



承德华腐隆辰防腐工程有限责任公司  
作业指导书

2022年6月

第1版

审核人： 杨福辰 李永成 娄宗勇

## 目录

一、 术语 .....	1
二、 电位及电阻测试步骤 .....	5
三、 配置校准参比电极 .....	7
四、 更换长效参比 .....	8
五、 绝缘性能检测 .....	8
六、 排流地床安装 .....	9
七、 数据记录仪使用 .....	10
八、 牺牲阳极安装 .....	11
九、 干扰检测 .....	12
十、 土壤分层电阻的计算 .....	13
十一、 恒电位仪检测 .....	13
十二、 发生腐蚀四要素 .....	14
十三、 涂层工作原理、阴极保护工作原理 .....	14
十四、 阴极保护故障分析 .....	14
十五、 阴极保护系统运行状况调查流程 .....	15
十六、 ECDA 检测 .....	16

## 一、术语

### 1、管地电位 **thepipe-to-soilpotential**

管道与其接触电解质的电位差。

### 2、通电电位 **onpotential**

阴极保护系统持续运行时测量的构筑物对电解质电位。

### 3、IR 降 **IRdrop**

根据欧姆定律，由于电流的流动在参比电极与金属管道之间电解质内产生的电压降。

### 4、断电电位 **offpotential**

瞬间断电电位 **instant-offpotential**

断电瞬间测得的构筑物对电解质电位。1-2s 内

注：通常情况下，应在切断阴极保护电流后和极化电位尚未衰减前立刻测量，这个时间华腐隆辰认为 1-2s。

### 5、冲击电压 **voltagespiking**

阴极保护电流被中断或施加的瞬间，由过渡过程引起的管道上的瞬间性电位波动。

### 6、密间隔电位测量（CIPS）**close-intervalpotentialsurvey**

一种沿着管顶地表，以密间隔（1~3m）移动参比电极测量管地电位的方法

电位准确测量技术 **intensivemeasurementtechnique**

同时测量管地电位与垂直方向土壤电位梯度的技术。

注：通过电位准确测量技术可识别防腐层缺陷，并能够计算出缺陷处的消除 IR 降电位。

### 7、平衡电流 **equalisingcurrent**

平衡电流也称“二次电流”，是指中断保护电流后，在构筑物的极化差异部位

之间流动的电流，平衡电流可能是测量消除 IR 降电位的误差源。

### **8、远参比法 reference electrode method remote from pipeline**

将参比电极置放于距被测管道较远（地电位趋于零）的地面测量管地电位的方法。

### **9、远方大地**

在该区域内任何两点之间没有因电流流动引起的可测量的电压降。

### **10、交流地电位梯度法**

一种通过测量沿着管道或管道两侧的由防腐层破损点漏泄的交流电流在地表所产生的地电位梯度变化，来确定防腐层缺陷位置的地表测量方法。

### **11、直流地电位梯度法（DCVG） direct current voltage gradients survey**

一种通过测量沿着管道或管道两侧的由防腐层破损点漏泄的直流电流在地表所产生的地电位梯度变化，来确定防腐层缺陷位置、大小，以及表征腐蚀活性的地表测量方法。

### **12、阳极填料**

填充在埋地阳极周围的低电阻材料，用于保持湿度、减小阳极与电解质之间的电阻以及防止阳极极化。

### **13、跨接**

采用金属导体（多为铜质导体）连接同一金属结构或不同金属结构上的两点，用于保证两点之间的电连续性。

### **14、去耦隔直装置**

为交流电流提供低阻抗并为直流电流提供高电阻通道的设备。

例如：极化电池、电容、二极管

### **15、汇流点**

阴极保护系统中的阴极电缆与被保护的连接点，保护电流通过此点流回电源。

## 16、等电位连接

将分开的金属结构直接用导体或经电涌保护器连接到防雷装置上已减小雷电流引发的电位差。

## 17、地床

埋地的牺牲阳极或外加电流阳极系统。

## 18、外加电流阳极

外加电流阴极保护系统中用于提供电流的电极。

## 19、断电电位

### 瞬时断电电位

为测试无 IR 降电位，在回路电流中断短时间延迟后瞬间所测的电位。

## 20、极化电位

**无 IR 降电位**，消除由阴极保护电流或其他电流所引起的 IR 降后管道对电解质的电位。

## 21、绝缘装置

用于隔离金属间电连续的设施，指专用的配件、加工件等。

## 22、线性阳极

阳极主体由线性的、连续性的阳极材料组成，阳极材料周围填充焦炭填料，并包装在织物覆盖层以及耐磨编织网中。

例如：导电聚合物线性阳极、混合金属氧化物（MMO-Ti）线性阳极。

## 23、测试桩

布设在管道沿线，用于监测与测试管道阴极保护参数的设施。

## 24、通电电位

阴极保护系统持续运行时测量的管道对电解质的电位。

## 25、极化

由外部电流引起的管道对电解质电位的变化。

## **26、保护电位**

所说的保护电位指的就是阴极保护时能够使金属腐蚀发生停止所需的电位值。

## **27、恒电位仪/整流器**

能自动保持管道对电解质电位恒定的电源设备/可为阴极保护系统提供电流的电源设备。

## **28、杂散电流**

在非指定回路中流动的电流。

## **29、腐蚀控制**

改进腐蚀体系以减轻腐蚀损伤的措施。

## **30、电解质**

含有在电场中可以迁移离子的化学物质，在本规范中指临近和接触埋地或水下金属管道系统的土壤或液体，其中包括水分和所含有的其他化学物质。

## **31、电绝缘**

与其他金属构筑物或环境呈电气隔离的状态。

## **32、干扰**

由于杂散电流的作用而对管道产生的扰动。

## **33、腐蚀控制四种方法**

材料、涂层、缓蚀剂、阴极保护。

## **34、飞溅区**

由于波浪和潮汐的作用，周期性的侵入水中或露出水面的构筑物的表面。

## **35、屏蔽**

阻止阴极保护电流按预定线路流通。

### **36、保护率**

对所辖管道加阴极保护后，满足阴极保护准则部分的比率。

### **37、运行率**

年度内阴极保护有效投运有效时间与全年时间的比率。

### **38、保护度**

通过保护措施实现的腐蚀损伤减小的百分数。

### **39、直接评价**

一种采用结构化过程的完整性评价方法，即通过整合管道物理特性、和评价结果的管道等信息，给出预测性的管道管道完整性结论。

### **40、破损点**

防腐层上的机械损伤、露铁等防腐层缺陷。

### **41、海底管道**

包括立管及位于最高潮位的水面以下的管道。

### **42、耐点蚀当量数**

依据不锈钢化学成分中所含的铬、钼、钨以及氮等组分，反应和预测不锈钢耐点是能力的数值。

### **43、电源设备额定输出电压**

电源设备规定的最高输出电压。

### **44、电源设备额定输出电流**

电源设备规定的最大输出电流。

## **二、电位及电阻测试步骤**

### **1. 测试使用设备：**

万用表、硫酸铜参比电极、试片、电阻测试仪、钥匙、钳子、铁锹、通断器。

### 注意事项:

1. 如果参比电极在沥青路面、水泥路面或土壤结冻，应该钻孔，浇水与下方土壤接触。若地面干燥应浇水湿润充分接触土壤。
2. 测量时万用表黑表笔连接参比电极，红表笔连接管道测试线。
3. 试片埋设在管道附近，50cm 深，试片向上埋设。

### 测试步骤:

#### 2. 通电电位:

- (1) 找到测试桩、拍照记录铭牌、测试桩形态，并记录，打开测试箱拍照、记录线条数。
- (2) 使用万用表调至直流档。
- (3) 参比电极接地，将万用表的黑表笔连接参比电极，红表笔连接管道和阳极连接的测试线。
- (4) 记录通电电位数值。

#### 3. 交流电压:

- (1) 使用万用表调至交流档。
- (2) 参比电极接地，将万用表的黑表笔连接参比电极，红表笔连接管道和阳极连接的测试线
- (3) 测试一分钟记录交流电压的最大值最小值

#### 4. 阳极开路电位:

- (1) 将管道测试线和阳极线分离，测量测试线电位；
- (2) 使用万用表调至直流档；
- (3) 通过测试判断管道电位和阳极的开路电位，通常保护管道的牺牲阳极都是使用的镁阳极，镁阳极的电位应在-1.5v~-1.7V 之间，（阳极可能会受到环境或者其他因素影响电位偏正）。铝合金（5%Zn）电位-1.05v，锌电位-1.1v。



### 5. 输出电流:

- (1) 使用万用表调至电流档,
- (2) 串联阳极和管道,
- (3) 记录阳极输出电流。单位 mA

### 6. 瞬时断电电位:

- (1) 使用万用表, 调至直流档, 万用表黑笔连接参比电极, 红表笔连接试片。
- (2) 将试片连接到与阳极连接的管道线上,
- (3) 充分极化后断开试片与管道的连接, 1-2 秒读取数值并记录。

### 7. 阳极闭路电位:

- (1) 阳极和管道连接时测量到的管地电位为牺牲阳极的闭路电位, 测量时参比电极位置应尽量离开牺牲阳极埋设位置约 5 米。

### 8. 土壤电阻率测量操作步骤:

- (1) 使用电阻测试仪;
- (2) 在与管道垂直方向布置接地极, 四根地钳间隔一般为两米 (间距根据管道埋深)
- (3) 四根测试线依次连接接地极。
- (4) 根据电阻测试仪使用方法开始测量土壤电阻率,
- (5) 如不能直接测出土壤电阻率, 则需要根据公式 $\rho=2\pi ar$  ( $\rho$ 为土壤电阻率,  $\pi$ 取 3.14,  $a$ 为间距,  $r$ 为土壤电阻) 计算。

## 三、配置校准参比电极

我们工作中参比电极的种类有很多, 我们常用的参比电极是硫酸铜参比电极

工作目的: 用于接地导电, 便于万用表数据的测量

工具: 一支未用过的硫酸铜参比电极, 水, 水杯, 硫酸铜晶体。

步骤：

1、参比电极使用之前需要进行校对，核准时候用一个未使用的参比电极一起放在水中几分钟时间。

2、然后用万用表的毫伏档测量两个参比的电位，差应该小于 5mV 方可使用。

3、使用时参比电极的接地端插入浇过水的地表。

4、接万用表的黑线连接参比电极。

**注意事项：每次使用前需要对硫酸铜参比电极进行核准。**

#### **四、更换长效参比**

使用工具：便携式参比电极、长效参比、铁锹、水桶

操作步骤：

1、使用便携式参比电极测试需要更换的长效参比（要保证便携参比精准，参比电极应使用前应校准）。

2、对误差较大的长效参比开挖更换，新的长效参比应充分浸泡，时间不小于 12 小时，使用万用表和便携参比测试浸泡好的长效参比，拍照留存。10mV 以内可以使用。

3、作业坑位置在汇流点？

4、将新的长效参比放入挖好的坑内，拍照留存。

5、接好线回填、清场。

#### **五、绝缘性能检测**

使用工具：

万用表、饱和硫酸铜参比电极

检测绝缘法兰有效性

定参比法

本方法适用于定性判别有阴极保护运行的绝缘接头（法兰）的绝缘性能。

测量方法：

1、定参比法测量接线硫酸铜参比电极靠近管道位置接地，万用表负极连接硫酸铜参比电极，正极触碰绝缘接头内外两侧。

2、保持硫酸铜参比电极位置不变，采用数字万用表分别测量绝缘接头（法兰）非保护端的管地电位和保护端的管地电位。绝缘接头良好的情况下，两侧电位差值大于 100mV，说明绝缘接头有效。当利用站内保护恒电位仪通断来判断绝缘接头绝缘性能时，应注意阳极电压场对测量电位的影响。很可能站内外电位同时偏移，只是偏移幅度可能不同，这为判断绝缘接头性能带来困难，因此，应利用站外线路电源通断，或临时安装通电设施来判断。

## 六、排流地床安装

目的：对管道进行排流保护。

工具：锌带，回填料，液压钳，热缩套管，火焰喷枪，线钳，铜管，锤子。

步骤：

1、在 200 米的沟内将锌带延沟两边进行铺设。

2、将靠近直流去耦合器一头的锌带用锤子砸掉锌保留中间的铁丝，铁丝长约 5cm 左右。

3、将砸好的铁丝与桩里的线用液压钳将两根线压在铜管上。

4、用喷枪将热缩管套套在压好的铜管上（注意：压管之前先套好热缩管套，如果有裸露的部分用绝缘胶布缠好）。

5、用万用表测量直流去耦合器桩内连接线，查看连接是否完善。

6、将回填料均匀的撒在锌带上边。

7、将沟正常回填。

数据：铺设好的锌带测量出来的数值应为 -1.10V 左右。

## 七、数据记录仪使用

### uDL2 数据记录仪使用方法

测量试片的交流电流密度、直流电流、通电电位、交流电压、瞬间断电电位以及去极化曲线

使用工具：uDL2,一平方厘米试片

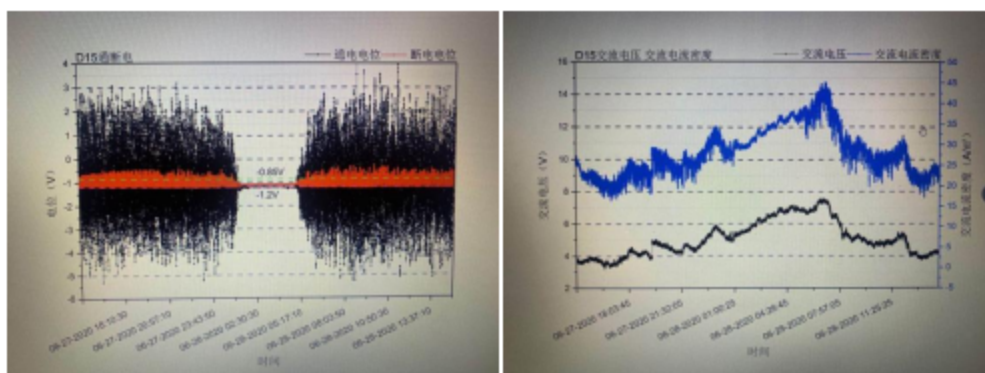
使用方法：

1、将试片埋至管道周边，试片与土壤接触紧密，保证试片可以很好的极化，三根测试线红色连接参比电极、黑色连接试片、蓝色连接管道，仔细检查后，再将 uDL2 与接口连接好（注意箭头方向），连接好记录仪启动开始记录数据。

2、测试完成后，先拔出 uDL2，然后再取出试片，锁好测试桩门。将数据导入至电脑，记录好测试位置，测试时间，删除数据备用。

测试要求监测不少于 20 个小时。

**注：电脑导出时会有极化时间 1 小时左右，绘图时应删除**



### uDL1 数据记录仪使用方法

uDL1 是一种高精度数据记录仪，专用于阴极保护测试，可以测试管道的通电电位和交流感应电压。该设备操作简单，装有一个大的液晶显示屏，可以随时读数。测量存储容量可达 50 万或 100 万条读数，装有长寿命可充电电池，可使测量的数据保存 6 个月以上。可选内置 GPS 接收器，可提供一个精确的时间基准和现场地理位置坐标。精巧的物理尺寸和较宽的工作温度范围使该仪器非常适合于一般的现场使用。

使用工具：uDL1、饱和硫酸铜参比电极（两只）、20 米软铜线

使用方法：

uDL1 检测交流电压数据线两端各连接 10 米铜线与硫酸铜参比电极连接好，横向、纵向检测动态电气化铁路，检测时在管道的上方进行检测，有电气化列车通过时 uDL1 进行数据记录。

测试完成后，先拔出 uDL1，然后再取出试片。将数据导入至电脑，记录好测试位置，测试时间。删除数据备用。

## 八、牺牲阳极安装

使用工具：万用表，饱和硫酸铜参比电极，焊锅，焊药，锤子，剥线钳，手持电动砂轮，喷灯，热熔胶，补伤片，工具箱，铁锹。

使用材料：镁牺牲阳极（两只）、长效参比电极、电缆、接线箱及配件。

安装方法：

1、将镁牺牲阳极一般放置在管道两侧 3-6 米位置如果位置不在这个范围内根据现场情况放置，长效参比电极放置在离管道尽量近的位置离牺牲阳极尽量远的位置，根据现场情况调整。

2、将需要焊接测试线的管道位置擦拭干净，随后用手持电动砂轮将防腐层破开，打磨管体至光亮，将预焊点擦拭干净，准备铝热焊。

3、将需要焊接在管道上的铜线准备好，剥线 2-3 厘米，把焊锅放到破开的管体位置将铜线放入焊锅底部凹槽内，焊锅内放好垫片倒入铝热焊剂抹均匀再倒入火药抹均匀，倒在焊锅边缘些以便进行点燃，（最好戴上手套以防烧手）焊接好后尽快拿下焊锅用锤子砸平，因需要焊接两点按以上步骤进行。



4、焊接完毕用喷灯烧烤热熔胶将防腐层破损部位滴满，后将补伤片烧烤至胶面融化粘在破损部位。



5、将接线箱内导线按顺序接好，将防爆接线箱悬挂在井壁上或安装在室外，测量数据并记录



## 九、干扰检测

使用工具：万用表、饱和硫酸铜参比电极（两只）、uDL1 数据记录仪、两条 10 米铜线

操作方法：

两条 10 米铜线各连接一只饱和硫酸铜参比电极

1、将业主方给的管道线路图、高压线、电气化铁路位置记录好，按照高压线，电气化铁路走向（尽量找车能到的位置）确定需要检测干扰的位置。

2、根据管线走势对经过线路上的高压输电线，电气化铁路交叉并行若干个点进行干扰测试，对附近的高压线名称，输电电压、电气化铁路进行奥维地图尽可能的标注对管线干扰的详细调查。

3、万用表对高压线路进行垂直、并行检测地电场，地电位，（地电位直流档两端各 10 米，地电场交流档两端各 10 米）根据现场情况对测试距离进行调整。

4、uDL1 检测交流电压数据线两端各连接 10 米铜线与硫酸铜参比电极连接好，横向、纵向检测动态电气化铁路，检测时在管道的上方进行检测，有电气化列车通过时 uDL1 进行数据记录。

测试完成后，先拔出 uDL1，再收集其他设备。将数据导入至电脑，记录好测试位置，测试时间。

## 十、土壤分层电阻的计算

总电阻值的计算

$$1/R_{\text{总}}=1/R_1+1/R_2+\dots+1/R_n$$

即总电阻的倒数等于各分电阻的倒数之和

## 十一、恒电位仪检测

使用工具：万用表

操作步骤：

1、进入阴保间，观察并记录恒电位仪的基本信息（型号、额定电压、额定电流、恒电位仪工作状态）；

2、将恒电位仪调至通断模式，观察恒电位仪通断是否正常。

3、使用万用表检测恒电位仪预制电位、输出电流、参比电位、输出电压；

具体操作步骤如下：

1、预制电位：使用万用表黑表笔连接参比电极红表笔连接零位线测电位。

2、输出电压：使用万用表黑表笔连接参比电极红表笔测电压。

3、参比电位：使用便携参比，便携参比放置长效参比处。

4、输出电流：使用万用表调至电流档，将恒电位仪的阳极和管道线拆开后串联。（如果电流过大会不会对万用表造成损坏？）

## 十二、发生腐蚀四要素

阴极、阳极、电解质、金属通路

## 十三、涂层工作原理、阴极保护工作原理

1、阴极保护工作原理:在一个腐蚀电池中，腐蚀发生在阳极，而阴极不发生腐蚀。如果用一个外置阳极把整个腐蚀电池变成阴极，原来的阳极在新的电路中就 成为阴极而免于腐蚀。

2、涂层工作原理:通过涂层隔绝腐蚀电池的电解质。

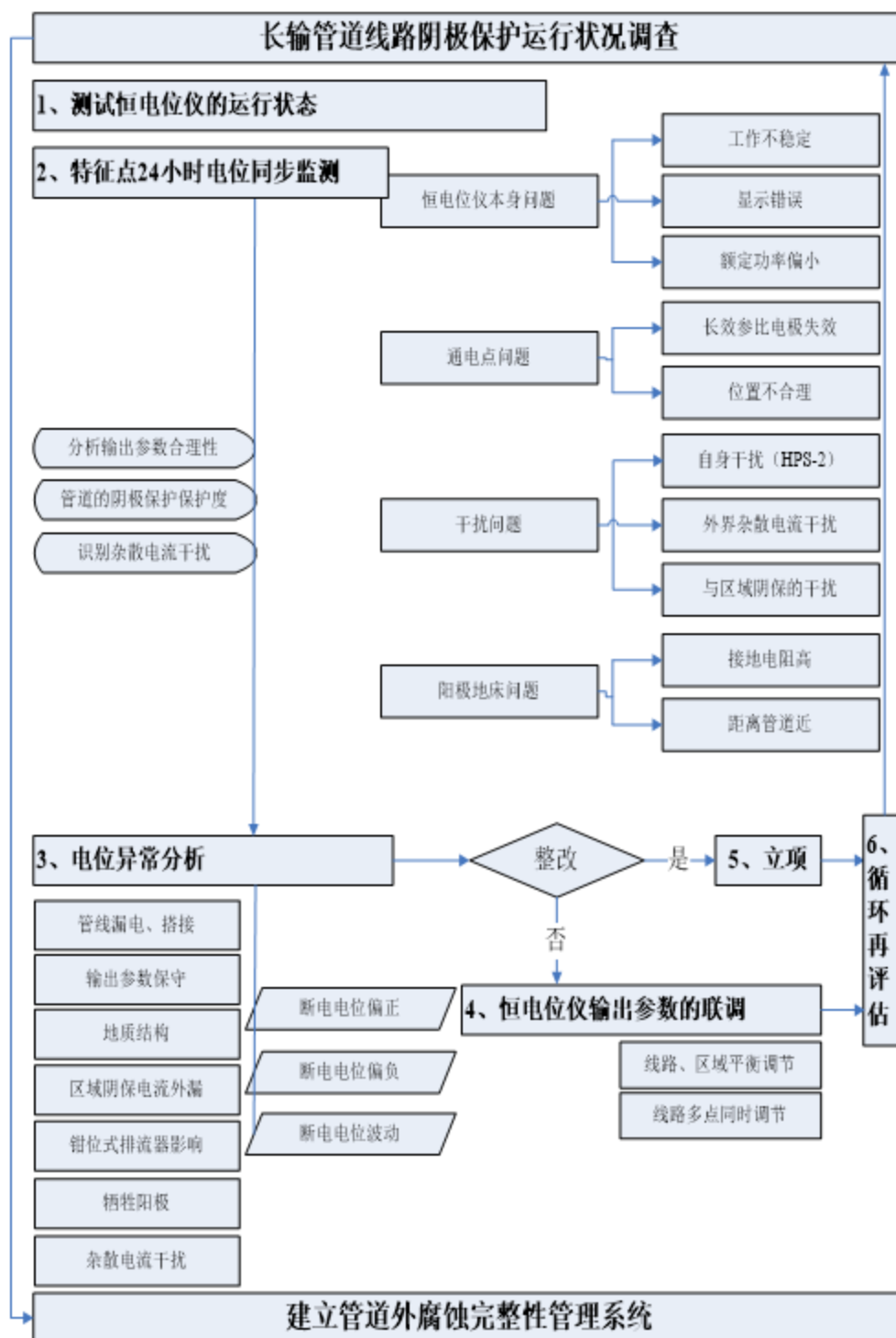
## 十四、阴极保护故障分析

故障类型	故障现象	故障排查
恒电位仪故障	(1)恒电位仪无法开机； (2)恒电位仪表头显示异常； (3)输出电压、电流、电位异常。	(1)机内输出保险管是否熔断； (2)恒电位仪自检； (3)依据厂家提供的操作规程对恒电位仪实施系统重启。 (4)恒电位仪连接部位检查； (5)确定线缆连接方式是否正确； (6)检测参比电极是否失效； (7)更换便携式整流器后进行对比。
阳极地床故障	(1)有输出电压，无输出电流，声光报警； (2)恒电位仪输出电压变大，输出电流变小，恒电位仪正常； (3)管线保护距离缩短。	(1)检查阳极电缆是否开路； (2)测试接地电阻是否过大，超过标准要求；现场踏勘阳极地床埋设位置距离管线是否合理； (3)检查附近是否存在第三方杂散电流干扰或金属物屏蔽。



故障类型	故障现象	故障排查
电绝缘系统故障排查	(1)恒电位仪输出电流增大； (2)未保护端电位升高； (3)管线保护电位不能达到标准要求。	(1)确定绝缘接头（法兰）两端无金属物搭接以及线缆连接完好； (2)测试绝缘接头（法兰）两端电位； (3)测试管线保护段和未保端电流大小以及流动方向。
埋地管道与其他金属搭接	(1)恒电位仪输出电流过大； (2)管线某些位置电位衰减较快； (3)管线某些位置腐蚀情况较严重。	(1)检查恒电位仪输出是否正常； (2)在管线异常点附近金属物上测试电位是否异常； (3)在管道上架设 PCM，检测管道内电流变化梯度，同时附近金属物上是否有电流以及电流流向。

## 十五、阴极保护系统运行状况调查流程



## 十六、ECDA 检测

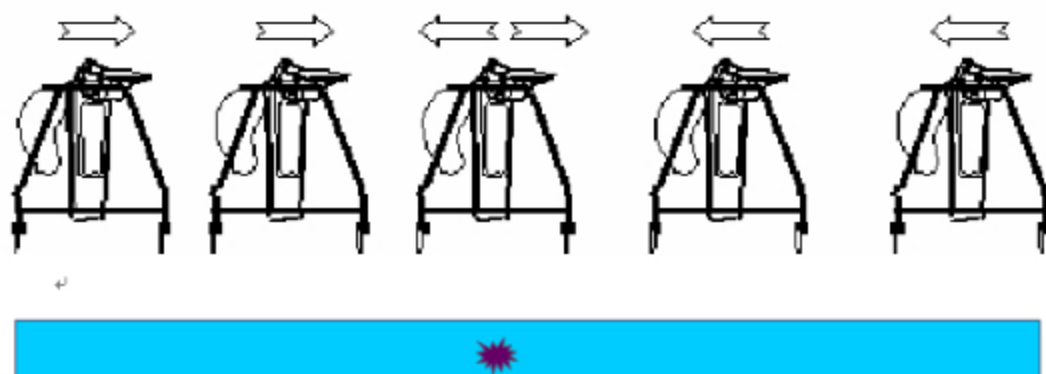
### 1、防腐层破损点检测工作 (PCM)

利用电流衰减法 PCM 的检测原理, 进行检测。PCM(PipelineCurrentMapper) 管道防腐层检测方法是一种应用电磁感应原理测定和评价埋地管道外防腐层缺

陷和总体状况的方法。现场测量时，先用发射机向被测管道施加一个电流信号，然后在地面上沿管道走向用接收机检测被测管道不同点的电流值。当检测信号电流从管道某一点供入后，电流沿管道流动并随距离增加而有规律地递减，防腐层不好或存在缺陷时电流就会加速衰减。采用多频管中电流法在地面进行管道全线防腐层检测，把现场检测的电流值输入计算机，根据电流衰减情况定性评价防腐层老化状况；找出防腐层破损漏电点，并用 GPS 对破损漏电点进行定位。

(1) 按照 PCM 说明书，采用 PCM 方法进行管线防腐层缺陷点（包括阀室保端管线、阀门防腐层）检测，确定防腐层缺陷点位置（管顶 GPS 坐标及埋深），并根据 ACVG 法的 dB 值确认缺陷的相对大小。

(2) 值得注意的是：对于安装了排流装置及河流穿越两侧安装有牺牲阳极的管段，应尽量断开排流装置和牺牲阳极后方可进行检测。



ACVG 防腐层缺陷检测示意图

(3) 采用 CIPS 测量防腐层缺陷处的  $V_{off}$ ，采用 DCVG 测量缺陷处电流方向，据此确认防腐层缺陷处管体的腐蚀活性。

(4) 根据 PCM 及 CIPS/DCVG 数据的综合分析，对防腐层缺陷点及其管体的腐蚀活性做出最终确认，并进行防腐层缺陷点的数量、分布统计；

(5) 对所测出的防腐层缺陷点进行标识，根据说明书给出的标准，按照缺陷的大小和管体的腐蚀活性进行防腐层缺陷点的分级：

严重—腐蚀发生的可能性最高；

中等—有可能发生腐蚀；

轻微—腐蚀活性低或可能性较小。

## 2、密间隔电位测量 (CIPS) 选自：埋地金属管道密间隔电位 (CIPS) 测量的建议操作方法，北京赛诺静远科技发展有限公司译

2.1 为了对测量结构进行连续的评估，对测量间隔的要求会根据电解质电阻和涂层电阻的不同而不同。但总的来讲，测量间隔要小于管道覆盖深度的 3.5 倍，从而保证测量的连续性。小于覆盖深度 2 倍的间隔并不会增强测量的精确度。

### 2.2 参比电极的放置

(1) 获得有效的管地电位读数需要正确放置参比电极，与电解质正确接触。

(2) 不能从结冰的地面、沥青或水泥地面采集管地电位。从这些地表条件所采集的电位读数都是无效的，需要重新采集。

(3) 在管道高于地面或管道加了套管的地区不能采集读数，在测量时要略过。同时要在数据流中对这些略过的地区进行记录，输入略过的正确的距离，并对现场特征进行标注。然后在管道重新埋藏或部分埋藏的地区开始重新测量。

(4) 受过高接触电阻影响的管地电位（偏差电位）测量是无效的。

a 很多情况下，电位没有偏差的测量是不可能的，但在测量始终，所采集的管地电位值必须是可辨别的。

b 没有获取有效电位数据的区域，或由于接触电阻所造成的无法解译的读数的区域，都需要从最近的金属连接点开始重新进行连续测量。

c 干燥的土壤、岩石状况、过多的植被以及其他条件都需要采用浇水、挖坑、或砍伐植被的方法以获取有效的管地电位读数。

d 接触电阻是密间隔测量方法中采集准确的电位数据的最大障碍。接触电阻是在参比电极接触土壤时由过硬或过干的土壤、植被、岩石、或其他的一些问题所导致的。因此，测量工作计划需要将季节性的降雨考虑进去，或者在需要时向地表浇水。

(5) 管道 **right-of-way** 的条件可能会导致无法在管道正上方进行测量。

a 在管道中线的旁边获取电位数据也许是很有帮助的

b 瞬时关闭电位可以表示管道的保护水平，但是与增加覆盖深度相比，精确度就会降低。

c 需要在数据中进行记录，注明测量距离是偏离管道的中线的。偏离测量的原因和偏离方向（左右）也应该进行记录。

d 需要在数据中进行记录，注明什么时候是条件允许时在管道正上方进行的测量。

### 2.3 测量区域

(1) 所有其它地区都应进行测量，包括湖泊、水道、沥青或水泥覆盖的大片区域、住宅区等。包括其他一些设备，包括船、沼泽车、钻孔机、梯子等。

(2) 对于管道埋藏于沥青或水泥下的地区，要考虑获取数据的收益是否与获取数据的成本相当。

(3) 如果无法测量的区域相对较短，而区域两侧的电位能够表明保护水平具有连贯性，则这段区域可以视为被充分保护。

(4) 如果无法测量区域较长，通过其两侧的电位也无法判断其保护水平，则需要在这段地区钻孔，从而获取电位数据。钻孔的尺寸需要能够放入一个参比电极。钻一个 0.5cm (0.25) 英寸的洞，向洞中洒水，使其表面生成一个电位值。洞之间的间隔取决于障碍物的长度、管道的埋藏深度、管道的直径和涂层的有效性。

(5) 河流、湖泊、池塘、沼泽以及其他水体形势都需要使用特殊装备进行测量，如穿、沼泽车、气垫船、等。这些位置可以在正常测量结束后一起进行，以节省测量时间，方便特殊装备的携带。

### 2.4 通常从一个金属连接点测量到下一个金属连接点，计做一个测量段，以获得金属 IR 降。Proposed Standard NACE International 25

(1) 在测量工作进行当中，测量线经常被外力拉断，而通常找到断点再把线接上是很不现实的。这种情况下就需要在测量中断的位置做上标记，然后再反方向测量到这一点。前后两次测量的终点必须相符。

(2) 如果担心 IR 降太高，则需要沿着测量线断裂的地方重新进行测量，以获得金属 IR 降。

2.5 在电位较低的位置，并且当读数发生剧烈变化时都应该采集额外的读数，包括侧面电位、waveprints 和交流电位。在每个测量段的开头或者是数据好像受到干扰时都应该检查电池。

- (1) 检查数据。
- (2) 静止站立调试测量速度。
- (3) 正常地表状况和浇水。

2.6 测量到下一个测试桩时，记录正确的测量值，结束这一测量段，然后拉断测量线，再重新连接上下一个测试桩。

### 3、杂散电流干扰检测

#### 3.1 直流干扰检测

1. 主现场检测时发现电位存在异常偏移或异常波动时，应进行直流杂散电流干扰调查和测试。

2. 直流杂散电流干扰调查包括管道沿线恒电位仪输出同步监测及管地电位同步测量，管地电位同步测量分两阶段测试。

3. 第一阶段是在恒电位仪原始工作状态下实现 GPS 中断，同步监测阴极保护系统通电点电位及恒电位仪输出电流的同时，长输管在线同步开展杂散电流干扰调查（ON/OFF 电位监测）。确定管线干扰源的干扰范围、数目及大体位置。

4. 第二阶段是分析第一次的检测结果，调整电位监测点的位置，在阴极区、阳极区电位波动相对剧烈区段及阳极区与阴极区分界区段多个测试点同步连续监测 ON/OFF 电位 24 小时，每个区段至少同步监测 10 个测试点，确定干扰源准确位置、管道的阳极区和阴极区。

#### 3.2 交流干扰检测

1. 进行交流杂散电流干扰检测辅助工作，调查交流高压输电线路和交流电气化铁路对管道的影响，按照 GB/T50698-2011《埋地钢质管道交流干扰防护技术标准》的要求，检测分为普查和详查两个阶段。

- (1) 线路交流杂散电流干扰的普查测试

按照 GB/T50698-2011 和 GB 50991-2014 调查测试的要求，首先与 PCM 同步对沿线位于变电站、高压输电线、电气化铁路等干扰源附近的管线，进行干扰源基本情况(包括管道与变电站/高压输电线/电气化铁路的接近距离和长度测量、高压输电线接地系统的类型及与管道的距离测量、电气化铁路牵引变电所位置、馈电网络及供电方式等)调查，逐个测试桩进行管地交流电压测量，对与高压交流输电线路接近的管段，各点测试时间为 5min，记录最大、最小、平均值以及每次测量的时间，对与交流电气化铁路接近的管段，测试选择在列车运行的高峰时间段上，依据 GB/T50698-2011 和 GB/T 21447-2018 标准的判定准则，根据交流电压、交流电流密度(计算数据)对沿线交流干扰程度进行判断，初步确定干扰来源、干扰类型、干扰区域；

## (2) 线路交流杂散电流干扰的详细测试

根据普查测试结果对干扰较严重的管段进行详细加密测试，测定时间段分别选择在干扰源的高峰、低峰和一般负荷三个时间段上，测定时间；对强度大或剧烈波动的干扰区段、普查测试期间测得的交流干扰电压最大和交流电流密度最大的点，进行连续测试。干扰测试应注意同一干扰区段测试的同步性(包括测定时间段、读数时间间隔、测试点等)。

根据测试结果，做出管地交流电压、交流电流密度沿管道的分布图及各测点随时间的变化曲线。

对于阴保站附近管道交流干扰情况进行详细测试，分析其对阴极保护运行状况的影响。

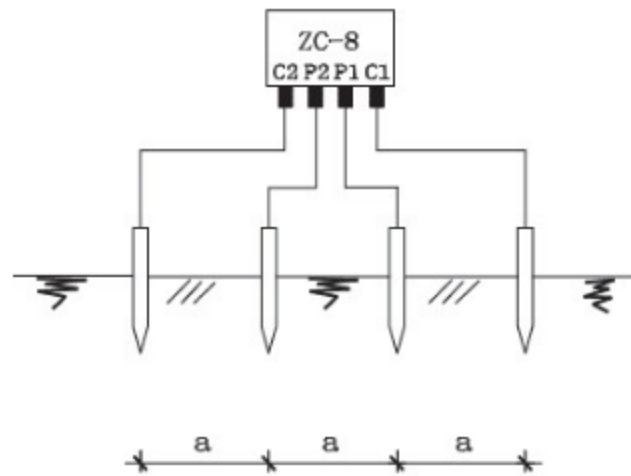
另外，考虑到交流腐蚀问题的复杂性，根据国标 GB/T50698-2011，为了确认交流腐蚀的存在，应选择交流干扰严重管段所存在的防腐层缺陷点进行开挖验证。

## 4、土壤电阻测试

(1) 首先按照接线示意图进行接线，在管道测试桩处，将四支金属接地极插入土壤中(靠近管道最近的金属电极与管道间距不宜过小)，使之与土壤接触良

好。在测试过程中，将 4 支电极依次与 ZC-8 接地电阻测试仪的四个端子相连接，测试电阻值。

(2) 布好电极后，转动接地电阻测试仪的手柄，使手摇发电机达到额定转速，调节平衡旋钮，直至电表指针停在黑线上，此时黑线指示的刻度盘值乘以倍率即为接地电阻值。然后，采用规定公式 $\rho=2\pi aR$  计算该地段的土壤电阻率。



土壤电阻率测试试接线图