

# T/JXEA

## 江西省工程师联合会团体标准

T/JXEA 232—2026

# 电力工程无人机航空摄影测量技术应用 导则

Guideline for Application of UAV Aerial Photogrammetry Technology in Power  
Engineering

（征求意见稿）

2026 - XX - XX 发布

2026 -XX - XX 实施

# 目 录

前 言 .....	3
引 言 .....	4
1. 范 围 .....	5
2. 规范性引用文件 .....	5
3. 术语和定语 .....	5
4. 基本规定 .....	6
5. 无人机系统选型 .....	6
6. 作业前准备工作 .....	7
7. 飞行作业方案编制 .....	8
8. 航空摄影飞行作业 .....	9
9. 像控点测量 .....	9
10. 影像数据预处理 .....	10
11. 空中三角测量 .....	11
12. 实景三维模型构建 .....	12
13. 数字正射影像图制作 .....	13
14. 数字线划图制作 .....	14
15. 成果质量检查 .....	15
16. 成果提交要求 .....	17
17. 安全作业管理 .....	18
18. 环境保护要求 .....	19
19. 作业档案管理 .....	20
20. 应急处置措施 .....	21

# 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。

本文件由江西省工程师联合会提出并归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

# 引言

在当今电力工程领域，无人机技术正以其独特的优势，在测绘工作中发挥着日益重要的作用。随着电力系统的不断发展和扩张，对电力工程测绘的精度、效率 and 安全性提出了更高的要求。无人机航空摄影测量技术凭借其灵活、高效、低成本等特点，能够快速获取电力工程相关区域的高精度地理信息数据，为电力工程的规划、设计、建设和运维提供有力支持。然而，目前无人机在电力工程测绘中的应用缺乏统一的作业标准，不同作业团队在技术方法、操作流程和质量控制等方面存在差异，这在一定程度上影响了测绘成果的质量和可比性。为了适应无人机技术在电力工程测绘中的广泛应用需求，确保电力工程无人机航空摄影测量工作的规范化、标准化和科学化，提高测绘工作的质量和效率，统一作业标准显得尤为重要。本导则正是在这样的背景下制定的。它将为电力工程无人机航空摄影测量工作提供全面、系统的技术指导，涵盖从作业准备、数据采集、处理到成果交付等各个环节，明确各项技术要求和操作规范。通过遵循本导则，能够有效提升电力工程无人机航空摄影测量的整体水平，保障电力工程建设的顺利进行，为电力行业的发展提供坚实的技术支撑。

# 电力工程无人机航空摄影测量技术应用导则

## 1. 范围

本导则规定了输电、变电、配电等电力工程中无人机航空摄影测量作业活动的相关要求。涵盖从无人机的选型、飞行前准备，到数据采集、处理与成果交付等全流程的技术指导。

本导则适用于输电、变电、配电等电力工程的无人机航空摄影测量作业活动。在输电工程中，可用于线路巡检、通道环境监测等；在变电工程中，能辅助进行站址地形测量、设备安装定位等；在配电工程中，可助力配网规划、故障排查等。对于从事电力工程无人机航空摄影测量的单位和人员，包括电力企业、测绘单位、无人机服务提供商等，在开展相关作业时应遵循本导则。同时，本导则也为行业监管部门提供了监督和管理依据，有助于规范电力工程无人机航空摄影测量市场，提高作业质量和效率，保障电力工程的安全稳定运行。

## 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/T 14950—2020 摄影测量与遥感术语

GB/T 23236—2009 数字航空摄影测量 空中三角测量规范

GB/T 35634—2017 电力线路三维建模技术规范

DL/T 5274—2012 架空输电线路无人机巡检技术导则

CH/T 3015—2014 低空数字航空摄影测量内业规范

CH/T 8024—2019 机载激光雷达数据获取技术规范

## 3. 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 1 无人机航测

利用无人机搭载摄影测量设备，获取地面影像数据，经处理生成地理信息成果的技术。

### 2 电力工程

与电能生产、输送、分配相关的工程，含发电、输电、变电、配电等设施建设。

### 3 航空摄影测量

从空中利用摄影设备对地面进行摄影，获取影像并进行测量和制图的技术。

### 4 电力线路

用于输送和分配电能的线路，包括架空线路和电缆线路。

### 5 影像分辨率

影像中可分辨的最小地物尺寸，体现影像对目标的细节表达能力。

#### 6 像控点

为保证航测成果精度，在实地布设并测量其精确位置的控制点。

## 4. 基本规定

规定电力工程无人机航空摄影测量作业的通用要求，明确作业人员、设备、流程的基本准则，符合 GB/T 39614-2020 相关规范要求。

#### 4.1 作业人员资质

应具备无人机驾驶操作资质及摄影测量专业技能，经培训考核合格后方可上岗。

#### 4.2 设备状态要求

无人机及配套设备应定期检定，保持良好运行状态，满足作业精度需求。

#### 4.3 作业流程规范

需遵循踏勘、准备、飞行、数据处理、成果验收的全流程作业逻辑。

#### 4.4 安全管理要求

作业前应开展安全风险评估，制定安全防护措施，确保作业过程安全可控。

#### 4.5 成果质量要求

摄影测量成果应满足电力工程勘测的精度指标，符合行业标准要求。

#### 4.6 数据管理要求

作业过程中产生的数据应妥善存储，确保数据完整性与可追溯性。

#### 4.7 环境保护要求

作业过程中应采取措施减少对周边环境的影响，避免违规作业。

作业人员资质：具备民航局颁发的无人机驾驶员执照及测绘相关专业中级以上职称；

设备状态检查：飞行前 24 小时内完成无人机电池、相机、导航系统的全面检测；

作业流程审批：所有作业项目需经项目技术负责人审核批准后方可实施；

安全风险评估：针对作业区域的地形、气象条件开展专项风险识别与防控；

成果验收标准：影像分辨率、平面精度、高程精度需符合 DL/T 5448-2020 规范要求；

数据存储规范：原始数据与处理成果应分别存储于加密服务器与离线备份介质；

环境防护措施：作业区域内严禁使用高污染燃料，飞行路径避开生态保护红线区域；

应急处置预案：制定无人机失控、影像丢失等突发状况的应急处置流程。

## 5. 无人机系统选型

明确电力工程无人机航空摄影测量系统的选型原则与技术参数，保障作业效率与成果精度。

#### 5.1 平台选型原则

应根据作业区域地形、飞行高度、续航需求选择适配的无人机平台类型。

#### 5.2 载荷设备要求

相机应具备高分辨率、大幅面成像能力，满足电力工程勘测的细节捕捉需求。

#### 5.3 续航性能指标

无人机续航时间应满足单次作业区域的全覆盖飞行需求，预留 15%以上的冗余电量。

#### 5.4 定位精度要求

搭载的 GNSS 定位系统应达到厘米级定位精度，满足像控点测量需求。

#### 5.5 抗风性能要求

无人机应具备 6 级以上抗风能力，确保复杂气象条件下的作业稳定性。

#### 5.6 数据传输能力

应支持高清影像实时回传，保障飞行过程中的数据监控与异常处置。

#### 5.7 系统集成要求

无人机平台与载荷设备应实现无缝集成，确保数据采集的同步性与准确性。

平台选型：针对山区电力工程选用多旋翼无人机，平原区域可选用固定翼无人机；

相机参数：采用全画幅相机，像素不低于 2400 万，焦距范围覆盖 24mm 至 200mm；

续航时间：多旋翼无人机续航时间 $\geq 30$  分钟，固定翼无人机续航时间 $\geq 60$  分钟；

定位精度：搭载 RTK 定位系统，平面定位精度 $\leq 10\text{mm}$ ，高程定位精度 $\leq 15\text{mm}$ ；

抗风等级：正常作业环境下可抵御 6m/s 风速，极端天气下自动返航功能正常；

数据传输：支持 5G 高清影像回传，传输延迟 $\leq 1$  秒，传输距离 $\geq 10\text{km}$ ；

系统集成：无人机飞控系统与相机触发系统实现联动，确保影像拍摄与飞行姿态同步；

重量限制：单架次起飞总重量应符合作业区域空域管理规定， $\leq 15\text{kg}$ 。

## 6. 作业前准备工作

涵盖电力工程无人机航空摄影测量作业前的各项准备内容，保障作业顺利开展。

#### 6.1 现场踏勘

应全面勘察作业区域的地形、地貌、障碍物分布及空域使用情况。

#### 6.2 像控点布设

根据作业区域范围与精度要求，制定像控点布设方案，明确点位分布与标识方式。

#### 6.3 设备检查

对无人机、相机、GNSS 设备、电池等进行全面检查与调试，确保设备正常运行。

#### 6.4 气象预判

提前获取作业区域的气象预报，避开大风、降雨、雾霾等恶劣天气时段。

#### 6.5 空域申请

按照当地空域管理规定，完成飞行空域的申请与审批手续。

#### 6.6 人员配置

根据作业规模配置足够的作业人员，明确各岗位的职责与分工。

#### 6.7 资料收集

收集作业区域的已有勘测资料、地形图、电力线路走向图等相关数据。

现场踏勘：采用步行或车载方式完成作业区域全覆盖勘察，记录障碍物位置与高度；

像控点布设：像控点间距控制在 500m-800m，山区区域适当加密至 300m-500m；

设备检查：检查无人机桨叶有无裂纹，相机镜头有无污渍，电池电量 $\geq 90\%$ ；

气象预判：作业前 24 小时内获取逐小时气象数据，风速 $\geq 5\text{m/s}$ 时暂停飞行作业；

空域申请：提前 3 个工作日向当地空管部门提交飞行申请，明确飞行时间与范围；

人员配置：每个作业小组配置机长 1 名、摄影操作员 1 名、地面保障人员 1 名；

资料收集：收集作业区域 1:1000 比例尺地形图，以及近 3 年的电力线路运维资料；

安全培训：作业前开展全员安全培训，考核合格后方可参与本次作业。

## 7. 飞行作业方案编制

要求针对具体电力工程作业项目编制专项飞行作业方案，明确审批流程与作业要求。

#### 7.1 方案编制依据

应结合作业区域的地形条件、精度要求、设备性能等因素进行编制。

#### 7.2 审批流程

飞行作业方案需经项目技术负责人审核、单位技术负责人批准后方可实施。

#### 7.3 飞行区域划分

根据作业范围将飞行区域划分为若干子区域，明确各区域的作业顺序。

#### 7.4 航线规划原则

应采用平行航线规划方式，确保影像重叠度满足后续数据处理要求。

#### 7.5 安全保障措施

方案中应明确飞行过程中的安全管控措施与应急处置预案。

#### 7.6 参数设置要求

明确飞行高度、航速、影像拍摄间隔等核心作业参数。

#### 7.7 成果交付要求

方案中应明确最终成果的格式、内容与交付时间节点。

编制依据：依据作业区域的勘测任务书、电力工程设计规范及无人机作业标准；

审批流程：方案编制完成后经 3 级审核，包括班组自查、项目技术审核、单位总工批准；

区域划分：将作业区域按  $1\text{km} \times 1\text{km}$  划分为若干作业单元，明确单元间的衔接顺序；



航线规划：采用栅格航线规划算法，航向重叠度 $\geq 80\%$ ，旁向重叠度 $\geq 60\%$ ；

参数设置：飞行高度控制在 100m-150m，航速设置为 5m/s-8m/s，拍摄间隔设置为 2s；

安全措施：制定航线偏离告警、低电量返航、障碍物规避等安全控制策略；

应急方案：明确无人机失控、影像丢失、空域冲突等突发状况的处置流程；

成果交付：最终成果包括原始影像数据、航线数据、作业日志，交付格式为 TIFF 与 XML。

## 8. 航空摄影飞行作业

规定电力工程无人机航空摄影飞行的作业规范，确保影像数据采集的质量与效率。

### 8.1 飞行高度控制

应根据作业精度要求与相机焦距确定合理的飞行高度，保障影像分辨率。

### 8.2 影像重叠度设置

严格按照飞行作业方案要求设置航向与旁向重叠度，确保后续拼接精度。

### 8.3 航线规划执行

按照预先编制的航线规划执行飞行作业，避免随意调整飞行路径。

### 8.4 姿态控制要求

保持无人机飞行姿态稳定，确保影像拍摄时的俯仰角与偏航角在允许范围内。

### 8.5 影像拍摄监控

实时监控影像拍摄状态，确保每张影像的清晰度与曝光度符合要求。

### 8.6 异常情况处置

飞行过程中如遇突发状况，应立即启动应急处置预案，保障设备与数据安全。

### 8.7 作业区域切换

完成一个子区域的作业后，按照预先规划的顺序切换至下一作业区域。

飞行高度：采用 24mm 焦距相机时，飞行高度设置为 120m，地面采样距离 $\leq 5\text{cm}$ ；

重叠度设置：航向重叠度设置为 85%，旁向重叠度设置为 65%，满足高精度拼接需求；

航线执行：严格按照预设航线飞行，航线偏差控制在 $\pm 1\text{m}$ 范围内，严禁手动偏离航线；

姿态控制：飞行过程中无人机俯仰角控制在 $\pm 2^\circ$ 以内，偏航角控制在 $\pm 3^\circ$ 以内；

拍摄监控：实时查看相机拍摄状态，确保每张影像的曝光值在  $\text{EV} \pm 1$  范围内；

异常处置：检测到风速 $\geq 8\text{m/s}$ 时，立即执行返航程序，降落至安全区域；

区域切换：完成当前区域作业后，自动规划转场航线，转场高度设置为 200m；

数据存储：每拍摄 100 张影像后，将数据备份至地面存储设备，避免数据丢失。

## 9. 像控点测量

明确电力工程航空摄影测量像控点的布设、测量与精度控制标准，保障成果精度。

### 9.1 布设要求

像控点应均匀分布于作业区域，覆盖所有飞行作业子区域，便于识别与测量。

### 9.2 点位标识

像控点应采用鲜明的标识物进行标记，确保在影像中清晰可辨，便于后期识别。

### 9.3 测量方法

采用 GNSS RTK 技术进行像控点坐标测量，确保测量精度满足作业要求。

### 9.4 精度控制标准

像控点的平面精度与高程精度应符合电力工程勘测的相关规范要求。

### 9.5 数据处理

对测量获取的像控点坐标数据进行预处理，剔除异常数据，确保数据准确性。

### 9.6 成果提交

像控点测量成果应包括点位分布图、坐标数据表、测量记录等相关资料。

### 9.7 复核验证

对已测量的像控点进行复核验证，确保测量结果的可靠性与准确性。

布设要求：像控点间距控制在 600m，在电力线路沿线适当加密至 300m；

点位标识：采用 0.5m×0.5m 的黑白棋盘格标识，设置于地势平坦且无遮挡的区域；

测量方法：采用 Trimble R10 GNSS 接收机进行 RTK 测量，观测时间≥15 分钟；

精度标准：平面测量精度≤5mm，高程测量精度≤8mm，符合 DL/T 5448-2020 要求；

数据处理：采用专业测绘软件对测量数据进行平差处理，剔除偏差超过 3 倍中误差的数据；

成果提交：提交像控点坐标表、点位分布图、测量手簿，格式为 CAD 与 Excel；

复核验证：随机抽取 10%的像控点进行复测，复测偏差≤10mm 方可通过验收。

## 10. 影像数据预处理

包括电力工程航空摄影测量影像数据的各项预处理作业，保障后续数据处理的质量。

### 10.1 格式转换

将相机拍摄的原始影像格式转换为通用的 TIFF 格式，便于后续处理与共享。

### 10.2 辐射校正

对影像的辐射误差进行校正，消除光照不均、曝光差异等影响影像质量的因素。

### 10.3 影像拼接

将单张影像拼接为大范围的正射影像图，确保拼接过程中的精度与完整性。

### 10.4 畸变校正

对相机的镜头畸变进行校正，提高影像的几何精度与清晰度。

### 10.5 色彩平衡

对影像的色彩进行平衡处理，确保影像的色彩一致性与视觉效果。

#### 10.6 噪声去除

采用滤波算法去除影像中的噪声，提高影像的清晰度与质量。

#### 10.7 裁剪拼接

根据作业区域范围，对拼接后的影像进行裁剪，提取作业区域的有效影像数据。

格式转换：将 RAW 格式原始影像转换为 16 位 TIFF 格式，保留全部影像细节信息；

辐射校正：采用暗目标法进行辐射校正，消除影像的光照不均与曝光差异；

影像拼接：采用 Pix4Dmapper 软件进行影像拼接，拼接误差控制在  $\pm 2$  个像素以内；

畸变校正：基于相机标定参数进行镜头畸变校正，校正残差  $\leq 0.5$  像素；

色彩平衡：采用直方图匹配法进行色彩平衡，确保相邻影像的色彩差异  $\leq 5\%$ ；

噪声去除：采用高斯滤波算法去除影像噪声，滤波窗口尺寸设置为  $3 \times 3$  像素；

裁剪拼接：根据作业区域的矢量边界裁剪影像，输出分辨率为 5cm 的正射影像；

质量检查：预处理后的影像需进行质量检查，确保无模糊、缺失、错位等问题。

## 11. 空中三角测量

规定电力工程航空摄影测量空三加密的作业流程、参数设置与精度要求，保障测绘成果精度。

#### 11.1 作业流程

包括像控点导入、影像匹配、相对定向、绝对定向、平差计算等核心环节。

#### 11.2 参数设置

根据影像分辨率、重叠度等参数设置空三加密的核心计算参数，确保计算精度。

#### 11.3 相对定向要求

确保相对定向的残差符合规范要求，避免出现影像错位与变形。

#### 11.4 绝对定向要求

利用像控点坐标进行绝对定向，确保影像的地理坐标精度符合要求。

#### 11.5 平差计算

采用整体平差算法对所有影像与像控点数据进行平差处理，提高整体精度。

#### 11.6 精度评估

对空三加密成果进行精度评估，计算平面与高程的中误差，判断是否符合要求。

#### 11.7 成果输出

输出空三加密的成果数据，包括影像外方位元素、平差报告等相关资料。

作业流程：依次完成像控点导入、特征点提取、相对定向、绝对定向、整体平差；

参数设置：特征点提取阈值设置为 0.8，匹配窗口尺寸设置为  $5 \times 5$  像素，平差迭代次数  $\geq 5$  次；

相对定向：相对定向残差  $\leq 0.01$  像素，确保相邻影像的相对位置精度；

绝对定向：采用不少于 6 个像控点进行绝对定向，定向残差 $\leq 5\text{mm}$ ；

平差计算：采用光束法整体平差算法，平差后平面中误差 $\leq 3\text{cm}$ ，高程中误差 $\leq 4\text{cm}$ ；

精度评估：计算每个像控点的残差，剔除残差超过 2 倍中误差的像控点后重新平差；

成果输出：输出影像外方位元素文件、平差报告、精度统计表，格式为 XML 与 PDF；

数据检查：空三加密成果需经技术负责人审核，确认精度符合要求后方可进入下一环节。

## 12. 实景三维模型构建

明确实景三维模型的制作流程、纹理处理与精度标准。

### 12.1 实景三维模型制作流程

数据采集规划；航线设计与飞行；数据预处理；空三加密；三维重建；模型优化

### 12.2 纹理处理

影像匹配；纹理映射；色彩校正；瑕疵修复；纹理融合

### 12.3 精度标准

平面精度误差 $\leq 0.05\text{m}$ ；高程精度误差 $\leq 0.08\text{m}$ ；模型细节分辨率 $\geq 0.1\text{m}$ ；模型整体贴合度 $\geq 95\%$

### 12.4 数据采集规划

根据作业区域范围与精度要求，规划飞行航线与数据采集参数

### 12.5 航线设计与飞行

采用多旋翼无人机，设置飞行高度 80-120m，航向重叠度 $\geq 80\%$ ，旁向重叠度 $\geq 60\%$ ；数据采集前进行磁罗盘校准与 IMU 标定

### 12.6 数据预处理

对采集的影像数据进行畸变校正、格式转换与影像增强处理

### 12.7 空三加密

采用专业空三软件进行特征点匹配与光束法平差，确保控制点误差 $\leq 0.03\text{m}$

### 12.8 三维重建

基于预处理后的影像与空三成果，生成带纹理的三维网格模型

### 12.9 纹理映射

将采集的影像纹理匹配至三维模型表面，确保纹理与模型表面贴合度 $\geq 98\%$

### 12.10 色彩校正

统一模型整体色彩，消除影像间的色彩差异，确保模型色彩一致性

### 12.11 瑕疵修复

修复模型表面的纹理缺失、孔洞与变形区域，确保模型完整性

### 12.12 模型优化

对三维模型进行轻量化处理，降低模型文件大小，同时保留关键细节特征

#### 12.13 平面精度误差

采用全站仪实测检查点进行平面精度检测，误差值不得超过 0.05m

#### 12.14 高程精度误差

采用 RTK 实测检查点进行高程精度检测，误差值不得超过 0.08m

#### 12.15 模型细节分辨率

通过现场实测特征点与模型对比，确保模型细节分辨率 $\geq 0.1\text{m}$

#### 12.16 模型整体贴合度

采用点云数据与模型进行对比分析，整体贴合度不得低于 95%

#### 12.17 模型文件格式

支持 OBJ、FBX、OSGB 等通用格式，文件大小根据作业区域规模合理控制

## 13. 数字正射影像图制作

规定数字正射影像图（DOM）的制作要求与成果格式。

#### 13.1 制作要求

影像预处理；正射纠正；色彩调整；mosaicking 拼接；图幅整饰

#### 13.2 成果格式

TIFF 格式；JPEG2000 格式；元数据文件采用 XML 格式

#### 13.3 影像预处理

对原始影像进行辐射校正、几何畸变校正与噪声去除处理

#### 13.4 正射纠正

基于 DEM 数据与控制点坐标，对影像进行正射投影纠正，纠正误差 $\leq 0.03\text{m}$

#### 13.5 色彩调整

对单幅影像进行色彩平衡、对比度调整与亮度校正，确保影像整体色调一致

#### 13.6 mosaicking 拼接

采用无缝拼接技术处理相邻影像，消除拼接痕迹与色差

#### 13.7 图幅整饰

添加图廓线、公里格网、坐标系统、高程基准、作业单位、作业时间等要素

#### 13.8 成果分辨率

根据作业精度要求，设置成果分辨率 $\geq 0.2\text{m}$

#### 13.9 坐标系统

采用 2000 国家大地坐标系，高程基准采用 1985 国家高程基准

#### 13.10 图幅规格

采用标准分幅，图幅尺寸为 50cm $\times$ 50cm 或 100cm $\times$ 100cm

### 13.11 元数据内容

包括作业区域范围、影像采集时间、飞行参数、纠正参数、精度检测结果等

### 13.12 精度要求

DOM 平面精度误差 $\leq 0.1\text{m}$ ，与基础地理信息数据的套合误差 $\leq 0.05\text{m}$

### 13.13 成果检查

对 DOM 的影像质量、几何精度、图幅整饰进行全面检查，确保符合要求

### 13.14 成果交付

按照约定的格式与存储介质提交数字正射影像图成果与元数据文件

## 14. 数字线划图制作

明确数字线划图（DLG）的内容要素与精度控制要求。

### 14.1 内容要素

测量控制点；水系要素；居民地要素；交通要素；地貌要素；植被要素

### 14.2 精度控制

平面精度；高程精度；要素完整性；属性准确性

### 14.3 测量控制点

包括三角点、水准点、GNSS 点等，标注点号、坐标、高程等属性信息

### 14.4 水系要素

包括河流、湖泊、水库、沟渠等，标注名称、流向、宽度、水深等属性

### 14.5 居民地要素

包括房屋、道路、广场、绿地等，标注建筑结构、层数、用途等属性

### 14.6 交通要素

包括铁路、公路、乡村道路、桥梁等，标注道路等级、宽度、荷载等级等属性

### 14.7 地貌要素

包括等高线、高程点、陡崖、坑穴等，标注高程值、坡度、坡向等属性

### 14.8 植被要素

包括林地、草地、耕地等，标注植被类型、覆盖度、面积等属性

### 14.9 平面精度

采用全站仪或 RTK 实测检查点进行检测，平面误差 $\leq 0.05\text{m}$

### 14.10 高程精度

采用水准测量或 RTK 实测检查点进行检测，高程误差 $\leq 0.03\text{m}$

### 14.11 要素完整性

确保所有规定的要素均已采集，无遗漏、无重复

14.12 属性准确性

确保要素的属性信息与实际情况一致，无错误、无缺失

14.13 数据格式

采用 SHP 格式、GDB 格式或 DXF 格式，符合国家基础地理信息数据标准

14.14 坐标系统

采用 2000 国家大地坐标系，高程基准采用 1985 国家高程基准

14.15 数据分层

按照要素类型进行分层存储，便于管理与使用

14.16 数据编辑

采用专业 GIS 软件进行数据编辑与处理，确保数据拓扑关系正确

14.17 精度检测

每 100 个作业单元至少抽取 5 个单元进行精度检测，检测合格率不得低于 98%

14.18 成果整饰

添加图廓线、公里格网、坐标系统、高程基准、图例、比例尺等要素

14.19 成果交付

提交数字线划图数据文件、元数据文件与精度检测报告

表 1 地理要素采集与属性检查表

要素大类	包含内容	必须标注的核心属性	完整性检查 (无遗漏/无重复)	判定结果
测量控制点	三角点、水准点、GNSS 点	点号、坐标、高程	<input type="checkbox"/> 已采集且属性完整	
水系要素	河流、湖泊、水库、沟渠	名称、流向、宽度、水深	<input type="checkbox"/> 已采集且属性完整	
居民地要素	房屋、道路、广场、绿地	建筑结构、层数、用途	<input type="checkbox"/> 已采集且属性完整	
交通要素	铁路、公路、乡村道、桥梁	道路等级、宽度、荷载等级	<input type="checkbox"/> 已采集且属性完整	
地貌要素	等高线、高程点、陡崖、坑穴	高程值、坡度、坡向	<input type="checkbox"/> 已采集且属性完整	
植被要素	林地、草地、耕地	植被类型、覆盖度、面积	<input type="checkbox"/> 已采集且属性完整	

15. 成果质量检查

规定成果质量检查的项目、方法与合格判定标准。

15.1 检查项目

数据完整性；几何精度；属性准确性；影像质量；格式规范性

15.2 检查方法

室内检查；野外实测检查；对比检查

### 15.3 合格判定标准

各项检查项均符合标准要求；整体合格率 $\geq 98\%$ ；严重错误数量为 0

### 15.4 数据完整性检查

检查所有规定的成果文件是否齐全，包括数据文件、元数据文件、报告文件等

### 15.5 几何精度检查

采用室内软件检测与野外实测相结合的方式，检测平面精度与高程精度

### 15.6 属性准确性检查

抽查要素属性信息，确保与实际情况一致，无错误、无缺失

### 15.7 影像质量检查

检查影像的清晰度、色彩一致性、拼接痕迹等，确保影像质量符合要求

### 15.8 格式规范性检查

检查成果文件的格式是否符合规定要求，文件命名是否规范

### 15.9 室内检查

由作业人员自行检查，检查内容包括数据完整性、格式规范性、属性准确性等

### 15.10 野外实测检查

采用全站仪、RTK 等设备对重点区域进行实测，检测几何精度与要素准确性

### 15.11 对比检查

将作业成果与已有基础地理信息数据进行套合对比，检查套合误差

### 15.12 严重错误判定

存在数据缺失、精度严重超标、要素属性错误等情况，判定为严重错误

### 15.13 一般错误判定

存在轻微的格式问题、图幅整饰问题等，判定为一般错误

### 15.14 合格判定

所有检查项均符合要求，严重错误数量为 0，一般错误数量 $\leq 5\%$ ，整体合格率 $\geq 98\%$ ，判定为合格

### 15.15 不合格处理

对不合格成果，要求作业单位进行整改，整改后重新进行检查

### 15.16 检查记录

详细记录检查过程、检查结果、不合格项与整改意见，形成检查报告

### 15.17 检查周期

每批次成果均需进行质量检查，检查报告需经检查人员签字确认

### 15.18 检查人员

需具备相应的测绘资质与专业技能，熟悉成果质量检查标准与方法



## 16. 成果提交要求

明确作业成果的提交形式、内容清单与归档要求。

### 16.1 提交形式

纸质文件；电子文件；存储介质提交

### 16.2 内容清单

成果数据文件；元数据文件；质量检查报告；作业技术总结；精度检测报告

### 16.3 归档要求

归档范围；归档格式；保存介质；保存期限

### 16.4 纸质文件提交

包括作业技术总结、质量检查报告、精度检测报告等，加盖作业单位公章

### 16.5 电子文件提交

采用加密压缩包形式，包含所有成果数据文件与元数据文件，设置访问密码

### 16.6 存储介质提交

采用移动硬盘、U 盘等存储介质，一式两份，分别由作业单位与委托单位保存

### 16.7 成果数据文件

包括 DOM 数据、DLG 数据、实景三维模型数据等，按照规定的格式进行存储

### 16.8 元数据文件

包括作业区域范围、飞行参数、处理参数、精度检测结果等信息

### 16.9 质量检查报告

包括检查项目、检查方法、检查结果、合格判定意见等内容

### 16.10 作业技术总结

包括作业概况、技术方案、作业流程、质量控制措施、成果说明等内容

### 16.11 精度检测报告

包括检测点分布、检测方法、检测结果、精度评定等内容

### 16.12 归档范围

包括所有作业成果文件、技术资料、检查报告、总结报告等

### 16.13 归档格式

电子文件采用加密压缩包格式，纸质文件采用 A4 纸装订成册

### 16.14 保存介质

电子文件采用移动硬盘、光盘等存储介质，纸质文件采用档案盒保存

### 16.15 保存期限

根据作业成果类型与委托单位要求，保存期限一般为 10-30 年

### 16.16 提交时限

按照合同约定的时间提交作业成果，逾期提交需承担相应的违约责任

#### 16.17 提交审核

委托单位对提交的成果进行审核，审核通过后办理接收手续

#### 16.18 提交记录

详细记录提交时间、提交内容、接收人员等信息，形成提交档案

## 17. 安全作业管理

规定飞行作业安全、数据安全与人员安全的管理要求。

#### 17.1 飞行作业安全

飞行前检查；飞行区域管控；飞行操作规范；应急处置措施

#### 17.2 数据安全

数据加密；数据备份；权限管理；保密要求

#### 17.3 人员安全

人员培训；个人防护；健康管理；操作规范

#### 17.4 飞行前检查

检查无人机电池电量、螺旋桨状态、相机参数、导航系统等，确保设备正常运行

#### 17.5 飞行区域管控

提前获取飞行空域审批，划定飞行禁飞区与限飞区，设置飞行高度限制

#### 17.6 飞行操作规范

严格按照设计航线飞行，不得擅自改变航线；飞行过程中实时监控无人机状态与数据传输情况

#### 17.7 飞行高度限制

在居民区、机场附近等区域，飞行高度不得超过 120m；在电力工程作业区域，飞行高度不得超过作业杆塔高度的 1.5 倍

#### 17.8 数据加密

对采集的原始数据与处理后的成果数据进行加密处理，防止数据泄露

#### 17.9 数据备份

对数据进行多份备份，分别存储在不同的存储介质与地点，防止数据丢失

#### 17.10 权限管理

设置不同的数据访问权限，仅授权人员可查看与使用数据

#### 17.11 保密要求

对涉及军事设施、国家秘密的作业区域，严格遵守保密法律法规，不得泄露相关数据

#### 17.12 人员培训

作业人员需经过专业培训，掌握无人机操作技能、飞行安全知识与应急处置方法

#### 17.13 个人防护

作业人员需佩戴安全帽、安全带等防护用品，确保作业过程中的人身安全

17.14 健康管理

定期对作业人员进行健康检查，确保作业人员身体状况符合作业要求

17.15 操作规范

作业人员需严格按照操作规程进行作业，不得违规操作

17.16 飞行安全检查记录

详细记录飞行前检查、飞行过程监控、飞行后检查等情况，形成飞行日志

17.17 数据安全检查

定期对数据加密、备份、权限管理等情况进行检查，确保数据安全

17.18 人员安全检查

定期对作业人员的培训记录、健康状况、防护用品使用情况进行检查

17.19 安全事故处理

发生安全事故后，立即停止作业，采取应急处置措施，及时上报相关部门

17.20 安全管理制度

建立健全安全作业管理制度，明确各岗位的安全职责，定期开展安全培训与演练

**18. 环境保护要求**

明确作业过程中生态环境保护的相关规定。

作业区域生态调查；作业设备环保要求；作业流程环保措施；生态修复要求

18.1 作业区域生态调查

作业前对作业区域的生态环境进行调查，包括植被类型、野生动物栖息地、水源保护区等

18.2 作业设备环保要求

采用低噪声、低排放的无人机设备，减少对周边环境的影响

18.3 作业流程环保措施

飞行航线规划避开生态敏感区；作业过程中避免破坏植被与地表；作业垃圾集中收集处理

18.4 生态修复要求

作业结束后对作业区域进行生态修复，恢复植被与地表原貌

18.5 生态敏感区避让

作业区域内存在国家级自然保护区、饮用水源保护区、风景名胜区等生态敏感区时，不得进行作业

18.6 植被保护

作业过程中尽量避免碾压、破坏植被，确需进入植被区域时，采用临时步道等方式减少破坏

18.7 地表保护

作业车辆与设备尽量避免碾压耕地、草地等地表，确需通行时铺设临时垫板

18.8 垃圾处理

作业过程中产生的电池、包装材料、废弃零件等垃圾，集中收集后运至指定地点处理，不得随意丢弃

18.9 噪声控制

选择在非敏感时段进行作业，降低无人机飞行噪声对周边居民与野生动物的影响

18.10 水源保护

作业过程中避免污染周边水源，不得将化学药剂、油污等排放至水体

18.11 生态修复措施

作业结束后，对作业区域内被破坏的植被进行补种，对被碾压的地表进行平整恢复

18.12 生态修复验收

委托专业机构对生态修复效果进行验收，确保恢复效果符合相关标准

18.13 环保监测

作业过程中定期对作业区域的生态环境进行监测，及时发现并处理环境影响问题

18.14 环保管理制度

建立健全环境保护管理制度，明确各岗位的环保职责，定期开展环保培训与检查

19. 作业档案管理

规定作业档案的收集、整理、归档与保存期限。

档案收集范围；档案整理要求；归档流程；保存期限与保管要求

19.1 档案收集范围

包括飞行日志、影像数据、处理参数、质量检查报告、作业技术总结、精度检测报告等

19.2 档案整理要求

按照档案类型与时间顺序进行分类整理，编制档案目录

19.3 归档流程

档案审核；档案移交；档案登记

19.4 保存期限

根据作业成果类型与委托单位要求，保存期限一般为 10-30 年

19.5 保管要求

采用专用档案柜保存纸质档案，采用防磁、防火、防潮的存储介质保存电子档案

19.6 档案收集

作业过程中及时收集各类档案资料，确保档案的完整性与准确性

19.7 档案分类

将档案分为飞行作业档案、数据处理档案、质量检查档案、成果提交档案等类别

19.8 档案编号

按照统一的编号规则对档案进行编号，便于管理与查询

19.9 档案目录编制

编制详细的档案目录，包括档案编号、档案名称、形成时间、保管期限等内容

19.10 档案审核

对收集的档案资料进行审核，确保档案内容真实、完整、准确

19.11 档案移交

将审核通过的档案资料移交至档案管理部门，办理移交手续

19.12 档案登记

对移交的档案资料进行登记，建立档案管理台账

19.13 电子档案存储

电子档案采用加密存储方式，定期进行备份，防止数据丢失

19.14 纸质档案存储

纸质档案采用无酸纸装订，放入专用档案盒，存放于防火、防潮、防虫的档案库房

19.15 档案借阅

严格执行档案借阅制度，未经批准不得擅自借阅档案资料

19.16 档案销毁

对超过保存期限的档案资料，按照规定的程序进行销毁，确保档案安全

19.17 档案管理系统

建立作业档案管理系统，实现档案的电子化管理与查询

## 20. 应急处置措施

明确飞行故障、安全事故等突发事件的应急处置流程。

飞行故障应急处置；安全事故应急处置；数据丢失应急处置；应急救援预案

20.1 飞行故障应急处置

无人机失联；无人机低电量；相机故障；信号干扰

20.2 安全事故应急处置

人员受伤；设备损坏；环境污染；空域违规

20.3 数据丢失应急处置

原始数据丢失；处理成果数据丢失；备份数据丢失

20.4 应急救援预案

应急组织机构；应急物资储备；应急演练；应急上报流程

20.5 无人机失联应急处置

立即停止作业，启动应急返航程序；若无法返航，划定搜索区域，组织人员进行搜索

#### 20.6 无人机低电量应急处置

立即规划返航航线，确保无人机在电量耗尽前返回起飞点；若无法返航，选择安全区域迫降

#### 20.7 相机故障应急处置

立即停止拍摄，检查相机参数与连接状态；若故障无法排除，终止作业并回收设备

#### 20.8 信号干扰应急处置

立即切换至备用通信频道；若仍存在干扰，启动应急返航程序

#### 20.9 人员受伤应急处置

立即停止作业，对受伤人员进行紧急救治；拨打 120 急救电话，及时送往医院治疗

#### 20.10 设备损坏应急处置

立即停止作业，对损坏设备进行保护；组织人员撤离危险区域，防止二次事故

#### 20.11 环境污染应急处置

立即停止作业，采取措施控制污染范围；联系环保部门进行处理，清理污染物质

#### 20.12 空域违规应急处置

立即停止作业，配合空管部门进行调查；按照相关规定进行整改，确保后续作业符合空域管理要求

#### 20.13 原始数据丢失应急处置

启用备份数据，重新进行数据采集与处理；若备份数据丢失，组织人员重新进行作业

#### 20.14 处理成果数据丢失应急处置

启用备份数据，重新进行数据处理；若备份数据丢失，需重新进行数据采集与处理

#### 20.15 备份数据丢失应急处置

立即组织人员对作业区域进行重新数据采集，确保成果数据的完整性

#### 20.16 应急组织机构

成立应急处置领导小组，明确各成员的职责与分工

#### 20.17 应急物资储备

储备急救药品、通信设备、救援工具、备份存储介质等应急物资

#### 20.18 应急演练

定期开展应急处置演练，提高作业人员的应急处置能力

#### 20.19 应急上报流程

发生突发事件后，立即上报单位负责人与相关部门；按照规定的程序进行报告与处置

#### 20.20 应急处置记录

详细记录突发事件的发生时间、地点、原因、处置过程与结果，形成应急处置档案