

城市燃气埋地钢管完整性评价的实践

- 南山天然气公司 (265700) 杨忠营 杨世坤 师跃胜
□ 丹阳奥恩能源科技发展有限公司 (212300) 叶根银 何能杰
□ 华南理工大学化学与化工学院 (510640) 解东来

摘要: 介绍了南山天然气公司埋地钢管完整性评价的实践情况, 并对评价过程中发现的问题进行了深入的探讨。从理论及实践上阐述了DCVG (直流电压梯度) 技术检测金属管道防腐层的原理及应用方法, 针对该方法应用于城市燃气管道中各种不同材质防腐层的检测, 根据实践经验提出了不同的检测方案, 为DCVG检测技术在城市燃气管道防腐层检测提供了工程经验。

关键词: 直流电压梯度 钢管 防腐层 完整性评价

Practice of Integration Assessment of Steel Town Gas Pipeline

Nanshan Gas Company Ltd Yang Zhongying, Yang Shikun, Shi Yuesheng
Alteren Technologies Ltd Ye Genyin, He Nengjie
South China University of Technology Xie Donglai

Abstract: The practice of the integration assessment of steel gas pipeline operated by Nanshan Gas Company Ltd. is introduced. Problems raised during the assessment process are discussed. The principle and detection method of the DCVG (Direct Current Voltage Gradient) technique on the metallic town gas pipeline anticorrosive coating survey is introduced. Different detection schemes are applied according to their coating materials. The practice provided a powerful exploration on the application of DCVG technique on town gas pipeline integration assessment.

Keywords: Direct Current Voltage Gradient Anticorrosive coating Integration assessment

1 前言

进入21世纪, 中国迈进了天然气时代, 天然气的应用得到迅速普及, 天然气管道铺设里程数不断攀升。2004年中国城市燃气管道在役里程数是13.48万km^[1], 到2008年增加至18.4万km。中国城市燃气管网较长输油气管网有着自身的特点: (1) 输送的介质多变, 许多城市先后输送过煤制气、液化石油气混空

气、天然气等; (2) 管材多样: 有钢管、球墨铸铁管、灰口铸铁管、PE管、钢骨架塑料管等; (3) 钢管防腐层材质不一: 有环氧树脂、煤沥青、冷缠带、PE等防腐材料, 并且这些防腐材料还可能在同一管网中出现; (4) 阴极保护方式不规范: 城市燃气管道大部分采用牺牲阳极的保护方式, 但有很多管道未进行阴极保护; (5) 资料不详, 由于管道的竣工时间不同、后期又有施工变更及资料保管不力, 造成部

分管道竣工资料丢失,管道位置不详;(6)管道所在区域人口密集度高,管道的潜在危险可能引发重大事故。因此,城市燃气管道的安全与风险管理是燃气公司安全生产工作中的重中之重。

南山天然气公司位于山东省龙口市,公司筹建于2003年,主体管网始建于2004年,2005年8月置换供气,2010年供气量达2.0亿 m^3 ,日最高供气量达65万 m^3 。公司主体管网由508mm、426mm、406mm、325mm、273mm、219mm、159mm等多种管径钢管组成,管网地质情况沙质为主,地处海边,次高压管网经过煤炭塌陷区。埋地钢管进行了3层PE、煤沥青、冷缠带等防腐层技术处理。近年来,为了适应南山集团东海园区及南山园区的城市及工业发展需要,燃气管网进行了大幅度的扩展及延伸,在役管道里程数已达到350km,其中钢管220km。为了确保燃气管网的安全运行,依据《城镇燃气埋地钢质管道腐蚀控制技术规程》(CJJ95-2003)、《城镇燃气设施运行、维护和抢修安全技术规程》(CJJ51-2006),南山天然气公司决定为在役的钢制管道进行管道完整性评价,同时,为严把工程验收关,及时发现新建管道存在问题,在竣工验收之前也要求进行管道完整性评价。

2 钢管完整性评价方案及原理

埋地钢管防腐层缺陷探测的方法有很多,如标准管/地(P/S)电位测试、密间隔电位测试技术(CIPS)、直流电位梯度测试技术(DCVG)、皮尔逊(Pearson)检测技术、管中电流衰减测试技术

(PCM)、变频-选频技术等,这些方法各有优缺点。南山天然气公司在役燃气管道主要采用3层PE防腐、煤沥青及冷缠带3种防腐层技术。防腐层材质不对管道检测带来一定的困难,根据我们多年从事管道防腐层质量评价的经验,决定采用DCVG检测技术对管道防腐层进行全面调查。

2.1 DCVG检测技术原理

DCVG技术是在埋地管道上施加一个直流电源(如阴极保护电流),并采用周期性同步断路器使管道上形成周期性通、断的直流电流。如果管道防腐层存在破损点,泄漏电流将在破损点周围土壤形成一个稳定的直流电压梯度场,其范围将在十几米至几十米之间变化,通过在管道地面上方的两个饱和Cu/CuSO₄参比电极(CSE)以及与电极连接的高灵敏度毫伏表来检测这个电位差,就可以判断管道破损点的位置和大小。由于DCVG检测技术采用的是周期性的外加直流电流,不受交流电等杂散电流的干扰^[2]。

根据DCVG检测的技术原理,通过对埋地管道防腐层缺陷处地表电场检测,绘出缺陷处地表电场等位线轮廓形状,根据绘制的地表电场等电位线可以判断埋地管道防腐层缺陷的形状以及缺陷所在管体的位置。典型的电场等电位轮廓线有图1所示的几种^[3]。

在检测过程中,通过检测管地电位差可以进一步判断防腐层缺陷的大小。在阴极保护过程中,外加电流在管道上形成的电位差包括管道到周边土壤的电位差 V_1 和管道边的土壤到远方大地的电位差 V_s ,管道的电位差可由图2所示,他们之间的关系可由下式表示^[3]:

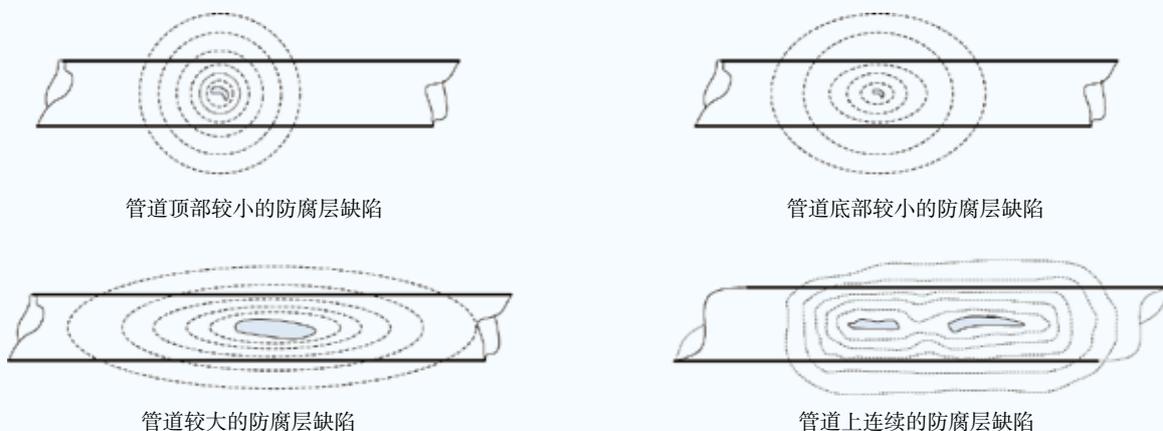


图1 典型的几种管道防腐层缺陷地表电场等电位轮廓线示意图

$$V_T = V_I + V_S \quad (1)$$

其中： V_T ——管道到远方大地点的电位差，mV

V_I ——管道到周边土壤的电位差，mV

V_S ——管道边的土壤到远地点的电位差，mV

采用DCVG进行检测时， V_T 为管道外加电流的断电电位 V_{off} 与管道外加电流的通电电位 V_{on} 的差， V_S 可由DCVG的高灵敏度毫伏表直接读取。

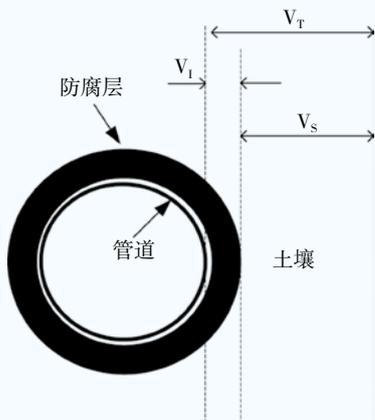


图2 管道外加电流后周边电位分布图

在埋地管道阴极保护电位差中， V_I 是外加阴极保护电压中真正起到保护管道作用的一部分电压， V_S 是为克服土壤阻抗而损失的电压，对于保护管道并没有作用，所以，要获得较好的阴极保护效果， V_I 应较大而 V_S 较小，阴极保护的水平可以用 V_I 的大小来衡量。然而，在实际的检测中很难对 V_I 进行测量，而较容易测量 V_S 的值，因此，可以利用 V_S 值的大小来评价阴极保护的作用，通常是利用其占埋地管道外加阴极保护电位差的百分比进行表示，公式如下：

$$IR = \frac{V_S}{V_T} \times 100 \quad (2)$$

IR 越大，阴极保护程度越低，外加电流在此处流失严重，因此，埋地管道防腐层缺陷面积越大，因而DCVG能够较准确地预测防腐层缺陷面积的大小，并能对整个管道的阴极保护效果做出客观的判断^[4-5]。

2.2 检测具体方案

由于公司燃气管网采用了3种防腐材料，3种防腐材料都有这各自的特点：3层PE防腐层绝缘性较好，防腐层没有破损的情况下不会出现漏电现象，而煤沥青及冷缠带防腐层的绝缘性较差，在管道上施加DCVG检测电流，在管道周边会出现几毫伏的微小漏电电位。因此，在试探性检测后提出以下检测方案：在管道检测过程中对3层PE类防腐层采用传统的DCVG检测方法即寻找防腐漏点来判断管道防腐层的好坏。对于采用煤沥青及冷缠带防腐的钢制管道采用检测垂直于管道走向方向约1m内的地表电位差，并绘制管道沿途电位差值与距离的关系确定管道防腐层的好坏。

3 检测结果及讨论

3.1 检测结果

本次钢制管道防腐层安全评价共检测72.3km在役管道，其中约26.4km为新铺设管道（在役未满1年）。检测结果如表1所示。

从检测结果可以看出3层PE类防腐层单位里程数内出现缺陷的数目明显小于煤沥青及冷缠带类防腐层。根据检测到信号的强弱，对达到开挖程度的漏电点进行开挖，开挖结果表明除个别情况受到环境影响未找到防腐层破损处外，开挖结果基本与检测结果相同，准确率达到90%以上。说明了广泛应用于长输管道检测的DCVG技术同样可以应用于城市燃气管道防

表1 钢制管道防腐层安全评价检测结果

防腐层类型	3层PE		煤沥青		冷缠带	
	旧管道	新管道	旧管道	新管道	旧管道	新管道
里程数 (km)	41	23.6	3.18	0	2.77	1.78
漏电信号数	34	6	23	0	14	7
开挖数	8	4	3	0	0	1
开挖发现破损点数	6	4	3	0	0	1

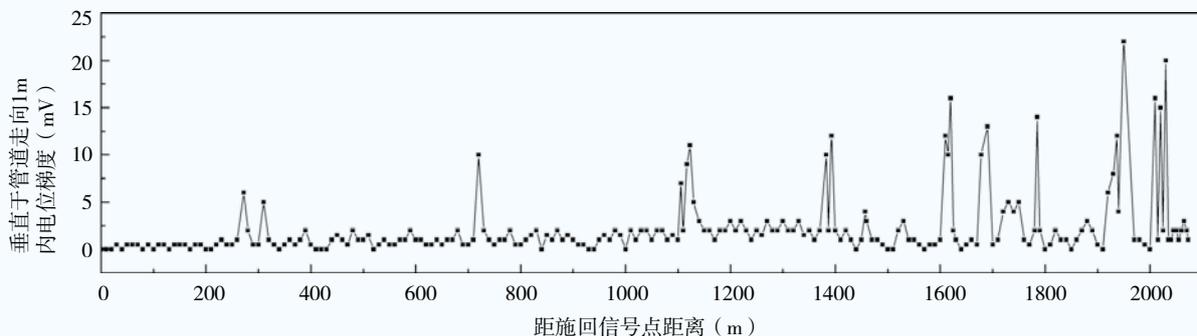


图3 垂直于管道走向1m范围内电位梯度随距离变化图

腐层检测工作。

对煤沥青及冷缠带防腐层的管道采用DCVG技术检测垂直于管道走向1m内电位差波动来判断防腐层的好坏。如图3所示的为某条采用煤沥青防腐层的中压管道的电位梯度变化图。由于整个管网内未设置绝缘法兰,管道内施加的电流流失严重,在管道阀门井处施加电压信号只能达到350mV。检测过程中采取每间隔5m记录一次电位梯度值,在信号增强区间内减少踩点间距,根据记录数据绘制沿管道走向方向1m范围内的电位梯度图。从图可以清楚的反映管道防腐层的状况。在图中出现波峰处说明管道防腐层漏点严重,防腐层出现较大问题需要进行开挖修补。这种方法能有效的判断管道是否因为防腐层绝缘性能差而造成的漏电还是防腐层出现缺陷而造成的漏电。对该段管道选择性的选取了3处波峰位置进行开挖验证,开挖结果表明发现管道防腐层出现多处破损,其中一处管道防腐层出现大面积的脱落,如图4所示。



图4 管道防腐层缺陷处现场开挖图

3.2 检测结果讨论

本次钢制管道防腐层安全评价主要出现以下问题:

(1) 管道防腐层漏电点出现区域性集中。城市燃气管道不同于长输燃气管道,不同的管道施工的时间不同,施工及监理单位不同,施工的环境也有所不同,这些都会影响到管道防腐的好坏。因此,在检测中发现,部分管道防腐层状况较好,未出现防腐层漏电现象。而部分管道出现较多漏电现象。如在一段长约1.5km的次高压管道上发现9处漏电现象。选择性的对5处进行开挖,发现4处出现管防腐层破损,1处为牺牲阳极干扰,检测结果如表2所示。对开挖的防腐层破损点进行检测发现,防腐层破损基本是施工过程中遗留下来的。因此,管道施工过程中对防腐层的保护是非常重要的,同时应加强对施工过程中的监理。

(2) 从管道的在役工龄来看,新铺设管道同样存在防腐层缺陷,对新铺设的3层PE防腐层及冷缠带防腐层的5处开挖结果表明,其中4处为施工过程中防腐层处理不当而造成的,一处为后期管道施工时对管道造成的损伤。这些缺陷点对今后防腐层的运行存在着致命的危害。这也印证了在役管道防腐层的缺陷主要来自管道施工过程中,因此,对新铺设管道进行防腐层安全评价是非常有必要的。

(3) 在防腐层检测过程中发现部分管道位置丢失或位置与标志桩标示位置不对,这给管道的维护和管理造成了严重的困难。在本次管道完整性评价过程中,同时对管道的走向及埋深进行了探测,并对管道进行了GPS定位,绘制了带GPS坐标的管位走向图,这为今后本公司管道的管理和维护提供了宝贵的资料。

表2 防腐层检测及开挖情况表

序号	DCVG (mV)	IR	相对位置	防腐层破损程度
1	20	4.3%	0+380m	未开挖
2	19	4.2%	0+460m	开挖发现此处出现3×3cm防腐层破损
3	80	18.2%	0+464m	开挖发现此处出现14×3cm的防腐层破损，防腐层出现明显划伤痕迹
4	6	1.5%	0+530m	未开挖
5	10	2.2%	0+556m	未开挖
6	32	7.1%	0+595m	开挖发现此处出现4×3cm的防腐层破损
7	130	26.5%	0+1062m	预测为牺牲阳极埋设点（未开挖）
8	30	6.0%	0+1490m	开挖发现此处管道正上方积压一石块，撬开石块，防腐层有2×2.5cm的破损
9	200	40.5%	0+1590m	开挖发现此处为牺牲阳极埋设处

4 结论

南山天然气公司本着以人为本的方针对该公司管辖的钢制天然气管道进行了完整性评价，并对新竣工管道同样进行完整性评价并将防腐层检测结果作为管道竣工验收的标准之一，这是对管道安全运行管理的一次重要探索。检测结果也验证对新竣工管道进行防腐层完整性评价是有必要的。本次完整性评价主要采用DCVG检测技术进行检测，针对不同的防腐层材料采用不同的数据处理方法，特别是针对于防腐层电阻率较低的煤沥青及冷缠带类防腐层提出采用测量垂直于管道走向1m距离的地表电位差作为判断防腐层缺陷点的依据。通过检测表明DCVG能够胜任不同材质防腐层的安全评价工作，为DCVG技术应用于城市燃气管道检测进行了有利的探索。

参考文献

- 1 李颜强，徐正康，王昌迺. 全国城市燃气管道的发展和改造 [A]. 中国土木工程学会城市燃气分会第九届理事会第一次会议论文集 [C], 2006
- 2 周琰，靳世久，孙墨杰，肖昆. 埋地管道防腐层缺陷 DCVG 检测技术研究及应用 [J]. 管道技术与设备, 2001 (5): 38-40
- 3 DCVG Ltd., DC Voltage Gradient Pipeline Coating Survey Equipment Operations Manual [M]. 2009 ; 8-23
- 4 胡士信. 阴极保护工程手册 [M]. 北京 : 化工工业出版社, 1999 : 1
- 5 张宇. 埋地管道防腐层缺陷快速检测系统的研究 [C]. 天津 : 天津大学, 2006

其它消息

邹城市燃气总公司扎实开展青年志愿者服务月活动

2011年3月份以来，山东省邹城市燃气总公司志愿者服务队以弘扬雷锋精神、展示青年风采为目标，走上街头宣传安全常识，深入社区为用户义务维修灶具，为群众提供贴心周到的服务。累计解答用户咨询100余人次，发放宣传彩

页1 000余份，深入到该市燕京花园、金山花园等社区为用户义务维修灶具27台，到铁山公园开展“爱护环境，从我做起”环保主题宣传活动，捡拾果皮、纸屑等垃圾，受到群众一致好评。

(陈绪华)