

两起典型红外发热缺陷案例分析及处理

王 晨,陶加贵,施景奎,肖 雷

(江苏省电力公司电力科学研究院,江苏 南京 211103)

摘 要:红外测温技术是电力设备状态检修、带电检测的重要手段,具有不接触、不取样、不停电且准确、便捷、直观的优点。其中,接头接触不良、螺栓紧固不牢是红外测温发现的主要问题,然而目前对此类缺陷普遍缺乏重视,难以及时消缺。文中根据 2 起典型案例介绍此类缺陷的产生原因以及处理方法,为此类缺陷的检修工作提供参考。

关键词:带电检测;红外测温;螺栓松动;缺陷闭环管理

中图分类号:TM407

文献标志码:B

文章编号:1009-0665(2015)04-0021-03

任何温度高于绝对零度($-273\text{ }^{\circ}\text{C}$)的物体都会发出红外线,又称红外辐射。物质发射出的红外线反应在物体表面的温度场即“红外热像”。红外测温仪通过吸收红外辐射能量,检测设备表面的温度及温度场的分布,从而判别设备的发热情况^[1]。在目前带电检测中利用红外测温技术发现的缺陷数量占总缺陷数的近九成。然而目前对于已发现的缺陷,普遍未能实现缺陷的闭环管理,即设备缺陷发现、上报、跟踪、处理、验收、总结,实现全过程闭环管理。缺陷闭环管理使设备缺陷从发现到处理,重新投入使用,形成一个闭环反馈的全过程管理。加强对设备缺陷监督和管理,并督促设备缺陷的处理和消除,提高设备的健康水平,确保输变配电设备及系统安全可靠运行。

1 发热缺陷概况

2014 年江苏省电力公司电力科学研究院在带电检测中利用红外测温技术发现大量缺陷,对发现的严重及以上缺陷(严重缺陷、危急缺陷),按照缺陷原因、类型进行统计,如图 1 所示。

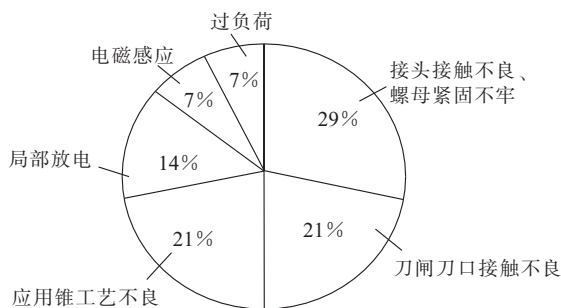


图 1 严重及以上缺陷发热原因占比

经对 2014 年红外发热缺陷的统计分析,设备发热的原因:(1)一次设备接头连接不良或螺栓紧固不良。如隔离开关、接地开关、母线(软连接)、断路器、电流互感器等设备与连接接头处发热,此类故障占发热总故障的 85.51%。(2)隔离刀闸刀口压接或接触不良导致

接触电阻增加。此类故障占发热总故障的 4.35%。(3)电缆制作工艺不良或者应力锥老化导致发热,此类故障占发热总故障的 4.35%。(4)穿墙套管 2 起红外发热,可能为绝缘老化导致的局部放电引起。(5)干式低抗发热 2 起分部为电磁感应偏大和过负荷引起。

由上分析得出,接触电阻增大已成缺陷发热主要原因,此原因引起的缺陷占发热缺陷总数的 89.86%。

而接触电阻偏大,主要是由于电气部件接触不良,致使导电回路电流密度分布不均引起。按照设备结构、安装工艺、环境等因素可以分为几种:(1)导电回路连接结构设计不合理。(2)安装施工不严格,不符合工艺要求。如连接件的电接触表面未除净氧化层及其它污染物,焊接质量差,紧固螺母未拧到位,未加装弹簧垫圈,因长期运行引起弹簧老化,或因连接件内被连接的导线不等径等。(3)导线在风力舞动下或外界引起的振动等机械力作用下,以及导线周期性加载及环境温度周期性变化,也会使连接部位周期性冷缩热胀,导致连接松弛。(4)长期裸露在大气环境中,受雨、雪、雾、有害气体及腐蚀性尘埃的污染和侵蚀,造成接头处接触的表面氧化。(5)电气设备内部触头表面氧化,多次分合后在触头间存在有机物或碳化物,触头弹簧断裂或退火老化,因触头调整不当或分合时电弧的电腐蚀与等离子蒸汽对触头的磨损及烧蚀,造成触头有效面积减小等。

2 案例分析

缺陷闭环管理是要求全面掌握设备的健康状况,以便及时发现设备缺陷,认真分析产生缺陷的原因,分清设备缺陷的严重程度,进行报告、登记、统计分析,分别进行处理,努力做到防范于未然。检测人员发现设备缺陷、隐患、故障或其它异常情况时,无论消除与否,均需做好详细记录,并向有关人员汇报。报告设备缺陷时,应详细、准确,不能含糊其词。包括设备的名称及编号、设备型号、生产厂家、投运时间、设备缺陷部位、缺陷内

容、造成的影响及可能的后果,设备缺陷发现的时间、检查处理情况,以及对缺陷定级。并在消缺前后,及时跟踪设备运行情况。检修人员在消缺时,需结合检测报告确定缺陷具体位置,做到精确消缺。消缺后,需完成必要的试验,验收通过后方可投运。

2.1 案例 1(未紧固螺栓发热)

(1) 案例情况。2014 年 8 月在带电检测工作中,发现某 500 kV 变电站 1 号主变 2601 断路器 B 相接头发热,接头处温度为 64.6℃,其余两相温度分别为 34.2℃,34.1℃,环境参照温度为 25℃,负荷电流为 434 A。随即通知运行人员根据负荷变化加强监测,结合停电计划进行处理。进入秋季后随负荷下降,热点温度逐步降底。2014 年 11 月 12 日停电检查后发现,是因螺栓紧固不良导致的接触电阻增大,随即对接头进行处理、消缺。

(2) 测试所用红外仪信息如表 1 所示。

表 1 红外摄像机信息

摄像机信息	数值
摄像机型号	P630
工作档位	-50.0/150.0
环境温度 /℃	25.0
比辐射率	0.90
测试距离 /m	10
像素	1024×600
精度	±2℃或读数的±2%

2601 开关断路器接头 B 相热像图如图 2 所示。图中最高温度为 64.6℃。2601 开关断路器接头 A 相、C 相热像图如图 3 所示,两相温度分别为 34.2℃,34.1℃,环境参照温度为 25℃。



图 2 2601 断路器接头 B 相热像图



图 3 2601 断路器接头 A 相及 C 相热像图

根据公式:

$$\delta_1 = \frac{\text{对应点温差}}{\text{对应点温升}} = \frac{T_1 - T_2}{T_1 - T_0} \times 100\% \quad (1)$$

计算得出相对温差值为 77.0%。热像图显示发热缺陷点属于金属部件与金属部件的连接,根据 DLT 664—2008 电流致热型设备缺陷诊断判据:温差不超过 15 K 或未达到严重缺陷要求的为一般热缺陷;热点温度>80℃或 $\delta \geq 80\%$ 为严重热缺陷;热点温度>130℃或 $\delta \geq 95\%$ 为危急缺陷^[2]。其诊断结果为一般缺陷,并根据要求将缺陷记录在案,注意观察其缺陷的发展,利用停电机会检修,有计划地安排试验检修消除缺陷。

(3) 现场结合红外图谱判定发热点如图 4 所示,中间大圈内 2 颗螺栓,检修人员登高检查后发现中间小圈内螺栓明显松动。

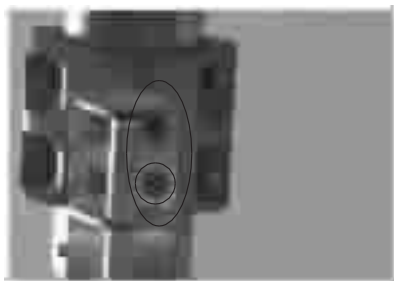


图 4 缺陷发热点可见光图片

随后检修人员按图 5 所示接线,使用回路电阻仪测试缺陷位置电阻,试结果为 114.5 μΩ。回路电阻仪信息如表 2 所示。



图 5 回路电阻测试接线

表 2 回路电阻仪信息

回路电阻仪信息	数值
厂家	保定超人
型号	SM40A
充电电流 /A	100
测量范围 /mΩ	0~20
测试距离 /m	10
分辨率 /μΩ	0.01

回路电阻测试完成后检修人员拆卸接头,精细处理接触面。先用 150 目细砂纸去除残留导电膏,再用无水酒精擦拭接触面,确保表面清洁。然后用刀口尺和塞尺测量平面度后,均匀薄涂导电膏,控制涂抹剂量,用不锈钢尺刮平,再用百洁布擦拭干净,使接线板表面形成一薄层导电膏。接着对角预紧螺栓、再用规定力矩拧紧,保证接线板受力均匀,并用记号笔做标记。复测回路电阻为 37.1 μΩ,数值较处理前大幅降低。

分析认为,此缺陷是由于安装时的疏忽,造成接头处接触电阻增大,继而引起的发热。

2.2 案例 2(已紧固螺丝发热)

(1) 案例情况。2014 年 8 月在带电检测工作中,发现某 500 kV 变电站 35 kV I 母 A 相软连接处发热温度为 135℃,其余两相温度分别为 42.3℃、40.4℃,环境参照温度为 25℃,负荷电流约为 4000 A。通知运行人员后得知,由于该母线紧连主变,正值夏季负荷高峰期,无法立即停主变进行处理。随机上报调度申请改变运行方式,1 组电抗器退出运行,使该母线由带 4 组电抗器运行转为带 3 组电抗器运行,此时母线电流降为 3000 A。在此期间运行人员跟踪测温结果保持在 80~90℃。进入秋季后母线转为带 2 组电抗器运行,电流为约 2000 A,电科院秋季带电检测结果为 46℃。如表 3 所示。

表 3 连续红外跟踪测温情况

时间	运行方式	电流 /A	温度 /℃
8 月 11 日	4 组电抗器	4000	135+
8 月 11 日 至入秋前	3 组电抗器	3000	80~90
秋季	2 组电抗器	2000	46

2014 年 11 月停电检查后发现,是因螺栓没有紧固,引起的接触电阻增大,随即对接头进行处理、消缺。

(2) A 相软连接处热像图如图 6 所示。图中最高温度为 135℃。



图 6 I 母 A 相软连接处热像图

I 母 B 相、C 相软连接处热像图如图 7 所示。两相温度分别为 42.3℃、40.4℃,环境参照温度为 25℃。根据公式(1)计算得出相对温差值为 86.0%。热像图显示发热缺陷点属于金属部件与金属部件的连接,根据 DLT 664—2008 电流致热型设备缺陷诊断判据:温差不超过 15 K 或未达到严重缺陷要求的为一般热缺陷;热点温度 > 80℃ 或 $\delta \geq 80\%$ 为严重热缺陷;热点温度 > 130℃ 或 $\delta \geq 95\%$ 为危急缺陷。诊断结果为危急缺陷,应立即降低负荷电流或立即消缺。

(3) 缺陷发热点可见光图片如图 8 所示。

现场结合红外图谱判定,发热点在图 3 红圈内 2 颗螺栓,怀疑为螺栓松动,检修人员登高检查后发现红圈内所有螺栓都已正常拧紧,无异常。随后要求检修人员检查另一侧螺栓,发现图 9 所示圈内螺栓没有拧紧。



图 7 I 母 B 相及 C 相软连接处热像图



图 8 缺陷发热点可见光图片

也就是电流基本流过另一侧紧固的螺栓,导致其温度过高。检修人员使用回路电阻仪测试缺陷位置电阻,结果为 $91.4 \mu\Omega$ 。随后检修人员进行消缺处理,完成后复测回路电阻为 $8.0 \mu\Omega$,较缺陷处理前亦有大幅降低。分析认为,此缺陷是由于安装时的疏忽,造成该侧螺栓未紧固,电流主要经对侧螺栓通过,而引起的发热。



图 9 未拧紧螺栓可见光图片

3 结束语

(1) 对于安装施工不合格、不符合工艺要求的设备,如螺栓紧固不到位、未拧紧、未加弹簧垫、连接件焊接工艺差,通过红外精确测温,一目了然。因此在设备运行期间要充分利用红外检测技术将其发现,并尽快处理。

(2) 除了迎峰度夏、度冬前、周期性红外精确测温外,可以在设备周期修试前、重要设备间隔停电前进行红外测温工作,以有效指导设备检修,提高检修工作效率和质量。

(3) 发现缺陷后,应认真分析产生缺陷的原因,分清设备缺陷的严重程度,及时制定应对措施。消缺前后,需按规定周期跟踪检测,掌握设备情况。

参考文献:

- [1] 罗军川. 电气设备红外诊断实用教程[M]. 北京:中国电力出版社,2012:1-5.
- [2] DL/T 664—2008 带电设备红外诊断应用规范[S].
- [3] 成强,王勇. 红外诊断技术在变电设备状态检修中的应用[J]. 江苏电机工程, 2008,27(1):15-17.

(下转第 27 页)

参考文献:

- [1] 刘冬炎,顾宏伟. 空气预热器的漏风因素及密封改造[J]. 中国电力,2011,44(7):53-56.
- [2] 舒茂龙,陈 钦,孙仁龙. 百万机组空预器漏风控制系统可靠性分析[J]. 电力科学与工程,2013,29(3):69-73.

作者简介:

何俊松(1981),男,江西宜春人,工程师,从事火电厂热控设备维护管理工作。

Air Leakage of Tri-sectional Rotary Air Preheaters and Solution Measures

HE Junsong

(Jiangsu Xinhai Power Generation Co. Ltd., Liangyungang 222012, China)

Abstract: Analysis on the typical faults encountered in the leakage control system of air preheaters was performed, and then detailed solution measures were proposed. Through performing technical reform to the leakage control system, serious faults affecting the normal operation of the control system were eliminated, and issues associated with the clearance measurement accuracy were also solved. The reliability and safety of the leakage control system were significantly improved, while the maintenance cost was reduced. The desired results were finally achieved.

Key words: limit switch; clearance measurement; laser sensor; ash leakage; overcurrent

(上接第 23 页)

作者简介:

王 晨(1990),男,江苏盐城人,助理工程师,从事输变电设备状态检测技术及故障诊断技术研究工作;

陶加贵(1984)男,江苏南京人,工程师,从事输变电设备状态检测

技术及故障诊断技术研究工作;

施景垒(1986),男,江苏盐城人,助理工程师,从事开关类设备状态检测与评价方面研究工作;

肖 雷(1987),男,江苏盐城人,助理工程师,从事开关类设备状态检测与评价方面研究工作。

2 Case Studies for Defects Inspection Using IR Temperature Measurement Technology

WANG Chen, TAO Jiagui, SHI Jinglei, XIAO Lei

(Jiangsu Electric Power Company Electric Power Research Institute, Nanjing 211103, China)

Abstract: As one important defects inspection technique, IR temperature measurement technology has the advantages of no contact, no sampling, no blackout, convenience, intuition and accuracy. The main problem found by IR temperature measurement technology is poor contact joints which is not paid enough attention to. In this paper, 2 case studies are provided with reason analysis and countermeasures for poor contact joints.

Key words: online inspection; IR temperature measurement; bolt looseness; defect closed loop management

下 期 要 目

- 基于分层推理架构的牵引变电站智能报警专家系统设计
- 江苏省 220 kV 保护装置定值自动校核系统的研究
- 江苏电网 2014 年输电线路雷击跳闸分析
- 计及距离空间的电网参数误差支路选取方法
- 电力碳排放权区域分配指标体系研究
- 高压串联电抗器在南京 220 kV 电网中的应用分析
- 多时间尺度相协调的电力市场价值评估

广 告 索 引

江苏射阳港发电有限责任公司

封一

江苏南瑞帕威尔电气有限公司

(黑白) 文前

南京苏逸实业有限公司

封二

远东电线电缆有限公司

封三

南京南瑞继保电气有限公司

前插 1

南瑞科技股份有限公司

封四

《江苏电机工程》协办单位

前插 2