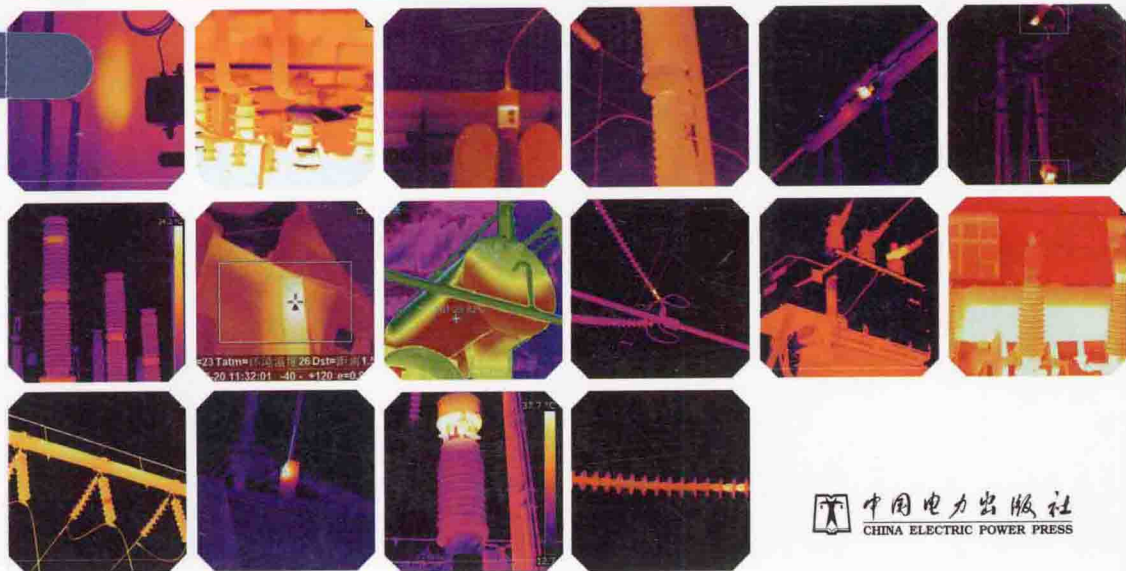


电力设备红外诊断 典型图谱及案例分析

国网湖南省电力公司电力科学研究院 组编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

电力设备红外诊断 典型图谱及案例分析

国网湖南省电力公司电力科学研究院 组编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书根据国网湖南省电力公司近年来红外检测中碰到的实际案例精选而来,以变压器、GIS、断路器、隔离开关、互感器、避雷器及套管、无功补偿设备、耦合电容器、阻波器、绝缘子、电缆、架空线路、配电设备、二次设备为对象,讨论了异常状况,并对其中的典型案例进行了分析。

本书可供输变电设备红外测温专业人员及电力系统状态检修管理人员使用,也可供相关专业高校师生阅读、参考。

图书在版编目(CIP)数据

电力设备红外诊断典型图谱及案例分析 / 国网湖南省电力公司电力科学研究院组编. —北京: 中国电力出版社, 2013.12

ISBN 978-7-5123-5098-4

I. ①电… II. ①国… III. ①电力设备—红外线检测—图谱 IV. ①TM4-64

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 257231 号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

北京瑞禾彩色印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2013 年 12 月第一版 2013 年 12 月北京第一次印刷

710 毫米×980 毫米 16 开本 11 印张 180 千字

印数 0001—3000 册 定价 50.00 元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签, 刮开涂层可查询真伪

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

编 委 会

主 编 陆佳政

副 主 编 周卫华 漆铭钧 汤美云 李喜桂 段肖力

编委会成员 黎 刚 汪霄飞 刘兴文 单周平 黄福勇

龚政雄 朱 亮 雷红才 毛文奇 王海跃

周 挺 叶会生 甘胜良

编写组组长 段肖力

编写组副组长 刘 贇 欧阳力 魏力争

编写组成员 万 勋 邓 集 毛柳明 秦家远 彭 波

周文胜 郑 万 孙振华 姜 铭 刘国荣

冯 旭 刘 彬 刘郑哲 王 军 戴 科

龚 宁 曾利军 资永松 黄 怡 鲁利民

杨 力 周 洲 钟立新 胡睿智 刘卫东

陈湘波 张 欢 陈 彬 尹海波



前言

随着电力设备故障诊断技术的不断发展，红外诊断技术不断成熟和日臻完善，电力设备的红外检测诊断技术作为一项简便、快捷的设备状态带电检测技术得到了快速发展。它具有不停电、不取样、非接触、直观、准确、实时、灵敏度高、快速、安全、应用范围广等特点，是保证电力设备安全、经济运行的重要措施。为科学、有效、规范地开展电力设备红外检测诊断工作，提高红外检测诊断的技术和管理水平，为进一步开展电力设备的状态检修积累经验，国网湖南省电力公司电力科学研究院特组织编写了《电力设备红外诊断典型图谱及案例分析》。

本书根据国网湖南省电力公司近年来现场红外检测中精选的图谱编写而成，并对其中的典型案例进行了分析，从而能更好地指导电力设备红外检测诊断工作。编者希望通过本书的出版，以更为直观的方式推广红外检测诊断技术在电力系统中的应用，进而更好地指导电力设备的检修工作。

本书收集了一些电力设备故障红外热像图，并对热像图（特别是出现异常的设备红外检测图像）进行分类、分析、整理并归纳总结。

由于时间紧迫，书中难免存有错误之处，望广大读者批评指正。

编者

2013年12月

目录

前言

1 概述

1.1 红外检测诊断技术的基本概念	2
1.2 设备缺陷类型的确定及处理方法	3
1.3 红外检测判断方法	3
1.4 检测类别及要求	4

2 变压器红外检测诊断典型缺陷图谱

2.1 变压器套管温度分布异常	8
2.2 变压器套管将军帽过热	9
2.3 变压器套管出线线夹过热	10
2.4 变压器套管抱箍线夹过热	11
2.5 变压器套管柱头过热	12
2.6 变压器套管末屏温度异常	13
2.7 变压器本体温度异常	14
2.8 变压器本体大盖螺栓过热	15
2.9 变压器冷却器（自冷式）温度异常	16
2.10 变压器冷却器（水冷式）温度异常	17
2.11 变压器冷却器（风冷式）温度异常	18
2.12 变压器冷却器（风冷式）风扇电动机温度异常	19
2.13 变压器冷却器（强油式）油泵温度异常	20
2.14 变压器冷却器温度异常	21

2.15	变压器冷却器（强油风冷）局部温度分布异常	22
2.16	变压器冷却器（强油风冷）进、出油管温度异常	23
2.17	变压器油枕温度分布异常	24

3 GIS、断路器红外检测诊断典型缺陷图谱

3.1	GIS 本体接地排（线）过热	26
3.2	断路器动触头过热	27
3.3	断路器中间触头发热	28
3.4	断路器静触头发热	29
3.5	断路器均压电容局部温度分布异常	30
3.6	断路器瓷套点状温度分布异常	31
3.7	GIS、断路器接线板过热	32

4 隔离开关红外检测诊断典型缺陷图谱

4.1	隔离开关刀口过热	34
4.2	隔离开关转头过热	35
4.3	隔离开关接线板过热	36

5 互感器红外检测诊断典型缺陷图谱

5.1	电流互感器头部过热	38
5.2	电流互感器头部温度异常	39
5.3	电流互感器局部发热	40
5.4	电流互感器串并联排过热	41
5.5	电流互感器整体发热	42
5.6	电容式电压互感器电磁单元发热	43
5.7	电容式电压互感器电容单元局部发热	44
5.8	电容式电压互感器阻尼箱过热	45
5.9	电磁式电压互感器整体发热	46
5.10	电磁式电压互感器温度分布异常	47
5.11	干式电流互感器局部发热	48

6 避雷器及套管红外检测诊断典型缺陷图谱

6.1 避雷器整体温度偏高	50
6.2 避雷器局部温度分布异常	51
6.3 穿墙套管底板过热	52

7 无功补偿设备红外检测诊断典型缺陷图谱

7.1 并联电容器组电容单元整体发热	54
7.2 并联电容器组电容单元局部温度异常	55
7.3 并联电容器组外熔断器过热	56
7.4 串联电抗器过热	57
7.5 电容器汇流排过热	58
7.6 电容器套管柱头接线端过热	59
7.7 并联电抗器整体温度异常	60
7.8 并联电抗器局部温度异常	61
7.9 并联电抗器支柱绝缘金属件过热	62
7.10 电容器组金属围栏过热	63

8 耦合电容器红外检测诊断典型缺陷图谱

8.1 耦合电容器整体过热	66
8.2 耦合电容器局部过热	67
8.3 耦合电容器接地引下线过热	68
8.4 耦合电容器上、下节引流线过热	69

9 阻波器红外检测诊断典型缺陷图谱

9.1 阻波器整体过热	72
9.2 阻波器内避雷器过热	73
9.3 阻波器内阻尼电阻过热	74

10 绝缘子红外检测诊断典型缺陷图谱

10.1 支柱绝缘子增爬裙温度异常	76
10.2 支柱绝缘子表面温度异常	77

10.3 支柱绝缘子局部发热	78
----------------------	----

11 电缆红外检测诊断典型缺陷图谱

11.1 高压户外电缆终端整体过热	80
11.2 高压户外电缆终端局部过热	81
11.3 中压电缆终端局部过热	82
11.4 电缆接地端过热	83
11.5 电缆接地线端过热	84

12 架空线路红外检测诊断典型缺陷图谱

12.1 架空线路接续管过热	86
12.2 架空线路线夹过热	87
12.3 瓷绝缘子温度异常（低值）	88
12.4 瓷绝缘子温度异常（零值）	89
12.5 复合绝缘子温度分布异常	90
12.6 复合绝缘子球头部位过热	91
12.7 玻璃绝缘子局部发热	92
12.8 导地线过热	93

13 配电设备红外检测诊断典型缺陷图谱

13.1 熔断器过热	96
13.2 负荷开关出线端子过热	97
13.3 配电变压器套管温度分布异常	98

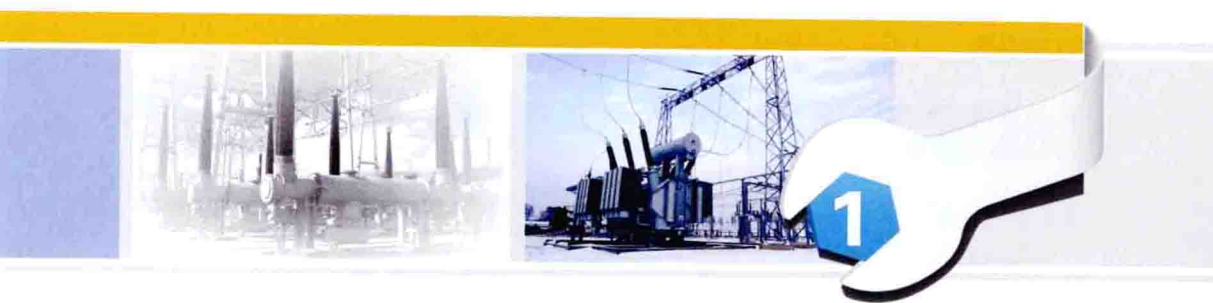
14 二次设备红外检测诊断典型缺陷图谱

14.1 端子排过热	100
14.2 二次元件过热	101
14.3 负荷开关过热	102
14.4 端子箱、机构箱内加热元件过热	103

15 输变电设备红外测温缺陷典型案例

15.1 500kV 主变压器本体过热缺陷	106
-----------------------------	-----

15.2	220kV 耦合电容器内部缺陷	111
15.3	110kV 油浸式电流互感器内部缺陷	114
15.4	220kV 变压器套管发热故障	117
15.5	220kV 氧化锌避雷器内部受潮缺陷	120
15.6	35kV 电缆护层接地缺陷	122
15.7	110kV 油浸式电流互感器内部缺油缺陷	124
15.8	35kV 氧化锌避雷器内部缺陷	127
15.9	110kV 瓷套式户外电缆终端缺陷	130
15.10	220kV 电容式电压互感器电磁单元受潮缺陷	132
15.11	二次回路缺陷	135
15.12	220kV 电流互感器内部接触不良缺陷	137
15.13	10kV 隔离开关过热导致主变压器跳闸	139
15.14	220kV 断路器接头接触不良缺陷	141
15.15	220kV 线路引流板发热缺陷	143
15.16	35kV 电流互感器二次回路开路缺陷	146
15.17	110kV 主变压器钟罩螺栓过热缺陷	148
15.18	110kV 断路器外部局部放电缺陷	150
15.19	± 500 kV 直流线路引流板发热缺陷	152
15.20	500kV 主变压器中性点发热缺陷	153
15.21	220kV 电容式电压互感器局部温度异常缺陷	156
附录 A	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	160
附录 B	载流导体长期工作发热和短时发热的允许温度	162
附录 C	常用材料表面发射率参考值	163
参考文献		164



概 述

对输变电设备的状态进行检查,使设备维修从传统的预防性检修提高到预知性状态维修,对增加设备运行可靠性,提高电力系统经济效益以及降低维修成本,都有很重要的意义。带电设备红外检测诊断技术是一门综合技术,它通过研究和应用红外检测诊断技术来获得带电设备致热效应从设备表面发出的红外辐射信息,进而判断设备缺陷的类型,随着现场检测经验的不断积累,检测仪器、设备越来越强大,分析方法、手段的进一步拓展,红外检测诊断技术已经能够准确分析、判断电力设备的大部分缺陷,成为电力生产不可或缺的重要检测手段。

1.1 红外检测诊断技术的基本概念

1.1.1 温升

被测设备表面温度和环境温度参照体表面温度之差。

1.1.2 温差

不同被测设备或同一被测设备不同部位之间的温度差。

1.1.3 相对温差

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_t 可用下式求出:

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

式中 τ_1 、 T_1 ——分别为发热点的温升和温度;

τ_2 、 T_2 ——分别为正常相对应点的温升和温度;

T_0 ——环境温度参照体的温度。

1.1.4 环境温度参照体

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,并与被测设备处于相似的环境之中。

1.1.5 一般检测

适用于红外热像仪对电气设备进行大面积检测。

1.1.6 精确检测

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。

1.1.7 温宽

指我们当前使用的温度范围内的一段,另外可以认为它就是“热对比

度”。

1.1.8 电平值

电平值是温宽值的中间值，它可以认为是“热亮度”。

1.1.9 检修决策

依据设备状态，考虑风险因素，以确定设备检修的类别、内容。

1.2 设备缺陷类型的确定及处理方法

红外检测发现的设备热缺陷应纳入设备缺陷管理制度中，按照设备缺陷管理流程进行处理。根据过热缺陷，可对电气设备运行的影响程度分为以下三类：

(1) 一般缺陷。指设备存在过热、有一定的温差、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，利用停机会检修，有计划地安排试验检修消除缺陷。

当电流致热型缺陷发热点温升值小于 15K 时，不宜按 DL/T 664—2008《带电设备红外诊断应用规范》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。

(2) 严重缺陷。指设备存在过热、程度较重、温度场分布梯度较大、温度较大的缺陷。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，缺陷类型确认后，立即采取措施消缺。

(3) 危急缺陷。指设备最高温度超过 GB/T 11022—2011《高压开关设备和控制设备标准的共用技术要求》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缺陷。

1.3 红外检测判断方法

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

据测得设备表面温度值，对照 GB/T 11022—2011《高压开关设备和控制设备标准的共用技术要求》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，结合环境气候条件、负荷大小进行分析判断。

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，应结合图像特征判断法进行判断；对于电流致热型设备，应结合相对温差判断法进行判断。

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。

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。

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。

实时分析判断法：在一段时间内使用红外热像仪连续检测被测设备，观察设备温度随负载、时间等因素变化的方法。

1.4 检测类别及要求

红外检测诊断根据检测内容及环境要求分为以下两类。

1.4.1 一般检测

1.4.1.1 一般检测的工作要求

(1) 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。

(2) 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。

(3) 仪器的色标温度量程宜设置在环境温度加 10~20K 左右的温升范围。

(4) 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。

(5) 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。

(6) 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。

(7) 作为一般检测，被测设备的辐射率一般取 0.9 左右。

1.4.1.2 一般检测环境条件要求

(1) 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。

(2) 环境温度一般不低于 5℃，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。

(3) 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。

(4) 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。

1.4.2 精确检测

1.4.2.1 精确检测的工作要求

(1) 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。

(2) 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、长焦镜头。

(3) 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。

(4) 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 C。

(5) 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。

(6) 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。

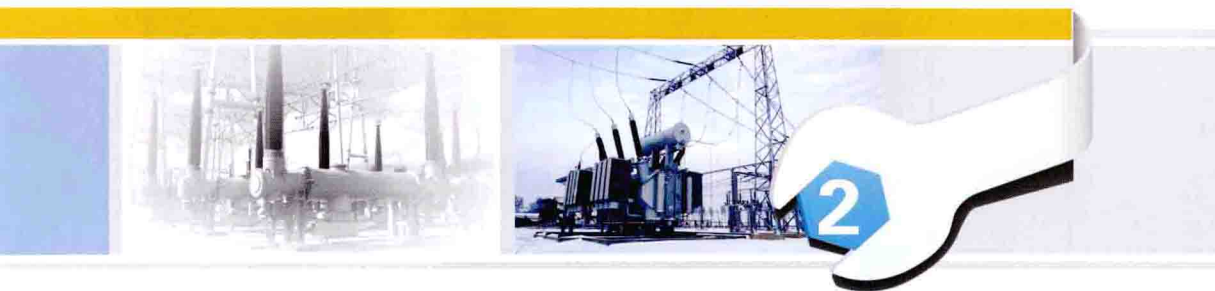
1.4.2.2 精确检测环境条件要求

精确检测除满足一般检测的环境要求外，还满足以下要求：

(1) 风速一般不大于 0.5m/s。

(2) 设备通电时间不小于 6h，最好在 24h 以上。

- (3) 检测期间天气为阴天、夜间或晴天日落 2h 后。
- (4) 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。
- (5) 避开强电磁场，防止强电磁场影响红外热像仪的正常工作。



变压器红外检测诊断 典型缺陷图谱