

铜接地系统对输油气站场埋地管道影响

摘要:随着石油天然气管道建设的发展,部分输油气站场使用铜包钢等电位序校正的材料作站内接地网,由于电偶腐蚀作用,易使站内埋地管道腐蚀。通过站场腐蚀案例,计算铜包钢、镀锌扁钢等接地材料的阴极保护电流密度,分析铜包钢对埋地钢制管道腐蚀的影响,从而采取措施避免此类材料与埋地钢制管道直接相连,避免管材腐蚀对生产带来的损失。

关键词:输油气站场;铜包钢;接地;阴极保护;电偶腐蚀

0 前言

输油气站场的管道、设备、通信、自控系统接地对减轻雷电、静电、电气误操作、感应电流等造成的危害发挥着重要作用。随着管道自动化控制的程度不断提高,各系统联合接地网的应用已经成为国内、国际长输管道站场接地系统的常规、普及做法^[1]。由于铜具有良好的导电性能,已被广泛用作通信电力等行业的接地材料。近年来,部分国内输气管道的站场也尝试使用铜包钢等耐腐蚀材料作站内接地。由于铜在中性土壤中电位序较钢正,如果与埋地钢质结构存在电连通,就会满足电偶腐蚀条件,造成埋地钢结构加速腐蚀^[2~3]。这样站场即使施加了站场区域阴极保护来防止埋地管道和设备的腐蚀,而要达到阴极保护标准要求,需要的阴极保护电流比使用镀锌扁钢等接地材料的情况增加很多,使整流器设备的负担加重,站内地下管线不易得到有效保护。

1 站场腐蚀案例

该站场 2005 年初投产,投产时用 $\Phi 14$ 铜包钢 1 000 m 和 $\Phi 12$ 铜包钢 590 m 及少量的镀锌角钢、镀锌扁钢为接地材料。考虑到铜包钢接地的负作

用,投产不久便将铜包钢接地材料更换为镀锌扁钢,但 2007 年下半年仍在两处不同点发生腐蚀穿孔泄露(见图 1)。发生腐蚀管线规格为 $\Phi 60.3 \times 3.6$,管材规格为 L245NB 天然气管材,采用三层聚乙烯胶粘带加强级防腐涂层进行外防腐。腐蚀结果如图 1 所示在钢管表面有两个大尺寸的深坑,沿纵方向相连,单个深坑宽约 10 mm,纵向总长度约 47 mm。根据国家钢材料测试中心分析结果报告腐蚀穿孔为钢管表面绝缘防腐层遭到破坏而发生表面点腐蚀造成的。腐蚀管线从投运到腐蚀穿孔约 3 a,平均腐蚀速率约为 1.2 mm/a。

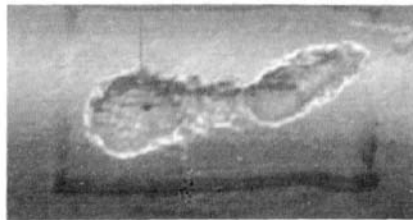


图 1 腐蚀穿孔点

为避免站场埋地管道再次腐蚀,业主对上述站场紧急施加了区域阴极保护。根据站场布局及馈电实验结果,站场布设两套独立深井辅助阳极式阴极保护系统。系统 A 由额定功率为 50 V \times 30 A 的恒电位仪、阴极通电点 A 和深井阳极 A 组成,系统 B

由额定功率 50 V×35 A 的整流器、阴极通电点 B 和深井阳极 B 组成。投运后对站内埋地管线重新进行的阴极保护测试结果显示,站内管地电位上升为 $-0.7 \sim -1.1 V_{CSE}$ 不等,产生了一定程度的阴极极化,但部分埋地管道仍未达到阴极保护要求。

通过腐蚀调查发现以下问题:

a. 埋地管线的自腐蚀电位普遍在 $-0.12 \sim -0.25 V_{CSE}$ 之间(见表 1),远正于埋地钢质结构正常的自腐蚀电位(钢结构在该站场的自腐蚀电位为 $-0.52 V_{CSE}$ 左右);

b. 该站场的阴极保护电流输出大,最大时有 51.6 A 之多,但埋地管道仍有部分不能满足标准要求,根据业主资料显示同等站场阴极保护电流一般为 10~20 A;

c. 在腐蚀调查局部开挖验证中发现站内第一次整改后铺设的镀锌扁钢接地网锈蚀严重(见图 2)。

表 1 整改前站场阴极保护记录(2008 年) $-V_{CSE}$

阀号	投运前 电位	投运后电位			
		1月12号*	3月5日**	6月27日***	8月2号****
5609	0.171	0.636	0.923	0.626	0.720
5405	0.156	0.425	0.668	0.652	0.783
5305	0.121	0.446	0.739	0.679	0.754
5205	0.133	0.475	0.823	0.647	0.903
5105	0.182	0.61	0.958	0.880	1.113
3604	0.156	0.57	0.955	0.995	0.990
3104	0.142	0.75	0.920	0.923	0.865
2101	0.156	0.484	0.858	0.782	0.843
2201	0.167	0.466	0.785	0.716	0.716
2401	0.194	0.33	0.764	0.704	0.745
3701	0.435	0.52	0.980		

注:以上所测电位均为通电电位,通过对比验证冬季测试结果测试数据偏正约 0.1 V。

*1月12号 控制电位 996 mV(仅 A 系统工作),输出电压 31.3 V,输出电流 22 A。

**3月5号 A 系统输出电压:21.2 V,输出电流:17.2 A;
B 系统输出电压:26.2 V,输出电流:16.7 A。

***6月27号 A 系统输出电压:30.4 V,输出电流:29.1 A;
B 系统输出电压:36.9 V,输出电流:22.4 A。

****8月2日 A 系统输出电压:35.8 V,输出电流:28.9 A;
B 系统输出电压:38.7 V,输出电流:22.7 A

根据腐蚀调查结果及历史资料推断站内电位偏正、阴保系统输出电流较大等问题可能是由于原铜包钢接地网没有完全拆除,且与站内管道仍有连接造成的。由于铜在中性土壤中的自腐蚀电位约为 $-0.2 V_{CSE}$,电偶序中正于钢质结构,如果与钢质管道或镀锌扁钢接地网等电位序较铜负金属材料电连接会形成电偶腐蚀电池,从而引起站内埋地金属结构(钢制管道、镀锌扁钢接地网)自腐蚀电位正向偏移,致使站内埋地管道自腐蚀电位异常,阴极保护



图 2 镀锌扁钢接地开挖图

系统电流输出增加^[4]。

为了彻底消除安全隐患,2008 年对该站场接地系统进行彻底开挖整改:

- a. 对站内镀锌扁钢接地网进行整体更换;
- b. 进行站场大开挖彻底清除残余的铜包钢;
- c. 对站内埋地管道腐蚀情况进行全面调查。

本次整改挖出铜包钢 73 m($\Phi 14$),工艺区内接地网整体严重锈蚀,在对站内埋地管道腐蚀情况进行全面调查中共发现 19 处腐蚀点,腐蚀坑深从 0.1~5 mm 不等(腐蚀速率最大可达 1.25 mm/a),最大一处腐蚀点面积达 41.5 mm×15.4 mm(见图 3)。

通过整改将铜包钢进行彻底清除,对整个站场接地网重新进行敷设,共敷设 50 mm×5 mm 的镀锌扁钢 1 132 m,40 mm×4 mm 的镀锌扁钢 1 582 m,50 mm×5 mm×5 m 的接地角钢 56 根。对腐蚀严重的埋地管线进行了补强,并对站场埋地管线重新进行防腐。

整改结束后再次进行腐蚀调查:站内自然电位提高到 $-0.8 \sim -1.0 V_{CSE}$ (由于镀锌扁钢的镀锌层使埋地管道自然电位负向偏移,见表 2),自然电位恢复正常。随后对阴极保护系统重新进行调整,调整后的阴极保护系统由一台阴保机和两个深井阳极组成,调整后系统输出电流约 20 A,输出电压 15.3 V,站场的管地电位在 $-0.94 \sim -1.24 V_{CSE}$ 之间,站内埋地管线满足阴极保护标准要求,埋地管线得到

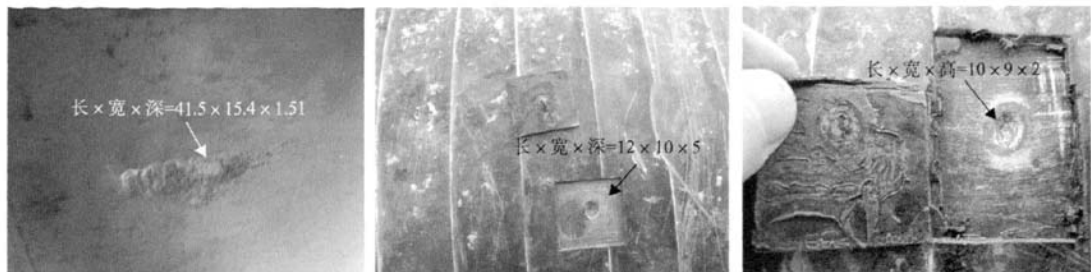


图3 典型埋地管材腐蚀点(单位:mm)

充分保护^[5-6]。

表2 整改后阴极保护数据统计 -V_{CSE}

测号	2008-11-25 (阴保系 统关)	2008-12-17 (阴保系 统关)	2008-12-17 (阴保系 统开)*	2008-12-24 (阴保系 统开)**	2009-01-03 (阴保系 统开)***
5609	0.933	0.864	0.954	1.051	0.937
5405	0.898	0.852	0.989	1.071	1.053
5305	0.911	0.866	0.991	1.055	1.047
5205	0.882	0.843	0.983	1.002	0.912
5105	0.967	0.898	1.073	1.07	1.042
3103	0.974	0.901	1.021	1.08	1.167
3107	1.014	0.914	1.1	1.237	1.21
2401	0.858	0.897	1.101	1.169	1.178
2301	0.873	0.885	1.043	1.045	0.965
2201	0.905	0.891	0.986	1.141	1.184
2101	0.854	0.903	0.992	1.012	1.094
3606	0.977	0.891	0.974	1.146	1.235
3603	0.939	0.899	0.979	1.25	1.208
3403	0.946	0.873	0.952	1.298	1.297
3401	0.956	0.852	0.964	1.329	1.311

注:日期栏 2008-11-25 位测试日期 2008 年 11 月 25 日,其他类同;

* 2008 年 12 月 17 日恒电位仪输出:电流 16 A,电压 18 V;

** 2008 年 12 月 24 日恒电位仪输出:电压 23 V,电流 19.4 A;

*** 2009 年 01 月 03 日恒电位仪输出:电流 19.3 A,电压 23.1 V。

2 铜包钢对站场阴极保护影响分析

a. 强烈的电偶腐蚀,使涂层破损处理埋地管线腐蚀速率可达 1.25 mm/a。

b. 该站场埋地管线表面积为 508 m²(涂层以 3PE 为主),本次整改开挖铜包钢总表面积为 3.2 m²,更换镀锌扁钢总表面积为 325.336 m²。将铜包钢接地挖出后阴极保护系统输出电流从多于 50 A 下降到不足 20 A。根据业主日常监测数据 3PE 防腐层在管道的电流密度为 1 μA/m²,镀锌扁钢的电流密度为 61.7 mA/m²,通过计算可得铜包钢的电流密度为 9.4 A/m²。由此可见铜包钢的电流密度为镀锌扁钢的 152 倍多,在大面积使用铜包钢做接

地极情况下,铜包钢会消耗阴保电流的绝大部分,而 3PE 的电流需求在站场阴极保护中则可忽略不计。国外阴极保护电流需求实验也证实在同一环境下极化到同一电位时铜需要的电流密度是镀锌扁钢的 200 倍,是碳钢的 10 倍^[7-8]。

3 结论

a. 铜接地等较钢结构电位正材料与埋地管道直接相连,由于强烈的电偶腐蚀作用会使埋地钢质结构加速腐蚀,本示例中站场的埋地管道的腐蚀速率可高达 1.25 mm/a,因此应慎重使用。对于安全要求高的长输、高压油气站场,建议禁止使用。

b. 阴极保护可以减缓甚至基本消除站内埋地钢制结构的腐蚀,但是铜接地等较钢电位正材料的使用会使保护电流大幅增加,严重影响阴极保护效果。

c. 接地系统的使用是为人身和设备安全而设计的,站场阴极保护系统是为了防止站内管线腐蚀而设计的,两者都是站场安全不可或缺的组成部分,因此在设计输油气站场时有必要统筹考虑两者之间的关系。

d. 不同的土壤环境中的金属材料的电流密度需求有很大差异,本文所提到金属材料的电流密度为在该站场环境下的数据,仅供参考(该站土壤电阻率为 33.9 Ω·m)。

参考文献:

- [1] Kirkpatrick E L. Electrical Grounding and Cathodic Protection Issues in Large Generating Stations [J]. Materials Performance, 2001, (11): 17-18.
- [2] Peabody A W. 管线腐蚀控制[M]. 吴建华,许立坤译. 北京:化学工业出版社,2004:296-307.

(上接第 17 页)

- [3] 胡士信,孟宪级,徐 快,等. 阴极保护工程手册[M]. 北京:化学工业出版社,1999:26-30.
- [4] 吴阴顺,曹 备. 阴极保护和阳极保护[M]. 北京:中国石化出版社,2007:1-43.
- [5] GB/T 21246-2007, 埋地钢质管道阴极保护参数测量方法[S].
- [6] GB/T 21448-2008, 埋地钢制管道阴极保护技术规范

[S].

- [7] Gummow R A, Eng P. Cathodic Protection Current Requirements For Electrical Grounding Materials [J]. Corrosion, 2004, (04045):1-7.
- [8] Kirkpatrick E L. Conflict between Copper Grounding and CP In Oil & Gas Production Facilities [J]. Materials Performance, 2002, (8):22-25.

作者: [葛艾天](#), [刘权](#), [陈国桥](#), [Ge Aitian](#), [Liu Quan](#), [Chen Guoqiao](#)
作者单位: [葛艾天, 刘权, Ge Aitian, Liu Quan\(中国石油北京天然气管道有限公司, 北京, 100101\)](#), [陈国桥, Chen Guoqiao\(中国石油天然气集团公司通信公司, 河北, 廊坊, 065000\)](#)
刊名: [天然气与石油](#)
英文刊名: [NATURAL GAS AND OIL](#)
年, 卷(期): 2010, 28(2)
被引用次数: 0次

参考文献(8条)

1. [Kirkpatrick E L](#) [Electrical Grounding and Cathodic Protection Issues in Large Generating Stations](#) 2001(11)
2. [Peabody A W](#). [吴建华](#). [许立坤](#) [管线腐蚀控制](#) 2004
3. [胡士信](#). [孟宪级](#). [徐快](#) [阴极保护工程手册](#) 1999
4. [吴阴顺](#). [曹备](#) [阴极保护和阳极保护](#) 2007
5. [GB/T 21246-2007](#). [埋地钢质管道阴极保护参数测量方法](#)
6. [GB/T 21448-2008](#). [埋地钢制管道阴极保护技术规范](#)
7. [Gummow R A](#). [Eng P](#) [Cathodic Protection Current Requirements For Electrical Grounding Materials](#) 2004(04045)
8. [Kirkpatrick E L](#) [Conflict between Copper Grounding and CP In Oil & Gas Production Facilities](#) 2002(8)

本文链接: http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_trqysy201002005.aspx
授权使用: 河北省图书馆(hbstsg), 授权号: 0b863793-8ea2-4a81-995d-9e9300afe7a6

下载时间: 2011年2月23日