ICS 13.220.10
CCS C 82

CSF

团　　体　　标　　准

T/CSF 0168—2026

森林雷击火监测预警系统规范

Specification for monitoring and early warning system of lightning-caused forest fires

2026-10-27 发布　　2026-10-27 实施

中 国 林 学 会　发 布

目　　次

前言……Ⅱ
1　范围……1
2　规范性引用文件……1
3　术语和定义……1
4　系统组成……2
5　预警模型……3
6　工作流程……4
7　试验方法……6

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。

本文件由中国林学会提出并归口。

本文件起草单位：中国消防救援学院、北京林业大学、中国科学院电工研究所、中国林业科学研究院森林生态环境与自然保护研究所、北京市园林绿化局、北京市西山试验林场管理处。

本文件主要起草人：武英达、程朋乐、苑尚博、徐梓洋、赵凤君、周荣伍、王平玺、金闪烁、杜秋洋、金佩娴、马启明、刘晓东、陈锋、高敏、吴天冬、娄黎明、刘辉、何华、索奥丽、龚俊伟。

森林雷击火监测预警系统规范

1 范围

本文件规定了森林雷击火监测预警系统的组成、预警模型和工作流程等内容。

本文件适用于林业和草原防火业务主管部门的森林雷击火监测预警工作。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件，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 19663-2022 信息系统雷电防护术语

GB/T 33678-2017 VLF-LF 三维闪电定位网技术规范

GB/T 47054-2026 森林草原防火无人机巡查技术规范

LY/T 2576-2016 雷击森林火灾调查与鉴定规范

LY/T 3448-2025 雷击火监测预警系统通用技术要求

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

雷击 lightning stroke

对地闪击中的一次放电。

[来源：GB/T 19663-2022, 3.3.1]

3.2

雷击点 lightning point

雷击在大地或地面高耸物体（建筑物、建筑物上的防雷装置、服务设施、树木等）的那一点。

[来源：LY/T 2576-2016，2.5]

3.3

森林雷击火 lightning-caused forest fire

由雷击为火源所引发的森林火灾，以下简称“雷击火”。

[来源：LY/T 2576-2016, 2.2]

3.4

森林雷击火监测预警系统 forest lightning-caused fire monitoring and early warning system

由预警、传输、前端、成像、监测及供电等模块组成，通过实时采集大气电场、闪电定位、气象、森

林可燃物等多源数据，结合雷击火判识模型，实现林区雷击火风险动态监测、智能研判、分级预警与信息推送的一体化森林防火技术系统。

4 系统组成

4.1 系统架构

森林雷击火监测预警系统应包含监测设备、成像模块、前端模块、传输模块、预警模块及供电模块，见图 1。

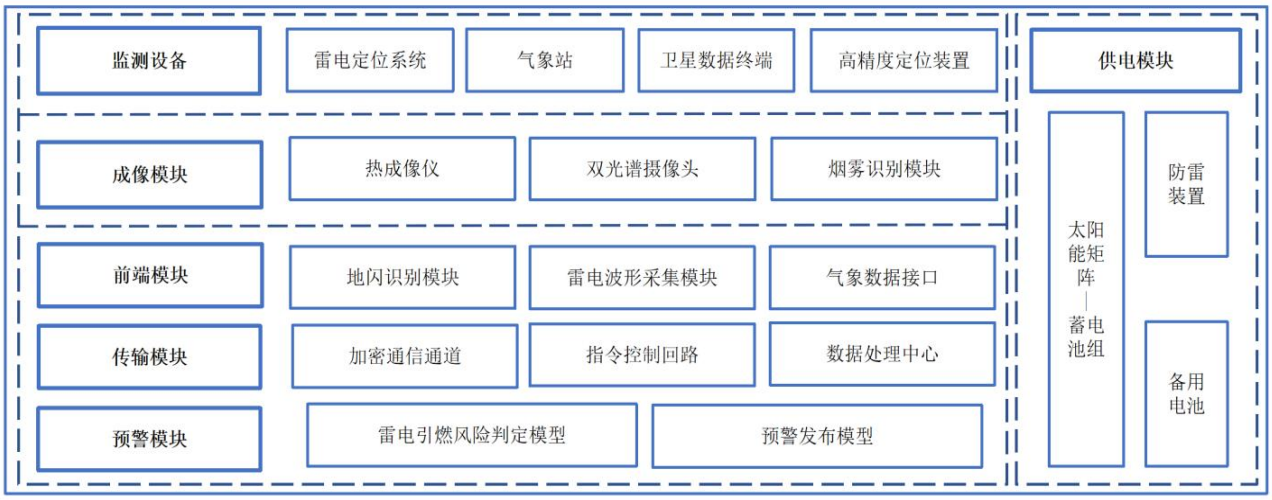


图 1 系统组成

4.2 监测设备模块

应满足以下要求：

a) 包括雷电定位系统、地面气象站、卫星数据接收终端及复杂地势高精度定位装置；
b) 具有实时追踪雷电活动，获取雷电位置、雷电强度、雷电极性以及同步监测目标区域的气象条件与可燃物状态等功能。

4.3 成像模块

应满足以下要求：

a) 包括瞭望塔或无人机搭载热成像仪、可见光/红外双光谱摄像头及烟雾识别算法模块；
b) 具有探查雷击点热源分布、烟雾特征及火势范围的功能，宜保证 24 h 火情确认。

4.4 前端模块

应满足以下要求：

a) 包含地闪回击识别模块、雷电波形采集模块及气象数据接口；
b) 具备实时采集数据（例如：雷电电磁辐射波形、气象参数及可燃物特征数据）及通过加密通信协议传输至数据处理中心的功能。

4.5 传输模块

应满足以下要求：

a) 包含加密通信信道、指令控制回路和数据处理中心；
b) 采用适当的试错监测和纠正机制，以识别和修正传输过程中可能出现的错误。

4.6 预警模块

应满足以下要求：

a) 包含整合雷电引燃风险判定模型与预警发布模型；
b) 具有基于实时环境数据计算风险系数、自动触发监测设备启动指令、确认火情后生成雷击点信息报告及通过专用通信链路推送至林业和草原防火业务主管部门等功能。

4.7 供电模块

应满足以下要求：

a) 配备太阳能矩阵–蓄电池组、防雷装置与备用电池，形成稳定、可靠的供电系统；
b) 确保监测设备、传输系统及成像系统在极端天气下持续运行；
c) 备用电源容量在极端天气下保障能力应不小于 7 d（168 h）。

5 预警模型

5.1 监测模型

5.1.1 采集要求

包括但不限于：

a) 应能监测温度、相对湿度、风速及可燃物含水率等关键参数，雷电辐射波形及可燃物特征数据；
b) 应具有雷电活动实时监测能力，雷电定位系统监测半径应不小于 50 km；
c) 应具有气象数据实时监测能力，通过气象卫星及地面气象站实现数据采集，数据更新周期应大于 10 min；
d) 应具有多通道同步采样能力，雷电波形特征采集通道数应不少于 3 个；
e) 应获取雷电的经纬度、时间、强度及极性数据，电流时长测量误差应不大于 20 ms；
f) 应支持复杂地势高精度定位技术，高精度设备定位误差应不大于 100 m；
g) 宜采用雷电定位系统、气象卫星与地面气象站的协同工作模式，确保数据覆盖完整性；
h) 宜采用多通道同步采样、地闪回击识别及高精度定位的协同技术，确保雷电数据完整性和准确性；
i) 应具备地闪回击精准识别功能，识别准确率应不小于 98%。

5.1.2 判定规范

应满足以下要求：

a) 采用动态数据驱动机制，确保风险系数计算的实时性和准确性；
b) 搭载雷电引燃风险判定模型，模型参数应定期校验，每年至少校验更新一次；
c) 具有多源数据融合能力，支持雷电数据、气象数据及可燃物特征的协同分析；
d) 输出量化风险评估等级，包括低风险、中风险及高风险三级分类。

5.1.3 高风险预警联动

应满足以下要求：

a) 当风险系数达到高风险等级时，应自动启动监测设备对目标区域进行实时追踪；
b) 通过无线通信将雷电位置、气象数据同步传输至瞭望塔，传输延迟应不大于 3 s。

5.2 探查模型

应满足以下要求：

a) 通过瞭望人员使用热成像设备或望远镜进行实时观察，热成像设备分辨率不小于 640 像素 × 480 像素，焦距应不小于 50 mm；
b) 当瞭望塔无法确认火情（如视线遮挡或烟雾干扰）时，应启用无人机搭载可见光/红外双光谱摄像头进行探查，摄像头红外灵敏度应大于 30 mK；
c) 无人机探查应在距目标火场不大于 500 m 的距离内，具备可见光波段雷击点烟雾、识别温度不大于 200 ℃热源及定位误差不大于 10 m 火势范围的识别功能。

5.3 预警模型

5.3.1 火灾鉴定结论

鉴定结论为：雷击火和非雷击火两种。

5.3.2 分析处理

鉴定结论应及时处理并满足以下要求：

a) 确认为雷击火时，探查人员应在 10 min 内通过专用通信链路（加密等级≥AES-256）上报火情信息至森林防火主管部门。上报信息应包括：
   1) 雷击点经纬度，精确至秒级；
   2) 火势等级，可依据受害森林面积和伤亡人数分为一般、较大、重大和特别重大四个等级；
   3) 火场情况，即火行为数据；
b) 确认为非雷击火时，应提交排除报告，包含探查时间、设备类型及判定依据。

5.3.3 风险判定优化

非雷击火排除后，系统自动记录以下数据并反馈至风险判定模型优化模块，内容包括但不限于：

a) 排除依据　包括热源信号缺失（热成像温度低于 50℃）、气象数据矛盾（如降雨记录与火情冲突）、无人机探查影像（可见光与红外双光谱比对）；
b) 数据存储　原始探查数据（含时间戳、设备 ID）保存至云端数据库，保留周期不少于 3 年；
c) 模型优化　通过机器学习算法迭代更新风险判定阈值。以年度为周期，基于全部雷电事件样本，误报率应不大于 5%。

6 工作流程

6.1 总体流程

系统工作应按照风险判定、监测启动、现场探查及灾情上报的流程进行，总体工作流程见图 2。

6.2 风险判定

实时获取雷电波形特征、雷电位置、气象数据及可燃物特征，将获取到的数据作为雷电引燃风险判定模型的输入，综合多因子加权运算计算风险系数。风险因子的选取、数据采集及风险判定应符合 LY/T 3448-2025 的相关要求。

6.3 监测启动

雷电引燃风险判定模型预测达到高风险时，检测模型应启动雷电定位系统及复杂地势高精度定位设备，对目标区域进行实时追踪，并通过无线通信将数据传输至瞭望塔。

6.4 现场探查

应满足以下要求：

a) 通过瞭望塔热成像仪探查雷击点烟雾及热源确认火情；

b) 无法确认火情时，探查模型应启用无人机搭载可见光或红外双光谱摄像头，探查火势范围、热源分布及烟雾特征。

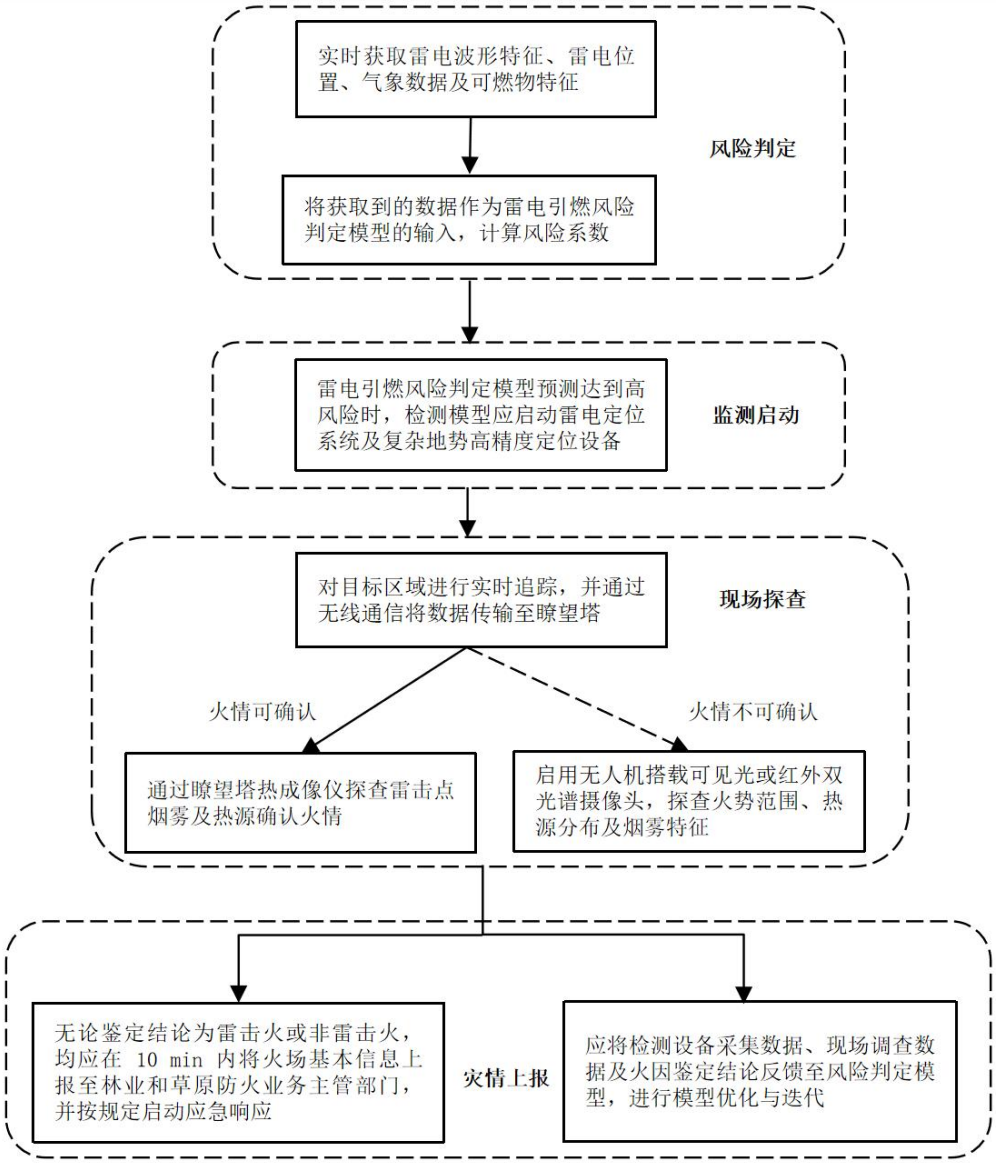


图 2 系统工作流程图

6.5 灾情上报

应满足以下要求：

a) 现场探查确认发生火情后，无论鉴定结论为雷击火或非雷击火，均应在 10 min 内将火场基本信息（经纬度、火势等级、火场植被类型及火因鉴定结论等）上报至林业和草原防火业务主管部门，并按规定启动应急响应；

b) 应将监测设备采集数据、现场调查数据及火因鉴定结论反馈至风险判定模型，进行模型优化与迭代。

7 试验方法

7.1 系统组成试验

7.1.1 系统架构试验

检查监测设备、成像模块、前端模块、传输模块、运输模块、供电模块的运行状态。分别向监测、成像、传输和预警模块输入测试数据或发送控制指令，观察各模块响应情况，检查数据是否按照图 1“监测-传输-分析-预警-推送”的流程完成处理；核查系统运行日志和报警记录，各模块应正常运行，数据流和控制流应完整。记录检查结果。

7.1.2 监测设备模块试验

检查雷电定位系统、地面气象站、卫星数据接收终端、复杂地势高精度定位装置。检查系统能否获取雷电发生时间、经纬度、雷电强度以及温度、相对湿度、风速、可燃物含水率等数据；改变测试数据的时间、位置和数值，检查平台显示、存储和传输结果是否与输入数据一致。闪电定位相关试验宜参照 GB/T 33678-2017 的有关方法进行。满足 4.2 要求为合格。

7.1.3 成像模块试验

检查瞭望塔或无人机搭载热成像仪、可见光/红外双光谱摄像头、烟雾识别算法模块。模拟热源和烟雾，验证热源分布、烟雾特征、火势范围探查及 24 h 火情确认能力，并检查图像及识别结果是否正确上传。无人机火情探查试验应结合 GB/T 47054-2026 的相关作业和验证要求。

7.1.4 前端模块试验

检查地闪回击识别模块、雷电波形采集模块、气象数据接口。实时采集雷电电磁辐射波形、气象参数、可燃物特征数据，并通过加密通信协议传输至数据处理中心。记录数据完整性和加密传输结果。

7.1.5 传输模块试验

检查加密通信信道、指令控制回路、数据处理中心。采用试错监测和纠正机制，制造传输错误，验证识别和修正能力。记录试验结果。

7.1.6 预警模块试验

输入实时环境数据，检查风险系数计算、自动触发监测设备启动指令、火情确认后生成雷击点信息报告，并通过专用通信链路推送至林业和草原防火业务主管部门。记录功能响应。

7.1.7 供电模块试验

检查太阳能矩阵-蓄电池组、防雷装置、备用电池。模拟极端天气或断电条件，观察系统是否自动切换至蓄电池组或备用电源，测量备用电源容量保障时间，应不小于 7 d（168 h）。检查防雷装置有效性，记录测试数据。

7.1.8 试验判定

上述项目全部满足要求，判定系统组成试验合格；任一项不满足，判定不合格。

7.2 预警模型试验

试验前检查雷电监测、气象采集、通信、定位、成像、无人机等设备工作正常。

7.2.1 监测模型试验

按照 5.1.1 要求，模拟雷电活动和气象变化，记录温度、相对湿度、风速、可燃物含水率、雷电辐射波形及可燃物特征数据。检查雷电定位系统监测半径不小于 50 km；气象数据更新周期；多通道同步采样通道数不小于 3 次；雷电经纬度、时间、强度、极性数据；电流时长测量误差不大于 20 ms；地闪回击识别准确率不小于 98%。采用标准信号源、计时器、测量设备和统计方法。

7.2.2 判定规范试验

向雷电引燃风险判定模型输入雷电、气象、可燃物数据，检查动态数据驱动、模型参数年度校验记录、多源数据融合和三级风险输出。记录模型输出与预期等级。

7.2.3 高风险预警联动试验

设置高风险场景，检查系统自动启动监测设备实时追踪，雷电位置和气象数据无线传输至瞭望塔，计时传输延迟不大于 3 s。

7.2.4 探查模型试验

检查热成像设备分辨率不少于 640 像素 × 480 像素、焦距不少于 50 mm；模拟视线遮挡或烟雾干扰，启用无人机搭载可见光/红外双光谱摄像头，检查红外灵敏度大于 30 mK；在距目标火场不大于 500 m 内，识别可见光波段雷击点烟雾、温度不大于 200 ℃热源及火势范围，定位误差不大于 10 m。

7.2.5 预警模型试验

模拟雷击火和非雷击火场景,检查鉴定结论。确认为雷击火时,计时探查人员在 10 min 内通过 AES-256 及以上加密专用通信链路上报火情信息，信息包括雷击点经纬度（精确至秒级）、火势等级、火场情况。确认为非雷击火时，检查排除报告。检查非雷击火排除后数据记录、云端存储不少于 3 年、模型优化迭代及年度误报率不大于 5%。

7.2.6 试验判定

上述项目全部满足要求，判定预警模型试验合格；任一项不满足，判定不合格。

7.3 工作流程试验

7.3.1 总体流程试验

按图 2 进行全流程演练，记录风险判定、监测启动、现场探查、灾情上报各环节执行情况。

7.3.2 风险判定试验

实时获取雷电波形特征、雷电位置、气象数据及可燃物特征，输入雷电引燃风险判定模型，检查多因子加权运算和风险系数计算。记录风险等级。

7.3.3 监测启动试验

模拟模型预测高风险，检查雷电定位系统及复杂地势高精度定位设备启动，对目标区域实时追踪，并通过无线通信传输至瞭望塔。记录启动时间和传输结果。

7.3.4 现场探查试验

检查瞭望塔热成像仪探查雷击点烟雾和热源；启用无人机搭载可见光或红外双光谱摄像头，探查火势范围、热源分布及烟雾特征。记录探查结果。

7.3.5 灾情上报试验

模拟现场探查确认火情，无论雷击火或非雷击火，计时 10 min 内将火场经纬度、火势等级、火场植被类型及火因鉴定结论等基本信息上报至林业和草原防火业务主管部门，并检查应急响应启动。检查监测设备采集数据、现场调查数据及火因鉴定，结论反馈至风险判定模型进行优化迭代。记录上报时间和内容。

7.3.6 试验判定

上述项目全部满足要求，判定工作流程试验合格；任一项不满足，判定不合格。