



阴极保护高级工程师CP3

案例题考试

备考指南

目录

介绍.....	3
目标学员.....	3
认证要求.....	4
考试大纲.....	5
试题类型.....	7
试题描述.....	7
例题.....	7
问题描述.....	7
关键假设.....	7
参考资料.....	8
例题.....	10
答案	11
考试准备.....	12
培训课程	12
推荐学习资料	12
书籍.....	12
标准.....	12
计算器.....	13
考试中提供的参考资料.....	15

介绍

阴极保护高级工程师（CP3）案例题考试旨在评估候选人是否具备CP3技术人员必须具备的必要知识和技能。考试包括30道选择题，选择题可能有一个以上的正确答案，这些题目基于实例、问题，需要运用CP知识体系加以解决。候选人应具有阴极保护的理论概念和实际应用，包括阴极保护现场工作、数据解读和故障排除等现场经验。

考试名称	AMPP 阴极保护高级工程师案例题考试
考试代码	NACE-CP3-Case-Based
时间	4 小时*
考题数量	30
考试形式	计算机考试

注意：考试结束时系统显示及格或不及格。理论和案例考试分别打分，这两项考试都及格方为考试成功通过。

*考试时间包括浏览保密协议的4分钟和系统导览的6分钟。

NOTE: 考试中不提供CP3课程手册。参考资料以PDF格式提供，用于需要方程式、转换图或其他参考资料的问题。

目标学员

阴极保护高级工程师（CP 3）负责观察、记录和测量阴极保护系统的有效性。本证书适用于对阴极保护系统具有高水平工作知识和多年丰富经验的人员。阴极保护高级工程师应对腐蚀过程相关的数学和科学知识具有良好的理解。

注意：阴极保护高级工程师（CP3）不是阴极保护工程师（CP2）简单的升级。涉及阴极保护各方面的丰富经验，包括数学/科学/工程方面的设计和正规教育，对于考生在本次考试中的成功至关重要。强烈建议在参加阴极保护高级工程师（CP3）培训之前，先参加阴极保护工程师（CP2）课程。也建议您有更多的相关工作经验和培训经历。

认证要求

阴极保护高级工程师（CP 3）的认证要求：

必备要求+ 工作经验+ 2门考试+ 提交申请

必备要求：
无
工作经验：
以下工作经验中选择一项：
8年可核实的阴极保护相关工作经历
6年可核实的阴极保护相关工作经历， 以及 2年的高中后续训练（经批准的数学/科学或技术/贸易学校）
3年可核实的阴极保护相关工作经历， 以及 4年物理科学或工程学位
考试要求：
需要完成以下两门考试：
CP3理论考试
CP3案例题考试
认证要求：
CP3认证申请资料提交并获批

提交申请 - 考生必须通过网络提交申请来申请该证书，该申请须经批准。申请材料必须在考试成功后3年内提交。

成功完成以上要求后，候选人将获得阴极保护高级工程师3级证书。

更高级别的认证是：
阴极保护专家（CP4）

考试大纲

仪器

- A. 了解数字万用表的操作以及如何使用它来测量电流、电压和电阻。
- B. 使用万用表确定整流器的电压和电流输出。
- C. 了解土壤电阻率仪的操作。
- D. 使用万用表确定系统上安装的牺牲阳极的电流输出。
- E. 使用土壤电阻率仪或同类仪器进行土壤电阻率测试。
- F. 使用土壤盒进行土壤电阻率测量。
- G. 了解并能够进行分层电阻率计算。
- H. 用“柯林斯棒”进行单点土壤电阻率读数。
- I. 在整流器或跨接中安装中断器，以便读取结构物的通电电位和瞬间断电电位。
- J. 了解各种类型的管道定位仪器，并能够使用它们来定位各种埋地环境下的管道或电缆。

分流器（标准电阻）

- A. 了解如何通过用万用表读取流经各种型号分流器两端的毫伏（mV）压降并应用正确的转换系数来确定流经各种分流器的电流大小。
- B. 了解如何通过分流器两端压降的极性来确定电流的方向。
- C. 读取整流器上的分流器两端的压降，确定输出电流。
- D. 读取与外部结构物之间的跨接电阻两端的压降。
- E. 读取深井阳极中每只阳极所串联的分流器两端的压降。
- F. 在整流器上的电流表出现故障的情况下，使用流器来确定整流器的输出电流。
- G. 阅读已安装的阳极的分流数据从而判别输出电流。

现场测试

- A. 进行电流需求测试。
- B. 进行土壤pH测试。
- C. 进行IR降测试。
- D. 对怀疑短路的套管进行“短路套管测试”，并解释测试结果。
- E. 对已开挖的管道段进行防腐层检查。
- F. 进行土壤电阻率测试，用于阳极地床位置的选择。
- G. 进行皮尔逊测试，以评估某段管道的防腐层状况。
- H. 在需要的地方进行密间隔电位测试，生成数据图表并进行评估。
- I. 用“音频型”管道/电缆定位器定位主电缆中的断点位置。
- J. 调查管道或其他结构上的搭接点。
- K. 验证短路套管测试的结果。
- L. 了解由于阳极布置和干扰而在阳极、结构物、电解质、金属路径和电源处影响阴极保护系统性能的因素。
- M. 使用正确的测量技术进行阴极保护测试，以监测阴极保护系统的性能，并准确解释所采集的数据，以确保最佳的阴极保护系统性能。
- N. 根据收集的数据，确定是否需要调整系统组件进行调整修复。
- O. 识别数据收集和阴极保护测量中的误差，包括接触电阻误差、电压降误差和参比电极误差。
- P. 利用所需的仪器完成阴极保护测试和数据收集。
- Q. 根据需要进行阴极保护调查，包括密间隔电位测试和DCVG并评估根据调查期间收集的数据生成的图表。
- R. 对整流器进行故障排除，并根据需要进行纠正/修理。

- S. 对整流器进行效率测试。
- T. 安装新的整流器。
- U. 了解外部跨接的使用，并能够识别阴极保护系统是否需要使用外部跨接。
- V. 了解内检测或直接检查（了解并能够实施ECDA）。

直流杂散电流干扰

- A. 在怀疑有杂散电流的地方进行干扰测试并记录干扰测试。
- B. 进行了干扰测试后提出可以缓解杂散电流影响的控制方法。
- C. 了解如何使用IR降测试来评估杂散电流。
- D. 了解如何使用试片来确定杂散电流的存在和缓解杂散电流。
- E. 计算跨接电阻的数值，以使跨接电阻可以排泄所需的杂散电流。
- F. 了解干扰的原因（来源）和影响。
- G. 了解可用于缓解干扰的方法。

交流干扰缓解

- A. 了解在高压电力线下安装测试桩时的安全要求。
- B. 采取适当措施，缓解过高交流电压对埋地结构物的影响。

腐蚀理论

- A. 了解基本原电池的组成和在阳极、阴极分别发生的电化学反应。
- B. 描述阳极和阴极反应的特点。
- C. 理解并应用电学原理和电路（串联、并联和串并联电路）（包括欧姆定律和基尔霍夫定律在电路中的应用）。
- D. 使用欧姆定律对串联和并联电路进行计算。
- E. 了解在埋地或浸没的金属物体上是如何形成腐蚀电池的。
- F. 了解法拉第定律，并使用法拉第定律进行计算阴极保护所需的阳极重量。

极化

- A. 了解原电池中极化的原因和影响。
- B. 了解活化、浓度和电阻极化以及这些概念的数学表达式。
- C. 了解影响极化的因素（面积、温度、相对运动、离子浓度、氧浓度）。

阴极保护

- A. 了解阴极保护的概念，了解牺牲阳极系统和外加电流系统所需的部件。
- B. 能够设计和安装简单形式的牺牲阳极和外加电流阴极保护设施。
- C. 了解阴极保护与其他缓蚀方法之间的关系。
- D. 了解影响阴极保护系统所需电流量的因素。
- E. 了解NACE阴极保护标准，能够应用该标准并对阴极保护系统进行必要的调整，以符合技术专家所在公司规定的标准。
- F. 了解IR降，能够确定IR降，绘制极化曲线图。
- G. 理解并应用E-Log I准则，构建极化曲线。
- H. 了解电流分布的概念，并能够考虑影响电流分布的因素（阳极到阴极的距离、电解质和结构电阻率变化、电流衰减）确定CP系统的理想电流分布。
- I. 了解电流路径几何形状、防腐层和极化对电流分布的影响。

设计

- A. 利用现场数据完成阴极保护电流源设计所需的计算。
- B. 为输配或长输管道系统选择现场位置并实施阴极保护电流源的设计。
- C. 设计水箱内部的阴极保护系统。
- D. 地上储罐的罐底阴极保护设计。
- E. 地下储罐的阴极保护设计
- F. 正确为新构筑物设计绝缘装置。
- G. 为防腐层设计人员提供埋地构筑物防腐层性能的信息。

试题类型

试题描述

这项闭卷考试由选择题组成，有些选择题可能有多个答案，需要选择多个答案以及匹配项目。这些案例要求候选人运用知识和技能，回答每个案例中提出的问题。这些问题基于阴极保护技术人员在阴极保护行业所需的知识和技能。

例题

以下提供的示例题是为了展示考试中的问题格式和类型。您在示例题解答中的表现不能视为在实际考试中的表现。

问题描述

某河流下方的定向钻管道，外径为24英寸，长度为4500线性英尺。管道防腐层为工厂涂敷的熔结环氧粉末防腐层，厚度为16mil；防腐层外部有一层耐磨外护涂层（厚度为60mil）。管道环焊缝处是现场涂敷的厚度为70mil的液态环氧涂层。该定向钻管道有一套专用的阴极保护系统。

关键假设

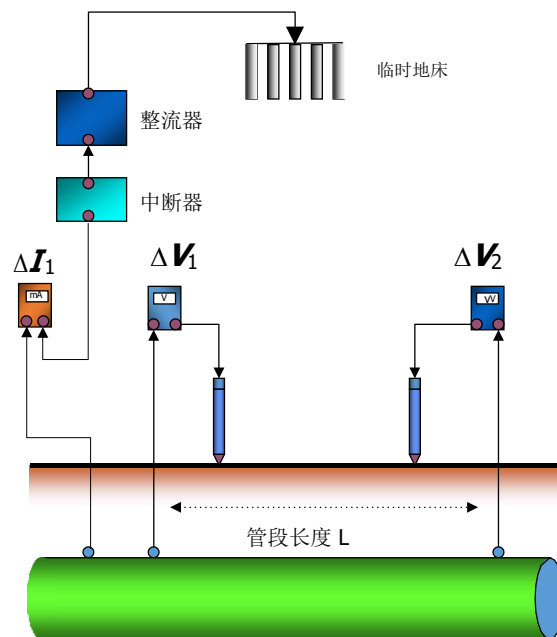
在将管道定向钻段上下游的管道连接之前，应对涂层质量和阴极保护电流需求进行评估。

参考资料

什么是防腐层面电导率?

- 防腐层导电性能的度量
- 面电导率和面电阻率互为倒数
- 面电导率的国际单位是西门子S ($S = 1/\Omega$).

防腐层面电导率测试设置图:



以下表格显示的是防腐层质量比较情况:

有效防腐层面电阻率 (ohm-ft ²)	防腐层质量情况评估	裸露面积比例 (%)	防腐层覆盖率 (%)
裸露	-	100	0
10,000	差	3	97
25,000	一般	1.2	98.8
50,000	一般	0.6	99.4
100,000	好	0.3	99.7
500,000	优秀	0.06	99.94

计算所需公式(试卷提供)

- 施加的测试电流 *Applied Test Current* $= I_T$
- 测试电流导致的电压变化 ΔV_1 和 ΔV_2
Voltage Shift resulting from Applied Test Current ΔV_1 and ΔV_2
- 管道对地电阻 *Resistance-to-Earth of Pipe* $R_p = \Delta V_{AVG} / \Delta I_T$
- 管道防腐层面电阻率 *Pipe Coating Resistance* $R_c = R_p \times A$ where $A = \pi dL$
- 管道反复查面电导率 *Pipe Coating Conductance* S is $1/R_c$

应用数据

- 管道在 V_1 和 V_2 的自然电位分别是 -0.700 Vcse和-0.630 Vcse
- 测试电流为0.050 A
- 在 V_1 和 V_2 的通电电位分别为-1.400 Vcse和-1.300 Vcse
- 在 V_1 和 V_2 的断电电位分别为-0.850 Vcse和-0.780 Vcse

例题:

1. 什么技术最适合用于评估管道的防腐层质量?
 - A. 密间隔电位测试
 - B. 管道电位测试
 - C. 防腐层面电导率测试
 - D. 防腐层衰减测试
2. 在本案例中, 管道对地的电阻值是多少?
 - A. 27Ω
 - B. 16.3Ω
 - C. 13.7Ω
 - D. 10.7Ω
 - E. 3Ω
3. 在本案例中, 管道防腐层面电阻率是多少?
 - A. $650,000 \text{ Ohm-ft}^2$
 - B. $302,535 \text{ Ohm-ft}^2$
 - C. $250,364 \text{ Ohm-ft}^2$
 - D. $52,298 \text{ Ohm-ft}^2$
 - E. $102,000 \text{ Ohm-ft}^2$
4. 在本案例中, 管道防腐层电导是多少?
 - A. $1.305 \mu\text{S}$
 - B. $200 \mu\text{S}$
 - C. $3.304 \mu\text{S}$
 - D. $10 \times 10^{-6} \text{ S}$
 - E. $23 \times 10^{-6} \text{ S}$
5. 根据案例中的数据, 管道达到 $-0.900\text{V}_{\text{cse}}$ 极化电位时所需的总电流是多少?
 - A. 100 mA
 - B. 50 mA
 - C. 0.090 Amperes
 - D. 0.050 Amperes
 - E. 1.500 Amperes
6. 基于案例中的数据, 对防腐层的质量进行评估.
 - A. 差
 - B. 一般
 - C. 好
 - D. 优秀
 - E. 非常差

答案

1. C
2. D
3. B
4. C
5. C
6. C

考试准备

培训课程

AMPP 阴极保护高级工程师CP3

AMPP 阴极保护工程师CP2

AMPP 阴极保护测试员CP1

推荐学习资料

书籍

Peabody, A. W. (2001). *Peabody's control of pipeline corrosion* (No. Ed. 2). NACE.

AMPP Cathodic Protection Technologist—CP 3 course material

标准

NACE ISP 0207 (2007). “Performing Close Interval Potential Surveys and DC Surface Potential Gradient Surveys on Buried or Submerged Metallic Pipelines.”

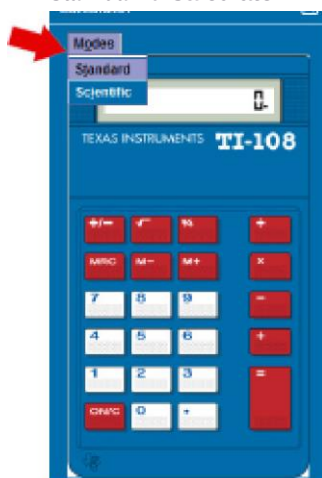
NACE SP 0169 (2013). “Control of External Corrosion on Underground or Submerged Metallic Piping Systems.”

NACE SP 0177 (2014). “Mitigation of Alternating Current and Lightning Effects on Metallic Structures and Corrosion Control Systems.”

计算器

在CBT考试期间学生可以使用TI Standard或TI 科学计算器。

Standard Calculator



Standard Mode Functions

Add	$\pm$
Subtract	$\ominus$
Multiply	
Divide	
Negative	$[-]$
Percentage	
Square Root	$\sqrt{}$
Reciprocal (Inverse)	$1/x$
Store value to variable	
Access variable	MRCI
Clear variable	IM-MRCI

Example: $45 \div 2 = 22.5$
 Example: $1 \div 2 = 0.5$
 Example: $3 \div 5 = 0.6$
 Example: $7 \div 5 = 1.4$

Scientific Calculator



Scientific Mode Functions

Add	$+$
Subtract	$-$
Multiply	$\times$
Divide	$\div$
Negative	$(-)$
Percentage	$2^{\text{nd}} [\%]$
Square Root	$\sqrt{}$
Reciprocal (Inverse)	X^{-1}
Store value to variable	$\text{sto} \rightarrow$
Access variable	X^{y^z} or $2^{\text{nd}} [\text{recall}]$

Example: $4 \div 2 = 2$
 Example: $2 \div 2 = 1$
 Example: $3 \div 5 = 0.6$
 Example: $7 \div 5 = 1.4$

Numeric Notation

Standard (floating Decimal)

Notation (digits to the left and right of decimal)

mode menu options

NORM SCI ENG e.g. 123456-78
FLOAT 1 2 3 4 5 . _ e.g. 123456-7800

Scientific Notation

(1 digit to the left of decimal and appropriate power of 10)

mode menu options

NORM **SCI** ENG e.g. 1.2345678i.105

Engineering Notation

(number from 1 to 999 times 10 to an integer power that is a multiple of 3)

mode menu options

NORM **SCI** ENG e.g. 123.45678i.103

Fractions

Simple fractions	$\boxed{\text{n/d}}$
Mixed numbers	$\boxed{2\text{nd}}$ $\boxed{\text{Un/d}}$
Conversion b/w simple fraction and mixed number	$\boxed{2\text{nd}}$ $\boxed{\text{n/d} \leftrightarrow \text{Un/d}}$
Conversion b/w fraction and decimal	$\boxed{2\text{nd}}$ $\boxed{\text{f} \leftrightarrow \text{d}}$

Powers, roots, and inverses

Square a value	$\boxed{x^2}$	
Cube a value	$\boxed{\wedge}$	
Raise value to specified power	$\boxed{\wedge}$	Example (2^4) $2 \boxed{\wedge} 4$
Square root	$\boxed{2\text{nd}}$ $\boxed{\sqrt{}}$	Example ($\sqrt{16}$): $\boxed{2\text{nd}}$ $\boxed{\sqrt{}} 16$
Reciprocal	$\boxed{x^{-1}}$	Example (n^{th} root): 5 th root of 8: $5 \boxed{2\text{nd}}$ $\boxed{\sqrt[n]{}} 8$

Pi

PI (π)	$\boxed{\pi}$
--------------	---------------

Toggle

The scientific calculator might show the results of certain calculations as a fraction - possibly involving pi or a square root. To convert this kind of result to a single number with a decimal point, you will need to use the "toggle answer" button circled in the picture below. Pressing this button will change the display from a fractional to a decimal format.



Answer Toggle



Press the $\leftrightarrow$ key to toggle the display result between fraction and decimal answers, exact square root and decimal, and exact pi and decimal.

Example

Answer toggle	$\boxed{2\text{nd}}$ $\boxed{\sqrt{}} 8 \boxed{\text{enter}}$	$\sqrt{8}$ $2\sqrt{2}$
	$\leftrightarrow$	$\sqrt{8}$ $2\sqrt{2}$ 2.828427125

注意: 如果您觉得该屏幕计算器很难使用, 请举手并请测试管理员为您提供一个手持计算器。如果可以的话, 我们将为您提供一个科学或非科学的计算器。考生不得携带自己的计算器进入考场。

考试中提供的参考资料

注意：包括方程式在内的所有参考文献均取自原始资料，可能与培训时的课程手册和多媒体演示中使用的参考文献有所不同

公式

单只立式阳极的接地电阻

$$R_v = \left[\frac{0.00521\rho}{L} \right] \left[\ln \left[\frac{8L}{d} \right] - 1 \right]$$

其中

R_v = 电阻resistance in ohms

ρ = 电阻率resistivity in ohm-cm

L = 阳极长度anode length in feet

d = 阳极直径anode diameter in feet

或

$$R_v = \left[\frac{\rho}{2\pi L} \right] \left[\ln \left[\frac{8L}{d} \right] - 1 \right]$$

其中

R_v = 电阻resistance in ohms

ρ = 电阻率resistivity in ohm-m

L = 阳极长度anode length in m

d = 阳极直径anode diameter in m

多只立式阳极的接地电阻

$$R_v = \left[\frac{0.00521\rho}{NL} \right] \left[\ln \left[\frac{8L}{d} \right] - 1 + \left[\frac{2L}{S} \right] \ln(0.66N) \right]$$

其中

R_v = 电阻resistance in ohms

ρ = 电阻率resistivity in ohm-cm

L = 阳极长度anode length in feet

N = 阳极数量number of anodes

S = 阳极间距anode spacing in feet center to center

d = 阳极直径anode diameter in feet

或

$$R_v = \left[\frac{\rho}{2\pi NL} \right] \left[\ln \left[\frac{8L}{d} \right] - 1 + \left[\frac{2L}{S} \right] \ln(0.66N) \right]$$

其中

R_v = 电阻 resistance in ohms

ρ = 电阻率resistivity in ohm-m

L = 阳极长度anode length in m

N = 数量number of anodes

S = 间距anode spacing center-to-center in m

d = 阳极直径anode diameter in m

注意: 使用指定的单位

单只水平阳极的接地电阻

$$R_H = \left[\frac{0.00521\rho}{L} \right] \left[\ln \left[\frac{4L^2 + 4L\sqrt{S^2 + L^2}}{dS} \right] + \frac{S}{L} - \frac{\sqrt{S^2 + L^2}}{L} - 1 \right]$$

Where

R_H = resistance in ohms

ρ = resistivity in ohm-cm

L = anode length in feet

S = twice the anode depth in feet

d = anode diameter in feet

OR

$$R_H = \left[\frac{\rho}{2\pi L} \right] \left[\ln \left[\frac{4L^2 + 4L\sqrt{S^2 + L^2}}{dS} \right] + \frac{S}{L} - \frac{\sqrt{S^2 + L^2}}{L} - 1 \right]$$

Where

R_H = resistance in ohms

ρ = resistivity in ohm-m

L = anode length in m

S = twice the anode depth in m

d = anode diameter in m

多只水平阳极的接地电阻

$$R_T = \frac{R_H}{N} F$$

Where

R_T = resistance of multiple horizontal anodes in ohms

F = Anode Interference or Crowding Factor

R_H = resistance of single horizontal anode in ohms

N = number of anodes

阳极互相干扰（拥挤系数） **ANODE INTERFERENCE
BETWEEN ANODES (Crowding Factor)**

$$F = 1 + \frac{\rho}{\pi S R_H} \ln 0.66N$$

Where

F = Anode Interference or Crowding Factor

ρ = resistivity in ohm-m

R_H = resistance of single horizontal anode in ohms

N = number of anodes

S = distance between anodes in m

**计算管道或电缆的电阻 CALCULATE PIPE OR CABLE
RESISTANCE FROM RESISTIVITY
(Pouillet's Law)**

$$R = \rho L / A$$

Where

R = resistance in ohms

ρ = resistivity in ohm-cm

A = cross-sectional area in cm²

L = length in cm

温纳四极法 WENNER SOIL RESISTIVITY

$$\rho = 2\pi AR$$

Where

ρ = soil resistivity in ohm-cm

A = distance between probes in cm

R = soil resistance in ohms {instrument reading}

OR

$$\rho = 191.5 AR$$

Where

ρ = soil resistivity in ohm-cm

A = distance between probes in feet

R = soil resistance in ohms {instrument reading}

衰减

ATTENUATION

$$\alpha = \sqrt{rg}$$

Where

α = attenuation constant

r = longitudinal resistance of structure in ohms

g = conductance to earth in S

$$r' = R_L A_S$$

Where

r' = specific leakage resistance in ohm-m² (ohm-ft²)

R_L = average total leakage resistance in ohms

A_S = total surface area in m² (ft²)

$$R_G = \sqrt{\frac{r}{g}}$$

Where

R_G = characteristic resistance

r = longitudinal resistance of structure in ohms

g = conductance to earth in S

交流电流密度 AC CURRENT DENSITY

$$i_{AC} = \frac{8V_{AC}}{\rho\pi d}$$

Where

i_{AC} = AC current density in A / m²

V_{AC} = AC Volts in V

ρ = soil resistivity in ohm-m

d = holiday diameter in m

温度转换 TEMPERATURE CONVERSION

$$^{\circ}\text{C} = \frac{5}{9} (^{\circ}\text{F} - 32^{\circ})$$

$$^{\circ}\text{F} = \frac{9}{5} (^{\circ}\text{C}) + 32^{\circ}$$

参比电极温度转换 REFERENCE ELECTRODE TEMPERATURE CONVERSION

$$E = E_{25^{\circ}\text{C}/\text{SHE}}^{\circ} + k_t(T - 25^{\circ}\text{C})$$

Where

K_t = temperature coefficient in mV/($^{\circ}\text{C}$)

E_t = reference potential at temperature T in $^{\circ}\text{C}$ (SHE)

$E_{25^{\circ}\text{C}/\text{SHE}}^{\circ}$ = reference potential at 25 $^{\circ}\text{C}$

不同内阻电压表测量电位的校正 INPUT IMPEDANCE MEASUREMENT CORRECTION

$$E_{true} = \frac{V_h(1 - K)}{1 - K \frac{V_h}{V_l}}$$

Where

E_{true} = true potential in V

K = input resistance ratio $\frac{R_l}{R_h}$

R_l = lowest input resistance in ohms

R_h = highest input resistance in ohms

V_l = voltage measured with lowest input resistance in V

V_h = voltage measured with highest input resistance in V

裸露结构物接受到保护电流的长度计算 LENGTH OF BARE STRUCTURE RECEIVING PROTECTION

$$L = 2d \tan 60^{\circ}$$

Where

d = perpendicular distance between anode
and structure

L = length of structure receiving protection

巴恩斯分层计算 BARNES LAYER

$$R_{L2} = \frac{R_1 R_2}{(R_1 - R_2)}$$

Where

R_{L2} = resistance of layer 2 in ohms

R_1 = resistance measured to depth S_1 in ohms

R_2 = resistance measured to depth S_2 in ohms

$L_2 = S_2 - S_1$

参比电极转换

KIRCHHOFF'S LAW

$$V_m = \frac{R_m}{R_t} \times E_t$$

Where

V_m = voltage drop across the voltmeter

R_m = voltmeter input resistance

R_t = total resistance

E_t = true potential

能斯特公式 NERNST EQUATIONS

$$E_M = E_{M^o} + \frac{RT}{nF} \ln \frac{\alpha^{M^{n+}}}{\alpha^{M^o}}$$

Where

E_M = metal potential

E_{M^o} = metal potential at standard conditions

R = universal gas constant (J/mol-°K)

T = absolute temperature in kelvin

F = Faraday's Constant (96,500 coulombs)

$\alpha^{M^{n+}}$ = metal ion activity

α^{M^o} = metal activity

n = number of electrons transferred

单位转换 CONVERSIONS

EMF	electromotive force – any voltage unit
E or e	any voltage unit
V	volts
mV	millivolts
μV	microvolts
I	any amperage unit
mA	milliamperes or milliamps
μA	microamperes or microamps
R or Ω	Resistance
1,000,000 volts	= 1 megavolt
1,000 volts	= 1 kilovolt
1.0 volt	= 1000 millivolts
0.100 volt	= 100 millivolts
0.010 volt	= 10 millivolts
0.001 volt	= 1 millivolt
0.000001 volt	= 1 microvolt
1,000,000 amperes	= 1 mega-ampere
1,000 amperes	= 1 kiloampere
1.0 ampere	= 1000 milliamperes
0.100 ampere	= 100 milliamperes
0.010 ampere	= 10 milliamperes
0.001 ampere	= 1 milliampere
0.000001 ampere	= 1 microampere
1,000,000 ohms	= 1 mega-ohm
1,000 ohms	= 1 kilo-ohm
1.0 ohms	= 1000 milliohms
0.100 ohm	= 100 milliohms
0.010 ohm	= 10 milliohms
0.001 ohm	= 1 milliohm
0.000001 ohm	= 1 micro-ohm
1 meter	= 100 cm
1 meter	= 1000 mm
1 inch	= 2.54 cm
1 foot	= 30.48 cm

在腐蚀相关出版物中常见的美制与公制单位的转换

1 A/ft ²	= 10.76 A/m ²
1 acre	= 4,047 m ² = 0.4047 ha
1 Ah/lb	= 2.205 Ah/kg
1 bbl (oil, U.S.)	= 159 L = 0.159 m ³
1 bpd (oil)	= 159 L/d = 0.159 m ³ /d
1 Btu	= 1,055 J
1 Btu/ft ²	= 11,360 J/m ²
1 Btu/h	= 0.2931 W
1 Btu/h-ft ²	= 3.155 W/m ² (K-factor)
1 Btu/h-ft ² °F	= 5.678 W/m ² K
1 Btu-in/h-ft ² °F	= 0.1442 W/mK
1 cfm	= 28.32 L/min = 0.02832 m ³ /min
	= 40.78 m ³ /d
1 cup	= 236.6 mL = 0.2366 L
1 cycle/s	= 1 Hz
1 ft	= 0.3048 m
1 ft ²	= 0.0929 m ² = 929 cm ²
1 ft ³	= 0.02832 m ³ = 28.32 L
1 ft-lbf (energy)	= 1.356 J
1 ft-lbf (torque)	= 1.356 Nm
1 ft/s	= 0.3048 m/s
1 gal (Imp.)	= 4.546 L = 0.004546 m ³
1 gal (U.S.)	= 3.785 L = 0.003785 m ³
1 gal (U.S.)/min (gpm)	= 3.785 L/min = 0.2271 m ³ /h
1 gal/bag (U.S.)	= 89 mL/kg (water/cement ratio)
1 grain	= 0.06480 g = 64.80 mg
1 grain/ft ³	= 2.288 g/m ³
1 grain/100 ft ³	= 22.88 mg/m ³
1 hp	= 0.7457 kW
1 microinch (μin)	= 0.0254 μm = 25.4 nm
1 in	= 0.0254 m = 2.54 cm = 25.4 mm
1 in ²	= 6.452 cm ² = 645.2 mm ²
1 in ³	= 16.387 cm ³ = 0.01639 L
1 in-lbf (torque)	= 0.113 Nm
1 inHg	= 3.386 kPa

1 inH ₂ O	= 249.1 Pa
1 knot	= 0.5144 m/s
1 ksi	= 6.895 MPa
1 lb	= 453.6 g = 0.4536 kg
1 lbf/ft ²	= 47.88 Pa
1 lb/ft ³	= 16.02 kg/m ³
1 lb/100 gal (U.S.)	= 1.198 g/L
1 lb/1,000 bbl	= 2.853 mg/L
1 mA/in ²	= 0.155 mA/cm ²
1 mA/ft ²	= 10.76 mA/m ²
1 Mbpd (oil)	= 159 kL/d = 159 m ³ /d
1 mile	= 1.609 km
1 square mile	= 2.590 km ²
1 mile (nautical)	= 1.852 km
1 mil	= 0.0254 mm = 25.4 μm
1 MMcfd	= 2.832 x 10 ⁴ m ³ /d
1 mph	= 1.609 km/h
1 mpy	= 0.0254 mm/y = 25.4 μm/y
1 oz	= 28.35 g
1 oz fluid (Imp.)	= 28.41 mL
1 oz fluid (U.S.)	= 29.57 mL
1 oz/ft ²	= 2.993 Pa
1 oz/gal (U.S.)	= 7.49 g/L
1 psi	= 0.006895 MPa = 6.895 kPa
1 qt (Imp.)	= 1.1365 L
1 qt (U.S.)	= 0.9464 L
1 tablespoon (tbs)	= 14.79 mL
1 teaspoon (tsp)	= 4.929 mL
1 ton (short)	= 907.2 kg
1 U.S. bag cement	= 42.63 kg (94 lb)
1 yd	= 0.9144 m
1 yd ²	= 0.8361 m ²
1 yd ³	= 0.7646 m ³

表格与参比电极转换尺

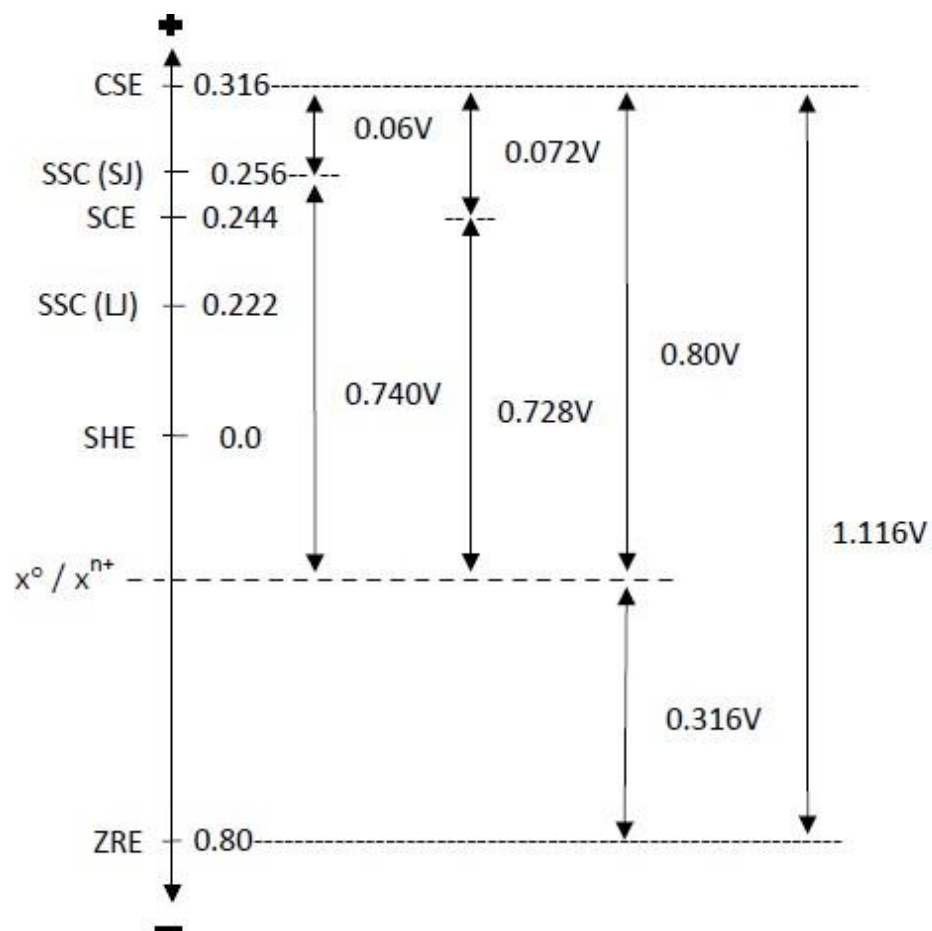
常用参比电极的电位以及温度系数

参比电极	电解质	电位 @ 25°C (V/ _{SHE})	温度系数 (mV/°C)
Cu / CuSO ₄ (CSE)	Sat. CuSO ₄	+0.316	0.9
Ag / AgCl (SJ) (SSC)	0.6M NaCl (3½%)	+0.256	-0.33
Ag / AgCl (LJ) (SSC)	Sat. KCl	+0.222	-0.70
Ag / AgCl (LJ) (SSC)	0.1N KCl	+0.288	-0.43
Sat. Calomel (SCE)	Sat KCl	+0.244	-0.70
Zn (ZRE)	Saline Solution	-0.79	---
Zn (ZRE)	Soil	-0.80	---

SJ – solid junction

LJ – liquid junction

参比电极转换尺



(SJ) = only solid silver chloride (AgCl) over the silver wire.

(LJ) = a silver wire surrounded by a concentrated solution of KCl.

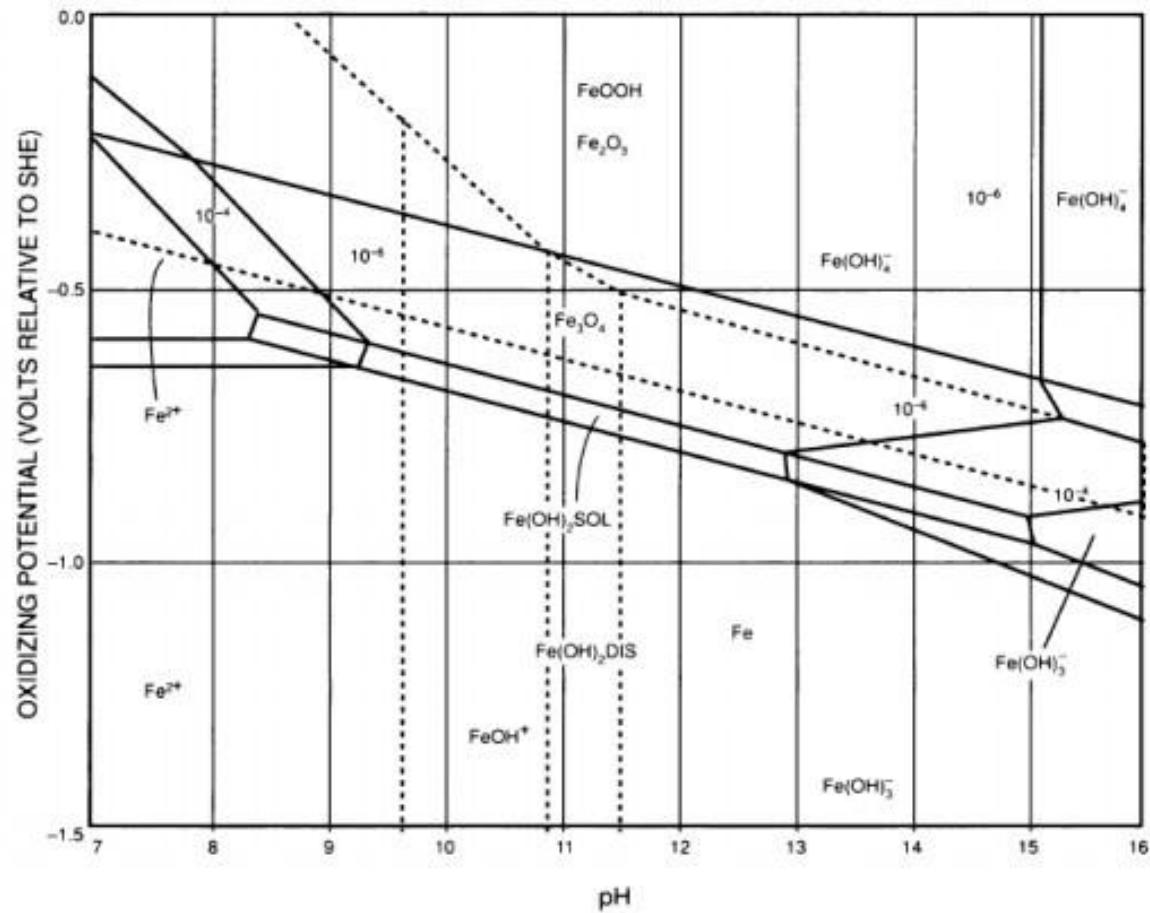
多种阳极材料在土壤和淡水中的典型的消耗量和电容量

		Theoretical Consumption Rate		Theoretical Capacity		Typical Efficiency (1)
		kg / A-y	lb. / A-y	A-y / kg	A-y / lb.	%
Galvanic Anode Material	Magnesium	3.98	8.76	0.250	0.114	50
	Zinc	10.76	23.50	0.093	0.042	90
	Aluminum	2.94	6.49	0.340	0.155	85 - 95
Impressed Current Anode	Graphite / Carbon	0.1 to 1.0	0.22 to 2.2	10.1 to 1.0	4.5 to 0.45	
	High Silicon Iron	0.25 to 1.0	0.55 to 2.2	4.0 to 1.0	1.8 to 0.45	
	Steel	9.1	20	0.11	0.05	90

Note: Platinum clad and mixed metal oxide coated anodes are quantified by thickness of the surface film rather than by weight.

(1) Efficiency of galvanic anodes is dependent on the anode current density.

TYPICAL POTENTIAL-pH (POURBAIX) DIAGRAM IRON IN WATER AT 25°C



IONIC SPECIES ARE AT ACTIVITIES OF 10^{-4} AND 10^{-6}

该参考资料来源于以下的文献与标准

Peabody's Control of Pipeline Corrosion (No. Ed 2).

Peabody, A.W. (2001). NACE.

- Derived from equations in “Calculation of Resistance to Ground,” by H.B. Dwight. Electrical Engineering, (1936).
- Derived from equations in “Earth Conduction Effects in Transmission Systems,” by Erling D., Sunde. D. Van Nostrand Co., Inc. (1949).

Corrosion Tests and Standards: Application and Interpretation—Second Edition. (2005). Baboian, R. ASTM.

Handbook of Cathodic Corrosion Protection—Third Edition. Von Baeckmann, W., Schwenk, W., Prinz, W. (1997) Gulf Professional Publishing.

Atlas of Electrochemical Equilibria in Aqueous Solutions. Pourbaix, M. (1974). NACE.

NACE Corrosion Engineers Reference Handbook, Baboian, 3rd Edition (2002)

Pipe Line Corrosion and Cathodic Protection, Parker, M.E. 3rd Edition (1999)

“A Comparison of Anodes for Impressed Current Systems,” Jakobs, J.A., NACE Canadian Region, Western Conference. (1980)

“Soil Investigation Employing a New Method of Layer-Value Determination for Earth Resistivity Interpretation,” Barnes, H.E. (1952). Michigan State Highway Department.

“Improved Pipe-to-Soil Potential Survey Methods, PRCI Final Report,” PR-186-807. Thompson, N.G., Lawson, K.M. (1991)

“American National Standard for Use of the International System of Units (SI): The Modern Metric System” ASTM SI 10. (2002). ASTM.

NACE SP 0207 (2007). “Performing Close Interval Potential Surveys and DC Surface Potential Gradient Surveys on Buried or Submerged Metallic Pipelines.”

NACE Publication 35110 (2010). “AC Corrosion State-of-the-Art Corrosion Rate, Mechanism, and Mitigation Requirements.” NACE International Task Group 327.

NACE SP 0169 (2013). “Control of External Corrosion on Underground of Submerged Metallic Piping Systems.”

NACE SP 0177 (2014). “Mitigation of Alternating Current and Lightning Effects on Metallic Structures and Corrosion Control Systems.”