

DOI: 10.3969/j.issn.1001-8972.2012.05.007

# 油田埋地油气集输管道防腐层及腐蚀环境检测方法研究

徐晓光 王安泉 山东省东营市胜利油田技术检测中心特种设备检验所

## 摘要

本文介绍了目前常用的几种油田埋地油气集输管道检测方法, 针对外防腐层的检测的多频管中电流法 (PCM), 电位梯度法 (DCVG) 等, 针对外腐蚀环境检测的土壤腐蚀速率检测, 土壤电阻率检测及杂散电流检测, 深入研究了这些方法的检测原理, 及现场应用的优缺点, 并给出了适合于油田埋地油气集输管道的可靠易行的检测方法选取方案。

## 关键词

埋地油气集输管道; 检测; 外防腐层检测; 外腐蚀环境检测

埋地油气集输管道是油田一种重要的特种设备, 由于埋地油气集输管道的架设相对特殊, 在不开挖的情况下对单一的检测手段具有较大的局限性, 因此检测手段种类较多, 按照检测对象可分为: 防腐层检测, 管道本体检测和腐蚀环境检测。而目前在油田最多的是对防腐层和腐蚀环境进行检测。

## 1、对防腐层的检测

目前对防腐层的常规检测按照原理可分为多频管中电流法 (PCM), 电位梯度法 (DCVG), 和密间隔电位法 (CIPS)。

### 1.1 多频管中电流法 (PCM)

多频管中电流法是对管道加载单频率或混合频率的电流信号, 然后利用接收机测量不同位置处的电流大小, 从而判定某一段管道的防腐层完好程度。在管道防腐层完好的理想状态下, 加载在管道上的电流信号呈指数衰减的规律, 即<sup>[1][2]</sup>

$$I = I_0 e^{-ax}$$

其中:  $I$  为接收机测量电流值,  $I_0$  为管道电流加载值,  $a$  为衰减指数 (与被测管道防腐层电阻率, 管道直径, 壁厚, 材质有关),  $x$  为测量点与电流加载点的距离。

若在某处防腐层存在腐蚀与破损则电流外泄增大, 则电流衰减加速, 通过其衰减程度与标准衰减曲线的对比可计算其防腐层破损程度。

这种检测方法的主要优点是: (1) 操作方便, 一个人即可操作。(2) 检测速度快, 不用开挖即可完成对防腐层的评级。(3) 信号传输距离远, 无需频繁更换电流加载点。

主要缺点是: (1) 对于埋设于非匀质土壤中的管道, 防腐层破损严重管道, 及存在多种特殊部件, 如阀门、套管、三通等的管段, 不能取的很好的效果。(2) 只能确定不良防腐层破损段, 不能判断破损大小。

### 1.2 电位梯度法 (DCVG)

DCVG (Direct Current Voltage Gradient) 是通过检测流入土壤中的阴极保护电流产生的电位梯度值从而判定防腐层破损点的检测方法。

当存在防腐层破损点时, 阴极保护电流就从破损处流出, 并在管道周围的土壤中形成以破损点为中心的电场, 通过一对相距 10m 的参比电极可以测出电位梯度, 以此来推断破损点的位置, 并通过电位梯度的大小来计算涂层缺陷的大小。

直流电位梯度法的主要优点是: (1) 是最准确的管道防腐层缺陷定位技术之一, 能够对防腐层缺陷进行精确定位。(2) 操作简单, 一人就可进行操作。(3) 可以对缺陷大小进行测量。(4) 不需要对管线进行精确的定位。(5) 可确定电流方向和腐蚀缺陷。

主要缺点是: (1) 对没有施加阴极保护的管道无法检测。(2) 需要测量大量的原始数据以做支持, 否则测量结果难以解释。

(3) 易受土壤电阻率及杂散电流等外部环境的影响, 对检测者的检测水平和检测经验有很高的要求。(4) 相对其它检测方法来说, 检测效率较低<sup>[1]</sup>。

### 1.3 密间隔电位法 (CIPS)

CIPS 技术在检测过程中, 用一根长导线把某个测试桩上的管道连线连接上, 沿着管线路由以小间隔测量管地电压, 这样可测出管道上任意点的防护电位, 进而得到整个管线上保护电位分布图。

此外, 在 CIPS 检测中通过测量保护电流的 ON 电位和 OFF 电位, 可以消除管道周围土壤对检测结果的影响, 可以在没有 IR 降的影响的基础上对管道的保护情况进行更好的评估。

该方法的主要优点是: (1) 测量结果较为精确。(2) 能连续完整地评价阴极保护系统在管道上的保护效果、评价防腐层的状况及缺陷点的保护状况和评价防腐层缺陷的严重程度。

该方法的主要缺点是: (1) 测量程序较复杂, 工作量较大, 检测效率相对较低。

(2) 对检测人员的经验与技术水平要求较高<sup>[1][3]</sup>。

## 2、对腐蚀环境的检测

管道的腐蚀环境对管道本体的腐蚀也是至关重要的, 虽然并不能直接反映管道的腐蚀状况, 但对评价管道的风险有着很重要的意义。然而内腐蚀环境目前还没有有效的检测方法, 对于外腐蚀环境主要有土壤腐蚀速率检测, 土壤电阻率测量及杂散电流检测等。

### 2.1 土壤腐蚀速率直接检测

土壤腐蚀速率能够反映土壤环境对油气集输管道本体造成腐蚀的严重程度, 是一个综合量化的指标。目前土壤腐蚀速率的检测一般采用多功能土壤腐蚀速度测量仪, 可以测定金属材料在土壤中的腐蚀电流密度、腐蚀电位和土壤的电阻率、氧化还原电位及温度等参数, 采用线性极化、弱极化原理可以快速地评定土壤的腐蚀性。改变了以往根据土壤的理化因素测量值进行土壤腐蚀评价的传统思想, 建立根据现场电化学测量

值直接评价土壤腐蚀性的新方法。

### 2.2 土壤电阻率测量

在埋地油气集输管道宏观电池腐蚀过程中, 土壤电阻率起着主导作用, 在宏观电池腐蚀中, 极间电位差常常高达数百毫伏, 土壤电阻率越小, 腐蚀电流越大, 则土壤腐蚀性越强。

目前常用的土壤电阻率测量方法是四极法, 四极法具有测量准确, 测量方便速度快的优点, 其原理如图 1:

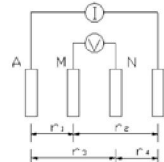


图 1 四极法原理图

如相邻两极间距离均为  $a$ , 即

$$r_1 = r_4 = a, r_2 = r_3 = 2a,$$

$$\text{则土壤电阻率: } \rho = 2\pi a \frac{V}{I}$$

### 2.3 杂散电流检测

通常交流杂散电流对金属管道引起的腐蚀比直流电小, 一般只有直流电的 1%。它具有局部腐蚀特征, 腐蚀速度比自然腐蚀快数十倍乃至上百倍。

杂散电流测绘系统 (SCM), 此系统由 SCM 智能感应器、灵敏探针、智能信号发送器、SCM 智能感应器控制软件、数据浏览软件和笔记本电脑 6 部分组成, 如图 2 所示。

当智能感应器放置在目标管线上方的地面并激活时, SCM 智能感应器即检测管线上所选定或特别加载的干扰电流。通过测量干扰电流的极性和大小, SCM 智能感应器能确定什么地方干扰电流正在流入目标管道, 向哪个方向传播, 什么地方干扰电流正流出目标管道<sup>[4]</sup>。

## 3、结论

3.1 对于外腐层的检测: 管中电流法检测效率较高, 检测结果较为精确, 目前对于外防腐层的评级及破损点的查找宜采用管中多频电流法。

3.2 对于管道外腐蚀环境的检测: 目前土壤腐蚀速率, 土壤电阻率及杂散电流都较为成熟, 可以此做为管道防腐层评级的辅助手段。

## 参考文献

- [1] 姚小静, 王威强, 张峰. 埋地长输管道防腐层综合检测技术. 压力容器, 2006, (02): 49~51
- [2] 吕德东. 油田埋地管道防腐层破损点检测及影响因素. 管道技术与设备, 2007, (03): 39~40
- [3] 衣红兵, 牟宗元, 王学国等. 油田埋地管道防腐层检测方法. 石油工程建设, 2010, 36(02): 112~113
- [4] 黄辉, 张华等. 埋地钢质管道腐蚀环境检测与评价方法探讨. 全面腐蚀控制, 2008, 22(06): 47~49

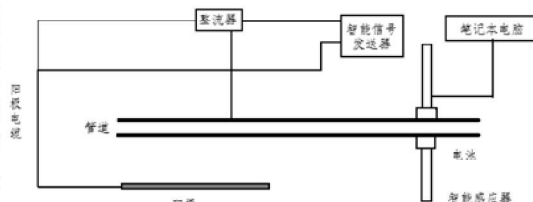


图 2 杂散电流测绘系统示意图