ICS 25.220.99
A 29

中华人民共和国国家标准

GB/T 35508—2017

场站内区域性阴极保护

Regional cathodic protection within station

2017-12-29 发布　　2018-07-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
中国国家标准化管理委员会　发布

目　　次

前言 …… Ⅲ
1　范围 …… 1
2　规范性引用文件 …… 1
3　术语、定义和缩略语 …… 1
3.1　术语和定义 …… 1
3.2　缩略语 …… 2
4　基本要求 …… 2
5　保护准则 …… 3
5.1　一般情况 …… 3
5.2　特殊考虑 …… 3
6　设计 …… 3
6.1　一般要求 …… 3
6.2　阴极保护系统设计 …… 5
6.3　电连续性 …… 5
6.4　电绝缘 …… 6
6.5　电源 …… 6
6.6　辅助阳极地床 …… 7
6.7　牺牲阳极 …… 9
6.8　阴极保护检测装置 …… 9
6.9　防干扰设计 …… 10
7　施工与验收 …… 11
7.1　一般规定 …… 11
7.2　电源设备的安装 …… 11
7.3　辅助阳极地床的施工 …… 11
7.4　牺牲阳极的安装 …… 12
7.5　通电点的安装 …… 12
7.6　均压线的安装 …… 13
7.7　电缆的敷设 …… 13
7.8　接线箱的安装 …… 13
7.9　测试装置的安装 …… 13
7.10　验收 …… 14
7.11　申请、通过验收 …… 14
8　运行管理 …… 14
9　文件资料及管理 …… 15
9.1　腐蚀控制资料 …… 15

9.2 设计、施工文件及资料 …… 15
9.3 资料的管理 …… 16
附录 A（规范性附录） 场站内区域性阴极保护的必要性确认 …… 17

前　言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准由中国石油和化学工业联合会提出。

本标准由全国防腐蚀标准化技术委员会(SAC/TC 381)归口。

本标准起草单位:沈阳中科环境工程科技开发有限公司、北京碧海舟腐蚀防护工业股份有限公司、中蚀国际防腐技术研究院(北京)有限公司、中国石油化工股份有限公司中原油田分公司、厦门易亮科技有限公司、洛阳泰科管道技术有限公司、中国石油天然气股份有限公司塔里木油田分公司、中国石油化工股份有限公司西北油田分公司、浙江钰烯腐蚀控制股份有限公司、西安钛金工业电化学技术有限公司、四川四环管道防腐有限责任公司、中国工业防腐蚀技术协会。

本标准主要起草人:臧晗宇、彭博、丁宝峰、王卫东、赵海洋、辜志俊、李明志、孟祥娟、羊东明、邸建军、杨春玉、王树涛、张江江、王贵明、黄少华、欧如杰、万励、张玉萍、方媛、吴安明。

场站内区域性阴极保护

1 范围

本标准规定了场站内区域性阴极保护系统的术语、定义和缩略语、要求、准则、设计、施工与验收、运行、文件资料及管理。

本标准适用于新建或已建场站内的埋地钢质管道、设备及储罐罐底外壁的区域性阴极保护。其他埋地金属结构的区域性阴极保护可参照执行。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 4950 锌-铝-镉合金牺牲阳极

GB/T 10123 金属和合金的腐蚀 基本术语和定义

GB/T 17731 镁合金牺牲阳极

GB/T 21246 埋地钢质管道阴极保护参数测量方法

GB/T 21448—2008 埋地钢质管道阴极保护技术规范

GB 50021 岩土工程勘察规范

GB 50058 爆炸危险环境电力装置设计规范

GB 50393 钢质石油储罐防腐蚀工程技术规范

SY/T 0029 埋地钢质检查片应用技术规范

SY/T 0086 阴极保护管道的电绝缘标准

SY/T 0088—2016 钢质储罐罐底外壁阴极保护技术标准

SY/T 0096 强制电流深阳极地床技术规范

SY/T 0516 绝缘接头与绝缘法兰技术规范

SY/T 5919 埋地钢质管道阴极保护技术管理规程

3 术语、定义和缩略语

3.1 术语和定义

GB/T 10123 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。为了便于使用，以下重复列出了 GB/T 10123 中的某些术语和定义。

3.1.1

区域性阴极保护 regional cathodic protection

将一定区域内所有需要被保护对象作为一个整体实施的阴极保护。

3.1.2

屏蔽 shielding

场站区域阴极保护的被保护体附近有绝缘结构或者金属结构存在时，会影响阴极保护电流的流动。阻碍阴极保护电流流入被保护体或使阴极保护电流偏离预计流通回路的现象。

3.1.3

跨步电压　step voltage

辅助阳极地床在地表形成的电场电位梯度，即单位长度上地表电位的变化值。

3.1.4

馈电试验　current requirement test

从临时辅助阳极地床至被保护体建立直流电流，以确定被保护体所需的保护电流密度值的试验。

3.1.5

通电点　drain point

被保护体与阴极电缆电连接的位置，保护电流通过此连接点流回直流电源的负极，也称汇流点或者阴极通电点。每一回路的阴极保护系统中可以设置一个或多个通电点。

3.1.6

柔性阳极　flexible anode

阳极主体由线性的、连续的阳极材料组成的电缆状辅助阳极，阳极材料位于由织物袋包裹的焦炭填料的中心，织物袋外还紧密包覆一层耐磨编织网。

3.1.7

混合金属氧化物阳极　mixed metal oxide anode

在表面烧结了一层致密的混合金属氧化膜的钛基材阳极材料。混合金属氧化物一般为铂族金属(Pt、Ir、Ru 等)氧化物和阀金属(Ti、Ta、Nb、Zr 等)氧化物的混合物。

3.1.8

外部构筑物　foreign structure

区域阴极保护范围以外的金属构筑物。

3.2　缩略语

下列缩略语适用于本文件。

CSE：铜/饱和硫酸铜参比电极(Copper/Copper Sulfate Reference Electrode)

SCC：应力腐蚀开裂(Stress Corrosion Cracking)

SRB：硫酸盐还原菌(Sulfate-Reducing Bacteria)

HSE：健康、安全和环境(Health Safety Environment)

MMO：混合金属氧化物(Mixed Metal Oxide)

MMO/Ti：表面覆盖混合金属氧化物的钛基材阳极(Mixed Metal Oxide Activated Ti Anodes)

4　基本要求

4.1　按 GB 50021 规定的土壤对钢结构的腐蚀性评价为强腐蚀等级时，新建场站内的埋地管道、设备及储罐罐底外壁应采用阴极保护，已建场站内的埋地管道、设备及储罐应限期补加阴极保护措施，并在运行期间始终保持。腐蚀性评价为中、弱腐蚀等级时，宜采用阴极保护。阴极保护的必要性确认见附录 A。

4.2　新建场站内的埋地管道、设备及储罐罐底外壁阴极保护工程应与主体工程同步勘察、设计、施工和投运。当阴极保护系统在管道及设备埋地 6 个月内不能投入运行时，应采取临时性阴极保护措施；在强腐蚀性土壤环境中，管道及设备在埋入地下时就应加临时阴极保护措施，直至正常阴极保护投产。

4.3　新建场站内的埋地管道、设备及储罐罐底外壁应采用防腐层加阴极保护的联合保护措施，并在场站运行期间始终维持。

4.4　新建储罐罐周应设电位测试点，罐底中心点至罐周应沿半径埋设多支长效参比电极。已建储罐罐

底电位的测量，可通过在罐底设置带孔塑料管的方式配合便携式参比电极进行测量，施工时不应影响罐基础。

4.5 保护区域内的埋地管道、设备及储罐应和其他金属构筑物电绝缘，除非阴极保护系统将它们纳入一体，并能为它们提供充分的保护电流。

4.6 阴极保护系统的设计应与电力接地系统的设计相协调并应将其纳入阴极保护范围，实施区域性阴极保护的埋地管道、设备及储罐其接地体不宜采用比本体材料电极电位序更正的材料。

4.7 场站区域内的储罐罐底板外壁的阴极保护应符合 GB 50393 和 SY/T 0088 的规定。

5 保护准则

5.1 一般情况

5.1.1 管道阴极保护电位(即被保护金属构筑物/地界面极化电位，下同)应为－850 mV(CSE)或更负。

5.1.2 阴极保护状态下管道的极限保护电位不能比－1 200 mV(CSE)更负。

5.1.3 对高强度钢(最小屈服强度大于 550 MPa)和耐蚀合金钢，如马氏体不锈钢，双相不锈钢等，极限保护电位则要根据实际析氢电位来确定。其保护电位应比－850 mV(CSE)稍正，但在－650 mV～－750 mV 的电位范围内，管道处高 pH 值 SCC 的敏感区，应予注意。

5.1.4 在厌氧菌或 SRB 及其他有害菌土壤环境中，管道阴极保护电位应为－950 mV(CSE)或更负。

5.1.5 在土壤电阻率 100 Ω·m～1 000 Ω·m 环境中的管道，阴极保护电位宜负于－750 mV(CSE)；在土壤电阻率 ρ 大于 1 000 Ω·m 环境中的管道，阴极保护电位宜负于－650 mV(CSE)。

5.2 特殊考虑

当 5.1 达不到时，可采用阴极极化或去极化电位差大于 100 mV 的判据。

注：在高温条件下、SRB 的土壤中存在杂散电流干扰及异种金属材料偶合的管道中不能采用 100 mV 极化准则。

6 设计

6.1 一般要求

6.1.1 设计原则

6.1.1.1 能为场站内被保护埋地管道、设备及储罐提供达到阴极保护准则的保护电流，并使其合理分布。

6.1.1.2 场站内区域性阴极保护应与站外系统相互独立，应最大程度避免或减小站外系统和站内非保护区域地下金属构筑物的干扰。

6.1.1.3 阴极保护系统的设计寿命应考虑场站内的埋地管道、设备及储罐设计工作年限的匹配性。

6.1.1.4 设计的电流量应留有裕量(约所需保护电流的 20%)。

6.1.1.5 设计的保护方式、选用材料、安装位置和安装要求，能满足设计寿命期间的安全运行。

6.1.1.6 为测试和评价阴极保护效果，应提供完备的检测设施。

6.1.1.7 阴极保护系统在安装和服役过程中应满足场站内防爆要求。

6.1.1.8 区域性阴极保护系统应避免在仪表、通讯系统或信息技术电路中产生不可控制的电噪声影响。

6.1.2 设计时应考虑的因素

阴极保护系统设计时应考虑以下因素：

a) 确认阴极保护系统安装位置的安全要求、选用材料的技术要求、安全施工和运行维护方法，以

确保阴极保护系统在预期工作寿命中，能可靠、经济地运行；

b) 确定阴极保护站地点，特别是阳极地床位置时，应使阴极保护电流和由此而产生的地电位梯度对附近金属构筑物产生的干扰影响降至最小；

c) 对有干扰影响的地段应提出切实可行的解决方案；

d) 对于有硫化物、细菌、剥离的防腐层、绝热层、高温、屏蔽、酸性环境及异金属存在的不利情况，应通过调查研究，提出解决问题的方法；

e) 避免阴极极化电位过负，造成防腐层阴极剥离和可能由于析氢而对高强钢产生损伤的过保护；

f) 阴极保护站尽可能与工艺场站结合。

6.1.3 基础资料及现场勘察

6.1.3.1 设计所需的基础资料

区域性阴极保护系统设计时，需要下列技术资料：

a) 保护区域平面布置图和防爆区域划分图；

b) 保护对象的分布情况、种类、数量、基本参数、建造日期、腐蚀历史/现状、整改大修历史及相关图纸、资料；

c) 阴极保护系统设计寿命；

d) 满足阴极保护准则所需的电流密度和保护电流量；

e) 保护对象之间的电连续性、保护对象与外围其他金属结构的电绝缘；

f) 保护对象的防腐类型/级别、技术现状；

g) 保护对象内介质物性、温度及压力；

h) 保护区域内避雷防静电接地形式、材质及数量；

i) 保护区内机、泵、炉等设备接地形式、材质及数量；

j) 保护区域外围其他金属结构的类型、数量；

k) 现有邻近阴极保护系统的布局及其运行参数；

l) 可能存在的其他电干扰源；

m) 保护区内管道/地、储罐/地自然电位；

n) 保护区土壤性能，包括土壤电阻率、pH 值及引起腐蚀的细菌；

o) 保护区地下水位、冰冻线深度、基岩深度、地形地貌、气候条件；

p) 可供选择的供电电源；

q) 杂散电流干扰及其他相关测试数据；

r) 站外干线管道阴极保护系统和邻近阴极保护系统的设计、竣工文件。

6.1.3.2 现场勘察

现场勘察所测项目不得少于下列内容：

a) 阳极地床区域不同深度的土壤电阻率、被保护体/地电位、氧化还原电位、土壤 pH 值等的测试结果、测试地点和方法(测试方法见 GB/T 21246)；

b) 可能存在的细菌活动的腐蚀条件；

c) 交、直流干扰源特定参数及与管道的关系；

d) 与施工技术规范不相符合之处；

e) 站外干线管道阴极保护系统和邻近阴极保护系统的运行状态；

f) 6.1.3.1 中收集到的资料不能满足设计要求的项目。

6.2 阴极保护系统设计

6.2.1 保护方式

6.2.1.1 保护方式的选择

强制电流阴极保护是对场站内埋地管道、设备及储罐实施区域性阴极保护的主要方式，牺牲阳极可用于强制电流阴极保护方式的补充。对于场站内埋地管道、设备较少、地质条件适宜的场站，也可单独采用牺牲阳极阴极保护。

6.2.1.2 强制电流方式设计时应注意的问题

强制电流方式设计时应注意以下问题：

a) 有可靠的电源；

b) 不宜对周围金属构筑物及外部干线造成干扰腐蚀；

c) 合理地选择辅助阳极地床的位置及埋设方式；

d) 符合防爆安全规定；

e) 应根据不同地质条件、结合不同场站的具体情况，采用不同形式的阳极地床；

f) 采用多组阳极地床时，控制点的选择应有利于各组阳极的均衡排流，单组辅助阳极地床的工作电流不宜过大，在地面形成的跨步电压应≤5 V/m。

6.2.2 阴极保护电流计算

6.2.2.1 阴极保护电流按式(1)计算：

$$I = F\sum_{i=1}^{n} S_i J_i \qquad \cdots\cdots(1)$$

式中：

I ——区域内总保护电流的数值，单位为安培(A)；

F ——电流裕量的数值，取 1.2；

S_i ——被保护结构的表面积的数值，单位为平方米(m^2)；

J_i ——被保护结构的设计所需保护电流密度的数值，单位为安培每平方米(A/m^2)。

注：被保护结构包括管道、设备、储罐、接地系统、混凝土中的钢筋等。

6.2.2.2 在设备、架空管道的支架(墩)无法与大地彻底绝缘的情况下，计算的总保护电流要根据具体情况适当增加。

6.2.2.3 场站阴极保护电流需求量可以通过馈电试验确定。馈电试验时，临时辅助阳极地床应铺设焦炭填料。

6.2.2.4 场站阴极保护电流密度的取值要考虑接地系统的泄漏电流的影响，或者将接地系统纳入到保护范围内。

6.2.2.5 对于已建项目追加区域阴极保护，如果在限定的保护范围边界处无绝缘设施，且不能加装绝缘设施的情况下，阴极保护设计时要充分考虑因此造成的电流泄漏并适当增加阴极保护系统的容量。

6.3 电连续性

6.3.1 保护区域内的钢质结构间应具有良好的电连续性。

6.3.2 非焊接连接的被保护钢质结构间应安装永久性跨接。

6.3.3 保护多条并行管道或同一保护区域内多个埋地金属构筑物时，宜设置均压线。

6.4 电绝缘

6.4.1 电绝缘装置包括绝缘接头、绝缘法兰、绝缘接头、绝缘短管、绝缘管接头、绝缘套、绝缘垫片、绝缘支撑等。

6.4.2 对绝缘装置上可能出现的雷击、过电流等异常情况，应使用防电涌装置进行保护。

6.4.3 电绝缘装置的选择、安装和运行维护应符合 SY/T 0086 和 SY/T 0516 的规定。电绝缘装置应设置的部位：

a) 进出场站处；

b) 保护区域内的管道、设备及储罐与无需阴极保护的金属构筑物的分界处。

6.5 电源

6.5.1 基本要求

强制电流阴极保护对交流电源的基本要求：

a) 长期不间断供电；

b) 应优先使用市电或使用各类场站稳定可靠的交流电源；

c) 当电源不可靠时，应装有备用电源或不间断供电专用设备。

6.5.2 无电地区电源

对于无交流市电的地区，可根据气象资料和所输介质选用：太阳能电池、风力发电机、TEG、CCVT等直流电源。

6.5.3 电源设备

6.5.3.1 基本要求

强制电流阴极保护电源设备的基本要求：

a) 可靠性高；

b) 维护保养简便；

c) 寿命长；

d) 对环境适应性强；

e) 输出电流、电压可调；

f) 具有抗过载、防雷、抗干扰、故障保护等功能；

g) 仪器电路板经防潮处理，可在湿度≤85%环境下长期工作。

6.5.3.2 电源设备的选择

6.5.3.2.1 电源设备的选用原则

强制电流阴极保护电源设备，一般情况下应选用整流器或恒电位仪。当被保护体/地电位或回路电阻有经常性较大变化或电网电压变化较大时，应选用恒电位仪。

6.5.3.2.2 选择电源设备时应注意的内容

在选择电源设备时，应注意的内容包括：

a) 与交流电源连接的匹配性；

b) 整流器或恒电位仪的类型；

c) 相关参数的显示；
d) 冷却方式(空冷或油冷)；
e) 输出控制的方式；
f) 设备保护与安全要求；
g) 标识和铭牌。

6.5.3.3 电源设备的安全要求

在防爆区域使用的电源设备应符合 GB 50058 的要求。

6.5.3.4 功率选择

电源设备输出功率的选择应根据 GB/T 21448—2008 中附录 A 进行。为适应电流需量随使用时间的变化，电源应留有 50%的电流裕量。

6.5.3.5 参比电极的配用

选用恒电位仪作阴极保护直流电源时，宜配用长效参比电极。长效参比电极应埋在冰冻线以下，地面上应设有标志。干燥地区场站的参比电极上方应安装 PVC 注水管(带管帽)。

6.5.3.6 备用电源

选用整流器或恒电位仪作为阴极保护电源时，每台设备应配备用机，并在使用过程中定期切换。

6.6 辅助阳极地床

6.6.1 一般要求

6.6.1.1 设计原则

辅助阳极地床(以下简称地床)的设计原则：
a) 能够使被保护体获得足够保护电流；
b) 避免阳极与被保护体之间产生电屏蔽，且避免对外部构筑物产生有害干扰；
c) 在最大的预期保护电流需要量时，地床的接地电阻上的电压降应小于额定输出电压的 70%；
d) 远离站外干线进、出站段距离宜不小于 30 m，防止互相干扰；
e) 土壤电阻率低；
f) 确保电流分布均匀；
g) 设计寿命与被保护体的寿命匹配；
h) 可采用专业软件对辅助阳极地床的设计进行优化。

6.6.1.2 辅助阳极地床

6.6.1.2.1 辅助阳极地床的分类

阳极地床有深井地床、浅埋地床、分布式阳极地床、柔性阳极地床、网状阳极地床。

6.6.1.2.2 辅助阳极地床选择时应考虑的因素

在选择辅助阳极地床时应考虑：
a) 被保护体的规模与分布及电流需求量；
b) 区域地质特征和土壤电阻率随深度的变化情况；

c) 地下水位、地形地貌特征；
d) 进出站管道位置与阳极地床的相对位置关系；
e) 达到预期效果的前提下的经济性、施工与维护的方便性；
f) 屏蔽作用；
g) 第三方破坏的可能性。

6.6.1.3 设计寿命

辅助阳极设计寿命一般应大于 20 年。

6.6.2 深井阳极地床

6.6.2.1 技术要求

深井阳极地床的设计、安装、运行与维护等技术要求应符合 SY/T 0096 的规定。在计算地床电阻时，应采用位于阳极段长度中点位置深度的土壤电阻率值，并且要考虑到多层结构的土壤可能有显著不同的土壤电阻率。

6.6.2.2 选用原则

存在下面一种或多种情况时，应考虑采用深井阳极地床：
a) 深层土壤电阻率比地表的低；
b) 存在邻近管道或其他埋地构筑物的屏蔽；
c) 浅埋型地床应用受到空间限制；
d) 对其他设施或系统可能产生干扰。

6.6.3 浅埋阳极地床

6.6.3.1 与 6.6.2 条件相反时应采用浅埋型地床。
6.6.3.2 浅埋阳极地床有水平式和立式两种方式，应置于冻土层以下，埋深不宜小于 1 m。
6.6.3.3 阳极地床的设计应符合 GB/T 21448 的规定。

6.6.4 柔性阳极地床

6.6.4.1 保护储罐罐底外壁时，柔性阳极地床应合理分布于罐基础厚砂层中；保护管道时，柔性阳极应与被保护管道并行敷设，与管道外壁的距离不小于管径的 1/2 且不得小于 300 mm，敷设位置与管底平齐。
6.6.4.2 当柔性阳极敷设在并行的管道中间时，若并行管道之间间距过小，柔性阳极可以安装在两根管道中间正上方或下方适当的位置以满足距离要求。
6.6.4.3 采用柔性阳极对单条埋地管道、多条并行的埋地管道或储罐罐底外壁实施保护时，柔性阳极的额定输出电流应大于被保护体所需求的保护电流，且留有适当裕量。如果单根柔性阳极提供的保护电流达不到埋地管道的保护电流需求，则应在管道附近增加敷设与管道并行的柔性阳极以满足管道的保护电流需求。柔性阳极保护的多条并行的埋地管道间应通过均压线电性连接。
6.6.4.4 与被保护管道并行敷设的柔性阳极，可每隔一定距离与附近的同一保护回路中的阳极主电缆连接一次。

6.6.5 网状阳极地床

6.6.5.1 对储罐罐底外壁的强制电流阴极保护可采用网状阳极。

6.6.5.2 阳极地床应敷设于罐底板基础回填砂中、绝缘防渗膜上方，阳极网与罐底外壁距离应不小于300 mm。

6.6.5.3 阳极电缆敷设应留出足够的余量。

6.6.5.4 回填砂电阻率应在20 000 Ω·cm～50 000 Ω·cm之间。

6.6.6 辅助阳极

6.6.6.1 常用的辅助阳极有：高硅铸铁阳极、石墨阳极、柔性阳极、MMO阳极等，其主要性能要求应符合GB/T 21448—2008中5.2的要求。

6.6.6.2 选用阳极材料和规格应按阴极保护系统设计寿命期内最大预期保护电流的125%计算。

6.6.6.3 阳极地床通常使用冶金焦炭、石油焦炭、石墨填充料，使用时应符合下列要求：

a) 石墨阳极、高硅铸铁阳极应加填充料；

b) 在沼泽地、流沙层可不加填充料；

c) 预包覆焦炭粉的柔性阳极可直接埋设，不必采用填充料；

d) 填充料的含炭量宜大于85%，最大粒径应不大于15 mm。

6.6.6.4 辅助阳极接地电阻、寿命和阳极数量计算可依据GB/T 21448—2008中附录A进行。

6.7 牺牲阳极

6.7.1 已经施加了强制电流阴极保护的场站区域，可能存在一些孤立部位处于欠保护状态，在土壤环境满足要求的条件下，可采用牺牲阳极进行补充保护。这些孤立部位包括：

a) 保护对象发生屏蔽的区域；

b) 距离辅助阳极地床距离较远的埋地管道；

c) 埋地管道上防腐层很差或者没有防腐层的阀门；

d) 短套管或防腐层受到严重破坏的部位；

e) 站外埋地放空管道。

6.7.2 作为强制电流阴极保护的补充，牺牲阳极设计寿命应与被保护体的寿命匹配。

6.7.3 牺牲阳极材料性能应符合GB/T 4950和GB/T 17731的要求。牺牲阳极的选用应符合GB/T 21448的要求。

6.7.4 牺牲阳极应沿被保护体单支或成组均匀布设，阳极数量应满足总电流的需要。

6.7.5 阳极与被保护体距离一般为2 m～3 m，埋深不小于1 m。所有埋地的牺牲阳极均应埋在冰冻线以下，并且长期湿润的土壤中，否则应定期浇水润湿。

6.7.6 牺牲阳极地床应采用专用的化学填包料，填包料的选用应符合GB/T 21448的规定。

6.8 阴极保护检测装置

6.8.1 安装要求

阴极保护检测装置应与阴极保护系统同步安装。

6.8.2 对检测装置的要求

检测装置至少应满足下列项目的检测需要：

a) 被保护体电位；

b) 牺牲阳极或阳极组的工作电流；

c) 电绝缘性能；

d) 阳极的接地电阻。

6.8.3 设置位置

检测装置应设置在下列位置：

a) 强制电流阴极保护的通电点；
b) 阳极汇流导线处；
c) 站内埋地设施接地连接处；
d) 牺牲阳极安装处和两组阳极的中间处；
e) 电绝缘装置安装处；
f) 管道相互交叉处和折点处；
g) 距辅助阳极最近处和最远处；
h) 可能的杂散电流干扰源及杂散电流排流点；
i) 储罐测试点设置按 SY/T 0088—2016 中 6.5.2 进行。

6.8.4 设计要求

测试桩的设计应符合下列要求：

a) 应坚固、耐久、易于检测；
b) 场站防爆区域内测试桩应采用防爆接线箱；
c) 应按一定方向顺序排列编号；
d) 测试导线应有足够强度，长度应留有一定裕量，导线与被测体的连接应牢固，且导电性能良好；
e) 测试导线与被测体的连接处应进行防腐绝缘处理。

6.8.5 参比装置要求

测试桩处宜安装一支长效参比电极或极化探头，参比电极和极化探头的设置应靠近管道并避开附近的阳极。

6.8.6 检查片要求

阴极保护检查片的材质应与埋地管道/设施的材质相同，检查片的制备应符合 SY/T 0029 的规定。

6.9 防干扰设计

6.9.1 设计时应考虑采取相应措施、避免场站内、外阴极保护系统之间的不可接受的干扰。

6.9.2 站外阴极保护系统的采样控制点宜设置在远离绝缘装置的线路管道上。

6.9.3 站内的辅助阳极地床，应远离外部金属构筑物。

6.9.4 调试阶段，如果发现站内阴极保护系统对站外干线阴极保护系统有不可接受的干扰，可采取的降低干扰的措施包括：

a) 对站外阴极保护系统的采样控制点进行处理，安装排流装置，以降低或消除干扰电流引起的附加极化或去极化；
b) 干线管道和场站埋地管道之间的绝缘设施应尽量设置在出站围墙外侧较远位置处，以避免区域内阴极保护系统的干扰；
c) 将干线阴极保护系统的采样控制点迁移到站内阴极保护系统干扰范围外的，远离绝缘设施的位置处。

6.9.5 其他防干扰措施应包括以下几项：

a) 为了降低或避免阴极保护系统对仪表、通讯系统或信息技术电路的干扰，与仪表、通讯系统或

信息技术电路连接的管道的入地端可安装牺牲阳极逐级排流；

b) 阴极保护电缆可选用铠装电缆；

c) 在雷电频发地区，绝缘接头和阴极保护电源设备应当安装防雷保护装置。通常在绝缘接头两侧和直流电源输出端可安装电涌保护器。

7 施工与验收

7.1 一般规定

7.1.1 施工单位应具备相应的专业施工资质。

7.1.2 供应商应提供相应的资质证明文件及产品质量保证书。

7.1.3 应按照设计要求和施工图纸进行施工。

7.1.4 应有专业技术人员负责技术、质量管理和施工安全。

7.1.5 施工前，应对阴极保护施工及调试过程进行风险评价，并制定 HSE 风险应急预案。

7.1.6 施工前，应完成技术交底和施工方案编制。施工人员应熟悉施工方法和技术要求。

7.1.7 施工机具应安全可靠，并满足工艺要求。

7.1.8 施工所用的材料在使用前应检验，确认合格后方可使用。

7.1.9 改变腐蚀控制工程材料的品种或型号时，应征得设计部门同意，并按新的材料技术性能和施工要求制定相应的施工方案。

7.1.10 施工监理应执行以下规定：

a) 腐蚀控制工程施工工作应在经过培训并授予资格的人员监督之下进行，以验证安装是否严格按照图纸和施工规范执行，只有在得到授予资格的负责腐蚀控制的人员批准后才能有例外；

b) 所有与施工图纸不符之处均应标在竣工图上。

7.1.11 阴极保护的施工应符合 GB/T 21448 的有关规定。

7.2 电源设备的安装

7.2.1 阴极保护电源设备宜安装在场站阴极保护间或场站配电间内，其安装工作包括：

a) 外部供电电源与电源设备的连接；

b) 电源设备与阳极电缆、阴极电缆、零位接阴电缆、参比电缆的连接；

c) 设备接地。

7.2.2 安装时应当严格按照产品说明书进行，应检查阳极电缆、阴极电缆、零位接阴电缆和控制参比电缆的规格、型号、标志等，并予以区分，电缆连接时应保证极性正确，并且保证电气接触导通良好。

7.2.3 在施工过程中，应保证各个阴极保护回路的接线正确，不应出现不同回路之间接线混乱的情况。

7.3 辅助阳极地床的施工

7.3.1 深井阳极地床和浅埋阳极地床的施工

7.3.1.1 深井阳极地床的安装施工应符合 SY/T 0096 的规定。

7.3.1.2 施工前应对阳极进行检查，阳极不应有损伤和裂纹。

7.3.1.3 不得用阳极电缆拉运阳极，且不得将阳极电缆作为起吊工具。

7.3.1.4 阳极电缆应完整无损坏、中间不应有接头，每根阳极电缆长度均应符合在井内安装位置尺寸的要求，并留有裕量。每根阳极电缆的自由端按顺序做好标记。阳极在安装过程中，阳极电缆不得损伤和承重。

7.3.1.5 阳极地床安装后，在断电状态下测试阳极组的接地电阻，并作好测试记录。

7.3.1.6 阳极井应设置地面标记。硬路面上阳极井盖的承重能力应满足运输车辆通行的要求。

7.3.2 柔性阳极地床的施工

7.3.2.1 柔性阳极敷设前，应对柔性阳极的质量文件、外观、尺寸、导通性进行检查，不合格的柔性阳极不得安装。

7.3.2.2 柔性阳极安装时应在地床内处于松弛状态，并留有一定的裕量，以防止土壤沉降应力可能对阳极造成的破坏。

7.3.2.3 严禁柔性阳极在地下与金属构筑物搭接。当柔性阳极与埋地管道、接地极或其他柔性阳极交叉时，应采用隔离网套或多孔软塑料管予以隔离保护。

7.3.2.4 柔性阳极穿过道路及防火堤时，应用塑料套管保护柔性阳极或适当增加阳极敷设的深度。

7.3.2.5 为了避免柔性阳极系统在服役期间受到第三方破坏，在柔性阳极正上方、距地面不小于 300 mm 的深度范围内应埋设警示带。地面应设立与柔性阳极敷设走向一致的标志。

7.3.2.6 柔性阳极地床在回填时，应将回填土进行过筛，避免块状坚硬物对柔性阳极的损坏，柔性阳极周围回填土的最小厚度不低于 200 mm。

7.3.2.7 长效参比电极或极化探头的安装位置应尽量靠近被保护结构，且不宜与柔性阳极安装在管道的同一侧。

7.3.3 网状阳极地床的施工

7.3.3.1 网状阳极敷设前，应在基础环梁上将阳极带与钛导电连接片的敷设位置按照设计图纸要求的间距画线。

7.3.3.2 钛导电连接片的敷设应按设计间距自储罐基础标高的中心线至两侧敷设；阳极带应敷设在钛导电连接片的垂直方向，按设计间距自储罐基础标高的中心线至两侧敷设。

7.3.3.3 敷设过程中，应采用准备好的沙袋将敷设好的网状阳极压住，避免其错位。

7.3.3.4 应采用点焊的方式焊接钛导电连接片与阳极带的交叉点，焊接前应检查阳极带间距，焊接点应不少于两点，焊接要牢固。

7.3.3.5 应按设计位置焊接阳极电缆接头，与钛导电连接片焊接应不少于 5 处。

7.3.3.6 阳极电缆敷设时应保留一定的松弛度。储罐基础有环梁时，阳极带和钛导电连接片与环梁的距离应在 150 mm～200 mm 之间。

7.3.3.7 阳极网安装完毕后，应立即检验其连通性，罐基础回填完毕后，应再次检验。

7.4 牺牲阳极的安装

7.4.1 牺牲阳极的布局、位置和数量应符合设计文件的要求。

7.4.2 牺牲阳极宜通过测试装置与被保护体连接。

7.4.3 安装牺牲阳极之前，阳极表面应进行活化处理。阳极表面活化处理与安装的间隔时间不宜超过 24 h。

7.4.4 施工时应除去牺牲阳极的防水包装材料，阳极周围应填充混合均匀的填包料并置于填包料中心位置；采用预包装牺牲阳极时，填包料应采用麻袋或棉质布袋包装，不应采用化纤类包装袋。

7.5 通电点的安装

7.5.1 阴极通电点的布局、位置和数量应符合设计文件的要求。

7.5.2 在运行中的管道上实施与电缆的焊接时，应预订安全防范措施，并考虑：

a) 焊接前要对管壁的完整性进行检查；

b) 管中流体对热量传输与散失的影响；

c) 焊接热量对输送介质的影响(如对某些化学品)。

7.5.3 电缆与埋地管道的连接一般可采用铝热焊、铜焊、电焊等焊接方式。当有详细的焊接程序且性能可靠、并有适当的文件支持时,也可使用其他焊接方法,例如铜针焊接、软焊、导电粘接剂粘接、熔焊等。

7.5.4 电缆应尽量在水平管道上焊接。焊接位置不应在弯头上或者管道焊缝两侧 200 mm 的范围内。

7.5.5 管道表面清理干净后,应用超声波法测量管壁厚度。如果管道壁厚小于公称壁厚的 90%或管道表面存在夹层、点蚀坑的情况,不允许进行铝热焊。

7.5.6 焊接后,焊点应进行防腐处理,不得有任何金属外露。

7.5.7 采样控制点中的控制参比电极应埋设在冰冻线以下,地面上应设有标志。干旱和半干旱地区场站的长效参比电极应安装 PVC 注水管(带管帽)。

7.6 均压线的安装

7.6.1 对于场站内多根管道同沟敷设或多根被保护管道近距离并行的情况,宜沿管道每隔 50 m～100 m 设置一处均压线。

7.6.2 并行管道中如果有管道的走向发生改变,在走向改变的位置宜设置均压线。

7.6.3 交叉走向的埋地管道,在管道交叉处宜设置均压线。

7.6.4 在通电点的安装位置,如果是多条管道并行或者交叉,则应在通电点的位置设置均压线。

7.7 电缆的敷设

7.7.1 阴极保护电缆包括:阳极电缆、阴极电缆、零位接阴电缆、参比电极或极化探头电缆、测试电缆、机壳接地电缆等。各种电缆均应有永久性标记。

7.7.2 阴极保护电缆直埋敷设时应确保埋设在冻土层以下,同时电缆应处于松弛状态,并留有裕量,以防止土壤沉降应力对电缆可能的破坏。

7.7.3 直埋敷设的电缆在地下应尽量减少接头。电缆与电缆之间通过接线箱或者接线盒连接,在防爆区域的直埋电缆则应通过防爆接线箱或者防爆接线盒连接。电缆与柔性阳极之间应采用专用密封接头连接。

7.7.4 当电缆需要穿越硬路面、院墙、管道、水沟以及其他电缆时,应加设保护套管,套管内截面积应不小于通过该套管的所有电缆截面积的两倍;保护套管两端应比穿越段两端长出至少 200 mm。套管两端应安装格兰头以保护电缆,在防爆区域安装的格兰头应为防爆格兰头。

7.7.5 为了避免直埋电缆在服役期间受到第三方破坏,应根据电缆敷设走向设置地面电缆标志桩。

7.8 接线箱的安装

7.8.1 区域阴极保护中的多个保护回路中,每个回路都应安装一个接线箱。在防爆区域安装的接线箱应为防爆型接线箱。

7.8.2 接线箱应满足接地要求。

7.8.3 接线箱内宜设可调电阻以平衡各保护部位的电流。线箱内的可调电阻和接线端子的电流容量应满足设计要求。

7.8.4 每组阳极电缆和阴极电缆应有电缆编号,并按顺序接入接线箱内的端子上。

7.8.5 接线箱的进线电缆套管应采用防爆挠性管,并应采取密封措施。每根挠性管内只能通过一支电缆。

7.9 测试装置的安装

7.9.1 电位测试装置宜安装一支极化探头或者长效参比电极。极化探头和参比电极应安装在冻土层

下，并尽可能靠近管道，但应置于管道热力场范围之外。极化探头和参比电极的安装应避开附近的阳极。

7.9.2 干旱和半干旱地区工艺场站的极化探头或者参比电极应安装 PVC 注水管(带管帽)。

7.9.3 防爆测试箱的进线电缆套管应采用防爆挠性管，并应采取密封措施。每根挠性管内只能通过一支电缆。

7.9.4 测试导线和埋地管道的连接宜采用焊接，焊接位置不应在弯头上或者管道焊缝两侧 200 mm 的范围内。

7.10 验收

7.10.1 竣工验收应具备的条件

区域性阴极保护工程竣工验收时，应具备以下条件：

a) 竣工的工程应符合设计要求；

b) 出具的技术文件齐全、完整；

c) 连续运行 3 个月，阴极保护系统运行正常，保护电位符合要求，安全措施可靠。

7.10.2 验收内容及指标

验收内容及指标应包括：

a) 保护电位符合第 5 章的要求；

b) 储罐保护电位测量应符合 SY/T 0088 的要求；

c) 工程质量符合规范规定。

7.10.3 提交的技术资料

提交的技术资料应包括：

a) 设计说明、竣工图、施工联络单、设计变更；

b) 变更设计的证明文件；

c) 设备厂家提供的说明书、产品合格证、检验报告、试验记录、安装图纸等；

d) 安装记录；

e) 隐蔽工程验收记录(阳极地床安装、电缆敷设、通电点、测试桩接线等)；

f) 调试记录；

g) 阴极保护参数测试记录(自腐蚀电位、保护电位、极化电位、阴极极化值、阳极参数等)。

7.11 申请、通过验收

阴极保护系统通电和(或)调试之后，应具备 7.10 验收条件之后，方可申请、通过验收。

8 运行管理

8.1 阴极保护系统应首先建立阴极保护系统管理制度，并安排专人对阴极保护系统进行定期维护和测试。

8.2 阴极保护系统的电源设备应持续运行，并由阴极保护专业技术人员定期进行测试和维护，发现异常时，应及时排查、纠正。运行和备用的电源设备应定期切换运行。

8.3 阴极保护系统的常规检测应按照表 1 的周期进行。

表 1　常规功能性检测项目及周期

项目	检测内容	周期
牺牲阳极系统	阳极运行和状态、阳极保护电位、输出电流、开路电位	至少每年 1 次
强制电流系统	电源设备的运行和状况、仪器输出电压、电流(每日记录一次)、阳极地床电阻(视需要进行检测)	根据运行条件(如雷电、杂散电流、附近的施工活动等),每 1 个月至 3 个月 1 次
通电点	通电点电位和电流	至少每月 1 次
与外部管道的连接	电流流动	至少每年 1 次
跨接装置及接地系统	电连续性	至少每年 1 次
安全与防护装置	设定值与功能性	至少每年 1 次
极化电位	瞬间断电电位	每年 1 次[a]
[a] 对于稳定的系统,可在所有测试装置处,每 3 年测量 1 次瞬时断电电位。		

8.4　阴极保护管理应执行 SY/T 5919 的规定,阴极保护参数的测试应符合 GB/T 21246 的规定,测量仪器、仪表应符合 GB/T 21246 的要求。

8.5　阴极保护系统检测内容应包括:

a)　电源设备输出电流、输出电压、控制电位;

b)　保护电位;

c)　辅助阳极地床的接地电阻;

d)　交、直流干扰电压;

e)　外部金属构筑物对地电位;

f)　现有临近阴极保护系统运行参数。

8.6　应对检测结果进行综合分析,判断保护区域内的阴极保护状况是否达到了阴极保护准则的要求;找出欠保护和未保护区域,并提出整改措施。

8.7　保护区内有新、改、扩建工程的,应对阴极保护系统进行全面测试和评价。

8.8　定期对测试桩进行全面检查、维护,如遇盗损,应及时恢复。

9　文件资料及管理

9.1　腐蚀控制资料

9.1.1　腐蚀泄漏、破坏和修复、更换记录。

9.1.2　当埋地管道暴露时,观察到的管道及防腐层的状况。

9.1.3　电位数据。

9.2　设计、施工文件及资料

9.2.1　所需的保护电流数据。

9.2.2　土壤电阻率勘测的结果。

9.2.3　外部金属构筑物的位置。

9.2.4　防腐层设计、施工与验收规范以及设计文件、竣工资料。

9.2.5 阴极保护设计、施工与验收规范以及设计文件、竣工资料。

9.2.6 其他腐蚀控制措施的有关资料。

9.2.7 腐蚀控制维护管理相关的记录主要包括：

a) 防腐层的检测、维修记录；

b) 阴极保护系统的检测、维修记录；

c) 干扰腐蚀控制设施的检测、维修记录；

d) 其他有关的检测、维修记录。

9.3 资料的管理

9.3.1 6.1、9.1、9.2 所列各项资料应设专人管理。

9.3.2 仍在役使用的设施，宜保存证明腐蚀控制措施必要性和有效性的评价记录。其他有关的腐蚀控制记录宜保存 3 年以上。相关记录可录入数据库。

附 录 A
（规范性附录）
场站内区域性阴极保护的必要性确认

A.1 总则

是否需要阴极保护主要依据下列因素：腐蚀调查，目测结果，相近环境中金属结构的测试结果，工程的设计和施工，埋地钢质管道、设备及储罐的运行状况及腐蚀状况，泄漏与维修记录，以及安全和经济方面的考虑。

A.2 环境和金属结构因素

A.2.1 场站内土壤性质及土壤腐蚀性，包括土壤电阻率、pH 值、氧化还原电位、Cl^- 含量等。
A.2.2 场站内总平面布置图。
A.2.3 地下水位。
A.2.4 管道及设备外防腐层及其类型，罐底防腐层及其类型。
A.2.5 维护及检修记录、资料。
A.2.6 与附近外部构筑物的关系。
A.2.7 介质的类型、温度、压力。
A.2.8 管道、设备及储罐的运行状况及腐蚀状况，泄漏与维修记录。
A.2.9 自然腐蚀电位。

A.3 经济性评估

A.3.1 设计工作年限内埋地钢质管道、设备及储罐的维修费用。
A.3.2 除由腐蚀导致的直接费用外，还宜考虑其他间接费用。