

ICS 29.240.20
F 23

CES

团 体 标 准

T/CES xxxx-xxxx

架空输电线路大中型固定翼无人机山火监测巡视技术规范

Technical specification of large-and-middle-sized fixed-wing unmanned aircraft inspection for overhead transmission monitoring fire monitoring and inspection

202X - XX - XX 发布

202X - XX - XX 实施

中国电工技术学会 发布

目 次

1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 作业要求	2
4.1 一般要求	2
4.2 人员要求	2
4.3 设备要求	2
4.4 气象要求	3
4.5 安全要求	3
5 作业准备	3
5.1 现场踏勘	3
5.2 空域申请	3
5.3 航线规划	4
5.4 巡视内容	4
6 作业实施	4
6.1 单机作业	4
6.2 双机作业	5
7 异常情况处置	6
7.1 设备故障处置	6
7.2 特殊工况处置	6
8 数据整理与归档	6
附 录 A	7
附 录 B	8
附 录 C	9
附 录 D	10

前 言

为规范架空输电线路大中型固定翼无人机山火监测巡视技术要求，提高作业安全水平，保证大中型固定翼无人机作业规范、高效，在总结现有大中型固定翼无人机山火监测巡视作业经验的基础上，借鉴现行有效的技术标准和规范，制定本标准。本标准按照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。

本标准由中国电工技术协会提出。

本标准由中国电工技术协会归口。

本标准起草单位：XXX、XXX、XXX、XXX。

本标准主要起草人：XXX、XXX、XXX、XXX。

架空输电线路大中型固定翼无人机山火监测巡视技术规范

1 范围

本标准规定了采用大中型固定翼无人机开展架空输电线路火监测巡视的作业要求、作业准备、巡视内容、作业实施、异常情况处置及数据整理与移交等。

本文件适用于架空输电线路大中型固定翼无人机山火监测巡视技术规范,其他无人机山火监测巡视可做参考。

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 26859	电力安全工作规程 电力线路部分
GB/T 35018	民用无人驾驶航空器系统分类及分级
DL/T 741	架空输电线路运行规程
DL/T 1482	架空输电线路无人机巡检作业技术导则
MH/T 1069	无人驾驶航空器系统作业飞行技术规范
CH/Z 3001	无人机航摄安全作业基本要求

3 术语和定义

DL/T 741、DL/T 1482、MH/T 1069、CH/Z 3001界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

大中型无人机 large-and-middle-sized unmanned aircraft

空机重量大于15kg或起飞全重大于25kg的无人机。

3.2

固定翼无人机 fixed-wing unmanned aircraft

由动力装置产生推力或拉力,由机身固定机翼产生升力,在大气层内飞行的重于空气的无人机。根据GB/T 35018要求,按起飞方式可飞为滑跑起飞、垂直起飞、弹射、手抛起飞等,按降落方式可分为滑跑着陆、垂直降落、伞降回收等。

3.3

单机作业 operation by an UAV

利用单架无人机搭载任务载荷设备开展防山火巡视作业。

3.4

双机作业 operation by two UAVs

利用两架无人机开展防山火巡视作业,其中一架无人机搭载任务载荷设备作为任务机开展输电线路防山火巡视,另一架无人机搭载天线等通讯设备作为中继机保障任务机与地面控制站之间的数据链传输。

3.7

操控员 program operator

利用地面控制站以增稳或全自主模式控制无人机巡视系统飞行的人员。

3.8

任务手 mission operator

操控任务载荷设备分系统对输电线路本体、通道环境等进行拍照、摄像的人员。

4 作业要求

4.1 一般要求

4.1.1 应遵循国家有关法律、法规，并结合电力生产的实际，开展架空输电线路大中型无人机山火监测巡视作业。

4.1.2 作业现场的生产条件和安全设施等应符合有关标准、规范的要求，作业人员的安全工器具及劳动防护用品应合格、齐备，并符合有关要求。

4.2 人员要求

4.2.1 无人机作业人员应熟悉大中型固定翼无人机飞行操作及应急处置方法，山火监测巡视作业方法和技术要求，通过相应机型的操作培训，考试合格后持证上岗，应具备无人机基本的维护保养常识及技能。

4.2.2 应根据输电线路通道范围现场踏勘情况合理配置人员，单机作业模式至少应配备2名机组人员，双机作业模式至少应配备3名机组人员。

4.2.3 大中型固定翼无人机山火监测巡视作业机组应包括工作负责人和机组成员，作业分工如下：

a) 工作负责人全面负责现场无人机巡视任务的安全实施，正确安全地组织开展无人机防山火巡视工作，及时纠正不安全行为；

b) 一名机组成员担任程控手负责航线规划、无人机操控、飞行参数监视、无人机应急等工作；

c) 一名机组成员担任任务手负责操控任务载荷设备，对输电线路通道走廊环境进行拍照与摄像；

d) 无人机设备组装、撤收，数据整理等工作由机组成员分工协调完成。

4.2.4 机组作业人员应熟悉巡视线路情况，并掌握GB 26859的相关要求。

4.2.5 机组人员作业前应进行安全、技术交底，熟悉工作内容、方法、流程及安全要求。

4.2.6 作业人员应身体健康，精神状态良好，作业前8小时及作业过程严禁饮用任何酒精类饮品。

4.3 设备要求

4.3.1 大中型固定翼无人机防山火巡视系统应包括无人机飞行平台、任务载荷、通信系统和综合保障系统。

4.3.2 无人机系统使用的无线电遥控及信息传输频率，应符合《中华人民共和国无线电频率划分规定》及民用无人机频率使用规划等相关规定。

4.3.3 无人机巡视系统应通过第三方检测机构的试验检测。

4.3.4 无人机飞行平台宜为大中型垂直起降固定翼无人机，应采用纯电驱动。

4.3.5 无人机飞行平台巡航速度应不小于70km/h，续航时间应不小于120min。

4.3.6 无人机飞行平台宜装载飞行指示灯、机载追踪器和飞行记录仪。

4.3.7 任务载荷统包括可见光检测设备（包括可见光相机或摄像机）、红外测温设备等。

4.3.8 通信系统应包括通信链路传输系统和图像传输系统。

4.3.9 综合保障分系统应包括地面保障设备（供电设备、备用电池、充电器、测频仪、专用工器具等）和储运车辆。

4.3.10 无人机巡视系统应购置机身险与第三方责任险。

4.4 气象要求

- 4.4.1 作业宜在良好天气条件下进行。在雾、雪、大雨、大风、冰雹、低能见度等恶劣天气情况下，不应开展无人机山火监测巡视作业。
- 4.4.2 巡视区域处于狭长地带或大档距、大落差、微气象等特殊区域时，作业人员应根据无人机的性能及气象情况判断是否开展作业。

4.5 安全要求

- 4.5.1 作业现场及车辆上宜配备急救箱，并应定期检查、补充或更换。
- 4.5.2 工作地点、起降点及起降航线上应避免无关人员干扰，必要时可设置安全警示区。
- 4.5.3 作业现场应做好灭火等安全防护措施，严禁吸烟和出现明火。
- 4.5.4 作业现场不应使用可能对无人机防山火巡视系统通信链路造成干扰的电子设备。
- 4.5.5 作业前，应充分考虑无人机巡视系统在飞行过程中出现的偏离航线、导航失效无法定位、通讯链路中断、动力失效等问题的可能性，并预先设置紧急情况下的安全策略。
- 4.5.6 作业过程中，机组作业人员之间应保持联络畅通。
- 4.5.8 无人机起飞和降落时，机组作业人员应与其始终保持足够的安全距离，不应站在其起飞和降落的方向，不应站在无人机航线正下方。
- 4.5.9 机组作业人员应加强线路台账、航图等保密资料管理，对涉密载体的收发交接、流转传阅、复制使用、保存等全流程应规范进行。

5 作业准备

5.1 现场踏勘

- 5.1.1 作业前，机组作业人员应明确无人机架空输电线路大中型固定翼无人机山火监测巡视流程（附录A）。
- 5.1.2 机组作业人员应提前到输电线路周围进行实地踏勘，了解地形地貌、海拔高度、气象环境、植被分布、所需空域以及周边的机场、重要设施、城镇布局、道路交通、人口密度等信息，为起降场地的选取、航线规划、应急预案制定等提供资料。
- 5.1.3 现场实地踏勘应携带手持或车载GNSS设备，记录选取的起降场地和重要目标的坐标位置。
- 5.1.4 应根据作业现场的地形、起降点位置、通视状况及无人机通信能力合理确定作业半径，根据作业无人机单架次巡视半径，对任务区域进行合理分段，各任务区段应分别选取无人机起降点。
- 5.1.5 起降点宜选取任务区域内海拔较高区域，保障无人机在任务区域内与起降点地面控制站间数据链正常无中断。
- 5.1.6 起降点不应小于20m²，无人机出航方向700*200（长*宽）范围内不应有高于出航高度建/构筑物。
- 5.1.7 起降点宜在线路两侧5公里以内选取，宜选取在任务区段中部，优先选取符合条件的输电线路运检站。
- 5.1.8 无人机起降点应与输电线路和其他设施、设备保持足够的安全距离，且风向有利，具备起降条件。
- 5.1.9 根据踏勘及调研收集资料，编写无人机防山火巡视作业方案。

5.2 空域申请

- 5.2.1 执行作业任务前，应按照有关流程合法合规办理空域评估和申请，并根据空域管理部门、当地政府或公安要求，完成无人机飞行备案工作。
- 5.2.2 作业前应按照军民航空管制单位要求开展空域计划申报、放行申请、飞行实施和动态报送工作。
- 5.2.3 无人机在超视距自主飞行时应严格遵守相关规定，在空域批复范围内开展飞行作业。

5.2.4 开展山火监测应急巡视时，宜办理临时作业申请。

5.3 航线规划

5.3.1 应根据现场踏勘采集的数据，结合已有的地图或影像资料，在空域获批范围内合理规划无人机任务航线。

5.3.2 应根据防山火巡视作业要求与大中型固定翼无人机巡视系统技术性能规划任务航线。

5.3.3 任务航线应避开空中管制区、重要建筑和设施，尽量避开人员活动密集区、通讯阻隔区、无线电干扰区、大风或切变风多发区。

5.3.4 除必要的跨越外，尽量避免跨越高速铁路、高速公路。

5.3.5 任务航线宜在输电线路两侧200-500米，对地真实高度不宜小于400米。

5.3.6 应根据起降点环境合理规划降落航线，保障无人机安全降高，避免碰撞地面建构物。

5.3.7 航线完成应结合航线对应地表高程情况，对航线进行安全检测，确定航线安全性。

5.4 巡视内容

5.4.1 架空输电线路大中型固定翼无人机防山火巡视主要内容为线路本体、附属设施及通道环境。具体巡视对象、巡检内容如表1所示。

表 1 大中型固定翼无人机防山火巡视主要内容

巡视对象	序号	巡视项目
线路通道	1	防山火监测（明火、火光、烟火等现象，易燃易爆物品堆积等）
	2	线路覆冰监测
	3	通道内施工作业、外力破坏等
	4	通道内建构物情况
	5	交叉跨越情况等
线路本体	1	杆塔倾斜变形、倒塌
	2	导地线断裂
	3	绝缘子掉串
	4	汛期塔基泡水
	5	泥石流等地质灾害造成塔基损害等情况
附属设施	1	附属设施缺失、损坏等

5.4.2 线路通道巡视重点为：山火监测（明火、火光、烟火等现象，易燃易爆物品堆积等）、施工作业等。

5.4.3 线路本体巡视重点为：杆塔倾斜、塔材变形，导线断线、断股，悬挂漂浮物、覆冰，异物缠绕，金具异物缠绕、脱落。

5.4.4 线路附属设施巡视重点为：附属设施缺失、损坏等。

6 作业实施

6.1 单机作业

6.1.1 起飞前准备

6.1.1.1 飞行作业前，机组作业人员应确认气象条件是否满足无人机起飞、飞行和降落的技术指标要求，若不满足要求或存在较大安全风险，工作负责人可根据情况间断工作或终结本次工作。

6.1.1.2 飞行作业前，应合理布置作业现场，根据现场活动情况，设置安全围栏，明确飞行作业区域，并逐项开展设备检查、无人机检查、航线检查，确保无人机处于适航状态。

6.1.1.3 飞行作业前，机组作业人员应相互配合按照地面站软件要求做好航前检查工作，并完成无人机系统作业前检查单（附录B）填写，确认无人机平台各部件间连接紧固，任务设备运行正常。

6.1.1.4 飞行作业前，机组作业人员应确认地面各设备电量充足，天线架设牢固。

6.1.1.5 飞行作业前，程控手应确认无人机各项技术性能参数正常，确认航线已正确上传至无人机飞控系统。

6.1.2 防山火巡视作业

6.1.2.1 每个作业区段正式作业前，宜首先开展不少于5架次无人机试飞，验证数据链传输正常、熟悉作业环境、地势、线路通道走向、周围障碍物、净空条件等情况。

6.1.2.2 无人机应在输电线路侧上方飞行，吊舱朝向与线路走向成 45° ，宜保持线路在吊舱画面正中间位置。

6.1.2.3 飞行过程中，程控手应实时关注地面站，监测无人机发动机或电机转速、电池电压、航向、飞行姿态等遥测参数，判断系统工作是否正常。如有异常，应及时判断原因，采取应对措施。

6.1.2.4 飞行过程中，任务手操纵光电吊舱，监测输电线路通道走廊环境隐患情况，无人机可见光巡查、红外巡查影像应互相支撑，相互印证。

6.1.2.5 飞行过程中，若发现疑似隐患点，程控手可通过地面站控制无人机盘旋升高进一步监测；若发现隐患应在无人机防山火巡视系统使用记录单（附录C）中做好相关记录并上报，若发现山火、杆塔倒塌等紧急、严重隐患，应第一时间将隐患信息反馈至属地运检站，开展应急处置。

6.1.2.6 飞行过程中，若空域情况发生变化，程控手应积极配合完成无人机飞行调配，维护好飞行秩序。

6.1.2.7 飞行过程中，机组作业人员应随时观察天气，如有天气变差的趋势，及时控制地面站做好无人机返航准备。

6.1.3 返航降落

6.1.3.1 无人机进入返航阶段后，程控手应及时通知其他机组成员，做好降落前准备工作，并时刻关注无人机位置、高度等信息。

6.1.3.2 无人机进入返航阶段后，作业机组人员应保证降落场地空旷安全，防止无关人员或车辆进入，保证无人机安全降落。

6.1.4 航后检查

6.1.4.1 降落后，机组作业人员应填写无人机防山火巡视系统使用记录单（附录C），如实记录无人机的状态和作业情况。

6.1.4.2 当日任务结束后，应清理现场，核对设备与工器具清单，妥善保存油料与设备电池，并及时进行电池充放电工作，填写无人机电池使用记录表（附录D）。

6.1.4.3 若电池充放电次数已达到厂家规定限制，应及时更换电池，确保电池性能良好。

6.1.4.4 应严格按照无人机出厂要求，进行零件维修更换和大修保养，定期对无人机进行检查、清洁、润滑、紧固，确保设备状态正常。

6.2 双机作业

6.2.1 若线路通道处于山区、丘陵等地势高低起伏较大区域，区域内制高点不具备起降条件或交通不便时，宜采用双机作业模式开展大中型固定翼无人机防山火巡视作业。

6.2.2 任务机作业方式及内容与单机作业一致。

6.2.3 双机中继作业前，机组作业人员应确认中继机各天线连接牢固，并在地面完成数据链信号对频，确保数据链畅通。

6.2.4 中继机应在起降点10公里半径范围内盘旋，为任务机提供数传图传信号。

6.2.5 机组作业人员应根据任务机高度合理调整中继机飞行高度，保证任务机数传图传畅通。

6.2.6 中继机与任务机程控手应保持通讯畅通，确保在中继机续航时间内任务机能够安全返航降落。

7 异常情况处置

7.1 设备故障处置

7.1.1 巡视作业时，若无人机通信链路长时间中断，且在预计时间内仍未返航，应根据无人机失联前最后的地理坐标和机载追踪器发送的报文等信息及时寻找。

7.1.2 巡视作业时，若机载任务设备（可见光、红外吊舱）出现故障无法恢复，影响正常巡视任务时，应立即中止飞行作业，控制无人机返航降落。

7.1.3 巡视作业时，若无人机发生坠机事故，应按照作业方案中无人机事故应急预案要求，立即开展应急处置，妥善处理无人机残骸并防止次生灾害发生。

7.2 特殊工况处置

7.2.1 巡视作业时，若作业区域天气突变（如吊舱镜头发现雨滴等），应及时控制无人机返航或在附近安全区域就近降落，确保无人机安全。

7.2.2 巡视作业时，若程控手或任务手出现身体不适等情况，应及时替换人员；若无替补作业人员，应立即控制无人机返航降落，中止本次作业。

8 数据整理与归档

8.1 飞行结束后，机组作业人员需对飞行过程中拍摄的隐患照片及录像及时整理，包括记录、校对、备份、汇总、分析等。

8.2 作业人员应建立起降点、空中管制区、重要建筑和设施、人员活动密集区、通讯阻隔区、无线电干扰区、大风或切变风多发区等信息台账，并做定期更新。

8.3 无人机飞行应按照国家行业及电网企业数据安全要去，确保巡检数据采集、传输、存储、使用和管理合规性及安全性。

8.4 任务结束时，应将线路通道走廊内隐患信息的监控视频与照片、红外视频等数据成果移交相应运维单位。

8.5 巡视数据成果应及时做好归档，并至少保存2个巡视周期。

附录 A

(资料性附录)

架空输电线路大中型固定翼无人机山火监测巡视作业流程

架空输电线路大中型固定翼无人机山火监测巡视作业流程见图A.1

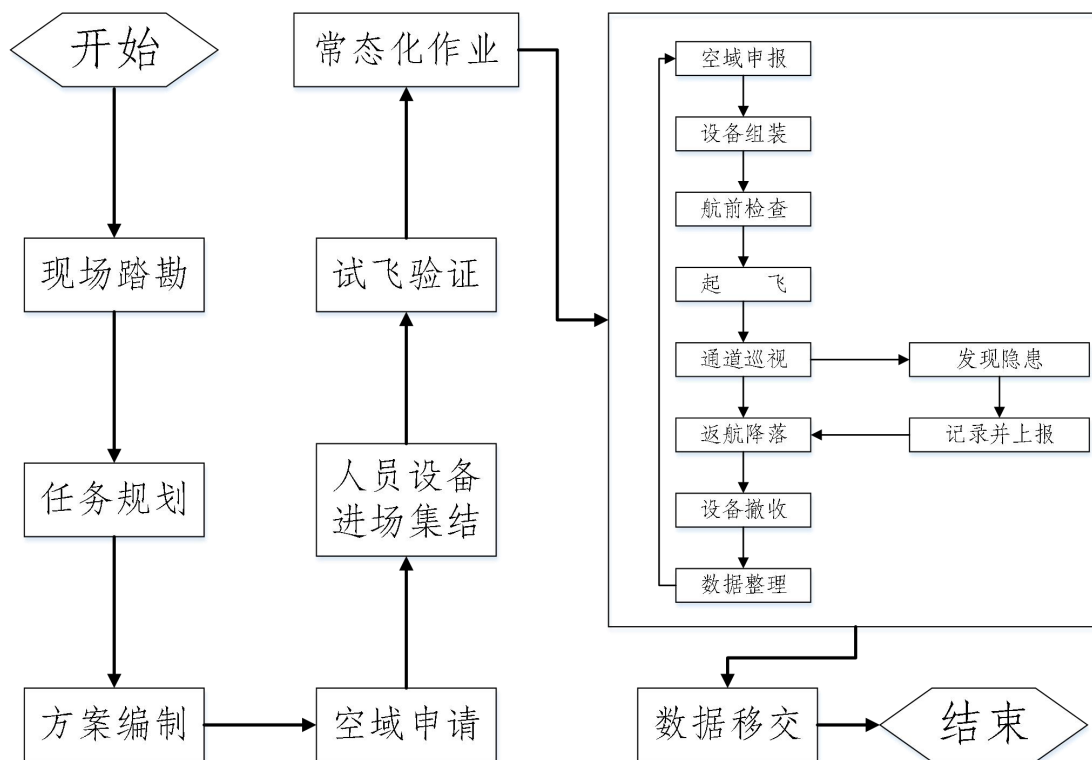


图 A.1 架空输电线路大中型固定翼无人机防山火巡视作业流程图

附 录 B
(资料性附录)
无人机系统作业前检查工作单

无人机系统作业前检查工作单见表B.1。

表B.1 无人机系统作业前检查工作单

飞行日期:		
1. 现场环境检查		
序号	检查内容	检查确认
1.1	天气是否合适作业。	
1.2	地理环境是否合适作业。	
1.3	其他。	
检查人:		
2. 无人机飞行平台检查		
序号	检查内容	检查确认
2.1	无人机外观是否正常、无损伤。	
2.2	发动机、旋翼电机是否正常。	
2.3	电池安装是否正常。	
2.4	电池电量或燃料是否充足。	
2.5	遥控器状态及电量检查是否正常。	
2.6	起落架与机身连接及起落架收放功能是否正常。	
检查人:		
3. 地面控制站系统检查		
序号	检查内容	检查确认
3.1	地面站软件版本是否正常。	
3.2	数传图传天线是否连接正常。	
3.3	数据链路传输是否正常。	
3.4	磁罗盘检查是否正常。	
3.5	动静压检查是否正常。	
3.6	舵面控制是否正常。	
3.7	导航定位功能是否正常。	
3.8	地理信息是否正常。	
3.9	航线规划及上传是否正常。	
3.10	飞行应急安全策略是否合适。	
3.11	其他。	
检查人:		
4. 任务载荷检查		
序号	检查内容	检查确认
4.1	任务设备操控是否正常。	
4.2	任务载荷功能是否正常。	
4.3	其他。	
检查人:		
以上检查完毕, 确认无误, 工作负责人签字后方可起飞作业。		工作负责人:

附 录 C
(资料性附录)
无人机防山火巡视系统使用记录单

无人机防山火巡视系统使用记录单见表 C.1。

表 C.1 无人机防山火巡视系统使用记录单

编号				飞行日期	
作业类型				起降点	
天气		使用机型		架次	
起飞时间		降落时间		飞行时间	
项目负责人		程控手		任务手	
系统状态 ^a					
航线信息 ^b					
任务信息 ^c					
其他 ^d					
记录人					
<p>a: 此栏记录无人机系统的航前、航后检查情况，飞行过程中的工作状态信息等。</p> <p>b: 此栏记录起降场地、航线周边环境信息及其变化情况。周边环境信息包括：空中管制区、重要建筑物和设施、人员活动密集区、大风或切变风多发区和森林防火区等的位置和分布。</p> <p>c: 此栏记录任务期间通道范围内所监测的隐患信息。</p> <p>d: 此栏记录无人机作业飞行过程中，无人机系统出现的异常情况。</p>					

附 录 D
(资料性附录)
无人机电池使用时间统计表

无人机电池使用时间统计表见表D.1。

表D.1 无人机电池使用时间统计表

型号 序号	使用日期			飞行时间		航前电压		标称电压		航后电压		编号		累计放电次数		充电日期		充电前电压		充电后电压		累计充电次数		操作员（签字）			
	使用日期	飞行时间	航前电压	航后电压	累计放电次数	充电日期	充电前电压	充电后电压	累计充电次数	操作员（签字）																	
1																											
2																											
3																											
4																											
5																											
6																											
7																											
8																											
9																											
10																											
11																											
12																											
13																											
14																											
15																											
16																											
17																											
18																											
19																											
20																											
备注：																											