前　言

本标准的附录 A、附录 B、附录 C、附录 D、附录 E、附录 F、附录 G、附录 H、附录 I、附录 J 为规范性附录。

本标准由国家质量监督检验检疫总局锅炉压力容器检测研究中心提出。

本标准由全国锅炉压力容器标准化技术委员会(SAC/TC 262)归口。

本标准主要起草单位：国家质量监督检验检疫总局锅炉压力容器检测研究中心、中船重工七二五所、中石油勘探规划总院、中石油工程研究院。

本标准主要起草人：陶雪荣、陈光章、阎永贵、李立群、石坤、吴建华、何仁洋、卢琦敏、张宏源。

埋地钢质管道腐蚀防护工程检验

1 范围

本标准规定了埋地钢质管道腐蚀防护工程质量和腐蚀防护效果的检验检测内容，给出了检测方法。

本标准适用于埋地钢质管道腐蚀防护工程的施工及验收过程和腐蚀防护系统投用后的检验。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单(不包括勘误的内容)或修订版均不适用于本标准，然而，鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

SY 0007—1999 钢质管道及储罐腐蚀控制工程设计规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1

土壤电阻率 resistivity of soil

单位长度上土壤的电阻值，是表征土壤导电性能的指标。

3.2

覆盖层 coating

为使金属表面与周围环境隔离，以达到抑制腐蚀的目的，覆盖在金属表面的保护层。

3.3

阴极保护 cathodic protection

通过阴极极化控制电化学腐蚀的技术。阴极保护有牺牲阳极法和强制电流法。

3.4

牺牲阳极 sacrificial anode

靠着自身腐蚀速度的增加而提供阴极保护电流的金属或合金。

3.5

强制电流 impressed current

又称外加电流，是通过外部电源施加的阴极保护电流。

3.6

填包料 backfill

为改善埋地阳极工作条件而填塞在阳极四周的导电性材料。

3.7

参比电极 reference electrode

在同样的测量条件下开路电位稳定的，用于测量其他电极相对电位的电极。

3.8

辅助阳极 impressed current anode

与强制电流电源正极连接的，仅限于以导电为目的的电极。

3.9

测试桩 test station

从埋地管道上引出的,用于测试阴极保护参数的装置。

3.10

检查片　test pieces

用于腐蚀试验的金属试片。

3.11

IR 降　IR drop

电流在流过介质时所造成的电阻压降。

3.12

管地电位　potential of pipeline to soil

管道在一定土壤介质中测量的电位值。

注:工程人员一般将"阴极保护条件下的管地电位"习惯地称之为"保护电位"。

3.13

最大保护电位　maximum protective potential

阴极保护条件下,允许的绝对值最大的负电位值。

3.14

最小保护电位　minimum protective potential

金属达到完全保护所需要的、绝对值最小的负电位值。

3.15

电极电位　electrode potential

由参比电极与被测电极系统组成的原电池的电动势。

3.16

腐蚀电位　corrosion potential

腐蚀体系中金属的电极电位。

3.17

自然电位　natural potential

无外部电流影响的腐蚀电位。

3.18

开路电位　open potential

无电流流出时,牺牲阳极的电位。

3.19

工作电位(闭路电位)　working potential

有保护电流输出时,牺牲阳极的电位。

3.20

杂散电流　stray current

规定或设计回路以外的电流。

3.21

直流干扰　DC influence

在大地中直流杂散电流作用下,引起埋地构筑物腐蚀电位的变化。这种变化发生在阳极场叫阳极干扰,发生在阴极场叫阴极干扰。

3.22

交流干扰　AC interference

交流线路和设备使邻近埋地管道产生的电压和电流的变化。按干扰时间的长短可分为瞬间干扰、持续干扰和间歇干扰三种。

3.23

土壤表面电位梯度　surface potential gradient

单位长度上地表电位的变化值或电位对距离的变化。

3.24

排流保护　mitigating current protection

通过适当的绝缘或其他措施消除外来的杂散电流干扰。

4　环境调查

从腐蚀防护的角度，埋地钢质管道沿线的环境调查应包括土壤腐蚀性和杂散电流干扰两个方面。在进行腐蚀防护设计之前，应首先进行环境调查。在发现腐蚀防护系统失效时，宜进行腐蚀环境调查。

4.1　土壤腐蚀性

4.1.1　报告检查

土质勘查报告是埋地钢质管道腐蚀防护系统设计的主要依据之一。土质勘查报告中与腐蚀有关的内容应包括：土壤的含水率、pH 值、氧化还原电位、土壤的含盐量、Cl^- 含量、硫化物含量、硫酸盐还原菌和硫酸根含量等参数在不同季节的具体数值，并据此对土壤腐蚀性做出评价，指导腐蚀防护系统的设计。

4.1.2　土壤电阻率测定

土壤电阻率是阴极保护设计的必要参数，测试方法见附录 A。按照土壤电阻率划分土壤腐蚀性的判据见表 1。

表 1　土壤腐蚀性评价

土壤腐蚀性	强	中	弱
土壤电阻率/(Ω·m)	<20	20～50	>50

4.2　杂散电流干扰

杂散电流干扰分为直流干扰和交流干扰二类。调查时应确定是否有直流或交流干扰源。直流干扰源有直流电气铁路、电车装置、直流电网、直流电话电缆网络、直流电解装置、电焊机及腐蚀保护装置等，交流干扰源有高压交流电力线路、设施和交流电气化铁路、设施等。杂散电流也可能由其他构筑物的阴极保护系统产生。

4.2.1　直流干扰

埋地钢质管道的直流干扰，可用管道任意点上的管地电位较自然电位的偏移或管道附近土壤表面电位梯度来进行测量和评价。测量方法见附录 C。当电位偏移≥20 mV 或土壤表面电位梯度>0.5 mV/m时，确认为有直流干扰。一般采用土壤表面电位梯度来评价干扰程度，具体指标见表 2。

表 2　直流干扰程度评价指标

杂散电流干扰程度	小	中	大
土壤表面电位梯度/(mV/m)	<0.5	0.5～5.0	>5.0

当管道任意点上的管地电位较自然电位正向偏移≥100 mV 或管道附近土壤表面电位梯度>2.5 mV/m时，应采取直流排流保护或其他防护措施。

4.2.2　交流干扰

埋地钢质管道的交流干扰，可用管道交流干扰电压来进行测量和评价。测试方法见附录 D。

根据管道所处的土壤类别，当管道交流干扰电压分别大于 10 V(碱性土壤)、8 V(中性土壤)、6 V(酸性土壤)时，推荐采取交流排流保护或其他防护措施。

交流电力系统的各种接地装置与埋地管道之间的水平距离不应小于表3给出的安全距离。

表3 埋地管线与交流接地装置的安全距离 单位为米

电力等级/kV 接地形式	10	35	110	220
临时接地	0.5	1.0	3.0	5.0
铁塔或电杆接地	1.0	2.5	5.0	10.0
电站变电的接地	2.5	2.5	15.0	30.0

5 覆盖层保护

5.1 适用性审查

5.1.1 覆盖层应按照SY 0007—1999的规定，根据埋地钢质管道所处的腐蚀环境、地质状况、施工及运行条件等进行选择。

5.1.2 覆盖层种类和性能指标应满足设计要求，且绝缘电阻一般应$\geqslant 10^4\ \Omega \cdot m^2$。

5.1.3 对防腐保温管道、水下管道、沼泽地区管道、用顶管法和定向穿越法敷设的管道、穿过沙漠的管道等在覆盖层种类和结构的设计、选择时应有特殊考虑。

5.1.4 在芦苇地带和细菌腐蚀较强的地区，不应使用石油沥青和不耐细菌腐蚀的材料作为覆盖层。

5.2 进货检验

5.2.1 制造商资质检查

用于制作覆盖层、补口补伤的材料和预制钢管覆盖层的生产厂都应具有政府或行业组织认可的生产资质。

5.2.2 质量证明文件检查

覆盖层和补口补伤用材料应有出厂合格证、产品说明书及性能检测报告。覆盖层应有性能测试报告和出厂合格证，其中性能测试报告内容应满足相应产品技术条件或标准的规定。

5.2.3 钢管覆盖层检验

外观检查：覆盖层表面应无漏涂、气泡、破损、裂纹、剥离和污染等。

厚度检测：覆盖层厚度应不小于设计规定的最小厚度。

5.3 过程检验

5.3.1 钢管覆盖层复验

在管道安装过程中，检验人员对钢管覆盖层质量有质疑并能提供客观证据时，施工单位应暂停使用该批预制管，并请有资质的单位对覆盖层性能按照相应产品技术条件或标准的要求进行复验，复验不合格的不能使用。

5.3.2 补口补伤检验

外观检查：每补完一个口或一个伤，操作者应自检，外观如有麻面、皱纹、鼓泡等缺陷，应及时处理。

厚度检查：每20个口或伤至少抽查1个口或伤，每个口或伤上、下、左、右测4点，厚度不应低于管体覆盖层厚度。采用聚乙烯热收缩套(带)进行补口的除外。

漏点检测：对补伤、补口区进行漏点检测，且不应有漏点。检测方法见附录E。

粘结力检测：按照相应覆盖层标准规定的方法和抽查比例进行检测。不合格的不应投用。

5.3.3 下沟前检测

管道下沟前应对覆盖层进行100%的漏点检测，发现漏点应修补。检测方法见附录E。

5.4 验收检验

5.4.1 漏点检测

管道回填后，应由有资质的专业人员对管道覆盖层进行漏点检测，并标识漏点区域。

5.4.2 资料验收

管道施工单位应向业主提交完整的覆盖层、施工文件及各种检验记录、报告等。

6 阴极保护

6.1 一般要求

6.1.1 阴极保护的设计应符合 SY 0007—1999 的规定。

6.1.2 埋地钢质管道在阴极保护状态下，用铜/饱和硫酸铜参比电极测得的管地电位至少达到−0.85 V或更负；当土壤中含有硫酸盐还原菌且硫酸根含量大于 0.5%时，测得的管地电位至少达到−0.95 V或更负；当土壤电阻率大于 500 Ω·m 时，测得的管地电位至少应达到−0.75 V。并且，测量时应考虑电解质中 IR 降的影响，以便对测量结果做出正确评价。

6.1.3 最大保护电位应以不损坏覆盖层的粘结力为前提。常用管道覆盖层的最大保护电位见表 4。

表 4 常用覆盖层的最大保护电位

覆盖层类别	最大允许电位/V
石油沥青	−1.5
环氧粉末	−2.0
煤焦油瓷漆	−3.0
聚乙烯	−2.5
环氧煤沥青	−1.5

6.2 设计审查

6.2.1 设计单位资质检查

埋地钢质管道阴极保护系统的设计单位应具有政府或行业组织认可的设计资质。

6.2.2 设计文件审查

阴极保护系统应根据管道环境调查结果、业主要求和管道覆盖层状况进行设计。设计文件应至少包括：设计说明书、安装说明书等。设计说明书中引用的土壤环境数据应与环境调查结果一致。牺牲阳极和辅助阳极的应用选择原则见表 5 和表 6。

表 5 牺牲阳极的应用选择

可选牺牲阳极种类	土壤电阻率/(Ω·m)
带状镁阳极	>100
镁(−1.7 V)	60～100
镁	40～60
镁(−1.5 V)	<40
镁(−1.5 V)、锌	<15
锌	<5

注 1：在土壤潮湿情况下，锌阳极使用范围可扩大到 30 Ω·m。

注 2：表中电位均相对 $Cu/CuSO_4$ 电极。

表 6　辅助阳极的应用选择

辅助阳极种类	应用环境
含铬高硅铸铁阳极	盐渍土、海滨土、酸性或硫酸根离子含量较高的土壤
柔性阳极	高电阻土壤和覆盖层质量较差、处于复杂管网或地下构筑物的管道
钢铁阳极	一般土壤、高电阻率土壤
高硅铸铁、钢铁、石墨、金属氧化物阳极	一般土壤

6.3　进货检验

6.3.1　阴极保护产品

应控制的阴极保护产品包括：电源设备、辅助阳极、牺牲阳极、参比电极、测试桩、绝缘法兰、接地极、电缆、填包料等。

6.3.2　制造商资质检查

阴极保护产品的供货方应具有政府或行业组织认可的生产资质。

6.3.3　质量证明文件检查

阴极保护产品都应有产品合格证和水说明书。对于牺牲阳极、辅助阳极和电源设备还应有性能测试报告。

6.3.4　抽样复验

阴极保护产品的抽样复验应执行相应产品标准的规定。一般情况下，牺牲阳极应对化学成分、接触电阻和电化学性能等进行复验。高硅铸铁辅助阳极应对化学成分及电连接性能等进行抽样复验。填包料应对化学成分进行复验。

6.4　过程检验

6.4.1　牺牲阳极的安装

牺牲阳极表面应保持洁净、无油污等。其组装和埋设应符合设计要求，埋深应在冰冻线以下且不小于 1 m、间距为 2～3 m。其与被保护管道之间的连接应牢固。

6.4.2　参比电极的安装

参比电极的埋设位置应满足设计要求。用于控制强制电流保护系统电源的参比电极应尽量靠近管道，且选址合理、连接牢固。参比电极的电缆不能紧靠电源电缆，当使用屏蔽电缆时，屏蔽线(层)应一端接地。安装完毕后应经检验人员认可。

6.4.3　测试桩的安装

测试桩的埋设位置和其中的连线应符合设计要求，测试桩引线应避免焊在管道弯头部位，测试桩应安装牢固、标识醒目。

6.4.4　电源设备的安装

电源设备的安装应按设计和产品说明书的要求进行，其中的正、负极接线必须正确、牢固，安装在防爆区内的电源设备应满足防爆要求，仪器外壳应接地可靠。阴极汇流点应远离参比电极接地点。安装完毕后应由检验人员认可。

6.4.5　辅助阳极的安装

辅助阳极的埋设位置、深度、距被保护管道的垂直距离、回填料、电缆接头的制作、阳极床接地电阻等都应符合设计要求，阳极床接地电阻的检测应由检验人员认可。

6.4.6　电缆的敷设

电缆的敷设应符合设计要求；电缆护套应无破损，绝缘性能应良好。

6.4.7　绝缘法兰(接头)及接地极的安装

绝缘法兰(接头)的安装应满足设计要求,其不应设置在有可燃气体的封闭场所、热补偿器附近、长期浸泡在水中的位置和气体系统内可能凝聚湿气的地方等。在组装焊接前,应检测绝缘法兰(接头)的绝缘电阻,且应≥2 MΩ。检测方法见附录 F。

绝缘法兰(接头)应有可靠的接地极,以便及时排除雷电和故障电流。接地极的安装应满足设计要求,当接地极为锌阳极时,安装前应检验锌阳极和填包料的成分。

6.4.8 检查片的安装

检查片的尺寸、数量、重量及表面处理、埋设位置等应符合设计要求,材质应与埋地管道的材质相同,埋设深度应与管道底部相同,且与管道外壁的距离应在 0.3～0.8 m 之间。

6.5 验收检验

6.5.1 投产测试

阴极保护工程在完工之后、正式投用之前,应进行投产测试。测试内容分别见表 7 和表 8。

表 7 强制电流投产测试

测试内容	合格判据	测试方法
仪器输出电流、电压	稳定、连续可调	直接读取
阴极通电点电位	小于覆盖层最大保护电位	直接读取
管内电流	—	附录 I
阳极地床接地电阻	符合设计要求	附录 H.1
保护电位	满足 6.1.2 的规定	附录 B.1

表 8 牺牲阳极投产测试

测试内容	合格判据	测试方法
阳极开路电位	符合设计要求	附录 B.1
阳极闭路(工作)电位	—	附录 B.2
保护电位	满足 6.1.2 的规定	附录 B.1
试片自然电位	—	附录 B.1
阳极输出电流	符合设计要求	附录 G
阳极接地电阻	—	附录 H.2
注:当阳极与管道之间通过测试桩连接时,可以测量阳极的输出电流和接地电阻,直接连接时无法测量。		

6.5.2 交工验收

交工资料应包括:保护系统施工图、隐蔽工程记录(电缆敷设、汇流点、阳极装置、检查片等),阴极保护产品的出厂合格证、性能测试报告和复验报告,投产测试报告、原设计文件及设计变更文件、施工记录等。

管道施工单位应向业主提交完整的交工资料。

7 定期检验

为了保障埋地钢质管道腐蚀防护系统的有效性,应对其运行情况和保护效果进行定期检测和评价。当检测结果不满足合格判据时,应查明原因、排除故障、重新检测,同时保存相应的记录和报告。

7.1 运行记录要求

腐蚀防护系统的运行记录一般由埋地钢质管道业主指定专职人员负责。检测参数、周期及合格判据见表 9。

表 9　运行记录要求

检测对象	检测参数	检测周期	合格判据
牺牲阳极保护系统	保护电位	每半年 1 次	符合表 11 的要求
	保护率计算	每半年 1 次	
强制电流保护系统	电源设备电流、电压	每天记录，无人值守的中间站可酌情减少巡检次数。	不应有较大波动
	阴极通电点电位		小于覆盖层最大保护电位
	保护电位	每月 1 次	符合表 12 的要求
	保护率计算	每月 1 次	
	运行率计算	每年 1 次	
	阳极地床接地电阻	每月 1 次	不应逐月或突然大幅上升
排流装置	排流电流	每月 1 次	记录 24 h 内的最大、最小和平均值
	干扰时管地电位	每月 1 次	符合表 13 的要求
	接地极开路电位[a]	每月 1 次	
	接地极闭路电位[a]	每月 1 次	
	接地极接地电阻[b]	每月 1 次	

[a] 采用牺牲阳极组进行接地排流时检测。

[b] 采用接地排流时检测。

7.2　全面检验内容

腐蚀防护系统保护效果的全面检验一般由业主委托有资质的单位和专业人员进行。检验前，应在完成资料(包括：覆盖层和阴极保护工程验收资料、运行记录、维修记录、检验报告和事故或故障处理记录和报告等)审查、分析的基础上，制定检验方案，经业主确认后实施。

检验内容和推荐周期见表 10。

表 10　全面检验内容和推荐周期

检验内容		推荐周期	备　注
覆盖层状况	绝缘电阻检测	5 年	绝缘电阻小于 $10^4\ \Omega \cdot m^2$ 时，应适当缩短检验周期
	漏点检测	5 年	
阴极保护效果	牺牲阳极保护	1 年	当不符合表 11、表 12 给出的合格判据时，宜进行环境调查和覆盖层检验
	强制电流保护	1 年	
排流保护效果	直流排流保护	1 年	
	交流接地体安全距离	1 年	

7.3　全面检验结果评价

7.3.1　覆盖层状况

覆盖层绝缘电阻检测方法见附录 J。当绝缘电阻小于 $10^4\ \Omega \cdot m^2$ 时，应结合漏点检测和阴极保护效果检测结果进行综合分析。

7.3.2　阴极保护效果

阴极保护效果的检测内容和方法参见本标准表 7 和表 8 的规定，在确定检验内容时，应合理考虑工程上的可行性。

保护效果评价指标分别见表 11 和表 12。当管地电位和保护率不满足合格判据的要求时，应结合

其他检测结果，进行综合分析，给出整改建议。

表 11　阴极保护效果评价

检测参数	保护电位/V			保护率/%
	一般土壤	硫酸根>5%	电阻率>500 Ω·m	
合格判据	<−0.85	<−0.95	<−0.75	100
注：保护率$=\frac{\text{管道总长}-\text{未达到有效保护管道长}}{\text{管道总长}}\times 100\%$。				

表 12　强制电流保护效果评价

检测参数	合格判据	
保护状态下的管地电位/V	一般土壤	<−0.85
	硫酸根>5%	<−0.95
	电阻率>500 Ω·m	<−0.75
保护率/%	100	
运行率/%	>98	
注 1：保护率的计算采用表 11 给出的公式。 注 2：运行率$=\frac{\text{1 年内有效运行时间/h}}{\text{全年小时数(8760)}}\times 100\%$。		

7.3.3　排流保护效果

直流排流保护效果的检测方法见附录 C。评价指标见表 13。

交流接地体安全距离的测量范围应包括已知交流接地体安全距离的复核和未知交流接地体的调查与测量。安全距离应不小于表 3 的规定。

表 13　直流排流保护效果评价

排流方式	干扰时管地电位/V	电位平均值比 η_V/%
直接向干扰源排流 （直接、极性、强制排流）	>10	>95
	10～5	>90
	<5	>85
间接向干扰源排流 （接地排流）	>10	>90
	10～5	>85
	<5	>80
注： $\eta_V=\frac{V_1(+)-V_2(+)}{V_1(+)}\times 100\%$，其中： $V_1(+)$——排流前，在规定时间段内的正管地电位算术平均值。 $V_2(+)$——排流后，在规定时间段内的正管地电位算术平均值。 $V_1(+)$、$V_2(+)$的计算方法见附录 C。		

附 录 A
（规范性附录）
土壤电阻率测试

A.1 等距法

A.1.1 适用范围

适用于测试从地表至深度为 a 的平均土壤电阻率。

A.1.2 仪器

宜选用 ZC-8 接地电阻测量仪，精度为 0.5 级。

A.1.3 测试接线示意图

按图 A.1 所示的四电极法测试。图中四个电极布置在一条直线上，间距 a、b 代表测试深度且 $a=b$，电极入土深度应小于 $a/20$。

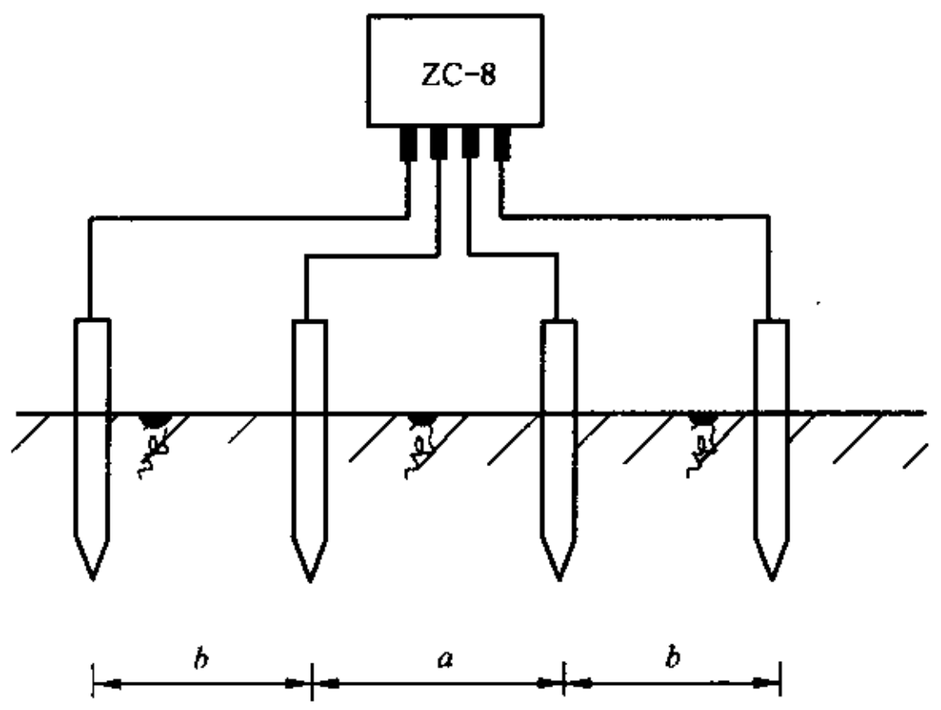


图 A.1 土壤电阻率测试接线示意图

A.1.4 测试步骤

布置好电极后，转动接地电阻测量仪的手柄，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，此时黑线指示的度盘值乘以倍率即为接地电阻值 R，土壤电阻率按下式计算：

$$\rho = 2\pi aR \qquad \cdots\cdots(A.1)$$

式中：

ρ——测量点从地表到深度 a 土层的平均土壤电阻率，单位为欧姆·米（Ω·m）；

a——相邻两电阻之距离，单位为米（m）；

R——接地电阻仪示值，单位为欧姆（Ω）。

A.2 不等距法

A.2.1 适用范围

不等距法主要用于测试深不小于 20 m 情况下的土壤电阻率。

A.2.2 仪器

常用接地电阻仪为 ZC-8，精度：±5%。

A.2.3 测试接线示意图

其测试接线示意图如图 A.1 所示，此时 $b>a$。测深 0～20 m 时，$a=1.6$ m，$b=20$ m；测深0～55 m

时，a=5 m，b=60 m。此时测深 h 按式 A.2 计算：

$$h = \frac{a + 2b}{2} \qquad \text{……(A.2)}$$

A.2.4 测试步骤

按 A.2.3 中规定布极后，按 A.1.4 操作接地电阻测量仪测得 R 值，测深 h 的平均土壤电阻率按式 A.3 计算：

$$\rho = \pi R\left(b + \frac{b^2}{a}\right) \qquad \text{……(A.3)}$$

附 录 B
（规范性附录）
管地电位测试

B.1 地表参比法

B.1.1 适用范围

地表参比法主要用于管道自然电位、牺牲阳极开路电位、管道保护电位等参数的测试。

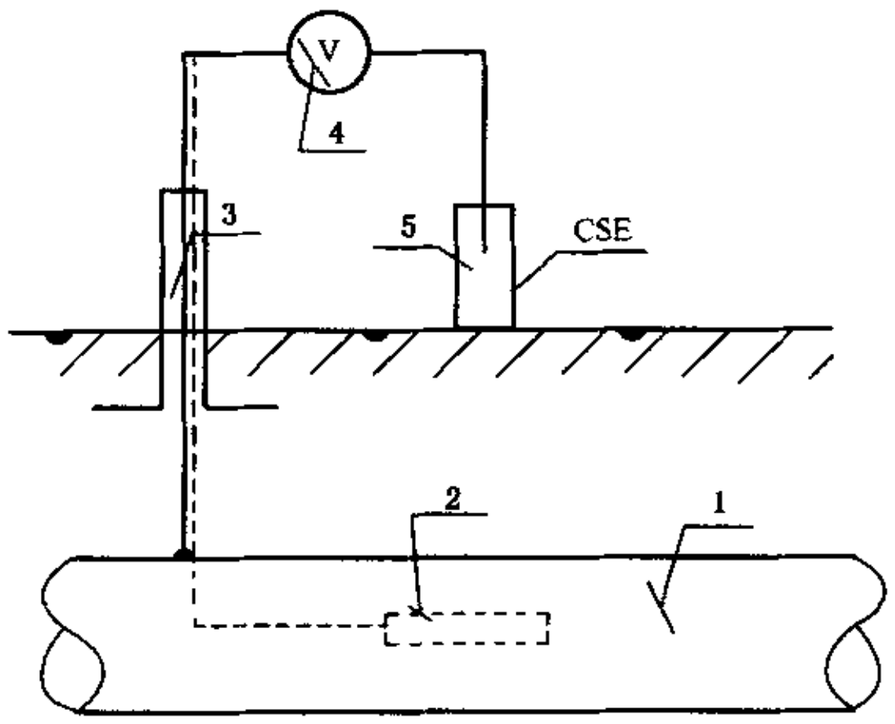
B.1.2 仪器

宜选用数字万用表：内阻不小于 1 MΩ，准确度不低于 2.5 级；

参比电极：应采用铜-饱和硫酸铜电极，代号 CSE，并应符合下列要求：流过硫酸铜电极的允许电流密度不大于 5 $\mu A/cm^2$；电位漂移不能超过 30 mV。

B.1.3 测试接线示意图

地表参比法的测试接线示意图如图 B.1。



1——管道；
2——牺牲阳极；
3——测试桩；
4——数字万用表；
5——参比电极。

图 B.1 地表参比法测试接线示意图

B.1.4 测试步骤

B.1.4.1 将参比电极放在管道顶部上方 1 m 范围的地表潮湿土壤上，应保证参比电极与土壤电接触良好。

B.1.4.2 将数字万用表调至适宜的量程上，读取数据，作好记录，注明该电位值的名称。

B.2 近参比法

B.2.1 适用范围

近参比法一般用于防腐层质量差的管道保护电位和牺牲阳极闭路电位的测试。

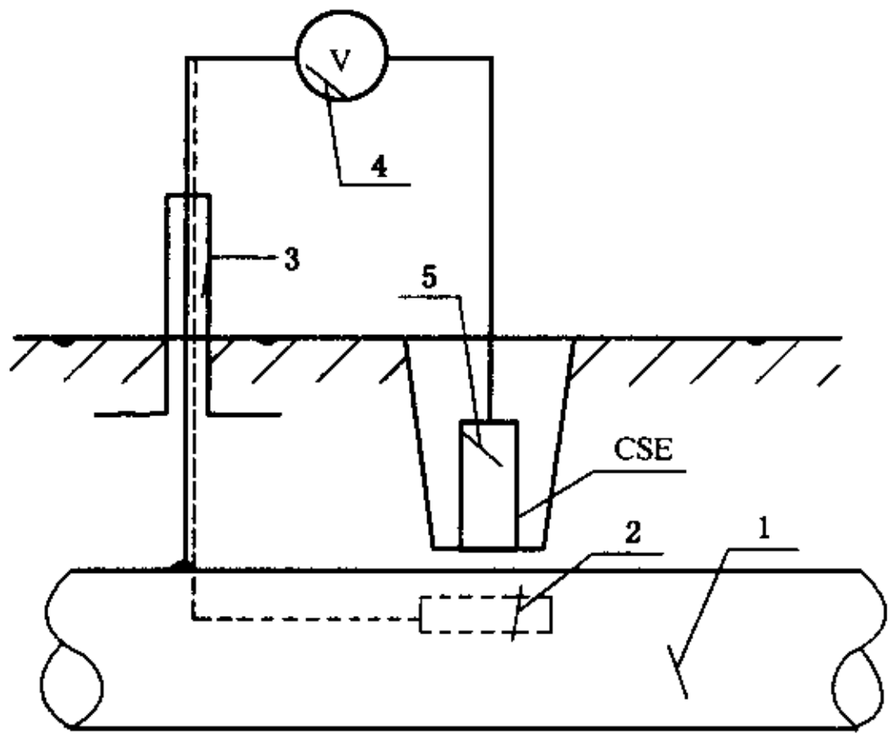
B.2.2 仪器

宜选用数字万用表：内阻不小于 1 MΩ，准确度不低于 2.5 级；

参比电极：应采用铜—饱和硫酸铜电极，代号 CSE，并应符合下列要求：流过硫酸铜电极的允许电流密度不大于 5 $\mu A/cm^2$；电位漂移不能超过 30 mV。

B.2.3 测试接线示意图

近参比法的测试接线示意图如图 B.2。



1——管道；

2——牺牲阳极；

3——测试桩；

4——数字万用表；

5——参比电极。

图 B.2 近参比法测试接线示意图

B.2.4 测试步骤

B.2.4.1 在管道(或牺牲阳极)上方，距测试点 1 m 左右挖一安放参比电极的探坑，将参比电极置于距管壁(或牺牲阳极)3～5 cm 的土壤上。

B.2.4.2 将数字万用表调至适宜的量程上，读取数据，作好记录，注明该电位值的名称。

附 录 C
（规范性附录）
管地电位和土壤表面电位梯度测试

C.1 适用范围

适用于直流干扰引起的埋地钢质管道侧的管地电位和土壤表面电位梯度的测试。

C.2 仪器

宜选用数字万用表：内阻不小于 1 MΩ，准确度不低于 2.5 级；

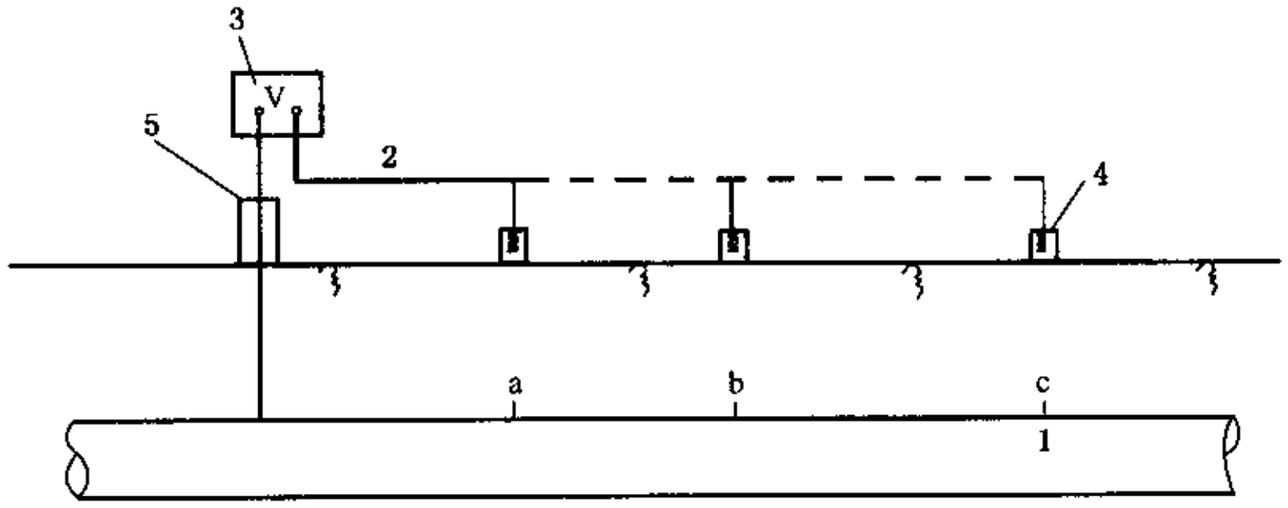
宜选用便携式自动平衡记录仪：内阻 20 kΩ ～1 MΩ，精度 0.5 级，量程±5 mV～±10 V，10 档，零点可调，走纸速度可调；

参比电极：应采用铜-饱和硫酸铜电极，代号 CSE，并应符合下列要求：流过硫酸铜电极的允许电流密度不大于 5 $\mu A/cm^2$；电位漂移不能超过 30 mV。

C.3 管地电位的测试

C.3.1 测试接线示意图

管地电位测试接线示意图如图 C.1 所示。



1——管道（被测体）；

2——测试导线（多股铜芯绝缘软线；在有电磁干扰的地区采用屏蔽导线）；

3——电压表；

4——参比电极；

5——测试桩。

图 C.1 管地电位测试接线示意图

C.3.2 测试步骤

C.3.2.1 测试点的选择和分布宜符合下列原则：

预备性测试：利用现有的测试桩（点）；

排流工程测试：宜根据预备性测试结果布设在干扰较严重的管段上，测试点间距以 50～200 m 为宜，不应大于 500 m；

排流工程效果测试：在排流工程各实施点中选定测试点。

C.3.2.2 排流工程测试及排流工程效果测试宜符合下列原则：

各测试点的测试工作同时开始和结束；各测试点以相同的读数间隔记录数据；干扰源和干扰管道两方面同步测试。

C.3.2.3　按图 C.1 接好测试线路，记录测试值。

C.3.2.4　测试时间段为 40～60 min，对运行频繁的直流电气化铁路可取 30 min；测试时间段应分别选择在具有代表性的负荷变化时间段上。一般选择在干扰源的高峰、低峰和一般负荷三个时间段上。

C.3.2.5　读数时间间隔一般为 10～30 s，电位交变激烈时，不应大于 10 s。

C.3.2.6　对拟定的排流点、实际排流点，排流效果评定点及其他具有代表性的点，进行 24 h 连续测试。

C.3.2.7　所有测试的次数不宜少于三次，每次的起止时间、测试时间段、读数时间间隔、测定点均应相同。

C.3.2.8　数据处理

a)　从已记录的测试值中直接选择最大值和最小值。

b)　正负管地电位的平均值的计算：

使用指针式或数字式仪表时，

$$V(\pm)=\frac{\sum_{i=1}^{n}V_i(\pm)}{n} \qquad \cdots\cdots(C.1)$$

式中：

$V(\pm)$——规定的测试时间段内正、负管地电位的平均值，单位为伏特(V)；

$\sum_{i=1}^{n}V_i(\pm)$——分别计算的正、负电位各次数读数的总和，单位为伏特(V)；

n——规定的测试时间段内读数的总次数。

使用记录式仪表时，

首先按记录纸上的适当刻度，将选取的测试时间段的电位曲线分成若干段，确定每个分段的正电位平均值 $V_1(+)$、$V_2(+)$、…$V_n(+)$及负电位的平均值 $V_1(-)$、$V_2(-)$、…$V_n(-)$。则：

$$V(+)=\frac{V_1(+)+V_2(+)+\cdots+V_n(+)}{n} \qquad \cdots\cdots(C.2)$$

$$V(-)=\frac{V_1(-)+V_2(-)+\cdots+V_n(-)}{n} \qquad \cdots\cdots(C.3)$$

式中：

$V(+)$——规定的测试时间段内正电位平均值，单位为伏特(V)；

$V(-)$——规定的测试时间段内负电位平均值，单位为伏特(V)；

n——规定的测试时间段内分成小段的总数。

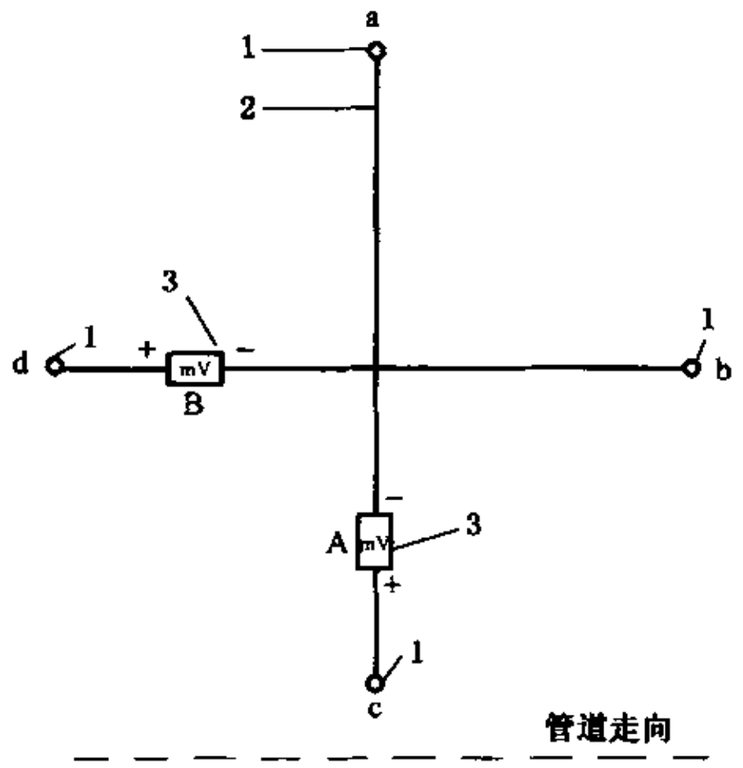
c)　建立直角坐标系，纵轴表示电位，横轴表示时间，将某一测试时间段内各次测试值记入坐标中，绘制成某测试点的电位时间曲线。

d)　建立直角坐标系，纵轴表示电位，横轴表示距离。将各测试点的电位数记入坐标中，绘制成某一干扰段的电位距离曲线，即是管地电位分布曲线。

C.4　土壤表面电位梯度测试

C.4.1　测试接线示意图

土壤表面电位梯度测试接线示意图如图 C.2 所示。



1——a、b、c、d 四只铜—饱和硫酸铜参比电极；ac 与 bd 的距离相等。且垂直对称布设，其中 ac 或 bd 应与管道平行，电极间距宜为 100 m。当受到环境限制时可适当缩短，但应使电压表有明显的指示；

2——测试导线(多股铜芯绝缘软线；在有电磁干扰的地区采用屏蔽导线)；

3——A、B 两只电压表。

图 C.2 土壤表面电位梯度测试接线示意图

C.4.2 测试步骤

C.4.2.1 按 C.3.2.1～C.3.2.7 中的规定同时读取电压表 A，B 的数值，并将读数分成[$V_A(+)V_B(+)$]，[$V_A(+)V_B(-)$]，[$V_A(-)V_B(+)$]，[$V_A(-)V_B(-)$]四种读数组合，按 C.3.2.8 的规定计算组合中的 $V_A(+)$，$V_B(+)$，$V_A(-)$，$V_B(-)$平均值。

C.4.2.2 建立直角坐标系，使其纵、横两轴分别与图 C.2 的 ac、bd 相对应，将计算出的四种读数的平均值分别记入坐标中，然后利用矢量合成法，分别求出各自的矢量和。

C.4.2.3 沿着某一干扰段选取几个地点，重复进行上述的测试及数据处理，通过几个测试点的电位梯度大小和方向，判断杂散电流源的方位。

C.4.2.4 上述测得数值或经数据处理后的测量值，分别除以各自对应的参比电极间距(以米为单位)，即为电位梯度。

注：单独测试地表电位梯度时，参比电极的间距以 1 m 为宜。

C.5 测试工作注意事项

C.5.1 参比电极竖直布置，与埋地钢质管道之间的距离大于 10 m。每次测试时，参比电极位置宜保持一致。

C.5.2 参比电极设置处，地下不应有冰层、混凝土层、金属及其影响测试的物体；土壤干燥时，浇水湿润地面。

C.5.3 在电磁干扰严重的环境中，宜采取防干扰措施。

C.5.4 测试中应首先接好仪表回路。再进行与被测体的连接。测试结束时，按相反的顺序操作，并采用单手操作法。

C.5.5 在可能有易燃性气体的环境中测试，应避免接线或拆线过程中产生电火花；在无法避免产生电火花时，采取措施确认不存在燃爆危险时方可进行测试。

C.5.6 测试开始前 24 h，切断阴极保护电源。

附 录 D
（规范性附录）
交流干扰电压测试

D.1 适用范围

适用于管道交流干扰电压测试。

D.2 仪器

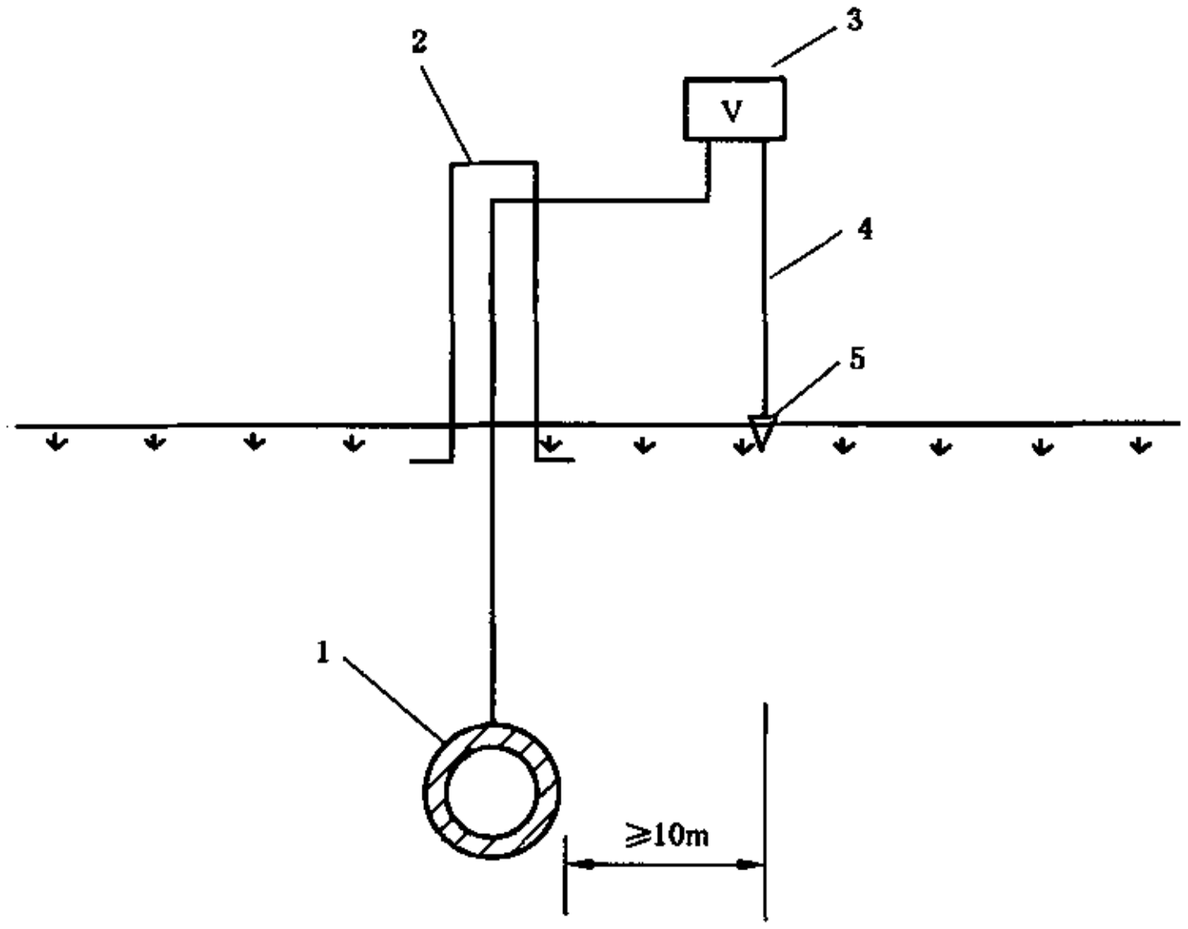
测量仪表应具有防电磁干扰性能。

宜选用数字万用表：内阻不小于 1 MΩ，准确度应不低于 2.5 级；

参比电极：宜采用铜—饱和硫酸铜电极，代号 CSE，应符合下列要求：流过硫酸铜电极的允许电流密度不大于 5 $\mu A/cm^2$；电位漂移不能超过 30m V。

D.3 测试接线示意图

交流干扰电压测试接线示意图如图 D.1。



1——被测管道；

2——测试桩；

3——交流电压表；

4——测试导线（多股铜芯绝缘软线；在有电磁干扰的地区采用屏蔽导线）；

5——参比电极。

图 D.1 管道交流干扰电压测试接线示意图

D.4 测试步骤

D.4.1 测试点的选择和分布宜符合下列原则：

预备性测试：在接近交流干扰源的管道上进行测试，间距宜为 1km，利用现有测试桩。

排流工程测试：依据预备性测试结果，在已经确定的交流干扰管段上布设测试点，干扰复杂时宜加

密测试点。

排流工程效果测试：在排流工程各实施点中选定测试点，一般包括排流点、干扰缓解较大的点和较小的点。

D.4.2 排流工程测试及排流工程效果测试宜符合下列原则：

各测试点的测试工作同时开始和结束：各测试点以相同的读数间隔记录数据；干扰源和干扰管道两方面同步测试。

D.4.3 按图 D.1 接好测试线路，记录测试值。

D.4.4 测试时间段为 40～60 min，对运行频繁的电气化铁路可取 30 min；测试时间段应分别选择在干扰源的高峰、低峰和一般负荷三个时间段上。

D.4.5 测试时间段为 40～60 min，对运行频繁的电气化铁路可取 30 min；测试时间段应分别选择在干扰源的高峰、低峰和一般负荷三个时间段上。

D.4.6 读数时间间隔一般为 10～30 s，电压幅值变动剧烈时，不应大于 10 s。

D.4.7 当干扰剧烈时，拟定采取排流措施的点、实际安装排流设施的点，排流效果评定点及其他具有代表性的点，进行 24 h 连续测试。

D.4.8 所有测试点的交流干扰电压测试不得少于三次，每次的起止时间、测试时间段、读数时间间隔均应相同。

D.5 数据处理

D.5.1 测试点干扰电压的最大值、最小值，从已记取的各次测试数值中直接选择。平均值按式(D.1)计算：

$$U_p = \frac{\sum_{i=1}^{n} U_i}{n} \qquad \text{……(D.1)}$$

式中：

U_p——规定测试时间段内测试点交流干扰电压平均值，单位为伏特(V)；

$\sum_{i=1}^{n} U_i$——规定测试时间段内测试点交流干扰电压各次读数的总和；

n——规定测试时间段内读数的总次数。

D.5.2 绘制出测试点的电压-时间曲线图。

D.5.3 绘制出干扰管段的最大、最小、平均干扰电压-距离曲线，即干扰电压分布曲线。

D.6 测试工作注意事项

D.6.1 参比电极竖直布置，与埋地钢质管道之间的距离大于 10 m。每次测试时，参比电极位置宜保持一致。

D.6.2 参比电极设置处，地下不应有冰层、混凝土层、金属及其影响测试的物体；土壤干燥时，浇水湿润地面。

D.6.3 测试中应首先接好仪表回路。再进行与被测体的连接。测试结束时，按相反的顺序操作，并采用单手操作法。

D.6.4 在可能有易燃性气体的环境中测试，应避免接线或拆线过程中产生电火花。

附 录 E
（规范性附录）
管道覆盖层检漏

E.1 低压检漏

E.1.1 适用范围

适用于检测厚度在 0.025～0.5 mm 覆盖层中的漏点，为非破坏性检验，不能检测出覆盖层过薄的位置。

E.1.2 仪器

直流电压低于 100 V 的低压湿海绵检漏仪，装有由导电液体浸湿的海绵电极、音频信号发生器以及连接管壁的地线；峰值电压表。

E.1.3 测试步骤

E.1.3.1 检漏试验前，应按仪器说明书中给出的检漏电压值，用峰值电压表或示波器校准检漏仪。低压检漏仪的灵敏度校准是在仪器检测端并联一个 0.5 W、100 kΩ 的电阻，此时检漏仪应能触发报警。

E.1.3.2 按低压检漏仪的使用说明书组装电极棒和电极，并将地线与金属管壁连接。

E.1.3.3 将电极夹与电极棒连接，用导电液体浸湿海绵，然后把海绵放入电极夹中夹紧。当覆盖层厚度小于 0.25 mm 时，可采用普通自来水；当覆盖层厚度在 0.25～0.5 mm 之间时，应在自来水中放入一些湿润剂，以使液体尽快渗入漏点。

E.1.3.4 把探测电极和地线的一端分别接到仪器上，地线的另一端和金属管壁连接。用湿海绵与金属管的另一裸露表面接触，仪器应发出音频信号，表明检漏仪已准备好。检漏时应将湿海绵紧贴覆盖层表面移动。根据音频信号找到漏点时，改用电极尖找出漏点的确切位置。

E.1.3.5 低压检漏仪处于正常工作时，湿海绵电极与金属管壁间的直流电压不应超过 100 V。

E.1.3.6 检漏前应保证覆盖层表面干燥。如果覆盖层处于能在其表面形成电解液的环境（或盐雾）中，则检漏前要冲洗覆盖层表面并晾干。检漏时应保证电解液距金属管端或金属裸露面至少 13 mm。

E.2 电火花检漏

E.2.1 适用范围

适用于检测任意厚度的管道覆盖层中的漏点，为破坏性试验，能检测出覆盖层过薄的位置。

E.2.2 仪器

输出直流电压为 900～200 00 V 的电火花检漏仪，装有由铜丝刷或其他导电材料组成的探测电极、音频信号发生器以及连接管壁的地线；峰值电压表。

E.2.3 测试步骤

E.2.3.1 检漏试验前，应按仪器说明书中给出的检漏电压值，用峰值电压表或示波器校准检漏仪。

E.2.3.2 检漏电压与防腐层的关系

覆盖层厚度小于 1 mm 时：

$$V = 3294\sqrt{T_c} \qquad \text{……(E.1)}$$

覆盖层厚度大于或等于 1 mm 时：

$$V = 7843\sqrt{T_c} \qquad \text{……(E.2)}$$

式中：

V——检漏电压峰值，单位为伏特（V）；

T_c——覆盖层厚度，单位为毫米(mm)。

E.2.3.3 检漏电压也可用覆盖层每毫米厚的绝缘击穿电压乘以覆盖层最小允许厚度来确定。

注：各种覆盖层每毫米厚的绝缘击穿电压可通过以下试验方法确定：在已知厚度的覆盖层上逐渐增加检漏电压并测出检漏仪刚好报警时的电压值，将此值除以覆盖层的已知厚度即得到每毫米厚的绝缘击穿电压值。

E.2.3.4 把地线一端与金属管壁相连接，地线的另一端接检漏仪，再将探测电极和检漏仪相连接，然后开启检漏仪。

注：由于涉及到高压，检漏仪开启后，操作者不能同时接触地线和探测电极的金属部分。

E.2.3.5 将探测电极沿覆盖层表面移动进行检漏，并始终保持探测电极和覆盖层表面紧密接触。当探测电极经过覆盖层漏点或厚度过薄位置时，检漏仪就会报警，此时可移回电极，通过观察电火花的跳出点确定漏点的位置。

E.2.3.6 检漏过程中必须确保覆盖层表面干燥，并注意保持探测电极距金属管端或金属裸露面至少13 mm。

附 录 F
（规范性附录）
绝缘法兰(接头)绝缘性能测试

F.1 兆欧表法

F.1.1 适用范围

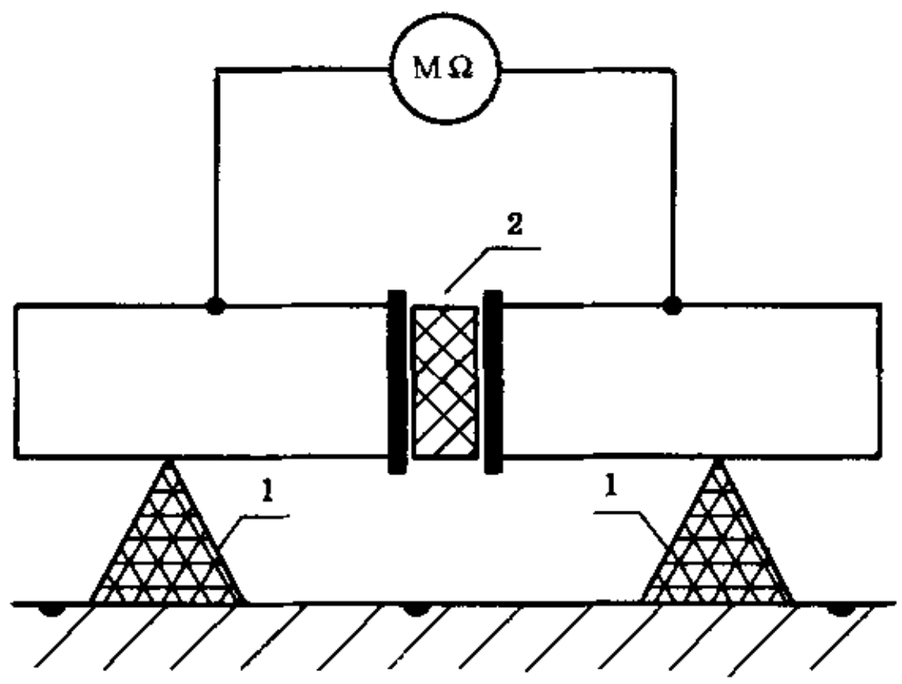
适用于制成但尚未安装到管道上的绝缘法兰(接头)的绝缘电阻值的测试。

F.1.2 仪表

兆欧表。

F.1.3 测试接线示意图

兆欧表法测试接线示意图如图 F.1。



1——绝缘支墩；

2——绝缘法兰(接头)。

图 F.1 兆欧表法测试接线示意图

F.1.4 测试步骤

按图 F.1 所示，宜用磁性接头(或夹子)将 500 V 兆欧表输入端的测量导线压接(夹接)在绝缘法兰(接头)两侧的裸管上(连接头必须除锈)，转动兆欧表手柄达到规定的转速，持续 10 s，此时兆欧表稳定指示的电阻值即为绝缘法兰(接头)的绝缘电阻值。

附 录 G
（规范性附录）
牺牲阳极输出电流测试

G.1 标准电阻法

G.1.1 适用范围

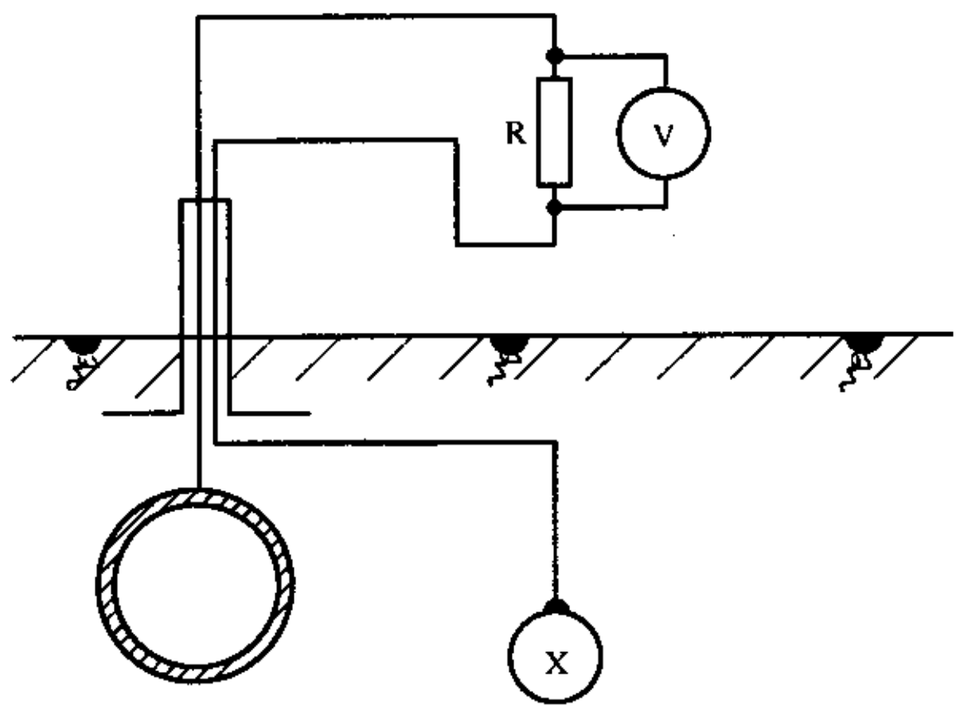
适用于现场牺牲阳极输出电流的测量。

G.1.2 仪器

宜选用数字万用表：内阻不小于 1 MΩ，准确度不低于 2.5 级。

G.1.3 测试接线示意图

标准电阻法测试接线示意图如图 G.1。



R——标准电阻；

V——数字万用表；

X——牺牲阳极。

图 G.1 标准电阻法测试接线示意图

G.1.4 测试步骤

G.1.4.1 标准电阻的两个电流接线柱分别接到管道和牺牲阳极的接线柱上，两个电位接线柱分别接数字万用表，并将数字万用表置于 DC200 mV 量程。接入导线的总长度不大于 1 m，截面积不宜小于 2.5 mm^2。

G.1.4.2 标准电阻的阻值宜为 0.1 Ω，准确度为 0.02 级。

G.1.4.3 牺牲阳极的输出电流按式(G.1)计算：

$$I = \frac{\Delta V}{R} \qquad \cdots\cdots(G.1)$$

式中：

I——牺牲阳极(组)输出电流，单位为毫安(mA)；

ΔV——数字万用表读数，单位为毫伏(mV)；

R——标准电阻阻值，单位为欧姆(Ω)。

G.2 直测法

G.2.1 适用范围

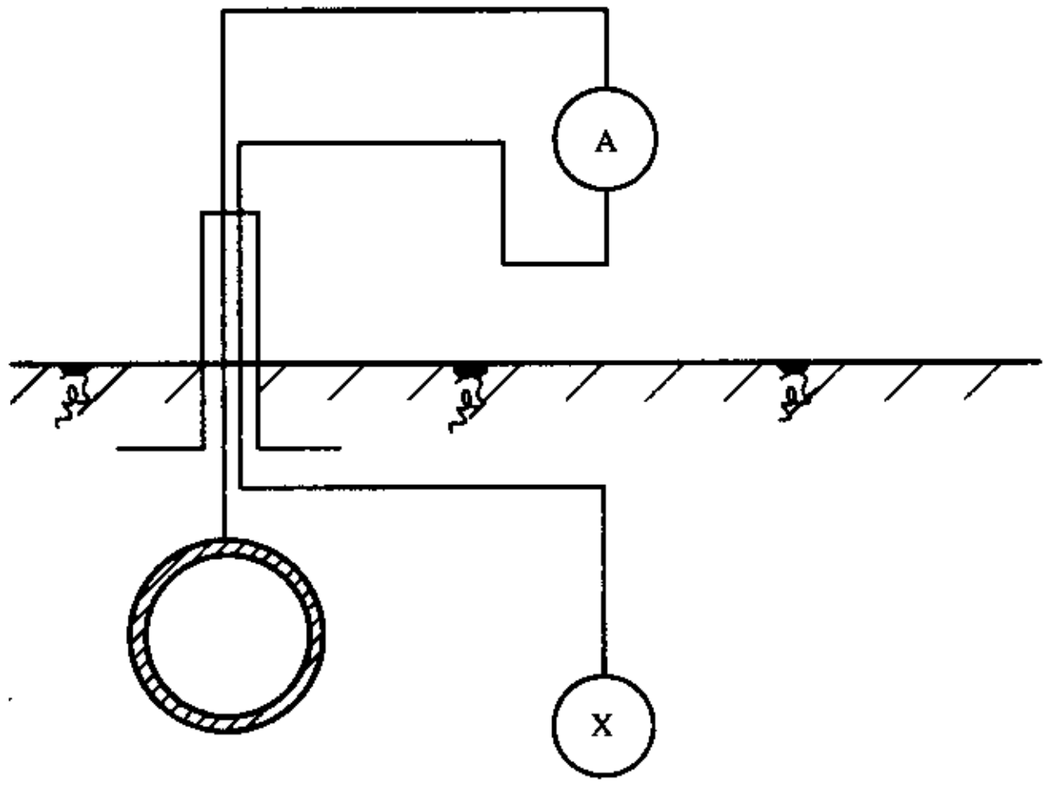
适用于现场牺牲阳极输出电流的测量。

G.2.2 仪器

选用五位读数$\left(4\frac{1}{2}\text{位}\right)$的数字万用表。

G.2.3 测试接线示意图

直测法测试接线示意图如图 G.2。



A——$4\frac{1}{2}$位数字万用表；

X——牺牲阳极。

图 G.2 直测法测试接线示意图

G.2.4 测试步骤

在五位读数$\left(4\frac{1}{2}\text{位}\right)$的数字万用表上，用 DC10 A 量程直接读出电流值。

附 录 H
（规范性附录）
接地电阻测试

H.1 阳极地床接地电阻测试

H.1.1 适用范围

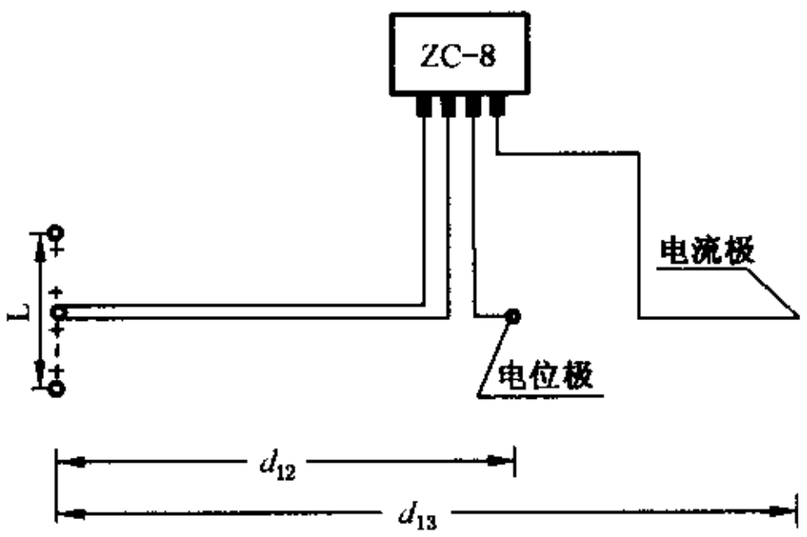
适用于阳极地床接地电阻测试。

H.1.2 仪器

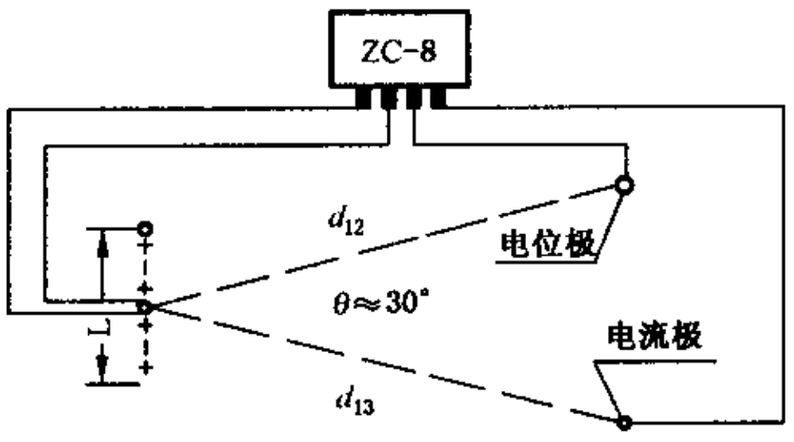
宜选用 ZC-8 接地电阻测量仪，精度 0.5 级。

H.1.3 测试接线示意图

阳极地床接地电阻测试接线示意图如图 H.1。



a)



b)

图 H.1 阳极地床接地电阻测试接线示意图

H.1.4 测试步骤

H.1.4.1 当采用图 H.1a)测试时，在土壤电阻率较均匀的地区，d_{13}取 2 L、d_{12}取 L；在土壤电阻率不均匀的地区，d_{13}取 3 L、d_{12}取 1.7 L。在测试过程中，电位极沿辅助阳极与电流极的连线移动三次。每次移动距离为 d_{13}的 5%左右，若三次测试值接近，取其平均值作为辅助阳极接地电阻值；若测试值不接近，将电位极往电流极方向移动，直至测试值接近为止。

H.1.4.2 阳极地床接地电阻也可以采用图 H.1b)所示的三角形布极法测量，此时 $d_{13}=d_{12}\geqslant 2$ L。

H.1.4.3 按图 H.1 布好电极后，转动接地电阻测量仪的手柄，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，此时黑线指示的度盘值乘以倍率即为接地电阻值。

H.2 牺牲阳极接地电阻测试

H.2.1 适用范围

适用于牺牲阳极接地电阻测试。

H.2.2 仪器

宜选用 ZC-8 接地电阻测量仪，精度 0.5 级。

H.2.3 测试接线示意图

牺牲阳极接地电阻测试接线示意图如图 H.2。

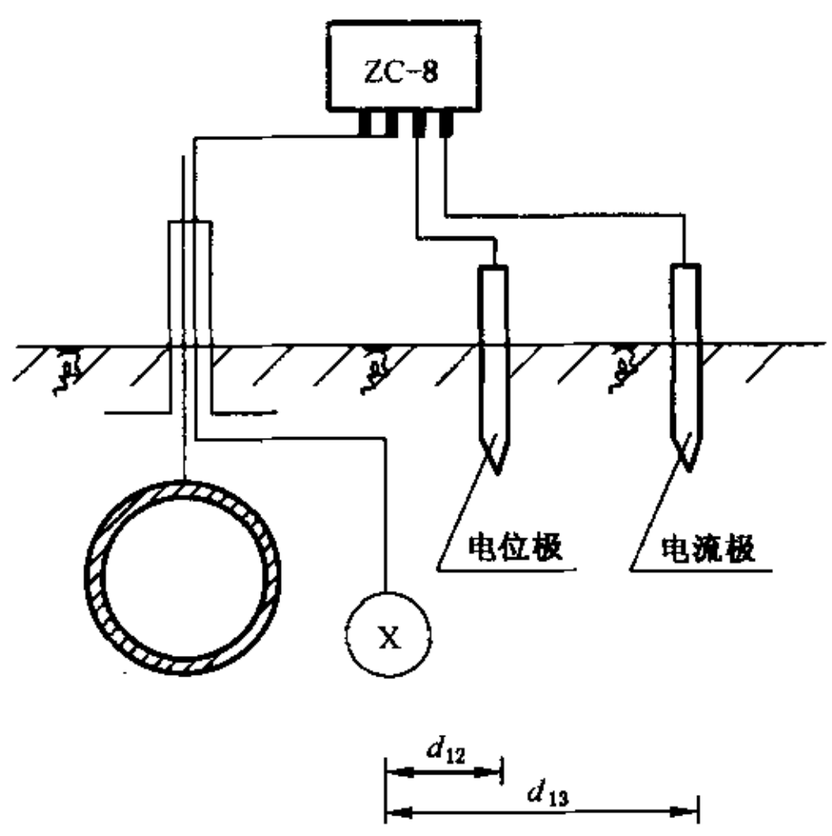


图 H.2 牺牲阳极接地电阻测试接线示意图

H.2.4 测试步骤

H.2.4.1 测量牺牲阳极接地电阻之前，应将牺牲阳极与管道断开，然后按图 H.2 所示接线示意图沿垂直于管道的一条直线布置电极，d_{13} 约 40 m，d_{12} 取 20 m 左右，按 H.1.4.3 的操作步骤测量接地电阻值。

H.2.4.2 当牺牲阳极的支数较多或为带状牺牲阳极，该组牺牲阳极的对角线长度(或带状牺牲阳极长度)大于 8 m 时，按 H.1 测试接地电阻。但 d_{13} 不得小于 40 m、d_{12} 不得小于 20 m。

附 录 I
（规范性附录）
管内电流测试

I.1 电压降法

I.1.1 适用范围

具有良好外覆盖层的管道，当被测管段无分支管道、无接地极，又已知管径、壁厚、材料的电阻率时，使用电压降法测试沿管道流动的直流电流。

I.1.2 仪器

宜选用数字万用表：内阻不小于 1 MΩ，准确度不低于 2.5 级。

宜选用 UJ 33a 直流电位差计：0～100 mV，精度 0.1 级。

I.1.3 测试接线示意图

电压降法测试接线示意图如图 I.1。

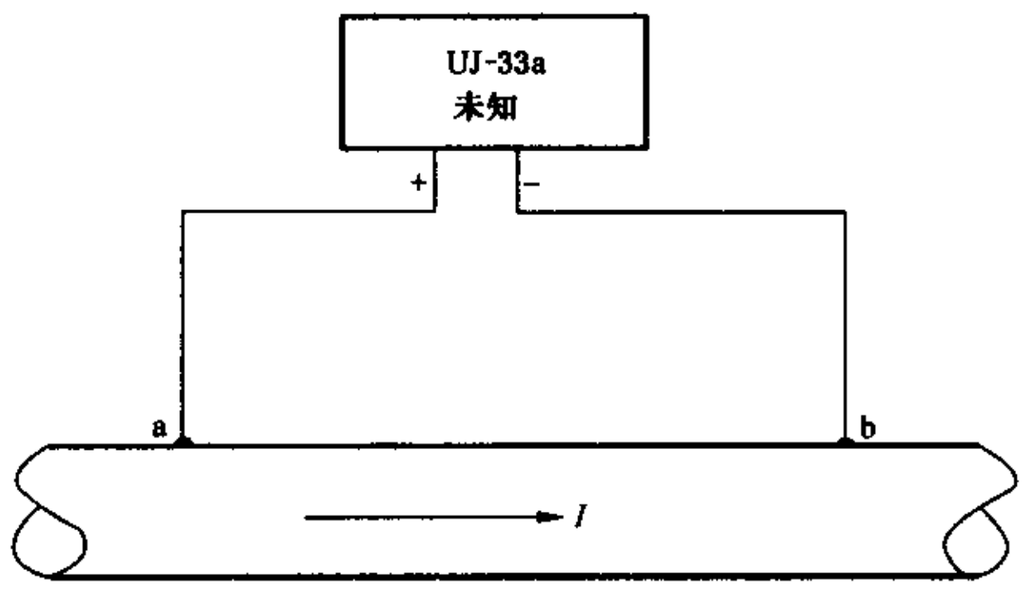


图 I.1 电压降法测试接线示意图

I.1.4 测试步骤

I.1.4.1 测量 a、b 两点之间的管长 L_{ab}，误差不大于 1%。L_{ab}的最小长度应根据管径大小和管内的电流量决定，最小管长应保证 a、b 两点之间的电位差不小于 50 μV，一般取 L_{ab}为 30 m。

I.1.4.2 先用数字万用表判定 a、b 两点的正、负极性并粗测 V_{ab}值。然后将正极端和负极端分别接到 UJ 33a 直流电位差计“未知”端的相应接线柱上，细测 V_{ab}值。

I.1.4.3 ab 段管内的电流按式(I.1)计算：

$$I = \frac{V_{ab} \cdot \pi(D-\delta)\delta}{\rho L_{ab}} \qquad \cdots\cdots(I.1)$$

式中：

I——流过 ab 段的管内电流，单位为安培(A)；

V_{ab}——ab 间的电位差，单位为伏特(V)；

D——管道外径，单位为毫米(mm)；

δ——管道壁厚，单位为毫米(mm)；

ρ——管材电阻率，单位为欧姆·平方毫米每米($\Omega \cdot mm^2/m$)；

L_{ab}——ab 间的管道长度，单位为米(m)。

I.2 补偿法

I.2.1 适用范围

具有良好外覆盖层的管道，当被测管段无分支管道、无接地极，管内流动的直流电流比较稳定时，使用补偿法测量管内电流。

I.2.2 仪器

宜选用数字万用表：内阻不小于 1 MΩ，准确度不低于 2.5 级；

检流计或电位差计。

I.2.3 测试接线示意图

补偿法测试接线示意图如图 I.2。

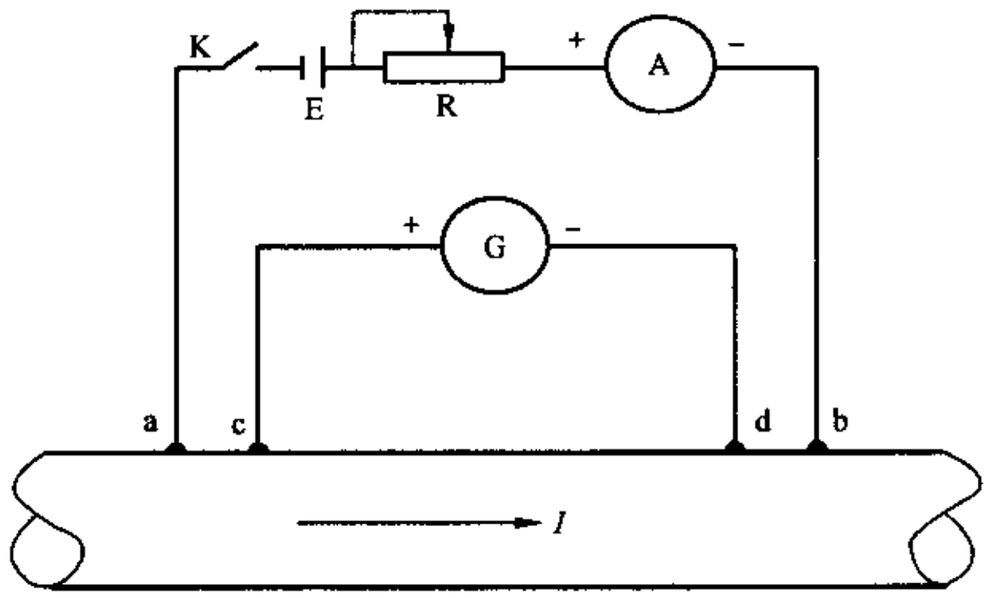


图 I.2 补偿法测试接线示意图

I.2.4 测试步骤

I.2.4.1 图 I.2 中，$L_{ac} \geqslant \pi D$，$L_{db} \geqslant \pi D$，L_{cd} 的长度宜为 20～30 m。

I.2.4.2 按图 I.2 接好测试回路，合上开关 K，调节变阻器 R，当检流计或电位差计 G 的指示为零时，电流表 A 指示的数值即为管内电流 I 的绝对值。

附 录 J
（规范性附录）
管道外覆盖层电阻测试

J.1 适用范围

适用于无分支、无接地装置的某一段（长度宜为 500～10 000 m，一般为 5 000 m）管道的覆盖层电阻测试。

J.2 仪器

宜选用数字万用表：内阻不小于 1 MΩ，准确度不低于 2.5 级。

测试导线采用铜芯绝缘软线；在有电磁干扰的地区采用屏蔽导线。

J.3 测试接线示意图

管道覆盖层电阻测试接线示意图如图 J.1。

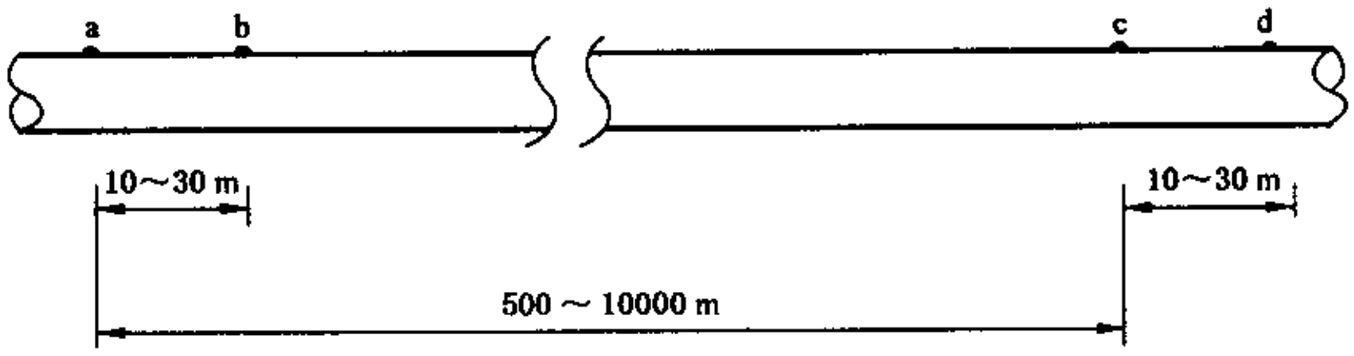


图 J.1 管道覆盖层电阻测试接线示意图

J.4 测试步骤

J.4.1 被测段 ac 距通电点必须不小于 πD。

J.4.2 获得被测管段的长度（精确到 m）。

J.4.3 若 ad 段埋有牺牲阳极，则将其与管道断开。

J.4.4 在强制电流阴极保护站供电之前，测试 a、c 两点的自然电位值。阴极保护站供电 24 h 后，测试 a、c 两点保护电位值，并计算 a、c 两点的负偏移电位值。

J.4.5 按附录 I.1 测试 ab 和 cd 两段的管内电流值。

J.5 管道覆盖层电阻计算

管道覆盖层电阻可按式(J.1)计算：

$$\rho_A = \frac{(\Delta V_a + \Delta V_c) L_{ac} \pi D}{2(I_1 - I_2)} \qquad \cdots\cdots (J.1)$$

式中：

ρ_A——管段覆盖层电阻，单位为欧姆平方米（$\Omega \cdot m^2$）；

ΔV_a——管段首端 a 点的负偏移电位，单位为伏特（V）；

ΔV_c——管段末端 c 点的负偏移电位，单位为伏特（V）；

L_{ac}——被测管段 ac 的管道长度，单位为米（m）；

D——管道外径，单位为米（m）；

I_1——ab 段管内电流绝对值，单位为安培（A）；

I_2——cd 段管内电流绝对值，单位为安培（A）。

J.6 两端装有绝缘性能良好的绝缘法兰（接头），又无其他分流支路，覆盖层质量良好的管道，当其长度不超过一座阴极保护站的保护半径时，从阴极保护站通电点至末端管道的覆盖层电阻可按式(J.2)计算：

$$\rho_A = \frac{(\Delta V_a + \Delta V_c) L \pi D}{2I} \qquad \text{……(J.2)}$$

式中：

ΔV_a——供电点管道负偏移电位值，单位为伏特(V)；

ΔV_c——末端管道负偏移电位，单位为伏特(V)；

L——被测管道长度，单位为米(m)；

I——向被测管道提供的阴极保护电流，单位为安培(A)。