

ICS

点击此处添加中国标准文献分类号

团 体 标 准

T/xxx xxx—xxxx

电网设备机巢无人机智能联合巡检 应用技术规范

Technology application specification for unmanned aerial vehicle intelligence joint
inspection of power grid

xxxx - xx - xx发布

xxxx - xx - xx实施

中国能源研究会 发布

目 次

前 言	II
引 言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 联合巡检航线规划要求	2
5 联合巡检作业检查及准备	3
6 联合巡检监盘及应急处置	4
7 联合巡检作业终结及处理	5
8 联合巡检系统功能要求	6
附 录 A （资料性附录） 电网设备机巢无人机智能联合巡检流程	8
附 录 B （资料性附录） 输变配联合巡检航线规划示例	9
附 录 C （资料性附录） 输电航线拍摄示例	10
附 录 D （资料性附录） 配电航线拍摄示例	14
附 录 E （资料性附录） 变电航线拍摄示例	17
附 录 F （资料性附录） 输变配航线一点多拍示例	27

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。

本文件由中国能源研究会归口。

本文件起草单位：南方电网广东电网公司、南方电网广东中山供电局、南方电网广东机巡管理中心。

本文件主要起草人：蔡徽、朱凌、裴求根、任欣元、李端姣、梁国坚、李蓓、陈旗展、李黔、张春梅、张峰、董志聪、江玉欢、张宇、刘凌波、林灿伟

引 言

电网设备巡检是电网企业的核心业务，随着AI图像识别、机巢无人机自动避障等新技术不断成熟，以及机巢无人机等智能终端的广泛应用，按专业独立开展设备巡检的传统业务模式逐渐被打破，通过机巢无人机、视频监控终端等智能装备开展电网设备联合化、远程化、自动化巡检的新型业务模式已初步形成。制定电网机巢无人机智能联合巡检应用技术规范，弥补机巢无人机智能联合巡检应用技术空白，能够显著提高机巢无人机等智能终端的协同作战能力，减少操作失误与资源浪费，增强巡检作业的安全性，提高电网巡检作业效率，加快电网设备巡检标准化进程。

电网设备机巢无人机智能联合巡检应用技术规范范围

1 范围

本文件规定了应用机巢无人机开展电网输变配设备联合巡检作业的技术标准，包括航线规划和作业前环境检查、装备检查、人员资质检查、航线安全检查，以及联合巡检监盘、应急处置、作业终结及处理、系统功能标准，涵盖了机巢无人机智能联合巡检作业全过程。

本文件适用于电网设备机巢无人机智能联合巡检作业。

2 规范性引用文件

下列文件对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 26859-2011	电力安全工作规程（电力线路部分）
GB 26860-2011	电力安全工作规程（发电厂和变电站电气部分）
GB 42590-2023	民用无人驾驶航空器系统安全要求
GB/T 38058-2019	电力巡检多旋翼无人机系统通用要求
DL/T 1482-2023	架空输电线路无人机巡检作业技术导则
DL/T 2306-2021	电力巡检无人机巡检系统技术规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

联合巡检 Joint inspection

基于电网运行人员巡检作业技能融合、专业系统融合，通过机巢机巢无人机协同其他智能终端（如：智能摄像头等）开展电网输变配设备跨专业联合化、自动化、远程化巡检。

3.2

输变配联合巡检系统 Inspection system of the combination of transmission, substation and distribution

基于与无人机机巢建立通讯网络，远程监视、控制巡检机巢无人机，并能够协调机巢无人机与其他软件平台、智能终端开展输变配设备跨专业联合自动巡检，并深度处理分析巡检数据的综合性软件系统。

3.3

机巢无人机自动飞行 Unmanned aerial vehicle automatic flight

是指机巢无人机凭借预先设定的程序、导航系统及多种传感器协同运作，自主完成起飞、飞行、任务作业及降落等一系列操作的飞行方式。

3.4

机巢 Machine nest of unmanned aerial vehicle

由主控模块、电气模块、通信模块、监控模块、起降平台等组成，用于实现机巢无人机智能巡检的装置，简称机巢。

4 联合巡检航线规划要求

4.1 合规性检查

4.1.1 因输变配设备联合巡检涉及远程拉高巡航，需确认机巢无人机已按照国家或地区规定完成实名登记，确保合法飞行。

4.1.2 按照《无人驾驶航空器飞行管理暂行条例》（国务院 761 号令）：通过通信基站或者互联网进行无人驾驶航空器中继飞行的，应在 UOM 系统提出飞行活动申请，并提前一天和空军对应场站提出申请并获批准。

4.1.3 根据输变配设备联合巡检计划，预先设定飞行路径，系统设置航线任务时需要符合国家和地区法律法规，依照空管部门的规定，确保航线避开禁飞区、敏感区域及潜在危险源。

4.2 航线库建立

4.2.1 应设置航线管理员，统一负责机巢无人机联合巡检飞行航线的规划、审查、更新、维护等工作。

4.2.2 通过输变配联合巡检系统建立联合巡检航线库，巡检航线取自航线库，航线库由航线管理员统一管理。

4.2.3 航线库应包括精细化航线、红外测温航线、通道巡检航线、特巡航线（重要交叉跨越等）。定期更新航线库，并根据基建、迁改、技改等设备变更开展相应航线更新。

4.2.4 航线应关联对应的输变配设备台账，航线与设备信息清晰准确。

4.2.5 机巢无人机自动飞行航线需经过安全距离校核及现场验证后方可纳入航线库。

4.3 航线规划通用要求

4.3.1 航线规划后，对航线进行“三审”，即人工审核、系统核验、实飞验证三轮核验，保证飞行安全。未通过“三审”的航线，不应纳入航线库。航线有变化时，应重新进行“三审”。

4.3.2 线路或周边环境发生影响飞行安全的变化时必须暂停相关航线的使用，待重新建模、规划航线后，或影响因素消除后，方可开展巡检任务。

4.3.3 机巢无人机从起飞点飞至第一个航点时，设置的起飞高度应高于第一个航点的高度并保证机巢无人机与下方的建筑物或障碍物保持安全距离，机巢 2 米范围内无障碍物。输变配联合巡检航线规划示例可参见附录 B。

4.3.4 规划航线时根据作业安全需要，可增加辅助航点，确保航线满足安全距离的要求。

4.4 航线规划差异化要求

4.4.1 输配电航线规划要求

(1) 航线拍摄点位应覆盖设备全貌、基础、部件及设备的拍摄需求。拍摄内容主要包括线路通道、塔基、塔身、绝缘子、金具、各挂点等，其中合成绝缘子、避雷器应有 1 张用于红外测温的全貌照片，满足 DL/T 1482-2023 要求。

(2) 无人机拍摄距离不小于《中国南方电网有限责任公司电力安全工作规程》规定的安全距离，确保销钉类目标及缺陷在放大情况下清晰可见。设备或者零部件目标设备应位于图像中间位置。

(3) 精细化航线应尽量缩短拍照距离，水平距离不大于 4 米，通道航线距离塔顶不大于 8 米。输电航线拍摄示例参见附录 C，配电航线拍摄示例参见附录 D，输配电航线一点多拍参见附录 F。

4.4.2 户外变电站航线规划要求

(1) 规划航线时应确保机巢无人机往返航线起点和终点轨迹上没有障碍物。

(2) 航线安全距离应满足与变电站设备带电部位安全距离：1000kV 大于 8.5 米，±800kV 大于 6.9 米，500kV 大于 3.9 米，220kV 大于 2.1 米，110kV 及以下大于 1.2 米，35kV 大于 0.7 米。巡检过程中，多旋翼无人机与变电站内非带电部位（除表计巡检以外）的最小距离宜大于 1 米，多旋翼无人机在主干道飞行时高度建议不低于 2 米。

(3) 航线安全距离应满足与变电站设备设施非带电部位（如设备本体外壳、构筑物等）安全距离大于 1.2 米，表计安全距离大于 1 米；与地面垂直距离大于 2 米，且不大于 120 米。表计、油位航点可适当下降到清晰拍摄设备部件的高度，拍摄结束后应把机巢无人机升高，减轻机巢无人机低空滞留时间。

(4) 机巢无人机巡检航线不应跨越变压器、10kV 及 35kV 母线桥、电容器、电抗器等带电设备，不宜从上下两层导线或带电设备间穿过。

(5) 针对建筑物（如防风防汛）的巡检航线，应测试信号确定合理的距离，建筑物巡检航点在建筑物天面高度以下 5m 时，宜与建筑物保持 5m 以上的安全距离。

(6) 红外拍摄设备接头、设备本体宜满足三相设备同一角度、同一图片。电流致热型设备按三相进行拍摄，电压致热型设备按现场单相或三相前后或两侧进行拍摄。

(7) 避免低空长距离和大角度斜飞。对于设备密集或存在电磁场干扰区域（如主变与围墙之间的空间），不宜水平移动，应升高到安全位置再水平移动。变电航线拍摄示例参见附录 E，变电航线一点多拍参见附录 F。

4.4.3 联合巡检航线拼接应满足以下原则：

(1) 风险梯度原则：根据各航线安全风险程度按照“高风险优先、中风险次之、低风险收尾”的要求拼接航线。

(2) 远距离先行：根据各航线与机巢平均距离按照“先远后近”的要求拼接航线。

(3) 复杂度分级：根据各航线复杂程度按照“复杂航线优先，简单航线次之”的要求拼接航线。

(4) 拼接完成后，应在拼接航线末端预设低电量返航点和应急备降点。

5 联合巡检作业检查及准备

5.1 环境检查

5.1.1 作业前，应查询计划飞行区域的天气预报，判断计划飞行期间天气状态是否满足飞行作业条件。电网设备机巢无人机智能联合巡检流程参见附录 A。

5.1.2 宜通过输变配电专业的可视化、智能感知终端等实时监测数据检查作业环境，确认计划巡视现场是否有其他施工、天气是否满足无人机巡检作业要求。通过机巢本体监控视频查看机巢周边是否存在障碍物、机巢无人机备降点是否存在占用。

5.2 装备检查

5.2.1 调用机巢本体监控视频查看机巢本体是否正常、外壳是否完好、机巢内部无人机位置是否合适。

5.2.2 通过检查机巢回传至输变配联合巡检系统中的充电系统参数、通信与控制参数、环境控制参数、机械系统参数等运行参数及告警信息，判断机巢无人机与机巢运行是否正常。

5.2.3 执行高精度 RTK 飞行作业时，起飞前，联合巡检作业人员应检查起飞点的移动通信覆盖及 CORS 服务覆盖情况。使用网络 RTK 则需检查 RTK 连接网络的情况，保证网络信号正常稳定。

5.3 人员资质检查

5.3.1 联合巡检作业人员应接受相应的安全生产教育和岗位技能培训，经电力安全工作规程考试合格上岗。

5.3.2 联合巡检作业人员应熟悉机巢无人机联合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。

5.3.3 针对机巢无人机自动飞行作业，应配置联合巡检作业人员在后台监视机巢无人机自动作业情况。

5.3.4 应建立本单位机巢无人机联合巡检作业人员台账，对人员持证、年审、培训及作业情况进行动态管理。

5.4 航线安全检查

5.4.1 作业前应对机巢无人机自动飞行航线进行安全距离校验，检查避障是否开启。

5.4.2 航线下发至机巢无人机前，再次确认航线信息是否正确，包括起点位置、适配机型、航点及预计时间。

5.4.3 作业前应检查待巡检设备及周边是否存在影响飞行安全的变化，如存在应立即停止作业或采取可靠措施后进行作业。

6 联合巡检监盘及应急处置

6.1 联合巡检监盘要求

6.1.1 机巢无人机自动飞行作业，监盘人员应全程监视机巢无人机巡检系统画面，对于低空飞行航线（如仪表航线），应做好重点监盘，注意飞行区域是否有临时进入的工作人员、车辆。

6.1.2 监盘人员应实时关注机巢无人机 RTK 状态，RTK 失锁后应检查差分数据链路，连续失锁 30 秒后应终止任务，立即安全返航。

6.1.3 监盘人员应实时关注控制链路、图像链路信号状态、电池、风速、机巢无人机航迹，如出现明显异常，应暂停作业。

6.1.4 机巢无人机抵达预设位置前，若通过图像画面发现设备和点云有明显不同时，应立即停止作业。

6.1.5 监盘人员应具备联合巡检系统远程操控机巢无人机技能，在巡检异常时，可通过联合巡检系统远程操控机巢无人机安全返航或降落至安全位置。

6.2 机巢无人机自动巡检应急措施

6.2.1 机巢无人机发生应急情况时，通过输变配联合巡检系统远程切换为手动操控无人机，采取的应急措施包括就近降落、拉高返航、原路返航。

（1）就近降落：确认机巢无人机下方无设备和现场人员，降落点较为平坦后进行原地降落，或返回至具有蛙跳功能的就近机巢。

（2）拉高返航：确认机巢无人机上方无遮挡，且机巢无人机电量足够返航后进行拉高返航。

（3）原路返航：确认机巢无人机 RTK 固定状态良好，且机巢无人机电量足够原路返航；返航过程中应时刻监控飞行情况，如有异常应立刻暂停。

6.3 机巢无人机坠机应急措施

6.3.1 机巢无人机坠落事件发生后，监盘人员应立即通知所巡检设备主人，找回坠落无人机，同时通过机巢无人机最后的航线轨迹和图传画面判断机巢无人机坠落位置是否为人员密集区或公路、铁路等重要公共设施，如果确实为上述区域，则应立刻派人到现场进行附带后果处置。

6.3.2 监盘人员应及时保存后台飞行日志、作业数据，对异常情况进行记录。

6.3.3 监盘人员使用输电监控视频、变电监控视频、配电监控视频、机巢本体监控视频查看现场情况，查看有无造成设备损伤，并将情况汇报给相关负责人。

6.3.4 人员到达现场后，应查看现场有无第三方人员受伤或财物受损情况，并将现场相关情况拍照取证并及时报告给相关负责人，若现场发生人员受伤或财物受损，应移交保险公司处理；若现场无人员受伤或财物受损，现场人员应及时回收机巢无人机并分析坠落原因。

6.3.5 人员到达现场后，在回收机巢无人机前，应确认机体无冒烟起火、桨叶停止旋转，必要时佩戴防护手套；关闭机巢无人机电源后，全面检查机身各部件，保存现场飞行数据；如有碰撞设备，应对碰撞点进行拍照留底，记录设备受损情况，并反馈至设备运维单位。

7 联合巡检作业终结及处理

7.1 联合巡检终结及数据处理

7.1.1 联合巡检作业终结后，机巢无人机自动回巢，通过输变配联合巡检系统检查机巢无人机状态、有无异常。

7.1.2 对机巢无人机飞行过程进行复盘，对发现的问题提出改进措施。

7.1.3 应定期组织开展工作监督，进行联合巡检作业抽查，重点检查航线图片质量、图片复核及时率，有无漏发现缺陷、有无漏拍设备关键部件等，对发现的作业质量问题进行分析，及时完成整改。

- 7.1.4 机巢无人机作业数据处理，包括命名、归档、备份、汇总、分析等。
- 7.1.5 检查整理机巢无人机作业数据质量，若出现数据缺失、数据误差、数据更新滞后等异常情况，应排查异常原因并记录，若数据质量不满足要求，应根据实际情况决定是否复飞。
- 7.1.6 根据航线文件，结合照片的高精度坐标信息，对所拍摄的影像文件重命名、分类归档。
- 7.1.7 处理作业数据时，应采取防止未经授权信息泄露、修改、删除和破坏的安全措施。
- 7.1.8 作业终结及处理宜遵循“谁飞巡、谁监盘、谁处理”的原则，发现缺陷应推送至设备运维单位人员。

8 联合巡检系统功能要求

8.1 联合巡检系统技术要求

- 8.1.1 系统宜支持输电、变电、配电设备的跨专业协同作业，具备航线规划、任务派发、实时监控及应急操控功能。系统宜集成 AI 缺陷识别功能，可实现与电网管理系统的数据联动。
- 8.1.2 系统宜满足控制指令延迟 $\leq 100\text{ms}$ ，图传延时 $\leq 200\text{ms}$ ，定位精度(RTK/CORS)水平误差 $\leq 3\text{cm}$ ，支持 4G/5G/WiFi 多模通信，数据处理能力宜满足 TB 级存储及日均万张图像分析。
- 8.1.3 系统宜采用“云-边-端”架构，主系统云端部署，边缘节点本地预处理数据，终端适配多型号无人机及分布式机巢。宜符合 GB 42590-2023 等标准，具备数据加密与操作审计功能，确保飞行合规及信息安全。

8.2 飞行作业管理及风险预警

- 8.2.1 输变配联合巡检系统应同时支持电网输电、变电、配电三个专业的设备巡检业务开展。
- 8.2.2 应支持机巢无人机联合巡检作业任务管理，包括航线库管理、机巢作业管理、任务派发、飞行画面回传、飞行任务监控、应急操作、交跨等重要区域提醒、自动返航、巡检数据自动回传、数据统计等作业全过程管理。
- 8.2.3 应支持机巢无人机智能调度，根据工作计划自动生成机巢无人机调度安排，可根据场景指令实现故障特巡等差异化自动运维。
- 8.2.4 应支持对机巢无人机与机巢进行监控，包括设备基本信息、实时健康状态、外部环境状态、机巢无人机飞行状态，并能够对异常情况进行预测及告警。
- 8.2.5 输变配联合巡检系统具备远程在线升级功能，支持机巢设备软件能够远程运维。

8.3 数据采集与预处理

- 8.3.1 支持机巢无人机搭载的多种传感器进行数据同步采集，能够自动识别和记录传感器的数据类型、采集时间、位置等信息，并可根据作业类型自动分类为输变配专业，按照设备台账归档。
- 8.3.2 机巢无人机采集的数据能够实时、稳定地传输回系统，支持 4G/5G、WiFi 等多种通信方式，根据不同的应用场景灵活选择，对采集到的数据（包括图像、视频、点云数据等）进行高效存储。
- 8.3.3 支持对采集的数据进行基本的预处理，如数据格式转换、图像增强、噪声去除等操作，提高数据质量。

8.3.4 通过人工智能算法对已有数据进行初步分析,进行风险预警提示,同时自动提取有价值的信息,针对各专业巡检照片调用相应算法排查缺陷隐患。

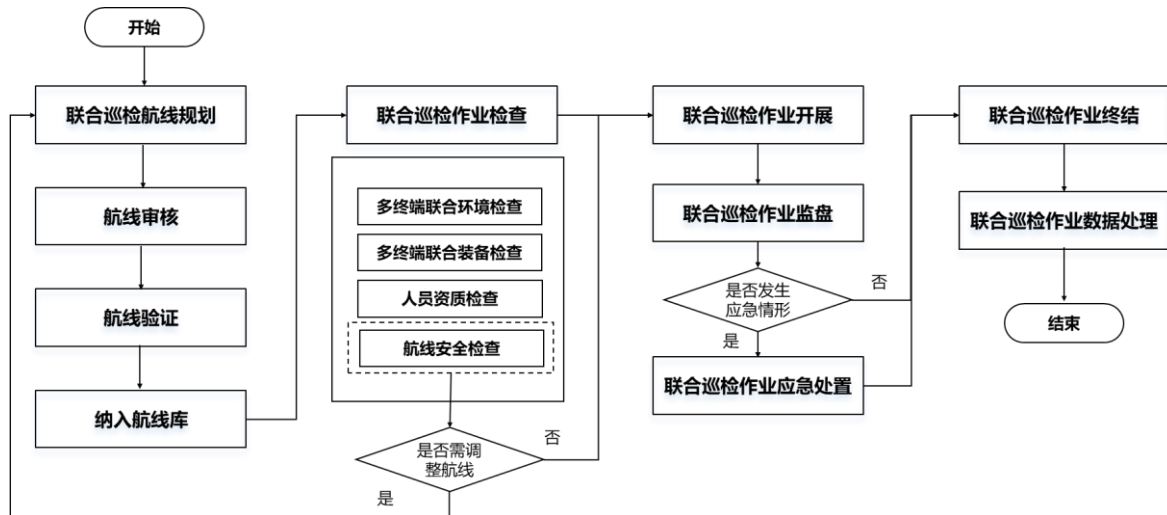
8.3.5 支持与电网企业设备管理等其他相关系统(如 ERP 系统中的设备资产模块)进行集成交互,准确获取设备台账等相关信息。

附录 A

(资料性附录)

电网设备机巢无人机智能联合巡检流程

A 电网设备机巢无人机智能联合巡检流程可参见图A。



图A 电网设备机巢无人机智能联合巡检流程图

附录 B

(资料性附录)

输变配联合巡检航线规划示例

B 输变配联合巡检航线规划示例可参见图B。



图B 输变配联合巡检航线规划示例图

附录 C

(资料性附录)

输电航线拍摄示例

C.1 单回路直线塔

C.1.1 航点有三个动作，分别拍摄线夹（平视）、塔基础（俯视）、线行通道（机头航向角朝大号侧和小号侧，平视）。

C.1.2 其他安全辅助点，根据实际塔型及零部件位置进行调整。

C.1.3 “V”串需增加两个挂点的拍摄，以及所有绝缘子整串的拍摄。

C.1.4 如有避雷器悬挂，需增加避雷器首端、末端、整串三个航点。

C.1.5 双回路、四回路拍摄逻辑基本如上述一致。

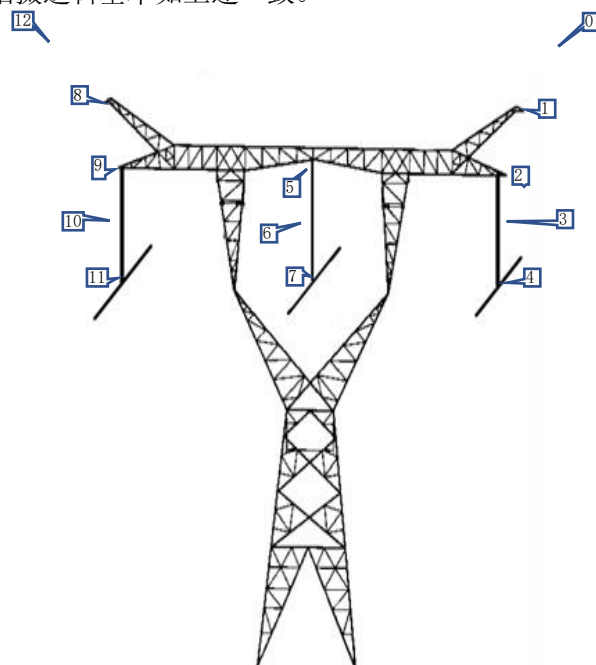


图 C.1 输电单回路直线塔航点拍摄示例

C.1.6 输电单回路直线塔拍摄角度示意参见表 C.1.6。

表 C.1.6 输电单回路直线塔拍摄角度示意

编号	拍摄部位	机巢无人机拍摄位置	拍摄角度
0	入塔辅助点	右侧塔身全景	30°-60°
1	右地线端挂点	高度与地线挂点平行,平视拍摄	0°
2	右相挂点	高度与挂点平行, 正对拍摄	0°
3	右相整串	高度与绝缘子串中点平视	0°
4.1	右相线夹	高度与线夹平视, 正对拍摄	0°
4.2	大号侧通道	塔身侧方位置朝大号侧沿导线方向拍摄	0°
4.3	塔基	塔身侧方位置俯视拍摄	90°
5	中相挂点	高度比挂点稍矮 0.5m, 平视或仰视	-10°-0°

编号	拍摄部位	机巢无人机拍摄位置	拍摄角度
6	中相整串	高度与绝缘子串中点平视	0°
7	中相线夹	高度比挂点高 1.5m，偏离导线 0.5m 俯视拍摄	10°-23°
8	左地线挂点	高度与地线挂点平行,平视拍摄	0°
9	左相挂点	高度与挂点平行，正对拍摄	0°
10	左相整串	高度与绝缘子串中点平视	0°
11	左相线夹	高度与线夹平视，正对拍摄	0°
12	出塔辅助点	左侧塔身	30°-60°

C.2 单回路耐张塔

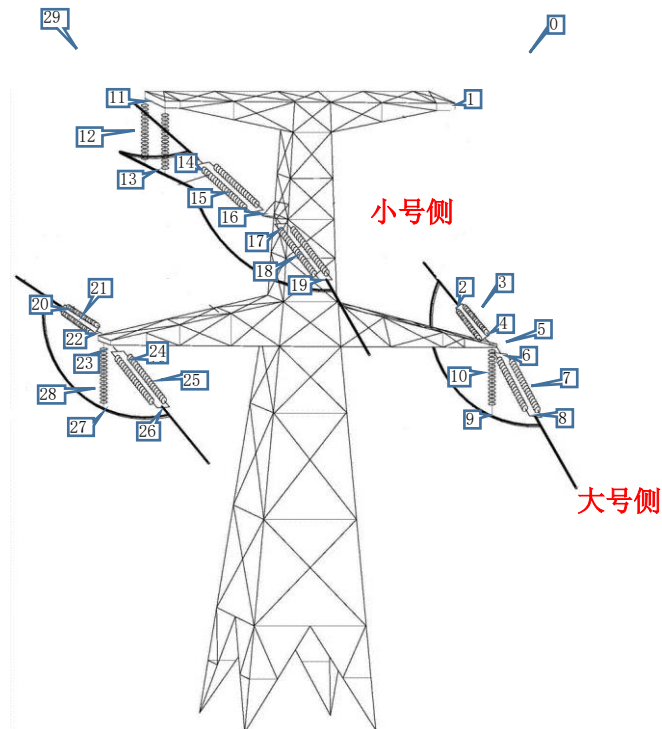


图 C.2 输电单回路耐张塔航点拍摄示例

C.2.1 航点（3、7、10）、（12、15、18）、（21、25、28）为拍摄整串绝缘子航点。

C.2.2 航点（5、9、10）、（11、12、13）、（23、27、28）为拍摄跳线串航点。

C.2.3 此示意图同样适用于上字型塔、干字型塔等塔型。

C.2.4 航点有三个动作，分别拍摄线夹（平视）、塔基础（俯视）、线行通道（机头航向角朝大号侧，平视）。

C.2.5 类似于（4、5、6）耐张塔挂点位置航点，如果为内转角，可以使用一个航点替代。

C.2.6 其他安全辅助点，根据实际塔型及零部件位置来调整。

C.2.7 输电单回路耐张塔拍摄角度示意参见表 C.2.7。

表 C.2.7 输电单回路耐张塔拍摄角度示意

编号	拍摄部位	机巢无人机拍摄位置	拍摄角度
0	入塔辅助点	右侧塔身全景	30-60°
1	地线端小号侧挂点	高度与挂点平行，平视拍摄	0°
2	地线端大号侧挂点	高度与挂点平行，平视拍摄	0°
3	右相小号侧线夹	高度与挂点平行或仰视，正对拍摄	-10°-0°

编号	拍摄部位	机巢无人机拍摄位置	拍摄角度
4	右相小号整串	高度与绝缘子串中点平视	0°
5	右相小号挂点	高度与线夹平行或仰视，正对拍摄	-10°-0°
6.1	右侧跳线串挂点	平视或仰视	-10°-0°
6.2	右相大号挂点	平视或仰视	-10°-0°
6.3	通道	塔身侧方位置朝大号侧沿导线方向拍摄	0°
7	塔基	塔身侧方位置俯视拍摄	90°
8	右相大号整串	平视	0°
9	右相大号侧线夹	平视或仰视	-10°-0°
10	右侧跳线串线夹	平视	0°
11	右侧跳线串整串	平视	0°
12	左相地线挂点	高度与线夹平视，正对拍摄	0°
13	上相跳线整串	平视	0°
14	上相跳线线夹	平视	0°
15	上相小号侧线夹	高度与挂点平行或仰视，正对拍摄	-10°-0°
16	上相小号整串	高度与绝缘子串中点平视	0°
17	上相小号挂点	高度与线夹平行或仰视，正对拍摄	-10°-0°
18	上相大号侧线夹	高度与挂点平行或仰视，正对拍摄	-10°-0°
19	上相大号整串	高度与绝缘子串中点平视	0°
20	上相大号挂点	高度与线夹平行或仰视，正对拍摄	-10°-0°
21	左相小号侧线夹	高度与挂点平行或仰视，正对拍摄	-10°-0°
22	左相小号整串	高度与绝缘子串中点平视	0°
23	左相小号挂点	高度与线夹平行或仰视，正对拍摄	-10°-0°
24	左侧跳线串挂点	平视	0°
25	左相大号侧线夹	高度与挂点平行或仰视，正对拍摄	-10°-0°
26	左相大号整串	高度与绝缘子串中点平视	0°
27	左相大号挂点	高度与线夹平行或仰视，正对拍摄	-10°-0°
28	左侧跳线串线夹	平视	0°
29	左侧跳线整串	平视	0°
30	出塔辅助点	左侧塔身全景	30°-60°

C.3 常见点拍摄样张

C.3.1 地线挂点样张



图 C. 3. 1-1 地线悬垂线夹



图 C. 3. 1-2 地线耐张线夹

C.3.2 左右悬垂串

T/××× ×××—××××



图 C. 3. 2-1 挂点



图 C. 3. 2-2 整串



图 C. 3. 2-3 线夹

C.3.3 酒杯塔、猫头塔中相悬垂串



图 C. 3. 3-1 挂点
(低于横担平视)



图 C. 3. 3-2 线夹
(导线左右侧、平视)



图 C. 3. 3-3 双串侧视拍摄

C.3.4 耐张串



图 C. 3. 4-1 线夹
(外侧朝塔身、平视或仰视)



图 C. 3. 4-2 整串
(平视或俯视)



图 C. 3. 4-3 挂点
(塔身侧朝外侧，平视或仰视)



图 C. 3. 4-4 挂点 (平视)



图 C. 3. 4-5 线夹 (平视)

C.3.5 红外测温

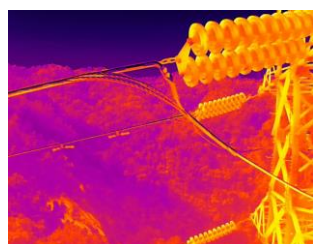


图 C. 3. 5-1 线夹 (平视)



图 C. 3. 5-2 合成绝缘子 (平视)

附录 D

（资料性附录）

配电航线拍摄示例

D.1 多回路杆塔

D.1.1 每基杆塔标准拍照航点有六个，分别拍摄杆塔前后左右、线行通道（机头航向角朝大号侧和小号侧）。

D.1.2 其他安全辅助点，根据实际塔型及零部件位置进行调整。

D.1.3 三回路、四回路可以根据实际需求增加拍摄点。

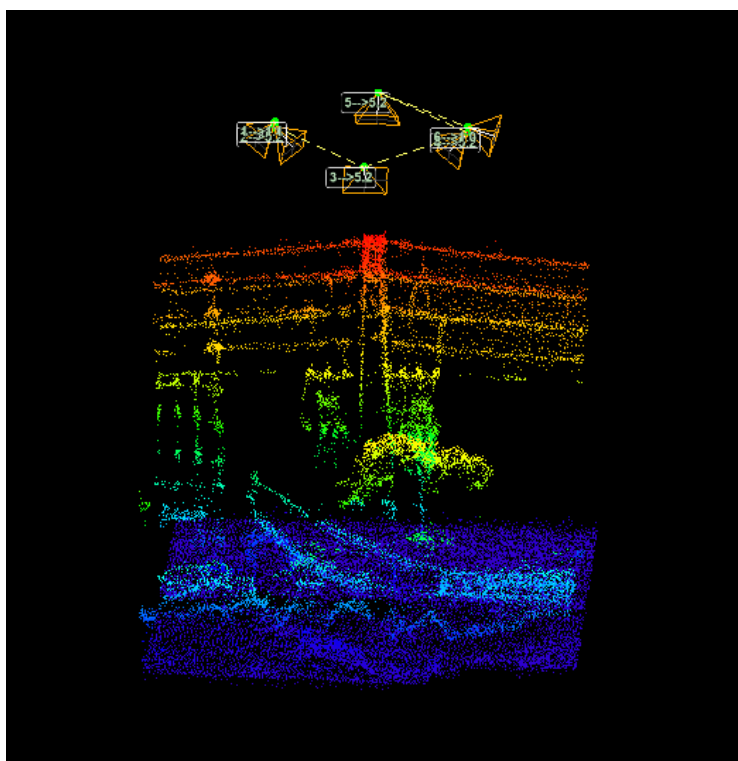


图 D.1 配电多回路杆塔航点拍摄示例

D.1.4 配电多回路杆塔拍摄角度示意参见表 D.1.4。

表 D.1.4 配电多回路杆塔拍摄角度示意

编号	拍摄部位	机巢无人机拍摄位置	拍摄角度
1	杆塔小号侧线行	杆塔小号侧，俯视图向小号侧线路	16.17°
2	杆塔小号侧部件	杆塔小号侧，俯视图向杆塔	50°
3	杆塔右侧部件	杆塔右侧，俯视图向杆塔	50°
4	杆塔大号侧部件	杆塔大号侧侧，俯视图向杆塔	50°
5	杆塔左侧部件	杆塔左侧，俯视图向杆塔	50°
6	杆塔大号侧线行	杆塔大号侧，俯视图向大号侧线路	16.17°

D.2 多回路杆塔常见点拍摄样张



图 D. 2-1 杆塔小号侧线行



图 D. 2-2 杆塔小号侧部件



图 D. 2-3 杆塔右侧部件



图 D. 2-4 杆塔大号侧部件



图 D. 2-5 杆塔左侧部件



图 D. 2-6 杆塔大号侧线行

D.3 单回路杆塔

D.3.1 每基杆塔标准拍照航点有四个，分别拍摄杆塔小号侧线行 45°角、杆塔大号侧线行、杆塔对向大号侧线行 45°角、杆塔小号侧线行。

D.3.2 其他安全辅助点，根据实际塔型及零部件位置来调整。

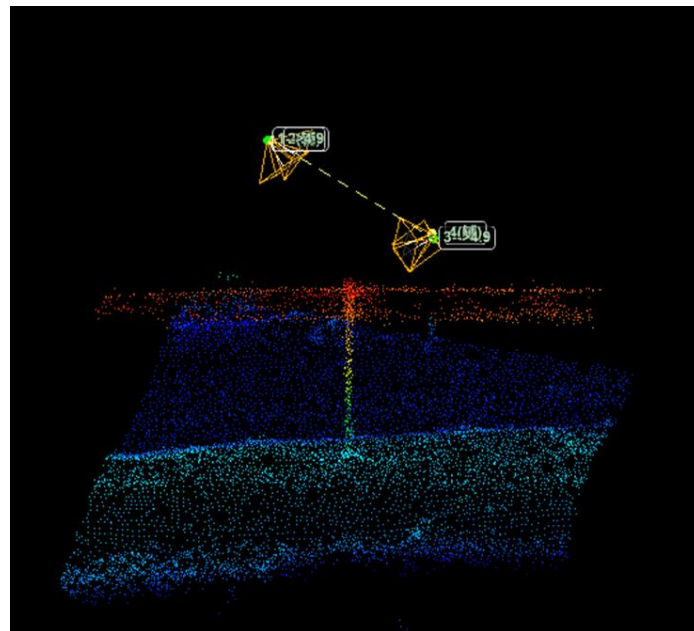


图 D. 3.2 配电单回路杆塔航点拍摄示例

D.3.3 配电单回路杆塔拍摄角度示意参见表 D.3.3。

表 D. 3. 3 配电单回路杆塔拍摄角度示意

编号	拍摄部位	无人机拍摄位置	拍摄角度
1	杆塔小号侧线行 45°角	杆塔小号侧线行 45°角，俯视图向杆塔	50°
2	杆塔大号侧线行	杆塔小号侧线行 45°角，俯视图向大号侧线路	16.17°
3	杆塔对向大号侧线行 45°角	杆塔对向大号侧线行 45°角，俯视图向杆塔	50°
4	杆塔小号侧线行	杆塔对向大号侧线行 45°角，俯视图向小号侧线路	16.17°

D.4 单回路杆塔常见点拍摄样张



图 D. 4-1 杆塔小号侧线行



图 D. 4-2 杆塔小号侧部件



图 D. 4-3 杆塔大号侧部件



图 D. 4-4 杆塔大号侧线行

附录 E

（资料性附录）

变电航线拍摄示例

E.1 主变

E.1.1 日常巡视

- (1) 油枕外观、法兰、螺丝
- (2) 套管外观、接线头、套管底座及末屏、低压套管升高座
- (3) 主变顶部外观、法兰、管道、压力释放阀、瓦斯继电器（外观）、把手型阀门
- (4) 散热器阀门、法兰、螺丝、油管、底部漏油
- (5) 中性点地刀外观、构架
- (6) 母线桥、穿墙套管、入地电缆、低压侧避雷器
- (7) 各箱体
- (8) 各个方向主变全景



图 E. 1. 1-1 油枕外观、法兰、螺丝拍摄示例

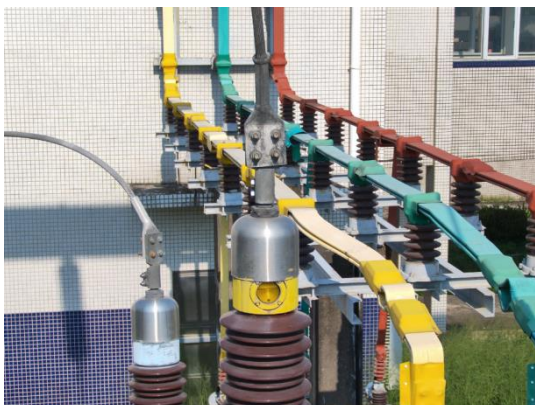


图 E. 1. 1-2 套管接线头拍摄示例



图 E. 1. 1-3 套管外观拍摄示例



图 E. 1. 1-4 末屏拍摄示例



图 E. 1. 1-5 低压套管升高座拍摄示例



图 E. 1. 1-6 主变顶部外观（全景）
拍摄示例



图 E. 1. 1-7 主变顶部法兰（细节）拍摄示例

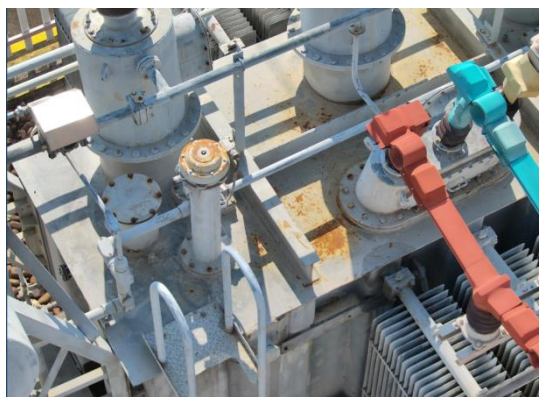


图 E. 1. 1-8 压力释放阀拍摄示例



图 E. 1. 1-9 瓦斯继电器（外观）、把手型阀门
拍摄示例



图 E. 1. 1-10 散热器阀门、法兰、螺丝、油
管拍摄示例



图 E. 1. 1-11 底部漏油拍摄示例



图 E. 1. 1-12 中性点地刀外观、构架拍摄示例



图 E. 1. 1-13 穿墙套管拍摄示例



图 E. 1. 1-14 母线桥拍摄示例



图 E. 1. 1-15 入地电缆拍摄示例



图 E. 1. 1-16 低压侧避雷器拍摄示例



图 E. 1. 1-17 各箱体拍摄示例



图 E. 1. 1-18 主变各侧全景拍摄示例

E.1.2 量化巡视

- (1) 瓦斯继电器
- (2) 油位表、油温表、绕温表
- (3) 套管油位
- (4) 避雷器
- (5) 有载调压档位
- (6) 呼吸器



图 E. 1. 2-1 瓦斯继电器拍摄示例



图 E. 1. 2-2 油位表拍摄示例



图 E. 1. 2-3 油位表拍摄示例



图 E. 1. 2-4 油温表拍摄示例

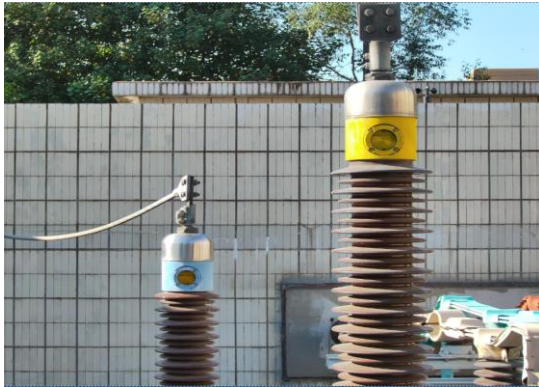


图 E. 1. 2-5 套管油位拍摄示例



图 E. 1. 2-6 避雷器拍摄示例



图 E. 1. 2-7 有载调压档位拍摄示例



图 E. 1. 2-8 呼吸器拍摄示例

E.2 高压场地

E.2.1 日常巡视

- (1) 设备外观（三相对角拍摄）
- (2) 顶部接头（俯拍细节）、导线人字接头（平拍细节）
- (3) 设备基础、接地
- (4) 刀闸连杆、刀头（俯拍细节）
- (5) 避雷器泄漏电流表连接处
- (6) 箱体

T/××× ×××—××××



图 E. 2. 1-1 设备外观拍摄示例

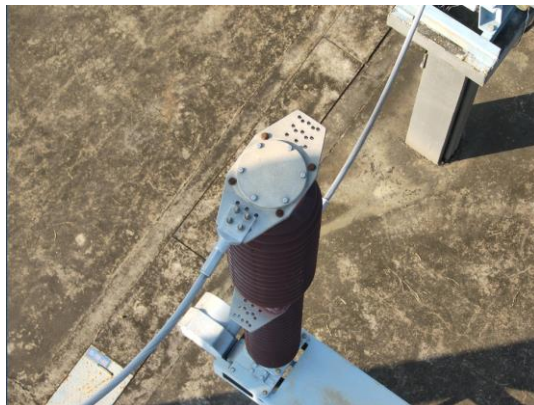


图 E. 2. 1-2 接头拍摄示例



图 E. 2. 1-3 人字接头拍摄示例

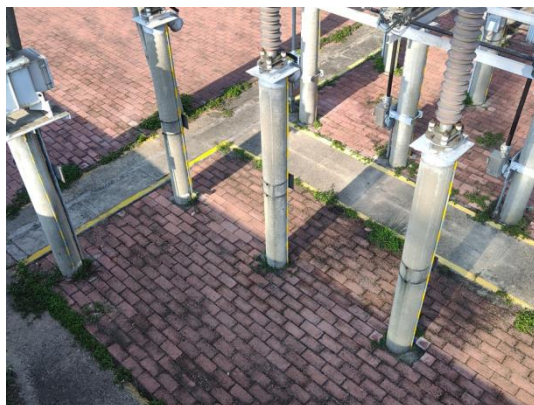


图 E. 2. 1-4 基础、接地拍摄示例

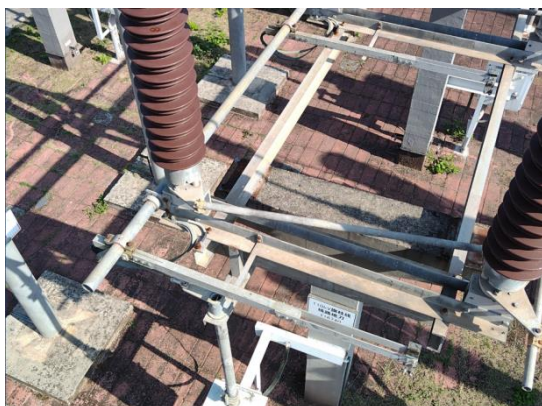


图 E. 2. 1-5 刀闸连杆拍摄示例

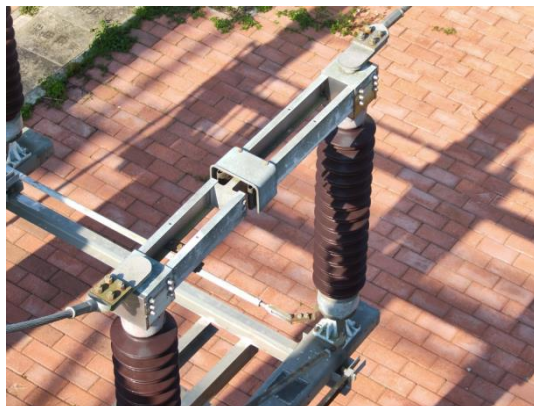


图 E. 2. 1-6 刀头拍摄示例

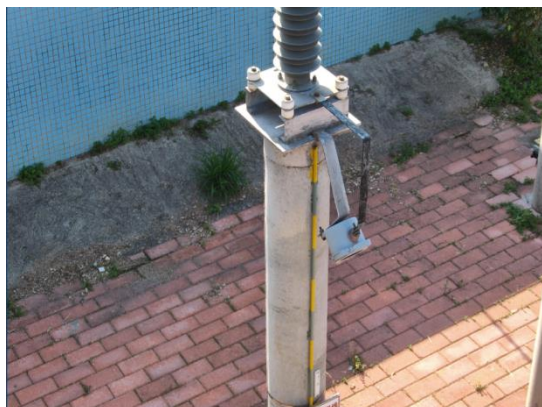


图 E. 2. 1-7 避雷器泄漏电流表连接处
拍摄示例



图 E. 2. 1-8 箱体拍摄示例

E.2.2 量化巡视

- (1) 开关位置、SF6 压力
- (2) 避雷器泄漏电流表、线路 PT 油位



图 E. 2. 2-1 开关位置拍摄示例



图 E. 2. 2-2 SF6 压力表拍摄示例



图 E. 2. 2-3 泄漏电流表拍摄示例



图 E. 2. 2-4 线路 PT 油位拍摄示例

E.2.3 特殊巡视

- (1) 引下线夹
- (2) 避雷针（分段多点拍摄）
- (3) 绝缘子、构架
- (4) 建筑物楼顶、门窗
- (5) 变电站围墙边

- (6) 周边环境
- (7) 箱体（防风防汛特巡）
- (8) 站内道路（防风防汛特巡）



图 E. 2. 3-1 引下线夹拍摄示例



图 E. 2. 3-2 避雷针拍摄示例



图 E. 2. 3-3 绝缘子拍摄示例



图 E. 2. 3-4 构架拍摄示例



图 E. 2. 3-5 建筑物楼顶拍摄示例

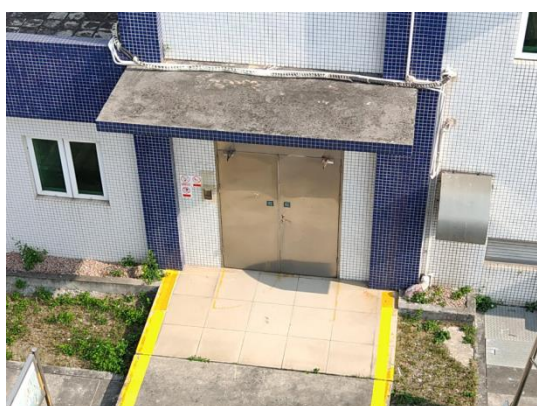


图 E. 2. 3-6 建筑门窗拍摄示例



图 E. 2. 3-7 变电站围墙边拍摄示例



图 E. 2. 3-8 周边环境拍摄示例



图 E. 2. 3-9 箱体（防风防汛特巡）拍摄示例

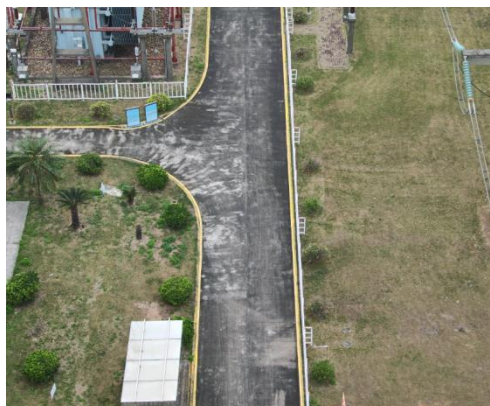


图 E. 2. 3-10 站内道路（防风防汛特巡）拍摄示例

E.3 电容电抗

- (1) 整体外观
- (2) 地刀
- (3) 电抗器本体、电容器本体
- (4) 网门杂草
- (5) 设备接头、电缆头

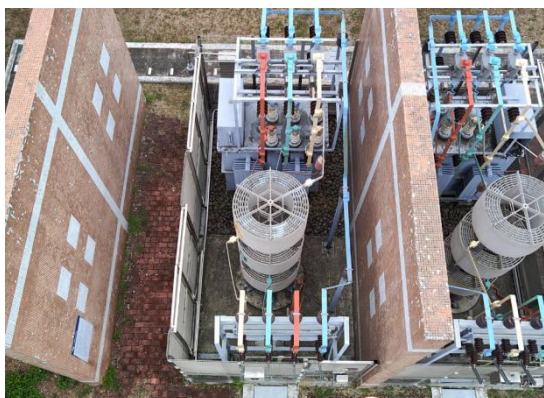


图 E. 3-1 整体外观拍摄示例



图 E. 3-2 地刀拍摄示例



图 E. 3-3 电抗器本体拍摄示例



图 E. 3-4 电容器本体拍摄示例



图 E. 3-5 网门角落（有无杂草）拍摄示例



图 E. 3-6 接头拍摄示例

附录 F（资料性附录）

输变配航线一点多拍示例

F.1 航线一点多拍应用

F.1.1 对于单个航点拍摄，应开启广角、变焦、红外拍照模式，每次拍照同时保存三种类型的照片，其中变焦模式应开启 7 倍光学变焦，红外模式应开启 2 倍数字变焦。

F.1.2 一点多拍拍摄样张



图 F. 1. 2-1 输电变焦拍照模式
示例

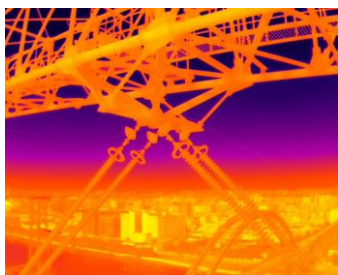


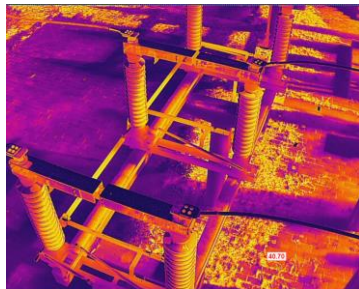
图 F. 1. 2-2 输电红外拍照模式
示例



图 F. 1. 2-3 输电广角拍照模式
示例



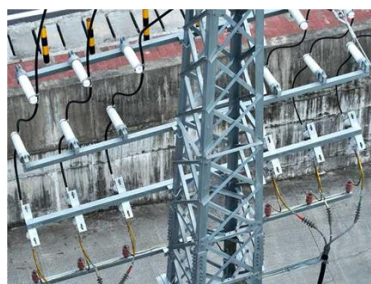
图F. 1. 2-4变电变焦拍照模式
示例



图F. 1. 2-5变电红外拍照模式
示例



图F. 1. 2-6变电广角拍照模式
示例



图F. 1. 2-7配电变焦拍照模式
示例



图F. 1. 2-8配电红外拍照模式
示例



图F. 1. 2-9配电广角拍照模式
示例