

团 体 标 准

T/ CGAS XXX—XXXX

轨道交通杂散电流对埋地钢质燃气管道的  
干扰评定与防护技术规程

Technical specification for protection of buried steel gas pipeline against stray current  
interference from rail transit system

(征求意见稿)

完成时间: 2026 年 05 月 25 日

在提交反馈意见时, 请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

## 目 次

前言 .....	I
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	1
4 基本规定 .....	2
5 干扰的调查与测试 .....	3
5.1 一般规定 .....	3
5.2 调查与测试的项目 .....	3
5.3 测试及设备要求 .....	4
5.4 干扰源识别 .....	5
6 杂散电流干扰及腐蚀风险评定 .....	5
6.1 杂散电流干扰评定 .....	5
6.2 杂散电流干扰腐蚀风险评定 .....	5
7 杂散电流及干扰的治理 .....	6
7.1 一般要求 .....	6
7.2 轨道交通侧杂散电流的控制 .....	6
7.3 管道侧杂散电流干扰防护 .....	7
8 杂散电流防护效果评定 .....	10
9 防护系统的运行管理 .....	10
附录 A(资料性) 干扰调查项目记录表	

## 前 言

为有效控制地铁、轻轨等直流牵引的城市轨道交通系统对邻近埋地钢质燃气管道的直流杂散电流腐蚀危害，规范轨交系统及埋地钢质燃气管道杂散电流干扰及腐蚀控制，特制定本文件。

本文件按照GB/T 1.1 《文件化工作导则 第1部分：文件化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件的主要内容包括：范围、规范性引用文件、术语和定义、基本规定、干扰的调查与测试、杂散电流干扰及腐蚀风险评定、杂散电流及干扰的治理、杂散电流防护效果评定、防护系统的运行管理。请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本文件由中国城市燃气协会文件化工作委员会归口。

本文件负责起草单位：

本文件参加起草单位：

本文件主要起草人：

本文件使用过程中如发现需要修改和补充之处，请将意见和资料反馈给中国城市燃气协会文件工作委员会秘书处或负责起草单位。

本文件首次发布。

本文件制定版权为中国城市燃气协会所有。除了用于国家法律或事先得到中国城市燃气协会书面许可，文件任何部分不得以任何形式和手段进行复制、发行、改编、翻译和汇编。如需申请版权许可，请联系中国城市燃气协会文件工作委员会秘书处。

联系地址：北京市西城区金融大街27号投资广场B座6层

邮政编码：100032

电话：010-66020179

电子邮箱：[cgas@chinagas.org](mailto:cgas@chinagas.org)

# 轨道交通杂散电流对埋地钢质燃气管道的干扰评定与防护技术规程

## 1 范围

本文件规定了城市轨道交通(简称轨交系统)产生的动态直流杂散电流(简称杂散电流)对埋地钢质燃气管道(简称燃气管道)干扰及防护的基本规定、干扰的调查与测试、干扰及腐蚀风险评定、杂散电流及干扰的治理、防护效果评定、防护系统的运行管理。

本文件适用于城市轨道交通直流牵引供电系统杂散电流对埋地钢质燃气管道的干扰评定及防护措施的设计、施工及运行维护。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本标准必不可少的条款。其中,注日期的引用文件,仅该日期对应的版本适用于本标准;不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本标准。

GB/T 19285 埋地钢质管道腐蚀防护工程检验

GB/T 21246 埋地钢质管道阴极保护参数测量方法

GB/T 21447 钢质管道外腐蚀控制规范

GB/T 21448 埋地钢质管道阴极保护技术规范

GB/T 28026.2 轨道交通 地面装置 电气安全、接地和回流 第2部分:直流牵引供电系统杂散电流的防护措施

GB 50217 电力工程电缆设计标准

GB/T 50698 埋地钢质管道交流干扰防护技术标准

GB 50991-2014 埋地钢质管道直流干扰防护技术标准

SY/T 0086 阴极保护管道的电绝缘标准

SY/T0087.1 钢质管道及储罐腐蚀评价标准 第1部分:埋地钢质管道外腐蚀直接评价

CJJ 95 城镇燃气埋地钢质管道腐蚀控制技术规程

CJJ/T49 地铁杂散电流腐蚀防护技术标准

DG/TJ08-2302 埋地钢质燃气管道杂散电流干扰评定与防护标准

## 3 术语和定义

GB 50991-2014界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**干扰源识别** identification of interference source

确定管道侧的管地电位与轨道交通运行参数关联程度的一项工作。当管道处于多条轨交线路邻近时,需同时测量管地电位、轨地电位、管轨电压,并结合轨交侧的行驶时刻表,判断管道侧所受直流干扰来源。

## 3.2

**自然电位 free corrosion potential**

未施加外电流时，金属管道在土壤电解质中因自发电极反应形成的稳定开路电位。

## 3.3

**同步中断法 synchronous interruption method**

中断阴极保护电流并瞬时同步开展管地电位测量，消除土壤IR降干扰以测试管地电位等腐蚀相关参数的方法。

## 3.4

**正向偏移平均值 average value of positive potential shift**

相对于基准电位（夜间无干扰时的管地电位），轨交系统运行高峰时段测试的管地电位正向偏移量的小时平均值。

## 3.5

**电位分布特征 potential distribution characteristic**

基于长期监测的断电电位数据，通过概率统计得到的断电电位分布峰值和离散度双参数。

## 3.6

**智能排流系统 intelligent drainage system**

集成电位监测、信号分析、控制算法的排流装置，可实时动态调节排流电流量的主动排流装置。

## 3.7

**管-轨排流 pipe-rail drainage**

将被干扰管道与地铁变电站内轨道相连，通过排流装置构建回流通道，将管道内的杂散电流引回至轨道交通系统排流装置的排流方式。

## 3.8

**深井阳极排流 deep-well anode drainage**

将被干扰管道与深井阳极排流接地体相连，使管道内的杂散电流通过深井阳极流入大地的一种排流方式。

## 3.9

**动态杂散电流 dynamic stray current**

非设计回路中流动、且大小和方向随时间持续波动的杂散电流。

## 3.10

**分段绝缘 sectional insulation**

在受干扰管道上一处或多处位置安装绝缘装置或利用已有绝缘装置,将管道分隔成电气上不连续的若干管段的防护方法,以增大被干扰管道回路电阻来减小杂散电流,并缩短干扰范围。

## 4 基本规定

- 4.1 轨交系统和燃气管道在设计阶段,应充分考虑杂散电流对燃气管道的干扰影响,并应对管道上可能受到的杂散电流干扰影响进行分析和评价。
- 4.2 燃气管道与轨交系统等干扰源宜保持一定的距离,具体距离应通过现场干扰测试确定。
- 4.3 当监测发现管地电位出现异常偏移或波动时,应开展杂散电流干扰调查与测试,依据调查测试结果对干扰状况进行分析评价;经确认管道受杂散电流干扰影响并存在腐蚀风险时,应采取防护措施。
- 4.4 经调查测试确定燃气管道的杂散电流干扰来自于轨交系统时,轨交运营部门应依据国家现行相关法规及技术标准,采取杂散电流抑制措施,并为调查测试和防护工作提供支持。
- 4.5 应选取与干扰程度及工况相适应的防护措施,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实施综合治理。
- 4.6 采取的杂散电流防护措施,不应影响周边邻近埋地金属构筑物造成不利影响。
- 4.7 受杂散电流影响区域的燃气管道,宜设置极化试片、极化探头或腐蚀检查片进行干扰影响测试。
- 4.8 受直流杂散电流干扰的燃气管道同时叠加交流干扰时,应采取消除交流干扰对直流干扰测试与防护效果的影响。

## 5 干扰的调查与测试

### 5.1 调查与测试组织

- 5.1.1 干扰源调查与测试阶段,应成立由燃气管道运营单位、轨道交通运营单位、检测单位及相关设计单位组成的联合工作组。
- 5.1.2 在调查与测试开始前,应明确调查测试的具体内容、测试覆盖的管道范围,选定测点和测试时间。
- 5.1.3 应通过调查与测试,确定干扰的来源、形态和范围,分析干扰的分布规律,评价干扰的严重程度。
- 5.1.4 参与干扰调查与测试的工作人员应具备金属腐蚀与防护的专业知识,并熟悉管道阴极保护系统的组成、运行工况及现场设置现状。
- 5.1.5 测试人员须经专业电气安全培训,规范使用绝缘器具,严格执行仪表先接回路、后接被测体的接线顺序及单手操作法,确保作业安全合规。
- 5.1.6 调查与测试工作开始前应排查危险电压并确认绝缘完好,严禁雷雨天气作业,防爆区域应采取防火花措施,工作中应遵守GB/T 28026.2的相关规定。

### 5.2 调查与测试项目

#### 5.2.1 调查项目

5.2.1.1 被干扰管道侧的调查,应包含以下内容:

- a) 管道材质、埋深、管龄、防腐层现状等情况;
- b) 管道现有阴极保护系统的设置和运行状况;
- c) 管道与轨交系统的相对位置、距离等;
- d) 管道埋地环境、土壤电阻率等参数;
- e) 管道与其他相邻、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。

5.2.1.2 对管道邻近的轨交系统检修基地侧的调查，应包含以下内容：

- a) 检修基地周边的管道设置及其相对位置关系；
- b) 检修基地内的机车运行规律、钢轨设置情况；
- c) 检修基地内部的接地装置设置及其绝缘情况；
- d) 检修基地内牵引变电站设施及运行情况。

5.2.1.3 对管道邻近的轨交系统正线、牵引变电站附近的调查，应包含以下内容：

- a) 轨交系统的建设时间、供电电压、馈电方式、馈电极性和牵引电流；
- b) 轨道线路分布情况及其与管道的相互位置关系；
- c) 机车运行时刻表；
- d) 轨交系统防迷流措施及其运行情况；
- e) 直流牵引变电站的分布情况及其与管道的相互位置关系；
- f) 牵引变电站排流柜、轨道电位限位器工作情况；
- g) 牵引变电站供电制式、运行状态、接地设置等情况。

5.2.2 测试项目

5.2.2.1 被干扰管道侧的测试，应包含以下内容：

- a) 管地电位及其分布；
- b) 管道附近土壤电位梯度；
- c) 管轨电压及其变化；
- d) 其他需要测试的内容。

5.2.2.2 对管道邻近的轨交检修基地侧的测试，应包含以下内容：

- a) 基地轨道附近的土壤电位梯度；
- b) 检修基地与轨交正线连接的单向导通装置附近的土壤电位梯度；
- c) 检修基地变电站的负母排对地电位；
- d) 检修基地内部轨道对地电位。

5.2.2.3 对管道邻近的轨交系统正线、牵引变电站附近的测试，应包含以下内容：

- a) 轨交系统正线附近的土壤电位梯度；
- b) 牵引变电站附近的土壤电位梯度；
- c) 牵引变电站的负母排、接地极对地电位。

5.2.3 调查项目的数据记录表见附录A。

5.3 测试及设备要求

5.3.1 干扰测试应选择干扰严重的管段，可利用管道现有测试桩进行，测试点间距宜为50m~100m，最大间距不宜大于500m。

5.3.2 土壤电位梯度测试点与目标管道或轨道间距宜小于50m。

5.3.3 单次测试持续时间宜为24h，应涵盖轨交系统高峰、平峰、低谷、停运等时间段。若已充分掌握轨交系统运营变化规律，可适当缩短测试时间，但对现有排流点、管道绝缘接头(绝缘法兰)两端及管道与干扰源接近/交叉处等代表性的点，应开展24h连续测试。

5.3.4 测试的次数不宜少于三次；每次测试的测试点位置应相同，测试起止时间应一致，且采用相同的读数时间间隔。

5.3.5 测试宜在现有防护设施断电和通电两种状态下分别进行。

5.3.6 管道断电电位测试宜采用试片断电法或其他措施消除土壤IR降的影响。

5.3.7 轨交系统侧的测试应与被干扰管道侧的测试同步进行。

5.3.8 当测试现场可能存在交流干扰时，测试工作需采用高频信号采集设备，采集频率宜大于 100Hz，并对采集数据进行频谱分析，分析干扰信号频率组成。当确认无交流干扰时，采集频率可适当降低，但不应小于 1Hz。

5.3.9 测试仪器宜带有远程监控系统，应具有连续自动存储功能，分辨率应小于1mv。

5.3.10 测试仪器应具有防电磁干扰性能。

5.3.11 相关测试项目的测试操作及数据处理宜按标准GB 50991附录A的规定进行。

## 5.4 干扰源识别

5.4.1 轨交系统杂散电流干扰随机车运行的动态变化，可通过多点管地电位测试的数据波动规律，明确干扰影响范围及管道阳极干扰区、阴极干扰区和交变干扰区的位置。

5.4.2 可利用同步采集的管地电位与附近轨地电位、车辆运行时刻的关联性明确干扰源。

5.4.3 当测试管道附近存在多条轨交线路时，宜采用频谱分析方法对测试管道管地电位数据的频率特征进行分析，结合车辆运行时刻表和轨交系统停运后管地电位变化，确定干扰源所属轨道线路。

5.4.4 管地电位、轨地电位等参数测试应按 GB 50991 附录A的规定进行。

## 6 干扰及腐蚀风险评定

### 6.1 干扰评定

6.1.1 当管道未施加阴极保护时，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，来评价管道是否受到轨交杂散电流干扰。

6.1.2 当管道两侧各20m范围内的土壤电位梯度大于0.5mV/m时，应确认存在直流干扰；当管道两侧各20m范围内的土壤电位梯度大于或等于2.5mV/m时，应评估直流干扰影响，并根据评估结果采取干扰防护措施。

6.1.3 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。

6.1.4 对于采用阴极保护措施的管道，干扰情况应根据管道相对于周围介质中阴极保护电位准则（-850mV）的正偏幅度和时间占比来评定，评定结果应符合下列要求：

- a) 电位正于最小保护电位准则的时间不超过测试时间的5%；
- b) 电位正于最小保护电位准则+50mV的时间不应超过测量时间的2%；
- c) 电位正于最小保护电位准则+100mV的时间不应超过测量时间的1%；
- d) 电位正于最小保护电位准则+850mV的时间不应超过测量时间的0.2%；

电位测量应采用同步中断法或极化探头以消除IR降及杂散电流干扰影响，当干扰导致管道不满足以上要求时，应采取干扰防护措施。

### 6.2 腐蚀风险评定

6.2.1 管道受轨交系统杂散电流干扰腐蚀风险应采用腐蚀速率评价，当无法获取腐蚀速率时，宜根据干扰状态按6.2.3和6.2.4进行评价。

6.2.2 管道腐蚀速率风险等级宜采取表1的指标进行评定，可接受的腐蚀速率风险等级应为“低”。

表1 埋地钢质燃气管道腐蚀速率风险等级

腐蚀风险等级	低	中	高
腐蚀速率(mm/a)	$\leq 0.0254$	$0.0254 \sim 0.1$	$> 0.1$

6.2.3 未实施阴极保护的埋地钢质燃气管道，在轨交系统杂散电流干扰下的腐蚀风险宜采用管道极化电位相对于该环境中管道自然腐蚀电位正向偏移超过20mV的时间比例进行判断，评判指标见表2。

表2 未实施阴极保护的埋地钢质燃气管道受轨交系统杂散电流干扰腐蚀风险评判指标

腐蚀风险等级	低	中	高
管道极化电位相对于自然腐蚀电位正向偏移大于 20mV 的时间比例	$\leq 5\%$	$> 5\%, \leq 15\%$	$> 15\%$

6.2.4 已实施阴极保护的埋地钢质燃气管道，在轨交系统杂散电流干扰下的腐蚀风险宜采用管道极化电位相对于在该环境中管道阴极保护电位准则偏移量及时间比例进行判断，评判指标见表3：

表3 已实施阴极保护的埋地钢质燃气管道受轨交系统杂散电流干扰腐蚀风险评判指标

断电电位(管道极化电位)正值 (相对于-850mV)	0mV	+50mV	+100mV	+850mV	腐蚀风险等级
测试时段占比(%)	$\leq 5$	$\leq 2$	$\leq 1$	$\leq 0.2$	低
	5~20	2~15	1~5	0.2~1	中
	$> 20$	$> 15$	$> 5$	$> 1$	高

6.2.5 杂散电流干扰腐蚀风险等级评定为中或高风险的燃气管道，应采取干扰防护措施，并宜进行管地电位的长期监测。

6.2.6 管地电位长期监测点宜设置在距离轨交系统较近或管地电位波动较大的区域，并定期进行干扰风险等级判定和变化趋势分析，当干扰腐蚀风险达到中风险时，及时调整防护措施。

## 7. 干扰的治理

### 7.1 一般要求

7.1.1 轨交系统杂散电流干扰的治理，应由管道运营单位、轨道交通运营单位及其他相关方共同负责，各方应共同统筹干扰测试与评价工作，协调制定联合防护方案，落实防护措施的实施与日常管理。

7.1.2 新建轨交线路不宜与燃气管道长距离平行或交叉敷设；当客观条件无法避免时，轨交方应与燃气方协商，共同确定可行的杂散电流防护方案，从源头降低干扰风险。

7.1.3 轨交系统应严格执行杂散电流腐蚀防护工程技术标准，在设计、施工、验收、监控和运营维护等各环节采取防治杂散电流泄漏的技术措施，降低和消除由杂散电流对燃气管道的腐蚀危害及影响。

7.1.4 轨交杂散电流防护设计需按选定的防护方案，结合线路、轨道、主体建筑结构、供电系统、车辆基地等分别开展；受杂散电流影响方应参与防护评估，由工程总体设计统一协调。

7.1.5 杂散电流干扰区域燃气管道阴极保护系统设计应执行GB/T 21448的要求，采取措施减轻管道对杂散电流的收集与排放作用，并监测管道运行状态及措施有效性。

7.1.6 燃气管道确认受到轨交杂散电流干扰时，轨道方与管道方应建立定期交流机制，对轨交杂散电流防护系统的监测运行状况及数据、燃气管道阴极保护系统运行状态及管道电位波动数据等进行共享，协同优化防护方案。

## 7.2 轨道交通侧杂散电流的控制

7.2.1 轨交系统杂散电流腐蚀防护应按照“以防为主、以排为辅、加强监测”的原则进行设计：

a) 隔离、控制杂散电流泄漏的路径。减少回流走行钢轨电阻、加强回流走行钢轨对地绝缘，减少杂散电流进入轨交系统的排流网、主体结构钢筋、设备、金属管线、金属构件和沿线其他相关设施；

b) 建立有效的杂散电流排流系统。设置杂散电流返回牵引变电所的金属通路，降低杂散电流向轨交系统外部的泄漏量，减少对沿线其他相关设施的腐蚀；

c) 建立完善的杂散电流监测系统。动态监测轨交沿线杂散电流的变化，为运营管理与维护提供依据。

7.2.2 轨交系统的工程设计应包含杂散电流腐蚀防护及监测系统的内容，在工程建设中应按照工程设计要求进行施工建设。

7.2.3 新建轨交线路工程设计应包含以下杂散电流腐蚀防护的内容：

a) 针对回流网系统采用的回流导体、防护类别和技术要求等进行技术经济论证与评估，为杂散电流防护选择并确定适宜的防护方案；

b) 加强轨道绝缘的措施，满足走行轨回流系统对结构、对地的绝缘电阻的要求；

c) 主体结构和金属管线的防护措施；

d) 沿线敷设金属管线的材质、结构和施工方法的要求；

e) 腐蚀防护的监测、监控及排流设施的要求；

f) 车辆段、地上地下过渡区段等重点地段特殊防护方法等；

g) 线路附近存在现役高压燃气管道，并可能产生杂散电流干扰时，应考虑天然气管道与牵引变电所的排流措施设置，预留电缆通道，提供排流装置放置空间。

7.2.4 既有轨交线路的杂散电流腐蚀防护设计，应以现场实测和调查的结果为依据，根据地铁杂散电流防护规程的规定，加强监管减少杂散电流泄漏。

7.2.5 轨交杂散电流腐蚀防护指标应由轨交沿线敷设的金属表面向周围电解质泄漏的电流密度和由此产生的偏移电位组成。危险性指标应符合CJJ 49和GB/T 28026.2的要求。

7.2.6 轨交系统杂散电流防护工程根据其回流网系统设计采取不同控制方案，均应符合CJJ49标准要求。

7.2.7 轨交系统的验收与检查工作，可分为工程建设过程中的检查试验、工程竣工验收试验和运行过程中的检查试验，相关验收和检验项目应符合CJJ 49和GB/T28026.2的要求。

7.2.8 轨交系统杂散电流防护工程设计应与电气安全、接地安全等相关的防护设计相互协调，并应同时进行系统设计。

7.2.9 轨交系统杂散电流防护系统的运行管理与维护应按照工程设计要求，确保牵引回路畅通、回流走行钢轨过渡电阻值达标、杂散电流腐蚀防护及监测系统运行有效。

## 7.3 管道侧杂散电流干扰防护

### 7.3.1 防腐层防护

7.3.1.1 杂散电流干扰区域燃气管道应采取加强级防腐层防护。新建钢质埋地燃气管道防腐层的绝缘电阻率不应小于 $10000\Omega\cdot\text{m}^2$ ，应根据土壤腐蚀性分级标准，选用适配敷设环境的防腐层类型及结构。

7.3.1.2 处于杂散电流干扰区的燃气管道每三年应开展一次防腐层缺陷检测、开挖验证及修复工作，防腐层缺陷需及时修复。

7.3.1.3 防腐层检漏与维护应按表4要求进行。

表4 不同等级防腐层采取的维护方式

序号	防腐层面电阻, $\Omega \cdot m^2$	技术等级	对防腐层采取措施
1	$\leq 1000$	5	大修
2	$> 1000 \sim 3000$	4	加密测点进行小区段测试; 对加密点测出的 $< 1000 \Omega \cdot m^2$ 段进行维修
3	$> 3000 \sim 5000$	3	按规定进行检漏、修补
4	$> 5000 \sim 10000$	2	按规定进行检漏、修补
5	$> 10000$	1	暂不维修

### 7.3.2 牺牲阳极保护

7.3.2.1 牺牲阳极阴极保护系统需结合工程规模、土壤环境、管道防腐层质量等因素合理确定,可单独采用或与外加电流阴极保护结合使用。

7.3.2.2 新增牺牲阳极阴极保护系统应设置在管道阳极区;管地电位正负交变区或阴极区使用时,需串接单向导通装置。

7.3.2.3 干扰区域的牺牲阳极应设置地面测试桩,定期监测保护状态及管地电位;管地电位波动较大时宜安装实时无线远传监测报警系统。

7.3.2.4 采用牺牲阳极保护的管道应与其他设施接地系统、非保护构筑物实现电绝缘,绝缘设计及材料应符合SY/T 0086要求。

### 7.3.3 外加电流保护

7.3.3.1 燃气管道宜优先采用牺牲阳极阴极保护,当采用外加电流阴极保护系统时,应避免对周边埋地金属管道产生干扰影响。

7.3.3.2 外加电流阴极保护系统需结合工程规模、土壤环境、管道防腐层质量等因素经济合理确定,可单独采用或与牺牲阳极阴极保护结合使用。

7.3.3.3 外加电流阴极保护系统宜采用可自动控制输出电流/电压的外加电流设备,输出电流/电压可根据干扰强度动态调整,具有抗干扰能力。

7.3.3.4 管道处于动态杂散电流干扰区时,应首先调整现有外加电流阴极保护系统运行参数或方式,适配干扰防护需求;当调整无效时,可增设保护措施。

7.3.3.5 采用外加电流保护的管道应与其他设施接地系统、非保护构筑物实现电绝缘,绝缘设计及材料应符合SY/T0086要求。

### 7.3.4 绝缘隔离

7.3.4.1 受干扰燃气管道宜设置绝缘接头或绝缘法兰等绝缘装置分割干扰区域,阻断杂散电流传播路径。

7.3.4.2 对于干扰复杂且采取其他干扰防护措施后无法有效缓解干扰的管段,可通过绝缘装置将其从整条管道中隔离出来,便于单独采取针对性措施。

7.3.4.3 绝缘装置两侧应设测试桩,采用分段绝缘措施后,应注意观察绝缘装置两端区域可能形成新的干扰点。

7.3.4.4 绝缘装置两侧各 10m内的管段不应存在防腐层破损,防腐层等级应提高一级。

### 7.3.5 排流防护

7.3.5.1 设有阴极保护系统的管道，应首先通过调整现有阴极保护系统抑制杂散电流干扰；当调整无法有效抑制干扰时，再采取排流保护及其他防护措施。

7.3.5.2 常用排流保护方式分为接地排流、直接排流、极性排流和强制排流等，应根据现场测试结果及实际干扰情况选择。

7.3.5.3 排流防护中使用的电缆选择及安装，应符合GB 50217的相关规定；电缆与管道的连接，应符合GB/T21448的相关规定。

7.3.5.4 排流系统应具备有效的接地与电流分流能力，接地电阻通常不超过 $4\Omega$ ，确保电流迅速泄放，防止接地电位升高；应根据环境条件优化接地设计，系统应能在复杂工况下长期稳定运行。

7.3.5.5 排流系统材料应选用高导电性、耐腐蚀性和机械强度优良的材料，符合相关电气和防腐标准，适应恶劣环境，避免因腐蚀或老化导致排流能力下降。

7.3.5.6 排流系统应配备实时监测与自动控制装置，实时监测管道电位、排流电压、排流电流及接地状态，具备数据记录、异常报警及远程监控功能，确保排流异常或接地电阻超标时及时响应。

7.3.5.7 根据干扰源识别与测试结果，在被干扰管道上选取1个或多个排流点设置排流保护设施；排流点选择应以最佳排流效果为目标，宜通过现场模拟排流试验或数值模拟确定，同时综合考虑：排流点管地电位正向偏移大且持续时间长、轨交侧排流点连接至牵引变电站负母排、排流点与轨交负母排距离小、优先向影响较大的干扰源排流、场所便于管理等条件。

7.3.5.8 排流量宜通过现场模拟排流试验或数值模拟确定，不具备条件时可参照GB 50991确定。

7.3.5.9 管地电位波动范围 $>1V$ 或管道阳极区与交变区频繁切换等杂散电流干扰严重的管段，宜采用深井阳极排流系统。

7.3.5.10 深井阳极排流应采用智能排流系统，智能排流系统除满足7.3.5.6要求外，还应符合下列要求（包括但不限于）：

a) 设备性能：实现ms级电流响应变化，电位分辨率 $\leq 1mV$ ，具备FFT信号分析功能，支持运行参数在线调整；

b) 智能调控：具有历史干扰电位数据变化规律解析功能，能根据杂散电流干扰强度自动调整排流量，将管道保护电位控制在 $-0.85\sim-1.2V$ （CSE）的阴极保护准则范围内。

7.3.5.11 当管道受到明确来自于轨交系统的杂散电流干扰，且通过管道常规阴极保护系统无法达到防护效果时，宜采用管-轨排流方式。

7.3.5.12 管-轨排流系统应包含断路开关、限流电阻、单向导通装置等器件，各器件参数值宜根据现场实际测试确定，并应符合下列规定：

a) 排流线电缆截面积不应小于 $25mm^2$ ，各处接线端子应连接完好；

b) 排流各器件的额定电流应为计算排流量的1.5~2倍，且不小于100A；

c) 排流器所有动接点应能承受频繁动作冲击，适应管-轨电压或管地电位波动变化；

d) 单向导通装置应具备正向电阻小、反向击穿电压大的特性，反向击穿电压不小于1000V；

e) 宜在保证排流效果的前提下限制排流量，限流电阻阻值可参照GB50991计算确定，无法准确计算时不宜小于 $2\Omega$ 、功率不小于10kW，有条件场所宜设置可调电阻。

7.3.5.13 设有管-轨排流系统的管道，当轨交系统停运、仅靠排流系统无法维持管道保护状态时，应设置可靠的阴极保护系统，并配备相应的切换机制。

7.3.5.14 在现有燃气管道附近新建轨交线路时，应在邻近的轨交正线、检修基地变电站内预留管道排流装置的空间，并提供需要的电源；变电站设计应考虑自管道向轨交排流的电缆沟，具体路径和建造方式等，由轨交和燃气管道双方协商解决。

7.3.5.15 在排流装置的调试、运行与维护阶段，轨交方应配合管道方开展相关工作，保持排流装置的正常工作。

## 8 杂散电流防护效果评定

8.1 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：

- a) 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；
- b) 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；
- c) 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。

8.2 在复杂干扰情况下，当评定测试的结果未满足8.1的要求时，应按表5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：

表5 排流干扰防护效果评定

干扰时管地电位 (V)	电位正向偏移平均值比 $\eta_v$ (%)
>10	>95
10~5	>90
<5	>85

电位正向偏移平均值比 $\eta_v$ 按公式计算：

$$\eta_v = \frac{V_1(+)-V_2(+)}{V_1(+)} \times 100\% \quad (1)$$

其中： $V_1(+)$ ——排流前，在规定时间内正管地电位算术平均值；

$V_2(+)$ ——排流后，在规定时间内正管地电位算术平均值；

管地电位以干扰源停运后，管道不受干扰时段的背景电位作为计算基准。

8.3 智能排流系统应基于实时监测的管地电位、排流电压/电流数据及 $\eta_v$ 值，自动触发调整机制。当 $\eta_v$ 未达标或管地电位超出安全范围时，优先通过调节排流路径、动态匹配排流量实现精准适配；仍不达标时，联动调整阴极保护系统控制电位或输出电流，同步记录调整参数与效果。

8.4 评定未达标时，可综合采取改变排流点/连接点位置、增设排流设施、调节排流量、调整阴极保护参数等措施；调整完成后需重新测试评定，直至达标。

8.5 采取防护措施后相当长的一段时间内，跟踪管段的腐蚀风险的变化，同步记录杂散电流流入/流出管道时间占比，形成风险评估报告；当风险等级转为“中”“高”时，应启动防护措施复核。

## 9 防护系统的运行管理

9.1 干扰防护系统的监测，应符合下列规定：

- a) 每月应进行一次常规测试。常规测试应包括以下内容：管地电位；排流电流；牺牲阳极组的开、闭路电位和输出电流；强制电流阴极保护系统的控制电位和输出电流；
- b) 每年应进行一次排流保护效果测试和评定、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；
- c) 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，调查项目应符合5.2节的要求；
- d) 当干扰防护系统主要元件完成维修或更换后，应选取附近的阴极保护测试桩对管地电位及排流保护装置排流电流进行24h连续测试。

## 9.2 干扰防护系统的检查与维护，应符合下列规定：

a) 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检查各主要元器件的性能，并应更换失效的元器件；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；

b) 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：应检查各元器件的性能，并应更换失效的元器件；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；应检查各指示仪表的准确性，并应维修或更换失效的仪表；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；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；

c) 采用干扰防护系统的管道，宜按SY/T 0087.1要求进行管道外腐蚀与防护专项调查；

d) 测试数据和记录应按要求分类归档保存，包括但不限于：管道运行常规测试、干扰防护效果评定测试、干扰环境监测、干扰防护系统调整或改进后测试、防护系统主要元件维修或更换后测试、干扰防护系统维护记录等；

e) 两相邻管道的阴极保护系统，应在无第三方干扰工况下，检测两管道间是否存在相互干扰；若确认存在相互干扰，宜将两管道纳入统一阴极保护系统实施联合保护。

附录A  
(资料性)

干扰调查项目记录表A.1 调查记录表1

调查类别	具体调查条目	具体数据/情况描述	备注
被干扰管道侧的调查	管道材质		
	管道埋深		单位: m
	管道管龄	管道投入年份: _____	单位: 年
	管道防腐层现状	防腐层材质: _____	注明完好/破损/老化/破损率等
	阴极保护系统是否运行	是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>	
	阴极保护外加电流运行模式	<input type="checkbox"/> 恒电流: _____ A <input type="checkbox"/> 恒电位: _____ V	
	牺牲阳极保护	<input type="checkbox"/> 锌阳极 <input type="checkbox"/> 镁阳极	
	管道与轨交系统的相对位置、距离	<input type="checkbox"/> 平行 <input type="checkbox"/> 垂直 距离: _____ m	
	管道埋地环境、土壤电阻率	<input type="checkbox"/> 砂质土 <input type="checkbox"/> 黏质土 <input type="checkbox"/> 壤土 <input type="checkbox"/> 其他土质 土壤电阻率: _____ $\Omega\cdot m$	砂质土、黏质土和壤土
与相邻/交叉管道/埋地金属构筑物的阴极保护及干扰防护系统情况	附近是否有管道: 是 <input type="checkbox"/> , 否 <input type="checkbox"/> 附近管道是否有阴极保护系统: 是 <input type="checkbox"/> , 否 <input type="checkbox"/>	含运行参数、状态	

A.2 调查记录表2

调查类别	具体调查条目	具体数据/情况描述	备注
管道邻近轨交检修基地侧	周边管道设置及相对位置关系	<input type="checkbox"/> 平行 <input type="checkbox"/> 垂直 距离: _____ m	
	基地内机车运行规律、钢轨设置情况	运行时刻表: _____ 钢轨与基地的连接方式: 固定连接 <input type="checkbox"/> , 可断开 <input type="checkbox"/> ; 连接状态: 断开 <input type="checkbox"/> , 连接 <input type="checkbox"/> ;	运行规律注明高峰时段、频次等

调查记录表 2 (续)

	内部接地装置设置及绝缘情况	接地体的敷设位置：变电站周边□，轨道两侧□ 埋设深度：_____m 敷设间距：_____m 接地体之间、接地体与被保护设备（钢轨、变电站设施）的连接方式：焊接□，螺栓□	绝缘情况注明合格/不合格
	内部牵引变电站设施及运行情况	高低压柜与钢轨、接地装置的连接点位：_____ 连接方式：_____	注明设施型号、运行是否正常
管道邻近轨交正线、牵引变电站附近	轨交系统建设时间、供电电压、馈电方式、馈电极性、牵引电流	实际供电电压：_____V 电流曲线：_____A 功率曲线：_____kW <input type="checkbox"/> 架空接触网（刚性 / 柔性）馈电， <input type="checkbox"/> 第三轨馈电 敷设方式： <input type="checkbox"/> 接触网悬挂， <input type="checkbox"/> 第三轨安装位置	电压单位：V； 电流单位：A
	轨道线路分布及与管道相互位置关系	<input type="checkbox"/> 平行 <input type="checkbox"/> 垂直 距离：_____m	
	机车运行时刻表	运行时刻表：_____	注明运营起止时间、发车间隔
	轨交系统防迷流措施及运行情况	是否设置排流柜、极性排流装置、强制排流装置：是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/> 安装位置： <input type="checkbox"/> 牵引变电站附近， <input type="checkbox"/> 轨道区段)	
	直流牵引变电站分布及与管道相互位置关系	<input type="checkbox"/> 平行 <input type="checkbox"/> 垂直 距离：_____m	
	牵引变电站排流柜、轨道电位限位器工作情况	排流电流：_____A 排流电压：_____V 限位器额定电压 / 电流： : _____ 限位器动作阈值：_____ 安装位置：_____	注明工作是否正常