



# 团 体 标 准

T/CES XXX-XXXX

## 无人机电力巡检红外图像分析技术规范

Technical specification of infrared image analysis  
based on UAV power inspection

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

中国电工技术学会 发布



目 次

目 次.....I

前 言.....2

1 范围.....3

2 规范性引用文件.....3

3 术语和定义.....3

4 符号、代号和缩略语.....5

5 故障类型及判据.....5

    5.1 故障类型 .....5

    5.2 故障判据 .....5

6 数据采集.....6

    6.1 无人机红外设备要求 .....6

    6.2 红外采集要求 .....6

    6.3 红外数据格式及质量要求.....6

7 数据分析.....7

    7.1 数据预处理 .....7

    7.2 红外图像分析工具要求 .....7

    7.3 红外图像智能分析要求 .....7

8 数据管理与安全.....7

    8.1 数据管理 .....7

    8.2 数据安全 .....8

附 录 A （资料性附录） .....9

附 录 B （资料性附录） .....12

附 录 C （规范性附录） .....13

附 录 D （规范性附录） .....15

附 录 E （规范性附录） .....16

## 前 言

本文件按照 GB/T1.1—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》给出的规则起草。

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这些专利的责任。

本文件由北京御航智能科技有限公司独家提出。

本文件由中国电工技术学会标准工作委员会能源智慧化工作组归口。

本文件起草单位：北京御航智能科技有限公司、国网安徽省电力有限公司、国网安徽省电力有限公司电力科学研究院、国网安徽省电力有限公司宣城供电公司、国网新疆电力有限公司、国网新疆电力有限公司信息通信公司、新疆思极信息技术有限公司、中国电力科学研究院有限公司、广东电网有限责任公司、广东电网有限责任公司电力科学研究院、广东电网有限责任公司汕头供电局、广东电网有限责任公司云浮罗定供电局、广东电网有限责任公司梅州大埔供电局、国网冀北电力有限公司、国网雄安新区供电公司、国网浙江省电力有限公司绍兴供电公司、国网福建省电力有限公司电力科学研究院、广西电网有限责任公司电力科学研究院、国网江西省电力有限公司电力科学研究院、国网山西省电力公司晋中供电公司、国网山西省电力公司电力科学研究院、国网河南省电力公司电力科学研究院、内蒙古电力（集团）有限责任公司、内蒙古电力航检公司、北京南瑞数字技术有限公司、国网信通产业集团、国网智能科技股份有限公司、电子科技大学、南京大学、中山大学、中国地质大学（北京）。

本文件主要起草人：谭启昀、高小伟、刘高、周文婷、冯玉、吴合凤、阴酉龙、刘海峰、孔震、林祖荣、陈洪亮、陈伯建、刘壮、刘敏、吴凯、潘建兵、张德强、丁磊、刘晔、肖靖峰、陈昕、蔡云江、周恩泽、郭江涛、曹澍、孙若寒、李辰、范晟、许国伟、李海、蓝誉鑫、刘竹君、杨科、刘越、周国亮、郑恽、李帆、要粮安、白洋、陈岑、田杨阳、王仁书、李炳森、王万国、周记、行敏锋、占文凤、廖春华、王丹丹。

本文件为首次发布。

# 无人机电力巡检红外图像分析技术规范

## 1 范围

本文件规定了无人机电力巡检红外图像分析技术规范，包括待识别设备的故障类型及判据、红外数据采集、红外数据分析、红外数据管理和安全保护等。

本文件适用于输变配无人机电力巡检的红外数据采集和分析，同时适用于无人机电力红外巡检系统的设计和开发。

## 2 规范性引用文件

下列文件对于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 电力安全工作规程电力线路部分
- GB/T 19870-2018 工业检测型红外热像仪
- DL/T 741 架空输电线路运行规程
- DL/T 1482 架空输电线路无人机巡检作业技术导则
- DL/T 664 带电设备红外诊断应用规范
- DL/T 1578 架空电力线路多旋翼无人机巡检系统

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**无人机电力红外巡检 UAV Power Infrared Inspection**

利用无人机搭载红外相机对电力设备进行温度检测的巡检方法。

### 3.2

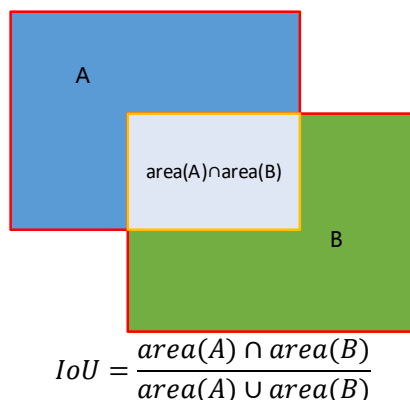
**红外图像智能分析 Intelligent Analysis of Infrared Images**

通过非接触式的测试技术对红外图像进行自动化分析和处理的方法。

### 3.3

**目标交并比 IoU Object Intersection-over-Union**

通过 IoU 判断检测目标框是否正确，如果和真实的目标框的 IoU 在阈值范围内，则认为是正确框。



### 3.4

**平均准确率 Average Precision, AP**

平均准确率是准确率 (Precision, P) 和召回率 (Recall, R) 组成的 P-R 曲线的面积, 其中:

$$P = TP / (TP+FP) \quad (1)$$

$$R = TP / (TP+FN) \quad (2)$$

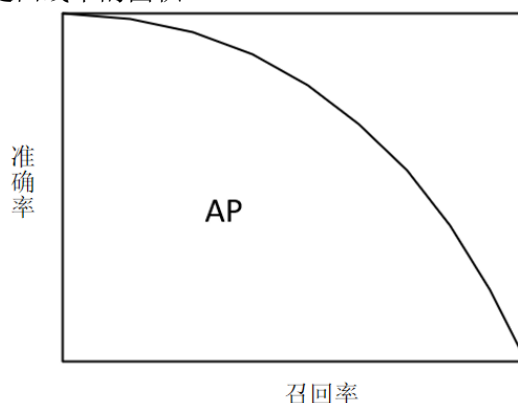
式中:

TP 是检测的正确目标框;

FP 是检测的错误目标框;

FN 是漏检的真实目标框。

P-R 曲线如下, AP 是曲线下的面积。



$$AP = \frac{1}{11} \sum_{r \in \{0,0.1,\dots,1\}} P_{interp}(r)(r) \quad (3)$$

式中:

$$P_{interp}(r) = \max_{\tilde{r}: \tilde{r} > r} p(\tilde{r})$$

为了评测模型的实用性, AP 值会计算不同 IoU 下的 AP 的平均, 即 IoU=.50:.05:.95 10 个阈值。

### 3.5

**平均准确率均值 mean Average Precision, mAP**

mAP 是指模型可以识别的每个类别的平均查准率的算术平均值。

### 3.6

**模型误报率 Model False Positives, MFP**

模型误报率是指检测错误的目标框占总体真实框的比例。

$$MFP = FP / (TP+FN)$$

式中:

TP 是检测的正确目标框;

FP 是检测的错误目标框;

FN 是漏检的真实目标框。

### 3.7

**像素精度 Pixel Accuracy, PA**

PA 为识别正确的像素占总像素的比例。

$$PA = \frac{\sum_{i=0}^k p_{ii}}{\sum_{i=0}^k \sum_{j=0}^k p_{ij}} \quad (4)$$

式中:

i——自然数, 1、2、3……N;

j——自然数, 1、2、3……N;

k——所识别目标种类数目;

$p_{ii}$ ——被正确分类的像素数量。

### 3.8

#### 平均像素精度 Mean Pixel Accuracy, MPA

MPA 为每个类内被正确分类像素数的比例的算术平均。

$$AP = \int_r^1 p(r)dr \quad (5)$$

$$mAP = \frac{\sum_{i=1}^N AP_i}{N} \quad (6)$$

式中：

$r$ ——识别召回率；

$p(r)$ ——识别所定位召回率对应的精准率；

AP——平均精度；

$N$  ——所识别目标种类数目；

$i$ ——自然数，1、2、3…… $N$ ；

### 3.8

#### 模型处理时间 Model Time, MT

模型在一张图片上进行一次检测的平均耗时，单位 ms

### 3.9

#### 红外图像分析工具 Infrared Image Analysis Tool

可以分析、评估和记录红外热图像，具体功能包括对拍摄的红外全辐射热图进行导入、显示、测温、提取热缺陷、生成测试报告。

## 4 符号、代号和缩略语

下列符号、代号和缩略语适用于本文件。

UAV：无人机（Unmanned Aerial Vehicle）

mAP：平均精度值（mean Average Precision）

模型：智能分析模型缩写，即使用机器学习（包括深度学习）算法训练学习得到的权重文件

## 5 故障类型及判据

### 5.1 故障类型

5.1.1 对输变配中电力设备的电流致热型设备故障、电压致热型设备故障及综合致热型设备故障进行分析，具体设备故障类型见《DL/T 664 带电设备红外诊断应用规范》附录 B。

5.1.2 按照过热或温度异常缺陷对电力设备运行的影响程度分为一般缺陷、严重缺陷、危及缺陷三个等级，等级定义见 DL/T 664 中的规定。

5.1.3 对输变配电中绝缘子、地线连接处、导线连接处、变压器、柱上开关等部位（部件）进行重点分析。输变配电红外巡检作业中的重点关注设备见附录 A。

### 5.2 故障判据

5.2.1 根据不同的设备类型采用不同的分析判断方法，可以灵活选择表面温度判断法、相对温差判断法、图像特征判断法、同类比较判断法、综合分析判断法、实时分析判断法等方法，具体判断方法描述见 DL/T 664 中的规定。

5.2.2 带电设备故障绝大多数为电流致热型故障，热点明显，通常在导体上，面比较小，温升大、温差大。通过表面温度判断法、同类比较法及相对温差法定量、定性分析，容易判断，该类缺陷一般命名为温度过热缺陷。

5.2.3 电压致热型故障，热点不明显，发热点通常在绝缘介质上，面比较大，通常为整体或局部区域，温升小、温差小。通过同类比较判断法、图像特征法及档案分析法进行定量、定性分析，需整体把握，该类缺陷一般命名为温度异常缺陷。

## 6 数据采集

### 6.1 无人机红外设备要求

6.1.1 红外相机应具备足够高的分辨率，以捕捉电力设备中细微的温度变化和故障痕迹，分辨率至少在 640x480 以上。

6.1.2 红外相机应覆盖  $8\sim 14\mu\text{m}$  红外波段，以适应不同电力设备的温度变化，测温范围覆盖  $-20^{\circ}\text{C}\sim +350^{\circ}\text{C}$ 。

6.1.3 红外相机应具备高灵敏度，以确保能够准确检测到温度异常，在环境温度  $30^{\circ}\text{C}$  下灵敏度优于 50mK。

6.1.4 红外相机应具备较宽的动态范围，以获取更清晰的图像细节。

### 6.2 红外采集要求

6.2.1 在保证安全条件下，红外设备宜尽量靠近被测设备，以提高设备测温精度，无人机距离被测目标的距离应保持在 5-10m，不同电压设备无人机拍摄安全距离见附录 B，被测目标最少要有  $3\times 3$  个像素。

6.2.2 采用 19mm 至 25mm 焦距无人机红外设备时，测试距离宜不超过 10m；采用 50mm 焦距无人机红外设备时，测试距离宜不超过 20m。

6.2.3 无人机红外设备数据采集角度优先使用仰拍角度，宜调整至  $30^{\circ}\sim 50^{\circ}$ ，调整合适的方向，将被摄目标置于纯净的天空背景中，避免地面和植被等复杂环境带来画面与温度上的干扰。

6.2.4 无人机红外设备稳定后，操作遥控器调节合适增益，并保证图像清晰、完整。

6.2.5 无人机红外巡检电力设备拍摄规则应遵循输变配相关作业导则及标准。

6.2.6 数据采集应记录设备增益、温湿度、采集距离、对焦状态等参数。

### 6.3 红外数据格式及质量要求

6.3.1 红外图像推荐采用 R-JPEG 格式存储，要保留采集的温度信息。红外通用数据文件存储格式见 DL/T 664 的规定。

6.3.2 录制的视频格式推荐采用 MP4 格式，记录存储下温度信息，视频分辨率不低于  $640(\text{H})\times 480(\text{V})$ ，帧率不低于 30Hz。

6.3.3 数据采集时应调整合适焦距，使红外图像清晰，测温设备在镜头视野范围内。可见光拍摄图像清晰，不发生曝光异常或虚焦模糊等现象。

## 7 数据分析

### 7.1 数据预处理

7.1.1 对采集的红外图像进行重命名，名称要包含线路名、杆塔号、相位、设备名称等关键信息，具体命名规范参考输变配相应的拍摄指导手册及导则标准。

7.1.2 整理导出红外图像记录的增益、温湿度、采集距离等数据，利用相机 TSDK 提取拍摄红外图像的温度信息。

7.1.3 为了清晰呈现关键设备的轮廓及温度测量，日间拍摄图像推荐使用铁红、热铁配色，夜间拍摄图像推荐使用描红配色。

### 7.2 红外图像分析工具要求

7.2.1 红外图像分析工具应具备红外图像导入、红外图像显示、不同调色板渲染等基本显示功能。

7.2.2 红外图像分析工具应具备点测温、直线测温、面测温等基本测量功能，见附录 C。

7.2.3 红外图像分析工具应具备智能分析功能，可以自动化及半自动化提取设备区域或缺陷区域。

7.2.4 红外图像分析工具应具备故障缺陷报告导出功能，以可视化的形式展示分析结果，便于用户查看和理解，报告模板见附录 D。

### 7.3 红外图像智能分析要求

7.3.1 红外图像智能分析应基于深度学习算法和相关技术，具备对红外图像中的电力设备进行自动检测、识别和故障分析的能力。

7.3.2 红外图像智能分析可以通过对电力设备精准分割提取目标区域，并针对目标区域的温度利用 5.2 中的判据进行下一步的逻辑分析。

7.3.3 智能分析模型分为分类模型、目标检测模型、目标分割模型等，智能分析模型应结合实际应用业务场景设计，以降本增效，能为基层减负为目标。

7.3.4 用于模型训练的样本库标签，采用统一的格式创建，分类标签以行记录图像名和标签名存储为 TXT 文件，目标检测标签以 Pascal VOC 格式存储为 XML 文件，目标分割标签以 Pasa1 VOC 格式存储为 PNG 文件。

7.3.5 智能分析模型精度可以采用召回率、准确率、AP 值、mAP 值来评估，模型效率采用模型处理时间 MT 来评估，分割模型可以增加像素精度和平均像素精度，评估目标检测模型时应根据不同的设备类型和需求设定合理的 IoU 阈值，建议使用 0.3。

7.3.6 智能分析模型精度评估所用测试集，应与训练集标签格式一致，测试集应与实际业务应用场景一致，评估每类目标的数量应不少于 200 个，测试集里正常目标与识别目标比例应保持在 3:1 左右。

7.3.7 红外缺陷分析模型应能输出故障类型及故障区域、故障程度等信息。

7.3.8 红外图像智能分析模型部署时应在测试集上达到性能指标要求具体要求见附录 E。

## 8 数据管理与安全保护

### 8.1 数据管理

8.1.1 无人机红外检测应记录数据和生成诊断报告，检测诊断报告见附录 D。

8.1.2 诊断报告应包含使用仪器的型号、检测日期、检测环境条件、检测地点、检测人员、设备名称、

缺陷部位、缺陷性质、电压、图像资料、诊断结果及处理意见等内容。

8.1.3 对记录的数据和图像应及时编号存档，诊断结论和处理结果应登记在案，缺陷和异常应及时上报主管部门。

8.1.4 红外检测缺陷图像、原始视频录像以及检测台账应妥善保管，宜录入信息系统或数字化保存。

## 8.2 数据安全

8.2.1 红外图像数据的存储和管理应符合相关数据保护法规和隐私规定，确保数据的机密性和完整性。

8.2.2 红外图像数据的备份和归档应定期进行，以防止数据丢失或损坏。

8.2.3 红外图像数据未经允许禁止发布到网络及网络间传播，如有数据传输应按照相应规定进行加密或脱敏处理。

## 附 录 A (资料性附录)

### 无人机电力红外巡检作业重点关注设备

#### A.1 输电红外巡检作业重点关注设备

输电红外巡检作业重点关注设备见表 A.1。

表 A.1 输电红外巡检作业重点关注设备

| 拍摄部位 |             | 拍摄重点            |
|------|-------------|-----------------|
| 直线塔  | 悬垂绝缘子串      | 悬垂串整串、绝缘子球头、均压环 |
|      | 缘子导线端线夹     | 线夹连接点、线夹挂板      |
|      | 导地线         | 导地线线夹、连接点       |
| 耐张塔  | 耐张绝缘子串      | 耐张串整串、绝缘子球头、屏蔽环 |
|      | 耐张绝缘子串导线端线夹 | T 型线夹、连接金具      |
|      | 引流绝缘子串      | 引流串整串、绝缘子球头、均压环 |
|      | 引流绝缘子串导线端线夹 | 线夹连接点、线夹挂板      |
|      | 导地线         | 导地线线夹、连接点       |
|      | 复合绝缘子       | 芯棒、伞裙           |

#### A.2 配电红外巡检作业重点关注设备

配电红外巡检作业重点关注设备见表 A.2。

表 A.2 配电红外巡检作业重点关注设备

| 拍摄部位 |       | 拍摄重点                      |
|------|-------|---------------------------|
| 架空线路 | 导线    | 导线本体、接头                   |
|      | 绝缘子   | 绝缘子本体                     |
|      | 金具    | 金具部件连接处：线夹、线耳、连续管、预绞丝护线条等 |
|      | 中压避雷器 | 避雷器本体                     |
| 电缆线路 | 电力电缆  | 电缆本体                      |
|      | 电缆终端头 | 电缆接头、本体                   |
| 变压器  | 本体    | 变压器本体                     |
|      | 套管    | 套管本体、套管接头                 |
|      | 油箱    | 油箱本体                      |

|      |        |           |
|------|--------|-----------|
|      | 避雷器    | 避雷器本体、接头  |
| 柱上设备 | 断路器    | 断路器本体、接头  |
|      | 互感器    | 互感器本体、接头  |
|      | 隔离开关   | 隔离开关本体、接头 |
|      | 跌落式熔断器 | 熔断器本体、接头  |

### A.3 变电红外巡检作业重点关注设备

变电红外巡检作业重点关注设备见表 A.3。

表 A.3 变电红外巡检作业重点关注设备

| 拍摄部位    |     | 拍摄重点                      |
|---------|-----|---------------------------|
| 架空线路    | 导线  | 导线本体、接头                   |
|         | 绝缘子 | 绝缘子本体                     |
|         | 金具  | 金具部件连接处：线夹、线耳、连续管、预绞丝护线条等 |
|         | 避雷器 | 避雷器本体                     |
| 变压器     | 本体  | 变压器本体                     |
|         | 套管  | 套管本体、套管接头                 |
|         | 油箱  | 油箱本体                      |
|         | 避雷器 | 避雷器本体                     |
|         | 冷却器 | 冷却器本体                     |
| GIS/断路器 | 本体  | 本体、接头、触头、接地排（线）           |
| 隔离开关    | 本体  | 本体、接头、转头                  |
| 互感器     | 本体  | 本体、接头                     |
|         | 阻尼箱 | 本体、接头                     |
| 无功补偿设备  | 电容器 | 本体、接头                     |
|         | 电抗器 | 本体、接头                     |
| 阻波器     | 本体  | 本体、接头                     |
| 避雷器     | 本体  | 本体、接头                     |
| 穿墙套管    | 本体  | 本体、接头                     |
| 支柱绝缘子   | 本体  | 本体、接头                     |

|      |       |         |
|------|-------|---------|
| 电缆线路 | 电力线缆  | 线缆本体    |
|      | 电缆终端头 | 电缆接头、本体 |

## 附 录 B (资料性附录)

### 巡检作业的安全距离

#### B.1 巡检作业的安全距离

无人机电力红外巡检安全距离见表 B.1

**表 B.1 巡检作业的安全距离**

| 电压等级 kV | 最小电气安全距离 m | 自动巡检安全距离 m | 手动巡检安全距离 m | 备注                         |
|---------|------------|------------|------------|----------------------------|
| 10      | 0.5        | 1.5        | 3.0        | 夜间手动作业时<br>应适当增加<br>安全距离 * |
| 35      | 0.5        | 1.5        | 3.0        |                            |
| 110     | 0.5        | 1.5        | 3.0        |                            |
| 220     | 1.0        | 2.0        | 3.0        |                            |
| 330     | 2.5        | 3.0        | 4.5        |                            |
| 500     | 3.0        | 3.5        | 5.0        |                            |
| 750     | 4.0        | 4.5        | 6.0        |                            |
| 1000    | 5.5        | 6.0        | 8.0        |                            |
| ±400    | 2.5        | 3.0        | 4.5        |                            |
| ±500    | 3.0        | 3.5        | 5.0        |                            |
| ±600    | 4.0        | 5.0        | 6.0        |                            |
| ±800    | 6.0        | 7.0        | 8.0        |                            |
| ±1100   | 8.0        | 9.0        | 10.0       |                            |

## 附录 C (规范性附录)

### 红外数据分析方法

#### C.1 点测温

点测温作为一种最灵活的测温方式，可用于几乎所有设备对象。常用于比较多个同类型设备之间的温度情况，见图 C. 1。

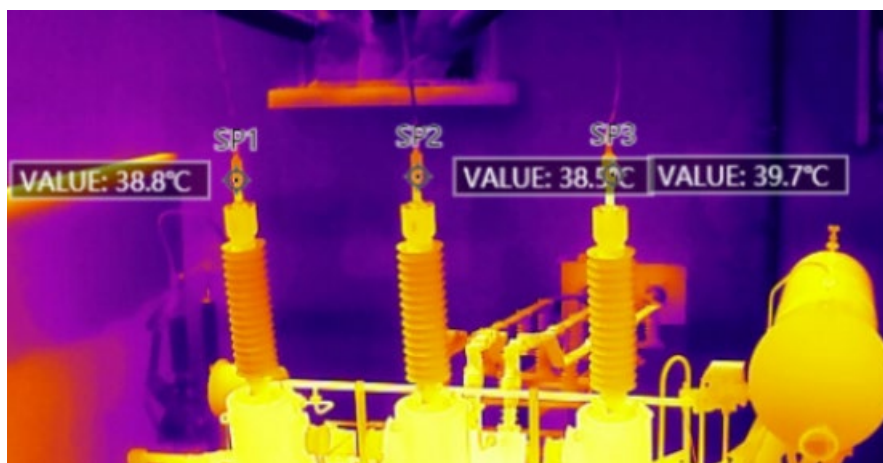


图 C. 1 点测温

#### C.2 直线测温

直线测温常用于绝缘子串、支柱等设备的测温分析，选取直线测温，这里以绝缘子串为例进行说明。

线段两端应与绝缘子串两端重合，且线段不应超出绝缘子串轮廓，确保线段准确代表绝缘子串的温度。直线测温可得到：最高温度、最低温度、平均温度三个参数。特殊的，对于较长的耐张绝缘子串，因其通常表现有一定弯曲弧度，故应采用多条线段组合直线测温的方式，贴合模拟弯曲情况，见图 C. 2。

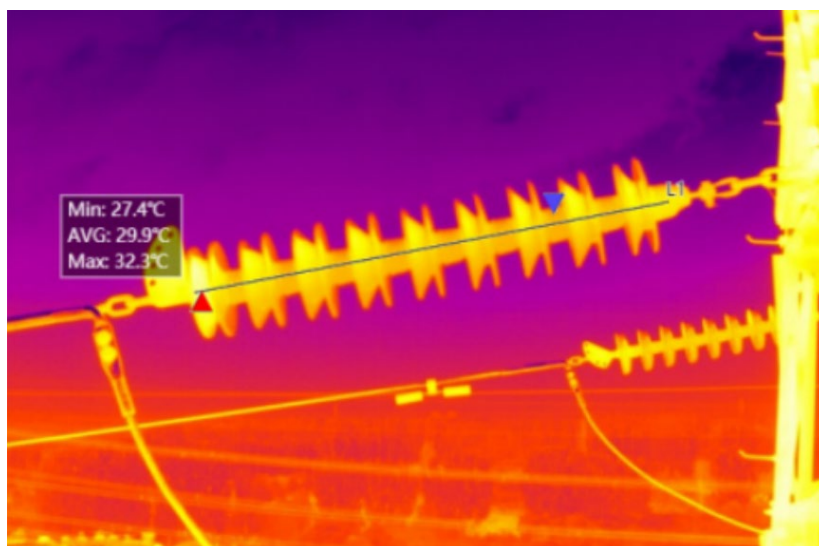


图 C. 2 直线测温

### C.3 区域测温

区域测温常用于复杂结构金具或面积较大的设备，或用于对比多个同类型设备。区域测温能够在所框选区域内快速识别高温点。区域测温可得到：最高温度、最低温度、平均温度三个参数。应关注最高温度数值以判断导地线线夹情况，见图 C. 3。

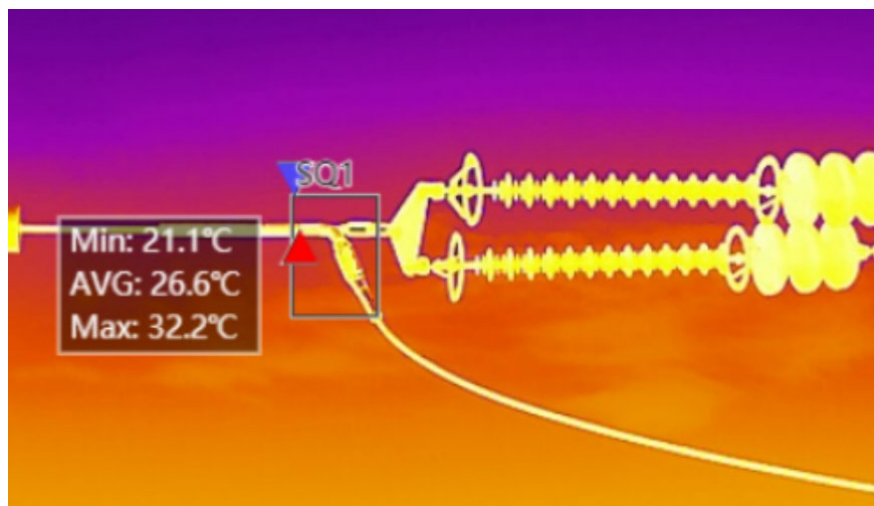


图 C. 3 区域测温

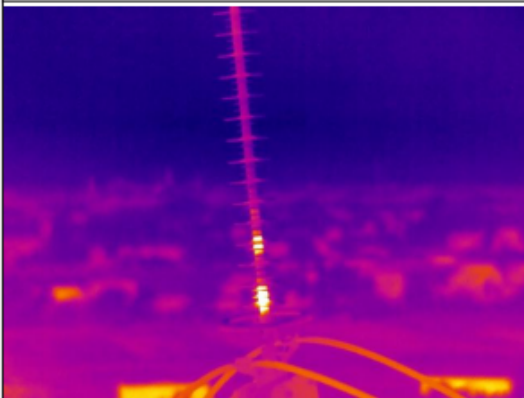
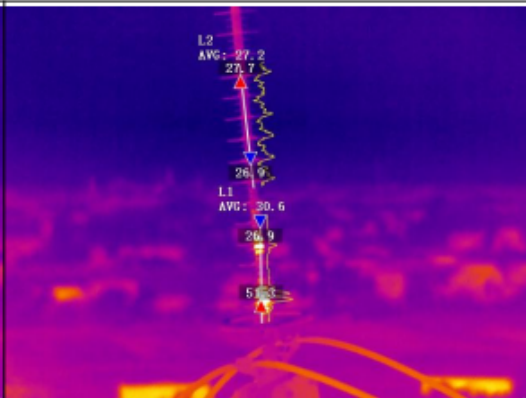
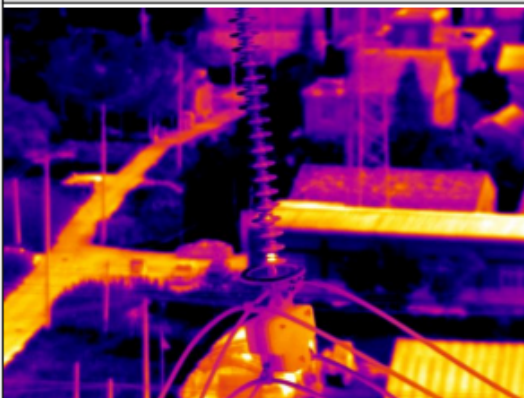
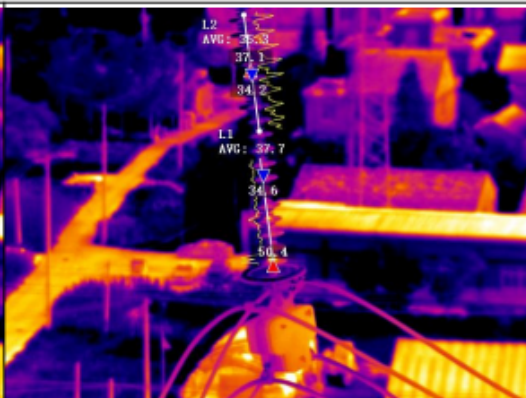
附 录 D  
(规范性附录)

无人机红外巡检缺陷报告

D.1 电力红外巡检缺陷报告

无人机电力红外巡检缺陷报告模板见表 D. 1

表 D.1 电力红外巡检缺陷报告

|                                                                                         |       |                     |       |                                                                                      |       |       |       |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|-------|---------------------|-------|--------------------------------------------------------------------------------------|-------|-------|-------|
| 线路名称                                                                                    |       | 500kVxx甲乙1234线      |       | 设备类型                                                                                 |       | 绝缘子   |       |
| 杆塔名称                                                                                    |       | 15#                 |       | 相 别                                                                                  |       | B相    |       |
| 拍摄日期                                                                                    |       | 2021-08-25 18:47:57 |       | 检测人员                                                                                 |       | 张XX   |       |
| 负荷情况                                                                                    |       | 1014.2 A            |       | 测试距离                                                                                 |       | 10.0m |       |
| 测试仪器                                                                                    |       | M300RTK+高配热像仪       |       | 额定电压                                                                                 |       | 500kV |       |
| 辐射率                                                                                     | 0.95  | 环境温度：               | 25.0℃ | 湿度                                                                                   | 65%   | 温差    | 24.1K |
| 图1最高温                                                                                   | 51.3℃ | 图1最低温               | 26.9℃ | 图1平均温                                                                                | 30.6℃ |       |       |
| 图2最高温                                                                                   | 50.4℃ | 图2最低温               | 34.6℃ | 图2平均温                                                                                | 37.7℃ |       |       |
| 红外图谱（图1）                                                                                |       |                     |       |                                                                                      |       |       |       |
|       |       |                     |       |   |       |       |       |
| 复测红外图谱（图2）                                                                              |       |                     |       |                                                                                      |       |       |       |
|      |       |                     |       |  |       |       |       |
| 3、检查结果：诊断分析和缺陷性质：<br>设备类别和部位：绝缘子；瓷绝缘子；<br>热像特征：B相小号侧复合绝缘子最高温 51.3℃，同相正常温 27.2℃，温差 24.1K |       |                     |       |                                                                                      |       |       |       |
| 4、结论与建议：判断为疑似复合绝缘子芯棒异常发热缺陷，建议加强跟踪并安排复检并安排计划消缺。                                          |       |                     |       |                                                                                      |       |       |       |
| 报告人员：张XX                                                                                |       |                     |       | 报告日期：2021-08-29                                                                      |       |       |       |

附 录 E  
(规范性附录)

红外图像智能识别精度评价指标

E.1 红外图像智能识别精度评价指标要求

红外图像智能识别精度评价指标要求见表 E. 1

表 E.1 红外图像智能识别精度评价指标要求

| 红外图像智能识别精度指标 | 指标解释                                                                                        | 精度要求             |
|--------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| 召回率          | 反映分类器或者模型正确预测正样本全度的能力，即正样本被预测为正样本占总的正样本的比例。值越大，性能越好。                                        | 召回率 $\geq$ 85%   |
| 准确率          | 反映分类器或者模型对整体样本判断正确的能力，即能将正样本判定为正样本和负样本判定为负样本的正确分类能力。值越大，性能越好。                               | 准确率 $\geq$ 75%   |
| mAP 值        | 平均精度均值，即 AP 的平均值，它是目标检测算法的主要评估指标。模型通常会用速度和精度 (mAP) 指标描述优劣，mAP 值越高，表明该分类器或模型在给定的数据集上的检测效果越好。 | mAP 值 $\geq$ 70% |

E.2 红外图像智能识别效率指标要求

表 E.2 红外图像智能识别效率指标要求

| 红外图像智能识别效率指标 | 指标解释                               | 效率要求        |
|--------------|------------------------------------|-------------|
| 识别效率         | 指从输入检测图片到给出最终结果所需要的时间, 时间越短, 效率越高。 | 识别 < 1000ms |