|  |  |
| --- | --- |
| ICS  | 13．200 |
| CCS  |

|  |
| --- |
|  |

A90 |

团体标准

T/CADP XXXX—XXXX

森林草原火灾扑救现场监测预警

通用技术要求

General technical requirements for on-site monitoring and early warning of forest and grassland firefighting campaign

（本草案完成时间：2024-11-13）

XXXX - XX - XX发布

XXXX - XX - XX实施

中国灾害防御协会  发布

目次

[前言 II](#_Toc23019)

[引言 III](#_Toc13903)

[1 范围 1](#_Toc5803)

[2 规范性引用文件 1](#_Toc25643)

[3 术语和定义 1](#_Toc614)

[4 监测预警通则 1](#_Toc24681)

[4.1 基本要求 1](#_Toc16436)

[4.2 监测预警范围 2](#_Toc21131)

[4.3 预警对象 2](#_Toc9937)

[5 监测技术要求与监测方法 2](#_Toc17483)

[5.1 基本要求 2](#_Toc6048)

[5.2 监测指标 2](#_Toc1478)

[5.3 监测方法 3](#_Toc152)

[6 预警技术要求 3](#_Toc1858)

[6.1 基本要求 3](#_Toc30993)

[6.2 预警模型 3](#_Toc4270)

[6.3 预警指标 4](#_Toc18284)

[6.4 预警时效 4](#_Toc7270)

[6.5 预警等级 4](#_Toc7178)

[6.6 预警内容 4](#_Toc8921)

[6.7 信息发布 4](#_Toc14570)

[附录A（规范性） 森林草原火灾扑救现场各监测预警指标的测量要求 5](#_Toc1068)

[附录B（资料性） 森林草原火灾扑救现场预警模型 6](#_Toc4920)

[附录C（规范性） 森林草原火灾扑救现场预警等级、色标和图标划分 9](#_Toc27927)

[参考文献 10](#_Toc11300)

1. 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专利的责任。

本文件由中国灾害防御协会提出并归口。

本文件起草单位：应急管理部国家自然灾害防治研究院、中国林业科学研究院森林生态环境与自然保护研究所、中国消防救援学院、中国安全生产科学研究院、航天新气象科技有限公司、青岛镭测创芯科技有限公司、广州市声讯电子科技股份有限公司、上海华测导航技术股份有限公司、中国气象科学研究院、中国气象局公共气象服务中心。

本文件主要起草人：

1. 引言

近年来，全国森林草原火灾发生次数和森林受害面积均维持在较低水平，然而森林草原火灾呈现紧邻城市建成区、造成损失大、社会关注度高等新的特点，这些新变化对森林火灾扑救工作提出了更高的要求。同时，近年来发生的多起森林火灾扑救人员伤亡事件，引起了各级应急管理和消防救援部门对森林火灾扑救安全高度重视。2023年，中共中央办公厅、国务院办公厅印发了《关于全面加强新形势下森林草原防灭火工作的意见》，突出强调了“预防为主、积极消灭、生命至上、安全第一”的森林草原防灭火工作方针，将扑火安全作为森林草原灭火任务的首要理念和重要前提。众多森林草原火灾扑救经验教训和总结表明，如果不能及时监测和迅速获取扑救现场的火情现状和火行为并做出预判，就无法实现森林草原火灾的高效扑救和安全处置，进而导致更严重的灾害损失；而开展森林草原火灾扑救现场监测预警是提高扑救效率、降低灾害损失、避免灾害现场人员伤亡的重要手段。本文件主要围绕及时掌握灾情现场信息，加强规范森林草原火灾扑救现场的监测预警技术方法、预警模型和产品制作发布等工作，切实保障扑火人员的安全，提高扑救效率，为各级扑火人员采取有效的扑火和避险措施提供重要技术参考。

森林草原火灾扑救现场监测预警

通用技术要求

* 1. 范围

本文件界定了森林草原火灾扑救现场术语和定义，规定了监测技术要求与监测方法和预警要求。

本文件适用于森林草原火灾扑救现场的监测预警及其相关工作。

* 1. 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 15322.3 可燃气体探测器 第3部分：工业及商业用途便携式可燃气体探测器

LY/T 2013 森林可燃物的测定

LY/T 2579 森林火险监测站技术规范

LY/T 2663 森林防火地理信息系统技术要求

LY/T 2665 森林火险因子采集站建设及采集技术规范

DB11/T 1825 森林消防综合应急救援基础能力建设规范

DB11/T 1826 森林消防综合应急救援队伍训练规范

* 1. 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

* + 1.

预警等级 **warning levels**

森林草原火灾扑救现场火险等级、火行为特征造成危险程度高低的量度。

* + 1.

预警信号 **warning signals**

根据森林草原火灾扑救现场火情发展趋势及预警等级由森林草原防灭火指挥机构发布的信号。

* + 1.

预警时效 **duration of warning**

预警信号发布后，森林草原火灾扑救现场各预警指标响应的有效时段。

* 1. 监测预警通则
		1. 基本要求

森林草原防灭火指挥部应将火灾扑救现场监测预警工作纳入到火灾扑救与处置工作预案和现场工作方案。

森林草原火灾扑救现场监测预警信息应准确反映火情情况，以使各级森林草原防灭火机构迅速响应。

森林草原火灾扑救现场监测预警宜采用新技术、新方法、新仪器等，满足火灾扑救现场监测预警工作技术要求。

监测预警产品应做好数据备份，数据备份内容应包括各类现场监测数据、预警产品数据等。

* + 1. 监测预警范围

现场监测预警范围应包括：

a）扑火行动中正在扑救与处置的森林草原火灾区域；

b）防灭火指挥部预判的未来24h内潜在的扑火行动区域。

* + 1. 预警对象

预警对象为在森林草原火灾扑救过程中，直接受到灾害影响的各类社会承灾体，包括且不限于火场现场扑火队员以及火灾现场的其他承灾主体。

* 1. 监测技术要求与监测方法
		1. 基本要求

现场监测前应对地形、可燃物、气象等因子开展现场调查，初步判断扑救现场的火情发展趋势及影响范围，确定监测仪器安装的典型安全区域。

研判火灾扑救现场火行为是否威胁人员密集居住地和重要设施，对森林草原火灾扑救现场的火环境、演变状态、火场态势进行监测，快速制定技术方案。

监测预警工作宜充分利用卫星遥感、视频监控、飞机巡护、人工瞭望、现场专业设备等手段开展联合监测，密切监测火情动态

火灾现场监测的设备选用应充分考虑扑救现场的实战需求，按照附录 A所要求的参数精度和设备性能指标选定。

* + 1. 监测指标
			1. 基本要求

火灾扑救现场监测指标应能全面覆盖火灾现场的各个关键要素，包括对火灾现场及周边区域的地形、可燃物、气象因子，以及火场内部火行为与烟气特征。

* + - 1. 火场地形因子

火场地形因子包括：

1. 坡向；
2. 坡度；
3. 坡位；
4. 海拔高度。
	* + 1. 火场可燃物因子

火场可燃物因子包括：

1. 可燃物含水率；
2. 可燃物类型；
3. 可燃物载量；
4. 可燃物温度。
	* + 1. 火场气象因子

火场气象因子包括：

1. 雨量：1h累计雨量、24h累计雨量；
2. 火场空气温度：火场外围温度、火场内部温度；
3. 火场周边湿度；
4. 风向；
5. 风速。
	* + 1. 现场火行为因子

现场火行为特因子包括：

1. 火线强度；
2. 火焰高度；
3. 火蔓延速度；
4. 火线温度。
	* + 1. 火场烟气因子

火场烟气因子包括：

1. 可燃气体成分；
2. 可燃气体浓度；
3. 可见度。
	* 1. 监测方法

火场地形因子应通过森林防火地理信息系统获得，或由水准仪、罗盘、测距仪等设备进行现场监测，森林防火地理信息系统应符合LY/T 2663要求。

火场可燃物因子可接收森林可燃物分布数据、森林火险因子采集站数据，数据测定方法分别按照LY/T 2013、LY/T 2665规定执行。

火场气象因子应接收火场附近森林火险气象站的观测数据或由红外热像仪、测温仪、便携式气象站等设备进行现场监测，森林火险气象站应符合LY/T 2579要求。火场气象因子未来趋势应参考当地气象站天气观测和预报信息。

现场火行为特征应根据火场地形因子、火场气象因子和火场可燃物因子的监测数据进行火行为估算，估算方法可参考附录B。

火场烟气应采用可燃气体探测器测定，可燃气体探测器监测性能应符合GB 15322.3的要求。

* 1. 预警技术要求
		1. 基本要求

火灾扑救现场预警应面向灭火行动实战需求，主要对森林草原火灾现场多种指标的火行为进行预报预警，可采用单因子指标、多因子指标或多个指标进行综合预警。

基于火场可燃物、气象因子、地形因子和火行为等监测数据和火灾扑救现场预警模型，实现单因子预警或多因子的综合预警。

火灾扑救现场预警体系应包括现场监测设备和预警发布平台等。

* + 1. 预警模型
			1. 基本要求

预警模型的应根据森林草原火灾扑救现场的火场可燃物、气象因子、地形因子和火情形势等监测数据建立，火灾现场预警模型应涵盖火灾现场不同的风险类型。

单因子指标应根据火场现场监测数据、系统接入相关数据和预报数据实现火灾现场单因子指标的时空预警。

火行为预警模型应结合单因子指标、火险等综合计算，可对火焰高度、蔓延速度、能量释放等关键指标进行估算。

火险预警模型应选用反映火行为特征的火险模型，可与火行为模型进行耦合计算，并基于单风险因子的模拟预测结果，对火场周边区域的火险实况和趋势进行时空预警。

烟气释放预警模型应结合现场监测和火行为模型，对不同成分危险性气体进行时空动态模拟和评估。

扑火危险性预警模型应结合火灾现场监测指标、单因子指标和各类预警模型进行扑火危险性时空模拟，对危险区域进行评估确定。

* + 1. 预警指标
			1. 基本要求

火灾扑救现场预警指标主要体现在危及扑火队员安全的火险、火行为的准确预警，根据“火行为预报模型”判定火线强度、火焰高度及其蔓延情况。

依据森林草原火灾扑救现场的实战需求和可操作性原则，应采用如下一项或者多项参量作为主要预警指标。

* + - 1. 单因子指标

单因子指标应至少包括以下一项内容：

1. 风速：实况风速、预报风速；
2. 气温：实况气温、预报气温；
3. 火场气体：主要为扑救现场的CO等有害气体浓度。
	* + 1. 多因子指标

多因子指标应至少包括以下一项内容：

1. 火线强度；
2. 火焰高度；
3. 火蔓延速度。
	* 1. 预警时效

监测预警时效应为实况至未来24h，其中单因子指标应每10min更新一次，多因子指标至少30分钟更新一次；预警的时间间隔和频次应与DB11/T 1825、DB11/T 1826中的关于队伍持续作战能力的相关要求相衔接。

* + 1. 预警等级

根据森林草原火灾扑救现场实况至未来24h出现森林草原火险和火行为特征变化等级的具体情况，将预警信号分为四个等级，依次为低度危险、中度危险、高度危险、极度危险，分别对应为蓝色、黄色、橙色、红色预警信号，其中橙色、红色为高危险预警信号。

* + 1. 预警内容

森林草原火灾扑救现场监测预警产品应由预报词和预报图联合表达。

预警内容应包括发布单位、发布时间、预警时段、预警区域、预警等级和防御建议等，预警内容应直接通知扑救现场相关人员及可能的承灾主体。

* + 1. 信息发布

公开发布的预警产品形式宜以图片和文字信息为主，森林草原火灾扑救现场预警产品等级、色标、图标按照附录 C。

预警产品应由前线指挥部对现场扑火人员及相关承灾体进行发布。

预警产品制作与发布完成后，数据应备份。

1.
2. （规范性）
森林草原火灾扑救现场各监测预警指标的测量要求
	1. 监测预警指标及测量要求

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **序号** | **监测指标** | **测量要求** |
| **测量范围** | **精度** | **最大允许误差** | **采样时间** | **平均时间** | **标定周期** |
| 1 | 火场空气温度 | -50℃～2000℃ | 0.1℃ | ±0.2℃ | 10s | 1min | 1y |
| 2 | 火场周边湿度 | 0%RH~100%RH | 1%RH | ±4%RH（≤80%RH）；±8%R（＞80%RH） | 10s | 1min | 1y |
| 3 | 风速 | 0m/s～60m/s | 0.1m/s | ±(0.5+0.03V)m/s(V实际风速) | 3s | 2min、10min | 2y |
| 4 | 风向 | 0°～360° | 1° | ±5° | 3s | 2min、10min | 2y |
| 5 | 雨量 | 累计雨量（雨强<4mm/min） | 0.2mm | ±0.4mm（≤10mm）；±4%（＞10mm）； | 累积 | — | 2y |
| 6 | 坡度 | 0°～90° | 0.1° | 1° | 0.35s | 1.2s | 1y |
| 7 | 坡向 | 0°～360° | 0.1° | ±1° | 15s | 2min | — |
| 8 | 海拔高度 | 0m～5000m | 1m | ±1m | 0.35s | 1.2s | 1y |
| 9 | 可燃物相对含水率 | 0%～70% | 1% | ±1% （0～10%）；±2% （10～20%）；±3% （20～30%）；±4% （30～50%） | 1h | — | 1y |
| 10 | 火灾释放气体浓度 | 3%LEL～100%LEL | 1%LEL | ±5%LEL | 30s | 1min | 1y |
| 11 | 火焰高度 | 0m～20m | 0.5m | ±0.5m | 10s | 30s | — |
| 12 | 蔓延速度 | 0m/min～500m/min | 0.5m/min | ±0.5m/min | 30s | 1min | — |
| 13 | 火强度 | 0kW/m～100000kW/m | 50kW/m | ±50kW/m | 30s | 1min | — |
| 注1：序号1-5的监测指标参照LY/T 2579的方法测定。注2：火行为指标监测范围参照《林火气象与预测预警》中的范围划分。 |
| a可燃物含水率监测技术应按照LY/T 2665描述的方法测定。b火灾释放气体浓度应按照GB/15322描述的方法测定。 |

1. （资料性）
森林草原火灾扑救现场预警模型
	1. 火行为预警模型
		1. 蔓延速度

 $R\_{0}=0.053x+0.048y−0.275$ (B.1)

式中：$R\_{0}$-初始蔓延速度，单位为米每分钟（m/min）；

 $x$-当日最高气温，单位为摄氏度（℃）；

 $y$-当日最大风力，级。

 $R=R\_{0}exp(0.069θ)$ (B.2)

式中：$R$-蔓延速度，单位为米每分钟（m/min）；

$R\_{0}$-初始蔓延速度，单位为米每分钟（m/min）；

$θ$-坡度，单位为度（°）。

* 1. 蔓延速度与危险程度

|  |  |
| --- | --- |
| 蔓延速度（m/min） | 危险程度 |
| $R$≤1 | 低度危险 |
| 10≥$R$＞1 | 中度危险 |
| 100≥$R$＞10 | 高度危险 |
| $R$＞100 | 极高危险 |

* + 1. 火焰高度

火焰高度指火焰顶端与地面间垂直距离，可由火场实测获得。

* 1. 火焰高度与危险程度

|  |  |
| --- | --- |
| 火焰高度（m） | 危险程度 |
| $L$≤1 | 低度危险 |
| 3≥$L$＞1 | 中度危险 |
| 5≥$L$＞3 | 高度危险 |
| $L$＞5 | 极高危险 |

* + 1. 火线强度

 $I=273L^{2.17}$ (B.3)

当在扑救现场进行粗略估算时，可采用下面公式，其精度可达±20%。

 $I=3(10L)^{2}$ (B.4)

式中：$I$-火线强度，单位为千瓦每米（kW/m）；

 $L$-火焰高度，单位为米（m）。

* 1. 火线强度与扑救危险程度

|  |  |
| --- | --- |
| 火线强度（kW/m） | 危险程度 |
| $I$≤300 | 低度危险 |
| 2700≥$I$＞300 | 中度危险 |
| 7000≥$I$＞2700 | 高度危险 |
| $I$＞7000 | 极高危险 |

* 1. 扑火危险性预警模型
		1. 各指标扑火危险指数

各因子扑火危险指数$Y\_{i}$的计算公式如下：

 $Y\_{i}=\sum\_{j=1}^{3}x\_{ij}$ (B.5)

式中：$x\_{ij}$-各监测预警指标扑火危险指数值

* + 1. 地形因子扑火危险指数$Y\_{1}$
	1. 地形与危险指数

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 坡度 | 坡向 | 坡位 | 危险指数$x\_{1j}$ |
| ≤5° | 北 | 平地 | 0 |
| 5°～15° | 东 | 坡顶 | 2 |
| 15°～25° | 西 | 坡面下段 | 6 |
| 25°～45° | 平地 | 坡面上段 | 8 |
| ≥45° | 南 | 坡底 | 10 |

* + 1. 可燃物因子扑火危险指数$Y\_{2}$
	1. 可燃物与危险指数

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 可燃物类型 | 可燃物易燃性 | 可燃物密集度 | 危险指数$x\_{2j}$ |
| 常绿阔叶林 | 难燃烧 | 零散分布 | 0 |
| 针阔混交林 | 能燃烧 | 块状分布 | 2 |
| 针叶林 | 较易燃烧 | 连续分布 | 6 |
| 较高的草类 | 易燃烧 | 紧密分布 | 8 |
| 杂草灌木林 | 极易燃烧 | 立体紧密分布 | 10 |

* + 1. 气象因子扑火危险指数$Y\_{3}$
	1. 气象与扑救危险指数

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 空气温度（℃） | 相对湿度（%） | 风力等级 | 危险指数$x\_{3j}$ |
| ≤5.0 | ≥40 | 0～2 | 0 |
| 5.1～15.0 | 30～40 | 2～3 | 2 |
| 15.1～25.0 | 20～30 | 3～4 | 6 |
| 25.1～30.0 | 10～20 | 4～5 | 8 |
| ≥30.0 | ≤10 | ≥5 | 10 |

* + 1. 火行为因子扑火危险指数$Y\_{4}$
	1. 火行为与危险指数

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 蔓延速度（m/min） | 火线强度（kW/m） | 火焰高度（m） | 危险指数$x\_{4j}$ |
| ≤1 | ≤300 | ≤1 | 0 |
| 1～10 | 300～1200 | 1～2 | 5 |
| 10～50 | 1200～2700 | 2～3 | 10 |
| 50～100 | 2700～7000 | 3～5 | 15 |
| ≥100 | ≥7000 | ≥5 | 20 |

* + 1. 综合森林草原火灾扑火危险指数

综合扑火危险指数是所有潜在监测预警指标危险指数的综合反映，在将各指标指数值进行量化处理的基础上，可以划分出森林草原火灾危险等级。

综合扑火危险指数$Y$的计算公式如下：

 $Y=\sum\_{j=1}^{4}Y\_{i}$ (B.6)

式中：$Y\_{i}$-各因子扑火危险指数

* 1. 综合扑火危险等级划分

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 综合扑火危险等级 | 综合指标扑火危险指数$Y$ | 危险程度 |
| 一 | ≤30 | 低度危险 |
| 二 | 31～55 | 中度危险 |
| 三 | 56～80 | 高度危险 |
| 四 | ≥80 | 极高危险 |

1. （规范性）
森林草原火灾扑救现场预警等级、色标和图标划分

森林草原火灾扑救现场预警等级、色标和图标见表C.1。

* 1. 预警等级、色标和图标划分表

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 预警等级 | 危险等级 | 色标 | 图标 |
| 一 | 低度危险 | 蓝色（R=0,G=0,B=255） | 图片1(1)(1) |
| 二 | 中度危险 | 黄色（R=255,G=210,B=0） | 图片2(1)(1) |
| 三 | 高度危险 | 橙色（R=255,G=128,B=0） | 图片3(1)(1) |
| 四 | 极高危险 | 红色（R=255,G=0,B=0） | 图片4(1)(1) |

参考文献

[1] LY/T 2578 森林火险预警信号分级及标识

[2] 赵凤君,舒立福.林火气象与预测预警[M].中国林业出版社,2014.

[3] 赵凤君,舒立福.森林草原火灾扑救安全学[M].中国林业出版社,2015.

[4] 舒立福,王明玉,田晓瑞,等.关于森林燃烧火行为特征参数的计算与表述[J].林业科学,2004,(03):179-183.

