

ICS 29.240.20

L 52

备案号: 24175-2008

DL

中华人民共和国电力行业标准

DL/T 664 — 2008

代替 DL/T 664 — 1999

带电设备红外诊断应用规范

Application rules of infrared diagnosis for live electrical equipment



2008-06-04 发布

2008-11-01 实施

中华人民共和国国家发展和改革委员会 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 现场检测要求.....	2
5 现场操作方法.....	3
6 仪器管理和校验.....	4
7 红外检测周期.....	6
8 判断方法.....	6
9 诊断判据.....	7
10 缺陷类型的确定及处理方法.....	7
附录 A (规范性附录) 电流致热型设备缺陷诊断判据	8
附录 B (规范性附录) 电压致热型设备缺陷诊断判据	10
附录 C (规范性附录) 高压开关设备和控制设备各种部件、材料和绝缘介质的温度和温升极限.....	12
附录 D (资料性附录) 风级、风速的关系表	14
附录 E (资料性附录) 常用材料发射率的参考值.....	15
附录 F (资料性附录) 便携式红外热像仪的基本要求	16
附录 G (资料性附录) 手持(枪)式红外热像仪的基本要求	18
附录 H (资料性附录) 在线型红外热像仪的基本要求	19
附录 I (资料性附录) 电气设备红外检测管理及检测报告	20
附录 J (资料性附录) 电气设备红外缺陷典型图谱	22

前 言

本标准根据《国家发改委办公厅关于下达 2004 年行业标准项目计划的通知》（发改办工业〔2004〕872 号）的要求，对 DL/T 664—1999 进行修订。

本标准与原标准相比，主要进行了如下修改：

- 对原标准的判断原则进行细化，提出了一般检测和精确检测等方式；
- 增加了飞机巡线、在线监控型红外热像仪的内容；
- 增加了红外热像仪的基本要求和校验的要求。

本标准的附录 A、附录 B、附录 C 是规范性附录，附录 D、附录 E、附录 F、附录 G、附录 H、附录 I、附录 J 是资料性附录。

本标准实施后代替 DL/T 664—1999。

本标准由中国电力企业联合会提出。

本标准由全国高电压试验技术标准化分技术委员会归口并负责解释。

本标准负责起草单位：国网武汉高压研究院、华东电网有限公司。

本标准参加起草单位：华东电力试验研究院有限公司、华北电力科学研究院有限责任公司、广东电网公司电力科学研究院、上海市电力公司、湖北省电力试验研究院、广西电力试验研究院、河北邯郸供电公司、西安热工研究院有限公司、武汉高德红外技术有限公司、广州飒特电力红外技术有限公司、浙江大立科技股份有限公司。

本标准主要起草人：周建国、雷 民、陈洪岗、杨楚明、邓 春、申兴忠、蓝 耕、丁一工、尹立群、朱立春、汪 涛、吴一冈、黄 立、庞惠民。

本标准于 1999 年 8 月 2 日首次发布。本次为第一次修订。

本标准在执行过程中的意见或建议反馈至中国电力企业联合会标准化中心（北京市白广路二条一号，100761）。

带电设备红外诊断应用规范

1 范围

本标准给出了使用红外热像仪检测带电设备的方法、仪器要求、仪器适用范围、缺陷的判断依据及红外数据的管理规定等，使用红外测温仪（点温仪）可参照本规范执行。

本标准适用于具有电流、电压致热效应或其他致热效应的各电压等级设备，包括电机、变压器、电抗器、断路器、隔离开关、互感器、套管、电力电容器、避雷器、电力电缆、母线、导线、绝缘子、组合电器、低压电器及二次回路等。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包括勘误的内容）或修订版均不适用于本标准，然而，鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

GB/T 6592 电工和电子测量设备性能表示（GB/T 6592—1996，IEC 60359：1987，IDT）

GB/T 11022 高压开关设备和控制设备标准的共同技术要求（GB/T 11022—1999，IEC 60694：1996，EQV）

DL 408 电业安全工作规程（发电厂和变电所电气部分）

DL 409 电业安全工作规程（电力线路部分）

IEC 60068 电工电子产品环境试验

IEC 61000 电磁兼容

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1

温升 temperature rise

被测设备表面温度和环境温度参照体表面温度之差。

3.2

温差 temperature difference

不同被测设备或同一被测设备不同部位之间的温度差。

3.3

相对温差 relative temperature difference

两个对应测点之间的温差与其中较热点的温升之比的百分数。相对温差 δ_1 可用下式求出：

$$\delta_1 = (\tau_1 - \tau_2) / \tau_1 \times 100\% = (T_1 - T_2) / (T_1 - T_0) \times 100\% \quad (1)$$

式中：

τ_1 和 T_1 ——发热点的温升和温度；

τ_2 和 T_2 ——正常相对应点的温升和温度；

T_0 ——环境温度参照体的温度。

3.4

环境温度参照体 reference body of ambient temperature

用来采集环境温度的物体。它不一定具有当时的真实环境温度，但具有与被检测设备相似的物理属

性，并与被检测设备处于相似的环境之中。

3.5

一般检测 normal measurement

适用于用红外热像仪对电气设备进行大面积检测。

3.6

精确检测 precise measurement

主要用于检测电压致热型和部分电流致热型设备的内部缺陷，以便对设备的故障进行精确判断。

3.7

电压致热型设备 heating of equipment caused by voltage

由于电压效应引起发热的设备。

3.8

电流致热型设备 heating of equipment caused by current

由于电流效应引起发热的设备。

3.9

综合致热型设备 heating of equipment caused by multiple effect

既有电压效应，又有电流效应，或者电磁效应引起发热的设备。

3.10

噪声等效温差 (NETD) noise equivalent temperature difference

用热像仪观察一个低空间频率的靶标时，当其视频信号的信噪比 (S/N) 为 1 时，观测者可以分辨的最小目标与背景之间的等效温差。NETD 是评价热像仪探测目标灵敏度和噪声大小的一个客观参数。

3.11

准确度 accuracy

在最大测温范围内，允许的最大温度误差，以绝对误差或误差百分数表示。

4 现场检测要求

4.1 人员要求

红外检测属于设备带电检测，检测人员应具备如下条件：

- 熟悉红外诊断技术的基本原理和诊断程序，了解红外热像仪的工作原理、技术参数和性能，掌握热像仪的操作程序和使用方法。
- 了解被检测设备的结构特点、工作原理、运行状况和导致设备故障的基本因素。
- 熟悉本标准，接受过红外热像检测技术培训，并经相关机构培训合格。
- 具有一定的现场工作经验，熟悉并能严格遵守电力生产和工作现场的有关安全管理规定。

4.2 安全要求

- 应严格执行 DL 408 和 DL 409。
- 应严格执行发电厂、变（配）电站及线路巡视的要求。
- 应有专人监护，监护人在检测期间应始终行使监护职责，不得擅自离岗或兼任其他工作。

4.3 检测环境条件要求

4.3.1 一般检测要求

- 被检设备是带电运行设备，应尽量避免视线中的封闭遮挡物，如门和盖板等；
- 环境温度一般不低于 5°C ，相对湿度一般不大于 85%；天气以阴天、多云为宜，夜间图像质量为佳；不应在雷、雨、雾、雪等气象条件下进行，检测时风速一般不大于 5m/s ，现场观察可参照附录 D；
- 户外晴天要避开阳光直接照射或反射进入仪器镜头，在室内或晚上检测应避开灯光的直射，宜

闭灯检测；

- d) 检测电流致热型设备，最好在高峰负荷下进行。否则，一般应在不低于 30% 的额定负荷下进行，同时应充分考虑小负荷电流对测试结果的影响。

4.3.2 精确检测要求

除满足一般检测的环境要求外，还满足以下要求：

- a) 风速一般不大于 0.5m/s；
- b) 设备通电时间不小于 6h，最好在 24h 以上；
- c) 检测期间天气为阴天、夜间或晴天日落 2h 后；
- d) 被检测设备周围应具有均衡的背景辐射，应尽量避免附近热辐射源的干扰，某些设备被检测时还应避开人体热源等的红外辐射；
- e) 避开强电磁场，防止强电磁场影响红外热像仪的正常工作。

4.3.3 飞机巡线检测基本要求

除满足一般检测的环境要求和飞机适行的要求外，还满足以下要求：

- a) 禁止夜航巡线，禁止在变电站和发电厂等上方飞行；
- b) 飞机飞行于线路的斜上方并保证有足够的安全距离，巡航速度以 50km/h～60km/h 为宜；
- c) 红外热成像仪应安装在专用的带陀螺稳定系统的吊舱内。

4.4 检测仪器要求

4.4.1 便携式红外热像仪

能满足精确检测的要求，测量精度和测温范围满足现场测试要求，性能指标较高，具有较高的温度分辨率及空间分辨率，具有大气条件的修正模型，操作简便，图像清晰、稳定，有目镜取景器，分析软件功能丰富，具体可参见附录 F。

4.4.2 手持（枪）式红外热像仪

能满足一般检测的要求，有最高点温度自动跟踪，采用 LCD 显示屏，可无取景器，操作简单，仪器轻便，图像比较清晰、稳定，具体可参见附录 G。

4.4.3 线路适用型红外热像仪

满足红外热像仪的基本功能要求，配备有中、长焦距镜头，空间分辨率达到使用要求。

当采用飞机巡线检测时，红外热成像仪应具备普通宽视野镜头和远距离窄视野镜头，并且可由检测人员根据要求方便切换。

4.4.4 在线型热像仪

将热像探头固定在被检测设备附近，进行在线测试，并将信号反馈到主控系统。要求有外部供电接口，连续稳定工作时长，并能满足全天候的环境使用条件，其信号和接口可根据系统要求定制，具体可参见附录 H。

5 现场操作方法

5.1 一般检测

仪器在开机后需进行内部温度校准，待图像稳定后即可开始工作。

一般先远距离对所有被测设备进行全面扫描，发现有异常后，再有针对性地近距离对异常部位和重点被测设备进行准确检测。

仪器的色标温度量程宜设置在环境温度加 10K～20K 左右的温升范围。

有伪彩色显示功能的仪器，宜选择彩色显示方式，调节图像使其具有清晰的温度层次显示，并结合数值测温手段，如热点跟踪、区域温度跟踪等手段进行检测。

应充分利用仪器的有关功能，如图像平均、自动跟踪等，以达到最佳检测效果。

环境温度发生较大变化时，应对仪器重新进行内部温度校准，校准方法按仪器的说明书进行。

作为一般检测，被测设备的辐射率一般取 0.9 左右。

5.2 精确检测

检测温升所用的环境温度参照体应尽可能选择与被测设备类似的物体，且最好能在同一方向或同一视场中选择。

在安全距离允许的条件下，红外仪器宜尽量靠近被测设备，使被测设备（或目标）尽量充满整个仪器的视场，以提高仪器对被测设备表面细节的分辨能力及测温准确度，必要时，可使用中、长焦距镜头。线路检测一般需使用中、长焦距镜头。

为了准确测温或方便跟踪，应事先设定几个不同的方向和角度，确定最佳检测位置，并可做上标记，以供今后的复测用，提高互比性和工作效率。

正确选择被测设备的辐射率，特别要考虑金属材料表面氧化对选取辐射率的影响，辐射率选取具体可参见附录 E。

将大气温度、相对湿度、测量距离等补偿参数输入，进行必要修正，并选择适当的测温范围。

记录被检设备的实际负荷电流、额定电流、运行电压，被检物体温度及环境参照体的温度值。

6 仪器管理和校验

6.1 仪器配置

目前在用的红外仪器主要包括制冷型和非制冷型焦平面热像仪、光机扫描型红外热像仪、红外热电视、红外测温仪四类，其中普遍使用的是便携式和手持式非制冷型焦平面热像仪。红外仪器的选择和配置，应根据单位的设备运行检修管理模式、设备电压等级、管理范围和系统规模，以及诊断检测要求等实际情况确定。

6.2 仪器管理

仪器应有专人负责保管，有完善的使用管理规定。

仪器档案资料完整，具有出厂校验报告、合格证、使用说明、质保书和操作手册等。

仪器存放应有防湿措施和干燥措施，使用环境条件、运输中的冲击和震动应符合厂家技术条件的要求。

仪器不得擅自拆卸，有故障时须到仪器厂家或厂家指定的维修点进行维修。

仪器应定期进行保养，包括通电检查、电池充放电、存储卡存储处理、镜头的检查等，以保证仪器及附件处于完好状态。

6.3 红外热像仪的校验

6.3.1 校验的基本项目及周期

红外热像仪的校验项目、校验周期、校验方法见表 1。

表 1 红外热像仪的校验项目、校验周期、校验方法

序 号	校验项目名称	校 验 周 期	校验方法条款
1	噪声等效温差	必要时	6.3.2.1
2	准确度	(1) 首次使用时； (2) 1~2 年	6.3.2.2
3	连续稳定工作时间	(1) 首次使用时； (2) 1~2 年	6.3.2.3
4	环境影响评价	必要时	6.3.2.4
5	测温一致性	(1) 首次使用时； (2) 1~2 年	6.3.2.5
6	图像质量评价	(1) 首次使用时； (2) 必要时	6.3.2.6

6.3.2 校验基本方法

6.3.2.1 噪声等效温差 (NETD)

在观察低空间频率的标准四杆靶的情况下，当其视频信号的信噪比 (S/N) 为 1 时，观察人员可以分辨的最小目标即目标与背景之间的等效温差。

6.3.2.2 准确度

黑体源设置在 $0^{\circ}\text{C} \sim 300^{\circ}\text{C}$ 之间的若干个温度值，测温距离为 $2\text{m} \sim 3\text{m}$ 的情况下进行。调节被测仪器至最佳状态，测取温度值，记录实际温度与测量温度，计算温度的偏差，应满足测温的准确度。

当 $t_2 < 100^{\circ}\text{C}$ 时，按公式 (2) 计算

$$\theta = t_2 - t_1 \quad (2)$$

当 $t_2 \geq 100^{\circ}\text{C}$ 时，按公式 (3) 计算

$$\theta = \frac{t_1 - t_2}{t_2} \times 100\% \quad (3)$$

式中：

θ ——准确度；

t_1 ——已知标准黑体温度， $^{\circ}\text{C}$ ；

t_2 ——热像仪测温读数， $^{\circ}\text{C}$ 。

6.3.2.3 连续稳定工作时间

红外仪器多次测量同一温度的黑体源，温度设定在 $0^{\circ}\text{C} \sim 50^{\circ}\text{C}$ 之间，在 $2\text{h} \sim 4\text{h}$ ，每 15min 测量一次，不操作热像仪，只读取数据，计算温度的偏差，应满足测温准确度的要求。

6.3.2.4 环境影响评价

将仪器放入 40°C 的恒温箱中 1h ，待其稳定后，拿到室温（一般可取 $23^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ ）环境中进行温度测量，开启热像仪， 15min 后测量黑体温度一次，间隔 15min 测量第二次。将仪器放入 0°C 的恒温箱（或冰箱 0°C ）中 1h ，待其稳定后，重复上面过程，计算各次测温偏差，满足测温准确度。

6.3.2.5 测温一致性

红外仪器距离面体源 1m 测量环境温度下的黑体温度，将黑体源分四个区域，每个区域取 $2 \sim 3$ 点记录温度，计算偏差，应满足测温准确度。

6.3.2.6 图像质量评价

在进行 NETD 测量中，观察四杆靶 2min ，评判项目有：清晰度，灰度级，靶的几何失真，图像干扰和彩色满意度五项。

6.3.3 校验实验室的基本要求

6.3.3.1 环境要求

实验室室内照明应使图像质量不得受到明显的影响，温度为 $23^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ ；相对湿度为 $40\% \sim 80\%$ ，达到清洁要求。

6.3.3.2 检测仪器要求

精密低温面黑体：温度范围为 $0^{\circ}\text{C} \sim 50^{\circ}\text{C}$ ($100\text{mm} \times 100\text{mm}$ 面阵)；温度均匀性为 $\pm 0.05^{\circ}\text{C}$ ；准确度为 $\pm 0.03^{\circ}\text{C}$ ；辐射率为 0.97 ± 0.02 ；稳定度为 $\pm 0.05^{\circ}\text{C}$ 。

腔式低温精密黑体：温度范围为 $0^{\circ}\text{C} \sim 100^{\circ}\text{C}$ ；准确度为 $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$ ；辐射率为 0.99 ± 0.01 ；稳定度为 $\pm 0.05^{\circ}\text{C}$ 。

腔式中温精密黑体：温度范围为 $50^{\circ}\text{C} \sim 1050^{\circ}\text{C}$ ；准确度为 $\pm 0.6^{\circ}\text{C}$ 或 $\pm 0.2\%$ （取绝对值大者）；辐射率为 0.99 ± 0.01 ；稳定度为 $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ 。

准直光管（平行光管）：焦距至少大于被测热像仪所用镜头焦距的 3 倍，通光口径大于热像仪接受口径的准直镜，产生平行光束来模拟无穷远处的红外辐射。

光学平台、靶标切换系统、高分辨率监视器、计算机及信号采集处理系统等设备。

7 红外检测周期

检测周期应根据电气设备在电力系统中的作用及重要性，并参照设备的电压等级、负荷电流、投运时间、设备状况等决定。电气设备红外检测管理及检测原始记录、检测报告可按附录 I 的要求。

7.1 变（配）电设备的检测

正常运行变（配）电设备的检测应遵循检修和预试前普查、高温高负荷等情况下的特殊巡测相结合的原则。一般 220kV 及以上交（直）流变电站每年不少于两次，其中一次可在大负荷前，另一次可在停电检修及预试前，以便使查出的缺陷在检修中能够得到及时处理，避免重复停电。

110kV 及以下重要变（配）电站每年检测一次。

对于运行环境差、陈旧或有缺陷的设备，大负荷运行期间、系统运行方式改变且设备负荷突然增加等情况下，需对电气设备增加检测次数。

新建、改扩建或大修后的电气设备，应在投运带负荷后不超过 1 个月内（但至少应在 24h 以后）进行一次检测，并建议对变压器、断路器、套管、避雷器、电压互感器、电流互感器、电缆终端等进行精确检测，对原始数据及图像进行存档。

建议每年对 330kV 及以上变压器、套管、避雷器、电容式电压互感器、电流互感器、电缆头等电压致热型设备进行一次精确检测，做好记录，必要时将测试数据及图像存入红外数据库，进行动态管理。有条件的单位可开展 220kV 及以下设备的精确检测并建立图库。

7.2 输电线路的检测

输电线路的检测一般在大负荷前进行。对正常运行的 500kV 及以上架空线路和重要的 220（330）kV 架空线路接续金具，每年宜检测一次；110kV 线路和其他的 220（330）kV 线路，可每两年进行一次。

新投产和做相关大修后的线路，应在投运带负荷后不超过 1 个月内（但至少 24h 以后）进行一次检测。

对于线路上的瓷绝缘子及合成绝缘子，有条件 and 经验的也可进行检测。

对正常运行的电缆线路设备，主要是电缆终端，110kV 及以上电缆每年不少于两次；35kV 及以下电缆每年至少一次。

对重负荷线路，运行环境差时应适当缩短检测周期；重大事件、重大节日、重要负荷以及设备负荷突然增加等特殊情况应增加检测次数。

7.3 旋转电机的检测

旋转电机运行中的检测主要包括碳刷及出线母线的检测，可每年一次，或在机组检修前。

进行定子铁芯损耗试验时，应使用红外热像仪进行温度分布测量。

必要时可利用红外热像仪进行定子绕组接头的开焊、断股缺陷的查找，以及用于线棒通流试验的检查。

8 判断方法

8.1 表面温度判断法

主要适用于电流致热型和电磁效应引起发热的设备。根据测得的设备表面温度值，对照 GB/T 11022 中高压开关设备和控制设备各种部件、材料及绝缘介质的温度和温升极限的有关规定（详细规定见附录 C），结合环境气候条件、负荷大小进行分析判断。

8.2 同类比较判断法

根据同组三相设备、同相设备之间及同类设备之间对应部位的温差进行比较分析。对于电压致热型设备，应结合本标准的 8.3 条进行判断；对于电流致热型设备，应结合本标准的 8.4 条进行判断。

8.3 图像特征判断法

主要适用于电压致热型设备。根据同类设备的正常状态和异常状态的热像图，判断设备是否正常。

注意应尽量排除各种干扰因素对图像的影响，必要时结合电气试验或化学分析的结果，进行综合判断。

8.4 相对温差判断法

主要适用于电流致热型设备。特别是对小负荷电流致热型设备，采用相对温差判断法可降低小负荷缺陷的漏判率。

8.5 档案分析判断法

分析同一设备不同时期的温度场分布，找出设备致热参数的变化，判断设备是否正常。

8.6 实时分析判断法

在一段时间内使用红外热像仪连续检测某被测设备，观察设备温度随负载、时间等因素变化的方法。

9 诊断判据

9.1 电流致热型设备的判断依据

电流致热型设备的判断依据详细见附录 A。

9.2 电压致热型设备的判断依据

电压致热型设备的判断依据详细见附录 B。

9.3 综合致热型设备的判断

当缺陷是由两种或两种以上因素引起的，应综合判断缺陷性质。对于磁场和漏磁引起的过热可依据电流致热型设备的判据进行处理。

10 缺陷类型的确定及处理方法

红外检测发现的设备过热缺陷应纳入设备缺陷管理制度的范围，按照设备缺陷管理流程进行处理。

根据过热缺陷对电气设备运行的影响程度分为以下三类：

一般缺陷：指设备存在过热，有一定温差，温度场有一定梯度，但不会引起事故的缺陷。这类缺陷一般要求记录在案，注意观察其缺陷的发展，利用停电机机会检修，有计划地安排试验检修消除缺陷。

当发热点温升值小于 15K 时，不宜采用附录 A 的规定确定设备缺陷的性质。对于负荷率小、温升小但相对温差大的设备，如果负荷有条件或机会改变时，可在增大负荷电流后进行复测，以确定设备缺陷的性质，当无法改变时，可暂定为一般缺陷，加强监视。

严重缺陷：指设备存在过热，程度较重，温度场分布梯度较大，温差较大的缺陷。这类缺陷应尽快安排处理。对电流致热型设备，应采取必要的措施，如加强检测等，必要时降低负荷电流；对电压致热型设备，应加强监测并安排其他测试手段，缺陷性质确认后，立即采取措施消缺。

危急缺陷：指设备最高温度超过 GB/T 11022 规定的最高允许温度的缺陷。这类缺陷应立即安排处理。对电流致热型设备，应立即降低负荷电流或立即消缺；对电压致热型设备，当缺陷明显时，应立即消缺或退出运行，如有必要，可安排其他试验手段，进一步确定缺陷性质。

电压致热型设备的缺陷一般定为严重及以上的缺陷。

附录 J 列举了一些电气设备红外缺陷典型图谱，可供参考。

附录 A

(规范性附录)

电流致热型设备缺陷诊断判据

电流致热型设备缺陷诊断判据见表 A.1。

表 A.1 电流致热型设备缺陷诊断判据

设备类别和部位		热像特征	故障特征	缺陷性质			处理建议	备注
				一般缺陷	严重缺陷	危急缺陷		
电器设备与金属部件的连接	接头和线夹	以线夹和接头为中心的热像, 热点明显	接触不良	温差不超过 15K, 未达到严重缺陷的要求	热点温度 > 80℃ 或 $\delta \geq 80\%$	热点温度 > 110℃ 或 $\delta \geq 95\%$		δ : 相对温差, 如附录 J 的图 J.7、图 J.8 和图 J.16 所示
金属部件与金属部件的连接	接头和线夹	以线夹和接头为中心的热像, 热点明显	接触不良	温差不超过 15K, 未达到重要缺陷的要求	热点温度 > 90℃ 或 $\delta \geq 80\%$	热点温度 > 130℃ 或 $\delta \geq 95\%$		如附录 J 的图 J.42 所示
金属导线		以导线为中心的热像, 热点明显	松股、断股、老化或截面积不够	温差不超过 15K, 未达到重要缺陷的要求	热点温度 > 80℃ 或 $\delta \geq 80\%$	热点温度 > 110℃ 或 $\delta \geq 95\%$		
输电导线的连接器 (耐张线夹、接续管、修补管、并沟线夹、跳线线夹、T 型线夹、设备线夹等)		以线夹和接头为中心的热像, 热点明显	接触不良	温差不超过 15K, 未达到重要缺陷的要求	热点温度 > 90℃ 或 $\delta \geq 80\%$	热点温度 > 130℃ 或 $\delta \geq 95\%$		如附录 J 的图 J.41 所示
隔离开关	转头	以转头为中心的热像	转头接触不良或断股	温差不超过 15K, 未达到重要缺陷的要求	热点温度 > 90℃ 或 $\delta \geq 80\%$	热点温度 > 130℃ 或 $\delta \geq 95\%$		如附录 J 的图 J.43 所示
	刀口	以刀口压接弹簧为中心的热像	弹簧压接不良	温差不超过 15K, 未达到重要缺陷的要求	热点温度 > 90℃ 或 $\delta \geq 80\%$	热点温度 > 130℃ 或 $\delta \geq 95\%$	测量接触电阻	如附录 J 的图 J.45 所示
断路器	动静触头	以顶帽和下法兰为中心的热像, 顶帽温度大于下法兰温度	压指压接不良	温差不超过 10K, 未达到重要缺陷的要求	热点温度 > 55℃ 或 $\delta \geq 80\%$	热点温度 > 80℃ 或 $\delta \geq 95\%$	测量接触电阻	内外部的温差约为 50K ~ 70K, 如附录 J 的图 J.46 和图 J.48 所示
	中间触头	以下法兰和顶帽为中心的热像, 下法兰温度大于顶帽温度	压指压接不良	温差不超过 10K, 未达到重要缺陷的要求	热点温度 > 55℃ 或 $\delta \geq 80\%$	热点温度 > 80℃ 或 $\delta \geq 95\%$	测量接触电阻	内外部的温差为 40K ~ 60K, 如附录 J 的图 J.47 所示

表 A.1 (续)

设备类别和部位		热像特征	故障特征	缺陷性质			处理建议	备注
				一般缺陷	严重缺陷	危急缺陷		
电流互感器	内连接	以串并联出线头或大螺杆出线夹为最高温度的热像或以顶部铁帽发热为特征	螺杆接触不良	温差不超过 10K, 未达到重要缺陷的要求	热点温度 > 55℃ 或 $\delta \geq 80\%$	热点温度 > 80℃ 或 $\delta \geq 95\%$	测量一次回路电阻	内外部温差为 30K~45K, 如附录 J 的图 J.9 所示
套管	柱头	以套管顶部柱头为最热的热像	柱头内部并线压接不良	温差不超过 10K, 未达到重要缺陷的要求	热点温度 > 55℃ 或 $\delta \geq 80\%$	热点温度 > 80℃ 或 $\delta \geq 95\%$		如附录 J 的图 J.31 和图 J.33 所示
电容器	熔丝	以熔丝中部靠电容侧为最热的热像	熔丝容量不够	温差不超过 10K, 未达到重要缺陷的要求	热点温度 > 55℃ 或 $\delta \geq 80\%$	热点温度 > 80℃ 或 $\delta \geq 95\%$	检查熔丝	环氧管的遮挡, 如附录 J 的图 J.13 所示
	熔丝座	以熔丝座为最热的热像	熔丝与熔丝座之间接触不良	温差不超过 10K, 未达到重要缺陷的要求	热点温度 > 55℃ 或 $\delta \geq 80\%$	热点温度 > 80℃ 或 $\delta \geq 95\%$	检查熔丝座	如附录 J 的图 J.13 所示

附录 B

(规范性附录)

电压致热型设备缺陷诊断判据

电压致热型设备缺陷诊断判据见表 B.1。

表 B.1 电压致热型设备缺陷诊断判据

设备类别		热像特征	故障特征	温差 K	处理建议	备注
电流互感器	10kV 浇注式	以本体为中心整体发热	铁芯短路或局部放电增大	4	进行伏安特性或局部放电电量试验	
	油浸式	以瓷套整体温升增大, 且瓷套上部温度偏高	介质损耗偏大	2~3	进行介质损耗、油色谱、油中含水量检测	含气体绝缘的, 如附录 J 的图 J.6 所示
电压互感器 (含电容式电压互感器的互感器部分)	10kV 浇注式	以本体为中心整体发热	铁芯短路或局部放电增大	4	进行特性或局部放电电量试验	
	油浸式	以整体温升偏高, 且中上部温度大	介质损耗偏大、匝间短路或铁芯损耗增大	2~3	进行介质损耗、空载、油色谱及油中含水量测量	铁芯故障特征相似, 温升更明显
耦合电容器	油浸式	以整体温升偏高或局部过热, 且发热符合自上而下逐步的递减的规律	介质损耗偏大, 电容量变化、老化或局部放电	2~3	进行介质损耗测量	如附录 J 的图 J.10、图 J.11、图 J.12 和图 J.17 所示
移相电容器		热像一般以本体上部为中心的热像图, 正常热像最高温度一般在宽面垂直平分线的 $\frac{2}{3}$ 高度左右, 其表面温升略高, 整体发热或局部发热	介质损耗偏大, 电容量变化、老化或局部放电	2~3	进行介质损耗测量	采用相对温差判别即 $\delta > 20\%$ 或有不均匀热像, 如附录 J 的图 J.14 和图 J.15 所示
高压套管		热像特征呈现以套管整体发热热像	介质损耗偏大	2~3	进行介质损耗测量	穿墙套管或电缆头套管温差更小
		热像为对应部位呈现局部发热区故障	局部放电故障, 油路或气路的堵塞			
充油套管	瓷瓶柱	热像特征是以油面处为最高温度的热像, 油面有一明显的水平分界线	缺油			如附录 J 的图 J.30、图 J.31 和图 J.36 所示

表 B.1 (续)

设 备 类 别		热 像 特 征	故障特征	温差 K	处理建议	备 注
氧化锌避雷器	10kV～60kV	正常为整体轻微发热，较热点一般在靠近上部且不均匀，多节组合从上到下各节温度递减，引起整体发热或局部发热为异常	阀片受潮或老化	0.5～1	进行直流和交流试验	合成套比瓷套温差更小，如附录 J 的图 J.18、图 J.19 和图 J.20 所示
绝缘子	瓷绝缘子	正常绝缘子串的温度分布同电压分布规律，即呈现不对称的马鞍型，相邻绝缘子温差很小，以铁帽为发热中心的热像图，其比正常绝缘子温度高	低值绝缘子发热（绝缘电阻在10MΩ～300MΩ）	1		如附录 J 的图 J.40 所示
		发热温度比正常绝缘子要低，热像特征与绝缘子相比，呈暗色调	零值绝缘子发热（0～10MΩ）			
		其热像特征是以瓷盘（或玻璃盘）为发热区的热像	由于表面污秽引起绝缘子泄漏电流增大	0.5		如附录 J 的图 J.39 所示
	合成绝缘子	在绝缘良好和绝缘劣化的结合处出现局部过热，随着时间的延长，过热部位会移动	伞裙破损或芯棒受潮	0.5～1		如附录 J 的图 J.37 所示
		球头部位过热	球头部位松脱、进水			如附录 J 的图 J.38 所示
电缆终端		以整个电缆头为中心的热像	电缆头受潮、劣化或气隙	0.5～1		采用相对温差判别即δ>20%或有不均匀热像
		以护层接地连接为中心的发热	接地不良	5～10		
		伞裙局部区域过热	内部可能有局部放电	0.5～1		
		根部有整体性过热	内部介质受潮或性能异常			

附 录 C
(规范性附录)

高压开关设备和控制设备各种部件、材料和绝缘介质的温度和温升极限

高压开关设备和控制设备各种部件、材料和绝缘介质的温度和温升极限见表 C.1。

表 C.1 高压开关设备和控制设备各种部件、材料和绝缘介质的温度和温升极限

部件、材料和绝缘介质的类别 (见说明 1、说明 2 和说明 3)	最 大 值	
	温度 ℃	周围空气温度不超过 40℃时的温升 K
触头 (见说明 4)		
(1) 裸铜或裸铜合金		
1) 在空气中	75	35
2) 在 SF ₆ (六氟化硫) 中 (见说明 5)	105	65
3) 在油中	80	40
(2) 镀银或镀镍 (见说明 6)		
1) 在空气中	105	65
2) 在 SF ₆ (六氟化硫) 中 (见说明 5)	105	65
3) 在油中	90	50
(3) 镀锡 (见说明 6)		
1) 在空气中	90	50
2) 在 SF ₆ (六氟化硫) 中 (见说明 5)	90	50
3) 在油中	90	50
用螺栓或与其等效的联结 (见说明 4)		
(1) 裸铜、裸铜合金或裸铝合金		
1) 在空气中	90	50
2) 在 SF ₆ (六氟化硫) 中 (见说明 5)	115	75
3) 在油中	100	60
(2) 镀银或镀镍		
1) 在空气中	115	75
2) 在 SF ₆ (六氟化硫) 中 (见说明 5)	115	75
3) 在油中	100	60
(3) 镀锡		
1) 在空气中	105	65
2) 在 SF ₆ (六氟化硫) 中 (见说明 5)	105	65
3) 在油中	100	60
其他裸金属制成的或其他镀层的触头、联结	见说明 7	见说明 7
用螺钉或螺栓与外部导体连接的端子 (见说明 8)		
1) 裸的	90	50
2) 镀银、镀镍或镀锡	105	65
3) 其他镀层	见说明 7	见说明 7

表 C.1 (续)

部件、材料和绝缘介质的类别 (见说明 1、说明 2 和说明 3)	最 大 值	
	温度 ℃	周围空气温度不超过 40℃时的温升 K
油断路器装置用油 (见说明 9 和说明 10)	90	50
用作弹簧的金属零件	见说明 11	见说明 11
绝缘材料以及与下列等级的绝缘材料接触的金属材料 (见说明 12)		
1) Y	90	60
2) A	105	65
3) E	120	80
4) B	130	90
5) F	155	115
6) 瓷漆: 油基	100	60
合成	120	80
7) H	180	140
8) C 其他绝缘材料	见说明 13	见说明 13
除触头外, 与油接触的任何金属或绝缘件	100	60
可触及的部件		
1) 在正常操作中可触及的	70	30
2) 在正常操作中不需触及的	80	40
<p>说明 1: 按其功能, 同一部件可以属于本表列出的几种类别。在这种情况下, 允许的最高温度和温升值是相关类别中的最低值。</p> <p>说明 2: 对真空开关装置, 温度和温升的极限值不适用于处在真空中的部件。其余部件不应该超过本表给出的温度和温升值。</p> <p>说明 3: 应注意保证周围的绝缘材料不遭到损坏。</p> <p>说明 4: 当接合的零件具有不同的镀层或一个零件是裸露的材料制成的, 允许的温度和温升应该是:</p> <p>a) 对触头, 表项 1 中有最低允许值的表面材料的值;</p> <p>b) 对联结, 表项 2 中的最高允许值的表面材料的值。</p> <p>说明 5: SF_6 是指纯 SF_6 或 SF_6 与其他无氧气体的混合物。</p> <p>注 1: 由于不存在氧气, 把 SF_6 开关设备中各种触头和连接的温度极限加以协调看来是合适的。在 SF_6 环境下, 裸铜和裸铜合金零件的允许温度极限可以等于镀银或镀镍零件的值, 在镀锡零件的特殊情况下, 由于摩擦腐蚀效应, 即使在 SF_6 无氧的条件下, 提高其允许温度也是不合适的。因此镀锡零件仍取原来的值。</p> <p>注 2: 裸铜和镀银触头在 SF_6 中的温升正在考虑中。</p> <p>说明 6: 按照设备有关的技术条件, 即在关合和开断试验 (如果有的话) 后、在短时耐受电流试验后或在机械耐受试验后, 有镀层的触头在接触区应该有连续的镀层, 不然触头应该被看作是“裸露”的。</p> <p>说明 7: 当使用表 C.1 中没有给出的材料时, 应该研究他们的性能, 以便确定最高的允许温升。</p> <p>说明 8: 即使和端子连接的是裸导体, 这些温度和温升值仍是有效的。</p> <p>说明 9: 在油的上层。</p> <p>说明 10: 当采用低闪点的油时, 应当特别注意油的汽化和氧化。</p> <p>说明 11: 温度不应该达到使材料弹性受损的数值。</p> <p>说明 12: 绝缘材料的分级在 GB/T 11021 中给出。</p> <p>说明 13: 仅以不损害周围的零部件为限。</p>		

附 录 D
(资料性附录)
风级、风速的关系表

风级、风速的关系见表 D.1。

表 D.1 风级、风速的关系表

风力等级	风速 m/s	地 面 特 征
0	0~0.2	静烟直上
1	0.3~1.5	烟能表示方向，树枝略有摆动，但风向标不能转动
2	1.6~3.3	人脸感觉有风，树枝有微响，旗帜开始飘动，风向标能转动
3	3.4~5.4	树叶和微枝摆动不息，旌旗展开
4	5.5~7.9	能吹起地面灰尘和纸张，小树枝摆动
5	8.0~10.7	有叶的小树摇摆，内陆水面有水波
6	10.8~13.8	大树枝摆动，电线呼呼有声，举伞困难
7	13.9~17.1	全树摆动，迎风步行不便

附 录 E
(资料性附录)
常用材料发射率的参考值

常用材料发射率的参考值见表 E.1。

表 E.1 常用材料发射率的参考值

材 料	温度 ℃	发射率近似值	材 料	温度 ℃	发射率近似值
抛光铝或铝箔	100	0.09	棉纺织品(全颜色)	—	0.95
轻度氧化铝	25~600	0.10~0.20	丝绸	—	0.78
强氧化铝	25~600	0.30~0.40	羊毛	—	0.78
黄铜镜面	28	0.03	皮肤	—	0.98
氧化黄铜	200~600	0.59~0.61	木材	—	0.78
抛光铸铁	200	0.21	树皮	—	0.98
加工铸铁	20	0.44	石头	—	0.92
完全生锈轧铁板	20	0.69	混凝土	—	0.94
完全生锈氧化钢	22	0.66	石子	—	0.28~0.44
完全生锈铁板	25	0.80	墙粉	—	0.92
完全生锈铸铁	40~250	0.95	石棉板	25	0.96
镀锌亮铁板	28	0.23	大理石	23	0.93
黑亮漆(喷在粗糙铁上)	26	0.88	红砖	20	0.95
黑或白漆	38~90	0.80~0.95	白砖	100	0.90
平滑黑漆	38~90	0.96~0.98	白砖	1000	0.70
亮漆(所有颜色)	—	0.90	沥青	0~200	0.85
非亮漆	—	0.95	玻璃(面)	23	0.94
纸	0~100	0.80~0.95	碳片	—	0.85
不透明塑料	—	0.95	绝缘片	—	0.91~0.94
瓷器(亮)	23	0.92	金属片	—	0.88~0.90
电瓷	—	0.90~0.92	环氧玻璃板	—	0.80
屋顶材料	20	0.91	镀金铜片	—	0.30
水	0~100	0.95~0.96	涂焊料的铜	—	0.35
冰	—	0.98	铜丝	—	0.87~0.88

附录 F
(资料性附录)

便携式红外热像仪的基本要求

便携式红外热像仪的基本要求见表 F.1。

表 F.1 便携式红外热像仪的基本要求

技术内容		技术要求	备注说明
探测器	探测器类型	焦平面、非制冷	
图像、光学系统	响应波长范围	长波, 8 μ m~14 μ m	
	空间分辨率(瞬时视场、FOV)	不大于 1.5 毫弧度(标准镜头配置)	长焦镜头不大于 0.7 毫弧度
	温度分辨率	不大于 0.1℃	30℃时
	帧频	高于 25Hz	线路航测: 车载巡检等应不低于 50Hz
	聚焦范围	0.5m 至无穷远	
	视频信号制式	PAL	
	信号数字化分辨率	不低于 12bit	
	镜头扩展能力	能安装长焦距镜头	
	像素	不低于 320×240	
温度测量	范围	标准范围: -20℃~200℃并可扩展至更宽的范围	
	测温准确度	±2%或±2℃	取绝对值大者
	发射率 ϵ	0.01~1 连续可调	以 0.01 为步长
	背景温度修正	可	
	温度单位设置	℃和°F 相互转换	
	大气透过率修正	可	应包括目标距离、湿度和环境温度
	光学透过率修正	可	
	温度非均匀性校正	有	有内置黑体和外置两种, 建议选取内置黑体型的
显示功能	黑白图像(灰度)	有, 且能反相	
	伪彩色图像	有, 且能反相	
	伪彩色调色板	应至少包括铁色和彩虹	
	测量点温	有, 至少三点	最高温度跟踪
	温差功能	有	
	温度曲线	有	
	区域温度功能	显示区域的最高温度	
	各参数显示	有	
	存储内容	红外热像图及各种参数	各参数应包括: 时间日期、物体的发射率、环境温度湿度、目标距离、所使用的镜头、所设定的温度范围

表 F.1 (续)

技 术 内 容		技 术 要 求	备注说明
记录存储	存储方式	能够记录并导出	
	存储内容	红外热像图及各种参数	各参数应包括：时间日期、物体的发射率、环境温度湿度、目标距离、所使用的镜头、所设定的温度范围
	存储容量	500 幅以上图像	
	屏幕冻结	可	
信号输出	视频输出	有	
工作环境	工作环境	温度-10℃~50℃ 湿度≤90%	
	仪器封装	符合 IP54 GB/T 6592	
	电磁兼容	符合 IEC 61000	
	抗冲击和震动	符合 IEC 60068	
存放环境	存放环境	温度-20℃~60℃ 湿度≤90%	
电源	交流电源	220V 50Hz	
	直流电池	可充电锂电池，一组电池连续工作时间不小于 2h，电池组应不少于三组	
人机界面	操作界面	中文或英文	以中文为佳
	操作方式	按键控制	
	人体工程学	要求眼不离屏幕即可完成各项操作，操作键要少	按键设置合理 按键主要不应用眼睛到处找
仪器其他	仪器启动	启动时间小于 1min	
	携带	高强度抗冲击的便携箱	
	重量	小于 3kg	标配含电池
	显示器	角度可调整，并且有防杂光干扰能力	
	固定使用	有三脚架安装孔	
软件	操作界面	全中文界面	
	操作系统	Windows9x/2000/XP 或以上版本	
	加密	无	
	图像格式转换	有，转成通用格式	转成 bmp 格式或 jpg 格式
	热像图分析	点、线、面分析等温面分析各参数的调整	
	热像报告	报告内容应能体现各设置参数	从热像图中自动生成
	报告格式	能根据用户要求定制	
	软件二次开发	能根据用户要求开发	

附录 G

(资料性附录)

手持(枪)式红外热像仪的基本要求

手持(枪)式红外热像仪的基本要求见表 G.1。

表 G.1 手持(枪)式红外热像仪的基本要求

技术内容		技术要求	备注说明
探测器	探测器类型	焦平面、非制冷	微量热型探测器
	响应波长范围	长波 $8\mu\text{m}\sim 14\mu\text{m}$	
图像、光学系统	空间分辨率(瞬时视场、FOV)	不大于 1.9 毫弧度(标准镜头配置)	
	温度分辨率	不大于 0.15°C	30°C 时
	帧频	不低于 25Hz	
	像素	不低于 160×120	
温度测量	范围	标准范围: $-20^{\circ}\text{C}\sim 200^{\circ}\text{C}$ 并可扩展至更宽的范围	
	测温准确度	$\pm 2\%$ 或 $\pm 2^{\circ}\text{C}$	取绝对值大者
	发射率 ε	$0.01\sim 1$ 连续可调	以 0.01 为步长
	背景温度修正	可	
	温度单位设置	$^{\circ}\text{C}$ 和 $^{\circ}\text{F}$ 相互转换	
显示功能	黑白图像(灰度)	有, 且能反相	
	伪彩色图像	有, 且能反相	
	伪彩色调色板	应至少包括铁色和彩虹	
	测量点温	有, 起码一点	最高温度跟踪
	各参数显示	有	
记录存储	存储容量	不少于 50 幅	
	屏幕冻结	可	
	数据传输	USB 接口	
工作环境	工作环境	温度 $-10^{\circ}\text{C}\sim 50^{\circ}\text{C}$ 湿度 $10\%\sim 90\%$	
	仪器封装	符合 IP54 GB/T 6592	
	电磁兼容	符合 IEC 61000	
	抗冲击和震动	符合 IEC 60068	
存放环境	存放环境	温度 $-20^{\circ}\text{C}\sim 70^{\circ}\text{C}$ 湿度 $10\%\sim 90\%$	
电源	交流电源	220V 50Hz	
	直流电池	可充电锂电池, 一组电池连续开机时间不小于 2h	
人机界面	操作界面	中文或英文	以中文为佳
	操作方式	按键控制	
仪器其他	仪器启动	启动时间小于 1 min	
	携带	高强度抗冲击的便携箱	
	重量	小于 1kg	标配含电池
	固定使用	有三脚架安装孔	

附录 H

(资料性附录)

在线型红外热像仪的基本要求

在线型红外热像仪的基本要求见表 H.1。

表 H.1 在线型红外热像仪的基本要求

技 术 要 求		技 术 内 容	备 注 说 明
探测器	探测器类型	焦平面、非制冷	
	响应波长范围	长波 $8\mu\text{m}\sim 14\mu\text{m}$	
温度测量	温度分辨率	0.1°C	
	帧频	不低于 25Hz	
	聚集范围	0.5m 至无穷远	
	视频信号制式	PAL	
	信号数字化分辨率	不低于 12bit	
	镜头相对孔径 F	按实际情况选定	
	镜头扩展能力	能安装长焦距镜头	
	像素	不低于 160×120	
	范围	标准范围： $-20^{\circ}\text{C}\sim 500^{\circ}\text{C}$ ，并可扩展至更宽的范围	
	测温准确度	$\pm 2\%$ 或 $\pm 2^{\circ}\text{C}$	取绝对值大者
	发射率 ϵ	0.01~1 连续可调	
	背景温度修正	可	
	温度单位设置	$^{\circ}\text{C}$ 和 $^{\circ}\text{F}$ 相互转换	
	大气透过率修正	可	
	光学透过率修正	可	
	温度非均匀性校正	有	
工作环境	连续稳定工作时间	不小于 10h	可根据用户要求确定更长时间
	接口方式	RS485	
	工作环境	温度 $-20^{\circ}\text{C}\sim 60^{\circ}\text{C}$ 湿度 10%~90%	
	仪器封装	符合 IP67	
	电磁兼容	符合 IEC 61000	
	抗冲击和震动	符合 IEC 60068	

附录 I
(资料性附录)

电气设备红外检测管理及检测报告

红外检测作为发现设备缺陷的重要手段之一，其测试记录、诊断报告和检修报告应详细、全面，并应妥善保管，并建立红外数据库，将红外诊断纳入本单位的设备信息管理系统中进行管理。

红外检测报告应包含仪器型号、出厂编号、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、负荷、图像资料、诊断结果及处理意见等内容。

现场应详细了解和记录缺陷的相关资料，并及时提出检测诊断报告。电气设备红外检测报告和电气设备现场检测记录可参照表 I.1 和表 I.2 给出的格式样本。

对记录的数据和图像及时编号存档，诊断结论和处理结果要求登记在案，缺陷和异常及时上报主管部门。

建立本单位的红外图谱库及检测台账，并可将 220kV~500kV 避雷器、电容式电压互感器、电流互感器、变压器、套管和电缆头等设备正常状态下热图像输入，每年录入一次。同时将缺陷情况建立子库，进入单位设备信息管理系统。

表 I.1 电气设备红外检测报告

1. 检测工况

单位			仪器编号	
设备名称 (电压等级)				
测试仪器		图像编号		辐射系数
负荷电流 (检测时)		额定电流		测试距离
天气		环境温度		湿度
检测时间				风速

2. 图像分析

红外图像	可见光图像

表 I.1 (续)

3. 诊断分析和缺陷性质

--

4. 处理意见

--

5. 备注

--

检测人员:

审核:

批准:

日期:

表 I.2 电气设备现场检测记录

设备单位:

天气:

日期:

序号	设备名称	缺陷部位	表面温度 ℃	正常相温度 ℃	环境参照体温度 ℃	温差 K	相对温差 %	负荷电流/额定电流 A	运行电压/额定电压 kV	缺陷性质	图号	时间	检测人员	备注 (辐射系数/ 风速/ 距离等)

检测人员:

记录人员:

附录 J
(资料性附录)
电气设备红外缺陷典型图谱

1 变压器类设备

变压器类设备红外缺陷典型图谱如图 J.1 ~ 图 J.5 所示。

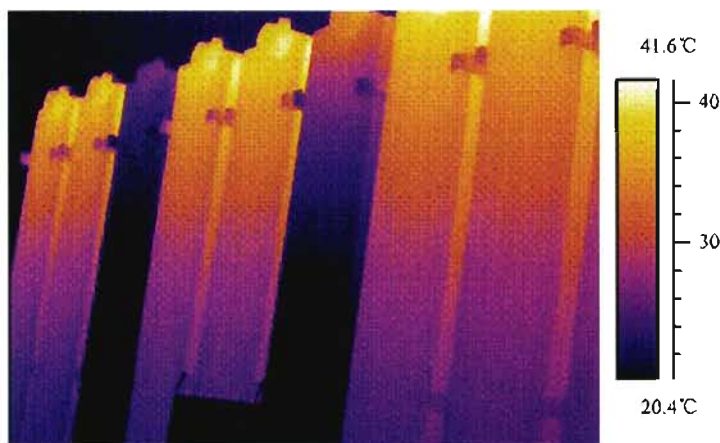


图 J.1 变压器散热器进油管关上

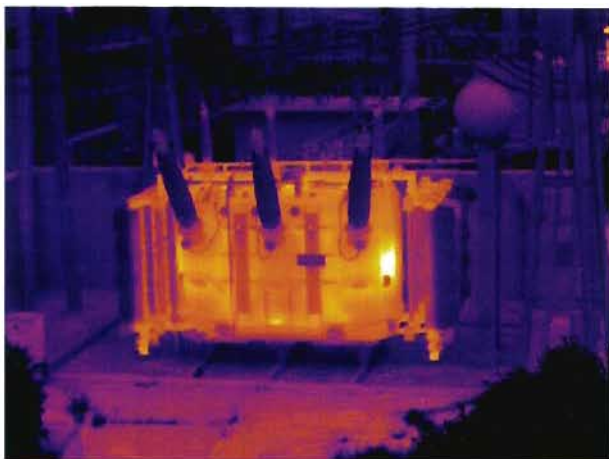


图 J.2 变压器磁屏蔽不良



图 J.3 变压器低压侧涡流引起发热



图 J.4 变压器漏磁通引起的螺栓发热



图 J.5 变压器散热风扇电动机堵转发热

2 互感器类设备

互感器类设备红外缺陷典型图谱如图 J.6 ~ 图 J.9 所示。

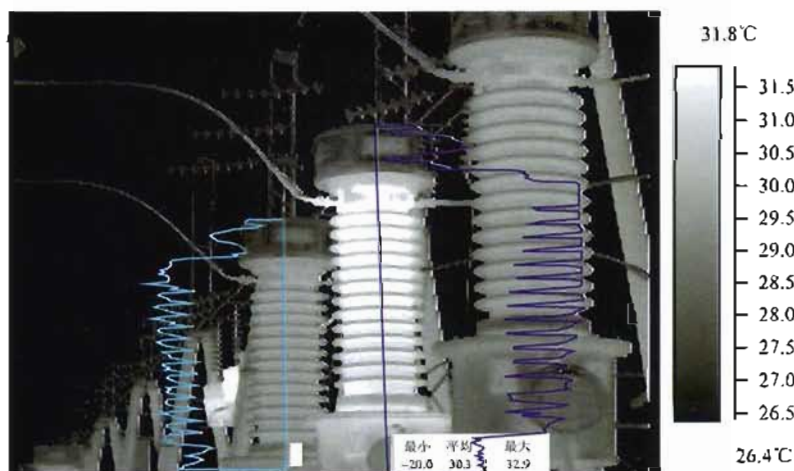


图 J.6 互感器介质损耗偏高发热，B 相

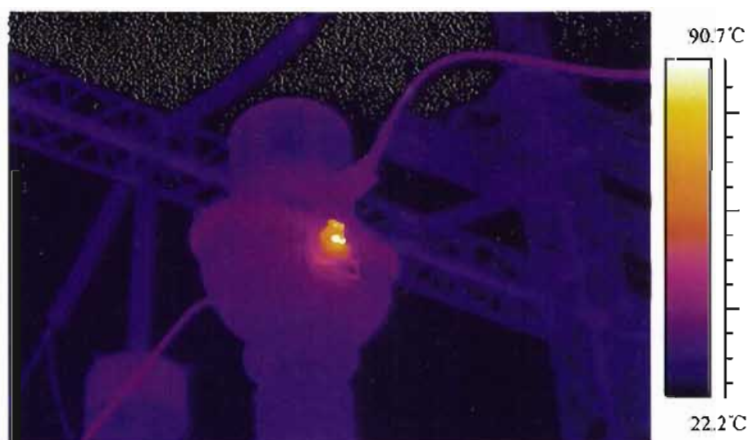


图 J.7 互感器变比接头发热

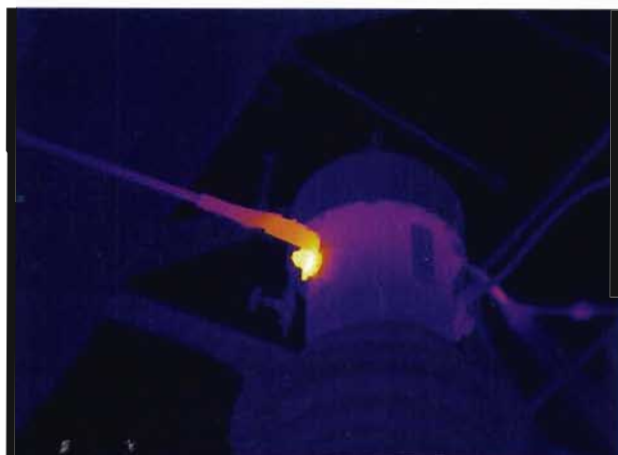


图 J. 8 电流互感器接头发热

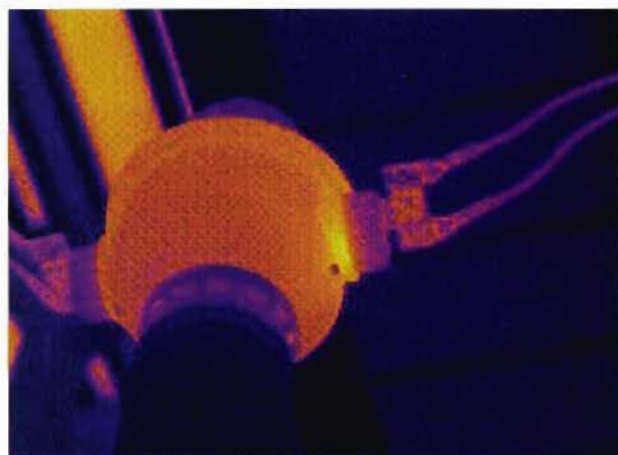


图 J. 9 互感器内接头发热

3 电容器类设备

电容器类设备红外缺陷典型图谱如图 J. 10 ~ 图 J. 17 所示。

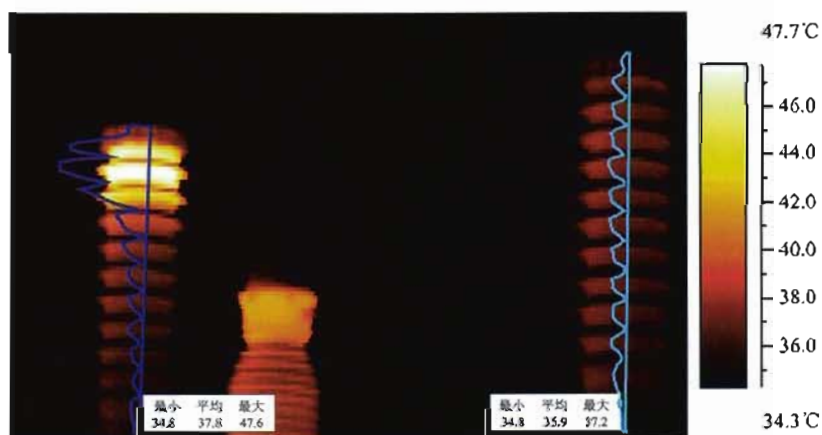


图 J. 10 耦合电容器电容量减少 10%，引起发热

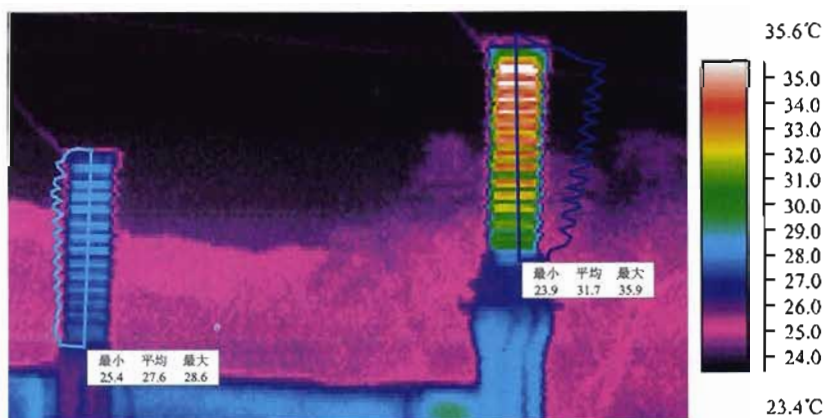


图 J. 11 耦合电容器介质损耗超标，发热

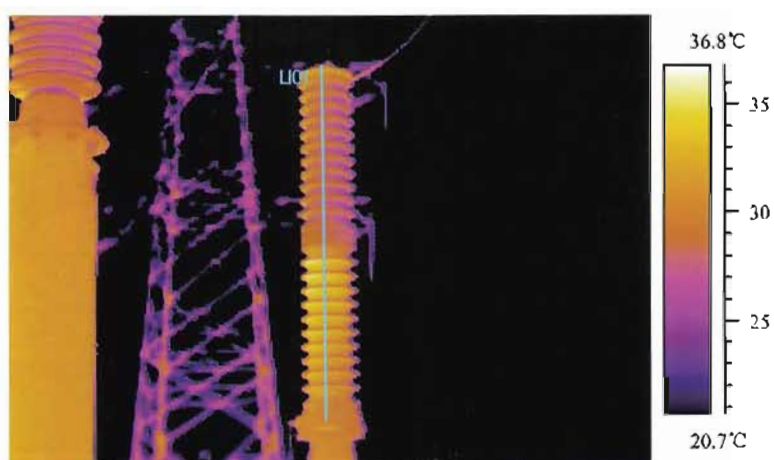


图 J. 12 耦合电容器下节介质损耗偏大发热

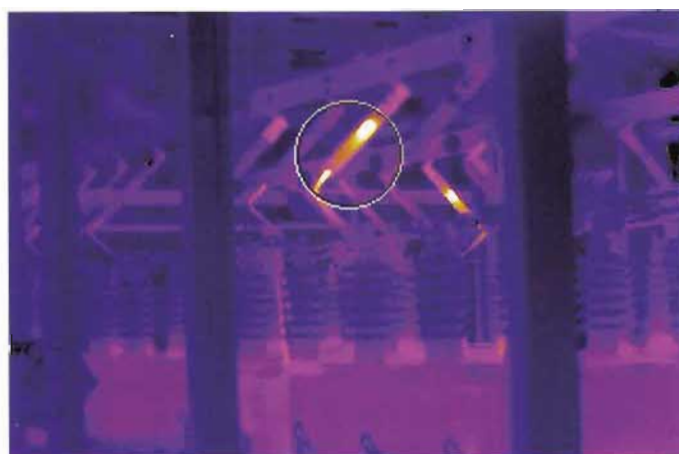


图 J. 13 电容器熔丝发热

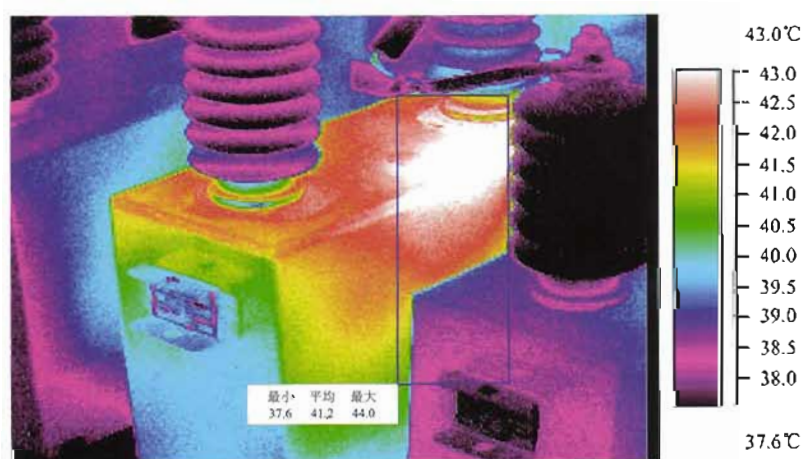


图 J. 14 电容器局部发热

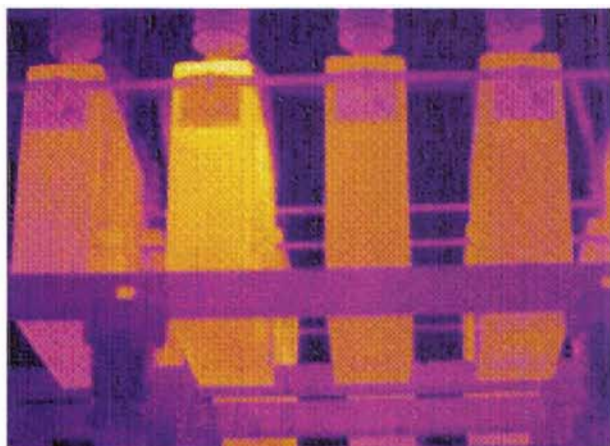


图 J. 15 电容器介质损耗偏大引起发热

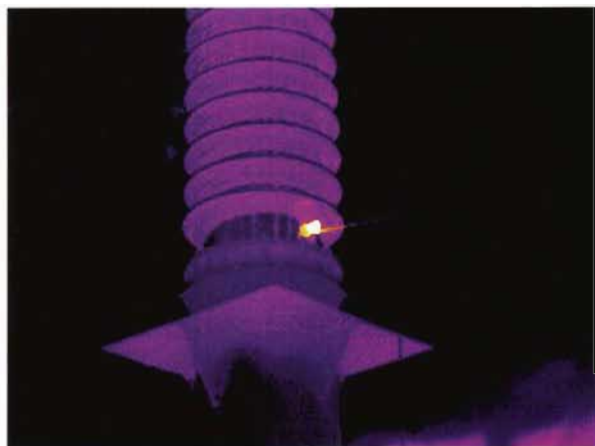


图 J. 16 耦合电容器电容接头发热

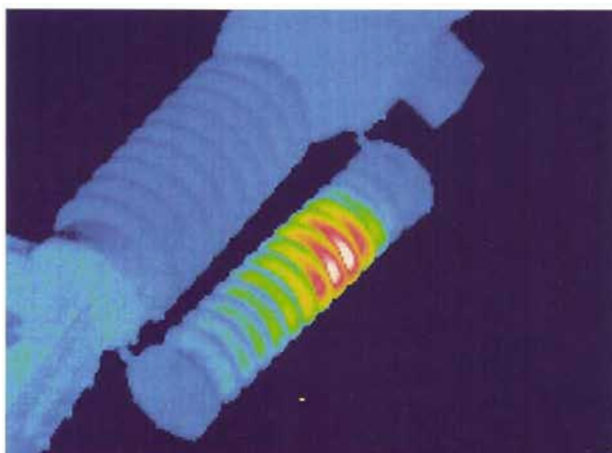


图 J. 17 断路器并联电容发热

4 避雷器类设备

避雷器类设备红外缺陷典型图谱如图 J. 18 ~ 图 J. 20 所示。

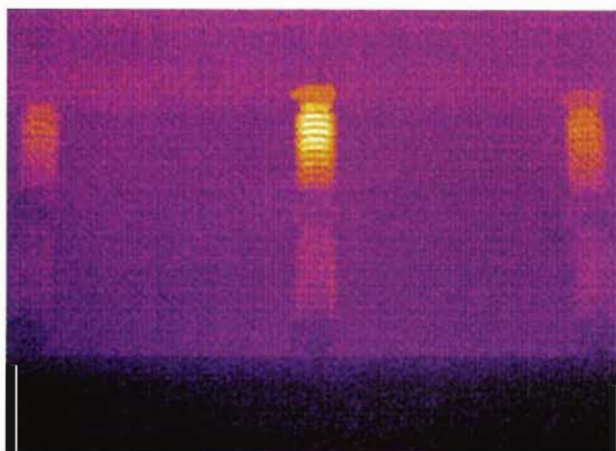


图 J. 18 220kV 氧化锌避雷器发热



图 J. 19 110kV 氧化锌避雷器发热

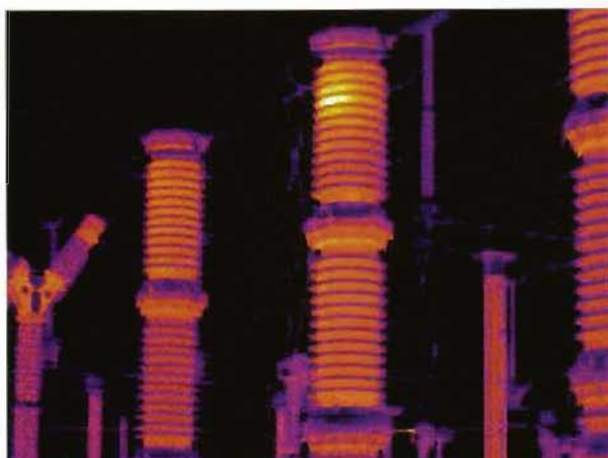


图 J. 20 220kV 避雷器发热

5 电缆类设备

电缆类设备红外缺陷典型图谱如图 J. 21 ~ 图 J. 29 所示。



图 J. 21 电缆屏蔽层发热，电场不均匀



图 J. 22 电缆接头发热，连接不良

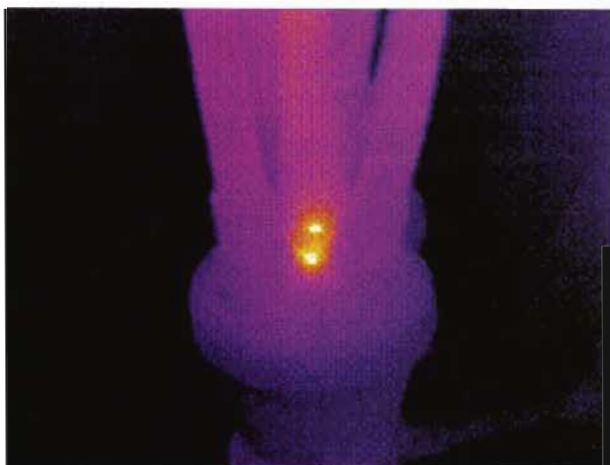


图 J.23 10kV 油纸电缆接头发热，
终端电容放电

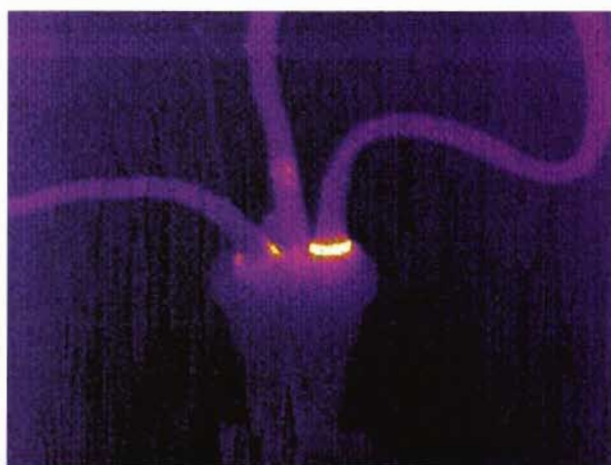


图 J.24 10kV 油纸电缆接头发热，
分相处电容放电

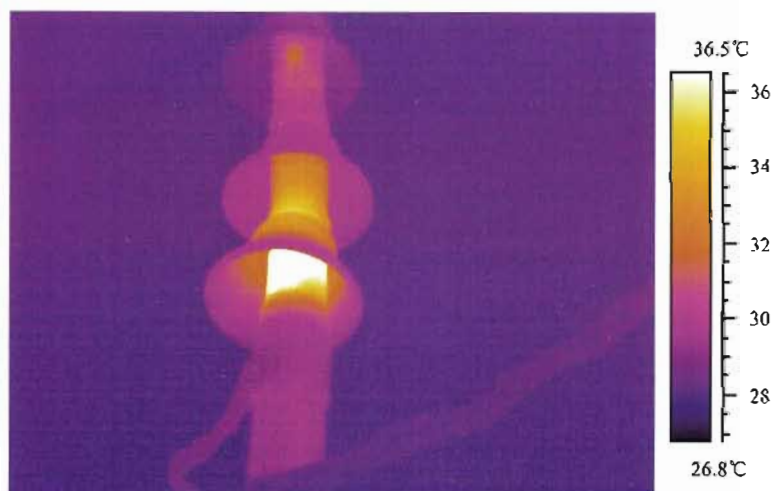


图 J.25 电缆头包接不良，发热

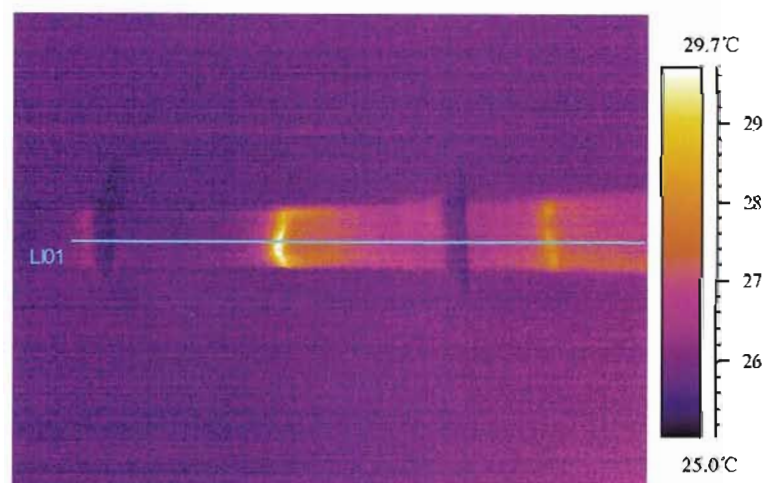


图 J.26 穿墙套管异常发热，套管浇注问题

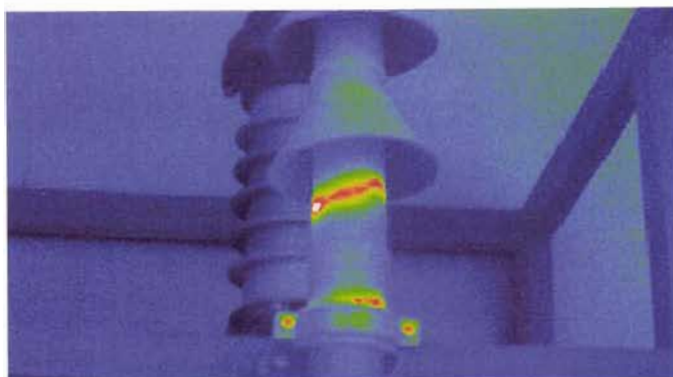


图 J. 27 电缆护套受损，发热

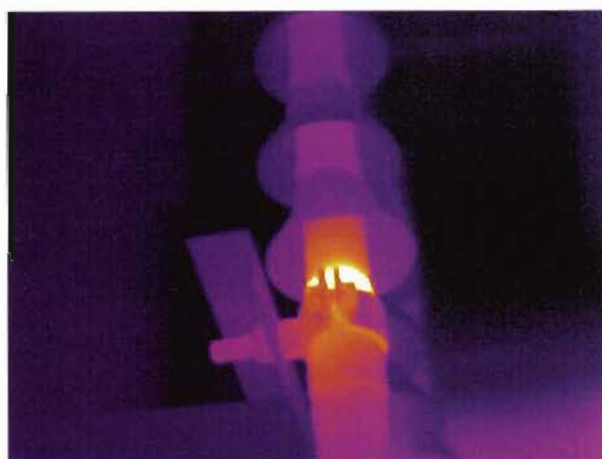


图 J. 28 35kV 交联电缆终端场强不均匀，发热

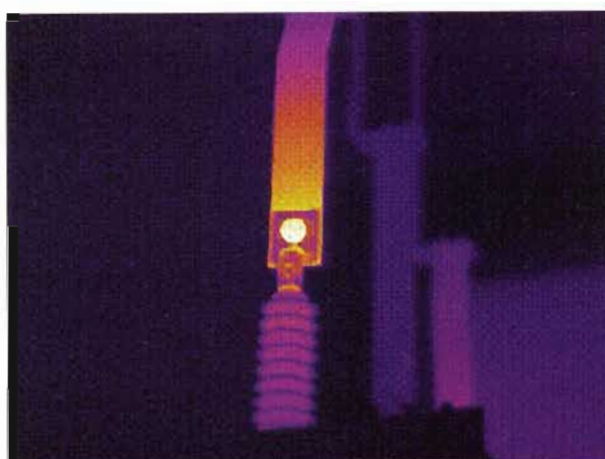


图 J. 29 35kV 电缆接头发热，接触不良

6 套管类设备

套管类设备红外缺陷典型图谱如图 J. 30 ~ 图 J. 36 所示。

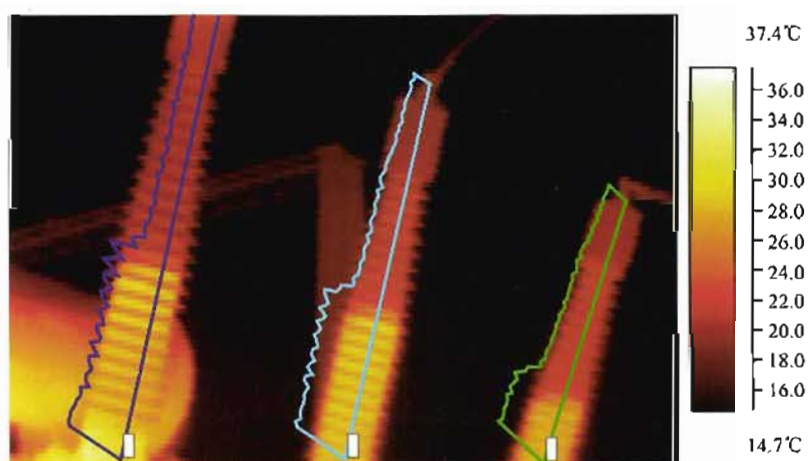


图 J. 30 变压器的套管温度异常，套管缺油



图 J. 31 变压器套管发热套管缺油及柱头发热

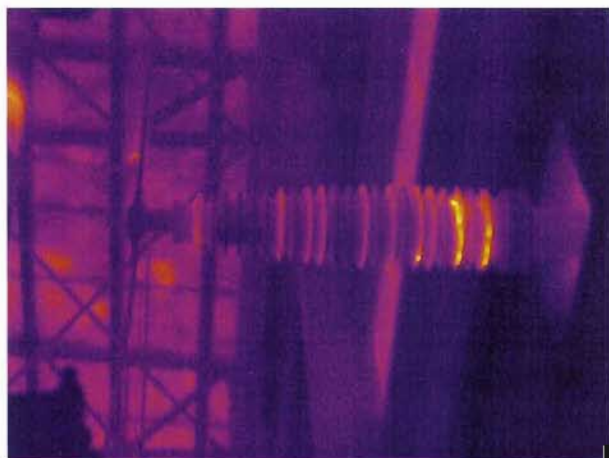


图 J. 32 穿墙套管发热，套管外表污秽

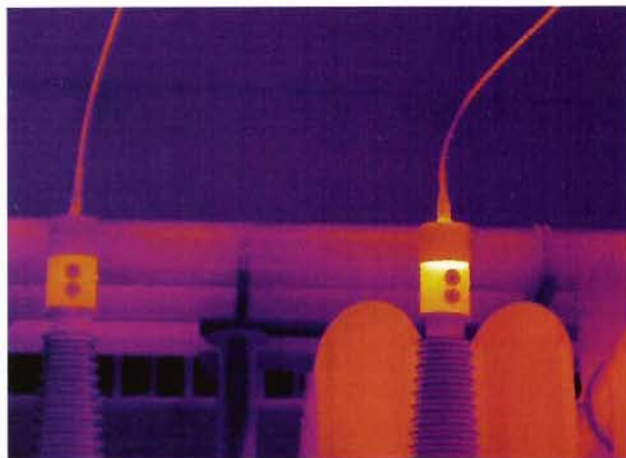


图 J. 33 套管柱头发热，内连接接触不良

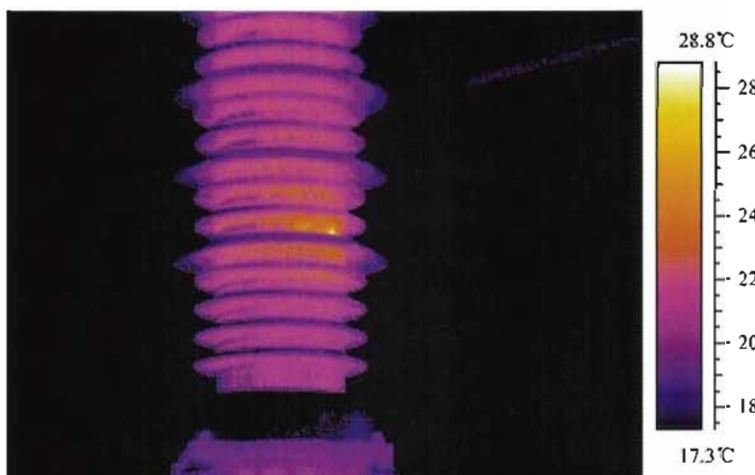


图 J. 34 套管伞裙套粘接不良发热

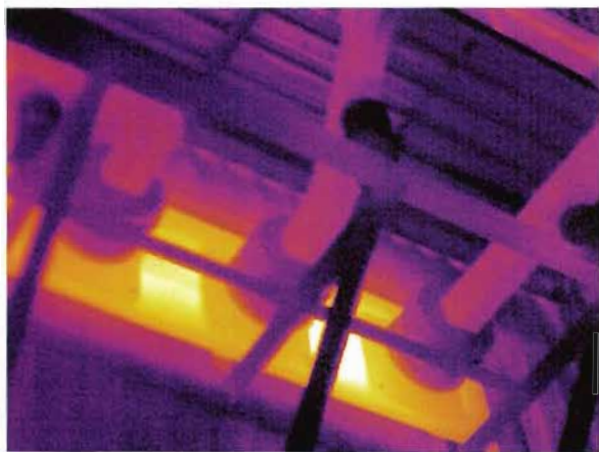


图 J. 35 穿墙套管的钢板发热，电磁环流

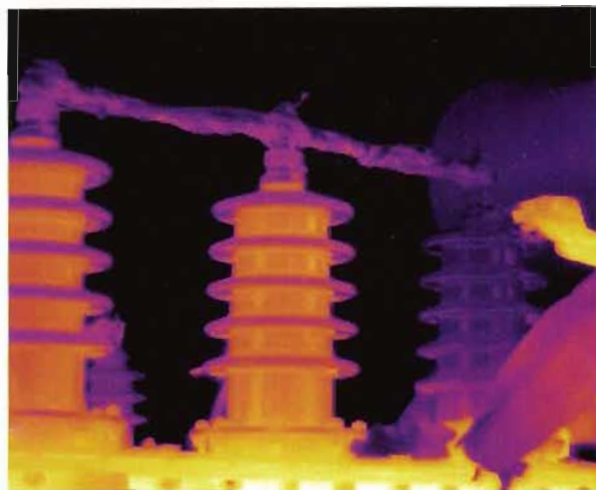


图 J. 36 变压器套管发暗，套管缺油

7 绝缘子类设备

绝缘子类设备红外缺陷典型图谱如图 J. 37 ~ 图 J. 40 所示。

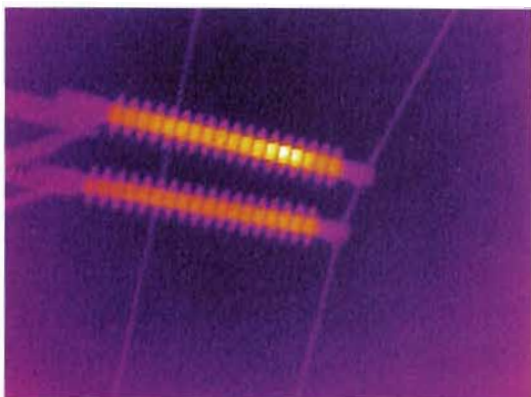


图 J. 37 合成绝缘子内部受潮，发热

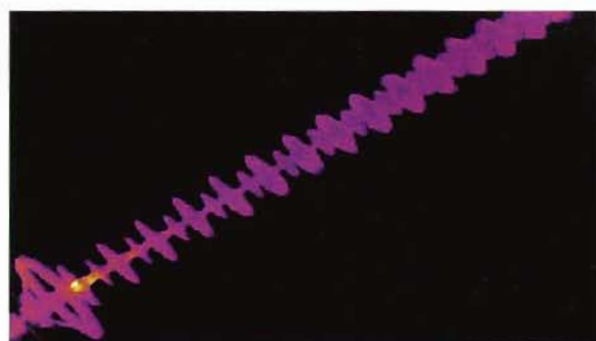


图 J. 38 合成绝缘子端部棒芯受潮，发热

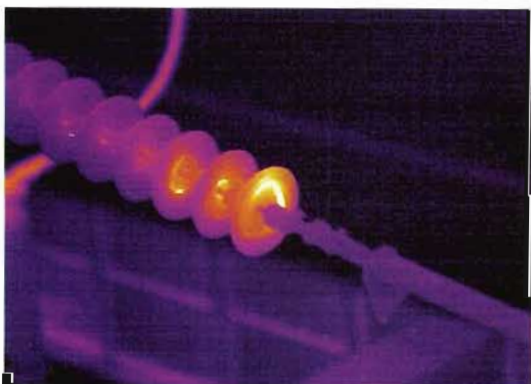


图 J. 39 瓷绝缘子发热，表面污秽

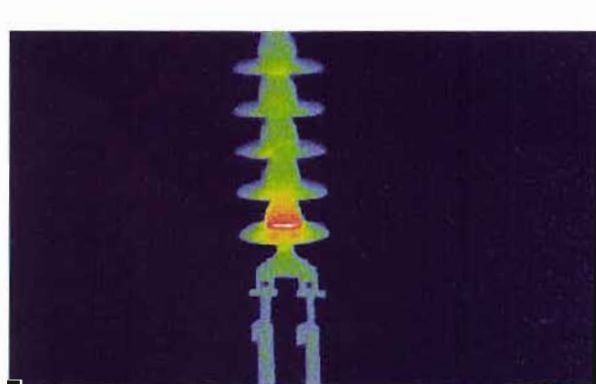


图 J. 40 瓷绝缘子低值，发热

8 金属连接类设备

金属连接类设备红外缺陷典型图谱如图 J. 41 ~ 图 J. 45 所示。

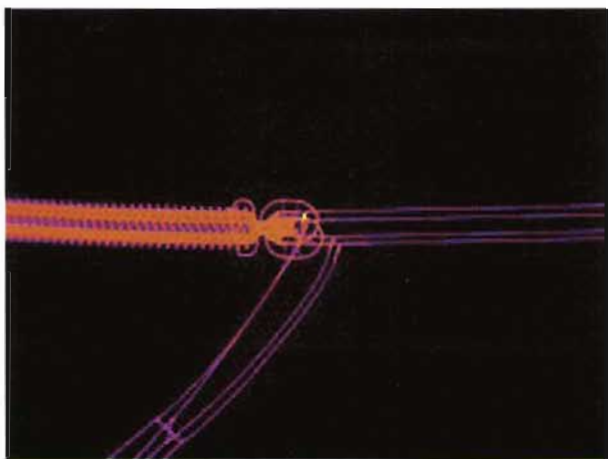


图 J. 41 500kV 线路线夹发热，接触不良

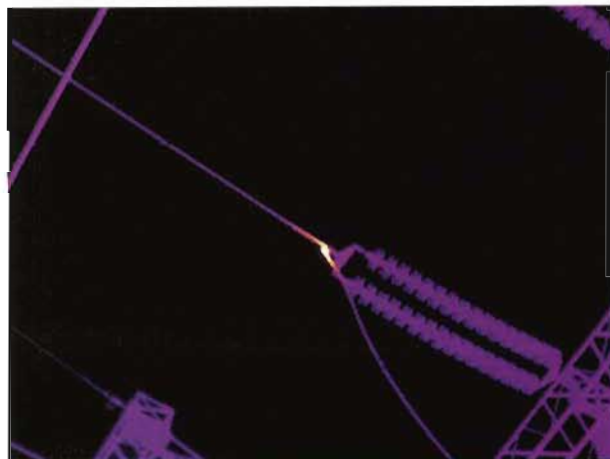


图 J. 42 220kV 线夹发热，接触不良

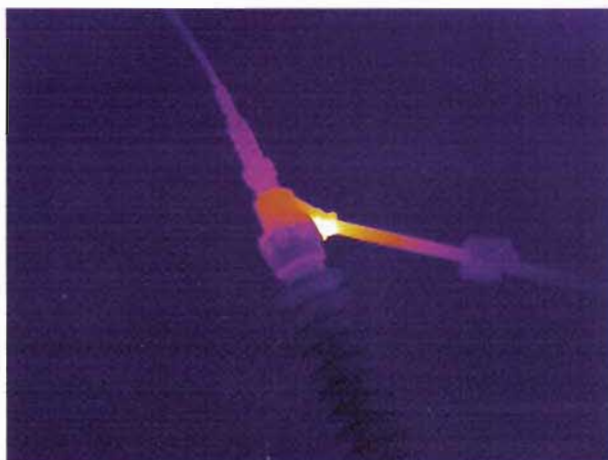


图 J. 43 隔离开关内转头发热，接触不良

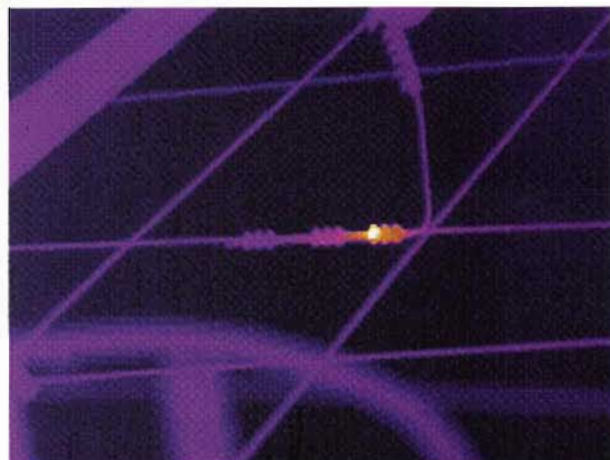


图 J. 44 线路夹头发热，接触不良

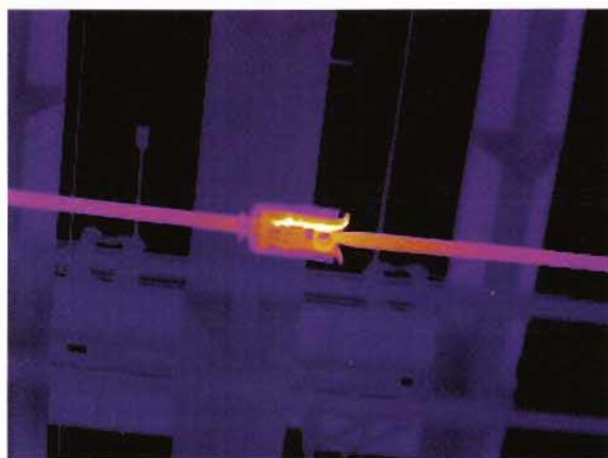


图 J. 45 隔离开关刀口发热，刀口接触不良

9 开关类设备

开关类设备红外缺陷典型图谱如图 J.46 ~ 图 J.49 所示。

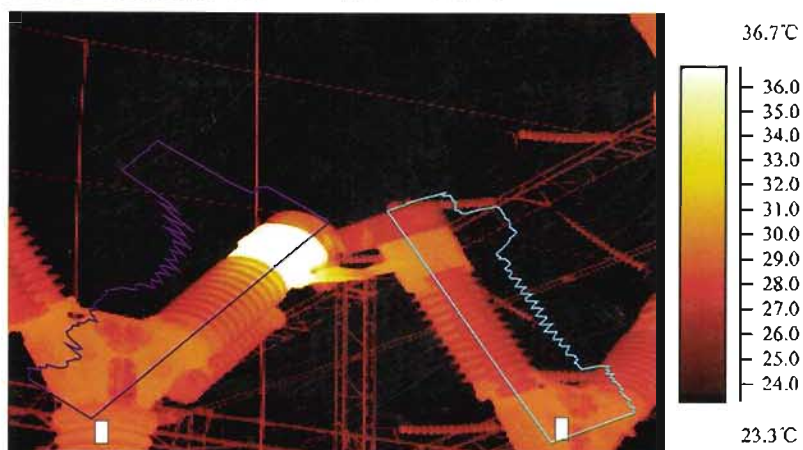


图 J.46 断路器内静触头发热，接触不良

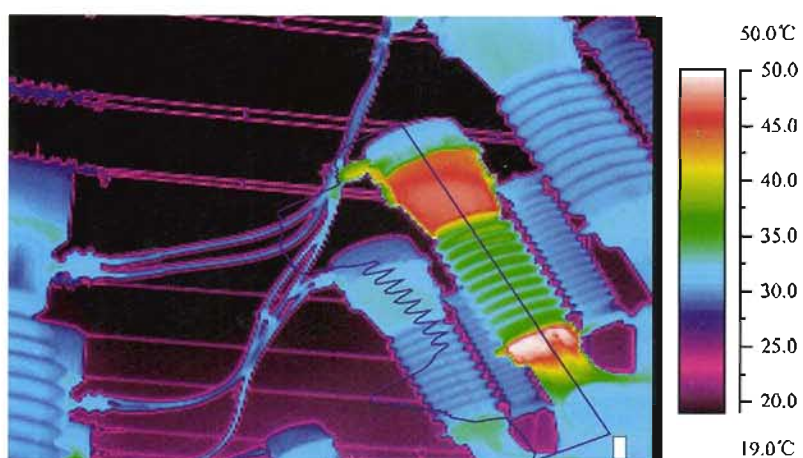


图 J.47 断路器中间触头发热，接触不良

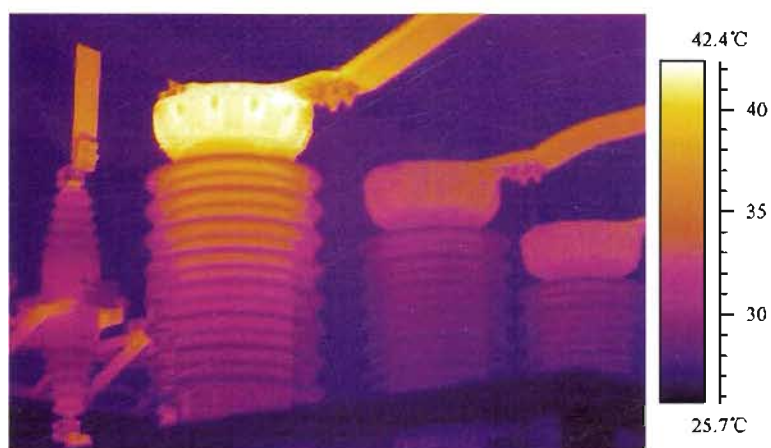


图 J.48 断路器触头发热，内部接触不良

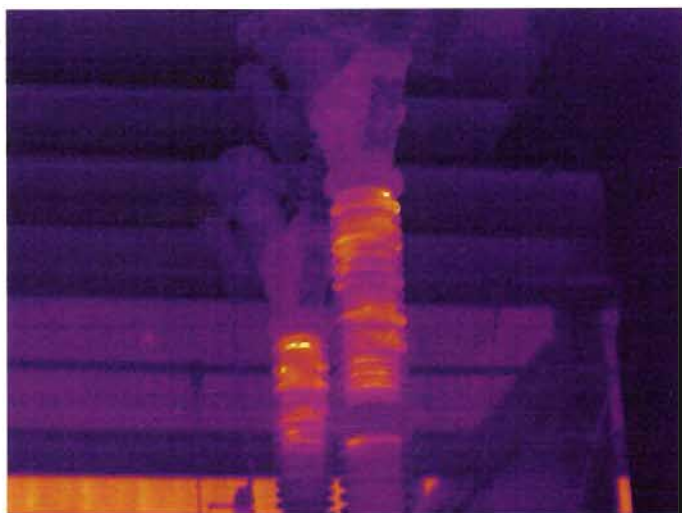


图 J. 49 断路器支柱发热，支柱瓷套污秽

10 其他设备

其他设备红外缺陷典型图谱如图 J. 50 ~ 图 J. 52 所示。

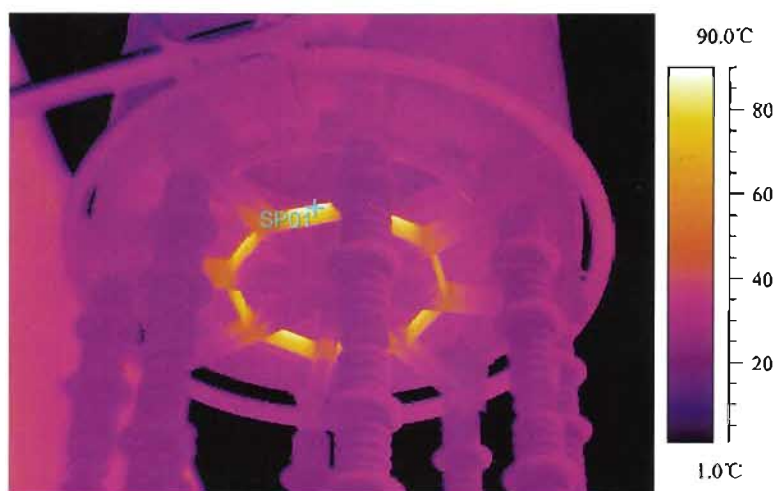


图 J. 50 平波电抗器低负荷涡流发热



图 J. 51 电动机断股引起发热，电阻变化

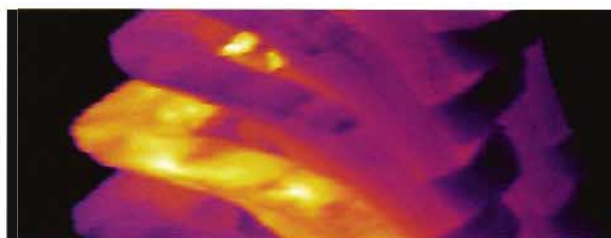


图 J. 52 水轮机接头不良，发热

中 华 人 民 共 和 国
电 力 行 业 标 准
带电设备红外诊断应用规范
DL/T 664—2008
代替 DL/T 664—1999

*

中国电力出版社出版、发行
(北京三里河路6号 100044 <http://www.cepp.com.cn>)
北京博图彩色印刷有限公司印刷

*

2008年11月第一版 2009年5月北京第二次印刷
880毫米×1230毫米 16开本 2.25印张 68千字
印数 3001—6000册

*

统一书号 155083·1994 定价 15.00元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签，加热后中心图案消失
本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究



155083.1994

销售分类建议：规程规范/
电力工程/综合