

一起 110kV 电缆线路特殊部位发热的分析处理

王雨阳, 王永强, 王 浩, 童 斌, 邢 晨

(南京供电公司, 江苏 南京 210019)

摘 要: 针对发生的一起 110kV 电缆终端构架螺栓温度异常缺陷, 通过对电缆设备进行检查分析, 最终确认由于接地网和中间接头处护层接线连接错误是导致温度异常的主要原因, 并针对这一情况, 采取了相应的处理对策, 为今后类似问题的解决提供参考。

关键词: 电缆终端; 构架撑杆螺栓; 温度异常; 分析处理;

0 引言

随着社会经济的发展和城市美化的需要, 越来越多的电缆设备被广泛应用到输电线路中, 但是由于电缆设备的结构相对复杂, 设计、安装、运行任一环节产生问题, 都将对电缆线路的安全运行产生重大影响。本文主要介绍南京供电公司 2013 年 1 月对电缆运行设备进行红外测温, 测温中发现 110kV 莫虎#2 线电缆终端构架撑杆螺栓温度异常, 而设备正常运行中, 该部位并无电流通过, 通过这一异常现象进行分析, 最终确定了缺陷产生的原因, 提出了具体的处理措施。

1 设备概况

110kV 莫虎#2 线全线为混合线路, 线路全长 4.567km, 2001 年 1 月投运, 其中, 架空线路 1.727km, 电缆线路 2.84km, 电缆共分两段, 见表 1。

表 1 110kV 莫虎#2 线#1 塔设备明细表

线路名称	起始位置	电缆型号	电缆厂家	长度/km	投运日期
莫虎#2 线	上海路变—#12 塔	YJLW03—1×630	宝胜电缆	2.4	2001-1-10
莫虎#2 线	莫愁变—#1 塔	YJLW03—1×630	日本住友	0.19	2002-9-12
		YJLW03—1×630	山东阳谷	0.25	2011-5-30

其中: 莫愁变 —#1 塔段电缆于 2011 年 6 月, 220kV 莫愁变电站改造延伸, 110kV 莫虎#2 线电缆从莫愁变 110kV GIS 室引出, 沿莫愁变内南侧道路向东走线, 至莫愁变外新建接头沟与原电缆对接, 新敷设电缆 250m, 电缆厂家为山东阳谷, 安装中间接头一组, 附件厂家为业基公司。

2 缺陷情况

2013 年 01 月 10 日 08 点 50 分: 南京供电公司输电运检工区运行人员在对 110kV 莫虎#2 线#1 塔电缆终端进行例行测温时发现: B、C 相终端构架撑杆螺栓(图 1、图 2)存在明显温度异常。



图 1 B 相终端构架撑杆螺栓



图 2 C 相终端构架撑杆螺栓

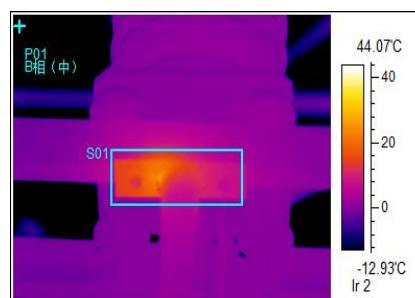


图 3 B 相构架撑杆螺栓红外图

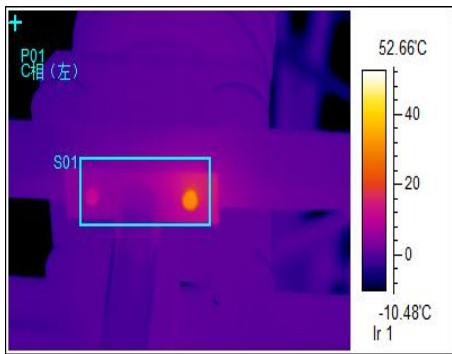


图 4 C 相构架撑杆螺栓红外图

表 2 110kV 莫虎#2 线#1 塔构架撑杆螺栓温度异常表

线路名称	杆塔号	测温位置	温度值/℃
莫虎#2 线	#1 塔	A 相构架撑杆螺栓	2.5
莫虎#2 线	#1 塔	B 相构架撑杆螺栓	25.74
莫虎#2 线	#1 塔	C 相构架撑杆螺栓	32.02

A 相构架撑杆螺栓最高温度与 B 相构架撑杆螺栓最高温度的温差为 23.24℃（图 3），A 相构架撑杆螺栓最高温度与 C 相构架撑杆螺栓最高温度的温差为 29.52℃（图 4）。

参照《带电设备红外诊断应用规范》DL/T664-2008 附录 A 电流致热型设备缺陷诊断判据表 A.1 电流致热型设备缺陷诊断判据：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>90℃或 $\delta \geq 80\%$ ），危急缺陷（热点温度>130℃或 $\delta \geq 95\%$ ）。

A 相构架撑杆螺栓最高温度与 C 相构架撑杆螺栓最高温度温升：

$$\delta = (32.02 - 29.52) / 32.02 \times 100\% = 92.2\% > 80\%$$

故该缺陷属于严重缺陷。见表 2。

电缆终端构架撑杆螺栓在设备正常运行中并无电流通过，该部位发热在南京供电公司电缆运行中从未发现。

故，提出问题：1）该部位发热必然有电流通过，电流从何而来？2）A、B、C 三相发热部位处为何存在较大温差？

3 缺陷分析

分析思路：终端构架撑杆螺栓属于电流致热型设备，温度升高必然是有电流通过，首先我们考虑线路是否存在过负荷或过电压，其次进行环流及接地检测，再次考虑接地箱是否存在接地点，最后试验检查电缆护套是否完好。

（1）过负荷或过电压检查

设备温度异常，首先考虑到了线路过负荷及过电压情况，查看调度 OPEN-3000 系统，1 月 10 至 18 日期间，110kV 莫虎#2 线负荷情况见表 3。

表 3 110kV 莫虎#2 线负荷值表

日 期	线路名称	无功值 (max)	有功值 (max)	电流值 (max)
1 月 10 日	莫虎#2 线	6.53	26.64	137.88
1 月 11 日	莫虎#2 线	6.37	25.58	132.60
1 月 12 日	莫虎#2 线	4.64	21.39	110.80
1 月 13 日	莫虎#2 线	4.24	21.11	109.74
1 月 14 日	莫虎#2 线	6.59	23.57	124.87
1 月 15 日	莫虎#2 线	6.31	24.35	129.09
1 月 16 日	莫虎#2 线	6.70	25.30	130.14
1 月 17 日	莫虎#2 线	7.15	26.08	135.77
1 月 18 日	莫虎#2 线	6.59	25.80	132.96

表 4 110kV 莫虎#2 线载流能力表

线路正常载流能力/A				线路事故后过负荷能力/A			
10℃	20℃	30℃	40℃	10℃	20℃	30℃	40℃
725	662	593	511	805	735	658	567

根据表 3 可知：1 月 10 至 18 日期间，110kV 莫虎#2 线最高荷载为 137.88A，远小于该线路的正常载流能力 725 A（见表 4），可以确定：在此期间该线路没有发生任何过载及过电压情况，排除因过负荷或过电压引起的发热。

（2）环流和接地检测

1 月 15 日，运行人员对 110kV 莫虎#2 线#1 塔终端构架及接地情况进行检查，现场发现 A 相接地扁铁螺栓锈蚀，与构架站柱连接不牢固，分别测量了构架接地电阻、及接地线电流，具体见表 5。

表 5 110kV 莫虎#2 线#1 塔测量值

相别	A	B	C
接地电阻/Ω	15.6	0.7	0.6
接地线电流值/A	149.2	154.4	156.7

由表 5 可知：A、B、C 三相接地线内均有较大电流通过且 A 相电缆终端构架存在明显的接地不良。根据电缆护层接地方式图，基本可以判定护层感应电压已经通过回流线形成回路，产生环流。通过对该段电缆金属护层接地方式得研究，分析出可能产生环流的原因有 3 个：（1）莫愁变侧电缆电压护层保护器击穿；（2）电缆中间接头位置接地箱内部存在接地点；（3）该段电缆金属护层有接地点。

根据表 5 中接地线电流值，A、B、C 三相接地线内均有电流通过，1 月 23 日，运行人员至莫愁变检查 110kV 莫虎#2 线 GIS 终端侧电压护层保护器，用钳型电流表测量保护器进线电流，见表 6。

表 6 110kV 莫虎#2 线 GIS 侧保护器进线电流值

相别	A	B	C
电流值/A	0	0	0

根据表 6 测量结果：电压护层保护器进线同轴电缆三相内部电流均为零，可以确定电压护层保护器状态良好，没有发生击穿。

(3) 接地箱检查

1 月 24 日，对 110kV 莫虎#2 线中间接头处进行检查，此接头是莫愁变改造时新增，为绝缘中间接头，安装有接地箱一个，用钳型电流表测量接地箱外壳接地线电流为 90A，接地电阻为 0.3Ω ，打开接地箱后发现：接地箱内 A、B、C 三相同轴电缆各自与铝排相接，并通过横向铝排短接后直接接地（图 6）。



图 5 接地箱外部

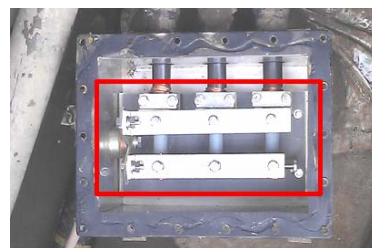


图 6 接地箱内部

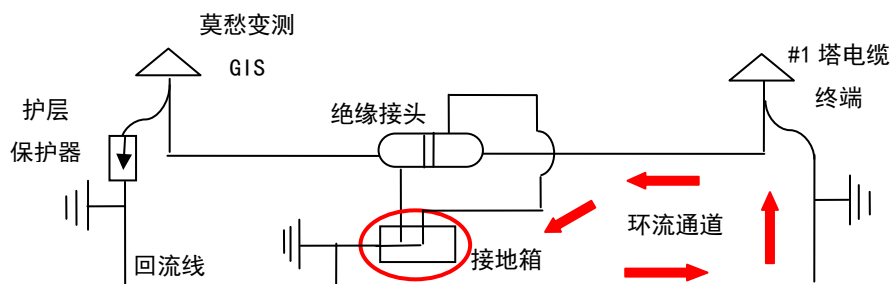


图 7: 110kV 莫虎#2 线安装现场电缆金属护层接地方式简图

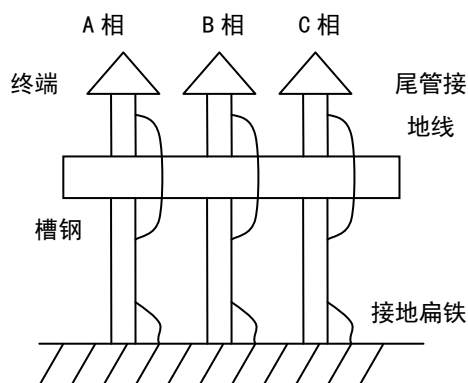


图 8: #1 塔电缆终端构架简图

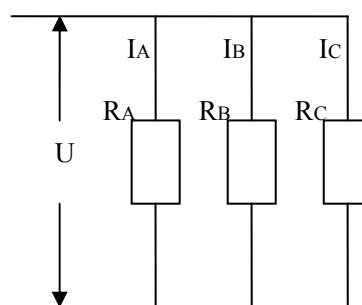


图 9: 等效电路图

根据现场情况绘制出 110kV 莫虎#2 线莫愁变至#1 塔段电缆金属护层接地方式简图（图 7）。

根据图 7 所示，分析可以确定，由于安装连接方式错误，导致铝排接地，是产生环流的主要原因。

电缆终端构架螺栓属于电流致热型设备，电缆构架接地系统（图 8），可以近似等效于三个²并联的电阻（图 9），根据公式： $W=U \cdot t/R$ ，当 U 、 t 为恒定值时，电阻越大， W 就越小，由于 $R_A > R_B$ 、 R_C ，

故 $W_A < W_B$ 、 W_C ，表现出来就是：B、C 相构架处螺栓温度高，而 A 相构架处螺栓温度低。

根据以上对该线路现场检测的数据分析，可以得出 110kV 莫虎#2 线路上存在 2 个问题：

(1) 110kV 莫虎#2 线#1 电缆终端塔接地网存在问题；

(2) 110kV 莫虎#2 线中间接头接地箱处铝排接地；

4 针对问题采取的措施

措施一：#1 塔 A 相电缆终端接地电阻偏大，原因是由于 A 相接地线与地下接地网之间没有可靠连接，焊接部位存在虚焊、未焊透现象，针对这种问题，工作人员采取在电缆站柱底部横向加装一根扁铁，通过扁铁将 A、B、C 三相站住紧密连接在一起，并从接地网单独引出一根接地扁铁与横向扁铁相连（图 10），确保三相终端接地可靠、均匀。



图 10：处理后的#1 塔电缆终端接地系统

措施二：针对接地箱内铝排安装错误的问题，工作人员将原有的连接铝排拆除，把接地箱内的同轴电缆和铝排按照设计要求重新连接，并用环氧泥将保护箱密封，防止水汽进入（图 11）。

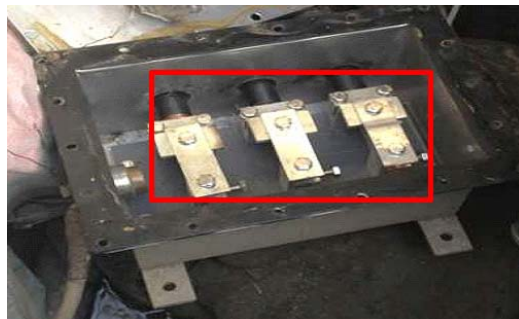


图 11：铝排改接后的接地箱内部

改接后，绘制出 110kV 莫虎#2 线莫愁变至#1 塔段电缆金属护层接地方式简图（图 12）。

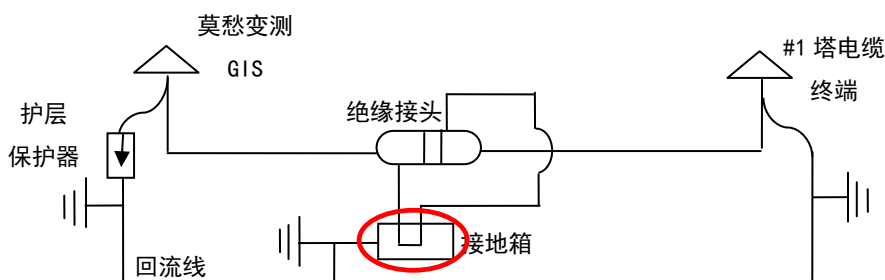


图 12：110kV 莫虎#2 线电缆金属护层接地方式简图

1 月 28 日，运行人员再次对 110kV 莫虎#2 线 #1 塔终端构架螺栓进行温度监测，使用钳型电流表检查三相接地线内部有无电流通过，并用接地摇表测量#1 塔构架接地电阻，测量值见表 7。

表 7 110kV 莫虎#2 线#1 塔测量值

相别	A	B	C
螺栓温度/℃	1.4	1.7	1.6
接地电阻/Ω	0.8	0.6	0.7
回接地线电流/A	0	0	0

检测结果显示：通过改善接地和重新搭接铝排后，终端构架接地电阻明显降低，回流线内部的环流消失、螺栓节点处的温度下降到正常区间。

5 结束语

电缆线路的设计、施工、运行工作是一项复杂、系统的工程，为保证电缆设备的安全稳定运行，今后要进一步从以下几个方面着手做好工作：

（1）施工单位应该加强安装现场管控，严格按照设计要求进行安装，杜绝安装质量问题的发生。

（2）设备运行管理单位验收时，应该严格遵守相关验收规程，严把质量关，确保设备零缺陷投运。

（3）继续加大红外测温、在线监测等技术手段在运行工作中的应用，确保缺陷尽早发现、尽快消除，不断提高设备的健康运行水平。

参考文献：

- [1] 郑肇骥,王焜明.高压电缆线路[M].北京:水利电力出版社,1983.
- [2] DL/T664-2008, 带电设备红外诊断应用规范[s].
- [3] 陈永辉,蔡葵,刘永军,等.供电设备红外诊断技术[M]. 北京:中国水利水电出版社,2006.
- [4] 王伟.交联聚乙烯(XLPE)绝缘电力电缆技术基础(第3版)[M]. 西安:西北工业大学出版社,2011.

作者简介:

王雨阳（1985—），男，安徽含山人，助理工程师，从事电力电缆运行检修工作，E-mail: 0438230@163.com;

王永强（1978—），男，河北新乐人，工程师，从事输电线路管理工作；

王 浩（1980—），男，江苏南京人，技师，从事电力电缆运行检修工作；

童 斌（1986—），男，江苏南京人，助理工程师，从事电力电缆运行检修工作；

邢 晨（1978—），男，江苏南京人，技师，从事电力电缆运行检修工作。