SY

中华人民共和国石油天然气行业标准

SY/ T 5919—94

埋地钢质管道干线电法保护技术管理规程

1994-04-06 发布　　1994-10-01 实施

中国石油天然气总公司　发布

目　　次

1　主题内容与适用范围 …… (1)
2　引用标准 …… (1)
3　术语 …… (1)
4　电法保护运行前的基本要求 …… (2)
5　运行及管理 …… (3)
6　防腐涂层的管理 …… (8)
附录 A　埋地钢质管道阴极保护度测试方法 (参考件) …… (10)
附录 B　AY-508 型管道防腐层绝缘电阻测量仪使用说明 (参考件) …… (12)
附录 C　便携式土壤腐蚀测量仪使用说明 (参考件) …… (16)
附录 D　地下管线阴极保护多功能测量探头使用说明 (参考件) …… (18)

中华人民共和国石油天然气行业标准

SY/ T 5919 -94

埋地钢质管道干线电法保护技术管理规程

1 主题内容与适用范围

本标准规定了埋地钢质管道干线电法保护技术管理的基本要求。

本标准适用于埋地钢质石油、天然气管道干线，成品油与水埋地钢质管道的电法保护亦可参照使用。

2 引用标准

SYJ 7 钢质管道及储罐防腐蚀工程设计规范
SYJ 17 埋地钢质管道直流排流保护技术标准
SYJ 19 镁合金牺牲阳极应用技术标准
SYJ 20 锌合金牺牲阳极应用技术标准
SYJ 23 埋地钢质管道阴极保护参数测试方法
SYJ 32 电力线路对埋地钢质管道交流电干扰测试方法
SYJ 4006 长输管道阴极保护工程施工及验收规范
SYJ 36 埋地钢质管道强制电流阴极保护设计规范

3 术语

保护率:对所辖埋地钢质管道施加阴极保护的程度。计算公式如下:

$$保护率=\frac{管道总长-未达有效阴极保护管道长}{管道总长}\times 100\% \quad \cdots\cdots(1)$$

运行率: 埋地钢质管道年度内阴极保护有效投运时间与全年时间的比率。计算公式如下:

$$运行率（年）=\frac{年度内有效投运时间（小时）}{全年小时数}\times 100\% \quad \cdots\cdots(2)$$

保护度. 衡量埋地钢质管道阴极保护效果的指标。一般用失重法计算。计算公式如下:

$$保护度=\frac{G_1/S_1-G_2/S_2}{G_1/S_1}\times 100\% \quad \cdots\cdots(3)$$

式中: G_1——未施加阴极保护检查片的失重量，g;
S_1——未施加阴极保护检查片的裸露面积，cm^2;
G_2——施加阴极保护检查片的失重量，g;
S_2——施加阴极保护检查片的裸露面积，cm^2。

注 检查片的埋设及处理见附录A（参考件）。

电法保护. 通过电学方法抑制金属腐蚀的措施。

中国石油天然气总公司 1994-04-06 批准　　1994-10-01 实施

4 电法保护运行前的基本要求

4.1 电法保护专业人员应参加由生产管理、设计、施工部门组成的工程验收小组。电法保护工程质量应达到SYJ 36规定的标准，并符合SYJ 4006的规定。

4.2 管道管理部门应注意收集、整理、保存由设计、施工单位提供的和其他来源获得的文件、图纸资料和原始资料，主要包括以下内容：

a. 管道走向带状图；

b. 电法保护系统及单体图；

c. 全线防腐层结构、分布、补伤等资料；

d. 管道附属设施，如固定墩，穿、跨越，阀室，套管等分布、结构、防腐保护状态一览表或资料；

e. 管道自然电位分布曲线图，对于交、直流电干扰管段，应提供干扰段长度、起止点，最大、最小干扰电位分布曲线，最大、最小干扰电位—时间分布曲线；

f. 沿线土壤电阻率或土壤腐蚀性分布；

g. 设计、施工更改、设备合格证、说明书等其他相关资料；

h. 管道腐蚀穿孔分布、测试及分析记录等。

4.3 保护站和管理机关应配备必要的设备和仪表、工具，明细见表1。

4.4 阴极保护岗位的人员上岗前应进行技术培训。

表1 管理机关、保护站主要设备配置

序号	名　称	数量	型号及技术性能	配置单位
1	防腐层检漏仪	2台	—	保护站
2	示波器	1台	—	保护站
3	接地电阻测试仪	1台	—	保护站
4	万用表	3块	直流内阻大于$1\times10^4\Omega/V$	保护站
5	维修工具	2套	电工或仪表工工具	保护站
6	对讲机	1对	对讲距离5km	保护站
7	管道监测车	1辆	—	管理机关
8	防腐层绝缘电阻测量仪	2台	0.3～200kHz	管理机关
9	计算机	1台	PC/AT微机 (10MB以上硬盘、1MB以上内存)	管理机关
10	石油沥青防腐层三项指标测试仪	1套	—	管理机关
11	自动平衡记录仪	2台	量程0～10V	管理机关
12	C31—V腐蚀测量仪	4块	零点在中间	管理机关
13	便携式土壤腐蚀测试仪	1台	0～50mA	管理机关

注　1 表中第11，12两项中，可根据干扰段长度适当增加数量。

2 表中第7项中，保护站应配置管道专用一般车辆。

5 运行及管理

5.1 通则

5.1.1 埋地钢质管道必须按 SYJ 7 第 3 章中有关规定投运电法保护，中断运行和停止使用的管道，在未明确报废前，电法保护应保持连续投运。电法保护的主要控制指标如下：

a. 保护率等于 100%；

b. 运行率大于 98%；

c. 保护度大于 85%；

d. 保护电位：一般地区为-0.85V 或更负；当土壤或水中含有硫酸盐还原菌且硫酸根含量大于 0.5%时为-0.95V 或更负（应考虑 IR 降的影响）。特殊场合可采用电位负偏移等指标。

直流电干扰地区的排流保护标准应符合 SYJ 17 中表 4.1.2 的规定。

交流电干扰排流保护标准为：酸性土壤中小于 6V，中性土壤中小于 8V；碱性土壤中小于 10V。

5.1.2 管道保护状态的确认，应采用测量管地电位判断。管道保护电位负于本标准中 5.1.1（d）的控制指标。

5.1.3 硫酸铜参比电极的配制应符合如下规定。

5.1.3.1 液态硫酸铜参比电极底部渗透膜应渗而不漏。作恒电位仪信号源的参比电极时，每周查看一次，严防冻结和干涸；作现场测量时，使用后要保持清洁，防止污染。

参比电极中的紫铜棒应定期擦洗，露出铜的本色。

配制饱和硫酸铜溶液必须使用化学纯硫酸铜晶体和蒸馏水。

5.1.3.2 固态长效硫酸铜参比电极用于恒电位仪信号源时，应埋入冻土层以下，参比电极周围应充填填包料，旱季应在地面定期浇水湿润。填包料配方见表 2。

用于现场测量时，应提前用饱和硫酸铜溶液浸泡 12h。

表 2　固态长效硫酸铜参比电极填包料配方

成分及型号	石膏粉	圆明粉	膨润土	Ⅰ型	Ⅱ型
比例及重量	75%	5%	20%	7kg	8kg

5.1.4 测试桩应以一条管线为单位统一规格，由起点至终点统一编号，钢筋混凝土或石料桩露出桩台 50～55cm 为宜。

测试桩的主体为白色，用红色仿宋体字注明线别及桩号。

测试线的绝缘电阻值应大于 $10\times 10^4\Omega$。

每月应进行一次检查、维护，每年进行一次检修，必须保持标记清楚、完整。

5.1.5 每月检测一次绝缘法兰两侧的管道对地电位。与上次测试结果差异过大时，应对其性能进行鉴别，发现有漏电，应采取措施。

应定期维护绝缘法兰并保持清洁、干燥。

5.1.6 本标准中的测量方法按表 3 执行。

表 3　电法保护主要参数测量方法一览表

序号	测量参数	测量方法及标准	适用程度
1	阴极保护电参数	SYJ 23	执行
2	直流电干扰及排流保护参数测试	SYJ 17	执行
3	交流电干扰及排流保护参数测量	SYJ 32	执行
4	防腐绝缘层电阻率测量	选频—变频法 [见附录 B(参考件)]	推荐采用
5	埋地管道环境腐蚀性的测试	原位极化测量法 [见附录 C(参考件)]	推荐采用
6	管道电流密度及 *IR* 降测量	阴极保护多功能测量探头法 [见附录 D(参考件)]	推荐采用
7	防腐层检漏	地面检漏仪法	推荐采用

5.1.7 电法保护及腐蚀调查宜采用表 4 所列的标准型测量仪表。

5.1.8 仪表使用规则如下所述。

5.1.8.1 必须按使用说明书的规定进行操作、保养、维护。

5.1.8.2 各类测量仪器（表）应按有关规定的检定周期进行检定，检定证书存档。

5.1.8.3 所有测量连接点，必须保证电接触良好。

5.1.8.4 测量用导线宜用铜芯绝缘软线。当存在电磁干扰时，宜选用屏蔽导线。

5.1.8.5 管地电位测量应采用铜—饱和硫酸铜电极作为参比电极。制作材料及使用要求应满足 SYJ 23 标准中有关规定。

5.1.8.6 仪器（表）使用完后要擦洗干净，长期不用要退出表内干电池，以防止电解液流出损坏表内零件。仪器（表）应存放在干燥、通风、无腐蚀性物质和强烈振动的场所。

5.2 强制电流阴极保护系统的运行管理

5.2.1 保护间与电源设备的管理

5.2.1.1 保护间不得与其他用途的房间合用，并应保持清洁、无尘、通风、干燥，仪器、设备、工具摆放整齐。要有"三图"（即管道走向图、保护电位曲线，管道保护工岗位责任制）。

5.2.1.2 阴极保护电源设备(主要是恒电位仪)应做到无灰尘、无缺件、无外来物，技术状态良好。

5.2.1.3 恒电位仪等电源设备应定期切换运行，切换周期每月一次为宜。备用设备应完全切断与阴极保护系统的电联接。

表 4　标准型测量仪表

序号	名称及型号	量　　程	精度	内阻	外附电源
1	DT830，DT860，DT890 袖珍数字万用表	—	0 5 级	10MΩ	干电池
2	3211，3211B 袖珍数字万用表	—	0 5 级	10MΩ	干电池
3	便携式自动平衡记录仪	+5mv～± 10V,十档,零点可调,八个走纸速度	0.5 级	20kΩ～1MΩ	交、直流两用，可附干电池
4	C31—V 腐蚀测试仪	± 1～± 750V，八档，零点在表盘中心	2 5 级	20kΩ／V	无
5	C31—mV 腐蚀测试仪	± 5／10／50／500mV 零点在表盘中心	1.0 级	2kΩ／V	无
6	C31—A 直流电位差计	0～7.5，0～15，0～30，0～75，0～150，0～300，0～750mA，0～1 5，0～3，0～7 5，0～15，0～30A	—	μ=27～45mV	无
7	UJ33 直流电位差计	0～100mV	0 1 级		干电池
8	ZC—8 接地电阻测定仪	0～1／10／100Ω 四级	0 5 级		无
9	示波器	—	—		交流 220V
10	ZC—11 兆欧表	0～∞MΩ	—		无
11	防腐层检漏仪	—	—		干电池（电瓶）
12	便携式土壤腐蚀测量仪	0～50mA	0 5μA		干电池
13	变频—选频法防腐绝缘电阻仪	0 3～200kHz	± 0 5dB		干电池

5.2.1.4 恒电位仪等电源设备应每月维护保养一次，每季检查维修一次，以保证仪器设备技术性能达到出厂技术指标。

5.2.1.5 恒电位仪等电源设备应有避雷措施。

5.2.1.6 应逐台建立设备档案，认真填写运行、维修、事故记录

5.2.1.7 在设备维修中，不得擅自改变结构和线路；需要改装时，要提出申请，报业务主管部门批准，并绘制改装后的图纸存档。

5.2.1.8 阴极保护电源设备报废条件为:

a. 阴极保护电源设备使用已 10a 以上，

b. 无法修复或修复已不经济；

c. 技术性能已明显落后。

5.2.1.9 应收集、整理并妥善保存下列运行资料：

a. 管道保护电位分布记录；

b. 阴极保护运行记录；

c. 防腐层检漏修补记录；

d. 牺牲阳极输出电流、开路电位、保护电位分布记录；

e. 阴极保护电源设备故障及维修记录；

f. 交、直流电干扰测试，排流保护及效果分析记录；

g. 管道事故及抢修记录等。

5.2.2 阴极保护系统其他设备的运行管理

5.2.2.1 阳极架空线，应每月沿杆路检查一次线路完好情况。检查内容主要有：电杆有无倾斜；瓷瓶、导线是否松动；阳极导线与地床连接是否牢固等。发现问题，及时处理。

5.2.2.2 每年雷雨季节前，应检查测试一次架空线路避雷设施，防雷接地电阻不得大于10Ω。

5.2.2.3 阳极地床接地电阻应每月测试一次。发现阻值逐月上升或突然大幅度上升时，应分析原因，找出问题，并采取措施进行处理。

当阻值升高到极限并经判断无法处理时，应更换阳极地床。参照判断公式如下：

$$R \geqslant \frac{U}{I} - 1 \qquad \cdots\cdots(4)$$

式中：R——阳极接地电阻值，Ω；

U——阴极保护电源设备额定输出电压，V；

I——管道实际阴极保护电流，A。

5.2.3 强制电流阴极保护的运行

5.2.3.1 管道阴极保护不得任意中断，因故障停运12h以上，由上级主管部门批准。应避免利用管道调整、检修电源设备；需要时，每次不得超过2h，全年不得超过10次。

5.2.3.2 各保护站汇流点电位绝对值在该站保护终点达到保护电位标准的前提下越小越好。对石油沥青防腐涂层的管道一般控制在|1.25|V以下，特殊场合也不宜超过|1 50|V。

5.2.3.3 保护工每日巡检阴极保护电源设备一次，应测试和调整汇流点电位，记录汇流点电位、保护电流、输出电压等，并填写在运行记录表上。无人值守的中间站可酌情减少巡检次数。

5.2.3.4 保护站在调整汇流点电位时，应与上、下站加强联系，避免相互影响。

5.2.3.5 每月必须逐桩测量管道、保护电位一次，并进行保护状态分析，将保护电位、月平均保护电流、月平均输出电压等参数填入统一格式的报表，会同保护状态分析报上一级主管部门备案。

在寒冷地区的冬季测量管道保护电位时，可根据实际情况适当减少测点。保护末端的测试点必须每月测试，其他测点每次应轮换测试。

5.2.3.6 每年测量全线自然电位一次。测量时间由主管部门确定，但不宜选择在冬季。测量工作应在全线阴极保护停运24h后开始。

5.3 牺牲阳极保护系统的运行管理

5.3.1 牺牲阳极埋入地下，填包料浇水10d后应进行保护参数的投产测试，测试项目一般有：

a. 阳极开路电位；

b. 阳极闭路电位；

c. 管道开路电位（投运前为自然电位）；

d. 管道保护电位；

e. 单支阳极输出电流；

f. 组合阳极联合输出电流，

g. 单支阳极接地电阻；

h. 组合阳级联合接地电阻；

j. 阳极埋设点土壤电阻率。

所有参数的测量应符合 SYJ 23 的规定。

5.3.2 牺牲阳极投入运行后，相邻两组阳极之间的所有管道保护电位，应达到本标准 5 1 1 条所规定的指标。

5.3.3 为了便于测量，在相邻两组阳极的管段中间，应根据需要适当设置电位测试桩，桩间距以不大于 500m 为宜。

5.3.4 牺牲阳极投入运行后，应定期进行监测，至少每半年测量一次管道保护电位和阳极输出电流阳极开路电位、阳极接地电阻和阳极埋设点土壤电阻率，可根据需要作不定期测试。

5.3.5 对牺牲阳极保护系统，每年至少应维护一次。

5.4 干扰腐蚀与防护的运行管理

5.4.1 直流电干扰与防护的运行管理

5.4.1.1 直流电干扰判定标准

a. 当在管道任意点上管地电位较自然电位正向偏移 20mV 或管道附近土壤中的电位梯度大于 0 5mV／m 时，确定为有直流电干扰；

b. 当在管道任意点上管地电位较自然电位正向偏移 100mV 或管道附近土壤中的电位梯度大于 2 5mV／m 时，管道应采取直流排流保护或其他防护措施。

5.4.1.2 直流电干扰的测试、排流保护、效果评定及管理应按 SYJ 17 中的规定执行。

5.4.2 交流电干扰与防护

5.4.2.1 交流电干扰判定标准：

a. 当管道任意点上管地交流电位持续 1V 以上时，确定为有交流电干扰；

b. 当中性土壤中的管道任意点上管地交流电位持续高于 8V、碱性土壤中高于 10V 或酸性土壤中高于 6V 时，管道应采取交流排流保护或其他防护措施。

5.4.2.2 管道与电力系统接地体间的安全间距应符合表 5 的要求。

表 5　管道与电力系统接地体间的安全距离

高压线电压等级 kV		35 以下	110	220
最小安全距离 m	铁塔或电杆附近	0 75	5	10
	电站或变电所附近	2 5	15	30

5.4.2.3 管道与高压电力架空线、Ⅰ或Ⅱ级通信线平行时的距离应符合表 6 的要求。

表 6　管道与架空电力线、通信线平行时的允许间距

架空电力、通信线路等级	Ⅰ，Ⅱ级通信线	10kV 电力线	35kV 电力线	110kV 电力线
与管道的最小垂直距离　m	25	15	50	100

5.4.2.4 交流电干扰的测试执行 SYJ 32 标准。

5.4.2.5 当测知管道上产生交流电干扰时，应及时向上级主管部门申报，由上级主管部门组织进一步测试核查，再由上级主管部门组织或委托专业设计部门提出防护设计，并组织实施。

5.4.2.6 交流电干扰防护措施，应优先选择避让措施；当避让困难时，可选择以锌位式交流排流保护为主的综合防护措施。

5.4.3 交流电干扰防护的运行管理

5.4.3.1 管道部门每年应对所辖管道进行一次交流管地电位测试，特别对与输电线路平行间距小、平行段较长，距输电线路杆（塔）避雷接地体、变电所接地网较近等干扰可能性大的管段应重点监测。当发现有干扰时，应按 SYJ 32 的规定进行详测，并将结果报告上级主管部门。

5.4.3.2 对已采取防护措施的交流电干扰管段，应采取如下管理措施：

a. 每月测定一次交流电干扰电位、排流电流量；

b. 每月检查一次排流设施的技术状况，并进行维护；

c. 每年进行一次效果分析，并进行排流保护设施的调整。

6 防腐涂层的管理

6.1 石油沥青防腐层的技术等级和维护方式

6.1.1 防腐层技术等级以绝缘电阻率为依据，等级划分见表 7。

表 7 防腐涂层技术等级划分(变频—选频法)

绝缘电阻 / 内容	＞10000 Ω·m²	5000～10000 Ω·m²	3000～5000 Ω·m²	1000～3000 Ω·m²	＜1000 Ω·m²
等级	一级（优）	二级（良）	三级（可）	四级（差）	五级（劣）
损坏或老化程度	基本无损坏或老化	损坏或老化轻微	损坏或老化较轻	损坏较重或局部严重	损坏或老化严重

6.1.2 管理单位应依据防腐层技术等级，采取不同的维护方式或措施（参见表 8）。

表 8 不同等级防腐涂层采取的维护方式

序号	防腐层面电阻 Ω·m²	技术等级	对防腐层采取措施
1	＜1000	5	大修
2	1000～3000	4	1 加密测点进行小区段测试； 2 对加密测点测出的＜1000Ω·m² 段进行维修
3	3000～5000	3	每年进行检漏和修补
4	5000～10000	2	每二年为一个周期(每年三分之一）进行检漏修补作业
5	＞10000	1	暂不维修和补漏

6.1.3 防腐涂层绝缘电阻测定周期规定如下:

a. 管道投产后，即应对全线进行防腐涂层绝缘电阻率的测试，并作为原始资料存档;

b. 运行 10 年内的管道，每五年测定一次;

c. 运行超过 10 年的管道，每三年测定一次。

6.1.4 防腐层大修、维修后，其绝缘电阻率应达到表 7 规定的二级以上水平。

附 录 A
埋地钢质管道阴极保护度测试方法
(参 考 件)

A1 埋设检查片的目的

埋设检查片是研究管道腐蚀的一项重要手段，可定量分析管道的阴极保护效果，从中获得管道阴极保护的经验。

A2 检查片的制备

A2.1 检查片的材质为 16Mn 钢板，与油（气）管道的材质相同。
A2.2 检查片为长方状，外形尺寸长× 宽× 高，mm: 100× 50× 5。
A2.3 检查片应利用磨床加工表面，使其表面光洁度达 Ra1.6μm。
A2.4 检查片要统一编号，用中号钢字横排打印在每片的右上角。

A3 检查片的埋设

A3.1 检查片埋设前必须进行表面清理和称重，其方法要求如下：首先用不含漂白粉的洗涤剂擦洗水冲，用清净的软布除去表面的残屑油污，然后用丙酮清洗脱脂，用滤纸吸干，用干净白纸包好，放入干燥箱内干燥 10～20h；最后将检查片用天平称重，记录原始重量和表面积。称重用的天平精度为 10mg。称重后用蜡或其他方法将编号覆盖，放入干燥器中保存。
A3.2 检查片表面清洗称重完成后，应尽快埋入试验点，如果搁置时间过长，应检查是否有生锈现象，如已生锈，则必须先行除锈后再按上述方法重新处理。
A3.3 实验点由各主管部门选定，其要求如下：

实验点应选择有代表性土壤和比较典型的环境中，如盐碱地带、沼泽、稻田地区、杂散电流大的地区等等，同时应兼顾交通方便、便于管理等条件。对于无防腐绝缘层的检查片，埋设地点应远离阴极通电点，一般可距汇流点 10km 以上，用作分析阴极保护度的检查片应埋设在保护管道的末端。
A3.4 检查片 12 片为一组，其中六片与管道相连，使其与管道一样得到阴极保护；六片不与管道相连，使其不受阴极保护。检查片与管道的联结方法是以导线端与阴极保护测试线搭接，另一端用螺栓与检查片接线孔相连接，不得使用焊接方法。
A3.5 一组内的检查片应埋设在条件相同的土壤中，检查片要垂直于管线与地面，阔面相对，片间间距为 250～300mm，检查片中心与管线中心处于同一标高，检查片中心与管线轴心距 1.5～2.0m(如图 A1)。在埋设回填检查片时，注意不要破坏原有土层次序。禁止用脚踩等方法将检查片踩入或打入土中，回填时要分几层踩实。
A3.6 检查片埋设后，应在里程桩上作明显永久性标志，并对实验点土壤性质、酸碱性、杂散电流、埋设深度、排列方法等作详细记录。

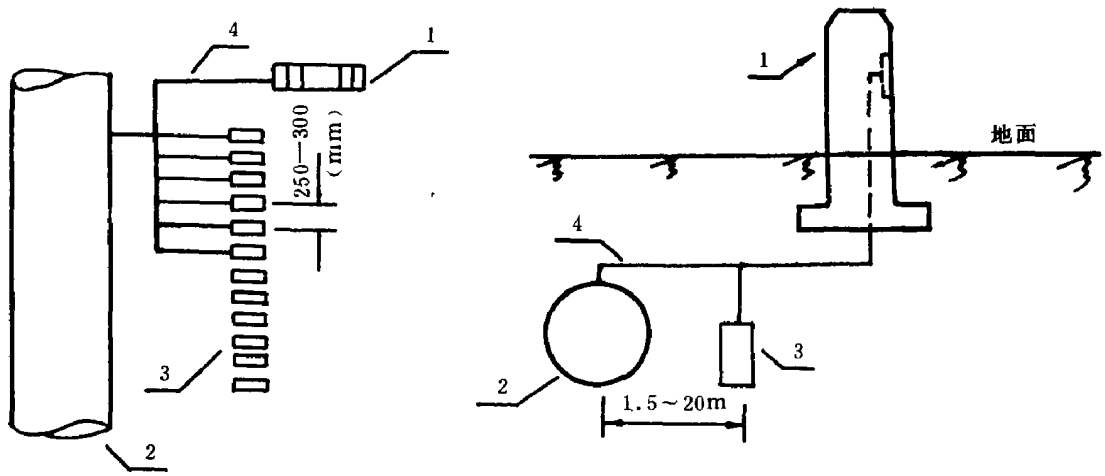
A4 检查片的管理及挖掘实验

A4.1 检查片埋设后要加强管理，避免遭到破坏，并按月测试电位。
A4.2 检查片定期取出进行实验，每次分别取出埋设通电保护与未通电保护的检查片各两片，每隔一年进行一次。挖掘埋设时应避免破坏其他不取出的检查片。
A4.3 检查片挖掘时除现场摄取检查片的外观照片外，还应作好现场记录，包括检查片颜色、光泽等方面的外观描述，腐蚀产物的分布、颜色、厚度、紧实度、构造（层状、粒状、多孔）等方面的描

述。

A4.4 现场记录后将检查片保持原状，带回室内。除去腐蚀产物（但不得用利器刮蹭），可使用10%H_2SO_4+0.5%硫脲溶液处理2～8h。然后按A3.1的方法进行表面清洗和称重（使用天平的精度与测原始重量时的天平相同）。

A4.5 按（3）式计算保护度。



图A1 检查片埋设示意图

1—测试桩；2—管道；3—检查片；4—连接线

A5 检查片埋设记录及实验报告单的填写

A5.1 检查片埋设记录表．每埋设一组检查片填写一式三份，报主管部门一份。

A5.2 检查片开挖实验报告单．每开挖取片实验一次，填写一式三份，报主管部门一份。

A5.3 每开挖补设一次，要认真填写原始记录并报主管部门备案。

A6 分析与建议

A6.1 保护度一般应在85%以上为合格。

A6.2 经分析，如保护度不合格，应结合阴极保护运行情况，特别是保护电位的情况，分析原因，并提出改进措施。

A6.3 结合检查片的腐蚀情况、腐蚀产物，分析腐蚀原因、特点、性质，对保护方法提出意见。

附 录 B
AY-508 型管道防腐层绝缘电阻测量仪使用说明
(参 考 件)

B1 仪器的使用与校准

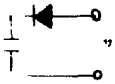
B1.1 检查电源并充电

a. 将随机带的标准电源线，插入侧面电源进线插座,引入 220V 市电;

b. 将电源开关置"—"位置时，则电源指示灯亮，表示电源接通;

c. 将电源开关置"off"位置时，整机处于停机状态;

d. 当电源开关置"—"位置时，为整机机内电池组供电;

e. 当电源开关置""位置时，为整机内部充电，这时表头指针逐渐向黑线带靠近，表明充电正常，当表针指示在黑线带内，连续充电 5～8h，电池可连续工作 4～5h。

B1.2 选频指示器校准

a. 宽频校准：将测量电平开关（S3）置▲；功能选择开关（S2）置"宽频"，调整电位器（RP1）使表头指针指向 0dB 位置;

b. 选频校准：将电平开关（S3）置▲校准位置；功能选择开关（S2）置"选频"位置，此时摆动频率旋柄，使频率显示 100kHz± 20Hz 时，表头指针会起动到最大值，然后调整电位器（RP2）使指针指到 0dB 位置，即自校完毕。

这项校准可在到现场使用之前进行，在测量过程中也可随时校准。

B1.3 变频信号源与选频指示器联试

a. 选频联试：将随机带的三芯线一端插入变频信号源的三芯输出插座（XS3），另一插头端插入选频指示器的三芯输入插座（XS1）；变频信号源阻抗转换开关置"0Ω"档，功能选择开关置"选频"档，两个仪表的电平选择开关置相对应的电平档，此时改变信号源频率，指示器选择相应频率，当指示器指针指示最大时，所读电平值应与信号源输出电平值一样。

b. 统调联试：将随机带的同轴插头线一端插入信号源的同轴输出插座(XS1)，另一端插入指示器的输入插座(XS2)；功能选择开关（S2）置"宽频"档，此时改变信号源的频率及电平，指示器会自动跟踪。

B2 现场测量

B2.1 测量时的仪器配置与接线

仪器配置及接线如图 B1 所示。

B2.2 测量操作

a.发端

变频信号源:开机用直流电源工作;

输出阻抗用 0Ω 档;

输出电平选择 0dB 或+10dB 档;

输出信号频率试用 10kHz 左右。

选频指示器：开机用直流电源工作;

输入阻抗置 10k（∞）档;

功能选择开关置"选频"档;

电平开关暂置—30dB 档;

旋转频率旋柄使频率指示在 10kHz。

附近选择使表头指示为最大，如果表针无指示或指示很小，可将电平开关置更低档，如表针指示超过 0dB，应将电平开关置更高档。如此选择直至使表针指示接近 0dB 为好，记下电平读数（电平开关指示加表头指示）。

发端选频操作具有一定经验之后，为了提高测量速度，可以采用统调操作。

b.收端

收端选频指示器操作与发端相同，所不同的是电平测量应比发端指示器测量的电平低 23dB 以上。

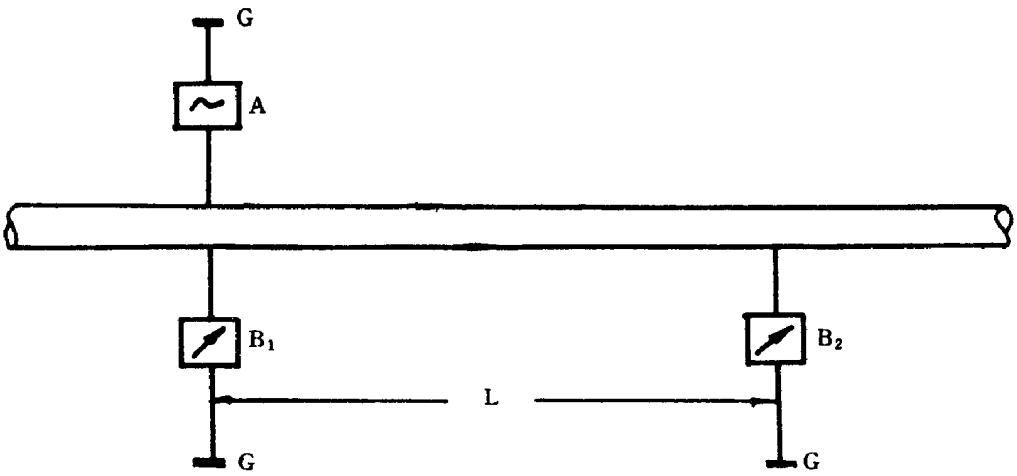


图 B1　测量接线图

G—接地极棒（随机配有三根铜棒），

A—变频信号源（随机配有一根三个端子的测量接线，一端为三芯插头，插入仪器的输出二芯插孔，一端为 2m 长接线，将接线夹接被测管段始端与管道连接的测试线；另一端为 20m 长的线，将夹子接距管道垂直方向 20m 插入地中的接地棒）；

B1—发端选频指示器（随机配有一根三个端子的测量接线，一端为三芯插头，插入仪器的二芯测量插座；一端为 2m 长的接线，将(红)夹子接发端与管道连接的测量线；另一根 2m 长接线，将夹子(黑)接距管道垂直距离为 2m 的接地棒）；

B2—接收端选频指示器，在被测管段末端（随机带有一根三个端子的测量线，接线方法与发端指示器相同）

B2.3 怎样正确读数

测量时发、收两端应配有对讲机联络。

当发端信号第一次输出频率为 10kHz 时，如果发端指示器实测电平为−33dB，此时收端指示器实测电平若为−46dB，其电平差则为:

$$(-33) - (-46) = 13\text{dB}$$

根据变频—选频法测量管道防腐层绝缘电阻的基本原理，要求所使用的测量频率一定要达到在被测管段上的电平衰耗大于 23dB，此时 13dB 是不够的，所以应提高测量信号的频率。

提高发端信号源输出频率后，在两端所测电平差必然会增大，直至大于 23dB 为止，记录此时频率值（精确到个位数），同时记录该频率下的收、发两端指示器的电平值（精确到小数点后一位）。

注意　为了减小测量引入的误差，所谓大于23dB，除特殊情况外不可大得太多。

选择使用测量频率与管道防腐层的绝缘状况有直接关系，当被测管段防腐层质量较差或被测管段较长时，使用的测量频率偏低；而当被测管段防腐层绝缘良好或被测管段较短时，使用的测量频率偏高。

B2.4 被测管段长度

被测管段的实际长度与准确求得该段管道防腐层绝缘电阻值有密切关系，一般对于长输管道每公里所设测试桩的距离应查看一下施工时的原始资料进行核对，往往遇到过出泵站、跨越阀池等情况，两个测试桩之间的距离只有几百米，对于测量小于500m的管段，应实地测量距离（精确到米）。

B2.5 测量大地导电率

所谓测量大地导电率，就是测量被测管段周围土壤电阻率，再取倒数　土壤电阻率的测量可用四极法、极间距为2m，有条件最好沿管线多测几处，特别是被测管段穿过土壤状况差别较大时，将几个测得数据取平均值。

测量土壤电阻率的仪表，可用ZC—8型接地电阻测量仪（摇表）。

B2.6 现场测量记录

现场测量的原始数据一定要记录清楚完整，表B1可供参考。

表B1　铁—素线管道绝缘电阻测量原始记录

测试段	土壤电阻率 Ω·m	测试频率 Hz	发端电平 dB	收端电平 dB	电平差 dB	测试段长 m	测试日期及备注
46—47	50	5040	−40	−64	24	1000	
47—48	37 7	13018	−30	−55 9	25.9	1000	
48—49	40 2	1006	−45	−74 5	29 5	750	

B3 绝缘电阻计算

现场测得的参数：频率、电平差、土壤电阻率、管段长度，是反映被测管段防腐层质量的主要参数。

另外，随着被测对象的不同，管道外径、金属管壁厚、防腐层厚度、防腐层材料，也都应当是已知的。

上述众多参数都与管道防腐层绝缘电阻有关，当这些参数为已知时，我们就可以通过理论公式计算求得被测管道防腐层绝缘电阻值了。

鉴于计算比较复杂，需借助计算机计算，随仪器配有计算软盘一套(两片)。计算软盘的使用是按不熟悉计算操作人员编制的。

B3.1 对所用计算机的要求

与IBM AT或IRM286以上机种兼容；配有至少10M的硬盘；内存为640K并至少扩充到1M以上，至少配有一个1.2M软盘驱动器，使用MS-DOS3 0以上版本。

B3.2 计算软盘内容

辅助盘——内装UCDOS中文系统及数据库格式。

程序盘——内装两套计算程序．其一名称为ABC，该程序计算结果可与数据库通信，可以存库、不存库、查询、修改、删除；其二名称为CBA，该程序只有计算功能，使用要比ABC程序简

便。计算结果用笔记录，除计算绝缘电阻外，还可以给出直流传播常数、特性阻抗及参考阴极保护长度（单边）。

B3.3 操作步骤

a. 当计算机未通电之前，先将辅助盘插入 A 驱动器中，开机；

b. 略等片刻，机器便会进入汉字状态下，并在屏幕上出现 A＞提示符，

c. 键入 ABC 后回车，屏幕上会出现中文进一步提示，按着提示将辅助盘取出，将程序盘插入 A 驱动器中，再次键入 ABC 后回车，计算机便进入"变频—选频法测量埋地管道防腐层绝缘电阻计算管理"系统中了；

d.按屏幕显示的中文提示进行操作，即可得出所要计算的绝缘电阻值了。

上述操作步骤为基本操作，为了灵活使用该套计算软盘，随盘还带有"计算软盘使用说明"。

附 录 C
便携式土壤腐蚀测量仪使用说明
(参 考 件)

C1 使用方法

C1.1 试件埋深自地表起 60～80cm，或放入欲测部位的介质中。辅助电极的埋深与试件基本相同，为方便起见，也可用土钻做为辅助电极。试件距辅助电极约 3m，高筒饱和 $Cu/CuSO_4$ 电极做为参比电极，放置于试件的另一侧的地面，距试件 2～9m。

C1.2 将辅助电极、参比电极和试件导线接到相应的接线柱上（如图 C1 所示的仪器面板）。

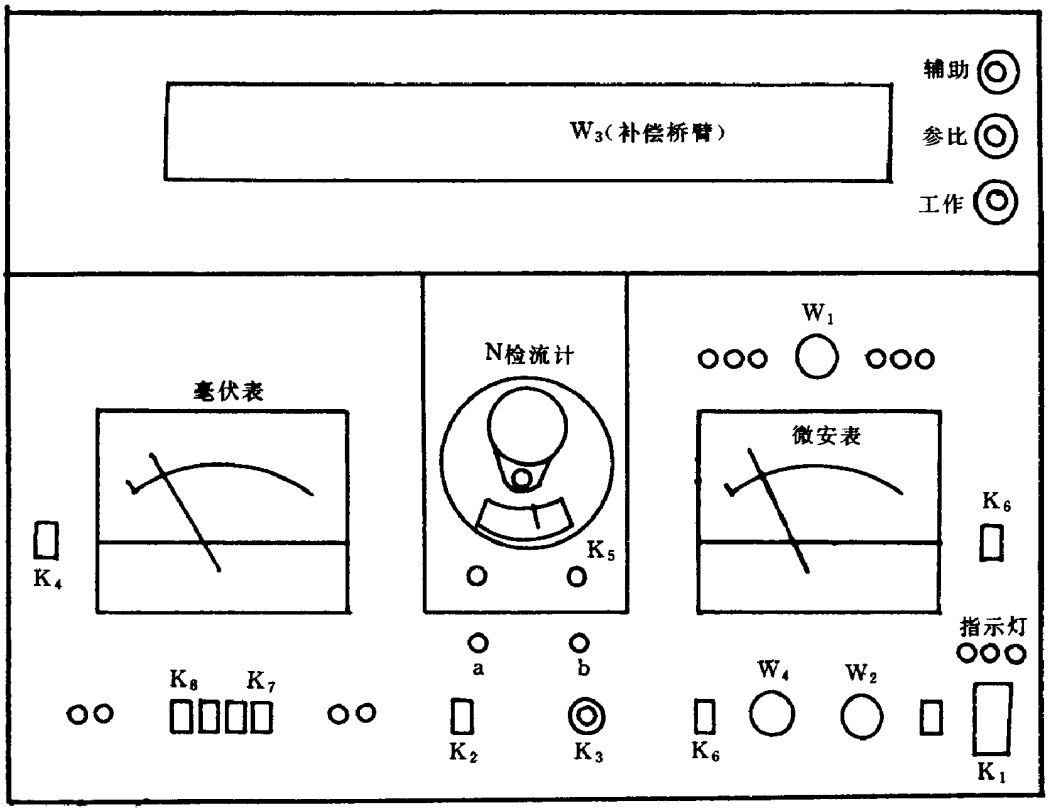


图 C1 便携式土壤腐蚀测量仪面板图

C1.3 接通电路：合上极化电源开关 K_1，合上阴极极化(或阳极极化)开关 K_7（或 K_8），将补偿桥臂 W_3 调到零。

C1.4 平衡桥路方法如下.

a. 将 W_1，W_2 调到适当位置，使极化线路接通后只能输出小的极化电流；

b. 按下检流计的电计开关 K_5，将检流计接入桥路；

c. 快速触动点动开关 K_3，向试件施加瞬时的小极化电流.这时检流计指针会出现瞬时偏转，调整补偿桥臂 W_3 的电阻，再触动点动开关，施加瞬时的小极化电流，直到检流计的指针没有偏转为止。

C1.5 测量电位；桥路平衡后，电阻 W_3 不再改动。关闭检流计的电计开关 K_5，将检流计锁上。在 a，b 插孔处接入数字万用表，数字万用表读数的 2 倍等于试件的腐蚀电位（不考虑电阻桥臂的压降）。

C1.6 极化测量：桥路处于平衡状态，合上极化线路开关 K_2，选择电流表的适当量程，先粗调 W_1，

然后微调 W_2 调节极化电流，使试件的电位产生 10mV 左右的变化，待试件的极化电位稳定后，记录极化电流 ΔI（mA）和极化电位 ΔE（mV），然后计算出腐蚀电流 I_{coor}。

$$I_{coor}=\frac{21.7\Delta I}{\Delta E} \qquad \cdots\cdots(C1)$$

C1.7 关闭面板上所有的开关，并将电流表倍率开关置最大量程。

C2 注意事项

C2.1 测量时一定将仪器水平放置，小心轻放。

C2.2 测量时仪器不能震动。

C2.3 桥路平衡后，关闭检流计电计开关，一定将检流计锁上。

C2.4 测量过程中，在极化线路开关 K_2 或 K_3 接通前，微调电位器 W_2 一定处于中阻状态，以防粗调时较强电流对仪器冲击，损坏仪表。

附 录 D
地下管线阴极保护多功能测量探头使用说明
(参 考 件)

D1 阴级保护多功能测量探头的埋设

将阴极保护多功能测量探头上永久性固体参比电极的微孔瓷片凹形空间用湿膨润土填满。然后将阴极保护多功能测量探头埋入地下管线附近。其埋深与地下管线截面的水平中心线深度基本相同，距管外壁的距离约为 0.5～0.6m。

将阴极保护多功能测量探头上的辅助电极 A、B、C 和永久性固体参比电极($Cu/CuSO_4$) 分别接入探头接线盒的 A 端、B 端、C 端和 R 端，并将地下管道的引出线接入探头接线盒的 P 端，合上开关 K_1、K_2、K_3、K_4，使辅助电极 A 和 C 与地下管道相连（参见图 D1)。

D2 测量方法

D2.1 地下管线自然腐蚀电位 U_n 的测量:

将高阻电压表（例如 DT830 数字万用表）接入探头接线盒的 R 端和 B 端，即测得自然腐蚀电位 U_n；或将 T-20A 管道监测车配备的 X—T 记录仪接入 R 端，选择适当的电压量程和走纸速度，可测得自然腐蚀电位 U_n 随时间的变化。

D2.2 保护电位 U_{on} 的测量:

将高阻电压表接入探头接线盒的 R 端和 A 端，可测得相当于常规测量方法测得的保护电位 U_{on} 随时间的变化。

D2.3 *IR* 降和保护电位 U_{on} 的测量:

将 X—T 记录仪接入探头接线盒的 R 端和 A 端，选择适当的电压量程；走纸速度选择 4cm/min。将时间中断器接入开关 K_4 的两端，每隔 27s 中断 3s，打开开关 K_3、K_4。

瞬时断开辅助电极 A 端保护电流时，由 X—T 记录仪上的电位衰减曲线的直线部分读出 *IR* 降；由电位衰减曲线上的转弯处读得消除 *IR* 降的阴极保护电位 U_{off}。

如果用 T—20A 管道监测车配备的 X—T 记录仪测得的 U_{off} 略正于-0.85V，应该用高响应速度的测量仪器进行验证测量。

D2.4 通电时的电位负偏移的确定

由测得的保护电位 U_{on} 值减去自然电位 U_n 值，即可确定通电时的电位负偏移 ΔU_o。

D2.5 断电时的电位负偏移的确定:

由测得的保护电位 U_{on} 值减去自然电位 U_n 值，即可得到断电时的电位负偏移 ΔU_{on}。

D2.6 保护电流密度 *ip* 的测量

将阻值合适的采样电阻 R_0 接入开关 K_3 的两端，再将 X—T 记录仪接入 R_0 的两端，并选择合适的电压量程，打开开关 K_3，记录采样电阻 R_0 上的电压降 ΔU，便可根据 $\Delta U/R_0$ 确定流入辅助电极 C 的保护电流密度（辅助电极 C 的面积为 $1cm^2$)。

亦可用零阻电流表接入开关 K_3 的两端，打开开关 K_3，直接读得流入辅助电极 C 的电流密度。

D2.7 地下管线的阴极保护未投入运行时，指示地下管线上的阴极区和阳极区。

测量接线同 D2.6。断开地下管线的阴极保护系统时，根据由辅助电极 C 上测得的电流方向判断地下管线的阴极区和阳极区：有电流流入辅助电极 C 时，此处的地下管线为阴极区；反之，则为阳极区。

D2.8 阴极保护电位 U_{on}、U_{off} 及 *IR* 降和保护电流密度的同步测量:

将 X—T 记录仪的一个测量通道接入探头接线盒的 A 端和 R 端，将阻值合适的采样电阻 R_0 接入开关 K_3 的两端，并将 R_0 的两端接入 X—T 记录仪的另一个测量通道。X—T 记录仪的走纸速度选为 4cm / min，并将两个测量通道的电压量程分别选择在合适档。将时间中断器接入开关 K_4 的两端，中断周期为每隔 27s 中断 3s。打开开关 K_3 和 K_4。

由 X—T 记录仪上可同时测得相当于常规测量方法测得的保护电位 U_{on}，IR 降、消除 IR 降影响的保护电位 U_{off}，以及阴极保护电流密度 ip。

若由 X—T 记录仪（T—20A 管道监测车配备的）上测得的保护电位 U_{off} 略正于−0.85V，则应该用高响应速度的记录仪表进行验证测量。

D2.9 地下管道自然状态下腐蚀电流密度的测量.

在距阴极保护多功能测量探头 2～9m 处钻入土壤钻，将土壤钻和探头接线盒内的 R 端、B 端分别接入便携式土壤腐蚀测量仪的"辅助"、"参比"和"工作"接线端，调节便携式土壤腐蚀测量仪的平衡电阻，使其检流计不发生偏转（详见便携式土壤腐蚀测量仪使用说明书）。向辅助电极 B 施加极化电流，使之极化 10mV 左右，依下式计算自然状态下的腐蚀电流密度:

$$i_{corr} = 1\,09\frac{\Delta I}{\Delta E} \qquad \cdots\cdots(D1)$$

式中: i_{corr}——腐蚀电流密度，A / cm^2;

ΔI——极化电流，mA;

ΔE——极化值，mV。

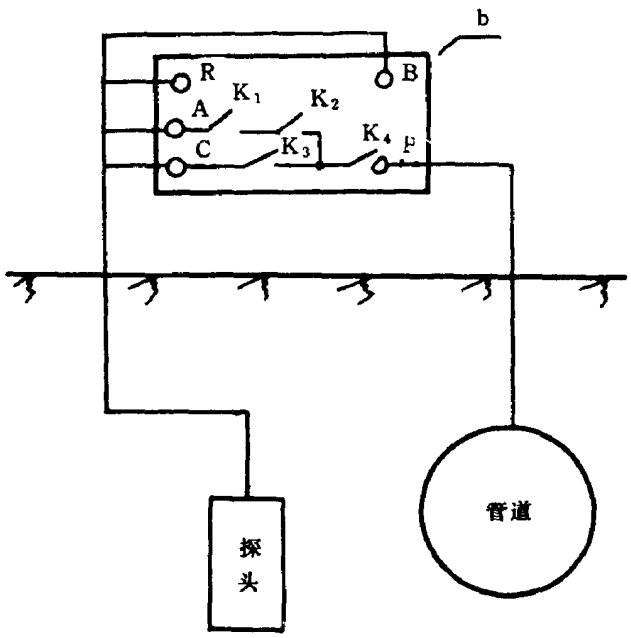


图 D1　阴极保护多功能探头埋地接线图

B—探头接线盒，R—永久性固体参比电极，A—辅助电极 A，

B—辅助电极 B；C—辅助电极 C，P—与管道连接端

附加说明:

本标准由东北输油管理局起草。

本标准起草人李绍忠、何悟忠。