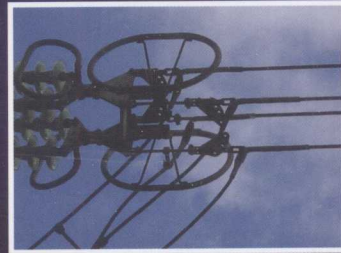
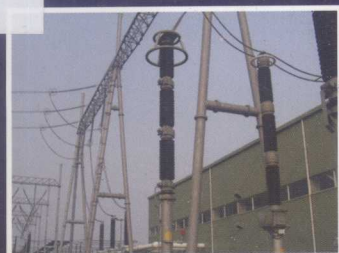
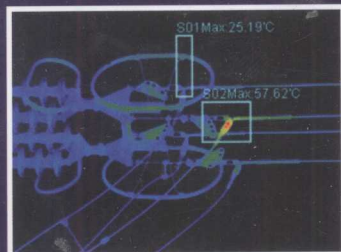


输变电设备红外检测 典型缺陷图谱

国家电网公司运维检修部 组编

李进扬 主编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

01403465-4

TM72
50

输变电设备红外检测 典型缺陷图谱

国家电网公司运维检修部 组编

李进扬 主编



北航

C1714917

TM72/50



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

红外检测技术在电力系统输变电设备运行维护中有着广泛的应用,对早期发现设备故障起到了显著作用。编者收集了近几年来国家电网公司系统内通过红外检测手段发现的典型缺陷和故障,编写了《输变电设备红外检测典型缺陷图谱》和《输变电设备红外检测典型案例分析》。

本书为《输变电设备红外检测典型缺陷图谱》,图谱按照设备类型分章设置,共分七章,包括变压器类设备、四小器(电流互感器、电压互感器、耦合电容器、避雷器)、开关类设备、无功补偿设备、其他变电设备、输电线路和配电设备。

本书内容来自生产实践,可供电力系统运维检修人员在利用红外检测技术进行缺陷认定、故障分析时提供借鉴,也可作为开展相关培训的教材。

图书在版编目(CIP)数据

输变电设备红外检测典型缺陷图谱/李进扬主编;国家电网公司运维检修部组编. —北京:中国电力出版社,2014.3
ISBN 978-7-5123-5250-6

I. ①输… II. ①李…②国… III. ①红外技术-应用-输电-电气设备-设备状态监测-缺陷检测-图谱 IV. ①TM7-64

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 279304 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

*

2014 年 3 月第一版 2014 年 3 月北京第一次印刷
710 毫米×980 毫米 16 开本 14.5 印张 225 千字
印数 0001—3000 册 定价 65.00 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 李进扬

参 编 卢 军 张宏志 王 剑

邹建明 焦 飞 付小华

审 核 周建国 章 岩





红外热像仪在电力生产领域有着广泛的应用，在日常运行维护中，红外检测对设备故障的早期发现起到了显著作用。目前各电力维护单位也普遍配备了红外热像仪，但由于红外热像仪有着相当高的专业性，运行检修人员仅靠红外仪器操作和检测原理等基本培训，在实际使用过程中并不能达到最佳效果。为此，编者收集近几年来国家电网公司系统内通过红外检测手段发现的典型缺陷和故障，编写了《输变电设备红外检测典型缺陷图谱》和《输变电设备红外检测典型案例分析》，可使红外巡检测试人员对各类设备不同缺陷类型在红外画面上的特征有形象的认识，并掌握红外检测的分析方法、判断标准及处理措施，能很大程度上提升测试人员的红外检测分析与处理水平。

本书为《输变电设备红外检测典型缺陷图谱》，它收集了国家电网公司系统内各种设备不同类型发热缺陷的红外图谱，特别是电压和综合致热型缺陷和隐患。按照设备类型、缺陷部位、电压等级、发热缺陷原因分类整理，读者在阅读本书时，可以根据图谱反映的缺陷和故障类型，在实际现场检测工作中重点关注，提高缺陷发现水平。

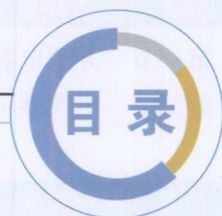
本书中涉及的红外图谱由各省（市）电力公司提供，并得到了国家电网公司运维检修部技术处处长刘明的大力支持，湖北省电力公司运维检修部主任陈明珠给予了积极的协助，在此表示衷心的感谢。

本书由《带电设备红外诊断应用规范》（DL/T 664—2008）的起草人周建国高工、陕西省电力科学院章岩负责审核。

由于时间有限，书中难免存有不妥之处，恳请广大读者和同仁批评与指正。

编 者

2013 年 12 月



前言

第一章 变压器类设备	1
第一节 本体	1
第二节 储油柜	9
第三节 出线套管	12
第四节 冷却器	27
第五节 控制回路	35
第六节 干式变压器	37
第二章 四小器	39
第一节 电流互感器	39
第二节 电压互感器	50
第三节 耦合电容器	59
第四节 避雷器	65
第三章 开关类设备	72
第一节 断路器本体	72
第二节 断路器机构	84
第三节 GIS 罐体	86
第四节 GIS 出线套管	92
第五节 隔离开关导电回路	95
第六节 隔离开关支柱绝缘子	105

第四章 无功补偿设备 110

- 第一节 并联电容器 110
- 第二节 电抗器 122

第五章 其他变电设备 132

- 第一节 阻波器 132
- 第二节 绝缘子 138
- 第三节 高压套管 142
- 第四节 导引线 149
- 第五节 防雷接地装置 155
- 第六节 二次设备 159
- 第七节 直流设备 164

第六章 输电线路 169

- 第一节 绝缘子 169
- 第二节 导、地线 175
- 第三节 电力电缆 186

第七章 配电设备 199

- 第一节 架空线路 199
- 第二节 电缆线路 204
- 第三节 柱上设备 209
- 第四节 配电变压器 215
- 第五节 开关柜 218
- 第六节 无功补偿设备 223

第一章

变压器类设备



变压器是电网中最为关键的设备之一，担负着电能输送和电压转换的作用。变压器组成部件包括本体、冷却装置、调压装置、保护装置（气体继电器、储油柜、测温装置等）和出线套管。目前，红外测温是变压器带电状态下的有效检测手段，通过红外热成像技术能发现变压器本体、储油柜、套管、冷却器及其控制回路等大量不同类型的缺陷。

第一节 本 体

变压器本体由铁芯、线圈、油箱、绝缘油等组成，由于体积大、内部油循环，很难通过红外检测发现变压器内部故障或缺陷，但可以发现漏磁一类的发热缺陷，常见发热缺陷及原因如下：

（1）强油循环未开。变压器本体温度异常，表现为变压器整体温度高于同运行环境、同型号其他变压器或分相变压器三相温度分布不一致，发热原因通常是变压器冷却器故障或强油循环没有打开，变压器温度高影响其使用寿命，此类缺陷应查明原因并尽快消除。

500kV 主变压器本体三相温度分布不一致，B 相温度为 53.74℃，A 相温度为 46℃，C 相温度为 46.89℃，B 相温度明显高于 A、C 相，如图 1-1 所示。

500kV 主变压器 B 相温度高于 A、C 相，如图 1-2 所示。

（2）漏磁引起油箱发热。变压器油箱局部温度异常，油箱壁上圆形发热区域热像特征明显，发热原因通常是该处磁屏蔽不良，局部存在涡流损耗。此类发热缺陷比较常见，温差不大，通常不影响运行，可在变压器吊罩大修时处理。

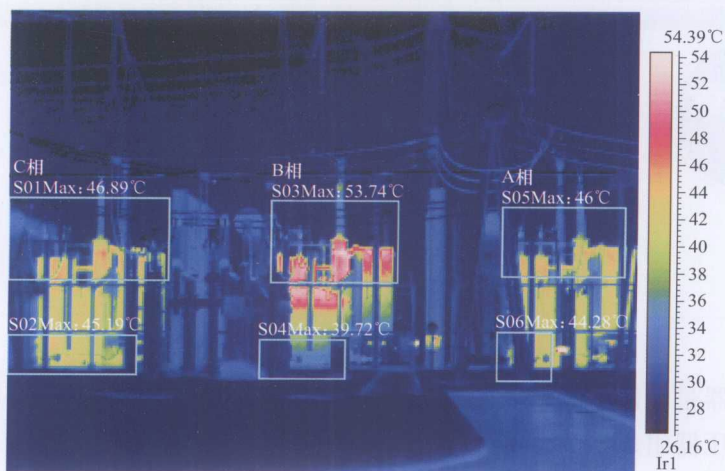


图 1-1 500kV 主变压器本体三相温度分布不一致

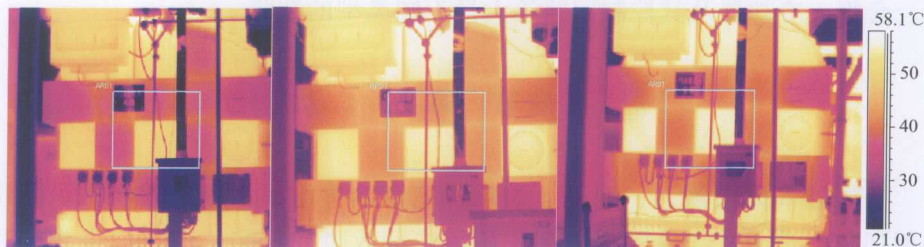


图 1-2 500kV 主变压器本体 B 相温度异常

500kV 主变压器油箱局部温度高，发热部位位于铁芯、夹件接地线引出侧油箱壁上，如图 1-3 所示。



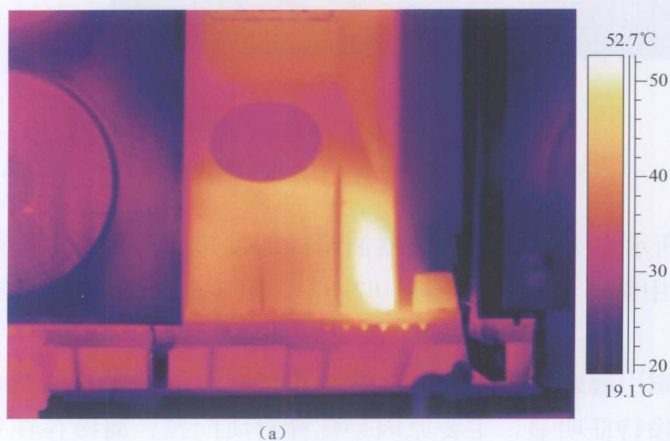
图 1-3 500kV 主变压器油箱局部温度过高

330kV 主变压器油箱局部温度高，发热部位位于高压套管升高座法兰附近，热点最高温度为 74.5℃，如图 1-4 所示。



图 1-4 330kV 主变压器升高座局部发热

图 1-5 所示为 220kV 主变压器油箱局部发热，其中图 1-5 (a) 发热部位靠近底座法兰，图 1-5 (b) 发热部位位于中压套管侧油箱中部，图 1-5 (c) 发热部位位于低压套管侧油箱中部。



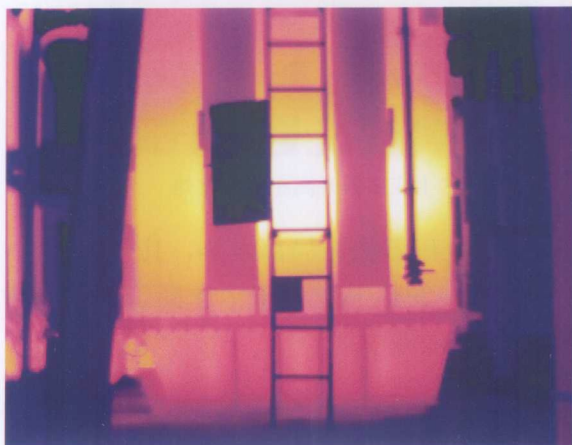
(a)

图 1-5 220kV 主变压器油箱局部发热 (一)

(a) 底座法兰部位



(b)



(c)

图 1-5 220kV 主变压器油箱局部发热 (二)
(b) 中压套管侧油箱中部; (c) 低压套管侧油箱中部

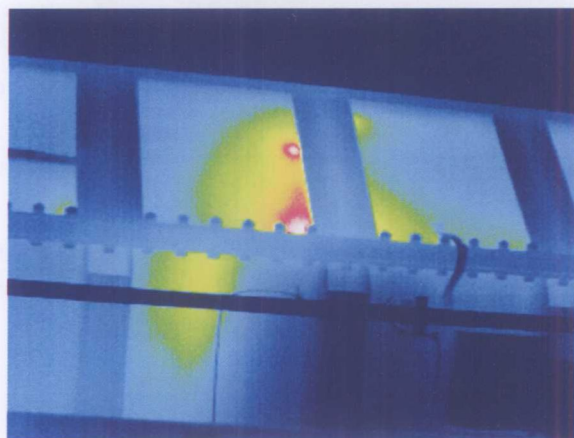
图 1-6 所示为 110kV 主变压器油箱局部发热, 其中图 1-6 (a) 发热部位位于油箱中部, 最高热点温度 67.3°C , 图 1-6 (b) 发热部位位于油箱顶部。

(3) 漏磁引起螺栓发热。变压器油箱钟罩与法兰螺栓发热, 并以螺栓为中心的热像特征明显, 主要原因是螺栓材质问题, 漏磁存在导致涡流损耗。此类缺陷不常见, 温度过高时应尽快处理。

图 1-7 所示为 220kV 主变压器本体螺栓发热, 其中图 1-7 (a) 螺栓最



(a)



(b)

图 1-6 110kV 主变压器油箱局部发热

(a) 油箱中部；(b) 油箱顶部

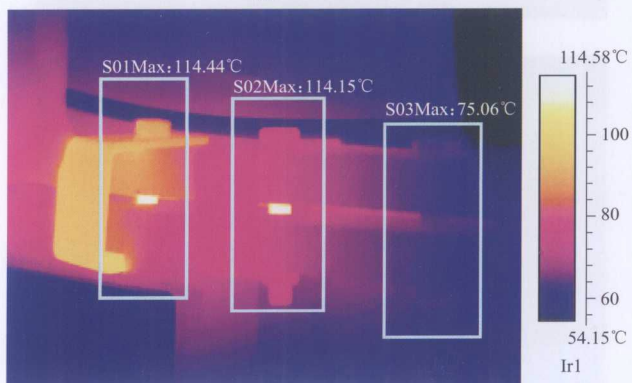
高热点温度 71.8°C ，图 1-7 (b) 螺栓最高热点温度 114.44°C ，正常温度 75.06°C ，图 1-7 (c) 螺栓最高热点温度 107°C ，图 1-7 (d) 螺栓最高热点温度 65.7°C 。

220kV 主变压器大盖与底座连接片温度异常，最高热点温度 59.1°C ，如图 1-8 所示。

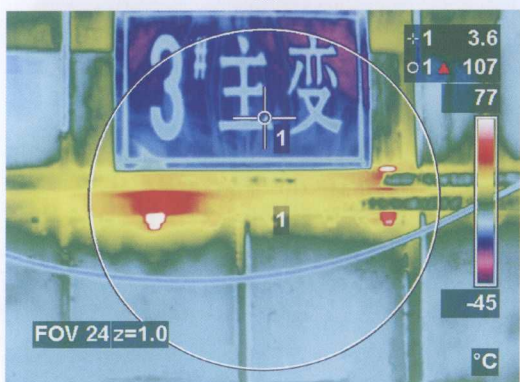
图 1-9 所示为 110kV 主变压器底座螺栓发热，其中图 1-9 (a) 螺栓最高热点温度 67.1°C ，图 1-9 (b) 螺栓最高热点温度 151.7°C 。



(a)



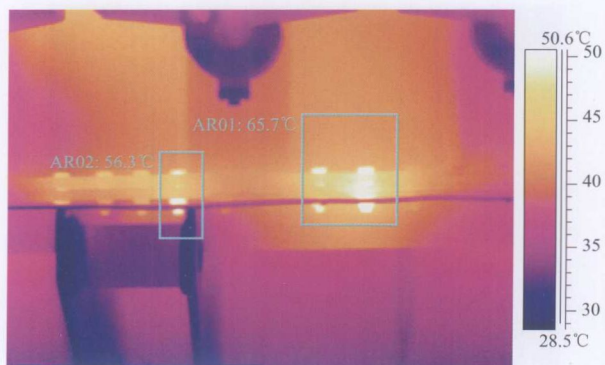
(b)



(c)

图 1-7 220kV 主变压器本体螺栓发热 (一)

(a) 最高热点温度 71.8°C; (b) 最高热点温度 114.44°C; (c) 最高热点温度 107°C



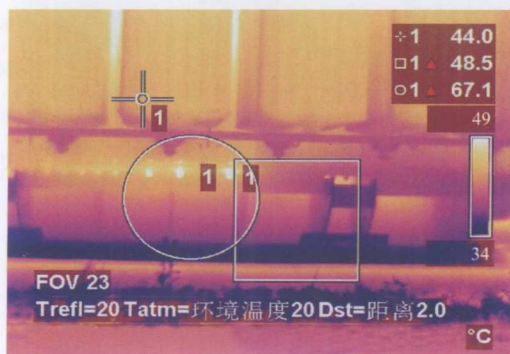
(d)

图 1-7 220kV 主变压器本体螺栓发热 (二)

(d) 最高热点温度 65.7°C



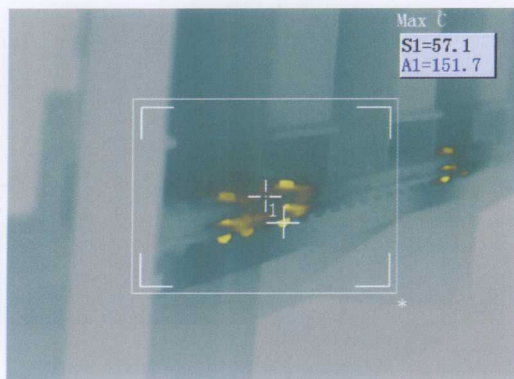
图 1-8 220kV 主变压器大盖与底座连接片温度异常



(a)

图 1-9 110kV 主变压器底座螺栓发热 (一)

(a) 最高热点温度 67.1°C



(b)

图 1-9 110kV 主变压器底座螺栓发热 (二)

(b) 最高热点温度 151.7℃

110kV 主变压器本体螺栓短接线温度高，最高热点温度 113.7℃，如图 1-10 所示。



图 1-10 110kV 主变压器本体螺栓短接线发热

110kV 主变压器接地线温度高，如图 1-11 所示。

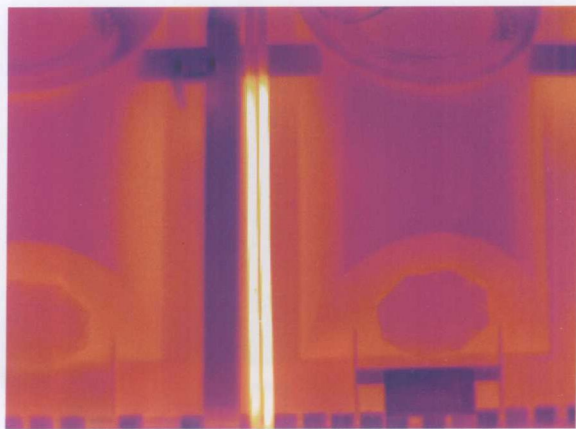


图 1-11 110kV 主变压器接地线发热

第二节 储 油 柜

储油柜俗称油枕，多为圆筒形容器。当变压器油热胀时，油从油箱流向储油柜；当变压器油冷缩时，油从储油柜流向油箱。变压器储油柜按照结构可分为敞开式、隔膜式、胶囊式、金属纹波式。常见发热缺陷及原因如下：

(1) 油位低。变压器储油柜油位低，对隔膜式或胶囊式储油柜，红外检测能清晰发现油面分界线，通常是由于变压器经常取油、渗漏而引起，此类缺陷较少，必要时带电补油。

500kV 变压器储油柜油位低，大约只有一半的油量，如图 1-12 所示。

(2) 隔膜脱落。变压器储油柜隔膜脱落，仅针对隔膜式储油柜检测有效，红外热像特征是储油柜油位呈曲线，此类缺陷容易导致变压器油劣化、受潮，发现后应尽快处理。

220kV 主变压器储油柜隔膜脱落，其油位呈曲线，如图 1-13 (a) 所示，图 1-13 (b) 为正常相。

(3) 阀门关闭。变压器储油柜阀门关闭，红外热像特征是气体继电器主油管路无温差变化或蝶阀两侧温度不一致，此类缺陷可能导致气体继电器动作，主变压器跳闸，应尽快处理。

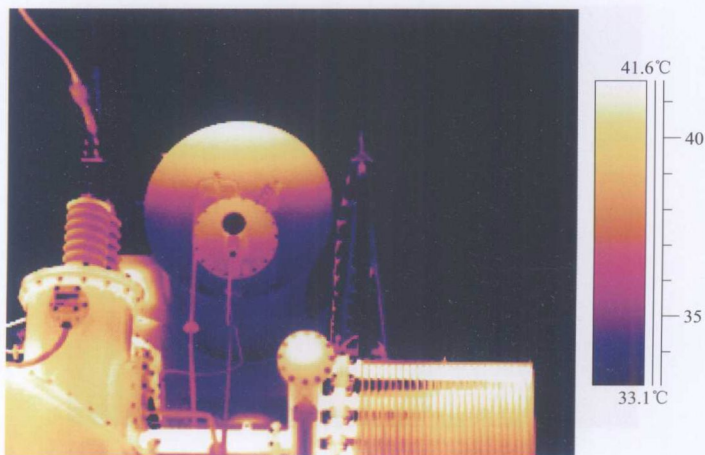


图 1-12 500kV 变压器储油柜油位低

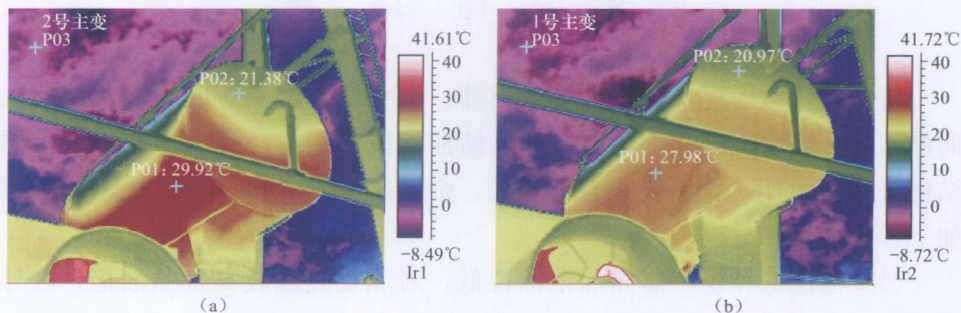


图 1-13 220kV 主变压器储油柜隔膜脱落

(a) 故障相；(b) 正常相

220kV 主变压器储油柜阀门两侧温差较大，储油柜阀门未开，如图 1-14 所示。

220kV 主变压器本体气体继电器主油管路无温差变化，继电器主油管路蝶阀关闭，如图 1-15 所示。

110kV 主变压器储油柜阀门两侧温差较大，储油柜阀门未开，如图 1-16 所示。

66kV 主变压器气体继电器主油管路无温差变化，气体继电器主油管路蝶阀关闭，如图 1-17 所示。