

中国林学会森林草原消防装备团体标准技术委员会
《地空协同防火隔离带开设技术规范》
编制说明

一、工作简况

1. 任务来源

受全球气候变暖影响，高温、干旱、大风等极端天气多发频发，森林草原火灾发生率显著上升，对森林生态系统和人类生产生活造成极大威胁。我国森林草原防灭火工作始终遵循“预防为主、积极消灭、生命至上、安全第一”工作方针，防火隔离带作为阻断火势蔓延、划分防火分区、遏制大面积火灾爆发的基础设施，具备优良的阻火、断火、控火功能。同时，航空灭火装备凭借机动灵活、覆盖范围广、可突破地形限制等优势，已成为现代森林草原防灭火应急处置的高效装备，地空协同阻火、灭火已成为森林草原防灭火领域的重点研究方向。

2023 年国家重点研发计划重大自然灾害防控与公共安全专项“森林草原火灾地空协同扑救关键技术及装备”项目（项目编号：2023YFC3006900）获批立项，针对地空协同防火隔离带开设技术规范应用空白，专项设置地空协同防火隔离带开设技术研究子任务。为有效指导和规范地空协同防火隔离带开设技术应用，加快推进该项技术规范化、科学化、专业化建设进程，由中国消防救援学院牵头，联合多家行业权威科研、实操单位，正式启动本团体标准的立项、草案编制、内部论证、调研完善等系列工作。

2.标准起草单位

本文件负责起草单位：中国消防救援学院。

本文件参加起草单位：中国科学技术大学、应急管理部南方航空护林总站、北京市园林绿化局防火事务中心（北京市航空护林站）、北京北方长鹰无人机科技有限公司、东北林业大学、西南林业大学。

3. 标准主要起草人

本文件主要起草人：殷继艳、张志强、纪杰、杨林、王慧颖、李勇、郝慎思、王爱斌、朱林、高健、石磊、张国鑫、丁龙、段君瑞、吴超鹏、张晓、李兴东、龙腾腾、张东旭、梁伊凡、于郝欣。

表 1 标准起草工作组成员及主要贡献

姓名	工作单位	职称/职务	标准编制的主要贡献
殷继艳	中国消防救援学院	教授	统筹标准整体编制工作，负责标准框架体系搭建、核心技术指标论证、编制思路把控，牵头完成全文审核定稿。
张志强	中国消防救援学院	副教授	负责地空协同作业模式研究、力量构成要求、保障条件章节撰写，参与实地调研及技术指标校核
纪杰	中国科学技术大学	教授、副校长	负责可燃物条件、火行为机理论证，校核隔离带开设阻火效能指标。

杨林	应急管理部南方航空护林总站	航空护林处处长	负责航空装备参数、空中作业规范、航空器灭火效能指标梳理，完善航空协同作业技术内容。
王慧颖	中国消防救援学院	副教授	负责文献资料收集整理、标准文本初稿撰写、格式校对，统筹各章节内容衔接。
李勇	中国消防救援学院	副教授	负责林区实地作业条件验证，梳理北、南方林区作业差异化要求，完善地形、气象作业条件内容。
郝慎思	中国消防救援学院	讲师	负责开设速度、开设率等核心技术指标确定、量化测算与论证校核。
王爱斌	中国消防救援学院	副教授	负责北方林区防火隔离带开设技术适配性研究，校核北方林区气象、地形、可燃物相关技术指标。
张东旭	中国消防救援学院	副教授	负责南方林区作业条件、植被特性适配研究，完善南方林区差异化技术参数及作业规范。
梁伊凡	中国消防救援学院	助教	参与实地调研、案例收集，协助完成标准文本初稿修改完善及附录资料整理。
于郝欣	中国消防救援学院	助教	参与文献梳理、指标核对，协助完成保障条件、情况记录章节内容撰写。
朱林	北京市园林绿化局防火事务中心	防火安全科科长	调研一线森林消防队伍，梳理作业重点及难点，提出标准落地优化建议，参与章节内容完善。
高健	北京市园林绿化局防火事务中心	航护通信科科长	提供航空灭火作业一线资料，收集行业专家意见建议，参与文本细节修改。
石磊	北京北方长鹰无人机科技有限公司	技术部部长	梳理无人机与地面队伍的协同机制，明确空域管控、通信联络、协同指挥等保障条件。
张国鑫	北京北方长鹰无人机科技有限公司	工程师	梳理无人机载荷选型、复杂山地环境飞行安全约束、火灾现场空中作业管控等内容。
丁龙	中国科学技术大学	副教授	收集整理各类防灭火装备参数，校核装备协同作业技术指标，完善效能参数表格。
段君瑞	中国科学技术大学	副研究员	参与作业流程梳理，协助编制隔离带开设流程图、记录单等附录资料。
吴超鹏	中国科学技术大学	教授	征求基层防火单位、一线指挥员意见建议，汇总整理修改意见并落实优化。
张晓	中国科学技术大学	研究员	参与标准技术类别划分、作业场景适配研究，完善地空协同技术分类内容。
李兴东	东北林业大学	副教授	校核规范性引用文件、术语定义，统一标准编制格式与专业表述。
龙腾腾	西南林业大学	副教授	参与技术经济论证、应用效果分析，完善标准实施预期效益相关内容。

4. 主要工作过程

为确保本规范编制工作科学严谨、贴合实操、合符规范，严格遵循团体标准编制流程，有序完成资料调研、实地核查、立项申报、文本编制、内部论证、意见征集、修改完善等全流程工作，各阶段具体工作内容及成果如下：

（1）文献资料整理阶段（2023年12月-2024年2月）

为确保规范编制工作扎实有序推进，2023年12月成立了标准起草工作组，系统搜集国内外森林草原防火隔离带开设、地空协同灭火、航空护林作业、森林防火装备应用等相关国家标准、行业标准、团体标准、学术论文、科研报告及一线作业规程。重点梳理现有标准体系的覆盖范围、技术短板和适配场景，汇总地空协同防火技术的最新科研成果和实操案例，初步确立标准编制的基本原则、核心技术方向、框架结构及关键技术指标，为后续编制工作奠定理论基础。

（2）全域实地调研阶段（2024年3月-2025年3月）

为保障标准内容贴合我国南北方林区、草原差异化作业场景，破解一线实操痛点，标准起草工作组分批次赴多地开展实地调研。南方调研区域涵盖云南省安宁市、应急管理部南方航空护林总站等西南林区核心防火单位；北方调研区域覆盖黑龙江省大兴安岭、内蒙古自治区北部原始林区等重点防火区域。重点调研不同区域的地形地貌、气象条件、植被可燃物特性、现有隔离带开设作业模式、地空协同作业难点、装备适配情况及阻火效能现状，收集一线队伍作业数据、实操经验及改进建议，为标准量化指标、作业条件、协同模式的制定提供真实、可靠的实操依据。

（3）标准立项申报阶段（2024年4月-2024年11月）

基于前期文献整理和实地调研成果，标准起草组梳理形成标准立项建议书、编制大纲、可行性研究报告等全套立项材料，明确标准编制的必要性、可行性、核心内容、编制进度及预期成果。2024年9月正式向中国林学会森林草原消防装备团体标准技术委员会提交立项申请，先后通过形式审查、专家初审。11月完成立项评审会答辩；评审专家组一致认为，本标准填补了地空协同防火隔离带开设技术的行业标准空白，契合国家森林草原防灭火工作发展需求，具备极高的实操价值和推广意义。2025年1月，发布团体标准立项通知，本标准正式获批立项，纳入年度团体标准编制计划。期间，起草组根据立项评审专家意见，不断优化完善标准编制大纲，细化各章节核心内容，明确量化指标、作业规范、保障要求等关键内容。

（4）标准编制及论证阶段（2024年12月-2025年12月）

标准获批立项后，起草组严格按照GB/T 1.1-2020标准化编制规则，结合调研数据、科研成果、现有标准规范及一线实操经验，全面启动标准文本编制工作。分步完成框架搭建、章节撰写、指标

确定、附录编制、参考文献梳理等工作，先后开展6轮内部交叉校核、专家内部论证。重点针对力量构成、气象条件、地形条件、可燃物条件、隔离带开设尺寸、作业速度、开设率、地空协同模式分类等核心内容进行反复打磨，修正数据偏差、优化逻辑表述、补齐内容短板，最终于2025年12月形成标准征求意见稿及编制说明。

（5）征求意见及修订完善阶段（2026年1月–2026年6月）

2026年1月起，标准征求意见稿正式面向社会公开，重点征求行业主管单位、科研院校、航空护林单位、森林消防救援队伍、林业和草原防火单位及相关装备企业的意见建议。共发放征求意见稿57份，回收有效意见17份（其中同意且有修改意见的15份，同意但没有意见的2份），未回复意见40份，收集各类修改意见共计82条，涵盖技术指标优化、作业场景补充、条款表述细化、适用范围完善、保障措施细化等多个方面。

（6）标准送审稿专家审定及修订阶段（2026年8–9月）

2026年8月12日，中国林学会森林草原消防装备团体标准技术委员会邀请7名行业专家对本标准送审稿开展审定。会议采用线上线下相结合方式进行。首先由标准编写组对团体标准编制总体情况进行汇报；随后开展专家质询与讨论，专家逐条审查标准文本，形成会议审定意见。本次审定会共收集专家意见36条。会后，标准编写组全面梳理专家意见，分类开展意见论证：采纳18条，部分采纳0条；7条意见经现场质询解释后专家无异议；未采纳11条，并逐条阐明未采纳理由。编写组对照意见处理结论，对送审稿进一步修改完善，完成审定后文本修订工作。

二、标准的编制原则和标准的主要内容的说明

1. 标准的编制原则

本文件严格按照 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》的规定进行编写，遵循科学性、实操性、系统性、兼容性、前瞻性五大编制原则。全程立足我国森林草原防灭火现实需求，依托现有成熟科研成果与一线作业经验，兼顾南北方林区不同地形、不同应急场景的差异化需求，确保标准条款科学严谨、数据真实可靠、流程清晰规范，同时与现行国家、行业、团体防火标准有效衔接，无冲突、可兼容，能够适配当前及未来地空协同防灭火技术的推广应用需求。

2. 标准的主要内容

文件共设置八章正文、三个资料性附录和一个参考文献，整体结构完整、逻辑清晰、覆盖全面，全面规范地空协同防火隔离带开设的全流程技术要求，具体内容框架如下：

1 范围	4.1 力量构成
2 规范性引用文件	4.2 空中力量
3 术语和定义	4.3 地面力量
4 力量构成要求	5 隔离带开设条件要求

5.1 气象条件	6.2.1 要求
5.1.1 要求	6.2.2 证实方法
5.1.2 证实方法	6.3 开设速度
5.2 可燃物条件	6.3.1 要求
5.2.1 要求	6.3.2 证实方法
5.2.2 证实方法	6.4 防火隔离带开设率
5.2.2.1 含水率测定	6.4.1 要求
5.2.2.2 可燃物载量测定	6.4.2 证实方法
5.3 地形条件	7 情况记录
5.3.1 要求	8 保障条件
5.3.2 证实方法	8.1 通信保障
5.3.2.1 林地龄组判定	8.2 空域管控
5.3.2.2 自然保护区核心区、缓冲区判定	8.3 协同指挥
5.3.2.3 森林公园核心区判定	附录 A（资料性）地空协同防火隔离带开
5.3.2.4 风景名胜区核心区判定	设流程图
5.3.2.5 国家重点保护野生植物判定	附录 B（资料性）地空协同防火隔离带技
5.3.2.6 坡度判定	术类别
6 隔离带开设指标要求	附录 C（资料性）地空协同防火隔离带开
6.1 开设宽度	设情况记录单
6.1.1 要求	参考文献
6.1.2 证实方法	
6.2 开设深度	

三、标准技术内容的说明

1. 隔离带开设条件要求说明

(1) 气象条件

a.环境温度：-10～40℃，风速不大于4级，相对湿度：30%～70%，不应在雷电、暴雨、大雾以及其他光照条件差的情况下作业。（符合GB 42590-2023《民用无人驾驶航空器系统安全要求》、T/HBUAV 004-2025《森林防灭火场景无人驾驶航空器巡查与灭火技术标准》的相关要求）。

GB 42590-2023《民用无人驾驶航空器系统安全要求》中4.13 抗风性 轻型和小型旋翼类无人驾驶航空器应具备在持续风、阵风等不大于一定等级下保证飞行安全的能力，在飞行控制系统参与情况下，轻型旋翼类无人驾驶航空器在起降阶段应能抵抗3级风力，在飞行阶段应能抵抗4级风力；小型旋翼类无人驾驶航空器在起降阶段应能抵抗4级风力，在飞行阶段应能抵抗5级（8.0～10.7m/s）风

力。 5.7.1.1.2 环境条件 b)相对湿度：不大于75%。无人机、直升机、固定翼飞机三者，无人机的抗风性最低，因此以小型旋翼类无人机为最低阈值 ≤ 4 级。

T/HBUAV 004-2025《森林防灭火场景无人驾驶航空器巡查与灭火技术标准》明确规定（一）气象条件异常时（风速 $\geq 8\text{m/s}$ 、温度超 $-20^{\circ}\text{C} \sim 50^{\circ}\text{C}$ 等），需及时调整航线或暂停作业。不应在雷电、暴雨、大雾以及其他光照条件差的情况下作业，（四）环境适应性工作温度范围 $-20^{\circ}\text{C} \sim 50^{\circ}\text{C}$ ，湿度 $\leq 95\%$ （无凝结）。

T/CSAA 50-2025《直升机吊桶灭火操作指导》明确：常温常规作业区间参考环境温度 $-10 \sim 40^{\circ}\text{C}$ ；相对湿度30%~70%为药剂喷洒最优区间。

b.能见度：无人机作业能见度 $\geq 3\text{km}$ ；直升机作业能见度 $\geq 3\text{km}$ ；固定翼飞机作业能见度 $\geq 5\text{km}$ 。（符合《中国民用航空飞行规则》、T/CATAGS83-2024《低海拔林区直升机吊桶灭火技术指南》的相关要求）。

《中国民用航空飞行规则》第127条作业飞行的最低天气标准：（一）平原地区：云高不低于150米，能见度不小于5公里，直升机不小于3公里；（二）丘陵、山区（高原）：云高距作业区的最高点不低于300米，能见度不小于5公里，无连续性颠簸、下降气流。

T/CATAGS83-2024《低海拔林区直升机吊桶灭火技术指南》4.环境要求 气象条件：不低于目视飞行气象标准，平原地区能见度3公里以上，山区5公里以上，低云量少于7个，云底高300米以上，风速不大于8米/秒，严禁夜航和进入浓烟。

目前无人机作业能见度没有明确依据，可参照直升机和民航法规的下限（ ≥ 3 公里），以确保足够的避障反应时间。

国家森林草原防灭火指挥部、各航空护林总站内部作业规程：昼间常规扑救：直升机平原 3km、山区 5km；固定翼 $\geq 5\text{km}$ ；轻型侦察无人机 $\geq 3\text{km}$ ；浓烟、晨昏、阴天条件下全部上调标准。

c.以点烧方式作为地面隔离带开设方法时，北方林区环境温度应 $\leq 10^{\circ}\text{C}$ ，南方林区环境温度应 $\leq 15^{\circ}\text{C}$ 。（符合T/CSF 0087-2024《火烧防火隔离带技术规范》的相关要求）。

T/CSF 0087-2024《火烧防火隔离带技术规范》中4.3 当以点烧方式作为地面隔离带开设方法时，东北、内蒙古林区烧除时适宜的气象条件为空气温度 $\leq 10^{\circ}\text{C}$ 。西南林区烧除时适宜的气象条件为空气温度 $-5 \sim 15^{\circ}\text{C}$ 。东北、内蒙古林区属于北方林区，西南林区属于南方林区，类比环境温度分别为 $\leq 10^{\circ}\text{C}$ 、 $\leq 15^{\circ}\text{C}$ 。

（2）可燃物条件

北方林区：易燃可燃物含水率条件为10%~20%；南方林区：易燃可燃物含水率条件为7%~20%。可燃物载量： $2 \sim 10\text{t/hm}^2$ 。（符合T/CSF 0087-2024《火烧防火隔离带技术规范》的相关要求）。

T/CSF 0087-2024《火烧防火隔离带技术规范》中4.4.1 东北、内蒙古林区烧除时适宜的易燃可燃物含水率条件为10%~20%；4.4.2 西南林区烧除时适宜的易燃可燃物含水率条件为7%~20%”。

T/CSF 0087-2024《火烧防火隔离带技术规范》中4.1.3不适宜的烧除区域 c) 易燃可燃物载量 10t/hm^2 及以上的区域。4.12 烧除质量 火烧形成的防火隔离带地表剩余易燃可燃物载量应 $\leq 2\text{t/hm}^2$ 。

（3）地形条件

地空协同防火隔离带开设技术不宜在以下地形区域实施：天然原始林、未成林造林地、幼龄林、在封的封山育林地，自然保护区的核心区、缓冲区，森林公园、风景名胜区的核心区，国家重点保护野生植物、古树名木分布的区域，坡度不小于35° 的林地。（符合T/CSF 0087-2024《火烧防火隔离带技术规范》、LY/T 5007-2014《林火阻隔系统建设标准》的相关要求。）

T/CSF 0087-2024《火烧防火隔离带技术规范》中4.1.3 不适宜的烧除区域：a) 幼龄林地。b) 平均胸径在8 cm以下的中龄及以上龄组的林地。c)易燃可燃物载量10 t/hm²及以上的区域。d) 坡度等于或大于35° 的区域。e) 国家自然保护区核心区等国家不允许烧除的区域。f) 炸药库、油库等危险品设施周围5km以内。g) 其他易引发火灾或导致高强度林火行为的区域。

LY/T 5007-2014《林火阻隔系统建设标准》中第九条 各类林火阻隔带建设应原地保留国家公布的国家重点保护野生植物、古树名木。第十条 森林生态类型自然保护区的核心区不应建立林火阻隔系统；缓冲区、实验区和保护区外围边界可按需建立林火阻隔系统。

2. 隔离带开设要求说明

（1）开设宽度

隔离带最窄处应不小于10 m，平均宽度应符合LY/T 2666、LY/T 5005、LY/T 5007、TB 10063的要求，同时符合表1的规定。

表 1 地空协同防火隔离带宽度

序号	隔离带开设位置	隔离带宽度/m	
		南方林区	北方林区
1	省界、县界、乡镇界、国有林场界，自然保护区、森林公园、风景名胜区边界	≥30	≥50
2	林缘（含山脚、农林地交界边缘等）	≥30	≥30
3	水渠、河流、农田及其他自然依托	≥30	≥30
4	铁路	≥30	≥30
5	高速公路	≥30	≥30
6	国道	≥20	≥20
7	省道	≥15	≥15
8	县、乡及以下道路	≥10	≥10
9	电力高压线走廊	≥30	≥30
10	陆界边境线	≥50	≥50
注1：铁路、高速公路、国道、省道、县、乡及以下道路的隔离带宽度为道路用地边缘向外的单侧距离。 注2：陆界边境线隔离带宽度为陆界边境地段我方境内防火隔离带的宽度。 注3：北方林区指新疆、青海、陕西、甘肃、宁夏、内蒙古、辽宁、吉林、黑龙江、山东、山西、河南、河北、北京、天津；南方林区指北方林区之外的省份。			

隔离带最窄处应不小于10 m。（符合《森林—城镇交界域林火阻隔系统建设规范》（T/CSF 0110-2025）、《林火阻隔系统建设标准》（LY/T 5007-2014）的相关要求。）

T/CSF 0110-2025《森林—城镇交界域林火阻隔系统建设规范》第4.2条 隔离带建设标准按照LY/T 5007的规定执行，宽度最窄处应 $\geq 10\text{ m}$ ，位于风口、陡坡处应适当加宽，具体要求见表 1。

《林火阻隔系统建设标准》（LY/T 5007-2014）第六条 林火阻隔系统宽度最窄处应大于1目5，位于风口、陡坡处应适当加宽。因此最窄处不小于10 m是隔离带开设宽度的底线值。

表1 9 电力高压线走廊作为防火隔离带宽度 $\geq 30\text{m}$ 。（符合《林火阻隔系统建设标准》（LY/T 5007-2014）的相关要求。）

《林火阻隔系统建设标准》（LY/T 5007-2014）第六条 表1 10 10-220千伏高压线走廊 北方林区30m、南方林区30m； ≥ 330 千伏高压线走廊 北方林区40m、南方林区40m；走廊带内禁止栽植林带，走廊带内和两侧宜开设生土带或防火线。因此电力高压线走廊作为防火隔离带宽度应 $\geq 30\text{m}$ 。

表1 10 陆界边境线隔离带宽度 南方林区 $\geq 50\text{m}$ ，北方林区 $\geq 50\text{m}$ 。（符合《东北、内蒙古边境森林防火阻隔系统建设技术要求》（LY/T 2666-2016）、《火烧防火隔离带技术规范》（T/CSF 0087-2024）的相关要求。）

《东北、内蒙古边境森林防火阻隔系统建设技术要求》（LY/T 2666-2016）5.2 边境森林防火阻隔系统主带的宽度应不小于200m；副带宽度应不小于50m；风口、陡坡处等特殊重点地段阻隔系统应适当加宽至300m以上。5.3 边境森林防火阻隔系统（主带）构成见附录A中图A.1，可选设改培型防火林带、防火通道、生土带或防火线等方式，与利用类阻隔带组合成不小于200m宽的边境森林防火阻隔系统。5.4 边境森林防火阻隔系统（副带）构成见附录A中图A.2，可选设改培型防火林带、防火通道等方式，与利用类阻隔带组合成不小于50m宽的边境森林防火阻隔系统。可以得出东北、内蒙古边境森林防火阻隔带宽度 $\geq 50\text{m}$ 。

《火烧防火隔离带技术规范》（T/CSF 0087-2024）中附录A.1 防火隔离带宽度要求 边境防火隔离带：东北、内蒙古林区，陆界边境地段我方境内防火隔离带的宽度为50-200m；西南林区，陆界边境地段我方境内防火隔离带的宽度为50-100m，均 $\geq 50\text{m}$ 。

（2）开设深度

隔离带需进行土地翻耕，开设深度应不小于20 cm，且大于腐殖层厚度；边境开设的隔离带深度应不小于30cm，且大于腐殖层厚度。（符合《东北、内蒙古边境森林防火阻隔系统建设技术要求》（LY/T 2666-2016）的相关要求。）

《东北、内蒙古边境森林防火阻隔系统建设技术要求》（LY/T 2666-2016）中5.3 边境森林防火隔离带需进行深度翻耕，开设深度应不小于30cm，且必须大于当地腐殖层厚度，确保阻隔境外火蔓延。

（3）地表剩余可燃物载量

防火隔离带地表剩余可燃物载量应 $\leq 2\text{ t/hm}^2$ 。（符合《火烧防火隔离带技术规范》（T/CSF 0087-2024）、《改培型防火林带阻隔系统建设规范》（DB23/T 1570-2024）的相关要求）。

《火烧防火隔离带技术规范》（T/CSF 0087-2024）中4.7.3 机械（人工）开设的点烧控制线范围内，易燃可燃物的载量应 $\leq 2\text{ t/hm}^2$ 。

《改培型防火林带阻隔系统建设规范》（DB23/T 1570-2024）中6.2.3 改培型防火林带开设后，地表剩余可燃物需彻底清理，载量控制在 $\leq 2t/hm^2$ ，确保阻隔效能。

（4）开设速度

森林消防行业普遍认为大型工程机械开设防火隔离带的作业速度为3-5公里。本文大型机械以中联重科ZLGL100森林隔离带开辟车为参照，根据中国路面机械网（<https://about.lmjx.net/index/>）显示ZLGL100森林隔离带开辟车的作业速度为3km/h,作业宽度2m,作业效率为人工的15倍。根据LY/T 5007-2014《林火阻隔系统建设标准》的相关要求，防火隔离带的宽度 ≥ 30 米。

参照 DB37/T 4562-2022 森林航空消防直升机吊桶灭火操作规程），空中作业时长约为 2.5-3.5h；森林火灾扑救中，地面开设隔离带通常要求在 5h 以内完成；因此设定长 4km、宽 30m 的平坦开阔的防火隔离带为基本隔离带单元；（常规分队/大型机械 5 小时开设 4 公里长的防火隔离带可有效阻止火势发展。以此为基础开展开设速度测算。

表 2 吊桶灭火直升机机型性能参数

名 称	Mi-26TC	Ka-32	Mi-171	EC-225
双发动机功率（kw）	14920	3234	3089	3552
机身长（m）	40.03	11.30	25.35	16.79
机身高（m）	11.60	5.40	5.52	4.60
主旋翼直径（m）	32.00	15.90	21.29	16.20
最大起飞重量（t）	56.00	12.70	13.00	11.20
外挂吊桶（t）	15.00	5.00	3.00	3.00
最大巡航速度（km/h）	230.00	220.00	220.00	276.00
空中作业时间（h）	3.00	2.50	3.50	3.50

因为防火隔离带宽约30m，大型机械作业面宽为2m，作业速度为3km/h，所以 $V_{\text{大型机械开设}} \approx 0.2km/h$ ，因为4台大型机械为一个作业单元，所以 $V_{\text{空中勘察+大型机械开设}} \approx 0.8km/h$ 。

因为大型机械作业效率通常为人工的15倍，所以 $V_{\text{大型机械开设}} \approx V_{15\text{人开设}} \approx 0.2km/h$ ， $V_{\text{空中勘察+常规机具开设}} \approx 0.8km/h$ 。

森林火灾扑救中，消防车与水泵的组合核心是适配山地地形、水源条件和火势特点，常见组合模式为：森林消防车+手抬机动消防泵组合，配比约为1:3。森林消防车停靠在火场外围临时补水点，手抬泵就近从溪流、山泉取水，或连接消防车出水口加压，通过水带向火线前沿供水。

一个水泵分队通常为3个班，1个班配备3台手抬机动泵；因此，本文将喷洒装备基数设置为：喷洒装备基数（9台）：森林消防车：森林消防水泵=3：9（3台机动泵为1个班组，三级接力，输送距离 $\leq 1km$ ）

消防车+手抬机动泵的组合，洒水覆盖面积受水源供应、地形坡度、水压调节等因素影响，通常常规工况下1小时覆盖面积为15000~35000平方米。本文将喷洒装备组合设定为1小时覆盖面积30000平方米，增湿防火隔离带宽为30m、长约1000m；所以 $V_{\text{消防车喷洒}} \approx 1.0km/h$ ， $V_{\text{空中勘察+地面喷洒}} \approx 3.0km/h$ 。

通常林区负重行进（携带风力灭火机、水枪、点火器等装备，约15~20kg）时，行进速度约为1.5~3.5km/h，点烧速度与行进速度相当，设定为 $V_{\text{地面点烧}} \approx 2.5\text{km/h}$ ，点烧组通常为10人，每组2个点火手；所以本文设定 $V_{\text{空中勘察+地面点烧}} \approx 5.0\text{km/h}$ 。

通常林区负重行进（携带风力灭火机、水枪、点火器、索状炸药等装备，约20~25kg）时，行进速度约为1.5~2.5km/h，爆破速度与行进速度相当，设定为 $V_{\text{爆破开设}} \approx 2.0\text{km/h}$ ，爆破组通常为20人，每人背负8卷索状炸药（50m/卷），10人一小组同时平行铺设索状炸药带；所以本文设定 $V_{\text{空中勘察+爆破开设}} \approx 4.0\text{km/h}$ 。

航空吊桶一次载水量为3-15吨，最常用的Z-8直升机吊桶为3吨，洒水面积为120m×5m，3机协同作业可载水为9吨，洒水面积为360m×5m。空中精准洒水，灭火效率更高。因此航空洒液+地面开设技术，使开设速度加倍；所以 $V_{\text{航空洒液+常规机具开设}} \approx 1.6\text{km/h}$ ， $V_{\text{航空洒液+大型机械开设}} \approx 1.6\text{km/h}$ ， $V_{\text{航空洒液+地面喷洒}} \approx 6.0\text{km/h}$ ， $V_{\text{航空洒液+地面点烧}} \approx 10.0\text{km/h}$ ， $V_{\text{航空洒液+爆破开设}} \approx 8.0\text{km/h}$ 。

表 3 航空器灭火效能参数表

序号	名称	洒水面积（长×宽）m	载水量（kg）
1	AS-332L	120*5	3000
2	K-32	80*6	5000
3	M171	60*4	4000
4	Z-8	120*5	3000
5	Z-8A	120*5	3500
6	M-26	300*13	15000
7	M-8	120*5	3000
8	MA 60	150*10	6000
9	AG600	135*20	12000

因为中型直升机一次可运输30人，是常规开设装备基数（60人）的1/2，所以 $V_{\text{航空人员输送+常规机具}} \approx 1.2\text{km/h}$ 。

因为重型直升机一次可运输1台20吨左右的大型开设装备，是大型开设装备基数（4台）的1/4，所以 $V_{\text{航空吊装+常规机具}} \approx 1.0\text{km/h}$ 。

表 4 地空协同防火隔离带开设速度

开设方式	开设速度
空中勘察+常规机具开设（按照60人测算）	≥0.8 km/h
空中勘察+大型机械开设（按照4台大型机械测算）	≥0.8 km/h
空中勘察+地面喷洒（按照3台消防车、9台水泵测算）	≥3.0 km/h
空中勘察+地面点烧（按照10人测算）	≥5.0 km/h
空中勘察+爆破开设（按照1个爆破组20人测算）	≥4.0 km/h
航空洒液+常规机具开设（按照60人计算）	≥1.6 km/h
航空洒液+大型机械开设（按照4台大型机械测算）	≥1.6 km/h
航空洒液+地面喷洒（按照3台消防车、9台水泵测算）	≥6.0 km/h
航空洒液+地面点烧（按照10人测算）	≥10.0 km/h
航空洒液+爆破开设（按照1个爆破组20人测算）	≥8.0 km/h

航空人员输送+常规机具开设（按照输送30人测算）	≥1.2 km/h
航空装备吊装+大型机械开设（按照吊装1台大型机械测算）	≥1.0 km/h
适用于平坦开阔区域（如草原、缓坡林地），复杂地形（如山地、密林）根据实际情况按照30%~50%确定开设速度指标。	

（5）隔离带开设率

地空协同防火隔离带开设率参照DB51/T 1512-2022《云南松计划烧除技术规程》中9质量标准类比执行。

表 5 地空协同防火隔离带开设率

隔离带区域	开设率
城镇、居民聚居地周边	≥75%
重要设施、军事目标、厂矿企业周边	≥70%
林区散居点、农林交汇地带周边	≥65%
自然保护区、森林公园、风景名胜区周边	≥60%

3.地空协同防火隔离带开设技术类别说明

目前，地面隔离带开设技术主要包括常规机具开设技术、大型机械开设技术、地面喷洒技术、地面点烧技术、爆破开设技术。航空器主要包括直升机、固定翼飞机和无人机；在森林草原火灾扑救中，主要用于空中勘察、航空洒液、航空运输人员及装备。本文将地面隔离带开设技术与航空灭火技术科学组合，形成了地空协同防火隔离带开设技术，分为3类12种隔离带开设技术。按照应急响应时间紧迫程度分为充裕（ $\geq 5h$ ）、一般（ $4h < T \leq 5h$ ）、较紧急（ $3h < T \leq 4h$ ）、紧急（ $2h < T \leq 3h$ ）、特别紧急（ $1h < T \leq 2h$ ）五个等级；将12种隔离带技术细分为平时和应急时两种应用场景。

（1）空中勘察+地面开设技术

a.空中勘察+常规机具开设技术：应用场景分为平时：时间充裕（ $\geq 5h$ ）；应急时：时间一般（ $4h < T \leq 5h$ ）。

b.空中勘察+大型机械开设技术：应用场景分为平时：时间充裕（ $\geq 5h$ ）；应急时：时间一般（ $4h < T \leq 5h$ ）。

c.空中勘察+地面喷洒技术：应用场景为应急时：时间紧急（ $2h < T \leq 3h$ ）。

d.空中勘察+地面点烧技术：应用场景分为平时：时间充裕（ $\geq 5h$ ）；应急时：时间特别紧急（ $1h < T \leq 2h$ ）。

e.空中勘察+爆破开设技术：应用场景为应急时：时间特别紧急（ $1h < T \leq 2h$ ）。

（2）航空洒液+地面开设技术

a.航空洒液+常规机具开设技术：应用场景为应急时：时间较紧急（ $3h < T \leq 4h$ ）。

b.航空洒液+大型机械开设技术：应用场景为应急时：时间较紧急（ $3h < T \leq 4h$ ）。

c.航空洒液+地面喷洒技术：应用场景为应急时：时间紧急（ $2h < T \leq 3h$ ）。

d.航空洒液+地面点烧技术：应用场景为应急时：时间特别紧迫（ $1h < T \leq 2h$ ）。

e.航空洒液+爆破开设技术：应用场景为应急时：时间特别紧迫（ $1h < T \leq 2h$ ）。

（3）航空运输+地面开设技术

a.航空人员输送+常规机具开设技术：应用场景为应急时：时间一般（ $4h < T \leq 5h$ ）。

b.航空装备吊装+大型机械开设技术：应用场景为应急时：时间一般（ $4h < T \leq 5h$ ）。

四、主要试验或者验证的分析、综述报告，技术经济论证结论，预期经济效益

1. 调研分析

为准确掌握地空协同防火隔离带开设技术现状，标准起草组先后赴我国南、北方地区进行实地调研。2024年3月-2025年3月先后赴云南省安宁市、南方航空护林总站、黑龙江省大兴安岭地区、内蒙古自治区北部原始林区进行调研；重点调研隔离带开设宽度、开设深度、开设速度、作业流程、地空协同、阻燃效能等核心技术指标。2026年3月，项目组在云南省昆明市晋宁区二街镇甸头村（为2024年晋宁“4·12”森林火灾发生地）开展西南林区一般应用示范；示范结果显示在地空协同作业模式下，隔离带阻燃成功率较单一地面作业提升40%以上，作业效率提升60%以上。但目前我国关于隔离带开设的依据，主要是参考《林火阻隔系统建设标准》、《东北、内蒙古边境森林防火阻隔系统建设技术要求》等标准；还没有针对地空协同防火隔离带开设的任何标准。因此，开展《地空协同防火隔离带开设技术规范》的编制具有很强的应用价值且十分必要。

2. 综述报告

通过查阅整理文献资料、实地调研及专家论证，标准起草组将地空协同防火隔离带开设技术分为3类，12种开设技术；即空中勘察+地面开设技术类、航空洒液+地面开设技术类、航空运输+地面开设技术3类；其中空中勘察+地面开设技术类划分为空中勘察+常规开设装备开设、空中勘察+大型开设装备开设、空中勘察+地面喷洒、空中勘察+地面点烧、空中勘察+爆破开设5种开设技术；航空洒液+地面开设技术类划分为航空洒液+常规开设装备开设、航空洒液+大型开设装备开设、航空洒液+地面喷洒、航空洒液+地面点烧、航空洒液+爆破开设5种开设技术；航空运输+地面开设技术类划分为航空人员输送+常规开设装备开设、航空装备吊装+大型开设装备开设2种开设技术。隔离带开设技术分为平时的预防性开设和火灾发生时应急性开设。标准设置了八章正文、三个附录及1个参考文献，全面覆盖作业力量、作业条件、量化指标、作业记录、安全保障等全链条内容，有效解决了当前地空协同防火作业无规范可依、无标准可循的行业痛点，可有效指导全国森林草原地空协同防火隔离带开设作业，契合国家森林草原防灭火规范化、专业化、智能化发展的整体要求。

3. 技术经济论证

经行业权威专家、课题科研团队、标准起草组及一线消防救援队伍联合研讨论证，本标准具备良好的技术可行性、经济合理性、生态可持续性和标准兼容性：

(1) 技术可行性：标准吸纳的地面开设、航空作业技术均为行业成熟技术，适配我国现有航空护林、地面防火装备水平和救援队伍作业能力，技术组合科学、流程清晰、指标合理，可直接落地推广应用，无需额外新增大量装备技术投入。

(2) 经济合理性：地空协同作业模式相较于传统单一地面作业，虽短期装备协同投入略有提升，但作业效率、作业精准度、作业安全性大幅提升，可有效缩短火灾处置时长，大幅降低森林资源损毁、装备损耗、人力投入、灾后扑救等综合成本，长期经济效益显著。

(3) 生态可持续性：标准明确禁止生态敏感区域作业，规范作业深度、可燃物清理标准，可最大限度减少植被破坏、土壤扰动，降低防火作业对林区生态的负面影响，减少灾后生态修复成本，实现防火安全与生态保护协同发展。

(4) 标准衔接性：本标准所有技术指标、作业要求均与现行国家、行业、团体防灭火、生态保护、航空作业标准无缝衔接，无冲突、无矛盾，可完美融入现有森林草原防灭火标准体系，便于行业统一落地执行。

4. 预期的效果

2022 年 10 月 14 日，中办、国办联合印发《关于全面加强新形势下森林草原防灭火工作的意见》。明确要求：“加强森林草原防火阻隔系统建设，力争到 2025 年重点林区林火阻隔网密度达到 4.7 米/公顷，边境草原防火隔离带开设基本实现机械化。在森林城市周边构建自然阻隔、工程阻隔、生物阻隔相结合的保护防线。”。本标准的实施将全面补齐地空协同防火标准化短板，推动我国森林草原防火作业模式转型升级。

经济效益层方面：一是直接效益：通过标准化作业缩短火情处置时长，大幅减少森林草原资源损毁，降低灭火装备损耗、人力投入、应急处置等直接成本；二是间接效益：有效保护林区生态资源与林业产业资源，保障木材加工、经济林种植、生态旅游、林下经济等产业稳定发展，带动林区区域经济高质量发展；三是长效效益：规范作业可有效减少火灾次生灾害，降低长期生态修复、防火管控成本，持续提升森林草原防火规范化、精细化管理水平。

社会及生态效益方面：可全面提升我国森林草原火灾前置防控、应急阻隔能力，筑牢林区生态安全屏障，保障人民群众生命财产安全，助力生态文明建设，为全国森林草原防灭火工作高质量发展提供坚实的技术标准支撑。

五、采用国际标准和国外先进标准的程度，以及与国际、国外同类标准水平的对比情况，或者与测试的国外样品、样机的有关数据对比情况

无。

六、与有关现行法律、法规和强制性国家标准、行业标准的关系

本文件依据 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》给出的规则进行起草。

本文件引用了一系列最新的国家标准、行业标准和地方标准，具体标准如下：

GB/T 14529 自然保护区类型与级别划分原则

GB/T 26424 森林资源规划设计调查技术规程

GB/T 33027 森林生态系统长期定位观测方法

GB/T 50298 风景名胜区总体规划标准

LY/T 1819 珍稀濒危野生植物保护小区技术规范

LY/T 2005 国家级森林公园总体规划规范

LY/T 2013 森林可燃物的测定

LY/T 2666 东北、内蒙古边境森林防火阻隔系统建设技术要求

LY/T 5005 林区公路设计规范

LY/T 5007 林火阻隔系统建设标准

TB 10063 铁路工程设计防火规范

TD/T 1072 国土调查坡度分级图制作技术规定

七、重大分歧意见的处理经过和依据

无。

八、作为强制性标准或者推荐性标准的建议

建议作为推荐性标准。

九、贯彻标准的要求、措施和建议

无。

十、废止现行有关标准的建议

无。

十一、其他应予说明的事项

在执行本规范条文时，对于要求严格程度不同的说明如下。

1.表示很严格，非这样做不可的用词

正面词采用“必须”；反面词采用“严禁”。

2.表示严格，在正常情况下均应这样做的用词

正面词采用“应”；反面词采用“不应”或“不得”。

3.表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的用词

正面词采用“宜”；反面词采用“不宜”。

4.表示有选择，在一定条件下可以这样做的用词：采用“可”。

标准起草组

2026 年 9 月 10 日