中国腐蚀与防护学会标准

T/CSCP 0001-2021

管道定向钻穿越段防腐层评价标准

Evaluation for coatings of horizontal directionally drilled pipeline

2021年1月25日发布　　2021年2月25日实施

中国腐蚀与防护学会 发布

管道定向钻穿越段防腐层评价标准

1 范围

本文件规定了管道水平定向钻穿越段防腐层的测试方法和评价指标。

本文件适用于管道水平定向钻穿越段防腐层的评价。

2 规范性引用文件

以下文件中的条款由于本文件的引用而成为本文件的条款。标注公布日期的引用文件，其修订版不能自动成为本文件的条款，根据本文件达成协议的各方可协商是否使用引用文件的修订版。

GB/T 21246 埋地钢质管道阴极保护参数测量方法

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

水平定向钻穿越 horizontal directional drilling（HDD）

采用水平定向钻机，按照设计轨迹，完成导向孔、扩孔施工后，回拖穿越管段，通过障碍物的一种管道安装施工方法。

[来源 Q/SY1477 2012 3.1]

3.2

自然电位 native potential

没有净（外部）电流从管道表面流入流出时的腐蚀电位

[来源 GB/T 21246 - 2020 3.2]

3.3

参比电极 reference electrode

用于测量结构电位，具有稳定再现电位的电极。

[来源 ISO 15589-1 2015 3.30]

3.4

通电电位 on potential

阴极保护持续运行时测量的管地电位。

[来源 GB/T 21246 - 2020 3.3]

3.5

瞬时断电电位 instant-off potential

为测试无IR降电位，在回路电流中断短时间延迟后所测的电位。

[来源 GB/T 21246 - 2020 3.5]

3.6

去极化 depolarization

管地电位的衰减过程。

3.7

防腐层面电阻率 specific coating resistance

带防腐层管道对地电阻与面积的乘积，表征防腐层平均绝缘性能。

4 基本规定

4.1 管道定向钻穿越施工完成以后，应对出土段管道防腐层进行完整性检测，外观检查防腐层是否存在划伤、破损等，如果防腐层存在贯穿划伤或破损，应采取补救措施。

4.2 防腐层面电阻率现场测试工作宜在管道定向钻施工完成一周之后，应在管道两端连头之前进行。

4.3 测试人员应具备3年或以上阴极保护相关工作经历，宜经过阴极保护专业培训并获得中国阴极保护协会（CPAC） CPL2及以上认证，应掌握基本的阴极保护知识、熟练使用测量所需仪器和仪表、准确记录测试数据，并能按照标准要求正确计算数据。

4.4 检测人员应配备相应的劳动保护用品。

5 设备及材料要求

5.1 馈电电源

馈电试验所用直流电源，可参考表 1 进行选择：

表 1 直流电源参数

直流电源	性能参数
输出电压	0～50V 连续可调（具有电压显示）
输出电流	0～10A 连续可调（具有电流显示）

5.2 临时阳极

临时阳极的接地电阻宜小于10Ω。

临时阳极可采用镀锌钢管、钢筋棒、镀锌角钢或扁钢等导电材料。

5.3 馈电回路可调电阻

采用蓄电池供电时，馈电回路可调电阻范围宜在0 ～ 10000Ω之间，应允许通过电流 1 A，功率宜大于100W。

5.4 数据记录仪和万用表

监测管地通/断电电位、馈电电流时，宜选用数据记录仪。数据记录仪应具有卫星同步采样功能，应能准确测量通/断电电位。

应选用 2 台精度不低于0.2级的万用表。

5.5 接地电阻测量仪

应选择电阻量程100Ω的接地电阻测量仪，用于测量泥浆以及临时阳极位置土壤的电阻率，仪器测量误差不应大于3%。

5.6 参比电极

饱和硫酸铜参比电极（CSE）2支，测试开始前应对硫酸铜参比电极进行比对，两支参比电极之间电位差宜小于5mV，或对参比电极之间的电位差进行修正。

5.7 测量导线

铜芯电缆线长度应等于或大于100m，截面积不宜小于2.5mm^2。截面积2.5mm^{2}的铜芯电缆线若干段，长度宜在2m左右、导线两端应带有鳄鱼夹。

5.8 导线连接材料

可准备2块永久磁铁、胶带等，便于导线与管道连接。

6 现场测量

6.1 测量流程



6.2 管道信息调查

表 2 管道信息统计表

管道穿越工程名称		管道穿越段位置	
定向钻穿越完工时间		管道穿越段测试时间	
管道穿越段管道长度（m）		管道穿越段直径（m）	
管道防腐层类型		管道补口方式	
定向钻最大埋深（m）		是否有光缆钢套管/防护层	
管道出土端位置		管道入土端位置	

6.3 出土端防腐层直接检查

6.3.1 管道回拖后出土端宜回拖出至少 2 个完整管节以进行外观和电火花检测。

6.3.2 防腐层表面应平滑、光亮，无贯穿刮伤。回拖管段防腐层如有刮伤、脱落或破损，应记录长度、宽度、深度，并进行拍照及形态描述。

6.3.3 3LPE防腐层（包括热缩带及防护层）电火花检测检漏电压应为15kV，无漏点为合格。

6.3.4 FBE防腐层电火花检测检漏电压应按设计涂层厚度乘以5V/μm计算确定，检漏探头相对移动速度应小于0.2m/s，无漏点为合格。

6.4 自然电位测量

连接馈电装置之前，应测量管道两端的自然电位。测量方法符合GB/T21246的相关规定。

6.5 土壤电阻率测量

6.5.1 在预计的临时阳极位置，测量临时阳极埋深处土壤电阻率,测量方法符合GB/T21246的规定。

6.5.2 管道回拖后，应及时测量泥浆电阻率。测量位置宜在泥浆池边缘，泥浆处于半干固状态位置进行，接地极间隔宜大于50cm。

表 3 测量参数记录表

土壤电阻率 （Ω.m）		泥浆电阻率（Ω.m）	
出土段自然电位 （mV）		入土端自然电位 （mV）	

6.6 临时阳极安装

6.6.1 临时阳极位置

临时阳极应选择在地面低洼潮湿、土壤电阻率低的位置，距离管道宜大于100m，也可通过实际测量或计算阳极电压场确定临时阳极位置，管道位置地表电位梯度宜小于0.5mV/m。

6.6.2 临时阳极的安装

应将临时阳极打入土壤中或放置在水中，用导线连接到电源的正极。

6.7　管道连线的安装

应用磁铁或其它方式，将导线连接到管道上并通过可调电阻连接到电源的负极，当采用可调电源时，可不使用可调电阻。

6.8　管道通/断电电位、电流测量

6.8.1　管道通/断电电位测量

打开电源开关，给管道施加电流，调节可调电阻的阻值，监测管地电位的变化，将馈电侧管地电位稳定在-1250mV$_{cse}$左右，保持通电，直到管地电位基本稳定。测量管道两端断电电位，远端管道的断电电位应负于-850mV$_{cse}$。如果远端管道断电电位正于-850mV$_{cse}$，应提高馈电电流，直到远端管道断电电位满足上述要求。

通电电位稳定后，应连续测量两端管道的通/断电电位各3次，测量时，断电持续时间宜小于3s，断电电位宜在断电后0.3s读取。测量方法符合GB/T 21246的规定。

6.8.2　管道馈电电流的测量

保持通电状态，测量可调电阻上的电压降，根据欧姆定律计算馈电电流或由记录仪测量。电压测量精度宜小于被测值1%。采用可调电源馈电时，记录电源显示的电流值。

6.8.3 测量注意事项

6.8.3.1　定向钻穿越管段两端严禁与其他管段连接、土壤接触。

6.8.3.2　管道远端极化电位应尽量接近-850mV$_{cse}$。

6.8.3.3　临时阳极应远离管道，避免阳极电压场对管地电位测量带来误差。

6.8.3.4　参比电极应远离管道以包含最大电压降（距离管道应至少大于1个管径）。

6.8.3.5　管段受动态直流杂散电流干扰时，管段两端管地通/断电电位始终在变化，应用数据记录仪同步记录管道两端的通/断电电位、馈电电流。应做到数据记录的同步误差不超过0.1s；断电电位在断电后0.3s读取。

7　数据处理

7.1　测量数据记录

测量数据宜按照表 4 记录。

表 4 测量数据记录表

测量次数	可调电阻电压降/阻值 (V_{test}/R_{test})	入土端管地电位 mV			出土端管地电位 mV		
		V_{aon}	V_{aoff}	ΔV_a	V_{bon}	V_{boff}	ΔV_b
1							
2							
3							
平均电流 A		平均通/断电位差 mV			平均通/断电位差 mV		

7.2 管道穿越段通/断电电位差计算

7.2.1 管道穿越段两端通/断电电位差

管道穿越段出土端和入土端通/断电电位差计算应按式（1）和式（2）计算。

$$\Delta V_{\mathrm{a}} = V_{\mathrm{a\,on}} - V_{\mathrm{a\,off}} \quad \cdots\cdots (1)$$

$$\Delta V_{\mathrm{b}} = V_{\mathrm{b\,on}} - V_{\mathrm{b\,off}} \quad \cdots\cdots (2)$$

式中：

ΔV_{a} — 入土端测量点的通/断电位差，mV；

$V_{\mathrm{a\,on}}$ — 入土端测量点的通电电位，mV；

$V_{\mathrm{a\,off}}$ — 入土端测量点的断电电位，mV；

ΔV_{b} — 出土端测量点的通/断电位差，mV；

$V_{\mathrm{b\,on}}$ — 出土端测量点的通电电位，mV；

$V_{\mathrm{b\,off}}$ — 出土端测量点的断电电位，mV；

7.2.2 管道穿越段平均通/断电位差值

管道穿越段平均电位差 ΔV_{ab}，应按照式（3）计算。

$$\Delta V_{ab} = \frac{\Delta V_{\mathrm{a}} + \Delta V_{\mathrm{b}}}{2} \quad \cdots\cdots (3)$$

7.3 馈电电流

测量可调电阻的阻值R_{test}，并用可调电阻上的电压降除以可调电阻阻值，计算电流 I，应按照式（4）计算。

$$I = \frac{V_{test}}{R_{test}} \quad \cdots\cdots (4)$$

7.4 管道穿越段防腐层面电阻

管道穿越段的防腐层面电阻，应按照式（5）计算。

$$R = \frac{\Delta V_{ab}}{I} \quad \cdots\cdots (5)$$

7.5 管道穿越段平均防腐层面电阻率

7.5.1 管道穿越段平均防腐层面电阻率，应按照式（6）计算。

$$r = R \times \pi \times D \times L \quad \cdots\cdots (6)$$

式中：

r —管道穿越段防腐层面电阻率，$\Omega.\mathrm{m}^2$；

R —管道穿越段防腐层面电阻， Ω；

D —管道外径，m；

L — 管道穿越段长度，m 。

7.5.2 管道穿越段平均防腐层面电阻率修正

将计算的防腐层面电阻率修正到土壤电阻率为1000Ω.cm环境下的面电阻率，防腐层在标准条件下的面电阻率为r_{1000}，假设实际测量到的泥浆电阻率为ρ_{test}（Ω.cm），应按 公式（7）计算。

$$r_{1000} = r \times \frac{1000\Omega \cdot cm}{\rho_{test}} \quad \cdots\cdots (7)$$

7.6 管道穿越段阴极保护电流密度

管道穿越段阴极保护电流应按公式（8）计算。

$$I_{cd} = \frac{I}{\pi \times D \times L} \quad \cdots\cdots (8)$$

式中：

I_{cd} —为管道表面电流密度， μA/m^2；

I —外加电流， μA；

D —管道外径，m；

L —管道长度，m。

7.7 防腐层面电阻率记录表格

防腐层面电阻率记录宜按表 5 填写。

表 5 防腐层面电阻率记录表

防腐层电阻R Ω	管段表面积 m^2	防腐层面电阻率r Ω.m^2	修正后面电阻率r_{1000} Ω.m^2	管段电流密度 μA/m^2

7.8 管道防腐层面电导率

管道穿越段防腐层面电导率，应按照式（9）计算。

$$g_{1000} = \frac{1}{r_{1000}}\left(S/m^2\right) \quad \cdots\cdots (9)$$

8 防腐层评价标准

8.1 管道定向钻穿越段防腐层面电阻率分级

管道定向钻穿越段防腐层分级应按表 6 执行。

表 6 管道定向钻穿越段防腐层面电阻率分级表

管道防腐层质量等级	防腐层面电导率g_{1000} （基于1000Ω.cm土壤电阻率） μS/m^2	防腐层面电阻率r_{1000} （基于1000Ω.cm土壤电阻率） Ω.m^2
优	$g_{1000}\leqslant 100$	$r_{1000}\geqslant 1\times10^4$
良	$100<g_{1000}\leqslant 500$	$2\times10^3 \leqslant r_{1000}<10^4$
可	$500<g_{1000}\leqslant 1000$	$1\times10^3 \leqslant r_{1000}<2\times10^3$
差	$g_{1000}>1000$	$r_{1000}< 1\times10^3$

注：管道穿越段防腐层面电阻率指标不宜低于“优”级。

8.2 管道定向钻穿越段防腐层电流密度分级

8.2.1 达到阴极保护指标（-850mV$_{cse}$）所需要的保护电流密度，应参照表 7 和表 8 划分。

表 7 管道定向钻穿越段3LPE防腐层分级表

防腐层质量分级	电流密度 μA/m^2
优	＜10
良	10 ～ 20
可	21 ～ 200

表 8 管道定向钻穿越段FBE防腐层分级表

防腐层质量分级	电流密度 μA/m^2
优	＜100
良	100 ～ 200
可	201 ～ 700

8.3 管道穿越段防腐层面电阻率宜满足“优”要求，应满足电流密度“良”及以上要求。

8.4 管段防腐层面电阻率评价结果为“良”及以下的，应进行阴极保护电流密度评价，阴极保护电流密度评价达不到“良”的，应采取补救措施。

9　评价报告主要内容

9.1 工程概况

9.2 评价依据

9.3 检测内容及方法

9.4 检测结果及数据处理

9.5 评价结论及建议

参考文献

[1] GB/T 21448 - 2017 埋地钢质管道阴极保护技术规范

[2] ISO15589-1 2015 Petroleum, petrochemical and natural gas industries — Cathodic protection of pipeline systems — Part 1: On-land pipelines.

[3] Q /SY 1477 定向钻穿越管道外涂层技术规范

[4] PRCI report catalog No.L51799 In-situ evaluation of direct drill/bore coating quality.