

T/B

团 体 标 准

T/CSGPC XXXX—2026

# 低空无人机应急测绘服务规范

Specifications for low-altitude UAV-based emergency surveying and mapping  
services

（征求意见稿）

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX – XX – XX 发布

XXXX – XX – XX 实施

中国测绘学会 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 缩略语 .....                           | 2         |
| 5 应急响应分级与服务分级 .....                   | 3         |
| 5.1 响应时效分级 .....                      | 错误！未定义书签。 |
| 5.2 服务分级总则 .....                      | 错误！未定义书签。 |
| 5.3 时效起算点（T0）定义 .....                 | 错误！未定义书签。 |
| 5.4 服务等级与成果对应 .....                   | 错误！未定义书签。 |
| 5.5 总体原则 .....                        | 错误！未定义书签。 |
| 6 最小低空无人机测绘单元 .....                   | 5         |
| 6.1 单元组成 .....                        | 5         |
| 6.2 外业采集单元分类与基准能力 .....               | 6         |
| 6.3 内业算力节点分类与基准能力 .....               | 6         |
| 6.4 外业-内业配比规则 .....                   | 6         |
| 6.5 基准能力测算依据 .....                    | 7         |
| 6.6 资源配置规则 .....                      | 7         |
| 6.7 大项目网格划分与协同管理 .....                | 7         |
| 7 一般流程 .....                          | 5         |
| 8 服务流程与接口要求 .....                     | 错误！未定义书签。 |
| 8.1 准备阶段 .....                        | 5         |
| 8.2 现场实施阶段 .....                      | 9         |
| 8.3 数据处理与成果生产要求 .....                 | 11        |
| 8.4 质量管控与检验规则 .....                   | 11        |
| 9 现场保障系统要求 .....                      | 10        |
| 10 数据安全与全生命周期管理 .....                 | 12        |
| 10.1 数据分级分类管理 .....                   | 12        |
| 10.2 全生命周期安全管控 .....                  | 12        |
| 10.3 数据脱敏要求 .....                     | 13        |
| 10.4 数据库建设 .....                      | 13        |
| 11 人员、设备与安全作业要求 .....                 | 13        |
| 11.1 人员管理要求 .....                     | 13        |
| 11.2 设备管理要求 .....                     | 13        |
| 11.3 飞行安全管理要求 .....                   | 13        |
| 12 证实方法 .....                         | 14        |
| 12.1 服务流程与接口要求的证实 .....               | 14        |
| 12.2 现场保障系统要求的证实 .....                | 14        |
| 12.3 数据安全与全生命周期管理的证实 .....            | 14        |
| 12.4 人员、设备与安全作业要求的证实 .....            | 14        |
| 附 录 A （资料性） 基于无人机机场的网格化前置值守作业指南 ..... | 15        |

A.1 部署密度 ..... 15

A.2 热备状态 ..... 15

A.3 自动作业流程 ..... 15

A.4 能力说明 ..... 15

附 录 B （资料性） 一般流程说明 ..... 16

B.1 应急测绘需求方（委托方） ..... 16

B.2 应急测绘成果提供方（作业单位） ..... 17

B.3 应急测绘成果展示平台（指挥平台/GIS） ..... 18

附 录 C （资料性） 边飞边算实时处理技术参考 ..... 19

C.1 机载端处理要求 ..... 19

C.2 地面端处理要求 ..... 19

附 录 D （资料性） AI 全链路智能应急测绘技术参考 ..... 20

D.1 AI 智能航线规划 ..... 20

D.2 AI 实时目标解译 ..... 20

D.3 AI 智能变化检测 ..... 20

D.4 AI 智能质量校验 ..... 20

附 录 E ..... 21

E.1 载荷配置要求 ..... 21

E.2 数据融合要求 ..... 21

附 录 F ..... 22

F.1 应急 GIS 基础核心功能 ..... 22

F.2 数据格式 ..... 22

F.3 接口协议 ..... 22

F.4 权限管控 ..... 22

F.5 灾情动态推演功能 ..... 22

F.5 应急资源优化调度功能 ..... 22

F.5 次生灾害风险预警功能 ..... 22

F.5 多部门协同图上会商功能 ..... 22

附 录 G ..... 23

G.1 应急测绘任务交接单（表格） ..... 23

G.2 应急测绘任务需求确认单（表格） ..... 23

附 录 H ..... 24

H.1 通信电力一体化保障系统架构 ..... 24

H.2 典型场景保障方案 ..... 24

H.3 与无人机机场的协同保障 ..... 24

H.4 性能测试与验收参考 ..... 24

H.5 基于通信与电力塔站的机场部署模式 ..... 24

H.7 机场通信电力配套参考指标 ..... 26

附 录 I ..... 27

I.1 洪涝灾害 SOP ..... 27

I.2 森林火灾 SOP ..... 28

I.3 城市燃气/化工事故 SOP ..... 29

I.4 建筑物坍塌/交通事故 SOP ..... 30

I.5 公共卫生事件 SOP ..... 31

参考文献 ..... 33

## 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。

本文件由中国测绘学会提出并归口。

本文件起草单位：××××××××。

本文件主要起草人：××××××××。

本文件为首次发布。

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。

---

# 低空无人机应急测绘服务规范

## 1 范围

本文件规定了 III 级（较大）、IV 级（一般）突发事件应急响应场景下，使用最大起飞重量不超过 150kg 的民用无人驾驶航空器开展应急测绘服务的服务流程、时效分级、最小作业单元、成果接口等要求。

本文件适用于县级及以下行政区域内自然灾害、事故灾难、公共卫生事件、社会安全事件的灾情侦察、监测评估、救援支撑与指挥决策保障。

本文件不适用于常规民用航空测绘、商业航拍等非应急场景，以及 I 级、II 级突发事件的应急测绘活动（此类任务按上级专项指令执行）。

## 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 46750-2025 民用无人驾驶航空器系统运行识别规范  
GB 46761-2025 民用无人驾驶航空器实名登记和激活要求  
GB/T 7930-2008 1:500 1:1 000 1:2 000 地形图航空摄影测量内业规范  
GB/T 19710-2005 地理信息 元数据  
GB/T 22080-2025 网络安全技术 信息安全管理体系 要求  
GB/T 24356-2023 测绘成果质量检查与验收  
GB/T 35018-2018 民用无人驾驶航空器系统分类及分级  
GB/T 35273-2020 信息安全技术 个人信息安全规范  
GB/T 35651-2017 突发事件应急标绘图层规范  
GB/T 38152-2019 无人驾驶航空器系统术语  
GB/T 41443-2022 地理信息应急数据规范  
GB/T 45631-2025 无人机遥感测绘飞行管理信息要求  
CH/T 1057-2023 应急测绘基本技术要求  
CH/T 1061-2023 测绘成果汇交规范  
CH/T 3003-2021 低空数字航空摄影测量内业规范  
CH/T 3004-2021 低空数字航空摄影测量外业规范  
CH/T 3005-2021 低空数字航空摄影规范  
CH/T 4018-2023 应急测绘制图技术规范  
CH/T 4028-2023 应急测绘政务地图  
CH/Z 3035-2023 应急测绘前线工作规范 无人机测绘  
YJ/T 27-2024 应急指挥通信保障能力建设规范  
ISO 21384-3:2019 无人驾驶航空器系统 第3部分：操作规范

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

应急测绘 emergency surveying and mapping

为应对突发事件，快速获取、处理、分析地理信息数据，输出可直接支撑应急指挥、灾情评估、救援行动的测绘成果与决策建议的专项测绘活动。[来源:CH/T 1057—2023,3.1]

### 3.2

#### 低空无人机 low-altitude UAV

在真高1000m（含）以下空域运行的无人驾驶航空器。[来源:GB/T 38152-2019]

### 3.3

#### 最小低空无人机测绘单元 minimum low-altitude UAV surveying and mapping unit

能够独立完成单次低空无人机应急测绘任务的最小人员、设备、保障资源组合，分为通用应急测绘单元和便携抵近测绘单元两类。

### 3.4

#### 应急服务分级 emergency service classification

按照作业区域规模、成果精度等级、交付时效三个核心维度，对低空无人机应急测绘服务进行的等级划分。

### 3.5

#### 标准作业网格 standard operation grid

大项目作业时划分的标准化作业单元，对应 1 个通用基础单元的基准作业面积。

### 3.6

#### 应急响应分级 emergency response classification

按照《国家突发公共事件总体应急预案》，将突发事件划分为 I 级（特别重大）、II 级（重大）、III 级（较大）、IV 级（一般）四个等级，对应差异化的应急测绘管控要求。

### 3.7

#### 免像控快速测绘 ground control point-free rapid surveying and mapping

无需布设地面像控点，仅通过机载高精度 GNSS+IMU 紧耦合定位技术，实现高精度地理信息成果生产的应急测绘模式。

### 3.8

#### 边飞边算实时处理 real-time processing during flight

在无人机飞行作业过程中，同步完成机载数据预处理、影像拼接、目标识别、成果生成与回传的应急专属处理模式。

### 3.9

#### 响应时效起算点（T0） response time starting point

应急测绘服务响应时效的计算起点，自人员 / 设备就位、空域获批、气象满足作业阈值三个条件全部满足时起算。

### 3.10

#### 快成果 rapid deliverable

应急响应初期为满足指挥决策急需，快速生成的初步测绘成果。

### 3.11

#### 精成果 precise deliverable

应急响应平稳期生成的，满足规定精度要求的完整测绘成果。

### 3.12

#### 当量 equivalent

衡量最小测绘单元作业能力的标准化单位，以通用基础单元的基准作业能力为 1.0 当量。

## 4 缩略语

下列符号和缩略语适用于本文件。

UAV：无人驾驶航空器（Unmanned Aerial Vehicle）

RTK：实时动态定位（Real-Time Kinematic）

PPK：后处理动态定位（Post-Processed Kinematic）

GNSS：全球导航卫星系统（Global Navigation Satellite System）

DOM：数字正射影像图（Digital Orthophoto Map）

DSM：数字表面模型（Digital Surface Model）

DEM：数字高程模型（Digital Elevation Model）

LiDAR：激光雷达（Light Detection and Ranging）

GIS：地理信息系统（Geographic Information System）

SAR：合成孔径雷达（Synthetic Aperture Radar）

mAP：平均精度均值（mean Average Precision）

NETD：噪声等效温差（Noise Equivalent Temperature Difference）

5 应急测绘服务分级

5.1 总则

本章规定了低空无人机应急测绘服务的服务范围分级、成果分级、交付时限分级、服务要求组合及时限计算规则，适用于应急测绘服务等级划分与按需配置。

5.1.1 应急优先原则

所有流程设计以保障应急响应时效为核心，优先满足应急指挥决策需求，建立应急场景下的流程简化、快速审批、极速响应机制。

5.1.2 安全底线原则

所有作业活动必须以人员、设备、空域安全为底线，严格执行 ISO 21384-3:2019 的无人机安全操作规范，杜绝安全事故。

5.1.3 冲突解决规则

5.1.3.1 当不同章节的要求出现冲突时，按以下优先级执行：

- a) 第一优先级：国家法律法规、强制性国家标准；
- b) 第二优先级：任务委托方与作业单位书面确认的成果需求；
- c) 第三优先级：宜按本标准规定的应急响应等级底线要求；
- d) 第四优先级：宜按本标准规定的推荐要求和可选要求。

5.1.3.2 极端特殊情况下，为保障生命财产安全，经任务委托方书面确认，可临时调整非核心技术要求，但必须全程记录调整原因、内容及审批过程，任务结束后形成专项说明归档。

5.2 服务范围分级（作业规模分级）

服务范围分级按应急作业覆盖面积划分，用于确定作业规模、最小应急测绘作业单元配置及作业方案编制依据。

空间规模：小型（ $\leq 1\text{km}^2$ ）、中型（ $1\sim 10\text{km}^2$ ）、大型（ $10\sim 50\text{km}^2$ ）、超大型（ $>50\text{km}^2$ ）；  
各服务范围等级对应的典型应用场景如下：

| 服务范围等级 | 覆盖面积                   | 典型应用场景              |
|--------|------------------------|---------------------|
| 小型     | $\leq 1\text{ km}^2$   | 单点事故、建筑局部坍塌等小范围突发事件 |
| 中型     | $1\sim 10\text{ km}^2$ | 一般自然灾害、城镇区域突发事件     |

| 服务范围等级 | 覆盖面积                  | 典型应用场景        |
|--------|-----------------------|---------------|
| 大型     | 10~50 km <sup>2</sup> | 洪涝、森林火灾等大范围灾害 |
| 超大型    | 大于 50 km <sup>2</sup> | 流域性、区域性重大灾害   |

作业范围超过大型（大于 10 km<sup>2</sup>）时，宜按多单元配置与协同要求组织作业。

5.3 成果分级

成果分级按成果精度划分，用于确定成果生产的技术指标与质量控制要求。

精度等级：快速级（满足应急目视判读）、标准级（满足 1:2000 比例尺）、精密级（满足 1:1000 比例尺）；

各成果等级对应的主要成果形式如下：

| 成果等级 | 精度要求          | 主要成果形式                       |
|------|---------------|------------------------------|
| 快速级  | 满足应急目视判读      | 快拼影像、目标快报等应急快速成果             |
| 标准级  | 满足 1:2000 比例尺 | 正射影像（DOM）、数字高程模型（DEM）等标准测绘成果 |
| 精密级  | 满足 1:1000 比例尺 | 高精度实景三维、精细化专题成果              |

5.4 交付时限分级

交付时限分级按自 T0 起算的成果交付时间划分，用于确定应急响应时效底线与资源配置要求。

5.4.1 交付时限等级

交付时效等级：极速（≤1h）、快速（1~4h）、标准（4~12h）、完整（12~24h）。

5.4.2 响应时效底线要求

本标准将应急测绘响应时效划分为四级，各级底线要求如下：

- e) 一级响应（值守级）：T0 后 15 分钟内回传首份带地理坐标的快拼影像；
- f) 二级响应（机动级）：T0 后 1 小时内交付全区域快成果；
- g) 三级响应（标准级）：T0 后 4 小时内交付核心区域标准级精成果；
- h) 四级响应（完整级）：T0 后 12~24 小时内交付全区域完整精成果；
- i) 底线要求：III 级突发事件最低满足二级响应时效，IV 级突发事件最低满足三级响应时效。

5.5 服务要求组合

5.5.1 组合原则

在满足应急响应等级最低要求的基础上，按以下三个维度划分应急测绘服务等级，实行按需配置：服务范围、成果精度、交付时限三个维度的等级划分分别见 5.2、5.3、5.4，按应急任务实际需要组合后形成具体服务等级，实行按需配置。

5.5.2 最低服务等级推荐对应规则

- III 级应急：最低满足中型区域 + 标准级精度 + 快速时效；
- IV 级应急：最低满足小型区域 + 快速级精度 + 标准时效。

5.5.3 最低匹配规则

- a) III 级应急：最低满足中型区域 + 标准级精度 + 二级响应时效；
- b) IV 级应急：最低满足小型区域 + 快速级精度 + 三级响应时效。

## 5.6 时限计算规则

响应时效自以下条件全部满足时起算：

- a) 作业人员与核心设备抵达指定作业现场并完成部署；
- b) 获得合法有效的飞行空域许可；
- c) 现场气象条件满足作业设备最低适配要求；

T0的确认应由任务委托方与作业单位双方共同签认，签认记录作为响应时效计算的依据。

因不可抗力（如极端天气、空域管制临时变更、现场安全风险）导致的延误，不计入响应时效，需由双方书面确认。

交付时限自 T0 起连续计时，以作业单位系统记录或双方确认的交付签收时间为准；跨日连续作业时计时不中断。

## 6 应急测绘服务流程及作业要求

### 6.1 一般流程

- a) 准备阶段：应急任务交接、环境可行性评估、设备选型、人员配置、空域申请、作业方案制定；
  - b) 现场实施阶段：现场保障、飞行前检查、数据采集、过程管控与中间数据质检；
  - c) 数据处理与成果生产阶段：分级处理、成果生成；
  - d) 质量管控与成果交付阶段：两级质检、成果交付、验收确认；
  - e) 归档与总结阶段：数据归档、任务复盘。
- 低空无人机应急测绘服务一般流程见附录B。

### 6.2 任务受理与需求确认

#### 6.2.1 应急任务交接

根据 CH/Z 3035-2023 标准，应确立标准化的应急任务接收、确认与交接程序。所有任务交接均需完成书面记录，由相关方签字确认，参考附录 G《应急测绘任务交接单》。

- a) III 级应急：接警后 20min 内完成核心信息交接
- b) IV 级应急：接警后 30min 内完成核心信息交接

#### 6.2.2 任务需求确认

任务交接时，作业单位应与任务委托方共同书面确认以下内容，作为资源配置的依据：

- a) 应急响应等级及对应的底线要求；
- b) 具体作业区域范围、四至坐标及优先级；
- c) 所需成果类型、精度等级及交付时效；
- d) 现场环境条件及特殊作业要求；
- e) 空域管制要求及安全风险提示。

双方应将确认后的需求写入《应急测绘任务需求确认单》（见附录 G），作为合同的补充条款。任务执行过程中如需变更需求，应经双方书面确认。

### 6.3 作业资源配置

#### 6.3.1 单元组成

最小低空无人机测绘单元由外业采集模块和内业处理模块组成，以下完成该单元的分类界定与基准能力划定：

- a) 外业采集模块：飞行采集、通信保障、电力保障、人员作业子模块；
- b) 内业处理模块：数据算力、数据存储、成果输出子模块。

6.3.2 外业采集单元分类与基准能力

各类外业采集单元的基准作业能力为不可突破的底线，适用于白天、风力≤5 级、无明显遮挡的常规环境：

表格 1 最小单元分类表

| 单元类型    | 当量  | 12小时基准采集能力               | 对应 GSD | 对应比例尺  |
|---------|-----|--------------------------|--------|--------|
| 通用基础单元  | 1.0 | 8km <sup>2</sup> 标准级 DOM | 10cm   | 1:2000 |
| 通用增强型单元 | 1.5 | 4km <sup>2</sup> 精密级三维   | 5cm    | 1:1000 |
| 便携抵近单元  | 0.5 | 16km <sup>2</sup> 快速级影像  | 20cm   | 目视判读   |

注1：基于无人机机场的值守作业模式为一级响应的推荐实现方式，详见附录 A。  
注2：注2：上述基准能力基于不同航线重叠度与载荷配置测算，其中快速级影像（单镜头正射，航向≥55%/旁向≥40%）、标准级DOM（单镜头正射，航向≥65%/旁向≥45%）、精密级三维（五向倾斜，航向≥80%/旁向≥70%）。

6.3.3 内业算力节点分类与基准能力

各类内业算力节点的基准处理能力适用于中等地物复杂度（一般城镇/丘陵）环境，基于满足表2 基准处理能力对应的算力水平的图形处理节点（行业入门配置参考）测算。

表 2 内业算力节点基准能力表

| 节点等级 | 12 小时应急快拼产能       | 12 小时标准 DOM 产能     | 12 小时三维模型产能        | 对应 GSD |
|------|-------------------|--------------------|--------------------|--------|
| 基础节点 | 30km <sup>2</sup> | 2.5km <sup>2</sup> | 0.3km <sup>2</sup> | 10cm   |
| 增强节点 | 60km <sup>2</sup> | 5km <sup>2</sup>   | 0.6km <sup>2</sup> | 10cm   |
| 云节点  | 20km <sup>2</sup> | 1.5km <sup>2</sup> | 0.2km <sup>2</sup> | 10cm   |

注：节点等级按图形处理性能划分，不同硬件配置可按显存容量与算力系数换算。

6.3.3.1 强制性要求

- 为保障系统稳定运行、避免显存溢出与算力不足导致作业中断，执行以下硬性约束：
- a) 节点数量计算结果向上取整后，应额外增加 10% 备用节点（最少 1 个）
  - b) 单节点单次处理照片数量不应超过其显存承载上限，超限时应拆分数数据块并行处理。

6.3.3.2 推荐性要求

- 开展作业产能预估、集群效率测算时，可参照下述经验参数开展核算：
- a) 处理能力与 GSD 的平方成反比，精度每提高 1 倍，产能宜按原来的 1/4 估算
  - b) 地物复杂度修正系数宜采用：平原 0.8、丘陵 1.0、一般城镇 1.0、密集城区 1.8、山区 2.2
  - c) 集群并行效率宜采用：1-5 节点（三维 70%/ 正射 80%）、5-20 节点（三维 55%/ 正射 70%）、20 节点以上（三维 40%/ 正射 60%）。
- 上述系数基于行业实测数据，受网络带宽与存储I/O影响。

6.3.4 外业-内业配比规则

- 以标准级DOM产能为基准，1个通用基础单元（1.0当量）宜匹配：
- a) 1 个内业增强节点；或

b) 不少于 2 个内业基础节点。

配比计算应考虑快拼、三维模型等不同成果类型的产能换算。

### 6.3.5 基准能力测算依据

各类单元的基准作业能力基于当前主流民用无人机技术水平，在白天、良好气象条件下的物理极限测算得出。因设备升级、技术革新可突破该底线的，需在作业方案中明确技术依据并经委托方书面确认。

### 6.3.6 资源配置规则

以通用基础单元的基准作业能力为基准，按以下规则计算所需单元总当量：

- a) 空间线性规则：作业面积每增加 1 倍基准作业面积，增加 1.0 当量；
- b) 时效平方规则：交付时效每缩短至基准时效的  $1/2$ ，所需当量增加为原来的 4 倍；每延长至基准时效的 2 倍，所需当量减少为原来的  $1/4$ ，可通过算力进行调整；
- c) 精度平方规则：精度每提高一个等级，所需当量增加为原来的 4 倍；每降低一个等级，所需当量减少为原来的  $1/4$ ，可通过算力进行调整；
- d) 环境修正系数：常规环境 1.0、局部遮挡 / 轻度电磁干扰 1.2、山区 / 峡谷 / 丘陵 1.5、极端恶劣环境 2.0；

上述规则为理论测算，实际配置应结合现场环境修正系数。当计算结果与实际作业条件冲突时，以现场评估为准，并经委托方书面确认。

### 6.3.7 大项目网格划分与协同管理

#### 6.3.7.1 网格划分触发条件

当外业采集单元数量超过 4 个时，应划分为多个标准作业网格，实行“一格一责”管理制度：

- a) 快速级精度：作业面积  $> 60\text{km}^2$
- b) 标准级精度：作业面积  $> 30\text{km}^2$
- c) 精密级精度：作业面积  $> 15\text{km}^2$

#### 6.3.7.2 网格标准

单个标准网格面积应匹配单外业采集单元 12 小时基准采集能力：

- a) 快速级精度： $16\text{km}^2$ （优先  $4\text{km} \times 4\text{km}$ ）
- b) 标准级精度： $8\text{km}^2$ （优先  $2.8\text{km} \times 2.8\text{km}$ ）
- c) 精密级精度： $2\text{km}^2$ （优先  $1.4\text{km} \times 1.4\text{km}$ ）

网格边界宜与河流、道路、山脊线等明显自然地物对齐，相邻网格重叠区域不应小于 50m。

#### 6.3.7.3 编号规则

网格编号应采用“区域代码 - 行号 - 列号”纯英文数字格式：

- a) 区域代码：2 位大写英文字母，代表县级行政区简称
- b) 行号：2 位阿拉伯数字，从北向南依次编号
- c) 列号：2 位阿拉伯数字，从西向东依次编号

示例：福田区标准级精度第 1 行第 2 列网格→FT-01-02

#### 6.3.7.4 协同要求

- a) 应设立 1 名总项目负责人，统一协调作业进度、空域申请和数据汇总

- b) 每个网格应明确对应的外业采集责任单元和内业处理责任人，同一责任人可负责多个网格，但应确保工作质量和交付时效
- c) 每日宜召开协同会议，通报进度、协调补飞
- d) 内业处理宜采用集中式算力集群统一调度

## 6.4 作业方案制定

应基于任务评估与资源配置结果，制定专项作业方案：

III 级应急：可先执行后补编方案，补编时限不超过作业开始后 4h；

IV 级应急：作业前完成核心方案编制。

作业方案应至少包括以下内容：

- a) 应急目标与工作要求；
- b) 飞行航线规划方案；
- c) 分架次数据采集方案；
- d) 风险识别与应急预案；
- e) 资源调配清单与人员分工；
- f) 成果交付与时效要求；

作业面积超过 50km<sup>2</sup> 的项目，作业方案还应包含网格划分图、网格编号表及各单元责任分工。

## 6.5 作业准备

### 6.5.1 环境可行性评估

根据 CH/Z 3035-2023 标准，应针对作业现场开展环境可行性评估，不满足基础条件的应选取其他作业方式。

III 级应急最低要求：可适配局部遮挡（遮挡占比≤50%）、轻度电磁干扰场景；

IV 级应急最低要求：目标区域无大面积遮挡（遮挡占比≤30%），GNSS 信号良好。

通用环境要求：

- a) 风力条件：设备抗风能力应高于现场实测风力 1 级及以上，最大适配 20m/s（8 级风）环境；
- b) 温度条件：应适配 -10℃~+45℃ 常规环境；
- c) 防护条件：设备防护等级应不低于 IP43，超出此范围或处于潮湿、盐雾、粉尘环境的，应配备相应防护等级的设备；
- d) 海拔条件：设备实用升限应满足作业区域海拔要求，高海拔作业能力不低于 5000m。

### 6.5.2 设备选型

飞行平台与任务载荷的选型应符合 CH/T 3005-2021 的相关规定；其配置应满足本标准第6章最小测绘单元的配置要求。

多单元协同作业时，应统一设备型号和参数设置，确保成果一致性。有条件的单位可配备备用设备，应对突发故障。飞行平台续航能力应满足单次计划作业飞行需求，并预留不少于20%的电量冗余。

任务载荷宜满足以下底线性能（建议性）：

- a) 可见光相机：有效像素不低于 2000 万，支持机械快门；
- b) 红外热成像载荷：NETD 不高于 50mK；
- c) 激光雷达：测距精度不低于 5cm，点频不低于 24 万点/秒。
- d) 合成孔径雷达（SAR）：成像分辨率不劣于 1m×1m（条带模式），影像定位精度（无地面控制点）不劣于 5m。

### 6.5.3 人员配置

根据 ISO 21384-3:2019 标准，作业人员应满足以下资质要求：

- a) III 级应急：飞手应持有 CAAC 视距内及以上操控员执照，具备 1 年以上应急测绘作业经验；数据处理人员应具备应急测绘成果快速处理能力
- b) IV 级应急：飞手应持有 CAAC 视距内操控员执照，具备 1 年以上无人机测绘作业经验
- c) 多单元协同作业时，应设立 1 名总飞行负责人和 1 名总数据处理负责人，统一调度现场资源。

6.5.4 空域申请与起降点设置

根据《民用无人驾驶航空器飞行管理暂行条例》，应按国家空域管理规定提前完成空域申请，获得许可后方可作业。真高 120m 以下非管制空域，按国家相关规定执行，全程报备飞行计划。

应勘察确定安全可靠的起降场地，满足以下要求：

- a) 场地应满足设备展开、起降操作的空间需求，见 8.1.3 环境可行性评估；
  - b) 优先选择与作业区相对位置最优的场地，优化航线效率；
  - c) 记录起降点坐标信息（采用 2000 国家大地坐标系）；
- 多单元协同作业时，应统一规划空域和起降点，避免空域冲突和飞行干扰。

6.6 现场实施

6.6.1 飞行前检查与管控

根据 ISO 21384-3:2019 标准，飞行前应完成设备检查：

- a) III 级应急：执行核心必检项（机体结构、电池、飞控、GNSS、链路、避障、载荷），飞行间隙补充全项检查；
- b) IV 级应急：执行全项必检。
- c) 所有检查应填写《飞行前检查记录表》（符合 CH/Z 3035-2023 要求），签字确认后方可起飞。
- d) 应核对设备近期维护记录，超出维护周期、存在未闭环故障隐患的设备严禁使用。应检查所有电池的电量、外观与芯电压均衡性，状态异常的电池严禁使用。

6.6.2 数据采集作业要求

根据 CH/T 3005-2021 标准，航摄设计应满足以下要求：

- a) 可见光正射影像：航向重叠度 $\geq 65\%$ ，旁向重叠度 $\geq 45\%$
- b) 倾斜摄影（含下视影像）：航向重叠度 $\geq 70\%$ ，旁向重叠度 $\geq 60\%$ ，建筑密集区宜设计为 80%~90%；
- c) 合成孔径雷达（SAR）：采用条带模式成像，成像分辨率不劣于  $1\text{m}\times 1\text{m}$ ，影像定位精度（无地面控制点）不劣于 5m；侧视角（入射角）宜为  $30^{\circ}\sim 60^{\circ}$ ，航线平行布设、相邻测绘带重叠不小于 10%，测区覆盖外扩不小于一个测绘带宽，飞行保持匀速直线并同步记录机载 POS 与雷达回波数据；
- d) 每次起飞前应完成空域许可确认、起降场清场、气象条件复核，全部合格后方可起飞。
- e) 应急测绘作业的数据获取、处理与服务要求应符合 CH/T 1057-2023《应急测绘基本技术要求》和 CH/Z 3035-2023《应急测绘前线工作规范 无人机测绘》的相关规定。

表 3 数据采集分级技术要求

| 数据类型    | III 级应急要求                     | IV 级应急要求                           |
|---------|-------------------------------|------------------------------------|
| 可见光正射影像 | 地面分辨率 0.05m~0.2m，可按需放宽重叠度保障时效 | 地面分辨率 0.05m~0.5m，符合 CH/T 3005 常规要求 |
| 倾斜摄影影像  | 地面分辨率 0.05m~0.1m，仅核心区域采集      | 地面分辨率 0.05m~0.1m，全区域采集             |

| 数据类型       | III 级应急要求                                     | IV 级应急要求                                    |
|------------|-----------------------------------------------|---------------------------------------------|
| 视频数据       | 1080P 及以上分辨率，帧率 $\geq 25\text{FPS}$ ，实时回传指挥平台 | 1080P 及以上分辨率，帧率 $\geq 25\text{FPS}$ ，留存原始数据 |
| LiDAR 点云数据 | 点密度 $\geq 8$ 点 / $\text{m}^2$ ，仅核心区域采集        | 点密度 $\geq 4$ 点 / $\text{m}^2$ ，全区域采集        |

6.6.3 过程管控

- 应执行以下采集过程管控要求：
- a) 飞行过程中飞手应全程监控无人机状态与空域环境，遇突发情况立即执行应急预案
  - b) 单架次飞行结束后 10min 内完成中间数据质检，核查数据完整性、覆盖度、定位精度，不合格数据应立即补飞
  - c) 网格作业单元应严格按照划定的网格范围飞行，不得擅自超出边界
  - d) 全程填写《无人机应急飞行作业与数据采集记录表》（符合 CH/Z 3035-2023 要求）

6.6.4 突发情况应急处置

- 根据 CH/Z 3035-2023 标准，飞行过程中遇突发情况，应遵循 "人员安全优先、地面财产安全优先、设备安全次之" 的原则处置：
- a) 通信中断：立即执行预设返航航线，失联超过 30 秒自动触发返航程序
  - b) 设备故障：优先选择无人员、无重要设施的空旷区域迫降
  - c) 天气突变：立即终止作业，执行就近安全返航
  - d) 空域冲突：按空管指令调整航线或返航
- 多单元协同作业时，突发情况发生时，总飞行负责人有权统一调度所有单元。所有突发情况的处置过程必须全程记录，任务结束后形成专项复盘报告。

6.7 现场保障系统要求

6.7.1 电力保障系统能力

- 现根据 YJ/T 27-2024 标准，现场供电系统应满足以下要求：
- 基础底线（所有任务必须满足）：保障核心设备（无人机、地面站）完成本次计划作业的电力需求，配备不少于 1 组备用电池；
- III 级应急推荐：保障设备连续运行不低于 12h，配备便携式发电机或大容量移动电源；
- 多单元协同：每增加 2 个单元，增加 1 套备用电源系统；
- 极端无电力场景兜底：采用多组大容量电池轮换的方式，优先保障核心任务的电力供应；
- 野外作业供电系统应配备防雨、防雷、防触电保护装置，符合野外应急作业安全规范。

6.7.2 通信保障系统能力

- 根据 YJ/T 27-2024 标准，现场通信网络应满足以下要求：
- 基础底线（所有任务必须满足）：飞行控制链路稳定，端到端时延  $\leq 30\text{ms}$ ，丢包率  $\leq 0.1\%$
- 数据回传需求：
- 仅需实时视频回传：带宽  $\geq 10\text{Mbps}$
  - 需回传快拼影像：带宽  $\geq 30\text{Mbps}$
  - 需回传高精度成果：带宽  $\geq 60\text{Mbps}$
- 多单元协同：应配备 Mesh 自组网设备，实现单元间数据实时共享
- 无公网场景兜底：采用点对点无线链路或卫星通信，优先保障控制链路和核心数据回传

6.8 数据处理与成果生产

6.8.1 分级处理时效底线

- a) III 级应急：全区域核心成果交付最长不超过 12h
  - b) IV 级应急：全区域核心成果交付最长不超过 24h
- 数据处理算力应与单元数量匹配，每 1 个通用基础单元对应 1 台应急快速处理工作站。当数据量超过 100GB 时，每增加 100GB 增加 1 台工作站。

6.8.2 应急专属处理流程

- 应急场景应执行先出快成果、后出精成果的分级处理模式：
- a) 极速快拼成果：飞行过程中同步生成带地理坐标的快拼正射影像，实时回传指挥平台；
  - b) 核心专题成果：优先处理核心区域数据，生成灾情专题图、目标识别矢量成果、救援支撑数据；
  - c) 全要素精处理成果：在应急响应平稳期完成全区域高精度成果生产，满足归档与评估需求。
- 成果类型和技术要求参考 CH/T 3005-2021。

6.8.3 成果分级分类体系

表 4 应急测绘成果分级分类体系

| 成果类型            | 快速级精度     | 标准级精度     | 精密级精度     |
|-----------------|-----------|-----------|-----------|
| 快拼影像            | 平面精度≤50cm | 平面精度≤30cm | 平面精度≤15cm |
| 正射影像图           | 平面精度≤30cm | 平面精度≤15cm | 平面精度≤5cm  |
| 数字表面模型<br>(DSM) | 高程精度≤50cm | 高程精度≤30cm | 高程精度≤10cm |
| 数字高程模型<br>(DEM) | -         | 高程精度≤50cm | 高程精度≤20cm |
| 三维实景模型          | -         | 平面精度≤30cm | 平面精度≤15cm |

6.8.4 成果命名与归档

- 建议按照以下的命名方式给成果命名并归档：
- 通用成果命名格式：[任务编号][成果类型][日期].[后缀名]
- 网格成果命名格式：[网格编号][成果类型][日期].[后缀名]
- 示例：FT-01-02\_DOM\_20260529.tif
- 所有成果应采用 2000 国家大地坐标系，数据格式符合国家通用标准。

6.9 质量控制

6.9.1 分级精度要求

- 根据 GB/T 24356-2022 标准，成果精度应满足以下要求：
- a) III 级应急：正射影像平面中误差≤1.5 倍图上 0.5mm，DSM 高程中误差≤2 倍对应比例尺 DEM 限差
  - b) IV 级应急：正射影像平面中误差≤2 倍图上 0.5mm，DSM 高程中误差≤3 倍对应比例尺 DEM 限差
- 应急快拼影像、实时监测成果可适当放宽精度要求，但必须在成果说明中明确标注，不得用于精准量测与灾情定级核算。

6.9.2 两级质检制度

根据 GB/T 24356-2022 标准，实行作业组自检 + 项目负责人终审的两级质检制度：

- a) 作业组自检：对原始数据、中间成果、最终成果进行全流程自检，不合格成果不得进入下一环节
  - b) 项目负责人终审：对成果进行最终审核，重点核查成果是否满足任务需求、精度是否符合要求
  - c) 多单元协同：各单元先自检，再由总项目负责人统一终审
- 所有质检必须留存签字确认的记录，归档留存期限不低于 5 年。

### 6.9.3 验收规则

应急测绘成果验收以书面确认的成果需求为核心依据：

III 级应急：成果交付后 3 个工作日内完成终审

IV 级应急：成果交付后 5 个工作日内完成终审

验收需形成书面验收报告，由委托方与承担方双方签字确认，纳入项目归档。不合格成果按严重程度分级处置：

- a) 轻微不合格：限期整改后直接验收，整改时限不超过 24h
- b) 一般不合格：立即开展补测补飞，整改完成后重新验收
- c) 严重不合格：不予验收，作业承担方承担相应责任与损失

### 6.9.4 归档与销毁安全

根据 CH/T 1061-2023 标准，任务结束后所有数据必须完成归档。超过留存期限的数据销毁，必须履行审批手续，涉密数据采用物理销毁方式，销毁过程双人监督、全程记录。

## 7 数据与成果管理要求

### 7.1 数据分级分类管理

根据 CH/T 1046-2019 标准，对应急测绘数据实行三级分类管理：

III 级应急：所有数据按重要数据管理

IV 级应急：敏感数据按重要数据管理，其他按一般数据管理

### 7.2 全生命周期安全管控

#### 7.2.1 采集与传输安全

根据 GB/T 35273-2020 标准，应满足以下要求：

原始数据采集设备必须具备国密级加密存储功能

数据传输必须采用国密算法加密链路，严禁通过公共互联网非加密传输涉密测绘成果  
采集过程中产生的敏感个人信息，遵循最小必要原则，严禁超范围采集

#### 7.2.2 存储与处理安全

根据 GB/T 22080-2016 标准，应满足以下要求：

重要数据应存储在符合安全要求的环境中，实现访问权限最小化管控

数据存储必须进行异地多副本备份，定期开展完整性校验

所有数据操作必须留存不可篡改的审计日志，日志留存期限不低于 5 年

#### 7.2.3 共享与交付安全

数据共享与交付必须严格履行审批手续，明确数据使用范围、保密义务、使用期限、销毁责任。重要数据交付应签订数据安全保密协议。

### 7.3 数据脱敏要求

应急测绘成果的脱敏处理，应遵循“最小必要、分级管控、可用不可见”的原则：

III 级应急：所有公开成果必须完成全量脱敏

IV 级应急：个人信息必须脱敏

脱敏处理必须留存完整记录，归档留存期限不低于 5 年。

### 7.4 数据库建设

应建立三类核心数据库，同步落实安全管控要求：

a) 成果数据库：涉密成果数据库必须部署在涉密信息系统中，非涉密成果数据库应符合GB/T 42430-2023三级及以上安全要求，建立元数据索引与访问权限管控；

b) 案例知识库：严格管控涉密案例的访问权限，非涉密案例可用于作业规范培训与应急方案参考；

c) 空间数据库：涉密地理信息数据与非涉密数据必须物理隔离，严禁涉密数据接入非涉密网络。

## 8 人员、设备与安全作业要求

### 8.1 人员管理要求

根据 ISO 21384-3:2019 标准，所有作业人员必须完成实名登记、持证上岗，严禁无证人员操作无人机。

III 级应急：所有作业人员每年应完成不少于 40 学时的应急测绘专项培训，每季度开展不少于 1 次实战演练

IV 级应急：所有作业人员每年应完成不少于 24 学时的应急测绘专项培训，每半年开展不少于 1 次实战演练

应建立作业人员资质档案，动态更新资质状态、作业经历、培训记录。严禁酒后、疲劳、身体不适状态下执行飞行作业。

### 8.2 设备管理要求

应建立应急测绘设备全生命周期管理档案，记录设备采购、维护、维修、故障、报废全流程信息。

III 级应急：应急待命设备每半月至少进行一次全面检查与试飞

IV 级应急：应急待命设备每月至少进行一次全面检查与试飞

超出维护周期、存在故障隐患的设备，严禁投入应急作业。应急作业结束后，必须对设备进行全面检查、清洁、保养，恢复至待命状态。

### 8.3 飞行安全管理要求

根据《民用无人驾驶航空器飞行管理暂行条例》，严格遵守国家空域管理、无人机飞行相关法律法规，严禁黑飞、违规飞行。

飞行作业必须制定应急预案，针对设备故障、天气突变、通信中断、空域冲突等突发情况，明确处置流程。发生飞行安全事故，必须立即上报相关部门，配合调查处理，严禁瞒报、谎报。

作业单位应具备测绘航空摄影资质和无人机运营合格证。

实施应急测绘活动的低空无人机必须符合《民用无人驾驶航空器系统安全要求》《民用无人驾驶航空器实名登记和激活要求》《民用无人驾驶航空器系统运行识别规范》要求。

操控员应持有 CAAC 视距内及以上操控员执照，超视距作业应持超视距执照。

## 9 证实方法

服务提供方应通过信息化记录与文档归档的方式，证实第6章～第10章的要求已得到满足。证实所需的记录与文档应真实、完整、可追溯，保存期限不少于5年。

### 9.1 服务流程与接口要求的证实

通过检查以下记录，证实第6章、第7章要求的符合性：

- 应急测绘任务交接单（见附录F）及需求确认单；
- 作业方案及委托方书面确认记录；
- 飞行前检查记录表（符合CH/Z 3035-2023）；
- 无人机应急飞行作业与数据采集记录表；
- 中间数据质检记录及补飞记录；
- 成果交付清单、验收报告及双方签字确认记录；
- 数据归档确认单及任务复盘报告。

### 9.2 现场保障系统要求的证实

通过检查以下记录，证实第8章要求的符合性：

- 设备配置清单及现场保障部署照片；
- 通信链路测试报告或地面站系统日志；
- 电力保障设备运行记录及备用电源配置清单。

### 9.3 数据安全与全生命周期管理的证实

通过检查以下记录，证实第9章要求的符合性：

- 数据分级分类管理台账；
- 加密传输链路配置日志或安全测评报告；
- 数据操作审计日志；
- 成果脱敏处理记录；
- 异地多副本备份完整性校验记录。

### 9.4 人员、设备与安全作业要求的证实

通过检查以下记录，证实第10章要求的符合性：

- 作业人员CAAC执照复印件及有效期记录；
- 设备全生命周期管理档案（含维护、维修、试飞记录）；
- 突发情况处置记录及专项复盘报告；
- 空域许可批文及飞行计划报备回执。

附录 A（资料性）  
基于无人机机场的网格化前置值守作业指南

A.1 部署密度

县级城区：每 5~8km<sup>2</sup> 部署 1 个无人机机场  
乡镇区域：每 10~15km<sup>2</sup> 部署 1 个无人机机场  
重点风险区域（山区、库区、化工园区）：加密至每 3~5km<sup>2</sup> 部署 1 个

A.2 热备状态

7×24 小时无人值守待命  
设备电池保持满电状态，充电间隔不超过 24 小时  
每日自动完成设备自检与飞行环境监测

A.3 自动作业流程

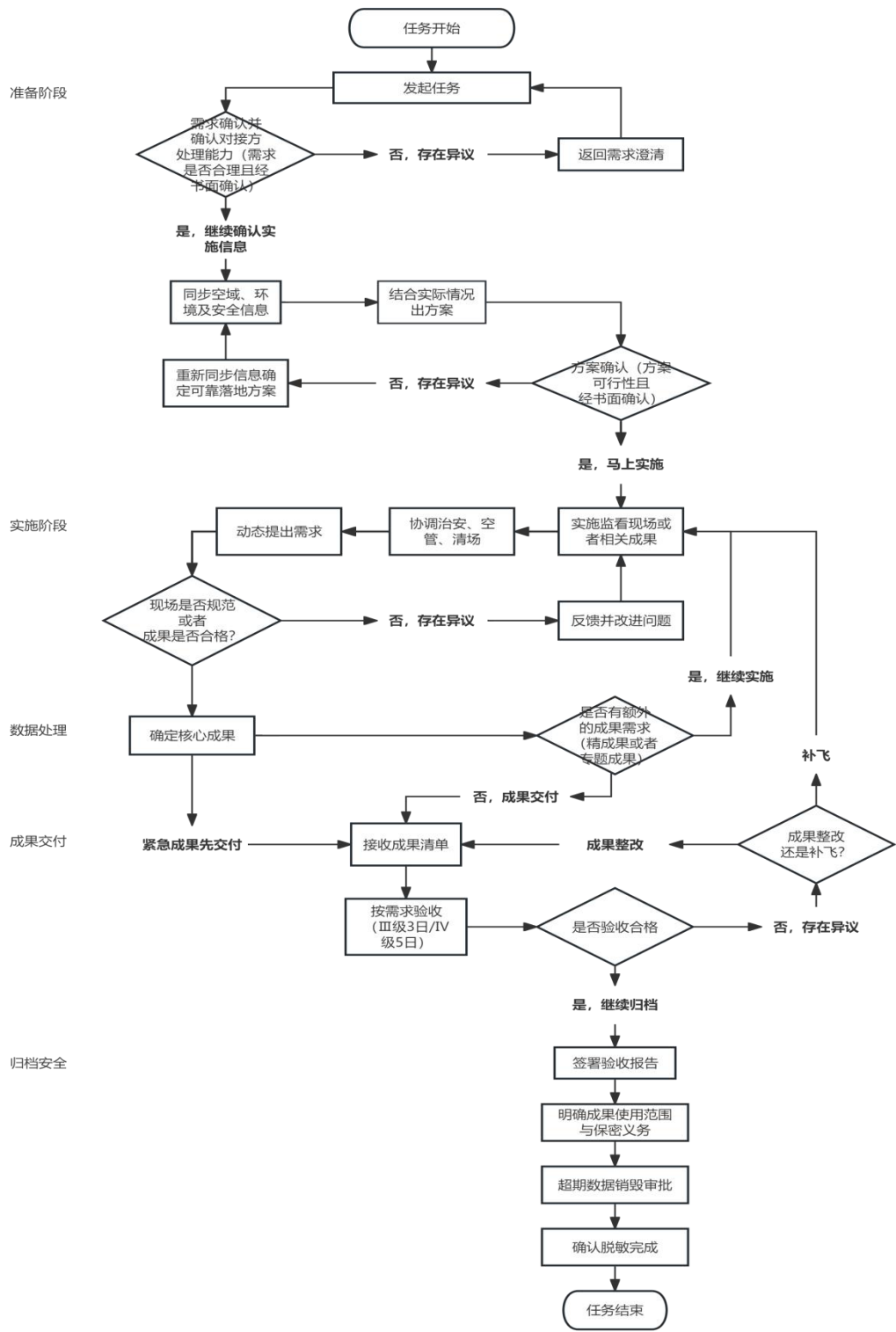
接警后 5 分钟内自动完成起飞前检查  
按预设应急航线自动起飞作业  
飞行过程中实时回传数据与快拼成果  
任务完成后自动返航、充电、复位

A.4 能力说明

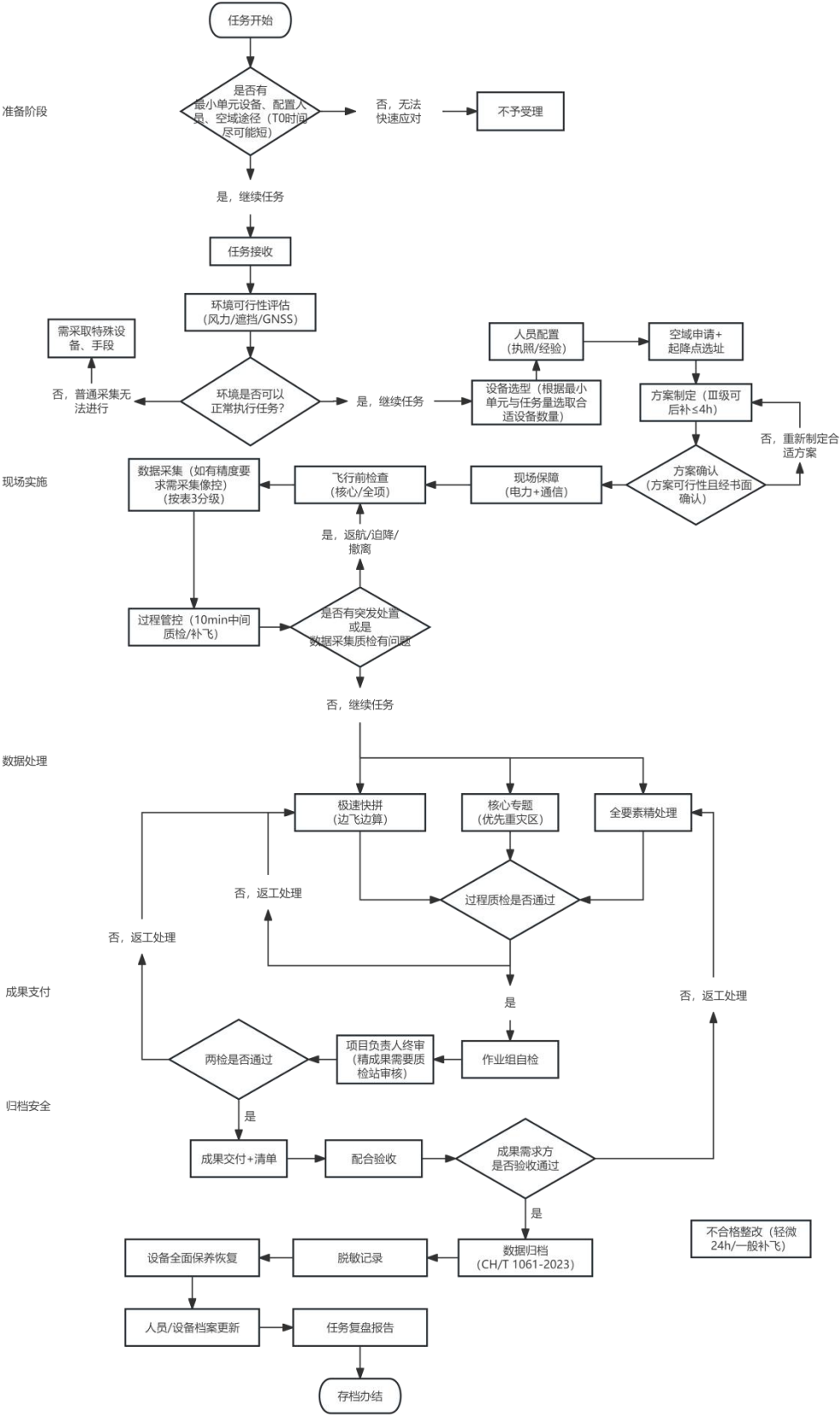
机场值守单元纯作业能力等同于通用基础单元（1.0 当量），响应时效可满足一级响应要求。

附录 B （资料性）  
一般流程说明

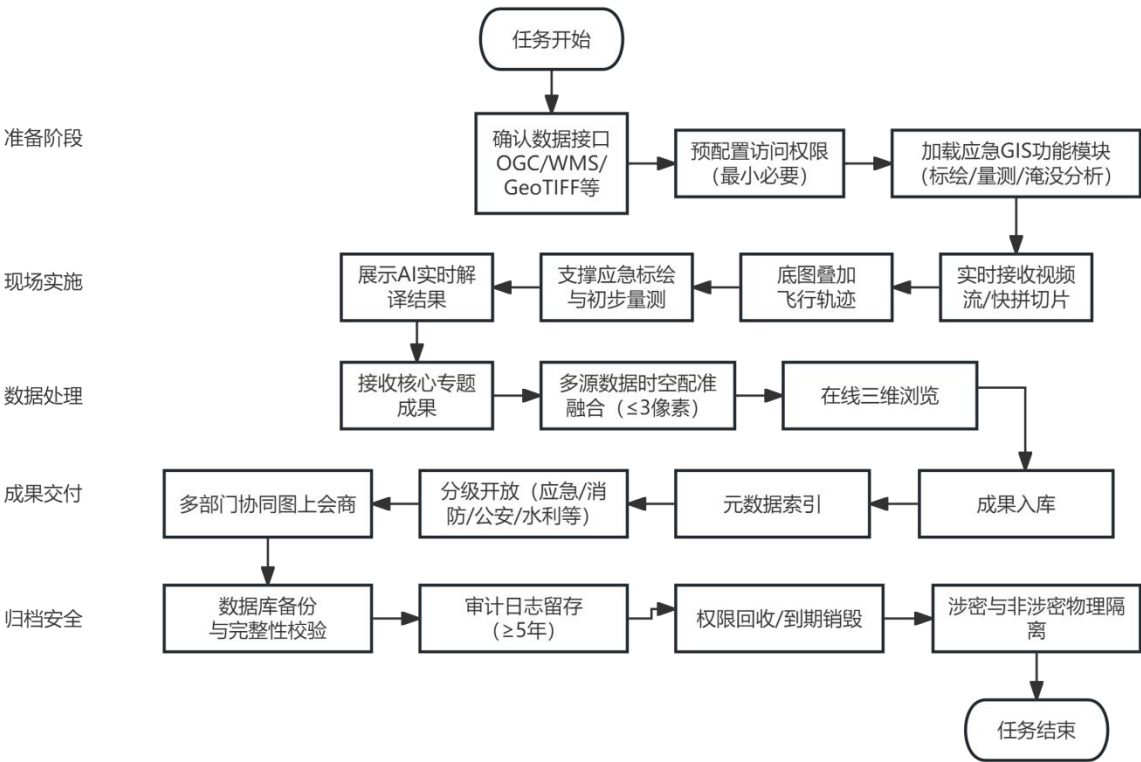
B.1 应急测绘需求方（委托方）



B.2 应急测绘成果提供方（作业单位）



B.3 应急测绘成果展示平台（指挥平台/GIS）



附录 C （资料性）  
边飞边算实时处理技术参考

C.1 机载端处理要求

实时影像拼接与正射纠正延迟≤1 秒  
支持飞行过程中实时目标识别与矢量生成  
可回传带地理坐标的快拼影像切片

C.2 地面端处理要求

单架次飞行结束后 15 分钟内完成全区域 0.1m 分辨率正射影像生产  
支持多架次数据实时融合与动态更新  
处理算力与作业单元数量 1:1 匹配

附录 D （资料性）  
AI 全链路智能应急测绘技术参考

D.1 AI 智能航线规划

自动生成最优应急作业航线；  
内置典型灾害场景航线模板，支持离线运行；  
规划效率较人工提升 90% 以上。

D.2 AI 实时目标解译

核心应急目标（火点、被困人员、损毁建筑等）查全率 $\geq 95\%$ ，查准率 $\geq 85\%$   
识别结果自动生成带地理坐标的矢量图层  
支持光照、遮挡、尺度变化场景的鲁棒识别

D.3 AI 智能变化检测

10 分钟内完成全区域灾前灾后地物变化分析  
自动量化房屋损毁、道路中断、水体淹没等灾情信息  
支持多期数据动态比对

D.4 AI 智能质量校验

自动完成影像清晰度、覆盖度、定位精度检查  
质检效率较人工提升 90% 以上  
自动标记不合格数据并给出补飞建议

附 录 E

(资料性)

多模态融合全天候感知技术参考

E.1 载荷配置要求

- 可见光 + 红外双光载荷：满足夜间、浓烟环境作业
- 激光雷达载荷：满足植被覆盖、复杂地形测绘
- 毫米波 SAR 载荷：满足雨雾、全天候淹没范围监测

E.2 数据融合要求

- 多源数据时空配准误差 $\leq 3$  个像素
- 红外与可见光影像实时融合显示
- 激光雷达点云与光学影像自动配准

附 录 F

（资料性）

应急测绘成果与指挥平台对接规范

F.1 应急 GIS 基础核心功能

根据 GB/T 19710-2005 标准，应具备以下功能：

III 级强制：应急标绘与矢量制图、空间量测、多源数据融合可视化

IV 级推荐：通视分析、可视域分析、淹没分析等基础空间分析功能  
分析响应时间应控制在 10 分钟以内，适配应急场景快速操作需求。

F.2 数据格式

影像数据：GeoTIFF

矢量数据：Shapefile/GeoJSON

点云数据：LAS

三维模型：3dtiles（.b3dm）

视频流：RTSP/RTMP

F.3 接口协议

支持 OGC 标准服务（WMS/WMTS/WFS）

支持 HTTP/HTTPS、MQTT 传输协议

适配国产化操作系统与数据库

F.4 权限管控

遵循最小必要原则分级开放数据访问权限

涉密数据不得接入非涉密应急指挥平台

E.5 灾情动态推演功能

可基于实时测绘数据与灾害推演模型，模拟洪水淹没范围演进、火势蔓延、滑坡体发展等灾害趋势，支持不同气象、水文条件下的情景模拟，为应急处置决策提供量化支撑。

F.5 应急资源优化调度功能

可结合测绘成果中的救援点位、道路通行情况、避险区域、物资储备点数据，自动计算最优救援路径、物资投放方案、人员撤离路线，支持多约束条件下的智能调度优化。

F.5 次生灾害风险预警功能

可基于高精度地形测绘数据、实时灾情数据，自动识别滑坡、崩塌、堰塞湖、堤防溃口等次生灾害隐患点，评估风险等级，生成风险预警专题图，为次生灾害防控提供支撑。

F.5 多部门协同图上会商功能

可支持应急、消防、公安、水利、林业等多部门，基于同一张应急底图开展实时标绘、语音会商、任务派发、进度跟踪，实现指令的图形化下达与执行状态的动态闭环管理。

附 录 G

(资料性)

应急测绘任务交接单与需求确认单模板

G.1 应急测绘任务交接单（表格）

|        |                      |        |  |
|--------|----------------------|--------|--|
| 任务编号   |                      | 接警时间   |  |
| 委托单位   |                      | 联系人及电话 |  |
| 突发事件类型 |                      | 响应等级   |  |
| 作业区域范围 | （四至坐标）               | 优先级    |  |
| 核心需求简述 |                      |        |  |
| 现场环境提示 |                      |        |  |
| 空域管制要求 |                      |        |  |
| 交接双方签字 | 委托方： 日期：<br>作业方： 日期： |        |  |

G.2 应急测绘任务需求确认单（表格）

|      |                   |        |  |
|------|-------------------|--------|--|
| 任务编号 |                   | 响应时效要求 |  |
| 成果类型 |                   | 精度等级   |  |
| 作业面积 |                   | 交付时间   |  |
| 特殊要求 |                   |        |  |
| 验收标准 |                   |        |  |
| 双方确认 | 委托方： 日期： 作业方： 日期： |        |  |

附 录 H

(资料性)

应急测绘通信电力一体化保障指南

H.1 通信电力一体化保障系统架构

系统组成：通信节点、电力节点、智能管控节点  
部署模式：机场固定值守、车载机动、单兵携行

H.2 典型场景保障方案

城市突发事件：利用既有公网+专网增强，电力依托市电/储能快补，保障1小时内快成果回传。  
偏远山区灾害：卫星通信+Mesh自组网覆盖，光伏/储能/燃油发电保障，支持48小时离网作业。  
化工/危险区域：防爆型通信电力集成方舱，支持安全距离外远程操控与数据回传。

H.3 与无人机机场的协同保障

机场值守点的通信电力配套标准（带宽、时延、供电容量）  
机场-指挥中心链路保障方案  
机场集群的通信电力组网方案

H.4 性能测试与验收参考

通信链路切换时延测试  
离网供电持续时长测试  
一体化系统部署耗时测试

H.5 基于通信与电力塔站的机场部署模式

H.5.1 概述

利用既有通信铁塔、电力铁塔或专用塔架作为无人机机场（机库）的挂载与保障平台，实现塔上供电、塔上回传、塔上起降的“塔-站-机”一体化部署。该模式可显著降低机场选址与基建成本，提升覆盖高度与通信质量。

H.5.2 塔站类型与适用性

- a) 通信铁塔：高度15m~60m，具备稳定市电、光纤回传、5G基站接入条件，适合城区、乡镇、交通沿线部署；
- b) 电力铁塔：高度20m~80m，具备电力检修通道与供电接口，适合输电走廊、山区、林区部署；
- c) 专用塔架：针对无人机机场设计的独立塔架，高度宜≥10m，具备独立防雷与接地系统。

H.5.3 机场挂载技术要求

- a) 挂载结构：应采用防振、防腐蚀、抗风压的专用支架，风荷载设计宜按当地50年一遇基本风压校核；
- b) 设备防护：机场本体防护等级宜不低于IP65，适应露天高湿、盐雾、沙尘环境；
- c) 防雷接地：机场外壳、支架应与塔站接地网可靠连接，接地电阻宜≤10Ω；宜在馈线、网线入口处加装浪涌保护器；
- d) 防电磁干扰：机场与通信天线水平距离宜≥3m，与高压输电线路水平距离宜满足电力设施保护相关法规要求。

H.5.4 供电模式

- a) 市电直供：优先利用塔站既有市电，供电容量宜按机场峰值功率的1.5倍配置；
- b) 光伏补充：在偏远塔站，宜配置光伏+储能混合供电，光伏板宜朝南倾角等于当地纬度，储能容量宜满足机场72h独立运行；
- c) 储能备份：断电情况下，储能系统宜支持机场完成至少3个架次起降、数据回传及设备安全关机。

### H.5.5 通信回传模式

- a) 光纤回传：优先利用塔站既有光纤资源，带宽宜 $\geq 100\text{Mbps}$ ，时延宜 $\leq 10\text{ms}$ ；
- b) 5G无线回传：在光纤未覆盖塔站，宜采用5G CPE或集成5G模组的机场终端，带宽宜 $\geq 50\text{Mbps}$ ，时延宜 $\leq 20\text{ms}$ ；
- c) 双链路冗余：宜采用光纤+5G双链路，主链路中断时自动切换，切换时延宜 $\leq 1\text{s}$ 。

### H.5.6 与无人机作业的协同优势

- a) 高度优势：塔站高度可缩短无人机爬升/降落阶段的电力与时间消耗，等效延长有效作业半径约10%~15%；
- b) 视野优势：塔站视野开阔，减少地面遮挡对GNSS信号与图传链路的影响；
- c) 覆盖优势：利用塔站既有高度，机场图传与通信覆盖半径可提升20%~40%。

## H.6 跳蛙式无人机机场网络

### H.6.1 概述

在长距离线性走廊或大面积灾害区域，按一定间距部署多个无人机机场节点，依托各节点的通信与电力资源，形成可接力的"跳蛙式"作业网络。无人机可在不同节点间调度起降，突破单机续航限制，实现长距离、大范围的连续应急测绘保障。

### H.6.2 网络架构

- a) 节点层：单个机场节点（参见附录A）具备独立起降、充电、通信、边缘计算能力；
- b) 传输层：节点间通过光纤、5G专网或Mesh自组网互联，实现任务状态、设备状态、数据成果的实时同步；
- c) 调度层：中心调度平台根据任务需求、节点状态、气象条件，自动规划最优跳蛙路径与起降节点。

### H.6.3 部署模式

- a) 线性跳蛙：沿河道、管线、交通线等线性对象，每5km~10km部署一个节点，相邻节点作业范围重叠不少于20%，实现无缝接力；
- b) 面状跳蛙：在灾害面状区域，按网格化部署多个节点（参见附录A.1部署密度），任意节点均可作为起降点，根据灾情动态调度；
- c) 混合跳蛙：在"点-线-面"复合场景，核心区域采用面状高密度部署，延伸走廊采用线性低密度部署。

### H.6.4 通信协同要求

- a) 节点间带宽：宜 $\geq 20\text{Mbps}$ ，支持飞控指令、设备状态、快拼影像的实时同步；
- b) 切换时延：无人机从一个节点控制切换至另一节点时，控制链路切换时延宜 $\leq 100\text{ms}$ ；
- c) 网络切片：在5G公网环境下，宜为跳蛙网络开通专用网络切片，保障飞控指令优先级与带宽隔离。

### H.6.5 电力协同要求

- a) 节点电力宜按峰值功率的1.5倍配置，并预留相邻节点故障时的应急支援能力；
- b) 在电网薄弱区域，宜采用光伏+储能的分布式微电网模式，节点间不依赖外部电网；
- c) 储能系统宜支持节点在完全离网状态下运行不少于72h。

### H.6.6 典型应用场景

- a) 长距离油气管道泄漏应急巡检；
- b) 跨流域洪涝淹没范围动态监测；
- c) 山火蔓延态势长距离跟踪；
- d) 交通生命线损毁连续勘察与救援路径规划。

## H.7 机场通信电力配套参考指标

### H.7.1 通信配套参考

- a) 机场值守点回传带宽需求：
  - 1) 仅设备状态监控与飞控指令： $\geq 2\text{Mbps}$ ;
  - 2) 需实时视频回传指挥平台： $\geq 10\text{Mbps}$ ;
  - 3) 需快拼影像实时回传： $\geq 30\text{Mbps}$ ;
  - 4) 需高精度原始影像/点云回传： $\geq 100\text{Mbps}$ 。
- b) 控制链路时延：端到端 $\leq 30\text{ms}$ （与正文第8章一致）；
- c) 丢包率： $\leq 0.1\%$ （与正文第8章一致）；
- d) 链路冗余：宜具备主备双链路，切换时延 $\leq 1\text{s}$ 。

### H.7.2 电力配套参考

- a) 机场基础功耗：待机状态 $\leq 50\text{W}$ ，充电状态峰值 $\leq 1\text{kW}$ ；
- b) 供电容量：宜按机场峰值功率的1.5倍配置，并考虑同时充电的电池数量；
- c) 储能备份：断电情况下，储能系统宜支持完成至少3个架次起降、数据回传及设备安全关机；
- d) 防雷与配电：宜配置防雷配电箱，具备过压、过流、漏电保护功能。

附 录 I  
(资料性)

典型突发事件应急测绘作业程序

I.1 洪涝灾害 SOP

I.1.1 适用范围

本程序适用于江河决堤、城市内涝、山洪淹没等洪涝灾害场景的Ⅲ级或Ⅳ级突发事件应急测绘保障。  
当收到水情警报或灾情监测信息，需快速获取淹没范围、水体边界变化或损毁情况时，宜按本程序执行。

I.1.2 响应策略

响应等级：宜按正文4.1二级响应（Ⅲ级应急）或三级响应（Ⅳ级应急）执行。  
单元配置：首波宜按正文5.2配置1个通用基础单元（1.0当量）执行淹没范围快拼；持续波宜按正文5.2配置同一单元每2h复飞一次，动态更新淹没边界。  
当量估算：宜按正文5.6计算，环境修正系数取1.5（山区/峡谷/丘陵场景）或2.0（极端恶劣环境）。

I.1.3 作业流程

| 阶段  | 时限要求     | 操作要点                                                          | 输出成果               |
|-----|----------|---------------------------------------------------------------|--------------------|
| 准备  | T0+30min | 完成现场环境评估，确认飞行区域无大面积关闭空域；加载可见光正射/多光谱载荷；制定巡航方案，优先沿堤防、道路、居民区规划航线 | 方案确认单              |
| 采集1 | T0+1h    | 首次飞行采集，重点覆盖淹没核心区；边飞边算生成快拼正射影像，实时回传指挥平台；确认数据完整性与覆盖度            | 快拼影像（带地理坐标）        |
| 采集2 | T0+4h    | 结合DEM数据进行水深估算；生成淹没水深估算专题图；按正文4.2.2实时监测水体边界变化图                 | 淹没水深估算专题图          |
| 精处理 | T0+12h   | 全区域标准级DOM生产；多期次数据叠加，生成淹没范围变化检测图；融合多源数据验证精度                    | 正射影像图（DOM）/淹没变化检测图 |
| 归档  | T0+24h   | 完成数据整理与质量检查；形成灾情评估报告；按CH/T 1061-2023完成数据归档                    | 灾情评估报告/归档确认单       |

I.1.4 关键控制点

KCP1：水体边界控制——快拼影像应在飞行结束后30min内完成，并实时回传指挥平台，支撑渴急排除决策（引用正文4.1一级响应时效要求）。  
KCP2：航线安全控制——飞行高度宜≥100m，避免水汽侵蚀载荷；严禁低空穿越隧道、线路等危险区域（引用正文6.2.2飞行安全管理要求）。  
KCP3：多期次动态监测——同一单元每2h复飞一次，确保淹没范围边界数据的时序更新（引用正文5.2单元持续作业要求）。

I.1.5 异常处置

情形一：飞行中遇强降雨或雷电天气——立即终止作业，执行就近安全返航，待气象条件恢复后重新评估作业可行性（引用正文6.2.5天气突变应急处置）。  
情形二：飞机浸水或轨道偏离——启动应急救援预案，保障人员安全为首，同时记录事故坐标与现场状况，任务结束后形成专项复盘报告（引用正文6.2.5设备故障处置）。  
情形三：空域被临时管制——与空管部门协调，切换备用起降点或等待空域解除，同时启用地面端数据预处理，缩短后续交付时效（引用正文6.2.5空域突发限制处置）。

I.1.6 通信电力保障

通信保障：城市内涝区域公网可能中断，宜优先利用公网恢复区+Mesh延伸覆盖，保障实时回传；偏远山区宜采用卫星通信保底（引用正文第7章通信保障系统能力要求）。

电力保障：内涝区域市电中断概率高，光伏+储能快补为首选；多单元协同时，每增加2个单元宜增加1套备用电源系统；野外作业宜配备防雨、防雷、防触电保护装置（引用正文第7章电力保障系统能力要求）。

1.2 森林火灾 SOP

1.2.1 适用范围

本程序适用于山火、林火、草原火等森林火灾场景的Ⅲ级或Ⅳ级突发事件应急测绘保障。  
当收到火情警报，需快速定位火点、监测火线蔓延态势、支撑夜间作业时，宜按本程序执行。

1.2.2 响应策略

响应等级：宜按正文4.1一级响应（Ⅲ级应急）或二级响应（Ⅳ级应急）执行。  
单元配置：首波宜按正文5.2配置1个通用增强型单元（1.5当量）携带红外热成像载荷，执行火点定位；二波宜按正文5.2配置1个通用基础单元（1.0当量）执行过火面积测绘。  
当量估算：宜按正文5.6计算，环境修正系数取2.0（山区火场高温、浓烟环境）。

1.2.3 作业流程

| 阶段  | 时限要求     | 操作要点                                                           | 输出成果             |
|-----|----------|----------------------------------------------------------------|------------------|
| 准备  | T0+15min | 载荷检查：确认红外热成像载荷NETD≤50mK；制定安全航线方案，明确飞行限制区；与现场指挥部确认火场实时动态与风向     | 方案确认单/安全飞行区图     |
| 采集1 | T0+30min | 首次飞行采集，重点覆盖火点与热区分布；红外实时回传火点坐标与热区图；严禁飞入火场上空，保持侧风/上风方向、距离火线≥200m | 火点坐标与热区分布图       |
| 采集2 | T0+2h    | 按正文4.2.2实时监测要求，每30min复飞更新火线蔓延态势；叠加多期数据生成火线蔓延预判图；视频实时回传指挥平台     | 火线蔓延态势图/视频流      |
| 精处理 | T0+8h    | 全区域过火面积正射影像生产；生成过火面积与损毁评估专题图；三维实景模型支撑结构化灾情分析                   | 过火面积与损毁评估报告      |
| 归档  | T0+24h   | 火场数据整理与质量检查；形成火灾应急测绘专项报告；按CH/T 1061-2023完成归档                   | 火灾应急测绘专项报告/归档确认单 |

1.2.4 关键控制点

KCP1：安全距离控制——严禁飞入火场上空，飞行距火线应≥200m，保持侧风/上风方向，避免烟雾影响视线与设备安全（引用正文6.2.2飞行安全管理要求）。  
KCP2：夜间作业控制——夜间飞行航高宜降至80~100m，提高红外分辨率；确保飞行器配备警示灯与ADS-B（引用正文5.2夜间作业载荷配置要求）。  
KCP3：动态复飞频率控制——每30min复飞一次，确保火线蔓延数据实时更新，支撑指挥决策（引用正文4.2.2实时监测时效要求）。

1.2.5 异常处置

情形一：突发大风或风向急变——立即终止作业并执行安全返航，重新评估风向与火场位置关系后再决定是否恢复作业（引用正文6.2.5天气突变应急处置）。

情形二：红外载荷温度过高报警——立即降落检查，启用备用载荷，待设备降温后才可重新起飞，避免设备损坏（引用正文6.2.5设备异常处置）。

情形三：山区公网信号中断——切换至卫星通信保底模式，优先保障飞控链路与核心数据回传，待通信恢复后补传完整数据（引用正文6.2.5通信中断处置）。

1.2.6 通信电力保障

通信保障：山区火场公网信号极差，必须采用卫星通信保底；宜配备Mesh自组网设备实现单元间数据共享；多架次无人机同时回传时宜支持多链路并发（引用正文第7章通信保障系统能力要求）。

电力保障：高温环境下电池性能衰减显著，宜采用快充轮换+温控充电模式，电池批量快充时间宜≤30min/组；每增加2个单元宜增加1套备用电源系统；野外作业宜配备光伏或大容量移动电源（引用正文第7章电力保障系统能力要求）。

1.3 城市燃气/化工事故 SOP

1.3.1 适用范围

本程序适用于燃气管道泄漏/爆炸、化工园区泄漏、危险品仓储事故等场景的III级或IV级突发事件应急测绘保障。

当收到化工/燃气事故警报，需远距离观测核心区、评估周边损毁情况时，宜按本程序执行。

1.3.2 响应策略

响应等级：宜按正文4.1三级响应（III级应急）或四级响应（IV级应急）执行。

单元配置：宜按正文5.2配置1个通用基础单元（1.0当量）或1个便携抵近单元（0.5当量），严禁超视距飞入危险核心区。

当量估算：宜按正文5.6计算，环境修正系数取1.2（化工区局部遮挡/轻度电磁干扰）。

1.3.3 作业流程

| 阶段  | 时限要求     | 操作要点                                               | 输出成果             |
|-----|----------|----------------------------------------------------|------------------|
| 准备  | T0+30min | 与现场指挥部确认禁飞区范围与安全距离；加载可见光长焦+红外+多光谱载荷；制定绕飞航线，严禁穿越核心区 | 方案确认单/安全距离确认书    |
| 采集1 | T0+1h    | 绕飞采集核心区周边影像；重点获取建筑、管道、道路受损情况；生成快拼影像实时回传指挥平台        | 核心区周边快拼影像        |
| 采集2 | T0+4h    | 结合倾斜摄影进行结构识别；生成建筑/管道变形识别专题图；红外识别温度异常区域（泄漏点检测）      | 建筑/管道变形识别专题图     |
| 精处理 | T0+12h   | 生成三维实景模型支撑结构安全评估；叠加多源数据进行综合分析；形成灾情评估与应急处置建议报告      | 三维实景模型/灾情评估报告    |
| 归档  | T0+24h   | 完成数据整理与质量检查；形成事故应急测绘专项报告；按CH/T 1061-2023完成归档       | 事故应急测绘专项报告/归档确认单 |

1.3.4 关键控制点

KCP1：安全距离控制——爆炸核心区安全距离应≥300m，化工泄漏区按现场指挥部划定的禁飞区执行，严禁超视距飞入危险核心区（引用正文6.2.2飞行安全管理要求）。

KCP2：防爆要求——化工区作业必须使用经过防爆认证的设备，人员应位于上风向安全区域，严禁在危险区域内更换电池或维护设备（引用正文6.2.4现场安全管控要求）。

KCP3：夜间警示要求——夜间作业必须配备警示灯与ADS-B，确保空中交通安全（引用正文6.2.2夜间作业要求）。

1.3.5 异常处置

情形一：现场浓度超标或有毒气体扩散——立即终止作业，人员撤离至上风向安全区，启用远程操控模式（若设备支持），待现场指挥部确认安全后才可恢复（引用正文6.2.5现场安全突变应急处置）。  
情形二：电磁干扰导致通信/定位异常——立即返航，检查设备状态，切换至抗干扰电台模式，必要时更换备用设备（引用正文6.2.5设备异常处置）。  
情形三：现场禁止燃油发电——切换至纯储能供电模式，优先保障核心任务的电力供应，同时启动电池节能策略（引用正文6.2.5现场限制处置）。

1.3.6 通信电力保障

通信保障：化工区电磁环境复杂，宜采用Mesh自组网+抗干扰电台；远距离操控时宜使用防爆型通信电力集成方舱，支持安全距离外远程操控与数据回传（引用正文第7章通信保障系统能力要求）。  
电力保障：化工区可能禁止燃油发电，必须采用纯储能供电；宜配备大容量移动电源与多组备用电池；单元作业时间受电力储备限制，宜提前评估续航能力（引用正文第7章电力保障系统能力要求）。

1.4 建筑物坍塌/交通事故 SOP

1.4.1 适用范围

本程序适用于桥梁垮塌、建筑倒塌、山体落石阻断交通等场景的Ⅲ级或Ⅳ级突发事件应急测绘保障。当收到崩塌或交通事故警报，需快速评估结构变形、规划救援路径时，宜按本程序执行。

1.4.2 响应策略

响应等级：宜按正文4.1二级响应（Ⅲ级应急）或三级响应（Ⅳ级应急）执行。  
单元配置：宜按正文5.2配置1个通用增强型单元（1.5当量）执行高精度倾斜摄影，或按作业面积配置1个通用基础单元（1.0当量）。  
当量估算：宜按正文5.6计算，环境修正系数取1.0（城市环境）或1.2（局部遮挡场景）。

1.4.3 作业流程

| 阶段  | 时限要求     | 操作要点                                                 | 输出成果             |
|-----|----------|------------------------------------------------------|------------------|
| 准备  | T0+20min | 现场安全评估，确认无二次坍塌风险；加载倾斜摄影+可见光正射+红外载荷；规划小范围、低航高、高重叠度航线  | 方案确认单/现场安全评估表    |
| 采集1 | T0+30min | 首次飞行采集，重点覆盖坍塌区域；边飞边算生成快拼影像；视频实时回传指挥平台支撑紧急决策          | 快拼影像/实时视频流       |
| 采集2 | T0+3h    | 完成倾斜摄影数据采集，生成高精度三维实景模型；结合红外进行夜间搜救支撑（若需要）；识别结构变形与裂缝位置 | 三维实景模型/结构变形识别图   |
| 精处理 | T0+8h    | 生成结构安全评估专题图；规划救援路径与安全通道矢量数据；叠加多源数据进行综合分析             | 结构安全评估报告/救援路径规划图 |
| 归档  | T0+24h   | 完成数据整理与质量检查；形成应急测绘专项报告；按CH/T 1061-2023完成归档           | 应急测绘专项报告/归档确认单   |

1.4.4 关键控制点

KCP1：作业面积与航高控制——小面积、低航高（50~80m）、高重叠度（航向≥80%，旁向≥70%），确保三维模型精度满足结构评估需求（引用正文4.2.1精度等级要求）。  
KCP2：二次坍塌风险控制——严禁飞入二次坍塌风险区，起降点选择应考虑应急撤离路线，现场安全员全程监控结构稳定性（引用正文6.2.4现场安全管控要求）。

KCP3：现场障碍物管控——若现场有塔吊/高压线，宜采用手动精细飞行模式，严禁自动航线直接起飞（引用正文6.2.2飞行安全管理要求）。

1.4.5 异常处置

情形一：余震或二次坍塌——立即终止作业，所有人员撤离至安全区域，待结构安全评估完成后再决定是否恢复作业（引用正文6.2.5现场安全突变应急处置）。

情形二：民众围观干扰——与现场治安部门协调建立警戒区，确保起降区域清场，避免人员密集导致飞行安全风险（引用正文6.2.5现场干扰处置）。

情形三：红外载荷夜间效果不佳——检查设备参数设置，调整温度增益与灰度范围，必要时切换至更高分辨率的红外载荷（引用正文6.2.5载荷异常处置）。

1.4.6 通信电力保障

通信保障：城市环境公网通常可用，宜优先采用4G/5G回传；遇隧道/高架遮挡时宜启用Mesh中继；指挥平台宜支持实时反向驱动，根据搜救需求动态调整航线（引用正文第7章通信保障系统能力要求）。

电力保障：城市环境市电供应通常稳定，宜采用市电+储能备份模式；应急作业时间较短，单组备用电池通常可满足需求；野外作业时宜配备移动电源（引用正文第7章电力保障系统能力要求）。

1.5 公共卫生事件 SOP

1.5.1 适用范围

本程序适用于疫情防控、污染物泄漏等公共卫生事件场景的Ⅲ级或Ⅳ级突发事件应急测绘保障。  
当收到疫情或污染事件警报，需快速获取隔离区边界、物资投放点、人员聚集情况时，宜按本程序执行。

1.5.2 响应策略

响应等级：宜按正文4.1三级响应（Ⅲ级应急）或四级响应（Ⅳ级应急）执行。  
单元配置：宜按正文5.2配置1个通用基础单元（1.0当量）执行非接触式作业。  
当量估算：宜按正文5.6计算，环境修正系数取1.0（城市环境）。

1.5.3 作业流程

| 阶段  | 时限要求     | 操作要点                                                   | 输出成果             |
|-----|----------|--------------------------------------------------------|------------------|
| 准备  | T0+30min | 确认隔离区范围与飞行限制区；加载可见光正射+红外载荷；制定非接触式作业方案，确保飞行区域无人员密集区     | 方案确认单/隔离区范围图     |
| 采集1 | T0+1h    | 飞行采集隔离区边界与物资投放点区域；生成快拼影像实时回传；红外监测人员聚集情况（若需要）           | 隔离区快拼影像/人员聚集监测图  |
| 采集2 | T0+4h    | 结合多光谱进行污染物扩散监测（若配备多光谱载荷）；生成物资需求与投放点优化建议图；识别交通管制与人员流动情况 | 物资需求与投放点优化图      |
| 精处理 | T0+12h   | 全区域标准级DOM生产；生成疫情/污染监测专题图；叠加多期数据进行动态分析                  | 疫情监测专题图/动态分析报告   |
| 归档  | T0+24h   | 完成数据整理与质量检查；确保人脸/车牌已完成脱敏处理；按CH/T 1061-2023完成归档         | 公共卫生应急测绘报告/归档确认单 |

1.5.4 关键控制点

KCP1：非接触式作业——严禁飞入人员密集区上空，保持安全距离，避免造成二次传播风险（引用正文6.2.4现场安全管控要求）。

KCP2：数据脱敏要求——所有成果必须完成人脸/车牌模糊化处理，严禁超范围采集个人信息（引用正文8.2数据脱敏要求）。

KCP3：设备消毒——作业结束后所有设备必须经消毒处理后方可返场，消毒记录应归档保存（引用正文6.2.4现场卫生管控要求）。

#### 1.5.5 异常处置

情形一：飞行区域出现人员聚集——立即调整航线避开人员密集区，向指挥部报告人员分布情况，待现场管控后再决定是否恢复原航线（引用正文6.2.5现场安全突变处置）。

情形二：设备落入污染区——严禁人员直接接触设备，应由专业人员穿戴防护装备后回收，设备经专业消毒后方可返场（引用正文6.2.5现场危险品处置）。

情形三：专网通信故障——优先保障飞控链路，数据暂存本地，待通信恢复后补传，严禁通过公网回传未脱敏数据（引用正文6.2.5通信故障处置）。

#### 1.5.6 通信电力保障

通信保障：优先使用专网通信，避免公网回传导致敏感信息泄露；专网不可用时宜采用加密无线链路；所有数据传输必须经脱敏处理后方可回传（引用正文第7章通信保障系统能力要求）。

电力保障：城市环境市电供应通常稳定，宜采用市电+储能备份模式；作业范围小、时间短，单组备用电池通常可满足需求；野外作业时宜配备移动电源（引用正文第7章电力保障系统能力要求）。

### 参考文献

- [1] ASTM F1686-22 航拍调查与测绘系统规范
- [2] NFPA 2400-2023 灾害事件空间数据标准
- [3] ISO/IEC 27701:2019 信息技术 安全技术 隐私信息管理体系 要求与指南
- [4] ISO/IEC 23053:2022 人工智能测绘地理信息应用框架
- [5] IEEE 1936.2-2023 无人机摄影测量系统技术要求
- [6] UN-SPIDER 空间信息应急响应指南