

# A Typical Thermal Defect of 110 kV High Voltage Cable Outdoor Terminal

Ze Xiang\*, Guo Ma, Yongpeng Yang, Yang Feng, Yuhang Guo, Yijun Liu

State Grid Chengdu Electric Power Company, Chengdu Sichuan  
Email: \*xiangze1987@163.com

Received: Oct. 8<sup>th</sup>, 2018; accepted: Oct. 23<sup>rd</sup>, 2018; published: Oct. 30<sup>th</sup>, 2018

---

## Abstract

Cable accessory is a very important part of high voltage power cable lines. According to statistics, over 90 percent cable defects occurred because of cable accessory problems which are mainly caused by poor installation process. If the installation quality is unqualified, the defects may not accurate in the preliminary test or the early operation stage. But affected by the aging and vibration during long time operation, installation defects will further deteriorate until breakdown. In this paper, we analysed a typical thermal defect of 110 kV high voltage cable outdoor terminal, studied the reason that caused such defect and gave some advices for other power cable engineers to avoid the same problems in the future.

## Keywords

Power Cable, Outdoor Terminal, Infrared Imaging, Thermal, Installation Process, Rosin Joint

---

# 110 kV高压电缆户外终端发热典型缺陷分析

向泽\*, 马果, 杨永鹏, 冯阳, 郭宇航, 刘怡君

国网成都供电公司, 四川 成都  
Email: \*xiangze1987@163.com

收稿日期: 2018年10月8日; 录用日期: 2018年10月23日; 发布日期: 2018年10月30日

---

## 摘要

电缆附件是电力电缆线路中非常重要的一部分,若电缆附件安装质量不良,在长时间运行过程中的老化、震动等因素会导致安装缺陷进一步发展,最终导致严重缺陷的产生甚至击穿。本文基于一起110 kV高压

\*通讯作者。

电缆线路户外终端发热典型缺陷, 结合现场处理情况及电缆运行经验, 分析出电缆终端发热缺陷为电缆附件安装过程封铅工艺不合格导致。并从终端表面处理、打底、焊接、质量检查等方面给出了避免和处理此类缺陷的建议, 希望对电力电缆运维检修人员提供一定的指导参考。

## 关键词

电力电缆, 户外终端, 红外成像, 尾管发热, 安装工艺, 虚焊

Copyright © 2018 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

随着城市电力的发展, 高压电力电缆被越来越多地用于城市输电线路中, 成为城市输电“大动脉”, 电缆附件是电力电缆线路中非常重要的一部分, 高压电缆的运行情况直接影响着城市电网的运行安全。根据杨磊等人研究统计, 90%以上高压电缆线路故障为电缆附件造成的[1], 其中电缆附件在运行过程中发热等又是造成故障的直接原因[2]。目前国内已有很多研究表明安装质量是导致电缆附件缺陷故障发生的重要因素[3], 但是关于此类因附件安装原因造成故障的实例分析却较少, 如何保证电缆安装工艺的优良以及电缆投运后的安全稳定运行是摆在电缆工作人员面前的难题。因此, 本文分析了一起 110 kV 电缆户外终端由于制作安装工程中存在工艺缺陷, 引起波纹铝护套与接地线焊接处接触不良、接触电阻增大而导致发热, 通过现场分析原因并停电处理后恢复运行的实例, 供电力电缆运维检修人员参考。

## 2. 缺陷发现及处置过程

### 2.1. 缺陷发现过程

2018年2月5日, 运维人员对某 110 kV 电缆线路例行巡视过程中, 通过红外成像测温手段发现该线路其中一段 1#户外终端及站内终端 C 相尾管发热。现场测温数据见表 1, 红外测温图谱见图 1。

从图 1 可看出, 该 110 kV 线路站内终端尾管相间最大温差为 5.3℃, 而户外终端尾管相间最大温差更高达 17.3℃, 根据 Q/GDW 11223-2014《高压电缆状态检测技术规范》及欧阳本红等人研究结果[4]: 电缆终端、接头相间温差大于 4℃为缺陷状态, 应停电检查。

### 2.2. 电缆线路基本信息

该 110 kV 电缆线路为电缆架空混合线路, 其中有两段为电缆, 电缆详细信息见表 1。

### 2.3. 缺陷处置情况

线路运维单位发现缺陷后, 立即向调度申请停电, 停电后去除线路户外终端尾管、站内终端尾管封铅处绝缘包带, 发现两处终端尾管封铅与铝护套接触处均存在明显缝隙。缝隙位置正好为发热部位, 如图 2 所示。

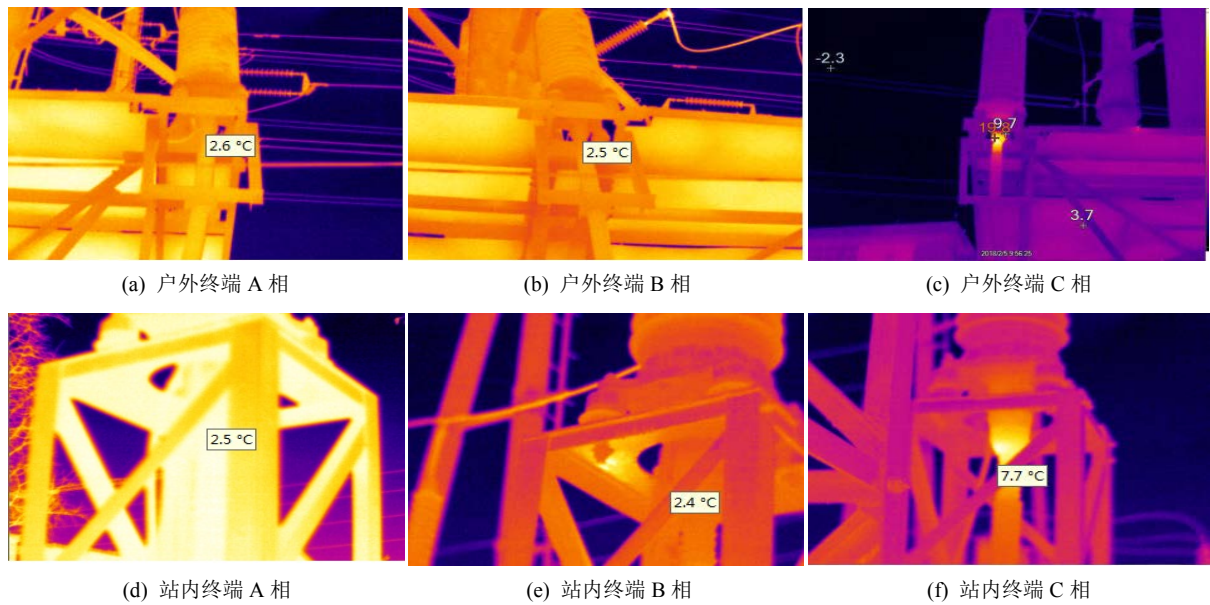
对尾管重新进行封铅处理, 去除缝隙处焊料并重新对该部位进行清洁打磨去除氧化层、涂抹过渡焊料及搪铅处理后(图 3), 恢复绝缘绕包并申请恢复送电。

### 2.4. 恢复送电后复测情况

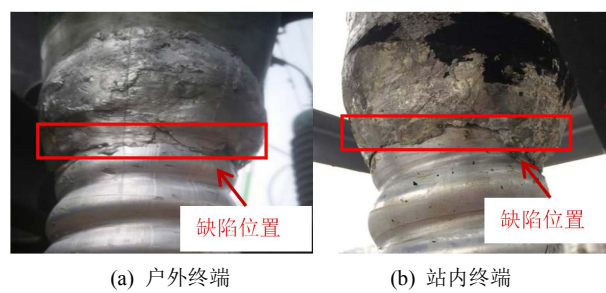
线路恢复送电后 24 小时内运维人员再次使用红外设备对两处终端尾管温度进行了测量, 结果显示温

**Table 1.** The detailed information of power cable  
**表 1.** 电缆线路详细信息

	第一段	第二段(本次缺陷段)
电缆型号	YJLW02-64/110-1 × 500 mm <sup>2</sup>	YJLW02-64/110-1 × 500 mm <sup>2</sup>
电缆长度	8.22 km	4.1 km
敷设方式	隧道、浅沟	隧道、浅沟
终端类型	1 组 GIS 终端、1 组户外终端	1 组户外终端, 1 组站内终端
投运时间	2011 年 6 月	2011 年 6 月



**Figure 1.** The infrared imagings of outdoor terminal  
**图 1.** 终端红外测温图谱



**Figure 2.** The obvious gaps at the thermal defect area  
**图 2.** 终端发热部位存在明显缝隙

度恢复正常, 如图 4 所示。

### 3. 缺陷原因分析

通过终端缺陷现场处理情况并结合以往高压电缆运行经验, 可判定此次缺陷发生原因为电缆终端在安装焊接过程中存在虚焊, 封铅焊接不可靠。电缆在长期运行过程中的震动导致尾管封铅与电缆铝护套

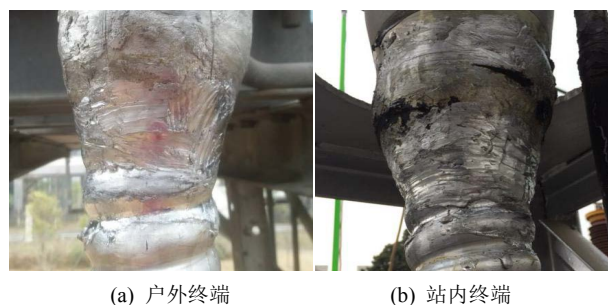


Figure 3. The outdoor terminal after welding treatment  
图 3. 重新进行焊接处理后终端照片

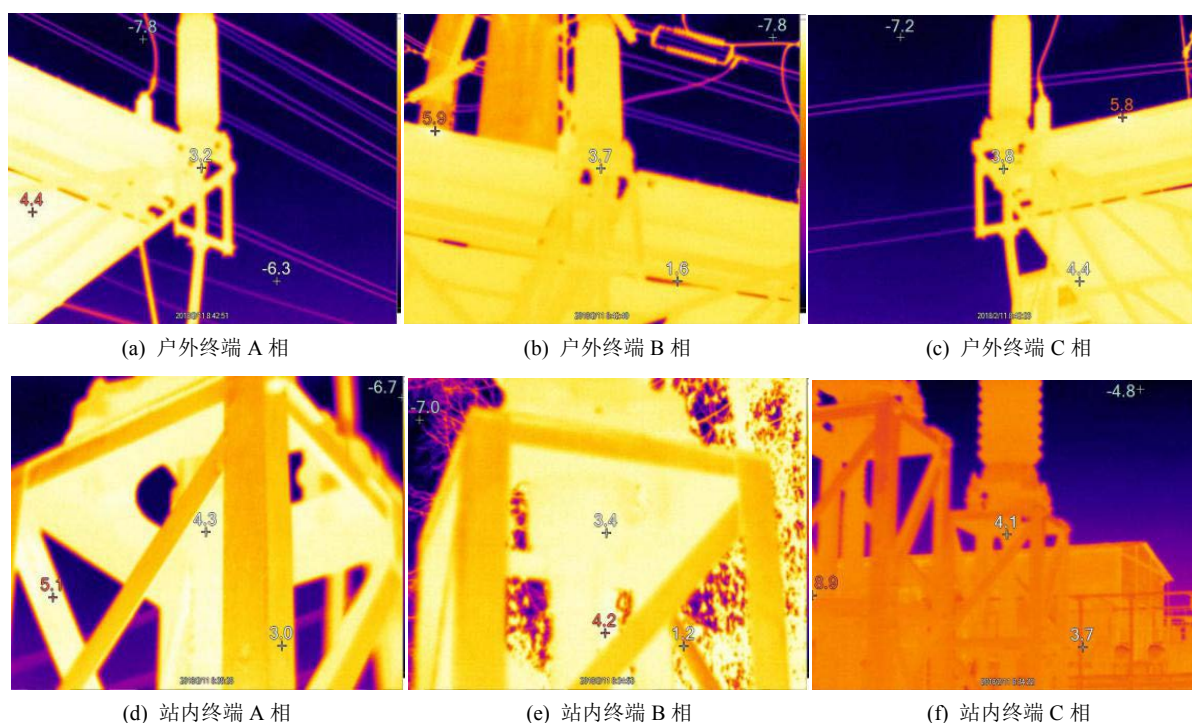


Figure 4. The infrared imagings of outdoor terminal after welding treatment  
图 4. 消缺处理后终端红外测温图谱

逐步脱离产生缝隙，接触电阻逐步增大超标，最终导致终端尾管裂缝区域产生发热现象[5]。此类缺陷若不及时消除，将影响高压电缆外护套接地系统正常运行，导致三相接地环流异常，同时，终端尾管长时间发热也将加速电缆主绝缘老化，长此以往可能造成电缆击穿跳闸故障的发生。

根据以往的运行检修经验及缺陷案例，总结造成此次电缆终端封铅焊接不可靠的主要原因为：

1) 封铅过程中铝护套表面处理不干净，金属氧化层未完全去除或者尾管焊接加热时温度过高，本来清理干净尾管再次发生氧化，导致在铝护套表面涂抹过渡焊料不均匀或不牢固，导致封铅部位在运行过程中因电缆震动而松动，产生缝隙[6]；

2) 封铅时熔铅过程温度过高、融化时间长，造成铅锡合金在加热过程中发生分离，导致搪铅过程中焊料不能与护套表面牢固结合，产生缝隙[7]；

3) 附件安装环境不满足要求，温度、湿度及现场清洁度不合格，导致封铅部位进入杂物、水汽，造成金属部位在运行过程中被腐蚀。



## 4. 预防措施

附件安装是电缆系统最为重要的一环,起着连接两段电缆或者电缆与其它电气设备之间的过渡作用。由于电缆附件需要现场安装,人员素质和技术参差不齐、现场环境是否合适都是影响电缆接头安装的重要因素[8]。为了减少铜套尾管和波纹铝护套连接不牢靠或存在虚焊此类缺陷发生,结合输电电缆实际运行情况总结得到以下预防措施:

1) 在铝护套打底焊料之前应清除铝护套表面的氧化物,使其表面金属光滑并发出亮光。在打底铅时,融化铅条时应使其均匀受热,铅条糊状即可,不可温度过高以致引起铅、锡分离,如此保证铅焊料与铝护套更好的粘合。

2) 尾管表面清除氧化物膜和表面铅焊条打底时,应保证喷枪均匀烤热尾管并稍后用硬脂酸擦其表面,以保证铜表面氧化膜自动脱落。之后打磨铜表面,直至铜表面发亮露出本身颜色。在铜表面打铅过程中尾管的加热温度不能过高,否则加速氧化,以表面铅焊料融化为准。此外底铅应保留一定裕度,保证铜编织线下表面与尾管焊接部位连接更好,防止造成虚焊。

3) 在绑扎铜编织线后,在铜编织线表面堆铅过程中要保证均匀加热,之后用抹布推铅使得铜编织线与尾管粘接紧密、无松动。喷枪烤铅焊料时温度要掌握得当,不应太热引起掉铅或损伤电缆主绝缘,以铅焊料表面发亮、感觉有流动感为准,焊接完成后用硬脂酸对焊接部位进行冷却,等待完全冷却后再移动或进行下一步操作。

4) 最后要进行焊接质量检查,铜编织线焊接无松动,表面光滑无尖刺,且铜编织线在尾管与铝护套上的焊接长度符合相关电缆厂家要求。

5) 严格控制现场安装条件,包括湿度、温度等因素影响,必要时搭设防尘、防潮棚(如浅沟制作接头必须装设防潮棚);严格控制施工工艺、竣工后相关试验,保证电缆附件安装符合要求,技术符合规范。

## 5. 结语

本文根据一起 110 kV 高压电缆户外终端发热典型缺陷实例分析,造成此次缺陷的根本原因是电缆尾管和铝护套存在虚焊,封铅焊接不可靠。结合成都地区实际情况,总结电缆附件安装过程中造成虚焊缺陷的原因,并提出了防止虚焊的相应预防措施;本次缺陷的发现及处理过程对今后电力电缆的附件安装过程及运行维护有较大的参考价值。

## 参考文献

- [1] 杨磊,王磊,等. 10 kV 及以上电力电缆运行故障统计分析[J]. 科学技术创新, 2015(34): 107.
- [2] 吴宜文. 高压电力电缆故障的起因诊断和处理[J]. 自动化与仪器仪表, 2012(3): 173-175.
- [3] 刘欣. 高压电力电缆故障原因分析和试验方法研究[J]. 低碳世界, 2016(23): 42-43.
- [4] 苏雪源. 红外测温在高压电缆瓷套终端监测中的应用[J]. 电力与电工, 2004, 24(1): 47-48.
- [5] Tykocki, J., Yong, Y. and Jordan, A. (2012) Analysis of Thermal Field in 110 kV Cable Systems. *Przeegląd Elektrotechniczny*, 6, 142-145.
- [6] 沈金富. 电缆的封铅技术[J]. 建筑施工, 1983(2): 24-27.
- [7] 杨津. 电缆终端与金属护套封铅探讨[J]. 三角洲, 2014(5): 141-142.
- [8] 吉启荣, 吴建良, 等. 电力电缆运行过程中的热机械性能变化[J]. 电力建设, 2008(4): 46-47.

**知网检索的两种方式：**

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>  
下拉列表框选择：[ISSN]，输入期刊 ISSN：2328-0514，即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>  
左侧“国际文献总库”进入，输入文章标题，即可查询

投稿请点击：<http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱：[aepe@hanspub.org](mailto:aepe@hanspub.org)