

固态去耦合器对管线 ACVG 检测准确性的影响

蒋林林^{1,2} 刘杨宇¹ 韩文礼^{1,2} 王志涛^{1,2} 张彦军^{1,2}

1. 中国石油集团工程技术研究院, 天津 300451;

2. 中国石油天然气集团公司石油管工程重点实验室-涂层材料与保温结构研究室, 天津 300451

摘 要: 固态去耦合器常用来缓解管道的交流干扰,但会影响安装位置附近管道交流地电位梯度 (Alternating Current Voltage Gradient, ACVG) 检测的准确性,不能真实反映管道外防腐层状况。为提高固态去耦合器安装位置附近管道 ACVG 检测的准确性,从固态去耦合器的工作原理、ACVG 检测原理出发,分析了开挖验证中固态去耦合器影响管线 ACVG 检测准确性的原因,提出了采用 ACVG 检测对固态去耦合器附近管段进行防腐层完整性评价时的注意事项,可提高检测评价结果的准确性,为油气管道的有效维护 and 安全管理提供科学依据。

关键词: 固态去耦合器; ACVG 检测; 准确性; 影响

DOI:10.3969/j.issn.1006-5539.2017.01.020

0 前言

能源工业、电力工业和电气化铁路运输系统的快速发展,高压、特高压交流输电工程的建设,引发的交流干扰问题越来越突出^[1-2]。近年长输管道建设,经常采用固态去耦合器缓解管道的交流干扰,避免操作人员的安全事故,减少对管道的交流腐蚀^[3-4]。从实践来看,采取固态去耦合器接地排流是缓减管道持续交流干扰和强电冲击的有效措施^[5]。目前,外防护涂层和阴极保护是在役油气管道控制腐蚀的主要措施^[5-9],涂层是防腐的第一道防线,完好的涂层可提供 99% 的保护,而剩余的 1% 则由阴极保护提供^[10-11]。在役埋地钢质管道检测技术是实现管道安全管理的重要方法和途径^[12],其中,交流电位梯度 (Alternating Current Voltage Gradient, ACVG) 能够有效评价防腐涂层的整体性能,该方法检测速度快,定位精度高,是当前最精确高效的埋地钢质管道外防腐层破损检测技术^[13]。在采用 ACVG 对埋地长输管道外防腐涂层进行检测时发现,当靠近固态去耦合器时,PCM 接收机检测到的电流信号会大幅降低,计算

得出的防腐层绝缘等级偏低,结合 A 字架检测时,却检测不到破损点;时有检测到破损点,开挖验证时却未发现管体防腐层破损。针对这一现象,本文从固态去耦合器的工作原理、ACVG 检测原理出发,结合开挖验证,分析了固态去耦合器对管线 ACVG 检测准确性的影响,提出了检测时需注意的事项,用以提高 ACVG 检测的准确性。

1 固态去耦合器工作原理

固态去耦合器在一定阈值范围内可以实现“阻直通交”作用,通过二极管或者晶闸管实现直流电流的阻断功能。当固态去耦合器两个端子之间的电压低于某导通阈值时,固态去耦合器处于直流不导通状态;当电压超过该阈值时,自动切换到直流短路模式,因此,可对管道在雷击浪涌、故障电流时进行保护。当电压低于阈值电压时,允许交流电流通过而不允许直流电流通过,阻止了阴极保护电流通过缓解地床而流失,在实现缓解交流干扰的同时,避免了对管道阴极保护效果的影响。

收稿日期:2016-10-26

作者简介:蒋林林(1985-),男,山东东营人,工程师,硕士,现从事储罐、管道防腐保温等技术的研究工作。

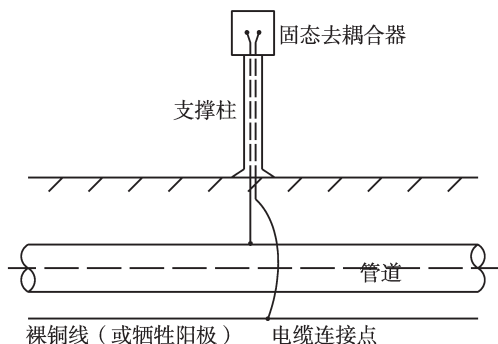


图 1 固态去耦合器安装

响^[14-16]。固态去耦合器安装见图 1。

管道建设中,一般在管道与高压输电线路杆塔临近和电气化铁路交叉并行管段安装固态去耦合器。固态去耦合器接地材料为裸铜线或牺牲阳极,交流排流设备采用固态去耦合器(+2 V/-2 V 型);排流接地地床采用 $\Phi 3.5$ mm 规格的裸铜线或牺牲阳极。裸铜线的长度或牺牲阳极的数量按照接地地床埋设位置的土壤电阻率和此位置管道的接地电阻共同决定^[3]。通常接地地床的接地电阻应小于 $2\ \Omega$ 。工程中裸铜线除了可作为接地极外,还可在异常情况下作为屏蔽线(每处约 300 m)被接地极和屏蔽线使用^[17]。裸铜线与管道平行敷设,牺牲阳极可沿管道方向埋设;裸铜线的埋深可与管道底部等高。使用铜做为接地材料的优点是:良好的导电性,能提供较低的接地电阻;铜的活性相对较低,具有较强的抗腐蚀性,寿命较长。但铜做接地极时,不能与钢管直接接触,否则易产生电偶腐蚀^[14]。

2 ACVG 检测原理

ACVG 检测原理是发射机向管道施加电流信号,电流信号沿管道向远方传播,如果管道防腐层存在破损,则电流信号会从破损点向土壤流失一部分,形成 1 个以破损点为中心的电场,通过 PCM + A 字架感应破损点周围的电场,检测防腐层破损点的准确位置和大小^[7,18-20]。需要注意的是,当周围环境介质电特性出现较大差异时,该电场可能发生畸变,使地面电场中心偏移^[13]。根据大量检测数据证明,圆形电场由单一的破损点形成,而椭圆形电场由管道中一段出现的破损形成^[7]。

在 ACGV 检测中,防腐层破损点定位后,当接收机位于破损点正上方时,显示的箭头为两个方向,同时显示的 dB 值读数最小。仪器上显示的值表示破损点大小,示值越高,防腐层缺陷越严重。

3 ACGV 检测与开挖验证

在对采用固态去耦合器的某长输管线进行外防腐层检测时,固态去耦合器前后位置的管段 PCM 检测电流

衰减幅度较大。采用牺牲阳极接地的固态去耦合器,如果牺牲阳极的埋设位置靠近大口径管道,易造成防腐层破损点的误判。当把固态去耦合器中的接地线拆除后,之前检测到的防腐层破损点信号消失,该管段电流信号大幅衰减的现象也随之消失。

在采用裸铜线作为固态去耦合器接地的某长输管线检测中发现,ACVG 检测的破损点位置与开挖验证结果存在偏差。该管道管径为 $\Phi 168$ mm,防腐层采用双层熔结环氧粉末涂层。一处 ACGV 检测时评定的破损等级较严重,开挖后却未发现破损;一处 ACGV 检测确定的破损点位置在裸铜线正上方,偏离管道方向约 1.3 m。具体情况如下:

开挖未发现破损的检测点一侧距拐点约 15 m,另一侧距固态去耦合器约 75 m,ACVG 检测评价的破损等级为中度,检测埋深 2.6 m。开挖时发现,此处土质为粉煤灰,土质比较疏松,与管道平行铺设 1 根裸铜线,管道开挖长度约 1.5 m,开挖后发现管道外表面的熔结环氧粉末涂层外观平整,色泽均匀,无气泡开裂及缩孔,电火花检测未发现破损点。未发现破损点有可能是由于 ACGV 定位不够准确,偏差较大,鉴于现场情况不便,未进行大范围开挖查找。

ACVG 检测到与管道方向偏离的破损点,两侧分别安装了 1 个固态去耦合器,距破损点位置约 130 m 和 140 m。开挖时发现,ACVG 检测确定的位置在裸铜线正上方,裸铜线埋深约 0.5 m,管道距裸铜线约 1.3 m,埋深约 1.8 m,破损位置为管道下表面 0.45 m 的划伤,部分漏铁。

4 影响分析

ACVG 检测使用的电流信号为交流信号,固态去耦合器在一定阈值范围内可实现“阻直通交”作用。从图 1 可知,管道本体和接地裸铜线或牺牲阳极通过固态去耦合器采用电缆连接,对于交流信号来讲,固态去耦合器电缆与管道本体连接的部位,可视为防腐层“破损点”。ACVG 检测时,发射机施加在管道上的交流信号,可通过固态去耦合器从裸铜线或牺牲阳极流失到周围土壤中,造成电流信号大幅度衰减。裸铜线与管道并行敷设,交流信号从固态去耦合器电缆与裸铜线的接点沿裸铜线流失,未形成以某点为中心的电场,结合 A 字架检测时,不能判定此处为破损点,由于电流衰减,导致检测距离缩短,计算得出的防腐层绝缘等级下降,不能真实反映防腐层状况。当 2 个固态去耦合器距离较近时,其中间位置会形成类似的以某点为中心的电场,导致防腐层破损点的误判。当牺牲阳极与管道连接时,ACVG 检测到牺牲阳极位置,当牺牲阳极在管道边上埋设时,不易判断是牺牲阳极还是管道防腐层上的破损点。

固态去耦合器的使用,会影响 ACVG 检测时管道防腐层破损处的电场分布,进而影响 ACVG 检测的准确性。固态去耦合器一般用在管道与高压输电线路杆塔临近和电气化铁路交叉并行管段的位置,而 ACVG 检测易受高压输电线的干扰,检测数据不稳定、波动大。

5 结论

固态去耦合器的使用会影响安装位置附近管线 ACVG 检测的准确性,造成防腐层绝缘性能评价及防腐层破损点定位不准确。

采用 ACVG 方法对使用固态去耦合的管线进行外防腐层完整性评价时,应注意:

1) 提前将固态去耦合器断开,排除其对检测准确性的影响,待检测结束后再恢复。

2) 固态去耦合器不能断开处理时,不宜单独采用 ACVG 方法对固态去耦合器附近的管段进行外防腐层破损点查找和定位,应与其他检测方法相结合,来保证检测结果的准确性。

做好以上两点,可以大幅度提高 ACVG 检测的准确性,对管道外防护措施的有效性进行准确的评估,为油气管道的有效维护 and 安全管理提供科学的决策依据。

参考文献:

- [1] 王新华,陈振华,何仁洋. 埋地钢质管道交流干扰测试与评价[J]. 腐蚀与防护, 2011, 32(1): 66-70.
Wang Xinhua, Chen Zhenhua, He Renyang. Testing and Assessment of AC Interference on Buried Steel Pipelines [J]. Corrosion and Protection, 2011, 32 (1): 66-70.
- [2] 吴广春,杜艳霞,路民旭,等. 埋地管道交流干扰缓解技术研究现状[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2014, 26(5): 464-468.
Wu Guangchun, Du Yanxia, Lu Minxu, et al. Research State of Buried Pipes on AC Interference Mitigation Technology [J]. Corrosion Science and Protection Technology, 2014, 26 (5): 464-468.
- [3] 李建军,刘京晓,付伟,等. 油气管道交流干扰保护中接地极接地电阻的计算[J]. 管道技术与设备, 2015, (2): 53-56.
Li Jianjun, Liu Jingxiao, Fu Wei, et al. Calculation of Earth Resistance for Earth Pole in AC Interference Protection of Oil and Gas Pipeline [J]. Pipeline Technique and Equipment, 2015, (2): 53-56.
- [4] 薛致远,赵君,何岚,等. 油气管道交流干扰防护技术发展现状[J]. 油气储运, 2014, 33(12): 1271-1277.
- Xue Zhiyuan, Zhao Jun, He Lan, et al. Development of AC Interference Mitigation Technology of Oil and Gas Pipelines [J]. Oil and Gas Storage and Transportation, 2014, 33 (12): 1271-1277.
- [5] 茅斌辉,王胜炎,胡士信,等. 强电线路下的阴极保护管道交流干扰防护措施[J]. 腐蚀与防护, 2015, 36(3): 281-285.
Mao Binhui, Wang Shengyan, Hu Shixin, et al. Protection of Alternating Current Interference to Cathodically Protected Pipelines Under Power Transmission Lines [J]. Corrosion and Protection, 2015, 36 (3): 281-285.
- [6] 林荣芳,李红旗. ACVG 与 CIPS 技术在埋地管道防腐评价中的组合应用[J]. 腐蚀与防护, 2010, 31(6): 475-477.
Lin Rongfang, Li Hongqi. Combinational Application of ACVG and CIPS to Anti-Corrosion Assessment of Buried Pipeline [J]. Corrosion and Protection, 2010, 31 (6): 475-477.
- [7] 车飞,高海霞,刘新鄂,等. ACVG、DCVG 技术在输气管道外检测中的应用[J]. 管道技术与设备, 2011, (3): 51-53.
Che Fei, Gao Haixia, Liu Xine, et al. Application of the ACVG and DCVG Technology to the Detection of Coating Defects in Buried Pipelines [J]. Pipeline Technique and Equipment, 2011 (3): 51-53.
- [8] 李永威,周凌. 埋地管道外防腐与阴极保护的探讨[J]. 煤气与热力, 2002, 22(1): 70-72.
Li Yongwei, Zhou Ling. Corrosion Protection Coat and Cathodic Protection for Buried Gas Pipelines [J]. Gas and Heat, 2002, 22 (1): 70-72.
- [9] 于宏庆. 埋地长输油气管道的腐蚀与防护[J]. 中国石油和化工标准与质量, 2014, (5): 236.
Yu Hongqing. Corrosion and Protection for Long Distance Transportation Buried Oil and Gas Pipeline [J]. China Petroleum and Chemical Standard and Quality, 2014, (5): 236.
- [10] 周祥. 埋地钢质管道外涂层缺陷的安全质量分级评价[J]. 油气储运, 2011, 30(4): 299-302, 307.
Zhou Xiang. Safety Quality Grading Evaluation on the External Coating Defects of Buried Steel Pipeline [J]. Oil and Gas Storage and Transportation, 2011, 30 (4): 299-302, 307.
- [11] 陈志昕,蔡克,张良,等. 在役管道涂层及阴极保护失效模式探讨[J]. 腐蚀与防护, 2010, 31(3): 198-204.
Chen Zhixin, Cai Ke, Zhang Liang, et al. General Failure Mode of Coating and Cathodic Protection System for Field Pipeline [J]. Corrosion and Protection, 2010, 31 (3): 198-204.

(下转第 113 页)

- [19] McLaury B S, Shirazi S A, Viswanathan V, et al. Distribution of Sand Particles in Horizontal and Vertical Annular Multiphase Flow in Pipes and the Effects on Sand Erosion [J]. *Journal of Energy Resource Technology*, 2011, 133 (2): 180 - 190.
- [20] API. Recommended Practice for Design and Installation of Offshore Production Platform Piping System (Ed. 5): RP - 14E [S]. USA: American Petroleum Institute Production Department, 2007.
- [21] 张 日, 刘海笑. 流动保障中管道的颗粒侵蚀分析[J]. *海洋工程*, 2012, 30(4): 10 - 20.
Zhang Ri, Liu Haixiao. Solid Particle Erosion Analysis of Pipelines in Flow Assurance [J]. *The Ocean Engineering*, 2012, 30 (4): 10 - 20.
- [22] DNV. Erosive Wear in Piping System: RP - O 501 [S]. Norway: Det Norske Veritas, 2007.

(上接第108页)

- [12] 陈 剑. 在役埋地钢质管道检测施工工艺技术的研究 [J]. *全面腐蚀控制*, 2014, 28(12): 44 - 46.
Chen Jian. In the Research of Construction Technology Service of Buried Steel Pipeline Detection [J]. *Total Corrosion Control*, 2014, 28 (12): 44 - 46.
- [13] 杨 永. 埋地钢管外防腐层破损检测中的电位梯度法 [J]. *管道技术与设备*, 2008(3): 55 - 56.
Yang Yong. Current Voltage Gradient Survey of Buried Ferrous Pipeline Coating Holiday [J]. *Pipeline Technique and Equipment*, 2008, (3): 55 - 56.
- [14] 滕延平, 李 熙, 蔡培培, 等. 去耦合器排流技术在管道交流干扰减缓中的应用 [J]. *管道技术与设备*, 2011(5): 27 - 29.
Teng Yanping, Li Xi, Cai Peipei, et al. Application of the Solid-State Decoupler to the Mitigation of Pipeline AC Interference [J]. *Pipeline Technique and Equipment*, 2011 (5): 27 - 29.
- [15] 张 平, 童开平, 屠海波, 等. 陕京三线交流干扰防护新技术应用与优化 [J]. *腐蚀与防护*, 2012, 33 (8): 724 - 727.
Zhang Ping, Tong Kaiping, Tu Haibo, et al. New Technology Application and Optimization of AC Influence Mitigation for Shanxi-Beijing Gas Pipeline III [J]. *Corrosion and Protection*, 2012, 33 (8): 724 - 727.
- [16] 高安东. 固态去耦合器交流干扰缓解效果检测 [J]. *腐蚀与防护*, 2013, 34(1): 724 - 727.
Gao Andong. Inspection and Evaluation of Solid State Decoupler in AC Interference Mitigation [J]. *Corrosion and Protection*, 2013, 34 (1): 724 - 727.
- [17] 李自力, 孙云峰, 刘 静, 等. 埋地油气管道交流干扰腐蚀及防护研究进展 [J]. *腐蚀科学与防护技术*, 2011, 23 (5): 376 - 380.
Li Zili, Sun Yunfeng, Liu Jing, et al. Research Progress of AC Interference Corrosion and Protection of Buried Oil and Gas Pipelines [J]. *Corrosion Science and Protection Technology*, 2011, 23 (5): 376 - 380.
- [18] 全 佳, 谭泉玲, 岳良武, 等. 埋地油气管道外防腐层检测及修复技术 [J]. *天然气与石油*, 2013, 31(1): 75 - 77.
Quan Jia, Tan Quanling, Yue Liangwu, et al. Inspection and Repair Technology for External Corrosion in Buried Pipeline [J]. *Natural Gas and Oil*, 2013, 31 (1): 75 - 77.
- [19] 龙媛媛, 刘 丽, 刘 瑾, 等. 综合无损检测技术间接判别管道隐藏盗油点的应用实例 [J]. *石油工程建设*, 2013, 39(1): 53 - 55.
Long Yuanyuan, Liu Li, Liu Jin, et al. Applicative Example of Comprehensive Non-Destructive Detection Technique Used in Indirect Detection and Discrimination of Hidden Oil Stealing Positions in Pipeline [J]. *Petroleum Engineering Construction*, 2013, 39 (1): 53 - 55.
- [20] 吴知谦, 鲜 宁, 陈宇波. 特殊敷设环境对交流电位梯度法应用于防腐层检测的影响分析 [J]. *化学工程与装备*, 2010, (11): 136 - 137.
Wu Zhiqian, Xian Ning, Chen Yubo. Impact Analysis of Special Laying Environment to ACVG Application in Anti-Corrosion Coating Detection [J]. *Chemical Engineering and Equipment*, 2010, (11): 136 - 137.