

ICS 65.020.99

CCS A0522

团 体 标 准

T/CCPEF 079-2024

# 森林草原火灾监测技术规范

Technical code of forest and grassland fire monitoring

2024-5-30 发布

2024-6-10 实施

中国林业与环境促进会

发布

# 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这些专利的责任。

本文件由中国林业与环境促进会提出并归口。

本文件起草单位：中国科学技术大学、南京恩博科技有限公司、南方电网通用航空服务有限公司、航天宏图信息技术股份有限公司、上海华测导航技术股份有限公司、中林信达（北京）科技信息有限责任公司、中航金城无人系统有限公司、中国消防救援学院、四川大熊猫数字科技发展有限公司、北京金林伟业科技有限公司、中科永安（六安）科技有限公司、北京英特威视科技有限公司、成都航空职业技术学院、成都市无人机产业协会、新疆北鹰北创信息科技有限公司、山西迪奥普科技有限公司、翼航锐鹰航空科技（广东）有限公司、合肥中科国探智能科技有限公司、航天众兴（北京）科技有限公司、南京擎华信息科技有限公司、特致珈（北京）科技研究有限公司、北京江云智能科技有限公司、四川腾云盾消防科技有限公司、深圳联合飞机科技有限公司、北京中航智科技有限公司、飞燕航空遥感技术有限公司、中网动力（北京）科技发展有限公司、北京荣海源科技有限公司、浙江中南绿碳科技有限公司、新至双碳科技有限公司、杭州金时科技有限公司、浙江盛锦生态环境管理有限公司、浙江弄潮儿智慧科技有限公司、杭州市余杭区林业水利局、北京信工智态科技有限公司、北京国富恒经济信息咨询有限公司、浙江省地质院，浙江大学。

本文件主要起草人：张启兴、封晓强、陈彦州、陶进、杨日亮、吴全、陈文超、田元、刘妙燕、钟伟良、刘添忻、郝慎思、吴涌、王泊洋、朱启明、丁国锋、何先定、柴金喜、李旭红、马宏兵、单志林、刘云浩、时培好、彭拯、魏云、谭雷、张元瑞、韦文静、江芝娟、冯军、胡志栋、庞恩奇、蒋康、季建云、曹毅超、潘健、余永安、王金英、邬来成、郭晓辉、黄艳金、王生杰、于啸、张陟超、齐洪豪、苏浩辉、方博、彭子豪、程天宇、霍健、高晨、郑大为、陈宗杰、赵会云、周晓虎、廖洁麟、卢海兵、杨志超、王冲、刘磊、高晗、刘耸柏、程世辉、郑涛立、韩小龙、严鹏勇、冯俊杰、倪萍、王宜瑞、金俊杰、胡稼清、云挺、刘影、山洪武、乔新芳、宫佳、靳媛媛、吴富伟、周永松、罗松、赵立云、周启发、陈云文、朱金文、陈霖玲、王莹、杨雨荷、汪佳涵、徐礼根。

# 森林草原火灾监测技术规范

## 1 范围

本文件规定了包括地面监测、无人机监测、卫星监测等森林草原火灾数字化监测技术的基本要求、实施流程、技术指标和数据处理方法。

## 2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是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 10125 人造气氛腐蚀试验 盐雾试验
- GB/T 16838 消防电子产品环境试验方法及严酷等级
- GB/T 17626.2 电磁兼容 试验和测量技术 静电放电抗扰度试验
- GB/T 17626.3 电磁兼容 试验和测量技术 射频电磁场辐射抗扰度试验
- GB/T 17626.5 电磁兼容 试验和测量技术 浪涌（冲击）抗扰度试验
- GB/T 21431 建筑物防雷装置检测技术规范
- GB/T 28181 公共安全视频监控联网系统信息传输、交换、控制技术要求
- GB/T 35018 民用无人驾驶航空器系统分类及分级
- GB/T 38152 无人驾驶航空器系统术语
- GB/T 38909 民用轻小型无人机系统电磁兼容性要求与试验方法
- GB/T 42189 卫星遥感监测技术导则 火情
- GB 50057 建筑物防雷设计规范
- GB 50343 建筑物电子信息系统防雷技术规范
- GB 50348 安全防范工程技术标准
- GB 50394 入侵报警系统工程设计规范
- GB/T 51425 森林火情瞭望监测系统设计标准
- LY/T 1765 森林防火瞭望台瞭望观测技术规程
- LY/T 2581 森林防火视频监控系統技术规范
- QX/T 344.2 卫星遥感火情监测方法 第2部分：火点判识
- QX/T 344.3 卫星遥感火情监测方法 第3部分：火点强度估算
- QX/T 344.4 卫星遥感火情监测方法 第4部分：过火区面积估算

## 3 术语及定义

GB/T 38152、GB/T 42189、LY/T 2581界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**森林草原火灾数字化监测技术 forest and grassland fire digital monitoring technology**

通过现有的数字化科技工具对森林草原火灾的发生进行预警、探测、监控、测量，主要包括地面监测技术、无人机监测技术、卫星监测技术等。

### 3.2

#### **地面监测技术 ground monitoring technology**

利用安装在森林草原的制高点的各类采集前端,通过实时连续的视频画面或遥感数据对森林草原火灾进行远程监测的森林草原火灾数字化监测技术。

### 3.3

#### **无人机监测技术 UAV monitoring technology**

通过无人机搭载光电载荷设备,实现对大范围的森林草原火灾图像信息进行实时采集、传输、监测的森林草原火灾数字化监测技术。

### 3.4

#### **卫星监测技术 satellite monitoring technology**

基于各类卫星和先进的成像设备,通过遥感系统、地理信息系统和全球定位系统技术的综合应用,实现森林草原火灾监测的森林草原火灾数字化监测技术。

### 3.5

#### **高寒地区 high-altitude or high-latitude cold climate zone**

指由于海拔高或者因为纬度高而形成的特别寒冷的年平均气温在0°C以下的气候区。

## 4 地面监测技术

### 4.1 总体要求

#### 4.1.1 基本要求

地面监测技术应能够通过可见光、红外热成像、近红外成像、多光谱扫描成像等一种或多种方式对森林草原火灾进行远程监测。

#### 4.1.2 系统要求

4.1.2.1 地面监测系统主要由前端系统、网络传输以及指挥控制中心组成。

- a) 前端系统应包含前端监控设备、监控塔、供电系统、防盗系统、防雷和接地系统等组成。
- b) 网络传输可通过有线传输或无线传输的方式进行,传输带宽应保证前端系统所需最低带宽。
- c) 指挥控制中心应包含显示系统、指挥系统、实时对讲系统、存储及备份系统、数据分析处理系统、服务器群、供配电系统和防雷接地系统等。

4.1.2.2 地面监测系统的基本功能、控制功能、系统接口应符合 LY/T 2581 的规定要求。

### 4.2 配置要求

#### 4.2.1 前端监控设备配置

4.2.1.1 前端监控设备宜选用识别半径大于保护区域范围的设备,并对防护区域实施连续不间断扫描,不宜选择安装在居民区和磁场干扰较大的区域;

4.2.1.2 前端监控设备宜采用集成化、模块化设计,可现场更换故障模块;

4.2.1.3 防护标准:整体防护等级不低于IP65,镜头、摄像机保护防护等级不低于IP67,所有设备应在高寒地区能够正常运行,应采用有效防护措施避免镜头结露;

4.2.1.4 全区域巡航周期不大于20 min;

4.2.1.5 水平旋转范围不小于360°;

- 4.2.1.6 俯仰旋转范围为上下运动夹角之和不小于 $90^{\circ}$ ；
- 4.2.1.7 摄像机水平旋转速度范围： $0.1(^{\circ})/s\sim 30(^{\circ})/s$ ；
- 4.2.1.8 摄像机俯仰旋转速度范围： $0.1(^{\circ})/s\sim 15(^{\circ})/s$ ；
- 4.2.1.9 耐腐蚀：设备整体具有耐腐蚀抗锈蚀特性，应满足GB/T 10125中试验周期168 h的规定；
- 4.2.1.10 外观：应无明显机械损伤、涂覆层剥落损伤、锈蚀现象，铭牌的标志和文字字迹应清晰，紧固部位应无松动，塑料件应无起泡开裂变形等现象；
- 4.2.1.11 全天24h连续工作情况下，设备寿命不小于5年，具有在线升级功能；
- 4.2.1.12 可接收系统控制命令，并进行水平角、俯仰角实时回传，焦距值可根据命令回传。

## 4.2.2 前端监控设备技术要求

### 4.2.2.1 传感器选择，宜选择以下配置进行火情监控：

- d) 可见光成像传感器；
- e) 可见光与红外热成像双传感器；
- f) 可见光与近红外成像双传感器；
- g) 多光谱遥感扫描成像传感器；
- h) 其他类型的适用传感器。

### 4.2.2.2 可见光成像技术指标

- a) 可见光成像传感器技术指标要求：
  - 摄像机传感器像面尺寸不小于 $1/2.8''$ ；
  - 输出图像分辨率：不低于 $1920$ （水平） $\times 1080$ （垂直）；
  - 透雾功能：应配有光学透雾切换系统；
  - 日夜功能：具备低照度能力；
  - 图像输出接口：优先选用RJ45。
- b) 可见光成像镜头技术指标要求：
  - 镜头变焦和调焦控制：电动；
  - 光圈调节方式：自动（Video驱动或DC驱动）；
  - 透雾功能：应配有光学透雾功能，改善能见度；
  - 镜头图像同轴度：同轴度不大于 $1/4$ ；
  - 镜头变焦重复精度：允许误差在 $\pm 1\%$ 之内；
  - 指挥控制中心可实时读取当前镜头视场角；
  - 镜头分辨率：不低于摄像机输出图像分辨率。

### 4.2.2.3 红外热成像技术指标

- a) 红外热成像传感器技术指标要求：
  - 噪声等效温差（NETD）不大于 $50\text{mk}$ ；
  - 像元尺寸不大于 $17\mu\text{m}$ ；
  - 像素数不小于 $384\times 288$ ；
  - 视频输出：数字视频；
  - 输出接口：优先选用RJ45；
  - 非均匀性校正：应具有快门校正和背景校正功能，应具有开启/关闭自动快门校正功能；
  - 红外热成像仪自动保护：具有强光探测及红外热成像传感器遮挡功能。
- b) 红外热成像镜头技术指标要求：
  - 镜头焦距类型：变焦或定焦；
  - 镜头焦距：不大于 $250\text{mm}$ 时，F值不大于 $1.2$ ；
  - 镜头变焦和调焦控制：电动；
  - 透光波长范围： $3\mu\text{m}\sim 5\mu\text{m}$ 或 $8\mu\text{m}\sim 14\mu\text{m}$ 。

### 4.2.2.4 近红外成像技术指标

- a) 近红外成像传感器技术指标要求：
  - 摄像机传感器像面尺寸不小于1/2.8"；
  - 成像波长：760nm-2500nm；
  - 输出图像分辨率：不低于1920（水平）×1080（垂直）；
  - 图像输出接口：优先选用RJ45。
- b) 近红外成像镜头技术指标要求：
  - 镜头变焦和调焦控制：电动；
  - 光圈调节方式：自动（Video驱动或DC驱动）；
  - 镜头图像同轴度：不大于1/4；
  - 镜头变焦重复精度：允许误差在±1%之内；
  - 指挥控制中心可以实时读取当前镜头视场角；
  - 镜头分辨率：不低于摄像机输出图像分辨率。

#### 4.2.2.5 多光谱成像技术指标

- a) 光学系统焦距：不小于250mm；
- b) 360°全景扫描成像分辨率：不小于14400×3080；
- c) 成像光谱数：不少于3个，包括火灾特征波段、参比波段等；
- d) 360°单方向连续旋转遥感扫描单周期：不超过4min；
- e) 信号连接接口：优先选用RJ45。

#### 4.2.3 监控塔

监控塔应符合 GB/T 51425 及 LY/T 2581 的规定要求。

#### 4.2.4 供电系统

4.2.4.1 前端监控设备应优先采用市电供电，并且配置在线式不间断电源装置供电。

4.2.4.2 如不具备市电供电时，应采用太阳能或者风光互补发电，并配备蓄电池。设计发电功率应为系统运行最大功率的1.5倍以上。蓄电池的容量应保证最大功耗，确保连续5天的稳定运行。

4.2.4.3 指挥控制中心的供电应由在线式不间断电源装置供电。不间断电源装置的容量不应小于接入设备计算负荷总和的1.3倍，且后备蓄电池连续供电时间不宜小于60min。

4.2.4.4 室外应用的供配电设备防护等级应不低于IP65，宜采用不锈钢外壳。

#### 4.2.5 防盗系统

防盗系统应符合 GB 50394 的规定。

#### 4.2.6 防雷和接地系统

防雷和接地系统应符合 GB 50343 和 GB/T 21431 的规定。

#### 4.2.7 网络传输

网络传输应符合 GB/T 28181 的规定。

#### 4.2.8 指挥控制中心

指挥控制中心设计应符合 GB 50348 的规定。

#### 4.3 实施流程

通过地面监测技术进行森林草原火灾监测，应包含监测作业准备、监测作业实施、火情报告等。

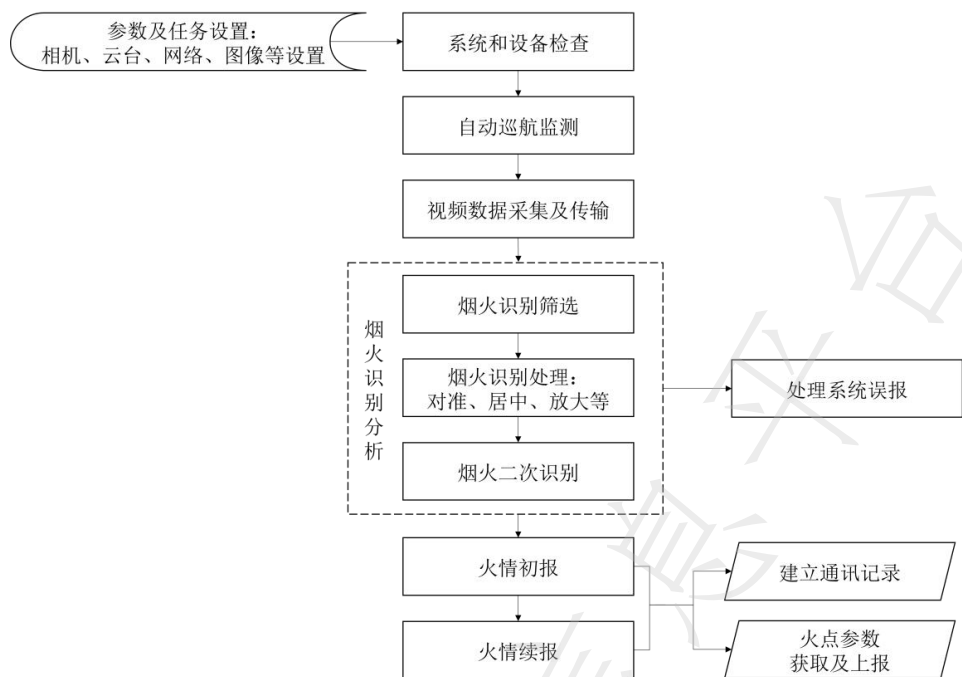


图1 地面技术监测森林草原火灾流程图

#### 4.3.1 监测作业准备

4.3.1.1 开展监测作业前，应检查系统及设备，确保运转正常和安全可靠。

4.3.1.2 需要人员值守监测时，应遵守换班规程，对监测作业的重要事项进行交接。

#### 4.3.2 监测作业实施

4.3.2.1 开展监测作业期间，巡视周期应根据火险等级确定。

a) 3级及以下火险天气，应在20 min内巡视一遍；

b) 4-5级火险天气，应在15 min内巡视一遍；

c) 发生火情时，应不间断观测。

4.3.2.2 值守人员应能判别监测视频中雾、霾、浮尘、沙尘暴、蒸汽、低云等天气现象，以及汽车尾气、烹调炊烟等人为活动，避免处理系统误报。

4.3.2.3 发现异常，应及时报告。

4.3.2.4 应对巡视情况、观测内容、重要事项等进行记录。

#### 4.3.3 火情报告

4.3.3.1 火情报告包括火情初报、火情续报和建立通讯记录。

4.3.3.2 火情初报：发现火情后，应立即向单位负责人及上级防火主管部门报告。内容包括：

a) 火灾发生的时间、地点、种类、状态、移动方向；

b) 火场的方位角、垂直角，与林火有关的界标、参照物；

c) 火场烟雾特征、颜色、形状、位置、飘移方向；

d) 火情蔓延或烟雾漂移的动态，发展方向和趋势；

e) 火场周围地形、交通、植被状况及天气实况。

4.3.3.3 火情续报：火情发生后，应连续观察火势。内容包括：

a) 火场范围、火场形状、是否有新的火场、新火场的位置；

b) 火场中烟的变化；

c) 火场中天气的变化；

d)火场是否出现树冠火；

e)火灾扑灭后仍要连续进行观察，防止复燃，直至确认火灾彻底熄灭。

4.3.3.4 建立通讯记录：应记载每日从指挥控制中心发出或接收的无线电文、通话内容、影像资料等。

#### 4.4 技术要求

##### 4.4.1 烟火识别

4.4.1.1 识别功能：地面监测系统应根据配置情况，通过可见光成像、红外热成像、近红外成像、多光谱成像等传感器自动识别烟火，并能有效过滤各类因素引起的环境变化干扰，避免误报发生。

4.4.1.2 不同识别半径的最小识别监控烟、火面积应符合表1的要求。

表1 识别半径与最小识别监控烟、火面积

识别半径 (km)	可见光成像		近红外成像	红外热成像	多光谱成像
	最小识别监控 烟面积 (m <sup>2</sup> )	最小识别监控 火面积 (m <sup>2</sup> )	最小识别监控 火面积 (m <sup>2</sup> )	最小识别监控 烟火热点面积 (m <sup>2</sup> )	最小识别监控 火面积 (m <sup>2</sup> )
1	≤0.16	≤0.16	≤0.16	≤0.5	≤0.16
5	≤4.0	≤4.0	≤4.0	≤12	≤4.0
10	≤16.0	≤16.0	≤16.0	≤50	≤16.0

4.4.1.3 识别时间：烟、火识别时间应不大于表3中的巡航时间要求。

##### 4.4.2 火情识别率

漏报率不大于0.01%，万公顷日误报次数低于2次。

##### 4.4.3 报警定位

在不同识别半径时，报警定位精度指标应符合表2的要求。

表2 设备定位精度

识别半径 (km)	定位精度 (m)
≤5	≤100
≤10	≤250
>10	≤350

##### 4.4.3 巡航周期

部署在监控塔上的前端监控设备在监控范围内应无漏点巡航，全区域巡航周期应满足表3要求。

表3 监控范围与巡航周期

识别半径 (km)	巡航时间 (min)
≤5	≤10
≤10	≤15
>10	≤20

##### 4.4.4 气候环境要求

设备运行应符合表4要求。

表4 气候环境指标

项目	组别	
	I组 一般地区	II组 高寒地区
工作温度范围	-20℃~70℃	-40℃~70℃
工作湿度条件	20~80%	



#### 4.4.5 电磁兼容性

电磁兼容性应满足表5要求。

表5电磁兼容性要求

项目	要求
静电放电抗扰度	按照 GB/T 17626.2 要求，接触放电3级的静电放电干扰下正常工作。
射频电磁场辐射抗扰度	按照 GB/T 17626.3 要求，一般等级2级的射频电磁场干扰下正常工作。
浪涌（冲击）抗扰度	按照 GB/T 17626.5 要求，严酷等级2级的浪涌（冲击）干扰下正常工作。

### 5 无人机监测技术

#### 5.1 总体要求

##### 5.1.1 基本要求

- 5.1.1.1 应符合AC-91部有关无人机的规定及国家关于无人驾驶航空器管理的法律法规要求。
- 5.1.1.2 无人机宜在海拔4000 m以下，环境温度0~50 °C，风速不大于10 m/s的环境下进行监测作业。
- 5.1.1.3 监测作业前，应了解作业区域气象条件，避免在影响无人机飞行及搭载设备成像效果的气象条件下作业，如雷雨、暴雨、闪电、大风、大雾等。
- 5.1.1.4 监测作业前，应了解作业区域环境情况，规避障碍物，疏散、转移无关人员及设备。
- 5.1.1.5 无人机起降场地应无正在使用的雷达站、微波中继、无线电通信等强干扰源。
- 5.1.1.6 旋翼无人机起降场地应相对空旷平坦，起降场地及周边区域内无高压线及高层建筑；固定翼无人机起降场地在旋翼无人机起降场地要求的基础上，还需满足进近方向无超高障碍物。
- 5.1.1.7 应根据地理条件和环境选择合适的无人机机型。
- 5.1.1.8 应制定相关的无人机安全管理制度和安全操作规程，购置相关保险。

##### 5.1.2 人员要求

- 5.1.2.1 应根据监测作业任务和所用机型，合理配置无人机驾驶员，至少1名专职（兼职）安全员。
- 5.1.2.2 无人机驾驶员必须执证上岗，熟悉森林草原火灾监测、气象、地理等知识。
- 5.1.2.3 安全员应提前掌握作业区域相关情况、作业安全注意事项以及应急处理方法。
- 5.1.2.4 作业人员应穿着应急作业反光背心。
- 5.1.2.5 作业人员不得在酒后或身体疲劳状态下进行作业。
- 5.1.2.6 作业人员应掌握自我防护知识和火场紧急逃生避险技能。
- 5.1.2.7 作业人员应在上风等安全环境下开展作业。
- 5.1.2.8 无人机驾驶员应保持与应急指挥部门的通信联系。
- 5.1.2.9 安全员做好起降安全措施，阻止作业无关人员进入起降区域，协助无人机驾驶员安全飞行。

#### 5.2 配置要求

##### 5.2.1 无人机配置及要求

###### 5.2.1.1 选型原则

根据森林草原火灾监测作业区的地形地貌、监测面积和任务性质，选择匹配的无人机机型和辅助设施器材，满足作业区森林草原火灾监测的要求。

###### 5.2.1.2 机型配置

- a) 森林草原火灾监测面积不大于2 km<sup>2</sup>时，宜使用多旋翼无人机或无人直升机执行监测作业；

b)森林草原火灾监测面积大于2 km<sup>2</sup>时，宜使用垂直起降固定翼无人机执行监测作业。

### 5.2.1.3 旋翼无人机的要求

a)航时：电动无人机不低于35min，油电混动无人机不低于65 min。

b)最大飞行海拔高度：不低于4000 m。

c)巡航抗风等级：不低于6级（12 m/s）。

d)外壳防护等级：不低于IP44。

e)电动无人机应配置发电机等充电设备或备用电源，油电混动无人机应配置燃油加注设备。

f)吊舱搭载要求

——轻型旋翼无人机应至少能够搭载双光吊舱（不低于30倍变焦的可见光相机、红外热成像相机）、照明灯、喊话器等载荷设备；

——小型旋翼无人机应至少能够搭载双光吊舱（不低于16倍变焦的可见光相机、红外热成像相机）；

——中型旋翼无人机应至少能够搭载双光吊舱（不低于16倍变焦的可见光相机、红外热成像相机）。

### 5.2.1.4 垂直起降固定翼无人机的要求

a)航时：不低于90 min。

b)最大飞行海拔高度：不低于4000 m。

c)巡航抗风等级：不低于6级（12 m/s）。

d)外壳防护等级：不低于IP44。

e)应配置发电机等充电设备或备用电源。

f)应至少能够搭载单光（可变焦）吊舱、双光（可见光相机、红外热成像相机）吊舱、正射相机、数据通信装置等载荷设备。

## 5.2.2 地面控制站配置

### 5.2.2.1 硬件设备

地面控制站是对无人机监测作业进行指挥监控的一组地面设备，其硬件设备应至少包括无人机遥控单元、数据处理计算机、显示单元、数据通信单元等。

a)无人机遥控单元遥控距离应不小于5 km；

b)数据处理计算机

——处理器应不低于1.3 GHz，双核，Intel Core i5或1.7 GHz，双核，Intel Core i7要求；

——存储单元应不小于256 GB，宜采用固态硬盘；

——支持4G/5G/专网、无线蓝牙等网络通讯。

c)数据通信单元环境适应性和电磁兼容性应满足森林草原野外作业要求，发射机启动应小于30 ms，通信频段、通信距离及带宽等性能满足无人机监测作业要求。

### 5.2.2.2 软件功能

地面控制站软件应至少具备航线任务规划、飞行状态监控、飞行数据记录、火灾监测图像实时显示、载荷监测数据处理等功能。

## 5.3 实施流程

通过无人机监测技术进行森林草原火灾监测，应包含监测作业准备、监测作业实施、监测作业记录整理、设备维护保养、安全注意事项及应急处理等流程图见图2。

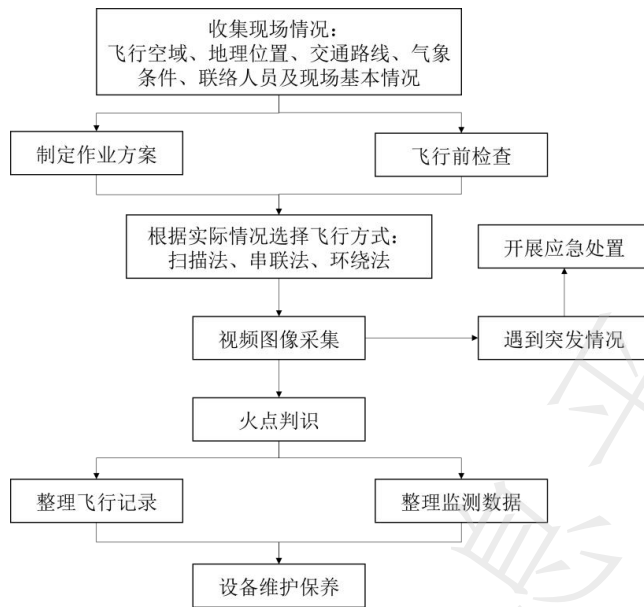


图2 无人机技术监测森林草原火灾流程图

### 5.3.1 监测作业准备

#### 5.3.1.1 收集现场情况

监测作业前，应对飞行空域、地理位置、交通路线、气象条件、联络人员及现场基本情况收集，评估作业人员到达现场时间，确认作业现场是否适合无人机飞行作业。

#### 5.3.1.2 制定实施方案

作业人员应根据前期收集的现场情况，制定实施方案，包括但不限于下列内容：

- a) 作业人员及联系方式；
- b) 无人机类型及数量；
- c) 任务荷载、通信设备、能源补给装置、车辆及其他辅助作业装备；
- d) 规划航飞区域范围和路线；
- e) 起降点位置选择；
- f) 森林草原火灾监测位置；
- g) 飞行高度、速度；
- h) 安全措施和应急预案。

#### 5.3.1.3 飞行前检查

- a) 作业人员须仔细检查设备的状态是否正常。检查工作应按照检查内容逐项进行，对直接影响任务安全执行的车辆、无人机进行重点检查。
- b) 每项检查须两名作业人员同时检查或交叉检查。检查内容清单见附录A。
- c) 作业人员到达现场后，应对无人机进行安装、调试，确认无人机工作正常，并将报告指挥人员。
- d) 确认现场气象和环境条件是否适合无人机飞行，检查作业区域及周边状况，测量电池电量或燃料状况，确保没有影响飞行的安全因素或者其他禁飞要求，等待指挥人员指令起飞。

### 5.3.2 监测作业实施

- a) 无人机监测视频应通过 4G机搭载满足作业任务要求/5G 或其他专网通信实时传输至指挥平台。

- b) 飞行方式：监测作业区域较大时，应采用扫描法飞行；监测作业区域为分散小块或狭长区域时，应采用串联法飞行；需要对监测作业区域中心或重点区域做全方面监测时，应采用环绕法飞行。无人机监测飞行方式见附录B。
- c) 监测作业期间，指挥部可根据需要对现场情况进行调度指挥。
- d) 一般森林草原火灾，飞行高度应不低于火场上空80 m；较大森林草原火灾，飞行高度应不低于火场上空120 m；重大森林草原火灾及特别重大森林火灾，飞行高度应不低于火场上空200 m。
- e) 监测作业期间，作业人员应进行同步的实时语音播报。

### 5.3.3 监测作业记录整理

监测作业执行完毕，应根据实际作业情况，整理、储存无人机飞行记录和监测数据。

#### 5.3.3.1 飞行记录整理

飞行记录整理内容应至少包括：

- a) 飞行前检查记录；
- b) 无人机类型及所搭载载荷设备；
- c) 飞行航迹记录；
- d) 飞行监控记录；
- e) 飞行后检查记录。

#### 5.3.3.2 监测数据整理

监测数据整理内容应至少包括：

- a) 现场气候条件。包括天气、温度、湿度、风向、风速、能见度等；
- b) 监测当前地理位置、地貌、地形、地类、植被类型、树种、火源、可燃物、疑似过火区、过火面积、燃烧类型等；
- c) 航路点数据；
- d) 监测相关图片、视频等影像及其他数据；
- e) 影像位置与姿态数据。

#### 5.3.4 设备维护保养

监测作业结束后，按相关规定完成入库交接程序，清点设备器材的使用情况。如有损坏需要更换或修复的部件及时处理，并对设备及配套器材定期进行维护保养。

#### 5.3.5 安全注意事项及应急处理

5.3.5.1 监测作业前，应制定紧急情况处理预案，包括应急迫降点、航线转移策略等内容，并应配有灭火设备，用于无人机失火事件的应急处理。

5.3.5.2 监测作业时，如果出现可能威胁人身安全的情况，如其它动物闯入作业区域、天气突变等，应在保证安全的情况下立即停止作业，待危险因素排除后再进行作业。

5.3.5.3 监测作业时，无人机不应直穿森林草原火灾上空的烟雾层，尽量避免在火场正上方飞行。

5.3.5.4 夜间作业时，应根据指挥人员指令，适时切换可见光与红外热成像镜头。飞行高度相对昼间适当增加，飞行速度相对昼间适当减少。

5.3.5.5 昼间作业时，无人机飞行高度宜为80米。

5.3.5.6 作业现场如无网络信号，为保证数据传输需制定相关处置预案。

5.3.5.7 监测作业时，如发生重大意外事故，应及时上报相关部门，并采取应急措施，做好记录。

### 5.4 技术指标

#### 5.4.1 烟火识别

无人机开展森林草原火灾监测作业，应搭载可见光、近红外、红外热、多光谱成像等多种传感器进行烟火识别，识别响应时间不大于5s，并能够有效过滤各类因素引起的环境变化干扰，避免误报发生。

#### 5.4.2 火情识别率

在满足5.4.1的情况下，漏报率不大于0.1%，误报低于3次/巡航小时；

#### 5.4.3 报警定位

无人机监测系统应具有报警定位功能，要求烟火定位误差均不大于50 m。

#### 5.4.4 无人机电磁兼容性

按照 GB/T 38909 要求，无人机应满足野外工作环境下的抗扰度要求。

#### 5.4.5 监测成果

完成无人机监测任务后，应按表6规定格式提交监测成果。

表6 无人机监测成果标准格式

成果类型	成果格式
视频	MP4
正射	Tif
三维	OSGB
照片	JPG

## 6 卫星遥感监测技术

### 6.1 总体要求

6.1.1 火点信息：火点像元的经纬度、行政区划和土地覆盖类型；

6.1.2 火点强度信息：亚像元火点面积、温度和火点辐射功率；

6.1.3 过火区信息：过火区面积、行政区划和土地覆盖类型；

6.1.4 烟雾信息：火点上空烟雾范围及扩散方向；

6.1.5 火点时空分布统计信息：指定时间段内，指定行政区划、经纬度范围、或相关土地利用类型的火点个数，以及火点像元个数的极值、平均值、当前时期和历史同期火点信息的距平、年际差异等。

### 6.2 数据要求

#### 6.2.1 卫星数据

6.2.1.1 应采用携带远红外、中红外、近红外、红光和绿光等通道探测仪器的遥感卫星数据，探测仪器通道波长参数应在下列范围内：

a) 远红外：10.5  $\mu\text{m}$ ~12.5  $\mu\text{m}$ ；

b) 中红外：3.5  $\mu\text{m}$ ~4.1  $\mu\text{m}$ ；

c) 近红外：0.7  $\mu\text{m}$ ~1.1  $\mu\text{m}$ ；

d) 红光：0.6  $\mu\text{m}$ ~0.7  $\mu\text{m}$ ；

e) 绿光：0.5  $\mu\text{m}$ ~0.6  $\mu\text{m}$ ；

f) 蓝光：0.4  $\mu\text{m}$ ~0.5  $\mu\text{m}$ 。

6.2.1.2 用于火点判识和强度计算的主要卫星遥感仪器通道参数见附录C，用于过火区面积识别和计算的主要卫星遥感仪器通道参数见附录D。

#### 6.2.2 辅助数据

应包括行政区划、土地覆盖和植被覆盖度等数据。

### 6.3 实施流程

通过卫星遥感监测技术进行森林草原火灾监测，应包含数据预处理、局域图生成、火点判识、火点强度计算、过火区判识与面积计算等，流程图见图3。

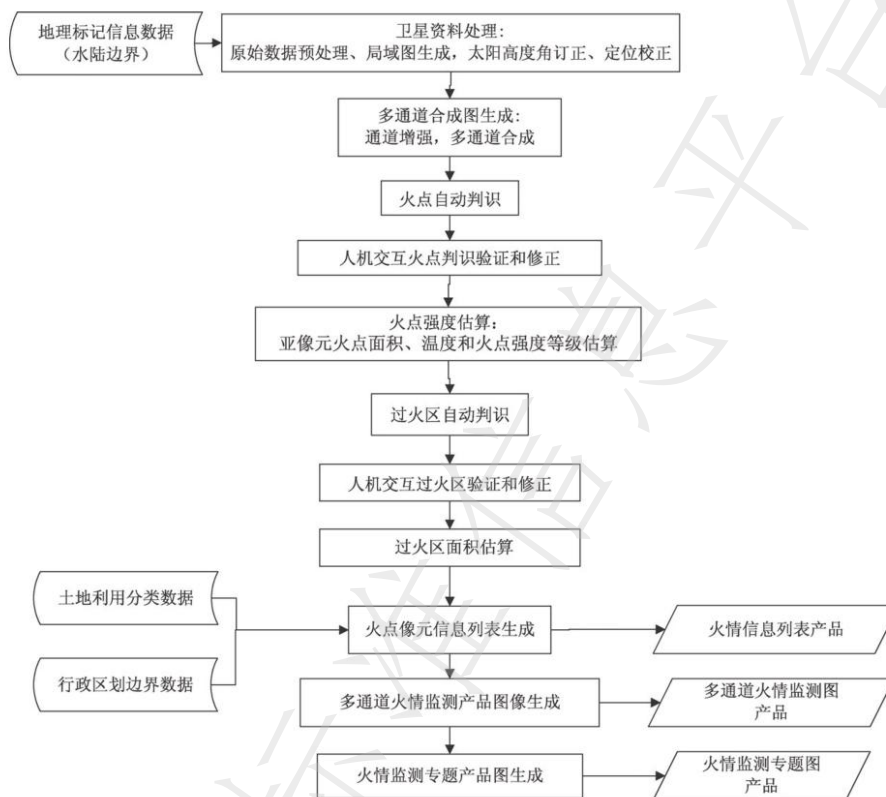


图3 卫星遥感技术监测森林草原火灾流程图

#### 6.3.1 数据预处理

卫星数据应经过定位、定标和质量检查等处理，其中绿光、红光和近红外通道应经过太阳高度角订正。

#### 6.3.2 局域图生成

预处理数据投影生成监测区的局域图，其中绿光、红光和近红外通道转换为反射率，中红外、远红外通道转换为亮度温度。局域图大小宜根据监测区范围设定。

#### 6.3.3 火点判识

火点判识应包括非火点像元判识标记，背景温度计算和火点像元确认。

#### 6.3.4 火点强度计算

卫星遥感火点强度计算应包括红外通道选择、双通道数据计算或中红外单通道数据计算或远红外单通道数据计算、亚像元火点面积计算、火点强度计算。

#### 6.3.5 过火区面积计算

过火区面积计算应包括火灾发生前后的卫星数据获取、数据前期处理、火情多通道合成图生产、地表水体标记、过火区判识、人机交互检验和修正、过火区面积计算。

## 6.4 技术指标

### 6.4.1 定位精度

图像定位应经过地标检验。如有误差，需经过定位修正。修正后定位精度要求不大于1个像元。

### 6.4.2 极轨气象卫星多通道合成图像生成要求

#### 6.4.2.1 白天图像

- a) 通道合成方式：分别赋予中红外、近红外、可见光通道红、绿、蓝色合成；
- b) 通道增强：各通道均需经过图像增强，突出热源点和地表特征；
- c) 图像色彩效果：
  - 鲜红色：火点；
  - 暗红色或黑色：过火区；
  - 绿色：未过火植被区；
  - 白色或青灰色：云或烟雾；
  - 蓝色或黑色：水体。

#### 6.4.2.2 夜间图像

- a) 通道合成方式：赋予中红外通道红色，远红外通道绿色和蓝色合成；
- b) 通道增强：各通道均需经过图像增强，突出热源点和地表特征；
- c) 图像色彩效果：
  - 鲜红色：火点；
  - 深青灰色：无火区；
  - 亮青灰色：云区或烟区；
  - 暗红色：水体。

### 6.4.3 静止气象卫星多通道合成图像生成要求

#### 6.4.3.1 白天图像

- a) 通道合成方式：赋予中红外通道红色，可见光通道绿色和蓝色合成；
- b) 通道增强：各通道均需经过图像增强，突出热源点和地表特征；
- c) 图像色彩效果：
  - 鲜红色：火点；
  - 绿色：无火；
  - 白色或青灰色：云或烟雾；
  - 蓝色或黑色：水体。

#### 6.4.3.2 夜间图像

- a) 通道合成方式：赋予中红外通道红色，远红外通道绿色和蓝色合成；
- b) 通道增强：各通道均需经过图像增强，突出热源点和地表特征；
- c) 图像色彩效果：
  - 鲜红色：火点；
  - 深青灰色：无火区；
  - 亮青灰色：云区或烟区；
  - 暗红色：水体。

## 6.5 数据处理

### 6.5.1 火点判识

火点判识按照 QX/T 344.2 的规定进行。

### 6.5.2 火点强度

火点强度计算按照 QX/T 344.3 的规定进行。

### 6.5.3 过火区面积

过火区面积计算按照 QX/T 344.4 的规定进行。

## 7 空天地一体化监测系统

### 7.1 一般规定

空天地一体化监测系统应通过地面监测、无人机监测、卫星监测等多种森林草原火灾数字化监测技术的优势互补、协调配合，实现对森林草原火灾的立体监测、快速预警、精准评估，并满足互联性、实用性、先进性、拓展性、规范性、安全性、可靠性的基本原则。

#### 7.1.1 互联性

空天地一体化监测系统内上下级监控指挥中心之间、监控指挥中心与前端设备之间应能有效地进行通信和数据传输，应能够实现不同厂商、不同规格的设备或系统之间的兼容和互联互通。

#### 7.1.2 实用性

应当能满足当地林区环境条件、监控区域、监控方式、维护保养、投资规模等因素，合理设置系统功能、正确进行系统配置和设备选型，保证性价比，满足森林草原火灾综合监测管理需求。

#### 7.1.3 先进性

空天地一体化监测系统应兼顾实用性和经济性，在满足国家标准和行业标准要求的基础上，基于当前技术水平适当提高技术指标。

#### 7.1.4 扩展性

空天地一体化监测系统应采用模块化设计，以适应系统规模扩展、功能扩充、配套软件升级等需求。

#### 7.1.5 规范性

空天地一体化监测系统设计应符合各地不同林草环境、气候以及防护级别的要求。控制协议、传输协议、接口协议、视音频编/解码、文件格式等应符合相关视频监控联网标准以及本标准的规定。

#### 7.1.6 安全性

空天地一体化监测系统应采用有效的安全保护措施，做好防盗、防潮工作，防止系统被非法接入、非法入侵攻击和病毒感染，系统应具备防雷、过载、断电、电磁干扰、抗极端气候和人为破坏等安全防护措施。针对后端管理平台，为保障信息数据的安全性，宜采用国产自主可控的软硬件设备。

#### 7.1.7 可靠性

空天地一体化监测系统应采用成熟可靠的技术和设备，关键设备应具有备份和冗余措施，系统软件应有备份和维护保障能力，并具有较强的容错和系统恢复能力。

### 7.2 系统架构



对森林草原火灾进行空地一体化监测，应支持现场信息实时回传、林火图像识别、火点定位、扑救指挥、视频会商、灾后评估等功能，提升应急处置能力，实现火灾立体感知、管理协同高效，降低森林火灾发生率，提升24小时火灾扑灭率，实现“打早打小打了”。

空地一体化监测系统宜按照感知层、网络层、基础层、数据层、平台层、应用层的六层逻辑架构进行建设，系统逻辑架构图见图4。



图4 空地一体化监测系统逻辑架构图

### 7.2.1 感知层

感知层包括卫星、无人机、视频图像传感器、多光谱传感器、气象监测站等，以及配套建设的基础设施，如供电设施、监控塔等。

### 7.2.2 网络层

网络层包括运营商网络、专线传输网络以及应急自组网络。

### 7.2.3 基础层

基础层支持实体数据中心的物理管理模式和云端平台的云化管理模式，包括网络资源、计算资源、存储资源。

### 7.2.4 数据层

数据层包括地理空间数据、基础数据、专题数据、遥感数据以及数据引擎等，能够完成数据接入、数据处理、数据组织、数据治理、数据开放等服务功能。

### 7.2.5 平台层

平台层包含地面监测平台、卫星遥感平台、无人机监测平台、数据服务平台、人工智能平台、应用与集成平台等。

### 7.2.6 应用层

应用层包括地面监测系统、无人机监测系统、卫星监测系统等能够独立运行的森林草原火灾数字化监测子系统，并能够集成使用，所属资源受空天地一体化监测系统调配管理。

### 7.3 系统功能要求

#### 7.3.1 一般要求

空天地一体化监测系统应包括两种及以上能够独立运行的森林草原火灾数字化监测子系统。例如，地面监测子系统、无人机监测子系统、卫星监测子系统等。

#### 7.3.2 协同监测

空天地一体化监测系统所属的多种子系统应能够集成使用，子系统资源受空天地一体化监测系统调配管理。例如：

——地面监控发现火点，应迅速定位并报警；通过卫星遥感、无人机以及其他地面观测点等方式开展协同监测，提升定位精度、扩大监测范围。

——无人机监控发现火点，应迅速定位并报警；通过卫星遥感、地面监控以及调度其他无人机等方式开展协同监测，提升定位精度、开展持续监测。

——卫星遥感发现火点，迅速定位并报警；通过无人机、地面监控以及调度更多卫星资源等方式开展协同监测，获取详细信息、及时确认火情、提升定位精度。

#### 7.3.3 报警定位

通过多种手段的协同监测，森林草原火灾的林火识别效果得到改善，定位误差应不大于50 m。

附录 A  
(资料性)

无人机飞行检查清单

表A.1 无人机飞行检查对照表

检查项目	检查内容	是否符合
车辆检查	是否满油	
	刹车动力有无问题	
	是否自备食品和水	
无人机检查	数量是否满足任务需要	
	外观有无损伤	
	构件连接是否牢固正常	
	线缆有无破损，接插件有无变形、短路	
	螺旋桨有无损伤，紧固螺旋是否拧紧，整流装置是否安装牢固	
飞控系统、遥控器	是否正常通电、通信	
零配件检查	零配件是否齐全	
	有无备品备件	
电源检查	机载电池（包括点火电池、接收机电池、飞控电池、舵机电池等）数量是否满足，电量是否充满	
	电池与机身之间、电池接插件连接是否牢固	
	充电设备是否正常	
存储设备检查	数量是否充足	
	内存是否满足	
任务载荷检查	变焦镜头能否正常连接和变焦	
	双光镜头能否正常连接和切换	

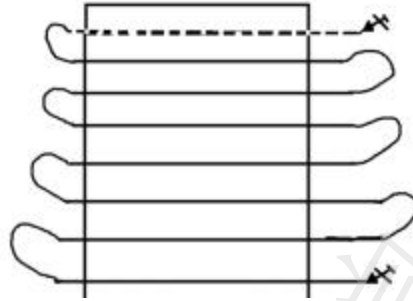
检查人：  
日期：

复核人：  
日期：

附录 B  
(规范性)

无人机监测飞行方式

1 扫描法



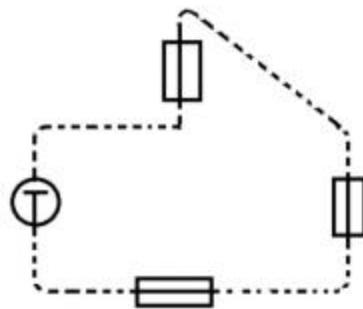
图B.1 扫描法飞行示意图

2 环绕法



图B.2 环绕法飞行示意图

3 串联法



图B.3 串联法飞行示意图

附录 C  
(资料性)

火点判识和强度计算的主要卫星遥感仪器通道参数表

表C.1~表C.7 给出了用于火点判识和强度计算的主要卫星遥感仪器通道参数。

表C.1 风云三号C卫星可见光红外扫描辐射计通道3、通道4参数表

通道	波长范围 $\mu\text{m}$	星下点空间分辨率 m
3	3.55~3.95	1100
4	10.30~11.30	1100

表C.2 风云三号D卫星中分辨率光谱成像仪-II通道20、通道21、通道24参数表

通道	中心波长 $\mu\text{m}$	星下点空间分辨率 m
20	3.80	1000
21	4.05	1000
24	10.80	250

表C.3 风云四号A卫星多通道扫描成像辐射计通道7、通道8、通道12参数表

通道	波长范围 $\mu\text{m}$	星下点空间分辨率 m
7	3.50~4.00 (高空间分辨率)	2000
8	3.50~4.00 (低空间分辨率)	4000
12	10.30~11.30	4000

表C.4 EOS卫星中分辨率成像光谱仪通道20、通道21、通道23、通道31参数表

通道	波长范围 $\mu\text{m}$	星下点空间分辨率 m
20	3.660~3.840	1000
21	3.920~3.989	1000
23	4.020~4.080	1000
31	10.500~11.300	1000

表C.5 NPP卫星可见光红外成像辐射仪通道I4、通道I5、通道M12、通道M13、通道M15参数表

通道	波长范围 $\mu\text{m}$	星下点空间分辨率 m
I4	3.55~3.93	375
I5	10.50~12.40	375
M12	3.61~3.79	750
M13	10.26~11.26	750
M15	10.26~11.26	750

表C.6 NOAA卫星先进甚高分辨率辐射计通道3B、通道4参数表

通道	波长范围 $\mu\text{m}$	星下点空间分辨率 m
3B	3.55~3.95	1100
4	10.30~11.30	1100

表C.7 葵花8号卫星可见光和红外扫描辐射计通道7、通道13参数表

通道	中心波长 $\mu\text{m}$	星下点空间分辨率 m
7	3.90	2000
13	10.40	2000

附录 D  
(资料性)

过火区判识和面积计算的主要卫星遥感仪器通道参数表

表D.1~表D.8 给出了用于过火区判识和面积计算的主要卫星遥感仪器通道参数表。

表D.1 风云三号D卫星中分辨率光谱成像仪-II通道2、通道3、通道4参数表

通道	中心波长 $\mu\text{m}$	星下点空间分辨率 m
2	0.550	250
3	0.650	250
4	0.865	250

表D.2 高分一号卫星多光谱相机通道2、通道3、通道4参数表

通道	波长范围 $\mu\text{m}$	星下点空间分辨率 m
2	0.52~0.59	16
3	0.63~0.69	16
4	0.77~0.89	16

表D.3 高分一号卫星全色多光谱相机通道3、通道4、通道5参数表

通道	波长范围 $\mu\text{m}$	星下点空间分辨率 m
3	0.52~0.59	8
4	0.63~0.69	8
5	0.77~0.89	8

表D.4 高分二号卫星全色多光谱相机通道3、通道4、通道5参数表

通道	波长范围 $\mu\text{m}$	星下点空间分辨率 m
3	0.52~0.59	4
4	0.63~0.69	4
5	0.77~0.89	4

表D.5 高分六号卫星多光谱相机通道2、通道3、通道4参数表

通道	波长范围 $\mu\text{m}$	星下点空间分辨率 m
2	0.52~0.59	16
3	0.63~0.69	16
4	0.77~0.89	16

表D.6 高分六号卫星全色多光谱相机通道3、通道4、通道5参数表

通道	波长范围 $\mu\text{m}$	星下点空间分辨率 m
3	0.52~0.59	8
4	0.63~0.69	8
5	0.77~0.89	8

表D.7 Landsat-8卫星陆地成像仪通道3、通道4、通道5参数表

通道	波长范围 $\mu\text{m}$	星下点空间分辨率 m
3	0.52~0.59	30
4	0.64~0.67	30
5	0.85~0.88	30

表D.8 Sentinel-2卫星多光谱成像仪通道3、通道4、通道8参数表

通道	中心波长 $\mu\text{m}$	星下点空间分辨率 m
3	0.560	10
4	0.665	10
8	0.842	10