



BIANDIANSHEBEI DAIDIANJIANCE YICHANG FENXI DIANXING ANLI

变电设备带电检测 异常分析典型案例

孙学锋 主 编
王 涛 刘兴华 副主编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

BIANDIANSHEBEI DAIDIANJIANCE YICHANG FENXI DIANXING ANLI

变电设备带电检测 异常分析典型案例

孙学锋 主 编
王 涛 刘兴华 副主编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内容提要

带电检测可有效掌握设备运行状态,提高设备运行的安全性、可靠性和经济性。本书共收录 35~220kV 变电设备红外测温异常典型案例 48 个,组合电器局部放电检测异常典型案例 11 个,开关柜局部放电检测异常典型案例 3 个,避雷器阻性电流带电检测异常典型案例 17 个。所收录的典型案例,包含了变电设备经常出现的带电检测异常,并给出了异常情况的分析。本书提供的典型案例可供 35~220kV 变电设备运行维护参考借鉴。

图书在版编目(CIP)数据

变电设备带电检测异常分析典型案例/孙学锋主编. —北京:
中国电力出版社, 2016.1

ISBN 978-7-5123-8788-1

I. ①变… II. ①孙… III. ①变电所—电气设备—带电测
量—案例 IV. ①TM93

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 006478 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

*

2016 年 3 月第一版 2016 年 3 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 7.75 印张 163 千字

印数 0001—2000 册 定价 40.00 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

本书编委会

主 编 孙学锋

副 主 编 王 涛 刘兴华

参 编 黄 锐 吕学宾 吕俊涛 刑海文 张弘信

裴 英 云玉新 于 芃 孔 刚 李志刚

阎新军 高 鹏 薛启成 王洪信 胡新刚

朱 锋 季素云 崔 川 徐亚玮 李思毛

王世坤 巩方伟 李 鑫 魏建莉

技术顾问 陈 静 刘洪正 雒利勇 陈玉峰



电力设备带电检测的目的是采用有效的检测手段和分析诊断技术，及时、准确地掌握设备运行状态，保证设备安全、可靠和经济运行。应用电力设备带电检测技术，有利于及时发现设备的潜在性运行隐患，采取有效防控措施降低事故发生的概率；有利于科学地进行检修需求决策，合理安排检修项目、检修时间和检修工期，有效降低检修成本，提高设备可用性；有利于形成符合状态检修要求的管理体制，提高电网检修、运行的基础管理水平；有利于在电力企业中营造科学决策、改革创新的气氛，为增强企业的综合竞争力提供保证。

为进一步提升变电设备带电检测工作管理水平，推动带电检测工作规范、有序开展，结合变电设备带电检测工作实际，国家电网公司、国网山东省电力公司相继下发《变电设备带电检测工作指导意见》《国网山东省电力公司变电设备带电检测工作实施细则》，对变电设备带电检测项目、周期及技术要求提出了明确要求，并于 2015 年开始全面实施。

按照国家电网公司和国网山东省电力公司的要求，国网山东淄博供电公司提前筹划、精心安排，积极学习、引进和应用国际先进的带电检测技术，并结合本企业的实际情况，不断探索，积累了比较丰富的现场实践经验，保证了变电设备带电检测工作的全面、有序开展。截至 2015 年 7 月底，已完成 110kV 和 220kV 变电站一次设备红外精确测温、组合电器超声波与特高频局部放电检测、开关柜超声波与暂态地电压检测、避雷器阻性电流带电测试等带电检测项目的第一轮精确检测，发现并消除多处异常缺陷，有效促进了设备的安全稳定运行。

本书是在总结提炼带电检测技术现场实践经验的基础上而编写的。本书共收录红外测温异常典型案例 48 个，组合电器局部放电检测异常典型案例 11 个，开关柜局部放电检测异常典型案例 3 个，避雷器阻性电流带电检测异常典型案例 17 个，涵盖了 35～220kV 的变电设备。所收录的典型案例，包含变电设备经常出现的带电检测异常，并给

出了异常情况的分析。

由于时间和水平有限，书中不妥之处，敬请广大读者给予指正。

编 者

2015.12



前言

第 1 章	红外测温	1
1.1	检测原理	1
1.2	依据的标准规范	2
1.3	检测工作完成情况	2
1.4	红外测温异常分析典型案例	3
第 2 章	组合电器局部放电检测	70
2.1	检测原理	70
2.2	依据的标准规范	72
2.3	检测工作完成情况	72
2.4	局部放电异常分析典型案例	73
第 3 章	开关柜局部放电检测	94
3.1	检测原理	94
3.2	依据的标准规范	96
3.3	检测工作完成情况	96
3.4	开关柜超声波与暂态地电压检测异常分析典型案例	97
第 4 章	避雷器阻性电流带电检测	101
4.1	检测原理	101
4.2	依据的标准规范	101
4.3	检测工作完成情况	102
4.4	避雷器阻性电流带电检测异常分析典型案例	102

红 外 测 温

1.1 检 测 原 理

红外线辐射是自然界存在的一种最为广泛的电磁波辐射；自然界一切绝对温度高于零度的物体，不停地辐射出红外线，辐射出的红外线带有物体的温度特征信息，如图 1-1 所示。

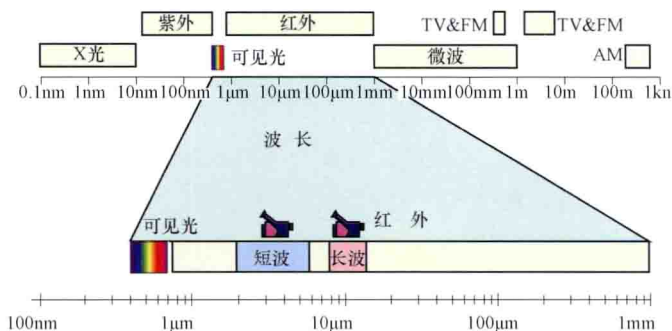


图 1-1 电磁波辐射频谱图

电力设备运行状态的红外检测，实质就是对设备（目标）发射的红外辐射进行探测及显示处理的过程。设备发射的红外辐射功率经过大气传输和衰减后，由检测仪器光学系统接收并聚焦在红外探测器上，并把目标的红外辐射信号功率转换成便于直接处理的电信号，经过放大处理，以数字或二维热图像的形式显示目标设备表面的温度值或温度场分布。

对于高压电气设备的发热故障，从红外检测与诊断的角度，大体可分为外部故障和内部故障。

外部故障是指裸露在设备外部各部位发生的故障（如长期暴露在大气环境中工作的裸露电气接头故障、设备表面污秽以及金属封装的设备箱体涡流过热等）。从设备的热图像中可直观地判断是否存在热故障，根据温度分布可准确地确定故障的部位及故障严重程度。

内部故障则是指封闭在固体绝缘、油绝缘及设备壳体内部的各种故障。由于这类故障部位受到绝缘介质或设备壳体的阻挡，所以通常难以像外部故障那样从设备外部直接获得直观的有关故障信息。但是，根据电气设备的内部结构和运行工况，依据传热学理论，分析传导、对流和辐射三种热交换形式沿不同传热途径的传热规律（对于电气设备而言，多数情况下只考虑金属导电回路、绝缘油和气体介质等引起的传导和对流），并结合模拟试验、大量现场检测实例的统计分析和解体验证，也能够获得电气设备内部故障在设备外部显现的温度分布规律或热（像）特征，从而对设备内部故障的性质、部位及严重程度作出判断。

1.2 依据的标准规范

- (1) 《带电设备红外诊断应用规范》(DL/T 664—2008)；
- (2) 《输变电设备状态检修试验规程》(Q/GDW 1168—2013)；
- (3) 《国网山东省电力公司变电设备带电检测工作实施细则》；
- (4) 《国家电网公司电力安全工作规程（变电部分）》(Q/GDW 1799.1—2013)；
- (5) 《电力设备带电检测技术规范》。

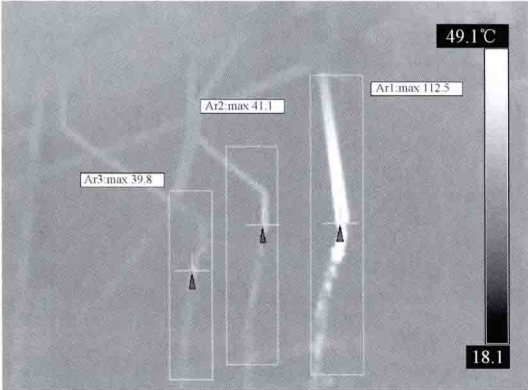
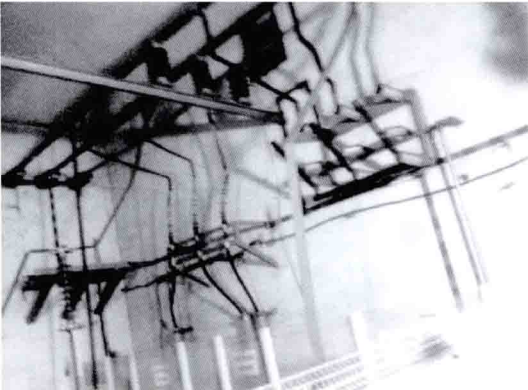
1.3 检测工作完成情况

按照《带电设备红外诊断应用规范》(DL/T 664—2008)技术要求，国网山东淄博供电公司已完成全部 110kV 和 220kV 变电站内一次设备（包含高压开关柜、组合电器、变压器、敞开式一次设备等）的红外精确测温工作，共保存红外精确测温原始图谱照片 5437 张。按变电站—间隔名称—设备名称进行分类存档，确保每个设备的红外检测图谱可检索、查询。

1.4 红外测温异常分析典型案例

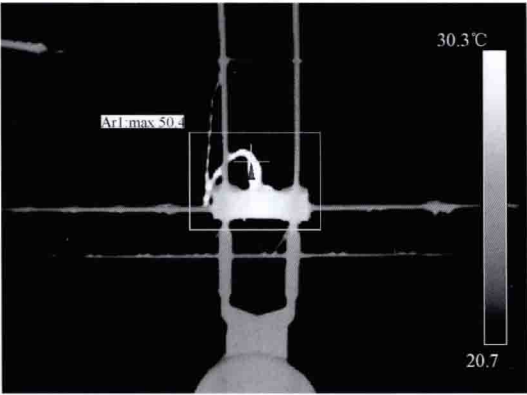
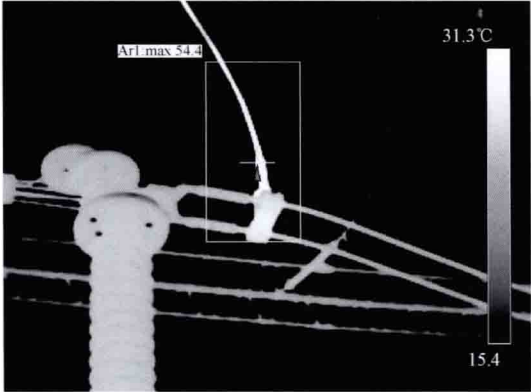
1.4.1 220kV××变电站 2 号电容器 A 相出线接头发热

表 1-1 红外测温异常情况简表
(220kV××变电站 2 号电容器 A 相出线)

变电站名	220kV××变电站	设备名称	2 号电容器 A 相出线
检测单位	××供电公司	检测日期	2015.6.5
红外图谱	 		
分析及结论	诊断依据：《带电设备红外诊断应用规范》(DL/T 664—2008) 附录 A 表 A.1 电流致热型设备缺陷诊断判据。 设备类别和部位：电气设备与金属部件的连接，接头和线夹。 热像特征：以线夹和接头为中心的热像，热点明显。 故障特征：接触不良。 缺陷性质：一般缺陷（温差不超过 15K，未达到重要缺陷的要求），严重缺陷（热点温度>80℃或相对温差 $\delta \geq 80\%$），危急缺陷（热点温度>110℃或相对温差 $\delta \geq 95\%$）。 诊断结论：C 相最高温度为 112.5℃，超过 110℃，属危急缺陷，建议尽快停电处理		

1.4.2 220kV××变电站 22121 隔离开关 C 相线夹发热

表 1-2 红外测温异常情况简表
(220kV××变电站 22121 隔离开关 C 相)

变电站名	220kV××变电站	设备名称	22121 隔离开关 C 相
检测单位	××供电公司	检测日期	2015. 6. 5
红外图谱	 		
分析及结论	诊断依据：《带电设备红外诊断应用规范》(DL/T 664—2008) 附录 A 表 A.1 电流致热型设备缺陷诊断判据。 设备类别和部位：电气设备与金属部件的连接，接头和线夹。 热像特征：以线夹和接头为中心的热像，热点明显。 故障特征：接触不良。 缺陷性质：一般缺陷（温差不超过 15K，未达到重要缺陷的要求），严重缺陷（热点温度>80℃或相对温差 $\delta \geq 80\%$），危急缺陷（热点温度>110℃或相对温差 $\delta \geq 95\%$）。 诊断结论：C 相最高温度为 54.4℃，建议加强监测，结合停电处理		

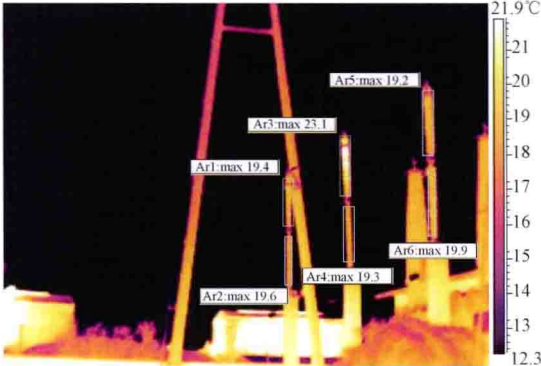
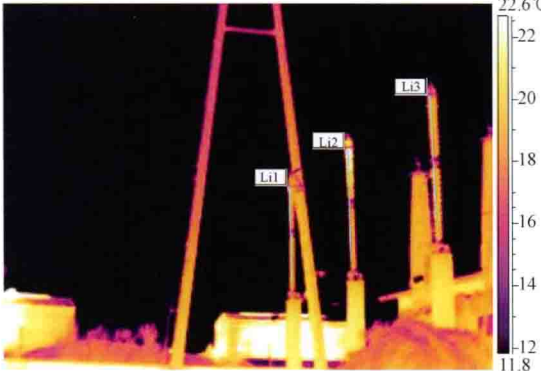
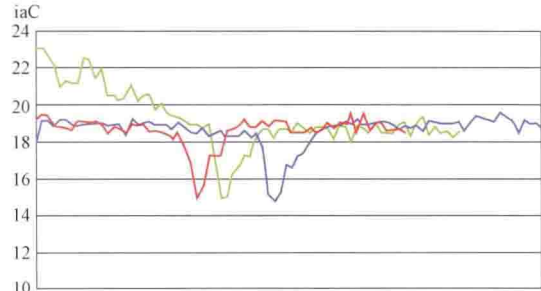
1.4.3 220kV××变电站 10kV 901 开关柜柜体局部发热

表 1-3
红外测温异常情况简表
(220kV××变电站 10kV 901 开关柜)

变电站名	220kV××变电站	设备名称	10kV 901 开关柜
检测单位	××供电公司	检测日期	2015. 5. 4
红外图谱			
分析及结论	220kV××变电站 10kV 901 开关柜柜体有轻微发热，属一般缺陷，经调整负荷后，发热现象消失，建议加强监测，如有进一步发展应结合停电处理，同时在负荷增长后应及时进行红外测温		

1.4.4 220kV××变电站 220kV 1 号主变压器避雷器 B 相上节受潮

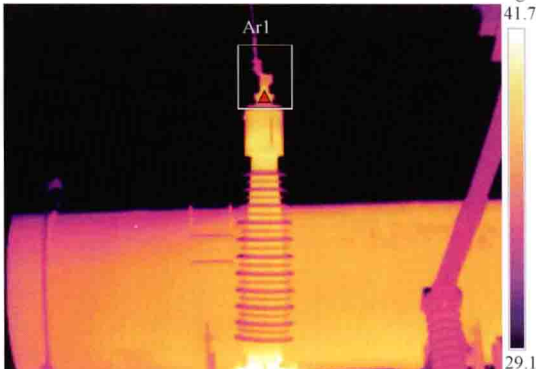
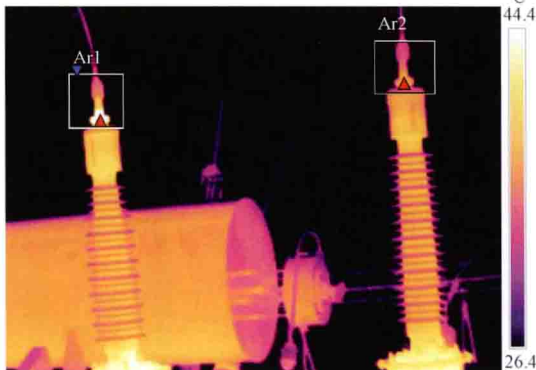
表 1-4 红外测温异常情况简表
(220kV××变电站 220kV 1 号主变压器避雷器 B 相)

变电站名	220kV××变电站	设备名称	220kV 1 号主变压器避雷器 B 相
检测单位	××供电公司	检测日期	2015. 6. 5
红外图谱	   ■ Li1 光标: -最小: 14.9 最大: 19.6 ■ Li2 光标: -最小: 15.0 最大: 23.1 ■ Li3 光标: -最小: 14.7 最大: 19.6		
分析及结论	由线温分布图及红外图像可以看出, B 相上节温度偏高, 最高温度 23.1℃, A、C 相上节最高温度分别为 19.4℃和 19.2℃, 最大温差 3.9K, B 相上节可能存在劣化或受潮缺陷, 建议结合其他试验综合诊断		

1.4.5 220kV××变电站 1 号主变压器中压侧 A 相套管导线压接处发热

表 1-5 红外测温异常情况简表

(220kV××变电站 1 号主变压器中压侧 A 相套管导线压接处)

变电站名	220kV××变电站		设备名称	1号主变压器中压侧 A 相套管导线压接处		
检测单位	××供电公司		检测日期	2015. 6. 9		
红外图谱	测量		℃			
	Ar1	Max	37. 7			
	参数					
	辐射率	0. 9				
	反射温度	30℃				
	地理位置					
	指南	西北				
	图 1		1 号变压器中压套管 A 相			
	测量		℃			
	Ar1	Max	45. 7			
	Min	-1. 2				
	Average	11. 7				
Ar2	Max	37. 1				
参数						
辐射率	0. 9					
反射温度	30℃					
地理位置						
指南	西					
图 2		1 号变压器中压套管 BC 相与 B 相				
分析及结论	诊断依据：《带电设备红外诊断应用规范》（DL/T 664—2008）附录 A 表 A.1 电流致热型设备缺陷诊断判据。					
	设备类别和部位：电气设备与金属部件的连接，接头和线夹。					
	热像特征：以线夹和接头为中心的热像，热点明显。					
	故障特征：接触不良。					
	缺陷性质：一般缺陷（温差不超过 15K，未达到重要缺陷的要求），严重缺陷（热点温度>80℃或相对温差 $\delta \geq 80\%$ ），危急缺陷（热点温度>110℃或相对温差 $\delta \geq 95\%$ ）。					
	诊断结论：1号主变压器中压侧套管顶部 B 相最高温度 45.7℃，A 相最高温度 37.3℃，C 相最高温度 37.1℃，A 相温度异常，最大温差 8.6℃，一般缺陷，建议加强监测，如有发展，结合停电处理					

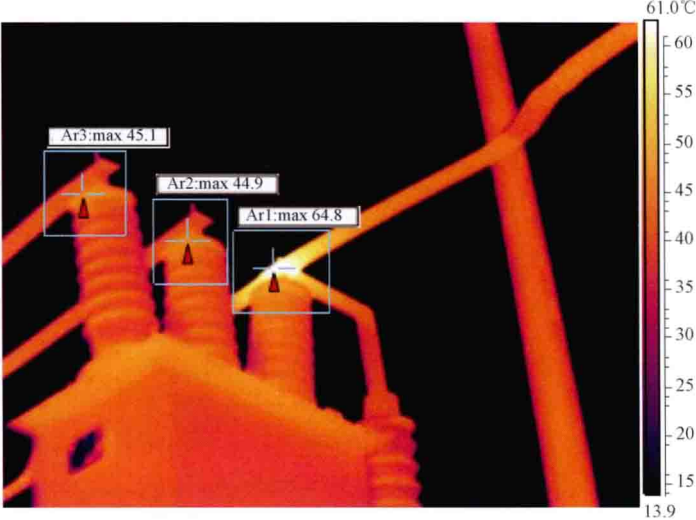
1.4.6 220kV××变电站 1 号主变压器散热器温度异常

表 1-6 红外测温异常情况简表
(220kV××变电站 1 号主变压器散热器)

变电站名	220kV××变电站		设备名称	1 号主变压器散热器
检测单位	××供电公司		检测日期	2015. 6. 9
红外图谱	测量		℃	
	Ar1	Max	39. 7	
		Min	37. 9	
		Average	39. 0	
	Ar2	Max	43. 7	
		Min	43. 0	
		Average	43. 4	
	Ar3	Max	40. 9	
		Min	36. 4	
		Average	39. 6	
	参数			
	辐射率	0. 9		
	反射温度	30℃		
	地理位置			
	指南	东南		
	测量		℃	
	Ar1	Max	40. 8	
		Min	40. 0	
		Average	40. 5	
	Ar2	Max	40. 7	
	Min	39. 2		
	Average	40. 3		
Ar3	Max	41. 1		
	Min	39. 8		
	Average	40. 6		
参数				
辐射率	0. 9			
反射温度	30℃			
地理位置				
指南	东南			
		图 1 1 号主变压器本体		
		图 2 2 号主变压器本体		
分析及结论	对比 1 号主变压器相邻散热器温度和 2 号主变压器散热器温度，1 号主变压器散热器温度异常，图中 Ar2 区域温度 43. 7℃，高于相邻散热器			

1.4.7 220kV××变电站 2 号电容器放电 TV A 相导线压接处接触不良

表 1-7 红外测温异常情况简表
(220kV××变电站 2 号电容器放电 TV A 相导线压接处)

变电站名	220kV××变电站	设备名称	2 号电容器放电 TV A 相导线压接处
检测单位	××供电公司	检测日期	2015.6.8
红外图谱			
分析及结论	诊断依据：《带电设备红外诊断应用规范》（DL/T 664—2008）附录 A 表 A.1 电流致热型设备缺陷诊断判据。 设备类别和部位：电气设备与金属部件的连接，接头和线夹。 热像特征：以线夹和接头为中心的热像，热点明显。 故障特征：接触不良。 缺陷性质：一般缺陷（温差不超过 15K，未达到重要缺陷的要求），严重缺陷（热点温度>80℃或相对温差 $\delta \geq 80\%$），危急缺陷（热点温度>110℃或相对温差 $\delta \geq 95\%$）。 诊断结论：2 号电容器放电 TV A 相最高温度为 64.8℃，较 B、C 相相同部位温度偏高，建议加强监测，结合停电处理		

1.4.8 220kV××变电站 110kV I 母线避雷器 A、C 相温度异常

表 1-8 红外测温异常情况简表
(220kV××变电站 110kV I 母线避雷器 A、C 相)

变电站名	220kV××变电站	设备名称	110kV I 母线避雷器 A、C 相
检测单位	××供电公司	检测日期	2015.6.4
红外图谱	