

# 团 体 标 准

T/CCCTA 0061—2025

## 阴极保护工程全生命周期 通用要求

Cathodic protection engineering lifecycle — general requirements

2025-05-28 发布

2025-08-28 实施

中国腐蚀控制技术协会 发布



## 目 次

前言 .....	II
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	1
4 总则 .....	2
5 目标 .....	2
6 腐蚀源 .....	2
7 材料 .....	2
8 技术 .....	3
9 开发 .....	3
10 设计 .....	4
11 制造 .....	7
12 安装 .....	8
13 贮存与运输 .....	9
14 调试 .....	10
15 验收 .....	10
16 测试检验 .....	10
17 运维 .....	11
18 延寿与报废 .....	12
19 文件与记录 .....	13
20 资源 .....	13
21 评估 .....	14

## 前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

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专利的责任。

本文件由中国腐蚀控制技术协会提出。

本文件由中国腐蚀控制技术协会团体标准化技术委员会归口。

本文件起草单位：苏州热工研究院有限公司、北京碧海云智新材料技术有限公司、中核武汉核电运行技术股份有限公司、大连科迈尔海洋科技有限公司、苏州希倍优海洋工程装备有限公司、中国腐蚀控制技术协会、深圳灵若科技有限公司、中蚀国际腐蚀控制工程技术研究院（北京）有限公司。

本文件主要起草人：王水勇、邸泰深、章强、赵万祥、赵海珠、孔全兴、马官兵、肖调兵、陈纪国、王超、陈明亚、李留罐、郝毅、高路杨、张旺、陈银强、王志愿、李淼、刘笑言、王猷俊、纪大伟、李侠。

# 阴极保护工程全生命周期 通用要求

## 1 范围

本标准规定了阴极保护工程全生命周期中各控制要素的通用要求。  
本标准适用于阴极保护工程生命周期中有关活动的管理。

## 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文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；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 4948—2002 铝-锌-钢系合金牺牲阳极  
GB/T 21246 埋地钢质管道阴极保护参数测量方法  
GB/T 21448—2017 埋地钢质管道阴极保护技术规范  
GB/T 33314—2016 腐蚀控制工程生命周期 通用要求  
GB/T 33378—2016 阴极保护技术条件  
GB/T 37184—2018 核电厂腐蚀控制工程全生命周期 通用要求  
GB 50058 爆炸危险环境电力装置设计规范  
CB 3220 船用恒电位仪技术条件  
NB/T 25008—2011 核电厂海水冷却系统腐蚀控制与电解海水防污  
SY/T 0086 阴极保护管道的电绝缘标准  
SY/T 0095 埋地镁牺牲阳极试样试验室评价的试验方法  
SY/T 0096 强制电流深阳极地床技术规范

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**阴极保护工程 cathodic protection engineering**

根据主体工程腐蚀控制需求而设计、安装的利用腐蚀电化学原理进行腐蚀控制的工程项目。

### 3.2

**牺牲阳极阴极保护 sacrificial anode cathodic protection**

通过与牺牲阳极连接向被保护体提供阴极电流以实现阴极保护的电化学保护方法。

### 3.3

**外加电流阴极保护 impressed current cathodic protection**

通过外加电源向被保护体提供阴极电流以实现阴极保护的电化学保护办法。

### 3.4

#### 全生命周期 full life cycle

阴极保护工程从设计、安装到运行、维护和报废的工程全过程。

## 4 总则

阴极保护工程全生命周期通用要求应贯穿于整个阴极保护工程全生命周期过程，对阴极保护工程全生命周期内的目标、腐蚀源、材料、技术、开发、设计、制造、安装、贮存与运输、调试、验收、测试检验、运维、延寿与报废、文件和记录、资源、评估等要素进行各因素内部、因素间以及全局间的协调，并经过相关程序认定，满足整体性、系统性、相互协调和优化的原则，实现阴极保护工程中各设备状态可靠、可控、可防，进而确保各被保护系统安全稳定运行。

## 5 目标

持续规范和提升阴极保护工程设计、施工、调试、运维水平，确保被保护对象寿命不低于工程设计应用使用年限，寿期内不因阴极保护工程失效导致被保护系统腐蚀损失，最终实现阴极保护工程安全、经济、长生命周期运行和绿色环保的目标。

## 6 腐蚀源

6.1 阴极保护工程腐蚀源分为材料因素和环境因素。材料因素包括材料的成分、结构、应力、表面状态等；环境因素包括与材料作用的腐蚀介质及工况条件。腐蚀介质包括海水、淡水、大气、土壤、混凝土等自然环境。工况条件包括温度、湿度、压力、流速、液位等。

6.2 被保护对象常见腐蚀问题包括：海水、淡水、土壤、大气、混凝土和微生物环境腐蚀等。

6.3 在阴极保护工程全生命周期内，应参考 GB/T 33314—2016、GB/T 37184—2018、NB/T 25008—2011 中的要求，对腐蚀源进行全面、准确的识别，为材料、技术、开发、设计等因素控制提供依据。

## 7 材料

7.1 阴极保护工程材料主要包括牺牲阳极阴极保护工程材料及外加电流阴极保护工程材料。

7.2 在材料选择过程中，应满足第 6 章内容，满足安全、经济、长生命周期运行的目标。同时应针对阴极保护工程腐蚀源和阴极保护工程全生命周期的要求，协调性选择阴极保护方案并针对性选择对应标准要求材料。

7.3 牺牲阳极阴极保护工程方案选材应满足 GB/T 4948—2002 要求，检测方法应符合 SY/T 0095 的规定，并遵循以下原则。

- a) 电位和电流输出稳定性：牺牲阳极材料应具有足够的负电位且稳定，以保证对保护结构提供足够的驱动电压。同时，材料的电流输出应稳定且具有高电流效率。
- b) 环境适应性：根据具体的腐蚀环境和介质类型选择合适的材料。
- c) 材料的物理和化学特性：材料的电容量要大，自腐蚀要小，溶解均匀，且腐蚀产物易于脱落。
- d) 经济性：宜选择价格低廉、来源广泛、加工容易的材料，以降低总体成本和维护难度。

- e) 实际应用考虑：根据被保护金属的结构和尺寸确定合适的牺牲阳极材料和数量。同时，考虑牺牲阳极的安装位置和连接方式，确保电流能够均匀分布到被保护金属的各个部位。

#### 7.4 外加电流阴极保护工程方案选材应遵循以下原则。

- a) 强制电源为外加电流阴极保护系统提供外加电流的电源设备；
- b) 辅助阳极是指安装或埋设于保护对象周围介质中，连接阴极保护电源输出正极，用于产生保护电流的设备材料；
- c) 参比电极是指安装或埋设于保护对象周围介质中、靠近保护对象，用于测量保护对象保护电位（保护对象结构对周围介质的极化电位）的半电池电极装置；
- d) 阴极电缆连接外加电流阴极保护系统电源输出负极与保护对象的电缆；
- e) 阳极电缆连接外加电流阴极保护系统电源输出正极与辅助阳极的电缆；
- f) 测试装置是指安装或埋设于保护对象附近，用于测量保护对象保护电位的装置；
- g) 阴极保护监控系统是指应用现代通信技术实现对阴极保护系统数据远程测量与控制的设备系统。

## 8 技术

**8.1 牺牲阳极阴极保护技术的优点**包括对规模较小的项目一次投资费用较低、保护电流利用率高、不会产生过保护、对邻近的地下金属设施无干扰影响、适用于需要局部管道保护的场合、无需外部电源、施工简单且平时不需要特殊专业维护管理。其缺点在于保护工作受介质电阻率的限制并且阳极消耗大，需要定期更换。

**8.2 外加电流阴极保护技术优点**包括能够不受周围介质的电阻率的限制、输出电流和电压连续可调、寿命长且工程越大成本越低。其缺点在于对邻近金属结构物可能产生杂散电流干扰腐蚀以及可能会由于供电电源故障导致阴极保护系统停运。

**8.3 选择阴极保护工程方案时**，应满足 GB/T 33378—2016 要求，并根据被保护对象的具体条件、环境因素以及阴极保护技术的优缺点进行综合考虑，以确保选择最合适的方案。

## 9 开发

**9.1 传统阴极保护工程技术**相对较为成熟，未来主要技术开发方向，包括但不限于以下内容。

- a) 高性能阴极保护材料与系统开发和工艺设计优化提升：
  - 牺牲阳极阴极保护系统将开发系列化牺牲阳极材料体系，以满足不同环境和工况条件的要求；
  - 外加电流阴极保护系统除将开发更高性能辅助阳极、参比电极材料及强制电源设备以外，如何使系统更易于安装、更换和维护也是需要进一步改进的方向；
  - 阴极保护工艺设计将向着更精确、更优化的方向发展。
- b) 监测和控制系统的优化提升。阴极保护监测技术将由传统人工监测、人工控制向智能化和综合监测方向发展，不仅监测阴极保护的电位，而且监测阴极保护系统的运行参数，并且可以实现保护状态预测。
- c) 由传统陆地、近海阴极保护工程向远海、深海光风电新能源领域阴极保护工程转变，具体技术开发方向主要包括深海装置阴极保护效果的现场评价技术、深海环境阴极保护精确设计技术以及深海阴极保护安装技术。

**9.2 选用新开发的阴极保护材料和工艺技术**，在投运前应进行材料的性能试验和工艺技术评价。

9.3 应根据材料及工艺发展的需求不断完善阴极保护准则，以确保被保护结构得到有效保护并避免氢脆或不良影响。

## 10 设计

### 10.1 一般要求

- a) 对按照保护对象应根据实际情况采用绝缘防腐层与阴极保护相结合的方式实施保护，绝缘性能应满足 SY/T 0086 的要求；
- b) 对于可能腐蚀失效造成危害环境安全的后果的保护对象，应施加阴极保护；
- c) 阴极保护工程应与主体工程同时勘察、设计、施工和投运；
- d) 阴极保护工程可分为牺牲阳极阴极保护法、外加电流阴极保护法或两种办法相结合，设计时应满足 GB/T 21448—2017、GB/T 33378—2016、SY/T 0096 等标准要求，根据工程规模、电解质环境、保护对象表面防护层情况等因素，依据经济合理、技术优化的原则确定；
- e) 对于高温、特定腐蚀细菌（如硫酸盐还原菌）、防护层屏蔽、电解质流动、杂散电流等特殊条件下，阴极保护可能无效或部分无效，在设计时应予以考虑。

### 10.2 设计资料

设计阴极保护系统，需要以下技术资料：

- a) 保护对象参数（材质、结构参数、防护层材质、厚度、运行温度、运行压力）；
- b) 阴极保护系统设计寿命；
- c) 保护对象临近外部金属结构及连接情况（包括其他临近结构阴极保护系统）；
- d) 保护对象的周围电解质有关资料（温度、电阻率、运动情况、pH 值、相关腐蚀细菌情况）；
- e) 环境气候条件；
- f) 与保护对象相关的绝缘装置情况；
- g) 附近交直流输电线路及电气牵引轨道系统情况；
- h) 保护对象的接地系统情况；
- i) 附近可利用电源情况。

### 10.3 现场勘察

现场勘察项目应包括以下内容：

- a) 阳极区域的电阻率分布；
- b) 可能的影响腐蚀的细菌的活动情况；
- c) 交直流干扰情况。

### 10.4 阴极保护系统影响因素与系统选型

影响阴极保护系统功能的主要因素包括：

- a) 保护对象材质、结构与结构表面绝缘防护层；
- b) 环境介质成分组成；
- c) 温度；
- d) 杂散电流；
- e) 介质流动情况。

## 10.5 牺牲阳极系统设计

### 10.5.1 总则

牺牲阳极阴极保护系统主要用于保护对象周围介质电阻率较低、保护电流密度需求不大的场合。以下场合可以考虑应用牺牲阳极阴极保护系统：

- a) 现场无合适的外部电源供给；
- b) 不便应用电器设备的地方；
- c) 外加电流阴极保护系统的补充；
- d) 永久冻土层内设备或管道周围的融化区域；
- e) 临时阴极保护；
- f) 保温设备的保温层下；
- g) 应用外加电流阴极保护系统可能产生杂散电流干扰的场合；
- h) 牺牲阳极的应用条件；
- i) 环境电解质电阻率足够低；
- j) 牺牲阳极能提供持续、足够的保护电流；
- k) 阳极的总质量能满足系统设计寿命要求。

### 10.5.2 牺牲阳极类型

主要的牺牲阳极类型包括：镁合金、锌合金、铝合金以及铁阳极。阳极的选用应该依据具体保护对象环境条件、保护技术要求确定。

### 10.5.3 牺牲阳极填包料

针对土壤中保护对象（如埋地管道、储罐等）应用牺牲阳极阴极保护时，需要使用阳极填包料，以保证较低的接地电阻和保证阳极的电化学活性。

### 10.5.4 牺牲阳极与保护对象结构的连接

牺牲阳极体可通过装置与保护对象结构连接，也可直接焊接或机械连接安装在结构上。

### 10.5.5 牺牲阳极布置

- a) 在条件允许的情况下，牺牲阳极尽量均匀地布置在保护对象表面最有利于保护电流分布的均匀性；
- b) 实际工程项目，应根据现场条件，并结合具体的技术经济分析确定具体安装和布置方式；
- c) 牺牲阳极布置时应注意保证一定的与保护对象结构表面的距离，将有利于保护电流的分布均匀，进而有利于保护范围的扩大；
- d) 在有冻土情况土壤中应用时，牺牲阳极应安装在冰冻线以下。

## 10.6 强制电流阴极保护系统设计

### 10.6.1 设计寿命

外加电流阴极保护系统应能满足主体工程设计寿命要求。

### 10.6.2 电连续性

保护对象应保证整体的电连续性。未来保证电连续性，在保护对象有多个部分无可靠的电连接

时，应专门设置可靠的电连接手段，如焊接、机械连接等。

有时出于保护电位分布均匀的考虑，可以采用在保护对象不同部分之间电连接时串接电阻的方法，以实现保护电位分布均匀性的调控。

### 10.6.3 电源

外加电流阴极保护的外部供给电源应达到以下要求：

- a) 长期不间断供电；
- b) 应优先使用市电或其他可靠的供电电源；
- c) 当电源不可靠时，应装有备用电源。

阴极保护电源设备应满足以下要求。

- a) 寿命长；
- b) 可靠性高；
- c) 维护简便；
- d) 环境适应性强：
  - 输出电流、电压可调；
  - 具有抗过载、防雷、抗干扰、故障保护等功能；
  - 通信、控制满足主体项目技术要求。
- e) 应根据现场实际环境条件选择适宜的电源，如在无交流市电区域，可依据现场可用条件选用太阳能、风力发电系统、TEG、CCVT等直流电源；
- f) 外加电流阴极保护电源设备，一般情况下选择整流器或恒电位仪。当管地电位或回路电阻有较大变化或电网电压波动较大时，宜选用恒电位仪。

选择电源设备时，包括以下内容：

- a) 输入电源要求（交流电源匹配性）；
- b) 整流器或恒电位仪类型；
- c) 设备正常输出电压、电流范围；
- d) 冷却方式；
- e) 相关参数显示；
- f) 输出控制方式；
- g) 通信传输与控制要求；
- h) 保护与安全技术要求；
- i) 标识与铭牌；
- j) 在防爆区域时，应满足防爆技术要求。

### 10.6.4 辅助阳极

外加电流阴极保护系统辅助阳极选择应依据以下原则进行设计和选取：

- 阳极满足输出电流和电压的要求；
- 阳极材料满足项目实施环境电解质中正常工作的要求；
- 满足实际实施施工安装工作要求；

应用外加电流阴极保护系统可能产生杂散电流干扰的场合。

### 10.6.5 杂散电流排流系统设计

杂散电流会对保护对象的电化学腐蚀产生影响，采用适当的技术手段（如通过牺牲阳极接地、通过特定排流设备接地等）可消除或减弱杂散电流对保护对象的不利影响，即为杂散电流缓解技术。

- a) 直流杂散电流进行杂散电流排流设计前，应进行杂散电流相关的干扰现场调查与测试，应至少包括以下内容：

- 被干扰对象的腐蚀历史；
- 保护对象（结构）与干扰源的相对位置、分布；
- 结构对地电位分布（地理位置分布及随时间变化）；
- 结构周围的介质电阻率分布；
- 结构周围介质中杂散电流的方向及电位梯度；
- 结构外部绝缘层的绝缘电阻；
- 结构与其他相邻金属结构间的电位差及其阴极保护运行状态。

杂散电流设计应根据现场测试的情况进行针对性设计。针对直流杂散电流干扰可采用直接排流、极性排流、强制排流、接地排流。

- b) 交流杂散电流进行杂散电流排流设计前，应进行杂散电流相关的干扰现场调查与测试，应至少包括以下内容：

- 被干扰对象的腐蚀历史；
- 保护对象（结构）与干扰源（高压交流输变电线路、交流电气化铁路）的相对位置、分布；
- 结构对地交流电位分布（地理位置分布及随时间变化）及测点的交流电流密度；
- 结构周围的介质电阻率分布；
- 结构周围介质中交流电位梯度；
- 结构外部对地泄漏电阻；
- 结构阴极保护运行状态。

交流杂散电流设计应根据现场测试的情况进行针对性设计。针对交流杂散电流，可采用牺牲阳极接地和去耦合器接地排流方式，或根据实际情况综合采用两种方式。

## 10.7 阴极保护在线监控系统

### 10.7.1 阴极保护监控系统设计应遵循以下原则：

- a) 采集参数应能真实反映阴极保护系统的运行情况，满足系统运行管理与评价的要求；
- b) 技术可靠、先进，兼容性及可扩充性好；
- c) 具备可靠的数据管理与分析功能。

### 10.7.2 阴极保护监控系统设计应至少包括以下内容：

- a) 保护对象上不同位置的电位分布；
- b) 阴极保护电源的工作状态（输出电流、输出电压、供电电源状态）；
- c) 可根据实际情况选择是否对阴极保护系统进行远程控制；
- d) 可根据实际情况确定其他有关的电化学腐蚀加测手段。

10.7.3 阴极保护监控系统的通讯方式（有线、无线等）、供电方式应根据现场条件加以确定，以保证系统的可靠性。

## 11 制造

11.1 阴极保护工程设备制造主要包括牺牲阳极阴极保护设备制造以及外加电流阴极保护设备制造。

11.2 牺牲阳极阴极保护设备制造过程所选用的牺牲阳极、铁脚材质、尺寸应按照相关国家标准规定执行。

11.3 外加电流阴极保护设备制造过程所选用的辅助阳极、参比电极、强制电源、电缆、接线盒及其他安装辅材应相互协调匹配，制造完成的外加电流阴极保护设备应满足使用介质和环境工况条件的要求。

11.4 对阴极保护设备制造实施全过程专业技术监理，设置生产质量质保监查；对各主要部件实施到货检验和验收。

11.5 制造单位应制定阴极保护工程质量管理保证体系并有效实施，阴极保护设备制造应根据确定的质量目标，制定质量计划，质量计划应列有制造和验收中应进行的所有工艺、程序、工作细则、试验和检验的流程图或工序表，应注明制造单位的停工待检点。

11.6 制造阶段阴极保护设备各项性能数据应进行记录和存档，并移交采购方作为运维阶段的基准数据，具体包括如下内容。

- a) 牺牲阳极、铁脚材质、尺寸、型号等性能参数，包括牺牲阳极化学成分、电化学性能、表面质量，以及铁脚材质、表面质量、重量及尺寸等，参数测量方法可参考 GB/T 21246；
- b) 参比电极相关性能参数有：电极表面质量、电极电位（相对于饱和甘汞电极）、电位稳定性、绝缘电阻、电极化学成分等；
- c) 辅助阳极相关性能参数有：外形尺寸及表面质量、绝缘性能、水密性、极板原材料、化学成分、氧化物涂层厚度、电化学性能、涂层结合力状态等；
- d) 强制电源相关性能参数有：外形尺寸、输出电流、电压范围、参比电位控制范围及误差、波纹系数、数据显示及报警功能、控制模式、防腐措施及防护等级等；
- e) 电缆相关性能参数有：直流电阻、绝缘电阻、传输电流、导体材质、温度范围、阻燃性能、耐腐蚀性能、导体结构、绝缘层、护套层、铠装层以及电压等级等。

## 12 安装

### 12.1 一般规定

阴极保护系统安装应配合主体工程安装进度，根据主体工程进度合理安排。并严格按照有关施工图纸进行安装。

### 12.2 牺牲阳极阴极保护系统安装

- a) 操作人员应严格遵守相关的操作规程和安全要求，确保安装质量和安全。应当佩戴适当的防护装备，如手套、安全帽等，以避免在安装过程中受伤。
- b) 在安装前，应彻底清除阳极表面的油污、氧化物等杂质，使阳极表面呈现金属光泽。这有助于阳极与电解质之间的良好接触，提高防腐效率。
- c) 在安装前，做好安全检查，避免在阳极附近使用明火或热源，确保阴极保护系统符合 GB 50058 的要求，以免引发火灾或爆炸。
- d) 牺牲阳极可采用焊接或螺栓固定两种方式安装，需要确保阳极与保护结构之间的接触紧密、牢固。
- e) 在安装过程中，阳极背面需要涂一道绝缘漆，以防止因阳极背面腐蚀而脱落，确保阳极使用面积与设计数值一致。同时，在安装处的表面也应加涂绝缘漆或加垫其它绝缘物。
- f) 安装完成后，应对牺牲阳极进行全面检查，包括阳极的固定情况、与被保护设施的连接情况、回填料的使用情况等。同时，还需要测量阳极的开路电位、输出电流、闭路电位等参数，以确保阳极的防腐效果。

### 12.3 外加电流阴极保护系统安装

- a) 外加电流阴极保护系统（包括电极系统、强制电源、电缆、测试系统）安装应严格按照设计文件要求进行施工。
- b) 安装前需检测钢结构各部件之间实现电连接，接触电阻小于  $0.01 \Omega$ ；非焊接的管道及设施应采用跨接电缆或其他有效的电连接方式；采用紧固件连接的金属结构，应清除紧固件部位连接面的绝缘层以保证电连接。
- c) 被保护的设施需考虑与其他不在保护范围设施的绝缘性能。
- d) 应使用已被试验或共层实践证明的方法进行阳极和参比电极的安装，严禁阳极、参比电极与任何金属构件发生短路。
- e) 每一个阴极保护区域都应设置多根与阳极、参比电极连接的电缆，同时电极的连接方式和安装方法应通过试验或工程实践证明能满足电连接的要求。

#### 12.3.1 电气安装要求

- a) 所有电气的安装工作应按照相关电气安全标准进行。
- b) 除特殊要求外，所有的安装工作均应有下列电气安全措施：
  - 1) 交流电缆与低压直流电缆、参比电极测量电缆分开；
  - 2) 直流电源输出端、接线盒及其接线端的电缆都应有标识；
  - 3) 电缆应有完善的支撑和保护以避免环境、人和其他破坏；
  - 4) 阳极和参比电极的电缆接头应该在密闭罩或接线盒内；
  - 5) 密闭罩和接线盒应采取完善的防水密封措施；
  - 6) 直流电源输出电压超过  $24 \text{ V}$  时，阳极应设置隔离系统，避免人与其直接接触。

#### 12.4 安装过程中的测试应符合下列要求

- a) 所有回路的极性检查；
- b) 所有回路的电连接性检查；
- c) 所有回路的绝缘检查，应证实直流电源的正极电缆与负极电缆、参比电极电缆与测量接地电缆之间蚀电性绝缘的；
- d) 直流电源的测试，应按照 CB 3220 进行。

## 13 贮存与运输

13.1 应制定针对阴极保护工程专项贮存及运输方案，并形成规范化程序文件，作为贮存和运输的指导性文件。

13.2 阴极保护设备的运输总体应符合相关包装运输标准的规定。

13.3 辅助阳极运输前应对阳极面用软质材料予以保护，防止划伤及磕碰阳极面。

13.4 参比电极运输前应对电极体用软质材料予以保护，防止划伤及损伤。

13.5 强制电源运输前应对机柜触摸屏、进出风口进行局部保护，防止运输过程中磕碰，同时包装时应采用木制箱体运输，以防硬质材质对机柜漆面造成划痕及破损。

13.6 电缆应采用满足其弯曲半径的盘状托盘运输，包装时应要求密封、坚固、防湿和防尘，同时应避免在钢轨上运输电缆。在运输过程中需要支撑和固定，避免电缆受到外力的挤压、拉伸和剥蚀等损

坏，应在需要防护处铺垫松软材料进行保护。

13.7 所有阴极保护设备在投运前应在室内贮存，贮存期间会由于暴露在空气、湿度或其他环境而劣化的物项，应定期检查并记录。

## 14 调试

14.1 阴极保护系统调试包括通电前的系统检测与通电后的测试。

- a) 调试前应对阴极保护系统所有组成部件进行全面的外观检查，确认安装无误，并正确标识；
- b) 阴极保护系统通电前应进行预设保护对象各测点的结构对地自然电位；
- c) 投入运行前应进行调试以达到保护对象各位置电位分布均匀，满足保护要求的目标；
- d) 外加电流系统调试时，应逐渐增加输出电流，至保护对象汇流点电位达到最大保护电位，并保证保护对象各测点的电位都在在电位之下（无过保护）。直到保护对象极化电位达到设计要求的极化电位。保护对象充分极化达到保护电位要求后，在保证各测点达到保护要求的前提下，可适当降低系统电流输出，减少阴极保护系统能耗；
- e) 阴极保护对象的充分极化需要一定时间，随着保护对象及周围介质等环境条件的不同，极化时间也会有所不同。

14.2 调试后性能评估应符合下列要求：

- a) 用固定参比电极测量结构的保护电位应符合设计要求；
- b) 用便携式参比电极测量敞开结构的保护电位应符合设计要求；
- c) 测量直流电源输出电流、输出电压。测量值变化应平稳，应在设计范围内并有裕量。

## 15 验收

15.1 阴极保护工程的验收包括材料验收、施工过程验收、交付验收。

- a) 阴极保护材料验收：牺牲阳极型号、规格尺寸，出厂检验报告，合格证等；辅助阳极、参比电极、电源、电缆、安装附属件等材料的出厂检验报告，合格证等；
- b) 施工过程验收：施工人员资质文件验收及施工质量验收。

### 15.2 验收的项目

主要内容包括施工合规性、系统调试情况、系统运行情况。

### 15.3 验收提交的资料

主要内容包括施工及检验记录、系统调试数据、系统运行数据。

## 16 测试检验

### 16.1 日常监测

日常检测主要为每天及时记录测量阴极保护设备的运行参数，及时发现设备故障。

### 16.2 定期检测

定期检测为定期（如每年）对阴极保护设备进行检修维护，发现故障迹象，以预防实际故障发生。

### 16.3 监测

阴极保护系统监测主要通过阴极保护监控系统进行实时监测，可通过实时参数及时获系统运行状况。

### 16.4 检测仪器设备

阴极保护管理部门应配备必要的检测仪器和设备，应包括：

- a) 万用表；
- b)  $\text{Cu}/\text{CuSO}_4$  或  $\text{Ag}/\text{Cl}$  参比电极；
- c) 介质电阻率测试仪器；
- d) 接地电阻测量仪；
- e) 其他可用于阴极保护系统测量评价的仪器设备。

当介质中氯离子含量较高时，不宜使用  $\text{Cu}/\text{CuSO}_4$  参比电极进行测量。

### 16.5 检测的项目

检测的项目应能够反映阴极保护系统的实际运行情况，应至少包括以下项目：

- a) 保护对象各位置的保护电位（应为去除 IR 降的对介质电极电位）；
- b) 阴极保护电源的输出电流、电压及运行参数；
- c) 外加电流阳极床接地电阻；
- d) 牺牲阳极开路电位、输出电流。

### 16.6 操作人员

阴极保护系统的岗位操作人员，应在上岗前进行相应的专业技术培训。

### 16.7 检测时间

阴极保护系统检测可分为日常检测和定期检测。应根据系统腐蚀风险、环境条件及其他要求确定具体的检测时间。

### 16.8 阴极保护系统评价

阴极保护系统评价为依据阴极保护系统监测数据，依据相关技术标准和规范，分析确认阴极保护系统是否满足相关技术标准规范要求，达到设计要求。评价的根本目标是确认阴极保护系统的有效性，如发现偏差应加以整改处理，以达到稳定、高效运行的目标。

## 17 运维

### 17.1 一般规定

阴极保护系统运维时应编制运行与维护手册，操作人员应按照运行与维护手册程序开展工作。运行维护手册应包含如下内容：

- a) 系统及系统组成说明；
- b) 调试报告；
- c) 竣工图纸；
- d) 供应商提交的技术资料；
- e) 日常维护和检查周期及程序；

- f) 性能评估及数据分析的周期和程序；
- g) 日常维护、检查和性能评估；
- h) 系统主要部件清单及安全操作指南。

## 17.2 运行和维护程序

阴极保护系统制定的运行和维护程序应满足日常检查所需，操作人员按照设备运行规定对阴极保护设备进行定期维护。根据运行数据记录，判断阴极保护运行状况，确保其达到保护目标。遇有故障时，及时排除故障。

### 17.2.1 周期和程序应符合下列要求。

- a) 运行、维护检查、测试的周期和程序应按照系统运行和维护手册的要求进行；
- b) 有数据采集的阴极保护系统，可减少现场测量的频次；
- c) 如经过连续的检查 and 测试，系统性能没有出现故障、损坏或明显波动，可延长日常检查和测试周期。

### 17.2.2 日常检查程序应包括以下内容。

- a) 功能检查：
  - 1) 确认所有系统正常运行，包括电极系统、外加电流系统、阴极保护监控系统；
  - 2) 测量直流电源的输出电压和输出电流；
  - 3) 对阴极保护系统进行全面的外观检查；
  - 4) 数据评估。
- b) 性能评估：
  - 1) 测量保护电位；
  - 2) 记录给定电位；
  - 3) 评估数据；
  - 4) 调整给定电位。

## 18 延寿与报废

### 18.1 延寿

当达到或处于以下条件时，可进行阴极保护系统的延寿更新：

- a) 阴极保护系统已达到设计寿命（如阳极消耗）；
- b) 阴极保护系统长时间运行，其技术程度已经不能满足当前保护的要求，需要更新才能满足使用要求时。

### 18.2 报废

当达到以下条件时，应报废处理阴极保护系统：

- a) 当阴极保护系统超过设计使用年限，不具备使用功能时；
- b) 当阴极保护系统因意外原因损坏不具备修复价值时；
- c) 当主体工程报废时；
- d) 当主体工程不再需要阴极保护系统时。

当阴极保护系统报废时，应妥善处理埋地和地面设施、设备，达到材料资源回收利用，不对环境造成不利影响的目标。应考虑以下因素：

- a) 土地、水等环境资源使用管理；

- b) 环境污染；
- c) 废弃成本。

## 19 文件与记录

### 19.1 文件

- a) 对文件的编制、审核、批准和发放进行控制；明确文件的发布和发布渠道文件变更及废止应按照规定程序进行审核和批准；外来文件应确保得到识别，有效管理。
- b) 在阴极保护工程设计、建造、运行等阶段建立腐蚀控制管理程序，编制工作大纲及其具有配套技术支持文件。
- c) 应建立和管理涉及管道勘察、设计、采购、制造、施工、运行、维护和废弃等各阶段腐蚀控制管理活动的记录和文件。

### 19.2 记录

- a) 记录应包含对腐蚀控制工程质量的审查、检验、质量计划的执行、数据分析等内容，其内容应涵盖阴极保护工程全生命周期要求。
- b) 对腐蚀控制记录和报告进行管理和控制，应符合整体腐蚀控制工程质量保证、有关规范、标准和程序的要求。
- c) 按程序要求进行记录，记录表格由执行者和监督者共同签署，并对记录的收集、归档、保管和处置做出规定。
- d) 签署和记录的阴极保护工程生命周期的文件和记录，应由有关单位保存，并对记录保存时间做出规定。

### 19.3 定期评审

阴极保护工程文件和记录应进行定期评审，以获得最新腐蚀控制信息，满足下列要求：

- a) 对材料、环境、腐蚀机理、危害因素、腐蚀部位等腐蚀信息进行定期评审，以确保未发生明显变化；
- b) 在考虑相关经验反馈和研究成果的基础上对现有评估、检测技术进行评审，以确保有效控制腐蚀；
- c) 阴极保护工程定期评审应形成文件并通过审查；
- d) 阴极保护工程全生命周期内各个阶段的报告等应通过专业评审，并对报送备案的情况进行登记。

## 20 资源

**20.1** 阴极保护系统设计、制造、安装、调试、运维应具备相应的资源条件，包括单位资质、人员、作业场所、规范与标准、检测设备以及相应的业绩等。

**20.2** 阴极保护系统设计应具备的资源条件包括但不限于：设计人员、设计场所、设计技术规范与标准、设计业绩等。

**20.3** 阴极保护系统设备制造厂商的资源条件包括但不限于：设备制造相应的单位资质，具有资格的加工人员、装配人员、检验检测人员，制造技术规范与标准等，原材料性能、机加工、制造业绩等。

**20.4** 阴极保护系统安装应具备的资源条件包括但不限于：设备安装和腐蚀控制作业相应的单位资质

以及人员资格，安装技术规范与标准，安装工具，安装业绩等。

**20.5** 阴极保护系统运维应具备的资源条件包括但不限于：具有阴极保护系统或腐蚀控制资格的运维人员，运维相关技术规范与标准，维修工具，检测仪器，运维业绩等。

## 21 评估

**21.1** 阴极保护有效性评价，是通过检测、监测获得的阴极保护运行数据，以及其他有关电化学腐蚀测量数据，分析确认其腐蚀控制的有效性。

**21.2** 可依据日常、定期检测数据以及监测数据来判定阴极保护系统的有效性，在某些条件下这些数据不足以判定其有效性时，可采用其他电化学测试方法。如阴极保护检查片法、电阻探针等方法。

**21.3** 由于介质及运行条件的不同，阴极保护准则也会不同。因此应根据具体条件确定阴极保护有效性。在没有相应的技术标准规范时，可通过电化学实验确认适宜的保护电位准则。

**21.4** 阴极保护系统评价指标，应按照有关技术标准、规范进行，至少应包括以下指标：

- a) 保护率；
  - b) 保护度；
  - c) 运行度；
  - d) 保护电位。
-



中国腐蚀控制技术协会  
团体标准  
阴极保护工程全生命周期通用要求

T/CCCTA 0061—2025

出版发行：化学工业出版社

(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

北京科印技术咨询服务股份有限公司数码印刷分部

880mm×1230mm 1/16 印张1¼ 字数34.0千字

2025年9月北京第1版第1次印刷

书号：155025·4336

购书咨询：010-64518888

售后服务：010-64518899

网址：<https://www.cip.com.cn>

凡购买本书，如有缺损质量问题，本社销售中心负责调换。

定价：26.00元

版权所有 违者必究