

# 架空线路复合绝缘子无人机红外检测导则

编 制 说 明



浙江省电力学会

ZHEJIANG SOCIETY FOR ELECTRIC POWER



浙江省电力学会  
ZHEJIANG SOCIETY FOR ELECTRIC POWER

## 目 次

1 编制背景 .....	2
2 编制主要原则 .....	2
3 与其他标准文件的关系 .....	2
4 主要工作过程 .....	3
5 标准结构和内容 .....	3
6 条文说明 .....	3



# 浙江省电力学会

ZHEJIANG SOCIETY FOR ELECTRIC POWER

## 1 编制背景

复合绝缘子防污闪性能优异、重量较小利于控制输电线路建设成本，广泛应用于国内外架空输电线路。目前浙江省内 110kV 及以上在运架空线路复合绝缘子数量超过了 35 万支。运行中复合绝缘子出现了断串、内部击穿故障，对线路安全运行产生威胁。断串、内部击穿事件的发展往往伴随发热，红外是发现架空线路复合绝缘子早期内部缺陷的重要手段。

目前现场已大量开展复合绝缘子无人机红外测试，利用无人机便于选择测试位置的特点避免伞裙对芯棒的遮挡，并大幅提高测试效率。然而现场无人机红外测试也存在需要攻克的技术问题。一是缺乏对无人机红外镜头参数、测试距离、环境条件的具体要求，造成发热缺陷漏判或误判。目前常用的无人机红外设备焦距为 19 mm 至 50 mm，对应空间分辨率为 0.895 mrad 至 0.34 mrad，远低于使用远焦镜头的手持式红外设备，针对不同温差的发热缺陷，如何选择测试距离、充分发挥无人机的技术优势，确保缺陷的检出需要予以规范。此外不同原因发热在不同的环境湿度、风速下发热状态不同，如何选择合适的环境参数开展测试确保缺陷的检出需要规范。二是缺乏复合绝缘子发热原因的诊断方法和对应的缺陷定级规范。浙江、福建、广东等沿海地区存在大量因护套老化受潮、表面积污引发的发热，内部缺陷只占发热复合绝缘子的较低比例，然而内部缺陷发热是对复合绝缘子运行威胁最大的缺陷类型，如何判断绝缘子发热原因并进行合适的缺陷定级是现场运行人员十分关心也是目前亟待规范的问题。

国网浙江省电力有限公司电力科学研究院长期从事复合绝缘子故障机理、状态检测工作，2016 年至今开展了大量复合绝缘子故障、发热缺陷的原因分析诊断工作，2020 年 11 月利用户外试验场开展了 110kV 至 500kV 缺陷复合绝缘子无人机测试工作，2021 年开展了不同风速、湿度对典型复合绝缘子发热缺陷温差的影响试验，积累了一定的测试、分析工作经验。制定架空线路复合绝缘子无人机红外测试标准，对现场架空线路复合绝缘子无人机红外测试的设备要求、环境条件、测试方法、缺陷判断进行规范，有助于现场运维人员科学合理开展测试工作并开展缺陷判断，确保架空线路复合绝缘子状态的精准管控。

## 2 编制主要原则

2.1 本标准按照 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》的要求和规定，确定导则的组成要素。

2.2 本标准按照国家、行业现行的相关法律、法规、标准、规范等要求和规定进行编制。

2.3 本标准在制订过程中遵循了以下几个原则：

- a) 保证导则的科学性和规范性；
- b) 保证导则的先进性和实用性；
- c) 尽量与相关的标准、法规接轨，与现行相关标准协调一致，不与现行的有关法律、法规、政策冲突；
- d) 充分架空线路复合绝缘子无人机红外测试技术要求以及实际线路运行环境情况，力求复合绝缘子无人机红外测试规范、统一，使本标准更加适用和有针对性，便于推广。

## 3 与其他标准文件的关系

针对复合绝缘子的无人机红外测试，国内外暂无此类标准。

本标准规范性引用国家标准 1 个，电力行业标准 1 个。本导则主要引用了 GB/T 19870《工业检测型红外热像仪》、DL/T 664《带电设备红外诊断应用规范》。GB/T 19870《工业检测型红外热像仪》、DL/T

664《带电设备红外诊断应用规范》规定了部分本导则涉及的无人机红外镜头的参数要求。

#### 4 主要工作过程

2020年6月，国网浙江省电力有限公司电力科学研究院向浙江省电力学会提出申请制订《架空线路复合绝缘子无人机红外检测导则》团体标准。

2021年8月，浙江省电力学会标准工作委员会正式通过《架空线路复合绝缘子无人机红外检测导则》团体标准立项，随即成立了以国网浙江省电力有限公司电力科学研究院牵头，国网浙江省宁波供电有限公司、国网浙江省舟山供电有限公司、国网浙江省温州供电有限公司、国网浙江省金华供电有限公司、重庆大学等参加单位组成的标准起草工作组，并确定了标准的总体框架和任务分工。

2021年9月-2021年10月，各编写单位开始按照计划及进度要求，通过收集相关资料、实际调研等，反馈各自编写章节至牵头单位，国网浙江省电力有限公司电力科学研究院汇总形成标准初稿。

2021年10月11日，邀请有关专家召开了导则编制启动会和第一次工作会议，对已编制的导则初稿进行讨论，提出修改意见，商定了下一步的工作任务。会后，起草工作组针对专家们提出的意见进行了修改和完善。

2022年4月20日，组织专家召开了导则编制的第二次工作会议，重点讨论导则编写内容的准确性、合理性。会后，起草工作组根据提出的修改意见再次对编制的导则进行了相应的修改，形成征求意见稿。

2022年5月，将标准征求意见稿提交浙江省电力学会标准工作委员会，挂网征求意见。

2022年8月，根据征求意见情况形成了送审稿。

2022年12月，浙江省电力学会组织召开了第一次技术审查，对标准提出了审查意见。

2023年5月，根据审查意见对送审稿进行了完善。

2023年7月，浙江省电力学会组织召开了第二次技术审查，同意标准报批。

#### 5 标准结构和内容

第1章为范围。

第2章为规范性引用文件。

第3章为术语和定义，定义了温差、基准点温度、现场普测、现场复测术语。

第4章为检测要求，对架空线路复合绝缘子无人机红外测试的设备要求、环境要求、人员要求、安全要求进行了描述。

第5章为测试方法，对现场测试的参数选择、测试开展方法进行了描述。

第6章为发热缺陷判断，对现场发热缺陷的发热原因、缺陷等级判断及处置策略进行了详细的规定。

#### 6 条文说明

第3.1条，给出了温差的定义。传统发热判断有温差、温升两种依据，复合绝缘子发热是往往出现自身不同部位温度存在差异的情况，因此本导则选择温差作为发热判断依据。

第3.2条，给出了基准点温度的定义，以便于复合绝缘子温差数值的读取。

第4.1.1条，给出了帧频的要求。无人机悬停时的振动会对红外测试产生影响，较高的帧频可以将这一影响控制在可以接受的范围之内。

第4.1.2条给出了空间分辨率的要求。空间分辨率决定于无人机红外镜头焦距和其传感器的像元

间距，是决定被测物体温度采样密度的重要参数。复合绝缘子芯棒较细、伞间距较密，只有足够的空间分辨率配合合适的测试距离才能确保芯棒温度的测试精度。

第 4.2 条给出了测试环境要求，按照一般检测、精确检测两个阶段开展测试。沿海地区现场复合绝缘子发热原因主要包括内部缺陷、护套老化受潮、表面积污 3 类，其中内部缺陷对运行威胁最大，护套老化受潮对运行影响较小，表面积污对运行的影响与护套是否受损、积污是否引发严重爬电有关。因此缺陷等级的判断与缺陷原因密切相关，上述 3 类缺陷温差与环境湿度的变化规律不同，内部缺陷发热在不同湿度下发热均明显存在，而护套老化受潮、表面积污发热缺陷随着湿度下降其温差会显著降低甚至发热消失。考虑到表面积污有周期性出现的可能，长期积污放电会引发护套蚀损导致内部缺陷的产生，希望对所有的发热缺陷都能确保检出并纳入管控，同时还能筛查出对运行威胁最大的内部缺陷，因此建议通过一般检测、精确检测两个阶段来实现上述目的。

第 5.1.3 条规定宜以天空作为背景。选择天空作为背景有利于设备聚焦，同时可避免复杂背景对测温带来的影响。当复合绝缘子部分背景中出现山体、河流、建筑，上述背景温度可能造成绝缘子不同部位温度的差异，给发热缺陷判断带来干扰。当因为塔型、地形环境原因无法选择天空作为背景时，建议无人机尽量靠近被测绝缘子，以尽量减少背景的影响。

第 5.1.5 条要求至少选择 2 个悬停点位开展测试，主要是考虑内部缺陷发热可能存在的均匀现象。复合绝缘子芯棒蚀损通常在护套-芯棒界面产生，发展初期会出现一侧发热明显，另一侧发热较弱的现象，选择多个悬停点位开展测试可以尽量避免缺陷的遗漏。

第 5.2.2 条给出了同塔双回的 V 型绝缘子串塔身侧绝缘子的测试位置，主要考虑常规塔身外侧测试位置无法取得塔身内侧绝缘子无伞裙遮挡的红外图像。

第 6.1.1、6.1.2 条规定复合绝缘子缺陷分析时，首先通过温宽调整确认是否存在肉眼可见的温度色差，对存在温度色差的绝缘子再进行不同部位温差的计算。主要是考虑当现场测试距离过远时，背景会对绝缘子温度测试结果产生影响，导致绝缘子不同部位温度存在较大差异，但从芯棒色温来看并不存在相应温差，此时通过色温的比对可以避免相应误判的发生。

第 6.2.4 条及表 1 将护套老化受潮缺陷温差不超过 10 K 时划分为一般缺陷，这是基于现场案例统计和缺陷绝缘子运行性能试验得出的结果。浙江、福建地区该类缺陷大部分案例温差分布于 0-5 K，但也有少数案例温差分布于 5-10 K。此外，根据广东地区的研究（参见王黎明，付铠玮，梅红伟等. 环境湿度对复合绝缘子红外测温的影响[J]. 高电压技术, 2019, 45(06): 1955-1961.），该类缺陷现场有 21.38% 比例绝缘子温差位于 5 K-10 K，有 2.85% 比例的绝缘子温差超过 10 K。同时浙江、福建、广东等地的大量试验表面护套老化受潮绝缘子发热缺陷位于护套表层，对芯棒、密封、机械性能均无影响，因此对绝缘子运行性能无明显影响。综上，将该类缺陷温差不超过 5 K 时划分为一般缺陷，温差为 5-10 K 时划分为严重缺陷，对于温差超过 10 K 的案例，现场跟踪检测发现幅值降至 10 K 以下时，转变为一般缺陷，如果多次跟踪测试温差始终高于 10 K，考虑到存在内部缺陷的可能，将其划分为危急缺陷，该绝缘子仍应更换并在实验室开展进一步分析，明确发热原因和绝缘子运行性能。