

# 电力行业无人机解决方案

Unmanned aerial vehicle solution for power industry

南京木牛自动化系统有限公司



## 目 录

1

电力巡线行业的概述与分析

2

木牛无人机电力巡线解决方案

3

电力巡线项目案例展示

## 电力巡线视频案例

附件安装验收



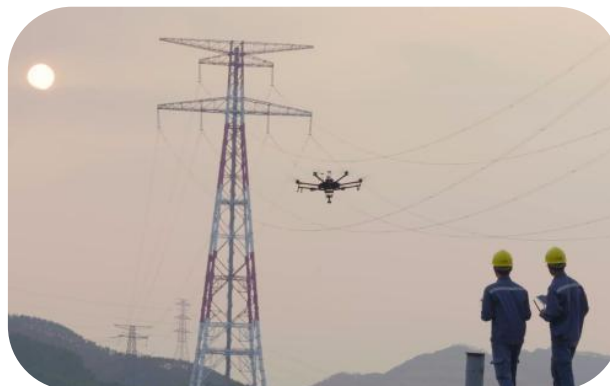
## 1

## 电力巡航行业的概述与分析



## 行业背景

我国目前已经形成了华北，东北，华东，华中，西北和南方电网qi' zh六个跨省区域电网，110KV以上的输电线路已经达到51.4万KM。根据资料表明，我国每年在电力行业的整体投入是在1000亿元，其中的硬件设施在73%，说明了输电设备在我国电网建设中的比例越来越大，随着电网的日益扩大，巡线的工作量也日益增大。100KM的巡线工作需要20个巡线人员一天才能完成。因此传统的巡线方式已经满足不了现代的电力需求了。



## 行业需求

争对高压输电线的运行管理模式与常规的作业方式，表明了传统的巡线方式面临着困难有：劳动强度过大，工作条件艰苦，劳动效率低下，遇到极端天气与紧急故障维修人员反应较慢，利用传统的普通仪器与肉眼进行巡查设施维护，这种方式已经远远不能满足现代电网的需要了。



## 行业需求分析



人工巡查：利用望远镜进行巡查，效率及其低下



极端天气，维修人员无法做出快速反应



有人直升机巡线：危险系数大，成本费用较贵



大型设备无法进入，对巡检工作带来不便

**传统巡线存在的问题**

**第一：**巡线距离长、工作量大、步行巡线效率非常缓慢，无法提高巡线效率

**第二：**遇到冰雪水灾、地震、滑坡等自然灾害天气时，巡线工作将无法开展。

**第三：**山区巡线具有高风险性，时刻威胁巡线人员生命安全。在山区林区有毒生物越来越多，特别是夏季的“蜱虫”一旦被咬将危及性命，威胁最大的是那些看不见的陷阱和捕兽夹。

VS

**无人机取而代之的优势**

**无人机自身优势：**携带方便、操作简单、反应迅速、载荷丰富、任务用途广泛、起飞降落对环境的要求低、自主飞行

**无人机的行业优势：**

**第一：**无人机巡线提高了电力维护和检修的速度和效率，使许多工作能在完全带电的环境下迅速完成，确保了用电安全。据相关信息表明：无人机巡线比人工巡线效率高出 40 倍。

**第二：**采用无人机进行常规输电线路巡查，可降低劳动强度，与有人直升机巡线相比，可提高巡线作业人员的安全性，并且降低了成本。

**第三：**无人机具有巡线速度快、应急瞬速的特点并及时发现缺陷，及时提供信息，避免了线路事故停

[www.automaticox.com](http://www.automaticox.com)

# 智慧 方案

## 木牛智慧巡线如何解决行业的痛点

木牛自动化系统有限公司积极探索电力行业的发展现状，深入巡检一线最底端了解电力发展痛点与实际需求。积极探索市场模式，结合周边资源、打造了一套适合中国电网巡检发展的解决方案。



# 2

## 木牛无人机电力巡线解决方案

## 飞行培训

ACPA CHINA

中国航空器拥有者及驾驶员协会

Aircraft Owners and Pilots Association—People's Republic of China

机长

驾驶员

职业  
培训

执照展示

视距内驾驶员



超视距驾驶员



木牛坚持给客户带来一站式便利化服务

## 服务方案选择

## 【多旋翼无人机巡检行业优势】：

- 1) 提高了电力维护和检修的速度和效率，使许多工作能在完全带电的环境下迅速完成，确保了用电安全。（无人机巡线比人工巡线效率高出40倍）
- 2) 可降低劳动强度，与有人直升机巡线相比，可提高巡线作业人员的安全性，并且降低了成本。
- 3) 巡线速度快、应急瞬速的特点并及时发现缺陷，及时提供信息，避免了线路事故停电，挽回了高额的停电费用损失。
- 4) 避免了巡线风险，保障巡线人员生命安全。山区林区有毒生物越来越多，特别是夏季的“蜱虫”一旦被咬将危及性命，威胁最大的是那些看不见的陷阱和捕兽夹。



多旋翼无人机



固定翼无人机

## 【固定翼无人机巡检优势】

固定翼无人机具有飞行速度快（最高速度可大120公里/小时）、作业范围广（可连续续航达100公里）、载荷丰富（可见光相机、红外吊舱、激光雷达）等特点，在电力巡检中主要用于对线路通道的拍摄，能快速准确地找到故障，特别适用于跨江河、跨高山等困难巡视线路段，并可在动力电池充足的情况下，最大程度延长巡视距离和范围，以巡检更多基杆塔，充分提高巡检效率。

争对不同的需求，选择不同的方案，效率与精准的完美融合。

## 方案组成

Solution composition

多旋翼无人机



飞行控制系统



遥控器



动力电池



摄像机\热成像设备



地面控制站  
(手机\PC)



基站  
等地面设备



动力充电器、  
发电机等



## 方案组成

Solution composition



高性能IMU 双备份双GPS 定位精确

一键返航 失控返航 低电压保护 智能航向

温度补偿算法 2-12S 高压电源管理

智能航线规划与生成

支持飞行数据实施记录与分析

电机停转及断桨保护（六旋翼以上）



## 方案组成

Solution composition



### 动力系统

K5000多旋翼动力系统。包含M60电机、E80HV电调和P22折叠螺旋桨，适用于6轴农业植保机。设计载荷3.5Kg-4.5Kg克/轴，最大拉力10Kg克/轴，满载20-24千克。



## 方案组成

Solution composition



### 相机

X30光学变焦云台相机，内置500万像素，三轴增稳云台，星光级低照度，云台控制精度高达 $0.005^{\circ}$



## 方案组成

## Solution composition



## 行业地面站

提前预设并规划地面站航线航点，设定区域飞行模式，实时监控无人机飞行作业状态。



## 方案组成

Solution composition



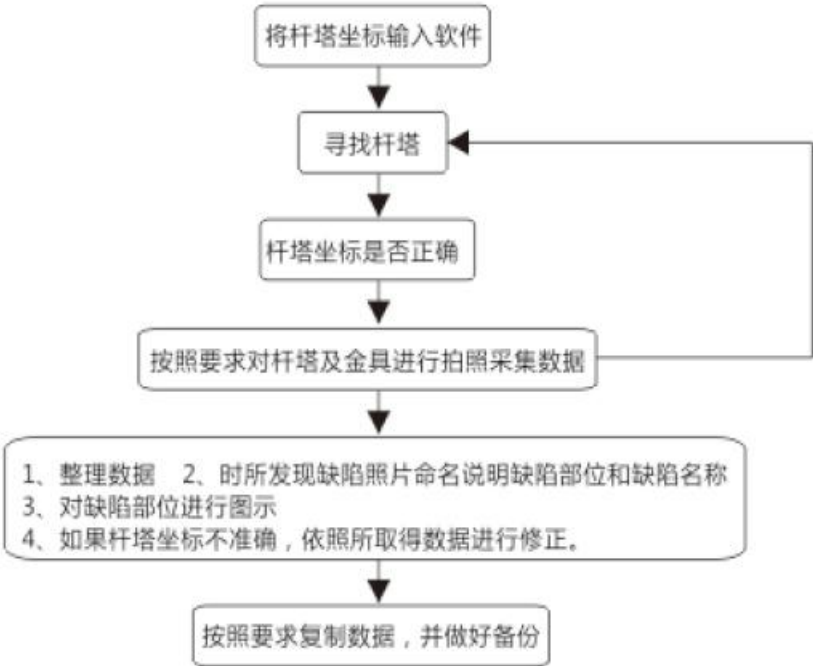
### 指标参数

表 2 天府机体指标参数

项目	参数
外形尺寸 (直径×高)	1200×540 (mm)
螺旋桨	2170
电机	6010
电子调速器	1240S/X
直臂结构	等径折臂式
机身/支臂/起落架	航空碳纤维复合材料
机舱盖	航空透玻材料
标准起飞重量	10.5kg
空载起飞重量	10kg
最大起飞重量	20kg
最大负载重量	10kg
最大续航时间	60min (起飞重量 10.5kg)
抗风能力	14m/s (6 级)
飞控范围	可飞行高度≥500m, 最大可控制半径 15000m, 最大工作海拔 5000m
速度	升降速度 6m/s, 巡航速度≤25m/s (安全性)
悬停精度	水平方向±2m, 垂直方向±1m
飞行方式	自主飞行, 可手动飞行
作业安全性	飞行高度 120m
动力方面	22000mAh*2, 22.2V, 25C
测控链路通讯距离 (km)	5/10
工作环境 (温度/湿度)	(-10℃~+50℃/20% to 93%RH)
存储环境 (温度/湿度)	(-20℃~+60℃/20% to 93%RH)



巡检工作流程




成果汇报展示

盐城市供电局500kv xxx电线无人机巡检报告					
巡检情况					
项目名称	500KV XXX电线				
巡检区段	M15-WDC				
巡检员	鲁锦亮			韩俊	
飞机型号	木牛天府无人机			操作手	鲁锦亮
巡检方式	定点巡检可见光拍摄			巡检仪器	光学30倍变焦
巡检时间				2017年x月x日 13.30—16.00	
缺陷统计					
巡检方式	紧急	重大	一般	其他	合计
定点巡检可见光拍摄	0	2	4	0	6
紧急重大汇总					
序号	缺陷描述		缺陷等级	巡检方式	详情
1	500KV XXX线WDC区域第2座高压线塔顶部铆钉丢失		重大	可见光	附件一

样本报告



## 样本报告展示

附件（一）一般缺陷报告书		
线路名称：	杆塔号N17	巡检方式：可见光巡检
缺陷等级：一般		
缺陷描述	500KV xxx线N17塔绝缘子环脱落	
		

## 案例成果展示

500kv xxx线N18 OPGW光缆小号侧挂点螺栓缺失



500kv xxx线N17复合绝缘子脱落



500KV xxx线N17右CPCW有螺丝松动异常



500kv xxx线N19 下相相序屏褪色

**设备选择：**

垂直起降固定翼无人机



Ap101自驾仪：中型电动固定翼飞机专用飞控

**【固定翼无人机通道巡检】**

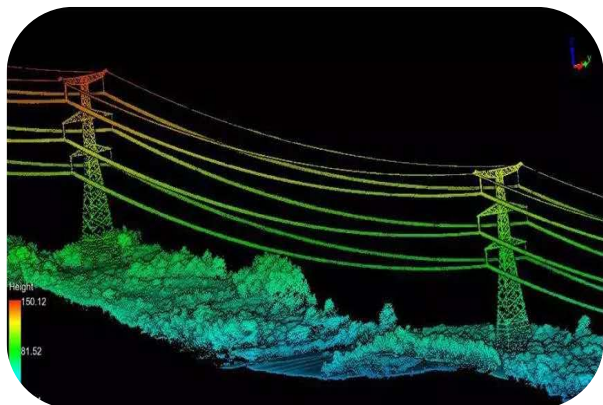
固定翼无人机具有飞行速度快（最高速度可大120公里/小时）、作业范围广（可连续续航达100公里）、载荷丰富（可见光相机、红外吊舱、激光雷达）等特点，在电力巡检中主要用于对线路通道的拍摄，能快速准确地找到故障，特别适用于跨江河、跨高山等困难巡视线路段，并可在动力电池充足的情况下，最大程度延长巡视距离和范围，以巡检更多基杆塔，充分提高巡检效率。

可见光相机：全画幅，3640万像素



# 3

## 电力巡检案例展示



### 【激光雷达树障分析优势】

输电线路树障分析的传统方式是人工巡检，需要人工携带仪器实地测量检查，误差大、效率低、线路巡护人员工作负担重，而传统无人机可见光巡检与人工巡检相比，虽然作业效率得到了提升，但搭载的可见光相机等设备这些技术的空间定位精度均不高，更重要的是，通过航空影像数据很难精确判断线路走廊地物（比如树木等）到线路的距离，而距离不足引发的线路闪络最终导致线路跳闸是许多线路安全事故的初始诱发因素。

通过激光雷达系统巡线采集、处理电力沿线的激光点云，实现电力线路的真实三维重建，恢复电力线的沿线地表形态、地表附着物（建筑、树木等）、线路杆塔三维位置和模型等，精准、高效，大大减轻线路巡护人员工作负担，夯实输电线路安全基石。

## 案例一：电力巡线之树障分析

### 任务要求：

- 1、三维重建要求：杆塔结构清晰、绝缘子、通道、导线清晰可见，同时线路弧垂和交叉跨越距离可以准确量测。激光点云数据中不同电压等级线路、铁路的交叉跨越距离测量（厘米级精度）。
- 2、数据要求：能够准确测量出树障点的位置、高度、距离及获取更多有关于树障点的信息。



### 软件选用：

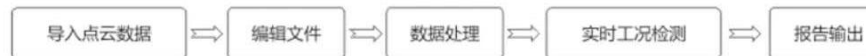
LiPowerline是放光雷达电力巡线软件，通过海量点云数据的处理分析，快速精准提取电力通道内的危险目标信息，并为综合模拟工况下的电力安全运行提供分析预测。

### 作业流程：

#### 外业作业流程：



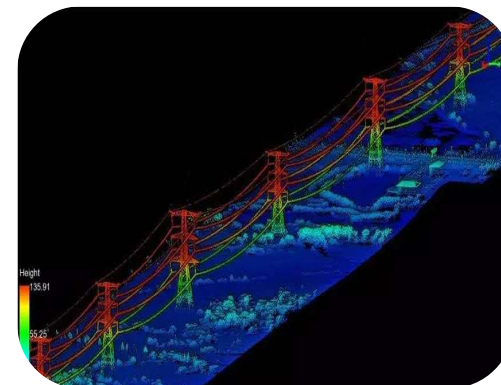
#### 内业作业流程：





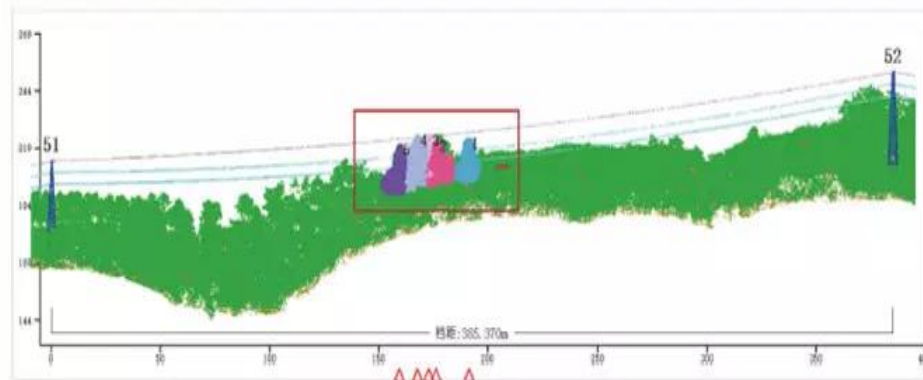
## 成果输出

点云数据

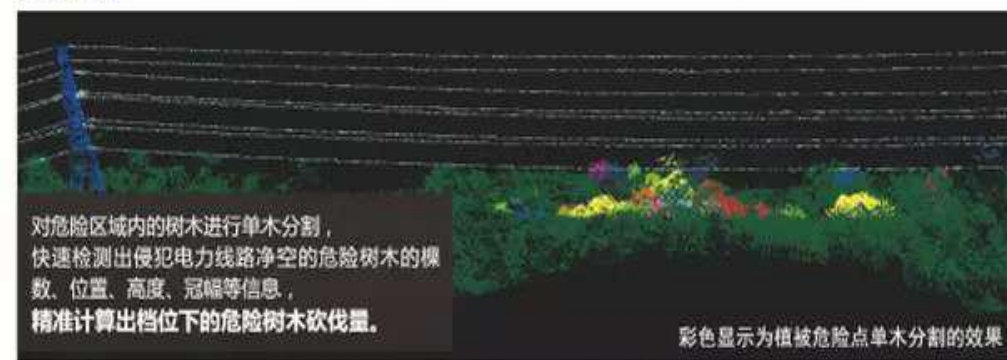


树障分析

## 树倒危险点检测



## 实时工况



对危险区域内的树木进行单木分割，快速检测出侵犯电力线路净空的危险树木的棵数、位置、高度、冠幅等信息，精准计算出档位下的危险树木砍伐量。

彩色显示为植被危险点单木分割的效果

	TreeLocationX	TreeLocationY	TreeHeight	CrownDiameter	CrownArea	ownVolun
1	48.7748, 85.87	27.4473, 3.44	55.610	3.321	8.662	17.554
2	48.7748, 85.87	27.4473, 3.44	55.500	3.696	10.726	30.261



### 【变电站避雷针无人机巡检的优势】

变电站构架避雷针很容易存在法兰、螺栓锈蚀甚至松动脱落的隐患，特别是处于风场迎风侧最上游的钢管避雷针，在湍流强度较低的流场中和适宜的风速条件下，可能发生涡激共振。而在涡激共振往复荷载的持续作用下，钢管避雷针底部法兰盘连接螺栓可能发生疲劳开裂，导致螺栓有效工作面积减少，直至在大风中带伤螺栓彻底断裂，导致避雷针倾倒，损坏设备，影响正常供电。

变电站内的避雷针高度一般为30到50米，在日常巡视时，运维人员无法观察到避雷针顶部的缺陷情况，通过无人机则可以清晰的看到到避雷针是否存在构架锈蚀、螺栓松动及大风造成的避雷针断裂等现象。无人机近距离清晰地观察，视角更广，可以获取可视化资料，真正做到无死角、无盲区巡检。

## 案例二：电力巡线之变电站避雷针巡检

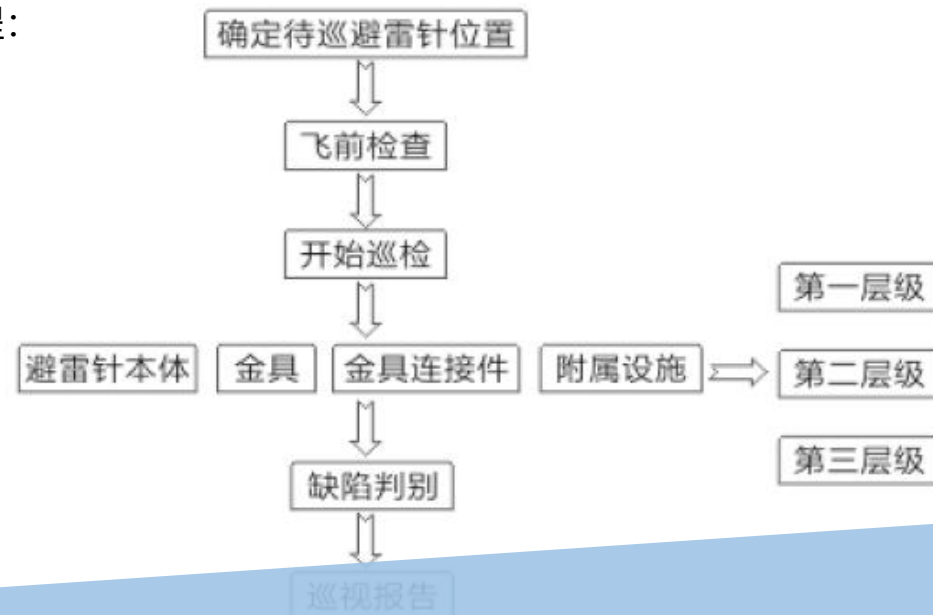
### 任务要求：

- 1、采用多旋翼无人机拍照、录像等方式对 500kV 和 220kV 变电站避雷针进行精确巡视，查找避雷针上存在的锈蚀、螺帽松脱等缺陷，为检修人员及时消除避雷针缺陷提供有效的支撑，从而保障变电站电力设备的安全运行。
- 2、巡检结束后，提供完整的无人机避雷针巡检原始数据、处理数据、巡视报告等相关的技术资料。



无人机多旋翼对500kV和220kV变电站避雷针进行精确巡视的难点在于变电站内极强的电磁干扰等原因，会引起无人机的磁罗盘难以校准、GPS信号丢失等状况。天府内置RTK定位系统，抗磁干扰，定位精度达厘米级，在电塔和电线附近能确保稳定飞行，精准悬停，大幅提升可靠性。用普通航拍无人机的时候，需要离电塔很近才能看清细节，操作要非常小心，贴近电塔飞行的危险性较大。天府挂载Z30相机，拥有30倍变焦能力，能从10米外捕捉电塔的细节

### 巡检流程：



## 案例二：电力巡线之变电站避雷针巡检

巡视对象包含但不限于以下内容：

序号	巡视对象	内容描述
1	本体	独立避雷针无倾斜、摆动、基础沉降现象
2	引下线	避雷针与引下线连接不可靠等现象
3	接地体	独立避雷针及其接地装置与道路或建筑物的出入口等的距离应大于 3m。当小于或等于 3m 时，应采取均压措施或铺设卵石或沥青地面
4	接闪器	焊接接头无裂纹、锈蚀、镀锌层脱落现象
5	接闪器	避雷针连接部件无松动、开裂、锈蚀
6	接闪器	独立避雷针构架不应安装其他设备
7	接闪器	钢管避雷针应有排水孔
8	接地体	独立避雷针须有双接地
9	接闪器	运行编号标示清晰可识别
10	本体	检查避雷针本体和附属设施上平面（常规巡查死角处）有无以下缺陷、变化或情况
11	金具	金具锈蚀、变形、磨损、裂纹，开口销及弹簧销缺损或脱出，特别要注意检查金具经常活动、转动的部位的金具；

- 1、多旋翼无人机系统对变电站避雷针进行逐节精细化巡视，无人机将飞停在避雷针每一层级，对该层级避雷针本体、金具、金具连接处和附属设施进行精确拍照。
- 2、无人机巡视以超低空飞行为主，保证在不登塔的情况下对避雷针本体、金具、金具连接处和附属设施进行无死角精确拍照。
- 3、多旋翼无人机获取高清图像后，通过专业人员对每张图片进行后期识别、疑似缺陷判别，标注后提交甲方。
- 4、对避雷针本体、金具等重要部位留有影像资料，对于每支避雷针建立资料档案。
- 5、巡检结束后，提供完整的无人机避雷针巡检原始数据、处理数据、巡视报告等相关的技术资料。



## 成果输出





### 案例三：电力巡线之红外热成像巡检



#### 【无人机红外热成像巡检优势】

红外热成像技术与无人机结合，打破光线和空间的限制，可随时随地捕捉清晰、精准的热图像，输电线路无人机红外热成像电力巡检，能迅速锁定出现故障的地方以便及时修复，尤其是在能见度低、人工难以攀爬或有危险的位置进行探测时，可大幅度减少由于人员疲劳或位置危险所导致的检测遗漏，提高检测效率，降低维护成本，完成安全高效的巡检作业，具有高安全性、高效率性、运行成本低等明显优势。

### 任务要求:

利用无人机携带的高精度红外热像仪在绝缘子、线路金具、导线与金具连接处和附属设施、进行精确拍照检查测温检测，形成杆塔红外图谱，并且对红外图谱片进行快速诊断，及时发现线路本体发热缺陷，确保重要“三跨”区段线路安全运行。



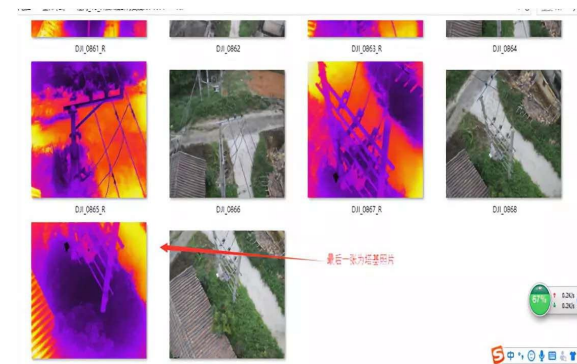
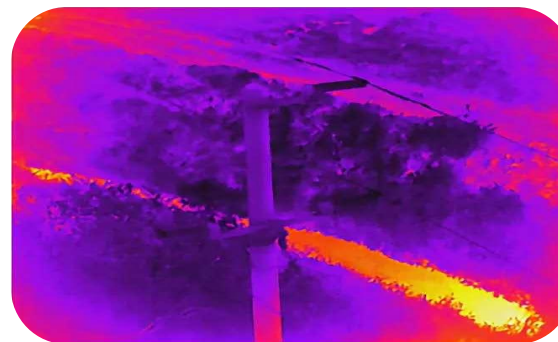
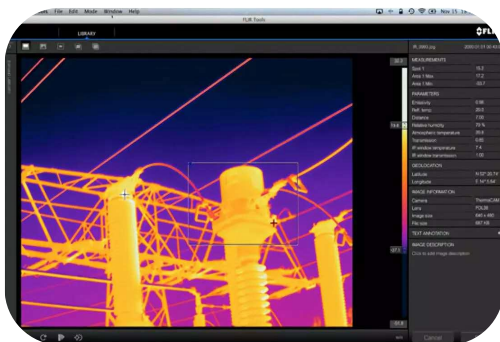
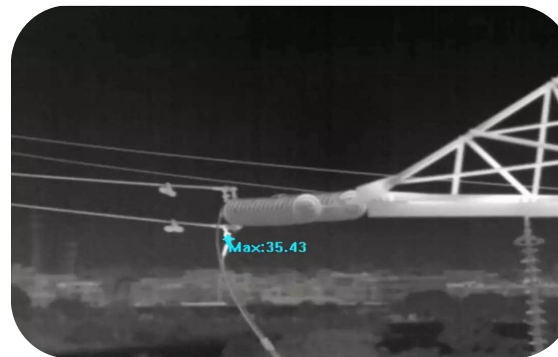
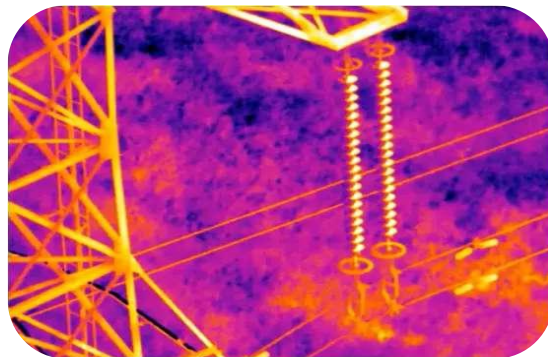
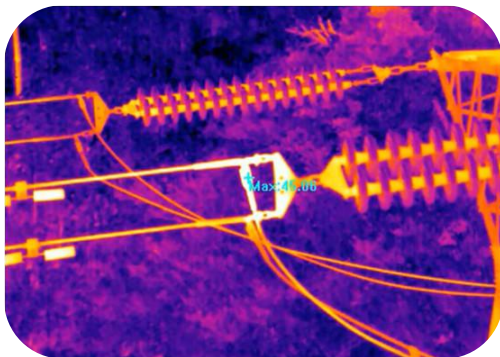
Zen muse XT 2云台相机搭载FLIR长波红外非制冷热成像相机机芯与可见光相机，可同时拍摄热成像与可见光影像，并支持两者融合显示，提供细节更丰富的影像。其中热成像相机有640x 512和336x256两种分辨率型号，提供9mm、13mm、19mm与25mm多种规格选配镜头，均具备数字变焦功能；可见光相机可录制4K视频与拍摄1200万像素照片。

### 巡检流程：

- 1、首先通过任务规划进行日常巡检，提前预设安全温度，信息将实时传输至地面站。如发现异常发热情况，地面站将显示安全警告通知，同时无人机将在热源处多方位悬停拍照，重点检查。
- 2、采集要求对每个杆塔的部件进行拍摄，每个拍摄点对应一张可见光成像和热成像，同时第一张照片为全塔照片，最后一张为塔基照片，这样方便数据整理人员整理数据。
- 3、飞行方向统一规定为小号往大号侧飞，一个角度不能拍全部件的，按照从左往右的顺序拍摄。如需大号往小号侧飞，拍摄角度应按照小号往大号的角度的拍摄。
- 4、飞行高度根据镜头参数决定，如禅思XT2镜头测温距离是6-8米，那无人机距离需测温物体6-8米。



## 成果输出





## 案例四：电力巡线之输电线路的三维建模

### 【倾斜摄影三维建模技术简介】

倾斜摄影技术是国际测绘领域近年来发展起来的一项高新技术，颠覆了以往正射影像只能从垂直角度拍摄的局限，通过在同一飞行平台上搭载多台传感器，同时从1个垂直、4个倾斜共5个不同的角度采集影像，将用户引入了符合人眼视觉的真实直观世界[1]。

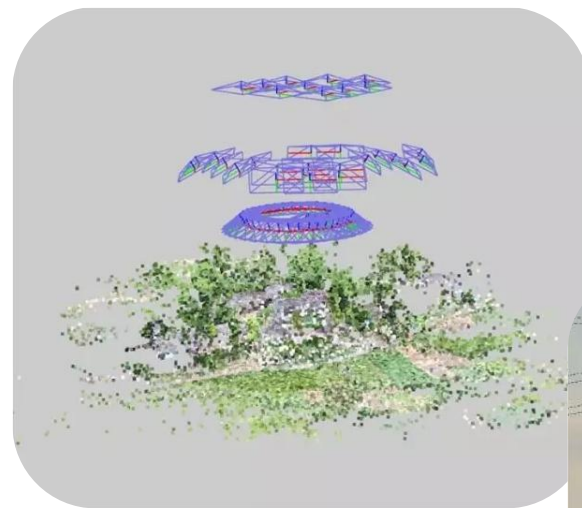




### 【三维建模在电力行业的应用】

实景建模指利用照片和点云采集现有场地条件，进而创建高精度地理参考三维模型的过程。利用该技术可以轻松记录资产，并将登记了三维信息的基础设施与运营和工程数据关联起来。这些功能可作为单一数据源全面呈现资产的最新情况，该模型可轻松在其他软件平台中共享和传输，便于更好地管理资产。所有相关方，包括位于外地的利益相关方、办公室里的工程师以及现场的工作人员，都可以相互联系并在资产设计、施工、运营和巡检 workflow 方面提供协助。

三维可视化技术是通过将计算机视觉、图形图像处理和数据库技术等多门学科融为一体，建立物体的三维空间模型，以求更为清晰的描述对象特征的方法，该技术应用于电力行业，对于提高电网管理的直观性和可靠性，具有重要的意义。





# Thank you

---

南京环宝信息技术有限公司欢迎您来电咨询!