米球面度波数( $mW/(m^2 \cdot sr \cdot cm^{-1})$ );

$S_f(\nu)$  ——计算方法见公式(1)。

参 考 文 献

- [1] 陈述彭. 遥感大辞典[M]. 北京:科学出版社. 1990
  - [2] 顾钧禧. 大气科学辞典[M]. 北京:气象出版社. 1994
-