

ICS 点击此处添加 ICS 号

CCS 点击此处添加 CCS 号

T/CAPSA XXXX—XXXX

团 体 标 准

T/CAPSA XXXX—XXXX

陆上油气田及其能源设施无人机安全巡检 技术要求 第 1 部分：通用要求

Requirements for unmanned aerial vehicle safety inspection of
onshore oil and gas fields and their energy facilities—Part 1
General requirements

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

目 次

前 言.....	I
1 范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和定义.....	1
4 基本要求.....	2
4.1 一般要求.....	2
4.2 空域要求.....	2
5 无人机及系统.....	2
5.1 系统要求.....	3
5.2 性能要求.....	4
5.3 数智化系统要求.....	4
6 作业人员要求.....	5
7 安全要求.....	5
7.1 环境安全.....	5
7.2 作业安全.....	5

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。

本文件是 T/CAPSA XXXX《陆上油气田及其能源设施无人机安全巡检技术要求》的第 1 部分。T/CAPSA XXXX 拟发布以下部分：

第 1 部分：通用要求；

第 2 部分：抽油机巡检要求；

第 3 部分：架空输电线路巡检要求；

第 4 部分：光伏电站巡检要求。

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。

本文件由公共安全科学技术协会标准化工作委员会提出并归口。

本文件起草单位：中国石油集团安全环保技术研究院有限公司、中国石油天然气股份有限公司新疆油田分公司。

本文件主要起草人：xxxxx、xxxxx、xxxxx。

引 言

陆上油气田及其能源设施是国家能源安全的重要保障。近年来，随着国家能源安全战略的深入实施，陆上油气田生产活动日益频繁，日常巡检作为保障设备本质安全和生产稳定的关键环节，其重要性愈发凸显。传统人工巡检方式已难以满足现代化油气田高效、精准的巡检需求，存在作业效率低、安全风险高、隐蔽缺陷识别难等突出问题。无人机巡检技术凭借其灵活高效、安全可靠、数据精准等优势，正逐步成为油气田巡检的重要手段。通过搭载可见光、红外热成像、激光雷达等多种传感器，无人机可实现对采油井、输电线路、长输管道及新能源等设施的全面检测。据数据统计，无人机技术的应用可显著提升巡检效率（如新疆油田单日巡检量从 20 口井最高提升至 100 口）、降低作业风险（避免人员进入高含硫、高压等危险区域），并提高缺陷识别精度（达 95% 以上）。按照《“十四五”现代能源体系规划》（发改能源〔2022〕210 号）要求“推广无人机智能巡检”和《油气田生产安全风险防控指南》（应急管理部令第 8 号）明确“高风险区域优先采用无人化巡检”的要求。然而，当前无人机巡检在油气田领域的应用仍面临标准缺失、技术规范不统一等挑战。各企业自行制定的作业标准存在参数差异大、数据难以共享等问题，制约了技术的规模化应用。特别是在复杂工况（如高含硫环境、沙漠戈壁等）下的适应性要求、多源数据融合分析等方面，亟需建立统一的技术规范。因此，制定《陆上油气田及其能源设施无人机安全巡检技术要求》团体标准，对推动行业技术进步、保障能源安全生产具有重要意义。

目前，陆上油气田企业及其能源设施不仅包括油气开发等设备设施，还包括电力、新能源等设备设施，且现场环境复杂，对无人机相关性能和飞行操作具有一定的要求。现有的无人机巡检相关标准暂无陆上油气田巡检的相关标准。现行的无人机巡检标准主要以电力巡检为主，比如 DL/T 1482-2023《架空输电线路无人机巡检作业技术导则》等，仅针对电力行业的单一场景，这些标准在场景覆盖、技术规范和安全管控等方面存在不足，无法满足“氢电油气”等综合能源设施的巡检需求，并且现有标准未明确 AI 缺陷识别（如深度学习算法）、自主避障（如 ISO 15964 国际标准中的感知系统）等新技术的应用要求，同时对极端环境适应性（如高含硫、强电磁干扰）的规定不足，油气田的复杂地形与腐蚀性气体环境缺乏针对性条款。

《陆上油气田及其能源设施无人机安全巡检技术要求》团体标准的制定，旨在填补陆上油气田企业无人机巡检的技术空白，通过统一技术规范、引入前沿技术、强化安全管理，建立首个覆盖多场景的无人机协同巡检标准。本标准的制定将推动能源行业巡检技术向智能化、标准化方向发展，为复杂环境下的安全作业提供技术支撑，助力国家能源基础设施的高质量发展。通过规范多源数据融合、自主飞行等关键技术，不仅解决当前行业痛点，也为未来技术迭代预留接口，具有显著的经济效益和社会效益。

T/CAPSA XXXX 拟由以下部分构成：

- 第 1 部分：通用要求。
- 第 2 部分：抽油机巡检要求。
- 第 3 部分：架空输电线路巡检要求。
- 第 4 部分：光伏电站巡检要求。

陆上油气田及其能源设施无人机安全巡检技术要求 第1部分：通用要求

1 范围

本文件规定了陆上油气田及其能源设施无人机安全巡检的基本要求、无人机及系统、作业人员要求、飞行作业、安全要求。

本文件适用于陆上油气田企业利用无人机对其能源设施开展的设备设施巡检作业。

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 42590-2023 民用无人驾驶航空器系统安全要求

GB/T 35018-2018 民用无人驾驶航空器系统分类及分级

GB/T 38152-2019 无人驾驶航空器系统术语

GB/T 38996-2020 民用轻小型固定翼无人机飞行控制系统通用要求

GB/T 38997-2020 轻小型多旋翼无人机飞行控制与导航系统通用要求

MH/T 1069-2018 无人驾驶航空器系统作业飞行技术规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

陆上油气田 Onshore Oil and Gas Field

指位于大陆架以内陆地区域的石油和天然气田，包括但不限于：钻井井场、采油（气）树、试油装置等勘探开发系统；集输站、处理厂、计量站等；储运系统等生产处理系统；储油罐、输油气管线及其附属设施；注水站、污水处理装置等辅助系统。

3.2

能源设施 Energy Facilities

指为陆上油气田生产运营提供能源支持的配套设施，包括但不限于：架空线路、变电站、配电系统等电力设施；光伏发电站、风力发电机组等新能源设施。燃料气管道、蒸汽热力管网等供能管网。

3.3

无人机 unmanned aircraft; UAV

由遥控设备或自备程序控制装置操纵的不载人驾驶航空器。

3.4

无人机巡检 Unmanned aerial vehicle inspection

指利用无人机搭载各种传感器和设备，对特定区域或目标进行空中监测和数据分析的过程。通过无人机的高空视角和灵活机动性，可以实现对目标区域的高效、精确检查，从而及时发现潜在的问题和隐患。

3.5

多旋翼无人机 Multi rotor unmanned aerial vehicle

旋翼无人机是指由螺旋桨产生向上的升力，带动无人机整体进行飞行的无人机。

3.6

固定翼无人机 Fixed wing unmanned aerial vehicle

指动力驱动的重于空气的一种无人机，其飞行升力主要由给定飞行条件下保持不变的翼面产生。

3.7**无人机机巢 unmanned aerial vehicle nest**

指为无人机提供存储、起降平台、通信、电能补给、载荷装卸、环境监测、视频监控等功能的装置，一般由主控系统、机电模块、通信模块、监控模块和起降平台等组成。

4. 基本要求**4.1 一般要求**

4.1.1 陆上油气田无人机巡检作业现场管理应遵循国家有关法律法规、行业标准的规定。

4.1.2 无人机巡检在满足正常工作条件作业前，应了解设备巡检要求、掌握无人机操作并取得相关资质，制定巡检路线与安全预案，满足作业现场相关安全要求，开展相应的无人机巡检。

4.1.3 在雷暴雨前后、大雪、大雾、凝冻、冰冻、台风等特殊气象作业时，在适合无人机飞行的环境条件的情况下，调整巡检的周期频次；在不满足巡检条件的特殊气象时，采取值班人员现场巡检的方式进行巡检。

4.1.4 无人机巡检作业应依据设备设施的运行规程要求，结合运行情况和设备的特性制定巡检计划，对于规模较大、设备较复杂、安全要求严的设备设施，巡检的频率可适当增加。

4.2 空域要求

4.2.1 无人机应按民用航空主管部门的规定进行实名登记并按照相关要求依法投保责任保险。

4.2.2 无人机从事飞行活动的单位应向民用航空主管部门或者地区民用航空管理机构申请取得民用无人驾驶航空器运营合格证。

4.2.3 无人机实施飞行活动应当按照国家有关规定向无人驾驶航空器一体化综合监管服务平台报送识别信息。

4.2.4 无人机运行应按任务区域管理要求办理空域申请，并向所属行政管理部门完成无人机飞行报备。

4.2.5 无人机起飞前，应根据作业项目性质和要求申请使用空域，向相关管制单位或当地空管部门提交飞行计划获得放飞许可。

4.2.6 使用无人机执行抢险救灾等紧急任务的，应当在计划起飞30分钟前向空中交通管理部门提出飞行活动申请。执行特别紧急任务的，可以随时提出飞行活动申请。

5 无人机及系统**5.1 系统要求**

5.1.1 无人机应由无人机平台、任务载荷、地面控制站、数据链等部分组成，各部分主要功能如下：

a) 无人机平台是执行任务的载体，携带数据链和任务载荷，飞行至目标区域完成要求的任务；

b) 数据链通过上行信道，实现对无人机平台的遥控；通过下行信道，完成对无人机平台状态参数的遥测，并传回任务设备的信息；

c) 地面控制站用于完成对无人机地面和空中工作状态监视和操作控制等；

d) 任务载荷用于完成要求的航拍成像任务。

5.1.2 无人机巡检模式分为以下三种模式：

a) 自动化模式：无人机在巡检过程中无需人工操作，可自动识别巡检对象，实时进行路线规划，自主飞行，自动完成数据采集。在无人机出现偏离作业路径或者其他危险状况时，无人机应自动与被检测目标保持安全距离，由巡检人员切换至手动飞行模式返航中止作业。

b) 半自动化模式：巡检作业前预先设计飞行路径，无人机根据预设路径自主飞行；作业过程中，需作业人员参与进行巡检数据采集并监控作业过程；无人机出现偏离作业路径或者其他危险状况时，由作业人员切换至手动飞行模式返航中止作业。

c) 手动模式：巡检作业中，无人机的飞行控制和巡检数据采集均由作业人员手动控制完成。

5.1.3 无人机本体应符合以下要求：

a) 无人机外观不应有明显变形和伤痕；连接线布局合理，固定牢靠；连接件、紧固件有防松措施；涂镀层无气泡、龟裂和脱落；金属件无锈蚀和机械损伤；

b) 机头机尾应有明显标识，机身应设置航行灯；

c) 无人机悬停的最大续航时间不应小于 30min，固定翼无人机最大飞行续航不应小于 120min。

5.1.4 飞行控制功能应符合但不限于下列要求：

a) 应具备开机自检功能，开机后应对动力系统、电池状态、遥测遥控及导航定位等功能自检，发现异常，均应在控制终端上以声、光、文字等方式报警提示，并锁死无人机飞控系统。报警宜提示故障部位或原因。

b) 应具备实时飞行监测功能，控制终端应显示电池电量、空间位置、飞行速度、导航状态、通信链路等实时信息。

c) 应具备断点续飞功能，应自动记录任务执行中断点位置，恢复飞行后，应定位到中断点位置并继续执行任务。

d) 应具备飞行区域限制功能，在航线规划和巡检作业时，应手动或自动设置无人机限制飞行空间区域和时间。无人机临近限制飞行区域时，控制终端应发出声、光、文字等告警提示；逼近限制飞行区域时，飞机应自动中断任务，悬停等待或自动返航。

e) 应具备自动返航功能，无人机在完成的任务或发生异常时可自动触发返航指令，无人机应按预设返航航线返航、降落。

f) 应具备应急控制功能，无人机在巡检作业过程中出现影响作业安全的紧急情况，可通过控制终端使无人机一键返航或紧急降落。

5.1.5 自动及半自动模式无人机智能巡检的飞控子系统应具备自主避障能力，可识别飞行路径上的障碍物，并在逼近障碍物前向控制终端发出报警信息，采取主动躲避或空中悬停动作。

5.1.6 任务搭载子系统包括搭载可见光、红外、激光雷达等成像设备，用于作业现场进行图像和环境信息采集。

5.2 性能要求

5.2.1 多旋翼无人机技术性能应符合但不限于以下：

a) 续航时间 ≥ 30 min；

b) 具备上、下、左、右、前、后六向全方位避障功能，避障距离 ≥ 2 m；

c) 搭载定焦相机、变焦相机、红外、夜视吊舱；

d) 无人机平台与地面控制站数据链信号传输距离 ≥ 5 km；

e) 应支持通过地面站控制相机执行拍照、录像指令、变焦相机变焦倍数及进行航线规划和任务规划；

f) 任务数据采集和储存功能。

5.2.2 固定翼无人机技术要求，应包括但不限于以下内容：

a) 无人机续航时间 ≥ 120 min；

b) 无人机平台与地面控制站数据链信号传输距离 ≥ 50 km；

c) 抗风性能 ≥ 10.8 m/s；

d) 搭载定焦相机、变焦相机；

e) 定点盘旋、目标物锁定；

f) 应支持通过地面站控制相机执行拍照、录像指令、变焦相机变焦倍数及进行航线规划和任务规划；

g) 任务数据采集和储存功能。

5.2.3 可见光航拍设备应符合下列要求：

a) 相机有效像素固定翼不应低于 2000 万像素，旋翼机不应低于 4800 万像素；

b) 相机支持的存储卡容量不应低于 64GB，存储卡读写等级不得低于 class 10；

配备三轴无刷云台，固定翼俯仰角度宜为 $+0^\circ$ 至 -90° ，旋翼机仰角度宜为 30° 至 -90° 。

5.2.4 红外热成像设备应符合下列要求：

a) 响应波段宜为 $8\sim 14\mu\text{m}$ ；

b) 分辨率不应低于 $640*480$ ；

c) 输出帧率不应低于 25Hz；

- d) 测温范围不应小于 -20°C 至 135°C ;
 - e) 最小可分辨温差: 参照 GB/T19870 应满足高分辨率、高灵敏度型, 不小于 0.6°C ;
 - f) 测温一致性: 在 $-20^{\circ}\text{C}\sim 60^{\circ}\text{C}$ 内, 测温精度误差不应大于 $\pm 3^{\circ}\text{C}$ 或 $\pm 3\%$, 以较大误差为准;
 - g) 配备三轴无刷云台, 角度俯仰宜为 $+30^{\circ}$ 至 -90° ;
- 支持拍照及录像, 且照片包含原始温度信息, 有明确的格式解析接口, 可用于二次分析。

5.2.5 夜视成像设备应符合下列要求

- a) 传感器尺寸不小于 1.6 英寸, 有效像素不低于 200w, 像元尺寸不低于 12 微米;
- b) 等效焦距不小于 35mm, 光圈不大于 F1.4;
- c) ISO 不小于 440000。

5.2.6 激光雷达设备除应符合 CH/T 8024 的规定外, 还应符合下列要求:

- a) 激光雷达探测距离在 20%反射率情况时, 有效探测距离不应低于 100m;
- b) 数据成果点密度不应低于 20 点/ m^2 ;
- c) 点云采集速率不低于 100000 点/s。

5.2.7 无人机机巢技术要求, 应包括但不限于以下要求:

- d) 应包含起降平台、通信、电能补给、环境监测、视频监控等功能的装置;
- e) 机巢整机表面应有保护涂层或防腐设计, 外表应光洁、均匀, 不应有伤痕、毛刺等缺陷;
- f) 户外运行的机巢防水防尘等级、环境温度、相对湿度等性能应满足现场环境条件;
- g) 机巢存放的动力电池或充电装置应支持无人机连续工作;
- h) 机巢测控半径应满足作业现场的要求。

5.3 数智化系统要求

5.3.1 智能分析子系统展示的信息应符合但不限于下列要求:

- a) 实时巡检结果数据;
- b) 无人机实时运行状态信息, 包括系统运行模式、系统关键参数(无人机飞行速度、高度、坐标、剩余电量)、系统故障提示等;
- c) 无人机实时运行位置的动态巡检地图及采集的图像信息;
- d) 实时信息, 包括巡检异常告警和系统异常告警;
- e) 历史信息, 提供数据存储时间范围内的回查展示功能。

5.3.2 具备图像智能识别功能的应符合但不限于下列要求:

- a) 实时对无人机采集的图像/视频数据进行目标检测与分类, 包括但不限于缺陷识别(如裂纹、锈蚀、异物等)、异常状态分析;
- b) 支持多模态数据融合分析(可见光、红外、激光雷达等), 输出结构化识别结果;
- c) 具备自适应学习能力, 可根据历史数据优化识别算法准确率。

5.3.3 具备智能飞行控制功能的应符合但不限于下列要求:

- a) 支持自主路径规划与动态避障, 实时响应环境变化(如气象、障碍物);
- b) 具备任务自适应能力, 根据识别结果自动调整飞行参数(如悬停、变焦拍摄);
- c) 集成飞行策略库, 支持预设巡检模式(如区域覆盖、重点跟踪)。

5.3.4 具备实时分析与反馈功能的应符合但不限于下列要求:

- a) 实时显示智能识别结果(如缺陷标注、置信度评分);
- b) 结合飞行状态数据提供决策建议(如复检区域提示)。

5.3.5 具备历史数据智能处理的应符合但不限于下列要求:

- a) 支持历史图像/视频的批量智能分析及趋势统计;
- b) 提供算法模型训练数据的回溯与管理功能。

5.3.6 智能识别及处理能力性能指标的应符合下列要求:

- a) 图像识别准确率 $\geq 95\%$ (特定场景);
- b) 从数据采集到结果输出的延迟时间 $\leq 500\text{ms}$;
- c) 系统支持 ≥ 5 种标准缺陷类型的在线识别。

5.3.7 建立无人机管理平台(系统)的作业单位应将飞行数据、采集信息或巡检报告上传至管理平台(系

统)，并保证数据完整性，可供运维单位查看，巡检数据应根据国家相关法律、行业及企业规定要求进行保密处理。

6 作业人员要求

- 6.1 作业人员应包括无人机驾驶员和作业辅助人员。
- 6.2 作业人员应熟悉无人机的操作方法和流程，掌握相关作业与安全生产相关知识，并通过相应机型的操作培训。
- 6.3 作业人员应掌握作业现场和工作岗位存在的危险因素、防范措施及事故紧急处理措施。
- 6.4 无人机驾驶员应熟悉无人机巡检作业方法和技术手段，按中国民用航空局相关规定，经考试合格后持证上岗，按照视距内、视距外作业要求，应取得相应无人机驾驶执照。
- 6.5 无人机驾驶员应熟练掌握线路激光扫描作业流程及原理，熟练掌握无人机系统及激光扫描设备的安装和调试、航线规划，通过相应的操作培训，掌握飞行及安全生产相关知识，了解航空、气象、地理等必要知识。
- 6.6 无人机驾驶员是无人机安全操作的第一责任人，应熟悉与飞行相关信息，包括但不限于以下内容：
 - a) 飞行区域的地理位置和地形地貌；
 - b) 飞行区预期飞行持续时间内的天气情况；
 - c) 飞行区机场和附近空域情况；
 - d) 应熟悉无人机的操作手册及简单故障排查；
 - e) 作业现场的要求及规程；
 - f) 对无人机进行起飞前、飞行中及飞行后的检查。
- 6.7 无人机驾驶员飞行活动中应遵守CCAR-91R2的相关规定和国家相关法律法规。
- 6.8 作业辅助人员主要负责飞行数据质量检查，数据处理及分析，对激光扫描数据分析成果进行判断。

7 飞行作业

7.1 现场勘查

- 7.1.1 应根据作业项目，对现场勘查，并确定无人机起降点、飞行线路、确定导航定位基站站址。勘查内容应包括地形地貌、气象环境、空域条件、抽油机坐标、高度、型号及其他危险点等。
- 7.1.2 应根据待飞行线路的情况，采集巡检数据的要求，明确飞行目的，制定作业方案。
- 7.1.3 应收集待飞行线路的巡检线路台账、巡检线路的走向、抽油机GPS信息、运行参数、地形地貌、气象条件以及线路周边的环境情况等资料内容
- 7.1.2 现场勘查时，应结合地图、现场地形和作业任务，确定作业飞行高度和起降场地。

7.2 飞行准备

- 7.2.1 应根据抽油机型号、巡检部位结构特点、地理环境等制定巡检方案，包括但不限于设备选型、航迹规划、巡检方式、现场安全管理办法、应急预案等。
- 7.2.2 应检查确认无人机各部件及功能正常，包括但不限于：无人机及遥控器电量、定位检测，图传及拍照测试、无人机电机、旋翼工作状态等。
- 7.2.3 应提前了解巡检所在区域的空域情况，将飞行时段、飞行高度及所使用无人机按规定向当地空中管制机构报备，获得批准后进行作业。
- 7.2.4 应先检查遥控器操作手方式，按照操作人员需求进行调整。
- 7.2.5 应将无人机设置为与遥控器之间通信异常情况下，无人机断链自动返航。

7.3 飞行要求

- 7.3.1 无人机系统驾驶员应确认作业现场各岗位人员工作准备就绪后方能操控无人机起飞。
- 7.3.2 起飞后，应全过程关注无人机飞行状态，并做好应对突发和紧急情况的准备。
- 7.3.3 视距内飞行操控时：
 - d) 应在视距范围内进行试飞，以观察无人机及机载设备的工作状态；
 - e) 应观察无人机工作状态，监视无人机飞行参数，确保无人机及任务载荷设备工作正常，各岗位工作人员之间始终保持通信正常；
 - f) 应观察无人机的工作状态，做好应急干预的准备。
- 7.3.4 超视距飞行操控时：

- a) 应监视无人机的飞行高度、飞行速度、飞行姿态等；
- b) 应监视地面设备工作状态，如异常应及时采取有效措施。

7.3.5 飞行过程中，应根据无人机的尺寸、重量、飞行速度和环境条件，确定无人机与采集目标或障碍物之间保持安全距离。

7.3.6 飞行过程中，应关注无人机操控性和稳定性的变化，观察作业区域的上升、下降气流和风向风速等气象变化对飞行的影响，遇有异常情况时，应及时采取相应措施并停止在该区域作业。

7.3.7 除因起飞和着陆需要，应将无人机的飞行高度控制在适当范围内，以便于无人机实施紧急迫降。

7.3.8 飞行过程中，应检查无人机发动机或电机的转速、燃料或电池电量，掌握飞行时限，注意无人机的工作情况，随时做好特殊情况处置的准备。

7.3.9 无人机与抽油机待检测部位的距离宜 ≥ 3 m。

7.3.10 遇无人机通信链路长时间中断，且预定时间内未返航，应根据无人机失去联系前的地理坐标和机载追踪器发送的报文信息进行搜寻。

7.3.11 遇设备出现报警故障无法恢复，应立即停止巡检作业，操作无人机返航。

7.3.12 遇设备信号丢失，应采用姿态模式，控制无人机就近降落。

7.3.13 遇无人机失去动力，应控制无人机就近降落。

7.3.14 遇无人机坠落，应立即上报并妥善处置，避免发生次生事故。

7.4 返航降落

7.4.1 飞行结束后应提前做好降落场地的检查和清理工作，确保满足降落条件。降落时，人员与无人机保持足够的安全距离。

7.4.2 降落后，应进行设备外观及零部件检查，恢复初始状态。

7.4.3 作业结束后，作业人员应记录无人机的状态和作业情况。

7.4.4 人员撤离前，应清理现场并核对无人机设备和工器具。

8 安全要求

8.1 环境安全

8.1.1 无人机运行环境应考虑到作业场所如温度、湿度、爆炸性环境等环境条件要求，无人机和部件应能承受预期的运行条件和环境条件。

8.1.2 起飞前，应确认现场气候条件是否符合现场作业条件。如遇大雨、大风、冰雹等恶劣天气或出现强电磁干扰等情况时，不宜开展作业。

8.1.3 用于爆炸性环境中的无人机，应符合GB/T3836系列标准的相关要求取得防爆合格证。

8.1.4 对于具备可燃气体、有毒气体或氧气检测等功能的无人机，被检测气体类型的选取应满足作业场所需求。气体检测仪应具备实时、连续检测能力，检测性能应符合作业场所的相关技术要求，气体检测标准应符合相关标准要求规定。

8.2 作业安全

8.2.1 作业前确认巡检路线安全并规划安全返航路线，设置突发事件安全预案。

8.2.2 作业人员应正确佩戴安全帽和穿戴个人防护用品，正确使用劳动防护用品，作业前及作业过程中不应饮用含酒精饮品。

8.2.3 作业人员应与无人机始终保持足能的安全距离，安全距离 ≥ 5 m，避开起降航线，不应站在无人机起飞和降落的前方及无人机作业航线的正下方。

8.2.4 飞行作业现场应根据无人机重量和飞行高度确定安全距离范围，做好安全隔离措施，必要时终止作业。

8.2.5 无人机激光扫描作业应依据无人机的起降方式以及激光雷达系统的工作需要，寻找并选取合适的起降场地。

8.2.6 航线规划应避开空中禁区、空中限制区和空中危险区，远离人口稠密区、重要建筑和设施、通讯阻隔区、无线电干扰区、大风或切变风多发区。