

中华人民共和国国家环境保护标准

HJ 1008-2018

卫星遥感秸秆焚烧监测技术规范

**Technical specification for straw burning monitoring
based on satellite remote sensing**

(发布稿)

本电子版为发布稿。请以中国环境出版集团出版的正式标准文本为准。

2018-12-26 发布

2019-06-01 实施

生态环境部 发布

目 次

| | |
|-----------------------------|----|
| 前 言..... | ii |
| 1 适用范围..... | 1 |
| 2 规范性引用文件..... | 1 |
| 3 术语和定义..... | 1 |
| 4 总则..... | 1 |
| 5 监测方法..... | 2 |
| 6 监测产品制作..... | 8 |
| 7 质量控制..... | 8 |
| 附录 A（资料性附录）卫星秸秆监测常见数据源..... | 9 |

前 言

为贯彻《中华人民共和国环境保护法》和《中华人民共和国大气污染防治法》，规范和指导秸秆焚烧卫星遥感监测工作，防治大气污染，改善空气质量，制定本标准。

本标准规定了秸秆焚烧卫星遥感监测的方法、产品制作、质量控制等内容。

本标准的附录 A 为资料性附录。

本标准为首次发布。

本标准由生态环境部生态环境监测司、法规与标准司组织制订。

本标准起草单位：环境保护部卫星环境应用中心。

本标准验证单位：江苏省环境监测中心、北京市环境监测中心、黑龙江省环境科学研究院。

本标准生态环境部 2018 年 12 月 26 日批准。

本标准自 2019 年 6 月 1 日起实施。

本标准由生态环境部解释。

卫星遥感秸秆焚烧监测技术规范

1 适用范围

本标准规定了利用极轨卫星开展秸秆焚烧遥感监测的方法、产品制作、质量控制等内容。本标准适用于秸秆焚烧卫星遥感监测工作。

2 规范性引用文件

本标准内容引用了下列文件中的条款。

GB/T 32453-2015 卫星对地观测数据产品分类分级规则。

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1

亮度温度 brightness temperature

与观测物体辐射出射度相等的黑体温度，其在数值上等同辐射温度，引自GB/T 32453-2015。

3.2

表观反射率 apparent reflectance

指大气层顶反射能量与太阳入射能量的比值。

3.3

秸秆焚烧疑似火点 suspected fire point of straw burning

指由本标准技术方法反演的待实地核查的秸秆焚烧火点。

3.4

秸秆焚烧疑似火点信度 suspected fire point confidence of straw burning

指由本标准技术方法监测的秸秆焚烧疑似火点为真实火点的概率。

4 总则

4.1 监测原理

基于秸秆焚烧疑似火点像元与背景常温像元在中红外和热红外波段亮度温度的差异识别热异常点，结合土地分类数据，提取秸秆焚烧疑似火点。

4.2 监测手段

利用极轨卫星的光学及红外传感器开展秸秆焚烧监测工作。传感器应具有 0.65 μm 附近

的可见光红波段、0.8 μm 附近的近红外波段、4 μm 附近的中红外波段、11 μm 及12 μm 附近的热红外波段，波段设置参考见附录A。

4.3 监测内容

秸秆焚烧疑似火点的位置、数量、信度。

4.4 监测流程

秸秆焚烧卫星遥感监测流程如图1所示：

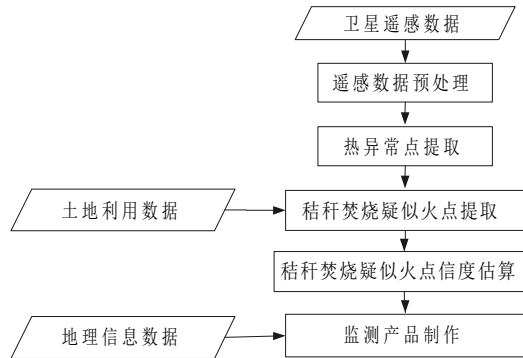


图1 秸秆焚烧卫星遥感监测流程

5 监测方法

5.1 遥感数据预处理

首先对卫星遥感数据进行质量检查、辐射校正及几何校正，然后计算可见光、近红外波段的表观反射率及中红外、热红外波段的亮度温度。

表观反射率计算公式如下：

$$\rho = \frac{\pi L D^2}{ESUN \cos \theta} \quad (1)$$

式中：

ρ ——表观反射率；

π ——常量，sr；

L ——辐射亮度， $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{sr} \cdot \mu\text{m})$ ；

D ——日地之间距离，天文单位；

$ESUN$ ——大气层顶的平均太阳光谱辐照度， $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \mu\text{m})$ ；

θ ——太阳天顶角， $^\circ$ 。

亮度温度计算公式如下：

$$T = \frac{hc}{k\lambda} \frac{1}{\ln \left(\frac{2hc^2}{\lambda^5 L} + 1 \right)} \quad (2)$$

式中：

T ——表观亮度温度，K；
 c ——光速，m/s；
 λ ——中心波长， μm ；
 L ——辐射亮度， $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{sr} \cdot \mu\text{m})$ ；
 h ——普朗克常数，取 $6.626 \times 10^{-34} \text{J} \cdot \text{s}$ ；
 k ——玻尔兹曼常数，取 $1.38 \times 10^{-23} \text{J/K}$ 。

5.2 云、水体像元识别与剔除

识别并剔除满足下列条件的云像元和水体像元。

云像元的判别条件为：

$$\begin{cases} (\rho_r + \rho_n) > Th_{p1} \vee (T_{12} < Th_{t1}) \vee ((\rho_r + \rho_n) > Th_{p2} \wedge T_{12} < Th_{t2}) & \text{昼间} \\ T_{12} < Th_{t1} & \text{夜间} \end{cases} \quad (3)$$

水体像元的判别条件为：

$$(\rho_n < Th_{p3}) \wedge (NDVI < 0) \quad \text{其中, } NDVI = (\rho_n - \rho_r) / (\rho_n + \rho_r) \quad (4)$$

式中：

ρ_r ——像元在红波段的表观反射率；
 ρ_n ——像元在近红外波段的表观反射率；
 T_{12} ——像元在热红外波段（ $12\mu\text{m}$ 附近）的亮度温度，K；
 Th_{p1} ——判别阈值，参考值可取0.9；
 Th_{p2} ——判别阈值，参考值可取0.7；
 Th_{t1} ——判别阈值，参考值可取265K；
 Th_{t2} ——判别阈值，参考值可取285K；
 Th_{p3} ——判别阈值，参考值可取0.15；
 $NDVI$ ——归一化植被指数；
 昼间——太阳天顶角小于 85° （下文同）；
 夜间——太阳天顶角大于等于 85° （下文同）。

5.3 热异常点提取

5.3.1 提取流程

热异常点提取流程如下：

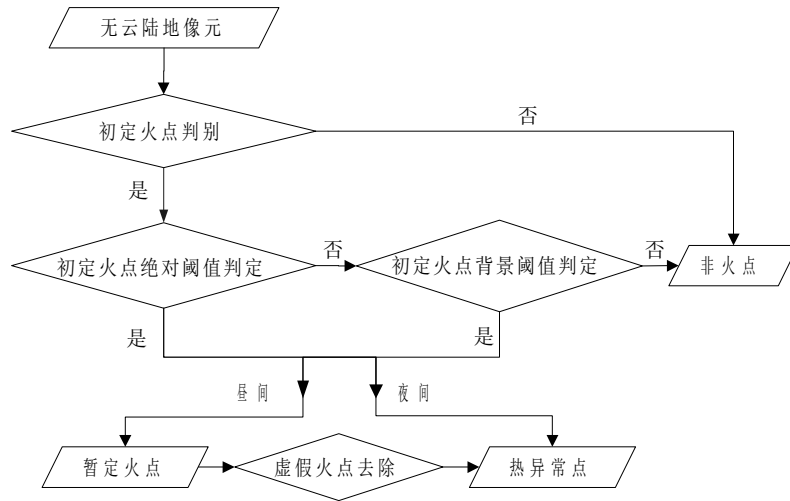


图2 热异常点提取流程

5.3.2 初定火点判别

首先要对遥感像元进行初步分类，以区分初定火点像元与非火点像元。

初定火点判定条件为：

$$\begin{cases} (T_4 > Th_{t3}) \wedge (\Delta T > Th_{\Delta T1}) \wedge (\rho_n < Th_{p4}) & \text{日间} \\ (T_4 > Th_{t4}) \wedge (\Delta T > Th_{\Delta T1}) & \text{夜间} \end{cases} \quad (5)$$

式中：

T_4 ——像元在中红外波段（4 μm 附近）的亮度温度，K；

ΔT ——像元在中红外波段（4 μm 附近）与热红外波段（11 μm 附近）的亮度温度的差值，

K；

Th_{p4} ——判别阈值，参考值可取0.3；

Th_{t3} ——判别阈值，参考值可取300K；

Th_{t4} ——判别阈值，参考值可取305K；

$Th_{\Delta T1}$ ——判别阈值，参考值可取10K。

5.3.3 初定火点绝对阈值测试

若初定火点在日间情况下，满足公式（6）即可判定为暂定火点。在夜间情况下，满足公式（7）即可标识为热异常点。其他不满足条件的初定火点需进入背景阈值测试过程，进一步加以判别。

$$T_4 > Th_{t5} \quad (6)$$

$$T_4 > Th_{t6} \quad (7)$$

式中：

Th_{t5} ——判别阈值，参考值可取360K；

Th_{t6} ——判别阈值，参考值可取320K。

5.3.4 初定火点背景阈值测试

以初定火点为中心，建立大小为 $N \times N$ 的背景窗口，对窗口中的背景像元进行分类并统计

其亮度温度特征。背景像元包括背景火点像元和有效背景像元两种类型。

其中，背景火点像元在昼间和夜间分别满足以下条件：

$$\text{昼间: } (T_4 > Th_{t7}) \wedge (\Delta T > Th_{\Delta t2}) \quad (8)$$

$$\text{夜间: } (T_4 > Th_{t8}) \wedge (\Delta T > Th_{\Delta t3}) \quad (9)$$

式中：

Th_{t7} ——判别阈值，参考值可取325K；

$Th_{\Delta t2}$ ——判别阈值，参考值可取20K；

Th_{t8} ——判别阈值，参考值可取310K；

$Th_{\Delta t3}$ ——判别阈值，参考值可取10K。

窗口中背景火点像元之外的无云陆地背景像元为有效背景像元。如果有效背景像元数量满足窗口内总像元数的 25%，且多于 8 个，则统计窗口的背景像元温度特性，窗口起始大小为 3×3。若有效背景像元不够，则增大窗口（如：5×5、7×7……21×21），并继续进行上述分类和统计，直到窗口中有足够的有效背景像元。如果当 N=21 时仍未选出足够有效背景像元，则该初定火点被标识为非火点。

如果上述背景火点像元和有效背景像元温度特性被成功提取，则将其与初定火点的温度特性（ T_4 、 T_{11} 及 ΔT ）进行多个阈值条件的判别，如下所示：

$$\Delta T > \overline{\Delta T} + Th_{e1} \times \overline{\delta_{\Delta T}} \quad (10)$$

$$\Delta T > \overline{\Delta T} + Th_{\Delta t4} \quad (11)$$

$$T_4 > \overline{T_4} + Th_{e2} \times \overline{\delta_4} \quad (12)$$

$$T_{11} > \overline{T_{11}} + \overline{\delta_{11}} - Th_9 \quad (13)$$

$$\overline{\delta_4'} > Th_{t10} \quad (14)$$

式中：

$\overline{\Delta T}$ ——有效背景像元在中红外波段（4μm附近）与热红外波段（11μm附近）的亮度温度差值的均值，K；

$\overline{T_4}$ ——有效背景像元在中红外波段（4μm附近）亮度温度的均值，K；

T_{11} ——像元在热红外波段（11μm附近）的亮度温度，K；

$\overline{T_{11}}$ ——有效背景像元在热红外波段（11μm附近）亮度温度的均值，K；

$\overline{\delta_4}$ ——有效背景像元在中红外波段（4μm附近）亮度温度的平均绝对偏差；

$\overline{\delta_{11}}$ ——有效背景像元在热红外波段（11μm附近）亮度温度的平均绝对偏差；

$\overline{\delta_{\Delta T}}$ ——有效背景像元在中红外波段（4μm附近）与热红外波段（11μm附近）的亮度温度差值的平均绝对偏差；

$\overline{\delta_4'}$ ——背景火点像元在中红外波段（4μm附近）亮度温度的平均绝对偏差；

Th_{e1} ——判别阈值，参考值取3.5；

$Th_{\Delta t4}$ ——判别阈值，参考值取6K；

Th_{e2} ——判别阈值，参考值取3；

Th_9 ——判别阈值，参考值取4K；

Th_{t10} ——判别阈值，参考值取5K。

如果初定火点在昼间满足公式（10）~（12）中所有条件，同时满足公式（13）或（14）

中条件之一，则初定火点被标识为暂定火点；在夜间满足公式（10）~（12）中的所有条件时，则初定火点被标识为热异常点，否则被标识为非火点。

将昼间标识为暂定火点进行虚假火点去除，得到热异常点。

5.3.5 虚假火点去除

5.3.5.1 太阳耀光引起的虚假火点去除

计算火点像元的耀光角：

$$\cos \theta_g = \cos \theta_v \cos \theta_s - \sin \theta_v \sin \theta_s \cos \phi \quad (15)$$

式中：

θ_g ——火点像元的耀光角， $^{\circ}$ ；

θ_v ——观测天顶角， $^{\circ}$ ；

θ_s ——太阳天顶角， $^{\circ}$ ；

ϕ ——相对方位角， $^{\circ}$ 。

判别太阳耀光的阈值条件为：

$$\theta_g < Th_{a1} \quad (16)$$

$$(\theta_g < Th_{a2}) \wedge (\rho_r > Th_{p5}) \wedge (\rho_n > Th_{p6}) \quad (17)$$

$$(\theta_g < Th_{a3}) \wedge (N_w > 0) \quad (18)$$

式中：

Th_{a1} ——判别阈值，参考值取 2° ；

Th_{a2} ——判别阈值，参考值取 8° ；

Th_{a3} ——判别阈值，参考值取 12° ；

Th_{p5} ——判别阈值，参考值取 0.1；

Th_{p6} ——判别阈值，参考值取 0.2；

N_w ——统计窗口中水体像元的个数。

如果暂定火点像元满足公式（16）~（18）中条件之一，则判定为太阳耀光引起的虚假火点。

5.3.5.2 沙漠边缘的虚假火点去除

针对沙漠边缘的辐射特点设置识别虚假火点的阈值条件：

$$\begin{cases} N_f \geq Th_{e3} N_v \\ N_f \geq Th_{n1} \\ \rho_n > Th_{p7} \\ \overline{T_4'} < Th_{t11} \\ \overline{\delta_4'} < Th_{t12} \\ T_4 < \overline{T_4'} + Th_{e4} \overline{\delta_4'} \end{cases} \quad (19)$$

式中：

N_f ——统计窗口中背景火点的个数；

N_v ——统计窗口中有效背景像元个数；

\overline{T}_4' ——背景火点像元 $4\mu\text{m}$ 附近波段亮度温度的均值，K；

Th_{e3} ——判别阈值，参考值取0.1；

Th_{n1} ——判别阈值，参考值取4；

Th_{p7} ——判别阈值，参考值取0.15；

Th_{i11} ——判别阈值，参考值取345K；

Th_{i12} ——判别阈值，参考值取3K；

Th_{e4} ——判别阈值，参考值取6。

如果暂定像元满足公式（19）中的全部条件，则被判定为沙漠边缘的虚假火点。

5.4 秸秆焚烧疑似火点提取

结合土地分类数据，把位于农田范围内的热异常点提取出来作为秸秆焚烧疑似火点。

5.5 秸秆焚烧疑似火点信度估算

统计分析秸秆焚烧疑似火点像元的亮度温度特征，估算其火点信度，评判的依据是：火点像元的 T_4 及 $(T_4 - T_{i11})$ 越大，火点信度越高；火点像元 T_4 及 $(T_4 - T_{i11})$ 与周围常温背景的差别越大，火点信度越高；在昼间的情况下，火点像元邻近的云或水体像元越少，火点信度越高。具体步骤如下：

a) 计算火点与有效背景像元温度特性的差异统计参数 Z_4 和 $Z_{\Delta T}$ ：

$$Z_4 = \frac{T_4 - \overline{T}_4}{\delta_4} \quad (20)$$

$$Z_{\Delta T} = \frac{\Delta T - \overline{\Delta T}}{\delta_{\Delta T}} \quad (21)$$

b) 基于信度判别斜坡函数 $S(x, \alpha, \beta)$ 计算单项信度指数 C_1, C_2, \dots, C_5 ：

$$C_1 = S(T_4, Th_{i13}, Th_{i14}) \quad (22)$$

$$C_2 = S(Z_4, Th_{e5}, Th_{e7}) \quad (23)$$

$$C_3 = S(Z_{\Delta T}, Th_{e6}, Th_{e7}) \quad (24)$$

$$C_4 = 1 - S(N_{ac}, 0, Th_{e7}) \quad (25)$$

$$C_5 = 1 - S(N_{aw}, 0, Th_{e7}) \quad (26)$$

其中斜坡函数定义为：

$$S(x, \alpha, \beta) = \begin{cases} 0; & x \leq \alpha \\ (x - \alpha) / (\beta - \alpha); & \alpha < x < \beta \\ 1; & x \geq \beta \end{cases} \quad (27)$$

c) 总体信度指数定义为单项信度指数的几何平均数，如下所示：

$$C = \sqrt[5]{C_1 C_2 \dots C_5} \quad (\text{昼间}) \quad \text{或} \quad C = \sqrt[3]{C_1 C_2 C_3} \quad (\text{夜间}) \quad (28)$$

式中：

Th_{t13} ——判别阈值，参考值昼间取300K，夜间取305K；

Th_{t14} ——判别阈值，参考值昼间取340K，夜间取320K；

Th_{e5} ——判别阈值，参考值取2.5；

Th_{e6} ——判别阈值，参考值取3；

Th_{e7} ——判别阈值，参考值取6；

N_{av} ——目标火点像元最临近的8个像元中水体像元的个数；

N_{ac} ——目标火点像元最临近的8个像元中云像元的个数。

基于 C 值 ($0 \leq C \leq 100\%$) 将火点分为低、中、高三种信度，如表 1 所示：

表1 火点信度分级方法

| C 值范围 | 信度等级 |
|--------------------------|------|
| $0 \leq C < 30\%$ | 低 |
| $30\% \leq C < 80\%$ | 中 |
| $80\% \leq C \leq 100\%$ | 高 |

6 监测产品制作

监测产品包括日、月、季、年报等，报告里应包括文字、专题图及统计表格等形式。文字信息是描述卫星遥感秸秆焚烧结果的有关信息，包括时间、范围、卫星及传感器、监测火点的分布、数目等。秸秆焚烧专题图包括图名、图例、比例尺、秸秆焚烧疑似火点分布信息以及行政区域地理信息、交通道路及机场信息。统计表格包括火点经度、纬度、火点所属行政区的名称、统计数目等信息。

日秸秆焚烧监测产品中火点数目的统计是基于当日单景产品的每个像元来进行统计的，如果一天有两种或两种以上传感器均监测到同一位置火点，不累计计数，对于特定行政区域内火点数目的统计是当日发生在该行政区域内火点的取值之和。月、季、年秸秆焚烧监测产品中各行政区域内火点数目的统计分别是火点像元在当月、当季、当年内各日产品中的取值之和。

7 质量控制

7.1 卫星数据质量

在进行秸秆焚烧疑似火点信息的数据预处理前，要保证遥感原始数据的质量，避免有条带等质量问题的数据参与后续处理，导致结果的误识别。

7.2 几何定位精度

在利用不同卫星及传感器的遥感数据进行火点监测前，要保证几何位置的配准，配准精度在一个像元之内。

附录 A
 (资料性附录)
 卫星秸秆监测常见数据源

表 A.1 TERRA(AQUA)/MODIS 热异常点监测谱段及主要用途

| 通道序号 | 谱段范围 (μm) | 主要用途 |
|------|---------------|--------------------------|
| 1 | 0.62 ~ 0.67 | 太阳耀光、水体边缘影响去除, 云检测 |
| 2 | 0.84 ~ 0.88 | 高反射地表、太阳耀光、水体边缘影响去除, 云检测 |
| 21 | 3.93 ~ 3.99 | (高响应范围) 火点探测与火点特性反演 |
| 22 | 3.93 ~ 3.99 | (低响应范围) 火点探测与火点特性反演 |
| 31 | 10.75 ~ 11.25 | 火点探测, 云检测 |
| 32 | 11.75 ~ 12.25 | 云检测 |

表 A.2 NOAA/AVHRR 热异常点监测谱段及主要用途

| 通道序号 | 谱段范围 (μm) | 主要用途 |
|------|---------------|-------------|
| 1 | 0.55 ~ 0.68 | 昼间的云及地表观测成图 |
| 2 | 0.725 ~ 1.00 | 水陆边界识别 |
| 3A | 1.58 ~ 1.64 | 冰雪识别 |
| 3B | 3.55 ~ 3.93 | 夜间云图、海面温度 |
| 4 | 10.30 ~ 11.30 | 夜间云图、海面温度 |
| 5 | 11.50 ~ 12.50 | 海面温度 |

表 A.3 FY-1C/1D MVISR 与 FY-3A/3B VIRR 热异常点监测谱段及主要用途

| 通道序号 | 谱段范围 (μm) | 主要用途 |
|------|-------------|------------|
| 1 | 0.58 ~ 0.68 | 去除高反射的云和地表 |
| 2 | 0.84 ~ 0.89 | 去除高反射的云和地表 |
| 3 | 3.55 ~ 3.95 | 火点探测 |
| 4 | 10.3 ~ 11.3 | 火点探测 |
| 5 | 11.5 ~ 12.5 | 去除薄云 |