

T/NMWRJ

内蒙古无人机行业协会团体标准

T/NMWRJ XXXX—XXXX

无人机输变配电巡检技术标准

Technical specification of UAV inspection for power transmission and distribution

(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。

2023 - XX - XX 发布

2023 - XX - XX 实施

内蒙古无人机行业协会 发布

目 次

前言	II
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 巡检系统	2
5.1 无人机选型	2
5.2 系统组成	3
5.3 性能要求	3
6 巡检模式、内容及路径规划	3
6.1 巡检模式	3
6.2 巡检内容	4
6.3 路径规划	4
7 巡检作业流程	4
7.1 流程图	4
7.2 作业前准备	5
7.3 作业实施	7
7.4 作业后管理	8
8 巡检作业要求	8
8.1 人员要求	8
8.2 安全要求	8
8.3 气象要求	8
8.4 设备管理要求	9
8.5 数据分析要求	9
8.6 总结要求	10
9 异常情况处理	10
附录 A（资料性） 无输变配电人机巡检路径规划	11
A.1 巡检要求	11
A.2 巡检路径	11
附录 B（资料性） 无人机输变配电巡检作业流程	18
附录 C（资料性） 无人机输变配电巡检作业风险及控制措施	19

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。本文件的发布单位不承担识别专利的责任。

本文件由××××提出。

本文件由内蒙古无人机行业协会归口。

本文件起草单位：XXX、XXX、XXX。

本文件主要起草人：XXX、XXX、XXX。

无人机输变配电巡检技术标准

1 范围

本文件规定了采用无人机对架空输变配电线路进行巡检的巡检系统、巡检模式及内容、巡检作业流程、巡检作业要求、异常情况处理。

本文件适用于采用固定翼无人机、多旋翼无人机对架空输变配电线路进行的巡检作业。

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/T 191 包装储运图示标志
- GB/T 17626.2—2018 电磁兼容 试验和测量技术 静电放电抗扰度试验
- GB/T 17626.3—2016 电磁兼容 试验和测量技术 射频电磁场辐射抗扰度试验
- GB/T 17626.8—2006 电磁兼容 试验和测量技术 工频磁场抗扰度试验
- GB/T 17626.9—2011 电磁兼容 试验和测量技术 脉冲磁场抗扰度试验
- 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
- CH/T 3014 数字表面模型 机载激光雷达测量技术规程
- CH/T 8024 机载激光雷达数据获取技术规范
- DL/T 664 带电设备红外诊断应用规范
- DL/T 741 架空输电线路运行规程
- DL/T 1248 架空输电线路状态检修导则
- DL/T 1482 架空输电线路无人机巡检作业技术导则
- DL/T 1578 架空电力线路多旋翼无人机巡检系统
- DL/T 2236—2021 架空电力线路无人机巡检系统配置导则

3 术语和定义

DL/T 741、DL/T 1248、DL/T 1578 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

无人机输变配电巡检 UAV inspection for power transmission and distribution

以无人机为平台，挂载任务荷载设备对输变配电线路本体、附属设施以及线路通道进行巡视和检测。

3.2

多旋翼无人机 multi rotor UAV

由 3 个及以上动力驱动旋翼产生飞行升力的无人驾驶航空器(不包括带尾桨型式)，通常有四旋翼、六旋翼和八旋翼等结构。

[来源：DL/T 2236—2021，3.2]

3.3

固定翼无人机 fixed wing UAV

一种动力驱动的重于空气的无人驾驶航空器，其飞行升力主要由给定飞行条件下保持不变的翼面产生。

[来源：DL/T 2236—2021，3.3]

3.4

地面站 ground control station

用于对无人机系统进行地面控制和管理的基础站，是在地面实现无人机发射和回收，航迹规划和调整，飞行作业，飞行监测，任务设备监测，通信链路监测等一体化综合能力的管控和保障中心。

3.5

精细巡检 fine inspection

对架空输变配电线路本体和附属设施等进行全面巡视以检查电力线路设备缺陷。

3.6

通道巡检 corridor inspection

对架空输变配电线路通道环境状况进行巡视检查。

3.7

故障巡检 fault inspection

在输变配电线路发生雷击、污闪等故障后，采用可见光相机、红外成像仪、紫外检测仪等任务设备对输变配电线路设备进行的精细检测。

3.8

特殊巡检 special inspection

因保电、防范大面积停电事故、防范人身死亡事故、防范重特大设备事故、防范重大网络安全事件、防范重大火灾事故、防范重特大交通事故、小范围的灾情普查等特殊情况进行巡视检查。

4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

RTK：实时动态定位（Real-Time Kinematic）

UAV：无人机（Unmanned Aerial Vehicle）

5 巡检系统

5.1 无人机型

应依据巡检对象的检查要求，选择相应的无人机类型：

- a) 精细巡检宜选用多旋翼无人机，若开展自主巡检，应具备 RTK 功能；
- b) 通道巡检宜选用固定翼无人机和多旋翼无人机；
- c) 故障巡检宜选用多旋翼无人机；
- d) 特殊巡检一般选用多旋翼无人机，大范围的灾情普查应选用固定翼无人机；
- e) 精细巡检、故障巡检宜采用Ⅵ级以下机型；通道巡检、特殊巡检宜采用Ⅲ级以下机型；机型级别应符合 GB/T 35018 的规定。

5.2 系统组成

5.2.1 无人机系统

无人机系统由以下部分组成：

- a) 无人机包括但不限于飞行控制系统、动力系统、障碍物感知系统；
- b) 通信系统包括但不限于图像传输系统、数据传输系统；
- c) 任务荷载设备宜包括但不限于：
 - 1) 数据采集设备：如可见光设备、红外热成像仪、紫外线检测设备、激光雷达等；
 - 2) 作业设备：如探照灯、辅助除冰等；
- d) 地面站包括但不限于控制设备、显示设备、飞行控制软件等。

5.2.2 巡检管理系统

巡检管理系统应具备巡检规划、任务执行、数据存储、数据分析、设备管理等功能。

5.2.3 综合保障系统

综合保障设备应由地面保障设备和储运车辆组成；地面保障设备包括供电设备、备用电池、充电器、测频仪、专用工器具等。

5.3 性能要求

5.3.1 无人机的装备功能和性能要求应符合 DL/T 2236—2021 的相关要求。

5.3.2 无人机针对不同作业类型的装备配置要求应符合 DL/T 2236—2021 的相关要求。

5.3.3 环境适应性应满足以下要求：

- a) 无人机巡检系统在 $-10\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 50\text{ }^{\circ}\text{C}$ 环境下能正常工作；
- b) 多旋翼无人机在 10 min 平均风速不大于 8 m/s，瞬时风速不大于 10.7 m/s 的环境条件下能正常作业；
- c) 固定翼无人机在 10 min 平均风速不大于 10.8 m/s，瞬时风速不大于 13.8 m/s 的环境条件下能正常作业；
- d) 电磁兼容应符合如下要求：
 - 1) 接触放电试验和空气放电等级均不应低于 GB/T 17626.2—2018 中 A 级的规定；
 - 2) 射频电磁场辐射抗扰度不应低于 GB/T 17626.3—2016 中 B 级的规定；
 - 3) 工频磁场抗扰度不应低于 GB/T 17626.8—2006 中 A 级的规定；
 - 4) 脉冲磁场抗扰度不应低于 GB/T 17626.9—2011 中 A 级的规定。

6 巡检模式、内容及路径规划

6.1 巡检模式

6.1.1 精细巡检

6.1.1.1 无人机输配电精细巡检适用于在首次开展无人机巡检的线路、存在缺陷或异常的线路，以及需要开展精细化巡检的线路。

6.1.1.2 精细巡检一般采用旋翼无人机巡检系统进行。

6.1.1.3 精细巡检应利用可见光相机/摄像机、红外热像仪、紫外成像仪等装置对线路设备、设施进行详细的档中巡检和杆塔巡检。

6.1.1.4 精细巡检主要对象为线路本体设备及附属设施。

6.1.2 通道巡检

6.1.2.1 视搭载的传感器不同，无人机输变配电通道巡检分为快速巡检和扫描巡检。

6.1.2.2 快速巡检适用于没有特殊运维需要线路的巡检，应利用可见光相机/摄像机、红外热像仪、紫外成像仪等装置对线路设备及线路走廊进行快速检查；主要巡检对象包括导地线异物、杆塔异物、通道下方树木、违章建筑、违章施工、通道环境等。

6.1.2.3 扫描巡检适用于对线路通道安全测距以及线路走廊整体三维建模，应利用三维激光扫描仪对线路设备及通道环境进行扫描检查，获取三维点云数据；主要巡检对象包括通道下方树木、违章建筑、违章施工、通道环境等。

6.1.2.4 旋翼或固定翼无人机巡检系统均可用于通道巡检。

6.1.3 故障巡检

6.1.3.1 线路故障后，根据故障信息，确定重点巡检区段、部位和巡检内容，采用无人机进行巡检作业和精细检查。

6.1.3.2 故障巡检主要是查找或确认故障点，检查设备受损和其他异常情况。

6.1.4 特殊巡检

6.1.4.1 在特殊情况下(如发生地震、泥石流、山火、严重覆冰等自然灾害后)或根据特殊需要，采用无人机进行灾情检查和其他专项巡检。

6.1.4.2 灾情检查主要是对受灾区域内的输电线路设备状态和通道环境进行检查和评估。

6.1.4.3 其他专项巡检主要是针对专项任务，搭载相应设备对架空输电线路进行巡检。

6.2 巡检内容

6.2.1 无人机进行输变配电巡检时，应根据线路运行情况、巡检要求，选择搭载可见光相机/摄像机、红外热像仪、紫外成像仪、三维激光扫描仪等设备对输变配电线路设备、设施等进行检查。

6.2.2 无人机输变配电巡检对象主要包括线路本体、附属设施、通道及电力保护区三大部分，具体巡检对象、巡检内容、拍摄角度以及巡检任务设备如表 1 所示。表中所列巡检内容和巡检手段可单独选用，也可以根据需要组合选用。

表 1 无人机输变配电巡检对象和内容

巡检对象		巡视内容	巡视拍摄角度
直线塔	悬垂绝缘子铁塔侧	绝缘子碗头R销，铁塔挂点金具	平视
	悬垂绝缘子导线侧	导线线夹，各挂板、联板等金具	平视
		碗头挂板R/W 销	俯视
地线悬垂金具	地线线夹及挂板	平视	
耐张塔	耐张绝缘子铁塔侧	调整板、挂板等金具	仰/俯视
	耐张绝缘子导线侧	导线耐张线夹，各挂板、联板等金具	仰视
	耐张绝缘子串	每片绝缘子表面及连接情况	俯视
	地线耐张金具	地线耐张线夹及挂板	仰视
	引流线绝缘子铁塔侧	绝缘子碗头 R 销，铁塔挂点金具	平视
	引流绝缘子导线侧	碗头挂板 R/W 销，引流线夹、联板等金具	俯视
引流线	引流线，间隔棒	平/俯视	

6.3 路径规划

输变配电巡检路径规划参见附录 A。

7 巡检作业流程

7.1 流程图

巡检作业流程图参见附录 B。

7.2 作业前准备

7.2.1 组织及分工

应根据巡检作业任务和所用机型，组建工作组并合理配置相应数量的人员，包括但不限于：

- a) 飞行作业组：负责巡检具体操作，不同机型作业人员推荐配置见 DL/T 2236—2021 附录 B；
- b) 数据处理及质量管理组：负责作业任务管理和资料整理；
- c) 项目管理组：负责巡检设备保养及管理。

7.2.2 信息收集

应根据巡检作业任务的明细和坐标，进行相应的信息收集，信息包括但不限于：

- a) 所在地区的地形地貌、海拔变化；
- b) 所在地区气象信息，包括降雨量、湿度、气温，最大风力等；
- c) 空域情况，包括禁飞区、军事管制、牧民牧区等特殊区域；
- d) 巡检作业对象的台账、卫星地图等资料，巡检线路周围地形地貌和周边交叉跨越情况；
- e) 巡检作业对象信息，包括设备信息、对象坐标等；
- f) 往年相关的巡检资料。

7.2.3 现场勘查

应对巡检任务区域，尤其是特殊区域，进行现场勘查，勘察应满足以下要求：

- a) 核对巡检线路现场的地形地貌、气候、巡检线路信息等，修正有误信息；
- b) 对特殊区域进行特殊勘察，确定禁飞区、牧民牧区、军事管制区实际区域位置，并进行沟通、协调。若无法正常巡检，及时记录并申请更换线路。

7.2.4 巡检作业方案编制

应根据收集及现场勘察的信息制定详细的巡检作业方案，方案内容包括但不限于：

- a) 巡检对象、巡检人员、巡检时间等巡检任务细节；
- b) 巡检项目进度控制措施；
- c) 巡检作业技术、巡检作业管理、质量管控措施等技术交底；
- d) 风险控制措施及安全管理措施；
- e) 数据处理及质量管理要求；
- f) 应急预案。

7.2.5 空域规划

应符合以下要求：

- a) 执行作业任务前，确认飞行空域符合中国民用航空局规定；
- b) 在无人机飞行空域受限的情况下，依照相关条例向飞行管制部门申请空域；
- c) 巡检作业空域选择避开居民生产生活设施。

7.2.6 工作许可

作业前，应满足以下要求并申请放飞许可：

- a) 核实巡检线路名称和杆塔号准确无误；

- b) 确认现场天气、地形和无人机状态适宜作业；
- c) 参照 GB 26859 的规定执行工作票制度。

7.2.7 人员准备

应满足以下要求：

- a) 对作业人员进行巡检任务信息交底，包括但不限于作业区段、作业时间、作业地点、巡检机型、巡检任务等；
- b) 对作业人员进行职责分工；
- c) 对作业人员进行危险点交底，实施并监督现场安全措施；
- d) 对作业人员进行航前检查、飞行巡检、航后撤收三个阶段进行巡检技术交底；
- e) 对作业人员进行状况检查，确保作业人员身体健康，精神状态良好，无妨碍作业的生理和心理障碍，作业前 8 h 及作业过程中不饮用任何酒精类饮品。

7.2.8 作业现场勘察及布置

7.2.8.1 作业前应无人机巡检作业现场勘察，填写记录表并存档，勘察内容包括但不限于：

- a) 核对巡检线路名称等巡检对象信息；
- b) 确认巡检线路情况，包括塔型、塔高、架线情况等；
- c) 观察巡检区段实际地形地貌及海拔变化，巡检线路是否交叉跨越或邻近其他线路，线路通道及附近有无道路、建筑、树木、水域、基站、禁飞区及人口密集区等；
- d) 初步选取的起降场地。

7.2.8.2 作业现场的布置应满足以下要求。

- a) 使用工作围栏划分不同的功能区，功能区包括地面站操作区、无人机起降区、工器具摆放区，各功能区应有明显区分。
- b) 起降区周围应设安全围栏，禁止行人和其他无关人员逗留；起降区的选择应满足以下要求：
 - 1) 不小于（2 m×2 m）大小的平整地面；
 - 2) 巡检全过程中，起降场地与无人机能保持通视，遥控、通讯质量良好；
 - 3) 周围无高大建筑、线路或树木等障碍物，或地下电缆等干扰源；
 - 4) 尽量避免将起降场地设在巡检线路或无人机飞行路径下方、交通繁忙道路及人口密集区附近。
- c) 地面站架设在起降区附近，通讯天线能保证在巡检全过程中与无人机无遮挡，通讯质量良好。
- d) 工器具摆放区整洁、有序，工器具放置整齐。

7.2.9 设备准备

7.2.9.1 应按照无人机操作规范及使用说明书要求组装和检查无人机、地面站及通讯设备。

7.2.9.2 常见的作业前检查项目及表 2。

表 2 常见的作业前检查项目及表 2

分系统	检查项目	要求
无人机	连接部件	连接可靠、牢固，螺丝无松动，卡扣扣紧到位
	转动部件	灵活可靠，旋翼无变形或损伤，高速转动无震动等异常
	机载通讯设备	遥控接收机、数传及图传发射机固定牢固、无松动，散热良好； 遥控、图传、数传天线连接可靠牢固、无遮挡
	飞行能源	电池及机载电子设备电量充足（按锂电池单芯满电电压4.2V计算）

分系统	检查项目	要求
	系统自检	系统各部分自检通过，无异常状况
	手动操控	手动模式下，测试遥控器各摇杆、开关对应无人机动作是否正常
	飞行模式	手动、增稳、定位模式可正常切换
任务载荷	云台	云台安装可靠，减震部件正常无损坏；云台自检正常；云台动作（俯仰、横滚、旋转）准确、灵敏、无卡住现象，有足够大的动作角度
	相机	相机安装牢固，视频输出线连接良好，无缠绕，遥控拍照、录像、变焦功能正常电量及可用存储充足；
通信设备	通讯天线	天线连接正确、牢固，指向无人机且无遮挡
	遥控器	遥感、开关灵活，参数正常，电量充足
地面站	地面站	电量充足，通讯质量良好，上、下行链路无异常； 可发出程控飞行指令，执行航线上传及重规划功能； 航线应先仔细检查，并根据实际情况变化完善修改后再上传

7.2.10 环境条件确认

根据掌握的环境数据资料和设备的性能指标，判断环境条件是否适合无人机的飞行，如不合适，应暂停或取消飞行。环境条件主要包括：

- a) 海拔高度；
- b) 地形地貌条件；
- c) 地面和空中的风向、风速；
- d) 环境温度；
- e) 环境湿度
- f) 空气含尘量；
- g) 电磁环境和雷电；
- h) 起降场地地面尘土情况；
- i) 气象条件（云高、云量、光照）。

7.3 作业实施

7.3.1 起飞

7.3.1.1 起飞前应再次确认设备全部正常，并向负责人申请起飞。

7.3.1.2 启动无人机动力系统后，应先小幅度拨动摇杆确认无人机反馈正常，逐渐推高油门，控制无人机平稳起飞。

7.3.1.3 无人机升至低空后，应确认定位悬停姿态稳定及地面站数据正常，注意观察无人机有无异响或不稳定等异常状况。

7.3.1.4 根据现场环境，操控无人机保持平稳姿态、以合适路径飞至巡检位置。

7.3.2 巡检飞行

7.3.2.1 作业过程中，作业人员之间应保持良好沟通，确保作业安全。

7.3.2.2 作业过程中应满足以下要求：

- a) 无人机巡检在线路外侧进行，禁止无人机进入导线间、导地线间飞行；
- b) 无人机悬停巡检时，保持无人机与巡检目标的安全距离；

- c) 无人机在杆塔间往返时，使无人机先远离线路，再以平行于线路的方向飞行，飞行中控制好速度与姿态，避免无人机误碰线路；
- d) 通过目视、图传、数传等多方面信息综合判断无人机状态，避免因距离及角度造成视觉误差；
- e) 时刻关注无人机通讯质量及剩余续航时间。

7.3.3 返航降落

巡检任务结束后，作业人员操控无人机飞回起降场地上方并平稳降落；在无人机距地面较近时应注意克服地面效应。

7.3.4 航后撤收

7.3.4.1 无人机旋翼还未完全停转前，严禁任何人接近。

7.3.4.2 无人机旋翼完全停转后，作业人员应先关闭动力电源，再关闭遥控器及地面站电源，将电池放回电池防爆箱。

7.3.4.3 确认所有设备状态良好后，进行设备撤收，定置收装各设备及工器具。

7.3.4.4 撤收完成后，应与设备清单核对，确保现场无遗漏。

7.3.5 其他

7.3.5.1 采用红外热成像仪的作业实施过程应符合 DL/T 664 的规定。

7.3.5.2 采用激光雷达的作业实施应符合 CH/T 8024 的规定。

7.4 作业后管理

7.4.1 设备管理

7.4.1.1 巡检作业完成后，作业人员应核对设备型号、数量，检查设备状态，做好记录。

7.4.1.2 清洁保养作业设备，对有故障的设备进行记录并上报。

7.4.2 数据分析与上报

7.4.2.1 巡检作业后，应导出并按照要求整理巡检数据，由专员对数据行分析处理和判别缺陷。

7.4.2.2 根据实际作业情况填写日报、周报和月报，定期提供相关作业任务的全部巡检及影像、报告等数据。

7.4.3 质量与安全审查

由专员随机在进行现场督察，对不合格项下达整改通知。

8 巡检作业要求

8.1 人员要求

应符合 DL/T 1482 的相关规定。

8.2 安全要求

应符合 DL/T 1482 的相关规定。

8.3 气象要求

应符合 DL/T 1482 的相关规定。

8.4 设备管理要求

8.4.1 设备使用应满足以下要求：

- a) 轻拿轻放，避免损坏无人机的舵面、舵机连杆、尾翼等易损部件；
- b) 拆装时，使用专用工具，避免过分用力造成设备和系统部件的损坏；
- c) 通电前先将接插件、线路正确连接，禁止通电状态下拔接插件；
- d) 接插件防止进水、进尘土，小心插拔，勿将插针折弯；
- e) 室内外温度、湿度相差较大时，电子、光学设备在工作环境下放置 10 min 以上，待设备内外温度基本一致、无水雾、无霜情况下，再通电使用；
- f) 阴雨天气下使用时，设备有防水、防雨淋措施；
- g) 太阳直射、且温度较高的环境下使用时，采取遮阳措施；
- h) 选用洁净、高质量的汽油和机油。

8.4.2 设备保养应满足以下要求：

- a) 按照设备生产厂商提供的《设备使用说明》（或《用户手册》）做定期保养；
- b) 在设备生产厂商有关规定不全面时，可根据当地的地理、气候特点以及设备的使用情况，由设备操作人员制订定期保养计划并严格执行。

8.4.3 设备装箱时应满足以下要求：

- a) 无人机装箱前，将油箱内的汽油抽空；
- b) 装有汽油的油桶、油箱避免放入密封的箱子内，远离火源、高温环境；
- c) 设备、部件擦拭干净；设备如受潮，晾干后再装箱；
- d) 运输包装箱内有减震、隔离措施；设备和部件使用扎带或填充物固定在箱内，防止振动和相互碰撞。

8.4.4 设备运输应满足以下要求：

- a) 易损设备或系统部件，装入专用的运输包装箱内；
- b) 运输中，设备应固定在车内，并采取减震、防冲击、防水、防尘等措施；
- c) 运输包装箱上的标签标志应符合 GB/T 191 的规定。顶面贴“小心轻放”、“防潮”、“防晒”等标签，箱体侧面贴上箭头朝上的标志。

8.4.5 设备储存应满足以下要求：

- a) 注意防潮、防雨、防尘、防日晒；
- b) 易受温度影响的设备，根据其性能指标，采取防高温和防低温措施；
- c) 数码相机、电脑等易受潮湿影响的设备，其包装箱内放置防潮剂；
- d) 设备长期不使用，应定期（最长不超过一个月）通电、驱潮、维护、保养，并检测设备工作是否正常。

8.5 数据分析要求

8.5.1 无人机返航降落后，应及时确认巡检数据的完整性和有效性，巡检数据无效或有缺失应立即补拍。巡检数据的检查内容见表 3。

表 3 巡检数据检查内容

项目	检查内容
影像数据	影像质量是否合格、数量与技术设计是否相符
位置和姿态数据	影像的位置和姿态数据与影像是否一一对应

8.5.2 巡检数据的分析结果应包括但不限于以下内容：

- a) 巡检对象缺陷位置、形状、大小；
- b) 缺陷的分级和分类；
- c) 巡检对象的运行状态和缺陷劣化趋势，缺陷处理结果。

8.5.3 红外热成像仪的数据分析参照 DL/T 664 的相关规定。

8.5.4 激光雷达的数据处理、质量控制、检查验收应符合 CH/T 3014 的规定。

8.6 总结要求

8.6.1 巡检作业完成后，作业人员应如实填写无人机巡检记录，交由工作负责人签字确认后存档。

8.6.2 应对巡检飞行资料进行整理，填写相关汇总表，内容包括但不限于：

- a) 云高、云量、能见度；
- b) 风向、风速；
- c) 航摄飞行设计底图；
- d) 航路点数据；
- e) 飞行航迹数据；
- f) 曝光点数据；
- g) 影像位置与姿态数据。

8.6.3 应对巡检作业执行进行总结，内容包括但不限于：

- a) 巡检人员工作情况；
- b) 巡检设备工作情况；
- c) 巡检作业流程和过程记录；
- d) 巡检任务计划及实际完成情况；
- e) 数据处理和数据质量检查情况
- f) 后续工作计划及注意事项。

8.6.4 应形成巡检作业报告，报告内容包括但不限于：

- a) 巡检作业概述；
- b) 巡检作业执行情况；
- c) 巡检数据分析结果。

8.6.5 如在巡检过程中发现紧急重大缺陷或隐患，应立即上报并尽快形成初步报告。

9 异常情况处理

9.1 应符合 DL/T 1482 的规定。

9.2 其他作业风险及控制措施参见附录 C。

附 录 A
(资料性)
无输变配电人机巡检路径规划

A.1 巡检要求

A.1.1 不同电压等级的线路，应先选择合适起降点（标准为 $3\text{ m} \times 3\text{ m}$ 平地），操控无人机起飞后，按图上标识序号依次进行巡检作业，每个位置拍照 2 张。

A.1.2 巡检过程中，500 kV 以上电压等级线路应保持飞机与目标物间的距离约为 10 m，500 kV 以下线路应保持距离约为 5 m。在进行杆塔跨越时，无人机应高于塔顶 10 m 以上。220 kV 及以下电压等级线路参照执行。

A.2 巡检路径

A.2.1 220 kV 单回直线塔巡检路径见图 A.1。

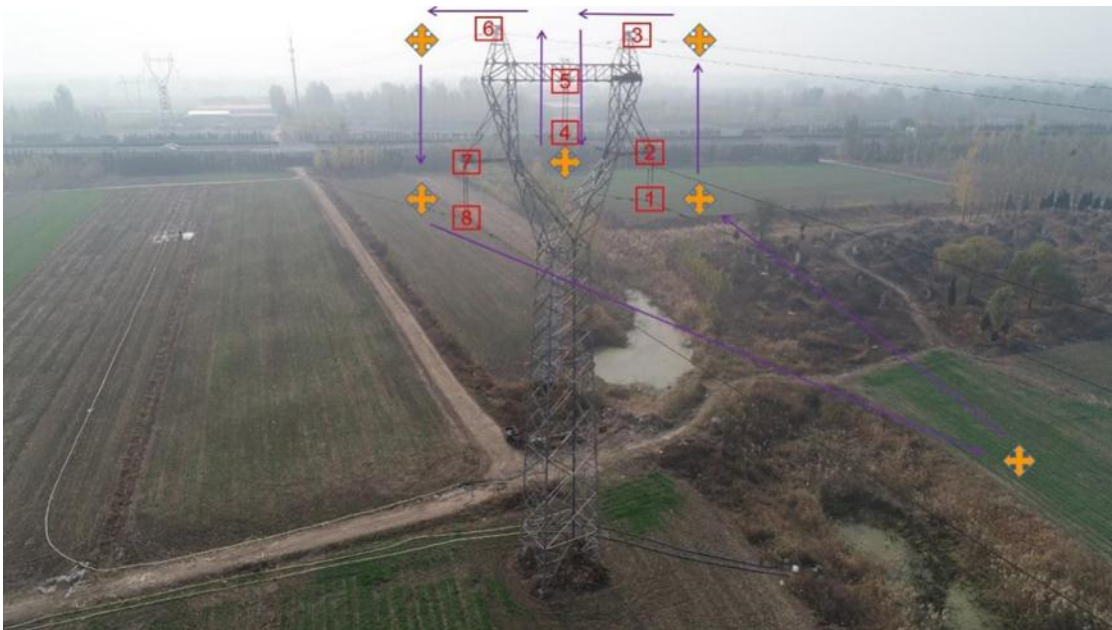


图 A.1 220 kV 单回直线塔巡检路径示意图

A. 2. 2 220 kV单回耐张塔巡检路径见图 A. 2。

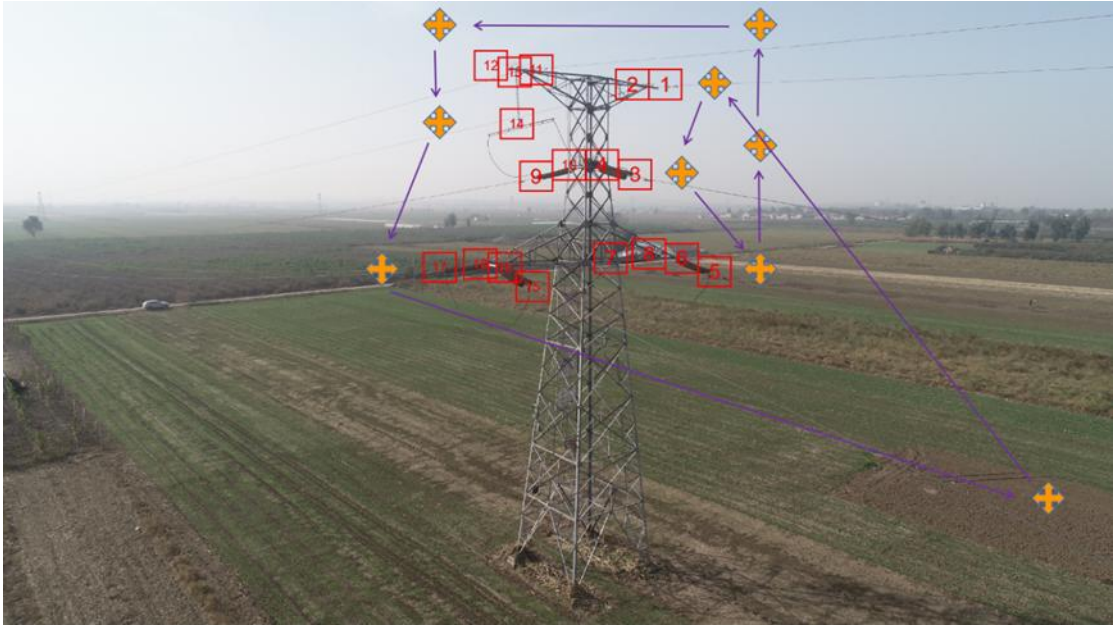


图 A. 2 220 kV 单回耐张塔巡检路径示意图

A. 2. 3 220 kV单回直线塔（水泥杆塔）巡检路径见图 A. 3。

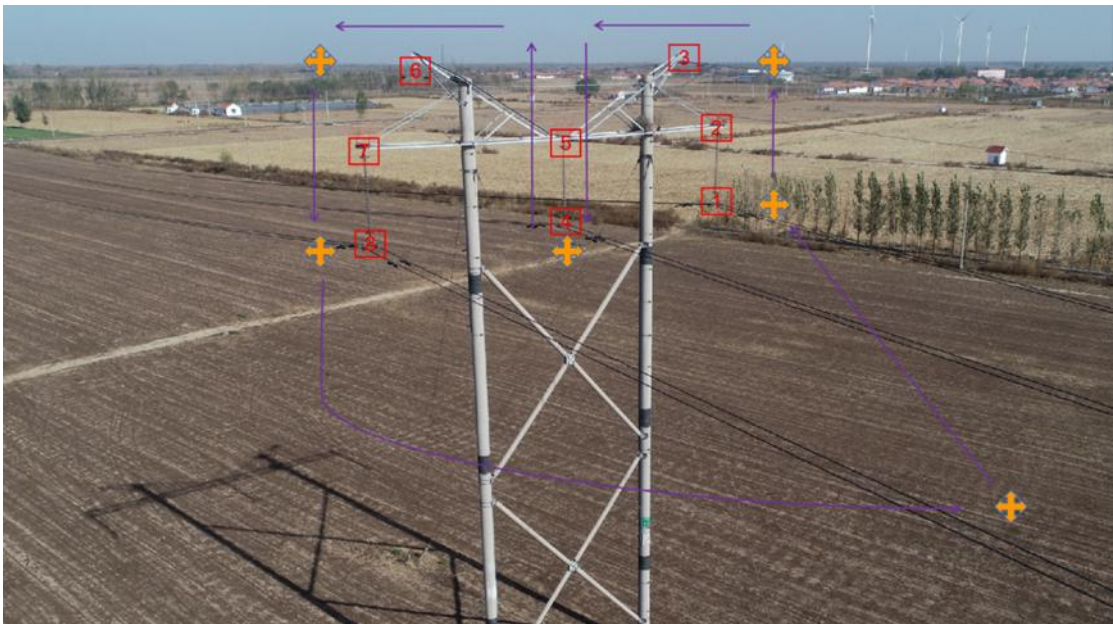


图 A. 3 220 kV 单回直线塔（水泥杆塔）巡检路径示意图

A. 2.4 220 kV单回耐张塔（钢管门型杆塔）巡检路径见图 A. 4。



图 A. 4 220 kV 单回耐张塔（钢管门型杆塔）巡检路径示意图

A. 2.5 220 kV双回直线塔巡检路径见图 A. 5。

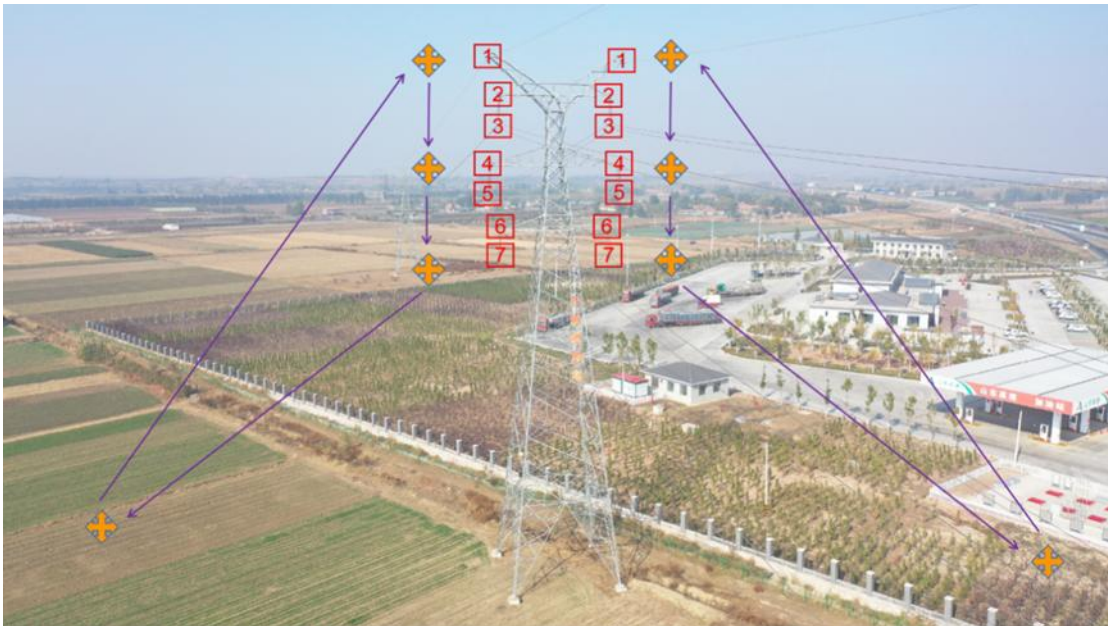


图 A. 5 220 kV 双回直线塔巡检路径示意图

A. 2. 6 220 kV双回耐张塔巡检路径见图 A. 6。

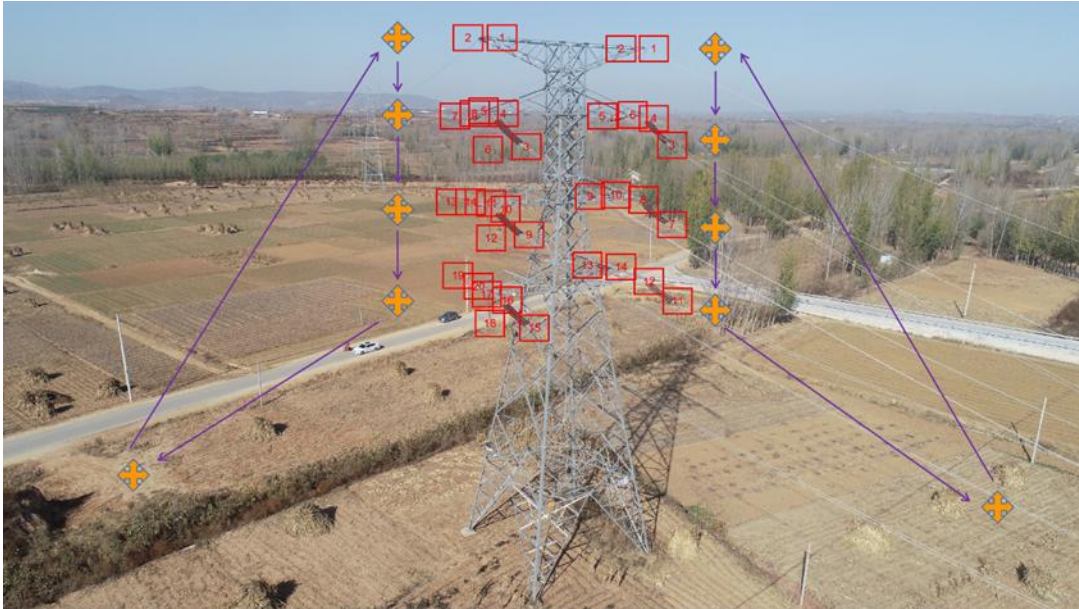


图 A. 6 220 kV 双回耐张塔巡检路径示意图

A. 2. 7 110 kV电压等级交流线路单回直线塔巡检路径见图 A. 7。

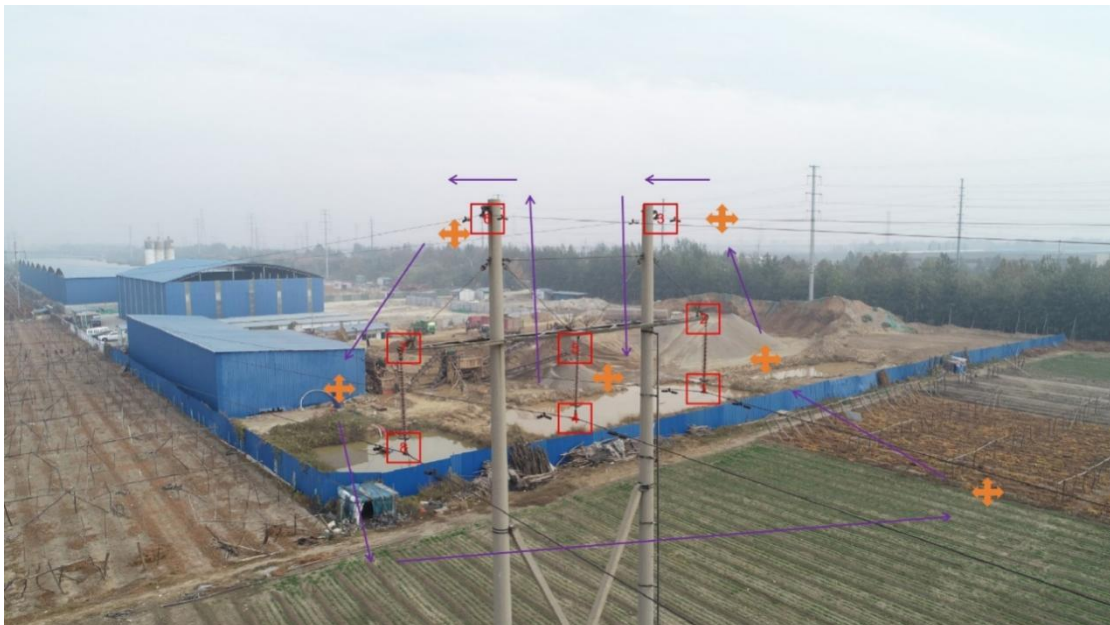


图 A. 7 110 kV 电压等级交流线路单回直线塔巡检路径示意图

A. 2. 8 110 kV电压等级交流线路单回直线塔巡检路径见图 A. 8。

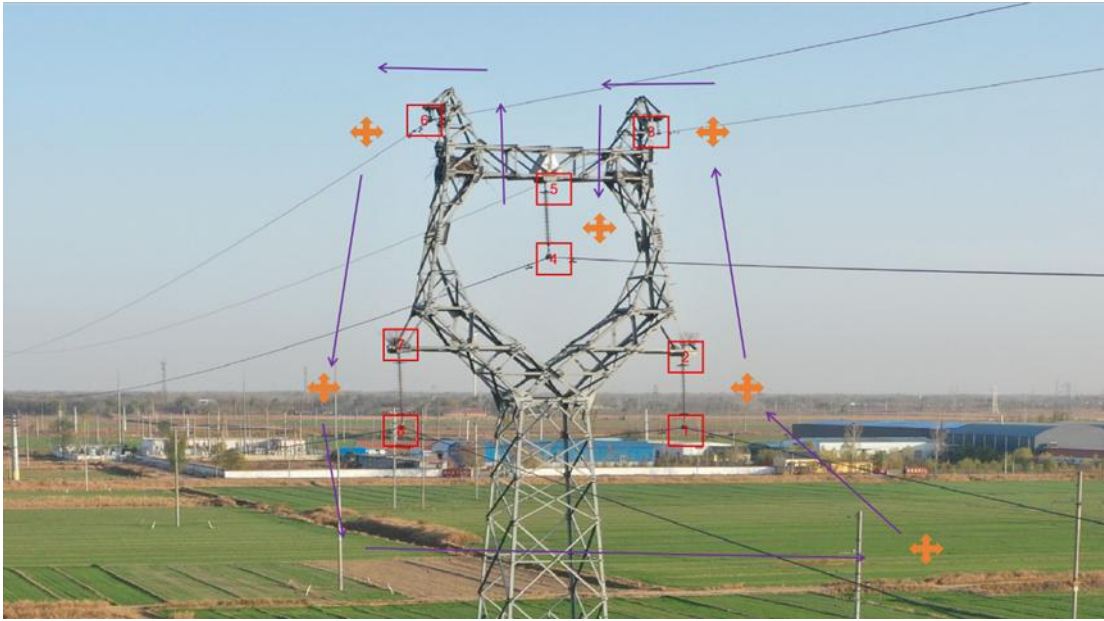


图 A. 8 110 kV 电压等级交流线路单回直线塔巡检路径示意图

A. 2. 9 110 kV电压等级交流线路单回耐张塔巡检路径见图 A. 9。

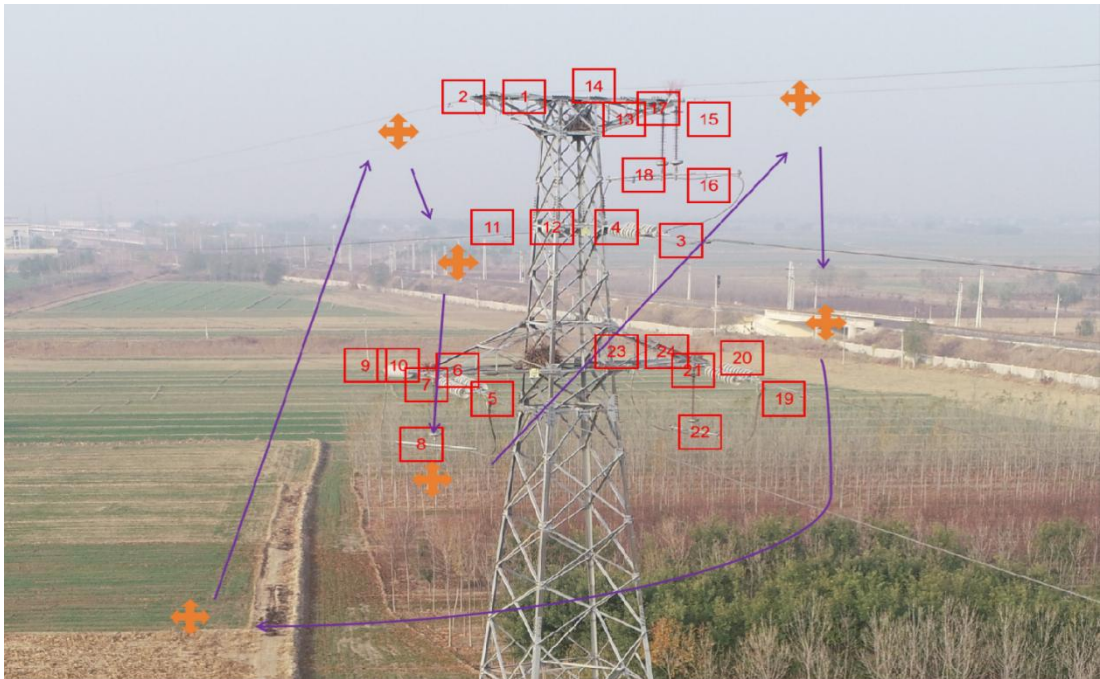


图 A. 9 110 kV 电压等级交流线路单回耐张塔巡检路径示意图

A. 2. 10 110 kV电压等级交流线路单回门型耐张塔巡检路径见图 A. 10。

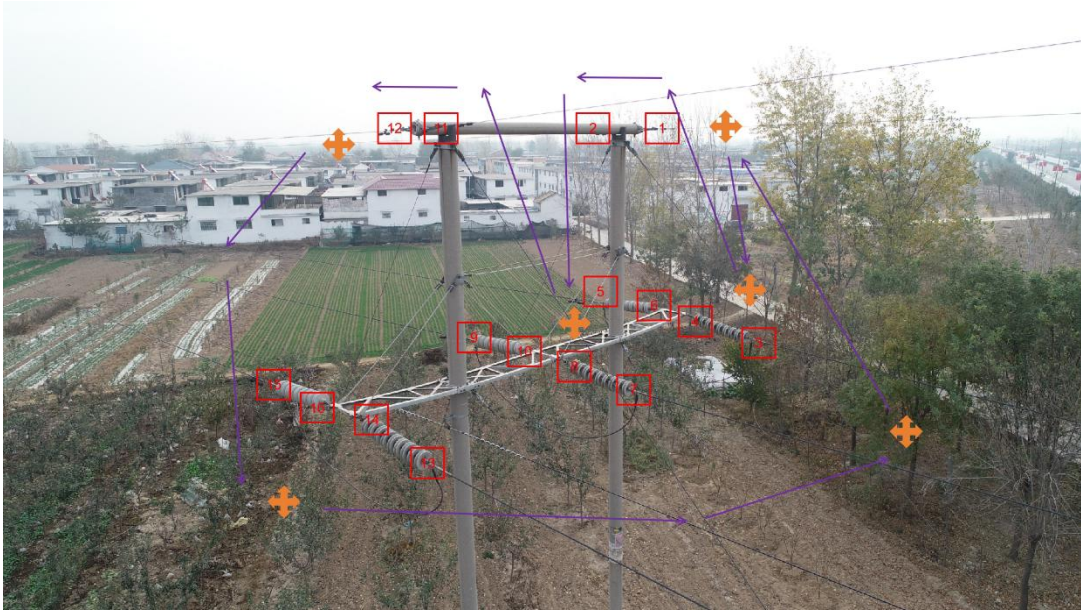


图 A. 10 110 kV 电压等级交流线路单回门型耐张塔巡检路径示意图

A. 2. 11 110 kV电压等级交流线路双回直线塔巡检路径见图 A. 11。

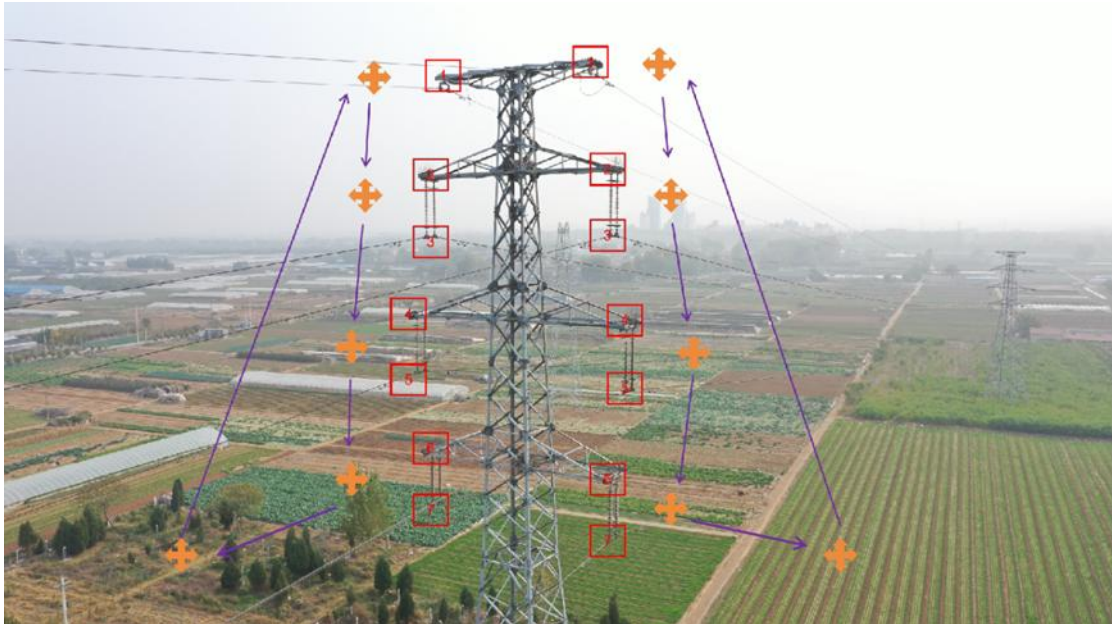


图 A. 11 110 kV 电压等级交流线路双回直线塔巡检路径示意图

A. 2. 12 110 kV电压等级交流线路双回耐张塔巡检路径见图 A. 12。

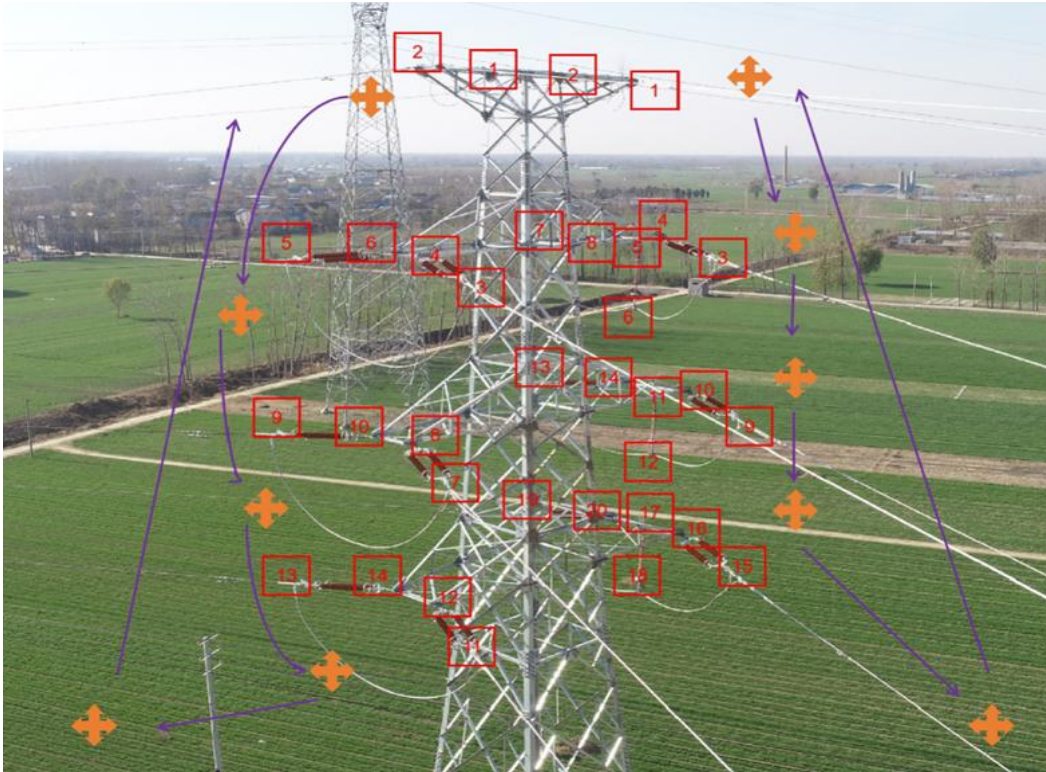


图 A. 12 110 kV 电压等级交流线路双回耐张塔巡检路径示意图

附录 B
(资料性)
无人机输变配电巡检作业流程

B.1 无人机输变配电巡检作业流程见图 B.1。

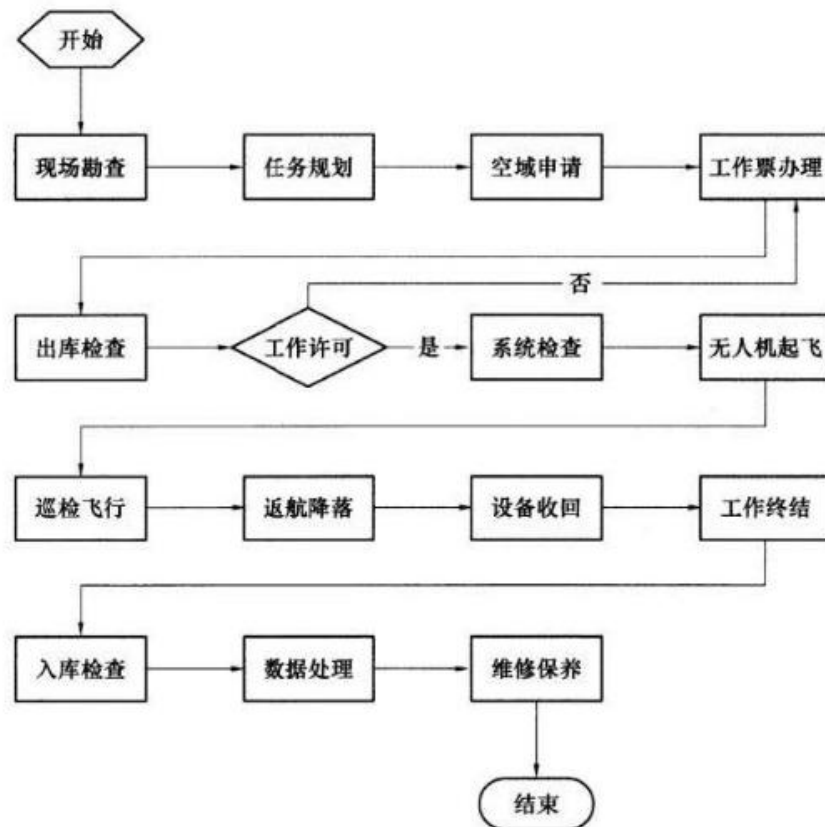


图 B.1 无人机输变配电巡检作业流程图

附录 C

(资料性)

无人机输变配电巡检作业风险及控制措施

C.1 无人机输变配电巡检作业风险及控制措施见表 C.1。

表 C.1 作业风险及控制措施

风险类型	风险名称	风险来源	风险控制措施
设备	运输安全	设备运输磕碰损坏	设备配备专业运输箱，并在车上固定位置放置
	设备安全	无人机相关设备被借用及损坏	加强物资管理，做好登记，及时对损坏设备进行补充
	设备异常	无人机维护不及时	无人机每次作业后需进行检查，及时升级固件及禁飞数据库
人员	人员资质	人员不具备对应机型的驾驶合格证	1、对作业人员进行巡检、考核、持证上岗； 2、飞行小组必须均持有驾驶员合格证。
	人员疲劳	人员长时间作业导致操作疲劳	1、对重要岗位备岗，轮换作业； 2、操控手与司机不得兼任。
	人员中暑	高温环境持续作业	1、准备充足的饮用水，配备必要的劳保用品； 2、携带防暑药品。
	高原反应	海拔较高，空气稀薄	1、为作业人员配备高原便携式氧气瓶； 2、携带预防高原反应的药物。
	人员精神	人员精神萎靡不振	1、作业前 8 个小时不允许喝酒； 2、不服用精神类药物； 3、按时作息。
	蚊虫叮咬	蛇、蚊虫叮咬	携带驱蛇、驱蚊虫药物
飞行	起降现场	场地不平坦、周围有遮挡、有干扰源	1、选取平坦的地面起飞； 2、远离密集建筑、树林、混凝土地面； 3、拉起警戒带，严禁安全范围内存在人或物品。
	飞行故障	飞行过程中零件脱落	起飞下详细检查，确保各零部件连接牢固、桨叶安装正确、电池安装到位
		GPS 故障或信号接收故障	1、起降场地 GPS 信号差，终止飞行； 2、视距外信号丢失，等待飞机重新获得 GPS 信号，及时返航，并做好飞机坠毁准备，及时到达飞机出事位置； 3、预设通信中断自动返航功能。
	飞行事故	巡检范围内存在影响飞行安全的障碍物（交叉跨越线路、通信铁塔等）或禁飞区	1、巡检前做好巡检计划，充分掌握巡检线路及周边环境情况资料； 2、现场充分观察周边情况； 3、作业时提高警惕，保持安全距离； 4、不进入禁飞区飞行。
恶劣天气影响		1、作业前应及时全面掌握飞行区域气象资料，严禁在雷、雨、大风或者大雾等恶劣天气下进行飞行作业； 2、在遇到天气突变时，应立即返场。	