

UDC



中华人民共和国国家标准

P

GB50991—2014

埋地钢质管道直流干扰防护技术标准

Technical standard for DC interference mitigation
of buried steel pipeline

2014-05-16 发布

2015-02-01 实施

中华人民共和国住房和城乡建设部

联合发布

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局

中华人民共和国国家标准

埋地钢质管道直流干扰防护技术标准

Technical standard for DC interference
of buried steel pipeline

GB 50991—2014

主编部门：中国石油天然气集团公司

批准部门：中华人民共和国住房和城乡建设部

施行日期：2015年2月1日

中国计划出版社

2014 北 京

前 言

本标准是根据住房和城乡建设部《关于印发〈2010年工程建设标准规范制订、修订计划〉的通知》（建标【2010】43号）的要求，由中国石油管道公司沈阳调度中心会同有关单位共同编制完成的。

本标准在编制过程中，编制组经过广泛调查研究，认真总结管道直流干扰腐蚀防护工程方面的实践经验，参考有关国际标准，并广泛征求意见，最后经审查定稿。

本标准共分9章和1个附录。主要内容有：总则、术语、基本规定、调查与测试、直流干扰的识别和评价、直流干扰防护措施、干扰防护效果的评定、干扰防护的调整、干扰防护系统的管理等。

本标准中以黑体字标志的条文为强制性条文，必须严格执行。

本标准由住房和城乡建设部负责管理和对强制性条文的解释，由石油工程建设专业标准化委员会负责日常管理，中国石油管道公司沈阳调度中心负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见和建议，请寄送中国石油管道公司沈阳调度中心（沈阳市皇姑区岐山中路39号，邮编110014）。

本规范主编单位、参编单位、主要起草人和主要审查人：

主编单位：中国石油管道公司沈阳调度中心

参编单位：中国石油天然气股份有限公司管道沈阳技术分公司

中国电力科学研究院

铁道第三勘察设计院集团有限公司

中国石化储运公司

主要起草人：陈敬和 何悟忠 卢绮敏 李绍忠 郭庆茹 刘志军 陆家榆 王双平 陈建民
齐磊 王闯

主要审查人：唐明华 张平 罗锋 吴志平 卜文平 刘玲莉 葛艾天 李英义 陈学江
蒋俊 杜艳霞 薛致远 窦宏强 冯洪臣 刘成铁

目 次

1 总 则.....	1
2 术 语.....	2
3 基本规定.....	4
4 调查与测试.....	5
4.1 一般规定.....	5
4.2 调查与测试的项目.....	5
4.3 测试作业的分类.....	6
4.4 测试作业的要求.....	7
5 直流干扰的识别和评价.....	9
6 直流干扰防护措施.....	10
6.1 一般规定.....	10
6.2 排流保护.....	10
6.3 阴极保护.....	12
6.4 防腐层修复.....	12
6.5 等电位连接.....	12
6.6 绝缘隔离.....	13
6.7 绝缘装置跨接.....	13
6.8 屏蔽.....	13
7 干扰防护效果的评定.....	14
8 干扰防护的调整.....	15
9 干扰防护系统的管理.....	16
附录 A 埋地钢质管道直流干扰测试方法.....	17
A.1 一般规定.....	17
A.2 管地电位的测试.....	18
A.3 地电位梯度与杂散电流方向的测试.....	19
A.4 管轨电压的测试.....	20
A.5 管道干扰电流的测试.....	20
A.6 轨地电位的测试.....	21
A.7 其他测试.....	21
本标准用词说明.....	22
引用标准名录.....	23
附：条文说明.....	24

Contents

1	General provisions	1
2	Terms	2
3	Basic requirement	4
4	Investigation and measurement	5
4.1	General requirement	5
4.2	Items for investigation and measurement	5
4.3	Classification of measurement	6
4.4	Measurement requirements	7
5	Identification and evaluation for DC interference	9
6	Mitigation measures for DC interference	10
6.1	General requirement	10
6.2	Drainage protection	10
6.3	Cathodic protection	12
6.4	Coating repair	12
6.5	Equipotential bonding	12
6.6	Insulating isolation	13
6.7	Insulation device cross connection	13
6.8	Shielding	13
7	Assessment for the mitigation effect	14
8	Adjustment for the mitigation system	15
9	Management of the mitigation system	16
Appendix A	Measurement method of DC interference for buried steel pipelines	17
A.1	General requirement	17
A.2	Measurement of pipe to soil potential	18
A.3	Measurement of grounding voltage gradient and stray current direction	19
A.4	Measurement of pipeline to rail voltage	20
A.5	Measurement of pipeline interference current	20
A.6	Measurement of rail to soil potential	21
A.7	Other measurement	21
	Explanation of wording in this code	22
	List of quoted standards	23
	Addition: Explanation of provisions	24

1 总 则

- 1.0.1 为控制直流杂散电流对埋地钢质管道（以下简称管道）的干扰腐蚀危害，规范直流干扰防护的技术要求，制定本标准。
- 1.0.2 本标准适用于管道直流干扰的调查与测试，以及直流干扰防护工程的设计、施工和维护。
- 1.0.3 管道直流干扰防护工作除应执行本标准外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术 语

- 2.0.1 杂散电流 stray current
在非指定回路中流动的电流。
- 2.0.2 直流干扰 DC interference
因直流杂散电流导致的构筑物内的直流电扰动。
- 2.0.3 干扰源 source of interference
产生杂散电流的设施，也称杂散电流源。
- 2.0.4 直流杂散电流腐蚀 DC stray current corrosion
由直流杂散电流引起的腐蚀。
- 2.0.5 管道阴极区 cathodic region of pipeline
杂散电流从土壤流向管道的区域。
- 2.0.6 管道阳极区 anodic region of pipeline
杂散电流从管道流向土壤的区域。
- 2.0.7 管道交变区 alternating region of pipeline
杂散电流流入或流出管道的方向不断变化的区域，杂散电流有时从管道流向土壤，有时从土壤流向管道。
- 2.0.8 干扰防护 interference protection
为使埋地钢质管道免受干扰腐蚀，采取排流、增设阴极保护、修复防腐层和电屏蔽等方式对干扰进行治理和控制的过程。
- 2.0.9 排流 drainage
通过人为形成的通路，使管道中的干扰电流直接或间接地流回到干扰源的负回归网络，减弱管道直流干扰影响的防护技术。
- 2.0.10 接地排流 drainage by grounding
将被干扰管道与排流接地体相连，使管道内的杂散电流通过排流接地体流入大地，进而流回干扰源负回归网络的一种排流方式。
- 2.0.11 直接排流 direct drainage
将被干扰管道与干扰源的负回归网络通过导线直接相连的一种排流方式。
- 2.0.12 极性排流 polarity drainage
将被干扰管道与干扰源的负回归网络或排流接地体之间串入防逆流装置的一种排流方式。
- 2.0.13 强制排流 forced drainage
被干扰管道与干扰源的负回归网络或排流接地体之间通过带外加电源的强制排流装置，形成一个外加电位差，强制杂散电流从管道流回干扰源的一种排流方式。
- 2.0.14 轨地电位 rail to soil potential
铁轨与相邻土壤之间的电位差。
- 2.0.15 管轨电压 pipeline to rail voltage
管道与附近铁轨之间的直流电压。
- 2.0.16 等电位连接 equipotential bonding
采用电缆把相距较近且存在相互干扰的管道连接起来，使相关管道的管地电位相同或接近的一种干扰防护方式。
- 2.0.17 绝缘隔离 insulating isolation
在被干扰管道上的一处或多处位置安装绝缘装置，将管道分隔成电气上不连续的若干管段，通过增大被干扰管道回路电阻来减少纵向累积进入管道的杂散电流并缩短干扰范围的一

种干扰防护方式。

2.0.18 绝缘装置跨接 insulation device bonding

通过电缆把管道现有绝缘装置两端连接起来，实现电气连通，降低绝缘装置两端干扰的一种干扰防护方式。

2.0.19 屏蔽 shielding

在被干扰管道附近埋设屏蔽物以拦截或吸收杂散电流的一种干扰防护方式。

3 基本规定

- 3.0.1 管道与高压直流输电系统、直流牵引系统等干扰源宜保持防护间距。
- 3.0.2 干扰源和管道在系统设计阶段,应充分考虑干扰源对外部埋地金属构筑物的直流干扰以及管道可能受到的直流干扰影响,并应对管道上可能受到的直流干扰影响进行分析和评价。
- 3.0.3 对管道造成直流干扰的干扰源方,应根据国家相关法规及标准采取减少杂散电流的措施,并应为管道直流干扰的调查测试和防护工作提供支持。
- 3.0.4 在干扰区域,宜由管道方、干扰源方及其他有关各方的代表组成防干扰协调机构,对干扰进行统一测试和评价,且宜协调设计干扰防护措施并宜分别实施和管理。
- 3.0.5 处于高压直流输电系统、直流牵引系统等干扰源附近的管道应进行干扰源侧和管道侧两方面的调查测试。
- 3.0.6 当发现管地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。
- 3.0.7 应根据对干扰的调查和测试结果,对干扰状况进行分析评价,确定是否需要采取干扰防护措施。
- 3.0.8 **当确认管道受直流干扰影响和危害时,必须采取防护措施。**
- 3.0.9 应选择与干扰程度相适应的干扰防护措施,对于干扰严重或干扰状况复杂的场合可采取多种防护方式进行综合治理。
- 3.0.10 在采取防护措施时,应限制防护措施对与其邻近的其他埋地金属构筑物的消极影响。当采取限制措施后仍不能消除这种消极影响时,可将受到影响的其他埋地金属构筑物纳入拟定的干扰防护系统,实施共同防护。
- 3.0.11 在受直流干扰影响区域的管道宜设置测试探头或检查片。
- 3.0.12 受直流干扰的管道同时存在交流干扰时,应防止交流干扰对直流干扰测试和防护的影响。

4 调查与测试

4.1 一般规定

- 4.1.1 在调查与测试开始前,应明确调查测试的具体内容和实施测试的管道范围,选定测试点和测试时间。
- 4.1.2 应通过调查与测试,确定干扰的原因、形态和范围,分析干扰的分布规律,评价干扰的严重程度。
- 4.1.3 在调查与测试工作中应遵守下列安全规定:
- 1 干扰测试的测试接线应采用绝缘线夹和插头;
 - 2 测试操作中应首先接好仪表回路,再连接被测体,测试结束时,按相反的顺序操作,并应执行右手单手操作法;
 - 3 在管道上的电绝缘装置两侧进行测试之前,应检查是否存在危险电压;
 - 4 在雷雨天气下,应避免进行可能接触管道和干扰源的测试作业;
 - 5 当测试导线穿越街道、公路等交通繁忙的地段时,应设置安全警示标志或派人监护;
 - 6 在可能存在可燃性气体的环境中进行测试作业,应避免在接线或拆线时产生电火花。在无法避免产生电火花时,应采取的措施确认不存在燃爆危险时方可进行测试作业;
 - 7 在涵洞、隧道等特殊位置测试时,应先对环境的安全性进行检查,在确认安全后方可进行测试;
 - 8 在调查与测试工作中,除遵守上述安全规定外,还应遵守相关安全法规的有关规定。

4.2 调查与测试的项目

- 4.2.1 被干扰管道的调查测试宜包括下列项目:
- 1 本地区管道的腐蚀实例及被干扰管道腐蚀的形貌特征;
 - 2 管地电位及其分布;
 - 3 管壁中流动的管道干扰电流;
 - 4 流入、流出管道的管道干扰电流大小与部位;
 - 5 管轨电压及其方向;
 - 6 管道外防腐层绝缘电阻率;
 - 7 管道外防腐层缺陷点;
 - 8 管道沿线土壤电阻率;
 - 9 地电位梯度与杂散电流方向;
 - 10 管道现有阴极保护和干扰防护系统的运行参数及运行状况;
 - 11 管道与其他相邻、交叉的管道或其他埋地金属构筑物间的电位差以及其他相邻、交叉的管道或其他埋地金属构筑物的阴极保护和干扰防护系统的运行参数和运行状态;
 - 12 其他需要测试的内容。
- 4.2.2 直流干扰源的调查测试宜包括下列项目:
- 1 高压直流输电系统
 - 1) 高压直流输电系统建设时间、电压等级、额定容量和额定电流;
 - 2) 高压直流输电线路分布情况及其与管道的相互位置关系;
 - 3) 高压直流输电系统接地极的尺寸、形状及其与管道的相互位置关系;
 - 4) 单极大地回线运行方式的发生频次和持续时间;
 - 5) 高压直流输电系统接地极的额定电流、不平衡电流、最大过负荷电流和最大暂态电流;
 - 6) 其他需要测试的内容。
 - 2 直流牵引系统

- 1) 直流牵引系统的建设时间、供电电压、馈电方式、馈电极性和牵引电流;
 - 2) 轨道线路分布情况及其与管道的相互位置关系;
 - 3) 直流供电所的分布情况及其与管道的相互位置关系;
 - 4) 电车运行状况;
 - 5) 轨地电位及其分布;
 - 6) 铁轨附近地电位梯度;
 - 7) 其他需要测试的内容。
- 3 阴极保护系统
- 1) 阴极保护系统类型、建设时间和保护对象;
 - 2) 阴极保护系统的辅助阳极地床与受干扰管道相互位置关系;
 - 3) 阴极保护系统的保护对象与受干扰管道相互位置关系;
 - 4) 阴极保护系统辅助阳极的材质、规格和安装方式;
 - 5) 阴极保护系统的控制电位、输出电压和输出电流;
 - 6) 阴极保护系统保护对象的防腐层类型及等级;
 - 7) 阴极保护系统保护对象的对地电位及其分布;
 - 8) 其他需要测试的内容。
- 4 其他直流用电设施
- 1) 直流用电设施用途、类型和建设时间;
 - 2) 直流用电设施特别是直流用电设施的接地装置与受干扰管道相互位置关系;
 - 3) 直流用电设施电压等级、工作电流和泄漏电流;
 - 4) 直流用电设施运行频次和时间;
 - 5) 其他需要测试的内容。

4.3 测试作业的分类

4.3.1 测试作业宜分为下列三种类型:

- 1 预备性测试: 用于初步了解管道干扰程度及管地电位变化特征和分布;
- 2 防护工程测试: 用于详细了解管道干扰程度及管地电位变化特征和分布;
- 3 防护效果评定测试: 用于评定干扰防护效果并指导干扰防护系统的调整。

4.3.2 被干扰管道的推荐调查与测试项目宜按表 4.3.2-1 的规定进行选择, 直流干扰源的推荐调查与测试项目宜按表 4.3.2-2 的规定进行选择。

表 4.3.2-1 被干扰管道的推荐调查与测试项目

调查、测试项目	测试分类		
	预备性测试	防护工程测试	防护效果评定测试
本地区管道的腐蚀实例及被干扰管道腐蚀的形貌特征	△	—	—
管地电位及其分布	○	○	○
管壁中流动的管道干扰电流	—	△	—
流入、流出管道的管道干扰电流大小与部位	—	△	—
管轨电压及其方向	—	√	—
管道外防腐层绝缘电阻率	—	√	—
管道外防腐层缺陷点	—	√	—
管道沿线土壤电阻率	√	○	√
地电位梯度与杂散电流方向	√	△	—
管道现有阴极保护和干扰防护系统的运行参数及运行状况	△	○	○
管道与其他相邻、交叉的管道和其他埋地金属构筑物间的电位差以及其他相邻、交叉的管道和其他埋地金属构筑物的阴极保护和干扰防护系统的运行参数和运行状态	△	○	√
其他需要测试的内容	根据需要选择		

注: ○——应进行的项目; △——宜进行的项目; √——可进行的项目。

表 4.3.2-2 直流干扰源的推荐调查与测试项目

干扰源类别	调查、测试项目	测试分类		
		预备性测试	防护工程测试	防护效果评定测试
高压直流输电系统	高压直流输电系统建设时间、电压等级、额定容量和额定电流	—	○	—
	高压直流输电线路分布情况及其与管道的相互位置关系	—	○	—
	高压直流输电系统接地极的尺寸、形状及其与管道的相互位置关系	△	○	—
	单极大地回线运行方式的发生频次和持续时间	√	○	—
	高压直流输电系统接地极的额定电流、不平衡电流、最大过负荷电流和最大暂态电流	√	○	—
	其他需要测试的内容	根据需要选择		
直流牵引系统	直流牵引系统的建设时间、供电电压、馈电方式、馈电极性和牵引电流	—	○	—
	轨道线路分布情况及其与管道的相互位置关系	√	○	—
	直流供电所的分布情况及其与管道的相互位置关系	√	○	—
	电车运行状况	—	○	—
	轨地电位及其分布	—	√	—
	铁轨附近地电位梯度	—	√	—
	其他需要测试的内容	根据需要选择		
阴极保护系统	阴极保护系统类型、建设时间和保护对象	√	△	—
	阴极保护系统的辅助阳极地床与受干扰管道相互位置关系	√	○	—
	阴极保护系统的保护对象与受干扰管道相互位置关系	√	△	—
	阴极保护系统辅助阳极的材质、规格和安装方式	√	△	—
	阴极保护系统的控制电位、输出电压和输出电流	√	○	—
	阴极保护系统保护对象的防腐层类型及等级	√	√	—
	阴极保护系统保护对象的对地电位及其分布	√	√	—
其他需要测试的内容	根据需要选择			
其他直流用电设施	直流用电设施用途、类型和建设时间	√	△	—
	直流用电设施特别是直流用电设施的接地装置与受干扰管道相互位置关系	√	○	—
	直流用电设施电压等级、工作电流和泄漏电流	√	○	—
	直流用电设施运行频次和时间	√	△	—
	其他需要测试的内容	根据需要选择		

注：○—应进行的项目；△—宜进行的项目；√—可进行的项目。

4.4 测试作业的要求

4.4.1 预备性测试应符合下列规定：

- 1 在可能存在直流干扰的管段进行测试时，可利用管道现有的测试桩作为测试点；
- 2 对与阴极保护系统等负荷变化较小的干扰源交叉或接近的管段，各个测试点的持续测试时间宜大于 5min；对与直流牵引系统等负荷变化较大的干扰源交叉或接近的管段，宜选择在干扰源负荷的高峰时间段内进行测试，测试过程应至少有一次负荷变化周期。

4.4.2 防护工程测试应符合下列规定：

- 1 测试点应根据预备性测试结果布设在干扰较严重的管段上，测试点间距宜为 50m~200m，最大间距不宜大于 500m；
- 2 每次测试的持续测试时间宜为 24h，在已经了解干扰源负荷变化规律的情况下，持续测试时间可适当缩短，但应大于 1h，且应选择干扰源负荷的高峰、平峰和低谷三个时间段上。对现有排流点、管道绝缘接头（法兰）两端及管道与干扰源接近和交叉处等具有代表性的点，应进行 24h 连续测试；
- 3 测试的次数可根据实际情况确定，不宜少于三次；
- 4 每次测试的测试点位置应相同，测试起止时间应一致，并应采用相同的读数时间间隔；

- 5 同一干扰管段内各测试点的测试起止时间应一致，读数时间间隔应相同；
 - 6 干扰源的测试应与被干扰管道同步进行；
 - 7 测试宜在现有防护设施全部关闭和全部运行两种状态下分别进行。
- 4.4.3 防护效果评定测试除应符合本标准第 4.4.2 条规定外，还应符合下列规定：
- 1 测试点在防护工程测试的测试点中选定，应包括拟定排流点、实际排流点和其他采取防护措施的位置、相邻两个排流点中间位置等具有代表性的点；
 - 2 持续测试时间应为 24h；
 - 3 测试宜在所有防护设施全部关闭和全部运行两种状态下分别进行。
- 4.4.4 测试读数时间间隔宜为 10s~30s，管地电位变动剧烈时测试读数时间间隔宜为 1s。
- 4.4.5 应采取适当措施消除管地电位测试中土壤 IR 降的影响。
- 4.4.6 相关测试项目的测试操作及数据处理宜按本标准附录 A 的规定进行。

5 直流干扰的识别和评价

- 5.0.1 管道工程处于设计阶段时,可采用管道拟经路由两侧各 20m 范围内的地电位梯度判断土壤中杂散电流的强弱,当地电位梯度大于 $0.5\text{mV}/\text{m}$ 时,应确认存在直流杂散电流;当地电位梯度大于或等于 $2.5\text{mV}/\text{m}$ 时,应评估管道敷设后可能受到的直流干扰影响,并应根据评估结果预设干扰防护措施。
- 5.0.2 没有实施阴极保护的管道,宜采用管地电位相对于自然电位的偏移值进行判断。当任意点上的管地电位相对于自然电位正向或负向偏移超过 20mV ,应确认存在直流干扰;当任意点上管地电位相对于自然电位正向偏移大于或等于 100mV 时,应及时采取干扰防护措施。
- 5.0.3 已投运阴极保护的管道,当干扰导致管道不满足最小保护电位要求时,应及时采取干扰防护措施。
- 5.0.4 具有如下腐蚀形貌特征的被干扰管道,可判定发生了直流杂散电流腐蚀:
- 1 腐蚀点呈孔蚀状、创面光滑、有时有金属光泽、边缘较整齐;
 - 2 腐蚀产物呈炭黑色细粉状;
 - 3 有水分存在时,可明显观察到电解过程迹象。
- 5.0.5 可根据干扰程度和受干扰位置随时间变化的情况,判定干扰的形态,并应符合下列规定:
- 1 干扰程度和受干扰的位置随时间没有变化或变化很小,应确定为静态干扰;
 - 2 干扰程度和受干扰的位置随时间不断变化,应确定为动态干扰。
- 5.0.6 可根据管地电位随距离分布的特征,确定干扰的范围及管道阳极区、管道阴极区和管道交变区的位置。

6 直流干扰防护措施

6.1 一般规定

6.1.1 管道侧应根据调查与测试的结果，选择排流保护、阴极保护、防腐层修复、等电位连接、绝缘装置跨接、绝缘隔离和屏蔽等干扰防护措施，防护措施选取应考虑下列因素：

- 1 干扰来源及干扰源与管道相互位置关系；
- 2 干扰的形态和程度；
- 3 干扰的范围及管道阳极区、管道阴极区和管道交变区的位置；
- 4 管道周围地形、地貌和土壤电阻率等环境因素；
- 5 管道防腐层绝缘性能；
- 6 管道已有干扰防护措施及干扰防护措施的防护效果。

6.1.2 在同一条或同一系统的管道中，根据实际情况可采用一种或多种防护措施。

6.1.3 对于已采用强制电流阴极保护的管道，应首先通过调整现有阴极保护系统抑制干扰。

6.1.4 当调整被干扰管道的阴极保护系统不能有效抑制干扰影响时，应采取排流保护及其他防护措施。

6.1.5 干扰防护中使用的电缆选择及安装应符合现行国家标准《电力工程电缆设计规范》GB 50217 的相关规定。

6.1.6 干扰防护中电缆与管道的连接应符合现行国家标准《埋地钢质管道阴极保护技术规范》GB/T 21448 的相关规定。

6.1.7 干扰源侧应采取减少入地电流及对管道的影响，其中直流牵引系统和高压直流输电系统应符合下列要求：

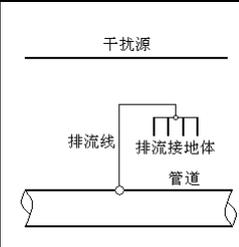
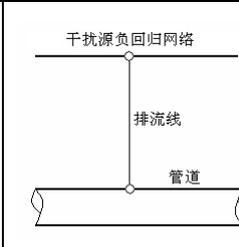
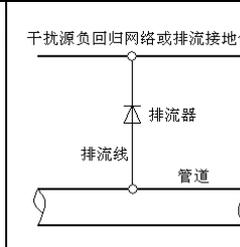
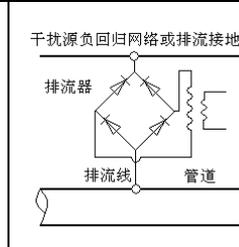
1 直流牵引系统应按现行国家标准《轨道交通 地面装置 第2部分：直流牵引系统杂散电流防护措施》GB / T 28026.2 的相关规定采取控制杂散电流的措施，其中地铁系统还应符合现行国家标准《地铁设计规范》GB 50157 的有关规定；

2 高压直流输电系统接地极与管道之间的距离及干扰防护应符合现行行业标准《高压直流输电大地返回运行系统设计技术规定》DL/T 5224 的有关规定。

6.2 排流保护

6.2.1 常用的排流保护方式可分为接地排流、直接排流、极性排流和强制排流等，可按表 6.2.1 选用。

表 6.2.1 常用的排流保护方式

方式	接地排流	直接排流	极性排流	强制排流
原理示意图				
适用范围	适用于管道阳极区较稳定且不能直接向干扰源排流的场合	适用于管道阳极区较稳定且可以直接向干扰源排流的场合，此方式使用时须征得干扰源方同意	适用于管道阳极区不稳定的场合。如果向干扰源排流，被干扰管道需位于干扰源的负回归网络附近，且须征得干扰源方同意	适用于管道与干扰源电位差较小的场合，或者位于交变区的管道。如果向干扰源排流，被干扰管道需位于干扰源的负回归网络附近，且须征得干扰源方同意

6.2.2 根据测试结果,应在被干扰管道上选取一点或多点作排流点,设置排流保护设施。

6.2.3 排流点的选择应以获得最佳排流效果为准,宜通过现场模拟排流试验或数值模拟并综合下述条件确定:

- 1 排流点处管地电位应存在较大的正向偏移且正向偏移持续时间应较长;
- 2 向干扰源排流的排流点处管道与干扰源负回归网络的距离应较小;
- 3 干扰源为直流牵引系统时,向干扰源排流的排流点处管轨电压应较大;
- 4 排流接地体地床埋设处的土壤电阻率应较低,并应便于地床的埋设施工;
- 5 排流点所在场所应便于管理。

6.2.4 排流的电流(排流量)宜通过现场模拟排流试验或数值模拟确定,不具备条件时,可通过公式计算确定,并应符合下列规定:

- 1 干扰源为直流牵引系统时,直接向干扰源排流的排流量可按下列公式计算:

$$I = \frac{V_{PR}}{R_1 + R_2 + R_{PG} + R_{RG}} \quad (6.2.4-1)$$

$$R_{PG} = \sqrt{r_3 w_3} \quad (6.2.4-2)$$

$$R_{RG} = \sqrt{r_4 w_4} \quad (6.2.4-3)$$

式中 I ——排流电流(A);

V_{PR} ——未排流时管轨电压(V);

R_1 ——排流线电阻(Ω);

R_2 ——排流器内阻(Ω);

R_{PG} ——管道接地电阻(Ω);

r_3 ——管道钢管的纵向电阻(Ω);

w_3 ——管道防腐层漏泄电阻(Ω);

R_{RG} ——铁轨接地电阻(Ω);

r_4 ——铁轨纵向电阻(Ω);

w_4 ——铁轨道床漏泄电阻(Ω)。

- 2 通过排流接地体排流时,排流量可按下列公式计算:

$$I = \frac{V_D}{R_1 + R_2 + R_{PG} + R_{DG}} \quad (6.2.4-4)$$

$$V_D = V_{PS} - V_{DG} \quad (6.2.4-5)$$

$$R_{PG} = \sqrt{r_3 w_3} \quad (6.2.4-6)$$

式中 I ——排流电流(A);

V_D ——排流驱动电压(V);

V_{PS} ——管地电位(V);

V_{DG} ——排流接地体对地电位(V);

R_1 ——排流线电阻(Ω);

R_2 ——排流器内阻(Ω);

R_{PG} ——管道接地电阻(Ω);

r_3 ——管道钢管的纵向电阻(Ω);

w_3 ——管道防腐层漏泄电阻(Ω);

R_{DG} ——排流接地体的接地电阻(Ω)。

3 排流接地体接地电阻可按现行国家标准《埋地钢质管道阴极保护技术规范》GB/T 21448 中牺牲阳极或辅助阳极接地电阻的规定进行计算。

6.2.5 排流保护系统宜在保证管道排流保护效果的前提下限制排流量。当采用在排流电路中串入限流电阻的方式来限制排流量时，限流电阻的阻值应按下式计算：

$$R_{cl} = \frac{(\frac{I_b}{I_b'} - 1)V}{I_b} \quad (6.2.5)$$

式中 R_{cl} ——串入限流电阻的阻值 (Ω)；

I_b ——未串入限流电阻时的排流量 (A)；

I_b' ——限定的排流量 (A)；

V ——管轨电压或排流驱动电压 (V)。

6.2.6 排流保护设施应符合下列规定：

- 1 接地排流和极性排流方式的排流接地体宜采用牺牲阳极材料，排流接地体的接地电阻宜小于对应位置管道的接地电阻；
- 2 排流接地体与管道的距离不宜小于 20m；
- 3 排流接地体应埋设在对人、畜等不造成危害的场所，且应置于冻土层以下，埋深不宜小于 1m，埋设处宜设置明显的标志；
- 4 排流器应符合下列规定：
 - 1) 排流器的额定电流应为计算排流量的 1.5~2 倍；
 - 2) 排流器应能适应管轨电压或管地电位的波动变化；
 - 3) 排流器的所有动接点应能承受频繁动作的冲击；
 - 4) 排流器应具有过载保护机能；
 - 5) 极性排流器的防逆流元件应具有正向电阻小，反向击穿电压大的特性。
- 5 排流器室外设置时，应能适应野外环境，且应具有防护措施并应安装牢固；
- 6 排流器应作安全接地，安全接地的接地电阻不应大于 4 Ω 。

6.3 阴极保护

6.3.1 作为干扰防护措施的管道阴极保护系统应符合下列规定：

- 1 被干扰管道的现有阴极保护系统，应调整运行参数或运行方式以适应干扰防护的需要；
- 2 为干扰防护增设的阴极保护系统，应设置在被干扰管道的阳极区；
- 3 处于高压直流输电系统强干扰影响区的管道的阴极保护系统应满足干扰防护对保护电流输出能力的需求。

6.3.2 在管地电位正负交变的场合使用牺牲阳极阴极保护方式时，应在管道与牺牲阳极之间串接单向导电器件。

6.4 防腐层修复

- 6.4.1 处于干扰区域的管道每年应进行防腐层缺陷检测。
- 6.4.2 管道阴极区的防腐层缺陷应及时修复；对于管道阳极区的防腐层缺陷应待该管段转变为管道阴极区或干扰消除后进行修复。
- 6.4.3 防腐层缺陷修复所使用材料的绝缘性能不应低于原防腐层。

6.5 等电位连接

6.5.1 等电位连接应符合下列规定：

- 1 连接点应选择管间电位差较大且管道之间相距较近的位置；
 - 2 连接电缆安装后，管间电位差不宜超过 50mV。
- 6.5.2 连接电缆上可串入电阻调节器件调节电流。

6.6 绝缘隔离

- 6.6.1 绝缘隔离应符合下列规定：
 - 1 绝缘隔离应采用能够隔断金属导电通路的电绝缘装置；
 - 2 绝缘隔离装置两侧各 10m 内的管段不应存在防腐层缺陷；
 - 3 绝缘隔离装置应安装高电压防护设施。
- 6.6.2 采用绝缘隔离措施后应避免电绝缘装置两端形成新的干扰点。
- 6.6.3 从阴极保护管道中隔离的管段应设置独立的阴极保护装置单独进行保护。

6.7 绝缘装置跨接

- 6.7.1 跨接电缆安装后，绝缘装置两端电位差不宜超过 50mV。
- 6.7.2 跨接电缆上可串入电阻调节器件调节电流。

6.8 屏蔽

- 6.8.1 屏蔽物应采用金属导体, 并应埋设于被干扰管道与干扰源之间。
- 6.8.2 屏蔽措施可采用以下连接方式：
 - 1 通过电缆将屏蔽物与干扰源的负极连接；
 - 2 通过电缆将屏蔽物与被干扰管道连接。
- 6.8.3 屏蔽措施不应加重被干扰管道其他部位的腐蚀, 并应避免对其他构筑物 and 外部阴极保护系统造成不利影响。
- 6.8.4 当屏蔽物通过电缆与被干扰管道连接时, 应避免对被干扰管道产生电偶腐蚀影响。

7 干扰防护效果的评定

7.0.1 干扰防护措施实施后，应进行干扰防护效果评定测试。采取干扰防护措施后应满足下列要求：

- 1 对于干扰防护系统中的管道及其他共同防护构筑物，管地电位应达到阴极保护电位标准或者达到或接近未受干扰时的状态；
- 2 对于干扰防护系统中的管道及其他共同防护构筑物，管地电位最大负值不宜超过管道所允许的最大保护电位；
- 3 不宜对干扰防护系统以外的埋地管道或金属构筑物产生干扰。

7.0.2 在复杂干扰情况下，当评定测试的结果未满足本标准第 7.0.1 条的要求时，应按下列规定通过电位正向偏移平均值比进行干扰防护效果的进一步评定：

- 1 电位正向偏移平均值比应按下列式计算：

$$\eta_V = \frac{\overline{\Delta V_{PS1}(+)} - \overline{\Delta V_{PS2}(+)}}{\overline{\Delta V_{PS1}(+)}} \times 100\% \quad (7.0.2)$$

式中 η_V —— 电位正向偏移平均值比；

$\overline{\Delta V_{PS1}(+)}$ —— 采取防护措施前电位正向偏移平均值 (V)；

$\overline{\Delta V_{PS2}(+)}$ —— 采取防护措施后电位正向偏移平均值 (V)。

$\overline{\Delta V_{PS1}(+)}$ 、 $\overline{\Delta V_{PS2}(+)}$ 应按本标准附录 A 的规定进行计算。

- 2 干扰防护效果评定指标应符合表 7.0.2 的规定。

表 7.0.2 干扰防护效果评定指标

干扰防护方式	干扰时管地电位 (V)	电位正向偏移平均值比 η_V (%)
直接向干扰源排流的直接、极性和强制排流方式	>+10	>95
	+10~+5	>90
	<+5	>85
通过排流接地体排流的接地、极性和强制排流方式以及阴极保护等其他防护方式	>+10	>90
	+10~+5	>85
	<+5	>80

7.0.3 干扰防护效果的进一步评定，应符合下列规定：

- 1) 防护效果的评定点应包括排流点、干扰缓解较大的点和干扰缓解较小的点，其他评定点可根据实际情况选择；
- 2) 除排流点外的防护效果评定点不应少于 3 点，当干扰段较长、复杂管道系统、管地电位复杂多变时，不应少于 5 点；
- 3) 所有评定点的评定结果均应满足本标准表 7.0.2 中的指标要求。

8 干扰防护的调整

8.0.1 当经过干扰防护效果评定未达到本标准第 7.0.1 条或第 7.0.2 条相关要求时,应进行干扰防护的调整。干扰防护的调整可综合采用改变排流点位置、改变接至干扰源的连接点位置、增设排流点及其设施、调整各排流点的排流量、通过等电位连接或绝缘连接电缆的电阻调节器件进行电流调节、调整阴极保护系统的控制电位或输出电流、改变排流接地体材质以及降低排流接地体的接地电阻等措施。

8.0.2 干扰防护调整完成后,应重新进行测试和干扰防护效果评定。

9 干扰防护系统的管理

9.0.1 干扰防护系统的监测，应符合下列规定：

1 每月应进行一次常规测试。常规测试应包括以下内容：

- 1) 管地电位；
- 2) 排流电流；
- 3) 接地排流装置的接地电阻；
- 4) 牺牲阳极组的开、闭路电位和输出电流；
- 5) 强制电流阴极保护系统的控制电位和输出电流。

2 每年应进行一次排流保护效果评定测试和干扰环境的调查，前后相邻两次调查测试之间的时间间隔不应超过 18 个月；

3 当干扰环境发生较大改变时，应及时进行各项调查测试，并应根据调查测试结果进行干扰防护的调整；

4 当干扰防护系统主要元件进行维修或更换后，应进行干扰防护效果评定点的管地电位及排流保护装置排流电流的 24h 连续测试。

9.0.2 干扰防护系统的检查与维护，应符合下列规定：

1 每月应对干扰防护系统进行一次一般性检查与维护。一般性检查与维护应符合下列规定：

- 1) 应检查各主要元器件的性能，并应更换失效的元器件；
- 2) 应检查各电气连接点的接触情况，对接触不良的连接点应进行处理并重新连接

牢固。

2 每年应对干扰防护系统进行一次全面检查与维护。全面检查与维护应符合下列规定：

- 1) 应检查各元器件的性能，并应更换失效的元器件；
- 2) 应检查各电气连接点的接触情况，对接触不良的连接点应进行处理并重新连接牢固；
- 3) 应检查各指示仪表的准确性，并应维修或更换失效的仪表；
- 4) 应检查接地排流装置的接地情况，在接地电阻过大时应及时采取降阻措施；
- 5) 前后相邻两次全面检查与维护之间的时间间隔不应超过 18 个月。

9.0.3 采用干扰防护系统的管道，宜按现行行业标准《钢质管道及储罐腐蚀评价标准 埋地钢质管道外腐蚀直接评价》SY/T 0087.1 的有关规定进行管道外腐蚀与防护专项调查。

9.0.4 常规测试的数据和记录、干扰防护效果评定测试的数据和记录、干扰环境监测的数据和记录、干扰防护系统调整或改进后测试的数据和记录、防护系统主要元件维修或更换后测试的数据和记录以及干扰防护系统维护记录均应分类归档保存。

附录 A 埋地钢质管道直流干扰测试方法

A.1 一般规定

A.1.1 主要测试仪器应符合下列规定：

1 主要测试仪器及基本规格应满足表 A.1.1 要求，并应符合现行国家标准《埋地钢质管道阴极保护参数测量方法》GB/T 21246 的有关规定；

表 A.1.1 主要测试仪器基本要求

名称	基本规格要求	主要用途
存储式电压记录仪器	量程：直流±40V，交流 300V；准确度：0.5%；输入阻抗： $\geq 10M\Omega$	电位、电位差、地电位梯度测试
数字式电压表	量程：直流±40V，交流 300V；准确度：0.5%；输入阻抗： $\geq 10M\Omega$	电位、电位差、地电位梯度测试
模拟式电压表	量程：直流±40V，交流 300V；准确度：2.5%；输入阻抗： $\geq 100k\Omega/V$ ；零点在表盘中间	电位、电位差、地电位梯度测试
电流表	量程：10A；准确度：2.5%；输入阻抗：小于被测电流回路总电阻的 5%	干扰电流、排流电流测试
直流电位差计	量程：1000mV；准确度：0.05%	干扰电流测试
接地电阻测试仪	量程：100 Ω ；准确度： $\pm 5\%$	土壤电阻率、接地电阻测试
防腐层检漏仪器	检漏精度： $\leq 1mm^2$ ；水平定位精度： $\leq 5cm$	防腐层缺陷点检测
标准电阻	阻值：0.1 Ω ，准确度 0.02%	排流电流测试

2 仪器应具有防电磁干扰性能；

3 当测试管道的纵向电压降及电位梯度时，仪器的分辨力不应大于 1mV；

4 长时间连续测试宜选用存储式记录仪器。

A.1.2 参比电极的使用应符合下列要求：

1 可使用铜-饱和硫酸铜电极（代号 CSE）作为参比电极，铜-饱和硫酸铜电极应符合现行国家标准《埋地钢质管道阴极保护参数测量方法》GB/T 21246 的有关规定；

2 测试管地电位时，参比电极应置于被测埋地管道的正上方，每次测试参比电极位置应保持一致；

3 参比电极设置处，地下不应有冰层、混凝土层、金属体及其他影响测试结果的物体；

4 土壤干燥时应浇水湿润地面，地表土壤冻结时可浇热水化冻土壤；

5 地电位梯度测试前，应选择参比电极，用于同一方向的两只参比电极之间的电极电位偏差不应大于 1mV；

6 长时间连续测试前，应检查电极的密封性。

A.1.3 管道无干扰状态下的自然电位应在干扰源处于非工作状态并保证管道充分去极化的条件下直接测试，当不能直接测试时，可采用极化探头和现场埋设试片等方法测试。

A.1.4 所有测试连接点应保证电接触良好。

A.1.5 在电磁干扰严重的环境中测试时，应采取防电磁干扰措施。

A.1.6 干扰防护系统关闭状态下的管地电位和管间电位差等测试作业，应待阴极保护和排流保护等防护设施关闭 24h 后进行。

A.1.7 干扰防护系统运行状态下的管地电位和管间电位差等测试作业，应待阴极保护和排流保护等防护设施稳定运行 24h 后进行。

A. 2 管地电位的测试

A. 2. 1 管地电位的测试应符合本标准第 4. 4 节的有关规定。

A. 2. 2 管地电位测试应包括下列步骤：

- 1 将参比电极放置于待测管道位置管顶上方，将直流电压表与管道及参比电极相连接（图 A. 2. 2）；
- 2 将直流电压表调至适宜的量程上，记录测试值和测试时间；
- 3 将参比电极移至下一个测试点，重复上述操作；
- 4 对测试数据进行处理。

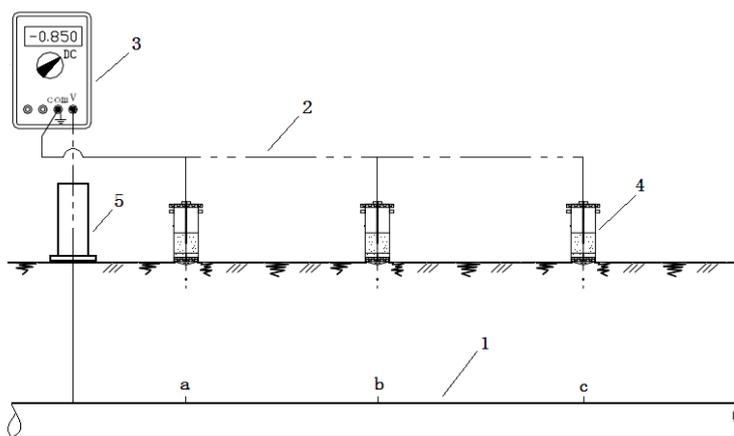


图 A. 2. 2 管地电位测试接线图

1—管道；2—测试导线；3—直流电压表；4—参比电极；5—测试桩

A. 2. 3 管地电位测试数据的处理应符合下列规定：

- 1 每个测试值的电位偏移值应按下式计算：

$$\Delta V_{PS} = V_{PS} - V_N \quad (\text{A. 2. 3-1})$$

式中 ΔV_{PS} —— 电位偏移值 (V)；
 V_{PS} —— 管地电位测试值 (V)；
 V_N —— 管道自然电位 (V)。

- 2 应通过筛选从所有的电位偏移值中找出最大值和最小值；
- 3 管地电位正向或负向偏移值的平均值应按下式计算：

$$\overline{\Delta V_{PS}(\pm)} = \frac{\sum_{i=1}^n \Delta V_{PSi}(\pm)}{k} \quad (\text{A. 2. 3-2})$$

式中 $\overline{\Delta V_{PS}(\pm)}$ —— 规定的测试时间段内管地电位正向或负向偏移值的平均值 (V)；
 i —— 电位正向或负向偏移值数据的序号；
 n —— 测试数据中电位正向或负向偏移的次数；
 $\Delta V_{PSi}(\pm)$ —— 第 i 个正向或负向电位偏移值 (V)；
 k —— 规定的测试时间段内全部读数的总次数。

4 应绘制每个测试点的电位-时间曲线和电位偏移值-时间曲线。该曲线图中直角坐标系的纵轴应分别表示电位和电位偏移值，横轴应表示时间。

5 应绘制每个干扰管段的电位偏移值-距离曲线。该曲线图中直角坐标系的纵轴应表示电位偏移值，横轴应表示距离。应将各测试点的正向及负向电位偏移值的平均值、最大值和最小值分别记入坐标中。

A.3 地电位梯度与杂散电流方向的测试

A.3.1 地电位梯度与杂散电流方向测试应包括下列步骤:

1 在管道附近适当位置的布设4只相同的参比电极。参比电极应分为两组,每组2只参比电极,其中1组应沿平行于管道的方向布设,另1组应沿垂直于管道的方向布设。每组两电极之间的间距不宜小于20m,两组电极的电极间距应相同,两组电极应对称交叉分布(图A.3.1);

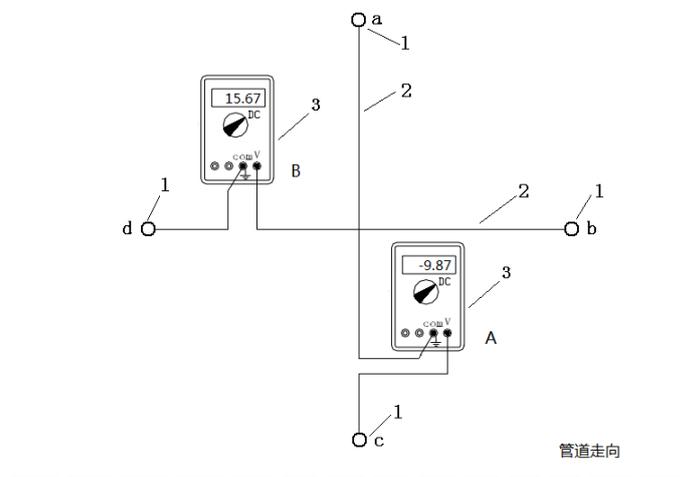


图 A.3.1 地电位梯度与杂散电流方向测试接线图

1—a, b、c、d 四支铜-饱和硫酸铜电极; 2—测试导线; 3—A、B 两块直流电压表

- 2 在每组两只参比电极之间连接一块直流电压表;
- 3 将直流电压表调至适宜的量程,以相同的时间间隔同时记录两块直流电压表的测试值 V_A 和 V_B ,并记录测试时间;
- 4 对测试数据进行处理。

A.3.2 地电位梯度与杂散电流方向测试数据应按下列步骤进行处理:

1 按照电压测试值的正负将测试值分成 $[V_A(+), V_B(+)]$ 、 $[V_A(+), V_B(-)]$ 、 $[V_A(-), V_B(+)]$ 与 $[V_A(-), V_B(-)]$ 四种读数组合,各读数组合中的 $V_A(+)$ 、 $V_A(-)$ 、 $V_B(+)$ 与 $V_B(-)$ 的平均值应分别按下列公式计算:

$$\bar{V}_{A(+)} = \frac{\sum_{i=1}^n V_{Ai}(+)}{k} \quad (\text{A.3.2-1})$$

$$\bar{V}_{A(-)} = \frac{\sum_{i=1}^n V_{Ai}(-)}{k} \quad (\text{A.3.2-2})$$

$$\bar{V}_{B(+)} = \frac{\sum_{i=1}^n V_{Bi}(+)}{k} \quad (\text{A.3.2-3})$$

$$\bar{V}_{B(-)} = \frac{\sum_{i=1}^n V_{Bi}(-)}{k} \quad (\text{A.3.2-4})$$

式中 $\bar{V}_{A(+)}$ ——某种读数组合中 $V_A(+)$ 的平均值 (V);
 $V_{Ai}(+)$ ——某种读数组合中第 i 个 $V_A(+)$ 数据 (V);
 $\bar{V}_{A(-)}$ ——某种读数组合中 $V_A(-)$ 的平均值 (V);
 $V_{Ai}(-)$ ——某种读数组合中第 i 个 $V_A(-)$ 数据 (V);
 $\bar{V}_{B(+)}$ ——某种读数组合中 $V_B(+)$ 的平均值 (V);

- $V_{Bi}(+)$ ——某种读数组合中第 i 个 $V_B(+)$ 数据 (V);
- $\bar{V}_B(-)$ ——某种读数组合中 $V_B(-)$ 的平均值 (V);
- $V_{Bi}(-)$ ——某种读数组合中第 i 个 $V_B(-)$ 数据 (V);
- i ——某种读数组合中数据的序号;
- n ——某种读数组合的数据个数;
- k ——规定的测试时间段内全部读数的总次数。

2 建立直角坐标系, 使坐标系的纵、横两轴分别与本标准图 A. 3. 1 中的 ac、bd 相对应。将计算出的四种读数组合的平均值分别记入坐标中, 然后利用矢量合成法, 分别求出矢量和, 则地电位梯度的方向为沿矢量和指向坐标原点的方向;

3 将计算求得的矢量和的大小除以对应的参比电极间距, 得到地电位梯度。

A. 3. 3 应沿着某一干扰段选取几个地点重复测试地电位梯度的大小和方向, 进而判断杂散电流源的方位。

A. 4 管轨电压的测试

A. 4. 1 管轨电压测试应包括下列步骤:

- 1 将直流电压表与管道及铁轨相连接 (图 A. 4. 1);
- 2 将直流电压表调至适宜的量程上, 记录测试值和测试时间;
- 3 对测试数据进行处理。

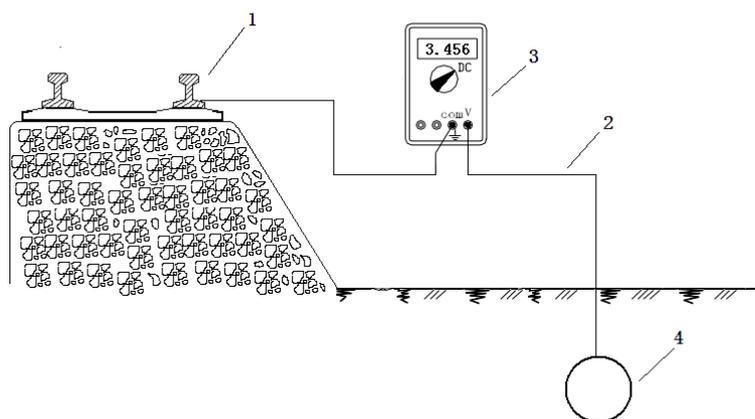


图 A. 4. 1 管轨电压的测试接线图

1— 铁轨; 2—测试导线; 3—直流电压表; 4—管道

A. 4. 2 管轨电压测试数据的处理应符合下列规定:

- 1 应通过筛选从所有测试值中找出最大值和最小值;
- 2 管轨电压的正或负平均值应按下式计算:

$$\bar{V}_{PR}(\pm) = \frac{\sum_{i=1}^n V_{PRi}(\pm)}{k} \quad (\text{A. 4. 2})$$

式中 $\bar{V}_{PR}(\pm)$ ——规定的测试时间段内管轨电压的正或负平均值 (V);

$V_{PRi}(\pm)$ ——第 i 个管轨电压正或负测试值 (V);

i ——管轨电压正或负测试值的序号;

n ——管轨电压正或负测试值的出现次数;

k ——规定的测试时间段内全部读数的总次数。

3 应绘制管轨电压-时间曲线。该曲线图中纵轴应表示管轨电压, 横轴应表示时间。

A. 5 管道干扰电流的测试

A. 5. 1 管道干扰电流测试应包括下列步骤:

1 在被干扰管道上选取 A、B 两处长度相同的干扰电流测试管段，且 A、B 两管段之间的距离不宜小于每个测试管段长度的 20 倍；

2 按现行国家标准《埋地钢质管道阴极保护参数测量方法》GB/T 21246 规定的方法同时测试 A、B 两处管段的管道干扰电流。

A.5.2 流入或流出 A、B 间管段的管道干扰电流应按下式计算：

$$I_{DI} = I_A - I_B \quad (\text{A.5.2})$$

式中 I_{DI} ——流入或流出 A、B 间管段的管道干扰电流 (A)；

I_A ——A 处管道干扰电流 (A)；

I_B ——B 处管道干扰电流 (A)。

A.6 轨地电位的测试

A.6.1 轨地电位测试应包括下列步骤：

- 1 将参比电极放置于待测铁轨附近地表潮湿土壤上；
- 2 将直流电压表与铁轨及参比电极相连接（图 A.6.1）；

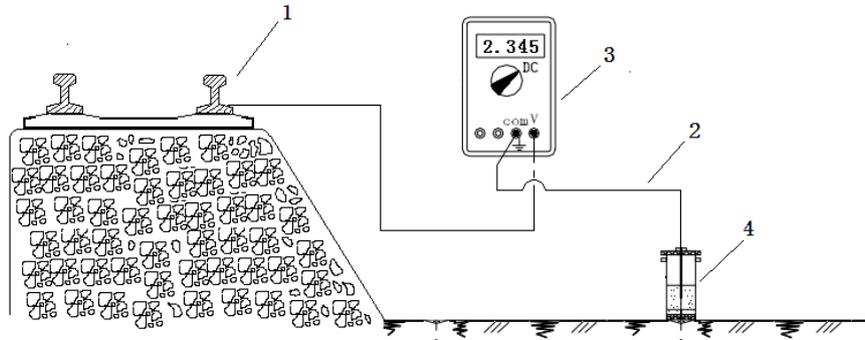


图 A.6.1 轨地电位测试接线图

1—铁轨；2—测试导线；3—直流电压表；4—参比电极

- 3 将直流电压表调至适宜的量程上，记录测试值和测试时间；
- 4 对测试数据进行处理。

A.6.2 轨地电位测试数据的处理应符合下列规定：

- 1 应通过筛选从所有的测试值中找出最大值和最小值；
- 2 轨地电位的正或负平均值应按下式计算：

$$\bar{V}_{RS}(\pm) = \frac{\sum_{i=1}^n V_{RSi}(\pm)}{k} \quad (\text{A.6.2})$$

式中 $\bar{V}_{RS}(\pm)$ ——规定的测试时间段内轨地电位的正或负平均值 (V)；

$V_{RSi}(\pm)$ ——第 i 个轨地电位正或负测试值 (V)；

i ——轨地电位正或负测试值的序号；

n ——轨地电位正或负测试值的出现次数；

k ——规定的测试时间段内全部读数的总次数。

- 3 应绘制轨地电位-时间曲线。该曲线图中纵轴表示轨地电位，横轴表示时间。

A.7 其他测试

其他测试项目应按现行国家标准《埋地钢质管道阴极保护参数测量方法》GB/T 21246 的规定进行测试。

本标准用词说明

- 1 为便于在执行本标准条文时区别对待，对要求严格程度的用词说明如下：
 - 1) 表示很严格，非这样做不可的用词：
正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”。
 - 2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的用词：
正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”。
 - 3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的用词：
正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；
 - 4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的用词，采用“可”。
- 2 本标准中指明应按其他有关标准执行的写法为“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

- 1 《埋地钢质管道阴极保护参数测量方法》GB/T 21246
- 2 《埋地钢质管道阴极保护技术规范》GB/T 21448
- 3 《轨道交通 地面装置 第2部分：直流牵引系统杂散电流防护措施》GB/T 28026.2
- 4 《地铁设计规范》GB 50157
- 5 《电力工程电缆设计规范》GB 50217
- 6 《高压直流输电大地返回运行系统设计技术规定》DL/T 5224
- 7 《钢制管道及储罐腐蚀评价标准 埋地钢质管道外腐蚀直接评价》SY/T 0087.1

中华人民共和国国家标准

埋地钢质管道直流干扰防护技术标准

GB 50991—2014

条文说明

制 订 说 明

本标准是根据住房和城乡建设部《2010 年工程建设标准规范制订、修订计划》（建标【2010】43 号）的要求，由中国石油管道公司沈阳调度中心会同有关单位共同编制而成。

编制组在本标准编制过程中，经过广泛调研，认真总结多年来国内相关行业在管道直流干扰防护工程的设计、施工和维护方面的实践经验，以行业标准《埋地钢质管道直流排流保护技术标准》SY/T0017-2006 为基础，同时借鉴参考了国外相关标准中直流杂散电流干扰评价与防护的相关内容，根据近年来国内高压直流输电系统和城市轨道交通等直流设施快速发展的新情况，结合现阶段国内在管道建设方面出现的新需求，按照《工程建设标准编写规定》的相关要求编制完成了本标准。

为便于有关人员在使用本标准时能正确理解和执行条文规定，《埋地钢质管道直流干扰防护技术标准》编制组按章、节、条顺序编制了本标准的条文说明，对条文规定的目的、依据及执行中需要注意的有关事项进行了说明，还着重对强制性条文的强制理由做了解释。但是，本条文说明不具备与标准正文同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握标准规定的参考。

目 次

1 总 则.....	27
3 基本规定.....	28
4 调查与测试.....	30
4.1 一般规定.....	30
4.2 调查与测试的项目.....	30
4.3 测试作业的分类及应用.....	30
4.4 测试作业的要求.....	30
5 直流干扰的识别和评价.....	31
6 直流干扰防护措施.....	32
6.1 一般规定.....	32
6.2 排流保护.....	32
6.3 阴极保护.....	33
6.4 防腐层修复.....	33
7 干扰防护效果的评定.....	34
8 干扰防护的调整.....	36
9 干扰防护系统的管理.....	37
附录 A 埋地钢质管道直流干扰测试方法.....	38
A.1 一般规定.....	38
A.2 管地电位的测试.....	38
A.3 地电位梯度与杂散电流方向的测试.....	38
A.4 管轨电压的测试.....	38
A.5 管道干扰电流的测试.....	38

1 总 则

1.0.1 埋地钢质管道在直流杂散电流作用下会发生干扰腐蚀。大量管道腐蚀例证说明干扰腐蚀的穿孔事故在腐蚀穿孔事故中占相当大的比例。干扰腐蚀速度往往比自然腐蚀速度大许多倍，所以防止干扰腐蚀，在管道防腐保护中占重要的地位。随着我国国民经济的快速发展，埋地钢质管道的敷设长度日趋增加，另一方面，高压直流输电系统、城市轨道交通等大型直流供用电设施的建设也在加快发展，致使干扰腐蚀的可能性和危险程度不断增加。因此管道干扰腐蚀的防护也就变得越加迫切和重要。编制本标准，就是为了通过规范直流干扰防护的技术要求，以现有的条件为基础，从干扰防护的实际需要出发，做到技术先进，经济合理，安全适用，确保质量，达到控制干扰腐蚀，延长管道使用寿命的目的。

3 基本规定

3.0.1 在直流干扰中,管道往往成为被干扰方,而管道附近的高压直流输电系统、直流牵引系统(例如直流电气化铁路、地铁、轻轨等)、阴极保护系统、矿山直流运输系统、直流电解设备等直流供用电设施往往是产生杂散电流的干扰源。管道与干扰源的间距是决定管道受干扰程度的重要因素,管道与干扰源之间保持防护间距是一条基本原则,同时,防护措施往往是被动的,减缓能力也是有限的,而保持防护间距可从根本上避免或减少干扰影响,也是保证防护措施达到预期效果的前提。

3.0.2 本条对干扰源和管道的系统设计阶段针对管道干扰腐蚀及防护应做的工作做了原则规定,这里所指系统设计既包括新建工程的设计也包括改建和扩建工程的设计。

3.0.3 从源头控制杂散电流是管道干扰防护最有效的措施。对管道造成直流干扰的干扰源方,应从国民经济发展和安全环保大局出发,积极采取相关措施减轻杂散电流对外部设施的干扰影响。例如,电气化铁路可通过降低铁轨接头电阻、提高铁轨对大地的绝缘程度、适当缩小供电区间范围等措施减少杂散电流的泄漏。此外,管道方的干扰防护工作离不开干扰源方的支持和配合,例如干扰的调查测试工作中往往需要对干扰源进行调查和测试,这就需要干扰源产权或运营单位帮助提供相关信息,帮助选择干扰源测的测试点并在测试过程中进行安全监护。在防护措施的实施过程中,也需要干扰源产权或运营单位的积极参与和配合,才能安全、顺利地实现干扰防护目标。

3.0.4 直流杂散电流干扰影响具有如下特点:

1 干扰影响广,往往是地域性的,即是在某一干扰地区所有的埋地金属构筑物均会受到干扰影响;

2 干扰影响的分布和状态复杂多变。对于埋地金属管道来说,复杂多变更突出,其干扰影响在位置(即与管道长度方向上)分布、时间分布上都存在较大的差异,往往没有固定的规律,只是大体上的趋同;

3 干扰影响具有交互作用。一个被干扰体,往往亦是另一个埋地金属构筑物的干扰源,特别是某一被干扰体单独采取防护措施时,所造成的对其他埋地金属构筑物的干扰,通常是不能忽视的。反过来其他埋地金属构筑物也会对某一特定的被干扰体造成影响;

4 由于上述的情形,使得在干扰措施上,也就没有一个普遍适用的方法。例如排流法虽然是有效的主要方法,但是没有其他辅助性的方法与之配合使用,其排流效果亦会受到较大的影响。

鉴于上述特点,单靠被干扰管道方采取措施往往难以收到满意的干扰防护效果,需要被干扰方、干扰源方及其他相关方组成防干扰协调机构,相互配合,共同采取行动,按照统一测试和评价,协调设计干扰防护措施并分别实施和管理的原则开展工作。本条对此作了原则性的规定。

3.0.5 干扰源和被干扰管道是管道直流干扰的两个方面,既有干扰源泄漏杂散电流的因素,也有被干扰管道存在防腐层破损等自身的因素,欲掌握干扰防护所需的资料和信息,往往需要对干扰源和被干扰管道两个方面进行测试。在管道干扰防护设计阶段,需要调查了解干扰源的一些基本情况特别是与杂散电流形成或泄漏有关的一些参数,例如直流牵引系统的供电电压、馈电方式、电车通行频次等,还需实地测试管地电位、干扰电流等被干扰管道的相关参数,以掌握管道实际干扰状况和变化规律,为干扰防护的设计提供依据;在管道采取干扰防护措施后,需要了解并比较管道干扰程度和分布情况等干扰状况的变化,以便对干扰防护措施的效果作出评价;在管道外部干扰环境发生变化时,需要及时调查了解这种变化以及由此导致的管道干扰状况的变化,以便确定并采取针对性的调整措施。

3.0.7 通过对干扰的调查和测试结果的分析,可以明确干扰是否存在,了解干扰的严重程

度如何，从而决定是否应该采取干扰防护措施。

3.0.8 当确认管道存在直流干扰影响时，管道已经或早已处于干扰腐蚀的危险之中，极易发生因干扰腐蚀导致的穿孔泄漏等事故。为了管道的安全运行，一旦发现管道存在直流干扰影响，必须采取防护措施。因此将本条列为强制性条文。

3.0.9 有些场合，干扰往往比较严重或复杂，单一的防护措施往往难以收到预期效果。“综合治理”是指在直流干扰的防护中，把二种或二种以上的措施结合起来使用，形成综合性防护措施，各项措施互为补充。

3.0.10 许多干扰防护措施对被防护管道以外的邻近埋地金属构筑物会产生程度不同的消极影响，例如排流法会对排流地床附近的其他管道造成新的干扰影响。对于这种消极影响加以限制，才能避免干扰的扩展和转移，最大限度减少干扰对各类设施的危害。当采取限制措施后仍不能消除这种消极影响时，将受到影响的其他埋地金属构筑物纳入拟定的干扰防护系统，实施“共同防护”则是一个较好的方法。所谓“共同防护”包括两个方面的含义，其一是将处于同一干扰环境或区域的不同被干扰系统，作为一个防护系统共同采取防护措施；其二是将明确受到某一防护系统干扰的其他系统纳入该防护系统中共同防护。

3.0.11 使用测试探头或检查片可以帮助测试管道无干扰时的自然电位，也可以测试基本不包含 IR 降的管地电位，利用检查片还可以测试腐蚀失重速率，这对于干扰状况和防护效果的准确评价都非常重要。

3.0.12 管道存在交流干扰时，会对直流干扰防护造成如下影响：

- 1 影响管地电位等参数测试结果的准确性，进而影响对直流干扰的判断和评价；
- 2 影响阴极保护系统运行的稳定性，既可能导致波动干扰的假象，影响对干扰的判断，又可能影响干扰防护的效果；
- 3 导致某些极性排流装置出现异常导通现象。

在进行直流干扰的检测和防护过程中，如果发现管道同时存在交流干扰应特别注意，采取必要措施来降低交流干扰对直流干扰检测和防护的影响，例如在管地电位测试中选用对工频交流干扰具有足够滤除能力的数字式直流电压表，或选用指针式电压表。

4 调查与测试

4.1 一般规定

4.1.3 本条中提出的右手单手操作法,是为安全测试而规定的一种电气操作方法。其要点是:每次只进行一个操作(如测试引线的连接等),且所有操作只用右手进行,而另一只手一直离开测试设备和引线等。

在可能存在可燃性气体的环境中进行测试,如果可燃性气体浓度过高,则存在爆燃的危险,因此需要特别小心。标准中对这种环境下测试作业的安全事项作了规定。

4.2 调查与测试的项目

4.2.2 本条中所列电车运行状况包括电车的运行时间、平均车隔和频次。

4.3 测试作业的分类及应用

4.3.1~4.3.2 标准中依据干扰防护工程设计和实施的特点和程序,在总结实践经验的基础上将测试工作分成预备性测试、防护工程测试和防护效果评定测试三类或者三个测试阶段。对于4.2.1条和4.2.2条规定的项目,根据其在三类测试中或三个测试阶段中的重要性,划分成“应、宜、可”三级。具体内容分别列入表4.3.2-1和表4.3.2-2中。

在规定的三类测试中,防护工程测试和防护效果评定测试尤为重要,是必须进行的。如果对干扰源和被干扰管道情况已清楚,干扰情况不复杂,则可以省略预备性测试而直接进行防护工程测试。

另外,表4.3.2-1和表4.3.2-2的规定是根据一般规律提出的。由于各项调查和测试项目的重要程度,往往随着干扰源和被干扰体的情况及干扰的具体情况而变化。同一个测试项目,在某一特定的场合中可能是必须进行的,而在另外的场合也可能毫无意义或无需测试,因此允许灵活运用,但表中必须进行的项目除外。

4.4 测试作业的要求

4.4.1~4.4.4 持续测试时间、读数时间间隔和测试点的间距等规定,是根据行业标准《埋地钢质管道直流排流保护技术标准》SY/T0017并结合近年来我国的干扰防护工程实践提出的。

4.4.5 当土壤中有杂散电流流动时,管地电位的测试结果往往会包含土壤IR降的成分,有时IR降会达到几百毫伏甚至几伏,这对干扰的判断和评价将会产生重大影响,必须采取措施减少或消除这种影响。

5 直流干扰的识别和评价

5.0.1 在管道工程设计阶段，无法通过测试管道电位评价干扰情况，但可通过测试管道所经路由的地电位梯度来了解土壤中的杂散电流情况，虽然这时得到的情况与管道敷设后的情况往往会存在一定差异，但仍能帮助我们了解现存的杂散电流强度及来源。日本《电蚀、土壤腐蚀手册》推荐的地电位梯度与杂散电流的关系见表 1。当发现管道所经路由的地电位梯度超过一定限值时（本标准中此限值采用表 1 中规定的“一般”程度上限的中值即 2.5mV / m），管道敷设后受到直流干扰影响的可能性大为增加，因此标准中规定此时应评估管道敷设后可能受到的直流干扰影响，并根据评估结果预设干扰防护措施。

表 1 地电位梯度与杂散电流大小的关系

地电位梯度 (mV/m)	杂散电流的大小
0.5	弱
0.5~5	一般
>5	强

地电位梯度在管道所经路由两侧一定范围内测试才有意义，标准中根据地电位梯度分布规律和以往工程经验，明确了地电位梯度采用管道拟经路由两侧各 20m 范围内的测试数据。

5.0.2 对于有阴极保护的管道，也可在关闭阴极保护系统后，采用本条规定指标进行直流干扰的识别和评价。

5.0.3 对于有阴极保护的管道，由于直流干扰的影响，管道电位往往会出现异常偏移或波动，甚至会出现欠保护或过保护现象。当管道因干扰出现欠保护时，为避免发生腐蚀，应及时采取干扰防护措施。

6 直流干扰防护措施

6.1 一般规定

6.1.1 表 2 为部分管道侧直流干扰防护措施的特点和适用范围，供防护措施选用时参考。为了丰富干扰防护措施，提高防干扰的技术水平，不排斥采用本标准规定之外的其他防干扰方法，但要求必须经过试验证明是有效的。

表 2 管道侧直流干扰防护措施

防护措施名称	特点		适用范围			
	优点	缺点	直流牵引系统引起的干扰	阴极保护系统引起的干扰	高压直流输电系统引起的干扰	其他干扰源引起的干扰
排流保护	有多种方式可选，防护效果显著。	设施结构较复杂。	适用	适用	适用	适用于其他多种干扰的防护。
阴极保护	防护效果可调整，可利用现有设备，不增加投资。	设施结构复杂，防护效果容易受限于现有阴极保护系统的容量和分布。	适用	适用	适用	适用于其他多种干扰的防护。
防腐层修复	适用于静态干扰防护，可减少管壁流动的杂散电流。	常需与其他干扰防护措施一起使用。	—	适用	适用	适用于其他多种干扰的防护。
等电位连接	设施结构简单。	常需与其他干扰防护措施一起使用。	—	适用	—	适用于并行管道间相互干扰等场合。
绝缘装置跨接	设施结构简单，可消除绝缘装置两端形成的干扰区。	易导致干扰范围扩大。	—	适用	适用	—
绝缘隔离	可将干扰限制在一定范围内，常需与其他干扰防护措施一起使用。	会在绝缘装置两端产生新的干扰点，且会隔断强制电流阴极保护系统的电流流动。	适用	适用	适用	—
屏蔽	适用于静态干扰防护。	影响作为干扰源的阴极保护系统的电流分布。	—	适用	适用	适用于管道与干扰源交叉或小范围接近的场合。

以往的干扰防护实践证明，排流保护是一种有效的干扰防护措施，其防护效果显著，可应用于多数直流干扰场合，对于干扰严重或干扰状况复杂的场合，排流保护一般作为主要防护措施加以使用，其他防护措施往往是为了配合排流保护，使排流保护达到最优效果。

6.1.3 阴极保护从实质上来说，也属于一种排流保护方式。目前大多数埋地钢质管道均有阴极保护系统，对这些管道在有些干扰不很复杂和严重的场合，仅仅投入已有的阴极保护后或者适当增大阴极保护电流就可以达到干扰防护的目的。

6.1.7 近年来，国内铁路、电力等系统为控制杂散电流已先后制定了一些国家和行业标准，这对于上述系统相关设施减少杂散电流的泄漏及对管道的干扰影响提供了指导和依据。本条明确了对管道产生直流干扰影响的直流牵引系统和高压直流输电系统应遵照执行的标准。

6.2 排流保护

6.2.1 表 6.2.1 中给出的原理图是示意性的，省略了控制、仪表和保护环节。应用于实际的排流保护接线，应由设计部门提供。

6.2.3 理论上排流点宜依据模拟排流试验的结果确定，也可通过数值模拟确定，或者两种方法结合采用。但是在进行模拟排流试验的时候，也存在选择排流点的问题，所以在标准中

规定了排流点选择时需要综合考虑的条件。在实际排流工程中，一般是依据排流工程测试结果，进行现场模拟排流试验或数值模拟来初步选定排流点，再综合考虑这些条件进行排流点的移动或者增舍，最后确定排流点。排流点的选择，关系到排流保护的效果，所以在选择时，应认真细致地分析有关资料，力争布设一次成功，以避免或减少事后的移动或增设。

下面列出铁轨上排流线连接点的技术条件供参考：

- 1 扼流线圈中点或交叉跨线处；
- 2 直流供电所负极或负回归线上；
- 3 轨地电位为负，且管轨电压较大的点；
- 4 轨地负电位数值大（绝对值），且持续时间较长的点。

6.2.5 排流量过大会导致部分管段管地电位偏负，还可能对排流点附近的其他设施造成干扰，因此需对排流量进行限制。

本条规定的限流电阻，是为了调节排流量设置的。调节排流量的目的是促使管地电位趋于平衡，特别是出现过保护时，可以通过限流电阻的调节，削减过保护电位。故除已证明排流量无需调节的场合外，一般均应设置限流电阻。

6.2.6 采用牺牲阳极材料作为排流接地体，由于牺牲阳极的开路电位较负，可提高排流系统的驱动电压，有利于增大排流电流，从而提高排流效果。

排流接地体在排出杂散电流时，在其周围土壤中会产生一个地电场，如果排流接地体与管道相距较近，这个地电场会对管道产生二次干扰，所以在排流设计和施工中，应使排流接地体与管道保持一定距离。

干扰源与被干扰体均不是功率无穷大系统，当排流器闭路时，驱动电压将下降，使排流量比公式计算值小，然而管地电位、管轨电压亦均为测定时间段的平均值，而实际上应考虑其适用于短时的最大值，所以选择排流器和排流线时，其额定电流应留有一定裕量。根据以往排流工程的实践，此额定电流选择计算排流电流量的1.5~2.0倍为宜。

我国目前尚未有排流器设计制造的统一标准，不同厂家生产的排流器产品，其规格、性能存在一定差别，有些单位还在应用自行设计的排流器。针对这种情况，本标准只规定了排流器的技术要求，排流器的设计、制造和安装应符合本标准。

6.3 阴极保护

6.3.1 处于高压直流输电系统强干扰影响区的管道，由于杂散电流往往很大，导致管道电位严重偏移，需要较大的阴极保护电流才能纠正这种电位偏移。

6.4 防腐层修复

6.4.1~6.4.3 防腐层修复作为一项辅助性干扰防护措施可减少管道内的杂散电流，多数情况下对于干扰防护具有积极意义，可配合其他防护措施实现干扰防护目的。但对于在干扰的阳极区管段发现的防腐层缺陷不要盲目修复，应待该管段干扰减缓并改变为阴极区或无干扰管段后再行修复，以避免因修复不彻底存在更小的缺陷造成更大的腐蚀危险。

7 干扰防护效果的评定

7.0.2 在管道因与干扰源敷设间距受限而处于一些复杂或剧烈干扰的情况下，要取得7.0.1规定的防护效果往往需花费巨大的投资，某些情况下甚至难以实现规定的目标，其原因在于各种防护措施均有其局限性。以排流保护为例，排流回路的内阻不为零，排流电流在内阻上产生的电压降，造成管道上的干扰电位不能完全消除。当采用向排流接地体排流的方式时，由于排流回路内阻较大，管道上不能消除的干扰电位则更大。当干扰严重时，排流电流较大，即使排流回路的内阻很小，也会产生很大的电压降，完全消除干扰就更加困难。所以必须采用实用的评定指标来对干扰防护效果进行进一步评定。

众所周知，直流杂散电流造成的干扰腐蚀，同样服从法拉第定律：

$$W = KIt \quad (1)$$

式中 W —— 金属腐蚀失重量 (kg);
 K —— 金属的电化当量 (kg / A · h);
 I —— 腐蚀电流 (A);
 t —— 腐蚀电流作用时间 (h)。

由(1)式可知，对某一金属的电化当量 K 为常数，金属的腐蚀量与腐蚀电流 I 和腐蚀电流作用时间 t 成正比。要抑制干扰腐蚀，减少金属腐蚀量，可通过减少腐蚀电流 I 与其作用时间 t 来达到。对被干扰管道而言，腐蚀电流应为阳极区内自管道流入土壤的电流的总和，对阳极区上的某一点，应为自该点流入土壤的电流。然而腐蚀电流 I 是不易测取的，但可用容易测取的管地电位来表征，因管地电位与腐蚀电流是服从欧姆定律的。腐蚀电流导致管地电位相对于自然电位出现正向偏移，为此只要降低管地电位相对于自然电位的正向偏移幅值和减少电位正向偏移的时间，就可以减小腐蚀电流从而达到缓解干扰的目的。因此可通过干扰防护前、后管地电位正向偏移持续时间缩短的程度和正向偏移幅值下降的程度来判断干扰防护的效果。电位正向偏移持续时间缩短的程度越大，说明干扰缓解的程度越大，干扰防护的效果越好；电位正向偏移幅值下降的程度越大，说明干扰强度下降得越多，干扰防护效果越好。将电位正向偏移幅值和持续时间两方面统一起来，可引入电位正向偏移平均的概念。

设在某一测试时间段 t 中，电位正向偏移值的总和为 $\sum_{i=1}^n \Delta V_{PSi}(+)$ ，则防护前、后的电位正向偏移平均值分别用式(2)和式(3)表达：

$$\overline{\Delta V_{PS1}(+)} = \frac{\sum_{i=1}^n \Delta V_{PS1i}(+)}{t} \quad (2)$$

$$\overline{\Delta V_{PS2}(+)} = \frac{\sum_{i=1}^n \Delta V_{PS2i}(+)}{t} \quad (3)$$

式中 $\overline{\Delta V_{PS1}(+)}$, $\overline{\Delta V_{PS2}(+)}$ —— 防护前、后的电位正向偏移平均值 (V);

$\sum_{i=1}^n \Delta V_{PS1i}(+)$, $\sum_{i=1}^n \Delta V_{PS2i}(+)$ —— 防护前、后的电位正向偏移值总和 (V);

t —— 某一测试时间段的持续时间 (h)。

如果防护前、后的测试持续时间 t 保持相等，则因干扰防护的作用， $\overline{\Delta V_{PS2}(+)}$ 小于 $\overline{\Delta V_{PS1}(+)}$ 。可用下式来表示防护前、后电位正向偏移平均值下降的程度：

$$\eta_v = \frac{\overline{\Delta V_{PS1}(+)} - \overline{\Delta V_{PS2}(+)}}{\overline{\Delta V_{PS1}(+)}} \times 100\% \quad (4)$$

定义 η_v 为电位正向偏移平均值比，表示了防护前、后电位正向偏移平均值下降的程度，

η_v 越大, 干扰防护的效果越好。电位正向偏移平均值比综合地反映了电位正向偏移和偏移持续时间的变化, 所以用电位正向偏移平均值比来判定干扰防护效果, 是符合法拉第定律的。因此, 本条规定采用电位正向偏移平均值比, 作为干扰防护效果的评定指标。

7.0.3 本条对干扰防护效果进一步评定的评定点做了具体规定。应该说明的是, 干扰防护效果的评定方法是按多点评定的原则制订的。所谓的多点评定原则, 是指评定指标是某一点的指标值, 以若干个评定点的指标值来评定全线状况。通俗地说, 就是“指标落实在点上, 多点落实到线上”。由此可以看出, 对某一段管道干扰防护效果的评定是否可靠、准确, 关键在于评定点选择的是否合理和正确。虽然标准中对评定点的选择和评定点的数量都作了具体的规定, 但这些规定只是最低的要求。在实际工作中, 仍然希望尽可能地多选一些评定点, 以提高评定结果的可靠性, 进而带来最大的安全性。

近年来, 国外相关技术标准也对干扰防护效果的评定作了规定。下面列出澳大利亚国家标准《Cathodic protection of metals Part 1: Pipes and cables》AS2832.1-2004 中关于受杂散电流干扰的埋地结构的保护准则, 供使用者参考。该标准 2.2.2.6 条“受动态杂散电流影响的结构”摘录如下:

受电气化铁路电流和地电流影响的埋地结构的保护要求如下:

1 牵引电流影响

在要求结构根据本准则评价牵引电流的影响时, 必须记录足够长时间的电位以确保包含最大程度的杂散电流影响。这个时间段包括早晚用电高峰, 一般为 20h。如果用数据记录仪监测电位, 采样频率应至少 4 次 / min。

受牵引电流影响结构的保护准则根据结构极化时间的不同而异:

1) 短时间极化的结构

涂层性能良好的结构或已证实对杂散电流的响应为快速极化和去极化的结构, 应遵循以下准则:

① 电位正于保护准则的时间不应超过测试时间的 5%;

② 电位正于保护准则 + 50mV (对黑色金属结构电位为 -800mV) 的时间不应超过测试时间的 2%;

③ 电位正于保护准则 + 100mV (对黑色金属结构电位为 -750mV) 的时间不应超过测试时间的 1%;

④ 电位正于保护准则 + 850mV (对黑色金属结构电位为 0mV) 的时间不应超过测试时间的 0.2%。

2) 长时间极化的结构

对于涂层性能较差的结构或对杂散电流的响应为缓慢极化和去极化的结构, 其电位正于保护准则的时间不应超过测试时间的 10%。

2 地电流影响

要求对结构进行地电流影响的测试时, 必须记录通常为 20h 的电位。如果采用数据记录仪监测电位, 其采样频率应不低于 1 次 / min。

受地电流影响的结构电位正于保护准则的时间不应超过测试时间的 10%。确定电位的变化幅度时, 应对记录期间电离层扰动的程度进行评价。

8 干扰防护的调整

8.0.1 由于直流干扰的复杂性，干扰防护往往不容易在采取一次措施后就获得预期的效果，这就需要进行干扰防护系统的调整。此外，原来防护效果较好的干扰防护系统在干扰源等条件发生变化时，其防护效果也可能会下降，当无法满足要求时，也需进行调整。本条规定了干扰防护调整可以采用的一些措施，目的是使被干扰管道全线的干扰都得到缓解，同时也是为了避免阳极区转移，殃及未曾受到干扰的管段，或者使某些管段干扰缓解了，而另一些管段的干扰反而加剧的现象。

8.0.2 干扰防护系统调整后，干扰状况会发生相应变化，干扰防护的效果也会改变，因此应重新进行测试和干扰防护效果评定。

9 干扰防护系统的管理

9.0.1~9.0.4 实践证明,埋地管道直流干扰防护工作的成败,与干扰防护系统的运行管理有密切的关系。干扰防护系统的运行管理具有内容广泛、难度大和由于管理上的失误会加剧腐蚀的特点,所以应特别加以重视。这就是将干扰防护系统的管理纳入标准中的目的所在。

对于已投入干扰防护系统的管道来说,应把干扰防护系统的监测工作纳入管道管理的日常工作。9.0.1条中所指干扰环境发生较大改变的情况,常见的包括:在干扰区内新敷设了管道或增加了埋地金属构筑物、新建了直流牵引系统、高压直流输电系统或增加了其他干扰源、现有干扰源的运行状况有了较大的变化等。

附录 A 埋地钢质管道直流干扰测试方法

A.1 一般规定

A.1.1 直流干扰测试往往需要进行多点、同步、长时间连续测试，采用人工读数式仪器往往难以满足要求，且测试人员工作强度大，工作效率很低，而采用具有数据自动记录存储功能的测试仪器则很容易满足上述要求，因此可优先选用。

在直流干扰测试中有时会遇到存在较强电磁干扰的环境，这时电磁干扰会影响测试结果的准确性。因此，测试所用的仪器需要具有防电磁干扰性能。

A.1.2 地电位梯度测试时，两支参比电极之间的电压数值往往较小，如果两电极之间的电极电位固有偏差较大，会直接影响测试的准确性。因此，在测试前，须对参比电极进行选择，选择电极电位相近的两只参比电极用于同一测试方向。标准中对两支参比电极电位偏差的要求是根据现场实践数据确定的。

A.1.3 管道无干扰状态下的自然电位是计算管地电位偏移量的基准，对于干扰的识别和评价具有极其重要的作用。本条对自然电位的测试方法做了原则规定。

A.1.4 保证测试连接点的电接触良好原本是测试作业的一般性要求。对于干扰测试来说，目前使用的数字式测试仪器内阻均较高，而很多时候干扰测试数据是呈现无规律波动甚至是突变的情况，如果测试连接点的电接触不良，则很易导致数据意外扰动，出现所谓“假数据”，且这种“假数据”往往不易识别。

A.1.5 在电磁干扰严重的环境中测试时要采取的防干扰措施，不仅包括所使用的仪器要具备防电磁干扰性能，而且所使用的测试线也要满足防电磁干扰需求。

A.1.6 和 A.1.7 分别规定了在干扰防护系统关闭和运行两种状态切换后需要等待管道去极化和极化的最短时间。

A.2 管地电位的测试

管地电位是直流干扰测试中最重要参数。由于直流杂散电流存在方向性，管地电位相对于自然电位存在正向或负向偏移反映了管道的不同干扰状态，所以在数据处理时，需要分别计算这种电位偏移值的平均值。

A.3 地电位梯度与杂散电流方向的测试

本节所规定的方法也称为十字交叉法。地电位梯度的方向就是土壤中杂散电流的方向。

A.4 管轨电压的测试

本节所述管轨电压和 A.6 所述轨地电位在测试时需要在铁轨上连接测试线，在进行这类测试作业时，应事先征得铁路方面的同意，并应得到其配合。在测试中还需注意观察和记录列车通行情况。

A.5 管道干扰电流的测试

在此项测试中，电流测试管段的选择尤为关键。应根据其他调查测试结果分别在干扰的阳极区、阴极区和交变区，选择可能出现干扰电流流入或流出的适当位置进行测试。